

# 广州港 20 万吨级航道工程 环境影响报告书

（征求意见稿）

建设单位：广州市港务局

评价单位：天科院环境科技发展（天津）有限公司

二〇二四年十二月

## 目录

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 1. 概述                      | 1   |
| 1.1. 项目由来                  | 1   |
| 1.2. 建设项目特点                | 2   |
| 1.3. 环境影响评价的工作过程           | 2   |
| 1.4. 分析判定相关情况              | 3   |
| 1.5. 关注的主要环境问题             | 5   |
| 1.6. 环境影响报告书的主要结论          | 5   |
| 2. 总则                      | 6   |
| 2.1. 编制依据                  | 6   |
| 2.2. 环境影响因素识别和评价因子筛选       | 9   |
| 2.3. 评价内容和评价重点             | 10  |
| 2.4. 评价等级和评价范围             | 11  |
| 2.5. 项目附近环境功能区划及海洋功能区划     | 18  |
| 2.6. 评价标准                  | 24  |
| 2.7. 环境保护目标                | 26  |
| 2.8. 项目建设与规划相符性分析          | 54  |
| 3. 建设项目工程分析                | 75  |
| 3.1. 项目名称、性质和地理位置          | 75  |
| 3.2. 工程回顾性分析               | 77  |
| 3.3. 港口发展现状及建设必要性          | 86  |
| 3.4. 工程概况                  | 103 |
| 3.5. 工程污染分析                | 130 |
| 4. 环境现状调查与评价               | 134 |
| 4.1. 自然环境概况                | 134 |
| 4.2. 水环境质量现状调查与评价          | 193 |
| 4.3. 海洋沉积物现状调查与评价          | 219 |
| 4.4. 海洋生态环境现状调查与评价         | 226 |
| 4.5. 海洋渔业环境现状调查与评价         | 255 |
| 4.6. 海洋生物质量                | 285 |
| 4.7. 疏浚理化性质及类别评价           | 294 |
| 4.8. 环境空气质量现状调查与评价         | 345 |
| 5. 环境影响预测与评价               | 347 |
| 5.1. 施工对水环境影响评价            | 347 |
| 5.2. 施工对冲淤环境影响评价           | 361 |
| 5.3. 航道疏浚对海洋生态环境的影响分析      | 362 |
| 5.4. 施工期固体废物影响分析           | 370 |
| 5.5. 施工期声环境影响分析            | 370 |
| 5.6. 施工期环境空气影响分析           | 370 |
| 5.7. 营运期环境维护性疏浚对周边海域环境影响分析 | 371 |
| 5.8. 项目建设对环境保护目标影响分析       | 371 |
| 6. 项目建设对中华白海豚及自然保护区影响分析    | 374 |
| 6.1. 中华白海豚现状调查             | 374 |
| 6.2. 工程与中华白海豚及自然保护区位置关系    | 401 |
| 6.3. 项目实施对中华白海豚及自然保护区影响分析  | 410 |
| 6.4. 保护与恢复措施               | 421 |
| 7. 环境风险事故影响分析              | 427 |
| 7.1. 总则                    | 427 |
| 7.2. 现状分析                  | 429 |
| 7.3. 风险识别                  | 436 |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 7.4. 源项分析 .....           | 440 |
| 7.5. 后果计算 .....           | 442 |
| 7.6. 风险评价 .....           | 450 |
| 7.7. 风险管理 .....           | 453 |
| 8. 环境保护措施及其可行性论证 .....    | 462 |
| 8.1. 工程疏浚施工期间的环保对策 .....  | 462 |
| 8.2. 营运期生态环境保护措施与对策 ..... | 463 |
| 8.3. 生态修复措施与对策 .....      | 465 |
| 8.4. 环保投资 .....           | 465 |
| 9. 环境影响经济损益分析 .....       | 469 |
| 9.1. 收益部分 .....           | 469 |
| 9.2. 损失部分 .....           | 469 |
| 9.3. 结论 .....             | 469 |
| 10. 环境管理与监测计划 .....       | 471 |
| 10.1. 环境保护管理 .....        | 471 |
| 10.2. 工程环境监理工作 .....      | 472 |
| 10.3. 施工期环境管理计划 .....     | 474 |
| 10.4. 环境监测计划 .....        | 475 |
| 10.5. 总量控制 .....          | 478 |
| 10.6. 竣工环境保护验收 .....      | 478 |
| 11. 环境影响评价结论 .....        | 481 |
| 11.1. 建设项目工程概况 .....      | 481 |
| 11.2. 环境现状调查与评价 .....     | 481 |
| 11.3. 环境影响预测与评价 .....     | 486 |
| 11.4. 拟采取环保措施可行性 .....    | 490 |
| 11.5. 公众参与 .....          | 493 |
| 11.6. 项目可行性结论 .....       | 493 |

## 1. 概述

### 1.1. 项目由来

广州港大型集装箱泊位主要集中在南沙港区南沙作业区，现有广州港南沙作业区以南长约 66.7km 的出海航道，可满足 10 万吨级集装箱船与 15 万吨级集装箱船（不满载，营运吃水控制在 14.5 米以内）双向通航的要求，但也仅能满载 20 万吨级集装箱船（减载）与 5 万吨级以下船舶双向通航的要求。随着 20 万吨级船舶进出港艘次的大量增长，20 万吨级船舶将与对向行驶的 5 万吨级以上船舶相互制约，延长船舶等待航道时间，增加港口及航运公司运营成本，加大航道安全管理风险。因此，为加快将广州港打造成世界一流港口、国际航运枢纽，促进“粤港澳大湾区”和广东自贸区的快速发展，迫切需要对广州港出海航道进行进一步拓宽。

广州港 20 万吨级航道工程位于珠江口伶仃洋，工程按满足 20 万吨级集装箱船（限制吃水）与 15 万吨级集装箱船（限制吃水）双向通航的标准建设，对现有航道进行拓宽，维持设计底高程-17.0m 不变。本项目航道总长 24.1km，包括伶仃航道 E' F 段 7.7km，伶仃航道 FG 段 16.4km。航道通航宽度 460m，对应通航底高程-16.6m，挖槽宽度 456m，对应设计底高程-17.0m。本项目建设内容主要包括航道疏浚以及航标调整工程，航道工程疏浚量 2657.81 万 m<sup>3</sup>，迁移现有灯浮标 28 座，对 2 座实体 AIS 航标位置进行调整。

本项目为交通运输部《水运“十四五”发展规划》重点项目，列入国家 102 项重大工程项目库，计划在“十四五”期开工建设。

2024 年 8 月，广东省自然资源厅出具了广州港 20 万吨级航道工程项目用海预审意见的函。

根据《中华人民共和国环境影响评价法》和《建设项目环境保护管理条例》等法律法规的要求，广州市港务局委托天科院环境科技发展（天津）有限公司对广州港 20 万吨级航道工程进行环境影响评价工作。按照《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年），本项目属于“五十四、海洋工程中 160 其他海洋工程”，需编制环境影响报告书，评价单位接受委托后，经现场调研和收集资料，编制了《广州港 20 万吨级航道工程环境影响报告书》，提请环境主管部门进行审查。

## 1.2. 建设项目特点

本项目为非污染型生态类项目，产生的影响主要是施工期疏浚对海洋生态环境的影响，以及项目施工期产生的废水、固废对所在区域环境的影响。本次评价将逐一分析其影响程度，并提出相应防治措施。

广州港 20 万吨级航道工程位于珠江口伶仃洋，北起广州港南沙港区龙穴岛作业区（伶仃航道折点 G），南至内伶仃岛西侧水域。建设规模：实施珠江口内伶仃岛西侧水域外以北 E'-G 航道段建设，航道总长 24.1 公里，航道通航宽度 460 米，设计底高程-17.0 米，疏浚工程量约 2657.81 万立方米。本工程施工工期为 2 年，总投资约 30.95 亿元。

## 1.3. 环境影响评价的工作过程

根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《建设项目环境保护管理条例》和《建设项目环境影响评价分类管理名录》有关规定，执行环境影响评价报告审核制度。

广州市港务局于 2024 年 4 月委托天科院环境科技发展（天津）有限公司承担该项目的环评工作，并编制项目建设环境影响报告书。接受委托后，我单位立即组织技术人员进行了现场踏勘，在收集大量有关资料的基础上，按照《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》的要求，编制了《广州港 20 万吨级航道工程环境影响报告书》。具体工作流程见图 1.3-1。

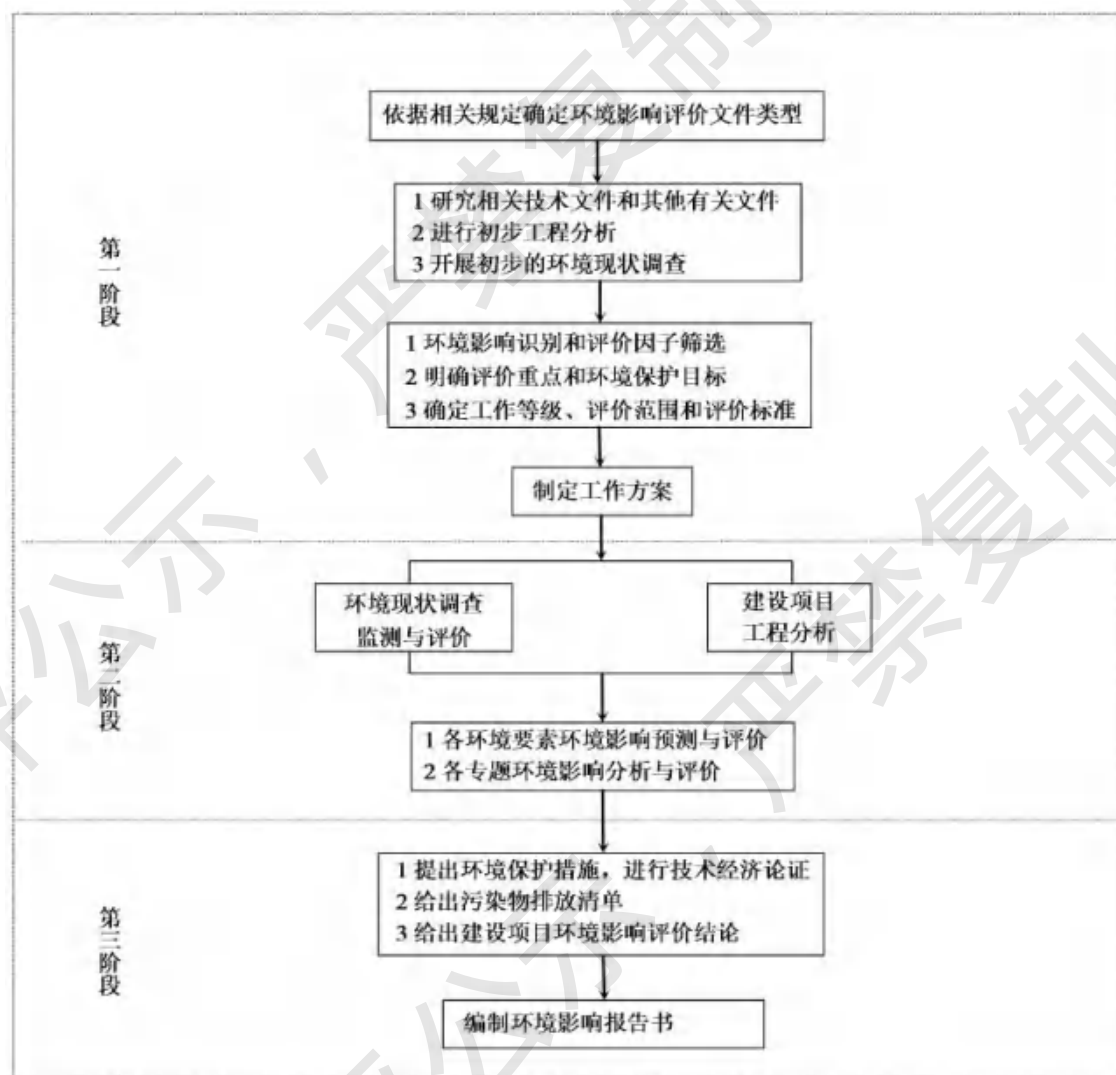


图 1.3-1 环境影响评价工作程序图

## 1.4. 分析判定相关情况

### （1）相关产业政策相符性

按照国家发改委修订的《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本工程属于“二十五 水运行业中的 1.高等级航道建设：沿海港口公共基础设施建设，国境国际通航河流航道、内河高等级航道、通航建筑物、符合国家战略方向的内河水运其他航道及公共基础设施建设”，属于鼓励类建设项目，符合国家产业政策。

### （2）相关规划及环保政策符合性

经分析，本项目的建设符合《广州港总体规划（2005-2020）》及规划环评审查意见、《广东省航道发展规划（2020-2035 年）》及规划环评审查意见、符

合《广东省海洋功能区划（2011~2020 年）》、《广东省海洋主体功能区划》等相关文件中的相关要求。

### （3）“三线一单”约束性符合性分析

根据《关于以改善环境质量为核心加强环境影响评价管理的通知》（环环评[2016]150 号）：“三线一单”即“生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和环境准入负面清单”。

#### ①生态保护红线

本项目建设内容主要为水域疏浚。符合已批复《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》和《广州市国土空间规划（2021-2035 年）》关于生态保护红线要求。

施工期船舶污水、船舶垃圾由有资质的单位接收处理，不外排，各项环保措施的落实有效减轻了对海洋环境的影响。

#### ②环境质量底线

环境质量底线是国家和地方设置的大气、水和土壤环境质量目标，也是改善环境质量的基准线。环境质量现状监测结果表明，项目所在区域海水中无机氮和活性磷酸盐的超标现象较为普遍，其余超标因子均为个别站位超标，海洋沉积物均满足相应标准，本项目施工期船舶生活污水、含油污水、固废均依托有资质的单位进行接收处理，不外排。因此，本项目的建设符合环境质量底线的相关规定要求。

#### ③资源利用上线

本项目为水域疏浚项目，项目营运过程中不占用环境总量，项目消耗资源量相对区域可利用资源总量较少。符合资源利用上限要求。

#### ④环境准入负面清单

环境准入负面清单是基于“三线”，以清单方式列出的禁止、限制等差别化环境准入条件和要求。本项目为航道疏浚项目，对照《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本工程属于水运行业中的“1.高等级航道建设：沿海港口公共基础设施建设，国境国际通航河流航道、内河高等级航道、通航建筑物、符合国家战略方向的内河水运其他航道及公共基础设施建设”，属于鼓励类建设项目，符合国家产业政策，不属于环境准入负面清单。

### （4）分析判定结论

综上分析，项目的建设符合国家、地方产业政策，符合相关规划及环保政策要求。环境现状监测数据表明，项目所在区域海水中无机氮和活性磷酸盐的超标现象较为普遍，其余超标因子均为个别站位超标，海洋沉积物均满足相应标准，本项目为非污染生态类项目，项目实施后满足当地环境功能区划要求，不会对项目的实施形成制约。符合已批复广东省国土空间规划（2021-2035 年）和广州市国土空间规划（2021-2035 年）关于生态保护红线要求。

### 1.5. 关注的主要环境问题

本项目位于珠江口伶仃洋，北起广州港南沙港区龙穴岛作业区（伶仃航道折点 G），南至内伶仃岛西侧水域，施工期产生悬浮物将会对附近水域水环境、生态环境会造成暂时不利的影响。

应重点关注：1、航道的开挖和疏浚物的储存过程施工过程对附近海域水环境、保护目标、水产资源、海洋生物的影响；2、溢油风险事故对评价海域内环境的影响；3、工程施工对中华白海豚国家级自然保护区等敏感目标的影响。

### 1.6. 环境影响报告书的主要结论

广州港 20 万吨级航道工程的建设符合《广东省近岸海域环境功能区划》、《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》、《广州港总体规划（2005-2020）》、《广东省航道发展规划（2020-2035 年）》等相关规划及产业政策的要求。在全面加强监督管理，执行环保“三同时”制度和认真落实各项环保措施，从环境保护角度认为本工程的建设是可行的。

## 2. 总则

### 2.1. 编制依据

#### 2.1.1. 法律法规

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》（2015 年 1 月 1 日起施行）；
- (2) 《中华人民共和国海洋环境保护法》（2024 年 1 月 1 日实施）；
- (3) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2016 年 7 月 2 日修订）；
- (4) 《中华人民共和国大气污染防治法》（2018 年 10 月 26 日修订）；
- (5) 《中华人民共和国环境噪声污染防治法》（2018 年 12 月 29 日修订）；
- (6) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020 年 4 月 29 日修订）；
- (7) 《中华人民共和国渔业法》（2013 年 12 月 28 日修订）；
- (8) 《中华人民共和国海域使用管理法》（2002 年 1 月）；
- (9) 《1973/1978 国际防止船舶造成污染公约及其附则 I、II、III、IV、V 及 VI》；
- (10) 《中华人民共和国港口法》（2018 年 12 月 29 日修正）；
- (11) 《中华人民共和国突发事件应对法》（2024 年 6 月 28 日修订）。

#### 2.1.2. 条例规定

- (1) 《环境保护公众参与办法》（环境保护部令第 4 号），环境保护部，2018.7.16；
- (2) 《关于加强湿地保护管理的通知》（国务院办公厅，2004 年）；
- (3) 《建设项目环境保护管理条例》（2017 年 6 月 21 日修改）；
- (4) 《中华人民共和国防治海岸工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》（2018 年 3 月 19 日修订）；
- (5) 《防治船舶污染海洋环境管理条例》（2018 年 3 月 19 日修订）；
- (6) 《关于加强水上污染应急工作的指导意见》，交通运输部，2010 年 7 月 30 日；
- (7) 《中华人民共和国船舶及其有关作业活动污染海洋环境防治管理规定》，交通运输部，2017 年 5 月 23 日修正；
- (8) 《中华人民共和国船舶污染海洋环境应急防备和应急处置管理规定》，

交通运输部，2019 年 11 月 28 日修正；

（9）《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》（环发[2012]77 号），环境保护部；

（10）《关于切实加强风险防范严格环境影响评价管理的通知》（环发[2012]98 号），环境保护部；

（11）《广东省人民政府关于印发广东省水污染防治行动计划实施方案的通知》（粤府〔2015〕131 号），广东省人民政府，2015 年 12 月 31 日；

（12）《珠江河口管理办法》（2017 年 12 月 22 日修正）；

（13）《广东省实施《中华人民共和国海洋环境保护法》办法》（2018 年 11 月 29 日修正）；

（14）《广东省野生动物保护管理条例》，2020 年 3 月 31 日广东省第十三届人民代表大会常务委员会第十九次会议修订；

（15）《广东省环境保护条例》，广东省人大，2022 年 11 月 30 日第三次修正；

（16）《广东省渔业管理条例》，广东省人大，2019 年 9 月 25 日修正；

（17）《广东省近岸海域环境功能区划》，粤府办〔1999〕68，广东省政府，1999；

（18）《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》（国函〔2012〕182 号），国务院，2012.11；

（19）《中华人民共和国自然保护区条例》（2017 年修订），国务院 687 号令，国务院，2017.10；

（20）《关于进一步加强水生生物资源保护严格环境影响评价的通知》，环发[2013]86 号，环保部与农业部，2013.8。

（21）《广州市湿地保护规定》，广东省第十三届人民代表大会常务委员会第二十二次会议批准，2020 年 7 月 29 日；

（22）《广东省海洋主体功能区规划》（粤府函[2017]359 号），2017 年 12 月；

（23）《广州市人民政府关于印发广州市城市环境总体规划（2014—2030 年）的通知》（穗府〔2017〕5 号），2017 年 2 月 5 日；

（24）《广东省海岸带综合保护与利用总体规划的通知》（粤府〔2017〕120

号），2017 年 10 月；

（25）《广东省大气污染防治条例》（2018 年 11 月 29 日广东省第十三届人民代表大会常务委员会第七次会议通过）；

（26）《关于印发广州市环境空气功能区区划(修订)的通知》（穗府[2013]17 号）；

（27）《广州市声环境功能区区划》（穗环〔2018〕151 号），2018 年 7 月 27 日；

（28）《广东省人民政府关于印发广东省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》（粤府〔2020〕71 号），2020 年 12 月 29 日；

（29）《广州市人民政府关于印发广州市“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》（穗府规〔2021〕4 号），2021 年 6 月 25 日。

### 2.1.3. 技术规范

- （1）《环境影响评价技术导则—总纲》（HJ2.1-2016）；
- （2）《环境影响评价技术导则—大气环境》（HJ2.2-2018）；
- （3）《环境影响评价技术导则—地表水环境》（HJ2.3-2018）；
- （4）《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ 2.4-2021）；
- （5）《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2022）；
- （6）《环境影响评价技术导则—地下水环境》（HJ610-2016）；
- （7）《环境影响评价技术导则 土壤环境（试行）》（HJ964-2018）
- （8）《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018）；
- （9）《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T19485-2014）；
- （10）《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007）；
- （11）《海洋监测规范》，（GB17378—2007）；
- （12）《海洋调查规范》，（GB12763—2007）；
- （13）《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》，国家海洋局；
- （14）《海水水质标准》（GB3097—1997）；
- （15）《海洋沉积物质量》（GB18668—2002）；
- （16）《海洋生物质量》（GB18421—2001）；
- （17）《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552—2018）；
- （18）《水上溢油环境风险评估技术导则》（JT/T1143-2017）；

- (19) 《船舶溢油应急能力评估导则》（JT/T877-2013）；
- (20) 《水运工程环境保护设计规范》（JTS 149-2018）；
- (21) 《水运工程建设项目环境影响评价指南》（JTS/T 105-2021）。

#### 2.1.4. 项目相关文件

- (1) 《广州港 20 万吨级航道工程工程可行性研究报告（审查版）》，中交第四航务工程勘察设计院有限公司，2023 年 12 月；
- (2) 《广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区综合科学考察报告》，中国水产科学研究院南海水产研究所，国家林业和草原局林草调查规划院，2023 年 9 月；
- (3) 《广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区功能区调整综合论证报告》，国家林业和草原局林草调查规划院，2024 年 8 月。

### 2.2. 环境影响因素识别和评价因子筛选

#### 2.2.1. 环境影响因素识别

通过对项目环境影响因素及各污染物排放状况的分析，建工程施工和营运后对环境可能产生的影响识别见表 2.2-1。

表 2.2-1 环境影响的矩阵筛选

| 环境要素分类      |                | 水环境 | 大气环境 | 生态环境 | 声环境 |
|-------------|----------------|-----|------|------|-----|
| 施<br>工<br>期 | 疏浚（SS）         | ●   | X    | ●    | ▲   |
|             | 施工队伍的生产、生活废水排放 | ●   | X    | ●    | X   |
|             | 施工船舶废气         | X   | ▲    | X    | X   |
|             | 施工队伍产生的固体废物    | ▲   | X    | ▲    | X   |
|             | 溢油事故           | ■   | X    | ■    | X   |
| 营<br>运<br>期 | 运输船舶废气排放       | X   | ▲    | X    | X   |
|             | 运输船舶噪声排放       | X   | X    | X    | ●   |
|             | 水动力条件的变化及维护性疏浚 | ●   | X    | ●    | ▲   |
|             | 溢油事故           | ■   | X    | ■    | X   |

注：△有利影响；X 无影响；▲稍有影响；●影响较大；■影响重大。

#### 2.2.2. 评价因子筛选

根据本项目的特点以及建设区域的环境特征，判别项目在不同阶段（施工期和营运期）对环境的影响因素和影响程度，确定项目施工期和运营期可能产生的主要环境问题，并筛选出主要评价因子见下表 2.2-2。

表 2.2-2 评价因子筛选

| 评价时段 | 环境要素      | 污染因子                               | 评价因子                             |
|------|-----------|------------------------------------|----------------------------------|
| 施工期  | 水环境（生态环境） | SS、COD、石油类等                        | SS                               |
|      | 大气环境      | NO <sub>2</sub> 、SO <sub>2</sub> 等 | NO <sub>2</sub> 、SO <sub>2</sub> |
|      | 声环境       | 交通噪声                               | LAeq dB（A）                       |
|      | 溢油事故      | 油类                                 | 油类                               |
| 营运期  | 水环境（生态环境） | 石油类、COD等                           | 石油类、COD                          |
|      | 大气环境      | NO <sub>2</sub> 、SO <sub>2</sub> 等 | NO <sub>2</sub> 、SO <sub>2</sub> |
|      | 声环境       | 交通噪声                               | LAeq dB（A）                       |
|      | 生态环境      | SS、COD、石油类等                        | SS                               |
|      | 溢油事故      | 油类                                 | 油类                               |

## 2.3. 评价内容和评价重点

### 2.3.1. 评价内容

根据工程附近海域的环境特点和环境质量控制目标，对工程疏浚等带来的环境问题进行全面科学论证

1、全面系统进行环境现状调查和评价，掌握工程附近污染源的分布、排放特征和海域环境现状，为海域环境管理和预测评价提供可靠的基础资料。

2、利用相关的数学模式，结合工程实际环境问题，建立污染物输移扩散的数学模型，预测工程疏浚施工等对附近海域环境影响的程度和范围。

3、通过对工程的环境影响评价，提出合理可行的环保措施与对策，减少工程建设对环境的影响，以达到环境、经济、社会三个效益的统一。

4、从环境保护角度出发，论证该项目建设的可行性，为环境保护工程设计及该项目的环境管理提供依据。

### 2.3.2. 评价重点

报告书重点对航道开挖过程所产生的悬浮物和疏浚物中释放的污染物在水体中的迁移、扩散规律进行研究，通过建立相应的数学模型研究工程建设对环境的影响，根据工程特点，评价重点如下：

1、航道的开挖和疏浚物的储存过程施工过程对附近海域水环境、保护目标、水产资源、海洋生物的影响；

2、溢油风险事故对评价海域内环境的影响；

3、工程施工对中华白海豚国家级自然保护区等敏感目标的影响。

## 2.4. 评价等级和评价范围

### 2.4.1. 评价等级

根据环境影响评价技术导则评价等级划分原则，各环境要素单项评价等级划分见表 2.4-1。

表 2.4-1 评价等级确定

| 单项评价要素 | 划分依据                                                                                                                                                                                                 | 评价等级                               |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| 水环境    | 根据《环境影响评价技术导则 地表水环境》(HJ2.3—2018)，本项目按照水文要素影响型建设项目进行等级判定，工程扰动水底面积约为 3.69km <sup>2</sup> ，其范围大于 3km <sup>2</sup> ，根据导则要求，为一级。参照《海洋工程环境影响评价技术导则》(GB/T 19485-2014)，水质为 1 级、水文动力环境等级为 1 级，沉积物环境评价等级为 2 级。 | 水质环境 1 级、水文动力环境 1 级，沉积物环境评价等级为 2 级 |
| 生态环境   | 根据《环境影响评价技术导则 生态影响》(HJ 19—2022)，本项目施工期产生悬浮物将对珠江口幼鱼幼虾保护区海域环境产生不利影响，评价等级应不能低于二级，由于本项目为涉海项目，参照《海洋工程环境影响评价技术导则》，本项目海洋生态环境为一级，具体判定见表 2.4-2，综上所述本项目生态环境评价等级为一级。                                            | 一级                                 |
| 大气环境   | 营运期主要为船舶废气，主要污染物为 SO <sub>2</sub> 、NO <sub>x</sub> 等，属无组织排放且发生量很小，根据《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ2.2-2018)，环境空气评价为三级。                                                                                         | 三级                                 |
| 声环境    | 本项目位于海区，声环境影响评价定为三级。                                                                                                                                                                                 | 三级                                 |
| 地下水环境  | 本项目为航道工程，根据《环境影响评价技术导则 地下水环境》(HJ610-2016)附录 A，本项目属于“S 水运类 134 航道工程”，地下水环境影响评价项目类别为 IV 类，可不开展地下水环境影响评价。                                                                                               | -                                  |
| 土壤环境   | 本项目为航道工程，根据《环境影响评价技术导则 土壤环境（试行）》(HJ964-2018)附录 A，本项目属交通运输仓储邮政业中其他类项目，土壤环境影响评价项目类别为 IV 类，可不开展土壤环境影响评价。                                                                                                | -                                  |
| 风险评价   | 主要的风险为船舶燃料油泄漏，同时考虑到本工程周边分布有多个自然保护区，属于环境敏感区，综合危险物质与环境敏感程度，确定水环境风险潜势为 IV 级，根据环境风险评价等级划分表，最终确定环境水环境风险评价等级为一级                                                                                            | 一级                                 |

#### 2.4.1.1. 海洋环境影响评级等级

参照《海洋工程环境影响评价技术导则》(GB/T19485-2014)中有关评价等级的划分原则，本次疏浚量 2657.81 万 m<sup>3</sup>，因此本项目海域环境影响评价等级如表 2.4-2。

表 2.4-2 海洋生态环境影响评价等级判据

| 海洋工程<br>分类 | 工程类型<br>和工程内<br>容                                                                                          | 工程规模                                                                     | 工程所在<br>海域特征<br>和生态环<br>境类型 | 单项海洋环境影响评价等级 |          |           |                   |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------|----------|-----------|-------------------|
|            |                                                                                                            |                                                                          |                             | 水文动力<br>环境   | 水质<br>环境 | 沉积物<br>环境 | 生态和生<br>物资源环<br>境 |
| 其他海洋<br>工程 | 水下基础<br>开挖等工<br>程；疏浚、<br>冲（吹）填<br>等工程；海<br>中取土(沙)<br>等工程；挖<br>入式港池、<br>船坞和码<br>头等工程；<br>海上水产<br>品加工工<br>程等 | 开挖、疏<br>浚、冲（吹）<br>填、倾倒量<br>大于<br>$300 \times 10^4 \text{m}^3$            | 生态环境<br>敏感区                 | 1            | 1        | 2         | 1                 |
|            |                                                                                                            |                                                                          | 其它海域                        | 2            | 2        | 3         | 2                 |
|            |                                                                                                            | 开挖、疏<br>浚、冲（吹）<br>填、倾倒量<br>( $300 \sim 50$ )<br>$\times 10^4 \text{m}^3$ | 生态环境<br>敏感区                 | 2            | 1        | 2         | 1                 |
|            |                                                                                                            |                                                                          | 其它海域                        | 3            | 2        | 3         | 2                 |
|            |                                                                                                            | 开挖、疏<br>浚、冲（吹）<br>填、倾倒量<br>( $50 \sim 10$ )<br>$\times 10^4 \text{m}^3$  | 生态环境<br>敏感区                 | 2            | 1        | 3         | 1                 |
|            |                                                                                                            |                                                                          | 其它海域                        | 3            | 2        | 3         | 2                 |

#### 2.4.1.2. 水环境评级等级

根据《环境影响评价技术导则 地表水环境》(HJ2.3—2018)，本项目施工期主要为疏浚工程，将会产生水污染因子悬浮物，本项目属于水污染影响型和水文要素影响型建设项目。按照水污染影响型分析，由于本项目施工期疏浚过程为非连续，且没有固定排放源，难以判定悬浮物产生总量；按照水文要素影响型建设项目分析，本工程扰动水底面积约为  $3.69 \text{km}^2$ ，其范围大于  $3 \text{km}^2$ ，根据导则要求，为一级。参照《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T 19485-2014），由表 2.4-2 可知，水质、水文动力环境等级为 1 级，沉积物环境为 2 级。因此综合分析本项目水质环境评价等级为一级。

#### 2.4.1.3. 生态环境评级等级

根据《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19—2022），本项目施工期产生悬浮物将对珠江口幼鱼幼虾保护区海域环境产生不利影响，评价等级应不能低于二级，由于本项目为涉海项目，参照《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T 19485-2014），本工程航道疏浚土方约  $2657.81 \text{万 m}^3$ ，大于  $300 \text{万 m}^3$ ，项目位于生态环境敏感区，由表 2.4-2 可知，生态环境评价等级为 1 级。综上所述，本项目海洋生态环境评价等级为 1 级。

#### 2.4.1.4. 大气环境评级等级

本项目施工期和营运期，间接影响为船舶废气，主要污染物为  $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$  等，属无组织排放且发生量很小。根据《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018），项目位于海域，周边无大气敏感目标，环境空气评价为三级。

#### 2.4.1.5. 声环境评级等级

本项目位于海区，项目周边陆域所在区域为三类功能区。根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ 2.4-2021），按线性工程确定的 200m 评价范围内全部是海域，无敏感目标，主要有中华白海豚对声环境敏感的水生物种栖息及频繁活动。因此声环境影响评价定为三级。

#### 2.4.1.6. 环境风险评级等级

施工期主要施工船型为  $10000\text{m}^3$  耙吸式挖泥船，根据同类项目类比，操作性溢油事故一般溢油量较小，类别国内溢油事故统计资料，大部分操作性溢油事故不超过 50 吨。因此施工船舶事故溢油量取 50t。

工程建成后营运期，根据设计船型，本工程附近水域最大设计船型为 20 万吨级集装箱船，外溢物取船舶燃料油作为代表物质。根据《水上溢油环境风险评估技术导则》（JT/T 1143-2017）新建水运工程建设项目的可能最大水上溢油事故溢油量，按照设计代表船型的货油全舱容积确定，燃油总量约为 20000 吨。本工程施工期主要风险源为施工船舶燃料油泄漏，船舶燃油舱整舱泄漏量小于 20000 吨。

根据导则中表 B.1 突发环境事件风险物质及临界量，项目涉及风险物质序号为 381，物质名称为油类物质（矿物油类，如石油、汽油、柴油等；生物柴油等），临界量为 2500t。本项目油类物质临界比值  $Q$  值=8，由于本区域位于幼鱼幼虾保护区和经济鱼类繁育场保护区，属于环境高度敏感区 E1，则环境风险潜势为 III，综合危险物质与环境敏感程度，环境风险潜势上升为 IV，评价等级为一级。

表 2.4-3 评价工作等级划分

| 环境风险潜势 | IV、IV <sup>+</sup> | III | II | I    |
|--------|--------------------|-----|----|------|
| 评价工作等级 | 一                  | 二   | 三  | 简单分析 |

#### 2.4.1.7. 其他环境要素评价等级

##### 1、地下水环境

本项目为航道工程，根据《环境影响评价技术导则 地下水环境》

（HJ610-2016）附录 A，本项目属于“S 水运类 134 航道工程”，地下水环境影响评价项目类别为IV类，可不开展地下水环境影响评价。

## 2、土壤环境

本项目为航道工程，根据《环境影响评价技术导则 土壤环境（试行）》（HJ964-2018）附录 A，本项目属交通运输仓储邮政业中其他类项目，土壤环境影响评价项目类别为IV类，可不开展土壤环境影响评价。

### 2.4.2. 评价范围

参照《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T19485-2014）、《环境影响评价技术导则》（HJ2.1-2011、HJ2.2-2018、HJ2.3-2018、HJ2.4-2009、HJ19-2011、HJ 169-2018）的要求，拟建项目评价范围为：

#### （1）海域水环境评价范围

##### ①水文动力环境评价范围

根据《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T19485-2014），海洋水文动力环境 1 级评价范围垂向距离一般不小于 5km；纵向不小于一个潮周期内水质点可能达到的最大水平距离的两倍。

##### ②海洋生态环境评价范围

海洋生态环境的调查评价范围，主要依据被评价区域及周边区域的生态完整性确定。1 级评价以主要评价因子受影响方向的扩展距离确定调查和评价范围，扩展距离一般不能小于（8~30）km。

根据水文动力和海洋生态评价范围的要求，确定本工程水环境评价范围为：北至乌洲岛至沙角连线水域 15km，南至牛头岛水域约 27km，涵盖了整个疏浚水域、环境敏感点附近海域，总评价面积约为 800km<sup>2</sup>。评价范围见图 2.4-1。

##### ③水质评价范围

根据《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ2.3—2018），本工程属于水文要素影响型，评价等级为一级，参照《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T 19485-2014）确定。

根据《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T 19485-2014），本项目海洋水质环境影响评价等级为 1 级，评价范围应能覆盖建设项目的环境影响所及区域，并能充分满足环境影响评价与预测的要求。其评价范围与上述水文动力评价范围保持一致。

### （3）声环境影响评价范围

根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ 2.4-2021）的要求，声环境影响评价范围为线源中心两侧 200m 的范围。

### （4）大气环境影响评价范围

根据《环境影响评价技术导则大气环境》（HJ2.2-2018），大气三级评价可不设评价范围。

### （5）风险评价范围

环境风险环境影响评价范围北至黄唇鱼自然保护区水域，南至牛头岛水域，涵盖了整个疏浚水域、环境敏感点附近海域。

本工程评价范围见图 2.4-1、图 2.4-2。

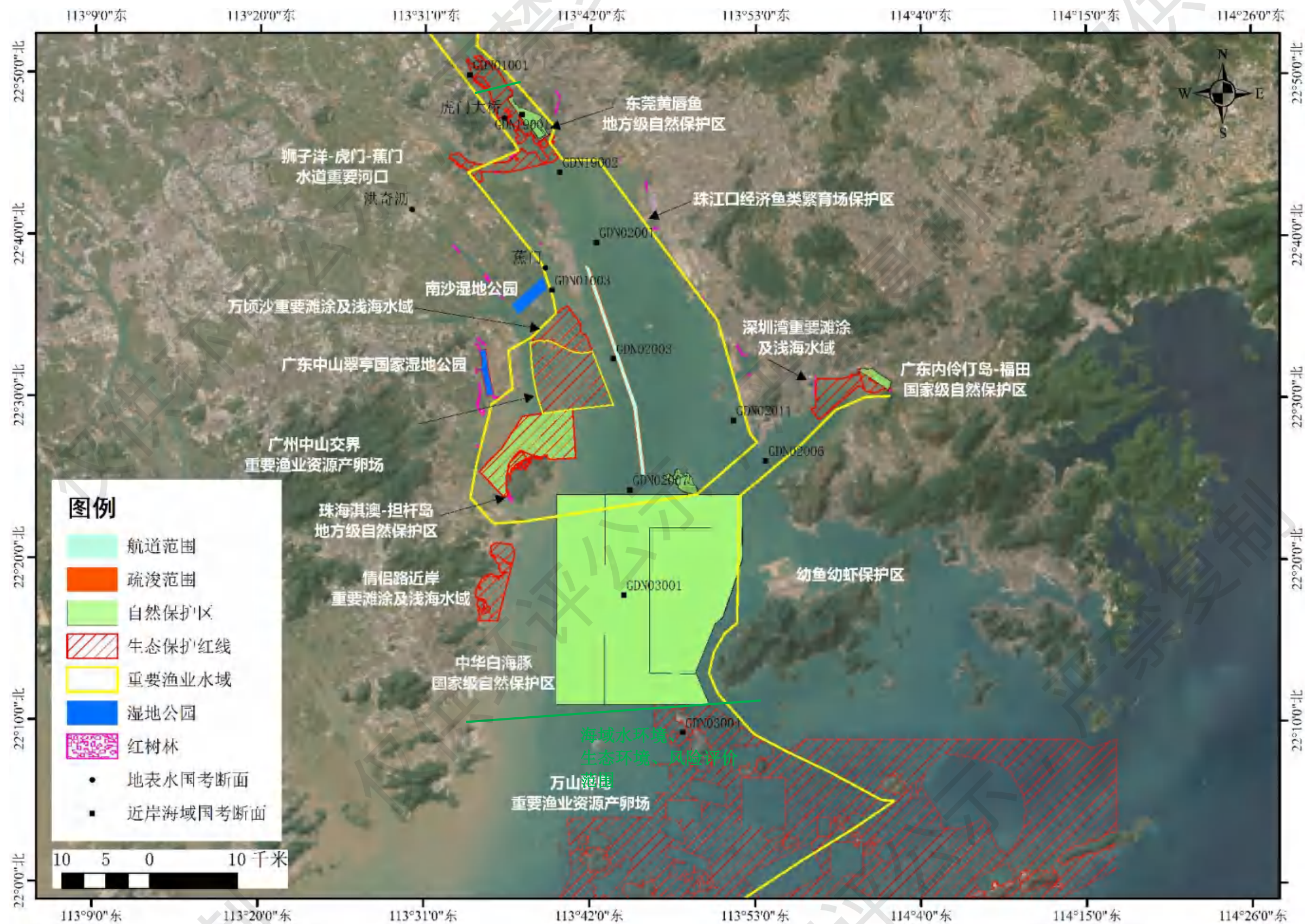




图 2.4-2 海域环境评价范围及保护目标分布图（局部放大）

## 2.5. 项目附近环境功能区划及海洋功能区划

### 2.5.1. 项目附近近岸海域环境功能区划

根据 1999 年广东省政府颁发的《广东省近岸海域环境功能区划》（粤府办[1999]68 号），本工程不在广东省近岸海域环境功能区划范围内。

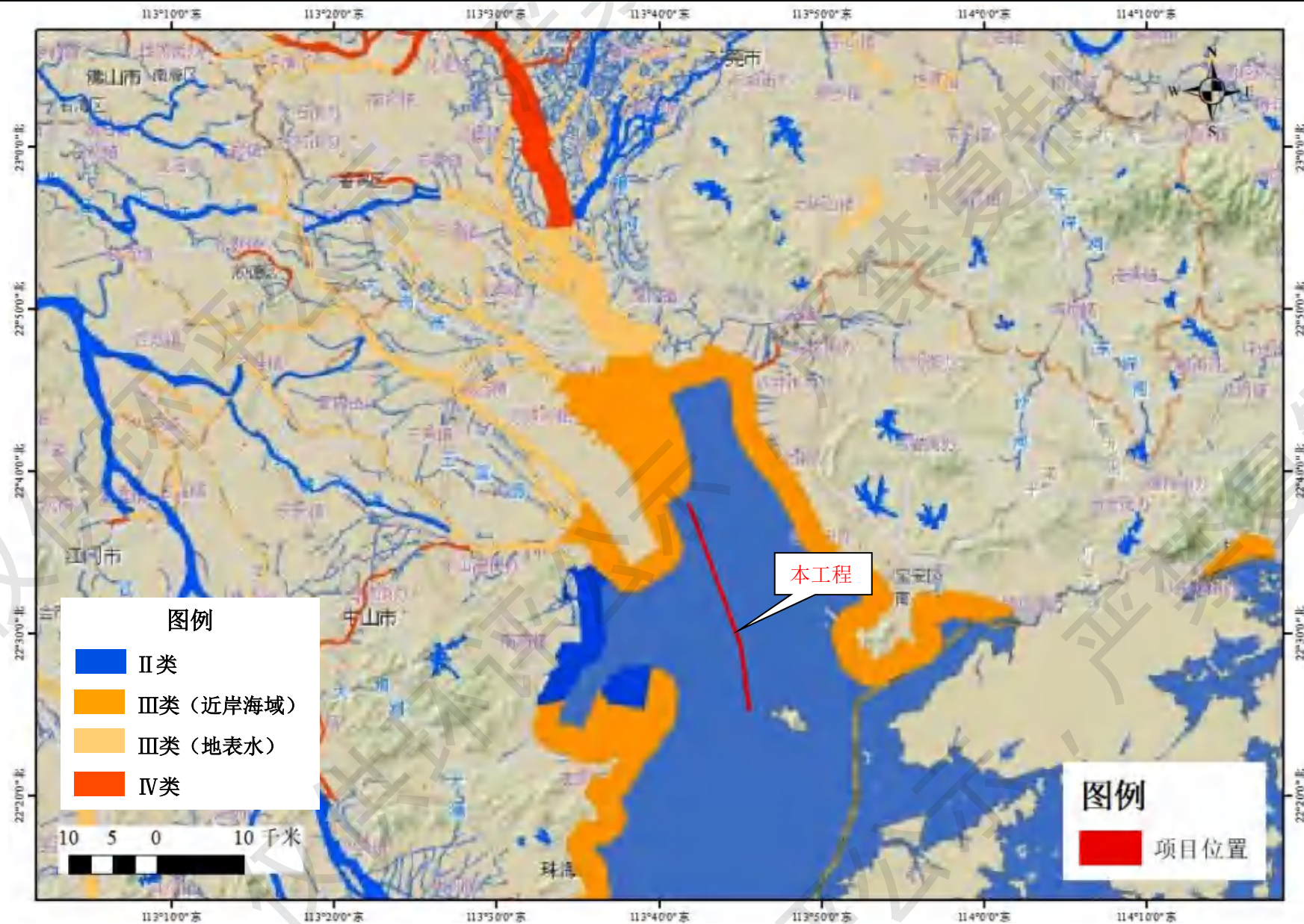


图 2.5-1 工程附近近岸海域功能区划图

### 2.5.2. 工程附近海洋功能区划

据《广东省海洋功能区划（2011~2020 年）》（国务院，国函[2012]182 号，2012 年 11 月 1 日），本工程所经过海域的海洋功能区为龙穴岛港口航运区、伶仃洋保留区。该功能区的分布详见图 2.5-2、图 2.5-3 及表 2.5-1。

# 广东省海洋功能区划图（中山市、广州市、东莞市）

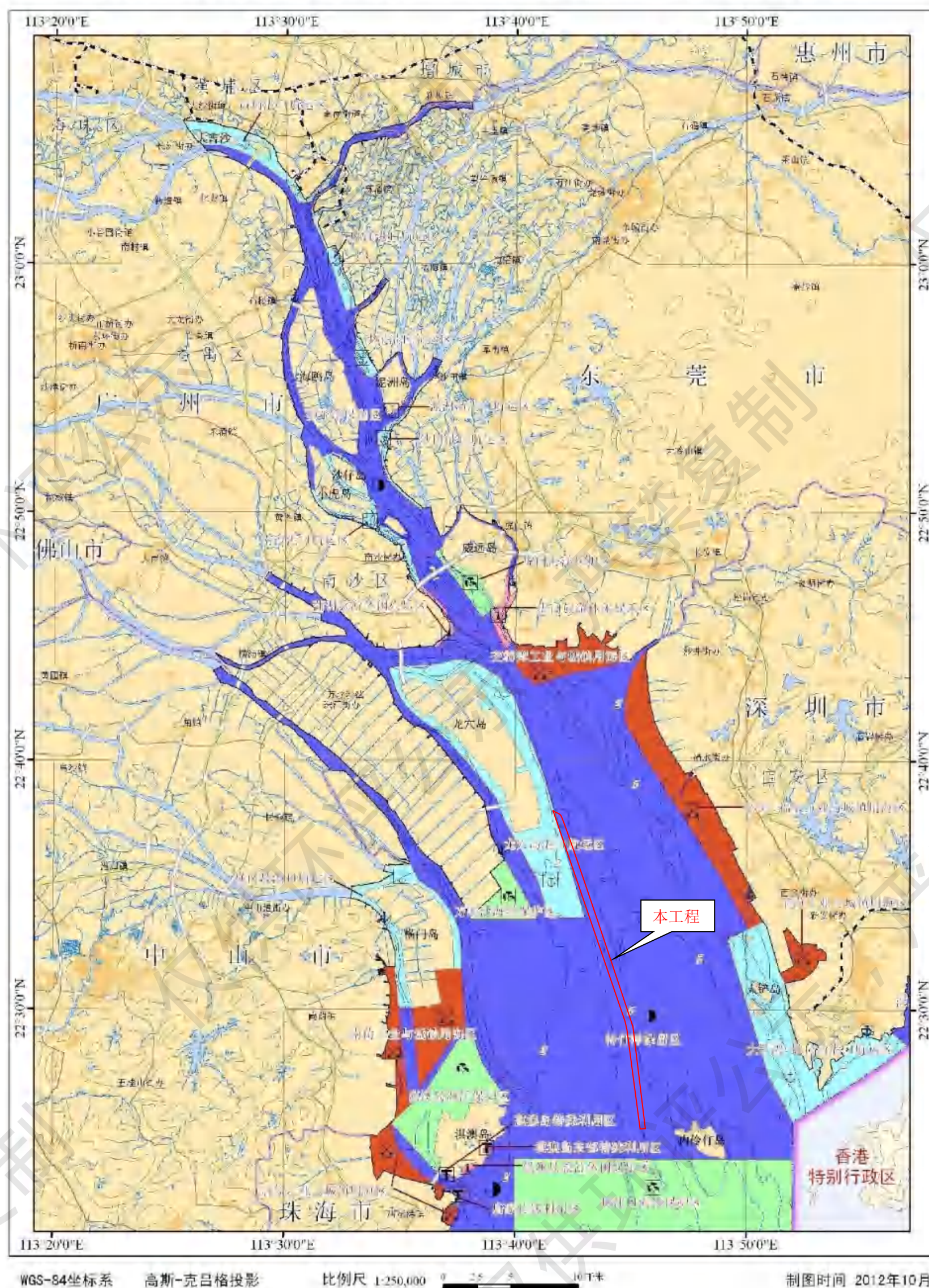


图 2.5-2 广东省海洋功能区划图

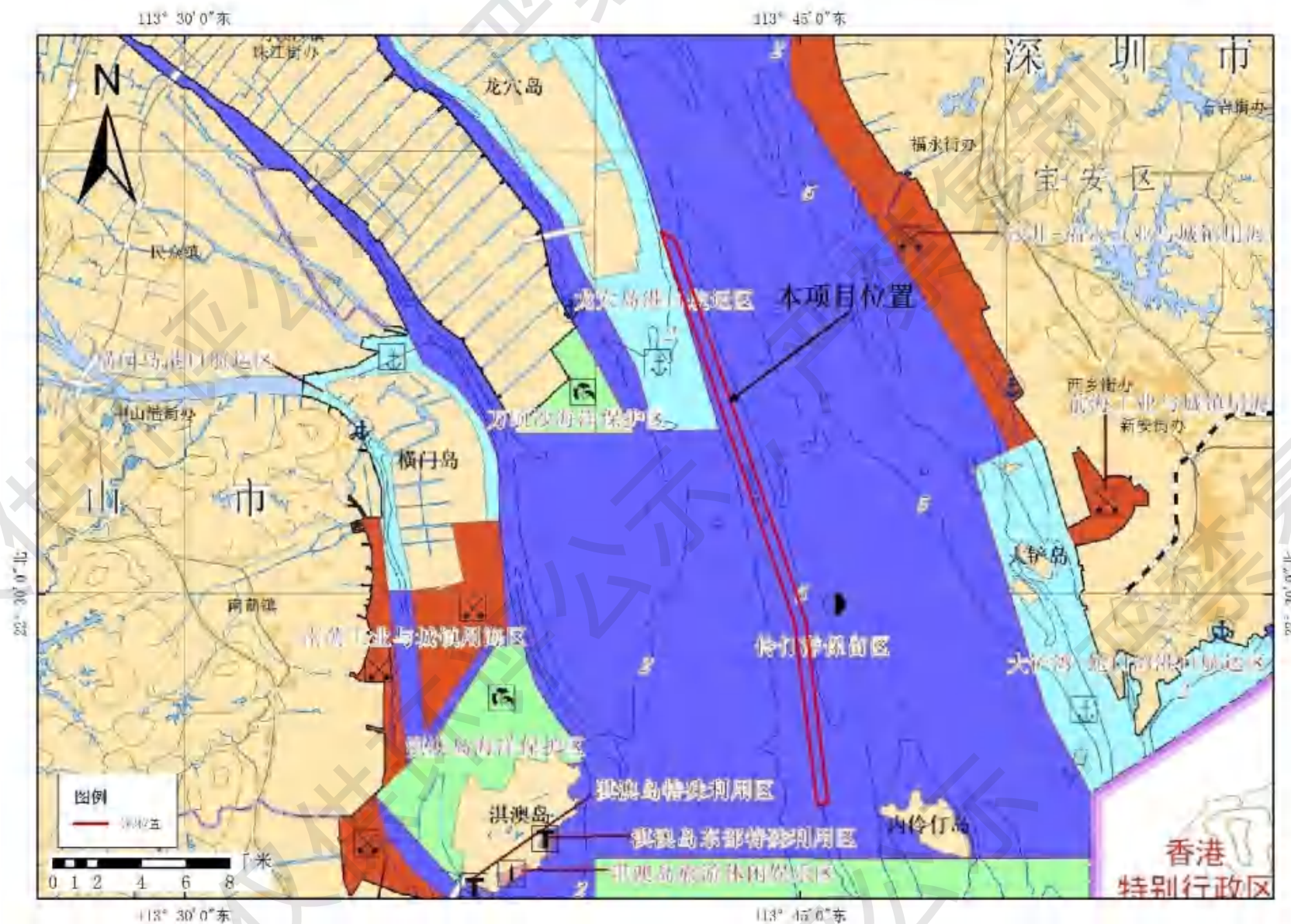


图 2.5-3 广东省海洋功能区划图（局部放大）

表 2.5-1 项目所在海域广东省海洋功能区划登记表

| 序号  | 代码    | 功能区名称    | 地区                  | 地理范围<br>(东经、北纬)                                                | 功能区类型 | 面积<br>(公顷) | 管理要求                                                                                                                                        |                                                                                     |
|-----|-------|----------|---------------------|----------------------------------------------------------------|-------|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|     |       |          |                     |                                                                |       |            | 海域使用管理                                                                                                                                      | 海洋环境保护                                                                              |
| 80  | A8-10 | 伶仃洋保留区   | 珠海市、中山市、广州市、东莞市、深圳市 | 东至:113°52'01"<br>西至:113°26'53"<br>南至:22°22'39"<br>北至:22°47'36" | 保留区   | 63421      | 1.维护海域防洪纳潮功能;<br>2.保障珠江口中华白海豚国家级自然保护区管理配套设施建设用海需求;<br>3.适当保障工业与城镇用海需求;<br>4.通过严格论证,合理安排相关开发活动。                                              | 1.保护伶仃洋生态环境;<br>2.加强对陆源污染物及船舶排污、海洋工程和海洋倾废的监控;<br>3.海水水质、海洋沉积物质量和海洋生物质量标准维持现状。       |
| 221 | B2-5  | 龙穴岛港口航运区 | 广州市                 | 东至:113°43'01"<br>西至:113°34'28"<br>南至:22°33'41"<br>北至:22°44'06" | 港口航运区 | 5315       | 1.相适宜的海域使用类型为交通运输用海;<br>2.适当保障造船基地等工业用海需求;<br>3.维持航道畅通,维护海上交通安全;<br>4.围填海须严格论证,优化围填海平面布局,节约集约利用海域资源;<br>5.改善水动力条件和泥沙冲淤环境;<br>6.加强用海动态监测和监管。 | 1.加强港区环境污染治理,生产废水、生活污水须达标排海;<br>2.加强海洋环境监测;<br>3.执行海水水质四类标准、海洋沉积物质量三类标准和海洋生物质量三类标准。 |

## 2.6. 评价标准

### 2.6.1. 环境质量评价标准

（1）根据《广东省近岸海域环境功能区划》，工程附近海域执行《海水水质标准》中三类标准，评价范围内国考断面地表水执行二类水质标准。

（2）沉积物采用《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）进行评价，本项目附近伶仃洋保留区沉积物质量执行二类标准。

（3）贝类生物残毒分析采用《海洋生物质量》（GB18421-2001）的相应标准进行，保留区内站位海洋生物质量执行二类标准；鱼类、甲壳类和头足类样品的生物质量评价（除石油烃外）采用《全国海岸和海涂资源综合调查简明规程》中规定的标准；鱼类、甲壳类和头足类样品石油烃含量的评价采用《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中规定的标准进行。

（4）项目周边大气执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及其修改单中二级标准。

表 2.6-1 海水水质标准 单位：mg/L（pH 除外）

| 污染物名称              | 第一类           | 第二类       | 第三类        | 第四类        |
|--------------------|---------------|-----------|------------|------------|
| SS                 | 人为增加的量<br>≤10 | 人为增加的量≤10 | 人为增加的量≤100 | 人为增加的量≤150 |
| PH                 | 7.8~8.5       |           | 6.8~8.8    |            |
| DO>                | 6             | 5         | 4          | 3          |
| COD≤               | 2             | 3         | 4          | 5          |
| BOB <sub>5</sub> ≤ | 1             | 3         | 4          | 5          |
| 无机氮≤               | 0.20          | 0.30      | 0.40       | 0.50       |
| 活性磷酸盐≤             | 0.015         | 0.030     | 0.030      | 0.045      |
| Pb≤                | 0.001         | 0.005     | 0.010      | 0.050      |
| Cu≤                | 0.005         | 0.010     | 0.050      | 0.050      |
| Hg≤                | 0.00005       | 0.0002    | 0.0002     | 0.0005     |
| As≤                | 0.020         | 0.030     | 0.050      | 0.050      |
| Zn≤                | 0.020         | 0.050     | 0.10       | 0.50       |
| 石油类≤               | 0.05          | 0.05      | 0.30       | 0.50       |
| Cd≤                | 0.001         | 0.005     | 0.01       | 0.01       |

表 2.6-2 沉积物主要污染物评价标准 单位：mg/kg

| 污染因子 | 石油类   | Cr   | Pb   | Zn    | Cu   | Cd   | Hg   | As   | 硫化物   | 有机碳<br>(×10 <sup>-2</sup> ) |
|------|-------|------|------|-------|------|------|------|------|-------|-----------------------------|
| 一类   | 500.0 | 80.0 | 60.0 | 150.0 | 35.0 | 0.50 | 0.20 | 20.0 | 300.0 | 2.0                         |

|       |      |       |       |       |       |      |      |      |       |     |
|-------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|-----|
| 标准≦   |      |       |       |       |       |      |      |      |       |     |
| 二类标准≦ | 1000 | 150.0 | 130.0 | 350.0 | 100.0 | 1.50 | 0.50 | 65.0 | 500.0 | 3.0 |
| 三类标准≦ | 1500 | 270.0 | 250.0 | 600.0 | 200.0 | 5.00 | 1.0  | 93.0 | 600.0 | 4.0 |

注：第一类 适用于海洋渔业水域，海洋自然保护区，珍稀与濒危生物自然保护区，海水养殖区，海水浴场，人体直接接触沉积物的海上运动或娱乐区，与人类食用直接有关的工业用水区。

第二类 适用于一般工业用水区，滨海风景旅游区。

第三类 适用于海洋港口水域，特殊用途的海洋开发作业区。

表 2.6-3 海洋生物质量标准（GB18421-2001）（mg/kg，湿重）

| 项目   | 第一类  | 第二类  | 第三类         |
|------|------|------|-------------|
| Cu≤  | 10   | 25   | 50（牡蛎 100）  |
| Pb≤  | 0.1  | 2.0  | 6.0         |
| Cd≤  | 0.2  | 2.0  | 5.0         |
| Zn≤  | 20   | 50   | 100（牡蛎 500） |
| Hg≤  | 0.05 | 0.10 | 0.30        |
| As≤  | 1.0  | 5.0  | 8.0         |
| 石油烃≤ | 15   | 50   | 80          |

表 2.6-4 生物质量评价各评价因子及其评价标准（湿重：×10<sup>-6</sup>）

| 生物类别 | Cu  | Pb | Cd  | Zn  | Hg  | As  | Cr  | 石油烃 | 附 注                                                       |
|------|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------------------------------------------------------|
| 软体类  | 100 | 10 | 5.5 | 250 | 0.3 | 10  | 5.5 | 20  | 石油烃执行《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册），其余指标执行《全国海岸带和海域资源综合调查简明规程》 |
| 甲壳类  | 100 | 2  | 2   | 150 | 0.2 | 8.0 | 1.5 | 20  |                                                           |
| 鱼类   | 20  | 2  | 0.6 | 40  | 0.3 | 5.0 | 1.5 | 20  |                                                           |

表 2.6-5 环境空气质量评价标准

| 评价因子              | 评价时段 | 标准值/（μg/m <sup>3</sup> ） | 标准来源                              |
|-------------------|------|--------------------------|-----------------------------------|
| SO <sub>2</sub>   | 日平均  | 150                      | 《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及其修改单中二级标准 |
|                   | 小时平均 | 500                      |                                   |
| NO <sub>2</sub>   | 日平均  | 80                       |                                   |
|                   | 小时平均 | 200                      |                                   |
| PM <sub>10</sub>  | 日平均  | 150                      |                                   |
| PM <sub>2.5</sub> | 日平均  | 75                       |                                   |

## 2.6.2. 污染物排放标准

（1）船舶污染物执行《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552—2018）。

表 2.6-6 船舶水污染物排放控制标准

|                             |                  |                                                                                                 |
|-----------------------------|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018） | 石油类              | 油污水处理装置出水口不大于 15mg/L 或收集排入接收设施                                                                  |
|                             | BOD <sub>5</sub> | 在 2012 年 1 月 1 日以前安装生活污水处理装置的船舶其排放出口不大于 50mg/L，在 2012 年 1 月 1 日及以后安装生活污水处理装置的船舶其排放出口不大于 25mg/L  |
|                             | SS               | 在 2012 年 1 月 1 日以前安装生活污水处理装置的船舶其排放出口不大于 150mg/L，在 2012 年 1 月 1 日及以后安装生活污水处理装置的船舶其排放出口不大于 35mg/L |

（2）建筑施工厂界噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》

（GB12523-2011）。

表 2.6-7 建筑施工场界环境噪声排放标准

| 标准名称、级(类)别                         | 排放限值 |         |
|------------------------------------|------|---------|
| 《建筑施工场界环境噪声排放标准》<br>(GB12523-2011) | 昼间:  | 70dB(A) |
|                                    | 夜间:  | 55dB(A) |

(3) SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub> 排放执行广东省《大气污染排放限值》(DB44/27-2001) 第二时段二级标准；船舶废气排放执行《73/78 国际防止船舶造成污染公约》附则VI规定的排放控制水平，即 NO<sub>x</sub> 为：①当  $n(\text{rpm}) < 130$  时，17g；②当  $130 < n < 2000$  时， $4.5 \times n - 0.2\text{g}$ ；③当  $n \geq 2000$  时，9.8g，SO<sub>x</sub> 船上使用的任何燃油中的含硫量不得超过 4.5% (m/m)。

表 2.6-8 《大气污染排放限值》(DB44/27-2001) 第二时段二级标准 (mg/m<sup>3</sup>)

| 项目              | 最高容许排放浓度 | 无组织排放周围外最高浓度限值 |
|-----------------|----------|----------------|
| SO <sub>2</sub> | 500      | 0.40           |
| NO <sub>x</sub> | 120      | 0.12           |

## 2.7. 环境保护目标

根据珠江口海域附近环境敏感点的分布，广州港 20 万吨级航道工程主要的环境保护目标名称、位置、保护级别、面积及与航道的距离见表 2.7-1 及图 2.4-1。项目周边大气及噪声评价范围内无环境敏感目标。

表 2.7-1 水域环境保护目标分布

| 序号 | 名称                | 保护目标位置                                                              | 级别  | 工程相对位置                                            | 面积                  | 保护物种及期限                           | 性质            | 备注                                               |
|----|-------------------|---------------------------------------------------------------------|-----|---------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------|---------------|--------------------------------------------------|
| 1  | 广东内伶仃岛—福田国家级自然保护区 | 内伶仃岛及福田                                                             | 国家级 | 位于本工程东侧<br>距离内伶仃岛保护区 2.2km，距离福田红树林保护区 27km        | 921.64 公顷           | 猕猴、鸟类和红树林                         | 自然保护区         | 水 环<br>境、海<br>洋 生 态 环<br>境、环<br>境 风 险 保<br>护 目 标 |
| 2  | 中华白海豚国家级自然保护区     | 东界:粤港水域边界<br>南界:22°11'00"N<br>西界:113°40'00"E<br>北界:22°24'00"N       | 国家级 | 位于本工程南侧,距实验区: 4.0km<br>距缓冲区: 2.2km<br>距核心区: 6.0km | 460km <sup>2</sup>  | 中华白海豚及其生境                         |               |                                                  |
| 3  | 珠海淇澳—担杆岛省级自然保护区   | 淇澳岛西北部及担杆岛                                                          | 省级  | 位于本工程西侧,距离淇澳岛保护 9.7km                             | 7373.77 公顷          | 红树林湿地、猕猴、鸟类及海岛生态环境                |               |                                                  |
| 4  | 东莞市黄唇鱼市级自然保护区     | 东起威远岛西岸, 西与广州交界, 南起太平水道南河口, 北至太平水道北河口                               | 市级  | 位于工程西北侧 15km                                      | 663.7 公顷            | 国家二级保护动物黄唇鱼, 产卵季节 4-6 月份          |               |                                                  |
| 5  | 珠江口经济鱼类繁育场保护区     | 从珠海市金星门水道的铜鼓角起, 经内伶仃岛东角咀至深圳市妈湾下角止三点连线以北, 广州市番禺区的莲花山至东莞市的新沙两点连线以南的水域 | 农业部 | 工程全部位于其中,疏浚施工面积约为 3.69km <sup>2</sup>             | 1100km <sup>2</sup> | 经济鱼类亲体, 每年的农历 4 月 20 日至 7 月 20 日。 | 重要渔业水域        |                                                  |
| 6  | 幼鱼幼虾保护区           | 伶仃岛、万山群岛-20m 等深线以内的水域                                               | 农业部 | 工程全部位于其中,疏浚施工面积约为 3.69km <sup>2</sup>             | 3600 万亩             | 幼鱼幼虾, 每年的 3 月 1 日至 5 月 31 日       |               |                                                  |
| 7  | 广州中山交界重要渔业资源产卵场   | 位于伶仃洋大桥南侧                                                           | /   | 位于本工程西侧 2.0km                                     | /                   | 重要渔业资源                            | 重要渔业水域、生态保护红线 |                                                  |
| 8  | 经济鱼类“三            | 珠江口水域                                                               | /   | 工程穿越其洄游通道,产卵场位于工程西侧                               | /                   | 七丝鲚                               | 重要渔业水域        |                                                  |

|    |               |                                                |     |                                                                              |          |                    |             |  |
|----|---------------|------------------------------------------------|-----|------------------------------------------------------------------------------|----------|--------------------|-------------|--|
|    | 场一通道”         |                                                |     | 8.0km 和北侧 14.4km, 越冬场位于工程南侧 58.2km                                           |          |                    |             |  |
|    |               | 珠江口水域                                          | /   | 洄游通道和产卵场位于工程南侧 3.0km, 索饵场位于工程南侧 18.8km                                       | /        | 棘头梅童鱼              | 重要渔业水域      |  |
| 9  | 南沙湿地公园        | 南沙区万顷镇十八与十九涌之间                                 | /   | 位于工程的西侧, 最近距离 4.9km                                                          | 10000 亩  | 湿地                 | 湿地公园、生态保护红线 |  |
| 10 | 广东中山翠亨国家湿地公园  | 中山市翠亨新区南朗镇横门西水道                                | 国家级 | 位于工程西侧 14.6km                                                                | 625.6 公顷 | 保护珠江河口湿地生态系统和红树林群落 |             |  |
| 11 | 重要滩涂及浅海水域     | 万顷沙重要滩涂及浅海水域<br>情侣路近岸重要滩涂及浅海水域<br>深圳湾重要滩涂及浅海水域 | /   | 位于本工程西侧约为 2.3km<br>位于本工程西南侧约为 16.2km<br>位于本工程东侧约为 20.2km                     | /        | 滨海湿地、红树林           | 生态保护红线      |  |
| 12 | 狮子洋-虎门-蕉门水道河口 | 南沙-虎门附近水域                                      | /   | 位于本工程西北侧 12.7km                                                              | /        | 河口生态系统             |             |  |
| 13 | 红树林           | 南沙、中山、深圳等附近海域沿岸红树林                             |     | 项目周边                                                                         |          | 红树林                |             |  |
| 14 | 国考断面          | 珠江口水域, 3 个地表水国考断面, 10 个海水国控断面                  |     | 较近 3 个断面, 距离西侧 GDN02003 约 280m, 距离东北侧 GDN02001 约 3km, 距离西南侧 GDN02007 约 2.1km |          | 保持现有水质不变           |             |  |

## 2.7.1. 自然保护区

### 2.7.1.1. 广东内伶仃岛—福田国家级自然保护区

#### （1）保护区基本情况

##### 1）地理位置及保护目标

广东内伶仃岛-福田自然保护区建于 1984 年 10 月，1988 年 5 月晋升为国家级自然保护区，总面积 921.64 公顷，主要保护对象为猕猴、鸟类和红树林，由内伶仃岛和福田红树林两个区域组成，两者为海域分割，是两个相对独立的生态系统。

其中：①内伶仃岛位于珠江口伶仃洋东侧，地理位置为东经 113°47'—113°49' 北纬 22°24'—22°26' 之间，面积为 554 公顷（高潮位 480 公顷）。内伶仃岛保存着较完好的南亚热带常绿阔叶林。植物种类繁多，有维管植物 619 种，其中白桂木、野生荔枝等为国家 2 级重点保护植物；野生动物资源也十分丰富，主要保护对象为国家二级保护兽类猕猴，总数达 1200 多只，此外还有水獭、穿山甲、黑耳鸢、蟒蛇、虎纹蛙等重点保护动物。

②福田红树林区域是全国唯一处在城市腹地、面积最小的国家级森林和野生动物类型的自然保护区，位于深圳湾东北部，东起新州河口，西至海滨生态公园，南达滩涂外海域和深圳河口，北至广深高速公路，沿海岸线长约 9 公里，平均宽度约 0.7 公里，地理坐标位东经 113°45'，北纬 22°32'，总面积为 367.64 公顷。福田保护区中红树林的面积约 100 公顷，具有丰富的生物多样性，有高等植物 175 种，其中红树林植物 16 种，本地自然生长的红树林植物 12 种，如海漆、秋茄、桐花树、白骨壤、老鼠勒、木榄等。红树林保护区也是重要的鸟类栖息地，共有鸟类约 200 种，其中 23 种为国家重点保护鸟类，如卷羽鹈鹕、海鸬鹚、白琵鹭、黑脸琵鹭、黄嘴白鹭、鸮、黑嘴鸥、褐翅鸦鹃等。

##### 2）功能区划分

广东内伶仃岛-福田国家级自然保护区的功能区划如下：

#### （一）核心区

##### ①内伶仃岛区域

核心区面积为 177.8 公顷，占全岛 32.1%。坐落在南峰坳—尖峰山—东角山的山脊线以南和西南部，至环岛公路为界。该区动物种类较多，也是猕猴集中的区域。野果、阔叶食性植物主要集中在该区；水源也比较充足，全岛 6 条溪流有 4 条在该区域。

##### ②福田红树林区域

核心区分二块，总面积 122.2 公顷，占保护区福田红树林区域总面积的 33.3%。核心区是保护区（红树林部分）的主体和核心，该地是红树林生长最茂盛地区，是许多候鸟包括黑脸琵鹭等濒危鸟类的栖息地和觅食地，也是当地多种鸟类的繁殖地。

## （二）缓冲区

### ①内伶仃岛区域

该区分三块，面积为 193.1 公顷，占全岛面积的 34.9%。

### ②福田红树林区域

缓冲区分为两块，共计面积 116.58 公顷，占保护区福田红树林区域总面积的 31.7%。缓冲区范围内的基围鱼塘，芦丛洼地，是从湿地到陆地的过渡地带，小生境复杂多样，因此鸟类种群出现多样化，该区是各种动物及鸟类盘旋飞翔觅食区。

## （三）实验区

### ①内伶仃岛区域

实验区区分三块，分布在岛上的东湾、南湾和蕉坑湾，面积为 183.1 公顷，占 33.0%。

该区的地势开阔，主要为灌丛、果园、台湾相思林、松林占多，沿岸风景好，三个海湾均适宜开展科普环保教育为主要内容的生态旅游活动。

### ②福田红树林区域

实验区具体范围在保护区的西面，面积 123.26 公顷，占保护区红树林区域总面积的 33.5%。

## （2）与本工程相对位置关系

位于本工程东侧，距离内伶仃岛保护区 2.2km，距离福田红树林保护区 27km，详见图 2.4-1、图 2.7-1 和图 2.7-2。



图 2.7-1 广东内伶仃岛-福田国家级自然保护区图（内伶仃岛区域）

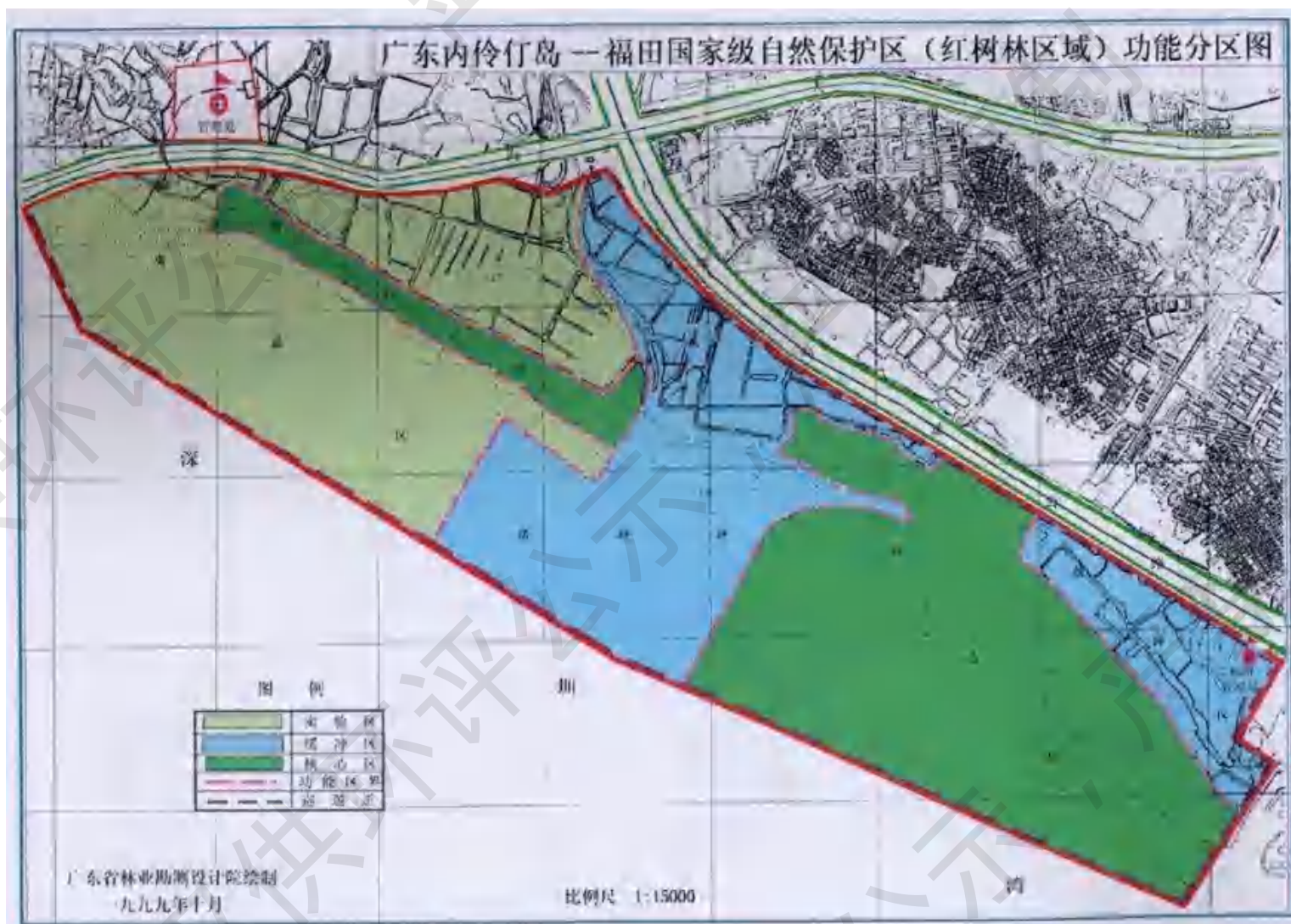


图 2.7-2 广东内伶仃岛-福田国家级自然保护区图（红树林区域）

### 2.7.1.2. 珠江口中华白海豚国家级自然保护区

#### (1) 保护区基本情况

珠江口中华白海豚自然保护区始建于 1999 年 10 月（粤办函[1999]583 号），2003 年 6 月升级为国家级自然保护区（国办发[2003] 54 号），主管部门是广东省海洋与渔业局。珠江口中华白海豚自然保护区位于珠江口北端，属珠海市水域范围内，总面积 460 平方公里，东界线为粤港水域分界线，西界线为东经  $113^{\circ}40'00''$ ，南界线为北纬  $22^{\circ}11'00''$ ，北界线为北纬  $22^{\circ}24'00''$ 。

①核心区：面积  $140\text{km}^2$ ，东边以香港特别行政区边界为界，西边为东经  $113^{\circ}46'$ ，南北范围为北纬  $22^{\circ}13'-22^{\circ}22'$ ；

②缓冲区：面积  $128\text{km}^2$ ，东边以香港特别行政区边界为界，西边为东经  $113^{\circ}43'$ ，南北范围为北纬  $22^{\circ}11'-22^{\circ}24'$ ；

③实验区：面积  $192\text{km}^2$ ，东边为东经  $113^{\circ}43'$ ，西至为东经  $113^{\circ}40'$ 。

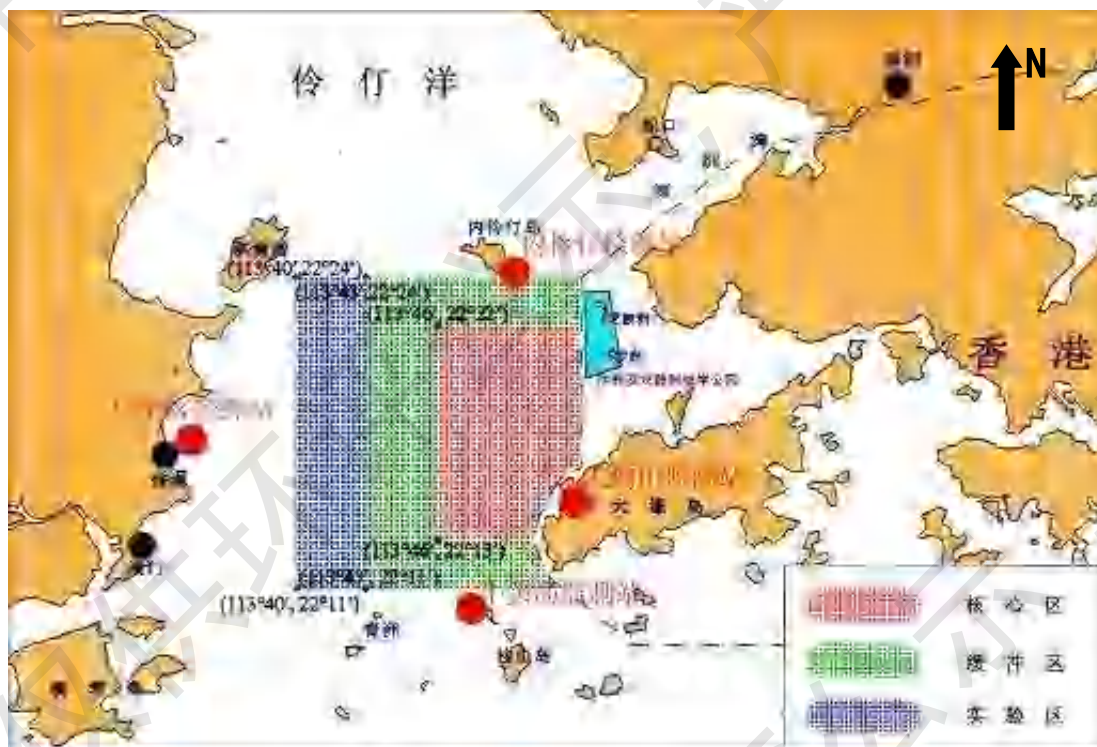


图 2.7-3 珠江口中华白海豚自然保护区分布图

#### 2、与本工程相对位置关系

位于本工程南侧，本工程距离中华白海豚自然保护区实验区 4.km，距缓冲区 2.2km，距核心区 6.0km，详见图 2.4-1、图 2.7-3。

### 2.7.1.3. 珠海淇澳—担杆岛省级自然保护区

#### (1) 保护区基本情况

珠海淇澳—担杆岛省级自然保护区，其前身为 1989 年 11 月经广东省人民政府批准建立的珠海担杆岛猕猴省级自然保护区。2004 年 11 月广东省人民政府批准同意将珠海担杆岛猕猴省级自然保护区和珠海淇澳岛红树林市级自然保护区合并，建立“珠海淇澳—担杆岛省级自然保护区”。

珠海淇澳—担杆岛省级自然保护区，是我国为数不多的集森林、野生动植物和湿地生态系统于一体的综合类型的自然保护区，总面积为 7373.77 公顷；主要保护对象为红树林湿地、猕猴、鸟类及海岛生态环境，是研究湿地生态系统、候鸟以及猕猴原生地和发展史的重要基地。

红树林保护区位于淇澳岛西北部，居于东经 113. 36'---113. 39'，北纬 22. 23'---22. 27'，保护区面积 5103. 77 公顷，红树林面积 533. 3 公顷，呈半月形展示。保护区拥有维管植物 695 种，野生动物 347 种，其中真红树植物有 15 种，半红树植物 9 种。

担杆岛猕猴保护区位于珠江口南部的伶仃洋与南中国海交界处，东经 114. 07'---114. 19'，北纬 21. 58'---22. 04'，总面积 2270 公顷，岛上动植物资源丰富，有维管植物 438 种，野生动物 85 种。其中珍稀动植物 12 种，有国家三级保护植物 3 种，一级保护动物 1 种，二级保护动物 9 种。猕猴数量从 1982 年的不足 300 只，如今发展到已有 1300 多只。

## （2）与本工程相对位置关系

珠海淇澳岛红树林自然保护区位于本工程的西侧，距离淇澳岛保护区 9.7km，详见图 2.4-1、图 2.7-4。



图 2.7-4 珠海淇澳—担杆岛省级自然保护区示意图

#### 2.7.1.4. 东莞市黄唇鱼市级自然保护区

##### （1）保护区基本情况

黄唇鱼（*Bahaba taipingensis*）属硬骨鱼纲鲈形目石首鱼科黄唇鱼属，俗名大鸥、白花鱼、金钱蟹、黄甘，近海大型暖温性底层鱼类，为我国特有种，1988 年被列为国家二级重点保护野生动物，2006 年被 IUCN（世界自然保护联盟）红色名录列为极度濒危物种（CR）。

黄唇鱼仅分布于南海和东海南部。东莞市虎门海域是黄唇鱼重要的产卵场和索饵场之一，目前，黄唇鱼幼鱼仅在该海域有发现。黄唇鱼索饵场主要分布在大、小虎岛至舢板洲一带海域，虎门大桥下威远岛以西海域则是其主要产卵场。黄唇鱼属于典型的洄游性鱼类，在清明至谷雨左右产卵，在河口海域繁衍，成长后游到 50-60m 深近岸海域，长成后（通常需 10 龄）又洄游到出生地繁衍后代。

改革开放后随着过度捕捞和经济快速发展带来的环境污染，黄唇鱼资源量急剧下降，罕见踪迹，目前已濒临灭绝。为有效保护黄唇鱼，东莞市人民政府于 2005 年 5 月设立东莞市黄唇鱼市级自然保护区(东府[2005]67 号)。范围：东起威远岛西岸，西与广州交界，南起太平水道南河口，北至太平水道北河口，面积 686 公顷；地理坐标：东至 113°39'16"，西至 113°36'26"，南至 22°45'48"，北至 22°48'41"；主要保护对象：国家二级保护动物黄唇鱼。为进一步加大黄唇鱼自然保护区建设力度，规范保护区管理，明确保护区功能分区和管理要求，2011 年 12 月东莞市人民政府发布了《东莞市黄唇鱼自然保护区功能区划》(东府办(2011)152 号)，将黄唇鱼自然保护区划分为核心区、缓冲区和实验区三个功能区。核心区面积 125.7 公顷，缓冲区面积 67.8 公顷，实验区面积 470.2 公顷。

##### （2）与本工程相对位置关系

本工程航道距离北侧东莞市黄唇鱼市级自然保护区约 15km，具体见图

2.4-1、图 2.7-5。



图 2.7-5 东莞市黄唇鱼自然保护区功能分区示意图

## 2.7.2. 重要渔业水域

### 2.7.2.1. 珠江口经济鱼类繁育场保护区

根据中华人民共和国农业部第 189 号公告(2002.2.8)《中国海洋渔业水域图(第一批)》中的图 4(南海国家级及省级保护区分布示意图),珠江口经济鱼类繁育场保护区范围从珠海市金星门水道的铜鼓角起,经内伶仃岛东角咀至深圳市妈湾下角止三点连线以北,广州市番禺区的莲花山至东莞市的新沙两点连线以南的水域,保护珠江河口经济鱼虾等的繁殖和生长,主要保护对象为经济鱼类亲体。保护期为每年的农历 4 月 20 日至 7 月 20 日。保护期内禁止除刺网、钓具和笼捕外所有渔业捕捞作业。本工程全部位于珠江口经济鱼类繁育场保护区内,具体见图 2.7-7。

#### 2.7.2.2. 幼鱼幼虾保护区

根据中华人民共和国农业部第 189 号公告(2002.2.8)《中国海洋渔业水域图(第一批)》中的图 4(南海国家级及省级保护区分布示意图), 幼鱼幼虾保护区包括伶仃岛、万山群岛-20m 等深线以内的水域, 禁渔期为每年的 3 月 1 日至 5 月 31 日。主要保护要求为在保护期内将禁止保护区内除刺网、钓具和笼捕外所有渔业捕捞作业。本工程全部位于幼鱼幼虾保护区内, 具体见图 2.7-7。

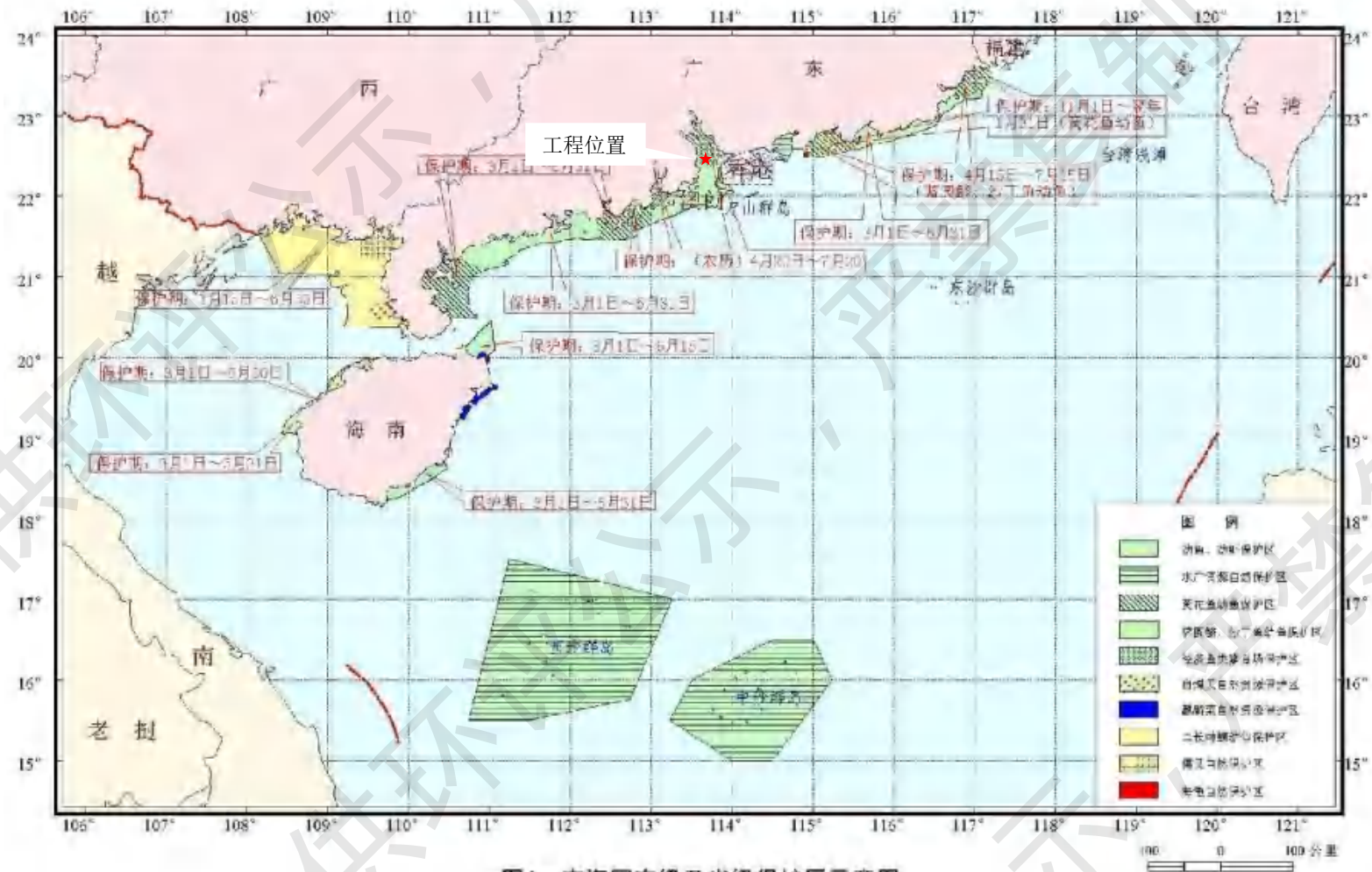


图 2.7-6 南海国家级及省级保护区分布示意图（摘自中国海洋渔业水域图（第一批）图 4）



图 2.7-7 经济鱼类繁育场保护区及幼鱼幼虾保护区位置示意图

### 2.7.2.3. 南海北部幼鱼繁育场保护区

南海北部幼鱼繁育场保护区位于南海北部及北部湾沿岸 40m 等深线水域，保护期为 1-12 月，其保护要求为：保护期内禁止拖网船、拖虾船以及捕捞幼鱼、幼虾为主的作业船只进入本区生产，防止或减少对渔业资源的损害。本工程全部位于南海北部幼鱼繁育场保护区内，具体见图 2.7-8。

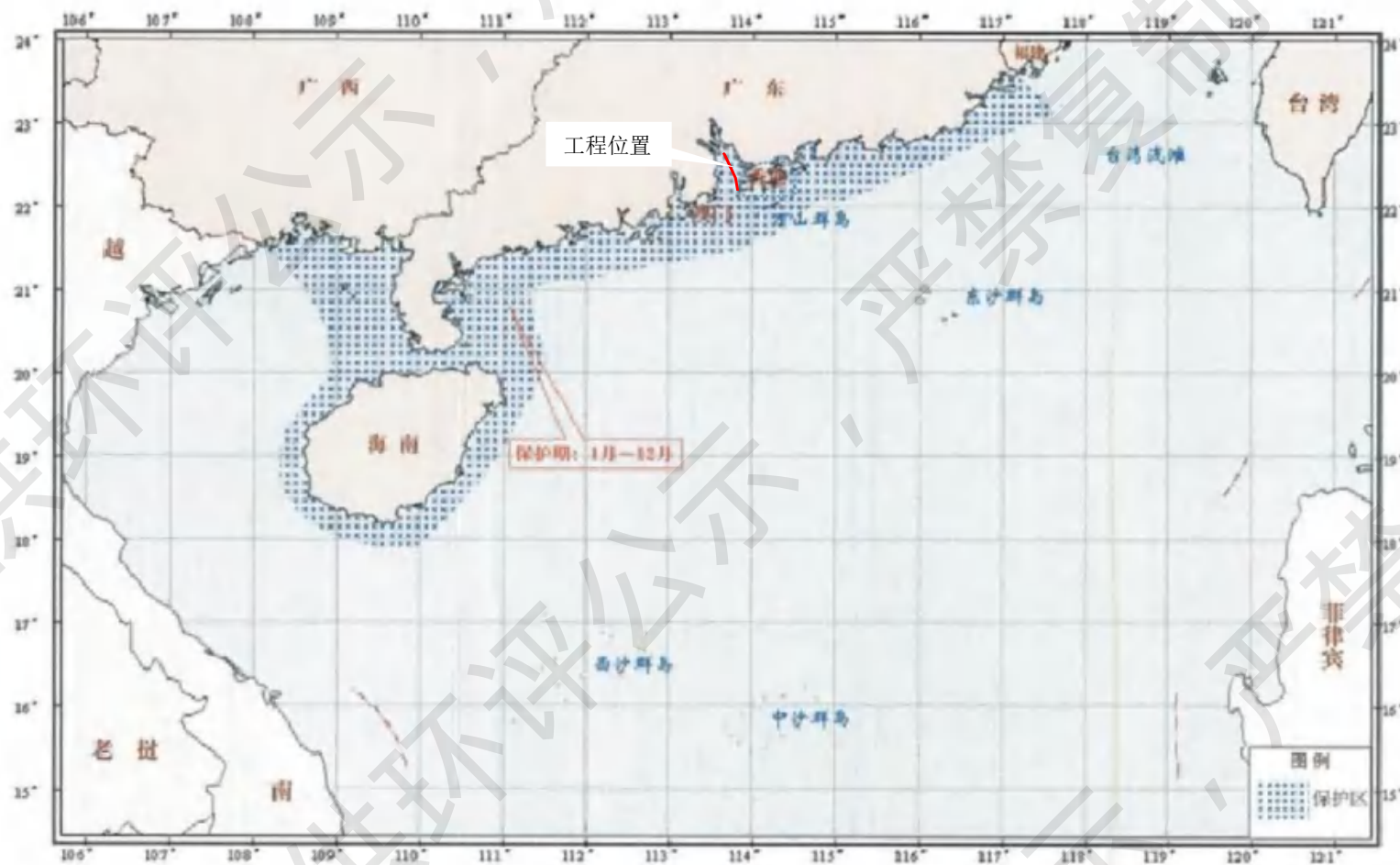


图 2.7-8 南海北部幼鱼繁育场保护区位置示意图

#### 2.7.2.4. 广州中山交界重要渔业资源产卵场

为生态保护红线区和优先保护单元，管控要求：1-1.维护海洋生态系统健康和安全，严格执行海洋生态红线管控要求。1-2.禁止毁损领海基点标志，鼓励主权权益设施建设以及以海岸线保护为重点的海洋自然保护区建设。1-3.加强红树林区域的执法监督，防止破坏红树林，禁止在红树林及周边区域围堤造田或挖虾池，禁止对红树林区域生物资源的过度采捕，禁止在红树林区域新增排污口，清理整顿原有排污口，禁止在红树林区域倾倒垃圾等废物，定期清理海漂垃圾，开展生态养殖。1-4.加大对滨海湿地的保护与修复。控制入海污染物排放，保证达标排放，减少直排，杜绝偷排，为湿地生态系统营造良好的生境条件。

本项目距离西侧广州中山交界重要渔业资源产卵场最近约为 2.0km，见图 2.4-1。

#### 2.7.2.5. 重要水生生物“三场一通道”分布

##### （1）七丝鲚的三场和洄游通道

七丝鲚在咸淡水海域，近淡水水团处产卵，有明显的溯河洄游习性。进入虎门口和蕉门产卵的七丝鲚主要走东洄游通道，其次走西洄游通道到达虎门南沙，威远、西沙等周围海域产卵。部分七丝鲚经西洄游通道到达横门，洪奇门口海域产卵。产卵后鱼卵在瞎写水流冲击下进入河口附近浅滩孵化，发育，生长，珠江口众多浅滩是七丝鲚主要肥育的场所，秋季，成长后的七丝鲚沿着水道洄游至万山群岛外侧海域越冬。七丝鲚产卵洄游时间为 2-3 月，索饵肥育季节尾 5-12 月，越冬季节为 11-2 月。部分七丝鲚有 8~9 月产卵的现象。在南方水域，七丝鲚洄游过程分期分批进行，时间过程较长。

本工程穿越其洄游通道，产卵场位于工程西侧 8.4km 和北侧 12.6km，越冬场位于工程南侧 51.2km，如图 2.7-9 所示。

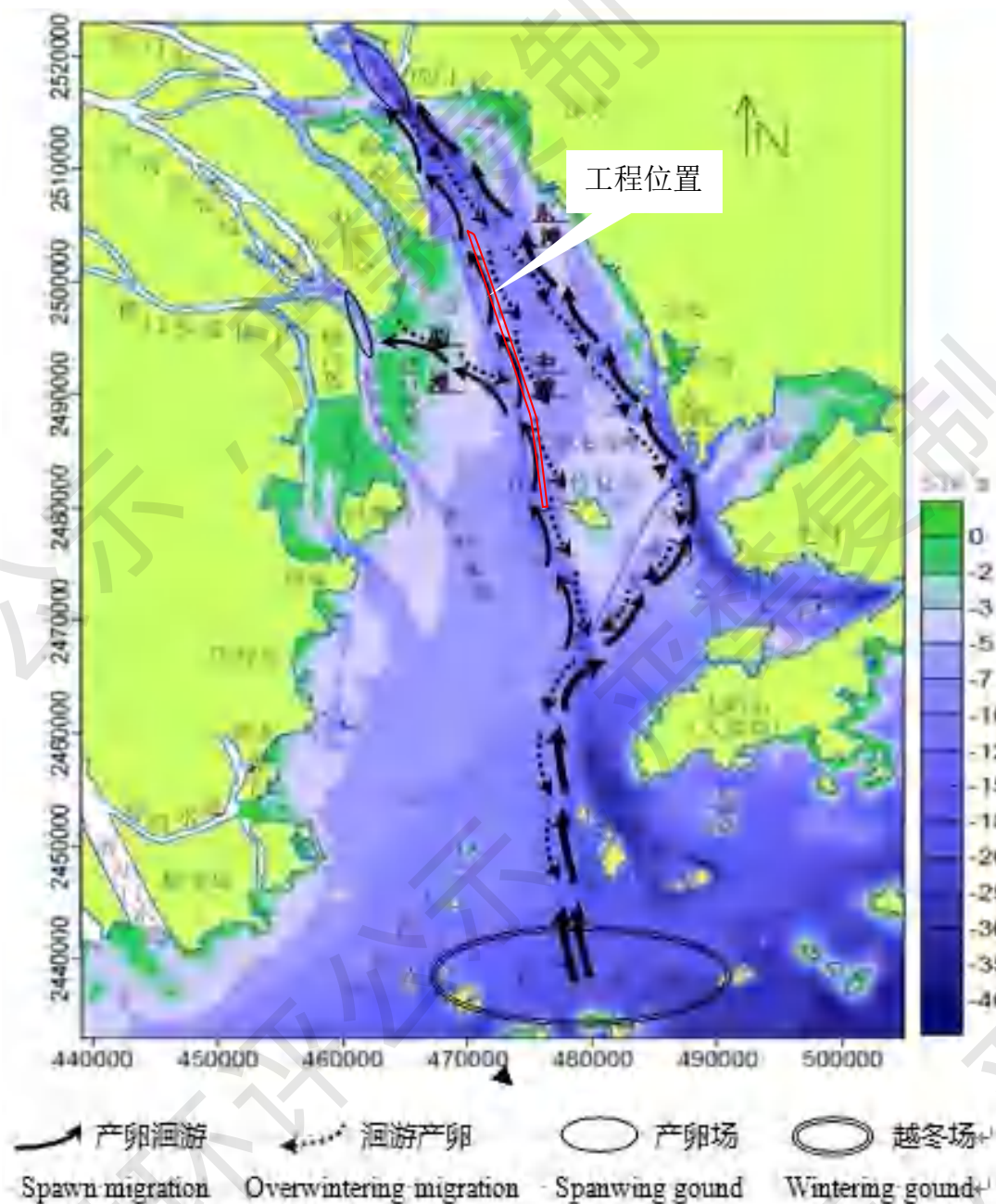


图 2.7-9 七丝鲚的三场和洄游通道

## (2) 棘头梅童鱼的三场和洄游通道

棘头梅童鱼主要在咸淡水水团中海水一侧产卵，洄游路线往来于珠江河口口内水域和万山群岛外侧。进入珠江河口口内水域产卵的棘头梅童鱼主要走东洄游通道，其次走西洄游通道到达内伶仃洋水域的西部浅滩、孖沙尾间浅滩、万顷沙尾间浅滩、钗石浅滩、横门浅滩、中滩，桂山岛等产卵，棘头梅童鱼产卵场分散而且分布广泛，深圳机场附近的东滩由于进入偏淡水的海域，不是棘头梅童鱼产卵的主要场所。棘头梅童鱼产卵后就近索饵，部分随着落潮流飘向万山渔场，桂

山岛渔场等海域索饵。秋季后进入 40 米以深海域越冬。

棘头梅童鱼产卵洄游时间为 4-5 月，索饵肥育季节尾 5-12 月，越冬季节为 11-4 月。棘头梅童鱼洄游过程相对凤鲚而言较为集中。

棘头梅童鱼产卵场，索饵场遍及整个内伶仃洋中南部水域，适应珠江口咸淡水海域，因而是这一海域最重要的渔业资源品种。棘头梅童鱼产卵的关键水域，水流刺激鱼卵成熟和产卵行为的水域位于暗士顿水道、铜鼓水道、大濠水道水深流急的水域，离本项目水域 6km 以上。

本项目涉及棘头梅童鱼洄游通道、产卵场和索饵场，见图 2.7-10。

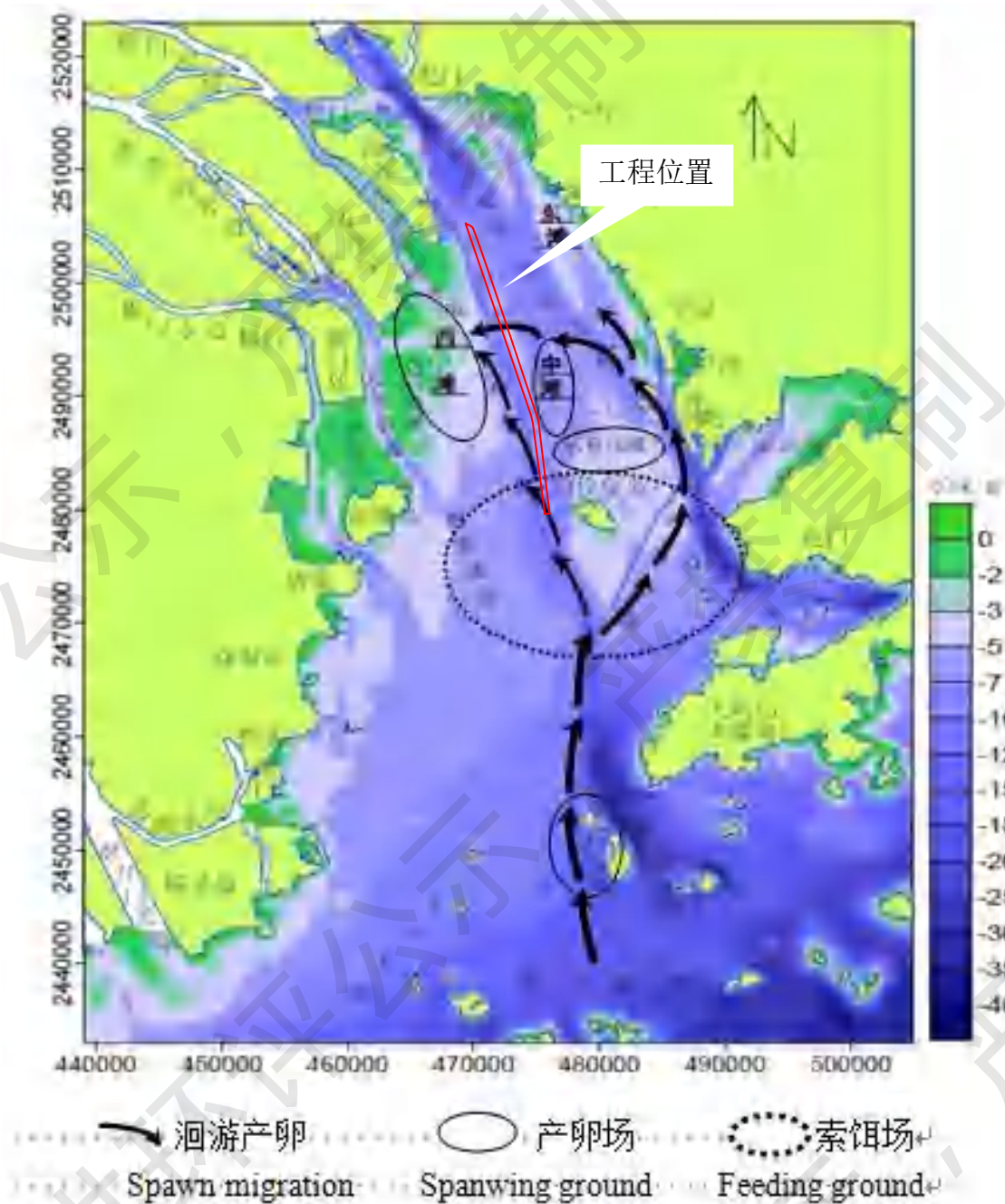


图 2.7-10 棘头梅童鱼的三场和洄游通道

### (3) 其他鱼类的三场和洄游通道

根据渔业部门发布的资料,在南海区的近海及外海也分布一些重要水生生物“三场一通道”,但距离本工程相对较远(60km 以上)。

南海中上层鱼类产卵场主要包括蓝圆鲹、鲐鱼和竹筴鱼产卵场,其中,蓝圆鲹产卵场的位置包括:(1)粤东外海区:约为东经 115°-116°30',北纬 20°30'-22°35',水深约为 70-180 米,产卵期 3-7 月。(2)粤西外海区:约为东经 110°30'-112°40',北纬 18°15'-20°05',水深约为 70-180 米,产卵期 4-6 月。(3)

珠江口近海区：约为东经 112°50'-114°30'，北纬 21°-22°，水深为 60 米以内，产卵期 12-3 月。鲈鱼产卵场的位置包括：（1）珠江口近海区：位于东经 113°5'-116°20'，北纬 21°-22°35'，水深 30-80 米，产卵期 1-3 月。（2）珠江口外海区：约东经 113°30'-114°40'，北纬 19°30'-20°26'，水深 90-200 米，产卵期 1-3 月。

南海底层、近底层鱼类产卵场主要包括金线鱼、深水金线鱼、二长棘鲷、红笛鲷、绯鲤类、短尾鳍大眼鲷、长尾大眼鲷、脂眼鲱和黄鲷产卵场。其中，金线鱼产卵场包括：（1）南海北部产卵场：分布范围较广，由海南岛东岸一直延伸到汕尾附近（为东经 111°45'-115°45'），水深为 25-107 米，主要是 40-80 米，产卵期 3-8 月。（2）北部湾产卵场：有二处，一处为东经 107°15'-108°50'，北纬 19°10'-20°55'，水深 40-75 米，产卵期 2-6 月。另一处为东经 106°05'-107°20'，北纬 18°15'-19°55'，水深 20-80 米，产卵期 4-8 月。二长棘鲷产卵场位于北部湾东经 107°20'-109°15'，北纬 20 至近岸，水深 60 米以浅海区，产卵期 1-3 月。红笛鲷产卵场有二处，均位于北部湾：（1）东经 107°25'-108°43'，北纬 19°12'-20°20'，水深 20-70 米海区。（2）东经 106°55'-107°56'，北纬 17°45'-19°，水深 65-85 米海区，产卵期 4-7 月。绯鲤类产卵场包括：（1）珠江口近海产卵场：位于东经 112°55'-115°40'，北纬 21°30'-22°15'，水深为 20-87 米，产卵期 3-6 月。（2）海南岛以东近海产卵场：位于东经 110°40'-112°00'，北纬 19°00'-19°30'，水深为 53-123 米，产卵期 3-6 月。（3）珠江口-粤西外海产卵场：位于东经 111°30'-14°40'，北纬 19°50'-21°，水深 60-100 米，产卵期 3-6 月。（4）北部湾产卵场：位于东经 107°20'-108°15'，北纬 18°15'-21°15'，水深 20-100 米，产卵期 2-8 月。深水金线鱼产卵场在南海北部的分布范围很广，从海南岛东岸东经 110°30' 以东一直延伸到东经 117°00' 的水深 90-200 米范围内均有分布，主要产卵期 3-9 月。短尾鳍大眼鲷产卵场包括：（1）南海北部产卵场：在南海北部分布范围较广，大约在 71-107 米等深线内，由海南岛东部向东北延伸到汕尾外海（约为东经 110°50'-115°45'），连城一条狭长海区；（2）北部湾产卵场，共有二处。一处位于东经 107°32'-106°20'，北纬 17°40'-18°50' 海区；另一处在东经 106°10'-108°15'，北纬 18°40'-19°45' 范围海区。短尾鳍大眼鲷产卵期 4-7 月。长尾大眼鲷产卵场包括：（1）南海北部产卵场：共有二处，一处位于海陵岛南部，约为东经 110°50'-112°45'，北纬 20°25'-21°30'；一处位于万山列岛的东南部，约为东经

113°20'-115°45'，北纬 20°35'-22°20'两产卵场水深为 26-80 米。（2）北部湾产卵场，共有三个：①位于东经 107°30'-108°50'，北纬 20°15'-21°20'；②东经 107°35'-139°05'，北纬 19°35'-20°25'；③东经 107°35'-108°25'，北纬 18°25'-19°25'长尾大眼鲷产卵期 5-7 月。脂眼鲱产卵场位于海南岛以东近海，东经 110°45'-111°30'，北纬 18°50'-19°50'，水深 40-100 米，产卵期 5-8 月。黄鲷产卵场包括：（1）南海北部产卵场：在南海分布广而狭，处于外海，沿着 90 米等深线由海南岛东部向东北延伸至汕尾外海（约为东经 111°45'-115°45'，水深 77-119 米），连成一条带状，产卵期为 11 月-翌年 3 月，产卵盛期为 12 月至翌年 3 月。（2）海南岛南部产卵场：位于东经 108°55'-109°15'，北纬 17°15'-17°50'，水深 70-120 米，产卵期为 10 月至翌年 2 月。

### 2.7.3. 湿地公园

#### 1、南沙湿地公园

##### （1）保护目标基本情况

南沙湿地公园位于广州最南端，地处珠江出海口西岸的南沙区万顷镇十八与十九涌之间，总面积约 10000 亩，是广州市最大的湿地，是候鸟迁徙的重要停息地之一。

由于位于珠江四大口门交汇处，处于咸淡水混合状态，因而湿地主要选种适应咸淡水环境的红树和能有效净化海水的芦苇，其中红树就有桐花、秋茄、无瓣海桑、木榄、拉关木等 18 个品种。同时，为了增加湿地植物的观赏性，湿地还选种了一些颜色上有对比性的树种，例如红色树叶的红乌桕、黄色树叶的千层金、黄色花瓣的美国槐、黄槿等。由于南沙湿地在开发建设和日常维护中比较注重红树林建设和优化水质，特别是在一期湿地范围内划出三分之一的区域将其设置为浅滩专供候鸟觅食，因而吸引了数以十万的候鸟来湿地栖息过冬。

据华南濒危动物研究所的统计，来南沙湿地过冬的候鸟数量占广州市候鸟总数的 50%以上，其中还包括许多珍贵的鸟类品种，例如：国家Ⅰ级保护鸟类东方白鹳、国家Ⅱ级保护鸟类黑脸琵鹭、白琵鹭、普通鵞、黑冠鸛隼、燕隼、白尾鸛、小鸛鸛和褐翅鸛鸛，还有 16 种省级重点保护鸟类等，到目前为止，在南沙湿地监测发现的鸟类超过 141 种。

目前，广州南沙湿地公园已开发成旅游观光景点。

## （2）与本工程相对位置关系

南沙湿地公园位于本工程的西侧，工程最近距离 4.9km，具体见图 2.4-1。

## 2、广东中山翠亨国家湿地公园

### （1）保护目标基本情况

翠亨国家湿地公园位于中山市翠亨新区南朗镇横门西水道，规划面积 625.6 公顷，长 5.4 公里，其中陆地面积 243.9 公顷，湿地面积 395.44 公顷，湿地率达 63.21%。是珠江流域河口湿地生态系统的典型代表。该湿地公园的建设，对保障区域生态安全，保护珠江河口湿地生态系统和红树林群落具有重要意义。

2019 年 12 月 25 日，通过国家林业和草原局 2019 年试点国家湿地公园验收，正式成为“国家湿地公园”。

### （2）与本工程相对位置关系

广东中山翠亨国家湿地公园位于本工程的西侧，工程最近距离 14.6km，具体见图 2.4-1。

## 2.7.4. 生态保护红线

### 2.7.4.1. 重要滩涂及浅海水域

#### 1、万顷沙重要滩涂及浅海水域

为生态保护红线区和优先保护单元，管控要求：中山：1-1.维护海洋生态系统健康和安全，严格执行海洋生态红线管控要求。1-2.禁止毁损领海基点标志，鼓励主权权益设施建设以及以海岸线保护为重点的海洋自然保护区建设。1-3.加强红树林区域的执法监督，防止破坏红树林，禁止在红树林及周边区域围堤造田或挖虾池，禁止对红树林区域生物资源的过度采捕，禁止在红树林区域新增排污口，清理整顿原有排污口，禁止在红树林区域倾倒垃圾等废物，定期清理海漂垃圾，开展生态养殖。1-4.加大对滨海湿地的保护与修复。控制入海污染物排放，保证达标排放，减少直排，杜绝偷排，为湿地生态系统营造良好的生境条件。广州：1.禁止采挖海砂；不得新增入海陆源工业直排口；严格控制河流入海污染物，海洋生态红线区陆源入海直排口污染物排放达标率达 100%。2.深圳湾重要滩涂及浅海水域。3.情侣路近岸重要滩涂及浅海水域。

本项目距离西侧万顷沙重要滩涂及浅海水域最近约为 2.3km，见图 2.4-1。

#### 2、情侣路近岸重要滩涂及浅海水域

为优先保护单元，管控要求：禁止围填海，维护海洋生态系统健康和安全，

严格执行海洋生态红线管控要求。

本项目距离西南侧情侣路近岸重要滩涂及浅海水域最近约为 16.2km，见图 2.4-1。

### 3、深圳湾重要滩涂及浅海水域

为优先保护单元，管控要求：1.禁止围填海；禁止采挖海砂；不得新增入海陆源工业直排口；严格控制河流入海污染物排放，海洋生态红线区陆源入海直排口污染物排放达标率达 100%；对已遭受破坏的海洋生态红线区，实施可行的整治修复措施，恢复原有生态功能；实行海洋垃圾巡查清理制度，有效清理海洋垃圾。

本项目距离东侧深圳湾重要滩涂及浅海水域最近约为 20.2km，见图 2.4-1。

#### 2.7.4.2. 狮子洋-虎门-蕉门水道河口

为优先保护单元，管控要求：广州：1.禁止采挖海砂；不得新增入海陆源工业直排口；严格控制河流入海污染物，海洋生态红线区陆源入海直排口污染物排放达标率达 100%。2.严格控制河流入海污染物排放；加强对受损重要河口生态系统的综合整治与生态修复。维持河口区域自然属性，保持河口基本形态稳性，保持河口基本形态稳定，保障河口行洪安全。

东莞：1.禁止围填海；不得新增入海陆源工业直排口；严格控制河流入海污染物排放，海洋生态红线区陆源入海直排口污染物排放达标率达 100%；控制养殖规模，鼓励生态化养殖；实行海洋垃圾巡查清理制度，有效清理海洋垃圾。2.加强对受损重要河口生态系统的综合整治与生态修复。维持河口区域自然属性，保持河口基本形态稳定，保障河口行洪安全。

本项目距离西北侧狮子洋-虎门-蕉门水道河口最近约为 12.7km，见图 2.4-1。

#### 2.7.4.3. 红树林

工程附近 5-16km 沿岸区域分布有红树林，主要在工程西北侧 5-16km 蕉门水道和洪奇沥水道沿岸零星分布、项目东侧 8-13km 深圳西侧红树林、项目西侧 15km 淇澳岛红树林区域，见图 2.4-1。

管控措施：重点保护红树林植被。禁止围填海，禁止建设污染环境、破坏资源或者景观的生产设施。对退化和受损的红树林生态系统开展滩涂恢复、树种补种等生态修复工程。

环境保护要求：按照海洋环境保护法律法规及相关规划要求进行管理，禁止排放有毒有害的污水、油类和其他废弃物，改善海洋环境质量。

### 2.7.5. 珍稀、濒危水生野生动物

已知目前分布（或历史上曾经分布）于本调查海域及其附近海域的国家级和省级重点保护的水生野生动物有中华白海豚、中华鲟、黄唇鱼、江豚、花鳗鲡等。

#### （1）中华白海豚

中华白海豚国际上习惯称之为印度-太平洋驼背豚，属哺乳纲、鲸目、海豚科、白海豚属，属海洋哺乳动物，是一种沿岸定居性的小型齿鲸类，处于近岸海域食物链的顶端，是近岸海洋生态系统的旗舰物种和指示物种。中华白海豚是国家一级保护野生动物，在福建、广东一带被渔民尊称为“妈祖鱼”，1991 年被列入濒危野生动植物种国际贸易公约（CITES）附录 I，1997 年被遴选为香港回归祖国的吉祥物，具有重要的生态、科研和文化价值。

中华白海豚身体修长呈纺锤型，喙突出狭长，刚出生的白海豚约 1m 长，性成熟个体体长 2.0~2.5m，最长达 2.7m，体重 200~250kg；背鳍突出，位于近中央处，呈后倾三角形；胸鳍较圆浑，基部较宽，运动极为灵活。全身都呈象牙色或乳白色，背部散布有许多细小的灰黑色斑点，有的腹部略带粉红色，短小的背鳍细而圆的胸鳍和匀称的三角形尾鳍都是近似淡红色的棕灰色。中华白海豚不集成大群，常 3~5 只在一起，或者单独活动。其摄食对象主要是河口的咸淡水鱼类，不经咀嚼快速吞食。解剖分析海豚的胃含物，主要是珠江口常见品种，食性以中小型鱼类为主。其中白海豚最喜欢吃的是狮头鱼，其次是石首鱼及黄姑鱼。中华白海豚眼睛较小，位于头部两侧，眼球黑色，视力较差，其辨别物体的位置和方向主要靠回声定位系统，在鼻孔下有一气，靠鼻塞肉的开闭发声，这种声线在前额隆起处一个由脂肪组成的特有器官集中，按一定的频率进行发射；声音碰到不同的物体反射回来的不同频率信号，通过海豚下腭一个由脂肪组成的凹槽接收，传入内耳进行定位。这个回声定位系统虽然复杂，但反应极其迅速准确，可以测出前面物体的大小、形状、密度结构和属性，并作出判断和反应。

中华白海豚主要分布于西太平洋沿岸，从东印度洋、东南亚沿岸延伸一直向北到达中国的东南沿岸，中华白海豚喜栖息在亚热带海区的河口咸淡水交汇水域，很少进入深度超过 25m 的海域，主要栖息地为海湾、红树林水道、热带河流三角洲或沿岸的咸水中。中国沿岸的中华白海豚有时进入江河中。珠江口的中

华白海豚曾进入珠江到达广州的海珠桥，并曾进入西江约 300km 之远。中华白海豚是国家一级保护野生动物，是《濒危野生动植物种国际贸易公约》附录 I 物种，还是世界自然保护联盟濒危物种红色名录的易危物种，有“海上大熊猫”之称。近几十年来，由于其分布区渔业捕捞带来的压力以及栖息地的减少和破碎化，使得中华白海豚的生存面临威胁，受到越来越多的关注。中华白海豚在我国主要分布在东南部沿海，根据近几十年调查资料，在我国分布最集中的区域是珠江口水域，其次是厦门的九龙江口。为保护珠江口海域的中华白海豚，广东省于 1999 年建立了珠江口中华白海豚自然保护区，该保护区将珠江口海域大部分中华白海豚的重要栖息地纳入，将近 113 的珠江口中华白海豚群体生活在保护区及其周边水域。中华白海豚是暖水性的海洋哺乳动物，喜栖于热带和亚热带沿海特别是河口水域。珠江口是华南最大的河口水域，同时又具有种类多样的游泳生物资源，为中华白海豚提供了丰富的饵料。珠江口的伶仃洋海域属于反时针的环流模式，保护区的位置处于进潮通道的主轴区而伶仃洋东海岸的自然条件和环境质量总体上优于西海岸，这样的地理位置和宏观自然条件，使得保护区所在区域成为中华白海豚在国内不可多得的优良栖息地，对国内中华白海豚种群的保护和其种群的生存发展发挥着关键作用，有很高的保护价值。

### （2）中华鲟

中华鲟隶属于脊索动物门、硬骨鱼纲、鲟形目、鲟科、鲟属，俗称鲟龙。属国家一级保护动物，为我国特有的大型溯河产卵的珍稀种类，栖息于大江河及近海底层。中华鲟一般平均体长为 2.1 m，平均体重为 86 kg，寿命可长达 40 岁。摄食只以浮游生物、植物碎屑为主食，偶尔吞食小鱼、小虾。中华鲟具有自己独有的生活习性，繁衍生息需要往返于长江、大海之间，也就是说，中华鲟是典型的咸水、淡水都能生存的洄游性鱼类。

中华鲟主要分布于我国长江流域，历史上也曾出现于珠江、闽江、钱塘江和黄河等水域，但目前为止黄河、钱塘江的中华鲟均已绝迹，闽江口偶尔可见，珠江数量极少，仅长江的现存量较大。

### （3）黄唇鱼

黄唇鱼属硬骨鱼纲鲈形目石首鱼科黄唇鱼属，俗名大鸥、白花鱼、金钱鲈、黄甘，近海大型暖温性底层鱼类，为我国特有种，根据《中国国家重点保护野生动物名录》（2021 年），被列为国家一级重点水生野生保护动物，2006 年被 IUCN

（世界自然保护联盟）红色名录列为极度濒危物种（CR）。

黄唇鱼仅分布于南海和东海南部。东莞市虎门海域是黄唇鱼重要的产卵场和索饵场之一，目前，黄唇鱼幼鱼仅在该海域有发现。黄唇鱼索饵场主要分布在大、小虎岛至舢板洲一带海域，虎门大桥下威远岛以西海域则是其主要产卵场。黄唇鱼属于典型的洄游性鱼类，在清明至谷雨左右产卵，在河口海域繁衍，成长后游到 50-60m 深近岸海域，长成后（通常需 10 龄）又洄游到出生地繁衍后代。

改革开放后随着过度捕捞和经济快速发展带来的环境污染，黄唇鱼资源量急剧下降，罕见踪迹，目前已濒临灭绝。为有效保护黄唇鱼，东莞市人民政府于 2005 年 5 月设立东莞市黄唇鱼市级自然保护区。

#### （4）江豚

江豚隶属于脊索动物门、哺乳纲、鲸目、鼠海豚科，俗称江猪、海猪。是国家二级保护野生动物，是珠江口一带的常见种江豚是水栖哺乳类动物。江豚体长一般 1.5 m 左右，大的近 2 m，头部钝圆，无吻突，无背鳍，全身灰色或咖啡色。是一种分布较广的小型豚类，在西太平洋沿岸海域和各大河口均有分布，长江中下游也经常有江豚活动。南海和东海南部的江豚在 6 月至次年 3 月间产仔，8 月至 12 月为高峰期。江豚的主要食物是小鱼、乌贼和虾类。

我国的江豚分为南方江豚、北方江豚和长江江豚三个亚种。南方江豚分布于南海和东海南部、记录于香港、广西北海和防城、广东省汕头、福建省东山和台湾省澎湖、新竹和台南。北方江豚主要分布于渤海、黄海、东海和东海沿岸。长江江豚分布于长江中下游及洞庭湖和潘阳湖，有时也进入与两湖相通的汀江及赣江。根据南海水产研究所周年的调查资料，在江门中华白海豚省级自然保护区内及周围海域共观察到江豚 26 头。

#### （5）花鳗鲡

花鳗鲡隶属于脊索动物门、硬骨鱼纲、鳗鲡目、鳗鲡科、鳗鲡属，俗称花鳗、雪鳗、鳘王、乌耳鳗、芦鳗、溪鳗，是鳗鲡类中体型较大的一种，体长一般为 331-615 毫米，体重 250 克左右，但最重的可达 30 千克以上。是国家二级保护野生动物。

花鳗鲡通常栖息于热带及暖温带地区的河口、江河、湖塘、河溪及沼泽地带，喜在夜间活动。主要以鱼、虾、蟹、蛙、蛇、鸟和小型兽类等动物为食，也吃落入水中大型动物的尸体。生殖后亲鱼即死亡，卵则在海流中孵化。历史上，花鳗

鲮分布于我国长江下游及以南的钱塘江、灵江、甌江、闽江、九龙江、台湾到广东、海南岛及广西等江河。近年来，由于其生存环境的恶化和捕捞过度，以及毒、电渔法对鱼资源的毁灭性破坏，拦河建坝修水库及水电站等阻断了花鲮的正常洄游通道等原因，致使花鲮的资源量急剧下降，在我国境内已难见其踪迹。历史上珠江口亦曾出现过花鲮。

### 2.7.6. 珠江口水域国家考察断面

根据广东省入海河流水质监测信息，项目评价范围内国考断面（地表水）包括蕉门、洪奇沥和虎门大桥，根据广东省近岸海域水质监测信息，项目评价范围内国控断面（海水）包括 10 个控制断面，详见图 2.4-1。

其中距离本项目最近的站位有 3 个断面，距离西侧 GDN02003 约 280m，距离东北侧 GDN02001 约 3km，距离西南侧 GDN02007 约 2.1km。

## 2.8. 项目建设与规划相符性分析

### 2.8.1. 与港口规划相符性分析

#### 2.8.1.1. 与《广州港总体规划（2005-2020）》符合性

由广州港务局与交通部规划研究院编制的《广州港总体规划（2005-2020）》于 2006 年通过了交通部和广东省人民政府的批准（文号：交规划发[2006] 55 号），规划涉及本工程部分如下：

#### 一、港区陆域布局规划

##### （一）内港港区码头的功能分工与调整

内港港区包括如意坊、黄沙、内三、内四、东洛围等十五个码头，主要为广州市及珠江三角洲地区能源、原材料、粮食、散杂货和集装箱的装卸及旅客运输服务。今后随着城市发展及综合开发的需要，部分码头将逐步调整现有功能。

##### （二）黄埔港区

黄埔港区由黄埔老港作业区和黄埔新港作业区组成，主要承担沿海、近洋集装箱运输和粮食、煤炭、化肥、成品油等散货的运输，其中洪圣沙码头主要承担沿海粮食中转及西江沿线非金属矿石运输。

##### （三）新沙港区

新沙港区为综合性港区，以集装箱、煤炭、矿石、粮食和化肥等物资运输为主。

#### （四）南沙港区

南沙港区为综合性港区，包括沙仔岛、小虎、芦湾、南沙等四个作业区。沙仔岛作业区以汽车滚装、杂货运输为主；小虎作业区以能源、液体化工运输为主；芦湾作业区以杂货运输为主；南沙作业区以外贸集装箱运输为主，相应发展保税、物流、商贸等功能，并结合临港工业开发承担大宗散货的运输。

### 二、水域布局规划

#### （一）航道

广州港航道分为广州港出海航道和其他航道。广州港出海航道全长 115km，航道底标高现为-11.5m，规划分阶段实施深水航道工程，以适应到港船舶大型化发展的需要。

广州港出海航道以外的其他航道包括：西河道、东河道、南河道、沥滘水道、东洛围水道、小洲水道、官洲水道、新洲水道、仑头水道、员岗沙水道、三枝香水道、汾水头水道、海心岗水道、新造水道、铁桩水道、黄埔航道、大濠洲航道、浮莲岗水道、莲花山西航道、小虎沥水道、大虎西水道、蒲洲水道、龙穴南水道、鳧洲水道等。

#### （二）锚地

广州港虎门内现有西河道、南河道、海心岗、新造、黄埔、大濠洲、莲花山、坭洲头、大虎等 9 处锚地，锚地面积 8.12km<sup>2</sup>，底标高-5~-13m。虎门外现有舢板洲沙角、伶仃、大屿山、桂山、三门岛、大坦尾等 6 处锚地，锚地面积 185.47km<sup>2</sup>，底标高-10~-30 米，规划新开辟大、小蚬洲岛、沙角等 2 处锚地，锚地面积 13.7km<sup>2</sup>，锚地底标高-5.9~-20m。

由以上分析可知，广州港 20 万吨级航道工程水域布局规划的航道属于广州港出海航道的一部分，符合广州港总体规划的要求，详见图 2.8-1。

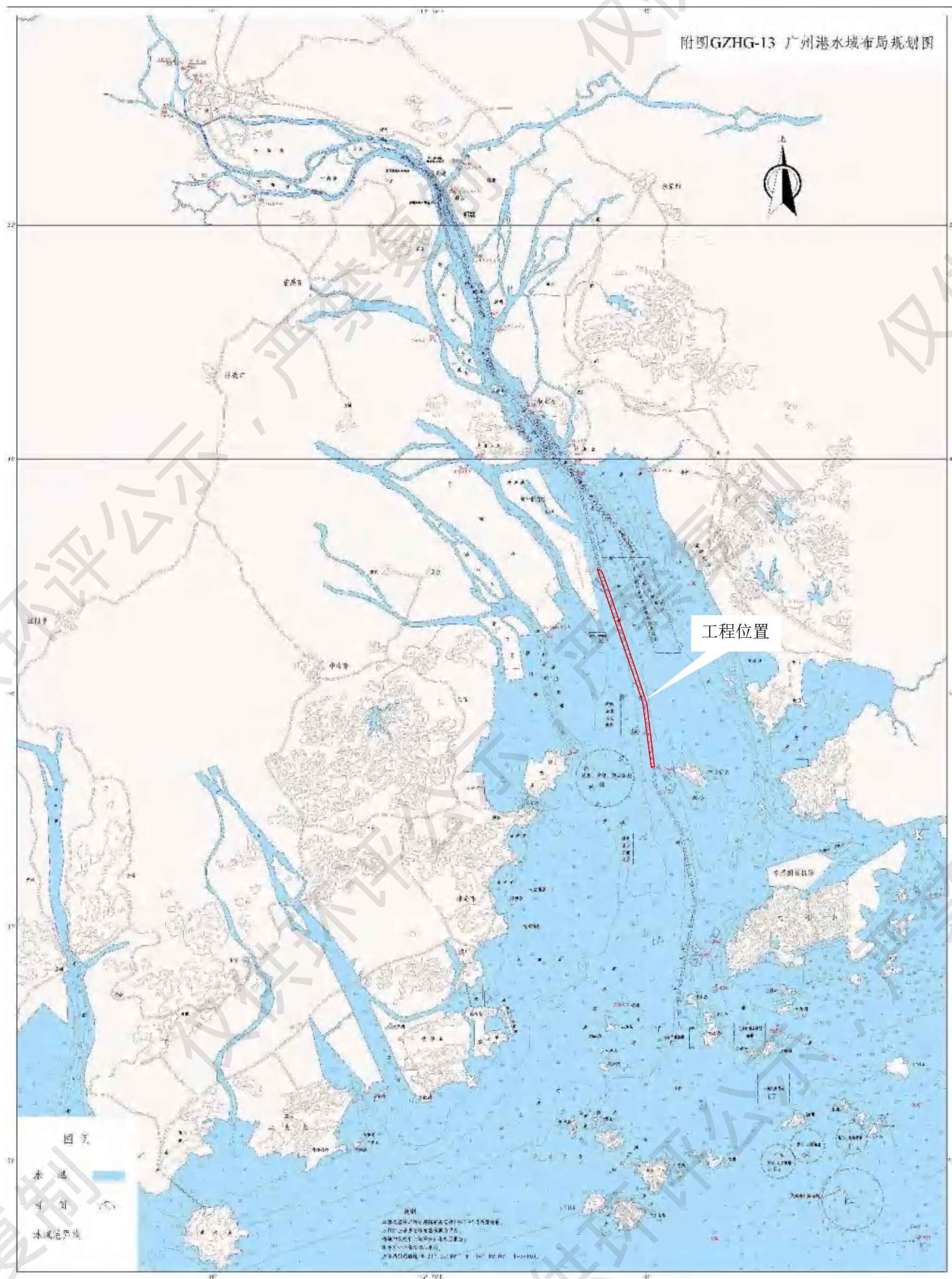


图 2.8-1 广州港总体规划图

### 2.8.1.2. 与广州港总体规划环评审查意见符合性分析

环境保护部于 2009 年 1 月审查通过了《广州港总体规划环境影响报告书》（环审[2009]12 号：关于对广州港总体规划环境影响报告书审查意见的函），与本工程相关的意见及工程落实情况见表 2.8-1。由表 2.8-1 可知，本项目与广州港总体规划环评审查意见是相符的。

**表 2.8-1 《广州港总体规划环境影响报告书》审查意见与本工程落实情况**

| 批复要求                                                                                                   | 落实情况                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 广州港航道疏浚涉及珠江口中华白海豚国家级自然保护区的缓冲区、核心区以及珠江口经济鱼类繁育保护区和幼鱼幼虾保护区，应当按照建设项目环评批复意见和保护区主管部门的要求组织实施，切实保护好中华白海豚及其栖息环境 | 已落实。<br>1、本段航道距离中华白海豚国家级自然保护区较近，约 2.2km，施工期应切实保护好中华白海豚及其栖息环境。<br>2、建议航道施工尽量避开鱼类产卵繁殖期，以减少对珠江口经济鱼类繁育期的影响。<br>3、开展生态补偿工作。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 规划的坭洲头抛泥区、淇澳岛东北抛泥区和淇澳岛东南抛泥区位于珠江口经济鱼类繁育保护区内，其中淇澳岛东南抛泥区位于珠江口中华白海豚国家级自然保护区内，应按照报告书意见停用上述抛泥区               | 已落实。<br>本航道的抛泥区未选择坭洲头抛泥区、淇澳岛东北抛泥区和淇澳岛东南抛泥区，选择珠海大万山南海洋倾倒区、珠江口外 1#临时性海洋倾倒区。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 珠江口海域是我国沿海船舶溢油四大高风险区域之一，也是一个生态环境非常敏感的水域，因此应加强港口溢油应急能力建设，不断完善广州港应急反应预案，建立健全应急反应体系，将船舶污染风险降低到可接受的水平      | 已落实。<br>1、广州市人民政府办公厅于 2014 年 9 月 29 日印发了《广州港口突发事件应急预案》，预案主要适用于广州港口内各类港口突发事件的预警预防和应急处置工作，指导广州港口突发事件的应急救援工作。凡涉及跨本市行政区域的，或超出我市处置能力的，或者需要由广东省、交通运输部负责处置的重大、特别重大港口突发事件的应对工作，依据广东省突发事件总体应急预案、《水路交通突发事件应急预案》等相关应急预案处置。广州港口突发事件应急指挥中心负责广州市港口突发事件的应急指挥、协调等工作。<br>2、根据《国家重大海上溢油应急能力建设规划(2015-2020 年)》（2016.1），“附表 1 中广州已有溢油清除能力为 3100 吨、东莞溢油清除能力为 800 吨、深圳 4300 吨、珠海 2200 吨”，合计珠江口水域溢油清除能力为 10400 吨，满足本项目营运期风险水平的要求（8464 吨）。考虑应急船舶航行时速、设备装备时间，各清污单位应急资源基本可在 2 小时内到达相应敏感区。 |

## 2.8.2. 与航道发展规划相符性分析

### 2.8.2.1. 与《广东省航道发展规划（2020-2035 年）》符合性

2020 年 12 月 8 日，广东省交通运输厅印发了关于印发广东省航道发展规划（2020-2035 年）的通知（粤交规〔2020〕786 号）。

《广东省航道发展规划（2020-2035 年）》提出，“广东省沿海主要航道包括全省重点货类运输系统中承担重点货类干线运输功能的公共进港航道。是广东省沿海航道体系的核心和骨干，是区域港口群的对外主通道，是区域经济可持续发展的重要支撑。沿海主要航道为总体布局的八通、一横、四线，包括广州港出海航道、珠海港高栏港区进港航道、湛江港 40 万吨级航道等，规划沿海主要航道里程 686 公里”，其中广州港出海航道（南段）发展规划技术等级为 30 万吨级。

本项目是对广州港出海航道（南段）的进一步扩建，将航道等级提升至 20 万吨级，项目建设将进一步完善珠江口航道布局，促进广东水运发展，并且本项目已列入规划中的“2020-2025 年航道规划主要建设项目”，符合《广东省航道发展规划（2020-2035 年）》要求。

### 2.8.2.2. 与广东省航道发展规划环评审查意见符合性

广东省环境保护厅于 2018 年 6 月审查通过了《广东省航道发展规划（2017-2035 年）》（粤环审[2018]199 号：关于对广东省航道发展规划环境影响报告书审查意见的函），与本工程相关的意见及工程落实情况见表 2.8-2。由表 2.8-2 可知，本项目与广东省航道发展规划环评审查意见是相符的。

**表 2.8-2 《广东省航道发展规划（2017-2035 年）环境影响报告书》审查意见与本工程落实情况**

| 序号 | 批复要求                                                                                   | 落实情况                                                                                                                            |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 严格落实“三线一单”管控要求。规划实施过程中，应对本次规划环评提出的生态空间划定区域，分别按相关法律法规要求实施管控，航道施工方式、货物种类、船舶设备等应符合环境准入要求。 | 已落实。本项目位于海域重点管控单元龙穴岛港口航运区-劣四类海域（HY44010020004）和伶仃洋保留区-劣四类海域（HY44000020002），符合其管控要求，不属于规划环评提出的生态空间划定区域“已划定的海洋生态红线区、禁止开发区和重点保护区。” |
| 2  | 优化调整规划规模、布局。由于工程方案涉及自然保护区、禁止类红线区或重要滨海湿地限制类红线区，且无可行的替代方案，建议取消海门港区进港航道等 13 个中期重点项目的实施。   | 已落实。本项目航道段施工区域不涉及自然保护区、禁止类红线区或重要滨海湿地限制类红线区。                                                                                     |
| 3  | 进一步加强规划与生态保护红线                                                                         | 已落实。                                                                                                                            |

|   |                                                                                                                            |                                                                                                                                                         |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   | 的衔接。具体重点项目实施应避让自然保护区、重点湿地、禁止类生态保护红线、重要滨海湿地限制类红线区、海洋生态限制类红线区、生态严控区、种质资源保护区、海洋公园资源恢复区和适度利用区等生态保护红线，确实无法避让的，应按相关法律法规要求履行相关手续。 | 本项目航道施工区域不涉及自然保护区等生态保护红线区域。                                                                                                                             |
| 4 | 优化调整规划实施时序。为减缓在同一生态环境敏感区内多条航道同时施工对保护区和保护对象产生累积不利影响，应优化狮子洋-虎门-蕉门水道重要河口生态系统限制类红线区、徐闻南部重要渔业海域限制类红线区内的项目的实施时序                  | 已落实，不涉及狮子洋-虎门-蕉门水道重要河口生态系统限制类红线区、徐闻南部重要渔业海域限制类红线区。                                                                                                      |
| 5 | 具体重点项目实施应优化施工方案及施工方式，严格控制施工时间避让鱼类产卵期，减缓施工活动对邻近生态敏感目标不利影响；按照《防治船舶污染海洋环境管理条例》和《中华人民共和国防治船舶污染内河水域环境管理规定》要求，严格落实船舶污染防治措施。      | 已落实，项目实施期间优化施工方案，施工避开鱼类繁殖期 4-8 月份，靠近南侧中华白海豚自然保护区 1-2km 施工区域建议采取对环境干扰小的船型如 4500-5000m <sup>3</sup> 耙吸船作业等，施工船舶污水按照《防治船舶污染海洋环境管理条例》，禁止直接排放，由有资质的单位进行接收处理。 |
| 6 | 加强生态敏感区及渔业水域的监测调查，为水域的生物保护和渔业发展提供科学依据。                                                                                     | 已落实，制定了施工区域沿线水域生态环境监测跟踪调查方案，为水域的生物保护和渔业发展提供科学依据。                                                                                                        |
| 7 | 严格执行危险货物水路运输安全的规定，制定区域环境风险应急保障措施及应急管理体系，加强对环境风险事故特别是溢油风险事故的风险防控。                                                           | 已落实，本项属于广州港规划航道，广州港已制定环境风险应急预案及风险防范措施，包括危险货物及溢油风险防控措施。                                                                                                  |
| 8 | 在规划实施过程中，每隔五年左右，进行一次规划实施的环境影响跟踪评价，在规划进行重大调整或修编时，应重新或补充环境影响评价。                                                              | 不涉及                                                                                                                                                     |
| 9 | 对规划包含建设项目环评的意见具体建设项目在开展环境影响评价时，应遵循报告书主要结论和提出的环保对策，重点加强项目对现有涉水工程的环境影响分析以及生态环境保护措施可行性论证等，强化环保措施的落实。                          | 已落实，本项目为航道扩建工程，施工期需要进行疏浚，重点分析了项目实施对周边水环境影响、生态影响等，对附近珍稀濒危保护野生动物中华白海豚进行了专章分析，并提出了可行的生态保护措施及补偿措施。                                                          |

### 2.8.3. 与《全国港口与航道布局规划》符合性分析

《全国港口与航道布局规划》指出，“建立多层次的国家港口枢纽体系，加

快建设世界级港口群，广州港、深圳港作为粤港澳港口群的龙头，要打造为国际性枢纽港”，本项目为沿海港口公共基础设施建设重点工程，项目建设符合规划要求。

#### 2.8.4. 与水运“十四五”发展规划符合性分析

《水运“十四五”发展规划》指出，紧紧围绕国家重大战略和交通强国建设目标，强化水运大通道、港口主枢纽的功能，在构建新发展格局、促进现代物流发展、保障经济安全、服务高水平开放等方面发挥先导作用。

坚持一流标准，以国际枢纽海港、主要港口为重点，优化存量资源配置，扩大优质增量供给，提升服务功能和支撑能力，打造高能级港口枢纽。建设京津冀、长三角、粤港澳大湾区世界级港口群，更好服务国家重大区域战略实施。中央资金重点支持进出港航道、防波堤、锚地等公共基础设施建设。重点推进天津、日照、南通、洋山、宁波舟山、深圳、广州、北部湾、洋浦等沿海港口重要港区进出港航道、防波堤、锚地建设。

本项目已列入《水运“十四五”发展规划》，项目建设将提升广州港的服务功能和支撑能力，更好的服务粤港澳大湾区战略实施，符合《水运“十四五”发展规划》的相关要求。

#### 2.8.5. 与国土空间规划符合性分析

##### 2.8.5.1. 与《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》的符合性分析

《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》提出：“按照耕地和永久基本农田、生态保护红线、城镇开发边界的优先序统筹划定落实三条控制线，把三条控制线作为调整经济结构、规划产业发展、推进城镇化不可逾越的红线。以三条控制线分别围合的空间为重点管控区域，统筹发展和安全，统筹资源保护利用，优化农业、生态、城镇等各类空间布局。”本项目位于广州南沙区龙穴岛以南海域，海床冲淤变化范围集中在本项目北航段及其附近 1km 范围以内，变化区域的海床呈现冲刷态势，但幅度不超过 0.05m。航道拓宽方案实施后，伶仃航道沿程回淤分布趋势与现状航道基本一致，各航段的平均淤强略有减小。项目航道工程建设不在“生态保护红线”内，项目施工期产生的悬浮泥沙包络线范围未扩散至周边的生态红线内，施工期结束后，产生的影响也随之消失，不会引起周边生态红线的生态环境恶化，不会对生态红线的保护与管理造成阻碍。根据《自然资源部生态

环境部国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》，加强生态保护红线管理，严守自然生态安全边界。本项目属国家重大战略项目，不涉及填海造地，不占用生态保护红线，项目建设符合《自然资源部生态环境部国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》相关要求。

根据《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》“第三节提升海岸带空间的综合功能”“专栏 7-1：海洋开发利用空间重点布局引导”提出“合理安排广州港南沙、新沙……、揭阳港惠来沿海港区等重要港区交通运输用海布局”。本项目为广州港 20 万吨级航道疏浚工程，位于广州港南沙港区东南侧海域，为交通运输部《水运“十四五”发展规划》重点项目，已列入国家 102 项重大工程项目库，计划在“十四五”期开工建设，本项目为航道扩宽疏浚工程，用海类型为交通运输用海，与海洋开发利用空间中的交通运输用海的布局是相符合的，不涉及围填海，不影响海域防洪排涝功能，对海洋环境影响较少，符合《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》的布局要求。

因此，本项目与《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》相符合。

#### **2.8.5.2. 与《广州市国土空间总体规划（2021-2035 年）》的符合性分析**

为促进我国与“一带一路”沿线国家和地区的贸易往来、适应粤港澳大湾区港口和航运发展需要，特别是适应南沙港区集装箱吞吐量持续快速增长的要求和集装箱运输船舶大型化趋势，保障港口生产安全，提高港口生产效率，进一步提高港口竞争力，迫切需要进行广州港出海航道拓宽。

本项目位于交通运输用海区和海洋预留区，其中交通运输用海区为港口建设、路桥建设、航运等为主要功能导向的海域，与其主导功能相符。本项目未占用广州市生态保护红线、永久基本农田和耕地。本项目已列入为交通运输部《水运“十四五”发展规划》重点项目，列入国家 102 项重大工程项目库，计划在“十四五”期开工建设。综上，本项目与《广州市国土空间规划（2021-2035 年）》相符合。

#### **2.8.5.3. 与《中山市国土空间总体规划（2021-2035 年）》的符合性分析**

本项目位于其他海域，未占压中山市生态保护红线、永久基本农田和耕地。已列入为交通运输部《水运“十四五”发展规划》重点项目，列入国家 102 项重大工程项目库，计划在“十四五”期开工建设，项目为航道拓宽工程，有助于适应广州港港区集装箱吞吐量持续快速增长的要求和集装箱运输船舶大型化趋势，保障

港口生产安全，提高港口生产效率，进一步提高港口竞争力。

综上，本项目与《中山市国土空间规划（2021-2035 年）》相符合。

#### **2.8.5.4. 与《深圳市国土空间总体规划（2021-2035 年）》的符合性分析**

本项目位于交通运输用海区，未占压深圳市生态保护红线、永久基本农田和耕地。已列入为交通运输部《水运“十四五”发展规划》重点项目，列入国家 102 项重大工程项目库，计划在“十四五”期开工建设，项目为航道拓宽工程，有助于适应深圳港港区集装箱吞吐量持续快速增长的要求和集装箱运输船舶大型化趋势，保障港口生产安全，提高港口生产效率，进一步提高港口竞争力。

综上，本项目与《深圳市国土空间规划（2021-2035 年）》相符合。

#### **2.8.5.5. 与《珠海市国土空间总体规划（2021-2035 年）》的符合性分析**

本项目位于划定的生态控制区，未占压珠海市生态保护红线、永久基本农田和耕地。本项目建设对周边海域的影响较小，项目已列入为交通运输部《水运“十四五”发展规划》重点项目，列入国家 102 项重大工程项目库，计划在“十四五”期开工建设，项目为航道拓宽工程，为促进我国与“一带一路”沿线国家和地区的贸易往来、适应粤港澳大湾区港口和航运发展需要，有助于适应珠海港区集装箱吞吐量持续快速增长的要求和集装箱运输船舶大型化趋势，保障港口生产安全，提高港口生产效率，进一步提高港口竞争力。

综上，本项目与《珠海市国土空间规划（2021-2035 年）》相符合。

### **2.8.6. 与“三线一单”符合性分析**

#### **2.8.6.1. 与《广东省人民政府关于印发广东省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》符合性分析**

为全面贯彻《中共中央 国务院关于全面加强生态环境保护坚决打好污染防治攻坚战的意见》，现就落实生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线，编制生态环境准入清单（以下称“三线一单”），实施生态环境分区管控，制定本方案。

全省共划定陆域环境管控单元 1912 个，其中，优先保护单元 727 个，主要涵盖生态保护红线、一般生态空间、饮用水水源保护区、环境空气质量一类功能区等区域；重点管控单元 684 个，主要包括工业集聚、人口集中和环境质量超标

区域；一般管控单元 501 个，为优先保护单元、重点管控单元以外的区域。

全省共划定海域环境管控单元 471 个，分为优先保护单元、重点管控单元和一般管控单元，实施分类管控。其中优先保护单元 279 个，为海洋生态保护红线；重点管控单元 125 个，主要为用于拓展工业与城镇发展空间、开发利用港口航运资源、矿产能源资源的海域和现状劣四类海水海域；一般管控单元 67 个，为优先保护单元、重点管控单元以外的海域。

优先保护单元。以维护生态系统功能为主，禁止或限制大规模、高强度的工业和城镇建设，严守生态环境底线，确保生态功能不降低。包括生态优先保护区、水环境优先保护区和大气环境优先保护区。

重点管控单元。以推动产业转型升级、强化污染减排、提升资源利用效率为重点，加快解决资源环境负荷大、局部区域生态环境质量差、生态环境风险高等问题。包括省级以上工业园区重点管控单元、水环境质量超标类重点管控单元和大气环境受体敏感类重点管控单元。

一般管控单元。执行区域生态环境保护的基本要求。根据资源环境承载能力，引导产业科学布局，合理控制开发强度，维护生态环境功能稳定。

本项目位于珠江口伶仃洋海域，根据《广东省人民政府关于印发广东省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》（粤府〔2020〕71 号），本工程位于海域重点管控单元。本工程营运期为广州港出海航道通航水域，符合重点管控单元的要求。

#### **2.8.6.2. 与《广州市人民政府关于印发广州市“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》符合性分析**

2021 年 6 月 25 日广州市人民政府印发了《广州市“三线一单”生态环境分区管控方案》（穗府规〔2021〕4 号）。根据《广州市“三线一单”生态环境分区管控方案》，到 2025 年，建立较为完善的“三线一单”生态环境分区管控体系，国土空间开发保护格局不断优化，生产生活方式绿色转型成效显著，能源资源利用效率全国领先，生态系统安全性稳定性显著增强，生态环境治理体系和治理能力现代化水平显著提高。到 2035 年，生态环境分区管控体系巩固完善，生态安全格局稳定，绿色生产生活方式基本形成，碳排放达峰后稳中有降，生态环境根本好转，形成与高质量发展相适应的国土空间格局。

全市共划定环境管控单元 253 个，其中陆域环境管控单元 237 个，海域环境

管控单元 16 个。海域环境管控单元包括优先保护单元 9 个，为海洋生态保护红线；重点管控单元 7 个，主要为用于拓展工业与城镇发展空间、开发利用港口航运资源、游憩资源的海域和现状劣四类海水海域。

根据叠图分析，本项目疏浚区位于海域重点管控单元龙穴岛港口航运区-劣四类海域（HY44010020004）和伶仃洋保留区-劣四类海域（HY44000020002），具体管控要求如下表所示。本工程营运期为广州港出海航道通航水域，符合重点管控单元“开发利用港口航运资源”的要求，符合上述管控单元管控要求。

表 2.8-3 本项目与广州市“三线一单”管控要求符合性分析表

| 管控维度    | 龙穴岛港口航运区-劣四类海域<br>管控要求                                                                                   | 伶仃洋保留区-劣四类海域<br>管控要求                                                                                     | 本项目情况                                                         | 相符性 |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----|
| 区域布局管控  | 禁止在沿海陆域内新建不具备有效治理措施的化学制浆造纸、化工、印染、制革、电镀、酿造、炼油、岸边冲滩拆船以及其他严重污染海洋环境的工业生产项目                                   | 严格限制开展显著改变海域自然属性的用海活动，确需开发利用的应通过科学规划和严格论证，开发利用活动不得影响毗邻海域用海功能，不得影响防洪纳潮功能                                  | 本项目为航道疏浚项目，未改变海域自然属性，营运期为广州港出海航道通航水域，不属于禁止类工业生产项目             | 相符  |
| 能源资源利用  | 加强港口岸线资源整合，保障广州港各沿海港区的用海需求，维护航道和锚地海域功能，保障航运安全。港口基础设施及临港配套建设应集约利用岸线和海域空间。                                 | 在功能明确以前，现有的合理海洋开发利用活动予以保留，开展海洋环境治理，海水水质、海洋沉积物质量和海洋生物多样性等维持现状                                             | 本项目为广州港出海航道通航水域，保障广州港用海需求，航道疏浚施工对附近水域水质将产生暂时不利影响，但随着施工期结束而结束。 | 相符  |
| 污染物排放管控 | 向海域排放陆源污染物的单位，应严格执行国家和地方相关规定要求。                                                                          | 向海域排放陆源污染物的单位，应严格执行国家和地方相关规定要求                                                                           | 本项目为航道疏浚项目，施工期船舶禁止向海域排放污染物。                                   | 相符  |
| 环境风险防控  | 沿海港口、码头、装卸站、船舶修造厂配套废油等危险废物规范化贮存设施，实现船舶危险废物规范化处置。<br>完善陆域环境风险源和海上溢油及危险化学品泄漏对近岸海域影响的应急预案，完善风险防控措施，定期开展应急演练 | 沿海港口、码头、装卸站、船舶修造厂配套废油等危险废物规范化贮存设施，实现船舶危险废物规范化处置。<br>完善陆域环境风险源和海上溢油及危险化学品泄漏对近岸海域影响的应急预案，完善风险防控措施，定期开展应急演练 | 本项目为航道疏浚项目，属于广州港出海航道，溢油风险应急可依托广州港现有应急设施和应急预案。                 | 相符  |

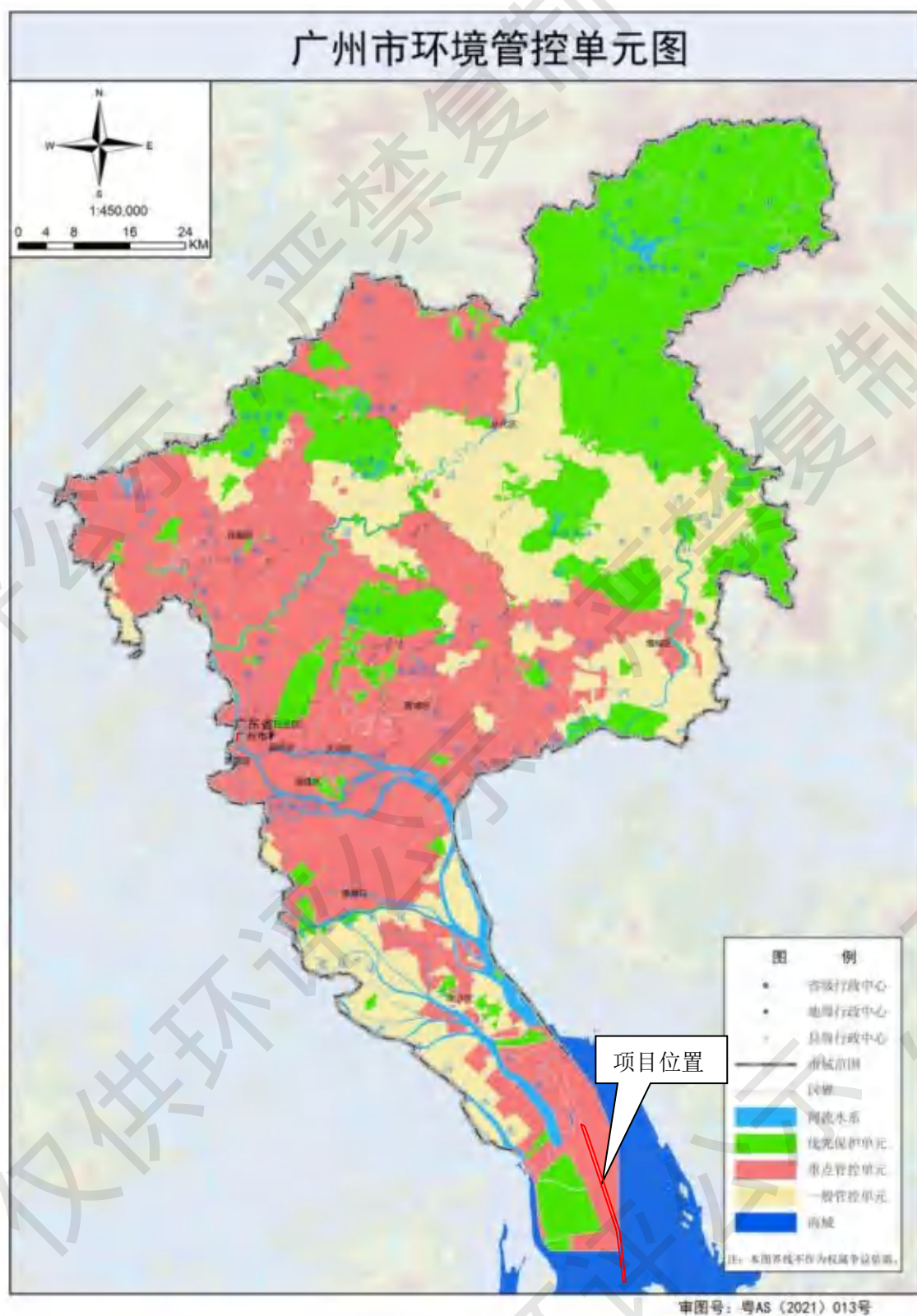


图 2.8-2 广州市环境管控单元分布图

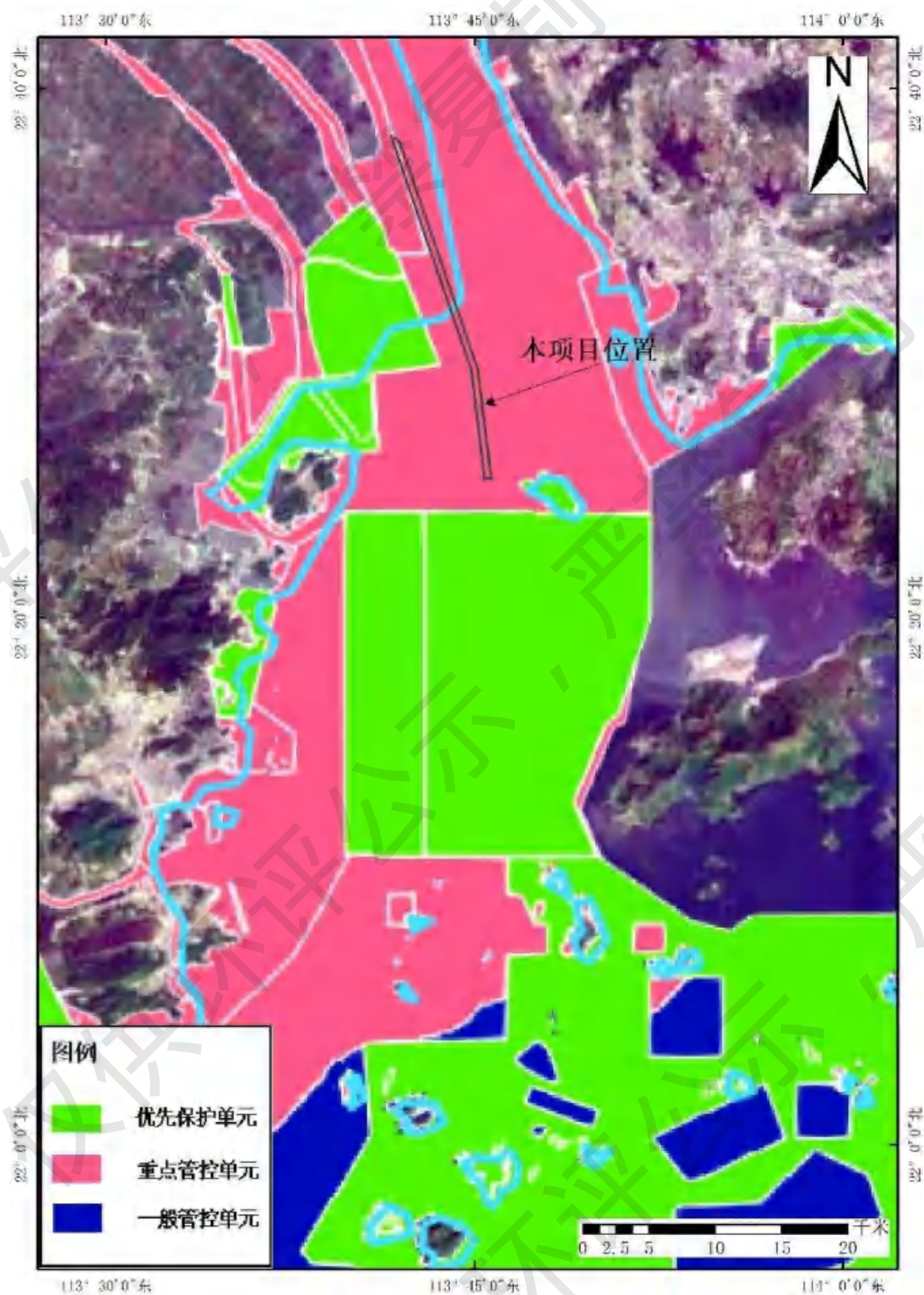


图 2.8-3 广州市环境管控单元分布图（局部放大）

### 2.8.7. 与近岸海域环境功能区划符合性分析

根据 1999 年广东省政府颁发的《广东省近岸海域环境功能区划》（粤府办[1999]68 号），如图 2.5-1 所示，本工程不在广东省近岸海域环境功能区划范围内。

本工程航道对该综合功能区的影响仅为施工期产生的悬浮泥沙，在采取一定的环保措施后施工悬浮物影响并不大，施工结束后其影响将自行消失，因此，该段航道的建设与该功能区的主要功能不冲突。符合《广东省近岸海域环境功能区划》（粤府办[1999]68 号）的要求。

### 2.8.8. 与《广东省海洋主体功能区规划》的符合性分析

广东省人民政府于 2017 年 12 月批复了《广东省海洋主体功能区规划》（粤府函[2017]359 号），根据《广东省海洋主体功能区规划》，全省海洋主体功能区包括优化开发、重点开发、限制开发和禁止开发四类主体功能区域。本项目位于广州南沙，为优化开发区域（图 2.8-4），该区域是广东省海洋开发和经济、人口最集中、最密集的区域，具有良好的海洋产业体系和发展趋势。

本项目作为广州港 20 万吨级航道工程，位于优化开发区的广州市南沙区，项目建设能够推动海洋产业体系的发展，符合《广东省海洋主体功能区规划》。

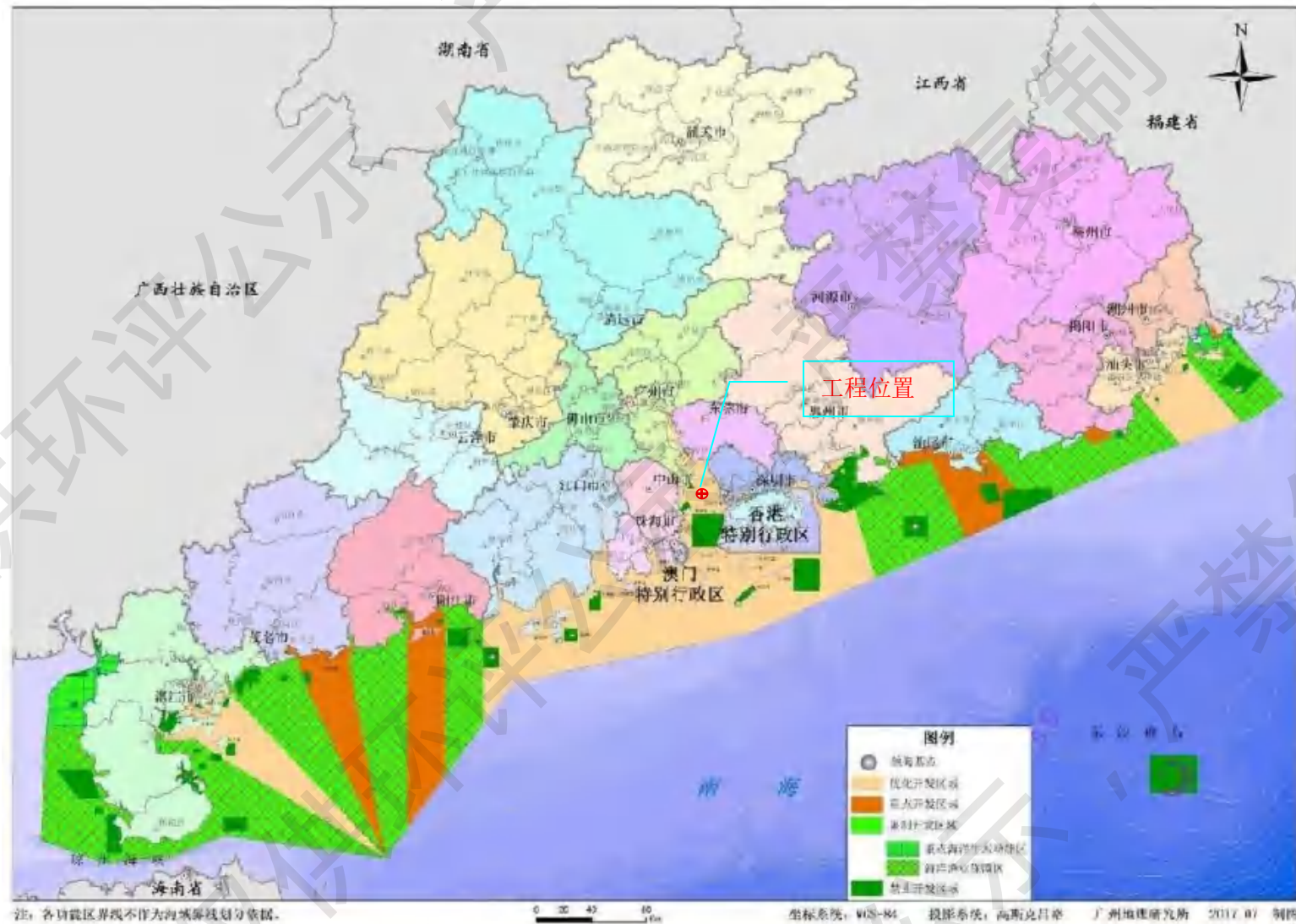


图 2.8-4 广东省海洋主体功能区规划

### 2.8.9. 与《广州市城市环境总体规划》的符合性分析

2017 年 2 月 5 日，广州市人民政府发布了《广州市人民政府关于印发广州市城市环境总体规划（2014—2030 年）的通知》（穗府〔2017〕5 号）。

根据《广州市城市环境总体规划》，环境战略分析如下：

.....

（3）南部生态调节区。包括番禺和南沙地区，面积约为 1330 平方公里。该区域地处珠江口河海交汇区，地势平坦，河口湿地、滩涂比例高，生物多样性丰富，受咸潮、潮汐作用影响，生态系统敏感脆弱。同时也是广州市人口、产业疏散的承接区。主导环境服务功能是维护珠江口生态平衡，维护人居环境健康安全。根据自然环境和保护战略的差异，分为珠江口番禺生态调节区和珠江口南沙生态调节区。总体战略为高效绿色、可持续发展。

.....

根据《广州市城市环境总体规划》，实施资源承载力分区调控如下：

.....

第十三条 南部生态调节区承载力调控。

该区域生态承载力相对较强，环境资源承载力相对平衡，生态敏感，但由于地处流域下游，发展对生态的影响相对较小。实施保育生态、重点开发策略，承接中心城区人口和产业疏散。突出自贸区高端定位，**大力发展航运物流**、特色金融、国际贸易、高端制造等产业，限制废气排放量大的电力、热力、冶炼等项目。

发挥滨海资源优势，维护高品质滨海生态旅游岸线，实施近岸海域氮超标治理，严格管控海鸥岛、南沙湿地，保障河口海岸交汇区生态安全。严格保护存量耕地资源，将农田景观作为重要的自然生态景观和环境文化景观予以保护，发展高效生态农业

.....

环境战略分区图、生态保护红线规划图和生态环境空间管控图见图 2.8-5～图 2.8-7。

由此分析可知，本工程位于南部生态调节区，南部生态调节区承载力调控中要求的大力发展航运物流，本工程与这一定位相吻合，本工程在其划定的生态保护红线和生态环境管控区之外，因此，本工程的建设符合《广州市城市环境总体规划》。

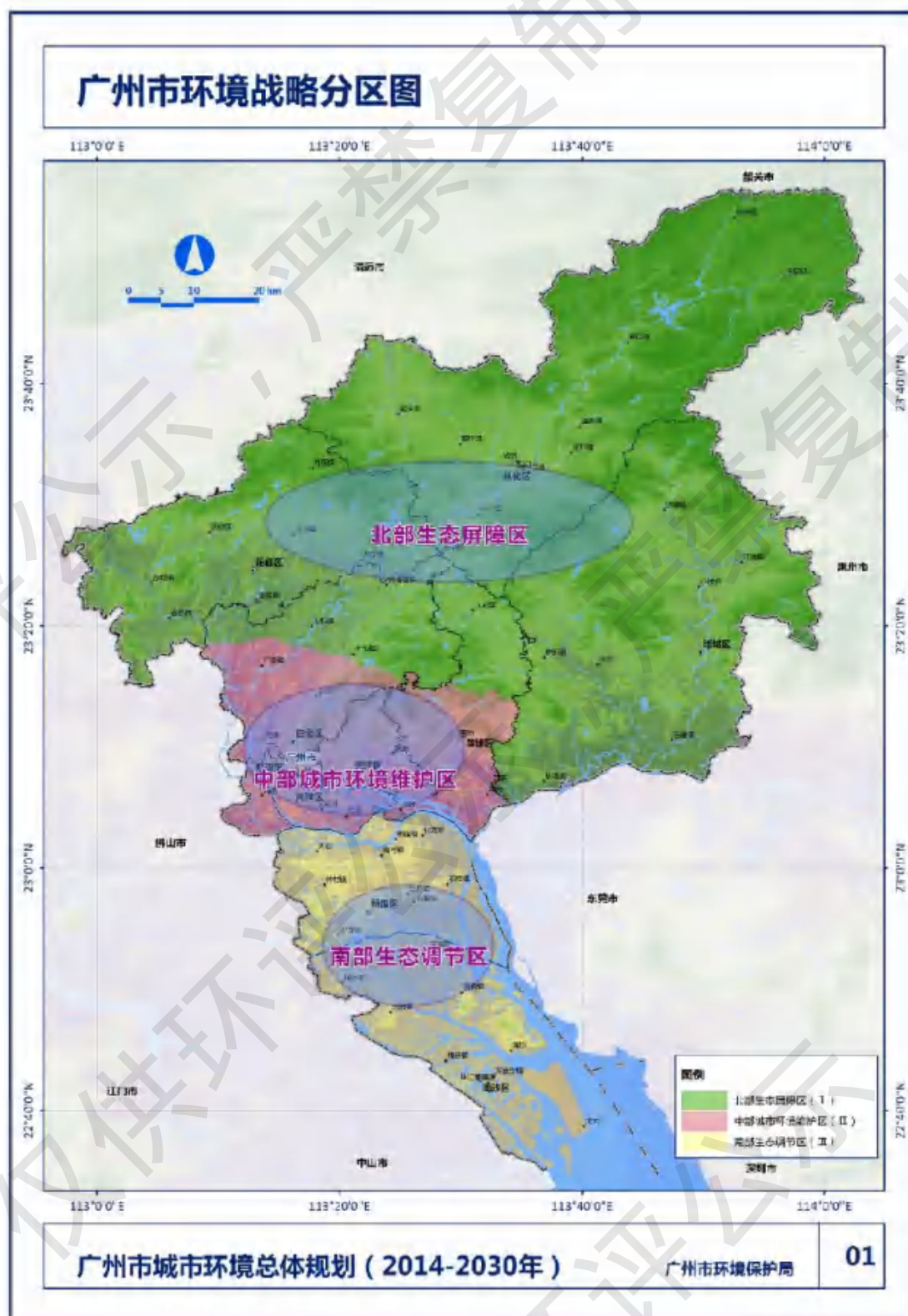


图 2.8-5 广州市城市环境总体规划—环境战略分区图

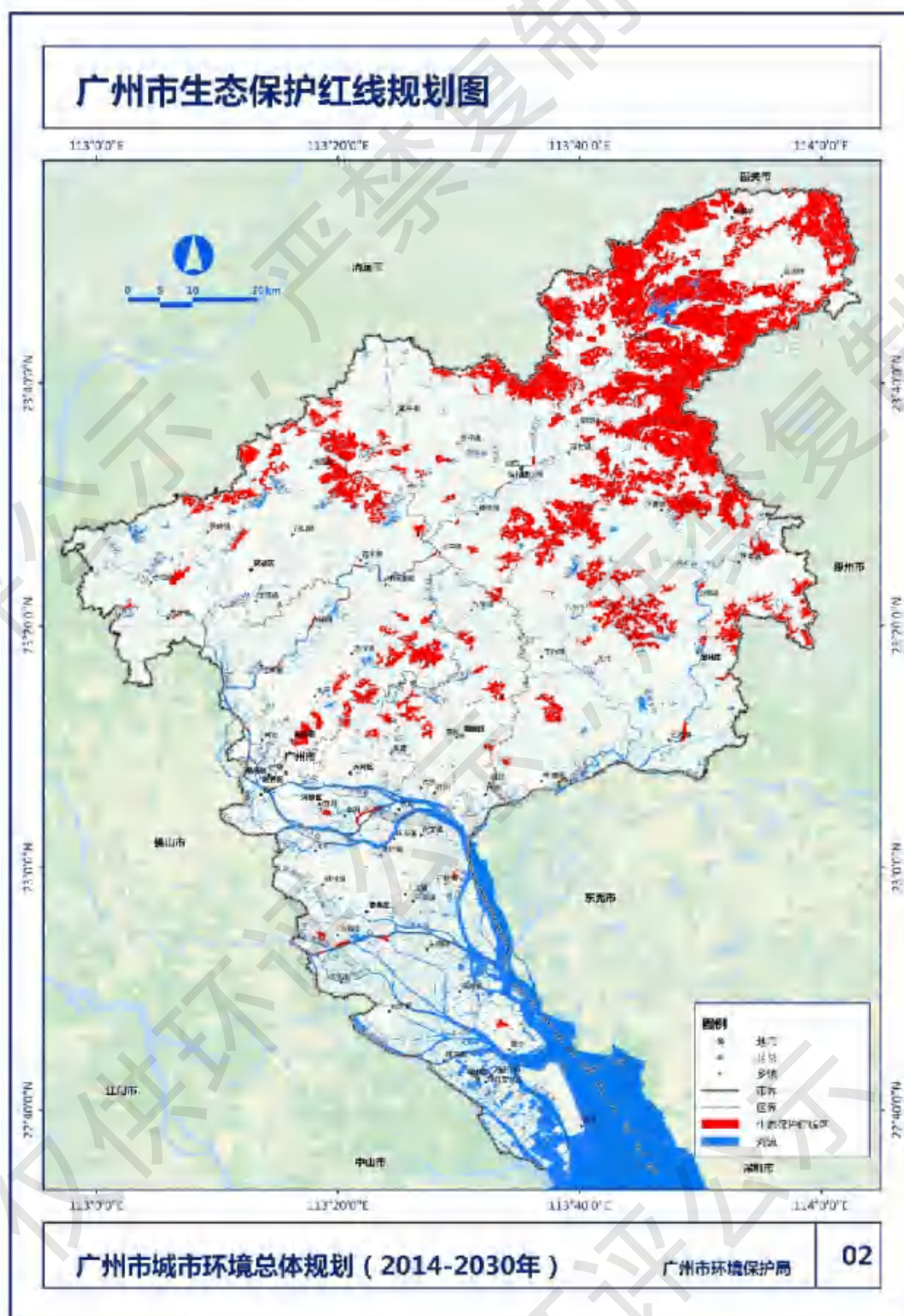


图 2.8-6 广州市城市环境总体规划—生态保护红线规划图

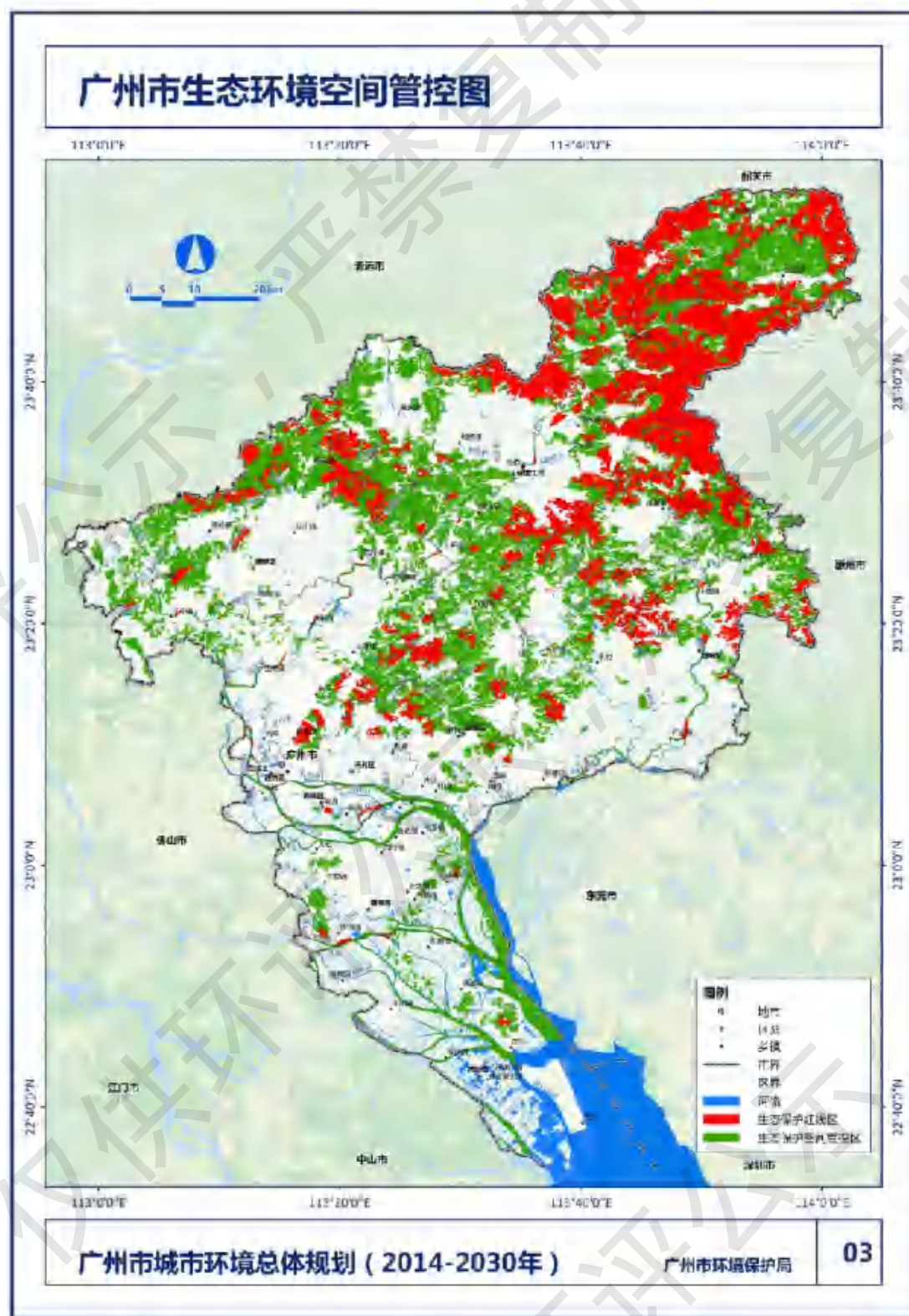


图 2.8-7 广州市城市环境总体规划—生态环境空间管控图

### 2.8.10. 与《广东省综合交通运输体系发展“十四五”规划》符合性分析

2021年9月4日广东省人民政府办公厅印发了《广东省综合交通运输体系“十

四五”发展规划》（粤府办〔2021〕27号）。《规划》提出，到2025年，综合立体交通网布局基本形成，客货运输服务品质显著提升，交通运输综合治理能力进一步增强，总体建成贯通全省、畅通国内、连接世界的现代综合交通运输体系，交通运输高质量发展继续走在全国前列。

“第二节 建设世界一流港口 建设一流港航基础设施。适应船舶大型化和航运联盟化趋势，加快广州南沙和新沙、深圳盐田和大铲湾、珠海高栏港等重要港区专业化码头和深水泊位建设，合理调整、优化提升沿海港口功能布局。统筹航道、锚地等公共基础设施与港口协同发展，建设广州港20万吨级航道、深圳西部港区出海航道等珠江口深水航道和锚地，研究开辟珠江口小船航道。”

本项目属于建设广州港20万吨级航道工程，项目实施有利于提升广州港综合枢纽港的服务水平，符合《广东省综合交通运输体系发展“十四五”规划》相关要求。

#### 2.8.11. 与产业政策相符性分析

照国家发改委修订的《产业结构调整指导目录（2024年本）》，本工程属于“二十五 水运行业中的1.高等级航道建设：沿海港口公共基础设施建设，国境国际通航河流航道、内河高等级航道、通航建筑物、符合国家战略方向的内河水运其他航道及公共基础设施建设”，属于鼓励类建设项目，符合国家产业政策。

### 3. 建设项目工程分析

#### 3.1. 项目名称、性质和地理位置

- 1、项目名称：广州港 20 万吨级航道工程；
- 2、性质：改扩建；
- 3、地理位置：

本项目位于珠江口伶仃洋，北起广州港南沙港区龙穴岛作业区（伶仃航道折点 G），南至内伶仃岛西侧水域，航道全长约为 24.1km。



图 3.1-1 工程地理位置图

## 3.2. 工程回顾性分析

广州港 20 万吨级航道工程位于珠江口伶仃洋海域，实施珠江口内伶仃岛西侧水域外以北 E'~G 航道段建设，航道总长 24.1 公里。本项目属于广州港出海航道工程的一部分。针对本工程进行回顾性分析，主要介绍广州港出海航道拓宽工程的基本情况。

### 3.2.1. 广州港深水航道拓宽工程基本情况

#### （1）地理位置

广州港深水航道拓宽工程位于珠江口伶仃洋，北起广州港南沙港区（伶仃航道折点 G），南至珠江口外隘洲岛西侧的天然水深区。航道全长约为 66.6km。其地理坐标为北纬 21°59'~22°38'、东经 113°40'~113°54'之间。

#### （2）建设规模

广州港深水航道拓宽工程在航道三期工程基础拓宽而不浚深，航道轴线折点位置需根据本工程各航段拓宽方式进行相应调整，航道拓宽工程全长约 66.6km，按满足 10 万吨级集装箱船满载与 15 万吨级集装箱船(减载)双向通航的标准建设，航道通航宽度由目前的 243m 拓宽至 385m,设计底标高-17.0m,工程总疏浚量为 4215.76 万 m<sup>3</sup>(含计算超深超宽工程量 374.51m<sup>3</sup>),其中施工期疏浚工程量为 4070.88 万 m<sup>3</sup>(含计算超深超宽工程量 374.51m<sup>3</sup>)、试运行期维护疏浚量 144.88 万 m<sup>3</sup>。工程实际总投资约为 23 亿元，环保投资为 2850.318 万元，占工程投资概算的比例为 1.24%。

#### （3）工程建设及环保审批时序

①2015 年 7 月 30 日，取得了中华人民共和国环境保护部“关于广州港深水航道拓宽工程环境影响报告书的批复”（环审[2015]179 号）；

②工程于 2016 年 10 月开工建设，2020 年 8 月投入试运行；

③2021 年 9 月 8 日，广州市港务局开展了环保自主验收并通过。

### 3.2.2. 广州港深水航道拓宽工程验收情况

#### 3.2.2.1. 广州港深水航道拓宽工程验收基本情况

由交通运输部水运科学研究所编制完成的《广州港深水航道拓宽工程竣工环境保护验收调查报告》于 2021 年 9 月通过了建设单位组织的竣工环境保护验收会，并取得了广州港深水航道拓宽工程竣工环境保护验收意见。

## 3.2.2.2. 环保措施落实情况及效果

## 一、环评要求落实情况

环境影响报告书中提出的施工期和试运营期环保措施落实情况见表 3.2-1。

表 3.2-1 环评报告中环保措施落实情况

| 施工环节 | 措施与建议                                                                                                                          | 落实情况                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 疏浚施工 | 1、合理安排施工进度，注意保护环境敏感目标。<br>2、缩短自航耙吸式挖泥船的试喷时间。<br>3、减少挖泥船溢流对施工区水域环境的影响。<br>4、利用耙平器减少悬浮物对周围水体和水生态的影响。<br>5、控制施工队伍生产、生活污水及船舶垃圾的排放。 | <p>已落实。</p> <p>(1)为减少其施工活动的影响程度和范围，环境监理会同业主要求施工单位制定了详细的施工方案和合理的进度计划，截止到 2017 年 3 月 31 日，各标段均基本完成了航槽内的基建工程施工，涉及保护区的标段保证了 4~8 月份禁止在中华白海豚保护区内施工。</p> <p>为减少对珠江口经济鱼类的影响，本工程只对南吹填区进行吹填作业，未使用北吹填区。同时环境监理要求施工单位制定了《中华白海豚保护专项施工方案》并严格按照方案进行施工，方案中明确指出施工船舶必须在白海豚保护区管理局备案后方可进场施工，施工人员必须进行经过培训方能进入保护区施工，严禁夜间施工作业，严格执行白海豚观察记录制度，严格控制施工船舶航速不得超过 10 节。各施工单位按照方案要求落实了各项缓解措施。</p> <p>(2)由于施工船舶之前均在附近海域进行施工，因此并不需要试喷环节，环境监理对大型挖泥船严格管理，定期对施工船舶进行环保检查，保证了耙子弯管与船体吸泥管口的连接完全对位。</p> <p>(3)减少挖泥船溢流对施工区水域环境的影响。施工单位在施工过程中注意调整泥舱溢流口位置，控制好溢流口的泥浆浓度，减少入水泥浆。环境监理人员加强了大型耙吸船的监督管理工作，对耙吸船挖泥倾倒过程进行了全程旁站监理，严格要求大型耙吸船控制装舱溢流时间，并必须到达指定临时蓄泥坑位置后到位倾倒。本工程使用的大型耙吸式挖泥船本身带有先进的定位系统，均采用自动调节溢流口的装置，以减轻溢流对施工海域的污染。</p> <p>(4)利用耙平器减少悬浮物对周围水体和水生态的影响。环境监理人员加强了大型施工船舶的管理工作，要求施工单位定期维护船舶的 DGPS 定位系统和河床耙平器，保证其运转正常，定位精确，严格控制超挖量，以减少悬浮物释放对周围水体和水生生态的影响。</p> <p>(5)控制施工队伍生产、生活污水及船舶垃圾的排放。环境监理人员严格要求施工船舶作业人员，并定期的以环保座谈会的方式施工船舶作业人员进行环保宣贯，定期检查施工船舶生产生活垃圾、含油污水接收处理情况，并对接收单</p> |

|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 位的资质进行审核。要求施工船舶作业人员在换班上下船时将施工船舶一般生活垃圾带到岸上交由项目部统一处理。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 疏浚物海上倾倒 | <p>1、抛泥区设置明显的标志。</p> <p>2、挖泥船到位倾倒。</p> <p>3、确保舱门密闭，严防泥浆泄漏</p> <p>4、其他措施：①抛泥区和吹填区根据航道工程施工进度和位置合理交替使用，尽量做到均匀倾倒。②在实施倾倒作业期间须开展全过程的海洋环境监测工作，及时掌握倾倒对海洋生态环境和海洋功能区的影响状况，以便及时调整倾倒作业方案，防止对海洋环境产生损害。</p>                                                                                                                                                                          | <p>已落实。</p> <p>(1)抛泥区设置了明显的标识，施工过程中确保舱门密闭，未发生泥浆泄漏。</p> <p>(2)本工程只对南吹填区进行吹填作业，未使用北吹填区。在吹填过程中及时调整吹填点位置，保证了吹填点到溢流口的距离，增大了泥浆的流程，提高了沉降效果，环境监理要求施工单位在溢流口设置了防污屏，降低了悬浮物浓度，将吹填溢流对海洋环境的污染将至最低。环境监理定期对吹泥管子进行检查，要求施工单位加强吹泥管子的维护，重点是船舶与吹泥管子连接处的检修和维护，避免了泥浆外溢入海污染事故的发生。另外环境监理人员还定期对吹填区及围堰进行检查，要求施工单位定期对吹填区围堰进行维护，密切关注围堰高度，杜绝了泥浆漫堤入海污染事故的发生。</p> <p>(3)施工作业期间委托监测单位开展了全过程的海洋环境监测工作。</p>           |
| 疏浚物陆域吹填 | <p>根据工程设计方案，航道开挖产生的大部分疏浚物将吹至龙穴岛南部和北部吹填区，龙穴岛南部吹填区的围堰目前已形成，对于龙穴岛北部吹填区，必须在围堰和分隔围堰都形成后才能开始吹填施工。</p> <p>(1)严格控制吹填区溢流口泥浆浓度吹填过程中的外溢泥浆入海后的污染问题将直接影响到吹填区外的海水水质，因此陆域吹填时应先在吹填区周围设置围堤，同时还要严格控制溢流口泥浆入海的浓度，可设置几个分隔围堤，增大吹填点到溢流口的距离，加大泥浆在吹填区流程，减缓流速，提高沉降效果，以降低溢流口出水的悬浮物浓度。</p> <p>(2)避免意外的泥浆泄漏入海污染事故在进行陆域吹填作业中，应定期对排泥管、挖泥船及二者的连接点处进行维修检查，一旦发生管道损坏或连接不善，应立即采取补救措施，以避免意外的泥浆外溢入海污染事故。</p> | <p>已落实。</p> <p>(1)严格控制吹填区溢流口泥浆浓度施工过程中严格控制了施工船只的数量，基本保证只有一艘船只在保护区内施工，施工船舶均无试喷环节均采用自动调节溢流口的装置，同时严格控制装仓溢流时间在 0.5 小时内。环境监理定期对船舶 DGPS 定位系统进行检查，并要求施工单位定期对定位设备进行维护，保证其运转正常。在运泥过程中严格要求施工船舶保持舱门的密闭性。陆域吹填时先在吹填区周围设置围堤，在蓄泥坑设置了防污屏，同时严格控制溢流口泥浆入海的浓度，设置几个分隔围堤，加大泥浆在吹填区流程，减缓流速，提高沉降效果，以降低溢流口出水的悬浮物浓度。</p> <p>(2)避免意外的泥浆泄漏入海污染事故在进行陆域吹填作业中，定期对排泥管、挖泥船及二者的连接点处进行维修检查，未发生管道损坏情况，未发生泥浆外溢入海污染事故。</p> |

|                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 生态环境<br>保护       | <p>根据建设单位与广东省渔业主管部门的协商，本工程施工及营运期的生态补偿费如下：</p> <p>（1）生态修复费：1000 万元。增殖放流 800 万元。建议采取增殖放流进行补偿，具体放流计划由广东省海洋与渔业局统筹布置。放流的品种参照广东省海洋与渔业局针对三期工程的放流计划，建议如下：放流时间选择在每年的 4~8 月，放流两次，放流地点为珠江口；放流后需委托专业部门对放流效果进行跟踪监测，根据监测结果调整放流规模和种类。人工鱼礁建设 200 万元。建议在不影响珠江口内船舶航运安全的前提下，在航道沿岸附近的海域合适位置开展人工鱼礁的建设，具体规模和地点应由广东省海洋与渔业管理部门确定，在人工鱼礁建设过程中需先制定完善的建设计划和编写具体可行的实施方案，鱼礁的材料、礁型设计、礁区布局和投放规模等可根据经费预算和参考现有礁区现状来进行，人工鱼礁投放后应开展 1 至 2 年的效果跟踪评估。</p> <p>（2）保护管理与监测研究费用：860 万元。综上所述，生态补偿费金额包括 2 个部分：一是生态修复费用 1000 万元，二是中华白海豚及黄唇鱼保护管理与监测研究费用 860 万元，合计补偿 1860 万元。</p> | <p>已落实。</p> <p>(1)建设单位与广东省海洋与渔业局签订了《广州港深水航道拓宽工程生物资源损失补偿及白海豚保护区监管费用协议书》(附件 14),支付生态修复费 1000 万元，因工程环境敏感目标已取消东莞市黄唇鱼市级自然保护区，保护管理与监测仅需针对中华白海豚进行。</p> <p>(2)建设单位与广东省海洋与渔业环境监测预报中心签订了《广州港深水航道拓宽工程海洋环境影响跟踪监测项目》，委托其开展本工程跟踪监测项目。</p> <p>(3)制定白海豚保护专项方案<br/>工程开工准备阶段，环境监理要求施工单位编制了《中华白海豚保护专项施工方案》和《环境保护施工方案》。</p> <p>(4)施工船舶到珠江口中华白海豚国家级自然保护区管理局进行了备案(附件 3)。</p> <p>(5)建设单位、监理单位、环境监理单位、施工单位各参建单位参建人员均经过培训后上岗，参建单位相关人员参加了珠江口中华白海豚国家级自然保护区管理局在中山大学组织的中华白海豚培训并参观了中华白海豚科普馆。</p> <p>(6)在整个施工过程中严格按照环评报告书和《白海豚保护专项施工方案》要求进行施工落实白海豚保护措施：①环境监理要求施工单位制定了白海豚观察记录制度，施工船舶配备白海豚观察记录员，定期填报白海豚观察记录表。②保护区内施工船舶均在白天施工，严禁夜间施工，施工过程中严格控制航速在 10 节以内。③合理安排了施工进度和施工计划，截止到 2017 年 3 月 31 日，各标段均基本完成了航槽内的基建工程施工，涉及保护区的标段 4~8 月份未施工，环境监理已向各施工单位下发了停工令。④建设单位与广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区管理局签署了《广州港深水航道拓宽工程建设和运营期白海豚自然保护区保护措施和监测工作协议书》。并委托了广州乾鼎建设有限公司进行了中华白海豚国家级自然保护区信息化监管系统工程施工。⑤建设单位还开展了广州港深水航道拓宽工程施工期和运营期中华白海豚资源监测项目和广州港深水航道拓宽工程施工水下噪声及对中华白海豚影响监测分析项目两项工作。⑥建设单位已支付 97.8 万元用于海豚保护工作、支付 148.2 万元用于保护区监管、救护培训、支付 296.3 万元用于生物资源与环境监测，共计约 542.3 万元。</p> |
| 运营期环境保护和<br>对策措施 | <p>(1)对于正常维护性挖泥，可采取与航道疏浚施工期间相同的环保对策，尽量减少挖泥作业对附近海域的影响程度和范围，控制挖泥船生活污水及垃圾的排放，疏浚物在海上要到指定位置倾</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <p>正在落实。</p> <p>已于 2021 年 2 月 6 日~2021 年 3 月 30 日完成了一次维护性疏浚工作，试运行期维护疏浚工程量为 144.88 万 m<sup>3</sup>，在大万山南疏浚物临时性海洋倾倒区水抛处理。试运行期维护疏浚范围北起伶仃航道折点 F 点以北约 8.2km 处(断面桩号</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

|            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|            | <p>倒，同时要对敏感水域进行监测，及时掌握水质状况，以保证航道及倾倒地周围水域环境不受较大影响。</p> <p>(2)船舶进入中华白海豚国家级自然保护区水域航道航行时，须控制好航速，防止航速过快造成对中华白海豚的伤害，正常情况下航速不得超过 10 节。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <p>32+800),南至珠江口外隘洲岛南侧的天然水深区，包括口门航道、大濠水道分道通航区、大濠航道、伶仃航道(CD 段、DE 段、EF 段及 FG 段南段约 8.2km),维护航道段长约 58.4km。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 环境风险防范措施   | <p>(1)建设方在施工单位进入施工水域前向当地海事主管机关呈报施工方案，办理水上水下施工作业许可证，并按规定申请发布航行通告，制定安全措施并认真落实，在规定的施工区域内施工。施工作业期间应申请监督艇维护，保障水上水下施工作业和过往船舶的安全。</p> <p>(2)施工工程船必须具有合格的证书，并处于适航状态，配备符合要求的船员，施工船正确显示施工信号。</p> <p>(3)施工作业的强光灯应加遮光罩，并不得向过往船舶或航道上照射。</p> <p>(4)严禁向海中排放含油污水，严格遵守船舶防污的有关规定，同时，施工船应悬挂要求减速的信号。</p> <p>(5)施工船舶应严格值班制度。</p> <p>(6)制定切实可行的防台措施，按时收听天气预报，当预报风力大于船舶抗风等级时，应及时组织船舶到规定水域避风。</p> <p>(7)为了明确施工区范围，防止船舶误进入施工区，建议业主在施工期间在靠近航道侧设专用标志，以保障水上施工和过往船舶的安全。</p> <p>(8)沿进出港航道航行的船舶通过施工水域时应加强瞭望，避免与施工船舶发生碰撞。</p> | <p>已落实。</p> <p>(1)建设方在施工单位进入施工水域前向当地海事主管机关呈报施工方案，办理水上水下施工作业许可证，并按规定申请发布航行通告，制定安全措施并认真落实，在规定的施工区域内施工。施工作业期间应申请监督艇维护，保障水上水下施工作业和过往船舶的安全。</p> <p>(2)施工工程船具有合格的证书，并处于适航状态，配备船员符合要求，施工船正确显示施工信号。</p> <p>(3)施工作业的强光灯加遮光罩，未向过往船舶或航道上照射。</p> <p>(4)施工船舶污染有委托有资质单位进行接受处理，未向海中排放。</p> <p>(5)施工船舶严格执行了值班制度。</p> <p>(6)制定了切实可行的防台措施，并按时收听天气预报，未在风力大于船舶抗风等级时进行作业。</p> <p>(7)施工期间在靠近航道侧设了专用标志，保障了水上施工和过往船舶的安全。</p> <p>(8)沿进出港航道航行的船舶通过施工水域时应加强瞭望，避免与施工船舶发生碰撞。</p> |
| 环境风险事故应急预案 | <p>(1)应急预案</p> <p>目前广州港已有总体应急预案，预案中对船舶污染海洋环境事故的应急机构的职责、人员、技</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <p>已落实。</p> <p>本工程运营至今未发生环境风险事故。</p> <p>(1)应急预案：建设单位已编制《广州港深水航道拓宽工程突发环境事件应急预案》。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>术装备、物资设施、救援行动及其指挥协调等方面作出了具体安排。本项目需制定针对本项目规模扩建引起的污染事故规模变化进一步修编应急预案。并按照以人为本、预防为主、分级管理、快速反应、依法规范、依靠科技的总原则，按照实战性、相容性、层次性、高效性和持续改进型的要求，制定联防体的应急预案。</p> <p>(2)应急设备设施配备<br/>本项目应急反应目标设定为 2500 吨。考虑广州港现有 8 家具有一级资质的船舶污染专业清除单位应急力量(一级资质的船舶污染专业清除单位清污能力按照 200 吨级考虑),社会力量为 1600 吨级,满足本项目运营期风险水平的要求(2500 吨),本次评价不考虑增配风险应急资源。</p> <p>(3)应急演练<br/>根据航道、敏感资源分布的特点,为减少人员及日常开支,除充分依靠现有的应急力量外,可考虑充分利用港区工作人员、消防人员共同参与形成应急防治队伍。对应急救援及清污队伍作定期强化培训和演练的计划,加强了解应急防治操作规程,掌握应急防治设备器材的操作使用,一旦发生应急事故,防治队伍能迅速投入防治活动,从而增强应付突发性溢油事故的处置能力。</p> | <p>(2)应急设备配备:本项目无需增配风险应急资源。广州港港口企业主要消防安全及环保设施清单和广州辖区水域主要一级专业清污公司及应急设备统计详见附件 10.2 和 10.3。</p> <p>(3)应急演练:建设单位于 2017 年 6 月 22 日、2018 年 10 月 16 日、2020 年 4 月 25 日和 2020 年 6 月 24 日组织开展了关于加油作业时出现溢油情况的应急演练,通过应急演练进一步提高了建设单位工作人员应对突发环境污染事件的应急反应能力和处置能力。</p> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## 二、批复文件落实情况

中华人民共和国环境保护部《关于广州港深水航道拓宽工程环境影响报告书的批复》(环审(2015)179 号)中提出的各项环保措施与建议的落实情况见表 3.2-2。

表 3.2-2 环境保护部批复意见落实情况

| 序号 | 主要意见                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 落实情况                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 一  | <p>严格落实生态保护措施，最大限度减缓对中华白海国家级自然保护区的不利影响。合理安排施工时间，避开 4 月至 8 月中华白海豚繁殖高峰期。严格控制施工范围，保护区内采用单船挖泥作业，尽可能减少悬浮物扩散的影响范围。施工期采取现场监视措施，在耙吸式挖泥船周围设置半径不小于 500 米的监视缓冲区，配备海豚观察员，确保周围没有海出没方可施工；施工过程中如有发现，施工船应立即减速，轻施工噪音对海豚的干扰。施工期和运营期所有船舶在保护区内航速均限在 10 节以下，防止船舶撞击海豚，降低噪音干扰。进一步细化完善施工期和运营期自然保护区的环境风险防范应急预案，落实海豚救护方案定期向我部华南环境保护督查中心提交环境监理报告。</p> <p>落实生态补偿措施和资金保障，采取增殖放流、设置人工鱼礁等措施补偿底栖生物、鱼类资源损失，工程建设对海食物供给的影响；对增殖放流效果监测，根据监测结果及时调整放流的种类和规模。施工期和运营期开展对中华白海豚等水生生物的踪监测研究和渔业资源，水质、沉积物等海洋生态环境的监测，根据研究结果及时调整优化施工方案。</p> | <p>已落实。</p> <p>施工单位严格落实生态保护措施，最大限度减缓了对中华白海国家级自然保护区的不利影响。合理安排施工时间，避开 4 月至 8 月中华白海豚繁殖高峰期。严格控制施工范围，保护区内采用单船挖泥作业，尽可能减少悬浮物扩散的影响范围。施工期采取现场监视措施，在耙吸式挖泥船周围设置半径不小于 500 米的监视缓冲区，配备海豚观察员，确保周围没有海出没方可施工；施工过程中如有发现，施工船应立即减速，轻施工噪音对海豚的干扰。施工期和运营期所有船舶在保护区内航速均限在 10 节以下，防止船舶撞击海豚，降低噪音干扰。进一步细化完善施工期和运营期自然保护区的环境风险防范应急预案，落实海豚救护方案定期向我部华南环境保护督查中心提交环境监理报告。建设单位合理安排了施工进度和施工计划，制定了《中华白海豚保护专项施工方案》并严格落实相关要求，开展了中华白海豚资源监测项目和工程施工水下噪声及对中华白海豚影响监测分析项目工作。严格落实了各项水环境保护措施。施工期委托广东省海洋与渔业环境监测预报中心开展施工期水质跟踪监测工作。建设单位与广东省海洋与渔业局签订了工程生物资源损失补偿及白海豚保护区监管费用协议书、与广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区管理局签订了工程建设和运营期白海豚自然保护区保护措施和监测工作协议书，落实了生态补偿措施和资金。施工期建设单位委托广东省海洋与渔业环境监测预报中心开展施工期水质跟踪监测工作、委托中国水产科学研究</p> |

|   |                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                       |
|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |                                                                                                                                                                          | 院南海水产研究所开展施工期和运营期中华白海豚资源监测、委托中国科学院水生生物研究所开展施工水下噪声及对中华白海豚影响监测分析。                                                                                                       |
| 二 | 加强施工期环境管理，施工避开 3 月至 8 月经济鱼类及黄唇鱼繁殖期。严格控疏浚物的泥吹填，3 月至 8 月黄唇鱼繁殖期停用龙穴岛北抛泥区，使用南区，减少北部蓄泥坑的抛泥量，减小储泥及吹填作业不利环境影响。                                                                  | 已落实。<br>取消了龙穴岛北部吹填区及龙穴岛北部吹填区东临时蓄泥坑，不再涉及东莞市黄唇鱼市级自然保护区。建设单位加强施工期环境管理，开展了环境监理工作，施工期严格避开了 3 月至 8 月经济鱼类繁殖期。严格控疏浚物的泥吹填，使用龙穴岛南抛泥区，减小储泥及吹填作业不利环境影响。                           |
| 三 | 严格落实水环境保护措施。开展施工期间水质跟踪监测，采用精确定位定深系统和河床耙平器，减少超挖方量和悬浮物释放。临时蓄泥坑设置明显标志，挖泥船到位倾倒。龙穴岛北部吹填区须在围堰全部形成后开始吹填，溢流口设置防污屏。施工期生活污水收集后综合利用，施工船舶污(废)水和生产污(废)水按海事部门的相关管理规定，送有资质的单位处理，禁止直接排海。 | 已落实。<br>施工单位严格落实了各项水环境保护措施。开展了施工期间水质跟踪监测，采用精确定位定深系统和河床耙平器，减少了超挖方量和悬浮物释放。临时蓄泥坑设置了明显标志，挖泥船到位倾倒。溢流口设置了防污屏。施工期生活污水收集后综合利用，施工船舶污(废)水和生产污(废)水均由资质的单位进行接受处置(附件 9),未发生直接排海行为。 |
| 四 | 严格落实环境风险防范措施。加强航道和船舶管理，合理调度船舶作业，避免发生船舶碰撞等引发环境污染。制定并完善施工期、运行期环境风险应急预案，加强与广州港总体应急预案、珠江口区域海上船舶油应急计划之间的联动，实现应急资源共享及风险事故的联防联控。严格执行事故报告制度，定期开展事故环境应急演练。加大风险监测和监控力度，一旦出         | 已落实。<br>建设单位落实了环境风险防范措施。施工过程中注重航道和船舶管理，合理调度船舶作业，施工期间未发生船舶溢油风险事故。施工单位制定了环境风险应急预案，与广州港总体应急预案有效联动，并开展了事故环境应急演练。运营至                                                       |

|   |                                                                                                                     |                                                                                                                                               |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   | 现事故，必须及时采取有效措施，妥善处置。                                                                                                | 今，尚未发生突发环境风险事故。                                                                                                                               |
| 五 | 初步设计阶段应进一步优化细化环境保护措施，在环保篇章中落实防治环境污染和防止生态破坏的各项措施及投资。在施工招标文件、施工合同和工程监理招标文件中明确环保条款和责任，开展工程环境监理工作，并定期向当地环保部门提交工程环境监理报告。 | 基本落实。<br>初步设计阶段已优化细化环境保护措施，在施工招标文件、施工合同和工程监理招标文件中明确了环保条款和责任，开展了工程环境监理工作，但未定期向当地环保部门提交工程环境监理报告。                                                |
| 六 | 在工程施工和运营过程中，应建立畅通的公众参与平台，及时解决公众担忧的环境问题，满足公众合理的环境诉求。定期发布环境信息，并主动接受社会监督。                                              | 基本落实。<br>本工程施工期间未收到环保投诉。施工期间未建立畅通的公众参与平台。在今后运营过程中，建议进行维护性疏浚工作前，在建设单位官网发布相关施工信息，包括施工单位、施工周期、疏浚量、施工工艺、可能产生的环境影响和信息反馈方式等，及时了解公众担忧的环境问题，主动接受社会监督。 |

### 3.3. 港口发展现状及建设必要性

#### 3.3.1. 广州港出海航道概况

##### （1）广州港

广州港出海航道从珠江口外隘洲岛西侧的天然水深处至黄埔港区附近的西基调头区，从南往北，经过口门航道、大濠水道分道通航区、大濠航道、伶仃航道、川鼻水道、大虎水道、坭洲头航道、莲花山东航道、新沙航道等九个航道段至西基调头区，全长约 120km。

广州港出海航道原为天然航道，为适应和促进广州港的发展，对广州港出海航道进行了一系列的人工疏浚。从 1989 年至今，先后实施了广州港出海航道一期（3.5 万吨级）、二期（5 万吨级）、三期（10 万吨级单向、5 万吨级双向），广州港深水航道拓宽工程、广州港环大虎岛公用航道工程。

广州港出海航道现状尺度如下表所示：

表 3.3-1 广州港出海航道尺度现状表

| 航道段名称      | 长度<br>(km) | 底高程<br>(m)       | 通航宽度<br>(挖槽宽度)<br>(m) | 边坡           | 备 注           |
|------------|------------|------------------|-----------------------|--------------|---------------|
| 口门航道       | 6.1        | -17.0            | 385                   | 1:7          | 人工航道          |
| 大濠水道分道通航区  | 14.6       | -17.0            | /                     | 1:7          | 局部扫浅          |
| 大濠航道       | 5.0        | -17.0            | 385                   | 1:7          | 人工航道          |
| 伶仃航道 CD 段  | 9.1        | -17.0            | 385                   | 1:7          | 人工航道          |
| 伶仃航道 DE 段  | 6.0        | -17.0            | 385                   | 1:7          | 人工航道          |
| 伶仃航道 EF 段  | 9.6        | -17.0            | 385                   | 1:5          | 人工航道          |
| 伶仃航道 FG 段  | 16.4       | -17.0            | 385                   | 1:5          | 人工航道          |
| 伶仃航道 GH 段  | 10.2       | -14.6            | 242                   | 1:5          | 人工航道          |
| 川鼻航道       | 11.9       | -14.6            | 300                   | 1:5          | 人工航道          |
| 大虎航道 J~L 段 | 5.1        | -14.6            | 242                   | 1:5          | 人工航道          |
| 大虎航道 LM 段  | 3.1        | -13.0            | (160)                 | 1:5          | 人工航道          |
| 坭洲头航道      | 8.6        | -13.0            | (160)                 | 1:5          | 人工航道          |
| 莲花山东航道     | 7.7        | -13.0<br>(-13.2) | (160)                 | (1:2)<br>1:5 | 人工航道，括号所指为岩石段 |

| 航道段名称 | 长度<br>(km) | 底高程<br>(m) | 通航宽度<br>(挖槽宽度)<br>(m) | 边坡  | 备 注  |
|-------|------------|------------|-----------------------|-----|------|
| 新沙航道  | 7.1        | -13.0      | (160)                 | 1:7 | 人工航道 |
| 合 计   | 120.5      |            |                       |     |      |

备注：大濠水道分道通航区近似以分隔带中轴线作为虚拟航道轴线进行航道长度统计。

## （2）深圳港

深圳港西部港口目前出海通道主要有 3 条：5 千吨级以上海轮主要经香港东博寮水道、马湾水道、暗士敦水道进入西部港区南航道，再通过人工航道通达各港区；2007 年 11 月铜鼓航道一期工程建成后，形成 10 万吨级吨级海轮进出西部港口的第二条通道，2017 年铜鼓航道疏浚拓宽工程开工，竣后航道可满足 20 万吨级集装箱船不满载单向通航的要求，航道通航宽度 270m，设计底高程 -17.5m，目前计划实施深圳港西部港区出海航道二期工程，按满足 20 万吨级集装箱船（限制吃水）与 10 万吨级集装箱船满载全潮相向通航的标准建设，其中铜鼓航道段长度为 17km，通航宽度 470m，设计底高程 -17.5m，南部与大濠水道衔接段航道长度为 8.7km，通航宽度 435m，设计底高程 -17.0m；5 千吨级以下海轮和部分大型修造船船舶可直接由龙鼓西航道进入西部各港区。另外，深圳西部港口的小型船舶还可以经矾石水道往返珠江水系的主要驳船航道，目前最大可满足 5000~10000 吨级船舶乘潮通航。

## （3）东莞港

东莞港和广州港共用广州港出海航道作为进出港主航道。

## （4）中山港

中山港主要有小榄水道、横门水道、横门东水道、磨刀门水道、洪奇沥水道等。出海航道外段和广州港共用广州港出海航道作为进出港主航道。

### 3.3.2. 港口设施现状

#### 3.3.2.1. 设施状况

##### 1、广州港口码头设施现状

目前，广州港共拥有各类码头泊位 746 个（其中万吨级以上泊位 116 个），

泊位总长度 75285m；其中生产用泊位 649 个（万吨级以上泊位 86 个），码头总长度 62250m，泊位年设计通过能力 4 亿吨，集装箱年设计通过能力 1871 万 TEU，旅客年设计通过能力 3264 万人次，滚装商品汽车年设计通过能力 175 万辆。

表 3.3-2 广州港 5 万吨级及以上泊位概况

| 码头类型、吨级    |       | 泊位个数（个）       |          |          | 备注                                                                    |
|------------|-------|---------------|----------|----------|-----------------------------------------------------------------------|
|            |       | 黄埔港区<br>新港作业区 | 新沙<br>港区 | 南沙港<br>区 |                                                                       |
| 集装箱<br>码头  | 3.5 万 |               | 3        |          | 可靠泊 7 万吨级                                                             |
|            | 5 万   | 1             |          | 12       | 其中 6 个 5 万吨级泊位结构按 15 万吨级设计，2 个 5 万吨级泊位结构按 10 万吨级设计。可减载靠泊 4 艘 20 万吨级船舶 |
|            | 7 万   | 2             |          | 2        | 其中 2 个 7 万吨级和 4 个 10 万吨级泊位结构按 15 万吨级设计，可减载靠泊 4 艘 20 万吨级船舶             |
|            | 10 万  |               |          | 6        |                                                                       |
| 石油化<br>工码头 | 5 万   | 2             |          | 5        | 南沙港区有 3 个泊位结构预留 8 万、1 个泊位结构预留 10 万                                    |
|            | 8 万   |               |          | 1        |                                                                       |
| 散货码<br>头   | 3.5 万 |               | 5        |          | 可靠泊 7 万吨级                                                             |
|            | 5 万   |               |          | 1        |                                                                       |
|            | 7 万   | 2             |          | 2        |                                                                       |
|            | 10 万  |               |          | 1        |                                                                       |
| 通用码<br>头   | 3.5 万 |               | 2        |          | 可靠泊 10 万吨级                                                            |
|            | 5 万   | 5             |          | 3        |                                                                       |
|            | 7 万   |               | 3        | 2        | 新沙港区 3 个泊位结构预留 10 万吨级                                                 |
| 合计         |       | 11            | 13       | 35       |                                                                       |

“十四五”期间，广州港进一步加快港航基础设施建设力度，夯实航运中心建设基础；完善综合集疏运体系，构建多式联运发展格局；培育现代航运服务业，促进航运要素集聚，建设航运功能区；推动临港产业发展，加快发展现代航运物流；深化对外交流和合作，建设智慧港航、绿色港航和安全港航，到 2025 年，作为南沙自贸区、南沙新区发展重要引擎的功能进一步发挥，逐步建立对区域航运资源的配置能力和话语权，成为具有一定区域影响力的国际航运中心。

目前南沙二期和南沙三期可同时满足 8 艘 20 万吨级集装箱船舶减载靠泊的要求，待未来南沙通用码头和南沙五期投产以后，南沙港区可以同时满足 14 艘 20 万吨级集装箱船舶靠泊的要求。

## （2）深圳港

深圳市位于我国华南沿海、珠江口东岸，东拥大鹏湾、大亚湾，西临珠江口，

具有发展水运的优良自然条件。

1979 年招商局蛇口工业区开工建设，正式拉开了深圳经济特区和深圳港发展的序幕。伴随我国改革开放的整体进程，深圳港历经了八十年代的起步发展阶段（1979~1991 年）、九十年代的结构和布局调整阶段（1992~2001 年）、新世纪后的迅猛发展阶段（2002~2007 年）以及功能调整和转型升级阶段（2008 年至今），迅速崛起为全球第三大集装箱干线港，与城市发展相互依托、相互促进，共同创造了世界港口和城市发展史上的奇迹。

深圳港被九龙半岛分隔，由东、西部两大港口群组成，现已建成东部的盐田、大鹏和西部的南山、大铲湾、大小铲岛、宝安等 6 个港区。深圳港共有各类生产性泊位 121 个（其中万吨及以上泊位 71 个），码头岸线总长约 28.7km，货运通过能力约 3.2 亿吨；其中，专业化集装箱泊位 44 个，集装箱通过能力 2650 万 TEU。

目前西部港区共拥有 34 个专业化集装箱泊位，集装箱年通过能力总计 1660 万 TEU，其中 10 万吨级泊位 2 个、15 万吨级泊位 14 个（其中可满足 5 艘 20 万吨级集装箱船舶减载靠泊的要求）、20 万吨级泊位 2 个。

表 3.3-3 西部港区集装箱码头泊位现状

| 作业区   | 专业化泊位数量                                                                              | 设计年通过能力<br>(万 TEU) |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| 蛇口作业区 | 17 个，15 万吨级 5 个（其中可减载靠泊 3 艘 20 万吨级船舶）、10 万吨级 2 个、5 万吨级 2 个、3 万吨级 2 个、0.1~0.5 万吨级 6 个 | 530                |
| 赤湾作业区 | 6 个，其中 15 万吨级 2 个（可减载靠泊 1 艘 20 万吨级船舶）、5 万吨级 4 个                                      | 223                |
| 妈湾作业区 | 6 个，其中 20 万吨级 2 个、15 万吨级 2 个（可减载靠泊 20 万吨级船舶）、5 万吨级 1 个、3.5 万吨级 1 个                   | 278                |
| 大铲湾港区 | 5 个，全为 15 万吨级                                                                        | 250                |

在集装箱船舶大型化和航运公司联盟化的趋势下，为适应市场需求、保持竞争力，西部港区仍正大力推进集装箱泊位升级，以满足 20 万吨级的大型集装箱船舶靠泊需求。目前，大铲湾港区集装箱码头二期工程正在开展前期工作，拟建 3 个 20 万吨级集装箱泊位。预计 2030 年，西部港区可靠泊 20 万吨级集装箱船舶的泊位将达到 10 个。

### （3）东莞港

东莞港全港共有码头 103 座，主要用于煤炭、油品及液体化工、散杂货及其它用途等，生产性泊位 217 个，其中万吨级及以上泊位 29 个。现有生产性码头泊位总长为 21656m。全港年设计通过能力 11224 万吨、集装箱 144 万 TEU、客运 70 万人次。

东莞港已建 5 万吨级及以上泊位 19 个，目前在建的 5 万吨级及以上泊位有 3 个，以上大型泊位的水工结构基本都按照 7-10 万吨级设计。

表 3.3-4 东莞港 5 万吨级及以上泊位概况

| 码头类型、吨级 |     | 泊位个数（个） |      |      | 备注                                   |
|---------|-----|---------|------|------|--------------------------------------|
|         |     | 麻涌港区    | 沙田港区 | 沙角港区 |                                      |
| 多用途码头   | 3 万 |         | 5    |      | 结构预留 5 万吨级                           |
|         | 5 万 |         | 5    |      | 2 个已建泊位结构预留 7 万吨级，3 个在建泊位结构预留 10 万吨级 |
| 石油化工码头  | 5 万 |         | 3    |      | 其中 1 个泊位结构预留 8 万吨级                   |
|         | 8 万 |         | 1    |      |                                      |
| 散货码头    | 5 万 | 2       |      | 3    |                                      |
|         | 7 万 |         |      |      |                                      |
| 通用码头    | 5 万 | 7       |      |      |                                      |
|         | 7 万 | 1       |      |      |                                      |
| 合计      |     | 10      | 14   | 3    |                                      |

“十四五”期间，东莞港的总体目标是打造成为珠三角地区大型现代综合性港口，基本建成内贸集装箱枢纽港；煤炭、钢材、粮食、油品化工品以及高端进口商品的贸易中转集散基地；工业物流、商贸物流和保税物流协调发展的物流港。可见虎门港未来的发展重点仍然以集装箱、大宗散货等为主。随着各专业化泊位的建成，虎门港集装箱、大宗散货装卸作业能力将进一步提升。

#### （4）中山港

中山港各类泊位共计 122 个，码头货物通过能力 3631 万吨，其中集装箱通过能力 173 万 TEU。目前中山港无 5 万吨级及以上泊位。中山港横门东出海航道自外海向口门方向到烂山浅段止，标准为全潮通航 3000 吨级海轮及单向乘潮通航 5000 吨级海轮。

### 3.3.2.2. 航道运量预测

#### 1、航道分段说明

本项目研究范围与广州港深水航道拓宽工程一致，即从珠江口外隘洲岛南侧的天然水深处起至南沙港区龙穴岛作业区对出位置的航道折点 G 点（北京 54 坐标为  $x=2503634.310$ ,  $y=38468905.250$ ），以进港方向为序，分为口门航段、大濠水道分道通航区、大濠航道和伶仃航道等四段。

由于铜鼓航道在马友石灯船以北约 3.4km 处接入广州港出海航道，故在接入点以南和以北航段的货物吞吐量不同。故本项目研究以接入点 HB 为界将航道分为南、北两段分别预测吞吐量。

为方便描述，本报告将广州港出海航道与铜鼓航道汇合点 HB 点以南至口门航道开挖段南端起点 X0 之间航段称为“AB 段”，长约 30 km；将 HB 点以北至南沙作业区公用进港航道南端点 G 点之间航段称为“BC 段”，长约 37km（不含南沙作业区公用进港航道段长约 5.2km）。

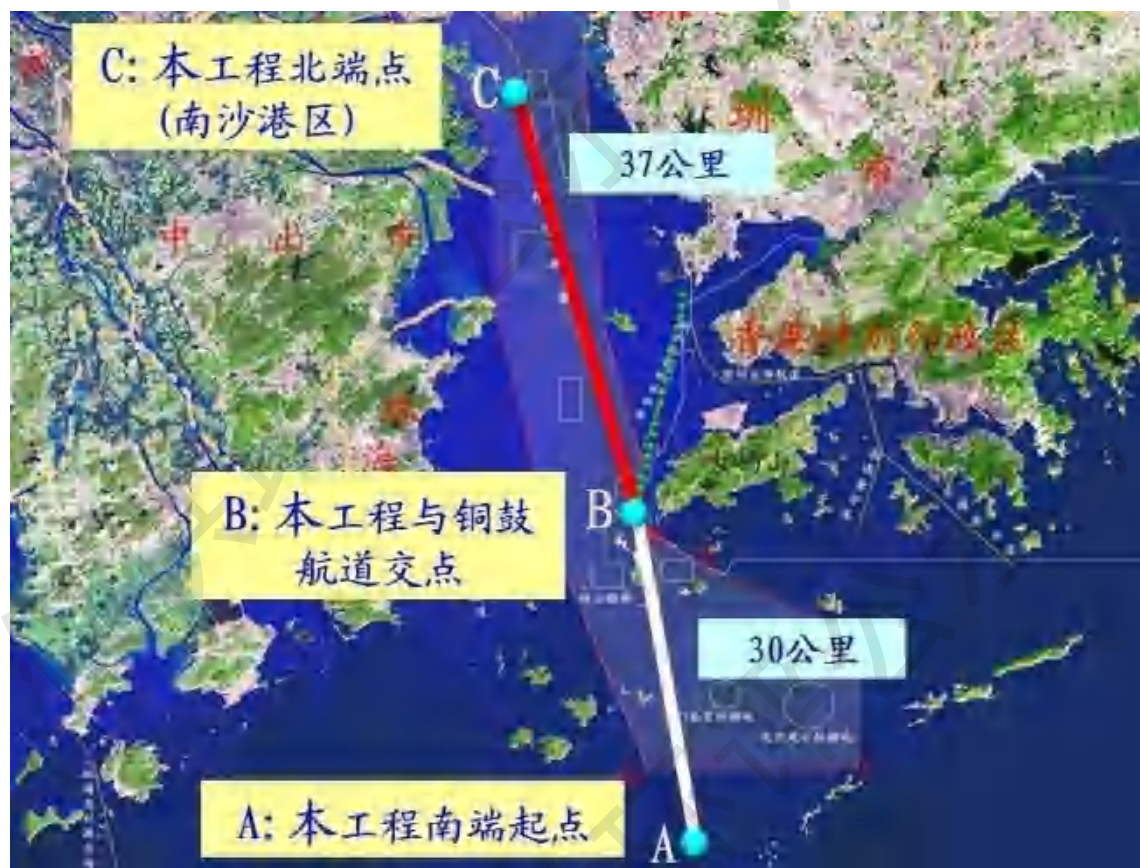


图 3.3-1 本项目“AB”段和“BC”段示意图

其中，“AB 段”主要服务于广州港、东莞港和深圳港西部港口群，“BC 段”

主要服务广州港、东莞港。

## 2、航道运量预测

“与铜鼓航道交汇点以南段”主要服务于广州港、东莞港和深圳港西部港口群，“与铜鼓航道交汇点以北段”主要服务广州港、东莞港。考虑深圳港西部港区出海航道二期工程等重大项目建设时序，扣除相关港口不经过本项目进出的吞吐量，预测得本项目各水平年分段航道货运量如下。

### （1）“与铜鼓航道交汇点以南段”运量预测

表 3.3-5 2030 年“与铜鼓航道交汇点以南段”运量预测

| 项目                    | 合计           | 进港           | 出港           |
|-----------------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>一、货物运量合计</b>       | <b>89832</b> | <b>59323</b> | <b>30509</b> |
| 1、煤炭(万吨)              | 8216         | 7885         | 331          |
| 2、石油天然气及制品(万吨)        | 4453         | 3324         | 1129         |
| 其中：成品油                | 3903         | 2824         | 1079         |
| 其中：液化气、天然气            | 550          | 500          | 50           |
| 3、钢铁(万吨)              | 4432         | 3640         | 792          |
| 4、矿建材料(万吨)            | 7008         | 5375         | 1633         |
| 5、粮食(万吨)              | 6673         | 6005         | 668          |
| 6、化工原料及制品(万吨)         | 2773         | 2490         | 283          |
| 7、商品汽车(万吨)            | 780          | 460          | 320          |
| 商品汽车(万辆)              | 390          | 230          | 160          |
| 8、其它(万吨)              | 6467         | 5021         | 1446         |
| 9、集装箱(万 TEU)          | 5013         | 2568         | 2446         |
| 集装箱（万吨）               | 49031        | 25122        | 23908        |
| <b>二、邮轮旅客运量合计（万人）</b> | <b>120</b>   | <b>60</b>    | <b>60</b>    |

表 3.3-6 2035 年“与铜鼓航道交汇点以南段”段运量预测

| 项目              | 合计            | 进港           | 出港           |
|-----------------|---------------|--------------|--------------|
| <b>一、货物运量合计</b> | <b>100542</b> | <b>65336</b> | <b>35205</b> |
| 1、煤炭(万吨)        | 8348          | 8050         | 298          |
| 2、石油天然气及制品(万吨)  | 4927          | 3694         | 1233         |
| 其中：成品油          | 4263          | 3114         | 1149         |
| 其中：液化气、天然气      | 664           | 580          | 84           |
| 3、钢铁(万吨)        | 4822          | 3940         | 882          |
| 4、矿建材料(万吨)      | 7413          | 5630         | 1783         |
| 5、粮食(万吨)        | 7350          | 6635         | 715          |

| 项目                    | 合计         | 进港         | 出港         |
|-----------------------|------------|------------|------------|
| 6、化工原料及制品(万吨)         | 2972       | 2655       | 317        |
| 7、商品汽车(万吨)            | 1000       | 600        | 400        |
| 商品汽车(万辆)              | 500        | 300        | 200        |
| 8、其它(万吨)              | 5867       | 4571       | 1296       |
| 9、集装箱(万 TEU)          | 5910       | 3019       | 2891       |
| 集装箱（万吨）               | 57845      | 29561      | 28284      |
| <b>二、邮轮旅客运量合计（万人）</b> | <b>240</b> | <b>120</b> | <b>120</b> |

## （2）“与铜鼓航道交汇点以北段”段运量预测

表 3.3-7 2030 年“与铜鼓航道交汇点以北段”运量预测

| 项目                    | 合计           | 进港           | 出港           |
|-----------------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>一、货物运量合计</b>       | <b>78453</b> | <b>53223</b> | <b>25230</b> |
| 1、煤炭(万吨)              | 7976         | 7645         | 331          |
| 2、石油天然气及制品(万吨)        | 4287         | 3165         | 1122         |
| 其中：成品油                | 3737         | 2665         | 1072         |
| 其中：液化气、天然气            | 550          | 500          | 50           |
| 3、钢铁(万吨)              | 4432         | 3640         | 792          |
| 4、矿建材料(万吨)            | 7008         | 5375         | 1633         |
| 5、粮食(万吨)              | 5848         | 5465         | 383          |
| 6、化工原料及制品(万吨)         | 2773         | 2490         | 283          |
| 7、商品汽车(万吨)            | 780          | 460          | 320          |
| 商品汽车(万辆)              | 390          | 230          | 160          |
| 8、其它(万吨)              | 6246         | 4860         | 1386         |
| 9、集装箱(万 TEU)          | 3910         | 2012         | 1898         |
| 集装箱（万吨）               | 39104        | 20123        | 18981        |
| <b>二、邮轮旅客运量合计（万人）</b> | <b>60</b>    | <b>30</b>    | <b>30</b>    |

表 3.3-8 2035 年“与铜鼓航道交汇点以北段”运量预测

| 项目              | 合计           | 进港           | 出港           |
|-----------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>一、货物运量合计</b> | <b>87622</b> | <b>58369</b> | <b>29253</b> |
| 1、煤炭(万吨)        | 8088         | 7790         | 298          |
| 2、石油天然气及制品(万吨)  | 4626         | 3405         | 1221         |
| 其中：成品油          | 3962         | 2825         | 1137         |
| 其中：液化气、天然气      | 664          | 580          | 84           |
| 3、钢铁(万吨)        | 4822         | 3940         | 882          |
| 4、矿建材料(万吨)      | 7413         | 5630         | 1783         |

| 项目             | 合计    | 进港    | 出港    |
|----------------|-------|-------|-------|
| 5、粮食(万吨)       | 6480  | 6050  | 430   |
| 6、化工原料及制品(万吨)  | 2972  | 2655  | 317   |
| 7、商品汽车(万吨)     | 1000  | 600   | 400   |
| 商品汽车(万辆)       | 500   | 300   | 200   |
| 8、其它(万吨)       | 5646  | 4410  | 1236  |
| 9、集装箱(万 TEU)   | 4658  | 2389  | 2269  |
| 集装箱（万吨）        | 46578 | 23889 | 22689 |
| 二、邮轮旅客运量合计（万人） | 140   | 70    | 70    |

### 3、船舶通过量预测

根据航道货运量和通航船型预测，考虑深圳港西部港区出海航道二期工程等重大项目建设时序，预测航道船舶通过量如下所示。

#### （1）与铜鼓航道交汇点以南段船舶通过量预测

2023 年广州港出海航道 10 万吨级以上船舶到港艘次 2929 艘次，占总艘次比例为 5.5%。未来随着广州港南沙五期、深圳港西部港区大铲二期等项目的投产，以及船舶大型化速度的加快，预计 10 万吨级以上船舶到港艘次将快速增加。预计 2030 年与铜鼓航道交汇点以南段船舶通过量为 90252 艘次，其中 10 万吨级及以上为 8959 艘次，15 万吨级及以上为 4796 艘次，20 万吨级为 2613 艘次。

表 3.3-9 2030 年与铜鼓航道交汇点以南段船舶通过量预测（艘次）

| 船种      | 3000-1<br>万 | 1-3.5<br>万 | 5 万   | 7-8<br>万 | 10 万 | 12<br>万 | 15 万 | 20 万 | 合计    |
|---------|-------------|------------|-------|----------|------|---------|------|------|-------|
| 煤炭      | 166         | 286        | 763   | 1546     | 104  | 0       | 0    | 0    | 2865  |
| 成品油     | 5301        | 759        | 605   | 146      | 30   | 0       | 0    | 0    | 6840  |
| 液化气、天然气 | 188         | 34         | 72    | 44       | 26   | 0       | 0    | 0    | 364   |
| 钢铁      | 2922        | 1726       | 392   | 44       | 0    | 0       | 0    | 0    | 5084  |
| 矿建材料    | 5278        | 2468       | 608   | 234      | 0    | 0       | 0    | 0    | 8588  |
| 粮食      | 4998        | 584        | 700   | 977      | 30   | 0       | 0    | 0    | 7288  |
| 化工原料及制品 | 2918        | 1160       | 172   | 10       | 0    | 0       | 0    | 0    | 4260  |
| 商品汽车    | 2180        | 1816       | 108   | 0        | 0    | 0       | 0    | 0    | 4104  |
| 其他      | 8004        | 1720       | 314   | 160      | 58   | 0       | 0    | 0    | 10256 |
| 集装箱     | 7848        | 12894      | 6177  | 2712     | 2686 | 682     | 1934 | 2336 | 37270 |
| 邮轮      | 0           | 32         | 120   | 108      | 160  | 80      | 106  | 0    | 606   |
| 修造船     | 710         | 427        | 531   | 334      | 176  | 131     | 143  | 277  | 2727  |
| 合计      | 40512       | 23906      | 10561 | 6315     | 3270 | 893     | 2183 | 2613 | 90252 |

2035 年与铜鼓航道交汇点以南段船舶通过量为 99521 艘次，其中 10 万吨级及以上为 11315 艘次，15 万吨级及以上为 6556 艘次，20 万吨级为 3902 艘次。

表 3.3-10 2030 年与铜鼓航道交汇点以南段船舶通过量预测（艘次）

| 船种      | 3000-1万 | 1-3.5万 | 5万    | 7-8万 | 10万  | 12万  | 15万  | 20万  | 合计    |
|---------|---------|--------|-------|------|------|------|------|------|-------|
| 煤炭      | 152     | 268    | 785   | 1569 | 116  | 0    | 0    | 0    | 2890  |
| 成品油     | 5372    | 946    | 662   | 196  | 47   | 0    | 0    | 0    | 7223  |
| 液化气、天然气 | 212     | 46     | 82    | 54   | 30   | 0    | 0    | 0    | 424   |
| 钢铁      | 3230    | 1872   | 436   | 48   | 0    | 0    | 0    | 0    | 5586  |
| 矿建材料    | 5586    | 2622   | 642   | 256  | 0    | 0    | 0    | 0    | 9106  |
| 粮食      | 5114    | 649    | 762   | 1081 | 32   | 0    | 0    | 0    | 7638  |
| 化工原料及制品 | 3134    | 1236   | 182   | 10   | 0    | 0    | 0    | 0    | 4562  |
| 商品汽车    | 2800    | 2316   | 134   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 5250  |
| 其他      | 7060    | 1504   | 324   | 174  | 64   | 0    | 0    | 0    | 9126  |
| 集装箱     | 9344    | 14932  | 6809  | 2852 | 2818 | 711  | 2254 | 3562 | 43282 |
| 邮轮      | 0       | 58     | 244   | 220  | 340  | 192  | 216  | 0    | 1270  |
| 修造船     | 700     | 472    | 614   | 445  | 236  | 173  | 184  | 340  | 3164  |
| 合计      | 42703   | 26921  | 11676 | 6905 | 3683 | 1076 | 2654 | 3902 | 99521 |

（2）与铜鼓航道交汇点以北段船舶通过量预测

2030 年与铜鼓航道交汇点以北段船舶通过量为 72630 艘次，其中 10 万吨级及以上为 5038 艘次，15 万吨级及以上为 2568 艘次，20 万吨级为 1448 艘次。

表 3.3-11 2030 年与铜鼓航道交汇点以北段船舶通过量预测（艘次）

| 船种      | 3000-1万 | 1-3.5万 | 5万   | 7-8万 | 10万  | 12万 | 15万  | 20万  | 合计    |
|---------|---------|--------|------|------|------|-----|------|------|-------|
| 煤炭      | 166     | 286    | 686  | 1486 | 104  | 0   | 0    | 0    | 2728  |
| 成品油     | 4932    | 636    | 572  | 124  | 12   | 0   | 0    | 0    | 6276  |
| 液化气、天然气 | 188     | 34     | 72   | 44   | 26   | 0   | 0    | 0    | 364   |
| 钢铁      | 2922    | 1726   | 392  | 44   | 0    | 0   | 0    | 0    | 5084  |
| 矿建材料    | 5278    | 2468   | 608  | 234  | 0    | 0   | 0    | 0    | 8588  |
| 粮食      | 960     | 476    | 624  | 804  | 30   | 0   | 0    | 0    | 2894  |
| 化工原料及制品 | 2918    | 1160   | 172  | 10   | 0    | 0   | 0    | 0    | 4260  |
| 商品汽车    | 2180    | 1816   | 108  | 0    | 0    | 0   | 0    | 0    | 4104  |
| 其他      | 5972    | 1510   | 314  | 160  | 58   | 0   | 0    | 0    | 8014  |
| 集装箱     | 7400    | 10066  | 4492 | 2042 | 1444 | 386 | 968  | 1248 | 28046 |
| 邮轮      | 0       | 16     | 92   | 72   | 100  | 80  | 52   | 0    | 412   |
| 修造船     | 200     | 350    | 480  | 300  | 150  | 80  | 100  | 200  | 1860  |
| 合计      | 33116   | 20544  | 8612 | 5320 | 1924 | 546 | 1120 | 1448 | 72630 |

2035 年与铜鼓航道交汇点以北段船舶通过量为 80502 艘次，其中 10 万吨级及以上为 6412 艘次，15 万吨级及以上为 3584 艘次，20 万吨级为 2192 艘次。

表 3.3-12 2035 年与铜鼓航道交汇点以北段船舶通过量预测（艘次）

| 船种      | 3000-1万 | 1-3.5万 | 5万  | 7-8万 | 10万 | 12万 | 15万 | 20万 | 合计   |
|---------|---------|--------|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|
| 煤炭      | 152     | 268    | 702 | 1504 | 116 | 0   | 0   | 0   | 2742 |
| 成品油     | 4920    | 676    | 606 | 152  | 12  | 0   | 0   | 0   | 6366 |
| 液化气、天然气 | 212     | 46     | 82  | 54   | 30  | 0   | 0   | 0   | 424  |
| 钢铁      | 3230    | 1872   | 436 | 48   | 0   | 0   | 0   | 0   | 5586 |

| 船种      | 3000-1万 | 1-3.5万 | 5万   | 7-8万 | 10万  | 12万 | 15万  | 20万  | 合计    |
|---------|---------|--------|------|------|------|-----|------|------|-------|
| 矿建材料    | 5586    | 2622   | 642  | 256  | 0    | 0   | 0    | 0    | 9106  |
| 粮食      | 1076    | 532    | 680  | 894  | 32   | 0   | 0    | 0    | 3214  |
| 化工原料及制品 | 3134    | 1236   | 182  | 10   | 0    | 0   | 0    | 0    | 4562  |
| 商品汽车    | 2800    | 2316   | 134  | 0    | 0    | 0   | 0    | 0    | 5250  |
| 其他      | 5028    | 1294   | 324  | 174  | 64   | 0   | 0    | 0    | 6884  |
| 集装箱     | 8890    | 12088  | 5086 | 2140 | 1458 | 374 | 1138 | 1942 | 33116 |
| 邮轮      | 0       | 32     | 204  | 160  | 240  | 192 | 124  | 0    | 952   |
| 修造船     | 250     | 400    | 560  | 400  | 200  | 110 | 130  | 250  | 2300  |
| 合计      | 35278   | 23382  | 9638 | 5792 | 2152 | 676 | 1392 | 2192 | 80502 |

### 3.3.3. 建设必要性

#### 3.3.3.1. 是构建国家综合立体交通网，实现交通强国的重要助力

《国家综合立体交通网规划纲要》提出，到本世纪中叶，全面建成现代化高质量国家综合立体交通网，拥有世界一流的交通基础设施体系，交通运输供需有效平衡、服务优质均等、安全有力保障。新技术广泛应用，实现数字化、网络化、智能化、绿色化。出行安全便捷舒适，物流高效经济可靠，实现“人享其行、物优其流”，全面建成交通强国，为全面建成社会主义现代化强国当好先行。

建设面向世界的京津冀、长三角、粤港澳大湾区、成渝地区双城经济圈 4 大国际性综合交通枢纽集群。粤港澳大湾区实现高水平互联互通，打造西江黄金水道，巩固提升港口群、机场群的国际竞争力和辐射带动力，建成具有全球影响力的交通枢纽集群。

《交通强国建设纲要》提出，到本世纪中叶，全面建成人民满意、保障有力、世界前列的交通强国。基础设施规模质量、技术装备、科技创新能力、智能化与绿色化水平位居世界前列，交通安全水平、治理能力、文明程度、国际竞争力及影响力达到国际先进水平，全面服务和保障社会主义现代化强国建设，人民享有美好交通服务。

构筑多层次、一体化的综合交通枢纽体系。依托京津冀、长三角、粤港澳大湾区等世界级城市群，打造具有全球竞争力的国际海港枢纽、航空枢纽和邮政快递核心枢纽，建设一批全国性、区域性交通枢纽，推进综合交通枢纽一体化规划建设，提高换乘换装水平，完善集疏运体系。大力发展枢纽经济。

本项目作为粤港澳大湾区重要的交通基础设施工程，项目的建设将巩固提升粤港澳大湾区港口群的国际竞争力和辐射带动力，助力粤港澳大湾区港口群打造具有全球竞争力的国际海港枢纽，发展枢纽经济，项目建设是构建国家综合立

体交通网，实现交通强国的重要助力。

### 3.3.3.2. 有利于促进全球特别是“一带一路”沿线国家和地区的共同繁荣、“粤港澳大湾区”和广东自贸区的快速发展

为应对新的经济形势，2013 年我国提出了“一带一路”倡议；2015 年，“一带一路”顶层设计提出要“深化与港澳台合作，打造粤港澳大湾区”；2017 年 3 月，《政府工作报告》中提出了“粤港澳大湾区”，上升为国家战略；2019 年 2 月，《粤港澳大湾区发展规划纲要》正式出台，《规划纲要》明确提出：“构建现代化的综合交通运输体系，提升珠三角港口群国际竞争力。巩固提升香港国际航运中心地位，支持香港发展船舶管理及租赁、船舶融资、海事保险、海事法律及争议解决等高端航运服务业，并为内地和澳门企业提供服务。增强广州、深圳国际航运综合服务功能，进一步提升港口、航道等基础设施服务能力，与香港形成优势互补、互惠共赢的港口、航运、物流和配套服务体系，增强港口群整体国际竞争力。以沿海主要港口为重点，完善内河航道与疏港铁路、公路等集疏运网络。”粤港澳大湾区的发展对中国的经济全球化发展极其重要，而港口是连接海上运输和陆上运输的重要中转站，是我国参与国际经济循环的重要窗口，在“一带一路”倡议实施、粤港澳大湾区规划发展中发挥着重要作用。

广东自贸试验区于 2014 年 12 月正式成立，其实施范围为 116.2 平方公里，涵盖三个片区：广州南沙新区片区 60 平方公里、深圳前海蛇口片区 28.2 平方公里、珠海横琴新区片区 28 平方公里。广东自贸区的战略定位是依托港澳、服务内地、面向世界，将自贸区建设成为全国新一轮改革开放先行地、21 世纪海上丝绸之路重要枢纽和粤港澳深度合作示范区。其中，广州南沙新区片区重点发展航运物流、特色金融、国际商贸、高端制造等产业，建设以生产性服务业为主导的现代产业新高地和具有世界先进水平的综合服务枢纽；深圳前海蛇口片区重点发展金融、现代物流、信息服务、科技服务等战略性新兴产业，建设我国金融业对外开放试验示范窗口、世界服务贸易重要基地和国际性枢纽港；珠海横琴新区片区重点发展旅游休闲健康、商务金融服务、文化科教和高新技术等产业，建设文化教育开放先导区和国家商务服务休闲旅游基地，打造促进澳门经济适度多元发展新载体。

广州是有着千年悠久历史的“海上丝绸之路”发源地之一，广州港坐落在“粤港澳大湾区”、“一带一路”的黄金交会点上，在“21 世纪海上丝绸之路”搭建中占

据重要位置。目前，广州港已与全球 53 个港口建立友好合作关系，其中“一带一路”沿线国家和地区的友好港达到 16 个；全球前 20 强集装箱班轮公司均在广州港开展业务，集装箱班轮航线总数达 226 条，其中“一带一路”方向航线已达 100 条。2022 年，广州港新增的 8 条集装箱外贸班轮航线中，6 条为“一带一路”方向航线。

集装箱货物是广州港和深圳港的主要货类。2023 年广州港集装箱吞吐量为 2541 万 TEU，深圳港为 2988 万 TEU（其中西部港区为 1578 万 TEU）。广州港大型集装箱泊位主要集中在南沙港区，南沙作业区集装箱吞吐量占全港集装箱吞吐量的比例约 70%。

广州港出海航道主要服务于珠江口港口群，是广州港、深圳港西部港区、东莞港和中山港四港共用的黄金水道，航道的历次升级扩建都极大地促进了广州港货物吞吐量的飞跃发展。近年来，珠江口广州港、深圳港西部港区、东莞港港口吞吐量总体保持稳定增长趋势，预测到 2025 年、2030 年和 2035 年，三港总吞吐量分别为 10.88 亿吨、12.34 亿吨和 13.69 亿吨，而广州港出海航道承担的港口吞吐量分别为 7.63 亿吨、8.98 亿吨和 10.05 亿吨。

本项目的建设对外能够进一步畅通联系通道，对内能够有力支持粤港澳大湾区互联互通，推动构建现代化综合交通运输体系，持续巩固提升广州作为国际商贸中心、综合交通枢纽、经济特区等的优势，发挥引领带动作用，提升区域整体实力和全球影响力，为将粤港澳大湾区建设成为富有活力和竞争力的一流湾区和世界级城市群发挥应尽之责。

因此，本项目的建设有利于促进全球特别是“一带一路”沿线国家和地区的共同繁荣、“粤港澳大湾区”和广东自贸区的快速发展。

### **3.3.3.3. 是建设世界一流港口，进一步提升广州港国际枢纽港地位的重要支撑**

根据交通运输部、发展改革委、财政部、自然资源部、生态环境部、应急部、海关总署、市场监管总局、国家铁路集团九部委 2019 年 11 月联合印发的《关于建设世界一流港口的指导意见》的总体要求：到 2025 年，世界一流港口建设取得重要进展，主要港口绿色、智慧、安全发展实现重大突破，地区性重要港口和一般港口专业化、规模化水平明显提升。到 2035 年，全国港口发展水平整体跃升，主要港口总体达到世界一流水平，若干个枢纽港口建成世界一流港口，引领全球港口绿色发展、智慧发展。到 2050 年，全面建成世界一流港口，形成若

干个世界级港口群，发展水平位居世界前列。《意见》的重点任务中明确提出：积极发展港航信息、商贸、金融保险等现代服务业，吸引国际货物中转、集拼等业务，提升航运服务能级，支撑世界一流的国际航运中心建设。完善以邮轮母港为引领、邮轮始发港为主体、访问港为补充的邮轮港口布局，提升邮轮等客运码头综合服务功能，拓展邮轮产业链，改善旅客候船环境和陆岛客运码头条件，加强与城市公交和其他运输方式衔接，提升旅客体验和满意度。

根据广州市人民政府 2021 年印发的《建设广州国际航运枢纽三年行动计划（2021-2023 年）》，建设广州国际航运枢纽是服务构建以国内大循环为主体、国内国际双循环相互促进的新发展格局，全面落实粤港澳大湾区建设战略部署，建设交通强国和世界一流港口，促进广州市实现老城市新活力和“四个出新出彩”，打造国际综合交通枢纽的重要支撑。其发展目标为：紧抓构建以国内大循环为主体、国内国际双循环相互促进新发展格局和“一带一路”倡议、粤港澳大湾区、交通强国、世界一流港口建设等带来的发展机遇，重点聚焦码头能力提升拓展新空间、多式联运建设拓展新增量、信息技术应用拓展新效率、物流设施完善拓展新领域、航运服务提质拓展新优势、营商环境优化拓展新动能，固强项、强弱项、补短板，广州国际航运枢纽整体发展质量和效益明显提升，航运资源配置能力进一步增强

广州港是我国沿海主要港口和集装箱干线港之一，是华南地区最大的综合性主枢纽港，是珠江三角洲地区能源和原材料运输的主要中转港。近年来，广州港积极融入国家交通强国、“一带一路”倡议部署，不断夯实建设国际航运枢纽和水平建设世界一流港口基石，港口生产保持持续稳定增长势头，枢纽功能明显增强，在珠三角港口群中的地位得到进一步巩固和提升，在区域综合运输体系中发挥着越来越重要的作用，2023 年广州港货物吞吐量已达到 6.75 亿吨，其中集装箱吞吐量 2541 万 TEU。据预测，到 2030 年和 2035 年，广州港货物吞吐量分别为 7.65 亿吨和 8.5 亿吨，其中集装箱吞吐量分别为 3490 万 TEU 和 4000 万 TEU。预测 2030 年、2035 年与铜鼓航道交汇点以南航道 20 万吨级船舶艘次分别为 2613 艘次和 3902 艘次，与铜鼓航道交汇点以北航道 20 万吨级船舶艘次为 1448 艘次和 2192 艘次。

广州港出海航道作为广州港唯一的出海大动脉，是广州港生存和发展的生命线，本项目的建设能够改善大型集装箱船舶的航行条件，提升航运服务能级，

强化广州作为国际航运枢纽的集散功能，是将广州港打造成国际航运枢纽，提高广州港国际竞争力的重要助力。

#### 3.3.3.4. 将改善大型集装箱船舶的航行条件，为船舶航行安全提供保障

广州港是我国沿海主要港口和集装箱干线港之一，2010-2023 年集装箱吞吐量年均增长 5.5%，2023 年广州港集装箱吞吐量达 2541 万 TEU，位列国内第五位、全球第六位。截至 2023 年底，广州港共有 161 条外贸集装箱班轮航线。其中，亚洲航线数量最多，共 83 条，占比 51.6%；其次为非洲线，有 22 条，占比 13.7%；美洲线有 20 条，占比 12.4%；欧洲线和中东红海印度线分别有 16 条，分别占比 9.9%；澳新线 4 条，占比 2.5%。已开辟达 30 个无水港（覆盖 10 省）、72 条“穿梭巴士”支线、36 条海铁联运班列。

广州港大型集装箱泊位主要集中在南沙港区，南沙作业区集装箱吞吐量占全港集装箱吞吐量的比例约 70%。已建南沙港区一、二、三期工程集装箱泊位 16 个，在建南沙港区四期工程集装箱泊位 4 个。其中，码头结构按 10 万吨级集装箱船舶设计的泊位共 4 个，按 15 万吨级集装箱船舶设计的泊位共 10 个。20 万吨级集装箱船舶已可实现减载靠泊南沙港区南沙作业区，泊位数可达到 8 个。此外，深圳西部港区共拥有 24 个专业化集装箱泊位，其中 10 万吨级及以上泊位 16 个，可靠泊 20 万吨级集装箱船的泊位数将达到 8 个。据预测，到 2025 年、2030 年和 2035 年广州港出海航道通航 10 万吨级及以上集装箱船分别为 5961 艘次、7638 艘次和 9313 艘次；15 万吨级及以上集装箱船分别为 3025 艘次、4270 艘次和 5694 艘次；20 万吨级集装箱船分别为 1382 艘次、2336 艘次和 3562 艘次。可以预见，通过广州港出海航道进出珠江口各港的超大型集装箱船艘次将不断增加。

广州港深水航道拓宽工程实施后，现有广州港出海航道南沙港区南沙作业区以南航段，虽可满足 10 万吨级集装箱船与 15 万吨级集装箱船（减载）相向通航要求，却也仅能满足 20 万吨级集装箱船（不满载）与 5 万吨级以下集装箱船相向通航的要求，需考虑拓宽航道以满足 20 万吨级集装箱船（不满载）与 10 万吨级或以上集装箱船相向通航的要求，本项目建设将进一步改善大型集装箱船舶的航行条件，为船舶航行安全提供保障。

### 3.3.3.5. 是充分发挥珠江口港口群已建和在建大型泊位通过能力，提高综合运输经济效益及航道服务水平的需要

目前，广州港已建和在建 10 万吨级及以上泊位（含结构预留）共 27 个，其中集装箱泊位 16 个、石油化工和散货泊位各 1 个、通用泊位 9 个，此外，南沙邮轮码头有一个 22.5 万总吨邮轮泊位；深圳港西部港区共拥有 34 个专业化集装箱泊位，其中 10 万吨级泊位 2 个、15 万吨级泊位 14 个（其中可满足 5 艘 20 万吨级集装箱船舶减载靠泊的要求）、20 万吨级泊位 2 个；东莞港已建 5 万吨级及以上泊位 19 个，目前在建的 5 万吨级及以上泊位有 3 个，以上大型泊位的水工结构基本都按照 7-10 万吨级设计。为充分发挥珠江口已建和在建大型泊位通过能力、降低海运物流成本、提高港口企业竞争力，提高出海航道通航标准是非常必要的。

近年来，随着广州港、深圳港和东莞港吞吐量的快速发展，经广州港出海航道进出港的船舶数量也不断增加。2023 年经广州港出海航道进出港的船舶（3000 载重吨以上）累计 53599 艘次，按通航天数 330 天计算，日均 162.4 艘次，2015-2023 年年均增长 3.6%。2020 年广州港深水航道拓宽工程全线通航后，20 万吨级船舶数量增长明显，从 2019 年的 458 艘次增长至 2023 年的 708 艘次，年均增长 11.5%，船舶大型化趋势明显。

截至 2024 年 3 月，全球营运集装箱船舶共有 6210 艘，运力 2842.9 万 TEU，平均每艘船载箱量为 4578TEU。世界集装箱船舶仍在保持大型化趋势，随着集装箱外贸班轮航线的不断开辟，预计未来广州港的到港集装箱船舶也将相应大型化，其中 20 万吨级船舶的占比也将逐渐增大。据预测，到 2030 年和 2035 年广州港出海航道通航船舶艘次分别为 90252 艘次、99521 艘次，其中 10 万吨级及以上船舶分别为 8959 艘次和 11315 艘次；15 万吨级及以上船舶分别为 4796 艘次和 6466 艘次；20 万吨级及以上船舶分别为 2613 艘次和 3902 艘次。

经核算，现有航道仅能满足 20 万吨集装箱（不满载）与 5 万吨级（含 5 万吨级散货船）以下船舶会遇通航要求，如有 20 万吨级集装箱船进入航道时，5 万吨级及以上对向行驶船舶需等待航道。

通过仿真试验分析，如果保持 15+10 的航道规模不变，2030 年 5 万吨级及以上集装箱船平均等待航道时间约 5.68 小时、2035 年约 6.69 小时，航道全线按照 20+15 的规模扩建以后，2030 年 5 万吨级及以上集装箱船平均等待航道时间

约 0.79 小时、2035 年约 1.17 小时，与 15+10 的规模相比，2030 年降比约 86.09%、2035 年降比约 82.51%，降比均超过 82%；本项目按照 20+15 的规模扩建以后，2030 年 5 万吨级及以上集装箱船平均等待航道时间约 3.97 小时、2035 年约 4.95 小时，与 15+10 的规模相比，2030 年降比约 30.1%、2035 年降比约 26.0%，降比均超过 26%。本项目的建设极大的提高了航道的服务水平和泊位通过能力的发挥。

因此，本项目的建设是充分发挥广州港已建和在建大型泊位通过能力，适应到港船型大型化、尤其是集装箱船舶大型化，提高综合运输经济效益的需要。

### **3.3.3.6. 是助力广东全面建设海洋强省，保障和适应珠江口邮轮经济发展的迫切需要**

邮轮产业素有“漂浮在黄金水道上的黄金产业”之称。近年来，邮轮旅游作为国际市场增长速度最快的高端旅游业态，以其产业链长、综合带动性强等特点，对城市发展具有显著的拉动和提升作用。按照国际旅游组织的统计，邮轮每接待 1 位游客平均可以获得超过 1300 美元的收益。因此，拥有邮轮母港是港口城市经济发展的关键和核心所在，著名的迈阿密港、新加坡邮轮母港等，邮轮产业链都十分完善，已经成为当地经济的重要支柱之一。

南沙邮轮旅游 2016 年正式投入运营，2016 年-2019 年，南沙运营出入境邮轮 413 航次，接待出入境旅客 165 万人次，连续四年保持全国第三的位置，与上海、天津同处中国邮轮产业的“第一梯队”。未来，南沙邮轮产业不仅是南沙的经济支柱之一，还将为广州带来邮轮新商机和更加国际化的发展新视野，成为南沙腾飞、广州打造国际邮轮经济示范区，发展海洋经济的“动力引擎”。

2019 年 11 月 17 日，广州南沙国际邮轮母港正式投入使用，一期工程岸线总长 770m，建成 22.5 万总吨和 10 万总吨邮轮泊位各 1 个，以及建筑面积约 6 万  $m^2$  的航站楼，为广州、广东乃至整个华南地区居民的邮轮旅游提供良好的硬件支持和服务体验。随着南沙邮轮航线的不断开通，广州南沙国际邮轮母港必将成为广州通连港澳、走向世界的重要“海上门户”，强化广州国际航运枢纽功能，提升广州国际航运中心地位，也为中国邮轮产业的发展注入新动能。

目前珠江口邮轮码头主要是广州南沙国际邮轮母港和深圳蛇口太子湾邮轮母港。深圳太子湾邮轮母港拥有 1 个 10 万 GT 邮轮泊位和 1 个 22 万 GT 邮轮泊位，设计通过能力为 75-80 万人次/年。据预测，到 2030 年和 2035 年珠江口邮轮

旅客吞吐量分别为 120 万人次和 240 万人次；广州港出海航道通航 10 万总吨及以上邮轮分别为 454 艘次和 968 艘次，其中 20 万总吨邮轮分别为 106 艘次和 216 艘次。

本项目的建设可以满足 20 万吨级集装箱船与 22.5 万总吨邮轮会遇通航的要求，提高大型邮轮的服务水平和吸引力，助力广东全面建设海洋强省，保障和适应珠江口邮轮经济发展。

总之，本项目的建设，是构建国家综合立体交通网，实现交通强国的重要助力；有利于促进全球特别是“一带一路”沿线国家和地区的共同繁荣、“粤港澳大湾区”和广东自贸区的快速发展；是建设世界一流港口，进一步提升广州港国际枢纽港地位的重要支撑；将改善大型集装箱船舶的航行条件，为船舶航行畅通安全提供保障；是充分发挥珠江口港口群已建和在建大型泊位通过能力，提高综合运输经济效益及航道服务水平的需要；是助力广东全面建设海洋强省，保障和适应广州港邮轮经济发展的迫切需要。

### 3.4. 工程概况

#### 3.4.1. 工程建设规模

广州港 20 万吨级航道工程实施珠江口内伶仃岛西侧水域外以北 E'~G 航道段建设，航道总长 24.1 公里，航道通航宽度 460 米，设计底高程-17.0 米，疏浚工程量约 2657.81 万立方米。本工程施工工期为 2 年，总投资约 30.95 亿元。

本项目工程量及主要技术经济指标如表 3.4-1 所示。

表 3.4-1 工程量及主要指标

| 序号 | 项目名称   |         | 单位               | 数量                                            | 备注                       |
|----|--------|---------|------------------|-----------------------------------------------|--------------------------|
| 1  | 通航标准   |         |                  | 按满足 20 万吨级集装箱船（不满载）与 15 万吨级集装箱船（不满载）双向通航的标准建设 |                          |
| 2  | 航道设计尺度 | 航道长度    | km               | 24.1                                          |                          |
|    |        | 航道通航宽度  | m                | 460                                           |                          |
|    |        | 航道通航底高程 | m                | -16.6                                         |                          |
|    |        | 航道挖槽宽度  | m                | 456                                           |                          |
|    |        | 航道设计底高程 | m                | -17.0                                         |                          |
| 3  | 疏浚量    |         | 万 m <sup>3</sup> | 2657.81                                       | 疏浚范围 3.69km <sup>2</sup> |

| 序号 | 项目名称   |       | 单位 | 数量                        | 备注         |
|----|--------|-------|----|---------------------------|------------|
| 4  | 导助航设施  | 调整灯浮标 | 座  | 调整 28 座灯浮标、2 座实体 AIS 航标位置 |            |
| 5  | 安全监管设施 |       | 项  | 1                         |            |
| 6  | 施工期    |       | 年  | 2                         | 另需 1 年试运行期 |
| 7  | 总投资    |       | 亿元 | 30.95                     |            |

### 3.4.2. 总平面布置方案

本航道总长 24.1 公里（包括伶仃航道 EF 段 7.7 公里、伶仃航道 FG 段 16.4 公里），航道通航宽度 460 米，设计底高程-17.0 米，采用两侧对称拓宽方式（各拓宽 37.5m），航道轴线均维持不变。平面布置图见图 3.4-1 所示。

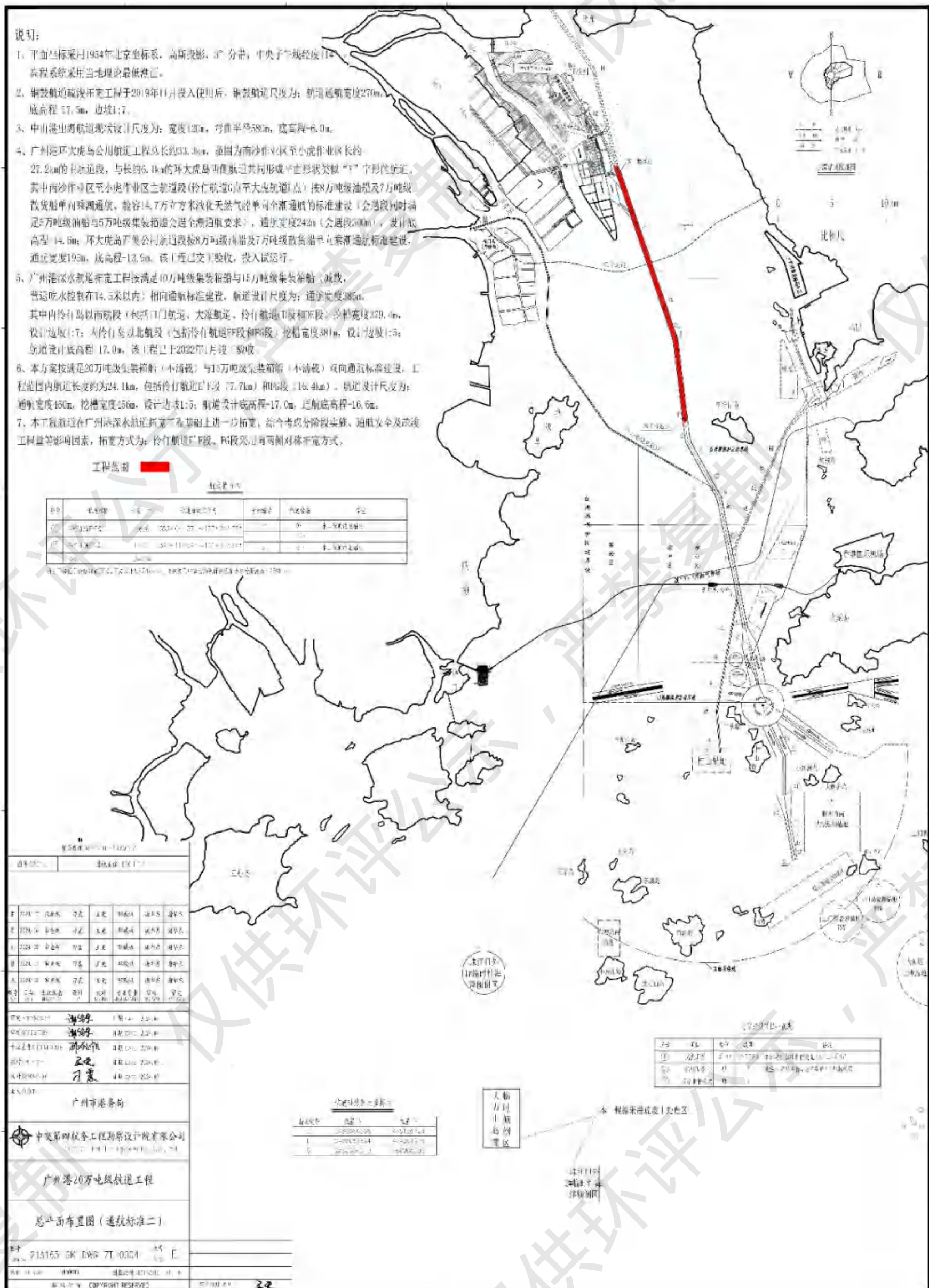
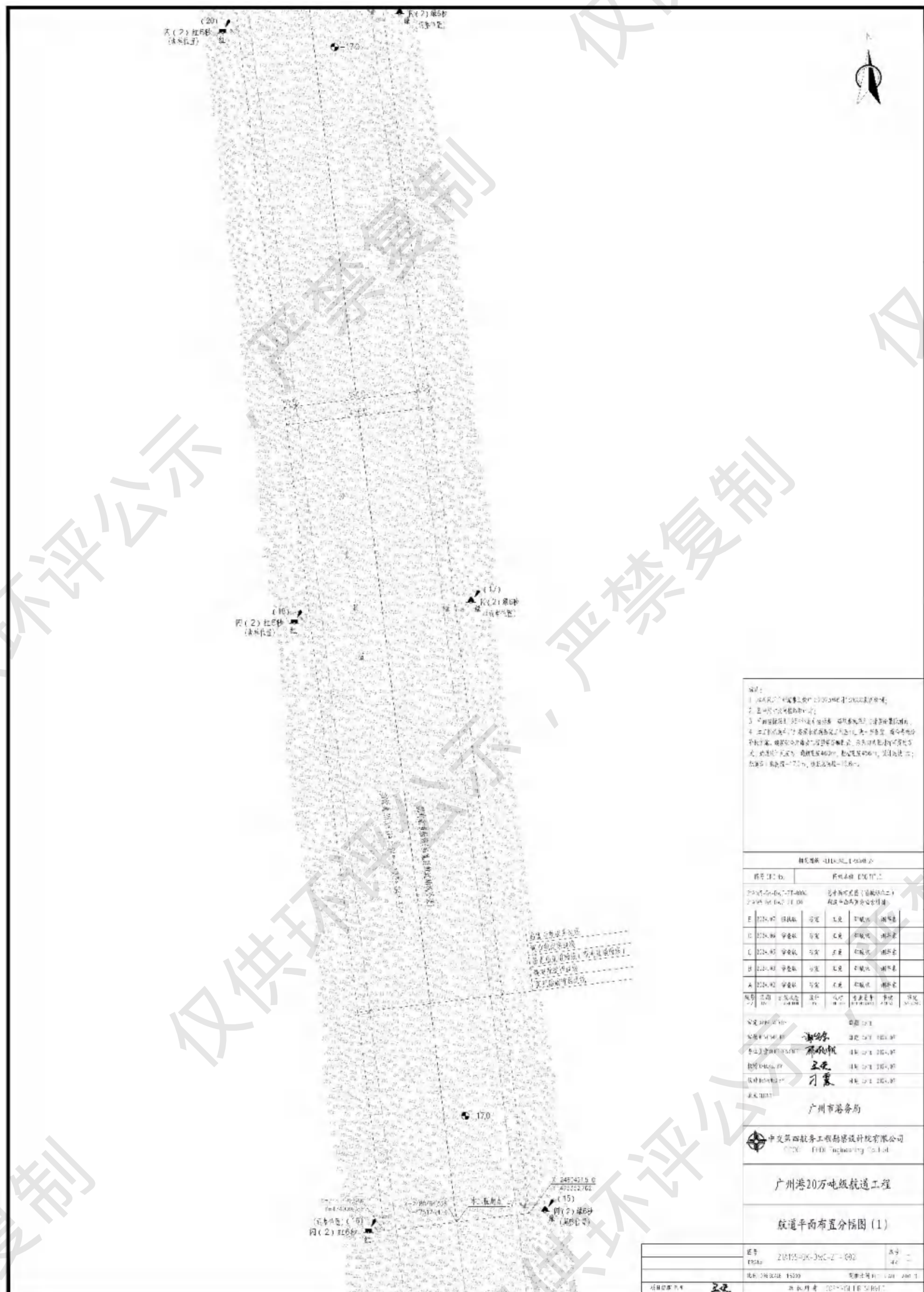


图 3.4-1 航道平面布置图



107

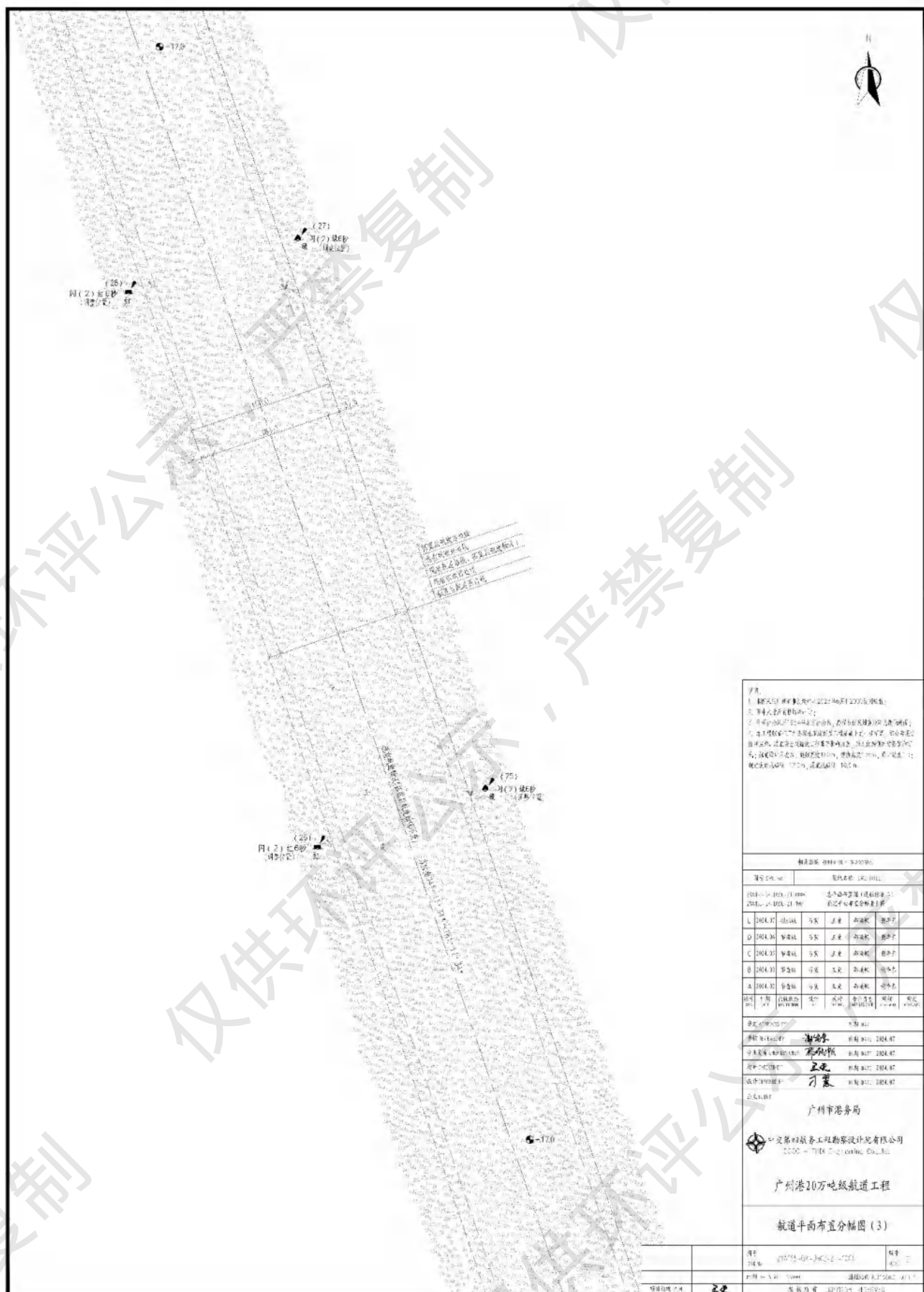


图 3.4-4 航道平面布置分幅图（3）

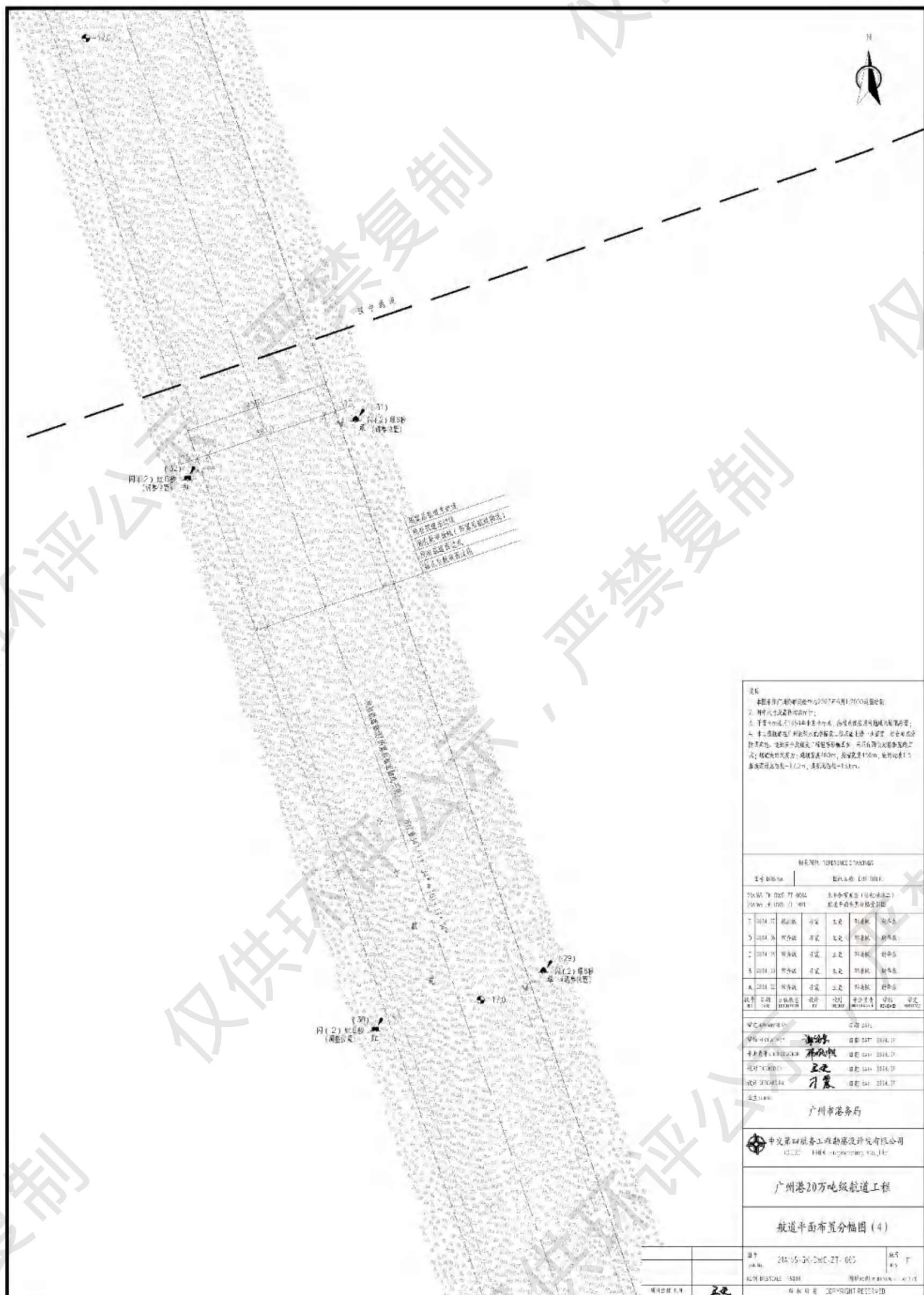


图 3.4-5 航道平面布置分幅图 (4)

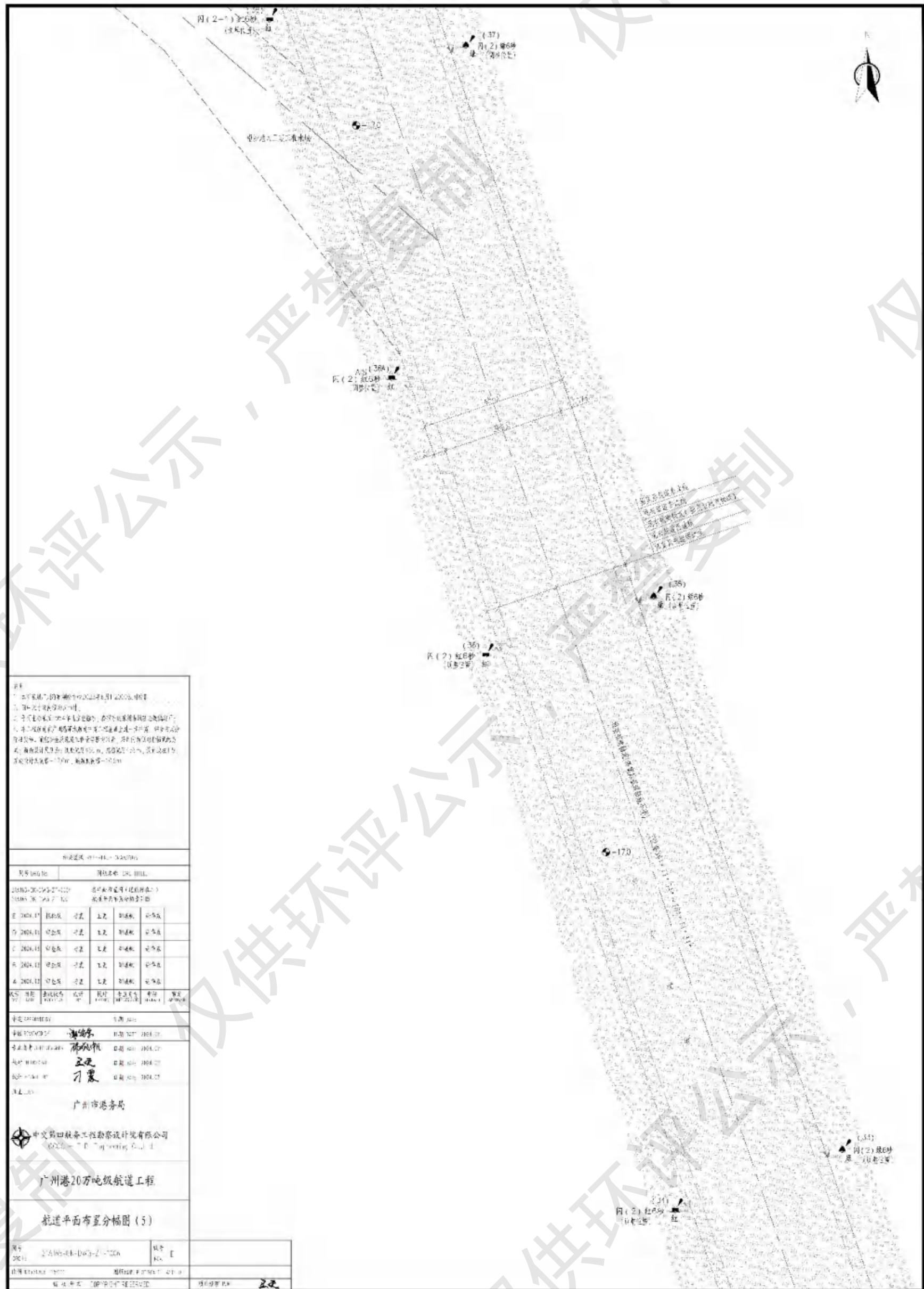


图 3.4-6 航道平面布置分幅图（5）

111

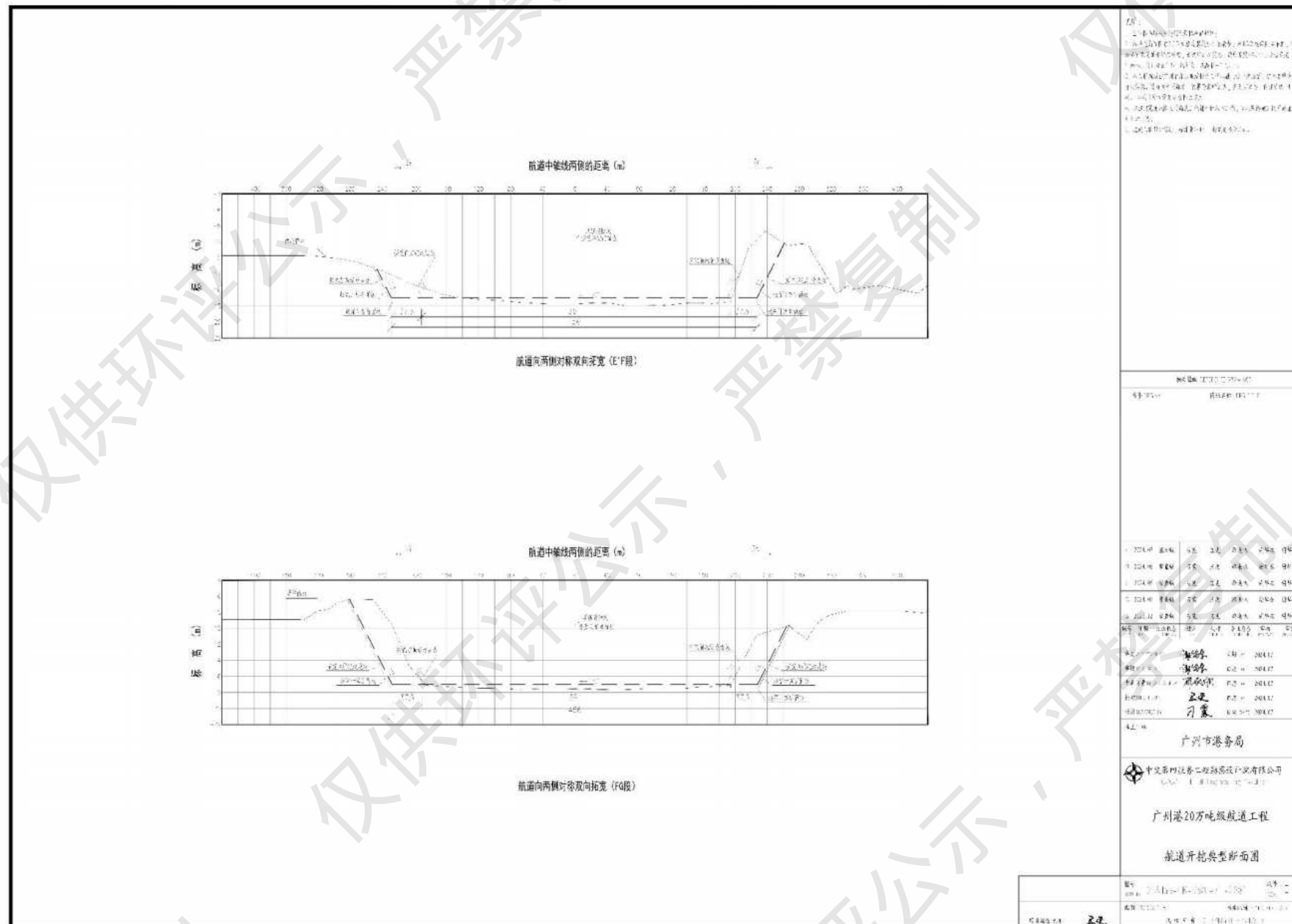
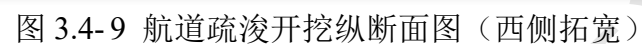


图 3.4-8 航道疏浚开挖断面图



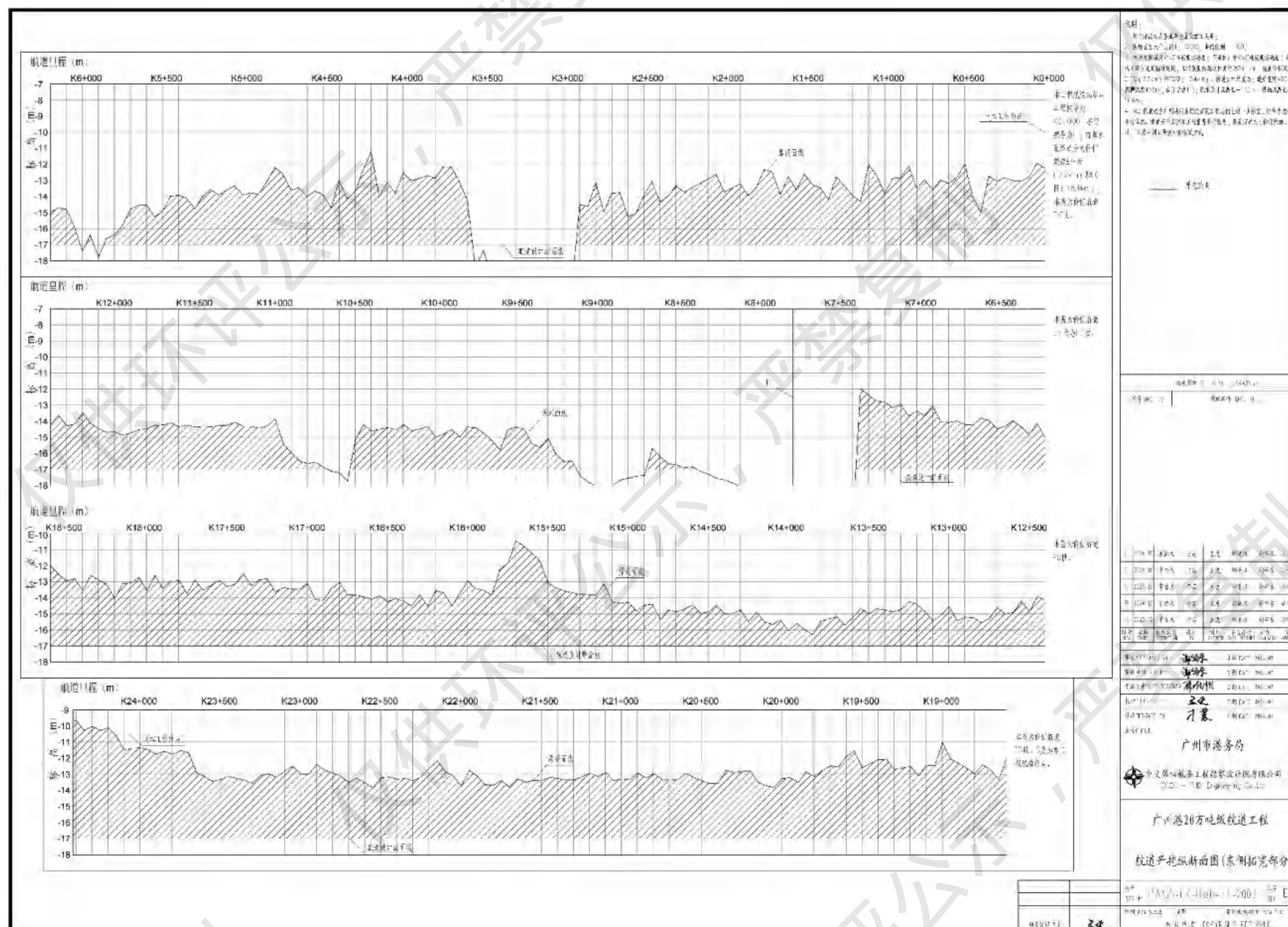


图 3.4-10 航道疏浚开挖纵断面图（东侧拓宽）

### 3.4.3. 疏浚工程

#### 3.4.3.1. 疏浚工程量

本工程总疏浚工程量为 2657.81 万  $m^3$ ，疏浚土需要外抛至珠海大万山南海洋倾倒区。工程量组成见表 3.4-2。疏浚土质主要以淤泥、淤泥质土为主。疏浚范围图见图 3.4-11，主要为现有航道边线两侧外扩 37.5m 及边坡范围，疏浚面积约为 3.69 $km^2$ 。疏浚横剖面及纵剖面前后对比图详见图 3.4-8～图 3.4-10。

表 3.4-2 航道疏浚工程量组成表（单位：万  $m^3$ ）

| 开挖区域       | 设计断面工程量 | 超深超宽工程量 | 计算断面工程量 | 施工期回淤量 | 试运行期维护量 | 总工程量    |
|------------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|
| 伶仃航道 E'F 段 | 443.40  | 54.70   | 498.10  | 209.43 | 104.71  | 812.24  |
| 伶仃航道 FG 段  | 864.12  | 132.95  | 997.07  | 565.67 | 282.83  | 1845.57 |
| 合计         | 1307.52 | 187.65  | 1495.17 | 775.10 | 387.54  | 2657.81 |

表 3.4-3 分土类疏浚工程量明细表（单位：万  $m^3$ ）

| 开挖区域       | 1 级     | 2 级   | 3 级    | 4 级    | 5 级  | 6 级    | 7 级   | 8 级  | 11 级 | 合计      |
|------------|---------|-------|--------|--------|------|--------|-------|------|------|---------|
| 伶仃航道 E'F 段 | 788.18  | 3.07  | 1.03   | 1.86   | 0.00 | 18.10  | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 812.24  |
| 伶仃航道 FG 段  | 1242.75 | 86.73 | 116.46 | 222.24 | 4.99 | 87.21  | 79.13 | 4.46 | 1.60 | 1845.57 |
| 合计         | 2030.93 | 89.80 | 117.49 | 224.10 | 4.99 | 105.31 | 79.13 | 4.46 | 1.60 | 2657.81 |

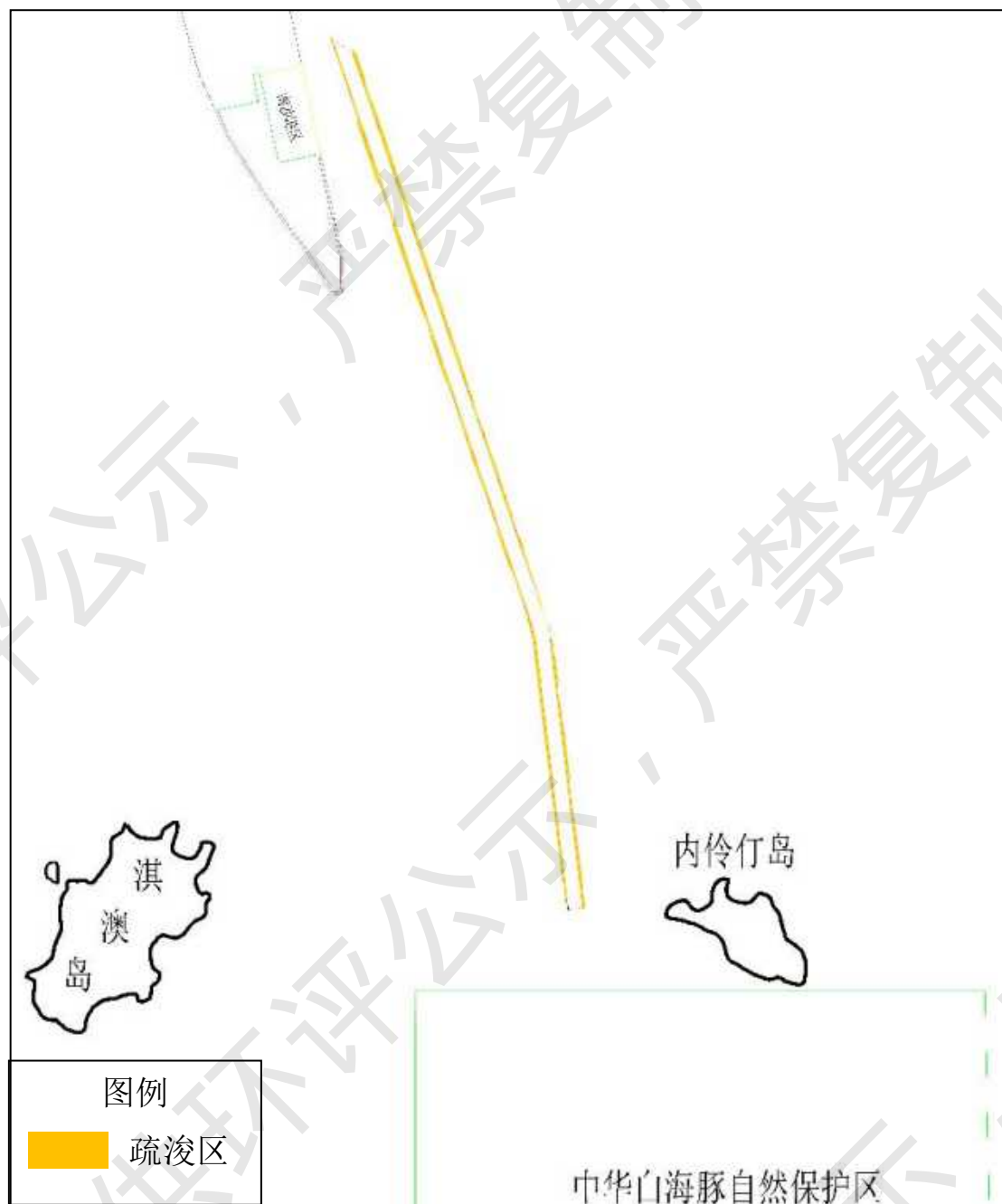


图 3.4-11 航道疏浚范围图

### 3.4.3.2. 泥土处理区

#### （1）水下抛泥区

根据生态环境部“关于发布 2021 年全国可继续使用倾倒区和暂停使用倾倒区名录的公告”（2021 年 3 月 5 日），黄茅岛海洋倾倒区 2021 年暂停使用。此外，生态环境部 2021 年 9 月发布了《关于启用珠江口外 1# 临时性海洋倾倒区的公告》（2021 年第 42 号文）；2021 年 10 月发布了《关于启用珠江口外 2# 和铁山港外 2 个临时性海洋倾倒区的公告》（2021 年第 51 号文）。

目前可以使用的倾倒区如下：

##### 1) 大万山南疏浚物临时性海洋倾倒区

根据《大万山南疏浚物临时性海洋倾倒区选划报告》（国家海洋局南海环境监测中心，2014.10），大万山南疏浚物临时性海洋倾倒区位于珠江口外，大万山南侧海域，范围  $21^{\circ}48'30''-21^{\circ}51'30''N$ ， $113^{\circ}34'30''-113^{\circ}36'30''E$ ，面积  $19.1\text{km}^2$ ，水深  $25.4\sim 31.2\text{m}$ ，平均  $28.3\text{m}$ 。

##### 2) 珠海高栏港区 15 万吨级主航道工程疏浚物临时性海洋倾倒区

位于珠海高栏港区， $113^{\circ}20'00''E$ 、 $21^{\circ}43'30''N$ ， $113^{\circ}22'22''E$ 、 $21^{\circ}45'22''N$ ， $113^{\circ}22'22''E$ 、 $21^{\circ}43'30''N$ ， $113^{\circ}20'00''E$ 、 $21^{\circ}45'22''N$  四点所围成的海域，面积约  $14\text{km}^2$ ，水深约  $29\text{m}$ 。

##### 3) 二洲岛南疏浚物临时性海洋倾倒区

位于二洲岛南侧， $114^{\circ}16'00''E$ 、 $21^{\circ}54'00''N$ ， $114^{\circ}16'00''E$ 、 $21^{\circ}55'30''N$ ， $114^{\circ}17'30''E$ 、 $21^{\circ}55'30''N$ ， $114^{\circ}17'30''E$ 、 $21^{\circ}54'00''N$  四点所围成的海域，面积约  $7\text{km}^2$ ，水深约  $30\text{m}$ 。

##### 4) 南海三类废弃物区倾倒区

位于  $115^{\circ}10'00''E$ 、 $21^{\circ}40'00''N$ ， $115^{\circ}10'00''E$ 、 $21^{\circ}45'00''N$ ， $115^{\circ}15'00''E$ 、 $21^{\circ}45'00''N$ ， $115^{\circ}15'00''E$ 、 $21^{\circ}40'00''N$  四点所围成的海域，面积约  $80\text{km}^2$ ，水深约  $80\sim 96\text{m}$ 。

##### 5) 珠江口外 1#临时性海洋倾倒区

以  $113^{\circ}34'40''E$ ， $21^{\circ}57'20''N$  为中心，半径  $2\text{km}$ ，面积  $12.558\text{km}^2$ ，用于处置符合相关标准和要求的疏浚物。该海洋倾倒区现状水深约  $13.1-15.9\text{m}$ ，容量相对较小。

##### 6) 珠江口外 2#临时性海洋倾倒区

位于 113°39'01.80"E，21°47'37.43"N；113°40'48.72"E，21°47'37.43"N；113°40'48.72"E，21°45'47.30"N；113°39'01.80"E，21°45'47.30"N 四点连线围成的区域，面积 10.406km<sup>2</sup>，用于处置符合相关标准和要求的疏浚物。该海洋倾倒区现状水深 32m~34m，容量相对较大。

## （2）陆上吹填区

据了解，本工程附近目前无法落实容量充足的合适的陆域吹填区。

## （3）疏浚土处理区的综合评价

综上，由于无法落实合适的陆域吹填区，本工程疏浚土处理区只能选择海洋倾倒区。综合考虑本工程至本水域可使用的各倾倒区的抛泥运距、倾倒区允许倾倒量、近年倾倒区申请与许可的经验（有一定的不确定性）等因素，由于从防洪影响考虑，珠江水利委员会建议减少珠江口外 1#临时性海洋倾倒区的使用，施工期疏浚土暂考虑在大万山南疏浚物临时性海洋倾倒区和珠江口外 2#临时性海洋倾倒区水抛处理，试运行期疏浚土暂考虑在大万山南疏浚物临时性海洋倾倒区水抛处理。

其中大万山南疏浚物临时性海洋倾倒区年可容纳疏浚土倾倒量约 2770 万方，珠江口外 2#临时性海洋倾倒区年可容纳疏浚土倾倒量约 3159 万方，可以满足本项目施工期 1135 万方/年的倾倒需求；大万山南疏浚物临时性海洋倾倒区年可容纳疏浚土倾倒量约 2770 万方，可以满足本项目试运行期 388 万方/年的倾倒需求。

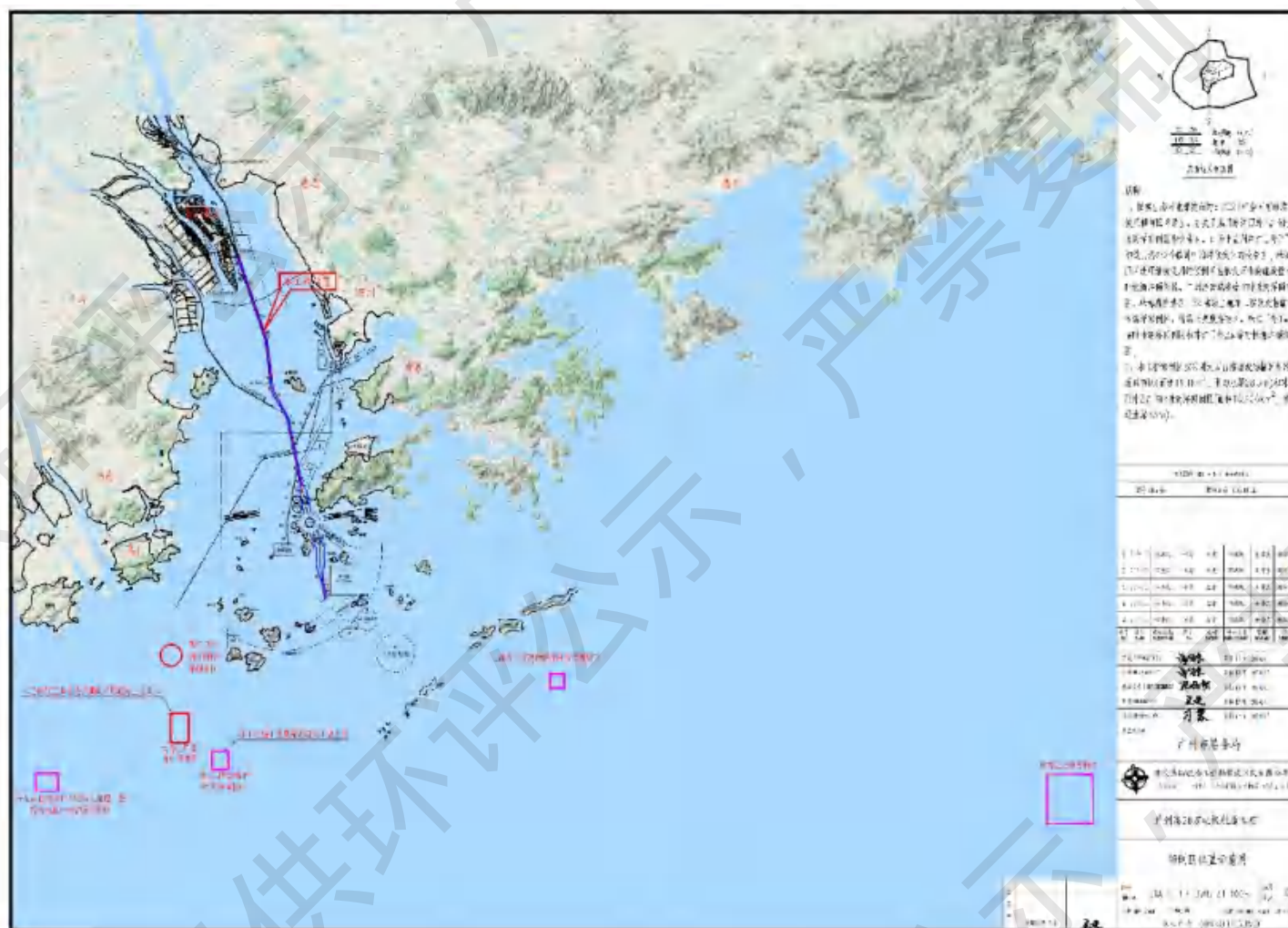


图 3.4-12 海洋倾倒区位置示意图

### 3.4.4. 航道尺度

#### 3.4.4.1. 设计船型

根据本航道的功能定位及通航船型预测、船舶通航密度分析，确定本航道的设计控制船型见下表，船型尺度按交通部《海港总体设计规范》（JTS 165-2013）及其局部修订（20 万吨级集装箱船设计船型尺度部分）、邮轮码头设计规范（JTS 170-2015）的规定取值。

表 3.4-4 本工程航道水域设计控制船型表

| 船型             | 主尺度（m） |      |      |               | 备注                |
|----------------|--------|------|------|---------------|-------------------|
|                | 总长 L   | 型宽 B | 型深 H | 满载吃水 T        |                   |
| 集装箱船           |        |      |      |               |                   |
| 100000DWT 集装箱船 | 346    | 45.6 | 24.8 | 14.5          | 主要设计代表船型          |
| 120000DWT 集装箱船 | 367    | 48.2 | 29.7 | 15.5          | 主要设计代表船型          |
| 150000DWT 集装箱船 | 367    | 51.2 | 29.9 | 16.0          | 主要设计代表船型          |
| 200000DWT 集装箱船 | 400    | 61.5 | 33.5 | 17.0          | 主要设计代表船型          |
| 散货船            |        |      |      |               |                   |
| 100000DWT 散货船  | 250    | 43.0 | 20.3 | 14.5          | 兼顾船型              |
| 120000DWT 散货船  | 266    | 43.0 | 23.5 | 16.7          | 兼顾船型              |
| 150000DWT 散货船  | 289    | 45.0 | 24.3 | 17.9          | 兼顾船型              |
| 300000DWT 散货船  | 339    | 58.0 | 30.0 | 23.0<br>(8.0) | 修造船（空载吃水）<br>兼顾船型 |
| 油船             |        |      |      |               |                   |
| 50000DWT 油船    | 229    | 32.2 | 19.1 | 12.8          | 兼顾船型              |
| 100000DWT 油船   | 246    | 43.0 | 21.4 | 14.8          | 兼顾船型              |
| 300000DWT 油船   | 334    | 60.0 | 31.2 | 22.5<br>(8.0) | 修造船（空载吃水）<br>兼顾船型 |
| 邮轮             |        |      |      |               |                   |
| 100000GT 邮轮    | 294    | 36.0 |      | 8.5           | 兼顾船型              |
| 150000GT 邮轮    | 339    | 39.7 |      | 8.8           | 兼顾船型              |
| 225282GT 邮轮    | 362    | 47.0 |      | 9.3           | 兼顾船型              |

#### 3.4.4.2. 航道主尺度

本航道段设计尺度如下表所示。

表 3.4-5 航道尺度方案

| 尺度 \ 方案  | 通航标准二                           |
|----------|---------------------------------|
|          | 20 万吨级（不满载）与<br>15 万吨级（不满载）相向航道 |
| 通航宽度（m）  | 460                             |
| 通航底高程（m） | -16.6                           |
| 挖槽宽度（m）  | 456                             |
| 设计底高程（m） | -17.0                           |
| 边坡       | 1:5                             |

### 3.4.5. 导助航设施

#### 1、导助航设施现状

广州港出海航道现有助航设施较为完善，从珠江口口门航道通航区以北至伶仃航道折点 G（南沙港区一期工程支航道与主航道的交点，41 号灯浮标）沿程现有灯浮标 50 座，虚拟 AIS 航标 5 座，灯船 1 艘（马友石），灯桩 2 座（香港鸡翼角灯桩及内伶仃岛牛俐角灯桩）。目前上述灯浮标基本为对标设置，纵向间距为 1n mile。大濠水道分道通航区在第五通航分道分隔带北端中部设置了 1 座灯浮标，在环形道中央设置了 1 艘灯船。桂山岛以外的广州港口门航道，在起点设置了 1 座灯浮标与 5 座虚拟 AIS 航标，位于航道右侧。其中马友石灯船、广州港 W1 号、广州港 8 号、23 号、36A 号灯浮设置了实体 AIS 航标。航道灯浮分布见下表。

表 3.4-6 广州港出海航道灯浮标分布表

| 航道名称      | 航道右侧灯浮标                                           | 航道左侧灯浮标                                            |
|-----------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 口门航道      | W1、W3（虚拟标）、W5（虚拟标）                                | W2（虚拟标）、W4（虚拟标）、W6（虚拟标）                            |
| 大濠航道      | A1、A3、A5、A7                                       | A2、A4、A6                                           |
| 伶仃航道 CD 段 | 1 号、3 号、5 号、7 号                                   | 2 号、4 号、6 号、8 号                                    |
| 伶仃航道 DE 段 | 7 号、9 号、11 号、13 号                                 | 8 号、10 号、12 号、14 号                                 |
| 伶仃航道 EF 段 | 13 号、15 号、17 号、19 号、21 号、23 号                     | 14 号、16 号、18 号、20 号、22 号、24 号                      |
| 伶仃航道 FG 段 | 23 号、25 号、27 号、29 号、31 号、33 号、35 号、37 号、39 号、41 号 | 24 号、26 号、28 号、30 号、32 号、34 号、36 号、36A 号、38 号、40 号 |

#### 2、助航标志配布与调整

助航标志根据规范《中国海区水上助航标志》（GB 4696-2016）布置。本工程伶仃航道 EF 段、FG 段采用向两侧对称拓宽方式。经统筹分析，需对广州港 28 座灯浮标的位置进行调整，对 2 座实体 AIS 航标位置进行调整。

本工程现有航道浮标在航标主管部门的管理维护下，规格合适，设备可靠。现有规格参数满足本航道扩建工程的使用需求，故不改变现有航标的配置参数，仅对航道灯浮标位置进行调整。现有灯浮标采用 HF2.4 的深水标，锚链长度为 1.5 节，沉块 5 吨。



### 3.4.6. 施工方案

#### 3.4.6.1. 施工方案

本工程航道总长 24.1km，包括伶仃航道 E'F 段 7.7km，伶仃航道 FG 段 16.4km。开挖段长 24.1km。

本工程的主要工程项目包括：航道疏浚，航标位置调整。

##### 1、施工条件

（1）疏浚工程量约 2657.81 万  $m^3$ 。但我国的疏浚施工能力很强，近年又有较大增长，国内有多家经验丰富、船机设备齐全的疏浚施工队伍，完全有能力承担本工程施工。

（2）疏浚段较长，达 24.1km。广州港南沙港区出海航道经过一期工程、二期工程、三期工程和深水航道拓宽工程的建设，为航道扩建施工提供了很好的水深条件。

（3）本航道工程开挖范围内的土质绝大部分为淤泥和淤泥质土（1~2 级土）、软质粘土（3 级土）和松散砂（6 级土），均为容易开挖的土质，根据现有勘察资料，只是在 FG 航段局部存在相对较难开挖的硬粘土（4~5 级土）、密实砂（7~8 级土）和铁质胶结层（11 级土），数量占航道总疏浚量约 11.8%，通航标准四需开挖极少量岩石（13 级土，位于马友石附近），因此本工程疏浚土的可挖性较好。

（4）受珠江口内外众多岛屿掩护，本工程水域的风浪不大，除台风影响期间外，全年均可进行疏浚施工。

##### 2、施工方案

根据本工程的特点、可利用的泥土处理区的位置与容量、各方案疏浚工程量以及工程地质情况，提出本工程的疏浚施工与泥土处理初步方案如下：

本工程疏浚土全部考虑海抛处理。施工期疏浚土处理区为大万山南疏浚物临时性海洋倾倒区和珠江口外 2#临时性海洋倾倒区，试运行期疏浚土处理区为大万山南疏浚物临时性海洋倾倒区。

伶仃航道 E'F 段和 FG 段采用大型自航耙吸式挖泥船开挖，疏浚土装舱后运至大万山南疏浚物临时性海洋倾倒区和珠江口外 2#临时性海洋倾倒区抛卸，平均运距约 85~97km。

FG 段局部存在的 5 级土、8 级土和 11 级土，若耙吸船难以开挖，可采用抓

斗式挖泥船开挖，疏浚土以自航泥驳运至大万山南疏浚物临时性海洋倾倒区抛卸。

施工期船机数量：大型（ $10000\text{m}^3$  或以上）自航耙吸式挖泥船 2 艘、抓斗式（ $13\text{m}^3$  或以上）挖泥船 1 艘。

### 3、试运行期维护疏浚

试运行期维护疏浚土质为淤泥类（1 级土），考虑采用中型（ $4500\text{m}^3$  左右）耙吸式挖泥船开挖，装舱运至珠江口外 1#临时性海洋倾倒区抛卸。

试运行期船机数量：中型（ $4500\text{m}^3$  左右）耙吸式挖泥船 1 艘。

### 4、施工过程

施工过程如下：

#### A 测量定位系统的建立

由业主给定的已知坐标控制点，建立工程施工测量控制网，并依工程建设的需要，建立施工自定义坐标系

#### B 挖泥船驻位、定位

##### a 定位浮鼓的设置

在疏浚范围左右两侧设定位浮鼓，用于施工作业船舶的粗定位。

##### b 挖泥船的粗定位

挖泥船由锚地通过设置的定位浮鼓驶入施工现场水域，立即按照已经设置的合适的定位浮鼓的位置，带缆于浮鼓上进行粗定位。

##### c 挖泥船准确定位

挖泥船粗定位完成后，通过船用双 GPS 对挖泥船进行准确定位，并系紧各条缆绳，方可进行挖泥作业

#### C 耙吸式挖泥船挖泥施工方法

作业方式：耙吸式船挖掘方式是在船的两侧配备一个吸泥耙头，用吸泥管和泵机连接起来，靠真空将泥吸进泥舱，满载时运往抛泥区抛泥。

挖泥船工作程序：空载航行—挖泥区一定位下耙—装舱满舱一起耙—航行至抛泥区—返回挖泥区

### 5、抛泥区位置

本项目疏浚工程量为  $2657.81$  万  $\text{m}^3$ ，疏浚土装舱后运至大万山南疏浚物临时性海洋倾倒区和珠江口外 2#临时性海洋倾倒区抛卸，平均运距约  $85\sim 97\text{km}$ 。运

输路线主要沿广州港出海航道路线进行，运输路线见图 3.4-11。建设单位应按照《中华人民共和国海洋环境保护法》、《中华人民共和国海洋倾废管理条例》有关要求及相关程序向生态环境部申请废弃物海洋倾倒许可证，取得许可证后，方可倾倒。

#### 6、施工进度

施工工期为 2 年。应合理安排施工工期，避开休渔期和幼鱼保护期。

#### 3.4.6.2. 与历次航道工程施工方案比较

##### 1、一期工程概况

广州港出海航道一期工程从广州黄埔港西基码头沿珠江干流伶仃西航道至桂山锚地，全长 115km，投资总额 7.5 亿人民币。该工程 1998 年 9 月开工，于 2000 年 9 月竣工，施工期二年。

出海航道一期工程，是建设一条通航标准为 3.5 万吨级船舶乘潮通航的双向航道，航道底宽为 160m，底标高为-11.5m，大部分航道使用自航耙吸式挖泥船进行疏浚，蕉门口外围垦区的二次填区预先开挖蓄泥坑及临时航道，供自航耙吸式挖泥船进入卸泥，然后再由绞吸式挖泥船将泥沙吹入围堤内；莲花山东航道的部分粘土及砂层用斗式挖泥船清除；莲花山东航道的礁石用钻孔爆破及大功率绞吸式挖泥船清除。

##### 2、二期工程施工概况

广州港出海航道二期工程是在一期工程的基础上进一步浚深至 13m，是广州港出海航道一期工程的扩建工程。

建设航道尺度为底宽 160m，底标高-13.0m，总工程量为 2881.49 万  $m^3$ ，工程总投资 8.07 亿元，总工期为 2 年。工程泥土处理除少量弃土水抛至黄茅岛南抛泥区，其余大部分弃土运至孖沙垦区、龙穴岛东垦区作二次吹填处理。

大虎航道、坭洲头航道、莲花山东航道南上段和中北段的部分疏浚土（大型耙吸船可以开挖的覆盖层），运至龙穴岛东围垦区用二次吹填的方式处理；莲花山东航道南上段和中北段的风化岩则通过大型绞吸式挖泥船开挖，并直接吹填到新沙预留发展区；川鼻航道的疏浚土运至龙穴岛东围垦区用二次吹填的方式处理；伶仃航道南段的疏浚土运至黄茅岛抛泥区抛卸；伶仃航道北段的工程量是各段中最大的，占总工程量的 50%~66%，伶仃北段的疏浚土首选在孖沙围垦区、龙穴岛东围垦区处理，其余部分疏浚土运至黄茅岛南抛泥区水抛。

采用孖沙垦区作为陆抛区时，临时航道和蓄泥坑的疏浚工程量为 230.74 万  $m^3$ （含二期预备工程北段施工期间回淤量）；采用南沙港区一期工程南侧拟建吹填区作为陆抛区时，临时航道和蓄泥坑的疏浚工程量为 338.10 万  $m^3$ （含二期预备工程北段施工期间回淤量）。

临时航道和蓄泥坑均选用绞吸船施工，泥土直接吹入附近吹填区内。

珠江口中华白海豚国家级自然保护区内有广州港出海航道二期工程通过其缓冲区和核心区，通过距离为 24.12 公里。

### 3、三期工程施工概况

广州港出海航道三期工程总工程量为 8707.92 万  $m^3$ ，其中蓄泥坑及临时航道的开挖及维护工程量 794 万  $m^3$ ，应急避让区工程量 835 万  $m^3$ 。开挖段工程量主要集中在伶仃航道各航段，将伶仃航道、大濠航道疏浚弃土运往南沙港吹填区二次吹填处理，口门航道疏浚弃土运往隘洲列岛南侧临时抛泥区抛卸。

施工方案根据广州港出海航道三期工程的施工条件、工程特点、泥土处理区情况和现有的地质资料，各航段均宜采用效率高、不影响通航的大型自航耙吸式挖泥船进行疏浚施工，伶仃航道、大濠航道施工疏浚作业方式：4500 $m^3$  及以上耙吸式挖泥船（航道施工、装舱）→经临时航道→蓄泥坑→绞吸式挖泥船（吹填）→孖沙围垦区南沙港区一期工程北部、南沙物流园区及龙穴造船基地南侧拟建码头区域吹填区→返回航道施工。口门航段亦采用大型自航耙吸式挖泥船施工，弃土直接运至隘洲列岛南侧临时抛泥区“水抛”处理。临时航道和蓄泥坑的开挖与维护均选用绞吸式挖泥船。

### 4、拓宽工程施工概况

广州港深水航道拓宽工程疏浚工程量 6524.51 万  $m^3$ ，疏浚航道从南沙港区（G 点以南）至珠江口的航道，拓宽工程长约 66.6km。

本工程疏浚土处理以陆抛（吹填）为主，水抛为辅。吹填区为南沙港区二期工程南侧吹填区、南沙港区二期工程后方仓储用地吹填区及龙穴岛北部的拟建吹填区。水下抛泥区拟采用大万山南疏浚物临时性海洋倾倒区。本工程口门航道段、大濠航道段约 239.76 万  $m^3$  疏浚土采取水抛方式处理，其余疏浚土均采取陆抛方式处理，其中暂考虑约 3000 万  $m^3$  疏浚土在龙穴岛北部拟建吹填区处理。

口门航道、大濠航道段采用大中型（4500 $m^3$  舱容）自航耙吸式挖泥船开

挖，装舱后运至大万山南疏浚物临时性海洋倾倒区水抛，平均运距 40~55km。

伶仃航道 EG 段约 3000 万  $m^3$  疏浚土，采用大中型自航耙吸式挖泥船开挖，装舱运至龙穴岛北部拟建吹填区以东的临时蓄泥坑抛卸后，再用绞吸式挖泥船二次吹填至拟建龙穴岛北部吹填区范围内。运距 20~21km，吹距 3km。

其余所有航段均主要采用大中型自航耙吸式挖泥船开挖，疏浚土装舱运至南沙港区二期工程南侧吹填区以东的临时蓄泥坑抛卸后，再用绞吸式挖泥船二次吹填至已建龙穴岛南部吹填区范围内。运距 5~33km，吹距 3km。

#### 5、一、二、三期工程、拓宽工程与 20 万吨级航道工程施工比较

一期工程航道及临时工程疏浚量为 4023 万  $m^3$ ，其中 73% 采用陆抛方式处理，27% 采用水抛方式处理，陆抛有新沙预留发展区和孖沙吹填区。水抛区有黄茅岛抛泥区。二期工程是在一期工程的基础上，航道再加深 1.5m，底标高达到 -13.0m。一、二期工程陆抛和水抛地点基本相同，陆抛、水抛采用的工艺和船型也相同，陆抛和水抛的比例也基本相同，二期工程陆抛比例也在 79%。三期工程疏浚弃土处理同样采取与一、二期工程相同的“水抛”与“陆抛”相结合的方法进行。航道拓宽工程仅在航道三期工程基础拓宽而不浚深，疏浚弃土处理同样采用“水抛”与“陆抛”相结合的方法进行，以陆抛（吹填）为主，水抛为辅，吹填区主要为龙穴岛北部、南部吹填区范围，水抛范围主要为大万山南疏浚物临时性海洋倾倒区。

本项目 20 万吨级航道工程的疏浚弃土由于无法落实合适的陆域吹填区，只采取“水抛”方式进行，水抛范围为大万山南疏浚物临时性海洋倾倒区、珠江口外 2#临时性海洋倾倒区。

具体施工比较见表 2.3-4。

表 2.3-4 一、二、三期工程、拓宽工程与 20 万吨级航道施工比较

| 比较项目 | 一期工程                                                     | 二期工程                                                       | 三期工程                                                                      | 拓宽工程                                                                      | 20 万吨级航道工程                                                                  |
|------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 建设规模 | 疏浚工程量 4023 万 m <sup>3</sup> , 疏浚航道从西基煤码头到桂山岛, 航道长 115km  | 疏浚工程量 2881.49 万 m <sup>3</sup> , 疏浚航道从西基煤码头到桂山岛, 航道长 115km | 疏浚工程量 8707.92 万 m <sup>3</sup> , 疏浚航道从南沙港区龙穴岛造船基地南侧至珠江口的航道, 三期工程长约 71.8km | 疏浚工程量 6524.51 万 m <sup>3</sup> , 疏浚航道从南沙港区 (G 点以南) 至珠江口的航道, 拓宽工程长约 66.6km | 疏浚工程量为 2657.81 万 m <sup>3</sup> , 疏浚航道内伶仃岛西侧水域外以北 E'~G 航道段建设, 航道全长约为 24.1km |
| 疏浚方式 | 73%采用陆抛方式处理, 27%采用水抛方式处理。                                | 79%采用陆抛方式处理 21%采用水抛方式处理                                    | 陆抛与水抛相结合                                                                  | 陆抛与水抛相结合                                                                  | 水抛                                                                          |
| 陆抛地点 | 新沙预留发展区和孖沙围垦区                                            | 新沙预留发展区和孖沙围垦区、龙穴岛东围垦区                                      | 南沙港区吹填区                                                                   | 龙穴岛南吹填区及龙穴岛北吹填区                                                           | -                                                                           |
| 水抛地点 | 坭洲头、淇澳岛东南、淇澳岛东北抛泥区                                       | 黄茅岛南抛泥区                                                    | 隘洲列岛南侧临时抛泥区                                                               | 大万山南疏浚物临时性海洋倾倒区                                                           | 大万山南疏浚物临时性海洋倾倒区、珠江口外 2# 临时性海洋倾倒区                                            |
| 施工   | 水抛采用了 1450m <sup>3</sup> /h 和 4500m <sup>3</sup> 自航耙吸式挖泥 | 采用 1450m <sup>3</sup> /h 和                                 | 采用 1450m <sup>3</sup> /h 和 4500m <sup>3</sup> 耙吸式挖泥船; 陆抛拟采                | 采用 1450m <sup>3</sup> /h 和 4500m <sup>3</sup> 耙吸式挖泥船; 陆抛拟采                | 采用 10000m <sup>3</sup> 耙吸式挖泥船;                                              |

|      |                                                                                                            |                                                                                      |                                                    |                                                    |       |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------|
| 方法   | 船：<br>陆抛采用 4500m <sup>3</sup> 自航耙吸式挖泥船，疏浚后倒入蓄泥坑，再用 1450m <sup>3</sup> /h 绞吸船及 750m <sup>3</sup> 链斗式挖泥船二次转吹 | 4500m <sup>3</sup> 耙吸式挖泥船；<br>陆抛拟采用自航耙吸式挖泥船，疏浚后倒入蓄泥坑再用 1450m <sup>3</sup> /h 绞吸船二次转吹 | 用自航耙吸式挖泥船，疏浚后倒入蓄泥坑再用 1450m <sup>3</sup> /h 绞吸船二次转吹 | 用自航耙吸式挖泥船，疏浚后倒入蓄泥坑再用 1450m <sup>3</sup> /h 绞吸船二次转吹 |       |
| 施工工艺 | 水抛：挖泥→装船→航行至抛泥区→抛泥→回航。<br>陆抛：绞刀松动泥土→泥泵吸扬→通过泥管将疏浚土排向指定的吹填区                                                  | 水抛：同左<br>陆抛：同左                                                                       | 水抛：同左<br>陆抛：同左                                     | 水抛：同左<br>陆抛：同左                                     | 水抛：同左 |

### 3.5. 工程污染分析

#### 3.5.1. 工程环境影响因素分析

##### 1、施工期环境影响因素

本工程施工期的环境影响以航道疏浚对环境影响为主。

由于项目所在海域属于珠江口经济鱼类繁育场保护区、幼鱼幼虾保护区范围等重要渔业敏感区，在耙吸式挖泥船作业过程中严格控制泥舱装载量，严禁出现满舱溢流现象。

疏浚作业污染环节影响流程见图 3.5-1。

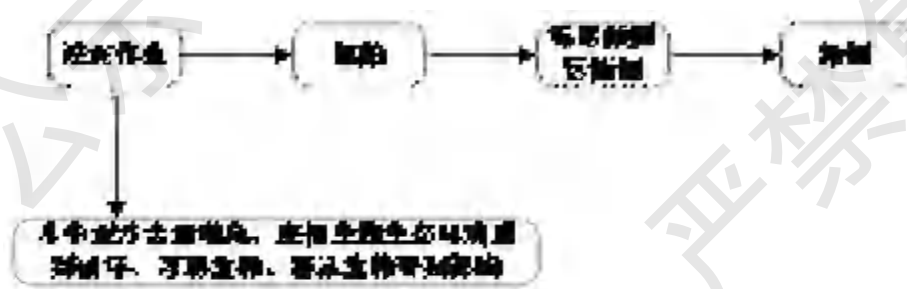


图 3.5-1 疏浚污染工艺流程图

由污染工艺流程可见，工程施工对环境的影响主要发生在疏浚污染环节，对环境影响因素分析如下：

（1）在航道疏浚作业过程中，由于机械的搅动作用，使得泥沙悬浮，造成水体混浊水质下降，并使得施工区域底栖生物生存环境遭到破坏，对周围环境敏感目标也将产生影响。

（2）施工船舶排放的生活污水、机舱含油污水和固废对水环境的影响。主要污染物为 COD、NH<sub>3</sub>-N 和石油类。

（3）施工船舶对大气环境的影响。

（4）施工船舶噪声对声环境的影响。

##### 2、营运期环境影响

（1）船舶废气对环境空气的影响。

（2）船舶废水对水环境产生主要污染因素。

（3）维护疏浚对海洋生态环境的影响。

（4）船舶噪声对声环境的影响。

##### 3、风险事故污染因素分析

由于疏浚作业施工，因此存在着施工船舶发生碰撞的可能性，同时施工船舶

由于管理不善等原因，也存在着发生跑、冒、滴、漏等溢油事故的机率，营运期船舶存在发生碰撞的可能性。可见突发性溢油事故对水环境及海洋生态环境的影响也不容忽视。

### 3.5.2. 污染物源强估算

#### （1）施工作业源强

本工程航道疏浚采用 2 艘 10000m<sup>3</sup> 的耙吸式挖泥船进行，每艘船舶施工间距大于 5km，相互之间基本不受影响，根据《水运工程建设项目环境影响评价指南》（JTS/T 105-2021），采用经验公式计算。

$$Q = R/R_0 \cdot T \cdot W_0$$

式中：Q——疏浚作业悬浮物源强（t/h）；

R——现场流速悬浮物临界粒子累计百分比（%），无实测资料时可取 89.2%；

R<sub>0</sub>——发生系数 r<sub>0</sub> 时的悬浮物粒径累计百分比（%），无实测资料时可取 80.2%；

T——挖泥船疏浚效率（m<sup>3</sup>/h）；

W<sub>0</sub>——悬浮物发生系数（t/m<sup>3</sup>），无实测资料时可取 38.0×10<sup>-3</sup>t/m<sup>3</sup>。

根据《疏浚工程预算定额》（JTS/T 278-1-2019）耙吸式挖泥船 10000m<sup>3</sup> 定额表，结合可研报告关于工程疏浚段地质情况分析（约 76%淤泥，其他淤泥质土-中粗砂约 24%），计算得出该挖泥船疏浚效率为 3055m<sup>3</sup>/h，泥沙悬浮物发生系数 W<sub>0</sub> 约为 38kg/m<sup>3</sup>，则悬浮物发生率 Q 为：S=89.2%/80.2%×3055×38/3600=35.87kg/s。

在特殊情况下采用 13m<sup>3</sup> 抓斗船挖泥，每斗按 13m<sup>3</sup> 考虑，每小时抓 20 斗，即每小时抓方 260m<sup>3</sup>，底泥干重为 970kg/m<sup>3</sup>，悬浮泥沙发生量取抓泥量的 5%，则每艘 13m<sup>3</sup> 抓斗船疏浚产生的悬浮泥沙源强均为 3.50kg/s。

对广州港灯浮标的位置进行调整仅采用抓斗船进行迁移，尚未进行开挖作业，类别同类项目，产生悬浮物浓度较小，可忽略不计。

综上，由于在特殊情况下采用抓斗船使用频率不高，且使用时与耙吸式挖泥船间隔较远，相互之间基本不受影响，选择最大源强 35.87kg/s 为预测源强。

#### （2）船舶机舱油污水

根据《水运工程环境保护设计规范》（JTS 149-2018），10000m<sup>3</sup> 的耙吸式挖泥船机舱油污水的产生量可按 2.8t/天·艘计，则施工船舶每天共产生油污水 5.6t，年发生量约 2044t/a。机舱油污水的含油量按 5000mg/L 估算，则石油类污染物的发生量约为 10.22t/a。

船舶油污水由广东海事局报备认可的有资质的单位进行接收处理。

### （3）船舶生活污水

本工程按 2 艘 10000m<sup>3</sup>耙吸式挖泥船工况考虑。参考《疏浚工程船舶艘班费用定额》（JTS/T 278-2-2019），耙吸式挖泥船的工作人员按 60 人/艘计，则全部人员 120 人。

根据《水运工程环境保护设计规范》（JTS 149-2018），船员生活用水量每人每天按 100L 计，每人每天污水产生量按 80L 估算，则施工船舶工作人员日生活污水发生量约为 9.6m<sup>3</sup>、年生活污水发生量约为 3504m<sup>3</sup>。COD 按 350mg/l 计算，为 1.23t。船舶生活污水由广东海事局报备认可的有资质的单位进行接收处理。

### （4）大气污染物

施工期的大气污染物为施工船舶产生的燃油废气。根据《疏浚工程船舶艘班费用定额》（JTS/T 278-2-2019）估算，耙吸船耗油量为 19.2t/艘·班，燃料以含硫率<0.1%的轻质柴油为燃料。SO<sub>2</sub> 产生系数约为 0.002kg/kg，NO<sub>x</sub> 产生系数约为 0.001kg/kg。SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub> 产生量分别为 0.027t/d、0.014t/d。

表 3.5-1 船舶废气排放源强

| 船型                      | 数量（艘） | 耗油量（t/d.艘） | SO <sub>2</sub> 产生量（t/d） | NO <sub>2</sub> 产生量（t/d） |
|-------------------------|-------|------------|--------------------------|--------------------------|
| 10000m <sup>3</sup> 耙吸船 | 2     | 9.6        | 0.019                    | 0.01                     |

### （5）噪声

本项目施工期对声环境的影响主要来自自航耙吸式挖泥船、抓斗船的疏浚作业过程，其声级约为 65-70dB。

### （6）固体废物

根据《水运工程环境保护设计规范》（JTS 149-2018），施工船舶垃圾以人均 1.5kg/d 产生量计算，则施工船舶产生约 180kg/d（65.7t/a）的生活垃圾，船舶生活垃圾由有资质的单位进行接收处理。

污染物排放状况见表 3.5-2。

表 3.5-2 施工期主要污染物排放情况

| 污染源    | 发生情况                                                         | 污染物源强         | 排放方式              |
|--------|--------------------------------------------------------------|---------------|-------------------|
| 挖泥作业   | 2 艘舱容 10000m <sup>3</sup> 耙吸船及 1 艘斗容 13m <sup>3</sup> 以上的抓斗船 | SS: 35.87kg/s | 自然排放              |
| 船舶生活污水 | 3504m <sup>3</sup> /a                                        | COD: 1.23t/a  | 由有资质的单位<br>进行接收处理 |
| 船舶含油污水 | 2044t/a                                                      | 石油类: 10.22t/a |                   |
| 船舶垃圾   | 65.7t/a                                                      | 65.7t/a       |                   |

|       |      |                                                     |      |
|-------|------|-----------------------------------------------------|------|
| 大气污染物 | 船舶废气 | SO <sub>2</sub> 0.019t/d<br>NO <sub>x</sub> 0.01t/d | 自然排放 |
| 噪声    | 船舶噪声 | 65-70dB                                             | 自然排放 |

## 4. 环境现状调查与评价

### 4.1. 自然环境概况

#### 4.1.1. 气象

工程区域属南亚热带季风气候区，海洋性气候明显，光、热、水资源丰富。其主要气候特点是：气候温暖，雨量充沛，雨热同季，光照充足；冬不寒冷，夏不酷热，夏长冬短，春早秋迟；秋冬春早，常有发生，夏涝风灾，危害较重。

本工程的气象数据主要来自：东莞气象站、番禺气象站、南沙气象站和深圳气象站等四站气象数据（2016-2018）。

##### （1）气温

##### 1) 历史数据

多年平均气温 22.0℃

极端最高气温 38.2℃（出现于 1994 年 7 月 2 日）

极端最低气温 -0.5℃（出现于 1957 年 2 月 11 日）

历年平均日最高气温≥30℃日数为 131.8 天

历年平均日最高气温≥35℃日数为 4.9 天

##### 2) 2016-2018 年四气象站数据

表 4.1-1 2016-2018 年四气象站气温特征值统计表

| 项目   | 气象站 | 1月   | 2月   | 3月   | 4月   | 5月   | 6月   | 7月   | 8月   | 9月   | 10月  | 11月  | 12月  | 全年   |
|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 平均气温 | 东莞  | 15.5 | 15.1 | 19.0 | 23.0 | 26.7 | 28.3 | 28.8 | 28.5 | 28.2 | 25.1 | 21.0 | 17.2 | 23.0 |
|      | 番禺  | 15.6 | 15.2 | 19.2 | 23.5 | 27.3 | 29.2 | 29.4 | 29.4 | 28.8 | 25.6 | 21.1 | 17.3 | 23.5 |
|      | 南沙  | 15.9 | 15.3 | 19.1 | 23.2 | 26.9 | 28.8 | 29.1 | 29.0 | 28.7 | 25.8 | 21.5 | 17.7 | 23.4 |
|      | 深圳  | 16.3 | 15.6 | 19.3 | 23.3 | 26.9 | 28.6 | 28.9 | 28.5 | 28.1 | 25.5 | 21.7 | 18.0 | 23.4 |
|      | 平均值 | 15.8 | 15.3 | 19.2 | 23.3 | 27.0 | 28.7 | 29.1 | 28.9 | 28.5 | 25.5 | 21.3 | 17.5 | 23.3 |
| 最高气温 | 东莞  | 25.5 | 27.2 | 28.2 | 31.0 | 34.3 | 35.5 | 36.2 | 36.2 | 35.6 | 32.7 | 29.7 | 27.0 | 37.3 |
|      | 番禺  | 26.0 | 28.7 | 28.4 | 32.2 | 35.6 | 36.4 | 37.7 | 37.8 | 37.0 | 34.1 | 30.9 | 28.1 | 38.4 |
|      | 南沙  | 25.9 | 26.9 | 28.1 | 30.7 | 34.1 | 35.1 | 36.5 | 36.6 | 36.4 | 33.1 | 30.5 | 27.2 | 37.2 |
|      | 深圳  | 25.6 | 27.3 | 28.9 | 31.4 | 33.7 | 34.6 | 35.9 | 35.5 | 34.5 | 32.5 | 30.6 | 27.6 | 36.4 |
|      | 最大值 | 26.0 | 28.7 | 28.9 | 32.2 | 35.6 | 36.4 | 37.7 | 37.8 | 37.0 | 34.1 | 30.9 | 28.1 | 38.4 |
| 最低气温 | 东莞  | 5.5  | 5.8  | 9.1  | 14.2 | 20.6 | 23.2 | 23.9 | 23.4 | 22.3 | 18.3 | 13.2 | 6.9  | 3.7  |
|      | 番禺  | 5.6  | 5.6  | 9.5  | 13.7 | 21.3 | 23.9 | 24.5 | 24.4 | 22.6 | 18.3 | 12.6 | 7.2  | 4.6  |
|      | 南沙  | 6.2  | 6.1  | 9.9  | 14.8 | 21.3 | 24.2 | 24.2 | 24.1 | 22.5 | 19.3 | 13.8 | 7.6  | 4.6  |
|      | 深圳  | 6.2  | 6.3  | 10.0 | 16.1 | 21.1 | 23.8 | 24.4 | 23.8 | 23.2 | 19.1 | 13.7 | 8.2  | 4.4  |

|  |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |     |     |
|--|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|
|  | 最小值 | 5.5 | 5.6 | 9.1 | 13.7 | 20.6 | 23.2 | 23.9 | 23.4 | 22.3 | 18.3 | 12.6 | 6.9 | 3.7 |
|--|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|

可以看出，近 3 年工程周边四个气象站的气温数据与历史数据基本一致。

## （2）降雨

### 1) 历史数据

多年平均降雨量 1774.1mm

历年最大年降雨量 2394.9mm

历年最小年降雨量 972.2mm

最长连续降雨量 481.3mm

最大日降雨量 367.8mm

多年日降雨量 $\geq 25$ mm 的日数为 21.0 天

多年日降雨量 $\geq 50$ mm 的日数为 7.7 天

### 2) 2016-2018 年四气象站资料

表 4.1-2 2016-2018 年四气象站降雨特征值统计表

| 项目          | 气象站 | 1月    | 2月   | 3月    | 4月    | 5月    | 6月    | 7月    | 8月    | 9月    | 10月   | 11月  | 12月  | 全年     |
|-------------|-----|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|--------|
| 月平均降水量 (mm) | 东莞  | 156.8 | 30.6 | 120.2 | 154.7 | 235.7 | 308.0 | 311.5 | 339.8 | 197.9 | 121.2 | 58.8 | 14.0 | 2049.2 |
|             | 番禺  | 172.1 | 29.7 | 160.4 | 144.2 | 317.5 | 362.0 | 301.4 | 362.4 | 225.9 | 76.0  | 58.4 | 7.5  | 2217.4 |
|             | 南沙  | 166.6 | 29.4 | 110.3 | 128.0 | 270.7 | 368.1 | 325.7 | 406.3 | 164.2 | 64.7  | 53.0 | 18.9 | 2105.9 |
|             | 深圳  | 111.5 | 23.8 | 63.0  | 120.2 | 232.5 | 364.7 | 340.3 | 446.5 | 213.9 | 159.1 | 58.5 | 4.3  | 2138.3 |
|             | 平均值 | 151.7 | 28.4 | 113.5 | 136.8 | 264.1 | 350.7 | 319.7 | 388.8 | 200.5 | 105.2 | 57.2 | 11.2 | 2127.7 |
| 日最高降水量 (mm) | 东莞  | 48.7  | 13.9 | 43.9  | 49.4  | 80.0  | 73.4  | 59.2  | 94.8  | 87.9  | 51.5  | 29.0 | 5.2  | 130.3  |
|             | 番禺  | 50.8  | 15.2 | 52.6  | 51.7  | 138.0 | 99.9  | 68.3  | 112.6 | 63.9  | 35.5  | 22.1 | 3.3  | 156.4  |
|             | 南沙  | 60.3  | 12.8 | 32.6  | 31.5  | 75.4  | 110.6 | 77.3  | 90.9  | 63.0  | 29.6  | 26.7 | 10.8 | 122.4  |
|             | 深圳  | 29.9  | 13.2 | 24.6  | 37.6  | 87.3  | 101.9 | 65.7  | 121.9 | 95.5  | 56.7  | 24.8 | 2.7  | 167.1  |
|             | 最大值 | 60.3  | 15.2 | 52.6  | 51.7  | 138.0 | 110.6 | 77.3  | 121.9 | 95.5  | 56.7  | 29.0 | 10.8 | 167.1  |
| 降水量         | 东   | 2.0   | 0.3  | 1.3   | 2.0   | 3.0   | 4.3   | 4.0   | 4.3   | 1.3   | 1.7   | 0.3  | 0.0  | 24.7   |

|                    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| ≥25mm<br>天数        | 莞   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
|                    | 番禺  | 2.3 | 0.3 | 1.7 | 2.0 | 4.0 | 4.0 | 3.7 | 4.7 | 3.7 | 1.3 | 0.7 | 0.0 | 28.3 |
|                    | 南沙  | 2.0 | 0.0 | 1.7 | 1.7 | 4.7 | 4.7 | 4.3 | 6.0 | 1.7 | 0.7 | 0.3 | 0.3 | 28.0 |
|                    | 深圳  | 1.3 | 0.0 | 0.3 | 1.7 | 3.7 | 5.0 | 5.7 | 6.0 | 2.7 | 1.3 | 1.0 | 0.0 | 28.7 |
|                    | 平均值 | 1.9 | 0.2 | 1.3 | 1.8 | 3.8 | 4.5 | 4.4 | 5.3 | 2.3 | 1.3 | 0.6 | 0.1 | 27.4 |
| 降水量<br>≥50mm<br>天数 | 东莞  | 1.0 | 0.0 | 0.3 | 0.7 | 1.7 | 1.3 | 2.0 | 1.7 | 0.7 | 0.3 | 0.0 | 0.0 | 9.7  |
|                    | 番禺  | 1.3 | 0.0 | 1.0 | 0.3 | 1.7 | 2.0 | 1.7 | 1.7 | 0.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 10.0 |
|                    | 南沙  | 1.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.3 | 2.3 | 1.7 | 2.0 | 0.7 | 0.3 | 0.0 | 0.0 | 9.7  |
|                    | 深圳  | 0.7 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 1.0 | 1.7 | 2.0 | 2.3 | 1.0 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 10.0 |
|                    | 平均值 | 1.1 | 0.0 | 0.3 | 0.3 | 1.4 | 1.8 | 1.8 | 1.9 | 0.7 | 0.4 | 0.0 | 0.0 | 9.8  |

可以看出，近 3 年工程周边四个气象站的降雨数据与历史数据基本一致。年平均降雨量较历史数据大约 300mm；降雨量≥25mm 天数和降雨量≥50mm 天数，近 3 年数据较历史数据略大。

### （3）相对湿度

各月的平均相对湿度在 71%~85%之间，多年平均相对湿度为 80%，相对湿度最小为冬季，历年最小为 5%，出现在 1963 年 1 月 18 日。历史资料和近期番禺站数据基本相当。

### （4）雾况

雾一般出现在冬、春季，秋季偶有出现，5-11 月一般无雾。雾多发于凌晨，中午后消散。平均年雾日数为 5.7 天，最多为 15 天。

### （5）风况

广州南沙海洋站地处季风区，累年平均风速 2.9 米/秒，年主导风向为北北东和南南东向，出现频率均为 16%和 14%，风向和风速随季节变化明显。秋、冬季盛行北北东向风；春、夏季盛行偏南季风，偏南风频率较大达 30%。常年平均风速变化不大，其平均值在 2.3~3.6 米/秒之间。其中 5~8 月份的平均风速最小，多年月平均值为 2.3~2.5 米/秒。历年最大风速为 19.9 米/秒，风向北北东，出现在 2008 年 08 月 22 日。

广州南沙海洋站强风向为北北东向，最大风速为 19.9 米/秒；次强风向为东北东向，其最大风速为 17.5 米/秒。常风向为北北东和南南东向，累年出现频率为 16% 和 14%，其对应风向的平均风速为 4.2 米/秒和 2.5 米/秒，最大风速为 19.9 米/秒和 11.2 米/秒。其余各风向常年出现频率分布在 1%~12% 之间。

## （6）台风

台风在本地区登陆年均均为 1.3 次，最多 1964 年共 5 次。登陆的台风最早于 5 月中旬，最迟于 11 月中旬，6~9 月份是台风盛行期。台风影响期间会带来大风和暴雨，最大风速主要出现在台风影响过程中。

2017 年 8 月 23 日 12 时 50 分前后，台风“天鸽”（强台风级）在广东珠海南部沿海登陆，登陆时中心附近最大风力有 14 级（45 米/秒），中心最低气压为 950 百帕，为 2017 年以来登陆中国的最强台风。天鸽台风给珠江口及附近地区造成带来大风大浪和强降水，造成较大损失。由于天鸽台风带来的超过 100 年一遇的增水，南沙港区也产生了一定的水淹情况，造成了一定的损失。2018 年山竹台风的量级及损失与天鸽台风相当。

冬季在冷空气的影响下，虽然风力较台风为小，但其持续时间较长，风力也比较稳定，规律性也较强。

## 4.1.2. 水文动力环境现状

### 4.1.2.1. 调查方法

珠江水利委员会珠江水利科学研究院于 2022 年 9 月和 2023 年 2 月在工程附近海域开展了海洋水文调查。

#### 1、全潮水文测验

##### （1）测验垂线布置

在各河口水道内及伶仃洋海域，共布设 17 条垂线，每条测船均采用手持或船载 GPS 进行定位，并提前 1 小时进入测点位置，定位误差不大于 20m，分别进行大潮和小潮 28 小时同步水文测量各一次。其中在伶仃洋东 4 口门布置 6 条垂线；西滩上布置 3 条垂线（西滩站、抛泥地站和珠海站）；沿伶仃水道布置 4 条垂线（伶仃 1 站、2 站、3 站和大濠岛站）；矾石水道及铜鼓航道东端深槽各布置 1 条垂线；外海布置 2 条垂线。测量要素包括水深、剖面流速、流向、悬沙含量和盐度；部分测点增加波浪、风速风向。位置如图 4.1-1 所示。

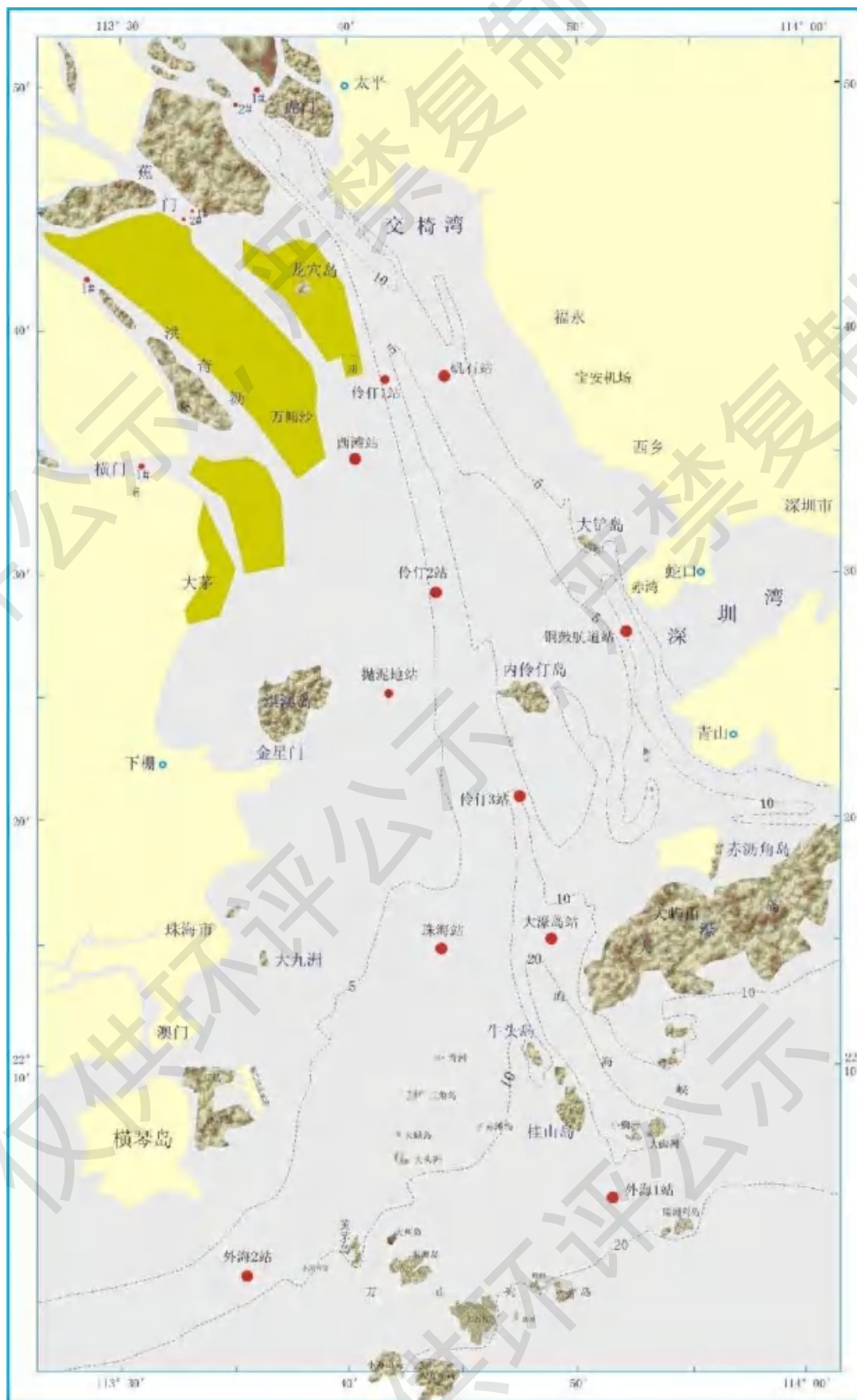


图 4.1-1 水文垂线布设图

表 4.1-3 水文垂线坐标

| 测 点    | 坐 标     |          | 北纬          | 东经           |
|--------|---------|----------|-------------|--------------|
|        | X       | Y        |             |              |
| 虎门 1#  | 2524541 | 38459443 | 22°49'6.8"  | 113°36'17.8" |
| 虎门 2#  | 2523990 | 38457505 | 22°48'48.7" | 113°35'9.9"  |
| 蕉门 1#  | 2516431 | 38454502 | 22°44'42.7" | 113°33'25.4" |
| 蕉门 2#  | 2516081 | 38454290 | 22°44'31.3" | 113°33'18"   |
| 洪奇门    | 2511432 | 38447837 | 22°41'59.5" | 113°29'32.4" |
| 横 门    | 2498123 | 38452891 | 22°34'47.4" | 113°32'30.9" |
| 伶仃 1 站 | 2503195 | 38470184 | 22°37'33.7" | 113°42'35.9" |
| 矾石站    | 2503873 | 38473092 | 22°37'55.9" | 113°44'17.7" |
| 西滩站    | 2498635 | 38467558 | 22°35'5.3"  | 113°41'4.3"  |
| 伶仃 2 站 | 2487670 | 38473341 | 22°29'9.2"  | 113°44'27.4" |
| 铜鼓航道站  | 2483291 | 38487216 | 22°26'47.4" | 113°52'32.9" |
| 抛泥地站   | 2479863 | 38471723 | 22°24'55.3" | 113°43'31.3" |
| 伶仃 3 站 | 2471964 | 38479197 | 22°20'38.9" | 113°47'53"   |
| 大濠岛站   | 2461577 | 38480881 | 22°15'1.3"  | 113°48'52.3" |
| 珠海站    | 2461470 | 38472202 | 22°14'57.4" | 113°43'49.2" |
| 外海 1 站 | 2441255 | 38485837 | 22°04'0.8"  | 113°51'46"   |
| 外海 2 站 | 2435889 | 38457581 | 22°01'4.7"  | 113°35'21"   |

## (2) 流速流向测验

各测点流速、流向每整点测量一次，测量历时不少于100s。各垂线测点数根据实际水深情况采用分层法施测，即当水深 $d < 5\text{m}$ 时，用三点法（表层、 $0.6d$ 、底层）；当水深 $d \geq 5\text{m}$ 时，用六点法（表层、 $0.2d$ 、 $0.4d$ 、 $0.6d$ 、 $0.8d$ 、底层），其中表层为水面下 $0.5\text{m}$ ，底层为离底 $0.5\text{m}$ 。

流速流向观测采用多普勒流速仪阔龙施测。使用前，先进行罗盘校正，校正当地磁偏角和船上金属对仪器造成的影响，然后使用支杆将仪器固定于测量船侧中部，离船舷不少于 $1.0\text{m}$ ，并将探头淹没水中。

### （3）水深测验

北京时间每小时正点取样一次，使用水文绞车悬挂铅鱼，利用液位仪读取水深。

### （4）悬移质含沙量测验

北京时间每小时正点取样一次。仪器使用2000ml横式采样器。其分层法与流速流向测量一致，每点取样体积均在1800ml以上。17条固定垂线含沙量采样装瓶送回实验室，根据本次实施细则的要求，含沙量分析采用过滤法，并用纯净水洗盐3~4次处理，烘干后剔除非泥沙杂质，泥沙分析采用精度为万分之一电子天平进行称重。

### （5）悬移质颗分

在涨、落急和涨、落憩时刻进行5点法（表层、0.2d、0.6d、0.8d、底层）各取样一次，各测层至少取样2000ml混合装瓶，带回实验室做悬沙粒度分析，颗粒分析采用Linkoptik LT2000 激光粒度分析仪进行。

### （6）含盐度测验

北京时间每小时正点取样一次。仪器使用2000ml横式采样器。其分层法与流速流向测量一致，每点取样体积均在1800ml以上，现场采用手持电导率仪表测量记录数据，每次测量前用蒸馏水清洗电导率仪探头。

### （7）波浪测量

观测波况时，站在船只迎风面，以离船身30 m(或船长之半)以外的海面作为观测区域(同时还应环视广阔海面)来估计波浪尺寸和判断海浪外貌特征，根据海面上波峰的形状、峰顶的破碎程度和浪花出现的多少判断海况所属等级。

观测波向时，站在船只较高位置，利用罗经方位仪，时期瞄准线平行于离船舷较远的波峰线，转动90°后使其对准波浪来向，读取罗经刻度盘上的度数即为波向。

### （8）风向风速测量

将自容式风速风向仪，安装在测量船顶部约2米位置进行测量，每小时测量读书一次。使用前进行罗盘校正。

## 2、潮位测验资料收集

与全潮水文测验时间同步收集8个水位站：大虎、南沙、冯马庙、横门、南沙

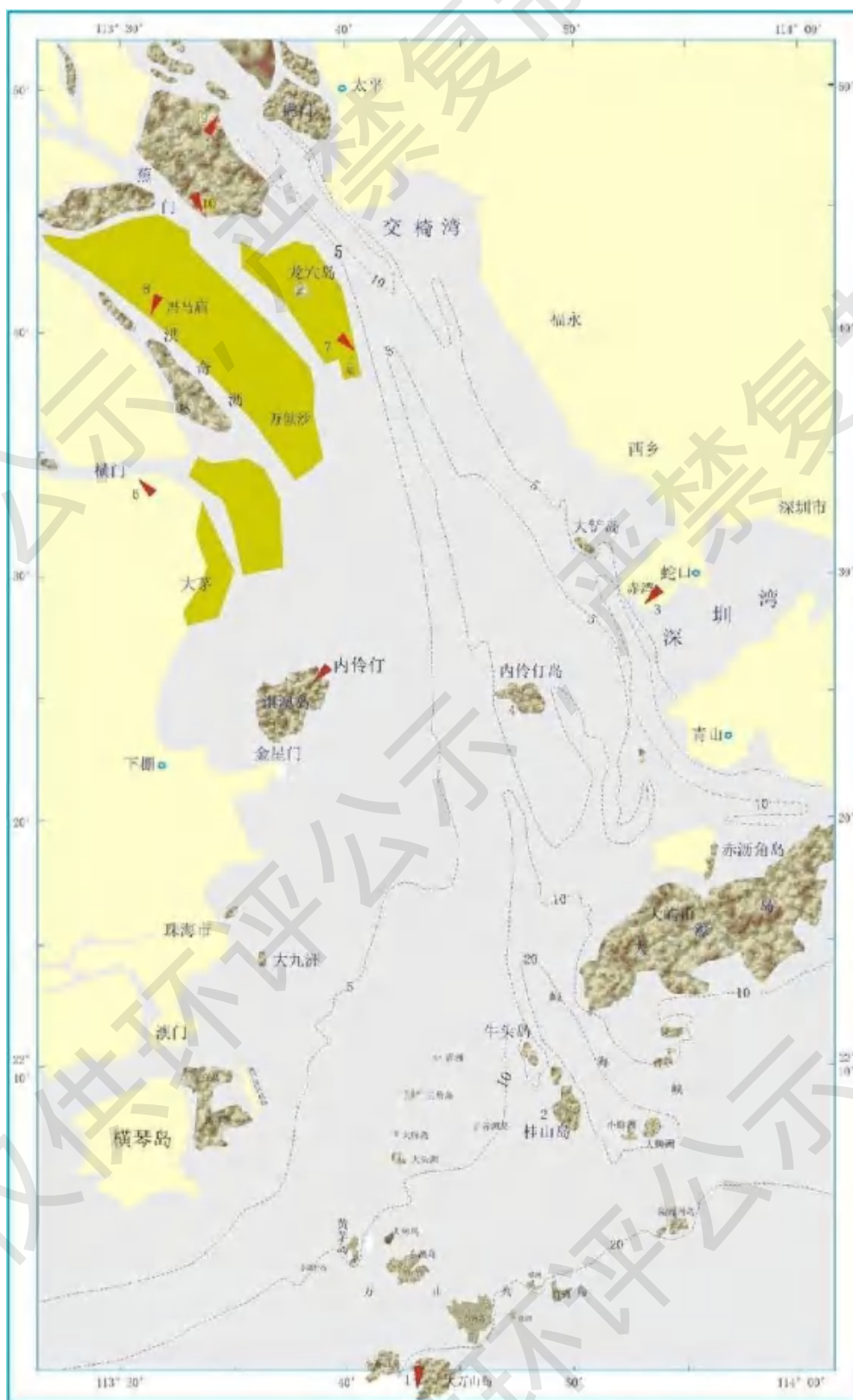


图 4.1-2 潮位站布置图

表 4.1-4 潮位站坐标

| 序号 | 验潮站  | 北纬        | 东经         |
|----|------|-----------|------------|
| 1  | 大万山  | 21°56'00" | 113°43'00" |
| 2  | 赤 湾  | 22°28'28" | 113°52'16" |
| 3  | 内伶仃岛 | 22°25'26" | 113°47'57" |
| 4  | 横 门  | 22°34'31" | 113°31'11" |
| 5  | 广州站  | 22°39'06" | 113°40'05" |
| 6  | 冯马庙  | 22°42'00" | 113°29'36" |
| 7  | 大 虎  | 22°48'10" | 113°35'27" |
| 8  | 南 沙  | 22°44'39" | 113°33'51" |

### 3、海底表层沉积物测验

底质取样时利用GPS导航，到达指定坐标后开始取样，每个泥样采集重量不少于1kg，并现场详细记录泥样号和测点准确位置。采样结束后，将样品送回实验室，颗粒分析采用Linkoptik LT2000 激光粒度分析仪进行。

底质泥沙取样点以断面形式布置。上游断面布置在舢舨洲附近，下游布置在航道末端。共布置22条断面，断面间距为3675m。每条断面布设5个取样点（各取样点坐标见表4.1-5、位置见图 4.1-3）。

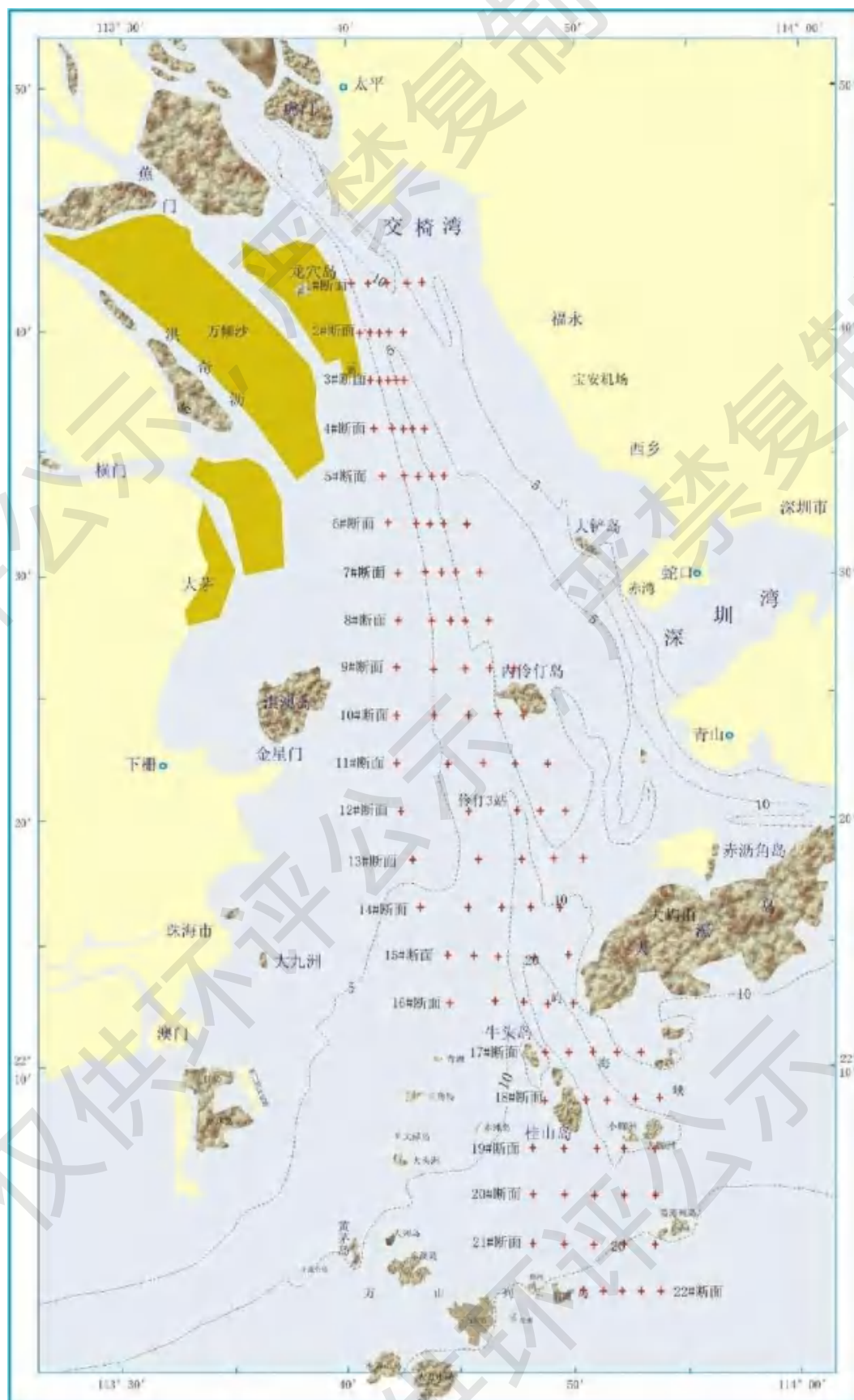


图 4.1-3 底质采样位置图

表 4.1-5 底质取样点坐标表

| 序号 | 断面 | 编号  | 东经         | 北纬       |
|----|----|-----|------------|----------|
| 1  | 1  | 1-1 | 113°40'18" | 22°42'0" |
| 2  |    | 1-2 | 113°41'0"  | 22°42'0" |
| 3  |    | 1-3 | 113°41'48" | 22°42'0" |
| 4  |    | 1-4 | 113°42'24" | 22°42'0" |
| 5  |    | 1-5 | 113°43'0"  | 22°42'0" |
| 6  | 2  | 2-1 | 113°40'36" | 22°40'0" |
| 7  |    | 2-2 | 113°41'0"  | 22°40'0" |
| 8  |    | 2-3 | 113°41'24" | 22°40'0" |
| 9  |    | 2-4 | 113°41'48" | 22°40'0" |
| 10 |    | 2-5 | 113°42'24" | 22°40'0" |
| 11 | 3  | 3-1 | 113°41'36" | 22°38'0" |
| 12 |    | 3-2 | 113°41'48" | 22°38'0" |
| 13 |    | 3-3 | 113°42'0"  | 22°38'0" |
| 14 |    | 3-4 | 113°42'6"  | 22°38'0" |
| 15 |    | 3-5 | 113°42'18" | 22°38'0" |
| 16 | 4  | 4-1 | 113°41'48" | 22°36'0" |
| 17 |    | 4-2 | 113°42'24" | 22°36'0" |
| 18 |    | 4-3 | 113°42'30" | 22°36'0" |
| 19 |    | 4-4 | 113°42'42" | 22°36'0" |
| 20 |    | 4-5 | 113°43'24" | 22°36'0" |
| 21 | 5  | 5-1 | 113°42'36" | 22°34'0" |
| 22 |    | 5-2 | 113°43'12" | 22°34'0" |
| 23 |    | 5-3 | 113°43'24" | 22°34'0" |
| 24 |    | 5-4 | 113°43'36" | 22°34'0" |
| 25 |    | 5-5 | 113°43'54" | 22°34'0" |
| 26 | 6  | 6-1 | 113°42'48" | 22°32'0" |
| 27 |    | 6-2 | 113°43'36" | 22°32'0" |
| 28 |    | 6-3 | 113°44'0"  | 22°32'0" |
| 29 |    | 6-4 | 113°44'24" | 22°32'0" |
| 30 |    | 6-5 | 113°45'12" | 22°32'0" |
| 31 | 7  | 7-1 | 113°42'36" | 22°30'0" |
| 32 |    | 7-2 | 113°44'0"  | 22°30'0" |
| 33 |    | 7-3 | 113°44'24" | 22°30'0" |
| 34 |    | 7-4 | 113°44'48" | 22°30'0" |
| 35 |    | 7-5 | 113°46'0"  | 22°30'0" |
| 36 | 8  | 8-1 | 113°42'36" | 22°28'0" |
| 37 |    | 8-2 | 113°44'12" | 22°28'0" |
| 38 |    | 8-3 | 113°44'48" | 22°28'0" |

| 序号 | 断面 | 编号   | 东经         | 北纬       |
|----|----|------|------------|----------|
| 39 |    | 8-4  | 113°45'24" | 22°28'0" |
| 40 |    | 8-5  | 113°46'24" | 22°28'0" |
| 41 | 9  | 9-1  | 113°42'48" | 22°26'0" |
| 42 |    | 9-2  | 113°44'24" | 22°26'0" |
| 43 |    | 9-3  | 113°45'36" | 22°26'0" |
| 44 |    | 9-4  | 113°46'36" | 22°26'0" |
| 45 |    | 9-5  | 113°47'36" | 22°26'0" |
| 46 | 10 | 10-1 | 113°42'48" | 22°24'0" |
| 47 |    | 10-2 | 113°44'36" | 22°24'0" |
| 48 |    | 10-3 | 113°45'48" | 22°24'0" |
| 49 |    | 10-4 | 113°46'48" | 22°24'0" |
| 50 |    | 10-5 | 113°48'0"  | 22°24'0" |
| 51 | 11 | 11-1 | 113°42'48" | 22°22'0" |
| 52 |    | 11-2 | 113°45'0"  | 22°22'0" |
| 53 |    | 11-3 | 113°46'24" | 22°22'0" |
| 54 |    | 11-4 | 113°47'42" | 22°22'0" |
| 55 |    | 11-5 | 113°49'6"  | 22°22'0" |
| 56 | 12 | 12-1 | 113°43'12" | 22°20'0" |
| 57 |    | 12-2 | 113°45'48" | 22°20'0" |
| 58 |    | 12-3 | 113°47'36" | 22°20'0" |
| 59 |    | 12-4 | 113°48'24" | 22°20'0" |
| 60 |    | 12-5 | 113°49'24" | 22°20'0" |
| 61 | 13 | 13-1 | 113°43'12" | 22°18'0" |
| 62 |    | 13-2 | 113°46'0"  | 22°18'0" |
| 63 |    | 13-3 | 113°47'48" | 22°18'0" |
| 64 |    | 13-4 | 113°48'36" | 22°18'0" |
| 65 |    | 13-5 | 113°49'24" | 22°18'0" |
| 66 | 14 | 14-1 | 113°43'36" | 22°16'0" |
| 67 |    | 14-2 | 113°45'36" | 22°16'0" |
| 68 |    | 14-3 | 113°47'0"  | 22°16'0" |
| 69 |    | 14-4 | 113°48'12" | 22°16'0" |
| 70 |    | 14-5 | 113°49'24" | 22°16'0" |
| 71 | 15 | 15-1 | 113°45'24" | 22°14'0" |
| 72 |    | 15-2 | 113°47'12" | 22°14'0" |
| 73 |    | 15-3 | 113°48'24" | 22°14'0" |
| 74 |    | 15-4 | 113°49'30" | 22°14'0" |
| 75 |    | 15-5 | 113°46'18" | 22°14'0" |
| 76 | 16 | 16-1 | 113°45'24" | 22°12'0" |
| 77 |    | 16-2 | 113°47'12" | 22°12'0" |

| 序号  | 断面 | 编号   | 东经         | 北纬       |
|-----|----|------|------------|----------|
| 78  |    | 16-3 | 113°48'0"  | 22°12'0" |
| 79  |    | 16-4 | 113°49'0"  | 22°12'0" |
| 80  |    | 16-5 | 113°49'30" | 22°12'0" |
| 81  | 17 | 17-1 | 113°49'0"  | 22°10'0" |
| 82  |    | 17-2 | 113°50'0"  | 22°10'0" |
| 83  |    | 17-3 | 113°51'0"  | 22°10'0" |
| 84  |    | 17-4 | 113°52'0"  | 22°10'0" |
| 85  |    | 17-5 | 113°53'0"  | 22°10'0" |
| 86  | 18 | 18-1 | 113°50'12" | 22°08'0" |
| 87  |    | 18-2 | 113°50'48" | 22°08'0" |
| 88  |    | 18-3 | 113°51'30" | 22°08'0" |
| 89  |    | 18-4 | 113°52'12" | 22°08'0" |
| 90  |    | 18-5 | 113°48'24" | 22°08'0" |
| 91  | 19 | 19-1 | 113°48'0"  | 22°06'0" |
| 92  |    | 19-2 | 113°49'12" | 22°06'0" |
| 93  |    | 19-3 | 113°50'30" | 22°06'0" |
| 94  |    | 19-4 | 113°51'42" | 22°06'0" |
| 95  |    | 19-5 | 113°53'0"  | 22°06'0" |
| 96  | 20 | 20-1 | 113°48'0"  | 22°04'0" |
| 97  |    | 20-2 | 113°49'12" | 22°04'0" |
| 98  |    | 20-3 | 113°50'30" | 22°04'0" |
| 99  |    | 20-4 | 113°51'42" | 22°04'0" |
| 100 |    | 20-5 | 113°53'0"  | 22°04'0" |
| 101 | 21 | 21-1 | 113°48'0"  | 22°02'0" |
| 102 |    | 21-2 | 113°49'12" | 22°02'0" |
| 103 |    | 21-3 | 113°50'30" | 22°02'0" |
| 104 |    | 21-4 | 113°51'42" | 22°02'0" |
| 105 |    | 21-5 | 113°53'0"  | 22°02'0" |
| 106 | 22 | 22-1 | 113°51'0"  | 22°00'0" |
| 107 |    | 22-2 | 113°51'48" | 22°00'0" |
| 108 |    | 22-3 | 113°52'36" | 22°00'0" |
| 109 |    | 22-4 | 113°53'24" | 22°00'0" |
| 110 |    | 22-5 | 113°54'12" | 22°00'0" |

床沙样品根据沙样种类、泥沙粒径范围、沙重等情况采用尺量法、筛析法和激光法中的一种或几种方法联合起来进行颗粒分析。本项目采用筛分沉析综合法，具体步骤均按海洋调查规范进行操作。

本次每个样品均分析 2~3 次后取平均值。分析统计出底质表层样各粒径级的百分比分布，进行中值粒径统计，并绘制级配曲线。

4、调查内容：17 条垂线的水深、剖面流速、流向、悬沙含量、盐度测量。其中 2 条垂线进行了风况、波况观测；

5、调查频次：2022 年 9 月 11 日至 9 月 12 日（农历十六至十七）开展了洪季大潮水文测验；

2022 年 9 月 17 日至 9 月 18 日（农历廿二至廿三）开展了洪季小潮水文测验；2023 年 2 月 20 日至 2 月 21 日（农历初一至初二）开展了枯季大潮水文测验；

2023 年 2 月 27 日至 2 月 28 日（农历初七至初八）开展了枯季小潮水文测验；

#### 4.1.2.2. 观测资料分析

##### 一、潮位

各测站水位观测完整，记录清楚，各测站水位资料均点绘过程线图，其过程连续，无突涨突落现象，潮水位在一个太阴日内出现二次高潮和二次低潮，且日不等现象明显，即相邻高潮和低潮的潮高及潮时不等，表明测验区域潮汐类型为不正规混合半日周潮，符合珠江三角洲河口区潮汐类型，水位单站检查合理。

##### 1、潮位过程线

本次测量潮位过程线见图 4.1-4~图 4.1-4，从过程线图上看，洪、枯季大潮均有明显的两涨两落现象，小潮潮位变化相对平缓。

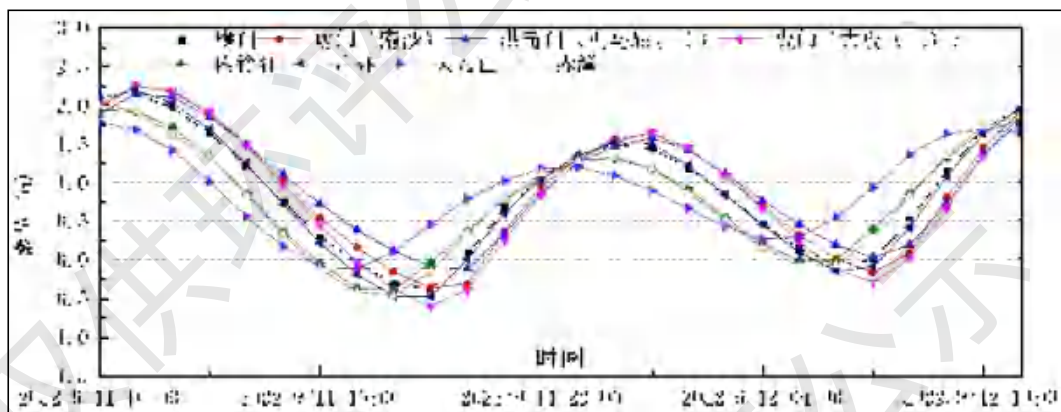


图 4.1-4 洪季大潮潮位过程线（2022 年 9 月 11 日 10:00~9 月 12 日 13:00）

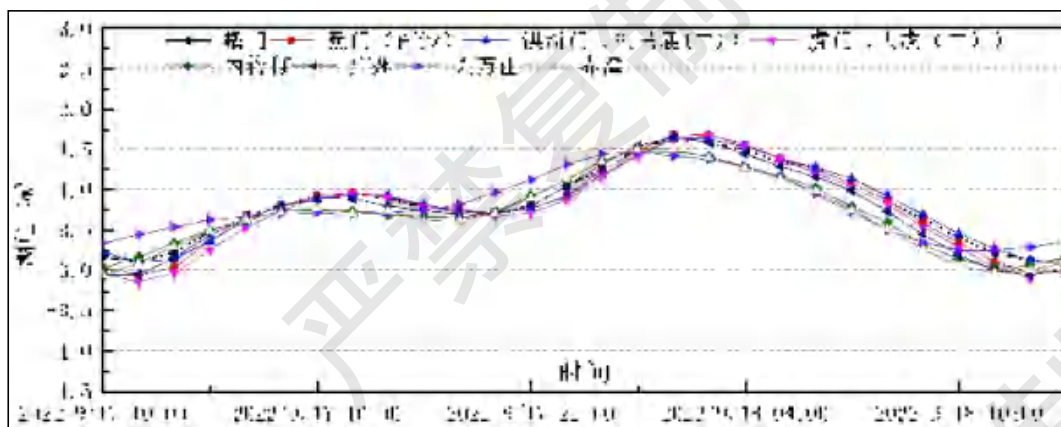


图 4.1-5 洪季小潮潮位过程线（2022 年 9 月 17 日 10:00~9 月 18 日 13:00）

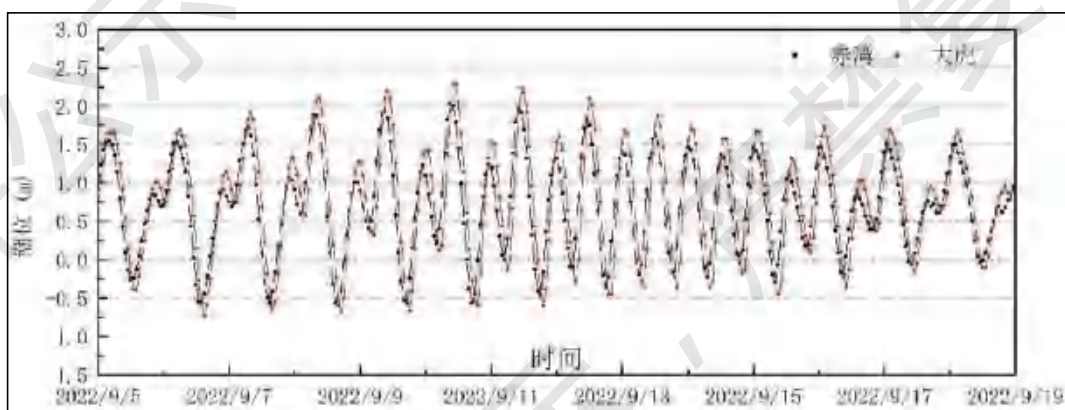


图 4.1-6 洪季 15 天潮位过程线（2022 年 9 月 5 日 0:00~9 月 19 日 23:00）

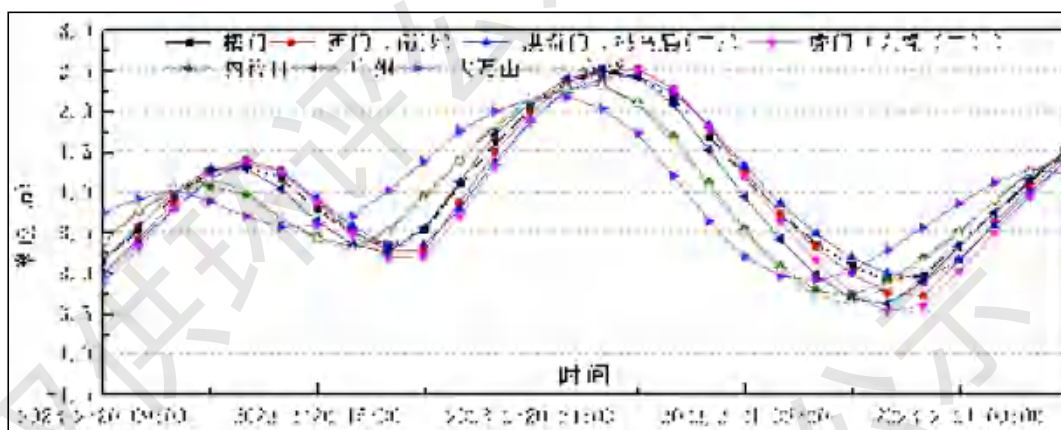


图 4.1-7 枯季大潮潮位过程线（2023 年 2 月 20 日 9:00~2 月 21 日 12:00）

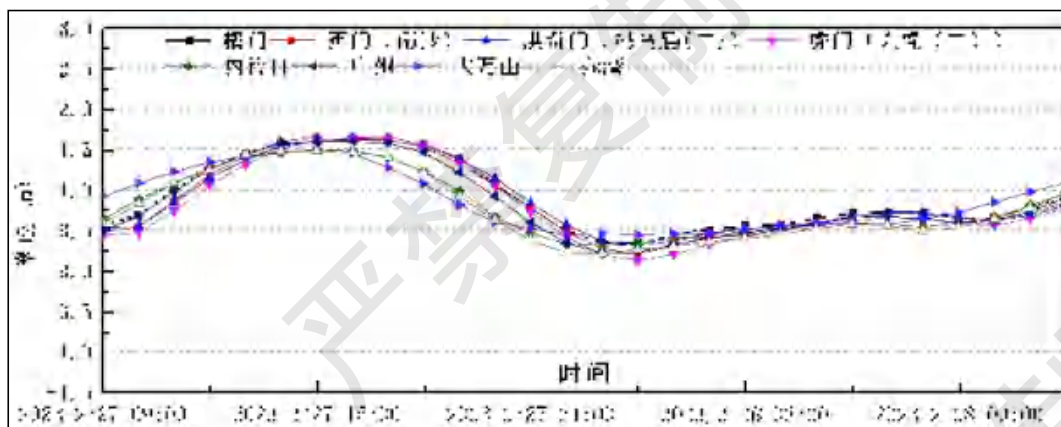


图 4.1-8 枯季小潮潮位过程线 (2023 年 2 月 27 日 9:00~2 月 28 日 12:00)

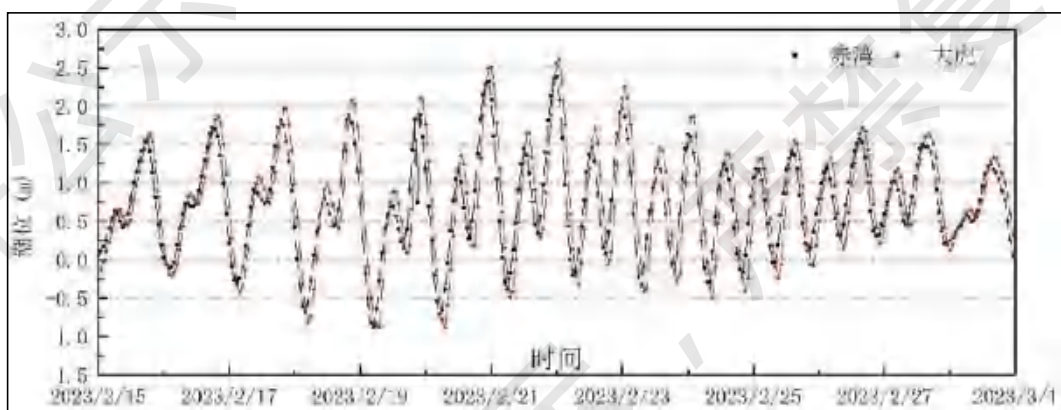


图 4.1-9 枯季 15 天潮位过程线 (2023 年 2 月 14 日 0:00~2 月 28 日 23:00)

## 2、潮位特征值统计

对各潮位站观测的潮位进行统计, 汇总后的各潮位站潮位特征值见表 3.1-1~3.1-3。

根据本次同步实测潮位资料整理，洪季大潮期大虎站最大潮差为 2.84m，平均潮差为 2.38m；内伶仃岛站最大潮差为 2.32m，平均潮差为 1.82m；大万山岛站最大潮差为 1.90mm，平均潮差为 1.42m。枯季大潮期大虎站最大潮差为 2.99m，平均潮差为 2.09m；内伶仃岛站最大潮差为 2.60m，平均潮差为 1.68m；；大万山岛站最大潮差为 2.26mm，平均潮差为 1.36m。可见，从外海大万山到虎门，沿程潮差呈递增变化。

从洪、枯季 15 天潮汐特征值统计表可以看出，洪季平均高潮位大于枯季，但最高潮位却低于枯季。洪季落潮历时大于涨潮历时，枯季落潮历时小于涨潮历时。

表 4.1-6 洪季潮汐特征值统计表

单位: m

| 潮型 | 潮位特征值 | 横门    | 蕉门<br>(南沙) | 洪奇<br>门(冯<br>马庙<br>(二)) | 虎门<br>(大虎<br>(二)) | 内伶<br>仃 | 广州    | 大万<br>山 | 赤湾    |
|----|-------|-------|------------|-------------------------|-------------------|---------|-------|---------|-------|
| 大潮 | 高潮位   | 2.14  | 2.24       | 2.14                    | 2.24              | 1.93    | 2.18  | 1.78    | 1.98  |
|    | 低潮位   | -0.37 | -0.37      | -0.12                   | -0.60             | -0.39   | -0.48 | -0.12   | -0.47 |
|    | 潮差    | 2.51  | 2.61       | 2.26                    | 2.84              | 2.32    | 2.66  | 1.90    | 2.45  |
|    | 平均潮差  | 2.04  | 2.21       | 1.90                    | 2.38              | 1.82    | 2.16  | 1.42    | 1.93  |
| 小潮 | 高潮位   | 1.63  | 1.68       | 1.62                    | 1.67              | 1.48    | 1.64  | 1.46    | 1.49  |
|    | 低潮位   | 0.10  | -0.07      | 0.09                    | -0.15             | 0.03    | -0.07 | 0.24    | -0.07 |
|    | 潮差    | 1.53  | 1.75       | 1.53                    | 1.82              | 1.45    | 1.71  | 1.22    | 1.56  |
|    | 平均潮差  | 0.85  | 0.99       | 0.89                    | 1.03              | 0.87    | 0.95  | 0.82    | 0.91  |

表 4.1-7 枯季潮汐特征值统计表

单位: m

| 潮型 | 潮位特征值 | 横门    | 蕉门<br>(南沙) | 洪奇<br>门(冯<br>马庙<br>(二)) | 虎门<br>(大虎<br>(二)) | 内伶<br>仃 | 广州    | 大万<br>山 | 赤湾    |
|----|-------|-------|------------|-------------------------|-------------------|---------|-------|---------|-------|
| 大潮 | 高潮位   | 2.46  | 2.52       | 2.43                    | 2.51              | 2.32    | 2.50  | 2.17    | 2.31  |
|    | 低潮位   | -0.09 | -0.29      | -0.08                   | -0.48             | -0.28   | -0.39 | -0.09   | -0.39 |
|    | 潮差    | 2.55  | 2.81       | 2.51                    | 2.99              | 2.60    | 2.89  | 2.26    | 2.70  |
|    | 平均潮差  | 1.77  | 1.97       | 1.77                    | 2.09              | 1.68    | 1.96  | 1.36    | 1.79  |
| 小潮 | 高潮位   | 1.62  | 1.65       | 1.61                    | 1.63              | 1.50    | 1.60  | 1.48    | 1.47  |
|    | 低潮位   | 0.34  | 0.20       | 0.31                    | 0.12              | 0.30    | 0.21  | 0.44    | 0.21  |
|    | 潮差    | 1.28  | 1.45       | 1.30                    | 1.51              | 1.20    | 1.39  | 1.04    | 1.26  |
|    | 平均潮差  | 0.66  | 0.70       | 0.62                    | 0.73              | 0.66    | 0.74  | 0.56    | 0.72  |

表 4.1-8 洪、枯季 15 天潮汐特征值统计表

单位: m

| 特征值        | 洪季    |       | 枯季    |       |
|------------|-------|-------|-------|-------|
|            | 赤湾    | 大虎    | 赤湾    | 大虎    |
| 平均高潮位      | 1.36  | 1.61  | 1.34  | 1.50  |
| 平均低潮位      | -0.01 | -0.12 | 0.03  | -0.05 |
| 最高潮位       | 2.03  | 2.30  | 2.38  | 2.62  |
| 最低潮位       | -0.60 | -0.73 | -0.88 | -0.88 |
| 涨潮最大潮差     | 1.98  | 2.39  | 2.04  | 2.33  |
| 落潮最大潮差     | 2.59  | 2.90  | 2.77  | 3.00  |
| 涨潮最小潮差     | 0.03  | 0.71  | 0.36  | 0.54  |
| 落潮最小潮差     | 0.06  | 0.09  | 0.03  | 0.10  |
| 平均涨潮历时 (h) | 6.07  | 5.93  | 6.71  | 6.46  |
| 平均落潮历时 (h) | 6.21  | 6.75  | 5.86  | 6.10  |

## 二、潮流

### 1、潮流统计方法

本期全潮水文观测结束后,将测验数据录入计算机编制成流速流向观测报表。

报表中垂线平均流速、流向均采用矢量合成法计算。具体的计算方法为：

（1）先将各层实测流速、流向分解为北分量  $V_N$  和东分量  $V_E$ ，即：

$$V_N = V \cdot \cos \theta \quad V_E = V \cdot \sin \theta$$

式中  $V$  表示各层实测流速，单位 m/s， $\theta$  表示各层实测流向，单位度。

（2）采用加权平均法计算垂线平均北分量  $V_{N\pi}$  和东分量  $V_{E\pi}$ ，即：

3 点法

$$V_{N\pi} = \frac{1}{3}(V_{N1} + V_{N2} + V_{N3})$$

$$V_{E\pi} = \frac{1}{3}(V_{E1} + V_{E2} + V_{E3})$$

6 点法：

$$V_{N\pi} = \frac{1}{10}(V_{N10} + 2V_{N15} + 2V_{N20} + 2V_{N25} + 2V_{N30} + V_{N35})$$

$$V_{E\pi} = \frac{1}{10}(V_{E10} + 2V_{E15} + 2V_{E20} + 2V_{E25} + 2V_{E30} + V_{E35})$$

式中  $V_{N10}$  表示表层实测流速北分量， $V_{E10}$  表层实测流速东分量，其他层次依次类推，单位 m/s。

如表 4.1-9 所示，通过统计各测点各潮汐水深，只有西滩站水深小于 5m，因此西滩站用 3 点法，其余测站用 6 点法。

表 4.1-9 水深统计表 单位：m

| 测站     | 洪季大潮 |      | 洪季小潮 |      | 枯季大潮 |      | 枯季小潮 |      | 分层数量 |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|        | 最小   | 最大   | 最小   | 最大   | 最小   | 最大   | 最小   | 最大   |      |
| 虎门 1#  | 16.1 | 18.9 | 16.5 | 18.4 | 16.1 | 19.1 | 16.9 | 18.4 | 6 层  |
| 虎门 2#  | 6.6  | 9.5  | 7.2  | 8.9  | 6.7  | 9.7  | 7.4  | 8.9  | 6 层  |
| 蕉门 1#  | 19.7 | 22.3 | 20.1 | 21.8 | 19.7 | 22.6 | 20.3 | 21.8 | 6 层  |
| 蕉门 2#  | 9.2  | 11.9 | 9.6  | 11.4 | 9.3  | 12.1 | 9.8  | 11.4 | 6 层  |
| 洪奇门    | 11.5 | 13.6 | 11.7 | 13.3 | 11.4 | 14.0 | 11.9 | 13.2 | 6 层  |
| 横 门    | 6.8  | 9.4  | 7.3  | 8.8  | 6.9  | 9.5  | 7.5  | 8.8  | 6 层  |
| 伶仃 1 站 | 6.0  | 8.6  | 6.4  | 8.2  | 6.0  | 8.8  | 6.7  | 8.1  | 6 层  |
| 矾石站    | 10.9 | 13.4 | 11.3 | 13.0 | 10.8 | 13.7 | 11.5 | 12.9 | 6 层  |
| 西滩站    | 2.3  | 4.8  | 2.7  | 4.4  | 2.2  | 5.1  | 3.0  | 4.4  | 3 层  |
| 伶仃 2 站 | 5.3  | 7.6  | 5.8  | 7.3  | 5.4  | 8.0  | 6.0  | 7.2  | 6 层  |
| 铜鼓航道站  | 6.0  | 8.4  | 6.4  | 8.0  | 6.1  | 8.6  | 6.7  | 7.9  | 6 层  |
| 抛泥地站   | 5.6  | 7.9  | 6.0  | 7.5  | 5.6  | 8.2  | 6.3  | 7.4  | 6 层  |
| 伶仃 3 站 | 11.7 | 13.9 | 11.9 | 13.4 | 11.5 | 14.2 | 12.2 | 13.4 | 6 层  |
| 大濠岛站   | 14.6 | 17.0 | 15.1 | 16.4 | 14.7 | 17.1 | 15.3 | 16.5 | 6 层  |

|        |      |      |      |      |      |      |      |      |     |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| 珠海站    | 5.7  | 8.4  | 6.4  | 7.8  | 6.0  | 8.4  | 6.6  | 7.8  | 6 层 |
| 外海 1 站 | 15.5 | 17.7 | 16.1 | 17.3 | 15.6 | 17.9 | 16.3 | 17.4 | 6 层 |
| 外海 2 站 | 9.2  | 11.6 | 9.9  | 11.2 | 9.4  | 11.7 | 10.1 | 11.2 | 6 层 |

(3) 采用矢量合成法计算垂线平均流速  $V_{\Sigma}$ 、流向  $\theta_{\Sigma}$

$$V_{\Sigma} = \sqrt{V_{\Sigma x}^2 + V_{\Sigma y}^2}$$

$$\theta_{\Sigma} = \arctan(V_{\Sigma y} / V_{\Sigma x})$$

(当  $V_{\Sigma x} = 0$  时, 若  $V_{\Sigma y} > 0$ , 则  $\theta_{\Sigma} = 90$ ; 若  $V_{\Sigma y} < 0$ , 则  $\theta_{\Sigma} = 270$ )

(4) 余流计算

采用连续 25h 垂向平均流速进行计算。

## 2、潮段最大及平均流速分析

如表4.1-10~表4.1-13, 按涨、落潮段分别对本次测验各测站的垂线平均流速进行统计, 求其平均最大值和平均值, 可得工程区附近的潮段平均及最大流速分布情况: 总体上落潮流速大于涨潮流速。各站洪季大潮的涨潮段平均流速介于0.14~0.58m/s之间, 落潮段平均流速介于0.19~0.63m/s; 洪季小潮的涨潮段平均流速介于0.06~0.28m/s之间, 落潮段平均流速介于0.16~0.48m/s; 枯季大潮的涨潮段平均流速介于0.18~0.60m/s之间, 落潮段平均流速介于0.20~0.76m/s; 枯季小潮的涨潮段平均流速介于0.02~0.26m/s之间, 落潮段平均流速介于0.18~0.52m/s。

表4.1-10 洪季大潮垂线最大及平均流速统计表

| 测点     | 落潮平均        |           | 涨潮平均        |           | 落急          |           | 涨急          |           |
|--------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|
|        | 流速<br>(m/s) | 流向<br>(°) | 流速<br>(m/s) | 流向<br>(°) | 流速<br>(m/s) | 流向<br>(°) | 流速<br>(m/s) | 流向<br>(°) |
| 虎门 1#  | 0.60        | 157       | 0.54        | 330       | 0.91        | 151       | 0.91        | 336       |
| 虎门 2#  | 0.58        | 135       | 0.58        | 329       | 0.93        | 134       | 0.99        | 320       |
| 蕉门 1#  | 0.42        | 138       | 0.34        | 317       | 0.59        | 137       | 0.59        | 320       |
| 蕉门 2#  | 0.41        | 140       | 0.32        | 317       | 0.67        | 134       | 0.56        | 319       |
| 洪奇门    | 0.43        | 128       | 0.38        | 309       | 0.71        | 130       | 0.63        | 308       |
| 横 门    | 0.52        | 95        | 0.38        | 266       | 0.80        | 90        | 0.64        | 263       |
| 伶仃 1 站 | 0.45        | 161       | 0.37        | 329       | 0.80        | 155       | 0.64        | 329       |
| 矾石站    | 0.63        | 166       | 0.43        | 335       | 1.05        | 160       | 0.79        | 342       |
| 西滩站    | 0.19        | 149       | 0.14        | 321       | 0.37        | 149       | 0.44        | 323       |
| 伶仃 2 站 | 0.35        | 193       | 0.21        | 355       | 0.58        | 179       | 0.45        | 351       |
| 铜鼓航道站  | 0.28        | 142       | 0.24        | 325       | 0.44        | 149       | 0.47        | 319       |
| 抛泥地站   | 0.27        | 186       | 0.25        | 343       | 0.44        | 177       | 0.49        | 347       |
| 伶仃 3 站 | 0.36        | 190       | 0.46        | 344       | 0.68        | 174       | 0.92        | 351       |
| 大濠岛站   | 0.23        | 183       | 0.19        | 2         | 0.52        | 184       | 0.49        | 22        |
| 珠海站    | 0.55        | 187       | 0.42        | 352       | 0.94        | 176       | 0.77        | 346       |

|        |      |     |      |     |      |     |      |     |
|--------|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|
| 外海 1 站 | 0.30 | 155 | 0.24 | 344 | 0.54 | 151 | 0.48 | 338 |
| 外海 2 站 | 0.38 | 185 | 0.32 | 352 | 0.69 | 174 | 0.57 | 352 |

表4.1-11 洪季小潮垂线最大及平均流速统计表

| 测点     | 落潮平均        |           | 涨潮平均        |           | 落急          |           | 涨急          |           |
|--------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|
|        | 流速<br>(m/s) | 流向<br>(°) | 流速<br>(m/s) | 流向<br>(°) | 流速<br>(m/s) | 流向<br>(°) | 流速<br>(m/s) | 流向<br>(°) |
| 虎门 1#  | 0.33        | 148       | 0.28        | 314       | 0.72        | 138       | 0.60        | 313       |
| 虎门 2#  | 0.36        | 156       | 0.15        | 331       | 0.69        | 154       | 0.42        | 344       |
| 蕉门 1#  | 0.21        | 129       | 0.11        | 309       | 0.42        | 132       | 0.31        | 312       |
| 蕉门 2#  | 0.21        | 131       | 0.11        | 311       | 0.43        | 129       | 0.31        | 301       |
| 洪奇门    | 0.22        | 119       | 0.09        | 329       | 0.48        | 119       | 0.25        | 323       |
| 横 门    | 0.28        | 95        | 0.06        | 284       | 0.54        | 95        | 0.26        | 276       |
| 伶仃 1 站 | 0.20        | 148       | 0.17        | 332       | 0.36        | 148       | 0.31        | 331       |
| 矾石站    | 0.26        | 150       | 0.18        | 319       | 0.61        | 147       | 0.41        | 323       |
| 西滩站    | 0.20        | 150       | 0.13        | 329       | 0.30        | 149       | 0.28        | 335       |
| 伶仃 2 站 | 0.48        | 189       | 0.17        | 316       | 0.98        | 189       | 0.41        | 328       |
| 铜鼓航道站  | 0.28        | 164       | 0.17        | 8         | 0.54        | 158       | 0.40        | 359       |
| 抛泥地站   | 0.41        | 170       | 0.16        | 327       | 0.74        | 170       | 0.40        | 325       |
| 伶仃 3 站 | 0.37        | 181       | 0.13        | 324       | 0.65        | 182       | 0.36        | 327       |
| 大濠岛站   | 0.16        | 172       | 0.15        | 17        | 0.31        | 149       | 0.23        | 356       |
| 珠海站    | 0.24        | 160       | 0.16        | 339       | 0.49        | 159       | 0.29        | 342       |
| 外海 1 站 | 0.18        | 114       | 0.16        | 4         | 0.35        | 116       | 0.28        | 354       |
| 外海 2 站 | 0.21        | 167       | 0.18        | 17        | 0.40        | 191       | 0.38        | 18        |

表4.1-12 枯季大潮垂线最大及平均流速统计表

| 测点     | 落潮平均        |           | 涨潮平均        |           | 落急          |           | 涨急          |           |
|--------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|
|        | 流速<br>(m/s) | 流向<br>(°) | 流速<br>(m/s) | 流向<br>(°) | 流速<br>(m/s) | 流向<br>(°) | 流速<br>(m/s) | 流向<br>(°) |
| 虎门 1#  | 0.76        | 151       | 0.58        | 327       | 1.23        | 149       | 1.08        | 322       |
| 虎门 2#  | 0.51        | 157       | 0.59        | 337       | 0.98        | 169       | 1.25        | 334       |
| 蕉门 1#  | 0.50        | 132       | 0.27        | 316       | 0.87        | 137       | 0.61        | 312       |
| 蕉门 2#  | 0.54        | 141       | 0.47        | 313       | 0.81        | 137       | 0.90        | 316       |
| 洪奇门    | 0.43        | 131       | 0.43        | 312       | 0.80        | 128       | 0.84        | 308       |
| 横 门    | 0.51        | 87        | 0.51        | 270       | 0.98        | 91        | 1.05        | 269       |
| 伶仃 1 站 | 0.20        | 164       | 0.18        | 322       | 0.38        | 199       | 0.30        | 315       |
| 矾石站    | 0.41        | 165       | 0.42        | 336       | 0.81        | 154       | 0.66        | 335       |
| 西滩站    | 0.20        | 154       | 0.20        | 325       | 0.37        | 149       | 0.44        | 323       |
| 伶仃 2 站 | 0.41        | 171       | 0.34        | 7         | 0.73        | 179       | 0.54        | 12        |
| 铜鼓航道站  | 0.64        | 150       | 0.44        | 343       | 1.14        | 158       | 0.68        | 343       |
| 抛泥地站   | 0.25        | 187       | 0.27        | 350       | 0.45        | 167       | 0.42        | 350       |
| 伶仃 3 站 | 0.52        | 177       | 0.60        | 353       | 0.99        | 175       | 0.88        | 354       |
| 大濠岛站   | 0.57        | 184       | 0.55        | 11        | 1.17        | 188       | 0.88        | 12        |
| 珠海站    | 0.34        | 179       | 0.31        | 351       | 0.65        | 167       | 0.47        | 354       |
| 外海 1 站 | 0.31        | 157       | 0.19        | 300       | 0.60        | 157       | 0.41        | 319       |
| 外海 2 站 | 0.27        | 183       | 0.19        | 339       | 0.58        | 182       | 0.38        | 337       |

表4.1-13 枯季小潮垂线最大及平均流速统计表

| 测点     | 落潮平均        |           | 涨潮平均        |           | 落急          |           | 涨急          |           |
|--------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|
|        | 流速<br>(m/s) | 流向<br>(°) | 流速<br>(m/s) | 流向<br>(°) | 流速<br>(m/s) | 流向<br>(°) | 流速<br>(m/s) | 流向<br>(°) |
| 虎门 1#  | 0.32        | 133       | 0.26        | 320       | 0.63        | 143       | 0.55        | 309       |
| 虎门 2#  | 0.25        | 120       | 0.03        | 350       | 0.77        | 130       | 0.05        | 340       |
| 蕉门 1#  | 0.26        | 130       | 0.08        | 312       | 0.47        | 131       | 0.23        | 310       |
| 蕉门 2#  | 0.25        | 130       | 0.07        | 311       | 0.42        | 128       | 0.22        | 309       |
| 洪奇门    | 0.22        | 120       | 0.05        | 325       | 0.35        | 122       | 0.16        | 316       |
| 横 门    | 0.33        | 95        | 0.02        | 306       | 0.55        | 94        | 0.18        | 288       |
| 伶仃 1 站 | 0.24        | 165       | 0.13        | 326       | 0.53        | 159       | 0.28        | 337       |
| 矾石站    | 0.52        | 149       | 0.14        | 316       | 0.96        | 144       | 0.28        | 313       |
| 西滩站    | 0.28        | 149       | 0.10        | 328       | 0.47        | 151       | 0.21        | 324       |
| 伶仃 2 站 | 0.35        | 193       | 0.21        | 355       | 0.58        | 179       | 0.45        | 351       |
| 铜鼓航道站  | 0.41        | 140       | 0.22        | 330       | 0.79        | 145       | 0.41        | 330       |
| 抛泥地站   | 0.19        | 183       | 0.15        | 354       | 0.53        | 163       | 0.29        | 357       |
| 伶仃 3 站 | 0.40        | 181       | 0.15        | 330       | 0.84        | 180       | 0.32        | 328       |
| 大濠岛站   | 0.35        | 185       | 0.19        | 12        | 0.67        | 190       | 0.43        | 16        |
| 珠海站    | 0.30        | 159       | 0.15        | 337       | 0.62        | 159       | 0.35        | 337       |
| 外海 1 站 | 0.18        | 208       | 0.13        | 300       | 0.29        | 264       | 0.21        | 292       |
| 外海 2 站 | 0.19        | 226       | 0.16        | 288       | 0.31        | 254       | 0.24        | 270       |

### 3、垂线流速分析

根据《成果汇编》的实测流速垂线分布图可知，涨、落潮水流沿垂线分布总体上呈上层大、下层小分布，最大流速基本出现在表层或中层。

### 4、流速流向特征分析

如图分别为点绘测区 17 个定点垂线洪枯季大、小潮流速矢量图。



图4.1-10洪季大潮垂线平均流速矢量图



图4.1-11洪季小潮潮垂线平均流速矢量图



图4.1-12枯季大潮垂线平均流速矢量图



图4.1-13枯季小潮潮垂线平均流速矢量图

从上图可以看出工程区附近大潮和小潮的潮流变化：四大口门至大濠岛之间，总体上以往复流为主，大濠岛以外海域，水面开阔，在洋流影响下涨、落潮水流

呈单侧旋转流特征。

#### 5、余流特征分析

如图所示的大、小潮垂线平均余流图，可知工程区附近的垂线平均余流流速介于  $0.01\sim 0.25\text{m/s}$  之间，其中垂线平均余流流速较大的站位出现在各口门站及外海站，铜鼓航道站余流流速较小。口门站由于受下泄径流的影响且河道狭窄的特点，因此余流流速较大且方向为顺河道指向下游；靠近外海区域的珠海站、外海 1#站和外海 2#站则由于洋流的影响，呈明显的西偏南向余流；伶仃洋站的余流主要以南向为主。

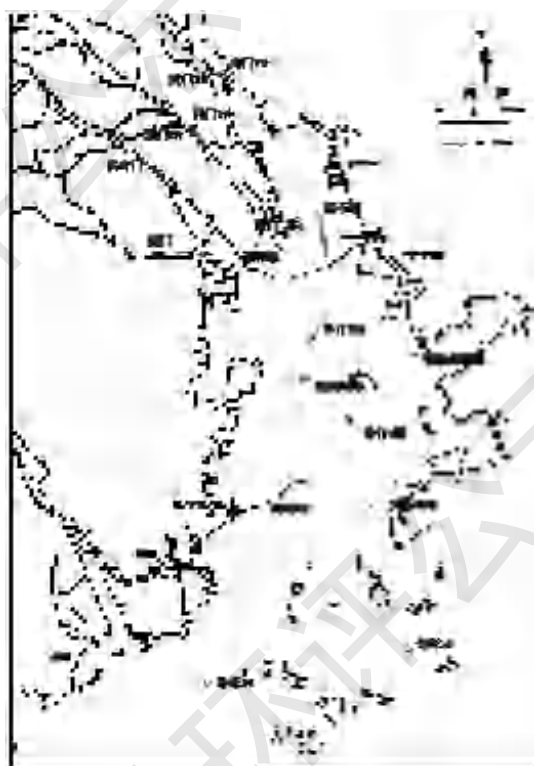


图 4.1-14 洪季大潮垂线平均余流图



图 4.1-15 洪季小潮垂线平均余流图

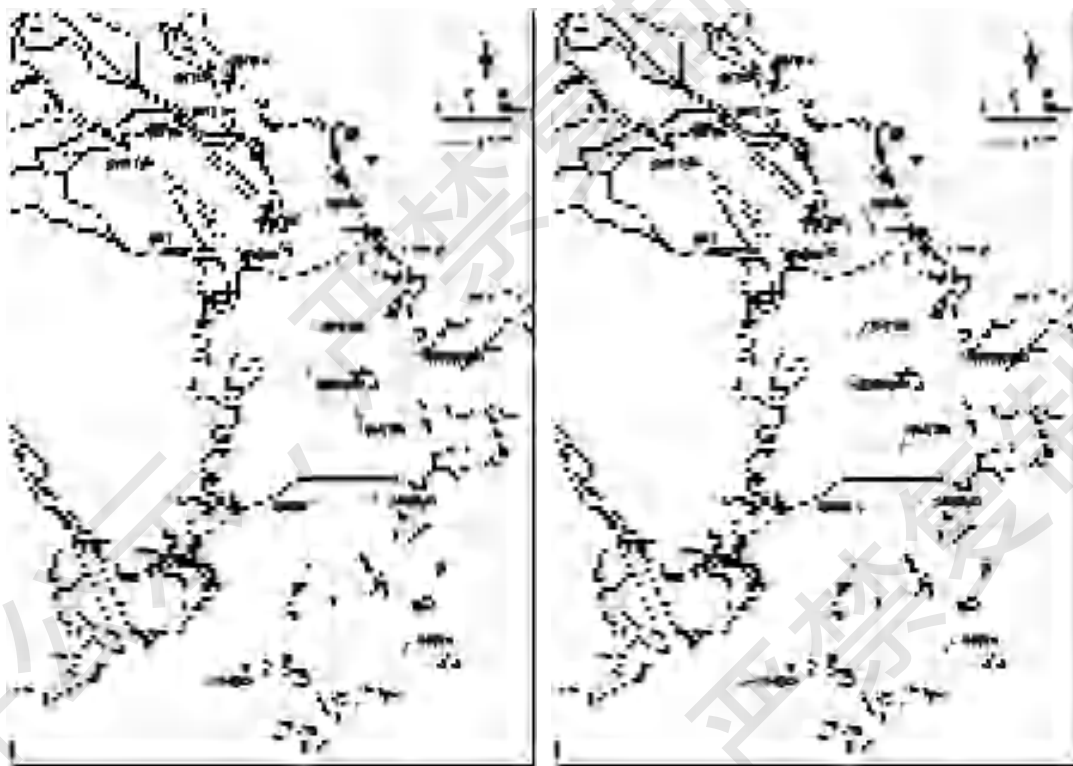


图 4.1-16 枯季大潮垂线平均余流图

图 4.1-17 枯季小潮垂线平均余流图

表4.1-14 洪季大潮分层余流统计表

| 测站     | 表层          |           | 0.2 层       |           | 0.4 层       |           | 0.6 层       |           | 0.8 层       |           | 底层          |           | 平均          |           |
|--------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|
|        | 流速<br>(m/s) | 流向<br>(°) | 流速<br>(m/s) | 流向<br>(°) | 流速<br>(m/s) | 流向<br>(°) | 流速<br>(m/s) | 流向<br>(°) | 流速<br>(m/s) | 流向<br>(°) | 流速<br>(m/s) | 流向<br>(°) | 流速<br>(m/s) | 流向<br>(°) |
| 虎门 1#  | 0.27        | 135       | 0.17        | 137       | 0.07        | 154       | 0.05        | 249       | 0.09        | 274       | 0.09        | 286       | 0.06        | 167       |
| 虎门 2#  | 0.24        | 112       | 0.17        | 98        | 0.09        | 83        | 0.03        | 41        | 0.03        | 303       | 0.04        | 300       | 0.07        | 92        |
| 蕉门 1#  | 0.18        | 148       | 0.13        | 143       | 0.09        | 129       | 0.04        | 127       | 0.02        | 200       | 0.02        | 255       | 0.07        | 144       |
| 蕉门 2#  | 0.19        | 142       | 0.17        | 140       | 0.14        | 136       | 0.10        | 133       | 0.06        | 130       | 0.01        | 119       | 0.12        | 137       |
| 洪奇门    | 0.25        | 123       | 0.18        | 127       | 0.16        | 127       | 0.11        | 128       | 0.08        | 128       | 0.05        | 130       | 0.14        | 127       |
| 横 门    | 0.30        | 88        | 0.24        | 93        | 0.18        | 95        | 0.15        | 93        | 0.09        | 96        | 0.03        | 105       | 0.16        | 93        |
| 伶仃 1 站 | 0.10        | 152       | 0.10        | 157       | 0.10        | 179       | 0.07        | 177       | 0.04        | 136       | 0.07        | 158       | 0.07        | 164       |
| 矾石站    | 0.44        | 162       | 0.37        | 168       | 0.23        | 170       | 0.15        | 172       | 0.08        | 183       | 0.05        | 183       | 0.22        | 169       |
| 西滩站    | 0.02        | 243       |             |           |             |           | 0.03        | 116       |             |           | 0.01        | 39        | 0.01        | 130       |
| 伶仃 2 站 | 0.24        | 210       | 0.24        | 209       | 0.09        | 209       | 0.02        | 224       | 0.03        | 218       | 0.02        | 223       | 0.10        | 211       |
| 铜鼓航道站  | 0.04        | 111       | 0.04        | 98        | 0.02        | 330       | 0.09        | 291       | 0.05        | 158       | 0.02        | 196       | 0.01        | 229       |
| 抛泥地站   | 0.06        | 258       | 0.09        | 281       | 0.08        | 263       | 0.01        | 286       | 0.01        | 298       | 0.00        | 23        | 0.04        | 273       |
| 伶仃 3 站 | 0.11        | 324       | 0.12        | 319       | 0.14        | 320       | 0.15        | 337       | 0.11        | 283       | 0.03        | 29        | 0.11        | 319       |
| 大濠岛站   | 0.02        | 105       | 0.05        | 69        | 0.01        | 240       | 0.03        | 180       | 0.01        | 190       | 0.07        | 274       | 0.01        | 159       |
| 珠海站    | 0.10        | 171       | 0.08        | 188       | 0.08        | 254       | 0.10        | 257       | 0.07        | 275       | 0.07        | 274       | 0.07        | 240       |
| 外海 1 站 | 0.27        | 155       | 0.14        | 175       | 0.07        | 169       | 0.05        | 14        | 0.05        | 1         | 0.07        | 26        | 0.04        | 150       |
| 外海 2 站 | 0.10        | 176       | 0.05        | 224       | 0.07        | 248       | 0.07        | 234       | 0.07        | 334       | 0.04        | 295       | 0.04        | 249       |

表4.1-15 洪季小潮分层余流统计表

| 测站     | 表层          |           | 0.2 层       |           | 0.4 层       |           | 0.6 层       |           | 0.8 层       |           | 底层          |           | 平均          |           |
|--------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|
|        | 流速<br>(m/s) | 流向<br>(°) | 流速<br>(m/s) | 流向<br>(°) | 流速<br>(m/s) | 流向<br>(°) | 流速<br>(m/s) | 流向<br>(°) | 流速<br>(m/s) | 流向<br>(°) | 流速<br>(m/s) | 流向<br>(°) | 流速<br>(m/s) | 流向<br>(°) |
| 虎门 1#  | 0.31        | 152       | 0.22        | 166       | 0.11        | 189       | 0.08        | 313       | 0.17        | 327       | 0.08        | 331       | 0.05        | 196       |
| 虎门 2#  | 0.21        | 164       | 0.17        | 166       | 0.11        | 175       | 0.08        | 183       | 0.02        | 235       | 0.01        | 240       | 0.09        | 173       |
| 蕉门 1#  | 0.08        | 120       | 0.04        | 130       | 0.02        | 118       | 0.02        | 278       | 0.03        | 317       | 0.01        | 315       | 0.01        | 127       |
| 蕉门 2#  | 0.08        | 138       | 0.04        | 126       | 0.01        | 132       | 0.02        | 312       | 0.03        | 313       | 0.01        | 336       | 0.01        | 128       |
| 洪奇门    | 0.14        | 113       | 0.11        | 109       | 0.08        | 99        | 0.06        | 108       | 0.05        | 103       | 0.05        | 109       | 0.08        | 106       |
| 横 门    | 0.10        | 93        | 0.09        | 97        | 0.07        | 82        | 0.07        | 88        | 0.04        | 94        | 0.04        | 81        | 0.06        | 91        |
| 伶仃 1 站 | 0.04        | 134       | 0.01        | 221       | 0.02        | 46        | 0.03        | 354       | 0.03        | 334       | 0.03        | 332       | 0.01        | 360       |
| 矾石站    | 0.15        | 156       | 0.11        | 158       | 0.09        | 169       | 0.04        | 171       | 0.02        | 163       | 0.00        | 346       | 0.06        | 162       |
| 西滩站    | 0.03        | 128       |             |           |             |           | 0.02        | 146       |             |           | 0.02        | 176       | 0.02        | 147       |
| 伶仃 2 站 | 0.26        | 209       | 0.26        | 209       | 0.21        | 207       | 0.11        | 240       | 0.09        | 234       | 0.07        | 229       | 0.16        | 216       |
| 铜鼓航道站  | 0.23        | 129       | 0.19        | 141       | 0.09        | 145       | 0.04        | 55        | 0.08        | 24        | 0.02        | 286       | 0.08        | 122       |
| 抛泥地站   | 0.18        | 183       | 0.16        | 176       | 0.15        | 192       | 0.06        | 226       | 0.03        | 223       | 0.04        | 244       | 0.10        | 193       |
| 伶仃 3 站 | 0.13        | 208       | 0.13        | 210       | 0.12        | 207       | 0.08        | 231       | 0.06        | 234       | 0.03        | 225       | 0.09        | 216       |
| 大濠岛站   | 0.25        | 133       | 0.12        | 126       | 0.07        | 25        | 0.02        | 34        | 0.02        | 123       | 0.02        | 323       | 0.05        | 108       |
| 珠海站    | 0.07        | 166       | 0.07        | 162       | 0.05        | 164       | 0.01        | 153       | 0.02        | 133       | 0.02        | 157       | 0.04        | 160       |
| 外海 1 站 | 0.24        | 105       | 0.12        | 112       | 0.09        | 47        | 0.10        | 13        | 0.11        | 28        | 0.06        | 38        | 0.09        | 61        |
| 外海 2 站 | 0.05        | 137       | 0.05        | 124       | 0.03        | 121       | 0.04        | 123       | 0.02        | 138       | 0.01        | 124       | 0.03        | 127       |

表4.1-16 枯季大潮分层余流统计表

| 测站     | 表层          |           | 0.2 层       |           | 0.4 层       |           | 0.6 层       |           | 0.8 层       |           | 底层          |           | 平均          |           |
|--------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|
|        | 流速<br>(m/s) | 流向<br>(°) | 流速<br>(m/s) | 流向<br>(°) | 流速<br>(m/s) | 流向<br>(°) | 流速<br>(m/s) | 流向<br>(°) | 流速<br>(m/s) | 流向<br>(°) | 流速<br>(m/s) | 流向<br>(°) | 流速<br>(m/s) | 流向<br>(°) |
| 虎门 1#  | 0.26        | 139       | 0.15        | 148       | 0.08        | 169       | 0.08        | 166       | 0.02        | 213       | 0.05        | 298       | 0.08        | 157       |
| 虎门 2#  | 0.08        | 176       | 0.07        | 173       | 0.03        | 214       | 0.02        | 247       | 0.03        | 298       | 0.02        | 273       | 0.03        | 205       |
| 蕉门 1#  | 0.27        | 139       | 0.25        | 137       | 0.19        | 128       | 0.12        | 122       | 0.06        | 113       | 0.02        | 51        | 0.15        | 130       |
| 蕉门 2#  | 0.16        | 141       | 0.12        | 142       | 0.04        | 138       | 0.02        | 194       | 0.03        | 277       | 0.01        | 248       | 0.05        | 152       |
| 洪奇门    | 0.11        | 129       | 0.07        | 102       | 0.04        | 107       | 0.02        | 28        | 0.04        | 310       | 0.06        | 309       | 0.02        | 89        |
| 横 门    | 0.08        | 61        | 0.05        | 96        | 0.04        | 128       | 0.03        | 232       | 0.05        | 255       | 0.05        | 254       | 0.01        | 152       |
| 伶仃 1 站 | 0.04        | 245       | 0.05        | 241       | 0.04        | 194       | 0.04        | 185       | 0.01        | 193       | 0.00        | 185       | 0.03        | 215       |
| 矾石站    | 0.02        | 194       | 0.00        | 121       | 0.02        | 328       | 0.04        | 321       | 0.03        | 338       | 0.01        | 150       | 0.01        | 322       |
| 西滩站    | 0.04        | 234       |             |           |             |           | 0.03        | 119       |             |           | 0.03        | 28        | 0.01        | 157       |
| 伶仃 2 站 | 0.15        | 168       | 0.15        | 163       | 0.10        | 159       | 0.05        | 158       | 0.03        | 141       | 0.03        | 127       | 0.08        | 159       |
| 铜鼓航道站  | 0.10        | 94        | 0.10        | 99        | 0.09        | 110       | 0.05        | 147       | 0.01        | 155       | 0.03        | 201       | 0.06        | 114       |
| 抛泥地站   | 0.05        | 334       | 0.06        | 328       | 0.07        | 311       | 0.07        | 323       | 0.02        | 298       | 0.02        | 315       | 0.05        | 319       |
| 伶仃 3 站 | 0.17        | 353       | 0.17        | 352       | 0.15        | 345       | 0.16        | 346       | 0.14        | 347       | 0.06        | 313       | 0.15        | 347       |
| 大濠岛站   | 0.06        | 46        | 0.07        | 26        | 0.07        | 10        | 0.06        | 26        | 0.04        | 61        | 0.02        | 123       | 0.05        | 31        |
| 珠海站    | 0.04        | 329       | 0.04        | 336       | 0.05        | 357       | 0.04        | 307       | 0.02        | 261       | 0.01        | 301       | 0.03        | 326       |
| 外海 1 站 | 0.10        | 202       | 0.10        | 212       | 0.07        | 209       | 0.07        | 208       | 0.06        | 211       | 0.05        | 215       | 0.07        | 209       |
| 外海 2 站 | 0.07        | 238       | 0.06        | 238       | 0.06        | 245       | 0.04        | 223       | 0.03        | 220       | 0.03        | 220       | 0.05        | 234       |

表4.1-17 枯季小潮分层余流统计表

| 测站     | 表层          |           | 0.2 层       |           | 0.4 层       |           | 0.6 层       |           | 0.8 层       |           | 底层          |           | 平均          |           |
|--------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|
|        | 流速<br>(m/s) | 流向<br>(°) | 流速<br>(m/s) | 流向<br>(°) | 流速<br>(m/s) | 流向<br>(°) | 流速<br>(m/s) | 流向<br>(°) | 流速<br>(m/s) | 流向<br>(°) | 流速<br>(m/s) | 流向<br>(°) | 流速<br>(m/s) | 流向<br>(°) |
| 虎门 1#  | 0.22        | 120       | 0.18        | 106       | 0.09        | 125       | 0.02        | 144       | 0.03        | 301       | 0.08        | 303       | 0.06        | 115       |
| 虎门 2#  | 0.32        | 124       | 0.29        | 127       | 0.25        | 129       | 0.20        | 127       | 0.15        | 127       | 0.13        | 125       | 0.22        | 127       |
| 蕉门 1#  | 0.17        | 129       | 0.15        | 128       | 0.12        | 129       | 0.14        | 130       | 0.11        | 126       | 0.09        | 136       | 0.13        | 129       |
| 蕉门 2#  | 0.13        | 134       | 0.12        | 130       | 0.09        | 127       | 0.10        | 133       | 0.08        | 121       | 0.06        | 131       | 0.10        | 129       |
| 洪奇门    | 0.14        | 116       | 0.13        | 117       | 0.11        | 112       | 0.12        | 113       | 0.10        | 115       | 0.08        | 115       | 0.11        | 114       |
| 横 门    | 0.30        | 94        | 0.28        | 95        | 0.24        | 92        | 0.27        | 94        | 0.21        | 95        | 0.17        | 96        | 0.25        | 94        |
| 伶仃 1 站 | 0.23        | 181       | 0.20        | 177       | 0.16        | 171       | 0.13        | 150       | 0.09        | 144       | 0.03        | 155       | 0.14        | 167       |
| 矾石站    | 0.30        | 158       | 0.28        | 148       | 0.26        | 156       | 0.10        | 163       | 0.08        | 157       | 0.06        | 163       | 0.18        | 155       |
| 西滩站    | 0.13        | 148       |             |           |             |           | 0.03        | 171       |             |           | 0.01        | 171       | 0.07        | 151       |
| 伶仃 2 站 | 0.24        | 210       | 0.24        | 209       | 0.09        | 209       | 0.02        | 224       | 0.03        | 218       | 0.02        | 223       | 0.10        | 211       |
| 铜鼓航道站  | 0.15        | 133       | 0.15        | 131       | 0.13        | 128       | 0.02        | 62        | 0.02        | 63        | 0.01        | 40        | 0.07        | 124       |
| 抛泥地站   | 0.18        | 171       | 0.18        | 171       | 0.13        | 176       | 0.08        | 180       | 0.01        | 160       | 0.03        | 8         | 0.09        | 173       |
| 伶仃 3 站 | 0.24        | 192       | 0.23        | 189       | 0.21        | 192       | 0.08        | 205       | 0.08        | 213       | 0.07        | 213       | 0.15        | 196       |
| 大濠岛站   | 0.13        | 159       | 0.06        | 144       | 0.05        | 42        | 0.07        | 24        | 0.06        | 8         | 0.06        | 283       | 0.02        | 62        |
| 珠海站    | 0.14        | 160       | 0.13        | 163       | 0.12        | 155       | 0.03        | 190       | 0.02        | 182       | 0.01        | 172       | 0.07        | 163       |
| 外海 1 站 | 0.11        | 219       | 0.11        | 225       | 0.10        | 215       | 0.10        | 220       | 0.12        | 217       | 0.09        | 222       | 0.11        | 220       |
| 外海 2 站 | 0.18        | 247       | 0.20        | 250       | 0.17        | 253       | 0.16        | 253       | 0.17        | 254       | 0.13        | 251       | 0.17        | 252       |

### 三、含沙量

#### 1、含沙量随潮流变化分析

根据《成果汇编》的实测垂线平均流速及含沙量过程线图可知，本次施测区域各站垂线含沙量变化量非常小，基本不随涨、落潮流的变化而变化，但在西滩站含沙量出现明显波动现象，见图 4.1-18~21 所示。

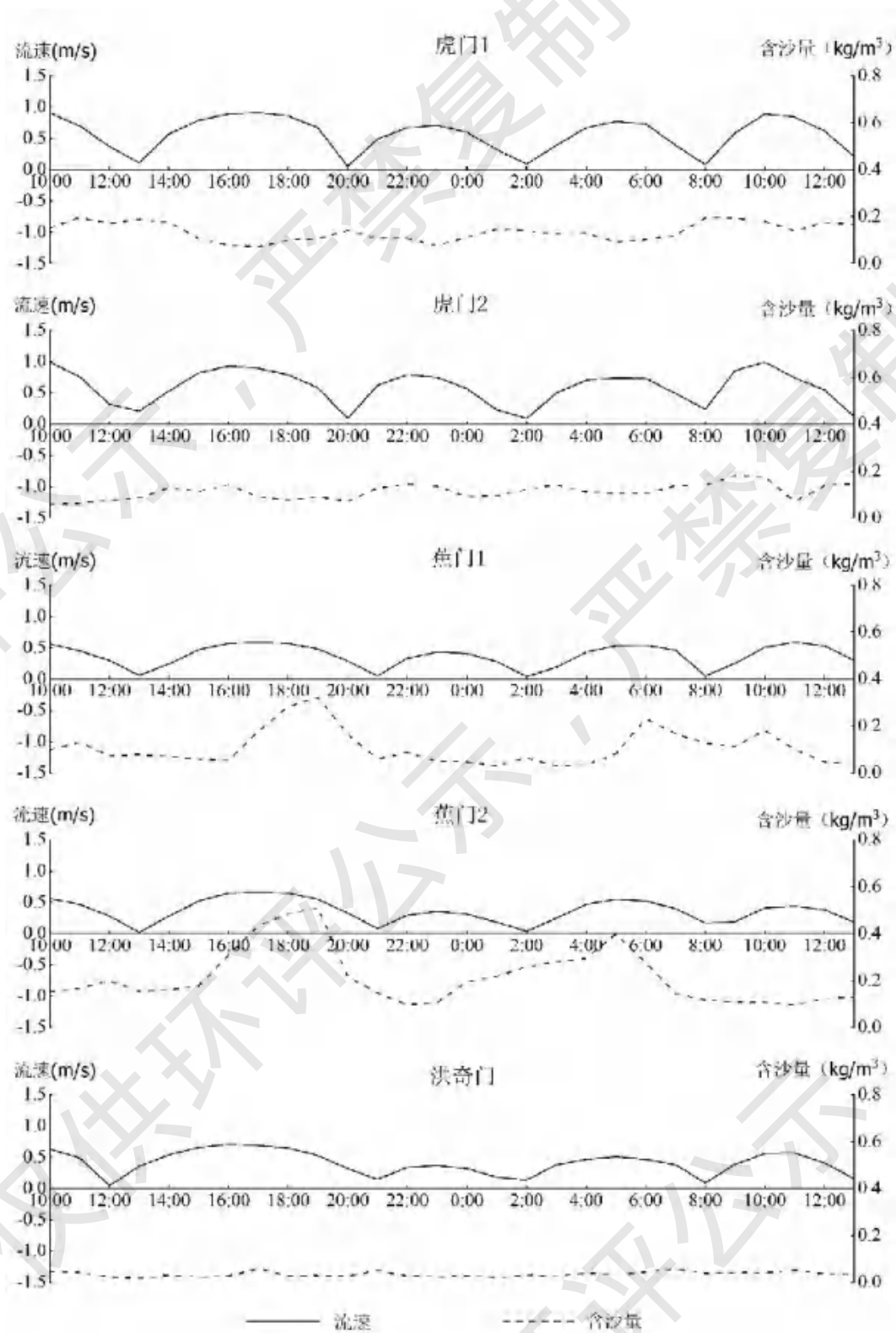


图 4.1-18 洪季大潮部分测点垂线平均流速及含沙量过程线图

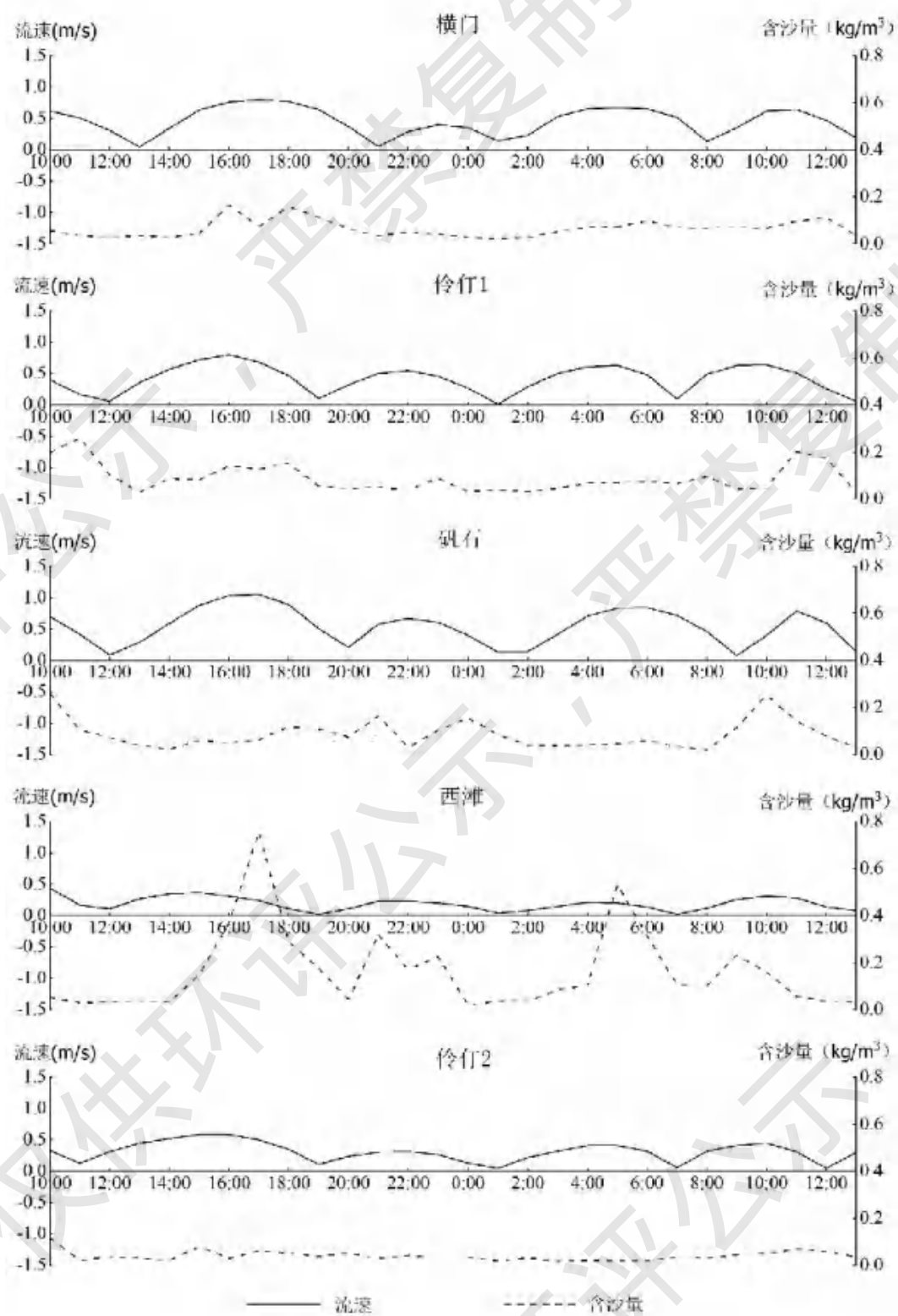


图 4.1-19 洪季大潮部分测点垂线平均流速及含沙量过程线图

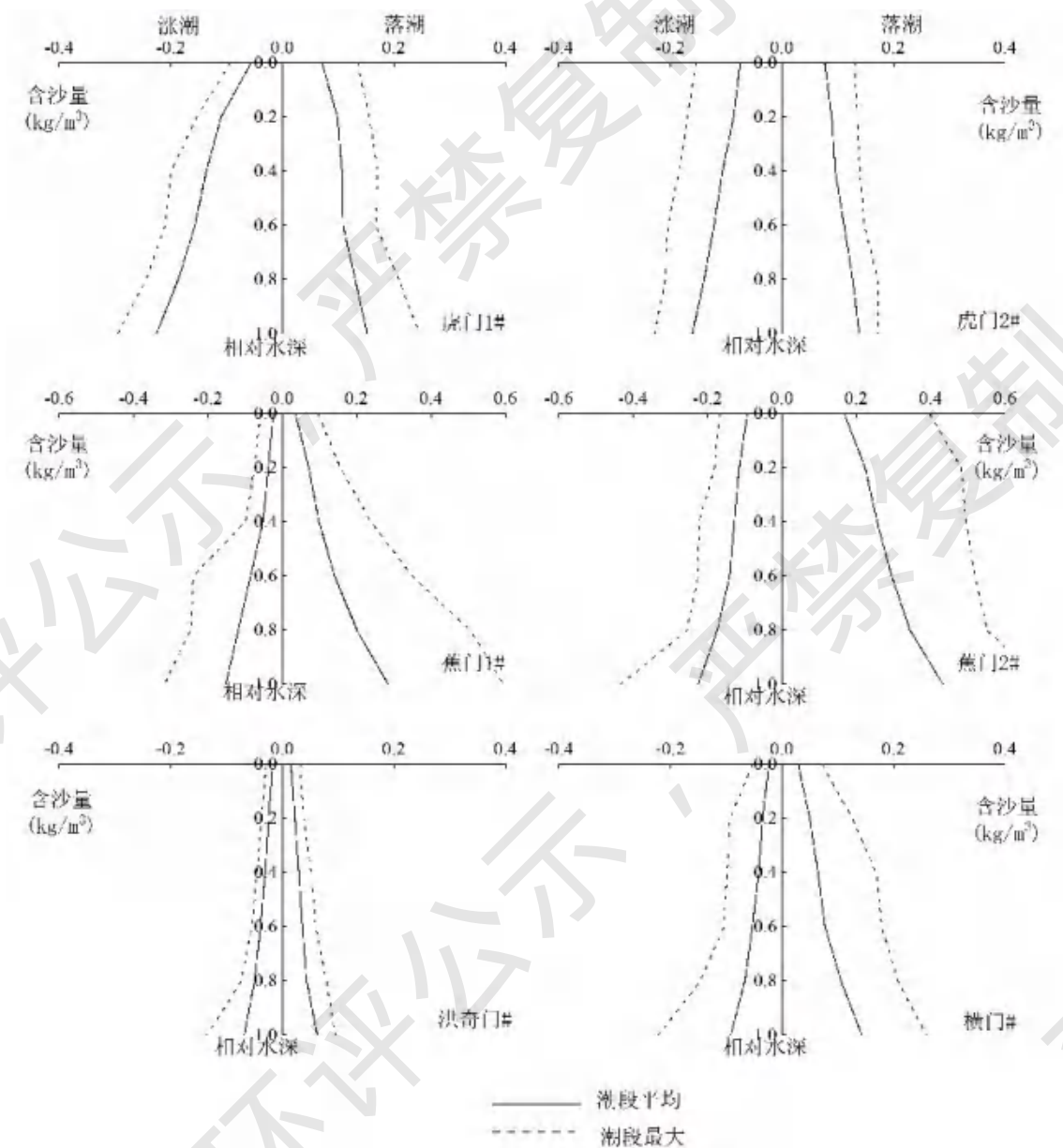


图 4.1-20 洪季大潮部分测点含沙量垂线分布图

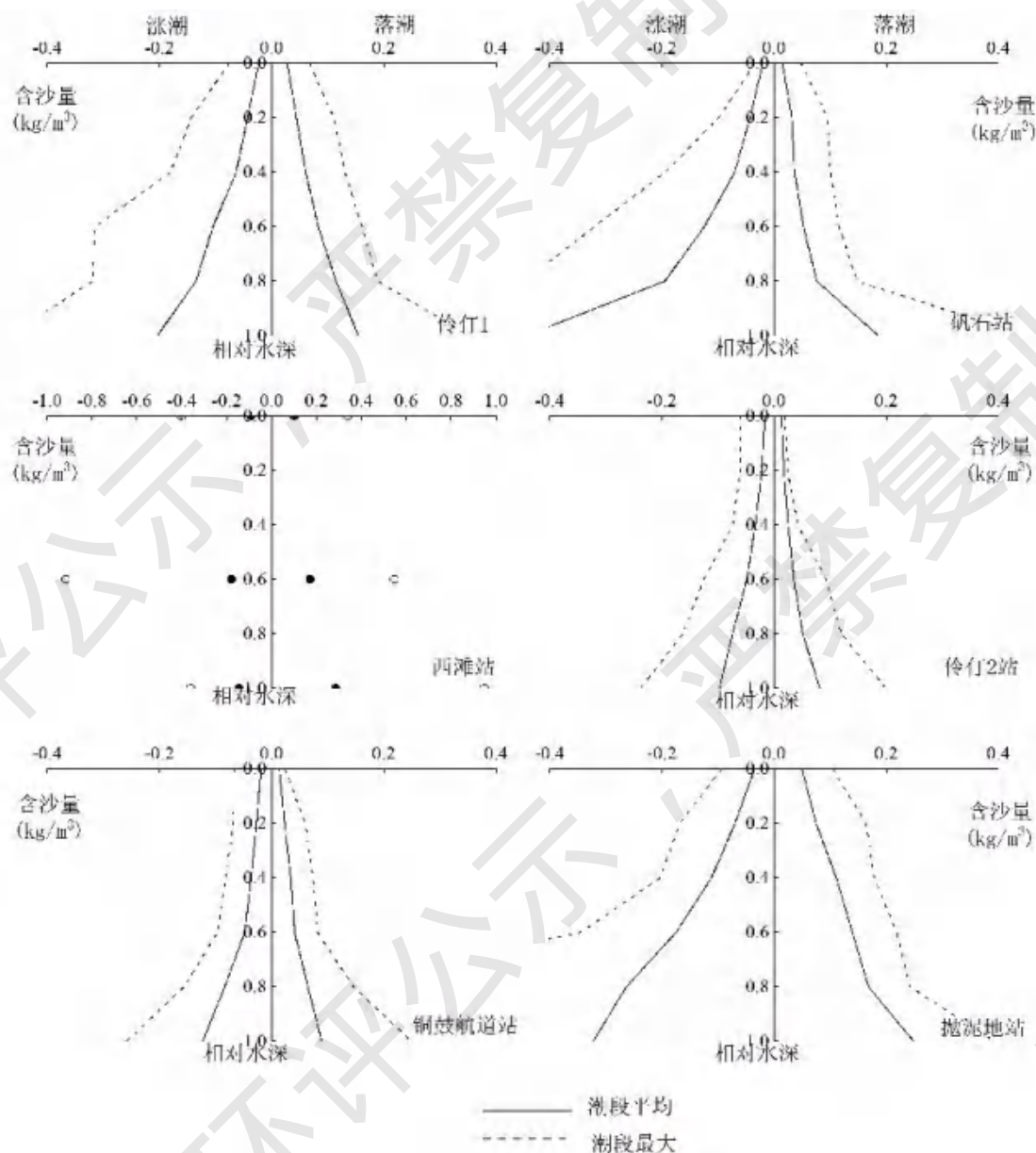


图 4.1-21 洪季大潮部分测点含沙量垂线分布图

## 2、全潮平均含沙量分析

通过对本期测验各个测站的潮段及垂线含沙量进行平均，从表 4.1-18 中可看出平均含沙量介于  $0.011 \sim 0.250 \text{ kg/m}^3$  之间，总体上河口区含沙量大于外海区，洪季平均含沙量最大值出现在西滩站，为  $0.171 \text{ kg/m}^3$ ，大潮平均含沙量大于小潮。

表 4.1-18 潮段及垂线平均含沙量统计表 单位： $\text{kg/m}^3$ 

| 站点   | 洪季大潮  | 洪季小潮  | 枯季大潮  | 枯季小潮  |
|------|-------|-------|-------|-------|
| 虎门 1 | 0.129 | 0.084 | 0.175 | 0.047 |
| 虎门 2 | 0.110 | 0.064 | 0.250 | 0.037 |
| 蕉门 1 | 0.108 | 0.072 | 0.135 | 0.089 |
| 蕉门 2 | 0.228 | 0.049 | 0.139 | 0.090 |

|        |       |       |       |       |
|--------|-------|-------|-------|-------|
| 洪奇门    | 0.035 | 0.013 | 0.135 | 0.087 |
| 横门     | 0.062 | 0.061 | 0.102 | 0.056 |
| 伶仃 1   | 0.081 | 0.073 | 0.098 | 0.017 |
| 矾石站    | 0.095 | 0.093 | 0.080 | 0.012 |
| 西滩站    | 0.171 | 0.156 | 0.070 | 0.011 |
| 伶仃 2 站 | 0.039 | 0.078 | 0.029 | 0.017 |
| 铜鼓航道站  | 0.047 | 0.046 | 0.026 | 0.018 |
| 抛泥地站   | 0.151 | 0.080 | 0.096 | 0.016 |
| 伶仃 3 站 | 0.078 | 0.081 | 0.064 | 0.021 |
| 大濠岛站   | 0.073 | 0.046 | 0.088 | 0.014 |
| 珠海站    | 0.144 | 0.108 | 0.175 | 0.028 |
| 外海 1 站 | 0.108 | 0.032 | 0.020 | 0.022 |
| 外海 2 站 | 0.041 | 0.073 | 0.027 | 0.039 |

### 3、垂线含沙量分析

根据《成果汇编》的实测含沙量垂线分布图可知，从河口至外海均呈表层低、底层高的分布规律。

### 4、悬移质颗粒级配分析

悬沙颗粒径分析主要采 Linkoptik LT2000 激光粒度分析仪，分析结果表明（如表 4.1-19 所示），各测站测验期间悬沙中值粒径介于 0.005~0.056mm 之间。各站平均中值粒径最大值出现为 0.056mm，在虎门 1#测站；最小值为 0.005mm，在伶仃 3 站。

表 4.1-19 各测站悬沙粒径中值粒径表 单位：mm

|        | 洪季大潮  |       |       |       | 枯季大潮  |       |       |       |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|        | 涨急    | 涨憩    | 落急    | 落憩    | 涨急    | 涨憩    | 落急    | 落憩    |
| 虎门 1#  | 0.054 | 0.053 | 0.055 | 0.049 | 0.055 | 0.054 | 0.056 | 0.052 |
| 虎门 2#  | 0.031 | 0.030 | 0.031 | 0.030 | 0.030 | 0.028 | 0.034 | 0.030 |
| 蕉门 1#  | 0.051 | 0.048 | 0.049 | 0.050 | 0.052 | 0.050 | 0.054 | 0.049 |
| 蕉门 2#  | 0.046 | 0.048 | 0.050 | 0.049 | 0.048 | 0.051 | 0.052 | 0.047 |
| 洪奇门    | 0.019 | 0.018 | 0.020 | 0.017 | 0.020 | 0.018 | 0.022 | 0.021 |
| 横门     | 0.053 | 0.049 | 0.051 | 0.050 | 0.055 | 0.052 | 0.052 | 0.053 |
| 伶仃 1 站 | 0.015 | 0.015 | 0.016 | 0.014 | 0.014 | 0.013 | 0.015 | 0.015 |
| 矾石站    | 0.011 | 0.010 | 0.009 | 0.010 | 0.014 | 0.013 | 0.013 | 0.012 |
| 西滩站    | 0.009 | 0.009 | 0.008 | 0.009 | 0.010 | 0.012 | 0.011 | 0.010 |
| 伶仃 2 站 | 0.007 | 0.007 | 0.007 | 0.006 | 0.008 | 0.008 | 0.008 | 0.008 |
| 铜鼓航道站  | 0.009 | 0.008 | 0.009 | 0.012 | 0.010 | 0.009 | 0.009 | 0.010 |
| 抛泥地站   | 0.006 | 0.006 | 0.005 | 0.005 | 0.008 | 0.008 | 0.009 | 0.008 |
| 伶仃 3 站 | 0.006 | 0.005 | 0.006 | 0.005 | 0.008 | 0.007 | 0.007 | 0.007 |
| 大濠岛站   | 0.011 | 0.010 | 0.011 | 0.010 | 0.012 | 0.010 | 0.012 | 0.011 |
| 珠海站    | 0.007 | 0.007 | 0.006 | 0.007 | 0.007 | 0.007 | 0.007 | 0.007 |
| 外海 1 站 | 0.007 | 0.007 | 0.008 | 0.006 | 0.007 | 0.007 | 0.007 | 0.007 |
| 外海 2 站 | 0.007 | 0.008 | 0.007 | 0.006 | 0.008 | 0.008 | 0.008 | 0.008 |

#### 四、含盐度

##### 1、含盐度随潮流变化分析

根据《成果汇编》的实测垂线平均流速及含盐度过程线图可知，洪季虎门、蕉门、洪奇沥及横门等各口门盐度大部分时间为零，且随潮流变化也较小。伶仃 1#断面至珠海、大濠岛之间，盐度主要随潮流的变化而变化，涨潮时盐度增大，落潮时盐度减小。在桂山岛以外海域，涨落潮盐度一直维持在较高值，变化较小。

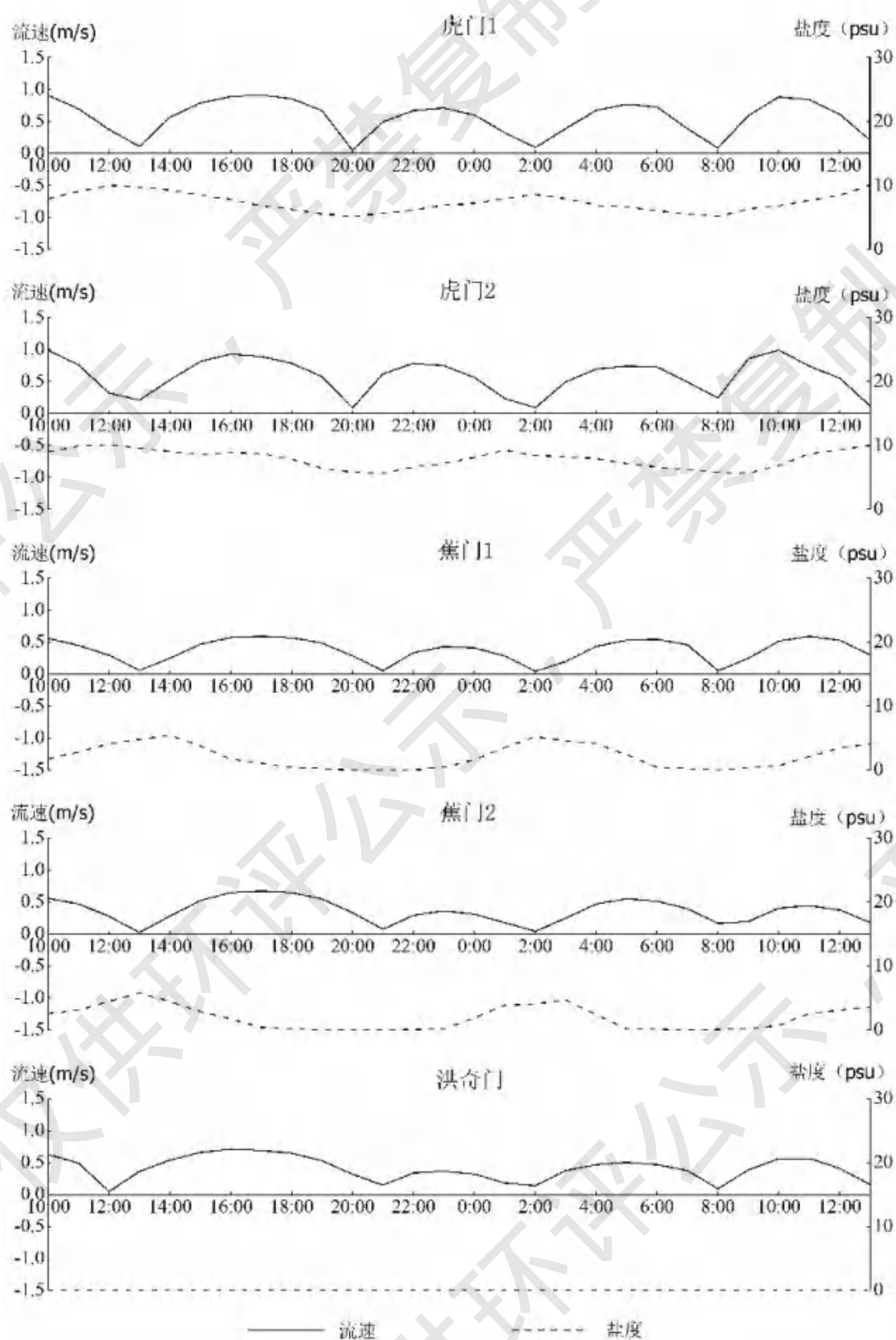


图 4.1-22 洪季大潮部分测点垂线平均流速及盐度过程线图

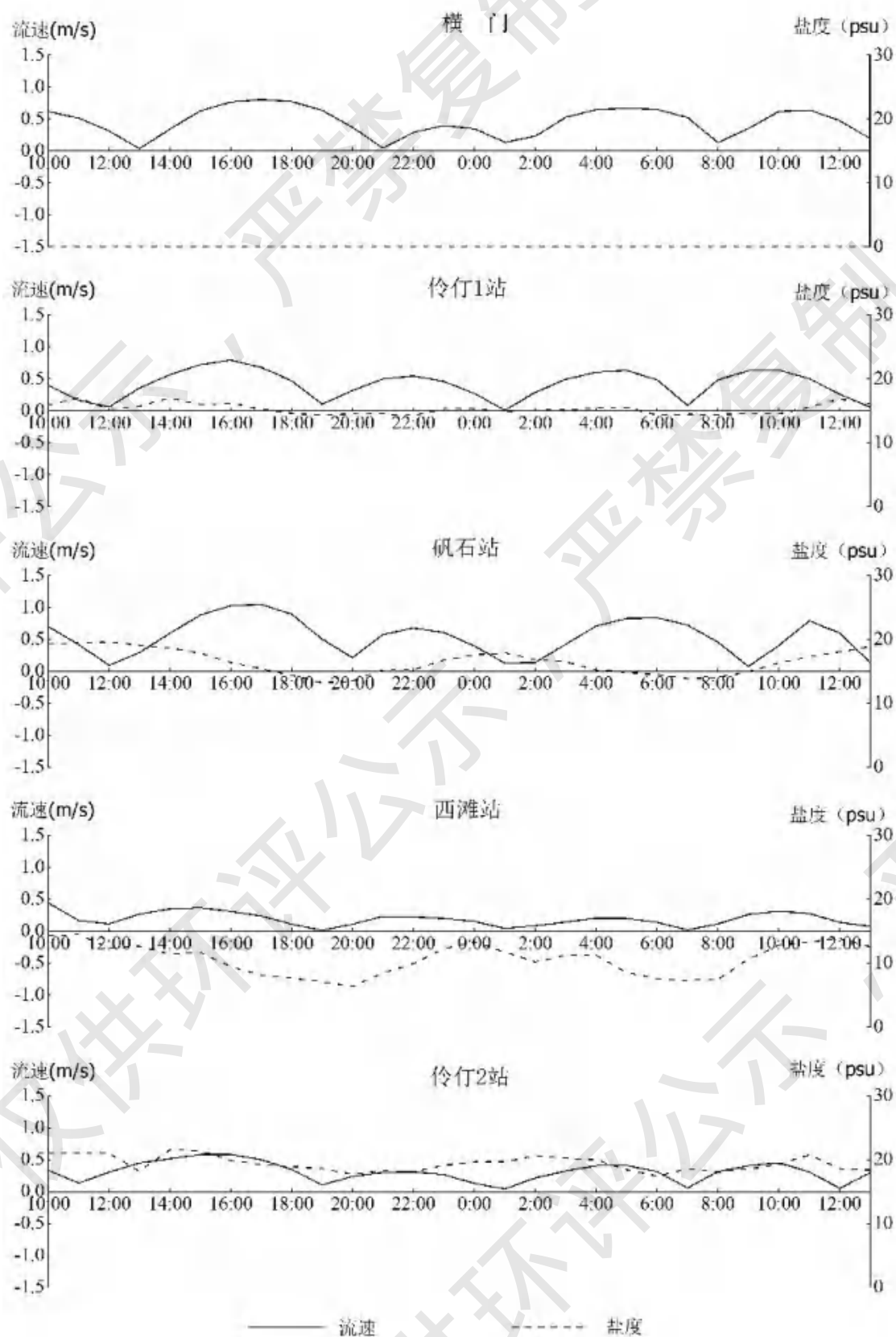


图 4.1-23 洪季大潮部分测点垂线平均流速及盐度过程线图

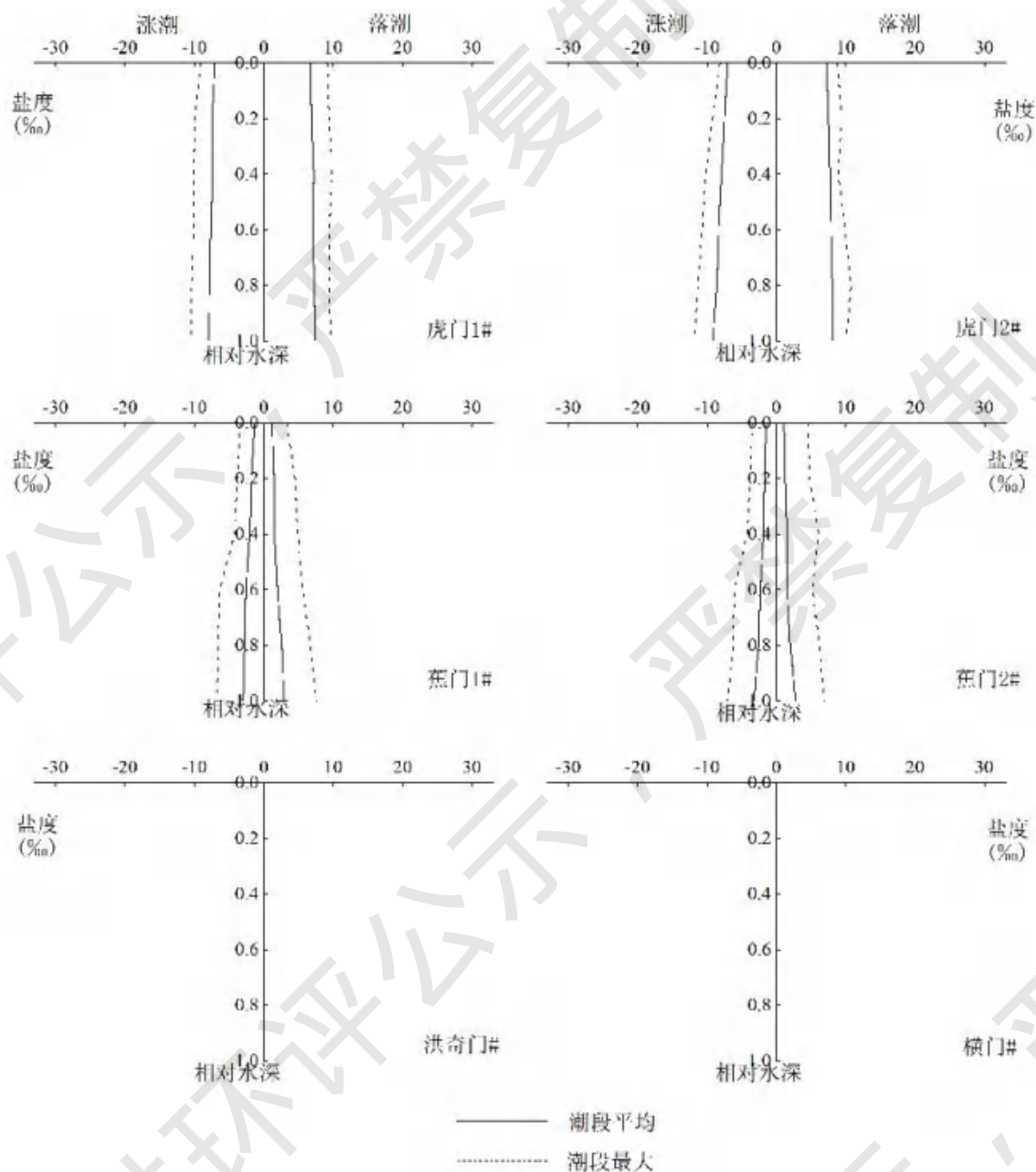


图 4.1-24 洪季大潮部分测点实测盐度垂线分布图

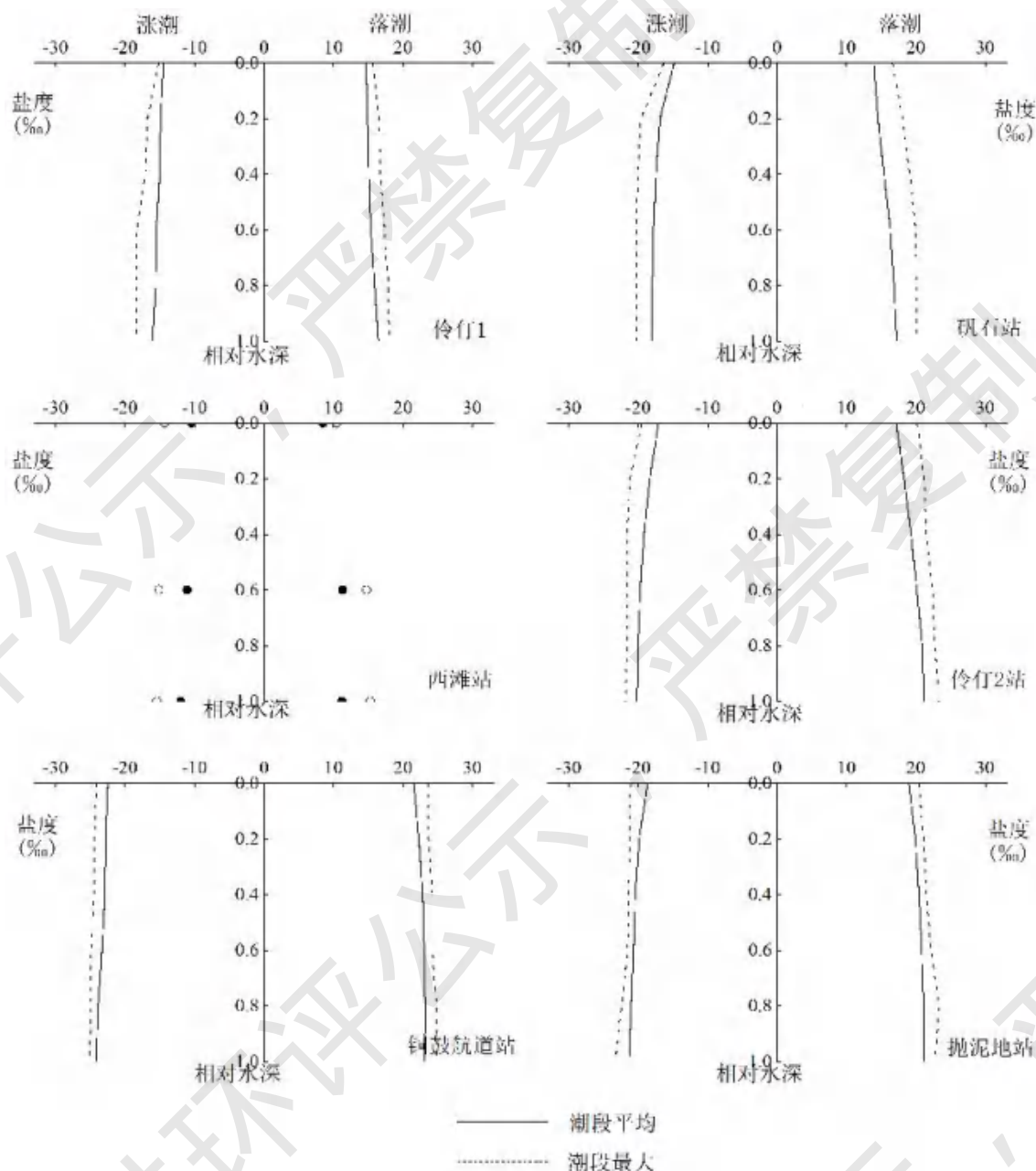


图 4.1-25 洪季大潮部分测点实测盐度垂线分布图

## 2、盐度平面分布特点

从表 4.1-20 可知，虎门、蕉门、洪奇沥及横门等各口门大部分时间受淡水所控制，盐度值较小，在矾石、伶仃 1#、伶仃 2#及抛泥地一线以内，盐度有所增大，盐度平均值介于 9.7psu~22.3psu 之间；在珠海站、伶仃 3#站及铜鼓航道站一线以外海域盐度进一步增大，盐度平均值介于 18.6psu~28.5psu 之间。

表 4.1-20 潮段及垂线平均盐度统计表

单位: psu

| 站点     | 洪季大潮 | 洪季小潮 | 枯季大潮 | 枯季小潮 |
|--------|------|------|------|------|
| 虎门 1   | 6.6  | 9.3  | 14.0 | 10.6 |
| 虎门 2   | 7.2  | 9.7  | 13.8 | 10.6 |
| 蕉门 1   | 2.0  | 4.3  | 5.6  | 11.3 |
| 蕉门 2   | 1.8  | 4.1  | 6.4  | 11.2 |
| 洪奇门    | 0.0  | 0.4  | 1.8  | 1.9  |
| 横门     | 0.0  | 0.6  | 3.0  | 4.7  |
| 伶仃 1   | 13.9 | 16.3 | 19.5 | 17.2 |
| 矾石站    | 15.0 | 17.6 | 20.5 | 18.2 |
| 西滩站    | 9.7  | 11.4 | 18.7 | 16.5 |
| 伶仃 2 站 | 17.9 | 18.6 | 22.3 | 22.3 |
| 铜鼓航道站  | 20.8 | 21.9 | 25.9 | 26.0 |
| 抛泥地站   | 18.6 | 19.5 | 22.1 | 22.7 |
| 伶仃 3 站 | 21.8 | 22.5 | 26.4 | 27.4 |
| 大濠岛站   | 24.6 | 25.4 | 27.1 | 28.1 |
| 珠海站    | 22.0 | 22.7 | 26.2 | 27.2 |
| 外海 1 站 | 26.5 | 27.0 | 28.2 | 28.4 |
| 外海 2 站 | 24.6 | 26.0 | 28.2 | 28.5 |

## 3、垂线盐度分析

根据《成果汇编》的实测盐度垂线分布图可知，盐度沿垂线变化总体上呈表层低、底层高分布。口门处基本无盐度，出口门后，盐度逐渐增大，表底层盐度差逐渐增大，到外海区域盐度最大，其表底盐度也基本一致。总体上大潮阶段较小潮混合均匀。

## 四、海底表层沉积物

根据 2022 年 9 月及 2023 年 2 月现场底质取样分析，两次样品中值粒径基本一致，中值粒径变化幅度为 0.006mm~0.631mm。在伶仃深槽附近海域，表层沉积物以粘土质粉沙和砂-粉砂-粘土为主，广泛分布于伶仃航道及外海区域，另外，在内伶仃岛南北侧零星分布一些细、粗沙以及砾石等较粗物质。

经沿程中值泥沙粒径统计，内伶仃岛以北平均值为 0.025mm，内伶仃岛与大濠岛之间平均值为 0.050mm，大濠岛以外平均值为 0.022mm。

表 4.1-21 洪季中值粒径统计表

| 编号  | 中值<br>粒径<br>(mm) | 编号  | 中值<br>粒径<br>(mm) | 编号   | 中值<br>粒径<br>(mm) | 编号   | 中值<br>粒径<br>(mm) | 编号   | 中值<br>粒径<br>(mm) |
|-----|------------------|-----|------------------|------|------------------|------|------------------|------|------------------|
| 1-1 | 0.010            | 6-1 | 0.011            | 11-1 | 0.009            | 16-1 | 0.008            | 21-1 | 0.009            |
| 1-2 | 0.072            | 6-2 | 0.013            | 11-2 | 0.006            | 16-2 | 0.010            | 21-2 | 0.021            |
| 1-3 | 0.009            | 6-3 | 0.010            | 11-3 | 0.008            | 16-3 | 0.008            | 21-3 | 0.008            |
| 1-4 | 0.011            | 6-4 | 0.016            | 11-4 | 0.006            | 16-4 | 0.024            | 21-4 | 0.060            |

|     |       |      |       |      |       |      |       |      |       |
|-----|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|
| 1-5 | 0.010 | 6-5  | 0.007 | 11-5 | 0.008 | 16-5 | 0.009 | 21-5 | 0.008 |
| 2-1 | 0.008 | 7-1  | 0.013 | 12-1 | 0.006 | 17-1 | 0.008 | 22-1 | 0.007 |
| 2-2 | 0.020 | 7-2  | 0.007 | 12-2 | 0.010 | 17-2 | 0.022 | 22-2 | 0.069 |
| 2-3 | 0.023 | 7-3  | 0.008 | 12-3 | 0.010 | 17-3 | 0.015 | 22-3 | 0.009 |
| 2-4 | 0.188 | 7-4  | 0.015 | 12-4 | 0.007 | 17-4 | 0.015 | 22-4 | 0.054 |
| 2-5 | 0.011 | 7-5  | 0.007 | 12-5 | 0.015 | 17-5 | 0.010 | 22-5 | 0.008 |
| 3-1 | 0.008 | 8-1  | 0.270 | 13-1 | 0.008 | 18-1 | 0.008 |      |       |
| 3-2 | 0.012 | 8-2  | 0.028 | 13-2 | 0.006 | 18-2 | 0.011 |      |       |
| 3-3 | 0.017 | 8-3  | 0.007 | 13-3 | 0.026 | 18-3 | 0.009 |      |       |
| 3-4 | 0.014 | 8-4  | 0.032 | 13-4 | 0.079 | 18-4 | 0.008 |      |       |
| 3-5 | 0.011 | 8-5  | 0.008 | 13-5 | 0.630 | 18-5 | 0.012 |      |       |
| 4-1 | 0.008 | 9-1  | 0.008 | 14-1 | 0.007 | 19-1 | 0.009 |      |       |
| 4-2 | 0.087 | 9-2  | 0.013 | 14-2 | 0.011 | 19-2 | 0.012 |      |       |
| 4-3 | 0.010 | 9-3  | 0.010 | 14-3 | 0.010 | 19-3 | 0.009 |      |       |
| 4-4 | 0.024 | 9-4  | 0.010 | 14-4 | 0.525 | 19-4 | 0.069 |      |       |
| 4-5 | 0.008 | 9-5  | 0.006 | 14-5 | 0.009 | 19-5 | 0.008 |      |       |
| 5-1 | 0.010 | 10-1 | 0.008 | 15-1 | 0.009 | 20-1 | 0.008 |      |       |
| 5-2 | 0.020 | 10-2 | 0.010 | 15-2 | 0.011 | 20-2 | 0.098 |      |       |
| 5-3 | 0.027 | 10-3 | 0.013 | 15-3 | 0.036 | 20-3 | 0.009 |      |       |
| 5-4 | 0.008 | 10-4 | 0.007 | 15-4 | 0.184 | 20-4 | 0.032 |      |       |
| 5-5 | 0.009 | 10-5 | 0.009 | 15-5 | 0.013 | 20-5 | 0.028 |      |       |

表 4.1-22 枯季中值粒径统计表

| 编号  | 中值<br>粒径<br>(mm) | 编号  | 中值<br>粒径<br>(mm) | 编号   | 中值<br>粒径<br>(mm) | 编号   | 中值<br>粒径<br>(mm) | 编号   | 中值<br>粒径<br>(mm) |
|-----|------------------|-----|------------------|------|------------------|------|------------------|------|------------------|
| 1-1 | 0.010            | 6-1 | 0.011            | 11-1 | 0.010            | 16-1 | 0.009            | 21-1 | 0.009            |
| 1-2 | 0.072            | 6-2 | 0.014            | 11-2 | 0.007            | 16-2 | 0.009            | 21-2 | 0.021            |
| 1-3 | 0.009            | 6-3 | 0.009            | 11-3 | 0.009            | 16-3 | 0.007            | 21-3 | 0.009            |
| 1-4 | 0.012            | 6-4 | 0.016            | 11-4 | 0.007            | 16-4 | 0.025            | 21-4 | 0.065            |
| 1-5 | 0.009            | 6-5 | 0.006            | 11-5 | 0.008            | 16-5 | 0.008            | 21-5 | 0.008            |
| 2-1 | 0.008            | 7-1 | 0.014            | 12-1 | 0.006            | 17-1 | 0.008            | 22-1 | 0.007            |
| 2-2 | 0.020            | 7-2 | 0.008            | 12-2 | 0.011            | 17-2 | 0.021            | 22-2 | 0.069            |
| 2-3 | 0.022            | 7-3 | 0.008            | 12-3 | 0.009            | 17-3 | 0.015            | 22-3 | 0.010            |
| 2-4 | 0.188            | 7-4 | 0.015            | 12-4 | 0.007            | 17-4 | 0.016            | 22-4 | 0.053            |
| 2-5 | 0.010            | 7-5 | 0.008            | 12-5 | 0.015            | 17-5 | 0.011            | 22-5 | 0.008            |
| 3-1 | 0.008            | 8-1 | 0.271            | 13-1 | 0.009            | 18-1 | 0.008            |      |                  |
| 3-2 | 0.012            | 8-2 | 0.028            | 13-2 | 0.007            | 18-2 | 0.011            |      |                  |
| 3-3 | 0.017            | 8-3 | 0.007            | 13-3 | 0.026            | 18-3 | 0.009            |      |                  |
| 3-4 | 0.015            | 8-4 | 0.033            | 13-4 | 0.080            | 18-4 | 0.009            |      |                  |
| 3-5 | 0.010            | 8-5 | 0.008            | 13-5 | 0.631            | 18-5 | 0.012            |      |                  |
| 4-1 | 0.008            | 9-1 | 0.008            | 14-1 | 0.007            | 19-1 | 0.009            |      |                  |

|     |       |      |       |      |       |      |       |  |  |
|-----|-------|------|-------|------|-------|------|-------|--|--|
| 4-2 | 0.087 | 9-2  | 0.013 | 14-2 | 0.010 | 19-2 | 0.012 |  |  |
| 4-3 | 0.010 | 9-3  | 0.010 | 14-3 | 0.010 | 19-3 | 0.009 |  |  |
| 4-4 | 0.025 | 9-4  | 0.009 | 14-4 | 0.525 | 19-4 | 0.069 |  |  |
| 4-5 | 0.008 | 9-5  | 0.006 | 14-5 | 0.008 | 19-5 | 0.008 |  |  |
| 5-1 | 0.010 | 10-1 | 0.008 | 15-1 | 0.010 | 20-1 | 0.008 |  |  |
| 5-2 | 0.019 | 10-2 | 0.011 | 15-2 | 0.011 | 20-2 | 0.097 |  |  |
| 5-3 | 0.027 | 10-3 | 0.013 | 15-3 | 0.036 | 20-3 | 0.009 |  |  |
| 5-4 | 0.008 | 10-4 | 0.007 | 15-4 | 0.183 | 20-4 | 0.033 |  |  |
| 5-5 | 0.009 | 10-5 | 0.008 | 15-5 | 0.013 | 20-5 | 0.031 |  |  |

### 4.1.3. 地形地貌与冲淤

#### 4.1.3.1. 地形地貌

伶仃洋是珠江口东四口门（虎门、蕉门、洪奇沥和横门）注入的河口湾，湾型呈喇叭状，走向接近 NNW—SSE 方向，湾顶宽约 4km（虎门口），湾口宽约 30km（澳门至香港大濠岛之间），纵向长达 72km，水域面积 2110km<sup>2</sup>，见下图。



图 4.1-31 珠江河口形势图

根据“八五攻关项目”的动力地貌研究，珠江口伶仃洋存在三大动力——沉积地貌体系。即(a)西北部河口（横门、洪奇沥和蕉门）径流动力——三角洲前缘沉积地貌体系，其主体是伶仃洋西滩；(b)北部和中部的虎门潮汐通道动力——沉积地貌体系；(c)南部高盐陆架水入侵控制的深槽动力——沉积地貌体系。目前伶仃洋三滩两槽的大格局就是上述三种动力——沉积地貌体系演变的结果。

经分析认为，黄埔——虎门河段属虎门潮汐通道动力——沉积地貌体系，潮汐作用强，泥沙淤积轻微；伶仃航道下段属于伶仃洋南部高盐陆架水入侵控制的深槽动力——沉积地貌体系，水体含沙量很低，不易发生淤积；而伶仃航道上、中段既受伶仃洋西北部三大口门淡水径流动力体系的影响（特别是在洪季上段为径流动力作用所控制），又分别与虎门潮汐通道动力——沉积体系及南部高盐陆架水控制的动力——沉积体系呈过渡性质，因而动力条件较为复杂。

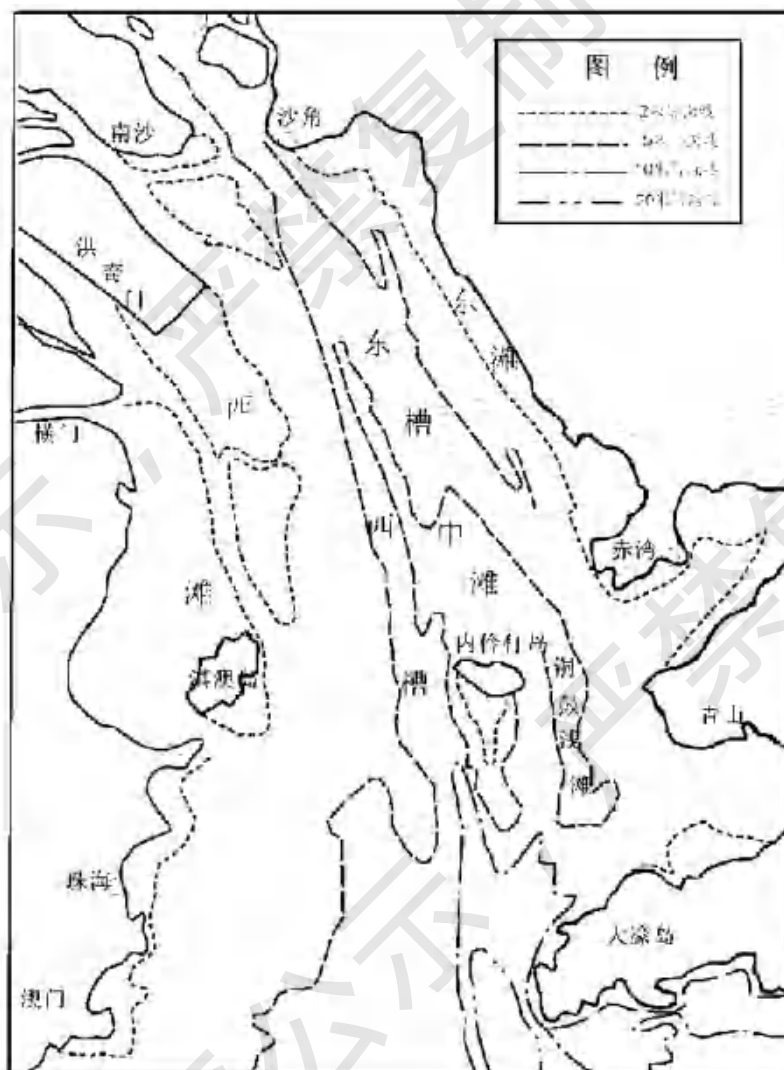


图 4.1-32 伶仃洋“三滩两槽”水下地形示意图

#### 4.1.3.2. 项目周边海域冲淤变化

##### 1、近期滩槽格局变化

1977-2019 年间伶仃洋滩槽格局如图 4.1-35 所示，伶仃洋近期滩槽演变格局主要呈如下特征：

①西滩不断向东、向南淤积，1999 年后中北段（万顷沙浅滩以北）扩展速度逐渐减缓，局部退缩，南部扩展速度有所增加，金星门涨潮沟淤积萎缩。

断面 X1、X2 所在西滩北段，1999 年前-3m 等高线向东南推进速率分别为 13m/a、113m/a（断面位置见图 4.1-34），1999 年后推进速率分别降为 4m/a、63m/a 左右；断面 X3 和 X4 所在的西滩中段，1999 年前-3m 等高线向东扩伸的平均速率为 47.5m/a、23m/a；1999 年后推进速率分别为-5m/a 和 12m/a，X3 表现为向岸的蚀退，2011 年后推进速率有所增加；断面 X7 所在西滩南部，-5m 等高线推进速率呈现逐年增大的趋势，2011

年后向海推进速率达 350m/a，西滩向海的快速延伸造成金星门-5m 以深涨潮槽淤积萎缩。

②中滩总体上向东南方向淤长，1999 年后受采砂影响较大，中滩中上部形成一新的-7m 深槽，2011 年后采砂深坑范围向下游延伸，-7m 以浅滩面积较 1999 年面积减少约 49%。

1970-1985 年间，中滩-7m 等高线向东、向南大幅扩长，该时期中滩共增加了 68.10km<sup>2</sup>；1999 年后，中滩向东扩长速度出现明显放缓，而北段滩头在挖砂作用下被大面积挖深。至 2011 年中滩中上部出现一新的-7m 以深深槽（简称“中槽”），导致中滩拦江沙与矾石浅滩分离，至 2019 年东滩东西两侧 10m 以深的采砂深坑有贯通之势，同时深坑范围向内伶仃一侧扩展，-7m 以浅滩面积较 1999 年面积减少约 49%。

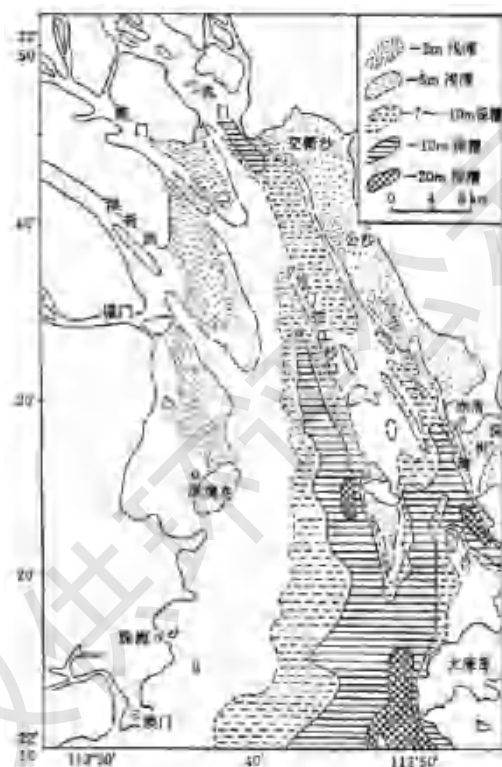
③东滩-3m、-5m 等高线基本保持稳定，近期滩面向海有所推进，但受伶仃洋东部围垦开发工程影响，东部岸线不断向海推进，东滩滩面不断减少。

④西槽位置基本稳定，槽宽向两侧扩展，-15m 等高线已全线贯通，形成顺畅的西航道，这与自 1984 年以来西航道的拓宽浚深有关。

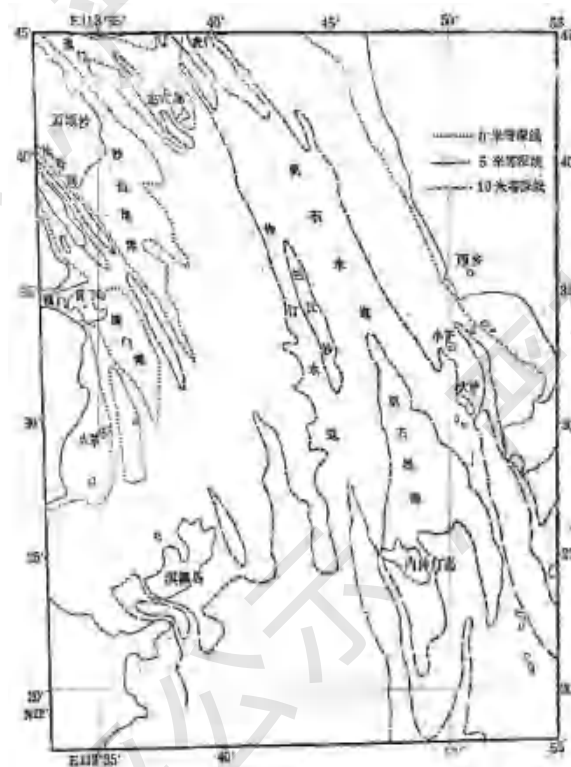
⑤东槽在 2011 年前平面上基本无大变化，其中下段靠近深圳西部港区赤湾及妈湾一带水深有所加大；近期-10m 深槽有与中滩采砂深坑连通的趋势。

表 4.1-30 伶仃洋西滩延伸距离统计表（单位：m）

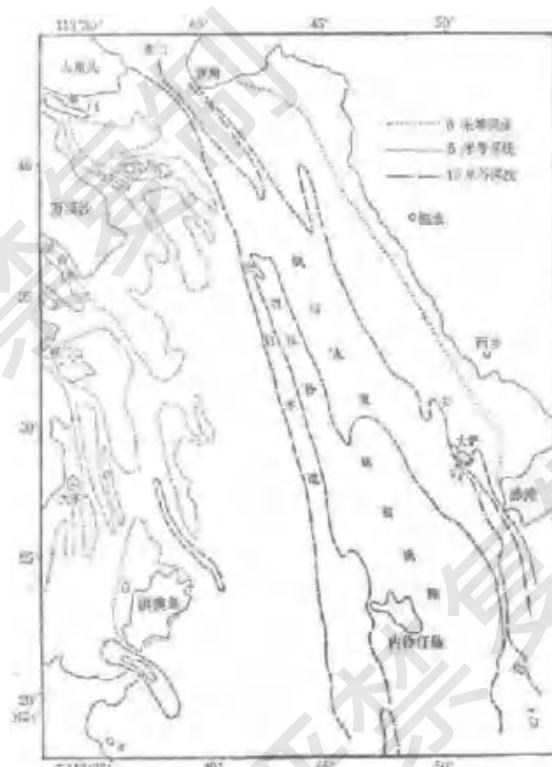
| 断面号 | 1970-1985 年 | 1985-1999 年 | 1999-2011 年 | 2011-2019 年 |
|-----|-------------|-------------|-------------|-------------|
| X1  | 33          | -8          | 17          | -9          |
| X2  | 141         | 84          | 83          | 43          |
| X3  | 69          | 26          | -54         | 44          |
| X4  | 80          | -34         | -11         | 35          |
| X5  | 13          | 0           | 32          | 21          |
| X6  | 395         | 283         | -87         | 69          |
| X7  | 0           | 11          | -12         | 350         |



(a)1889 年

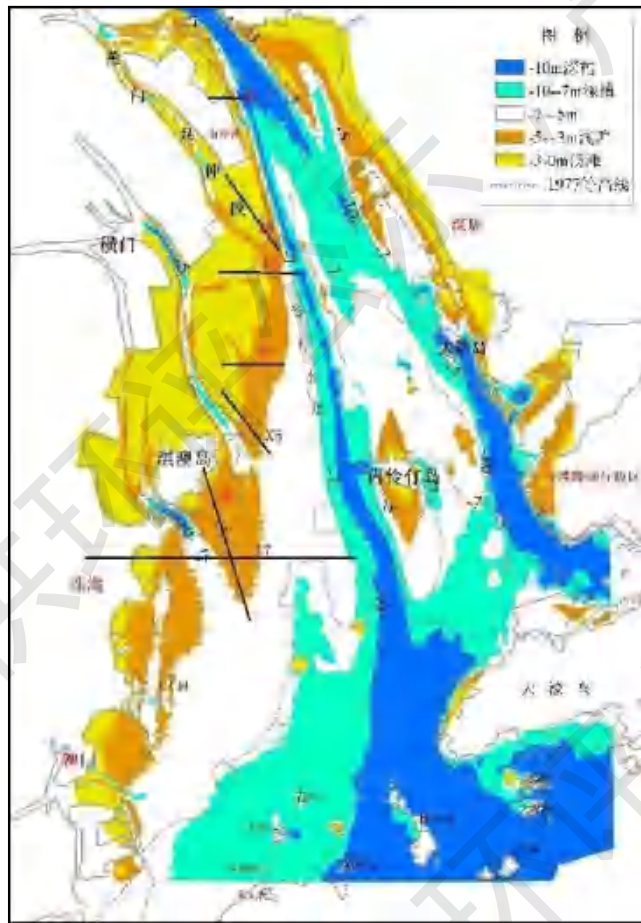


(b)1907 年

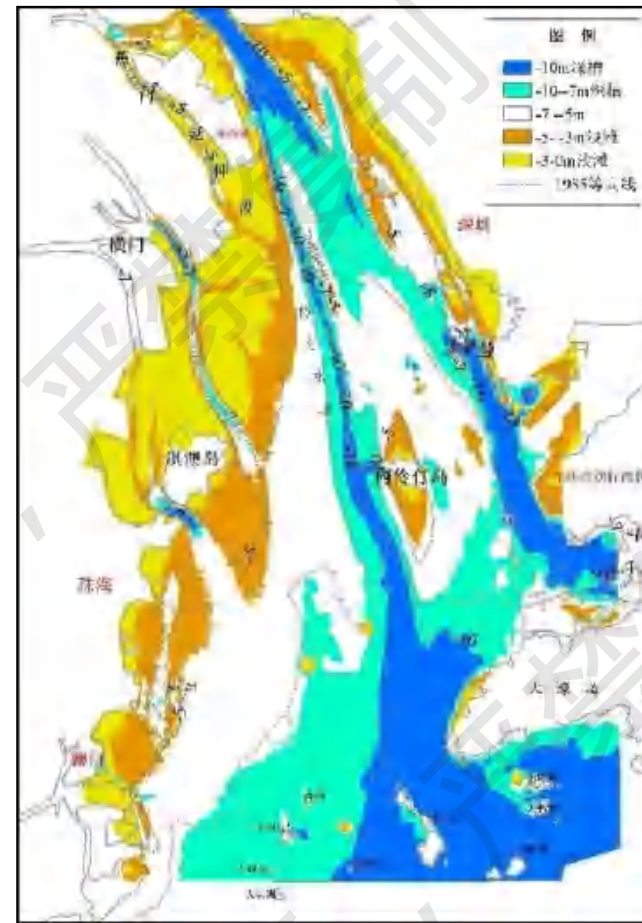


(c)1974 年

图 4.1-33 早期伶仃洋水下地形对比

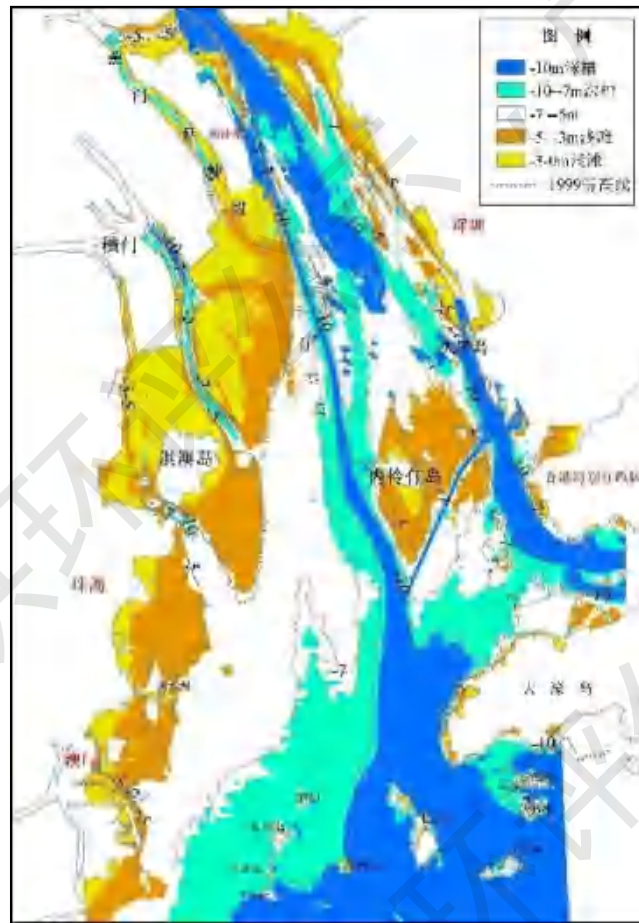


(a)1985 年

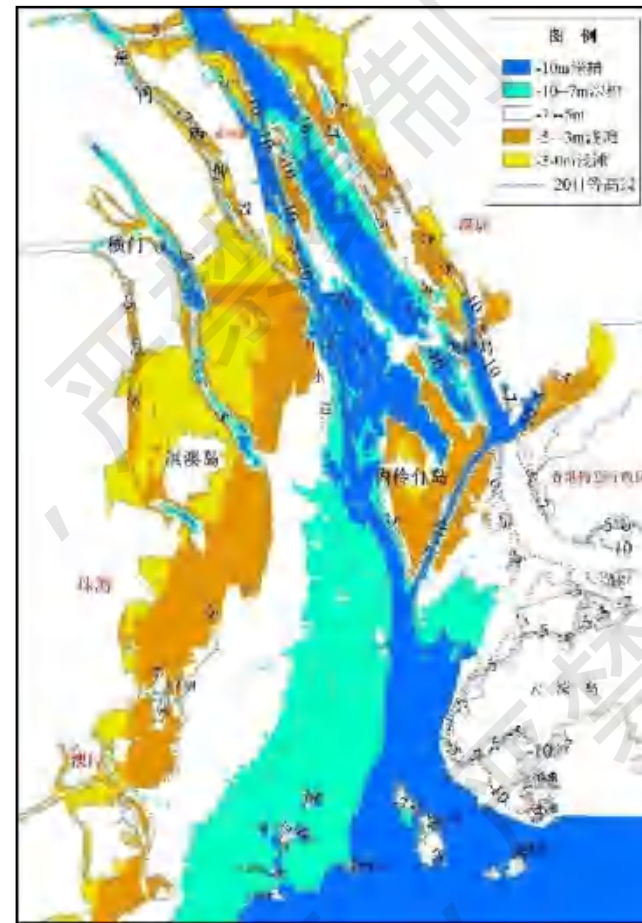


(b)1999 年

图 4.1-34 伶仃洋历年滩槽格局对比



(a)2011 年



(b)2019 年

图 4.1-35 伶仃洋历年滩槽格局对比

## 2、近期滩槽冲淤变化

①伶仃洋整体容积在 1985 前有所减小，之后采砂、航道疏浚导致容积不断增加，1999-2019 年间容积增加 11.4 亿  $\text{m}^3$ ，增加约 7.8%。

1999 年以来内外伶仃洋容积均有所增加，1999-2011 年间内、外伶仃洋容积分别增加 5.1 亿  $\text{m}^3$ 、-3.2 亿  $\text{m}^3$ ，增幅为 13%、-3%；2011-2019 年间内、外伶仃洋容积分别增加 6.1 亿  $\text{m}^3$ 、3.4 亿  $\text{m}^3$ ，增幅为 13%、3.3%。内伶仃洋容积增加幅度大于外伶仃洋，如下图。

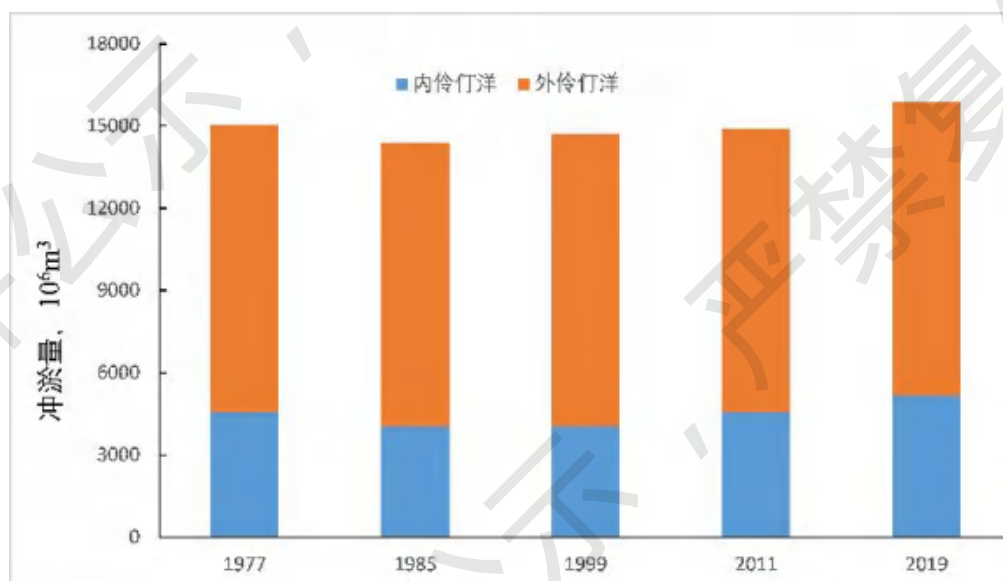


图 4.1-36 1977-2019 年内外伶仃洋冲淤量统计

②西滩在 1985 年前整体呈现淤积特征；1999 年后西滩北部和中部整体冲刷，主要表现为高滩冲刷低滩淤积，淇澳岛以南的西滩南部仍以淤积为主。

1999 年以来西滩北部和中部的孖沙尾间浅滩和万顷沙尾间、横门尾间整体呈现冲刷的态势，冲刷量分别为 75 万  $\text{m}^3$ 、1489 万  $\text{m}^3$ 、475 万  $\text{m}^3$ ，强度为 0.02m/a、0.003m/a、0.007m/a；从空间分布来看，冲刷区主要位于 -3m 以浅的高滩区，而 -3m 以深的低滩区以淤积为主，如图 4.1-37。西滩南部保持持续淤积的态势，1999 年后淇澳岛南和西滩南浅滩分别淤积 2331 万  $\text{m}^3$ 、4153 万  $\text{m}^3$ ，淤积强度分别为 0.02m/a、0.03m/a。平均而言，西滩总体淤积强度约 0.01m/a。

③中滩 1999 年前整体以淤积为主，之后受采砂影响出现大范围采砂深坑并向南扩展，河床呈不均匀下切。

1999 年前中滩整体以淤积为主，淤积强度 0.01m/a，1999 年后中滩采砂活动加剧，河床呈不均匀下切，1999-2011 和 2011-2019 年河床容积分别增加 2133 万  $\text{m}^3$ 、58902

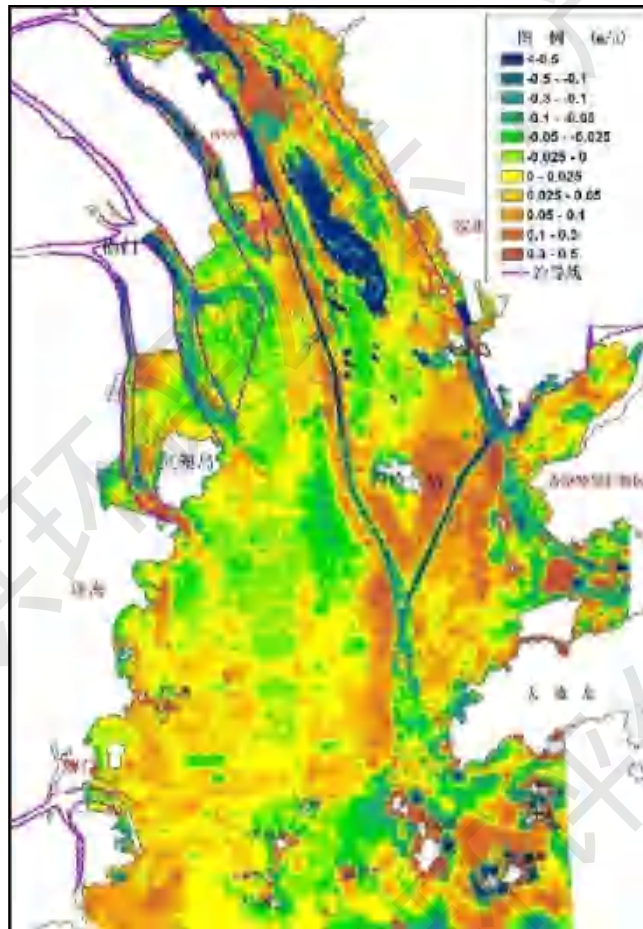
万  $\text{m}^3$ ，河床平均下切 0.2m、3.7m。

④东滩前期保持冲淤相对平衡状态，近期以轻微淤积为主。

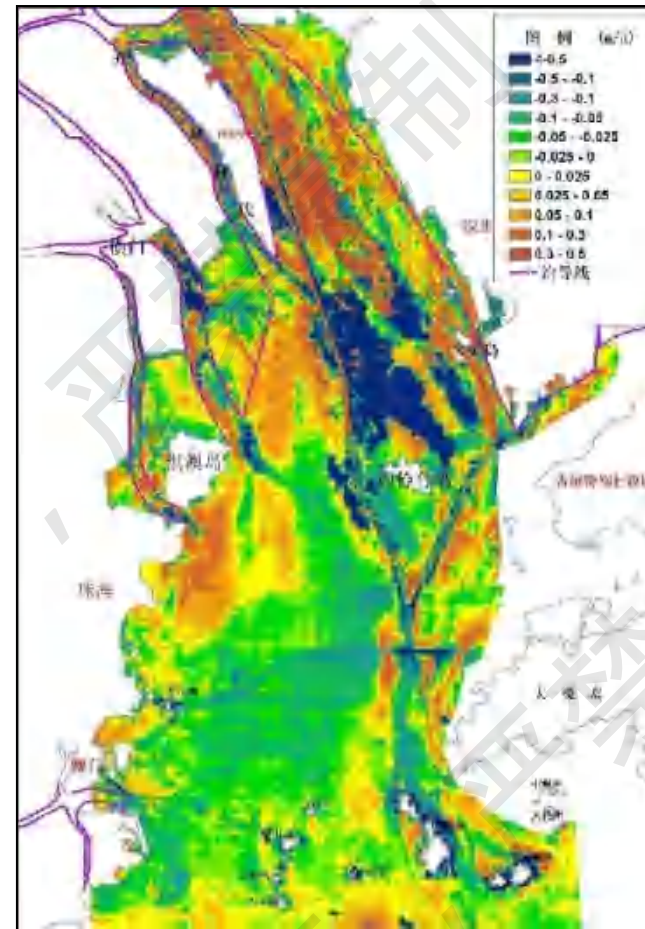
1977-1999 年间，东滩处于相对平衡状态，冲淤变化幅度在 $\pm 0.01\text{m/a}$  之间；1999 年后东滩呈轻微淤积状态，1999-2011 年平均淤积速率为  $0.01\text{m/a}$ ，2011 年后基本保持冲淤平衡。近期东滩淤积增加与西部口门整治后，鳧洲水道分沙比增加，更多水沙经鳧洲水道排入川鼻水道再流入伶仃洋东部水域沉积落淤有关。

⑤东、西槽均处于下切加深状态，近期有所淤积，可能与中滩采砂活动有关。

东、西槽在 1985 年前有冲有淤，之后由于航道开挖槽道下切加深明显。1985-1999 年西槽平均冲刷速率为  $0.15\text{m/a}$ ；1999-2011 年西槽进一步下切，年均加深速率在  $0.30\text{m/a}$  以上，2011-2019 年间西槽呈现中上段淤积下段冲刷的态势。东槽 1999 年前呈冲刷状态，冲刷速率  $0.03\sim 0.10\text{m/a}$  之间，1999 年后东槽局部因挖砂工程出现明显下切，下切深度为  $4.50\sim 7.50\text{m}$ ；2011 年后东槽下段呈淤积态势。2011 年后东西槽的淤积可能与中滩采砂活动有关，采砂主要取粗去细，河床细颗粒泥沙再悬浮后在潮流作用下向深槽淤积。



(a)1999-2011 年



(b)2011-2019 年

图 4.1-37 1999-2019 年滩槽冲淤速率空间分布

#### 4.1.4. 工程泥沙

##### 1、泥沙来源

珠江水系水量十分丰富。根据 1950-1980 年期间的水文资料统计，珠江八大口门出海年平均总径流量约为 3260 亿  $\text{m}^3$ ，入海年输沙总量 7098 万 t，其中，东四口门（虎门+蕉门+洪奇沥+横门）多年平均径流量约为 1742 亿  $\text{m}^3$ ，占总径流量的 53.4%，多年平均输沙量 3389 万 t，占总输沙量的 47.7%。

改革开放以来，随着国内经济建设的迅猛发展，工程用沙大量增加，在珠江河道内取沙大量出现，使得向河口（伶仃洋）输送的泥沙数量大为减小，近年来，河道内取沙已受到政策的限制。但由于上游植被保护的增强，以及水利工程的修建，使得进入伶仃洋的泥沙呈现减小趋势。根据珠江三角洲上游主要控制站（三水+马口+博罗站）1960-2018 年资料系列统计结果，年输沙量趋势线呈明显的下降，多年平均输沙量为 6761 万 t，1980 年以前年均输沙量为 8712 万 t，80 年代增至 9253 万 t，90 年代减至 7502 万 t，2000 年后再减至 3006 万 t，比多年平均输沙量减小 56%，其中，在 2010-2017 年间，年均来沙总量仅为 1964 万吨。

伶仃洋西滩水域广阔，西部众河口下泄泥沙汇集在滩面，各河口下泄径流和涨落潮流在此相交、顶托与混合，流场复杂，紊动剧烈，再加上波浪掀沙作用，使滩面含沙量剧增，成为伶仃航道淤积的泥沙来源之一。

伶仃洋外海为高盐度海域，水体含沙浓度甚小，桂山岛以外水深多在 16m 以上，风浪不能将海底的泥沙掀起。因此，外海泥沙对伶仃洋湾内基本上没有影响。而涨潮流带入的泥沙，主要是由落潮流从湾内输出后再反向输入和浅滩泥沙经波浪、潮流再次转运输入的影响。

由上述可见，伶仃洋泥沙来源主要是陆域来沙，其次是伶仃洋内广大浅滩泥沙在波浪、潮流共同作用下再搬运的影响，而海域来沙作用很小。

##### 2、泥沙特性

伶仃洋的悬移质含沙量具有深槽小、浅滩大，东部低、西部高、枯季清、汛期浑等主要分布特征，多年平均含沙量在  $0.1\sim 0.2\text{kg}/\text{m}^3$  之间变化。

根据 2016 年珠江委水文水资源勘测中心和长江委下游水文水资源勘测局的实测资料分析，伶仃洋海域水体悬移质的中值粒径一般为  $0.002\sim 0.017\text{mm}$ ，其中大潮粗些，中、小潮细些，但差别不大；床沙的中值粒径变化范围在  $0.002\sim 0.64\text{mm}$  之间，具有

中滩粗、边滩细，湾顶附近较粗、湾口一带较细的分布特点。其中，航槽和下游深水区的床沙中值粒径一般为 0.005~0.01mm，西滩和东滩的底质中径大部分也在 0.01mm 以下，但在蕉门口、横门口以及交椅沙、公沙、拦江沙等处河床质明显粗化，中值粒径可达 0.1~0.5mm。

珠江水利科学研究院分别于 2022 年 9 月和 2023 年 2 月对本工程海域开展了定点水文垂线的含沙量观测和底质调查。通过对本期测验各测站的潮段及垂线含沙量进行平均，从下表可看出，平均含沙量介于 0.011~0.250kg/m<sup>3</sup> 之间，大部分垂线的平均含沙量在 0.1kg/m<sup>3</sup> 上下浮动，这与以往伶仃洋水域含沙量水平基本一致，总体上河口区含沙量大于外海区，洪季平均含沙量最大值出现在西滩站，为 0.171kg/m<sup>3</sup>，大潮平均含沙量大于小潮。分析表明，各测站测验期间悬沙中值粒径介于 0.005~0.056mm 之间，平均中值粒径最大值出现在虎门 1#测站，最小值为 0.005mm，在伶仃 3 站。

根据本次现场底质取样分析，两次样品中值粒径基本一致，中值粒径变化幅度为 0.006mm~0.631mm，在伶仃深槽附近海域，表层沉积物以粘土质粉沙和砂-粉砂-粘土为主，广泛分布于伶仃航道及外海区域，另外，在内伶仃岛南北侧零星分布一些细、粗沙以及砾石等较粗物质。经沿程中值泥沙粒径统计，内伶仃岛以北平均值为 0.025mm，内伶仃岛与大濠岛之间平均值为 0.050mm，大濠岛以外平均值为 0.022mm。

表 4.1-33 观测潮段及垂线平均含沙量统计表（单位：kg/m<sup>3</sup>）

| 站点     | 洪季大潮  | 洪季小潮  | 枯季大潮  | 枯季小潮  |
|--------|-------|-------|-------|-------|
| 虎门 1   | 0.129 | 0.084 | 0.175 | 0.047 |
| 虎门 2   | 0.110 | 0.064 | 0.250 | 0.037 |
| 蕉门 1   | 0.108 | 0.072 | 0.135 | 0.089 |
| 蕉门 2   | 0.228 | 0.049 | 0.139 | 0.090 |
| 洪奇门    | 0.035 | 0.013 | 0.135 | 0.087 |
| 横门     | 0.062 | 0.061 | 0.102 | 0.056 |
| 伶仃 1   | 0.081 | 0.073 | 0.098 | 0.017 |
| 矾石站    | 0.095 | 0.093 | 0.080 | 0.012 |
| 西滩站    | 0.171 | 0.156 | 0.070 | 0.011 |
| 伶仃 2 站 | 0.039 | 0.078 | 0.029 | 0.017 |
| 铜鼓航道站  | 0.047 | 0.046 | 0.026 | 0.018 |

| 站点     | 洪季大潮  | 洪季小潮  | 枯季大潮  | 枯季小潮  |
|--------|-------|-------|-------|-------|
| 抛泥地站   | 0.151 | 0.080 | 0.096 | 0.016 |
| 伶仃 3 站 | 0.078 | 0.081 | 0.064 | 0.021 |
| 大濠岛站   | 0.073 | 0.046 | 0.088 | 0.014 |
| 珠海站    | 0.144 | 0.108 | 0.175 | 0.028 |
| 外海 1 站 | 0.108 | 0.032 | 0.020 | 0.022 |
| 外海 2 站 | 0.041 | 0.073 | 0.027 | 0.039 |

#### 4.1.5. 工程地质

根据《广州港 20 万吨级航道工程地球物理勘察技术报告（工程可行性研究阶段）》（中交第四航务工程勘察设计院有限公司，2022 年 4 月），勘区揭示的岩土层可根据其岩性及物理力学性质划分为 6 个大层为 14 个亚层，该区的地层岩性如下：

①淤泥：灰色，饱和，很软，稍具臭味。

该层在钻孔 WK01~WK04, WK06, WK10, WK12, WK14, WK16, WK17, WK19, WK20, WK22, WK23, WK25~WK54, WK57, WK58 均有揭示，分布连续，厚度变化大。

部分钻孔未穿透该层。平均层顶标高-12.43 米（-6.28~-16.53 米），平均层底标高-15.54 米（-9.48~-21.23 米），平均揭示层厚 4.18 米（0.40~11.10 米）。

①1 中粗砂：灰色，饱和，松散，局部混少量贝壳碎，级配良好；部分钻孔揭示含较多粘性土，砂混粘性土状。

该层仅在钻孔 WK18, WK24, WK27, WK56, WK57 有揭示，呈透镜体状分布。平均层顶标高-13.94 米（-11.37~-16.80 米），平均层底标高-15.78 米（-12.27~-18.50 米），平均层厚 1.84 米（0.50~3.20 米）。

①2 淤泥混砂：灰色，饱和，很软，混较多粉细砂及贝壳碎，级配不良。

该层在钻孔 WK18, WK19, WK24, WK28, WK33, WK51, WK55, WK59, WK60 有揭示，平均层顶标高-15.29 米（-11.99~-19.54 米），平均层底标高-16.51 米（-12.89~-18.16 米），平均层厚 2.75 米（0.90~5.80 米）。

②粘土~粉质粘土：灰色，灰黄色，黄褐色，饱和，中等，切面较光滑，粘性较好，局部含少量粉细砂及泥质胶结、铁质胶结，手捏易碎，属于弱胶结。

该层在钻孔 WK02, WK05, WK09, WK10, WK11, WK15 揭示，局部分布。平

均层顶标高-10.73 米（-9.48~-11.66 米），平均层底标高-14.93 米（-13.42~-16.70 米），平均层厚 4.2 米（3.00~5.60 米）。

②1 粉细砂：灰色，灰黄色，饱和，松散，级配不良。

该层仅在钻孔 WK05，WK08，WK22，WK33 中有揭示，呈透镜体分布。平均层顶标高-13.47 米（-9.01~-19.59 米），平均层底标高-14.74 米（-9.41~-20.39 米），平均层厚 1.28 米（0.40~3.10 米）。

②2 中粗砂：灰黄色，灰色，饱和，松散，级配良好。

该层仅在 WK14，WK16 钻孔中有揭示，呈透镜体分布。平均层顶标高-12.13 米（-11.46~-12.80 米），平均层底标高-14.23 米（-12.96~-15.50 米），平均层厚 2.10 米（1.50~2.70 米）。

③淤泥质土：灰色，饱和，软，土质较均匀，局部混少量细砂。

该层在钻孔 WK01，WK03，WK04~WK07，WK14，WK21，WK23，WK24，WK28，WK31，WK36 有揭示，局部分布。平均层顶标高-13.69 米（-10.24~-18.16 米），平均层底标高-16.50 米（-12.74~-20.26 米），平均层厚 4.10 米（1.80~6.40 米）。

④粘土~粉质粘土：灰色，黄褐色，灰白色等，饱和，中等-硬，切面较光滑，粘性一般，局部混少量粉细砂，根据前期勘察资料显示，在内伶仃岛以北（即 TK60 以北）的局部钻孔中夹有粒径 1cm-2cm 的铁质胶结，手捏易碎，属于弱胶结，偶见厚度 1cm 左右的圆饼状中等胶结，锤击易碎。

该层在钻孔 WK01~WK08，WK13，WK15，WK16，WK21，WK22，WK26，WK27，WK29，WK30，WK35，WK36，WK39，WK42 有揭示，局部分布。大部分钻孔中该层均未揭穿，平均层顶标高-16.29 米（-9.41~-21.23 米），平均层底标高-17.99 米（-15.64~-20.90），平均揭示层厚 3.71 米（1.50~6.40 米）。

④1 砂混粘性土：灰色，饱和，松散，级配不良，细砂为主，混少量粘性土颗粒。

该层仅在钻孔 WK18，WK20 有揭示，分布不连续。钻孔均未揭穿此层，平均层顶标高-16.90 米。

④2 粉细砂：灰色，灰黄色，饱和，中密，局部稍密，级配不良。

该层仅在钻孔 WK01，WK09，WK10，WK11，WK13，WK15 有揭示，局部分布，平均层顶标高-15.25 米（-13.47~-16.70 米），平均揭示层底标高-17.31 米（-15.17~-18.90），平均揭示层厚 2.24 米（1.50~2.90 米）。

④3 中粗砂：灰色，灰黄色，饱和，中密，局部稍密，级配良好。

该层在钻孔 WK02，WK08，WK09，WK11，WK14，WK15，WK16，WK21，WK26 有揭示，分布不连续。大部分钻孔均未揭穿此层，平均层顶标高-18.18 米（-13.42～-20.90 米）。

④4 中粗砂：灰黄色，饱和，松散，级配良好。

该层仅在前期钻孔 TK28 有揭示。层顶标高-20.52 米，层底标高-21.32 米，层厚 0.80 米。

⑥2 强风化花岗岩：灰黑色，灰白色，软岩，粗粒结构，块状构造，主要矿物成分为石英，长石，黑云母等，岩芯呈砾质粘土状，手捏易散，遇水软化崩解。

该层仅在马友石附近的前期钻孔中有揭示。部分钻孔中未揭穿，揭示平均层顶标高-19.89 米（-18.61～-21.36 米），平均揭示层厚 0.70 米（0.10～1.40 米）。

⑥3 中风化-微风化花岗岩：灰黑色，灰白色，较硬岩-坚硬岩，粗粒结构，块状构造，主要矿物成分为石英，长石，黑云母等，裂隙较发育，裂隙面见铁锰质渲染，岩芯呈碎块状、柱状，锤击声脆，锤击不易断。

本次勘察该层仅在马友石附近的 WK56 钻孔中有揭示。该层在未揭穿，揭示平均层顶标高-17.57 米，平均层顶深度为 3.2 米。

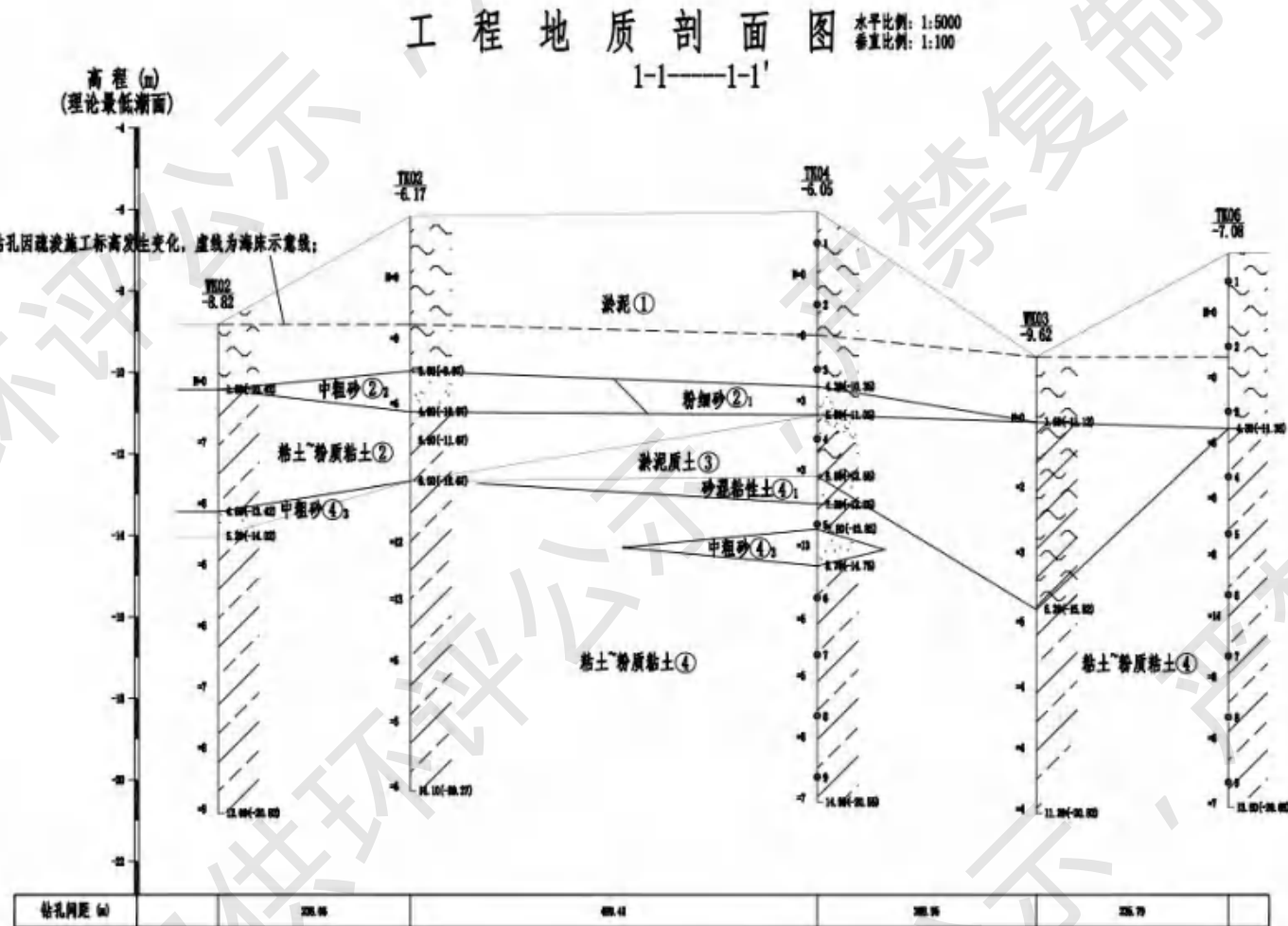


图 4.1-38 伶仃航道典型剖面图-1

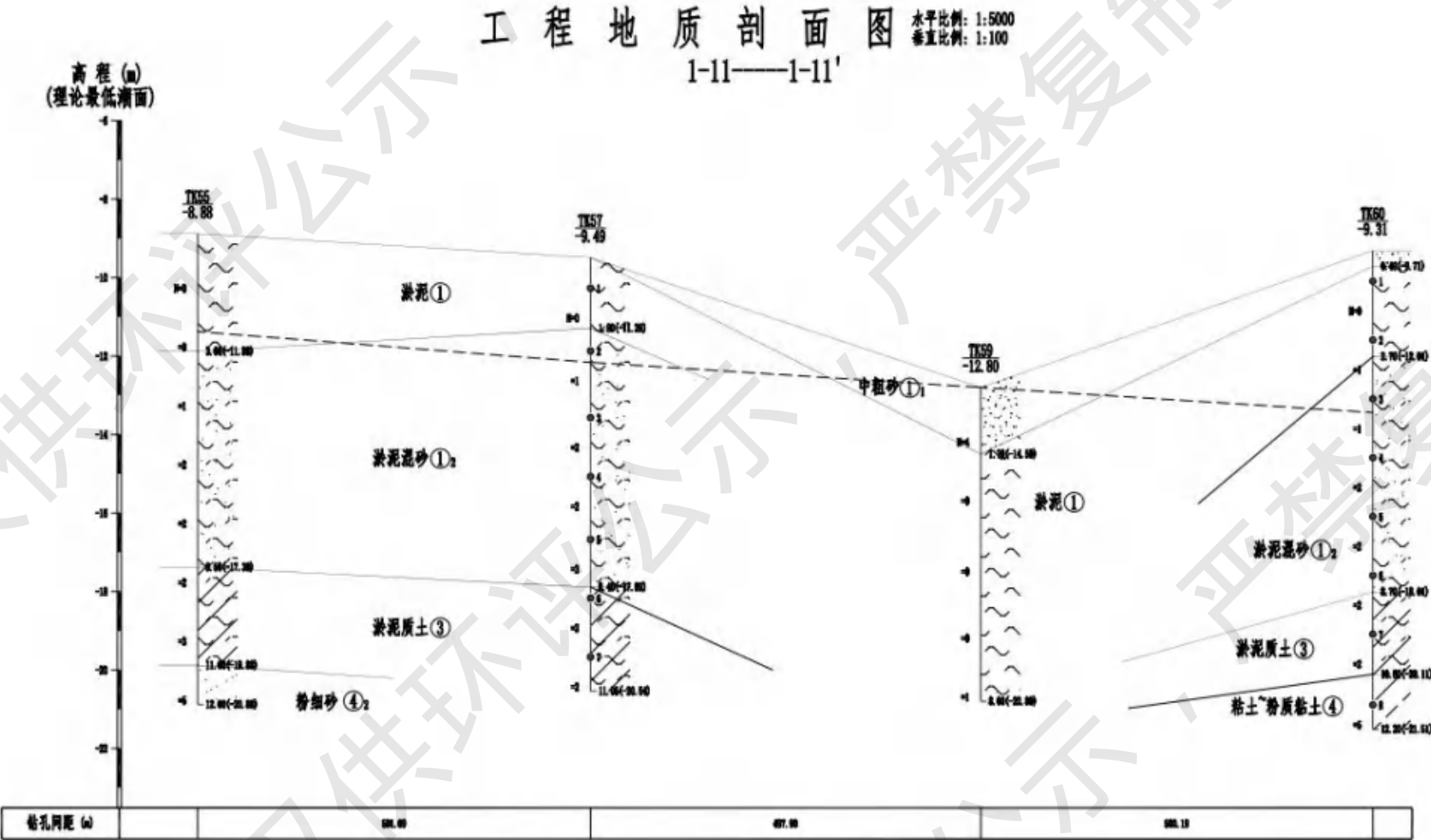


图 4.1-39 伶仃航道典型剖面图-2

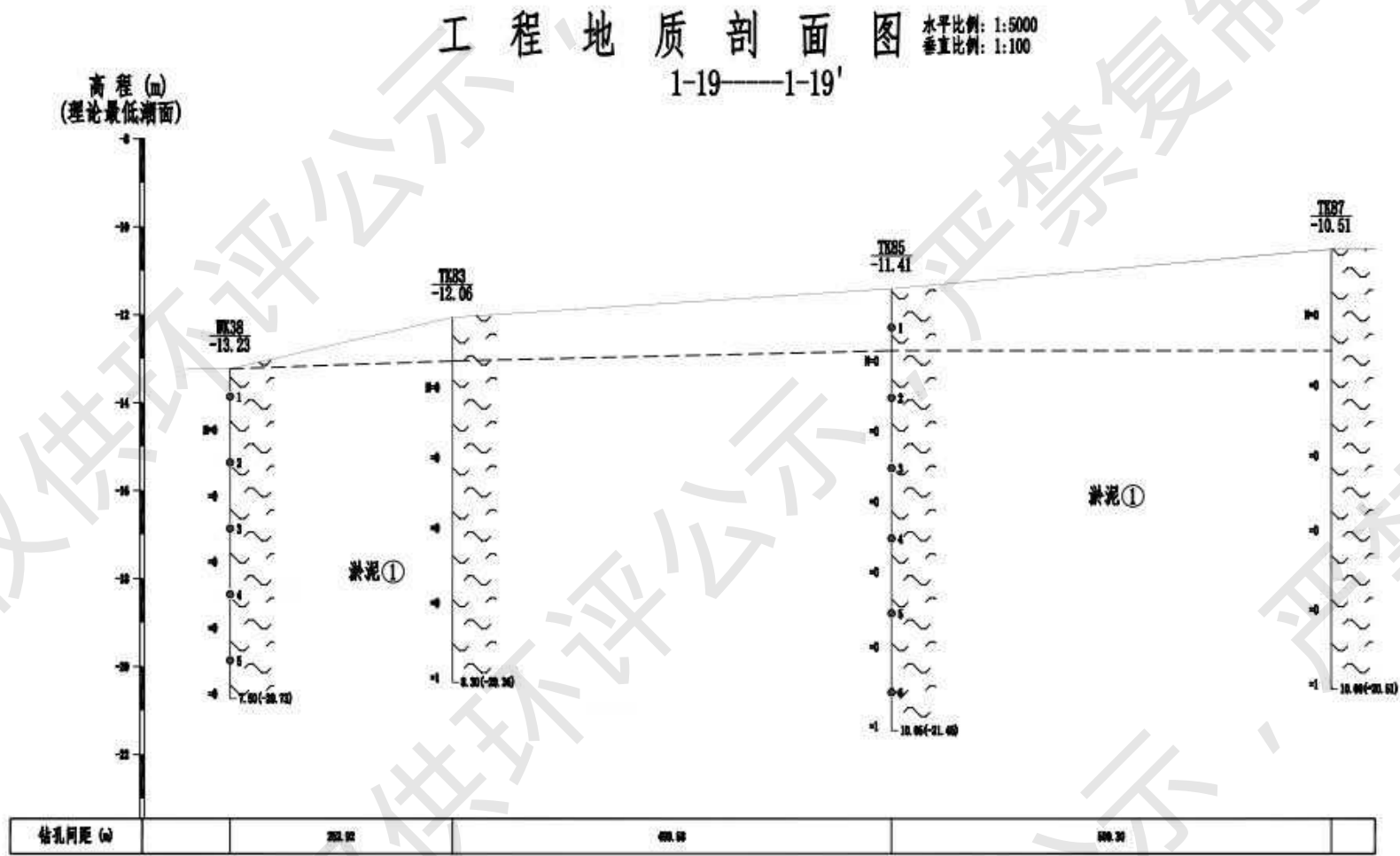


图 4.1-40 伶仃航道典型剖面图-3

## 4.2. 水环境质量现状调查与评价

### 4.2.1. 2022 年春季海水水环境质量现状调查与评价

#### 4.2.1.1. 水环境质量现状调查

国家海洋局深圳海洋环境监测中心站于 2022 年 3 月 24 日~4 月 7 日在南沙港附近海域开展海洋环境调查。

##### (1) 调查站位

水质调查站 20 个、沉积物调查站 12 个、海洋生物生态和生物体质量调查站各 12 个。潮间带生物断面 3 个，站名为 W5~W7。站位坐标与调查内容见表 4.2-1，站位分布见图 4.2-1。

表 4.2-1 调查站位及调查内容

| 站号  | 地理坐标        |            | 监测项目 |     |      |       |
|-----|-------------|------------|------|-----|------|-------|
|     | 经度 (E)      | 纬度 (N)     | 水质   | 沉积物 | 海洋生态 | 潮间带生物 |
| Z8  | 113°34.002' | 22°44.010' | √    | √   |      |       |
| Z9  | 113°37.314' | 22°45.114' | √    | √   |      |       |
| Z11 | 113°37.338' | 22°40.584' | √    |     | √    |       |
| Z13 | 113°40.758' | 22°40.320' | √    | √   | √    |       |
| Z14 | 113°41.814' | 22°36.984' | √    | √   |      |       |
| Z16 | 113°35.988' | 22°35.538' | √    | √   | √    |       |
| Z17 | 113°41.286' | 22°34.134' | √    |     | √    |       |
| Z20 | 113°38.622' | 22°31.050' | √    |     | √    |       |
| Z24 | 113°42.822' | 22°28.770' | √    |     | √    |       |
| Z26 | 113°49.464' | 22°32.802' | √    |     | √    |       |
| Z27 | 113°43.974' | 22°32.760' | √    | √   |      |       |
| Z28 | 113°47.208' | 22°33.516' | √    |     |      |       |
| Z30 | 113°47.958' | 22°35.772' | √    |     |      |       |
| Z31 | 113°45.216' | 22°36.966' | √    | √   | √    |       |
| Z34 | 113°45.300' | 22°40.248' | √    | √   | √    |       |
| Z37 | 113°43.440' | 22°44.190' | √    | √   |      |       |
| Z38 | 113°41.268' | 22°43.794' | √    | √   | √    |       |
| Z39 | 113°40.416' | 22°25.770' | √    | √   | √    |       |

| 站号  | 地理坐标        |            | 监测项目 |     |      |       |
|-----|-------------|------------|------|-----|------|-------|
|     | 经度 (E)      | 纬度 (N)     | 水质   | 沉积物 | 海洋生态 | 潮间带生物 |
| Z40 | 113°45.594' | 22°27.156' | √    |     |      |       |
| Z41 | 113°49.374' | 22°30.528' | √    | √   | √    |       |
| W5  | 113°38.798' | 22°42.597' |      |     |      | √     |
| W6  | 113°41.790' | 22°35.388' |      |     |      | √     |
| W7  | 113°35.508' | 22°36.894' |      |     |      | √     |

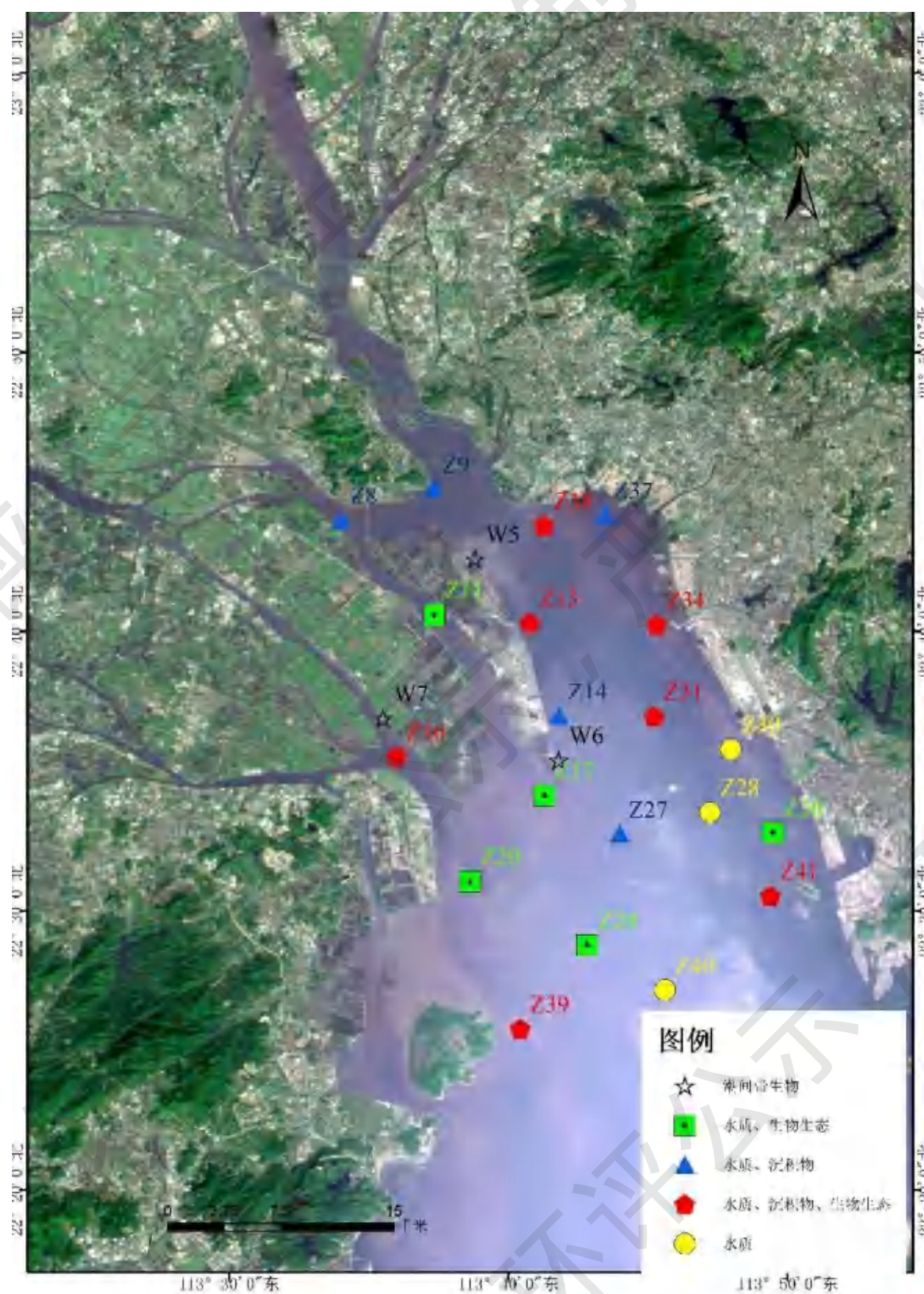


图 4.2-1 调查站位布设示意图

## (2) 调查项目

水温、盐度、pH、溶解氧、化学需氧量、无机磷、活性硅酸盐、亚硝酸盐、硝酸盐、氨、总氮、总磷、悬浮物、浑浊度、油类、铜、铅、锌、镉、汞、砷、总铬、硫化物

## (3) 调查方法

监测分析方法按《海洋监测规范》（GB 17378-2007）和《海洋调查规范》（GB/T 12763-2007）规定的方法进行。

## (4) 调查结果

调查结果见表 4.2-2。

表 4.2-2 2022 年 3 月水环境质量调查结果表

| 站位  | 水深<br>(m) | 层次<br>(m) | 水温<br>(°C) | pH   | 盐度      | 浊度<br>(°) | 溶解氧   | COD  | 悬浮物  | 油类<br>(mg/L) | 硝酸盐   | 亚硝酸盐  | 氨      |
|-----|-----------|-----------|------------|------|---------|-----------|-------|------|------|--------------|-------|-------|--------|
| Z8  | 9.6       | 0.5       | 21.6       | 8.06 | 0.1731  | 20.0      | 9.23  | 1.52 | 18.1 | 0.021        | 1.07  | 0.180 | 0.152  |
| Z9  | 4.2       | 0.5       | 21.8       | 7.83 | 2.6232  | 23.1      | 7.18  | 1.56 | 27.8 | 0.027        | 1.26  | 0.431 | 0.150  |
| Z11 | 9.0       | 0.5       | 20.9       | 8.03 | 0.1675  | 23.3      | 7.57  | 1.44 | 23.2 | 0.029        | 1.08  | 0.176 | 0.166  |
| Z13 | 4.7       | 0.5       | 21.4       | 7.83 | 5.3703  | 20.1      | 7.03  | 1.62 | 21.6 | 0.031        | 0.938 | 0.371 | 0.0539 |
| Z14 | 11.0      | 0.5       | 22.0       | 7.91 | 5.7436  | 13.7      | 7.70  | 1.79 | 11.5 | 0.030        | 0.636 | 0.276 | 0.100  |
| Z14 | 11.0      | 9.0       | 21.8       | 7.93 | 8.0092  | 14.4      | 7.34  | 1.68 | 13.3 | —            | 1.79  | 0.218 | 0.278  |
| Z16 | 8.0       | 0.5       | 20.2       | 8.14 | 0.2991  | 18.5      | 9.24  | 1.22 | 13.3 | 0.023        | 1.11  | 0.140 | 0.080  |
| Z17 | 2.8       | 0.5       | 22.2       | 8.12 | 3.2169  | 41.7      | 8.48  | 1.64 | 24.0 | 0.021        | 0.971 | 0.173 | 0.170  |
| Z20 | 2.1       | 0.5       | 20.1       | 8.12 | 3.2133  | 38.2      | 10.42 | 1.60 | 14.4 | 0.026        | 1.04  | 0.137 | 0.136  |
| Z24 | 5.0       | 0.5       | 21.2       | 8.07 | 5.5245  | 18.8      | 8.39  | 1.29 | 13.2 | 0.031        | 0.873 | 0.147 | 0.218  |
| Z26 | 7.6       | 0.5       | 23.8       | 7.96 | 14.9416 | 26.0      | 6.34  | 1.56 | 7.6  | 0.022        | 1.16  | 0.173 | 0.242  |
| Z27 | 9.5       | 0.5       | 22.0       | 7.89 | 8.4970  | 10.7      | 7.66  | 1.79 | 9.9  | 0.030        | 0.925 | 0.281 | 0.134  |
| Z28 | 14.6      | 0.5       | 23.0       | 7.94 | 13.5720 | 16.1      | 6.53  | 1.53 | 10.6 | 0.028        | 0.827 | 0.480 | 0.0661 |
| Z28 | 14.6      | 12.6      | 23.2       | 7.96 | 20.2131 | 27.8      | 5.68  | 0.94 | 11.9 | —            | 1.20  | 0.107 | 0.412  |
| Z30 | 7.7       | 0.5       | 22.7       | 7.92 | 14.9075 | 40.8      | 6.11  | 1.39 | 11.9 | 0.026        | 1.31  | 0.339 | 0.266  |
| Z31 | 11.2      | 0.5       | 21.4       | 7.91 | 7.7935  | 14.8      | 7.40  | 1.84 | 11.4 | 0.020        | 0.603 | 0.317 | 0.0111 |
| Z31 | 11.2      | 9.2       | 21.2       | 7.97 | 17.0218 | 12.1      | 6.40  | 1.00 | 13.5 | —            | 1.45  | 0.140 | 0.376  |
| Z34 | 6.8       | 0.5       | 22.2       | 7.90 | 10.7504 | 40.4      | 6.25  | 1.66 | 15.4 | 0.027        | 1.68  | 0.338 | 0.349  |
| Z37 | 2.6       | 0.5       | 21.9       | 7.81 | 7.7162  | 26.2      | 5.94  | 1.96 | 15.5 | 0.018        | 1.27  | 1.000 | 0.0603 |

| 站位  | 水深<br>(m) | 层次<br>(m) | 水温<br>(°C) | pH   | 盐度      | 浊度<br>(°) | 溶解氧  | COD  | 悬浮物  | 油类    | 硝酸盐   | 亚硝酸盐   | 氨      |
|-----|-----------|-----------|------------|------|---------|-----------|------|------|------|-------|-------|--------|--------|
| Z38 | 3.6       | 0.5       | 21.7       | 7.81 | 5.2304  | 31.4      | 5.80 | 2.08 | 25.5 | 0.020 | 1.29  | 0.697  | 0.128  |
| Z39 | 9.5       | 0.5       | 24.0       | 8.15 | 11.8980 | 14.3      | 8.47 | 2.05 | 21.7 | 0.024 | 1.38  | 0.0504 | 0.161  |
| Z40 | 15.0      | 0.5       | 23.0       | 7.99 | 10.9310 | 26.3      | 7.67 | 1.70 | 14.9 | 0.031 | 1.48  | 0.0806 | 0.0385 |
| Z40 | 15.0      | 13.0      | 21.0       | 8.09 | 23.0842 | 26.1      | 6.94 | 1.04 | 19.9 | —     | 0.823 | 0.0343 | 0.0613 |
| Z41 | 8.0       | 0.5       | 22.8       | 8.03 | 13.5146 | 31.1      | 7.80 | 1.68 | 14.2 | 0.020 | 1.50  | 0.0654 | 0.0440 |

表 4.2-2 2022 年 3 月水环境质量调查结果表（续）

| 站位  | 水深<br>(m) | 层次<br>(m) | 无机磷     | 活性硅酸<br>盐 | 总氮   | 总磷     | 汞      | 砷   | 锌    | 镉     | 铅    | 铜    | 铬   | 叶绿<br>素 | 硫化物   |
|-----|-----------|-----------|---------|-----------|------|--------|--------|-----|------|-------|------|------|-----|---------|-------|
|     |           |           | (mg/L)  |           |      |        | (μg/L) |     |      |       |      |      |     | (μg/L)  |       |
| Z8  | 9.6       | 0.5       | 0.0287  | 3.12      | 1.90 | 0.0441 | 0.059  | 1.5 | 4.64 | 未检出   | 5.48 | 8.62 | 未检出 | —       | 0.983 |
| Z9  | 4.2       | 0.5       | 0.0244  | 2.87      | 2.28 | 0.0641 | 0.172  | 1.7 | 7.69 | 0.118 | 5.8  | 8.31 | 0.6 | —       | 0.662 |
| Z11 | 9.0       | 0.5       | 0.0381  | 3.02      | 1.66 | 0.0397 | 0.085  | 1.4 | 6.12 | 未检出   | 5.44 | 8.58 | 未检出 | 11.7    | 0.833 |
| Z13 | 4.7       | 0.5       | 0.0319  | 2.28      | 3.42 | 0.0868 | 0.525  | 1.7 | 8.20 | 未检出   | 5.31 | 7.8  | 0.4 | 3.8     | 1.906 |
| Z14 | 11.0      | 0.5       | 0.0241  | 2.17      | 4.92 | 0.0425 | 0.267  | 1.6 | 5.67 | 0.062 | 4.96 | 6.36 | 0.8 | —       | 1.344 |
| Z14 | 11.0      | 9.0       | 0.0117  | 2.39      | 3.62 | 0.0445 | 0.225  | 1.6 | 27.6 | 未检出   | 5.45 | 7.44 | 1.0 | —       | 0.602 |
| Z16 | 8.0       | 0.5       | 0.00523 | 2.72      | 2.37 | 0.033  | 0.043  | 1.1 | 8.36 | 未检出   | 5.63 | 8.36 | 0.4 | 17.5    | 0.722 |
| Z17 | 2.8       | 0.5       | 0.0295  | 2.37      | 1.61 | 0.0409 | 0.161  | 1.4 | 5.29 | 未检出   | 5.32 | 7.32 | 未检出 | 15.4    | 0.502 |
| Z20 | 2.1       | 0.5       | 0.0255  | 2.25      | 2.35 | 0.0359 | 0.070  | 1.2 | 5.03 | 未检出   | 5.58 | 7.27 | 0.8 | 9.3     | 1.043 |
| Z24 | 5.0       | 0.5       | 0.0268  | 2.14      | 4.52 | 0.0336 | 0.392  | 1.2 | 4.58 | 未检出   | 5.45 | 6.77 | 0.9 | 7.8     | 1.023 |
| Z26 | 7.6       | 0.5       | 0.0148  | 1.54      | 1.95 | 0.0481 | 0.082  | 1.6 | 5.88 | 未检出   | 5.92 | 3.49 | 0.4 | 1.2     | 1.505 |

| 站位  | 水深   | 层次   | 无机磷     | 活性硅酸盐 | 总氮   | 总磷     | 汞      | 砷   | 锌    | 镉     | 铅    | 铜    | 铬   | 叶绿素    | 硫化物   |
|-----|------|------|---------|-------|------|--------|--------|-----|------|-------|------|------|-----|--------|-------|
|     | (m)  | (m)  | (mg/L)  |       |      |        | (μg/L) |     |      |       |      |      |     | (μg/L) |       |
| Z27 | 9.5  | 0.5  | 0.0416  | 2.08  | 4.03 | 0.0458 | 0.145  | 1.6 | 5.91 | 未检出   | 5.48 | 6.88 | 0.9 | —      | 0.863 |
| Z28 | 14.6 | 0.5  | 0.0154  | 1.64  | 1.99 | 0.0441 | 0.224  | 1.6 | 6.74 | 未检出   | 5.57 | 5.56 | 1.0 | —      | 0.441 |
| Z28 | 14.6 | 12.6 | 0.00882 | 1.19  | 1.90 | 0.0422 | 0.248  | 1.6 | 6.44 | 未检出   | 6.10 | 5.50 | 0.4 | —      | 1.003 |
| Z30 | 7.7  | 0.5  | 0.0106  | 1.52  | 2.08 | 0.0468 | 0.078  | 1.6 | 6.11 | 0.044 | 4.94 | 6.28 | 0.6 | —      | 1.003 |
| Z31 | 11.2 | 0.5  | 0.0398  | 2.28  | 3.57 | 0.0628 | 0.483  | 1.7 | 9.62 | 0.063 | 5.36 | 8.00 | 0.5 | 3.4    | 0.401 |
| Z31 | 11.2 | 9.2  | 0.016   | 1.45  | 4.92 | 0.0635 | 0.212  | 1.5 | 6.74 | 0.064 | 5.28 | 3.86 | 0.6 | 1.4    | 1.485 |
| Z34 | 6.8  | 0.5  | 0.0163  | 1.83  | 2.47 | 0.0543 | 0.118  | 1.6 | 15.7 | 未检出   | 5.60 | 10.6 | 0.8 | 1.6    | 未检出   |
| Z37 | 2.6  | 0.5  | 0.0151  | 2.24  | 2.46 | 0.0592 | 0.248  | 1.8 | 10.3 | 未检出   | 5.58 | 7.88 | 0.8 | —      | 1.224 |
| Z38 | 3.6  | 0.5  | 0.0148  | 2.57  | 2.70 | 0.0742 | 0.159  | 1.8 | 10.3 | 未检出   | 6.29 | 8.02 | 0.7 | 4.6    | 1.424 |
| Z39 | 9.5  | 0.5  | 0.0131  | 1.89  | 1.64 | 0.0482 | 0.120  | 1.5 | 8.61 | 未检出   | 5.13 | 7.92 | 0.4 | 13.9   | ND    |
| Z40 | 15.0 | 0.5  | 0.0158  | 1.95  | 1.67 | 0.0505 | 0.282  | 1.7 | 8.56 | 未检出   | 5.54 | 8.57 | 0.4 | —      | 0.843 |
| Z40 | 15.0 | 13.0 | 0.012   | 1.17  | 1.04 | 0.0332 | 0.268  | 1.1 | 40.7 | 未检出   | 6.49 | 8.47 | 0.5 | —      | 未检出   |
| Z41 | 8.0  | 0.5  | 0.0196  | 1.66  | 1.79 | 0.0304 | 0.158  | 1.6 | 10.9 | 未检出   | 6.34 | 7.20 | 0.4 | 4.8    | 1.174 |

#### 4.2.1.2. 水环境质量评价结果

##### (1) 评价因子

选择 pH 值、溶解氧（DO）、化学需氧量（CODMn）、无机氮（硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、氨氮）、活性磷酸盐、石油类、重金属（Hg、Cu、Pb、Zn、Cd）作为评价因子。

##### (2) 评价方法

水质采用单因子指数法进行质量评价，标准指数的计算公式如下：

$$S_{i,j} = C_{i,j} / C_{i,s}$$

式中： $S_{i,j}$ ——第  $i$  站评价因子  $j$  的标准指数；

$C_{i,j}$ ——第  $i$  站评价因子  $j$  的测量值；

$C_{i,s}$ ——评价因子  $j$  的评价标准值。

DO 评价指数按下式如下：

$$S_{DO,j} = DO_s / DO_j$$

当  $DO_j \leq DO_f$  时

$$S_{DO,j} = \left[ \frac{DO_s - DO_f}{DO_j - DO_f} \right] \times \left[ \frac{DO_j - DO_f}{DO_s - DO_f} \right]$$

当  $DO_j > DO_f$  时

式中：

$S_{DO,j}$ ：饱和溶解氧在第  $j$  取样点的标准指数，大于 1 表明该水质因子超标；

$DO_f$ ：饱和溶解氧浓度，mg/L，对于入海河口、近岸海域：

$$DO_f = (491 - 2.65S) / (33.5 + T)$$

$DO_j$ ：溶解氧在  $j$  取样点的实测浓度值，mg/L；

$DO_s$ ：溶解氧的水质评价标准限值，mg/L；

$S$ ：实用盐度符号，量纲为 1；

$T$ ：水温，℃。

pH 评价指数按下式如下：

$$S_{pH,j} = (7.0 - pH_j) / (7.0 - pH_{sd})$$

当  $pH_j \leq 7.0$  时

$$S_{pH,j} = (pH_j - 7.0) / (pH_{su} - 7.0)$$

当  $pH_j > 7.0$  时

式中： $S_{pH,j}$ ：pH 在第  $j$  取样点的标准指数；

$pH_j$ ： $j$  取样点水样 pH 实测值；

$pH_{sd}$ ：评价标准规定的下限值；

$pH_{su}$ ：评价标准规定的上限值。

污染指数 $\leq 1$ 者，认为该点位水质没有受到该因子污染； $>1$ 者为水质受到该因子污染，数据越大污染越重。

### （3）评价标准

根据《珠海市近岸海域环境功能区划（修编）》、《广东省近岸海域环境功能区划》（粤府办〔1999〕68号）和《广东省海洋功能区划（2011-2020年）》（粤府〔2013〕9号）来确定各站位执行的评价标准，评价标准采用《海水水质标准》（GB3097-1997）。根据以上环境功能区划确定各站位执行的水质标准列于表 4.2-3。

表 4.2-3 各站位执行标准

| 评价标准 | 第二类海水水质标准                               | 第三类海水水质标准                         | 第四类海水水质标准 |
|------|-----------------------------------------|-----------------------------------|-----------|
| 站位   | Z20、Z24、Z26、Z27、Z28、Z30、Z31、Z34、Z40、Z41 | Z8、Z9、Z11、Z13、Z14、Z16、Z17、Z38、Z39 | Z37       |

### （4）评价结果

2022年春季调查的评价结果见表 4.2-4。由评价结果可知，海水 pH 值、溶解氧、化学需氧量、石油类、锌、镉、总铬、砷和硫化物 9 项指标所有站位均满足相应的评价标准，没有出现超标情况，无机氮、活性磷酸盐、铜、铅、汞 5 项指标均出现不同程度的超标。

20 个调查站位无机氮浓度均超出相应评价标准，无机氮超标率为 100%；有 4 个站位活性磷酸盐浓度超标，分别为 Z11、Z13、Z27 和 Z31 站位，活性磷酸盐超标率为 20%；仅 Z34 站位出现铜浓度超标现象，铜超标率为 5%；9 个调查站位铅浓度超标，分别为 Z24、Z26、Z27、Z28、Z31、Z34、Z40、Z41 站位，铅超标率为 45%；6 个站位汞浓度超标，分别为 Z13、Z14、Z24、Z28、Z31、Z40 站位，汞超标率为 30%。

表 4.2-4 2022 年 3 月水环境调查评价结果表

| 评价标准 | 项目<br>站位 | pH   | DO   | COD  | 无机氮         | 活性磷酸盐       | 石油类  | 铜           | 铅           | 锌    | 镉    | 总铬   | 汞           | 砷    | 硫化物  |
|------|----------|------|------|------|-------------|-------------|------|-------------|-------------|------|------|------|-------------|------|------|
| 第三类  | Z8       | 0.59 | 0.07 | 0.38 | <b>3.51</b> | 0.96        | 0.07 | 0.17        | 0.55        | 0.05 | /    | /    | 0.30        | 0.03 | 0.01 |
| 第三类  | Z9       | 0.46 | 0.56 | 0.39 | <b>4.60</b> | 0.81        | 0.09 | 0.17        | 0.58        | 0.08 | 0.01 | 0.00 | 0.86        | 0.03 | 0.01 |
| 第三类  | Z11      | 0.57 | 0.53 | 0.36 | <b>3.56</b> | <b>1.27</b> | 0.10 | 0.17        | 0.54        | 0.06 | /    | /    | 0.43        | 0.03 | 0.01 |
| 第三类  | Z13      | 0.46 | 0.57 | 0.41 | <b>3.41</b> | <b>1.06</b> | 0.10 | 0.16        | 0.53        | 0.08 | /    | 0.00 | <b>2.63</b> | 0.03 | 0.02 |
| 第三类  | Z14      | 0.51 | 0.52 | 0.45 | <b>2.53</b> | 0.80        | 0.10 | 0.13        | 0.50        | 0.06 | 0.01 | 0.00 | <b>1.34</b> | 0.03 | 0.01 |
| 第三类  | Z16      | 0.63 | 0.02 | 0.31 | <b>3.33</b> | 0.17        | 0.08 | 0.17        | 0.56        | 0.08 | /    | 0.00 | 0.22        | 0.02 | 0.01 |
| 第三类  | Z17      | 0.62 | 0.47 | 0.41 | <b>3.29</b> | 0.98        | 0.07 | 0.15        | 0.53        | 0.05 | /    | /    | 0.81        | 0.03 | 0.01 |
| 第二类  | Z20      | 0.75 | 0.35 | 0.53 | <b>4.38</b> | 0.85        | 0.52 | 0.73        | <b>1.12</b> | 0.10 | /    | 0.01 | 0.35        | 0.04 | 0.02 |
| 第二类  | Z24      | 0.71 | 0.60 | 0.43 | <b>4.13</b> | 0.89        | 0.62 | 0.68        | <b>1.09</b> | 0.09 | /    | 0.01 | <b>1.96</b> | 0.04 | 0.02 |
| 第二类  | Z26      | 0.64 | 0.79 | 0.52 | <b>5.25</b> | 0.49        | 0.44 | 0.35        | <b>1.18</b> | 0.12 | /    | 0.00 | 0.41        | 0.05 | 0.03 |
| 第二类  | Z27      | 0.59 | 0.65 | 0.60 | <b>4.47</b> | <b>1.39</b> | 0.60 | 0.69        | <b>1.10</b> | 0.12 | /    | 0.01 | 0.73        | 0.05 | 0.02 |
| 第二类  | Z28      | 0.63 | 0.77 | 0.51 | <b>4.58</b> | 0.51        | 0.56 | 0.56        | <b>1.11</b> | 0.13 | /    | 0.01 | <b>1.12</b> | 0.05 | 0.01 |
| 第二类  | Z30      | 0.61 | 0.82 | 0.46 | <b>6.38</b> | 0.35        | 0.52 | 0.63        | 0.99        | 0.12 | 0.01 | 0.01 | 0.39        | 0.05 | 0.02 |
| 第二类  | Z31      | 0.61 | 0.68 | 0.61 | <b>3.10</b> | <b>1.33</b> | 0.40 | 0.80        | <b>1.07</b> | 0.19 | 0.01 | 0.01 | <b>2.42</b> | 0.06 | 0.01 |
| 第二类  | Z34      | 0.60 | 0.80 | 0.55 | <b>7.89</b> | 0.54        | 0.54 | <b>1.06</b> | <b>1.12</b> | 0.31 | /    | 0.01 | 0.59        | 0.05 | /    |
| 第四类  | Z37      | 0.45 | 0.51 | 0.39 | <b>4.66</b> | 0.34        | 0.04 | 0.16        | 0.11        | 0.02 | /    | 0.00 | 0.50        | 0.04 | 0.00 |
| 第三类  | Z38      | 0.45 | 0.69 | 0.52 | <b>5.29</b> | 0.49        | 0.07 | 0.16        | 0.63        | 0.10 | /    | 0.00 | 0.80        | 0.04 | 0.01 |
| 第三类  | Z39      | 0.64 | 0.12 | 0.51 | <b>3.98</b> | 0.44        | 0.08 | 0.16        | 0.51        | 0.09 | /    | 0.00 | 0.60        | 0.03 | /    |
| 第二类  | Z40      | 0.66 | 0.65 | 0.57 | <b>5.33</b> | 0.53        | 0.62 | 0.86        | <b>1.11</b> | 0.17 | /    | 0.00 | <b>1.41</b> | 0.06 | 0.02 |
| 第二类  | Z41      | 0.69 | 0.64 | 0.56 | <b>5.36</b> | 0.65        | 0.40 | 0.72        | <b>1.27</b> | 0.22 | /    | 0.00 | 0.79        | 0.05 | 0.02 |
| 超标率  |          | 0    | 0    | 0    | 100%        | 20%         | 0    | 5%          | 45%         | 0    | 0    | 0    | 30%         | 0    | 0    |

## 4.2.2. 2022 年秋季海水水环境质量现状调查与评价

### 4.2.2.1. 水环境质量现状调查

项目建设单位委托中国水产科学研究院南海水产研究所对评价范围内的海洋生态环境与渔业资源现状进行了调查。海水水质监测频率为 2022 年 10 月 26 日-10 月 31 日和 2022 年 12 月 6 日-12 月 7 日（秋季）、2023 年 3 月 17 日-3 月 21 日（春季）各一次，设 20 个测站，测站水深<10 m 只采取表层样，水深≥10 m 分表、底 2 个水层各进行 1 次。

#### (1) 调查站位

调查站位的布设根据《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T19485-2014）、《海域使用论证技术导则》（国海发[2010]22 号）和《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007）所规定的标准进行。按照海洋生态环境现状一级评价的原则，共布设 20 个海上调查站位和 3 个潮间带断面，其中水质现状设 20 个站位，表层沉积物现状设 10 个站位，生物生态现状（包括叶绿素 a 和初级生产力、浮游植物、浮游动物和底栖生物）、渔业资源现状（包括鱼卵仔鱼和游泳生物）和海洋生物质量现状均设 12 个站位，潮间带设 3 个调查断面（每个断面在高、中、低潮带各设 1 个站位）。站位布设见表 4.2-5 和图 4.2-2。

表 4.2-5 广州港深水航道工程环境现状调查监测站位表

| 序号  | 经纬度      |         | 调查内容                  |
|-----|----------|---------|-----------------------|
|     | 东经       | 北纬      |                       |
| S1  | 113.5764 | 22.7322 | 水质                    |
| S2  | 113.6444 | 22.7416 | 水质、生态、鱼卵仔鱼、渔业资源、生物体质量 |
| S3  | 113.7005 | 22.6549 | 水质、生态、鱼卵仔鱼、渔业资源、生物体质量 |
| S4  | 113.6438 | 22.5470 | 水质、生态、鱼卵仔鱼、渔业资源、生物体质量 |
| S5  | 113.6902 | 22.5935 | 水质                    |
| S6  | 113.7998 | 22.5734 | 水质                    |
| S7  | 113.6817 | 22.4367 | 水质                    |
| S8  | 113.7817 | 22.4315 | 水质、生态、鱼卵仔鱼、渔业资源、生物体质量 |
| S9  | 113.8756 | 22.4351 | 水质                    |
| S10 | 113.7188 | 22.3514 | 水质、生态、鱼卵仔鱼、渔业资源、生物体质量 |
| S11 | 113.8415 | 22.3546 | 水质、生态、鱼卵仔鱼、渔业资源、生物体质量 |
| S12 | 113.7533 | 22.2562 | 水质、生态、鱼卵仔鱼、渔业资源、生物体质量 |
| S13 | 113.8379 | 22.2800 | 水质                    |
| S14 | 113.7875 | 22.1823 | 水质、生态、鱼卵仔鱼、渔业资源、生物体质量 |
| S15 | 113.8470 | 22.1713 | 水质、生态、鱼卵仔鱼、渔业资源、生物体质量 |
| S16 | 113.7737 | 22.1166 | 水质                    |
| S17 | 113.8718 | 22.1254 | 水质、生态、鱼卵仔鱼、渔业资源、生物体质量 |

|     |          |         |                       |
|-----|----------|---------|-----------------------|
| S18 | 113.8105 | 22.0176 | 水质、生态、鱼卵仔鱼、渔业资源、生物体质量 |
| S19 | 113.8996 | 22.0494 | 水质                    |
| S20 | 113.9154 | 21.9518 | 水质、生态、鱼卵仔鱼、渔业资源、生物体质量 |
| C1  | 113.6143 | 22.7432 | 潮间带 1                 |
| C2  | 113.8181 | 22.3981 | 潮间带 2                 |
| C3  | 113.8221 | 22.1470 | 潮间带 3                 |

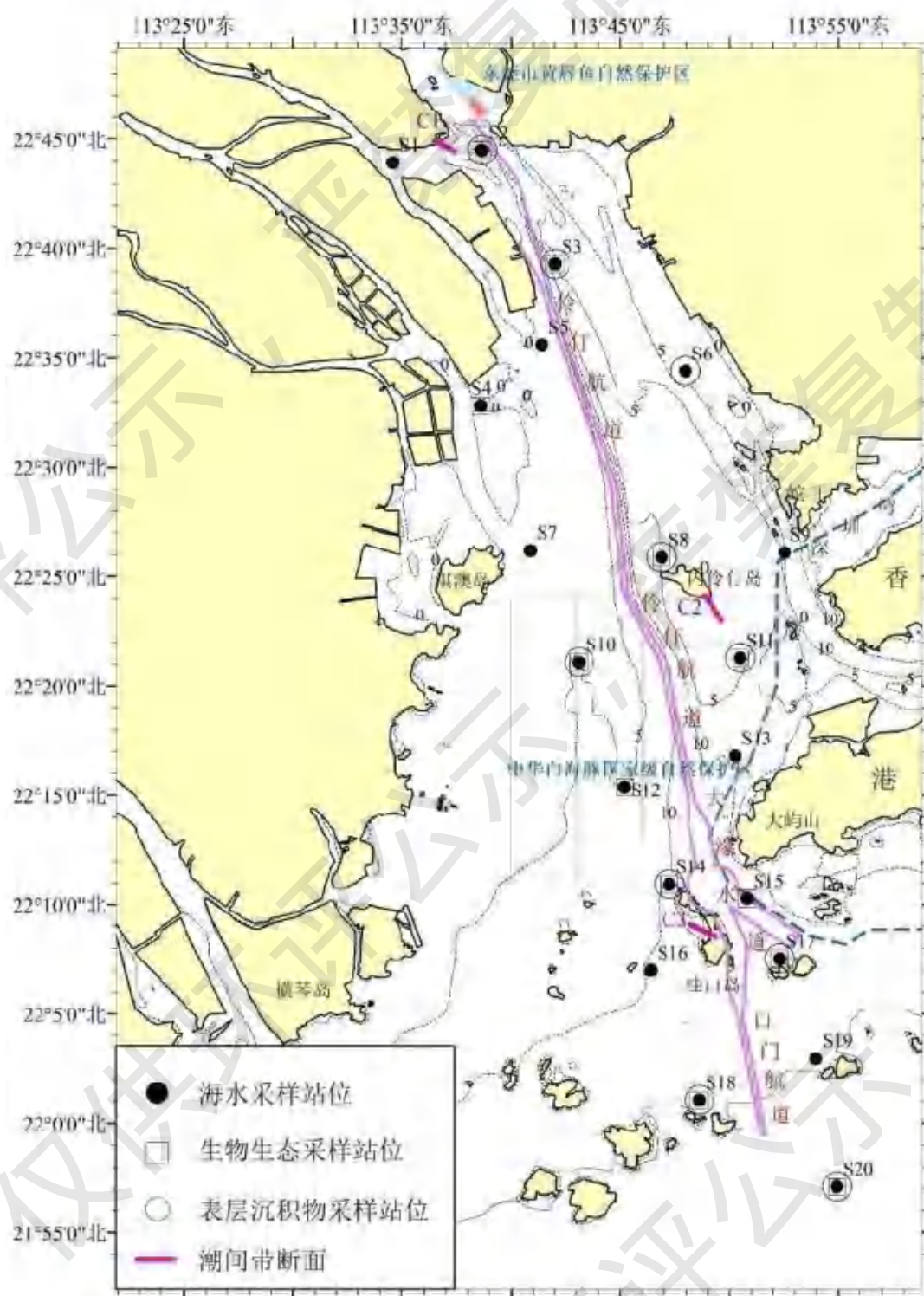


图 4.2-2 广州港深水航道工程环境现状调查调查站位

## (2) 调查项目

水深、透明度、水温、盐度、pH 值、悬浮物、溶解氧（DO）、CODMn、无机氮（硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、氨氮）、活性磷酸盐、石油类和重金属（As、Hg、Cu、Pb、

Zn、Cd 和 Cr），共 20 项。

### (3) 调查方法

现场调查采样按《海洋监测规范》（GB17378.4-2007）进行，海水水温、盐度、pH 和溶解氧均用 YSI 水质多参数测定仪现场测定。其它水环境因子采样按《海洋监测规范》（GB17378.4-2007）规定的方法进行样品采集、保存和实验室分析测试。

### (4) 调查结果

调查结果见表 4.2-6。

表 4.2-6 2022 年秋季海水各环境因子监测结果统计

| 站点  |    | 水深   | 透明度 | 水温(℃) | 盐度   | pH   | DO   | COD <sub>M</sub> | 悬浮物 | 石油类    | 无机氮   | 活性磷酸盐  | Cu  | Pb   | Zn   | Cd   | Cr  | Hg    | As  |
|-----|----|------|-----|-------|------|------|------|------------------|-----|--------|-------|--------|-----|------|------|------|-----|-------|-----|
|     |    | m    |     |       |      |      | mg/L |                  |     |        |       | μg/L   |     |      |      |      |     |       |     |
| S1  | 表层 | 9.2  | 1   | 20.8  | 16.8 | 8.44 | 6.54 | 1.12             | 19  | 0.0271 | 0.237 | 0.0539 | 1.4 | 3.52 | 22.8 | 0.04 | 1.3 | 0.093 | 1.9 |
| S2  | 表层 | 9.5  | 0.9 | 20.9  | 13.7 | 8.45 | 6.64 | 2.03             | 7   | 0.034  | 0.219 | 0.0478 | 2   | 3.31 | 21.8 | 0.02 | 1.1 | 0.118 | 2   |
| S3  | 表层 | 22   | 1.6 | 21.4  | 14.4 | 8.27 | 6.28 | 0.5              | 5   | 0.0263 | 0.201 | 0.0431 | 0.8 | 2.72 | 21.2 | 0.03 | 0.6 | 0.144 | 2   |
|     | 底层 |      |     | 21    | 16.2 | 8.36 | 6.1  | 1.92             | 16  | /      | 0.194 | 0.0436 | 2.4 | 2.07 | 28.8 | 0.1  | ND  | 0.117 | 2   |
| S4  | 表层 | 5.1  | 1.3 | 19.6  | 19.6 | 8.25 | 7.06 | 0.66             | 13  | 0.026  | 0.216 | 0.0368 | 1.4 | 2.22 | 25.8 | 0.06 | 0.5 | 0.092 | 1.8 |
| S5  | 表层 | 9.4  | 1.1 | 21.3  | 17.2 | 8.28 | 6.17 | 4.85             | 18  | 1.78   | 0.199 | 0.0434 | 0.5 | 2.7  | 24.8 | 0.04 | ND  | 0.137 | 2   |
| S6  | 表层 | 13   | 1.3 | 21    | 21.9 | 8.16 | 6.44 | 2.12             | 15  | 0.0252 | 0.152 | 0.0406 | 2.3 | 2.04 | 29.8 | 0.09 | ND  | 0.037 | 1.9 |
|     | 底层 |      |     | 21.4  | 23.4 | 8.16 | 6.22 | 1.22             | 9   | /      | 0.206 | 0.0362 | 1.7 | 2.27 | 27.8 | 0.1  | ND  | 0.074 | 1.9 |
| S7  | 表层 | 7.8  | 1.4 | 19.7  | 19.9 | 8.24 | 7.01 | 0.76             | 20  | 2.18   | 0.148 | 0.0389 | 1   | 1.98 | 23.8 | 0.05 | ND  | 0.162 | 1.9 |
| S8  | 表层 | 5.9  | 1.6 | 20.8  | 25.1 | 8.15 | 6.38 | 1.92             | 22  | 0.0433 | 0.101 | 0.0325 | 0.7 | 1.52 | 28.8 | 0.16 | ND  | 0.225 | 1.8 |
| S9  | 表层 | 8.5  | 1.5 | 21.7  | 30.1 | 8.14 | 5.88 | 2.53             | 18  | 0.0254 | 0.222 | 0.0286 | 0.4 | 2    | 30.8 | 0.23 | ND  | 0.135 | 1.8 |
| S10 | 表层 | 11.7 | 1.8 | 20.7  | 27.4 | 8.13 | 6.34 | 0.45             | 13  | 0.0316 | 0.266 | 0.0264 | 0.3 | 1.47 | 28.8 | 0.18 | ND  | 0.099 | 1.7 |
|     | 底层 |      |     | 20.9  | 27.5 | 8.18 | 6.01 | 0.55             | 36  | /      | 0.160 | 0.0128 | 1.5 | 0.04 | 28.8 | 0.24 | 0.8 | 0.094 | 0.4 |
| S11 | 表层 | 12.8 | 1.5 | 21.6  | 30.6 | 8.16 | 5.72 | 0.4              | 18  | 0.0348 | 0.132 | 0.0268 | 4.2 | 1.94 | 27.6 | 0.14 | ND  | 0.113 | 1.8 |
|     | 底层 |      |     | 21.8  | 30.9 | 8.19 | 5.51 | 0.29             | 53  | /      | 0.123 | 0.0116 | ND  | 1.66 | 37.2 | 0.21 | ND  | 0.172 | 0.5 |

| 站 位  |    | 水深   | 透明度 | 水温<br>(°C) | 盐度    | pH   | DO   | COD <sub>M</sub> | 悬浮物 | 石油类    | 无机氮    | 活性磷<br>酸盐 | Cu  | Pb   | Zn   | Cd   | Cr | Hg    | As  |
|------|----|------|-----|------------|-------|------|------|------------------|-----|--------|--------|-----------|-----|------|------|------|----|-------|-----|
|      |    | m    |     |            |       |      | mg/L |                  |     |        | µg/L   |           |     |      |      |      |    |       |     |
| S12B | 表层 | 18.3 | 1.6 | 20.5       | 28.6  | 8.18 | 6.55 | 0.72             | 12  | 0.0337 | 0.109  | 0.025     | 1.3 | 1.91 | 31   | 0.14 | ND | 0.099 | 1.7 |
| S12D | 底层 |      |     | 20.7       | 28.7  | 8.2  | 6.34 | 0.96             | 51  | /      | 0.107  | 0.018     | 0.5 | 1.39 | 30.8 | 0.07 | ND | 0.324 | 1.2 |
| S13B | 表层 | 20.1 | 1.6 | 20.6       | 29.0  | 8.17 | 6.48 | 0.48             | 16  | 0.0416 | 0.210  | 0.0302    | 0.8 | 1.37 | 33.2 | 0.18 | ND | 0.099 | 1.7 |
| S13D | 底层 |      |     | 20.8       | 28.3  | 8.15 | 6.45 | 1.38             | 58  | /      | 0.0911 | 0.0181    | 1.7 | 1.65 | 23   | 0.3  | ND | 0.12  | 1   |
| S14B | 表层 | 17.6 | 1.5 | 20.7       | 29.9  | 8.23 | 6.42 | 0.7              | 22  | 0.0319 | 0.106  | 0.023     | 1.9 | 1.47 | 34.5 | 0.27 | ND | 0.093 | 1.6 |
| S14D | 底层 |      |     | 21         | 28.6  | 8.21 | 6.13 | 0.65             | 51  | /      | 0.116  | 0.0118    | 1.1 | 1.45 | 29.8 | 0.19 | ND | 0.18  | 0.3 |
| S15B | 表层 | 19.2 | 1.4 | 20.9       | 30.0  | 8.23 | 6.46 | 0.08             | 24  | 0.0311 | 0.201  | 0.0226    | 2.2 | 2.19 | 31.2 | 0.18 | ND | 0.255 | 1.7 |
| S15D | 底层 |      |     | 21.2       | 29.9  | 8.24 | 6.25 | 0.36             | 59  | /      | 0.174  | 0.0122    | 1   | 1.09 | 20.5 | 0.17 | ND | 0.069 | 1.8 |
| S16B | 表层 | 20.6 | 1.5 | 21.1       | 30.59 | 8.25 | 6.2  | 0.62             | 45  | 0.038  | 0.0695 | 0.0205    | 0.8 | 1.66 | 29.6 | 0.34 | ND | 0.186 | 1.8 |
| S16D | 底层 |      |     | 21.3       | 30.4  | 8.23 | 6.06 | 0.59             | 58  | /      | 0.0355 | 0.0111    | 2.8 | 1.76 | 30.2 | 0.22 | ND | 0.05  | 1   |
| S17B | 表层 | 16.8 | 1.4 | 21.2       | 30.5  | 8.24 | 6.26 | 0.71             | 20  | 1.69   | 0.0564 | 0.0302    | 0.5 | 1.63 | 29.8 | 0.18 | ND | 0.145 | 1.6 |
| S17D | 底层 |      |     | 21.5       | 30.4  | 8.22 | 6.2  | 0.47             | 31  | /      | 0.0595 | 0.0129    | 1.5 | 1.64 | 29   | 0.24 | ND | 0.094 | 1   |
| S18B | 表层 | 18.7 | 1.6 | 21.6       | 31.0  | 8.27 | 6.18 | 0.46             | 10  | 0.553  | 0.0490 | 0.0203    | 0.2 | 2.12 | 30.2 | 0.17 | ND | 0.226 | 1.8 |
| S18D | 底层 |      |     | 22         | 30.5  | 8.25 | 6.03 | 1.22             | 56  | /      | 0.102  | 0.0503    | 0.8 | 1.95 | 29.5 | 0.22 | ND | 0.165 | 1   |

| 站位  |    | 水深   | 透明度 | 水温<br>(°C) | 盐度   | pH   | DO   | COD <sub>M</sub> | 悬浮物 | 石油类    | 无机氮    | 活性磷<br>酸盐 | Cu   | Pb   | Zn   | Cd   | Cr  | Hg    | As  |
|-----|----|------|-----|------------|------|------|------|------------------|-----|--------|--------|-----------|------|------|------|------|-----|-------|-----|
|     |    | m    |     |            |      |      | mg/L |                  |     |        |        |           | μg/L |      |      |      |     |       |     |
| S19 | 表层 | 16.3 | 1.5 | 21.7       | 31.0 | 8.26 | 6.01 | 0.54             | 17  | 0.014  | 0.205  | 0.0176    | 2.5  | 2.1  | 32.8 | 0.18 | ND  | 0.179 | 1.6 |
|     | 底层 |      |     | 22.1       | 31.2 | 8.23 | 5.78 | 0.75             | 35  | /      | 0.0609 | 0.009     | 0.3  | 2.22 | 22.5 | 0.05 | ND  | 0.148 | 1.1 |
| S20 | 表层 | 21.6 | 1.8 | 22         | 31.5 | 8.21 | 6.16 | 0.48             | 16  | 0.0178 | 0.0797 | 0.0141    | 1.1  | 2.08 | 30   | 0.13 | ND  | 0.044 | 1.4 |
|     | 底层 |      |     | 22.2       | 31.3 | 8.2  | 6.01 | 0.87             | 27  | /      | 0.0455 | 0.0096    | 1    | 1.89 | 30.2 | 0.05 | ND  | 0.121 | 1.1 |
| 最大值 |    | 22.0 | 1.8 | 22.2       | 31.5 | 8.45 | 7.06 | 4.85             | 59  | 2.18   | 0.266  | 0.0539    | 4.2  | 3.52 | 37.2 | 0.34 | 1.3 | 0.324 | 2.0 |
| 最小值 |    | 5.1  | 0.9 | 19.6       | 13.7 | 8.13 | 5.51 | 0.08             | 5   | 0.014  | 0.0355 | 0.0090    | 0.2  | 0.04 | 20.5 | 0.02 | ND  | 0.037 | 0.3 |
| 平均值 |    | 14.2 | 1.4 | 21.1       | 26.5 | 8.23 | 6.25 | 1.01             | 27  | 0.334  | 0.141  | 0.0267    | 1.3  | 1.91 | 28.4 | 0.15 | 0.3 | 0.134 | 1.5 |

#### 4.2.2.2. 水环境质量评价结果

##### (1) 评价因子

选择 pH 值、溶解氧（DO）、化学需氧量（CODMn）、无机氮（硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、氨氮）、活性磷酸盐、石油类、重金属（Hg、Cu、Pb、Zn、Cd）作为评价因子。

##### (2) 评价方法

水质采用单因子指数法进行质量评价，标准指数的计算公式如下：

$$S_{i,j} = C_{i,j} / C_{i,s}$$

式中： $S_{i,j}$ ——第  $i$  站评价因子  $j$  的标准指数；

$C_{i,j}$ ——第  $i$  站评价因子  $j$  的测量值；

$C_{i,s}$ ——评价因子  $j$  的评价标准值。

DO 评价指数按下式如下：

$$S_{DO,j} = DO_s / DO_j$$

当  $DO_j \leq DO_f$  时

$$S_{DO,j} = \left[ \frac{DO_s - DO_f}{DO_j - DO_f} \right] \times \left[ \frac{DO_j - DO_f}{DO_s - DO_f} \right]$$

当  $DO_j > DO_f$  时

式中：

$S_{DO,j}$ ：饱和溶解氧在第  $j$  取样点的标准指数，大于 1 表明该水质因子超标；

$DO_f$ ：饱和溶解氧浓度，mg/L，对于入海河口、近岸海域：

$$DO_f = (491 - 2.65S) / (33.5 + T)$$

$DO_j$ ：溶解氧在第  $j$  取样点的实测浓度值，mg/L；

$DO_s$ ：溶解氧的水质评价标准限值，mg/L；

$S$ ：实用盐度符号，量纲为 1；

$T$ ：水温，℃。

pH 评价指数按下式如下：

$$S_{pH,j} = (7.0 - pH_j) / (7.0 - pH_{sd})$$

当  $pH_j \leq 7.0$  时

$$S_{pH,j} = (pH_j - 7.0) / (pH_{su} - 7.0)$$

当  $pH_j > 7.0$  时

式中： $S_{pH,j}$ ：pH 在第  $j$  取样点的标准指数；

$pH_j$ ： $j$  取样点水样 pH 实测值；

$pH_{sd}$ ：评价标准规定的下限值；

$pH_{su}$ ：评价标准规定的上限值。

污染指数 $\leq 1$ 者，认为该点位水质没有受到该因子污染； $>1$ 者为水质受到该因子污染，数据越大污染越重。

### （3）评价标准

根据《珠海市近岸海域环境功能区划（修编）》、《广东省近岸海域环境功能区划》（粤府办〔1999〕68号）和《广东省海洋功能区划（2011-2020年）》（粤府〔2013〕9号）来确定各站位执行的评价标准，评价标准采用《海水水质标准》（GB3097-1997）。根据以上环境功能区划及附近保护区情况确定各站位执行的水质标准列于表 4.2-7。

表 4.2-7 各站位执行标准

| 评价标准 | 第一类海水水质标准                                      | 第二类海水水质标准 | 第三类海水水质标准      |
|------|------------------------------------------------|-----------|----------------|
| 站位   | S8、S10、S11、S12、S13、S14、S15、S16、S17、S18、S19、S20 | S3、S6、S9  | S1、S2、S4、S5、S7 |

### （4）评价结果

秋季调查的评价结果见表 4.2-8。秋季调查评价结果表明，海水中 pH 值、铜、铬、镉和砷五项指标均未出现超标情况，其余指标出现不同程度的超标现象。仅 S11 一个站位溶解氧未达到海水水质第一类标准的要求，溶解氧超标率为 5%；S5 站位化学需氧量出现超标现象，化学需氧量超标率为 5%；4 个调查站位无机氮含量超标，分别为 S10、S13、S15、S19，无机氮超标率为 20%；活性磷酸盐超标率为 90%，除 S9 和 S20 两个站位活性磷酸盐浓度达标外，其余站位均超标；4 个站位石油类浓度出现超标现象，分别为 S5、S7、S17、S18 站位，石油类超标率为 20%；12 个站位铅浓度超第一类海水水质标准，分别为 S8、S10、S11、S12、S13、S14、S15、S16、S17、S18、S19、S20，铅超标率为 60%；11 个站位汞浓度超第一类海水水质标准，分别为 S8、S10、S11、S12、S13、S14、S15、S16、S17、S18、S19 站位，汞超标率为 55%。

表 4.2-8 2022 年秋季海水各环境因子质量指数

| 评价标准 | 项目<br>站位 | pH   | DO          | COD         | 无机氮         | 活性磷酸盐       | 石油类          | 铜    | 铅           | 锌           | 镉    | 总铬   | 汞           | 砷    |
|------|----------|------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|------|-------------|-------------|------|------|-------------|------|
| 第三类  | S1       | 0.80 | 0.61        | 0.28        | 0.59        | <b>1.80</b> | 0.09         | 0.03 | 0.35        | 0.23        | 0.00 | 0.01 | 0.47        | 0.04 |
| 第三类  | S2       | 0.81 | 0.60        | 0.51        | 0.55        | <b>1.59</b> | 0.11         | 0.04 | 0.33        | 0.22        | 0.00 | 0.01 | 0.59        | 0.04 |
| 第二类  | S3       | 0.85 | 0.80        | 0.17        | 0.67        | <b>1.44</b> | 0.53         | 0.08 | 0.54        | 0.42        | 0.01 | 0.01 | 0.72        | 0.07 |
| 第三类  | S4       | 0.69 | 0.57        | 0.17        | 0.54        | <b>1.23</b> | 0.09         | 0.03 | 0.22        | 0.26        | 0.01 | 0.00 | 0.46        | 0.04 |
| 第三类  | S5       | 0.71 | 0.65        | <b>1.21</b> | 0.50        | <b>1.45</b> | <b>5.93</b>  | 0.01 | 0.27        | 0.25        | 0.00 | /    | 0.69        | 0.04 |
| 第二类  | S6       | 0.77 | 0.78        | 0.71        | 0.51        | <b>1.35</b> | 0.50         | 0.23 | 0.41        | 0.60        | 0.02 | /    | 0.19        | 0.06 |
| 第三类  | S7       | 0.69 | 0.57        | 0.19        | 0.37        | <b>1.30</b> | <b>7.27</b>  | 0.02 | 0.20        | 0.24        | 0.01 | /    | 0.81        | 0.04 |
| 第一类  | S8       | 0.77 | 0.94        | 0.96        | 0.51        | <b>2.17</b> | 0.87         | 0.14 | <b>1.52</b> | <b>1.44</b> | 0.16 | /    | <b>4.50</b> | 0.09 |
| 第二类  | S9       | 0.76 | 0.85        | 0.84        | 0.74        | 0.95        | 0.51         | 0.04 | 0.40        | 0.62        | 0.05 | /    | 0.68        | 0.06 |
| 第一类  | S10      | 0.75 | 0.95        | 0.23        | <b>1.33</b> | <b>1.76</b> | 0.63         | 0.06 | <b>1.47</b> | <b>1.44</b> | 0.18 | /    | <b>1.98</b> | 0.09 |
| 第一类  | S11      | 0.77 | <b>1.05</b> | 0.20        | 0.66        | <b>1.79</b> | 0.70         | 0.84 | <b>1.94</b> | <b>1.38</b> | 0.14 | /    | <b>2.26</b> | 0.09 |
| 第一类  | S12      | 0.79 | 0.92        | 0.36        | 0.55        | <b>1.67</b> | 0.67         | 0.26 | <b>1.91</b> | <b>1.55</b> | 0.14 | /    | <b>1.98</b> | 0.09 |
| 第一类  | S13      | 0.78 | 0.93        | 0.24        | <b>1.05</b> | <b>2.01</b> | 0.83         | 0.16 | <b>1.37</b> | <b>1.66</b> | 0.18 | /    | <b>1.98</b> | 0.09 |
| 第一类  | S14      | 0.82 | 0.93        | 0.35        | 0.53        | <b>1.53</b> | 0.64         | 0.38 | <b>1.47</b> | <b>1.73</b> | 0.27 | /    | <b>1.86</b> | 0.08 |
| 第一类  | S15      | 0.82 | 0.93        | 0.04        | <b>1.01</b> | <b>1.51</b> | 0.62         | 0.44 | <b>2.19</b> | <b>1.56</b> | 0.18 | /    | <b>5.10</b> | 0.09 |
| 第一类  | S16      | 0.83 | 0.97        | 0.31        | 0.35        | <b>1.37</b> | 0.76         | 0.16 | <b>1.66</b> | <b>1.48</b> | 0.34 | /    | <b>3.72</b> | 0.09 |
| 第一类  | S17      | 0.83 | 0.96        | 0.36        | 0.28        | <b>2.01</b> | <b>33.80</b> | 0.10 | <b>1.63</b> | <b>1.49</b> | 0.18 | /    | <b>2.90</b> | 0.08 |
| 第一类  | S18      | 0.85 | 0.97        | 0.23        | 0.25        | <b>1.35</b> | <b>11.06</b> | 0.04 | <b>2.12</b> | <b>1.51</b> | 0.17 | /    | <b>4.52</b> | 0.09 |
| 第一类  | S19      | 0.84 | 0.998       | 0.27        | <b>1.03</b> | <b>1.17</b> | 0.28         | 0.50 | <b>2.10</b> | <b>1.64</b> | 0.18 | /    | <b>3.58</b> | 0.08 |
| 第一类  | S20      | 0.81 | 0.97        | 0.24        | 0.40        | 0.94        | 0.36         | 0.22 | <b>2.08</b> | <b>1.50</b> | 0.13 | /    | 0.88        | 0.07 |
| 超标率  |          | 0    | 5.00%       | 5.00%       | 20%         | 90%         | 20%          | 0    | 60%         | 60%         | 0    | 0    | 55%         | 0    |

### 4.2.3. 2023 年春季海水水环境质量现状调查与评价

#### 4.2.3.1. 水环境质量现状调查

##### (1) 调查站位

同 2022 年 10 月调查。

##### (2) 调查项目

水深、透明度、水温、盐度、pH 值、悬浮物、溶解氧（DO）、CODMn、无机氮（硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、氨氮）、活性磷酸盐、石油类和重金属（As、Hg、Cu、Pb、Zn、Cd 和 Cr），共 20 项。

##### (3) 调查方法

现场调查采样按《海洋监测规范》（GB17378.4-2007）进行，海水水温、盐度、pH 和溶解氧均用 YSI 水质多参数测定仪现场测定。其它水环境因子采样按《海洋监测规范》（GB17378.4-2007）规定的方法进行样品采集、保存和实验室分析测试。

##### (4) 调查结果

调查结果见表 4.2-9。

表 4.2-9 2023 年春季海水各环境因子监测结果统计

| 站 位 |    | 水深   | 透明度 | 水温<br>(°C) | 盐度   | pH   | DO   | COD <sub>M</sub> | 悬浮物  | 石油类    | 无机氮   | 活性磷<br>酸盐 | Cu  | Pb   | Zn   | Cd   | Cr  | Hg | As  |
|-----|----|------|-----|------------|------|------|------|------------------|------|--------|-------|-----------|-----|------|------|------|-----|----|-----|
|     |    | m    |     |            |      |      | mg/L |                  |      |        |       |           |     | μg/L |      |      |     |    |     |
| S1  | 表层 | 13.2 | 1.2 | 22.2       | 12.1 | 7.5  | 7.16 | 0.83             | 14.4 | 0.0301 | 0.336 | 0.0539    | 3.4 | 2.32 | 87.7 | 0.17 | 2.1 | ND | 1.1 |
|     | 底层 |      |     | 21.8       | 12.6 | 7.53 | 7.26 | 1.06             | 13.6 | /      | 0.388 | 0.0249    | 5.1 | 1.73 | 54.8 | 0.13 | 1.7 | ND | 1.1 |
| S2  | 表层 | 14.2 | 1.2 | 20.2       | 16.2 | 7.29 | 6.92 | 1.01             | 14.5 | 0.0258 | 0.345 | 0.0255    | 5   | 2.22 | 29.2 | 0.19 | 2   | ND | 1   |
|     | 底层 |      |     | 20         | 15.7 | 7.68 | 7.25 | 0.78             | 12.1 | /      | 0.391 | 0.0224    | 3.6 | 0.87 | 19.2 | 0.17 | 1.8 | ND | 1   |
| S3  | 表层 | 6.7  | 1.3 | 22.8       | 19.1 | 7.71 | 7.21 | 1.07             | 12.3 | 0.0442 | 0.327 | 0.0309    | 3.3 | 1.28 | 27.1 | 0.21 | 1.3 | ND | 1.1 |
| S4  | 表层 | 5.3  | 1.5 | 23.6       | 19.2 | 7.35 | 7.22 | 1.05             | 14.2 | 0.0449 | 0.341 | 0.0180    | 2.7 | 1.83 | 24.3 | 0.17 | 1.6 | ND | 0.6 |
| S5  | 表层 | 6.3  | 1.4 | 23         | 19.3 | 7.77 | 7.08 | 0.94             | 12   | 0.0389 | 0.39  | 0.0211    | 4.2 | 2.37 | 31.1 | 0.15 | 1.4 | ND | 0.7 |
| S6  | 表层 | 13.4 | 1.3 | 22.6       | 21.3 | 7.77 | 7.14 | 0.96             | 12.4 | 0.0275 | 0.37  | 0.0343    | 8.4 | 2.26 | 32.9 | 0.15 | 1.6 | ND | 0.8 |
|     | 底层 |      |     | 22.4       | 21.4 | 7.78 | 7.32 | 0.88             | 13.1 | /      | 0.388 | 0.0517    | 2.5 | 1.16 | 17.5 | 0.16 | 2   | ND | 1.3 |
| S7  | 表层 | 5.2  | 1   | 21.8       | 25.3 | 7.77 | 7.23 | 1.11             | 12.2 | 0.0356 | 0.346 | 0.0287    | 2.4 | 1.46 | 27.4 | 0.17 | 1.5 | ND | 0.6 |
| S8  | 表层 | 6.5  | 1.1 | 21.6       | 26.5 | 7.84 | 7.28 | 0.76             | 12.4 | 0.0489 | 0.385 | 0.0255    | 8.6 | 3.97 | 27.9 | 0.11 | 2   | ND | 0.6 |
| S9  | 表层 | 9.5  | 2.1 | 22.2       | 27.5 | 7.85 | 7.21 | 0.86             | 13.1 | 0.0426 | 0.387 | 0.0315    | 2.3 | 1.07 | 27.7 | 0.13 | 1.9 | ND | 0.6 |
| S10 | 表层 | 6.8  | 0.2 | 22         | 25.7 | 7.93 | 7.16 | 1.11             | 12.1 | 0.0455 | 0.321 | 0.0167    | 2.5 | 1.32 | 22   | 0.13 | 1.8 | ND | 0.5 |
| S11 | 表层 | 6.2  | 2   | 22         | 29.3 | 7.9  | 7.29 | 0.9              | 12.8 | 0.0293 | 0.354 | 0.0221    | 2.4 | 1.22 | 18.3 | 0.23 | 1.9 | ND | ND  |

| 站 位 |    | 水深   | 透明度 | 水温<br>(℃) | 盐度   | pH   | DO   | COD <sub>M</sub> | 悬浮物  | 石油类    | 无机氮    | 活性磷<br>酸盐 | Cu  | Pb   | Zn   | Cd   | Cr  | Hg | As  |
|-----|----|------|-----|-----------|------|------|------|------------------|------|--------|--------|-----------|-----|------|------|------|-----|----|-----|
|     |    | m    |     |           |      |      | mg/L |                  |      |        |        |           |     |      |      | μg/L |     |    |     |
| S12 | 表层 | 7.2  | 0.2 | 22.2      | 29.0 | 8.05 | 7.15 | 0.85             | 14.5 | 0.0301 | 0.373  | 0.0167    | 2   | 1.97 | 22.5 | 0.13 | 2   | ND | ND  |
| S13 | 表层 | 12   | 2.2 | 22.2      | 30.6 | 8.05 | 6.97 | 1.04             | 12.9 | 0.0444 | 0.305  | 0.0113    | 2   | 0.89 | 27.9 | 0.11 | 1.9 | ND | ND  |
|     | 底层 |      |     | 21.8      | 30.8 | 8.07 | 7.03 | 0.76             | 12.4 | /      | 0.361  | 0.0095    | 3   | 2.13 | 20.3 | 0.13 | 1.9 | ND | 0.5 |
| S14 | 表层 | 14   | 2   | 22        | 32.1 | 8.20 | 7.22 | 1.07             | 13.4 | 0.0457 | 0.33   | 0.0167    | 4   | 1.69 | 20.2 | 0.11 | 2.3 | ND | ND  |
|     | 底层 |      |     | 21.8      | 32.6 | 8.14 | 6.68 | 0.9              | 12.6 | /      | 0.384  | 0.0306    | 2.8 | 1.54 | 29.5 | 0.09 | 2   | ND | 0.5 |
| S15 | 表层 | 19.9 | 3.1 | 21.8      | 33.1 | 8.17 | 6.88 | 0.92             | 13   | 0.0373 | 0.342  | 0.0098    | 2   | 1.93 | 22.4 | 0.1  | 1.9 | ND | ND  |
|     | 底层 |      |     | 21.8      | 32.6 | 8.13 | 6.98 | 1.14             | 14.2 | /      | 0.184  | 0.0082    | 3   | 1.2  | 30.7 | 0.1  | 2   | ND | ND  |
| S16 | 表层 | 11.5 | 2.3 | 22.2      | 32.7 | 8.18 | 7.06 | 0.98             | 12.7 | 0.0402 | 0.304  | 0.0098    | 4.2 | 2.32 | 30.3 | 0.13 | 2.5 | ND | 0.6 |
|     | 底层 |      |     | 22        | 32.9 | 8.2  | 7.22 | 0.78             | 12.3 | /      | 0.386  | 0.0057    | 3   | 1.37 | 28.5 | 0.07 | 2   | ND | ND  |
| S17 | 表层 | 15.4 | 3.2 | 21.4      | 33.7 | 8.12 | 6.95 | 1.02             | 12.7 | 0.0473 | 0.115  | 0.0063    | 3.2 | 2.27 | 30.9 | 0.09 | 2.1 | ND | ND  |
|     | 底层 |      |     | 21.2      | 34.1 | 8.16 | 7.07 | 0.96             | 12.5 | /      | 0.105  | 0.0076    | 2.9 | 1.77 | 21.5 | 0.09 | 1.9 | ND | ND  |
| S18 | 表层 | 17.6 | 3.2 | 21.8      | 35.8 | 8.14 | 7.06 | 1.1              | 12.1 | 0.0321 | 0.128  | 0.0167    | 3.6 | 1.04 | 27.7 | 0.1  | 2.1 | ND | ND  |
|     | 底层 |      |     | 21.6      | 36.7 | 8.13 | 7.17 | 0.88             | 14.1 | /      | 0.0811 | 0.0063    | 5.5 | 5.54 | 37.3 | 0.12 | 2.3 | ND | 0.8 |
| S19 | 表层 | 16.3 | 2.8 | 21.4      | 32.9 | 8.12 | 6.94 | 0.86             | 13.5 | 0.0424 | 0.033  | 0.0057    | 3.2 | 1.62 | 29.9 | 0.1  | 2   | ND | ND  |
|     | 底层 |      |     | 21.2      | 32.5 | 8.1  | 7.12 | 0.94             | 12.2 | /      | 0.0841 | 0.0041    | 3.3 | 2.23 | 30.4 | 0.26 | 2.1 | ND | ND  |

| 站 位 |    | 水深   | 透明度 | 水温<br>(°C) | 盐度   | pH   | DO   | COD <sub>M</sub> | 悬浮物  | 石油类    | 无机氮   | 活性磷<br>酸盐 | Cu   | Pb   | Zn   | Cd   | Cr  | Hg | As  |
|-----|----|------|-----|------------|------|------|------|------------------|------|--------|-------|-----------|------|------|------|------|-----|----|-----|
|     |    | m    |     |            |      |      | mg/L |                  |      |        |       |           | µg/L |      |      |      |     |    |     |
| S20 | 表层 | 32.7 | 3.5 | 21.6       | 33.0 | 8.11 | 6.79 | 1.02             | 13.2 | 0.0369 | 0.093 | 0.0082    | 3.0  | 2.26 | 21.8 | 0.12 | 2.4 | ND | ND  |
|     | 底层 |      |     | 21.2       | 33.2 | 8.16 | 7.16 | 0.86             | 12.8 | /      | 0.104 | 0.0082    | 3.5  | 1.46 | 19.8 | 0.09 | 1.7 | ND | ND  |
| 最大值 |    | 32.7 | 3.5 | 23.6       | 36.7 | 8.20 | 7.32 | 1.14             | 14.5 | 0.0489 | 0.391 | 0.0539    | 8.6  | 5.54 | 87.7 | 0.26 | 2.5 | /  | 1.3 |
| 最小值 |    | 5.2  | 0.2 | 20.0       | 12.1 | 7.29 | 6.68 | 0.76             | 12.0 | 0.0258 | 0.033 | 0.0041    | 2.0  | 0.87 | 17.5 | 0.07 | 1.3 | /  | ND  |
| 平均值 |    | 12.0 | 1.8 | 21.9       | 27.4 | 7.93 | 7.10 | 0.95             | 13.0 | 0.0385 | 0.283 | 0.0190    | 3.6  | 1.88 | 29.0 | 0.14 | 1.9 | /  | 0.6 |

#### 4.2.3.2. 水环境质量评价结果

##### （1）评价因子

选择 pH 值、溶解氧（DO）、化学需氧量（COD）、无机氮（硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、氨氮）、活性磷酸盐、石油类、重金属（Hg、Cu、Pb、Zn、Cd、Cr、As）作为评价因子。

##### （2）评价方法

同 2022 年秋季水环境质量评价方法。

##### （3）评价标准

水质评价标准采用《海水水质标准》(GB3097-1997)，各调查站位所执行的海水水质保护目标依据《珠海市近岸海域环境功能区划（修编）》、《广东省近岸海域环境功能区划》（粤府办[1999]68 号）和《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》（粤府[2013]9 号），对照各站位所在功能区，综合上述功能区划的环境保护要求，调查站位的评价标准按最严格的环境保护要求执行，各站位执行标准见表 4.2-10。

表 4.2-10 各站位执行标准

| 评价标准 | 第一类海水水质标准                                      | 第二类海水水质标准 | 第三类海水水质标准      |
|------|------------------------------------------------|-----------|----------------|
| 站位   | S8、S10、S11、S12、S13、S14、S15、S16、S17、S18、S19、S20 | S3、S6、S9  | S1、S2、S4、S5、S7 |

##### （4）评价结果

春季调查的评价结果见表 4.2-11。春季调查评价结果表明，海水中 pH 值、溶解氧、化学需氧量、石油类、镉、铬、汞和砷八项指标各站位均未超标。无机氮、活性磷酸盐、铜、铅、锌均有不同程度的超标现象。11 个调查站位无机氮浓度超标，分别为 S3、S6、S8、S9、S10、S11、S12、S13、S14、S15、S16 站位，无机氮超标率为 55%；10 个站位活性磷酸盐浓度超标，分别为 S1、S3、S6、S8、S9、S10、S11、S12、S14、S18 站位，活性磷酸盐超标率为 50%；仅 S8 一个站位铜浓度超标，铜超标率为 5%；11 个站位铅浓度超标，分别为 S8、S10、S11、S12、S14、S15、S16、S17、S18、S19、S20 站位，铅超标率为 55%；11 个锌浓度超标，分别为 S8、S10、S12、S13、S14、S15、S16、S17、S18、S19、S20，锌超标率为 55%。

表 4.2-11 2023 年春季海水各环境因子质量指数

| 评价标准 | 项目<br>站位 | pH   | DO   | COD  | 无机氮         | 活性磷酸盐       | 石油类  | 铜           | 铅           | 锌           | 镉    | 总铬   | 汞 | 砷    |
|------|----------|------|------|------|-------------|-------------|------|-------------|-------------|-------------|------|------|---|------|
| 第三类  | S1       | 0.28 | 0.56 | 0.21 | 0.84        | <b>1.80</b> | 0.10 | 0.07        | 0.23        | 0.88        | 0.02 | 0.01 | / | 0.02 |
| 第三类  | S2       | 0.16 | 0.58 | 0.25 | 0.86        | 0.85        | 0.09 | 0.10        | 0.22        | 0.29        | 0.02 | 0.01 | / | 0.02 |
| 第二类  | S3       | 0.47 | 0.69 | 0.36 | <b>1.09</b> | <b>1.03</b> | 0.88 | 0.33        | 0.26        | 0.54        | 0.04 | 0.01 | / | 0.04 |
| 第三类  | S4       | 0.19 | 0.55 | 0.26 | 0.85        | 0.60        | 0.15 | 0.05        | 0.18        | 0.24        | 0.02 | 0.01 | / | 0.01 |
| 第三类  | S5       | 0.43 | 0.56 | 0.24 | 0.98        | 0.70        | 0.13 | 0.08        | 0.24        | 0.31        | 0.02 | 0.01 | / | 0.01 |
| 第二类  | S6       | 0.51 | 0.70 | 0.32 | <b>1.23</b> | <b>1.14</b> | 0.55 | 0.84        | 0.45        | 0.66        | 0.03 | 0.02 | / | 0.03 |
| 第三类  | S7       | 0.43 | 0.55 | 0.28 | 0.87        | 0.96        | 0.12 | 0.05        | 0.15        | 0.27        | 0.02 | 0.01 | / | 0.01 |
| 第一类  | S8       | 0.56 | 0.82 | 0.38 | <b>1.93</b> | <b>1.70</b> | 0.98 | <b>1.72</b> | <b>3.97</b> | <b>1.40</b> | 0.11 | 0.04 | / | 0.03 |
| 第二类  | S9       | 0.57 | 0.69 | 0.29 | <b>1.29</b> | <b>1.05</b> | 0.85 | 0.23        | 0.21        | 0.55        | 0.03 | 0.02 | / | 0.02 |
| 第一类  | S10      | 0.62 | 0.84 | 0.56 | <b>1.61</b> | <b>1.11</b> | 0.91 | 0.50        | <b>1.32</b> | <b>1.10</b> | 0.13 | 0.04 | / | 0.03 |
| 第一类  | S11      | 0.60 | 0.82 | 0.45 | <b>1.77</b> | <b>1.47</b> | 0.59 | 0.48        | <b>1.22</b> | 0.92        | 0.23 | 0.04 | / | /    |
| 第一类  | S12      | 0.70 | 0.84 | 0.43 | <b>1.87</b> | <b>1.11</b> | 0.60 | 0.40        | <b>1.97</b> | <b>1.13</b> | 0.13 | 0.04 | / | /    |
| 第一类  | S13      | 0.70 | 0.86 | 0.52 | <b>1.53</b> | 0.75        | 0.89 | 0.40        | 0.89        | <b>1.40</b> | 0.11 | 0.04 | / | /    |
| 第一类  | S14      | 0.80 | 0.83 | 0.54 | <b>1.65</b> | <b>1.11</b> | 0.91 | 0.80        | <b>1.69</b> | <b>1.01</b> | 0.11 | 0.05 | / | /    |
| 第一类  | S15      | 0.78 | 0.87 | 0.46 | <b>1.71</b> | 0.65        | 0.75 | 0.40        | <b>1.93</b> | <b>1.12</b> | 0.10 | 0.04 | / | /    |
| 第一类  | S16      | 0.79 | 0.85 | 0.49 | <b>1.52</b> | 0.65        | 0.80 | 0.84        | <b>2.32</b> | <b>1.52</b> | 0.13 | 0.05 | / | 0.03 |
| 第一类  | S17      | 0.75 | 0.86 | 0.51 | 0.58        | 0.42        | 0.95 | 0.64        | <b>2.27</b> | <b>1.55</b> | 0.09 | 0.04 | / | /    |
| 第一类  | S18      | 0.76 | 0.85 | 0.55 | 0.64        | <b>1.11</b> | 0.64 | 0.72        | <b>1.04</b> | <b>1.39</b> | 0.10 | 0.04 | / | /    |
| 第一类  | S19      | 0.75 | 0.86 | 0.43 | 0.17        | 0.38        | 0.85 | 0.64        | <b>1.62</b> | <b>1.50</b> | 0.10 | 0.04 | / | /    |
| 第一类  | S20      | 0.74 | 0.88 | 0.51 | 0.47        | 0.55        | 0.74 | 0.60        | <b>2.26</b> | <b>1.09</b> | 0.12 | 0.05 | / | /    |
| 超标率  |          | 0    | 0    | 0    | 55%         | 50%         | 0    | 5%          | 55%         | 55%         | 0    | 0    | 0 | 0    |

### 4.3. 海洋沉积物现状调查与评价

#### 4.3.1. 2022 年春季沉积物质量调查与评价

##### 4.3.1.1. 沉积物质量现状调查

###### （1）调查站位

国家海洋局深圳海洋环境监测中心站于 2022 年 3 月 24 日~4 月 7 日在南沙港附近海域开展海洋环境调查。站位布设见表 4.2-1 和图 4.2-1。

###### （2）调查项目

监测因子包括粒度、pH、Eh、有机碳、硫化物、铜、铅、锌、镉、总汞、砷、铬、油类。

###### （3）调查方法

现场调查采样按《海洋监测规范》（GB17378.4-2007）进行，沉积物样品采用 0.05 m<sup>2</sup> 抓泥斗进行采样。

###### （4）调查结果

监测海域表层沉积物各监测因子监测结果详见表 4.3-1。

表 4.3-1 沉积物质量现状调查结果

| 站位  | pH   | Eh  | 油类   | 总汞    | 砷    | 锌    | 镉    | 铅    | 铜    | 铬    | 硫化物    | 有机碳               |
|-----|------|-----|------|-------|------|------|------|------|------|------|--------|-------------------|
| 单位  |      | mV  | μg/g |       |      |      |      |      |      |      |        | ×10 <sup>-2</sup> |
| Z8  | 7.08 | 55  | 57.4 | 0.070 | 13.7 | 113  | 0.29 | 22.5 | 35.4 | 64.8 | 92.46  | 0.44              |
| Z9  | 7.77 | -10 | 114  | 0.159 | 25.6 | 191  | 0.09 | 46.7 | 64.2 | 97.4 | 567.54 | 1.17              |
| Z13 | 7.70 | 19  | 57.5 | 0.085 | 20.3 | 137  | 0.19 | 38.4 | 42.6 | 75.2 | 622.97 | 0.91              |
| Z14 | 7.48 | 10  | 38.6 | 0.101 | 20.9 | 114  | 0.19 | 36.2 | 35.5 | 61.6 | 134.86 | 0.97              |
| Z16 | 7.06 | 64  | 125  | 0.130 | 22.4 | 189  | 0.12 | 42.8 | 60.5 | 83.9 | 199.31 | 1.19              |
| Z27 | 7.75 | 48  | 15.1 | 0.023 | 6.28 | 40.1 | ND   | 10.6 | 7.0  | 18.7 | 14.61  | 0.19              |
| Z31 | 7.22 | -7  | 98.7 | 0.179 | 26.5 | 185  | 0.08 | 61.3 | 59.3 | 73.3 | 244.77 | 1.04              |
| Z34 | 7.45 | -31 | 207  | 0.164 | 26.5 | 208  | 0.12 | 54.0 | 61.4 | 131  | 58.93  | 1.32              |
| Z37 | 7.54 | -42 | 828  | 0.225 | 25.2 | 400  | 0.13 | 57.1 | 40.5 | 223  | 134.31 | 2.04              |
| Z38 | 7.54 | -1  | 195  | 0.157 | 24.1 | 208  | 0.11 | 52.9 | 88.8 | 94.8 | 336.45 | 1.30              |
| Z39 | 7.15 | 148 | 56.5 | 0.162 | 21.6 | 168  | 0.24 | 44.2 | 50.0 | 81.7 | 105.29 | 1.26              |
| Z41 | 7.02 | 375 | 78.7 | 0.094 | 14.4 | 156  | 0.08 | 44.5 | 51.3 | 77.8 | 258.41 | 1.10              |
| 最小值 | 7.02 | -42 | 15.1 | 0.023 | 6.28 | 40.1 | ND   | 10.6 | 7.0  | 18.7 | 14.61  | 0.19              |
| 最大值 | 7.77 | 375 | 828  | 0.225 | 26.5 | 400  | 0.29 | 61.3 | 88.8 | 223  | 622.97 | 2.04              |
| 平均值 | 7.40 | 52  | 156  | 0.129 | 20.6 | 176  | 0.15 | 42.6 | 49.7 | 84.7 | 230.83 | 1.08              |

注：镉未检出部分取 1/2 检出限参与计算

#### 4.3.1.2. 沉积物质量评价结果

##### （1）评价标准

沉积物评价采用《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）。根据《珠海市近岸海域环境功能区划（修编）》、《广东省近岸海域环境功能区划》（粤府办[1999]68 号）和《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》（粤府[2013]9 号）来确定各站位执行的评价标准，各站位执行的评价标准见表 4.3-2。

表 4.3-2 监测站位执行标准

| 评价标准 | 第一类沉积物质量标准      | 第二类沉积物质量标准                | 第三类沉积物质量标准 |
|------|-----------------|---------------------------|------------|
| 站位   | Z27、Z31、Z34、Z41 | Z8、Z9、Z13、Z14、Z16、Z38、Z39 | Z37        |

##### （2）评价结果

沉积物评价结果见表 4.3-3，12 个样品中有机碳、石油类、镉、汞均能满足相应沉积物标准的要求，硫化物 2 个样品超出一类沉积物标准要求，超标率 17%，最大超标倍数 0.25 倍；铜 3 个样品超出相应标准要求，超标率 25%，最大超标倍数 0.75；锌 3 个样品超出一类沉积物标准要求，超标率 25%，最大超标倍数 0.39 倍；砷 2 个样品超出一类沉积物标准要求，超标率 16.7%，最大超标倍数 0.33 倍；铅 1 个样品超出相应标准要求，超标率 8.3%，最大超标倍数 0.02；铬 1 个样品超出一类沉积物标准要求，超标率 8.3%，最大超标倍数 0.64 倍。

表 4.3-3 2022 年 3 月沉积物评价结果

| 执行标准   | 站位  | 有机碳  | 硫化物         | 石油类  | 铜           | 锌           | 砷           | 镉    | 铅           | 铬           | 汞    |
|--------|-----|------|-------------|------|-------------|-------------|-------------|------|-------------|-------------|------|
| 二类     | Z8  | 0.15 | 0.18        | 0.06 | 0.35        | 0.32        | 0.21        | 0.19 | 0.17        | 0.43        | 0.14 |
| 二类     | Z9  | 0.39 | <b>1.14</b> | 0.11 | 0.64        | 0.55        | 0.39        | 0.06 | 0.36        | 0.65        | 0.32 |
| 二类     | Z13 | 0.30 | <b>1.25</b> | 0.06 | 0.43        | 0.39        | 0.31        | 0.13 | 0.30        | 0.50        | 0.17 |
| 二类     | Z14 | 0.32 | 0.27        | 0.04 | 0.36        | 0.33        | 0.32        | 0.13 | 0.28        | 0.41        | 0.20 |
| 二类     | Z16 | 0.40 | 0.40        | 0.13 | 0.61        | 0.54        | 0.34        | 0.08 | 0.33        | 0.56        | 0.26 |
| 一类     | Z27 | 0.10 | 0.05        | 0.03 | 0.20        | 0.27        | 0.31        | /    | 0.18        | 0.23        | 0.12 |
| 一类     | Z31 | 0.52 | 0.82        | 0.20 | <b>1.69</b> | <b>1.23</b> | <b>1.33</b> | 0.16 | <b>1.02</b> | 0.92        | 0.90 |
| 一类     | Z34 | 0.66 | 0.20        | 0.41 | <b>1.75</b> | <b>1.39</b> | <b>1.33</b> | 0.24 | 0.90        | <b>1.64</b> | 0.82 |
| 三类     | Z37 | 0.51 | 0.22        | 0.55 | 0.20        | 0.67        | 0.27        | 0.03 | 0.23        | 0.83        | 0.23 |
| 二类     | Z38 | 0.43 | 0.67        | 0.20 | 0.89        | 0.59        | 0.37        | 0.07 | 0.41        | 0.63        | 0.31 |
| 二类     | Z39 | 0.42 | 0.21        | 0.06 | 0.50        | 0.48        | 0.33        | 0.16 | 0.34        | 0.54        | 0.32 |
| 一类     | Z41 | 0.55 | 0.86        | 0.16 | <b>1.47</b> | <b>1.04</b> | 0.72        | 0.16 | 0.74        | 0.97        | 0.47 |
| 超标率    |     | 0    | 16.7%       | 0    | 25%         | 25%         | 16.7%       | 0    | 8.3%        | 8.3%        | 0    |
| 最大超标倍数 |     | /    | 0.25        | /    | 0.75        | 0.39        | 0.33        | /    | 0.02        | 0.64        | /    |

### 4.3.2. 2022 年秋季沉积物质量调查与评价

#### 4.3.2.1. 沉积物质量现状调查

##### （1）调查站位

2022 年 10 月 26 日-10 月 31 日（秋季）进行一次调查，设 10 个测站。站位布设同水环境调查。

##### （2）调查项目

监测因子包括氧化-还原电位（Eh）、pH 值、石油类、硫化物、有机碳、总汞（Hg）、铜（Cu）、铅（Pb）、镉（Cd）、锌（Zn）、铬（Cr）和砷（As）共 12 项。

##### （3）调查方法

现场调查采样按《海洋监测规范》（GB17378.4-2007）进行，沉积物样品采用抓斗式采泥器采集到甲板后，用塑料刀或勺从采泥器中取上部 0~1 cm 和 1~2 cm 表层沉积物样品，如遇砂砾层，可在 0~3 cm 层内混合取样。

##### （4）调查结果

监测海域表层沉积物各监测因子监测结果详见表 4.3-4。

**表 4.3-4 2022 年秋季表层沉积环境质量现状监测结果**  
(单位:  $\times 10^{-6}$ , 有机碳为  $\times 10^{-2}$ , 均为干重)

| 站位  | 项目   |       |       |        |      |      |        |      |      |      |
|-----|------|-------|-------|--------|------|------|--------|------|------|------|
|     | 石油类  | 有机碳   | 硫化物   | 汞      | 铜    | 铅    | 镉      | 锌    | 砷    | 铬    |
| S2  | 762  | 1.87  | 62.4  | 0.190  | 19.1 | 20.0 | 0.603  | 75.9 | 21.6 | 34.8 |
| S3  | 128  | 1.37  | 217   | 0.149  | 35.4 | 73.3 | 1.06   | 80.3 | 17.3 | 76.5 |
| S6  | 752  | 1.82  | 23.6  | 0.186  | 20.1 | 57.9 | 0.559  | 87.6 | 19.6 | 50.5 |
| S8  | 174  | 1.27  | 15.4  | 0.280  | 3.13 | 13.8 | 0.0460 | 24.9 | 17.0 | 19.1 |
| S10 | 75.0 | 1.99  | 5.30  | 0.0590 | 13.6 | 18.3 | 0.185  | 54.9 | 9.84 | 44.4 |
| S11 | 204  | 2.94  | 3.30  | 0.202  | 14.7 | 20.6 | 0.242  | 61.5 | 12.9 | 48.1 |
| S14 | 81.0 | 1.36  | 0.500 | 0.0780 | 15.4 | 28.6 | 0.233  | 77.5 | 7.51 | 58.3 |
| S17 | 389  | 3.07  | 202   | 0.119  | 5.73 | 19.3 | 0.0480 | 29.0 | 11.6 | 21.9 |
| S18 | 701  | 2.88  | 182   | 0.0810 | 13.3 | 28.8 | 0.112  | 63.8 | 10.4 | 47.8 |
| S20 | 143  | 0.501 | 15.6  | 0.0370 | 10.4 | 21.7 | 0.118  | 65.3 | 5.84 | 43.2 |
| 最大值 | 762  | 3.07  | 217   | 0.280  | 35.4 | 73.3 | 1.06   | 87.6 | 21.6 | 76.5 |
| 最小值 | 75.0 | 0.501 | 0.500 | 0.0370 | 3.13 | 13.8 | 0.0460 | 24.9 | 5.84 | 19.1 |
| 平均值 | 341  | 1.91  | 72.7  | 0.138  | 15.1 | 30.2 | 0.321  | 62.1 | 13.4 | 44.5 |

#### 4.3.2.2. 沉积物质量评价结果

##### （1）评价标准

沉积物评价采用《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）。根据《珠海市近岸海域环境功能区划（修编）》、《广东省近岸海域环境功能区划》（粤府办[1999]68 号）和《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》（粤府[2013]9 号）来确定各站位执行的评价标准，各站位执行的评价标准见表 4.3-5。

表 4.3-5 监测站位执行标准

| 评价标准 | 第一类沉积物质量标准                       | 第二类沉积物质量标准 |
|------|----------------------------------|------------|
| 站位   | S3、S6、S8、S10、S11、S14、S17、S18、S20 | S2         |

##### （2）评价结果

沉积物调查结果（表 4.3-6）表明，10 个样品中硫化物、锌、砷、铬、等均能满足相应沉积物标准的要求，有机碳 3 个样品超出一类沉积物标准要求，超标率 30%，最大超标倍数 0.54 倍；石油类 2 个样品超出一类沉积物标准要求，超标率 20%，最大超标倍数 0.5 倍；铜 1 个样品超出相应标准要求，超标率 10%，最大超标倍数 0.01；镉 2 个样品超出一类沉积物标准要求，超标率 20%，最大超标倍数 1.12 倍；铅 1 个样品超出相应标准要求，超标率 10%，最大超标倍数 0.22；汞 2 个样品超出相应沉积物标准要求，超标率 20%，最大超标倍数 0.4 倍。

表 4.3-6 2022 年 10 月表层沉积物质量标准指数

| 执行标准   | 站位  | 有机碳         | 硫化物  | 石油类         | 铜           | 锌    | 砷    | 镉           | 铅           | 铬    | 汞           |
|--------|-----|-------------|------|-------------|-------------|------|------|-------------|-------------|------|-------------|
| 二类     | S2  | 0.62        | 0.12 | 0.76        | 0.19        | 0.22 | 0.33 | 0.40        | 0.15        | 0.23 | 0.38        |
| 一类     | S3  | 0.69        | 0.72 | 0.26        | <b>1.01</b> | 0.54 | 0.87 | <b>2.12</b> | <b>1.22</b> | 0.96 | 0.75        |
| 一类     | S6  | 0.91        | 0.08 | <b>1.50</b> | 0.57        | 0.58 | 0.98 | <b>1.12</b> | 0.97        | 0.63 | 0.93        |
| 一类     | S8  | 0.64        | 0.05 | 0.35        | 0.09        | 0.17 | 0.85 | 0.09        | 0.23        | 0.24 | <b>1.40</b> |
| 一类     | S10 | 0.995       | 0.02 | 0.15        | 0.39        | 0.37 | 0.49 | 0.37        | 0.31        | 0.56 | 0.30        |
| 一类     | S11 | <b>1.47</b> | 0.01 | 0.41        | 0.42        | 0.41 | 0.65 | 0.48        | 0.34        | 0.60 | <b>1.01</b> |
| 一类     | S14 | 0.68        | 0.00 | 0.16        | 0.44        | 0.52 | 0.38 | 0.47        | 0.48        | 0.73 | 0.39        |
| 一类     | S17 | <b>1.54</b> | 0.67 | 0.78        | 0.16        | 0.19 | 0.58 | 0.10        | 0.32        | 0.27 | 0.60        |
| 一类     | S18 | <b>1.44</b> | 0.61 | <b>1.40</b> | 0.38        | 0.43 | 0.52 | 0.22        | 0.48        | 0.60 | 0.41        |
| 一类     | S20 | 0.25        | 0.05 | 0.29        | 0.30        | 0.44 | 0.29 | 0.24        | 0.36        | 0.54 | 0.19        |
| 超标率    |     | 30%         | 0    | 20%         | 10%         | 0    | 0    | 20%         | 10%         | 0    | 20%         |
| 最大超标倍数 |     | 0.54        | /    | 0.50        | 0.01        | /    | /    | 1.12        | 0.22        | /    | 0.40        |

## 4.4. 海洋生态环境现状调查与评价

### 4.4.1. 2022 年春季海洋生态环境现状调查与评价

#### 4.4.1.1. 调查内容及方法

##### 1、调查站位及内容

深圳中心站于 2022 年 3 月 24 日-2022 年 4 月 7 日在珠江口附近海域进行海洋生态现状调查，共布设 12 个生态调查站位，采样内容主要包括细菌总数、叶绿素与初级生产力、浮游植物、浮游动物、底栖生物、鱼类浮游生物（鱼卵仔鱼）和游泳动物七个方面；另布设 3 个断面，进行潮间带调查。各调查站位布置见图 4.2-1 和表 4.2-1。

##### 2、调查方法

样品的采集和分析均按《海洋监测规范》（GB 17378-2007）和《海洋调查规范》（GB/T 12763-2007）中规定的方法进行。

叶绿素 a 和初级生产力共布设了 12 个调查站位实施采样，用容积为 5L 的有机玻璃采水器，采集表层 0.5 m 的水样，冷藏带回实验室分析，采用分光光度法测定叶绿素 a 的含量。

初级生产力采用叶绿素 a 法，按照 Cadee 和 Hegeman（1974）提出的简化公式估算： $P = C_a Q L t / 2$ ，其中  $P$ —初级生产力（ $\text{mg} \cdot \text{C} / \text{m}^2 \cdot \text{d}$ ）； $C_a$ —表层叶绿素 a 含量（ $\text{mg} / \text{m}^3$ ）； $Q$ —同化系数（ $\text{mg} \cdot \text{C} / (\text{mgChl-a} \cdot \text{h})$ ），根据中国科学院南海海洋研究所以往调查结果，这里取 3.12； $L$ —真光层的深度（m），取透明度 $\times 2.7$ ； $t$ —白昼时间（h），根据季节和海区情况取 12。

浮游植物的采集、处理和分析：用 37cm 口径、筛绢孔径为 0.077mm 的浅水 III 型浮游生物网由底层至表层垂直拖网采集样品。采集到的样品按照《海洋监测规范》，用 5%福尔马林固定后，带回实验室进行鉴定和计数，分析藻类种类组成特点、丰度及优势种，计算多样性指数及均匀度。

浮游动物的采集、处理和分析：采用浅水 I 型浮游生物网（网口直径为 50cm，网口面积为 0.2m<sup>2</sup>，网长 145cm，筛绢孔径约为 0.505mm），从海底至海面进行垂直拖网采集样品，用 5%的甲醛（福尔马林）溶液固定后，带回实验室进行种类鉴定和计数，并计算多样性指数及均匀度。

底栖生物的采集、处理和分析：定性样品的采集方法是用宽度为 1.5 m 的阿

氏拖网连续以均匀慢速拖 15 分钟，拖网距离 1000 m，捞出所有生物装入聚乙烯封口袋中冷冻保存带回实验室进行个体计数和种类鉴定。定量样品采用 0.05m<sup>2</sup>箱式采泥器，根据国家海洋调查规范要求，在每站位连续采集样品 2 次，经孔径为 0.45mm 的筛网筛洗干净后，剩余物用 10%福尔马林固定带回实验室完成样本清检、种类鉴定、计数、称重等工作，并计算多样性指数及均匀度。

**潮间带生物:**在项目各调查站位邻近设 3 条断面。各断面用 0.25×0.25 m×0.30 m 取样框在高、中、低带定量取样；同时，应尽可能收集该站附近出现的动植物种类已做定性分析。生物样品用中性福尔马林固定，带回实验室分析鉴定，计数和称重。

#### 4.4.1.2. 叶绿素 a 与初级生产力

##### (1) 叶绿素 a

调查海域 12 个调查站位表层水体叶绿素 a 平均含量为 7.6mg·m<sup>-3</sup>，变化范围为 1.2~17.5mg·m<sup>-3</sup>，最高值出现在 Z16 站，最低值出现在 Z26 站（表 4.4-1）。影响水体叶绿素 a 分布的因子较多，如环境因子（潮汐、透明度、浊度、水深、盐度等）、生物因子（浮游植物密度等）、化学因子（无机营养盐等），只有深入测定各因子的参数，才能探讨其与叶绿素 a 含量分布状况之间的相关关系。

##### (2) 初级生产力

对初级生产力进行估算统计（表 4.4-1），结果显示调查海域初级生产力平均值为 257.9 C/m<sup>2</sup>·d，变化范围为 48.5~884.5C/m<sup>2</sup>·d，其中以 Z16 站最高，Z26 站最低。初级生产力反映出单位时间和单位面积内浮游植物的生产水平，其水平高低取决于初级生产者浮游植物或用叶绿素浓度代表的多少生物量和单位初级生产者的生产能力同化数，受到光、温度、辐射、营养盐、浮游植物等多种生态因子的综合影响。

表 4.4-1 叶绿素 a 和初级生产力分布情况

| 站位  | 水深<br>(m) | 透明度<br>(m) | 叶绿素<br>(mg·m <sup>-3</sup> ) | 初级生产力<br>(C/m <sup>2</sup> ·d) |
|-----|-----------|------------|------------------------------|--------------------------------|
| Z11 | 9.0       | 0.4        | 11.7                         | 236.5                          |
| Z13 | 4.7       | 0.8        | 3.8                          | 153.7                          |
| Z16 | 8.0       | 1.0        | 17.5                         | 884.5                          |
| Z17 | 2.8       | 0.3        | 15.4                         | 233.5                          |
| Z20 | 2.1       | 0.4        | 9.3                          | 188.0                          |

| 站位  | 水深<br>(m) | 透明度<br>(m) | 叶绿素<br>( $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ) | 初级生产力<br>( $\text{C}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ ) |
|-----|-----------|------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Z24 | 5.0       | 0.4        | 7.8                                      | 157.7                                           |
| Z26 | 7.6       | 0.8        | 1.2                                      | 48.5                                            |
| Z31 | 11.2      | 0.8        | 3.4                                      | 137.5                                           |
| Z34 | 6.8       | 0.8        | 1.6                                      | 64.7                                            |
| Z38 | 3.6       | 0.8        | 4.6                                      | 186.0                                           |
| Z39 | 9.5       | 0.8        | 13.9                                     | 562.0                                           |
| Z41 | 8.0       | 1.0        | 4.8                                      | 242.6                                           |
| 范围  | 2.1~11.2  | 0.3~1.0    | 1.2~17.5                                 | 48.5~884.5                                      |
| 平均值 | 6.5       | 0.7        | 7.6                                      | 257.9                                           |

### (3) 评价与小结

调查海域的叶绿素 a 含量中等，初级生产力处于中等水平，不同区域存在一定的差别。

#### 4.4.1.3. 浮游植物

##### (1) 种类组成和优势种

本次调查经初步鉴定有浮游植物 5 门 38 属 68 种。其中以硅藻门出现的种类为最多，达 27 属 50 种，占总种类数的 73.53%(表 4.4-2)；绿藻门次之，出现了 6 属 12 种，占总种类数的 17.65%；蓝藻门和裸藻门的种类最少，各仅有 1 种，占 1.47%。硅藻门中，圆筛藻属出现的种类数最多，为 6 种；角毛藻属次之，为 5 种；其它属出现的种类较少。绿藻门的盘星藻属出现种类最多，共 7 种，其他属出现种类较少。

表 4.4-2 浮游植物种类组成

| 类群 | 属数 | 种类数 | 种类组成比例 (%) |
|----|----|-----|------------|
| 甲藻 | 3  | 4   | 5.88       |
| 蓝藻 | 1  | 1   | 1.47       |
| 裸藻 | 1  | 1   | 1.47       |
| 绿藻 | 6  | 12  | 17.65      |
| 硅藻 | 27 | 50  | 73.53      |
| 合计 | 38 | 68  | 100.00     |

以优势度  $Y \geq 0.02$  为判断标准，本次调查的浮游植物优势种共出现 5 种（见表 4.4-3），其中，其颗粒沟链藻的优势度最高，为 0.544，出现频率为 100%，

为本次调查的第一优势种，在整个调查区域广泛分布。

表 4.4-3 浮游植物优势种及优势度

| 序号 | 中文名       | 拉丁文                                                      | 类群 | 优势度   | 出现频率    |
|----|-----------|----------------------------------------------------------|----|-------|---------|
| 1  | 尖针杆藻      | <i>Synedra acus</i>                                      | 硅藻 | 0.113 | 75.00%  |
| 2  | 尖针杆藻极狭变种  | <i>Synedra acus</i> var.<br><i>angustissima</i>          | 硅藻 | 0.032 | 58.33%  |
| 3  | 中肋骨条藻     | <i>Skeletonema costatum</i>                              | 硅藻 | 0.021 | 66.67%  |
| 4  | 颗粒沟链藻     | <i>Aulacoseira granulata</i>                             | 硅藻 | 0.544 | 100.00% |
| 5  | 颗粒沟链藻极狭变种 | <i>Aulacoseira granulata</i><br>var. <i>angustissima</i> | 硅藻 | 0.056 | 58.33%  |

## (2) 生物量

本次调查结果表明，浮游植物生物量变化范围为  $177.17 \times 10^3 \sim 75144.00 \times 10^3$  cells/m<sup>3</sup>，平均为  $17879.03 \times 10^3$  cells/m<sup>3</sup>（见表 4.4-4），生物量较丰富。最高生物量出现在 Z20 站，最低为 Z31 站；最高生物量约为最低值的 424 倍左右，相差甚大。

生物量组成以硅藻占绝对优势，其数量占总生物量的 97.46%，在 12 个站位均有出现；其他三种藻类合计仅占总生物量的 2.54%。

表 4.4-4 浮游植物生物量（单位： $\times 10^3$  cells/m<sup>3</sup>）

| 站位  | Z11      | Z13     | Z16      | Z17      | Z20      | Z24     | 范围                  | 平均       |
|-----|----------|---------|----------|----------|----------|---------|---------------------|----------|
| 生物量 | 28725.71 | 2866.67 | 39894.17 | 56275.00 | 75144.00 | 2433.33 | 177.17~<br>75144.00 | 17879.03 |
| 站位  | Z26      | Z31     | Z34      | Z38      | Z39      | Z41     |                     |          |
| 生物量 | 226.92   | 177.17  | 216.67   | 6150.00  | 2252.00  | 186.67  |                     |          |

## (3) 多样性水平

本次调查，各站位浮游植物种数变化范围 5~35 种，平均 21 种（见表 4.4-5）。Shannon-weaver 多样性指数范围为 0.39~3.33，平均为 2.00，以 Z34 站最高，Z39 站最低。均匀度指数范围为 0.10~0.80，平均为 0.50，其中 Z34 站最高，Z39 站最低。丰富度指数范围为 0.23~1.30，平均为 0.89，其中 Z20 站最高，Z41 站最低。总的来说，本海区浮游植物生境质量处于一般水平。

表 4.4-5 浮游植物的多样性及均匀度指数

| 调查站位 | 种类数 | 多样性指数 | 均匀度指数 | 丰富度  |
|------|-----|-------|-------|------|
| Z11  | 32  | 1.47  | 0.29  | 1.25 |
| Z13  | 21  | 2.16  | 0.49  | 0.93 |
| Z16  | 21  | 1.38  | 0.31  | 0.79 |

|     |      |           |           |           |
|-----|------|-----------|-----------|-----------|
| Z17 | 28   | 1.24      | 0.26      | 1.05      |
| Z20 | 35   | 2.69      | 0.52      | 1.30      |
| Z24 | 27   | 2.48      | 0.52      | 1.23      |
| Z26 | 6    | 1.98      | 0.77      | 0.28      |
| Z31 | 20   | 3.23      | 0.75      | 1.09      |
| Z34 | 18   | 3.33      | 0.80      | 0.96      |
| Z38 | 20   | 2.02      | 0.47      | 0.84      |
| Z39 | 17   | 0.39      | 0.10      | 0.76      |
| Z41 | 5    | 1.60      | 0.69      | 0.23      |
| 范围  | 5~35 | 0.39~3.33 | 0.10~0.80 | 0.23~1.30 |
| 平均值 | 21   | 2.00      | 0.50      | 0.89      |

#### 4.4.1.4. 浮游动物

##### (1) 种类组成

本次调查的浮游动物经初步鉴定有 7 个生物类群，共 50 种（见附录 II—浮游动物种类名录），其中桡足类 19 种，枝角类 3 种，刺胞动物 7 种，栉水母动物 1 种，端足类 1 种，毛颚类 2 种，被囊类 1 种，另有浮游幼体 16 种。（见图 4.4-1）

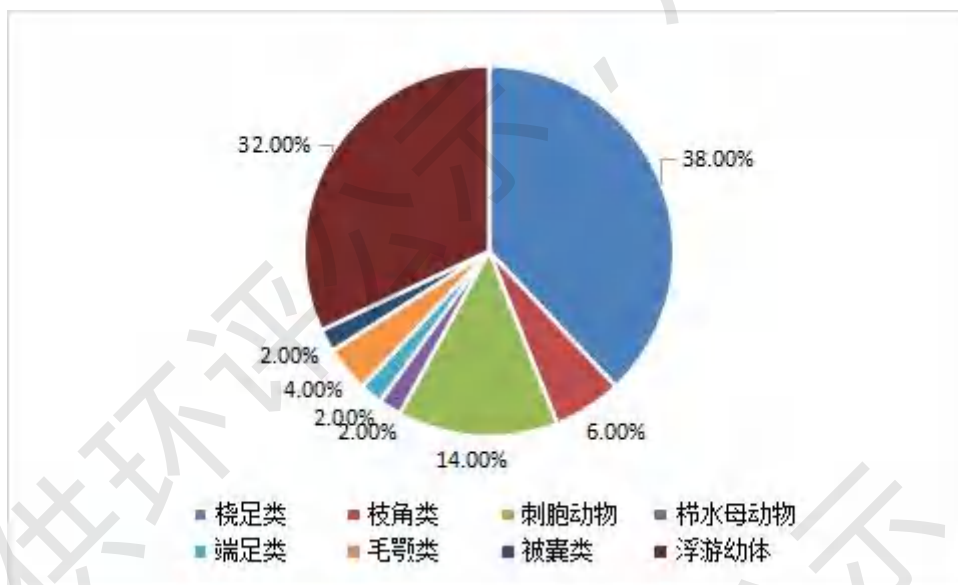


图 4.4-1 浮游动物种类组成

##### (2) 浮游动物生物量、密度及分布

本次调查结果显示，本海域各采样站浮游动物湿重生物量分布不均匀，变化幅度为 80.0~1700.0 mg/m<sup>3</sup>，平均生物量为 394.6 mg/m<sup>3</sup>。在密度分布方面，变化幅度为 40.70~733.33 ind/m<sup>3</sup>，平均密度为 328.34 ind/m<sup>3</sup>。在整个调查区中，湿重生物量最高出现在 Z20 站位，最低值出现在 Z39 站位。密度最高出现在 Z13 站位，最低值出现在 Z11 站位。最高生物量是最低生物量的 21 倍左右；而最高密

度是最低密度的 18 倍左右。(表 4.4-6)

表 4.4-6 浮游动物生物量及密度

| 站位  | 生物量 mg/m <sup>3</sup> | 密度 ind/m <sup>3</sup> |
|-----|-----------------------|-----------------------|
| Z11 | 142.9                 | 40.70                 |
| Z13 | 388.9                 | 733.33                |
| Z16 | 191.7                 | 642.51                |
| Z17 | 1000.0                | 312.50                |
| Z20 | 1700.0                | 630.00                |
| Z24 | 166.7                 | 181.68                |
| Z26 | 211.5                 | 154.78                |
| Z31 | 168.5                 | 704.90                |
| Z34 | 93.8                  | 109.40                |
| Z38 | 500.0                 | 243.79                |
| Z39 | 80.0                  | 90.67                 |
| Z41 | 91.7                  | 95.83                 |
| 范围  | 80.0~1700.0           | 40.70~733.33          |
| 平均值 | 394.6                 | 328.34                |

### (3) 生物多样性指数及均匀度

本次调查海域站位的浮游动物平均出现种类为 15 种，各站位浮游动物种数变化范围 9~26 种；种类多样性指数范围为 0.97~3.54 之间，平均为 2.61，最高出现在 Z34 站，最低则出现在 Z16 站。种类均匀度范围在 0.24~0.88 之间，平均为 0.69，最高出现在 Z11 站，最低出现在 Z16 站。丰富度指数范围为 0.86~2.64，平均为 1.76，其中 Z31 站丰富度最高，Z20 站最低。总的来说，本海区浮游动物生境质量处于一般水平（见表 4.4-7）。

表 4.4-7 浮游动物的多样性指数及均匀度

| 站位  | 总种数 | 多样性指数 H' | 均匀度 J | 丰富度  |
|-----|-----|----------|-------|------|
| Z11 | 13  | 3.24     | 0.88  | 2.24 |
| Z13 | 16  | 2.97     | 0.74  | 1.58 |
| Z16 | 17  | 0.97     | 0.24  | 1.72 |
| Z17 | 10  | 2.54     | 0.77  | 1.09 |
| Z20 | 9   | 2.24     | 0.71  | 0.86 |
| Z24 | 12  | 2.46     | 0.69  | 1.47 |
| Z26 | 13  | 2.22     | 0.60  | 1.65 |

| 站位  | 总种数  | 多样性指数 $H'$ | 均匀度 $J$   | 丰富度       |
|-----|------|------------|-----------|-----------|
| Z31 | 26   | 2.78       | 0.59      | 2.64      |
| Z34 | 17   | 3.54       | 0.87      | 2.36      |
| Z38 | 13   | 3.01       | 0.81      | 1.51      |
| Z39 | 16   | 2.71       | 0.68      | 2.31      |
| Z41 | 12   | 2.67       | 0.74      | 1.67      |
| 范围  | 9~26 | 0.97~3.54  | 0.24~0.88 | 0.86~2.64 |
| 平均值 | 15   | 2.61       | 0.69      | 1.76      |

#### (4) 优势种及其分布

以优势度  $Y \geq 0.02$  为判断标准，本次调查的浮游动物优势种共出现 6 种，分别是中华异水蚤、捷氏歪水蚤、汤氏华哲水蚤、刺尾纺锤水蚤、太平洋纺锤水蚤和微刺哲水蚤，其中，中华异水蚤为第一优势种。本调查海域浮游动物的优势种分布较广泛，优势种在 12 个调查站位有出现频率 58.33%~91.67%（见表 4.4-8）。

表 4.4-8 浮游动物的优势种及优势度

| 序号 | 中文名称    | 拉丁文                         | 优势度   | 出现频率   |
|----|---------|-----------------------------|-------|--------|
| 1  | 中华异水蚤   | <i>Misophria sinensis</i>   | 0.394 | 91.67% |
| 2  | 捷氏歪水蚤   | <i>Tortanus derjugini</i>   | 0.054 | 75.00% |
| 3  | 汤氏华哲水蚤  | <i>Sinocalanus dorrii</i>   | 0.051 | 75.00% |
| 4  | 刺尾纺锤水蚤  | <i>Acartia spinicauda</i>   | 0.037 | 58.33% |
| 5  | 太平洋纺锤水蚤 | <i>Acartia pacifica</i>     | 0.099 | 83.33% |
| 6  | 微刺哲水蚤   | <i>Canthocalanus pauper</i> | 0.066 | 91.67% |

#### 4.4.1.5. 底栖生物

##### (1) 种类组成

调查海域大型底栖生物（定量分析）已鉴定有 4 个类群 19 种，其中软体动物 4 种，环节动物 8 种，节肢动物 6 种和纽虫动物 1 种。

调查海域大型底栖生物（定性分析）已鉴定有 65 种，其中，节肢动物种类数最多为 35 种，占比 53.85%；脊索动物 15 种，占比 23.08%；软体动物 8 种，占比 12.31%；环节动物和刺胞动物各 3 种，分别占比 4.62%；棘皮动物 1 种，仅占比 1.54%。（见图 4.4-2）。

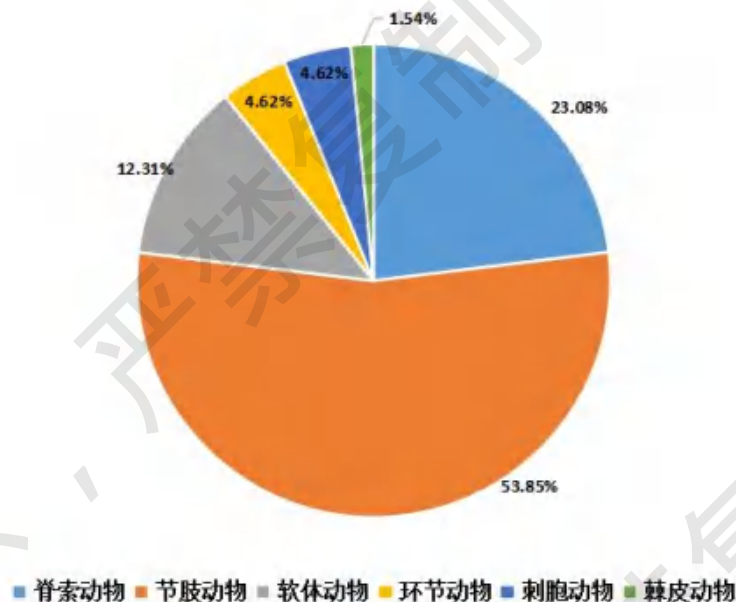


图 4.4-2 大型底栖生物种类组成  
(2) 数量分布和优势种

底栖生物各类群在各站的种类数和个体数量分布（定性分析）详见表7.3-11。其中Z39站的底栖生物种类最多，有21种；Z34站生物数量最多，共1450个。Z38站种类最少，只有8种；Z13站数量最少，17个。除个别站位，节肢动物在大部分站位的出现种类和数量最多，脊索动物次之，环节动物和棘皮动物最少。

表 4.4-9 底栖生物各类群在各站的种类（种）数量（个）分布

| 站位   |    | Z11 | Z13 | Z16 | Z17 | Z20 | Z24 | Z26 | Z31 | Z34  | Z38 | Z39 | Z41 |
|------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|
| 脊索动物 | 种数 | 5   | 1   | 3   | 8   | 4   | 7   | 3   | 4   | 0    | 2   | 4   | 1   |
|      | 总数 | 27  | 1   | 6   | 35  | 8   | 10  | 6   | 6   | 0    | 8   | 8   | 2   |
| 节肢动物 | 种数 | 4   | 6   | 4   | 3   | 5   | 9   | 10  | 6   | 5    | 6   | 16  | 11  |
|      | 总数 | 9   | 9   | 12  | 17  | 20  | 24  | 25  | 19  | 6    | 53  | 84  | 39  |
| 软体动物 | 种数 | 1   | 1   | 1   | 2   | 0   | 1   | 0   | 2   | 2    | 0   | 1   | 0   |
|      | 总数 | 3   | 4   | 2   | 9   | 0   | 1   | 0   | 29  | 1442 | 0   | 2   | 0   |
| 环节动物 | 种数 | 0   | 1   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1    | 0   | 0   | 0   |
|      | 总数 | 0   | 1   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1    | 0   | 0   | 0   |
| 刺胞动物 | 种数 | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 1   | 2   | 1   | 1    | 0   | 0   | 2   |
|      | 总数 | 0   | 2   | 0   | 0   | 0   | 10  | 23  | 3   | 1    | 0   | 0   | 2   |
| 棘皮动物 | 种数 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0    | 0   | 0   | 1   |
|      | 总数 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 2   | 0    | 0   | 0   | 1   |
| 合计   | 种数 | 10  | 10  | 9   | 13  | 9   | 18  | 15  | 14  | 9    | 8   | 21  | 15  |
|      | 总数 | 39  | 17  | 21  | 61  | 28  | 45  | 54  | 59  | 1450 | 61  | 94  | 44  |

表 4.4-10 底栖动物优势种及优势度

| 序号 | 类群   | 优势种  | 拉丁名                       | 优势度 (Y) | 出现频率   |
|----|------|------|---------------------------|---------|--------|
| 1  | 节肢动物 | 近亲蛄  | <i>Charybdis affinis</i>  | 0.041   | 75.00% |
| 2  | 软体动物 | 凸壳肌蛤 | <i>Musculus senhousia</i> | 0.122   | 16.67% |

底栖动物出现种类的优势度  $Y \geq 0.02$  时即被认定为优势种。该海域调查共有优势种 2 种。出现的优势种中，凸壳肌蛤的优势度最高，为 0.122。（表 4.4-10）

### （3）底栖生物栖息密度、生物量和多样性指数

调查海域的 12 站位，除 Z20 和 Z26 未发现底栖生物外，其他 10 各站位的栖息密度范围为 10.00~80.00 ind/m<sup>2</sup>，生物量范围为 0.10~18.60 g/m<sup>2</sup>。其中，以 Z31 站栖息密度最大，Z17 站生物量最大；Z13 站、Z34 站和 Z38 站栖息密度最小，Z38 站生物量最小。

调查海域各站位出现种数变化范围在 0~6 种之间，多样性指数( $H'$ )变化范围在 0~2.52 之间，平均值为 0.83（表 4.4-11）。均匀度范围在 0~1.00 之间，平均为 0.53。丰富度指数范围为 0~0.82，平均为 0.25。其中，Z41 站和 Z17 站多样性指数  $> 2$ ，生境质量处于一般水平，其他站生境质量差或极差。总的来说，本海区底栖生物多样性属于较差水平。

表 4.4-11 底栖生物栖息密度、生物量及多样性指数

| 站位  | 栖息密度<br>(ind/m <sup>2</sup> ) | 生物量<br>(g/m <sup>2</sup> ) | 种类数 | 多样性指数( $H'$ ) | 均匀度    | 丰富度    |
|-----|-------------------------------|----------------------------|-----|---------------|--------|--------|
| Z11 | 20.00                         | 0.20                       | 2   | 1.00          | 1.00   | 0.23   |
| Z13 | 10.00                         | 0.20                       | 1   | 0             | 0      | 0      |
| Z16 | 20.00                         | 6.70                       | 2   | 1.00          | 1.00   | 0.23   |
| Z17 | 70.00                         | 18.60                      | 5   | 2.24          | 0.96   | 0.65   |
| Z20 | —                             | —                          | 0   | —             | —      | —      |
| Z24 | 20.00                         | 0.20                       | 2   | 1.00          | 1.00   | 0.23   |
| Z26 | —                             | —                          | 0   | —             | —      | 0.23   |
| Z31 | 80.00                         | 9.30                       | 4   | 1.55          | 0.77   | 0.47   |
| Z34 | 10.00                         | 0.70                       | 1   | 0             | 0      | 0      |
| Z38 | 10.00                         | 0.10                       | 1   | 0             | 0      | 0      |
| Z39 | 60.00                         | 1.00                       | 2   | 0.65          | 0.65   | 0.17   |
| Z41 | 70.00                         | 12.40                      | 6   | 2.52          | 0.98   | 0.82   |
| 范围  | 10.00~80.00                   | 0.10~18.60                 | 0~6 | 0~2.52        | 0~1.00 | 0~0.82 |
| 平均值 | 30.83                         | 4.12                       | 2   | 0.83          | 0.53   | 0.25   |

“—”表示未采集到底栖生物

#### 4.4.1.6. 潮间带生物

##### （1）潮间带生物的种类组成和生态特性

本次调查设置 3 个潮间带调查断面，各断面底质均为碎石。调查潮间带生物（定性分析）中，3 个断面采集到的潮间带生物经鉴定有环节动物、节肢动物和软体动物 3 个门类，共计 18 种。详见附录 V-潮间带（定性）生物种类名录。

调查潮间带生物（定量分析）中，采集到的生物经鉴定有 3 个类群 24 种，其中节肢动物 12 种、软体动物 11 种、环节动物 1 种（详见附录 IV-潮间带（定量）生物种类名录）。节肢动物占种类数的比例最高为 50.00%，其次是软体动物，为 45.83%（见图 4.4-3）。

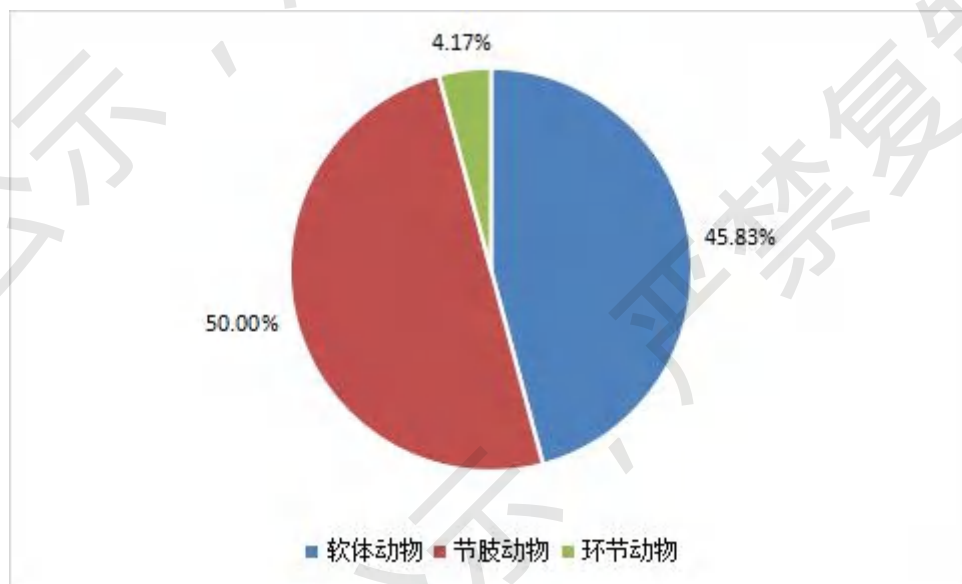


图 4.4-3 潮间带生物种类组成

以优势度  $Y \geq 0.02$  为判断标准，本次调查的潮间带生物优势种共出现 2 种，分别为齿纹蜃螺和粗糙拟滨螺。其中，粗糙拟滨螺优势度最高，为 0.389，为本次调查的第一优势种；齿纹蜃螺优势度次之，为 0.166。（见表 4.4-12）

表 4.4-12 潮间带生物优势种及优势度

| 中文名   | 拉丁文                     | 类群   | 优势度   |
|-------|-------------------------|------|-------|
| 齿纹蜃螺  | <i>Nerita yoldi</i>     | 软体动物 | 0.166 |
| 粗糙拟滨螺 | <i>Littorina scabra</i> | 软体动物 | 0.389 |

## （2）潮间带生物量及栖息密度

### a、生物量及栖息密度的分布

调查断面潮间带生物平均栖息密度为  $750.22 \text{ ind/m}^2$ ，平均生物量为  $1462.14 \text{ g/m}^2$ 。

在 3 个调查断面的水平分布方面，栖息密度最高值均出现在 W5 断面，平均栖息密度为  $1123.56 \text{ ind/m}^2$ ，生物量最高值出现在 W6 断面，平均生物量为  $2318.10$

$\text{g/m}^2$ ；最低平均栖息密度和生物量均出现在W3断面，栖息密度为 $29.78 \text{ ind/m}^2$ ，生物量为 $8.32 \text{ g/m}^2$ 。

在垂直分布上，潮间带生物的栖息密度和生物量，最高为低潮区，最低则为高潮区，即低潮区>中潮区>高潮区。（见表4.4-13）

表 4.4-13 调查海域潮间带生物量及栖息密度

| 断面  | 潮带                        | 高潮带     | 中潮带     | 低潮带     | 平均值     |
|-----|---------------------------|---------|---------|---------|---------|
| W5  | 栖息密度 ( $\text{ind/m}^2$ ) | 1208.00 | 1178.67 | 984.00  | 1123.56 |
|     | 生物量 ( $\text{g/m}^2$ )    | 153.68  | 295.60  | 5730.72 | 2060.00 |
| W6  | 栖息密度 ( $\text{ind/m}^2$ ) | 484.00  | 655.99  | 2152.00 | 1097.33 |
|     | 生物量 ( $\text{g/m}^2$ )    | 474.00  | 504.85  | 5975.44 | 2318.10 |
| W7  | 栖息密度 ( $\text{ind/m}^2$ ) | 28.00   | 5.34    | 56.00   | 29.78   |
|     | 生物量 ( $\text{g/m}^2$ )    | 18.88   | 1.12    | 4.96    | 8.32    |
| 平均值 | 栖息密度 ( $\text{ind/m}^2$ ) | 573.33  | 613.33  | 1064.00 | 750.22  |
|     | 生物量 ( $\text{g/m}^2$ )    | 215.52  | 267.19  | 3903.71 | 1462.14 |

#### b、生物量及栖息密度的组成

在栖息密度的组成中，最高为软体动物为  $2036.44 \text{ ind/m}^2$ ，占总栖息密度的 90.48%；节肢动物其次，为  $188.89 \text{ ind/m}^2$ ，占总栖息密度的 8.39%；环节动物最低，仅为  $25.33 \text{ ind/m}^2$ ，占总栖息密度的 1.13%。

在潮间带生物量的组成中，以软体动物居首位，为  $4186.27 \text{ g/m}^2$ ，占总生物量的 95.45%；其次为节肢动物，其生物量为  $197.26 \text{ g/m}^2$ ，占 4.50%；环节动物最低，为  $2.03 \text{ g/m}^2$ ，仅占总生物量的 0.05%。（见表 4.4-14）

表 4.4-14 调查海域潮间带生物量及栖息密度的组成

| 断面 | 项目                        | 节肢动物   | 软体动物    | 环节动物  | 合计      |
|----|---------------------------|--------|---------|-------|---------|
| W5 | 栖息密度 ( $\text{ind/m}^2$ ) | 193.33 | 3169.34 | 8.00  | 3370.67 |
|    | 生物量 ( $\text{g/m}^2$ )    | 211.63 | 5967.65 | 0.72  | 6180.00 |
| W6 | 栖息密度 ( $\text{ind/m}^2$ ) | 284.00 | 2939.99 | 68.00 | 3291.99 |
|    | 生物量 ( $\text{g/m}^2$ )    | 355.2  | 6591.17 | 5.36  | 6951.73 |

| 断面  | 项目                         | 节肢动物   | 软体动物    | 环节动物  | 合计      |
|-----|----------------------------|--------|---------|-------|---------|
| W7  | 栖息密度 (ind/m <sup>2</sup> ) | 89.34  | 0       | 0     | 89.34   |
|     | 生物量 (g/m <sup>2</sup> )    | 24.96  | 0       | 0     | 24.96   |
| 平均值 | 栖息密度 (ind/m <sup>2</sup> ) | 188.89 | 2036.44 | 25.33 | 2250.67 |
|     | 生物量 (g/m <sup>2</sup> )    | 197.26 | 4186.27 | 2.03  | 4385.56 |

### (3) 潮间带生物多样性指数

采用 Shannon-Wiener 指数法测定潮间带生物的多样性指数，一般认为，正常海域环境该指数值高，污染环境该指数低。

计算结果显示，3 个断面的高潮带多样性指数范围为 0.24~2.42，平均为 1.27；中潮带多样性指数范围为 0.28~1.31，平均为 0.87；低潮带多样性指数范围为 0~2.14，平均为 1.38。各调查断面多样性指数、均匀度和丰富度指数的平均值：低潮区>高潮区>中潮区，可见低潮区生态多样性稍高于高潮区和中潮区。但总体来说，本海域潮间带生态环境较差。（见表 4.4-15）

表 4.4-15 调查海区潮间带生物多样性指数及均匀度

| 断面名称 | 项目            | 高潮带  | 中潮带  | 低潮带  |
|------|---------------|------|------|------|
| W5   | 多样性指数( $H'$ ) | 0.24 | 0.28 | 2.14 |
|      | 均匀度           | 0.12 | 0.14 | 0.62 |
|      | 丰富度           | 0.29 | 0.29 | 1.01 |
| W6   | 多样性指数( $H'$ ) | 2.42 | 1.31 | 2.00 |
|      | 均匀度           | 0.70 | 0.57 | 0.56 |
|      | 丰富度           | 1.12 | 0.43 | 0.99 |
| W7   | 多样性指数( $H'$ ) | 1.15 | 1.00 | 0    |
|      | 均匀度           | 0.72 | 1.00 | 0    |
|      | 丰富度           | 0.42 | 0.41 | 0.41 |
| 平均值  | 多样性指数( $H'$ ) | 1.27 | 0.87 | 1.38 |
|      | 均匀度           | 0.52 | 0.57 | 0.39 |
|      | 丰富度           | 0.61 | 0.38 | 0.80 |

## 4.4.2. 2022 年秋季海洋生态环境现状调查与评价

### 4.4.2.1. 调查内容及方法

#### 1、调查站位及内容

海洋生态环境现状（包括叶绿素 a 和初级生产力、浮游植物、浮游动物和底栖生物）、渔业资源现状（包括鱼卵仔鱼和游泳生物）和海洋生物质量现状均设 12 个站位，潮间带设 3 个调查断面（每个断面在高、中、低潮带各设 1 个站位）。站位的布设见 4.2.1.1。

监测时间为 2022 年 10 月 26 日-10 月 31 日（秋季）、2023 年 3 月 17 日-3 月 21 日（春季）各一次。

**生物生态：**叶绿素 a、初级生产力、浮游植物、浮游动物、底栖生物、潮间带生物共 6 项。

## 2、调查方法

海洋生物环境和渔业资源调查采样方法按《海洋监测规范》（GB17378.5-2007）、《海洋调查规范 海洋生物调查》（GB 12763.6-2007）和《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007）进行。

### （1）叶绿素 a（Chl-a）和初级生产力

用容积为 5L 的有机玻璃采水器，采集表层离水面 0.5m 的水样和底层离海底 0.5m 的水样，现场过滤，滤膜用保温壶冷藏，带回实验室测定；初级生产力以叶绿素 a 含量按 Cadée 公式进行估算：

$$P = C_a Q L t / 2$$

式中：P——初级生产力（mg·C/m<sup>2</sup>·d）；

C<sub>a</sub>——叶绿素 a 含量（mg/m<sup>3</sup>）；

Q——同化系数（mg·C/(mgChl-a·h)），根据南海水产研究所以往监测结果，不同季节的同化系数取值见表 1.3；

L——真光层的深度（m），一般取透明度的 3 倍或水深（当 3 倍透明度大于水深时）；

t——白昼时间（h），根据南海水产研究所以往监测结果，不同季节的光照时间取值见表 4.4-16。

**表 4.4-16 南海北部不同季节初级生产力计算的光照时间和同化系数的取值**

| 月份   | 季节 | 光照时间（h）D | 同化系数 Q |
|------|----|----------|--------|
| 3-5  | 春季 | 11       | 3.32   |
| 6-8  | 夏季 | 13       | 3.12   |
| 9-11 | 秋季 | 11.5     | 3.42   |
| 12-2 | 冬季 | 10.5     | 3.52   |

### （2）浮游植物

用浅水Ⅲ型浮游生物网采样进行底层至水面的垂直采样，样品用中性甲醛溶液固定，加入量为样品体积的 5%，带回实验室鉴定。定量计数用计数框，整片计数，取其平均生物量，以每立方米多少个表示（ind/m<sup>3</sup>）。分析种类组成、数量、分布，计算生物多样性指数和均匀度。

### （3）浮游动物

用浅水Ⅰ型浮游生物网采样进行海底至水面的垂直采样，样品用中性甲醛溶液固定，加入量为样品体积的 5%，带回实验室鉴定和生物量及密度分析。浮游动物生物量的测定以湿法进行。即将胶质浮游动物(水母类、被套类)挑出后，吸去其余浮游动物的体表水分，然后用天平称重，并换算出每立方米水体中的生物量。分析种类组成、数量、分布，计算生物多样性指数和均匀度。

### （4）底栖生物

用“大洋 50 型”采泥器（开口面积为 0.05m<sup>2</sup>）采样，每站采 2 次；所采样品用 5%的福尔马林溶液固定，带回实验室进行分类鉴定与计数。分析种类组成、数量、分布，计算生物多样性指数和均匀度。

### （5）潮间带生物

每个监测断面按高、中、低 3 个潮区设置取样站位，每个站分别采定量和定性样品各 2 份，样品用 5%的福尔马林溶液固定，带回实验室进行分类鉴定与计数。分析种类组成、数量、分布，计算生物多样性指数和均匀度。

优势度（Y）应用以下公式计算：

$$Y = \frac{n_i}{N}$$

式中： $n_i$ 为第  $i$  种的个体数； $f_i$ 是该种在各站中出现的频率； $N$ 为所有站每个种出现的总个体数。

采用 Shannon-Weaver 指数测定多样性指数，其计算公式为：

$$H' = -\sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i$$

式中： $H'$ ——种类多样性指数

$S$ ——样品中的种类总数

$P_i$ ——第  $i$  种的个体数与总个体数的比值

采用 Pielou 均匀度测定均匀度，其公式为：

$$J = H' / \log_2 S$$

式中：J——均匀度

$H'$  ——种类多样性指数

S——样品中的种类总数

多样性阈值：

$$D_v = H' \times J;$$

式中： $D_v$ 为多样性阈值， $H'$ 为 Shannon-Weaver 多样性指数，J 为均匀度。

生物多样性水平的评价等级见表 4.4-17 和表 4.4-18。

表 4.4-17 生物多样性水平评价指标及等级

|            |               |                     |                     |            |
|------------|---------------|---------------------|---------------------|------------|
| 多样性指数 $H'$ | $H' \geq 3.0$ | $2.0 \leq H' < 3.0$ | $1.0 \leq H' < 2.0$ | $H' < 1.0$ |
| 生物多样性水平    | 优良            | 一般                  | 差                   | 极差         |

表 4.4-18 生物多样性阈值等级

| 项目       | 评价等级 |         |         |         |         |
|----------|------|---------|---------|---------|---------|
|          | 1    | 2       | 3       | 4       | 5       |
| 阈值 $D_v$ | <0.6 | 0.6-1.5 | 1.6-2.5 | 2.6-3.5 | >3.5    |
| 等级描述     | 多样性差 | 多样性一般   | 多样性较好   | 多样性丰富   | 多样性非常丰富 |

#### 4.4.2.2. 叶绿素 a 与初级生产力

##### (1) 叶绿素 a

秋季表层叶绿素 a 含量的变化范围为 0.01~0.40 mg/m<sup>3</sup>，各站位变化幅度不大，平均值为 0.21 mg/m<sup>3</sup>，其中，以 S12 站含量最高，S8 站位次之，S11 站表层叶绿素 a 含量最低。（表 4.4-19）。影响水体叶绿素 a 分布的因子较多，如环境因子（潮汐、透明度、浊度、水深、盐度等）、生物因子（浮游植物密度等）、化学因子（无机营养盐等），只有深入测定各因子的参数，才能探讨其与叶绿素 a 含量分布状况之间的相关关系。

##### (2) 初级生产力

对初级生产力进行估算统计（表 4.4-19），秋季初级生产力水平的变化范围为 0.38~16.81 mg·C/m<sup>2</sup>·d，平均值为 9.75 mg·C/m<sup>2</sup>·d，以 S8 站最高，S18 站次之，S11 站最低，各站间差异不大。总体而言，春季生产力水平远高于秋季，两个季节的初级生产力均属低等水平。

表 4.4-19 叶绿素 a 和初级生产力分布情况

| 站位 | 表层叶绿素 a | 初级生产力 |
|----|---------|-------|
| S2 | 0.18    | 5.82  |
| S3 | 0.16    | 8.62  |
| S4 | 0.18    | 7.76  |

| 站位  | 表层叶绿素 <i>a</i> | 初级生产力      |
|-----|----------------|------------|
| S8  | 0.26           | 16.81      |
| S10 | 0.22           | 8.30       |
| S11 | 0.01           | 0.38       |
| S12 | 0.40           | 2.15       |
| S14 | 0.16           | 11.20      |
| S15 | 0.25           | 2.69       |
| S17 | 0.24           | 12.93      |
| S18 | 0.23           | 16.11      |
| S20 | 0.25           | 24.24      |
| 范围  | 0.01~0.40      | 0.38~16.81 |
| 平均值 | 0.21           | 9.75       |

### （3）评价与小结

秋季表层叶绿素 *a* 含量的变化范围为 0.01~0.40 mg/m<sup>3</sup>，平均为 0.21mg/m<sup>3</sup>；春季叶绿素 *a* 含量高于秋季。

秋季初级生产力水平的变化范围为 0.38~16.91 mg·C/m<sup>2</sup>·d，平均值为 9.75 mg·C/m<sup>2</sup>·d。春季生产力水平远高于秋季，两个季节的初级生产力均属低等水平。

#### 4.4.2.3. 浮游植物

##### （1）种类组成和优势种

秋季鉴定出浮游植物 4 门 26 科 76 种（种类名录见附录 1）。其中硅藻出现种类较多，为 18 科 60 种，占总种类数的 80.00%；甲藻出现 5 科 12 种，占总种类数的 16.00%；金藻、蓝藻和定鞭藻各出现 1 科 1 种，分别占总种类数的 1.33%；硅藻门的圆筛藻科出现种类最多，达 19 种，其次是角毛藻科，出现 9 种；除此之外，其它科出现种类数较少，为 1~6 种。

以优势度  $Y \geq 0.02$  为判断标准，秋季浮游植物优势种出现 3 种，（见表 4.4-20），分别为旋链角毛藻（*Chaetoceros curvisetus*）、中肋骨条藻（*Skeletonema costatum*）和并基角毛藻（*Chaetoceros decipiens*）。这 3 个优势种的平均丰度范围为  $35.90 \times 10^4$  cell/m<sup>3</sup>~ $388.95 \times 10^4$  cell/m<sup>3</sup>，占调查海区平均丰度的 6.35%~68.81%，在总丰度中所占比例之和为 93.05%。其中旋链角毛藻的优势度最高，为 0.52，平均丰度为  $388.95 \times 10^4$  cells/m<sup>3</sup>，占调查海区平均丰度的 68.81%，在 9 个调查站位均有出现；其次为中肋骨条藻，为 0.18，平均丰度为  $101.11 \times 10^4$  cells/m<sup>3</sup>，占调查海区平均丰度的 17.89%，在 12 个调查站位均有出现；并基角毛藻的优势度为 0.06，平均丰度为  $35.90 \times 10^4$  cells/m<sup>3</sup>，占调查海区平均丰度的 6.35%，在 11 个调查站位均有出现。

表 4.4-20 浮游植物优势种及优势度

| 中文名   | 拉丁文                           | 优势度  | 平均丰度 ( $\times 10^4$ cells/m <sup>3</sup> ) | 丰度百分比 (%) |
|-------|-------------------------------|------|---------------------------------------------|-----------|
| 旋链角毛藻 | <i>Chaetoceros curvisetus</i> | 0.52 | 388.95                                      | 68.81     |
| 中肋骨条藻 | <i>Skeletonema costatum</i>   | 0.18 | 101.11                                      | 17.89     |
| 并基角毛藻 | <i>Chaetoceros decipiens</i>  | 0.06 | 35.90                                       | 6.35      |

### (2) 生物量

秋季浮游植物丰度的变化范围为  $1.75 \times 10^4 \sim 5401.44 \times 10^4$  cells/m<sup>3</sup>，平均为  $565.23 \times 10^4$  cells/m<sup>3</sup>，丰度属超高水平。不同站位丰度变幅较大，最高丰度出现在 S10 号站，其次是 S4 号站，最低丰度出现在 S11 号站。

所有调查站位的浮游植物丰度组成均以硅藻占主导，占全部浮游植物丰度的 88.98% 以上。

### (3) 多样性水平

秋季各站位浮游植物种数变化范围为 12~30 种，平均 21 种，种类在各站的分布差异不大，其中种类数最多的为 S10 号站，最少的为 S12 号站。多样性指数范围为 0.82~2.39，平均为 1.87，以 S14 号站最高，S10 号站最低。均匀度范围为 0.24~0.84，平均为 0.63，以 S12 号站最高。多样性阈值变化范围为 0.20~1.87，平均为 1.24，最高值出现在 S18 号站。（见表 4.4-21）。

表 4.4-21 浮游植物的多样性及均匀度指数

| 站号  | 种类数   | 多样性指数     | 均匀度       | 多样性阈值     |
|-----|-------|-----------|-----------|-----------|
| S2  | 28    | 1.88      | 0.56      | 1.06      |
| S3  | 20    | 1.90      | 0.63      | 1.21      |
| S4  | 19    | 1.32      | 0.45      | 0.59      |
| S8  | 19    | 1.44      | 0.49      | 0.70      |
| S10 | 30    | 0.82      | 0.24      | 0.20      |
| S11 | 26    | 2.37      | 0.73      | 1.73      |
| S12 | 12    | 2.08      | 0.84      | 1.75      |
| S14 | 22    | 2.39      | 0.77      | 1.85      |
| S15 | 15    | 1.83      | 0.68      | 1.24      |
| S17 | 21    | 2.18      | 0.72      | 1.56      |
| S18 | 19    | 2.34      | 0.80      | 1.87      |
| S20 | 23    | 1.88      | 0.60      | 1.13      |
| 平均值 | 12~30 | 0.82~2.39 | 0.24~0.84 | 0.20~1.87 |
| 范围  | 21    | 1.87      | 0.63      | 1.24      |

#### 4.4.2.4. 浮游动物

##### (1) 种类组成

经鉴定调查海域秋季共出现浮游动物 71 种（类），分属 9 个不同类群，即桡足类、浮游幼体、腔肠动物类、十足类、毛颚类、介形类、枝角类、栉水母动物类和端足类。其中，桡足类出现 30 种，占总种类数的 42.25%；浮游幼体出现 21 种，占总种类数的 29.58%；腔肠动物类出现 9 种，占总种类数的 12.68%；其余类群出现种类较少，为 1~4 种。

### （2）浮游动物生物量、密度及分布

秋季浮游动物栖息密度变化范围为 46.47~386.00 ind./m<sup>3</sup>，均值为 172.61 ind./m<sup>3</sup>，各站位变幅不大。其中以 S10 号站最高，其次为 S4 号站，S18 号站最低。

浮游动物生物量的变化范围为 14.41~2116.36 mg/m<sup>3</sup>，均值为 267.58 mg/m<sup>3</sup>。各站生物量以 S2 号站生物量最高，其次为 S4 号站，最低为 S18 号站。总体而言生物量属超高水平。

### （3）生物多样性指数及均匀度

秋季浮游动物多样性结果列于表 4.16。各站平均出现浮游动物 22 种（类）；浮游动物多样性指数变化范围为 1.17~2.79，平均值为 2.14；均匀度变化范围为 0.51~0.84，均值为 0.70；多样性阈值变化范围为 0.60~2.30，均值为 1.56。空间分布上，多样性指数、均匀度和多样性阈值的变化趋势相似，高值区均出现在。总体而言，浮游动物多样性水平一般。（见表 4.4-22）。

表 4.4-22 浮游动物的多样性指数及均匀度

| 站位  | 种类数  | 多样性指数     | 均匀度指数     | 多样性阈值     |
|-----|------|-----------|-----------|-----------|
| S2  | 10   | 1.17      | 0.51      | 0.60      |
| S3  | 9    | 1.35      | 0.62      | 0.83      |
| S4  | 17   | 1.48      | 0.52      | 0.77      |
| S8  | 31   | 2.49      | 0.72      | 1.80      |
| S10 | 19   | 2.17      | 0.74      | 1.60      |
| S11 | 29   | 2.79      | 0.83      | 2.30      |
| S12 | 19   | 2.48      | 0.84      | 2.10      |
| S14 | 30   | 2.01      | 0.59      | 1.19      |
| S15 | 21   | 1.99      | 0.65      | 1.30      |
| S17 | 21   | 2.33      | 0.77      | 1.79      |
| S18 | 21   | 2.57      | 0.84      | 2.17      |
| S20 | 31   | 2.79      | 0.81      | 2.26      |
| 范围  | 9~31 | 1.17~2.79 | 0.51~0.84 | 0.60~2.30 |
| 均值  | 22   | 2.14      | 0.70      | 1.56      |

### （4）优势种及其分布

以优势度  $Y \geq 0.02$  为判断标准，秋季调查期间出现优势种 8 种，分别为刺尾

纺锤水蚤 *Acartia spinicauda*、汉森莹虾 *Lucifer hansenii*、亚强次真哲水蚤 *Subeucalanus subcrassus*、长尾类幼体 *Macrura larvae*、百陶带箭虫 *Zonosagitta bedoti*、短尾类幼体 *Brachyura larvae*、球型侧腕水母 *Pleurobrachia globosa* 和中华异水蚤 *Acartiella sinensis*。其中刺尾纺锤水蚤的优势度最高，达 0.22，平均栖息密度为 38.45 ind./m<sup>3</sup>，占浮游动物平均密度 22.27%，出现频率为 100%；汉森莹虾居第二位，优势度为 0.19，平均栖息密度为 39.03 ind./m<sup>3</sup>，密度比率 22.61%，出现频率为 83.33%。

#### 4.4.2.5. 底栖生物

##### (1) 种类组成

秋季共鉴定出底栖生物 8 门 37 科 54 种（种类名录见附录 3）。其中环节动物 16 科 22 种，占种类总数的 40.74%；节肢动物 8 科 15 种，占种类总数的 27.78%；软体动物 5 科 7 种，占种类总数的 12.96%；棘皮动物 2 科 4 种，占种类总数的 7.41%；纽形动物和星虫动物各 2 科 2 种，分别占种类总数的 3.70%；腔肠动物和脊索动物各 1 科 1 种，分别占种类总数的 1.85%。12 个站位都采集到底栖动物样品，其中 S20 号站位出现种类数最多，为 18 种；其次为 S8 号站位，出现 12 种，最少的为 S3 和 S12 站位，仅出现 1 种。

##### (2) 数量分布和优势种

秋季捕获的 24 种底栖生物中优势度在 0.02 以上仅 1 种，为光滑河蓝蛤（*Potamocorbula laevis*）。光滑河蓝蛤出现站位为 S2、S3 和 S12，个数分别为 1、2 和 62 个，优势度为 0.088。除此之外其它底栖生物的优势度均低于 0.02。

##### (3) 底栖生物栖息密度、生物量和多样性指数

底栖生物的总平均生物量为 50.77 g/m<sup>2</sup>，属高等水平，平均栖息密度为 153.33 尾/m<sup>2</sup>。生物量的组成以软体动物为主，为 38.17 g/m<sup>2</sup>，占总生物量的 75.18%；其次是节肢动物，生物量为 9.16 g/m<sup>2</sup>，占总生物量的 18.05%；其它 6 类生物的生物量较低。栖息密度的组成以软体动物为主，占总栖息密度的 44.57%；其次为环节动物和节肢动物，分别占总栖息密度的 29.89%和 12.50%；其它 5 类生物的栖息密度相对较低。

秋季调查结果显示本海区采集底栖生物多样性指数变化范围较大，在 0.00~2.71 之间，平均为 1.31，多样性指数最高出现在 S20 号站，S3 和 S12 号站只出现 1 种底栖生物，多样性指数为 0；均匀度分布范围在 0.00~1 之间，整个海

区均匀度指数的平均值为 0.76。秋季底栖生物多样性水平属差水平。空间分布上，多样性指数和均匀度的分布趋势一致。（表 4.4-23）。

表4.4-23 底栖生物多样性指数

| 站位  | 种类数  | 个体数  | 多样性指数  | 均匀度指数 | 多样性阈值  |
|-----|------|------|--------|-------|--------|
| S2  | 3    | 3    | 1.10   | 1.00  | 1.10   |
| S3  | 1    | 2    | 0.00   | 0.00  | 0.00   |
| S4  | 4    | 5    | 1.33   | 0.96  | 1.28   |
| S8  | 12   | 21   | 2.10   | 0.84  | 1.77   |
| S10 | 4    | 7    | 1.15   | 0.83  | 0.96   |
| S11 | 5    | 8    | 1.49   | 0.93  | 1.39   |
| S12 | 1    | 62   | 0.00   | 0.00  | 0.00   |
| S14 | 5    | 9    | 1.43   | 0.89  | 1.27   |
| S15 | 7    | 17   | 1.48   | 0.76  | 1.12   |
| S17 | 2    | 2    | 0.69   | 1.00  | 0.69   |
| S18 | 10   | 16   | 2.22   | 0.96  | 2.14   |
| S20 | 18   | 32   | 2.71   | 0.94  | 2.54   |
| 范围  | 1~18 | 2~62 | 0~2.71 | 0~1   | 0~2.54 |
| 平均值 | 6    | 15   | 1.31   | 0.76  | 1.19   |

#### 4.4.2.6. 潮间带生物

##### （1）潮间带生物的种类组成和生态特性

秋季共鉴定出潮间带生物 5 门 24 科 38 种（种类名录见附录 4）。其中软体动物 12 科 21 种，占种类总数的 55.26%；节肢动物属 9 科 13 种，占种类总数的 34.21%；环节动物 1 科 2 种，占总种类数的 5.26%；脊索动物 1 科 1 种，占总种类数的 2.63%；红藻门 1 科 1 种，占总种类数的 2.63%。（见表 4.4-24）

秋季 3 个断面的潮间带生物共出现 38 种生物。优势度在 0.02 以上的有 3 种，分别为中间似滨螺 *Littorinopsis intermedia*、独齿围沙蚕 *Perinereis cultrifera* Grube 和纹藤壶 *Balanus amphitrite amphitrite*，出现站位数分别为 3~5 站，优势度范围为 0.044~0.085；其他生物出现站位数分别为 1~3 站，优势度均小于 0.02。

表 4.4-24 潮间带生物种类组成

| 类群   | 科数 | 种数 | 占总种类数的比例（%） |
|------|----|----|-------------|
| 软体动物 | 12 | 21 | 55.26       |
| 节肢动物 | 9  | 13 | 34.21       |
| 环节动物 | 1  | 2  | 5.26        |
| 脊索动物 | 1  | 1  | 2.63        |
| 红藻门  | 1  | 1  | 2.63        |
| 合 计  | 24 | 38 | 100         |

##### （3）潮间带生物量及栖息密度

##### a、生物量及栖息密度的分布

3 个潮间带断面中，秋季生物量以 C3 断面的低潮区采样点为最高，为 9022

g/m<sup>2</sup>；其次是 C3 断面的中潮区采样点，为 4648.50 g/m<sup>2</sup>，以 C1 断面中潮区采样点最低，为 52.80 g/m<sup>2</sup>，最高生物量是最低生物量的 170.87 倍。栖息密度以 C3 断面的低潮区最高，为 2600 个/m<sup>2</sup>；其次是 C3 断面的中潮区采样点，为 1500 个/m<sup>2</sup>；以 C1 断面中潮区的栖息密度最低，为 144 个/m<sup>2</sup>，最高栖息密度是最低栖息密度的 18.06 倍。

在调查断面中，生物量高低排序为 C3 断面 > C2 断面 > C1 断面，栖息密度高低排序为 C3 断面 > C1 断面 > C2 断面。（见表 4.4-25）

表 4.4-25 调查海域潮间带生物量及栖息密度

| 断面名称   | 项目   | 软体动物    | 节肢动物   | 环节动物 | 脊索动物 | 总计      |
|--------|------|---------|--------|------|------|---------|
| C1 高潮区 | 生物量  | 87.68   | 0      | 0    | 0    | 87.68   |
|        | 栖息密度 | 672     | 0      | 0    | 0    | 672     |
| C1 中潮区 | 生物量  | 44.96   | 7.84   | 0    | 0    | 52.8    |
|        | 栖息密度 | 96      | 48     | 0    | 0    | 144     |
| C1 低潮区 | 生物量  | 27.68   | 301.76 | 0    | 7.84 | 337.28  |
|        | 栖息密度 | 160     | 1088   | 0    | 16   | 1264    |
| C2 高潮区 | 生物量  | 59.28   | 0      | 0    | 0    | 59.28   |
|        | 栖息密度 | 480     | 0      | 0    | 0    | 480     |
| C2 中潮区 | 生物量  | 982.56  | 85.12  | 0.16 | 0    | 1067.84 |
|        | 栖息密度 | 496     | 160    | 16   | 0    | 672     |
| C2 低潮区 | 生物量  | 1870.08 | 276.8  | 1.36 | 0    | 2148.24 |
|        | 栖息密度 | 528     | 320    | 48   | 0    | 896     |
| C3 高潮区 | 生物量  | 0.58    | 1212   | 0    | 0    | 1212.58 |
|        | 栖息密度 | 16      | 1100   | 0    | 0    | 1116    |
| C3 中潮区 | 生物量  | 274.5   | 4364   | 10   | 0    | 4648.5  |
|        | 栖息密度 | 300     | 1150   | 50   | 0    | 1500    |
| C3 低潮区 | 生物量  | 8957    | 1      | 64   | 0    | 9022    |
|        | 栖息密度 | 1200    | 200    | 1200 | 0    | 2600    |

#### b、生物量及栖息密度的组成

秋季潮间带生物的平均生物量为 2070.69 g/m<sup>2</sup>，平均栖息密度为 1038.22 ind./m<sup>2</sup>。在潮间带生物生物量的百分组成中，软体动物生物量占绝对优势，为 1367.15 g/m<sup>2</sup>，占总平均生物量的 66.02%；其次是节肢动物，为 694.28 g/m<sup>2</sup>，占

总平均生物量的 33.53%。

栖息密度的类群组成方面主要以节肢动物和软体动物为主，分别为 451.78 ind./m<sup>2</sup> 和 438.67 ind./m<sup>2</sup>，分别占总平均栖息密度的 43.51%和 42.25%。（见表 4.4-26）

表 4.4-26 调查海域潮间带生物量及栖息密度的组成

| 类 别     | 合 计     | 软体动物    | 节肢动物   | 环节动物   | 脊索动物 |
|---------|---------|---------|--------|--------|------|
| 生物量     | 2070.69 | 1367.15 | 694.28 | 8.39   | 0.87 |
| 生物量百分比  | 100.00  | 66.02   | 33.53  | 0.41   | 0.04 |
| 栖息密度    | 1038.22 | 23.09   | 451.78 | 146.00 | 1.78 |
| 栖息密度百分比 | 100.00  | 2.22    | 43.51  | 14.06  | 0.17 |

### （3）潮间带生物多样性指数

采用 Shannon-Wiener 指数法测定潮间带生物多样性指数，一般认为，正常海域环境该指数值高，污染环境该指数低。

调查结果表明，多样性指数的变化范围为 0~2.12，平均值为 0.99，多样性指数的最高值出现在 C2 低潮区，最低值出现在 C1 高潮区（仅出现 1 种潮间带生物）；均匀度的变化范围为 0~0.95，平均值为 0.54，最高值出现在 C1 中潮区，最低值出现在 C1 高潮区；总的来说，秋季调查海域潮间带生物多样性处于极差水平。（见表 4.4-27）

表 4.4-27 调查海区潮间带生物多样性指数及均匀度

| 断 面    | 种类数 | 多样性指数 | 均匀度  |
|--------|-----|-------|------|
| C1 高潮区 | 1   | 0     | 0    |
| C1 中潮区 | 4   | 1.31  | 0.95 |
| C1 低潮区 | 6   | 0.67  | 0.37 |
| C2 高潮区 | 2   | 0.24  | 0.35 |
| C2 中潮区 | 8   | 1.81  | 0.87 |
| C2 低潮区 | 14  | 2.12  | 0.80 |
| C3 高潮区 | 3   | 0.08  | 0.08 |
| C3 中潮区 | 6   | 1.11  | 0.62 |
| C3 低潮区 | 7   | 1.55  | 0.80 |
| 平均值    | 6   | 0.99  | 0.54 |

#### 4.4.3. 2023 年春季海洋生态环境现状调查与评价

##### 4.4.3.1. 调查内容及方法

1、调查站位及内容：同 2022 年秋季。

2、调查及评价方法：同 2022 年秋季。

##### 4.4.3.2. 叶绿素 a 与初级生产力

###### （1）叶绿素 a

春季表层叶绿素 a 含量的变化范围为 0.17~1.63 mg/m<sup>3</sup>，各站位变化幅度不大，平均值为 0.90 mg/m<sup>3</sup>，其中，以 S6 站含量最高，S8 和 S9 站位次之，S5 站表层叶绿素 a 含量最低（表 4.4-28）。春季底层海水叶绿素 a 含量的变化范围为 0.27~2.67 mg/m<sup>3</sup>，平均值为 1.06 mg/m<sup>3</sup>，其中，以 S9 站含量最高，S11 站底层叶绿素 a 最低。叶绿素 a 含量在调查海域的分布情况图 4.1 所示，表、底层叶绿素 a 含量有一定差异。

###### （2）初级生产力

对初级生产力进行估算统计（表 4.4-28），春季初级生产力水平的变化范围为 1.91~264.45 mg · C/m<sup>2</sup> · d，平均值为 105.06 mg · C/m<sup>2</sup> · d，以 S15 站最高，S17 站次之，S10 站最低，各站间差异较大。

表 4.4-28 2023 年春季海域叶绿素 a 和初级生产力分布情况

| 站位  | 表层叶绿素 a   | 底层叶绿素 a   | 初级生产力       |
|-----|-----------|-----------|-------------|
| S2  | 1.30      | 1.51      | 85.46       |
| S3  | 0.53      |           | 37.64       |
| S4  | 1.26      |           | 103.89      |
| S8  | 0.46      |           | 27.55       |
| S10 | 0.17      |           | 1.91        |
| S11 | 1.63      |           | 178.44      |
| S12 | 0.20      |           | 2.23        |
| S14 | 1.56      | 0.88      | 171.39      |
| S15 | 1.56      | 2.67      | 264.45      |
| S17 | 1.02      | 0.73      | 179.06      |
| S18 | 0.55      | 0.27      | 96.42       |
| S20 | 0.59      | 0.29      | 112.31      |
| 范围  | 0.17~1.63 | 0.27~2.67 | 1.91~264.45 |
| 平均值 | 0.90      | 1.06      | 105.06      |

##### 4.4.3.3. 浮游植物

###### 1、种类组成

调查期间浮游植物的群落组成是以沿岸广布种为主，种类组成呈现显著的热带亚热带河口浮游植物种群结构特征。春季鉴定出浮游植物 2 门 22 科 78 种（种

类名录见附录 1)。其中硅藻出现种类较多,为 16 科 63 种,占总种类数的 80.77%;甲藻出现 6 科 15 种,占总种类数的 19.23%;硅藻门的角毛藻科和圆筛藻科出现种类最多,各有 13 种,其次是根管藻科和甲藻门的角藻科,分别出现 8 和 7 种;除此之外,其它科出现种类数较少,为 1~5 种。

以优势度  $Y \geq 0.02$  为判断标准,春季浮游植物优势种出现 7 种,分别为窄隙角毛藻 (*Chaetoceros affinis*)、柔弱角毛藻 (*Chaetoceros debilis*)、笔尖形根管藻 (*Rhizosolenia styliformis*)、卡氏角毛藻 (*Chaetoceros castracanei*)、密连角毛藻 (*Chaetoceros densus*)、掌状冠盖藻 (*Stephanopyxis palmeriana*) 和夜光藻 (*Noctiluca scintillans*)。这 7 个优势种的平均丰度范围为  $9.59 \times 10^4 \text{ cell/m}^3 \sim 156.41 \times 10^4 \text{ cell/m}^3$ ,占调查海区平均丰度的 2.30%~37.50%,在总丰度中所占比例之和为 89.09%。其中窄隙角毛藻的优势度最高,为 0.30,平均丰度为  $138.60 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$ ,占调查海区平均丰度的 33.23%,这 7 个优势种在 8-11 个调查站位出现。(表 4.4-29)。

表 4.4-29 2023 年春季海域浮游植物优势种及优势度

| 中文名    | 拉丁文                             | 优势度  | 平均丰度 ( $\times 10^4 \text{ cells/m}^3$ ) | 丰度百分比 (%) |
|--------|---------------------------------|------|------------------------------------------|-----------|
| 窄隙角毛藻  | <i>Chaetoceros affinis</i>      | 0.30 | 138.60                                   | 33.23     |
| 柔弱角毛藻  | <i>Chaetoceros debilis</i>      | 0.25 | 156.41                                   | 37.50     |
| 笔尖形根管藻 | <i>Rhizosolenia styliformis</i> | 0.04 | 17.09                                    | 4.10      |
| 卡氏角毛藻  | <i>Chaetoceros castracanei</i>  | 0.04 | 22.69                                    | 5.44      |
| 密连角毛藻  | <i>Chaetoceros densus</i>       | 0.03 | 15.63                                    | 3.75      |
| 掌状冠盖藻  | <i>Stephanopyxis palmeriana</i> | 0.02 | 9.59                                     | 2.30      |
| 夜光藻    | <i>Noctiluca scintillans</i>    | 0.02 | 11.54                                    | 2.77      |

## 2、生物量

春季浮游植物丰度的变化范围为  $0.20 \times 10^4 \sim 2447.20 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$ ,平均为  $417.10 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$ ,丰度属超高水平。不同站位丰度变幅较大,最高丰度出现在 S18 号站,其次是 S15 号站,最低丰度出现在 S2 号站。

除 S11 和 S12 号站位以外,其他调查站位浮游植物丰度组成均以硅藻占主导,占全部浮游植物丰度的 91.86%以上,S11 站位浮游植物硅藻和甲藻的丰度占比分别为 63.39%和 36.61%。S12 站位浮游植物硅藻和甲藻的丰度占比分别为 39.16%和 60.84%。

### 3、多样性水平

本次调查，春季各站位浮游植物种数变化范围为 15~46 种，平均 27 种（见表 4.4-30）。种类在各站的分布差异较大，其中种类数最多的为 S20 号站，最少的为 S2 和 S3 号站。多样性指数范围为 1.31~2.25，平均为 1.89，以 S8 号站最高，S10 号站最低。均匀度范围为 0.36~0.79，平均为 0.60，以 S3 号站最高。多样性阈值变化范围为 0.48~1.70，平均为 1.17，最高值出现在 S3 号站。

表 4.4-30 2023 年春季浮游植物的多样性及均匀度指数

| 站号  | 种类数   | 多样性指数     | 均匀度       | 多样性阈值     |
|-----|-------|-----------|-----------|-----------|
| S2  | 15    | 2.10      | 0.78      | 1.64      |
| S3  | 15    | 2.15      | 0.79      | 1.70      |
| S4  | 19    | 2.22      | 0.75      | 1.68      |
| S8  | 26    | 2.25      | 0.69      | 1.56      |
| S10 | 23    | 2.24      | 0.71      | 1.60      |
| S11 | 25    | 1.76      | 0.55      | 0.96      |
| S12 | 27    | 1.67      | 0.51      | 0.84      |
| S14 | 23    | 1.98      | 0.63      | 1.26      |
| S15 | 34    | 1.67      | 0.47      | 0.79      |
| S17 | 31    | 1.31      | 0.38      | 0.50      |
| S18 | 40    | 1.33      | 0.36      | 0.48      |
| S20 | 46    | 1.97      | 0.51      | 1.01      |
| 范围  | 15~46 | 1.31~2.25 | 0.36~0.79 | 0.48~1.70 |
| 平均值 | 27    | 1.89      | 0.60      | 1.17      |

#### 4.4.3.4. 浮游动物

##### 1、种类组成

经鉴定调查海域春季共出现浮游动物 77 种（类），分属 14 个不同类群，即桡足类、浮游幼体、腔肠动物类、枝角类、端足类、毛颚类、翼足类、十足类、海樽类、介形类、涟虫类、有尾类、原生动物类和栉水母动物类（种类名录见附录 2）。其中，以桡足类出现 32 种，占总种类数的 41.56%；浮游幼体类和腔肠动物类分别出现 16 和 13 种，占总种类数的 20.78%和 16.88%；其余类群出现种类较少，为 1~3 种。（见附录 2）。

以优势度  $Y \geq 0.02$  为判断标准，春季调查期间仅出现 1 种优势种，为夜光虫 *Noctiluca scintillans*（表 4.4-31），其优势度为 0.32，平均栖息密度为 8009.52 ind./m<sup>3</sup>，占浮游动物平均密度的 95.41%。夜光虫在 S11、S12、S14 和 S15 号站出现，其中 S14 号站的栖息密度最高，达 80602.90 ind./m<sup>3</sup>，占夜光虫全部密度的 83.86%。（表 4.4-31）。

表 4.4-31 2023 年春季调查海域浮游动物的优势种及优势度

| 优势种                              | 优势度<br>(Y) | 栖息密度<br>(ind./m <sup>3</sup> ) | 密度比率<br>(%) | 出现频率<br>(%) |
|----------------------------------|------------|--------------------------------|-------------|-------------|
| 夜光虫 <i>Noctiluca scintillans</i> | 0.32       | 8009.52                        | 95.41       | 33.33       |

## 2、浮游动物密度与生物量

春季浮游动物栖息密度变化范围为 110.61~81391.31 ind./m<sup>3</sup>，均值为 8394.70 ind./m<sup>3</sup>，各站位变幅较大。其中以 S14 号站最高，其次为 S11 号站，S4 号站最低。

浮游动物生物量的变化范围为 16.67~864.58 mg/m<sup>3</sup>，均值为 281.71 mg/m<sup>3</sup>。各站生物量以 S10 号站生物量最高，其次为 S12 号站，最低为 S4 号站，如图 4.18 所示。总体而言，浮游动物生物量属超高水平。（表 4.4-32）。

表 4.4-32 2023 年春季海域浮游动物生物量及密度

| 站位  | 栖息密度 ind./m <sup>3</sup> | 生物量 mg/m <sup>3</sup> |
|-----|--------------------------|-----------------------|
| S2  | 179.33                   | 142.00                |
| S3  | 153.92                   | 27.45                 |
| S4  | 110.61                   | 16.67                 |
| S8  | 200.00                   | 203.57                |
| S10 | 165.62                   | 864.58                |
| S11 | 9076.19                  | 536.90                |
| S12 | 270.00                   | 748.89                |
| S14 | 81391.31                 | 302.17                |
| S15 | 8108.50                  | 134.97                |
| S17 | 376.79                   | 100.60                |
| S18 | 161.79                   | 200.81                |
| S20 | 542.33                   | 101.85                |
| 范围  | 110.61~81391.31          | 16.67~864.58          |
| 均值  | 8394.70                  | 281.71                |

## 3、生物多样性水平

春季浮游动物多样性结果列于表 4.15。各站平均出现浮游动物 22 种（类）；浮游动物多样性指数变化范围为 0.08~2.62，平均值为 1.41；均匀度变化范围为 0.02~0.76，均值为 0.47；多样性阈值变化范围为 0.00~2.00，均值为 0.84。空间分布上，多样性指数、均匀度和多样性阈值的变化趋势相似。总体而言，浮游动物多样性水平差。（见表 4.4-33）。

表 4.4-33 2023 年春季海域浮游动物多样性指数及均匀度

| 站位 | 种类数 | 多样性指数 | 均匀度指数 | 多样性阈值 |
|----|-----|-------|-------|-------|
| S2 | 12  | 1.33  | 0.54  | 0.71  |
| S3 | 7   | 0.82  | 0.42  | 0.35  |

| 站位  | 种类数  | 多样性指数     | 均匀度指数     | 多样性阈值     |
|-----|------|-----------|-----------|-----------|
| S4  | 14   | 1.69      | 0.64      | 1.08      |
| S8  | 17   | 1.85      | 0.65      | 1.20      |
| S10 | 19   | 1.53      | 0.52      | 0.79      |
| S11 | 17   | 0.31      | 0.11      | 0.03      |
| S12 | 26   | 2.23      | 0.68      | 1.52      |
| S14 | 28   | 0.08      | 0.02      | 0.00      |
| S15 | 25   | 0.62      | 0.19      | 0.12      |
| S17 | 30   | 2.28      | 0.67      | 1.53      |
| S18 | 31   | 2.62      | 0.76      | 2.00      |
| S20 | 33   | 1.56      | 0.45      | 0.70      |
| 范围  | 7~33 | 0.08~2.62 | 0.02~0.76 | 0.00~2.00 |
| 均值  | 22   | 1.41      | 0.47      | 0.84      |

#### 4.4.3.5. 底栖生物

##### 1、种类组成

春季共鉴定出底栖生物 7 门 47 科 51 种（种类名录见附录 3）。其中环节动物 18 科 21 种，占种类总数的 41.18%；软体动物 15 科 15 种，占种类总数的 29.41%；节肢动物 8 科 9 种，占种类总数的 17.65%；腔肠动物和棘皮动物各 2 科 2 种，分别占种类总数的 3.92%；纽形动物和帚虫动物各 1 科 1 种，分别占种类总数的 1.96%。12 个站位均采集到底栖动物样品，其中 S20 号站位出现种类数最多，为 14 种；其次为 S10 号站，出现 11 种，出现种类数最少的为 S3 号站，仅出现 3 种。

春季捕获的 25 种底栖生物中优势度在 0.02 以上的有 3 种，为光滑倍棘蛇尾（*Amphiopholis laevis*）、澳洲帚虫（*Phoronis australis*）和背蚓虫（*Notomastus latericeus*）。光滑倍棘蛇尾在 8 个站位出现，个数为 1-10 个，优势度为 0.091。澳洲帚虫在 4 个调查站位出现，个数为 4-9 个，优势度为 0.046。背蚓虫在 5 个调查站位出现，个数为 1-4 个，优势度为 0.029。除此之外其它底栖生物的优势度均低于 0.02。（表 4.4-34）。

表 4.4-34 2023 年春季调查海域底栖生物出现的种类统计

| 门类   | 科数 | 种类数 | 占总种类数的比例 |
|------|----|-----|----------|
| 环节动物 | 18 | 21  | 41.18    |
| 软体动物 | 15 | 15  | 29.41    |
| 节肢动物 | 8  | 9   | 17.65    |
| 腔肠动物 | 2  | 2   | 3.92     |
| 棘皮动物 | 2  | 2   | 3.92     |
| 纽形动物 | 1  | 1   | 1.96     |

|      |    |    |      |
|------|----|----|------|
| 昆虫动物 | 1  | 1  | 1.96 |
| 合计   | 47 | 51 | 100  |

## 2、生物量及栖息密度

底栖生物的总平均生物量为 $32.19 \text{ g/m}^2$ ，属中高等水平，平均栖息密度为 $145.83 \text{ 尾/m}^2$ 。生物量的组成以棘皮动物为主，为 $15.38 \text{ g/m}^2$ ，占总生物量的47.78%；其次是软体动物和节肢动物，生物量分别为 $7.44 \text{ g/m}^2$ 和 $6.84 \text{ g/m}^2$ ，分别占总生物量的23.11%和21.23%；其它4类生物的生物量较低。栖息密度的组成以环节动物最高，占总栖息密度的33.14%；然后依次为节肢动物、软体动物、棘皮动物和昆虫动物，分别占总栖息密度的18.29%、16.57%、14.29%和13.71%；其它2类生物栖息密度相对较低。

## 3、生物多样性水平

春季调查结果显示本海区采集底栖生物多样性指数变化不大，在0.96~2.46之间，平均为1.74，多样性指数最高出现在S20号站，最低出现在S3号站；均匀度分布范围在0.81~1.00之间，平均位0.90，最高值出现在S8，最低出现在S10号站（表4.4-35）。春季底栖生物多样性水平属差水平。空间分布上，多样性指数和均匀度分布相同。

表 4.4-35 2023 年春季各调查站位底栖生物出现种数与物种多样性指数

| 站位  | 种类数  | 个体数  | 多样性指数     | 均匀度指数     | 多样性阈值     |
|-----|------|------|-----------|-----------|-----------|
| S2  | 4    | 7    | 1.15      | 0.83      | 0.96      |
| S3  | 3    | 9    | 0.96      | 0.88      | 0.85      |
| S4  | 5    | 13   | 1.30      | 0.81      | 1.06      |
| S8  | 4    | 4    | 1.39      | 1.00      | 1.39      |
| S10 | 11   | 32   | 1.94      | 0.81      | 1.57      |
| S11 | 7    | 12   | 1.70      | 0.87      | 1.48      |
| S12 | 8    | 13   | 1.93      | 0.93      | 1.78      |
| S14 | 6    | 14   | 1.70      | 0.95      | 1.61      |
| S15 | 9    | 22   | 1.94      | 0.88      | 1.72      |
| S17 | 10   | 14   | 2.21      | 0.96      | 2.11      |
| S18 | 10   | 14   | 2.21      | 0.96      | 2.11      |
| S20 | 14   | 21   | 2.46      | 0.93      | 2.30      |
| 范围  | 3~14 | 4~32 | 0.96~2.46 | 0.81~1.00 | 0.85~2.30 |
| 平均值 | 8    | 15   | 1.74      | 0.90      | 1.58      |

### 4.4.3.6. 潮间带生物

#### 1、种类组成

春季共鉴定出潮间带生物6门22科36种（种类名录见附录4）。其中软体

动物 9 科 19 种，占种类总数的 52.78%；节肢动物属 7 科 10 种，占种类总数的 27.78%；红藻门 3 科 3 种，占种类总数的 8.33%；环节动物 1 科 2 种，占种类总数的 5.56%；绿藻门和褐藻门各 1 科 1 种，占种类总数的 2.78%。

春季 3 个断面的潮间带生物共出现 29 种生物。优势度在 0.02 以上的有 2 种，分别为奥莱彩螺（*Clithon oualaniensis*）和中间似滨螺（*Littorinopsis intermedia*）。奥莱彩螺出现在 3 个调查站位和尾数为 4~49 个，优势度为 0.042；中间似滨螺在 4 个调查站位出现，尾数范围分别为 6~73 个；其他生物出现站位数分别为 1~3 站，优势度均小于 0.02。

## 2、生物量和栖息密度

春季潮间带生物的平均生物量为 2629.71 g/m<sup>2</sup>，平均栖息密度为 1041.33 ind./m<sup>2</sup>。在潮间带生物生物量的百分组成中，软体动物生物量占较大优势，为 1891.18 g/m<sup>2</sup>，占总平均生物量的 71.92%；其次是节肢动物，为 735.46 g/m<sup>2</sup>，占总平均生物量的 27.97%；环节动物生物量较低，占总平均生物量的 0.12%。

栖息密度的类群组成方面，最高密度也以软体动物最高，为 618.22 ind./m<sup>2</sup>，占总平均栖息密度的 59.37%；其次是节肢动物，为 375.33 ind./m<sup>2</sup>，占总平均栖息密度的 36.04%，环节动物栖息密度较低，占总平均栖息密度的 4.59%。

3 个潮间带断面中，春季生物量以 C3 断面的低潮区采样点为最高，为 8956 g/m<sup>2</sup>；其次是 C3 断面的中潮区采样点，为 4648.50 g/m<sup>2</sup>，以 C1 断面高潮区采样点最低，为 95.28 g/m<sup>2</sup>，最高生物量是最低生物量的 93.99 倍。栖息密度以 C2 断面的低潮区最高，为 1616 个/m<sup>2</sup>；其次是 C3 断面的中潮区和低潮区采样点，均为 1500 个/m<sup>2</sup>；以 C1 断面中潮区的栖息密度最低，为 432 个/m<sup>2</sup>，最高栖息密度是最低栖息密度的 3.74 倍。

在调查断面中，生物量和栖息密度高低排序均为 C3 断面 > C2 断面 > C1 断面。

在垂直分布方面，潮间带生物的生物量的高低排序为低潮区 > 中潮区 > 高潮区，栖息密度的高低排序为低潮区 > 高潮区 > 中潮区。

## 3、多样性指数及均匀度

调查结果表明，多样性指数的变化范围为 0.11~1.73，平均值为 0.92，多样性指数的最高值出现在 C3 低潮区，最低值出现在 C1 高潮区和 C3 高潮区；均匀度的变化范围为 0.10~0.89，平均值为 0.55，最高值出现在 C3 低潮区，最低值出现在 C3 高潮区，均匀度各站位分布比较平均；总的来说，春季调查区域潮间

带生物多样性处于极差水平。（见表 4.4-36）。

表 4.4-36 2023 年春季调查海区潮间带生物多样性指数及均匀度

| 断面     | 种类数 | 多样性指数 | 均匀度  |
|--------|-----|-------|------|
| C1 高潮区 | 2   | 0.11  | 0.15 |
| C1 中潮区 | 3   | 0.81  | 0.74 |
| C1 低潮区 | 5   | 1.18  | 0.73 |
| C2 高潮区 | 2   | 0.24  | 0.35 |
| C2 中潮区 | 7   | 1.48  | 0.76 |
| C2 低潮区 | 12  | 1.51  | 0.61 |
| C3 高潮区 | 3   | 0.11  | 0.10 |
| C3 中潮区 | 6   | 1.11  | 0.62 |
| C3 低潮区 | 7   | 1.73  | 0.89 |
| 平均值    | 5   | 0.92  | 0.55 |

## 4.5. 海洋渔业环境现状调查与评价

### 4.5.1. 2022 年春季海洋渔业环境现状调查与评价

#### 4.5.1.1. 调查内容及方法

##### 1、调查内容

鱼类浮游生物（鱼卵仔鱼）、游泳动物。

##### 2、调查方法

按照《GB/T12763.6-2007/9 鱼类浮游生物调查》中的方法进行调查。鱼卵仔鱼：定量样品用浅水I型浮游生物网垂直采集，每个站采样1网。定性样品用大型浮游生物网水平持续拖网10 min，拖速2 kn；

游泳生物：调查均于白天进行，每个站位拖网1次，每次放网1张，拖时为1h，拖速为2.9~3.2kn，平均拖速为3.0kn。

#### 4.5.1.2. 鱼卵仔鱼

##### (1) 种类组成

本次调查为3-4月春季，出现的鱼卵和仔、稚鱼种类一般，通过垂直拖网和水平拖网调查了12个站位，经鉴定，共出现了6种鱼卵和8种仔稚鱼，共计11个鱼卵和仔、稚鱼种类（表 4.5-1）。

表 4.5-1 鱼卵和仔、稚鱼种类组成

| 鱼卵  | 拉丁名                      |
|-----|--------------------------|
| 龟鲛属 | <i>Chelon</i> sp.        |
| 鲳科  | <i>Leiognathidae</i> sp. |
| 鲻属  | <i>Mugil</i> sp.         |

|        |                            |
|--------|----------------------------|
| 小沙丁鱼属  | <i>Sardinella</i> sp.      |
| 石首鱼科   | Sciaenidae sp.             |
| 小公鱼属   | <i>Stolephorus</i> sp.     |
| 仔稚鱼    | 拉丁名                        |
| 细棘虾虎鱼属 | <i>Acentrogobius</i> sp.   |
| 龟鲛属    | <i>Chelon</i> sp.          |
| 鲱科     | Clupeidae sp.              |
| 鰕虎鱼科   | Gobiidae sp.               |
| 鲻属     | <i>Mugil</i> sp.           |
| 美肩鳃鲷   | <i>Omobranchus elegans</i> |
| 小公鱼属   | <i>Stolephorus</i> sp.     |
| 鲷科     | Theraponidae sp.           |

## （2）数量分布

调查海区的定量样品中，捕获鱼卵数量最多的为 Z41 站，为 37.50 粒/m<sup>3</sup>，捕获仔稚鱼数量最多的为 Z31 站，为 6.52 尾/m<sup>3</sup>（图 4.5-1）。捕获鱼卵种类最多为 Z26、Z31 站和 Z41 站，均为 4 种；捕获仔稚鱼种类最多为 Z26 站和 Z31 站，均为 4 种。（图 4.5-2）

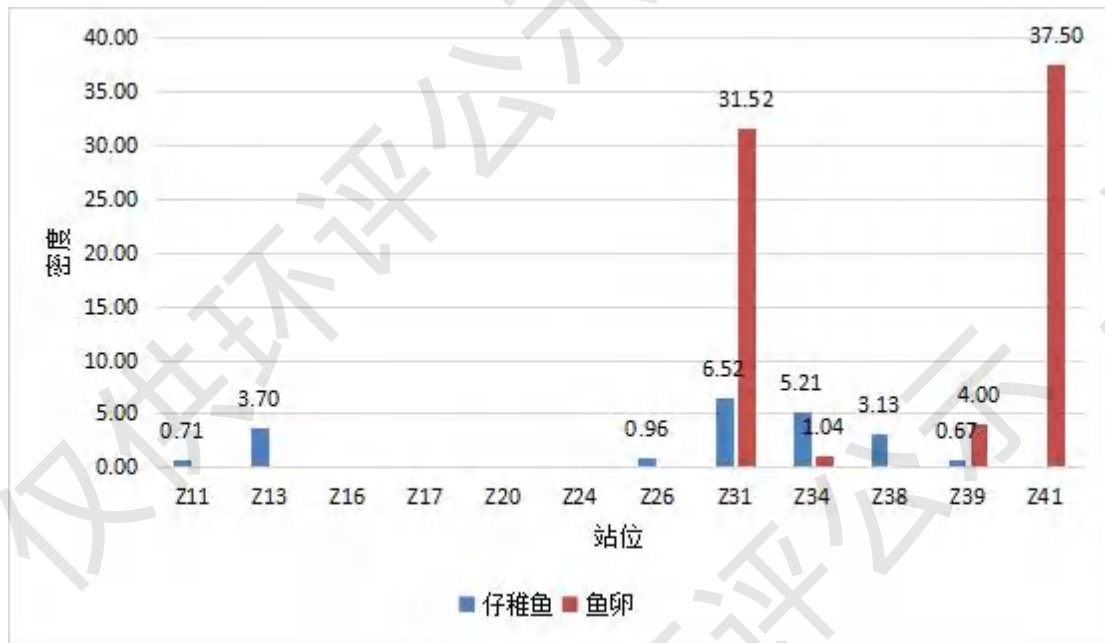


图 4.5-1 调查海域鱼卵、仔稚鱼数量分布



图 4.5-2 调查海域鱼卵、仔稚鱼种类分布

(3) 主要种类及数量分布

龟鲛属 *Chelon* sp.喜栖息于沿岸砂泥底质地形的海域，而河口区或红树林等半淡咸水海域亦常见其踪迹，亦常侵入河川下游。本次调查站有大量龟鲛属鱼卵聚集，定性样品中龟鲛属鱼卵出现频率为 83.33%，仔稚鱼出现频率为 50.00%。

小沙丁鱼属 *Sardinella* sp.为沿近海中上层洄游性中小型鱼类，有时进入河口、内湾，喜群居。本次调查站中有大量小沙丁鱼属鱼卵聚集，定量样品中小沙丁鱼属鱼卵数量占鱼卵总数的 78.26%。

4.5.1.3. 游泳生物

(1) 游泳动物种类组成

本次调查，共捕获游泳动物 54 种，其中：鱼类 40 种，虾类 9 种，蟹类 3 种，头足类 2 种。种类数最多是 Z26 站，共 21 种，种类数最少是 Z39 站，仅有 1 种。

(表 4.5-2)

表 4.5-2 各站位出现种类统计结果

| 站位  | 类群 |    |    |     |    |
|-----|----|----|----|-----|----|
|     | 鱼类 | 虾类 | 蟹类 | 头足类 | 合计 |
| Z11 | 7  | 0  | 0  | 0   | 7  |
| Z13 | 2  | 0  | 2  | 0   | 4  |
| Z16 | 10 | 1  | 2  | 0   | 13 |
| Z17 | 6  | 0  | 0  | 0   | 6  |
| Z20 | 4  | 0  | 1  | 0   | 5  |
| Z24 | 1  | 0  | 1  | 0   | 2  |
| Z26 | 16 | 1  | 4  | 0   | 21 |
| Z31 | 2  | 0  | 1  | 0   | 3  |

| 站位  | 类群 |    |    |     |    |
|-----|----|----|----|-----|----|
|     | 鱼类 | 虾类 | 蟹类 | 头足类 | 合计 |
| Z34 | 4  | 2  | 1  | 0   | 7  |
| Z38 | 11 | 0  | 1  | 0   | 12 |
| Z39 | 1  | 0  | 0  | 0   | 1  |
| Z41 | 3  | 1  | 1  | 2   | 7  |
| 平均值 | 6  | 0  | 1  | 0   | 7  |

## (2) 游泳动物渔获率

本次调查各站位的游泳动物平均重量渔获率和平均个体渔获率分别为 1.077kg/h 和 44.25ind/h，其中鱼类平均重量渔获率和平均个体渔获率分别为 1.020kg/h 和 36.08 ind/h，占总平均重量渔获率和总平均个体渔获率分别为 94.71% 和 81.54%；虾类平均重量渔获率和平均个体渔获率分别为 0.025kg/h 和 6.83ind/h，占总平均重量渔获率和总平均个体渔获率分别为 2.32%和 15.44%；蟹类平均重量渔获率和平均个体渔获率分别为 0.026kg/h 和 1.17ind/h，占总平均重量渔获率和总平均个体渔获率分别为 2.43%和 2.64%；头足类平均重量渔获率和平均个体渔获率分别为 0.006kg/h 和 0.17ind/h，占总平均重量渔获率和总平均个体渔获率分别为 0.54%和 0.38%。

无论是平均重量渔获率或平均个体渔获率，都是鱼类最多，虾类和蟹类次之，头足类最少。重量渔获率最高是 Z16 站，为 3.961kg/h；最低是 Z24 站，为 0.030kg/h。个体渔获率最高是 Z26 站，为 177.00ind/h；最低是 Z31 站，为 6.00ind/h。（表 4.5-3）

表 4.5-3 重量渔获率（kg/h）和个体渔获率（ind/h）

| 站位  | 项目    | 鱼类     | 虾类    | 蟹类    | 头足类 | 总计     |
|-----|-------|--------|-------|-------|-----|--------|
| Z11 | 重量渔获率 | 0.252  | —     | —     | —   | 0.252  |
|     | 个体渔获率 | 16.00  | —     | —     | —   | 16.00  |
| Z13 | 重量渔获率 | 0.039  | 0.021 | —     | —   | 0.060  |
|     | 个体渔获率 | 4.00   | 4.00  | —     | —   | 8.00   |
| Z16 | 重量渔获率 | 3.556  | 0.206 | 0.199 | —   | 3.961  |
|     | 个体渔获率 | 69.00  | 37.50 | 6.00  | —   | 112.50 |
| Z17 | 重量渔获率 | 0.194  | —     | —     | —   | 0.194  |
|     | 个体渔获率 | 31.00  | —     | —     | —   | 31.00  |
| Z20 | 重量渔获率 | 3.321  | 0.003 | —     | —   | 3.324  |
|     | 个体渔获率 | 48.00  | 1.50  | —     | —   | 49.50  |
| Z24 | 重量渔获率 | 0.007  | 0.023 | —     | —   | 0.030  |
|     | 个体渔获率 | 1.00   | 22.00 | —     | —   | 23.00  |
| Z26 | 重量渔获率 | 1.875  | 0.019 | 0.002 | —   | 1.896  |
|     | 个体渔获率 | 170.00 | 6.00  | 1.00  | —   | 177.00 |
| Z31 | 重量渔获率 | 0.030  | 0.007 | —     | —   | 0.037  |
|     | 个体渔获率 | 5.00   | 1.00  | —     | —   | 6.00   |
| Z34 | 重量渔获率 | 0.180  | 0.003 | 0.111 | —   | 0.294  |

| 站位  | 项目    | 鱼类    | 虾类    | 蟹类    | 头足类   | 总计    |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Z38 | 个体渔获率 | 9.00  | 1.00  | 6.00  | —     | 16.00 |
|     | 重量渔获率 | 0.313 | 0.019 | —     | —     | 0.332 |
|     | 个体渔获率 | 14.00 | 8.00  | —     | —     | 22.00 |
| Z39 | 重量渔获率 | 1.100 | —     | —     | —     | 1.100 |
|     | 个体渔获率 | 23.00 | —     | —     | —     | 23.00 |
| Z41 | 重量渔获率 | 1.371 | 0.001 | 0.001 | 0.071 | 1.444 |
|     | 个体渔获率 | 43.00 | 1.00  | 1.00  | 2.00  | 47.00 |
| 平均值 | 重量渔获率 | 1.020 | 0.025 | 0.026 | 0.006 | 1.077 |
|     | 个体渔获率 | 36.08 | 6.83  | 1.17  | 0.17  | 44.25 |

#### （4）游泳动物资源密度

本次调查各站位的游泳动物平均重量密度和平均个体密度分别为 74.56 kg/km<sup>2</sup> 和 2924.77 ind/km<sup>2</sup>，其中游泳动物的鱼类平均重量密度和平均个体密度分别为 70.60 kg/km<sup>2</sup> 和 2359.43 ind/km<sup>2</sup>，占总平均重量密度和平均个体密度分别为 94.69% 和 80.67%；虾类平均重量密度和平均个体密度分别为 1.74 kg/km<sup>2</sup> 和 473.04 ind/km<sup>2</sup>，占总平均重量密度和平均个体密度分别为 2.34% 和 16.17%；蟹类平均重量密度和平均个体密度分别为 1.81 kg/km<sup>2</sup> 和 80.76 ind/km<sup>2</sup>，占总平均重量密度和平均个体密度分别为 2.43% 和 2.76%；头足类平均重量密度和平均个体密度分别为 0.41 kg/km<sup>2</sup> 和 11.54 ind/km<sup>2</sup>，占总平均重量密度和平均个体密度分别为 0.54% 和 0.40%。

无论是平均重量密度和平均个体密度，都是鱼类最多。虾类和蟹类次之。重量密度最高是 Z16 站，为 274.24 kg/km<sup>2</sup>；最低是 Z24 站，为 2.12 kg/km<sup>2</sup>。个体密度最高是 Z26 站，为 12252.87 ind/km<sup>2</sup>；最低是 Z31 站，为 415.36 ind/km<sup>2</sup>。（表 4.5-4）

表 4.5-4 重量密度 (kg/km<sup>2</sup>) 和个体密度 (ind/km<sup>2</sup>)

| 站位  | 项目   | 鱼类      | 虾类      | 蟹类     | 头足类 | 总计      |
|-----|------|---------|---------|--------|-----|---------|
| Z11 | 重量密度 | 17.42   | —       | —      | —   | 17.42   |
|     | 个体密度 | 1107.60 | —       | —      | —   | 1107.6  |
| Z13 | 重量密度 | 2.68    | 1.46    | —      | —   | 4.14    |
|     | 个体密度 | 276.90  | 276.90  | —      | —   | 553.8   |
| Z16 | 重量密度 | 246.19  | 14.29   | 13.76  | —   | 274.24  |
|     | 个体密度 | 4776.54 | 2595.95 | 415.35 | —   | 7787.84 |
| Z17 | 重量密度 | 13.42   | —       | —      | —   | 13.42   |
|     | 个体密度 | 484.58  | —       | —      | —   | 484.58  |
| Z20 | 重量密度 | 229.87  | 0.20    | —      | —   | 230.07  |
|     | 个体密度 | 3322.81 | 103.84  | —      | —   | 3426.65 |
| Z24 | 重量密度 | 0.51    | 1.61    | —      | —   | 2.12    |
|     | 个体密度 | 69.23   | 1522.96 | —      | —   | 1592.19 |

| 站位  | 项目   | 鱼类       | 虾类     | 蟹类     | 头足类    | 总计       |
|-----|------|----------|--------|--------|--------|----------|
| Z26 | 重量密度 | 129.76   | 1.33   | 0.15   | —      | 131.24   |
|     | 个体密度 | 11768.29 | 415.35 | 69.23  | —      | 12252.87 |
| Z31 | 重量密度 | 2.06     | 0.48   | —      | —      | 2.54     |
|     | 个体密度 | 346.13   | 69.23  | —      | —      | 415.36   |
| Z34 | 重量密度 | 12.43    | 0.18   | 7.70   | —      | 20.31    |
|     | 个体密度 | 623.03   | 69.23  | 415.35 | —      | 1107.61  |
| Z38 | 重量密度 | 21.70    | 1.28   | —      | —      | 22.98    |
|     | 个体密度 | 969.15   | 553.80 | —      | —      | 1522.95  |
| Z39 | 重量密度 | 76.18    | —      | —      | —      | 76.18    |
|     | 个体密度 | 1592.18  | —      | —      | —      | 1592.18  |
| Z41 | 重量密度 | 94.93    | 0.09   | 0.09   | 4.90   | 100.01   |
|     | 个体密度 | 2976.68  | 69.23  | 69.23  | 138.45 | 3253.59  |
| 平均值 | 重量密度 | 70.60    | 1.74   | 1.81   | 0.41   | 74.56    |
|     | 个体密度 | 2359.43  | 473.04 | 80.76  | 11.54  | 2924.77  |

#### （4）游泳动物的优势种

根据渔获物中个体大小悬殊的特点，选用 Pinkas 等提出的相对重要性指数  $IRI$ ，来分析渔获物数量组成中其生态优势种的成分，依此确定优势种。 $IRI$  计算公式为  $IRI = (N+W)F$ 。式中： $N$ —某一种类的尾数占渔获总尾数的百分比， $W$ —某一种类的重量占渔获总重量的百分比， $F$ —某一种类的出现的站位数占调查总断面数的百分比。

本次调查结果表明，游泳动物中  $IRI$  值在 500 以上的有 5 种，分别为：斑鲽、短吻鲷、皮氏叫姑鱼、七丝鲚和鲻，由此确定这 5 种为鱼类的优势种，其中，皮氏叫姑鱼为第一优势种广泛分布于调查海区。（表 4.5-5）

表 4.5-5 鱼类的  $IRI$  指数

| 种类      | 出现频率<br>(%) | 渔获重量比重 | 渔获尾数比重 | $IRI$   |
|---------|-------------|--------|--------|---------|
|         |             | (%)    | (%)    |         |
| 斑鲽      | 16.67       | 18.28  | 5.03   | 1532.92 |
| 斑头舌鳎    | 8.33        | 0.05   | 0.21   | 0.09    |
| 斑尾刺虾虎鱼  | 8.33        | 0.01   | 0.21   | 0.02    |
| 陈氏新银鱼   | 8.33        | 0.04   | 1.47   | 0.51    |
| 粗颌鲷     | 8.33        | 0.04   | 0.21   | 0.08    |
| 刀额新对虾   | 8.33        | 1.25   | 5.03   | 52.31   |
| 杜氏棱鲳    | 16.67       | 0.17   | 0.42   | 1.18    |
| 短吻鲷     | 16.67       | 6.44   | 22.43  | 2407.92 |
| 短吻三线舌鳎  | 8.33        | 0.56   | 0.84   | 3.92    |
| 凤鲚      | 16.67       | 0.63   | 1.26   | 13.14   |
| 高鳍带鱼    | 8.33        | 0.07   | 0.21   | 0.12    |
| 缟虾虎 sp. | 8.33        | 0.04   | 0.21   | 0.07    |
| 弓斑东方鲀   | 25.00       | 0.70   | 0.84   | 14.60   |

| 种类      | 出现频率<br>(%) | 渔获重量比重 | 渔获尾数比重 | IRI      |
|---------|-------------|--------|--------|----------|
|         |             | (%)    | (%)    |          |
| 广东长臂虾   | 16.67       | 0.24   | 4.82   | 19.11    |
| 褐斑三线舌鳎  | 8.33        | 0.39   | 0.63   | 2.03     |
| 亨氏仿对虾   | 8.33        | 0.07   | 0.21   | 0.12     |
| 花鲮      | 25.00       | 5.10   | 1.68   | 213.83   |
| 黄姑鱼     | 8.33        | 0.35   | 0.21   | 0.61     |
| 黄鳍棘鲷    | 8.33        | 1.64   | 0.21   | 2.86     |
| 基岛鲷     | 8.33        | 0.04   | 0.21   | 0.06     |
| 尖头龟鲛    | 8.33        | 2.32   | 1.05   | 20.25    |
| 金黄舌虾虎鱼  | 8.33        | 0.05   | 0.21   | 0.08     |
| 金钱鱼     | 8.33        | 1.32   | 0.21   | 2.30     |
| 近亲蜆     | 25.00       | 0.46   | 1.47   | 16.97    |
| 近缘新对虾   | 25.00       | 0.22   | 2.10   | 11.33    |
| 颈斑鲷     | 33.33       | 1.29   | 4.19   | 180.52   |
| 锯齿长臂虾   | 8.33        | 0.06   | 0.21   | 0.11     |
| 锯嵴塘鳢    | 16.67       | 0.29   | 0.42   | 2.02     |
| 康氏侧带小公鱼 | 25.00       | 0.75   | 2.52   | 46.87    |
| 孔鰕虎鱼    | 16.67       | 0.48   | 1.05   | 8.42     |
| 宽沟对虾    | 16.67       | 0.04   | 0.42   | 0.30     |
| 眶棘双边鱼   | 8.33        | 0.04   | 1.89   | 0.61     |
| 拉氏狼牙鰕虎鱼 | 8.33        | 0.14   | 0.21   | 0.25     |
| 勒氏枝鬚石首鱼 | 16.67       | 0.47   | 0.42   | 3.27     |
| 鲷形鰕鰕虎鱼  | 8.33        | 0.46   | 1.05   | 4.04     |
| 绿斑鰕鰕虎鱼  | 8.33        | 0.05   | 0.21   | 0.08     |
| 拟矛尾虾虎鱼  | 8.33        | 0.09   | 0.21   | 0.16     |
| 拟穴青蟹    | 8.33        | 1.26   | 0.84   | 8.83     |
| 佩氏莫鲯    | 8.33        | 2.45   | 1.47   | 30.00    |
| 皮氏叫姑鱼   | 33.33       | 23.52  | 17.61  | 13807.46 |
| 七丝鲚     | 25.00       | 2.69   | 7.55   | 507.68   |
| 日本瞳鲷    | 8.33        | 0.63   | 0.21   | 1.10     |
| 日本无针乌贼  | 8.33        | 0.44   | 0.21   | 0.77     |
| 三线舌鳎    | 8.33        | 0.14   | 0.21   | 0.25     |
| 舌鰕虎鱼    | 8.33        | 0.12   | 0.21   | 0.22     |
| 太平洋长臂虾  | 8.33        | 0.01   | 0.21   | 0.01     |
| 细螯沼虾    | 8.33        | 0.01   | 0.21   | 0.01     |
| 小管枪乌贼   | 8.33        | 0.24   | 0.21   | 0.41     |
| 印尼小公鱼   | 16.67       | 0.33   | 1.26   | 6.87     |
| 远洋梭子蟹   | 8.33        | 0.63   | 0.21   | 1.10     |
| 中颌棱鲉    | 16.67       | 0.36   | 0.63   | 3.73     |
| 中华海鲇    | 33.33       | 2.10   | 1.68   | 117.49   |
| 周氏新对虾   | 16.67       | 0.33   | 1.26   | 6.88     |
| 鲷       | 16.67       | 20.12  | 1.89   | 632.68   |

## 4.5.2. 2022 年秋季海洋渔业环境现状调查与评价

### 4.5.2.1. 调查内容及方法

#### 1、调查内容

渔业资源监测内容包括：鱼卵、仔稚鱼种类组成、数量分布、优势种；游泳生物渔获物种类组成、渔获物生物学特征、优势种分布、渔获量分布和现存资源密度。渔业资源现状（包括鱼卵和仔稚鱼、游泳生物）的调查秋季设 12 个站位。站位的布设见表 4.2-1 和图 4.2-1。监测时间为 2022 年 10 月 26 日-10 月 31 日（秋季）。

#### 2、调查方法

##### （1）鱼卵和仔稚鱼

用大型浮游生物网采集鱼卵仔鱼样品，每站水平方向和垂直方向各采样 1 网，于表层慢速水平拖曳 10 min 进行鱼卵仔鱼的水平采样，从海底至水面进行鱼卵仔鱼的垂直采样，所采样品用 5% 的福尔马林溶液固定，带回实验室进行分类鉴定与计数。分析种类、数量、优势种生物量、分布等。

##### （2）游泳生物

雇用“粤东莞 00589”拖网渔船进行游泳生物监测。“粤东莞 00589”拖网渔船底拖网网具的网口宽度为 2.0m，网高 0.3m。每站拖网 1 次、拖 0.5h，平均拖速约 3.0kn。拖网时间的计算，从拖网曳纲停止投放和拖网着底，曳纲拉紧受力时起（为拖网开始时间）至停船起网绞车开始收曳纲时（为起网时间）止；每网次采样均分别测定和记录放网和起网时间、船位（经纬度）、平均拖速（节）和水深等参数，各网次采样的拖速按生产习惯拖速，尽量保持恒定，记取平均拖速；各站的渔获样品在现场全部进行分析和测定。同时进行鲷鱼、花鳗鲡、黄唇鱼等珍稀保护鱼类的监测。

渔业资源密度（尾数和重量）按下式计算：

$$D=C/(q \cdot a)$$

其中：D—渔业资源密度

C—平均每小时拖网渔获量

a—每小时网具取样面积（a=平均拖速  $V$  × 网口宽度  $L$ ）

q—网具捕获率，取值范围为 0~1（通常取 0.5）

#### 4.5.2.2. 游泳生物

##### 1、种类组成

本次调查共捕获渔业资源生物 17 目 54 科 89 属 128 种，其中鱼类的种类最多，为 86 种，占总种数的 68.25%；蟹类 18 种，占总种数的 14.29%；虾和虾蛄类 20 种，占总种数的 15.87%；头足类 4 种，占总种数的 3.17%。

调查各站渔获种类数量的范围为 16~46 种，平均每站位渔获 29.7 种，最低站次渔获种数出现在 S4 号站，最高站次渔获种数出现在 S8 站。鱼类在 12 个调查站位均有出现，出现站位渔获种数范围为 11~30 种，平均每站渔获 18.9 种，最低站次渔获种数出现在 S17 站，最高站次渔获种数出现在 S8 站。虾和虾蛄类在 11 个调查站位有渔获，出现站位渔获种数范围为 4~11 种，各站平均渔获 6.0 种，最低站次渔获种数出现在 S11 站，最高站次渔获种数出现在 S14 站。蟹类在 12 个调查站位均有渔获，出现站位渔获种数范围为 1~10 种，平均每站渔获 4.0 种，最低站次渔获种数出现在 S3 站，最高出现在 S8 站。本次调查在 5 个站位渔获到头足类，平均每站渔获 0.8 种。

##### 2、渔获率

秋季总渔获量 80.14 kg，5085 尾，平均渔获率为 13.36 kg/h。各站渔获率变化范围为 3.61~28.44 kg/h，最低站次渔获率出现在 S4 站，最高站次渔获率出现在 S8 站。12 个站位平均尾数渔获率为 847.50 ind./h，各站次尾数渔获率变化范围为 94.00~264.00 ind./h，最低站次尾数渔获率出现在 S4 站、最高站次尾数渔获率出现在 S18 站。

各类渔业资源的平均渔获率由高到低依次为鱼类、虾和虾蛄类、蟹类、头足类。各类型渔业资源的平均尾数渔获率由高到低依次为鱼类、虾和虾蛄类、蟹类和头足类。见下表。

表 4.5-7 调查海域 2022 年秋季游泳生物渔获率及资源密度

| 站位  | 渔获率(kg/h) | 尾数渔获率(尾/h) | 资源密度(kg/km <sup>2</sup> ) | 尾数密度(尾/km <sup>2</sup> ) |
|-----|-----------|------------|---------------------------|--------------------------|
| S2  | 9.22      | 942.00     | 474.13                    | 48441.84                 |
| S3  | 10.04     | 450.00     | 506.94                    | 20775.48                 |
| S4  | 3.61      | 94.00      | 185.54                    | 4833.90                  |
| S8  | 28.44     | 1074.00    | 1462.72                   | 55229.87                 |
| S10 | 17.35     | 800.00     | 437.83                    | 22009.67                 |

| 站位  | 渔获率(kg/h) | 尾数渔获率(尾/h) | 资源密度(kg/km <sup>2</sup> ) | 尾数密度(尾/km <sup>2</sup> ) |
|-----|-----------|------------|---------------------------|--------------------------|
| S11 | 27.37     | 1440.00    | 408.44                    | 21490.82                 |
| S12 | 6.74      | 774.00     | 346.50                    | 39802.53                 |
| S14 | 3.81      | 278.00     | 195.93                    | 14296.00                 |
| S15 | 16.33     | 976.00     | 839.86                    | 50190.27                 |
| S17 | 4.16      | 136.00     | 213.72                    | 6993.73                  |
| S18 | 28.39     | 2644.00    | 611.13                    | 34454.39                 |
| S20 | 4.82      | 562.00     | 247.87                    | 28900.55                 |
| 平均  | 13.36     | 847.50     | 494.22                    | 28951.59                 |

## 6、资源状况

秋季渔业资源平均资源密度 494.22 kg/km<sup>2</sup>，各站次资源密变化范围为 185.54~1462.72 kg/km<sup>2</sup>，最低站次资源密度出现在 S4 站，最高站次资源密度出现在 S8 站。12 个站位平均资源尾数密度为 28951.59 ind./km<sup>2</sup>，各站次尾数资源密度变化范围为 4833.90~55229.87 ind./km<sup>2</sup>，最低站次尾数资源密度出现在 S4 站、最高站次尾数资源密度出现在 S8 站。

各类渔业资源的平均资源密度由高到低依次为鱼类、虾和虾蛄类、蟹类、头足类。各类型渔业资源的平均尾数资源密度由高到低依次为鱼类、虾和虾蛄类、蟹类、头足类。

## 7、优势种

秋季渔业资源调查，按优势度大小顺序，游泳生物的优势种依次为长叉口虾蛄、短吻鲷、中华海鲷、前鳞骨鲷、线纹鳗鲡、皮氏叫姑鱼、亨氏仿对虾、长毛对虾、褐蓝子鱼、日本蟳、黑口鲷、近缘新对虾、红星梭子蟹、周氏新对虾、锯缘青蟹、梭鱼、卵鲷、矛形梭子蟹、棘头梅童鱼和青鳞小沙丁等。秋季调查中，以棘头梅童鱼幼体比例最高，为 92.58%；其次是周氏新对虾和亨氏仿对虾，分别为 85.21%和 80.87%。

综合考虑各品种出现站位数、优势度、平均渔获率大小、平均尾数渔获率大小、经济价值高低和生物类型代表性，本海域调查的主要经济种类为短吻鲷、长叉口虾蛄、褐蓝子鱼、周氏新对虾、棘头梅童鱼和青鳞小沙丁等。

### 4.5.2.3. 鱼卵仔鱼

#### 1、种类组成

2022 年度秋季采集的样品中，共鉴定出鱼卵仔稚鱼 21 种，隶属于 6 目 18 科 21 属，（见表 4.5-6）。

表 4.5-6 2022 年秋季海域鱼卵、仔鱼种类组成

| 序号 | 种类      | 拉丁名                             |
|----|---------|---------------------------------|
| 1  | 笛鲷属     | <i>Lutjanus</i> sp.             |
| 2  | 舌鲷属     | <i>Cynoglossus</i> sp.          |
| 3  | 卵鲷      | <i>Solea ovata</i>              |
| 4  | 小沙丁鱼属   | <i>Sardinella</i> sp.           |
| 5  | 七丝鲚     | <i>Coilia grayii</i>            |
| 6  | 棱鲉属     | <i>Thryssa</i> sp.              |
| 7  | 康氏侧带小公鱼 | <i>Stolephorus commersonnii</i> |
| 8  | 黄姑鱼属    | <i>Nibea</i> sp.                |
| 9  | 黄斑鲷     | <i>Photopectoralis bindus</i>   |
| 10 | 鲷科      | <i>Sparidae</i> sp.             |
| 11 | 鹦嘴鱼属    | <i>Scarus</i> sp.               |
| 12 | 拟花鲈属    | <i>Pseudanthias</i> sp.         |
| 13 | 丽叶鲷     | <i>Caranx kalla</i>             |
| 14 | 石首鱼科    | <i>Sciaenidae</i> sp.           |
| 15 | 肩鳃鲷属    | <i>Omobranchus</i> sp.          |
| 16 | 多鳞鳕属    | <i>Sillago sihama</i>           |
| 17 | 鰕虎鱼科    | <i>Gobiidae</i> sp.             |
| 18 | 绯鲤属     | <i>Upeneus</i> sp.              |
| 19 | 银鲈属     | <i>Gerres</i> sp.               |
| 20 | 蛇鲻属     | <i>Saurida</i> sp.              |
| 21 | 鲷属      | <i>Liza</i> sp.                 |

## 2、数量分布

### （1）水平拖网

秋季调查水平拖网共采到鱼卵 5947 粒，仔鱼 444 尾，12 个站位均采集到鱼卵，10 个站位采集到仔鱼。其中，S20 站鱼卵数量最高，为 1160 粒，其次是 S17 站，为 876 粒，S3 站采集到的鱼卵最少，仅为 13 粒。仔鱼 S12 站数量最高，为 240 尾，其次是 S14 和 S15 站，分别为 58 尾和 52 尾。

鱼卵平均密度为 2049.18 粒/1000 m<sup>3</sup>，仔鱼平均密度为 154.22 尾/1000 m<sup>3</sup>。

鱼卵密度的最高值出现在 S20 站，为 4986.86 粒/1000 m<sup>3</sup>，主要出现种类是石首鱼科、舌鳎属、多鳞鱮和丽叶鲈等；其次是 S17 和 S15 站，鱼卵密度分别为 3765.94 粒/1000 m<sup>3</sup> 和 2992.12 粒/1000 m<sup>3</sup>。仔鱼密度以 S12 站最高，为 1031.76 尾/1000 m<sup>3</sup>，主要出现的种类包括康氏侧带小公鱼、石首鱼科丽叶鲈和肩鳃鲈等；其次是 S14 和 S15 站，分别为 249.34 尾/1000 m<sup>3</sup> 和 223.55 尾/1000 m<sup>3</sup>。

## （2）垂直拖网

秋季垂直拖网共采到鱼卵 46 粒，仔鱼 8 尾。垂直拖网采集的站位中，有 10 个站位采集到鱼卵，4 个站位采集到仔鱼。其中，以 S11 站鱼卵数量最多，为 11 粒，其次依次是 S17 和 S12 号站，分别采集到鱼卵 7 粒和 5 粒。S12 号站采集到的仔鱼最多，为 3 尾，其次是 S10 和 S20 站，均采集到仔鱼 2 尾。

鱼卵平均密度为 3201.30 粒/1000 m<sup>3</sup>，仔鱼平均密度为 490.32 尾/1000 m<sup>3</sup>，各站位鱼卵仔鱼密度见表 5.6 和图 5.8。鱼卵密度以 S11 站最高，为 8800.00 粒/1000 m<sup>3</sup>，主要为康氏侧带小公鱼、鲛、舌鳎属和多鳞鱮等；其次是 S15 站，鱼卵密度为 7961.78 粒/1000 m<sup>3</sup>。仔鱼密度以 S12 站最高，为 3397.03 尾/1000 m<sup>3</sup>，主要出现种类是石首鱼科和康氏侧带小公鱼。其次是 S10 站，仔鱼密度为 1567.86 尾/1000 m<sup>3</sup>。

## 3、主要种类

### （1）康氏侧带小公鱼

小公鱼是近岸和河口常见中上层鱼类，为群聚性小型经济鱼类，产卵期为 3~10 月份。其中康氏侧带小公鱼是暖水性近海小型鱼类，一般体长在 100 毫米以下，大者可达 130 毫米。分布于印度洋和太平洋，在我国沿海一带均有分布，以南海产量最高。

秋季调查共采集到康氏侧带小公鱼鱼卵 2550 粒，其中 S17 站康氏侧带小公鱼鱼卵数量最多，为 672 粒，其次依次是 S14 和 S11 站，分别采集到鱼卵 410 粒和 38 粒。采集到康氏侧带小公鱼仔鱼 144 尾，S12 和 S15 站采集到的数量最多，分别为 89 尾和 28 尾。康氏侧带小公鱼鱼卵和仔鱼平均密度分别为 1583.10 粒/1000 m<sup>3</sup> 和 536.31 尾/1000 m<sup>3</sup>。

### （2）鰕虎鱼科

鰕虎鱼科，为鲈形目鰕虎鱼亚目动物，有 196 属 1480 余种，中国约产 40 属 120 余种。主要摄食虾、蟹等甲壳类、小型鱼类、蛤类幼体，有的摄食底栖硅藻。

性成熟期较早，一般肉食性种类一年成熟，植食性种类两年成熟。繁殖期为 4~5 月或 10~11 月，在石砾或洞穴中产卵。

秋季调查未采集到鰕虎鱼科鱼卵。采集到鰕虎鱼科仔鱼 23 尾，其中 S12 采集到数量最多，为 12 尾，其次是 S2 采集到 6 尾。鰕虎鱼科仔鱼平均密度为 75.78 尾/1000m<sup>3</sup>。

### （3）肩鳃鲷属

肩鳃鲷属鱼类属于鲈形目、鲷科鱼类。

秋季调查未采集到肩鳃鲷属鱼卵。采集到仔鱼 37 尾，其中 S12 采集到的仔鱼数量最多，为 18 尾，仔鱼平均密度为 39.77 尾/1000m<sup>3</sup>。

### （4）石首鱼科

石首鱼科鱼类有着广泛的分布，主要栖息在热带和亚热带海域中的海洋鱼类，在三大洋均有分布，有些能进入咸淡水域。本科鱼类洄游至沿岸河口地区产卵，是我国大陆沿海陆棚区最重要的近海经济性鱼类，也是我国海洋渔业主要的摊捞对象。

秋季调查共采集到石首鱼科鱼卵 841 粒，其中 S20 站石首鱼科鱼卵数量最多，为 504 粒，其次依次是 S18 和 S15 站，分别采集到鱼卵 124 粒和 72 粒。采集到石首鱼科仔鱼 108 尾，S12 和 S15 站采集到的数量最多，分别为 82 尾和 16 尾。石首鱼科鱼卵和仔鱼平均密度分别为 498.83 粒/1000 m<sup>3</sup> 和 544.08 尾/1000 m<sup>3</sup>。

## 4.5.2.4. 甲壳类

### 1、秋季虾和虾蛄类资源状况

#### （1）渔获率

秋季调查渔获虾和虾蛄类总重量为 18.68 kg，渔获率范围为 0.14~19.42 kg/h，平均为 3.11 kg/h。虾和虾蛄类渔获率以 S18 站最高，S3 站最低。本次共渔获虾和虾蛄类 2148 尾，尾数渔获率范围为 16.00~2328.00 ind./h，平均为 358.00 ind./h。尾数渔获率以 S18 站最高，S3 站最少。

#### （2）资源密度

秋季调查期间虾和虾蛄类的资源密度变化范围为 6.99~356.58 kg/km<sup>2</sup>，平均为 85.85 kg/km<sup>2</sup>。虾和虾蛄类资源密度最高出现于 S15 号站，S3 号站最低。虾和虾蛄类的尾数资源密度变化范围为 507.42~34351.54 ind./km<sup>2</sup>，平均为 9847.22 ind./km<sup>2</sup>。尾数资源密度最高出现于 S15 站，S11 站最低。

表 4.5-8 秋季虾和虾蛄类渔获率和资源密度

| 站位  | 渔获率 (kg/h) | 尾数渔获率<br>(ind./h) | 资源密度<br>(kg/km <sup>2</sup> ) | 尾数资源密度<br>(ind./km <sup>2</sup> ) |
|-----|------------|-------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| S2  | 1.40       | 324.00            | 71.89                         | 16661.52                          |
| S3  | 0.14       | 16.00             | 6.99                          | 822.79                            |
| S4  | 0.00       | 0.00              | 0.00                          | 0.00                              |
| S8  | 3.46       | 142.00            | 177.72                        | 7302.27                           |
| S10 | 0.68       | 112.00            | 35.17                         | 5759.54                           |
| S11 | 1.16       | 34.00             | 17.37                         | 507.42                            |
| S12 | 1.61       | 428.00            | 82.79                         | 22009.67                          |
| S14 | 1.35       | 138.00            | 69.32                         | 7096.58                           |
| S15 | 6.93       | 668.00            | 356.58                        | 34351.54                          |
| S17 | 0.90       | 46.00             | 46.08                         | 2365.53                           |
| S18 | 19.42      | 2328.00           | 149.85                        | 18204.26                          |
| S20 | 0.32       | 60.00             | 16.46                         | 3085.47                           |
| 合计  | 37.37      | 4296.00           | 1030.23                       | 118166.58                         |
| 平均  | 3.11       | 358.00            | 85.85                         | 9847.22                           |

### （3）虾和虾蛄类渔获种类组成及优势种

根据相对重要性指数（IRI）公式计算调查海域虾和虾蛄类的相对重要性指标（IRI），并以 IRI 大于 100 作为优势渔获物的判断指标，本次调查的虾和虾蛄类优势渔获物共有 7 种。其中，长叉口虾蛄的 IRI 最高，为 4131.30；其他种类依次为长毛对虾、亨氏仿对虾、近缘新对虾、周氏新对虾、口虾蛄和脊尾白虾。除 7 种优势渔获物外，其它种类的相对重要性指数均小于 100。秋季调查虾和虾蛄类中，以周氏新对虾幼体比例最高，为 85.21%；其次是亨氏仿对虾和长叉口虾蛄，分别为 80.87%和 61.58%。各优势渔获物的渔获率及百分比组成见表 4.5-9。

表 4.5-9 秋季虾和虾蛄类主要种类渔获率和渔获组成

| 种名    | 渔获率<br>(kg/h) | 占虾和虾蛄类总重量<br>百分比 (%) | 占虾和虾蛄类总尾数<br>百分比 (%) | IRI     | 幼体比例<br>(%) |
|-------|---------------|----------------------|----------------------|---------|-------------|
| 长叉口虾蛄 | 5.79          | 61.93                | 62.01                | 4131.30 | 61.58       |
| 长毛对虾  | 0.75          | 16.14                | 4.84                 | 1398.63 | 5.28        |
| 亨氏仿对虾 | 0.27          | 7.16                 | 9.22                 | 1364.51 | 80.87       |
| 近缘新对虾 | 0.17          | 4.04                 | 5.77                 | 736.04  | 31.74       |

| 种名    | 渔获率<br>(kg/h) | 占虾和虾蛄类总重量<br>百分比 (%) | 占虾和虾蛄类总尾数<br>百分比 (%) | IRI    | 幼体比例<br>(%) |
|-------|---------------|----------------------|----------------------|--------|-------------|
| 周氏新对虾 | 0.12          | 2.66                 | 5.31                 | 531.16 | 85.21       |
| 口虾蛄   | 0.17          | 2.26                 | 2.23                 | 187.22 | 2.23        |
| 脊尾白虾  | 0.25          | 1.33                 | 6.94                 | 137.73 | 21.26       |

## 2、秋季蟹类渔获率和资源密度

### （1）渔获率

秋季调查中，共渔获蟹类总重量为 9.49 kg，渔获率范围为 0.02~4.10 kg/h，平均 1.58 kg/h，渔获率以 S8 站最高，S3 站最低。共渔获蟹类 434 尾，尾数渔获率范围为 2.00~274.00 ind./h，平均 72.33 ind./h，尾数渔获率以 S20 站最高，S3 站最低。

### （2）资源密度

调查期间蟹类资源密度的变化范围为 1.03~210.94 kg/km<sup>2</sup>，平均为 79.42 kg/km<sup>2</sup>。资源密度最高出现于 S8 站，最低为 S3 站。蟹类尾数资源密度的变化范围为 102.85~14090.30 ind./km<sup>2</sup>，平均为 3622.37 ind./km<sup>2</sup>，以 S20 站最高，S3 站最低。

表 4.5-10 秋季蟹类的渔获率和资源密度

| 站位  | 渔获率 (kg/h) | 尾数渔获率<br>(ind./h) | 资源密度<br>(kg/km <sup>2</sup> ) | 尾数资源密度<br>(ind./km <sup>2</sup> ) |
|-----|------------|-------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| S2  | 2.14       | 98.00             | 109.84                        | 5039.60                           |
| S3  | 0.02       | 2.00              | 1.03                          | 102.85                            |
| S4  | 1.29       | 6.00              | 66.34                         | 308.55                            |
| S8  | 4.10       | 78.00             | 210.94                        | 4011.11                           |
| S10 | 1.32       | 46.00             | 67.98                         | 2365.53                           |
| S11 | 0.64       | 32.00             | 9.52                          | 477.57                            |
| S12 | 2.60       | 84.00             | 133.70                        | 4319.65                           |
| S14 | 0.38       | 38.00             | 19.64                         | 1954.13                           |
| S15 | 2.99       | 102.00            | 153.76                        | 5245.29                           |
| S17 | 0.47       | 18.00             | 24.27                         | 925.64                            |
| S18 | 2.46       | 90.00             | 126.50                        | 4628.20                           |
| S20 | 0.57       | 274.00            | 29.52                         | 14090.30                          |
| 合计  | 18.99      | 868.00            | 953.06                        | 43468.42                          |
| 平均  | 1.58       | 72.33             | 79.42                         | 3622.37                           |

### （3）蟹类渔获种类组成及优势种

根据相对重要性指数 (IRI) 公式计算调查海域蟹类的相对重要性指标 (IRI)，并以 IRI 大于 100 作为优势渔获物的判断指标，本次调查的蟹类优势渔获物共有 5 种。其中，日本蟳的 IRI 最高，为 3530.38；其次是红星梭子蟹，为 2060.66；各优势渔获物的渔获率及百分比组成见表 5.26。除 5 种优势渔获物外，其它种类的相对重要性指数小于 100。秋季蟹类中，矛形梭子蟹的幼体比例最高，为 55.67%。

表 4.5-11 秋季调查蟹类主要种类渔获率和渔获组成

| 种名    | 渔获率<br>(kg/h) | 占蟹类总重量<br>百分比 (%) | 占蟹类总尾数<br>百分比 (%) | IRI     | 幼体比例<br>(%) |
|-------|---------------|-------------------|-------------------|---------|-------------|
| 日本蟳   | 0.28          | 14.48             | 27.88             | 3530.38 | 36.72       |
| 红星梭子蟹 | 1.11          | 29.18             | 20.28             | 2060.66 | 35.29       |
| 锯缘青蟹  | 1.37          | 36.13             | 3.23              | 1639.90 | 0.00        |
| 矛形梭子蟹 | 0.12          | 3.26              | 33.87             | 1546.92 | 55.67       |
| 三疣梭子蟹 | 0.85          | 8.95              | 1.38              | 172.27  | 33.33       |

#### 4.5.2.5. 头足类

秋季调查共在 5 个站位渔获到头足类，渔获总重量为 0.95 kg，渔获尾数为 37 尾。头足类渔获率平均为 0.16 kg/h，尾数渔获率平均为 6.17 ind./h。资源密度平均为 3.59 kg/km<sup>2</sup>，平均尾数资源密度为 177.20 ind./km<sup>2</sup>。

表 4.5-12 秋季头足类渔获率和资源密度

| 站位  | 渔获率 (kg/h) | 尾数渔获率<br>(ind./h) | 资源密度<br>(kg/km <sup>2</sup> ) | 尾数资源密度<br>(ind./km <sup>2</sup> ) |
|-----|------------|-------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| S2  | 0.00       | 0.00              | 0.00                          | 0.00                              |
| S3  | 0.00       | 0.00              | 0.00                          | 0.00                              |
| S4  | 0.00       | 0.00              | 0.00                          | 0.00                              |
| S8  | 0.08       | 2.00              | 3.91                          | 102.85                            |
| S10 | 0.01       | 2.00              | 0.51                          | 102.85                            |
| S11 | 1.50       | 46.00             | 22.39                         | 686.51                            |
| S12 | 0.00       | 0.00              | 0.00                          | 0.00                              |
| S14 | 0.08       | 2.00              | 4.11                          | 102.85                            |
| S15 | 0.00       | 0.00              | 0.00                          | 0.00                              |

| 站位  | 渔获率 (kg/h) | 尾数渔获率<br>(ind./h) | 资源密度<br>(kg/km <sup>2</sup> ) | 尾数资源密度<br>(ind./km <sup>2</sup> ) |
|-----|------------|-------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| S17 | 0.00       | 0.00              | 0.00                          | 0.00                              |
| S18 | 0.00       | 0.00              | 0.00                          | 0.00                              |
| S20 | 0.24       | 22.00             | 12.14                         | 1131.34                           |
| 合计  | 1.90       | 74.00             | 43.06                         | 2126.40                           |
| 平均  | 0.16       | 6.17              | 3.59                          | 177.20                            |

本秋季调查共渔获 4 种头足类，为杜氏枪乌贼、剑尖枪乌贼、曼氏无针乌贼和中国枪乌贼，其渔获情况及幼体比例等见表 4.5-13。

表 4.5-13 秋季主要头足类渔获率与资源密度

| 种名         | 渔获率<br>(kg/h) | 尾数渔获率(尾<br>/h) | 资源密度<br>(kg/km <sup>2</sup> ) | 尾数资源密度(尾<br>/km <sup>2</sup> ) | 幼体比例(%) |
|------------|---------------|----------------|-------------------------------|--------------------------------|---------|
| 杜氏枪乌贼      | 0.10          | 8.67           | 4.37                          | 397.01                         | 100.00  |
| 剑尖枪乌贼      | 1.34          | 32.00          | 20.00                         | 477.57                         | 3.20    |
| 曼氏无针乌<br>贼 | 0.07          | 2.00           | 2.89                          | 78.52                          | 3.50    |
| 中国枪乌贼      | 0.04          | 5.00           | 0.63                          | 111.12                         | 20.00   |

### 4.5.3. 2023 年春季海洋渔业环境现状调查与评价

#### 4.5.3.1. 调查内容及方法

##### 1、调查内容

渔业资源监测内容同秋季，监测时间为 2023 年 3 月 17 日-3 月 21 日(春季)。

##### 2、调查方法

##### (1) 鱼卵和仔稚鱼

鱼类浮游生物的采集、处理和分析：定性样品采用大型浮游生物网水平拖网一次，一般在海水表层（0~3 m）进行水平拖网，拖网航速控制在 1~2 kn，拖网时间 10~15 min；定量样品采用浅水 I 型浮游生物网（网口直径为 50cm，网口面积为 0.2m<sup>2</sup>，网长 145cm，筛绢孔径约为 0.505mm），从海底至海面进行垂直拖网采集样品。标本全部收入标本瓶中，按样品体积的 5%，加入甲醛溶液进行固定，鱼卵和仔稚鱼密度分别用粒（尾）/m<sup>3</sup> 表示。

## （2）游泳动物

游泳动物：租用“粤南沙渔 16029”和“粤南沙渔 16052”底拖网调查船完成。底拖网网具规格：网口长 2.6m，宽 1.5 m，网长 5.0 m，网目 20 mm。调查均于白天进行，每个站位拖网 1 次，每次放网 1 张，拖时为 40 min~60min，拖速为 3.0 kn。起网过程中尽量将网衣内的渔获抖出或抖至网囊处。网囊吊上甲板后，打开囊网系绳，抖净囊网存鱼。将渔获物全部倾倒入甲板上后，分拣装于封口袋中，冷冻保存带回实验室分析。

### 4.5.3.2. 鱼卵仔鱼

#### （1）种类组成

春季调查站位 12 个，有效站位 12 个。春季采集的样品中，共鉴定出鱼卵仔稚鱼 16 种，隶属于 6 目 13 科 16 属（见表 4.5-14）。

春季调查共捕获鱼卵 19095 粒，仔稚鱼 1161 尾。鱼卵数量以棘鲷属最多，占总数的 29.47%，其次是康氏侧带小公鱼占 26.09%，蓝圆鲹占 19.95%，其他均不足 10.00%；

仔鱼数量以康氏侧带小公鱼最多，占总数的 24.55%，其次是海鲷属占 21.36%，鰕虎鱼科占 11.80%，其他种类均不足总数的 10.00%。出现的经济种类有海鲷属、海鲢属、棘鲷属、蓝圆鲹和舌鲷属等鱼类。

表 4.5-14 鱼卵和仔、稚鱼种类组成

| 序号 | 种类      | 拉丁名                            |
|----|---------|--------------------------------|
| 1  | 东方鲀属    | <i>Takifugu</i> sp.            |
| 2  | 海鲷属     | <i>Nematalosa</i> sp.          |
| 3  | 海鲢属     | <i>Elops</i> sp.               |
| 4  | 棘鲷属     | <i>Acanthopagrus</i> sp.       |
| 5  | 肩鳃鲷属    | <i>Omobranchus</i> sp.         |
| 6  | 康氏侧带小公鱼 | <i>Stolephorus commersonii</i> |
| 7  | 蓝圆鲹     | <i>Decapterus maruadsi</i>     |
| 8  | 鲷       | <i>Ilisha elongata</i>         |
| 9  | 棱鳀属     | <i>Thryssa</i> sp.             |
| 10 | 卵鲷      | <i>Solea ovata</i>             |
| 11 | 卵形鲳鲹    | <i>Trachinotus ovatus</i>      |
| 12 | 舌鲷属     | <i>Cynoglossus</i> sp.         |

|    |       |                |
|----|-------|----------------|
| 13 | 石首鱼科  | Sciaenidae     |
| 14 | 鲷属    | Planiliza sp.  |
| 15 | 鰕虎鱼科  | Gobiidae       |
| 16 | 小沙丁鱼属 | Sardinella sp. |

## （2）数量分布

### 1) 水平拖网

春季调查水平拖网共采到鱼卵 18852 粒，仔鱼 1117 尾，12 个站位均采集到鱼卵和仔鱼。其中，S17 站鱼卵数量最高，为 4092 粒，其次是 S8 站，为 3304 粒，S2 站采集到的鱼卵最少，为 140 粒。仔鱼以 S10 站数量最高，为 316 尾，其次是 S12 站，为 244 尾，S3 站最低，仅为 15 尾。

鱼卵平均密度为 8000.93 粒/1000 m<sup>3</sup>，仔鱼平均密度为 411.46 尾/1000 m<sup>3</sup>。鱼卵密度的最高值出现在 S8 站，为 36650.03 粒/1000 m<sup>3</sup>，主要出现种类是蓝圆鲹、海鲷属、棘鲷属、康氏侧带小公鱼和鲷属等；其次是 S17 和 S15 站，鱼卵密度分别为 15369.01 粒/1000 m<sup>3</sup> 和 11385.96 粒/1000 m<sup>3</sup>。仔鱼密度以 S8 站最高，为 1331.11 尾/1000 m<sup>3</sup>，主要出现的种类包括海鲷属、棘鲷属、康氏侧带小公鱼和小沙丁鱼属等；其次是 S10 号站，为 1043.42 尾/1000 m<sup>3</sup>。

### 2) 垂直拖网

春季垂直拖网共采到鱼卵 243 粒，仔鱼 44 尾。垂直拖网采集的站位中，有 10 个站位采集到鱼卵，8 个站位采集到仔鱼。其中，以 S15 站鱼卵数量最多，为 84 粒，其次依次是 S20 站采集到鱼卵 48 粒，S17 和 S18 站，分别采集到 42 和 20 粒。S20 站采集到的仔鱼最多，为 18 尾，其次是 S17 站，采集到仔鱼 10 尾，其余各站位采集到的仔鱼均不足 10 尾。

鱼卵平均密度为 9656.20 粒/1000 m<sup>3</sup>，仔鱼平均密度为 1687.78 尾/1000 m<sup>3</sup>，鱼卵密度以 S15 站最高，为 28000.00 粒/1000 m<sup>3</sup>，其次是 S17 站，鱼卵密度为 24137.93 粒/1000 m<sup>3</sup>。仔鱼密度以 S17 站最高，为 5747.13 尾/1000 m<sup>3</sup>，其次是 S20 站，仔鱼密度为 4411.76 尾/1000 m<sup>3</sup>。

## （3）主要种类及数量分布

### ①海鲷属

海鲷属是鲱形目、鲱科下一个属，栖息在非洲东岸到澳大利亚、日本的海水、咸淡水或河流中。

春季调查共采集到鱼卵 644 粒，其中 S8 站位鱼卵数量最多，为 216 粒；共采集到仔鱼 248 尾，其中 S10 站位仔鱼数量最高为 56 尾。鱼卵平均密度为 636.11 粒/1000 m<sup>3</sup>，仔鱼平均密度为 191.26 尾/1000 m<sup>3</sup>。

#### ②康氏侧带小公鱼

小公鱼是近岸和河口常见中上层鱼类，为群聚性小型经济鱼类，产卵期为 3~10 月份。其中康氏侧带小公鱼是暖水性近海小型鱼类，一般体长在 100 毫米以下，大者可达 130 毫米。分布于印度洋和太平洋，在我国沿海一带均有分布，以南海产量最高。

春季调查共采集到鱼卵 4981 粒，其中 S17 站鱼卵数量最多，为 1706 粒。采集到仔鱼 285 尾，S10 站采集到的数量最多，为 104 尾。鱼卵和仔鱼平均密度分别为 2821.46 粒/1000 m<sup>3</sup> 和 213.31 尾/1000 m<sup>3</sup>。

#### ③鰕虎鱼科

鰕虎鱼科，为鲈形目鰕虎鱼亚目动物，有 196 属 1480 余种，中国约产 40 属 120 余种。主要摄食虾、蟹等甲壳类、小型鱼类、蛤类幼体，有的摄食底栖硅藻。性成熟期较早，一般肉食性种类一年成熟，植食性种类两年成熟。繁殖期为 4~5 月或 10~11 月，在石砾或洞穴中产卵。

春季调查未采集到鰕虎鱼科鱼卵，采集到仔鱼 137 尾，S12 站采集到的数量最多，为 65 尾，仔鱼平均密度为 247.48 尾/1000 m<sup>3</sup>。

#### ④肩鳃鲷属

肩鳃鲷属鱼类属于鲈形目、鲷科鱼类。

春季调查未采集到肩鳃鲷属鱼卵，采集到仔鱼 32 尾，采集到肩鳃鲷属的 8 个站位中，每个站位均采集到 4 尾，仔鱼平均密度为 18.89 尾/1000 m<sup>3</sup>。

#### ⑤石首鱼科

石首鱼科鱼类有着广泛的分布，主要栖息在热带和亚热带海域中的海洋鱼类，在三大洋均有分布，有些能进入咸淡水域。本科鱼类洄游至沿岸河口地区产卵，是我国大陆沿海陆棚区最重要的近海经济性鱼类，也是我国海洋渔业主要的摊捞对象。

春季调查共采集到石首鱼科鱼卵 1265 粒，其中 S8 站鱼卵数量最多，为 594 粒。采集到仔鱼 60 尾，S10 站采集到的数量最多，为 20 尾。鱼卵和仔鱼平均密度分别为 928.08 粒/1000 m<sup>3</sup> 和 383.29 尾/1000 m<sup>3</sup>。

#### 4.5.3.3. 游泳动物

##### (1) 游泳动物种类组成

春季渔业资源调查站位 12 个，有效站位 12 个。共捕获渔业资源生物 14 目 47 科 72 属 106 种，其中鱼类的种类最多，为 64 种，占总种数的 60.38%；蟹类 18 种，占总种数的 16.98%；虾和虾蛄类 20 种，占总种数的 18.87%；头足类 4 种，占总种数的 3.77%。（见表 4.5-15）。

表 4.5-15 游泳动物种类组成

| 渔业资源类群 | 目  | 科  | 属  | 种   |
|--------|----|----|----|-----|
| 头足类    | 2  | 2  | 3  | 4   |
| 虾和虾蛄类  | 2  | 6  | 13 | 20  |
| 蟹类     | 1  | 7  | 9  | 18  |
| 鱼类     | 10 | 32 | 47 | 64  |
| 合计     | 14 | 47 | 72 | 106 |

##### (2) 游泳动物渔获率

春季总渔获量 111.41 kg，5268 尾，平均渔获率为 18.61 kg/h。各站渔获率变化范围为 4.59~54.85 kg/h，最低站次渔获率出现在 S18 站，最高站次渔获率出现在 S4 站。12 个站位平均尾数渔获率为 897.42 ind./h，各站次尾数渔获率变化范围为 337.50~2572.50 ind./h，最低站次尾数渔获率出现在 S3 站、最高站次尾数渔获率出现在 S4 站。

各类渔业资源的平均渔获率由高到低依次为鱼类、蟹类、虾和虾蛄类、头足类。各类型渔业资源的平均尾数渔获率由高到低依次为鱼类、蟹类、虾和虾蛄类、头足类。

##### (5) 游泳动物资源密度

春季渔业资源平均资源密度 92.59 kg/km<sup>2</sup>，各站次资源密变化范围为 44.94~179.00 kg/km<sup>2</sup>，最低站次资源密度出现在 S3 站，最高站次资源密度出现在 S4 站。12 个站位平均尾数资源密度为 3336.45 ind./km<sup>2</sup>，各站次尾数资源密度变化范围为 2124.95~4924.98 ind./km<sup>2</sup>，最低站次尾数资源密度出现在 S3 站、最高站次尾数资源密度出现在 S17 站。

各类渔业资源的平均资源密度由高到低依次为鱼类、蟹类、虾和虾蛄类、头足类。各类型渔业资源的平均尾数资源密度由高到低依次为鱼类、虾和虾蛄类、蟹类、头足类。

#### （4）游泳动物的优势种

春季航次渔业资源调查，按平均渔获率大小顺序，游泳生物的优势种依次为短吻鲷、鳙、日本鳀、周氏新对虾、中颌棱鳀、皮氏叫姑鱼、银鲳、凤鲚、鹿斑鲷、青鳞小沙丁、棘头梅童鱼、剑尖枪乌贼、康氏侧带小公鱼、赤鼻棱鳀和蓝圆鲹等。春季调查中，以蓝圆鲹幼体比例最高，为 100.00%；其次是鳙和棘头梅童鱼，分别为 90.00%和 83.12%。

综合考虑各品种出现站位数、优势度、平均渔获率大小、平均尾数渔获率大小、经济价值高低和生物类型代表性，本海域调查的主要经济种类为短吻鲷、周氏新对虾、皮氏叫姑鱼、银鲳、凤鲚、青鳞小沙丁、棘头梅童鱼、剑尖枪乌贼、康氏侧带小公鱼和蓝圆鲹等。

#### 4.5.3.4. 甲壳类

##### 1、春季虾和虾蛄类资源状况

##### （1）渔获率

春季调查渔获虾和虾蛄类总重量为 5.57kg，渔获率范围为 0.06~2.56kg/h，平均为 0.84kg/h。虾和虾蛄类渔获率以 S8 站最高，S4 站最低。本次共渔获虾和虾蛄类 715 尾，尾数渔获率范围为 5.00~373.55ind./h，平均为 109.73ind./h。尾数渔获率以 S2 站最高，S4 站最低。

##### （2）资源密度

春季调查期间虾和虾蛄类的资源密度变化范围为 1.17~25.83kg/km<sup>2</sup>，平均为 7.02kg/km<sup>2</sup>。虾和虾蛄类资源密度最高出现于 S8 站，S4 站最低。虾和虾蛄类的尾数资源密度变化范围为 93.28~1090.19ind./km<sup>2</sup>，平均为 604.96 ind./km<sup>2</sup>。尾数资源密度最高出现于 S2 站，S4 站最低。

表 4.5-16 春季虾和虾蛄类渔获率和资源密度

| 站<br>位 | 渔获率 (kg/h) | 尾数渔获率<br>(ind./h) | 资源密度<br>(kg/km <sup>2</sup> ) | 尾数资源密度<br>(ind./km <sup>2</sup> ) |
|--------|------------|-------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| S2     | 0.67       | 373.55            | 3.58                          | 1090.19                           |
| S3     | 0.35       | 65.63             | 4.96                          | 918.19                            |
| S4     | 0.06       | 5.00              | 1.17                          | 93.28                             |
| S8     | 2.56       | 85.45             | 25.83                         | 986.72                            |
| S10    | 2.51       | 296.84            | 9.73                          | 948.78                            |
| S11    | 0.38       | 30.97             | 5.53                          | 447.26                            |

| 站<br>位 | 渔获率(kg/h) | 尾数渔获率<br>(ind./h) | 资源密度<br>(kg/km <sup>2</sup> ) | 尾数资源密度<br>(ind./km <sup>2</sup> ) |
|--------|-----------|-------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| S12    | 0.75      | 52.94             | 9.90                          | 697.15                            |
| S14    | 0.08      | 6.43              | 1.30                          | 102.79                            |
| S15    | 0.50      | 48.75             | 6.98                          | 682.08                            |
| S17    | 1.45      | 316.00            | 3.85                          | 746.21                            |
| S18    | 0.07      | 7.20              | 1.20                          | 128.94                            |
| S20    | 0.68      | 28.00             | 10.18                         | 417.88                            |
| 合<br>计 | 10.06     | 1316.76           | 84.21                         | 7259.48                           |
| 平<br>均 | 0.84      | 109.73            | 7.02                          | 604.96                            |

### （3）虾和虾蛄类渔获种类组成及优势种

根据相对重要性指数 (*IRI*) 公式计算并以 *IRI* 大于 100 作为优势渔获物的判断指标, 本次调查的虾和虾蛄类优势渔获物共有 9 种。其中, 周氏新对虾的 *IRI* 最高, 为 5757.45; 其他种类依次为长毛对虾、刀额新对虾、近缘新对虾、黑斑口虾蛄、亨氏仿对虾、脊尾白虾、哈氏仿对虾和猛虾蛄。春季调查虾和虾蛄类中, 以刀额新对虾幼体比例最高, 为 75.62%; 其次是周氏新对虾、亨氏仿对虾和哈氏仿对虾, 分别为 37.77%、25.35%和 25.35%。除 9 种优势渔获物外, 其它种类的相对重要性指数均小于 100。各优势渔获物的渔获率及百分比组成见表 4.5-17。

表 4.5-17 春季虾和虾蛄类主要种类渔获率和渔获组成

| 种名    | 渔获率<br>(kg/h) | 占虾和虾蛄类总重量<br>百分比 (%) | 占虾和虾蛄类总尾数<br>百分比 (%) | <i>IRI</i> | 幼体比例<br>(%) |
|-------|---------------|----------------------|----------------------|------------|-------------|
| 周氏新对虾 | 0.26          | 27.84                | 34.97                | 5757.45    | 37.77       |
| 长毛对虾  | 0.38          | 18.25                | 2.94                 | 882.60     | 2.36        |
| 刀额新对虾 | 0.28          | 12.50                | 13.57                | 869.03     | 75.62       |
| 近缘新对虾 | 0.12          | 7.95                 | 3.92                 | 692.05     | 20.26       |
| 黑斑口虾蛄 | 0.16          | 9.56                 | 4.06                 | 680.91     | 15.64       |
| 亨氏仿对虾 | 0.13          | 7.00                 | 6.99                 | 582.91     | 25.35       |
| 脊尾白虾  | 0.28          | 5.17                 | 26.43                | 526.67     | 17.91       |
| 哈氏仿对虾 | 0.06          | 3.03                 | 2.38                 | 225.40     | 25.35       |

| 种名  | 渔获率<br>(kg/h) | 占虾和虾蛄类总重量<br>百分比 (%) | 占虾和虾蛄类总尾数<br>百分比 (%) | IRI    | 幼体比例<br>(%) |
|-----|---------------|----------------------|----------------------|--------|-------------|
| 猛虾蛄 | 0.07          | 3.44                 | 0.84                 | 178.49 | 0.00        |

## 2、春季蟹类渔获率和资源密度

### (1) 渔获率

春季调查中，共渔获蟹类总重量为 15.08 kg，渔获率范围为 0.08~7.93 kg/h，平均 2.30 kg/h，渔获率以 S10 站最高，S17 站最低。共渔获蟹类 737 尾，尾数渔获率范围为 13.13~452.90 ind./h，平均 114.81 ind./h，尾数渔获率以 S2 站最高，S15 站最低。

### (2) 资源密度

调查期间蟹类资源密度的变化范围为 1.16~15.27 kg/km<sup>2</sup>，平均为 7.54 kg/km<sup>2</sup>。资源密度最高出现于 S10 站，最低为 S17 站。蟹类尾数资源密度的变化范围为 183.64~730.69 ind./km<sup>2</sup>，平均为 393.60 ind./km<sup>2</sup>，以 S18 站最高，S15 站最低。

表 4.5-18 春季蟹类的渔获率和资源密度

| 站位  | 渔获率 (kg/h) | 尾数渔获率<br>(ind./h) | 资源密度<br>(kg/km <sup>2</sup> ) | 尾数资源密度<br>(ind./km <sup>2</sup> ) |
|-----|------------|-------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| S2  | 6.62       | 452.90            | 11.71                         | 670.89                            |
| S3  | 1.15       | 67.50             | 6.66                          | 314.81                            |
| S4  | 3.02       | 122.50            | 10.21                         | 326.47                            |
| S8  | 1.82       | 76.36             | 10.63                         | 370.02                            |
| S10 | 7.93       | 282.63            | 15.27                         | 539.50                            |
| S11 | 0.33       | 17.42             | 4.70                          | 251.58                            |
| S12 | 4.86       | 185.29            | 8.04                          | 255.62                            |
| S14 | 0.15       | 17.14             | 2.36                          | 274.12                            |
| S15 | 0.26       | 13.13             | 3.70                          | 183.64                            |
| S17 | 0.08       | 18.00             | 1.16                          | 268.64                            |
| S18 | 0.41       | 40.80             | 7.35                          | 730.69                            |
| S20 | 0.96       | 84.00             | 8.63                          | 537.27                            |
| 合计  | 27.58      | 1377.68           | 90.44                         | 4723.24                           |
| 平均  | 2.30       | 114.81            | 7.54                          | 393.60                            |

### (3) 蟹类渔获种类组成及优势种

根据相对重要性指数 (*IRI*) 公式计算调查海域蟹类的相对重要性指标 (*IRI*), 并以 *IRI* 大于 100 作为优势渔获物的判断指标, 本次调查的蟹类优势渔获物共有 3 种。其中, 日本蟳的 *IRI* 最高, 为 12576.74; 其次是直额蟳, 为 364.30。春季调查蟹类中, 锈斑蟳幼体比例最高, 为 73.33%。各优势渔获物的渔获率及百分比组成见表 4.5-19。除 3 种优势渔获物外, 其它种类的相对重要性指数小于 100。

表 4.5-19 春季调查蟹类主要种类渔获率和渔获组成

| 种名  | 渔获率<br>(kg/h) | 占蟹类总重量<br>百分比 (%) | 占蟹类总尾数<br>百分比 (%) | <i>IRI</i> | 幼体比例<br>(%) |
|-----|---------------|-------------------|-------------------|------------|-------------|
| 日本蟳 | 2.58          | 84.65             | 83.04             | 12576.74   | 26.97       |
| 直额蟳 | 0.20          | 2.65              | 8.28              | 364.30     | 45.32       |
| 锈斑蟳 | 0.16          | 2.28              | 2.04              | 143.87     | 73.33       |

#### 4.5.3.5. 头足类

春季调查共在 9 个站位渔获到头足类, 渔获总重量为 1.61 kg, 渔获尾数为 93 尾。头足类渔获率平均为 0.27 kg/h, 尾数渔获率平均为 15.97 ind./h。资源密度平均为 3.41 kg/km<sup>2</sup>, 平均尾数资源密度为 227.81 ind./km<sup>2</sup>。

表 4.5-20 春季头足类渔获率和资源密度

| 站位  | 渔获率 (kg/h) | 尾数渔获率<br>(ind./h) | 资源密度<br>(kg/km <sup>2</sup> ) | 尾数资源密度<br>(ind./km <sup>2</sup> ) |
|-----|------------|-------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| S2  | 0.00       | 0.00              | 0.00                          | 0.00                              |
| S3  | 0.00       | 0.00              | 0.00                          | 0.00                              |
| S4  | 0.07       | 5.00              | 1.26                          | 93.28                             |
| S8  | 0.30       | 14.55             | 4.12                          | 197.34                            |
| S10 | 0.00       | 0.00              | 0.00                          | 0.00                              |
| S11 | 0.13       | 13.55             | 1.84                          | 195.68                            |
| S12 | 0.17       | 3.53              | 2.28                          | 46.48                             |
| S14 | 0.14       | 17.14             | 2.26                          | 274.12                            |
| S15 | 0.09       | 7.50              | 1.31                          | 104.94                            |
| S17 | 0.44       | 54.00             | 6.57                          | 805.91                            |
| S18 | 0.54       | 38.40             | 9.58                          | 687.71                            |
| S20 | 1.39       | 38.00             | 11.73                         | 328.33                            |
| 合计  | 3.27       | 191.67            | 40.96                         | 2733.77                           |
| 平均  | 0.27       | 15.97             | 3.41                          | 227.81                            |

本次调查共渔获 4 种头足类, 分别为杜氏枪乌贼、剑尖枪乌贼、曼氏无针乌

贼和中国枪乌贼，其渔获情况及幼体比例等见表 4.5-21。

表 4.5-21 春季主要头足类渔获率与资源密度

| 种名     | 渔获率(kg/h) | 尾数    | 渔获率(尾/h) | 资源密度(kg/km <sup>2</sup> ) | 尾数     | 资源密度(尾/km <sup>2</sup> ) | 幼体比例 (%) |
|--------|-----------|-------|----------|---------------------------|--------|--------------------------|----------|
| 杜氏枪乌贼  | 0.01      | 3.64  | 0.17     | 49.34                     | 100.00 |                          |          |
| 剑尖枪乌贼  | 0.30      | 19.08 | 3.51     | 270.34                    | 75.60  |                          |          |
| 曼氏无针乌贼 | 0.08      | 1.84  | 1.02     | 25.29                     | 33.33  |                          |          |
| 中国枪乌贼  | 0.18      | 5.40  | 3.04     | 87.75                     | 0.00   |                          |          |

#### 4.5.4. 甲壳类主要经济种类

##### (1) 口虾蛄 *Oratosquilla oratoria*

口虾蛄属于虾蛄科口虾蛄属。地方俗称虾耙子、虾公驼子。口虾蛄是经济价值较高的甲壳动物，广泛分布于我国近海区和沿岸，一般在 5~60 m 的水深都有发现。栖息的底质以泥沙为主。口虾蛄的产卵期较长，每年除 11~12 月以外，均有产卵个体出现，但产盛期主要在 5~8 月。

春季在 2 个站位渔获到口虾蛄，渔获总重量为 0.05 kg，渔获 2 尾，平均渔获率 0.05 kg/h，平均资源密度为 0.73 kg/km<sup>2</sup>。秋季在 5 个站位渔获到口虾蛄，渔获总重量为 0.42 kg，渔获 48 尾，平均渔获率 0.17 kg/h，平均资源密度为 5.08 kg/km<sup>2</sup>。

##### (2) 近缘新对虾 *Metapenaeus affinis*

近缘新对虾属对虾科新对虾属。近缘新对虾为南海重要经济虾类，为近岸浅海种，对底质无严格的选择，广泛栖息于底质为沙、沙泥、泥沙、泥底海区。在 50 m 水深范围内均有分布，但以水深 10 m 以内沿岸带渔获率较高，渔获率向外海随水深的增加而下降。近缘新对虾的产卵期较长，每年除 11~12 月以外，均有产卵个体出现，但产盛期主要在 5~8 月。

春季在 7 个站位渔获到近缘新对虾，渔获总重量为 0.44 kg，渔获 28 尾，平均渔获率 0.12 kg/h，平均资源密度为 1.57 kg/km<sup>2</sup>。秋季在 9 个站位渔获到近缘新对虾，渔获总重量为 0.76 kg，渔获 124 尾，平均渔获率 0.17 kg/h，平均资源密度为 8.63 kg/km<sup>2</sup>。

### （3）长叉口虾蛄 *Miyakea nepa*

长叉口虾蛄主要在水深 5~50m 以内的水域活动，栖息深度及对温盐度的适应范围较广。底质以泥或泥沙质为主，选择性不强，在印度-西太平洋广泛分布。

春季未渔获到长叉口虾蛄。秋季在 4 个站位渔获到长叉口虾蛄，总重量为 11.57 kg，渔获 1332 尾，平均渔获率 5.79 kg/h，平均资源密度为 90.51 kg/km<sup>2</sup>。

### （4）日本对虾 *Penaeus japonicus*

日本对虾，俗称花虾、竹节虾、花尾虾、斑节虾、车虾，属甲壳纲、十足目、对虾科、对虾属动物。成虾雌大于雄，体长可达 12~20 厘米，体重为 20~25 克，产卵亲虾最大重可达 95 克左右。肉味鲜美，耐干露，适于活体运销，营养价值与其他对虾相近。为重要的养殖品种，养殖 6 个月左右体重可达 20 克以上。中国南方福建、广东沿海有人工养殖。自日本北海道及至黄海南部，中国浙江、福建、台湾、广东，菲律宾、新加坡、澳大利亚北部、印度、非洲东部以及红海均有分布。日本对虾自然栖息于水深 10~40 m 的海域，喜欢栖息于沙泥底，具有较强的潜沙特性，白天潜伏在深度 3 cm 左右的沙底内少活动，夜间频繁活动并进行索饵。觅食时常缓游于水的下层，有时也游向中上层。其适温范围为 25~30 °C。最适盐度范围为 25~30。主要摄食小型底栖无脊椎动物，兼食底层浮游生物。产卵盛期为每年 12 月至翌年 3 月

春季在 1 个站位渔获到日本对虾，总重量为 0.05 kg，渔获 4 尾，渔获率 0.07 kg/h，资源密度为 0.86 kg/km<sup>2</sup>。秋季未渔获到日本对虾。

### （5）锯缘青蟹 *Scylla serrata*

锯缘青蟹属甲壳纲梭子蟹科青蟹属。喜穴居近岸浅海和河口处的泥沙底内，性凶猛，肉食性，主食鱼虾贝类。肉质鲜美，营养丰富，兼有滋补强身之功效。盛产于温暖的浅海中，主要分布在中国浙江、广东、广西、福建和台湾的沿海等地，江浙一带尤多。

青蟹是广温广盐海产蟹类，其生存水温 7~37 °C，适宜生长水温 15~31 °C，最适水温 18~25 °C，15 °C 以下时，生长明显减慢，水温降至 7~8.5 °C 时，停止摄食与活动，进入休眠与穴居状态。水温稳定在 18 °C 以上时，雌蟹开始产卵，幼蟹频频脱壳长大，水温升至 37 °C 以上时，青蟹不摄食，水温升至 39 °C 时，青蟹背甲出现灰红斑点，身体逐渐衰老死亡。青蟹的生存盐度 2.6‰~55‰，适应范围 6.5‰~33‰，最适盐度 12.8‰~26.2‰（比重 1.010~1.021）。繁殖季节较

长，但因地而异，广东为每年 2~4 月和 8~9 月，其中 2~3 月为盛期；福建厦门地区 3~10 月，浙江 4~10 月。5 月下旬至 6 月和 8 月下旬至 9 月是繁殖盛期；上海 9~10 月，台湾几乎全年可以繁殖。

春季在 2 个站位渔获到锯缘青蟹，总重量为 0.56 kg，渔获到 2 尾，平均渔获率 0.46 kg/h，资源密度为 5.72 kg/km<sup>2</sup>。秋季在 5 个站位渔获到锯缘青蟹，总重量为 3.43 kg，渔获 14 尾，平均渔获率 1.37 kg/h，平均资源密度为 70.55 kg/km<sup>2</sup>。

#### (6) 日本蟳 *Charybdis japonica*

日本蟳是一种中小型海水蟹类，主要栖息于潮间带，属沿海定居种类。日本蟳广泛分布于广泛分布于中国海域（中国河北、天津，辽东半岛、辽东湾、山东半岛、浙江、福建、广东、台湾都有分布）及日本、朝鲜、东南亚等沿海区域。头胸甲呈横卵圆形，表面隆起。胃、纵区常具微细的横行颗粒隆线。螯足壮大，不甚对称，步足各节背、腹缘均具刚毛，游泳足的长节后缘近末端处具一锐刺，前节与指节均扁平，呈桨状。雄性腹部呈三角形，雌陆的呈长圆形，密具软毛。

春季在 9 个站位渔获到日本蟳，渔获总重量为 12.77 kg，渔获 612 尾，平均渔获率 2.58 kg/h，平均资源密度为 4.39 kg/km<sup>2</sup>。秋季在 10 个站位渔获到日本蟳，渔获总重量为 1.38 kg，渔获 121 尾，平均渔获率 0.28 kg/h，平均资源密度为 13.05 kg/km<sup>2</sup>。

### 4.5.5. 头足类主要种类

#### (1) 曼氏无针乌贼 *Sepiella maindroni* de Rochebrune

曼氏无针乌贼属乌贼科 Sepiidae，无针乌贼属 *Sepiella*，为印度西太平洋广分布的暖水种，北到日本海，南到马来群岛海域，是中国近海重要经济头足类。曼氏无针乌贼生活于浅海，主要群体栖息于暖水区，春季集群从越冬的深水区向浅水区进行生殖洄游。曼氏无针乌贼白天多栖息于中下层，夜间多活跃于中上层，黎明和傍晚常游行于上层。

春季在 3 个站位渔获到曼氏无针乌贼，渔获总重量为 0.13 kg，渔获 3 尾，平均渔获率为 0.08 kg/h，资源密度为 1.02 ind./h。秋季在 3 个站位渔获到曼氏无针乌贼，渔获总重量为 0.1 kg，渔获 3 尾，平均渔获率为 0.07 kg/h，资源密度为 2.89 ind./h。

#### (2) 剑尖枪乌贼 *Uroteuthis edulis*

剑尖枪乌贼为浅海种，分布水层 30-170m。冬季在深水区越冬，春夏向近岸

浅水区聚集洄游，产卵场位于底质为砂质的 30-40m 水层。一年内性成熟，因繁殖季节不同，种内一般分成春生群、夏生群和秋生群。分布在日本青森县以南海域，以及黄海、东海、南海和菲律宾群岛海域。主要作业渔场在日本九州西部海域、日本海西南部和东部东北部海域，经济价值较高。

春季在 9 个站位渔获到剑尖枪乌贼，渔获总重量为 1.31 kg，渔获 83 尾，平均渔获率为 0.30 kg/h，资源密度为 3.51 ind./h。秋季在 1 个站位渔获到剑尖枪乌贼，渔获总重量为 0.67 kg，渔获 16 尾，渔获率为 1.34 kg/h，资源密度为 20.00 ind./h。

#### 4.5.6. 主要珍稀、濒危水生野生动物

已知目前分布（或历史上曾经分布）于本调查海域及其附近海域的国家级和省级重点保护的水生野生动物有中华白海豚、中华鲟、黄唇鱼、江豚、花鳗鲡等。

##### （1）中华白海豚 *Sousa chinensis* (Osbeck)

中华白海豚隶属于脊索动物门、哺乳纲、鲸目、齿鲸亚目、海豚科、白海豚属，俗称白海豚、白忌。中华白海豚是水栖哺乳类动物，是国家一级重点保护的野生动物。珠江口水域是中华白海豚的主要分布区之一。

本项目在调查中未观察到中华白海豚。

##### （2）中华鲟 *Acipenser sinensis* Gray

中华鲟隶属于脊索动物门、硬骨鱼纲、鲟形目、鲟科、鲟属，俗称鲟龙。属国家一级保护动物，为我国特有的大型溯河产卵的珍稀种类，栖息于大江河及近海底层。中华鲟一般平均体长为 2.1 m，平均体重为 86 kg，寿命可长达 40 岁。摄食只以浮游生物、植物碎屑为主食，偶尔吞食小鱼、小虾。中华鲟具有自己独特的生活习性，繁衍生息需要往返于长江、大海之间，也就是说，中华鲟是典型的咸水、淡水都能生存的洄游性鱼类。

中华鲟主要分布于我国长江流域，历史上也曾出现于珠江、闽江、钱塘江和黄河等水域，但目前为止黄河、钱塘江的中华鲟均已绝迹，闽江口偶尔可见，珠江数量极少，仅长江的现存量较大。

本项目调查过程中未发现中华鲟。

##### （3）黄唇鱼 *Bahaba flavolabiata* (Lin)

黄唇鱼隶属于脊索动物门、硬骨鱼纲、鲈形目、石首鱼科、黄唇鱼属，俗称金钱鲉、金钱蟹、大鸥、白花等。属国家二级保护动物，为我国特有的珍稀种类，

常在我国东海和南海出现。成鱼一般长 1~1.5 m，重 15~30 kg，鱼鳔为上等补品，价格昂贵，可供药用。本次调查水域是黄唇鱼的分布区之一。历史上，珠江口一带以崖门口—银洲湖和伶仃洋—虎门水域较常见。黄唇鱼的成鱼主要栖息在浅近海水域，常进入河口区捕食鱼虾蟹类，幼鱼多栖息于河口或江河下游，以虾类为主要饵料。

本项目调查过程中未发现黄唇鱼的成鱼和幼鱼。

#### （4）江豚 *Neophocaena phocaenoides* (Cuvier)

江豚隶属于脊索动物门、哺乳纲、鲸目、鼠海豚科，俗称江猪、海猪。是国家二级保护野生动物，是珠江口一带的常见种江豚是水栖哺乳类动物。江豚体长一般 1.5 m 左右，大的近 2 m，头部钝圆，无吻突，无背鳍，全身灰色或咖啡色。是一种分布较广的小型豚类，在西太平洋沿岸海域和各大河口均有分布，长江中下游也经常有江豚活动。南海和东海南部的江豚在 6 月至次年 3 月间产仔，8 月至 12 月为高峰期。江豚的主要食物是小鱼、乌贼和虾类。

我国的江豚分为南方江豚、北方江豚和长江江豚三个亚种。南方江豚分布于南海和东海南部、记录于香港、广西北海和防城、广东省汕头、福建省东山和台湾省澎湖、新竹和台南。北方江豚主要分布于渤海、黄海、东海和东海沿岸。长江江豚分布于长江中下游及洞庭湖和潘阳湖，有时也进入与两湖相通的汀江及赣江。根据南海水产研究所周年的调查资料，在江门中华白海豚省级自然保护区内及周围海域共观察到江豚 26 头。

本项目调查过程中在本调查水域未发现江豚。

#### （5）花鳗鲡 *Anguilla marmorata* Quoy et Gaimard

花鳗鲡隶属于脊索动物门、硬骨鱼纲、鳗鲡目、鳗鲡科、鳗鲡属，俗称花鳗、雪鳗、鳝王、乌耳鳗、芦鳗、溪鳗，是鳗鲡类中体型较大的一种，体长一般为 331-615 毫米，体重 250 克左右，但最重的可达 30 千克以上。是国家二级保护野生动物。花鳗鲡通常栖息于热带及暖温带地区的河口、江河、湖塘、河溪及沼泽地带，喜在夜间活动。主要以鱼、虾、蟹、蛙、蛇、鸟和小型兽类等动物为食，也吃落入水中大型动物的尸体。生殖后亲鱼即死亡，卵则在海流中孵化。

历史上，花鳗鲡分布于我国长江下游及以南的钱塘江、灵江、甌江、闽江、九龙江、台湾到广东、海南岛及广西等江河。近年来，由于其生存环境的恶化和捕捞过度，以及毒、电渔法对鱼资源的毁灭性破坏，拦河建坝修水库及水电站等

阻断了花鳗鲡的正常洄游通道等原因，致使花鳗鲡的资源量急剧下降，在我国境内已难见其踪迹。

历史上珠江口亦曾出现过花鳗鲡，本项目调查未发现花鳗鲡。

#### （6）鲎鱼 *Macrura van Hasselt*

鲎鱼隶属于脊索动物门、硬骨鱼纲、鲱形目、鲱科、鲎属，俗称三黎。属省级保护动物，为广东省重点保护的鱼类之一，是一种经济价值较高的溯河繁殖的鱼类。鲎鱼对水温要求较高，最适宜的生长温度为 20~22 摄氏度，低于 7 摄氏度或者高于 30 摄氏度时就不摄食并出现死亡，在水中总是不停游动。鲎鱼成鱼平时生活在浅海和河口区，繁殖季节进入江河，产卵期为 6~8 月。鲎鱼入江河产卵时鱼群集中，形成捕捞旺季。

鲎鱼在长江的产卵场，比较集中在鄱阳湖及赣江一带，少数逆水而上到洞庭湖入湘江，极少数上溯到宜昌附近。在珠江，则主要在西江下游江段产卵，上溯可达广西境内的桂平县东塔。因此本项目调查海域并非鲎鱼分布区。

本项目调查过程中未发现鲎鱼的成鱼和幼鱼。

### 4.6. 海洋生物质量

#### 4.6.1. 2022 年 3 月海洋生物质量现状调查与评价

##### 4.6.1.1. 海洋生物质量现状调查

##### （1）调查时间与站位

2022 年 3 月 24 日-2022 年 4 月 7 日，在南沙港附近海域进行了 12 个站位的生物质量调查。各调查站位布置见图 4.2-1 和表 4.2-1。

##### （2）调查内容

调查生物种类以鱼类、甲壳类为主，调查内容包括铜、铅、锌、镉、总汞、砷、铬和石油烃。

##### （3）调查结果

调查海域采获动物的生物体质量调查结果见表 4.6-1。

表 4.6-1 生物质量现状调查结果（干重）

| 项目<br>站位 | 类群       | 石油<br>烃 | 总汞    | 砷    | 锌   | 铬    | 镉     | 铅    | 铜    |
|----------|----------|---------|-------|------|-----|------|-------|------|------|
|          |          | (μg/g)  |       |      |     |      |       |      |      |
| Z11      | 双壳类（红树蚬） | 199.2   | 0.029 | 12.5 | 221 | 9.06 | 0.782 | 2.00 | 32.7 |

|     |             |       |       |          |          |          |       |          |      |
|-----|-------------|-------|-------|----------|----------|----------|-------|----------|------|
| Z13 | 双壳类（香港牡蛎）   | 527.3 | 0.074 | 9.2      | 315<br>5 | 3.8<br>6 | 6.24  | 1.8<br>4 | 1456 |
| Z16 | 鱼类（短吻三线舌鳎）  | 10.5  | 0.038 | 2.6      | 26.8     | 0.9<br>8 | 0.006 | ND       | 3.7  |
| Z17 | 鱼类（拉氏狼牙鰕虎鱼） | 12.4  | 0.031 | 2.2      | 37.0     | 1.9<br>7 | 0.035 | ND       | 7.5  |
| Z20 | 鱼类（斑鲈）      | 44.0  | 0.027 | 6.7      | 13.3     | 1.7<br>0 | ND    | ND       | 4.7  |
| Z24 | 甲壳类（近亲蟳）    | 19.4  | 0.056 | 11.<br>8 | 128      | 0.9<br>5 | 0.472 | ND       | 76.7 |
| Z26 | 甲壳类（近缘新对虾）  | 39.9  | 0.042 | 6.3      | 46.7     | 0.9<br>6 | 0.044 | ND       | 25.9 |
| Z31 | 甲壳类（亨氏仿对虾）  | 28.0  | 0.026 | 3.8      | 65.1     | 0.7<br>8 | 0.033 | ND       | 31.3 |
| Z34 | 鱼类（金钱鱼）     | 11.1  | 0.016 | 20.<br>6 | 15.7     | 2.2<br>9 | ND    | ND       | 2.0  |
| Z38 | 甲壳类（近缘新对虾）  | 20.5  | 0.008 | 9.0      | 62.9     | 0.9<br>8 | 0.079 | ND       | 29.2 |
| Z39 | 鱼类（日本瞳鲷）    | 0.4   | 0.012 | 5.1      | 13.3     | 0.5<br>4 | ND    | ND       | 0.85 |
| Z41 | 甲壳类（近亲蟳）    | 25.9  | 0.198 | 25.<br>2 | 133      | 0.4<br>0 | ND    | ND       | 37.0 |
| 最小值 |             | 0.4   | 0.008 | 2.2      | 13.3     | 0.4<br>0 | ND    | ND       | 0.85 |
| 最大值 |             | 527.3 | 0.198 | 25.<br>2 | 315<br>5 | 9.0<br>6 | 6.24  | 2.0<br>0 | 1456 |
| 平均值 |             | 78.2  | 0.046 | 9.6      | 326      | 2.0<br>4 | 0.64  | 0.3<br>4 | 142  |

注：ND 表示未检出。

#### 4.6.1.2. 海洋生物质量评价结果

##### （1）评价标准

贝类生物质量采用《海洋生物质量》(GB18421-2001)进行评价，甲壳类、鱼类、软体类体内污染物质（总汞、铜、铅、镉、锌、油类）含量评价标准采用《全国海岸和海涂资源综合调查简明规程》中规定的生物质量标准（表 4.6-2）。

表 4.6-2 生物质量评价标准（ $\times 10^{-6}$  鲜重）

| 标准  | Hg  | Cu  | Pb   | Cd  | Zn  | 石油烃 |
|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|
| 鱼类  | 0.2 | 20  | 2.0  | 0.6 | 40  | 20  |
| 甲壳类 | 0.3 | 100 | 2.0  | 2.0 | 150 | 20  |
| 软体类 | 0.3 | 100 | 10.0 | 5.5 | 250 | 20  |

调查结果显示，调查海域生物体内的总汞、锌、铅含量均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》中的标准。石油烃、锌、铜部分站位超标，超标率分别为：16.7%、8.3%、8.3%。（表 4.6-3）

表 4.6-3 各类生物体内重金属和石油烃质量指数(鲜重)

| 项目<br>站位 | 类群          | 石油烃  | 总汞   | 锌    | 镉    | 铅    | 铜    |
|----------|-------------|------|------|------|------|------|------|
| Z11      | 双壳类（红树蚬）    | 2.08 | 0.02 | 0.18 | 0.03 | 0.04 | 0.07 |
| Z13      | 双壳类（香港牡蛎）   | 5.51 | 0.05 | 2.64 | 0.24 | 0.04 | 3.04 |
| Z16      | 鱼类（短吻三线舌鳎）  | 0.11 | 0.04 | 0.14 | 0.00 | 0.00 | 0.04 |
| Z17      | 鱼类（拉氏狼牙鰕虎鱼） | 0.13 | 0.03 | 0.19 | 0.01 | 0.00 | 0.08 |
| Z20      | 鱼类（斑鲷）      | 0.46 | 0.03 | 0.07 | 0.00 | 0.00 | 0.05 |
| Z24      | 甲壳类（近亲螯）    | 0.20 | 0.04 | 0.18 | 0.05 | 0.00 | 0.16 |
| Z26      | 甲壳类（近缘新对虾）  | 0.42 | 0.03 | 0.07 | 0.00 | 0.00 | 0.05 |
| Z31      | 甲壳类（亨氏仿对虾）  | 0.29 | 0.02 | 0.09 | 0.00 | 0.00 | 0.07 |
| Z34      | 鱼类（金钱鱼）     | 0.12 | 0.02 | 0.08 | 0.00 | 0.00 | 0.02 |
| Z38      | 甲壳类（近缘新对虾）  | 0.21 | 0.01 | 0.09 | 0.01 | 0.00 | 0.06 |
| Z39      | 鱼类（日本瞳鲷）    | 0.00 | 0.01 | 0.07 | 0.00 | 0.00 | 0.01 |
| Z41      | 甲壳类（近亲螯）    | 0.27 | 0.14 | 0.19 | 0.00 | 0.00 | 0.08 |
| 超标率（%）   |             | 16.7 | 0    | 8.3  | 0    | 0    | 8.3  |

#### 4.6.2. 2022 年 10 月海洋生物质量现状调查与评价

##### 4.6.2.1. 海洋生物质量现状调查

###### （1）调查时间与站位

调查站位的布设根据《海洋工程环境影响评价技术导则》(GB/T19485-2014)、《海域使用论证技术导则》（国海发[2010]22 号）和《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007）所规定的标准进行。春、秋两季各一次，设 12 个测站，每个测站采样一次，采集渔业资源拖网和潮间带调查的生物样品（尽量包括鱼类、甲壳类、贝类和头足类样品）。

###### （2）调查内容

总石油烃和重金属（Cu、Pb、Zn、Cr、Cd、Hg、As）共 8 项。

### （3）调查结果

调查海域采获动物的生物体质量调查结果见表 4.6-4。

表 4.6-4 2022 年秋季调查海洋生物体内重金属及石油烃含量（mg/kg，湿重）

| 类群    | 站位                   | 种名    | 项目    |        |      |      |      |        |      |      |
|-------|----------------------|-------|-------|--------|------|------|------|--------|------|------|
|       |                      |       | 铅     | 镉      | 铬    | 铜    | 砷    | 汞      | 锌    | 石油烃  |
| 鱼 类   | S2                   | 前鳞骨鲷  | 0.18  | 0.022  | 0.18 | 0.8  | 0.93 | ND     | 8.2  | 20.2 |
|       | S3                   | 棘头梅童鱼 | ND    | ND     | 0.37 | 1.4  | ND   | 0.023  | 8.1  | 9.5  |
|       | S4                   | 棘头梅童鱼 | ND    | ND     | 1.14 | ND   | ND   | 0.019  | 6.0  | 6.9  |
|       | S6                   | 棘头梅童鱼 | ND    | 0.067  | 0.27 | 0.8  | ND   | 0.0072 | 6.8  | 5.4  |
|       | S8                   | 前鳞骨鲷  | ND    | ND     | 0.57 | 0.6  | 0.78 | ND     | 5.7  | 5.0  |
|       | S10                  | 青鳞小沙丁 | ND    | 0.0077 | 0.39 | 0.8  | ND   | 0.023  | 21.6 | 11.0 |
|       | S11                  | 棘头梅童鱼 | ND    | ND     | 0.28 | ND   | 0.25 | 0.016  | 6.7  | 7.8  |
|       | S12                  | 棘头梅童鱼 | ND    | ND     | 0.36 | 0.5  | 0.24 | 0.013  | 5.4  | 3.8  |
|       | S14                  | 皮氏叫姑鱼 | ND    | ND     | 0.50 | 0.9  | ND   | 0.012  | 7.5  | 5.5  |
|       | S17                  | 皮氏叫姑鱼 | ND    | ND     | 0.44 | ND   | ND   | 0.021  | 4.0  | 1.6  |
|       | S18                  | 褐蓝子鱼  | 0.096 | 0.0059 | 0.51 | 1.8  | ND   | 0.024  | 11.8 | 0.9  |
|       | S20                  | 褐蓝子鱼  | ND    | ND     | 0.52 | 0.5  | ND   | 0.023  | 13.8 | 4.1  |
|       | 最大值                  |       | 0.18  | 0.067  | 1.14 | 1.8  | 0.93 | 0.024  | 21.6 | 20.2 |
|       | 最小值                  |       | ND    | ND     | 0.18 | ND   | ND   | ND     | 4.0  | 0.9  |
|       | 平均值                  |       | 0.040 | 0.010  | 0.46 | 0.7  | 0.25 | 0.015  | 8.8  | 6.8  |
|       | 其他海洋生物<br>质量标准符合率（%） |       | 100   | 100    | 100  | 100  | 100  | 100    | 100  | 91.7 |
| 甲 壳 类 | S2                   | 周氏新对虾 | ND    | 0.084  | 0.43 | 1.8  | 0.29 | 0.0028 | 12.5 | 0.8  |
|       | S3                   | 周氏新对虾 | 0.050 | 0.024  | 0.26 | 5.0  | 0.28 | 0.0098 | 14.0 | 12.3 |
|       |                      | 日本蟳   | ND    | 0.24   | 0.21 | 23.0 | 0.49 | 0.017  | 20.9 | 14.6 |
|       | S4                   | 黑斑口虾蛄 | ND    | 0.62   | 0.63 | 12.8 | 0.47 | 0.028  | 30.9 | 28.9 |
|       | S6                   | 周氏新对虾 | ND    | 0.021  | 0.20 | 5.5  | 0.32 | 0.010  | 14.4 | 7.1  |
|       | S8                   | 长毛对虾  | ND    | 0.041  | 0.49 | 8.3  | 0.32 | 0.0040 | 13.6 | 3.3  |
|       |                      | 锯缘青蟹  | ND    | 0.057  | 0.36 | 2.3  | 0.35 | 0.027  | 38.8 | 3.8  |
|       | S11                  | 近缘新对虾 | ND    | 0.012  | 0.20 | 6.2  | 0.31 | 0.012  | 14.6 | 7.5  |
|       |                      | 日本蟳   | ND    | 0.12   | 0.68 | 14.4 | 0.50 | 0.039  | 18.6 | 8.8  |
|       | S12                  | 近缘新对虾 | 0.049 | 0.020  | 0.41 | 4.9  | 0.36 | 0.021  | 15.9 | 0.6  |
|       | S14                  | 长毛对虾  | ND    | 0.030  | 0.43 | 7.6  | 0.31 | 0.022  | 13.7 | 2.1  |
|       | S17                  | 长毛对虾  | ND    | 0.023  | 0.48 | 6.9  | 0.31 | 0.0098 | 15.0 | 1.0  |
|       |                      | 日本蟳   | 0.057 | 0.16   | 0.44 | 5.4  | 0.60 | 0.028  | 24.9 | 15.7 |
|       | S18                  | 近缘新对虾 | 0.11  | 0.019  | 0.46 | 8.5  | 0.32 | 0.024  | 14.0 | 3.5  |
|       | S20                  | 近缘新对虾 | ND    | 0.015  | 0.31 | 8.1  | 0.33 | 0.018  | 17.2 | 1.6  |
|       | 最大值                  |       | 0.11  | 0.62   | 0.68 | 23.0 | 0.60 | 0.039  | 38.8 | 28.9 |
|       | 最小值                  |       | ND    | 0.012  | 0.20 | 1.8  | 0.28 | 0.0028 | 12.5 | 0.6  |
|       | 平均值                  |       | 0.032 | 0.099  | 0.40 | 8.0  | 0.37 | 0.018  | 18.6 | 7.4  |
|       | 其他海洋生物<br>质量标准符合率（%） |       | 100   | 100    | 100  | 100  | 100  | 100    | 100  | 93.3 |
| 头足    | S10                  | 剑尖枪乌贼 | ND    | 0.14   | 0.25 | 7.6  | 0.30 | 0.023  | 14.5 | 9.4  |

| 类群 | 站位                | 种名 | 项目    |       |       |     |       |        |                   |      |
|----|-------------------|----|-------|-------|-------|-----|-------|--------|-------------------|------|
|    |                   |    | 铅     | 镉     | 铬     | 铜   | 砷     | 汞      | 锌                 | 石油烃  |
| 类  | 其他海洋生物质量标准符合率（%）  |    | 100   | 100   | 100   | 100 | 100   | 100    | 100               | 100  |
| 贝类 | C2                | 牡蛎 | 0.670 | 0.670 | 1.26  | 143 | 0.290 | 0.0210 | $1.53\times 10^3$ | 104  |
|    | C3                | 牡蛎 | 0.390 | 2.90  | 0.220 | 186 | 0.240 | 0.0440 | 449               | 61.2 |
|    | 平均值               |    | 0.530 | 1.79  | 0.740 | 165 | 0.265 | 0.0325 | 990               | 82.6 |
|    | 贝类生物体质量一类标准符合率（%） |    | 0     | 0     | 50    | 0   | 100   | 100    | 0                 | 0    |
|    | 贝类生物体质量二类标准符合率（%） |    | 100   | 50    | 50    | 0   | -     | -      | 0                 | 0    |
|    | 贝类生物体质量三类标准符合率（%） |    | -     | 50    | -     | 0   | -     | -      | 50                | 50   |
|    | 贝类生物体质量三类标准超标率（%） |    | -     | -     | -     | 100 | -     | -      | 50                | 50   |

注：含量单位为 $\times 10^{-6}$ ，湿重，“ND”为未检出。

#### 4.6.2.2. 海洋生物质量评价结果

##### (1) 评价标准

贝类生物质量采用《海洋生物质量》(GB18421-2001)进行评价，鱼类、甲壳类和软体动物体内污染物质（除石油烃外）含量评价标准采用《全国海岸和海域资源综合监测简明规程》中规定的生物质量标准，石油烃含量的评价标准采用《第二次全国海洋污染基线监测技术规程》（第二分册）中规定的生物质量标准。

表 4.6-5 《海洋生物质量标准》（GB18421-2001）（mg/kg，湿重）

| 项 目        | 第一类  | 第二类  | 第三类         |
|------------|------|------|-------------|
| Cu $\leq$  | 10   | 25   | 50（牡蛎 100）  |
| Pb $\leq$  | 0.1  | 2.0  | 6.0         |
| Cd $\leq$  | 0.2  | 2.0  | 5.0         |
| Zn $\leq$  | 20   | 50   | 100（牡蛎 500） |
| Hg $\leq$  | 0.05 | 0.10 | 0.30        |
| As $\leq$  | 1.0  | 5.0  | 8.0         |
| 石油烃 $\leq$ | 15   | 50   | 80          |

表 4.6-6 生物质量评价各评价因子及其评价标准（湿重： $\times 10^{-6}$ ）

| 项目  | 评价标准值      |            |            |
|-----|------------|------------|------------|
|     | 鱼类         | 甲壳类        | 软体类（非双壳类）  |
| 石油烃 | $\leq 20$  | $\leq 20$  | $\leq 20$  |
| 铜   | $\leq 20$  | $\leq 100$ | $\leq 100$ |
| 铅   | $\leq 2$   | $\leq 2$   | $\leq 10$  |
| 锌   | $\leq 40$  | $\leq 150$ | $\leq 250$ |
| 镉   | $\leq 0.6$ | $\leq 2$   | $\leq 5.5$ |
| 总汞  | $\leq 0.3$ | $\leq 0.2$ | $\leq 0.3$ |
| 砷   | $\leq 5.0$ | $\leq 8.0$ | $\leq 10$  |
| 铬   | $\leq 1.5$ | $\leq 1.5$ | $\leq 5.5$ |

## （2）评价结果

本次调查，仅在 S19、C2 和 C3 站位采集到贝类样品，根据《广东省海洋功能区划(2011-2020 年)》（粤府[2013]9 号)文件的相关规定，C2 位于伶仃洋保留区，S19 位于万山群岛保留区，海洋生物质量维持现状，因此不予评价；C3 位于桂山岛港口航运区，执行海洋生物质量二类标准。因此，本次调查仅 C3 站位参与海洋生物质量评价，由表 4.6-7 的评价结果可知，秋季调查 C3 站采获的贝类（牡蛎）样品中铅、铬、砷和汞含量均未超标，镉、铜、锌和石油烃均超标。

表 4.6-7 2022 年秋季调查海洋生物质量指数

| 类群 | 站位      | 种名 | 项目   |     |      |     |       |      |     |     |
|----|---------|----|------|-----|------|-----|-------|------|-----|-----|
|    |         |    | 铅    | 镉   | 铬    | 铜   | 砷     | 汞    | 锌   | 石油烃 |
| 贝类 | C3      | 牡蛎 | 0.20 | 1.5 | 0.11 | 7.4 | 0.048 | 0.44 | 9.0 | 61  |
|    | 超标率 (%) |    | 0    | 100 | 0    | 100 | 0     | 0    | 100 | 100 |

### 4.6.3. 2023 年 3 月海洋生物质量现状调查与评价

#### 4.6.3.1. 海洋生物质量现状调查

##### （1）调查时间与站位

同秋季调查。

##### （2）调查内容

同秋季调查。

##### （3）调查结果

调查结果列于表 4.6-8。

表 4.6-8 2023 年春季调查海洋生物体内重金属及石油烃含量（mg/kg，干重）

| 类群 | 站位  | 种名    | 项目   |        |       |     |    |       |      |      |
|----|-----|-------|------|--------|-------|-----|----|-------|------|------|
|    |     |       | 铅    | 镉      | 铬     | 铜   | 砷  | 汞     | 锌    | 石油烃  |
| 鱼类 | S2  | 棘头梅童鱼 | ND   | ND     | 0.052 | 0.9 | ND | 0.032 | 5.0  | 6.8  |
|    | S3  | 棘头梅童鱼 | ND   | ND     | 0.070 | 1.2 | ND | 0.030 | 4.9  | 5.0  |
|    | S4  | 短吻鲷   | ND   | 0.096  | 0.081 | 1.2 | ND | 0.034 | 16.8 | 14.7 |
|    | S8  | 鳎     | ND   | ND     | 0.057 | 1.2 | ND | 0.079 | 10.8 | 5.4  |
|    | S10 | 皮氏叫姑鱼 | ND   | ND     | 0.060 | 1.0 | ND | 0.058 | 6.4  | 4.8  |
|    | S11 | 青鳞小沙丁 | 0.15 | 0.082  | 0.079 | 3.1 | ND | 0.047 | 15.6 | 3.8  |
|    | S12 | 短吻鲷   | 0.06 | 0.0057 | 0.064 | 1.1 | ND | 0.021 | 15.7 | 12.2 |
|    | S14 | 短吻鲷   | 0.12 | ND     | 0.17  | 3.1 | ND | 0.024 | 14.6 | 17.6 |
|    | S15 | 皮氏叫姑鱼 | ND   | ND     | ND    | 1.0 | ND | 0.041 | 6.6  | 7.0  |
|    | S17 | 短吻鲷   | 0.08 | 0.0082 | 0.15  | 2.5 | ND | 0.032 | 20.3 | 13.6 |
|    | S18 | 短吻鲷   | ND   | ND     | 0.049 | 1.0 | ND | 0.024 | 19.3 | 13.4 |
|    | S20 | 皮氏叫姑鱼 | ND   | ND     | ND    | 1.8 | ND | 0.062 | 5.3  | 3.7  |
|    | 最大值 |       | 0.15 | 0.096  | 0.17  | 3.1 | ND | 0.079 | 20.3 | 17.6 |
|    | 最小值 |       | ND   | ND     | ND    | 0.9 | ND | 0.021 | 4.9  | 3.7  |

| 类群  | 站位                    | 种名    | 项目    |       |       |      |       |        |      |      |
|-----|-----------------------|-------|-------|-------|-------|------|-------|--------|------|------|
|     |                       |       | 铅     | 镉     | 铬     | 铜    | 砷     | 汞      | 锌    | 石油烃  |
|     | 平均值                   |       | 0.05  | 0.018 | 0.073 | 1.6  | ND    | 0.040  | 11.8 | 9.0  |
|     | 其他海洋生物<br>质量标准符合率（%）  |       | 100   | 100   | 100   | 100  | 100   | 100    | 100  | 100  |
| 甲壳类 | S2                    | 脊尾白虾  | 0.04  | 0.033 | 0.10  | 7.7  | ND    | 0.0077 | 15.3 | 12.3 |
|     |                       | 日本蟳   | ND    | 0.21  | 0.047 | 18.3 | ND    | 0.012  | 39.8 | 10.0 |
|     | S3                    | 周氏新对虾 | 0.10  | 0.015 | 0.34  | 6.2  | ND    | 0.012  | 16.0 | 10.4 |
|     |                       | 日本蟳   | ND    | 0.44  | 0.074 | 14.2 | ND    | 0.021  | 41.6 | 21.2 |
|     | S4                    | 日本蟳   | ND    | 0.28  | ND    | 17.3 | ND    | 0.030  | 32.4 | 19.1 |
|     | S8                    | 长毛对虾  | 0.04  | 0.031 | 0.23  | 5.8  | ND    | 0.035  | 16.9 | 9.7  |
|     |                       | 日本蟳   | ND    | 0.41  | ND    | 13.9 | ND    | 0.041  | 27.3 | 11.8 |
|     | S10                   | 周氏新对虾 | 0.18  | 0.021 | 0.25  | 6.0  | ND    | 0.022  | 17.6 | 12.7 |
|     |                       | 日本蟳   | ND    | 0.45  | ND    | 16.2 | ND    | 0.049  | 41.5 | 15.5 |
|     | S11                   | 周氏新对虾 | 0.06  | 0.022 | 0.065 | 7.0  | ND    | 0.029  | 16.9 | 3.3  |
|     | S12                   | 日本蟳   | ND    | 0.52  | 0.053 | 22.0 | ND    | 0.071  | 37.8 | 7.1  |
|     |                       | 长毛对虾  | 0.12  | 0.043 | 0.11  | 8.9  | ND    | 0.031  | 13.3 | 11.6 |
|     | S15                   | 周氏新对虾 | ND    | 0.010 | 0.055 | 5.2  | ND    | 0.088  | 16.0 | 9.7  |
|     | S17                   | 周氏新对虾 | ND    | 0.017 | 0.14  | 3.9  | 0.26  | 0.027  | 18.9 | 8.1  |
|     | S20                   | 直额蟳   | ND    | 0.058 | ND    | 7.1  | ND    | 0.046  | 19.2 | 6.8  |
|     | 最大值                   |       | 0.18  | 0.52  | 0.34  | 22.0 | 0.26  | 0.088  | 41.6 | 21.2 |
|     | 最小值                   |       | ND    | 0.01  | ND    | 3.9  | ND    | 0.0077 | 13.3 | 3.3  |
|     | 平均值                   |       | 0.05  | 0.17  | 0.10  | 10.6 | 0.11  | 0.035  | 24.7 | 11.3 |
|     | 其他海洋生物<br>质量标准符合率（%）  |       | 100   | 100   | 100   | 100  | 100   | 100    | 100  | 93.3 |
| 头足类 | S15                   | 剑尖枪乌贼 | 0.07  | 0.16  | 0.095 | 16.9 | ND    | 0.019  | 20.3 | 12.7 |
|     | S17                   | 剑尖枪乌贼 | 0.10  | 0.26  | 0.10  | 13.2 | ND    | 0.038  | 19.4 | 19.0 |
|     | S18                   | 剑尖枪乌贼 | 0.06  | 0.12  | 0.056 | 10.4 | ND    | 0.036  | 17.1 | 12.3 |
|     | S20                   | 剑尖枪乌贼 | 0.25  | 1.1   | 0.26  | 8.1  | ND    | 0.045  | 17.8 | 3.4  |
|     | 最大值                   |       | 0.25  | 1.1   | 0.26  | 16.9 | ND    | 0.045  | 20.3 | 19.0 |
|     | 最小值                   |       | 0.06  | 0.12  | 0.056 | 8.1  | ND    | 0.019  | 17.1 | 3.4  |
|     | 平均值                   |       | 0.12  | 0.41  | 0.13  | 12.2 | ND    | 0.035  | 18.7 | 11.9 |
|     | 其他海洋生物<br>质量标准符合率（%）  |       | 100   | 100   | 100   | 100  | 100   | 100    | 100  | 100  |
| 贝类  | S19                   | 牡蛎    | 0.370 | 3.30  | 0.400 | 164  | 0.260 | 0.0260 | 546  | 129  |
|     |                       | 翡翠贻贝  | 0.320 | 0.190 | 0.260 | 2.45 | 0.270 | 0.0500 | 19.7 | 33.6 |
|     | C2                    | 牡蛎    | 0.270 | 2.00  | 0.390 | 14.8 | 0.370 | 0.0400 | 137  | 47.7 |
|     | C3                    | 牡蛎    | 0.500 | 5.60  | 0.880 | 337  | 0.310 | 0.0560 | 671  | 121  |
|     |                       | 翡翠贻贝  | 0.430 | 0.150 | 1.17  | 8.14 | 0.350 | 0.0450 | 17.6 | 63.3 |
|     | 最大值                   |       | 0.500 | 5.60  | 1.17  | 337  | 0.370 | 0.0560 | 671  | 129  |
|     | 最小值                   |       | 0.270 | 0.150 | 0.260 | 2.45 | 0.260 | 0.0260 | 17.6 | 33.6 |
|     | 平均值                   |       | 0.378 | 2.25  | 0.620 | 105  | 0.312 | 0.0434 | 278  | 78.9 |
|     | 贝类生物体质量<br>一类标准符合率（%） |       | 0     | 40    | 60    | 40   | 100   | 80     | 40   | 0    |
|     | 贝类生物体质量<br>二类标准符合率（%） |       | 100   | 20    | 40    | 20   | 0     | 20     | 0    | 40   |

| 类群 | 站位 | 种名                    | 项目 |    |   |    |   |   |    |     |
|----|----|-----------------------|----|----|---|----|---|---|----|-----|
|    |    |                       | 铅  | 镉  | 铬 | 铜  | 砷 | 汞 | 锌  | 石油烃 |
|    |    | 贝类生物体质量<br>三类标准符合率（%） | -  | 20 | 0 | 0  | 0 | - | 20 | 20  |
|    |    | 贝类生物体质量<br>三类标准超标率（%） | -  | 20 | 0 | 40 | 0 | - | 40 | 40  |

#### 4.6.3.2. 海洋生物质量评价结果

##### （1）评价标准

同秋季调查。

##### （2）评价结果

由表 4.6-9 的评价结果可知，春季调查 C3 站采获的贝类（牡蛎、翡翠贻贝）样品中铅、铬、砷和汞含量均未超标，牡蛎中石油烃、镉、铜和锌超标，翡翠贻贝中石油烃超标。按调查区各站位的评价标准进行评价，C3 站位春季牡蛎和翡翠贻贝样品中铅、铬、砷和汞含量均未超标，牡蛎样品中石油烃、镉、铜和锌超标及翡翠贻贝中石油烃超标，其中石油烃超标率为 100%，镉、铜和锌超标率均为 50%。

表 4.6-9 2023 年春季调查海洋生物质量指数

| 类群  | 站位                    | 种名    | 项目   |        |       |      |      |        |      |      |
|-----|-----------------------|-------|------|--------|-------|------|------|--------|------|------|
|     |                       |       | 铅    | 镉      | 铬     | 铜    | 砷    | 汞      | 锌    | 石油烃  |
| 鱼类  | S2                    | 棘头梅童鱼 | ND   | ND     | 0.052 | 0.9  | ND   | 0.032  | 5.0  | 6.8  |
|     | S3                    | 棘头梅童鱼 | ND   | ND     | 0.070 | 1.2  | ND   | 0.030  | 4.9  | 5.0  |
|     | S4                    | 短吻鲷   | ND   | 0.096  | 0.081 | 1.2  | ND   | 0.034  | 16.8 | 14.7 |
|     | S8                    | 鳓     | ND   | ND     | 0.057 | 1.2  | ND   | 0.079  | 10.8 | 5.4  |
|     | S10                   | 皮氏叫姑鱼 | ND   | ND     | 0.060 | 1.0  | ND   | 0.058  | 6.4  | 4.8  |
|     | S11                   | 青鳞小沙丁 | 0.15 | 0.082  | 0.079 | 3.1  | ND   | 0.047  | 15.6 | 3.8  |
|     | S12                   | 短吻鲷   | 0.06 | 0.0057 | 0.064 | 1.1  | ND   | 0.021  | 15.7 | 12.2 |
|     | S14                   | 短吻鲷   | 0.12 | ND     | 0.17  | 3.1  | ND   | 0.024  | 14.6 | 17.6 |
|     | S15                   | 皮氏叫姑鱼 | ND   | ND     | ND    | 1.0  | ND   | 0.041  | 6.6  | 7.0  |
|     | S17                   | 短吻鲷   | 0.08 | 0.0082 | 0.15  | 2.5  | ND   | 0.032  | 20.3 | 13.6 |
|     | S18                   | 短吻鲷   | ND   | ND     | 0.049 | 1.0  | ND   | 0.024  | 19.3 | 13.4 |
|     | S20                   | 皮氏叫姑鱼 | ND   | ND     | ND    | 1.8  | ND   | 0.062  | 5.3  | 3.7  |
|     | 最大值                   |       | 0.15 | 0.096  | 0.17  | 3.1  | ND   | 0.079  | 20.3 | 17.6 |
|     | 最小值                   |       | ND   | ND     | ND    | 0.9  | ND   | 0.021  | 4.9  | 3.7  |
|     | 平均值                   |       | 0.05 | 0.018  | 0.073 | 1.6  | ND   | 0.040  | 11.8 | 9.0  |
|     | 其他海洋生物<br>质量标准符合率 (%) |       | 100  | 100    | 100   | 100  | 100  | 100    | 100  | 100  |
| 甲壳类 | S2                    | 脊尾白虾  | 0.04 | 0.033  | 0.10  | 7.7  | ND   | 0.0077 | 15.3 | 12.3 |
|     |                       | 日本蟳   | ND   | 0.21   | 0.047 | 18.3 | ND   | 0.012  | 39.8 | 10.0 |
|     | S3                    | 周氏新对虾 | 0.10 | 0.015  | 0.34  | 6.2  | ND   | 0.012  | 16.0 | 10.4 |
|     |                       | 日本蟳   | ND   | 0.44   | 0.074 | 14.2 | ND   | 0.021  | 41.6 | 21.2 |
|     | S4                    | 日本蟳   | ND   | 0.28   | ND    | 17.3 | ND   | 0.030  | 32.4 | 19.1 |
|     | S8                    | 长毛对虾  | 0.04 | 0.031  | 0.23  | 5.8  | ND   | 0.035  | 16.9 | 9.7  |
|     |                       | 日本蟳   | ND   | 0.41   | ND    | 13.9 | ND   | 0.041  | 27.3 | 11.8 |
|     | S10                   | 周氏新对虾 | 0.18 | 0.021  | 0.25  | 6.0  | ND   | 0.022  | 17.6 | 12.7 |
|     |                       | 日本蟳   | ND   | 0.45   | ND    | 16.2 | ND   | 0.049  | 41.5 | 15.5 |
|     | S11                   | 周氏新对虾 | 0.06 | 0.022  | 0.065 | 7.0  | ND   | 0.029  | 16.9 | 3.3  |
|     | S12                   | 日本蟳   | ND   | 0.52   | 0.053 | 22.0 | ND   | 0.071  | 37.8 | 7.1  |
|     |                       | 长毛对虾  | 0.12 | 0.043  | 0.11  | 8.9  | ND   | 0.031  | 13.3 | 11.6 |
|     | S15                   | 周氏新对虾 | ND   | 0.010  | 0.055 | 5.2  | ND   | 0.088  | 16.0 | 9.7  |
|     | S17                   | 周氏新对虾 | ND   | 0.017  | 0.14  | 3.9  | 0.26 | 0.027  | 18.9 | 8.1  |
|     | S20                   | 直额蟳   | ND   | 0.058  | ND    | 7.1  | ND   | 0.046  | 19.2 | 6.8  |
|     | 最大值                   |       | 0.18 | 0.52   | 0.34  | 22.0 | 0.26 | 0.088  | 41.6 | 21.2 |
|     | 最小值                   |       | ND   | 0.01   | ND    | 3.9  | ND   | 0.0077 | 13.3 | 3.3  |
|     | 平均值                   |       | 0.05 | 0.17   | 0.10  | 10.6 | 0.11 | 0.035  | 24.7 | 11.3 |
|     | 其他海洋生物<br>质量标准符合率 (%) |       | 100  | 100    | 100   | 100  | 100  | 100    | 100  | 93.3 |
| 头足类 | S15                   | 剑尖枪乌贼 | 0.07 | 0.16   | 0.095 | 16.9 | ND   | 0.019  | 20.3 | 12.7 |
|     | S17                   | 剑尖枪乌贼 | 0.10 | 0.26   | 0.10  | 13.2 | ND   | 0.038  | 19.4 | 19.0 |
|     | S18                   | 剑尖枪乌贼 | 0.06 | 0.12   | 0.056 | 10.4 | ND   | 0.036  | 17.1 | 12.3 |
|     | S20                   | 剑尖枪乌贼 | 0.25 | 1.1    | 0.26  | 8.1  | ND   | 0.045  | 17.8 | 3.4  |
|     | 最大值                   |       | 0.25 | 1.1    | 0.26  | 16.9 | ND   | 0.045  | 20.3 | 19.0 |

| 类群 | 站位                    | 种名   | 项目    |       |       |      |       |        |      |      |
|----|-----------------------|------|-------|-------|-------|------|-------|--------|------|------|
|    |                       |      | 铅     | 镉     | 铬     | 铜    | 砷     | 汞      | 锌    | 石油烃  |
|    | 最小值                   |      | 0.06  | 0.12  | 0.056 | 8.1  | ND    | 0.019  | 17.1 | 3.4  |
|    | 平均值                   |      | 0.12  | 0.41  | 0.13  | 12.2 | ND    | 0.035  | 18.7 | 11.9 |
|    | 其他海洋生物<br>质量标准符合率（%）  |      | 100   | 100   | 100   | 100  | 100   | 100    | 100  | 100  |
| 贝类 | S19                   | 牡蛎   | 0.370 | 3.30  | 0.400 | 164  | 0.260 | 0.0260 | 546  | 129  |
|    |                       | 翡翠贻贝 | 0.320 | 0.190 | 0.260 | 2.45 | 0.270 | 0.0500 | 19.7 | 33.6 |
|    | C2                    | 牡蛎   | 0.270 | 2.00  | 0.390 | 14.8 | 0.370 | 0.0400 | 137  | 47.7 |
|    | C3                    | 牡蛎   | 0.500 | 5.60  | 0.880 | 337  | 0.310 | 0.0560 | 671  | 121  |
|    |                       | 翡翠贻贝 | 0.430 | 0.150 | 1.17  | 8.14 | 0.350 | 0.0450 | 17.6 | 63.3 |
|    | 最大值                   |      | 0.500 | 5.60  | 1.17  | 337  | 0.370 | 0.0560 | 671  | 129  |
|    | 最小值                   |      | 0.270 | 0.150 | 0.260 | 2.45 | 0.260 | 0.0260 | 17.6 | 33.6 |
|    | 平均值                   |      | 0.378 | 2.25  | 0.620 | 105  | 0.312 | 0.0434 | 278  | 78.9 |
|    | 贝类生物体质量<br>一类标准符合率（%） |      | 0     | 40    | 60    | 40   | 100   | 80     | 40   | 0    |
|    | 贝类生物体质量<br>二类标准符合率（%） |      | 100   | 20    | 40    | 20   | 0     | 20     | 0    | 40   |
|    | 贝类生物体质量<br>三类标准符合率（%） |      | -     | 20    | 0     | 0    | 0     | -      | 20   | 20   |
|    | 贝类生物体质量<br>三类标准超标率（%） |      | -     | 20    | 0     | 40   | 0     | -      | 40   | 40   |

注：含量单位为 $\times 10^{-6}$ ，湿重，“ND”为未检出。

#### 4.7. 疏浚物理化性质及类别评价

汕头市粤东环境监测技术有限公司对本项目工程疏浚物理化性质进行了调查分析。

根据《海洋倾倒物质评价规范疏浚物》（GB30980-2014）和《疏浚物海洋倾倒分类和评价程序》采样站位的数量要求，设置采样站位 174 个（K 值为 40）（包括疏浚区外 2 个对照点 T1、T2）；根据开挖深度，并在保证满足项目环评和海域使用论证需要的基础上，在 174 个站位中选取 58 个站位（约 1/3 站位）采集柱状样品，其余 116 个站位仅采集表层样品；58 个柱状样品采集站位中，根据各个站位所处的开挖深度分层采样，其中表层样深度为 0~20cm，自表层采样层向下，每增加 50cm，设一个采样层次，不足 50cm 的仍为一个采样层次。具体站位布设见表 4.7-1 和图 4.7-1。

样品的采集按照《海洋倾倒物质评价规范疏浚物》GB30980-2014 和《海洋监测规范第 3 部分：样品采集、贮存与运输》GB17378.3-2007 规定的要求进行。表层疏浚物样品的采集，使用抓斗式采泥器取样。柱状样采集时，当采样深度小于 2m 时，采用重力采样管取样；当采样深度大于 2m（含 2m）时，采用钻探式取

样。

表 4.7-1 疏浚物采样站位

| 站位 | 经度            | 纬度           | 采样层次      | 站位  | 经度 (度)        | 纬度 (度)       | 采样层次      |
|----|---------------|--------------|-----------|-----|---------------|--------------|-----------|
| 1  | 113°39'16.70" | 22°43'47.20" | 表层 0-0.2m | 88  | 113°45'24.83" | 22°19'2.88"  | 表层 0-0.2m |
| 2  | 113°40'14.71" | 22°43'39.70" | 柱状 0-0.6m | 89  | 113°46'37.07" | 22°18'52.85" | 柱状 0-2.2m |
| 3  | 113°41'12.44" | 22°43'39.70" | 表层 0-0.2m | 90  | 113°47'44.26" | 22°18'52.85" | 柱状 0-5.7m |
| 4  | 113°39'21.71" | 22°42'40.07" | 表层 0-0.2m | 91  | 113°49'4.71"  | 22°18'52.85" | 表层 0-0.2m |
| 5  | 113°40'9.83"  | 22°42'49.53" | 柱状 0-0.6m | 92  | 113°45'46.30" | 22°17'57.34" | 表层 0-0.2m |
| 6  | 113°41'2.03"  | 22°42'40.07" | 柱状 0-0.6m | 93  | 113°46'51.26" | 22°17'43.76" | 表层 0-0.2m |
| 7  | 113°41'51.24" | 22°42'40.07" | 表层 0-0.2m | 94  | 113°47'57.29" | 22°17'48.81" | 柱状 0-3.7m |
| 8  | 113°39'45.37" | 22°41'31.93" | 表层 0-0.2m | 95  | 113°49'2.82"  | 22°17'43.76" | 表层 0-0.2m |
| 9  | 113°40'42.95" | 22°41'29.64" | 柱状 0-0.6m | 96  | 113°46'14.51" | 22°16'41.29" | 表层 0-0.2m |
| 10 | 113°41'28.15" | 22°41'38.58" | 柱状 0-0.6m | 97  | 113°47'19.39" | 22°16'44.67" | 柱状 0-2.6m |
| 11 | 113°42'26.26" | 22°41'31.93" | 表层 0-0.2m | 98  | 113°48'2.24"  | 22°16'41.29" | 柱状 0-3.2m |
| 12 | 113°40'24.80" | 22°40'14.29" | 表层 0-0.2m | 99  | 113°49'8.50"  | 22°16'41.29" | 表层 0-0.2m |
| 13 | 113°41'21.90" | 22°40'16.21" | 柱状 0-0.6m | 100 | 113°46'38.07" | 22°15'35.41" | 表层 0-0.2m |
| 14 | 113°42'7.33"  | 22°40'16.21" | 表层 0-0.2m | 101 | 113°47'21.55" | 22°15'25.58" | 柱状 0-0.6m |
| 15 | 113°43'2.22"  | 22°40'16.21" | 表层 0-0.2m | 102 | 113°48'13.6"  | 22°15'25.58" | 柱状 0-1.2m |

|    |               |              |             |     |               |              |           |
|----|---------------|--------------|-------------|-----|---------------|--------------|-----------|
| 16 | 113°41'2.97"  | 22°39'8.07"  | 表层 0-0.2m   | 103 | 113°49'9.44"  | 22°15'25.58" | 表层 0-0.2m |
| 17 | 113°41'45.56" | 22°39'8.07"  | 柱状 0-0.6m   | 104 | 113°46'35.29" | 22°14'25.23" | 表层 0-0.2m |
| 18 | 113°42'33.83" | 22°39'8.07"  | 表层 0-0.2m   | 105 | 113°47'39.53" | 22°14'15.54" | 柱状 0-0.6m |
| 19 | 113°43'27.78" | 22°39'8.07"  | 表层 0-0.2m   | 106 | 113°48'29.84" | 22°14'19.06" | 柱状 0-0.6m |
| 20 | 113°41'18.04" | 22°38'5.84"  | 表层 0-0.2m   | 107 | 113°49'16.07" | 22°14'15.54" | 表层 0-0.2m |
| 21 | 113°42'15.85" | 22°37'58.03" | 柱状 0-0.6m   | 108 | 113°47'0.73"  | 22°13'1.72"  | 表层 0-0.2m |
| 22 | 113°42'56.55" | 22°37'58.03" | 表层 0-0.2m   | 109 | 113°47'31.53" | 22°13'16.19" | 柱状 0-0.6m |
| 23 | 113°43'50.61" | 22°38'6.56"  | 表层 0-0.2m   | 110 | 113°48'33.48" | 22°13'1.72"  | 表层 0-0.2m |
| 24 | 113°41'20.01" | 22°36'43.27" | 柱状 0-2.2m   | 111 | 113°49'14.17" | 22°13'1.72"  | 表层 0-0.2m |
| 25 | 113°42'17.23" | 22°36'43.14" | 柱状 0-2.2m   | 112 | 113°47'1.67"  | 22°12'1.15"  | 表层 0-0.2m |
| 26 | 113°43'7.90"  | 22°36'43.27" | 表层 0-0.2m   | 113 | 113°47'49.26" | 22°12'7.95"  | 表层 0-0.2m |
| 27 | 113°44'5.64"  | 22°36'43.27" | 表层 0-0.2m   | 114 | 113°48'33.84" | 22°12'3.64"  | 柱状 0-0.6m |
| 28 | 113°41'20.01" | 22°35'43.64" | 表层 0-0.2m   | 115 | 113°49'23.64" | 22°12'1.15"  | 表层 0-0.2m |
| 29 | 113°42'15.85" | 22°35'43.64" | 柱状 0-2.2m   | 116 | 113°47'9.24"  | 22°10'53.00" | 表层 0-0.2m |
| 30 | 113°43'16.42" | 22°35'43.64" | 柱状 0-6.2m   | 117 | 113°48'13.44" | 22°10'57.85" | 柱状 0-0.6m |
| 31 | 113°44'14.66" | 22°35'49.92" | 表层 0-0.2m   | 118 | 113°49'8.50"  | 22°10'53.00" | 柱状 0-0.6m |
| 32 | 113°41'30.42" | 22°34'32.66" | 表层 0-0.2m   | 119 | 113°50'1.50"  | 22°10'53.00" | 表层 0-0.2m |
| 33 | 113°42'32.89" | 22°34'32.66" | 表层 0-0.2m   | 120 | 113°47'31.90" | 22°9'51.40"  | 表层 0-0.2m |
| 34 | 113°42'49.91" | 22°34'46.44" | 柱状 0-8.1m   | 121 | 113°49'14.17" | 22°9'44.86"  | 柱状 0-0.6m |
| 35 | 113°44'27.40" | 22°34'32.66" | 表层 0-0.2m   | 122 | 113°50'8.12"  | 22°9'44.86"  | 柱状 0-0.6m |
| 36 | 113°41'50.30" | 22°33'16.94" | 表层 0-0.2m   | 123 | 113°50'56.39" | 22°9'44.86"  | 表层 0-0.2m |
| 37 | 113°42'37.62" | 22°33'16.94" | 表层 0-0.2m   | 124 | 113°51'51.28" | 22°9'44.86"  | 表层 0-0.2m |
| 38 | 113°43'27.78" | 22°33'16.94" | 柱状 0-10.56m | 125 | 113°48'3.51"  | 22°8'43.10"  | 表层 0-0.2m |
| 39 | 113°44'32.44" | 22°33'20.85" | 表层 0-0.2m   | 126 | 113°50'5.81"  | 22°8'34.37"  | 柱状 0-0.6m |

|    |               |              |            |     |               |             |            |
|----|---------------|--------------|------------|-----|---------------|-------------|------------|
| 40 | 113°42'10.17" | 22°32'13.53" | 表层 0-0.2m  | 127 | 113°51'11.53" | 22°8'31.04" | 表层 0-0.2m  |
| 41 | 113°43'0.33"  | 22°32'13.53" | 柱状 0-2.2m  | 128 | 113°52'14.94" | 22°8'31.04" | 表层 0-0.2m  |
| 42 | 113°43'33.90" | 22°32'18.08" | 表层 0-0.2m  | 129 | 113°53'23.09" | 22°8'31.04" | 表层 0-0.2m  |
| 43 | 113°45'2.42"  | 22°32'13.53" | 表层 0-0.2m  | 130 | 113°48'23.07" | 22°7'19.11" | 表层 0-0.2m  |
| 44 | 113°42'22.47" | 22°31'8.23"  | 表层 0-0.2m  | 131 | 113°49'52.98" | 22°7'19.11" | 表层 0-0.2m  |
| 45 | 113°43'13.58" | 22°31'8.23"  | 表层 0-0.2m  | 132 | 113°50'50.86" | 22°7'25.02" | 柱状 0-0.6m  |
| 46 | 113°43'51.20" | 22°31'11.25" | 柱状 0-6.14m | 133 | 113°51'57.91" | 22°7'19.11" | 表层 0-0.2m  |
| 47 | 113°45'18.51" | 22°31'8.23"  | 表层 0-0.2m  | 134 | 113°52'56.59" | 22°7'19.11" | 表层 0-0.2m  |
| 48 | 113°42'44.24" | 22°29'56.30" | 柱状 0-2.12m | 135 | 113°47'55.62" | 22°6'3.40"  | 表层 0-0.2m  |
| 49 | 113°43'38.19" | 22°29'56.30" | 表层 0-0.2m  | 136 | 113°49'1.83"  | 22°6'12.65" | 柱状 0-0.7m  |
| 50 | 113°44'33.08" | 22°29'56.30" | 柱状 0-5.7m  | 137 | 113°50'16.64" | 22°6'3.40"  | 柱状 0-0.66m |
| 51 | 113°45'42.17" | 22°29'56.30" | 表层 0-0.2m  | 138 | 113°51'22.89" | 22°6'3.40"  | 表层 0-0.2m  |
| 52 | 113°43'1.28"  | 22°28'45.32" | 表层 0-0.2m  | 139 | 113°52'32.93" | 22°6'3.40"  | 表层 0-0.2m  |
| 53 | 113°43'48.10" | 22°28'41.75" | 表层 0-0.2m  | 140 | 113°48'12.66" | 22°5'10.40" | 表层 0-0.2m  |
| 54 | 113°44'43.05" | 22°28'47.44" | 柱状 0-0.6m  | 141 | 113°49'2.76"  | 22°5'17.38" | 表层 0-0.2m  |
| 55 | 113°45'41.23" | 22°28'45.32" | 表层 0-0.2m  | 142 | 113°50'19.48" | 22°5'10.40" | 柱状 0-0.6m  |
| 56 | 113°43'11.69" | 22°27'22.03" | 表层 0-0.2m  | 143 | 113°51'18.89" | 22°5'15.02" | 表层 0-0.2m  |
| 57 | 113°44'6.24"  | 22°27'19.79" | 柱状 0-2.58m | 144 | 113°52'38.6"  | 22°5'10.40" | 表层 0-0.2m  |
| 58 | 113°45'12.83" | 22°27'22.03" | 表层 0-0.2m  | 145 | 113°48'36.22" | 22°4'14.56" | 表层 0-0.2m  |
| 59 | 113°46'15.30" | 22°27'22.03" | 表层 0-0.2m  | 146 | 113°49'22.95" | 22°4'22.79" | 表层 0-0.2m  |
| 60 | 113°43'21.15" | 22°26'10.10" | 表层 0-0.2m  | 147 | 113°50'55.44" | 22°4'14.56" | 柱状 0-0.6m  |
| 61 | 113°44'22.67" | 22°26'10.10" | 柱状 0-6.62m | 148 | 113°51'56.01" | 22°4'14.56" | 表层 0-0.2m  |
| 62 | 113°45'29.87" | 22°26'10.10" | 柱状 0-4.2m  | 149 | 113°53'8.89"  | 22°4'14.56" | 表层 0-0.2m  |
| 63 | 113°46'20.98" | 22°26'10.10" | 表层 0-0.2m  | 150 | 113°48'59.98" | 22°3'11.14" | 表层 0-0.2m  |

|    |               |              |            |     |               |              |            |
|----|---------------|--------------|------------|-----|---------------|--------------|------------|
| 64 | 113°43'34.74" | 22°24'47.52" | 表层 0-0.2m  | 151 | 113°49'50.14" | 22°3'11.14"  | 表层 0-0.2m  |
| 65 | 113°44'25.51" | 22°24'43.98" | 表层 0-0.2m  | 152 | 113°50'51.66" | 22°3'11.14"  | 柱状 0-0.7m  |
| 66 | 113°45'34.60" | 22°24'43.98" | 柱状 0-0.6m  | 153 | 113°51'54.50" | 22°3'11.70"  | 表层 0-0.2m  |
| 67 | 113°46'41.80" | 22°24'43.98" | 表层 0-0.2m  | 154 | 113°53'7.00"  | 22°3'11.14"  | 表层 0-0.2m  |
| 68 | 113°43'53.86" | 22°23'29.21" | 表层 0-0.2m  | 155 | 113°49'23.27" | 22°2'37.97"  | 表层 0-0.2m  |
| 69 | 113°44'44.44" | 22°23'27.31" | 柱状 0-10.2m | 156 | 113°50'16.64" | 22°2'22.88"  | 表层 0-0.2m  |
| 70 | 113°45'39.33" | 22°23'27.31" | 柱状 0-4.2m  | 157 | 113°51'10.59" | 22°2'22.88"  | 柱状 0-0.7m  |
| 71 | 113°46'33.41" | 22°23'25.08" | 表层 0-0.2m  | 158 | 113°51'57.91" | 22°2'22.88"  | 表层 0-0.2m  |
| 72 | 113°47'37.64" | 22°23'27.31" | 表层 0-0.2m  | 159 | 113°53'4.16"  | 22°2'22.88"  | 表层 0-0.2m  |
| 73 | 113°44'8.94"  | 22°22'15.74" | 表层 0-0.2m  | 160 | 113°49'34.05" | 22°1'27.98"  | 表层 0-0.2m  |
| 74 | 113°45'10.94" | 22°22'7.81"  | 表层 0-0.2m  | 161 | 113°50'22.91" | 22°1'31.50"  | 柱状 0-0.7m  |
| 75 | 113°46'10.57" | 22°22'7.81"  | 柱状 0-7.54m | 162 | 113°51'30.46" | 22°1'27.98"  | 柱状 0-0.6m  |
| 76 | 113°47'11.14" | 22°22'7.81"  | 表层 0-0.2m  | 163 | 113°52'25.35" | 22°1'27.98"  | 表层 0-0.2m  |
| 77 | 113°48'19.28" | 22°22'7.81"  | 表层 0-0.2m  | 164 | 113°53'20.13" | 22°1'34.25"  | 表层 0-0.2m  |
| 78 | 113°44'37.13" | 22°21'11.16" | 表层 0-0.2m  | 165 | 113°50'14.75" | 22°0'25.52"  | 表层 0-0.2m  |
| 79 | 113°45'36.40" | 22°21'8.19"  | 表层 0-0.2m  | 166 | 113°51'6.61"  | 22°0'28.74"  | 柱状 0-1.7m  |
| 80 | 113°46'29.49" | 22°21'8.19"  | 柱状 0-6.2m  | 167 | 113°52'8.32"  | 22°0'25.52"  | 表层 0-0.2m  |
| 81 | 113°47'30.18" | 22°21'17.19" | 柱状 0-3.7m  | 168 | 113°53'8.89"  | 22°0'25.52"  | 表层 0-0.2m  |
| 82 | 113°48'39.16" | 22°21'8.19"  | 表层 0-0.2m  | 169 | 113°50'25.16" | 21°59'24.95" | 表层 0-0.2m  |
| 83 | 113°45'7.09"  | 22°19'57.73" | 表层 0-0.2m  | 170 | 113°51'14.37" | 21°59'24.95" | 柱状 0-0.7m  |
| 84 | 113°46'2.99"  | 22°19'59.10" | 表层 0-0.2m  | 171 | 113°52'12.12" | 21°59'26.70" | 表层 0-0.2m  |
| 85 | 113°47'3.57"  | 22°19'59.10" | 柱状 0-2.7m  | 172 | 113°53'4.57"  | 21°59'24.95" | 表层 0-0.2m  |
| 86 | 113°48'3.19"  | 22°19'59.10" | 表层 0-0.2m  | T1  | 113°37'4.47"  | 22°46'58.45" | 柱状 0-10.2m |
| 87 | 113°49'6.81"  | 22°20'2.82"  | 表层 0-0.2m  | T2  | 113°51'56.96" | 21°57'16.23" | 柱状 0-1.7m  |

备注：T1、T2 为对照点。

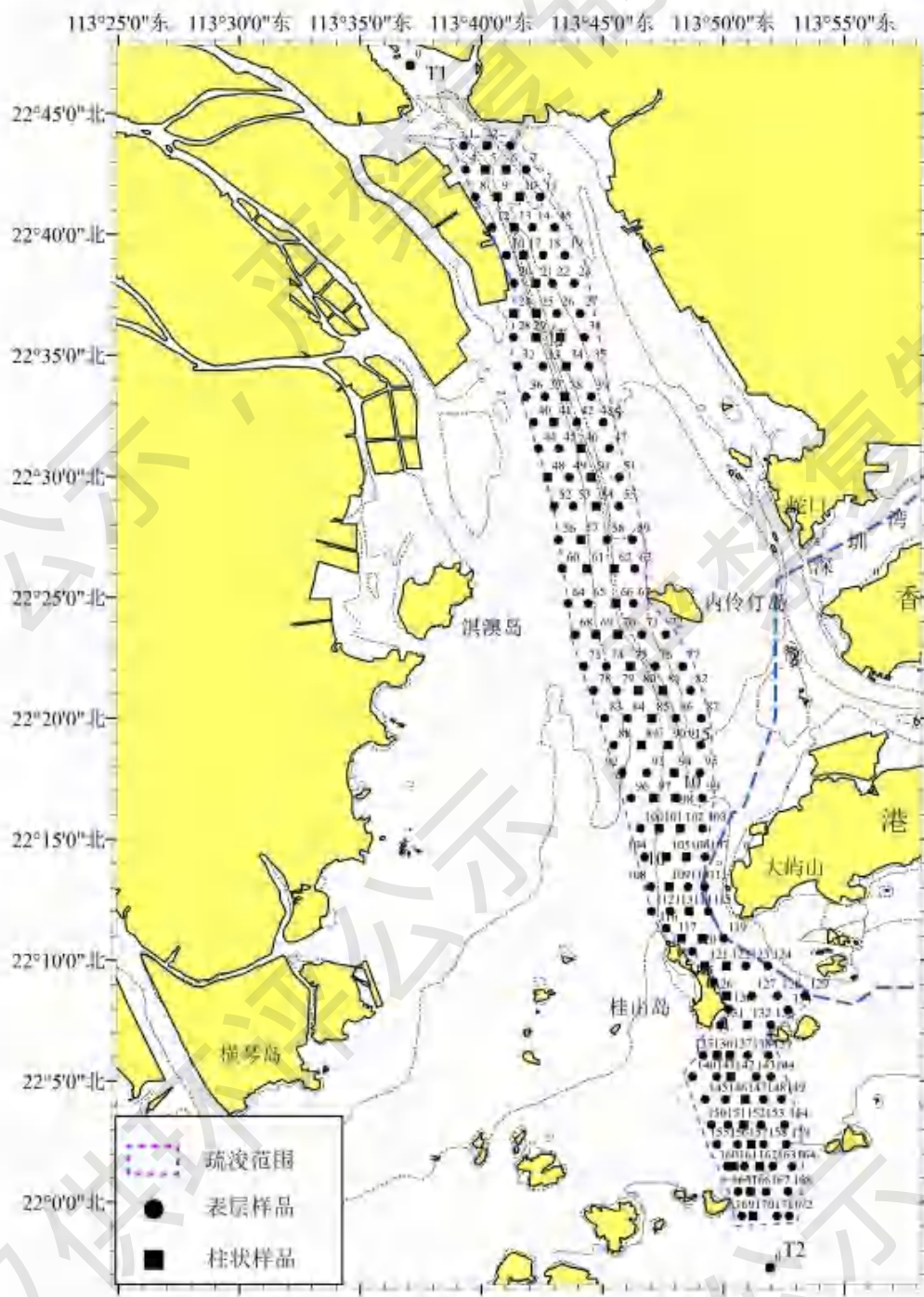


图 4.7-1 疏浚物采样站位分布

### 4.7.1. 疏浚物物理性质

#### 1、粒度类型

疏浚物粒度分析结果列于表 4.7-2。

表 4.7-2 疏浚泥粒度

| 站号 | 层次<br>(m) | 砾 (%)  | 砂 (%)         | 粉砂 (%)            | 粘土 (%)     | 类型      |
|----|-----------|--------|---------------|-------------------|------------|---------|
|    |           | (>2mm) | (2mm~0.063mm) | (0.063mm~0.004mm) | (<0.004mm) |         |
| 1  | 0-0.2     | 0      | 2.48          | 57.77             | 39.75      | 粘土质粉砂   |
| 2  | 0-0.2     | 0      | 3.27          | 61.18             | 35.56      | 粘土质粉砂   |
|    | 0.5-0.6   | 0      | 4.48          | 61.02             | 34.50      | 粘土质粉砂   |
| 3  | 0-0.2     | 0      | 15.54         | 54.90             | 29.56      | 粘土质粉砂   |
| 4  | 0-0.2     | 0      | 20.34         | 50.23             | 29.43      | 粘土质粉砂   |
| 5  | 0-0.2     | 0      | 1.54          | 65.93             | 32.53      | 粘土质粉砂   |
|    | 0.5-0.6   | 0      | 1.15          | 63.27             | 35.58      | 粘土质粉砂   |
| 6  | 0-0.2     | 0      | 1.96          | 66.69             | 31.35      | 粘土质粉砂   |
|    | 0.5-0.6   | 0      | 4.14          | 63.60             | 32.26      | 粘土质粉砂   |
| 7  | 0-0.2     | 0      | 1.35          | 67.29             | 31.36      | 粘土质粉砂   |
| 8  | 0-0.2     | 0      | 10.23         | 58.04             | 31.74      | 粘土质粉砂   |
| 9  | 0-0.2     | 0      | 9.64          | 54.30             | 36.06      | 粘土质粉砂   |
|    | 0.5-0.6   | 0      | 16.00         | 56.37             | 27.63      | 粘土质粉砂   |
| 10 | 0-0.2     | 0      | 7.43          | 60.82             | 31.75      | 粘土质粉砂   |
|    | 0.5-0.6   | 0      | 12.37         | 56.39             | 31.25      | 粘土质粉砂   |
| 11 | 0-0.2     | 0      | 0.95          | 63.11             | 35.94      | 粘土质粉砂   |
| 12 | 0-0.2     | 0      | 5.40          | 64.63             | 29.98      | 粘土质粉砂   |
| 13 | 0-0.2     | 0      | 15.22         | 57.67             | 27.11      | 粘土质粉砂   |
|    | 0.5-0.6   | 0      | 5.92          | 63.84             | 30.24      | 粘土质粉砂   |
| 14 | 0-0.2     | 0      | 4.94          | 64.16             | 30.90      | 粘土质粉砂   |
| 15 | 0-0.2     | 0      | 25.86         | 46.73             | 27.42      | 砂-粉砂-粘土 |
| 16 | 0-0.2     | 0      | 7.02          | 62.73             | 30.24      | 粘土质粉砂   |
| 17 | 0-0.2     | 0      | 7.33          | 60.12             | 32.54      | 粘土质粉砂   |
|    | 0.5-0.6   | 0      | 8.72          | 62.07             | 29.21      | 粘土质粉砂   |
| 18 | 0-0.2     | 0      | 5.69          | 62.00             | 32.31      | 粘土质粉砂   |

|    |         |   |       |       |       |         |
|----|---------|---|-------|-------|-------|---------|
| 19 | 0-0.2   | 0 | 6.74  | 62.98 | 30.28 | 粘土质粉砂   |
| 20 | 0-0.2   | 0 | 9.92  | 60.60 | 29.48 | 粘土质粉砂   |
| 21 | 0-0.2   | 0 | 7.72  | 61.99 | 30.29 | 粘土质粉砂   |
|    | 0.5-0.6 | 0 | 3.69  | 64.91 | 31.40 | 粘土质粉砂   |
| 22 | 0-0.2   | 0 | 5.99  | 64.97 | 29.04 | 粘土质粉砂   |
| 23 | 0-0.2   | 0 | 4.25  | 66.60 | 29.15 | 粘土质粉砂   |
| 24 | 0-0.2   | 0 | 6.62  | 62.31 | 31.07 | 粘土质粉砂   |
|    | 0.5-0.7 | 0 | 5.10  | 62.43 | 32.48 | 粘土质粉砂   |
|    | 1.0-1.2 | 0 | 3.19  | 64.82 | 31.99 | 粘土质粉砂   |
|    | 1.5-1.7 | 0 | 5.01  | 68.74 | 26.25 | 粘土质粉砂   |
|    | 2.0-2.2 | 0 | 3.04  | 68.03 | 28.94 | 粘土质粉砂   |
| 25 | 0-0.2   | 0 | 23.91 | 54.72 | 21.38 | 砂质粉砂    |
|    | 0.5-0.7 | 0 | 20.48 | 56.11 | 23.41 | 粘土质粉砂   |
|    | 1.0-1.2 | 0 | 21.04 | 54.05 | 24.90 | 粘土质粉砂   |
|    | 1.5-1.7 | 0 | 19.79 | 58.11 | 22.10 | 粘土质粉砂   |
|    | 2.0-2.2 | 0 | 18.64 | 57.34 | 24.03 | 粘土质粉砂   |
| 26 | 0-0.2   | 0 | 26.68 | 47.22 | 26.09 | 砂-粉砂-粘土 |
| 27 | 0-0.2   | 0 | 6.71  | 65.10 | 28.20 | 粘土质粉砂   |
| 28 | 0-0.2   | 0 | 30.39 | 44.36 | 25.25 | 砂-粉砂-粘土 |
| 29 | 0-0.2   | 0 | 5.69  | 64.48 | 29.83 | 粘土质粉砂   |
|    | 0.5-0.7 | 0 | 1.68  | 67.42 | 30.90 | 粘土质粉砂   |
|    | 1.0-1.2 | 0 | 2.67  | 67.08 | 30.25 | 粘土质粉砂   |
|    | 1.5-1.7 | 0 | 2.49  | 67.43 | 30.08 | 粘土质粉砂   |
|    | 2.0-2.2 | 0 | 2.52  | 65.59 | 31.90 | 粘土质粉砂   |
| 30 | 0-0.2   | 0 | 2.87  | 65.59 | 31.54 | 粘土质粉砂   |
|    | 0.5-0.7 | 0 | 3.72  | 64.78 | 31.50 | 粘土质粉砂   |
|    | 1.0-1.2 | 0 | 3.08  | 66.09 | 30.83 | 粘土质粉砂   |
|    | 1.5-1.7 | 0 | 2.89  | 66.85 | 30.26 | 粘土质粉砂   |
|    | 2.0-2.2 | 0 | 4.11  | 67.16 | 28.74 | 粘土质粉砂   |

|    |         |   |       |       |       |       |
|----|---------|---|-------|-------|-------|-------|
|    | 2.5-2.7 | 0 | 3.43  | 65.66 | 30.91 | 粘土质粉砂 |
|    | 3.0-3.2 | 0 | 3.52  | 65.49 | 30.98 | 粘土质粉砂 |
|    | 3.5-3.7 | 0 | 3.42  | 65.02 | 31.56 | 粘土质粉砂 |
|    | 4.0-4.2 | 0 | 1.19  | 66.34 | 32.47 | 粘土质粉砂 |
|    | 4.5-4.7 | 0 | 2.35  | 65.35 | 32.30 | 粘土质粉砂 |
|    | 5.0-5.2 | 0 | 2.42  | 67.50 | 30.08 | 粘土质粉砂 |
|    | 5.5-5.7 | 0 | 2.92  | 66.88 | 30.20 | 粘土质粉砂 |
|    | 6.0-6.2 | 0 | 2.32  | 66.03 | 31.65 | 粘土质粉砂 |
| 31 | 0-0.2   | 0 | 0.52  | 62.48 | 37.00 | 粘土质粉砂 |
| 32 | 0-0.2   | 0 | 2.34  | 59.04 | 38.62 | 粘土质粉砂 |
| 33 | 0-0.2   | 0 | 0.71  | 61.92 | 37.37 | 粘土质粉砂 |
| 34 | 0-0.2   | 0 | 0.51  | 63.29 | 36.20 | 粘土质粉砂 |
|    | 0.5-0.7 | 0 | 1.23  | 62.86 | 35.91 | 粘土质粉砂 |
|    | 1.0-1.2 | 0 | 0.69  | 61.98 | 37.33 | 粘土质粉砂 |
|    | 1.5-1.7 | 0 | 2.64  | 61.57 | 35.79 | 粘土质粉砂 |
|    | 2.0-2.2 | 0 | 3.04  | 62.32 | 34.64 | 粘土质粉砂 |
|    | 2.5-2.7 | 0 | 3.28  | 62.43 | 34.28 | 粘土质粉砂 |
|    | 3.0-3.2 | 0 | 3.56  | 61.70 | 34.74 | 粘土质粉砂 |
|    | 3.5-3.7 | 0 | 4.01  | 62.79 | 33.20 | 粘土质粉砂 |
|    | 4.0-4.2 | 0 | 5.65  | 59.96 | 34.40 | 粘土质粉砂 |
|    | 4.5-4.7 | 0 | 6.26  | 61.39 | 32.36 | 粘土质粉砂 |
|    | 5.0-5.2 | 0 | 7.66  | 62.45 | 29.89 | 粘土质粉砂 |
|    | 5.5-5.7 | 0 | 9.02  | 60.52 | 30.46 | 粘土质粉砂 |
|    | 6.0-6.2 | 0 | 4.56  | 62.92 | 32.52 | 粘土质粉砂 |
|    | 6.5-6.7 | 0 | 12.01 | 58.19 | 29.80 | 粘土质粉砂 |
|    | 7.0-7.2 | 0 | 11.85 | 59.16 | 28.98 | 粘土质粉砂 |
|    | 7.5-7.7 | 0 | 10.77 | 58.84 | 30.39 | 粘土质粉砂 |
|    | 8.0-8.1 | 0 | 10.39 | 59.31 | 30.30 | 粘土质粉砂 |
| 35 | 0-0.2   | 0 | 10.16 | 59.86 | 29.97 | 粘土质粉砂 |

|    |            |   |       |       |       |       |
|----|------------|---|-------|-------|-------|-------|
| 36 | 0-0.2      | 0 | 5.19  | 61.60 | 33.21 | 粘土质粉砂 |
| 37 | 0-0.2      | 0 | 2.09  | 62.63 | 35.28 | 粘土质粉砂 |
| 38 | 0-0.2      | 0 | 2.78  | 60.44 | 36.78 | 粘土质粉砂 |
|    | 0.5-0.7    | 0 | 12.14 | 58.59 | 29.27 | 粘土质粉砂 |
|    | 1.0-1.2    | 0 | 11.89 | 57.95 | 30.16 | 粘土质粉砂 |
|    | 1.5-1.7    | 0 | 7.01  | 62.43 | 30.56 | 粘土质粉砂 |
|    | 2.0-2.2    | 0 | 5.22  | 63.94 | 30.83 | 粘土质粉砂 |
|    | 2.5-2.7    | 0 | 2.82  | 63.41 | 33.77 | 粘土质粉砂 |
|    | 3.0-3.2    | 0 | 10.68 | 58.36 | 30.96 | 粘土质粉砂 |
|    | 3.5-3.7    | 0 | 6.36  | 61.63 | 32.02 | 粘土质粉砂 |
|    | 4.0-4.2    | 0 | 7.12  | 62.37 | 30.51 | 粘土质粉砂 |
|    | 4.5-4.7    | 0 | 6.69  | 62.08 | 31.23 | 粘土质粉砂 |
|    | 5.0-5.2    | 0 | 10.28 | 59.35 | 30.37 | 粘土质粉砂 |
|    | 5.5-5.7    | 0 | 8.54  | 62.32 | 29.14 | 粘土质粉砂 |
|    | 6.0-6.2    | 0 | 12.47 | 59.54 | 27.99 | 粘土质粉砂 |
|    | 6.5-6.7    | 0 | 11.13 | 60.42 | 28.45 | 粘土质粉砂 |
|    | 7.0-7.2    | 0 | 8.62  | 62.31 | 29.06 | 粘土质粉砂 |
|    | 7.5-7.7    | 0 | 6.13  | 61.95 | 31.92 | 粘土质粉砂 |
|    | 8.0-8.2    | 0 | 11.49 | 60.50 | 28.01 | 粘土质粉砂 |
|    | 8.5-8.7    | 0 | 12.84 | 60.89 | 26.27 | 粘土质粉砂 |
|    | 9.0-9.2    | 0 | 7.43  | 61.15 | 31.42 | 粘土质粉砂 |
|    | 9.5-9.7    | 0 | 9.05  | 62.00 | 28.95 | 粘土质粉砂 |
|    | 10.0-10.2  | 0 | 1.50  | 65.12 | 33.37 | 粘土质粉砂 |
|    | 10.5-10.56 | 0 | 2.86  | 62.02 | 35.12 | 粘土质粉砂 |
| 39 | 0-0.2      | 0 | 34.78 | 43.35 | 21.87 | 砂质粉砂  |
| 40 | 0-0.2      | 0 | 2.23  | 62.88 | 34.89 | 粘土质粉砂 |
| 41 | 0-0.2      | 0 | 1.24  | 64.87 | 33.89 | 粘土质粉砂 |
|    | 0.5-0.7    | 0 | 4.62  | 62.69 | 32.69 | 粘土质粉砂 |
|    | 1.0-1.2    | 0 | 4.52  | 63.41 | 32.06 | 粘土质粉砂 |

|    |          |   |       |       |       |         |
|----|----------|---|-------|-------|-------|---------|
|    | 1.5-1.7  | 0 | 4.60  | 62.53 | 32.87 | 粘土质粉砂   |
|    | 2.0-2.2  | 0 | 7.33  | 60.64 | 32.03 | 粘土质粉砂   |
| 42 | 0-0.2    | 0 | 26.70 | 46.79 | 26.50 | 砂-粉砂-粘土 |
| 43 | 0-0.2    | 0 | 17.82 | 53.49 | 28.70 | 粘土质粉砂   |
| 44 | 0-0.2    | 0 | 7.92  | 59.98 | 32.10 | 粘土质粉砂   |
| 45 | 0-0.2    | 0 | 6.15  | 63.32 | 30.53 | 粘土质粉砂   |
| 46 | 0-0.2    | 0 | 0.36  | 69.06 | 30.58 | 粘土质粉砂   |
|    | 0.5-0.7  | 0 | 3.12  | 66.10 | 30.77 | 粘土质粉砂   |
|    | 1.0-1.2  | 0 | 1.26  | 68.44 | 30.30 | 粘土质粉砂   |
|    | 1.5-1.7  | 0 | 1.17  | 66.05 | 32.78 | 粘土质粉砂   |
|    | 2.0-2.2  | 0 | 2.98  | 66.60 | 30.42 | 粘土质粉砂   |
|    | 2.5-2.7  | 0 | 4.37  | 66.41 | 29.22 | 粘土质粉砂   |
|    | 3.0-3.2  | 0 | 8.02  | 65.09 | 26.89 | 粘土质粉砂   |
|    | 3.5-3.7  | 0 | 5.94  | 65.31 | 28.75 | 粘土质粉砂   |
|    | 4.0-4.2  | 0 | 4.22  | 64.39 | 31.38 | 粘土质粉砂   |
|    | 4.5-4.7  | 0 | 6.75  | 63.85 | 29.40 | 粘土质粉砂   |
|    | 5.0-5.2  | 0 | 6.73  | 63.83 | 29.45 | 粘土质粉砂   |
|    | 5.5-5.7  | 0 | 11.41 | 61.44 | 27.15 | 粘土质粉砂   |
|    | 6.0-6.14 | 0 | 14.32 | 60.48 | 25.21 | 粘土质粉砂   |
| 47 | 0-0.2    | 0 | 0.23  | 70.42 | 29.35 | 粘土质粉砂   |
| 48 | 0-0.2    | 0 | 7.89  | 61.28 | 30.83 | 粘土质粉砂   |
|    | 0.5-0.7  | 0 | 6.31  | 59.36 | 34.33 | 粘土质粉砂   |
|    | 1.0-1.2  | 0 | 4.72  | 63.16 | 32.12 | 粘土质粉砂   |
|    | 1.5-1.7  | 0 | 2.21  | 63.91 | 33.88 | 粘土质粉砂   |
|    | 2.0-2.12 | 0 | 5.15  | 62.67 | 32.18 | 粘土质粉砂   |
| 49 | 0-0.2    | 0 | 4.93  | 66.03 | 29.04 | 粘土质粉砂   |
| 50 | 0-0.2    | 0 | 19.16 | 53.06 | 27.78 | 粘土质粉砂   |
|    | 0.5-0.7  | 0 | 13.00 | 55.76 | 31.25 | 粘土质粉砂   |
|    | 1.0-1.2  | 0 | 9.77  | 55.62 | 34.61 | 粘土质粉砂   |
|    | 1.5-1.7  | 0 | 8.70  | 60.59 | 30.70 | 粘土质粉砂   |
|    | 2.0-2.2  | 0 | 9.61  | 58.94 | 31.44 | 粘土质粉砂   |

|    |          |   |       |       |       |       |
|----|----------|---|-------|-------|-------|-------|
|    | 2.5-2.7  | 0 | 12.90 | 59.40 | 27.70 | 粘土质粉砂 |
|    | 3.0-3.2  | 0 | 10.18 | 62.84 | 26.98 | 粘土质粉砂 |
|    | 3.5-3.7  | 0 | 16.76 | 55.56 | 27.68 | 粘土质粉砂 |
|    | 4.0-4.2  | 0 | 14.12 | 56.16 | 29.72 | 粘土质粉砂 |
|    | 4.5-4.7  | 0 | 13.45 | 56.60 | 29.94 | 粘土质粉砂 |
|    | 5.0-5.2  | 0 | 19.64 | 53.49 | 26.87 | 粘土质粉砂 |
|    | 5.5-5.7  | 0 | 2.41  | 66.48 | 31.12 | 粘土质粉砂 |
| 51 | 0-0.2    | 0 | 1.76  | 65.50 | 32.74 | 粘土质粉砂 |
| 52 | 0-0.2    | 0 | 7.57  | 61.98 | 30.44 | 粘土质粉砂 |
| 53 | 0-0.2    | 0 | 0.41  | 68.34 | 31.24 | 粘土质粉砂 |
| 54 | 0-0.2    | 0 | 9.97  | 61.43 | 28.60 | 粘土质粉砂 |
|    | 0.5-0.6  | 0 | 1.17  | 68.00 | 30.83 | 粘土质粉砂 |
| 55 | 0-0.2    | 0 | 6.30  | 62.20 | 31.50 | 粘土质粉砂 |
| 56 | 0-0.2    | 0 | 2.92  | 60.14 | 36.93 | 粘土质粉砂 |
| 57 | 0-0.2    | 0 | 9.42  | 59.35 | 31.24 | 粘土质粉砂 |
|    | 0.5-0.7  | 0 | 9.62  | 57.14 | 33.24 | 粘土质粉砂 |
|    | 1.0-1.2  | 0 | 4.73  | 62.56 | 32.71 | 粘土质粉砂 |
|    | 1.5-1.7  | 0 | 8.40  | 60.80 | 30.80 | 粘土质粉砂 |
|    | 2.0-2.2  | 0 | 6.78  | 60.22 | 33.01 | 粘土质粉砂 |
|    | 2.5-2.58 | 0 | 3.41  | 60.06 | 36.53 | 粘土质粉砂 |
| 58 | 0-0.2    | 0 | 5.07  | 63.99 | 30.95 | 粘土质粉砂 |
| 59 | 0-0.2    | 0 | 4.76  | 62.67 | 32.57 | 粘土质粉砂 |
| 60 | 0-0.2    | 0 | 2.83  | 60.42 | 36.75 | 粘土质粉砂 |
| 61 | 0-0.2    | 0 | 3.24  | 59.18 | 37.59 | 粘土质粉砂 |
|    | 0.5-0.7  | 0 | 2.00  | 61.63 | 36.37 | 粘土质粉砂 |
|    | 1.0-1.2  | 0 | 2.98  | 62.17 | 34.84 | 粘土质粉砂 |
|    | 1.5-1.7  | 0 | 5.92  | 64.57 | 29.51 | 粘土质粉砂 |
|    | 2.0-2.2  | 0 | 7.85  | 62.40 | 29.75 | 粘土质粉砂 |
|    | 2.5-2.7  | 0 | 6.88  | 63.50 | 29.62 | 粘土质粉砂 |
|    | 3.0-3.2  | 0 | 11.60 | 58.63 | 29.77 | 粘土质粉砂 |
|    | 3.5-3.7  | 0 | 11.43 | 58.88 | 29.69 | 粘土质粉砂 |

|    |          |   |       |       |       |       |
|----|----------|---|-------|-------|-------|-------|
|    | 4.0-4.2  | 0 | 9.58  | 60.25 | 30.16 | 粘土质粉砂 |
|    | 4.5-4.7  | 0 | 7.30  | 57.83 | 34.87 | 粘土质粉砂 |
|    | 5.0-5.2  | 0 | 11.35 | 57.96 | 30.68 | 粘土质粉砂 |
|    | 5.5-5.7  | 0 | 8.54  | 61.81 | 29.64 | 粘土质粉砂 |
|    | 6.0-6.2  | 0 | 5.39  | 63.96 | 30.65 | 粘土质粉砂 |
|    | 6.5-6.62 | 0 | 7.23  | 63.32 | 29.45 | 粘土质粉砂 |
| 62 | 0-0.2    | 0 | 10.86 | 58.07 | 31.08 | 粘土质粉砂 |
|    | 0.5-0.7  | 0 | 4.58  | 64.18 | 31.24 | 粘土质粉砂 |
|    | 1.0-1.2  | 0 | 7.59  | 62.86 | 29.54 | 粘土质粉砂 |
|    | 1.5-1.7  | 0 | 7.51  | 60.32 | 32.17 | 粘土质粉砂 |
|    | 2.0-2.2  | 0 | 7.84  | 61.82 | 30.34 | 粘土质粉砂 |
|    | 2.5-2.7  | 0 | 10.11 | 60.27 | 29.62 | 粘土质粉砂 |
|    | 3.0-3.2  | 0 | 13.44 | 59.60 | 26.96 | 粘土质粉砂 |
|    | 3.5-3.7  | 0 | 9.32  | 60.02 | 30.66 | 粘土质粉砂 |
|    | 4.0-4.2  | 0 | 11.07 | 58.80 | 30.13 | 粘土质粉砂 |
| 63 | 0-0.2    | 0 | 4.72  | 63.18 | 32.10 | 粘土质粉砂 |
| 64 | 0-0.2    | 0 | 6.70  | 62.33 | 30.97 | 粘土质粉砂 |
| 65 | 0-0.2    | 0 | 3.00  | 61.20 | 35.81 | 粘土质粉砂 |
| 66 | 0-0.2    | 0 | 10.46 | 58.81 | 30.73 | 粘土质粉砂 |
|    | 0.5-0.6  | 0 | 2.01  | 65.21 | 32.78 | 粘土质粉砂 |
| 67 | 0-0.2    | 0 | 8.60  | 56.59 | 34.81 | 粘土质粉砂 |
| 68 | 0-0.2    | 0 | 14.91 | 56.07 | 29.02 | 粘土质粉砂 |
| 69 | 0-0.2    | 0 | 11.95 | 57.69 | 30.36 | 粘土质粉砂 |
|    | 0.5-0.7  | 0 | 12.98 | 55.18 | 31.84 | 粘土质粉砂 |
|    | 1.0-1.2  | 0 | 5.90  | 57.60 | 36.50 | 粘土质粉砂 |
|    | 1.5-1.7  | 0 | 3.44  | 59.15 | 37.41 | 粘土质粉砂 |
|    | 2.0-2.2  | 0 | 8.52  | 53.40 | 38.09 | 粘土质粉砂 |
|    | 2.5-2.7  | 0 | 5.30  | 61.41 | 33.30 | 粘土质粉砂 |
|    | 3.0-3.2  | 0 | 5.34  | 57.36 | 37.30 | 粘土质粉砂 |
|    | 3.5-3.7  | 0 | 2.12  | 63.25 | 34.64 | 粘土质粉砂 |
|    | 4.0-4.2  | 0 | 5.76  | 57.02 | 37.21 | 粘土质粉砂 |

|    |           |   |       |       |       |       |
|----|-----------|---|-------|-------|-------|-------|
|    | 4.5-4.7   | 0 | 9.04  | 56.71 | 34.26 | 粘土质粉砂 |
|    | 5.0-5.2   | 0 | 11.52 | 55.44 | 33.04 | 粘土质粉砂 |
|    | 5.5-5.7   | 0 | 2.30  | 59.95 | 37.75 | 粘土质粉砂 |
|    | 6.0-6.2   | 0 | 2.83  | 57.88 | 39.29 | 粘土质粉砂 |
|    | 6.5-6.7   | 0 | 8.37  | 55.38 | 36.26 | 粘土质粉砂 |
|    | 7.0-7.2   | 0 | 2.44  | 59.74 | 37.82 | 粘土质粉砂 |
|    | 7.5-7.7   | 0 | 0.59  | 65.09 | 34.33 | 粘土质粉砂 |
|    | 8.0-8.2   | 0 | 5.02  | 58.03 | 36.95 | 粘土质粉砂 |
|    | 8.5-8.7   | 0 | 3.37  | 58.44 | 38.19 | 粘土质粉砂 |
|    | 9.0-9.2   | 0 | 0.67  | 64.59 | 34.73 | 粘土质粉砂 |
|    | 9.5-9.7   | 0 | 2.20  | 59.00 | 38.81 | 粘土质粉砂 |
|    | 10.0-10.2 | 0 | 1.82  | 65.58 | 32.60 | 粘土质粉砂 |
|    |           |   |       |       |       |       |
| 70 | 0-0.2     | 0 | 3.57  | 55.38 | 41.05 | 粘土质粉砂 |
|    | 0.5-0.7   | 0 | 3.16  | 56.78 | 40.06 | 粘土质粉砂 |
|    | 1.0-1.2   | 0 | 1.89  | 59.45 | 38.66 | 粘土质粉砂 |
|    | 1.5-1.7   | 0 | 2.49  | 58.97 | 38.54 | 粘土质粉砂 |
|    | 2.0-2.2   | 0 | 5.56  | 56.81 | 37.63 | 粘土质粉砂 |
|    | 2.5-2.7   | 0 | 5.85  | 57.11 | 37.04 | 粘土质粉砂 |
|    | 3.0-3.2   | 0 | 10.92 | 54.81 | 34.27 | 粘土质粉砂 |
|    | 3.5-3.7   | 0 | 5.49  | 57.31 | 37.20 | 粘土质粉砂 |
|    | 4.0-4.2   | 0 | 6.86  | 55.78 | 37.36 | 粘土质粉砂 |
| 71 | 0-0.2     | 0 | 9.01  | 54.87 | 36.12 | 粘土质粉砂 |
| 72 | 0-0.2     | 0 | 9.36  | 54.23 | 36.41 | 粘土质粉砂 |
| 73 | 0-0.2     | 0 | 3.34  | 58.56 | 38.10 | 粘土质粉砂 |
| 74 | 0-0.2     | 0 | 6.63  | 56.14 | 37.23 | 粘土质粉砂 |
| 75 | 0-0.2     | 0 | 5.00  | 58.28 | 36.72 | 粘土质粉砂 |
|    | 0.5-0.7   | 0 | 3.85  | 58.60 | 37.55 | 粘土质粉砂 |
|    | 1.0-1.2   | 0 | 4.27  | 64.22 | 31.51 | 粘土质粉砂 |
|    | 1.5-1.7   | 0 | 7.01  | 55.92 | 37.07 | 粘土质粉砂 |
|    | 2.0-2.2   | 0 | 4.65  | 60.49 | 34.86 | 粘土质粉砂 |
|    | 2.5-2.7   | 0 | 6.11  | 58.68 | 35.21 | 粘土质粉砂 |

|    |          |   |       |       |       |         |
|----|----------|---|-------|-------|-------|---------|
|    | 3.0-3.2  | 0 | 2.47  | 56.77 | 40.76 | 粘土质粉砂   |
|    | 3.5-3.7  | 0 | 8.04  | 53.72 | 38.25 | 粘土质粉砂   |
|    | 4.0-4.2  | 0 | 9.75  | 51.31 | 38.94 | 粘土质粉砂   |
|    | 4.5-4.7  | 0 | 10.79 | 50.96 | 38.26 | 粘土质粉砂   |
|    | 5.0-5.2  | 0 | 12.10 | 51.04 | 36.86 | 粘土质粉砂   |
|    | 5.5-5.7  | 0 | 11.52 | 53.38 | 35.10 | 粘土质粉砂   |
|    | 6.0-6.2  | 0 | 11.75 | 51.48 | 36.76 | 粘土质粉砂   |
|    | 6.5-6.7  | 0 | 12.68 | 50.99 | 36.34 | 粘土质粉砂   |
|    | 7.0-7.2  | 0 | 12.78 | 49.71 | 37.51 | 粘土质粉砂   |
|    | 7.5-7.54 | 0 | 13.08 | 49.18 | 37.74 | 粘土质粉砂   |
| 76 | 0-0.2    | 0 | 1.26  | 56.29 | 42.45 | 粘土质粉砂   |
| 77 | 0-0.2    | 0 | 25.78 | 47.56 | 26.65 | 砂-粉砂-粘土 |
| 78 | 0-0.2    | 0 | 0.91  | 58.97 | 40.12 | 粘土质粉砂   |
| 79 | 0-0.2    | 0 | 1.43  | 58.69 | 39.88 | 粘土质粉砂   |
| 80 | 0-0.2    | 0 | 1.83  | 57.30 | 40.87 | 粘土质粉砂   |
|    | 0.5-0.7  | 0 | 1.19  | 58.36 | 40.45 | 粘土质粉砂   |
|    | 1.0-1.2  | 0 | 1.25  | 58.22 | 40.53 | 粘土质粉砂   |
|    | 1.5-1.7  | 0 | 0.79  | 55.58 | 43.63 | 粘土质粉砂   |
|    | 2.0-2.2  | 0 | 0.91  | 60.51 | 38.58 | 粘土质粉砂   |
|    | 2.5-2.7  | 0 | 2.68  | 57.12 | 40.20 | 粘土质粉砂   |
|    | 3.0-3.2  | 0 | 2.24  | 56.64 | 41.12 | 粘土质粉砂   |
|    | 3.5-3.7  | 0 | 3.82  | 55.58 | 40.59 | 粘土质粉砂   |
|    | 4.0-4.2  | 0 | 5.66  | 55.61 | 38.74 | 粘土质粉砂   |
|    | 4.5-4.7  | 0 | 5.68  | 55.40 | 38.92 | 粘土质粉砂   |
|    | 5.0-5.2  | 0 | 6.28  | 55.83 | 37.88 | 粘土质粉砂   |
|    | 5.5-5.7  | 0 | 6.46  | 55.45 | 38.09 | 粘土质粉砂   |
|    | 6.0-6.2  | 0 | 10.13 | 52.84 | 37.04 | 粘土质粉砂   |
| 81 | 0-0.2    | 0 | 1.71  | 57.44 | 40.85 | 粘土质粉砂   |
|    | 0.5-0.7  | 0 | 3.02  | 57.76 | 39.22 | 粘土质粉砂   |
|    | 1.0-1.2  | 0 | 2.90  | 59.08 | 38.02 | 粘土质粉砂   |
|    | 1.5-1.7  | 0 | 3.77  | 58.39 | 37.84 | 粘土质粉砂   |
|    | 2.0-2.2  | 0 | 5.52  | 57.16 | 37.32 | 粘土质粉砂   |

|    |         |   |       |       |       |       |
|----|---------|---|-------|-------|-------|-------|
|    | 2.5-2.7 | 0 | 3.39  | 58.23 | 38.38 | 粘土质粉砂 |
|    | 3.0-3.2 | 0 | 5.36  | 57.44 | 37.19 | 粘土质粉砂 |
|    | 3.5-3.7 | 0 | 7.27  | 56.13 | 36.61 | 粘土质粉砂 |
| 82 | 0-0.2   | 0 | 4.80  | 58.80 | 36.40 | 粘土质粉砂 |
| 83 | 0-0.2   | 0 | 6.88  | 55.63 | 37.48 | 粘土质粉砂 |
| 84 | 0-0.2   | 0 | 1.02  | 56.54 | 42.44 | 粘土质粉砂 |
| 85 | 0-0.2   | 0 | 3.24  | 57.63 | 39.14 | 粘土质粉砂 |
|    | 0.5-0.7 | 0 | 4.29  | 56.28 | 39.43 | 粘土质粉砂 |
|    | 1.0-1.2 | 0 | 9.43  | 54.62 | 35.94 | 粘土质粉砂 |
|    | 1.5-1.7 | 0 | 4.89  | 55.50 | 39.61 | 粘土质粉砂 |
|    | 2.0-2.2 | 0 | 7.17  | 61.57 | 31.26 | 粘土质粉砂 |
|    | 2.5-2.7 | 0 | 10.25 | 59.83 | 29.92 | 粘土质粉砂 |
| 86 | 0-0.2   | 0 | 5.98  | 61.55 | 32.48 | 粘土质粉砂 |
| 87 | 0-0.2   | 0 | 4.50  | 64.16 | 31.34 | 粘土质粉砂 |
| 88 | 0-0.2   | 0 | 4.45  | 63.30 | 32.26 | 粘土质粉砂 |
| 89 | 0-0.2   | 0 | 5.92  | 61.41 | 32.67 | 粘土质粉砂 |
|    | 0.5-0.7 | 0 | 6.64  | 62.01 | 31.35 | 粘土质粉砂 |
|    | 1.0-1.2 | 0 | 8.87  | 60.06 | 31.08 | 粘土质粉砂 |
|    | 1.5-1.7 | 0 | 6.30  | 60.57 | 33.13 | 粘土质粉砂 |
|    | 2.0-2.2 | 0 | 13.61 | 57.61 | 28.78 | 粘土质粉砂 |
| 90 | 0-0.2   | 0 | 1.90  | 61.16 | 36.94 | 粘土质粉砂 |
|    | 0.5-0.7 | 0 | 1.20  | 60.31 | 38.48 | 粘土质粉砂 |
|    | 1.0-1.2 | 0 | 0.89  | 60.22 | 38.88 | 粘土质粉砂 |
|    | 1.5-1.7 | 0 | 2.69  | 60.65 | 36.66 | 粘土质粉砂 |
|    | 2.0-2.2 | 0 | 3.32  | 62.06 | 34.62 | 粘土质粉砂 |
|    | 2.5-2.7 | 0 | 7.43  | 60.54 | 32.03 | 粘土质粉砂 |
|    | 3.0-3.2 | 0 | 3.32  | 60.06 | 36.62 | 粘土质粉砂 |
|    | 3.5-3.7 | 0 | 5.79  | 61.56 | 32.65 | 粘土质粉砂 |
|    | 4.0-4.2 | 0 | 8.40  | 60.02 | 31.58 | 粘土质粉砂 |
|    | 4.5-4.7 | 0 | 11.27 | 59.83 | 28.90 | 粘土质粉砂 |
|    | 5.0-5.2 | 0 | 10.27 | 58.39 | 31.34 | 粘土质粉砂 |

|     |         |   |       |       |       |       |
|-----|---------|---|-------|-------|-------|-------|
|     | 5.5-5.7 | 0 | 13.13 | 56.38 | 30.49 | 粘土质粉砂 |
| 91  | 0-0.2   | 0 | 7.60  | 60.74 | 31.66 | 粘土质粉砂 |
| 92  | 0-0.2   | 0 | 4.70  | 58.65 | 36.65 | 粘土质粉砂 |
| 93  | 0-0.2   | 0 | 1.64  | 60.69 | 37.67 | 粘土质粉砂 |
| 94  | 0-0.2   | 0 | 0.77  | 61.51 | 37.71 | 粘土质粉砂 |
|     | 0.5-0.7 | 0 | 1.29  | 61.49 | 37.22 | 粘土质粉砂 |
|     | 1.0-1.2 | 0 | 4.32  | 60.89 | 34.79 | 粘土质粉砂 |
|     | 1.5-1.7 | 0 | 4.15  | 62.23 | 33.62 | 粘土质粉砂 |
|     | 2.0-2.2 | 0 | 5.33  | 60.05 | 34.62 | 粘土质粉砂 |
|     | 2.5-2.7 | 0 | 5.30  | 60.94 | 33.76 | 粘土质粉砂 |
|     | 3.0-3.2 | 0 | 12.53 | 56.05 | 31.42 | 粘土质粉砂 |
|     | 3.5-3.7 | 0 | 14.09 | 53.94 | 31.96 | 粘土质粉砂 |
| 95  | 0-0.2   | 0 | 10.88 | 57.76 | 31.36 | 粘土质粉砂 |
| 96  | 0-0.2   | 0 | 5.30  | 60.94 | 33.76 | 粘土质粉砂 |
| 97  | 0-0.2   | 0 | 24.24 | 54.75 | 21.01 | 砂质粉砂  |
|     | 0.5-0.7 | 0 | 21.99 | 53.81 | 24.19 | 粘土质粉砂 |
|     | 1.0-1.2 | 0 | 14.46 | 56.92 | 28.63 | 粘土质粉砂 |
|     | 1.5-1.7 | 0 | 11.36 | 57.32 | 31.32 | 粘土质粉砂 |
|     | 2.0-2.2 | 0 | 7.71  | 62.88 | 29.42 | 粘土质粉砂 |
|     | 2.5-2.6 | 0 | 6.56  | 61.07 | 32.37 | 粘土质粉砂 |
| 98  | 0-0.2   | 0 | 17.68 | 59.13 | 23.19 | 粘土质粉砂 |
|     | 0.5-0.7 | 0 | 15.88 | 58.32 | 25.80 | 粘土质粉砂 |
|     | 1.0-1.2 | 0 | 11.86 | 56.28 | 31.86 | 粘土质粉砂 |
|     | 1.5-1.7 | 0 | 10.09 | 57.41 | 32.50 | 粘土质粉砂 |
|     | 2.0-2.2 | 0 | 8.23  | 58.37 | 33.40 | 粘土质粉砂 |
|     | 2.5-2.7 | 0 | 6.55  | 62.26 | 31.19 | 粘土质粉砂 |
|     | 3.0-3.2 | 0 | 2.83  | 63.37 | 33.80 | 粘土质粉砂 |
| 99  | 0-0.2   | 0 | 2.67  | 63.21 | 34.12 | 粘土质粉砂 |
| 100 | 0-0.2   | 0 | 14.11 | 58.85 | 27.04 | 粘土质粉砂 |
| 101 | 0-0.2   | 0 | 7.36  | 60.80 | 31.84 | 粘土质粉砂 |
|     | 0.5-0.6 | 0 | 7.36  | 60.80 | 31.84 | 粘土质粉砂 |

|     |         |   |       |       |       |       |
|-----|---------|---|-------|-------|-------|-------|
| 102 | 0-0.2   | 0 | 10.25 | 59.69 | 30.06 | 粘土质粉砂 |
|     | 0.5-0.7 | 0 | 5.97  | 62.18 | 31.86 | 粘土质粉砂 |
|     | 1.0-1.2 | 0 | 6.41  | 62.30 | 31.29 | 粘土质粉砂 |
| 103 | 0-0.2   | 0 | 12.64 | 58.82 | 28.55 | 粘土质粉砂 |
| 104 | 0-0.2   | 0 | 7.22  | 60.85 | 31.93 | 粘土质粉砂 |
| 105 | 0-0.2   | 0 | 8.55  | 58.99 | 32.46 | 粘土质粉砂 |
|     | 0.5-0.6 | 0 | 4.05  | 60.32 | 35.63 | 粘土质粉砂 |
| 106 | 0-0.2   | 0 | 17.96 | 54.66 | 27.38 | 粘土质粉砂 |
|     | 0.5-0.6 | 0 | 22.02 | 52.33 | 25.65 | 粘土质粉砂 |
| 107 | 0-0.2   | 0 | 8.50  | 59.41 | 32.08 | 粘土质粉砂 |
| 108 | 0-0.2   | 0 | 7.29  | 62.83 | 29.88 | 粘土质粉砂 |
| 109 | 0-0.2   | 0 | 10.45 | 57.77 | 31.78 | 粘土质粉砂 |
|     | 0.5-0.6 | 0 | 5.91  | 61.65 | 32.44 | 粘土质粉砂 |
| 110 | 0-0.2   | 0 | 9.03  | 59.77 | 31.20 | 粘土质粉砂 |
| 111 | 0-0.2   | 0 | 18.62 | 57.94 | 23.44 | 粘土质粉砂 |
| 112 | 0-0.2   | 0 | 8.99  | 58.82 | 32.19 | 粘土质粉砂 |
| 113 | 0-0.2   | 0 | 1.80  | 58.39 | 39.81 | 粘土质粉砂 |
| 114 | 0-0.2   | 0 | 17.05 | 56.51 | 26.44 | 粘土质粉砂 |
|     | 0.5-0.6 | 0 | 20.09 | 52.91 | 27.00 | 粘土质粉砂 |
| 115 | 0-0.2   | 0 | 4.47  | 59.96 | 35.56 | 粘土质粉砂 |
| 116 | 0-0.2   | 0 | 5.39  | 60.03 | 34.58 | 粘土质粉砂 |
| 117 | 0-0.2   | 0 | 7.54  | 59.98 | 32.47 | 粘土质粉砂 |
|     | 0.5-0.6 | 0 | 5.59  | 59.92 | 34.49 | 粘土质粉砂 |
| 118 | 0-0.2   | 0 | 5.82  | 56.86 | 37.32 | 粘土质粉砂 |
|     | 0.5-0.6 | 0 | 4.06  | 57.51 | 38.43 | 粘土质粉砂 |
| 119 | 0-0.2   | 0 | 5.56  | 57.88 | 36.56 | 粘土质粉砂 |
| 120 | 0-0.2   | 0 | 4.93  | 60.11 | 34.96 | 粘土质粉砂 |
| 121 | 0-0.2   | 0 | 3.89  | 60.52 | 35.60 | 粘土质粉砂 |
|     | 0.5-0.6 | 0 | 4.97  | 59.94 | 35.10 | 粘土质粉砂 |
| 122 | 0-0.2   | 0 | 22.67 | 52.60 | 24.74 | 粘土质粉砂 |
|     | 0.5-0.6 | 0 | 12.47 | 55.92 | 31.60 | 粘土质粉砂 |

|     |          |   |       |       |       |       |
|-----|----------|---|-------|-------|-------|-------|
| 123 | 0-0.2    | 0 | 9.31  | 58.74 | 31.95 | 粘土质粉砂 |
| 124 | 0-0.2    | 0 | 6.66  | 59.82 | 33.52 | 粘土质粉砂 |
| 125 | 0-0.2    | 0 | 22.01 | 52.37 | 25.62 | 粘土质粉砂 |
| 126 | 0-0.2    | 0 | 18.30 | 55.67 | 26.04 | 粘土质粉砂 |
|     | 0.5-0.6  | 0 | 12.62 | 59.04 | 28.33 | 粘土质粉砂 |
| 127 | 0-0.2    | 0 | 4.92  | 61.90 | 33.18 | 粘土质粉砂 |
| 128 | 0-0.2    | 0 | 5.69  | 59.88 | 34.43 | 粘土质粉砂 |
| 129 | 0-0.2    | 0 | 12.66 | 60.59 | 26.75 | 粘土质粉砂 |
| 130 | 0-0.2    | 0 | 10.92 | 60.17 | 28.91 | 粘土质粉砂 |
| 131 | 0-0.2    | 0 | 17.10 | 56.62 | 26.27 | 粘土质粉砂 |
| 132 | 0-0.2    | 0 | 8.47  | 52.59 | 38.94 | 粘土质粉砂 |
|     | 0.5-0.6  | 0 | 6.66  | 59.96 | 33.38 | 粘土质粉砂 |
| 133 | 0-0.2    | 0 | 9.48  | 55.40 | 35.12 | 粘土质粉砂 |
| 134 | 0-0.2    | 0 | 10.32 | 57.34 | 32.34 | 粘土质粉砂 |
| 135 | 0-0.2    | 0 | 6.74  | 61.87 | 31.39 | 粘土质粉砂 |
| 136 | 0-0.2    | 0 | 13.35 | 56.98 | 29.67 | 粘土质粉砂 |
|     | 0.5-0.7  | 0 | 7.96  | 60.55 | 31.49 | 粘土质粉砂 |
| 137 | 0-0.2    | 0 | 12.62 | 56.96 | 30.42 | 粘土质粉砂 |
|     | 0.5-0.66 | 0 | 5.88  | 58.20 | 35.92 | 粘土质粉砂 |
| 138 | 0-0.2    | 0 | 8.86  | 59.45 | 31.69 | 粘土质粉砂 |
| 139 | 0-0.2    | 0 | 4.42  | 58.95 | 36.63 | 粘土质粉砂 |
| 140 | 0-0.2    | 0 | 10.14 | 59.33 | 30.54 | 粘土质粉砂 |
| 141 | 0-0.2    | 0 | 18.80 | 57.13 | 24.07 | 粘土质粉砂 |
| 142 | 0-0.2    | 0 | 7.19  | 60.43 | 32.38 | 粘土质粉砂 |
|     | 0.5-0.63 | 0 | 14.22 | 58.80 | 26.98 | 粘土质粉砂 |
| 143 | 0-0.2    | 0 | 27.54 | 50.26 | 22.20 | 砂质粉砂  |
| 144 | 0-0.2    | 0 | 1.46  | 59.78 | 38.76 | 粘土质粉砂 |
| 145 | 0-0.2    | 0 | 8.88  | 59.01 | 32.11 | 粘土质粉砂 |
| 146 | 0-0.2    | 0 | 18.58 | 57.29 | 24.12 | 粘土质粉砂 |
| 147 | 0-0.2    | 0 | 11.90 | 58.98 | 29.12 | 粘土质粉砂 |
|     | 0.5-0.6  | 0 | 8.50  | 56.83 | 34.66 | 粘土质粉砂 |

|     |         |   |       |       |       |         |
|-----|---------|---|-------|-------|-------|---------|
| 148 | 0-0.2   | 0 | 6.96  | 61.13 | 31.91 | 粘土质粉砂   |
| 149 | 0-0.2   | 0 | 10.64 | 60.29 | 29.07 | 粘土质粉砂   |
| 150 | 0-0.2   | 0 | 7.76  | 60.88 | 31.36 | 粘土质粉砂   |
| 151 | 0-0.2   | 0 | 5.79  | 62.61 | 31.60 | 粘土质粉砂   |
| 152 | 0-0.2   | 0 | 6.11  | 61.26 | 32.63 | 粘土质粉砂   |
|     | 0.5-0.7 | 0 | 5.78  | 62.94 | 31.29 | 粘土质粉砂   |
| 153 | 0-0.2   | 0 | 42.70 | 39.28 | 18.02 | 粉砂质砂    |
| 154 | 0-0.2   | 0 | 16.39 | 55.37 | 28.24 | 粘土质粉砂   |
| 155 | 0-0.2   | 0 | 19.98 | 53.77 | 26.26 | 粘土质粉砂   |
| 156 | 0-0.2   | 0 | 14.64 | 59.18 | 26.18 | 粘土质粉砂   |
| 157 | 0-0.2   | 0 | 13.95 | 58.54 | 27.51 | 粘土质粉砂   |
|     | 0.5-0.7 | 0 | 17.64 | 56.30 | 26.06 | 粘土质粉砂   |
| 158 | 0-0.2   | 0 | 13.28 | 56.95 | 29.77 | 粘土质粉砂   |
| 159 | 0-0.2   | 0 | 11.99 | 57.76 | 30.25 | 粘土质粉砂   |
| 160 | 0-0.2   | 0 | 25.07 | 48.10 | 26.83 | 砂-粉砂-粘土 |
| 161 | 0-0.2   | 0 | 22.13 | 48.87 | 29.00 | 粘土质粉砂   |
|     | 0.5-0.7 | 0 | 17.11 | 57.92 | 24.97 | 粘土质粉砂   |
| 162 | 0-0.2   | 0 | 8.10  | 61.38 | 30.52 | 粘土质粉砂   |
|     | 0.5-0.6 | 0 | 5.54  | 62.33 | 32.13 | 粘土质粉砂   |
| 163 | 0-0.2   | 0 | 11.19 | 55.94 | 32.87 | 粘土质粉砂   |
| 164 | 0-0.2   | 0 | 14.23 | 58.30 | 27.47 | 粘土质粉砂   |
| 165 | 0-0.2   | 0 | 15.22 | 59.09 | 25.69 | 粘土质粉砂   |
| 166 | 0-0.2   | 0 | 33.01 | 46.26 | 20.73 | 砂质粉砂    |
|     | 0.5-0.7 | 0 | 28.60 | 49.73 | 21.67 | 砂质粉砂    |
|     | 1.0-1.2 | 0 | 22.94 | 53.80 | 23.26 | 粘土质粉砂   |
|     | 1.5-1.7 | 0 | 18.79 | 56.44 | 24.76 | 粘土质粉砂   |
| 167 | 0-0.2   | 0 | 19.76 | 55.36 | 24.88 | 粘土质粉砂   |
| 168 | 0-0.2   | 0 | 16.92 | 58.50 | 24.58 | 粘土质粉砂   |
| 169 | 0-0.2   | 0 | 9.89  | 60.66 | 29.46 | 粘土质粉砂   |
| 170 | 0-0.2   | 0 | 18.37 | 59.56 | 22.06 | 粘土质粉砂   |
|     | 0.5-0.7 | 0 | 14.61 | 57.15 | 28.25 | 粘土质粉砂   |

|     |           |   |       |       |       |       |
|-----|-----------|---|-------|-------|-------|-------|
| 171 | 0-0.2     | 0 | 19.08 | 57.43 | 23.48 | 粘土质粉砂 |
| 172 | 0-0.2     | 0 | 6.90  | 62.07 | 31.04 | 粘土质粉砂 |
| T1  | 0-0.2     | 0 | 21.39 | 56.42 | 22.18 | 粘土质粉砂 |
|     | 0.5-0.7   | 0 | 20.93 | 56.74 | 22.34 | 粘土质粉砂 |
|     | 1.0-1.2   | 0 | 18.89 | 57.38 | 23.73 | 粘土质粉砂 |
|     | 1.5-1.7   | 0 | 14.78 | 57.82 | 27.40 | 粘土质粉砂 |
|     | 2.0-2.2   | 0 | 12.20 | 60.88 | 26.92 | 粘土质粉砂 |
|     | 2.5-2.7   | 0 | 13.24 | 58.55 | 28.21 | 粘土质粉砂 |
|     | 3.0-3.2   | 0 | 10.36 | 61.57 | 28.07 | 粘土质粉砂 |
|     | 3.5-3.7   | 0 | 14.90 | 60.06 | 25.04 | 粘土质粉砂 |
|     | 4.0-4.2   | 0 | 7.18  | 63.75 | 29.07 | 粘土质粉砂 |
|     | 4.5-4.7   | 0 | 6.42  | 61.09 | 32.49 | 粘土质粉砂 |
|     | 5.0-5.2   | 0 | 4.04  | 61.94 | 34.02 | 粘土质粉砂 |
|     | 5.5-5.7   | 0 | 4.19  | 60.79 | 35.02 | 粘土质粉砂 |
|     | 6.0-6.2   | 0 | 10.28 | 58.01 | 31.70 | 粘土质粉砂 |
|     | 6.5-6.7   | 0 | 6.99  | 59.39 | 33.62 | 粘土质粉砂 |
|     | 7.0-7.2   | 0 | 6.73  | 62.26 | 31.00 | 粘土质粉砂 |
|     | 7.5-7.7   | 0 | 3.54  | 64.52 | 31.94 | 粘土质粉砂 |
|     | 8.0-8.2   | 0 | 2.26  | 65.96 | 31.79 | 粘土质粉砂 |
|     | 8.5-8.7   | 0 | 1.51  | 65.14 | 33.35 | 粘土质粉砂 |
|     | 9.0-9.2   | 0 | 2.15  | 61.84 | 36.01 | 粘土质粉砂 |
|     | 9.5-9.7   | 0 | 0.27  | 61.31 | 38.42 | 粘土质粉砂 |
|     | 10.0-10.2 | 0 | 2.33  | 59.82 | 37.85 | 粘土质粉砂 |
| T2  | 0-0.2     | 0 | 16.80 | 54.83 | 28.37 | 粘土质粉砂 |
|     | 0.5-0.7   | 0 | 10.98 | 60.78 | 28.24 | 粘土质粉砂 |
|     | 1.0-1.2   | 0 | 5.21  | 63.50 | 31.30 | 粘土质粉砂 |
|     | 1.5-1.7   | 0 | 1.57  | 63.51 | 34.92 | 粘土质粉砂 |

## 2、原状土密度及含水率

原状土密度及含水率分析结果见表 4.7-3。

表 4.7-3 原状土密度及含水率

| 站位 | 层次<br>m | 含水率<br>% | 原状土密<br>度（湿）<br>g/cm <sup>3</sup> | 原状土密<br>度（干）<br>g/cm <sup>3</sup> | 站位 | 层次<br>m  | 含水率<br>% | 原状土密<br>度（湿）<br>g/cm <sup>3</sup> | 原状土密<br>度（干）<br>g/cm <sup>3</sup> |
|----|---------|----------|-----------------------------------|-----------------------------------|----|----------|----------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 1  | 0-0.2   | 55.4     | 1.65                              | 0.73                              | 71 | 0-0.2    | 40.0     | 1.97                              | 1.18                              |
| 2  | 0-0.2   | 56.0     | 1.92                              | 0.85                              | 72 | 0-0.2    | 40.0     | 1.95                              | 1.17                              |
|    | 0.5-0.6 | 49.9     | 1.76                              | 0.88                              | 73 | 0-0.2    | 41.0     | 1.62                              | 0.96                              |
| 3  | 0-0.2   | 54.4     | 1.55                              | 0.70                              | 74 | 0-0.2    | 36.0     | 1.76                              | 1.13                              |
| 4  | 0-0.2   | 54.4     | 1.83                              | 0.84                              | 75 | 0-0.2    | 39.7     | 1.69                              | 1.02                              |
| 5  | 0-0.2   | 27.6     | 1.79                              | 1.29                              |    | 0.5-0.7  | 41.4     | 1.62                              | 0.95                              |
|    | 0.5-0.6 | 24.8     | 1.67                              | 1.26                              |    | 1.0-1.2  | 38.0     | 1.78                              | 1.11                              |
| 6  | 0-0.2   | 29.8     | 1.70                              | 1.19                              |    | 1.5-1.7  | 43.9     | 1.78                              | 1.00                              |
|    | 0.5-0.6 | 30.8     | 1.71                              | 1.18                              |    | 2.0-2.2  | 33.6     | 1.88                              | 1.25                              |
| 7  | 0-0.2   | 30.5     | 1.99                              | 1.38                              |    | 2.5-2.7  | 43.2     | 1.62                              | 0.92                              |
| 8  | 0-0.2   | 27.6     | 1.80                              | 1.30                              |    | 3.0-3.2  | 39.4     | 1.63                              | 0.99                              |
| 9  | 0-0.2   | 33.4     | 1.63                              | 1.08                              |    | 3.5-3.7  | 44.0     | 1.63                              | 0.91                              |
|    | 0.5-0.6 | 37.2     | 1.74                              | 1.10                              |    | 4.0-4.2  | 37.4     | 1.55                              | 0.97                              |
| 10 | 0-0.2   | 34.5     | 1.66                              | 1.08                              |    | 4.5-4.7  | 35.1     | 1.74                              | 1.13                              |
|    | 0.5-0.6 | 35.0     | 1.76                              | 1.15                              |    | 5.0-5.2  | 45.6     | 1.74                              | 0.95                              |
| 11 | 0-0.2   | 33.6     | 1.66                              | 1.10                              |    | 5.5-5.7  | 35.4     | 1.76                              | 1.14                              |
| 12 | 0-0.2   | 53.3     | 1.84                              | 0.86                              |    | 6.0-6.2  | 39.9     | 1.68                              | 1.01                              |
| 13 | 0-0.2   | 51.2     | 1.96                              | 0.95                              |    | 6.5-6.7  | 43.0     | 1.69                              | 0.97                              |
|    | 0.5-0.6 | 46.8     | 1.57                              | 0.84                              |    | 7.0-7.2  | 39.6     | 1.86                              | 1.13                              |
| 14 | 0-0.2   | 50.2     | 1.75                              | 0.88                              |    | 7.5-7.54 | 38.8     | 1.57                              | 0.96                              |
| 15 | 0-0.2   | 49.4     | 1.79                              | 0.90                              | 76 | 0-0.2    | 41.3     | 1.73                              | 1.02                              |
| 16 | 0-0.2   | 40.9     | 1.70                              | 1.01                              | 77 | 0-0.2    | 44.2     | 2.00                              | 1.11                              |
| 17 | 0-0.2   | 40.6     | 1.75                              | 1.04                              | 78 | 0-0.2    | 36.4     | 1.88                              | 1.19                              |
|    | 0.5-0.6 | 47.0     | 1.68                              | 0.89                              | 79 | 0-0.2    | 46.6     | 1.90                              | 1.02                              |
| 18 | 0-0.2   | 40.4     | 1.94                              | 1.16                              | 80 | 0-0.2    | 40.8     | 1.82                              | 1.08                              |
| 19 | 0-0.2   | 39.6     | 2.01                              | 1.22                              |    | 0.5-0.7  | 43.2     | 2.00                              | 1.14                              |
| 20 | 0-0.2   | 40.8     | 1.75                              | 1.03                              |    | 1.0-1.2  | 33.8     | 1.67                              | 1.10                              |
| 21 | 0-0.2   | 34.0     | 1.64                              | 1.08                              |    | 1.5-1.7  | 32.4     | 1.68                              | 1.14                              |
|    | 0.5-0.6 | 35.5     | 1.82                              | 1.17                              |    | 2.0-2.2  | 36.9     | 1.70                              | 1.07                              |
| 22 | 0-0.2   | 35.3     | 1.76                              | 1.14                              |    | 2.5-2.7  | 41.0     | 1.77                              | 1.05                              |

|    |         |      |      |      |    |         |      |      |      |
|----|---------|------|------|------|----|---------|------|------|------|
| 23 | 0-0.2   | 32.6 | 1.55 | 1.05 |    | 3.0-3.2 | 43.0 | 1.55 | 0.88 |
| 24 | 0-0.2   | 30.3 | 1.66 | 1.15 |    | 3.5-3.7 | 38.6 | 1.60 | 0.98 |
|    | 0.5-0.7 | 27.8 | 1.83 | 1.32 |    | 4.0-4.2 | 36.2 | 1.61 | 1.03 |
|    | 1.0-1.2 | 27.5 | 1.88 | 1.36 |    | 4.5-4.7 | 30.4 | 1.89 | 1.31 |
|    | 1.5-1.7 | 43.8 | 1.84 | 1.03 |    | 5.0-5.2 | 40.8 | 1.74 | 1.03 |
|    | 2.0-2.2 | 29.1 | 1.71 | 1.21 |    | 5.5-5.7 | 36.6 | 1.73 | 1.10 |
|    |         |      |      |      |    | 6.0-6.2 | 33.0 | 1.81 | 1.22 |
| 25 | 0-0.2   | 39.2 | 1.59 | 0.97 |    | 0-0.2   | 40.1 | 1.54 | 0.92 |
|    | 0.5-0.7 | 36.6 | 1.56 | 0.99 |    | 0.5-0.7 | 37.1 | 1.72 | 1.08 |
|    | 1.0-1.2 | 34.0 | 1.93 | 1.27 |    | 1.0-1.2 | 41.6 | 1.96 | 1.15 |
|    | 1.5-1.7 | 35.4 | 1.79 | 1.16 |    | 1.5-1.7 | 38.7 | 1.94 | 1.19 |
|    | 2.0-2.2 | 44.2 | 1.55 | 0.87 |    | 2.0-2.2 | 40.1 | 1.97 | 1.18 |
| 26 | 0-0.2   | 38.0 | 1.67 | 1.04 | 81 | 2.5-2.7 | 35.2 | 1.62 | 1.05 |
| 27 | 0-0.2   | 37.4 | 1.99 | 1.25 |    | 3.0-3.2 | 33.5 | 1.73 | 1.15 |
| 28 | 0-0.2   | 36.6 | 1.62 | 1.03 |    | 3.5-3.7 | 39.9 | 1.55 | 0.93 |
| 29 | 0-0.2   | 39.4 | 1.99 | 1.20 |    | 0-0.2   | 39.0 | 1.98 | 1.20 |
|    | 0.5-0.7 | 34.8 | 1.99 | 1.30 | 82 | 0-0.2   | 46.2 | 1.65 | 0.89 |
|    | 1.0-1.2 | 41.3 | 1.86 | 1.09 | 83 | 0-0.2   | 44.1 | 2.01 | 1.13 |
|    | 1.5-1.7 | 43.0 | 1.75 | 0.99 | 84 | 0-0.2   | 45.1 | 1.79 | 0.98 |
|    | 2.0-2.2 | 44.0 | 1.98 | 1.11 | 85 | 0.5-0.7 | 43.6 | 1.68 | 0.95 |
| 30 | 0-0.2   | 38.9 | 1.88 | 1.15 |    | 1.0-1.2 | 47.4 | 1.59 | 0.84 |
|    | 0.5-0.7 | 35.4 | 1.89 | 1.22 |    | 1.5-1.7 | 45.1 | 1.56 | 0.86 |
|    | 1.0-1.2 | 34.2 | 1.68 | 1.11 |    | 2.0-2.2 | 40.5 | 1.88 | 1.12 |
|    | 1.5-1.7 | 41.4 | 1.67 | 0.98 |    | 2.5-2.7 | 45.1 | 1.61 | 0.89 |
|    | 2.0-2.2 | 43.2 | 1.57 | 0.89 |    | 0-0.2   | 48.4 | 1.76 | 0.91 |
|    | 2.5-2.7 | 44.4 | 1.96 | 1.09 | 86 | 0-0.2   | 50.0 | 1.74 | 0.87 |
|    | 3.0-3.2 | 35.6 | 1.69 | 1.08 | 87 | 0-0.2   | 42.2 | 1.83 | 1.06 |
|    | 3.5-3.7 | 37.7 | 1.55 | 0.96 | 88 | 0-0.2   | 41.3 | 1.93 | 1.13 |
|    | 4.0-4.2 | 42.6 | 1.85 | 1.06 | 89 | 0.5-0.7 | 46.8 | 1.77 | 0.94 |
|    | 4.5-4.7 | 43.4 | 1.68 | 0.95 |    | 1.0-1.2 | 41.0 | 1.88 | 1.11 |
|    | 5.0-5.2 | 44.2 | 1.61 | 0.90 |    | 1.5-1.7 | 48.8 | 1.68 | 0.86 |
|    | 5.5-5.7 | 37.6 | 1.57 | 0.98 |    | 2.0-2.2 | 41.4 | 1.89 | 1.11 |
|    | 6.0-6.2 | 44.8 | 1.73 | 0.95 |    |         |      |      |      |
| 31 | 0-0.2   | 50.5 | 1.83 | 0.91 | 90 | 0-0.2   | 41.6 | 1.89 | 1.10 |

|    |         |      |      |      |    |         |      |      |      |
|----|---------|------|------|------|----|---------|------|------|------|
| 32 | 0-0.2   | 49.4 | 1.97 | 1.00 |    | 0.5-0.7 | 45.2 | 1.66 | 0.91 |
| 33 | 0-0.2   | 47.4 | 1.94 | 1.02 |    | 1.0-1.2 | 43.0 | 1.81 | 1.03 |
| 34 | 0-0.2   | 42.8 | 1.91 | 1.10 |    | 1.5-1.7 | 41.6 | 1.90 | 1.11 |
|    | 0.5-0.7 | 40.3 | 1.78 | 1.06 |    | 2.0-2.2 | 47.1 | 1.82 | 0.96 |
|    | 1.0-1.2 | 41.4 | 1.87 | 1.10 |    | 2.5-2.7 | 41.6 | 1.68 | 0.98 |
|    | 1.5-1.7 | 29.8 | 1.62 | 1.14 |    | 3.0-3.2 | 51.8 | 1.73 | 0.83 |
|    | 2.0-2.2 | 39.2 | 1.76 | 1.07 |    | 3.5-3.7 | 41.5 | 1.57 | 0.92 |
|    | 2.5-2.7 | 28.2 | 1.74 | 1.25 |    | 4.0-4.2 | 41.8 | 1.77 | 1.03 |
|    | 3.0-3.2 | 35.6 | 1.56 | 1.01 |    | 4.5-4.7 | 42.8 | 1.75 | 1.00 |
|    | 3.5-3.7 | 39.4 | 1.91 | 1.16 |    | 5.0-5.2 | 42.2 | 1.93 | 1.12 |
|    | 4.0-4.2 | 26.2 | 1.61 | 1.19 |    | 5.5-5.7 | 41.5 | 1.78 | 1.04 |
|    | 4.5-4.7 | 37.8 | 1.78 | 1.10 | 91 | 0-0.2   | 45.2 | 1.84 | 1.01 |
|    | 5.0-5.2 | 27.6 | 1.75 | 1.27 | 92 | 0-0.2   | 45.2 | 1.58 | 0.87 |
|    | 5.5-5.7 | 44.8 | 1.76 | 0.98 | 93 | 0-0.2   | 44.2 | 1.71 | 0.96 |
|    | 6.0-6.2 | 42.6 | 1.69 | 0.97 | 94 | 0-0.2   | 45.0 | 1.75 | 0.96 |
|    | 6.5-6.7 | 48.4 | 1.68 | 0.87 |    | 0.5-0.7 | 47.1 | 1.75 | 0.93 |
|    | 7.0-7.2 | 48.9 | 1.62 | 0.83 |    | 1.0-1.2 | 43.8 | 1.56 | 0.88 |
|    | 7.5-7.7 | 48.4 | 1.56 | 0.80 |    | 1.5-1.7 | 49.2 | 1.84 | 0.93 |
|    | 8.0-8.1 | 46.3 | 1.72 | 0.92 |    | 2.0-2.2 | 47.9 | 1.65 | 0.86 |
|    |         |      |      |      |    | 2.5-2.7 | 44.8 | 1.76 | 0.97 |
| 35 | 0-0.2   | 31.2 | 1.82 | 1.25 |    | 3.0-3.2 | 42.7 | 1.68 | 0.96 |
| 36 | 0-0.2   | 31.2 | 1.64 | 1.13 |    | 3.5-3.7 | 44.9 | 1.99 | 1.10 |
| 37 | 0-0.2   | 31.0 | 1.99 | 1.37 |    | 0-0.2   | 44.6 | 1.63 | 0.90 |
| 38 | 0-0.2   | 31.0 | 1.66 | 1.15 | 95 | 0-0.2   | 43.6 | 1.90 | 1.07 |
|    | 0.5-0.7 | 42.2 | 1.76 | 1.02 | 96 | 0-0.2   | 34.8 | 1.74 | 1.13 |
|    | 1.0-1.2 | 26.8 | 1.64 | 1.20 | 97 | 0.5-0.7 | 32.6 | 1.87 | 1.26 |
|    | 1.5-1.7 | 25.0 | 1.62 | 1.21 |    | 1.0-1.2 | 30.9 | 1.71 | 1.18 |
|    | 2.0-2.2 | 29.4 | 1.59 | 1.12 |    | 1.5-1.7 | 34.0 | 1.70 | 1.13 |
|    | 2.5-2.7 | 31.2 | 1.60 | 1.10 |    | 2.0-2.2 | 35.4 | 1.62 | 1.05 |
|    | 3.0-3.2 | 33.5 | 1.80 | 1.20 |    | 2.5-2.6 | 34.2 | 1.60 | 1.05 |
|    | 3.5-3.7 | 34.6 | 1.65 | 1.08 | 98 | 0-0.2   | 33.3 | 1.63 | 1.09 |
|    | 4.0-4.2 | 33.1 | 1.83 | 1.23 |    | 0.5-0.7 | 35.3 | 1.68 | 1.09 |
|    | 4.5-4.7 | 25.2 | 1.74 | 1.30 |    | 1.0-1.2 | 31.3 | 1.70 | 1.17 |
|    | 5.0-5.2 | 26.7 | 1.57 | 1.15 |    |         |      |      |      |

|    |            |      |      |      |     |         |      |      |      |
|----|------------|------|------|------|-----|---------|------|------|------|
|    | 5.5-5.7    | 37.3 | 1.79 | 1.12 |     | 1.5-1.7 | 35.6 | 1.89 | 1.22 |
|    | 6.0-6.2    | 33.6 | 1.62 | 1.08 |     | 2.0-2.2 | 33.2 | 1.97 | 1.32 |
|    | 6.5-6.7    | 32.6 | 1.67 | 1.12 |     | 2.5-2.7 | 37.3 | 1.64 | 1.03 |
|    | 7.0-7.2    | 34.6 | 1.91 | 1.25 |     | 3.0-3.2 | 34.4 | 1.75 | 1.15 |
|    | 7.5-7.7    | 28.6 | 1.96 | 1.40 | 99  | 0-0.2   | 31.8 | 1.61 | 1.10 |
|    | 8.0-8.2    | 28.2 | 1.80 | 1.29 | 100 | 0-0.2   | 36.8 | 1.59 | 1.00 |
|    | 8.5-8.7    | 31.8 | 1.75 | 1.20 | 101 | 0-0.2   | 34.6 | 1.66 | 1.08 |
|    | 9.0-9.2    | 34.2 | 1.86 | 1.22 |     | 0.5-0.6 | 20.9 | 1.80 | 1.43 |
|    | 9.5-9.7    | 37.2 | 1.74 | 1.09 | 102 | 0-0.2   | 35.2 | 1.76 | 1.14 |
|    | 10.0-10.2  | 36.6 | 1.57 | 0.99 |     | 0.5-0.7 | 37.1 | 1.75 | 1.10 |
|    | 10.5-10.56 | 25.0 | 1.61 | 1.21 |     | 1.0-1.2 | 31.1 | 1.55 | 1.07 |
| 39 | 0-0.2      | 32.6 | 1.86 | 1.26 | 103 | 0-0.2   | 29.6 | 1.95 | 1.37 |
| 40 | 0-0.2      | 31.3 | 2.00 | 1.37 | 104 | 0-0.2   | 35.5 | 1.67 | 1.08 |
| 41 | 0-0.2      | 49.4 | 1.60 | 0.81 | 105 | 0-0.2   | 33.4 | 1.60 | 1.07 |
|    | 0.5-0.7    | 38.2 | 1.94 | 1.20 |     | 0.5-0.6 | 40.0 | 1.59 | 0.95 |
|    | 1.0-1.2    | 48.3 | 1.94 | 1.00 | 106 | 0-0.2   | 21.0 | 1.58 | 1.25 |
|    | 1.5-1.7    | 47.4 | 1.97 | 1.04 |     | 0.5-0.6 | 23.1 | 1.65 | 1.27 |
|    | 2.0-2.2    | 48.4 | 1.73 | 0.89 | 107 | 0-0.2   | 20.0 | 1.79 | 1.43 |
| 42 | 0-0.2      | 51.4 | 1.97 | 0.96 | 108 | 0-0.2   | 20.8 | 1.65 | 1.30 |
| 43 | 0-0.2      | 50.4 | 1.99 | 0.99 | 109 | 0-0.2   | 41.0 | 1.88 | 1.11 |
| 44 | 0-0.2      | 50.2 | 1.61 | 0.80 |     | 0.5-0.6 | 35.1 | 1.92 | 1.25 |
| 45 | 0-0.2      | 50.4 | 1.70 | 0.85 | 110 | 0-0.2   | 39.8 | 1.88 | 1.13 |
| 46 | 0-0.2      | 57.4 | 1.57 | 0.67 | 111 | 0-0.2   | 39.2 | 1.68 | 1.02 |
|    | 0.5-0.7    | 49.4 | 1.73 | 0.87 | 112 | 0-0.2   | 37.8 | 1.99 | 1.24 |
|    | 1.0-1.2    | 46.2 | 1.77 | 0.95 | 113 | 0-0.2   | 45.1 | 1.70 | 0.94 |
|    | 1.5-1.7    | 43.8 | 1.94 | 1.09 | 114 | 0-0.2   | 37.7 | 1.70 | 1.06 |
|    | 2.0-2.2    | 41.2 | 1.55 | 0.91 |     | 0.5-0.6 | 37.4 | 1.66 | 1.04 |
|    | 2.5-2.7    | 42.5 | 1.60 | 0.92 | 115 | 0-0.2   | 37.0 | 1.98 | 1.25 |
|    | 3.0-3.2    | 36.6 | 1.68 | 1.06 | 116 | 0-0.2   | 36.0 | 1.93 | 1.23 |
|    | 3.5-3.7    | 39.8 | 1.60 | 0.97 | 117 | 0-0.2   | 40.6 | 1.73 | 1.03 |
|    | 4.0-4.2    | 49.2 | 1.83 | 0.93 |     | 0.5-0.6 | 38.8 | 1.84 | 1.12 |
|    | 4.5-4.7    | 45.6 | 2.00 | 1.09 | 118 | 0-0.2   | 40.6 | 1.67 | 1.00 |
|    | 5.0-5.2    | 44.4 | 1.86 | 1.04 |     | 0.5-0.6 | 41.6 | 1.81 | 1.06 |

|    |          |      |      |      |     |          |      |      |      |
|----|----------|------|------|------|-----|----------|------|------|------|
|    | 5.5-5.7  | 43.2 | 1.89 | 1.08 | 119 | 0-0.2    | 39.9 | 1.73 | 1.04 |
|    | 6.0-6.14 | 41.8 | 1.96 | 1.14 | 120 | 0-0.2    | 41.4 | 1.81 | 1.06 |
| 47 | 0-0.2    | 42.4 | 1.54 | 0.89 | 121 | 0-0.2    | 40.8 | 1.66 | 0.98 |
| 48 | 0-0.2    | 43.6 | 1.68 | 0.94 |     | 0.5-0.6  | 46.4 | 1.88 | 1.01 |
|    | 0.5-0.7  | 39.2 | 1.72 | 1.04 | 122 | 0-0.2    | 40.3 | 1.68 | 1.00 |
|    | 1.0-1.2  | 50.6 | 1.93 | 0.96 |     | 0.5-0.6  | 42.3 | 1.82 | 1.05 |
|    | 1.5-1.7  | 32.6 | 1.74 | 1.17 | 123 | 0-0.2    | 39.7 | 1.89 | 1.14 |
|    | 2.0-2.12 | 36.2 | 1.88 | 1.20 | 124 | 0-0.2    | 40.6 | 1.85 | 1.10 |
| 49 | 0-0.2    | 44.8 | 1.78 | 0.98 | 125 | 0-0.2    | 43.6 | 1.79 | 1.01 |
| 50 | 0-0.2    | 46.3 | 1.72 | 0.92 | 126 | 0-0.2    | 40.8 | 1.82 | 1.08 |
|    | 0.5-0.7  | 41.8 | 1.66 | 0.97 |     | 0.5-0.6  | 43.6 | 1.90 | 1.07 |
|    | 1.0-1.2  | 37.4 | 1.67 | 1.04 | 127 | 0-0.2    | 40.4 | 1.85 | 1.11 |
|    | 1.5-1.7  | 35.6 | 1.64 | 1.05 | 128 | 0-0.2    | 39.4 | 1.63 | 0.99 |
|    | 2.0-2.2  | 50.6 | 1.94 | 0.96 | 129 | 0-0.2    | 38.5 | 1.92 | 1.18 |
|    | 2.5-2.7  | 47.5 | 1.99 | 1.04 | 130 | 0-0.2    | 39.4 | 1.76 | 1.07 |
|    | 3.0-3.2  | 42.7 | 1.77 | 1.01 | 131 | 0-0.2    | 40.4 | 1.78 | 1.06 |
|    | 3.5-3.7  | 39.8 | 1.68 | 1.01 | 132 | 0-0.2    | 38.6 | 1.81 | 1.11 |
|    | 4.0-4.2  | 35.3 | 1.71 | 1.11 |     | 0.5-0.6  | 42.0 | 1.70 | 0.99 |
|    | 4.5-4.7  | 46.4 | 1.84 | 0.98 | 133 | 0-0.2    | 38.2 | 1.84 | 1.14 |
|    | 5.0-5.2  | 44.0 | 1.66 | 0.93 | 134 | 0-0.2    | 36.8 | 1.92 | 1.21 |
|    | 5.5-5.7  | 48.5 | 1.80 | 0.93 | 135 | 0-0.2    | 37.8 | 1.89 | 1.17 |
| 51 | 0-0.2    | 47.4 | 1.92 | 1.00 | 136 | 0-0.2    | 41.1 | 1.87 | 1.10 |
| 52 | 0-0.2    | 45.6 | 1.92 | 1.04 |     | 0.5-0.7  | 45.0 | 1.93 | 1.06 |
| 53 | 0-0.2    | 46.8 | 1.94 | 1.03 | 137 | 0-0.2    | 40.7 | 1.85 | 1.10 |
| 54 | 0-0.2    | 45.2 | 1.67 | 0.92 |     | 0.5-0.66 | 37.1 | 1.90 | 1.20 |
|    | 0.5-0.6  | 43.2 | 1.65 | 0.93 | 138 | 0-0.2    | 40.3 | 1.88 | 1.13 |
| 55 | 0-0.2    | 43.8 | 1.64 | 0.92 | 139 | 0-0.2    | 39.2 | 1.99 | 1.21 |
| 56 | 0-0.2    | 41.8 | 1.63 | 0.95 | 140 | 0-0.2    | 38.0 | 1.94 | 1.20 |
| 57 | 0-0.2    | 42.0 | 1.74 | 1.01 | 141 | 0-0.2    | 45.8 | 1.99 | 1.08 |
|    | 0.5-0.7  | 43.7 | 1.63 | 0.92 | 142 | 0-0.2    | 44.4 | 1.93 | 1.07 |
|    | 1.0-1.2  | 45.5 | 1.77 | 0.96 |     | 0.5-0.63 | 47.4 | 2.00 | 1.05 |
|    | 1.5-1.7  | 39.9 | 1.75 | 1.05 | 143 | 0-0.2    | 30.8 | 1.90 | 1.31 |
|    | 2.0-2.2  | 41.4 | 1.97 | 1.16 | 144 | 0-0.2    | 29.4 | 1.55 | 1.09 |
|    | 2.5-2.58 | 43.5 | 1.86 | 1.05 | 145 | 0-0.2    | 28.2 | 1.60 | 1.15 |

|    |          |      |      |      |     |         |      |      |      |
|----|----------|------|------|------|-----|---------|------|------|------|
| 58 | 0-0.2    | 49.2 | 1.80 | 0.92 | 146 | 0-0.2   | 35.8 | 1.79 | 1.15 |
| 59 | 0-0.2    | 48.3 | 1.99 | 1.03 | 147 | 0-0.2   | 34.6 | 1.58 | 1.03 |
| 60 | 0-0.2    | 47.9 | 1.69 | 0.88 |     | 0.5-0.6 | 36.8 | 1.92 | 1.21 |
| 61 | 0-0.2    | 44.2 | 1.89 | 1.05 | 148 | 0-0.2   | 33.2 | 1.73 | 1.16 |
|    | 0.5-0.7  | 46.2 | 1.66 | 0.89 | 149 | 0-0.2   | 34.6 | 1.66 | 1.09 |
|    | 1.0-1.2  | 44.6 | 1.73 | 0.95 | 150 | 0-0.2   | 34.0 | 1.72 | 1.14 |
|    | 1.5-1.7  | 53.6 | 1.93 | 0.89 | 151 | 0-0.2   | 33.0 | 1.66 | 1.12 |
|    | 2.0-2.2  | 46.8 | 1.55 | 0.83 | 152 | 0-0.2   | 32.2 | 1.55 | 1.05 |
|    | 2.5-2.7  | 43.0 | 1.72 | 0.98 |     | 0.5-0.7 | 40.0 | 1.80 | 1.08 |
|    | 3.0-3.2  | 46.8 | 1.61 | 0.86 | 153 | 0-0.2   | 26.7 | 1.64 | 1.20 |
|    | 3.5-3.7  | 44.4 | 1.81 | 1.01 | 154 | 0-0.2   | 26.0 | 1.99 | 1.48 |
|    | 4.0-4.2  | 48.6 | 1.70 | 0.87 | 155 | 0-0.2   | 39.8 | 1.68 | 1.01 |
|    | 4.5-4.7  | 44.2 | 1.87 | 1.04 | 156 | 0-0.2   | 39.2 | 1.91 | 1.16 |
|    | 5.0-5.2  | 47.4 | 1.90 | 1.00 | 157 | 0-0.2   | 38.0 | 1.96 | 1.21 |
|    | 5.5-5.7  | 44.6 | 1.65 | 0.91 |     | 0.5-0.7 | 43.9 | 1.98 | 1.11 |
|    | 6.0-6.2  | 44.4 | 1.61 | 0.90 | 158 | 0-0.2   | 38.0 | 1.75 | 1.08 |
|    | 6.5-6.62 | 50.2 | 1.72 | 0.86 | 159 | 0-0.2   | 37.4 | 1.74 | 1.09 |
| 62 | 0-0.2    | 48.4 | 1.76 | 0.91 | 160 | 0-0.2   | 36.8 | 1.72 | 1.09 |
|    | 0.5-0.7  | 45.6 | 1.80 | 0.98 | 161 | 0-0.2   | 34.8 | 1.58 | 1.03 |
|    | 1.0-1.2  | 32.5 | 1.86 | 1.26 |     | 0.5-0.7 | 30.8 | 1.81 | 1.25 |
|    | 1.5-1.7  | 49.8 | 1.70 | 0.85 | 162 | 0-0.2   | 34.4 | 1.55 | 1.02 |
|    | 2.0-2.2  | 48.3 | 1.68 | 0.87 |     | 0.5-0.6 | 30.4 | 1.86 | 1.30 |
|    | 2.5-2.7  | 55.0 | 1.90 | 0.86 | 163 | 0-0.2   | 33.6 | 1.94 | 1.29 |
|    | 3.0-3.2  | 47.4 | 1.70 | 0.90 | 164 | 0-0.2   | 26.6 | 1.80 | 1.32 |
|    | 3.5-3.7  | 34.6 | 1.74 | 1.14 | 165 | 0-0.2   | 32.2 | 1.66 | 1.13 |
|    | 4.0-4.2  | 41.1 | 1.62 | 0.95 | 166 | 0-0.2   | 28.4 | 1.79 | 1.28 |
| 63 | 0-0.2    | 49.8 | 1.90 | 0.96 |     | 0.5-0.7 | 32.1 | 1.80 | 1.22 |
| 64 | 0-0.2    | 49.8 | 1.88 | 0.94 |     | 1.0-1.2 | 24.8 | 1.95 | 1.46 |
| 65 | 0-0.2    | 39.6 | 1.83 | 1.10 |     | 1.5-1.7 | 36.1 | 1.72 | 1.10 |
| 66 | 0-0.2    | 39.0 | 1.83 | 1.12 | 167 | 0-0.2   | 31.4 | 1.59 | 1.09 |
|    | 0.5-0.6  | 40.8 | 1.58 | 0.93 | 168 | 0-0.2   | 26.6 | 1.71 | 1.25 |
| 67 | 0-0.2    | 39.2 | 2.00 | 1.21 | 169 | 0-0.2   | 30.4 | 1.59 | 1.11 |
| 68 | 0-0.2    | 40.6 | 1.89 | 1.12 | 170 | 0-0.2   | 34.0 | 1.75 | 1.15 |
| 69 | 0-0.2    | 39.4 | 1.63 | 0.99 |     | 0.5-0.7 | 37.7 | 1.98 | 1.23 |

|    |           |      |      |      |           |         |         |      |      |      |
|----|-----------|------|------|------|-----------|---------|---------|------|------|------|
|    | 0.5-0.7   | 41.2 | 1.79 | 1.05 | 171       | 0-0.2   | 34.4    | 1.90 | 1.24 |      |
|    | 1.0-1.2   | 35.2 | 1.60 | 1.04 | 172       | 0-0.2   | 38.4    | 1.84 | 1.13 |      |
|    | 1.5-1.7   | 39.2 | 1.72 | 1.05 | T1        | 0-0.2   | 39.2    | 1.59 | 0.97 |      |
|    | 2.0-2.2   | 31.1 | 1.60 | 1.10 |           | 0.5-0.7 | 40.8    | 1.61 | 0.95 |      |
|    | 2.5-2.7   | 49.4 | 1.69 | 0.85 |           | 1.0-1.2 | 37.6    | 1.92 | 1.20 |      |
|    | 3.0-3.2   | 39.2 | 1.89 | 1.15 |           | 1.5-1.7 | 42.6    | 1.90 | 1.09 |      |
|    | 3.5-3.7   | 43.2 | 1.71 | 0.97 |           | 2.0-2.2 | 35.6    | 1.71 | 1.10 |      |
|    | 4.0-4.2   | 40.0 | 1.61 | 0.97 |           | 2.5-2.7 | 32.0    | 1.60 | 1.09 |      |
|    | 4.5-4.7   | 42.8 | 1.59 | 0.91 |           | 3.0-3.2 | 39.4    | 1.66 | 1.01 |      |
|    | 5.0-5.2   | 45.0 | 1.92 | 1.06 |           | 3.5-3.7 | 41.2    | 1.57 | 0.92 |      |
|    | 5.5-5.7   | 39.3 | 1.64 | 1.00 |           | 4.0-4.2 | 39.6    | 1.61 | 0.97 |      |
|    | 6.0-6.2   | 47.4 | 1.67 | 0.88 |           | 4.5-4.7 | 41.6    | 1.79 | 1.05 |      |
|    | 6.5-6.7   | 45.4 | 1.87 | 1.02 |           | 5.0-5.2 | 40.9    | 1.85 | 1.09 |      |
|    | 7.0-7.2   | 39.4 | 1.79 | 1.09 |           | 5.5-5.7 | 39.1    | 1.62 | 0.99 |      |
|    | 7.5-7.7   | 43.0 | 1.71 | 0.97 |           | 6.0-6.2 | 30.7    | 1.93 | 1.34 |      |
|    | 8.0-8.2   | 41.2 | 1.65 | 0.97 |           | 6.5-6.7 | 39.2    | 1.81 | 1.10 |      |
|    | 8.5-8.7   | 39.4 | 1.94 | 1.18 |           | 7.0-7.2 | 33.2    | 1.58 | 1.06 |      |
|    | 9.0-9.2   | 38.8 | 1.97 | 1.20 |           | 7.5-7.7 | 48.6    | 1.80 | 0.93 |      |
|    | 9.5-9.7   | 36.9 | 1.74 | 1.10 |           | 8.0-8.2 | 46.6    | 1.63 | 0.87 |      |
|    | 10.0-10.2 | 39.2 | 1.55 | 0.94 |           | 8.5-8.7 | 45.0    | 1.60 | 0.88 |      |
| 70 | 0-0.2     | 38.0 | 1.70 | 1.05 |           | T2      | 9.0-9.2 | 39.0 | 1.82 | 1.11 |
|    | 0.5-0.7   | 40.2 | 2.00 | 1.20 |           |         | 9.5-9.7 | 32.2 | 1.79 | 1.21 |
|    | 1.0-1.2   | 36.1 | 1.69 | 1.08 | 10.0-10.2 |         | 31.6    | 1.60 | 1.09 |      |
|    | 1.5-1.7   | 33.9 | 1.54 | 1.02 | 0-0.2     |         | 32.6    | 1.71 | 1.15 |      |
|    | 2.0-2.2   | 50.6 | 1.85 | 0.91 | 0.5-0.7   |         | 34.8    | 1.95 | 1.27 |      |
|    | 2.5-2.7   | 48.2 | 1.99 | 1.03 | 1.0-1.2   |         | 27.0    | 1.94 | 1.42 |      |
|    | 3.0-3.2   | 33.8 | 1.76 | 1.17 | 1.5-1.7   |         | 30.6    | 1.81 | 1.26 |      |
|    | 3.5-3.7   | 42.2 | 1.69 | 0.98 | /         |         |         |      |      |      |
|    | 4.0-4.2   | 38.4 | 1.70 | 1.05 | /         |         |         |      |      |      |

#### 4.7.2. 疏浚物化学性质

疏浚物化学性质分析测定项目有：有机碳、硫化物、汞、砷、铜、镉、锌、铅、铬、油类、666 和 DDT 等。各项污染物含量见表 4.7-4。

表 4.7-4 疏浚泥中污染物含量分析结果

| 站位 | 层次 m    | 有机碳  | 石油类  | 硫化物 | Cd   | Cr   | Pb   | Zn   | Cu   | As   | Hg    | 六六六   | DDT   | 多氯联苯  |
|----|---------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| 1  | 0-0.2   | 1.14 | 71.0 | 6.2 | 0.41 | 76.4 | 62.4 | 133  | 43.8 | 19.7 | 0.118 | 1.10  | 0.326 | 0.558 |
| 2  | 0-0.2   | 0.84 | 76.8 | 6.4 | 0.44 | 73.4 | 45.6 | 116  | 39.9 | 19.1 | 0.114 | 0.508 | ND    | 0.502 |
|    | 0.5-0.6 | 0.75 | 58.5 | 6.6 | 0.29 | 75.4 | 58.7 | 117  | 34.8 | 16.0 | 0.106 | 0.388 | ND    | ND    |
| 3  | 0-0.2   | 0.94 | 55.6 | 6.4 | 0.35 | 69.7 | 60.8 | 103  | 41.6 | 13.4 | 0.107 | 0.889 | ND    | ND    |
| 4  | 0-0.2   | 1.00 | 56.6 | 6.3 | 0.41 | 72.4 | 59.2 | 110  | 32.1 | 13.0 | 0.127 | 0.333 | 0.446 | 0.667 |
| 5  | 0-0.2   | 0.55 | 138  | 3.7 | 0.52 | 78.2 | 45.0 | 113  | 31.8 | 9.42 | 0.161 | 0.507 | 0.113 | ND    |
|    | 0.5-0.6 | 0.65 | 81.5 | 4.2 | 0.35 | 78.7 | 38.1 | 102  | 30.9 | 7.69 | 0.167 | 0.698 | ND    | ND    |
| 6  | 0-0.2   | 0.50 | 57.5 | 3.8 | 0.41 | 76.4 | 39.1 | 100  | 33.7 | 8.87 | 0.135 | ND    | ND    | 0.977 |
|    | 0.5-0.6 | 0.69 | 69.2 | 5.0 | 0.28 | 71.9 | 33.9 | 105  | 35.5 | 9.55 | 0.126 | 0.334 | ND    | ND    |
| 7  | 0-0.2   | 0.52 | 77.7 | 4.3 | 0.35 | 79.3 | 37.9 | 104  | 33.0 | 8.36 | 0.153 | 1.18  | 0.236 | ND    |
| 8  | 0-0.2   | 0.86 | 77.0 | 4.9 | 0.39 | 78.6 | 39.2 | 105  | 29.8 | 8.84 | 0.169 | 1.30  | 0.270 | ND    |
| 9  | 0-0.2   | 1.04 | 137  | 9.3 | 0.52 | 74.4 | 70.7 | 110  | 33.3 | 9.66 | 0.136 | 1.76  | 0.904 | 0.527 |
|    | 0.5-0.6 | 0.85 | 101  | 9.2 | 0.36 | 73.5 | 58.7 | 98.3 | 29.7 | 7.63 | 0.151 | 1.13  | 0.207 | 0.706 |
| 10 | 0-0.2   | 0.99 | 104  | 3.4 | 0.58 | 77.3 | 41.4 | 118  | 37.6 | 10.8 | 0.266 | 0.449 | ND    | 0.855 |
|    | 0.5-0.6 | 1.11 | 90.5 | 3.4 | 0.36 | 76.1 | 34.6 | 102  | 35.2 | 8.82 | 0.245 | ND    | ND    | 0.768 |
| 11 | 0-0.2   | 1.18 | 117  | 3.6 | 0.66 | 72.1 | 38.2 | 110  | 37.5 | 9.57 | 0.278 | 1.18  | ND    | ND    |
| 12 | 0-0.2   | 1.04 | 41.6 | 5.7 | 0.67 | 64.2 | 66.8 | 133  | 42.2 | 12.2 | 0.143 | 0.351 | ND    | ND    |
| 13 | 0-0.2   | 1.30 | 38.2 | 5.6 | 0.47 | 69.9 | 56.3 | 120  | 40.5 | 12.5 | 0.135 | 0.760 | ND    | ND    |
|    | 0.5-0.6 | 1.46 | 25.9 | 5.4 | 0.32 | 58.7 | 52.1 | 108  | 36.2 | 15.0 | 0.165 | 0.515 | ND    | ND    |

| 站位 | 层次 m    | 有机碳  | 石油类  | 硫化物 | Cd   | Cr   | Pb   | Zn   | Cu   | As   | Hg    | 六六六   | DDT   | 多氯联苯  |
|----|---------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| 14 | 0-0.2   | 1.31 | 40.1 | 5.4 | 0.63 | 62.4 | 55.3 | 132  | 35.0 | 12.3 | 0.165 | 0.818 | 0.197 | 0.517 |
| 15 | 0-0.2   | 1.19 | 45.0 | 5.1 | 0.55 | 68.3 | 57.4 | 111  | 38.3 | 12.5 | 0.127 | 0.306 | ND    | 1.39  |
| 16 | 0-0.2   | 1.24 | 29.4 | 3.3 | 0.61 | 73.2 | 65.0 | 110  | 38.1 | 12.9 | 0.147 | 0.476 | ND    | ND    |
| 17 | 0-0.2   | 1.02 | 27.0 | 3.0 | 0.50 | 72.6 | 48.6 | 124  | 40.3 | 19.3 | 0.139 | 0.686 | 1.09  | 0.595 |
|    | 0.5-0.6 | 1.19 | 23.2 | 3.2 | 0.59 | 62.7 | 52.9 | 113  | 32.7 | 15.1 | 0.123 | 1.46  | 0.181 | ND    |
| 18 | 0-0.2   | 0.99 | 34.3 | 3.5 | 0.64 | 56.1 | 61.0 | 118  | 37.7 | 19.6 | 0.166 | 0.952 | 0.320 | 0.602 |
| 19 | 0-0.2   | 1.30 | 30.1 | 3.6 | 0.43 | 64.6 | 47.3 | 117  | 42.1 | 19.4 | 0.156 | 0.317 | ND    | ND    |
| 20 | 0-0.2   | 1.23 | 33.8 | 3.3 | 0.50 | 73.0 | 38.0 | 142  | 44.4 | 19.7 | 0.159 | 0.346 | 0.245 | 0.615 |
| 21 | 0-0.2   | 1.35 | 498  | 0.6 | 0.58 | 66.0 | 41.8 | 126  | 35.1 | 18.5 | 0.162 | 0.364 | 0.954 | ND    |
|    | 0.5-0.6 | 1.18 | 454  | 0.6 | 0.42 | 61.3 | 39.9 | 127  | 40.2 | 14.9 | 0.147 | 0.688 | ND    | ND    |
| 22 | 0-0.2   | 1.35 | 485  | 0.6 | 0.67 | 51.1 | 36.5 | 133  | 31.8 | 16.0 | 0.134 | 0.198 | ND    | 1.18  |
| 23 | 0-0.2   | 1.47 | 478  | 0.5 | 0.68 | 75.0 | 69.0 | 160  | 44.3 | 15.8 | 0.201 | 0.501 | 0.408 | 0.573 |
| 24 | 0-0.2   | 1.28 | 452  | 0.5 | 0.64 | 64.2 | 64.4 | 155  | 41.7 | 19.4 | 0.185 | 0.566 | ND    | 1.56  |
|    | 0.5-0.7 | 1.22 | 400  | 0.7 | 0.51 | 55.2 | 65.2 | 159  | 40.0 | 18.4 | 0.198 | ND    | ND    | 0.803 |
|    | 1.0-1.2 | 1.50 | 270  | 0.8 | 0.45 | 60.6 | 59.4 | 146  | 41.0 | 15.8 | 0.203 | 0.498 | 0.216 | 0.972 |
|    | 1.5-1.7 | 1.36 | 226  | 0.8 | 0.39 | 46.4 | 52.2 | 154  | 37.8 | 17.7 | 0.192 | 0.596 | 0.242 | ND    |
|    | 2.0-2.2 | 1.24 | 196  | 0.6 | 0.34 | 40.2 | 57.2 | 161  | 35.5 | 13.7 | 0.202 | 0.378 | ND    | 0.623 |
| 25 | 0-0.2   | 1.35 | 42.7 | 3.5 | 0.54 | 56.6 | 19.6 | 105  | 33.0 | 18.1 | 0.116 | 0.295 | ND    | 0.531 |
|    | 0.5-0.7 | 1.12 | 36.4 | 3.8 | 0.46 | 49.7 | 16.5 | 83.3 | 36.3 | 19.6 | 0.097 | 0.503 | ND    | 0.594 |
|    | 1.0-1.2 | 1.03 | 30.5 | 3.7 | 0.46 | 51.2 | 21.2 | 89.6 | 34.7 | 16.5 | 0.111 | ND    | ND    | ND    |
|    | 1.5-1.7 | 1.20 | 17.0 | 3.5 | 0.34 | 42.5 | 20.7 | 85.4 | 34.7 | 12.2 | 0.115 | ND    | ND    | ND    |
|    | 2.0-2.2 | 1.14 | 19.1 | 3.9 | 0.29 | 38.9 | 18.2 | 96.0 | 33.1 | 11.0 | 0.086 | ND    | ND    | ND    |

| 站位 | 层次 m    | 有机碳  | 石油类  | 硫化物 | Cd   | Cr   | Pb   | Zn   | Cu   | As   | Hg    | 六六六   | DDT   | 多氯联苯  |
|----|---------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| 26 | 0-0.2   | 1.48 | 232  | 3.8 | 0.55 | 51.5 | 19.8 | 84.4 | 30.1 | 19.3 | 0.083 | 0.262 | 0.375 | 0.890 |
| 27 | 0-0.2   | 1.48 | 428  | 3.6 | 0.52 | 47.2 | 19.8 | 97.2 | 34.8 | 19.4 | 0.083 | 0.386 | 0.340 | 0.932 |
| 28 | 0-0.2   | 1.28 | 498  | 3.7 | 0.42 | 42.7 | 22.1 | 88.6 | 31.9 | 19.3 | 0.086 | 0.144 | 0.506 | ND    |
| 29 | 0-0.2   | 1.24 | 437  | 3.5 | 0.55 | 56.6 | 21.2 | 93.0 | 33.7 | 19.2 | 0.100 | 0.259 | 0.851 | 1.05  |
|    | 0.5-0.7 | 1.00 | 354  | 3.2 | 0.48 | 52.9 | 20.3 | 94.0 | 28.6 | 18.9 | 0.088 | ND    | 0.986 | 0.578 |
|    | 1.0-1.2 | 0.93 | 285  | 3.0 | 0.34 | 43.7 | 23.5 | 100  | 31.6 | 15.6 | 0.107 | 0.650 | 0.489 | 0.516 |
|    | 1.5-1.7 | 1.31 | 213  | 3.9 | 0.31 | 46.1 | 16.7 | 84.4 | 30.8 | 18.6 | 0.126 | ND    | ND    | 1.11  |
|    | 2.0-2.2 | 1.13 | 104  | 3.3 | 0.28 | 37.3 | 19.4 | 90.7 | 27.8 | 18.5 | 0.113 | ND    | ND    | 0.545 |
| 30 | 0-0.2   | 1.33 | 43.2 | 7.5 | 0.44 | 69.0 | 16.6 | 91.8 | 32.9 | 19.6 | 0.083 | 0.453 | ND    | 0.884 |
|    | 0.5-0.7 | 1.25 | 42.0 | 7.6 | 0.39 | 58.3 | 17.9 | 85.4 | 36.4 | 15.0 | 0.105 | 0.404 | 0.185 | 1.17  |
|    | 1.0-1.2 | 1.40 | 47.1 | 7.1 | 0.37 | 63.5 | 16.8 | 87.6 | 32.4 | 14.0 | 0.110 | 0.672 | 0.133 | 0.683 |
|    | 1.5-1.7 | 1.29 | 42.9 | 7.3 | 0.35 | 67.2 | 20.2 | 89.7 | 36.8 | 18.1 | 0.096 | 0.400 | ND    | 0.694 |
|    | 2.0-2.2 | 1.15 | 37.4 | 7.0 | 0.37 | 51.3 | 20.3 | 81.2 | 29.3 | 17.1 | 0.106 | 1.20  | ND    | 0.569 |
|    | 2.5-2.7 | 1.26 | 30.5 | 7.6 | 0.33 | 53.8 | 24.1 | 96.2 | 36.0 | 17.7 | 0.125 | 0.641 | ND    | 0.755 |
|    | 3.0-3.2 | 1.51 | 33.1 | 7.4 | 0.35 | 44.4 | 20.1 | 94.0 | 37.4 | 18.3 | 0.109 | 0.467 | ND    | ND    |
|    | 3.5-3.7 | 1.08 | 28.9 | 7.1 | 0.31 | 42.6 | 15.8 | 100  | 39.0 | 15.7 | 0.093 | 0.713 | ND    | 0.653 |
|    | 4.0-4.2 | 1.28 | 32.5 | 7.5 | 0.31 | 45.1 | 19.1 | 91.8 | 31.9 | 16.0 | 0.113 | 0.582 | 0.149 | 1.10  |
|    | 4.5-4.7 | 1.42 | 22.1 | 7.7 | 0.29 | 36.6 | 22.8 | 90.8 | 37.4 | 16.6 | 0.119 | 0.546 | ND    | 0.528 |
|    | 5.0-5.2 | 1.30 | 17.0 | 7.3 | 0.27 | 38.2 | 17.7 | 89.7 | 38.6 | 18.4 | 0.095 | 0.644 | 0.327 | 0.600 |
|    | 5.5-5.7 | 1.23 | 14.9 | 7.7 | 0.21 | 30.5 | 15.2 | 87.7 | 37.7 | 17.2 | 0.104 | 0.623 | 0.164 | 0.989 |
|    | 6.0-6.2 | 1.35 | 16.0 | 7.4 | 0.15 | 26.7 | 19.6 | 85.4 | 31.5 | 15.6 | 0.097 | 0.523 | 0.466 | 1.29  |

| 站位 | 层次 m    | 有机碳  | 石油类  | 硫化物 | Cd   | Cr   | Pb   | Zn   | Cu   | As   | Hg    | 六六六   | DDT   | 多氯联苯  |
|----|---------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| 31 | 0-0.2   | 1.36 | 43.5 | 7.3 | 0.28 | 76.9 | 16.4 | 133  | 37.6 | 19.1 | 0.232 | 0.445 | 0.319 | 1.00  |
| 32 | 0-0.2   | 1.37 | 62.6 | 7.4 | 0.23 | 68.4 | 16.0 | 102  | 40.5 | 19.7 | 0.237 | 0.759 | 0.436 | ND    |
| 33 | 0-0.2   | 1.29 | 98.8 | 7.3 | 0.27 | 52.6 | 18.5 | 125  | 31.7 | 19.8 | 0.213 | 0.550 | 0.273 | 1.95  |
| 34 | 0-0.2   | 0.93 | 60.3 | 4.5 | 0.64 | 69.6 | 27.1 | 119  | 32.6 | 17.9 | 0.177 | 0.504 | 0.786 | 0.983 |
|    | 0.5-0.7 | 1.00 | 58.2 | 4.7 | 0.61 | 63.7 | 27.3 | 112  | 27.9 | 13.6 | 0.170 | 0.372 | 0.711 | ND    |
|    | 1.0-1.2 | 1.11 | 53.9 | 4.6 | 0.58 | 52.2 | 26.7 | 113  | 28.2 | 17.0 | 0.139 | 0.628 | 1.82  | 0.588 |
|    | 1.5-1.7 | 1.06 | 56.7 | 4.1 | 0.54 | 54.2 | 22.6 | 110  | 33.9 | 9.94 | 0.148 | 0.418 | ND    | 1.67  |
|    | 2.0-2.2 | 1.17 | 56.7 | 4.8 | 0.51 | 42.0 | 33.0 | 97.9 | 35.6 | 17.1 | 0.172 | 0.680 | 0.185 | 0.927 |
|    | 2.2-2.7 | 1.02 | 46.0 | 4.0 | 0.47 | 48.7 | 25.0 | 106  | 29.4 | 17.5 | 0.173 | 0.381 | ND    | 0.878 |
|    | 3.0-3.2 | 0.88 | 42.0 | 4.6 | 0.43 | 30.9 | 26.9 | 110  | 34.0 | 17.0 | 0.185 | 0.432 | 0.620 | 1.04  |
|    | 3.5-3.7 | 1.09 | 45.5 | 4.3 | 0.32 | 36.9 | 23.5 | 91.2 | 38.3 | 15.4 | 0.183 | 0.404 | ND    | 1.48  |
|    | 4.0-4.2 | 1.31 | 46.3 | 4.5 | 0.27 | 50.7 | 30.3 | 111  | 38.3 | 17.7 | 0.137 | 0.454 | ND    | 0.711 |
|    | 4.5-4.7 | 1.27 | 47.1 | 4.8 | 0.24 | 40.6 | 25.5 | 109  | 32.6 | 17.2 | 0.168 | 0.509 | 0.440 | 0.774 |
|    | 5.0-5.2 | 1.07 | 29.9 | 4.4 | 0.23 | 33.4 | 20.8 | 98.3 | 39.1 | 16.4 | 0.137 | ND    | ND    | 0.622 |
|    | 5.5-5.7 | 1.27 | 32.4 | 4.4 | 0.25 | 36.1 | 25.9 | 98.3 | 32.6 | 17.2 | 0.147 | 0.349 | ND    | 1.09  |
|    | 6.0-6.2 | 1.14 | 30.4 | 4.6 | 0.23 | 30.3 | 22.9 | 112  | 30.4 | 16.5 | 0.146 | 1.30  | ND    | ND    |
|    | 6.5-6.7 | 0.93 | 30.3 | 4.8 | 0.16 | 25.6 | 31.5 | 91.0 | 29.2 | 16.7 | 0.170 | 0.503 | ND    | 1.10  |
|    | 7.0-7.2 | 1.00 | 14.0 | 4.1 | 0.14 | 32.5 | 30.1 | 101  | 31.1 | 17.1 | 0.158 | 0.454 | ND    | 0.512 |
|    | 7.5-7.7 | 1.19 | 17.5 | 4.6 | 0.09 | 28.8 | 27.6 | 94.7 | 36.2 | 15.4 | 0.159 | 0.536 | ND    | 0.891 |
|    | 8.0-8.1 | 1.10 | 15.3 | 4.2 | 0.07 | 34.7 | 28.6 | 109  | 33.0 | 16.0 | 0.144 | 0.525 | ND    | 0.802 |

| 站位 | 层次 m    | 有机碳  | 石油类  | 硫化物 | Cd   | Cr   | Ph   | Zn   | Cu   | As   | Hg    | 六六六   | DDT   | 多氯联苯  |
|----|---------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| 35 | 0-0.2   | 0.65 | 10.8 | 0.5 | 0.31 | 61.0 | 25.3 | 91.1 | 33.5 | 14.3 | 0.150 | 0.248 | 0.209 | 0.492 |
| 36 | 0-0.2   | 0.62 | 15.8 | 0.7 | 0.26 | 54.1 | 33.3 | 105  | 32.7 | 17.2 | 0.185 | 0.485 | ND    | ND    |
| 37 | 0-0.2   | 0.64 | 8.5  | 0.8 | 0.24 | 63.8 | 26.5 | 95.9 | 28.9 | 13.6 | 0.157 | ND    | ND    | ND    |
| 38 | 0-0.2   | 0.80 | 14.1 | 0.7 | 0.36 | 60.5 | 30.4 | 105  | 33.9 | 16.1 | 0.193 | 0.545 | ND    | 2.58  |
|    | 0.5-0.7 | 0.70 | 15.5 | 0.5 | 0.31 | 71.0 | 28.0 | 103  | 36.7 | 17.3 | 0.200 | 0.577 | 0.150 | 0.645 |
|    | 1.0-1.2 | 0.76 | 13.4 | 0.6 | 0.30 | 62.4 | 33.1 | 105  | 36.6 | 16.1 | 0.150 | 0.354 | 0.130 | 0.914 |
|    | 1.5-1.7 | 0.71 | 13.6 | 0.5 | 0.27 | 40.6 | 23.6 | 95.8 | 37.3 | 9.79 | 0.197 | ND    | ND    | 0.858 |
|    | 2.0-2.2 | 0.69 | 10.2 | 0.6 | 0.22 | 53.4 | 26.9 | 102  | 31.8 | 14.8 | 0.167 | ND    | ND    | 0.781 |
|    | 2.5-2.7 | 0.64 | 12.0 | 0.8 | 0.21 | 38.1 | 22.4 | 111  | 33.5 | 13.1 | 0.135 | ND    | ND    | 0.818 |
|    | 3.0-3.2 | 0.72 | 12.2 | 1.0 | 0.23 | 41.9 | 32.4 | 93.5 | 32.3 | 13.3 | 0.181 | ND    | ND    | 1.00  |
|    | 3.5-3.7 | 0.61 | 11.0 | 0.7 | 0.20 | 42.5 | 27.9 | 112  | 29.9 | 16.6 | 0.146 | 0.406 | 0.243 | 1.42  |
|    | 4.0-4.2 | 0.67 | 11.4 | 0.7 | 0.21 | 39.7 | 27.1 | 92.3 | 38.5 | 14.2 | 0.166 | ND    | 0.254 | 1.14  |
|    | 4.5-4.7 | 0.65 | 11.9 | 0.7 | 0.24 | 32.5 | 29.8 | 100  | 30.0 | 9.50 | 0.193 | 0.434 | 0.141 | 1.54  |
|    | 5.0-5.2 | 0.67 | 10.9 | 0.7 | 0.17 | 50.3 | 26.6 | 109  | 29.0 | 16.3 | 0.165 | 0.462 | ND    | 1.13  |
|    | 5.5-5.7 | 0.61 | 4.1  | 1.0 | 0.23 | 25.0 | 28.9 | 95.9 | 27.8 | 15.2 | 0.137 | 0.297 | ND    | 1.43  |
|    | 6.0-6.2 | 0.65 | 3.5  | 0.8 | 0.20 | 22.2 | 25.8 | 94.7 | 27.8 | 15.1 | 0.182 | 0.255 | ND    | 0.948 |
|    | 6.5-6.7 | 0.65 | 4.7  | 0.5 | 0.15 | 30.8 | 27.3 | 112  | 37.5 | 15.7 | 0.164 | 0.367 | 0.216 | 1.50  |
|    | 7.0-7.2 | 0.72 | 3.7  | 0.7 | 0.13 | 36.0 | 33.0 | 103  | 37.6 | 16.8 | 0.165 | ND    | ND    | 1.17  |
|    | 7.5-7.7 | 0.64 | 5.0  | 1.0 | 0.09 | 41.1 | 29.4 | 89.9 | 36.6 | 8.84 | 0.183 | 0.259 | ND    | 0.766 |
|    | 8.0-8.2 | 0.60 | 4.5  | 0.5 | 0.13 | 34.9 | 28.0 | 105  | 33.7 | 17.2 | 0.147 | 0.291 | ND    | 1.54  |
|    | 8.5-8.7 | 0.69 | 3.5  | 0.7 | 0.11 | 27.4 | 24.2 | 100  | 35.2 | 16.9 | 0.154 | ND    | ND    | 1.55  |

| 站位 | 层次 m       | 有机碳  | 石油类  | 硫化物 | Cd   | Cr   | Pb   | Zn   | Cu   | As   | Hg    | 六六六   | DDT   | 多氯联苯  |
|----|------------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
|    | 9.0-9.2    | 0.58 | 3.8  | 0.8 | 0.09 | 21.2 | 24.9 | 93.5 | 28.8 | 14.1 | 0.160 | 0.267 | ND    | 1.73  |
|    | 9.5-9.7    | 0.57 | 4.7  | 0.6 | 0.06 | 20.6 | 24.3 | 95.9 | 33.4 | 13.4 | 0.198 | 0.294 | 0.138 | 1.46  |
|    | 10.0-10.2  | 0.45 | 4.1  | 0.6 | 0.07 | 27.8 | 28.7 | 109  | 39.1 | 15.8 | 0.154 | 0.417 | 0.132 | 1.85  |
|    | 10.5-10.56 | 0.36 | 4.6  | 0.7 | 0.06 | 23.4 | 25.8 | 91.0 | 29.6 | 7.57 | 0.160 | 0.284 | 0.135 | 1.33  |
| 39 | 0-0.2      | 0.76 | 13.5 | 0.6 | 0.28 | 64.1 | 21.3 | 98.5 | 26.3 | 16.2 | 0.127 | 0.278 | ND    | 1.04  |
| 40 | 0-0.2      | 0.68 | 112  | 0.8 | 0.29 | 68.6 | 16.1 | 75.9 | 25.3 | 18.5 | 0.102 | ND    | ND    | ND    |
| 41 | 0-0.2      | 1.56 | 103  | 2.6 | 0.64 | 54.2 | 25.6 | 81.9 | 26.3 | 18.8 | 0.102 | 0.221 | 0.219 | ND    |
|    | 0.5-0.7    | 1.45 | 99.6 | 2.7 | 0.51 | 64.6 | 23.9 | 82.7 | 22.8 | 17.4 | 0.132 | 0.254 | ND    | 0.769 |
|    | 1.0-1.2    | 1.55 | 99.7 | 2.1 | 0.40 | 49.3 | 19.2 | 93.5 | 23.4 | 15.5 | 0.111 | 0.348 | ND    | 0.699 |
|    | 1.5-1.7    | 1.40 | 96.7 | 2.5 | 0.32 | 42.6 | 19.3 | 79.9 | 31.5 | 16.0 | 0.098 | 0.411 | ND    | 0.593 |
|    | 2.0-2.2    | 1.30 | 93.5 | 2.9 | 0.29 | 55.2 | 21.4 | 77.8 | 25.8 | 16.1 | 0.139 | 0.426 | ND    | 0.683 |
| 42 | 0-0.2      | 1.34 | 52.0 | 2.4 | 0.59 | 78.4 | 37.2 | 162  | 44.4 | 19.6 | 0.154 | 0.302 | ND    | ND    |
| 43 | 0-0.2      | 1.36 | 89.5 | 2.2 | 0.62 | 70.7 | 45.9 | 134  | 42.6 | 19.4 | 0.158 | 0.377 | 0.228 | 0.954 |
| 44 | 0-0.2      | 1.35 | 59.7 | 2.8 | 0.55 | 66.3 | 34.4 | 152  | 37.7 | 19.6 | 0.121 | 0.784 | ND    | ND    |
| 45 | 0-0.2      | 1.30 | 53.0 | 2.5 | 0.56 | 66.0 | 41.5 | 141  | 33.4 | 19.5 | 0.117 | 0.561 | 0.442 | 2.36  |
| 46 | 0-0.2      | 1.77 | 317  | 3.8 | 0.57 | 77.7 | 51.8 | 168  | 45.3 | 18.8 | 0.163 | 0.454 | ND    | 1.09  |
|    | 0.5-0.7    | 1.68 | 311  | 3.7 | 0.46 | 73.0 | 47.9 | 131  | 36.9 | 18.5 | 0.148 | 0.470 | 0.130 | 0.907 |
|    | 1.0-1.2    | 1.71 | 296  | 3.6 | 0.38 | 61.3 | 49.1 | 156  | 41.8 | 14.9 | 0.131 | 0.459 | ND    | 0.501 |
|    | 1.5-1.7    | 1.68 | 261  | 3.9 | 0.36 | 64.8 | 40.7 | 156  | 32.2 | 14.0 | 0.176 | 0.374 | ND    | 0.806 |
|    | 2.0-2.2    | 1.66 | 252  | 3.1 | 0.21 | 50.2 | 44.5 | 129  | 33.8 | 14.2 | 0.177 | 0.382 | 0.549 | 0.781 |
|    | 2.5-2.7    | 1.52 | 259  | 3.5 | 0.24 | 70.6 | 40.9 | 158  | 40.9 | 9.94 | 0.143 | 0.372 | 0.460 | 0.576 |

| 站位 | 层次 m     | 有机碳  | 石油类  | 硫化物 | Cd   | Cr   | Pb   | Zn  | Cu   | As   | Hg    | 六六六   | DDT   | 多氯联苯  |
|----|----------|------|------|-----|------|------|------|-----|------|------|-------|-------|-------|-------|
|    | 3.0-3.2  | 1.64 | 155  | 3.6 | 0.22 | 61.3 | 42.5 | 151 | 41.9 | 9.91 | 0.144 | 0.428 | 0.190 | 1.16  |
|    | 3.5-3.7  | 1.74 | 147  | 3.4 | 0.14 | 40.6 | 40.0 | 138 | 33.8 | 10.2 | 0.182 | 0.417 | 0.304 | ND    |
|    | 4.0-4.2  | 1.56 | 148  | 3.3 | 0.15 | 29.2 | 41.1 | 135 | 33.8 | 17.0 | 0.148 | 0.416 | 0.115 | 0.826 |
|    | 4.5-4.7  | 1.59 | 138  | 3.8 | 0.07 | 32.1 | 38.1 | 131 | 42.1 | 10.8 | 0.155 | 0.212 | 0.346 | 0.622 |
|    | 5.0-5.2  | 1.47 | 83.7 | 4.0 | 0.10 | 42.2 | 40.5 | 146 | 38.9 | 15.8 | 0.162 | 0.269 | 0.658 | 0.611 |
|    | 5.5-5.7  | 1.40 | 86.0 | 3.4 | 0.08 | 44.2 | 43.4 | 132 | 36.4 | 10.0 | 0.130 | 0.339 | 0.182 | ND    |
|    | 6.0-6.14 | 1.51 | 84.1 | 3.5 | 0.08 | 34.5 | 47.7 | 156 | 40.3 | 16.0 | 0.146 | 0.363 | 0.142 | 0.830 |
| 47 | 0-0.2    | 1.30 | 87.1 | 2.4 | 0.43 | 66.8 | 36.9 | 155 | 32.0 | 19.2 | 0.154 | 0.504 | 0.388 | 0.588 |
| 48 | 0-0.2    | 1.36 | 96.4 | 2.6 | 0.48 | 71.4 | 48.4 | 146 | 33.8 | 18.4 | 0.167 | 0.272 | 0.202 | ND    |
|    | 0.5-0.7  | 1.52 | 83.7 | 2.5 | 0.37 | 74.5 | 43.3 | 148 | 40.6 | 16.6 | 0.134 | 0.284 | ND    | ND    |
|    | 1.0-1.2  | 1.25 | 65.9 | 2.2 | 0.26 | 67.2 | 40.9 | 141 | 31.9 | 17.6 | 0.154 | ND    | ND    | 0.576 |
|    | 1.5-1.7  | 1.51 | 57.6 | 2.7 | 0.24 | 70.6 | 36.0 | 133 | 39.4 | 14.2 | 0.134 | 0.370 | ND    | 0.710 |
|    | 2.0-2.12 | 1.42 | 46.2 | 2.8 | 0.18 | 61.0 | 42.2 | 129 | 40.0 | 17.5 | 0.156 | 0.283 | ND    | 0.928 |
| 49 | 0-0.2    | 1.35 | 104  | 2.6 | 0.46 | 74.2 | 41.1 | 142 | 38.0 | 18.8 | 0.154 | 0.400 | ND    | 2.34  |
| 50 | 0-0.2    | 1.36 | 88.8 | 2.4 | 0.46 | 72.8 | 46.6 | 145 | 39.6 | 18.0 | 0.170 | ND    | ND    | 0.630 |
|    | 0.5-0.7  | 1.30 | 72.8 | 2.7 | 0.40 | 65.0 | 43.5 | 144 | 37.6 | 14.5 | 0.172 | ND    | ND    | 0.805 |
|    | 1.0-1.2  | 1.47 | 85.8 | 2.7 | 0.38 | 43.9 | 38.8 | 140 | 35.8 | 17.2 | 0.168 | ND    | ND    | 0.898 |
|    | 1.5-1.7  | 1.23 | 68.0 | 2.8 | 0.30 | 58.6 | 37.8 | 156 | 41.8 | 17.6 | 0.142 | ND    | ND    | 0.898 |
|    | 2.0-2.2  | 1.50 | 55.6 | 2.4 | 0.24 | 59.5 | 40.3 | 135 | 37.6 | 17.2 | 0.141 | 0.356 | ND    | 0.656 |
|    | 2.5-2.7  | 1.37 | 57.2 | 2.7 | 0.28 | 51.8 | 41.0 | 130 | 37.8 | 15.0 | 0.166 | 0.646 | ND    | 0.856 |
|    | 3.0-3.2  | 1.45 | 50.3 | 2.8 | 0.20 | 42.1 | 44.0 | 151 | 37.0 | 17.2 | 0.142 | 0.372 | ND    | ND    |

| 站位 | 层次 m     | 有机碳  | 石油类  | 硫化物 | Cd   | Cr   | Pb   | Zn   | Cu   | As   | Hg    | 六六六   | DDT   | 多氯联苯  |
|----|----------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
|    | 3.5-3.7  | 1.24 | 47.0 | 2.5 | 0.15 | 44.8 | 41.2 | 145  | 36.2 | 13.2 | 0.143 | 0.452 | ND    | ND    |
|    | 4.0-4.2  | 1.23 | 37.6 | 2.4 | 0.10 | 35.8 | 46.6 | 130  | 40.7 | 13.6 | 0.146 | ND    | ND    | 0.522 |
|    | 4.5-4.7  | 1.53 | 35.3 | 2.6 | 0.08 | 46.0 | 40.1 | 133  | 39.4 | 14.2 | 0.170 | 0.440 | ND    | 0.670 |
|    | 5.0-5.2  | 1.32 | 20.2 | 2.0 | 0.08 | 44.2 | 41.8 | 138  | 39.2 | 16.4 | 0.156 | ND    | ND    | 0.622 |
|    | 5.5-5.7  | 1.48 | 18.7 | 2.5 | 0.06 | 39.8 | 38.2 | 131  | 37.3 | 17.4 | 0.165 | ND    | ND    | 0.923 |
| 51 | 0-0.2    | 1.40 | 57.4 | 2.6 | 0.39 | 64.2 | 40.0 | 138  | 37.9 | 13.2 | 0.162 | 0.298 | 0.218 | 1.40  |
| 52 | 0-0.2    | 1.32 | 60.0 | 2.8 | 0.43 | 69.2 | 48.1 | 132  | 38.0 | 18.1 | 0.162 | 0.780 | ND    | ND    |
| 53 | 0-0.2    | 1.37 | 161  | 2.6 | 0.32 | 79.7 | 43.5 | 140  | 38.2 | 17.3 | 0.174 | 0.604 | ND    | 0.596 |
| 54 | 0-0.2    | 1.56 | 164  | 2.2 | 0.44 | 79.4 | 37.8 | 134  | 40.9 | 17.7 | 0.148 | 0.410 | 0.182 | 0.752 |
|    | 0.5-0.6  | 1.32 | 160  | 2.0 | 0.36 | 72.8 | 32.1 | 124  | 33.9 | 13.1 | 0.118 | 0.389 | 0.725 | 0.830 |
| 55 | 0-0.2    | 1.60 | 179  | 2.3 | 0.42 | 69.9 | 46.8 | 110  | 31.6 | 15.3 | 0.148 | 0.447 | 0.259 | 1.86  |
| 56 | 0-0.2    | 1.49 | 148  | 2.2 | 0.46 | 63.2 | 35.6 | 123  | 38.9 | 17.8 | 0.110 | 0.586 | ND    | 1.94  |
| 57 | 0-0.2    | 1.59 | 418  | 1.8 | 0.67 | 78.7 | 49.3 | 129  | 41.3 | 18.4 | 0.184 | 0.357 | ND    | 0.873 |
|    | 0.5-0.7  | 1.41 | 363  | 1.9 | 0.52 | 62.9 | 37.8 | 97.2 | 38.4 | 17.8 | 0.198 | ND    | ND    | 0.553 |
|    | 1.0-1.2  | 1.69 | 310  | 1.6 | 0.41 | 67.0 | 42.3 | 123  | 28.9 | 16.5 | 0.174 | ND    | ND    | 0.909 |
|    | 1.5-1.7  | 1.32 | 314  | 1.1 | 0.34 | 70.3 | 35.2 | 120  | 39.4 | 12.4 | 0.192 | 0.369 | ND    | 0.950 |
|    | 2.0-2.2  | 1.60 | 208  | 1.2 | 0.23 | 62.7 | 44.6 | 120  | 31.0 | 14.4 | 0.154 | ND    | ND    | 1.29  |
|    | 2.5-2.58 | 1.43 | 159  | 1.6 | 0.16 | 58.5 | 40.0 | 123  | 34.5 | 10.9 | 0.177 | 0.505 | ND    | 1.08  |
| 58 | 0-0.2    | 1.29 | 77.6 | 5.7 | 0.54 | 72.2 | 40.7 | 114  | 33.1 | 8.38 | 0.176 | 0.243 | 0.192 | 2.41  |
| 59 | 0-0.2    | 1.44 | 54.5 | 5.5 | 0.54 | 73.4 | 40.9 | 120  | 37.0 | 13.3 | 0.157 | 0.502 | 0.751 | ND    |
| 60 | 0-0.2    | 1.54 | 56.3 | 5.8 | 0.54 | 68.2 | 43.0 | 106  | 36.6 | 18.6 | 0.175 | 0.847 | 1.55  | 0.837 |

| 站位 | 层次 m     | 有机碳  | 石油类  | 硫化物 | Cd   | Cr   | Pb   | Zn   | Cu   | As   | Hg    | 六六六   | DDT   | 多氯联苯  |
|----|----------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| 61 | 0-0.2    | 1.25 | 52.5 | 5.3 | 0.52 | 65.4 | 43.1 | 111  | 33.5 | 17.5 | 0.136 | 0.485 | ND    | 0.632 |
|    | 0.5-0.7  | 1.37 | 51.3 | 5.4 | 0.42 | 70.5 | 34.7 | 116  | 29.8 | 10.4 | 0.144 | 0.510 | 0.745 | 0.850 |
|    | 1.0-1.2  | 1.26 | 56.3 | 5.3 | 0.37 | 72.9 | 34.8 | 107  | 38.5 | 17.0 | 0.161 | 0.418 | 0.196 | 0.799 |
|    | 1.5-1.7  | 1.34 | 48.0 | 5.7 | 0.27 | 58.3 | 44.7 | 107  | 31.0 | 11.9 | 0.196 | 0.567 | 0.850 | 1.30  |
|    | 2.0-2.2  | 1.52 | 50.4 | 5.9 | 0.22 | 62.2 | 45.5 | 107  | 36.7 | 13.4 | 0.147 | 0.274 | 0.730 | 0.591 |
|    | 2.5-2.7  | 1.40 | 34.4 | 5.4 | 0.15 | 53.3 | 37.9 | 116  | 36.5 | 15.4 | 0.193 | 0.488 | ND    | 0.724 |
|    | 3.0-3.2  | 1.18 | 35.6 | 5.2 | 0.17 | 45.6 | 35.7 | 99.8 | 29.0 | 11.5 | 0.160 | 0.283 | 0.336 | 1.16  |
|    | 3.5-3.7  | 1.43 | 37.5 | 5.6 | 0.13 | 41.8 | 40.7 | 123  | 29.2 | 13.8 | 0.172 | 0.486 | 0.413 | 1.16  |
|    | 4.0-4.2  | 1.46 | 35.9 | 5.1 | 0.12 | 36.4 | 43.4 | 119  | 32.8 | 13.6 | 0.168 | 0.360 | 0.847 | 1.48  |
|    | 4.5-4.7  | 1.23 | 40.8 | 5.0 | 0.11 | 47.9 | 44.2 | 105  | 35.9 | 14.0 | 0.152 | 0.244 | ND    | ND    |
|    | 5.0-5.2  | 1.41 | 14.0 | 5.8 | 0.09 | 55.3 | 38.9 | 111  | 33.7 | 10.0 | 0.180 | 0.322 | ND    | 0.592 |
|    | 5.5-5.7  | 1.20 | 13.3 | 5.9 | 0.10 | 49.1 | 40.8 | 103  | 38.0 | 8.72 | 0.175 | 0.355 | ND    | 2.02  |
|    | 6.0-6.2  | 1.36 | 17.0 | 5.4 | 0.08 | 40.3 | 46.9 | 115  | 34.0 | 6.84 | 0.167 | 0.397 | ND    | 1.04  |
|    | 6.5-6.62 | 1.31 | 10.3 | 5.6 | 0.06 | 42.9 | 36.6 | 119  | 37.5 | 8.99 | 0.164 | 0.450 | ND    | 1.10  |
| 62 | 0-0.2    | 1.53 | 73.4 | 5.5 | 0.46 | 68.0 | 35.2 | 113  | 38.4 | 19.4 | 0.159 | ND    | ND    | 1.40  |
|    | 0.5-0.7  | 1.48 | 65.3 | 5.6 | 0.35 | 73.6 | 39.6 | 110  | 36.2 | 16.8 | 0.149 | 0.198 | ND    | 0.892 |
|    | 1.0-1.2  | 1.48 | 67.6 | 5.3 | 0.21 | 60.7 | 42.1 | 115  | 37.6 | 18.5 | 0.170 | 0.282 | ND    | 0.772 |
|    | 1.5-1.7  | 1.60 | 70.2 | 5.4 | 0.18 | 54.0 | 40.7 | 106  | 35.5 | 12.8 | 0.183 | ND    | ND    | 1.12  |
|    | 2.0-2.2  | 1.62 | 54.6 | 5.6 | 0.16 | 46.9 | 40.3 | 100  | 34.3 | 14.4 | 0.164 | 0.480 | ND    | 1.14  |
|    | 2.5-2.7  | 1.41 | 48.9 | 5.4 | 0.12 | 39.0 | 39.8 | 108  | 32.6 | 12.2 | 0.140 | 0.364 | ND    | 0.734 |
|    | 3.0-3.2  | 1.35 | 55.6 | 5.6 | 0.08 | 52.6 | 40.0 | 108  | 35.5 | 16.0 | 0.168 | 0.456 | ND    | 1.00  |

| 站位 | 层次 m    | 有机碳  | 石油类  | 硫化物 | Cd   | Cr   | Pb   | Zn   | Cu   | As   | Hg    | 六六六   | DDT   | 多氯联苯  |
|----|---------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
|    | 3.5-3.7 | 1.40 | 55.2 | 5.3 | 0.11 | 57.2 | 39.1 | 113  | 33.6 | 15.3 | 0.170 | 0.670 | 0.242 | 0.764 |
|    | 4.0-4.2 | 1.58 | 41.8 | 5.4 | 0.08 | 43.0 | 46.0 | 106  | 34.5 | 16.4 | 0.158 | 0.468 | ND    | ND    |
| 63 | 0-0.2   | 1.17 | 58.7 | 5.6 | 0.46 | 44.6 | 45.1 | 98.5 | 33.8 | 18.8 | 0.171 | 0.224 | 0.192 | 0.550 |
| 64 | 0-0.2   | 1.40 | 52.0 | 5.3 | 0.52 | 77.2 | 49.4 | 137  | 42.7 | 18.7 | 0.136 | 1.11  | 1.26  | 0.472 |
| 65 | 0-0.2   | 1.52 | 61.1 | 9.9 | 0.42 | 72.3 | 41.4 | 122  | 34.7 | 19.3 | 0.148 | 0.715 | 0.735 | 1.68  |
| 66 | 0-0.2   | 1.53 | 56.2 | 9.4 | 0.38 | 67.7 | 43.6 | 138  | 37.4 | 19.5 | 0.134 | ND    | ND    | ND    |
|    | 0.5-0.6 | 1.71 | 55.1 | 9.6 | 0.26 | 63.5 | 47.0 | 109  | 37.0 | 18.0 | 0.154 | 0.609 | 0.221 | ND    |
| 67 | 0-0.2   | 1.69 | 53.1 | 9.7 | 0.41 | 59.8 | 44.2 | 110  | 37.6 | 18.7 | 0.125 | 0.379 | 0.666 | 1.51  |
| 68 | 0-0.2   | 1.49 | 46.3 | 9.4 | 0.41 | 78.6 | 32.5 | 126  | 44.8 | 19.4 | 0.127 | 0.774 | 0.416 | 1.11  |
| 69 | 0-0.2   | 1.24 | 102  | 9.7 | 0.46 | 72.2 | 40.9 | 115  | 31.5 | 18.2 | 0.122 | 0.644 | 0.178 | 0.737 |
|    | 0.5-0.7 | 1.28 | 100  | 9.4 | 0.43 | 68.3 | 42.5 | 102  | 36.6 | 16.7 | 0.101 | 0.580 | 0.270 | 0.932 |
|    | 1.0-1.2 | 1.42 | 105  | 9.6 | 0.37 | 63.6 | 42.0 | 107  | 39.1 | 14.8 | 0.132 | 0.258 | 0.140 | 0.589 |
|    | 1.5-1.7 | 1.47 | 100  | 9.0 | 0.34 | 54.9 | 27.5 | 107  | 36.6 | 12.5 | 0.139 | 0.349 | 0.191 | 0.889 |
|    | 2.0-2.2 | 1.33 | 84.2 | 9.2 | 0.33 | 50.3 | 31.7 | 120  | 40.9 | 16.9 | 0.099 | 0.303 | 0.151 | 0.982 |
|    | 2.5-2.7 | 1.08 | 86.3 | 9.7 | 0.29 | 61.0 | 42.6 | 111  | 39.6 | 16.8 | 0.115 | 0.509 | 0.277 | 0.821 |
|    | 3.0-3.2 | 1.12 | 78.6 | 9.7 | 0.26 | 63.4 | 34.5 | 112  | 37.5 | 18.6 | 0.113 | ND    | ND    | 1.08  |
|    | 3.5-3.7 | 1.25 | 83.0 | 9.9 | 0.23 | 70.7 | 33.2 | 109  | 35.5 | 13.4 | 0.106 | 0.508 | ND    | ND    |
|    | 4.0-4.2 | 1.35 | 62.6 | 9.3 | 0.20 | 65.4 | 32.3 | 101  | 34.1 | 17.4 | 0.120 | 0.211 | ND    | 0.641 |
|    | 4.5-4.7 | 1.19 | 58.0 | 9.5 | 0.22 | 54.3 | 31.6 | 100  | 40.2 | 13.8 | 0.122 | 0.254 | ND    | 0.655 |
|    | 5.0-5.2 | 1.58 | 58.2 | 9.4 | 0.19 | 59.6 | 44.5 | 115  | 34.9 | 18.1 | 0.110 | 0.314 | ND    | ND    |
|    | 5.5-5.7 | 1.40 | 61.7 | 9.6 | 0.15 | 47.1 | 35.3 | 109  | 33.0 | 18.7 | 0.102 | 0.356 | ND    | 0.585 |

| 站位 | 层次 m      | 有机碳  | 石油类  | 硫化物 | Cd   | Cr   | Pb   | Zn   | Cu   | As   | Hg    | 六六六   | DDT   | 多氯联苯  |
|----|-----------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
|    | 6.0-6.2   | 1.14 | 51.9 | 9.7 | 0.12 | 39.6 | 36.2 | 117  | 37.9 | 18.8 | 0.106 | 0.285 | 0.432 | 0.720 |
|    | 6.5-6.7   | 1.45 | 47.9 | 9.7 | 0.11 | 50.8 | 30.1 | 116  | 36.3 | 18.0 | 0.123 | 0.549 | ND    | 1.08  |
|    | 7.0-7.2   | 1.39 | 49.7 | 9.5 | 0.12 | 67.5 | 30.3 | 115  | 38.9 | 18.2 | 0.131 | 0.421 | ND    | ND    |
|    | 7.5-7.7   | 1.43 | 46.5 | 9.6 | 0.09 | 55.5 | 41.1 | 100  | 41.7 | 14.5 | 0.104 | 0.339 | ND    | ND    |
|    | 8.0-8.2   | 1.55 | 38.1 | 9.3 | 0.06 | 45.7 | 31.5 | 99.0 | 34.9 | 13.6 | 0.112 | 0.380 | ND    | 0.590 |
|    | 8.5-8.7   | 1.43 | 38.5 | 9.9 | 0.05 | 64.1 | 41.5 | 118  | 42.5 | 18.0 | 0.105 | ND    | ND    | 0.975 |
|    | 9.0-9.2   | 1.53 | 39.0 | 9.4 | 0.06 | 51.9 | 30.6 | 106  | 41.8 | 13.0 | 0.115 | 0.326 | ND    | 0.589 |
|    | 9.5-9.7   | 1.55 | 39.9 | 9.6 | 0.06 | 42.6 | 33.2 | 118  | 39.2 | 17.2 | 0.103 | 0.280 | ND    | 1.17  |
|    | 10.0-10.2 | 1.15 | 37.7 | 9.7 | 0.05 | 36.8 | 35.7 | 106  | 42.7 | 18.2 | 0.118 | 0.375 | ND    | 0.782 |
| 70 | 0-0.2     | 1.55 | 103  | 9.2 | 0.40 | 69.5 | 37.7 | 106  | 40.2 | 18.9 | 0.130 | 0.814 | ND    | 0.767 |
|    | 0.5-0.7   | 1.29 | 98.9 | 9.8 | 0.28 | 53.3 | 27.8 | 104  | 31.2 | 15.5 | 0.136 | 0.329 | ND    | 0.793 |
|    | 1.0-1.2   | 1.64 | 97.0 | 9.1 | 0.23 | 61.5 | 32.1 | 101  | 42.1 | 14.4 | 0.115 | 1.20  | ND    | 1.03  |
|    | 1.5-1.7   | 1.60 | 97.7 | 9.7 | 0.16 | 48.7 | 30.2 | 107  | 33.1 | 13.0 | 0.130 | 0.796 | ND    | 0.782 |
|    | 2.0-2.2   | 1.35 | 91.8 | 9.8 | 0.14 | 45.6 | 37.0 | 95.1 | 36.9 | 14.1 | 0.124 | 1.13  | ND    | 0.953 |
|    | 2.5-2.7   | 1.56 | 65.1 | 9.3 | 0.12 | 38.8 | 34.5 | 104  | 42.5 | 13.8 | 0.103 | 0.920 | ND    | 0.811 |
|    | 3.0-3.2   | 1.69 | 62.9 | 9.7 | 0.10 | 42.6 | 37.6 | 119  | 31.5 | 14.5 | 0.132 | 0.464 | ND    | 1.07  |
|    | 3.5-3.7   | 1.70 | 64.3 | 9.3 | 0.09 | 43.2 | 44.5 | 106  | 34.1 | 16.4 | 0.140 | 0.558 | ND    | 0.622 |
|    | 4.0-4.2   | 1.55 | 63.4 | 9.5 | 0.11 | 66.4 | 31.3 | 105  | 32.2 | 13.6 | 0.114 | 0.277 | ND    | 0.795 |
| 71 | 0-0.2     | 1.29 | 109  | 9.9 | 0.41 | 78.4 | 47.0 | 129  | 43.6 | 18.6 | 0.121 | 0.281 | 0.716 | 2.10  |
| 72 | 0-0.2     | 1.42 | 53.6 | 4.1 | 0.44 | 72.4 | 37.2 | 120  | 35.9 | 15.2 | 0.120 | 0.640 | 0.790 | ND    |
| 73 | 0-0.2     | 1.96 | 54.6 | 4.5 | 0.46 | 77.6 | 33.4 | 123  | 43.1 | 16.5 | 0.136 | 0.919 | 1.21  | 0.562 |

| 站位 | 层次 m     | 有机碳  | 石油类  | 硫化物 | Cd   | Cr   | Pb   | Zn   | Cu   | As   | Hg    | 六六六   | DDT   | 多氯联苯  |
|----|----------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| 74 | 0-0.2    | 1.45 | 43.7 | 4.6 | 0.45 | 70.2 | 32.9 | 111  | 33.8 | 14.7 | 0.106 | 1.10  | 1.66  | ND    |
| 75 | 0-0.2    | 1.64 | 53.3 | 4.7 | 0.44 | 74.2 | 37.7 | 112  | 37.5 | 14.1 | 0.156 | 0.422 | ND    | 0.654 |
|    | 0.5-0.7  | 1.55 | 52.1 | 4.0 | 0.34 | 65.5 | 39.9 | 122  | 33.7 | 13.5 | 0.143 | 0.884 | ND    | 1.02  |
|    | 1.0-1.2  | 1.62 | 50.6 | 4.8 | 0.30 | 62.5 | 31.3 | 100  | 38.5 | 16.3 | 0.118 | 0.559 | ND    | 0.542 |
|    | 1.5-1.7  | 1.47 | 45.2 | 4.8 | 0.24 | 70.9 | 30.7 | 116  | 36.1 | 19.0 | 0.158 | 0.160 | ND    | 0.796 |
|    | 2.0-2.2  | 1.51 | 41.8 | 4.3 | 0.26 | 56.6 | 42.3 | 113  | 40.1 | 19.2 | 0.122 | 0.384 | ND    | 0.725 |
|    | 2.5-2.7  | 1.41 | 34.7 | 4.8 | 0.22 | 61.1 | 30.9 | 116  | 38.1 | 18.9 | 0.114 | 0.374 | ND    | 1.13  |
|    | 3.0-3.2  | 1.81 | 32.9 | 4.9 | 0.19 | 51.4 | 38.7 | 105  | 35.0 | 14.9 | 0.120 | 1.76  | 0.352 | 0.844 |
|    | 3.5-3.7  | 1.50 | 35.0 | 4.4 | 0.16 | 34.1 | 32.8 | 116  | 42.6 | 13.6 | 0.123 | 0.594 | 0.157 | 0.989 |
|    | 4.0-4.2  | 1.60 | 23.9 | 4.2 | 0.14 | 55.5 | 36.6 | 125  | 34.6 | 18.3 | 0.107 | 0.582 | 0.358 | 0.536 |
|    | 4.5-4.7  | 1.59 | 23.3 | 4.3 | 0.16 | 48.8 | 39.9 | 103  | 33.5 | 15.0 | 0.129 | 0.618 | 0.407 | 0.497 |
|    | 5.0-5.2  | 1.85 | 19.3 | 4.1 | 0.12 | 43.1 | 36.7 | 114  | 35.2 | 13.0 | 0.119 | 1.19  | 0.346 | ND    |
|    | 5.5-5.7  | 1.71 | 21.5 | 4.7 | 0.11 | 47.3 | 29.8 | 119  | 41.2 | 19.3 | 0.161 | 1.43  | 0.448 | 1.06  |
|    | 6.0-6.2  | 1.89 | 20.4 | 4.6 | 0.08 | 43.4 | 41.3 | 118  | 37.8 | 12.1 | 0.147 | ND    | ND    | 0.742 |
|    | 6.5-6.7  | 1.50 | 11.3 | 4.6 | 0.09 | 29.5 | 37.1 | 103  | 44.8 | 14.7 | 0.132 | 0.353 | ND    | 0.958 |
|    | 7.0-7.2  | 1.71 | 10.6 | 4.8 | 0.06 | 33.8 | 28.4 | 112  | 42.0 | 14.1 | 0.130 | 2.34  | 0.520 | 0.879 |
|    | 7.5-7.54 | 1.74 | 9.5  | 4.7 | 0.07 | 41.9 | 32.5 | 122  | 38.6 | 13.0 | 0.144 | 0.231 | ND    | 0.785 |
| 76 | 0-0.2    | 1.08 | 62.6 | 3.7 | 0.49 | 53.8 | 37.1 | 116  | 35.9 | 15.3 | 0.134 | 0.406 | ND    | 1.21  |
| 77 | 0-0.2    | 1.06 | 58.9 | 3.8 | 0.47 | 63.4 | 33.2 | 108  | 41.8 | 16.6 | 0.153 | 0.403 | 0.256 | 0.653 |
| 78 | 0-0.2    | 1.23 | 76.7 | 3.1 | 0.51 | 76.7 | 54.1 | 120  | 46.8 | 15.1 | 0.118 | 0.501 | 0.578 | ND    |
| 79 | 0-0.2    | 1.02 | 84.6 | 3.5 | 0.49 | 74.2 | 40.7 | 97.8 | 41.5 | 15.8 | 0.104 | 0.815 | 0.119 | 0.486 |

| 站位 | 层次 m    | 有机碳  | 石油类  | 硫化物 | Cd   | Cr   | Pb   | Zn   | Cu   | As   | Hg    | 六六六   | DDT   | 多氯联苯  |
|----|---------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| 80 | 0-0.2   | 0.61 | 62.1 | 2.4 | 0.28 | 74.5 | 37.5 | 101  | 36.6 | 17.8 | 0.102 | ND    | ND    | 0.872 |
|    | 0.5-0.7 | 0.75 | 61.9 | 2.7 | 0.31 | 70.3 | 45.8 | 110  | 33.4 | 17.6 | 0.126 | ND    | ND    | 1.44  |
|    | 1.0-1.2 | 0.49 | 63.3 | 2.8 | 0.25 | 61.1 | 47.5 | 112  | 40.9 | 14.9 | 0.089 | 0.543 | ND    | 1.03  |
|    | 1.5-1.7 | 0.72 | 54.7 | 2.6 | 0.18 | 63.8 | 36.3 | 96.6 | 34.7 | 17.5 | 0.094 | 0.694 | ND    | 1.05  |
|    | 2.0-2.2 | 0.67 | 48.6 | 2.2 | 0.21 | 54.6 | 46.9 | 102  | 38.5 | 15.7 | 0.129 | ND    | ND    | 0.796 |
|    | 2.5-2.7 | 0.55 | 45.7 | 2.8 | 0.14 | 70.6 | 49.5 | 91.7 | 40.6 | 11.6 | 0.111 | 0.470 | ND    | 1.60  |
|    | 3.0-3.2 | 0.75 | 49.6 | 2.4 | 0.15 | 72.2 | 44.9 | 95.4 | 34.3 | 16.5 | 0.093 | 0.597 | ND    | 0.806 |
|    | 3.5-3.7 | 0.80 | 49.2 | 2.3 | 0.14 | 56.8 | 41.7 | 90.5 | 38.7 | 13.4 | 0.097 | ND    | ND    | 1.47  |
|    | 4.0-4.2 | 0.71 | 39.0 | 2.6 | 0.12 | 51.9 | 50.6 | 113  | 42.9 | 13.1 | 0.103 | 0.271 | ND    | 1.22  |
|    | 4.5-4.7 | 0.63 | 36.5 | 2.9 | 0.11 | 43.6 | 48.5 | 94.0 | 37.0 | 11.5 | 0.119 | 0.285 | ND    | 0.607 |
|    | 5.0-5.2 | 0.77 | 32.2 | 2.1 | 0.09 | 38.8 | 37.4 | 113  | 37.8 | 10.0 | 0.105 | 0.203 | ND    | 1.54  |
|    | 5.5-5.7 | 0.71 | 35.3 | 2.6 | 0.07 | 45.8 | 49.6 | 94.1 | 33.6 | 7.46 | 0.117 | ND    | ND    | 0.935 |
|    | 6.0-6.2 | 0.81 | 38.3 | 2.7 | 0.07 | 41.1 | 46.9 | 91.7 | 36.9 | 13.6 | 0.122 | 2.35  | 0.203 | 0.865 |
| 81 | 0-0.2   | 0.69 | 41.9 | 2.6 | 0.22 | 71.6 | 40.8 | 97.8 | 28.4 | 15.2 | 0.166 | 1.45  | 0.267 | 1.20  |
|    | 0.5-0.7 | 0.60 | 40.4 | 2.2 | 0.25 | 73.7 | 33.7 | 80.9 | 25.2 | 16.5 | 0.148 | 0.758 | 0.255 | 1.04  |
|    | 1.0-1.2 | 0.68 | 41.0 | 2.7 | 0.22 | 64.8 | 36.4 | 82.2 | 25.3 | 11.8 | 0.172 | 0.951 | ND    | 0.743 |
|    | 1.5-1.7 | 0.79 | 39.5 | 2.3 | 0.15 | 68.4 | 37.2 | 91.8 | 29.0 | 12.0 | 0.159 | 0.305 | ND    | 0.860 |
|    | 2.0-2.2 | 0.59 | 23.9 | 2.9 | 0.14 | 60.0 | 32.3 | 88.9 | 25.3 | 16.6 | 0.131 | 0.665 | ND    | 0.930 |
|    | 2.5-2.7 | 0.63 | 14.1 | 2.4 | 0.08 | 62.5 | 29.4 | 87.0 | 26.0 | 13.7 | 0.137 | 0.356 | ND    | ND    |
|    | 3.0-3.2 | 0.83 | 15.4 | 2.7 | 0.09 | 52.5 | 38.9 | 87.1 | 29.6 | 14.4 | 0.147 | ND    | ND    | ND    |
|    | 3.5-3.7 | 0.70 | 16.4 | 2.1 | 0.06 | 49.3 | 29.6 | 75.3 | 30.4 | 13.2 | 0.183 | 0.269 | ND    | 0.578 |

| 站位 | 层次 m    | 有机碳  | 石油类  | 硫化物 | Cd   | Cr   | Pb   | Zn   | Cu   | As   | Hg    | 六六六   | DDT   | 多氯联苯  |
|----|---------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| 82 | 0-0.2   | 0.50 | 51.2 | 2.0 | 0.28 | 66.1 | 30.9 | 81.3 | 26.4 | 17.6 | 0.158 | 0.397 | ND    | 0.613 |
| 83 | 0-0.2   | 1.32 | 114  | 8.7 | 0.50 | 77.6 | 33.7 | 123  | 47.0 | 18.8 | 0.153 | 0.160 | ND    | ND    |
| 84 | 0-0.2   | 1.18 | 113  | 8.6 | 0.51 | 78.6 | 32.4 | 112  | 43.4 | 19.5 | 0.131 | 0.468 | ND    | 0.618 |
| 85 | 0-0.2   | 1.06 | 106  | 8.1 | 0.54 | 74.3 | 42.5 | 103  | 38.1 | 19.3 | 0.118 | 0.774 | ND    | 0.999 |
|    | 0.5-0.7 | 0.91 | 94.2 | 8.3 | 0.45 | 63.0 | 29.9 | 114  | 42.5 | 15.7 | 0.124 | 0.464 | ND    | 0.509 |
|    | 1.0-1.2 | 0.87 | 74.7 | 8.5 | 0.38 | 57.2 | 43.0 | 111  | 39.9 | 18.4 | 0.139 | 0.579 | ND    | 0.793 |
|    | 1.5-1.7 | 1.00 | 75.0 | 8.7 | 0.28 | 64.4 | 43.5 | 95.1 | 39.0 | 17.0 | 0.140 | 0.334 | ND    | ND    |
|    | 2.0-2.2 | 0.89 | 52.3 | 8.6 | 0.23 | 52.1 | 32.8 | 95.0 | 41.6 | 17.3 | 0.137 | 0.291 | ND    | 0.965 |
|    | 2.5-2.7 | 0.98 | 38.4 | 8.4 | 0.17 | 48.9 | 38.7 | 117  | 40.0 | 15.8 | 0.114 | 1.20  | 0.348 | 1.02  |
| 86 | 0-0.2   | 1.49 | 82.9 | 2.0 | 0.30 | 54.4 | 32.5 | 113  | 40.0 | 19.0 | 0.144 | 0.598 | 0.272 | ND    |
| 87 | 0-0.2   | 1.40 | 89.7 | 2.7 | 0.35 | 64.1 | 32.7 | 114  | 35.6 | 18.1 | 0.147 | 0.309 | 0.297 | 0.908 |
| 88 | 0-0.2   | 1.08 | 53.0 | 0.6 | 0.46 | 76.0 | 55.6 | 119  | 46.1 | 19.1 | 0.150 | 0.503 | ND    | ND    |
| 89 | 0-0.2   | 1.11 | 65.0 | 0.6 | 0.41 | 73.4 | 42.0 | 93.6 | 35.7 | 19.0 | 0.159 | 0.321 | ND    | 1.03  |
|    | 0.5-0.7 | 1.09 | 49.9 | 0.8 | 0.34 | 69.4 | 47.0 | 103  | 40.7 | 17.5 | 0.118 | 0.527 | 0.515 | 1.14  |
|    | 1.0-1.2 | 1.19 | 36.7 | 0.4 | 0.33 | 66.2 | 45.8 | 105  | 40.6 | 16.4 | 0.160 | 0.496 | ND    | 1.41  |
|    | 1.5-1.7 | 1.04 | 34.2 | 0.8 | 0.33 | 58.7 | 40.4 | 111  | 39.1 | 17.1 | 0.158 | 0.237 | ND    | 0.949 |
|    | 2.0-2.2 | 1.12 | 42.6 | 0.7 | 0.30 | 61.4 | 51.3 | 113  | 32.5 | 16.3 | 0.121 | 1.47  | ND    | 1.10  |
| 90 | 0-0.2   | 1.25 | 60.2 | 0.9 | 0.24 | 63.6 | 50.1 | 92.4 | 43.4 | 18.7 | 0.157 | 0.409 | ND    | 0.670 |
|    | 0.5-0.7 | 1.30 | 63.0 | 1.0 | 0.24 | 72.6 | 55.3 | 105  | 41.9 | 17.4 | 0.121 | 0.297 | ND    | 0.879 |
|    | 1.0-1.2 | 1.22 | 56.5 | 0.4 | 0.19 | 70.6 | 40.6 | 96.0 | 39.4 | 19.3 | 0.121 | 0.598 | ND    | 0.536 |
|    | 1.5-1.7 | 1.28 | 48.2 | 0.5 | 0.14 | 61.9 | 42.3 | 110  | 35.9 | 17.0 | 0.130 | 0.370 | ND    | 0.774 |

| 站位 | 层次 m    | 有机碳  | 石油类  | 硫化物 | Cd   | Cr   | Pb   | Zn   | Cu   | As   | Hg    | 六六六   | DDT   | 多氯联苯  |
|----|---------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
|    | 2.0-2.2 | 1.40 | 45.0 | 0.6 | 0.13 | 55.3 | 46.9 | 91.2 | 39.7 | 11.6 | 0.150 | 0.789 | ND    | 1.00  |
|    | 2.5-2.7 | 1.33 | 45.3 | 0.8 | 0.13 | 56.1 | 51.9 | 92.4 | 32.5 | 14.5 | 0.158 | 0.369 | ND    | 0.765 |
|    | 3.0-3.2 | 1.17 | 31.9 | 0.6 | 0.09 | 48.4 | 46.2 | 92.4 | 34.9 | 15.1 | 0.159 | 0.718 | ND    | 0.827 |
|    | 3.5-3.7 | 1.34 | 32.2 | 0.6 | 0.06 | 50.8 | 49.7 | 105  | 38.2 | 16.7 | 0.116 | 0.772 | 0.501 | 0.679 |
|    | 4.0-4.2 | 1.32 | 35.2 | 0.7 | 0.07 | 43.4 | 55.2 | 92.5 | 38.7 | 11.7 | 0.122 | 0.458 | ND    | 0.642 |
|    | 4.5-4.7 | 1.22 | 25.9 | 0.9 | 0.06 | 34.2 | 47.7 | 114  | 42.6 | 15.9 | 0.155 | 0.222 | ND    | ND    |
|    | 5.0-5.2 | 1.33 | 24.3 | 0.9 | 0.05 | 40.5 | 48.0 | 109  | 35.0 | 14.8 | 0.148 | 0.335 | ND    | 0.646 |
|    | 5.5-5.7 | 1.15 | 22.2 | 0.6 | 0.07 | 36.3 | 40.1 | 97.2 | 37.8 | 15.1 | 0.156 | 0.374 | ND    | 0.466 |
| 91 | 0-0.2   | 1.60 | 106  | 5.2 | 0.32 | 53.2 | 43.2 | 112  | 41.8 | 17.6 | 0.145 | 0.384 | ND    | 1.22  |
| 92 | 0-0.2   | 1.54 | 317  | 5.8 | 0.32 | 78.1 | 29.8 | 114  | 43.8 | 18.6 | 0.130 | 0.270 | ND    | ND    |
| 93 | 0-0.2   | 1.49 | 313  | 5.6 | 0.36 | 75.6 | 27.1 | 99.5 | 39.8 | 19.3 | 0.127 | 0.505 | ND    | 1.42  |
| 94 | 0-0.2   | 1.34 | 292  | 2.7 | 0.38 | 79.5 | 51.2 | 121  | 43.7 | 19.6 | 0.124 | 0.550 | 0.183 | 0.847 |
|    | 0.5-0.7 | 1.39 | 284  | 2.6 | 0.29 | 68.3 | 38.2 | 118  | 34.4 | 16.4 | 0.101 | 0.476 | 0.350 | 1.12  |
|    | 1.0-1.2 | 1.54 | 257  | 2.9 | 0.25 | 71.1 | 41.2 | 95.6 | 36.4 | 19.1 | 0.110 | 0.443 | 0.963 | 0.645 |
|    | 1.5-1.7 | 1.34 | 218  | 2.4 | 0.22 | 63.3 | 43.1 | 108  | 34.0 | 18.4 | 0.140 | 0.792 | 0.198 | 1.11  |
|    | 2.0-2.2 | 1.24 | 175  | 2.6 | 0.20 | 62.1 | 50.9 | 101  | 41.5 | 19.1 | 0.115 | 1.31  | 0.399 | 1.23  |
|    | 2.5-2.7 | 1.44 | 203  | 2.1 | 0.13 | 54.6 | 48.0 | 118  | 34.9 | 16.2 | 0.139 | ND    | ND    | 1.15  |
|    | 3.0-3.2 | 1.47 | 151  | 2.6 | 0.10 | 48.1 | 43.1 | 114  | 37.3 | 11.3 | 0.124 | 0.322 | ND    | 1.12  |
|    | 3.5-3.7 | 1.32 | 156  | 2.4 | 0.08 | 48.7 | 46.9 | 118  | 35.9 | 18.0 | 0.127 | ND    | ND    | 0.770 |
| 95 | 0-0.2   | 1.42 | 319  | 2.8 | 0.38 | 66.8 | 43.4 | 117  | 38.4 | 19.5 | 0.108 | 0.485 | ND    | 1.49  |
| 96 | 0-0.2   | 1.54 | 317  | 2.6 | 0.37 | 65.0 | 51.1 | 113  | 42.1 | 17.1 | 0.143 | 0.859 | 0.485 | 1.11  |

| 站位  | 层次 m    | 有机碳  | 石油类  | 硫化物 | Cd   | Cr   | Pb   | Zn   | Cu   | As   | Hg    | 六六六   | DDT   | 多氯联苯  |
|-----|---------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| 97  | 0-0.2   | 1.18 | 53.6 | 1.4 | 0.25 | 72.5 | 20.8 | 91.4 | 30.1 | 18.7 | 0.076 | ND    | ND    | 0.748 |
|     | 0.5-0.7 | 1.25 | 51.5 | 1.4 | 0.22 | 68.2 | 25.0 | 83.0 | 28.1 | 15.8 | 0.070 | 0.615 | ND    | 0.786 |
|     | 1.0-1.2 | 1.29 | 51.8 | 1.8 | 0.13 | 60.0 | 24.8 | 80.1 | 30.1 | 11.2 | 0.078 | 0.314 | ND    | 0.674 |
|     | 1.5-1.7 | 1.08 | 50.6 | 1.7 | 0.14 | 70.4 | 20.6 | 76.7 | 31.0 | 8.69 | 0.074 | 0.170 | ND    | 0.973 |
|     | 2.0-2.2 | 1.36 | 45.3 | 1.7 | 0.06 | 62.0 | 28.0 | 75.4 | 29.4 | 15.2 | 0.078 | 0.284 | ND    | 0.563 |
|     | 2.5-2.6 | 1.22 | 47.0 | 1.8 | 0.06 | 56.3 | 24.5 | 76.2 | 29.4 | 16.8 | 0.066 | ND    | ND    | 0.938 |
| 98  | 0-0.2   | 1.26 | 34.9 | 1.3 | 0.25 | 66.4 | 21.6 | 81.3 | 31.2 | 18.4 | 0.063 | 1.18  | ND    | 0.962 |
|     | 0.5-0.7 | 1.11 | 31.7 | 1.5 | 0.18 | 63.5 | 26.1 | 70.7 | 27.2 | 16.3 | 0.058 | 0.831 | ND    | 0.553 |
|     | 1.0-1.2 | 1.19 | 29.3 | 1.6 | 0.16 | 70.5 | 30.0 | 72.5 | 28.7 | 14.8 | 0.075 | 0.691 | ND    | 0.703 |
|     | 1.5-1.7 | 1.23 | 20.8 | 1.4 | 0.10 | 73.9 | 21.3 | 81.0 | 32.4 | 10.5 | 0.074 | ND    | ND    | 1.38  |
|     | 2.0-2.2 | 1.32 | 22.1 | 1.7 | 0.10 | 58.4 | 27.8 | 88.6 | 27.3 | 13.3 | 0.081 | 2.45  | ND    | 0.799 |
|     | 2.5-2.7 | 1.39 | 16.6 | 1.6 | 0.05 | 61.2 | 24.7 | 87.4 | 33.3 | 9.76 | 0.061 | 1.12  | 0.216 | 0.878 |
|     | 3.0-3.2 | 1.16 | 9.8  | 1.2 | ND   | 57.3 | 22.9 | 80.9 | 26.0 | 13.1 | 0.079 | 0.887 | ND    | 0.850 |
| 99  | 0-0.2   | 1.27 | 63.8 | 1.5 | 0.23 | 70.0 | 29.2 | 70.6 | 24.2 | 18.0 | 0.077 | 0.716 | ND    | 1.07  |
| 100 | 0-0.2   | 0.82 | 34.3 | 0.5 | 0.22 | 74.8 | 38.7 | 92.5 | 26.4 | 18.6 | 0.087 | 0.381 | ND    | ND    |
| 101 | 0-0.2   | 0.65 | 103  | 0.6 | 0.24 | 66.0 | 47.2 | 81.2 | 30.8 | 18.1 | 0.090 | 0.454 | ND    | ND    |
|     | 0.5-0.6 | 0.77 | 84.3 | 0.8 | 0.12 | 58.8 | 41.0 | 84.2 | 28.0 | 14.6 | 0.091 | ND    | ND    | ND    |
| 102 | 0-0.2   | 0.73 | 97.9 | 0.5 | 0.20 | 65.0 | 44.9 | 83.4 | 30.3 | 17.2 | 0.067 | 0.896 | ND    | ND    |
|     | 0.5-0.7 | 0.61 | 93.3 | 0.7 | 0.12 | 71.2 | 41.1 | 86.0 | 30.8 | 13.6 | 0.091 | 0.453 | 0.263 | 0.784 |
|     | 1.0-1.2 | 0.85 | 70.3 | 0.6 | 0.07 | 58.3 | 38.1 | 69.4 | 30.4 | 9.95 | 0.099 | 0.596 | ND    | 1.35  |

| 站位  | 层次 m    | 有机碳  | 石油类  | 硫化物 | Cd   | Cr   | Pb   | Zn   | Cu   | As   | Hg    | 六六六   | DDT   | 多氯联苯  |
|-----|---------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| 103 | 0-0.2   | 0.86 | 68.5 | 3.6 | 0.21 | 63.2 | 35.1 | 87.1 | 23.1 | 17.8 | 0.069 | 0.215 | 0.203 | ND    |
| 104 | 0-0.2   | 0.82 | 86.2 | 3.6 | 0.28 | 73.4 | 21.3 | 93.3 | 28.2 | 18.1 | 0.104 | 0.319 | ND    | 1.89  |
| 105 | 0-0.2   | 0.98 | 64.4 | 3.6 | 0.23 | 70.6 | 19.1 | 86.0 | 28.2 | 17.8 | 0.082 | 1.22  | 0.221 | 0.591 |
|     | 0.5-0.6 | 1.14 | 57.6 | 3.3 | 0.15 | 59.1 | 21.5 | 84.9 | 24.1 | 14.4 | 0.101 | 1.15  | 0.297 | 0.474 |
| 106 | 0-0.2   | 0.87 | 42.9 | 1.7 | 0.17 | 64.9 | 30.4 | 78.3 | 21.1 | 13.5 | 0.056 | 0.353 | 0.242 | ND    |
|     | 0.5-0.6 | 0.79 | 37.3 | 1.2 | 0.10 | 68.3 | 34.9 | 71.9 | 20.7 | 7.97 | 0.049 | 0.449 | ND    | ND    |
| 107 | 0-0.2   | 0.90 | 41.0 | 1.6 | 0.17 | 56.5 | 30.0 | 58.6 | 22.0 | 13.1 | 0.043 | 0.992 | ND    | 0.737 |
| 108 | 0-0.2   | 0.77 | 56.6 | 1.8 | 0.19 | 70.3 | 28.1 | 72.6 | 25.6 | 12.9 | 0.050 | 0.475 | 0.236 | 0.717 |
| 109 | 0-0.2   | 1.23 | 118  | 4.6 | 0.21 | 71.7 | 13.9 | 94.0 | 31.2 | 19.7 | 0.099 | 0.532 | 0.347 | 0.772 |
|     | 0.5-0.6 | 1.30 | 98.3 | 4.8 | 0.13 | 67.3 | 16.0 | 72.4 | 29.6 | 15.6 | 0.079 | 0.442 | ND    | ND    |
| 110 | 0-0.2   | 1.15 | 111  | 4.3 | 0.17 | 53.7 | 18.5 | 80.7 | 36.6 | 18.8 | 0.086 | 0.515 | ND    | 0.705 |
| 111 | 0-0.2   | 1.22 | 99.4 | 4.1 | 0.21 | 62.5 | 14.6 | 75.2 | 29.8 | 19.2 | 0.080 | 0.817 | 0.342 | 1.33  |
| 112 | 0-0.2   | 1.34 | 137  | 5.2 | 0.15 | 73.9 | 17.3 | 73.2 | 31.0 | 19.5 | 0.104 | 0.379 | ND    | 2.04  |
| 113 | 0-0.2   | 1.68 | 175  | 5.6 | 0.11 | 78.5 | 36.2 | 101  | 38.0 | 18.4 | 0.120 | 0.436 | ND    | ND    |
| 114 | 0-0.2   | 1.19 | 65.4 | 6.7 | 0.25 | 62.7 | 30.0 | 88.6 | 24.7 | 14.4 | 0.132 | 0.867 | ND    | 1.16  |
|     | 0.5-0.6 | 1.16 | 39.8 | 6.8 | 0.16 | 54.2 | 34.4 | 83.2 | 24.1 | 10.4 | 0.127 | 0.343 | ND    | 0.644 |
| 115 | 0-0.2   | 1.07 | 99.9 | 6.3 | 0.28 | 66.9 | 35.9 | 78.5 | 24.0 | 15.5 | 0.119 | ND    | ND    | ND    |
| 116 | 0-0.2   | 0.97 | 92.6 | 6.3 | 0.27 | 61.2 | 26.0 | 71.2 | 24.9 | 16.8 | 0.127 | 0.815 | 0.619 | 1.17  |
| 117 | 0-0.2   | 1.33 | 156  | 4.8 | 0.22 | 78.6 | 38.4 | 107  | 38.1 | 19.4 | 0.113 | 0.722 | ND    | 1.19  |
|     | 0.5-0.6 | 1.47 | 136  | 4.6 | 0.12 | 72.0 | 43.0 | 93.6 | 34.7 | 13.4 | 0.096 | 0.764 | ND    | 0.859 |

| 站位  | 层次 m    | 有机碳  | 石油类  | 硫化物 | Cd   | Cr   | Pb   | Zn   | Cu   | As   | Hg    | 六六六   | DDT   | 多氯联苯  |
|-----|---------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| 118 | 0-0.2   | 1.19 | 80.1 | 4.3 | 0.18 | 68.1 | 32.6 | 93.4 | 41.9 | 18.5 | 0.095 | 0.489 | ND    | 0.547 |
|     | 0.5-0.6 | 1.26 | 125  | 4.4 | 0.10 | 57.2 | 35.2 | 93.5 | 41.1 | 16.9 | 0.120 | 0.327 | ND    | 0.904 |
| 119 | 0-0.2   | 1.36 | 66.6 | 4.1 | 0.23 | 66.3 | 37.9 | 96.8 | 44.3 | 17.1 | 0.122 | 0.668 | ND    | 1.61  |
| 120 | 0-0.2   | 0.90 | 79.8 | 1.6 | 0.70 | 78.8 | 46.1 | 112  | 39.7 | 19.4 | 0.115 | 0.456 | ND    | 0.578 |
| 121 | 0-0.2   | 1.16 | 106  | 2.0 | 0.50 | 75.3 | 36.3 | 97.4 | 38.3 | 18.7 | 0.109 | 0.385 | ND    | 1.04  |
|     | 0.5-0.6 | 1.10 | 97.6 | 1.9 | 0.31 | 70.1 | 41.8 | 99.8 | 43.2 | 15.9 | 0.124 | 0.912 | ND    | 0.902 |
| 122 | 0-0.2   | 1.02 | 102  | 1.4 | 0.48 | 70.2 | 37.0 | 91.3 | 45.4 | 16.8 | 0.107 | 0.630 | 0.276 | 1.44  |
|     | 0.5-0.6 | 1.13 | 87.0 | 1.2 | 0.24 | 58.8 | 40.2 | 88.0 | 45.4 | 18.5 | 0.100 | ND    | ND    | 0.954 |
| 123 | 0-0.2   | 0.96 | 114  | 1.5 | 0.50 | 73.9 | 41.5 | 91.9 | 40.3 | 19.5 | 0.112 | 0.285 | 0.688 | 0.739 |
| 124 | 0-0.2   | 1.08 | 113  | 5.1 | 0.25 | 72.8 | 35.0 | 94.2 | 37.2 | 17.5 | 0.086 | 0.577 | 0.110 | 1.06  |
| 125 | 0-0.2   | 1.18 | 242  | 5.5 | 0.27 | 75.0 | 31.2 | 91.4 | 28.1 | 17.5 | 0.087 | ND    | ND    | ND    |
| 126 | 0-0.2   | 1.06 | 53.0 | 8.9 | 0.13 | 57.9 | 41.4 | 76.6 | 16.6 | 13.6 | 0.065 | 0.350 | 0.937 | 2.33  |
|     | 0.5-0.6 | 0.99 | 33.4 | 8.8 | 0.07 | 38.7 | 32.1 | 70.6 | 18.4 | 15.6 | 0.059 | 0.250 | 1.14  | 1.24  |
| 127 | 0-0.2   | 0.94 | 8.1  | 8.1 | 0.12 | 42.5 | 37.3 | 57.6 | 19.0 | 11.8 | 0.046 | 0.498 | 0.227 | 0.912 |
| 128 | 0-0.2   | 0.79 | 7.0  | 8.1 | 0.11 | 36.4 | 35.1 | 68.9 | 18.6 | 13.5 | 0.052 | 0.397 | 0.731 | ND    |
| 129 | 0-0.2   | 1.29 | 56.2 | 7.7 | 0.12 | 65.6 | 34.6 | 61.4 | 19.3 | 16.6 | 0.066 | 0.274 | 0.762 | 1.30  |
| 130 | 0-0.2   | 1.22 | 54.0 | 7.4 | 0.11 | 59.6 | 35.4 | 67.4 | 16.6 | 16.2 | 0.060 | ND    | ND    | 0.544 |
| 131 | 0-0.2   | 1.21 | 94.4 | 7.3 | 0.14 | 64.3 | 35.7 | 58.0 | 14.8 | 16.0 | 0.056 | 0.727 | ND    | 0.675 |
| 132 | 0-0.2   | 1.27 | 60.1 | 7.7 | 0.11 | 69.8 | 33.1 | 92.3 | 28.3 | 16.1 | 0.066 | 0.339 | 0.654 | ND    |
|     | 0.5-0.6 | 1.37 | 51.9 | 7.1 | 0.07 | 55.8 | 28.6 | 80.2 | 29.6 | 10.9 | 0.058 | 0.364 | 0.142 | 0.748 |
| 133 | 0-0.2   | 1.33 | 58.5 | 7.5 | 0.09 | 68.1 | 31.0 | 80.3 | 30.8 | 16.5 | 0.058 | 0.356 | ND    | ND    |

| 站位  | 层次 m     | 有机碳  | 石油类  | 硫化物 | Cd   | Cr   | Pb   | Zn   | Cu   | As   | Hg    | 六六六   | DDT   | 多氯联苯  |
|-----|----------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| 134 | 0-0.2    | 1.43 | 183  | 7.7 | 0.07 | 54.3 | 29.3 | 73.7 | 25.7 | 17.7 | 0.070 | 0.973 | ND    | 0.512 |
| 135 | 0-0.2    | 0.92 | 360  | 9.5 | 0.18 | 63.3 | 36.5 | 86.8 | 27.4 | 16.0 | 0.071 | 0.609 | 0.485 | ND    |
| 136 | 0-0.2    | 1.07 | 211  | 9.1 | 0.14 | 71.0 | 24.8 | 95.3 | 25.7 | 16.2 | 0.074 | 0.599 | ND    | 0.743 |
|     | 0.5-0.7  | 0.95 | 198  | 9.7 | 0.08 | 63.6 | 21.5 | 73.4 | 27.2 | 13.3 | 0.067 | 0.774 | 0.614 | 0.481 |
| 137 | 0-0.2    | 1.18 | 232  | 9.4 | 0.16 | 59.0 | 22.6 | 81.4 | 27.0 | 15.6 | 0.070 | 0.401 | ND    | ND    |
|     | 0.5-0.66 | 1.09 | 162  | 9.4 | 0.08 | 50.4 | 24.5 | 77.6 | 28.4 | 14.1 | 0.074 | 0.360 | ND    | 0.668 |
| 138 | 0-0.2    | 1.15 | 170  | 9.4 | 0.14 | 72.0 | 25.2 | 73.4 | 27.4 | 13.8 | 0.071 | 0.418 | ND    | 0.916 |
| 139 | 0-0.2    | 1.06 | 186  | 9.3 | 0.15 | 66.9 | 21.6 | 76.2 | 24.2 | 18.2 | 0.065 | 0.484 | 0.479 | 2.43  |
| 140 | 0-0.2    | 1.14 | 195  | 3.5 | 0.20 | 61.3 | 24.5 | 77.1 | 27.1 | 14.9 | 0.063 | 0.539 | ND    | 0.588 |
| 141 | 0-0.2    | 1.08 | 216  | 3.6 | 0.18 | 72.9 | 14.4 | 93.7 | 24.9 | 14.0 | 0.054 | 0.266 | 0.148 | 1.09  |
| 142 | 0-0.2    | 1.15 | 96.9 | 3.7 | 0.18 | 71.4 | 11.6 | 80.5 | 24.2 | 13.8 | 0.054 | 0.608 | 0.140 | ND    |
|     | 0.5-0.63 | 1.29 | 88.4 | 3.9 | 0.11 | 67.7 | 15.8 | 82.5 | 30.0 | 10.9 | 0.062 | ND    | ND    | 0.694 |
| 143 | 0-0.2    | 0.75 | 71.2 | 4.2 | 0.11 | 64.0 | 22.8 | 69.1 | 16.8 | 9.92 | 0.044 | 0.575 | 0.261 | ND    |
| 144 | 0-0.2    | 1.02 | 75.3 | 4.1 | 0.12 | 60.6 | 31.0 | 64.4 | 14.7 | 10.1 | 0.048 | 0.298 | 0.855 | ND    |
| 145 | 0-0.2    | 0.81 | 93.1 | 4.6 | 0.11 | 52.9 | 23.6 | 61.5 | 16.2 | 9.92 | 0.033 | 0.649 | ND    | 2.48  |
| 146 | 0-0.2    | 1.03 | 116  | 3.4 | 0.11 | 54.2 | 28.8 | 76.7 | 12.1 | 10.2 | 0.034 | 0.497 | 0.130 | 1.19  |
| 147 | 0-0.2    | 0.82 | 88.6 | 3.7 | 0.12 | 39.3 | 31.4 | 63.1 | 12.4 | 10.3 | 0.034 | 0.432 | 0.119 | 2.81  |
|     | 0.5-0.6  | 1.04 | 83.4 | 4.0 | 0.07 | 42.5 | 27.2 | 72.2 | 11.5 | 8.08 | 0.034 | 0.563 | 0.208 | 0.646 |
| 148 | 0-0.2    | 0.75 | 98.9 | 3.3 | 0.13 | 56.7 | 40.9 | 67.5 | 11.6 | 10.8 | 0.036 | 0.430 | 0.228 | 0.814 |
| 149 | 0-0.2    | 1.08 | 140  | 3.2 | 0.11 | 57.0 | 26.7 | 62.2 | 12.1 | 10.9 | 0.030 | 0.283 | 0.553 | 1.11  |

| 站位  | 层次 m    | 有机碳  | 石油类  | 硫化物 | Cd   | Cr   | Pb   | Zn   | Cu   | As   | Hg    | 六六六   | DDT   | 多氯联苯  |
|-----|---------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| 150 | 0-0.2   | 0.97 | 31.6 | 3.1 | 0.10 | 46.9 | 33.3 | 64.4 | 11.4 | 10.0 | 0.033 | 0.402 | ND    | 1.97  |
| 151 | 0-0.2   | 0.59 | 11.1 | ND  | 0.13 | 37.1 | 32.9 | 60.7 | 13.4 | 4.81 | 0.036 | 0.357 | ND    | 1.34  |
| 152 | 0-0.2   | 0.43 | 6.9  | ND  | 0.14 | 48.2 | 40.1 | 72.9 | 14.3 | 5.31 | 0.024 | 0.547 | ND    | 0.597 |
|     | 0.5-0.7 | 0.36 | 5.0  | ND  | 0.08 | 42.5 | 34.4 | 69.2 | 10.9 | 4.19 | 0.036 | ND    | ND    | 0.776 |
| 153 | 0-0.2   | 0.39 | 9.7  | ND  | 0.14 | 44.6 | 25.6 | 55.3 | 6.3  | 4.73 | 0.032 | 0.302 | ND    | 0.554 |
| 154 | 0-0.2   | 0.37 | 13.1 | ND  | 0.13 | 58.8 | 26.0 | 49.1 | 5.5  | 5.04 | 0.034 | 0.214 | ND    | ND    |
| 155 | 0-0.2   | 0.94 | 75.0 | 8.4 | 0.16 | 61.6 | 33.7 | 71.8 | 11.8 | 8.50 | 0.033 | ND    | ND    | ND    |
| 156 | 0-0.2   | 1.00 | 61.6 | 8.4 | 0.17 | 64.2 | 32.8 | 64.4 | 14.2 | 7.47 | 0.031 | 1.26  | ND    | 0.657 |
| 157 | 0-0.2   | 1.08 | 47.6 | 8.1 | 0.19 | 44.3 | 34.2 | 56.2 | 11.2 | 7.38 | 0.026 | 0.462 | ND    | 0.930 |
|     | 0.5-0.7 | 1.22 | 35.1 | 8.8 | 0.14 | 50.1 | 30.3 | 62.8 | 13.7 | 5.89 | 0.022 | 0.404 | 0.308 | 0.799 |
| 158 | 0-0.2   | 1.88 | 62.3 | 8.7 | 0.17 | 56.6 | 30.9 | 68.8 | 12.2 | 8.46 | 0.030 | 0.435 | 0.297 | 0.590 |
| 159 | 0-0.2   | 0.71 | 50.1 | 8.5 | 0.16 | 61.3 | 26.4 | 70.0 | 14.4 | 8.24 | 0.024 | 0.864 | 0.198 | 0.594 |
| 160 | 0-0.2   | 0.42 | 28.4 | 4.8 | 0.08 | 50.7 | 27.9 | 61.3 | 14.7 | 5.77 | 0.026 | 1.13  | ND    | 1.77  |
| 161 | 0-0.2   | 0.86 | 45.1 | 5.1 | 0.09 | 55.9 | 32.7 | 62.4 | 10.3 | 5.19 | 0.077 | 0.217 | ND    | 1.35  |
|     | 0.5-0.7 | 1.08 | 39.1 | 4.6 | 0.05 | 47.8 | 30.5 | 50.5 | 9.7  | 4.87 | 0.069 | ND    | ND    | 0.656 |
| 162 | 0-0.2   | 0.50 | 37.3 | 5.9 | 0.06 | 42.6 | 37.2 | 48.6 | 10.2 | 5.76 | 0.074 | 0.539 | ND    | 0.793 |
|     | 0.5-0.6 | 0.65 | 33.7 | 6.3 | ND   | 40.2 | 37.9 | 59.2 | 9.8  | 3.81 | 0.074 | ND    | ND    | ND    |
| 163 | 0-0.2   | 0.24 | 31.0 | 7.2 | 0.08 | 57.4 | 36.4 | 51.2 | 12.5 | 5.83 | 0.085 | ND    | ND    | 0.692 |
| 164 | 0-0.2   | 0.60 | 38.1 | 6.8 | 0.07 | 58.7 | 26.2 | 63.4 | 7.9  | 5.58 | 0.020 | ND    | ND    | 0.723 |
| 165 | 0-0.2   | 0.58 | 53.0 | 2.5 | 0.08 | 56.5 | 30.6 | 47.5 | 9.2  | 5.52 | 0.022 | 0.332 | ND    | 0.742 |

| 站位  | 层次 m    | 有机碳  | 石油类  | 硫化物 | Cd   | Cr   | Pb   | Zn   | Cu   | As   | Hg    | 六六六   | DDT   | 多氯联苯  |
|-----|---------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| 166 | 0-0.2   | 0.33 | 17.1 | 2.6 | 0.09 | 51.0 | 35.2 | 60.2 | 9.3  | 5.83 | 0.028 | ND    | ND    | 0.808 |
|     | 0.5-0.7 | 0.45 | 15.1 | 2.8 | 0.06 | 43.5 | 38.9 | 54.7 | 8.7  | 4.06 | 0.027 | 1.24  | 0.213 | 1.77  |
|     | 1.0-1.2 | 0.55 | 14.7 | 2.9 | ND   | 47.3 | 38.5 | 46.3 | 10.8 | 3.28 | 0.020 | 0.665 | ND    | 0.585 |
|     | 1.5-1.7 | 0.26 | 13.6 | 2.6 | ND   | 40.7 | 45.9 | 46.2 | 8.9  | 4.62 | 0.023 | 0.768 | ND    | 1.18  |
| 167 | 0-0.2   | 0.56 | 20.5 | 2.3 | 0.06 | 62.0 | 45.3 | 52.9 | 10.0 | 5.55 | 0.022 | ND    | ND    | 1.04  |
| 168 | 0-0.2   | 0.46 | 26.2 | 2.5 | 0.07 | 55.2 | 42.7 | 49.4 | 9.4  | 5.72 | 0.022 | 0.559 | 0.230 | 2.25  |
| 169 | 0-0.2   | 0.72 | 33.0 | 4.3 | 0.09 | 49.4 | 43.5 | 55.8 | 10.4 | 6.77 | 0.025 | ND    | ND    | 1.75  |
| 170 | 0-0.2   | 0.62 | 38.8 | 4.2 | 0.09 | 51.8 | 31.1 | 52.9 | 9.0  | 6.96 | 0.025 | ND    | ND    | ND    |
|     | 0.5-0.7 | 0.54 | 31.5 | 4.8 | 0.06 | 65.5 | 42.2 | 53.5 | 8.5  | 4.99 | 0.025 | ND    | ND    | 0.710 |
| 171 | 0-0.2   | 0.77 | 27.0 | 4.1 | 0.08 | 60.8 | 31.2 | 69.8 | 10.3 | 7.29 | 0.025 | 0.335 | ND    | 1.01  |
| 172 | 0-0.2   | 0.66 | 66.1 | 4.9 | 0.06 | 56.6 | 29.8 | 56.9 | 12.2 | 7.56 | 0.028 | 0.700 | ND    | 1.92  |
| T1  | 0-0.2   | 0.54 | 247  | 1.8 | 0.31 | 77.0 | 31.2 | 81.4 | 27.5 | 16.7 | 0.088 | 0.700 | ND    | 0.580 |
|     | 0.5-0.7 | 0.56 | 242  | 1.2 | 0.29 | 68.7 | 35.9 | 61.0 | 31.7 | 10.4 | 0.067 | 0.604 | ND    | 0.485 |
|     | 1.0-1.2 | 0.40 | 238  | 1.9 | 0.32 | 71.2 | 32.5 | 61.0 | 32.5 | 12.1 | 0.068 | 0.384 | 0.159 | 0.624 |
|     | 1.5-1.7 | 0.39 | 219  | 1.3 | 0.28 | 53.8 | 29.4 | 65.0 | 23.6 | 11.0 | 0.078 | ND    | ND    | 0.780 |
|     | 2.0-2.2 | 0.60 | 206  | 1.7 | 0.26 | 56.4 | 39.0 | 77.2 | 28.7 | 16.3 | 0.080 | 0.677 | 0.274 | 0.512 |
|     | 2.5-2.7 | 0.54 | 197  | 1.8 | 0.27 | 52.4 | 31.1 | 65.0 | 25.4 | 8.64 | 0.096 | 0.850 | 0.433 | 1.04  |
|     | 3.0-3.2 | 0.62 | 196  | 1.6 | 0.24 | 62.4 | 30.1 | 70.0 | 26.9 | 11.2 | 0.079 | 0.441 | ND    | 1.08  |
|     | 3.5-3.7 | 0.45 | 174  | 1.2 | 0.25 | 42.9 | 30.6 | 62.5 | 31.6 | 15.2 | 0.084 | 0.565 | 0.209 | 0.819 |
|     | 4.0-4.2 | 0.43 | 165  | 1.8 | 0.18 | 50.1 | 31.9 | 60.9 | 27.4 | 12.9 | 0.068 | 0.778 | 0.289 | 0.917 |

| 站位 | 层次 m      | 有机碳  | 石油类  | 硫化物  | Cd   | Cr   | Pb   | Zn   | Cu   | As   | Hg    | 六六六   | DDT   | 多氯联苯  |
|----|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
|    | 4.5-4.7   | 0.52 | 158  | 1.6  | 0.09 | 38.7 | 38.0 | 67.5 | 30.9 | 12.1 | 0.067 | 1.07  | 0.515 | ND    |
|    | 5.0-5.2   | 0.48 | 153  | 1.9  | 0.11 | 41.7 | 40.0 | 63.4 | 32.2 | 9.53 | 0.072 | 0.429 | ND    | 0.577 |
|    | 5.5-5.7   | 0.34 | 160  | 1.6  | 0.07 | 62.9 | 30.3 | 61.7 | 30.1 | 16.4 | 0.066 | ND    | ND    | 0.703 |
|    | 6.0-6.2   | 0.68 | 105  | 1.3  | 0.08 | 49.2 | 33.0 | 70.7 | 32.8 | 12.0 | 0.070 | 0.282 | ND    | 1.54  |
|    | 6.5-6.7   | 0.42 | 92.7 | 1.5  | 0.05 | 44.1 | 37.0 | 65.9 | 26.3 | 14.9 | 0.081 | 0.335 | ND    | 1.15  |
|    | 7.0-7.2   | 0.36 | 111  | 1.6  | 0.07 | 47.9 | 32.9 | 67.5 | 28.3 | 15.2 | 0.091 | 0.446 | 0.169 | 0.968 |
|    | 7.5-7.7   | 0.50 | 89.7 | 1.7  | 0.06 | 33.4 | 42.9 | 61.0 | 23.5 | 13.7 | 0.070 | ND    | ND    | 0.937 |
|    | 8.0-8.2   | 0.53 | 91.2 | 1.8  | 0.07 | 40.9 | 30.9 | 64.2 | 28.8 | 12.4 | 0.090 | ND    | ND    | 2.06  |
|    | 8.5-8.7   | 0.65 | 81.5 | 1.5  | 0.05 | 51.4 | 29.0 | 71.5 | 29.5 | 13.6 | 0.071 | 0.894 | 0.428 | 1.44  |
|    | 9.0-9.2   | 0.46 | 79.7 | ND   | ND   | 45.5 | 38.1 | 63.4 | 25.4 | 8.50 | 0.079 | ND    | ND    | 1.60  |
|    | 9.5-9.7   | 0.70 | 75.5 | 2.3  | ND   | 43.1 | 33.0 | 70.4 | 27.9 | 16.8 | 0.075 | 0.961 | 0.425 | 0.715 |
|    | 10.0-10.2 | 0.53 | 67.2 | 5.2  | ND   | 38.9 | 36.5 | 71.6 | 29.8 | 12.7 | 0.089 | 0.752 | 0.356 | 0.474 |
| T2 | 0-0.2     | 0.74 | 118  | 7.5  | 0.22 | 73.5 | 32.7 | 86.9 | 28.2 | 17.8 | 0.111 | 0.488 | 0.681 | 1.97  |
|    | 0.5-0.7   | 0.57 | 84.1 | 11.4 | 0.19 | 76.0 | 38.6 | 75.7 | 26.6 | 17.1 | 0.111 | 0.689 | 0.224 | 0.602 |
|    | 1.0-1.2   | 0.76 | 74.6 | 1.9  | 0.12 | 69.2 | 36.7 | 71.4 | 31.4 | 13.6 | 0.113 | ND    | ND    | 1.34  |
|    | 1.5-1.7   | 0.62 | 64.3 | 1.7  | 0.07 | 62.3 | 38.6 | 82.7 | 33.3 | 8.67 | 0.114 | ND    | ND    | 0.758 |

### 4.7.3. 疏浚物类别判断

《《海洋倾倒物质评价规范 疏浚物》（GB30980-2014）和《疏浚物海洋倾倒分类和评价程序》规定，根据疏浚物的特性、污染物含量水平及其对海洋环境的影响程度，疏浚物分为三类，分别是清洁疏浚物（I类）、沾污疏浚物（II类）和污染疏浚物（III类）。疏浚物海洋倾倒化学筛分浓度水平（上、下限）见表 4.7-5，类别评价规则见表 4.7-6。

根据“疏浚物分类化学筛分水平”和“疏浚物类别评价规则”，从分析测定结果来看，本次调查各站位疏浚物样品的所有污染物含量检测值均小于疏浚物分类化学筛分水平的下限，按照“疏浚物类别评价规则”，所有疏浚物样品均属“清洁疏浚物（I类）”。

表 4.7-5 疏浚泥分类化学筛分水平

| 污染物  | 下限（干重）                 | 上限（干重）                 |
|------|------------------------|------------------------|
| 有机碳  | 2.00%                  | 4.00%                  |
| 油类   | $500 \times 10^{-6}$   | $1500 \times 10^{-6}$  |
| 硫化物  | $300 \times 10^{-6}$   | $800 \times 10^{-6}$   |
| 总汞   | $0.3 \times 10^{-6}$   | $1.0 \times 10^{-6}$   |
| 铜    | $50.0 \times 10^{-6}$  | $300.0 \times 10^{-6}$ |
| 铅    | $75.0 \times 10^{-6}$  | $250.0 \times 10^{-6}$ |
| 锌    | $200.0 \times 10^{-6}$ | $600.0 \times 10^{-6}$ |
| 镉    | $0.80 \times 10^{-6}$  | $5.00 \times 10^{-6}$  |
| 砷    | $20.0 \times 10^{-6}$  | $100.0 \times 10^{-6}$ |
| 总铬   | $80.0 \times 10^{-6}$  | $300.0 \times 10^{-6}$ |
| 666  | $500.0 \times 10^{-9}$ | $1500 \times 10^{-9}$  |
| DDT  | $20.0 \times 10^{-9}$  | $100.0 \times 10^{-9}$ |
| 多氯联苯 | $20.0 \times 10^{-9}$  | $600.0 \times 10^{-9}$ |

表 4.7-6 疏浚物类别评价规则

| 疏浚物类别       | 评价规则                                                                                                                                          |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 清洁疏浚物（I类）   | ①疏浚物中所有污染物的含量都不超过化学筛分水平的下限。<br>②疏浚物中砷、铬、铜、铅、锌、有机碳、硫化物、油类，其中任何两种（或小于两种）的含量超过化学筛分水平的下限，但不超过（上限+下限）/2，且其<4mm（粘土）的粒度组分含量≤5%，<63mm（粉砂）的粒度组分含量≤20%。 |
| 沾污疏浚物（II类）  | ③疏浚物中镉、汞、六六六、DDT、多氯联苯总量的含量超过化学筛分水平的下限，但不超过化学筛分水平的上限。<br>④疏浚物中砷、铬、铜、铅、锌、有机碳、硫化物、油类任何一种的含量均不超过化学筛分水平的上限，但共物理化学组分含量超过②规定的要求。                     |
| 污染疏浚物（III类） | ⑤疏浚物中一种或一种以上污染物含量超过化学筛分水平的上限。                                                                                                                 |

表 4.7-7 疏浚物海洋倾倒分类结果

| 监测项目   | 最小值  | 最大值   | 下限<br>(干重) | 清洁疏浚物<br>(I类) |
|--------|------|-------|------------|---------------|
| 有机碳    | 0.24 | 1.96  | 2          | √             |
| 油类     | 3.5  | 498   | 500        | √             |
| 硫化物    | ND   | 11.4  | 300        | √             |
| 总汞     | 0.02 | 0.278 | 0.3        | √             |
| 铜      | 5.5  | 47    | 50         | √             |
| 铅      | 11.6 | 70.7  | 75         | √             |
| 锌      | 6.2  | 168   | 200        | √             |
| 镉      | ND   | 0.7   | 0.8        | √             |
| 砷      | 3.28 | 19.8  | 20         | √             |
| 铬      | 20.6 | 79.7  | 80         | √             |
| 六六六    | ND   | 2.45  | 500        | √             |
| DDT    | ND   | 1.82  | 20         | √             |
| 多氯联苯总量 | ND   | 2.81  | 20         | √             |

4.8. 环境空气质量现状调查与评价

根据《广州市人民政府关于印发广州市环境空气功能区区划(修订)的通知》（穗府[2013]17 号文），本项目所在环境空气功能区属二类区，因此，环境空气质量现状评价采用《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及其修改单（生态环境部 2018 年第 29 号）的二级标准。

根据 2023 年广州市环境质量状况公报环境空气质量数据（如下表所示），NO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>、PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>年平均质量浓度和 CO 95 百分位数日平均质浓度、O<sub>3</sub> 90 百分位数日最大 8 小时平均质量浓可达到《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及其修改单中二级标准要求。

综上，项目所在行政区判定为达标区。

表 4.8-1 区域空气质量现状评价表

| 污染物               | 年评价指标                | 现状浓度<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | 标准值<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | 达标情况 |
|-------------------|----------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|------|
| 二氧化硫              | 年平均质量浓度              | 6                                    | 60                                  | 达标   |
| 二氧化氮              | 年平均质量浓度              | 29                                   | 40                                  | 达标   |
| PM <sub>10</sub>  | 年平均质量浓度              | 41                                   | 70                                  | 达标   |
| PM <sub>2.5</sub> | 年平均质量浓度              | 23                                   | 35                                  | 达标   |
| CO                | 95 百分位数平均质量浓度        | 900                                  | 4000                                | 达标   |
| O <sub>3</sub>    | 90 百分位数最大 8 小时平均质量浓度 | 159                                  | 160                                 | 达标   |

## 5. 环境影响预测与评价

### 5.1. 施工对水环境影响评价

#### 5.1.1. 水文动力影响预测

水环境影响分析采用《海岸河口多功能系统数学模型软件包 TK-2D 系统》软件，该软件已于 2005 年通过鉴定，软件内容符合《海岸与河口潮流泥沙模拟技术规程》等行业标准的规定，该软件主模块包括潮流、波浪、盐度、悬沙、地形冲淤等海洋因素的模拟，在众多港口海岸工程中得以应用；本次潮流悬沙数学模型采用该软件中不规则三角网格有限差分法。

##### 5.1.1.1. 预测方法

1、二维潮流基本方程：

(1) 连续方程

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial (Hu)}{\partial x} + \frac{\partial (Hv)}{\partial y} = 0$$

(2) 运动方程：

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + g \frac{\partial h}{\partial x} - f v + g \frac{u \sqrt{u^2 + v^2}}{C^2 H} &= 0 \\ \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + g \frac{\partial h}{\partial y} + f u + g \frac{v \sqrt{u^2 + v^2}}{C^2 H} &= 0 \end{aligned}$$

式中：

h：水位；

H：水深；

u、v：分别为 x、y（即东、北）方向的流速分量；

f：柯氏力系数；

C：谢才系数， $C = H^{1/6} / n$ ，n 为曼宁系数；

t：时间；

g：重力加速度；

2、定解条件

初始条件为：

$$u(x, y) \big|_{t=0} = u_0(x, y)$$

$$v(x,y) \Big|_{t=0} = v_0(x,y)$$

$$h(x,y) \Big|_{t=0} = h_0(x,y)$$

边界条件为：

岸边界：法向流速为 0

水边界： $h_w=h_w(t)$ 或  $u_w=u_w(t)$ 、 $v_w=v_w(t)$

### 3、水动力条件模拟与验证

#### （1）资料选取及控制条件

计算域为以本工程为中心（北至大虎岛、南至北纬 22°14′）、南北约 66km 的珠江口海域（见图 5.1-1）。整个计算域由 40859 个节点和 78932 个三角单元组成（见图 5.1-2）；工程区域最小空间步长约为 20 米。

水下地形及岸线采用海军司令部航海保证部海图及工程海域设计实测水深图中数据，岸线还采用最新卫片进行修正。

模型边界采用潮位控制，计算域开边界潮位过程由中国近海潮汐预报模型软件（采用 9 个分潮调和常数）给出，北部开边界受来水流量的影响较大，在模拟计算过程中要进行适当修正，再通过调试模型内部节点参数，直到模型满足验潮站流速流向及潮位误差要求为止。

曼宁系数  $n$  经调试取为 0.020~0.025，计算时间步长为 1.0s。

水文资料采用 2021 年 3 月 12~13 日水文全潮（大潮）测验资料，验证采用了 6 个潮流站、2 个潮位站，详细位置见图 5.1-1。

#### （2）验证计算

根据上述资料和条件进行预测计算，水流验证结果见图 5.1-3。

由上述计算结果可知，计算流速值与实测流速值基本吻合，符合涨落潮变化趋势，潮位误差控制在±5cm 以内，而且流态也较为合理，基本上能反映出本工程为中心的珠江口海域潮流状况，可以作为进一步分析计算的基础资料。

#### （3）流场计算结果及分析

潮流场涨落急流场计算结果见图 5.1-4、图 5.1-5。

工程所处珠江口海域在平面上呈 NNW—SSE 走向的喇叭形，该海域汇集了珠江八大口门中的东部四个口门—虎门、蕉门、洪奇门和横门，接纳东江、北江大部分及西江部分来水，工程海域潮差较小，属弱潮型，为不正规半日混合潮型，每日出现两次高潮和两次低潮，但潮高和潮时存在着明显的日潮不等现象；该海

域潮流运动受东江、北江及西江迳流的影响，以及在地形岸线限制下，基本为往复流，落潮流速大于涨潮流速，落潮历时长于涨潮历时，工程海域内最大流速约为 0.85m/s、平均流速约为 0.48m/s。



图 5.1-1 计算域及测站位置图

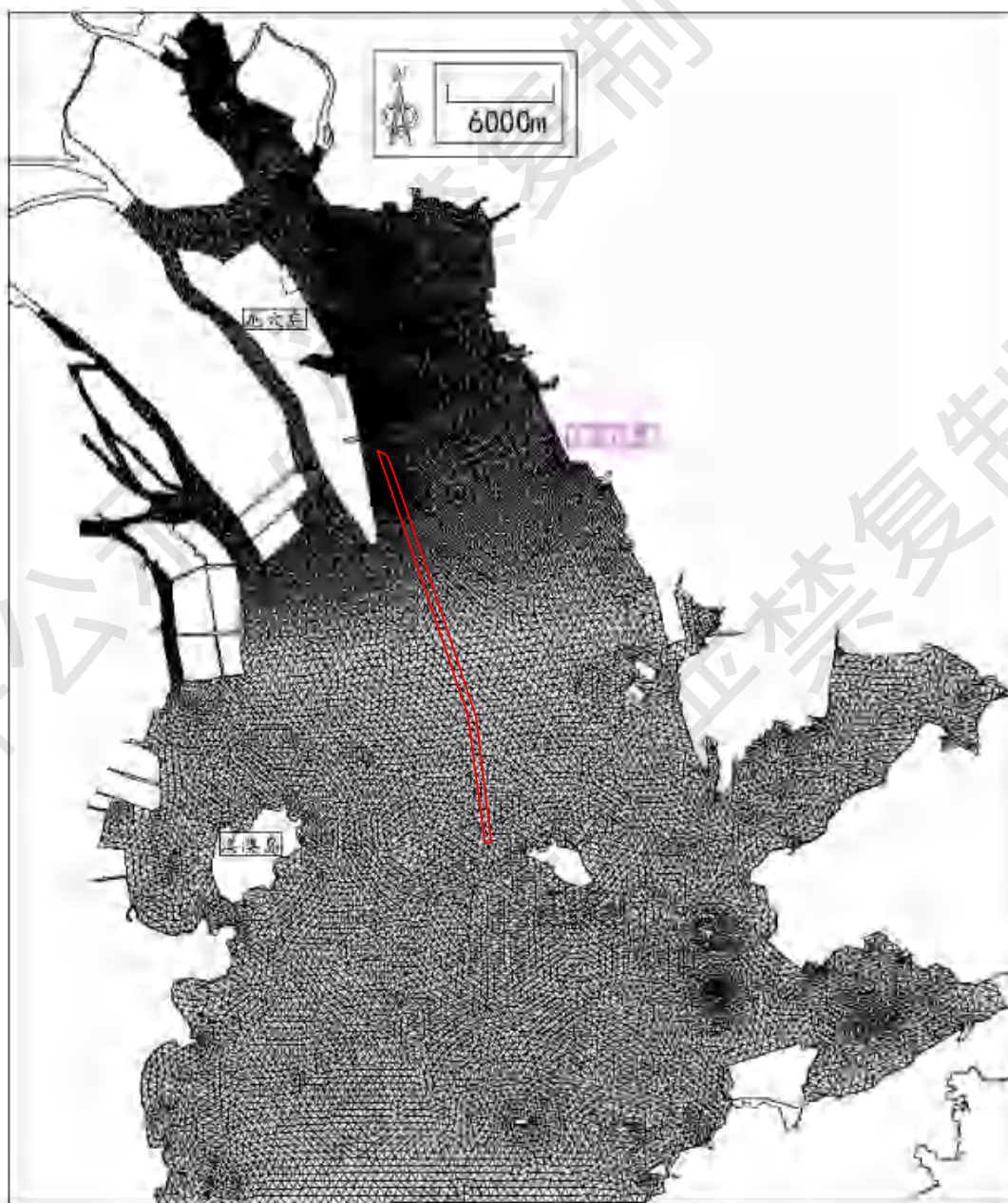


图 5.1-2 计算网格图

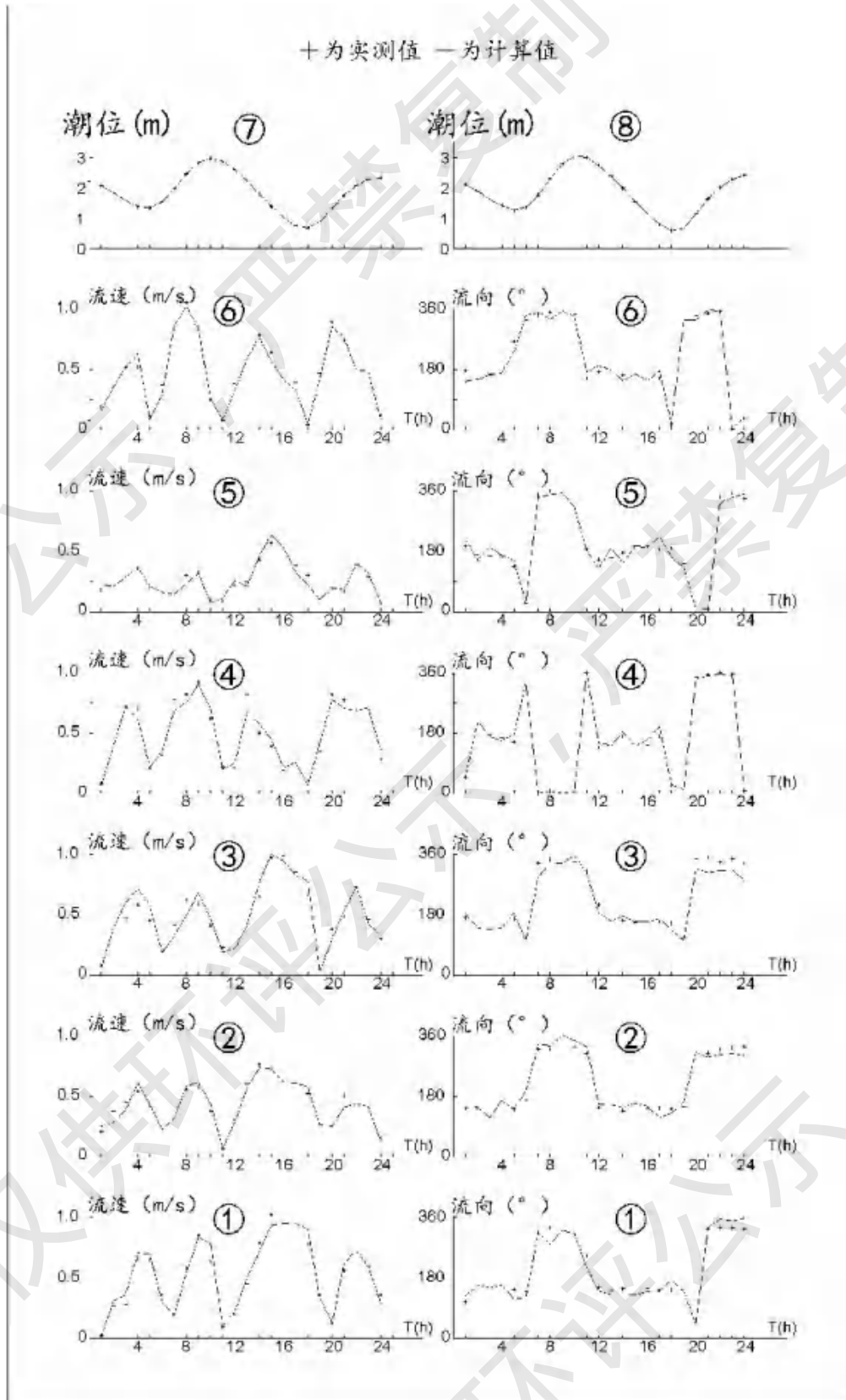


图 5.1-3 计算验证过程线

### 5.1.2. 疏浚悬浮物对水环境的影响

#### 1、预测模式

预测模式采用污染物扩散方程，扩散方程与二维水流预测模式联解，即可得到悬浮物浓度分布；污染物扩散方程如下：

$$\frac{\partial HP}{\partial t} + \frac{\partial HP}{\partial x} + \frac{\partial HP}{\partial y} = K_x \frac{\partial^2 (HP)}{\partial x^2} + K_y \frac{\partial^2 (HP)}{\partial y^2} + M$$

式中，P：污染物浓度（g/m<sup>3</sup>）；

$K_x$ 、 $K_y$ ：分别是 x、y 方向的扩散系数；

其中： $K_x = 5.45 \times 10^{-5} |U| H^2$ ， $K_y = 5.45 \times 10^{-5} |V| H^2$

$M$ ：为源汇项，对于溶解性污染物为源项，对于悬浮物为源项和沉降项（ $M = M_u - M_s$ ）， $M_u$ 为源项，沉降项  $M_s = \alpha \cdot \omega \cdot P$ ， $\alpha$ 为沉降系数， $\omega$ 为沉速（取为 0.049cm/s）。其它符号同前。

对于非施工海域，源汇项包括海域悬沙自然落淤产生的悬沙沉降通量、水动力对海床底沙作用产生的底沙悬扬通量，海中悬沙与海床底沙自然交换，当悬沙沉降通量大于底沙悬扬通量时，海水中悬浮物浓度减小，当悬沙沉降通量小于底沙悬扬通量时，海水中悬浮物浓度增大；底沙悬扬临界流速计算公式如下：

$$U_{cr} = 16.73 \left( \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} g D \right)^{\frac{2}{3}} \omega^{\frac{1}{3}} H^{\frac{1}{3}}$$

式中， $U_{cr}$ 为悬扬临界流速（m/s）， $\gamma_s$ 为底沙密度， $\gamma$ 为海水密度， $g$ 为重力加速度， $D$ 为底沙中值粒径（mm）， $\omega$ 为沉速（mm/s）， $H$ 为水深（m）。

#### 2、计算源强

预测计算中工程疏浚采用舱容为 10000m<sup>3</sup>耙吸船，施工区域 10000m<sup>3</sup>耙吸船作业时的悬浮物源强约为 35.87kg/s。

#### 3、计算结果

工程疏浚区域为航道拓宽及边坡（航道拐点 F 东侧约 1380m 不需要疏浚施工），在工程疏浚区域航道沿线两侧各设置 8 个预测计算代表点（见图 5.1-4），根据上述计算条件进行全潮过程的悬浮物扩散预测计算，得到各代表作业点悬浮物增量浓度最大影响范围（单点包络）见图 5.1-5 至图 5.1-8；从图中可以看出，增量浓度大于 10mg/L 悬浮物的最大影响距离约为 3000m，增量浓度大于 100mg/L

悬浮物的最大影响距离约为 1200m，增量浓度大于 150mg/L 悬浮物的最大影响距离约为 900m；疏浚作业产生的悬浮物基本上顺着航道方向扩散。

工程疏浚区域为航道宽度从 385m 拓宽至 460m（航道两侧）及边坡（航道拐点 F 东侧约 1380m 不需要疏浚施工），为了综合分析施工期疏浚作业悬浮物对水环境的最大影响包络范围，对推荐方案施工区域内所有节点进行悬浮物扩散预测，然后对疏浚区域边界节点上预测计算结果的等浓度包络线进行切线连接，得到施工期疏浚区域悬浮物最大可能影响范围（全域包络）见图 5.1-9 及表 5.1-1，按照生物量计算要求的悬浮物浓度分段统计见表 5.1-2，浓度大于 150mg/L 悬浮物最大可能影响面积约为 21.09km<sup>2</sup>、浓度大于 100mg/L 悬浮物最大可能影响面积约为 23.50km<sup>2</sup>、浓度大于 10mg/L 悬浮物最大可能影响面积约为 37.40km<sup>2</sup>；本工程处于珠江口经济鱼类繁育场保护区、幼鱼幼虾保护区范围内，施工期悬浮物必将对保护区水域产生不利影响，从图中可以看出，由于近岸国考断面 GDN02003 邻近航道疏浚水域，在附近疏浚区域施工时悬浮物浓度大于 100mg/L 的水体将会对近岸国考断面 GDN02003 产生影响，悬浮物浓度大于 10mg/L 的水体不会影响到中华白海豚国家级自然保护区水域；随着疏浚施工完成，悬浮物对水环境的影响也将很快消失。

表 5.1-1 施工悬浮物最大可能影响范围

| 悬浮物浓度    | 对水域影响面积(km <sup>2</sup> ) |
|----------|---------------------------|
| >150mg/L | 21.09                     |
| >100mg/L | 23.50                     |
| >10mg/L  | 37.40                     |

表 5.1-2 按生物损失计算分段统计影响范围

| 悬浮物浓度       | 对水域影响面积(km <sup>2</sup> ) |
|-------------|---------------------------|
| >150mg/L    | 21.09                     |
| 100~150mg/L | 2.41                      |
| 50~100mg/L  | 2.45                      |
| 20~50mg/L   | 6.49                      |
| 10~20mg/L   | 4.96                      |



图 5.1-4 疏浚作业代表点位置

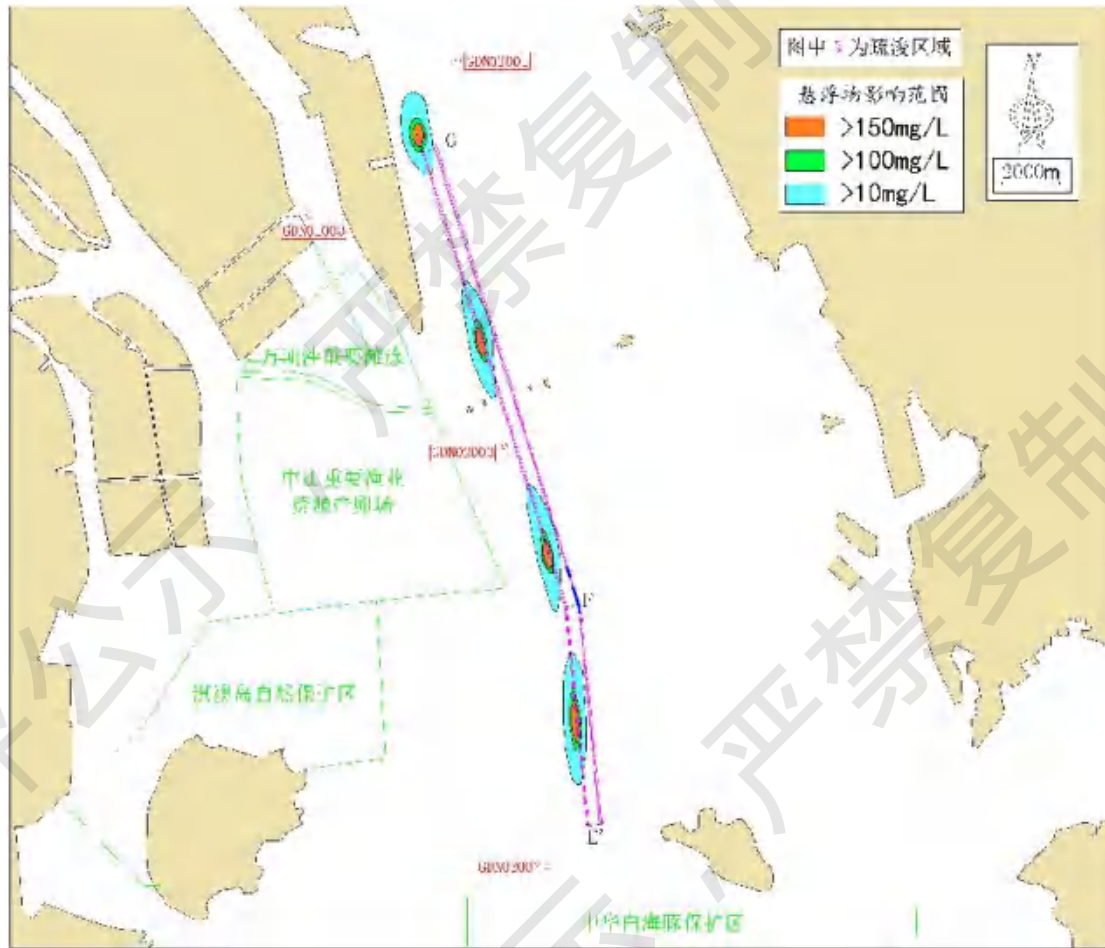


图 5.1-5 疏浚作业代表点增量悬浮物浓度影响范围

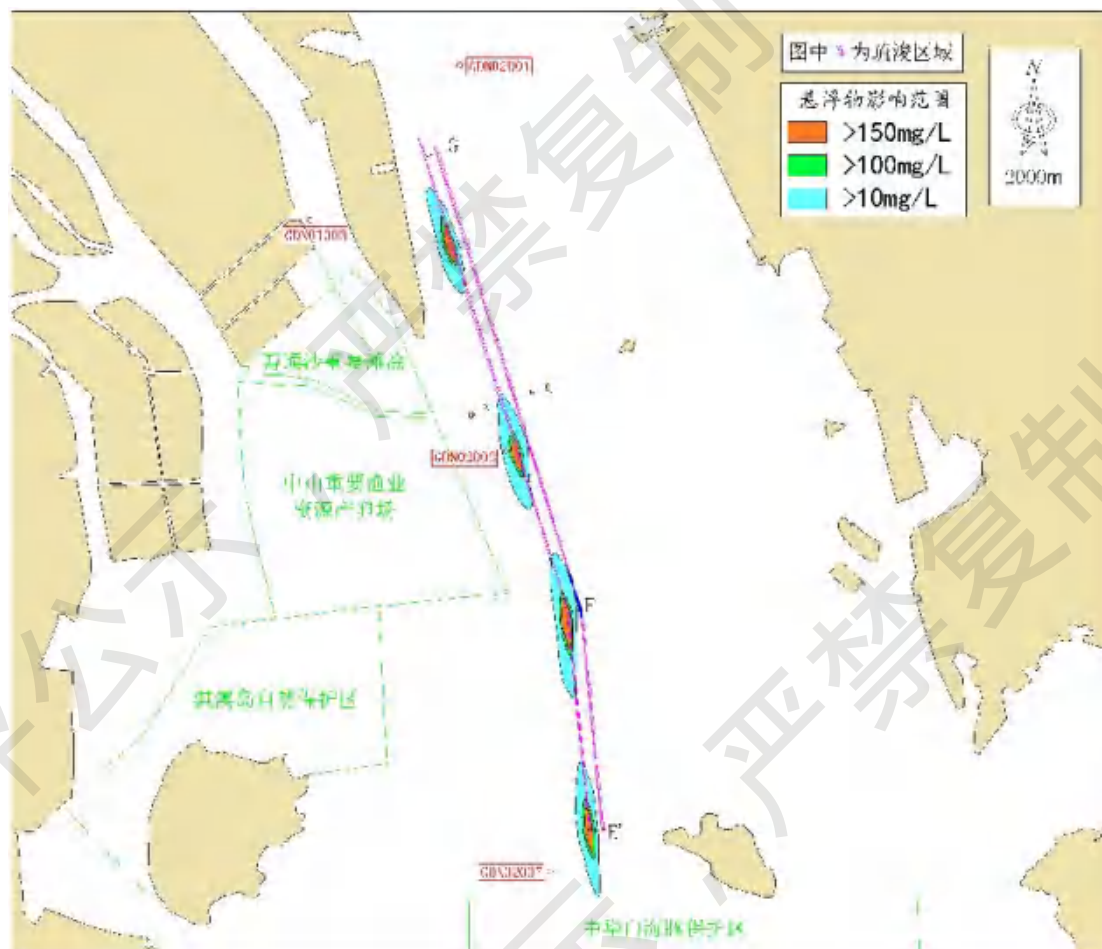


图 5.1-6 疏浚作业代表点增量悬浮物浓度影响范围

图 5.1-7 疏浚作业代表点增量悬浮物浓度影响范围

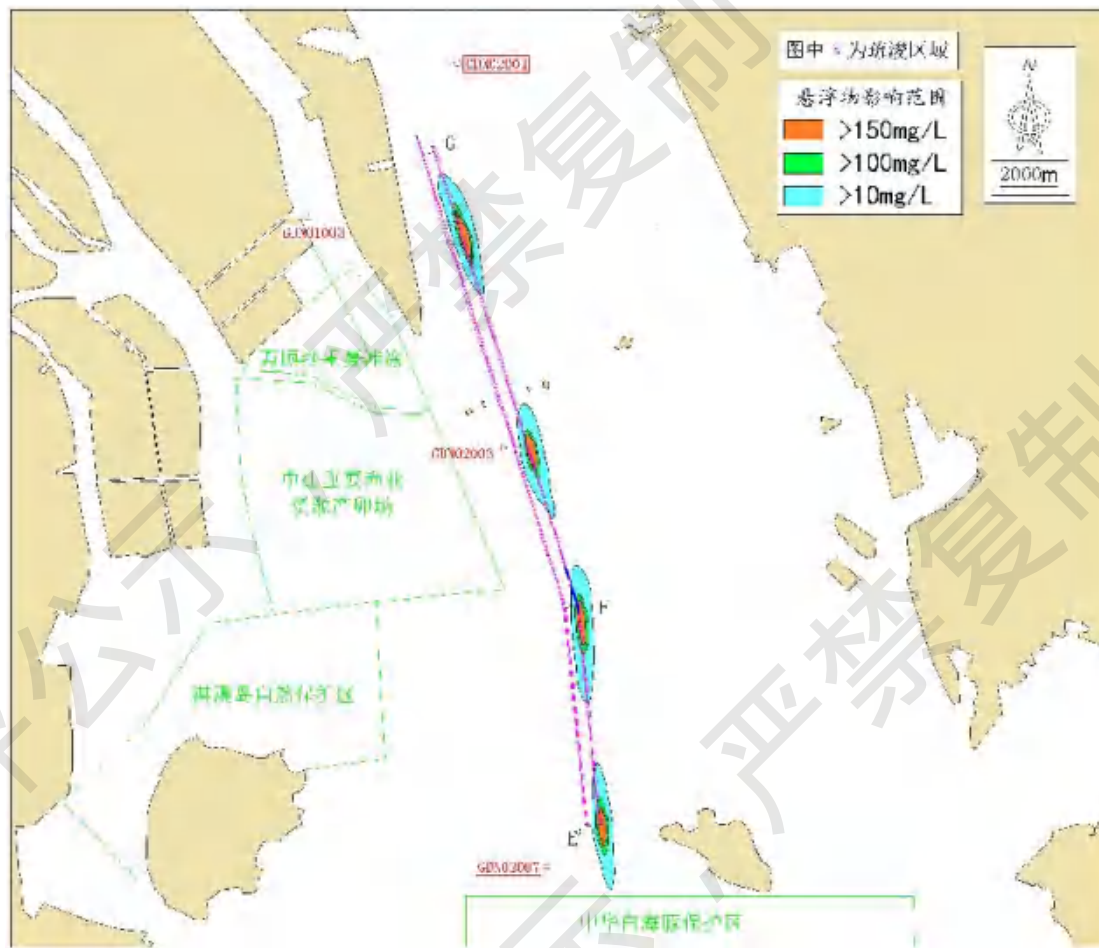


图 5.1-8 疏浚作业代表点增量悬浮物浓度影响范围

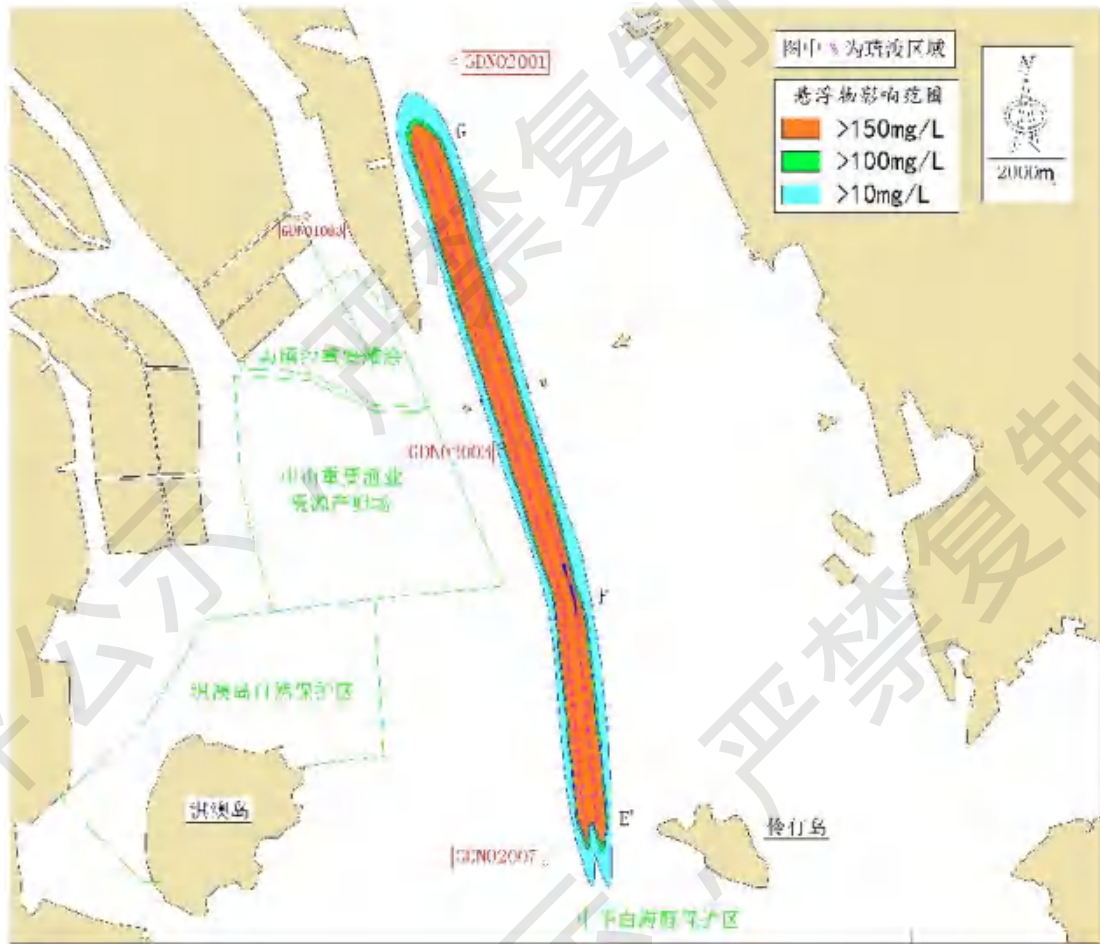


图 5.1-9 施工期悬浮物增量浓度最大可能影响范围

### 5.1.3. 施工废水影响分析

废水主要来自施工船舶污水。施工船舶生活污水及机舱油污水统一由有资质的单位接收处理，不在本工程附近海域排放。

综上所述，施工期产生的各类污水在采取相应环保措施后，对区域水环境质量不会产生明显影响。

### 5.1.4. 施工对沉积物环境影响分析

本项目所在区域施工期间产生的船舶生活污水、船舶油污水、船舶生活垃圾等污染物统一由有资质的单位接收处理，不在本工程附近海域排放，不会对海洋沉积物环境造成污染。

本工程施工过程中，沉积物被搅动悬浮后再次沉积，会对沉积物环境造成一定的干扰。但由于无外来污染物，由施工扰动海区产生的悬浮物再次沉降对本海区表层沉积物环境质量不会产生明显的影响，沉积物质量仍将基本保持现有水平。

## 5.2. 施工对冲淤环境影响评价

根据南京水利科学研究院开展了本航道工程的泥沙回淤研究成果，简述其计算结论如下：

结合对伶仃 20 万吨级航道各段淤强和淤积量的计算和统计结果，得到如下主要结论：航道拓宽方案实施后，伶仃航道沿程回淤分布趋势与现状航道基本一致，但各航段的平均淤强略有减小。各方案年回淤量随航道宽度加大而增加，若仅对伶仃岛以北 EG 航段按照通航标准二尺度拓宽，C1G 段的平均淤强为 0.22m/a，航槽年回淤量  $434.1 \times 10^4 \text{m}^3$ ，考虑边坡回淤量，则该方案的年回淤总量为  $512.9 \times 10^4 \text{m}^3$ 。

口门航道和大濠水道段沿程大部分天然水深能够满足航深要求，仅部分航段需要开挖。航道拓宽工程实施后，该段航道沿程的流速变化比较微弱，泥沙回淤也比较轻微。风浪掀沙形成的航道泥沙骤淤多为悬沙堆淤积所致。计算表明，本次航道工程实施后 24 小时内航道沿程的泥沙骤淤厚度基本都在 0.1m 以下。估算结果表明，即使在大风浪作用下，伶仃航道不会因悬沙或浮泥淤积而造成灾害性的骤淤。

伶仃航道拓宽工程引起的潮量变化与伶仃洋十几公里宽的过水断面和十几亿纳潮量相比所占比例很小，因此航道拓宽工程不会改变伶仃洋潮流动力在“三滩两槽”间的分布格局。

综上所述，伶仃洋保持“三滩两槽”地貌格局的长期稳定，给广州港出海航道的建设、维护和发展提供了良好条件。航道拓宽方案实施后出现航道沿程流速变化微弱、航槽回淤略有减小的变化趋势。

表 5.2-1 伶仃航道沿程淤强统计（单位：m/a）

| 航段   | 现状   | 通航标准二 |
|------|------|-------|
| EF 段 | 0.31 | 0.28  |
| FG 段 | 0.35 | 0.33  |

表 5.2-2 伶仃航道航槽年回淤量统计（单位： $10^4 \text{m}^3$ ）

| 航段   | 现状    | 通航标准二 |
|------|-------|-------|
| EF 段 | 107.0 | 113.3 |
| FG 段 | 227.0 | 254.2 |
| 航槽回淤 | 400.6 | 443.9 |

|      |      |      |
|------|------|------|
| 边坡回淤 | 80.0 | 80.0 |
|------|------|------|

### 5.3. 航道疏浚对海洋生态环境的影响分析

根据工程施工对水环境影响分析的结果，结合工程区附近水域生物现状，分析航道疏浚对海域生物和渔业生产及自然保护区的影响。

#### 5.3.1. 航道疏浚对海洋生物的影响

##### （1）海洋生态影响类型和范围的判定

项目建设的生态影响主要发生在施工期，施工期生态影响包括直接影响和间接影响两个方面。直接影响主要限定在疏浚形成的范围之内。

航道疏浚将直接破坏底栖生物生境，掩埋底栖生物栖息地；间接影响则是由于疏浚等致使施工的局部水域悬浮物增加，施工过程带来悬浮物和重金属对区域海洋生物造成毒害，以及施工行动的干扰等。

施工活动直接、间接生态影响判定表见表 5.3-1。

表 5.3-1 施工期直接、间接影响判定表

| 类型   | 影响区域      | 影响原因  | 恢复可能性 | 生物表现            |
|------|-----------|-------|-------|-----------------|
| 直接影响 | 疏浚区域      | 挖掘    | 部分恢复  | 原有底栖生物消失，部分可以恢复 |
| 间接影响 | 施工悬浮物增量扩散 | 透明度降低 | 可以恢复  | 海洋生物部分受损        |

##### （2）施工过程对底栖生物影响分析

本项目的建设对底栖生物最主要的影响是航道疏浚挖泥等行为毁坏了底栖生物的栖息地，使底栖生物栖息空间受到了影响，并且可直接导致底栖生物死亡。

底栖生物受到影响按照影响地点的不同可分为以下几种类型：

##### 第 I 类型：水下挖掘的影响

水下挖掘主要包括水域疏浚等过程，将造成挖掘区底栖生物几乎全部损失。当底栖生物的影响区域较小，并且受影响的时间为非产卵期时，其恢复通常较快，恢复后其主要结构参数（种数、丰富度及多样性指数等）将与挖掘前或邻近的未挖掘水域基本一样，但物种组成仍有显著的差异，要彻底恢复，则需要更长的时间。这是由于底栖生物的幼虫为浮游生物，只要有足够的繁殖产量，这些幼虫随海流作用还会来到工程海域生长。然而，如果受影响区域较大，影响的时间恰为繁殖期或影响的持续时间较长，则其恢复通常较慢，如果没有人工放流底栖生物幼苗，底栖生物的恢复期可能持续 5~7 年。

## 第 II 类型：悬浮物扩散区的影响

施工期彻底改变施工水域内的底质环境，使得少量活动能力强的底栖种类逃往它处，大部分底栖种类将被掩埋、覆盖，除少数能够存活外，绝大多数将死亡。从这个意义上讲，施工作业对施工区底栖生物群落破坏是不可逆转的。

### （3）施工过程对浮游植物影响分析

航道疏浚对浮游植物最主要的影响是水体中增加的悬浮物质影响了水体的透光性，进而影响了浮游植物的光合作用。航道疏浚过程中造成悬浮物浓度增加，水体透光性减弱，光强减少，将对浮游植物的光合作用起阻碍作用。

一般而言，悬浮物的浓度增加在 10mg/L 以下时，水体中的浮游植物不会受到影响，而当悬浮物浓度增加 50mg/L 以上时，浮游植物会受到较大的影响，特别是中心区域，悬浮物含量极高，海水透光性极差，浮游植物基本上无法生存。当悬浮物的浓度增加量在 10~50mg/L 时，浮游植物将会受到轻微的影响。

因此，本项目开发建设过程中要注意悬浮物浓度的控制，避免造成大量水生生态损失。

### （4）施工过程对浮游动物的影响分析

同样，本项目施工过程中，施工作业对浮游动物最主要的影响是水体中增加的悬浮物质，增加了水体的浑浊度。悬浮物对浮游动物的影响与悬浮物的粒径、浓度等有关。具体影响反应在浮游动物的生长率、存活率、摄食率、丰度、生产量及群落结构等方面。浮游动物受影响程度和范围与浮游植物的相似。

### （5）施工过程对渔业资源影响分析

本项目的施工对渔业资源的影响主要表现为悬浮物对渔业资源的影响。

悬浮物对鱼类的影响分为三类，即致死效应、亚致死效应和行为影响。这些影响主要表现为直接杀死鱼类个体；降低其生长率及其对疾病的抵抗力；干扰其产卵、降低孵化率和仔鱼成活率；改变其洄游习性；降低其饵料生物的丰度；降低其捕食效率等。

悬浮物对鱼类的影响，国外学者曾做过大量实验，其中 Biosson 等人研究了鱼类在混浊水域表现出的回避反应，研究结果表明当水体悬浮物浓度达到 70mg/L 时，鱼类在 5min 内迅速表现出回避反应。实验表明，成鱼在混浊水域内会做出回避反应，迅速逃离施工地带。

不同类型的水生生物对悬浮物浓度的忍受限度不同，一般来说，仔幼体对悬

浮物浓度的忍受限度比成体低很多。以长江口疏浚泥悬沙对中华绒毛蟹早期发育的试验结果为例，类比分析悬浮泥沙对鱼类的影响。当悬沙浓度为 8g/L 时，中华绒毛蟹胚胎发育在原肠期以前，胚胎成活率几乎为 100%，但当胚胎发育至色素形成期产生一定程度的影响，试验三组数据最大死亡率为 60~70%，最小为 5~10%，平均 30%。不同的悬沙浓度不影响中华绒毛蟹蚤状幼体的成活率，但当悬沙浓度达到 16g/L 时，对蚤状幼体的变态影响极为显著。高浓度悬沙可推迟蚤的变态；当悬沙浓度达到 32g/L 以上时，可降低蚤状幼体对轮虫的摄食和吸收。

此外，悬浮泥沙对渔业的影响主要还体现在对浮游动物与浮游植物食物供应所受到的影响上。浮游植物和浮游动物是海洋生物的初级和次级生产力，海悬沙会对浮游植物和浮游动物的生长产生不利影响，严重时甚至会导致死亡，如当悬浮物超过一定浓度或持续一段时间后，对浮游植物的负面影响如造成光限制、与浮游植物竞争营养盐、吸附藻细胞沉降、重金属等有害物质溶出等将占主导，抑制浮游植物的种群增长。从食物链的角度不可避免对鱼类和虾类的存活与生长产生明显的抑制作用，对渔业资源带来一定影响。

由于施工期影响是暂时的，随着施工期结束其影响将随之结束。

### 5.3.2. 施工期生态损失计算

#### 1、底栖生物损失量计算

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007），占用渔业水域的海洋生物资源量损害评估按下式计算

$$W_i = D_i \times S_i$$

式中  $W_i$ —第  $i$  种类生物资源受损失量，单位为尾、个、千克（kg）；

$D_i$ —评估区域内第  $i$  种类生物资源密度，单位为尾（个）/km<sup>2</sup>、尾（个）/km<sup>3</sup>、kg/km<sup>2</sup>；

$S_i$ —第  $i$  种类生物占用的渔业水域面积或体积，单位为km<sup>2</sup>、km<sup>3</sup>。

疏浚过程中对底栖生物的直接损失表现为疏浚区范围内底栖生物的全部破坏。本次调查底栖生物站位基本布置在航道沿线，因此计算航道疏浚造成的底栖生物损失选取春、秋两季底栖生物的平均生物量 41.48g/m<sup>2</sup>估算较为合理，航道疏浚面积约 3.69km<sup>2</sup>，则航道疏浚作业共造成的底栖生物直接损失量为 156.38t。底栖生物损失量 = 3.69km<sup>2</sup> × 41.48g/m<sup>2</sup> = 156.06t。按 3 年补偿总损失量为 = 156.06t × 3 = 459.18t

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》，参照水运交通行业通行计算方法（2015 年部批复《广州港深水航道拓宽工程环境影响报告书》），底栖生物损失单价按 10000 元/t 进行补偿，则本项目造成底栖生物损失补偿金额为=459.18t×10000 元/t=459.18 万元。

2、渔业资源损失量计算

（1）估算方法

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007），对疏浚过程造成的生态损失进行分析和计算。

本方法适用于污染物扩散范围内对海洋生物资源的损害评估，分一次性损害和持续性损害。

一次性损害：污染物浓度增量区域存在时间少于 15 天（不含 15 天）；

持续性损害：污染物浓度增量区域存在时间超过 15 天（含 15 天）。

本项目悬浮物扩散影响范围为整个疏浚期的最大影响，采用一次性平均受损量评估：

某种污染物浓度增量超过 GB11607 或 GB3097 中 II 类标准值（GB11607 或 GB3097 中未列入的污染物，其标准值按照毒性试验结果类推）对海洋生物资源损害，按公式计算：

$$W_i = \sum_{j=1}^n D_{ij} \times S_j \times K_{ij}$$

式中：

Wi——第 i 种类生物资源一次性平均损失量，单位为（尾）、个（个）、千克(kg)；

Dij——某一污染物第 j 类浓度增量区第 i 种类生物资源密度，单位为尾平方千米（尾/km²）、个平方千米（个/km²）、千克平方千米（kg/km²）；

Sj——某一污染物第 j 类浓度增量区面积，单位为平方千米（km²）；

Kij——某一污染物第 j 类浓度增量区第 i 种类生物资源损失率，单位为百分之（%）；生物资源损失率取值参见表 5.3-2。

n——某一污染物浓度增量分区总数

表 5.3-2 污染物对各类生物损失率

| 污染物 i 的超标 | 各类生物损失率（%） |
|-----------|------------|
|-----------|------------|

| 倍数 ( $B_i$ )                                                                                                                                                                                                                                                                             | 鱼卵和仔稚鱼    | 成体        | 浮游动物      | 浮游植物      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| $B_i \leq 1$ 倍                                                                                                                                                                                                                                                                           | 5         | $<1$      | 5         | 5         |
| $1 < B_i \leq 4$ 倍                                                                                                                                                                                                                                                                       | 5~30      | 1~10      | 10~30     | 10~30     |
| $4 < B_i \leq 9$ 倍                                                                                                                                                                                                                                                                       | 30~50     | 10~20     | 30~50     | 30~50     |
| $B_i \geq 9$ 倍                                                                                                                                                                                                                                                                           | $\geq 50$ | $\geq 20$ | $\geq 50$ | $\geq 50$ |
| 注：<br>1. 本表列出污染物 $i$ 的超标倍数( $B_i$ )，指超《渔业水质标准》或超II类《海水水质标准》的倍数，对标准中未列的污染物，可参考相关标准或按实际污染物种类的毒性试验数据确定；当多种污染物同时存在，以超标准倍数最大的污染物为评价依据。<br>2. 损失率是指考虑污染物对生物繁殖、生长或造成死亡，以及生物质量下降等影响因素的综合系数。<br>3. 本表列出的对各类生物损失率作为工程对海洋生物损害评估的参考值。工程产生各类污染物对海洋生物的损失率可按实际污染物种类，毒性试验数据作相应调整。<br>4. 本表对 pH、溶解氧参数不适用。 |           |           |           |           |

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007）的相关要求，悬浮物扩散范围影响范围内对海洋生物资源的损害属于一次性损害，因此，渔业资源的累计损害量按如下公式计算：

$$W_i = \sum_{j=1}^n D_{ij} \times S_j \times K_{ij}$$

式中：

$W_i$ ——第  $i$  种类生物资源一次性平均损失量，单位为尾、个、kg；

$D_{ij}$ ——某一污染物第  $j$  类浓度增量区第  $i$  种类生物资源密度，单位为尾/ $\text{km}^2$ 、个/ $\text{km}^2$ 、kg/ $\text{km}^2$ ；

$S_j$ ——某一污染物第  $j$  类浓度增量区面积，单位为  $\text{km}^2$ ；

$K_{ij}$ ——某一污染物第  $j$  类浓度增量区第  $i$  种类生物资源损失率，单位为(%)；

## (2) 估算结果

根据 4.1 章节预测结果，施工产生的悬浮物对水环境的影响范围分段见表 5.3-3。

**表 5.3-3 施工悬浮物最大可能影响范围分段统计表**

| 悬浮物浓度             | 对水域影响面积( $\text{km}^2$ ) |
|-------------------|--------------------------|
| $>100\text{mg/L}$ | 23.5                     |
| 10~100mg/L        | 13.9                     |

### ①对鱼类等游泳动物影响及损失评估

个体均按 100%成活率计。游泳动物损失量按照春、秋季调查结果的平均值 293.11kg/ $\text{km}^2$  计算，依据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》

（SC/T9110-2007），经济损失按 3 年计算，具体见表 5.3-5。

### ②对鱼卵仔鱼影响及损失评估

鱼卵、仔鱼损失量按照春、秋季调查结果的平均值计算，影响水深取平均 8m。根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007）的相关要求，本工程产生的悬浮物扩散范围内对海洋生物资源的损害属于一次性损害，鱼卵折成鱼苗按 1%成活率计，仔鱼折成鱼苗按 5%成活率计。经济损失按 3 年计算，具体见表 5.3-5。

**表 5.3-4** 春、秋季鱼卵仔鱼密度 （单位：鱼卵：粒/m<sup>3</sup>；仔鱼：尾/m<sup>3</sup>）

| 季节  | 鱼卵   | 仔鱼   |
|-----|------|------|
| 春季  | 9.67 | 1.69 |
| 秋季  | 3.2  | 0.49 |
| 平均值 | 6.44 | 1.09 |

### ③补偿单价取值

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》，参照水运交通行业通行计算方法（2020 年广东省生态环境厅批复《广州港环大虎岛公用航道工程环境影响报告书》），本项目生态补偿金额计算涉及鱼卵、仔鱼、游泳动物各单价分别为：鱼卵、仔鱼均为 1.0 元/尾，游泳动物为 10 元/kg。

表5.3-5 施工期鱼类等游泳动物和鱼卵仔鱼损失估算表

| 悬浮物扩散范围<br>(km <sup>2</sup> ) |            | 渔业资源                          | 资源密度   | 水深<br>m | 死亡率 | 损失量<br>(尾) | 折成鱼<br>苗存活<br>率 | 鱼苗和成<br>体 (尾) | 单价  |      | 经济损失<br>(万元) |
|-------------------------------|------------|-------------------------------|--------|---------|-----|------------|-----------------|---------------|-----|------|--------------|
| 4.96                          | 10-20mg/L  | 鱼卵<br>(ind./m <sup>3</sup> )  | 6.44   | 8       | 5%  | 12776960   | 1%              | 127769.6      | 1.0 | 元/尾  | 12.78        |
|                               |            | 仔鱼<br>(ind./m <sup>3</sup> )  | 1.09   | 8       | 5%  | 2162560    | 5%              | 108128        | 1.0 | 元/尾  | 10.81        |
|                               |            | 游泳动物<br>(kg/km <sup>2</sup> ) | 293.41 |         | 1%  | 14.553136  | 100%            | 14.553136     | 10  | 元/kg | 0.01         |
| 6.49                          | 20-50mg/L  | 鱼卵<br>(ind./m <sup>3</sup> )  | 6.44   | 8       | 5%  | 16718240   | 1%              | 167182.4      | 1.0 | 元/尾  | 16.72        |
|                               |            | 仔鱼<br>(ind./m <sup>3</sup> )  | 1.09   | 8       | 5%  | 2829640    | 5%              | 141482        | 1.0 | 元/尾  | 14.15        |
|                               |            | 游泳动物<br>(kg/km <sup>2</sup> ) | 293.41 |         | 1%  | 19.042309  | 100%            | 19.042309     | 10  | 元/kg | 0.02         |
| 2.45                          | 50-100mg/L | 鱼卵<br>(ind./m <sup>3</sup> )  | 6.44   | 8       | 30% | 37867200   | 1%              | 378672        | 1.0 | 元/尾  | 37.87        |
|                               |            | 仔鱼<br>(ind./m <sup>3</sup> )  | 1.09   | 8       | 30% | 6409200    | 5%              | 320460        | 1.0 | 元/尾  | 32.05        |
|                               |            | 游泳动物<br>(kg/km <sup>2</sup> ) | 293.41 |         | 10% | 71.88545   | 100%            | 71.88545      | 10  | 元/kg | 0.07         |
| 23.5                          | ≥100mg/L   | 鱼卵<br>(ind./m <sup>3</sup> )  | 6.44   | 8       | 50% | 605360000  | 1%              | 6053600       | 1.0 | 元/尾  | 605.36       |

|    |   |                               |        |   |     |           |      |          |     |      |         |
|----|---|-------------------------------|--------|---|-----|-----------|------|----------|-----|------|---------|
|    |   | 仔鱼<br>(ind./m <sup>3</sup> )  | 1.09   | 8 | 50% | 102460000 | 5%   | 5123000  | 1.0 | 元/尾  | 512.30  |
|    |   | 游泳动物<br>(kg/km <sup>2</sup> ) | 293.41 |   | 20% | 1379.027  | 100% | 1379.027 | 10  | 元/kg | 1.38    |
| 总计 |   |                               |        |   |     |           |      |          |     |      | 1243.51 |
| 合计 | 3 | 年                             |        |   |     |           |      |          |     |      | 3730.54 |

### 5.3.3. 施工期海洋生态损失小结

工程施工对海洋生态和渔业资源影响损失汇总见表 5.3-6。施工共造成底栖生物直接损失量 153.06t，渔业资源损失 12420294 尾，游泳动物损失量 1.48t，航道疏浚施工悬浮物均属于临时占海，按 3 年计算经济损失，工程施工生态损失总额为 4189.72 万元。

表5.3-6 工程对海洋生态和渔业资源影响损失汇总

| 渔业资源类别 | 工程类型      | 一次性损失量     | 补偿年限 | 单价       | 补偿金额（万元） |
|--------|-----------|------------|------|----------|----------|
| 鱼卵     | 施工期悬浮泥沙影响 | 6727224 尾  | 3    | 1.0 元/尾  | 2018.17  |
| 仔鱼     |           | 5693070 尾  | 3    |          | 1707.92  |
| 渔业资源   |           | 1.48t      | 3    | 10 元/kg  | 4.45     |
| 底栖生物   | 疏浚占用      | 153.06t    | 3    | 1.0 万元/t | 459.18   |
| 合 计    |           | 4189.72 万元 |      |          |          |

### 5.4. 施工期固体废物影响分析

根据《水运工程环境保护设计规范》（JTS 149-2018），施工船舶垃圾以人均 1.5kg/d 产生量计算，则施工船舶产生约 225kg/d（40.5t/a）的生活垃圾，船舶生活垃圾由有资质的单位进行接收处理，不会对附近海域环境产生不利的影响。

### 5.5. 施工期声环境影响分析

施工期间，挖泥船进行疏浚作业时亦可视为点声源，即固定声源。其影响预测模型为：

$$L_P = L_{P0} - 20 \lg (R/R_0)$$

式中： $L_P$ —距声源  $R$  处的噪声预测值，dB（A）；

$L_{P0}$ —距声源参考距离  $R_0$  处的参考声级，dB（A）。

施工场界噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)。该类船型 10m 处的暴露声级约 70dB(A)，衰减至标准 55dB(A) 的距离为 56m，即在距施工场地 56m 处，船舶噪声强度已满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）的要求。据工程实地勘查可知，疏浚点与岸边的距离较远，且周边 1km 范围内无噪声敏感点，通过施工期间严格控制施工时间，待施工结束后，上述影响即会消失。

### 5.6. 施工期环境空气影响分析

施工船舶主机运行过程中排放少量燃油废气，主要污染因子为  $SO_2$ 、 $NO_x$  等。

本项目施工期产生的大气污染物均属无组织排放，在时间及空间上均较零散，采用类比调查的方法进行分析。据经验数据，施工船舶耗用 1 吨柴油将产生 80~90kg 有害气体。由于施工作业均在海上进行，距离周边大气敏感点（1km 以上）较远，施工作业又具有流动性和间歇性的特点，施工船舶排放的有害气体将迅速扩散，对周围环境影响很小。

## 5.7. 营运期环境维护性疏浚对周边海域环境影响分析

本工程维护性疏浚的位置和范围与建设期的疏浚范围相同。据利用定期疏浚挖泥即可维持航道的正常通航。工程营运期维护性疏浚虽说位置和范围与施工期相同，但由于淤积量较小，可采用中小型耙吸挖泥船施工，对周边水、沉积物环境的影响要远小于施工期。

## 5.8. 项目建设对环境保护目标影响分析

### 5.8.1. 对珠江口经济鱼类繁育场保护区、幼鱼幼虾保护区和南海北部幼鱼繁育场保护区的影响

珠江口经济鱼类繁育场保护区保护要求为：保护珠江河口经济鱼虾等的繁殖和生长，主要保护对象为经济鱼类亲体。保护期为每年的农历 4 月 20 日至 7 月 20 日。保护期内禁止除刺网、钓具和笼捕外所有渔业捕捞作业。

幼鱼幼虾保护区保护要求：禁渔期为每年的 3 月 1 日至 5 月 31 日。在保护期内将禁止保护区内除刺网、钓具和笼捕外所有渔业捕捞作业。

南海北部幼鱼繁育场保护区保护要求：保护期为 1-12 月，保护期内禁止拖网船、拖虾船以及捕捞幼鱼、幼虾为主的作业船只进入本区生产，防止或减少对渔业资源的损害。

本工程位于珠江口经济鱼类繁育场保护区、幼鱼幼虾保护区和南海北部幼鱼繁育场保护区中，本工程施工悬浮物浓度增量大于 10mg/L 影响面积约为 37.4km<sup>2</sup>；施工期悬浮物必将对保护区水域产生不利影响，对上述保护区的影响主要表现在如下几个方面：

（1）工程施工过程中的疏浚物会引起作业海域海水悬浮物浓度升高，降低海水透明度，阻碍浮游植物的光合作用，水体中的初级生产力下降，最终导致水域饵料生物减少，从而影响幼鱼幼虾和经济鱼类的索饵场所。

（2）工程作业所引起悬浮物，致使幼鱼幼虾和经济鱼类失去安全的庇护场。

悬浮物的增加,对于成鱼个体虽然由于其具有较强的趋避行为而不会产生较大影响,但对于生物幼体和行动迟缓的底栖型种类来说,其对悬浮物的耐受能力要弱得多,因此受到伤害的程度要大得多。水体中悬浮物的增加会影响鱼类的胚胎发育,堵塞生物的鳃部造成窒息死亡,造成水体严重缺氧,粘附于鱼卵表面妨碍鱼卵的呼吸,不利于鱼卵的成活和孵化,从而影响鱼类的繁殖。

(3) 项目对环境的影响主要集中在施工期疏浚期间,工程悬浮物影响面积占整个经济鱼类产卵场面积相对较小(占幼鱼幼虾保护区的 0.16%,占珠江口经济鱼类繁育场保护区的 3.4%),且其影响是暂时的,随着施工期结束而结束,不会对保护区的生态功能产生显著不利影响。

本工程优化施工方案,控制疏浚船只数量,挖泥作业时两船之间距离应保持大于 5km,疏浚施工避开鱼类主要保护期 4-8 月份,且不违反在保护期内禁止从事除刺网、钓具和笼捕外的渔业捕捞作业的管理要求。因此本项目实施符合上述保护区的保护要求。

### 5.8.2. 对主要经济鱼类“三场一通道”的影响

根据前文主要经济鱼类“三场一通道”分布情况,本工程将占用主要经济鱼类七丝鲚在珠江口的洄游通道,依据悬浮物预测结果,施工期悬沙将影响七丝鲚洄游,因此航道施工时应避开七丝鲚产卵洄游时间,主要为 2-3 月以及 8~9 月,并且悬浮物影响随着施工结束而消失;本工程涉及棘头梅童鱼产卵场及洄游通道较,依据悬浮物预测结果,施工期悬沙将会影响棘头梅童鱼产卵和洄游。

因此,通过采取相应的生态补偿措施,优化施工方案,避开鱼类主要产卵期 4-8 月份等措施,项目建设对鱼类“三场一通道”影响是可以接受的。

### 5.8.3. 对国控点的影响分析

根据 5.1 章节预测结论,本工程施工悬浮物浓度增量大于 10mg/L 影响面积约为 37.4km<sup>2</sup>;从图 5.1-4 中可以看出,由于近岸国考断面 GDN02003 邻近航道疏浚水域,在附近疏浚区域施工时悬浮物浓度大于 100mg/L 的水体将会对近岸国考断面 GDN02003 产生不利影响,对其他国控点没有影响,随着疏浚施工完成,悬浮物对水环境的影响也将很快消失。

### 5.8.4. 对其他保护目标影响分析

本项目距离其他保护目标如自然保护区(中华白海豚及保护区除外)、重要

渔业资源产卵场、重要滩涂及浅海水域、附近湿地公园、红树林等区域最近距离约为 2.0-20.2km，根据 5.1 章节施工期产生悬浮物影响预测结论，本项目实施不会对上述区域水质环境等造成直接不良影响。本项目对中华白海豚及自然保护区影响将在第 6 章进行专章分析。

## 6. 项目建设对中华白海豚及自然保护区影响分析

### 6.1. 中华白海豚现状调查

本节摘自《广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区综合科学考察报告》（2023.9）。中华白海豚是我国一级保护动物，中国东南沿海水域是中华白海豚非常重要的栖息地，目前已知有分布的地方有台湾西部沿岸水域、福建宁德水域、厦门水域、广东汕头沿岸水域、珠江口-漠阳江口水域、湛江雷州湾水域、海南西南部沿岸水域和北部湾北海-钦州沿岸水域等。其中广东珠江口-漠阳江口种群为世界上最大的中华白海豚群体，数量约为 2600 头。湛江雷州湾中华白海豚种群数量为 1485 头。北部湾沙田水域数量约为 150-182 头。北部湾大风江口种群约为 389 头。海南西南沿海种群数量约为 200-300 头，其余群体数量均低于 100 头。

#### 6.1.1. 监测时间

2020 年 6 月-2021 年 4 月共执行了 10 个航次的海豚观测，覆盖区域包括伶仃洋北、伶仃洋中、伶仃洋南、横琴东、横琴东南以及隘洲等 6 个区域，截线观测共耗时约 60 天，执行的正式观测截线长度为 4476.9 公里，其中在优良海况条件下（0-3 级海况）观测截线长度为 3807.9 公里，占 85.1%。优良海况条件下观测的数据占比较高，优良海况数据用于海豚目击率的评估。

#### 6.1.2. 调查方法

中华海豚调查采用了船基截线抽样法，为了保证观测资料的延续性、性与可比性，调查采用了跟以往在珠江口海豚调查相同的目视观测和操作规程。

租用渔船作为观测船，观测台设于船艏上甲板，目视点离水面约 4-5m。在适宜的观测条件下（海况 0-5 级，无大雨，能见度不少 1200m），船只以 7-8kn 的航速沿预设截线航行，由 2 名观察员组成一班同时观测，主观察员用内置指南针双目望远镜观察，副观察员用肉眼观察兼数据记录，每隔半小时按顺序轮换主观察员和副观察员以减轻疲劳。观察员经过观测和记录方法、目测距离训练（使用激光测距仪矫正）、海豚种类识别等内容的培训，并具备一定海上鲸类调查的经验。截线观测记录包括观测开始及结束的时间和位置、航速、航向、海况、能见度和航程等，发现海豚将结束一个观测系列。船尽可能靠近海豚群，以估算海

豚个体数、群体组成和行为观察等，并拍摄不同侧面的个体照片以供个体识别（使用高速单反相机及长焦镜头）。海豚目击记录包括初次目击时间、位置、角度、目测距离、个体数、组成和行为等。位置、航速和航程均由手持 GPS 获取，角度由内置指南针望远镜测得。群体组成包括无斑点幼儿期（UC）、无斑点幼年期（UJ）、斑点少年期（SJ）、斑点亚成年期（SS）、斑点成年期（SA）和无斑点成年期（UA）的个体数。

监测范围涵盖整个伶仃洋水域，即北至虎门，南至东澳岛，东至粤港水域边界，西至珠海、澳门和横琴岛沿岸。中华白海豚的监测区域包括了伶仃洋北部、伶仃洋中部、伶仃洋南部、横琴东、横琴东南和隘洲区域。各个监测区域及观测截线布设见图 6.1-1。



图 6.1-1 伶仃洋中华白海豚监测区域范围和观测截线

6.1.3. 分析方法

(1) 目击分布

截线观测过程中目击的海豚位置（GIS 数据信息），使用 GISArcView© 在 GIS 地图中标示，说明海豚目击分布的时空变化。各类分布图包括各群体的目击分布、10 头以上较大聚群的目击分布、幼豚目击分布和重要行为（如觅食、社交等）的目击分布。

## （2）数量和密度评估

采用距离抽样法（Buckland et al. 2001）评估各个区域的海豚密度和数量。正式截线观测中的航行距离都被纳入分析，但考虑到蒲福海况 4 级以上影响观测效果，计算海豚密度及数量时仅使用海况 3 级及以下的观测数据（Jefferson et al. 1997; Jefferson 2000）。使用 DISTANCE 软件包（Laake et al. 1994）计算海豚的密度和数量。

## （3）栖息地使用分析

栖息地使用率采用概率密度函数估算，描述动物在研究区域内基于动物目击位置的空间相对使用率。由于海岛和陆地区域无法被海豚利用，选取含障碍核插值（Kernel interpolation with barriers）方法估算海豚的栖息地使用情况。为了估计中华白海豚群体的栖息地使用率，根据白海豚群体的目击位置坐标，基于 ArcGIS 软件采用核密度估计方法（Kernel Density Estimate, KDE）分析栖息地的使用率，以 50%KDE 和 95%KDE 的核密度区域分别表示中华白海豚的核心栖息地和一般栖息地。其中，核心栖息地是指白海豚使用率较高的水域，一般栖息地是指白海豚的主要分布水域。

### 6.1.4. 监测结果

#### 6.1.4.1. 目击分布

2020-2021 年监测期间中华白海豚的目击主要分布在伶仃洋中、伶仃洋南和横琴东区域。伶仃洋北区域仅在南面有 2 次白海豚目击，深中通道大桥以北水域没有海豚目击。横琴东南区域，中华白海豚主要出现在磨刀门附近水域，而该区域东部目击到印太江豚，无白海豚目击。隘洲区域仅目击到 1 次印太江豚，没有中华白海豚目击。

一般来说，生态位接近的动物存在着食物直接竞争，因此中华白海豚和印太江豚的分布区很少交叉。本项目调查范围的东南水域较少目击到白海豚，

但有数次江豚目击。江豚较多目击出现在调查范围的南部边缘，即东澳岛以南水域。

不同监测时期伶仃洋中华白海豚的目击分布比较见图 6.1-2 和图 6.1-3，中华白海豚均主要分布于伶仃洋中、伶仃洋南和横琴东等区域，不同监测时期这些区域都是密集分布区。伶仃洋北区域在 2005-2006 年有较多分布。横琴东南区域在 2005-2006 年没有监测数据，2020-2021 年均有监测，但 2020-2021 年目击比较多，主要分布在磨刀门附近水域，其余两个监测阶段的目击比较少。伶仃洋东南的隘洲区域，历年的监测中很少有中华白海豚目击，本次监测没有发现白海豚。

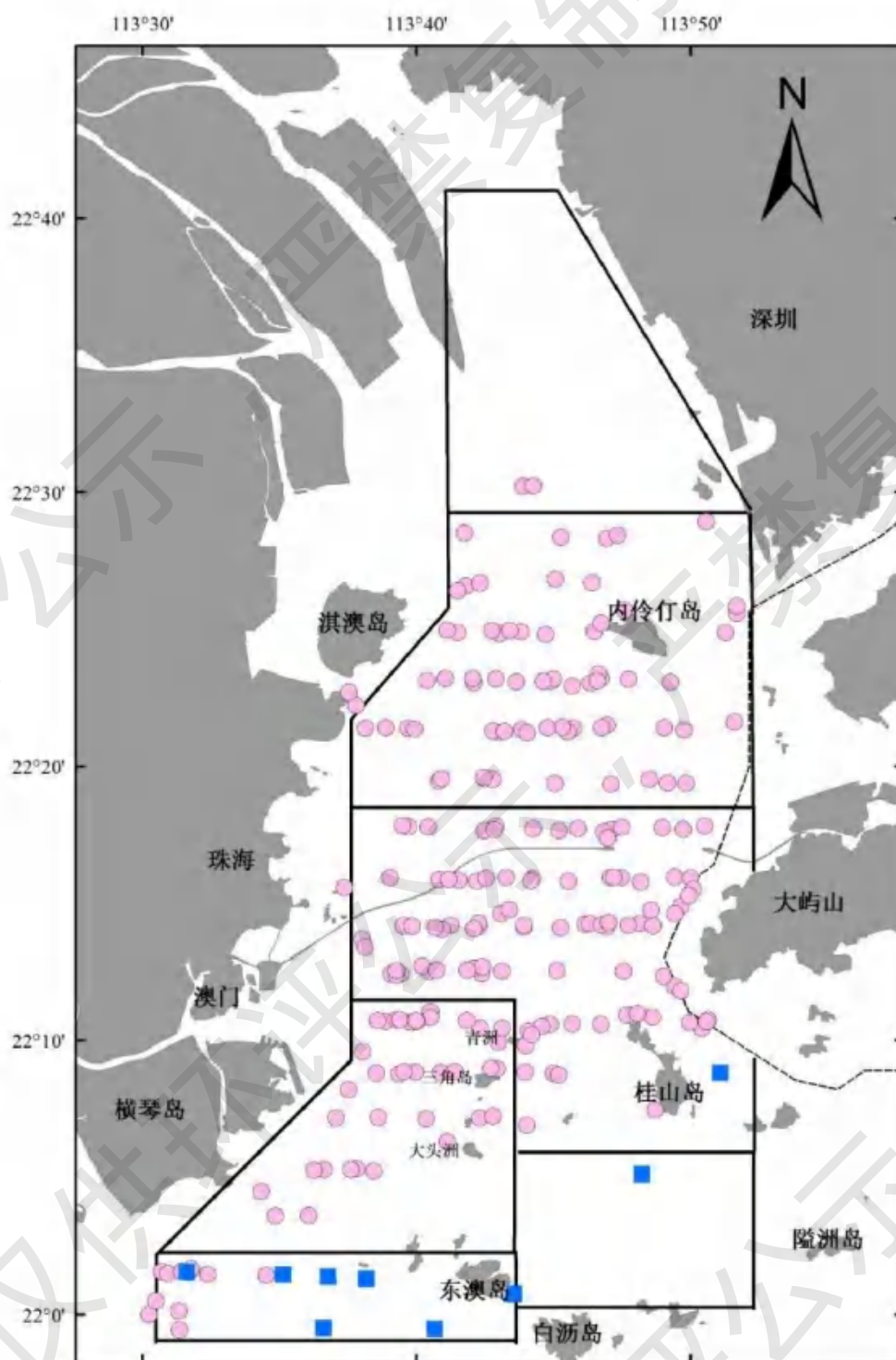


图 6.1-2 2020-2021 年监测期中华白海豚(粉色圆点)与印太江豚(蓝色方框)的目击分布

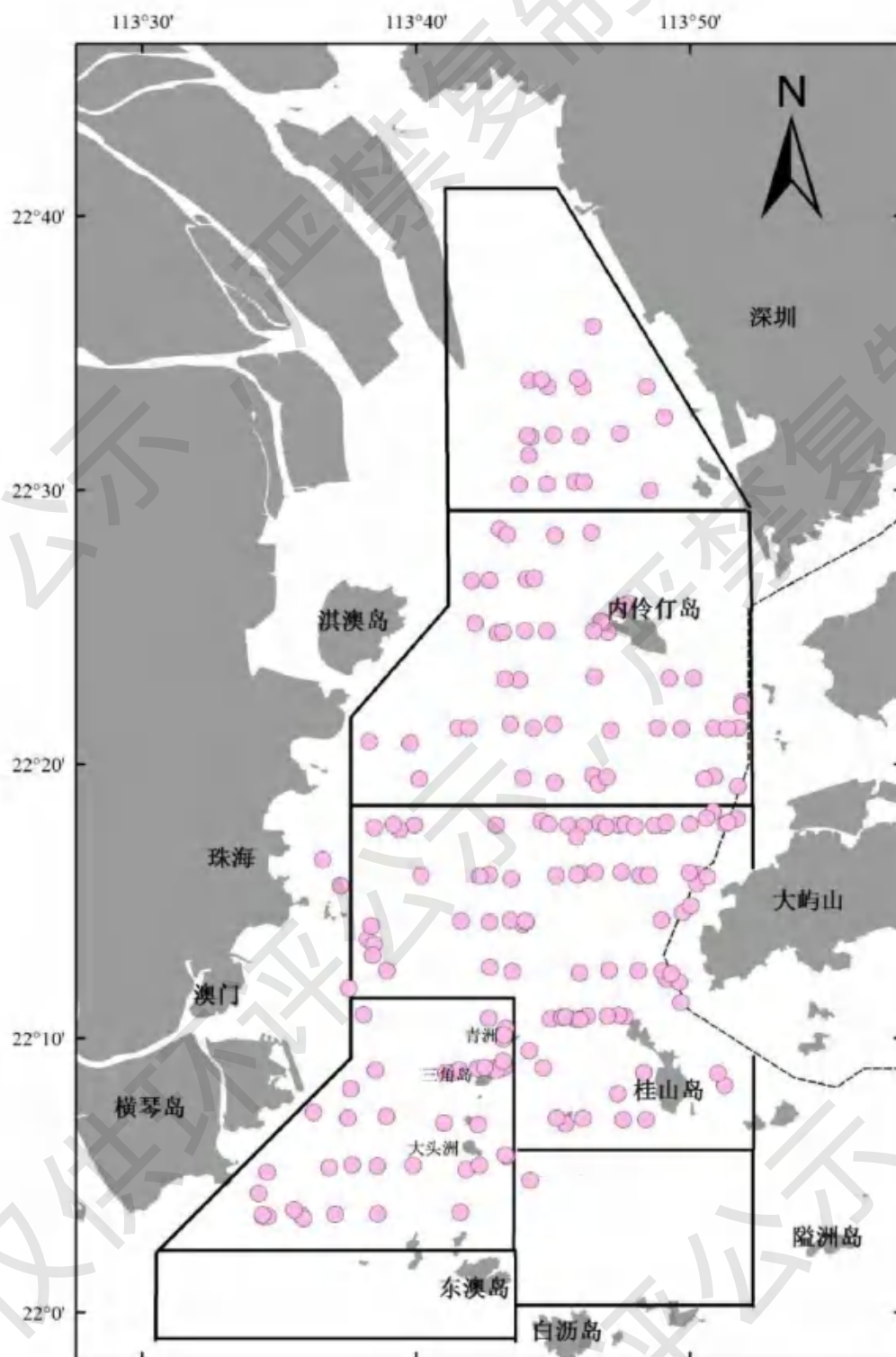


图 6.1-3 2005-2006 年中华白海豚(粉色圆点)目击分布

#### 6.1.4.2. 聚群大小与分布

2020-2021 年监测期间，目击的中华白海豚聚群大小的变化范围为 1-47 头，各组聚群的目击频次分布见图 6.1-4。目击的海豚聚群以小群居多，其中以 1-2

头的聚群最为常见，约占到总目击次数 38.5%。另外，20 头以上的聚群占到 2.7%。各个监测时期各组聚群的分布频次比较见图 6.1-5。

2020-2021 年的平均聚群大小为 5.9 头/群（ $sd=\pm 5.97$ ），跟 2005-2006 年比较，则差异显著（ $p<0.05$ ）。2020-2021 年和 2005-2006 年均值之间的差异可能是由于聚群大小的离散分布引起，这个差异意义不是很大。说明 2005-2006 年以来，伶仃洋中华白海豚的平均聚群大小变化不大。

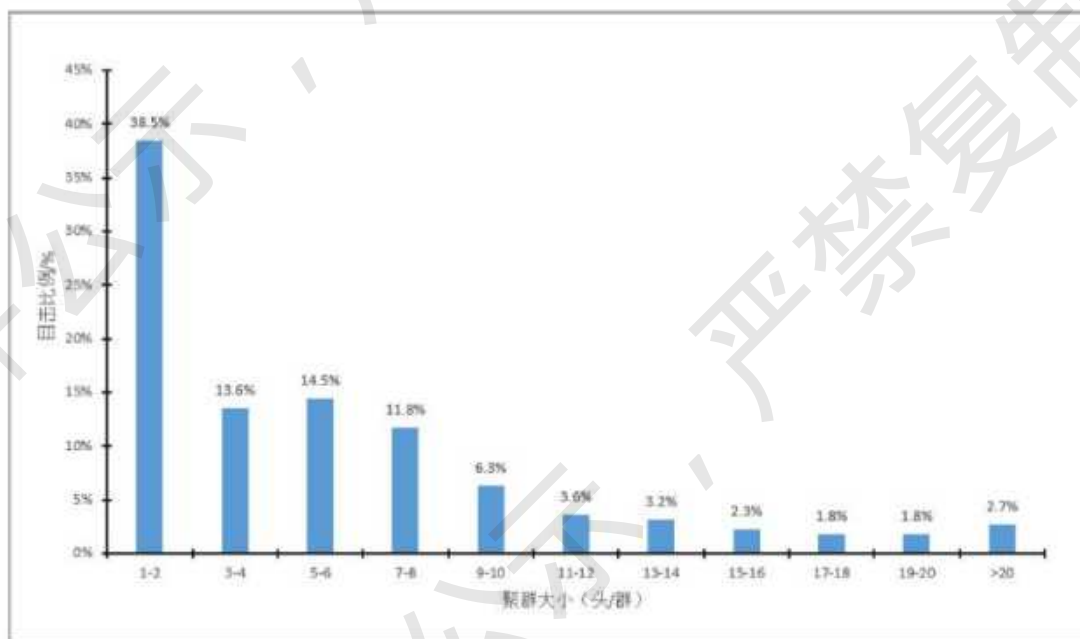


图 6.1-4 2020-2021 年监测周期目击中华白海豚聚群大小的频次分布

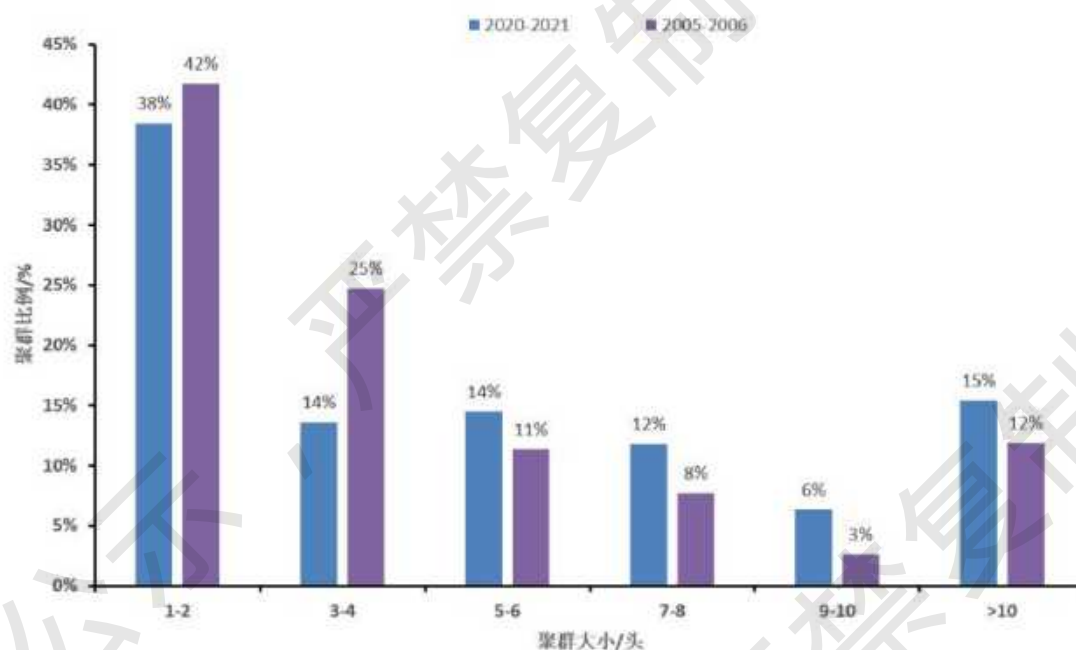


图 6.1-5 各个监测时期中华白海豚各组聚群的频次分布

中华白海豚较大聚群的出现与食物资源状况以及人类活动干扰程度密切相关，较大聚群的地方通常表明这个地方食物较为丰富或者人类活动干扰较小。2020-2021 年监测期间 10 头以上中华白海豚聚群的目击分布见图 6.1-6。10 头以上聚群主要分布在伶仃洋中、伶仃洋南和横琴东区域，这些区域每个月份航次均有白海豚目击。伶仃洋目击到 1 次 10 头以上的聚群。横琴东南区域的磨刀门附近目击到 4 次 10 头以上聚群。

2005-2006 年监测时期 10 头以上聚群分布见图 6.1-7。2005-2006 年 10 头以上聚群也是主要分布在伶仃洋中、伶仃洋南和横琴东区域，伶仃洋北也很少出现。

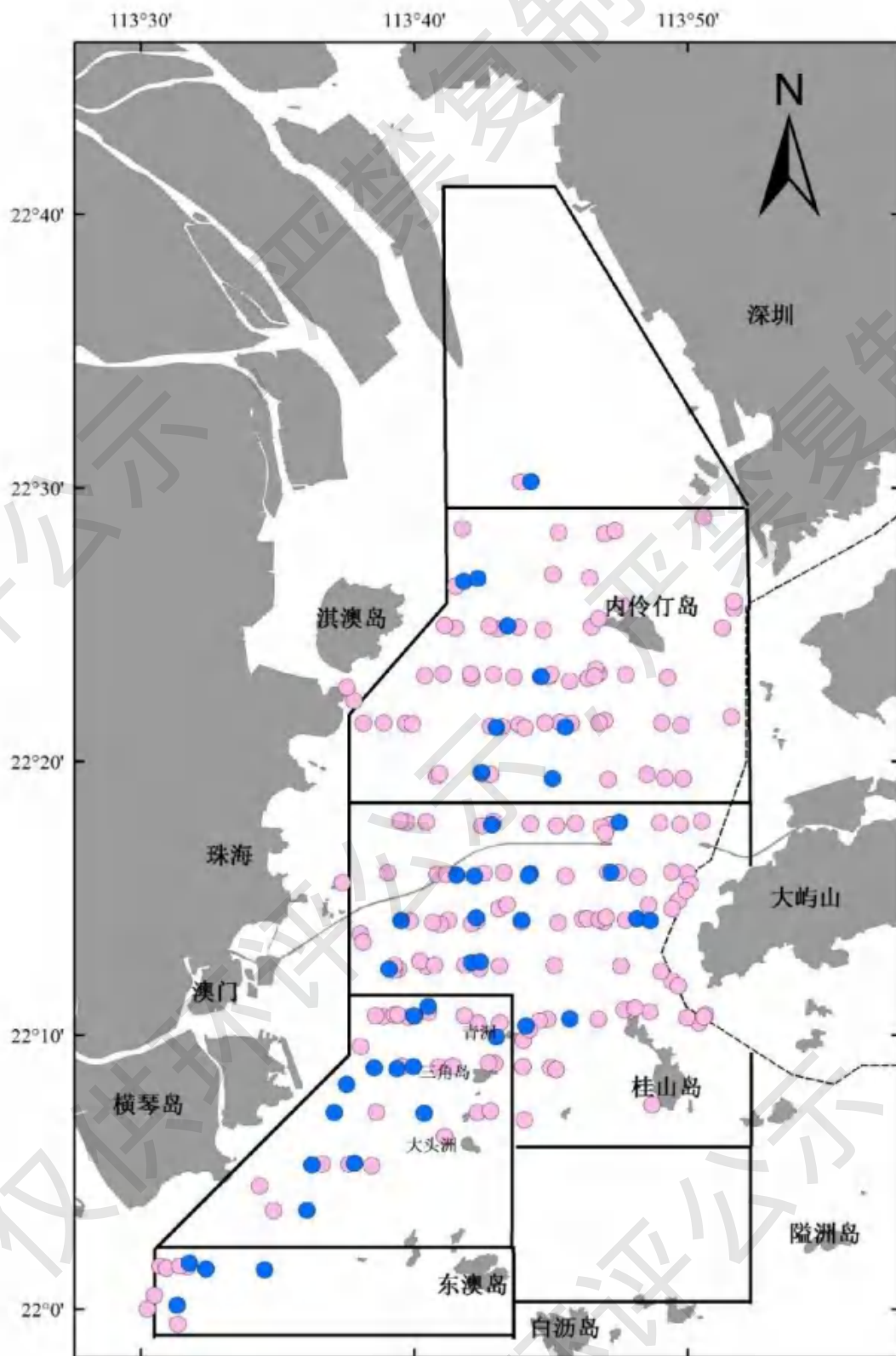


图 6.1-6 2020-2021 年伶仃洋 10 头以上聚群（蓝色圆点）的目击分布

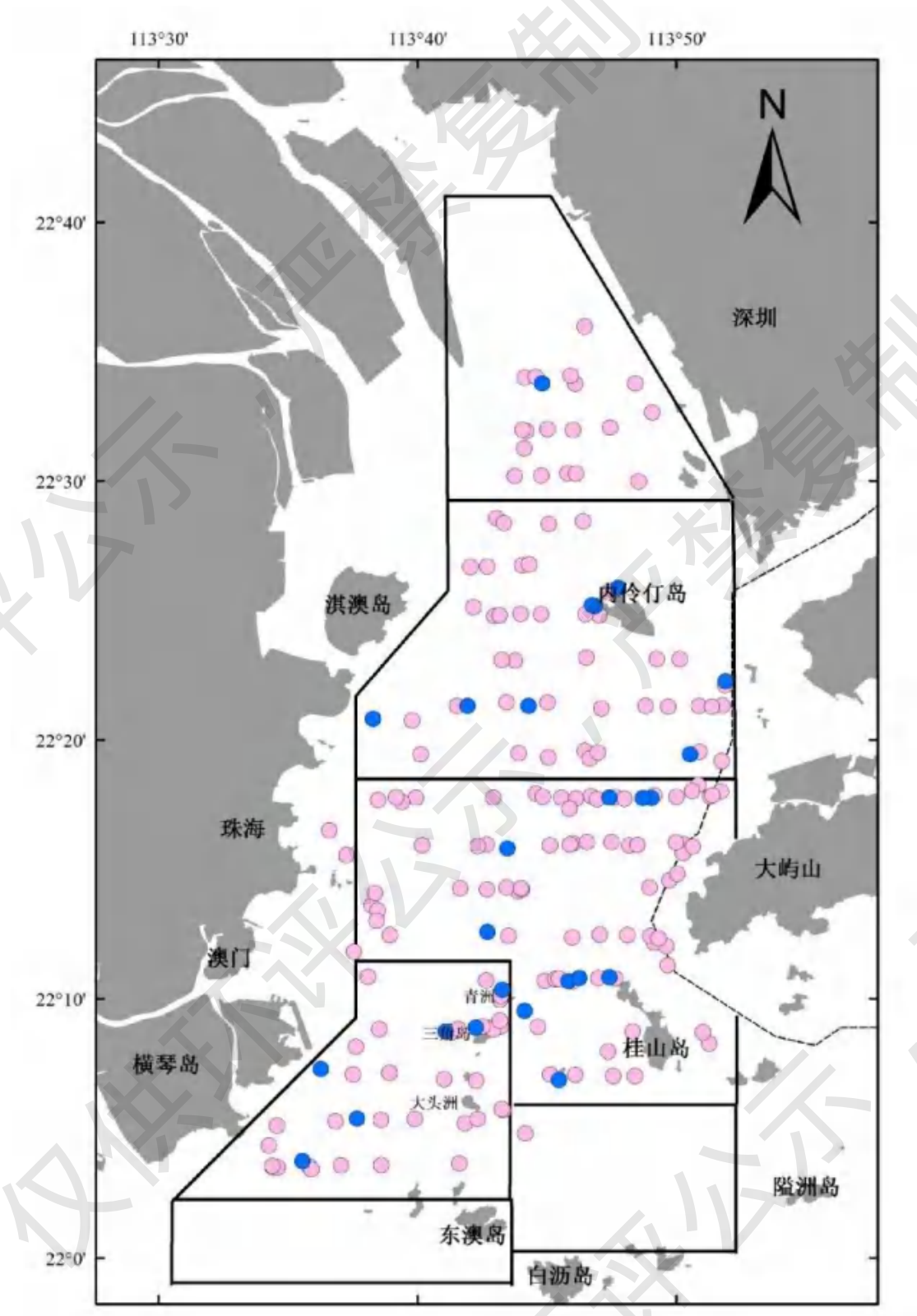


图 6.1-7 2005-2006 年伶仃洋 10 头以上聚群（蓝色圆点）的目击分布

#### 6.1.4.3. 年龄段组成及幼豚分布

根据 Jefferson 等（1997，2000），珠江口中华白海豚依照成长过程体色变

化可划分为 6 个年龄层次，即无斑点幼儿期（UC）、无斑点幼年期（UJ）、斑点少年期（SJ）、斑点亚成年期（SS）、斑点成年期（SA）和无斑点成年期（UA）。不同时期的海豚年龄段组成见图 6.1-8，2020-2021 年除哺乳期幼豚（UC、UJ）以外，其他各个年龄层次（SJ、SS、SA 和 UA）的比例比较接近，约占 20%-26%。

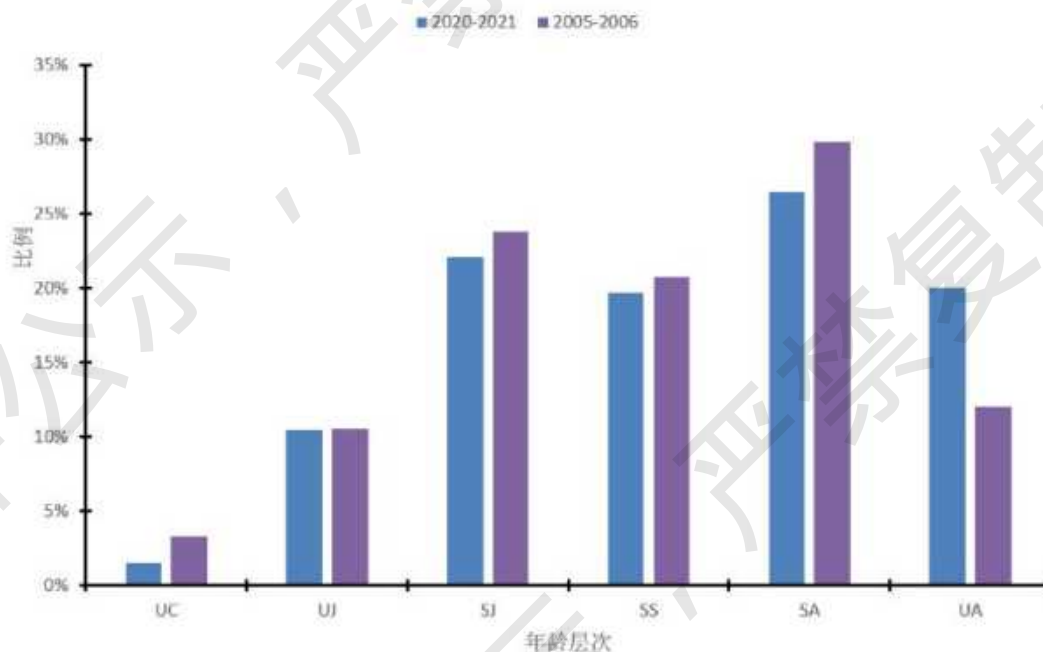


图 6.1-8 不同监测时期伶仃洋中华白海豚各年龄层次的比例

由于根据体色划分年龄层次并不是十分准确，有的 SJ 期已经性成熟，因此将 UC 和 UJ 合并表示幼年期（幼年），SJ、SS 和 SA 合并以代表成年期，UA 则表示老年期。不同监测时期中华白海豚的年龄段组成见图 6.1-9，2020-2021 年 UA 老年期占比相对明显增加，伶仃洋白海豚群体有所趋向老龄化。

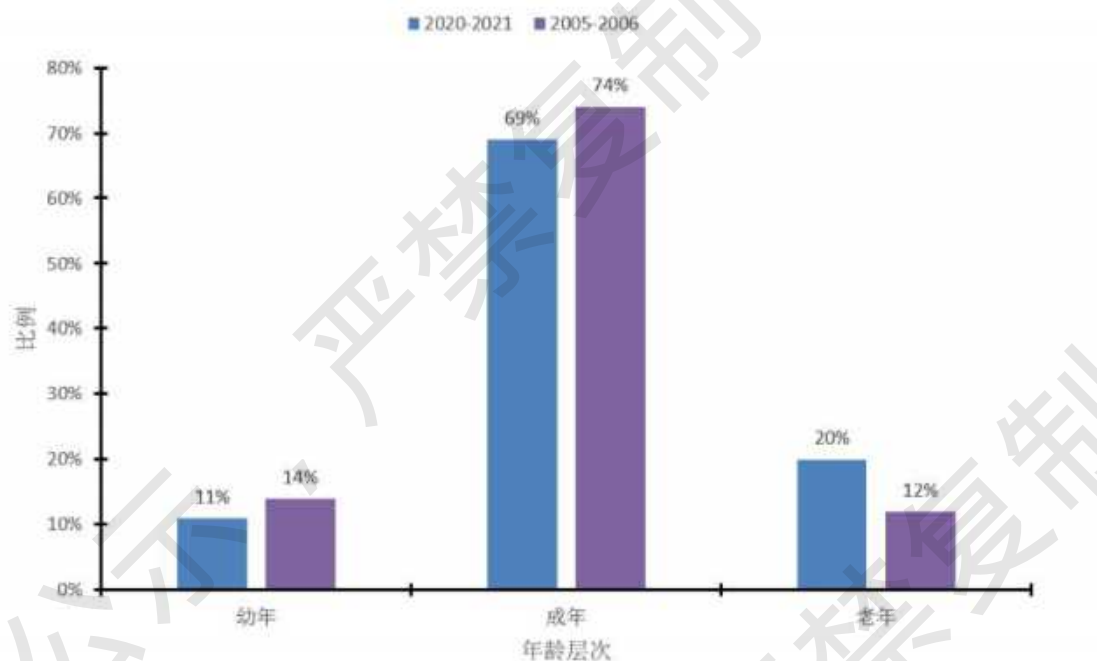


图 6.1-9 不同监测时期伶仃洋中华白海豚各年龄层次的比例

各监测时期哺乳期幼豚的比例见图 6.1-10，2020-2021 年幼豚目击略低于 2005-2006 年（13.7%）。



图 6.1-10 不同监测时期伶仃洋中华白海豚哺乳期幼豚的比例

2020-2021 年各区域携带幼豚群体的目击率比较见图 6.1-11。由此可见，横琴东和伶仃洋南的幼豚目击率处于较高水平，是重要的育婴区域。另外，2020-2021 年监测期横琴东南区域幼豚的目击率略高于伶仃洋中区域。

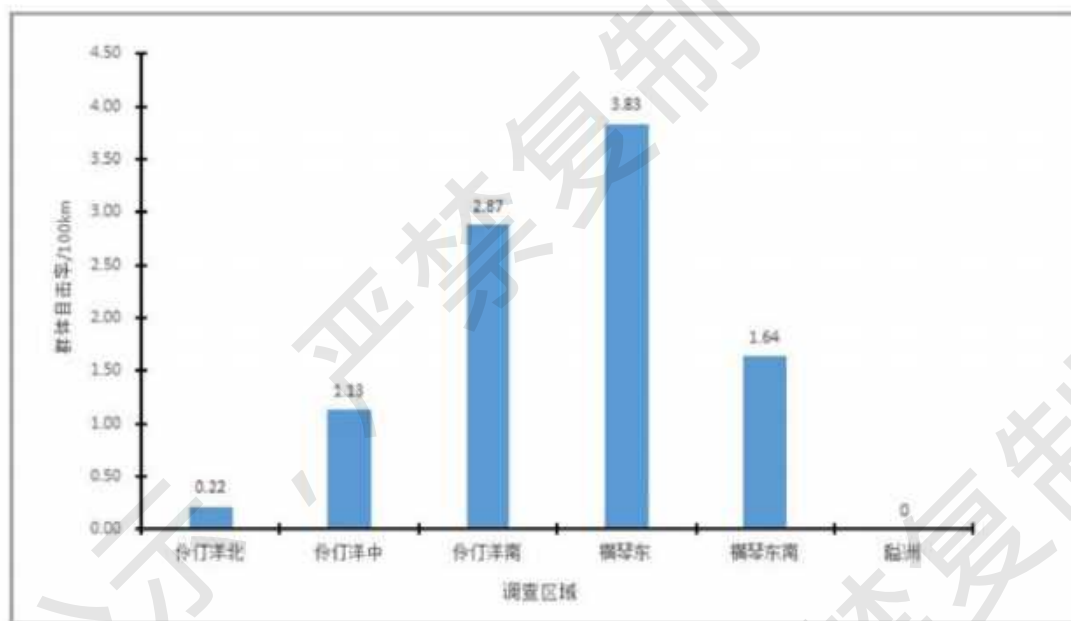


图 6.1-11 2020-21 年各个调查区域携带幼豚（UC/UJ）的群体目击率

2020-2021 年监测期哺乳期幼豚的目击分布见图 6.1-12，主要抚幼区域见图 6.1-13，除了伶仃洋东南部的隘洲区域没有白海豚目击外，其他的监测区域均有幼豚分布，其中以伶仃洋南和横琴东的幼豚分布较多，而伶仃洋北仅目击到 1 次。与之前监测时期的幼豚目击分布比较（图 6.1-14），幼豚主要分布在伶仃洋中、伶仃洋南和横琴东区域。伶仃洋北在 2005-2006 年幼豚的分布比较多，但是之后幼豚的目击明显减少。

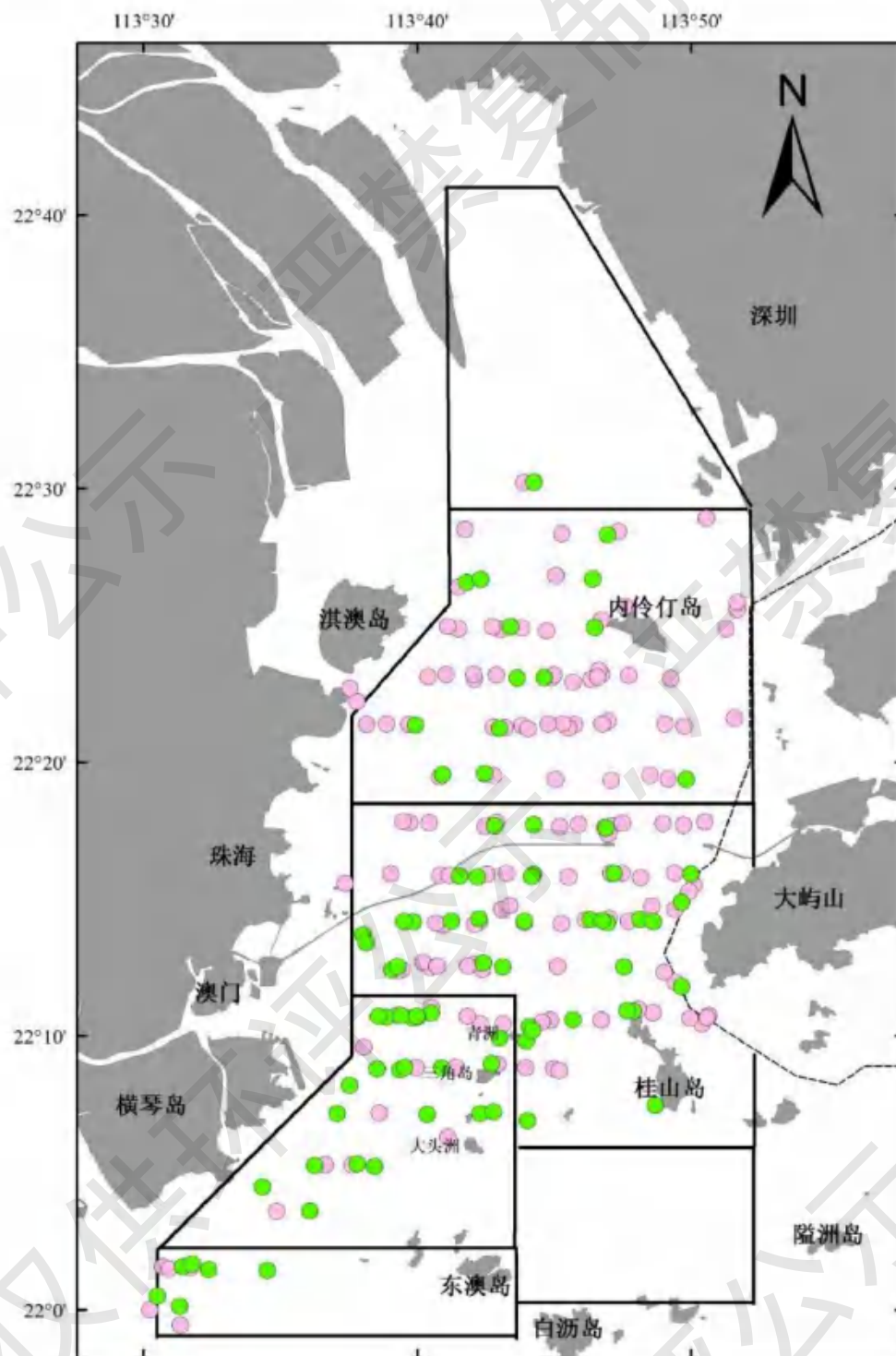


图 6.1-12 2020-2021 年监测周期伶仃洋幼豚(UC 和 UJ)的目击分布(绿色圆点)

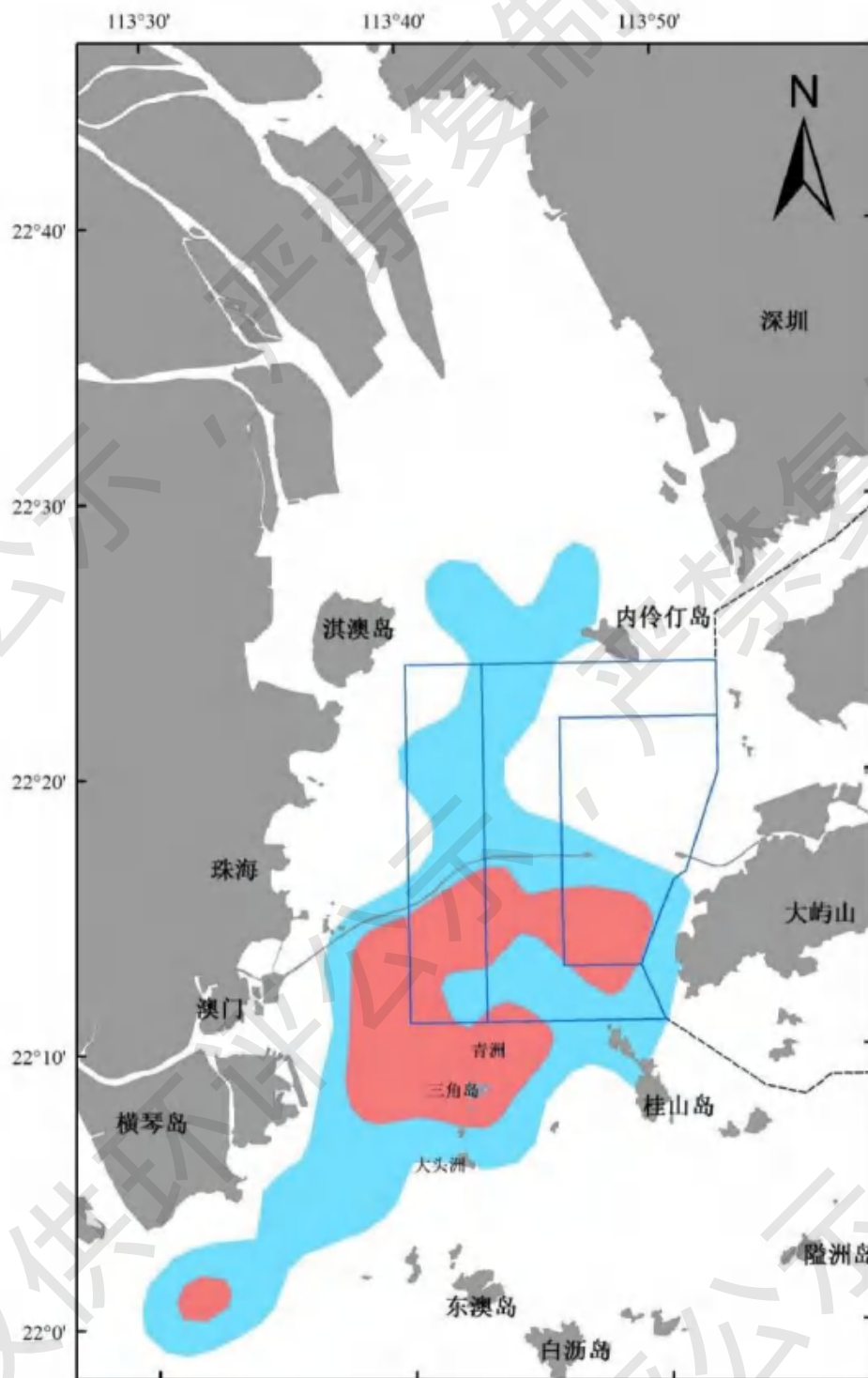


图 6.1-13 2020-2021 年监测期主要抚幼场所（红色区域）

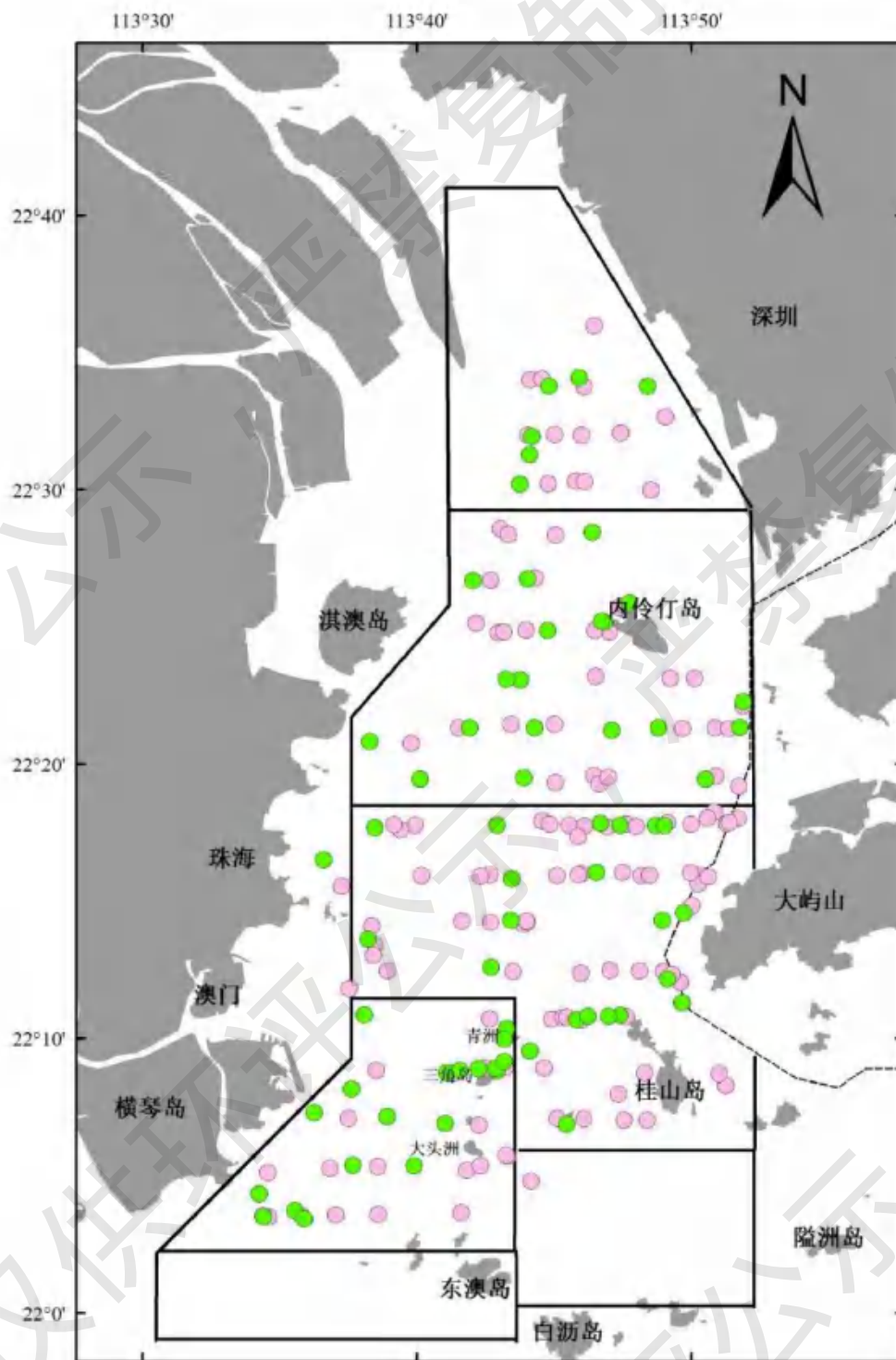


图 6.1-14 2005-2006 年及历史监测期幼豚（UC 和 UJ 期）目击分布  
（绿色圆点）

#### 6.1.4.4. 行为分布

中华白海豚监测中观察到的海豚行为主要包括觅食、社交、快速前进、转圈/休息等行为类型，其中的觅食和社交行为给予特别的关注，因为这些行为可能

与一些重要栖息地有很大联系（如觅食场、交配等）。

2020-2021 年监测中华白海豚觅食行为分布见图 6.1-15，主要觅食场所见图 6.1-16。觅食行为几乎遍及整个伶仃洋，即有目击白海豚的地方大多可以观察到觅食行为，整个伶仃洋几乎就是觅食场。在横琴岛南的磨刀门水域目击的白海豚群基本上都可以观察到觅食行为。

2020-2021 年监测观察到有社交行为的群体不多，主要分布在伶仃洋中、伶仃洋南和横琴东 3 个区域（图 6.1-17）。这 3 个区域每个航次均有白海豚目击，也是 10 头以上聚群主要的分布区域。

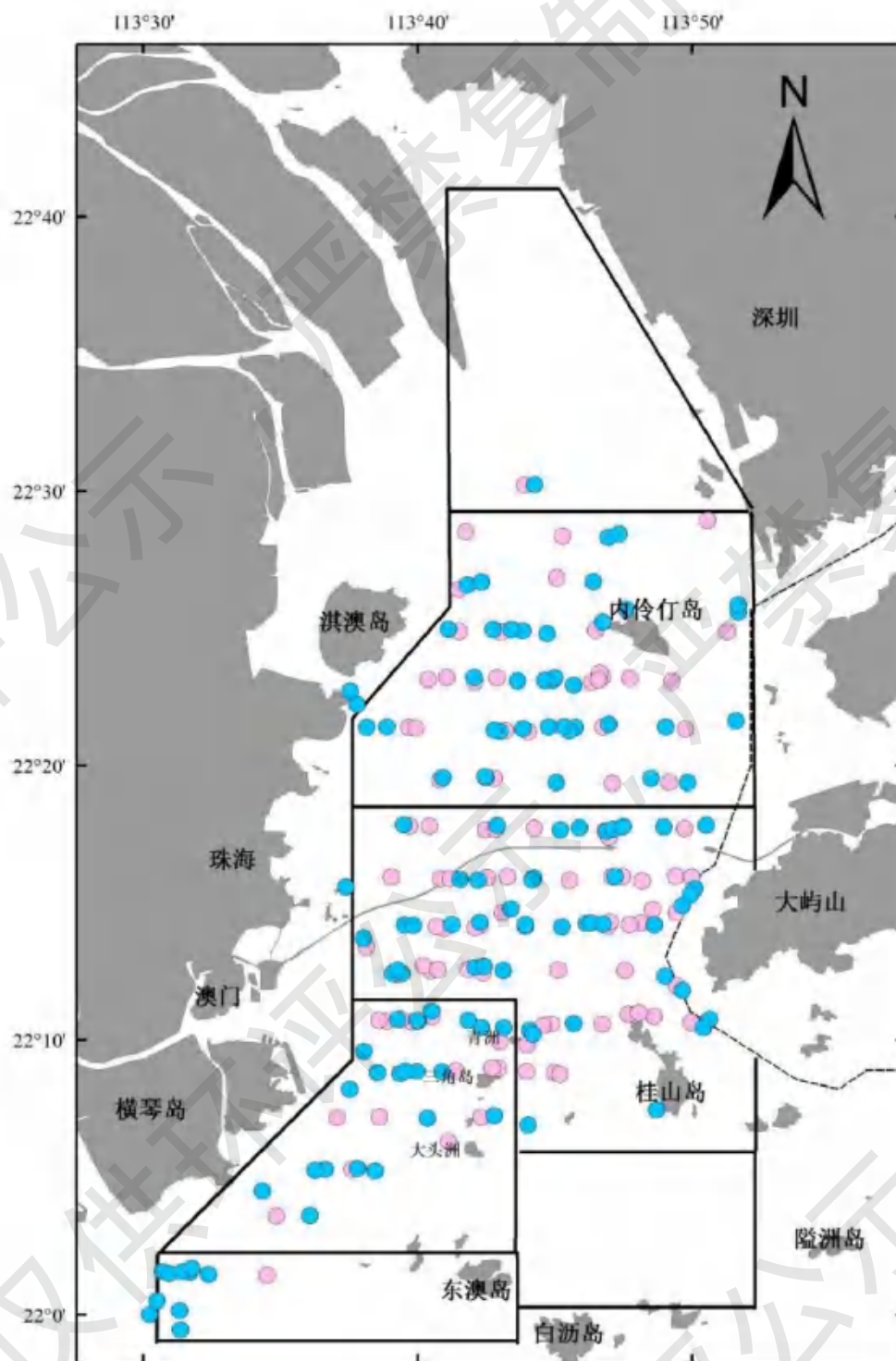


图 6.1-15 2020-2021 年监测周期伶仃洋目击海豚觅食行为分布(蓝色圆)

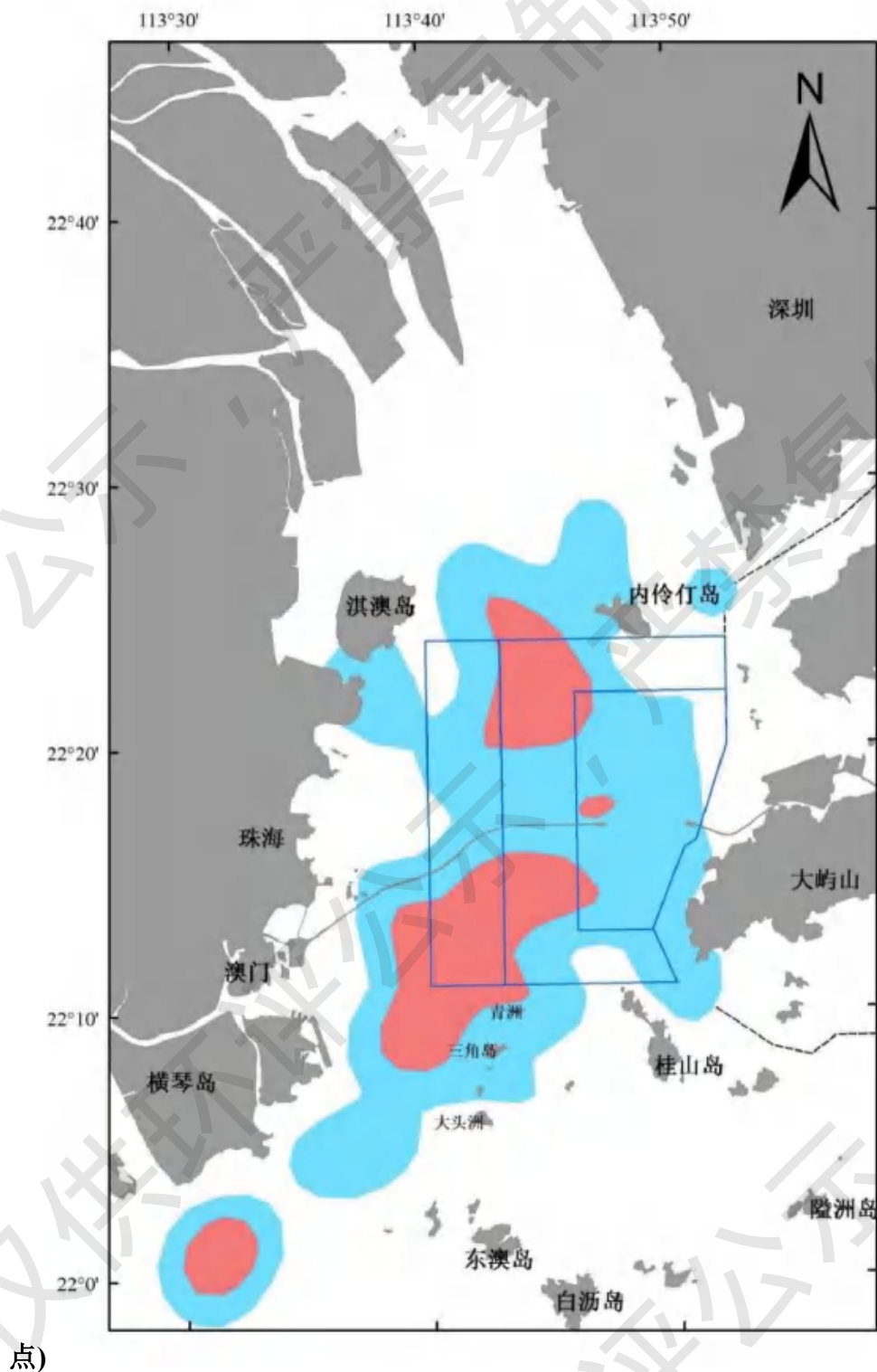


图 6.1-16 2020-2021 年主要觅食场所（红色区域）

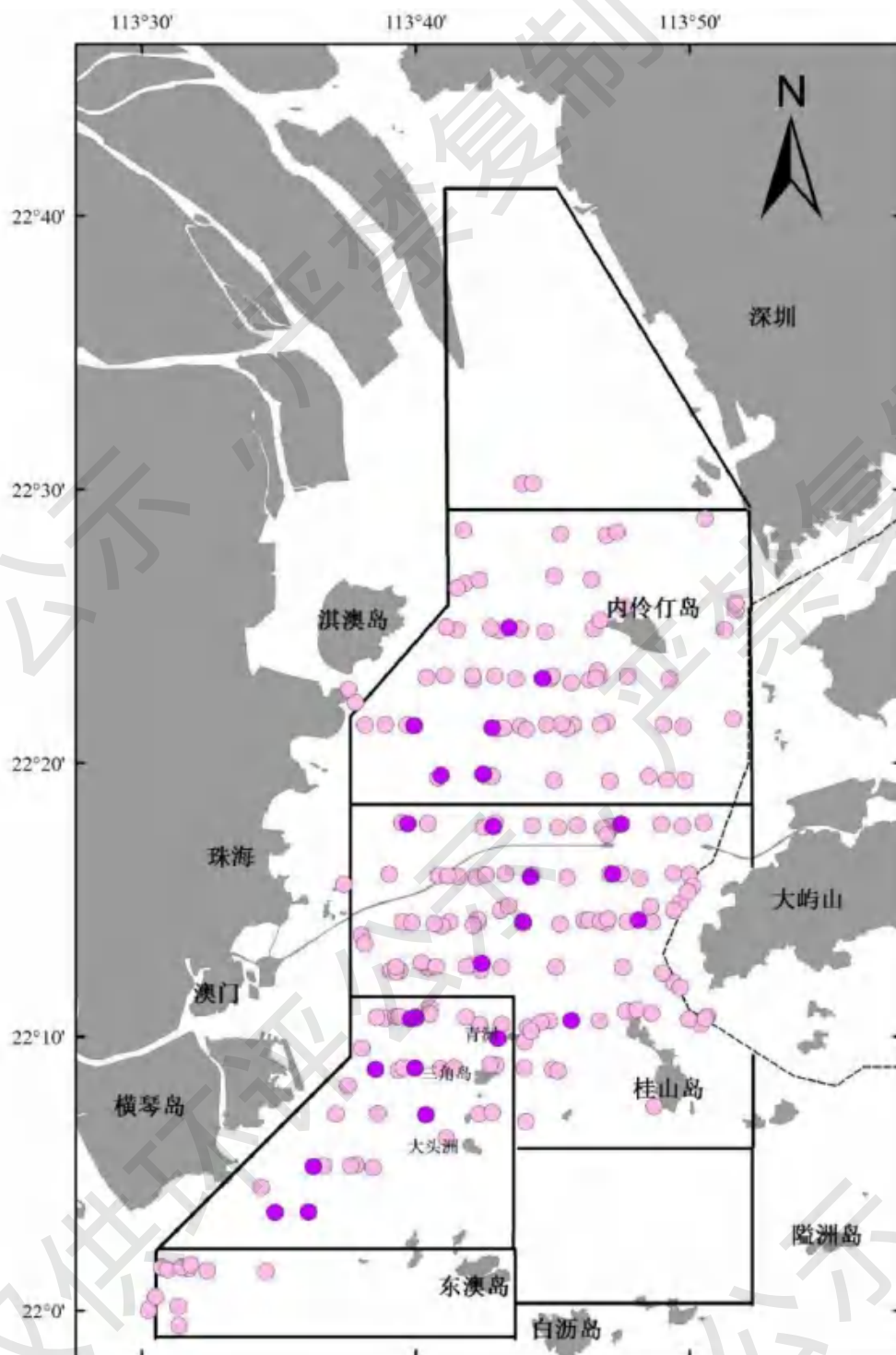


图 6.1-17 2020-2021 年社交行为目击分布（紫色圆点）

#### 6.1.4.5. 密度和数量评估

由于有的监测区域海豚目击样本有限，而密度概率  $f(0)$  的估算需要较大的样本量，因此合并了所有区域观测数据来估算统一的  $f(0)$  值，再根据各区域的海豚目击率分别计算海豚的密度与数量。另外，由于有的区域目击样本不多，不

适合划分季节，只估算了监测周年的平均分布密度和数量。据 Jefferson（2000）在香港水域调查的检验，目击概率  $g(0)$  接近于 1，而本调查采用了香港水域同样的观测规范，因此这里也假设  $g(0)=1$ ，即观测截线上的海豚基本被发现。2020-2021 年各调查区域的密度和数量评估结果见表 6.1-1。

表 6.1-1 2020-2021 年各调查区域中华白海豚的平均分布密度及数量

| 区域                   | L<br>(公里) | n  | $f(0)$<br>每公里 | E(s) | D<br>(头/100 平方公里) | N<br>(头) | CV<br>(%) |
|----------------------|-----------|----|---------------|------|-------------------|----------|-----------|
| 伶仃洋北<br>(403.8 平方公里) | 463.1     | 2  | 4.55          | 5.50 | 5.41              | 22       | 105.37    |
| 伶仃洋中<br>(463.7 平方公里) | 1154.7    | 59 | 4.55          | 4.85 | 56.39             | 261      | 25.66     |
| 伶仃洋南<br>(515.7 平方公里) | 1148.9    | 84 | 4.55          | 6.76 | 112.55            | 580      | 23.62     |
| 横琴东<br>(268.0 平方公里)  | 600.7     | 32 | 4.55          | 7.91 | 95.89             | 257      | 27.59     |
| 横琴东南<br>(128.4 平方公里) | 366.5     | 11 | 4.55          | 7.36 | 50.32             | 65       | 50.19     |

2020-2021 年监测期中华白海豚主要分布在伶仃洋南和横琴东区域，其中伶仃洋南的年平均分布密度最高，达 113 头/100 平方公里。然而伶仃洋北的年平均分布密度很低，仅 5 头/100 平方公里。本年度伶仃洋中和横琴东南区域的年平均分布密度基本相当。

各区域不同监测年度的平均分布密度比较见图 6.1-18。伶仃洋北的海豚分布密度明显下降，每百平方公里的分布数量已从 2005-2006 年 35 头下降至 2020-2021 年的 5 头左右。伶仃洋中区域在不同年度监测的分布密度变化不大。2020-2021 年伶仃洋南的分布密度比 2005-2006 年有所增加。而横琴东区域的分布密度，2020-2021 年比 2005-2006 年有所减少。

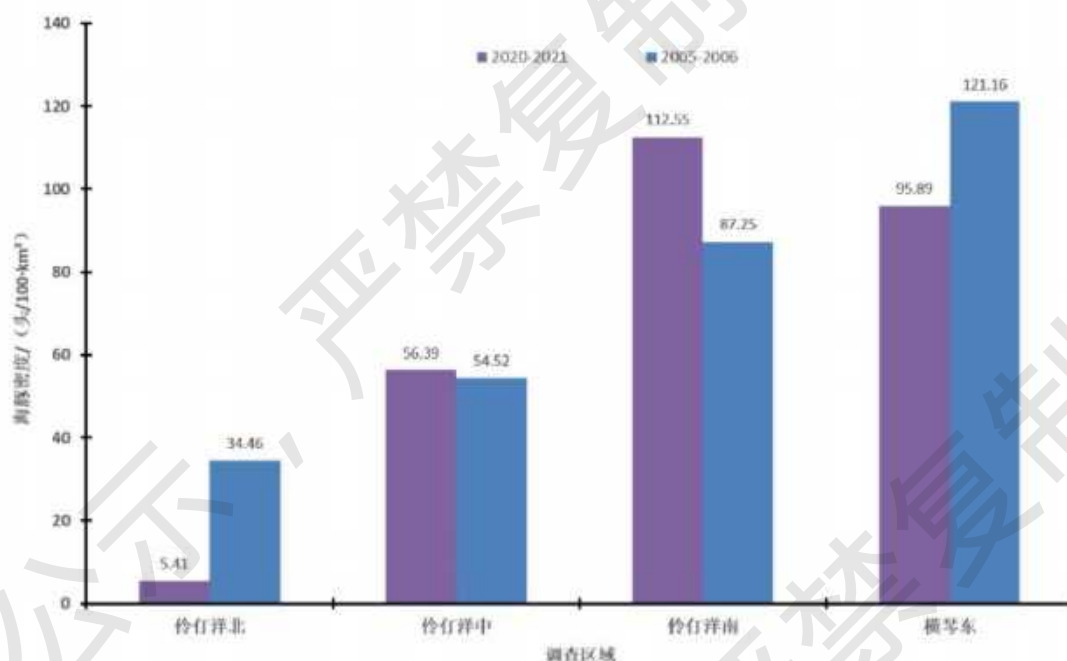


图 6.1-18 各调查区域不同监测年度的白海豚分布密度比较

2020-2021 年整个调查水域，包括伶仃洋北、伶仃洋中、伶仃洋南横琴东和横琴东南等 5 个区域，中华白海豚的年平均分布数量为 1185 头。其中，伶仃洋中、伶仃洋南和横琴东评估结果的变异系数较小（ $CV=23-28\%$ ），结果较为稳定。但是伶仃洋北区域因目击次数太少，变异系数很大（ $CV=105.37\%$ ），结果不够稳定。

不同监测年度伶仃洋中华白海豚的分布数量比较见图 6.1-19。由于 2005-2006 年横琴东南区域没有进行调查，这里仅把伶仃洋北、伶仃洋中、伶仃洋南和横琴东等 4 个区域统计进来比较。可以看出，2020-2021 年伶仃洋的海豚数量略低于 2005-2006 年。需要指出，伶仃洋中华白海豚的分布与鱼类等食物资源密切相关，而鱼类资源丰度易受珠江径流冲淡水（降水量）等影响，由此伶仃洋中华白海豚的分布数量会有一定幅度的年度波动。2020-2021 年的评估结果跟 2005-2006 年比较接近，说明近年来伶仃洋中华白海豚的分布数量基本稳定。



图 6.1-19 不同监测年度伶仃洋中华白海豚的分布数量比较

6.1.4.6. 栖息地使用

为了评价中华白海豚在伶仃洋的栖息地使用率分布，根据不同监测时期中华白海豚群体的目击位置坐标，基于 ArcGIS 的核密度估算（KDE）结果见表 6.1-2，以及图 6.1-20 和图 6.1-21。50%KDE 代表中华白海豚的核心栖息地，即白海豚使用率较高的水域。而 95%KDE 则表示一般栖息地，即指白海豚的主要分布水域。2005-2006 年以来，珠江口伶仃洋中华白海豚的一般栖息地（95%KDE）和核心栖息地（50%KDE）均有不同程度的萎缩，其中核心栖息地萎缩的相对幅度较大。

表 6.1-2 不同调查时期中华白海豚的栖息地使用面积（平方公里）

| 监测年度      | 50%KDE | 95%KDE | 50%KDE 占比（%） |
|-----------|--------|--------|--------------|
| 2005-2006 | 362.3  | 1121.5 | 32.3         |
| 2020-2021 | 264.3  | 1000.4 | 26.4         |

从栖息地使用的分布格局来看，2020-2021 年度核心栖息地主要分布在港珠澳大桥以南至青洲、三角岛水域，另外一片稍大的核心栖息地则位于内伶仃岛西南。2005-2006 年监测时期，核心栖息地范围相对较大，主要核心栖息地位于伶仃洋中、南部水域，另有两小块核心栖息地分别位于内伶仃岛周围和横琴岛东。

比较各监测时期的一般栖息地分布，2005-2006 年伶仃洋中华白海豚的一般栖息地向北延伸至广州南沙附近，但后来向南萎缩，海豚已较少使用伶仃洋北水域的栖息地。海豚的一般栖息地向南萎缩的同时，在伶仃洋中部的东西方向上向西扩展，越来越靠近珠海市东海岸。需要指出，伶仃洋北区域曾持续进行了至少 10 年的海砂开采，至 2019 年基本停止采砂。但 2019 年以后，开始深中通道大桥的建设，监测期间该大桥的施工栈桥几乎截断了海豚往北的迁移通道。

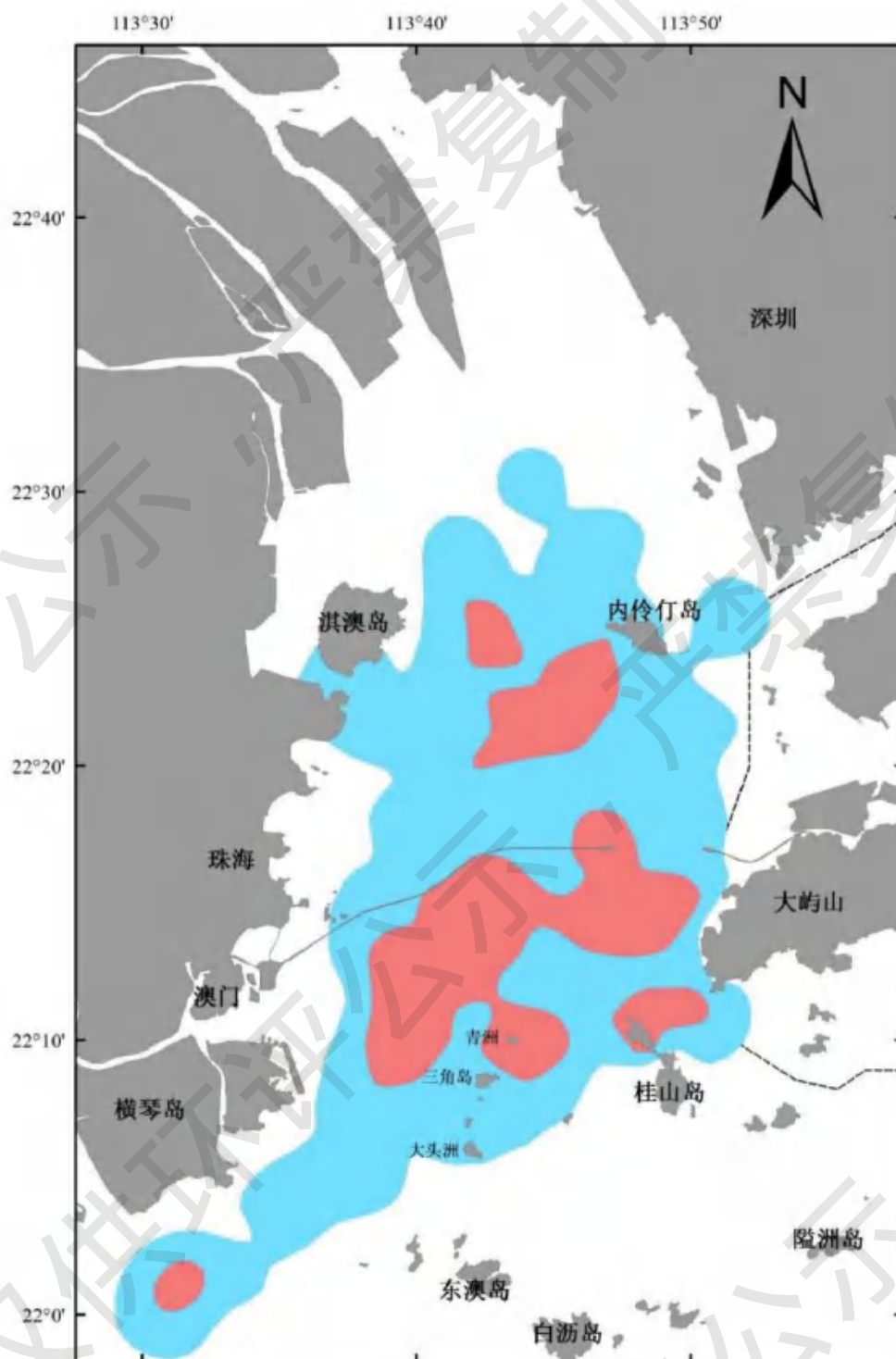


图 6.1-20 2020-2021 年伶仃洋中华白海豚栖息地使用分布  
(红色区域: 50%KDE; 蓝色区域: 95%KDE)

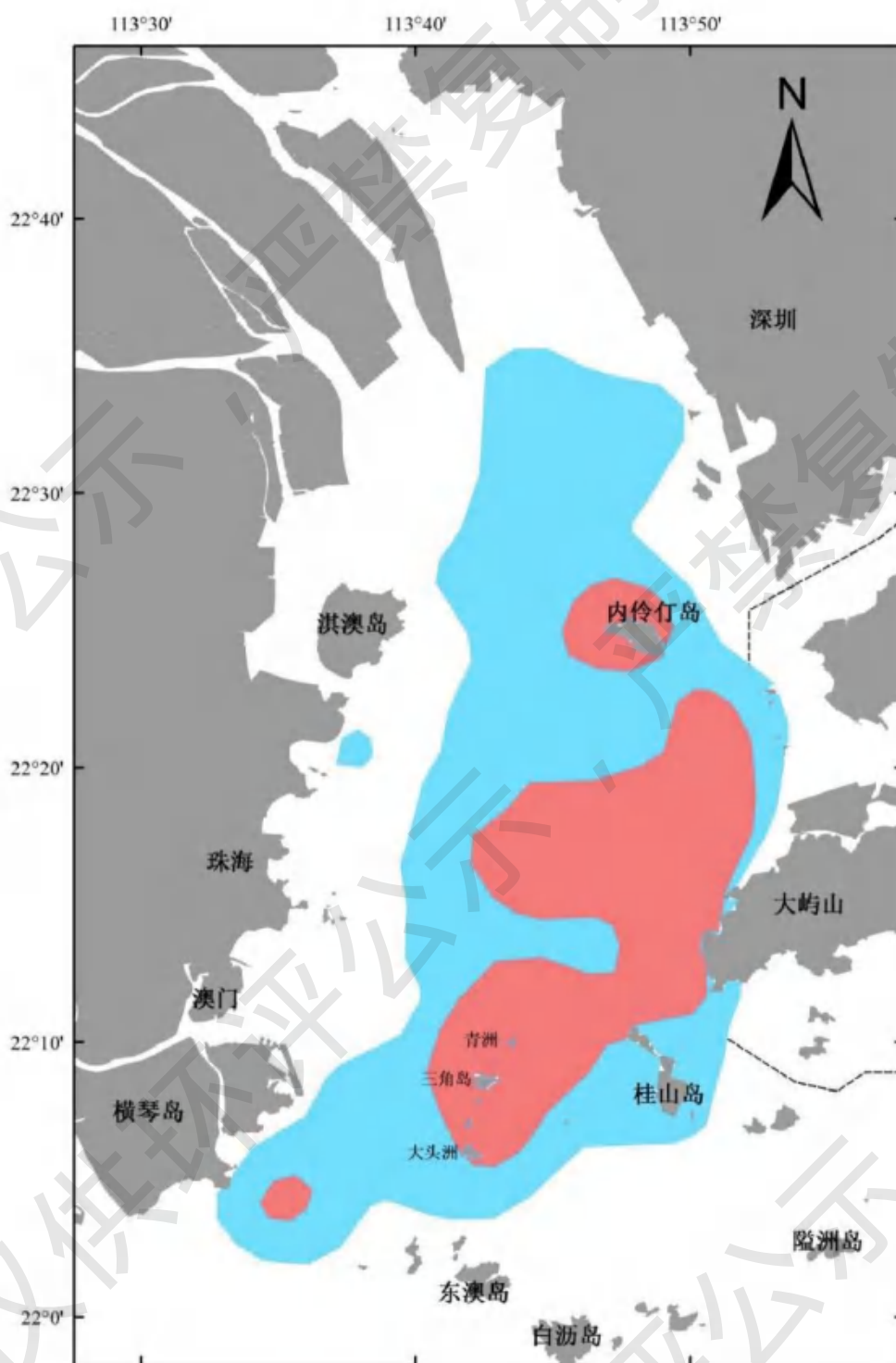


图 6.1-21 2005-2006 年伶仃洋中华白海豚栖息地使用分布  
(红色区域: 50%KDE; 蓝色区域: 95%KDE)

#### 6.1.4.7. 中华白海豚主要食物种类

关于珠江口水域中华白海豚捕食选择的研究资料非常有限。香港水域的研究

表明，石首鱼科、带鱼科、鲢科和鲮科鱼类占其捕食消耗的 93%。在这些科的鱼类当中，叫姑鱼、棘头梅童鱼、稜鳀类等河口鱼类是中华白海豚最为喜好的鱼类。为此，我们重点关注以上鱼类的分布情况。

2020-2021 年度调查渔获的中华白海豚喜食性鱼类共 35 种，平均资源密度为 290.24kg/平方公里、占渔获总量的 68.3%。位居中华白海豚喜食性鱼类前三位的种类为裘氏小沙丁鱼、凤鲚和赤鼻稜鳀，分别占 18.7%、14.8%和 6.5%。

秋季，中华白海豚的喜食性鱼类资源密度为 421.86kg/平方公里、占总渔获的 72.5%，以裘氏小沙丁鱼的资源密度最高（150.37kg/平方公里，占 25.8%）；其次为凤鲚（100.38kg/平方公里，占 17.2%）。

春季，中华白海豚的喜食性鱼类资源密度为 158.63kg/平方公里、占总渔获的 59.3%，以赤鼻稜鳀的资源密度最高（31.11kg/平方公里，占 11.6%）；其次为凤鲚（25.21kg/平方公里，占 9.4%）。

## 6.2. 工程与中华白海豚及自然保护区位置关系

### 6.2.1. 保护区概况

#### 6.2.1.1. 保护区范围及功能区划

广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区位于珠江口北端，东界线为粤港水域分界线，西界线东经为 113°40'00"，南界线为北纬 22°11'00"，北界线为北纬 22°24'00"，总面积 460 平方公里。保护区管护基地设在珠海市淇澳岛关帝湾。

广东省人民政府办公厅在 1999 年 10 月 13 日发文《关于同意建立珠江口中华白海豚省级自然保护区的复函》（粤办函〔1999〕583 号），批复建立珠江口中华白海豚省级自然保护区，对珠江口海域的中华白海豚实施保护。

2003 年，《国务院办公厅关于发布河北衡水湖等 29 处新建国家级自然保护区的通知》（国办发【2003】54 号）文件批准将珠江口中华白海豚省级自然保护区晋升为国家级自然保护区，同年，保护区管理处更名为珠江口中华白海豚国家级自然保护区管理局（粤机编办〔2003〕333 号）。

中华白海豚保护区总面积 45055.68 公顷，其中核心区两部分，总面积 14569.63 公顷，占 32.34%；缓冲区三部分，总面积 18728.83 公顷，占 41.57%；实验区两部分，总面积 11757.22 公顷，占 26.09%。

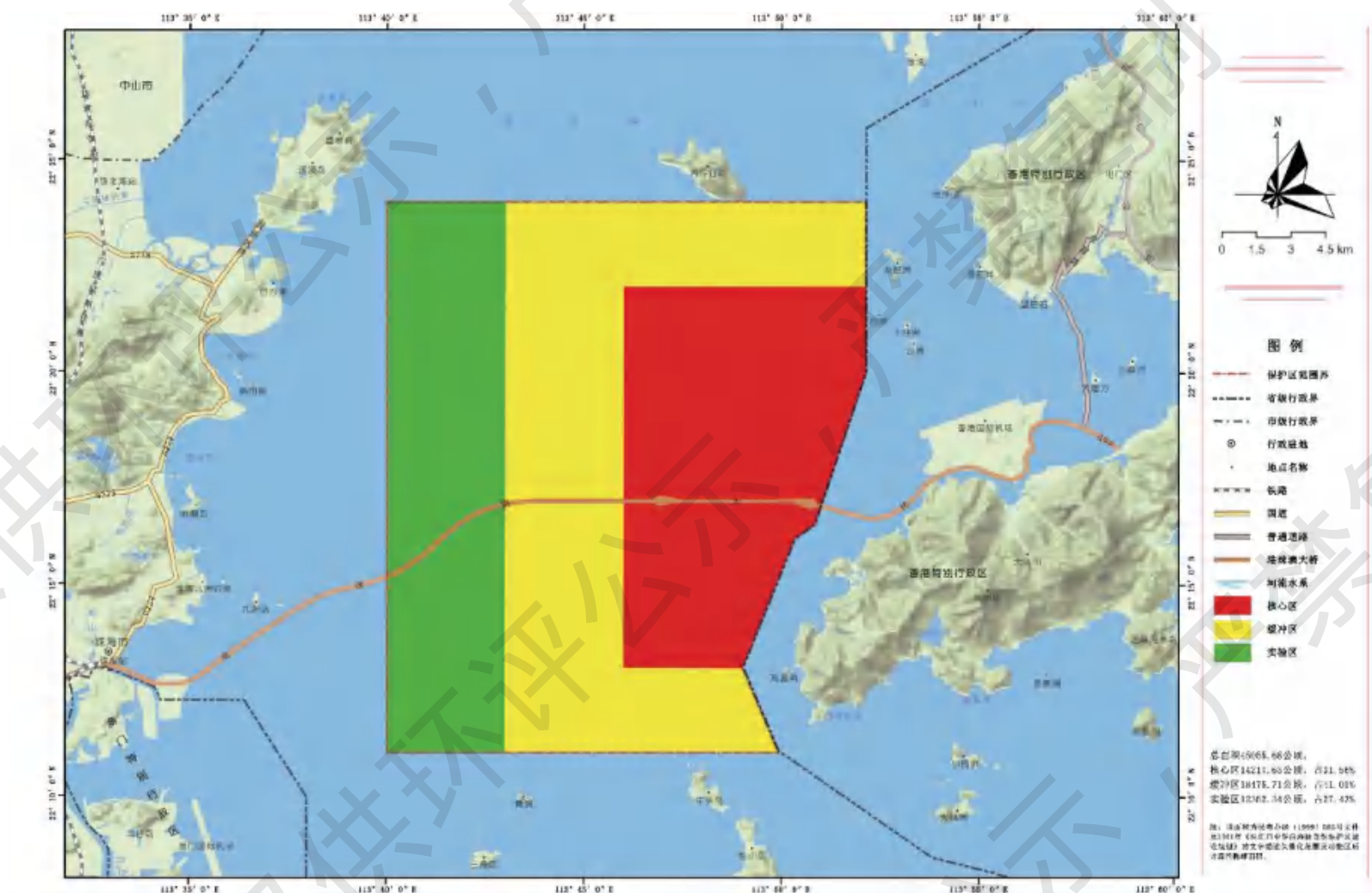


图 6.2-1 中华白海豚国家级自然保护区功能区范围

### 6.2.1.2. 保护对象

中华白海豚(*Sousa chinensis*)国际上习惯称之为印度-太平洋驼背豚(*Indo-Pacific humpback dolphin*),属哺乳纲、鲸目、海豚科、白海豚属,属海洋哺乳动物,是一种沿岸定居性的小型齿鲸类,处于近岸海域食物链的顶端,是近岸海洋生态系统的旗舰物种和指示物种。中华白海豚是国家一级保护野生动物,在福建、广东一带被渔民尊称为“妈祖鱼”,1991年被列入濒危野生动植物种国际贸易公约(CITES)附录 I,1997年被遴选为香港回归祖国的吉祥物,具有重要的生态、科研和文化价值。

中华白海豚身体修长呈纺锤型,喙突出狭长,刚出生的白海豚约 1 米长,性成熟个体体长 2.0~2.5m,最长达 2.7m,体重 200~250kg;背鳍突出,位于近中央处,呈后倾三角形;胸鳍较圆浑,基部较宽,运动极为灵活。全身都呈象牙色或乳白色,背部散布有许多细小的灰黑色斑点,有的腹部略带粉红色,短小的背鳍、细而圆的胸鳍和匀称的三角形尾鳍都是近似淡红色的棕灰色。中华白海豚不集成大群,常 3~5 只在一起,或者单独活动。其摄食对象主要是河口的咸淡水鱼类,不经咀嚼快速吞食。解剖分析海豚的胃含物,主要是珠江口常见品种,食性以中小型鱼类为主。其中白海豚最喜欢吃的是狮头鱼,其次是石首鱼及黄姑鱼。中华白海豚眼睛较小,位于头部两侧,眼球黑色,视力较差,其辨别物体的位置和方向主要靠回声定位系统,在鼻孔下有一气囊,靠鼻塞肉的开闭发声,这种声线在前额隆起处一个由脂肪组成的特有器官集中,按一定的频率进行发射;声音碰到不同的物体反射回来的不同频率信号,通过海豚下腭一个由脂肪组成的凹槽接收,传入内耳进行定位。这个回声定位系统虽然复杂,但反应极其迅速准确,可以测出前面物体的大小、形状、密度结构和属性,并作出判断和反应。

中华白海豚主要分布于西太平洋沿岸,从东印度洋、东南亚沿岸延伸一直向北到达中国的东南沿岸,中华白海豚喜栖息在亚热带海区的河口咸淡水交汇水域,很少进入深度超过 25m 的海域,主要栖息地为海湾、红树林水道、热带河流三角洲或沿岸的咸水中。中国沿岸的中华白海豚有时进入江河中。珠江口的中华白海豚曾进入珠江到达广州的海珠桥,并曾进入西江约 300km 之远。

中华白海豚是国家一级保护野生动物,是《濒危野生动植物种国际贸易公约》附录 I 物种,还是世界自然保护联盟濒危物种红色名录的易危物种,有“海上大熊猫”之称。近几十年来,由于其分布区渔业捕捞带来的压力以及栖息地的减少

和破碎化，使得中华白海豚的生存面临威胁，受到越来越多的关注。中华白海豚在我国主要分布在东南部沿海，根据近几十年调查资料，在我国分布最集中的区域是珠江口水域，其次是厦门的九龙江口。为保护珠江口海域的中华白海豚，广东省于 1999 年建立了珠江口中华白海豚自然保护区，该保护区将珠江口海域大部分中华白海豚的重要栖息地纳入，将近 113 头珠江口中华白海豚群体生活在保护区及其周边水域。

中华白海豚是暖水性的海洋哺乳动物，喜栖于热带和亚热带沿海特别是河口水域。珠江口是华南最大的河口水域，同时又具有种类多样的游泳生物资源，为中华白海豚提供了丰富的饵料。珠江口的伶仃洋海域属于反时针的环流模式，保护区的位置处于进潮通道的主轴区而伶仃洋东海岸的自然条件和环境质量总体上优于西海岸，这样的地理位置和宏观自然条件，使得保护区所在区域成为中华白海豚在国内不可多得的优良栖息地，对国内中华白海豚种群的保护和其种群的生存发展发挥着关键作用，有很高的保护价值。

#### **6.2.1.3. 工程与保护区位置关系**

本工程距离保护区实验区边界最近约 4.0km，距缓冲区 2.2km，距核心区 6.0km，如图 6.2-2 所示。

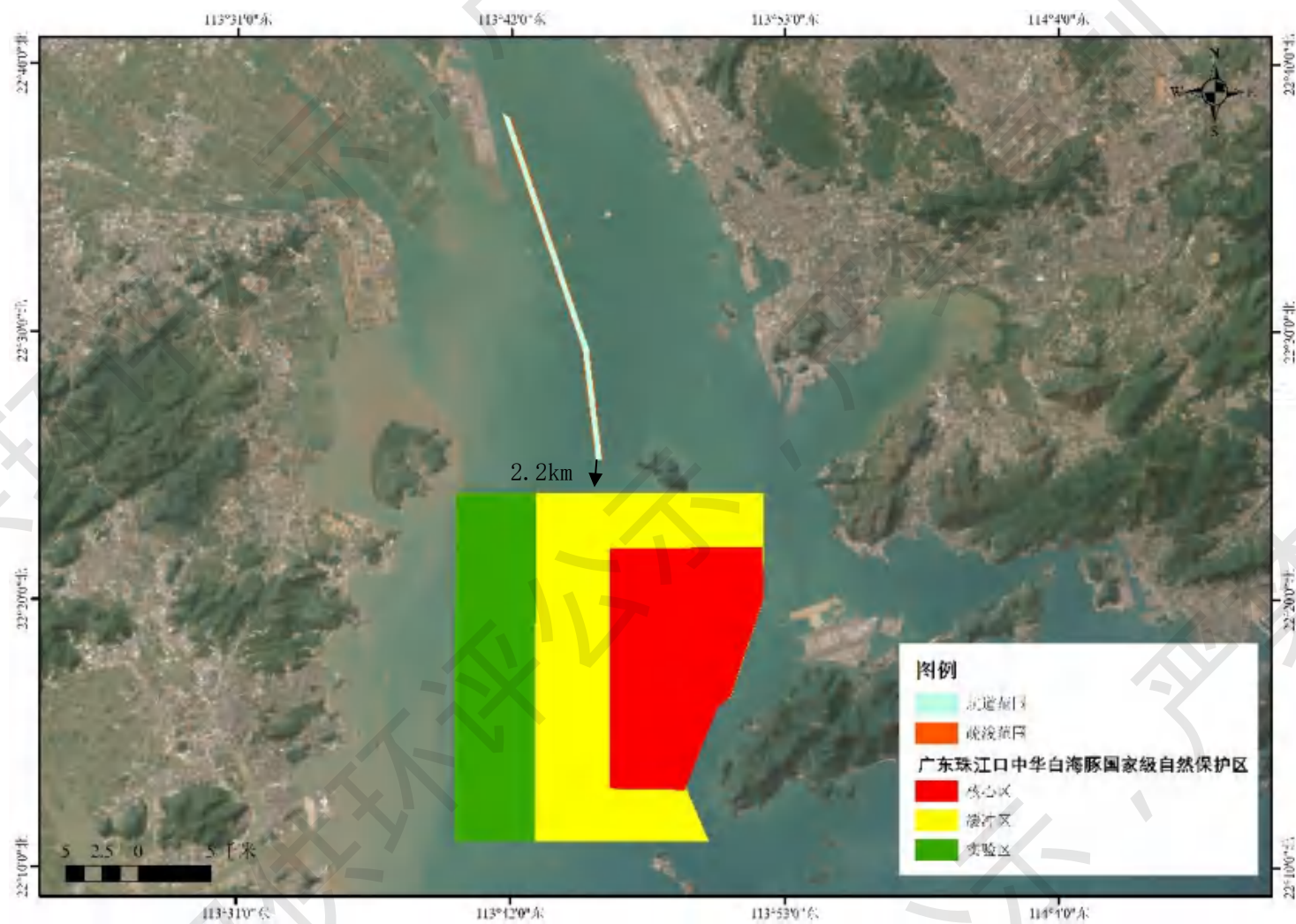
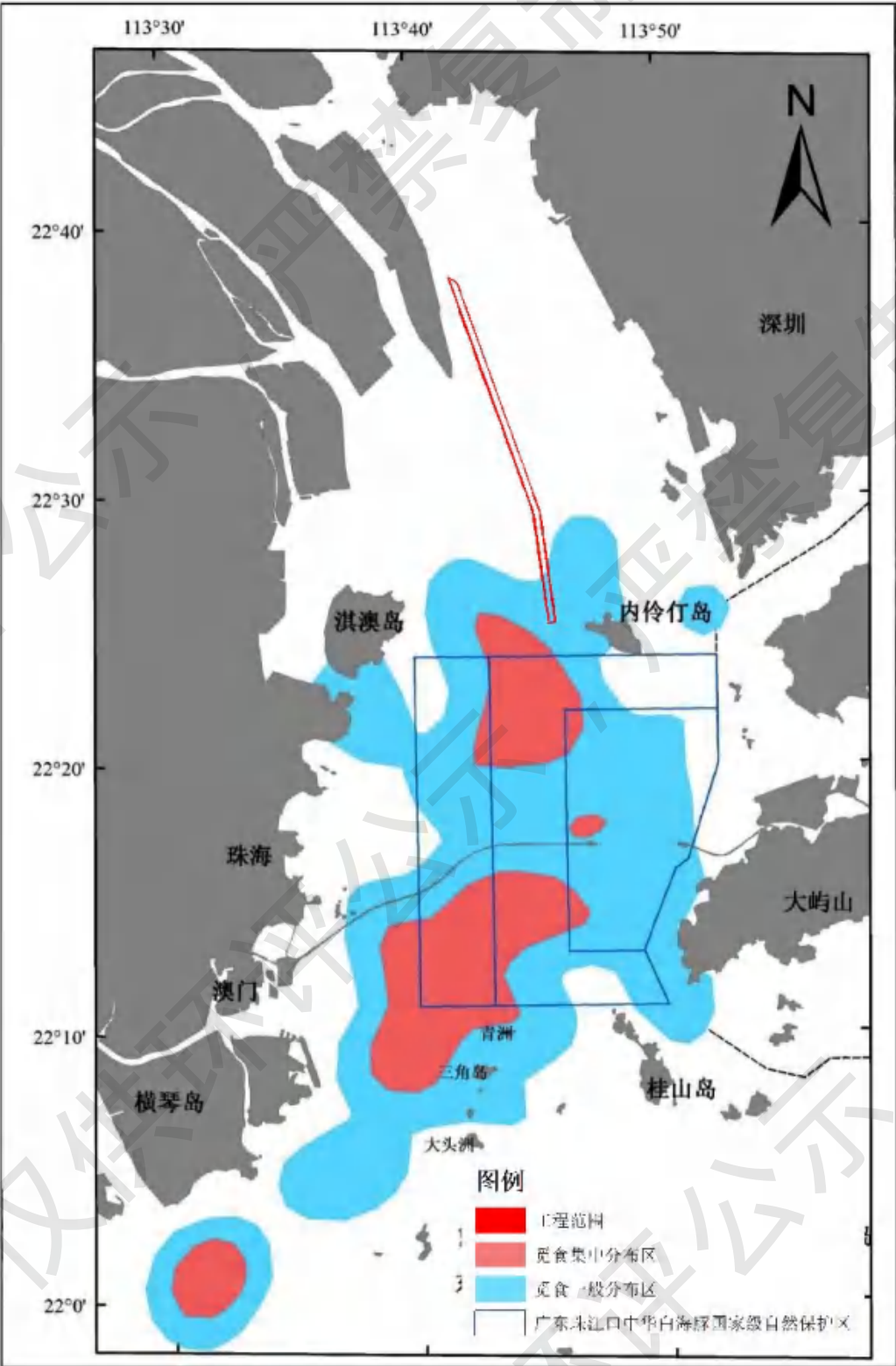


图 6.2-2 航道施工区域与中华白海豚相对位置图

#### 6.2.1.4. 工程与中华白海豚分布区域位置关系

根据 6.1 章节中华白海豚现状调查，本项目实施区域与中华白海豚主要觅食区域、幼豚分布区域和栖息地范围相对位置如下图 6.2-3～图 6.2-5 所示。

由图 6.2-3～图 6.2-5 可看出，项目施工范围涉及中华白海豚觅食一般区域距离约为 3.2km，涉及幼豚一般分布区距离约为 2.8km，涉及中华白海豚一般栖息地距离约为 11.5km，均不涉及中华白海豚觅食、幼豚集中分布区和核心栖息地。



图

6.2-3 航道施工区域与中华白海豚觅食分布区相对位置图

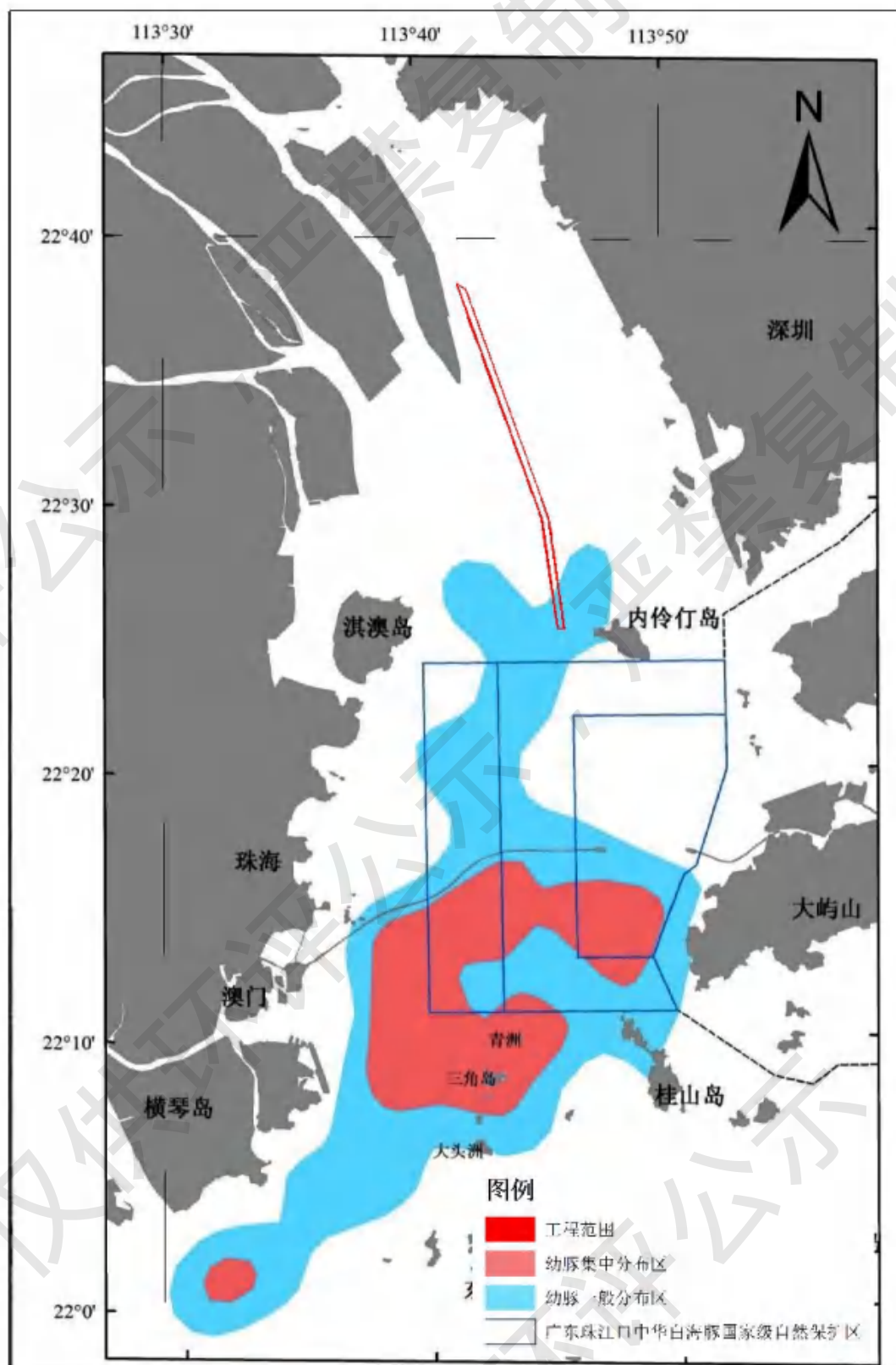


图 6.2-4 航道施工区域与中华白海豚幼豚分布区相对位置图

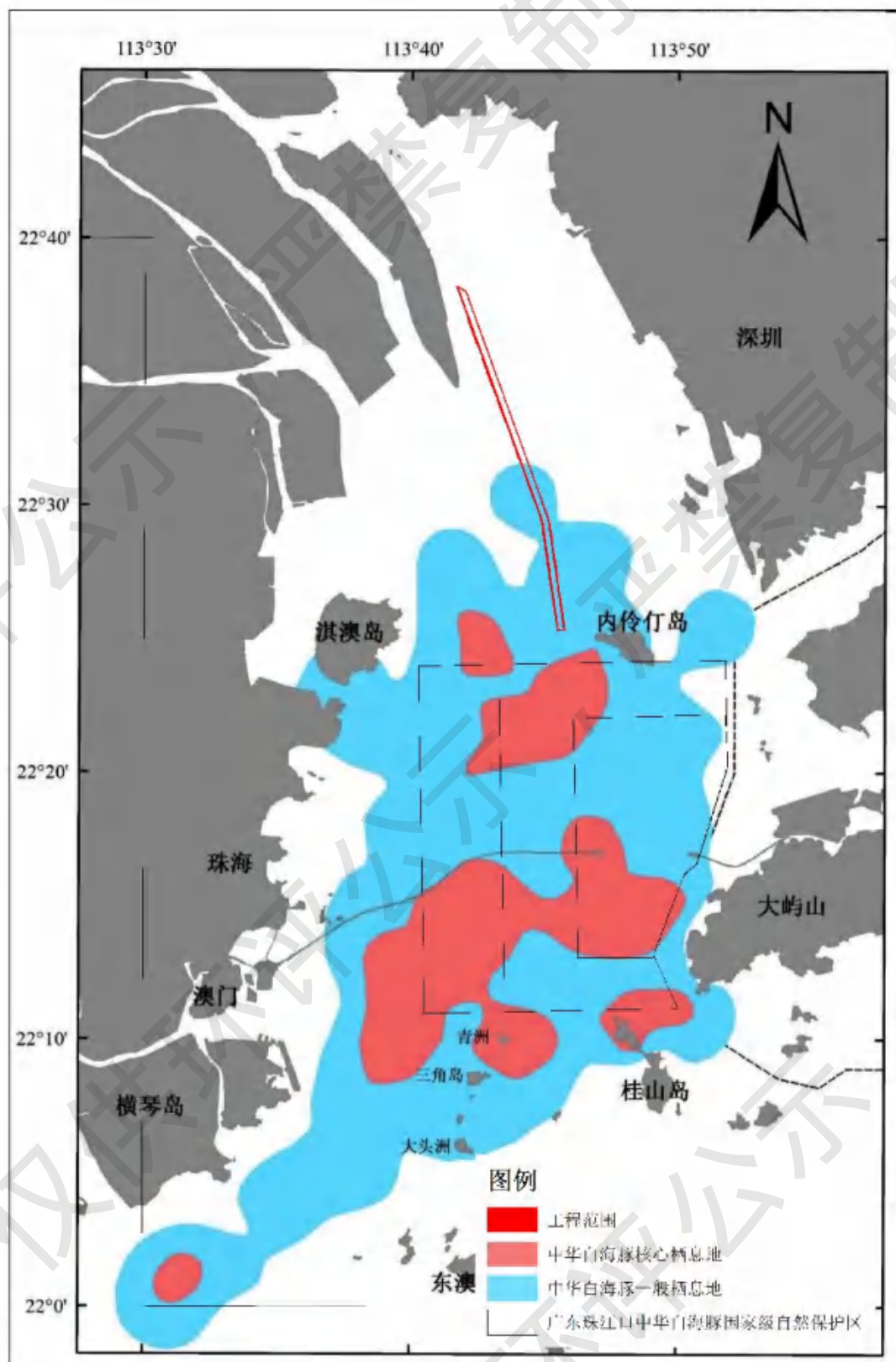


图 6.2-5 航道施工区域与中华白海豚栖息地相对位置图

## 6.3. 项目实施对中华白海豚及自然保护区影响分析

### 6.3.1. 历史航道工程对中华白海豚影响分析

本次涉及的航道工程是在已有航道基础上的拓宽工程。针对历史航道工程施工期和营运期中华白海豚群体数量的变化趋势、分布区域迁移趋势、栖息地使用变化和个体活动模式等基础生态学信息的监测评价，是制定针对性保护措施的依据。

中国水产科学研究院南海水产研究所和保护区管理局针对广州港深水航道拓宽工程（广州港 20 万吨级航道工程的上一期工程，也是现阶段正在营运的航道工程）进行了施工期和营运期监测，时间跨度从 2017—2021 年，共出海 20 个航次。监测范围涵盖伶仃洋水域中华白海豚分布区，包括了伶仃洋北、伶仃洋中、伶仃洋南、横琴东和隘洲等 5 个区域（其中伶仃洋中和伶仃洋南 2 个区域位于珠江口中华白海豚国家级自然保护区范围），可以比较全面的评估伶仃洋以及保护区范围内中华白海豚变化趋势，也为本次航道拓宽工程对中华白海豚的影响提供了借鉴。根据《广州港深水航道拓宽工程施工期和营运期中华白海豚资源监测总体监测报告》（2022 年 5 月），主要监测结果包括：

#### （1）目击率变化

根据往年的调查研究（Chen et al., 2010; Li et al., 2019），中华白海豚分布与伶仃洋鱼类资源丰度的季节变化密切相关。珠江流域每年的降雨量在各月分布并不完全一致，在不同的年份即使是相同的月份降雨量也有所不同，进而影响食物鱼类丰度及分布格局的变化，导致伶仃洋的中华白海豚目击率有所变化。因此，伶仃洋中华白海豚各月份航次的目击率波动是正常现象，即使有的月份目击率波动较大，也属正常的范围，与航道的拓宽施工及营运关系不大。

#### （2）目击分布

2021 年营运期观测中华白海豚主要分布在伶仃洋中、伶仃洋南和横琴东区域，其中伶仃洋南区域目击较多。伶仃洋北和隘洲区域没有发现中华白海豚分布。2019—2020 年度中华白海豚也是主要分布在伶仃洋中、伶仃洋南和横琴东区域，伶仃洋北仅目击到 1 次，隘洲区域没有发现中华白海豚。2018—2019 年度中华白海豚的分布格局跟 2019—2020 年基本类似，也仅在伶仃洋北目击到 1 次白海豚，但隘洲等区域没有目击到印太江豚和中华白海豚。2017—2018 年监测期中

华白海豚的分布较广，遍及全部监测区域。各个监测年度中华白海豚主要分布在伶仃洋中、伶仃洋南和横琴东区域，分布格局与之前的调查结果基本一致（Chenet al, 2010），与航道的拓宽施工及营运关系不大。

### （3）聚群大小和大群体分布

整个监测期间目击的中华白海豚聚群以 2 头以下的小群居多，其次为 3~4 头聚群。但是 2021 年 10 头以上的聚群目击较多，占比远高于其它各个监测年度。2017—2020 年 3 个年度的聚群大小均值分别约在 5 头/群左右，但 2021 年的聚群大小均值较大，达到了 6.5 头/群，但进一步的方差分析结果显示各个年度的聚群大小均值差异不显著（ $P>0.05$ ）。说明自从 2017 年航道拓宽工程施工建设以来，伶仃洋的中华白海豚聚群大小变化不明显。

### （4）行为分布

整个伶仃洋是中华白海豚的觅食场所，但是伶仃洋中、伶仃洋南和横琴东是比较重要的觅食场。另外，各个年度的监测在航道沿线附近也发现较多的觅食行为，主要出现在大濠航道、港珠澳大桥人工岛至内伶仃岛西的伶仃航道段。说明航道的拓宽建设对白海豚的觅食影响较小。观察到的社交行为较少，主要出现在伶仃洋中、伶仃洋南和横琴东区域，其它 2 个区域的目击很少或基本没有。社交行为的分布没有看出特别密集出现的地方，但是航道沿线附近水域较少观察到社交行为。可能航道沿线商船航行较为频密，对海豚的正常社交活动有一定影响。

### （5）年龄阶段组成及幼豚分布

幼豚主要出现在伶仃洋中、伶仃洋南和横琴东区域。伶仃洋中 2019—2020 年幼豚目击率较高，伶仃洋南是在 2021 年度幼豚目击率较高。横琴东区域各年度幼豚目击率波动幅度较大，2021 年最高达到 5.46 群/100km，2018—2019 年最低只有 0.85 群/100km。横琴东区域个体与磨刀门以西的西部河口关联较大，幼豚目击率波动大估计与年度的个体迁移率变化有关，加之距离航道较远，幼豚目击率波动与航道拓宽及营运关系不大。总的来说，航道拓宽施工及营运对伶仃洋中华白海豚的繁殖、育婴等活动影响较小。

### （6）密度与数量变化

2017—2018 年伶仃洋中华白海豚的平均分布数量为 937 头，2018—2019 年分布数量处于较低水平，不到 800 头。但 2019 年以后海豚数量明显增多，2019—2020 年和 2021 年两个年度的分布数量均在 1100 头以上。说明目前伶仃

洋的中华白海豚分布数量基本稳定，航道拓宽工程对伶仃洋中华白海豚的分布数量影响较小。

将 2017—2018 年与 2018—2021 年两个阶段中华白海豚的区域分布密度比较，伶仃洋中和横琴东区域的中华白海豚分布密度变化不大，而伶仃洋北和伶仃洋南的波动较大。其中，伶仃洋北的分布密度大幅下降，而伶仃洋南的密度明显增加。伶仃洋北区域中华白海豚分布密度大幅下降，推测与深中通道的建设施工有关。伶仃洋南区域一直以来是中华白海豚在伶仃洋的最主要分布区（Chenetal, 2010），也是港珠澳大桥穿越的区域，港珠澳大桥于 2018 年 10 月完工并投入试运营，中华白海豚分布密度增加可能是大桥施工影响减小，白海豚数量明显恢复。也进一步说明航道拓宽工程的施工建设对伶仃洋的中华白海豚分布数量影响较小。

#### （7）栖息地利用变化

位于保护区内的中华白海豚核心栖息地面积在不同监测年度有所变化，但其变化与整个伶仃洋的核心栖息地变化关联性不大。2021 年伶仃洋中华白海豚核心栖息地面积最小时，保护区内的核心栖息地面积高于 2017—2018 年和 2018—2019 年。2019—2020 年保护区内的核心栖息地面积达到最高。另外，位于保护区内的核心栖息地占比，近两年达到较高水平，即伶仃洋核心栖息地有 67% 以上位于保护区范围内。近两年中华白海豚在伶仃洋的活动范围比较集中，而且主要集中在保护区水域，保护区水域对中华白海豚的重要性有所上升，说明航道拓宽工程对栖息地利用的影响较小。

#### （8）个体活动

2017—2021 年监测期间，根据照片识别出来的中华白海豚个体有 560 头，在不同的位置重复发现 2 次以上的个体约 229 头。重复识别个体中约有 24% 个体的活动范围穿越伶仃航道，在伶仃航道东西两侧水域均有其活动的踪迹。至少有 2 成以上的个体穿越航道活动，表明航道东西两侧水域的中华白海豚活动交流是畅通的，并未看到阻断。但需要注意的是，随着航道上往来航船密度的增加，这种穿越活动仍需要进一步的评估。因此，营运期加强监测十分必要。

### 6.3.2. 项目实施对中华白海豚影响分析

#### 6.3.2.1. 施工期对中华白海豚影响分析

## 1、食物资源影响

工程对中华白海豚食物资源的影响有直接和间接两部分。直接损失包括渔业资源的减损，如中华白海豚喜食的石首鱼科（*Sciaenidae*）、鲷科（*Engraulidae*）、带鱼科（*Trichiuridae*）、鲱科（*Clupeidae*）、鲈科（*Ariidae*）和鲻科（*Mugilidae*）等鱼类损失。间接损失包括对底栖生物的破坏，从而间接影响以底栖生物为食的部分渔业资源。

在航道拓宽过程中，部分幼鱼幼虾和经济鱼类失去安全庇护场，部分游泳能力较差的游泳动物也将因躲避不及而被损伤或掩埋。对于成鱼个体，由于其具有较强的趋避行为，因此并不会因工程而产生较大的损伤。与此同时，航道施工过程中的挖掘搅动会导致海底泥沙悬浮引发施工区及临近周边海域水体浑浊，造成一定范围海域的含泥沙量暂时性上升，进而降低海洋中浮游生物的生产力，对海洋生态系统带来影响。研究表明，水体中悬浮物浓度大于 10 毫克/升时，可能对鱼类生长造成一定的不利影响，有的鱼卵、仔鱼因高浓度的含沙量而发生死亡，从而导致渔业资源减损。通过预测，本项实施产生悬浮物浓度大于 10 毫克/升影响面积约为 37.4km<sup>2</sup>，通过生态损失计算，将造成渔业资源损失  $1.24 \times 10^7$  尾，游泳动物损失量 1.48t。

同时，航道挖槽会造成底栖生物损失。本次航道工程设计底标高均维持现状，造成底栖损失的面积主要为拓宽区域，约为 3.69km<sup>2</sup>，通过生态损失计算，将造成约 153.06 吨底栖生物损失。

通过数值模拟预测，本项目实施产生悬浮物最大影响范围主要涉及中华白海豚一般觅食区、幼豚分布区及栖息地，不涉及中华白海豚觅食、幼豚集中分布区，悬浮物扩散浓度介于 10-100mg/L 范围约 0.15km<sup>2</sup>（长度约为 500m）影响中华白海豚核心栖息地，如下图 6.3-1～图 6.3-3 所示。因疏浚导致食物资源的直接和间接损失会直接影响中华白海豚的空间分布，其影响还是有限的，待施工期结束后，需要持续加强对该区域的中华白海豚食物资源的持续监测，并采取增殖放流等相应生态恢复措施。

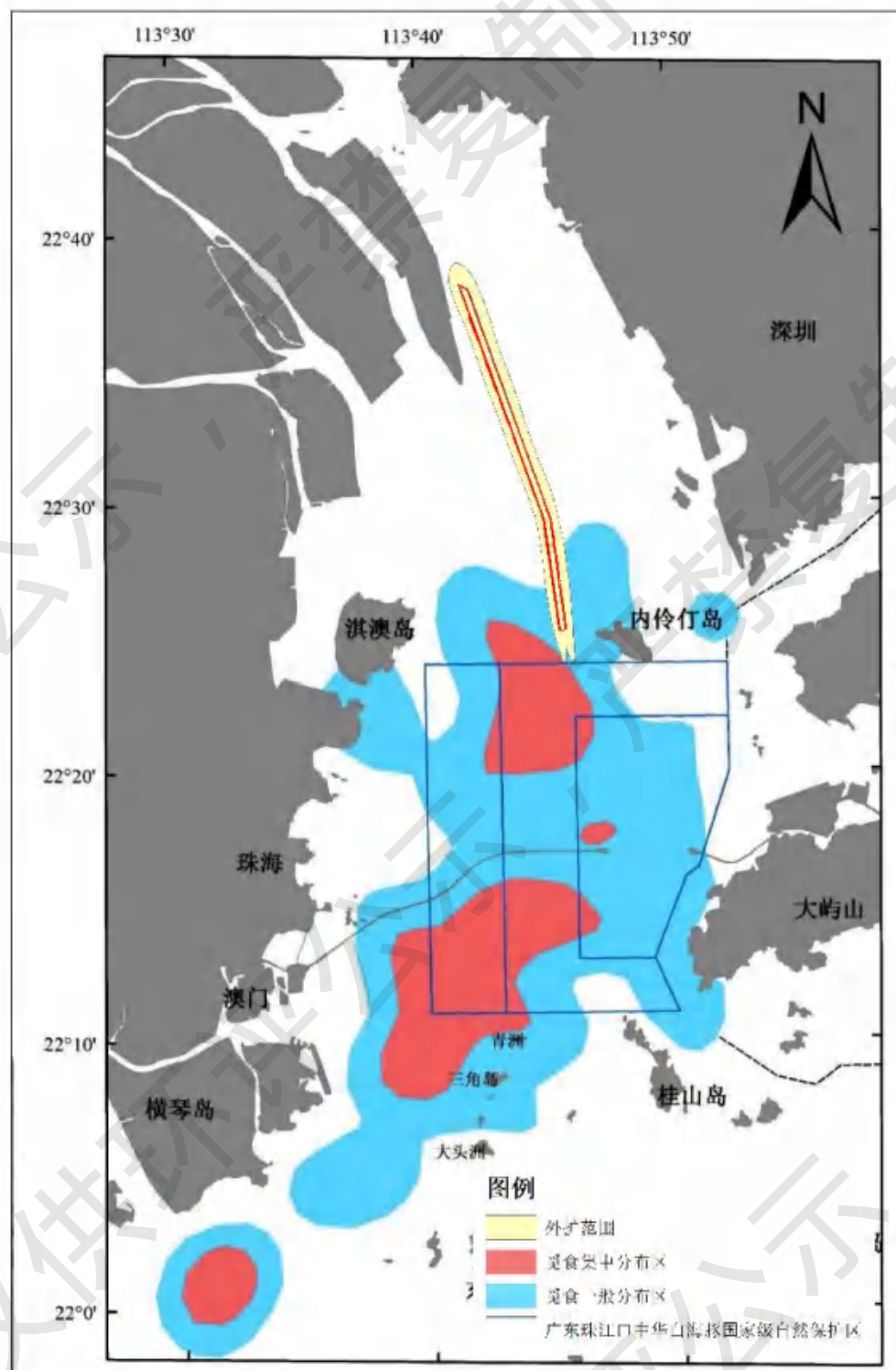


图 6.3-1 航道施工产生悬浮物包络范围与中华白海豚觅食分布区相对位置图

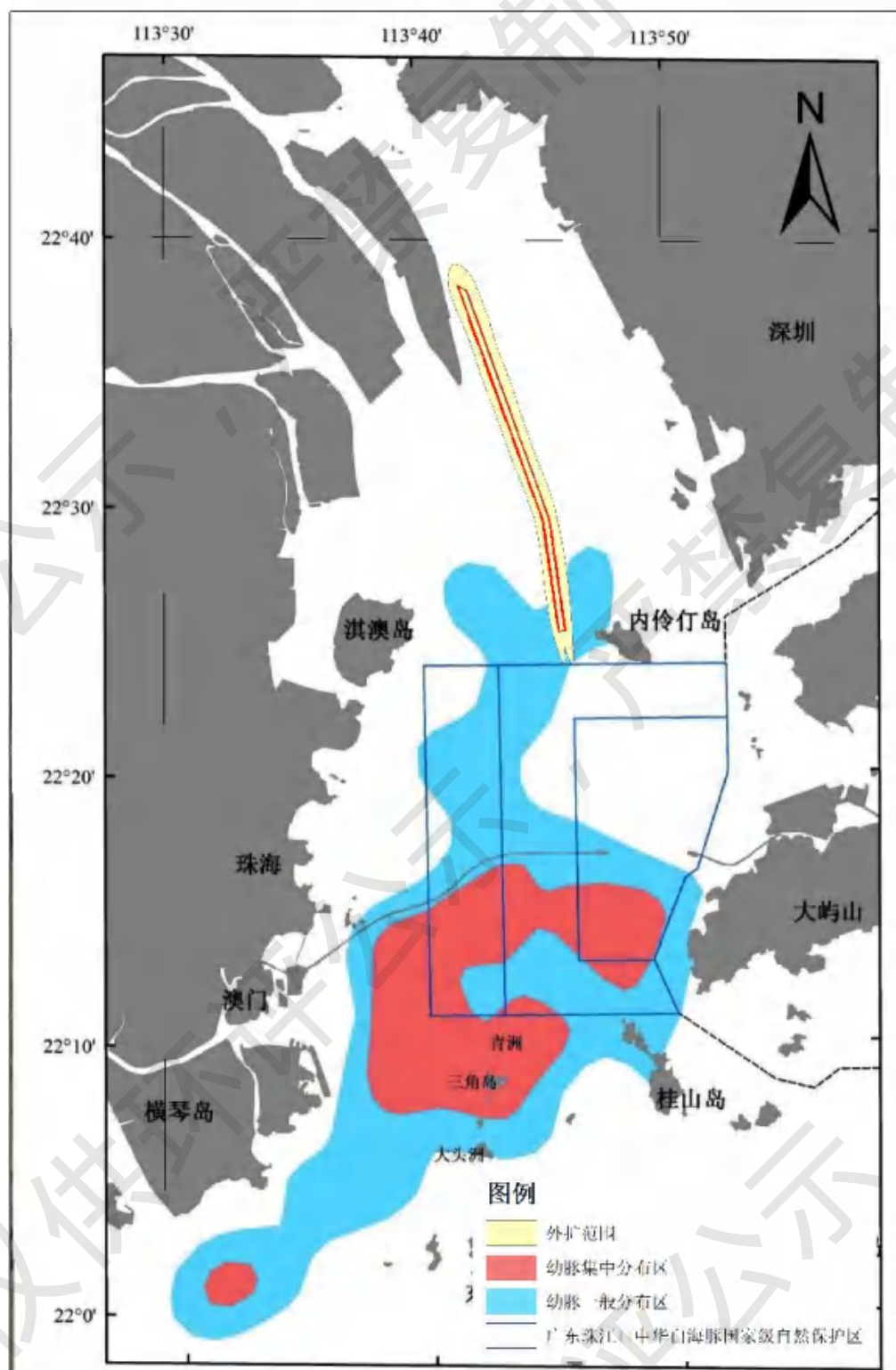


图 6.3-2 航道施工产生悬浮物包络范围与中华白海豚幼豚分布区相对位置图

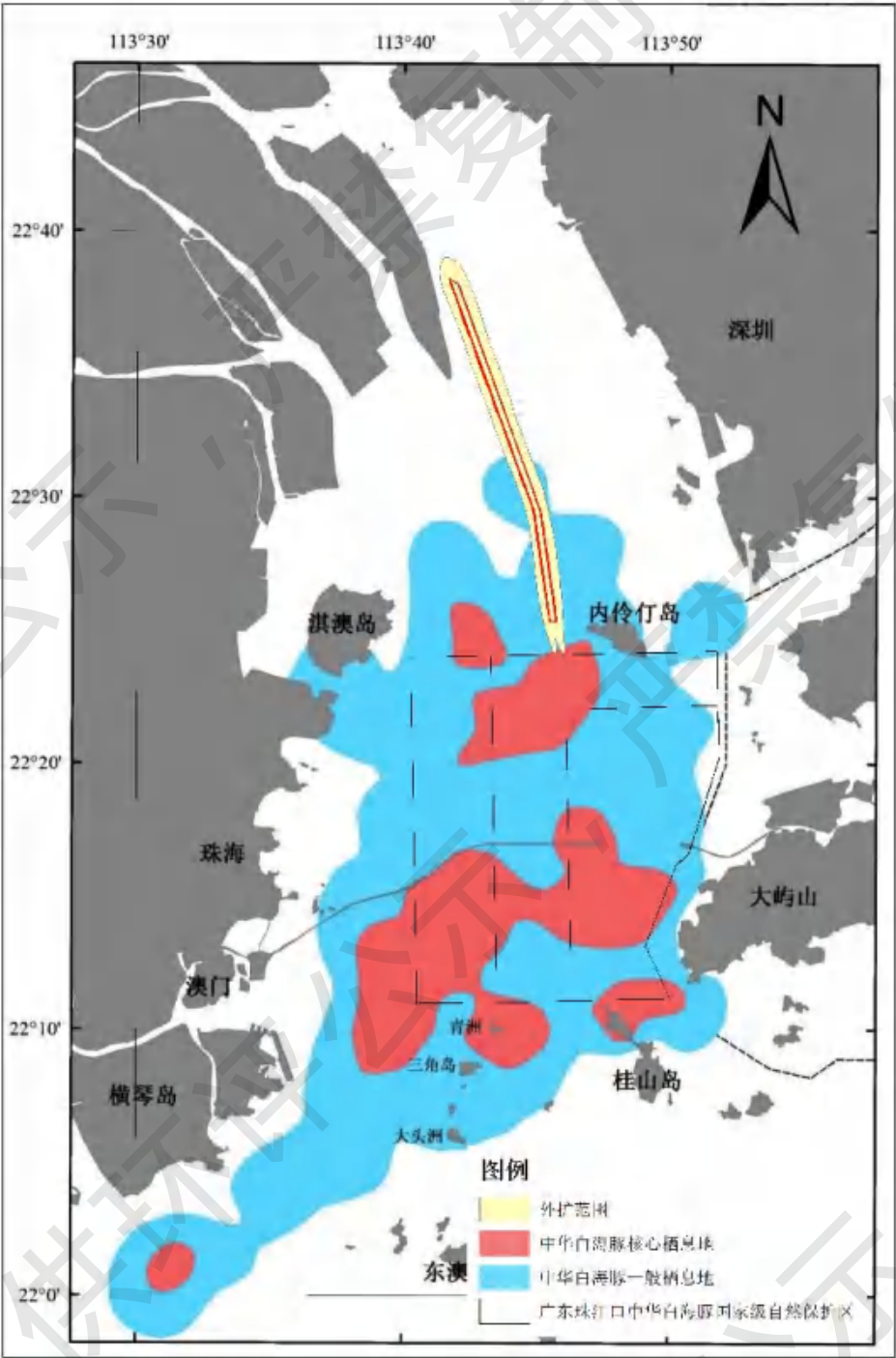


图 6.3-3 航道施工产生悬浮物包络范围与中华白海豚栖息地相对位置图

## 2、噪声的影响

中华白海豚依靠回声定位系统觅食、回避敌人或与同伴沟通，其发出的声信号大致可分为定位信号、通讯信号和应急信号。其中，定位信号频谱能量分布广，频率范围大约为 30 赫兹至 130 千赫兹，觅食和与同伴沟通的声信号约在 4000 赫兹以上。同频段内的噪音有可能遮蔽白海豚的听觉和发声，从而干扰其行为。

施工作业中的船舶噪声分为两部分，一是行驶噪音，二是水下作业噪音。因疏浚作业船只船速较慢，螺旋桨和水动力噪音相对较小，机械噪声成为行驶噪音的主要来源。这类噪声分布在 10Hz 至 5kHz 范围内。水下挖掘、疏浚等水下作业机械活动，频率分布与船舶机械噪声差别不大。疏浚船疏浚作业产生的噪音在较低频段（如 1200Hz 以下）才具有较大声强，而中华白海豚使用较高的频段（如 4kHz 以上）进行觅食和沟通交流。按水下噪声传播的衰减规律，每增加一倍的距离噪声衰减约 6 分贝，距离施工点 1km 外噪声将衰减至 120 分贝以下，相当于海洋环境的背景噪声。

综上，船只施工作业产生的噪声主要分布于较低频段，且水下存在衰减效应，因而对中华白海豚的影响较为有限。

## 3、环境沉积污染物

航道疏浚将引起航道区沉积物中的环境污染物（如重金属和有机氯化物等）扩散而增加水体中污染物的浓度，虽然污染物浓度的增加将有限，但经长期累积，将总体上增加环境生物的被污染程度，并通过食物链影响白海豚。目前珠江河口成年中华白海豚体内的部分污染物（如 Hg、DDT 和 PCB）的含量已处于相当高的水平，污染物的进一步累积将会损害白海豚健康。目前珠江河口水域的环境污染主要是沿岸地区的工农业污水排放造成的，航道疏浚造成二次污染不会增加环境污染物的总量，但会激化污染物在食物链的累积效应，所以也应该重视控制污染物的扩散。

## 4、航道疏浚物处置

本项目的航道疏浚废弃物运往伶仃洋南部湾口外的大万山南疏浚物临时性海洋倾倒区和珠江口外 2#临时性海洋倾倒区进行水抛处理。水抛区域远离保护区和中华白海豚的主要栖息地分布区，因此，对保护区和中华白海豚的影响基本可以忽略。

### 6.3.2.2. 营运期对中华白海豚影响分析

#### （1）航行船舶噪声的影响

航道拓宽营运后，航行船舶数量和吨位将有所增多。根据最新的研究（Liu et al., 2017），商船高速航行时（平均航速  $18.86 \pm 2.5 \text{ km/h}$ ），产生的噪声在中至高频段范围（包括了 100 千赫兹及以上频率）具有相当高的声源强度，而这个频段正处在中华白海豚听觉可以感知的频率范围。这些噪声源可能会掩蔽中华白海豚的通信和声纳系统，干扰中华白海豚的正常生活行为，降低栖息地的使用功能。因此，高速航行船舶的噪声对中华白海豚的影响较大。

商船的航速、长度与噪声水平及中华白海豚对其感知距离密切相关，高速航行商船产生的水下噪声在中至高频的频率范围具有较大的声强，而这个频段范围也是中华白海豚主要的生物学声信号频率，对中华白海豚的行为活动造成影响。中华白海豚对来往船舶噪声的感知距离随着船速和船长的增加而增大，说明船速越大或越大型的船只对白海豚的影响范围也越大。船速在  $22 \text{ km/h}$  时，白海豚对 50 千赫兹频段噪声的感知距离 1000m，对 8 千赫兹频段噪声的感知距离约 3000m；船速降为  $16 \text{ km/h}$  时，海豚对 50 千赫兹频段噪声的感知距离约 500m，而 8 千赫兹频段噪声的感知距离约 1500m。因此，如果将航船的速度降到  $15 \text{ km/h}$ （约 8 节）以下，航行船舶噪声对中华白海豚和栖息地的影响将大幅度下降。

#### （2）船只撞击风险

中华白海豚属海洋哺乳动物，需要经常游至水面进行换气，除了觅食需要长时间潜水外，其休息、社交等行为的大部分时间需浮出水面。因此，过往船舶占用水面将对中华白海豚的生存活动产生一定的影响，该影响会在航道运行的过程中持续发生。

根据航运量及预测：2023 年，广州港出海航道日均 162.4 艘次，与铜鼓航道交汇点以北段航道 2030 年、2035 年船舶通航密度分别为 220.1 艘次/天、243.9 艘次/天。据以往监测和研究，航船撞击的风险与船只的类型和航行速度有很大的关系，船只来往频率的提高会增加中华白海豚被船只撞击的可能性，因此需要对涉及中华白海豚栖息地范围内约 11.5km 段商船采取限速、配备海豚观察员等方式减少撞击的可能性。

#### （3）维护性疏浚

航道投入营运后将进行定期的维护性疏浚，一般 1 个季度或 2 个季度对航道水域进行水深测量，当水深无法满足通航要求时，施工单位即进场对水深不足区域进行维护性疏浚。根据近年经验，施工单位平均一年进场施工 1~3 次。航道维护性疏浚作业也采用自航耙吸式挖泥船，相比于营运航道上来往商船噪声的影响，维护疏浚船噪声源的影响基本可以忽略。同时航道运营期维护性疏浚不存在骤淤的影响，利用定期疏浚挖泥即可维持航道的正常通航。由于运营期需维护性疏浚的淤积量较小，可采用中小型耙吸挖泥船分段分时施工，对周边水环境的影响要远小于施工期。

维护疏浚的位置和范围与建设期的疏浚范围相同，会对航道海床的生物量带来一定减损影响，生物多样性丰富度也将有所下降。但是，航道处亚热带河口区，河口营养盐丰富，初级生产力高，生物量和生物多样性也较高，底栖生物生命周期大多为 1 年左右，恢复较快，底栖生物群落可以得到一定程度恢复。近些年的海豚监测表明，航道附近经常目击到觅食的中华白海豚，说明航道运营期的维护性疏浚对食物的影响相对较小。

#### 6.3.2.3. 航船意外事故风险

营运期间，航运量上升会相应增加船只意外事故的风险。由于河口区的落潮流大于涨潮流，上游发生事故而未能及时处理，也将影响下游的海豚分布区和自然保护区。船只以外事故风险较高的船只包括油轮、化学品船和液化气 LPG/LNG 船等。

对于油轮溢油事故，鲸豚类一般较其它海洋生物受油污的影响为低，因为它们较容易逃离受污染的水域，根据国外研究，当海面有漏油事故时，海豚一般都能察觉并尽量避开（Smith et al. 1983; Smultea and Wursig 1995）。然而，研究也显示，汽油会伤害海豚的皮肤，高浓度汽油蒸气可导致海豚死亡，而低浓度的汽油蒸气亦可引发海豚内脏发炎、出血、肺管阻塞等症状（Geraci and St. Aubin 1987; Geraci 1990）。此外，溢油将污染海洋环境，通过降低水中溶解氧、油膜反射光线降低水体的透光度、释放有毒成分、粘附鱼卵仔鱼和浮游生物等，影响整个水域生态系统，从而威胁白海豚的生存。

根据 7.5 章节溢油事故影响分析，在航道中发生溢油时，如果不及时处理的话，油膜经过几个潮期的涨落潮震荡将向伶仃洋东岸方向漂去，乃至进入香港海域，将引起较大的水陆生态污染。因此，对溢油事故必须严加防范杜绝发生，一

且发生要及时采取有效措施，避免造成重大的生态灾难。

### 6.3.3. 项目实施对保护区影响

根据 5.1.2 章节施工产生悬浮物预测结论，采用  $10000\text{m}^3$  耙吸船作业源强进行预测，浓度大于  $10\text{mg/L}$  悬浮物最大可能影响面积约为  $37.40\text{km}^2$ ；由图 6.2-2 所示，悬浮物浓度大于  $10\text{mg/L}$  的水体不会影响到中华白海豚国家级自然保护区水域；随着疏浚施工完成，悬浮物对水环境的影响也将很快消失。

通过优化施工方案，控制疏浚船只数量，挖泥作业时两船之间距离应保持大于  $5\text{km}$ ，且靠近保护区附近施工船舶选择对环境干扰小的船型如  $4500\text{-}5000\text{m}^3$  耙吸船作业，施工避开中华白海豚繁殖期 4-8 月份，在采取上述措施前提下，本项目实施不会对中华白海豚保护区产生直接不利的影响。

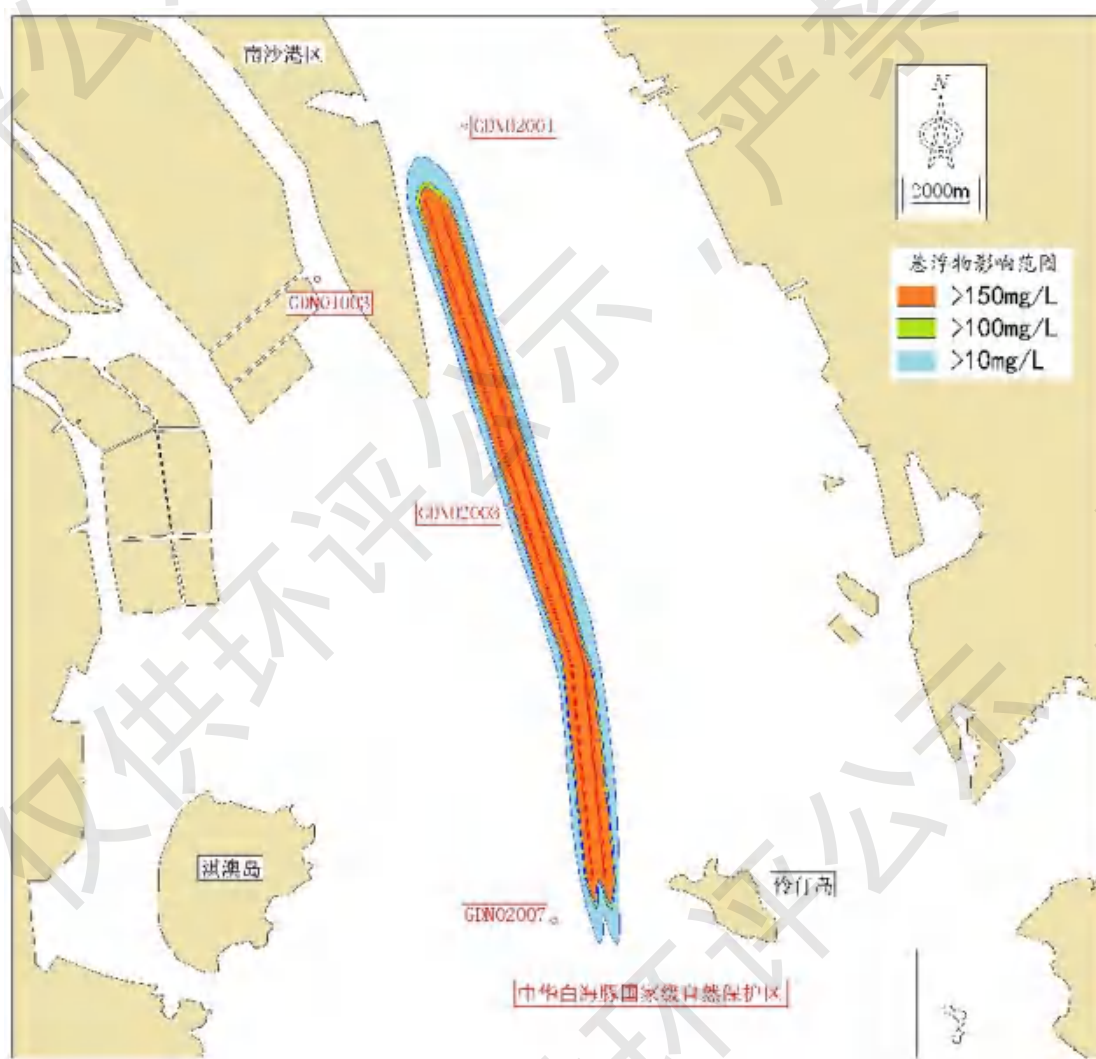


图 6.3-4 施工期悬浮物增量浓度最大可能影响范围

## 6.4. 保护与恢复措施

### 6.4.1. 施工期生态保护措施

#### 1、设置监视缓冲区，培训和配备观豚员

在耙吸式挖泥船周围设立半径不少于 500m 的监视缓冲区，并配备至少 2 名海豚观察员（可由船员或工人来兼任），每隔 30 分钟轮班。在施工前，由海豚观察员监视施工船周围 360 度范围的海面 5 分钟，如 500m 范围内有中华白海豚出没，应待其游离监视范围方可开工；在施工中，如发现有中华白海豚出没，施工船应减速，并尽量减少施工机器的开动量。施工船上的海豚观察员应接受中华白海豚观察相关知识的培训。

#### 2、限制施工船只数量，控制施工船速

为减少施工噪音以及悬浮物扩散影响范围的累加效应，应限制邻近区域同时作业的挖泥船数量。建议两船之间距离应保持大于 5km。根据在香港沙洲和龙鼓洲海岸公园实施航船限速的经验，将航船的速度限制在 10 节以下，可以有效防止航船撞击海豚和降低噪音干扰，因此，建议在位于中华白海豚栖息地范围内的施工船只应限速在 10 节以内。如果有海豚出现在航道上，施工船应减速或暂停以避让海豚，直到海豚游离航道后方可施工，以避免海豚被机器或船只螺旋桨撞伤。

#### 3、海豚繁殖高峰的敏感季节避免施工

4-8 月份是中华白海豚的繁殖高峰季节，也是经济鱼类的主要繁殖期，为了不影响其繁殖行为，应避免在 4-8 月份内施工。

#### 4、减低悬浮物的产生和扩散

施工期间的悬浮扩散对海域的生态环境影响较大，浚挖施工应尽量减低悬浮物的产生和扩散，建议的缓解措施如下：

##### （1）控制船舶作业数量及强度

为了尽可能减小悬浮物扩散的影响范围，挖泥作业时两船之间距离应保持大于 5km，避免施工船舶产生的悬浮物相互叠加对水体的影响。靠近保护区附近 1-2km 航道段施工船舶选择对环境干扰小的船型如 4500-5000m<sup>3</sup> 耙吸船作业。

##### （2）缩短自航耙吸式挖泥船的试喷时间

耙吸式挖泥船在开始装舱前，一般需进行试喷，以检验其管路是否完好。为

减少疏浚物进入疏浚区水域，施工作业人员应尽量缩短试喷的时间，并在确认耙子弯管与船体吸泥管口的连接完全对位后开始疏浚作业，以免疏浚物从连接处泄漏而污染水域。

### （3）禁止挖泥船满仓溢流

耙吸式挖泥船的船体两侧设有溢流口，当泥浆量超过两侧溢流口时，稀泥浆即从溢流口中溢出。这一环节将会引起疏浚区局部水域的浑浊度增加而影响海域的水质，因此，施工单位应调整好泥舱溢流口的位置，控制好溢流口的泥浆浓度，禁止挖泥船满仓溢流。

### （4）挖泥船到位倾倒

本工程使用的大型耙吸式挖泥船本身带有先进的定位系统。挖泥船必须严格按照所划定的倾倒区进行倾倒作业，杜绝未到达指定区域抛泥现象的发生。实施定点到位抛泥是保证倾倒区周围水域环境不受较大影响的重要环节。

### （5）确保舱门密闭，严防泥浆泄漏

挖泥船在倾倒区抛泥完毕后，应及时关闭舱门，并确定舱门关闭无误后方可返航，否则泥舱关闭不严，在航行沿途由于泥浆的泄漏入海将会导致污染事故的发生。同时在疏浚作业期间，应特别留意气象预报，在恶劣天气条件下，应提前做好防护准备并停止挖泥和倾倒作业。

### （6）加强监督管理

为了落实施工期中华白海豚保护措施及其他环境管理措施，建议聘请环境监理公司对各施工内容进行监理。与中华白海豚保护有关的监察内容主要包括：避免施工噪音干扰的措施、挖掘和外抛的悬浮物控制、污染物入海及水上交通等。同时，应对疏浚物的装载、运输和抛弃进行监控，避免疏浚物的不当处置行为，特别是疏浚物不按指定地点倾倒。环境监理公司应有专门负责白海豚保护的监察人员，及时告知施工人员需要采取的保护或预防措施；并及时向业主和保护区管理局报告损害白海豚的意外情况。此外，业主在与各工程分包商签订的施工合同中应明确分包商所应承担的海豚和环境保护责任。

## 6.4.2. 营运期生态保护措施

### 6.4.2.1. 维护性疏浚的缓解措施

建议航道维护性疏浚安排在当年的冬季枯水期进行。珠江河口的底栖生物生命周期大多为一年，优势类群为软体动物及多毛类，春、夏季为繁殖期，夏季丰

水期生物量较高，而冬季枯水期生物量较低。冬季枯水期进行航道清淤对应于生物量较低的季节，有利于减少底栖生物量的损失，也便于清淤后底栖生物群落在春夏季再生。而且每年 4-8 月份是中华白海豚种群交配和出生的高峰季节，也是鱼虾类繁殖与生长的重要季节，冬季进行清淤也避开这一敏感季节。

#### **6.4.2.2. 航船影响的缓解措施**

##### **（1）船舶航速的控制**

高速航行的船舶对海豚的影响较大，主要表现为噪声对海豚行为的干扰以及海豚被撞伤风险提高。本工程建设单位广州市港务局是航道建设和维护的公共服务机构，而航道的交通管理由海事局负责。

加强瞭望，一旦发现航道附近有中华白海豚出没时，尽可能降低航速，降低船舶撞击中华白海豚的风险。并加强中华白海豚相关法律、法规的宣传，普及有关中华白海豚的科学知识及救助措施，增强自觉保护中华白海豚的意识。

##### **（2）海豚救护能力建设**

航道拓宽营运后，航船密度将增加，提高了海豚被撞伤的风险。建议作为生态补偿的组成部分，支持珠江口中华白海豚国家级自然保护区管理局完善和加强中华白海豚救护中心的建设，提高救护能力，以便在中华白海豚被航行船只撞伤时能得到及时救护。

##### **（3）航道管理人员的教育**

从事日常航道管理、维护性疏浚和船只引航的所有工作人员均应接受海豚保护相关知识的教育和培训，作为工作人员的上岗条件之一。工作人员应熟悉并严格遵守海豚保护行为守则。

#### **6.4.3.生态恢复与补偿**

##### **6.4.3.1. 海洋生物资源恢复措施**

本工程的施工和维护会造成底栖生物、鱼类等渔业资源的损失，减少中华白海豚的食物供给，增加种群的生存压力。因此，有必要进行渔业生物资源的恢复措施。

渔业资源衰退或受损的情况下，除了降低捕捞强度和减少海洋环境污染及生境破坏之外，从根本上恢复渔业资源、改良资源结构、增加渔业生产，进行渔业资源的人工增殖放流是重要、快捷的有效措施。通过增殖放流，可以迅速弥补本项目施工和营运等因素对海洋渔业资源造成的损失。建设单位应委托专业机构编

制增殖放流实施方案，增殖放流实施方案应包括放流的品种、数量、规格、种质来源、检疫证明、时间、地点和投放方式等有关事项。

#### ①增殖放流品种选择：

本地原种或子一代的苗种或亲体；能大批量人工育苗；品质优良（属优质经济鱼、虾类、贝类）；适应工程附近海域生态环境且生势良好；工程附近海域自然生态状况中曾经拥有的种类，确需放流其他苗种的，应当通过省级以上渔业行政主管部门组织的专家论证；鱼类品种以恋礁性鱼类、适合转产转业和发展游钓休闲渔业品种为主，或在资源结构中明显低于自然生态状况中的比例，资源衰退难以自然恢复；禁止使用外来种、杂交种、转基因种以及其他不符合生态要求的水生生物物种进行增殖放流。

#### ②增殖放流备选品种：

当地适宜增殖放流的备选品种包括：鱼类为青石斑鱼、花鲈、紫红笛鲷、红笛鲷、真鲷、黑鲷、平鲷、黄鳍鲷、花尾胡椒鲷、黄姑鱼等；虾类为长毛对虾、斑节对虾、日本对虾、刀额新对虾、周氏新对虾等；贝类为巴非蛤、贻贝、扇贝等。

#### ③增殖放流苗种规格质量：

鱼苗体长应在 5cm 以上；虾苗体长应在 2.5cm 以上；贝苗壳长应在 0.5cm 以上。放流苗种应当来自有资质的生产单位、检验机构认可。

#### ④增殖放流计划：

在施工期间根据实际情况开始实施海洋生物增殖放流，增殖放流的期限为 5 年，每年 1 次。每年的增殖放流工作安排在南海区伏季休渔期间内的 5 月下旬至 7 月上旬，以避开高强度捕捞压力时间，提高增殖放流效果。

#### ⑤增殖放流前后的管理：

放流前后的现场管理主要由渔政管理部门承担。放流前清理放流区域的作业，并划出一定范围的临时保护区，放流后加强巡逻管理。

### 6.4.3.2. 生态影响监测

#### (1) 中华白海豚监测

航道的拓宽施工可能会在短期内增加中华白海豚食物供给压力，本项目施工期和营运期应委托有资质和经验的单位对珠江口中华白海豚进行监测。

#### ● 监测时间：

施工期和营运期 3 年。

- **监测内容：**

伶仃洋中华白海豚的数量和分布的变化趋势、个体迁移等。

- (2) 渔业资源监测

渔业资源是中华白海豚的食物基础，渔业资源的损失和恢复与海豚的生存相关，也关系到渔业生产状况。本项目施工期和营运期应委托有资质和经验的单位对渔业资源进行监测，评估渔业资源损失和生态补救措施的实施效果。

- **监测时间：**

施工期和营运期 5 年。

- **监测内容：**

鱼卵、仔鱼种类组成、数量分布；渔获物种类组成，主要种类生物学特征，优势种分布，渔获量分布和现存相对资源密度。

- (3) 水质和沉积物环境监测

为了解项目施工期悬浮物的污染状况，航道挖掘对海洋水质环境的影响，监测施工过程中悬浮物影响程度和范围，评价施工期水质是否满足海水水质标准，为施工期环境管理提供依据，对项目施工期水环境质量进行跟踪监测。

- **范围及站点布设：**

水质和沉积物环境监测范围及站点布设参见本报告环境监测计划章节中的调查站位（见图 10.4-1）。

- **监测频率和时间：**

与渔业资源监测同步进行。

#### **6.4.3.3. 生态补偿费**

生态补偿费主要包括两大部分：第一部分是因施工造成的生物损失，需进行生态修复的补偿费用，可参考工程施工造成的生物损失价值约为 4189.72 万元；第二部分为无法量化的生态影响，如施工压缩中华白海豚种群活动空间的负面作用、中华白海豚被船舶撞伤的风险等，这部分生态影响较难于量化，建议由工程建设单位与保护区主管部门协商，根据保护管理和监测的实际需要进行补偿，初步核算约为 150 万元，如下表所。

表 6.4-1 中华白海豚保护管理与监测费用

| 项目       | 内容               | 金额（万元） | 备注   |
|----------|------------------|--------|------|
| 施工、营运期风险 | 救护培训费用           | 50     | 救护补偿 |
| 生态环境监测   | 生态和生物资源与<br>环境监测 | 100    |      |

#### 6.4.4.小结

航道工程对中华白海豚的影响主要来自于因底栖生物和渔业资源的损失而造成的中华白海豚食物资源损失、施工和运行期间水下噪声对中华白海豚的干扰以及船舶对中华白海豚的撞击风险。

根据前述分析，航道工程会对底栖生物和渔业资源造成一定的影响和破坏，进而影响中华白海豚的食源，且这种影响具有一定的持续性，根据广州港南沙港区出海航道历史工程的开展情况和连续监测结果，这种影响可以通过严格控制挖泥船数量、避开鱼类繁殖期施工、增殖放流等方式在一定程度上消除，从而使中华白海豚种群生存不会受到长期的影响。

根据相关研究和监测结果，航道工程施工和营运期间的噪声主要分布于较低频段，因此航道工程施工和营运期噪声对中华白海豚的影响相对有限，通过避开中华白海豚繁殖季节施工、控制施工船只数量、限制船速、配备观察员等方式，能够有效降低噪声对中华白海豚的影响，同时有效防止中华白海豚被船只撞伤。

在加强施工管理和跟踪监测，严格落实相关环境保护和生态修复条件下，航道工程建设对中华白海豚及其生境的影响较为有限。

## 7. 环境风险事故影响分析

### 7.1. 总则

#### 7.1.1. 评价原则及重点

##### 1、评价原则

环境风险评价应以突发性事故导致的危险物质环境急性损害防控为目标，对建设项目的环境风险进行分析、预测和评估，提出环境风险预防、控制、减缓措施，明确环境风险监控及应急建议要求，为建设项目环境风险防控提供科学依据。

##### 2、评价重点

- （1）船舶溢油事故对海洋环境的影响；
- （2）现有风险应急能力评估及风险防范应急措施。

#### 7.1.2. 评价工作等级

根据“2.4.1.评价等级”中相关内容，本次风险评价等级为一级。

#### 7.1.3. 评价工作程序

环境风险评价的工作程序见图 7.1-1。

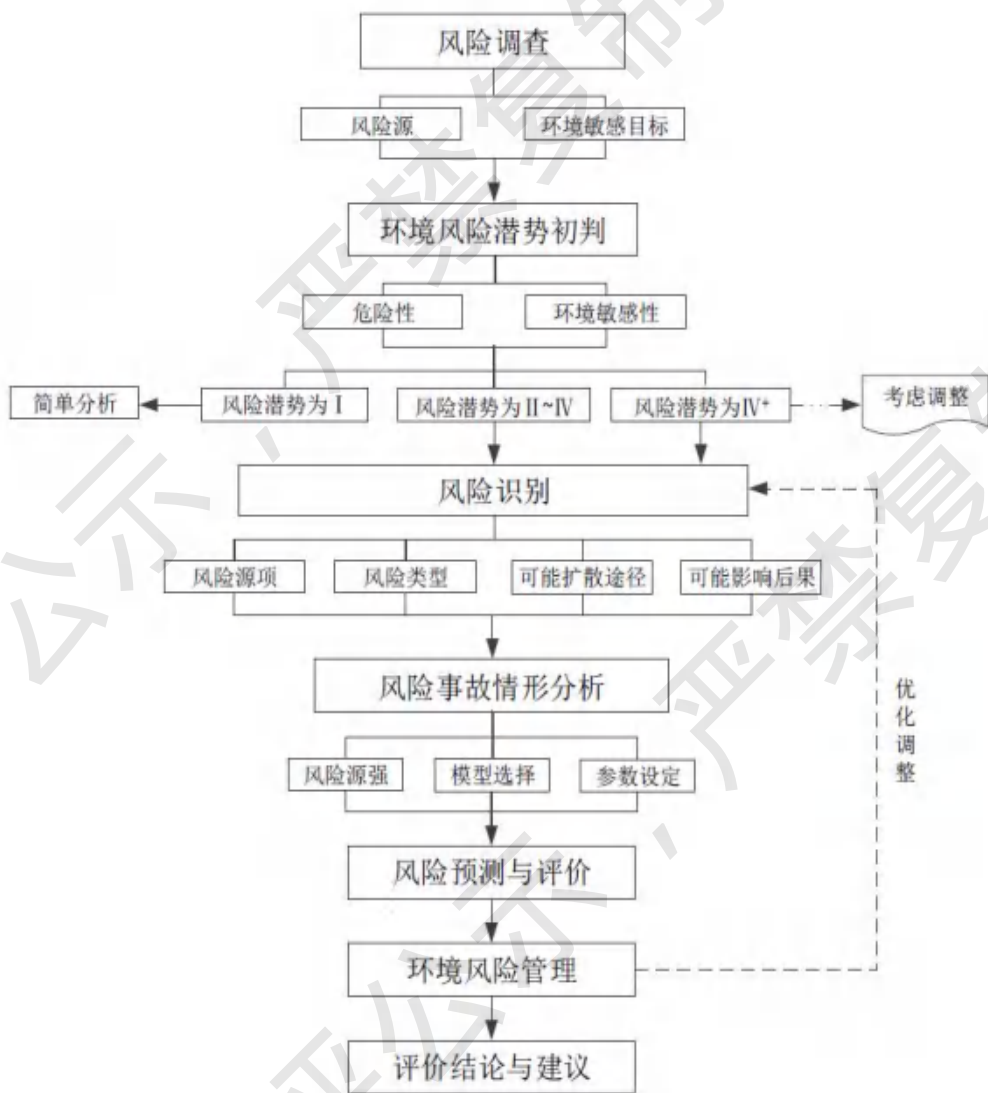


图 7.1-1 环境风险评价流程框图

7.1.4. 评价基本内容

本报告主要评价本项目的环境风险，提出减轻污染危害的后果对策，制定污染应急处置设备配备方案，明确风险防范应急体系的建立模式及维护管理模式。具体内容见表 7.1-1。

表 7.1-1 本评估内容一览表

| 序号 | 程序     | 主要内容                     |
|----|--------|--------------------------|
| 1  | 风险识别   | 污染风险事故类型                 |
| 2  | 源项分析   | 事故发生概率、源强及事故高发区          |
| 3  | 风险影响预测 | 事故危害程度                   |
| 4  | 风险评价   | 综合评价风险可接受水平              |
| 5  | 降低风险对策 | 减少事故概率和危害后果对策            |
| 6  | 应急能力评估 | 综合评估本项目污染风险能力，提出应急能力建设方案 |
| 7  | 评估结论   | 得到风险评估结论                 |

### 7.1.5. 评价范围

风险评价范围见章节“2.4.2评价范围”中相关内容。

## 7.2. 现状分析

### 7.2.1. 船舶安全监管现状

广州港出海航道现有航道管理设施、水文测站、海上救助设施、安全监管设施等比较完善，基本可满足本工程需要。

广州船舶交通管理中心（GZVTS）是全国目前最大的船舶交通管理系统之一，是珠江口水面交通安全的指挥、协调中心。其管理和服务水域范围：从桂山引航锚地附近 10nmile 水域，往北至黄埔大濠洲水道止，长约 63n mile 的珠江口主航道水域。本工程各航段均在雷达信号有效覆盖范围内。

### 7.2.2. 船舶事故统计

根据现有资料，对广州海事局辖区 2009~2018 年间的船舶交通等级以上事故进行了统计。2009-2018 年广州海事局辖区发生船舶交通事故 147 件，按事故等级统计：重大事故 18 起，大事故 49 起，剩余为一般事故，共计 80 起；按事故类型统计，如图 5.2-1 所示：其中，碰撞事故 73 件，占事故总数的 50%，为最主要事故类型，触碰事故 9 起，搁浅事故 1 起，火灾事故 10 件，风灾事故 14 件，触礁事故 6 起，自沉事故 8 件，其他 27 起。

（1）广州港辖区的船舶交通事故发生次数呈逐年下降趋势，近年来基本稳定在年均 14.7 起。

（2）从事故原因分布上看，碰撞事故是最主要的事故类型，约占 50%。

（3）在事故等级分布上，绝大多数事故属于一般事故类型，但可推断未酿成事故的通航安全隐患事件仍然存在。

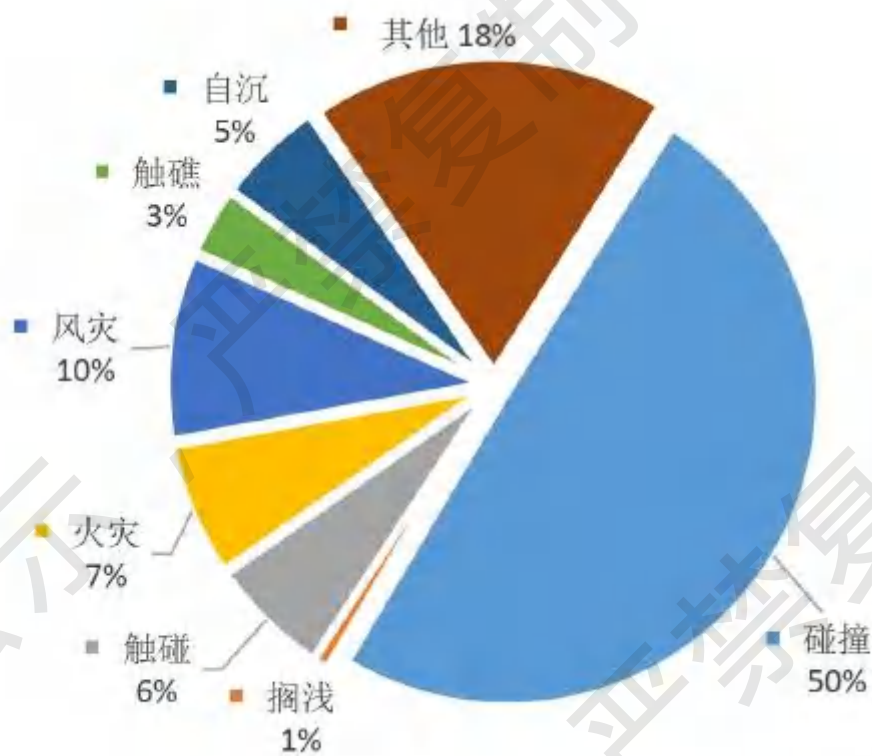


图 6.2-1 广州海事局 2009~2018 年水上交通事故统计

2、船舶污染事故、污染量统计与分析

2009 年-2018 年广州海事局辖区发生船舶溢油事故共 8 起，具体统计情况见表 7.2-1，其中约有 3 起发生在南沙港区及其附近水域。广州辖区大部分油污染事故是由船舶碰撞或搁浅造成的，最严重事故是由于油轮碰撞所致。船舶污染事故主要发生在航道上，极易形成大规模溢油事故。其他油污染灾害包括码头或仓储设施溢油，事故原因包括设备出故障或人为操作失误。通常来说，该类型溢油事故总量不会超过 10 吨。

表 7.2-1 广州海事局辖区 2009-2018 年污染事故统计表

| 序号 | 时间              | 事故地点             | 船舶名称  | 船舶国籍   | 事故类型 | 污染情况                            |
|----|-----------------|------------------|-------|--------|------|---------------------------------|
| 1  | 2009 年 1 月 3 日  | 大濠水道定线制第三分带南端口水域 | 丰盛油 8 | 中国（东莞） | 碰撞   | 约 69.5t 航空煤油                    |
| 2  | 2009 年 4 月 28 日 | 新港 1#泊位          | 胶州海   | 中国（天津） | 操作   | 约 1t 左右燃料油溢出落于主甲板上，并有约 0.03t 落水 |
| 3  | 2009 年 7 月 15 日 | 西基 1#泊位          | 安旭海   | 中国（广州） | 操作   | 约 7.5kg 重油从集水井溢出落水              |

|   |                 |                       |                        |             |    |               |
|---|-----------------|-----------------------|------------------------|-------------|----|---------------|
| 4 | 2012 年 3 月 2 日  | 珠江口内伶仃岛附近水域           | 梦幻之星                   | 巴拿马         | 碰撞 | 约 98.5t 燃料油溢出 |
| 5 | 2012 年 3 月 16 日 | 西江下游竹园渡口附近            | 穗东方 089                | 石油 510 (广州) | 碰撞 | 2t 柴油泄漏       |
| 6 | 2014 年 6 月 5 日  | 广州港 33LD 锚地附近         | 石油 510                 | 中国          | 碰撞 | 约 100kg 柴油泄漏  |
| 7 | 2017 年 2 月 20 日 | 菠萝涌南海神庙隧道上方           | 粤中山工 2231              | 中国中山        | 操作 | 100-150 升柴油泄漏 |
| 8 | 2018 年 7 月 7 日  | 广州港伶仃航道 10#灯浮至 8#灯浮附近 | FORMOSA CONTAINER NO.4 | 中国台湾基隆      | 操作 | 约 6L 燃油       |

### 3、船舶事故发生频率

2009~2018 年，南沙港区发生船舶污染事故 3 起，年均发生事故 0.3 起，约 2~3 年发生一起。

### 7.2.3. 应急能力现状

#### 1、应急预案体系

##### (1) 国家级应急预案

2000 年 4 月，原交通部和国家环保总局联合发布实施《中国海上溢油应急计划》及各大海区溢油应急计划，其中《南方海区溢油应急计划》适用于广州水域。

##### (2) 省市级应急体系

##### ①珠江口区域应急体系

1999 年，广东、深圳和香港、澳门四个海事机构开始商谈船舶溢油污染应急合作事宜，并于 2001 年联合制定了《珠江口区域海上船舶溢油应急计划》，作为对日后在广东、深圳、香港、澳门港口海事部门管辖水域发生重大油污事故时，各方合作采取相应措施及行动的依据及行动指南。该预案包括敏感资源区域划分及优先保护次序、应急组织机构、运作方式、报警程序、预案的启动和终止程序、应急资源情况等。为有效协调各合作成员的工作，在广东海事局设立秘书处，各辖区根据本辖区情况，设立应急组织。

##### ②广州市应急预案

广州市人民政府从 2004 年开始颁布了一系列应急预案，包括《广州市突发公共事件整体应急预案》、《广州市重大危险化学品事故应急救援预案》、《广

州市突发环境污染事件应急预案》等对突发环境污染事件，包括船舶污染环境风险事件进行指导。

广州海事局组织起草的《广州市水运污染事故应急预案》已经修订并由广州市人民政府颁布执行。

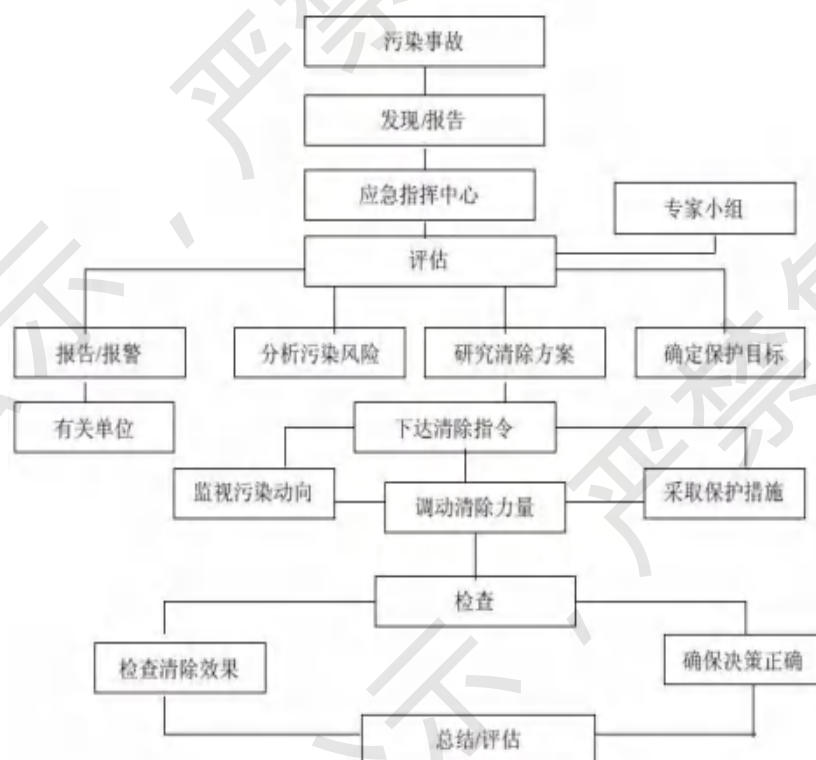


图 7.2-2 广州市水运污染事故应急反应程序

### （3）海事部门污染应急预案

近年来，广东海事局和广州海事局在防止船舶污染海洋环境应急能力建设方面做了大量工作，在利用部海事局下拨的防污染专项经费增强辖区内溢油应急能力的同时，还不断整合各企业应急设备，以形成辖区内污染应急联动机制。广东海事局于 2005 年 12 月颁布的《广东海事局船舶污染事故应急预案》，对广东海事局辖区水域发生或受影响的船舶污染事故后的应急程序和职责分工等做出了明确的安排。广州海事局于 2008 年 8 月颁布《广州海事局船舶污染事故应急预案》，建立了广州海事局船舶污染事故应急反应机制，明确职责，确保迅速、准确、有序、高效地组织船舶污染事故的应急反应行动，最大程度地减少事故损害。

### 2、应急反应资源

根据《国家重大海上溢油应急能力建设规划(2015-2020 年)》（2016.1），“附

表 1 中广州已有溢油清除能力为 3100 吨、东莞溢油清除能力为 800 吨、深圳 4300 吨”，合计珠江口水域溢油清除能力为 8200 吨。

目前，广州港水域污染应急反应力量由政府、社会、企业等建设的多层次应急反应力量所构成。具体为：

#### （1）政府应急资源

政务应急资源主要包括政府及有关部门建立的应急预案体系、协调指挥体系等，包括海事、港务、消防、武警等应急部门资源。根据《国家水上交通安全监管和救助系统布局规划》，广州海域属于高风险水域，该海域建设大型国家及应急设备库。

#### （2）社会应急资源

社会应急资源主要由社会上的股份制清污公司或会员制清污公司组成，包括各个公司拥有的防污设备设施、作业船艇、车辆、作业人员、指挥人员等。采取“政府倡导，企业出资”的建设模式，经过多年建设，广州辖区水上污染应急体系已具备一定的规模。目前广州辖区共有 8 家具有一级资质的船舶污染专业清除单位。

各专业清污公司配备的溢油应急设备器材和人员情况统计汇总于表 7.2-2。除广州区域外，深圳、珠海、东莞等地相关清污力量（表 7.2-3）也可纳入广州港航道水域应急体系建设中，上述船舶污染清除作业单位作为社会应急资源，可供本项目业主单位在应急处置时调用应急资源。

#### （3）企业兼职的应急力量

企业兼职的清污力量主要由广州辖区的各个码头经营公司、航运公司等码头船舶上配备的溢油应急设备设施和兼职作为应急人员的码头作业人员和船员等组成。

表 7.2-2 广州辖区水域主要一级专业清污公司及应急设备统计（截至 2017 年 4 月）

| 专业清污单位名称    | 广州港珠江防污有限公司                                                                 | 广州市龙善环保科技有限公司                                      | 广州宝裕海洋生态净化工程公司          | 广州市绿之建环保科技有限公司          | 广州市莲港船舶清油有限公司          | 广州三江船舶防油污工程有限公司                                   | 增城市珠江口船舶工程有限公司          | 广州海运物资供应公司                     |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| 设备库位置       | 1、南沙区小虎石化码头、建滔石化码头；<br>2、广州港石化码头                                            | 南沙区新垦大道十四涌桥                                        | 南沙区南北台                  | 南沙区横沥镇合兴路 56 号          | 南沙区万顷沙镇新安工业园红安路 1 号    | 广州番禺区新造镇思贤村                                       | 广州市新塘镇坭紫村               | 1、番禺区新造镇思贤村<br>2、东莞市沙田镇斜西管理区口岸 |
| 应急处置船       | 3 艘                                                                         | 2 艘                                                | 2 艘                     | 2 艘                     | 3 艘                    | 4 艘                                               | 2 艘                     | 2 艘                            |
| 辅助船舶        | 13 艘                                                                        | 8 艘                                                | 9 艘                     | 10 艘                    | 11 艘                   | 9 艘                                               | 8 艘                     | 8 艘                            |
| 应急卸载泵       | 1×250 m <sup>3</sup> /h<br>1×65 m <sup>3</sup> /h<br>1×60 m <sup>3</sup> /h | 2×150 m <sup>3</sup> /h<br>2×150 m <sup>3</sup> /h | 2×150 m <sup>3</sup> /h | 2×150 m <sup>3</sup> /h | 2×50 m <sup>3</sup> /h | 1×200 m <sup>3</sup> /h<br>1×135m <sup>3</sup> /h | 2×250 m <sup>3</sup> /h | 2×150 m <sup>3</sup> /h        |
| 岸滩围油栏       | 1000m                                                                       | 4000m                                              | 400m                    | 1000m                   | 500m                   | 2000m                                             | 400m                    | 400m                           |
| 橡胶充气式围油栏    |                                                                             |                                                    |                         |                         |                        |                                                   |                         |                                |
| 浮子式橡胶围油栏    | 2440m                                                                       |                                                    |                         |                         |                        |                                                   |                         |                                |
| 浮子式 PVC 围油栏 | 8700m                                                                       | 5000m                                              | 9000m                   | 8000m                   | 8500m                  | 7000m                                             | 8000m                   | 8600m                          |
| 防火围油栏       | 400m                                                                        | 400m                                               | 400m                    | 400m                    | 400m                   | 400m                                              | 400m                    | 400m                           |
| 吸油拖缆        | 4500m                                                                       | 4000m                                              | 4000m                   | 4000m                   | 500m                   | 4300m                                             | 1000m                   | 4000m                          |
| 动态斜面收油机     | 1×100m <sup>3</sup> /h                                                      | 1×300m <sup>3</sup> /h                             | 3×100m <sup>3</sup> /h  | 2×100m <sup>3</sup> /h  | 2×100m <sup>3</sup> /h | 1×100m <sup>3</sup> /h                            | 2×100m <sup>3</sup> /h  | 2×150m <sup>3</sup> /h         |
| 转盘式刷式收油机    | 1×120m <sup>3</sup> /h                                                      |                                                    |                         |                         |                        | 4×50 m <sup>3</sup> /h                            |                         | 2×50 m <sup>3</sup> /h         |
| 转盘式收油机      | 3×60 m <sup>3</sup> /h<br>2×12 m <sup>3</sup> /h                            | 2×50 m <sup>3</sup> /h                             |                         |                         | 4×50 m <sup>3</sup> /h |                                                   | 2×100 m <sup>3</sup> /h |                                |
| 专业清污单位名称    | 广州港珠江防污有限公司                                                                 | 广州市龙善环保科技有限公司                                      | 广州宝裕海洋生态净化工程公司          | 广州市绿之建环保科技有限公司          | 广州市莲港船舶清油有限公司          | 广州三江船舶防油污工程有限公司                                   | 增城市珠江口船舶工程有限公司          | 广州海运物资供应公司                     |
| 堰式收油机       |                                                                             |                                                    |                         | 2×100 m <sup>3</sup> /h |                        | 1×100 m <sup>3</sup> /h                           |                         |                                |

|           |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
|-----------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 真空式收油机    | 1×2m³/h            | 1×100 m³/h         | 1×150 m³/h         |                    |                    |                    |                    |                    |
| 收油网       |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
| 吸油毡       | 14t                | 12t                | 12t                | 12t                | 12t                | 14t                | 12t                | 12t                |
| 化学吸附材料    | 3t                 | 3t                 |                    | 3t                 | 3t                 | 3.2t               |                    | 3t                 |
| 常规性消油剂    | 7t                 | 10t                | 8t                 | 8t                 | 8t                 | 8t                 | 8t                 | 8t                 |
| 微生物降解型消油剂 | 1t                 |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
| 便携式喷洒装置   | 8×40L/min          | 8×40L/min          | 8×40L/min          | 8×40L/min          | 8×40L/min          | 8×40L/min          | 8×40L/min          | 8×40L/min          |
| 船用喷洒装置    | 4×140L/min         | 4×140L/min         | 4×140L/min         | 4×140L/min         | 4×140L/min         | 4×140L/min         | 4×140L/min         | 4×140L/min         |
| 临时储存能力    | 1650 m³            | 1600m³             | 3482 m³            | 9180m³             | 9433m³             | 1800m³             | 3344 m³            | 4281m³             |
| 高压蒸汽热水清洗机 | 4 台                | 4 台                | 4 台                | 4 台                | 4 台                | 4 台                | 4 台                | 4 台                |
| 高压水流冷水清洗机 | 4 台                | 2 台                | 2 台                | 2 台                | 3 台                | 3 台                | 5 台                | 2 台                |
| 高级指挥人员    | 3 人                | 4 人                | 3 人                | 4 人                | 3 人                | 4 人                | 3 人                | 7 人                |
| 现场指挥人员    | 8 人                | 7 人                | 8 人                | 6 人                | 10 人               | 8 人                | 10 人               | 9 人                |
| 应急操作人员    | 56 人               | 40 人               | 42 人               | 40 人               | 53 人               | 50 人               | 40 人               | 41 人               |
| 联系方式      | 甘源盛<br>13925172971 | 林龙海<br>13902921311 | 许金波<br>13509684900 | 周柏林<br>13928802218 | 黄柏荣<br>13711002895 | 陈茂兴<br>13802987782 | 钟英毅<br>13823653698 | 方寺卿<br>18602066268 |

表 7.2-3 广州港航道相关区域专业清污公司统计表

| 序号 | 一级溢油应急单位           |
|----|--------------------|
| 1  | 深圳市千和利万家船舶服务有限公司   |
| 2  | 深圳市宝裕海洋生态净化工程有限公司  |
| 3  | 广东龙善环保高科技实业集团有限公司  |
| 4  | 深圳市航鹏海洋环保服务有限公司    |
| 5  | 深圳市聚丰环保科技有限公司      |
| 6  | 深圳市七七七船舶服务有限公司     |
| 7  | 深圳市聚汇船舶服务有限公司      |
| 8  | 深圳市立鑫船舶服务有限公司      |
| 9  | 深圳市珠江口嘉仁溢油应急服务有限公司 |
| 10 | 珠海安和环保服务有限公司       |
| 11 | 珠海市和丰环保服务有限公司      |
| 12 | 东莞市金骅海港口服务有限公司     |

### 7.3. 风险识别

#### 7.3.1. 风险因子

根据前面章节分析，广州港航道涉及码头类型包括集装箱码头、石油化工码头、煤炭码头、通用码头，规模以5万吨至10万吨级码头为主。装卸的货物主要为煤炭及制品、石油、天然气及制品、金属矿石、建材、机械设备及集装箱等。其中石油、天然气及制品为危险货种。按照吞吐量统计，其中原油占了危险货种的三分之一，其余为成品油、以及石油制品，石油制品又以短链烯烃类为主。本项目主要服务于南沙港区，该港区主要为集装箱、散货以及船舶修造。

此外，广州港航道航行船舶多载有大量的燃料油。国际航线大型船舶所携带的燃料油可达数千吨，相当于一艘中小型油船货油载运量，一次性污染也比较严重。

由此可以确定，本项目涉及风险因子为原油、汽油、柴油、船舶燃料油及散装化学品。

风险因子中，油品（汽油、柴油、燃料油、原油）在海面基本以漂浮为主，由于油品自身特性和多种海洋环境因素影响，发生复杂的物理、化学和生物变化，包括扩散、漂移、蒸发、分散、乳化、溶解、光氧化、生物降解等。大规模的溢油事故能引起大面积海域严重缺氧，致使海洋生物死亡；浮油被海浪冲到海岸，粘污海滩，造成海滩荒芜，破坏海产养殖和盐田生产，污染、毁坏滨海旅游区。此外，海上溢油的油膜会大大降低海水与大气的氧气交换速度，降低海洋生产力；石油中的芳香烃类化合物极易进入水中并在生物体内长期累积；溢油沉降到海底

后，会危及底栖生物的正常发育。短链烯烃泄漏后，大部分挥发至空气中，因此，应加强监测其在空气中的浓度是很重要的。

综上所述，由于广州港的油品，尤其是原油的吞吐量较大且增长迅速，海洋溢油事故发生后所造成的环境影响巨大且具有长期累积性，因此将原油作为本次风险评价的重点风险物质。重质燃料油粘度高，大气挥发和水中溶解率很低，温度稍低则凝结成块，半潜于海水中，对海水水质及生物危害性较大，也应给予重点关注。烯烃极易燃易爆性，并具有一定的健康危害性，应急过程中需要注意消防灭火，及对人员及敏感目标的保护。汽油、原油均属于高度易燃品，应重视防火管理。

### 7.3.2. 风险因子的危险性识别

本次评价船舶载运涉及的主要油品及危险品货种如表 7.3-1-表 7.3-3 所示。

表 7.3-1 主要油品清单

| 序号 | 油 品      | 密 度<br>(kg/m <sup>3</sup> , 20℃) | 凝 点<br>(℃) | 粘 度<br>(mm <sup>2</sup> /s) |
|----|----------|----------------------------------|------------|-----------------------------|
| 1  | 尼罗油（原油）  | 843.3                            | <32        | 17.16                       |
| 2  | 杰诺油（原油）  | 889.4                            | <-10       | 39.56                       |
| 3  | 卡宾达油（原油） | 870.6                            | 18         | 9.37                        |
| 4  | 汽油       | 750                              | -35        | —                           |
| 5  | 柴油       | 840~870                          | 0          | 3.0~8.0                     |
| 6  | 燃料油      | 960~980                          | 24         | 118~380                     |

表 7.3-2 进出港船舶主要化学品清单及理化性质

| 序号 | 品名  | 危规号   | 危险货物分类         | UN 号       | 主要性状        | 熔点<br>℃ | 沸点<br>℃ | 闪点<br>℃ | 爆炸极限% |      | 火灾危险类别 |
|----|-----|-------|----------------|------------|-------------|---------|---------|---------|-------|------|--------|
|    |     |       |                |            |             |         |         |         | 下限    | 上限   |        |
| 1. | 苯酚  | 61067 | 第 6.1 类<br>毒害品 | 1671, 2312 | 白色结晶，有特殊气味  | 40.6    | 181.9   | 79      | 1.7   | 8.6  | 丙      |
| 2. | 甲醇  | 32058 | 第 3.2 类中闪点易燃液体 | 1230       | 无色液体，有刺激性气味 | -97.8   | 64.8    | 11      | 5.5   | 44   | 甲      |
| 3. | 乙二醇 | 33569 | 第 3.3 类高闪点易燃液体 | 1171       | 无色液体，几乎无气味  | -70     | 135.1   | 43      | 1.7   | 15.6 | 乙      |
| 4. | 甲基  | 32052 | 第 3.2          | 1294       | 无色透         | -94.9   | 110.6   | 4       | 1.2   | 7.0  | 甲      |

| 序  | 品名   | 危规    | 危险货         | UN 号 | 主要性           | 熔点    | 沸点   | 闪   | 爆炸极限% | 火 |
|----|------|-------|-------------|------|---------------|-------|------|-----|-------|---|
|    | 苯    |       | 类中闪点易燃液体    |      | 明液体，有类似苯的芳香气味 |       |      |     |       |   |
| 5. | 二氯甲烷 | 61552 | 第 6.1 类 毒害品 | 1593 | 无色透明液体，有芳香气味  | -96.7 | 39.8 | 无资料 | 12 19 | 丙 |

表 7.3-3 航道进出港船舶燃油的理化性质表

| 油品                           | 燃料油  |                |                 |                 |
|------------------------------|------|----------------|-----------------|-----------------|
|                              | 重柴油  | 轻质油IFO60       | 中质油IFO180       | 重质油IFO380       |
| 比重(g/cm <sup>3</sup> , 10°C) | 0.86 | 0.90           | 0.96            | 0.992           |
| 运动粘度(cSt)<br>(20°C)          | 13.5 | 60.0<br>(50°C) | 180.0<br>(50°C) | 380.0<br>(50°C) |
| 凝点(°C)                       | 13   | 20             | 25              | 30              |
| 闪点(°C)                       | 65   | 80             | 120             | 130             |

### 7.3.3.风险类型识别

根据本项目涉及的危险品接卸、船舶输送等环节，在类比同类项目事故风险的基础上，确定本项目风险类型为：油类及化学品泄漏。

本项目可能涉及的主要风险类型见表 7.3-4。

表 7.3-4 本项目涉及的主要风险类型及特征

| 风险类型     | 工艺环节            | 事故危害 | 可能造成事故的原因简析              |
|----------|-----------------|------|--------------------------|
| 货油、化学品泄漏 | 船舶航行、靠泊码头       | 污染海域 | 航行中，发生与其它船舶碰撞等事故，导致泄漏事故。 |
| 燃料油泄漏    | 加油作业、维修、航行、码头靠泊 | 污染海域 | 施工船舶与过往船舶碰撞，造成燃油泄漏       |

### 7.3.4.风险因素分析

#### 1、自然因素

广东是受台风影响最严重的省区，西太平洋和南海海域生产的台风，有近四分之一影响到珠江三角洲，台风大风大都出现在6~10月。风对船舶航行有明显的影响，会使船舶失速或增速，风力愈大，使船舶产生倾斜、漂移、偏转的程度亦愈大，导致船舶碰撞的潜在风险越大。

风暴潮风险主要为遭遇热带气旋等极端天气时，会导致船舶来不及归船而发生翻船、碰撞事故，导致疏浚物入海或导致溢油事故发生。

#### 2、通航因素

根据“通航安全影响分析”章节，主航道安全通航能力较优良，但该区域过往

船舶较多，船舶通航密度大。总体评价，通航环境是该评估对象的主要风险因素之一。

### 3、船舶因素

影响船舶污染危险的因素主要包括船舶类型、船舶吨级、船舶技术状况、液货携带量和燃油携带量。例如，船舶类型、吨位、航线、燃油舱大小决定了船舶的燃油携带量，会影响发生泄漏事故时的燃油泄漏量；船舶结构损坏和设备故障与船舶技术状况有关。

广州港航道行驶船舶以小型船舶为主，但是从船舶技术角度分析，目前该海域各类船型基本都是国际航线船舶，技术状况比较好，事故率相对低。

### 4、港口企业管理因素

企业管理因素主要为管理体系和应急能力等方面。广州港各码头以各种业主码头为主，码头方在港口管理部门统一协调、海事管理部门的统一管理下，在广州港水域正常航行、靠离泊作业。码头方安全营运与防污管理体系应与港务管理方相衔接，从而最大可能避免船舶污染风险事故。

目前广州港各个船舶基本都在锚地待泊期间开展供受油作业，广州港锚地分布于主航道两侧，锚地事故对航道影响较大。

#### （1）安全运营与防治污染管理体系不健全

若码头经营企业的各类管理制度、操作规程、应急预案不健全，未建立健全的、有针对性的安全运营与防治污染管理体系；企业负责人、管理人员及生产作业人员未经培训，或作业人员不按规定操作，进行不正确操作及应对措施不力等，均有可能造成船舶污染事故。

#### （2）自身应急能力

本项目将进一步拓宽、浚深现有航道，船舶流量将进一步增加，因此应对现有防污体系进一步升级，建议进一步开展港区整体船舶防污专项评估工作，确保各类应急资源与风险水平相适应。企业自身应急能力不足也是导致船舶污染海洋环境的重要风险因素之一。

### 5、人为因素

从事故统计资料可以看出，操纵性溢油事故占主要事故类型。操纵性事故都是人为因素引起的，管理差的运行公司，船员环保意识也比较差，对如何启动应急预案没有观念，也不知如何应对突发溢油事故。通过制定管理制度，加强培训

和管理，能起到一定作用，但人为因素导致的事故还是不能完全避免，是发生事故的主要原因。

## 6、小结

### （1）风险事故类型

该项目海洋环境风险类型主要为船舶海难性溢油事故。

海难性事故一般是伴随着船舶交通事故发生的，事故致因与船舶交通事故大体相同。

### （2）主要风险因素

通过以上分析，造成该项目船舶污染事故的因素包括通航因素、企业管理因素和自然环境因素，其中该项目所在海域的通航情况（航道锚地、船舶流量、航道等）是造成船舶交通事故及污染事故的主要因素。

## 7.4. 源项分析

### 7.4.1. 事故概率的确定

根据前面章节，2007~2015年珠江口水域船舶溢油事故情况统计，珠江口9年内共发生溢油事故22次，其中海难性事故平均每年发生0.5次，事故规模均不大。事故数据量不大，因此本项目采用与其他项目类比、同时结合数学模型的方法预测海损性事故概率。

海上航行船舶事故概率服从离散型二项概率分布。设研究海域通过  $n$  艘次船舶发生  $k$  次事故，则事故风险概率为

$$P(x=k) = C_n^k \cdot p^k \cdot q^{n-k}$$

式中： $P$  为每艘船舶发生事故的概率，是研究海域船舶碰撞概率的基础值； $q=1-p$  为每艘船不发生事故的概率。

风险事故概率预测是类比天津某作业区船舶事故统计的数据。由于天津港主航道两侧为南疆、北疆港区，分布散货、液化、集装箱等类型码头，码头等级广州港、东莞港等基本一致，虽然天津码头和本项目不在同一海域，但考虑本项目海域基本概况和天津港主航道两侧作业区概况一致。虽然本项目进出港船舶小于天津港，事故概率也将小于天津港，但考虑该海域以后的发展，故类比了该航道的事故概率。

表 7.4-1 天津港主航道两侧作业区各等级船舶污染事故基础概率

| 溢油事故等级 | 特别重大                           | 重大                              | 较大                              | 一般                              |
|--------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 概率基础值  | $P_1 \leq 0.79 \times 10^{-7}$ | $P_2 \leq 0.214 \times 10^{-6}$ | $P_3 \leq 0.491 \times 10^{-6}$ | $P_4 \leq 0.294 \times 10^{-4}$ |

注释：事故等级划分依据见“风险评价章节”

据此，计算本工程可能发生个规模的溢油事故的的概率，见下表：

表 7.4-2 本项目海域船舶污染事故预测模型计算参数一览表

| 事故发生次数 | 海域发生溢油事故概率   |              |              |              |
|--------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|        | 特别重大船舶污染事件   | 重大船舶污染事件     | 较大船舶污染事件     | 一般船舶污染事件     |
| 1      | 0.0029772961 | 0.0080240305 | 0.0282185196 | 0.3657671178 |
| 2      | 0.0000044453 | 0.0000324531 | 0.0001690617 | 0.2032427552 |
| 3      | 0.0000000044 | 0.0000000875 | 0.0000010459 | 0.0752874761 |
| 4      |              |              | 0.0000000049 | 0.0209160743 |
| 5      |              |              |              | 0.0046485351 |

(1) 该海域年发生 1 起特别重大船舶污染事故概率为 0.003，相当于 300 多年才发生一次。

(2) 年发生 1 起重大船舶污染事故概率为 0.0080，相当于 120 年发生一次。

(3) 年发生 1 起较大船舶污染事故概率为 0.0282，相当于 35 年发生一次。

(4) 年发生 1 起一般船舶污染事故概率为 0.3658，相当于 2.5 年发生一次。

### 3、航道浚深、船舶流量增加对环境风险事故概率和规模的影响

航道浚深工程实施后，航道对大型船的适应性提高了，到港的大型船增加。每次广州港出海航道通过整治后，珠江口水域的船舶交通量都会增加，这不是航道拓宽浚深引起的，而是由于腹地经济的发展，带动航道沿岸港建工作的发展，使港口通过能力增加，港口吞吐量加大，考虑到船舶大型化趋势的日益明显，发生大型事故的概率相应会有一定的增加。

## 7.4.2. 风险事故源项确定

考虑到本项目为航道工程，存在施工期间，施工作业船舶与过往船舶碰撞事故的可能性，但施工船舶油舱相对较小，且施工船舶结构特殊，即使发生碰撞事故，船舶燃料油泄漏的可能性相对较小，因此重点考虑航道过往船舶发生的泄漏事故。

### (1) 货油泄漏

广州港水域运输的油品主要包括原油（以非洲高凝点原油为主，兼顾中东及其它原油）、成品油（柴油、燃料油、汽油等）。

根据最大船型10万吨级油船，按照1个货油舱泄露考虑，根据《水上溢油环

境风险评估技术导则》（JT/T 1143-2017）“附录C 表C.2原油船载货统计表”，可能最大水上溢油事故溢油量为9729m<sup>3</sup>，油类密度按870kg/m<sup>3</sup>计算，可能最大水上溢油事故溢油量为8464吨。

## （2）燃料油泄露

按照最大设计船型20万吨级集装箱船1个燃料油边舱的容积确定，根据《水上溢油环境风险评估技术导则》（JT/T 1143-2017）“附录C 表C.7集装箱船、滚装船、小汽车运输船燃油舱中燃油数量关系”，可能最大水上溢油事故溢油量为3520m<sup>3</sup>，油类密度按870kg/m<sup>3</sup>计算，可能最大水上溢油事故溢油量为3062吨。

## （3）化学品泄漏事故

### 1) 货种的选取

考虑苯酚、甲基苯水中溶解程度较小，甲醇、二氯乙烷为挥发性化学品，故选取乙二醇为可溶性化学品代表货种。

### 2) 预测源强的确定

最可能发生的海难性事故的化学品泄漏量：广州港化学品船的主力船型为5000载重吨，一般1万载重吨以下的化学品船分为8~10个货舱，平均每个舱载化学品500吨，船舶发生海损事故，假设1个舱的油全部漏完，化学品（乙二醇）的泄漏量为500吨。

综上，油品泄漏量取8464吨进行预测，化学品（乙二醇）的泄漏量取500吨开展预测。

## 7.5. 后果计算

### 7.5.1. 溢油风险事故计算

#### 1、预测模式

在潮流场计算的基础上，把油膜视为一系列粒子群，采用拉格郎日粒子追踪法计算溢油漂移扩散影响范围，粒子方法将运动过程分为两个主要部分，即平流过程和扩散过程。

#### （1）漂移过程

单个粒子在  $\Delta t$  时段内由平流过程引起的位移可表达为：

$$\Delta S_i = (U_i + U_{\text{风}}) \Delta t$$

式中：

$\overline{S}_i$ ——代表第  $i$  粒子的位置；

$U_i$ ——代表质点初始位置处的平流速度；

$U_{wi}$ ——表示风应力直接作用在油膜上的风导输移， $U_{wi} = \alpha U_w$ ， $\overline{U_w}$  为矢量风速，拖曳系数  $\alpha$  取为 0.03。

## （2）水平扩散过程

采用随机走步方法来模拟湍流扩散过程，随机扩散过程可以用下式描述。

$$\Delta \sigma_i = R \cdot k_{\alpha} \Delta t$$

式中：

$\Delta \sigma_i$ —— $\alpha$  方向上的湍流扩散距离（ $\alpha$  代表  $x, y$  坐标）；

$R$ ——[-1, 1] 之间的均匀分布随机数；

$k_{\alpha}$ —— $\alpha$  方向上的湍流扩散系数；

$\Delta t$ ——时间步长。

因此，单个粒子在  $\Delta t$  时段内的位移可表示为：

$$\overline{\Delta \gamma_i} = (\overline{U_i} + \overline{U_{wi}}) \Delta t + \overline{\Delta \sigma_i}$$

## 2、预测情景和结果

由于溢油时间、地点、数量及相应的风、流等众多不确定的随机因素，因此计算不可能将所有情况一一描述清楚。

预测计算中的流场为第 5 章中经过验证的珠江口至伶仃洋的潮流模型，该潮流模型基本表达了工程海域的潮流特征，在该潮流场的基础上叠加不同的特征风况，得出相应的溢油油膜迁移路径和影响范围。

报告结合本工程所处位置及周边形势，对工程区域发生溢油事故进行预测分析，由于施工期溢油量较小，统一按照营运期溢油量预测考虑。

假定在航道与南沙三期交叉处营运船舶发生重大溢油事故，油品外溢量取为 8464t；风况考虑选择正常风况（南沙站统计风况：夏季常风向 SSE 风速 2.5m/s、冬季常风向 NNE 风速 4.2m/s），预测时长为 72h 或抵达岸线或抵达计算边界为

准；另外，对中华白海豚自然保护区设置极不利工况（落潮起 N 向风、风速 13.8m/s）。

按上述条件，对夏季常风、冬季常风涨落潮工况及极不利工况进行预测，预测计算结果列于表 7.5-2。

计算表明，工程处于珠江口水域，所有计算工况油膜都将抵达周边岸线；在航道交汇处发生溢油事故后，在落潮期 SSE 向风条件下，油膜向 S 偏 E 漂移，对国考断面 GDN02003 水域产生直接不利影响，在涨潮期不利风 N 条件下，油膜向 S 漂移，对国考断面 GDN03001 水域产生直接不利影响；在落潮期 N 向风条件下，油膜向 S 漂移，对中华白海豚国家级自然保护区水域产生直接不利影响；另外，本工程还处于珠江口幼鱼幼虾保护区、经济鱼类繁育场保护区之中，溢油事故必将对其产生直接不利影响。

表 7.5-1 溢油风险影响范围

| 溢油位置<br>(溢油量)          | 风况                  | 潮期        | 油膜最大漂移距离<br>(km) | 油膜扫海面积<br>(km <sup>2</sup> ) |
|------------------------|---------------------|-----------|------------------|------------------------------|
| 航道交汇处<br>营运船舶<br>8464t | 夏季<br>SSE<br>2.5m/s | 涨潮起 (16h) | 8.8              | 8.85                         |
|                        |                     | 落潮起 (33h) | 15.0             | 12.78                        |
|                        | 冬季<br>NNE<br>4.2m/s | 涨潮起 (3h)  | 5.3              | 1.96                         |
|                        |                     | 落潮起 (64h) | 40.5             | 73.27                        |
|                        | 不利风 N<br>13.8m/s    | 涨潮起 (22h) | 39.7             | 42.89                        |

表 7.5-2 溢油风险分析表

| 溢油位置                   | 风况                  | 潮期           | 对水环境的影响区域                                                                       |
|------------------------|---------------------|--------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| 航道交汇处<br>营运船舶<br>8464t | 夏季<br>SSE<br>2.5m/s | 涨潮起<br>(16h) | 油膜向 N 偏 W 漂移，约 3h 抵达南沙一期人工岸线附近，约 4h 折返继续顺岸漂移，在南沙南部近岸水域来回漂移，约 16h 油膜全部抵达南沙一期人工岸线 |
|                        |                     | 落潮起<br>(33h) | 油膜向 S 偏 E 漂移，约 5h 抵达国考断面 GDN02003 水域，约 6h 折返，然后顺南沙港区岸线外侧水域来回漂移，约 33h 抵达南沙一期人工岸线 |
|                        | 冬季<br>NNE<br>4.2m/s | 涨潮起<br>(3h)  | 油膜向 N 偏 W 漂移，约 3h 抵达南沙二、三期人工岸线                                                  |
|                        |                     | 落潮起<br>(64h) | 油膜向 S 偏 W“振荡”漂移，约 29h 进入中华白海豚保护区缓冲区水域，并继续向 S 漂移                                 |
|                        | 不利风 N<br>13.8m/s    | 涨潮起<br>(22h) | 油膜向 S 漂移，约 10h 进入中华白海豚保护区实验区水域，约 15h 抵达国考断面 GDN03001 水域，并继续向 S 漂移               |

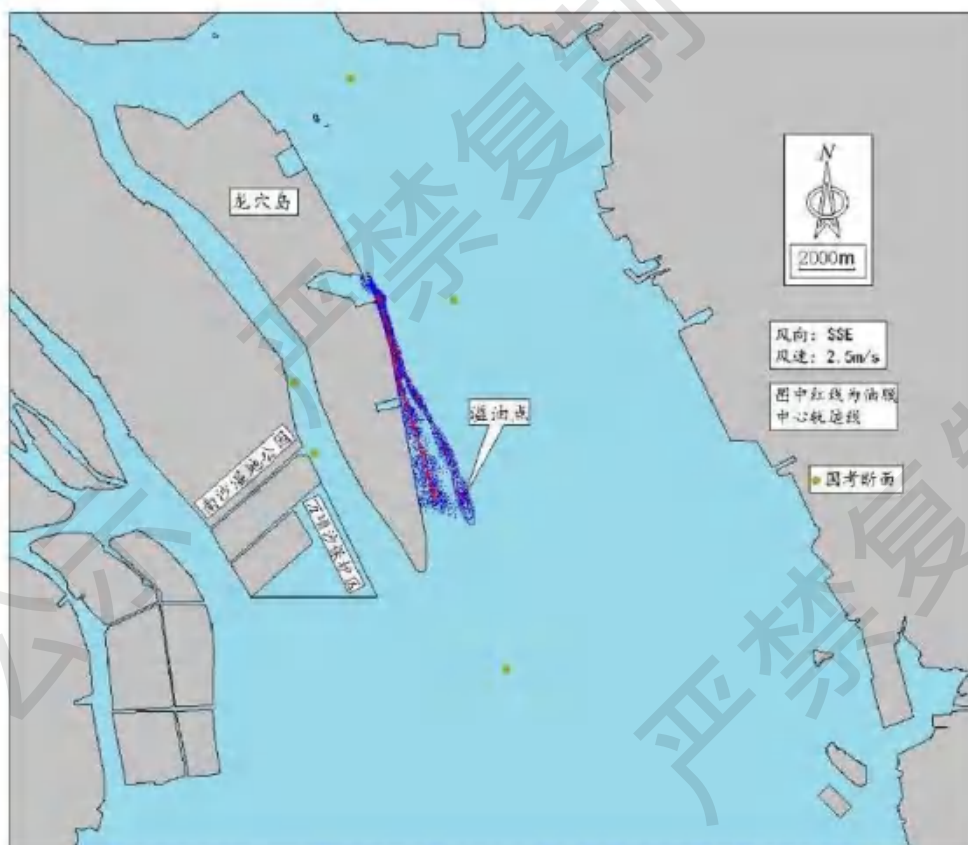


图 7.5-1 船舶溢油油膜影响过程（涨潮、夏季常风）

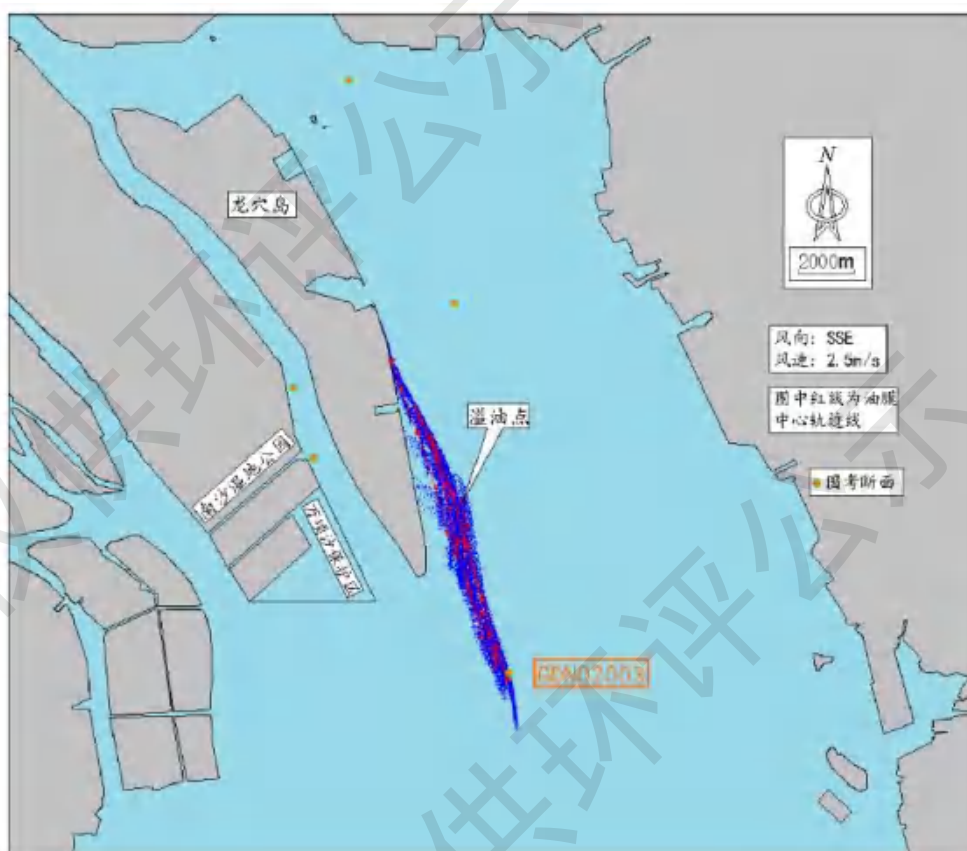


图 7.5-2 船舶溢油油膜影响过程（落潮、夏季常风）

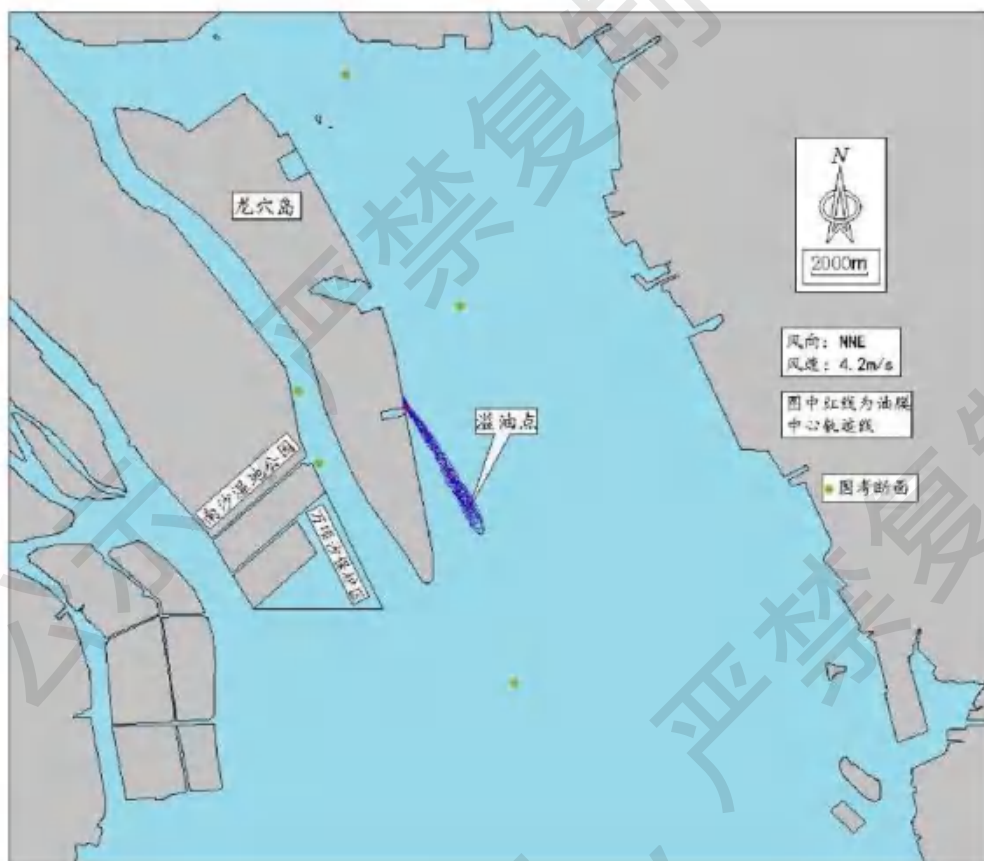


图 7.5-3 船舶溢油油膜影响过程（涨潮、冬季常风）

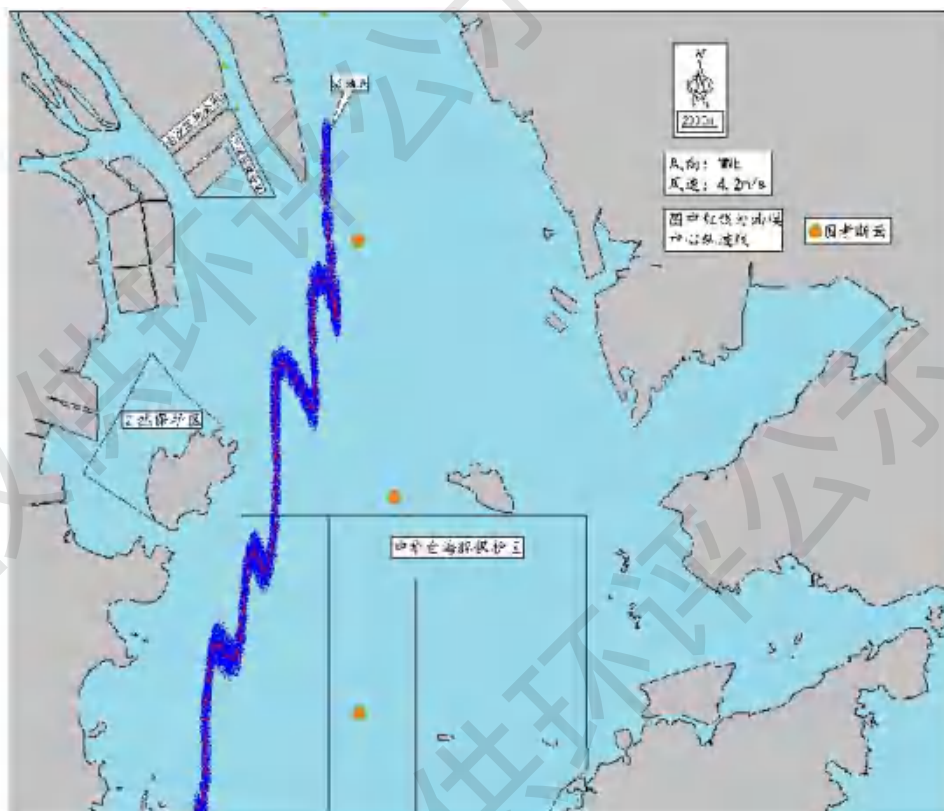


图 7.5-4 船舶溢油油膜影响过程（落潮、冬季常风）

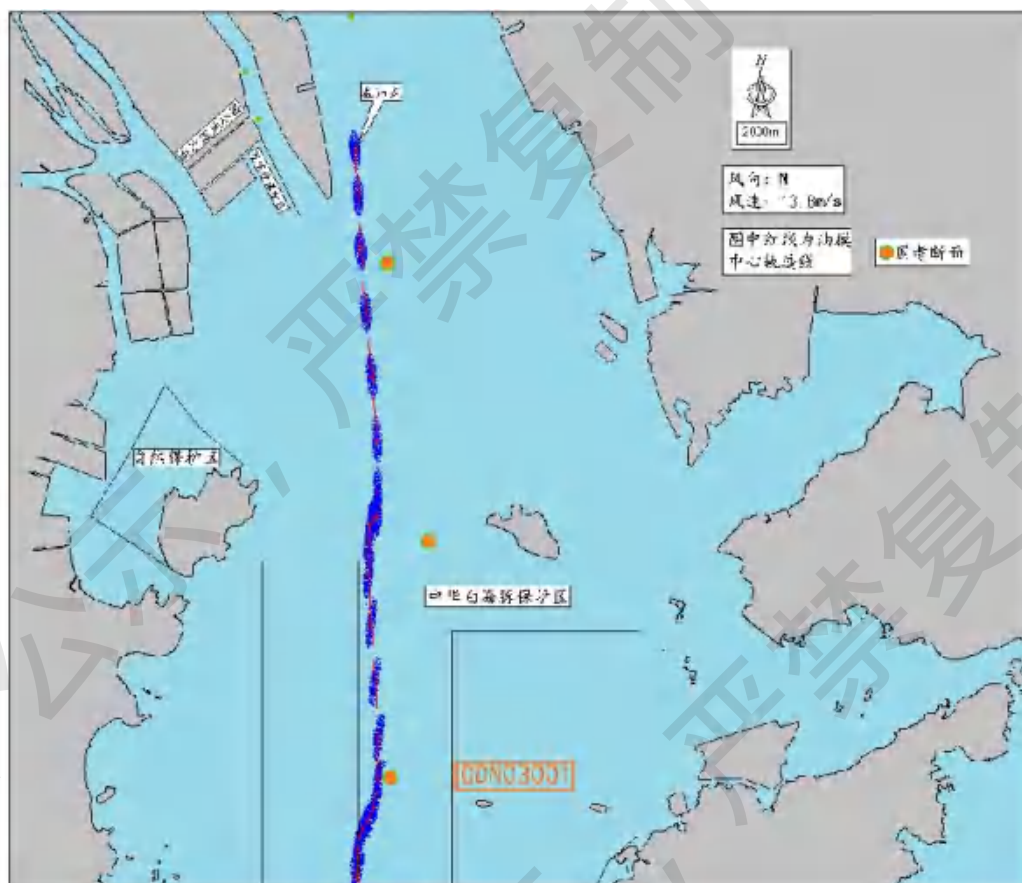


图 7.5-5 船舶溢油油膜影响过程（落潮、不利风况）

### 7.5.2.化学品风险事故计算

为了说明危险化学品泄漏事故可能对水生生态环境的影响，在航道沿线设立 2 个代表点进行预测计算，代表点位置分别为南沙航道终点、伶仃岛北航道拐点；选择可溶危险化学品为乙二醇，乙二醇在水体中有害有机物的最大允许浓度为 1.0mg/L，预测源强按照单舱 500 吨泄漏计算。

预测情景：以涨潮期和落潮期分别预测发生化学品泄漏，进行 24h 预测计算。

南沙航道终点涨潮期、落潮期发生泄漏最大影响范围分别见图 7.5-6、图 7.5-7，伶仃岛北航道拐点涨潮期、落潮期发生泄漏最大影响范围分别见图 7.5-8、图 7.5-9，具体影响范围及距离见下表：

表 7.5-3 化学品泄漏事故影响结果分析

| 泄漏位置         | 影响浓度区间      | 涨潮期                        |              | 落潮期                        |              |
|--------------|-------------|----------------------------|--------------|----------------------------|--------------|
|              |             | 影响面积<br>(km <sup>2</sup> ) | 影响距离<br>(km) | 影响面积<br>(km <sup>2</sup> ) | 影响距离<br>(km) |
| 南沙航道终点       | 浓度>10.0mg/L | 14.69                      | 7.5          | 20.83                      | 9.4          |
|              | 浓度>1.00mg/L | 30.23                      | 11.4         | 41.15                      | 13.0         |
|              | 浓度>0.10mg/L | 45.27                      | 13.6         | 61.47                      | 16.0         |
| 伶仃岛北<br>航道拐点 | 浓度>10.0mg/L | 25.23                      | 11.0         | 28.79                      | 12.5         |
|              | 浓度>1.00mg/L | 53.90                      | 14.1         | 65.41                      | 16.6         |
|              | 浓度>0.10mg/L | 83.00                      | 16.7         | 104.08                     | 19.5         |

从图表可以看出，由于该海域潮流受径流影响，（1）落潮期发生泄漏事故化学品的影响范围和距离均比涨潮期要大；（2）污染物总体上向南扩散；（3）无论是涨潮期还是落潮期污染物影响水域的范围都较为可观，且从内伶仃岛北拐点发生此类风险事故，将对中华白海豚保护区水域产生直接不利影响。可见，危险品船舶需要特别注意航行安全，在危险船舶通过时本工程施工船舶需采取有效的避让措施。

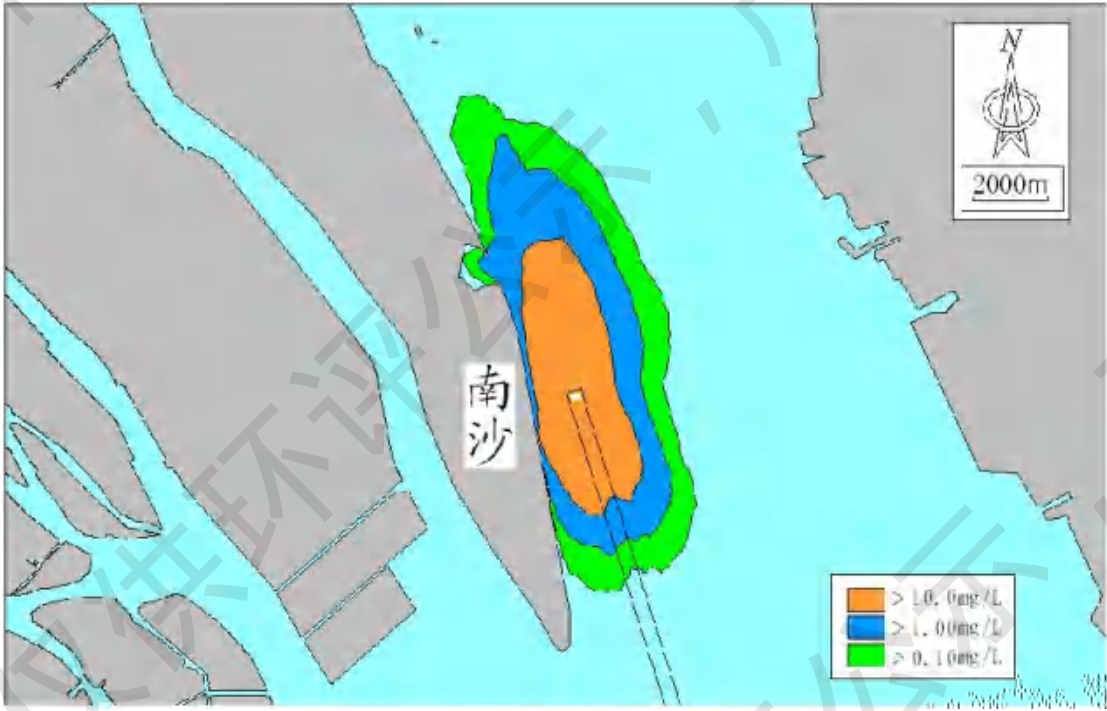


图 7.5-6 涨潮期发生泄漏最大影响范围（南沙航道终点）

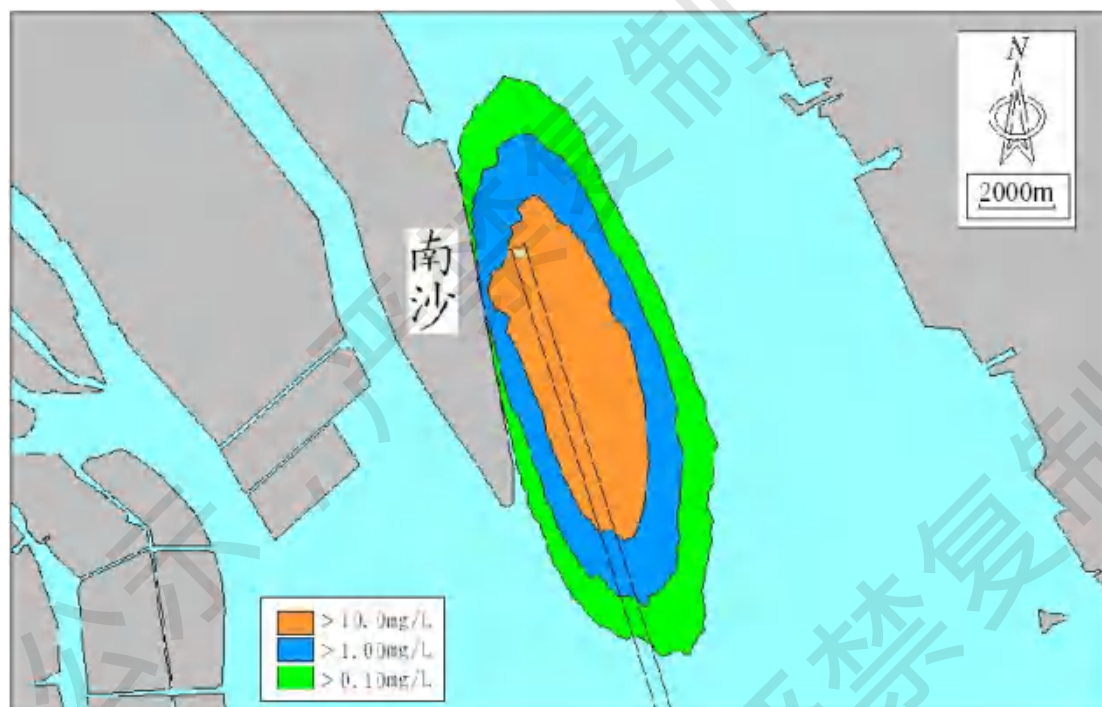


图 7.5-7 落潮期发生泄漏最大影响范围（南沙航道终点）

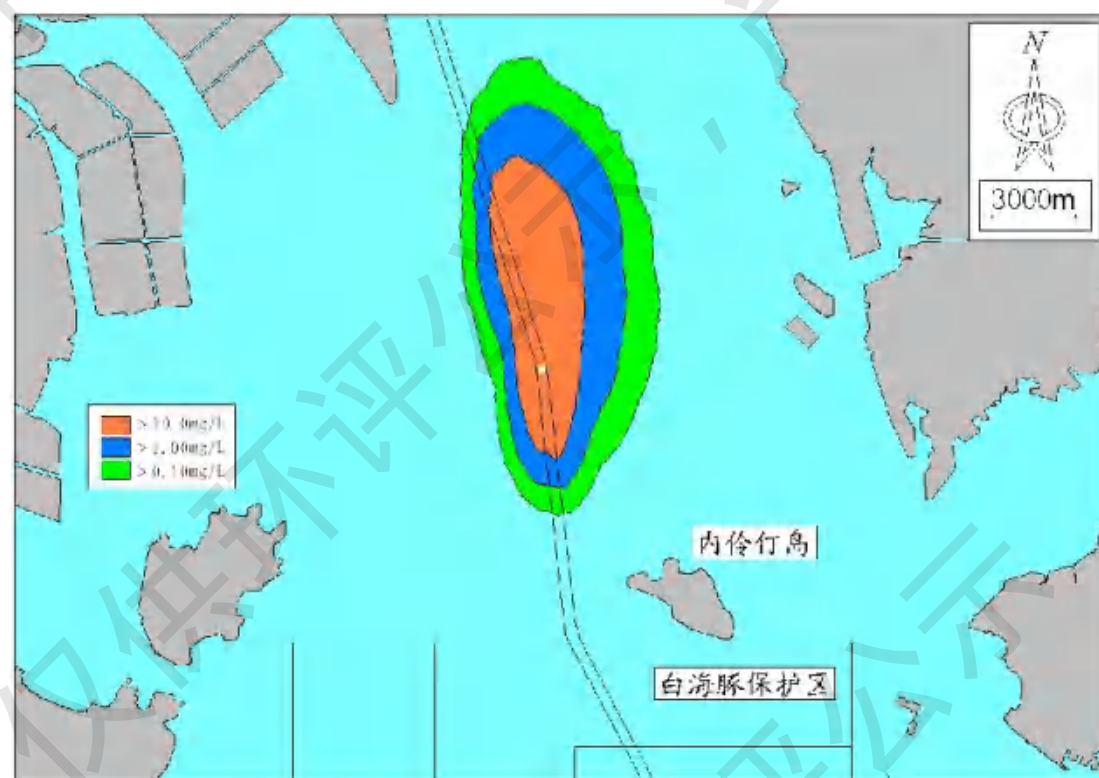


图 7.5-8 涨潮期发生泄漏最大影响范围（伶仃岛北航道拐点）

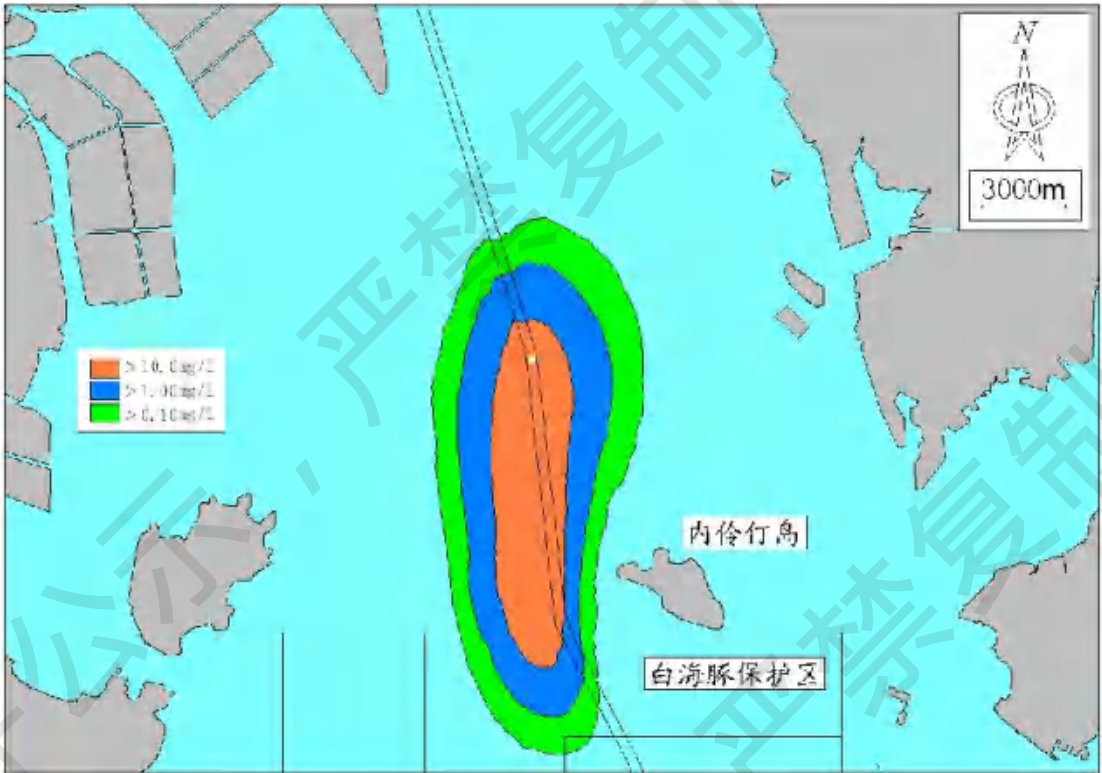


图 7.5-9 落潮期发生泄漏最大影响范围（伶仃岛北航道拐点）

7.6. 风险评价

1、评价标准

《船舶污染海洋环境风险评价技术规范》（试行）中给出了事故发生频率定性分类和危害后果的分类标准。

2、风险评价

根据风险等级评价方法，即：风险（等级）大小为发生风险概率与风险后果的乘积。下表是对风险等级的量化计算。

由源项分析可知，最可能海难性事故污染量为8464吨。对应风险概率为300年一次，最可能发生海损性事故风险评估矩阵的极小等风险区内。

表 7.6-1 最可能发生事故风险概率划分

| 分类 | 说明   | 定义                   |
|----|------|----------------------|
| F1 | 极大   | 每1个工作日内发生一次的事件       |
| F2 | 大    | 每1~10个工作日内发生一次的事件    |
| F3 | 中    | 每10~50个工作日内发生一次事件    |
| F4 | 小    | 每50~100个工作日内发生一次的事件  |
| F5 | 极小   | 100~1000个工作日内发生一次的事件 |
| F6 | 近不可能 | 1000以上个工作日内发生一次的事件   |

表 7.6-2 最可能事故危害后果定性分类

| 分类 | 描述语  | 详细说明                                                           |
|----|------|----------------------------------------------------------------|
| C1 | 灾难性  | 事故级别为特别重大，船舶溢油10000吨以上，或造成直接经济损失10亿元以上，或对环境造成灾难性影响。            |
| C2 | 特别重大 | 事故级别为特别重大，船舶溢油1000吨以上，或造成直接经济损失2亿元以上，或对环境造成特别重大影响。             |
| C3 | 重大   | 事故级别为重大，船舶溢油500以上不足1000吨，或造成直接经济损失1亿元以上不足2亿元，或对环境造成重大影响。       |
| C4 | 较大   | 事故级别为较大，船舶溢油100吨以上不足500吨，或者造成直接经济损失5000万元以上不足1亿元，或对环境造成较大影响。   |
| C5 | 一般   | 事故级别为一般，船舶溢油50吨以上不足100吨，或者造成直接经济损失1000万元以上不足5000万元，或对环境造成一般影响。 |
| C6 | 较小   | 事故级别为一般，船舶溢油量50吨以下，或者造成直接经济损失不足1000万元，或对环境造成影响较小。              |

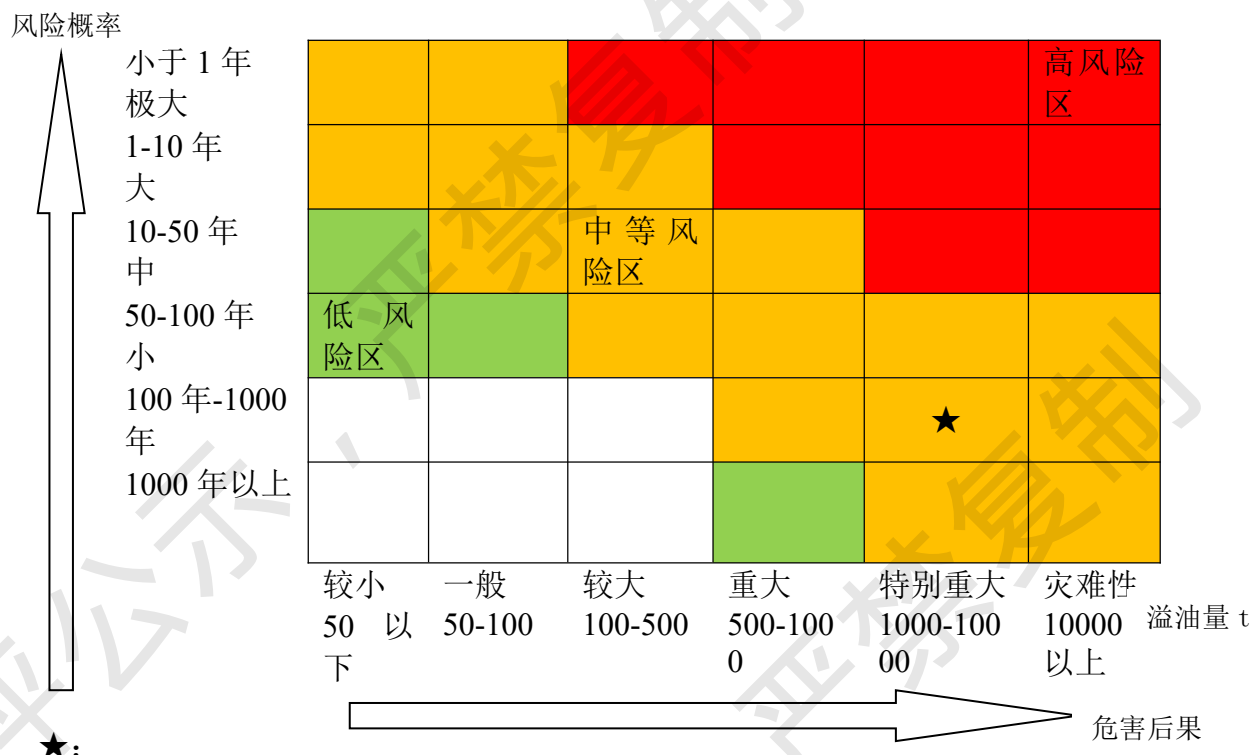


图 7.6-1 最可能发生事故风险评估矩阵图

### 3、可接受水平

根据“风险矩阵”中事故风险大小的等级划分原则，风险接收水平可以分为可接受、不可接受及有条件（措施）接受。

（1）可接受水平：在矩阵底部，事故发生概率较低，后果不太重要的区域为低风险区，风险处于可接受水平，基本不需要采取什么措施。

（2）不可接受水平：在矩阵顶部，事故发生频率和后果都很严重，处于高风险区，风险不可接受，必须采取有力的措施才能降低风险。

（3）有条件（措施）接受：风险矩阵中处于两者之间的中等风险区，需要采取适当的措施降低风险。

根据风险矩阵识别结果，本项目海难性溢油事故的均处于中等风险区，风险处于有条件接受水平，需要采取适当的措施降低风险。

### 4、应急行动水平

本工程应采用风险应急措施，避免事故的发生或在事故发生后及时采取行动回收和处置溢油等行动，避免油膜的大面积扩散对周边敏感资源造成污染危害。本次评价针对不同的风险等级制定了不同的响应级别，本工程溢油事故属于中等风险事故，应当采取三级响应行动，大规模溢油事故应当三级以上更高级别行动，

将污染事故风险水平降至最低。

表 7.6-3 应急行动响应级别

| 响应级别 | 风险水平 | 应急行动要求                               |
|------|------|--------------------------------------|
| 一    | 可接受  | 可考虑采取可行的行动方案，但必须跟踪监测，以保证能够控制风险水平不至扩大 |
| 二    | 低风险  | 应在一定时间内，考虑预算成本做出减少风险的行动              |
| 三    | 中等风险 | 采取广泛和大量的人力物力直至风险减少到可接收水平             |
| 四    | 高风险  | 采取大规模行动，直至风险减少到可接收水平                 |

## 7.7. 风险管理

本工程可能发生的环境风险事故包括：船舶操作性事故造成的油品泄漏及营运期船舶发生碰撞造成的油品泄漏、危险品泄漏等。

本次评价将针对上述环境风险事故提出风险防范、应急措施和管理要求。

### 7.7.1. 风险防范措施

#### 1、施工期风险防范措施

(1) 建设方在施工单位进入施工水域前向当地海事主管机关呈报施工方案，办理水上水下施工作业许可证，并按规定申请发布航行通告，制定安全措施并认真落实，在规定的施工区域内施工。施工作业期间应申请监督艇维护，保障水上水下施工作业和过往船舶的安全。

(2) 施工工程船必须具有合格的证书，并处于适航状态，配备符合要求的船员，施工船正确显示施工信号（建议按“操限船”显示号灯号型）。

(3) 施工作业的强光灯应加遮光罩，并不得向过往船舶或航道上照射。

(4) 严禁向海中排放含油污水，严格遵守船舶防污的有关规定，同时，施工船应悬挂要求减速的信号。

(5) 施工船舶应严格值班制度。

(6) 制定切实可行的防台措施，按时收听天气预报，当预报风力大于船舶抗风等级时，应及时组织船舶到规定水域避风。

(7) 为了明确施工区范围，防止船舶误进入施工区，建议业主在施工期间在靠近航道侧设专用标志，以保障水上施工和过往船舶的安全。

(8) 建议业主向当地海事机构申请，在施工期间加强对该水域的监控，尽可能避免大型船在施工水域段会船。

（9）对工程前沿流态进行测量，并及时提供给有关部门。

## 2、自然灾害风险防范措施

为将自然灾害对项目的影响减至最低，建议工程施工采取以下的措施：

（1）施工期间应尽量选择避开台风季节，在台风季节施工应做好各项防台抗台预案和安全措施，以减轻灾害带来的损失。

（2）根据工程特点，编制相关抵御热带气旋和台风暴潮入侵的详细计划，并严格贯彻执行。

（3）按规定及时收听气象报告，警惕热带气旋预兆及“热带低压”的突然袭击。

（4）如有海上材料运输，作业船在施工前应认真查阅有关航行通电、通告及潮汐表等资料，防止搁浅、风灾等事故发生；应按时收听气象预报，遇有暴雨、台风等恶劣气候，严格遵守有关航行规定，服从海事主管机关的指挥。

（5）工程完工后，应加强对航道附近海底冲淤状况监测，及时掌握工程海域稳定状况，把项目的用海风险和对环境影响降低到最小程度。

## 3、营运期风险防范措施

应要求船舶公司加强航海人员培训教育，提高操作技能和安全意识，建设单位应要求船舶公司组织经常性的海上安全意识教育和海上安全技能训练，做好船舶的定期检查和养护工作，确保各种设备安全有效、性能良好。普及安全知识提高船员素质，加强船员对安全生产知识的了解和对安全技术的熟练掌握。科学合理安排作息时间，避免船员疲劳造成反应迟缓、注意力不集中等现象，减少人为海难因素。

### 7.7.2.环境敏感区域防护措施

本项目溢油污染可能涉及的主要敏感环境资源主要是中华白海豚国家级自然保护区、幼鱼幼虾保护区、珠江口经济鱼类繁育场保护区以及国考断面等。

建议海事部门针对对应的保护区管理部门长期存放一些防护性围油栏或吸油材料。一旦溢油在不利风向条件下向保护目标边缘或岸线漂移，立即动用就近应急物资，采取布防围油栏、吸油材料等防护措施，阻止油污登岸或进入保护目标范围内。

对于珠江口经济鱼类繁育场保护区、幼鱼幼虾保护区、中华白海豚国家级自然保护区和国考断面，应当采取防范为主应急为辅的保护措施。

一旦发生溢油事故，优先将溢油源有效控制，防止事故规模的扩大化，具体措施为使用围油栏将溢油源围控，同时采用过驳措施控制溢油源。一旦发现油膜向各保护区、国考断面漂移，立即利用拖轮布设围油栏对溢油进行导流，阻止油污进入敏感区域。同时通知相关单位，辅助使用吸附材料，将油污对敏感区的损失降至最低；恶劣天气条件下，机械处理受限制，而强风、急流等却能提高分散剂的效力，但是应当慎重使用分散剂，使用前需经海事、环保部门许可。

在恶劣天气条件下应采取必要的防护措施，当遇到台风等极端天气状况时，必须停止作业，及时避风。

### 7.7.3.危险化学品泄漏应急及防范措施

#### 1、危险化学品泄漏防范措施

为规范港口危险货物管理，建设单位广州港务局组织开发了“广州港务局危险货物港口作业监管系统”并于 2010 年开始在广州港口全面推广应用该监管系统，凡在该局辖区内进行危险货物港口作业的，均应通过该系统进行网上作业申报、审批，该措施从源头对进出港的危化品船进行了规范，可对船舶运输危化品的种类、进港、装卸和离港等进行全程监管。建设单位下属的广州港通讯调度指挥中心应安排危化品船舶在船舶流量小的时候进出港，尽量避免对遇，要求危化品船进出珠江口应严格按照《船运危险品的安全管理规定》及《珠江口水域船舶安全航行规定》航行。

#### 2、化学品泄漏入海应急措施

根据前述风险识别及源项分析章节论述内容可知，危险化学品基本可分为可溶、不可溶两大类，不可溶化学品的应急措施参考溢油应急措施，针对溶解型化学品泄漏的处置响应措施主要有如下：

##### （1）化学洗消

根据泄漏物的化学性质，选择合适的洗消剂，如氧化还原剂中和剂对污染水域实施洗消处置，降低或消除溶解性危险化学品对水域的污染。

##### （2）絮凝法

可向泄漏危险水域中添加絮凝剂，使水中的溶解型化学品与絮凝剂结合，降低危险化学品在水中的溶解度，从而减少事故危害。

##### （3）活性炭吸附

利用多孔性活性炭对溶解型危化品进行吸附，使其吸附在活性炭上，从而降

低其污染程度。

### 3、化学品泄漏入海应急响应

（1）快速了解事故发生地点，事故规模，泄漏化学品种类等重要信息，第一时间上报海事管理部门。并针对泄漏货种及规模的危害进行判断，一旦确定为重大事故，应立即采取疏散人群等应急措施。

（2）根据污染物的理化性质，参考事故发生的时间及风向、风速、温度、水文、波浪、潮流等资料，对污染物运动形式进行预测模拟，确定污染物的时空分布。同时，按照前述化学品泄漏入海应急措施开展事故应急工作。

（3）在开放海域难以采取有效措施。建设单位应根据实时预测结果分析可能受其影响的企业和个人，并迅速通知受影响者，组织受影响群众快速疏散。同时，在水质产生严重影响的区域视其开阔程度及敏感程度考虑是否采用中和剂进行处理。

（4）由于航道处在河口生态敏感区，特别是与中华白海豚自然保护区相邻，最好的预防办法是建议该航道限制某些水溶性有毒化学品的运输，以杜绝由于意外事故而造成严重的生态灾难。

## 7.7.4. 溢油应急设备配备

### 7.7.4.1. 本项目应急防备目标

本项目应急能力建设目标的设定应合理，既不能太低，无法满足应对船舶污染风险的需要，也不能单纯为了满足应急要求，将最坏情况下的溢油量作为目标而造成资源浪费。本港区应急能力目标应参考码头船舶污染事故的最可能发生事故污染量设定。当发生超过港区应急能力的大型污染事故，应通过启动国家应急预案，由交通运输部指挥，调集所属辖区或相邻海域的应急力量，共同应对。考虑到航道项目的特点，应急设备配备应在各码头应急能力建设的基础上，按照资源整合的原则，配备适应于开阔水域作业的应急设备，对各个码头的应急资源有效补充。结合事故源项分析，本项目应急反应目标设定为8464吨。

### 7.7.4.2. 应急反应设备配置需求

#### 1、应急服务区域

本项目船舶污染应急服务区域主要是广州港主航道西侧航道区域。当广州港海域发生船舶溢油事故发生溢油事故，服从海事主管部门的统一调遣安排。

#### 2、应急响应时间

溢油事故响应时间为1~2小时。

### 3、有效作业时间

航道为公共开阔水域，溢油应急工程的建设规模较大、溢油应对能力较高，因此参考《国家船舶溢油应急设备库建设标准研究》确定有效作业时间。本设备库的应急有效作业时间为3天，每天工作8小时。

### 4、设备作业条件

本次溢油应急设备的配备应主要适用于高粘度原油、船舶燃料油等持久性油类泄漏的应急需求。

我国沿海海况在7级及以上的概率不超过1%（只有台湾以东海域为1.5%左右），渤海湾、黄海、广西沿海、海南以南沿海和东海北部等海域超过5级海况的概率都小于3%。除个别区域外，沿海4级及以下海况的概率都高于70%，3级及以下海况的概率基本高于40%。考虑目前溢油应急设备使用条件，同时结合广州港沿海水域水文条件，溢油应急设备尽量满足在大部分海况条件下工作，溢油应急设备应在4级海况下应能开展应急作业，在3级海况下应能保证较好的回收效果。

### 5、本工程依托区域现有溢油应急能力的可行性分析

根据《国家重大海上溢油应急能力建设规划(2015-2020 年)》（2016.1），“附表 1 中广州已有溢油清除能力为 3100 吨、东莞溢油清除能力为 800 吨、深圳 4300 吨、珠海 2200 吨”，合计珠江口水域溢油清除能力为 10400 吨，满足本项目营运期风险水平的要求（8464 吨），本次评价不考虑增配风险应急资源。

对于施工期间，施工作业船舶存在与过往船舶碰撞事故的可能性，但施工船舶油舱相对较小，发生事故泄漏量相对也较小，且施工船舶结构特殊，即使发生碰撞事故，船舶燃料油泄漏的可能性相对较小。因此对于施工期间船舶事故溢油，还应充分考虑各类非作业船舶。对于施工船舶污染风险，建议建设单位敦促施工单位与上述专业清污公司签署相关协议，一旦发生溢油事故，确保清污公司第一时间开展相关应急行动。

按照《中华人民共和国船舶污染海洋环境应急防备和应急处置管理规定》一、二级船舶污染清除单位的应急反应时间是指接到通知后，溢油应急处置船及船上应急作业人员到达距其靠泊码头 20 海里的时间。根据《关于印发〈中华人民共和国海事局船舶污染清除协议管理制度实施细则〉的通知》的要求，一级船舶污染

清除单位应拥有的一艘基本满足溢油应急处置船舶功能要求的专业清污船舶，应当具有溢油围控、回收与清除、临时储存和分散剂喷洒功能，其设计航速不低于 8 节，污油水舱储能力不低于 300m<sup>3</sup>，广州港海域应急力量分布相对分散，各清污公司设备点、应急码头到各敏感点最近距离均在 10 海里之内，最远距离约为 20 海里。

溢油应急行动最重要原则为应急，一旦发生事故，应急资源应当就近优先开展应急行动，确保第一时间赶到事故现场，过驳溢油源，对污油进行围控、导流，对事故现场进行有效控制，防治事故影响进一步扩大，为后续持续清污作业争取时间。

考虑应急船舶航行时速、设备装备时间，各清污单位应急资源基本可在 2 小时内到达相应敏感区。

#### 7.7.4.3. 应急反应设备配置原则

为了应对港区内发生的溢油事故的应急需要，码头应急设备的配备，首先必须满足中华人民共和国交通行业标准《港口码头水上污染事故应急防备能力要求》（JT/T 451-2017）（以下简称“451标准”）的要求。同时参考《国家船舶溢油应急设备库设备配置管理规定（试行）》（以下简称“设备库标准”）相关要求，按照《船舶污染海洋环境风险评价技术规范（试行）》（以下简称“规范”）的方法进行定量核算。

#### 7.7.5. 化学品应急设备配备

结合事故源项分析，本项目化学品应急反应目标设定为 500 吨。目前珠江口内的化学品码头主要集中在东莞虎门及南沙附近，由东莞市政府投资建设的东莞市虎门港水上危险品应急中心位于虎门港沙田港区立沙岛作业区，已于 2013 启用，该应急中心是目前国内由地方政府投资建设的，规模最大、功能最全的大型水上危险品应急中心，项目总投资 1.5 亿元，一期建设投资 8406 万元，用地面积 47 亩。该中心包括多功能溢油回收船停靠码头 1 座，该码头长 160 米，含 5 个泊位，配套建有油污监测化验中心、应急设备库、培训操作场、油污水和化学品洗舱水处理站等设施，还配备 1 艘多功能溢油回收船，1 艘布栏船以及溢油/化救设备 1 批，实现 500 吨/天的污水处理能力。

本航道可依托该中心现有设备，该中心现有的处理能力能满足航道发生 500 吨的化学品泄漏事故应急要求，发生事故时应及时上报广东海事局及省政府。

### 7.7.6.应急预案制定

目前广州港已有总体应急预案，预案中对船舶污染海洋环境事故的应急机构的职责、人员、技术装备、物资设施、救援行动及其指挥协调等方面作出了具体安排。

本项目需制定针对本项目规模扩建引起的污染事故规模变化进一步修编应急预案。并按照以人为本、预防为主、分级管理、快速反应、依法规范、依靠科技的总原则，按照实战性、相容性、层次性、高效性和持续改进型的要求，制定联防体的应急预案。

本报告建议航道拓宽工程的应急预案至少应包括以下各项：

- 1、火灾、爆炸应急处置措施；
- 2、船舶碰撞事故应急处置措施；
- 3、船舶搁浅应急处置措施；
- 4、船舶失控应急处置措施；
- 5、重大污染事故应急处置措施；
- 6、沉船危险应急处置措施；
- 7、防台应急处置措施；
- 8、人员落水应急处置措施；
- 9、施工船舶碰撞附近水工设施应急处置措施；
- 10、防洪应急处置措施。

### 7.7.7.应急体系及联动机制

#### 1、广州港水域应急预案联动机制

建议广州港、东莞港等相关单位依据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国海洋环境保护法》、《中华人民共和国安全生产法》、《危险化学品管理条例》、《国家突发环境事件应急预案》等相关的法律、法规，制定水域整体应急预案。

建议以联防机制的形式组织开展广州港航道两侧各个码头的风险评估和应急能力建设等工作，根据各码头的实际情况，推动建立溢油应急联防联控体系。

#### 2、本项目应急联动机制建设

本项目事故应急反应措施应在以下几个方面做好工作：

### （1）建立健全应急反应的组织指挥系统

为确保应急反应的有序、高效，应根据项目自身特点建立应急反应的组织指挥系统，并明确不同级别污染事故应急组织指挥人员组成、人员职责及其有效联系方式。

### （2）应急反应设施、设备的配备

加强水域监视监测能力建设，建议各港区协同管理，加强巡视执法力度，在事故发生后能够快速、有效的展开应急行动，降低溢油事故带来的损害。

### （3）应急防治队伍及演习

根据航道、敏感资源分布的特点，为减少人员及日常开支，除充分依靠现有的应急力量外，可考虑充分利用港区工作人员、消防人员共同参与形成应急防治队伍。对应急救援及清污队伍作定期强化培训和演练的计划，加强了解应急防治操作规程，掌握应急防治设备器材的操作使用，一旦发生应急事故，防治队伍能迅速投入防治活动，从而增强应付突发性溢油事故的处置能力。

### （4）应急通信联络

为确保船舶突发性溢油污染事故的报告、报警和通报，以及应急反应各种信息能及时、准确、可靠的传输，必须建立通畅有效、快速灵敏的报警系统和指挥通讯网络，包括与海事局应急反应指挥系统、周围附近码头的联络，因为往往在应急反应过程中，能否及时对事故进行通报是决定整个反应过程和消除污染效果成败的关键。

### （5）与各应急力量联动、应急资源共享

码头应急资源充分就近利用应急资源，必要时应上报相关海事局，由海事局统一指挥应急行动。为保证应急预案的科学、高效、有序和针对性，本项目涉及各个港区应急管理部门必须组织开展应急预案的模拟演练，以检验应急部门应对船舶污染海洋事故的应急能力，检验各相关部门和各单位之间的协同作战能力。

### （6）与政府级相关应急预案的衔接

预案的编制过程中应充分考虑与市政府级相关应急预案的衔接，将本项目的溢油应急反应体系应纳入广州海区乃至南海海区的溢油应急体系，建立区域应急联动机制。

### 7.7.8.相关建议

1、本工程为航道工程，为港区内各个码头项目的公共工程，因此本项目应急能力建设应在各个码头应急能力建设基础上开展。

2、为防止航道溢油事故发生周边环境对污染，建设单位应尽快对现有事故应急预案进行修编，修编过程中，应充分考虑与政府相关应急预案的衔接，将本工程的应急反应体系纳入整个地区的应急体系，建立区域应急联动机制。应急预案应报相关主管部门审查通过，以确保发生事故时对环境的影响可控，最大程度减少对环境的影响。

3、建议对广州港水域开展区域风险专项评估工作，根据港区规划，整合现有应急力量，并结合各企业的实际情况，制定广州港水域溢油应急联防体系。

环境风险控制对策措施一览表见表 7.7-1。

表 7.7-1 环境风险控制对策措施一览表

| 风险防范措施      | 措施内容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 溢油事故防范措施    | <p>（1）一旦发生溢油事故，优先将溢油源有效控制：使用围油栏将溢油源围控，同时采用过驳措施控制溢油源。</p> <p>（2）一旦发现油膜向各保护区漂移，立即利用拖轮布设围油栏对溢油进行导流，阻止油污进入敏感区域。</p> <p>（3）通知相关单位，辅助使用吸附材料，将油污对敏感区的损失降至最低；可恶劣天气条件下，机械处理受限制，但强风、急流等却能提高分散剂的效力，但是应当慎重使用分散剂，使用前需经海事、环保部门许可。</p> <p>（4）建议海事部门针对中华白海豚保护区边缘设置锚泊桩，对应管理部门长期存放一些防护性围油栏或吸油材料。一旦溢油在不利风向条件下向保护目标边缘或岸线漂移，立即动用就近应急物资，采取布防围油栏、吸油材料等防护措施，阻止油污登岸或进入保护目标范围内。</p>                                         |
| 化学品泄漏事故防范措施 | <p>（1）快速了解事故发生地点，事故规模，泄漏化学品种类等重要信息，第一时间上报海事管理部门。并针对泄漏货种及规模的危害进行判断，一旦确定为重大事故，应立即采取疏散人群等应急措施。</p> <p>（2）根据污染物的理化性质，参考事故发生的时间及风向、风速、温度、水文、波浪、潮流等资料，对污染物运动形式进行预测模拟，确定污染物的时空分布。同时，主要采用化学洗消、絮凝法、活性炭吸附等方法。应急措施开展事故应急工作</p> <p>（3）在开放海域难以采取有效措施。建设单位应迅速通知受影响者，组织受影响群众快速疏散。同时，在水质产生严重影响的区域视其开阔程度及敏感程度考虑是否采用中和剂进行处理。</p> <p>（4）由于航道处在河口生态敏感区，特别是与中华白海豚自然保护区相邻，建议该航道限制某些水溶性有毒化学品的运输，以杜绝由于意外事故而造成严重的生态灾难。</p> |

## 8. 环境保护措施及其可行性论证

### 8.1. 工程疏浚施工期间的环保对策

#### （1）合理安排施工进度，注意保护环境敏感目标

为减少其施工活动的影响程度和范围，施工单位在制定施工计划、安排进度时，应充分注意到附近海域的环境保护问题，尤其对航道开挖等重要环节，要求施工单位制定详细的施工作业计划，合理安排施工进度。根据工可提供的施工计划及保护目标情况，建议施工尽量避开鱼类产卵繁殖期，以减少对珠江口经济鱼类繁殖的影响。

#### （2）减少挖泥船溢流对施工区水域环境的影响

疏浚作业开始后，泥浆进入泥舱时，较粗粒径的泥沙沉入舱底。为增大挖泥船的装舱浓度，以提高其挖泥效率，降低疏浚费用，耙吸式挖泥船的船体两侧设有溢流口。当泥浆量超过两侧溢流口时，稀泥浆即从溢流口中溢出。这一环节将会引起疏浚区局部水域的浑浊度增加而影响海域的水质，因此，施工单位应调整好泥舱溢流口的位置，控制好溢流口的泥浆浓度，减少入水泥浆。本工程使用的大型耙吸式挖泥船本身带有先进的定位系统，可采用自动调节溢流口的装置，更易于减轻溢流对施工海域的污染。自航耙吸挖泥船装舱不过量，以避免由风浪等原因引起的船舶倾斜造成泥浆外溢，经常检查泥门紧闭程度，防止运泥过程中泥门漏泥。

#### （3）利用耙平器减少悬浮物对周围水体和水生生态的影响

耙吸式挖泥船在挖泥作业及抛泥作业时会释放悬浮物，悬浮物的扩散会对环境保护目标造成影响，是施工过程中环境保护的一个重要考虑因素。工程中减少不必要的超挖方可有效的减少挖泥和抛泥悬浮物的释放，对此，施工单位除采用精确的 DGPS 定位系统外，还可采用河床耙平器。在各施工段基本挖到设计断面时，航槽内如存在零星、不连续的浅点，投入河床耙平器对整段航槽进行扫浅及整平，减少因扫浅开挖而增加的超挖方量，大大减少悬浮物释放对周围水体和水生生态的影响。

#### （4）控制施工队伍生产、生活污水、废气及船舶垃圾的排放

施工船舶在水域内定点作业、施工船舶产生的含油污水、船舶垃圾不得在海域内排放，由广东海事局报备认可的有资质的单位进行接收处理。船舶为流动污

染源，不得向禁止直接排放污水的海域排放污水，严禁向敏感水域直接排放废水。

船舶机械设备维修使用后的废油（含擦油布、棉纱），须收集后由有资质的单位接收处理，不得乱倒乱放。

针对施工船舶在港期间，采用辅机供电，要求船舶辅机采用清洁的柴油，尽可能的减少废气的产生。

#### （5）挖泥船倾倒过程的环保对策

①在疏浚物倾倒作业期间，应加强同当地气象预报部门的联系，在恶劣天气条件下，应提前做好防护准备并停止挖泥和倾倒作业。

施工单位应对挖泥船经常检查进行维修保养，保证挖泥船底部泥舱门系统密闭完好，装船作业后务必关严舱门，严防沿途泄漏。

#### ②挖泥船到位倾倒

挖泥船必须严格按照所划定的倾倒区界区内进行倾倒作业，通过电子海图、AIS 和 GPS 定位，杜绝未到达指定区域便实施抛泥现象的发生。

#### ③确保舱门密闭，严防泥浆泄漏

挖泥船在倾倒区抛泥完毕后，应及时关闭舱门，并确定舱门关闭无误后方可返航，否则泥舱关闭不严，在航行沿途中由于泥浆的泄漏入海将会导致污染事故的发生。

## 8.2. 营运期生态环境保护措施与对策

本区域水域疏浚工程完成后，通航船舶数量大大增多，船舶产生的污染物也相应增加，船舶舱底油污水及生活污水若直接排放进入水域会对海洋生态环境产生一定的影响，建议采取如下措施：

（1）严禁向水体中排放废污水，营运船舶舱底油污水、生活污水应申请海事部门认可的有资质的接收船舶接收处理，不得在航道内随意排放未经处理的船舶舱底油污水和船舶生活污水。

（2）对于正常维护性挖泥，可采取与航道疏浚施工期间相同的环保对策，尽量减少挖泥作业对附近海域的影响程度和范围，控制挖泥船生活污水及垃圾的排放，同时要对敏感水域进行监测，及时掌握水质状况，以保证疏浚区域周围水域环境不受较大影响。

（3）建议维护性疏浚避开休渔期及鱼类产卵繁殖期，以减少对珠江口经济

鱼类繁殖的影响。

### 8.3. 项目实施对中华白海豚拟采取保护措施

详见 6.4 章节，结合历年来珠江口航道项目采取针对中华白海豚保护措施案列，本项目实施对中华白海豚拟采取保护措施如下：

（1）在施工船周围设立半径不少于 500m 的监视缓冲区，并配备至少 2 名海豚观察员。在施工前，由海豚观察员监视施工船周围 360 度范围的海面 5 分钟，如 500m 范围内有中华白海豚出没，应待其游离监视范围方可开工；在施工中，如发现有中华白海豚出没，施工船应减速，并尽量减少施工机器的开动量。施工船上的海豚观察员应接受中华白海豚观察相关知识的培训。

（2）优化施工方案，控制疏浚船只数量，挖泥作业时两船之间距离应保持大于 5km，且靠近保护区附近施工船舶选择对环境干扰小的船型如 4500-5000m<sup>3</sup>耙吸船作业。

（3）疏浚施工应避开中华白海豚繁殖期 4-8 月份。建议航道维护性疏浚安排在当年的冬季枯水期进行。

（4）施工船舶抛泥经过保护区段时应降低航速。

（5）营运期加强瞭望，一旦发现航道附近有中华白海豚出没时，尽可能降低航速，降低船舶撞击中华白海豚的风险。并加强中华白海豚相关法律、法规的宣传，普及有关中华白海豚的科学知识及救助措施，增强自觉保护中华白海豚的意识。

（6）施工将压缩中华白海豚种群活动空间、增加中华白海豚被船舶撞伤的风险等，这部分生态影响较难于量化，建议由工程建设单位与保护区主管部门协商，根据保护管理和救护补偿的实际需要进行补偿，初步核算约为 150 万元（主要用于施工期的白海豚监测工作和救护培训工作）。

（7）开展增殖放流修复措施，补充中华白海豚饵料资源，具体增殖放流计划详见 8.4 章节。

（8）开展项目所在区域施工期、营运期水质、沉积物、生态、渔业资源跟踪调查，开展中华白海豚跟踪监测，监测计划详见 10.4 章节。

## 8.4. 生态保护修复措施与对策及建议

### 1、生态补偿

生态补偿费主要是因施工造成的生物损失，需进行生态修复的补偿费用，本工程施工造成的生态损失额为 4189.72 万元。

建设单位应开展增殖放流活动，应委托专业机构编制增殖放流实施方案，增殖放流实施方案应包括放流的品种、数量、规格、种质来源、检疫证明、时间、地点和投放方式等有关事项。综合各经济种类的自然繁殖时间、适宜放流时间、本地渔业资源种类组成及优势种类等现状以及易获得程度，拟选择黑鲷、长毛对虾、毛蚶、波纹巴非蛤等的健康苗种进行组合放流，以修复和改善本地区海洋生态环境。增殖放流物种的规格以放流现场测量为准。增殖放流的苗种应当是本地种的原种或 F1 代，人工繁育的增殖放流苗种应由具备资质的生产单位、检验机构认可的单位提供，禁止增殖放流外来种、杂交种、转基因种以及其他不符合海洋生态要求的海洋生物物种。

建议采取增殖放流进行补偿，建议如下：放流时间选择在每年的 4~8 月，放流 4 次，放流地点为珠江口；放流后需委托专业部门对放流效果进行跟踪监测，根据监测结果调整放流规模和种类。

**表 8.4-1 生态修复人工增殖放流计划**

| 放流时间                   | 苗种    | 规格     | 单价    | 数量   | 投资      |
|------------------------|-------|--------|-------|------|---------|
|                        |       |        | (元/尾) | (万尾) | (万元)    |
| 施工期结束当年、及后续 3 年的 4~8 月 | 黄鳍鲷   | 3 厘米以上 | 1     | 800  | 800     |
|                        | 黑鲷    | 3 厘米以上 | 1     | 750  | 750     |
|                        | 长毛对虾  | 1 厘米以上 | 0.5   | 900  | 450     |
|                        | 刀额新对虾 | 1 厘米以上 | 0.5   | 1000 | 500     |
|                        | 卵形鲳鲹  | 3 厘米以上 | 1     | 550  | 550     |
|                        | 花鲈    | 3 厘米以上 | 0.5   | 1000 | 500     |
|                        | 鲮     | 3 厘米以上 | 0.2   | 1000 | 200     |
|                        | 波纹巴非蛤 | 5 厘米以上 | 0.3   | 300  | 90      |
|                        | 毛蚶    | 1 厘米以上 | 0.2   | 300  | 60      |
| 放流生物的检验与运输费            |       |        |       |      | 89.72   |
| 跟踪监测                   |       |        |       |      | 200     |
| 合计                     |       |        |       |      | 4189.72 |

2、开展航运业发展对伶仃洋海域中华白海豚等保护对象与环境敏感区累积性影响研究及生态保护与修复措施效果评价，结合研究成果不断优化生态保护和

修复方案措施。

## 8.5. 环保投资

本工程的环保投资如表 8.5-1，工程的环保投资总费用约为 5889.72 万元，工程总投资 30.95 亿元，环保投资占总投资的 1.90%。

表 8.5-1 环保投资一览表

| 时段                    | 项目           | 任务                                               | 内容                                     | 金额（万元）  |
|-----------------------|--------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------|---------|
| 施工期                   | 施工期环境监理      | 合理安排施工进度，严格掌握疏浚设施性能，确保到位抛泥                       | 环保监理人员 2 人                             | 300     |
|                       | 施工期环境监测      | 掌握航道施工期污染物排放状况、水质及生态、中华白海豚现状                     | 施工期每年丰水期和枯水期进行大、小潮期的监测，施工结束后进行一次后评估监测。 | 300     |
|                       | 施工期船舶生活污水    | 施工期与有资质单位签订接收协议                                  |                                        | 20      |
|                       | 施工期船舶垃圾      |                                                  |                                        | 10      |
| 运营期                   | 试运营期及运营期环境监测 | 掌握航道污染物排放状况、水质及生态、中华白海豚状况                        | 运营初期 5 年开展监测                           | 350     |
| 生态修复                  |              | 生态补偿费用（增殖放流）                                     | 放流 4 次                                 | 4189.72 |
| 中华白海豚保护管理与监测费用        |              | 救护培训                                             |                                        | 50      |
|                       |              | 保护区生态和生物资源监测                                     |                                        | 100     |
| 环境风险                  |              | 应急预案编制                                           |                                        | 20      |
| 环保验收                  |              | 竣工环境保护验收报告编制                                     |                                        | 100     |
| 累积性影响研究和生态保护与修复措施效果评价 |              | 航运业发展对伶仃洋海域中华白海豚等保护对象与环境敏感区累积性影响研究及生态保护与修复措施效果评价 |                                        | 300     |
| 预留                    |              | 事故状态下的环境跟踪监测等不可预见费                               |                                        | 150     |
| 合计                    |              |                                                  |                                        | 5889.72 |

表 8.4-2 本工程环境保护设施和对策措施一览表

|              | 环境要素   | 污染源                     | 主要污染物   | 主要污染防治措施                                                                     | 规模和数量    | 投资（万元）  | 实施地点     | 使用时间    | 责任主体 | 运行机制                 |
|--------------|--------|-------------------------|---------|------------------------------------------------------------------------------|----------|---------|----------|---------|------|----------------------|
| 施工期          | 水环境    | 施工污水                    | COD、石油类 | 船舶生活污水收集外委处理                                                                 | 3504m³/a | 20.0    | 施工船舶     | 施工期     | 施工单位 | 施工单位设兼职环境管理人员负责，定期清理 |
|              |        |                         |         | 船舶油污水收集外委处理                                                                  | 2044t/a  |         |          |         |      |                      |
|              |        | 疏浚                      | SS      | 采用对环境影响小的耙吸式泥船施工，确认耙子弯管与船体吸泥管口的连接完全对位后开始疏浚作业，调整好泥舱溢流口的位置，控制好溢流口的泥浆浓度，减少入海泥浆。 | ——       | ——      | 航道       | 施工期     | 施工单位 | 施工单位设兼职环境管理人员负责      |
|              |        |                         |         | 挖泥船须严格按照所划定的抛泥区界内进行抛填作业，必要时可安排相应人员，配置必要的监测仪器进行监控。                            | ——       | ——      |          |         |      |                      |
|              | 固体废物   | 船舶垃圾                    | ——      | 委托有资质的单位进行接收处理                                                               | 65.7t/a  | 10.0    | 施工船舶     | 施工期     | 施工单位 | 施工单位设兼职环境管理人员负责，定期清理 |
|              | 水生生态环境 | 水上作业                    | SS      | 生态补偿                                                                         |          | 4189.72 | 珠江口海域    | 施工期     | 建设单位 | 建设单位可委托专业机构进行        |
|              | ——     | 环境监测                    |         | 施工期水、生态、渔业资源、中华白海豚等监测                                                        | 见 10 章   | 300     | 施工范围周边海域 | 施工期     | 建设单位 | 建设单位可委托专业机构进行        |
|              | ——     | 环境监理                    | ——      | 施工期环境监理费用                                                                    | ——       | 300     | 工程施工现场   | 施工期     | 施工单位 | 委托环境监理单位             |
|              |        | 环境风险应急预案                |         |                                                                              |          | 20      |          | 施工期     | 建设单位 | 建设单位可委托专业机构进行        |
| 营运期          | 环境监测   | 营运期水、生态环境、渔业资源、中华白海豚等监测 |         |                                                                              | 见 10 章   | 350     | 施工范围周边海域 | 营运期     | 建设单位 | 建设单位可委托专业机构进行        |
| 白海豚保护管理与监测研究 |        |                         |         |                                                                              | 见 6 章    | 150     | 施工范围周边海域 | 施工期、营运期 | 建设单位 | 可委托保护区主管部门进行         |

|                       | 环境要素 | 污染源                                              | 主要污染物 | 主要污染防治措施 | 规模和数量  | 投资（万元）  | 实施地点         | 使用时间        | 责任主体 | 运行机制          |
|-----------------------|------|--------------------------------------------------|-------|----------|--------|---------|--------------|-------------|------|---------------|
| 竣工环境保护验收              |      |                                                  |       |          |        | 100     | 施工范围<br>周边海域 | 营运期         | 建设单位 |               |
| 累积性影响研究和生态保护与修复措施效果评价 |      | 航运业发展对伶仃洋海域中华白海豚等保护对象与环境敏感区累积性影响研究及生态保护与修复措施效果评价 |       |          |        | 300     | 项目周边<br>海域   | 营运期         | 建设单位 | 建设单位可委托专业机构进行 |
| 事故状态下的环境跟踪监测等不可预见费    |      |                                                  |       |          | 见 10 章 | 150     | 施工范围<br>周边海域 | 施工期、<br>营运期 | 建设单位 | 建设单位可委托专业机构进行 |
| 总计                    |      |                                                  |       |          |        | 5889.72 |              |             |      |               |

## 9. 环境影响经济损益分析

### 9.1. 收益部分

港口是经济社会发展的枢纽，而航道是水运的大动脉，是港口建设的重要基础设施，航道工程的建设对港口货物吞吐量增长的促进作用非常明显。本项目的建设将有益于港口出海航道建设，适应船舶大型化的发展趋势，满足港口煤炭、石油、矿石、集装箱等主要货种的运输需求；确保广州港出海航道高效、安全满足腹地经济、临港产业和可持续发展需要。

广州港 20 万吨级航道工程完成后，项目将给国民经济发展带来巨大的贡献。国民经济效益主要体现在船型增大后运输费用节约及等待航道费用节约，说明项目的实施具有显著的国民经济效益，很值得尽快投资建设。

本项目的环境正效益主要体现在：

工程投资 5889.72 万元用于环境保护，通过落实各项环境保护措施将工程对评价区域的环境质量的负面影响减至最低，在取得明显的经济效益、社会效益的前提下保证了“可持续发展”。

### 9.2. 损失部分

在本水域挖泥时使海底淤泥悬浮，造成海水悬浮物浓度增高，透明度下降，将不可避免的对海洋生物产生不利影响。但由于影响范围仅限于拟挖工程的附近海域，在时间尺度上是暂时的，随着施工期结束，其影响将逐渐消失。

根据对工程性质、建设规模及施工组织等方面的分析，项目建设对环境的影响主要为施工期间对水环境及生态环境的影响，具体体现在：

#### （1）生态环境

施工共造成底栖生物直接损失量 153.06t，渔业资源损失 12420294 尾，游泳动物损失量 1.48t，航道疏浚施工悬浮物均属于临时占海，按 3 年计算经济损失，工程施工生态损失总额为 4189.72 万元。

#### （2）水环境

施工期产生的水污染物主要为悬浮物。根据水环境影响评价结果可知，施工期产生悬浮物是暂时的，随着施工期的结束而结束。

### 9.3. 结论

尽管本工程在施工期间对水生生态、底栖生物资源等会产生一定程度的短期

影响，但随着施工期结束，其影响也随之消失。而本工程的建设可满足广州港吞吐量快速增长和船舶大型化的需要，具有良好的经济效益和社会效益。

从本工程的建设对环境正面影响和负面损失进行论证及对工程的社会效益、经济效益和环境效益的综合分析表明，本工程的建设带来的正效益明显。

## 10.环境管理与监测计划

### 10.1. 环境保护管理

#### 10.1.1. 环境保护管理部门

##### 一、环境保护管理部门

包括广东省生态环境厅在内的各级环境保护行政主管部门负责本项目的环境管理、环境监测、污染源防治的监督管理等工作。

本项目施工期的环保管理工作除上述有关部门外，应由项目的建设单位落实各项环保措施并配合上述机构的环保执法与监督管理工作；对于经济鱼类、中华白海豚（4-8 月）繁育期应重点对伶仃航道进行监督管理，落实本报告书提出的环保措施，同时应将施工期的环境监测报告及时提交环保部门。本项目投入营运后，应配备自己的环保管理机构（可与其它机构合并、配备专职或兼职人员），负责项目营运期的环保设施正常运营等环保措施的落实，并配合上述机构的环保管理工作。

##### 二、项目建设单位环保管理机构的职责

（1）施工前期及施工过程中宣传并执行国家有关环保法规、条例、标准，并监督有关部门执行；

（2）施工过程中在施工现场，应由工程环境监理人员在施工现场跟踪监控管理，监察环保设施设置与实施情况；

（3）施工过程中负责本项目施工期的环境保护管理工作。负责监督是施工期各项环保措施的落实与执行情况；协调、处理因本项目的建设产生的环境问题而引起的各种投诉，并达成相应的谅解措施；

（4）工程环境监理纳入工程监理，接受广东省生态环境厅等环保主管部门的指导和监督，以便更好地履行职责；

（5）施工期环境监测工作及监测计划的实施，应由建设单位委托相关资质单位进行；

（6）施工后期配合环保部门进行环保设施竣工验收，如果项目分期投产，必须根据相关法律法规的规定做到分期验收；

（7）营运期负责对营运期污染事故的调查、监测分析工作，并写出调查报告；

（8）按环保部门地规定和要求填报各种环境管理报表；

（9）运营过程中负责本项目运营期的环境保护管理工作。负责监督是运营期各项环保设备的运营情况；协调、处理因本项目的运营期间产生的环境问题而引起的各种投诉，并达成相应的谅解措施。

### 10.1.2. 环境保护管理建议

针对本项目的建设和投入营运，提出如下环境保护管理要求和建议：

（1）所有与本项目直接相关的污染防治设施的建设必须与项目主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。本工程施工周期长的特点，建设单位应与施工单位密切合作，切实做好项目施工期及运行期各类环保费用概算并保证到位。

（2）项目竣工投入试运营后，应按照环保部的有关要求，申请进行建设项目环保竣工验收或者分期验收。

（3）本项目应根据交通部交环发[2004]314 号文“关于开展交通工程环境监理工作的通知”以及“开展交通工程环境监理工作实施方案”的要求，落实施工期的工程环境监理制度。

## 10.2. 工程环境监理工作

根据交通部交环发[2004]314 号文“关于开展交通工程环境监理工作的通知”以及“开展交通工程环境监理工作实施方案”，工程环境监理工作主要依据国家和地方有关环境保护的法律法规和文件、环境影响报告书、有关的技术规范及设计文件等，工程环境监理包括生态保护、污染防治等环境保护工作的所有方面。工程环境监理工作应作为工程监理的一个重要组成部分，纳入工程监理系统统筹考虑。

### 一、工程环境监理的组织与实施

#### （1）工程环境监理单位和人员的资质

建设单位应委托具有工程环境监理资质的单位承担工程环境监理工作，工程环境监理单位资质按照交通部关于工程环境监理的有关规定执行。

#### （2）工程招标、合同等文件的管理

建设单位应依据本环境影响报告书、工程设计等文件的有关要求，制定施工期工程环境监理计划，并在施工招标文件、施工合同、工程监理招标文件和监理合同中明确施工单位和工程监理单位的环境保护责任和目标任务。

### （3）工程环境监理的原则要求

①环境监理的依据：国家和地方有关的环境保护法律、法规和文件，环境影响报告书或项目的环境行动计划、技术规范、设计文件，工程和环境质量标准等。

②环境监理主要内容：主要包括环保达标监理和环保工程监理。环保达标监理是使主体工程的施工符合环境保护的要求，污水排放应达到本环境影响报告书中列出的标准；环保工程监理包括生态环境保护，同时包括污水处理设施等在内的环保设施建设的监理。

③环境监理机构：建设项目的工程总监办负责对工程和环境实施统一监理工作。一般可在总监办设置一名工程环境监理的兼职或专职的副总监，重点负责工程的环境监理工作。驻地办可任命一定数量的工程环境监理工程师，具体落实各项工程的环境保护工作。

④环境监理考核：工程监理考核内容中应包括工程环境监理的相应内容，并单独完成工程环境监理情况的总结报告，该总结报告应作为环保单项验收的资料之一。环境保护单项工程考核和验收时，应有交通管理部门负责环保工作的人员参加。

### 二、本项目工程环境监理的具体工作内容

在建设项目工程施工过程中，工程环境监理人员主要进行如下工作：

- （1）挖泥船是否在预定区域内施工；
- （2）疏浚作业前检验确认耙子弯管与船体吸泥管口的连接是否完全对位；
- （4）施工过程是否尽可能地避开了中华白海豚及主要经济生物的繁殖期；
- （5）施工船舶是否按照国际规定显示信号；
- （6）施工船舶是否与海事局、航道局、海上交管中心建立了密切的联系；
- （7）施工船舶含油污水的处理是否符合《船舶污染物排放标准》的要求，施工船舶产生的垃圾是否全部由陆域接收处理等，施工船舶是否做到严禁向敏感水域直接排放污水；

- （8）施工人员是否有采捕野生动物的行为等。

本工程环境监理除上述具体工作内容外，还应包括环评报告书提出的环境保护措施及各级主管部门对环评报告书批复的内容，具体内容如下：

- （1）疏浚施工期间的环保对策落实；
- （2）施工期的污染事故风险分析及应急措施落实；

(3) 施工期生态环境保护措施落实；  
(4) 施工单位环保措施与对策落实；  
(5) 营运期环保措施与对策落实；  
(6) 环境保护管理与监督行动计划落实；  
(7) 环境监测计划落实；  
(8) 环境主管部门对环评报告书的批复要求及对本工程提出的环保要求的落实等。

(9) 施工期、营运期环境保护宣传工作、废弃物排放监管等。

此外环境监理单位应有专门负责白海豚保护的监察人员，及时告知施工人员需要采取的保护或预防措施；并及时向业主和保护区管理局报告损害白海豚的意外情况。此外，业主在与各工程分包商签订的施工合同中应明确分包商所应承担的海豚和环境保护责任。

### 10.3. 施工期环境管理计划

为减少对附近保护环境敏感目标影响，建议建设单位从整体利益考虑，与航务监督部门和施工单位共同协商，安排专人负责监督管理施工的全过程，加强对施工单位的环保监督和管理，若发现有违背国家有关海洋倾废法规的现象，必须予以严厉的处罚。以达到确保广州港 20 万吨级航道工程的经济效益、社会效益和环境效益的统一。

建设项目施工期环境污染控制主要包括技术措施和管理措施两个方面。

施工期环境污染控制技术措施通过对水污染防治、生态保护和固体废物物的防治措施来实施。

施工期的环境管理措施如下：

(1) 设立环境监督小组，配合环保主管部门监督建设单位和施工单位落实施工过程中的环保要求及环保措施。

(2) 防止工程施工活动对环境污染和生态破坏，建设单位应与施工单位就工程建设期间的环境保护签订施工项目环境污染控制合同。

(3) 施工单位应严格遵守环保法律法规，并对施工区及周边地区所产生的环境质量问题负责。

(4) 施工单位在施工组织设计中应有针对性的环保措施并予以实施。建立

健全环境质量保证体系，落实环境质量责任制并加强施工现场的环境管理，采用新技术，提高企业环保素质。施工现场应有环保管理工作的自检记录。

#### （5）文明施工

①严格劳动纪律，遵守操作与安全规程。

②每天召开班前交底会，明确施工内容和操作要求，严格执行操作规程。

③建立安全生产责任制，加强规范化管理，进行安全教育和安全宣传，严格执行安全技术方案。

④定期检查和维护施工现场的各种安全设施和劳动保护器具，保证安全有效。

### 10.4. 环境监测计划

环境监测作为环境监督管理的主要实施手段，通过监测可以掌握工程的污染排放情况和周围地区环境质量的变化情况，为动态掌握施工过程中珠江口水质、沉积物的变化情况，并将监测结果及时反馈给工程决策部门和施工单位，为项目环境管理提供科学依据。

#### 10.4.1. 施工期环境监测

##### （一）水环境

##### （1）监测站位

根据项目所在区域潮流特点和周边敏感目标分布，在航道主要施工区域、项目区域西侧敏感区、国控点、南侧靠近中华白海豚保护区附近布设监测站位，共布设 6 个站位。

##### （2）监测项目及执行标准

监测因子为：悬浮物、溶解氧、化学需氧量、无机氮、活性磷酸盐、石油类、重金属（As、Hg、Cu、Pb、Zn、Cd），采样和分析方法采用《海洋监测规范》和国家环保总局《废水监测分析方法》。

##### （3）监测频率

根据《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》，至少在施工期内的每个潮汐年的丰水期和枯水期进行大、小潮期的监测，施工结束后进行一次后评估监测。

##### （4）完成单位

建设部门采用有偿服务的方式，委托有资质的监测部门加强对以上各敏感水域的水质监测工作。

（二）沉积物环境

（1）监测站位

同水质监测的站位；

（2）监测项目

总汞、铜、铅、镉、锌、砷、石油类、硫化物、有机碳。

（3）监测频率

每年监测一次。

（三）生态环境和渔业资源

（1）监测站位

同水质监测的站位；

（2）监测项目及执行标准

监测项目为叶绿素 a、浮游动物、浮游植物、底栖生物、鱼卵仔鱼、渔业资源，采样和分析方法采用《海洋监测规范》（GB17378-1998）。

（3）监测频率

每年二次（春季和秋季）。

（四）中华白海豚跟踪监测

在伶仃洋中华白海豚监测区域设置观测截线（参照 6.1 章节 2020-2021 年调查方法）在施工期每年及施工期结束后第一年的春、夏、秋、冬四季各测 1 次，三年总共 12 次。



图 10.4-1 跟踪监测站位分布图

### 10.4.2. 营运期环境监测

营运期环境监测项目、监测站位同施工期，水质、生态及渔业资源的调查选择每年（营运期后 5 年）春季、秋季各进行一次调查，沉积物每年进行一次调查。

### 10.4.3. 事故应急监测

如果本工程一旦发生溢油事故，如果影响较为严重，应及时进行应急监测工作：

#### （1）监测站位

受溢油影响的海域，站点的设置方式可采用断面式、放射式，重点加强对南侧中华白海豚国家级自然保护区等敏感区进行监测。

#### （2）监测项目

海水水质：测定各站点水表层中的油含量、重金属等；

生态环境：生物体内残毒分析、底栖生物、浮游动物。

#### （3）监测频率

①瞬时排放型每二周监测一次，连续监测五次。

②连续排放型，在油污排放阶段，每一周采样分析一次；油污排放终止后，每月监测一次，连续监测三次。

## 10.5. 总量控制

本项目主要污染物主要来自施工期疏浚产生的悬浮物，无营运期且悬浮物不属于总量控制指标，因此，本工程的总量控制指标的建议值为 0。

## 10.6. 竣工环境保护验收

工程建设项目的环境保护设施，必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用，具体的竣工验收见表 10.6-1。

表 10.6-1 建设项目“三同时”与竣工环境保护验收主要项目列表

| 阶段   | 验收内容                           | 设施                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 规模                                           | 工艺                                                                                                                                                  | 验收标准                 |
|------|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| 施工期  | ● 施工期船舶油污水和生活污水的处置是否有清晰的交接清单   | ——                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | ——                                           | ——                                                                                                                                                  | 由海事局认可的有资质的单位接收处理    |
|      | ● 须采用工艺先进的耙吸式挖泥船及抓斗船           | 耙吸式挖泥船、抓斗船                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 10000m <sup>3</sup> 耙吸船，13m <sup>3</sup> 抓斗船 | ——                                                                                                                                                  | ——                   |
|      | ● 是否按监测计划进行施工期的环境监测            | ——                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 在航道及附近敏感区各布设一个监测站位                           | 水质监测因子为：悬浮物、溶解氧、化学需氧量、无机氮、活性磷酸盐、石油类、重金属（As、Hg、Cu、Pb、Zn、Cd）；<br>沉积物监测因子为：总汞、铜、铅、镉、锌、砷、石油类、硫化物、有机碳；<br>海洋生态和渔业资源监测因子为：叶绿素 a、浮游动物、浮游植物、底栖生物、鱼卵仔鱼、渔业资源。 | 委托有资质的单位开展监测，并提交监测报告 |
|      | ● 施工船舶固废处置方式，必须陆上妥善处置，严禁排海     | ——                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | ——                                           | 委托有资质的单位进行接收处理                                                                                                                                      | 严禁排海，由有资质的单位进行接收处理   |
|      | ● 风险防范措施                       | （1）一旦发生溢油事故，优先将溢油源有效控制：使用围油栏将溢油源围控，同时采用过驳措施控制溢油源。<br>（2）一旦发现油膜向各保护区漂移，立即利用拖轮布设围油栏对溢油进行导流，阻止油污进入敏感区域。<br>（3）通知相关单位，辅助使用吸附材料，将油污对敏感区的损失降至最低；可恶劣天气条件下，机械处理受限制，但强风、急流等却能提高分散剂的效力，但是应当慎重使用分散剂，使用前需经海事、环保部门许可。<br>（4）建议管理部门长期存放一些防护性围油栏或吸油材料。一旦溢油在不利风向条件下向保护目标边缘或岸线漂移，立即动用就近应急物资，采取布防围油栏、吸油材料等防护措施，阻止油污登岸或进入保护目标范围内。 |                                              |                                                                                                                                                     | 接受海事部门的监督管理          |
| 工程完工 | ● 生态补偿方案是否落实、生态补偿经费是否得以落实，是否进行 | ——                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | ——                                           | ——                                                                                                                                                  | 保证生态补偿经费和增殖放流等计划的落实  |

| 阶段       | 验收内容       | 设施   | 规模                                        | 工艺   | 验收标准              |
|----------|------------|------|-------------------------------------------|------|-------------------|
| 后        | 赔偿         |      |                                           |      |                   |
|          | ● 竣工验收环境监测 | ——   | ● 在航道及附近敏感区布设监测站位                         | 同施工期 | 委托有资质单位进行，并提交监测报告 |
| ● 生态保护措施 |            | 生态补偿 | 补偿费用 4189.72 万元，委托专业机构编制增殖放流方案，开展 5 次增殖放流 |      |                   |

## 11. 环境影响评价结论

### 11.1. 建设项目工程概况

#### 11.1.1. 项目概况

广州港 20 万吨级航道工程实施珠江口内伶仃岛西侧水域外以北 E'-G 航道段建设，航道总长 24.1 公里，航道通航宽度 460 米，设计底高程-17.0 米，疏浚工程量约 2657.81 万立方米。本工程施工工期为 2 年，总投资约 30.95 亿元。

#### 11.1.2. 规划及产业政策符合性

《广州港总体规划（2005-2020）》对广州港出海航道的规划建设方案为：广州港出海航道全长 115km，航道底标高现为-11.5m，规划分阶段实施深水航道工程，以适应到港船舶大型化发展的需要。2009 年，环保部以《关于对广州港总体规划环境影响报告书审查意见的函》（环审[2009]12 号），对《广州港总体规划环境影响报告书》进行了批复。规划环评要求工程应当按照建设项目环评批复意见和保护区主管部门的要求组织实施；应加强港口溢油应急能力建设，不断完善广州港应急反应预案，建立健全应急反应体系，将船舶污染风险降低到可接受的水平。本项目属于广州港出海航道的一部分，符合《广州港总体规划（2005-2020）》。

《广东省航道发展规划（2020-2035 年）》（粤交规〔2020〕786 号）提出规划沿海主要航道里程 686 公里，其中广州港出海航道（南段）发展规划技术等级为 30 万吨级。2018 年广东省环境保护厅以关于印发《广东省航道发展规划（2017-2035 年）环境影响报告书》审查意见的函（粤环审[2018]199 号）进行了批复。本项目是对广州港出海航道（南段）的进一步扩建，将航道等级提升至 20 万吨级，项目建设将进一步完善珠江口航道布局，促进广东水运发展，并且本项目已列入规划中的“2020-2025 年航道规划主要建设项目”，符合《广东省航道发展规划（2020-2035 年）》要求。

本项目符合《广州港总体规划（2005-2020）》及规划环评审查意见、《广东省航道发展规划（2020-2035 年）》及规划环评审查意见、广东省国土空间规划、“三线一单”及国家产业政策等法规政策要求。

### 11.2. 环境现状调查与评价

#### 1、水环境

### （1）水环境现状

国家海洋局深圳海洋环境监测中心站于 2022 年 3 月 24 日~4 月 7 日在南沙港附近海域开展海洋环境调查。调查结果表明，海水 pH 值、溶解氧、化学需氧量、石油类、锌、镉、总铬、砷和硫化物 9 项指标所有站位均满足相应的评价标准，没有出现超标情况，无机氮、活性磷酸盐、铜、铅、汞 5 项指标均出现不同程度的超标。其中，无机氮超标率为 100%；活性磷酸盐超标率为 20%；仅 Z34 站位出现铜浓度超标现象，铜超标率为 5%；铅超标率为 45%；汞超标率为 30%。

中国水产科学研究院南海水产研究所于 2022 年 10 月 26-31 日（秋季）对工程附近海水水质进行的监测结果表明：本次调查评价 23 个样品，pH、COD、铜、镉、铬、砷等均能满足相应水质标准的要求；DO、无机氮、活性磷酸盐、石油类、锌、铅、汞均出现不同程度的超标，无机氮的超标较为普遍。调查期间溶解氧 S10 站表、底层超标，超标率 8.7%；调查期间无机氮超标率 8.7%；活性磷酸盐超标率 52.2%；石油类超标率 14.3%；锌超标率为 60.9%；铅的超标率为 60.9%；汞超标率为 56.5%。

中国水产科学研究院南海水产研究所于 2023 年 3 月 17-21 日（春季）对工程附近海水水质进行的监测结果表明：调查期间 24 个样品中无机氮、活性磷酸盐、铅、和锌均出现不同程度的超标现象。调查期间无机氮超标率为 36.4%；活性磷酸盐超标率为 31.8%；锌超标率为 45.5%；铅超标率为 50.0%。除此之外，其余站位各监测因子均符合相应的水质标准，无超标现象出现。

沉积物调查结果表明，2022 年春季，12 个样品中有机碳、石油类、镉、汞均能满足相应沉积物标准的要求，硫化物超标率 17%，最大超标倍数 0.25 倍；铜超标率 25%，最大超标倍数 0.75；锌超标率 25%，最大超标倍数 0.39 倍；砷超标率 16.7%，最大超标倍数 0.33 倍；铅超标率 8.3%，最大超标倍数 0.02；铬超标率 8.3%，最大超标倍数 0.64 倍。2022 年秋季调查海域除有机碳和汞有 1 个站位超一类标准外，其余监测因子均达到相应功能区沉积物质量要求。按调查区各站位评价标准进行评价，本次调查海域内所有站位石油类、硫化物、铜、铅、锌、铬、镉和砷含量均未超标；有机碳 S11 站超标，超标率为 33%；汞 S11 站超标，超标率为 33%。

### （2）水环境保护目标

根据广东省入海河流水质监测信息，项目评价范围内国考断面。

## 2、生态环境

### （1）水生生物

根据国家海洋局深圳海洋环境监测中心站于 2022 年 3 月 24 日~4 月 7 日在南沙港附近海域进行的水生生态环境现状及渔业资源调查结果显示：调查海域 12 个调查站位表层水体叶绿素 *a* 平均含量为  $7.6\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ，变化范围为  $1.2\sim 17.5\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ，最高值出现在 Z16 站，最低值出现在 Z26 站；初级生产力平均值为  $257.9\text{C}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ ，变化范围为  $48.5\sim 884.5\text{C}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ 。调查经初步鉴定有浮游植物 5 门 38 属 68 种，浮游植物生物量变化范围为  $177.17\times 10^3\sim 75144.00\times 10^3\text{ cells}/\text{m}^3$ ，平均为  $17879.03\times 10^3\text{ cells}/\text{m}^3$ ，浮游植物优势种共出现 5 种，多样性指数范围为  $0.39\sim 3.33$ ，平均为 2.00。浮游动物经初步鉴定有 7 个生物类群，共 50 种，生物量分布不均匀，变化幅度为  $80.0\sim 1700.0\text{ mg}/\text{m}^3$ ，平均生物量为  $394.6\text{ mg}/\text{m}^3$ 。密度变化幅度为  $40.70\sim 733.33\text{ ind}/\text{m}^3$ ，平均密度为  $328.34\text{ ind}/\text{m}^3$ ；多样性指数范围为  $0.97\sim 3.54$  之间，平均为 2.61，最高出现在 Z34 站，最低则出现在 Z16 站。调查海域大型底栖生物（定量分析）已鉴定有 4 个类群 19 种，其中软体动物 4 种，环节动物 8 种，节肢动物 6 种和纽虫动物 1 种；共有优势种 2 种。出现的优势种中，凸壳肌蛤的优势度最高，为 0.122；栖息密度范围为  $10.00\sim 80.00\text{ ind}/\text{m}^2$ ，生物量范围为  $0.10\sim 18.60\text{ g}/\text{m}^2$ ；多样性指数(*H'*)变化范围在  $0\sim 2.52$  之间，平均值为 0.83。调查潮间带生物（定性分析）中，3 个断面采集到的潮间带生物经鉴定有环节动物、节肢动物和软体动物 3 个门类，共计 18 种；优势种共出现 2 种，分别为齿纹蜃螺和粗糙拟滨螺；调查断面潮间带生物平均栖息密度为  $750.22\text{ ind}/\text{m}^2$ ，平均生物量为  $1462.14\text{ g}/\text{m}^2$ ；3 个断面的高潮带多样性指数范围为  $0.24\sim 2.42$ ，平均为 1.27；中潮带多样性指数范围为  $0.28\sim 1.31$ ，平均为 0.87；低潮带多样性指数范围为  $0\sim 2.14$ ，平均为 1.38。

根据中国水产科学研究院南海水产研究所于 2022 年 10 月 26 日-10 月 31 日（秋季）和 2023 年 3 月 17 日-3 月 21 日（春季）对工程附近海域进行的水生生态环境现状及渔业资源调查结果显示：秋季表层叶绿素 *a* 含量的变化范围为  $0.01\sim 0.40\text{ mg}/\text{m}^3$ ，各站位变化幅度不大，平均值为  $0.21\text{ mg}/\text{m}^3$ ，最高值出现在 S12 站，最低值出现在 S11 站；浮游植物 4 门 26 科 76 种，浮游植物优势种共出现 3 种，均属于硅藻，生物量变化范围为  $1.75\times 10^4\sim 5401.44\times 10^4\text{ cells}/\text{m}^3$ ，平均为  $565.23\times 10^4\text{ cells}/\text{m}^3$ ，多样性指数 *H'* 处于中等水平，变化范围为  $0.82\sim 2.39$ ，平均

为 1.87；浮游动物经初步鉴定有 9 个生物类群，共 71 种，优势种共有 8 种，平均生物量为  $267.58 \text{ mg/m}^3$ 。种类多样性指数范围为 1.17~2.79，平均值为 2.14；底栖生物已鉴定有 54 种，优势种有 1 种，平均生物量为  $50.77 \text{ g/m}^2$ ；多样性指数 ( $H'$ ) 变化范围在 0.00~2.71 之间，平均为 1.31，底栖生物多样性属差水平；潮间带生物经鉴定共有 5 大门类 38 种，平均生物量为  $2070.69 \text{ g/m}^2$ ，多样性指数范围为 0~2.12，平均值为 0.99。

中国水产科学研究院南海水产研究所于 2023 年 3 月 17 日-3 月 21 日(春季)对工程附近海域进行的水生生态环境现状及渔业资源调查结果显示：表层水体叶绿素 a 平均含量为  $0.9 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ ，变化范围为  $0.17 \sim 1.63 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ ，最高值出现在 S6 站，最低值出现在 S5 站；初级生产力平均值为  $105.06 \text{ mg} \cdot \text{C/m}^2 \cdot \text{d}$ ，变化范围为  $1.91 \sim 264.45 \text{ mg} \cdot \text{C/m}^2 \cdot \text{d}$ ，其中以 S15 站最高，S10 站最低；浮游植物 2 门 22 科 78 种，优势种共出现 7 种，6 种属于硅藻，生物量变化范围为  $0.20 \times 10^4 \sim 2447.20 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$ ，平均为  $417.10 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$ ；多样性指数范围为 1.31~2.25，平均为 1.89，以 S8 站最高，S10 站最低；浮游动物经初步鉴定有 14 个生物类群，共 77 种，优势种共出现 1 种，为夜光虫；生物量分布不均匀，变化幅度为  $16.67 \sim 864.58 \text{ mg/m}^3$ ，平均生物量为  $281.71 \text{ mg/m}^3$ ，多样性指数范围为 0.08~2.62 之间，平均为 1.41；大型底栖生物鉴定有 7 门 47 科 51 种，共有优势种 3 种，其中光滑倍棘蛇尾的优势度最高；平均生物量为  $32.19 \text{ g/m}^2$ ，多样性指数 ( $H'$ ) 变化范围在 0.96~2.46 之间，平均值为 1.74；潮间带生物鉴定有 6 门 22 科 36 种，优势种共出现 2 种，分别为奥莱彩螺和中间似滨螺；平均生物量为  $2629.71 \text{ g/m}^2$ ，多样性指数范围为 0.11~1.73，平均值为 0.92。

## (2) 渔业资源

2022 年春季，经鉴定，共出现了 6 种鱼卵和 8 种仔稚鱼，共计 11 个鱼卵和仔、稚鱼种类；定量样品中，捕获鱼卵数量最多的为 Z41 站，为  $37.50 \text{ 粒/m}^3$ ，捕获仔稚鱼数量最多的为 Z31 站，为  $6.52 \text{ 尾/m}^3$ ，捕获鱼卵种类最多为 Z26、Z31 站和 Z41 站，均为 4 种；捕获仔稚鱼种类最多为 Z26 站和 Z31 站，均为 4 种；共捕获游泳动物 54 种，其中：鱼类 40 种，虾类 9 种，蟹类 3 种，头足类 2 种；各站位的游泳动物平均重量渔获率和平均个体渔获率分别为  $1.077 \text{ kg/h}$  和  $44.25 \text{ ind/h}$ ；各站位的游泳动物平均重量密度和平均个体密度分别为  $74.56 \text{ kg/km}^2$  和  $2924.77 \text{ ind/km}^2$ 。

2022 年秋季鉴定出鱼卵平均密度为 3201.30 粒/1000m<sup>3</sup>，仔鱼平均密度为 490.32 尾/1000 m<sup>3</sup>，共捕获游泳生物 128 种。游泳生物平均重量渔获率和平均个体渔获率分别为 13.36 kg/h 和 847.50 ind./h。秋季调查渔获虾和虾蛄类总重量为 18.68 kg，渔获率范围为 0.14~19.42 kg/h，平均为 3.11 kg/h；资源密度变化范围为 6.99~356.58 kg/km<sup>2</sup>，平均为 85.85 kg/km<sup>2</sup>。蟹类总重量为 9.49 kg，渔获率范围为 0.02~4.10 kg/h，平均 1.58 kg/h，资源密度的变化范围为 1.03~210.94 kg/km<sup>2</sup>，平均为 79.42 kg/km<sup>2</sup>。头足类渔获总重量为 0.95 kg，渔获尾数为 37 尾；头足类渔获率平均为 0.16 kg/h，尾数渔获率平均为 6.17 ind./h；资源密度平均为 3.59 kg/km<sup>2</sup>，平均尾数资源密度为 177.20 ind./km<sup>2</sup>。

2023 年春季鱼卵平均密度为 9656.20 粒/1000m<sup>3</sup>，仔稚鱼平均密度为 1687.78 尾/1000 m<sup>3</sup>；共捕获游泳动物 106 种，游泳动物平均重量渔获率和平均个体渔获率分别为 18.61 kg/h 和 897.42 ind./h。春季调查渔获虾和虾蛄类总重量为 5.57 kg，渔获率范围为 0.06~2.56 kg/h，平均为 0.84 kg/h；资源密度变化范围为 1.17~25.83 kg/km<sup>2</sup>，平均为 7.02 kg/km<sup>2</sup>。蟹类总重量为 15.08 kg，渔获率范围为 0.08~7.93 kg/h，平均 2.30 kg/h，蟹类资源密度的变化范围为 1.16~15.27 kg/km<sup>2</sup>，平均为 7.54 kg/km<sup>2</sup>。头足类渔获总重量为 1.61 kg，渔获尾数为 93 尾；头足类渔获率平均为 0.27 kg/h，尾数渔获率平均为 15.97 ind./h。资源密度平均为 3.41 kg/km<sup>2</sup>，平均尾数资源密度为 227.81 ind./km<sup>2</sup>。

### （3）海洋生物质量

2022 年春季，海洋生物质量调查结果显示，调查海域生物体内的总汞、锌、铅含量均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》中的标准。石油烃、锌、铜部分站位超标，超标率分别为：16.7%、8.3%、8.3%。

2022 年秋季调查 C3 站捕获的贝类（牡蛎）样品中铅、铬、砷和汞含量均未超标，镉、铜、锌和石油烃均超标。

2023 年春季调查 C3 站捕获的贝类（牡蛎、翡翠贻贝）样品中铅、铬、砷和汞含量均未超标，牡蛎中石油烃、镉、铜和锌超标，翡翠贻贝中石油烃超标。按调查区各站位的评价标准进行评价，C3 站位春季牡蛎和翡翠贻贝样品中铅、铬、砷和汞含量均未超标，牡蛎样品中石油烃、镉、铜和锌超标及翡翠贻贝中石油烃超标，其中石油烃超标率为 100%，镉、铜和锌超标率均为 50%。

### （4）生态环境保护目标

评价范围内生态环境保护目标包括各类保护区、鱼类“三场”和珍稀保护动物等，具体有：

- ①工程涉及珠江口经济鱼类繁育场保护区、幼鱼幼虾保护区；
- ②工程区域附近南沙湿地公园、万顷沙海洋保护区等敏感目标。

### 3、大气环境

根据 2023 年广州市环境质量状况公报中南沙区环境空气质量数据，南沙区  $\text{NO}_2$ 、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{PM}_{10}$ 、 $\text{PM}_{2.5}$  年平均质量浓度、 $\text{CO}$  95 百分位数日平均质量浓度、 $\text{O}_3$  90 百分位数日最大 8 小时平均质量浓度均满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及其修改单中二级标准。项目所在行政区南沙区判定为达标区。

## 11.3. 环境影响预测与评价

### 1、水环境影响分析

工程所处珠江口海域在平面上呈 NNW—SSE 走向的喇叭形，该海域汇集了珠江八大口门中的东部四个口门—虎门、蕉门、洪奇门和横门，接纳东江、北江大部分及西江部分来水，工程海域潮差较小，属弱潮型，为不正规半日混合潮型，每日出现两次高潮和两次低潮，但潮高和潮时存在着明显的日潮不等现象；该海域潮流运动受东江、北江及西江径流的影响，以及在地形岸线限制下，基本为往复流，落潮流速大于涨潮流速，落潮历时长于涨潮历时，工程海域内最大流速约为 0.85m/s、平均流速约为 0.48m/s。

浓度大于 150mg/L 悬浮物最大可能影响面积约为 21.09km<sup>2</sup>、浓度大于 100mg/L 悬浮物最大可能影响面积约为 23.50km<sup>2</sup>、浓度大于 10mg/L 悬浮物最大可能影响面积约为 37.40km<sup>2</sup>；本工程处于珠江口经济鱼类繁育场保护区、幼鱼幼虾保护区范围内，施工期悬浮物必将对保护区水域产生不利影响，从图中可以看出，由于近岸国考断面 GDN02003 邻近航道疏浚水域，在附近疏浚区域施工时悬浮物浓度大于 100mg/L 的水体将会对近岸国考断面 GDN02003 产生影响，悬浮物浓度大于 10mg/L 的水体不会影响到中华白海豚国家级自然保护区水域；随着疏浚施工完成，悬浮物对水环境的影响也将很快消失。

### 2、大气环境影响分析

施工船舶主机运行过程中排放少量燃油废气，主要污染因子为  $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$  等。本项目施工期产生的大气污染物均属无组织排放，在时间及空间上均较零散，采

用类比调查的方法进行分析。据经验数据，施工船舶耗用 1 吨柴油将产生 80~90kg 有害气体。由于施工作业均在海上进行，距离周边大气敏感点（1km 以上）较远，施工作业又具有流动性和间歇性的特点，施工船舶排放的有害气体将迅速扩散，对周围环境影响很小。

### 3、噪声环境影响分析

施工场界噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)。该类船型 10m 处的暴露声级约 70dB(A)，衰减至标准 55dB(A)的距离为 56m，即在距施工场地 56m 处，船舶噪声强度已满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)的要求。据工程实地勘查可知，疏浚点与岸边的距离较远，且周边 1km 范围内无噪声敏感点，通过施工期间严格控制施工时间，待施工结束后，上述影响即会消失。

### 4、生态环境影响分析

#### (1) 生态损失

施工共造成底栖生物直接损失量 153.06t，渔业资源损失 12420294 尾，游泳动物损失量 1.48t，航道疏浚施工悬浮物均属于临时占海，按 3 年计算经济损失，工程施工生态损失总额为 4189.72 万元。

#### (2) 对中华白海豚影响

##### ①对中华白海豚国家级自然保护区影响分析

根据前文 5.1 章节悬浮物影响预测结论，采用 10000m<sup>3</sup>耙吸船，施工产生的悬浮物浓度大于 10mg/L 的水体不会影响到中华白海豚国家级自然保护区水域，因此在严格控制施工作业强度，在条件允许情况下靠近保护区附近可采用功率小的耙吸船进行施工情况下，项目实施对中华白海豚国家级自然保护区影响不显著。

##### ②对中华白海豚影响分析

a 疏浚作业产生的噪音对中华白海豚的影响，因为疏浚船疏浚作业产生的噪音知道较低频段（如 1200Hz 以下）才具有较大声强，而中华白海豚使用较高的频段（如 4kHz 以上）进行觅食和沟通交流。此外，珠江口的中华白海豚常年在航道附近活动对船舶噪声有一定的适应性。因此，疏浚噪声对中华白海豚的影响有限。

中华白海豚使用较高的频段（如 4kHz 以上）进行觅食和沟通交流，而营运

期过往的船舶在 40 Hz 以上频率范围噪声强度随着频率的增大而大幅度衰减，因此，过往船舶的噪声对中华白海豚的影响有限。

b 内伶仃岛以北至南沙港区航道段的回淤量较大，年平均淤强为 0.38~0.73m/a，每年需进行维护性疏浚 1-2 次，底栖生物没有足够的恢复时间，底栖生物属永久性损失；内伶仃岛以南航道段（包括穿越保护区的航道）的回淤量较小，年淤强仅为 0.12~0.07m/a，至少 3 年才维护疏浚 1 次，珠江口底栖生物的生命周期大多为 1 年左右，底栖生物在疏浚后有足够的时间得到恢复，属于一次性损失。由于中华白海豚的主要食物来源主要是底层鱼类，底栖生物群落的破坏将影响底层鱼类的生产机制，从而影响到海豚的食物保障。但考虑到在保护区范围内的航道维护疏浚强度仅为每 3 年 1 次，保护区水域的营养盐丰富，初级生产力高，生物量和生物多样性极高，且底栖生物群落的恢复较快，珠江河口底栖生物的生命周期大多为 1 年左右，间隔 3 年的时间使底栖生物群落可以得到一定程度的恢复，航道区海床不至于成为底栖生物荒漠区。根据近几年海上调查的观察，铜鼓航道 2008 年投入营运以后内伶仃岛东航道段还是可以经常观察到海豚在航道附近出没觅食。因此，项目实施对中华白海豚食物保障功能的影响还是有限的。

c 航道疏浚将引起航道区沉积物中的环境污染物（如重金属和有机氯化物等）扩散而增加水体中污染物的浓度，虽然污染物浓度的增加将有限，但经长期累积，将总体上增加环境生物的被污染程度，并通过食物链影响白海豚。目前珠江河口成年中华白海豚体内的部分污染物（如 Hg、DDT 和 PCB）的含量已处于相当高的水平，污染物的进一步累积将会损害白海豚健康。目前珠江河口水域的环境污染主要是沿岸地区的工农业污水排放造成的，航道疏浚造成二次污染不会增加环境污染物的总量，但会激化污染物在食物链的累积效应，所以也应该重视控制污染物的扩散。

d 中华白海豚属海洋哺乳动物，经常需要在水面换气，除了觅食需要长时间潜水外，大部分时间生活在水面，如在水面休息、社交等行为。因此，过往船舶占用水面对中华白海豚的影响需要给予关注。根据航运量及船舶通过量预测，AB 段和 BC 段航道船舶通过量增加，过往船只频密将会干扰航道水域白海豚的社交等活动，海豚被航船撞击（包括被螺旋桨打到）的风险将随航运量的上升而增加。

### （3）对其他主要保护目标影响

#### ①对珠江口经济鱼类繁育场保护区和幼鱼幼虾保护区的影响

本工程位于珠江口经济鱼类繁育场保护区和幼鱼幼虾保护区中，本工程施工悬浮物浓度增量大于 10mg/L 影响面积约为 37.4km<sup>2</sup>；本工程处于珠江口经济鱼类繁育场保护区、幼鱼幼虾保护区范围内，施工期悬浮物必将对保护区水域产生不利影响；工程悬浮物影响面积占整个经济鱼类产卵场面积相对较小（占幼鱼幼虾保护区的 3.4%，占珠江口经济鱼类繁育场保护区的 0.16%），且其影响是暂时的，随着施工期结束而结束，不会对保护区的生态功能产生显著不利影响。

#### ②对主要经济鱼类“三场一通道”的影响

根据前文主要经济鱼类“三场一通道”分布情况，本工程将占用主要经济鱼类七丝鲚在珠江口的洄游通道，依据悬浮物预测结果，施工期悬沙将影响七丝鲚洄游，因此航道施工时应避开七丝鲚产卵洄游时间，主要为 2-3 月以及 8~9 月，并且悬浮物影响随着施工结束而消失；本工程涉及棘头梅童鱼产卵场及洄游通道较，依据悬浮物预测结果，施工期悬沙将会影响棘头梅童鱼产卵和洄游。

因此，通过采取相应的生态补偿措施，以及施工避开鱼类产卵期等措施，项目建设对鱼类“三场一通道”影响是可以接受的。

#### ③对国控点的影响分析

根据 5.1 章节预测结论，本工程施工悬浮物浓度增量大于 10mg/L 影响面积约为 37.4km<sup>2</sup>；从图 5.1-4 中可以看出，由于近岸国考断面 GDN02003 邻近航道疏浚水域，在附近疏浚区域施工时悬浮物浓度大于 100mg/L 的水体将会对近岸国考断面 GDN02003 产生不利影响，对其他国控点没有影响，随着疏浚施工完成，悬浮物对水环境的影响也将很快消失。

#### ④对其他保护目标影响分析

本项目实施对其他保护目标，如重要渔业资源产卵场、重要滩涂及浅海水域、附近湿地公园、红树林等区域均不会产生不利的影响。

### 5、环境风险影响分析

假定在航道与南沙三期交叉处营运船舶发生重大溢油事故，油品外溢量取为 8464t；风况考虑选择正常风况（南沙站统计风况：夏季常风向 SSE 风速 2.5m/s、冬季常风向 NNE 风速 4.2m/s），预测时长为 72h 或抵达岸线或抵达计算边界为准；另外，对中华白海豚自然保护区设置极不利工况（落潮起 N 向风、风速

13.8m/s)。计算表明,工程处于珠江口水域,所有计算工况油膜都将抵达周边岸线;在航道交汇处发生溢油事故后,在落潮期 SSE 向风条件下,油膜向 S 偏 E 漂移,对国考断面 GDN02003 水域产生直接不利影响,在涨潮期不利风 N 条件下,油膜向 S 漂移,对国考断面 GDN03001 水域产生直接不利影响;在落潮期 N 向风条件下,油膜向 S 漂移,对中华白海豚国家级自然保护区水域产生直接不利影响;另外,本工程还处于珠江口幼鱼幼虾保护区、经济鱼类繁育场保护区之中,溢油事故必将对其产生直接不利影响。

危险化学品泄漏事故可能对水生生态环境的影响,在航道沿线设立 2 个代表点进行预测计算,代表点位置分别为南沙航道终点、伶仃岛北航道拐点;选择可溶危险化学品为乙二醇,乙二醇在水体中有害有机物的最大允许浓度为 1.0mg/L,预测源强按照单舱 500 吨泄漏计算。

由于该海域潮流受径流影响,(1)落潮期发生泄漏事故化学品的影响范围和距离均比涨潮期要大;(2)污染物总体上向南扩散;(3)无论是涨潮期还是落潮期污染物影响水域的范围都较为可观,且从内伶仃岛北拐点发生此类风险事故,将对中华白海豚保护区水域产生直接不利影响。可见,危险品船舶需要特别注意航行安全,在危险船舶通过时本工程施工船舶需采取有效的避让措施。

## 11.4. 拟采取环保措施可行性

### 1、水环境保护措施

#### (1) 合理安排施工进度,注意保护环境敏感目标

为减少其施工活动的影响程度和范围,施工单位在制定施工计划、安排进度时,应充分注意到附近海域的环境保护问题,尤其对航道开挖等重要环节,要求施工单位制定详细的施工作业计划,合理安排施工进度。根据工可提供的施工计划及保护目标情况,建议航道施工尽量避开鱼类产卵繁殖期,以减少对珠江口经济鱼类繁殖的影响。

#### (2) 减少挖泥船溢流对施工区水域环境的影响

疏浚作业开始后,泥浆进入泥舱时,较粗粒径的泥沙沉入舱底。为增大挖泥船的装舱浓度,以提高其挖泥效率,降低疏浚费用,耙吸式挖泥船的船体两侧设有溢流口。当泥浆量超过两侧溢流口时,稀泥浆即从溢流口中溢出。这一环节将会引起疏浚区局部水域的浑浊度增加而影响海域的水质,因此,施工单位应调整

好泥舱溢流口的位置，控制好溢流口的泥浆浓度，减少入水泥浆。本工程使用的大型耙吸式挖泥船本身带有先进的定位系统，可采用自动调节溢流口的装置，更易于减轻溢流对施工海域的污染。

### （3）利用耙平器减少悬浮物对周围水体和水生生态的影响

耙吸式挖泥船在挖泥作业及抛泥作业时会释放悬浮物，悬浮物的扩散会对环境保护目标造成影响，是施工过程中环境保护的一个重要考虑因素。工程中减少不必要的超挖废方可有效的减少挖泥和抛泥悬浮物的释放，对此，施工单位除采用精确的 DGPS 定位系统外，还可采用河床耙平器。在各施工段基本挖到设计断面时，航槽内如存在零星、不连续的浅点，投入河床耙平器对整段航槽进行扫浅及整平，减少因扫浅开挖而增加的超挖方量，大大减少悬浮物释放对周围水体和水生生态的影响。

### （4）控制施工队伍生产、生活污水及船舶垃圾的排放

施工船舶在水域内定点作业、施工船舶产生的含油污水不得在海域内排放，由广东海事局报备认可的有资质的单位进行接收处理。船舶为流动污染源，不得向禁止直接排放污水的海域排放污水，严禁向敏感水域直接排放废水。

## 2、生态保护措施

（1）在施工船周围设立半径不少于 500m 的监视缓冲区，并配备至少 2 名海豚观察员。在施工中，如发现中华白海豚出没，施工船应减速，并尽量减少施工机器的开动量。施工船上的海豚观察员应接受中华白海豚观察相关知识的培训。

（2）优化施工方案，控制疏浚船只数量，挖泥作业时两船之间距离应保持大于 5km，且靠近保护区附近施工船舶选择对环境干扰小的船型如 4500-5000m<sup>3</sup> 耙吸船作业。

（3）疏浚施工应避开中华白海豚、鱼类产卵繁殖期 4-8 月份。建议航道维护性疏浚安排在当年的冬季枯水期进行。

（4）施工船舶抛泥经过保护区段时应降低航速。

（5）营运期加强瞭望，一旦发现航道附近有中华白海豚出没时，尽可能降低航速，降低船舶撞击中华白海豚的风险。并加强中华白海豚相关法律、法规的宣传，普及有关中华白海豚的科学知识及救助措施，增强自觉保护中华白海豚的意识。

### 3、生态补偿措施

疏浚的施工期尽可能避开休渔期、主要经济鱼类产卵期和繁殖期，减少对鱼类产卵和仔鱼生长的影响。施工期生态补偿费共计 4189.72 元，主要用于增殖放流。针对中华白海豚的保护，工程建设单位与保护区主管部门协商，根据保护管理和救护补偿的实际需要进行补偿，初步核算约为 150 万元（主要用于施工期的白海豚监测工作和救护培训工作）。

### 4、风险管理对策

（1）应要求船公司加强航海人员培训教育，提高操作技能和安全意识；  
（2）应督促进出港船舶加强港内航行与靠离泊风险控制；  
（3）船舶进港期间，海事部门应提前对航道进出港船舶进行有序疏导，确保码头通航秩序，必要时可以对航道进行临时管制。

#### （4）环境敏感区域防护措施

本项目溢油污染可能涉及的主要敏感环境资源主要是中华白海豚国家级自然保护区以及珠江口经济鱼类繁育场保护区等。

对于珠江口经济鱼类繁育场保护区、幼鱼幼虾保护区以及中华白海豚国家级自然保护区，应当采取防范为主、应急为辅的保护措施。

一旦发生溢油事故，优先将溢油源有效控制，防治事故规模的扩大化，具体措施为使用围油栏将溢油源围控，同时采用过驳措施控制溢油源。一旦发现油膜向各保护区漂移，立即利用拖轮布设围油栏对溢油进行导流，阻止油污进入敏感区域。同时通知相关单位，辅助使用吸附材料，将油污对敏感区的损失降至最低；可恶劣天气条件下，机械处理受限制，但强风、急流等却能提高分散剂的效力，但是应当慎重使用分散剂，使用前需经海事、环保部门许可。

在广州港辖区内进行危险货物港口作业的，均应通过该系统进行网上作业申报、审批，该措施从源头对进出港的危化品船进行了规范，可对船舶运输危化品的种类、进港、装卸和离港等进行全程监管。建设单位下属的广州港通讯调度指挥中心应安排危化品船舶在船舶流量小的时候进出港，尽量避免对遇，要求危化品船进出珠江口应严格按照《船运危险品的安全管理规定》及《珠江口水域船舶安全航行规定》航行。

#### （5）应急设备配备

本项目溢油应急反应目标设定为 8464 吨、化学品泄漏量 500 吨。应急服务

区域主要是航道区域。当广州港海域发生船舶溢油事故或化学品泄漏事故，服从海事主管部门的统一调遣安排。

#### 5、噪声污染防治措施

航道管理部门应加强船舶的管理，禁止船机设备噪声达不到船检要求的船舶进入航道从事运输活动，以尽量减少船舶交通噪声对港区陆域环境影响。

#### 6、大气污染防治措施

航道管理部门应加强对船舶的管理，对船机设备大气污染物排放状况不良的船舶应禁止其进入航道从事运输活动，以便尽量减少船舶废气的污染。

### 11.5. 公众参与

建设单位于 2024 年 4 月 28 日在广州市港务局官方网站进行了第一次环评信息公示，同步进行了公众意见表调查。

### 11.6. 项目可行性结论

广州港 20 万吨级航道工程的建设符合《广东省近岸海域环境功能区划》、《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》、《广州港总体规划（2005-2020）》、《广东省航道发展规划（2020-2035 年）》等相关规划及产业政策的要求。在全面加强监督管理，执行环保“三同时”制度和认真落实各项环保措施情况下，从环境保护角度认为本工程的建设是可行的。