

广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-11

矿区海砂开采

环境影响报告书

(征求意见稿)

建设单位： 汕尾市自然资源局

编制单位： 广东海兰图环境技术研究有限公司

2026年4月

目录

| | | |
|-----|------------------|-----|
| 1 | 概述 | 1 |
| 1.1 | 项目由来 | 1 |
| 1.2 | 建设项目特点 | 3 |
| 1.3 | 环境影响评价的工作过程 | 4 |
| 1.4 | 分析判定相关情况 | 5 |
| 1.5 | 关注的主要环境问题及环境影响 | 6 |
| 1.6 | 环境影响的主要结论 | 7 |
| 2 | 总则 | 8 |
| 2.1 | 编制依据 | 8 |
| 2.2 | 环境功能区划 | 12 |
| 2.3 | 环境影响识别与评价因子筛选 | 21 |
| 2.4 | 评价重点 | 24 |
| 2.5 | 评价标准 | 24 |
| 2.6 | 评价工作等级和评价范围 | 31 |
| 2.7 | 主要环境保护目标及社会活动关注区 | 36 |
| 3 | 建设项目工程分析 | 50 |
| 3.1 | 项目基本情况 | 50 |
| 3.2 | 矿区分析 | 53 |
| 3.3 | 海砂开采方案 | 72 |
| 3.4 | 生产工艺与过程分析 | 82 |
| 3.5 | 工程各阶段污染源分析 | 87 |
| 3.6 | 工程各阶段非污染环境影响分析 | 94 |
| 3.7 | 总量控制 | 95 |
| 4 | 区域自然环境现状 | 97 |
| 4.1 | 区域自然环境概况 | 97 |
| 4.2 | 自然资源概况 | 109 |
| 4.3 | 海域开发利用现状 | 132 |
| 5 | 环境质量现状调查与评价 | 136 |
| 5.1 | 海水水质现状调查与评价 | 136 |
| 5.2 | 海洋沉积物质量现状调查与评价 | 169 |
| 5.3 | 海洋生物质量现状调查与评价 | 176 |
| 5.4 | 海洋生态环境现状调查与评价 | 180 |
| 5.5 | 水文动力环境现状调查 | 220 |
| 5.6 | 地形地貌与冲淤环境现状 | 258 |
| 5.7 | 大气环境质量现状调查与评价 | 263 |

| | | |
|------|------------------------|-----|
| 6 | 环境影响预测与评价 | 264 |
| 6.1 | 水文动力环境影响分析 | 264 |
| 6.2 | 波浪动力环境影响预测与评价 | 315 |
| 6.3 | 地形地貌与冲淤环境影响分析 | 328 |
| 6.4 | 水质环境影响预测与评价 | 343 |
| 6.5 | 沉积物环境影响预测与评价 | 368 |
| 6.6 | 生态环境影响预测与评价 | 369 |
| 6.7 | 大气环境影响分析 | 386 |
| 6.8 | 噪声环境影响分析 | 386 |
| 6.9 | 固体废物环境影响分析 | 386 |
| 6.10 | 对社会活动关注区的环境影响分析 | 386 |
| 6.11 | 对通航环境的影响分析 | 392 |
| 7 | 环境风险评价 | 395 |
| 7.1 | 环境风险评价等级 | 395 |
| 7.2 | 环境风险敏感目标 | 395 |
| 7.3 | 环境风险识别 | 400 |
| 7.4 | 环境风险事故分析 | 401 |
| 7.5 | 溢油事故预测分析 | 407 |
| 7.6 | 环境风险防范对策措施和应急措施 | 425 |
| 7.7 | 船舶倾覆、船舶自沉环境风险分析及风险防范措施 | 432 |
| 7.8 | 通航安全风险分析及风险防范措施 | 439 |
| 7.9 | 极端天气风险分析及风险防范措施 | 439 |
| 7.10 | 采砂坑、坍塌风险分析及风险防范措施 | 440 |
| 7.11 | 应急预案 | 441 |
| 7.12 | 小结 | 441 |
| 8 | 清洁生产与环境保护措施 | 443 |
| 8.1 | 清洁生产 | 443 |
| 8.2 | 环境保护措施 | 446 |
| 8.3 | 环保措施技术、经济可行性分析 | 455 |
| 9 | 政策及规划相符性分析 | 457 |
| 9.1 | 产业政策相符性分析 | 457 |
| 9.2 | 与“三区三线”的相符性分析 | 457 |
| 9.3 | 与省、市“三线一单”的相符性分析 | 460 |
| 9.4 | 与国土空间规划的相符性分析 | 464 |
| 9.5 | 与相关规划相符性分析 | 471 |

| | | |
|-------|----------------------|-----|
| 10 | 环境影响经济损益分析..... | 490 |
| 10.1 | 环境经济损益分析方法..... | 490 |
| 10.2 | 社会效益分析..... | 490 |
| 10.3 | 经济效益分析..... | 491 |
| 10.4 | 环境保护投资估算..... | 491 |
| 10.5 | 环境经济损益分析..... | 492 |
| 10.6 | 环境经济损益..... | 493 |
| 11 | 环境管理与监测计划..... | 494 |
| 11.1 | 环境管理..... | 494 |
| 11.2 | 环境监理..... | 495 |
| 11.3 | 环境监测计划..... | 496 |
| 11.4 | 环境保护设施“三同时”原则..... | 499 |
| 12 | 环境影响评价结论..... | 501 |
| 12.1 | 工程概况..... | 501 |
| 12.2 | 工程分析结论..... | 501 |
| 12.3 | 环境质量现状综合分析与评价结论..... | 503 |
| 12.4 | 环境影响预测综合分析与评价结论..... | 510 |
| 12.5 | 环境风险分析与评价结论..... | 512 |
| 12.6 | 污染物排放总量控制..... | 513 |
| 12.7 | 环境经济损益分析..... | 513 |
| 12.8 | 环境监测计划的可行性结论..... | 513 |
| 12.9 | 公众参与意见采纳情况..... | 513 |
| 12.10 | 综合评价结论..... | 514 |
| 12.11 | 建议..... | 514 |
| | 附表..... | 515 |

1 概述

1.1 项目由来

海砂是一种重要的矿产资源，作为建筑材料，可广泛用于大型工程项目建设 and 填海造地。合理开发利用海砂能够使其服务于经济建设，促进海洋经济的发展，而盲目、非科学地开采则会导致资源的枯竭，破坏生态环境，乃至影响整个海域资源的可持续利用。

根据《广东省财政厅关于下达 2024 年度省级海洋资源管理与利用专项资金的通知》（粤财资环〔2024〕37 号）等有关文件，2024 年广东省下达汕尾市 2 块海砂开采工作任务，根据广东省新一轮海砂开采规划，汕尾市拟在汕尾市陆丰西南海域选划编号分别为 SW24-11 和 SW24-12 的 2 处海域作为海砂开采拟出让区，并征求了省、市两级各相关单位意见。两个矿区拟同期进行招拍挂，并拟同期进行采砂作业。本次评价的矿区为其中的 SW24-11 区块。

拟开采海砂 SW24-11 矿区位于广东省汕尾市陆丰市田尾角西侧海域约 8.5km 处，行政区域隶属广东省汕尾市管辖，范围坐标为：[REDACTED] 矿区水深 15.67~17.46m（理论深度基准面），面积 250.0927 公顷。距离西北侧 SW24-12 矿区约 290m。地理位置图见图 1.1-1。

根据相关法律法规及文件，海砂出让前需开展拟出让区前期调查工作。对拟出让区开展环境影响评价是其工作之一。本次评价的广东省陆丰西南海域 SW24-11 矿区海砂开采项目（以下简称“项目”）位于广东省汕尾市陆丰市田尾角西侧海域约 8.5km 处，项目开采范围用海面积为 250.0927 公顷，用海类型为工业用海（一级类）中的固体矿产开采用海（二级类），用海方式为其它方式（一级用海方式）中海砂等矿产开采（二级用海方式）。

本工程为海砂开采海域使用权挂牌出让项目，由于现阶段为项目前期工作阶段，海砂实际具体去向还需开采期根据市场需求确定。本次评价仅针对海砂开采进行评价，海砂开采后的运输、处理、使用，应按照规定要求另行完善相关环评手续，严格落实相关环保措施，接受相关部门的监管。

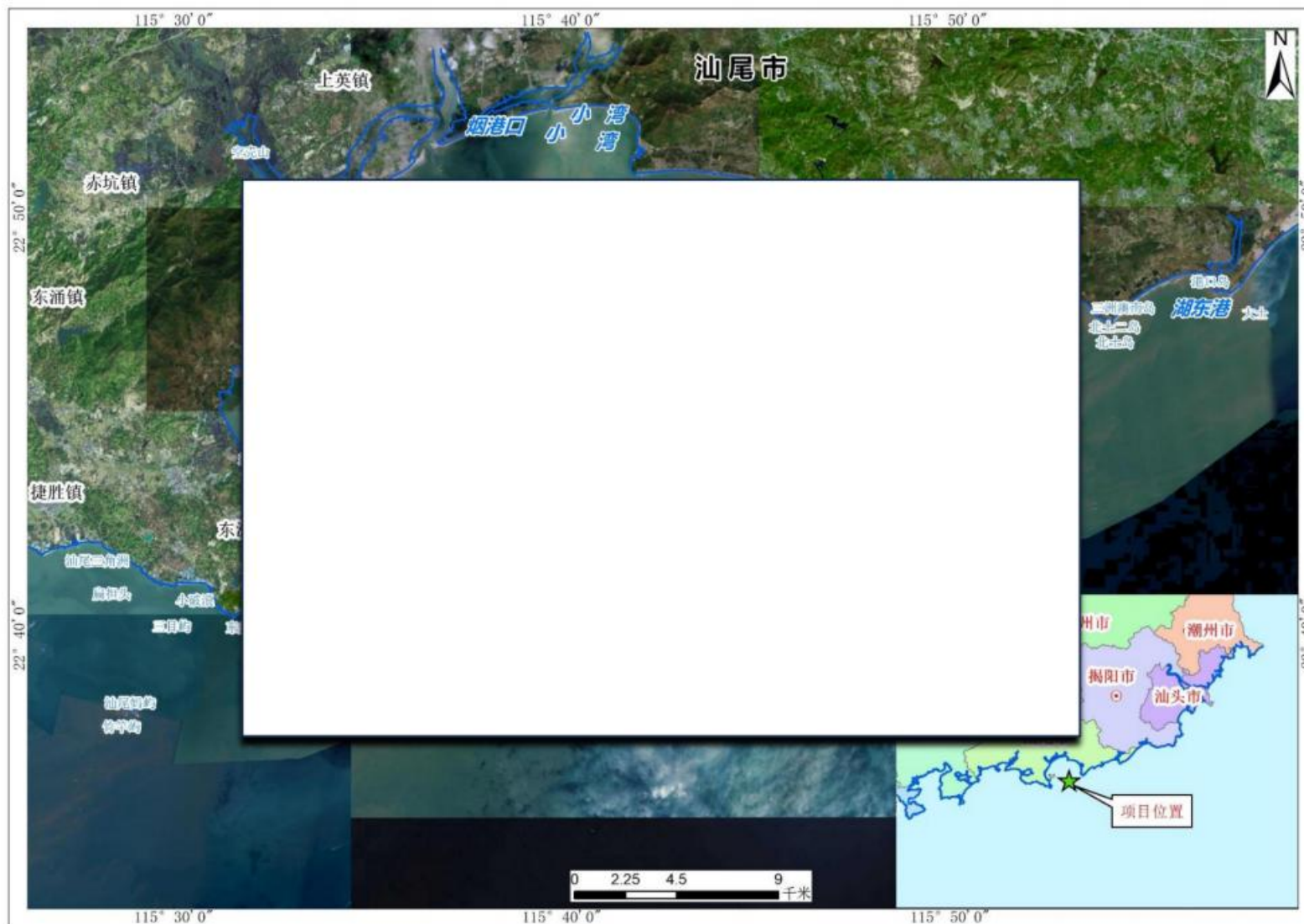


图 1.1-1 汕尾市陆丰市西南海域 SW24-11 矿区海砂开采地理位置图

根据《中华人民共和国环境保护法》和《中华人民共和国环境影响评价法》等法律法规有关要求，本项目需进行开展环境影响评价工作。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版）有关规定，本项目是海砂开采项目，项目类别为“五十四、海洋工程-150 海洋矿产资源勘探开发及其附属工程”中的“海洋（海底）矿产资源开发（包括天然气水合物开发；海砂开采；矿盐卤水开发；海床底温泉开发；海底地下水开发等工程）”，本项目应编制环境影响报告书。

为此，汕尾市自然资源局（以下简称“建设单位”）委托广东海兰图环境技术研究有限公司（以下简称“环评单位”）承担该项目环境影响报告书的编制工作，环评单位在接受委托后，立即组织相关技术人员认真研究了建设单位提供的工程资料，收集了工程区附近海域环境质量现状资料，对拟建项目的建设内容和排污状况进行了资料调研和深入分析。在此基础上，按照国家相关环保法律、法规、污染防治技术政策的有关规定及环境影响评价技术导则要求，预测、分析项目实施过程对海洋生态环境、大气环境、声环境等可能造成的不良影响的范围和程度，提出防治污染、减轻项目建设带来的环境影响的措施与对策，并进行经济技术可行性论证，为项目建设合理性提供科学依据；在此基础上编制完成了《广东省陆丰西南海域 SW24-11 矿区海砂开采环境影响报告书》，提交主管部门审查。

1.2 建设项目特点

本项目拟申请海砂开采区位于广东省汕尾市陆丰市田尾角西侧海域约 8.5km 处。调查区海砂的矿物组成主要为石英，次要矿物为长石，按照比重将矿物分为重矿物、轻矿物两类。轻矿物主要为石英，长石和钙质次之，其中石英含量（石英占轻矿物的质量百分比）在 83.96%~94.89%之间。重矿物含量虽少，但是种类较多，包括锆石、黄铁矿、磷灰石、金红石、锐钛矿、白钛石、矽线石、红柱石、楣石、独居石、尖晶石等共计 23 种矿物。全矿区砂含量加权平均值为 79.12%，全区加权后平均含泥量 20.88%。

根据《广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-11 矿区回填料用海砂资源储量核实报告》（汕尾市自然资源局，2025 年 12 月），矿区海砂原矿资源量 [REDACTED] 其中原矿控制资源量 [REDACTED]，原矿推断资源量 [REDACTED]

根据《广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-11 矿区回填料用海砂开采方案（复核稿）》（汕尾市自然资源局，2026 年 3 月），采砂区可采出的海砂原矿矿石量约为 [REDACTED] 矿区原矿年控制开采量约为 [REDACTED]，矿区生产年限约 2 年 9

个月。

根据《广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-11 矿区海砂开采海域使用论证报告书》（广东三海环保科技有限公司，2026 年 4 月），项目开采范围用海面积为 250.0927 公顷，用海类型为工业用海（一级类）中的固体矿产开采用海（二级类），用海方式为其它方式（一级用海方式）中海砂等矿产开采（二级用海方式）。

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》以及《建设项目环境影响评价分类管理名录》等法律法规的有关规定，该项目需执行环境影响评价制度并编制环境影响报告书。

环评单位在接受委托后，立即组织相关技术人员认真研究了建设单位提供的工程资料，收集了工程区附近海域环境质量现状资料，对拟建项目的建设内容和排污状况进行了资料调研和深入分析。在此基础上，按照国家相关环保法律、法规、污染防治技术政策的有关规定及环境影响评价技术导则要求，预测、分析项目实施过程对海洋生态环境、大气环境、声环境等可能造成的不良影响的范围和程度，提出防治污染、减轻项目建设带来的环境影响的措施与对策，并进行经济技术可行性论证，为项目建设合理性提供科学依据；编制完成了《广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-11 矿区海砂开采环境影响报告书》。

按照《海砂开采环境影响评价技术规范》和《环境影响评价技术导则-总纲》（HJ2.1-2016）的要求，本项目环评工作程序见图 1.3-1。

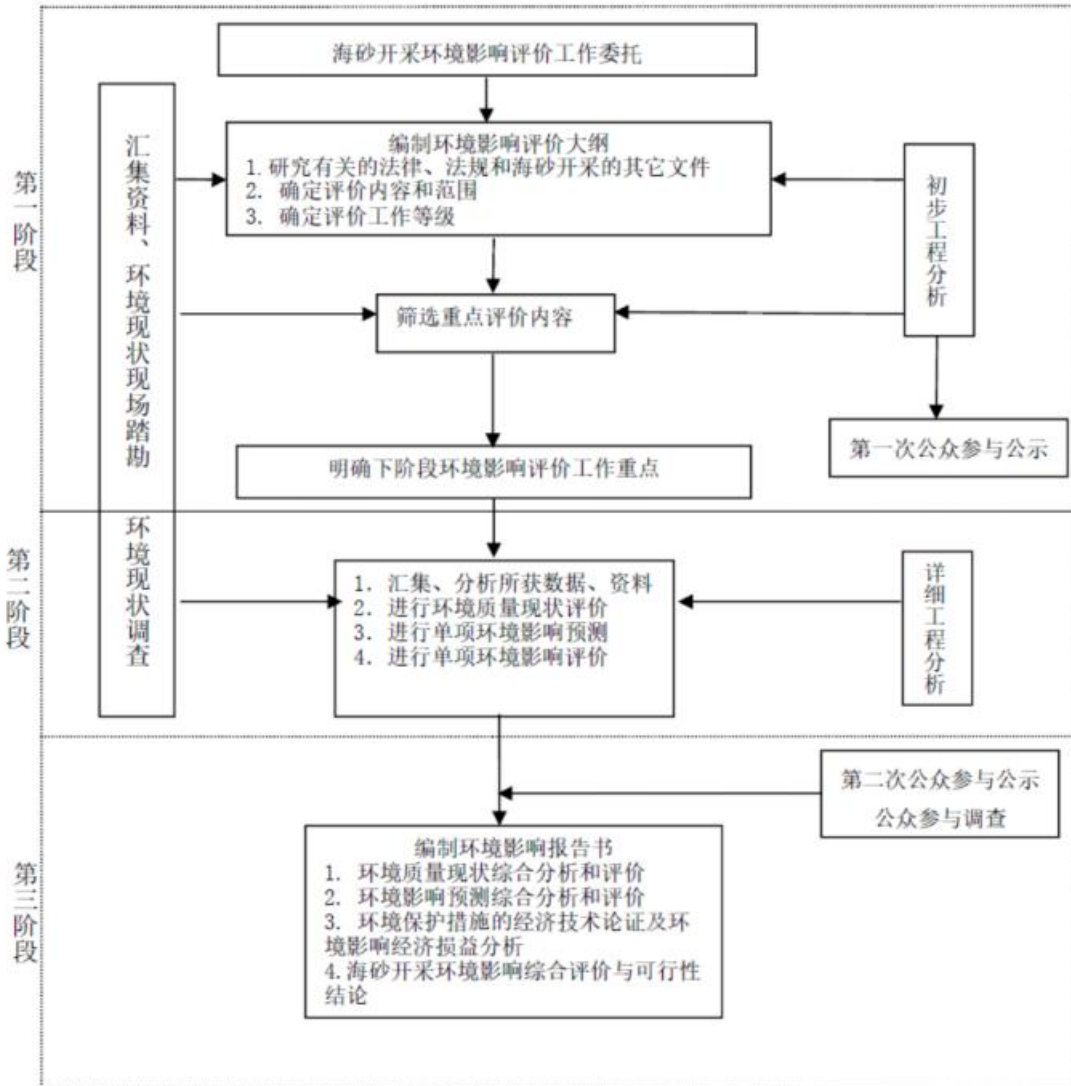


图 1.3-1 项目环境影响评价工作过程

1.4 分析判定相关情况

(1) 与产业政策的相符性分析判断

本工程为海砂开采项目，根据国务院《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目属于允许类，符合国家的产业政策要求。根据《市场准入负面清单（2025 年版）》，本项目属于“许可准入类”中“16 未获得许可或相关资格，不得从事矿产资源的勘查开采、生产经营及对外合作”，在开采之前，采砂单位将依法申请采矿权审批，确保企业具备合法采矿的资格。因此，该项目符合《市场准入负面清单（2025 年版）》的相关规定。

综合分析，本项目的建设符合产业政策要求。

(2) 与空间规划的符合性

项目属于海砂开采项目，矿区选址不占用生态保护红线，不涉及领海基点，位

于《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》中的碣石湾工矿通信用海区，与《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》《汕尾市国土空间总体规划（2021-2035 年）》相关管理要求相符。

（3）与“三区三线”、“生态环境分区管控方案”的符合性

根据《广东省“三区三线”划定成果》（2022 年）、《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》《汕尾市“三线一单”生态环境分区管控方案（修订版）》，项目选址不位于生态保护红线（优先保护单元）内，与生态保护红线（优先保护单元）的距离均较远，不占用大陆自然岸线，不占用海岛自然岸线，项目的建设基本不会对生态保护红线（优先保护单元）及自然岸线产生影响，符合广东省“三区三线”划定成果、省和市“三线一单”生态环境分区管控的要求。

（4）与其他规划的符合性分析

本项目的建设符合《广东省近岸海域环境功能区划》《广东省生态环境保护“十四五”规划》《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》《广东省海洋经济发展“十四五”规划》《广东省自然资源保护与开发“十四五”规划》《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》《汕尾市国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》《汕尾市海洋生态环境保护“十四五”规划》《汕尾市养殖水域滩涂规划（2018-2030 年）》《汕尾港总体规划（2025-2035 年）》（报审稿）、《汕尾市海砂资源保护条例》《广东省海砂开采规划（2025-2035 年）》（征求意见稿）等相关规划政策的要求。

1.5 关注的主要环境问题及环境影响

海砂开采作业主要为采砂及海砂分选过程产生的悬浮泥沙可能产生的影响，采砂过程部分细颗粒底质悬浮后未被抽砂管吸取随潮流扩散的悬浮泥沙对海洋水质环境的影响，进而会对浮游植物、浮游动物及渔业资源造成影响；采砂对底质的扰动也会破坏底栖生物生境。

海砂开采还会带来来自船舶施工作业的噪声污染和来自施工人员的生活垃圾和海砂分选产生的碎石等固体废弃物。采砂船舶噪声污染对海洋生物造成的影响范围有限，施工人员的生活垃圾会收集上岸，不会对海洋环境造成影响。项目海砂分选产生的碎石抛回采砂坑，起到修复采砂坑的作用。

采砂施工后形成采砂坑、采砂坑边坡坍塌导致海床地形地貌改变对水动力条件

的影响；潮流场、波浪场改变对附近海域冲淤环境的影响。

海砂开采中的环境风险事故主要来自船舶碰撞而发生的溢油事故，溢油事故会对海洋水质和海洋生物等造成影响。

1.6 环境影响的主要结论

本项目建设符合国家产业政策，选址符合相关规划要求。海砂开采过程中产生的悬浮泥沙对水环境的影响是暂时的。开采过程中产生的污废水和固体废物会得到妥善处理处置。同时，针对本项目的工程特点和环境特征，提出了相应的环境保护和污染防治对策措施、风险防范对策措施。评价认为：在采砂单位切实执行国家有关法律法规、严格按照本报告书提出的开采范围、方式、时间和强度作业，并注意监测附近海底地形地貌变化，避免超界、超量、超强度开采，落实报告书中提出的各项污染防治、生态保护对策措施及风险防范措施的前提下，项目对海水水质、海洋沉积物、海洋生态环境影响可接受，环境风险可防控，从环境保护角度考虑，广东省陆丰西南海域 SW24-11 矿区海砂开采是可行的。

2 总则

2.1 编制依据

2.1.1 国家法律法规和部门规章

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》(2014年4月24日修订,自2015年1月1日起施行);
- (2) 《中华人民共和国海洋环境保护法》(2023年10月24日修订,2024年1月1日施行);
- (3) 《中华人民共和国环境影响评价法》(2018年12月29日修订并施行);
- (4) 《中华人民共和国海域使用管理法》(2002年1月1日施行);
- (5) 《中华人民共和国水污染防治法》(2017年6月27日修正,2018年1月1日实施);
- (6) 《中华人民共和国大气污染防治法》(2018年10月26日修正,2018年10月26日施行);
- (7) 《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,2020年9月1日施行);
- (8) 《中华人民共和国环境噪声污染防治法》(2021年12月24日通过);
- (9) 《中华人民共和国自然保护区条例》(2017年10月7日修正并施行);
- (10) 《中华人民共和国渔业法》(2013年12月28日修正并施行);
- (11) 《中华人民共和国港口法》(2018年12月29日修正并施行);
- (12) 《中华人民共和国海上交通安全法》(2021年4月29日修订,2021年9月1日施行);
- (13) 《中华人民共和国航道法》(2016年7月2日修正并施行);
- (14) 《中华人民共和国清洁生产促进法》(2012年2月29日修正,2012年7月1日施行);
- (15) 《中华人民共和国循环经济促进法》(2018年10月26日修正并施行);
- (16) 《中华人民共和国节约能源法》(2018年10月26日修正并施行);
- (17) 《中华人民共和国野生动物保护法》(2018年10月26日修正并施行);
- (18) 《中国海洋渔业水域图(第一批)》(农业部公告第189号,2002年2月8日);

- (19) 《中华人民共和国水上水下作业和活动通航安全管理规定》(中华人民共和国交通运输部令, 2021 年第 24 号);
- (20) 《关于进一步加强水生生物资源保护 严格环境影响评价管理的通知》(环发〔2013〕86 号);
- (21) 《防治海洋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);
- (22) 《防治船舶污染海洋环境管理条例》(2018 年 3 月 19 日修正);
- (23) 《船舶大气污染物排放控制区实施方案》(交海发〔2018〕168 号);
- (24) 《建设项目环境保护管理条例》(2017 年 10 月 1 日施行);
- (25) 《建设项目环境影响评价分类管理名录(2021 年版)》(生态环境部令第 16 号);
- (26) 《环境影响评价公众参与办法》(生态环境部部令第 4 号, 2019 年 1 月 1 日);
- (27) 《自然资源部办公厅关于北京等省(区、市)启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》(自然资办函〔2022〕2207 号);
- (28) 《市场准入负面清单(2025 年版)》(发改体改规〔2025〕466 号);
- (29) 《产业结构调整指导目录(2024 年本)》(2023 年 12 月 27 日国家发展改革委令第 7 号公布, 自 2024 年 2 月 1 日起施行);
- (30) <国务院关于印发《固体废物综合治理行动计划》的通知>(国发〔2025〕14 号);
- (31) 《中国水生生物资源养护行动纲要》(国发〔2006〕9 号)。

2.1.2 地方性法规

- (1) 《广东省海域使用管理条例》(广东省人大常委会, 2021 年 9 月 29 日施行);
- (2) 《广东省环境保护条例》(2022 年 11 月 30 日广东省第十三届人民代表大会常务委员会第四十七次会议修正);
- (3) 《广东省固体废物污染环境防治条例》(2022 年 11 月 30 日广东省第十三届人民代表大会常务委员会第四十七次会议修正);
- (4) 《广东省水污染防治条例》, (根据 2021 年 9 月 29 日广东省第十三届人民代表大会常务委员会第三十五次会议修正);

(5) 《广东省大气污染防治条例》(2022年11月30日广东省第十三届人民代表大会常务委员会第四十七次会议修正);

(6) 《广东省渔业管理条例》(广东省第十三届人民代表大会常务委员会第十四次会议第三次,2019年9月25日修正);

(7) 《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);

(8) 《广东省航道管理条例》(2006年1月);

(9) 《广东省人民政府办公厅关于调整海砂开采海域使用权市场化出让方案批准有关事项的通知》(粤府办[2021]8号);

(10) 《广东省自然资源厅关于明确海砂开采海域使用权和采矿权“两权合一”出让有关事项的通知》(粤自然资函[2021]395号);

(11) 《广东省洗砂管理办法》(粤府令第299号),2023年2月10日发布。

2.1.3 相关规划和区划

(1) 《“十四五”海洋生态环境保护规划》,2022年1月11日;

(2) 《“十四五”海洋经济发展规划》(国函〔2021〕131号);

(3) 《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标》;

(4) 《广东省生态环境保护“十四五”规划》(粤环〔2021〕10号);

(5) 《广东省海洋经济“十四五”规划》(粤府办〔2021〕33号);

(6) 《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》(粤环〔2022〕7号);

(7) 《广东省近岸海域环境功能区划》(广东省人民政府办公厅,1999年7月27日);

(8) 《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》(粤府[2020]71号);

(9) 《广东省国土空间规划(2021-2035年)》,2024年1月16日;

(10) 《广东省国土空间生态修复规划(2021-2035年)》,2023年5月17日;

(11) 《广东省海岸带及海洋空间规划(2021-2035年)》,2025年1月23日;

(12) 《广东省自然资源保护与开发“十四五”规划》,2021年9月29日;

(13) 《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》,2021年1月26日;

(14) 《汕尾市“三线一单”生态环境分区管控方案(修订版)》(汕环〔2024〕

154号);

(15) 《汕尾市国土空间总体规划(2021-2035年)》，2023年9月；

(16) 《汕尾市生态环境保护“十四五”规划》(汕尾市生态环境局，2022年5月23日)

(17) 《汕尾市国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》；

(18) 《汕尾市海洋生态环境保护“十四五”规划》，2022年8月16日；

(19) 《汕尾市现代化海洋牧场建设规划(2024-2035年)》(汕府函〔2025〕4号)；

(20) 《汕尾市养殖水域滩涂规划(2018-2030年)》，2019年8月16日；

(21) 《汕尾港总体规划(2025-2035年)》，2025年9月报审稿；

2.1.4 技术规范和标准

(1) 《建设项目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 海洋生态环境》(HJ 1409-2025)；

(3) 《海砂开采环境影响评价技术规范》(国家海洋局，2014年4月29日)；

(4) 《环境影响评价技术导则 生态影响》(HJ 19-2022)；

(5) 《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ2.2-2018)；

(6) 《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ2.4-2021)；

(7) 《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ 169-2018)；

(8) 《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》(国家海洋局，2002年4月)；

(9) 《海洋监测规范》(GB17378-2007)；

(10) 《海洋监测技术规程》(HY/T147-2013)；

(11) 《海洋调查规范》(GB/T12763-2007)；

(12) 《海水水质标准》(GB3097-1997)；

(13) 《海洋沉积物质量》(GB18668-2002)；

(14) 《海洋生物质量》(GB 18421-2001)；

(15) 《海洋生态损害评估技术指南(试行)》(国海环字[2013]583号)；

(16) 《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(SC/T 9110-2007)；

(17) 《用水定额 第3部分：生活》(DB44/T1461.3-2021)；

- (18) 《船舶水污染物排放控制标准》(GB3552-2018)
- (19) 《水上溢油环境风险评估技术导则》(JT/T1143-2017);
- (20) 《船舶污染海洋环境风险评价技术规范(试行)》(交通运输部海事局 2011 年 9 月 16 日印发);
- (21) 《水运工程环境保护设计规范》(JTS149-2018)(2019 修订版)。

2.1.5 项目相关技术资料

- (1) 委托书;
- (2) 《广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-11 矿区回填料用海砂资源储量核实报告》(汕尾市自然资源局, 2025 年 12 月);
- (3) 《广东省汕尾市陆丰南海域 SW24-11 矿区回填料用海砂开采方案(复核稿)》(汕尾市自然资源局, 2026 年 3 月);
- (4) 《广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-11 矿区海砂开采海域使用论证报告书》(送审稿)(广东三海环保科技有限公司, 2026 年 4 月);
- (5) 《广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-11 区块前期工作项目通航安全影响研究报告(备案稿)》(广州俊航海洋工程技术有限公司, 2025 年 3 月);
- (6) 《2024 年汕尾海砂项目附近海域海洋水文测验技术报告》(广州海兰图检测技术有限公司, 2025 年 2 月);
- (7) 《2024 年汕尾海砂项目附近海域海洋水文测验技术报告》(广州海兰图检测技术有限公司, 2025 年 7 月);
- (8) 《2024 年汕尾海砂项目海洋环境现状调查监测报告(2025 年春季)》(广州海兰图检测技术有限公司, 2025 年 4 月);
- (9) 《2024 年汕尾海砂项目海洋环境现状调查监测报告(2024 年秋季)》(广州海兰图检测技术有限公司, 2025 年 1 月)。

2.2 环境功能区划

2.2.1 近岸海域环境功能区划

根据《广东省近岸海域环境功能区划》(粤府办[1999]68 号)及《广东省人民政府关于同意调整汕尾市部分近岸海域环境功能区划的批复》(粤府函[2013]127 号)、《广东省生态环境厅关于同意调整广东陆丰核电近岸海域环境功能区划的函》(粤环函〔2021〕634 号)、《广东省生态环境厅关于同意调整汕尾东海岸、碣石局部海

域近岸海域环境功能区划的函》（粤环函[2024]421号），项目位于 412 碣石湾浅海渔业功能区（水质目标为一类）。近岸海域环境功能区划图见图 2.2.1-1。

2.2.2 海洋功能区划

根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》（粤自然资发〔2025〕1号），本项目位于碣石湾工矿通信用海区。海洋功能分区图见图 2.2.2-1，项目所在海洋空间功能分区表见 2.2.2-1。

2.2.3 环境空气质量功能区划

根据《汕尾市环境保护规划纲要（2008-2020年）》，项目选址处未进行大气环境功能区划（详见图 2.2.3-1）。本项目为海砂开采工程，施工区域位于海上，不属于自然保护区、风景名胜区和需要特殊保护的区域，采砂区所在的海域未划分环境空气功能区，根据《环境空气质量标准》（GB3095-2026）的要求，参照工业区或农村地区，确定为二类区，执行《环境空气质量标准》（GB3095-2026）二级标准。

2.2.4 声环境功能区划

根据《汕尾市声环境功能区划方案》（汕环〔2021〕109号）及其 2024 年补充说明，工程区域未划分声环境功能区划（详见图 2.2.4-1）。本项目为海砂开采工程，项目位于海上，且周围不涉及噪声敏感建筑物，参考《声环境质量标准》（GB3096-2008）及《声环境功能区划分技术规范》（GB/T 15190-2014），将项目所在区域按 3 类声环境功能区管理。

2.2.5 生态环境功能区划

（1）广东省三线一单管控区

根据《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》（粤府〔2020〕71号），项目位于“海域环境管控单元”中的“一般管控单元”，详见图 2.2.5-1。

（2）汕尾市三线一单管控区

根据《汕尾市“三线一单”生态环境分区管控方案（修订版）》（汕环〔2024〕154号），项目位于珠海-潮州近海农渔业区（汕尾范围）一般管控单元（编码 HY44150030007），详见图 2.2.5-2。

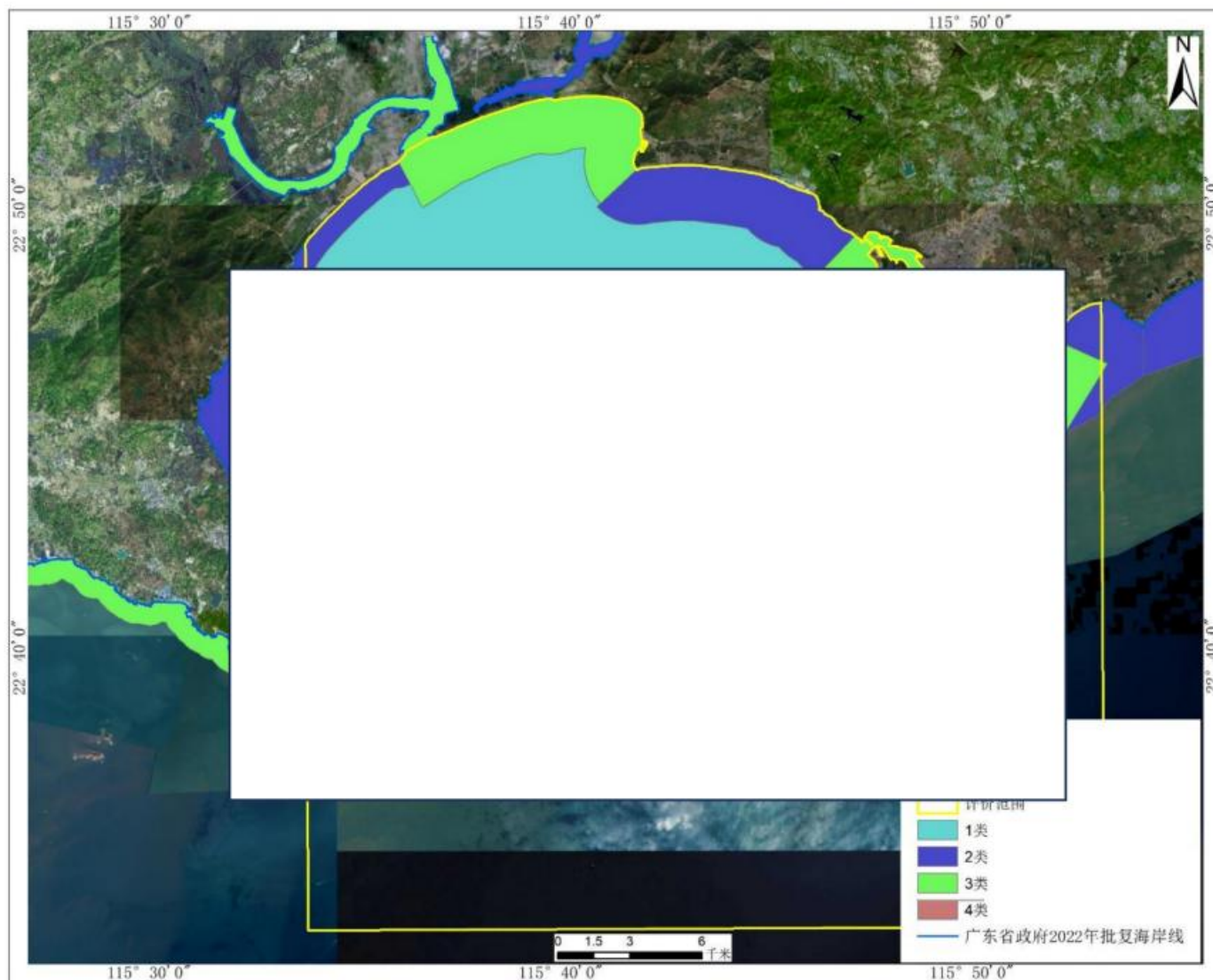
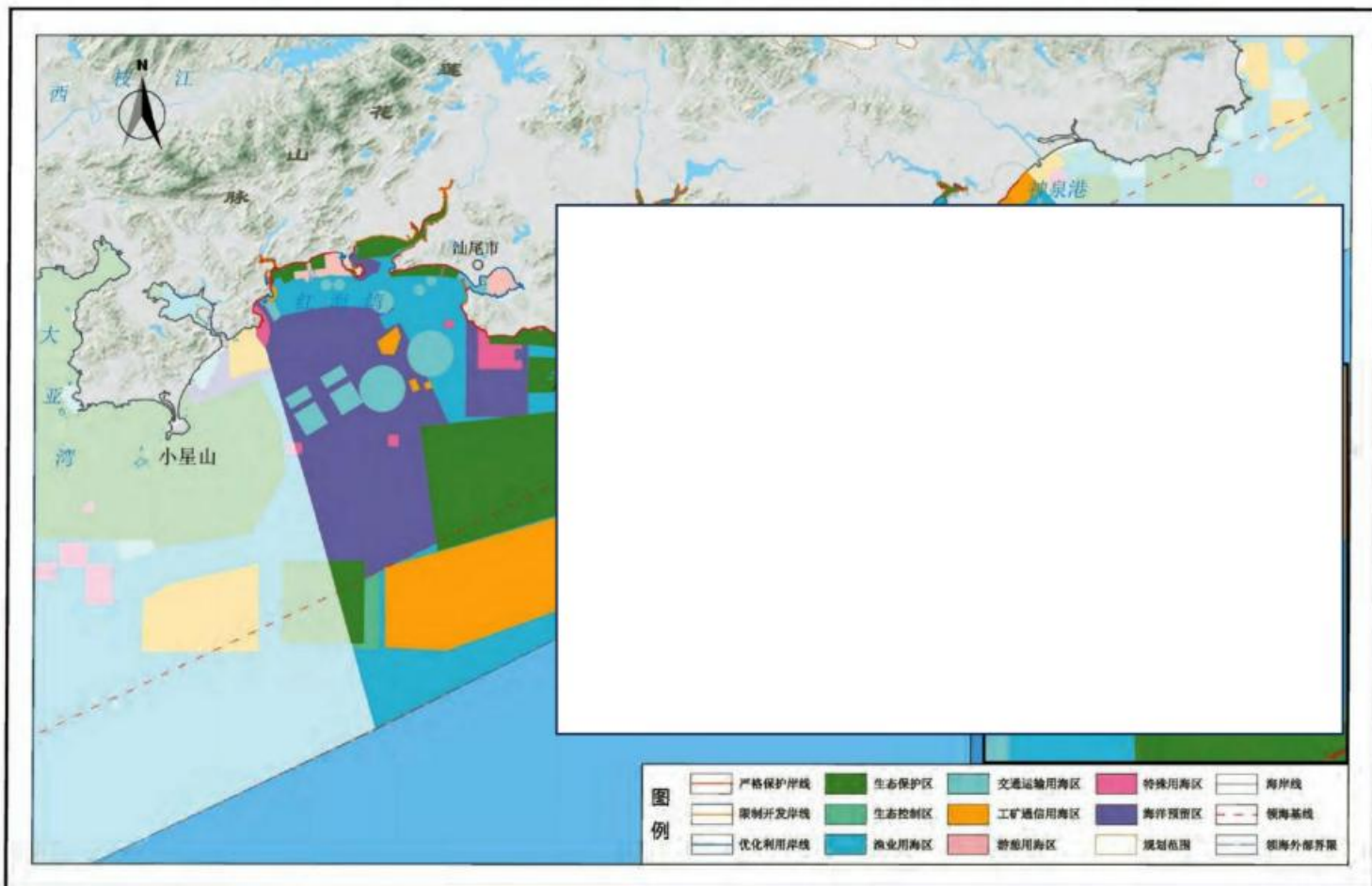


图 2.2.1-1 近岸海域环境功能区划

广东省海岸带分区发展及管控规划图-大红海湾区



审图号：粤S（2025）008号

比例尺1:300000（高斯-克吕格投影，标准纬线为30°）

广东省自然资源厅 编制
2025年1月

图 2.2.2-1 海洋空间规划图

表 2.2.2-1 《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》功能区登记表

序号: [679]

| 名称 | | 碣石湾工矿通信用海区 | | 代码 | 630-056 | | 功能区位置图 | | |
|---------------|-----------|--|-----|----|--|---|---|--|--|
| 分区类型 | | 工矿通信用海区 | | 位置 | 经度:115° 42' 6.725" E 纬度:22° 42' 10.968" N | |  | | |
| 地理范围 | | 碣石湾中部海域 | | | | | |  | |
| 空间资源现状 | 岸线长度(千米) | 0 | | | | | | | |
| | 潮间带面积(公顷) | 0 | | | | | | | |
| | 海域面积(公顷) | 2393.5164 | | | | | | | |
| | 海岛数量(个) | 有居民海岛 | 0 | | 无居民海岛 | 0 | | | |
| 开发利用现状 | | 区内有海砂开采活动。 | | | | | | | |
| 岸线类型 | 严格保护岸段 | 位置 (岸段序号) | --- | | 长度 (千米) | 0 | | | |
| | 限制开发岸段 | | --- | | | 0 | | | |
| | 优化利用岸段 | | --- | | | 0 | | | |
| 有居民海岛主体功能 | | --- | | | | | | | |
| 无居民海岛 (名称) | 生态保护区内 | --- | | | | | | | |
| | 生态控制区内 | --- | | | | | | | |
| | 海洋发展区内 | --- | | | | | | | |
| 管控要求 | 空间准入 | 1. 允许固体矿产等用海; 2. 在开发利用前可兼容开放式养殖等增殖用海, 游乐场等文体休闲娱乐用海。 | | | | | | | |
| | 利用方式 | 1. 严格限制改变海域自然属性; 2. 不得妨碍海上交通及海底电缆管道的安全。 | | | | | | | |
| | 保护要求 | 海上矿产开发利用过程中应加强对海底地形和潮流水动力等海洋生态环境特征的监测。 | | | | | | | |
| | 其他要求 | 加强海啸灾害防范。 | | | | | | | |

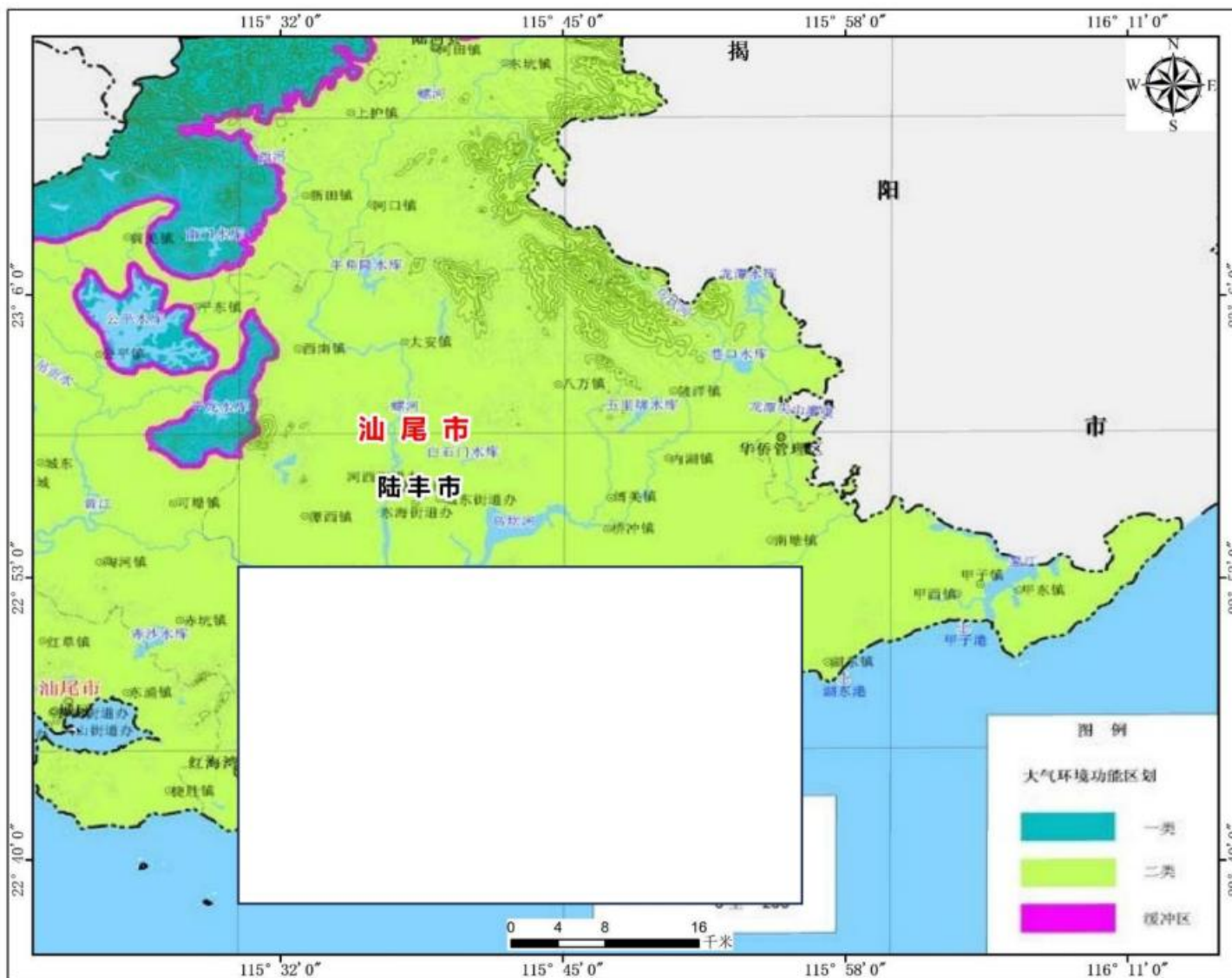


图 2.2.3-1 汕尾市环境空气功能区划图

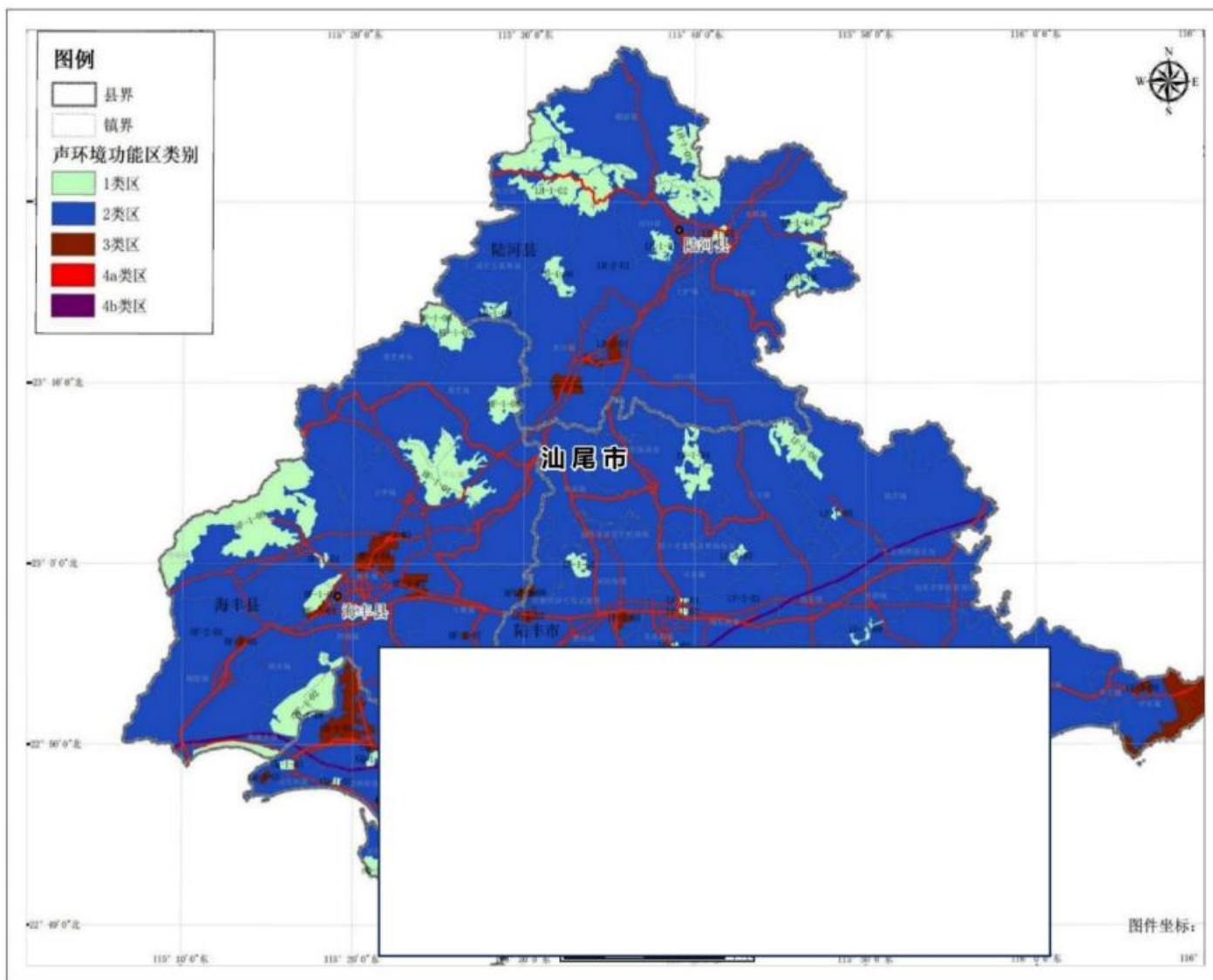


图 2.2.4-1 汕尾市全市声环境功能区划分图

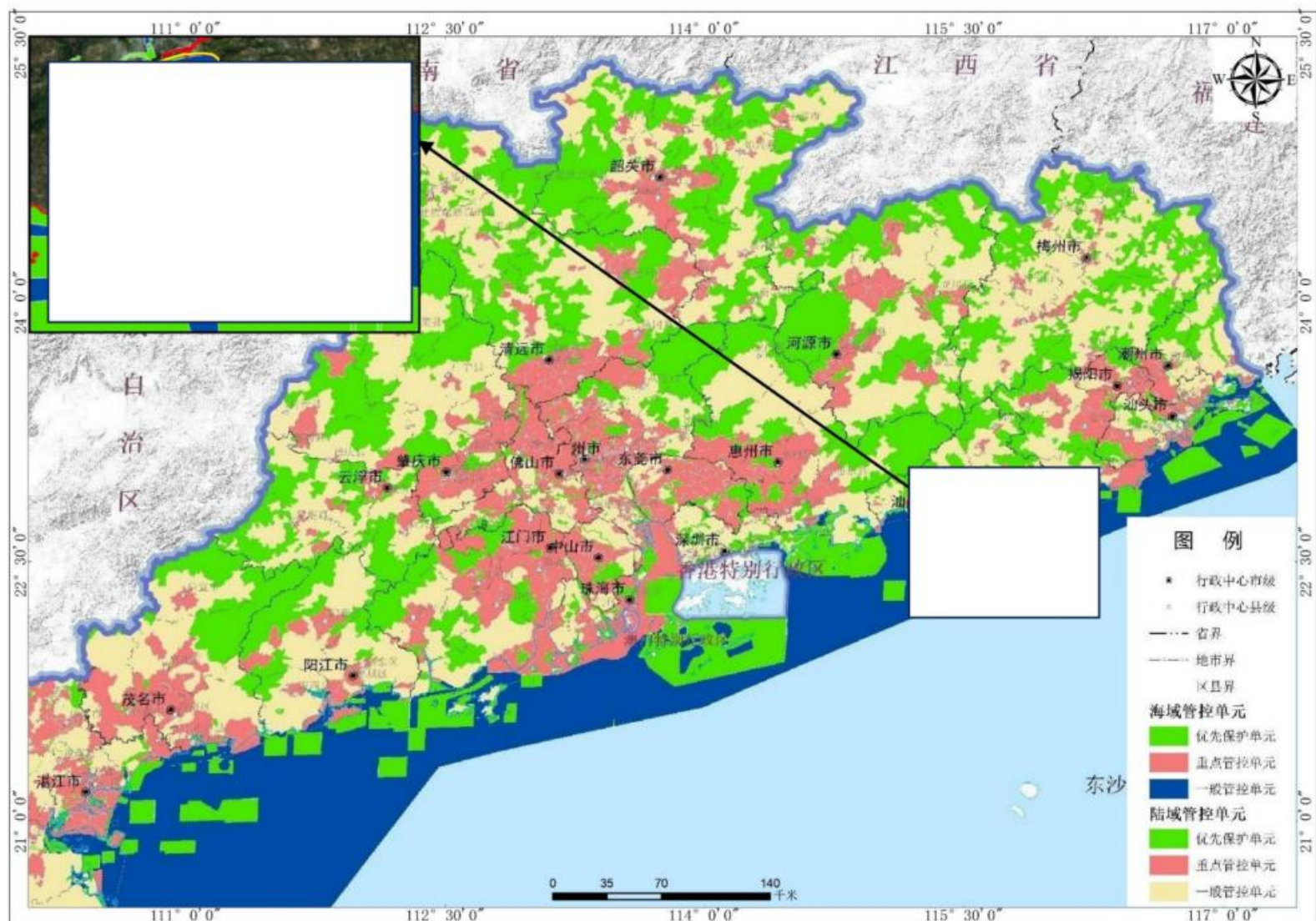


图 2.2.5-1 广东省环境管控单元图

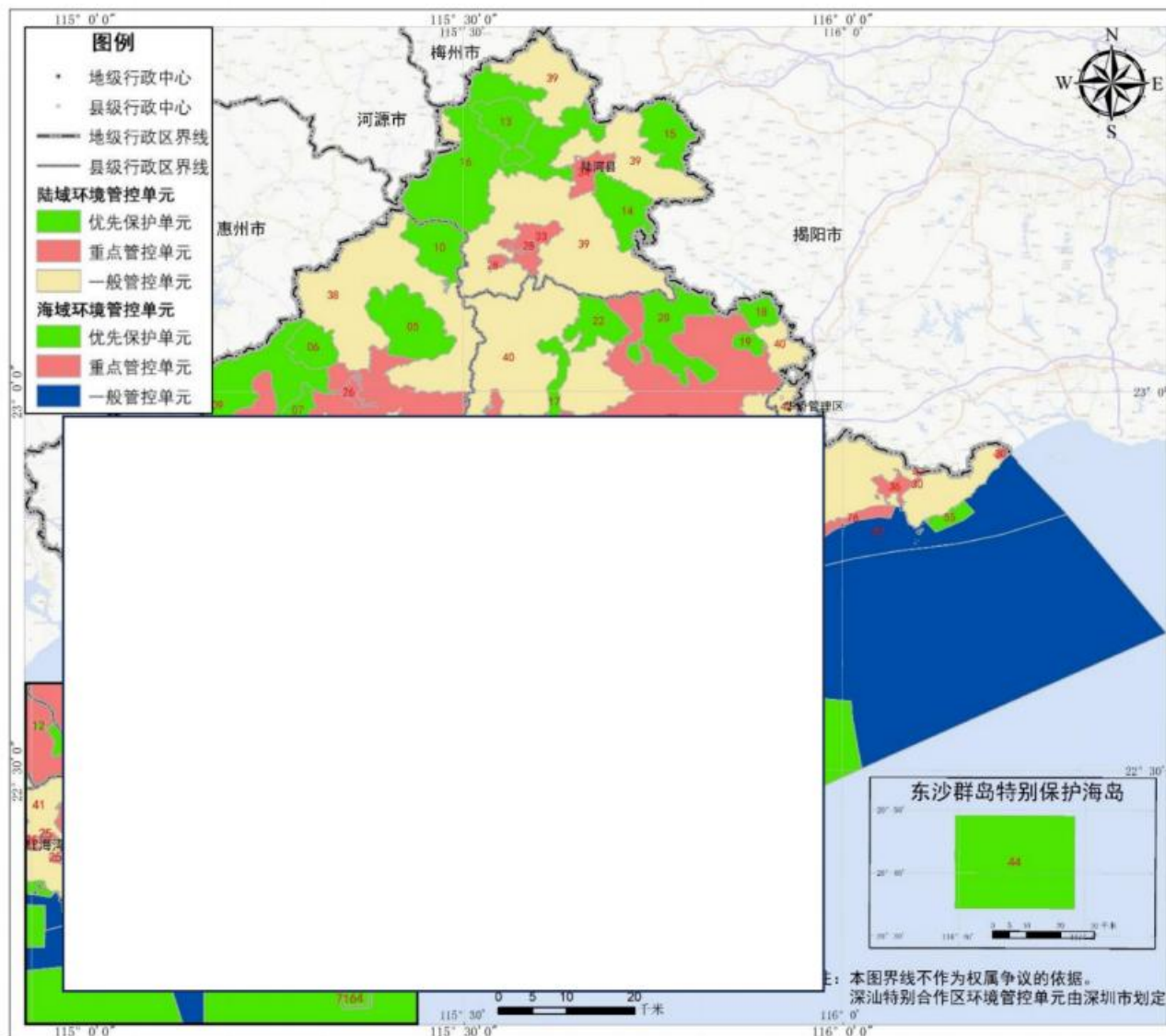


图 2.2.5-2 汕尾市环境管控单元图

2.3 环境影响识别与评价因子筛选

2.3.1 环境影响因素识别

通过对本项目污染物排放状况的分析，本工程海洋环境影响要素的识别判定见表 2.3.1-1。

表 2.3.1-1 项目环境影响因素识别

| 环境影响要素 | 评价因子 | 产生影响内容及其表征 | 生态影响方式与影响性质 | 影响程度与分析评价深度 |
|----------|---|----------------------|-------------|-------------|
| 海洋水文动力 | 潮流 | 采砂改变海域水文动力条件 | / | +++ |
| 地形地貌与冲淤 | 地貌演变及冲淤环境变化 | 采砂作业对作业区地形地貌和冲淤环境的影响 | / | +++ |
| 海水水质、沉积物 | 悬浮物 | 采砂作业过程产生的悬浮泥沙 | / | +++ |
| | 生活污水 | 船舶作业人员 | / | + |
| | 船舶舱底含油污水 | 作业船舶 | / | + |
| | 固体废物 | 船舶作业人员生活垃圾和碎石杂物等 | / | + |
| 海洋生态 | 叶绿素 a、初级生产力 | 采砂作业 | 直接、短期、可逆 | +++ |
| | 浮游植物、浮游动物、潮间带生物、底栖生物、游泳动物（含鱼卵仔稚鱼） | | 直接、短期、可逆 | +++ |
| | 重要水生生物“三场一通道”（幼鱼、幼虾保护区、南海北部幼鱼繁育场保护区） | | 直接、短期、可逆 | + |
| | 自然保护地（广东海丰鸟类省级自然保护区-大湖东分区、汕尾市遮浪角东人工鱼礁海洋生态市级自然保护区、广东遮浪半岛国家海洋自然公园） | | 间接、短期、可逆 | + |
| | 生态保护红线（广东海丰鸟类省级自然保护区-大湖东分区、汕尾市遮浪角东人工鱼礁海洋生态市级自然保护区、广东遮浪半岛国家级海洋自然公园、乌坎港上海村海岸防护物理防护极重要区、粤东沿海丘陵平原水土保持生态保护红线、大湖镇湖仔村海岸防护物理防护极重要区、施公寮海岸防护物理防护极重要区、遮浪半岛 | | 间接、短期、可逆 | + |

| 环境影响要素 | 评价因子 | 产生影响内容及其表征 | 生态影响方式与影响性质 | 影响程度与分析评价深度 |
|--|---|-------------|-------------|-------------|
| | 海岸侵蚀极脆弱区、遮浪南重要渔业资源产卵场、遮浪重要滩涂及浅海水域、遮浪长沟村海岸防护物理防护极重要区、汕尾红海湾遮浪角东人工鱼礁地方级自然保护区、碣石湾海马珍稀濒危物种分布区、碣石湾长毛对虾重要渔业资源产卵场、金厢海岸防护物理防护极重要区、金厢重要渔业资源产卵场、金厢镇山门村海岸防护物理防护极重要区) 特殊生境(珊瑚礁) | | | |
| | 自然岸线 | 采砂作业对岸线冲淤影响 | 间接、短期、可逆 | + |
| 环境空气 | SO ₂ 、NO _x 、颗粒物 | 采砂作业船舶 | / | + |
| 声环境 | 噪声 | 采砂作业船舶 | / | + |
| 固体废物 | 生活垃圾 | 船舶作业人员 | / | + |
| | 碎石杂物 | 采砂作业 | | |
| 环境风险 | 石油类 | 船舶碰撞溢油 | / | +++ |
| 注 1: +表示环境影响要素和评价因子所受到的影响程度为较小或轻微, 需要进行简要的分析与影响预测; | | | | |
| 注 2: ++表示环境影响要素和评价因子所受到的影响程度为中等, 需要进行常规影响分析与影响预测; | | | | |
| 注 3: +++环境影响要素和评价因子所受到的影响程度为较大或敏感, 需要进行重点的影响分析与影响预测。 | | | | |

2.3.2 评价因子筛选

根据本工程的环境影响要素识别、工程施工和工程后的特点, 对评价因子进行筛选。筛选的结果见表 2.3.2-1。

表 2.3.2-1a 评价因子筛选结果 (污染类)

| 环境要素 | 现状评价因子 | 影响评价或分析因子 |
|--------|--|--------------------------|
| 环境空气 | SO ₂ 、NO ₂ 、CO、O ₃ 、PM ₁₀ 、PM _{2.5} | / |
| 水动力环境 | 潮位、海流(流速、流向)、水温、盐度 | 潮流流速、流向变化、地形地貌与冲淤环境变化 |
| 水质环境 | pH、溶解氧、化学需氧量、无机氮、活性磷酸盐、石油类、汞、砷、铜、锌、铅、镉、总铬、硫化物、挥发酚、氰化物、氟化物 | 悬浮泥沙扩散对水环境、沉积物环境、海洋生物的影响 |
| 沉积物环境 | pH、含水率、粒度、有机碳、石油类、硫化物、铜、铅、镉、锌、汞、铬、砷 | |
| 海洋生物质量 | 铜、铅、锌、镉、铬、总汞、砷、石油 | |

| 环境要素 | 现状评价因子 | 影响评价或分析因子 |
|------|----------|-----------|
| | 烃 | |
| 声环境 | L_{eq} | L_{eq} |
| 固体废物 | / | 生活垃圾、碎石杂物 |
| 环境风险 | / | 溢油 |

表 2.3.2-1b 评价因子筛选结果（生态类）

| 受影响对象 | | 评价因子 |
|---------------------------------------|------------------------|---|
| 初级生产力 | | 叶绿素 a |
| 浮游植物、浮游动物、潮间带生物、底栖生物、游泳动物 (含鱼卵仔稚鱼) | | 种类组成、生物量、密度(丰度)、种群结构、群落特征、分布范围、物种多样性指数等 |
| 重要水生生物 “三场一通道”、水产种质资源保护区 | 幼鱼、幼虾保护区 | 分布范围、生产力 |
| | 南海北部幼鱼繁育场保护区 | |
| 特殊生境 | 珊瑚礁 | 分布面积、物种种类、物种覆盖度、生物多样性、生境稳定性、生态健康情况 |
| 自然保护地和生态保护红线 | 广东海丰鸟类省级自然保护区-大湖东分区 | 主要保护对象数量和种群规模、主要生态功能、物种栖息地连通性 |
| | 汕尾市遮浪角东人工鱼礁海洋生态市级自然保护区 | |
| | 广东遮浪半岛国家级海洋自然公园 | |
| | 乌坎港上海村海岸防护物理防护极重要区 | |
| | 粤东沿海丘陵平原水土保持生态保护红线 | |
| | 大湖镇湖仔村海岸防护物理防护极重要区 | |
| | 施公寮海岸防护物理防护极重要区 | |
| | 遮浪半岛海岸侵蚀极脆弱区 | |
| | 遮浪南重要渔业资源产卵场 | |
| | 遮浪重要滩涂及浅海水域 | |
| | 遮浪长沟村海岸防护物理防护极重要区 | |
| | 汕尾红海湾遮浪角东人工鱼礁地方级自然保护区 | |
| | 碣石湾海马珍稀濒危物种分布区 | |
| | 碣石湾长毛对虾重要渔业资源产卵场 | |
| | 金厢海岸防护物理防护极重要区 | |
| | 金厢重要渔业资源产卵场 | |
| 金厢镇山门村海岸防护物理防护极重要区 | | |
| 自然岸线 | | 长度、宽度、类型和功能 |

2.4 评价重点

根据本工程所在海域海洋功能特点及采砂对海洋环境影响特征，本工程的环境影响评价重点为：

- (1) 采砂工程所致悬浮泥沙对海水、海洋生态、渔业资源的污染影响；
- (2) 采砂工程所致海底地形变化对水动力环境影响与水动力变化对附近地形地貌和冲淤环境的影响；
- (3) 采砂作业对环境敏感目标的影响分析；
- (4) 采砂过程中采取的环境保护对策、措施；
- (5) 环境风险事故的影响及风险防范措施。

2.5 评价标准

2.5.1 环境质量标准

2.5.1.1 海水水质标准

根据《广东省近岸海域环境功能区划》（粤府办[1999]68号）、《广东省人民政府关于同意调整汕尾市部分近岸海域环境功能区划的批复》（粤府函[2013]127号）、《广东省生态环境厅关于同意调整广东陆丰核电近岸海域环境功能区划的函》（粤环函〔2021〕634号）、《广东省生态环境厅关于同意调整汕尾东海岸、碣石局部海域近岸海域环境功能区划的函》（粤环函〔2024〕421号），项目位于412碣石湾浅海渔业功能区，执行《海水水质标准》（GB3097-1997）第一类标准。近岸海域环境功能区划外的海域由于无海水水质管理目标，按海水水质标准符合性进行评价。

表 2.5.1-1 海水水质标准（单位：pH无量纲，其余单位为 mg/L）

| 序号 | 项目 | 第一类 | 第二类 | 第三类 | 第四类 |
|----|---------------------------|----------|---------|-----------|-----------|
| 1 | pH | 7.8~8.5 | | 6.8~8.8 | |
| 2 | 溶解氧 | >6 | >5 | >4 | >3 |
| 3 | 悬浮物 | 人为增加量≤10 | | 人为增加量≤100 | 人为增加量≤150 |
| 4 | 化学需氧量（COD _{Mn} ） | ≤2 | ≤3 | ≤4 | ≤5 |
| 5 | 生化需氧量（BOD ₅ ） | ≤1 | ≤3 | ≤4 | ≤5 |
| 6 | 无机氮（以 N 计） | ≤0.20 | ≤0.30 | ≤0.40 | ≤0.50 |
| 7 | 活性磷酸盐（以 P 计） | ≤0.015 | ≤0.030 | | ≤0.045 |
| 8 | 汞 | ≤0.00005 | ≤0.0002 | | ≤0.0005 |
| 9 | 镉 | ≤0.001 | ≤0.005 | ≤0.010 | |
| 10 | 铅 | ≤0.001 | ≤0.005 | ≤0.010 | ≤0.050 |
| 11 | 砷 | ≤0.020 | ≤0.030 | ≤0.050 | |
| 12 | 铜 | ≤0.005 | ≤0.010 | ≤0.050 | |
| 13 | 锌 | ≤0.020 | ≤0.050 | ≤0.10 | ≤0.50 |
| 14 | 总铬 | ≤0.05 | ≤0.10 | ≤0.20 | ≤0.50 |

| 序号 | 项目 | 第一类 | 第二类 | 第三类 | 第四类 |
|----|----------|--------|--------|--------|--------|
| 15 | 镍 | 0.005 | 0.010 | 0.020 | 0.050 |
| 16 | 石油类 | ≤0.05 | | ≤0.30 | ≤0.50 |
| 17 | 挥发性酚 | ≤0.020 | ≤0.050 | ≤0.100 | ≤0.250 |
| 18 | 硫化物(以硫计) | ≤0.005 | ≤0.005 | ≤0.010 | ≤0.050 |
| 19 | 氰化物 | 0.005 | | 0.10 | 0.20 |

2.5.1.2 海洋沉积物质量

海洋沉积物质量执行《海洋沉积物质量标准》(GB18668-2002), 沉积物质量标准执行较海水水质标准高一级的沉积物质量评价标准, 最高为一类沉积物质量标准。项目所在海域海水水质执行第一类标准, 则海洋沉积物质量执行第一类标准。近岸海域环境功能区划外的海域按沉积物标准符合性进行评价。

表 2.5.1-2 海洋沉积物质量标准 (单位: $\times 10^{-6}$, 干重, 有机碳为%)

| 序号 | 项目 | 第一类 | 第二类 | 第三类 |
|----|------|-------|--------|--------|
| 1 | 有机碳≤ | 2.0 | 3.0 | 4.0 |
| 2 | 石油类≤ | 500.0 | 1000.0 | 1500.0 |
| 3 | 硫化物≤ | 300.0 | 500.0 | 600.0 |
| 4 | 汞≤ | 0.20 | 0.50 | 1.0 |
| 5 | 砷≤ | 20.0 | 65.0 | 93.0 |
| 6 | 镉≤ | 0.50 | 1.50 | 5.00 |
| 7 | 铅≤ | 60.0 | 130.0 | 250.0 |
| 8 | 铜≤ | 35.0 | 100.0 | 200.0 |
| 9 | 锌≤ | 150.0 | 350.0 | 600.0 |
| 10 | 铬≤ | 80.0 | 150.0 | 270.0 |

注: 第一类适用于海洋渔业海域, 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海域, 特殊用途的海洋开发作业区。

2.5.1.3 海洋生物质量

双壳类贝类的海洋生物质量执行《海洋生物质量》(GB18421-2001), 双壳类贝类的海洋生物质量标准执行较海水水质标准高一级的海洋生物质量评价标准, 最高为一类标准。项目所在海域海水水质执行第一类标准, 则双壳类贝类的海洋生物质量执行第一类标准。近岸海域环境功能区划外的海域按海洋生物质量标准符合性进行评价。

鱼类、甲壳类和软体类(含非双壳类贝类)的生物质量执行《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》(HJ1409-2025)附录 C 规定的其他海洋生物质量参考值。

铬没有相应的评价标准, 因此只做本底监测, 不做评价。

表 2.5.1-3 海洋生物(双壳类贝类)质量标准(GB18421-2001)(鲜重: mg/kg)

| 序号 | 项目 | 第一类 | 第二类 | 第三类 |
|----|-----|------|------|------|
| 1 | 总汞≤ | 0.05 | 0.10 | 0.30 |

| | | | | |
|---|------------|-----|-----|--------------|
| 2 | 砷 \leq | 1.0 | 5.0 | 8.0 |
| 3 | 镉 \leq | 0.2 | 2.0 | 5.0 |
| 4 | 铬 \leq | 0.5 | 2.0 | 6.0 |
| 5 | 铅 \leq | 0.1 | 2.0 | 6.0 |
| 6 | 铜 \leq | 10 | 25 | 50 (牡蛎 100) |
| 7 | 锌 \leq | 20 | 50 | 100 (牡蛎 500) |
| 8 | 石油烃 \leq | 15 | 50 | 80 |

注：以贝类去壳部分的鲜重计

表 2.5.1-4 其他海洋生物体质量参考值 (湿重: mg/kg)

| 生物类别 | 总汞 | 镉 | 锌 | 铅 | 铜 | 砷 | 石油烃 | 引用标准 |
|--------------|-----|-----|-----|----|-----|---|-----|---|
| 软体类 (非双壳类贝类) | 0.3 | 5.5 | 250 | 10 | 100 | 1 | 20 | 《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》 (HJ1409-2025) 附录 C |
| 甲壳类 | 0.2 | 2.0 | 150 | 2 | 100 | 1 | 20 | |
| 鱼类 | 0.3 | 0.6 | 40 | 2 | 20 | 1 | 20 | |

2.5.1.4 环境空气质量标准

根据《汕尾市环境保护规划纲要 (2008-2020 年)》，项目选址处未进行大气环境功能区划。本项目为海砂开采工程，施工区域位于海上，不属于自然保护区、风景名胜区和需要特殊保护的区域，采砂区所在的海域未划分环境空气功能区，根据《环境空气质量标准》(GB3095-2026) 的要求，参照工业区或农村地区，确定为二类区，执行《环境空气质量标准》(GB3095-2026) 二级标准。2031 年 1 月 1 日前环境空气污染物基本项目实施过渡阶段浓度限值；2031 年 1 月 1 日起，实施基本项目浓度限值。

表 2.5.1-5 环境空气质量标准

| 污染物名称 | 取值时间 | 过渡阶段浓度限值 (2031 年 1 月 1 日前) | 浓度限值 (2031 年 1 月 1 日起) | 选用标准 |
|-------------------|------------|-------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| SO ₂ | 年平均 | 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 《环境空气质量标准》 (GB3095-2026) 的二级标准 |
| | 日平均 | 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | |
| | 1 小时平均 | 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | |
| NO ₂ | 年平均 | 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | |
| | 日平均 | 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | |
| | 1 小时平均 | 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | |
| PM ₁₀ | 年平均 | 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | |
| | 日平均 | 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | |
| PM _{2.5} | 年平均 | 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | |
| | 日平均 | 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | |
| CO | 日平均 | 4 mg/m^3 | 4 mg/m^3 | |
| | 1 小时平均 | 10 mg/m^3 | 10 mg/m^3 | |
| O ₃ | 日最大 8 小时平均 | 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | |
| | 1 小时平均 | 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | |

2.5.1.5 声环境质量标准

根据《汕尾市声环境功能区区划方案》（汕环〔2021〕109号）及其2024年补充说明，工程区域未划分声环境功能区划（详见图2.2.4-1）。本项目为海砂开采工程，项目位于海上，且周围不涉及噪声敏感建筑物，参考《声环境质量标准》（GB3096-2008）及《声环境功能区划分技术规范》（GB/T 15190-2014），将项目所在区域按3类声环境功能区管理，执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）3类标准。

表 2.5.1-6 声环境质量标准 单位：dB（A）

| 声环境功能区类别 | 时段 | |
|----------|----|----|
| | 昼间 | 夜间 |
| 3类 | 65 | 55 |

2.5.2 污染物排放标准

2.5.2.1 船舶水污染物排放标准

本项目海砂区块位于领海基线以内，本工程作业船舶产生的舱底含油污水和生活污水应严格执行《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的要求，禁止直接向沿海海域排放油类污染物。本项目作业船舶含油污水统一收集后交由有处理能力的单位收运处理，船舶生活污水经船载生活污水处理设施处理后，在满足《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）要求的前提下排放。

船舶污染物接收单位应满足《广东海事局船舶污染物接收作业单位备案管理办法》（粤海事危〔2010〕230号）的相关要求。船舶污染物接收方的运输路线不在本项目评价范围内。

表 2.5.2-1 船舶水污染物排放控制标准（GB3552-2018）

| 污水类别 | 船舶类别/排放水域 | | 排放控制要求 |
|---------|-------------------|----|--|
| 机器处所油污水 | 2021年1月1日之前建造的船舶 | 内河 | 自2018年7月1日起，达标排放（油污水处理装置出水口处石油类 $\leq 15\text{mg/L}$ ，排放在船舶航行中进行）或收集并排入接收设施 |
| | 2021年1月1日及以后建造的船舶 | | 收集并排入接收设施。 |
| | 400总吨及以上船舶 | 沿海 | 自2018年7月1日起，达标排放（油污水处理装置出水口处石油类 $\leq 15\text{mg/L}$ ，排放在船舶航行中进行）或收集并排入接收设施。 |
| | 400总吨以下船舶（非渔业船舶） | | 自2018年7月1日起，达标排放（油污水处理装置出水口处石油类 $\leq 15\text{mg/L}$ ，排放在船舶航行中进行）或收集并排入接收设施。 |
| 含货油 | 全部油船 | 内河 | 自2018年7月1日起，收集并排入接收设施 |

| 污水类别 | 船舶类别/排放水域 | | 排放控制要求 |
|---------|--|----------------------------|--|
| 残余物的油污水 | 150 总吨及以上油船 | 沿海 | 自 2018 年 7 月 1 日起, 收集并接入接收设施, 或在达船舶航行中排放, 并同时满足下列条件: (1) 油船距最近陆地 50 海里以上; (2) 排入海中油污水含油量瞬间排放率不超过 30 升/海里; (3) 排入海中油污水含油量不得超过货油含量的 1/30000; (4) 排油监控系统运转正常。 |
| | 150 总吨以下油船 | | 自 2018 年 7 月 1 日起, 收集并接入接收设施 |
| 船舶生活污水 | 400 总吨及以上船舶, 400 总吨以下且经核定许可载运 15 人及以上的船舶 | 在内河和距最近陆地 3 海里以内 (含) 的海域 | 自 2018 年 7 月 1 日起, 利用船载收集装置收集, 排入接收设施或利用船载生活污水处理设施处理, 根据船舶类别和安装生活污水处理装置的时间, 处理达标排放。 (1) 2012 年 1 月 1 日以前安装 (含更换) 生活污水处理装置的船舶: 生活污水处理装置出水口处: $BOD_5 \leq 25\text{mg/L}$ 、 $SS \leq 35\text{mg/L}$ 、耐热大肠菌群数 ≤ 2500 个/L (2) 2012 年 1 月 1 日以后安装 (含更换) 生活污水处理装置的船舶: 生活污水处理装置出水口处: $BOD_5 \leq 25\text{mg/L}$ 、 $SS \leq 35\text{mg/L}$ 、耐热大肠菌群数 ≤ 1000 个/L、 $COD_{Cr} \leq 125\text{mg/L}$ 、pH 值 6~8.5、总余氯 $< 0.5\text{mg/L}$ |
| | | 3 海里 < 与最近陆地间距离 < 12 海里的海域 | 自 2018 年 7 月 1 日起, 同时满足下列条件: (1) 使用设备打碎固形物和消毒后排放; (2) 船速不低于 4 节, 且生活污水排放速率不超过相应船速下的允许排放速率。 |
| | | 与最近陆地间距离 > 12 海里的海域 | 自 2018 年 7 月 1 日起, 船速不低于 4 节, 且生活污水排放速率不超过相应船速下的允许排放速率。 |

2.5.2.2 大气污染物排放标准

根据本项目矿区及周边航路与《船舶大气污染物排放控制区实施方案》(交海发[2018]168 号) 排放控制区的叠图 (见图 2.5.2-1), 矿区及周边习惯航路均位于排放控制区内, 本项目作业船舶燃油废气参考执行《船舶发动机排气污染物排放限值及测量方法 (中国第一、二阶段)》《船舶大气污染物排放控制区实施方案》(交海发[2018]168 号) 中的相关限值要求。

表 2.5.2-2 《船舶发动机排气污染物排放限值及测量方法 (中国第一、二阶段)》标准摘录

| 船机类型 | 单缸排量 (SV) (L/缸) | 额定净功率 (P) (kW) | CO(g/kWh) | HC+NO _x (g/kWh) | CH ₄ *(g/kWh) | PM(g/kWh) |
|-----------------|--------------------|-------------------|-----------|----------------------------|--------------------------|-----------|
| 船机排气污染物第一阶段排放限值 | | | | | | |
| 第 1 类 | SV < 0.9 | P ≥ 37 | 5.0 | 7.5 | 1.5 | 0.40 |
| | 0.9 ≤ SV < 1.2 | | 5.0 | 7.2 | 1.5 | 0.30 |
| | 1.2 ≤ SV < 5 | | 5.0 | 7.2 | 1.5 | 0.20 |

| | | | | | | |
|---|------------|-------------|-----|------|-----|------|
| 第2类 | 5≤SV<15 | | 5.0 | 7.8 | 1.5 | 0.27 |
| | 15≤SV<20 | P<3300 | 5.0 | 8.7 | 1.6 | 0.50 |
| | | P≥3300 | 5.0 | 9.8 | 1.8 | 0.50 |
| | 20≤SV<25 | | 5.0 | 9.8 | 1.8 | 0.50 |
| | 25≤SV<30 | | 5.0 | 11.0 | 2.0 | 0.50 |
| 船机排气污染物第二阶段排放限值 | | | | | | |
| 第1类 | SV<0.9 | P≥37 | 5.0 | 5.8 | 1.0 | 0.3 |
| | 0.9≤SV<1.2 | | 5.0 | 5.8 | 1.0 | 0.14 |
| | 1.2≤SV<5 | | 5.0 | 5.8 | 1.0 | 0.12 |
| 第2类 | 5≤SV<15 | P<2000 | 5.0 | 6.2 | 1.2 | 0.14 |
| | | 2000≤P<3700 | 5.0 | 7.8 | 1.5 | 0.14 |
| | | P≥3700 | 5.0 | 7.8 | 1.5 | 0.27 |
| | 15≤SV<20 | P<2000 | 5.0 | 7.0 | 1.5 | 0.34 |
| | | 2000≤P<3300 | 5.0 | 8.7 | 1.6 | 0.50 |
| | | P≥3300 | 5.0 | 9.8 | 1.8 | 0.50 |
| | 20≤SV<25 | P<2000 | 5.0 | 9.8 | 1.8 | 0.27 |
| | | P≥2000 | 5.0 | 9.8 | 1.8 | 0.50 |
| | 25≤SV<30 | P<2000 | 5.0 | 11.0 | 2.0 | 0.27 |
| | | P≥2000 | 5.0 | 11.0 | 2.0 | 0.50 |
| 注(1) *仅适用于 NG (含双燃料) 船机。 | | | | | | |
| (2) 自 2018 年 7 月 1 日起, 凡进行型式检验的新型船机均应符合本标准第一阶段要求; 自 2021 年 7 月 1 日起, 凡进行型式检验的新型船机均应符合本标准第二阶段要求。 | | | | | | |

表 2.5.2-3 《船舶大气污染物排放控制区实施方案》) 标准摘录

| 序号 | 类别 | 具体控制要求 |
|----|----------------|---|
| 1 | 硫氧化物和颗粒物排放控制要求 | 2019 年 1 月 1 日起, 海船进入排放控制区, 应使用硫含量不大于 0.5% m/m 的船用燃油, 大型内河船和江海直达船舶应使用符合新修订的船用燃料油国家标准要求的燃油; 其他内河船应使用符合国家标准要求的柴油。2020 年 1 月 1 日起, 海船进入内河控制区, 应使用硫含量不大于 0.1% m/m 的船用燃油。 2020 年 3 月 1 日起, 未使用硫氧化物和颗粒物污染控制装置等替代措施的船舶进入排放控制区只能装载和使用按照本方案规定应当使用的船用燃油。 |
| 2 | 氮氧化物排放控制要求 | 2022 年 1 月 1 日及以后建造或进行船用柴油发动机重大改装的、进入沿海控制区海南水域和内河控制区的中国籍国内航行船舶, 所使用的单缸排量大于或等于 30 升的船用柴油发动机应满足《国际防止船舶造成污染公约》第三阶段氮氧化物排放限值要求。 |



图 2.5.2-1 矿区与排放控制区叠图

2.5.2.3 固体废物

一般工业固体废物按照《中华人民共和国固体废物污染防治法》要求落实。

船舶垃圾执行《船舶水污染物排放控制标准》(GB3552-2018)的有关要求。本项目船舶生活垃圾需收集至岸上统一处理，不得倾倒入海。

2.6 评价工作等级和评价范围

2.6.1 评价等级

2.6.1.1 海洋生态环境影响评价等级

根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》(HJ 1409-2025)的规定,环境影响评价工作等级依据建设项目的工程特点、工程所在地的环境特征、国家和地方政府所颁布的有关法规等因素而确定。

本项目属于海砂开采工程,水下开挖/回填料量 $Q > 500 \times 10^4 \text{m}^3$,海洋生态环境评价评价等级为 1 级(海洋生态环境评价等级已包含海水水质、海洋沉积物、海洋生态(含生物生态、生物资源、生物质量)、水文动力、地形地貌与冲淤环境等环境因素评价等级)。

表 2.6.1-1 建设项目海洋生态环境影响评价等级判定表

| 影响类型 | 评价等级 | | |
|-------------------------------------|--------------|--------------------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 |
| 水下开挖/回填料量 Q (10^4m^3) | $Q \geq 500$ | $100 \leq Q < 500$ | $Q < 100$ |

2.6.1.2 大气环境评价工作等级

项目大气环境影响因素主要来自采砂船作业排放废气,属于无固定源排放废气,属于无组织排放,具有流动性,排放量小,根据《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ2.2-2018),本项目环境空气的评价等级为三级。

2.6.1.3 声环境影响评价等级

本项目主体工程位于海上,项目区周围 200m 范围内无声环境敏感目标,根据《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ2.4-2021),“建设项目所处的声环境功能区为 GB3096 规定的 3 类、4 类地区,或建设项目建设前后评价范围内敏感目标噪声级增高量在 3dB(A)以下[不含 3dB(A)],且受影响人口数量变化不大时,按三级评价。”本项目周边 200m 范围内无声环境敏感目标,噪声增高量在 3dB(A)以下,且受影响人口数量变化不大,确定本次噪声评价等级为三级。

2.6.1.4 环境风险评价等级

本项目为海砂开采项目,项目主要环境风险为船舶溢油对海洋生态环境的影响。根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》(HJ 1409-2025) 8.3 评价等级判定:采用 HJ 169 的判定方法,分析建设项目环境风险潜势,判定风险评价等级。建设项目的海洋环境风险评价等级划分为一级、二级和三级。危险物质临界量和海洋环境

敏感程度分级参见附录 G。

(1) 危险物质及工艺系统危险性 (P) 分级

①危险物质数量与临界量比值 (Q)

采砂施工拟采用 3 艘 1200m³/h 采砂船 (单艘最大吨位约 9743 吨级)、2 艘 400m³/h 采砂船 (单艘吨位约 5376 吨级), 同时配备一定数量的过驳船 (单艘吨位 7500 吨级) 进行作业。根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》(HJ 1409-2025) 附录表 G.1 油类物质 (矿物油类, 如石油、汽油、柴油等; 生物柴油等) 的临界量为 100t (船舶在线量按单个船舶所载货油或船用燃料油全部舱容的数量确定)。本项目作业船舶最大吨位为 9743 吨, 根据《船舶污染海洋环境风险评价技术规范 (试行)》(交通运输部海事局 2011 年 9 月 16 日印发) 中的规定, 非油轮船燃油最大携带量也可用船舶总吨推算, 根据船型不同, 一般取船舶总吨的 8%~12%, 本评价取船舶吨位的 10%核算船舶最大载油量, 为 974.3t。则本项目 $Q=974.3/100=9.74$, $1 \leq Q < 10$ 。

②行业及生产工艺 (M)

分析项目所属行业及生产工艺特点, 按照下表评估生产工艺情况。具有多套工艺单元的项目, 对每套生产工艺分别评分并求和。将 M 划分为 (1) $M > 20$; (2) $10 < M \leq 20$; (3) $5 < M \leq 10$; (4) $M = 5$, 分别以 M1、M2、M3 和 M4 表示。

表 2.6.1-2 行业及生产工艺 (M)

| 行业 | 评估依据 | 分值 |
|--|---|----------|
| 石化、化工、医药、轻工、化纤、有色冶炼等 | 涉及光气及光气化工艺、电解工艺 (氯碱)、氯化工艺、硝化工艺、合成氨工艺、裂解 (裂化) 工艺、氟化工艺、加氢工艺、重氮化工艺、氧化工艺、过氧化工艺、胺基化工艺、磺化工艺、聚合工艺、烷基化工艺、新型煤化工工艺、电石生产工艺、偶氮化工艺 | 10/套 |
| | 无机酸制酸工艺、焦化工艺 | 5/套 |
| | 其他高温或高压, 且涉及危险物质的工艺过程 a、危险物质贮存罐区 | 5/套 (罐区) |
| 管道、港口/码头等 | 涉及危险物质管道运输项目、港口/码头等 | 10 |
| 石油天然气 | 石油、天然气、页岩气开采 (含净化), 气库 (不含加气站的气库), 油库 (不含加气站的油库)、油气管线 b (不含城镇燃气管线) | 10 |
| 其他 | 涉及危险物质使用、贮存的项目 | 5 |
| a 高温指工艺温度 ≥ 300 °C, 高压指压力容器的设计压力 (P) ≥ 10.0 MPa; b 长输管道运输项目应按站场、管线分段进行评价。 | | |

本项目为海砂开采项目, 属于上表中的其他行业, 涉及危险物质使用、贮存, $M=5$, 则行业及生产工艺分级为 M4。

③危险物质及工艺系统危险性（P）分级

根据危险物质数量与临界量比值（Q）和行业及生产工艺（M），按照下表确定危险物质及工艺系统危险性等级（P）。本项目 Q=7.5，行业及生产工艺为 M4，根据下表可知，本项目危险物质及工艺系统危险性为 P4。

表 2.6.1-3 危险物质及工艺系统危险性等级判断（P）

| 危险物质数量与临界量比值（Q） | 行业及生产工艺（M） | | | |
|-------------------|------------|----|----|----|
| | M1 | M2 | M3 | M4 |
| $Q \geq 100$ | P1 | P1 | P2 | P3 |
| $10 \leq Q < 100$ | P1 | P2 | P3 | P4 |
| $1 \leq Q < 10$ | P2 | P3 | P4 | P4 |

（2）环境敏感程度（E）的分级判定

根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025）附录表 G.3 环境敏感程度（E）的分级，依据事故情况下危险物质泄漏可能影响生态敏感区的情况，分为三种类型，E1 为环境高度敏感区，E2 为环境中度敏感区，E3 为环境低度敏感区。

分级原则见表 2.6.1-4。

表 2.6.1-4 环境敏感程度分级

| 敏感性 | 环境敏感特征 |
|-----|----------------------------------|
| E1 | 危险物质泄漏到海洋的排放点位于海水水质分类第一类区域或重要敏感区 |
| E2 | 危险物质泄漏到海洋的排放点位于海水水质分类第二类区域或一般敏感区 |
| E3 | 上述地区之外的其他地区 |

项目位于海水水质分类第一类区域，根据表 2.6.1-4 判定，项目环境敏感程度分级为 E1。

（3）环境风险潜势划分

根据以上分析，本项目海洋环境敏感程度为 E1，建设项目涉及的物质和工艺系统的危险性为 P4，按照表 2.6.1-5 确定海洋环境风险潜势为 III。

表 2.6.1-5 建设项目环境风险潜势划分

| 环境敏感程度（E） | 危险物质及工艺系统危险性（P） | | | |
|------------|-----------------|----------|----------|----------|
| | 极高危害（P1） | 高度危害（P2） | 中度危害（P3） | 轻度危害（P4） |
| 环境敏感程度（E1） | IV ⁺ | IV | III | III |
| 环境敏感程度（E2） | IV | III | III | II |
| 环境敏感程度（E3） | III | III | II | I |

注：IV⁺为极高环境风险

（4）评价工作等级

据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）中“评价工作等级划分”表确定评价工作等级，项目环境风险潜势为 III，环境风险评级工作等级为二级。

表 2.6.1-6 环境风险评价工作等级划分

| | | | | |
|--|--------------------|-----|----|-------|
| 环境风险潜势 | IV、IV ⁺ | III | II | I |
| 评价工作等级 | 一 | 二 | 三 | 简单分析* |
| 备注：*是相对于详细评价工作内容而言，在描述危险物质、环境影响途径、环境危害后果、风险防范措施等方面给出定性的说明。 | | | | |

因此，根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）、《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025），本项目环境风险潜势为III，环境风险评价等级为二级。

2.6.2 评价范围

2.6.2.1 海洋生态环境影响评价范围

项目海洋生态环境评价评价等级为1级，根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025），评价范围以建设项目平面布置外缘线向外的扩展距离确定，1级评价项目在潮流主流向的扩展距离应不小于15km~30km，垂直于潮流主流向的扩展距离以不小于主流向扩展距离的1/2为宜。对于涉及生态敏感区或水动力条件较好的项目，评价范围应根据海域环境特征、污染因子扩散距离等情况，适当扩展。

本项目（SW24-11矿区）拟与邻近的SW24-12矿区同期进行招拍挂，并拟同期进行采砂作业。结合本工程的特点和建设规模，以及所在海区的自然环境条件、敏感目标和影响分析情况，确定本项目评价范围为两块实施的采砂区外缘线为起点，分别向外扩展15km的海域包络线范围，评价海域面积约974.7km²（海洋生态环境评价范围已包含海水水质、海洋沉积物、海洋生态（含生物生态、生物资源、生物质量）、水文动力、地形地貌与冲淤环境等环境因素评价范围）。评价范围控制点坐标详见表2.6.2-1，评价范围详见图2.6.2-1。

表 2.6.2-1 海洋生态环境评价范围控制点坐标

| 序号 | 纬度 | 经度 |
|----|----------------|-----------------|
| 1 | 22°33'50.366"N | 115°33'51.727"E |
| 2 | 22°33'53.446"N | 115°53'12.481"E |
| 3 | 22°47'59.174"N | 115°53'10.855"E |
| 4 | 22°49'20.071"N | 115°33'47.763"E |

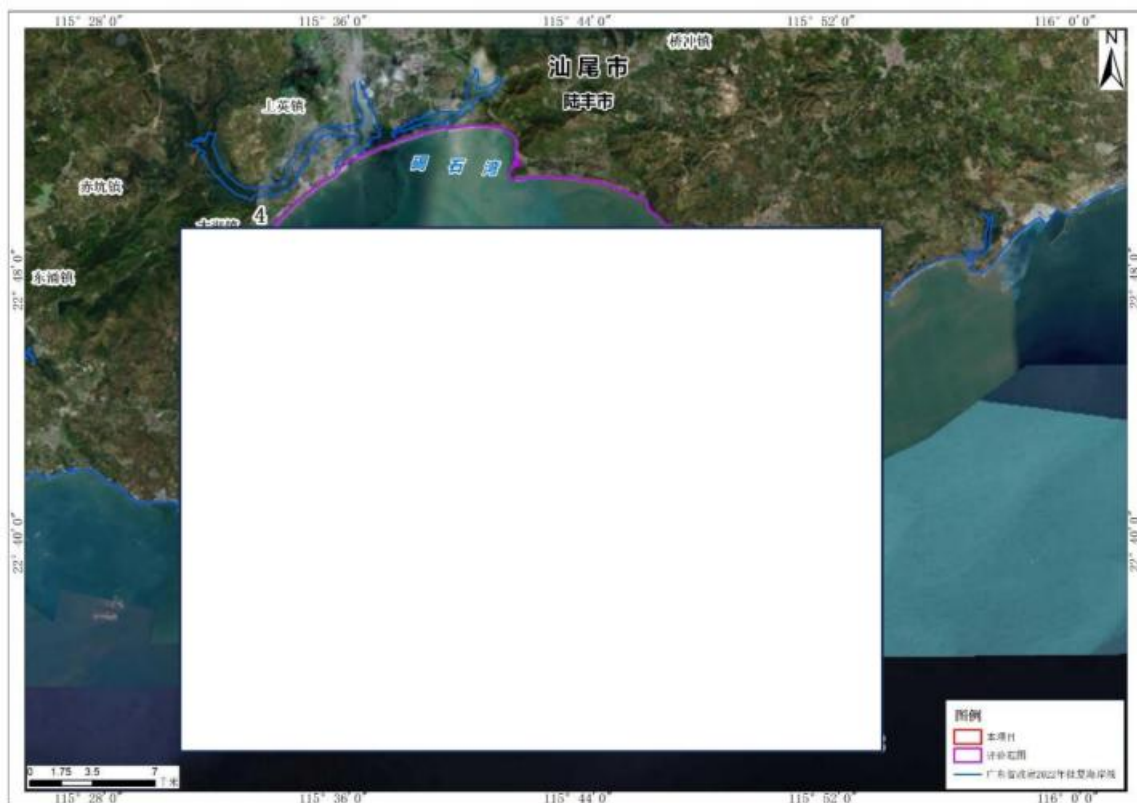


图 2.6.2-1 项目海洋生态环境影响评价范围图

2.6.2.2 大气环境评价范围

项目大气环境评价等级为三级，根据《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018）关于评价范围的规定，三级评价项目不需设置大气环境影响评价范围。

2.6.2.3 声环境影响评价范围

根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021），声环境影响评价范围为采砂区边界外扩 200m 范围。

2.6.2.4 环境风险评价范围

根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025），海洋生态环境风险评价范围根据评价等级合理确定，一般不小于相应评价等级的生态环境影响评价范围。一、二级评价项目的评价范围分别根据危险物质 72h、48h 扩散范围确定，可根据海域特征、生态敏感区分布情况等做适当调整。

项目环境风险评价等级为二级，评价范围为燃料油溢油 48h 扩散范围。

2.6.3 小结

项目评价等级和评价范围汇总见表 2.6.3-1。

表 2.6.3-1 项目评价等级和评价范围汇总

| 序号 | 环境要素 | 评价等级 | 评价范围 |
|----|--------|------|-------------------------------------|
| 1 | 海洋生态环境 | 1 级 | 两块实施的采砂区外缘线为起点，分别向外扩展 15km 的海域包络线范围 |
| 2 | 环境空气 | 三级 | 不需设置大气环境影响评价范围 |
| 3 | 声环境 | 三级 | 采砂区边界外扩 200m 范围 |
| 4 | 环境风险 | 二级 | 燃料油溢油 48h 扩散范围 |

2.7 主要环境保护目标及社会活动关注区

2.7.1 环境保护目标

本项目的环境敏感区与环境保护目标主要有：自然保护地、海洋生态保护红线区、自然岸线、海岛、三场一通道、重要物种和珊瑚礁等，各环境敏感目标与项目的最近距离、保护目标及环境保护要求见表 2.7.1-1，项目所在海域“三场一通”情况见图 4.2.10-1~图 4.2.10-4，其余海域环境保护目标位置见图 2.7.1-1。

评价范围内不涉及红树林、海藻场等其他特殊生境。

2.7.2 社会活动关注区

根据《海砂开采环境影响评价技术规范》，社会活动关注区主要包括港口、航道开发利用区、通航密集区、海洋能源开发利用区、海水增养殖区、特殊利用区、国家重要设施所在区、海上娱乐运动区、跨海桥梁区、海底隧道管线区，以及对海岸线、海岸防护林造成侵蚀危害的区域等。因此，识别本项目周边的社会活动关注区（除已纳入环境敏感区的）见表 2.7.2-1 所示，主要包括水质国控监测点、航道、航路、锚地、养殖区、码头、桥梁道路、旅游娱乐用海区、海底隧道管线等，社会活动关注区分布见图 2.7.2-1 所示。

表 2.7.1-1 海域评价范围内环境保护目标

| 环境保护目标 | | | 与项目位置关系 | 保护目标 | 保护要求** |
|--------|--|------------------------|---------------|---------------------------|---|
| 类型 | 依据 | 名称 | | | |
| 自然保护地 | 《关于广东海丰鸟类省级自然保护区面积、四至范围和功能区划的公告》(广东省林业局, 2024年1月16日发布) | 广东海丰鸟类省级自然保护区-大湖东分区 | 核心区 | 西北侧, 约 18.6km | <p>(1) 以黑脸琵鹭、卷羽鹈鹕等为代表的具有国际重要意义的珍稀水鸟及其栖息地; (2) 复杂多样的滨海湿地生态系统; (3) 东亚-澳大利亚候鸟迁徙路线上的重要水鸟越冬地和停歇地; (4) 列入国际候鸟保护协议、国家重点保护以及珍稀濒危的动植物及其栖息环境</p> <p>(1) 禁止在自然保护区内进行砍伐、放牧、狩猎、捕捞、采药、开垦、烧荒、开矿、采石、挖沙等活动; 但是, 法律、行政法规另有规定的除外。</p> <p>(2) 禁止任何人进入自然保护区的核心区。因科学研究的需要, 必须进入核心区从事科学研究观测、调查活动的, 应当事先向自然保护区管理机构提交申请和活动计划, 并经自然保护区管理机构批准。</p> <p>(3) 禁止在自然保护区的缓冲区开展旅游和生产经营活动。因教学科研的目的, 需要进入自然保护区的缓冲区从事非破坏性的科学研究、教学实习和标本采集活动的, 应当事先向自然保护区管理机构提交申请和活动计划, 经自然保护区管理机构批准。</p> <p>从事前款活动的单位和个人, 应当将其活动成果的副本提交自然保护区管理机构。</p> <p>(4) 在自然保护区的实验区内开展参观、旅游活动的, 由自然保护区管理机构编制方案, 方案应当符合自然保护区管理目标。</p> <p>在自然保护区组织参观、旅游活动的, 应当严格按照前款规定的方案进行, 并加强管理; 进入自然保护区参观、旅游的单位和个人, 应当服从自然保护区管理机构的管理。</p> <p>严禁开设与自然保护区保护方向不一致的参观、旅游项目。</p> |
| | | | 缓冲区 | 西北侧, 约 18.0km | |
| | | 实验区 | 西北侧, 约 19.7km | | |
| | 汕尾市自然保护地整合优化方案* | 汕尾市遮浪角东人工鱼礁海洋生态市级自然保护区 | 西南侧, 约 9.9km | 人工鱼礁生态系统 | |
| | 广东遮浪半岛国家级海洋自然公园 | 西南侧, 约 12.8km | 亚热带典型海洋生态系统 | 根据《国家级自然公园管理办法(试行)》相关要求执行 | |
| 生态保护红线 | 《广东省国土空间规划(2021-2035年)》 | 乌坎港上海村海岸防护物理防护极重要区 | 北侧, 约 16.8km | 严格保护岸线、潮间带 | <p>1.防止海岸侵蚀;</p> <p>2.切实保护严格保护岸线;</p> <p>3.保护潮间带。</p> |
| | | 粤东沿海丘陵平原水土保持生态保护红线 | 西北侧, 约 14.3km | 水土保持 | 控制水土流失, 维护海岸带生态安全。 |

| 环境保护目标 | | | 与项目位置关系 | 保护目标 | 保护要求** |
|--------|----|--------------------|---------------|--|---|
| 类型 | 依据 | 名称 | | | |
| | | 汕尾海丰鸟类地方级自然保护区 | 西北侧, 约 15.8km | 红树林、重要滩涂及浅海水域、潮间带 | 1. 保护红树林及其生境, 维护红树林湿地生物多样性; 2. 保护重要滩涂及浅海水域, 维护湿地生态系统生物多样性; 3. 保护潮间带。 |
| | | 大湖镇湖仔村海岸防护物理防护极重要区 | 西北侧, 约 18.4km | 严格保护岸线、潮间带、无居民海岛资源 | 1. 防止海岸侵蚀; 2. 切实保护严格保护岸线; 3. 保护潮间带; 4. 保护和合理利用无居民海岛资源。 |
| | | 广东遮浪半岛国家海洋自然公园 | 西南侧, 约 12.8km | 严格保护岸线、潮间带、无居民海岛资源 | 1. 防止海岸侵蚀; 2. 切实保护严格保护岸线; 3. 保护潮间带; 4. 保护和合理利用无居民海岛资源。 |
| | | 施公寮海岸防护物理防护极重要区 | 西侧, 约 15.2km | 严格保护岸线、潮间带、无居民海岛资源 | 1. 防止海岸侵蚀; 2. 切实保护严格保护岸线; 3. 保护潮间带; 4. 保护和合理利用无居民海岛资源。 |
| | | 遮浪半岛海岸侵蚀极脆弱区 | 西南侧, 约 14.0km | 严格保护岸线、潮间带、无居民海岛资源 | 1. 防止海岸侵蚀; 2. 切实保护严格保护岸线; 3. 保护潮间带; 4. 保护和合理利用无居民海岛资源。 |
| | | 遮浪南重要渔业资源产卵场 | 西南侧, 约 13.6km | 重要渔业资源产卵场 | 重点保护重要渔业资源产卵场。 |
| | | 遮浪重要滩涂及浅海水域 | 西侧, 约 14.4km | 重要滩涂及浅海水域、湿地生态系统生物多样性、严格保护岸线、潮间带、无居民海岛资源 | 1. 保护重要滩涂及浅海水域, 维护湿地生态系统生物多样性; 2. 切实保护严格保护岸线; 3. 保护潮间带; 4. 保护和合理利用无居民海岛资源。 |
| | | 遮浪长沟村海岸防护 | 西侧, 约 14.6km | 严格保护岸线、 | 1. 防止海岸侵蚀; |

| 环境保护目标 | | | 与项目位置关系 | 保护目标 | 保护要求** |
|--------|-----------------------------|-----------------------|--------------|-----------------------|---|
| 类型 | 依据 | 名称 | | | |
| | | 物理防护极重要区 | | 潮间带、无居民海岛资源 | 2.切实保护严格保护岸线； 3.保护潮间带； 4.保护和合理利用无居民海岛资源。 |
| | | 汕尾红海湾遮浪角东人工鱼礁地方级自然保护区 | 西南侧，约 9.9km | 重要渔业资源产卵场 | 重点保护重要渔业资源产卵场。 |
| | | 碣石湾海马珍稀濒危物种分布区 | 南侧，约 5.6km | 海马等珍稀濒危物种及其生境 | 重点保护海马等珍稀濒危物种及其生境。 |
| | | 碣石湾长毛对虾重要渔业资源产卵场 | 西北侧，约 8.9km | 重要渔业资源产卵场 | 重点保护重要渔业资源产卵场。 |
| | | 金厢海岸防护物理防护极重要区 | 东北侧，约 11.8km | 严格保护岸线、潮间带、无居民海岛资源 | 1.防止海岸侵蚀； 2.切实保护严格保护岸线； 3.保护潮间带； 4.保护和合理利用无居民海岛资源。 |
| | | 金厢重要渔业资源产卵场 | 北侧，约 10.1km | 重要渔业资源产卵场、潮间带、无居民海岛资源 | 1.重点保护重要渔业资源产卵场； 2.保护潮间带； 3.保护和合理利用无居民海岛资源。 |
| | | 金厢镇山门村海岸防护物理防护极重要区 | 北侧，约 17.8km | 严格保护岸线、潮间带 | 1.防止海岸侵蚀； 2.切实保护严格保护岸线； 3.保护潮间带。 |
| 自然岸线 | 广东省政府2022年批复岸线 | 自然岸线 | 东侧，约 8.5km | 自然岸线 | / |
| 严格保护岸线 | 《广东省海岸带及海洋空间规划(2021-2035年)》 | 严格保护岸线 | 东侧，约 8.5km | 严格保护岸线 | 除国防安全需要外，禁止在严格保护岸线的保护范围内构建永久性建筑物、围填海、开采海砂、设置排污口等损害海岸地形地貌和生态环境的活动。经科学论证，不损害海岸线原有形态或生态功能的，可在严格保护岸线保护范围内实施的项目包括空中跨越的跨海桥梁和透水构筑物；底土穿越的海底隧道和海底电缆管道；无需对海岸线进行改造施工的港 |

| 环境保护目标 | | | 与项目位置关系 | 保护目标 | 保护要求** |
|--------|-----------------------------|------------------------------|--------------|------------|---|
| 类型 | 依据 | 名称 | | | |
| | | | | | 池、蓄水以及离岸取、排水口，开放式养殖、浴场、游乐场、专用航道、锚地及其他开放式项目；生态修复和防灾减灾工程；已建构筑物、围海养殖等用海用岸活动的继续使用和升级改造。 |
| 海岛 | 《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》 | 施公寮岛 | 西北侧，约 11.6km | 海岛及其自然岸线 | 保护和合理利用无居民海岛资源 |
| | | 汕尾西屿、舢板岛及周边岛礁 | 西北侧，约 11.3km | | |
| | | 西桔礁 | 东南侧，约 4.5km | | |
| | | 东桔礁、花园礁、渔翁礁及周边岛礁 | 东侧，约 10.1km | | |
| | | 金屿及周边岛礁 | 西侧，约 8.9km | | |
| | | 遮浪岩、虎头及周边岛礁 | 西南侧，约 15.0km | | |
| | | 冬瓜屿及周边岛礁 | 西侧，约 14.9km | | |
| 人工鱼礁 | 已建 | 广东省陆丰金厢南海域国家级海洋牧场示范区人工鱼礁建设项目 | 北侧，约 11.3km | 人工鱼礁礁体生态系统 | / |
| | | 陆丰市碣石东国家级海洋牧场示范区人工鱼礁建设项目 | 东侧，约 13.5km | 人工鱼礁礁体生态系统 | / |
| | 广东省沿海人工鱼礁建设规划（2019—2030） | 广东省陆丰金厢南海域国家级海洋牧场示范区 | 北侧，约 7.3km | / | / |
| 三场一 | 《中国海洋 | 幼鱼、幼虾保护区 | 项目位于 | 幼鱼、幼虾 | 保护期为每年的 3 月 1 日至 5 月 31 日 |

| 环境保护目标 | | | 与项目位置关系 | 保护目标 | 保护要求** |
|----------|--|------------------|-----------------------------|------------------|--------------------------------------|
| 类型 | 依据 | 名称 | | | |
| 通道 | 渔业水域图 (第一批)》 | 南海北部幼鱼繁育场 保护区 | 项目位于 | 幼鱼繁育场 | 保护期为 1-12 月，管理要求为禁止在保护区内进行底拖网 作业。 |
| 特殊生 境 | 《金屿无居 民海岛生态 调查报告》 (汕尾市自 然资源局， 2023 年 12 月) | 金屿附近珊瑚礁 | 西侧，约 9.3km | 珊瑚礁 | |
| 珍稀生物 | | 文昌鱼 | 秋季 SW06 站位， 西北侧，约 14.2km | 文昌鱼及其生境 | / |
| | | 中华白海豚、海龟 | / | 中华白海豚、海 龟及其生境 | / |

注：*根据《关于汕尾市自然保护地进一步整合优化有关情况的公示》（汕尾市林业局，发布日期：2025-06-23）；

**自然保护区保护要求依据《中华人民共和国自然保护区条例》（2017年10月7日修正并施行），生态保护红线保护要求依据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021—2035年）》。

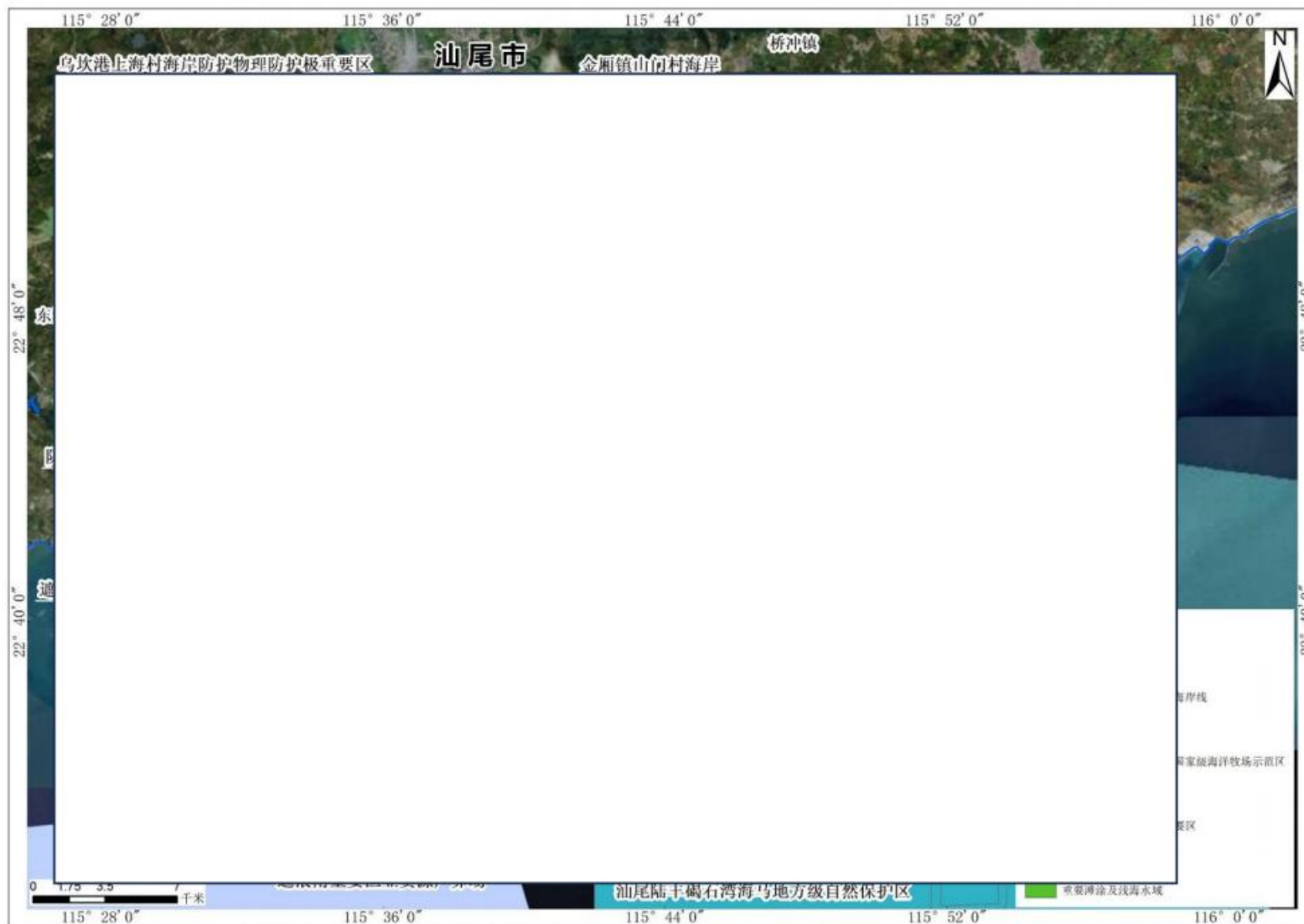


图 2.7.1-1a 项目周边环境敏感区分布图（总）

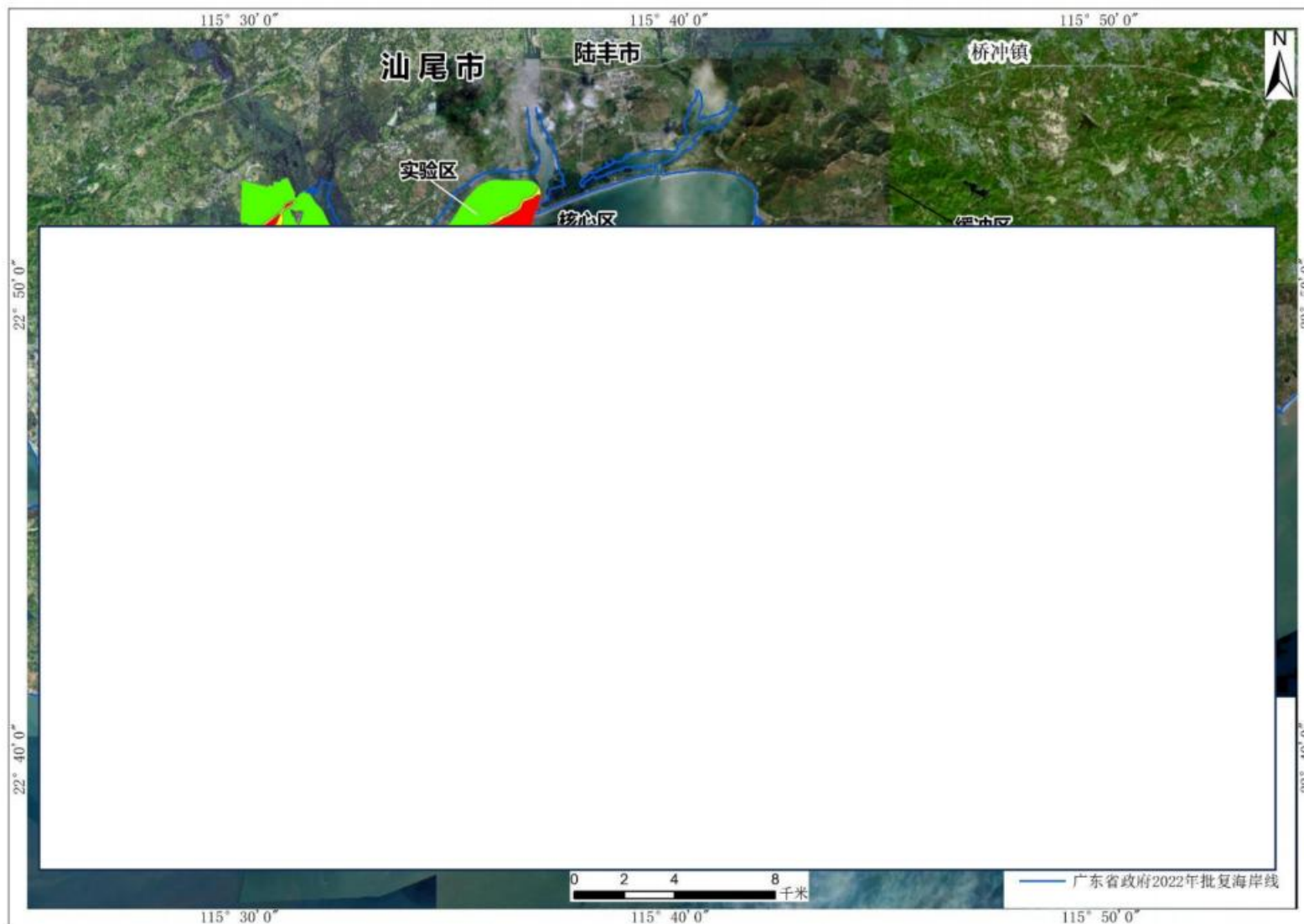


图 2.7.1-1b 项目周边环境敏感区分布图（广东海丰鸟类省级自然保护区）

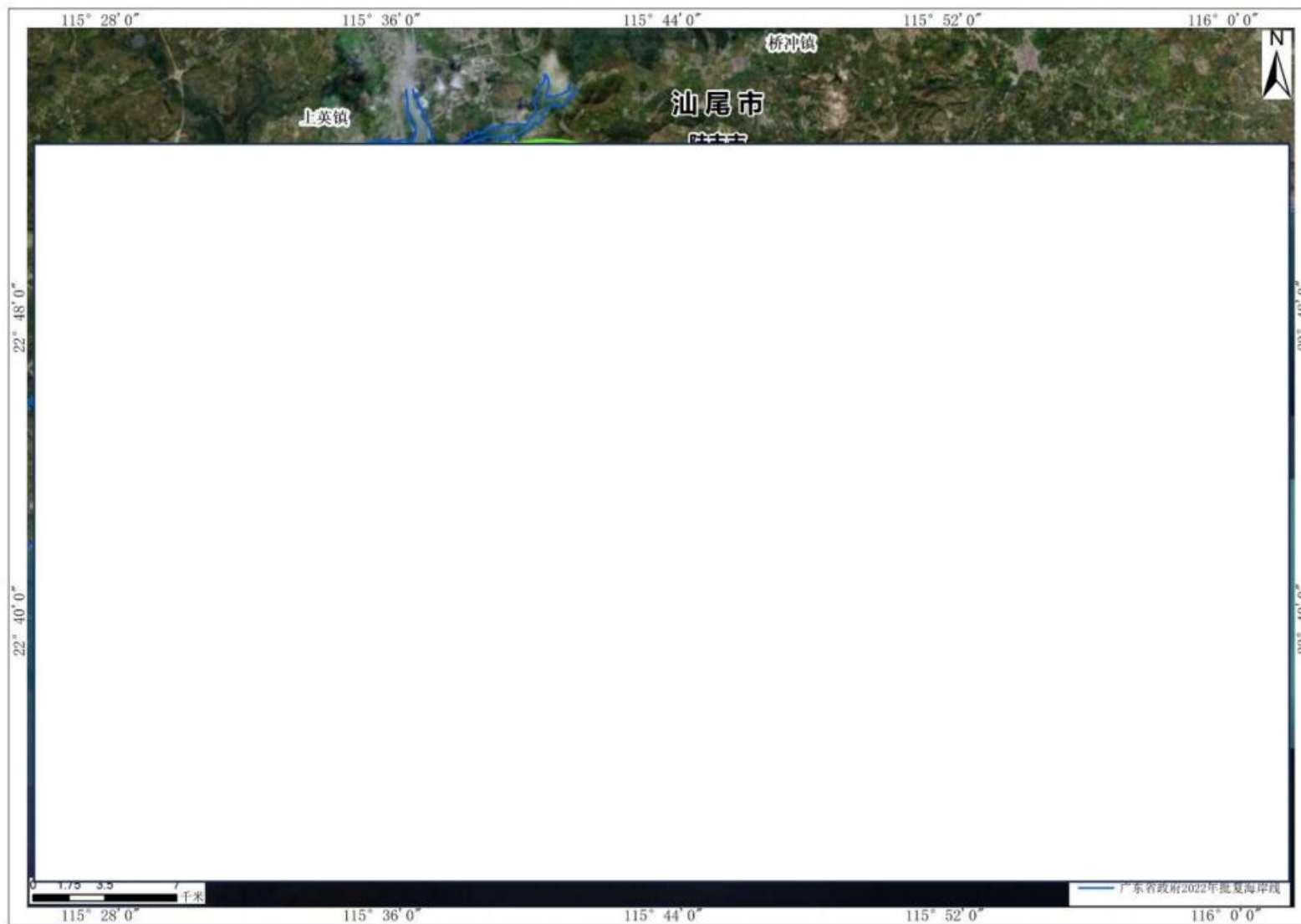


图 2.7.1-1c 项目周边环境敏感区分布图 (严格保护岸线)

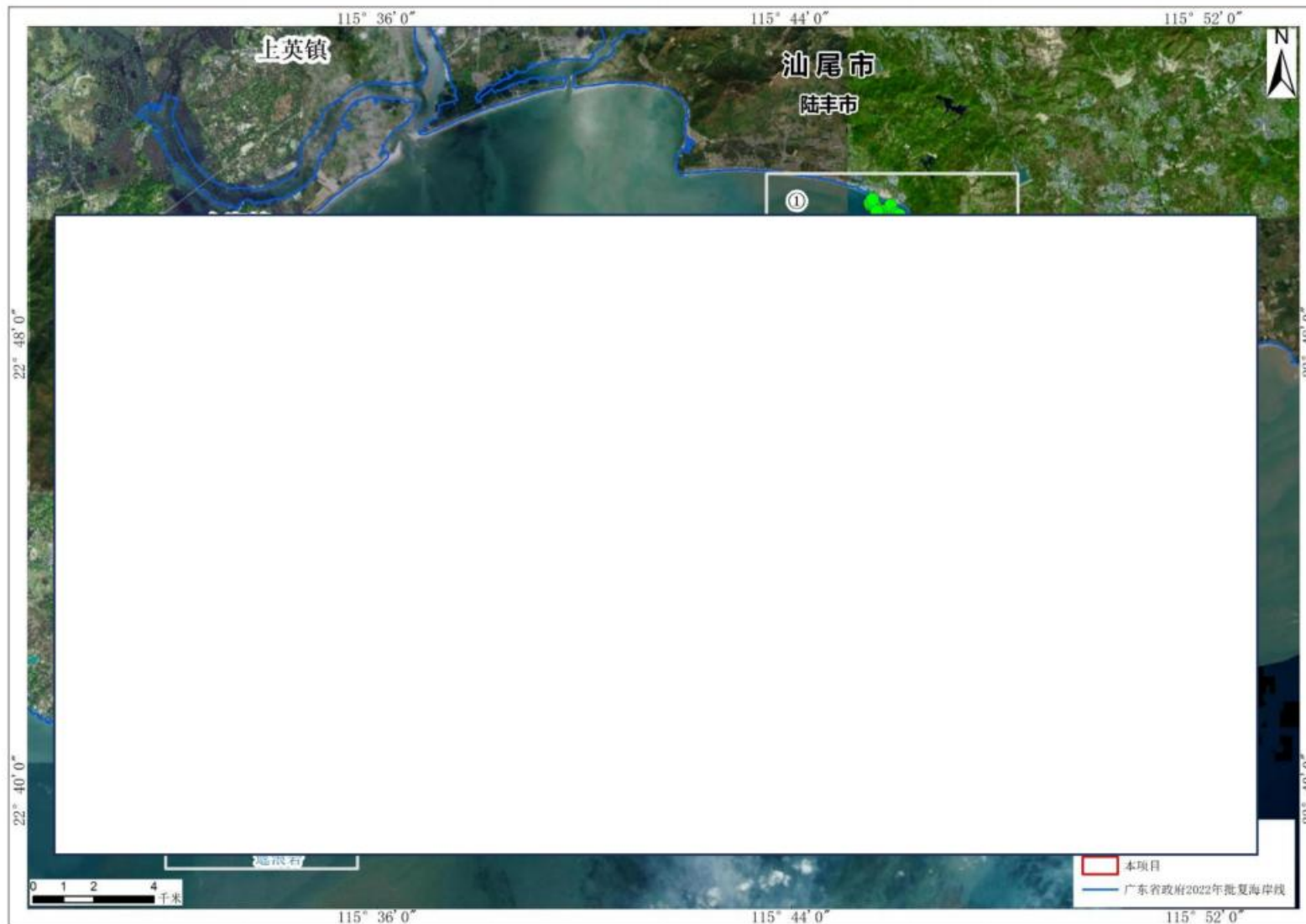


图 2.7.1-1d 项目周边环境敏感区分布图 (岛礁)



图 2.7.1-1e 项目周边环境敏感区分布图（金屿附近珊瑚）

表 2.7.2-1 本项目周边社会活动关注区统计一览表

| 类型 | 名称 | 位置关系 | 关注内容 | 备注 |
|----------|-----------------------|---------------|----------------|----------|
| 锚地 | 9#锚地 | 西南侧, 约 1.7km | 水深、地形冲淤环境、通航环境 | 避风、防台锚地 |
| | 10#锚地 | 北侧, 约 1.5km | | 过驳、侯泊、防台 |
| | 11#锚地 | 东北侧, 约 7.1km | | 引航、检疫、防台 |
| 航道、航路 | 乌坎西线航道 | 西侧, 约 9.8km | 水深、地形冲淤环境、通航环境 | / |
| | 碣石航道 | 北侧, 约 1.5km | | / |
| | 乌坎东线航道 | 东侧, 约 6.3km | | / |
| | 粤东沿海近岸航路 | 南侧, 约 4.6km | | / |
| | 汕尾港进出港航道 | 西侧, 约 8.5km | | / |
| | 汕尾遮浪角至深圳大鹏湾 | 西南侧, 约 13.6km | | / |
| | 广东沿海内航路 | 南侧, 约 13.9km | | / |
| 近岸海域国控站位 | GDN14002 | 东南侧, 约 10.0km | 海水水质 | / |
| | GDN14004 | 西北侧, 约 7.4km | | / |
| | GDN14010 | 西南侧, 约 16.3km | | / |
| | GDN14013 | 西北侧, 约 13.8km | | / |
| | GDN14015 | 东北侧, 约 10.7km | | / |
| 现状养殖项目 | 陆丰市茂潮种养专业合作社养殖区 | 东北侧, 约 12.3km | 水质、渔业资源 | / |
| | 陆丰启晖农业生食生蚝养殖示范基地项目 | 东北侧, 约 10.4km | | / |
| | 陆丰市裕洲农业生蚝标准化海养示范基地项目 | 东北侧, 约 9.7km | | / |
| | 陆丰市碣石湾海域碣石片区开放式养殖用海项目 | 东北侧, 约 8.8km | | / |
| | 陆丰市碣石德顺养殖场海上养殖项目 | 东北侧, 约 8.4km | | / |
| | 陆丰市新立渔农业专业合作社海上养殖项目 | 东北侧, 约 9.0km | | / |
| | 陆丰市碣石湾海域金厢片区开放式养殖用海项目 | 西北侧, 约 7.6km | | / |
| | 陆丰盛风蚝业水产养殖项目 | 西北侧, 约 8.7km | | / |
| | 陆丰蚝之发水产科技养殖项目 | 西北侧, 约 8.1km | | / |
| 现状养殖区 | 东北侧, 约 7.2km | 无海域使用权证 | | |

| 类型 | 名称 | 位置关系 | 关注内容 | 备注 |
|-------------|-------------------|---------------|--------------|-------------|
| 海洋牧场 | 07 碣石湾海域启动区二区 | 东南侧, 约 1.8km | 水质、渔业资源 | 用海批复和环评批复阶段 |
| | 06 碣石湾海域启动区一区 | 北侧, 约 7.6km | | 申请用海和环评阶段 |
| | III 碣石近海养殖区 | 北侧, 约 9.4km | | 现状在养 |
| | 20 碣石湾南中远海海域发展预留区 | 东南侧, 约 7.8km | | 规划阶段, 远期预留 |
| 码头 | 汕尾港规划防波堤及码头 | 西侧, 约 10.6km | 水深、冲淤环境、通航环境 | / |
| 旅游娱乐用海区 | 陆丰市滨海金厢公共浴场项目 | 西北侧, 约 17.0km | 海水水质 | / |
| | 陆丰海纳金滩海水浴场项目 | 东北侧, 约 14.6km | | / |
| | 陆丰市滨海浅澳公共浴场项目 | 东北侧, 约 9.1km | | / |
| 海底隧道管线、风电项目 | 碣石管廊带(规划) | 东侧, 约 14.3km | 水深、地形冲淤环境 | 规划阶段 |
| | 中广核汕尾甲子一海上风电场项目 | 东侧, 约 14.8km | | / |
| | 中广核汕尾甲子二海上风电场项目 | 东侧, 约 14.9km | | / |
| | 中广核汕尾后湖海上风电场项目 | 东侧, 约 14.6km | | / |

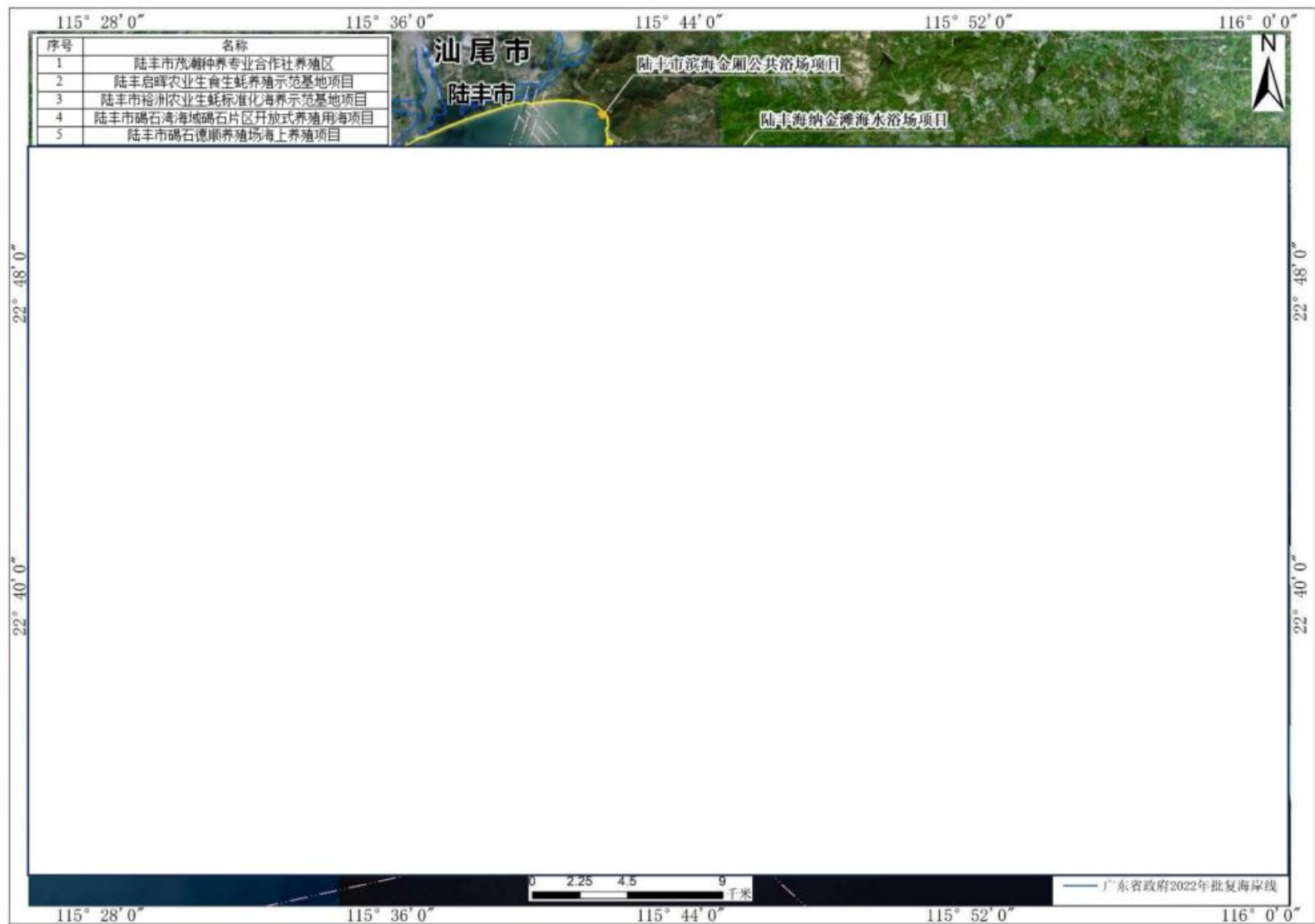


图 2.7.2-1 项目周边社会活动关注区分布图

3 建设项目工程分析

3.1 项目基本情况

3.1.1 项目名称、性质和地理位置

(1) **项目名称：**广东省汕尾市陆丰南海域 SW24-11 矿区海砂开采

(2) **项目性质：**新建

(3) **地理位置：**位于广东省汕尾市陆丰市田尾角西侧海域约 8.5km 处。地理位置图见图 1.1-1。

(4) **本次海洋环境影响评价对象：**由于现阶段为项目前期工作阶段，本次评价对象为海砂矿区开采对海洋环境的影响。海砂实际具体去向还需开采期根据市场需求确定。海砂开采后的运输、处理、使用，应按照规定要求另行完善相关环评手续。

(5) **与邻近矿区开采计划：**2024 年汕尾市选定两块海砂开采区，本项目（SW24-11 矿区）为其中一块，项目拟与邻近的 SW24-12 矿区同期进行招拍挂，并拟同期进行采砂作业。

3.1.2 项目用海情况

根据《广东省汕尾市陆丰南海域 SW24-11 区块海砂开采海域使用论证报告书》（广东三海环保科技有限公司，2026 年 4 月），本项目海砂开采范围用海面积为 250.0927 公顷，用海类型为工业用海（一级类）中的固体矿产开采用海（二级类），用海方式为其它方式（一级用海方式）中海砂等矿产开采（二级用海方式）。本项目不占用岸线及滩涂。用海范围界址点坐标见表 3.1.2-1 所示。项目宗海位置图见图 3.1.2-1，宗海界址图见图 3.1.2-2 所示。

表 3.1.2-1 本项目海砂开采范围宗海界址点坐标

| 矿区编号 | 编号 | 界址点地理坐标 | | 面积（公顷） |
|---------|------------|------------|------------|----------|
| | | 纬度(N) | 经度(E) | |
| SW24-11 | 1 | ██████████ | ██████████ | 250.0927 |
| | 2 | ██████████ | ██████████ | |
| | 3 | ██████████ | ██████████ | |
| | 4 | ██████████ | ██████████ | |
| | | 中心点坐标 | | / |
| 1 | ██████████ | ██████████ | | |

备注：坐标系 CGCS2000，高斯-克吕格投影，中央经线 115°00'E。

广东省汕尾市陆丰西南海域SW24-11矿区海砂开采项目宗海位置图

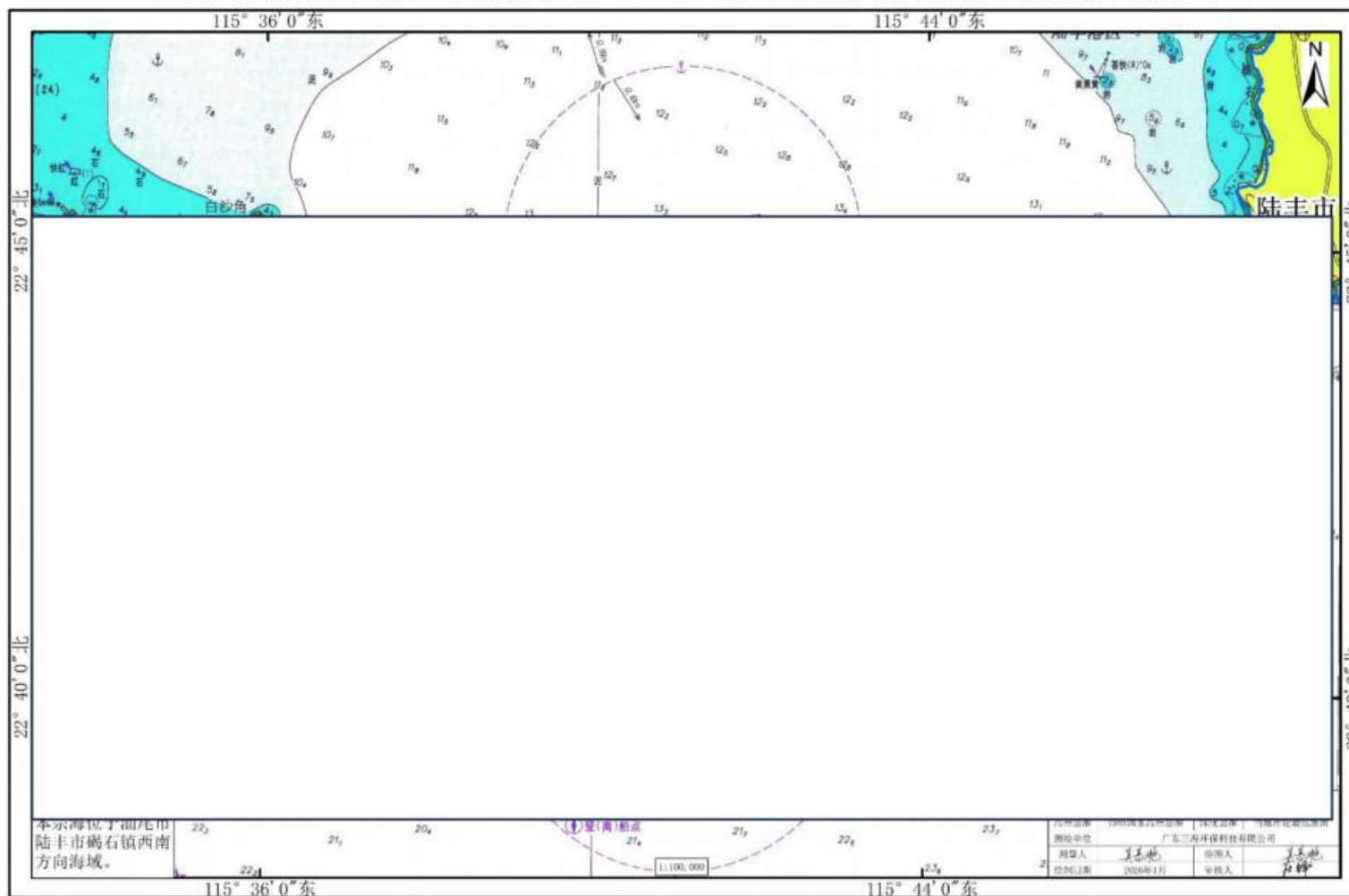


图 3.1.2-1 项目宗海位置图

广东省汕尾市陆丰西南海域SW24-11矿区海砂开采项目宗海界址图

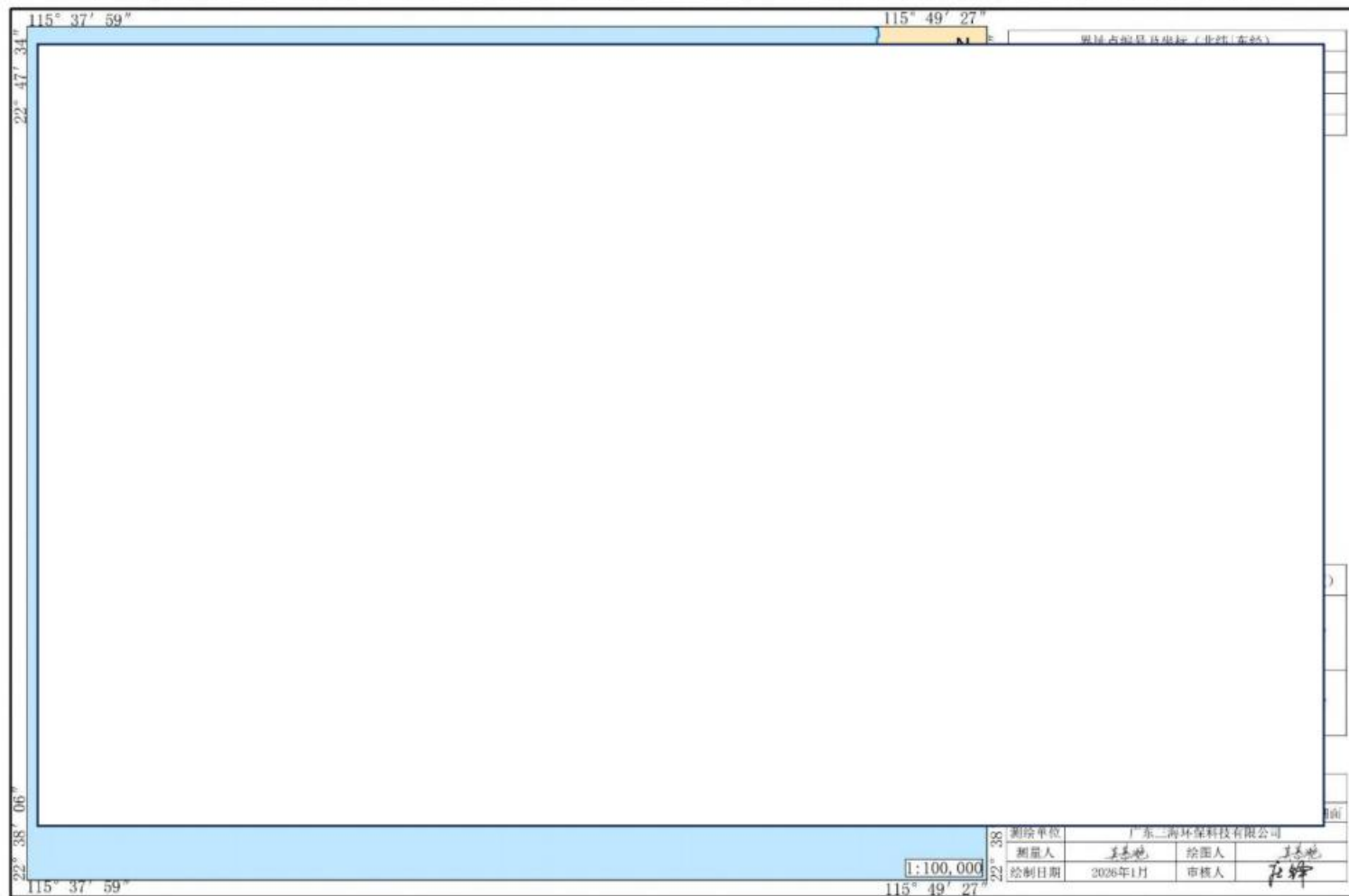


图 3.1.2-2 项目宗海界址图

3.2 矿区分析

本节主要引用《广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-11 矿区回填料海砂资源储量核实报告》（汕尾市自然资源局，2025 年 12 月）专题内容进行论述。

3.2.1 矿体特征

3.2.1.1 矿层规模、形态、产状、内部结构

本矿区圈定的海砂矿体为回填料海砂矿体，在矿区内发现两层海砂矿体，自上而下分别命名为 V1 和 V2，矿区由 17 个钻孔系统控制。

V1 矿体在矿区西部、南部及东部部分区域缺失，仅钻孔 SW2411Z05、SW2411Z06、SW2411Z17 和 SW2411Z20 不见矿，其余钻孔均见矿。矿体平面呈不规则多边形，沿勘探线方向最长约 1420m、最短约 650m，垂直勘探线方向最长约 1770m、最短约 1080m。矿体在矿区内缺失的部分平面上呈三个直角梯形，西部缺失区域梯形左边约为 776m，右边约为 738m，左、右边距离约为 400m。南部缺失区域梯形左边约为 261m，右边约为 234m，左、右边距离约为 291m。东部缺失区域梯形左边约为 362m，右边约为 395m，左、右边距离约为 293m。矿体形态及内部结构较简单，呈层状，总体产状近水平。矿区范围内 V1 矿体面积 2015409m²。

V2 矿体在矿区北部和东南部部分区域缺失，仅钻孔 SW2411Z04 和 SW2411Z19 不见矿，其余钻孔均见矿。矿体平面呈不规则多边形，沿勘探线方向最长约 1420m、最短约 1020m，垂直勘探线方向最长约 1770m、最短约 1480m。矿体在矿区内缺失的北部区域平面上呈直角梯形，左边约为 195m，右边约为 226m，左、右边距离约为 276m。缺失的东南部区域平面上呈矩形，长和宽分别约为 400m 和 293m。矿体形态及内部结构较简单，呈层状，总体产状近水平。矿区范围内 V2 矿体面积 2326055m²。

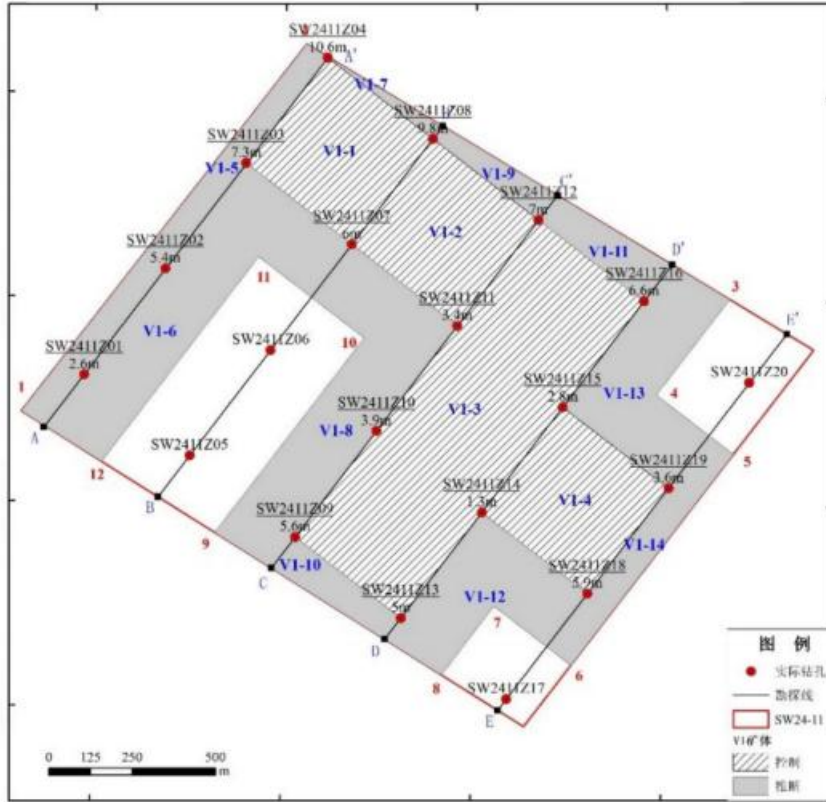


图 3.2.1-1 V1 矿体平面分布图

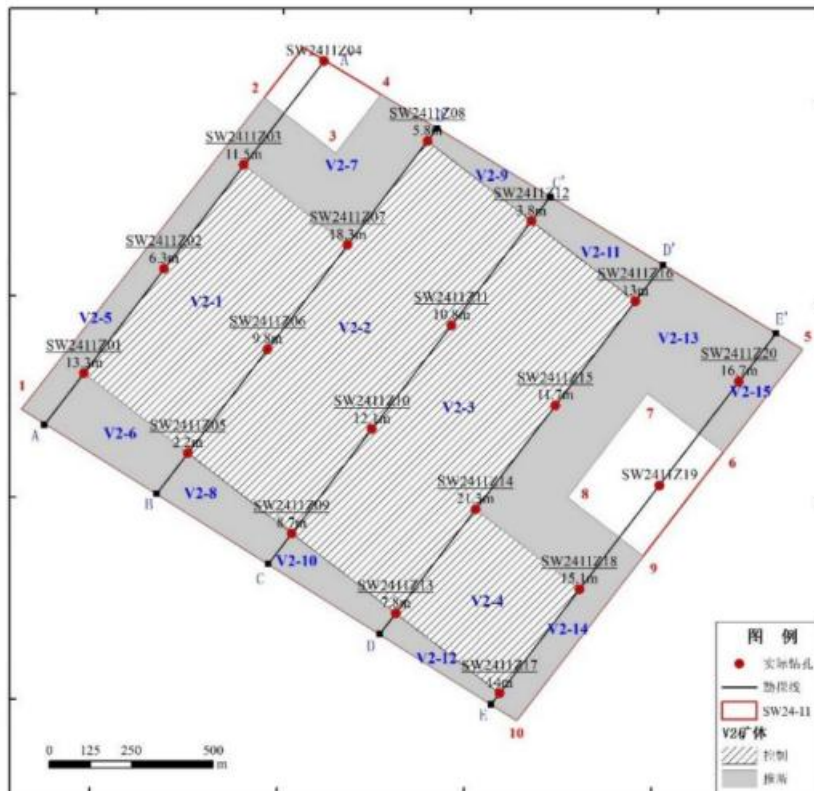


图 3.2.1-2 V2 矿体平面分布图

表 3.2.1-1 各钻孔矿体 V1 和 V2 顶底面标高、厚度和盖层厚度 (单位: m)

| 孔号 | 孔口 标高 | V1 矿体 顶板 标高 | V1 矿体 底板 标高 | V2 矿体 顶板 标高 | V2 矿体 底板 标高 | V1 矿体 厚度 | V2 矿体 厚度 | V1 矿体 盖层 厚度 | V2 矿体 盖层 厚度 |
|-----------|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|----------------|----------------------|----------------------|
| SW2411Z01 | -16.46 | -30.96 | -33.56 | -39.56 | -53.96 | 2.6 | 13.3 | 14.5 | 23.1 |
| SW2411Z02 | -15.30 | -26.00 | -31.40 | -45.30 | -51.60 | 5.4 | 6.3 | 10.7 | 30.0 |
| SW2411Z03 | -16.31 | -25.01 | -32.31 | -34.71 | -50.01 | 7.3 | 11.5 | 8.7 | 18.4 |
| SW2411Z04 | -15.39 | -24.79 | -35.39 | / | / | 10.6 | / | 9.4 | / |
| SW2411Z05 | -14.94 | / | / | -53.24 | -55.44 | / | 2.2 | / | 38.3 |
| SW2411Z06 | -16.19 | / | / | -46.69 | -56.49 | / | 9.8 | / | 30.5 |
| SW2411Z07 | -16.23 | -25.63 | -31.63 | -35.83 | -54.13 | 6.0 | 18.3 | 9.4 | 19.6 |
| SW2411Z08 | -15.11 | -26.31 | -36.11 | -51.51 | -57.31 | 9.8 | 5.8 | 11.2 | 36.4 |
| SW2411Z09 | -16.57 | -39.37 | -44.97 | -45.97 | -57.27 | 5.6 | 8.7 | 22.8 | 29.4 |
| SW2411Z10 | -16.19 | -34.39 | -40.19 | -49.09 | -61.19 | 3.9 | 12.1 | 18.2 | 32.9 |
| SW2411Z11 | -16.48 | -30.28 | -33.68 | -34.48 | -52.08 | 3.4 | 10.8 | 13.8 | 18.0 |
| SW2411Z12 | -16.50 | -26.70 | -33.70 | -41.10 | -47.50 | 7.0 | 3.8 | 10.2 | 24.6 |
| SW2411Z13 | -16.79 | -36.19 | -41.19 | -43.09 | -57.99 | 5.0 | 7.8 | 19.4 | 26.3 |
| SW2411Z14 | -16.50 | -33.70 | -35.00 | -38.40 | -61.20 | 1.3 | 21.3 | 17.2 | 21.9 |
| SW2411Z15 | -16.45 | -34.35 | -37.15 | -38.15 | -56.65 | 2.8 | 11.7 | 17.9 | 21.7 |
| SW2411Z16 | -16.29 | -27.79 | -34.39 | -35.79 | -48.79 | 6.6 | 13.0 | 11.5 | 19.5 |
| SW2411Z17 | -17.35 | / | / | -41.45 | -64.85 | / | 14.0 | / | 24.1 |
| SW2411Z18 | -17.14 | -35.64 | -41.54 | -41.54 | -56.64 | 5.9 | 15.1 | 18.5 | 24.4 |
| SW2411Z19 | -16.75 | -35.55 | -39.15 | / | / | 3.6 | / | 18.8 | / |
| SW2411Z20 | -16.66 | / | / | -37.66 | -57.46 | / | 16.7 | / | 21.0 |
| 平均值 | -16.28 | -30.79 | -36.34 | -41.86 | -55.59 | 5.43 | 11.23 | 14.51 | 25.56 |

3.2.1.2 矿体厚度及其变化情况

V1 矿体厚度变化在 1.3m~10.6m 之间。矿体厚度大致呈北部厚，向南逐渐变薄的变化趋势（图 3.2.1-3）。其中 SW2411Z04 孔矿体厚度最大（10.6m），SW2411Z14 孔矿体厚度最小（1.3m）。矿体 V1 平均厚度 5.43m。矿体厚度变化系数为 46.56%，矿体厚度稳定。

V2 矿体厚度变化在 2.2m~21.3m 之间，矿体厚度大体呈南部和中部厚，西部和东北部薄的变化趋势（图 3.2.1-4）。其中，SW2411Z14 孔矿体厚度最大（21.3m），SW2411Z05 孔矿体厚度最小（2.2m）。矿体 V2 平均厚度 11.23m。矿体厚度变化系数为 44.42%，矿体厚度稳定。

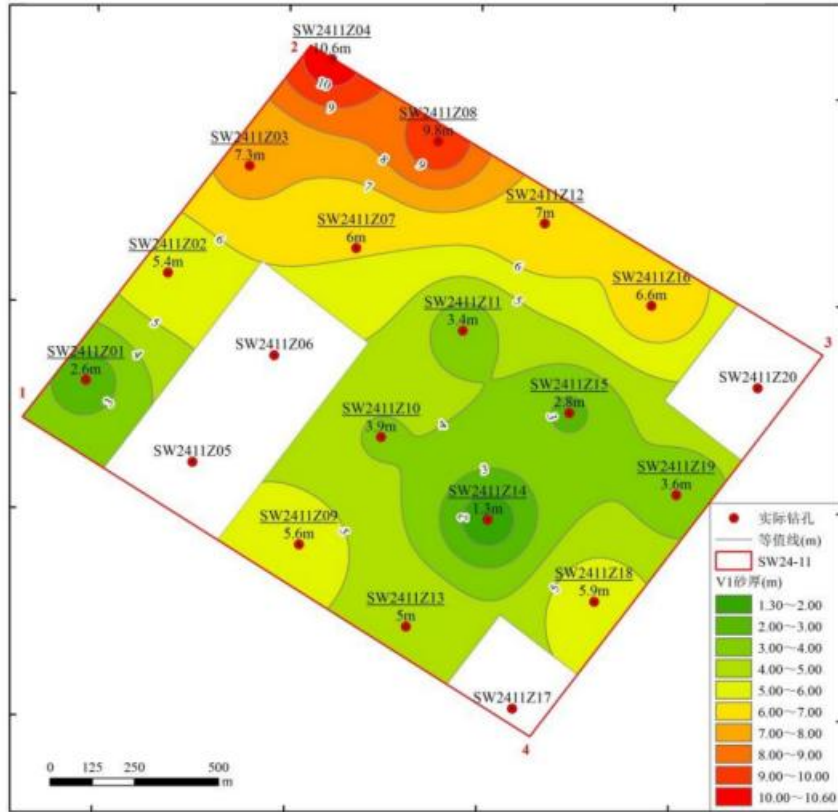


图 3.2.1-3 V1 海砂矿体等厚度图

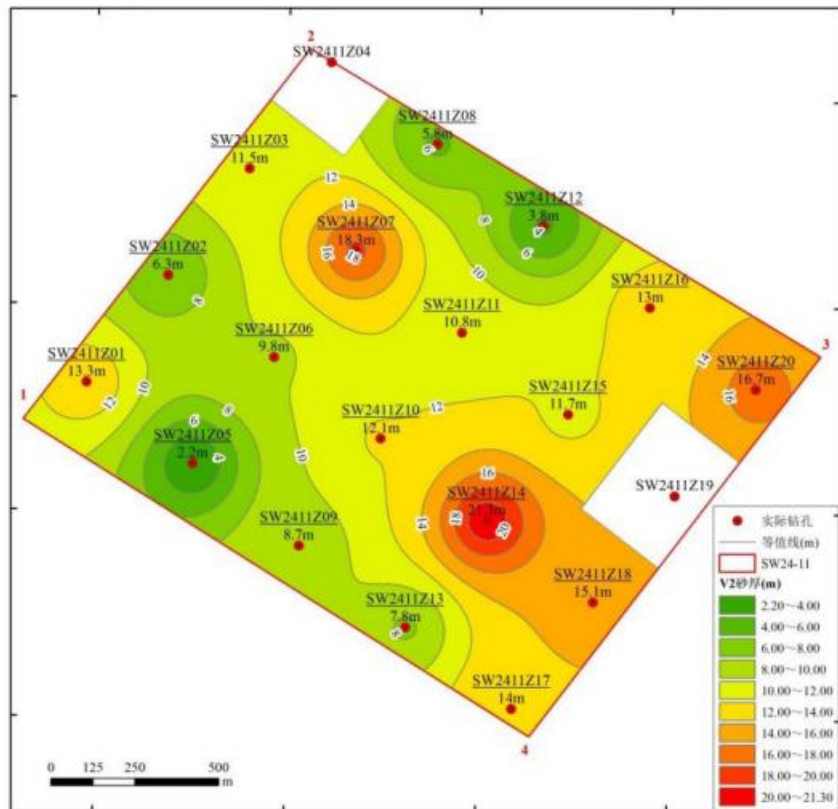


图 3.2.1-4 V2 矿体海砂等厚度图

3.2.1.3 矿体顶、底板特征

V1 矿体赋存标高为-24.79m~-44.97m。V1 矿体顶板标高在-24.79m~-39.37m 之间，平均-30.79m。矿体顶标高大致呈由北向南由浅逐渐变深的变化趋势（图 3.2.1-5）。其中，SW2411Z04 孔矿体顶板最浅，为-24.79m，SW2411Z09 孔矿体顶板最深，为-39.37m。

V1 矿体底板标高在-31.40m~-44.97m 之间，平均-36.33m。矿体底标高大致呈由北向南由浅逐渐变深的变化趋势（图 3.2.1-6）。其中，SW2411Z02 孔矿体底板最浅，为-31.40m，SW2411Z09 孔矿体底板最深，为-44.97m。

V2 矿体赋存标高为-34.48m~-64.85m。V2 矿体顶板标高在-34.48m~-53.24m 之间，平均-41.86m。矿体顶标高大致呈东部和北部浅，西部和东北角深的变化趋势（图 3.2.1-7）。其中，SW2411Z11 孔矿体顶板最浅，为-34.48m，SW2411Z05 孔矿体顶板最深，为-53.24m。

V2 矿体底板标高在-47.50m~-64.85m 之间，平均-55.59m。矿体底标高大致呈北部浅，南部深的变化趋势（图 3.2.1-8）。其中，SW2411Z12 孔矿体底板最浅，为-47.50m，SW2411Z17 孔矿体底板最深，为-64.85m。

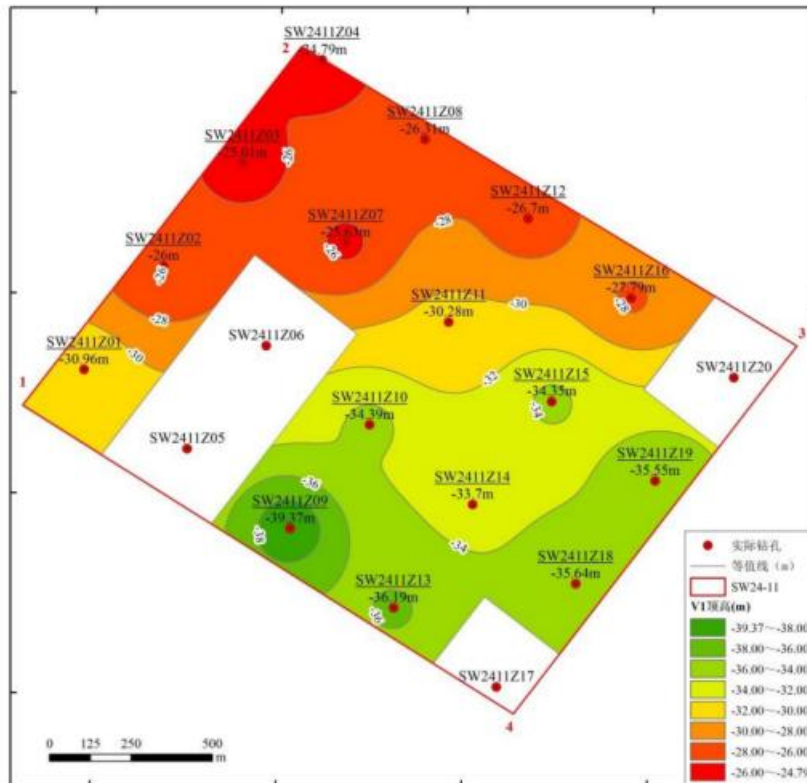


图 3.2.1-5 V1 矿体顶面标高图

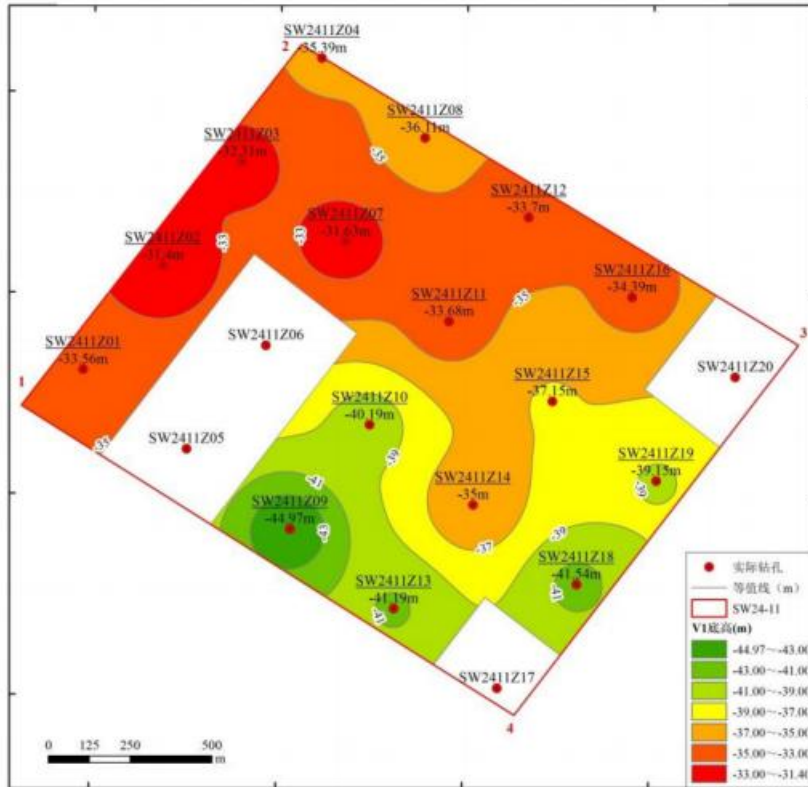


图 3.2.1-6 V1 矿体底板标高图

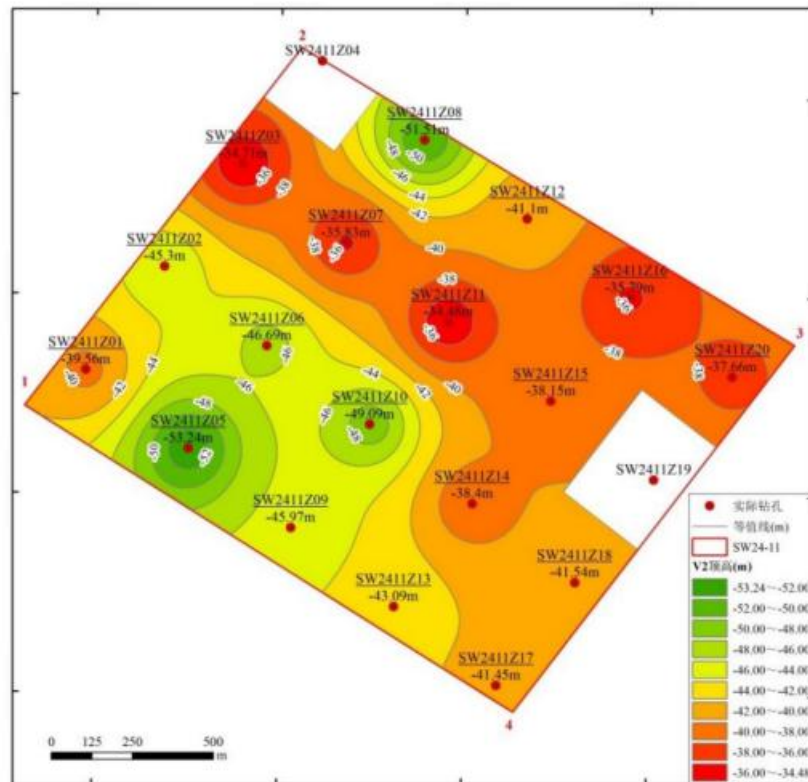


图 3.2.1-7 V2 矿体顶面标高图

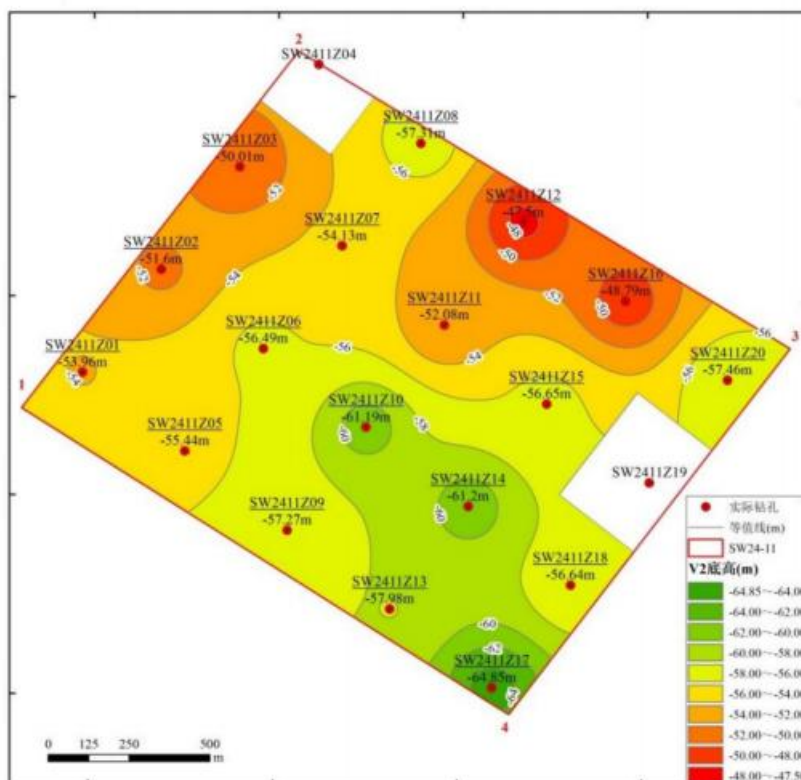


图 3.2.1-8 V2 矿体底面标高图

3.2.1.4 矿体覆盖层和夹层特征

(1) 矿体 V1

覆盖层：V1 矿体覆盖层其顶部为海底，底部为矿体 V1 顶板，在 V1 矿体上部其覆盖层厚度变化在 8.7m~22.8m 之间（图 4-1-9），平均厚度 14.51m。覆盖层大致呈北部薄，南部厚的变化趋势，形态及内部结构较简单，呈层状，总体产状近水平。覆盖层岩性以流塑-软塑状的砂质泥为主，少量为泥和泥质砂，极少量为砂。覆盖层砂+砾含量为 6.60%~88.50%，平均含量 34.35%，变化系数为 45.62%，分布均匀。各钻孔中 V1 矿体的覆盖层厚度详见表 3.1.2-1。

夹层：根据《矿产地质勘查规范 海砂》（DZ/T 0494-2024）规范开采技术条件指标，夹石剔除厚度为 >1m。V1 矿体仅在矿区中部的 SW2411Z10 孔出现夹层，位置为海底以下 20.9m~22.8m，厚度为 1.9m。夹层形态及内部结构较简单，呈层状，总体产状近水平。夹层岩性为砂质泥，砂+砾含量为 41.20%~46.90%，平均含量 44.05%，分布均匀。矿体 V1 的夹层详细信息见表 3.2.1-2。

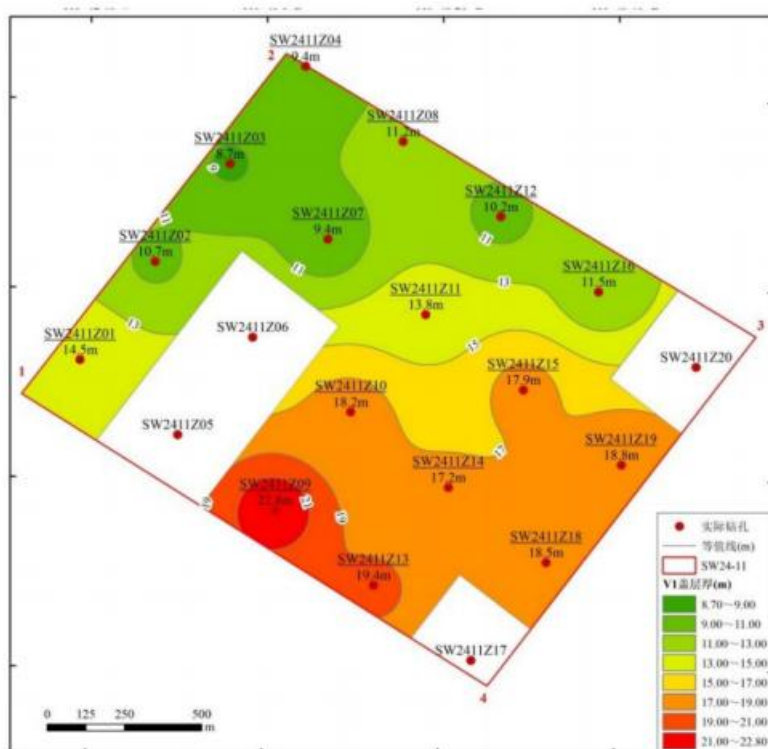


图 3.2.1-9 V1 矿体海砂盖层等厚度图

(2) 矿体 V2

覆盖层：V2 矿体的覆盖层包括其上覆的泥质地层和部分 V1 矿体，其顶部为海底，底部为矿体 V2 顶板，在 V2 矿体上部其覆盖厚度变化在 18.0m~38.3m 之间（图 3.2.1-10），平均厚度 25.56m。覆盖层大致呈东部和北部薄，西部和东北角厚的变化趋势，形态及内部结构较简单，呈层状，总体产状近水平。覆盖层岩性以砂质泥为主，泥质砂次之，少量为泥和砂，极少量为砾质砂，其中大部分的砂、泥质砂和砾质砂主要分布在 V1 矿体内。覆盖层除去 V1 矿体外的泥质地层岩性主要为砂质泥，其次为泥和泥质砂，极少数为砂，砂+砾含量为 0.20%~88.50%，平均含量 35.30%，变化系数为 53.26%，分布均匀。

夹层：V2 矿体在 SW2411Z01、SW2411Z03、SW2411Z09、SW2411Z11、SW2411Z12、SW2411Z13、SW2411Z14、SW2411Z15、SW2411Z17 和 SW2411Z20 孔出现夹层，这些钻孔主要位于矿区南部，其余钻孔未见夹层。矿体夹层厚度介于 1.1m~9.4m，其中：SW2411Z01（1.1m 砂质泥）、SW2411Z03（3.8m 泥）、SW2411Z09（2.6m 砂质泥、泥质砂）、SW2411Z11（6.8m 泥）、SW2411Z12（2.6m 砂质泥）、SW2411Z13（7.1m 泥）、SW2411Z14（1.5m 砂质泥）、SW2411Z15（6.8m 砂质泥、泥）、SW2411Z17（9.4m 泥、砂质泥、泥质砂）和 SW2411Z20（3.1m 砂质泥）。夹层形态及内部结构较简单，呈层状，总体产状近水平。夹层岩性主要为泥

和砂质泥，极少数为泥质砂，砂+砾含量为 2.10%~64.70%，平均含量 25.76%，变化系数为 73.59%，分布均匀。V2 矿层中各夹层编号、顶底面标高、厚度等信息详见表 3.2.1-2。

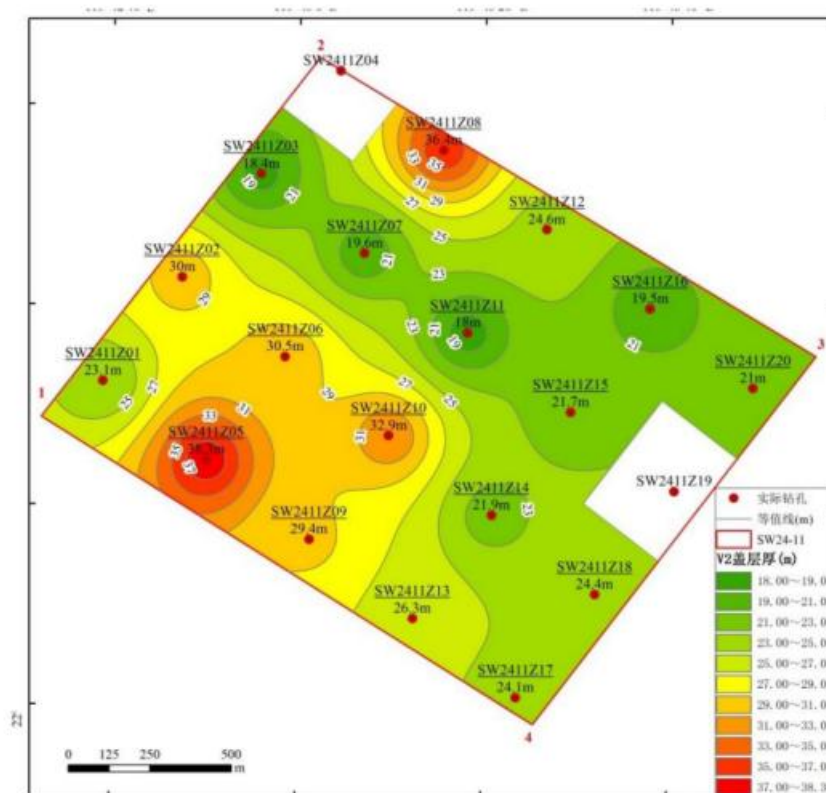


图 3.2.1-10 V2 矿体海砂盖层等厚度图

各个钻孔中矿层 V1 和 V2 的厚度、顶面标高、底面标高和盖层厚度具体见表 3.2.1-2。

表 3.2.1-2 矿区矿体夹层信息一览表

| 夹层所在矿体 | 钻孔编号 | 夹层编号 | 夹层顶面标高 (m) | 夹层底面标高 (m) | 夹层厚度 (m) | 岩性 |
|-----------|-----------|--------|------------|------------|----------|-----------|
| V1 | SW2411Z10 | V1J1 | -37.09 | -38.99 | 1.9 | 砂质泥 |
| V2 | SW2411Z01 | V2J1 | -45.36 | -46.46 | 1.1 | 砂质泥 |
| | SW2411Z03 | V2J2 | -41.81 | -45.61 | 3.8 | 泥 |
| | SW2411Z09 | V2J3 | -47.97 | -50.57 | 2.6 | 砂质泥、泥质砂 |
| | SW2411Z11 | V2J4 | -40.28 | -47.08 | 6.8 | 泥 |
| | SW2411Z12 | V2J4 | -43.60 | -46.20 | 2.6 | 砂质泥 |
| | SW2411Z13 | V2J5 | -47.69 | -54.79 | 7.1 | 泥 |
| | SW2411Z14 | V2J5 | -48.60 | -50.10 | 1.5 | 砂质泥 |
| | SW2411Z15 | V2J6 | -43.75 | -50.55 | 6.8 | 砂质泥、泥 |
| | SW2411Z17 | V2J7 | -45.85 | -55.25 | 9.4 | 泥、砂质泥、泥质砂 |
| SW2411Z20 | V2J8 | -42.16 | -45.26 | 3.1 | 砂质泥 | |

3.2.1.5 资源量估算

(1) 资源量估算的工业指标

本次调查的对象为回填料用砂，根据《矿产地质勘查规范 海砂》(DZ/T 0494-2024) 规范要求，确定本次回填料用海砂资源量估算的工业指标。

① 矿石质量指标

- a. 含砂量 $\geq 50\%$ (粒径 $\geq 0.063\text{mm}$ 的沉积物含量);
- b. 粗度指数大于或等于 0.95, 或细度模数大于或等于 0.7;
- c. 放射性物质内、外照射指数小于或等于 1。

② 开采技术条件指标

- a. 最小可开采厚度: $\geq 2\text{m}$;
- b. 夹石剔除厚度: $> 1\text{m}$ 。

(2) 资源量估算范围

本次资源量估算范围位于广东省汕尾市陆丰西侧海域 SW24-11 矿区内，平面上由 4 个拐点构成，面积约 2.5km^2 ；估算标高: $-14.94\text{m}\sim 64.85\text{m}$ ；估算的对象是回填料用海砂矿体。

(3) 估算结果

全矿区查明回填料用海砂原矿量 (含泥) ██████████，其中控制性矿石量 ██████████，推断性矿石量 ██████████。V1 矿体回填料用海砂矿石量 ██████████，其中控制矿石量 ██████████，推断矿石量 ██████████。V2 矿体回填料用海砂矿石量 ██████████，其中控制矿石量 ██████████，推断矿石量 ██████████。

表 3.2.1-3 SW24-11 矿区回填料用海砂资源量估算表

| 矿体号 | 块段号 | 资源量类型 | 平均厚度 (m) | 面积 (m^2) | 回填料用海砂原矿体积资源量 ($\times 10^4\text{m}^3$) | 平均含泥量 (%) | 平均含砂量 (%) | 回填料用海砂资源量 ($\times 10^4\text{m}^3$) |
|-----|------|-------|----------|---------------------|---|-----------|-----------|---------------------------------------|
| V1 | V1-1 | 控制 | ██ | ████ | ████ | ██ | ██ | ████ |
| | V1-2 | 控制 | ██ | ████ | ████ | ██ | ██ | ████ |
| | V1-3 | 控制 | ██ | ████ | ████ | ██ | ██ | ████ |
| | V1-4 | 控制 | ██ | ████ | ████ | ██ | ██ | ████ |
| | V1-5 | 推断 | ██ | ████ | ████ | ██ | ██ | ████ |
| | V1-6 | 推断 | ██ | ████ | ████ | ██ | ██ | ████ |
| | V1-7 | 推断 | ██ | ████ | ████ | ██ | ██ | ████ |

| | | | | | | | | |
|------|-------|----|---|---|---|---|---|---|
| | V1-8 | 推断 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | V1-9 | 推断 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | V1-10 | 推断 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | V1-11 | 推断 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | V1-12 | 推断 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | V1-13 | 推断 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | V1-14 | 推断 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | 小计 | 控制 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | | 推断 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| 合计 | 控制+推断 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| V2 | V2-1 | 控制 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | V2-2 | 控制 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | V2-3 | 控制 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | V2-4 | 控制 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | V2-5 | 推断 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | V2-6 | 推断 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | V2-7 | 推断 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | V2-8 | 推断 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | V2-9 | 推断 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | V2-10 | 推断 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | V2-11 | 推断 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | V2-12 | 推断 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | V2-13 | 推断 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | V2-14 | 推断 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | V2-15 | 推断 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | 小计 | 控制 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | | 推断 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| 合计 | 控制+推断 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| 全区合计 | 控制 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| | 推断 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| | 控制+推断 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |

3.2.2 矿石质量特征

3.2.2.1 矿石组成、结构构造

根据全矿区钻孔 6 个砂层混合样及 SW2411Z15 特征孔 30 个海砂样碎屑矿物分析结果，全矿区砂层混合样的轻矿物组成主要为石英，斜长石、钾长石，包含少量白云母，其中石英含量（石英占轻矿物的质量百分比）在 37.89%~60.17%之间。SW2411Z15 特征孔海砂样的轻矿物组成主要为石英，斜长石、钾长石，包含少量白云母，其中石英含量在 23.87%~76.18%之间。

V1 矿体内 0.063mm 以上粒级含量（即砂+砾含量）变化在 47.00%~92.40%之间，平均含量 74.63%，变化系数为 14.68%，分布均匀程度为均匀。整体上，矿体中南部的砂+砾平均含量低于北部和南部。矿体赋存于上更新统上部，矿体内沉积物岩性主要为泥质砂和砂，极少量为砾质砂和砂质泥。

V2 矿层内 0.063mm 以上粒级含量变化在 37.70%~99.70%之间，平均含量 80.84%，变化系数为 13.22%，分布均匀程度为均匀。整体上，矿体中北部和南部的砂+砾平均含量高于其他区域。矿体赋存于上更新统上部，矿体内沉积物岩性主要为砂和泥质砂，其次为砾质砂，极少数为砂质泥、泥-砂-砾和砂质砾。

全矿区 0.063mm 以上粒级含量最低 37.70%，最高 99.70%，算术平均值 78.97%，加权平均值为 79.12%，该值由 100%减去全区加权后平均含泥量 20.88%所得。

钻孔 SW2411Z01~SW2411Z20 粒级含量和细度模数垂向变化见图 3.2.2-1。矿区大部分钻孔的砂+砾含量随钻孔深度增加总体呈现“增高-降低-增高”的变化趋势；北部的 SW2411Z04 孔大致呈现先增高后降低的变化趋势；南部的 SW2411Z14 和 SW2411Z16 孔大致呈现整体逐渐增高的变化趋势；南部的 SW2411Z19 孔则大致呈现“增高-降低-增高-降低”的变化趋势。

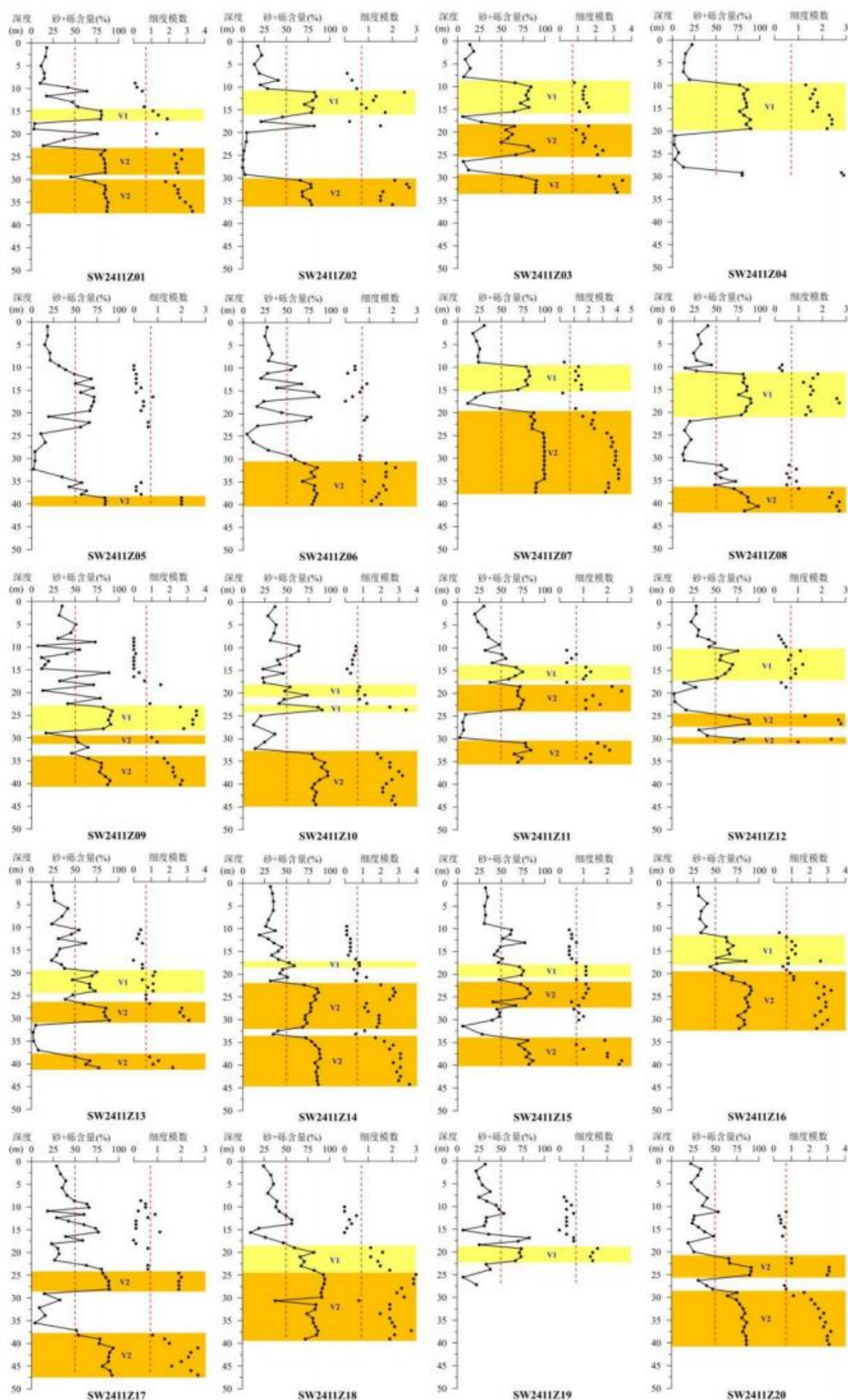


图 3.2.2-1 各钻孔粒级累积百分含量、细度模数垂向变化及矿层厚度图（色带为矿层）

3.2.2.2 含泥量、含砂量

本报告中泥是指粒径小于 0.063mm 的沉积物颗粒。

矿体 V1 中各样品含泥量在 7.60%~53.00%之间，加权平均值 26.25%；含砂量在 47.00%~92.40%之间，加权平均值 73.75%。

矿体 V2 中各样品含泥量在 0.30%~62.30%之间，加权平均值 18.77%；含砂量在 37.70%~99.70%之间，加权平均值 81.23%。

全区回填料海砂矿体加权后平均含泥量 20.88%，平均含砂量 79.12%。

3.2.2.3 细度模数

细度模数是用以衡量海砂粗细程度主要指标。其计算公式为：

$$M_x = \frac{(A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6) - 5A_1}{100 - A_1}$$

式中： M_x -细度模数；

A_1 、 A_2 、 A_3 、 A_4 、 A_5 、 A_6 分别为 4.75mm、2.36mm、1.18mm、600 μ m、300 μ m、150 μ m 筛的累计筛余百分率。

参照《建设用砂》(GB/T 14684-2022) 标准，海砂可分为粗、中、细和特细 4 种规格：粗砂 3.7~3.1；中砂 3.0~2.3；细砂 2.2~1.6；特细砂 1.5~0.7。

矿体 V1 砂样细度模数在 0.5~3.5 之间，平均值 1.5 (N=96)，主要为特细砂 (N=64)，少数为细砂 (N=15) 和中砂 (N=10)，极少数为粗砂 (N=5)，还有 2 个样品未达到特细砂规格。总体评价为特细砂级别。

矿体 V2 砂样细度模数在 0.5~4.1 之间，平均值 2.2 (N=222)，主要为中砂 (N=83) 和细砂 (N=60)，其次为特细砂 (N=46)，少量为粗砂 (N=24)，还有 2 个样品未达到特细砂规格，7 个样品超过粗砂规格。总体评价为细砂级别。

全矿区回填料海砂矿体平均细度模数为 2.0，整体为细砂级别，质量一般。

3.2.2.4 放射性特征

放射性测定是为研究海砂矿放射性强度，以评价其对环境 and 人体的危害程度。本次调查对 3 个样品进行了放射性测试，测试内容包括 ^{226}Ra (Bq/Kg)、 ^{232}Th (Bq/Kg) 和 ^{40}K (Bq/Kg)，结果见表 3.2.2-1。

表 3.2.2-1 钻孔样品放射性物质照射指数

| 样品编号 | C_{Ra} | C_{Th} | C_{K} | I_{Ra} | I_{T} |
|------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|
| | Bq/kg | Bq/kg | Bq/kg | - | - |
| | | | | | |

| | | | | | |
|-----------|------|------|-------|-----|-----|
| SW2411-01 | 31.8 | 54.6 | 656.2 | 0.2 | 0.5 |
| SW2411-02 | 31.0 | 55.7 | 666.9 | 0.2 | 0.5 |
| SW2411-03 | 19.4 | 24.3 | 317.0 | 0.1 | 0.2 |

内照射指数分别为 0.1~0.2；外照射指数分别为 0.2~0.5。

海砂放射性物质照射指数小于 1，海砂的放射性比活度符合我国《建筑材料放射性核素限量》（GB6566-2010）的要求，对环境和人体无危害性，可作为建筑主体材料和 A 类装饰装修材料。

3.2.2.5 有害物质含量

砂中如含有云母、轻物质、有机物、硫化物及硫酸盐、氯化物、贝壳，其限量应符合《建设用砂》（GB/T 14684-2022）的要求，具体见 3.2.2-2。

表 3.2.2-2 有害物质物质限量

| 类别 | I | II | III |
|----------------------------------|-------|----------|-------|
| 云母（按质量计）/% | ≤1.0 | 小于等于 2.0 | |
| 轻物质（按质量计）/% | ≤1.0 | | |
| 有机物 | 合格 | | |
| 硫化物及硫酸盐（按 SO ₃ 质量计）/% | ≤0.5 | | |
| 氯化物（以氯离子计）/% | ≤0.01 | ≤0.02 | ≤0.06 |
| 贝壳（按质量计）/% | ≤3.0 | ≤5.0 | ≤8.0 |
| 该指标仅适用于海砂，其他砂种不作要求 | | | |

调查区采集的 3 件有害物质组合样分析表明（表 3.2.2-3），硫化物及硫酸盐含量平均值为 0.32%，小于标准值 0.5%，符合我国《建设用砂》（GB/T 14684-2022）的要求；氯化物含量平均值为 0.30%，大于三类标准值 0.06%，氯化物超标的主要原因为海水中氯化物（氯化钠）超标，经过淡冲洗后可有效降低氯化物含量。有机物含量检测合格，云母含量平均值为 0.12%，小于标准值 1.0%；轻物质含量平均值为 0.53%，小于标准值 1.0%；贝壳含量平均值为 1.27%，小于标准值 3.0%，符合我国《建设用砂》（GB/T 14684-2022）的要求。

表 3.2.2-3 钻孔样品有害物质物质含量

| 样品编号 | 检测结果 ω (%) | | | | | |
|-----------|------------|------|-----|------|-----|------|
| | 硫化物及硫酸盐 | 氯化物 | 有机物 | 云母 | 轻物质 | 贝壳 |
| SW2411-01 | 0.23 | 0.42 | 合格 | 0.20 | 0.7 | 1.28 |
| SW2411-02 | 0.38 | 0.28 | 合格 | 0.07 | 0.3 | 1.18 |
| SW2411-03 | 0.36 | 0.21 | 合格 | 0.10 | 0.6 | 1.34 |

3.2.2.6 重金属溶出试验结果

重金属溶出试验是为研究海砂矿重金属含量，以评价其对环境和人体的危害程度。重金属含量执行《海洋沉积物质量》（GB18668-2002），详见表 2.5.1-2。本次调查共取 6 个样品进行重金属溶出试验，测试内容包括砷、汞、铬、铜、锌、镉、铅

等溶出物的含量，结果见下表 3.2.2-4。

根据试验结果可得，砷含量 $<20\text{mg/kg}$ 、汞含量 $<0.20\text{mg/kg}$ 、铬的含量 $<80\text{mg/kg}$ 、铜含量 $<35\text{mg/kg}$ 、锌含量 $<150\text{mg/kg}$ 、镉含量 $<0.5\text{mg/kg}$ 、铅含量 $<60\text{mg/kg}$ ，因此海砂的重金属含量符合《海洋沉积物质量》(GB18668-2002)中第一类海洋沉积物的要求。

表 3.2.2-4 钻孔样品重金属含量表

| 样品原号 | 检测编号 | 砷 | 汞 | 铬 | 铜 | 锌 | 镉 | 铅 |
|-------------------|------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| | | $w_B/(\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1})$ | $w_B/(\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1})$ | $w_B/(\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1})$ | $w_B/(\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1})$ | $w_B/(\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1})$ | $w_B/(\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1})$ | $w_B/(\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1})$ |
| 全区 20 口钻孔混合-1 | ZH25-998-1 | 0.014 | 0.0005 | <0.03 | <0.03 | <0.1 | <0.001 | <0.01 |
| 全区 20 口钻孔混合-2 | ZH25-998-2 | <0.005 | 0.0004 | <0.03 | <0.03 | 0.16 | <0.001 | <0.01 |
| 全区 20 口钻孔混合-3 | ZH25-998-3 | <0.005 | 0.0003 | <0.03 | <0.03 | <0.1 | 0.001 | <0.01 |
| SW2411Z15 混-覆盖层 1 | ZH25-998-4 | 0.070 | 0.0004 | <0.03 | 0.054 | <0.1 | 0.001 | <0.01 |
| SW2411Z15 混-覆盖层 2 | ZH25-998-5 | <0.005 | 0.0003 | <0.03 | <0.03 | <0.1 | <0.001 | <0.01 |

3.2.3 共伴生矿产评价

3.2.3.1 碎屑矿物

本次调查共采取 36 件样品进行了碎屑矿物分析，其中混合样 6 件，另选取 SW2411Z15 为特征孔取样 30 件。

混合样共检测出碎屑矿物 34 种。轻矿物主要为石英，斜长石、钾长石，包含少量白云母。石英含量（石英占轻矿物的质量百分比）在 37.89%~60.17%之间。重矿物含量（重矿物质量占分析质量的百分比）在 0.17%~1.27%之间。重矿物含量虽少，但是种类较多，包括磁铁矿、钛铁矿、赤褐铁矿、石榴石、角闪石、十字石、黄铁矿、锆石、白钛石、绿帘石、电气石等。

SW2411Z15 特征孔样共检测出碎屑矿物种碎屑矿物 27 种。轻矿物主要为石英，斜长石、钾长石，包含少量白云母。石英含量（石英占轻矿物的质量百分比）在 23.87%~76.18%之间。重矿物含量（重矿物质量占分析质量的百分比）在 0.09%~0.98%之间。重矿物含量虽少，但是种类较多，包括磁铁矿、钛铁矿、赤褐铁矿、角闪石、黄铁矿、锆石、白钛石、绿帘石、电气石等。

表 3.2.3-1 SW24-11 矿区碎屑矿物主要种类含量表

| 野外编号 | 重矿物总含量 (%) | 轻矿物总含量 (%) | 单一重矿物含量 (%) | | | | | | | | | 单一轻矿物含量 (%) | | | | |
|--------------|------------|------------|-------------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------------|-------|------|------|-------|
| | | | 锆石 | 黄铁矿 | 绿帘石 | 钛铁矿 | 磁铁矿 | 角闪石 | 白钛石 | 赤褐铁矿 | 其它 | 石英 | 斜长石 | 钾长石 | 白云母 | 其它 |
| SW2411-01 | 1.44 | 98.56 | 1.41 | 1.41 | 24.51 | 9.30 | 0.28 | 17.18 | 10.42 | 3.94 | 31.55 | 40.88 | 29.83 | 4.14 | 0.28 | 24.87 |
| SW2411-02 | 1.03 | 98.97 | 2.45 | 1.53 | 23.62 | 11.04 | 0.31 | 12.58 | 11.35 | 3.37 | 33.75 | 37.89 | 35.61 | 3.70 | 0.57 | 22.23 |
| SW2411-03 | 0.70 | 99.30 | 6.45 | 0.54 | 11.83 | 17.74 | 1.34 | 3.76 | 15.05 | 7.53 | 35.76 | 52.03 | 33.06 | 1.63 | 0.54 | 12.74 |
| SW2411-04 | 0.63 | 99.37 | 6.87 | 1.65 | 6.87 | 17.03 | 0.27 | 1.92 | 11.54 | 8.24 | 45.61 | 52.14 | 31.02 | 4.81 | 0.27 | 11.76 |
| SW2411-05 | 0.65 | 99.35 | 5.06 | 0.60 | 7.44 | 20.83 | 1.19 | 2.98 | 13.10 | 12.20 | 36.6 | 52.20 | 36.07 | 3.23 | 0.29 | 8.21 |
| SW2411-06 | 0.87 | 99.13 | 6.90 | 2.59 | 8.05 | 17.24 | 0.57 | 0.29 | 8.62 | 12.36 | 43.38 | 60.17 | 34.46 | 2.82 | / | 2.55 |
| SW2411Z15-06 | 0.20 | 99.80 | / | / | 20.57 | 7.03 | / | 22.66 | 9.11 | 10.68 | 29.95 | 23.89 | 49.68 | 4.14 | 0.64 | 21.65 |
| SW2411Z15-07 | 0.97 | 99.03 | 1.51 | 7.23 | 24.10 | 6.63 | / | 11.45 | 12.65 | 6.33 | 30.10 | 25.99 | 48.32 | 2.45 | 0.61 | 22.63 |
| SW2411Z15-08 | 0.99 | 99.01 | 2.25 | 54.98 | 12.22 | 8.04 | / | 1.93 | 9.97 | 3.86 | 6.75 | 31.80 | 49.18 | 1.64 | / | 17.38 |
| SW2411Z15-09 | 1.00 | 99.00 | 1.41 | 42.09 | 11.58 | 5.08 | / | 5.08 | 11.30 | 8.47 | 14.99 | 35.74 | 38.36 | 2.62 | 0.33 | 22.95 |
| SW2411Z15-10 | 0.52 | 99.48 | 5.31 | 0.94 | 16.25 | 9.06 | / | 10.00 | 10.31 | 18.44 | 29.69 | 37.97 | 45.57 | 1.58 | 0.32 | 14.56 |
| SW2411Z15-11 | 0.63 | 99.37 | 3.21 | 9.29 | 26.28 | 4.81 | / | 9.62 | 10.26 | 11.86 | 24.67 | 34.92 | 43.30 | 2.23 | 1.68 | 17.87 |
| SW2411Z15-12 | 0.94 | 99.06 | 5.64 | 0.63 | 20.06 | 15.05 | / | 6.58 | 17.87 | 12.54 | 21.63 | 41.91 | 38.15 | 2.02 | 0.87 | 17.05 |
| SW2411Z15-13 | 0.73 | 99.27 | 8.00 | / | 11.67 | 19.33 | 0.33 | 4.33 | 15.67 | 15.67 | 25.00 | 39.76 | 37.61 | 1.83 | 0.61 | 20.19 |
| SW2411Z15-14 | 0.49 | 99.51 | 3.03 | 6.06 | 21.21 | 12.67 | / | 1.38 | 21.21 | 27.00 | 7.44 | 38.10 | 45.24 | 2.68 | 0.30 | 13.68 |
| SW2411Z15-15 | 0.18 | 99.82 | 0.33 | 0.33 | 0.98 | 3.61 | / | 0.98 | 16.07 | 12.13 | 65.57 | 40.00 | 40.30 | 4.18 | 0.60 | 14.92 |
| SW2411Z15-16 | 0.15 | 99.85 | 0.83 | 0.55 | 2.76 | 0.83 | / | 1.38 | 12.71 | 10.50 | 33.57 | 33.57 | 52.58 | 2.35 | / | 11.50 |
| SW2411Z15-17 | 0.16 | 99.84 | 0.57 | 0.57 | 1.14 | 2.27 | / | 0.85 | 13.64 | 13.35 | 43.08 | 43.08 | 40.25 | 3.46 | 0.63 | 12.58 |
| SW2411Z15-18 | 0.71 | 99.29 | 0.57 | / | 0.28 | 2.27 | / | / | 3.68 | 3.40 | 29.02 | 29.02 | 32.18 | 1.44 | 2.87 | 34.49 |
| SW2411Z15-19 | 0.87 | 99.13 | 5.65 | / | 0.28 | 9.04 | / | 0.28 | 5.08 | 11.02 | 23.87 | 23.87 | 53.70 | 1.67 | 2.86 | 17.90 |
| SW2411Z15-20 | 0.82 | 99.18 | 7.37 | / | 2.11 | 16.32 | / | 0.53 | 16.84 | 27.11 | 52.14 | 52.14 | 35.04 | 2.85 | 0.28 | 9.69 |
| SW2411Z15-21 | 1.16 | 98.84 | 8.79 | / | 0.52 | 14.73 | 0.26 | / | 20.41 | 25.84 | 62.20 | 62.20 | 34.05 | 1.07 | / | 2.68 |
| SW2411Z15-22 | 0.61 | 99.39 | 11.34 | / | 0.87 | 14.83 | 0.58 | 0.58 | 20.64 | 15.70 | 68.13 | 68.13 | 25.15 | 0.58 | 0.29 | 5.85 |
| SW2411Z15-23 | 1.19 | 98.81 | 4.92 | / | 1.04 | 7.77 | / | / | 12.18 | 21.76 | 41.76 | 41.76 | 43.68 | 2.20 | / | 12.36 |
| SW2411Z15-24 | 0.67 | 99.33 | 7.93 | 1.52 | 0.30 | 13.72 | / | 1.52 | 18.29 | 25.91 | 63.19 | 63.19 | 28.66 | 1.30 | / | 6.85 |
| SW2411Z15-25 | 0.28 | 99.72 | 6.67 | 27.83 | 0.58 | 12.75 | / | 0.58 | 0.58 | 20.87 | 56.88 | 56.88 | 33.33 | 1.83 | 0.31 | 7.65 |
| SW2411Z15-26 | 0.65 | 99.35 | 1.67 | 71.87 | / | 4.18 | 0.28 | / | 7.24 | 8.08 | 56.81 | 56.81 | 30.43 | 2.32 | 0.29 | 10.15 |
| SW2411Z15-27 | 0.70 | 99.30 | 2.52 | 65.24 | 0.76 | 3.02 | / | / | 7.81 | 10.83 | 49.06 | 49.06 | 35.63 | 1.88 | 0.31 | 13.12 |
| SW2411Z15-28 | 0.63 | 99.37 | 1.57 | 72.10 | 0.63 | 4.08 | / | / | 6.27 | 9.09 | 51.44 | 51.44 | 33.05 | 1.44 | / | 14.07 |
| SW2411Z15-31 | 0.25 | 99.75 | 8.94 | 2.32 | 0.99 | 10.26 | / | 0.33 | 30.13 | 18.21 | 56.65 | 56.65 | 32.37 | 2.60 | / | 8.38 |
| SW2411Z15-32 | 0.20 | 99.80 | 9.49 | 0.95 | / | 12.03 | / | 0.63 | 23.42 | 27.53 | 68.75 | 68.75 | 23.81 | 1.19 | / | 6.25 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|------|-------|-------|------|------|-------|------|---|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|
| SW2411Z15-33 | 0.45 | 99.55 | 8.02 | 0.31 | 0.31 | 18.52 | / | / | 13.89 | 29.94 | 76.18 | 76.18 | 18.53 | 1.47 | / | 3.82 |
| SW2411Z15-34 | 0.50 | 99.50 | 12.13 | 0.98 | / | 18.69 | / | / | 21.31 | 27.54 | 62.85 | 62.85 | 29.89 | 1.96 | / | 5.30 |
| SW2411Z15-35 | 0.63 | 99.37 | 8.87 | 0.81 | / | 17.47 | 0.54 | / | 9.95 | 24.19 | 62.77 | 62.77 | 29.73 | 3.30 | / | 4.20 |
| SW2411Z15-36 | 1.06 | 98.94 | 1.63 | / | 0.27 | 2.45 | 3.53 | / | 0.54 | 46.47 | 55.42 | 55.42 | 36.95 | 2.35 | / | 5.28 |
| SW2411Z15-37 | 1.00 | 99.00 | 1.05 | / | / | 1.05 | 2.36 | / | 2.09 | 45.29 | 61.20 | 61.20 | 27.44 | 1.89 | 0.63 | 8.84 |

3.2.3.2 重砂矿物评价

对矿区 3 个海砂样品进行了重砂分析，检测出锆石、黄铁矿、磷灰石、金红石、锐钛矿、白钛石、矽线石、红柱石、榍石、独居石、尖晶石、透闪石、石榴子石、电气石、绿帘石、角闪石、十字石、石榴子石、菱铁矿、铬铁矿、钛铁矿、赤褐铁矿、磁铁矿等共计 23 种矿物，一些矿物的含量极少，未进行称重计量。

海区砂矿目前国内尚无统一的参考性工业指标，矿床评价指标方案使用《砂矿（金属矿产）地质勘查规范》（DZ/T0208-2002）和《矿产地质勘查规范-金属砂矿类》（DZ/T0208-2020）中的一般工业指标，其中钛铁矿和锆石的评价指标参照《矿产地质勘查规范-金属砂矿类》（DZ/T0208-2020）中的一般工业指标，金红石和独居石的评价指标参照《砂矿（金属矿产）地质勘查规范》（DZ/T0208-2020）中的一般工业指标，具体见表 3.2.3-2。

表 3.2.3-2 本次评价使用的矿床工业指标

| 工业指标项目 | 钛铁矿 | 锆石 | 金红石 | 独居石 |
|-----------------------------|-----|-----|-------|------|
| 边界品位 (kg/m ³) | 5 | 0.8 | 0.5 | 0.5 |
| 最底工业品位 (kg/m ³) | 8 | 1.3 | 0.8 | 0.8 |
| 可采厚度 (m) | ≥2 | ≥2 | 0.5 | ≥0.5 |
| 最小夹石剔除厚度 (m) | 2~3 | 2~3 | 剥采比≤4 | |

为了便于与使用的工业指标作比较，矿物含量单位 g/t 转换为 kg/m³，所用的砂土的干密度值为 1.75g/cm³，换算结果见表 3.2.3-3，表中的“/”表示含量极少。

表 3.2.3-3 钻孔中单样折算后品位

| 样品编号 | 重矿物品位 (kg/m ³) | | | |
|-----------|----------------------------|------|------|------|
| | 钛铁矿 | 锆石 | 金红石 | 独居石 |
| SW2411-01 | 0.72 | 0.31 | 0.05 | 0.02 |
| SW2411-02 | 0.52 | 0.20 | 0.03 | 0.01 |
| SW2411-03 | 0.31 | 0.13 | / | / |

根据钻孔中单样重砂分析结果折算的品位，参照工业指标要求，矿区主要的有用重矿物为钛铁矿、锆石和金红石，但均未达到边界品位。

3.2.3.3 稀土资源评价

稀土元素常共生在一起，分离困难，可按稀土元素总量进行评价或估算资源量。目前国内针对浅海尚无统一的参考性工业指标，参照《稀土矿产地质勘查规范》（DZ/T 0204-2022）中的相关内容，本报告评价采用的稀土矿床一般工业指标见表 3.2.3-4。

表 3.2.3-4 评价使用的稀土矿床一般工业指标

| 工业指标项目 | | 矿床类型 | | |
|--------------|----------------------|---------|-------------|-------------|
| | | 原生矿 | 离子吸附型矿 | |
| | | | 重稀土 | 轻稀土 |
| 边界品位 | [ω (TREO)] % | 0.5~1.0 | | |
| | [ω (SREO)] % | | 0.020~0.033 | 0.035~0.065 |
| 最低工业品位 | [ω (TREO)] % | 1.5~2.0 | | |
| | [ω (SREO)] % | | 0.035~0.065 | 0.050~0.098 |
| 可采厚度 (m) | | 1~2 | 1~2 | 1~2 |
| 最小夹石剔除厚度 (m) | | 2~4 | 2~4 | 2~4 |

为了便于与矿床工业指标作比较,根据地球化学测试结果,将各稀土元素含量的单位 $\mu\text{g/g}$ 转换为%,调查区钻孔混合样中稀土含量参数见表 3.2.3-5,参照上述工业指标要求,评价如下:

轻稀土品位最大值为 0.00828%,低于边界品位;重稀土品位最大值为 0.002206%,低于边界品位;稀土总量品位最大值为 0.010486%,低于边界品位,不具有工业开采价值。

表 3.2.3-5 SW24-11 矿区混合样稀土矿品位

| 统计量 | 稀土总量 (%) | 轻稀土 (%) | 重稀土 (%) |
|------|----------|----------|----------|
| 样品个数 | 6 | 6 | 6 |
| 最大值 | 0.010486 | 0.00828 | 0.002206 |
| 平均值 | 0.006284 | 0.004858 | 0.001426 |

特征孔 SW2411Z15 中稀土含量参数见表 4-3-6,参照上述工业指标要求,评价如下:

轻稀土品位最大值为 0.019584%,低于边界品位;重稀土品位最大值为 0.005043%,低于边界品位;稀土总量品位最大值为 0.024627%,低于边界品位,不具有工业开采价值。

表 3.2.3-6 SW24-11 矿区 SW2411Z15 特征孔稀土矿品位

| 统计量 | 稀土总量 (%) | 轻稀土 (%) | 重稀土 (%) |
|------|----------|----------|----------|
| 样品个数 | 37 | 37 | 37 |
| 最大值 | 0.024627 | 0.019584 | 0.005043 |
| 平均值 | 0.012308 | 0.009693 | 0.002615 |

3.3 海砂开采方案

本节引用《广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-11 矿区回填料海砂资源开采方案(复核稿)》(汕尾市自然资源局,2026年3月)专题内容进行论述。

3.3.1 确定开采量

(1) 评审的资源储量 (Q)

根据《<广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-11 矿区回填料用海砂资源储量核实报告>矿产资源储量评审意见书》(粤资储评审字(2025)146号)和《储量核实报告》,截至 2025 年 6 月 30 日,在拟出让矿区范围内查明回填料用海砂体积资源量 [REDACTED],平均含砂量为 79.12%,海砂矿石量 [REDACTED] (不含泥);其中控制海砂体积资源 [REDACTED] (含泥),平均含砂量为 79.27%,控制海砂矿石量 [REDACTED] (不含泥);推断海砂体积资源量 [REDACTED] (含泥),平均含砂量为 78.83%,控制海砂矿石量 [REDACTED] (不含泥)。

(2) 设计利用的资源储量 (Q1)

根据中国矿业权评估协会制定的《矿业权出让收益评估应用指南(2023)》,本设计取控制资源量和推断资源量可信度系数 1.0,则设计可利用回填料用海砂体积资源量为 [REDACTED] 万 m^3 。

(3) 确定的开采储量 (Q2)

1) 根据境界点平面直角坐标计算境界边长,如图 3.3.1-1~图 3.3.1-2 所示。

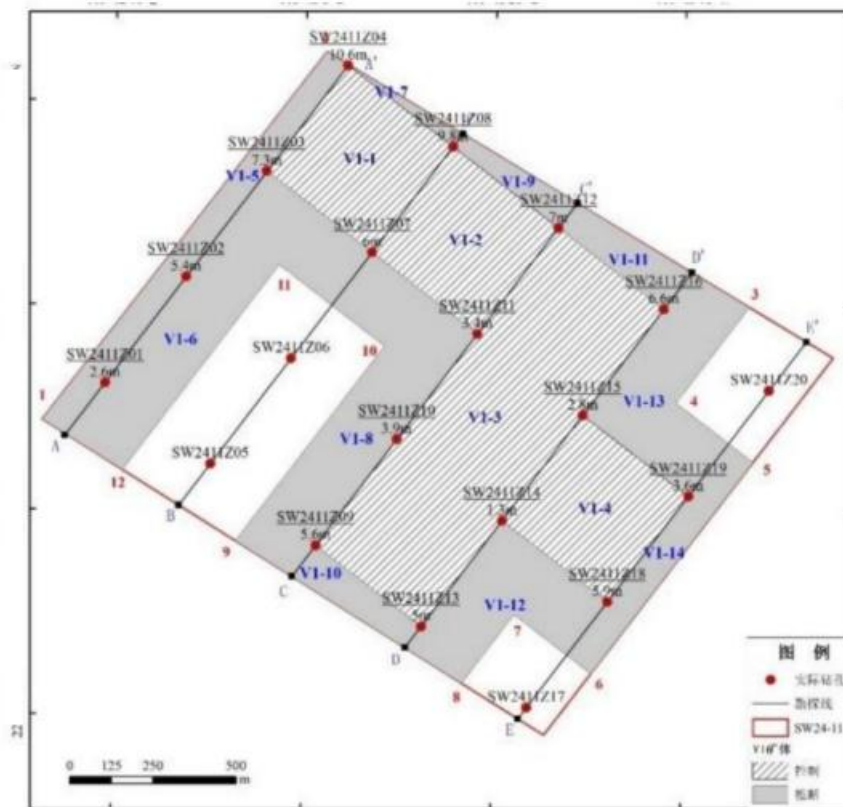


图 3.3.1-1 矿区 V1 矿体块段及资源量类型分布平面图

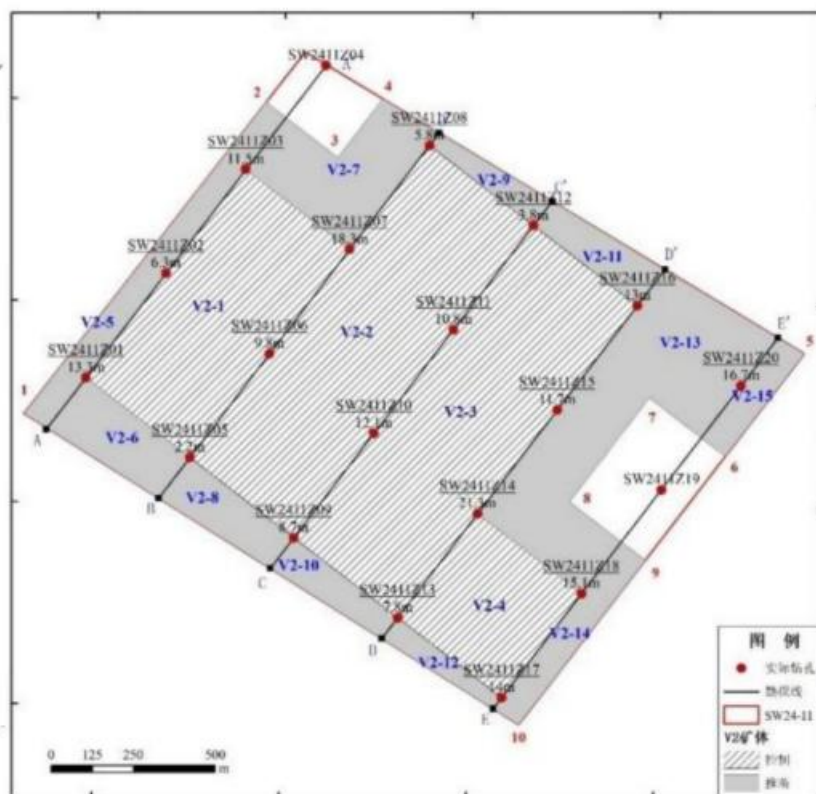


图 3.3.1-2 矿区 V2 矿体块段及资源量类型分布平面图

根据《核实报告》中的矿体分布、钻孔间距、勘探线间距以及矿区拐点坐标，可知：

根据图 3.3.1-1 可得 V1 矿体边长：东边为 A'-B'-C'-D'-E' 范围内的矿体长度，约 1408m；南边为 E'-E 范围内的矿体长度，约 800m；西边为 E-D-C-B-A 范围内的矿体长度，约 1004m；北边为 A-角点 1-角点 2-A' 范围内的矿体长度，约 1556m。

根据图 3.3.1-2 可得 V2 矿体边长：东边为 A'-B'-C'-D'-E' 范围内的矿体长度，约 1408m；南边为 E'-E 范围内的矿体长度，约 1214m；西边为 E-D-C-B-A 范围内的矿体长度，约 1607m；北边为 A-角点 1-角点 2-A' 范围内的矿体长度，约 1286m。

2) 根据《储量核实报告》中的地勘资料计算各土层不可开采区域情况。

V1 不可开采区域：东边取 SW2411Z04、SW2411Z08、SW2411Z12 和 SW2411Z16 共计 4 个钻孔的 V1 矿体平均厚度（即 8.50m）和 V1 矿体平均盖层厚度（即 10.58m），作为该测线上 V1 矿体厚度和盖层厚度，并尖推至边界；南边取 SW2411Z18 和 SW2411Z19 共计 2 个钻孔的 V1 矿体平均厚度（即 4.75m）和 V1 矿体平均盖层厚度（即 18.65m），作为该测线上 V1 矿体厚度和盖层厚度，并尖推至边界；西边取 SW2411Z01、SW2411Z09 和 SW2411Z13 共计 3 个钻孔的 V1 矿体平均

厚度（即 4.40m）和 V1 矿体平均盖层厚度（即 18.9m），作为该测线上 V1 矿体厚度和盖层厚度，并尖推至边界；北边取 SW2411Z01、SW2411Z02、SW2411Z03 和 SW2411Z04 共计 4 个钻孔的 V1 矿体平均厚度（即 6.48m）和 V1 矿体平均盖层厚度（即 10.83m），作为该测线上 V1 矿体厚度和盖层厚度，并尖推至边界。

V2 不可开采区域：东边取 SW2411Z08、SW2411Z12、SW2411Z16 和 SW2411Z20 共计 4 个钻孔的 V2 矿体平均厚度（即 9.83m）和 V2 矿体平均盖层厚度（即 25.38m），作为该测线上 V2 矿体厚度和盖层厚度，并尖推至边界；南边取 SW2411Z17、SW2411Z18 和 SW2411Z20 共计 3 个钻孔的 V2 矿体平均厚度（即 15.27m）和 V2 矿体平均盖层厚度（即 23.17m），作为该测线上 V2 矿体厚度和盖层厚度，并尖推至边界；西边取 SW2411Z01、SW2411Z05、SW2411Z09、SW2411Z13 和 SW2411Z17 共计 5 个钻孔的 V2 矿体平均厚度（即 9.20m）和 V2 矿体平均盖层厚度（即 28.24m），作为该测线上 V2 矿体厚度和盖层厚度，并尖推至边界；北边取 SW2411Z01、SW2411Z02 和 SW2411Z03 共计 3 个钻孔的 V2 矿体平均厚度（即 10.37m）和 V2 矿体平均盖层厚度（即 23.83m），作为该测线上 V2 矿体厚度和盖层厚度，并尖推至边界。

3) 为避免超矿区开采，避免造成水下矿区边坡坍塌，在水下休止角（ 23° ）以内的矿体将不得完全开采。计算不可开采矿体截面如图 3.3.1-3、表 3.3.1-1~表 3.3.1-2 所示。

4) 为尽量减少不可开采区域造成的海砂损失，考虑到海砂实际开采过程的盖层会补充被开采区域，因此 23° 休止角内部分海砂矿区域仍可得到开采，以最大程度提高可采砂总量。根据设计开采方式为从上至下依次开采 V1、V2 矿体，不开采矿体盖层部分，矿体开采后上部盖层会补充被开采矿体区域。

估算其中不可开采部分：其中不可开采部分：V1 矿体约有 18.59 万 m^3 ，V2 矿体约有 30.04 万 m^3 。则实际可开采海砂体积资源量为： \blacksquare 万 m^3 -18.59 万 m^3 -30.04 万 m^3 = \blacksquare 万 m^3 （含泥，含泥量 20.88%）。实际可开采海砂矿石量为： \blacksquare 万 m^3 （不含泥）。

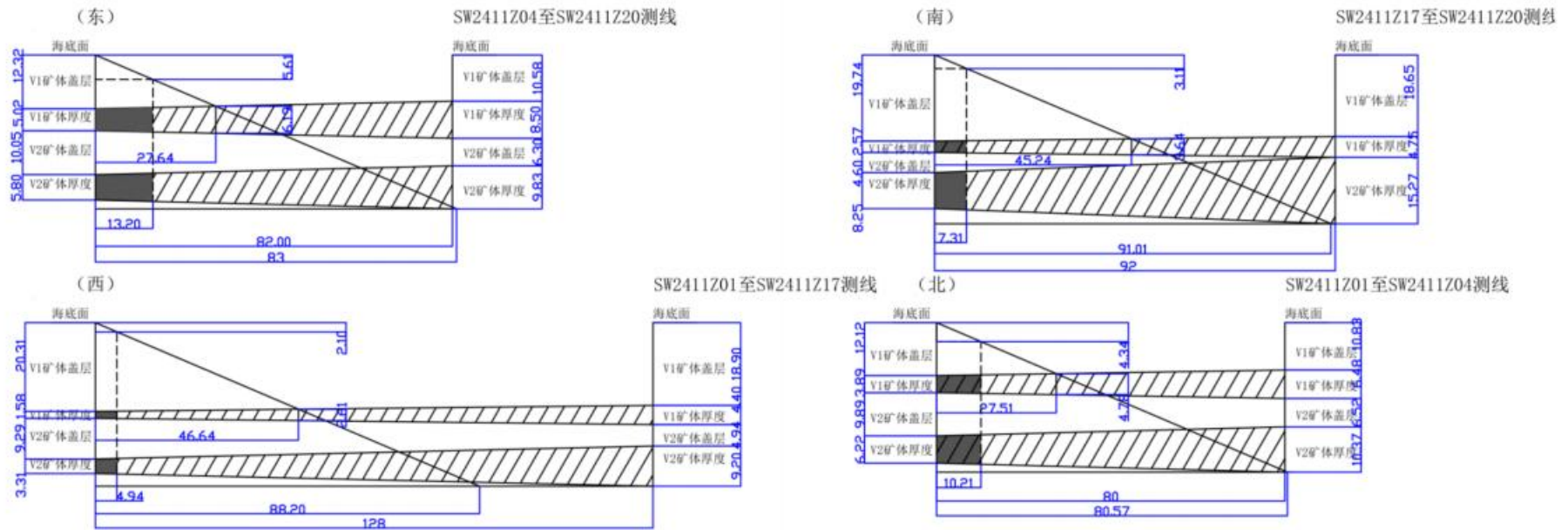


图 3.3.1-3 矿区开采剖面示意图 (图中黑色部分为不可开采矿体截面)

表 3.3.1-1 V1 矿体中不可开采资源量计算

| 区域 | 不可开采区域宽度 (m) | 不可开采区域截面面积 (m ² , 图中黑色部分) | 不可开采区域平均厚度 (m) | 不可开采区域平面面积 (m ² , 采用 Arcgis 量算, 已扣除重叠部分) | 不可开采区域体积资源量 (10 ⁴ ×m ³) |
|----|--------------|--------------------------------------|----------------|---|--|
| 东边 | 13.20 | 69.99 | 5.30 | 18591.70 | 9.85 |
| 南边 | 7.31 | 19.43 | 2.66 | 5847.93 | 1.56 |
| 西边 | 4.94 | 8.07 | 1.63 | 4960.92 | 0.81 |
| 北边 | 10.21 | 41.42 | 4.06 | 15680.50 | 6.37 |
| 合计 | | | | | 18.59 |

表 3.1.1-2 V2 矿体中不可开采资源量计算

| 区域 | 不可开采区域宽度 (m) | 不可开采区域截面面积 (m ² , 图中黑色部分) | 不可开采区域平均厚度 (m) | 不可开采区域平面面积 (m ² , 采用 Arcgis 量算, 已扣除重叠部分) | 不可开采区域体积资源量 (10 ⁴ ×m ³) |
|----|--------------|--------------------------------------|----------------|---|--|
| 东边 | 13.20 | 80.87 | 6.13 | 18591.77 | 11.40 |
| 南边 | 7.31 | 62.39 | 8.53 | 8768.45 | 7.48 |
| 西边 | 4.94 | 16.90 | 3.42 | 7937.44 | 2.71 |
| 北边 | 10.21 | 66.23 | 6.49 | 13024.05 | 8.45 |
| 合计 | | | | | 30.04 |

(4) 设计资源利用率

方案设计利用资源量为 █████ 万 m³ (含泥), 确定开采储量为 █████ 万 m³ (含泥), 设计资源利用率为: $\eta = \frac{\text{方案设计利用资源量}}{\text{确定开采储量}} \times 100\% = 98\%$ 。

(5) 采出矿石量 (Q₃)

根据矿区以往水下开采的生产技术指标及广东省内其他区域出让海砂的开采情况, 同类型海砂开采回采率通常在 90%以上。本矿区海砂体积资源量 █████ 万 m³ (含泥), 资源储量较多, 且通过矿区勘探剖面图可知矿层总体较为平坦但有部分区域存在夹层, 海砂矿区开采技术条件和资源储量较好, 确定开采回采率取 $\alpha = 90\%$, 废石混入率 $\beta = 0\%$, 则采出海砂体积资源量 Q₃ 为: █████ ÷ (1-0%) = █████ 万 m³ (含泥)。采出海砂矿石量为: █████ 万 m³ (不含泥)。

3.3.2 可作业天数估算

项目选址位于幼鱼、幼虾保护区和南海北部幼鱼繁殖场保护区, 南海鱼类集中产卵、繁殖等快速生长期为 3-8 月。因此建设单位应按敏感期 (3 月至 8 月, 共 6 个月) 和非敏感期 (1 月至 2 月、9 月至 12 月, 共 6 个月) 进行不同工作制, 其中敏感期设计每月最多工作 10 天, 每天工作 24 小时 (考虑到开采过程中采砂船涉及移

位、重新选择砂口及插拔抽砂管等工作，预计需花费 8 小时，实际开采作业 16 小时；非敏感期每月按每月可作业天数，每天工作 24 小时（考虑到开采过程中采砂船涉及移位、重新选择砂口及插拔抽砂管等工作，预计需花费 8 小时，实际开采作业 16 小时）。

同时本项目使用的采砂船最大可作业波高约为 2m，最大可作业风力为 6 级，6 级以上台风（即 ≥ 7 级台风）即应停工避台。此外，在发生大雾或雷暴等天气时，也无法进行采砂作业。

根据遮浪海洋站 2010 年 1 月~2019 年 12 月的统计资料，项目所在海域风力 ≥ 7 级的平均天数统计见表 3.3.2-1 所示，波高大于 2m 的平均天数统计见表 3.3.2-2 所示。

表 3.3.2-1 遮浪海洋站各月 ≥ 7 级大风日数 单位：天

| | | | | | | | | | | | | |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
| 月份 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 平均 | 4 | 6 | 5 | 5 | 3 | 3 | 4 | 4 | 2 | 6 | 4 | 5 |

表 3.3.2-2 遮浪海洋站各月 H1/10 波高 $\geq 2m$ 日数 单位：天

| | | | | | | | | | | | | |
|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
| 月份 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 平均 | 15 | 13 | 11 | 8 | 6 | 8 | 7 | 8 | 8 | 15 | 15 | 14 |

根据遮浪海洋站 1986 年 1 月~2015 年 12 月的统计资料，遮浪海洋站海域雾日较多，多年雾日平均值为 25.4 天，统计见 3.3.2-3 所示。

表 3.3.2-3 遮浪海洋站大雾日数（2012-2021 年平均数据） 单位：天

| | | | | | | | | | | | | |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 月份 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 平均 | 2.6 | 4.3 | 6.0 | 5.9 | 2.2 | 0.4 | 0.8 | 0.8 | 0.2 | 0.1 | 0.3 | 1.8 |

此外，汕尾属于多雷区，多年平均雷暴日 56 天。全年 1-12 月份均有雷暴发生记录，4-9 月是多发期，月平均雷暴日数都超过 5 天，最高可达 11.9 天。以 8 月份平均雷暴日数最多，6 月次之。见表 3.3.2-4 所示。

表 3.3.2-4 汕尾国家站 59501 雷暴日数 单位：天

| | | | | | | | | | | | | |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|------|---|-----|-----|-----|
| 月份 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 平均 | 0.1 | 0.8 | 2.5 | 4.9 | 7.9 | 10.6 | 8.4 | 11.9 | 7 | 1.3 | 0.2 | 0.1 |

本次按浪高大于 2m 的每月平均天数、大雾日、雷暴日初步估算每月不可进行采砂作业的天数及可开采的天数。同时考虑到为减轻采砂可能对保护区的不利影响，建议在 3~8 月期间控制采砂强度，适当降低采砂时间。海砂开采单位按敏感期（3 月至 8 月）和非敏感期（1 月至 2 月、9 月至 12 月）进行不同工作制，其中敏感期（3 月到 8 月）降为每月工作 10 天；非敏感期（1 月至 2 月、9 月至 12 月）按每月可作业天数。统计的不可作业天数和可作业天数见下表：

表 3.3.2-5 平均每月可开采天数估算一览表（单位：天）

| | | | | | | | | | | | | | |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-----|
| 月份 | 1 月 | 2 月 | 3 月 | 4 月 | 5 月 | 6 月 | 7 月 | 8 月 | 9 月 | 10 月 | 11 月 | 12 月 | 合计 |
| 波高 $>2m$ | 15 | 13 | 11 | 8 | 6 | 8 | 7 | 8 | 8 | 15 | 15 | 14 | 128 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|
| 日数 | | | | | | | | | | | | | |
| 雷暴日 | 0.1 | 0.8 | 2.5 | 4.9 | 7.9 | 10.6 | 8.4 | 11.9 | 7 | 1.3 | 0.2 | 0.1 | 55.7 |
| 大雾日 | 2.6 | 4.3 | 6.0 | 5.9 | 2.2 | 0.4 | 0.8 | 0.8 | 0.2 | 0.1 | 0.3 | 1.8 | 25.4 |
| 合计不可作业天数 | 17 | 18 | 19 | 18 | 16 | 19 | 16 | 20 | 15 | 16 | 15 | 15 | 204 |
| 每月总天数 | 31 | 28 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 365 |
| 每月可作业天数 | 14 | 10 | 12 | 12 | 15 | 11 | 15 | 11 | 15 | 15 | 15 | 16 | 161 |
| 实际可开采天数 | 14 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 15 | 15 | 15 | 16 | 145 |

综上，矿区采用间断工作制度，年工作约 145 天，非敏感期（1月至 2 月、9 月至 12 月，共 6 个月）开采天数 85 天，每天工作 24 小时（考虑到开采过程中采砂船涉及移位、重新选择砂口及插拔抽砂管等工作，预计需花费 8 小时，实际开采作业 16 小时）；敏感期（3 月至 8 月，共 6 个月）开采天数 60 天，每天工作 24 小时（考虑到开采过程中采砂船涉及移位、重新选择砂口及插拔抽砂管等工作，预计需花费 8 小时，实际开采作业 16 小时）。

3.3.3 作业船舶配置

根据《广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-11 矿区回填料海砂开采方案（复核稿）》（汕尾市自然资源局，2026 年 3 月），结合本项目实际情况，本项目拟计划使用 3 艘采砂量约为 1200m³/h 和 2 艘采砂量为 400m³/h 的射流式采砂船作业。参照现有汕尾、揭阳等地海砂开采经验，按采砂船与过驳船 1:2 的比例，需配置 10 艘过驳船（单艘仓容约 4000m³），采砂区域水域满足船舶的施工要求。

针对本工程项目特点，拟计划投入 3 艘采砂量约为 1200m³/h 和 2 艘采砂量为 400m³/h 采砂船、10 艘过驳船以及其他补给辅助船舶，承担本工程的全部施工任务。

表 3.3.3-1 调研 1200m³/h 射流式采砂船规格及技术性能

| 序号 | 规格及性能 | 单位 | 数量 | 备注 |
|----|-------------|-------------------|------------------|-------------------------|
| 1 | 船体体积（长×宽×高） | m | 96.8m×25.5m×6.5m | 1 艘 |
| 2 | 满载吃水 | m | 4.3 | |
| | 空载吃水 | m | 3.621 | |
| 3 | 航速 | 节 | 9.8 | |
| 4 | 采砂能力 | m ³ /h | 1200 | |
| 5 | 砂泵扬程 | m | 177 | |
| 6 | 砂泵数量 | 台 | 2 | |
| 7 | 砂泵功率 | kW | 8800 | |
| 8 | 最大采深 | 米 | 90 | 水下 |
| 9 | 最大可作业波浪高 | m | 2 | |
| 10 | 最大可作业台风级数 | 级 | 少于 7 级 | 即最大可作业风速为最大六级风速 13.8m/s |

注：实际开采所用船型具体以招拍挂中标单位船型为准。但不得超过开采方案设计单位时间采

砂量。

表 3.3.3-2 常见过驳船规格及技术性能

| 性能指标 | 单位 | 指标值 |
|-------|----------------|-------|
| 船长 | m | 109.8 |
| 船宽 | m | 20.38 |
| 型深 | m | 7.5 |
| 满载吃水深 | m | 4.45 |
| 砂仓容积 | m ³ | 4000 |

3.3.4 开采方案及开采控制量

3.3.4.1 日最大开采量

每天实际开采作业 16 小时，日最大采砂量为： $1200\text{m}^3/\text{h} \times 3 \times 16\text{h}/\text{d} + 400\text{m}^3/\text{h} \times 2 \times 16\text{h}/\text{d} = 7.04 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ 。根据《广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-11 矿区回填料海砂资源开采方案（复核稿）》，日控制开采量 $6.90 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ ，考虑到海上作业不确定因素较多，因此开采方案设计的采砂船开采能力略高于设计的矿区生产能力。

3.3.4.2 年最大开采量

按年工作 145 天计算（其中非敏感期开采 85 天，敏感期控制开采 60 天），年最大开采量为： $7.04 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d} \times 145\text{d}/\text{a} = 1020.8 \times 10^4 \text{m}^3/\text{a}$ 。根据《广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-11 矿区回填料海砂资源开采方案（复核稿）》，年控制开采量即矿区生产能力 $1000\text{m}^3/\text{a}$ ，考虑到海上作业不确定因素较多，因此开采方案设计的采砂船开采能力略高于设计的矿区生产能力。

3.3.4.3 预计开采年限

根据《广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-11 矿区回填料海砂资源开采方案（复核稿）》（汕尾市自然资源局，2026 年 3 月）开采年限 T 按以下公式计算求得：

$$T = \frac{Q_2 \times \alpha}{A \times (1 - \beta)}$$

Q_2 ——确定开采储量 万 m^3

α ——采矿回采率 90%

β ——废石混入率 0%

A——矿区生产能力 1000 万 m^3/a 。

经计算，矿区实际生产年限约 （2 年 9 个月）。

根据前述分析，本项目的采砂强度控制指标统计见表 3.3.4-1 所示。

表 3.3.4-1 海砂开采计划拟定采砂强度控制指标

| 控制项目 | 开采量 ($\times 10^4 \text{ m}^3$) | 备注 |
|----------|-----------------------------------|---|
| 日最大开采量 | 6.90 | 3 艘 1200 m^3/h 和 2 艘 400 m^3/h 射流式采砂船, 每天工作 24 小时 (考虑到开采过程中采砂船涉及移位、重新选择砂口及插拔抽砂管等工作, 预计需花费 9 小时, 实际开采作业 16 小时) |
| 年最大控制开采量 | 1000 | |
| 可采出原矿量 | ■ | |
| 开采年限 | ■年 | 矿区实际开采年限 |

3.3.5 海砂用途及去向

海砂在城市建设使用十分广泛, 海砂正成为仅次于石油、天然气的第二大海洋矿产。根据用途不同海砂又可分为海砂建筑、海砂工业、海砂重矿物提炼等, 其中海砂约有 45%用于当作混凝土细骨材料、20%用于铺筑路基、20%用于填海造陆的填料, 15%用于其他用途。

表 3.3.5-1 海砂的主要用途

| 应用领域 | 类型 | 主要用途 |
|----------|--------|--------------------------------|
| 海砂建筑 | 混凝土 | 当作混凝土细骨材使用 |
| | 铺筑路基 | 路基填料 |
| | 填海造陆 | 回填至海中拓展陆地面积 |
| | 其他用途 | 沥青混凝土、其他填料 |
| 海砂工业 | 矽砂、钙质砂 | 产量虽仅约占总海砂使用量的一成, 但用途广泛 |
| 海砂重要矿物提炼 | 钛矿、铁矿 | 从海砂中分选重矿物或其他金属矿物进行冶炼 |
| 海砂玻璃砂 | 石英砂 | 石英砂为制造玻璃用的主要原料 |
| 海砂铸造砂 | 铸模 | 用于制造钢铁及铸造铜、铅、铁的合金 |
| 海砂绝热砂 | 石英砂 | 常以石英岩为原料, 用于锯石, 玻璃打磨, 金属抛光及喷砂等 |

根据对广东省汕尾市陆丰南海域 SW24-11 矿区回填料海砂的勘查分析结果, 该区海砂是适用于海砂建筑中的填海造陆中的填料。因此本项目海砂矿开采的产品方案拟对广东省国家战略重大项目供砂, 可作为项目填海造陆用砂。

由于现阶段为项目前期工作阶段, 暂不确定供砂对象和位置, 运输方案及路线不在本次评价范围内。海砂实际具体去向还需开采期根据市场需求确定。海砂开采后的处理、使用, 应按照规定要求另行完善相关环评手续, 严格落实相关环保措施, 接受相关部门的监管。

本次评价仅对过驳船航行过程中提出以下注意事项:

(1) 安全作业区内装好海砂的过驳船, 当达到航行要求时, 经过管理部门现场检查或线上核验, 办妥相关手续收到可离场通知后方可开航;

(2) 过驳船严格按海事部门的相关规定运营, 严禁过驳船超载;

(3) 根据《广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-11 区块前期工作项目通航安全影响研究报告（备案稿）》，海砂开采区位于陆丰西南侧海域，南侧有众多航路，选址周围有现状及规划的锚地等，项目与周边码头、锚地彼此间相互影响较小，建议做好沟通协调，合理安排开采作业，不影响船舶使用码头航道进出及锚地内船舶的通航。

(4) 过驳船通过 VHF 和 AIS 等航行设备与附近通航船舶联系，提醒过往船舶注意相互避让；

(5) 过驳船航行于广东省沿岸的航行指引及途径水域的注意事项可参考《中国沿海航行指南》（南海海区 CNP6）、《广东沿海港口航行指南》等航海图资料。

为加强海砂全过程监管，应按《广东省海洋与渔业局关于海砂开采现场监督的管理办法》（粤海渔函[2015]300 号）、《关于加强海砂开采运输销售使用管理工作的通知》（建质[2018]108 号）、《广东省促进砂石行业健康有序发展的实施方案》（粤办函〔2021〕51 号）等有关规定落实海砂运输、利用过程中涉及的污染防治责任，本项目拟主要采取以下措施落实：

(1) 海砂销售过程中做好台账管理，建立购销档案，掌握海砂去向，配合有关部门开展监管工作。

(2) 本项目海砂矿开采的产品方案主要为项目填海造陆用砂，与海砂使用单位签订购销合同时，要求其明确海砂使用范围；若海砂使用单位拟用于民用建筑及基础设施建设要另行进行淡化处理，达到建筑用砂标准，同时采砂单位应要求海砂使用单位将海砂送至符合相关要求的海砂淡化厂进行淡化处理，不得在出海水道与河道水域非法洗砂。

3.4 生产工艺与过程分析

项目采用水下开采。参考同类工程施工方案，广东省海砂开采常用的采砂船有射流式采砂船和绞吸式采砂船。考虑工程海域海砂资源分层分布，除表层粉砂外，大量海砂资源上部覆盖有黏土等无法利用的底质，采用绞吸式采砂船作业可能需外弃大量淤泥，因此考虑采用射流式采砂船进行作业。

海砂射流开采工艺为：①射流泵将高压射流合成砂浆吸入吸砂管；②吸砂管把砂浆吸到海砂分选船舱；③海砂分选；④成品砂过驳船运出。海砂开采的作业流程见图 3.4-1。

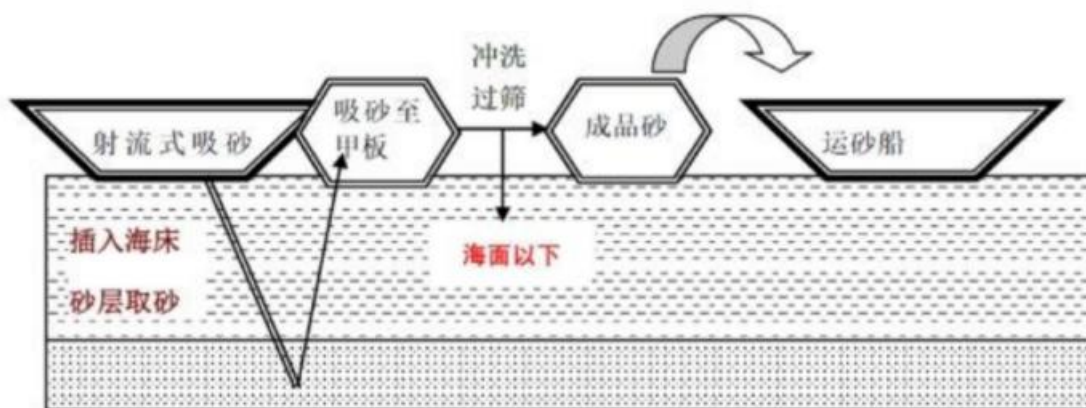


图 3.4-1 海砂开采作业流程示意图

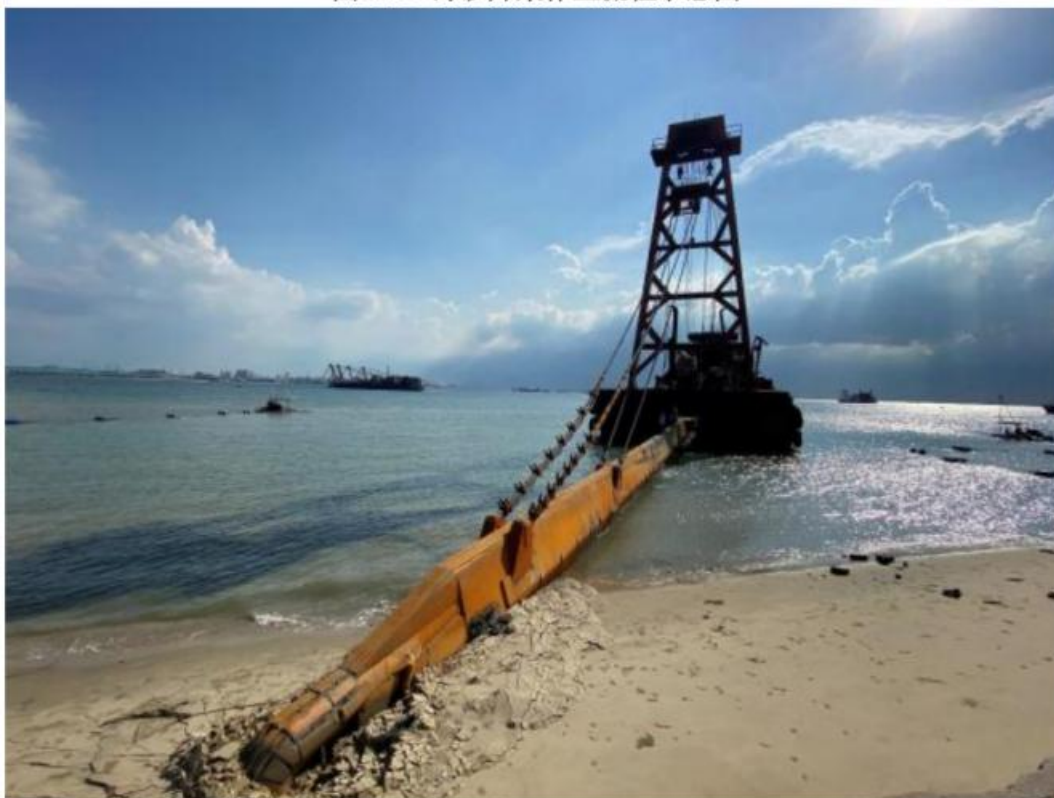


图 3.4-2 射流式采砂船

(1) 射流泵采砂工作原理

射流式采砂船到达采砂水域后，启动吸砂泵，待吸砂泵机械运转正常达到一定参数后，在指定的海域内将吸砂管（长度一般为 90m~140m，直径为 24 寸）以 60°~70°左右角度插入海床，穿过水层和泥层到达理想砂层。

射流船离心泵将一定压力的工作水经过喷嘴后，形成高速射流与空气之间产生卷吸作用，将射流泵混合室内的空气带走，在混合室形成负高压，将砂水混合物沿吸管吸入，高压水与砂水混合物在混合室内充分混合后进入扩散管，并逐渐降压后沿砂管排入砂舱。射流泵的工作原理见图 3.4-3。

海砂开采作业时，射流船的位置基本上固定不动，开采到的海砂输送到射流船

两侧的自卸式皮带过驳船上，再由过驳船运载到各工地。

淘空砂层后，覆盖上面的淤泥层受重力作用而塌陷，由于高压射流扰动，淤泥层较为松动，刚性射流管和吸砂管随采砂船移动到别工作面。

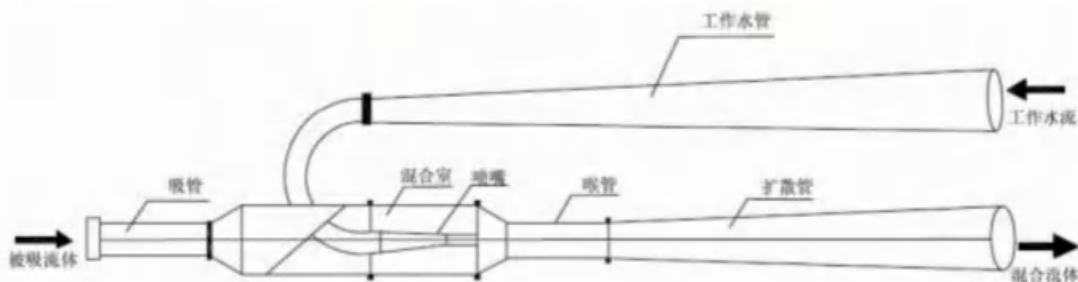


图 3.4-3 射流式采砂船采砂的原理示意图（逆向冲采）

（2）海砂分选过程

本项目拟采用抽吸式（射流）开采工艺进行海砂矿开采，采砂船利用射流泵将含砂率高的矿层水砂混合物吸入采砂船船舱，通过安装在甲板上的格筛除去海砂中杂物，然后采用筛分—水力分级选矿工艺流程分选出符合回填料用海砂指标的成品海砂。

选矿工艺流程描述：原砂先经格筛除去大于 37.5mm 粒级杂物后，通过渣浆泵扬至振动筛进行筛分分级，得到 4.75~37.5mm 粒级海砂产品（砾石），小于 4.75mm 海砂经过水力分级得到 0.063~4.75mm 海砂产品，脱水后成品海砂通过过驳船运至运砂船，运砂船承载预定海砂后运往指定地点。尾矿（含海水的细砂、淤泥及贝壳等杂物）直接排放入海。原理见图 3.4-4。

筛分：采用滚筒筛，筛面为带孔的圆柱形筒体或截头圆锥形筒体。在传动装置带动下，筛筒绕轴缓慢回转。物料由筛筒的一端给入，被旋转的筒体带起，当达一定高度后，因受重力作用，自行落下。如此不断起落运动，使小于筛孔尺寸的颗粒透筛，而筛上物则逐渐移至筛筒的另一端排出。

水力分级：利用沉降速度不同而将宽级别的颗粒群分成两个或多个较窄级别的过程。在水力分级过程中，水介质大致有三种运动形式：垂直的、接近水平的和回运动。在垂直水流运动中，水流往往是逆着颗粒的沉降方向而向上运动，不同粒度的颗粒沉降速度和运动方向不同，沉降速度小于上升水流速度的细粒向上运动，最终成为溢流；沉降速度大于上升水流速度的粗粒向下沉降，最终成为沉砂或底流，从而实现了分级；在接近水平流动的水流中进行分级时，矿粒在水平方向的运动速度约等于水流速度，而在垂直方向则因粒度不同而有不同的沉降速度，粗粒因沉降

速度大而沉至槽底部成为沉砂，细粒则随水流流出槽外成为溢流，实现了分级；在回转水流运动中，颗粒是按径向的运动速度差分离的，粗粒所受离心力大而分布在外层，细粒则受到水流较大的向心力而分布在内层，实现分级。

根据工程经验，采用筛分—水力分级选矿工艺可将毛砂中约 80%左右的淤泥洗去。

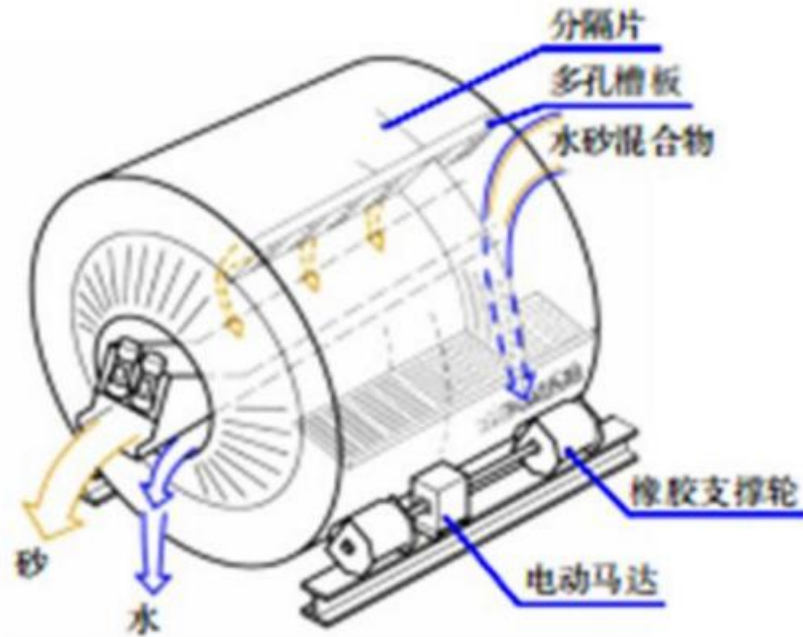


图 3.4-4 采砂船上筛网筛分示意图

(3) 溢流口水下溢流工艺

溢流管水下溢流工艺过程为：射流泵将混合液体泵入筛网进行过滤水洗，砂粒沉入船舱底部，余水通过船两侧底部溢流道溢流回采砂区，溢流口在海面下约 2m 左右。

采砂工艺流程图见图 3.4-5。

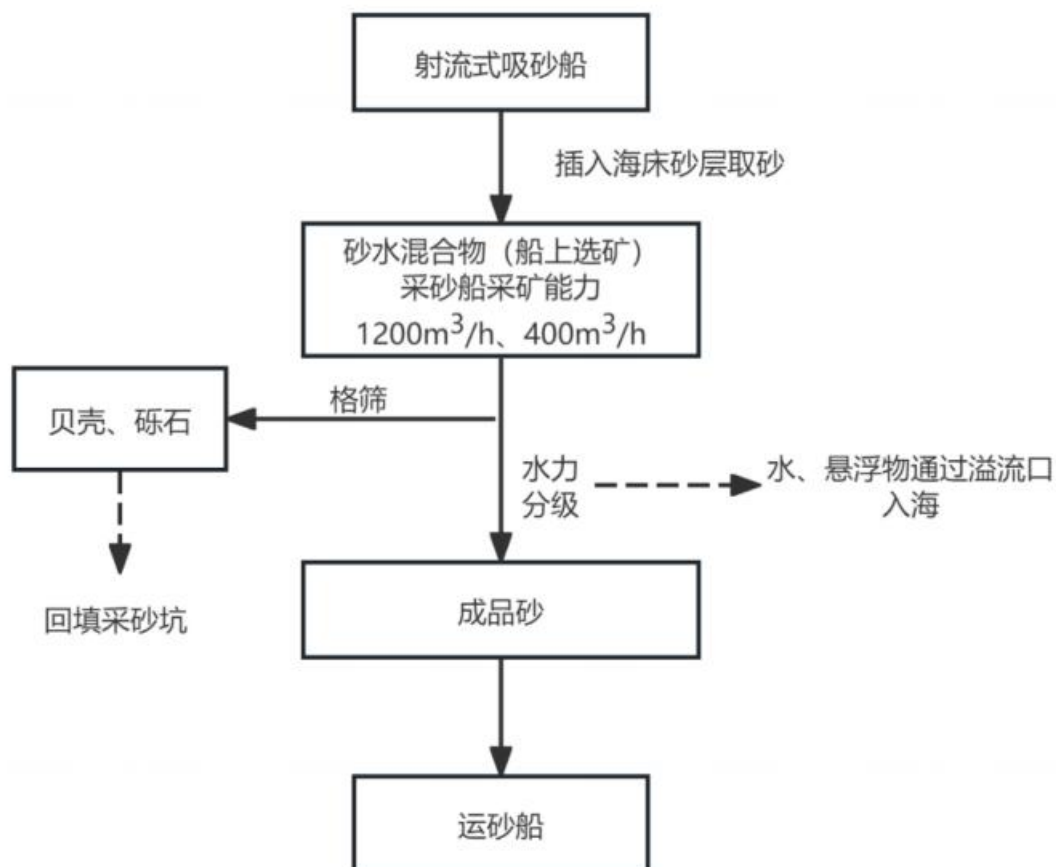


图 3.4-5 采砂工艺和溢流口工艺流程图

(4) 开采顺序

根据本项目《开发利用方案》，根据矿体的赋存情况、水深地形情况，设计确定开采顺序由东向西，由北向南推进，可根据现场开采情况调整。采砂作业应有计划的进行，分层分片，可将采砂区分成若干小区，均进行采矿，防止形成大面积的深坑而造成上部淤泥层的坍塌。

由于矿区存在两个矿体，其自上而下的顺序为：V1 矿体、V2 矿体。因而，开采顺序依次是 V1 矿体、V2 矿体。

其中，采砂船开采过程的前进方向为：采砂船以 $60^{\circ} \sim 70^{\circ}$ 左右角度插入矿层，穿过水层和泥层到达理想砂层，吸砂管插入矿层后，先在水平方向移动前进，将整个采砂范围内每次吸沙管可吸深度范围内的矿砂吸出，后再按逐渐加深逐层开采，直至将矿体内矿砂开采完毕。

3.5 工程各阶段污染源分析

3.5.1 悬浮泥沙

采砂作业产生的悬浮泥沙主要来自于插管和海砂分选过程。本项目拟采用 3 艘采砂能力约为 1200m³/h 和 2 艘采砂能力约为 400m³/h 的射流式采砂船进行施工。

(1) 刚性射流管和吸砂管插入预定砂层过程产生的悬浮泥沙

采砂船利用船的推力和高压射流，把吸砂管插入海床并穿过覆盖层，因减缓插砂管插入矿层的速率可减少插管过程的悬沙扩散，报告要求海砂开采单位以低速进行插管。根据开发利用方案单位提供资料，采砂船利用船的推力和高压射流，把吸砂管插入海床并穿过覆盖层。按施工经验估算，刚性射流和吸砂管每分钟可插入 0.5-1m，项目按平均 0.75m 测算。项目采砂船将刚性射流和吸沙管以 60°~70°左右角度插入矿层，本项目取 60°。盖层厚度和预计插管长度及插管时间见表 3.5.1-1。

表 3.5.1-1 盖层厚度和预计插管长度及时间一览表

| 矿层 | 开采前盖层平均厚度 (m) | 整个矿区矿体平均厚度 (m) | 顺序开采后盖层平均厚度 | 60°插入盖层长度 (m) | 插管时长 (min) |
|----|---------------|----------------|------------------|---------------|------------|
| V1 | 14.51 | 5.43 | 14.51 | 16.75 | 22.34 |
| V2 | 25.56 | 11.23 | 25.56-5.43=18.24 | 21.06 | 28.08 |

备注：计算矿体顺序开采后盖层平均厚度：V2 盖层平均厚度为采砂前 V2 盖层平均厚度扣除采砂后 V1 矿体平均厚度。

按施工经验估算，1200m³/h、400m³/h 高压射流产生的洞口面积均取为 8m²。刚性射流管和吸砂管插入预定砂层过程中刚性射流管高压射流产生的砂水混合物直接排放，从不利影响角度考虑，泥沙起悬比例按含泥比例的 90%估算。根据本项目资源储量核实报告，项目 V1 矿体盖层平均含泥量（粉砂+黏土）为 65.65%；V2 矿体盖层，含泥量（粉砂+黏土）为 64.70%，泥沙起悬比例按含泥比例的 90%估算，泥质的干容重取经验值（1.12t/m³）计算。则单艘采砂船插管悬浮泥沙产生源强（kg/s）=洞口面积（m²）×单位时间插管长度（m/s）×盖层含泥量（%）×起悬比例（%）×泥质干容重（t/m³）×1000，计算结果见 3.5.1-2。

刚性射流管和吸砂管插入预定砂层只是一个很短暂的过程，除非预极端天气需进行避台、船舶定期回港维修或者完成一层矿体开采需进行下一层矿体开采，否则正常采砂期间，无需反复插管，即一次插管后，在船舶无需离开采砂区的情况下，无需再进行插管。

表 3.5.1-2 刚性射流管和吸砂管插入预定砂层过程产生的悬浮泥沙源强一览表（单管）

| 序号 | 矿层 | 洞口面积 (m ²) | 单位时间插管 | 盖层含泥量 (%) | 起悬比例 (%) | 泥沙干容重 (t/m ³) | 源强 (kg/s) |
|----|----|------------------------|--------|-----------|----------|---------------------------|-----------|
| | | | | | | | |

| | | | 长度 (m/s) | | | | |
|---|----|---|-------------|-------|----|------|-------|
| 1 | V1 | 8 | 0.0125 | 65.65 | 90 | 1.12 | 66.18 |
| 2 | V2 | 8 | 0.0125 | 64.70 | 90 | | 65.22 |

(2) 高压射流扰动砂层产生的悬浮泥沙未被吸到船上而随海流扩散的悬浮泥沙

本项目拟采用射流式采砂船，采砂管拟插入海床目标砂层，射流泵将高压射流合成砂浆吸入吸砂管（在混合室形成负高压，将砂水混合物沿吸管吸入）。

由于 V1、V2 矿体盖层平均厚度分别为 14.51m、25.56m，且加上抽沙时大量海水不断的被吸入“洞孔”内，大部分未被吸到船上的砂水混合物仍在采砂层，仅有极少量会逃逸出采砂孔而进入海床底以上水体，本评价按 1%考虑，则高压射流扰动砂层产生的悬浮泥沙未被吸到船上而随海流扩散的悬浮泥沙源强 (kg/s) = 每小时采砂量 (m³/h) × 未被吸入比例 (1%) × 含泥量 (%) × 泥质干容重 (1.12t/m³) × 1000 ÷ 3600(s)。

V1 矿体平均含泥量为 26.25%，则单艘 1200m³/h、单艘 400m³/h 采砂船开采 V1 矿体过程中高压射流扰动砂层产生的悬浮泥沙未被吸到船上而随海流扩散的悬浮泥沙分别约为 0.98kg/s、0.33kg/s。V2 矿体平均含泥量为 18.77%，则单艘 1200m³/h、单艘 400m³/h 采砂船开采 V2 矿体过程中高压射流扰动砂层产生的悬浮泥沙未被吸到船上而随海流扩散的悬浮泥沙分别约为 0.70kg/s、0.23kg/s。由于海砂分选环节已考虑 V1、V2 矿体全部含泥量，且表层排放影响范围更大，因此数模预测时不考虑该部分源强。

(3) 海砂分选环节产生的悬浮泥沙溢流

本工程产品为细中砂及中粗砂，粒径小于 0.063mm 的泥质在海砂分选过程中将随溢流排放入海。拟采用 3 艘采砂能力约为 1200m³/h 和 2 艘采砂能力约为 400m³/h 的射流式采砂船进行施工，根据工程经验，采用筛分—水力分级选矿工艺可将毛砂中约 80%左右的淤泥洗去，出于保守考虑，本项目按可将毛砂中约 95%的淤泥洗去，则单艘采砂船海砂分选泥质溢流源强 (kg/s) = 采砂船采矿能力 (m³/h) × 矿层泥含量 (%) × 淤泥洗掉比例 (%) × 泥质干容重 (t/m³) × 1000 ÷ 3600，V1 矿体泥含量变化范围为 7.60~53.00%，加权平均值为 26.25%；V2 矿体泥含量变化范围为 0.30~62.30%，加权平均值为 18.77%。海砂分选过程中各矿体悬浮泥沙源强计算结果见表 3.5.1-3。

表 3.5.1-3a 海砂分选过程各矿体悬浮泥沙源强一览表（单艘 1200m³/h 船）

| 序号 | 矿层 | 工况 | 采砂工作效率 (m ³ /h) | 泥 (粉砂+粘土) | | | | |
|----|----|-------|----------------------------|-----------|------------|--------------------------|---------------------------|-------------|
| | | | | 含量 (%) | 海砂分选效率 (%) | 排放强度 (m ³ /h) | 泥沙干容重 (t/m ³) | 排放源强 (kg/s) |
| 1 | V1 | 单船采砂时 | 1200 | 26.25 | 95 | 299.25 | 1.12 | 93.10 |
| 2 | V2 | | | 18.77 | | 213.98 | | 66.57 |
| 3 | 全区 | | | 20.88 | | 238.03 | | 74.05 |

表 3.5.1-3b 海砂分选过程各矿体悬浮泥沙源强一览表 (单艘 400m³/h 船)

| 序号 | 矿层 | 工况 | 采砂工作效率 (m ³ /h) | 泥 (粉砂+粘土) | | | | |
|----|----|-------|----------------------------|-----------|------------|--------------------------|---------------------------|-------------|
| | | | | 含量 (%) | 海砂分选效率 (%) | 排放强度 (m ³ /h) | 泥沙干容重 (t/m ³) | 排放源强 (kg/s) |
| 1 | V1 | 单船采砂时 | 400 | 26.25 | 95 | 99.75 | 1.12 | 31.03 |
| 2 | V2 | | | 18.77 | | 71.33 | | 22.19 |
| 3 | 全区 | | | 20.88 | | 79.34 | | 24.68 |

(4) 覆盖层淤泥细砂崩塌产生的悬浮泥沙

吸沙管移动取沙作业时, 矿体盖层淤泥细砂可能会发生崩塌, 从而产生一定的悬浮泥沙, 但由于本项目拟采用折返式移动回采路线进行采砂, 逐层开采深度较小, 且本项目拟采用射流式采砂船, 抽砂时大量海水不断的被吸入“洞孔”内, 因此矿体盖层下沉较缓慢, 盖层可能发生崩塌产生的悬浮泥沙源强较小。

根据工程经验, 本次取盖层的 0.1% 计算悬浮泥沙源强。泥质的干容重按 1.12t/m³ 计算, 矿体盖层淤泥细砂崩塌悬浮泥沙产生源强 (kg/s) = 覆盖层面积 (m²) × 盖层平均厚度 (m) × 盖层泥含量 (%) × 盖层崩塌起悬量 0.1% × 泥质干容重 (t/m³) / 矿层开采时间 (h) × 1000 ÷ 3600, 计算结果见表 3.5.1-4 所示。

表 3.5.1-4 覆盖层崩塌悬浮泥沙产生源强统计一览表

| 序号 | 矿层 | 面积 (m ²) | 平均盖层厚度 (m) | 可采出原矿资源量 (×10 ⁴ m ³) | 工作小时数 (h) | 泥沙干容重 (t/m ³) | 盖层泥含量 (%) | 总排放源强 (kg/s) |
|----|----|----------------------|------------|---|-----------|---------------------------|-----------|--------------|
| 1 | V1 | 2015409 | 14.51 | 840.27 | 1909.7 | 1.12 | 65.65 | 3.13 |
| 2 | V2 | 2326055 | 25.56 | 2158.28 | 4905.2 | | 64.70 | 2.44 |

注: 根据本项目《开发利用方案》, 为避免超矿区开采, 避免造成水下矿区边坡坍塌, 在水下休止角以内的矿体将不得完全开采, 矿区覆盖层崩塌量小于矿区范围内覆盖层总量, 出于保守考虑, 报告按矿区范围内覆盖层总量计算覆盖层崩塌悬浮泥沙源强。

由于本项目拟采用折返式移动回采路线进行采砂, 逐层开采深度较小, 且本项目采用射流式采砂船, 采砂的同时不断有过流水流入采砂坑内, 因此矿体盖层下沉较缓慢, 盖层可能发生崩塌产生的悬浮泥沙源强也较小, 通过计算盖层崩塌过程悬浮泥沙的产生源强约为 2.44~3.13kg/s, 且在海底采砂坑产生, 相对 5 艘采砂船海砂分选产生的源强 244.09~341.36kg/s (表层排放) 较小, 悬砂预测时可不考虑此部分

源强。

(5) 边坡坍塌产生的悬浮泥沙

根据本项目开发利用方案，为避免超矿区开采，造成水下矿区边坡坍塌，在矿区边界采砂船将以 60°~70°左右角度插入海床，在水下休止角（23°）以内的矿体将得不到开采，因此在采砂船规范作业的情况下，本项目采砂过程基本不会造成边坡坍塌。

(6) 碎石抛回采砂坑产生的悬浮泥沙

海砂分选产生的碎石贝壳等直接抛回采砂坑，根据项目储量核实报告中的勘探成果，SW24-11 采砂区内的砾石（粒径>2mm）平均含量约为 11.39%，根据储量报告，砾石的粒径主要在 37.5mm 以内，绝大部分为可以直接作为海砂主要组分之一出售，仅极少量较大的碎石贝壳（粒径在 37.5mm 以上）等需抛回采砂坑，碎石、贝壳等杂物产率按砾石含量的 0.5%计算，单艘船日最大采砂量为 1.92 万 m³，则单艘船碎石杂物每天最大产生量约为 $1.92 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d} \times 11.39\% \times 0.5\% = 10.93 \text{m}^3/\text{d}$ 。抛回采砂坑的碎石贝壳量不大，且为间断性，产生的悬浮泥沙量很小，可忽略不计。

(7) 悬浮物源强

根据前述计算结果，单艘施工船舶刚性射流管和吸砂管插入 V1、V2 预定砂层过程产生的平均悬浮泥沙的源强约为 65.22~66.18kg/s，刚性射流管和吸砂管插入预定砂层只是一个很短暂的过程，因此悬沙扩散模拟时不考虑。V1、V2 矿体单艘船舶开采高压射流扰动砂层产生的悬浮泥沙未被吸到船上而随海流扩散的悬浮泥沙源强 0.23~0.98kg/s，由于海砂分选环节已考虑矿体全部含泥量，且表层排放影响范围更大，因此数模预测时不考虑该源强。海砂分选过程单艘船舶产生的悬浮泥沙（粉砂+黏土）的源强为 22.19~93.10kg/s。盖层崩塌过程悬浮泥沙的产生源强约为 2.44~3.13kg/s，由于本项目拟采用折返式移动回采路线进行采砂，逐层开采深度较小，且本项目拟采用射流式采砂船，采砂的同时不断有过流水流入采砂坑内，因此矿体盖层下沉较缓慢，盖层可能发生崩塌产生的悬浮泥沙源强而也较小，悬砂预测时不考虑此部分源强。碎石贝壳等杂物抛回采砂坑产生的悬浮泥沙源强源强很小，悬砂预测时不考虑此部分源强。

综上，海砂开采过程单艘采砂船的悬浮物合计源强见表 3.5.1-5。

表 3.5.1-5 悬浮泥沙产生源强一览表

| 类别 | 核算源强 kg/s | | | 数模预测源强 kg/s | | |
|----|-----------|----|----|-------------|----|----|
| | V1 | V2 | 全区 | V1 | V2 | 全区 |
| | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|--------|------------|----------------------------|-------|-------|-------|--|-------|-------|
| 悬沙产生环节 | 插管源强 (单艘船) | | 66.18 | 65.22 | / | 插管时间较短, 不考虑 | | |
| | 高压射流扰动砂层源强 | 单艘 1200m ³ /h 船 | 0.98 | 0.70 | / | 由于海砂分选环节已考虑矿体全部含泥量, 且表层排放影响范围更大, 因此数模预测时不考虑该源强 | | |
| | | 单艘 400m ³ /h 船 | 0.33 | 0.23 | / | | | |
| | 海砂分选源强 | 单艘 1200m ³ /h 船 | 93.10 | 66.57 | 74.05 | 93.10 | 66.57 | 74.05 |
| | | 单艘 400m ³ /h 船 | 31.03 | 22.19 | 24.68 | 31.03 | 22.19 | 24.68 |
| | 盖层崩塌源强 | | 2.44 | 3.13 | / | 合理开采、规范作业, 源强较小, 不考虑 | | |
| | 碎石抛回采砂坑 | | 少量 | | | 源强很小, 间断性, 不考虑 | | |

3.5.2 船舶含油污水

根据项目组成和施工组织计划, 本工程拟采用 3 艘 1200m³/h 射流式采砂船 (单艘最大吨位 9743 吨级) 和 2 艘 400m³/h 射流式采砂船 (单艘吨位 5376 吨级), 配备 10 艘过驳船 (单艘吨位按 7500 吨级考虑) 进行采砂作业。根据《水运工程环境保护设计规范》(JTS149-2018) (2019 修订版), 3000~7000 吨级船舶舱底油污水产生量为 0.81~1.96 (t/d·艘); 7000~15000 吨级船舶舱底油污水产生量为 1.96~4.20 (t/d·艘), 船舶油污水的含油浓度为 2000~5000mg/L 不等, 本次评价计为 5000mg/L。则本项目施工船舶含油污水最大产生量为 32.17t/d, 油类污染物产生量为 160.85kg/d。见表 3.5.2-1。

表 3.5.2-1 船舶油污水产生量

| 船舶吨级 (t) | 船舶数量 (艘) | 舱底油污水产生量 (t/d 污艘) | 油污水产生总量 (t/d) | 含油浓度 (mg/L) | 油类污染物产生量 (kg/d) |
|----------|----------|-------------------|---------------|-------------|-----------------|
| 9743 | 3 | 2.73 | 8.19 | 5000 | 40.95 |
| 5376 | 2 | 1.49 | 2.98 | | 14.90 |
| 7500 | 10 | 2.10 | 21.00 | | 105.00 |
| 合计 | | | 32.17 | | 160.85 |

3.5.3 船舶生活污水

本项目拟本工程拟采用 3 艘 1200m³/h 和 2 艘 400m³/h 射流式采砂船, 配备 10 艘过驳船进行采砂作业, 根据项目附近采砂项目的实际调研, 采砂船船员配置人数为 20 人/艘, 过驳船作业人员配置人数为以 8 人/艘, 采砂区每天按 5 艘采砂船、10 艘过驳船共同作业计算, 则本工程作业船舶共有作业人员约 180 人。参照《水运工程环境保护设计规范》(JTS149-2018) (2019 修订版), 船舶工作人员生活用水量按 100L/人·d, 污水发生量按 85% 计, 则船舶工作人员生活污水产生量约为 15.30m³/d。根据《排水工程》(下册) 中典型生活污水中常浓度水质进行估算, 则项目船舶工作人员生活污水特征污染物的产生情况见表 3.5.3-1 所示。

表 3.5.3-1 项目船舶生活污水产生情况统计一览表

| 污染物 | COD _{Cr} | BOD ₅ | SS | 氨氮 | 总磷 |
|-------------|-------------------|------------------|-------|-------|-------|
| 产生浓度 (mg/L) | 400 | 200 | 220 | 25 | 8 |
| 产生量 (kg/d) | 6.120 | 3.060 | 3.366 | 0.383 | 0.122 |

船舶生活污水经船舶装载的生活污水处理设施处理后，在满足《船舶水污染物排放控制标准》(GB3552-2018)的要求的前提下排放，排放源强详见表 3.5.3-2，源强按 2012 年 1 月 1 日及后安装(含更换)生活污水处理装置的船舶计。

3.5.3-2 船舶生活污水污染源强排放一览表

| 污染物 | COD _{Cr} | BOD ₅ | SS | 总氮(总余氮) |
|-------------|-------------------|------------------|-------|---------|
| 排放浓度 (mg/L) | 125 | 25 | 35 | <0.5 |
| 排放量 (kg/d) | 1.913 | 0.383 | 0.505 | <0.008 |

3.5.4 大气污染物

大气污染主要来源于采砂船、过驳船排放的尾气，其产生的主要决定因素为燃料油种类、机械性能、作业方式和风力等，其中机械性能、作业方式的影响最大，排出的各类燃油废气主要污染物为 SO₂、CO、NO_x 等。海船进入排放控制区，应使用符合《船舶大气污染物排放控制区实施方案》(交通运输部，交海发[2018]168 号)船用燃油，燃油燃烧废气产生量不大，影响范围、时间有限，且拟申请采砂区处于相对开阔的海域，距离岸线较远，有利于污染物的扩散，且评价范围内没有敏感点，对周边环境的影响有限。因此，一般对其仅进行定性分析。

3.5.5 固体废物

(1) 生活垃圾

本项目船舶工作人员合计约 180 人，参照《水运工程环境保护设计规范》(JTS149-2018)(2019 修订版)，船舶作业人员生活垃圾产生量按 1.5kg/d·人计，则本项目船舶生活垃圾产生量为 270kg/d。船舶人员船舶生活垃圾拟经分类收集上岸后，由环卫部门清运处理，不得排入海。

(2) 碎石杂物

本项目采砂过程将产生的碎石杂物，根据项目储量核实报告中的勘探成果，本采砂片区砾石平均含量为 11.39% (粒径 ≥ 2mm)，砾石的粒径主要在 37.5mm 以内的绝大部分为可以直接作为海砂主要组分之一出售，仅少量较大的贝壳等杂物 (粒径 ≥ 37.5mm) 直接抛回采砂坑。

根据储量报告，贝壳等杂物产率按砾石含量的 0.5% 计算，本采砂片区砾石平均含量为 11.39%，则贝壳等杂物产率为 0.057%。本项目矿区海砂原矿量年最大开采

量为 $1000 \times 10^4 \text{m}^3/\text{a}$ ，则碎石杂物年产生量约为 $1000 \times 10^4 \text{m}^3/\text{a} \times 0.057\% = 5.70 \times 10^3 \text{m}^3/\text{a}$ 。碎石干容重计为 $1.65 \text{t}/\text{m}^3$ ，折合后碎石杂物产生量约 $9.41 \times 10^3 \text{t}/\text{a}$ 。

本项目矿区碎石杂物总产生量约为 $2698.55 \times 10^4 \text{m}^3 \times 0.057\% = 1.54 \times 10^4 \text{m}^3$ 。碎石干容重计为 $1.65 \text{t}/\text{m}^3$ ，折合后碎石杂物产生量约 $2.54 \times 10^4 \text{t}/\text{a}$ 。

由于项目海砂开采后会形成约 5.69m 的采砂坑，参考国家经济贸易委员会、科学技术部制定了《煤矸石综合利用技术政策要点》积极推广煤矸石复垦及回填矿井采空区技术，建议项目海砂分选产生的碎石杂抛回采砂坑，起到修复采砂坑的作用。本项目海砂开采面积约为 250.0927 公顷，则碎石杂物沉降的平均厚度约为 $1.54 \times 10^4 \text{m}^3 \div 250.0927 \text{公顷} = 0.006 \text{m}$ 。

3.5.6 噪声

本项目噪声主要来自船舶施工作业，具有噪声低和流动性的特点，工程处于开放海域，且远离陆域居民区，噪声对周边环境无污染影响。拟配备的作业船舶设备噪声源强见表 3.5.6-1。

表 3.5.6-1 拟配备的作业船舶设备噪声源强（单位：dB(A)）

| 序号 | 设备名称 | 单位 | 数量 | 噪声级 | 用途 |
|----|---------------------------|----|----|--------|----|
| 1 | 采砂船 1200m ³ /h | 艘 | 3 | 75~110 | 采砂 |
| 2 | 采砂船 400m ³ /h | 艘 | 2 | 75~110 | 采砂 |
| 3 | 过驳船 | 艘 | 10 | 75~110 | 运砂 |

注：船舶噪声参考 IMO《船上噪声等级规则》及《内河船舶噪声级规定》（GB5980-2009），机舱区最大噪声限值 75~110dB。

根据《船舶环境噪声》（GB/T43943-2024），在船外轮廓面 100m 处，航行中的船舶噪声限值不超过 60 dB（A）。

3.5.7 污染源强汇总

本项目采砂期间的污染源强汇总见表 3.5.7-1。

表 3.5.7-1 本项目污染源强汇总表

| 种类 | 污染源 | 发生量 | 主要污染物 | 环保措施及排污去向 |
|----|-----------------|------------------------|--|-----------------------------------|
| 废水 | 插管（单艘船） | 65.22~66.18kg/s | SS | 控制采砂范围、插管速度等 |
| | 采砂过程（海砂分选）（单艘船） | 22.19~93.10kg/s | SS | 经位于海面下约 2m 左右的溢流口溢流回采砂区 |
| | 盖层崩塌 | 2.44~3.13kg/s | SS | 合理开采、规范作业 |
| | 碎石抛回采砂坑 | 少量 | SS | / |
| | 船舶舱底含油污水 | 32.17t/d | 石油类 | 经收集上岸后，交有处理能力的单接收处理 |
| | 船舶生活污水 | 15.30m ³ /d | COD _{Cr} : 6.120kg/d BOD ₅ : 3.060kg/d SS: 3.366kg/d | 船舶生活污水经船载生活污水处理设施处理后，在满足《船舶水污染物排放 |

| 种类 | 污染源 | 发生量 | 主要污染物 | 环保措施及排污去向 |
|----|--------|--------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| | | | 氨氮: 0.383kg/d 总磷: 0.122kg/d | 控制标准》(GB3552-2018) 要求的前提下排放。 |
| 固废 | 生活垃圾 | 270kg/d | 卫生清扫物、废旧包装、瓶、罐等 | 分类收集上岸后, 由城市环卫部门清运处理 |
| | 碎石贝壳杂物 | 9.41×10 ³ t/a | 碎石杂物 | 抛回采砂坑 |

3.6 工程各阶段非污染环境影响分析

采砂作业使得所在海区的地形地貌发生变化, 进而会导致水动力条件的改变; 改变海域的冲淤环境, 破坏底栖生物的栖息环境, 造成海洋生物群落尤其是底栖生物发生相应变化。根据本工程的特点, 工程非污染环境影响主要是:

(1) 对海洋水动力环境、冲淤环境的影响

本项目为海砂开采项目, 海砂开采后, 将使得所在海域的过水面积增大, 从而对项目所在海域的水动力环境产生一定的影响, 表现为海域局部流速、流向及潮位的变化。

海砂开采将在一定程度上改变局部海床自然性状, 使采砂作业区及周边的地形地貌和冲淤情况发生一定改变。

(2) 对海洋生态环境的影响

1) 工程将造成底栖生境破坏及底栖生物损失

海砂开采过程将改变所在海域原有的海底底质环境, 除少数游泳能力强的生物如鱼类等, 在施工期间由于受到施工干扰将逃离外, 项目采砂范围内的大部分底栖生物种类将被掩埋、覆盖, 绝大多数死亡, 从而造成底栖生物损失。

2) 施工过程中悬浮物对海洋生态环境的影响

项目采砂过程产生的悬浮物将引起局部海域水体浑浊, 降低阳光的透射率, 从而导致局部海域内海洋初级生产力下降, 游泳生物迁移, 浮游生物也将受到不同程度的影响, 尤其是对滤食性浮游动物和进行光合作用的浮游植物的影响较大。此外, 海域水体混浊水质下降, 也将对渔业和底栖生物资源造成一定的影响。

(3) 采砂作业对航道稳定性和通航环境的影响等。

本项目不占用通航航道, 对通航环境产生的影响主要为采砂作业船舶增加, 会增加附近航道的通航密度, 而且船舶可能与过往船舶发生碰撞事故, 增加海事部门的管理难度和强度。此外, 本项目实施后, 将在一定程度上改变所在海域的局部水深和冲淤环境等, 可能对附近航道的水深和冲淤环境等造成一定的影响。

3.7 总量控制

3.7.1 污染物排放总量控制

根据《广东省生态环境保护“十四五”规划》，广东省对化学需量、氨氮、氮氧化物、挥发性有机物排放总量实行控制计划管理，重点行业对重金属排放量实行控制计划管理，沿海城市（含深圳）对总氮排放量实行控制计划管理。

本项目为海砂开采项目，项目作业船舶含油污水统一收集后交由有处理能力的单位收运处理，船舶生活污水经船载生活污水处理设施处理后，在满足《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）要求的前提下排放，采砂作业船舶燃油废气属于间歇性短期排放。因此，本项目不推荐设置污染物排放总量控制指标。

3.7.2 海砂开采量控制

3.7.2.1 开采方式的控制

根据《广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-11 矿区回填料用海砂资源储量核实报告》（汕尾市自然资源局，2025 年 12 月），矿区海砂原矿（含泥）XXXXXXXXXX，含XXXXXXXXXX（不含泥）。《广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-11 矿区回填料用海砂开采方案》（汕尾市自然资源局，2026 年 3 月），采砂区可采出的海砂原矿量约XXXXXXXXXX

本项目拟采用 3 艘采砂能力为 1200m³/h 和 2 艘采砂能力为 400m³/h 的射流抽吸式采砂船作业，每天最大开采量为 6.90×10⁴m³。另外，在南海幼鱼、幼虾保护区保护期和鱼类集中产卵、繁殖等快速生长期（3 至 8 月）内，降低采砂强度，每月采砂天数降至 10 天。本项目控制开采方式如下：

表 3.7.2-1 采砂船舶规模和工艺控制要求一览表

| 控制对象 | 控制内容 | 具体要求 | 预期效果 |
|------|--------------------------------|---|-------------------------|
| 施工工艺 | 采砂船作业平面布置合理，事先制定开采计划，采用清洁的生产工艺 | 作业船舶将分散作业 | 降低采砂作业产生的入海悬沙源强 |
| | | 吸砂功率与海砂分选功率相匹配 | 节约能耗，提高开采效率，降低未吸上船舱的悬沙量 |
| | | 减缓射流船穿透海底淤泥层的速率 | 减少此过程中的悬沙扩散 |
| | | 原砂经分选得到海砂产品后，剩余含细砂（小于 0.063mm 粒级砂）及淤泥的海水，经位于海面以下 2m 左右的溢流口，溢流回采砂区 | 采砂坑内水下溢流能降低悬沙扩散 |
| | | 提高海砂分选效率和出砂率 | 节约能耗，提高开采效率 |
| | | 过滤的杂物和石块抛回采砂坑 | 修复采砂坑 |

| | | | |
|------|-------------|---|----------------------------------|
| 采砂船型 | 控制作业船舶数量、船型 | 3 艘工作效率为 1200m ³ /h、2 艘工作效率为 400m ³ /h 的射流抽吸式采砂船，根据实际开采情况配备一定数量的过驳船 | 根据开采情况合理配置过驳船，提高过驳船作业效率的同时，降低交通量 |
| | | 3 艘采砂船的采砂效率控制在 1200m ³ /h，2 艘采砂船的采砂效率控制在 400m ³ /h | 满足开采强度和开采量控制要求 |
| | | 采砂船每年都需要年检，注意使用的船舶检验证书必须在有效期内 | 保证施工船舶排污、设备配备、设施安全等达标 |

3.7.2.2 开采强度的控制

从保护海洋环境的角度出发，考虑项目所在海域的海洋环境容量和承受能力，并考虑本项目采砂船的采砂能力和企业的经济效益，确定了本项目开采海砂的日最大开采量、年开采控制总量、开采年限等控制指标，具体见表 3.7.2-2。根据项目所在海域的生态承载力、环境承载力和资源承载力，保证本项目海砂开采对周边水质环境、生态环境、水动力环境、地形地貌与冲淤环境、环境敏感目标、叠加效应等影响在可接受范围内，建议本项目采取以上开采方式和开采强度进行作业，并严格按照《本项目海砂开采控制指标表》（表 3.7.2-2）中规定的日最大开采量、年开采控制总量、开采年限等指标进行海砂开采。

表 3.7.2-2 海砂开采目标控制一览表

| 控制参数 | | 控制量 | 控制条件 |
|--------|--------|--|---|
| 日最大开采量 | | 6.90×10 ⁴ m ³ /d | 3 艘 1200m ³ /h 和 2 艘 400m ³ /h 采砂船，每天工作 24 小时（考虑到开采过程中采砂船涉及移位、重新选择砂口及插拔抽砂管等工作，预计需花费 9 小时，实际开采作业 16 小时）， |
| 开采总量 | 年开采量 | 1000×10 ⁴ m ³ | 以 3 艘 1200m ³ /h 和 2 艘 400m ³ /h 采砂船开采 145 天计。 |
| | 资源总储存量 | ██████████ | 原矿量 |
| | 控制总开采量 | ██████████ | 原矿量 |
| 开采范围 | 采砂区范围 | 250.0927 公顷 | 根据地质结构，砂源储量分布，海砂可开采环境条件 |
| 可开采年限 | | ██████ 年 | 矿区实际开采年限 |

4 区域自然环境现状

4.1 区域自然环境概况

4.1.1 气象气候

本节引用汕尾气象站（59501）资料，气象站位于广东省汕尾市城区，站点类型为基本站，地理坐标为东经 115.37 度，北纬 22.8 度，海拔高度 16.7 米。汕尾气象站是国家气象站，拥有长期的气象观测资料，本次收集了汕尾气象站（2006~2025 年）气象观测资料并进行统计分析。

表4.1.1-1 汕尾气象站常规气象项目统计（2006-2025）

| | |
|-----------------|-----------|
| 平均气压 hpa: | 1011.1 |
| 平均相对湿度%: | 76.6 |
| 平均风速 m/s: | 2.3 |
| 平均气温℃: | 23.1 |
| 平均降水量 mm: | 1891.7 |
| 日照时长 h: | 1969.7 |
| 静风频率%: | 2.6 |
| 雷暴日数 Day: | 41.6 |
| 大风日数 Day: | 3.4 |
| 冰雹日数 Day: | 0.5 |
| 多年平均最高温℃: | 35.4 |
| 多年平均最低温℃: | 6.3 |
| 多年平均水汽压 hPa: | 22.6 |
| 多年实测平均极大风速 m/s: | 24.4 |
| 最高气温℃: | 37.4 |
| 日期: | 2017-7-30 |
| 最低气温℃: | 2.2 |
| 日期: | 2016-1-25 |
| 最大日降水量 mm: | 291.8 |
| 日期: | 2020-6-8 |
| 极大风速 m/s: | 36.9 |
| 对应风向: | 78/ENE |
| 日期: | 2018-9-16 |
| 最小年降水量 mm: | 1111.5 |
| 年份: | 2009 |

汕尾市地处我国大陆东南部沿海，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，雨量丰沛，干湿明显，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。除个别年份外，属春秋相连长夏无冬。

1、气温

(1) 月平均气温与极端气温

汕尾气象站 07 月气温最高 (28.9℃), 01 月气温最低 (15.5℃), 近 20 年极端最高气温出现在 2017-07-30 (37.4℃), 近 20 年极端最低气温出现在 2016-01-25 (2.2℃)。

(2) 温度年际变化趋势与周期分析

汕尾气象站近 20 年气温呈现稳步上升趋势, 2024 年年平均气温最高 (23.9℃), 2011 年年平均气温最低 (22.12℃), 无明显周期。

2、降水

(1) 月平均降水与极端降水

汕尾气象站 6 月降水量最大 (456.5 毫米), 12 月降水量最小 (25.3 毫米), 近 20 年极端最大日降水出现在 2020 年 6 月 8 日 (291.8 毫米)。

(2) 降水年际变化趋势与周期分析

汕尾气象站近 20 年年降水总量无明显变化趋势, 2006 年年总降水量最大 (2649 毫米), 2009 年年总降水量最小 (1111.5 毫米)。

3、日照

(1) 月日照时数

汕尾气象站 7 月日照最长 (219.1 小时), 3 月日照最短 (116.9 小时)。

(2) 日照时数年际变化趋势与周期分析

汕尾气象站近 20 年年日照时数无明显变化趋势, 2009 年日照时数最长 (2385.3 小时), 2016 年年日照时数最短 (1637.8 小时), 无明显周期。

4、相对湿度

(1) 月相对湿度分析

汕尾气象站 6 月平均相对湿度最大 (85.1%), 12 月平均相对湿度最小 (66.1%)。

(2) 相对湿度年际变化趋势与周期分析

汕尾气象站近 20 年年平均相对湿度无明显变化趋势, 2009 年年平均相对湿度最小 (73.00%), 2012 年年平均相对湿度最大 (81%)。

5、风况

风况采用遮浪海洋站 (115°34'E, 22°39'N) 1986 年 1 月-2015 年 12 月的统计数据。遮浪海洋站地处季风区, 累年平均风速 6.6 米/秒, 年主导风向为东和东北东向, 出现频率分别为 31%和 16%, 风向和风速随季节变化明显。秋、冬、春季盛行东和东北东向风, 夏季盛行西南季风, 西南风频率较大达 20%。常年平均风速变化不大,

其平均值在 5.3 米/秒~7.7 米/秒之间。其中 8 月份的平均风速最小，多年月平均值为 5.3 米/秒。历年最大风速为 70.0 米/秒，风向东，出现在 2001 年 06 月 22 日。各月最多风向频率和平均风速、最大风速分布见表 4.1.1-2 和表 4.1.1-3。

遮浪海洋站强风向为东向，最大风速为 70.0 米/秒；次强风向为东北向，其最大风速为 56.0 米/秒。常风向为东向，累年出现频率为 31%，其对应风向的平均风速为 8.2 米/秒，最大风速为 70.0 米/秒。常年最少风向是西北、北北西向，其出现频率为 0%，对应风向的平均风速为 3.3 米/秒、4.3 米/秒，最大风速为 25.7 米/秒、20.3 米/秒。其余各风向常年出现频率分布在 1%~16%之间。风速及各风向分布见表 4.1.1-4，风向频率分布见图 4.1.1-1。

表 4.1.1-2 遮浪海洋站各月最多风向及频率 (%) (1986 年 01 月~2015 年 12 月)

| 月份 | 1月 | 2月 | 3月 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | 累年 |
|----|---------|---------|---------|---------|---------|----|---------|---------|-----|---------|---------|---------|---------|
| 多向 | E | E | E | E | E | SW | WS W | SW | E | E | E | E | E |
| 频率 | 43 | 42 | 39 | 36 | 30 | 20 | 20 | 18 | 24 | 41 | 41 | 42 | 31 |
| 次向 | EN E | EN E | EN E | EN E | EN E | E | SW | WS W | ESE | EN E | EN E | EN E | EN E |
| 频率 | 21 | 23 | 24 | 20 | 16 | 13 | 18 | 17 | 15 | 20 | 21 | 21 | 16 |

表 4.1.1-3 遮浪海洋站各月平均风速 (m/s)、最大风速 (m/s) 及对应风向 (1986 年 01 月~2015 年 12 月)

| 月份 | 1月 | 2月 | 3月 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | 累年 |
|----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 平均 | 7.3 | 7.3 | 6.9 | 6.1 | 5.8 | 5.8 | 5.4 | 5.3 | 6.2 | 7.7 | 7.5 | 7.3 | 6.6 |
| 最大 | 24.0 | 24.0 | 26.3 | 29.7 | 24.3 | 70.0 | 38.0 | 56.0 | 48.6 | 32.7 | 26.7 | 24.0 | 70.0 |
| 风向 | E | EN E | NN E | E | EN E | E | SW | NE | WS W | EN E | EN E | E | E |
| 日期 | 25 | 27 | 25 | 19 | 20 | 22 | 31 | 31 | 22 | 02 | 02 | 09 | 22 |
| 年份 | 199 5 | 199 9 | 199 5 | 199 5 | 198 9 | 200 1 | 199 0 | 199 5 | 201 3 | 199 5 | 199 2 | 199 1 | 200 1 |

表 4.1.1-4 遮浪海洋站各风向累年各月平均风速 (m/s)、最大风速 (m/s) 与频率 (%) (1986 年 01 月~2015 年 12 月)

| | | | | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---|
| 风向 | N | NNE | NE | ENE | E | ESE | SE | SSE | C |
| 平均风速 | 5.6 | 6.1 | 6.0 | 7.9 | 8.2 | 7.1 | 4.9 | 4.0 | |
| 频率 | 3 | 5 | 6 | 16 | 31 | 12 | 3 | 2 | 0 |
| 最大风速 | 50.0 | 30.0 | 56.0 | 32.7 | 70.0 | 30.0 | 33.7 | 21.0 | |
| 风向 | S | SSW | SW | WSW | W | WNW | NW | NNW | |
| 平均风速 | 3.9 | 4.5 | 5.2 | 5.5 | 4.8 | 4.2 | 3.3 | 4.3 | |
| 频率 | 2 | 3 | 7 | 6 | 3 | 1 | 0 | 0 | |
| 最大风速 | 25.3 | 31.0 | 38.0 | 48.6 | 34.0 | 25.1 | 25.7 | 20.3 | |

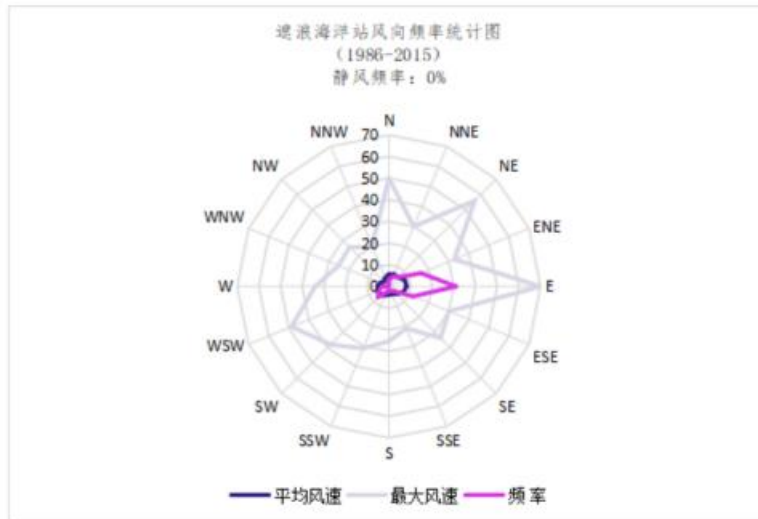


图 4.1.1-1 遮浪海洋站风向频率分布图（静风频率：0%）

4.1.2 海洋水文

拟出让矿区位于汕尾市碣石湾以南海域，海洋水文气象主要包括潮汐、海浪、波浪。

1、潮汐

本海区潮汐主要是由太平洋潮波经巴士海峡和巴林塘海峡进入南海而形成的。项目海区属于全日潮为主的混合潮类型。混合潮港的特点是显著的潮汐日不等现象，相邻高潮或低潮的不等以及涨落潮历时的不等情况每天都在改变。从潮位过程曲线可以看到，碣石湾湾口附近海域的潮汐日不等现象是显著。

2、潮流

勘查区所在海域属于正规全日潮流主导的海域，根据海域 2025 年 6 月的观测资料，观测期间最大涨潮流速为 57.4cm/s（方向为 49°），最大落潮流速为 84.9cm/s（方向为 96°）；最大涨潮平均流速为 39.9cm/s（方向为 79°），最大落潮平均流速为 64.3cm/s（方向为 78°）。观测期间余流流速主要介于 1.9cm/s~47.4cm/s。

3、波浪

波浪采用汕尾遮浪海洋站的多年观测统计资料。

遮浪站常浪向为 E 和 ESE 向，出现频率分别为 27.3%和 20.3%；其次为 NE 和 ENE 向，分别占 9.9%和 6.6%。强浪向为 E 向，S 和 SSE 向次之。H_{1/10} 小于 0.5m 仅占 5.9%，而 H_{1/10} 大于 1.5m 的所占频率为 32.6%，表明该海域波浪较强。遮浪站海域出现频率最大的周期为 4.1~5.0s，所占频率为 53.5%，其次为 5.1s~6.0s，所占频率为 25.2%，S 向浪最大的周期超过 8s，遮浪站波浪玫瑰图见图 4.1.2-1。

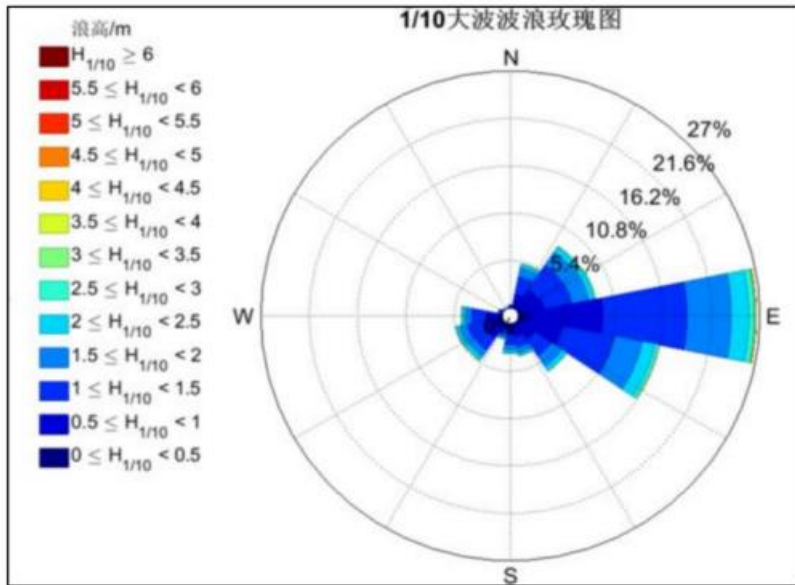


图 4.1.2-1 遮浪站波浪玫瑰图

4.1.3 区域地质

4.1.3.1 地层

广东沿海陆区发育地层较老，自南华系至第四系均有出露。在粤东地区出露的地层主要为中生代地层，包括侏罗系（金鸡组、漳坪组和高基坪组）、下白垩统官草湖组和第四系沉积物。



图 4.1.3-1 矿区及围区地质简图

(1) 侏罗系 (J)

侏罗系主要分布于粤东中部和西北部，包括下侏罗统金鸡组、中侏罗统漳坪组和上侏罗统高基坪组（广东省区域地质志）。

①下侏罗统金鸡组 (J_{1j})：归属东江地层分区惠阳地层小区，为以浅海相为主的碎屑岩建造，与下伏的上三叠统为整合接触，厚度变化很大，介于 273~2580m。按岩性组合和沉积规律分为两个岩性段：上岩性段和下岩性段，其中：下岩性段零星分布在西北部、中部和南部，岩性组合主要为层状粉砂岩夹粉砂质页岩、中细粒长石石英砂岩，底部为长石石英细砂岩，厚度为 352~1418m；上岩性段主要出露在东北部，与上覆地层热水洞组呈不整合接触，岩性主要为泥质粉砂岩、粉砂质泥岩夹层状细粒长石石英砂岩。地层走向为 NW-SE，倾角为 18°~50°，厚度为 700~1695m（王小雨，2015）。

②中侏罗统漳坪组 (J_{2z})：主要分布于大埔、丰顺和梅县地区，以紫红色凝灰质碎屑岩为主，局部夹火山熔岩和凝灰角砾岩，岩性和厚度变化较大。下亚组普遍为火山碎屑岩夹流纹岩和凝灰岩，上亚组凝灰质含量减少，以细粒砂岩、粉砂岩和粉砂质泥岩为主。

③上侏罗统高基坪组 (J_{3gi})：广泛出露于河源、海丰等地，沿北东向断裂带组成一些列火山喷发沉积盆地。该组为一套复杂的陆相火山岩系，由中酸性火山熔岩、火山碎屑岩和沉积岩夹层组成，厚度较大，可分为两个亚组和四个岩性段。下亚组第一段为内陆盆地或湖泊相凝灰质碎屑沉积岩，由紫红色含砾凝灰岩、火山角砾岩、凝灰质砂岩、粉砂岩和粉砂质页岩组成，厚 75~780 m，与下伏地层呈不整合接触；下亚组第二段为深灰色安山岩类及相应的火山碎屑岩，厚 649~1079m，以不整合覆盖于下伏地层之上。上亚组第一段，以酸性流纹岩及其火山碎屑岩为主，夹多层炭质页岩、粉砂岩和凝灰质砂岩，厚 160~2344 m；上亚组第二段以英安岩为主，夹流纹岩、安山岩及火山碎屑岩等，厚 400~4260 m。

(2) 白垩系 (K)

白垩系仅出露下白垩统官草湖组 (K_{1gn})，沿莲花山断裂呈串珠状分布，组成大小不等的盆地。官草湖组是一套河湖相粗碎屑岩建造，岩性和厚度变化很大，与下伏上侏罗统高基坪组呈不整合接触关系。该组下部以紫红色砾岩、砂砾岩为主，夹粉砂岩、凝灰岩及火山熔岩；上部以酸性火山熔岩、熔凝灰岩及角砾凝灰岩为主。

(3) 第四系 (Q)

主要分布于区域南部沿海地区、中东部地区的河谷阶地，沉积类型多样，有冲积相、坡积洪积相、三角洲相、泻湖湘、海积相和风积相等，岩性主要为砾石、粗砂、细砂及砂质粘土等松散沉积物。杨胜明（1987）根据浅层地震和钻孔资料，将红海湾第四系可划分为五套沉积层。

上更新统中段是红海湾第四系最老的地层，它位于基岩风化壳之上，与风化壳呈明显的不整合接触，是一套粗碎屑的沉积物，是红海湾第四系最粗的沉积物，其碎屑主要是岩屑和石英，特征矿物是黄铁矿、钛铁矿、锆石、电气石、黑云母等，它们随深度增大而增加，不含指相矿物海绿石和海相生物碎屑。岩性变化规律是自下而上，物质逐渐变细，由砂砾过渡到砂质泥，岩屑也逐渐减少，沉积物的颜色由浅变深，由黄色变到灰色；粗碎屑的磨圆程度一般较差；粘土矿物中，绿泥石、蒙脱石的含量，自上而下降低，而高岭石和伊利石则增加。其岩性特征及其变化规律表明该套地层为陆相沉积物，而且主要是洪冲积相的沉积物。

上更新统上段是红海湾第四系的主体。钻孔揭示，该套地层以细粒泥质沉积物为主，夹粉砂或细砂，但上下结构、物性及生物碎屑等均有很大的差异。沉积物中含有微量黄铁矿、锆石、钛铁矿和海绿石及较多的牡蛎壳片。硅藻中既有半咸水种，也有淡水种。本段在浅水区属河口-港湾相，往南则变为浅海相。

全新统呈披盖形式覆于上更新统之上，是红海湾第四系分布最广的地层。以细粒物质为主的灰-深灰色的泥质粉砂或粉砂质泥，层厚 6~12m，上下岩性较均一。该层特征矿物有海绿石、黄铁矿、锆石和钛铁矿及黑云母等，其中海绿石呈球状，成熟度差。粘土矿物含量上下变化不大。沉积物含较多浅海相的生物贝壳和半咸水种的硅藻，为浅海-港湾相沉积物。

4.1.3.2 构造

(1) 断裂构造

矿区位于粤东，粤东地区断裂构造基本上可分为三组：NE-NEE、NW-NWW 和近 EW 向。NE-NEE 和 NW-NWW 向断层在陆区和海区都十分发育，控制了新生代盆地的沉积和发育，为主要断裂系统，近 EW 向断层主要发育在珠江口盆地。陆区断裂主要形成于燕山期，而海区断裂主要形成于喜山期。汕尾境内大型断裂带主要有北东向的莲花山断裂带、潮州-汕尾断裂带和高要-惠来断裂带。

1) 莲花山断裂带

莲花山断裂带北东端从福建省进入广东省，沿着雄伟的莲花山脉向西南展布于

大埔、五华、海丰、惠东、深圳一线，并通过香港的元朗、屯门伸入南海，区域上属丽水-海丰断裂带的一部分。广东境内延伸长约 500km，波及宽 20~40km，局部可达 60km。断裂带由一组走向北东的脆性断裂带、韧性剪切带、动热变质带及中新世断陷盆地组成，为广东境内最为醒目大型构造带之一。莲花山断裂带晚近时期仍有活动，温泉沿断裂带分布，海丰地区多次发生破坏性地震，是广东省内有名的活动构造带。

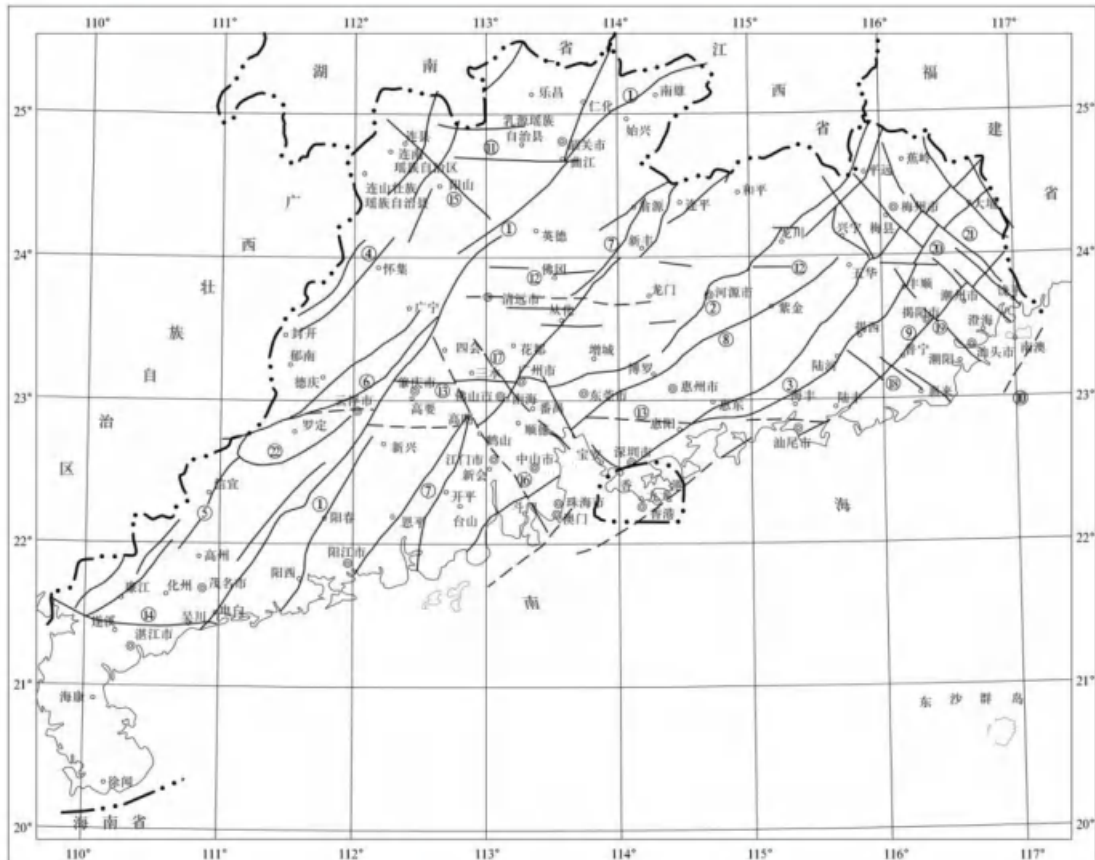


图 4.1.3-2 汕尾及邻区断裂构造分布图

①吴川—四会断裂带；②河源断裂带；③莲花山断裂带；④郴州—怀集断裂带；⑤信宜—廉江断裂带；⑥罗定—广宁断裂带；⑦恩平—新丰断裂带；⑧紫金—博罗断裂带；⑨潮州—汕尾断裂带；⑩南澳断裂；⑪贵东断裂带；⑫佛岗—丰良断裂带；⑬高要—惠来断裂带；⑭遂溪断裂带；⑮连州—阳山断裂带；⑯西江断裂；⑰沙湾断裂带；⑱河婆—惠来断裂带；⑲榕江断裂带；⑳梅州—潮州断裂带；㉑饶平—大埔断裂带；㉒贵子弧形断裂

2) 潮州-汕尾断裂带，总体呈 40~50°方向舒缓波状，展布于饶平、潮州、普宁、陆丰一带，至汕尾入南海，北东延入福建境内，广东境内长 210km。断裂带穿行于上三叠统-侏罗系砂页岩、火山岩及燕山期花岗岩之中，断面主要倾向南东，局部倾向北西，倾角 50~80°。断裂沿走向及倾向均呈舒缓波状，发育压碎花岗岩、硅化岩、糜棱岩和构造角砾岩，断面上常见擦痕和阶步，并有中、基性岩、石英斑岩、长英岩脉、石英脉及燕山晚期酸性岩脉贯入，岩脉复遭破碎，发生硅化、褐铁矿化、绿

泥石化、叶腊石化。断裂带北东段在潮州-饶平一带，侏罗系砂页岩、火山岩及燕山期花岗岩中挤压带、片理化带发育。从潮州至普宁一段则多为第四系覆盖，仅于洪阳西侧，屯浦一带见花岗岩糜棱岩化、硅化、绿泥石化等，影响范围宽达几百米。断裂带的活动至今仍未停息，沿断裂带温泉呈线状分布，潮州、普宁、揭阳等地多次发生过破坏性地震。

3) 高要-惠来断裂带

高要-惠来深断裂带分布于罗定、高要、广州、惠阳、海丰、惠来一线，向东插入台湾浅海，因被吴川-四会、河源、莲花山深断裂带所分割而出露不甚连续。断裂带被分为东段、中段、西段。其中，东段在惠阳-海丰-惠来一线，长达 200km，沿断裂带有一系列东西走向的航磁正异常带，南侧为负值，以侏罗纪的活动最为强烈。根据岩相古地理和古构造资料的分析，高要-惠来深断裂带形成于印支运动，局部控制了晚三叠世一早侏罗世的沉积，随着燕山运动的来临，该断裂带的活动更加强烈，发生了重熔型和同熔型花岗岩浆的侵入。

(2) 褶皱

区域内的褶皱构造主要受燕山多期岩浆活动的侵入影响和断裂构造破坏、大面积火山岩及第四系覆盖，呈现出形态不完整，从残留部分和现有资料显示，海丰县褶皱构造主要有赤石镇以西横坑背斜和莲花山镇西南水井林场附近的下村向斜二个褶皱构造，褶皱轴走向 45~55°，延伸长受断裂构造影响，出露不完整。汕尾市属于蕉岭-增城-腰古-云开复背斜带内，汕尾市出露的大型褶皱有潭下-七星嶂-黄巢山复式褶皱、钢鼓嶂-桐子洋-禾廉石复式褶皱、新丰-军埠-大南山复式褶皱。

海域地区构造性质主要分为伸展、走滑和挤压等构造样式。以伸展构造样式为主，形成了箕状断陷、地堑与地垒构造、阶梯状正断层、生长断层等。走滑构造样式主要发育在 NW 向走滑断裂带内，以花状构造为主，褶皱变形呈各种形态。挤压构造样式同样会形成褶皱和逆断层，地震剖面中偶尔会出现小范围的褶皱变形，卷入褶皱变形的地层通常为基底以上的所有地层，且具有由下往上变形逐渐减弱的趋势。

4.1.3.3 岩浆岩

区域内陆域主要以燕山期侵入岩为主，岩性为辉绿岩、辉长岩、石英闪长岩、花岗闪长岩、二长花岗岩、花岗岩和黑云母花岗岩。辉绿岩和辉长岩以岩脉和岩墙产出，主要分布在惠来和莲花山地区。石英闪长岩和花岗闪长岩以岩株产出，主要

分布在莲花山断裂带中部地区。二长花岗岩和黑云母花岗岩则以岩基产出，分布范围遍及全区。前人研究将区内花岗岩分为燕山二期、燕山三期和燕山四期，最新成果表明区内侵入岩的形成时代由老至新则主要有以下三个阶段：中晚侏罗世（170~155 Ma）、早白垩世（145~135 Ma）和白垩世中晚期（130~120 Ma）。

中晚侏罗世（170~155 Ma）：主要以高钾钙碱性花岗闪长质岩石为主，主要分布在惠州、揭阳和惠来等地区，岩性主要以石英闪长岩和花岗闪长（斑）岩为主。部分岩石与斑岩型铜金矿有关，如钟丘洋、新寮东和鸿沟山铜多金属矿。花岗闪长岩一般呈灰白色，中粗粒结构、斑状结构，块状构造，主要矿物为斜长石（35~45%）、钾长石（10~15%）、石英（15~20%），含有一定角闪石和黑云母，副矿物有锆石、磷灰石和榍石等。石英闪长岩，灰白色，中细粒结构，块状构造，主要矿物为斜长石（40~45%）、钾长石（5~10%）、石英（5~15%）、角闪石（10~15%）和黑云母（5~10%），副矿物为磁铁矿、磷灰石、锆石和榍石等。

早白垩世（145~135 Ma）：主要岩性为二长花岗岩、花岗斑岩和黑云母花岗岩，高钾钙碱性，成因类型为 I 型或者 A 型，具有高分异特征，部分岩石与钨锡成矿作用相关。该时期岩石主要分布在潮汕和揭阳地区。二长花岗岩，灰白色，中粗粒结构，块状构造，主要矿物为钾长石（35~40%）、斜长石（30~35%）、石英（15~20%），含有一定的黑云母，副矿物为锆石、榍石等。花岗斑岩，灰白色，斑状结构，斑晶（约为 30%）主要为钾长石和石英，含有少量的黑云母，基质主要为钾长石、斜长石、石英和黑云母，副矿物为磷灰石和锆石。黑云母花岗岩，整体呈肉红色或者灰色，主要矿物为钾长石（35~50%）、斜长石（10~15%）、石英（20~30%）和黑云母（10~15%），副矿物为锆石和铁钛氧化物。

白垩世中晚期（130~120 Ma）：主要为花岗岩和黑云母花岗岩，分布极为有限，主要在潮汕地区，以莲花山岩体为代表（Liu et al., 2017）。花岗岩，灰白色或者肉红色，花岗结构，块状构造，主要矿物为钾长石（35~50%）、斜长石（10~15%）、石英（30~35%）和黑云母（5~10%），副矿物为锆石、磷灰石和铁钛氧化物。黑云母花岗岩，灰色，细粒结构，块状构造，主要矿物为钾长石（45~50%）、斜长石（10~15%）、石英（15~30%）和黑云母（10~15%），副矿物为锆石、磷灰石、钛铁矿和独居石等。

4.1.3.4 地震活动

广东省地处东南沿海地震带地震相对活跃的中段，汕尾市位于广东省的中部沿

海。第五代中国地震动参数区划表明，汕尾市位于基本地震动峰值加速度 0.05g 到 0.10g 区内，其中，约四分之三面积位于基本地震动峰值加速度 0.10g 区，区域东北陆河县大部分地区为 0.05g。地震动加速度反应谱特征周期为 0.35s。

据国家地震科学数据中心数据，汕尾市及其周边在经度 114-117°E、纬度 21-24°N 范围内，2009 年 1 月至 2025 年 1 月 16 年间，该区域发生 3 级以上地震有 46 次，其中最大震级 5.0 级，发生在广东南澳海域，震中位于汕尾市及邻近海域的地震（震级均小于 5.0 级）有 6 次。

表 4.1.3-1 汕尾市及邻近海域地震目录统计表

| 序号 | 发震日期 (北京时间) | 经度 (°) | 纬度 (°) | 震源 深度 (km) | 震级 类型 | 震级 | 震中 位置 | 事件类型 |
|----|-----------------------|-----------|-----------|------------------|----------|-----|------------|------|
| 1 | 2025-1-10 14:40 | 115.66 | 21.33 | 11 | ML | 3.8 | 汕尾 以南海域 | 天然地震 |
| 2 | 2023-5-04 13:32:33 | 115.23 | 22.84 | 8 | ML | 3.4 | 海丰 | 天然地震 |
| 3 | 2023-5-01 05:46:45 | 114.79 | 20.78 | 18 | ML | 4.5 | 南海 | 天然地震 |
| 4 | 2022-9-27 19:54:53 | 115.07 | 22.48 | 21 | ML | 3.2 | 惠东海域 | 天然地震 |
| 5 | 2022-3-14 02:28:44 | 115.05 | 22.46 | 10 | Ms | 4.2 | 惠东海域 | 天然地震 |
| 6 | 2015-9-24 22:57:30 | 115.70 | 23.04 | 14 | ML | 3.8 | 陆丰 | 天然地震 |

4.1.4 自然灾害

(1) 热带气旋

汕尾沿岸海域是热带气旋活动频繁的海区之一，影响本海域的热带气旋来自西太平洋和南海，热带气旋分为热带低压（TD）、热带风暴（TS）、强热带风暴（STS）、台风（TY）、强台风（STY）和超强台风（SuperTY）六个等级。以遮浪海洋站风速达 6 级，台风中心位置进入 20.9°N~24.9°N，114.3°E~118.3°E 区域内为影响标准，根据台风年鉴资料统计，1949~2025 年期间，登陆或影响本海域的热带气旋共有 210 个，年平均 2.73 个，年最多为 9 个（1999 年），77 年间仅 1989 年没有热带气旋登陆或影响本海域。热带气旋 8 月出现最多，占 24.39%，其次是 7 月及 9 月，各占 22.93%，最早出现在 4 月 10 日（受 6701 强台风影响），最晚出现在 12 月 2 日（受 7427 强台风影响），1 月至 3 月没有热带气旋影响本海域，1949 年~2025 年期间，热带气旋登陆时达到超强台风的有 24 个，强台风 27 个，台风 42 个，强热带风暴 42 个，热带风暴 54 个。

表 4.1.4-1 (1949~2025)热带气旋中心经过 114.3~118.3°E、20.9~24.9°N 的个数统计

| 月份 | 1月 | 2月 | 3月 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | 合计 |
|----|-----|-----|-----|------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|-----|--------|
| 01 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 6 | 2 | 8 | 2 | 1 | 0 | 0 | 21 |
| 02 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 13 | 12 | 8 | 14 | 4 | 2 | 0 | 54 |
| 03 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 4 | 9 | 15 | 12 | 1 | 0 | 0 | 42 |
| 04 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 3 | 14 | 8 | 8 | 5 | 0 | 0 | 42 |
| 05 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 3 | 5 | 10 | 4 | 2 | 0 | 27 |
| 06 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 7 | 6 | 4 | 4 | 2 | 0 | 24 |
| 07 | 0 | 0 | 0 | 2 | 8 | 28 | 47 | 50 | 50 | 19 | 6 | 0 | 210 |
| 08 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 0.11 | 0.38 | 0.64 | 0.68 | 0.64 | 0.24 | 0.07 | 0.0 | 2.73 |
| 09 | 0 | 0 | 0 | 0.98 | 3.90 | 13.66 | 22.93 | 24.39 | 22.93 | 8.78 | 2.44 | 0 | 100.00 |

注：01~热带低压、02~热带风暴、03~强热带风暴、04~台风、05~强台风、06~超强台风、07~合计、08~年平均、09~频率(%)。

1949年~2025年期间，对汕尾沿岸海域最具影响的热带气旋有10个，遮浪海洋站记录的风速均在33m/s以上，分别是6903、7908、8805、9009、9509、2000年13号、2003年13号台风、2013年19号台风、2017年13号台风和2018年22号台风。

影响汕尾沿岸海岛海域的西太平洋台风，7908号台风是建国以来登陆广东省台风中较强的一次西太平洋台风，其特点是：风力强、范围广、移速快。1979年8月2日13~14时，7908号台风在广东省深圳市沿海登陆，登陆时中心风速达55m/s，中心气压940hPa（资料来自上海台风研究所），1979年8月1日24时~2日12时，汕尾沿岸海岛海域平均风力12级以上（遮浪海洋站1979年8月2日实测风速61m/s，风向东北，汕尾气象站实测阵风风速60.4m/s，8级以上大风时间持续24个小时，12级大风时间持续12个小时。

汕尾港妈屿站出现3.81米（当地水尺）暴潮水位，比正常潮位高出1.78米，妈屿站最大增水2.51米，出现在1979年8月2日10时00分，汕尾市区大部分街道受浸，水深0.3~1.0米，7908号台风给汕尾沿岸海岛造成重大经济损失和人员伤亡。

9509号台风是另一个严重影响汕尾沿岸海岛海域的台风，其特点是：也是风力强、范围广、破坏力强。1995年8月31日15时前后，9509号台风在广东省海丰与惠东县沿海登陆，登陆时遮浪海洋站实测风速59.7m/s，风向东北，汕尾市46.0m/s，海丰、惠东县39.0m/s，惠来35.0m/s，惠阳34.0m/s，澄海31.0m/s。这个台风影响范围之广，破坏力之大，为近年所罕见，台风所到之处输电线被吹断，树木、工棚被毁、沿海海堤被打坏，受9509号台风影响，国民经济直接损失38.62亿元和重大人员伤亡。

(2) 风暴潮

2014-2023 年期间，广东省平均每年发生风暴潮 4.9 次。根据《2023 年广东省海洋灾害公报》，2023 年广东省沿海共发生风暴潮过程 4 次，其中 2 次造成灾害，分别为“泰利”台风风暴潮和“苏拉”台风风暴潮，共造成直接经济损失 1.83 亿元，未造成人员失踪受伤。“苏拉”台风风暴潮造成直接经济损失最严重，为 1.04 亿元，占全年风暴潮灾害直接经济损失的 57%。

(3) 灾难性海浪

根据《2023 年广东省海洋灾害公报》统计，广东省近海共发生有效波高 4.0 米（含）以上的灾害性海浪过程 12 次，发生海浪灾害过程 1 次。上述海浪过程主要发生在 1-7 月，级别均在狂浪及以下，其中 5 次受台风过程的影响，7 次受冷空气过程的影响。

(4) 赤潮

2014-2023 年间，广东省沿海年均发生 9.5 起赤潮事件，但大规模的赤潮发生次数相对较少。2023 年，广东省沿海共发现赤潮 6 次，累计面积 20.00 平方千米。其中，发现有害赤潮 3 次，未发现毒赤潮。深圳、惠州、湛江、珠海和汕尾海域是广东省主要的赤潮多发区。

根据 2014-2023 年《广东省海洋灾害公报》，对项目所在地广东汕尾出现的赤潮信息记录如表 4.1.4-2 所示。

表4.1.4-2 广东省汕尾市赤潮记录（2014-2023 年）

| 发现海域 | 起止时间 | 赤潮优势种 | 最大面积 (平方千米) |
|---------------------------|------------------------------------|-------|----------------|
| 惠州平海湾、东山海附近至 汕尾小漠镇附近海域 | 2016 年 2 月 17—29 日 | 红色赤潮藻 | 215 |
| 汕尾市附近海域 | 2021 年 1 月 26 日—2021 年 1 月 31 日 | 红色赤潮藻 | 80 |

4.2 自然资源概况

4.2.1 岸线资源

评价范围内涉及到的大陆岸线资源包括河口岸线（0.05km）、基岩岸线（9.21km）、泥质岸线（0.22km）、砂质岸线（52.60km）、人工岸线（17.15km）。详见图 4.2.1-1。涉及到的海岛岸线资源包括砂质基岩岸线（6.36km）、砂质岸线（7.19km）、人工岸线（4.77km）。

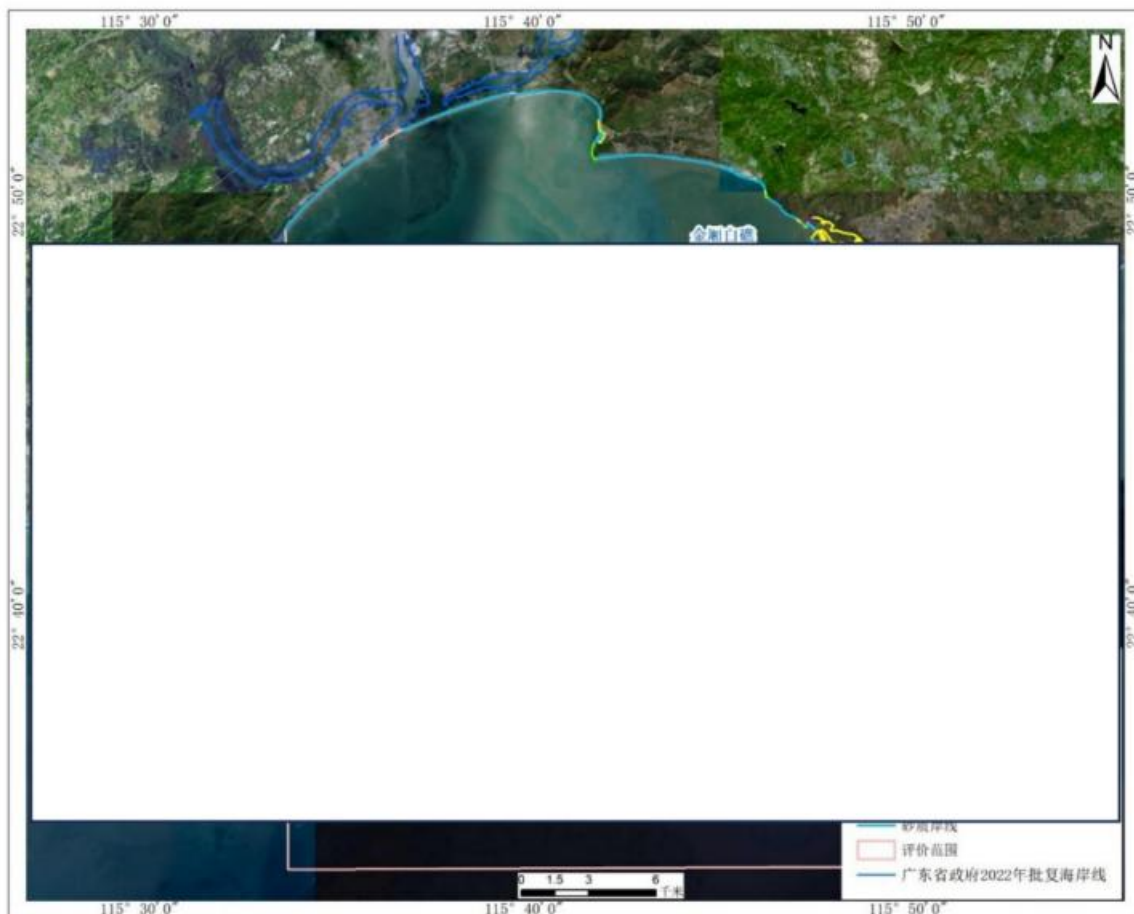


图 4.2.1-1 评价范围内岸线分布

4.2.2 岛礁资源

根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》，评价范围内岛礁资源有见表 4.2.2-1，详见图 2.7.1-1。

表 4.2.2-1 评价范围内岛礁资源分布情况

| 海岛名称 | 相对距离 |
|------------------|--------------|
| 施公寮岛 | 西北侧，约 11.6km |
| 汕尾西屿、舢板岛及周边岛礁 | 西北侧，约 11.3km |
| 西桔礁 | 东南侧，约 4.5km |
| 东桔礁、花园礁、渔翁礁及周边岛礁 | 东侧，约 10.1km |
| 金屿及周边岛礁 | 西侧，约 8.9km |
| 遮浪岩、虎头及周边岛礁 | 西南侧，约 15.0km |
| 冬瓜屿及周边岛礁 | 西侧，约 14.9km |

4.2.3 港口资源

汕尾港目前已形成海丰、汕尾、汕尾新、陆丰等四大港区的总体布局，西起惠州汕尾分界处，东至甲东镇。根据《汕尾港总体规划（2025-2035年）》（报审稿），规划形成由小漠、海丰、汕尾、汕尾新、陆丰组成的“一港五区”总体发展格局。规划未来汕尾港形成中部汕尾港区、汕尾新港区联合成为综合性客、货运枢纽港区，

东部陆丰港区为临港产业主导型港区，西部小漠港区为全面接轨深圳的平台性港区，海丰港区为远景发展港区的“一港五区”总体发展格局。其中，项目评价范围内主要分布有汕尾新港区、陆丰港区中的乌坎作业区、碣石作业区。

1、汕尾新港区

汕尾新港区主要规划白沙湖作业区，白沙湖作业区是白沙湖南岸汕尾电厂及西侧的岸线和施公寮岛规划岸线范围内集中装卸作业的区域。

白沙湖南岸已建有汕尾电厂配套码头，包括1个10万吨级散货泊位和1个3000吨级重件泊位，规划散货泊位可升级至最高15万吨级，重件泊位东侧可根据需要开发建设。紧邻电厂西侧正在推进白沙湖作业区公用码头一期工程，岸线长度为707m，该段规划为2个15万吨级及以下的多用途、通用泊位。

施公寮岛西侧岸线从已建东防波堤起，向西北方向直到岸线转向北的位置。已建东防波堤根部规划岸线312m，规划为1个2万吨级及以下集装箱、多用途、滚装泊位并兼顾工作船泊位，并且顶端位置的50m以滚装功能为主；向西规划岸线1664m，为4个20万吨级及以下集装箱、多用途泊位，其中端部靠近连岛路的岸线近期可建设小吨级泊位。部分陆域需通过透空式建构建筑物成陆，具体泊位类型和等级结合发展需求在远期进一步明确。

汕尾新港区总体上共规划15个泊位，可形成码头岸线4.78km，总陆域面积251.5万m²，年设计通过能力可达4455万吨、其中集装箱400万TEU、滚装汽车80万辆，旅客通过能力约为80万人次。

2、陆丰港区

(1) 乌坎作业区

乌坎作业区近期不开发，远期可适时发展水上观光、旅游休闲客运服务。作业区开发时应充分利用现状设施，确需扩建新建时应加强与近岸海域功能区划等的衔接。

(2) 碣石作业区

碣石作业区作为远景发展区，规划在合适的时期发展市域内的水上客运及旅游航线。

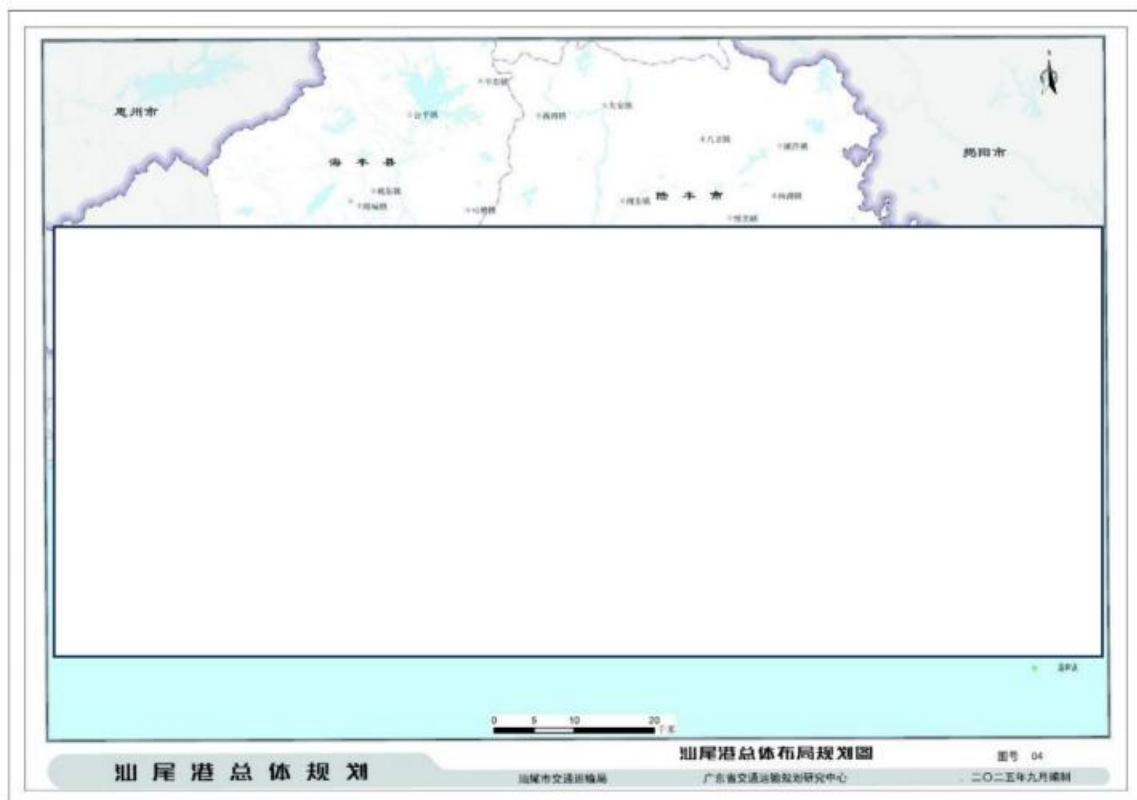


图 4.2.2-1 汕尾港港区分布示意图

4.2.4 锚地资源

根据《汕尾港总体规划（2025-2035 年）》（报审稿），评价范围内锚地包括汕尾新港区现有的 8 号锚地、9 号锚地、10 号锚地、11 号锚地、12 号锚地以及规划的 21 号锚地、22 号锚地。锚地规划见表 4.2.4-1 和图 4.2.4-1。

表 4.2.4-1 汕尾港规划锚地一览表

| 序号 | 锚地所在港区/编号 | 名称 | 中心点坐标 | 面积 (km ²) | 用途 |
|----|--------------|------------|-----------------------------|-----------------------|---------------|
| 1 | 汕尾新港区/8 号锚地 | 引航检疫锚地 | 115°32'00"E, 22°37'59"N | 10.8 | 引航、检疫、防台 |
| 2 | 汕尾新港区/9 号锚地 | 大型船舶临时避风锚地 | 115°41'00"E, 22°40'00"N | 43.1 | 引航、待泊、检疫、防台 |
| 3 | 汕尾新港区/10 号锚地 | 过驳锚地 | 115°41'00"E, 22°45'00"N | 43.1 | 过驳、候泊、防台 |
| 4 | 陆丰港区/11 号锚地 | 引航检疫锚地 | 115°45'00"E, 22°47'00"N | 2.7 | 引航、检疫、防台 |
| 5 | 汕尾新港区/21 号锚地 | 21 号锚地 | 115°48' 33" E, 22°39' 33" N | 10.0 | 引航、待泊、检疫、防台锚地 |
| 6 | 陆丰港区/22 号锚地 | 22 号锚地 | 115°52' 10" E, 22°43' 27" N | 6.3 | 引航、待泊、检疫、防台锚地 |

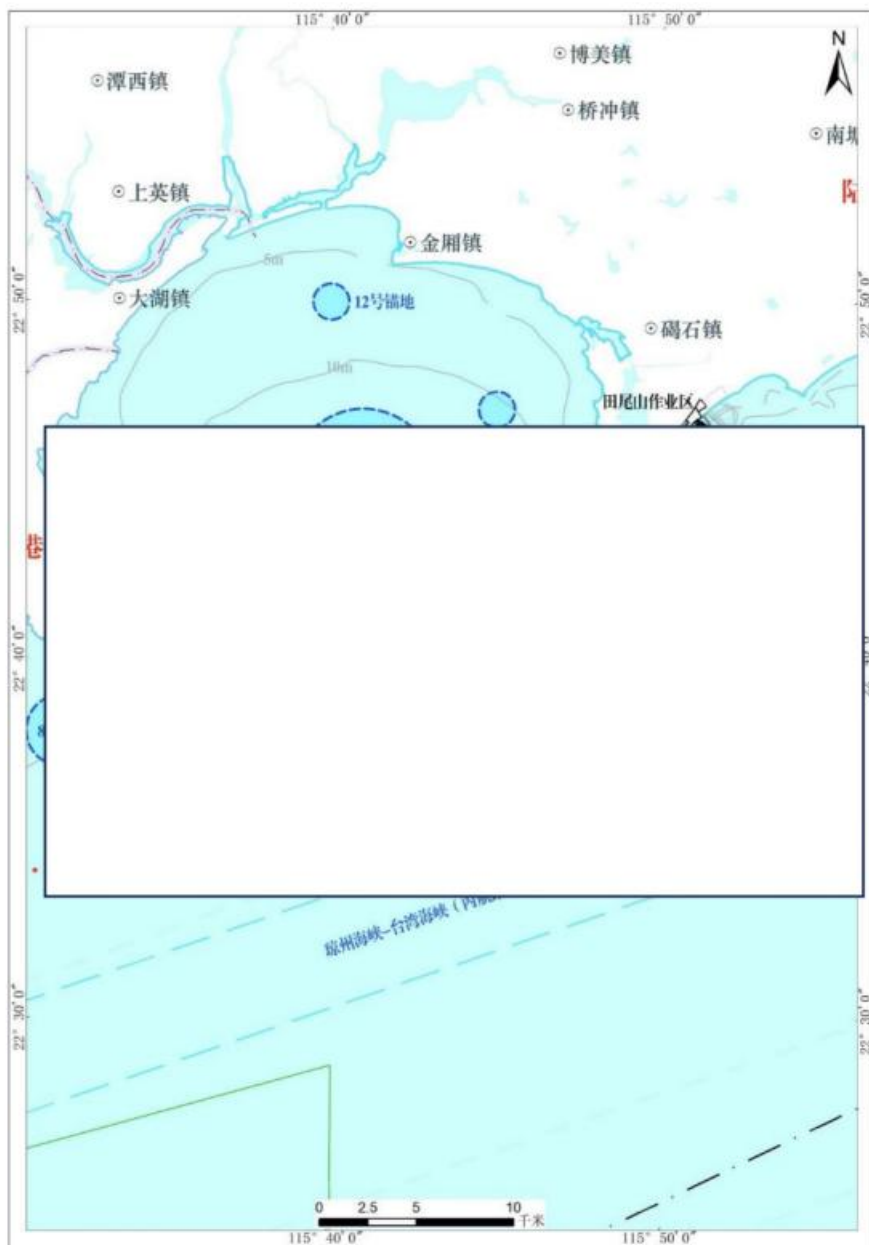


图 4.2.4-1 项目周边航道及锚地资源

4.2.5 航道资源

(1) 汕尾新港区

汕尾新港区现有汕尾新港区进港航道可通航 10 万吨级船舶，规划该航道可升级至 15~20 万吨级。

(2) 陆丰作业区

乌坎作业区现有乌坎西线航道、乌坎东线航道，航道近期维持现状。

碣石作业区曾建有碣石液化气成品油码头，现有的碣石航道维持现状。

(3) 广东沿海主要公共航路

根据最新发布的广东沿海主要公共航路，本项目海域附近主要的航路有广东沿

海外航路、广东沿海内航路、广东沿海近岸航路等。

4.2.6 矿产资源

(1) 汕尾市矿产资源总体情况

汕尾市处于武夷成矿带，是全国 26 个成矿区带之一，矿产资源比较丰富。发现主要矿产 28 种，累计发现矿产地 69 处。金属矿产有开采价值的主要有锡、铜、钨、铅、锌、铁等，发现胡坑锡矿、塌山锡矿、长埔锡矿、银瓶山锡矿等中型锡矿床。截至 2023 年底，锡矿矿产地 18 处，主要分布在海丰县，累计查明锡矿资源量 7.79 万吨。非金属矿产开采价值较大的主要有建筑用花岗岩、高岭土、陶瓷土等。汕尾市地热、矿泉水资源比较丰富。

海洋矿产资源：沿海岸可供建筑和造地用的砂土地面积 271 平方千米，蕴藏量 4.88 亿立方米。其中沿白沙湖畔，从施公寮至内湖一带沙滩的石英砂蕴藏量有 2000 万吨，部分砂的二氧化硅含量超过 98%，是制造玻璃的优质原料。海底油气资源也很丰富。

(2) 附近海砂矿产资源总体情况

截止 2026 年 3 月底，汕尾市登记有效海砂采矿权 3 处（编号为 JH21-09、JH21-08 和 JH22-03 的 3 个矿区），已出让还未办理采矿权登记的为 CB22-05、还未出让的矿区有 3 个（CB22-06、SW23-01、SW23-02）以及本次的 SW24-11 和 SW24-12 矿区。

表 4.2.6-1 各采砂区概况

| 拟出让区编号/名称 | 界址点编号 | 界址点地理坐标 | | 面积 (km ²) | 原矿储量 (×10 ⁴ m ³) | 开采期限 |
|-----------|-------|------------|------------|--------------------------|--|----------------------|
| | | 经度(N) | 纬度(E) | | | |
| JH22-03 | 1 | ██████████ | ██████████ | 1.95 | 2346.65 | 2023.3~2025.7 已闭矿 |
| | 2 | ██████████ | ██████████ | | | |
| | 3 | ██████████ | ██████████ | | | |
| | 4 | ██████████ | ██████████ | | | |
| JH21-08 | 1 | ██████████ | ██████████ | 1.95 | 3484.68 | 2023.3~2025.5 已闭矿 |
| | 2 | ██████████ | ██████████ | | | |
| | 3 | ██████████ | ██████████ | | | |
| | 4 | ██████████ | ██████████ | | | |
| JH21-09 | 1 | ██████████ | ██████████ | 2.3 | 4178.1 | 2022.11- 2026.10 |
| | 2 | ██████████ | ██████████ | | | |
| | 3 | ██████████ | ██████████ | | | |
| | 4 | ██████████ | ██████████ | | | |
| CB22-05 | 1 | ██████████ | ██████████ | ██ | ██ | |

| | | | | | | |
|------------------|---|------|------|---|------|------------|
| | 2 | ■■■■ | ■■■■ | | | 已出让，还未启动开采 |
| | 3 | ■■■■ | ■■■■ | | | |
| | 4 | ■■■■ | ■■■■ | | | |
| CB22-06 | 1 | ■■■■ | ■■■■ | ■ | ■■■■ | 还未出让 |
| | 2 | ■■■■ | ■■■■ | | | |
| | 3 | ■■■■ | ■■■■ | | | |
| | 4 | ■■■■ | ■■■■ | | | |
| SW23-01 | 1 | ■■■■ | ■■■■ | ■ | ■■■■ | 还未出让 |
| | 2 | ■■■■ | ■■■■ | | | |
| | 3 | ■■■■ | ■■■■ | | | |
| | 4 | ■■■■ | ■■■■ | | | |
| SW23-02 | 1 | ■■■■ | ■■■■ | ■ | ■■■■ | 还未出让 |
| | 2 | ■■■■ | ■■■■ | | | |
| | 3 | ■■■■ | ■■■■ | | | |
| | 4 | ■■■■ | ■■■■ | | | |
| SW24-11 (本项目) | 1 | ■■■■ | ■■■■ | ■ | ■■■■ | / |
| | 2 | ■■■■ | ■■■■ | | | |
| | 3 | ■■■■ | ■■■■ | | | |
| | 4 | ■■■■ | ■■■■ | | | |
| SW24-12 | 1 | ■■■■ | ■■■■ | ■ | ■■■■ | / |
| | 2 | ■■■■ | ■■■■ | | | |
| | 3 | ■■■■ | ■■■■ | | | |
| | 4 | ■■■■ | ■■■■ | | | |

注：坐标系为国家大地坐标系 CGCS2000。



图 4.2.6-1 汕尾市海砂矿区位置示意图

4.2.7 自然保护地

项目评价范围内的自然保护地主要为广东海丰鸟类省级自然保护区（位于项目西北侧约 18.0km）、广东遮浪半岛国家海洋自然公园（西南侧，约 12.8km）、汕尾红海湾遮浪角东人工鱼礁地方级自然保护区（西南侧，约 9.9km）。

4.2.7.1 广东海丰鸟类省级自然保护区

（1）批准建立

广东海丰鸟类省级自然保护区于 1998 年 12 月 28 日经省政府批准建立，由公平水库湿地、大湖海岸湿地以及东关联安围滩涂鱼塘湿地三部分组成。2005 年，海丰鸟类省级自然保护区被中国野生动物保护协会授予“中国水鸟之乡”称号。主要保护对象为候鸟及其栖息地，是中国生物多样性保护的关键性地区之一。保护区广阔的沿海湿地和丰富的淡水湿地，成为亚太地区南海迁徙水鸟的重要通道和国际濒危水禽重要的庇护栖息场所。

（2）范围调整

根据 2024 年 1 月广东省林业局发布《关于广东海丰鸟类省级自然保护区面积、四至范围和功能区划的公告》，保护区信息如下。

调整后的广东海丰鸟类省级自然保护区总面积为 11526.10 公顷，其中核心区面积 3936.91 公顷，缓冲区面积 2057.87 公顷，实验区面积 5531.32 公顷。保护区位于广东省东南部，地处汕尾市海丰县境内，由五个片区组成，即公平水库分区、大湖东分区、大湖西分区和联安围北分区联安围南分区。

调整后的自然保护区范围为：

公平水库分区，N23°2'27"-23°7'20"，E115°22'31"-115°28'30"，面积 4710.81 公顷，占保护区总面积的 40.87%。边界线南部以库堤为主，西部以海丰—紫金公路为主线，东部和北部按村庄分布以人工区划为主。范围涉及公平镇的公平圩、十三坑村委，平东镇的毛坡、新平、双墩和大塘村委，黄羌镇的合门、双圳村委。

大湖西分区，N22°50'22"-22°52'32"，E115°30'2"-115°32'38"。面积为 949.31 公顷，占保护区总面积的 8.24%。边界线北面以水闸及螺河海丰县界为界线，西至赤坑镇的毛洲寮，以道路、河道、水沟为界线，东南以汕汕铁路西北侧 100m 为界限。

大湖东分区，N22°49'59"-22°52'29"，E115°31'58"-115°37'1"，面积为 1669.52 公顷，占保护区总面积的 14.48%。边界线西北以汕汕铁路东南侧 100m 为界，南面以东海湾山、螺地山、横山、妈宫山的北部山脚道路和碣石湾距沙滩边界线外约

1000m 为界线。

联安围北分区，N22°50'25"-22°55'9"，E115°15'4"-115°19'32"，面积 2697.86 公顷，占保护区总面积的 23.41%。边界线南部在广汕客运专线线北侧 50m 至联安镇圆山村、霞山村以南区域，西部在河浦村、大村、燕洲村、大港村、具寮以西至东部的赤岸水和长沙湾一带的海丰县界止。联安围南分区，N22°48'44"-22°50'14"，E115°10'35"-115°15'51"，面积 1498.60 公顷，占保护区总面积的 13.00%。南部在长沙湾的海滩和部分海域，北部到 G15 高速边界，东至与海丰县界，西至梅陇镇东澳、东家亚村。

(3) 保护对象

保护对象主要为：①以黑脸琵鹭、卷羽鹈鹕等为代表的具有国际重要意义的珍稀水鸟及其栖息地；②复杂多样的滨海湿地生态系统；③东亚—澳大利亚候鸟迁徙路线上的重要水鸟越冬地和停歇地；④列入国际候鸟保护协议、国家重点保护以及珍稀濒危的动植物及其栖息环境。

评价范围内涉及到的是大湖东分区，本项目距离大湖东分区的核心区、缓冲区、实验区的最近距离分别为 18.6km、18.0km、19.7km。见图 4.2.7-2。

广东海丰鸟类省级自然保护区 功能区划图

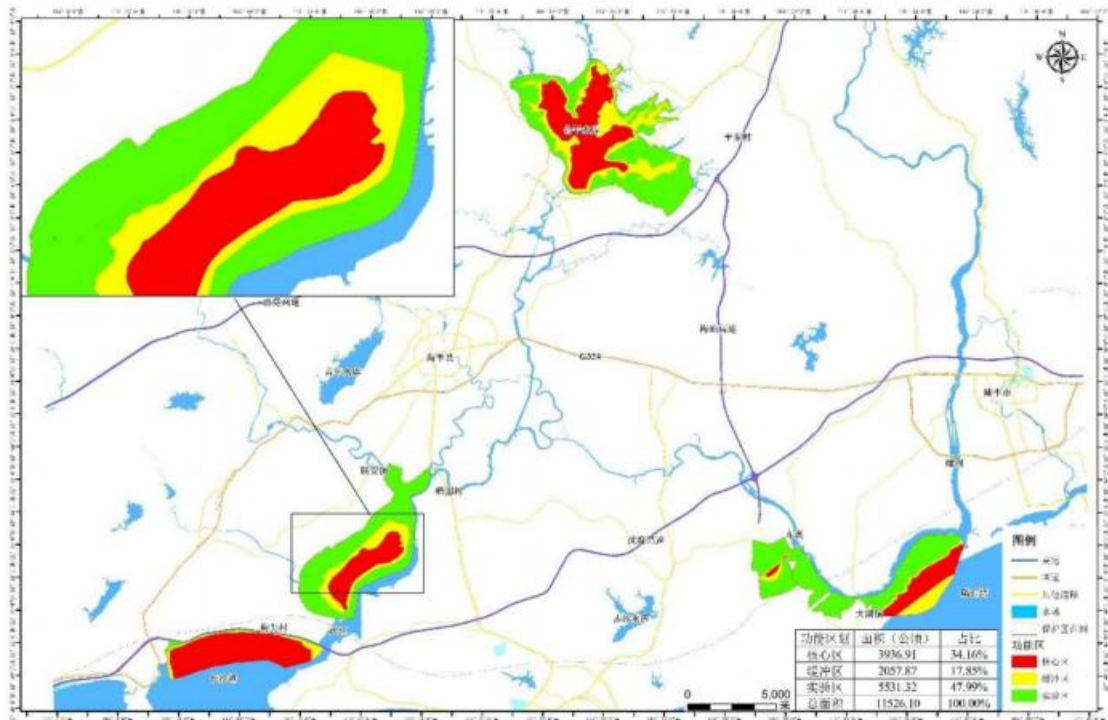


图 4.2.7-1 广东海丰鸟类省级自然保护区功能区划图

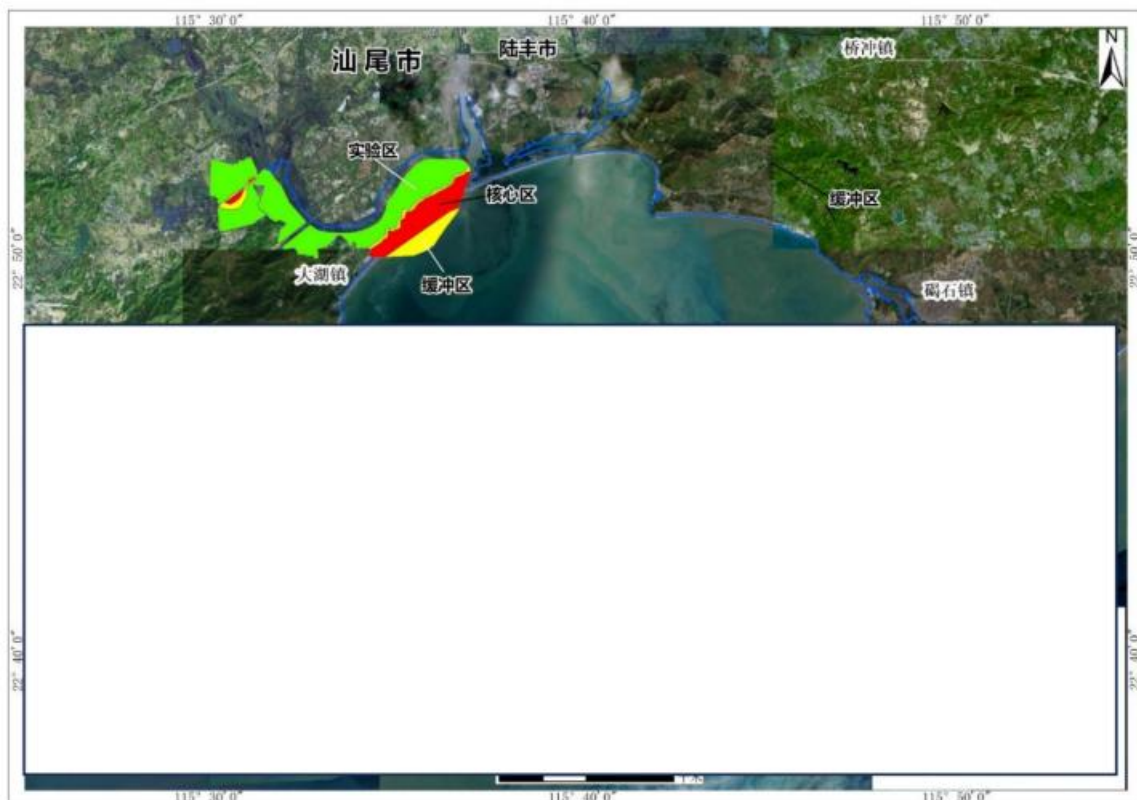


图 4.2.7-2 广东海丰鸟类省级自然保护区-大湖东分区图

4.2.7.2 广东遮浪半岛国家海洋自然公园

2016 年国家海洋局批准设立红海湾遮浪半岛国家级海洋公园，是汕尾市首个国家级海洋公园，批复面积 1878 公顷。根据《汕尾市自然保护地规划（2023-2035 年）》，该海洋自然公园经优化后，面积为 1876.81 公顷。自然公园为具有生态、观赏、文化和科学价值，是重要的自然生态系统、自然遗迹和自然景观所在区域，是可以持续利用的区域，要确保森林、海洋、湿地、水域、生物等珍贵自然资源，以及所承载的景观、地质地貌和文化多样性得到有效保护。

该自然保护区位于本项目西南侧约 12.8km。

4.2.7.3 汕尾红海湾遮浪角东人工鱼礁地方级自然保护区

汕尾市遮浪角东人工鱼礁海洋生态市级自然保护区位于遮浪角东北部海域，由汕尾市于 2006 年批准建立，批复面积约 810 公顷。保护对象为遮浪角东人工鱼礁区的海洋生物资源及其栖息环境。根据《汕尾市自然保护地规划（2023-2035 年）》，该自然保护区经优化后，面积为 1444.39 公顷。

该自然保护区位于本项目西南侧约 9.9km。

4.2.8 特殊生境

4.2.8.1 红树林

根据《汕尾市红树林保护修复规划（2023-2035年）》，2022年汕尾市现有红树林面积76.52hm²，主要分布在海丰县和城区，见图4.2.8-1。

汕尾市真红树植物种类有11种，包括卤蕨、木榄、秋茄、海漆、桐花树、白骨壤、老鼠筋、无瓣海桑、红海榄、海桑、拉关木，其中无瓣海桑、拉关木是国外引进种，其余都是中国乡土树种。

半红树植物种类有6种，包括苦郎树、海杧果、黄槿、杨叶肖槿、阔苞菊、水黄皮。

其中苦郎树、海杧果、黄槿、杨叶肖槿、阔苞菊、水黄皮等半红树为偶见种，在汕尾市基本没有成片分布。木榄、海漆、老鼠筋、红海榄、海桑等真红树也不多见，未见有纯林，多散生于秋茄树、白骨壤、桐花树的灌丛中。此外还有堤岸伴生植物：鱼藤、裂叶红薯、海刀豆、大花老鸦嘴、铁马鞭、胜红蓟、红毛草、田菁等15种以上。

评价范围内无现状红树林分布。

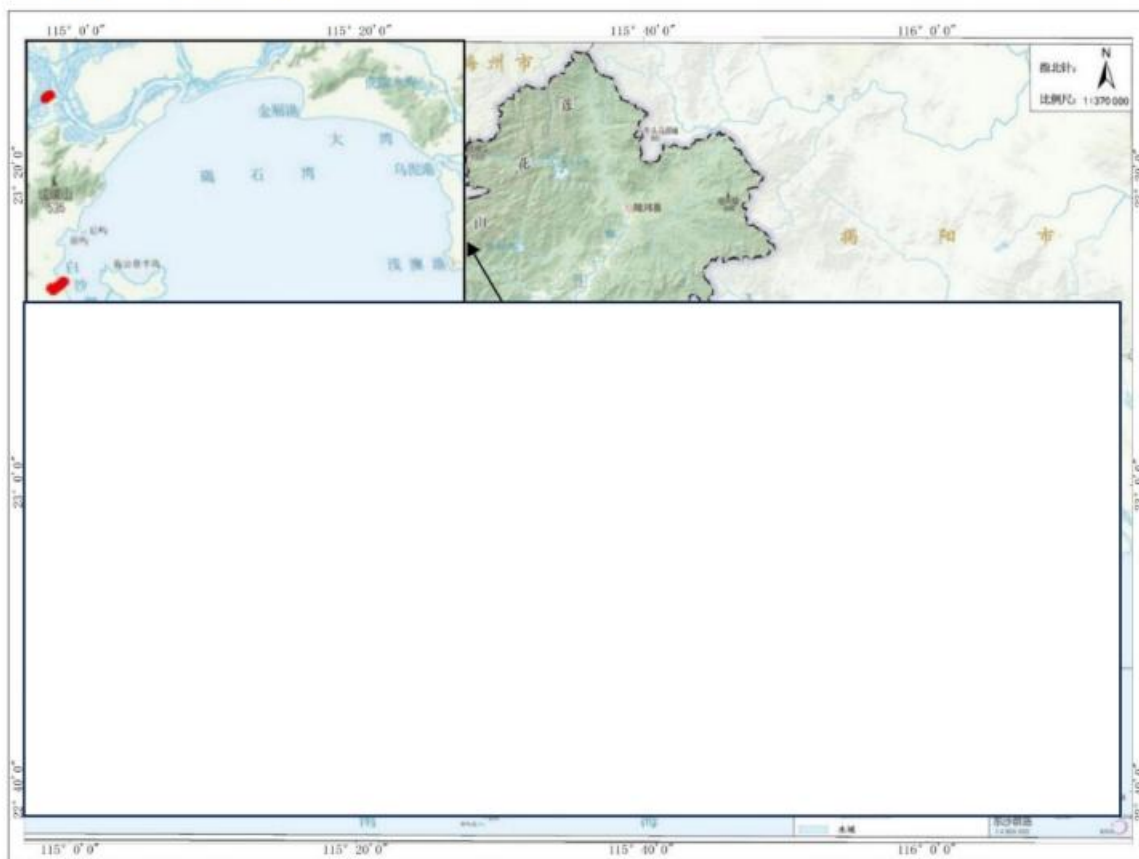


图 4.2.8-1 汕尾市现有红树林分布图

4.2.8.2 珊瑚礁

珊瑚是一类生活在海洋里的原始无脊椎动物，属于腔肠动物门珊瑚纲。

珊瑚是由数以百万计的珊瑚虫聚集而成，珊瑚虫分泌出的石灰质骨骼聚集形成了珊瑚的形态，其外观多呈树枝状，颜色丰富，常见的有白色，也有少量蓝色、黑色等，宝石级珊瑚则有红色、粉红色等。

珊瑚纲可分为横板珊瑚亚纲、四射珊瑚亚纲、六射珊瑚亚纲和八射珊瑚亚纲 4 个亚纲。其中，横板珊瑚和四射珊瑚大多已灭绝，六射珊瑚和八射珊瑚则延续至今。此外，根据生态特征，珊瑚还可分为造礁珊瑚和非造礁珊瑚两类。

造礁珊瑚一般生活在 50 米以内的浅海区域，水温需在 20℃左右，且要求光照强烈、海水流通度和含盐度正常，主要分布在南纬 28 度到北纬 28 度之间的热带、亚热带海域。非造礁珊瑚适应范围较广，在浅海和深海都有分布，甚至能生活在 6000 米深的海底。

珊瑚礁为众多鱼类和海洋无脊椎动物提供了产卵、繁殖和躲避敌害的场所，具有极高的生物多样性，一个珊瑚礁最多可养育 400 种鱼类，栖息在珊瑚礁区的生物种类多达上万种，形成了“海底热带雨林”。

根据《金屿无居民海岛生态调查报告》（广东海兰图环境技术研究有限公司，2023 年 12 月），通过对金屿岛周边 4 个站位样线附近区域的定性调查，共鉴定出扁脑珊瑚属（*Platygyra* sp.）、刺星珊瑚属（*Cyphastrea* sp.）、角孔珊瑚属（*Goniopora* sp.）、盘星珊瑚属（*Dipsastraea* sp.）、邓肯沙珊瑚属（*Duncanopsammia* sp.）、刺叶珊瑚属（*Echinophyllia* sp.）、蔷薇珊瑚属（*Montipora* sp.）、鹿角珊瑚属（*Acropora* sp.）共计 8 属、10 种珊瑚类型。

金屿岛珊瑚主要以滨珊瑚科和裸肋珊瑚科为主，也有一定量同星珊瑚科、山珊瑚科、鹿角珊瑚科和木珊瑚科；芒屿岛东部海域多为滨珊瑚科，少量裸肋珊瑚科和木珊瑚科珊瑚；鸡心石多为滨珊瑚科、裸肋珊瑚科及木珊瑚科珊瑚。



图 4.2.8-2 2023 年调查珊瑚群落分布图

综上所述，项目评价范围内金屿岛历史调查发现少量珊瑚群落。

4.2.9 珍稀海洋生物

4.2.9.1 中华白海豚

中华白海豚 (*Sousa chinensis*)，又名印度太平洋驼背豚，属哺乳纲、鲸目、海豚科、驼背豚属、中华白海豚种。在 1988 年颁布的《中华人民共和国野生动物保护法》中，中华白海豚被列为国家一级保护动物。在 1991 年颁布的《濒危野生动植物国际贸易公约》附录 I 中，中华白海豚被列为严格禁止贸易活动的物种。在 2006 年的国际自然保护联盟濒危物种红色名录（或称 IUCN 红色名录）中，中华白海豚被列为濒危物种。

主要食物、活动特性：中华白海豚主食鱼类，虽在不同地区食性会有所变化，但都以浅滩底栖河口鱼类为主。中华白海豚的繁殖、觅食、社群活动等均在相对固定的港湾内进行，但具有明显的季节移动 (Jefferson, 2000; Karczmarski 等, 2000; 贾晓平等, 2000; 刘文华和黄宗国, 2000)。

生境选择：中华白海豚对生境具有选择性，喜欢在近岸水域，一般在离岸 400m 以内的浅水域（水深一般小于 20m）内活动 (Preen, 2004; Liu 和 Hills, 1997; Karczmarski, 2000; Karczmarski 等, 2000)，近岸的暗礁区是中华白海豚的关键生

境 (Keith 等, 2002; 贾晓平等, 2000)。但是其对水深要求的极限, Karczmarski 等 (2000) 认为是 25m, 水深可能成为各亚种群之间基因交流的障碍。中华白海豚对水的透明度没有明显的偏好 (Jefferson, 2000; Bowater 等, 2003)。

繁殖: Jefferson (2000) 认为雌性 9-10 岁就可达到性成熟, 雄性要晚一些, 在 12 岁左右 (Cockcroft, 1989)。5-7 月份是中华白海豚的交配高峰期。妊娠期可达 11 个月; 全年都可产仔, 大多数在 1-8 月份产仔 (Jefferson, 2000), 因此春夏季就成为了分娩高峰。每胎一仔, 未发现有两仔。出生幼仔在 1m 左右, 体重约 20-40kg (王丕烈, 1999)。幼体的体长在第一年内增长非常快, 而以后增长相对较缓, 12 岁前呈较快的指数增长, 在 12 岁之后增长的幅度相当小 (Jefferson, 2000)。体长与体重也具有相关性 (Jefferson, 2000), 随着体长的增大体重也呈指数增长, 而且体长越长, 体重的增长幅度越大。

分布情况: 从 2012 年开始, 汕头大学理学院海洋生物研究所通过基于当地生态知识的问卷调查以及船只照片识别的野外调查, 对粤东海域的鲸豚类进行种群统计。其中, 基于当地生态知识的问卷调查发现: 在上世纪 80 年代, 在东山、南澳附近海域均可常见中华白海豚出现, 渔民目击区域主要集中在汕头港外草屿、外砂河、南澳大桥风屿、云澳码头以及南澳北面海域, 偶见于青澳湾、潮州柘林湾以及汕头湾内附近。照片识别数据库共发现 19 头成年中华白海豚以及 1 头幼豚。主要分布区域为外砂河与南澳大桥风屿之间海域以及汕头港草屿附近海域 (图 6.4.4-1)。由图可知, 中华白海豚在未在工程海域附近出现过。通过近几年的新闻报道, 2019 年 11 月, 汕尾城区小岛村海域出现白海豚; 2020 年 2 月, 汕尾品清湖出现一条白色海豚; 2023 年 2 月, 汕尾风车岛 (施公寮岛) 附近海域发现多头白海豚在海面上嬉戏。

根据历史调查数据及新闻报道, 说明工程周年海域曾有中华白海豚出没过。

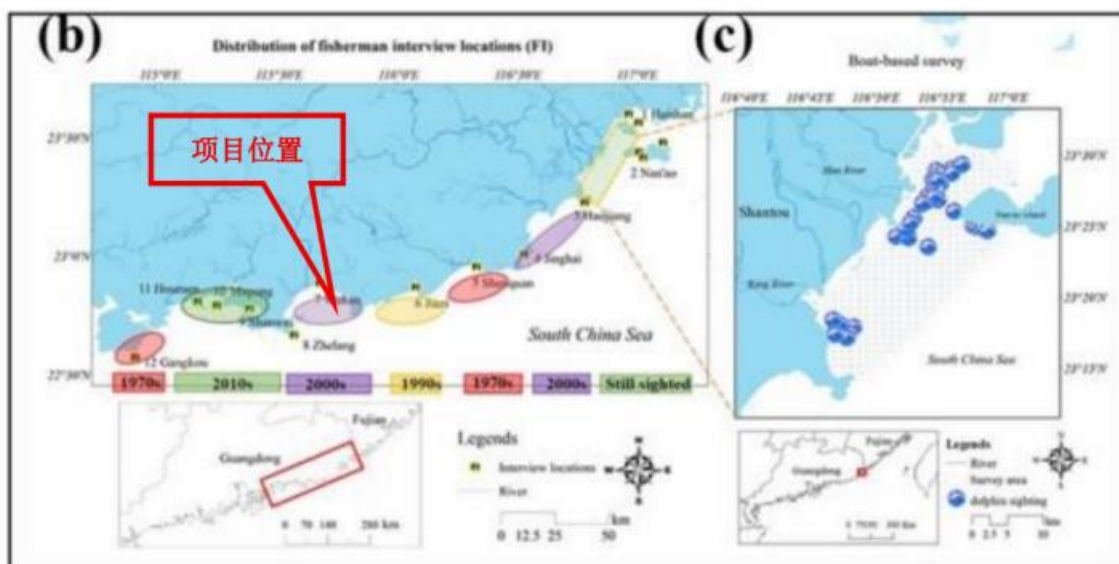


图 4.2.9-1 中华白海豚主要分布区域图

4.2.9.2 海龟

海龟为海洋洄游性动物，主要集中在南海，以西沙、南沙群岛海域最为丰富，南海北部海域次之；产卵场地只分布在南海，南海拥有我国 90% 以上的海龟资源。在 20 世纪 40 年代以前，海龟筑巢产卵区主要分布于南海北部沿岸，到五、六十年代人少到的湾头沙滩仍有海龟上岸产卵。近三十多年来，由于沿海经济和建设开发，工农业、渔业、交通、旅游业的飞速发展，使海龟上岸产卵的场所不断减少，再加上酷捕滥捉、滥挖龟卵、环境污染，使海龟资源受到严重破坏，数量急剧减少。目前，西沙、东沙、南沙群岛一些无人居住的岛屿，以及台湾望安岛和南屿、香港南丫岛尚存部分海龟产卵繁殖场地，大陆沿岸只有广东省惠东县港口镇海龟湾还残存一个产卵场，其它地方除个别荒凉的海滩偶有海龟上岸产卵外，已无完整的海龟产卵繁殖场。

通过对美国和中国台湾对蠓龟的洄游路线卫星追踪情况（图 4.2.9-2），以及 2001-2010 年中国大陆对 11 头绿海龟和 3 头蠓龟的洄游路线卫星追踪情况（图 4.2.9-3）进行分析，可知汕头-台湾海域是海龟活动分布的热点海域，更是海龟的洄游的重要通道。

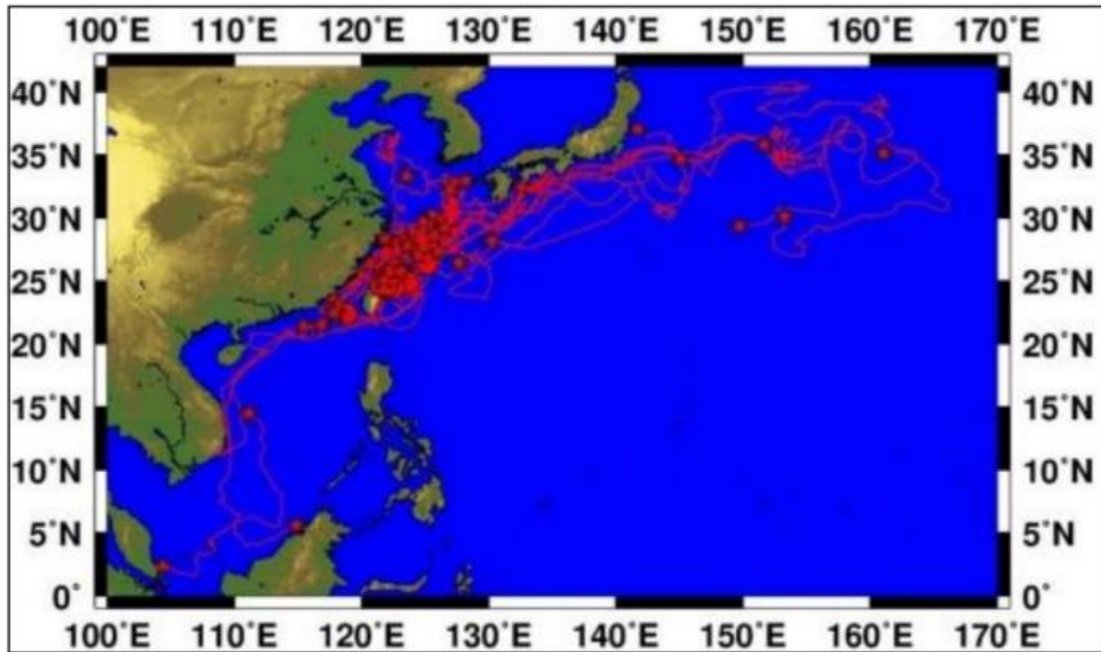


图 4.2.9-2 中国台湾误捕蠓龟洄游路线卫星追踪图

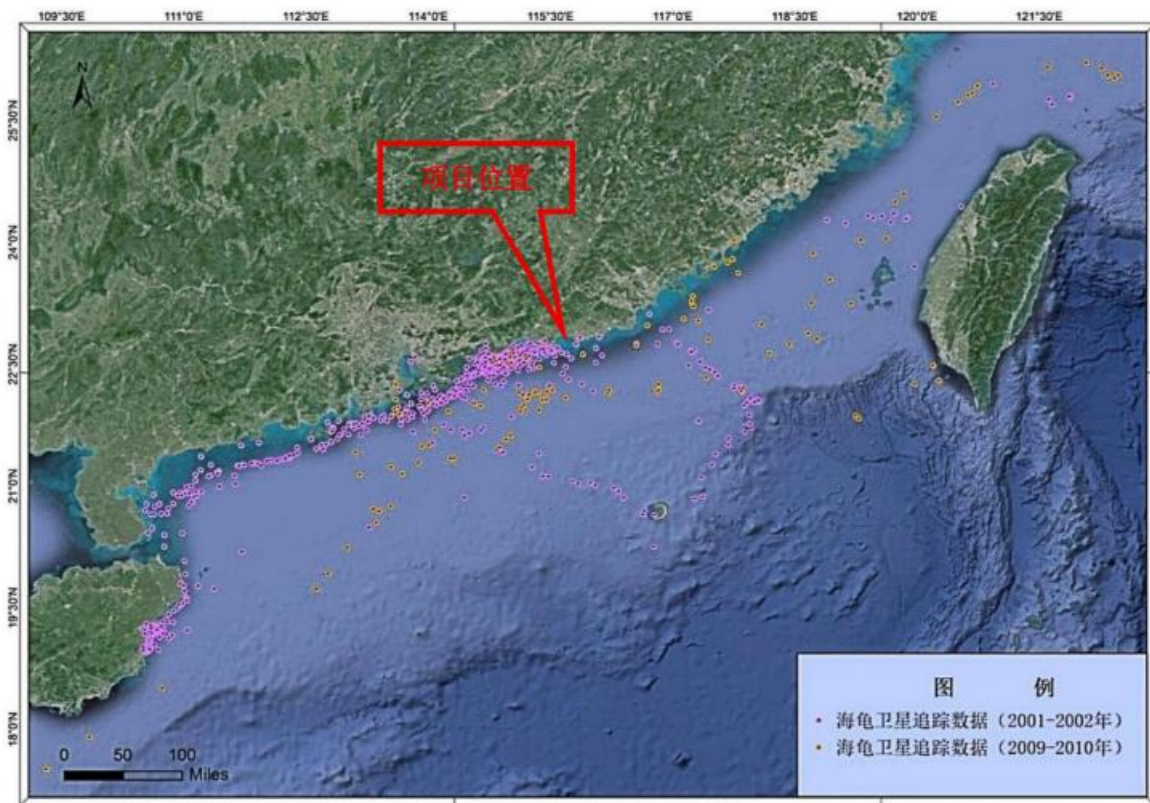


图 4.2.9-3 中国大陆海龟洄游路线卫星追踪图（2001-2010 年）

根据《惠东幼年绿海龟的洄游规律及觅食地选择》（动物学杂志 2021 年 第 56 卷第 4 期 叶明彬等），2011 至 2015 年间，将 6 只来自广东惠东海龟国家级自然保护区人工培育 2~14a 的幼年海龟，分为夏季组及冬季组，在其背甲上安装追踪器，6 只幼年绿海龟的洄游路线详见图 5.2.9-4。

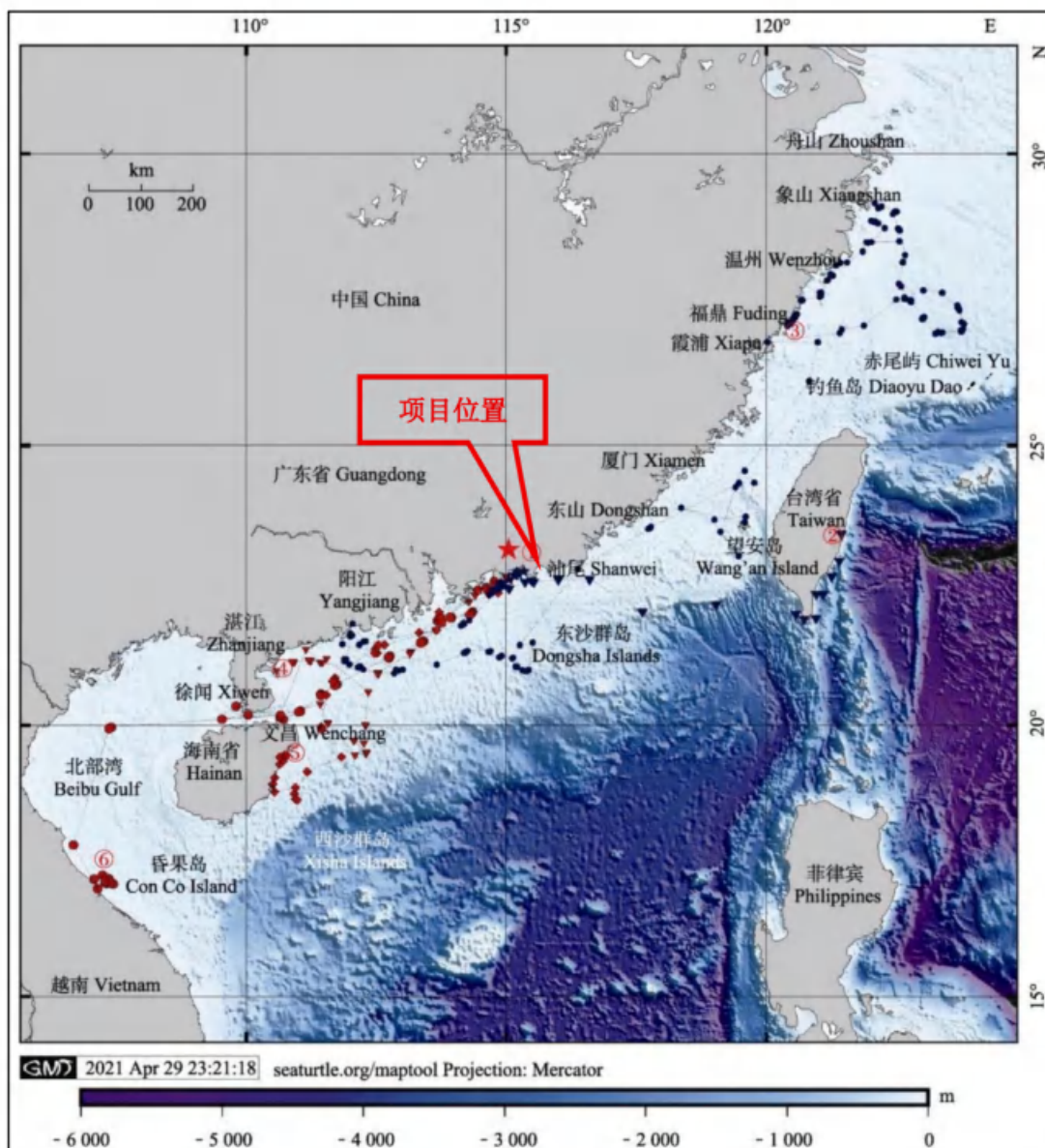


图 4.2.9-4 6 只幼年绿海龟的洄游路线

蓝色和红色路线分别代表追踪终点时间在夏季和冬季的幼年绿海龟洄游路线；①~⑥分别代表编号分别为 73040、70464、65415、40470、53744、52694 幼年绿海龟的终点位置；★为起点，广东惠东海龟国家级自然保护区海龟产卵场沙滩。GEBCO Bathymetry. 海洋大体水深图等深线标尺，不同颜色代表不同的海水深度。

本项目所在海域无完整的海龟产卵繁殖场，根据图 4.2.9-2~图 4.2.9-4 可知，本项目所在海域存在海龟活动的历史追踪数据，说明工程周边海域曾有海龟出没。

4.2.9.3 文昌鱼

文昌鱼 (*Branchiostoma belcheri*) 属于属文昌鱼纲 (Amphioxii)、文昌鱼目 (Amphioxiformes)、文昌鱼科 (Amphioxidae)。文昌鱼作为脊索动物门头索动物亚门幸存物种，是无脊椎动物演化至脊椎动物过渡典型的活标本，是研究包括人类在

内的脊椎动物起源与进化的极其珍贵的模式动物。文昌鱼在世界各地的分布数量一般不大，唯有在中国沿海分布较广，但由于栖息环境遭到破坏等原因，文昌鱼的资源量逐年下降，分布区域变得越来越狭窄，已沦为稀少物种，目前中国已把文昌鱼列为国家二级重点保护动物。

文昌鱼是一种半穴居滤食性的动物，喜栖在水流较为平缓，水深为 8-16 米之间，盐度在 20-31，pH 在 8.1-8.2 之间，具有粗中沙混合的底质，水质清澈，浮游生物丰富的浅海海域中，活动能力较弱，平时很少活动，文昌鱼幼仔、稚鱼营浮游生活后，成体则终身营半底埋的底栖生活，仅头部露出砂底，以便呼吸和滤食，其滤食对象主要以硅藻和原生动物为主。夜间较为活跃，从沙中游出，凭借其体侧肌节的交错收缩呈直立状做波动形运动，或将体一侧横卧在水底沙上，遇刺激即钻入沙中，疏松的海底适合文昌鱼的钻砂和有充分的溶解氧。文昌鱼对栖息环境的要求极为严格，底质是影响文昌鱼分布的最主要环境因子，文昌鱼仅分布粗砂中混有中砂的疏松、有机质含量低的砂质海底，泥质、砂质泥和粉砂质泥都无文昌鱼分布。

文昌鱼在广东沿海主要分布于粤东的南澎列岛、汕头广澳外、惠州考洲洋湾口外、粤西阳江海陵岛南部、茂名放鸡岛海域、湛江吴川鉴江口、湛江港口外以及东海岛南部，以及硇洲岛海域等海域。

2024 年 11 月在底栖生物 SW06 站位发现文昌鱼，湿重生物量为 $0.005\text{g}/\text{m}^2$ ，5 个 $/\text{m}^2$ ，距离本项目最近距离为 14.2km。

4.2.10 主要经济鱼种“三场一通”分布

根据农业部公告第 189 号《中国海洋渔业水域图》（第一批）南海区渔业水域图（第一批），南海区渔业水域及项目所在海域“三场一通”情况如下：

（1）南海鱼类产卵场

南海鱼类产卵场分布见图 4.2.10-1 和图 4.2.10-2，本工程海域不在南海中上层鱼类产卵场内，也不在南海底层、近底层鱼类产卵场内。

（2）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（图 4.2.10-3），管理要求为禁止在保护区内进行底拖网作业。本项目位于南海北部幼鱼繁育场保护区内。

（3）南海区幼鱼、幼虾保护区

南海区幼鱼、幼虾保护区图见图 4.2.10-4。

广东省沿岸由粤东的南澳岛至粤西的雷州半岛徐闻县外罗港沿海 20 米水深以内的海域均为南海区幼鱼、幼虾保护区，保护期为每年的 3 月 1 日至 5 月 31 日。本项目在南海区幼鱼、幼虾保护区内。

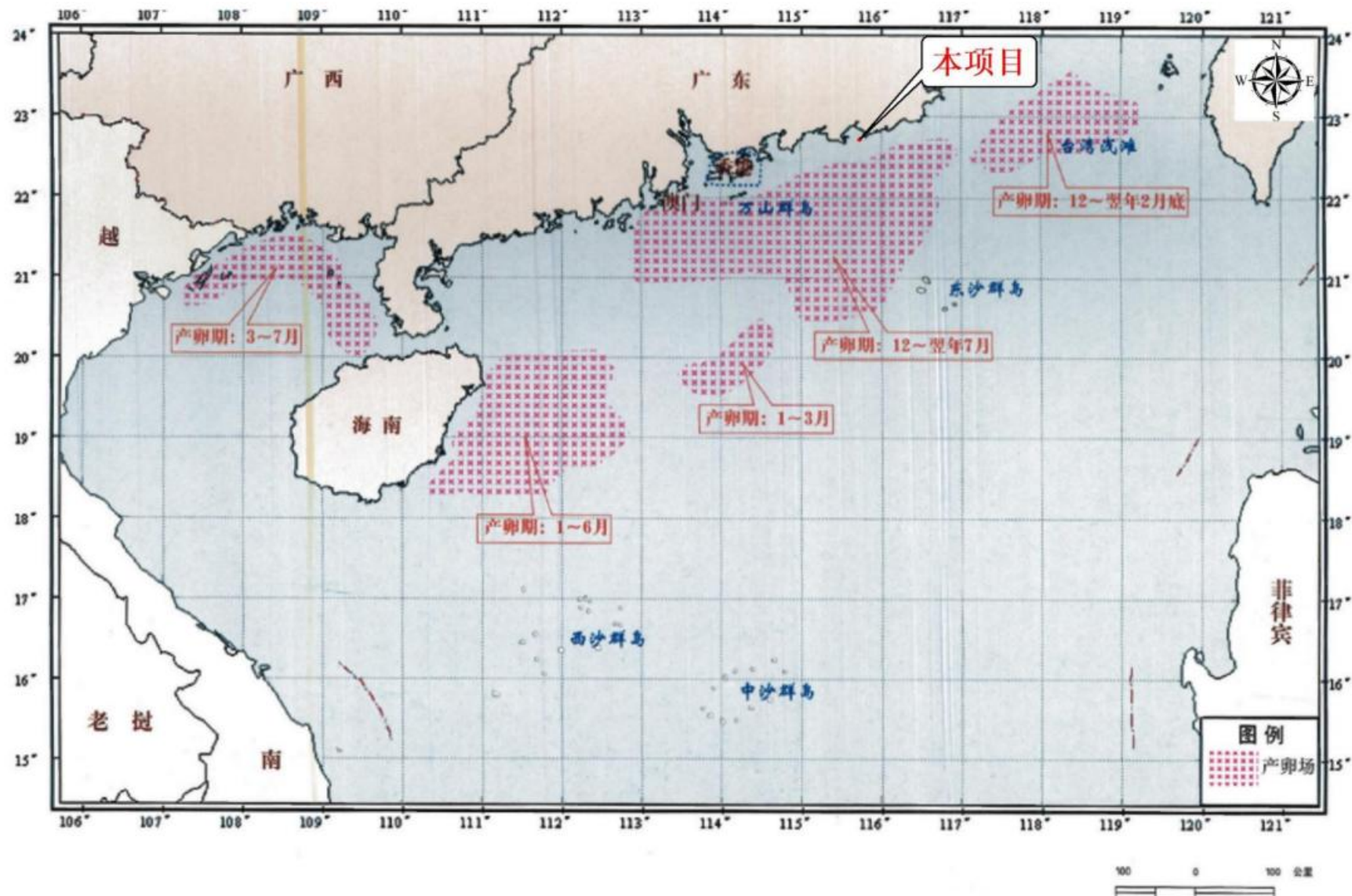


图 4.2.10-1 南海中上层鱼类产卵场示意图

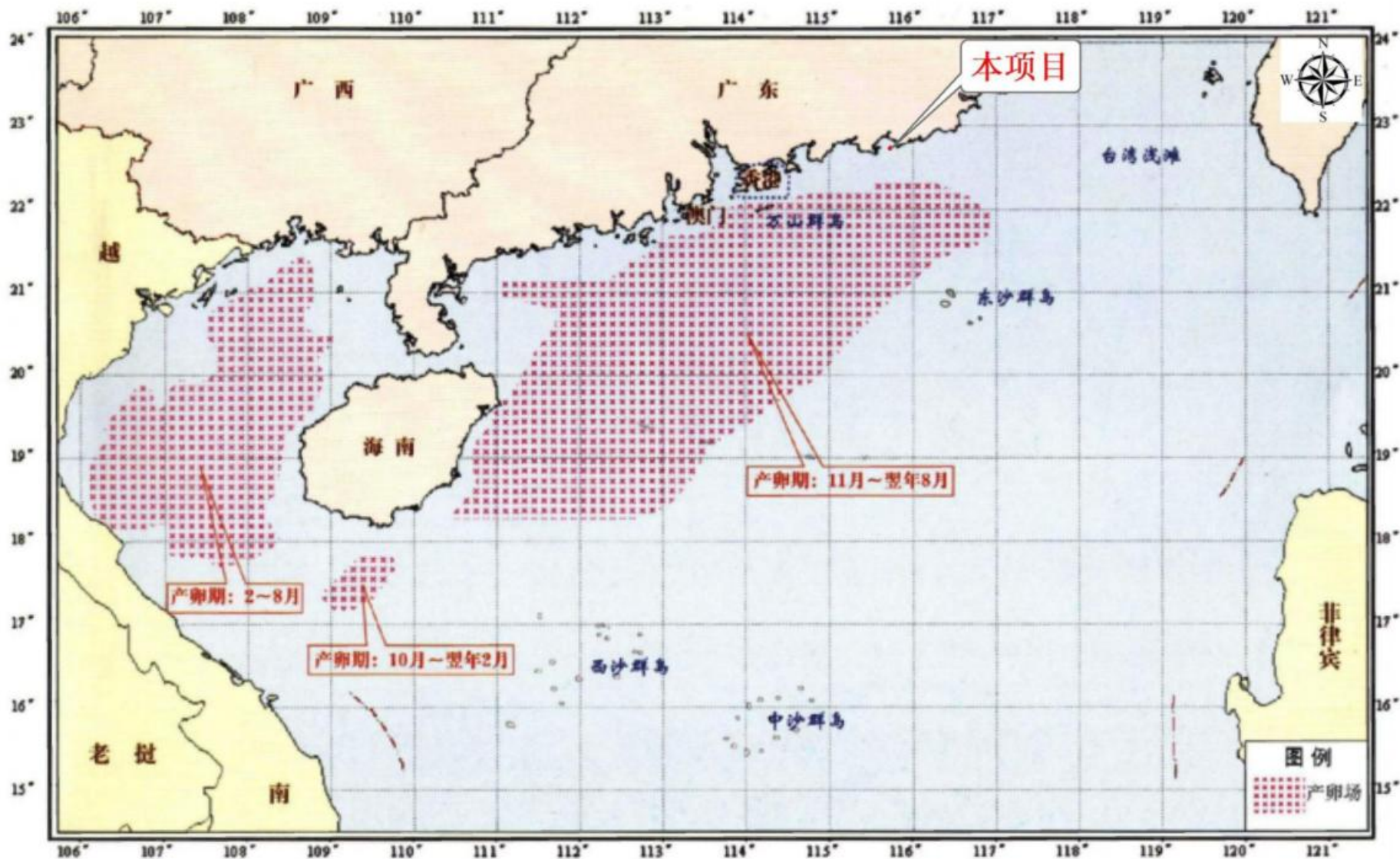


图 4.2.10-2 南海底层、近底层鱼类产卵场示意图

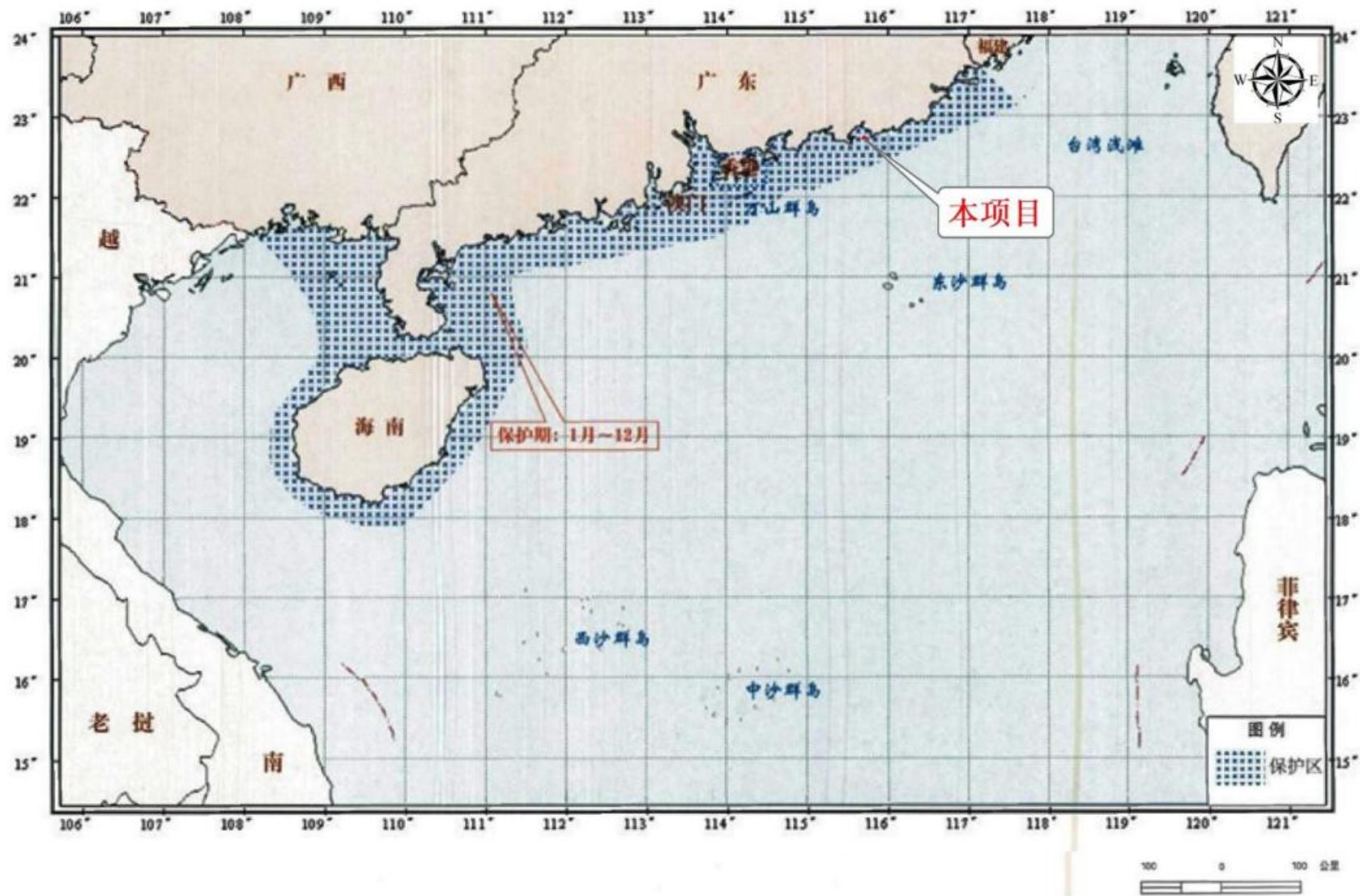


图 4.2.10-3 南海北部幼鱼繁育场保护区范围示意图

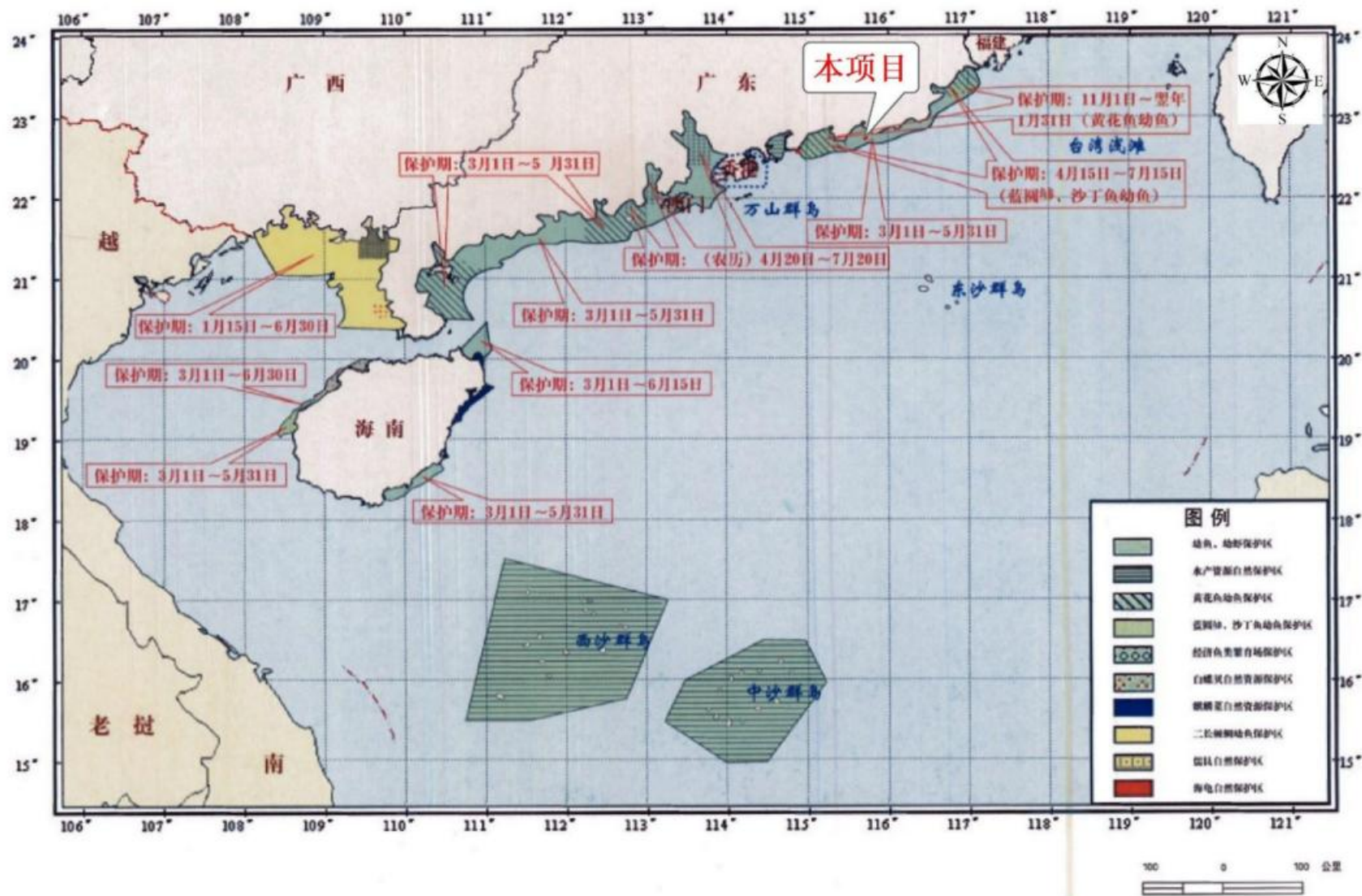


图 4.2.10-4 幼鱼幼虾保护区范围示意图

4.3 海域开发利用现状

4.3.1 海域开发利用现状

通过收集到的资料和遥感影像，本项目周边的海洋开发利用活动主要有码头工程、浴场、道路桥梁工程、养殖、海底管线等。项目所在海域周边开发利用现状见表 4.3.1-1 和图 4.3.1-1。

表 4.3.1-1 项目所在海域开发利用现状表

| 序号 | 项目名称 | 用海类型 | 与本项目相对方位、最近距离 |
|----|------------------------------|--------|---------------|
| 1 | 陆丰市茂潮种养专业合作社养殖区 | 养殖用海 | 东北侧，约 12.3km |
| 2 | 陆丰启晖农业生食生蚝养殖示范基地项目 | 养殖用海 | 东北侧，约 10.4km |
| 3 | 陆丰市裕洲农业生蚝标准化海养示范基地项目 | 养殖用海 | 东北侧，约 9.7km |
| 4 | 陆丰市碣石湾海域碣石片区开放式养殖用海项目 | 养殖用海 | 东北侧，约 8.8km |
| 5 | 陆丰市碣石德顺养殖场海上养殖项目 | 养殖用海 | 东北侧，约 8.4km |
| 6 | 陆丰市新立渔农业专业合作社海上养殖项目 | 养殖用海 | 东北侧，约 9.0km |
| 7 | 陆丰市碣石湾海域金厢片区开放式养殖用海项目 | 养殖用海 | 西北侧，约 7.6km |
| 8 | 陆丰盛风蚝业水产养殖项目 | 养殖用海 | 西北侧，约 8.7km |
| 9 | 陆丰蚝之发水产科技养殖项目 | 养殖用海 | 西北侧，约 8.1km |
| 10 | 现状养殖区 | 养殖用海 | 东北侧，约 7.2km |
| 11 | 陆丰市滨海金厢公共浴场项目 | 旅游娱乐用海 | 西北侧，约 17.0km |
| 12 | 陆丰海纳金滩海水浴场项目 | 旅游娱乐用海 | 东北侧，约 14.6km |
| 13 | 陆丰市滨海浅澳公共浴场项目 | 旅游娱乐用海 | 东北侧，约 9.1km |
| 14 | 中广核汕尾甲子一海上风电场项目 | 电力工业用海 | 东侧，约 14.8km |
| 15 | 中广核汕尾甲子二海上风电场项目 | 电力工业用海 | 东侧，约 14.9km |
| 16 | 中广核汕尾后湖海上风电场项目 | 电力工业用海 | 东侧，约 14.6km |
| 17 | 广东汕尾电厂一期工程 | 电力工业用海 | 西侧，约 13.8km |
| 18 | 中广核陆丰海洋工程基地水工工程（码头）项目 | 交通运输用海 | 东北侧，约 12.6km |
| 19 | 广东陆丰核电站 5、6 号机组项目 | 电力工业用海 | 东北侧，约 7.3km |
| 20 | 汕尾电厂二期 5、6 号机（2×1000MW）扩建工程 | 工业用海 | 西侧，约 15.0km |
| 21 | 广东省陆丰金厢南海域国家级海洋牧场示范区人工鱼礁建设项目 | 养殖用海 | 北侧，约 11.3km |
| 22 | 陆丰市碣石东国家级海洋牧场示范区人工鱼礁建设项目 | 养殖用海 | 东侧，约 13.5km |
| 23 | 9#锚地 | 交通运输用海 | 西南侧，约 1.7km |
| 24 | 10#锚地 | 交通运输用海 | 北侧，约 1.5km |
| 25 | 11#锚地 | 交通运输用海 | 东北侧，约 7.1km |
| 26 | 乌坎西线航道 | 交通运输用海 | 西侧，约 9.8km |
| 27 | 碣石航道 | 交通运输用海 | 北侧，约 1.5km |
| 28 | 乌坎东线航道 | 交通运输用海 | 东侧，约 6.3km |
| 29 | 粤东沿海近岸航路 | 交通运输用海 | 南侧，约 4.6km |
| 30 | 汕尾港进出港航路 | 交通运输用海 | 西侧，约 8.5km |
| 31 | 汕尾遮浪角至深圳大鹏湾 | 交通运输用海 | 西南侧，约 13.6km |
| 32 | 广东沿海内航路 | 交通运输用海 | 南侧，约 13.9km |

| | | | |
|----|-----------------------|---|-------------|
| 33 | 碣石管廊带（规划） | / | 东侧，约 14.3km |
| 34 | 20 碣石湾南中远海海域发展预留区（规划） | / | 东南侧，约 7.8km |

注：表格中序号 1-9 对应图 4.3.1-1 和图 4.3.2-1 中标号 1-9。

4.3.2 海域使用权属现状

根据本项目周边海域使用权属状况的资料收集情况，本项目周边海域已确权用海活动详见图 4.3.2-1，项目申请用海范围与周边用海项目不存在权属重叠，详见图 4.3.2-1。

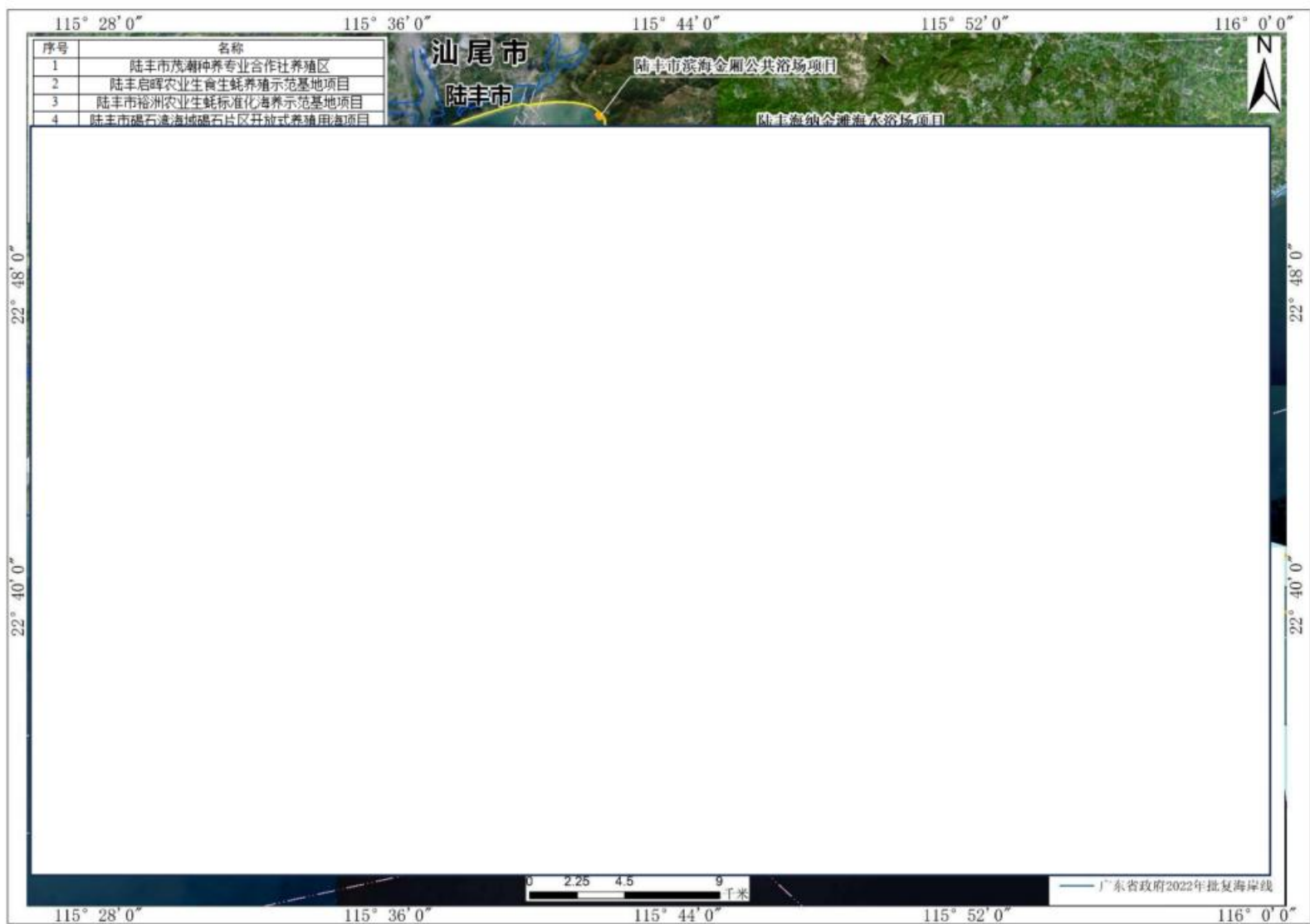


图 4.3.1-1 开发利用现状图



图 4.3.2-1 项目周边海域使用权属现状

5 环境质量现状调查与评价

5.1 海水水质现状调查与评价

5.1.1 海域污染源调查

以污染物排放影响为主或可能导致水体交换能力明显下降的 1 级和 2 级评价项目应收集评价范围内有关污染源资料，主要包括：

- a) 排放同类污染物的已建项目、在建项目、拟建项目(已批复环境影响评价文件)的分布情况；
- b) 入海排污口的位置及污染物排放情况；
- c) 入海河流的水质、水量等。

本项目属于海砂开采项目，不属于以污染物排放影响为主的项目，项目的建设对水体交换能力影响较小。项目所在海域附近开发强度不高，现状开发利用活动与项目距离均较远（详见 4.3 章节），本报告主要补充可能与项目同期开采的 SW24-12 区块污染源调查情况。

SW24-12 矿区面积 250.0037 公顷，根据《广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-12 矿区回填料海砂资源储量核实报告》（汕尾市自然资源局，2025 年 12 月），矿区海砂原矿资源量共 ██████████，其中原矿控制资源量 ██████████，原矿推断资源量 $945.59 \times 10^4 \text{m}^3$ 。根据《广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-12 矿区回填料海砂开采方案（复核稿）》（汕尾市自然资源局，2026 年 3 月），采砂区可采出的海砂原矿矿石量约 ██████████，拟采用 5 艘采砂能力约为 $1200 \text{m}^3/\text{h}$ 和 3 艘采砂能力约为 $400 \text{m}^3/\text{h}$ 的射流式采砂船作业，每天最大开采量为 ██████████，年最大开采量为 ██████████，矿区生产年限约 2 年 9 个月。

根据《广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-12 区块海砂开采环境影响报告书》（广东海兰图环境技术研究有限公司，2026 年 4 月），该项目海砂开采时污染源强见下表。

表 5.1.1-1 SW24-12 区块污染源强汇总表

| 种类 | 污染源 | 发生量 | 主要污染物 | 环保措施及排污去向 |
|----|-----------------|-----------------|-------|-------------------------|
| 废水 | 插管（单艘船） | 63.73~65.82kg/s | SS | 控制采砂范围、插管速度等 |
| | 采砂过程（海砂分选）（单艘船） | 24.27~95.80kg/s | SS | 经位于海面下约 2m 左右的溢流口溢流回采砂区 |
| | 盖层崩塌 | 2.23~2.38kg/s | SS | 合理开采、规范作业 |
| | 碎石抛回采沙坑 | 少量 | SS | / |

| 种类 | 污染源 | 发生量 | 主要污染物 | 环保措施及排污去向 |
|----|----------|------------------------|---|--|
| | 船舶舱底含油污水 | 51.72t/d | 石油类 | 经收集上岸后，交有处理能力的单接收处理 |
| | 船舶生活污水 | 24.48m ³ /d | COD _C : 9.792kg/d BOD ₅ : 4.896kg/d SS: 5.386kg/d 氨氮: 0.612kg/d 总磷: 0.196kg/d | 船舶生活污水经船载生活污水处理设施处理后，在满足《船舶水污染物排放控制标准》(GB3552-2018)要求的前提下排放。 |
| 固废 | 生活垃圾 | 432kg/d | 卫生清扫物、废旧包装、瓶、罐等 | 分类收集上岸后，由城市环卫部门清运处理 |
| | 碎石贝壳杂物 | 15381.3t/a | 碎石杂物 | 抛回采砂坑 |

5.1.2 区域海水水质状况

5.1.2.1 近岸海域国控站位调查概况

本节数据引用广东省生态环境厅发布的《广东省 2022~2024 年近岸海域海水水质监测信息》。经核对共有 5 个近岸海域国控站位在项目评价范围内，站位基本信息如表 5.1.2-1 和图 5.1.2-1。

表 5.1.2-1 项目评价范围内的近岸海域国控站位基本信息一览

| 序号 | 监测站位 | 经纬度 |
|----|----------|-------------------------|
| 1 | GDN14002 | E: 115.7700, N: 22.6200 |
| 2 | GDN14004 | E: 115.6700, N: 22.7700 |
| 3 | GDN14010 | E: 115.6000, N: 22.6000 |
| 4 | GDN14013 | E: 115.6700, N: 22.8400 |
| 5 | GDN14015 | E: 115.7800, N: 22.7900 |



图 5.1.2-1 项目评价范围内近岸海域国控站位布置图

5.1.2.2 评价标准

根据《广东省近岸海域环境功能区划》（粤府办〔1999〕68号）及《广东省人民政府关于同意调整汕尾市部分近岸海域环境功能区划的批复》（粤府函〔2013〕127号）、《广东省生态环境厅关于同意调整广东陆丰核电近岸海域环境功能区划的函》（粤环函〔2021〕634号）、《广东省生态环境厅关于同意调整汕尾东海岸、碣石局部海域近岸海域环境功能区划的函》（粤环函〔2024〕421号）规定，5个近岸海域国控站位执行的水质标准见表 5.1.2-2 和图 5.1.2-2。近岸海域环境功能区划外的海域由于无海水水质管理目标，按海水水质标准符合性进行评价。

表 5.1.2-2 评价范围内近岸海域国控站位在广东省近岸海域水质执行标准

| 站位 | 执行水质标准 |
|-------------------|--------|
| GDN14004、GDN14013 | 一类水质目标 |
| GDN14015 | 三类水质目标 |
| GDN14002、GDN14010 | 符合性分析 |

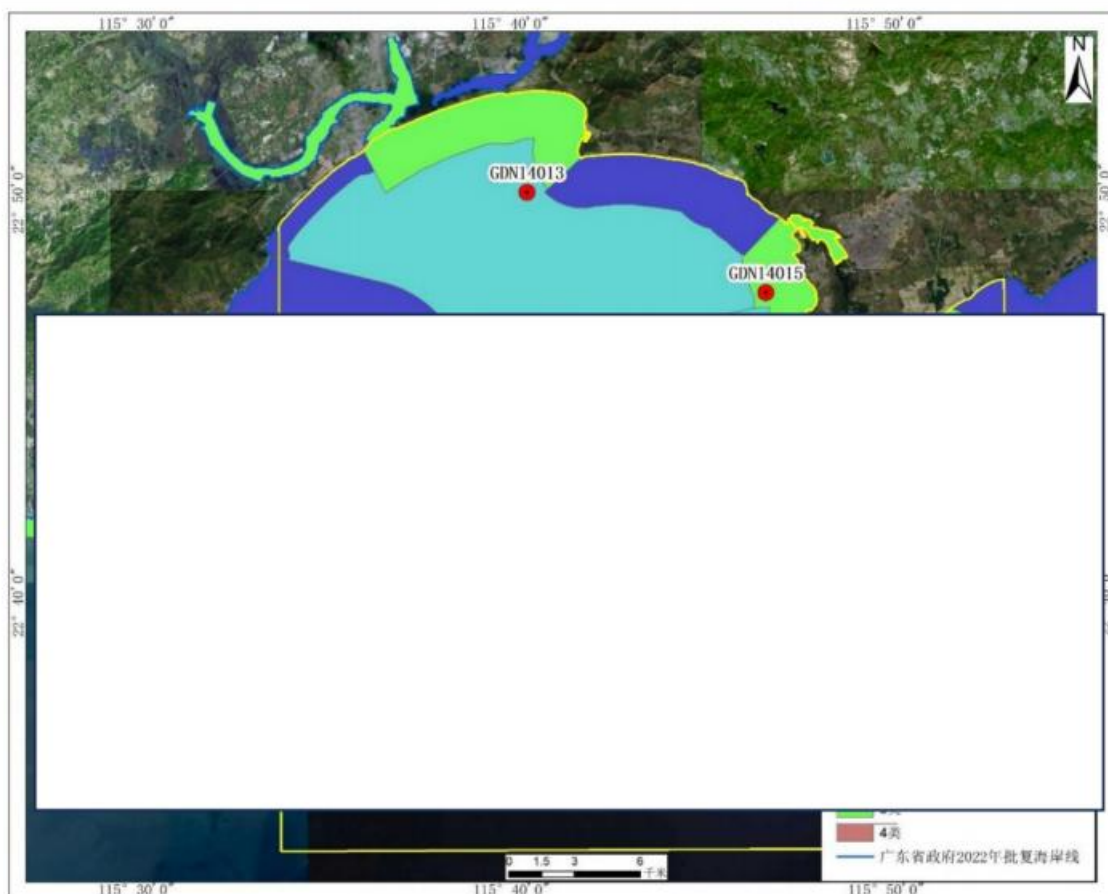


图 5.1.2-2 评价范围内近岸海域国控站位在广东省近岸海域功能区示意图

5.1.2.3 调查结果与评价

(1) 调查结果

项目评价范围内 5 个近岸海域国控站 2022 年至 2024 年的监测和统计结果见表

5.1.2-3。

(2) 评价结果

各监测站位水质评价因子的标准指数见表 5.1.2-4。

调查海域执行海水水质第一类标准要求的站位有 GDN14004、GDN14013，由监测结果及标准指数表可知：超标因子为活性磷酸盐，超标率为 11.1%。GDN14004、GDN14013 站位在 2022 年 10 月中活性磷酸盐含量超过海水水质第一类标准，但符合海水水质第二类标准。其余调查站位的监测因子均符合海水水质第一类标准要求。

调查海域执行海水水质第三类标准要求的站位有 GDN14015，由监测结果及标准指数表可知：所有调查站位的监测因子均符合海水水质第三类标准要求。

GDN14002、GDN14010 站位不位于近岸海域功能区划中，无水质目标管理要求，按水质类别符合性分析，即其水质标准即从第一类标准开始评价，超过评价标准的检测结果，按下一级标准评价，超过第四类海水水质标准的检测数据，评价至第四类海水水质标准。由监测结果及标准指数表结果可知：除 2022 年 10 月 GDN14010 活性磷酸盐为海水水质第二类标准要求外，调查站位的监测因子均符合海水水质第一类标准要求。

通过对项目评价范围内国控站位 2022 年~2024 年的监测数据分析得出，执行近岸海域环境功能区划相应水质标准限值要求的站位中，部分站位的活性磷酸盐含量超过其相对应功能区划的标准限值，其余监测因子均符合相应功能区水质标准限值要求。超标原因可能是由周边养殖活动和周边陆域污染源排放造成的，养殖户投放的饵料中含氮、磷等元素，未被鱼群吞食的饵料溶解在海水中导致调查海域内的活性磷酸含量超标。按水质类别符合性评价的站位，各监测因子大部分符合海水水质第一类标准限值要求。

表 5.1.2-3 评价范围内近岸海域国控站位 2022 年~2024 年监测结果 (单位: pH 无量纲, 其余为 mg/L)

| 年份 | 序号 | 站位编码 | 监测时间 | pH | 无机氮 | 活性磷酸盐 | 石油类 | 溶解氧 | 化学需氧量 | 铜 | 汞 | 镉 | 铅 | 总氮 | 总磷 |
|------|----------|------------|------------|-------|-------|-------|-------|------|---------|----------|----------|----------|---------|-------|-------|
| 2024 | 174 | GDN14002 | 2024-04-18 | 8.00 | 0.012 | 0.001 | 0.010 | 6.10 | 0.36 | - | - | - | - | - | - |
| | 174 | GDN14002 | 2024-07-18 | 8.08 | 0.110 | 0.001 | 0.003 | 5.82 | 0.08 | 0.00043 | 0.000004 | 0.00003 | 0.00051 | - | - |
| | 174 | GDN14002 | 2024-10-18 | 8.06 | 0.102 | 0.012 | 0.002 | 6.10 | 0.27 | - | - | - | - | - | - |
| | 176 | GDN14004 | 2024-04-16 | 8.05 | 0.021 | 0.003 | 0.002 | 6.24 | 0.24 | - | - | - | - | - | - |
| | 176 | GDN14004 | 2024-07-19 | 8.08 | 0.108 | 0.003 | 0.003 | 6.03 | 0.28 | 0.00057 | 0.000004 | 0.00002 | 0.00018 | - | - |
| | 176 | GDN14004 | 2024-10-16 | 7.92 | 0.026 | 0.003 | 0.009 | 6.07 | 0.51 | - | - | - | - | - | - |
| | 182 | GDN14010 | 2024-04-16 | 8.03 | 0.025 | 0.001 | 0.002 | 6.31 | 0.19 | - | - | - | - | - | - |
| | 182 | GDN14010 | 2024-07-19 | 8.07 | 0.063 | 0.004 | 0.030 | 5.85 | 0.29 | 0.00041 | 0.000004 | 0.00002 | 0.00026 | - | - |
| | 182 | GDN14010 | 2024-10-18 | 8.12 | 0.061 | 0.009 | 0.002 | 6.25 | 0.20 | - | - | - | - | - | - |
| | 185 | GDN14013 | 2024-04-17 | 8.07 | 0.023 | 0.001 | 0.002 | 6.26 | 0.40 | - | - | - | - | - | - |
| | 185 | GDN14013 | 2024-07-19 | 8.22 | 0.137 | 0.002 | 0.003 | 6.40 | 0.87 | 0.00183 | 0.000004 | 0.00011 | 0.00017 | - | - |
| | 185 | GDN14013 | 2024-10-16 | 8.11 | 0.026 | 0.002 | 0.005 | 6.49 | 0.51 | - | - | - | - | - | - |
| | 187 | GDN14015 | 2024-04-17 | 7.96 | 0.046 | 0.001 | 0.002 | 6.39 | 0.32 | - | - | - | - | - | - |
| | 187 | GDN14015 | 2024-07-18 | 8.24 | 0.149 | 0.001 | 0.003 | 6.28 | 0.36 | 0.00048 | 0.000004 | 0.00002 | 0.00009 | - | - |
| | 187 | GDN14015 | 2024-10-17 | 8.07 | 0.015 | 0.001 | 0.003 | 6.48 | 0.63 | - | - | - | - | - | - |
| 2023 | 174 | GDN14002 | 2023-04-21 | 8.16 | 0.019 | 0.005 | 0.025 | 6.35 | 0.08 | - | - | - | - | - | - |
| | 174 | GDN14002 | 2023-07-24 | 8.02 | 0.015 | 0.001 | 0.001 | 6.19 | 0.33 | 0.00058 | 0.000004 | 0.000030 | 0.00027 | 0.217 | 0.008 |
| | 174 | GDN14002 | 2023-10-25 | 8.11 | 0.067 | 0.005 | 0.002 | 6.35 | 0.42 | - | - | - | - | - | - |
| | 176 | GDN14004 | 2023-04-19 | 8.11 | 0.021 | 0.005 | 0.004 | 6.45 | 0.08 | - | - | - | - | - | - |
| | 176 | GDN14004 | 2023-07-21 | 8.28 | 0.053 | 0.013 | 0.003 | 7.06 | 1.50 | 0.00079 | 0.000004 | 0.000015 | 0.00047 | 0.302 | 0.038 |
| | 176 | GDN14004 | 2023-10-26 | 8.31 | 0.047 | 0.004 | 0.002 | 6.96 | 0.55 | - | - | - | - | - | - |
| | 182 | GDN14010 | 2023-04-19 | 8.18 | 0.013 | 0.004 | 0.007 | 6.49 | 0.08 | - | - | - | - | - | - |
| | 182 | GDN14010 | 2023-07-21 | 7.96 | 0.037 | 0.009 | 0.001 | 6.48 | 0.63 | 0.00080 | 0.000004 | 0.000097 | 0.00100 | 0.222 | 0.018 |
| | 182 | GDN14010 | 2023-10-25 | 8.13 | 0.080 | 0.012 | 0.001 | 6.31 | 0.21 | - | - | - | - | - | - |
| | 185 | GDN14013 | 2023-04-19 | 8.16 | 0.021 | 0.003 | 0.005 | 6.88 | 0.27 | - | - | - | - | - | - |
| | 185 | GDN14013 | 2023-07-22 | 8.21 | 0.046 | 0.002 | 0.002 | 7.42 | 1.54 | 0.00108 | 0.000004 | 0.000015 | 0.00024 | 0.332 | 0.020 |
| | 185 | GDN14013 | 2023-10-26 | 8.33 | 0.059 | 0.001 | 0.003 | 7.49 | 1.10 | - | - | - | - | - | - |
| | 187 | GDN14015 | 2023-04-19 | 8.07 | 0.019 | 0.006 | 0.005 | 6.69 | 0.08 | - | - | - | - | - | - |
| 187 | GDN14015 | 2023-07-22 | 8.17 | 0.008 | 0.001 | 0.003 | 6.63 | 1.56 | 0.00089 | 0.000004 | 0.000015 | 0.00019 | 0.271 | 0.004 | |
| 187 | GDN14015 | 2023-10-26 | 8.13 | 0.065 | 0.005 | 0.001 | 7.14 | 0.78 | - | - | - | - | - | - | |
| 2022 | 174 | GDN14002 | 2022-04-18 | 7.97 | 0.015 | 0.001 | 0.002 | 5.46 | 0.39 | - | - | - | - | - | - |
| | 174 | GDN14002 | 2022-07-29 | 8.36 | 0.038 | 0.006 | 0.008 | 6.58 | 0.40 | 0.00044 | 0.000003 | 0.000015 | 0.00023 | 0.190 | 0.013 |

| 年份 | 序号 | 站位编码 | 监测时间 | pH | 无机氮 | 活性磷酸盐 | 石油类 | 溶解氧 | 化学需氧量 | 铜 | 汞 | 镉 | 铅 | 总氮 | 总磷 |
|----|-----|----------|------------|------|-------|-------|-------|------|-------|---------|----------|----------|---------|-------|-------|
| | 174 | GDN14002 | 2022-10-24 | 8.09 | 0.076 | 0.011 | 0.004 | 6.35 | 0.075 | - | - | - | - | - | - |
| | 176 | GDN14004 | 2022-04-14 | 8.23 | 0.024 | 0.003 | 0.002 | 7.75 | 0.76 | - | - | - | - | - | - |
| | 176 | GDN14004 | 2022-07-28 | 8.30 | 0.036 | 0.005 | 0.004 | 6.92 | 0.52 | 0.00041 | 0.000003 | 0.000015 | 0.00021 | 0.218 | 0.017 |
| | 176 | GDN14004 | 2022-10-25 | 8.09 | 0.144 | 0.025 | 0.004 | 6.38 | 0.31 | - | - | - | - | - | - |
| | 182 | GDN14010 | 2022-04-14 | 8.12 | 0.013 | 0.002 | 0.002 | 6.98 | 0.59 | - | - | - | - | - | - |
| | 182 | GDN14010 | 2022-07-28 | 8.34 | 0.045 | 0.006 | 0.004 | 6.69 | 0.54 | 0.00039 | 0.000003 | 0.000015 | 0.00019 | 0.204 | 0.017 |
| | 182 | GDN14010 | 2022-10-23 | 7.99 | 0.087 | 0.022 | 0.004 | 6.31 | 0.23 | - | - | - | - | - | - |
| | 185 | GDN14013 | 2022-04-14 | 8.22 | 0.020 | 0.001 | 0.002 | 7.35 | 0.93 | - | - | - | - | - | - |
| | 185 | GDN14013 | 2022-07-28 | 8.35 | 0.012 | 0.001 | 0.004 | 6.86 | 0.57 | 0.00037 | 0.000003 | 0.000015 | 0.00016 | 0.221 | 0.012 |
| | 185 | GDN14013 | 2022-10-25 | 8.07 | 0.146 | 0.021 | 0.004 | 6.38 | 0.33 | - | - | - | - | - | - |
| | 187 | GDN14015 | 2022-04-14 | 8.17 | 0.019 | 0.001 | 0.002 | 7.50 | 0.81 | - | - | - | - | - | - |
| | 187 | GDN14015 | 2022-07-28 | 8.39 | 0.022 | 0.001 | 0.004 | 6.87 | 0.74 | 0.00057 | 0.000003 | 0.000015 | 0.00011 | 0.213 | 0.011 |
| | 187 | GDN14015 | 2022-10-25 | 8.03 | 0.138 | 0.022 | 0.004 | 6.30 | 0.36 | - | - | - | - | - | - |

注：(1) “—”代表无数据。(2) 数据来自广东省生态环境厅发布的《广东省 2022 年近岸海域水质监测信息》(https://gdee.gd.gov.cn/sz5628/content/post_4120610.html)、《2023 年广东省近岸海域水质监测信息》(https://gdee.gd.gov.cn/sz5628/content/post_4368568.html)、《广东省 2024 年近岸海域水质监测信息》(https://gdee.gd.gov.cn/sz5628/content/post_4666144.html)。

表 5.1.2-4a 评价范围内近岸海域国控站位监测数据的标准指数统计结果（执行第一类海水水质标准）

| 年份 | 序号 | 站位编码 | 监测时间 | pH | 无机氮 | 活性磷酸盐 | 石油类 | 化学需氧量 | 铜 | 汞 | 镉 | 铅 |
|------|----------|------------|------------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|
| 2024 | 176 | GDN14004 | 2024-04-16 | 0.70 | 0.11 | 0.20 | 0.04 | 0.12 | - | - | - | - |
| | 176 | GDN14004 | 2024-07-19 | 0.72 | 0.54 | 0.20 | 0.06 | 0.14 | 0.11 | 0.07 | 0.02 | 0.18 |
| | 176 | GDN14004 | 2024-10-16 | 0.61 | 0.13 | 0.20 | 0.18 | 0.26 | - | - | - | - |
| | 185 | GDN14013 | 2024-04-17 | 0.71 | 0.12 | 0.03 | 0.04 | 0.20 | - | - | - | - |
| | 185 | GDN14013 | 2024-07-19 | 0.81 | 0.69 | 0.13 | 0.06 | 0.44 | 0.37 | 0.07 | 0.11 | 0.17 |
| | 185 | GDN14013 | 2024-10-16 | 0.74 | 0.13 | 0.13 | 0.10 | 0.26 | - | - | - | - |
| 2023 | 176 | GDN14004 | 2023-04-19 | 0.74 | 0.11 | 0.33 | 0.08 | 0.04 | - | - | - | - |
| | 176 | GDN14004 | 2023-07-21 | 0.85 | 0.27 | 0.87 | 0.06 | 0.75 | 0.16 | 0.07 | 0.02 | 0.47 |
| | 176 | GDN14004 | 2023-10-26 | 0.87 | 0.24 | 0.27 | 0.04 | 0.28 | - | - | - | - |
| | 185 | GDN14013 | 2023-04-19 | 0.77 | 0.11 | 0.20 | 0.10 | 0.14 | - | - | - | - |
| | 185 | GDN14013 | 2023-07-22 | 0.81 | 0.23 | 0.13 | 0.04 | 0.77 | 0.22 | 0.07 | 0.02 | 0.24 |
| 185 | GDN14013 | 2023-10-26 | 0.89 | 0.30 | 0.03 | 0.06 | 0.55 | - | - | - | - | |
| 2022 | 176 | GDN14004 | 2022-04-14 | 0.82 | 0.12 | 0.20 | 0.04 | 0.38 | - | - | - | - |
| | 176 | GDN14004 | 2022-07-28 | 0.87 | 0.18 | 0.30 | 0.07 | 0.26 | 0.08 | 0.05 | 0.02 | 0.21 |

| 年份 | 序号 | 站位编码 | 监测时间 | pH | 无机氮 | 活性磷酸盐 | 石油类 | 化学需氧量 | 铜 | 汞 | 镉 | 铅 |
|------|-----|----------|------------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|
| | 176 | GDN14004 | 2022-10-25 | 0.73 | 0.72 | 1.67 | 0.07 | 0.16 | - | - | - | - |
| | 185 | GDN14013 | 2022-04-14 | 0.81 | 0.10 | 0.07 | 0.04 | 0.47 | - | - | - | - |
| | 185 | GDN14013 | 2022-07-28 | 0.90 | 0.06 | 0.03 | 0.07 | 0.29 | 0.07 | 0.05 | 0.02 | 0.16 |
| | 185 | GDN14013 | 2022-10-25 | 0.71 | 0.73 | 1.40 | 0.07 | 0.17 | - | - | - | - |
| 超标率% | | | | 0.0 | 0.0 | 11.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

注：(1)“—”代表无数据。

表 5.1.2-4b 评价范围内近岸海域国控站位监测数据的标准指数统计结果（执行第三类海水水质标准）

| 年份 | 序号 | 站位编码 | 监测时间 | pH | 无机氮 | 活性磷酸盐 | 石油类 | 化学需氧量 | 铜 | 汞 | 镉 | 铅 |
|------|-----|----------|------------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|
| 2024 | 187 | GDN14015 | 2024-04-17 | 0.53 | 0.12 | 0.03 | 0.01 | 0.08 | - | - | - | - |
| | 187 | GDN14015 | 2024-07-18 | 0.69 | 0.37 | 0.03 | 0.01 | 0.09 | 0.01 | 0.02 | 0.00 | 0.01 |
| | 187 | GDN14015 | 2024-10-17 | 0.59 | 0.04 | 0.03 | 0.01 | 0.16 | - | - | - | - |
| 2023 | 187 | GDN14015 | 2023-04-19 | 0.59 | 0.05 | 0.20 | 0.02 | 0.02 | - | - | - | - |
| | 187 | GDN14015 | 2023-07-22 | 0.65 | 0.02 | 0.03 | 0.01 | 0.39 | 0.02 | 0.02 | 0.00 | 0.02 |
| | 187 | GDN14015 | 2023-10-26 | 0.63 | 0.16 | 0.17 | 0.00 | 0.20 | - | - | - | - |
| 2022 | 187 | GDN14015 | 2022-04-14 | 0.65 | 0.05 | 0.03 | 0.01 | 0.20 | - | - | - | - |
| | 187 | GDN14015 | 2022-07-28 | 0.77 | 0.06 | 0.03 | 0.01 | 0.19 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.01 |
| | 187 | GDN14015 | 2022-10-25 | 0.57 | 0.35 | 0.73 | 0.01 | 0.09 | - | - | - | - |
| 超标率% | | | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

注：(1)“—”代表无数据。

表 5.1.2-4c 评价范围内近岸海域国控站位监测数据的标准指数统计结果（水质类别符合性分析）

| 年份 | 序号 | 站位编码 | 监测时间 | pH | 无机氮 | 活性磷酸盐 | 石油类 | 化学需氧量 | 铜 | 汞 | 镉 | 铅 |
|------|-----|----------|------------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|
| 类别 | | | | 一类 | 一类 | 一类 | 二类 | 一类 | 一类 | 一类 | 一类 | 一类 |
| 2024 | 174 | GDN14002 | 2024-04-18 | 0.67 | 0.06 | 0.07 | 0.03 | 0.20 | 0.18 | - | - | - |
| | 174 | GDN14002 | 2024-07-18 | 0.72 | 0.55 | 0.07 | 0.03 | 0.06 | 0.04 | 0.09 | 0.07 | 0.03 |
| | 174 | GDN14002 | 2024-10-18 | 0.71 | 0.51 | 0.80 | 0.40 | 0.04 | 0.14 | - | - | - |
| | 182 | GDN14010 | 2024-04-16 | 0.69 | 0.13 | 0.07 | 0.03 | 0.04 | 0.10 | - | - | - |
| | 182 | GDN14010 | 2024-07-19 | 0.71 | 0.32 | 0.27 | 0.13 | 0.60 | 0.15 | 0.08 | 0.07 | 0.02 |
| | 182 | GDN14010 | 2024-10-18 | 0.75 | 0.31 | 0.60 | 0.30 | 0.04 | 0.10 | - | - | - |
| 2023 | 174 | GDN14002 | 2023-04-21 | 0.77 | 0.10 | 0.33 | 0.17 | 0.50 | 0.04 | - | - | - |
| | 174 | GDN14002 | 2023-07-24 | 0.68 | 0.08 | 0.07 | 0.03 | 0.02 | 0.17 | 0.12 | 0.07 | 0.03 |
| | 174 | GDN14002 | 2023-10-25 | 0.74 | 0.34 | 0.33 | 0.17 | 0.04 | 0.21 | - | - | - |
| | 182 | GDN14010 | 2023-04-19 | 0.79 | 0.07 | 0.27 | 0.13 | 0.14 | 0.04 | - | - | - |
| | 182 | GDN14010 | 2023-07-21 | 0.64 | 0.19 | 0.60 | 0.30 | 0.02 | 0.32 | 0.16 | 0.07 | 0.10 |

| 年份 | 序号 | 站位编码 | 监测时间 | pH | 无机氮 | 活性磷酸盐 | | 石油类 | 化学需氧量 | 铜 | 汞 | 镉 | 铅 |
|------|-----|----------|------------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|------|------|
| | | | | 一类 | 一类 | 一类 | 二类 | 一类 | 一类 | 一类 | 一类 | 一类 | 一类 |
| | 182 | GDN14010 | 2023-10-25 | 0.75 | 0.40 | 0.80 | 0.40 | 0.02 | 0.11 | - | - | - | - |
| 2022 | 174 | GDN14002 | 2022-04-18 | 0.65 | 0.08 | 0.07 | 0.03 | 0.04 | 0.20 | - | - | - | - |
| | 174 | GDN14002 | 2022-07-29 | 0.91 | 0.19 | 0.38 | 0.20 | 0.16 | 0.20 | 0.09 | 0.05 | 0.02 | 0.23 |
| | 174 | GDN14002 | 2022-10-24 | 0.73 | 0.38 | 0.73 | 0.37 | 0.07 | 0.04 | - | - | - | - |
| | 182 | GDN14010 | 2022-04-14 | 0.75 | 0.07 | 0.13 | 0.07 | 0.04 | 0.30 | - | - | - | - |
| | 182 | GDN14010 | 2022-07-28 | 0.89 | 0.22 | 0.37 | 0.20 | 0.07 | 0.27 | 0.08 | 0.05 | 0.02 | 0.19 |
| | 182 | GDN14010 | 2022-10-23 | 0.66 | 0.44 | 1.47 | 0.73 | 0.07 | 0.12 | - | - | - | - |

注：(1) “—” 代表无数据。

5.1.2.4 水质年际变化的趋势及特征

各因子历年变化图见图 5.1.2-3~12。图中纵轴为评价因子浓度，横轴 1~9 代表 2022 年~2024 年 9 次监测依次顺序。由图可知：

近 3 年，pH 略有降低；无机氮呈现先降后升趋势；活性磷酸盐呈现降低趋势；石油类含量上升趋势；溶解氧含量基本稳定，无明显变化趋势；化学需氧量含量呈先升后降趋势；铜含量呈现先增后降趋势；汞含量呈现先增后稳定趋势；镉含量无明显趋势；铅含量整体呈现先增后降趋势。

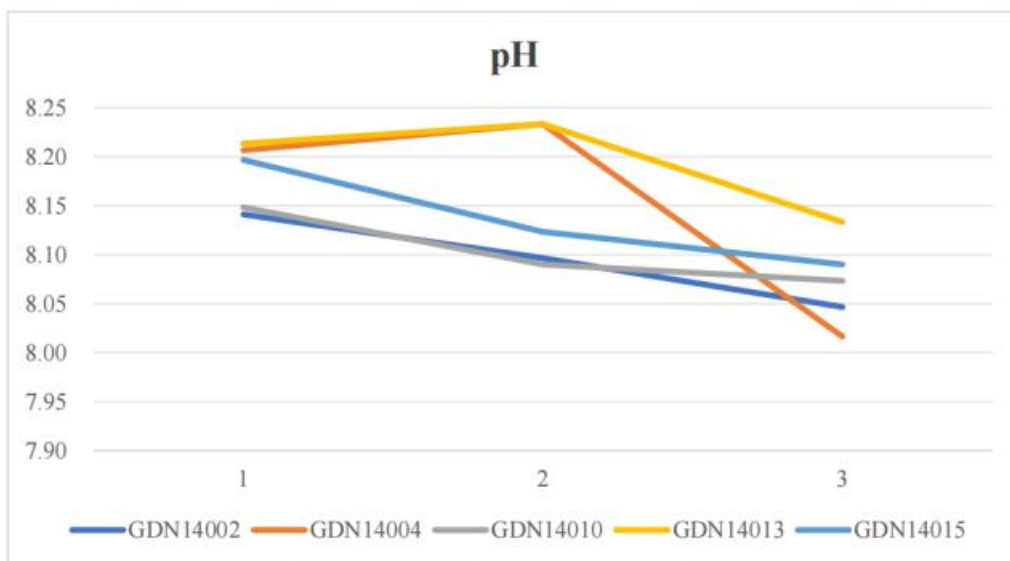


图 5.1.2-3 国控站位 2022 年~2024 年 pH 变化趋势

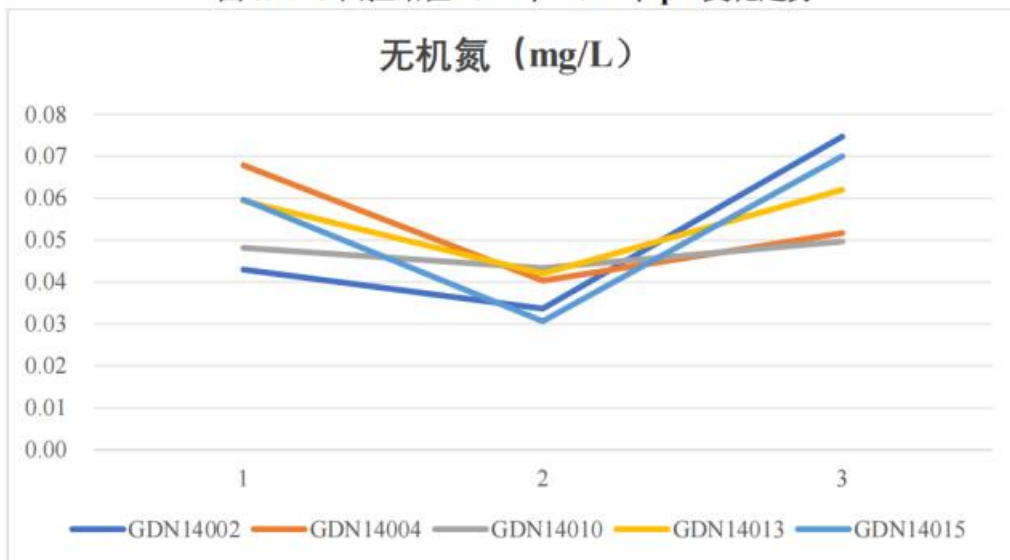


图 5.1.2-4 国控站位 2022 年~2024 年无机氮含量变化趋势

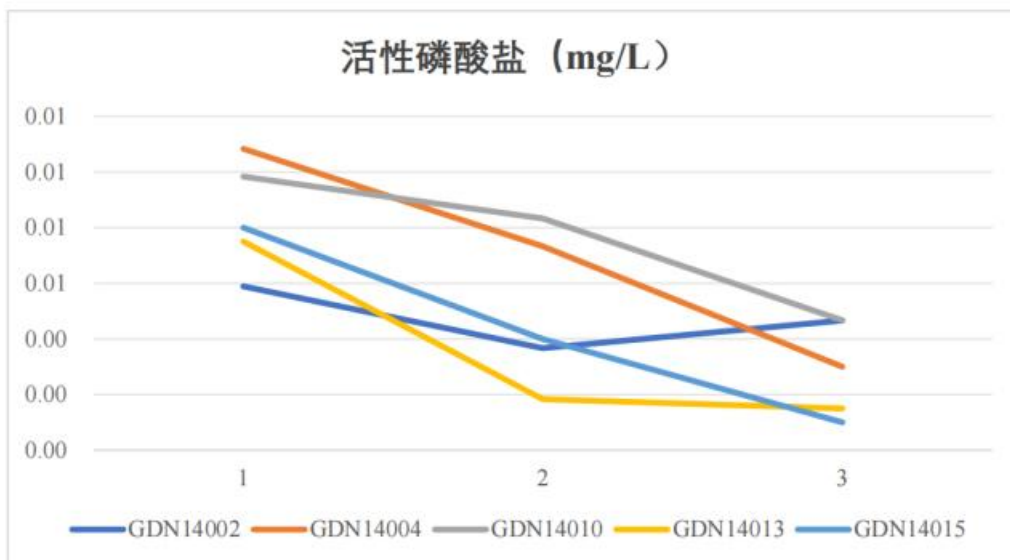


图 5.1.2-5 国控站位 2022 年~2024 年活性磷酸盐含量变化趋势

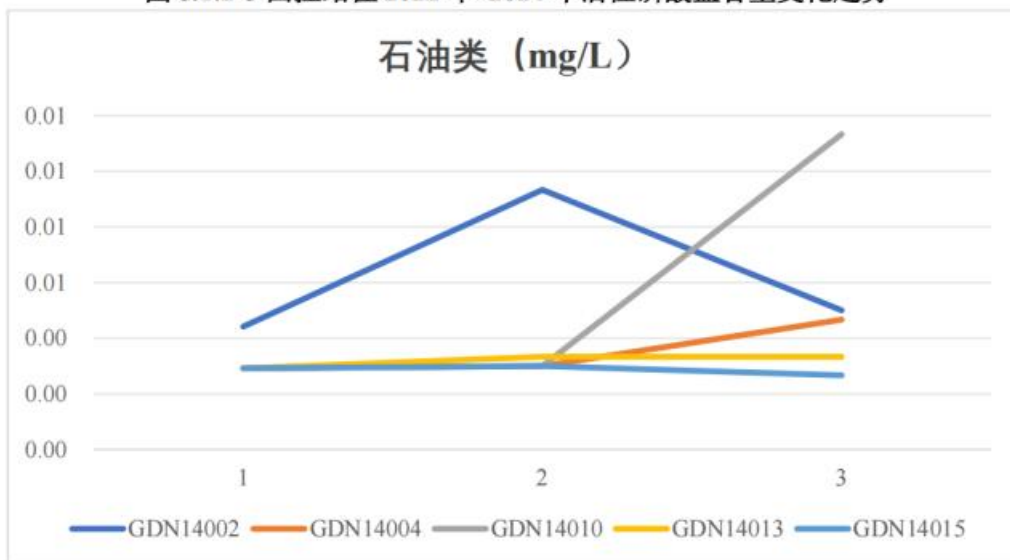


图 5.1.2-6 国控站位 2022 年~2024 年石油类含量变化趋势

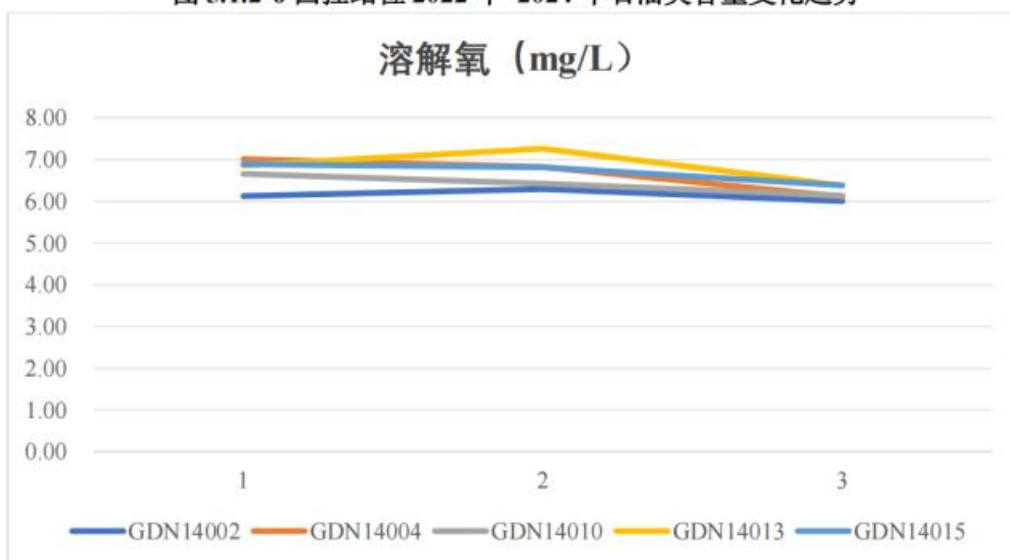


图 5.1.2-7 国控站位 2022 年~2024 年溶解氧含量变化趋势

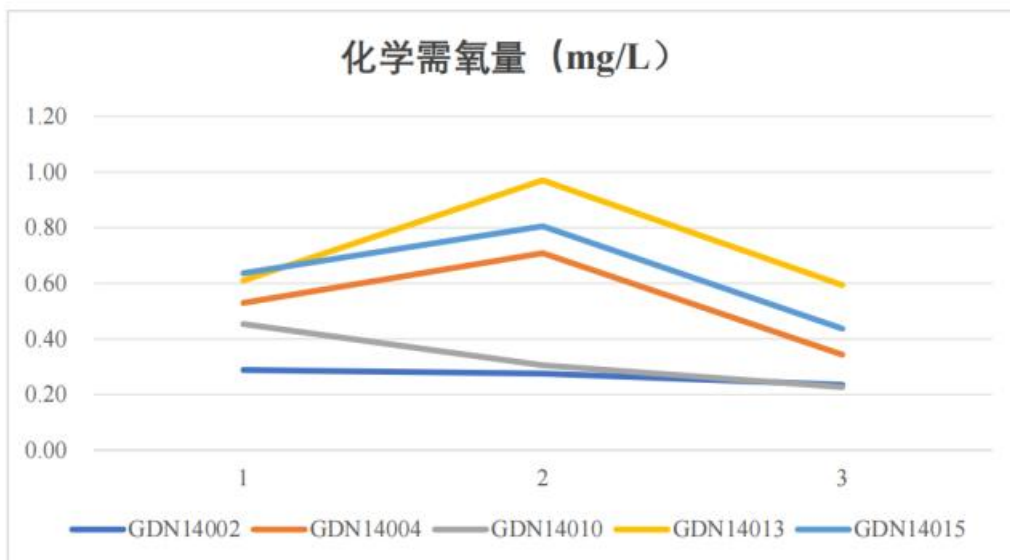


图 5.1.2-8 国控站位 2022 年~2024 年化学需氧量含量变化趋势

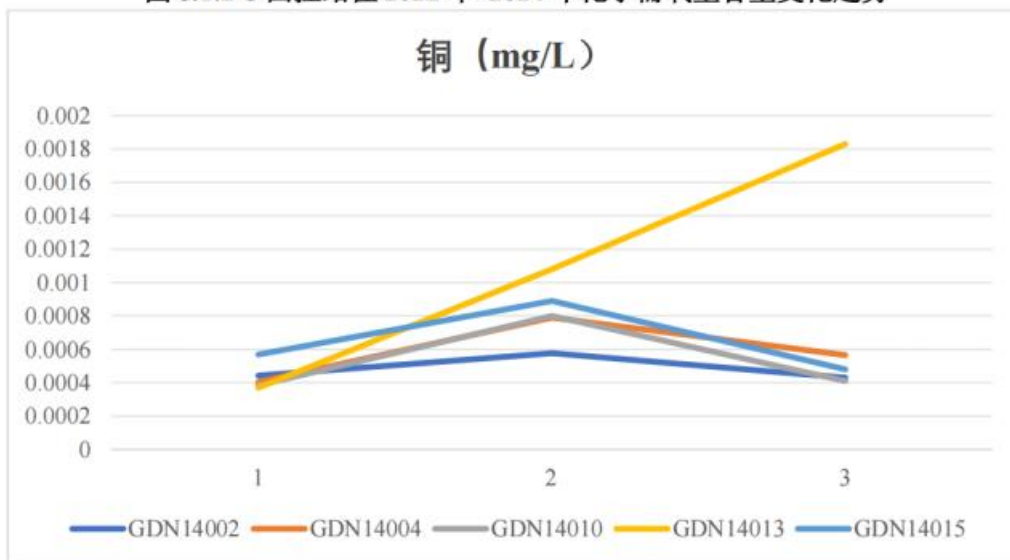


图 5.1.2-9 国控站位 2022 年~2024 年铜含量变化趋势

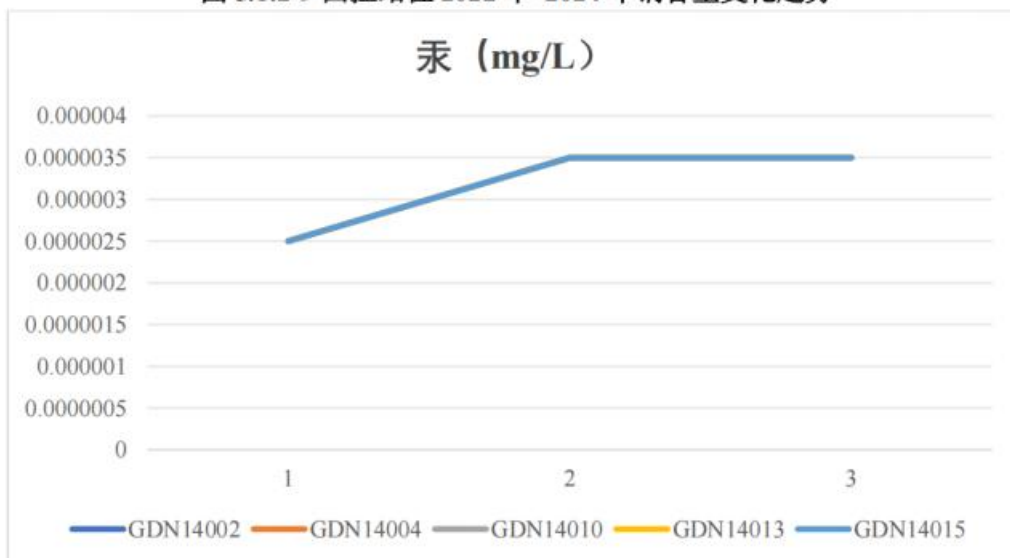


图 5.1.2-10 国控站位 2022 年~2024 年汞含量变化趋势

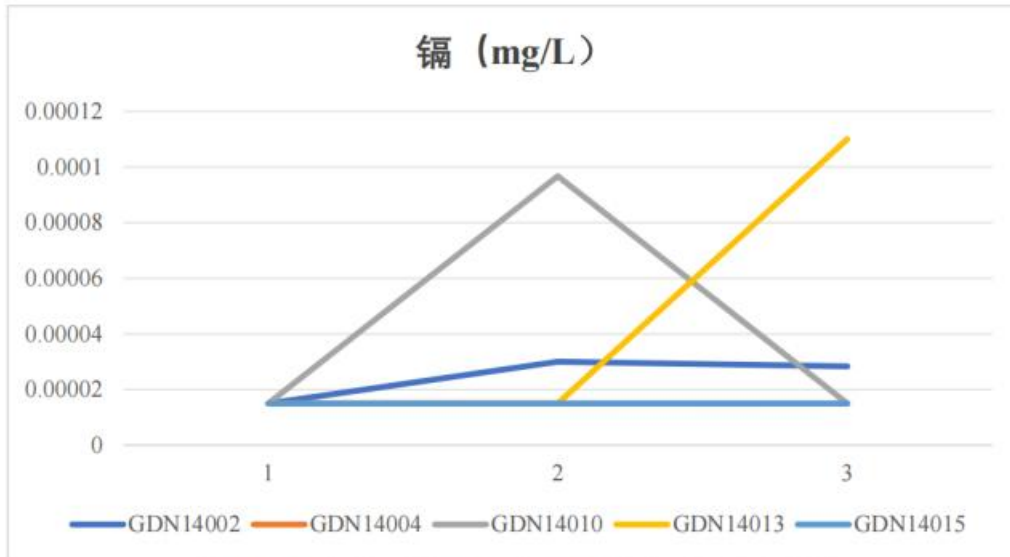


图 5.1.2-11 国控站位 2022 年~2024 年镉含量变化趋势

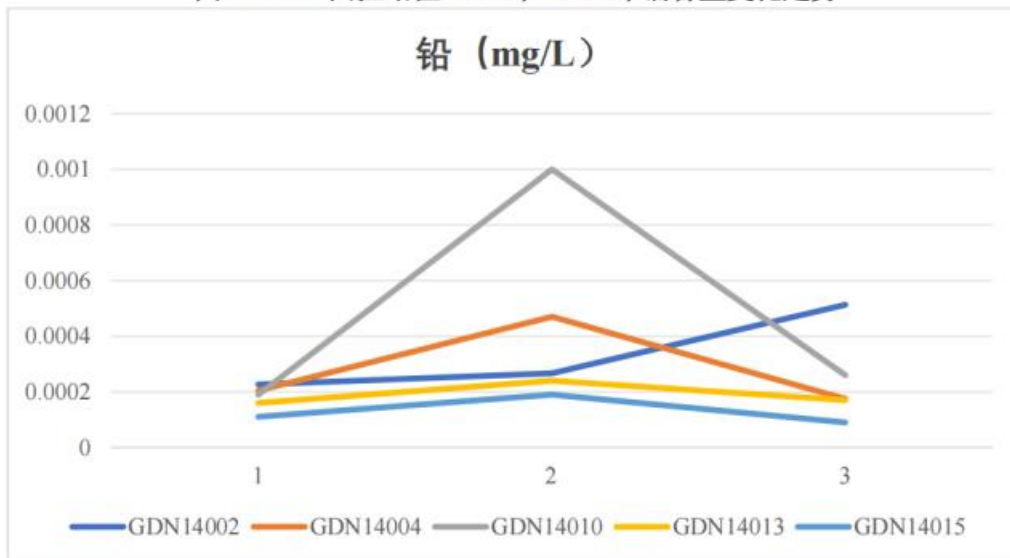


图 5.1.2-12 国控站位 2022 年~2024 年铅含量变化趋势

5.1.3 海水水质现状调查与评价

项目委托广州海兰图检测技术有限公司分别于 2024 年 11 月和 2025 年 3 月在项目附近海域进行海洋环境调查。

5.1.3.1 海洋环境调查概况

1、2024 年 4 月

广州海兰图检测技术有限公司于 2024 年 11 月 22 日~11 月 23 日、11 月 27 日~11 月 30 日对项目附近海域开展环境现状调查。本次调查共设 28 个海水水质监测站位，沉积物监测站位 14 个，海洋生物生态与渔业资源调查站位 17 个，潮间带调查断面 3 条。地理坐标和监测类别见表 5.1.3-1，监测站位见图 5.1.3-1。

表 5.1.3-1 2024 年 11 月海洋环境现状调查站位

| 站位 | 经度 E | 纬度 N | 调查项目 |
|----|------|------|------------------|
| | | | 水质、生物生态和渔业资源 |
| | | | 水质、沉积物、生物生态和渔业资源 |
| | | | 水质 |
| | | | 水质 |
| | | | 水质 |
| | | | 水质、沉积物、生物生态和渔业资源 |
| | | | 水质、沉积物、生物生态和渔业资源 |
| | | | 水质 |
| | | | 水质、沉积物、生物生态和渔业资源 |
| | | | 水质、沉积物、生物生态和渔业资源 |
| | | | 水质、沉积物、生物生态和渔业资源 |
| | | | 水质、沉积物、生物生态和渔业资源 |
| | | | 水质、沉积物、生物生态和渔业资源 |
| | | | 水质 |
| | | | 水质、生物生态和渔业资源 |
| | | | 水质、沉积物、生物生态和渔业资源 |
| | | | 水质 |
| | | | 水质、沉积物、生物生态和渔业资源 |
| | | | 水质 |
| | | | 水质、沉积物、生物生态和渔业资源 |
| | | | 水质 |
| | | | 水质 |
| | | | 水质 |
| | | | 水质、生物生态和渔业资源 |
| | | | 水质、沉积物、生物生态和渔业资源 |
| | | | 潮间带生物 |
| | | | 潮间带生物 |
| | | | 潮间带生物 |

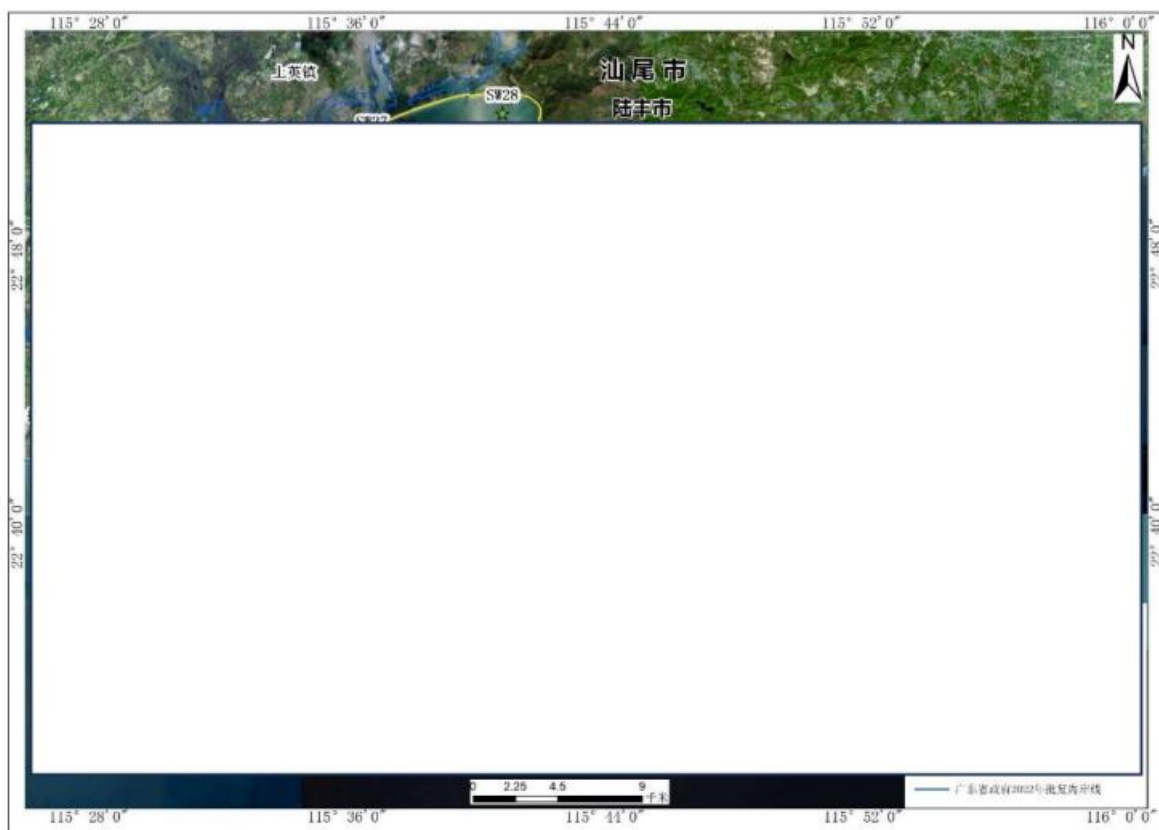


图 5.1.3-1 2024 年 11 月调查站位布置图

2、2025 年 3 月

广州海兰图检测技术有限公司于 2025 年 03 月 14 日~03 月 15 日、03 月 18 日~03 月 19 日对项目附近海域开展环境现状调查。本次调查共设水质调查站位 24 个，生态和生物资源调查站位 16 个，生物质量调查站位 9 个，潮间带调查断面 3 条。地理坐标和监测类别见表 5.1.3-2，监测站位见图 5.1.3-2。

表 5.1.3-2 2025 年 3 月海洋环境现状调查站位

| 站位 | 经度 E | 纬度 N | 调查项目 |
|----|------|------|-------------------|
| █ | █ | █ | 水质、生物生态、生物质量和生物资源 |
| █ | █ | █ | 水质、生物生态、生物质量和生物资源 |
| █ | █ | █ | 水质 |
| █ | █ | █ | 水质、生物生态和生物资源 |
| █ | █ | █ | 水质 |
| █ | █ | █ | 水质、生物生态、生物质量和生物资源 |
| █ | █ | █ | 水质、生物生态和生物资源 |
| █ | █ | █ | 水质 |
| █ | █ | █ | 水质、生物生态和生物资源 |
| █ | █ | █ | 水质、生物生态和生物资源 |
| █ | █ | █ | 水质、生物生态、生物质量和生物资源 |

| 站位 | 经度 E | 纬度 N | 调查项目 |
|----|------|------|-------------------|
| | | | 源 |
| | | | 水质、生物生态和生物资源 |
| | | | 水质、生物生态、生物质量和生物资源 |
| | | | 水质、生物生态、生物质量和生物资源 |
| | | | 水质 |
| | | | 水质、生物生态和生物资源 |
| | | | 水质、生物生态、生物质量和生物资源 |
| | | | 水质 |
| | | | 水质、生物生态、生物质量和生物资源 |
| | | | 水质 |
| | | | 水质 |
| | | | 水质 |
| | | | 水质、生物生态和生物资源 |
| | | | 水质、生物生态和生物资源 |
| | | | 潮间带生物、沉积物 |
| | | | 潮间带生物、生物质量、沉积物 |
| | | | 潮间带生物、沉积物 |

备注 1: 生物质量样品结合生物资源和潮间带生物调查获取, 不少于 8 个样品 (生物类型原则上不少于 3 类, 至少一类有双壳纲生物)。
备注 2: 潮间带沉积物应在高潮带布设 2 站、中潮带 3 站、低潮带 1 站分别采集样品。

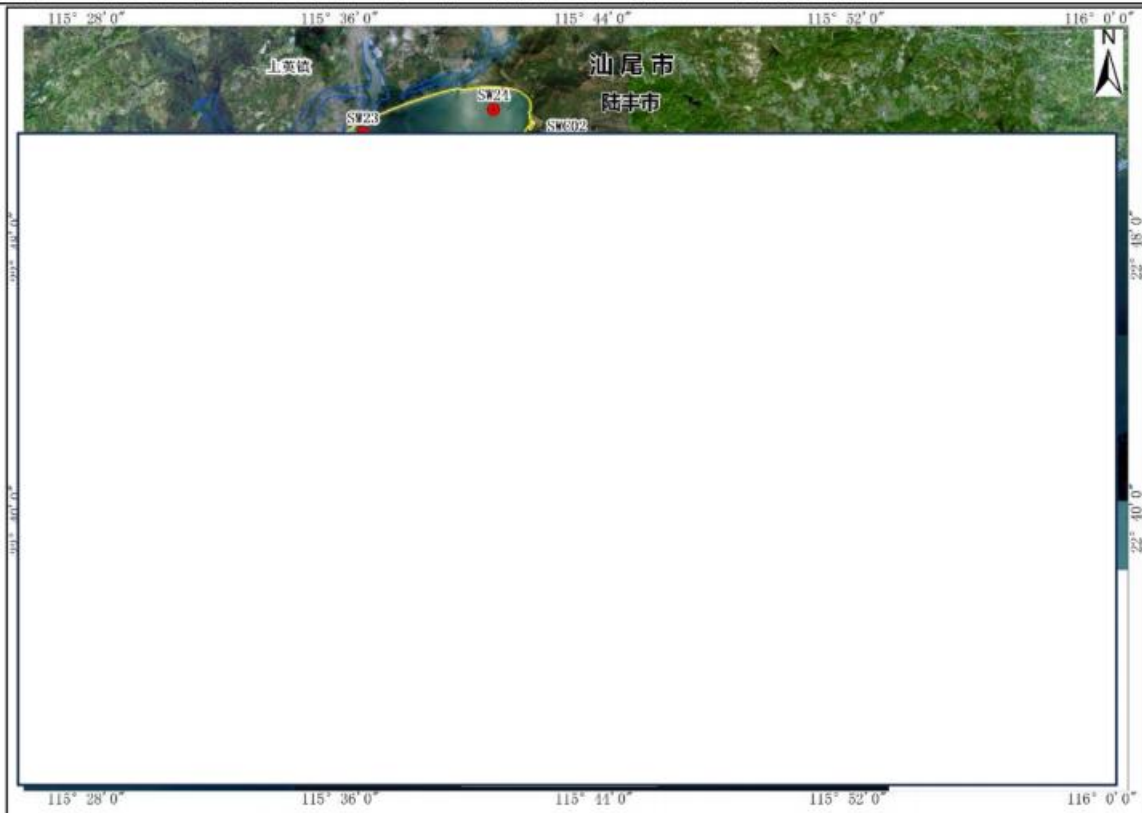


图 5.1.3-2 2025 年 3 月调查站位布置图

5.1.3.2 调查项目

2024 年 11 月：pH、水温、盐度、溶解氧、悬浮物、化学需氧量、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、氨氮、活性磷酸盐、石油类、汞、砷、铜、锌、铅、镉、铬、硫化物、挥发性酚、氰化物、氟化物。

2025 年 3 月：pH、水温、盐度、溶解氧、悬浮物、化学需氧量、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、氨氮、无机氮、活性磷酸盐、硫化物、挥发酚、石油类、铜、铅、锌、汞、砷、镉、总铬。

5.1.3.3 采样与分析方法

1、采样方法

(1) 水样采集通用方法

①按照《海洋监测规范》(GB 17378-2007)和《海洋调查规范》(GB/T 12763-2007)中的要求执行；

②使用 GPS 定位导航调查船只进入预定站位后开始测量水深。根据实测水深，进行透明度、水色等现场观测，当站位水深浅于 10m 时（以现场水深为准，下同），仅采表层水样一个；当站位水深在 10m~25m 时，分别采集表层和底层水样各一个；其中表层为距表面 0.1m~1m，底层为离底 2m。

③采用向风逆流采样，严格控制来自船体自身的污染，采样时严禁船舶排污，采样位置远离船舶排污口，并严格按照相关规定程序和操作要求进行样品的分装、预处理、编号记录、贮存和运输；

④对无法现场分析的样品，按《海洋监测规范》(GB 17378-2007)加固定剂后带回实验室分析；

⑤水文气象观测执行《海洋调查规范 第 3 部分：海洋气象观测》(GB/T 12763.3-2020)、《海洋调查规范 第 2 部分：海洋水文观测》(GB/T 12763.2-2007)和《海洋观测规范 第 2 部分：海滨观测》(GB/T 14914.2-2019)。

(2) 特殊指标水样采集方法

①溶解氧样品的采集：将乳胶管的一端接上玻璃管，另一端套在采水器的出水口，放出少量水样，洗水样瓶两次。将玻璃管插到水样瓶底部慢慢注入水样，待水样装满并溢出约为瓶子体积的 50%时，将玻璃管慢慢抽出盖上瓶盖，再取下瓶盖，立即用自动加液器（管尖靠近液面）依次注入 1.00mL 氯化锰溶液和 1.00mL 碱性碘

化钾溶液。塞紧瓶塞并用手抓住瓶塞和瓶底，将瓶缓慢地上下颠倒 20 次，使样品与固定液充分混匀。待样品瓶内沉积物降至瓶体 60% 以下时方可进行分析。如样品瓶浸泡在水中，允许存放 24h，避免阳光直射和温度剧烈变化，如温差较大，应在 12h 内测定。

②pH 样品的采集：样品瓶洗净后，用海水浸泡 1d。采样时需用采样点的海水洗涤两次，再装入水样瓶固定，盖好瓶盖混合均匀，待测，允许保存 48h。

③浑浊度、悬浮物样品的采集：水样采集后，应尽快从采样器中放出样品；在水样装瓶的同时摇动采样器，防止悬浮物在采样器内沉降；除去非代表性杂质如树叶、柱状物等。

④营养盐样品采集：营养盐采样器应尽量采用一次性合格的样品瓶；若重复使用，应该在使用前，用 1 mol/L 盐酸溶液漂洗，依次再用自来水、去离子水洗净，采样时须用海水漂洗，最好将采样器放在较深处，然后提到采样深度。采用多通道 CTD 采样器采样时，应按照操作说明提供的清洗方式清洗，并避免污染；采样时，要常换手套；应防止船上排污水的污染、船体的扰动；要防止空气污染，特别是防止船烟和吸烟者的污染。

⑤重金属样品的采集：水样采集后，要有防止现场大气降尘带来的污染措施，并尽快从采样器中放出样品；防止采样器内样品中所含污染物随悬浮物的下沉而降低含量，灌装样品时必须边摇动采水器边灌装，立即用 0.45 μm 滤膜过滤处理，过滤水样用 HNO_3 酸化至 pH 值小于 2，塞上塞子，存放在洁净环境中。

⑥石油类样品的采集：测定水中油含量应用单层采水器固定样品瓶在水体中直接灌装，采样后立即提出水面，在现场用石油醚(或正己烷)萃取或者在现场采集石油类样品后，加 0.1mol/L 硫酸固定，带回实验室萃取；测定石油类样品的容器禁止预先用海水冲洗。

⑦汞样品的采集：样品用硬质玻璃瓶装水样，要采取严格的防沾污措施，避免来自周围环境的污染。水样用硫酸酸化至 $\text{pH} < 2$ ，塞紧塞子后存放在洁净的环境中。

⑧挥发性有机化合物样品的采集：灌装水样应尽量避免产生气泡和搅动，并且使水样充满瓶体，不留顶部空间，如有余氯可添加抗坏血酸除去，并用盐酸酸化至 $\text{pH} < 2$ ，然后用带聚四氟乙烯衬垫的螺旋盖封瓶，放入冷藏箱保存。

2、分析方法

水质样品的分析按照《海洋调查规范》(GB/T 12763-2007)和《海洋监测规范》(GB 17378-2007)进行, 各项目的分析方法如表 5.1.3-3。

表 5.1.3-3 海水调查项目及分析方法

| 检测指标 | 检测依据 | 分析方法 | 检出限 |
|-------|--|---------------|------------|
| 水温 | 《海洋调查规范 第2部分: 海洋水文观测》 GB/T 12763.2-2007/5.2.1 | CTD 法 | / |
| pH | 《海洋监测规范 第4部分: 海水分析》GB 17378.4-2007/26 | pH 计法 | / |
| 盐度 | 《海洋监测规范 第4部分: 海水分析》GB 17378.4-2007/29.1 | 盐度计法 | 2‰ |
| 溶解氧 | 《海洋监测规范 第4部分: 海水分析》GB 17378.4-2007/31 | 碘量法 | 0.11mg/L |
| 悬浮物 | 《海洋监测规范 第4部分: 海水分析》GB 17378.4-2007/27 | 重量法 | / |
| 化学需氧量 | 《海洋监测规范 第4部分: 海水分析》GB 17378.4-2007/32 | 碱性高锰酸钾法 | 0.15mg/L |
| 硝酸盐氮 | 《海洋监测规范 第4部分: 海水分析》GB 17378.4-2007/38.1 | 镉柱还原法 | 0.0010mg/L |
| 亚硝酸盐氮 | 《海洋监测规范 第4部分: 海水分析》GB 17378.4-2007/37 | 萘乙二胺分光光度法 | 0.0002mg/L |
| 氨氮 | 《海洋监测规范 第4部分: 海水分析》GB 17378.4-2007/36.1 | 靛酚蓝分光光度法 | 0.0004mg/L |
| 无机氮 | 《海洋监测规范 第4部分: 海水分析》GB 17378.4-2007/35 | / | / |
| 活性磷酸盐 | 《海洋监测规范 第4部分: 海水分析》GB 17378.4-2007/39.1 | 磷钼蓝分光光度法 | 0.0006mg/L |
| 挥发酚 | 《海洋监测规范 第4部分: 海水分析》GB 17378.4-2007/19 | 4-氨基安替比林分光光度法 | 1.1μg/L |
| 石油类 | 《海洋监测规范 第4部分: 海水分析》GB 17378.4-2007/13.2 | 紫外分光光度法 | 0.0035mg/L |
| 汞 | 《海洋监测规范 第4部分: 海水分析》GB 17378.4-2007/5.1 | 原子荧光法 | 0.007μg/L |
| 砷 | 《海洋监测规范 第4部分: 海水分析》GB 17378.4-2007/11.1 | 原子荧光法 | 0.5μg/L |
| 铜 | 《海洋监测规范 第4部分: 海水分析》GB 17378.4-2007/6.1 | 无火焰原子吸收分光光度法 | 0.2μg/L |
| 铅 | 《海洋监测规范 第4部分: 海水分析》GB 17378.4-2007/7.1 | 无火焰原子吸收分光光度法 | 0.03μg/L |
| 镉 | 《海洋监测规范 第4部分: 海水分析》GB 17378.4-2007/8.1 | 无火焰原子吸收分光光度法 | 0.01μg/L |
| 锌 | 《海洋监测规范 第4部分: 海水分析》GB 17378.4-2007/9.1 | 火焰原子吸收分光光度法 | 0.0031mg/L |
| 铬 | 《海洋监测规范 第4部分: 海水分析》GB 17378.4-2007/10.1 | 无火焰原子吸收分光光度法 | 0.4μg/L |
| 硫化物 | 《海洋监测规范 第4部分: 海水分析》GB 17378.4-2007/18.1 | 亚甲基蓝分光光度法 | 0.2μg/L |
| 氰化物 | 《海洋监测规范 第4部分: 海水分析》GB 17378.4-2007/ 20.1 | 异烟酸-吡啶啉酮分光光度法 | 0.0005mg/L |
| 氟化物 | 《水质 氟化物的测定 离子选择电极法》 GB/T 7484-1987 | 离子选择电极法 | 0.05mg/L |

5.1.3.4 评价方法与评价标准

1、评价方法

采用单因子污染指数法（标准指数法）进行评价。

其中：单项水质评价因子（参数） i 在第 j 点的标准指数：

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

$S_{i,j}$ ——评价因子 i 的水质指数，大于 1 表明该水质内容因子超标；

$C_{i,j}$ ——评价因子 i 在 j 点的实测统计代表值，mg/L；

$C_{i,o}$ ——评价因子 i 的水质评价标准限值，mg/L。

对于溶解氧，DO 的标准指数为：

$$S_{DO,j} = \frac{DO_s}{DO_j} \quad DO_j \leq DO_f$$

$$S_{DO,j} = \frac{|DO_f - DO_j|}{DO_f - DO_s} \quad DO_j > DO_f$$

式中： $S_{DO,j}$ ——溶解氧的标准指数，大于 1 表明该水质因子超标；

DO_j ——溶解氧在 j 点的实测统计代表值，mg/L；

DO_s ——溶解氧的水质评价标准限制，mg/L；

DO_f ——饱和溶解氧浓度，mg/L， $DO_f = (491 - 2.65S) / (33.5 + T)$

S ——实用盐度符号，量纲一；

T ——水温， $^{\circ}\text{C}$ 。

pH 的标准指数为：

$$S_{pH} = \frac{7.0 - pH}{7.0 - pH_{sd}}, pH \leq 7.0; \quad S_{pH} = \frac{pH - 7.0}{pH_{su} - 7.0}, pH > 7.0$$

式中： $S_{pH,j}$ ——pH 值的指数，大于 1 表明该水质因子超标；

pH_j ——pH 值实测统计代表值；

pH_{su} ——pH 评价标准的上限值；

pH_{sd} ——pH 评价标准的下限值；

水质评价因子的标准指数 > 1 ，则表明该项水质已超过了规定的水质标准。

2、评价标准

(1) 2024 年 11 月

根据《广东省近岸海域环境功能区划》（粤府办〔1999〕68号）及《广东省人民政府关于同意调整汕尾市部分近岸海域环境功能区划的批复》（粤府函〔2013〕127号）、《广东省生态环境厅关于同意调整广东陆丰核电近岸海域环境功能区划的函》（粤环函〔2021〕634号）、《广东省生态环境厅关于同意调整汕尾东海岸、碣石局部海域近岸海域环境功能区划的函》（粤环函〔2024〕421号），各调查站位执行水质标准见表 5.1.3-4 和图 5.1.3-3。

表 5.1.3-4 2024 年 11 月调查站位所处广东省近岸海域水质执行标准

| 站位 | 执行水质标准 |
|--|--------|
| SW01、SW02、SW03、SW08、SW11、SW12、SW13、SW23、SW24 | 一类水质目标 |
| SW04、SW06、SW07、SW25、SW26 | 二类水质目标 |
| SW05、SW09、SW27、SW28 | 三类水质目标 |

注：SW10、SW14、SW15、SW16、SW17、SW18、SW19、SW20、SW21、SW22 站位不在近岸海域范围内，其无水质目标管理要求，按水质类别符合性分析。

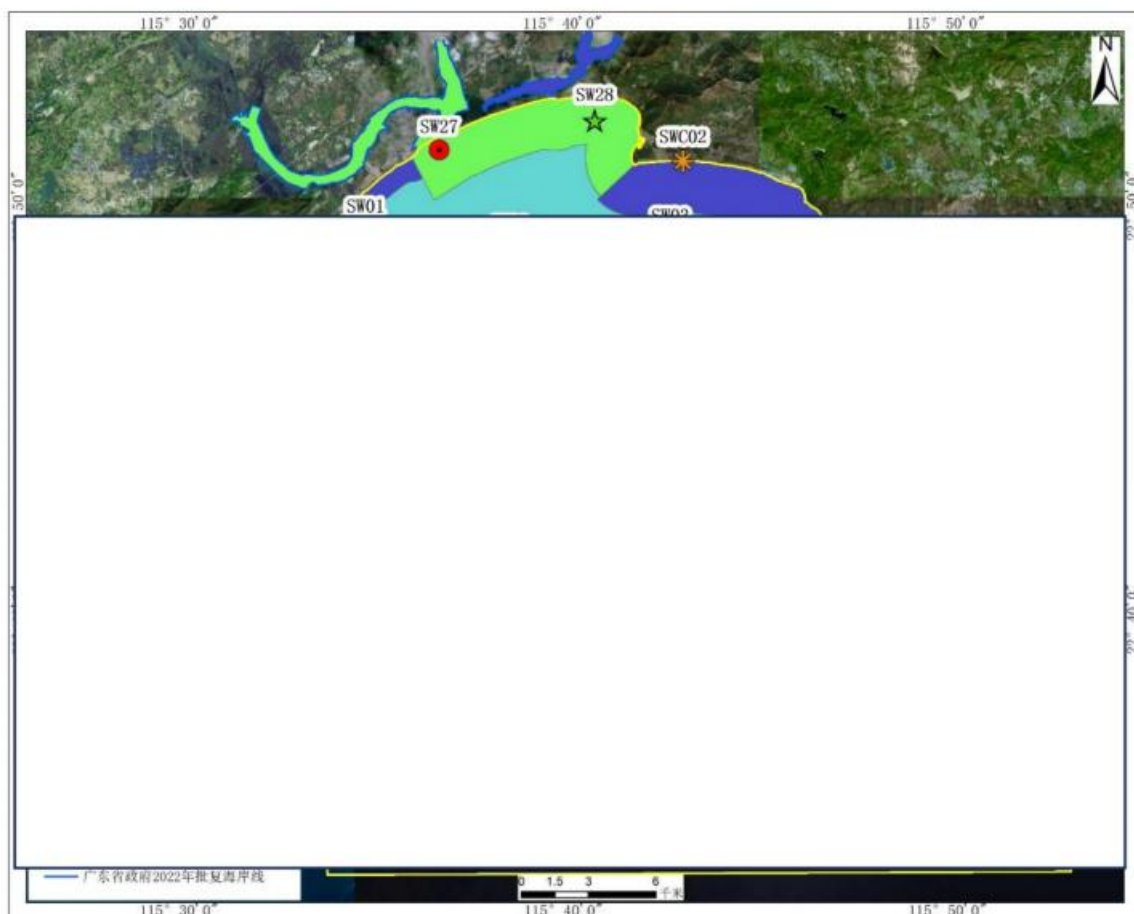


图 5.1.3-3 2024 年 11 月调查站位所处广东省近岸海域功能区示意图

(2) 2025 年 3 月

根据《广东省近岸海域环境功能区划》（粤府办〔1999〕68号）及《广东省人

民政府关于同意调整汕尾市部分近岸海域环境功能区划的批复》(粤府函〔2013〕127号)、《广东省生态环境厅关于同意调整广东陆丰核电近岸海域环境功能区划的函》(粤环函〔2021〕634号)、《广东省生态环境厅关于同意调整汕尾东海岸、碣石局部海域近岸海域环境功能区划的函》(粤环函〔2024〕421号),各调查站位执行水质标准见表 5.1.3-5 和图 5.1.3-4。

表 5.1.3-5 2025 年 3 月调查站位所处广东省近岸海域水质执行标准

| 站位 | 执行水质标准 |
|---|--------|
| SW01、SW02、SW03、SW06、SW09、SW10、SW11、SW12 | 一类水质目标 |
| SW04、SW05、SW21、SW22 | 二类水质目标 |
| SW07、SW08、SW23、SW24 | 三类水质目标 |

注: SW13、SW14、SW15、SW16、SW17、SW18、SW19、SW20 站位不在近岸海域范围内,其无水质目标管理要求,按水质类别符合性分析。

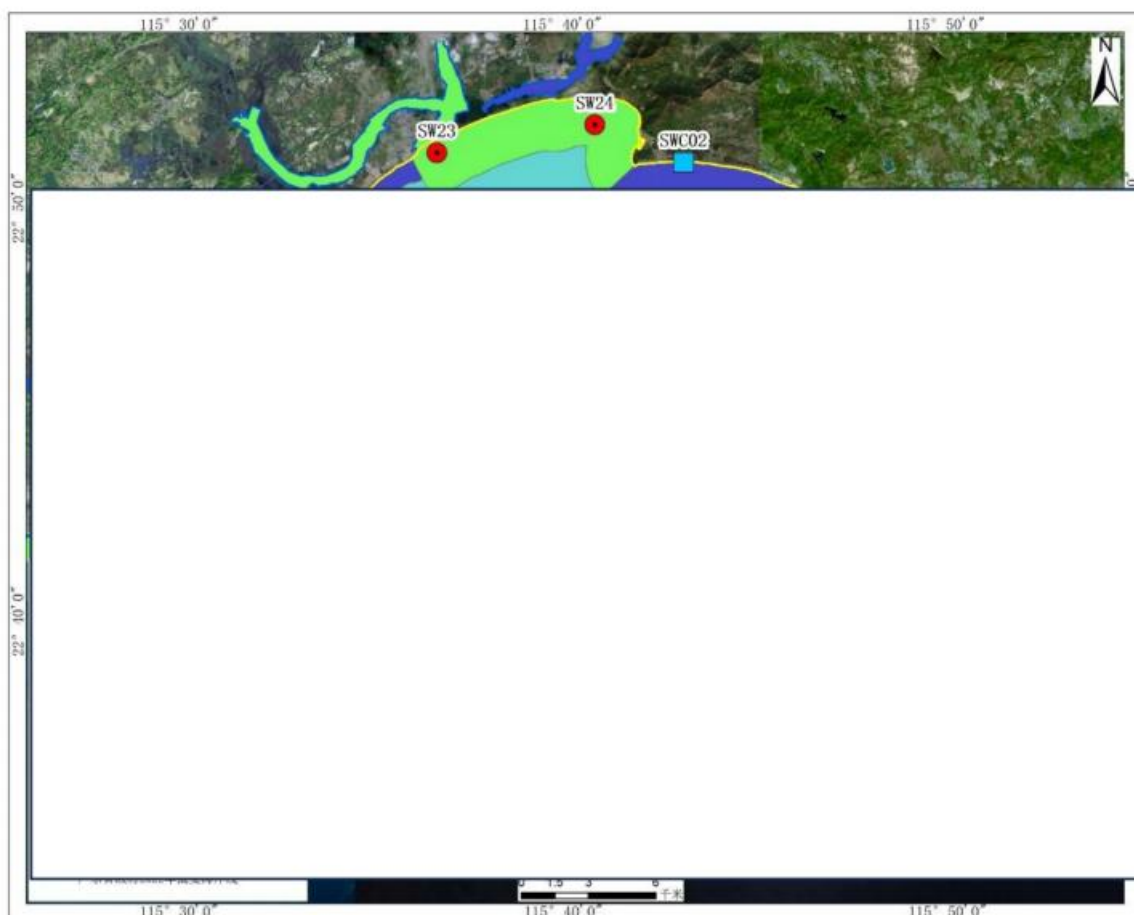


图 5.1.3-4 2025 年 3 月调查站位所处广东省近岸海域功能区示意图

5.1.3.5 调查结果与评价

1、调查结果

(1) 2024 年 11 月

调查海域中 28 个站位的水质监测结果分别见表 5.1.3-6。

海水的 pH 变化范围为 8.00~8.20，平均为 8.13，其中 SW20 站位底层海水的 pH 值最高，SW09 站位底层海水的 pH 值最低。

海水的盐度值变化范围为 28.311‰~32.082‰，平均为 30.984‰，其中 SW19 站位底层海水的盐度值最高，SW28 站位表层海水的盐度值最低。

海水的溶解氧含量变化范围为 6.63mg/L~7.20mg/L，平均为 6.95mg/L，其中 SW22 站位表层海水的溶解氧含量值最高，SW09 站位底层海水的溶解氧含量值最低。

海水的悬浮物含量变化范围为 12.0mg/L~37.8mg/L，平均为 19.0mg/L，其中 SW26 站位表层海水的悬浮物含量值最高，SW20 站位底层海水的悬浮物含量值最低。

海水的化学需氧量含量变化范围为 0.24mg/L~1.43mg/L，平均为 0.94mg/L，其中 SW18 站位表层和底层海水的化学需氧量含量值最高，SW03 站位表层海水的化学需氧量含量值最低。

海水的无机氮含量变化范围为 0.0524mg/L~0.293mg/L，平均为 0.107mg/L，其中 SW27 站位表层海水的无机氮含量值最高，SW22 站位底层海水的无机氮含量值最低。

海水的活性磷酸盐含量变化范围为 0.0038mg/L~0.0141mg/L，平均为 0.0077mg/L，其中 SW27 站位表层海水的活性磷酸盐含量值最高，SW21 站位底层海水的活性磷酸盐含量值最低。

海水的氟化物含量变化范围为 0.57mg/L~0.62mg/L，平均为 0.59mg/L，其中 SW05 站位表层和 SW06 站位表层等海水的氟化物含量值最高，SW09 站位表层和 SW12 站位表层等海水的氟化物含量值最低。

海水的氰化物含量值均为 0.0005mg/L，平均为 0.0001mg/L。

海水的石油类含量变化范围为 0.0040mg/L~0.0189mg/L，平均为 0.0101mg/L，其中 SW14 站位表层海水的石油类含量值最高，SW12 站位表层海水的石油类含量值最低。

海水的锌含量变化范围为 0.0043mg/L~0.0154mg/L，平均为 0.0086mg/L，其中 SW11 站位表层海水的锌含量值最高，SW18 站位表层海水的锌含量值最低。

海水的挥发酚含量变化范围为 1.1μg/L~1.9μg/L，平均为 1.0μg/L，其中 SW20 站位表层海水的挥发酚含量值最高。

海水的硫化物含量变化范围为 0.2L $\mu\text{g/L}$ ~1.0 $\mu\text{g/L}$ ，平均为 0.3 $\mu\text{g/L}$ ，其中 SW04 站位表层和 SW25 站位表层海水的硫化物含量值最高。

海水的汞含量变化范围为 0.007L $\mu\text{g/L}$ ~0.016 $\mu\text{g/L}$ ，平均为 0.006 $\mu\text{g/L}$ ，其中 SW06 站位表层海水的汞含量值最高。

海水的砷含量变化范围为 1.2 $\mu\text{g/L}$ ~2.5 $\mu\text{g/L}$ ，平均为 1.4 $\mu\text{g/L}$ ，其中 SW02 站位表层海水的砷含量值最高，SW05 站位表层和 SW09 站位表层等海水的砷含量值最低。

海水的铜含量变化范围为 0.8 $\mu\text{g/L}$ ~4.2 $\mu\text{g/L}$ ，平均为 2.2 $\mu\text{g/L}$ ，其中 SW22 站位表层海水的铜含量值最高，SW16 站位表层海水的铜含量值最低。

海水的铅含量变化范围为 0.28 $\mu\text{g/L}$ ~0.86 $\mu\text{g/L}$ ，平均为 0.59 $\mu\text{g/L}$ ，其中 SW17 站位表层和底层海水的铅含量值最高，SW21 站位表层海水的铅含量值最低。

海水的镉含量变化范围为 0.22 $\mu\text{g/L}$ ~0.75 $\mu\text{g/L}$ ，平均为 0.47 $\mu\text{g/L}$ ，其中 SW15 站位表层海水的镉含量值最高，SW11 站位表层海水的镉含量值最低。

海水的总铬含量变化范围为 0.4 $\mu\text{g/L}$ ~3.9 $\mu\text{g/L}$ ，平均为 1.2 $\mu\text{g/L}$ ，其中 SW10 站表层海水的总铬含量值最高，SW24 站位底层海水的总铬含量值最低。

(2) 2025 年 3 月

调查海域中 24 个站位的水质监测结果分别见表 5.1.3-7。

海水的 pH 变化范围为 8.04~8.20，平均为 8.15，其中 SW14 站位底层和 SW19 站位底层等海水的 pH 值最高，SW23 站位表层海水的 pH 值最低。

海水的盐度值变化范围为 31.457‰~33.953‰，平均为 32.932‰，其中 SW19 站位底层海水的盐度值最高，SW23 站位表层海水的盐度值最低。

海水的溶解氧含量变化范围为 6.23mg/L~7.48mg/L，平均为 6.91mg/L，其中 SW20 站位表层海水的溶解氧含量值最高，SW05 站位底层海水的溶解氧含量值最低。

海水的悬浮物含量变化范围为 5.9mg/L~20.7mg/L，平均为 11.6mg/L，其中 SW04 站位表层海水的悬浮物含量值最高，SW19 站位底层海水的悬浮物含量值最低。

海水的化学需氧量含量变化范围为 0.16mg/L~0.97mg/L，平均为 0.51mg/L，其中 SW16 站位底层海水的化学需氧量含量值最高，SW11 站位底层海水的化学需氧量含量值最低。

海水的无机氮含量变化范围为 0.0642mg/L~0.171mg/L，平均为 0.113mg/L，其中 SW21 站位表层海水的无机氮含量值最高，SW19 站位底层海水的无机氮含量值

最低。

海水的活性磷酸盐含量变化范围为 0.0043mg/L~0.0134mg/L，平均为 0.0085mg/L，其中 SW21 站位表层海水的活性磷酸盐含量值最高，SW20 站位底层海水的活性磷酸盐含量值最低。

海水的石油类含量变化范围为 0.0054mg/L~0.0338mg/L，平均为 0.0118mg/L，其中 SW12 站位表层海水的石油类含量值最高，SW09 站位表层和 SW10 站位表层海水的石油类含量值最低。

海水的锌含量变化范围为 0.0067mg/L~0.0127mg/L，平均为 0.0102mg/L，其中 SW06 站位表层和 SW12 站位底层海水的锌含量值最高，SW09 站位底层和 SW16 站位表层等海水的锌含量值最低。

海水的挥发酚含量变化范围为 1.1 μ g/L~2.1 μ g/L，平均为 1.0 μ g/L，其中 SW24 站位表层海水的挥发酚含量值最高。

海水的硫化物含量变化范围为 0.2 μ g/L~0.4 μ g/L，平均为 0.1 μ g/L，其中 SW04 站位表层和 SW05 站位表层等海水的硫化物含量值最高。

海水的汞含量变化范围为 0.007 μ g/L~0.016 μ g/L，平均为 0.009 μ g/L，其中 SW22 站位表层海水的汞含量值最高。

海水的砷含量变化范围为 0.7 μ g/L~3.8 μ g/L，平均为 1.0 μ g/L，其中 SW08 站位表层海水的砷含量值最高，SW14 站位表层和 SW18 站位底层等海水的砷含量值最低。

海水的铜含量变化范围为 0.9 μ g/L~2.5 μ g/L，平均为 1.5 μ g/L，其中 SW06 站位表层海水的铜含量值最高，SW07 站位表层和 SW12 站位表层海水的铜含量值最低。

海水的铅含量变化范围为 0.23 μ g/L~0.93 μ g/L，平均为 0.56 μ g/L，其中 SW01 站位表层和 SW04 站位表层海水的铅含量值最高，SW07 站位表层海水的铅含量值最低。

海水的镉含量变化范围为 0.16 μ g/L~0.50 μ g/L，平均为 0.32 μ g/L，其中 SW16 站位底层海水的镉含量值最高，SW12 站位底层和 SW13 站位表层等海水的镉含量值最低。

海水的总铬含量变化范围为 0.5 μ g/L~2.4 μ g/L，平均为 1.2 μ g/L，其中 SW19 站位表层海水的总铬含量值最高，SW18 站位底层和 SW23 站位表层海水的总铬含量值最低。

2、评价结果

(1) 2024 年 11 月

采用上述单项指数法，对现状监测结果进行标准指数计算，各监测点水质评价因子的标准指数见表 5.1.3-8 (a)、表 5.1.3-8 (b)、表 5.1.3-8 (c)、表 5.1.3-8 (d)。

调查海域执行海水水质第一类标准要求的调查站位有：SW01、SW02、SW03、SW08、SW11、SW12、SW13、SW23、SW24。由监测结果及标准指数表结果可知：所有水质监测因子均符合海水水质第一类标准要求。

调查海域执行海水水质第二类标准要求的调查站位有：SW04、SW06、SW07、SW25、SW26。由监测结果及标准指数表结果可知：所有水质监测因子均符合海水水质第二类标准要求。

调查海域执行海水水质第三类标准要求的调查站位有：SW05、SW09、SW27、SW28。由监测结果及标准指数表结果可知：所有水质监测因子均符合海水水质第三类标准要求。

SW10、SW14、SW15、SW16、SW17、SW18、SW19、SW20、SW21、SW22 站位不位于近岸海域功能区划中，无水质目标管理要求，按水质类别符合性分析，即其水质标准即从第一类标准开始评价，超过评价标准的检测结果，按下一级标准评价，超过第四类海水水质标准的检测数据，评价至第四类海水水质标准。由监测结果及标准指数表结果可知：所有水质监测因子均符合海水水质第一类标准要求。

(2) 2025 年 3 月

采用上述单项指数法，对现状监测结果进行标准指数计算，各监测点水质评价因子的标准指数见表 5.1.3-9 (a)、表 5.1.3-9 (b)、表 5.1.3-9 (c)、表 5.1.3-9 (d)。

调查海域执行海水水质第一类标准要求的调查站位有：SW01、SW02、SW03、SW06、SW09、SW10、SW11、SW12。由监测结果及标准指数表结果可知：所有水质监测因子均符合海水水质第一类标准要求。

调查海域执行海水水质第二类标准要求的调查站位有：SW04、SW05、SW21、SW22。由监测结果及标准指数表结果可知：所有水质监测因子均符合海水水质第二类标准要求。

调查海域执行海水水质第三类标准要求的调查站位有：SW07、SW08、SW23、SW24。由监测结果及标准指数表结果可知：所有水质监测因子均符合海水水质第

三类标准要求。

SW13、SW14、SW15、SW16、SW17、SW18、SW19、SW20 站位不位于近岸海域功能区划中，无水质目标管理要求，按水质类别符合性分析，即其水质标准即从第一类标准开始评价，超过评价标准的检测结果，按下一级标准评价，超过第四类海水水质标准的检测数据，评价至第四类海水水质标准。由监测结果及标准指数表结果可知：所有水质监测因子均符合海水水质第一类标准要求。

表 5.1.3-6 2024 年 11 月海水水质监测结果

| 站位 | 层次 | 水温 | 水深 | pH | 盐度 | 溶解氧 | 悬浮物 | 化学需氧量 | 硝酸盐氮 | 亚硝酸盐氮 | 氨氮 | 无机氮 | 活性磷酸盐 | 氟化物 | 氰化物 | 油类 | 锌 | 挥发酚 | 硫化物 | 汞 | 砷 | 铜 | 铅 | 镉 | 总铬 |
|------|-----|------|------|------|--------|------|------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|------|---------|--------|--------|------|------|--------|-----|-----|------|------|-----|
| | | °C | m | / | ‰ | mg/L | | | | | | | | | | | | µg/L | | | | | | | |
| SW01 | 表层 | 22.7 | 4.1 | 8.02 | 28.732 | 7.03 | 17.5 | 0.68 | 0.115 | 0.0269 | 0.0287 | 0.171 | 0.0116 | 0.62 | 0.0005L | 0.0095 | 0.0106 | 1.1L | 0.7 | 0.007L | 1.6 | 1.0 | 0.56 | 0.62 | 1.0 |
| SW02 | 表层 | 22.8 | 8.9 | 8.04 | 29.208 | 7.04 | 16.1 | 0.73 | 0.102 | 0.0215 | 0.0347 | 0.158 | 0.0091 | 0.59 | 0.0005L | 0.0087 | 0.0096 | 1.5 | 0.2 | 0.010 | 2.5 | 2.3 | 0.73 | 0.48 | 1.2 |
| SW03 | 表层 | 22.8 | 8.2 | 8.04 | 29.322 | 7.09 | 14.1 | 0.24 | 0.0927 | 0.0265 | 0.0271 | 0.146 | 0.0106 | 0.61 | 0.0005L | 0.0094 | 0.0069 | 1.1L | 0.3 | 0.007L | 1.5 | 2.3 | 0.52 | 0.63 | 1.3 |
| SW04 | 表层 | 22.7 | 5.6 | 8.03 | 29.216 | 7.01 | 15.7 | 0.82 | 0.102 | 0.0262 | 0.0312 | 0.159 | 0.0126 | 0.61 | 0.0005L | 0.0103 | 0.0085 | 1.5 | 1.0 | 0.007L | 1.4 | 1.5 | 0.51 | 0.63 | 0.7 |
| SW05 | 表层 | 22.8 | 9.6 | 8.15 | 30.865 | 7.11 | 18.6 | 1.06 | 0.104 | 0.0064 | 0.0241 | 0.134 | 0.0094 | 0.62 | 0.0005L | 0.0133 | 0.0090 | 1.2 | 0.7 | 0.007L | 1.2 | 2.8 | 0.47 | 0.40 | 1.8 |
| SW06 | 表层 | 22.3 | 7.9 | 8.11 | 31.024 | 7.06 | 24.2 | 0.41 | 0.0987 | 0.0146 | 0.0210 | 0.134 | 0.0094 | 0.62 | 0.0005L | 0.0104 | 0.0080 | 1.1L | 0.6 | 0.016 | 1.6 | 1.6 | 0.68 | 0.31 | 2.3 |
| SW07 | 表层 | 22.9 | 9.8 | 8.13 | 31.275 | 7.02 | 25.6 | 0.51 | 0.0776 | 0.0153 | 0.0199 | 0.113 | 0.0086 | 0.62 | 0.0005L | 0.0068 | 0.0053 | 1.2 | 0.3 | 0.007L | 1.4 | 2.3 | 0.64 | 0.42 | 1.0 |
| SW08 | 表层 | 22.4 | 9.6 | 8.11 | 30.661 | 7.10 | 16.4 | 1.35 | 0.0859 | 0.0092 | 0.0270 | 0.122 | 0.0087 | 0.59 | 0.0005L | 0.0092 | 0.0069 | 1.5 | 0.3 | 0.007L | 1.4 | 1.6 | 0.47 | 0.64 | 1.0 |
| SW09 | 表层 | 22.6 | 15.3 | 8.01 | 30.989 | 7.07 | 29.0 | 1.31 | 0.117 | 0.0109 | 0.0367 | 0.165 | 0.0086 | 0.57 | 0.0005L | 0.0143 | 0.0069 | 1.1L | 0.5 | 0.010 | 1.2 | 2.6 | 0.72 | 0.35 | 3.1 |
| | 底层 | 22.7 | / | 8.00 | 31.386 | 6.63 | 25.8 | 1.25 | 0.0709 | 0.0105 | 0.0223 | 0.104 | 0.0073 | 0.60 | 0.0005L | / | 0.0080 | 1.2 | 0.5 | 0.007L | 1.9 | 3.0 | 0.80 | 0.37 | 0.7 |
| | 平均值 | 22.7 | / | 8.01 | 31.188 | 6.85 | 27.4 | 1.28 | 0.0940 | 0.0107 | 0.0295 | 0.135 | 0.0080 | 0.59 | 0.0001 | 0.0143 | 0.0075 | 0.9 | 0.5 | 0.006 | 1.6 | 2.8 | 0.76 | 0.36 | 1.9 |
| SW10 | 表层 | 22.8 | 20.5 | 8.15 | 31.268 | 7.12 | 24.1 | 0.90 | 0.0643 | 0.0047 | 0.0157 | 0.0847 | 0.0078 | 0.60 | 0.0005L | 0.0087 | 0.0085 | 1.1L | 0.2 | 0.008 | 1.4 | 2.9 | 0.72 | 0.42 | 3.9 |
| | 底层 | 22.9 | / | 8.16 | 31.682 | 6.81 | 30.2 | 0.78 | 0.0507 | 0.0047 | 0.0118 | 0.0672 | 0.0064 | 0.61 | 0.0005L | / | 0.0069 | 1.2 | 0.2 | 0.007L | 1.4 | 2.8 | 0.64 | 0.46 | 3.1 |
| | 平均值 | 22.9 | / | 8.16 | 31.475 | 6.97 | 27.2 | 0.84 | 0.0575 | 0.0047 | 0.0138 | 0.0760 | 0.0071 | 0.61 | 0.0001 | 0.0087 | 0.0077 | 0.9 | 0.2 | 0.005 | 1.4 | 2.9 | 0.68 | 0.44 | 3.5 |
| SW11 | 表层 | 22.4 | 15.4 | 8.11 | 31.361 | 7.06 | 12.9 | 1.02 | 0.0899 | 0.0087 | 0.0231 | 0.122 | 0.0087 | 0.58 | 0.0005L | 0.0079 | 0.0154 | 1.1L | 0.2 | 0.011 | 1.5 | 1.5 | 0.69 | 0.22 | 1.1 |
| | 底层 | 22.5 | / | 8.11 | 31.695 | 6.87 | 14.2 | 0.86 | 0.0701 | 0.0082 | 0.0206 | 0.0989 | 0.0081 | 0.59 | 0.0005L | / | 0.0080 | 1.1L | 0.2 | 0.007L | 1.4 | 0.9 | 0.69 | 0.44 | 1.0 |
| | 平均值 | 22.5 | / | 8.11 | 31.528 | 6.97 | 13.6 | 0.94 | 0.0800 | 0.0085 | 0.0219 | 0.110 | 0.0084 | 0.59 | 0.0001 | 0.0079 | 0.0117 | 0.6 | 0.2 | 0.006 | 1.5 | 1.2 | 0.69 | 0.33 | 1.1 |
| SW12 | 表层 | 22.3 | 17.6 | 8.11 | 31.216 | 7.04 | 13.7 | 1.22 | 0.0796 | 0.0086 | 0.0218 | 0.110 | 0.0082 | 0.57 | 0.0005L | 0.0040 | 0.0106 | 1.5 | 0.2 | 0.007L | 1.4 | 1.5 | 0.68 | 0.28 | 1.1 |
| | 底层 | 22.6 | / | 8.11 | 31.604 | 6.84 | 15.1 | 1.00 | 0.0636 | 0.0083 | 0.0196 | 0.0915 | 0.0078 | 0.58 | 0.0005L | / | 0.0106 | 1.2 | 0.2 | 0.007L | 1.3 | 2.3 | 0.72 | 0.41 | 1.3 |
| | 平均值 | 22.5 | / | 8.11 | 31.410 | 6.94 | 14.4 | 1.11 | 0.0716 | 0.0085 | 0.0207 | 0.101 | 0.0080 | 0.58 | 0.0001 | 0.0040 | 0.0106 | 1.4 | 0.2 | 0.002 | 1.4 | 1.9 | 0.7 | 0.35 | 1.2 |
| SW13 | 表层 | 22.8 | 16.2 | 8.18 | 30.854 | 7.03 | 15.3 | 1.18 | 0.0999 | 0.0124 | 0.0307 | 0.143 | 0.0099 | 0.59 | 0.0005L | 0.0131 | 0.0069 | 1.2 | 0.6 | 0.010 | 1.7 | 1.1 | 0.54 | 0.41 | 0.8 |
| | 底层 | 22.9 | / | 8.18 | 30.962 | 6.68 | 12.5 | 1.26 | 0.0866 | 0.0126 | 0.0266 | 0.126 | 0.0091 | 0.58 | 0.0005L | / | 0.0069 | 1.1L | 0.7 | 0.007L | 1.2 | 0.9 | 0.76 | 0.41 | 0.9 |
| | 平均值 | 22.9 | / | 8.18 | 30.908 | 6.86 | 13.9 | 1.22 | 0.0933 | 0.0125 | 0.0287 | 0.135 | 0.0095 | 0.59 | 0.0001 | 0.0131 | 0.0069 | 0.9 | 0.7 | 0.006 | 1.5 | 1.0 | 0.65 | 0.41 | 0.9 |
| SW14 | 表层 | 23.0 | 21.5 | 8.18 | 31.160 | 7.08 | 14.1 | 1.31 | 0.0798 | 0.0047 | 0.0275 | 0.112 | 0.0084 | 0.59 | 0.0005L | 0.0189 | 0.0085 | 1.1L | 0.3 | 0.010 | 1.7 | 1.2 | 0.81 | 0.28 | 1.0 |
| | 底层 | 23.1 | / | 8.18 | 31.264 | 6.71 | 13.1 | 1.14 | 0.0684 | 0.0044 | 0.0222 | 0.0950 | 0.0080 | 0.59 | 0.0005L | / | 0.0111 | 1.1L | 0.4 | 0.008 | 1.4 | 1.0 | 0.55 | 0.40 | 1.0 |
| | 平均值 | 23.1 | / | 8.18 | 31.212 | 6.90 | 13.6 | 1.23 | 0.0741 | 0.0046 | 0.0249 | 0.104 | 0.0082 | 0.59 | 0.0001 | 0.0189 | 0.0098 | 0.6 | 0.4 | 0.009 | 1.6 | 1.1 | 0.68 | 0.34 | 1.0 |
| SW15 | 表层 | 23.2 | 17.2 | 8.16 | 31.387 | 7.09 | 17.3 | 0.86 | 0.0725 | 0.0034 | 0.0221 | 0.0980 | 0.0074 | 0.59 | 0.0005L | 0.0128 | 0.0075 | 1.2 | 0.2 | 0.013 | 1.4 | 2.3 | 0.69 | 0.75 | 1.1 |
| | 底层 | 23.3 | / | 8.16 | 31.459 | 6.83 | 16.3 | 0.78 | 0.0659 | 0.0031 | 0.0202 | 0.0892 | 0.0063 | 0.59 | 0.0005L | / | 0.0085 | 1.1L | 0.2 | 0.007L | 1.2 | 3.6 | 0.51 | 0.63 | 1.4 |
| | 平均值 | 23.3 | / | 8.16 | 31.423 | 6.96 | 16.8 | 0.82 | 0.0692 | 0.0033 | 0.0212 | 0.0936 | 0.0069 | 0.59 | 0.0001 | 0.0128 | 0.0080 | 0.9 | 0.2 | 0.007 | 1.3 | 3.0 | 0.60 | 0.69 | 1.3 |
| SW16 | 表层 | 23.0 | 19.8 | 8.17 | 31.268 | 7.08 | 20.7 | 0.87 | 0.0649 | 0.0032 | 0.0232 | 0.0913 | 0.0067 | 0.59 | 0.0005L | 0.0085 | 0.0090 | 1.6 | 0.2 | 0.007L | 1.2 | 0.8 | 0.33 | 0.56 | 0.9 |
| | 底层 | 23.2 | / | 8.17 | 31.359 | 6.79 | 17.8 | 0.94 | 0.0497 | 0.0028 | 0.0185 | 0.0710 | 0.0056 | 0.59 | 0.0005L | / | 0.0096 | 1.2 | 0.2 | 0.011 | 1.2 | 2.8 | 0.39 | 0.46 | 0.8 |
| | 平均值 | 23.1 | / | 8.17 | 31.314 | 6.94 | 19.3 | 0.91 | 0.0573 | 0.0030 | 0.0209 | 0.0812 | 0.0062 | 0.59 | 0.0001 | 0.0085 | 0.0093 | 1.4 | 0.2 | 0.006 | 1.2 | 1.8 | 0.36 | 0.51 | 0.9 |
| SW17 | 表层 | 22.8 | 20.6 | 8.15 | 31.324 | 7.09 | 21.4 | 0.45 | 0.0589 | 0.0046 | 0.0151 | 0.0786 | 0.0063 | 0.59 | 0.0005L | 0.0100 | 0.0096 | 1.6 | 0.2L | 0.007L | 1.2 | 2.6 | 0.86 | 0.39 | 1.5 |
| | 底层 | 22.9 | / | 8.16 | 31.671 | 6.79 | 29.7 | 0.78 | 0.0467 | 0.0046 | 0.0106 | 0.0619 | 0.0060 | 0.59 | 0.0005L | / | 0.0059 | 1.1L | 0.2L | 0.007L | 1.2 | 2.6 | 0.86 | 0.37 | 1.8 |
| | 平均值 | 22.9 | 20.6 | 8.16 | 31.498 | 6.94 | 25.6 | 0.62 | 0.0528 | 0.0046 | 0.0129 | 0.0703 | 0.0062 | 0.59 | 0.0001 | 0.0100 | 0.0078 | 1.1 | 0.1 | 0.002 | 1.2 | 2.6 | 0.86 | 0.38 | 1.7 |
| SW18 | 表层 | 23.0 | 22.3 | 8.18 | 31.591 | 7.15 | 13.2 | 1.43 | 0.0736 | 0.0032 | 0.0243 | 0.101 | 0.0071 | 0.60 | 0.0005L | 0.0121 | 0.0043 | 1.1L | 0.3 | 0.007L | 1.3 | 2.3 | 0.66 | 0.73 | 1.0 |
| | 底层 | 23.1 | / | 8.18 | 31.855 | 6.66 | 12.3 | 1.43 | 0.0627 | 0.0032 | 0.0186 | 0.0845 | 0.0066 | 0.59 | 0.0005L | / | 0.0096 | 1.1L | 0.3 | 0.009 | 1.4 | 4.0 | 0.63 | 0.46 | 1.2 |
| | 平均值 | 23.1 | / | 8.18 | 31.723 | 6.91 | 12.8 | 1.43 | 0.0682 | 0.0032 | 0.0215 | 0.0928 | 0.0069 | 0.60 | 0.0001 | 0.0121 | 0.0070 | 0.6 | 0.3 | 0.005 | 1.4 | 3.2 | 0.65 | 0.60 | 1.1 |
| SW19 | 表层 | 23.2 | 26.5 | 8.17 | 31.616 | 7.15 | 14.6 | 1.26 | 0.0594 | 0.0033 | 0.0233 | 0.0860 | 0.0066 | 0.58 | 0.0005L | 0.0069 | 0.0080 | 1.1L | 0.2L | 0.009 | 1.4 | 3.2 | 0.33 | 0.36 | 1.1 |
| | 10m | 23.3 | / | 8.17 | 31.806 | 6.86 | 13.4 | 1.06 | 0.0536 | 0.0030 | 0.0203 | 0.0769 | 0.0061 | 0.57 | 0.0005L | / | 0.0075 | 1.2 | 0.2L | 0.007L | 1.2 | 2.8 | 0.64 | 0.36 | 0.7 |
| | 底层 | 23.5 | / | 8.19 | 32.082 | 6.69 | 14.2 | 0.94 | 0.0491 | 0.0027 | 0.0162 | 0.0680 | 0.0057 | 0.58 | 0.0005L | / | 0.0075 | 1.1L | 0.2L | 0.010 | 1.3 | 3.1 | 0.48 | 0.42 | 0.8 |
| | 平均值 | 23.3 | / | 8.18 | 31.835 | 6.90 | 14.1 | 1.09 | 0.0540 | 0.0030 | 0.0199 | 0.0770 | 0.0061 | 0.58 | 0.0001 | 0.0069 | 0.0077 | 0.8 | 0.1 | 0.007 | 1.3 | 3.0 | 0.48 | 0.38 | 0.9 |
| SW20 | 表层 | 23.1 | 28.6 | 8.18 | 31.567 | 7.19 | 14.9 | 1.02 | 0.0550 | 0.0036 | 0.0215 | 0.0801 | 0.0054 | 0.59 | 0.0005L | 0.0146 | 0.0090 | 1.9 | 0.2L | 0.008 | 1.2 | 2.2 | 0.47 | 0.74 | 0.8 |
| | 10m | 23.1 | / | 8.19 | 31.671 | 6.90 | 13.5 | 0.73 | 0.0494 | 0.0033 | 0.0191 | 0.0718 | 0.0051 | 0.59 | 0.0005L | / | 0.0106 | 1.6 | 0.2L | 0.007L | 1.4 | 2.2 | 0.41 | 0.30 | 1.1 |

| 站位 | 层次 | 水温 | 水深 | pH | 盐度 | 溶解氧 | 悬浮物 | 化学需氧量 | 硝酸盐氮 | 亚硝酸盐氮 | 氨氮 | 无机氮 | 活性磷酸盐 | 氟化物 | 氰化物 | 油类 | 锌 | 挥发酚 | 硫化物 | 汞 | 砷 | 铜 | 铅 | 镉 | 总铬 |
|------|-----|------|------|------|--------|------|------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|------|---------|--------|--------|------|------|--------|-----|-----|------|------|-----|
| | | °C | m | / | ‰ | mg/L | | | | | | | | | | | | µg/L | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 底层 | 23.3 | / | 8.20 | 31.762 | 6.77 | 12.0 | 0.94 | 0.0437 | 0.0032 | 0.0160 | 0.0629 | 0.0042 | 0.60 | 0.0005L | / | 0.0090 | 1.1L | 0.2L | 0.012 | 1.3 | 2.2 | 0.33 | 0.38 | 0.8 |
| | 平均值 | 23.2 | / | 8.19 | 31.667 | 6.95 | 13.5 | 0.90 | 0.0494 | 0.0034 | 0.0189 | 0.0716 | 0.0049 | 0.59 | 0.0001 | 0.0146 | 0.0095 | 1.4 | 0.1 | 0.007 | 1.3 | 2.2 | 0.40 | 0.47 | 0.9 |
| SW21 | 表层 | 23.0 | 27.2 | 8.17 | 31.494 | 7.12 | 18.6 | 0.69 | 0.0535 | 0.0027 | 0.0219 | 0.0781 | 0.0050 | 0.59 | 0.0005L | 0.0078 | 0.0138 | 1.6 | 0.2L | 0.007L | 1.2 | 3.9 | 0.28 | 0.38 | 1.8 |
| | 10m | 23.0 | / | 8.18 | 31.346 | 6.88 | 19.5 | 0.90 | 0.0489 | 0.0025 | 0.0198 | 0.0712 | 0.0045 | 0.59 | 0.0005L | / | 0.0138 | 1.2 | 0.2L | 0.010 | 1.7 | 1.6 | 0.51 | 0.56 | 1.1 |
| SW21 | 底层 | 23.2 | / | 8.18 | 31.528 | 6.69 | 33.0 | 0.88 | 0.0439 | 0.0023 | 0.0179 | 0.0641 | 0.0038 | 0.59 | 0.0005L | / | 0.0096 | 1.1L | 0.2L | 0.009 | 1.2 | 1.7 | 0.35 | 0.43 | 0.6 |
| | 平均值 | 23.1 | / | 8.18 | 31.456 | 6.90 | 23.7 | 0.82 | 0.0488 | 0.0025 | 0.0199 | 0.0711 | 0.0044 | 0.59 | 0.0001 | 0.0078 | 0.0124 | 1.1 | 0.1 | 0.007 | 1.4 | 2.4 | 0.38 | 0.46 | 1.2 |
| | 表层 | 23.0 | 26.8 | 8.15 | 31.423 | 7.20 | 17.4 | 1.02 | 0.0474 | 0.0050 | 0.0191 | 0.0715 | 0.0063 | 0.59 | 0.0005L | 0.0094 | 0.0053 | 1.1L | 0.2L | 0.007L | 1.2 | 4.2 | 0.52 | 0.41 | 1.9 |
| | 10m | 23.0 | / | 8.16 | 31.368 | 6.91 | 16.6 | 1.02 | 0.0434 | 0.0047 | 0.0150 | 0.0631 | 0.0061 | 0.60 | 0.0005L | / | 0.0064 | 1.2 | 0.2L | 0.007L | 1.2 | 2.9 | 0.80 | 0.60 | 0.7 |
| SW22 | 底层 | 23.2 | / | 8.18 | 31.572 | 6.74 | 16.5 | 0.78 | 0.0388 | 0.0044 | 0.0092 | 0.0524 | 0.0045 | 0.60 | 0.0005L | / | 0.0096 | 1.1L | 0.2L | 0.009 | 1.2 | 4.1 | 0.84 | 0.53 | 1.2 |
| | 平均值 | 23.1 | / | 8.16 | 31.454 | 6.95 | 16.8 | 0.94 | 0.0432 | 0.0047 | 0.0144 | 0.0623 | 0.0056 | 0.60 | 0.0001 | 0.0094 | 0.0071 | 0.8 | 0.1 | 0.004 | 1.2 | 3.7 | 0.72 | 0.51 | 1.3 |
| | 表层 | 22.4 | 16.2 | 8.12 | 31.305 | 7.05 | 21.5 | 1.02 | 0.0780 | 0.0054 | 0.0248 | 0.108 | 0.0080 | 0.59 | 0.0005L | 0.0100 | 0.0080 | 1.1L | 0.2 | 0.011 | 1.4 | 1.2 | 0.73 | 0.62 | 0.8 |
| | 底层 | 22.6 | / | 8.14 | 31.602 | 6.83 | 17.0 | 0.65 | 0.0676 | 0.0054 | 0.0218 | 0.0948 | 0.0076 | 0.60 | 0.0005L | / | 0.0080 | 1.2 | 0.2 | 0.007L | 1.4 | 1.6 | 0.58 | 0.42 | 1.1 |
| SW23 | 平均值 | 22.5 | / | 8.13 | 31.454 | 6.94 | 19.3 | 0.84 | 0.0728 | 0.0054 | 0.0233 | 0.101 | 0.0078 | 0.60 | 0.0001 | 0.0100 | 0.0080 | 0.9 | 0.2 | 0.006 | 1.4 | 1.4 | 0.66 | 0.52 | 1.0 |
| | 表层 | 22.6 | 18.2 | 8.06 | 31.203 | 7.11 | 27.2 | 1.18 | 0.0931 | 0.0110 | 0.0300 | 0.134 | 0.0067 | 0.60 | 0.0005L | 0.0153 | 0.0064 | 1.1L | 0.3 | 0.007L | 1.4 | 2.7 | 0.43 | 0.37 | 0.9 |
| | 底层 | 22.7 | / | 8.08 | 31.396 | 6.68 | 28.5 | 1.18 | 0.0699 | 0.0106 | 0.0159 | 0.0964 | 0.0062 | 0.60 | 0.0005L | / | 0.0090 | 1.1L | 0.4 | 0.007L | 1.2 | 3.0 | 0.48 | 0.41 | 0.4 |
| SW24 | 平均值 | 22.7 | / | 8.07 | 31.300 | 6.90 | 27.9 | 1.18 | 0.0815 | 0.0108 | 0.0230 | 0.115 | 0.0065 | 0.60 | 0.0001 | 0.0153 | 0.0077 | 0.6 | 0.4 | 0.002 | 1.3 | 2.9 | 0.46 | 0.39 | 0.7 |
| SW25 | 表层 | 22.6 | 2.6 | 8.01 | 29.024 | 7.10 | 25.2 | 0.69 | 0.117 | 0.0150 | 0.0321 | 0.164 | 0.0105 | 0.61 | 0.0005L | 0.0088 | 0.0106 | 1.2 | 1.0 | 0.010 | 1.3 | 1.3 | 0.48 | 0.52 | 0.5 |
| SW26 | 表层 | 22.6 | 4.7 | 8.01 | 28.928 | 6.95 | 37.8 | 0.90 | 0.106 | 0.0150 | 0.0225 | 0.144 | 0.0095 | 0.62 | 0.0005L | 0.0068 | 0.0090 | 1.5 | 0.8 | 0.008 | 1.5 | 1.2 | 0.60 | 0.59 | 0.7 |
| SW27 | 表层 | 22.9 | 5.2 | 8.05 | 28.548 | 6.94 | 17.3 | 1.04 | 0.208 | 0.0213 | 0.0633 | 0.293 | 0.0141 | 0.60 | 0.0005L | 0.0061 | 0.0090 | 1.1L | 0.7 | 0.009 | 1.6 | 1.0 | 0.69 | 0.64 | 1.2 |
| SW28 | 表层 | 22.8 | 3.4 | 8.05 | 28.311 | 6.98 | 14.9 | 0.78 | 0.0758 | 0.0266 | 0.0295 | 0.132 | 0.0116 | 0.60 | 0.0005L | 0.0104 | 0.0075 | 1.2 | 0.9 | 0.008 | 1.9 | 1.3 | 0.45 | 0.60 | 1.8 |
| | 最小值 | 22.3 | 2.6 | 8.00 | 28.311 | 6.63 | 12.0 | 0.24 | 0.0388 | 0.0023 | 0.0092 | 0.0524 | 0.0038 | 0.57 | 0.0005L | 0.0040 | 0.0043 | 1.1L | 0.2L | 0.007L | 1.2 | 0.8 | 0.28 | 0.22 | 0.4 |
| | 最大值 | 23.5 | 28.6 | 8.20 | 32.082 | 7.20 | 37.8 | 1.43 | 0.208 | 0.0269 | 0.0633 | 0.293 | 0.0141 | 0.62 | 0.0005L | 0.0189 | 0.0154 | 1.9 | 1.0 | 0.016 | 2.5 | 4.2 | 0.86 | 0.75 | 3.9 |
| | 平均值 | 22.9 | 14.6 | 8.13 | 30.984 | 6.95 | 19.0 | 0.94 | 0.0753 | 0.0088 | 0.0230 | 0.107 | 0.0077 | 0.59 | 0.0001 | 0.0101 | 0.0086 | 1.0 | 0.3 | 0.006 | 1.4 | 2.2 | 0.59 | 0.47 | 1.2 |

注：①包含“L”的检测结果表明其检测结果低于方法检出限，其中数值为方法检出限值，参与计算平均值和标准指数时，若未检出率少于等于1/2，取1/2检出限值参与计算，若未检出率大于1/2，取1/4检出限值参与计算。

②无机氮为氨氮、亚硝酸盐氮和硝酸盐氮的总和。③石油类指标只采集表层样品，水深指标只测量站位即时深度，“/”不参与计算。

表 5.1.3-7 2025 年 3 月海水水质监测结果

| 站位 | 层次 | 水温 | 水深 | pH | 盐度 | 溶解氧 | 悬浮物 | 化学需氧量 | 硝酸盐氮 | 亚硝酸盐氮 | 氨氮 | 无机氮 | 活性磷酸盐 | 石油类 | 锌 | 挥发酚 | 硫化物 | 汞 | 砷 | 铜 | 铅 | 镉 | 总铬 | | |
|------|-----|------|------|------|--------|------|------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|-----|------|-------|-----|-----|------|------|-----|--|--|
| | | °C | m | / | ‰ | mg/L | | | | | | | | | | | | µg/L | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SW01 | 表层 | 17.9 | 3.7 | 8.1 | 31.498 | 6.69 | 16.7 | 0.33 | 0.11 | 0.0058 | 0.0351 | 0.151 | 0.0108 | 0.0103 | 0.0102 | 1.4 | 0.2 | 0.011 | 0.8 | 1.2 | 0.93 | 0.24 | 0.7 | | |
| SW02 | 平均值 | 17.2 | / | 8.15 | 32.501 | 7.04 | 12.7 | 0.58 | 0.0823 | 0.0031 | 0.013 | 0.098 | 0.0084 | 0.0073 | 0.01 | 0.6 | 0.05 | 0.004 | 0.8 | 1.2 | 0.43 | 0.46 | 1 | | |
| SW03 | 表层 | 17.4 | 6.1 | 8.12 | 32.413 | 7.08 | 12.8 | 0.62 | 0.0946 | 0.0035 | 0.0298 | 0.128 | 0.0098 | 0.0148 | 0.0122 | 1.4 | 0.2 | 0.012 | 1.9 | 1.6 | 0.64 | 0.35 | 0.6 | | |
| SW04 | 表层 | 17.4 | 4.8 | 8.09 | 32.205 | 6.78 | 20.7 | 0.86 | 0.119 | 0.0045 | 0.0388 | 0.162 | 0.0127 | 0.0119 | 0.0097 | 1.7 | 0.4 | 0.01 | 0.8 | 2.4 | 0.93 | 0.3 | 1.3 | | |
| SW05 | 平均值 | 17.1 | 13.5 | 8.12 | 32.601 | 6.54 | 9.7 | 0.39 | 0.1023 | 0.0031 | 0.0316 | 0.137 | 0.011 | 0.025 | 0.0117 | 0.8 | 0.35 | 0.004 | 1.4 | 1.8 | 0.49 | 0.3 | 1.1 | | |
| SW06 | 平均值 | 17 | / | 8.16 | 32.696 | 7.07 | 14 | 0.37 | 0.0722 | 0.0036 | 0.021 | 0.097 | 0.0096 | 0.0103 | 0.0117 | 0.8 | 0.05 | 0.013 | 0.9 | 1.8 | 0.65 | 0.31 | 0.8 | | |
| SW07 | 平均值 | 17 | / | 8.14 | 32.785 | 6.94 | 11.7 | 0.37 | 0.0747 | 0.0045 | 0.0235 | 0.103 | 0.0075 | 0.0115 | 0.0115 | 1.3 | 0.3 | 0.009 | 0.9 | 1.2 | 0.44 | 0.24 | 1.1 | | |
| SW08 | 平均值 | 16.8 | / | 8.12 | 32.731 | 6.7 | 11.2 | 0.55 | 0.0816 | 0.0074 | 0.0352 | 0.125 | 0.0077 | 0.0087 | 0.0107 | 0.6 | 0.2 | 0.007 | 2.3 | 1.2 | 0.34 | 0.28 | 1.1 | | |
| SW09 | 平均值 | 17.4 | / | 8.17 | 33.078 | 7.02 | 13.7 | 0.5 | 0.0806 | 0.0039 | 0.0272 | 0.112 | 0.0091 | 0.0054 | 0.0072 | 0.6 | 0.05 | 0.009 | 0.8 | 1.4 | 0.51 | 0.27 | 1.8 | | |
| SW10 | 平均值 | 17.3 | / | 8.19 | 33.104 | 7.07 | 13.3 | 0.45 | 0.0772 | 0.0039 | 0.0176 | 0.099 | 0.0081 | 0.0054 | 0.0112 | 0.8 | 0.05 | 0.013 | 0.8 | 1.5 | 0.68 | 0.36 | 1.2 | | |
| SW11 | 平均值 | 17.2 | / | 8.19 | 33.144 | 7 | 11.1 | 0.35 | 0.0762 | 0.0041 | 0.018 | 0.098 | 0.0081 | 0.0092 | 0.0102 | 0.8 | 0.05 | 0.009 | 0.8 | 1.4 | 0.45 | 0.46 | 1.4 | | |
| SW12 | 平均值 | 17 | / | 8.13 | 32.866 | 6.69 | 8.8 | 0.64 | 0.116 | 0.0053 | 0.0235 | 0.145 | 0.0126 | 0.0338 | 0.0125 | 1.3 | 0.3 | 0.013 | 0.9 | 1.5 | 0.57 | 0.24 | 1.2 | | |
| SW13 | 平均值 | 16.9 | / | 8.16 | 33.407 | 6.88 | 9.6 | 0.7 | 0.104 | 0.0053 | 0.0288 | 0.139 | 0.009 | 0.0147 | 0.0092 | 1.3 | 0.2 | 0.004 | 1.4 | 1.7 | 0.6 | 0.26 | 1 | | |
| SW14 | 平均值 | 17.3 | / | 8.2 | 33.517 | 6.98 | 8.8 | 0.43 | 0.0685 | 0.0036 | 0.0184 | 0.09 | 0.0084 | 0.0098 | 0.0115 | 0.6 | 0.05 | 0.01 | 0.7 | 1.7 | 0.52 | 0.4 | 1.8 | | |
| SW15 | 平均值 | 17.1 | / | 8.19 | 33.201 | 6.93 | 10.2 | 0.46 | 0.0746 | 0.0041 | 0.0273 | 0.106 | 0.0068 | 0.0135 | 0.0112 | 1 | 0.05 | 0.013 | 0.8 | 1.5 | 0.51 | 0.31 | 1.4 | | |
| SW16 | 平均值 | 17.2 | / | 8.18 | 33.173 | 6.98 | 15.5 | 0.63 | 0.0816 | 0.0042 | 0.0303 | 0.116 | 0.008 | 0.0076 | 0.0067 | 1.3 | 0.05 | 0.004 | 0.8 | 1.8 | 0.72 | 0.39 | 1.7 | | |
| SW17 | 平均值 | 16.8 | / | 8.16 | 32.953 | 7.06 | 9.4 | 0.45 | 0.0755 | 0.0041 | 0.0211 | 0.101 | 0.007 | 0.0129 | 0.011 | 1.3 | 0.05 | 0.012 | 0.8 | 1.9 | 0.62 | 0.44 | 1.9 | | |

| 站位 | 层次 | 水温 | 水深 | pH | 盐度 | 溶解氧 | 悬浮物 | 化学需氧量 | 硝酸盐氮 | 亚硝酸盐氮 | 氨氮 | 无机氮 | 活性磷酸盐 | 石油类 | 锌 | 挥发酚 | 硫化物 | 汞 | 砷 | 铜 | 铅 | 镉 | 总铬 |
|------|-----|------|------|------|--------|------|------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|------|--------|-----|-----|------|------|-----|
| | | °C | m | / | ‰ | mg/L | | | | | | | | | | µg/L | | | | | | | |
| SW18 | 平均值 | 17 | / | 8.16 | 33.804 | 6.97 | 11.3 | 0.41 | 0.0662 | 0.0046 | 0.0291 | 0.1 | 0.006 | 0.0118 | 0.0087 | 0.6 | 0.05 | 0.006 | 0.8 | 1.2 | 0.36 | 0.25 | 0.6 |
| SW19 | 平均值 | 17.1 | / | 8.2 | 33.913 | 7.21 | 7 | 0.62 | 0.0491 | 0.0026 | 0.0138 | 0.065 | 0.0051 | 0.0072 | 0.0095 | 0.6 | 0.05 | 0.004 | 0.8 | 1.6 | 0.51 | 0.35 | 2 |
| SW20 | 平均值 | 16.9 | / | 8.19 | 33.879 | 7.02 | 9.8 | 0.63 | 0.0533 | 0.0041 | 0.0205 | 0.078 | 0.0048 | 0.0116 | 0.0082 | 0.9 | 0.05 | 0.009 | 1.4 | 1.5 | 0.67 | 0.32 | 1.4 |
| SW21 | 表层 | 17.6 | 3.5 | 8.08 | 31.879 | 6.62 | 18.8 | 0.33 | 0.127 | 0.0047 | 0.0391 | 0.171 | 0.0134 | 0.0101 | 0.0102 | 1.4 | 0.3 | 0.014 | 0.8 | 1.4 | 0.47 | 0.3 | 1.1 |
| SW22 | 表层 | 17.8 | 3.8 | 8.11 | 31.582 | 6.68 | 11.4 | 0.78 | 0.102 | 0.0057 | 0.0307 | 0.138 | 0.0098 | 0.0096 | 0.0117 | 1.1L | 0.3 | 0.016 | 0.8 | 1.4 | 0.55 | 0.26 | 0.6 |
| SW23 | 表层 | 17.8 | 3.4 | 8.04 | 31.457 | 6.74 | 9.6 | 0.45 | 0.122 | 0.0056 | 0.0392 | 0.167 | 0.0119 | 0.0087 | 0.0112 | 1.7 | 0.3 | 0.007L | 0.9 | 1.2 | 0.39 | 0.21 | 0.5 |
| SW24 | 表层 | 17.6 | 3.8 | 8.11 | 31.543 | 6.64 | 13.1 | 0.41 | 0.0909 | 0.0056 | 0.0276 | 0.124 | 0.0092 | 0.0117 | 0.0102 | 2.1 | 0.4 | 0.008 | 0.8 | 1.4 | 0.85 | 0.29 | 1 |
| | 最小值 | 16.5 | 3.4 | 8.04 | 31.457 | 6.23 | 5.9 | 0.16 | 0.0478 | 0.0026 | 0.0123 | 0.0642 | 0.0043 | 0.0054 | 0.0067 | 1.1L | 0.2L | 0.007L | 0.7 | 0.9 | 0.23 | 0.16 | 0.5 |
| | 最大值 | 17.9 | 30.2 | 8.2 | 33.953 | 7.48 | 20.7 | 0.97 | 0.127 | 0.0084 | 0.0392 | 0.171 | 0.0134 | 0.0338 | 0.0127 | 2.1 | 0.4 | 0.016 | 3.8 | 2.5 | 0.93 | 0.5 | 2.4 |
| | 平均值 | 17.1 | 14.7 | 8.15 | 32.932 | 6.91 | 11.6 | 0.51 | 0.0831 | 0.0043 | 0.0252 | 0.113 | 0.0085 | 0.0118 | 0.0102 | 1 | 0.1 | 0.009 | 1 | 1.5 | 0.56 | 0.32 | 1.2 |

注：①包含“L”的检测结果表明其检测结果低于方法检出限，其中数值为方法检出限值，参与计算平均值和标准指数时，若未检出率少于等于1/2，取1/2检出限值参与计算，若未检出率大于1/2，取1/4检出限值参与计算。
②无机氮为氨氮、亚硝酸盐氮和硝酸盐氮的总和。③石油类指标只采集表层样品，水深指标只测量站位即时深度，“/”不参与计算。

表 5.1.3-8 (a) 2024 年 11 月海水水质监测站位 (执行第一类海水水质标准) 各要素的标准指数

| 站位 | pH | 溶解氧 | 化学需氧量 | 无机氮 | 活性磷酸盐 | 氰化物 | 石油类 | 锌 | 挥发酚 | 硫化物 | 汞 | 砷 | 铜 | 铅 | 镉 | 总铬 |
|------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| SW01 | 0.68 | 0.85 | 0.34 | 0.86 | 0.77 | 0.01 | 0.19 | 0.53 | 0.01 | 0.04 | 0.01 | 0.08 | 0.20 | 0.56 | 0.62 | 0.02 |
| SW02 | 0.69 | 0.85 | 0.37 | 0.79 | 0.61 | 0.01 | 0.17 | 0.48 | 0.30 | 0.01 | 0.20 | 0.13 | 0.46 | 0.73 | 0.48 | 0.02 |
| SW03 | 0.69 | 0.85 | 0.12 | 0.73 | 0.71 | 0.01 | 0.19 | 0.35 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.08 | 0.46 | 0.52 | 0.63 | 0.03 |
| SW08 | 0.74 | 0.85 | 0.68 | 0.61 | 0.58 | 0.01 | 0.18 | 0.35 | 0.30 | 0.02 | 0.01 | 0.07 | 0.32 | 0.47 | 0.64 | 0.02 |
| SW11 | 0.74 | 0.86 | 0.47 | 0.55 | 0.56 | 0.02 | 0.16 | 0.59 | 0.12 | 0.01 | 0.12 | 0.08 | 0.24 | 0.69 | 0.33 | 0.02 |
| SW12 | 0.74 | 0.86 | 0.56 | 0.51 | 0.53 | 0.02 | 0.08 | 0.53 | 0.28 | 0.01 | 0.04 | 0.07 | 0.38 | 0.70 | 0.35 | 0.02 |
| SW13 | 0.79 | 0.87 | 0.61 | 0.68 | 0.63 | 0.02 | 0.26 | 0.35 | 0.18 | 0.04 | 0.12 | 0.08 | 0.20 | 0.65 | 0.41 | 0.02 |
| SW23 | 0.75 | 0.86 | 0.42 | 0.51 | 0.52 | 0.02 | 0.20 | 0.40 | 0.18 | 0.01 | 0.12 | 0.07 | 0.28 | 0.66 | 0.52 | 0.02 |
| SW24 | 0.71 | 0.87 | 0.59 | 0.58 | 0.43 | 0.02 | 0.31 | 0.39 | 0.12 | 0.02 | 0.04 | 0.07 | 0.58 | 0.46 | 0.39 | 0.01 |
| 超标率% | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

表 5.1.3-8 (b) 2024 年 11 月海水水质监测站位 (执行第二类海水水质标准) 各要素的标准指数

| 站位 | pH | 溶解氧 | 化学需氧量 | 无机氮 | 活性磷酸盐 | 氰化物 | 石油类 | 锌 | 挥发酚 | 硫化物 | 汞 | 砷 | 铜 | 铅 | 镉 | 总铬 |
|------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| SW04 | 0.69 | 0.71 | 0.27 | 0.53 | 0.42 | 0.01 | 0.21 | 0.17 | 0.30 | 0.02 | 0.01 | 0.05 | 0.15 | 0.10 | 0.13 | 0.01 |
| SW06 | 0.74 | 0.71 | 0.14 | 0.45 | 0.31 | 0.01 | 0.21 | 0.16 | 0.01 | 0.01 | 0.08 | 0.05 | 0.16 | 0.14 | 0.06 | 0.02 |
| SW07 | 0.75 | 0.71 | 0.17 | 0.38 | 0.29 | 0.01 | 0.14 | 0.11 | 0.24 | 0.01 | 0.01 | 0.05 | 0.23 | 0.13 | 0.08 | 0.01 |
| SW25 | 0.67 | 0.70 | 0.23 | 0.55 | 0.35 | 0.01 | 0.18 | 0.21 | 0.24 | 0.02 | 0.05 | 0.04 | 0.13 | 0.10 | 0.10 | 0.01 |
| SW26 | 0.67 | 0.72 | 0.30 | 0.48 | 0.32 | 0.01 | 0.14 | 0.18 | 0.30 | 0.02 | 0.04 | 0.05 | 0.12 | 0.12 | 0.12 | 0.01 |
| 超标率% | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

表 5.1.3-8 (c) 2024 年 11 月海水水质监测站位 (执行第三类海水水质标准) 各要素的标准指数

| 站位 | pH | 溶解氧 | 化学需氧量 | 无机氮 | 活性磷酸盐 | 氰化物 | 石油类 | 锌 | 挥发酚 | 硫化物 | 汞 | 砷 | 铜 | 铅 | 镉 | 总铬 |
|------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| SW05 | 0.64 | 0.56 | 0.27 | 0.34 | 0.31 | 0.01 | 0.04 | 0.09 | 0.12 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.06 | 0.05 | 0.04 | 0.01 |
| SW09 | 0.56 | 0.58 | 0.32 | 0.34 | 0.27 | 0.00 | 0.05 | 0.08 | 0.09 | 0.01 | 0.03 | 0.03 | 0.06 | 0.08 | 0.04 | 0.01 |
| SW27 | 0.58 | 0.58 | 0.26 | 0.73 | 0.47 | 0.01 | 0.02 | 0.09 | 0.01 | 0.01 | 0.05 | 0.03 | 0.02 | 0.07 | 0.06 | 0.01 |
| SW28 | 0.58 | 0.57 | 0.20 | 0.33 | 0.39 | 0.01 | 0.03 | 0.08 | 0.12 | 0.01 | 0.04 | 0.04 | 0.03 | 0.05 | 0.06 | 0.01 |
| 超标率% | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

表 5.1.3-8 (d) 2024 年 11 月海水水质监测站位 (水质类别符合性分析) 各要素的标准指数

| 站位 | pH | 溶解氧 | 化学需氧量 | 无机氮 | 活性磷酸盐 | 氰化物 | 石油类 | 锌 | 挥发酚 | 硫化物 | 汞 | 砷 | 铜 | 铅 | 镉 | 总铬 |
|----|----|-----|-------|-----|-------|-----|-----|----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|
| 类别 | 一类 | 一类 | 一类 | 一类 | 一类 | 一类 | 一类 | 一类 | 一类 | 一类 | 一类 | 一类 | 一类 | 一类 | 一类 | 一类 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| SW10 | 0.77 | 0.86 | 0.42 | 0.38 | 0.47 | 0.02 | 0.17 | 0.39 | 0.18 | 0.01 | 0.10 | 0.07 | 0.58 | 0.68 | 0.44 | 0.07 |
| SW14 | 0.79 | 0.87 | 0.62 | 0.52 | 0.55 | 0.02 | 0.38 | 0.49 | 0.12 | 0.02 | 0.18 | 0.08 | 0.22 | 0.68 | 0.34 | 0.02 |
| SW15 | 0.77 | 0.86 | 0.41 | 0.47 | 0.46 | 0.02 | 0.26 | 0.40 | 0.18 | 0.01 | 0.14 | 0.07 | 0.60 | 0.60 | 0.69 | 0.03 |
| SW16 | 0.78 | 0.86 | 0.46 | 0.41 | 0.41 | 0.02 | 0.17 | 0.47 | 0.28 | 0.01 | 0.12 | 0.06 | 0.36 | 0.36 | 0.51 | 0.02 |
| SW17 | 0.77 | 0.86 | 0.31 | 0.35 | 0.41 | 0.02 | 0.20 | 0.39 | 0.22 | 0.01 | 0.04 | 0.06 | 0.52 | 0.86 | 0.38 | 0.03 |
| SW18 | 0.79 | 0.87 | 0.72 | 0.46 | 0.46 | 0.02 | 0.24 | 0.35 | 0.12 | 0.02 | 0.10 | 0.07 | 0.64 | 0.65 | 0.60 | 0.02 |
| SW19 | 0.79 | 0.87 | 0.55 | 0.39 | 0.41 | 0.02 | 0.14 | 0.39 | 0.16 | 0.01 | 0.14 | 0.07 | 0.60 | 0.48 | 0.38 | 0.02 |
| SW20 | 0.79 | 0.86 | 0.45 | 0.36 | 0.33 | 0.02 | 0.29 | 0.48 | 0.28 | 0.01 | 0.14 | 0.07 | 0.44 | 0.40 | 0.47 | 0.02 |
| SW21 | 0.79 | 0.87 | 0.41 | 0.36 | 0.29 | 0.02 | 0.16 | 0.62 | 0.22 | 0.01 | 0.14 | 0.07 | 0.48 | 0.38 | 0.46 | 0.02 |
| SW22 | 0.77 | 0.86 | 0.47 | 0.31 | 0.37 | 0.02 | 0.19 | 0.36 | 0.16 | 0.01 | 0.08 | 0.06 | 0.74 | 0.72 | 0.51 | 0.03 |

表 5.1.3-9 (a) 2025 年 3 月海水水质监测站位 (执行第一类海水水质标准) 各要素的标准指数

| 站位 | pH | 溶解氧 | 化学需氧量 | 无机氮 | 活性磷酸盐 | 石油类 | 锌 | 挥发酚 | 硫化物 | 汞 | 砷 | 铜 | 铅 | 镉 | 总铬 |
|------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| SW01 | 0.73 | 0.90 | 0.17 | 0.76 | 0.72 | 0.21 | 0.51 | 0.28 | 0.01 | 0.22 | 0.04 | 0.24 | 0.93 | 0.24 | 0.01 |
| SW02 | 0.77 | 0.85 | 0.29 | 0.49 | 0.56 | 0.15 | 0.50 | 0.12 | 0.00 | 0.08 | 0.04 | 0.24 | 0.43 | 0.46 | 0.02 |
| SW03 | 0.75 | 0.85 | 0.31 | 0.64 | 0.65 | 0.30 | 0.61 | 0.28 | 0.01 | 0.24 | 0.10 | 0.32 | 0.64 | 0.35 | 0.01 |
| SW06 | 0.77 | 0.85 | 0.19 | 0.49 | 0.64 | 0.21 | 0.59 | 0.16 | 0.00 | 0.26 | 0.05 | 0.36 | 0.65 | 0.31 | 0.02 |
| SW09 | 0.78 | 0.85 | 0.25 | 0.56 | 0.61 | 0.11 | 0.36 | 0.12 | 0.00 | 0.18 | 0.04 | 0.28 | 0.51 | 0.27 | 0.04 |
| SW10 | 0.79 | 0.85 | 0.23 | 0.50 | 0.54 | 0.11 | 0.56 | 0.16 | 0.00 | 0.26 | 0.04 | 0.30 | 0.68 | 0.36 | 0.02 |
| SW11 | 0.79 | 0.86 | 0.18 | 0.49 | 0.54 | 0.18 | 0.51 | 0.16 | 0.00 | 0.18 | 0.04 | 0.28 | 0.45 | 0.46 | 0.03 |
| SW12 | 0.75 | 0.90 | 0.32 | 0.73 | 0.84 | 0.68 | 0.63 | 0.26 | 0.02 | 0.26 | 0.05 | 0.30 | 0.57 | 0.24 | 0.02 |
| 超标率% | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

表 5.1.3-9 (b) 2025 年 3 月海水水质监测站位 (执行第二类海水水质标准) 各要素的标准指数

| 站位 | pH | 溶解氧 | 化学需氧量 | 无机氮 | 活性磷酸盐 | 石油类 | 锌 | 挥发酚 | 硫化物 | 汞 | 砷 | 铜 | 铅 | 镉 | 总铬 |
|------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| SW04 | 0.73 | 0.74 | 0.29 | 0.54 | 0.42 | 0.24 | 0.19 | 0.34 | 0.01 | 0.05 | 0.03 | 0.24 | 0.19 | 0.06 | 0.01 |
| SW05 | 0.75 | 0.76 | 0.13 | 0.46 | 0.37 | 0.50 | 0.23 | 0.16 | 0.01 | 0.02 | 0.05 | 0.18 | 0.10 | 0.06 | 0.01 |
| SW21 | 0.72 | 0.76 | 0.11 | 0.57 | 0.45 | 0.20 | 0.20 | 0.28 | 0.01 | 0.07 | 0.03 | 0.14 | 0.09 | 0.06 | 0.01 |
| SW22 | 0.74 | 0.75 | 0.26 | 0.46 | 0.33 | 0.19 | 0.23 | 0.01 | 0.01 | 0.08 | 0.03 | 0.14 | 0.11 | 0.05 | 0.01 |
| 超标率% | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

表 5.1.3-9 (c) 2025 年 3 月海水水质监测站位 (执行第三类海水水质标准) 各要素的标准指数

| 站位 | pH | 溶解氧 | 化学需氧量 | 无机氮 | 活性磷酸盐 | 石油类 | 锌 | 挥发酚 | 硫化物 | 汞 | 砷 | 铜 | 铅 | 镉 | 总铬 |
|------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| SW07 | 0.63 | 0.58 | 0.09 | 0.26 | 0.25 | 0.04 | 0.12 | 0.13 | 0.00 | 0.05 | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 0.02 | 0.01 |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| SW08 | 0.62 | 0.60 | 0.14 | 0.31 | 0.26 | 0.03 | 0.11 | 0.06 | 0.00 | 0.04 | 0.05 | 0.02 | 0.03 | 0.03 | 0.01 |
| SW23 | 0.58 | 0.59 | 0.11 | 0.42 | 0.40 | 0.03 | 0.11 | 0.17 | 0.00 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 0.02 | 0.00 |
| SW24 | 0.62 | 0.60 | 0.10 | 0.31 | 0.31 | 0.04 | 0.10 | 0.21 | 0.00 | 0.04 | 0.02 | 0.03 | 0.09 | 0.03 | 0.01 |
| 超标率% | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

表 5.1.3-9 (d) 2025 年 3 月海水水质监测站位 (水质类别符合性分析) 各要素的标准指数

| 站位 | pH | 溶解氧 | 化学需氧量 | 无机氮 | 活性磷酸盐 | 石油类 | 锌 | 挥发酚 | 硫化物 | 汞 | 砷 | 铜 | 铅 | 镉 | 总铬 |
|------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 类别 | 一类 | 一类 | 一类 | 一类 | 一类 | 一类 | 一类 | 一类 | 一类 | 一类 | 一类 | 一类 | 一类 | 一类 | 一类 |
| SW13 | 0.77 | 0.87 | 0.35 | 0.70 | 0.60 | 0.29 | 0.46 | 0.26 | 0.01 | 0.08 | 0.07 | 0.34 | 0.60 | 0.26 | 0.02 |
| SW14 | 0.80 | 0.86 | 0.22 | 0.45 | 0.56 | 0.20 | 0.58 | 0.12 | 0.00 | 0.20 | 0.04 | 0.34 | 0.52 | 0.40 | 0.04 |
| SW15 | 0.79 | 0.87 | 0.23 | 0.53 | 0.45 | 0.27 | 0.56 | 0.20 | 0.00 | 0.26 | 0.04 | 0.30 | 0.51 | 0.31 | 0.03 |
| SW16 | 0.79 | 0.86 | 0.32 | 0.58 | 0.53 | 0.15 | 0.34 | 0.26 | 0.00 | 0.08 | 0.04 | 0.36 | 0.72 | 0.39 | 0.03 |
| SW17 | 0.77 | 0.85 | 0.23 | 0.51 | 0.47 | 0.26 | 0.55 | 0.26 | 0.00 | 0.24 | 0.04 | 0.38 | 0.62 | 0.44 | 0.04 |
| SW18 | 0.77 | 0.86 | 0.21 | 0.50 | 0.40 | 0.24 | 0.44 | 0.12 | 0.00 | 0.12 | 0.04 | 0.24 | 0.36 | 0.25 | 0.01 |
| SW19 | 0.80 | 0.83 | 0.31 | 0.33 | 0.34 | 0.14 | 0.48 | 0.12 | 0.00 | 0.08 | 0.04 | 0.32 | 0.51 | 0.35 | 0.04 |
| SW20 | 0.79 | 0.85 | 0.32 | 0.39 | 0.32 | 0.23 | 0.41 | 0.18 | 0.00 | 0.18 | 0.07 | 0.30 | 0.67 | 0.32 | 0.03 |

5.1.3.6 生态敏感区水质达标情况

由图 5.1.3-5、图 5.1.3-6 可知，2024 年秋季调查中 SW01、SW07 位于汕尾海丰鸟类地方级自然保护区，SW02 位于碣石湾长毛对虾重要渔业资源产卵场、SW03 位于金厢重要渔业资源产卵场，SW04 位于金厢海岸防护物理防护极重要区，SW13 位于汕尾红海湾遮浪角东人工鱼礁地方级自然保护区，SW18、SW19 位于遮浪南重要渔业资源产卵场，SW20、SW21、SW22 位于碣石湾海马珍稀濒危物种分布区；2025 年 3 月调查中 SW01、SW23 位于汕尾海丰鸟类地方级自然保护区，SW02 位于碣石湾长毛对虾重要渔业资源产卵场、SW03 位于金厢重要渔业资源产卵场，SW12 位于汕尾红海湾遮浪角东人工鱼礁地方级自然保护区，SW13 位于“东遮浪半岛国家海洋自然公园，SW18 位于遮浪南重要渔业资源产卵场，SW19、SW20 位于碣石湾海马珍稀濒危物种分布区，SW22 位于大湖镇湖仔村海岸防护物理防护极重要区。

由前文分析可知，春秋两季调查站位近岸海域功能区划中所有水质监测因子均符合海水水质标准要求，近岸海域功能区划范围外所有水质监测因子均符合海水水质第一类标准要求。

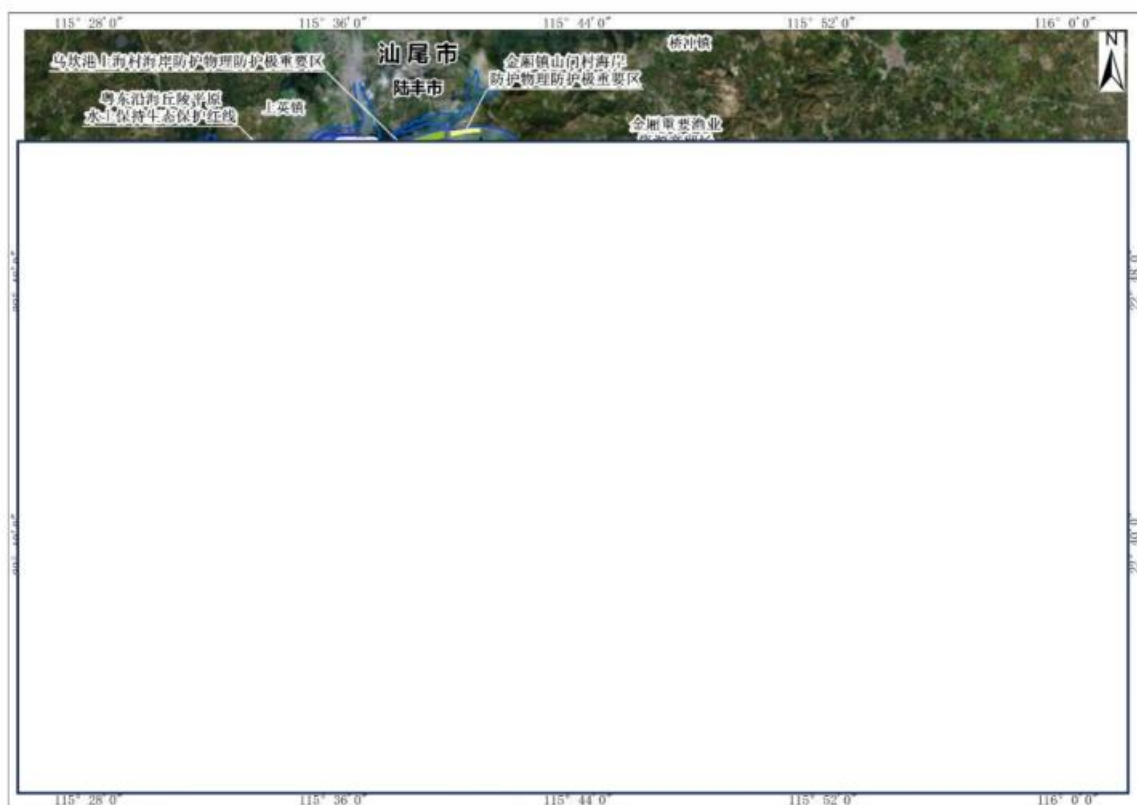


图 5.1.3-5 2024 年 11 月调查站位叠加生态敏感区图

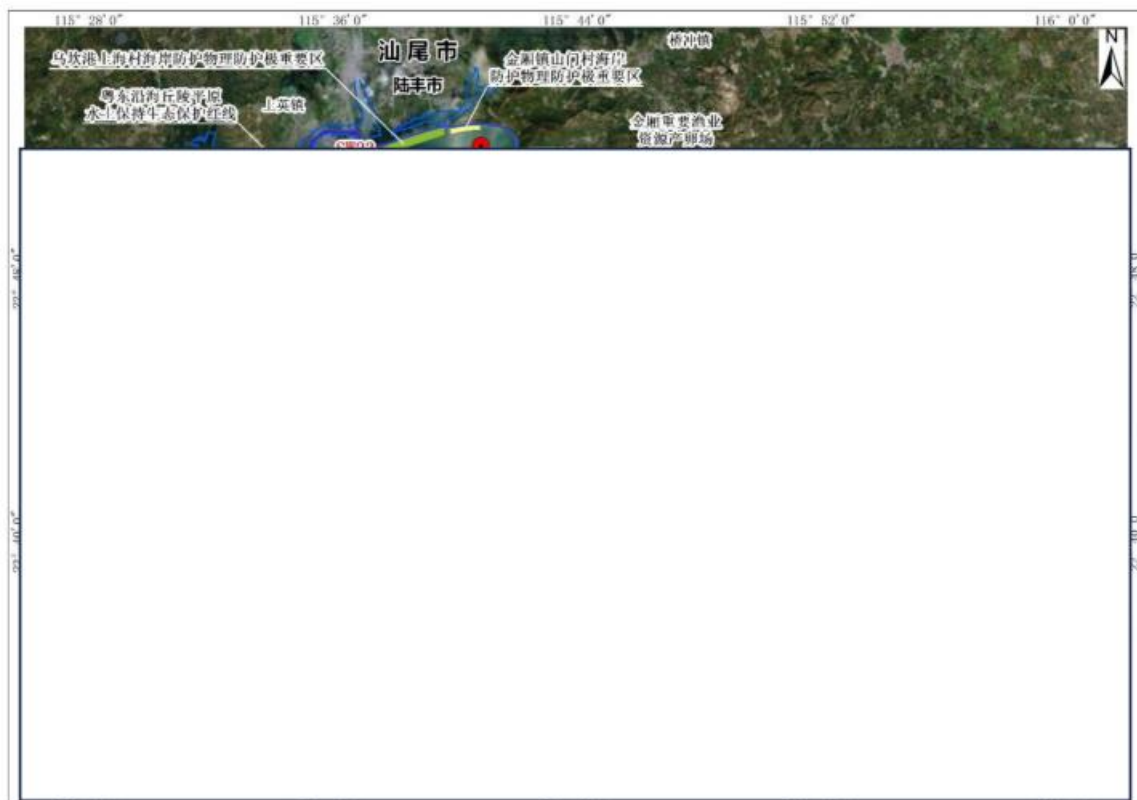


图 5.1.3-6 2025 年 3 月调查站位叠加生态敏感区图

5.2 海洋沉积物质量现状调查与评价

5.2.1 调查项目

pH、含水率、粒度、有机碳、石油类、硫化物、铜、铅、镉、锌、汞、铬、砷。

5.2.2 采样与分析方法

1、采样方法

根据《海洋监测规范》(GB 17378-2007)和《近岸海域环境监测技术规范 第四部分：近岸海域沉积物监测》(HJ 442.4-2020)中的要求，进行沉积物样品的采集、保存与运输。

(1) 到达指定站位后，将绞车的钢丝绳与 0.05m² 抓斗式采泥器连接，同时测量站位水深，开动绞车将采泥器下放至离海底 3m~5m 时，全速开动绞车使其降至海底。然后将采泥器提至接样板上，打开采泥器上部耳盖，轻轻倾斜使上部积水缓慢流出后，用塑料刀或勺从采泥器耳盖中仔细取上部 0cm~1cm 的沉积物。如遇砂砾层，可在 0cm~3cm 层内混合取样；

(2) 样品从海底至船甲板，应立即进行现场样品状态描述（颜色、气味、厚度）；

(3) 取样和处理样品时，注意层次，结构和代表性，同一采样点采集 3~6 次，将样品混合均匀分装。现场记录底质类型，并分装与处理、保存；

(4) 稠度和粘性描述：流动、半流动、软泥、致密和固结，强粘性、弱粘性和无粘性的描述；

(5) 分装顺序：常规指标用聚乙烯袋分装大约 600g；取大约 100g 湿样，盛入已洗净的 250mL 棕色玻璃瓶内，再加入约 5ml 醋酸锌，使样品隔离空气，供硫化物分析所用；再取 200~300g 湿样，盛入已洗净的 250mL 棕色玻璃瓶内，供有机碳等指标分析所用。

(6) 分装要求：样品瓶（袋）要贴标签，并将样品瓶号及样品箱号记入现场描述记录表内，在柱状样品的取样位置上放入标签，其编号与瓶（袋）号一致。认真作好采样详细记录。

(7) 采样完毕，打开采泥器，弃去残留沉积物，用海水冲洗。

2、分析方法

样品的分析按照《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》（GB 17378.5-2007）和《海洋调查规范 第 8 部分 海洋地质地球物理调查》（GB/T 12763.8-2007）进行，各项目的分析方法如表 5.2.2-1。

表 5.2.2-1 沉积物项目及分析方法

| 序号 | 检测指标 | 检测依据 | 分析方法 | 检出限 |
|----|------|--|--------------|------------|
| 1 | 含水率 | 《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/19 | 重量法 | / |
| 2 | 有机碳 | 《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/18.1 | 重铬酸钾氧化-还原容量法 | 0.02% |
| 3 | 石油类 | 《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/13.1 | 荧光分光光度法 | 1.0mg/kg |
| 4 | 硫化物 | 《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/17.1 | 亚甲基蓝分光光度法 | 0.3mg/kg |
| 5 | 铜 | 《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/6.2 | 火焰原子吸收分光光度法 | 2.0mg/kg |
| 6 | 铅 | 《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/7.2 | 火焰原子吸收分光光度法 | 3.0mg/kg |
| 7 | 镉 | 《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/8.1 | 无火焰原子吸收分光光度法 | 0.04mg/kg |
| 8 | 锌 | 《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/9.1 | 火焰原子吸收分光光度法 | 6.0mg/kg |
| 9 | 汞 | 《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/5.1 | 原子荧光法 | 0.002mg/kg |
| 10 | 铬 | 《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/10.1 | 无火焰原子吸收分光光度法 | 2.0mg/kg |
| 11 | 砷 | 《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/11.1 | 原子荧光法 | 0.06mg/kg |

| 序号 | 检测指标 | 检测依据 | 分析方法 | 检出限 |
|----|------|--|----------|-----|
| 12 | pH | 《海洋调查规范第 8 部分：海洋地质地球物理调查》GB/T 12763.8-2007/6.7.2 | pH 计法 | / |
| 13 | 粒度 | 《海洋调查规范第 8 部分 海洋地质地球物理调查》GB/T 12763.8-2007/6.3 | 激光粒度分布仪法 | / |

5.2.3 评价方法与评价标准

1、评价方法

采用单项参数标准指数法计算沉积物的质量指数，即应用公式 $P_i=C_i/C_{si}$ 。

式中： P_i 为第 i 种评价因子的质量指数；

C_i 为第 i 种评价因子的实测值；

C_{si} 为第 i 种评价因子的标准值。

沉积物评价因子的标准指数 >1 ，则表明该项指标已超过了规定的沉积物质量标准。

2、评价标准

采用现状评价依据标准《海洋沉积物质量》（GB 18668-2002）进行评价。

对于近岸海域环境功能区划覆盖的区域，沉积物质量标准执行较海水水质标准高一级的沉积物质量评价标准，最高为一类沉积物质量标准。

表 5.2.3-1 各站位执行的沉积物质量标准要求一览表

| 调查站位 | 海水水质标准 | 海洋沉积物质量标准 |
|--------------------------|-------------|--------------|
| SW02、SW11、SW12、SW13、SW23 | 执行海水水质第一类标准 | 执行海洋沉积物第一类标准 |
| SW06、SW07、SWC01、SWC02 | 执行海水水质第二类标准 | 执行海洋沉积物第一类标准 |
| SW09、SW28、SWC03 | 执行海水水质第三类标准 | 执行海洋沉积物第二类标准 |

注：SW10、SW14、SW17、SW19、SW21 站位不位于近岸海域功能区划中，无沉积物质量目标管理要求，按沉积物质量类别符合性分析。

5.2.4 调查结果与评价

1、调查结果

2024 年 11 月 14 个站位的海洋沉积物监测结果见表 5.2.4-1，2025 年 3 月 3 个断面的潮间带沉积物监测结果见表 5.2.4-2。

2、评价结果

(1) 2024 年 11 月

采用上述单项指数法，对现状监测结果进行标准指数计算，各监测点沉积物评价因子的标准指数见表 5.2.4-3。

调查海域执行海洋沉积物质量第一类标准的站位：SW02、SW06、SW07、SW11、SW12、SW13、SW23。由监测结果及标准指数表结果可知：超标因子为铅，超标率为 14.29%，SW02 站位铅含量不符合海洋沉积物质量第一类标准，但符合海洋沉积物质量第二类标准，其余站位调查因子均符合海洋沉积物质量第一类标准。

调查海域执行海洋沉积物质量第二类标准的站位：SW09、SW28。由监测结果及标准指数表结果可知：所有站位调查因子均符合海洋沉积物质量第二类标准。

SW10、SW14、SW17、SW19、SW21 站位不位于近岸海域功能区划中，无沉积物质量目标管理要求，按沉积物质量类别符合性分析，近岸海域功能区划范围外站位的各因子均符合海洋沉积物质量第一类标准要求。

(2) 2025 年 3 月

采用上述单项指数法，对现状监测结果进行标准指数计算，各监测点沉积物评价因子的标准指数见表 5.2.4-4。

调查海域执行海洋沉积物质量第一类标准的站位：SWC01、SWC02。由监测结果及标准指数表结果可知：所有沉积物监测因子均符合海洋沉积物质量第一类标准要求。

调查海域执行海洋沉积物质量第二类标准的站位：SWC03。由监测结果及标准指数表结果可知：所有沉积物监测因子均符合海洋沉积物质量第二类标准要求。

表 5.2.4-1 海洋沉积物质量监测结果

| 站点 | pH | 风干样 含水率 | 湿样含 水率 | 有机碳 | 石油类 | 硫化物 | 铜 | 铅 | 镉 | 锌 | 铬 | 汞 | 砷 |
|------|------|-------------------|-----------|------|-------------------|------|------|------|-------|------|------|-------|------|
| | / | ×10 ⁻² | | | ×10 ⁻⁶ | | | | | | | | |
| SW02 | 8.41 | 1.84 | 38.43 | 0.78 | 13.7 | 8.6 | 24.2 | 76.4 | 0.08 | 120 | 50.8 | 0.069 | 15.6 |
| SW06 | 8.52 | 0.64 | 15.67 | 0.09 | 5.7 | 0.3L | 4.9 | 44.2 | 0.04L | 72.4 | 37.6 | 0.010 | 4.01 |
| SW07 | 8.44 | 2.05 | 40.32 | 0.93 | 7.1 | 9.6 | 17.4 | 55.9 | 0.04L | 98.2 | 49.2 | 0.054 | 12.5 |
| SW09 | 8.40 | 2.36 | 43.23 | 0.79 | 15.3 | 11.4 | 11.5 | 44.4 | 0.04 | 118 | 53.2 | 0.047 | 8.15 |
| SW10 | 8.46 | 1.88 | 36.93 | 0.60 | 10.6 | 12.9 | 11.5 | 40.9 | 0.05 | 121 | 49.2 | 0.040 | 8.77 |
| SW11 | 8.49 | 1.86 | 39.25 | 0.74 | 10.5 | 10.4 | 16.3 | 56.6 | 0.04 | 119 | 55.9 | 0.042 | 8.59 |
| SW12 | 8.60 | 1.88 | 36.88 | 0.73 | 9.7 | 15.3 | 14.3 | 58.7 | 0.04L | 108 | 53.0 | 0.045 | 9.56 |
| SW13 | 8.47 | 2.52 | 43.16 | 1.06 | 12.6 | 9.9 | 17.1 | 58.1 | 0.04L | 125 | 57.9 | 0.046 | 8.45 |
| SW14 | 8.32 | 2.02 | 37.89 | 1.40 | 9.0 | 16.9 | 14.8 | 41.9 | 0.04L | 85.8 | 44.0 | 0.043 | 13.4 |
| SW17 | 8.55 | 1.69 | 36.43 | 0.66 | 16.4 | 8.7 | 11.1 | 33.7 | 0.04L | 105 | 48.8 | 0.146 | 7.48 |
| SW19 | 8.46 | 1.93 | 30.82 | 0.34 | 2.2 | 4.2 | 5.9 | 34.3 | 0.04L | 74.5 | 44.3 | 0.029 | 6.54 |
| SW21 | 8.64 | 1.42 | 29.76 | 0.37 | 6.1 | 3.5 | 5.3 | 36.5 | 0.06 | 74.7 | 42.9 | 0.025 | 5.52 |
| SW23 | 8.54 | 1.90 | 37.83 | 0.90 | 7.0 | 12.5 | 14.5 | 58.1 | 0.04 | 110 | 51.4 | 0.044 | 9.70 |
| SW28 | 8.28 | 2.28 | 43.24 | 0.88 | 5.9 | 11.4 | 18.6 | 45.5 | 0.06 | 129 | 50.7 | 0.053 | 10.3 |
| 最小值 | 8.28 | 0.64 | 15.67 | 0.09 | 2.2 | 0.3L | 4.9 | 33.7 | 0.04L | 72.4 | 37.6 | 0.010 | 4.01 |
| 最大值 | 8.64 | 2.52 | 43.24 | 1.40 | 16.4 | 16.9 | 24.2 | 76.4 | 0.08 | 129 | 57.9 | 0.146 | 15.6 |
| 平均值 | 8.47 | 1.88 | 36.42 | 0.73 | 9.4 | 9.7 | 13.4 | 48.9 | 0.04 | 104 | 49.2 | 0.050 | 9.2 |

注：①包含“L”的检测结果表明其检测结果低于方法检出限，其中数值为方法检出限值，参与计算平均值和标准指数时，若未检出率少于等于 1/2，取 1/2 检出限值参与计算，若未检出率大于 1/2，取 1/4 检出限值参与计算。

表 5.2.4-2 潮间带沉积物质量监测结果

| 站点 | 风干样 含水率 | 湿样含 水率 | 有机碳 | 石油类 | 硫化物 | 铜 | 铅 | 镉 | 锌 | 铬 | 汞 | 砷 |
|-------------|-------------------|-----------|-------|-------------------|------|------|------|-------|------|------|-------|------|
| | ×10 ⁻² | | | ×10 ⁻⁶ | | | | | | | | |
| SWC01 高潮带-1 | 0.88 | 7.11 | 0.02L | 1.0L | 0.3L | 2.3 | 58.2 | 0.04L | 71.4 | 30.8 | 0.003 | 4.56 |
| SWC01 高潮带-2 | 0.52 | 9.56 | 0.03 | 1.0L | 0.3L | 2.0 | 51.6 | 0.04L | 68.9 | 29.0 | 0.003 | 6.79 |
| SWC01 中潮带-1 | 1.26 | 6.97 | 0.02L | 1.2 | 0.3L | 2.6 | 16.5 | 0.04L | 25.2 | 21.5 | 0.002 | 5.36 |
| SWC01 中潮带-2 | 0.50 | 7.70 | 0.02L | 1.2 | 0.3L | 2.0L | 15.2 | 0.04L | 21.3 | 19.3 | 0.002 | 7.71 |
| SWC01 中潮带-3 | 0.95 | 7.55 | 0.10 | 1.0L | 0.3L | 3.7 | 19.7 | 0.04L | 28.1 | 22.8 | 0.003 | 5.38 |
| SWC01 低潮带-1 | 0.97 | 7.32 | 0.02L | 1.0L | 0.3L | 2.0L | 17.4 | 0.04L | 20.6 | 17.7 | 0.003 | 6.32 |
| SWC02 高潮带-1 | 0.64 | 9.68 | 0.02 | 1.0L | 0.3L | 2.1 | 20.8 | 0.04L | 32.7 | 24.0 | 0.003 | 4.31 |

| 站位 | 风干样 含水率 | 湿样含 水率 | 有机碳 | 石油类 | 硫化物 | 铜 | 铅 | 镉 | 锌 | 铬 | 汞 | 砷 |
|-------------|-------------------|-----------|-------|-------------------|------|------|------|-------|------|------|-------|------|
| | ×10 ⁻² | | | ×10 ⁻⁶ | | | | | | | | |
| SWC02 高潮带-2 | 0.66 | 7.01 | 0.02L | 1.0L | 0.3L | 2.0L | 19.2 | 0.04L | 27.8 | 18.2 | 0.006 | 3.99 |
| SWC02 中潮带-1 | 1.13 | 13.89 | 0.02L | 1.0L | 1.0 | 2.0L | 20.2 | 0.04L | 26.2 | 21.0 | 0.004 | 4.47 |
| SWC02 中潮带-2 | 1.32 | 15.59 | 0.02L | 1.7 | 0.5 | 2.4 | 22.5 | 0.04L | 21.5 | 21.8 | 0.004 | 6.97 |
| SWC02 中潮带-3 | 1.36 | 17.25 | 0.02 | 1.0L | 0.7 | 3.4 | 25.3 | 0.04L | 28.3 | 25.7 | 0.005 | 4.32 |
| SWC02 低潮带-1 | 0.90 | 12.41 | 0.04 | 1.0L | 0.4 | 2.2 | 20.0 | 0.04L | 26.6 | 21.8 | 0.005 | 5.88 |
| SWC03 高潮带-1 | 0.60 | 6.30 | 0.02 | 1.0L | 0.3L | 2.8 | 20.7 | 0.04L | 23.5 | 14.6 | 0.003 | 4.51 |
| SWC03 高潮带-2 | 0.76 | 8.61 | 0.02L | 1.0L | 0.3L | 3.5 | 36.2 | 0.04L | 63.4 | 25.3 | 0.004 | 3.76 |
| SWC03 中潮带-1 | 0.69 | 7.58 | 0.02L | 1.0L | 0.3L | 2.6 | 26.1 | 0.04L | 22.6 | 19.1 | 0.004 | 4.67 |
| SWC03 中潮带-2 | 0.74 | 7.64 | 0.02L | 1.0L | 0.3L | 2.0L | 20.2 | 0.04L | 21.8 | 15.6 | 0.004 | 6.39 |
| SWC03 中潮带-3 | 0.82 | 7.42 | 0.02 | 1.0L | 0.3L | 2.5 | 20.1 | 0.04L | 17.2 | 17.4 | 0.004 | 7.24 |
| SWC03 低潮带-1 | 0.94 | 11.35 | 0.02L | 1.0L | 0.3L | 3.1 | 24.7 | 0.04L | 21.6 | 15.9 | 0.003 | 6.17 |
| 最小值 | 0.50 | 6.30 | 0.02L | 1.0L | 0.3L | 2.0L | 15.2 | 0.04L | 17.2 | 14.6 | 0.002 | 3.76 |
| 最大值 | 1.36 | 17.25 | 0.10 | 1.7 | 1.0 | 3.7 | 58.2 | 0.04L | 71.4 | 30.8 | 0.006 | 7.71 |
| 平均值 | 0.87 | 9.50 | 0.02 | 0.4 | 0.2 | 2.2 | 25.3 | 0.01 | 31.6 | 21.2 | 0.004 | 5.49 |

注：检测结果低于方法检出限时，以“检出限+L”表示。

表 5.2.4-3a 海洋沉积物监测站位（执行第一类海洋沉积物质量）各要素标准指数

| 站位 | 有机碳 | 石油类 | 硫化物 | 铜 | 铅 | 镉 | 锌 | 铬 | 汞 | 砷 |
|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|
| SW02 | 0.39 | 0.03 | 0.03 | 0.69 | 1.27 | 0.16 | 0.80 | 0.64 | 0.35 | 0.78 |
| SW06 | 0.05 | 0.01 | 0.01 | 0.14 | 0.74 | 0.01 | 0.48 | 0.47 | 0.05 | 0.20 |
| SW07 | 0.47 | 0.01 | 0.03 | 0.50 | 0.93 | 0.01 | 0.65 | 0.62 | 0.27 | 0.63 |
| SW11 | 0.37 | 0.02 | 0.03 | 0.47 | 0.94 | 0.08 | 0.79 | 0.70 | 0.21 | 0.43 |
| SW12 | 0.37 | 0.02 | 0.05 | 0.41 | 0.98 | 0.01 | 0.72 | 0.66 | 0.23 | 0.48 |
| SW13 | 0.53 | 0.03 | 0.03 | 0.49 | 0.97 | 0.01 | 0.83 | 0.72 | 0.23 | 0.42 |
| SW23 | 0.45 | 0.01 | 0.04 | 0.41 | 0.97 | 0.08 | 0.73 | 0.64 | 0.22 | 0.49 |
| 超标率% | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 14.29 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

表 5.2.4-3b 海洋沉积物监测站位（执行第二类海洋沉积物质量）各要素标准指数

| 站位 | 有机碳 | 石油类 | 硫化物 | 铜 | 铅 | 镉 | 锌 | 铬 | 汞 | 砷 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| SW09 | 0.26 | 0.02 | 0.02 | 0.12 | 0.34 | 0.03 | 0.34 | 0.35 | 0.09 | 0.13 |
| SW28 | 0.29 | 0.01 | 0.02 | 0.19 | 0.35 | 0.04 | 0.37 | 0.34 | 0.11 | 0.16 |
| 超标率% | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.11 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

表 5.2.4-3c 海洋沉积物监测站位（沉积物类别符合性分析）各要素标准指数

| 站位 | 有机碳 | 石油类 | 硫化物 | 铜 | 铅 | 镉 | 锌 | 铬 | 汞 | 砷 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 类别 | 一类 | 一类 | 一类 | 一类 | 一类 | 一类 | 一类 | 一类 | 一类 | 一类 |
| SW10 | 0.30 | 0.02 | 0.04 | 0.33 | 0.68 | 0.10 | 0.81 | 0.62 | 0.20 | 0.44 |
| SW14 | 0.70 | 0.02 | 0.06 | 0.42 | 0.70 | 0.01 | 0.57 | 0.55 | 0.22 | 0.67 |
| SW17 | 0.33 | 0.03 | 0.03 | 0.32 | 0.56 | 0.01 | 0.70 | 0.61 | 0.73 | 0.37 |
| SW19 | 0.17 | 0.00 | 0.01 | 0.17 | 0.57 | 0.01 | 0.50 | 0.55 | 0.15 | 0.33 |
| SW21 | 0.19 | 0.01 | 0.01 | 0.15 | 0.61 | 0.12 | 0.50 | 0.54 | 0.13 | 0.28 |

表 5.2.4-4a 潮间带沉积物监测站位（执行第一类海洋沉积物质量）各要素标准指数

| 站位 | 有机碳 | 石油类 | 硫化物 | 铜 | 铅 | 镉 | 锌 | 铬 | 汞 | 砷 |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| SWC01 高潮带-1 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.07 | 0.97 | 0.01 | 0.48 | 0.39 | 0.02 | 0.23 |
| SWC01 高潮带-2 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.06 | 0.86 | 0.01 | 0.46 | 0.36 | 0.02 | 0.34 |
| SWC01 中潮带-1 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.07 | 0.28 | 0.01 | 0.17 | 0.27 | 0.01 | 0.27 |
| SWC01 中潮带-2 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.25 | 0.01 | 0.14 | 0.24 | 0.01 | 0.39 |
| SWC01 中潮带-3 | 0.05 | 0.01 | 0.01 | 0.11 | 0.33 | 0.01 | 0.19 | 0.29 | 0.02 | 0.27 |
| SWC01 低潮带-1 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.29 | 0.01 | 0.14 | 0.22 | 0.02 | 0.32 |
| SWC02 高潮带-1 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.06 | 0.35 | 0.01 | 0.22 | 0.30 | 0.02 | 0.22 |
| SWC02 高潮带-2 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.32 | 0.01 | 0.19 | 0.23 | 0.03 | 0.20 |
| SWC02 中潮带-1 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.34 | 0.01 | 0.17 | 0.26 | 0.02 | 0.22 |
| SWC02 中潮带-2 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.07 | 0.38 | 0.01 | 0.14 | 0.27 | 0.02 | 0.35 |
| SWC02 中潮带-3 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.10 | 0.42 | 0.01 | 0.19 | 0.32 | 0.03 | 0.22 |
| SWC02 低潮带-1 | 0.02 | 0.01 | 0.00 | 0.06 | 0.33 | 0.01 | 0.18 | 0.27 | 0.03 | 0.29 |
| 超标率% | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.11 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

表 5.2.4-4b 潮间带沉积物监测站位（执行第二类海洋沉积物质量）各要素标准指数

| 站位 | 有机碳 | 石油类 | 硫化物 | 铜 | 铅 | 镉 | 锌 | 铬 | 汞 | 砷 |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| SWC03 高潮带-1 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.03 | 0.16 | 0.01 | 0.07 | 0.10 | 0.01 | 0.07 |
| SWC03 高潮带-2 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.04 | 0.28 | 0.01 | 0.18 | 0.17 | 0.01 | 0.06 |
| SWC03 中潮带-1 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.03 | 0.20 | 0.01 | 0.06 | 0.13 | 0.01 | 0.07 |
| SWC03 中潮带-2 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.16 | 0.01 | 0.06 | 0.10 | 0.01 | 0.10 |
| SWC03 中潮带-3 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.03 | 0.15 | 0.01 | 0.05 | 0.12 | 0.01 | 0.11 |
| SWC03 低潮带-1 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.03 | 0.19 | 0.01 | 0.06 | 0.11 | 0.01 | 0.09 |
| 超标率% | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.11 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

5.2.5 海洋沉积物粒度监测结果

按《海洋调查规范 第 8 部分：海洋地质地球物理调查》(GB/T 12763.8-2007) 粒级间隔为 1ϕ ，粒级组成为 $1\sim 11\phi$ 。沉积物样品的分析统计结果及粒级组成见表 5.2.5-1。

该项目海域海洋沉积物砂含量在 0.41%~83.16%，平均值为 14.82%，粉砂含量在 10.56%~72.07%，平均值为 61.97%，粘土含量在 6.28%~33.15%，平均值为 23.21%。

调查站位沉积物样品类型为粘土质粉砂 YT 的有：SW02、SW07、SW09、SW10、SW11、SW12、SW13、SW14、SW17、SW23、SW28；调查站位沉积物样品类型为砂 S 的有：SW06；调查站位沉积物样品类型为砂质粉砂 ST 的有：SW19、SW21。

表 5.2.5-1 海洋沉积物粒度参数以及砂、粉砂、粘土含量

| 站位 | 砂含量 (%) | 粉砂含量 (%) | 粘土含量 (%) | 平均粒径 $Mz(\Phi)$ | 分选系数 $\sigma_i(\Phi)$ | 偏态 S_{ki} | 峰态 K_g | 中值粒径 $Md(\mu m)$ | 沉积物名称及代号 |
|------|---------|----------|----------|-----------------|-----------------------|-------------|----------|------------------|----------|
| SW02 | 8.28 | 66.84 | 24.88 | 5.79 | 0.02 | 0.71 | 1.34 | 9.900 | 粘土质粉砂 YT |
| SW06 | 83.16 | 10.56 | 6.28 | 2.85 | 0.09 | -0.15 | 1.16 | 153.7 | 砂 S |
| SW07 | 3.10 | 69.94 | 26.96 | 6.40 | 0.01 | 0.61 | 1.44 | 8.181 | 粘土质粉砂 YT |
| SW09 | 0.75 | 66.10 | 33.15 | 6.89 | 0.01 | 0.56 | 1.38 | 6.186 | 粘土质粉砂 YT |
| SW10 | 9.70 | 68.45 | 21.85 | 5.56 | 0.02 | 0.63 | 1.14 | 13.13 | 粘土质粉砂 YT |
| SW11 | 5.64 | 68.83 | 25.53 | 6.09 | 0.02 | 0.67 | 1.51 | 9.069 | 粘土质粉砂 YT |
| SW12 | 10.36 | 67.57 | 22.07 | 5.60 | 0.02 | 0.69 | 1.32 | 11.50 | 粘土质粉砂 YT |
| SW13 | 0.41 | 66.89 | 32.70 | 6.92 | 0.01 | 0.53 | 1.26 | 6.243 | 粘土质粉砂 YT |
| SW14 | 8.89 | 67.31 | 23.80 | 5.74 | 0.02 | 0.69 | 1.37 | 10.58 | 粘土质粉砂 YT |
| SW17 | 9.45 | 70.06 | 20.49 | 5.55 | 0.02 | 0.60 | 1.15 | 13.90 | 粘土质粉砂 YT |
| SW19 | 32.63 | 49.02 | 18.35 | 4.12 | 0.07 | 0.78 | 0.88 | 21.62 | 砂质粉砂 ST |
| SW21 | 28.63 | 57.67 | 13.70 | 4.57 | 0.04 | 0.40 | 0.85 | 33.57 | 砂质粉砂 ST |
| SW23 | 5.81 | 72.07 | 22.12 | 5.88 | 0.02 | 0.59 | 1.26 | 11.46 | 粘土质粉砂 YT |
| SW28 | 0.70 | 66.24 | 33.06 | 6.91 | 0.01 | 0.56 | 1.39 | 6.137 | 粘土质粉砂 YT |

5.3 海洋生物质量现状调查与评价

5.3.1 调查项目

铜、铅、锌、镉、铬、总汞、砷、石油烃。

5.3.2 采样与分析方法

1、采样方法

根据《海洋监测规范》(GB 17378-2007) 和《海洋调查规范》(GB/T 12763-2007) 中的要求，在项目海域指定站点使用拖网等方式采集生物体后，选取具有代

代表性的样品进行分析检测。

虾与中小型鱼类采样方法：按要求选取足够数量的完好生物样，放入干净的聚乙烯袋中，应防止袋子被刺破。挤出袋内空气，将袋口打结或热封，将此袋和样品标签一起放入另一聚乙烯袋中，封口，于低温冰箱中贮存。若保存时间不太长（热天不超过 48h），可用冰箱或冷冻箱贮放样品。

2、分析方法

生物体样品的预处理和分析方法遵照《海洋监测规范 第 6 部分：生物体分析》（GB 17378.6-2007）进行，各项的分析方法如表 5.3.2-1。

表 5.3.2-1 海洋生物质量调查项目及分析方法

| 序号 | 检测指标 | 检测依据 | 分析方法 | 检出限 |
|----|------|---|--------------|------------|
| 1 | 石油烃 | 《海洋监测规范 第 6 部分：生物体分析》GB 17378.6-2007/13 | 荧光分光光度法 | 0.2mg/kg |
| 2 | 铜 | 《海洋监测规范 第 6 部分：生物体分析》GB 17378.6-2007/6.1 | 无火焰原子吸收分光光度法 | 0.4mg/kg |
| 3 | 铅 | 《海洋监测规范 第 6 部分：生物体分析》GB 17378.6-2007/7.1 | 无火焰原子吸收分光光度法 | 0.04mg/kg |
| 4 | 镉 | 《海洋监测规范 第 6 部分：生物体分析》GB 17378.6-2007/8.1 | 无火焰原子吸收分光光度法 | 0.005mg/kg |
| 5 | 总汞 | 《海洋监测规范 第 6 部分：生物体分析》GB 17378.6-2007/5.1 | 原子荧光法 | 0.002mg/kg |
| 6 | 砷 | 《海洋监测规范 第 6 部分：生物体分析》GB 17378.6-2007/11.1 | 原子荧光法 | 0.2mg/kg |
| 7 | 锌 | 《海洋监测规范 第 6 部分：生物体分析》GB 17378.6-2007/9.1 | 火焰原子吸收分光光度法 | 0.4mg/kg |
| 8 | 铬 | 《海洋监测规范 第 6 部分：生物体分析》GB 17378.6-2007/10.1 | 无火焰原子吸收分光光度法 | 0.04mg/kg |

5.3.3 评价方法与评价标准

1、评价方法

采用单项参数标准指数法计算生物的质量指数，即应用公式 $P_i=C_i/C_{si}$ 。

式中： P_i 为第 i 种评价因子的质量指数；

C_i 为第 i 种评价因子的实测值；

C_{si} 为第 i 种评价因子的标准值。

生物评价因子的标准指数 >1 ，则表明该项指标已超过规定的生物质量标准。

2、评价标准

鱼类、甲壳类、软体类采用《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）附录 C 其他海洋生物质量参考值中的标准进行评价。

SWC02 采集到贝类，对于近岸海域环境功能区划覆盖的区域，海洋生物质量执行较海水水质标准高一级的生物质量评价标准，最高为一类生物质量标准。SWC02 执行海水水质第二类标准，故执行《海洋生物质量》（GB 18421-2001）一类标准。

5.3.4 调查结果与评价

1、调查结果

(1) 2024 年 11 月

17 个调查站位的海洋生物体监测结果见表 5.3.4-1。

表 5.3.4-1 海洋生物质量监测结果（湿重，单位：mg/kg）

| 站位 | 种名 | 类群 | 总汞 | 铜 | 铅 | 镉 | 锌 | 铬 | 砷 | 石油 烃 |
|------|--------|-----|-------|------|------|--------|------|------|------|---------|
| SW01 | 红星梭子蟹 | 甲壳类 | 0.037 | 11.0 | 0.12 | 0.425 | 27.0 | 0.73 | 0.5 | 14.2 |
| SW02 | 龙头鱼 | 鱼类 | 0.015 | 0.6 | 0.07 | 0.042 | 3.9 | 0.77 | 0.2L | 7.6 |
| SW06 | 红星梭子蟹 | 甲壳类 | 0.038 | 10.5 | 0.07 | 0.377 | 25.9 | 0.77 | 0.7 | 6.0 |
| SW07 | 猛虾蛄 | 甲壳类 | 0.017 | 14.4 | 0.12 | 0.622 | 20.2 | 0.84 | 0.3 | 7.4 |
| SW09 | 口虾蛄 | 甲壳类 | 0.028 | 13.4 | 0.07 | 1.19 | 24.2 | 0.86 | 0.9 | 9.6 |
| SW10 | 直额蛄 | 甲壳类 | 0.015 | 16.4 | 0.10 | 0.101 | 17.4 | 0.64 | 0.6 | 8.8 |
| SW11 | 异颌颌吻鳗 | 鱼类 | 0.047 | 0.6 | 0.06 | 0.031 | 11.0 | 0.71 | 0.2L | 7.8 |
| SW12 | 竹荚鱼 | 鱼类 | 0.016 | 0.8 | 0.05 | 0.011 | 5.2 | 0.93 | 0.2L | 8.0 |
| SW13 | 杂食豆齿鳗 | 鱼类 | 0.080 | 0.6 | 0.07 | 0.009 | 17.8 | 0.84 | 0.2L | 9.7 |
| SW14 | 黄鲫 | 鱼类 | 0.024 | 0.8 | 0.05 | 0.033 | 5.9 | 0.63 | 0.2 | 8.0 |
| SW16 | 屈氏叫姑鱼 | 鱼类 | 0.044 | 0.6 | 0.09 | 0.023 | 5.7 | 0.87 | 0.2L | 9.3 |
| SW17 | 杜氏尾枪乌贼 | 软体类 | 0.031 | 5.8 | 0.14 | 0.318 | 12.3 | 2.24 | 0.4 | 14.8 |
| SW19 | 宽尾斜齿鲨 | 鱼类 | 0.046 | 0.6 | 0.12 | 0.011 | 4.8 | 0.74 | 0.2L | 7.4 |
| SW21 | 赤鼻棱鯧 | 鱼类 | 0.045 | 1.1 | 0.12 | 0.045 | 14.3 | 0.66 | 0.2L | 7.5 |
| SW23 | 白姑鱼 | 鱼类 | 0.023 | 0.7 | 0.06 | 0.012 | 3.8 | 0.75 | 0.2L | 7.9 |
| SW27 | 褐蓝子鱼 | 鱼类 | 0.011 | 0.8 | 0.10 | 0.022 | 10.1 | 0.63 | 0.2L | 9.8 |
| SW28 | 黄鳍棘鲷 | 鱼类 | 0.108 | 0.5 | 0.07 | 0.005L | 5.1 | 0.76 | 0.2L | 5.1 |
| 最小值 | | | 0.011 | 0.5 | 0.05 | 0.005L | 3.8 | 0.63 | 0.2L | 5.1 |
| 最大值 | | | 0.108 | 16.4 | 0.14 | 1.19 | 27.0 | 2.24 | 0.9 | 14.8 |
| 平均值 | | | 0.037 | 4.7 | 0.09 | 0.193 | 12.6 | 0.85 | 0.2 | 8.8 |

注：①包含“L”的检测结果表明其检测结果低于方法检出限，其中数值为方法检出限值，参与计算平均值和标准指数时，若未检出率少于等于 1/2，取 1/2 检出限值参与计算，若未检出率大于 1/2，取 1/4 检出限值参与计算。

(2) 2025 年 3 月

9 个调查站位的海洋生物体监测结果见表 5.3.4-2。

表 5.3.4-2 海洋生物质量监测结果（湿重，单位：mg/kg）

| 站位 | 种名 | 类群 | 总汞 | 铜 | 铅 | 镉 | 锌 | 铬 | 砷 | 石油 烃 |
|------|------|-----|-------|------|------|--------|------|------|------|---------|
| SW01 | 笋锥螺 | 软体类 | 0.007 | 0.5 | 0.08 | 0.078 | 11.2 | 1.14 | 0.4 | 9.8 |
| SW02 | 隆线强蟹 | 甲壳类 | 0.013 | 9.4 | 0.05 | 0.030 | 40.9 | 0.73 | 1.5 | 5.6 |
| SW06 | 龙头鱼 | 鱼类 | 0.010 | 0.4L | 0.04 | 0.005L | 2.4 | 0.62 | 0.2L | 6.2 |
| SW11 | 日本带鱼 | 鱼类 | 0.066 | 0.4L | 0.13 | 0.005L | 3.9 | 0.66 | 0.2L | 6.2 |

| 站位 | 种名 | 类群 | 总汞 | 铜 | 铅 | 镉 | 锌 | 铬 | 砷 | 石油烃 |
|-------|-------|-----|-------|------|-------|--------|------|------|------|------|
| SW13 | 赤鼻棱鯧 | 鱼类 | 0.035 | 0.7 | 0.10 | 0.005L | 7.9 | 0.90 | 0.3 | 6.4 |
| SW14 | 中华管鞭虾 | 甲壳类 | 0.010 | 3.5 | 0.07 | 0.014 | 8.8 | 0.86 | 1.6 | 7.7 |
| SW17 | 口虾蛄 | 甲壳类 | 0.026 | 19.8 | 0.08 | 0.593 | 32.0 | 0.69 | 1.9 | 17.3 |
| SW19 | 眼斑拟鲈 | 鱼类 | 0.014 | 0.4L | 0.04L | 0.008 | 4.5 | 0.76 | 0.3 | 5.4 |
| SWC02 | 文蛤 | 贝类 | 0.010 | 0.8 | 0.05 | 0.064 | 9.1 | 0.55 | 0.3 | 13.4 |
| 最小值 | | | 0.007 | 0.4L | 0.04L | 0.005L | 2.4 | 0.55 | 0.2L | 5.4 |
| 最大值 | | | 0.066 | 19.8 | 0.13 | 0.593 | 40.9 | 1.14 | 1.9 | 17.3 |
| 平均值 | | | 0.021 | 3.9 | 0.07 | 0.088 | 13.4 | 0.77 | 0.7 | 8.7 |

注：①包含“L”的检测结果表明其检测结果低于方法检出限，其中数值为方法检出限值，参与计算平均值和标准指数时，若未检出率少于等于 1/2，取 1/2 检出限值参与计算，若未检出率大于 1/2，取 1/4 检出限值参与计算。

2、评价结果

(1) 2024 年 11 月

采用上述单项指数法，对现状监测结果进行标准指数计算，各监测点生物体评价因子的标准指数见表 5.3.4-3。

评价结果显示，所有调查站位内采集到的鱼类、甲壳类和软体类的生物体内污染物均符合《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）附录 C 其他海洋生物质量参考值中的标准限值。

表 5.3.4-3 海洋生物监测站位各要素标准指数

| 站位 | 种名 | 类群 | 总汞 | 铜 | 铅 | 镉 | 锌 | 砷 | 石油烃 |
|------|--------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| SW01 | 红星梭子蟹 | 甲壳类 | 0.19 | 0.11 | 0.06 | 0.21 | 0.18 | 0.50 | 0.71 |
| SW02 | 龙头鱼 | 鱼类 | 0.05 | 0.03 | 0.04 | 0.07 | 0.10 | 0.05 | 0.38 |
| SW06 | 红星梭子蟹 | 甲壳类 | 0.19 | 0.11 | 0.04 | 0.19 | 0.17 | 0.70 | 0.30 |
| SW07 | 猛虾蛄 | 甲壳类 | 0.09 | 0.14 | 0.06 | 0.31 | 0.13 | 0.30 | 0.37 |
| SW09 | 口虾蛄 | 甲壳类 | 0.14 | 0.13 | 0.04 | 0.60 | 0.16 | 0.90 | 0.48 |
| SW10 | 直额蛄 | 甲壳类 | 0.08 | 0.16 | 0.05 | 0.05 | 0.12 | 0.60 | 0.44 |
| SW11 | 异颌颌吻鳗 | 鱼类 | 0.16 | 0.03 | 0.03 | 0.05 | 0.28 | 0.05 | 0.39 |
| SW12 | 竹荚鱼 | 鱼类 | 0.05 | 0.04 | 0.03 | 0.02 | 0.13 | 0.05 | 0.40 |
| SW13 | 杂食豆齿鳗 | 鱼类 | 0.27 | 0.03 | 0.04 | 0.02 | 0.45 | 0.05 | 0.49 |
| SW14 | 黄鲫 | 鱼类 | 0.08 | 0.04 | 0.03 | 0.06 | 0.15 | 0.05 | 0.40 |
| SW16 | 屈氏叫姑鱼 | 鱼类 | 0.15 | 0.03 | 0.05 | 0.04 | 0.14 | 0.05 | 0.47 |
| SW17 | 杜氏尾枪乌贼 | 软体类 | 0.10 | 0.06 | 0.01 | 0.06 | 0.05 | 0.40 | 0.74 |
| SW19 | 宽尾斜齿鲨 | 鱼类 | 0.15 | 0.03 | 0.06 | 0.02 | 0.12 | 0.05 | 0.37 |
| SW21 | 赤鼻棱鯧 | 鱼类 | 0.15 | 0.06 | 0.06 | 0.08 | 0.36 | 0.05 | 0.38 |
| SW23 | 白姑鱼 | 鱼类 | 0.08 | 0.04 | 0.03 | 0.02 | 0.10 | 0.05 | 0.40 |
| SW27 | 褐蓝子鱼 | 鱼类 | 0.04 | 0.04 | 0.05 | 0.04 | 0.25 | 0.05 | 0.49 |
| SW28 | 黄鳍棘鲷 | 鱼类 | 0.36 | 0.03 | 0.04 | 0.00 | 0.13 | 0.05 | 0.26 |
| 超标率% | | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

注：“/”表示指标的质量标准未作限值要求的标准指数。

(2) 2025 年 3 月

采用上述单项指数法，对现状监测结果进行标准指数计算，各监测点生物体评价因子的标准指数见表 5.3.4-4。

评价结果显示，超标因子为铬和砷，超标率分别为 11.1%和 33.3%。SWC02 站位贝类铬含量不符合《海洋生物质量》（GB 18421-2001）一类标准，但符合《海洋生物质量》（GB 18421-2001）二类标准；SW02、SW14、SW17 站位砷含量不符合《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）附录 C 其他海洋生物质量参考值中的标准限值。其余站位调查因子均符合对应标准要求。

超标原因分析：潮间带贝类铬含量超标，主要是沿岸工业、生活污水及港口航运等陆源与海上污染输入，铬在潮间带沉积物中长期吸附累积，形成二次污染，再加上贝类滤食性强、活动范围小、对重金属富集能力突出，最终导致体内铬含量超标；海洋生物对砷具有较强的富集能力，在摄食过程中会不断积累砷，随着食物链的传递，砷在生物体内的浓度逐渐升高。大量文献表明广东沿海、大亚湾、珠江口、粤东海域天然背景下海洋生物体内砷含量普遍处于 1.0~10 mg/kg 范围，与本次调查结果一致。

表 5.3.4-4 海洋生物监测站位各要素标准指数

| 站位 | 种名 | 类群 | 总汞 | 铜 | 铅 | 镉 | 锌 | 铬 | 砷 | 石油 烃 |
|-------|-------|-----|------|------|------|------|------|------|------|---------|
| SW01 | 笋锥螺 | 软体类 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.04 | / | 0.40 | 0.49 |
| SW02 | 隆线强蟹 | 甲壳类 | 0.04 | 0.09 | 0.03 | 0.02 | 0.27 | / | 1.50 | 0.28 |
| SW06 | 龙头鱼 | 鱼类 | 0.03 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.06 | / | 0.10 | 0.31 |
| SW11 | 日本带鱼 | 鱼类 | 0.22 | 0.01 | 0.07 | 0.01 | 0.10 | / | 0.10 | 0.31 |
| SW13 | 赤鼻棱鲷 | 鱼类 | 0.12 | 0.04 | 0.05 | 0.01 | 0.20 | / | 0.30 | 0.32 |
| SW14 | 中华管鞭虾 | 甲壳类 | 0.03 | 0.04 | 0.04 | 0.01 | 0.06 | / | 1.60 | 0.39 |
| SW17 | 口虾蛄 | 甲壳类 | 0.09 | 0.20 | 0.04 | 0.30 | 0.21 | / | 1.90 | 0.87 |
| SW19 | 眼斑拟鲈 | 鱼类 | 0.05 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.11 | / | 0.30 | 0.27 |
| SWC02 | 文蛤 | 贝类 | 0.20 | 0.08 | 0.50 | 0.32 | 0.46 | 1.10 | 0.30 | 0.89 |
| 超标率% | | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 11.1 | 33.3 | 0.0 |

注：① “/” 表示指标的质量标准未作限值要求的标准指数。

5.4 海洋生态环境现状调查与评价

5.4.1 海洋生态、渔业资源调查结果

5.4.1.1 调查项目

- 1、叶绿素 a、初级生产力；
- 2、浮游植物（种类及组成、个体数量、分布、多样性和均匀度、优势种）；
- 3、浮游动物（生物量、种类及组成、个体数量、分布、多样性和均匀度、优势种）；

4、底栖生物（种类及组成、优势种、生物量、栖息密度和分布、多样性和均匀度）；

5、潮间带生物（种类及组成、优势种、生物量、栖息密度和分布、多样性和均匀度）。

6、鱼卵仔稚鱼（种类数、数量分布、主要种类等）；

7、游泳生物（主要种类、优势种、渔获率及分布、资源密度及分布、分类别种类组成、分类别渔获率及分布、分类别资源密度及分布等）。

5.4.1.2 采集与处理方法

1、采样方法

（1）叶绿素 *a* 和初级生产力

采样层次与水质采样层次相同，用采水器采集水样，采集 2L~5L 海水样品后，加入 3mL 碳酸镁悬浮液，混匀，并现场抽滤至 0.45 μ m 孔径的纤维素酯微孔滤膜，过滤负压不超过 50kPa，冷藏保存，上岸后立即运回室内检测，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。

（2）浮游植物

浮游植物定量分析样品用浅水 III 型浮游生物网（加重锤）自底至表层作垂直拖网进行采集。垂直拖网时，落网速度不超过 1m/s，起网为 0.5m/s。样品用鲁哥氏碘液固定，加入量为每升水加入 6.00mL~8.00mL。样品带回实验室经浓缩后镜检、观察、鉴定和计数。分析其种类组成、数量分布、主要优势种及其多样性分析。

（3）浮游动物

浮游动物样品用浅水 I 型浮游生物网（加重锤）从底层至表层垂直拖曳采集。采得的样品在现场用 5% 的中性甲醛溶液固定。在室内挑去杂物后以湿重法称取浮游动物的生物量，然后在体视显微镜下对标本进行鉴定和计数。分析其种类组成、数量分布、主要优势种及其多样性分析，并提供其种类名录。

（4）大型底栖生物

定量样品采用 0.05m² 采泥器，在每站位连续采集平行样品 4 次，经孔径为 0.50mm 的筛网筛洗干净后，放入 500mL 样品瓶中，加入体积分数为 5%~7% 的中性甲醛溶液暂时性保存，便于室内鉴定。样品在实验室内进行计数、称重及种类鉴定，分析其种类组成、数量分布、主要优势种及其多样性分析，并提供其种类名录。

(5) 潮间带生物

①在调查海区内选择不同生境（如泥滩、沙滩和岩滩）的潮间带断面，断面位置有陆上标志，走向与等深线垂直，选择在滩面底质类型相对均匀、潮带较完整、无人破坏或人为扰动较小且相对较稳定的地点或调查断面，在每个剖面的高滩、中滩和低滩采集样品；

②泥、沙等软相底质的生物取样，用滩涂定量采样框。其结构包括框架和挡板两部分，均用 1.5~2.0mm 厚的不锈钢板弯制而成。规格：25cm×25cm×30cm。配套工具是平头铁锹。岩石岸生物取样采用岩石定量采样框，一般用 25cm×25cm 的定量框。若生物栖息密度很高，且分布较均匀，可采用 10cm×10cm 的定量框。滩涂和岩滩定量取样用对应的定量框，通常高潮区布设 2 站、中潮带 3 站，低潮带 2 站（生物量较大时 1 个站），每站取 4~8 个样方（依据现场生物量大小而定）；为防止人为因素干扰，样方位置用标志绳索（每隔 5m 或 10m 有一标志）于站位两侧水平拉直，各样方位置严格取在标志绳索所标位置，无论该位置上生物多寡，均不能移位；在滩涂取样时，先将取样器挡板插入框架凹槽，用臂力或脚力将其插入滩涂内；继而观察记录框内表面可见的生物及数量；后用铁锹清除挡板外侧的泥沙再拔去挡板，以便铲取框内样品；铲取样品时，若发现底层仍有生物存在，将取样器再往下压，直至采不到生物为止；若需分层取样，视底质分层情况确定；岩滩确定样方位置应在宏观观察基础上选取能代表该水平高度上生物分布特点的位置。取样时，应先将框内的易碎生物（如：牡蛎、藤壶等）加以计数，并观察记录优势种的覆盖面积。然后再用小铁铲、凿子或刮刀将框内所有生物刮取干净；

③用筛网孔目为 1.0mm 和 0.5mm 的过筛器进行生物样品筛选；

④为全面反映各断面的种类组成和分布，在每站定量取样的同时，应尽可能将该站附近出现的动植物种类收集齐全，以作分析时参考，定性样品务必与定量样品分装，切勿混淆；

⑤滩涂定量调查，未能及时处理的余渣，拣出肉眼可见的标本后把余渣另行装瓶（袋），便于回实验室在双筒解剖镜下仔细挑拣。

⑥取样时，测量各潮区优势种的垂直分布高度和滩面宽度，描述生物分布带的特征；样品存放于 500mL~1000mL 样品瓶中，加入体积分数为 5%~7%的中性甲醛溶液暂时性保存，便于室内鉴定。

(6) 鱼卵仔稚鱼

调查选择适于在调查海区作业且设备条件良好的渔船承担，按照《海洋调查规范》(GB/T 12763-2007)的相关规定进行样品的采集、保存和运输。定量采样：网具使用浅水I型浮游生物网（水深<30m），由海底至海面垂直拖网，水深较浅时采用水平拖网的方式采集样品。定性采样：采用水平拖网法，网具采用大型浮游生物网，于表层水平拖曳 10min 取得，拖速保持在 1kn~2kn。海上采得的浮游生物样品按体积 5%的量加入福尔马林溶液固定，带回实验室后将鱼卵仔鱼样品单独挑出，在解剖镜下计数和鉴定。

(7) 游泳动物

游泳生物调查按照《海洋调查规范》(GB/T 12763-2007)的相关规定进行样品的采集、保存和运输。

①调查船舶要求：游泳生物调查船应由专业调查船承担，或选择适于在调查海区作业且设备条件良好的渔船承担，调查船舶应具备能在调查海区中定位的卫星定位仪、能在调查海区与陆地基地联络的通讯设备，性能良好的探鱼仪和雷达，能随时观察曳网情况的网位仪，与调查水深和调查网具相匹配的起网机和起吊设备，具备渔获物样品冷藏库或冷冻库。

②调查工作流程：采用单船有翼单囊拖网进行作业。调查时间选择在白天进行，综合拖速、拖向、流向、流速、风向和风速等多种因素，在距离站位位置 2n mile~3n mile 处放网，拖速控制在 2kn~3kn 左右，经 0.5~1h 后正好到达站位位置或附近。临放网前准确测定船位，放网时间以停止曳网投放，曳网着底开始受力时为准。拖网中尽量保持拖网方向朝向拖网站位，注意周围船只动态和调查船的拖网是否正常，若出现不正常拖网时，视其情况改变拖向或立即起网。临起网前准确记录船位，起网时间以起网机开始卷收曳网时间为准。如遇严重破网等导致渔获量大量减少时，应重新拖网。

③样品处理：将囊网里全部渔获物收集，记录估计的网次总质量（kg）。渔获物总质量在 40kg 以下时，全部取样分析；渔获物大于 40kg 时，从中挑出大型的和稀有的标本后，从渔获物中随机取出渔获物分析样品 20kg 左右，然后把余下的渔获物按品种和不同规格装箱，记录该站位准确渔获物总质量（kg）。

2、分析方法

样品的分析采用《海洋监测规范 第 7 部分：近海污染生态调查和生物监测》(GB 17378.7 -2007) 和《海洋调查规范 第 6 部分：海洋生物调查》(GB/T 12763.6-

2007) 进行, 各项目的分析方法如表 5.4.1-1。

表 5.4.1-1 海洋生态调查项目及分析方法

| 序号 | 检测指标 | 检测依据 | 分析方法 |
|----|-------------------|---|-------|
| 1 | 浮游植物 | 《海洋监测规范 第 7 部分: 近海污染生态调查和生物监测》GB 17378.7-2007/5 | 浓缩计数法 |
| 2 | 浮游动物 | 《海洋监测规范 第 7 部分: 近海污染生态调查和生物监测》GB 17378.7-2007/5 | 镜检法 |
| 3 | 大型底栖生物 | 《海洋监测规范 第 7 部分: 近海污染生态调查和生物监测》GB 17378.7-2007/6 | 镜检法 |
| 4 | 潮间带生物 | 《海洋监测规范 第 7 部分: 近海污染生态调查和生物监测》GB 17378.7-2007/7 | 镜检法 |
| 5 | 游泳动物 | 《海洋调查规范 第 6 部分: 海洋生物调查》GB/T 12763.6-2007/14 | 目测法 |
| 6 | 鱼类浮游生物 (鱼卵仔稚鱼) | 《海洋调查规范 第 6 部分: 海洋生物调查》GB/T 12763.6-2007/9 | 镜检法 |
| 7 | 叶绿素 <i>a</i> | 《海洋监测规范 第 7 部分: 近海污染生态调查和生物监测》GB 17378.7-2007/8.2 | 分光光度法 |

5.4.1.3 计算方法

1、评价方法

(1) 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:

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

式中: P —初级生产力 ($\text{mg}\cdot\text{C}/\text{m}^2\cdot\text{d}$);

C_a —叶绿素 *a* 含量 (mg/m^3);

Q —同化系数 ($\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{mgChl-}a\cdot\text{h})$), 根据南海水产研究所以往调查结果取值, 见表 5.4.1-2;

L —真光层的深度 (m);

t —白昼时间 (h), 根据南海水产研究所以往调查结果取值, 见表 5.4.1-2。

表 5.4.1-2 南海北部海域初级生产力估算系数

| 月份 | 季度 | 光照时间 (h) t | 转化系数 (同化系数) Q |
|------|----|-------------------------|-----------------|
| 3-5 | 春 | 11 | 3.32 |
| 6-8 | 夏 | 13 | 3.12 |
| 9-11 | 秋 | 10.5 | 3.42 |
| 12-2 | 冬 | 9.5 | 3.52 |

(2) 优势度(Y):

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

(3) Shannon-Weaver 多样性指数(H'):

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

(4) Pielou 均匀度指数(J):

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

(5) Margalef 丰富度指数(D):

$$D = (S-1) / \log_2 N$$

上述 (2) ~ (5) 式中:

- n_i —第 i 种的个体数量 (ind);
- N —某站总生物数量 (ind);
- f_i —某种生物的出现频率 (%);
- P_i —第 i 种的个体数与总个体数的比值;
- S —出现生物总种数。

(6) 鱼卵仔稚鱼密度:

垂直拖网密度计算:

$$N = \frac{n}{S \times L}$$

式中: N —鱼卵仔稚鱼密度 (ind/m³);

- n —每网鱼卵仔稚鱼数量, 单位为 (ind);
- S —网口面积 (m²), $S_{\text{浅水I型网}}=0.2 \text{ m}^2$;
- L —采样绳长 (m), 垂直拖网 L =水深-2m。

(7) 渔业资源:

资源数量的评估根据底拖网扫海面积法 (密度指数法), 来估算评价区的资源重量密度和生物个体密度。

$$S = (y) / a(1-E)$$

式中: S —重量密度 (kg/km²) 或个体密度 (ind/km²);

- a —底拖网每小时的扫海面积 (扫海宽度取浮网长度的 2/3);
- y —平均重量渔获率 (kg/h) 或平均个体渔获率 (ind/h);
- E —逃逸率 (取 0.5)。

(8) 游泳生物优势种

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 , 来分析渔获物在群体数量组成中其生态的地位, 依此确定优势种。

$$IRI = (N+W) F$$

式中： N —某一种类的 ind 数占渔获总 ind 数的百分比；

W —某一种类的重量占渔获总重量的百分比；

F —某一种类的出现的断面数占调查总断面数的百分比。

5.4.1.4 调查结果与评价

1、叶绿素 a 和初级生产力

(1) 2024 年 11 月

本次调查结果显示，各站表层叶绿素 a 变化范围在 (1.23~3.57) mg/m^3 ，平均为 1.83 mg/m^3 ；10m 水层叶绿素 a 变化范围在 (1.23~2.94) mg/m^3 ，平均为 2.09 mg/m^3 ；底层叶绿素 a 含量变化范围在 (1.11~2.77) mg/m^3 ，平均为 1.48 mg/m^3 。以各站各层水样的平均值作为该站叶绿素 a 的浓度，各站叶绿素 a 浓度的变化范围为 (1.20~3.09) mg/m^3 ，平均为 1.77 mg/m^3 ，SW19 站位叶绿素 a 平均值最高，SW12 站位叶绿素 a 平均值最低。

本次调查海域的初级生产力变化范围在 (60.760~249.664) $\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 之间，平均值为 107.004 $\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ，其中 SW19 站位初级生产力值最高，SW07 站位初级生产力值最低。

表 5.4.1-3 叶绿素 a 和初级生产力测定结果

| 站位 | 透明度 (m) | 叶绿素 a (mg/m^3) | | | 站位叶绿素 a 均 值 (mg/m^3) | 初级生产力 $\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ |
|------|------------|------------------------------------|------|------|---|---|
| | | 表 | 10m | 底 | | |
| SW01 | 0.8 | 2.09 | / | / | 2.09 | 90.062 |
| SW02 | 1.1 | 2.07 | / | / | 2.07 | 122.651 |
| SW06 | 0.8 | 2.54 | / | / | 2.54 | 109.454 |
| SW07 | 0.8 | 1.41 | / | / | 1.41 | 60.760 |
| SW09 | 1.2 | 1.43 | / | 1.36 | 1.40 | 90.493 |
| SW10 | 1.3 | 1.57 | / | 1.52 | 1.55 | 108.538 |
| SW11 | 1.0 | 1.34 | / | 1.29 | 1.32 | 71.102 |
| SW12 | 1.1 | 1.29 | / | 1.11 | 1.20 | 71.102 |
| SW13 | 1.0 | 1.99 | / | 1.98 | 1.99 | 107.191 |
| SW14 | 1.2 | 1.35 | / | 1.29 | 1.32 | 85.322 |
| SW16 | 1.6 | 1.23 | / | 1.18 | 1.21 | 104.283 |
| SW17 | 1.6 | 1.58 | / | 1.53 | 1.56 | 134.447 |
| SW19 | 1.5 | 3.57 | 2.94 | 2.77 | 3.09 | 249.664 |
| SW21 | 2.0 | 1.46 | 1.23 | 1.18 | 1.29 | 138.972 |
| SW23 | 1.0 | 1.47 | / | 1.11 | 1.29 | 69.486 |
| SW27 | 0.8 | 2.53 | / | / | 2.53 | 109.023 |
| SW28 | 0.8 | 2.24 | / | / | 2.24 | 96.526 |
| 均值 | 1.2 | 1.83 | 2.09 | 1.48 | 1.77 | 107.004 |

注：“/”表示该层未采样。

(2) 2025 年 3 月

本次调查结果显示, 各站表层叶绿素 a 变化范围在 $(0.51\sim 5.03)$ mg/m^3 , 平均为 $2.13\text{mg}/\text{m}^3$; 底层叶绿素 a 含量变化范围在 $(0.40\sim 3.72)$ mg/m^3 , 平均为 $1.74\text{mg}/\text{m}^3$ 。以各站各层水样的平均值作为该站叶绿素 a 的浓度, 各站叶绿素 a 浓度的变化范围为 $(0.46\sim 4.38)$ mg/m^3 , 平均为 $2.06\text{mg}/\text{m}^3$, SW07 站位叶绿素 a 平均值最高, SW19 站位叶绿素 a 平均值最低。

本次调查海域的初级生产力变化范围在 $(70.557\sim 431.886)$ $\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 之间, 平均值为 $181.647\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$, 其中 SW07 站位初级生产力值最高, SW19 站位初级生产力值最低。

表 5.4.1-4 叶绿素 a 和初级生产力测定结果

| 站位 | 透明度 (m) | 叶绿素 a (mg/m^3) | | 站位叶绿素 a 均 值 (mg/m^3) | 初级生产力 $\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ |
|------|------------|------------------------------------|------|---|---|
| | | 表 | 底 | | |
| SW01 | 1.0 | 3.16 | / | 3.16 | 173.105 |
| SW02 | 1.7 | 2.03 | 1.98 | 2.01 | 187.183 |
| SW04 | 1.1 | 2.03 | / | 2.03 | 122.324 |
| SW06 | 2.2 | 1.75 | 1.69 | 1.72 | 207.288 |
| SW07 | 1.8 | 5.03 | 3.72 | 4.38 | 431.886 |
| SW09 | 1.8 | 1.59 | 1.47 | 1.53 | 150.864 |
| SW10 | 1.9 | 3.50 | 3.34 | 3.42 | 355.960 |
| SW11 | 1.8 | 1.23 | 1.19 | 1.21 | 119.311 |
| SW12 | 1.5 | 2.09 | 1.98 | 2.04 | 167.627 |
| SW13 | 1.6 | 1.23 | 1.18 | 1.21 | 106.054 |
| SW14 | 2.0 | 1.30 | 1.07 | 1.19 | 130.376 |
| SW16 | 2.0 | 1.51 | 1.46 | 1.49 | 163.244 |
| SW17 | 2.5 | 1.35 | 1.34 | 1.35 | 184.883 |
| SW19 | 2.8 | 0.51 | 0.40 | 0.46 | 70.557 |
| SW23 | 1.0 | 3.5 | / | 3.50 | 191.730 |
| SW24 | 1.2 | 2.19 | / | 2.19 | 143.962 |
| 均值 | 1.7 | 2.13 | 1.74 | 2.06 | 181.647 |

注: “/” 表示该层未采样。

2、浮游植物

(1) 2024 年 11 月

1) 种类组成和优势种

本次调查共记录浮游植物 5 门 6 纲 13 目 26 科 123 种。硅藻门种类最多, 共 15 科 92 种, 占总种类数的 74.80%; 甲藻门种类次之, 出现 8 科 26 种, 占总种类数的 21.14%; 蓝藻门出现 1 科 2 种, 占总种类数的 1.63%; 金藻门出现 1 科 2 种, 占总种类数的 1.63%; 绿藻门出现 1 科 1 种, 占总种类数的 0.81%。

以优势度 $Y \geq 0.02$ 为判断标准, 本次调查浮游植物优势种共出现 5 种, 分别为中肋骨条藻 (*Skeletonema costatum*)、劳氏角毛藻 (*Chaetoceros lorenzianus*)、冰河拟星杆藻 (*Asterionellopsis glacialis*) 等, 其中中肋骨条藻为第一优势种, 优势度为

0.551, 平均密度为 $632.202 \times 10^3 \text{ cells/m}^3$, 占各站位平均密度的 64.30%。

2) 类群密度及占比

调查区域内各站位浮游植物密度变化范围在 $(63.409 \sim 9815.187) \times 10^3 \text{ cells/m}^3$ 之间, 平均值为 $983.219 \times 10^3 \text{ cells/m}^3$, 最高密度出现在 SW13 站位, 最低密度出现在 SW21 站位。

从门类来看, 17 个调查站位中均采集到硅藻门, 硅藻门密度范围在 $(61.823 \sim 9756.740) \times 10^3 \text{ cells/m}^3$ 之间, 平均值为 $955.305 \times 10^3 \text{ cells/m}^3$; 硅藻门各站位密度的占比在 64.99%~99.40% 之间, 各站位占比平均值为 89.54%。蓝藻门密度范围在 $(0.859 \sim 67.785) \times 10^3 \text{ cells/m}^3$ 之间, 平均值为 $19.154 \times 10^3 \text{ cells/m}^3$; 各站位密度百分比在 0.15%~31.49% 之间, 占比平均值为 7.74%; 其他类群 (包括金藻门和甲藻门) 密度范围在 $(0.555 \sim 36.914) \times 10^3 \text{ cells/m}^3$ 之间, 平均值为 $8.760 \times 10^3 \text{ cells/m}^3$; 各站位密度百分比在 0.38%~8.12% 之间, 占比平均值为 2.73%。

表 5.4.1-5 浮游植物各类群密度

| 站位 | 总密度 | 硅藻门 | | 蓝藻门 | | 其他类群 | |
|------|----------|----------|-------|--------|-------|--------|------|
| | | 密度 | 百分比 | 密度 | 百分比 | 密度 | 百分比 |
| SW01 | 153.383 | 140.065 | 91.32 | 0.859 | 0.56 | 12.459 | 8.12 |
| SW02 | 827.840 | 822.432 | 99.35 | 1.248 | 0.15 | 4.160 | 0.50 |
| SW06 | 204.095 | 190.525 | 93.35 | 1.938 | 0.95 | 11.632 | 5.70 |
| SW07 | 606.041 | 565.036 | 93.23 | 30.472 | 5.03 | 10.533 | 1.74 |
| SW09 | 129.486 | 115.339 | 89.07 | 10.250 | 7.92 | 3.897 | 3.01 |
| SW10 | 137.877 | 115.024 | 83.43 | 18.919 | 13.72 | 3.934 | 2.85 |
| SW11 | 299.645 | 285.644 | 95.33 | 10.239 | 3.42 | 3.762 | 1.26 |
| SW12 | 339.355 | 315.584 | 93.00 | 15.536 | 4.58 | 8.235 | 2.43 |
| SW13 | 9815.187 | 9756.740 | 99.40 | 21.533 | 0.22 | 36.914 | 0.38 |
| SW14 | 168.805 | 140.229 | 83.07 | 21.600 | 12.80 | 6.976 | 4.13 |
| SW16 | 147.423 | 95.810 | 64.99 | 46.422 | 31.49 | 5.191 | 3.52 |
| SW17 | 325.501 | 242.233 | 74.42 | 67.785 | 20.82 | 15.483 | 4.76 |
| SW19 | 86.531 | 64.316 | 74.33 | 18.377 | 21.24 | 3.838 | 4.44 |
| SW21 | 63.409 | 61.823 | 97.50 | 1.031 | 1.63 | 0.555 | 0.88 |
| SW23 | 458.847 | 431.825 | 94.11 | 19.087 | 4.16 | 7.935 | 1.73 |
| SW27 | 1535.297 | 1525.563 | 99.37 | 2.726 | 0.18 | 7.008 | 0.46 |
| SW28 | 1416.000 | 1372.000 | 96.89 | 37.600 | 2.66 | 6.400 | 0.45 |
| 平均值 | 983.219 | 955.305 | 89.54 | 19.154 | 7.74 | 8.760 | 2.73 |

注: 密度单位为 $\times 10^3 \text{ cells/m}^3$, 百分比单位为%。

3) 浮游植物多样性、均匀度指数及丰富度指数

各调查区站位浮游植物种数范围为 36~62 种。多样性指数范围在 1.376~4.338 之间, 平均值为 3.351, 多样性指数以 SW17 站位最高, SW02 站位最低; 均匀度指数范围在 0.244~0.781 之间, 平均值为 0.600, 均匀度指数以 SW17 站位最高, SW02 站位最低; 丰富度指数范围在 2.233~3.003 之间, 平均值为 2.586, 丰富度指数以 SW23

站位最高，SW06 站位最低。

表 5.4.1-6 浮游植物多样性、均匀度指数及丰富度指数

| 站位 | 种类数 | 多样性指数 (H') | 均匀度指数 (J) | 丰富度指数 (D) |
|------|-----|----------------|---------------|---------------|
| SW01 | 36 | 3.452 | 0.668 | 2.282 |
| SW02 | 50 | 1.376 | 0.244 | 2.546 |
| SW06 | 39 | 2.783 | 0.527 | 2.233 |
| SW07 | 52 | 3.104 | 0.545 | 2.690 |
| SW09 | 40 | 3.840 | 0.722 | 2.242 |
| SW10 | 50 | 4.191 | 0.743 | 2.728 |
| SW11 | 53 | 3.937 | 0.687 | 2.793 |
| SW12 | 58 | 3.992 | 0.681 | 2.998 |
| SW13 | 62 | 1.766 | 0.297 | 2.570 |
| SW14 | 47 | 3.813 | 0.686 | 2.510 |
| SW16 | 53 | 4.020 | 0.702 | 2.889 |
| SW17 | 47 | 4.338 | 0.781 | 2.395 |
| SW19 | 47 | 3.905 | 0.703 | 2.600 |
| SW21 | 43 | 3.870 | 0.713 | 2.430 |
| SW23 | 59 | 4.192 | 0.713 | 3.003 |
| SW27 | 49 | 1.388 | 0.247 | 2.506 |
| SW28 | 47 | 3.000 | 0.540 | 2.540 |
| 平均值 | / | 3.351 | 0.600 | 2.586 |

(2) 2025 年 3 月

1) 种类组成和优势种

本次调查共记录浮游植物 4 门 5 纲 12 目 24 科 119 种。硅藻门种类最多，共 14 科 82 种，占总种类数的 68.91%；甲藻门种类次之，出现 7 科 33 种，占总种类数的 27.73%；金藻门出现 1 科 1 种，占总种类数的 0.84%；蓝藻门出现 2 科 2 种，占总种类数的 2.52%。

以优势度 $Y \geq 0.02$ 为判断标准，本次调查浮游植物优势种共出现 8 种，分别为尖刺伪菱形藻 (*Pseudo-nitzschia pungens*)、双环海链藻 (*Thalassiosira diporocyclus*)、旋链角毛藻 (*Chaetoceros curvisetus*) 等，其中尖刺伪菱形藻为第一优势种，优势度为 0.472，平均密度为 $14425.158 \times 10^3 \text{ cells/m}^3$ ，占各站位平均密度的 64.33%。

2) 类群密度及占比

调查区域内各站位浮游植物密度变化范围在 $(2110.572 \sim 134144.360) \times 10^3 \text{ cells/m}^3$ 之间，平均值为 $22422.404 \times 10^3 \text{ cells/m}^3$ ，最高密度出现在 SW23 站位，最低密度出现在 SW16 站位。

从门类来看，16 个调查站位中均采集到硅藻门，硅藻门密度范围在 $(2072.625 \sim 134115.880) \times 10^3 \text{ cells/m}^3$ 之间，平均值为 $22346.587 \times 10^3 \text{ cells/m}^3$ ；硅藻门各站位密度的占比在 97.23%~99.98% 之间，各站位占比平均值为 98.95%。甲藻门密度范围在 $(17.487 \sim 194.727) \times 10^3 \text{ cells/m}^3$ 之间，平均值为 $72.654 \times 10^3 \text{ cells/m}^3$ ；各

站位密度百分比在 0~2.77%之间，占比平均值为 0.99%；其他类群（包括金藻门和蓝藻门）密度范围在 $(0\sim 22.253) \times 10^3$ cells/m³ 之间，平均值为 3.164×10^3 cells/m³；各站位密度百分比在 0~0.55%之间，占比平均值为 0.06%。

表 5.4.1-7 浮游植物各类群密度

| 站位 | 总密度 | 硅藻门 | | 甲藻门 | | 其他类群 | |
|------|------------|------------|-------|---------|------|--------|------|
| | | 密度 | 百分比 | 密度 | 百分比 | 密度 | 百分比 |
| SW01 | 81848.086 | 81749.739 | 99.88 | 90.782 | 0.11 | 7.565 | 0.01 |
| SW02 | 14193.819 | 13995.819 | 98.61 | 194.727 | 1.37 | 3.273 | 0.02 |
| SW04 | 6911.715 | 6850.445 | 99.11 | 61.270 | 0.89 | 0 | 0 |
| SW06 | 10714.353 | 10638.657 | 99.29 | 75.696 | 0.71 | 0 | 0 |
| SW07 | 22655.996 | 22615.708 | 99.82 | 40.288 | 0.18 | 0 | 0 |
| SW09 | 3685.784 | 3583.761 | 97.23 | 102.023 | 2.77 | 0 | 0 |
| SW10 | 11445.770 | 11329.273 | 98.98 | 116.497 | 1.02 | 0 | 0 |
| SW11 | 10192.134 | 10098.710 | 99.08 | 92.461 | 0.91 | 0.963 | 0.01 |
| SW12 | 10829.053 | 10750.477 | 99.27 | 78.576 | 0.73 | 0 | 0 |
| SW13 | 8385.971 | 8353.330 | 99.61 | 31.804 | 0.38 | 0.837 | 0.01 |
| SW14 | 4276.062 | 4182.826 | 97.82 | 86.393 | 2.02 | 6.843 | 0.16 |
| SW16 | 2110.572 | 2072.625 | 98.20 | 35.991 | 1.71 | 1.956 | 0.09 |
| SW17 | 3222.648 | 3141.729 | 97.49 | 77.548 | 2.41 | 3.371 | 0.10 |
| SW19 | 4073.146 | 4033.406 | 99.02 | 17.487 | 0.43 | 22.253 | 0.55 |
| SW23 | 134144.360 | 134115.880 | 99.98 | 24.920 | 0.02 | 3.560 | 0 |
| SW24 | 30069.000 | 30033.000 | 99.88 | 36.000 | 0.12 | 0 | 0 |
| 平均值 | 22422.404 | 22346.587 | 98.95 | 72.654 | 0.99 | 3.164 | 0.06 |

注：密度单位为 $\times 10^3$ cells/m³，百分比单位为%。

3) 浮游植物多样性、均匀度指数及丰富度指数

各调查区站位浮游植物种数范围为 29~54 种。多样性指数范围在 1.275~3.257 之间，平均值为 2.357，多样性指数以 SW09 站位最高，SW04 站位最低；均匀度指数范围在 0.262~0.583 之间，平均值为 0.430，均匀度指数以 SW09 站位最高，SW04 站位最低；丰富度指数范围在 1.317~2.219 之间，平均值为 1.761，丰富度指数以 SW11 站位最高，SW23 站位最低。

3、浮游动物

(1) 2024 年 11 月

1) 种类组成和优势种

本次调查共记录浮游动物 5 门 7 纲 13 目 25 科 58 种（包括浮游幼体 14 种）。分属 8 个不同类群，即栉水母、水母类、有尾类、毛颚类、介形类、桡足类、十足类和浮游幼体。其中，以桡足类最多，为 30 种，占总种类数的 51.72%；浮游幼体次之，出现 14 种，占总种类数的 24.14%；水母类出现 6 种，占总种类数的 10.34%；其他类群出现种类较少。

以优势度 $Y \geq 0.02$ 为判断标准，本次调查浮游动物优势种共 8 种。分别为桡足

幼体 (Copepoda larvae)、红纺锤水蚤 (*Acartia erythraea*)、长尾类幼虫 (*Macrura larva*)、微刺哲水蚤 (*Canthocalanus pauper*) 等, 其中桡足幼体为第一优势种, 优势度为 0.161, 平均密度为 16.562 ind/m³, 占各站位平均密度的 25.46%, 出现频率 94.12%。

2) 密度与生物量

17个调查站位浮游动物生物量变化范围在 (4.57~97.44) mg/m³之间, 平均值为 25.20mg/m³, 其中 SW28 站位生物量最高, SW17 站位生物量最低; 浮游动物密度变化范围在 (11.021~276.922) ind/m³之间, 平均值为 65.063ind/m³, 其中 SW28 站位密度最高, SW14 站位密度最低。从类群密度分布来看, 本次调查浮游幼体平均密度最高, 为 35.211ind/m³, 占比为 54.12%; 其次是桡足类, 平均密度为 25.468ind/m³, 占比为 39.14%。

表 5.4.1-8 浮游动物生物量统计

| 站位 | 密度 (ind/m ³) | 生物量 (mg/m ³) |
|------|--------------------------|--------------------------|
| SW01 | 173.586 | 29.96 |
| SW02 | 116.779 | 37.58 |
| SW06 | 82.944 | 20.16 |
| SW07 | 38.925 | 31.14 |
| SW09 | 87.972 | 28.57 |
| SW10 | 57.296 | 25.14 |
| SW11 | 35.447 | 19.40 |
| SW12 | 16.992 | 10.90 |
| SW13 | 25.348 | 27.82 |
| SW14 | 11.021 | 9.74 |
| SW16 | 20.226 | 11.52 |
| SW17 | 11.291 | 4.57 |
| SW19 | 16.325 | 6.94 |
| SW21 | 13.292 | 8.13 |
| SW23 | 25.703 | 14.08 |
| SW27 | 96.000 | 45.33 |
| SW28 | 276.922 | 97.44 |
| 平均值 | 65.063 | 25.20 |

表 5.4.1-9 浮游动物各类群分布

| 站位 | 平均密度 (ind/m ³) | 占比 (%) |
|------|----------------------------|--------|
| 水母类 | 2.110 | 3.24 |
| 栉水母 | 0.133 | 0.20 |
| 有尾类 | 1.745 | 2.68 |
| 毛颚类 | 0.267 | 0.41 |
| 介形类 | 0.028 | 0.04 |
| 桡足类 | 25.468 | 39.14 |
| 十足类 | 0.101 | 0.15 |
| 浮游幼体 | 35.211 | 54.12 |

3) 浮游动物多样性指数、均匀度指数及丰富度指数

本次调查, 各调查区站位浮游动物种数范围为 12~23 种。浮游动物多样性指数

变化范围在 2.599~3.990 之间，平均值为 3.264，其中 SW07 站位最高，SW02 站位最低；均匀度指数变化范围在 0.624~0.895 之间，平均值为 0.804，其中 SW07 站位最高，SW09 站位最低；丰富度指数范围在 1.747~3.487 之间，平均值为 2.491，丰富度指数以 SW07 站位最高，SW02 站位最低。

(2) 2025 年 3 月

1) 种类组成和优势种

本次调查共记录浮游动物 5 门 7 纲 12 目 22 科 48 种（包括浮游幼体 13 种）。分属 8 个不同类群，即栉水母、水母类、被囊类、有尾类、毛颚类、桡足类、端足类和浮游幼体。其中，以桡足类最多，为 19 种，占总种类数的 39.58%；浮游幼体次之，出现 13 种，占总种类数的 27.08%；水母类出现 8 种，占总种类数的 16.67%；其他类群出现种类较少。

以优势度 $Y \geq 0.02$ 为判断标准，本次调查浮游动物优势种共 6 种。分别为异体住囊虫 (*Oikopleura dioica*)、中华哲水蚤 (*Calanus sinicus*)、五角水母 (*Muggiaea atlantica*) 等，其中异体住囊虫为第一优势种，优势度为 0.141，平均密度为 93.961 ind/m³，占各站位平均密度的 22.20%，出现频率 100%。

2) 密度与生物量

16 个调查站位浮游动物生物量变化范围在 (25.37~773.33) mg/m³ 之间，平均值为 163.67 mg/m³，其中 SW13 站位生物量最高，SW04 站位生物量最低；浮游动物密度变化范围在 (85.075~1093.846) ind/m³ 之间，平均值为 423.270 ind/m³，其中 SW13 站位密度最高，SW04 站位密度最低。从类群密度分布来看，本次调查桡足类平均密度最高，为 133.702 ind/m³，占比为 31.59%；其次是有尾类，平均密度为 93.961 ind/m³，占比为 22.20%

表 5.4.1-10 浮游动物生物量统计

| 站位 | 密度 (ind/m ³) | 生物量 (mg/m ³) |
|------|--------------------------|--------------------------|
| SW01 | 297.778 | 146.67 |
| SW02 | 117.614 | 34.09 |
| SW04 | 85.075 | 25.37 |
| SW06 | 409.132 | 75.65 |
| SW07 | 280.327 | 53.28 |
| SW09 | 229.787 | 73.40 |
| SW10 | 220.437 | 64.23 |
| SW11 | 190.460 | 56.25 |
| SW12 | 138.460 | 25.96 |
| SW13 | 1093.846 | 773.33 |
| SW14 | 707.438 | 336.41 |
| SW16 | 829.947 | 383.24 |
| SW17 | 416.814 | 53.54 |

| 站位 | 密度 (ind/m ³) | 生物量 (mg/m ³) |
|------|--------------------------|--------------------------|
| SW19 | 294.541 | 215.50 |
| SW23 | 1056.410 | 210.26 |
| SW24 | 404.256 | 91.49 |
| 平均值 | 423.270 | 163.67 |

表 5.4.1-11 浮游动物各类群分布

| 站位 | 平均密度 (ind/m ³) | 占比 (%) |
|------|----------------------------|--------|
| 栉水母 | 0.507 | 0.12 |
| 水母类 | 81.392 | 19.23 |
| 被囊类 | 10.912 | 2.58 |
| 有尾类 | 93.961 | 22.20 |
| 毛颚类 | 2.543 | 0.60 |
| 桡足类 | 133.702 | 31.59 |
| 端足类 | 15.377 | 3.63 |
| 浮游幼体 | 84.877 | 20.05 |

3) 浮游动物多样性指数、均匀度指数及丰富度指数

本次调查,各调查区站位浮游动物种数范围为 7~21 种。浮游动物多样性指数变化范围在 1.799~3.596 之间,平均值为 2.822,其中 SW06 站位最高,SW01 站位最低;均匀度指数变化范围在 0.569~0.879 之间,平均值为 0.765,其中 SW04 站位最高 SW19 站位最低;丰富度指数范围在 0.829~1.924 之间,平均值为 1.314,丰富度指数以 SW19 站位最高,SW13 站位最低。

4、大型底栖生物

(1) 2024 年 11 月

1) 种类组成和优势种

本次大型底栖生物调查共记录大型底栖生物 8 门 9 纲 22 目 40 科 54 种,分属 8 个不同类群,即环节动物、棘皮动物、脊索动物、节肢动物、软体动物、纽形动物、刺胞动物和星虫动物。其中环节动物种类数最多,为 28 种,占种类总数的 51.85%。

以优势度指数 $Y \geq 0.02$ 为判断标准,本次调查的优势种共 3 种,分别为奇异稚齿虫 (*Paraprionospio pinnata*)、倍棘蛇尾属 (*Amphioplus* sp.) 和暖湿内卷齿蚕 (*Aglaophamus tepens*),其中奇异稚齿虫为第一优势种,优势度为 0.105。

2) 生物量和栖息密度

① 生物量及栖息密度的站位分布

本次调查海域 17 个站位大型底栖生物的生物量范围在 (0.335~43.245) g/m² 之间,平均生物量为 5.400 g/m²,其中 SW01 站位的生物量最高,SW23 站位生物量最低;栖息密度范围在 (10.000~275.000) ind/m² 之间,平均栖息密度为 71.765 ind/m²,其中 SW01 站位的栖息密度最高,SW23 站位栖息密度最低。

②类群生物量和栖息密度分布

从类群分布来看，本次大型底栖生物调查中软体动物平均生物量最高，平均生物量为 3.366g/m²，占比为 62.33%；其次为环节动物，平均生物量为 1.345g/m²，占比为 24.90%，最低为脊索动物，平均生物量为 0.001g/m²，占比为 0.01%。

环节动物平均栖息密度最高，为 50.000ind/m²，占比为 69.67%；其次为棘皮动物，平均栖息密度为 8.529ind/m²，占比为 11.89%，最低为脊索动物，平均栖息密度为 0.294ind/m²，占比为 0.41%。

表 5.4.1-12 大型底栖生物生物量分布 (单位: g/m²)

| 站位 | 环节动物 | 软体动物 | 节肢动物 | 棘皮动物 | 星虫动物 | 纽形动物 | 脊索动物 | 刺胞动物 | 合计 |
|------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| SW01 | 6.150 | 36.795 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.300 | 43.245 |
| SW02 | 0.950 | 2.670 | 0 | 0 | 0 | 0.830 | 0 | 0.210 | 4.660 |
| SW06 | 4.165 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.005 | 0 | 4.170 |
| SW07 | 2.130 | 0.135 | 0 | 0.130 | 0.030 | 0 | 0 | 0 | 2.425 |
| SW09 | 0.040 | 2.635 | 0.310 | 0 | 0 | 0.030 | 0 | 0 | 3.015 |
| SW10 | 0.300 | 0 | 0 | 1.260 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.560 |
| SW11 | 0.020 | 0 | 0.090 | 1.235 | 0 | 0.295 | 0 | 0 | 1.640 |
| SW12 | 0.105 | 13.840 | 0 | 0.195 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14.140 |
| SW13 | 0.640 | 0 | 0 | 0.305 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.945 |
| SW14 | 1.495 | 0 | 0.505 | 0.340 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2.340 |
| SW16 | 0.710 | 0.765 | 0.090 | 0.170 | 0 | 0.310 | 0 | 0 | 2.045 |
| SW17 | 1.565 | 0 | 2.725 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4.290 |
| SW19 | 0.325 | 0.315 | 0.005 | 0.670 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.315 |
| SW21 | 0.850 | 0.060 | 1.000 | 0.220 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2.130 |
| SW23 | 0.160 | 0 | 0 | 0.175 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.335 |
| SW27 | 2.790 | 0 | 0 | 0 | 0.020 | 0 | 0 | 0 | 2.810 |
| SW28 | 0.465 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.270 | 0 | 0 | 0.735 |
| 平均值 | 1.345 | 3.366 | 0.278 | 0.276 | 0.003 | 0.102 | 0.001 | 0.030 | 5.400 |
| 占比 | 24.90% | 62.33% | 5.15% | 5.12% | 0.05% | 1.89% | 0.01% | 0.56% | / |

表 5.4.1-13 大型底栖生物栖息密度分布 (单位: ind/m²)

| 站位 | 环节动物 | 软体动物 | 节肢动物 | 棘皮动物 | 星虫动物 | 纽形动物 | 脊索动物 | 刺胞动物 | 合计 |
|------|---------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|---------|
| SW01 | 200.000 | 70.000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.000 | 275.000 |
| SW02 | 85.000 | 10.000 | 0 | 0 | 0 | 5.000 | 0 | 5.000 | 105.000 |
| SW06 | 130.000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.000 | 0 | 135.000 |
| SW07 | 30.000 | 5.000 | 0 | 5.000 | 5.000 | 0 | 0 | 0 | 45.000 |
| SW09 | 5.000 | 5.000 | 5.000 | 0 | 0 | 5.000 | 0 | 0 | 20.000 |
| SW10 | 20.000 | 0 | 0 | 45.000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 65.000 |
| SW11 | 5.000 | 0 | 5.000 | 20.000 | 0 | 5.000 | 0 | 0 | 35.000 |
| SW12 | 5.000 | 5.000 | 0 | 10.000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20.000 |
| SW13 | 10.000 | 0 | 0 | 20.000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30.000 |
| SW14 | 5.000 | 0 | 5.000 | 15.000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25.000 |
| SW16 | 15.000 | 10.000 | 5.000 | 5.000 | 0 | 5.000 | 0 | 0 | 40.000 |
| SW17 | 25.000 | 0 | 20.000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 45.000 |
| SW19 | 30.000 | 5.000 | 5.000 | 15.000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 55.000 |
| SW21 | 30.000 | 5.000 | 15.000 | 5.000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 55.000 |
| SW23 | 5.000 | 0 | 0 | 5.000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10.000 |
| SW27 | 210.000 | 0 | 0 | 0 | 5.000 | 0 | 0 | 0 | 215.000 |
| SW28 | 40.000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.000 | 0 | 0 | 45.000 |

| 站位 | 环节动物 | 软体动物 | 节肢动物 | 棘皮动物 | 星虫动物 | 纽形动物 | 脊索动物 | 刺胞动物 | 合计 |
|-----|--------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 平均值 | 50.000 | 6.765 | 3.529 | 8.529 | 0.588 | 1.471 | 0.294 | 0.588 | 71.765 |
| 占比 | 69.67% | 9.43% | 4.92% | 11.89% | 0.82% | 2.05% | 0.41% | 0.82% | / |

3) 大型底栖生物多样性指数、均匀度指数及丰富度指数

本次调查海域的大型底栖生物种类数范围在 2~10 种，多样性指数变化范围在 0.897~3.278 之间，平均值为 2.137，其中 SW19 和 SW21 站位最高，SW27 站位最低；均匀度指数变化范围在 0.347~1.000 之间，平均值为 0.862，其中 SW09、SW12 和 SW23 站位最高，SW27 站位最低；丰富度指数范围在 0.774~2.602 之间，平均值为 1.553，丰富度指数以 SW19 和 SW21 站位最高，SW13 站位最低。

(2) 2025 年 3 月

1) 种类组成和优势种

本次大型底栖生物调查共记录大型底栖生物 6 门 8 纲 19 目 42 科 60 种，分属 6 个不同类群，即环节动物、软体动物、节肢动物、棘皮动物、星虫动物和纽形动物。其中环节动物种类数最多，为 28 种，占种类总数的 46.67%；软体动物次之，出现 14 种，占种类总数的 23.33%。

以优势度指数 $Y \geq 0.02$ 为判断标准，本次调查的优势种共 4 种，为中国中蚓虫 (*Mediomastus chinensis*)、三齿蛇尾属 (*Amphiodia* sp.) 和冠奇异稚齿虫 (*Paraprionospio cristata*) 等，其中中国中蚓虫为第一优势种，优势度为 0.053。

2) 生物量和栖息密度

① 生物量及栖息密度的站位分布

本次调查海域 16 个站位大型底栖生物的生物量范围在 (0.235~30.010) g/m² 之间，平均生物量为 10.096g/m²，其中 SW23 站位的生物量最高，SW09 站位生物量最低；栖息密度范围在 (25.000~205.000) ind/m² 之间，平均栖息密度为 70.313ind/m²，其中 SW04 站位的栖息密度最高，SW14 站位栖息密度最低。

② 类群生物量和栖息密度分布

从类群分布来看，本次大型底栖生物调查中软体动物平均生物量最高，平均生物量为 7.065g/m²，占比为 69.98%；其次为节肢动物，平均生物量为 1.227g/m²，占比为 12.15%，最低为纽形动物，平均生物量为 0.174g/m²，占比为 1.72%。

环节动物平均栖息密度最高，为 31.563ind/m²，占比为 44.89%；其次为软体动物，平均栖息密度为 16.563ind/m²，占比为 23.56%，最低为星虫动物和纽形动物，平均栖息密度为 1.875ind/m²，占比为 2.67%。

表 5.4.1-14 大型底栖生物生物量分布 (单位: g/m²)

| 站位 | 环节动物 | 软体动物 | 节肢动物 | 棘皮动物 | 星虫动物 | 纽形动物 | 合计 |
|-------|-------|--------|--------|-------|--------|-------|--------|
| SW01 | 0.385 | 16.850 | 0 | 0.065 | 0 | 0.700 | 18.000 |
| SW02 | 1.670 | 27.970 | 0 | 0 | 0 | 0 | 29.640 |
| SW04 | 2.620 | 7.710 | 16.855 | 0.025 | 0 | 1.815 | 29.025 |
| SW06 | 0.865 | 0 | 0 | 0.070 | 0 | 0.045 | 0.980 |
| SW07 | 0.115 | 1.140 | 0 | 0.005 | 0.695 | 0.090 | 2.045 |
| SW09 | 0.140 | 0 | 0.095 | 0 | 0 | 0 | 0.235 |
| SW10 | 0.110 | 0 | 2.075 | 0.435 | 0.020 | 0.105 | 2.745 |
| SW11 | 0.030 | 0 | 0 | 1.555 | 12.280 | 0 | 13.865 |
| SW12 | 0.195 | 0.265 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.460 |
| SW13 | 0.470 | 0 | 0.175 | 0.275 | 0 | 0 | 0.920 |
| SW14 | 0.615 | 0.140 | 0.340 | 0.065 | 0 | 0 | 1.160 |
| SW16 | 0 | 10.840 | 0.080 | 0.235 | 0 | 0 | 11.155 |
| SW17 | 0.035 | 0.105 | 0.005 | 1.195 | 0 | 0 | 1.340 |
| SW19 | 0.225 | 0 | 0 | 0.370 | 0 | 0.030 | 0.625 |
| SW23 | 0.350 | 29.590 | 0 | 0.065 | 0.005 | 0 | 30.010 |
| SW24 | 0.740 | 18.430 | 0.005 | 0.150 | 0 | 0 | 19.325 |
| 平均值 | 0.535 | 7.065 | 1.227 | 0.282 | 0.813 | 0.174 | 10.096 |
| 平均值占比 | 5.30% | 69.98% | 12.15% | 2.79% | 8.05% | 1.72% | / |

表 5.4.1-15 大型底栖生物栖息密度分布 (单位: ind/m²)

| 站位 | 环节动物 | 软体动物 | 节肢动物 | 棘皮动物 | 星虫动物 | 纽形动物 | 合计 |
|-------|---------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|
| SW01 | 30.000 | 30.000 | 0 | 10.000 | 0 | 5.000 | 75.000 |
| SW02 | 125.000 | 10.000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 135.000 |
| SW04 | 145.000 | 30.000 | 20.000 | 5.000 | 0 | 5.000 | 205.000 |
| SW06 | 30.000 | 0 | 0 | 5.000 | 0 | 5.000 | 40.000 |
| SW07 | 5.000 | 10.000 | 0 | 5.000 | 5.000 | 5.000 | 30.000 |
| SW09 | 15.000 | 0 | 25.000 | 0 | 0 | 0 | 40.000 |
| SW10 | 25.000 | 0 | 10.000 | 40.000 | 5.000 | 5.000 | 85.000 |
| SW11 | 5.000 | 0 | 0 | 40.000 | 15.000 | 0 | 60.000 |
| SW12 | 30.000 | 15.000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 45.000 |
| SW13 | 15.000 | 0 | 5.000 | 25.000 | 0 | 0 | 45.000 |
| SW14 | 10.000 | 5.000 | 5.000 | 5.000 | 0 | 0 | 25.000 |
| SW16 | 0 | 10 | 5.000 | 25.000 | 0 | 0 | 40.000 |
| SW17 | 5.000 | 5.000 | 5.000 | 35.000 | 0 | 0 | 50.000 |
| SW19 | 25.000 | 0 | 0 | 10.000 | 0 | 5.000 | 40.000 |
| SW23 | 10.000 | 90.000 | 0 | 5.000 | 5.000 | 0 | 110.000 |
| SW24 | 30.000 | 60.000 | 5.000 | 5.000 | 0 | 0 | 100.000 |
| 平均值 | 31.563 | 16.563 | 5.000 | 13.438 | 1.875 | 1.875 | 70.313 |
| 平均值占比 | 44.89% | 23.56% | 7.11% | 19.11% | 2.67% | 2.67% | / |

3) 大型底栖生物多样性指数、均匀度指数及丰富度指数

本次调查海域的大型底栖生物种类数范围在 4~21 种, 多样性指数变化范围在 1.048~4.001 之间, 平均值为 2.257, 其中 SW04 站位最高, SW23 站位最低; 均匀度指数变化范围在 0.451~1.000 之间, 平均值为 0.830, 其中 SW06、SW07、SW14 站位最高, SW23 站位最低; 丰富度指数范围在 0.837~3.733 之间, 平均值为 1.666, 丰富度指数以 SW04 站位最高, SW11 站位最低。

5、潮间带生物

(1) 2024 年 11 月

1) 潮间带岸相和生物种类组成

潮间带 3 个调查断面岸相分布情况：SWC01、SWC02 和 SWC03 断面均为沙滩断面。本次潮间带生物定性定量调查，共记录潮间带生物 3 门 4 纲 9 目 11 科 15 种，其中包括软体动物 8 种、节肢动物 5 种和环节动物 2 种，分别占种类总数的 53.33%、33.33% 及 13.33%。

2) 潮间带各断面优势种

以优势度指数 $Y \geq 0.02$ 为判断标准，本次调查区域潮间带生物优势种共有 3 种，分别为狄氏斧蛤 (*Donax dysoni dysoni*)、角眼沙蟹 (*Ocypode ceratophthalmus*) 和紫藤斧蛤 (*Donax semigranosus semigranosus*)。其中狄氏斧蛤为第一优势种，优势度为 0.808。

3) 潮间带各断面的生物量及栖息密度分布

3 个断面定量调查的平均生物量为 7.497 g/m^2 ，平均栖息密度为 34.519 ind/m^2 。SWC02 断面的生物量最大，为 14.589 g/m^2 ；SWC02 断面的栖息密度最大，为 78.222 ind/m^2 。

从类群分布来看，3 个断面中软体动物的平均生物量和平均栖息密度最高，其次是节肢动物。

表 5.4.1-16 潮间带各断面生物量和栖息密度分布

| 断面 | 项目 | 软体动物 | 节肢动物 | 环节动物 | 合计 |
|-------|---------------------------|--------|-------|-------|--------|
| SWC01 | 栖息密度 (ind/m^2) | 2.222 | 4.222 | 0 | 6.444 |
| | 生物量 (g/m^2) | 0.874 | 1.728 | 0 | 2.602 |
| SWC02 | 栖息密度 (ind/m^2) | 76.889 | 1.333 | 0 | 78.222 |
| | 生物量 (g/m^2) | 14.185 | 0.404 | 0 | 14.589 |
| SWC03 | 栖息密度 (ind/m^2) | 10.222 | 2.000 | 6.667 | 18.889 |
| | 生物量 (g/m^2) | 2.359 | 2.826 | 0.115 | 5.300 |
| 平均值 | 栖息密度 (ind/m^2) | 29.778 | 2.518 | 2.222 | 34.519 |
| | 生物量 (g/m^2) | 5.806 | 1.653 | 0.038 | 7.497 |

4) 潮间带各站位生物量及栖息密度分布

3 个调查断面中，SWC02 断面的低潮带生物量最高，为 29.204 g/m^2 ；其次是 SWC02 断面的中潮带，生物量为 13.351 g/m^2 ；SWC01 断面的中潮带生物量为最低，为 0.939 g/m^2 。SWC02 断面低潮带的栖息密度最高，为 164.000 ind/m^2 ；其次是 SWC02 断面的中潮带，栖息密度为 66.667 ind/m^2 ；SWC02 断面的高潮带的栖息密度最低，为 4.000 ind/m^2 。

表 5.4.1-17 潮间带各站位生物量和栖息密度分布

| 采样点 | 项目 | 软体动物 | 节肢动物 | 环节动物 | 总计 |
|-----------|----------------------------|---------|-------|--------|---------|
| SWC01 高潮带 | 栖息密度 (ind/m ²) | 0 | 6.000 | 0 | 6.000 |
| | 生物量 (g/m ²) | 0 | 4.246 | 0 | 4.246 |
| SWC01 中潮带 | 栖息密度 (ind/m ²) | 2.667 | 2.666 | 0 | 5.333 |
| | 生物量 (g/m ²) | 0.653 | 0.286 | 0 | 0.939 |
| SWC01 低潮带 | 栖息密度 (ind/m ²) | 4.000 | 4.000 | 0 | 8.000 |
| | 生物量 (g/m ²) | 1.968 | 0.652 | 0 | 2.620 |
| SWC02 高潮带 | 栖息密度 (ind/m ²) | 0 | 4.000 | 0 | 4.000 |
| | 生物量 (g/m ²) | 0 | 1.212 | 0 | 1.212 |
| SWC02 中潮带 | 栖息密度 (ind/m ²) | 66.667 | 0 | 0 | 66.667 |
| | 生物量 (g/m ²) | 13.351 | 0 | 0 | 13.351 |
| SWC02 低潮带 | 栖息密度 (ind/m ²) | 164.000 | 0 | 0 | 164.000 |
| | 生物量 (g/m ²) | 29.204 | 0 | 0 | 29.204 |
| SWC03 高潮带 | 栖息密度 (ind/m ²) | 0 | 6.000 | 0 | 6.000 |
| | 生物量 (g/m ²) | 0 | 8.478 | 0 | 8.478 |
| SWC03 中潮带 | 栖息密度 (ind/m ²) | 14.667 | 0 | 0 | 14.667 |
| | 生物量 (g/m ²) | 5.086 | 0 | 0 | 5.086 |
| SWC03 低潮带 | 栖息密度 (ind/m ²) | 16.000 | 0 | 20.000 | 36.000 |
| | 生物量 (g/m ²) | 1.992 | 0 | 0.344 | 2.336 |

5) 潮间带断面水平分布和垂直分布

本次潮间带生物调查从水平分布上看, 生物量由高到低排序为 SWC02>SWC03>SWC01, 栖息密度由高到低排序为 SWC02>SWC03>SWC01。

表 5.4.1-18 潮间带生物水平分布

| 项目 | SWC01 | SWC02 | SWC03 |
|----------------------------|-------|--------|--------|
| 栖息密度 (ind/m ²) | 6.444 | 78.222 | 18.889 |
| 生物量 (g/m ²) | 2.602 | 14.589 | 5.300 |

本次潮间带生物调查从垂直分布上看, 生物量由高到低排序为低潮带>中潮带>高潮带, 栖息密度由高到低排序为低潮带>中潮带>高潮带。

表 5.4.1-19 潮间带生物垂直分布

| 项目 | 高潮带 | 中潮带 | 低潮带 |
|----------------------------|-------|--------|--------|
| 栖息密度 (ind/m ²) | 5.333 | 28.889 | 69.333 |
| 生物量 (g/m ²) | 4.645 | 6.459 | 11.387 |

6) 潮间带生物多样性指数、均匀度指数及丰富度指数

本次调查海区潮间带生物多样性指数的变化范围在 0.384~2.197 之间, 平均值为 1.592; 均匀度指数的变化范围在 0.192~0.946 之间, 平均值为 0.662; 丰富度指数范围在 0.459~1.262 之间, 平均值为 0.942。

(2) 2025 年 3 月

1) 潮间带岸相和生物种类组成

潮间带 3 个调查断面岸相分布情况: SWC01 和 SWC03 断面为沙滩-岩石断面, SWC02 断面为沙滩断面。本次潮间带生物定性定量调查, 共记录潮间带生物 5 门 7 纲 18 目 25 科 31 种, 其中包括软体动物 18 种、节肢动物 9 种、环节动物 2 种、绿藻

1 种和褐藻 1 种，分别占种类总数的 58.06%、29.03%、6.45%、3.23%及 3.23%

2) 潮间带各断面优势种

以优势度指数 $Y \geq 0.02$ 为判断标准，本次调查区域潮间带生物优势种共有 3 种，分别为狄氏斧蛤 (*Donax dysoni dysoni*)、粒结节滨螺 (*Littoraria radiata*) 和紫藤斧蛤 (*Donax semigranosus semigranosus*)。其中狄氏斧蛤为第一优势种，优势度为 0.279。

3) 潮间带各断面的生物量及栖息密度分布

3 个断面定量调查的平均生物量为 37.379g/m^2 ，平均栖息密度为 42.667ind/m^2 。SWC02 断面的生物量最大，为 70.706g/m^2 ；SWC02 断面的栖息密度最大，为 59.333ind/m^2 。

从类群分布来看，3 个断面中软体动物的平均生物量最高，其次是节肢动物；软体动物的平均栖息密度最高，其次是节肢动物。

表 5.4.1-20 潮间带各断面生物量和栖息密度分布

| 断面 | 项目 | 软体动物 | 节肢动物 | 环节动物 | 绿藻 | 褐藻 | 合计 |
|-------|---------------------------|--------|--------|-------|----|----|--------|
| SWC01 | 栖息密度 (ind/m^2) | 26.222 | 3.556 | 0 | 0 | 0 | 29.778 |
| | 生物量 (g/m^2) | 13.921 | 0.048 | 0 | 0 | 0 | 13.970 |
| SWC02 | 栖息密度 (ind/m^2) | 58.222 | 0.667 | 0.444 | 0 | 0 | 59.333 |
| | 生物量 (g/m^2) | 55.458 | 15.232 | 0.016 | 0 | 0 | 70.706 |
| SWC03 | 栖息密度 (ind/m^2) | 26.222 | 12.667 | 0 | 0 | 0 | 38.889 |
| | 生物量 (g/m^2) | 25.396 | 2.067 | 0 | 0 | 0 | 27.462 |
| 平均值 | 栖息密度 (ind/m^2) | 36.889 | 5.630 | 0.148 | 0 | 0 | 42.667 |
| | 生物量 (g/m^2) | 31.592 | 5.782 | 0.005 | 0 | 0 | 37.379 |

4) 潮间带各站位生物量及栖息密度分布

3 个调查断面中，SWC02 断面的中潮带生物量最高，为 105.337g/m^2 ；其次是 SWC03 断面的高潮带，生物量为 73.732g/m^2 ；SWC03 断面的中潮带生物量为最低，为 2.671g/m^2 。SWC02 断面的中潮带的栖息密度最高，为 92.000ind/m^2 ；其次是 SWC03 断面的高潮带，栖息密度为 86.000ind/m^2 ；SWC02 断面的高潮带的栖息密度最低，为 2.000ind/m^2 。

表 5.4.1-21 潮间带各站位生物量和栖息密度分布

| 采样点 | 项目 | 软体动物 | 节肢动物 | 环节动物 | 绿藻 | 褐藻 | 总计 |
|--------------|---------------------------|--------|-------|------|----|----|--------|
| SWC01 高潮带 | 栖息密度 (ind/m^2) | 36.000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 36.000 |
| | 生物量 (g/m^2) | 14.480 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14.480 |
| SWC01 中潮带 | 栖息密度 (ind/m^2) | 30.666 | 2.667 | 0 | 0 | 0 | 33.333 |
| | 生物量 (g/m^2) | 20.172 | 0.029 | 0 | 0 | 0 | 20.201 |
| SWC01 低潮带 | 栖息密度 (ind/m^2) | 12.000 | 8.000 | 0 | 0 | 0 | 20.000 |
| | 生物量 (g/m^2) | 7.112 | 0.116 | 0 | 0 | 0 | 7.228 |
| SWC02 | 栖息密度 (ind/m^2) | 0 | 2.000 | 0 | 0 | 0 | 2.000 |

| 采样点 | 项目 | 软体动物 | 节肢动物 | 环节动物 | 绿藻 | 褐藻 | 总计 |
|-------|----------------------------|---------|--------|-------|----|----|---------|
| 高潮带 | 生物量 (g/m ²) | 0 | 45.696 | 0 | 0 | 0 | 45.696 |
| SWC02 | 栖息密度 (ind/m ²) | 90.667 | 0 | 1.333 | 0 | 0 | 92.000 |
| 中潮带 | 生物量 (g/m ²) | 105.289 | 0 | 0.048 | 0 | 0 | 105.337 |
| SWC02 | 栖息密度 (ind/m ²) | 84.000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 84.000 |
| 低潮带 | 生物量 (g/m ²) | 61.084 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61.084 |
| SWC03 | 栖息密度 (ind/m ²) | 72.000 | 14.000 | 0 | 0 | 0 | 86.000 |
| 高潮带 | 生物量 (g/m ²) | 68.808 | 4.924 | 0 | 0 | 0 | 73.732 |
| SWC03 | 栖息密度 (ind/m ²) | 2.667 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2.667 |
| 中潮带 | 生物量 (g/m ²) | 2.671 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2.671 |
| SWC03 | 栖息密度 (ind/m ²) | 4.000 | 24.000 | 0 | 0 | 0 | 28.000 |
| 低潮带 | 生物量 (g/m ²) | 4.708 | 1.276 | 0 | 0 | 0 | 5.984 |

5) 潮间带断面水平分布和垂直分布

本次潮间带生物调查从水平分布上看, 生物量由高到低排序为 SWC02>SWC03>SWC01, 栖息密度由高到低排序为 SWC02>SWC03>SWC01。

表 5.4.1-22 潮间带生物水平分布

| 项目 | SWC01 | SWC02 | SWC03 |
|----------------------------|--------|--------|--------|
| 栖息密度 (ind/m ²) | 29.778 | 59.333 | 38.889 |
| 生物量 (g/m ²) | 13.970 | 70.706 | 27.462 |

本次潮间带生物调查从垂直分布上看, 生物量由高到低排序为高潮带>中潮带>低潮带, 栖息密度由高到低排序为低潮带>中潮带>高潮带。

表 5.4.1-23 潮间带生物垂直分布

| 项目 | 高潮带 | 中潮带 | 低潮带 |
|----------------------------|--------|--------|--------|
| 栖息密度 (ind/m ²) | 41.333 | 42.667 | 44.000 |
| 生物量 (g/m ²) | 44.636 | 42.736 | 24.765 |

6) 潮间带生物多样性指数、均匀度指数及丰富度指数

本次调查海区潮间带生物多样性指数的变化范围在 0.777~3.143 之间, 平均值为 2.018; 均匀度指数的变化范围在 0.335~0.877 之间, 平均值为 0.641; 丰富度指数范围在 0.615~1.930 之间, 平均值为 1.266。

6、鱼卵仔稚鱼

(1) 2024 年 11 月

1) 种类组成

本次鱼卵仔稚鱼调查中, 共出现了鱼卵 8 种, 其中包括鲈形目 5 种, 鲱形目 2 种和鲾形目 1 种; 仔稚鱼 10 种, 其中包括鲈形目 6 种, 鲱形目 3 种和鲾形目 1 种。

2) 数量分布

调查 17 个站位的鱼卵仔稚鱼垂直拖网共采到鱼卵 11ind, 仔稚鱼 3ind; 鱼卵平均密度为 0.372ind/m³, 仔稚鱼平均密度为 0.193ind/m³。SW01 站位鱼卵密度最高,

密度为 1.887ind/m³，其次是 SW27 站位，密度为 1.333ind/m³，共 8 个站位捕获到鱼卵；SW28 站位仔稚鱼密度最高，密度为 2.564ind/m³，其次是 SW11 站位，密度为 0.373ind/m³，共 3 个站位捕获到仔稚鱼。

表 5.4.1-24 鱼卵仔稚鱼密度及其分布（垂直拖网）

| 站位 | 鱼卵仔稚鱼发育期 | |
|------|--------------------------|---------------------------|
| | 鱼卵 (ind/m ³) | 仔稚鱼 (ind/m ³) |
| SW01 | 1.887 | 0 |
| SW02 | 0 | 0 |
| SW06 | 0.775 | 0 |
| SW07 | 0 | 0 |
| SW09 | 0.376 | 0 |
| SW10 | 0.810 | 0 |
| SW11 | 0 | 0.373 |
| SW12 | 0 | 0 |
| SW13 | 0.352 | 0.352 |
| SW14 | 0.256 | 0 |
| SW16 | 0 | 0 |
| SW17 | 0.538 | 0 |
| SW19 | 0 | 0 |
| SW21 | 0 | 0 |
| SW23 | 0 | 0 |
| SW27 | 1.333 | 0 |
| SW28 | 0 | 2.564 |
| 均值 | 0.372 | 0.193 |

3) 主要种类的数量分布（水平拖网）

① 鲛科

本次调查出现的鲛科鱼卵共有 618 粒，出现在 15 个站位，鲛科鱼卵在调查海域中 SW06 站位数量最多。

② 蝠科

本次水平拖网调查出现的蝠科鱼卵共有 353 粒，出现在 14 个站位，蝠科鱼卵在调查海域中 SW06 站位数量最多。蝠科仔稚鱼共有 2 尾，出现在 SW13 个站位。

③ 笛鲷科 (Lutjanidae)

本次水平拖网调查出现的笛鲷科鱼卵共有 179 粒，出现在 10 个站位，笛鲷科鱼卵在调查海域中 SW06 站位数量最多。

(2) 2025 年 3 月

1) 种类组成

本次鱼卵仔稚鱼调查中，共出现了鱼卵 17 种，其中包括鲈形目 9 种，鲱形目 3 种，鲽形目 2 种，仙女鱼目、鲉形目和鲻形目各 1 种；仔稚鱼 9 种，其中包括鲈形目 3 种，鲱形目 3 种，灯笼鱼目、鲉形目和鲻形目各 1 种。

2) 数量分布

调查 16 个站位的鱼卵仔稚鱼垂直拖网共采到鱼卵 20ind，仔稚鱼 7ind；鱼卵平均密度为 0.400ind/m³，仔稚鱼平均密度为 0.275ind/m³。SW04 站位鱼卵密度最高，密度为 1.493ind/m³，其次是 SW19 站位，密度为 1.310ind/m³，共 8 个站位捕获到鱼卵；SW04 站位仔稚鱼密度最高，密度为 2.986ind/m³，其次是 SW12 站位，密度为 0.641ind/m³，共 4 个站位捕获到仔稚鱼。

表 5.4.1-25 鱼卵仔稚鱼密度及其分布（垂直拖网）

| 站位 | 鱼卵仔稚鱼发育期 | |
|------|--------------------------|---------------------------|
| | 鱼卵 (ind/m ³) | 仔稚鱼 (ind/m ³) |
| SW01 | 0 | 0 |
| SW02 | 0 | 0 |
| SW04 | 1.493 | 2.986 |
| SW06 | 0 | 0 |
| SW07 | 0 | 0 |
| SW09 | 0.710 | 0 |
| SW10 | 0 | 0 |
| SW11 | 0.329 | 0 |
| SW12 | 0.321 | 0.641 |
| SW13 | 0.512 | 0.512 |
| SW14 | 1.281 | 0.256 |
| SW16 | 0 | 0 |
| SW17 | 0.442 | 0 |
| SW19 | 1.310 | 0 |
| SW23 | 0 | 0 |
| SW24 | 0 | 0 |
| 平均值 | 0.400 | 0.275 |

3) 主要种类的数量分布（水平拖网）

① 鲹科 (Carangidae)

本次调查出现的鲹科鱼卵共有 414 粒，出现在 13 个站位，鲹科鱼卵在调查海域中 SW04 站位数量最多，共 101 粒。

② 鲱科 (Clupeidae)

本次水平拖网调查出现的鲱科鱼卵共有 471 粒，出现在 11 个站位，鲱科鱼卵在调查海域中 SW12 站位数量最多，共 253 粒。

7、游泳动物

(1) 2024 年 11 月

1) 种类组成和优势种

此次项目船号为粤陆渔 51020，使用的网具为网口宽 17 m、网衣长 40 m、网口目 40 mm、网囊目 20 mm 的底拖网，平均拖网船速为 2.8 kn。

本次游泳动物调查共捕获 3 门 4 纲 15 目 50 科 97 种，其中：鱼类 60 种，占总

种类数的 61.86%，虾类 15 种（其中虾蛄类 6 种），占总种类数的 15.46%，蟹类 16 种，占总种类数的 16.49%，头足类 6 种，占总种类数的 6.19%。

相对重要性指数显示，本次调查游泳动物优势种（ $IRI \geq 1000$ ）共 3 种，分别为红星梭子蟹（*Portunus sanguinolentus*）、口虾蛄（*Oratosquilla oratoria*）和直额螯（*Charybdis truncata*），红星梭子蟹为第一优势种，其总渔获重量为 27.530 kg，占游泳动物总渔获重量的 28.53%；红星梭子蟹的总尾数渔获量为 591 个，占游泳动物总渔获尾数的 12.40%。

2) 渔获率

①尾数渔获率

本次调查该海区 17 个站位的游泳动物平均尾数渔获率为 280 ind/h。其中，鱼类平均尾数渔获率为 78 ind/h，占游泳动物平均尾数渔获率的 27.86%；虾类平均尾数渔获率为 77 ind/h，占游泳动物平均尾数渔获率的 27.59%；蟹类平均尾数渔获率为 119 ind/h，占游泳动物平均尾数渔获率的 42.43%；头足类的平均尾数渔获率为 6 ind/h，占游泳动物平均尾数渔获率的 2.12%。

表 5.4.1-26 各站位尾数渔获率及类群所占比例

| 位 | 尾数渔获率 (ind/h) | 尾数渔获率 (ind/h) | | | | 渔获率占比 (%) | | | |
|------|------------------|---------------|-----|-----|-----|-----------|-------|-------|-------|
| | | 鱼类 | 虾类 | 蟹类 | 头足类 | 鱼类 | 虾类 | 蟹类 | 头足类 |
| SW01 | 120 | 39 | 9 | 72 | 0 | 32.50 | 7.50 | 60.00 | 0 |
| SW02 | 50 | 25 | 17 | 6 | 2 | 50 | 34.00 | 12.00 | 4.00 |
| SW06 | 93 | 30 | 8 | 49 | 6 | 32.26 | 8.60 | 52.69 | 6.45 |
| SW07 | 139 | 45 | 43 | 45 | 6 | 32.37 | 30.94 | 32.37 | 4.32 |
| SW09 | 160 | 82 | 49 | 26 | 3 | 51.25 | 30.63 | 16.25 | 1.88 |
| SW10 | 229 | 54 | 58 | 114 | 3 | 23.58 | 25.33 | 49.78 | 1.31 |
| SW11 | 146 | 81 | 9 | 49 | 7 | 55.48 | 6.16 | 33.56 | 4.79 |
| SW12 | 438 | 65 | 94 | 276 | 3 | 14.84 | 21.46 | 63.01 | 0.68 |
| SW13 | 261 | 63 | 57 | 134 | 7 | 24.14 | 21.84 | 51.34 | 2.68 |
| SW14 | 603 | 196 | 109 | 282 | 16 | 32.50 | 18.08 | 46.77 | 2.65 |
| SW16 | 914 | 130 | 326 | 456 | 2 | 14.22 | 35.67 | 49.89 | 0.22 |
| SW17 | 198 | 83 | 63 | 32 | 20 | 41.92 | 31.82 | 16.16 | 10.10 |
| SW19 | 483 | 152 | 108 | 212 | 11 | 31.47 | 22.36 | 43.89 | 2.28 |
| SW21 | 462 | 153 | 96 | 203 | 10 | 33.12 | 20.78 | 43.94 | 2.16 |
| SW23 | 266 | 82 | 118 | 61 | 5 | 30.83 | 44.36 | 22.93 | 1.88 |
| SW27 | 137 | 26 | 107 | 4 | 0 | 18.98 | 78.10 | 2.92 | 0 |
| SW28 | 67 | 22 | 44 | 1 | 0 | 32.84 | 65.67 | 1.49 | 0 |
| 平均值 | 280 | 78 | 77 | 119 | 6 | 27.86 | 27.59 | 42.43 | 2.12 |

②重量渔获率

本次调查该海区 17 个站位的平均重量渔获率为 5.676 kg/h。其中，鱼类平均重量渔获率为 2.124 kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 37.42%；虾类平均重量渔获率为 1.094 kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 19.28%；蟹类平均重量渔获率为

2.170kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 38.23%；头足类的平均重量渔获率为 0.288kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 5.07%。

表 5.4.1-27 各站位重量渔获率及类群所占比例

| 站位 | 重量渔获率 (kg/h) | 重量渔获率 (kg/h) | | | | 渔获率占比 (%) | | | |
|------|--------------|--------------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|
| | | 鱼类 | 虾类 | 蟹类 | 头足类 | 鱼类 | 虾类 | 蟹类 | 头足类 |
| SW01 | 3.218 | 1.470 | 0.196 | 1.552 | 0 | 45.68 | 6.09 | 48.23 | 0 |
| SW02 | 1.012 | 0.652 | 0.290 | 0.045 | 0.025 | 64.43 | 28.66 | 4.45 | 2.47 |
| SW06 | 3.864 | 0.954 | 0.102 | 1.919 | 0.889 | 24.69 | 2.64 | 49.66 | 23.01 |
| SW07 | 2.768 | 1.332 | 0.764 | 0.226 | 0.446 | 48.12 | 27.60 | 8.16 | 16.11 |
| SW09 | 4.346 | 2.303 | 0.914 | 1.082 | 0.047 | 52.99 | 21.03 | 24.90 | 1.08 |
| SW10 | 4.507 | 0.901 | 0.753 | 2.521 | 0.332 | 19.99 | 16.71 | 55.94 | 7.37 |
| SW11 | 4.051 | 2.135 | 0.160 | 1.637 | 0.119 | 52.70 | 3.95 | 40.41 | 2.94 |
| SW12 | 7.869 | 1.853 | 1.059 | 4.900 | 0.057 | 23.55 | 13.46 | 62.27 | 0.72 |
| SW13 | 6.659 | 1.688 | 1.045 | 3.330 | 0.596 | 25.35 | 15.69 | 50.01 | 8.95 |
| SW14 | 11.018 | 4.492 | 1.225 | 4.529 | 0.772 | 40.77 | 11.12 | 41.11 | 7.01 |
| SW16 | 17.483 | 5.002 | 5.185 | 7.229 | 0.067 | 28.61 | 29.66 | 41.35 | 0.38 |
| SW17 | 5.270 | 2.829 | 1.124 | 0.224 | 1.093 | 53.68 | 21.33 | 4.25 | 20.74 |
| SW19 | 8.354 | 3.758 | 1.236 | 3.253 | 0.107 | 44.98 | 14.80 | 38.94 | 1.28 |
| SW21 | 8.975 | 3.692 | 1.381 | 3.679 | 0.223 | 41.14 | 15.39 | 40.99 | 2.48 |
| SW23 | 3.699 | 1.621 | 1.241 | 0.720 | 0.117 | 43.82 | 33.55 | 19.46 | 3.16 |
| SW27 | 1.980 | 0.680 | 1.268 | 0.032 | 0 | 34.34 | 64.04 | 1.62 | 0 |
| SW28 | 1.423 | 0.750 | 0.661 | 0.012 | 0 | 52.71 | 46.45 | 0.84 | 0 |
| 平均值 | 5.676 | 2.124 | 1.094 | 2.170 | 0.288 | 37.42 | 19.28 | 38.23 | 5.07 |

③幼体比例

本次调查区域游泳动物幼体渔获总体占比为 29.23%，其中鱼类幼体比例最高，为 45.41%，其次是虾类，幼体比例为 41.44%，蟹类幼体比例为 12.12%，头足类幼体比例为 0。

表 5.4.1-28 游泳动物各类群幼体渔获

| 类群 | 鱼类 | 虾类 | 蟹类 | 头足类 | 合计 |
|----------|-------|-------|-------|-----|-------|
| 总渔获尾数 | 1328 | 1315 | 2022 | 101 | 4766 |
| 幼体渔获尾数 | 603 | 545 | 245 | 0 | 1393 |
| 幼体比例 (%) | 45.41 | 41.44 | 12.12 | 0 | 29.23 |

3) 渔业资源密度

①尾数资源密度

本次调查 17 个站位尾数资源密度范围在 $(1.176\sim 19.354)\times 10^3\text{ind}/\text{km}^2$ 之间，平均值为 $6.204\times 10^3\text{ind}/\text{km}^2$ ，尾数资源密度最高的站位为 SW16 站位，最低为 SW02 站位。

其中，鱼类尾数资源密度分布范围在 $(0.518\sim 4.611)\times 10^3\text{ind}/\text{km}^2$ 之间，平均值为 $1.742\times 10^3\text{ind}/\text{km}^2$ ，其中 SW14 站位最高，SW28 站位最低；虾类尾数资源密度分布范围在 $(0.175\sim 6.903)\times 10^3\text{ind}/\text{km}^2$ 之间，平均值为 $1.716\times 10^3\text{ind}/\text{km}^2$ ，其中 SW16 站位最高，SW06 站位最低；蟹类尾数资源密度分布范围在 $(0.024\sim 9.656)$

$\times 10^3 \text{ind/km}^2$ 之间, 平均值为 $2.614 \times 10^3 \text{ind/km}^2$, 其中 SW16 站位最高, SW28 站位最低; 头足类尾数资源密度分布范围在 $(0 \sim 0.423) \times 10^3 \text{ind/km}^2$ 之间, 平均值为 $0.133 \times 10^3 \text{ind/km}^2$, 其中 SW17 站位最高。

表 5.4.1-29 各站位尾数资源密度 ($\times 10^3 \text{ind/km}^2$)

| 站位 | 尾数资源密度 | 尾数资源密度 | | | |
|------|--------|--------|-------|-------|-------|
| | | 鱼类 | 虾类 | 蟹类 | 头足类 |
| SW01 | 2.722 | 0.885 | 0.204 | 1.633 | 0 |
| SW02 | 1.176 | 0.588 | 0.400 | 0.141 | 0.047 |
| SW06 | 2.036 | 0.657 | 0.175 | 1.073 | 0.131 |
| SW07 | 3.531 | 1.143 | 1.093 | 1.143 | 0.152 |
| SW09 | 3.505 | 1.796 | 1.073 | 0.570 | 0.066 |
| SW10 | 4.849 | 1.143 | 1.228 | 2.414 | 0.064 |
| SW11 | 3.436 | 1.906 | 0.212 | 1.153 | 0.165 |
| SW12 | 9.274 | 1.376 | 1.990 | 5.844 | 0.064 |
| SW13 | 6.141 | 1.482 | 1.341 | 3.153 | 0.165 |
| SW14 | 14.187 | 4.611 | 2.565 | 6.635 | 0.376 |
| SW16 | 19.354 | 2.753 | 6.903 | 9.656 | 0.042 |
| SW17 | 4.193 | 1.758 | 1.334 | 0.678 | 0.423 |
| SW19 | 10.228 | 3.219 | 2.287 | 4.489 | 0.233 |
| SW21 | 9.783 | 3.240 | 2.033 | 4.298 | 0.212 |
| SW23 | 6.258 | 1.929 | 2.776 | 1.435 | 0.118 |
| SW27 | 3.223 | 0.612 | 2.517 | 0.094 | 0 |
| SW28 | 1.577 | 0.518 | 1.035 | 0.024 | 0 |
| 平均值 | 6.204 | 1.742 | 1.716 | 2.614 | 0.133 |

②重量资源密度

本次调查 17 个站位渔业资源重量资源密度范围在 $(23.810 \sim 370.198) \text{kg/km}^2$ 之间, 平均值为 125.652kg/km^2 , SW16 站位最高, SW02 站位最低。

其中, 鱼类重量资源密度变化范围在 $(15.340 \sim 105.916) \text{kg/km}^2$ 之间, 平均值为 47.246kg/km^2 , 其中 SW16 站位最高, SW02 站位最低; 虾类重量资源密度变化范围在 $(2.234 \sim 109.791) \text{kg/km}^2$ 之间, 平均值为 24.239kg/km^2 , 其中 SW16 站位最高, SW06 站位最低; 蟹类重量资源密度变化范围在 $(0.282 \sim 153.072) \text{kg/km}^2$ 之间, 平均值为 47.699kg/km^2 , 其中 SW16 站位最高, SW28 站位最低; 头足类重量资源密度变化范围在 $(0 \sim 23.144) \text{kg/km}^2$ 之间, 平均值为 6.468kg/km^2 , 其中 SW17 站位最高。

表 5.4.1-30 各站位重量资源密度 (单位: kg/km^2)

| 站位 | 重量资源密度 | 重量资源密度 | | | |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | 鱼类 | 虾类 | 蟹类 | 头足类 |
| SW01 | 73.008 | 33.350 | 4.447 | 35.211 | 0 |
| SW02 | 23.810 | 15.340 | 6.823 | 1.059 | 0.588 |
| SW06 | 84.640 | 20.897 | 2.234 | 42.036 | 19.473 |
| SW07 | 70.335 | 33.846 | 19.413 | 5.743 | 11.333 |
| SW09 | 95.199 | 50.447 | 20.021 | 23.701 | 1.030 |
| SW10 | 95.435 | 19.078 | 15.945 | 53.382 | 7.030 |
| SW11 | 95.310 | 50.231 | 3.764 | 38.515 | 2.800 |

| 站位 | 重量资源密度 | 重量资源密度 | | | |
|------|---------|---------|---------|---------|--------|
| | | 鱼类 | 虾类 | 蟹类 | 头足类 |
| SW12 | 166.624 | 39.237 | 22.424 | 103.756 | 1.207 |
| SW13 | 156.669 | 39.714 | 24.586 | 78.347 | 14.022 |
| SW14 | 259.226 | 105.686 | 28.821 | 106.556 | 18.163 |
| SW16 | 370.198 | 105.916 | 109.791 | 153.072 | 1.419 |
| SW17 | 111.590 | 59.903 | 23.800 | 4.743 | 23.144 |
| SW19 | 176.895 | 79.575 | 26.172 | 68.882 | 2.266 |
| SW21 | 190.043 | 78.177 | 29.242 | 77.902 | 4.722 |
| SW23 | 87.029 | 38.138 | 29.198 | 16.940 | 2.753 |
| SW27 | 46.585 | 15.999 | 29.833 | 0.753 | 0 |
| SW28 | 33.480 | 17.646 | 15.552 | 0.282 | 0 |
| 平均值 | 125.652 | 47.246 | 24.239 | 47.699 | 6.468 |

4) 游泳动物多样性指数、均匀度指数及丰富度指数

本次调查区域游泳动物生物种类数范围在 11~53 种，多样性指数变化范围在 2.453~4.384 之间，平均值为 3.556，其中 SW14 站位最高，SW28 站位最低；均匀度指数变化范围在 0.630~0.849 之间，平均值为 0.726，其中 SW02 站位最高，SW06 站位最低；丰富度指数范围在 1.649~5.630 之间，平均值为 3.924，丰富度指数以 SW14 站位最高，SW28 站位最低。

5) 主要经济种类规格和分布

①主要经济鱼类

A. 屈氏叫姑鱼

地理分布：分布于朝鲜西南、菲律宾、印度、印度尼西亚、斯里兰卡、马来半岛、新几内亚沿海等海域，在中国分布于渤海、黄海、东海、南海。

生活习性：屈氏叫姑鱼为暖温性近岸中下层小型鱼类。喜栖息于泥沙底以及岩礁附近海区，产卵时能发出“咕咕”叫声。主要饵料为桡足类、多毛类、细螯虾、小眼端足类、小蟹、褐虾、鼓虾和小鱼等。

本次调查的屈氏叫姑鱼体长范围为 50~155 mm，体重范围为 2.24~78.11 g，平均体重为 35.93 g。

b. 白姑鱼

地理分布：白姑鱼分布于印度洋和太平洋西部，在中国分布于渤海、黄海、东海、南海。

生活习性：暖温性近底层鱼类。一般栖息于水深 40-100 米泥沙底海区。有明显季节洄游习性，春季因生殖集群游向近岸产卵场；食性较杂，主要摄食底栖动物及小型鱼类，如长尾类、短尾类、脊尾白虾、日本鼓虾、鲜明鼓虾、小蟹、矛尾虾虎鱼、纹缟虾虎鱼等。

本次调查的白姑鱼体长范围为 40~164 mm，体重范围为 1.06~104.35 g，平均体重为 35.42 g。

②主要经济虾类

口虾蛄

地理分布：口虾蛄分布范围极广，从俄罗斯的大彼得海湾到日本及中国沿海、菲律宾、马来半岛、夏威夷群岛均有分布。

生活习性：口虾蛄多穴居，常在浅海沙底或泥沙底掘穴。性情凶猛，视力十分锐利。由于善于游泳，因此其猎物大部分为底栖性不善于游泳的生物，包括各种贝类、螃蟹、海胆等。

本次调查的口虾蛄体长范围为 14~35 mm，体重范围为 1.56~57.09 g，平均体重为 18.80 g。

③主要经济蟹类

红星梭子蟹

地理分布：红星梭子蟹分布于日本、夏威夷、菲律宾、澳大利亚、新西兰、马来群岛、印度洋直至南非沿海的整个印度太平洋暖水区、台湾岛以及中国大陆的广西、广东、福建等地。

生活习性：红星梭子蟹生活环境为海水，栖息于 10-30m 深的泥沙质海底，常见于拖网渔获中。

本次调查的红星梭子蟹体长范围为 45~135 mm，体重范围为 4.73~130.47 g，平均体重为 46.58 g。

④主要经济头足类

杜氏尾枪乌贼

地理分布：分布在印度洋沿岸海域，南海至中国台湾北部附近海域，以及菲律宾群岛海域。

生活习性：浅海性种类。有明显的趋光性，主食甲壳类（糠虾、磷虾和介形类）、小鱼和头足类，同类残食现象普遍。

本次调查的杜氏尾枪乌贼体长范围为 23~93 mm，体重范围为 2.13~53.92 g，平均体重为 19.97 g。

(2) 2025 年 3 月

1) 种类组成和优势种

此次项目船号为粤汕城渔 15199，使用的网具为网口宽 5.6 m、网衣长 4 m、网口目 40 mm、网囊目 15 mm 的底拖网，平均拖网船速为 2.9 kn。

本次游泳动物调查共捕获 3 门 3 纲 14 目 53 科 115 种，其中：鱼类 64 种，占总种类数的 55.65%，虾类 21 种（其中虾蛄类 8 种），占总种类数的 18.26%，蟹类 23 种，占总种类数的 20.00%，头足类 7 种，占总种类数的 6.09%。

相对重要性指数显示，本次调查游泳动物优势种（ $IRI \geq 1000$ ）共 2 种，分别为口虾蛄（*Oratosquilla oratoria*）和隆线强蟹（*Eucrater crenata*），口虾蛄为第一优势种，其总渔获重量为 8.856 kg，占游泳动物总渔获重量的 15.06%；口虾蛄的总尾数渔获量为 718 个，占游泳动物总渔获尾数的 15.31%。

2) 渔获率

①尾数渔获率

本次调查该海区 16 个站位的游泳动物平均尾数渔获率为 297ind/h。其中，鱼类平均尾数渔获率为 112ind/h，占游泳动物平均尾数渔获率的 37.56%；虾类平均尾数渔获率为 116ind/h，占游泳动物平均尾数渔获率的 39.01%；蟹类平均尾数渔获率为 66ind/h，占游泳动物平均尾数渔获率的 22.22%；头足类的平均尾数渔获率为 4ind/h，占游泳动物平均尾数渔获率的 1.22%。

表 5.4.1-31 各站位尾数渔获率及类群所占比例

| 站位 | 尾数渔获率 (ind/h) | 尾数渔获率 (ind/h) | | | | 渔获率占比 (%) | | | |
|------|------------------|---------------|-----|-----|-----|-----------|-------|-------|------|
| | | 鱼类 | 虾类 | 蟹类 | 头足类 | 鱼类 | 虾类 | 蟹类 | 头足类 |
| SW01 | 49 | 28 | 10 | 11 | 0 | 57.14 | 20.41 | 22.45 | 0 |
| SW02 | 219 | 131 | 25 | 62 | 1 | 59.82 | 11.42 | 28.31 | 0.46 |
| SW04 | 76 | 35 | 36 | 5 | 0 | 46.05 | 47.37 | 6.58 | 0 |
| SW06 | 790 | 391 | 298 | 91 | 10 | 49.49 | 37.72 | 11.52 | 1.27 |
| SW07 | 442 | 171 | 108 | 144 | 19 | 38.69 | 24.43 | 32.58 | 4.30 |
| SW09 | 463 | 104 | 247 | 110 | 2 | 22.46 | 53.35 | 23.76 | 0.43 |
| SW10 | 439 | 92 | 270 | 72 | 5 | 20.96 | 61.50 | 16.40 | 1.14 |
| SW11 | 290 | 92 | 142 | 55 | 1 | 31.72 | 48.97 | 18.97 | 0.34 |
| SW12 | 592 | 117 | 241 | 232 | 2 | 19.76 | 40.71 | 39.19 | 0.34 |
| SW13 | 96 | 58 | 2 | 29 | 7 | 60.42 | 2.08 | 30.21 | 7.29 |
| SW14 | 188 | 85 | 94 | 8 | 1 | 45.21 | 50.00 | 4.26 | 0.53 |
| SW16 | 300 | 109 | 120 | 69 | 2 | 36.33 | 40.00 | 23.00 | 0.67 |
| SW17 | 349 | 119 | 113 | 113 | 4 | 34.10 | 32.38 | 32.38 | 1.15 |
| SW19 | 216 | 137 | 30 | 45 | 4 | 63.43 | 13.89 | 20.83 | 1.85 |
| SW23 | 161 | 92 | 65 | 4 | 0 | 57.14 | 40.37 | 2.48 | 0 |
| SW24 | 83 | 24 | 53 | 6 | 0 | 28.92 | 63.86 | 7.23 | 0 |
| 平均值 | 297 | 112 | 116 | 66 | 4 | 37.56 | 39.01 | 22.22 | 1.22 |

②重量渔获率

本次调查该海区 16 个站位的平均重量渔获率为 3.743kg/h。其中，鱼类平均重量渔获率为 1.892kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 50.56%；虾类平均重量渔获

率为 1.004kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 26.81%；蟹类平均重量渔获率为 0.729kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 19.48%；头足类的平均重量渔获率为 0.118kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 3.15%。

表 5.4.1-32 各站位重量渔获率及类群所占比例

| 站位 | 重量渔获率 (kg/h) | 重量渔获率 (kg/h) | | | | 渔获率占比 (%) | | | |
|------|--------------|--------------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|
| | | 鱼类 | 虾类 | 蟹类 | 头足类 | 鱼类 | 虾类 | 蟹类 | 头足类 |
| SW01 | 1.300 | 0.976 | 0.164 | 0.160 | 0 | 75.08 | 12.62 | 12.31 | 0 |
| SW02 | 3.656 | 2.308 | 0.209 | 0.985 | 0.154 | 63.13 | 5.72 | 26.94 | 4.21 |
| SW04 | 1.532 | 0.791 | 0.730 | 0.011 | 0 | 51.63 | 47.65 | 0.72 | 0 |
| SW06 | 8.662 | 4.907 | 2.418 | 1.219 | 0.118 | 56.65 | 27.92 | 14.07 | 1.36 |
| SW07 | 4.403 | 2.923 | 0.739 | 0.541 | 0.200 | 66.39 | 16.78 | 12.29 | 4.54 |
| SW09 | 7.085 | 2.923 | 2.139 | 2.005 | 0.018 | 41.26 | 30.19 | 28.30 | 0.25 |
| SW10 | 5.523 | 1.826 | 2.481 | 1.152 | 0.064 | 33.06 | 44.92 | 20.86 | 1.16 |
| SW11 | 3.342 | 1.742 | 1.431 | 0.167 | 0.002 | 52.12 | 42.82 | 5.00 | 0.06 |
| SW12 | 7.596 | 3.634 | 1.042 | 2.899 | 0.021 | 47.84 | 13.72 | 38.16 | 0.28 |
| SW13 | 0.840 | 0.493 | 0.007 | 0.150 | 0.190 | 58.69 | 0.83 | 17.86 | 22.62 |
| SW14 | 2.088 | 1.159 | 0.382 | 0.205 | 0.342 | 55.51 | 18.30 | 9.82 | 16.38 |
| SW16 | 5.377 | 2.509 | 1.361 | 1.148 | 0.359 | 46.66 | 25.31 | 21.35 | 6.68 |
| SW17 | 2.570 | 1.211 | 0.746 | 0.557 | 0.056 | 47.12 | 29.03 | 21.67 | 2.18 |
| SW19 | 2.376 | 1.420 | 0.192 | 0.400 | 0.364 | 59.76 | 8.08 | 16.84 | 15.32 |
| SW23 | 1.682 | 0.613 | 1.045 | 0.024 | 0 | 36.44 | 62.13 | 1.43 | 0 |
| SW24 | 1.851 | 0.840 | 0.971 | 0.040 | 0 | 45.38 | 52.46 | 2.16 | 0 |
| 平均值 | 3.743 | 1.892 | 1.004 | 0.729 | 0.118 | 50.56 | 26.81 | 19.48 | 3.15 |

③幼体比例

游泳动物幼体渔获总体占比为 33.07%，其中虾类幼体比例最高，为 38.23%；其次是鱼类，幼体比例为 33.96%；蟹类幼体比例为 24.45%；头足类为 0。

表 5.4.1-33 游泳动物各类群幼体渔获

| 类群 | 鱼类 | 虾类 | 蟹类 | 头足类 | 合计 |
|----------|-------|-------|-------|-----|-------|
| 总渔获尾数 | 1755 | 1826 | 1051 | 58 | 4690 |
| 幼体渔获尾数 | 596 | 698 | 257 | 0 | 1551 |
| 幼体比例 (%) | 33.96 | 38.23 | 24.45 | 0 | 33.07 |

3) 渔业资源密度

①尾数资源密度

本次调查 16 个站位尾数资源密度范围在 $(3.703 \sim 49.144) \times 10^3 \text{ind/km}^2$ 之间，平均值为 $18.843 \times 10^3 \text{ind/km}^2$ ，尾数资源密度最高的站位为 SW06 站位，最低为 SW01 站位。

其中，鱼类尾数资源密度分布范围在 $(1.851 \sim 24.323) \times 10^3 \text{ind/km}^2$ 之间，平均值为 $7.123 \times 10^3 \text{ind/km}^2$ ，其中 SW06 站位最高，SW24 站位最低；虾类尾数资源密度分布范围在 $(0.124 \sim 18.538) \times 10^3 \text{ind/km}^2$ 之间，平均值为 $7.361 \times 10^3 \text{ind/km}^2$ ，其中 SW06 站位最高，SW13 站位最低；蟹类尾数资源密度分布范围在 $(0.278 \sim 14.432) \times 10^3 \text{ind/km}^2$ 之间，平均值为 $4.134 \times 10^3 \text{ind/km}^2$ ，其中 SW12 站位最高，SW23 站位最

低；头足类尾数资源密度分布范围在 $(0\sim 1.182) \times 10^3 \text{ind/km}^2$ 之间，平均值为 $0.226 \times 10^3 \text{ind/km}^2$ ，其中 SW07 站位最高。

表 5.4.1-34 各站位尾数资源密度 ($\times 10^3 \text{ind/km}^2$)

| 站位 | 尾数资源密度 | 尾数资源密度 | | | |
|------|--------|--------|--------|--------|-------|
| | | 鱼类 | 虾类 | 蟹类 | 头足类 |
| SW01 | 3.703 | 2.129 | 0.741 | 0.833 | 0 |
| SW02 | 14.077 | 8.421 | 1.607 | 3.985 | 0.064 |
| SW04 | 5.831 | 2.684 | 2.777 | 0.370 | 0 |
| SW06 | 49.144 | 24.323 | 18.538 | 5.661 | 0.622 |
| SW07 | 27.495 | 10.637 | 6.718 | 8.958 | 1.182 |
| SW09 | 28.802 | 6.470 | 15.365 | 6.843 | 0.124 |
| SW10 | 27.309 | 5.723 | 16.796 | 4.479 | 0.311 |
| SW11 | 18.039 | 5.723 | 8.833 | 3.421 | 0.062 |
| SW12 | 36.826 | 7.278 | 14.992 | 14.432 | 0.124 |
| SW13 | 5.971 | 3.608 | 0.124 | 1.804 | 0.435 |
| SW14 | 11.695 | 5.288 | 5.847 | 0.498 | 0.062 |
| SW16 | 18.662 | 6.781 | 7.465 | 4.292 | 0.124 |
| SW17 | 21.710 | 7.403 | 7.029 | 7.029 | 0.249 |
| SW19 | 13.436 | 8.522 | 1.866 | 2.799 | 0.249 |
| SW23 | 12.403 | 7.127 | 4.998 | 0.278 | 0 |
| SW24 | 6.387 | 1.851 | 4.073 | 0.463 | 0 |
| 平均值 | 18.843 | 7.123 | 7.361 | 4.134 | 0.226 |

②重量资源密度

本次调查 16 个站位渔业资源重量资源密度范围在 $(52.253\sim 538.837) \text{kg/km}^2$ 之间，平均值为 239.228kg/km^2 ，SW06 站位最高，SW13 站位最低。

其中，鱼类重量资源密度变化范围在 $(30.668\sim 305.250) \text{kg/km}^2$ 之间，平均值为 121.009kg/km^2 ，其中 SW06 站位最高，SW13 站位最低；虾类重量资源密度变化范围在 $(0.435\sim 154.336) \text{kg/km}^2$ 之间，平均值为 65.171kg/km^2 ，其中 SW10 站位最高，SW13 站位最低；蟹类重量资源密度变化范围在 $(0.833\sim 180.338) \text{kg/km}^2$ 之间，平均值为 45.687kg/km^2 ，其中 SW12 站位最高，SW04 站位最低；头足类重量资源密度变化范围在 $(0\sim 22.643) \text{kg/km}^2$ 之间，平均值为 7.360kg/km^2 ，其中 SW19 站位最高。

表 5.4.1-35 各站位重量资源密度 (单位: kg/km^2)

| 站位 | 重量资源密度 | 重量资源密度 | | | |
|------|---------|---------|---------|---------|--------|
| | | 鱼类 | 虾类 | 蟹类 | 头足类 |
| SW01 | 100.247 | 75.255 | 12.681 | 12.311 | 0 |
| SW02 | 235.010 | 148.360 | 13.435 | 63.316 | 9.899 |
| SW04 | 118.112 | 61.000 | 56.279 | 0.833 | 0 |
| SW06 | 538.837 | 305.250 | 150.417 | 75.830 | 7.340 |
| SW07 | 273.897 | 181.831 | 45.971 | 33.654 | 12.441 |
| SW09 | 440.737 | 181.831 | 133.061 | 124.725 | 1.120 |
| SW10 | 343.569 | 113.590 | 154.336 | 71.662 | 3.981 |
| SW11 | 207.896 | 108.365 | 89.018 | 10.389 | 0.124 |
| SW12 | 472.524 | 226.060 | 64.820 | 180.338 | 1.306 |
| SW13 | 52.253 | 30.668 | 0.435 | 9.331 | 11.819 |

| 站位 | 重量资源密度 | 重量资源密度 | | | |
|------|---------|---------|--------|--------|--------|
| | | 鱼类 | 虾类 | 蟹类 | 头足类 |
| SW14 | 129.888 | 72.098 | 23.763 | 12.752 | 21.275 |
| SW16 | 334.487 | 156.077 | 84.664 | 71.414 | 22.332 |
| SW17 | 159.872 | 75.333 | 46.406 | 34.649 | 3.484 |
| SW19 | 147.804 | 88.334 | 11.944 | 24.883 | 22.643 |
| SW23 | 129.774 | 47.300 | 80.623 | 1.851 | 0 |
| SW24 | 142.734 | 64.795 | 74.884 | 3.055 | 0 |
| 平均值 | 239.228 | 121.009 | 65.171 | 45.687 | 7.360 |

4) 游泳动物多样性指数、均匀度指数及丰富度指数

本次调查区域游泳动物生物种类数范围在 13~42 种，多样性指数变化范围在 2.406~4.430 之间，平均值为 3.375，其中 SW19 站位最高，SW23 站位最低；均匀度指数变化范围在 0.616~0.865 之间，平均值为 0.721，其中 SW01 站位最高，SW23 站位最低；丰富度指数范围在 1.981~5.029 之间，平均值为 3.298，丰富度指数以 SW19 站位最高，SW23 站位最低。

5) 主要经济种类规格和分布

①主要经济鱼类

a.龙头鱼

地理分布：分布于我国黄海南部、东海、南海的河口海域，以及日本本州中部以南海域、韩国海域、马来西亚海域、印度-西太平洋暖水域。

生活习性：为中小型底栖鱼类，主要栖息于大陆架之深水域，深度上下限：50 米一下，但常至河口区域觅食；主要以鱼类及甲壳类为食。

本次调查的龙头鱼体长范围为 85~220 mm，体重范围为 2.26~85.96 g，平均体重为 34.25 g。

b.沙带鱼

地理分布：主要分布于印度洋北部沿岸，我国主要分布在南海和东海。

生活习性：属近海暖水性中上层鱼类，性贪食，游速快，属肉食性，以甲壳类、乌贼、鱼类等为食，可做为食用鱼。

本次调查的沙带鱼体长范围为 78~148 mm，体重范围为 6.98~52.04 g，平均体重为 20.15 g。

②主要经济虾类

口虾蛄

地理分布：口虾蛄分布范围极广，从俄罗斯的大彼得海湾到日本及中国沿海、菲律宾、马来半岛、夏威夷群岛均有分布。

生活习性：口虾蛄多穴居，常在浅海沙底或泥沙底掘穴。性情凶猛，视力十分锐利。由于善于游泳，因此其猎物大部分为底栖性不善于游泳的生物，包括各种贝类、螃蟹、海胆等。

本次调查的口虾蛄体长范围为 9~34 mm，体重范围为 1.24~53.24 g，平均体重为 12.33 g。

③主要经济头足类

杜氏尾枪乌贼

地理分布：分布在印度洋沿岸海域，南海至中国台湾北部附近海域，以及菲律宾群岛海域。

生活习性：浅海性种类。有明显的趋光性，主食甲壳类（糠虾、磷虾和介形类）、小鱼和头足类，同类残食现象普遍。

本次调查的杜氏尾枪乌贼体长范围为 25~91 mm，体重范围为 2.63~39.70 g，平均体重为 12.13 g。

5.4.2 生物多样性变化趋势

5.4.2.1 海洋生物多样性现状评价

根据《近岸海域海洋生物多样性评价技术指南》（HY/T 215-2017）（以下简称指南），对海洋生物多样性现状进行评价。

（1）评价指标的等级划分

海洋生物多样性评价指标划分为 5 个等级，根据指南中表 3 并结合《2024 年汕尾海砂项目海洋环境现状调查监测报告》（广州海兰图检测技术有限公司，2025 年 1 月）和《2024 年汕尾海砂项目海洋环境现状调查监测报告》（广州海兰图检测技术有限公司，2025 年 4 月），由广州海兰图检测技术有限公司于 2024 年 11 月、2025 年 3 月在项目附近海域进行的海洋生物质量现状调查数据，本项目海洋生物多样性评价指标的等级划分如下表 5.4.2-1 和表 5.4.2-2。

表 5.4.2-1 本项目 2024 年秋季海洋生物多样性评价指标的等级划分

| 海洋生物 | 总物种 | 平均单站物种数 | 丰度/密度 | 生物量 | 丰富度 | 多样性指数 |
|--------|-----|---------|-------|-----|-----|-------|
| 浮游植物 | III | V | — | — | — | III |
| 浮游动物 | IV | V | III | III | IV | II |
| 潮间带生物 | V | IV | V | IV | IV | II |
| 大型底栖生物 | V | IV | III | III | IV | II |

表 5.4.2-2 本项目 2025 年春季海洋生物多样性评价指标的等级划分

| 海洋生物 | 总物种 | 平均单站 | 丰度/密度 | 生物量 | 丰富度 | 多样性指 |
|------|-----|------|-------|-----|-----|------|
|------|-----|------|-------|-----|-----|------|

| | | | | | | |
|--------|-----|-----|-----|-----|----|----|
| | | 物种数 | | | | 数 |
| 浮游植物 | II | V | — | — | — | II |
| 浮游动物 | III | IV | III | IV | IV | II |
| 潮间带生物 | IV | III | IV | IV | IV | II |
| 大型底栖生物 | III | IV | IV | III | IV | II |

注：“—”表示无需划分等级。

(2) 对海洋生物多样性进行赋值

各等级分值如下：

表 5.4.2-3 海洋生物多样性指标的赋值标准

| | | | | | |
|----|-------|---------|---------|----------|-----|
| 等级 | V | IV | III | II | I |
| 分值 | 0~<25 | ≥25~<50 | ≥50~<75 | ≥75~<100 | 100 |

赋值公式如下：

$$Y_{ij} = \frac{Y_{ijmax} - Y_{ijmin}}{I_{ijmax} - I_{ijmin}} (I_{ij} - I_{ijmin}) + Y_{ijmin}$$

式中：

Y_{ij} ——第 i 个一级指标中的第 j 个二级指标的赋值得分；

Y_{ijmax} ——第 i 个一级指标中的第 j 个二级指标所隶属等级的分值上限，见指南中表 5.6.6-3；

Y_{ijmin} ——第 i 个一级指标中的第 j 个二级指标所隶属等级的分值下限，见指南中表 5.6.6-3；

I_{ijmax} ——第 i 个一级指标中的第 j 个二级指标所隶属等级的指标值上限，见指南中表 3；

I_{ijmin} ——第 i 个一级指标中的第 j 个二级指标所隶属等级的指标值下限，见指南中表 3；

I_{ij} ——第 i 个一级指标中的第 j 个二级指标的实测值。

根据赋值标准和赋值公式，本项目海洋生物多样性赋值结果详见表 5.4.2-4~5.4.2-5。

表 5.4.2-4 本项目 2024 年秋季海洋生物多样性赋值结果

| | | | | | | |
|--------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|
| 海洋生物 | 总物种 | 平均单站物种数 | 丰度/密度 | 生物量 | 丰富度 | 多样性指数 |
| 浮游植物 | 81 | 26.32 | — | — | — | 91.37 |
| 浮游动物 | 65.38 | 12.5 | 39.6 | 20.32 | 58.18 | 88.5 |
| 潮间带生物 | 13.89 | 20.83 | 12.33 | 7.81 | 23.55 | 67.57 |
| 大型底栖生物 | 53.07 | 27.78 | 44.21 | 47 | 27.73 | 80.09 |

表 5.4.2-5 本项目 2025 年春季海洋生物多样性赋值结果

| 海洋生物 | 总物种 | 平均单站物种数 | 丰度/密度 | 生物量 | 丰富度 | 多样性指数 |
|--------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|
| 浮游植物 | 62.07 | 14.58 | — | — | — | 69.89 |
| 浮游动物 | 33.75 | 18.75 | 62.42 | 50.97 | 32.85 | 81.59 |
| 潮间带生物 | 17.61 | 35.71 | 21.33 | 30.64 | 31.65 | 77.6 |
| 大型底栖生物 | 22.73 | 32.14 | 50.29 | 53.86 | 30.12 | 81.32 |

(3) 海洋生物多样性综合指数计算

海洋生物多样性综合指数 (MBI) 按以下公式计算, 数值范围 0~100。

$$MBI = \sum_{i=1}^5 W_i \sum_{j=1}^n Y_{ij} W_{ij}$$

式中:

MBI——海洋生物多样性综合指数;

W_i ——第 i 个一级指标的权重;

Y_{ij} ——第 i 个一级指标中的第 j 个二级指标的赋值得分;

W_{ij} ——第 i 个一级指标中的第 j 个二级指标的权重。评价指标采用等权重, 并且各层级指标权重之和均等于 1。

根据海洋生物多样性综合指数 (MBI) 得分, 海洋生物多样性的现状划分为四个等级: 高、中、一般、低, 见表 5.4.2-6。

表 5.4.2-6 海洋生物多样性现状分级

| 海洋生物多样性等级 | 海洋生物多样性综合指数 | 海洋生物多样性现状 |
|-----------|-------------|---|
| 高 | ≥75~100 | 海洋生物物种高度丰富, 物种分布均匀, 各生物群落的物种多样性高度丰富, 生态系统类型丰富多样 |
| 中 | ≥50~<75 | 海洋生物物种较丰富, 物种分布较均匀, 局部区域或部分生物群落的物种多样性高度丰富, 局部地区生态系统高度丰富 |
| 一般 | ≥25~<50 | 海洋生物物种较少, 物种分布较不均匀, 局部区域或个别生物群落的物种多样性较高, 但生物多样性总体水平一般 |
| 低 | 0~<25 | 海洋生物物种贫乏, 物种分布不均匀, 生态系统类型单一, 生物多样性总体低 |

根据指数计算公式, 计算得出本项目 2024 年秋季的海洋生物多样性综合指数 (MBI) 为 46.16, 海洋生物多样性等级为中; 2025 年春季的海洋生物多样性综合指数 (MBI) 为 44.10, 海洋生物多样性等级为一般。

24 年秋季及 25 年春季海洋生物物种较少, 物种分布较不均匀, 局部区域或个别生物群落的物种多样性较高, 但生物多样性总体水平一般。

5.4.2.2 海洋生物多样性总体变化趋势评价

通过收集《汕尾新港区白沙湖作业区公用码头建设项目环境影响报告书》中广

州海兰图检测技术有限公司于 2021 年 10 月在项目附近海域进行的海洋生态调查数据。

通过计算得出，历史海洋生物多样性综合指数和海洋生物多样性赋值结果详见表 5.4.2-7。

表 5.4.2-7 历史海洋生物多样性综合指数

| | | | |
|------|-------------|-------------|------------|
| 调查时间 | 2021 年 10 月 | 2024 年 11 月 | 2025 年 3 月 |
| MBI | 49.73 | 46.16 | 44.10 |

海洋生物多样性综合指数变化幅度 (ΔMBI) 按以下公式计算，数值范围-100~100。

$$\Delta\text{MBI} = \text{MBI}_a - \text{MBI}_b$$

式中：

ΔMBI ——海洋生物多样性综合指数的变化幅度；

MBI_a ——第 a 时期的海洋生物多样性综合指；

MBI_b ——第 b 时期的海洋生物多样性综合指；

按海洋生物多样性指数的数值变化幅度 (ΔMBI)，海洋生物多样性变化趋势划分为三个等级：无明显变化、略有变化（提高或下降）、显著变化（提高或下降）。见表 5.4.2-8。

表 5.4.2-8 海洋生物多样性总体变化趋势分级

| 变化幅度 | 级别 | 描述 |
|--------------------------------|-------------|---|
| $ \Delta\text{MBI} \leq 10$ | 无明显变化 | 生物多样性无明显变化 |
| $10 < \Delta\text{MBI} < 25$ | 略有变化（提高或下降） | 若 $10 < \Delta\text{MBI} < 25$ ，生物多样性略有提高；若 $-25 < \Delta\text{MBI} < -10$ ，生物多样性略有下降 |
| $ \Delta\text{MBI} \geq 25$ | 显著变化（提高或下降） | 若 $\Delta\text{MBI} > 25$ ，生物多样性显著提高；若 $\Delta\text{MBI} < -25$ ，生物多样性显著下降 |

根据计算，2021 年 10 月与 2024 年 11 月海洋生物多样性综合指数的变化幅度 ΔMBI 为 $(49.73-46.16) = 3.57$ ，与 2025 年 3 月的海洋生物多样性综合指数的变化幅度 ΔMBI 为 $(49.73-44.10) = 5.63$ 。均属于无明显变化级别。

综上所述，根据海洋生物多样性总体变化趋势分级判定，2021 年 10 月至 2025 年 3 月海洋生物多样性总体无明显变化。

5.4.3 海洋生态健康状况评价

参考《近岸海洋生态健康评价指南》(GBT+42631-2023) 中评价方法，具体评价如下。本节引用《2024 年汕尾海砂项目海洋环境现状调查监测报告》(广州海兰

图检测技术有限公司，2025年1月）由广州海兰图检测技术有限公司于2025年3月在项目附近海域进行的春季海洋调查数据。

5.4.3.1 评价指标类别与权重分值

河口生态系统和海湾生态系统生态健康评价包括水环境、沉积环境、生物质量、栖息地、生物群落五类指标，各类指标权重分值见表。

表 5.4.3-1 河口生态系统和海湾生态系统指标权重分值

| 指标 | 水环境 | 沉积环境 | 生物质量 | 栖息地 | 生物群落 |
|------|-----|------|------|-----|------|
| 权重分值 | 15 | 10 | 10 | 20 | 45 |

5.4.3.2 水环境

(1) 指标及赋值

水环境指标按照 I 级、II 级、III 级进行赋值。其中优良水质（一、二类）面积指标 I 级赋值为 15、II 级赋值为 10、III 级赋值为 5。

表 5.4.3-2 河口生态系统和海湾生态系统水环境评价指标

| 指标 | I 级 | II 级 | III 级 |
|------------------|-----|-------------|-------|
| 优良（一、二类）水质面积比例 % | ≥80 | 50 ≤ • < 80 | < 50 |

(2) 评价结果

根据 2025 年春季调查，海域平均分布 24 个水质调查站位，其中满足优良水质的站位有 24 个，占比 100%。本项目水环境指标属于 I 级，赋值为 15，水环境为健康。

5.4.3.3 沉积环境

(1) 指标及赋值

沉积环境评价包括有机碳含量、硫化物含量两类指标，按照 I 级、II 级、III 级进行赋值。其中各指标 I 级赋值为 10，II 级赋值为 5、III 级赋值为 1。

表 5.4.3-3 沉积环境评价指标

| 序号 | 指标 | I 级 | II 级 | III 级 |
|----|------------|------|--------------|-------|
| 1 | 有机碳含量% | ≤2 | 2 < • ≤4 | >4 |
| 2 | 硫化物含量 μg/g | ≤300 | 300 < • ≤600 | >600 |

各项评价指标计算公式为：

$$S_q = \frac{\sum_1^n S_{qi}}{n}$$

式中：

S_q ——沉积环境中第 q 项评价指标数值；

n ——评价区域监测点位总数；

S_{qi} ——沉积环境中第 i 个点位第 q 项评价指标赋值。

沉积环境健康指数计算公式为：

$$S_{indx} = \frac{\sum_1^m S_q}{m}$$

式中：

S_{indx} ——沉积环境健康指数；

m ——评价指标总数；

S_q ——第 q 项评价指标数值。

(2) 评价结果

根据调查，沉积物指标如下。

表 5.4.3-4 沉积物计算指标

| 站位 | 有机碳 | 指标 | 硫化物 | 指标 |
|------|-------------|----|-----------------|----|
| | $\omega/\%$ | | $\mu\text{g/g}$ | |
| SW02 | 0.78 | I | 8.6 | I |
| SW06 | 0.09 | I | 0.3L | I |
| SW07 | 0.93 | I | 9.6 | I |
| SW09 | 0.79 | I | 11.4 | I |
| SW10 | 0.6 | I | 12.9 | I |
| SW11 | 0.74 | I | 10.4 | I |
| SW12 | 0.73 | I | 15.3 | I |
| SW13 | 1.06 | I | 9.9 | I |
| SW14 | 1.4 | I | 16.9 | I |
| SW17 | 0.66 | I | 8.7 | I |
| SW19 | 0.34 | I | 4.2 | I |
| SW21 | 0.37 | I | 3.5 | I |
| SW23 | 0.9 | I | 12.5 | I |
| SW28 | 0.88 | I | 11.4 | I |

硫化物指标数值： $S_{\text{硫化物}} = (10 \times 14) / 14 = 10$

有机碳指标数值： $S_{\text{有机碳}} = (10 \times 14) / 14 = 10$

沉积环境健康指数 $S_{indx} = (S_{\text{硫化物}} + S_{\text{有机碳}}) / 2 = 10 \geq 7.5$

$S_{indx} = 10 \geq 7.5$ ，沉积物环境为健康。

5.4.3.4 生物质量

(1) 指标及赋值

按照 I 级、II 级、III 级进行赋值。其中，其中各指标 I 级赋值为 10，II 级赋值为 5、III 级赋值为 1。生物质量评价包括汞 (Hg)、镉 (Cd)、铅 (Pb)、砷 (As) 和石油烃五类指标，各评价指标见表。

表 5.4.3-5 生物质量评价指标

| 序号 | 指标/ ($\mu\text{g/g}$) | I 级 | II 级 | III 级 |
|----|-------------------------|-------------|--------------------|----------|
| 1 | Hg | ≤ 0.05 | $0.05 < \leq 0.30$ | > 0.30 |
| 2 | Cd | ≤ 0.2 | $0.2 < \leq 5.0$ | > 5.0 |
| 3 | Pb | ≤ 0.1 | $0.1 < \leq 6.0$ | > 6.0 |

| | | | | |
|---|-----|------|-----------|------|
| 4 | As | ≤1.0 | 1.0<·≤8.0 | >8.0 |
| 5 | 石油烃 | ≤15 | 15<·≤80 | >80 |

每个生物样品生物质量计算公式为：

$$BR_q = \frac{\sum_1^n BR_i}{n}$$

式中：

BR_q——第 q 项评价指标数值；

n——评价的污染物指标总数；

BR_i——第 i 项评价指标赋值。

生物质量健康指数计算公式为：

$$BR_{indx} = \frac{\sum_1^m BR_q}{m}$$

式中：

BR_{indx}——生物质量健康指数；

m——评价区域监测生物样品总数；

BR_q——评价区域第 q 份样品数值。

(2) 评价结果

根据调查，生物质量指标如下。

表 5.4.3-6 生物质量评价计算指标

| 站位 | 汞 | 指标 | 镉 | 指标 | 铅 | 指标 | 砷 | 指标 | 石油烃 | 指标 |
|-------|-------|----|-------|----|-------|----|------|----|-----|----|
| BS05 | 0.012 | I | 0.459 | II | 0.16 | II | 1.7 | II | 1.7 | I |
| BS10 | 0.015 | I | 0.015 | I | 0.04L | I | 0.3 | I | 2.1 | I |
| BS11 | 0.015 | I | 0.096 | I | 0.09 | I | 1.6 | II | 1.1 | I |
| BS12 | 0.013 | I | 0.034 | I | 0.04L | I | 1.7 | II | 2.7 | I |
| BS13 | 0.008 | I | 0.007 | I | 0.04L | I | 0.2L | I | 2.2 | I |
| BS17 | 0.014 | I | 0.006 | I | 0.11 | I | 0.9 | I | 1.7 | I |
| BS18 | 0.027 | I | 0.018 | I | 0.04L | I | 0.2 | I | 1.8 | I |
| BSC01 | 0.011 | I | 0.197 | I | 0.08 | I | 0.6 | I | 9.3 | I |

经公式计算 BR_{indx} = 9.2 ≥ 7.5，生物质量为健康。

5.4.3.5 栖息地

(1) 指标及赋值

栖息地评价包括滨海湿地分布面积、表层沉积物主要粒径组分含量年度变化两类指标。按照 I 级、II 级、III 级进行赋值。其中各指标 I 级赋值为 20，II 级赋值为 10、III 级赋值为 5。

表 5.4.3-7 河口生态系统和海湾生态系统栖息地评价指标

| 序号 | 指标 | I 级 | II 级 | III 级 |
|----|-------------------|--------|-------------|---------|
| 1 | 滨海湿地分布面积变化 | 增加或无变化 | 减少 ≤ 5% | 减少 > 5% |
| 2 | 表层沉积物主要粒径组分含量年度变化 | ≤ 2% | 2% < · ≤ 5% | > 5% |

(2) 评价结果

据资料，滨海湿地分布面积增加或无变化，表层沉积物主要粒径组分含量年度变化 $\leq 2\%$ 。

$E_{\text{indx}}=20 \geq 15$ ，栖息地为健康。

5.4.3.6 生物群落

(1) 指标及赋值

生物群落评价包括浮游植物密度、浮游动物密度、浮游动物生物量、鱼卵及仔鱼密度、大型底栖动物密度、大型底栖动物生物量六类指标，按照 I 级、II 级、III 级进行赋值。其中各指标 I 级赋值为 45，II 级赋值为 30、III 级赋值为 15。A、B、C、D、E 分别为浮游植物密度、浮游动物密度、浮游动物生物量、大型底栖动物密度、大型底栖动物生物量的评价标准值。

表 5.4.3-8 河口生态系统和海湾生态系统生物群落评价指标

| 序号 | 指标 | I 级 | II 级 | III 级 |
|----|---------------------------------|----------------------------|--|------------------|
| 1 | 浮游植物密度 cells/m ³ | 50%A \leq · \leq 150%A | 10%A \leq · \leq 50%A 或 150%A \leq · \leq 200%A | <10%A 或>200%A |
| 2 | 浮游动物密度 ind./m ³ | 75%B \leq · \leq 125%B | 50%B \leq · \leq 75%B 或 125%B \leq · \leq 150%B | <50%B 或>150%B |
| 3 | 浮游动物生物量 mg/ m ³ | 75%C \leq · \leq 125%C | 50%C \leq · \leq 75%C 或 125%C \leq · \leq 150%C | <50%C 或>150%C |
| 4 | 鱼卵及仔鱼密度 ind./m ³ | >50 | 5 \leq · \leq 50 | \leq 5 |
| 5 | 大型底栖动物密度 ind./m ² | 75%D \leq · \leq 125%D | 50%D \leq · \leq 75%D 或 125%D \leq · \leq 150%D | <50%D 或>150%D |
| 6 | 大型底栖动物生物量 g/ m ² | 75%E \leq · \leq 125%E | 50%E \leq · \leq 75%E 或 125%E \leq · \leq 150%E | <50%E 或>150%E |

浮游植物密度采用浅水 III 型浮游生物网垂直拖网采样的密度。
浮游动物密度采用浅水 II 型浮游生物网垂直拖网采样的密度。
浮游动物生物量采用浅水 I 型浮游生物网垂直拖网采样，除去水母类等胶质生物后的生物量。
鱼卵与仔鱼的密度为鱼类主要产卵季节的调查结果。

各指标的赋值 (D_q) 根据平均值 (\bar{D}_q) 及赋值要求确定。各项指标平均值 \bar{D}_q 计算公式为:

$$\bar{D}_q = \frac{\sum_{i=1}^n D_{qi}}{n}$$

式中:

\bar{D}_q ——评价区域第 q 项评价指标平均值;

n——评价区域监测点位总数;

D_{qi} ——第 i 个点位第 q 项评价指标测值。

生物群落健康指数计算公式为：

$$D_{indx} = \frac{\sum_1^m D_q}{m}$$

式中：

D_{indx} ——生物群落健康指数；

m ——生物评价指标总数；

D_q ——第 q 个生物评价指标赋值。

(2) 评价结果

本项目所在海域为珠江口以东海湾海域，参考春季调查的生态数据，评价如下。

表 5.4.3-9 2025 年春季生物群落评价计算指标

| 序号 | 指标 | 调查情况 | 珠江口以东海湾海域标准值 | 指标 | 赋分 |
|----|---------------------------------|---------------------------|--------------------|-----|----|
| 1 | 浮游植物密度 cells/m ³ | 22422.404×10 ³ | 10×10 ⁵ | III | 15 |
| 2 | 浮游动物密度 ind./m ³ | 423.270 | 10×10 ³ | III | 15 |
| 3 | 浮游动物生物量 mg/ m ³ | 163.67 | 100 | III | 15 |
| 4 | 鱼卵及仔鱼密度 ind./m ³ | 0.675 | / | III | 15 |
| 5 | 大型底栖动物密度 ind./m ² | 70.313 | 160 | III | 15 |
| 6 | 大型底栖动物生物量 g/ m ² | 10.096 | 10 | I | 30 |

$D_{indx} = (15+15+15+15+30+15) / 6 = 17.5$ ， $D_{indx} < 22.5$ ，生物群落为不健康。

5.4.3.7 生态健康指数

河口生态系统和海湾生态系统生态健康指数按下列公式计算：

$$CEH_{indx} = W_{indx} + S_{indx} + BR_{indx} + E_{indx} + D_{indx}$$

式中：

CEH_{indx} ——河口生态系统和海湾生态系统生态健康指数。

根据上述计算结果，本项目 $CEH_{indx} = 15 + 10 + 9.22 + 20 + 17.5 = 71.72$ 。

$40 \leq CEH_{ind} < 80$ ，生态系统处于亚健康状态。

5.5 水文动力环境现状调查

5.5.1 调查概况

广州海兰图检测技术有限公司于 2025 年 2 月 12 日到 2025 年 2 月 13 日、2025 年 06 月 27 日到 2025 年 07 月 11 日期间进行冬季和夏季水文观测调查，布设周日同步连续水文观测站 7 个，站位号为 SWL1~SWL7，观测内容包括温度、盐度、深度、

海流（流速、流向）、含沙量、风速和风向、海况等，同时布设临时潮位观测站 2 个。站点布设示意图见图 5.5.1-1，水文观测站坐标和观测内容见表 5.5.1-1。

表 5.5.1-1 水文观测站坐标和观测内容

| 站号 | 经度 (E) | 纬度 (N) | 观测要素 |
|----|--------|--------|------|
| ■ | ■ | ■ | ■ |
| ■ | ■ | ■ | ■ |
| ■ | ■ | ■ | ■ |
| ■ | ■ | ■ | ■ |
| ■ | ■ | ■ | ■ |
| ■ | ■ | ■ | ■ |
| ■ | ■ | ■ | ■ |
| ■ | ■ | ■ | ■ |
| ■ | ■ | ■ | ■ |
| ■ | ■ | ■ | ■ |



图 5.5.1-1 水文监测站位图

5.5.2 风速风向、海况

5.5.2.1 冬季

本次水文观测期间，风向以东风为主，风速在 5.0m/s~10.3m/s。观测海域的平均风速大小为 7.1m/s。各站点风速以及风向变化不大，观测海区大部分在海湾内，因此风场受陆地的影响，而 SWL6 在湾口外，其风场更贴近海洋的风场，因此可以看到湾内的风场风向多变（SWL2），而湾外的站点风场基本趋近一致（SWL6）。各

个站位海况均为 2 级。

5.5.2.2 夏季

本次水文观测期间，风向以东南风为主，风速在 3.2m/s~5.7m/s。观测海域的平均风速大小为 4.2m/s。SWL6 站点的风向集中度明显高于 SWL2 站，表明湾外风场稳定、主导风向清晰，主要来自东南偏东方向，风向集中度高，可视为该区域典型背景风场。而 SWL2 站点位于湾内，风向受地形遮蔽、陆海热力差异等因素影响，呈现出风向离散、多变、风速等级交错等特征，反映出湾内风场的不稳定性。整体而言，湾外风场代表性强，湾内风场空间变异性大。各个站位海况均为 2 级。

5.5.3 潮位

5.5.3.1 实测潮位统计分析

(1) 冬季

根据 SWC1 和 SWC2 潮位观测站的潮位资料绘制潮位过程曲线，其中观测得到的潮位资料时间为 2025 年 02 月 12 日 00 时至 2025 年 02 月 26 日 23 时（15 天），如图 5.5.3-1 至 5.5.3-2 所示（黑色线段表示 15 天的观测潮位数据，红色线段表示海流观测时间段的潮位数据）。为了验证潮位资料的真实有效性，同时展示观测海域附近的两个潮位观测点：汕尾风车岛站和遮浪站，其中黑色的线表示汕尾风车岛站和遮浪站，红色表示 SWC1 站的潮位，蓝色表示 SWC2 站的潮位，绘制时间为 2025 年 01 月 28 日 0 时至 2025 年 02 月 27 日 23 时（一个月），其数据来自于国家海洋信息中心，如图 5.5.3-3 至 5.5.3-4 所示。

由图表可知，各个站位的潮汐基本一样，在一个朔望月中的大多数日子里具有全日潮特征，但有少数日子则具有半日潮特征。

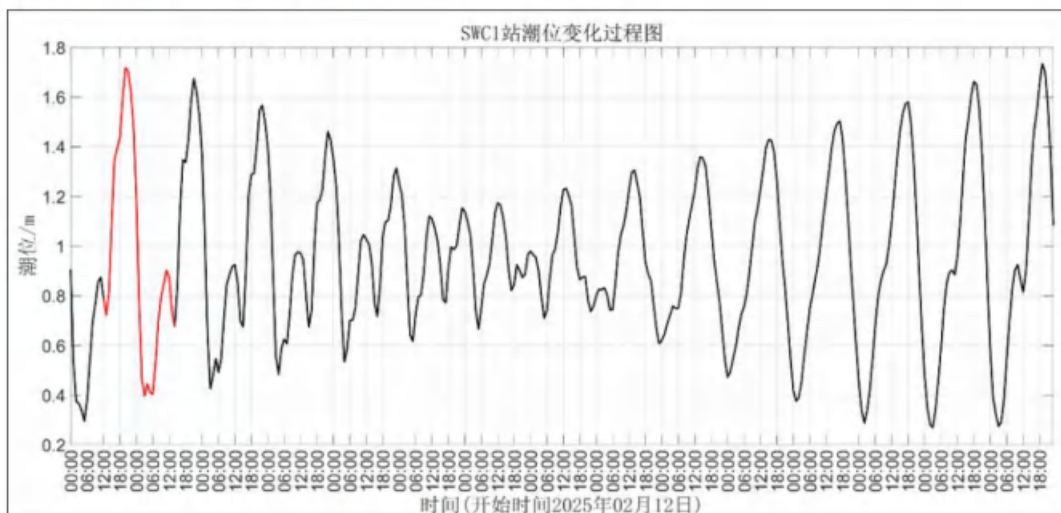


图 5.5.3-1 冬季 SWC1 站潮位过程曲线

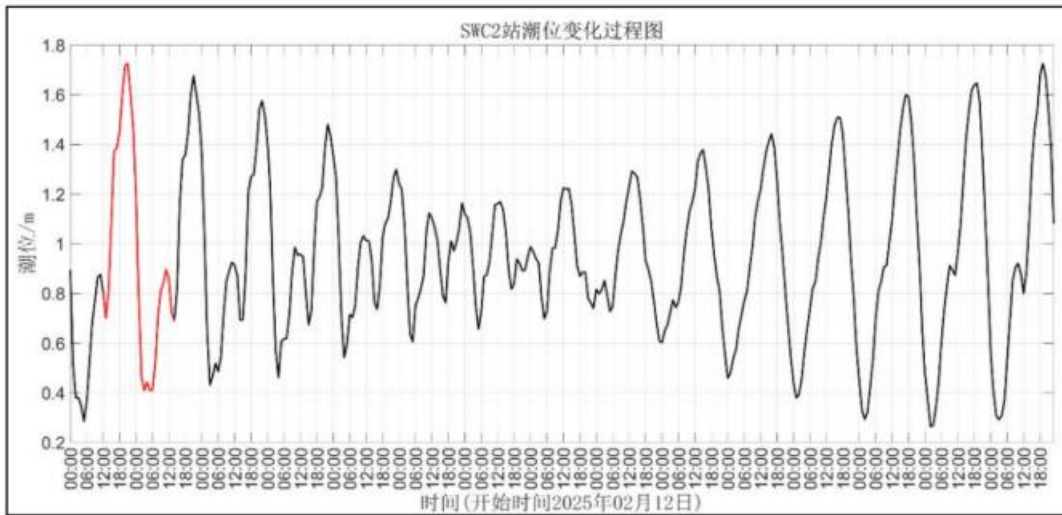


图 5.5.3-2 冬季 SWC2 站潮位过程曲线

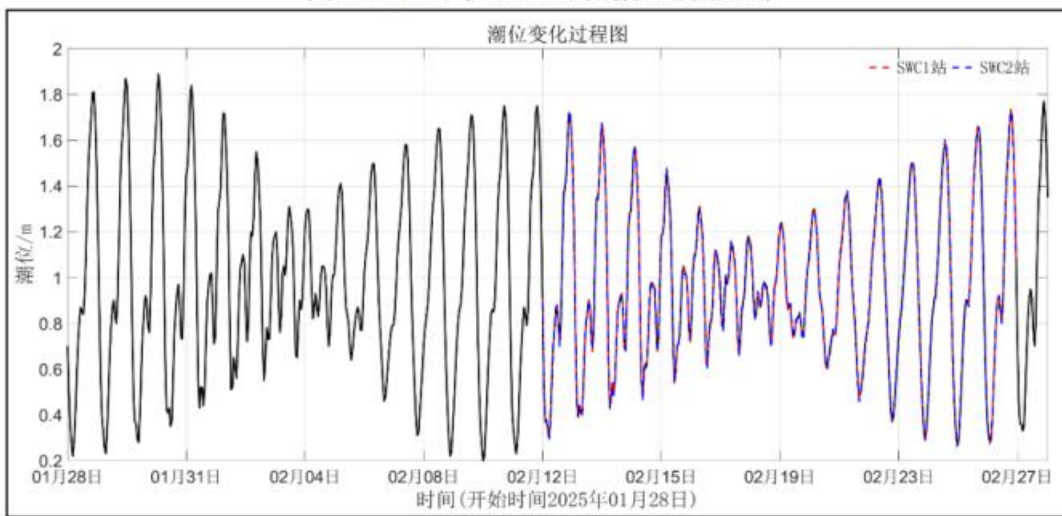


图 5.5.3-3 冬季汕尾风车岛站潮位过程曲线

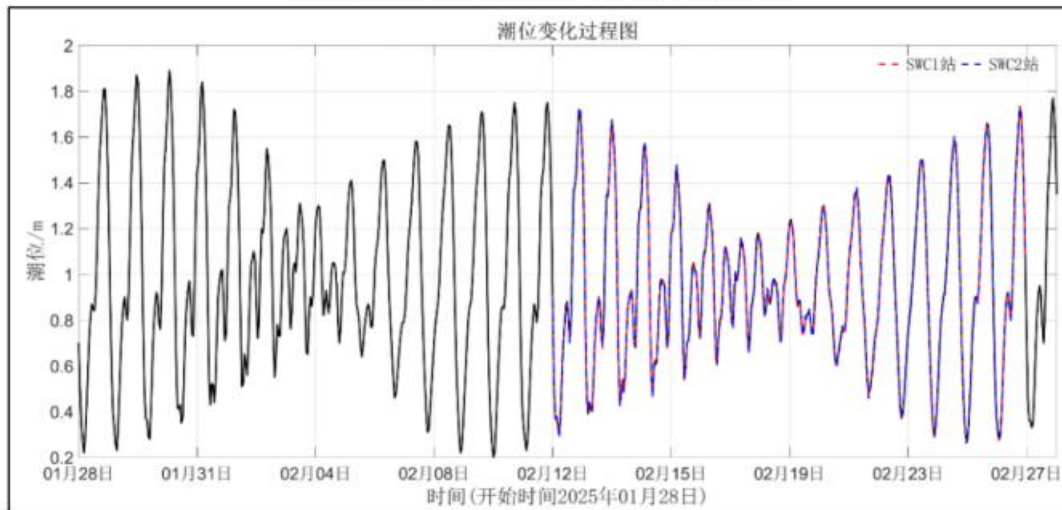


图 5.5.3-4 冬季遮浪站潮位过程曲线

(2) 夏季

根据 SWC1 和 SWC2 潮位观测站的潮位资料绘制潮位过程曲线，其中观测得到的潮位资料时间为 2025 年 06 月 27 日 00 时至 2025 年 07 月 11 日 23 时（15 天），如

图 5.5.3-5 至 5.5.3-6 所示（黑色线段表示 15 天的观测潮位数据，红色线段表示海流观测时间段的潮位数据）。为了验证潮位资料的真实有效性，同时展示观测海域附近的两个潮位观测点：汕尾风车岛站和遮浪站，其中黑色的线表示汕尾风车岛站和遮浪站，红色表示 SWC1 站的潮位，蓝色表示 SWC2 站的潮位，绘制时间为 2025 年 06 月 19 日 0 时至 2025 年 07 月 19 日 23 时（一个月），其数据来自于国家海洋信息中心，如图 5.5.3-7 至图 5.5.3-8 所示。

由图表可知，各个站位的潮汐基本一样，在一个朔望月中的大多数日子里具有全日潮特征，但有少数日子则具有半日潮特征。

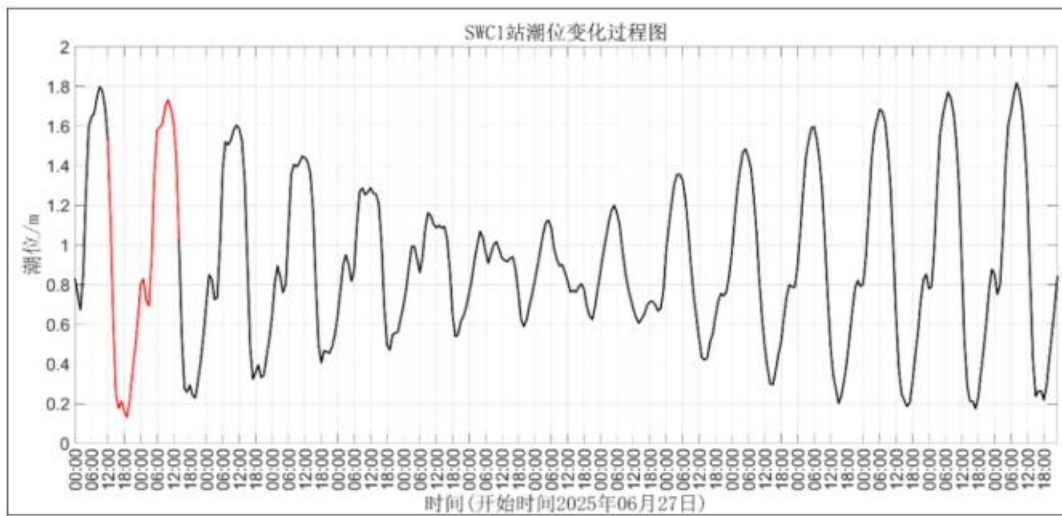


图 5.5.3-5 夏季 SWC1 站潮位过程曲线

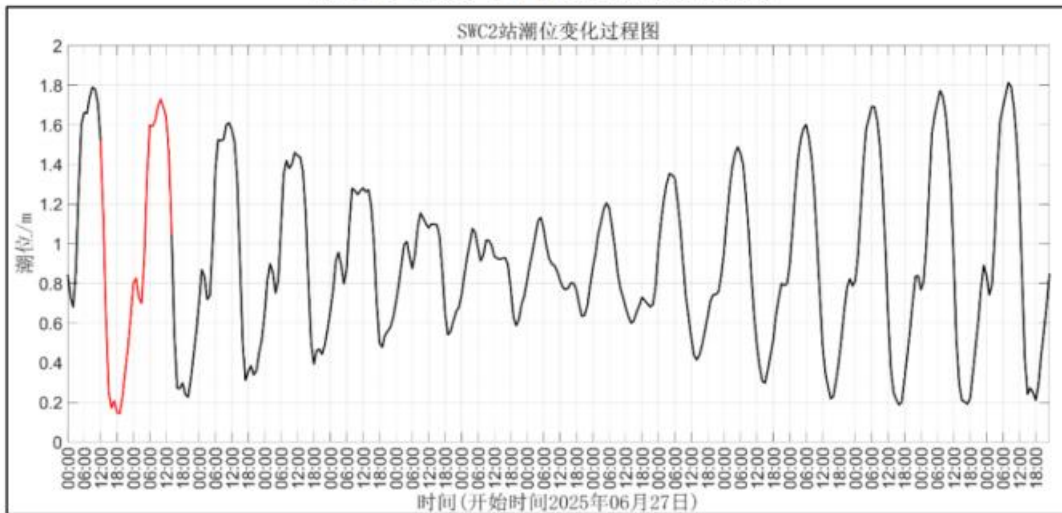


图 5.5.3-6 夏季 SWC2 站潮位过程曲线

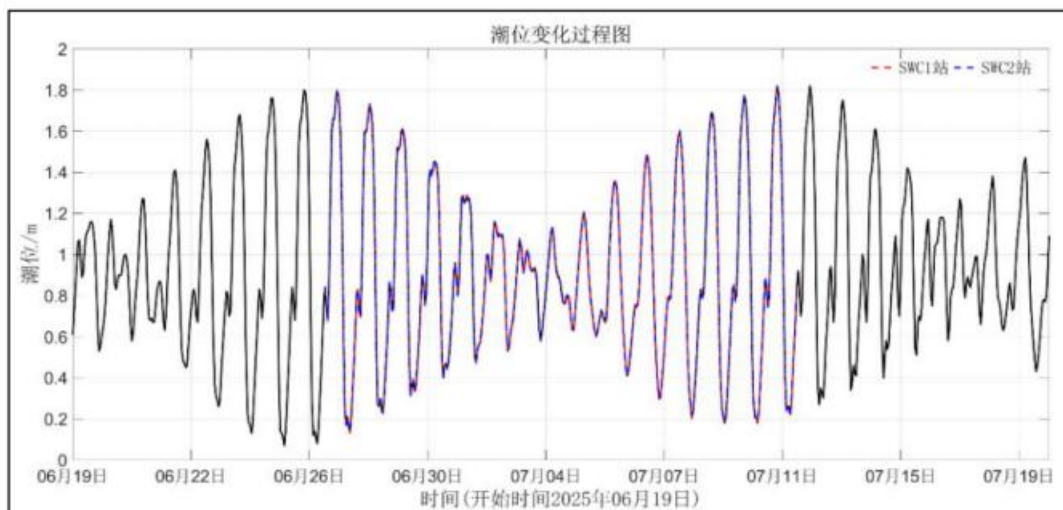


图 5.5.3-7 夏季汕尾风车岛站潮位过程曲线

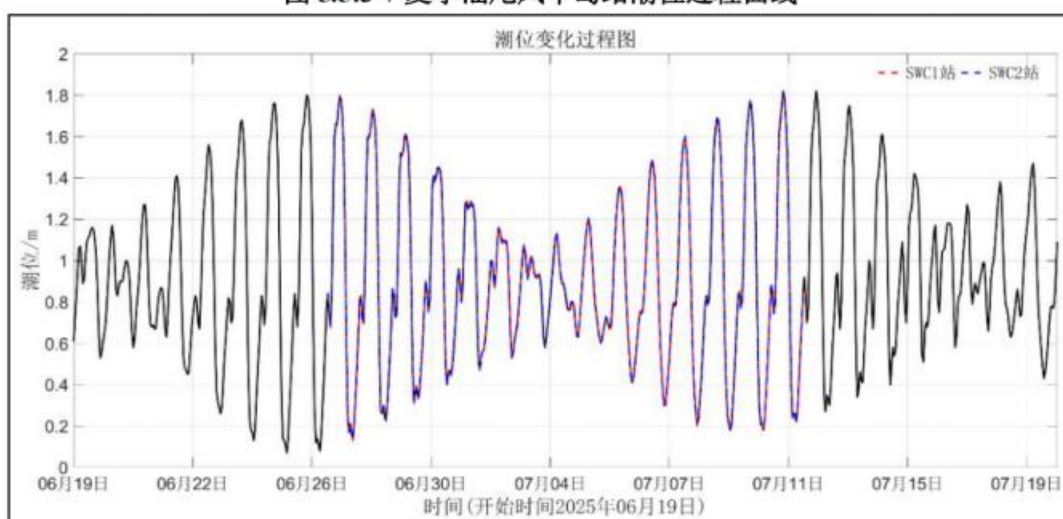


图 5.5.3-8 夏季遮浪站潮位过程曲线

5.5.3.2 潮汐调和分析

(1) 冬季

根据收集的 SWC1 和 SWC2 连续 15 天潮位资料，为了获得较准确的潮汐调和常数，采用引入差比数（采用了汕尾风车岛站的差比关系）的最小二乘法对潮位进行调和分析，分析之前潮位进行了气压订正。采用最小二乘法原理计算得到各站各分潮的调和常数，表 5.5.3-1 列出了各站六个主要分潮的振幅和迟角。

表 5.5.3-1 冬季调查海区调和常数统计分析（基于 15 天）

| 分潮 | SWC1 | | SWC2 | |
|-----------------|--------|-------|--------|-------|
| | 振幅(cm) | 迟角(°) | 振幅(cm) | 迟角(°) |
| O ₁ | 23.39 | 241 | 23.48 | 241 |
| K ₁ | 26.49 | 310 | 26.52 | 310 |
| M ₂ | 18.50 | 250 | 18.48 | 249 |
| S ₂ | 9.28 | 282 | 9.43 | 281 |
| M ₄ | 3.73 | 211 | 3.81 | 210 |
| MS ₄ | 3.79 | 288 | 3.84 | 289 |

由表可知，临时潮位站的分潮中 K₁ 分潮振幅皆最大，其中 SWC1 的 K₁ 分潮振

幅为约为 26.49cm，迟角为 310°；SWC2 的 K_1 分潮振幅约为 26.52cm，迟角为 310°。

(2) 夏季

根据收集的 SWC1 和 SWC2 连续 15 天潮位资料，为了获得较准确的潮汐调和常数，采用最小二乘法对潮位进行调和与分析，分析之前潮位进行了气压订正。采用最小二乘法原理计算得到各站各分潮的调和常数，表 5.5.3-2 列出了各站六个主要分潮的振幅和迟角。

表 5.5.3-2 夏季调查海区调和常数统计分析（基于 15 天）

| 分潮 | SWC1 | | SWC2 | |
|--------|--------|-------|--------|-------|
| | 振幅(cm) | 迟角(°) | 振幅(cm) | 迟角(°) |
| O_1 | 26.03 | 249 | 26.01 | 250 |
| K_1 | 38.66 | 296 | 38.69 | 296 |
| M_2 | 18.89 | 255 | 18.94 | 255 |
| S_2 | 5.09 | 272 | 5.07 | 272 |
| M_4 | 7.88 | 248 | 7.87 | 248 |
| MS_4 | 3.81 | 318 | 3.76 | 318 |

由表可知，临时潮位站的分潮中 K_1 分潮振幅皆最大，其中 SWC1 的 K_1 分潮振幅为约为 38.66cm，迟角为 296°；SWC2 的 K_1 分潮振幅约为 38.69cm，迟角为 296°。

5.5.3.3 潮汐性质和潮汐特征值

(1) 冬季

采用主要日分潮振幅与主要半日分潮振幅的比值 $F = (H_{O_1} + H_{K_1}) / H_{M_2}$ 作为划分潮汐性质的判据：

$$F < 0.5 \quad \text{正规半日潮}$$

$$0.5 \leq F < 2.0 \quad \text{不正规半日潮}$$

$$2.0 \leq F < 4.0 \quad \text{不正规全日潮}$$

$$4.0 \leq F \quad \text{正规全日潮}$$

对 SWC1 和 SWC2 潮位站实测潮位资料进行统计和潮汐调和与分析，结果如表 5.5.3-3 所示，临时潮位观测站的潮汐性质系数 F 值分别为 2.70 和 2.71，说明观测期间调查海区的潮汐类型为不正规全日潮。同时，通过汕尾风车岛站和遮浪站的一个月的潮位数据，计算两个潮位观测站的潮汐性质系数，其结果分别为 2.83 和 2.83；而测量海区更靠近汕尾风车岛站。因此 SWC1 和 SWC2 站为不正规全日潮的结果可信。观测期间调查海区最高潮位为 1.73m，最低潮位为 0.26m，最大涨潮潮差为 1.31m，最大落潮潮差为 1.39m，SWC1 站的平均潮差为 0.50m，SWC2 站的平均潮

差为 0.49m。

表 5.5.3-3 冬季测验所设潮位站潮汐特征值统计

| 特征值 | SWC1 | SWC2 |
|------------|--------|--------|
| 最高潮位 (m) | 1.73 | 1.73 |
| 最低潮位 (m) | 0.27 | 0.26 |
| 平均潮位 (m) | 0.95 | 0.95 |
| 最大涨潮潮差 (m) | 1.29 | 1.31 |
| 最大落潮潮差 (m) | 1.39 | 1.35 |
| 平均潮差 (m) | 0.50 | 0.49 |
| 平均涨潮历时 (h) | 14 | 14 |
| 平均落潮历时 (h) | 11 | 11 |
| 潮汐性质系数 F | 2.70 | 2.71 |
| 潮汐类型 | 不正规全日潮 | 不正规全日潮 |

(2) 夏季

对 SWC1 和 SWC2 潮位站实测潮位资料进行统计和潮汐调和分析, 结果如表 5.5.3-4 所示, 临时潮位观测站的潮汐性质系数 F 值分别为 3.42 和 3.42, 说明观测期间调查海区的潮汐类型为不正规全日潮。同时, 通过汕尾风车岛站和遮浪站的一个月的潮位数据, 计算两个潮位观测站的潮汐性质系数, 其结果分别为 3.28 和 3.28; 而测量海区更靠近汕尾风车岛站。因此 SWC1 和 SWC2 站为不正规全日潮的结果可信。观测期间调查海区最高潮位为 1.82m, 最低潮位为 0.13m, 最大涨潮潮差为 1.13m, 最大落潮潮差为 1.62m, SWC1 站的平均潮差为 0.44m, SWC2 站的平均潮差为 0.45m。

表 5.5.3-4 夏季测验所设潮位站潮汐特征值统计

| 特征值 | SWC1 | SWC2 |
|------------|--------|--------|
| 最高潮位 (m) | 1.82 | 1.81 |
| 最低潮位 (m) | 0.13 | 0.14 |
| 平均潮位 (m) | 0.90 | 0.90 |
| 最大涨潮潮差 (m) | 1.13 | 1.07 |
| 最大落潮潮差 (m) | 1.62 | 1.62 |
| 平均潮差 (m) | 0.44 | 0.45 |
| 平均涨潮历时 (h) | 14 | 13 |
| 平均落潮历时 (h) | 11 | 12 |
| 潮汐性质系数 F | 3.42 | 3.42 |
| 潮汐类型 | 不正规全日潮 | 不正规全日潮 |

5.5.3.4 基准面关系和平均潮差

(1) 冬季

根据最新的《海道测量规范》(GB 12327-2022) 中的规定, 我国的海图深度基准面采用 13 个分潮组合的理论最低潮面, 它们包括: M_2 、 S_2 、 N_2 、 K_2 、 K_1 、 O_1 、 P_1 、 Q_1 八个天文分潮, M_4 、 MS_4 、 M_6 三个浅水分潮以及 S_a 、 S_{Sa} 两个长周期分潮。

从而计算出 SWC1 临时潮位站的理论深度基准面（最低天文潮位）为平均海面以下 1.02m，SWC1 临时潮位站的最高天文潮位分别为平均海面以上 0.78m；SWC2 临时潮位站的理论深度基准面（最低天文潮位）为平均海面以下 1.01m，SWC2 临时潮位站的最高天文潮位分别为平均海面以上 0.78m。

经计算 SWC1 和 SWC2 站的平均潮差分别为 0.50m 和 0.49m。

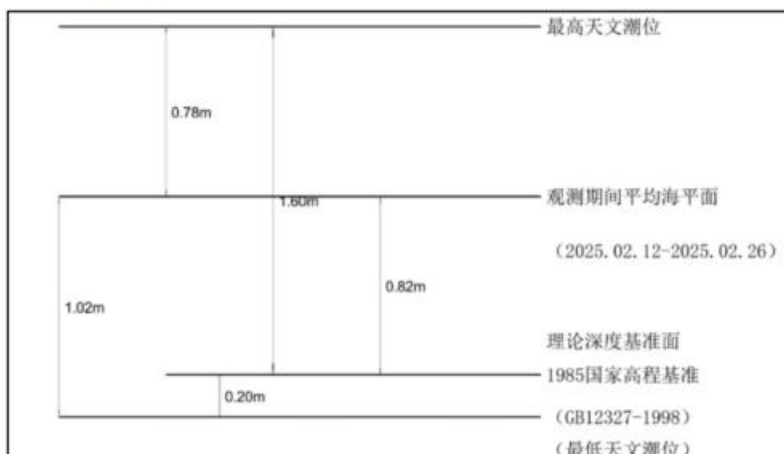


图 5.5.3-9 SWC1 临时潮位站各基准面的相互关系

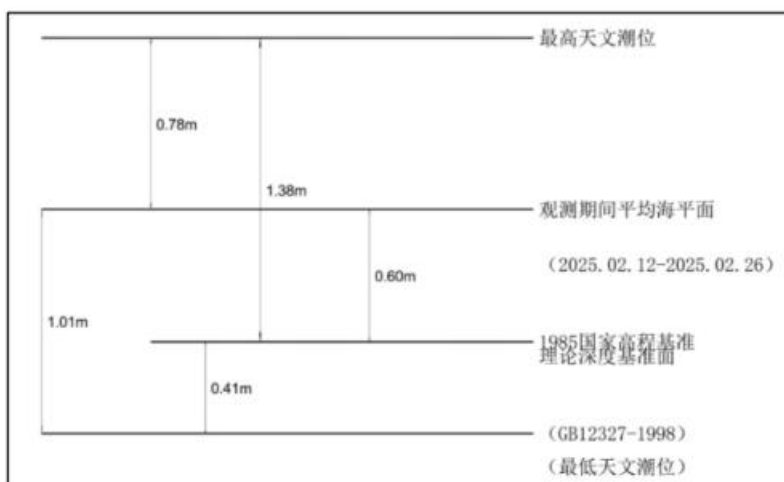


图 5.5.3-10 SWC2 临时潮位站各基准面的相互关系

(2) 夏季

根据最新的《海道测量规范》（GB 12327-2022）中的规定，我国的海图深度基准面采用 13 个分潮组合的理论最低潮面，它们包括： M_2 、 S_2 、 N_2 、 K_2 、 K_1 、 O_1 、 P_1 、 Q_1 八个天文分潮， M_4 、 MS_4 、 M_6 三个浅水分潮以及 S_a 、 S_{Sa} 两个长周期分潮。从而计算出 SWC1 临时潮位站的理论深度基准面（最低天文潮位）为平均海面以下 1.27m，SWC1 临时潮位站的最高天文潮位分别为平均海面以上 0.92m；SWC2 临时潮位站的理论深度基准面（最低天文潮位）为平均海面以下 1.27m，SWC2 临时潮位站的最高天文潮位分别为平均海面以上 0.91m。

经计算 SWC1 和 SWC2 站的平均潮差分别为 0.46m 和 0.45m。

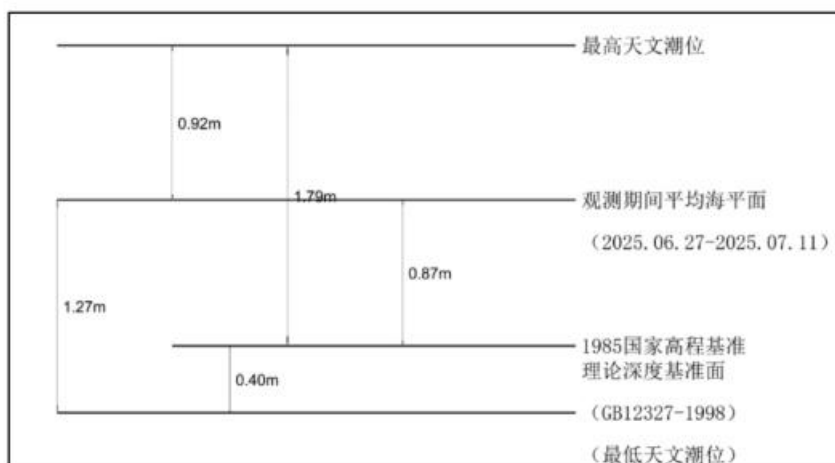


图 5.5.3-11 SWC1 临时潮位站各基准面的相互关系

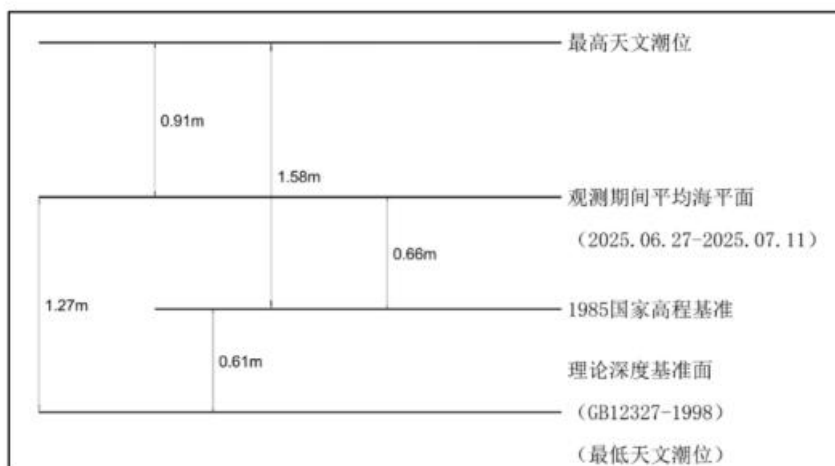


图 5.5.3-12 SWC2 临时潮位站各基准面的相互关系

5.5.4 实测海流

5.5.4.1 2025 年 2 月冬季

从海流的运动状态来看，观测期内各站点海流表现出了背景流和潮汐共同作用的特征。从各站海流过程矢量图可以看出，各观测站各层潮流方向主要受局地的背景流（海湾内的环流系统）和潮汐的影响；在垂向结构上看，流速整体分布均匀，各层次的流速差异不大。

观测期间最大涨潮流速为 44.6cm/s（方向为 68°），出现在 SWL3 站 0.6H 层；最大落潮流速为 59.2cm/s（方向为 90°），出现在 SWL3 站 0.8H 层；最大涨潮平均流速为 20.5cm/s，出现在 SWL6 站底层（方向为 64°）；最大落潮平均流速为 31.3cm/s，出现在 SWL3 站 0.6H 层（方向为 70°）和 SWL3 站 0.8H 层（方向为 67°）。在水平上，受到海湾的背景环流系统的影响，可以看到 SWL5 站的潮流主轴向上弯折，这

是由于湾外的潮流主轴是东西走向（SWL3 和 SWL6 可以体现）。并且受海湾的地形的影响，潮流从 SWL5 站涌入湾内，并从海湾中间往北上，到湾顶后往两边散开，从 SWL4 和 SWL1 站南下。因此，控制该海区的海水流动主要是海湾地形和潮汐因素。



图 5.5.4-1 冬季表层海流平面分布矢量图

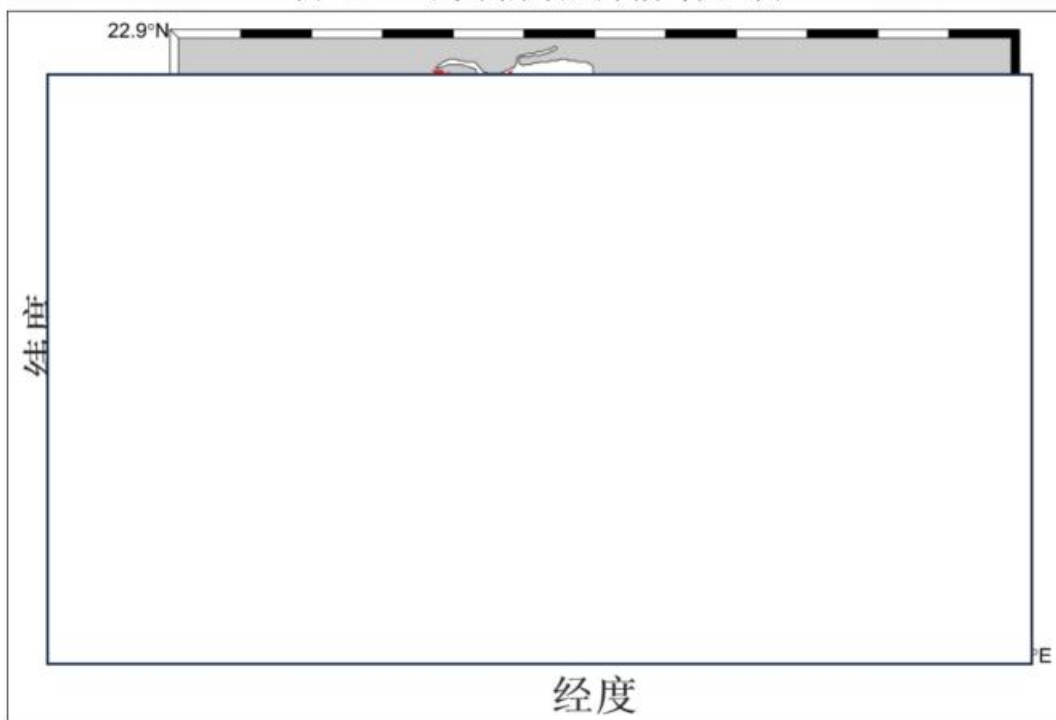


图 5.5.4-2 冬季 0.2H 层海流平面分布矢量图

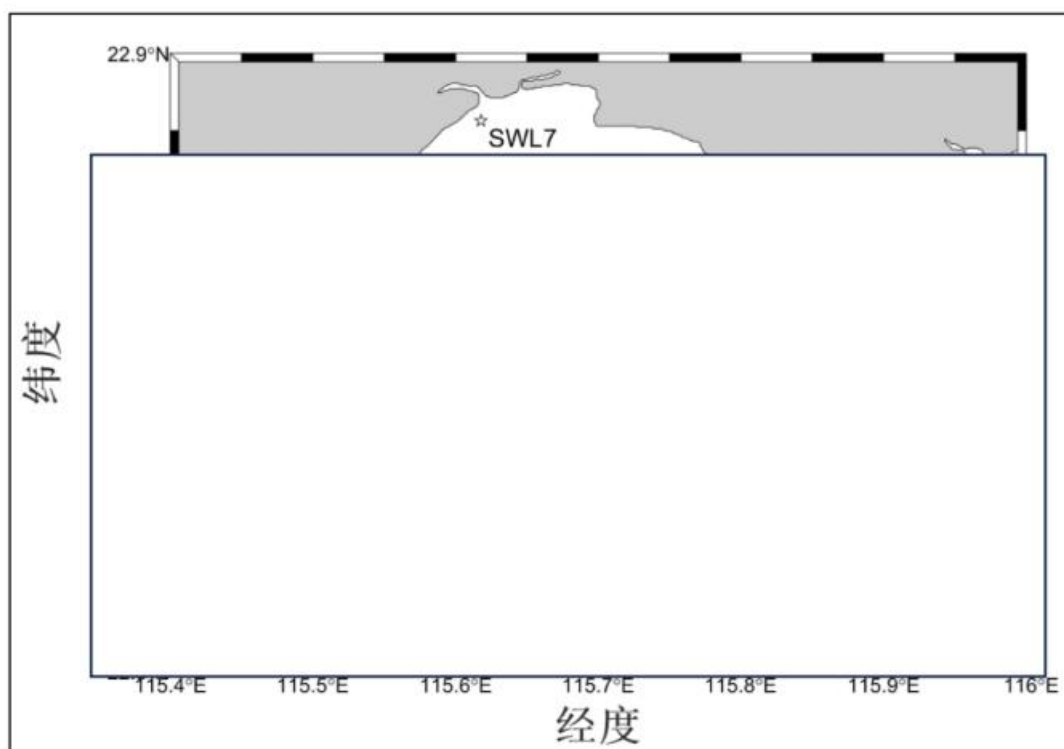


图 5.5.4-3 冬季 0.4H 层海流平面分布矢量图



图 5.5.4-4 冬季 0.6H 层海流平面分布矢量图

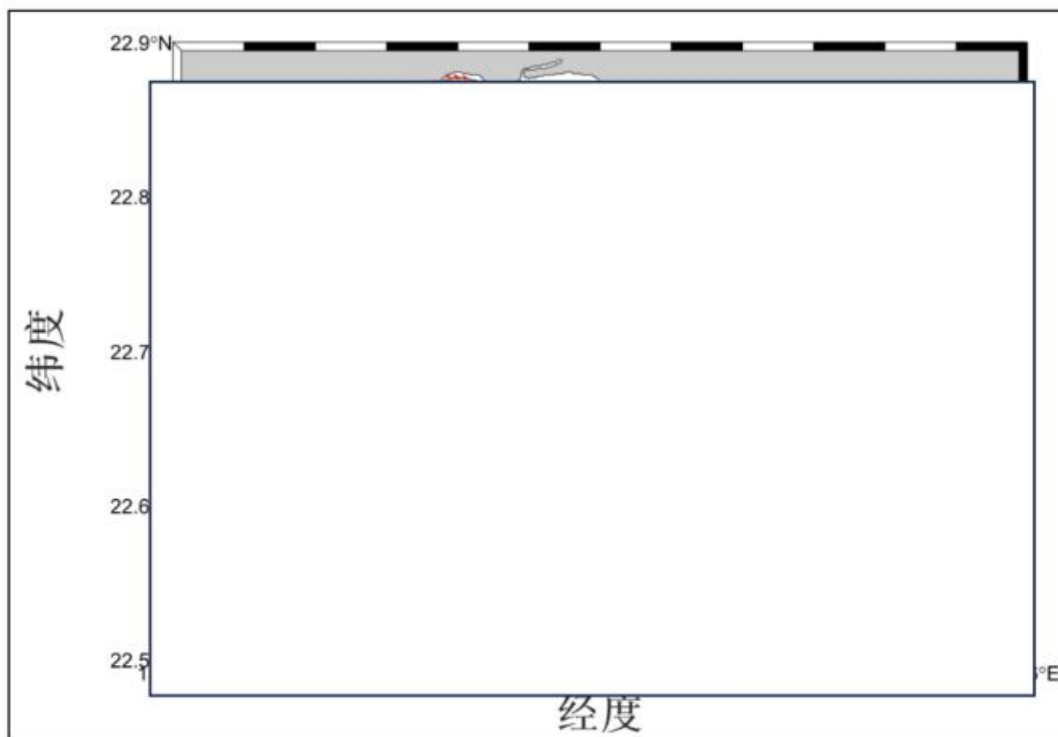


图 5.5.4-5 冬季 0.8H 层海流平面分布矢量图

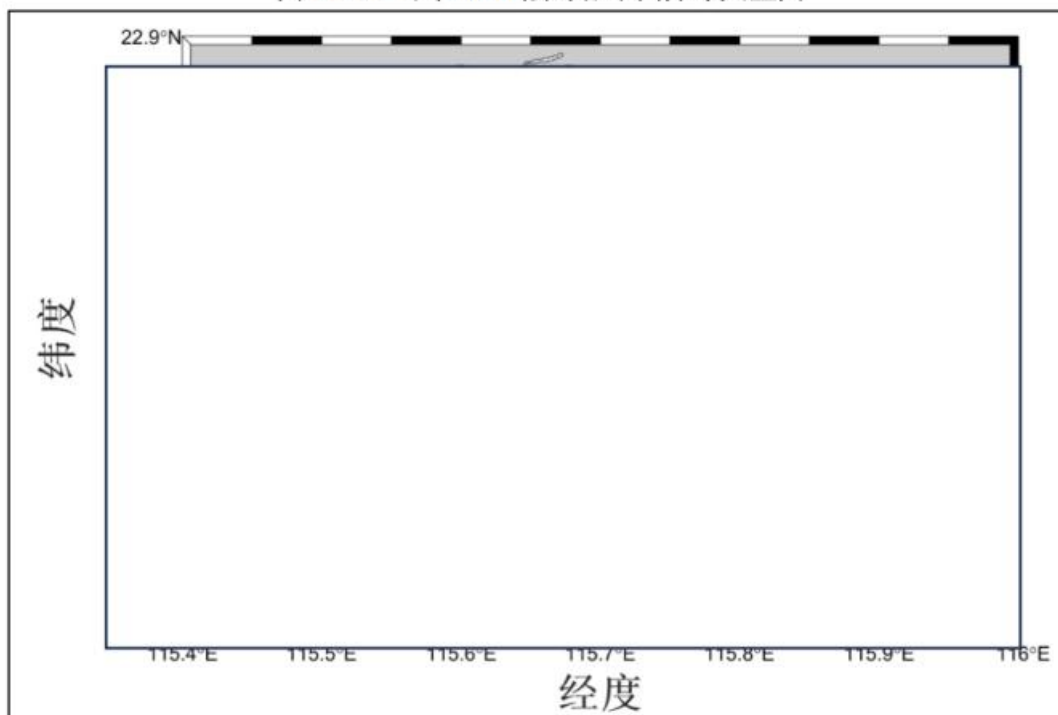


图 5.5.4-6 冬季底层海流平面分布矢量图

表 5.5.4-1 冬季大潮期涨、落潮流对比统计表

| 站位 | 层次 | 流速 (cm/s)、流向 (°) | | | | | | | |
|------|--------|------------------|--------|--------|------|--------|--------|--------|------|
| | | 涨潮最大流速 | 对应时刻流向 | 涨潮平均流速 | 平均流向 | 落潮最大流速 | 对应时刻流向 | 落潮平均流速 | 平均流向 |
| SWL1 | 0.2H 层 | 12.3 | 156 | 6.8 | 227 | 14.7 | 146 | 9.0 | 142 |
| | 0.6H 层 | 14.7 | 62 | 8.1 | 77 | 15.5 | 147 | 10.7 | 125 |
| | 0.8H 层 | 14.3 | 35 | 7.3 | 70 | 15.2 | 76 | 7.9 | 103 |
| | 垂线平均 | 10.3 | 107 | 5.6 | 83 | 12.2 | 136 | 8.5 | 123 |
| SWL2 | 表层 | 20.2 | 261 | 10.1 | 263 | 24.7 | 99 | 12.0 | 137 |

| 站位 | 层次 | 流速 (cm/s)、流向 (°) | | | | | | | |
|------|--------|------------------|--------|--------|------|--------|--------|--------|------|
| | | 涨潮最大流速 | 对应时刻流向 | 涨潮平均流速 | 平均流向 | 落潮最大流速 | 对应时刻流向 | 落潮平均流速 | 平均流向 |
| | 0.2H 层 | 14.9 | 284 | 10.4 | 273 | 29.2 | 107 | 16.5 | 113 |
| | 0.4H 层 | 22.7 | 61 | 10.7 | 37 | 30.7 | 76 | 16.6 | 82 |
| | 0.6H 层 | 25.5 | 56 | 10.8 | 67 | 34.4 | 79 | 17.9 | 79 |
| | 0.8H 层 | 31.7 | 71 | 15.5 | 66 | 36.7 | 72 | 22.0 | 75 |
| | 底层 | 28.0 | 62 | 14.1 | 60 | 33.3 | 63 | 19.0 | 76 |
| | 垂线平均 | 20.0 | 66 | 7.5 | 51 | 28.0 | 96 | 15.2 | 86 |
| SWL3 | 表层 | 25.6 | 275 | 11.9 | 266 | 29.5 | 115 | 13.2 | 137 |
| | 0.2H 层 | 26.6 | 281 | 14.7 | 312 | 44.0 | 98 | 18.6 | 97 |
| | 0.4H 层 | 33.7 | 67 | 16.5 | 41 | 48.5 | 85 | 24.3 | 76 |
| | 0.6H 层 | 44.6 | 68 | 19.7 | 56 | 50.1 | 69 | 31.3 | 70 |
| | 0.8H 层 | 43.3 | 60 | 20.2 | 53 | 59.2 | 90 | 31.3 | 67 |
| | 底层 | 32.2 | 58 | 13.8 | 48 | 57.8 | 91 | 22.6 | 66 |
| 垂线平均 | 31.0 | 62 | 13.6 | 36 | 38.9 | 87 | 22.5 | 76 | |
| SWL4 | 0.2H 层 | 16.3 | 269 | 9.6 | 237 | 16.2 | 236 | 10.9 | 174 |
| | 0.6H 层 | 16.8 | 269 | 7.9 | 210 | 20.9 | 74 | 9.4 | 151 |
| | 0.8H 层 | 11.1 | 245 | 6.9 | 265 | 14.0 | 204 | 7.4 | 179 |
| | 垂线平均 | 12.7 | 267 | 7.1 | 231 | 12.7 | 105 | 8.4 | 166 |
| SWL5 | 表层 | 20.6 | 337 | 15.4 | 318 | 25.3 | 4 | 15.8 | 357 |
| | 0.2H 层 | 25.7 | 4 | 17.1 | 322 | 33.3 | 37 | 18.8 | 4 |
| | 0.4H 层 | 29.4 | 12 | 15.5 | 333 | 37.7 | 35 | 19.7 | 14 |
| | 0.6H 层 | 31.9 | 18 | 13.8 | 349 | 38.7 | 34 | 17.9 | 17 |
| | 0.8H 层 | 31.8 | 25 | 14.8 | 1 | 38.7 | 33 | 17.3 | 21 |
| | 底层 | 28.9 | 32 | 15.1 | 15 | 39.6 | 35 | 17.8 | 19 |
| 垂线平均 | 27.1 | 16 | 14.2 | 337 | 34.9 | 34 | 17.5 | 13 | |
| SWL6 | 表层 | 20.3 | 292 | 12.5 | 253 | 26.8 | 103 | 15.4 | 148 |
| | 0.2H 层 | 14.4 | 284 | 9.2 | 244 | 29.2 | 104 | 18.0 | 129 |
| | 0.4H 层 | 15.4 | 254 | 9.1 | 232 | 31.7 | 94 | 17.6 | 104 |
| | 0.6H 层 | 18.5 | 130 | 11.5 | 109 | 30.2 | 103 | 17.1 | 94 |
| | 0.8H 层 | 29.8 | 68 | 15.9 | 78 | 39.7 | 59 | 21.9 | 87 |
| | 底层 | 30.1 | 68 | 20.5 | 64 | 32.8 | 66 | 23.6 | 83 |
| | 垂线平均 | 15.4 | 76 | 6.0 | 91 | 30.2 | 99 | 17.1 | 101 |
| SWL7 | 0.2H 层 | 23.0 | 299 | 15.5 | 310 | 18.5 | 53 | 10.3 | 13 |
| | 0.8H 层 | 24.9 | 300 | 17.3 | 312 | 17.1 | 304 | 11.1 | 1 |
| | 垂线平均 | 23.9 | 300 | 16.3 | 311 | 16.5 | 56 | 10.6 | 6 |

5.5.4.2 2025 年 6 月~7 月夏季

从海流的运动状态来看，观测期内各站点海流表现出了背景流和潮汐共同作用的特征。从各站海流过程矢量图可以看出，各观测站各层潮流方向主要受局地的背景流（海湾内的环流系统）和潮汐的影响；在垂向结构上看，流速整体分布均匀，各层次的流速差异不大。

观测期间最大涨潮流速为 57.4cm/s（方向为 49°），出现在 SWL6 站表层；最大落潮流速为 84.9cm/s（方向为 96°），出现在 SWL6 站 0.2H 层；最大涨潮平均流速为 39.9cm/s（方向为 79°），出现在 SWL6 站表层；最大落潮平均流速为 64.3cm/s（方

向为 78°)，出现在 SWL6 站表层。从垂向结构上看，各站点流速整体自表层向底层递减，垂向分布均匀，剪切强度较弱，表明水体受潮汐主导下垂向混合充分。在水平分布上，受海湾地形和区域背景环流系统的共同作用，潮流主轴呈现一定偏折特征：湾外 SWL3 和 SWL6 站点潮流主轴方向较为一致，整体沿东西方向延展，而 SWL5 站则出现潮流向北上弯曲的现象，表明潮流沿地形通道进入湾内后，流向随地形引导逐渐变化。进一步来看，潮流自 SWL5 站进入海湾后，呈现由湾口向湾顶推进的过程，在湾顶区域分流后再分别向 SWL4 和 SWL1 方向南下流出，构成一个受地形强约束的局部回转式潮流结构。由此可见，该海区海水流动主要受控于湾口潮汐输入与海湾复杂地形的共同影响，海流路径受限明显，具有典型的地形调控潮流格局特征。

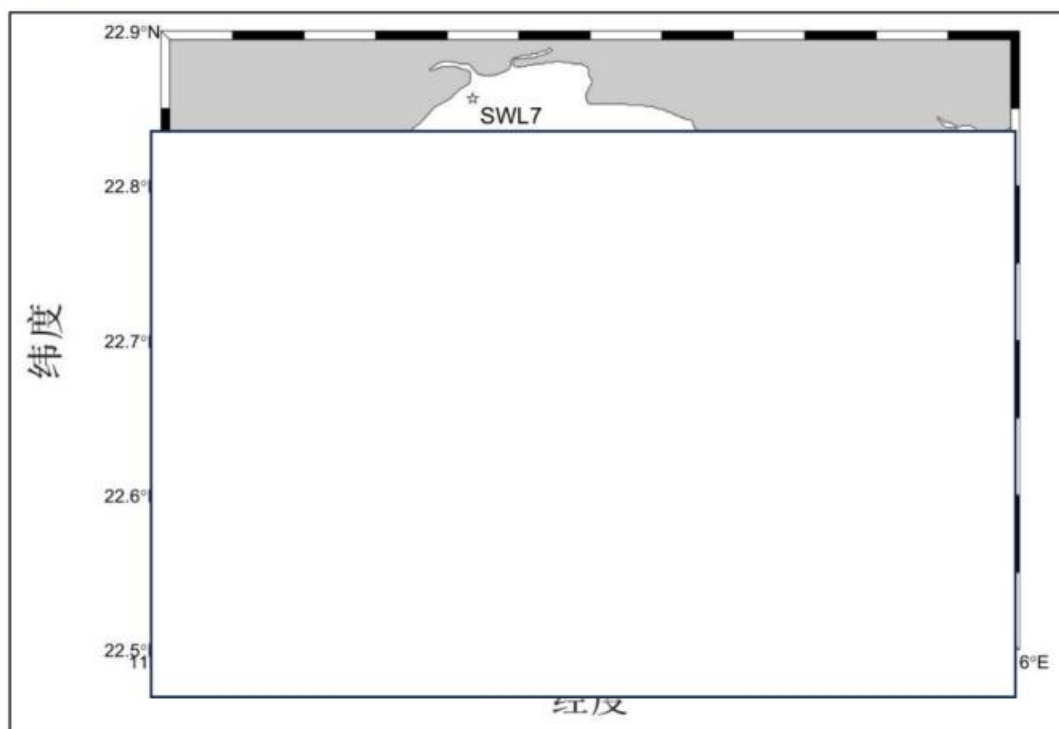


图 5.5.4-7 夏季表层海流平面分布矢量图



图 5.5.4-8 夏季 0.2H 层海流平面分布矢量图

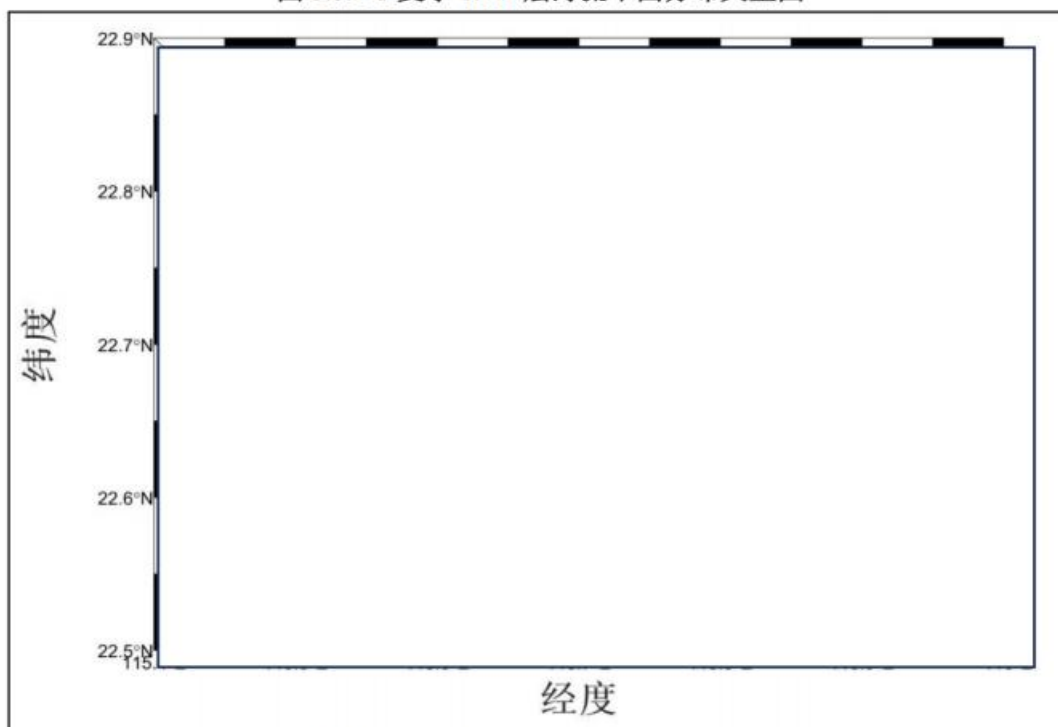


图 5.5.4-9 夏季 0.4H 层海流平面分布矢量图



图 5.5.4-10 夏季 0.6H 层海流平面分布矢量图

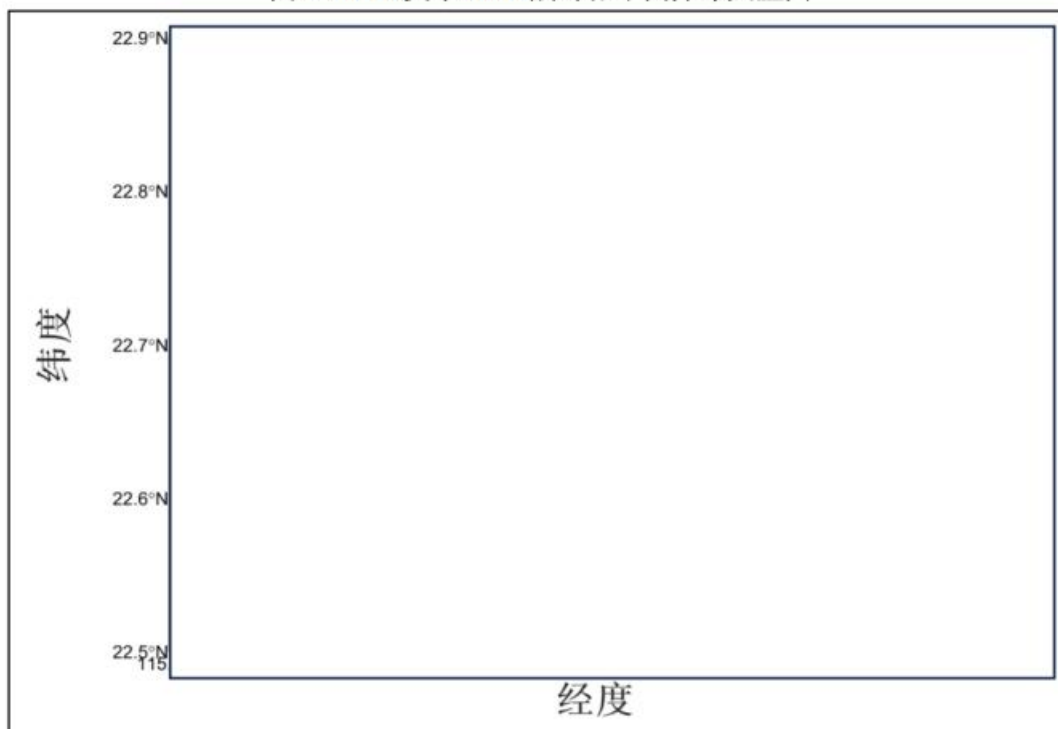


图 5.5.4-11 夏季 0.8H 层海流平面分布矢量图

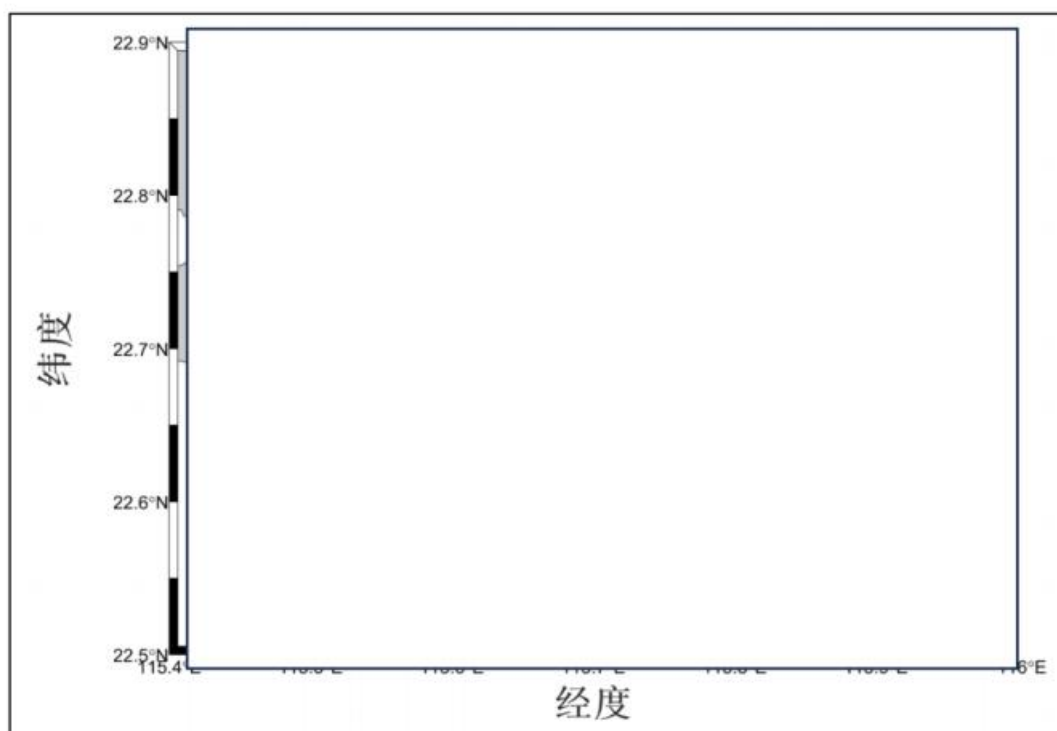


图 5.5.4-12 夏季底层海流平面分布矢量图

表 5.5.4-2 夏季大潮期涨、落潮流对比统计表

| 站位 | 层次 | 流速 (cm/s)、流向 (°) | | | | | | | |
|------|-------|------------------|------------|------------|------|------------|------------|------------|------|
| | | 涨潮最大 流速 | 对应时刻 流向 | 涨潮平均 流速 | 平均流向 | 落潮最大 流速 | 对应时刻 流向 | 落潮平均 流速 | 平均流向 |
| SWL1 | 0.2H层 | 19.7 | 307 | 11.0 | 254 | 28.6 | 146 | 14.9 | 165 |
| | 0.6H层 | 21.1 | 325 | 9.3 | 281 | 29.4 | 141 | 14.4 | 166 |
| | 0.8H层 | 19.4 | 288 | 10.5 | 304 | 29.7 | 135 | 16.2 | 164 |
| | 垂线平均 | 19.6 | 324 | 9.2 | 280 | 28.3 | 148 | 14.1 | 165 |
| SWL2 | 表层 | 38.0 | 62 | 17.8 | 28 | 47.7 | 88 | 28.6 | 86 |
| | 0.2H层 | 24.8 | 339 | 14.5 | 325 | 36.8 | 115 | 24.5 | 128 |
| | 0.4H层 | 20.0 | 292 | 10.8 | 289 | 39.5 | 135 | 22.8 | 131 |
| | 0.6H层 | 22.5 | 304 | 8.5 | 268 | 28.7 | 139 | 15.4 | 123 |
| | 0.8H层 | 22.7 | 293 | 9.1 | 309 | 29.2 | 100 | 13.7 | 97 |
| | 底层 | 20.1 | 295 | 8.0 | 340 | 26.2 | 139 | 11.7 | 105 |
| | 垂线平均 | 20.8 | 314 | 8.2 | 324 | 30.6 | 115 | 17.1 | 114 |
| SWL3 | 表层 | 51.7 | 67 | 20.7 | 54 | 83.0 | 86 | 52.0 | 93 |
| | 0.2H层 | 24.5 | 17 | 14.5 | 36 | 82.9 | 85 | 34.4 | 75 |
| | 0.4H层 | 26.8 | 74 | 14.3 | 87 | 46.7 | 65 | 23.2 | 75 |
| | 0.6H层 | 19.7 | 69 | 10.6 | 70 | 47.6 | 78 | 25.2 | 76 |
| | 0.8H层 | 21.2 | 65 | 11.4 | 11 | 45.8 | 79 | 24.0 | 79 |
| | 底层 | 21.1 | 66 | 13.4 | 18 | 48.6 | 73 | 24.3 | 69 |
| | 垂线平均 | 21.1 | 72 | 10.7 | 50 | 53.4 | 78 | 27.5 | 79 |
| SWL4 | 0.2H层 | 16.0 | 279 | 8.8 | 251 | 18.3 | 231 | 10.9 | 168 |
| | 0.6H层 | 21.3 | 259 | 14.3 | 261 | 29.2 | 143 | 13.4 | 119 |
| | 0.8H层 | 21.2 | 315 | 11.8 | 291 | 17.1 | 132 | 9.6 | 144 |
| | 垂线平均 | 17.0 | 288 | 10.0 | 268 | 18.2 | 119 | 8.3 | 134 |
| SWL5 | 表层 | 43.9 | 210 | 19.6 | 187 | 62.6 | 44 | 33.4 | 51 |
| | 0.2H层 | 30.4 | 202 | 11.4 | 212 | 48.2 | 46 | 21.5 | 53 |
| | 0.4H层 | 15.9 | 233 | 6.8 | 328 | 34.4 | 50 | 21.1 | 43 |

| 站位 | 层次 | 流速 (cm/s)、流向 (°) | | | | | | | |
|------|-------|------------------|--------|--------|------|--------|--------|--------|------|
| | | 涨潮最大流速 | 对应时刻流向 | 涨潮平均流速 | 平均流向 | 落潮最大流速 | 对应时刻流向 | 落潮平均流速 | 平均流向 |
| | 0.6H层 | 23.8 | 24 | 10.5 | 27 | 32.2 | 48 | 20.4 | 40 |
| | 0.8H层 | 17.9 | 301 | 10.7 | 339 | 29.1 | 24 | 20.6 | 27 |
| | 底层 | 24.2 | 170 | 10.1 | 336 | 33.2 | 49 | 19.0 | 23 |
| | 垂线平均 | 20.5 | 207 | 8.1 | 257 | 31.0 | 51 | 20.6 | 40 |
| SWL6 | 表层 | 57.4 | 49 | 39.9 | 79 | 83.5 | 93 | 64.3 | 78 |
| | 0.2H层 | 46.7 | 87 | 29.6 | 70 | 84.9 | 96 | 58.4 | 91 |
| | 0.4H层 | 36.6 | 100 | 15.7 | 83 | 50.5 | 102 | 29.3 | 93 |
| | 0.6H层 | 18.7 | 100 | 9.5 | 51 | 35.8 | 98 | 23.7 | 97 |
| | 0.8H层 | 16.1 | 92 | 8.9 | 40 | 36.7 | 87 | 23.2 | 98 |
| | 底层 | 25.7 | 106 | 10.7 | 32 | 36.0 | 92 | 22.4 | 83 |
| | 垂线平均 | 26.4 | 88 | 14.0 | 71 | 50.3 | 93 | 33.8 | 90 |
| SWL7 | 0.2H层 | 25.8 | 72 | 10.5 | 32 | 58.3 | 107 | 24.8 | 107 |
| | 0.8H层 | 18.2 | 55 | 9.1 | 15 | 48.9 | 104 | 16.9 | 90 |
| | 垂线平均 | 21.8 | 65 | 8.9 | 24 | 53.5 | 106 | 20.2 | 100 |

5.5.5 潮流

5.5.5.1 2024年8月

1、潮流性质

潮流性质的划分采用潮流性质系数 $F = (W_{O_1} + W_{K_1}) / W_{M_2}$ 作为判别标准:

$F \leq 0.5$ 正规半日潮流

$0.5 < F \leq 2.0$ 不正规半日潮流

$2.0 < F \leq 4.0$ 不正规全日潮流

$4.0 < F$ 正规全日潮流

其中 W_{O_1} 为主要太阴日分潮流 O_1 的最大流速, W_{K_1} 为主要太阴太阳合成日分潮流 K_1 的最大流速, W_{M_2} 为主要太阴半日分潮流 M_2 的最大流速。

根据潮流调和分析结果, 各观测点各层次主要表现出正规全日潮流特征。由此可见, 调查海区潮流类型主要表现为正规全日潮流。

表 5.5.5-1 冬季潮流性质系数表

| 站位 | 层位 | 特征值 F | 潮型 |
|------|-------|-------|---------|
| SWL1 | 0.2H层 | 3.36 | 不正规全日潮流 |
| | 0.6H层 | 8.04 | 正规全日潮流 |
| | 0.8H层 | 9.85 | 正规全日潮流 |
| SWL2 | 表层 | 6.61 | 正规全日潮流 |
| | 0.2H层 | 5.55 | 正规全日潮流 |

| 站位 | 层位 | 特征值 F | 潮型 |
|------|--------|-------|---------|
| | 0.4H 层 | 4.65 | 正规全日潮流 |
| | 0.6H 层 | 4.19 | 正规全日潮流 |
| | 0.8H 层 | 1.89 | 不正规半日潮流 |
| | 底层 | 0.85 | 不正规半日潮流 |
| SWL3 | 表层 | 6.69 | 正规全日潮流 |
| | 0.2H 层 | 5.25 | 正规全日潮流 |
| | 0.4H 层 | 5.47 | 正规全日潮流 |
| | 0.6H 层 | 3.79 | 不正规全日潮流 |
| | 0.8H 层 | 1.60 | 不正规半日潮流 |
| | 底层 | 1.04 | 不正规半日潮流 |
| SWL4 | 0.2H 层 | 13.56 | 正规全日潮流 |
| | 0.6H 层 | 9.80 | 正规全日潮流 |
| | 0.8H 层 | 5.61 | 正规全日潮流 |
| SWL5 | 表层 | 6.21 | 正规全日潮流 |
| | 0.2H 层 | 5.24 | 正规全日潮流 |
| | 0.4H 层 | 4.79 | 正规全日潮流 |
| | 0.6H 层 | 5.14 | 正规全日潮流 |
| | 0.8H 层 | 4.42 | 正规全日潮流 |
| | 底层 | 4.74 | 正规全日潮流 |
| SWL6 | 表层 | 7.81 | 正规全日潮流 |
| | 0.2H 层 | 6.22 | 正规全日潮流 |
| | 0.4H 层 | 4.49 | 正规全日潮流 |
| | 0.6H 层 | 2.38 | 不正规全日潮流 |
| | 0.8H 层 | 1.43 | 不正规半日潮流 |
| | 底层 | 1.68 | 不正规半日潮流 |
| SWL7 | 0.2H 层 | 11.11 | 正规全日潮流 |
| | 0.8H 层 | 13.82 | 正规全日潮流 |

(2) 夏季

根据潮流调和分析结果，各观测点各层次主要表现出正规全日潮流特征。由此可见，调查海区潮流类型主要表现为不正规全日潮流。

表 5.5.5-2 夏季潮流性质系数表

| 站位 | 层位 | 特征值 F | 潮型 |
|------|--------|-------|---------|
| SWL1 | 0.2H 层 | 3.59 | 不正规全日潮流 |
| | 0.6H 层 | 1.61 | 不正规半日潮流 |
| | 0.8H 层 | 3.88 | 不正规全日潮流 |
| SWL2 | 表层 | 4.29 | 正规全日潮流 |
| | 0.2H 层 | 3.49 | 不正规全日潮流 |
| | 0.4H 层 | 3.65 | 不正规全日潮流 |
| | 0.6H 层 | 2.90 | 不正规全日潮流 |
| | 0.8H 层 | 3.78 | 不正规全日潮流 |
| | 底层 | 3.76 | 不正规全日潮流 |
| SWL3 | 表层 | 3.56 | 不正规全日潮流 |
| | 0.2H 层 | 4.27 | 正规全日潮流 |
| | 0.4H 层 | 3.71 | 不正规全日潮流 |
| | 0.6H 层 | 3.52 | 不正规全日潮流 |
| | 0.8H 层 | 5.33 | 正规全日潮流 |
| | 底层 | 3.79 | 不正规全日潮流 |

| 站位 | 层位 | 特征值 F | 潮型 |
|------|--------|-------|---------|
| SWL4 | 0.2H 层 | 3.81 | 不正规全日潮流 |
| | 0.6H 层 | 3.42 | 不正规全日潮流 |
| | 0.8H 层 | 3.48 | 不正规全日潮流 |
| SWL5 | 表层 | 2.93 | 不正规全日潮流 |
| | 0.2H 层 | 3.56 | 不正规全日潮流 |
| | 0.4H 层 | 3.70 | 不正规全日潮流 |
| | 0.6H 层 | 2.63 | 不正规全日潮流 |
| | 0.8H 层 | 3.92 | 不正规全日潮流 |
| | 底层 | 3.68 | 不正规全日潮流 |
| SWL6 | 表层 | 2.79 | 不正规全日潮流 |
| | 0.2H 层 | 3.71 | 不正规全日潮流 |
| | 0.4H 层 | 3.61 | 不正规全日潮流 |
| | 0.6H 层 | 3.76 | 不正规全日潮流 |
| | 0.8H 层 | 3.74 | 不正规全日潮流 |
| | 底层 | 3.85 | 不正规全日潮流 |
| SWL7 | 0.2H 层 | 4.39 | 正规全日潮流 |
| | 0.8H 层 | 3.34 | 不正规全日潮流 |

5.5.5.2 潮流的运动形式及潮流椭圆要素

(1) 冬季

本次观测所有站位各层次潮流中，其中 K_1 分潮和 O_1 分潮占优， M_2 分潮和 S_2 分潮次之；绝大部分的椭圆旋转率 k 绝对值小于 0.5，主要表现为往复流的特征。最大 K_1 分潮流出现在 SWL3 站底层，流速为 70.5cm/s。

(2) 夏季

本次观测所有站位各层次潮流中，其中 K_1 分潮和 O_1 分潮占优， M_2 分潮和 S_2 分潮次之；绝大部分的椭圆旋转率 k 绝对值小于 0.5，主要表现为往复流的特征。最大 K_1 分潮流出现在 SWL5 站 0.2H 层，流速为 63.4cm/s。

5.5.5.3 理论最大可能潮流和水质点可能最大运移距离

(1) 冬季

根据《港口与航道水文规范》(JTS 145-2015) 规定，可利用分潮流椭圆要素计算全潮观测期间各站层的潮流可能最大流速。

潮流和风海流为主的近岸海区，海流可能最大流速可取潮流可能最大流速与风海流可能最大流速的矢量和。潮流的可能最大流速可按下列规定计算。

①对规则半日潮流海区可按下式计算：

$$\vec{V}_{\max} = 1.295\vec{W}_{M_2} + 1.245\vec{W}_{S_2} + \vec{W}_{K_1} + \vec{W}_{O_1} + \vec{W}_{M_4} + \vec{W}_{MS_4} \quad (1)$$

②对规则全日潮流海区可按下式计算

$$\vec{V}_{\max} = \vec{W}_{M_2} + \vec{W}_{S_2} + 1.600\vec{W}_{K_1} + 1.450\vec{W}_{O_1} \quad (2)$$

式中 \vec{V}_{max} ——潮流的可能最大流速（流速：cm/s，流向：°）

\vec{W}_{M_2} ——主太阴半日分潮流的椭圆长半轴矢量（流速：cm/s，流向：°）

\vec{W}_{S_2} ——主太阳半日分潮流的椭圆长半轴矢量（流速：cm/s，流向：°）

\vec{W}_{K_1} ——太阴太阳赤纬日分潮流的椭圆长半轴矢量（流速：cm/s，流向：°）

\vec{W}_{O_1} ——主太阴日分潮流的椭圆长半轴矢量（流速：cm/s，流向：°）

\vec{W}_{M_4} ——太阴四分之一日分潮流的椭圆长半轴矢量（流速：cm/s，流向：°）

\vec{W}_{MS_1} ——太阴—太阳四分之一日分潮流的椭圆长半轴矢量（流速：cm/s，流向：°）

③对于不规则半日潮流海区和不规则全日潮流海区，采用式（1）和式（2）中的较大值。

潮流水质点的可能最大运移距离可按下述方法计算：

①规则半日潮流海区按下式计算：

$$\vec{L}_{max} = 184.3\vec{W}_{M_2} + 171.2\vec{W}_{S_2} + 274.3\vec{W}_{K_1} + 295.9\vec{W}_{O_1} + 71.2\vec{W}_{M_4} + 69.9\vec{W}_{MS_1} \quad (3)$$

②规则全日潮流海区按下式计算：

$$\vec{L}_{max} = 142.3\vec{W}_{M_2} + 137.5\vec{W}_{S_2} + 438.9\vec{W}_{K_1} + 429.1\vec{W}_{O_1} \quad (4)$$

式中 \vec{L}_{max} ——潮流水质点的可能最大运移距离（距离：m，方向：°）

\vec{W}_{M_2} ——主太阴半日分潮流的椭圆长半轴矢量（流速：cm/s，流向：°）

\vec{W}_{S_2} ——主太阳半日分潮流的椭圆长半轴矢量（流速：cm/s，流向：°）

\vec{W}_{K_1} ——太阴太阳赤纬日分潮流的椭圆长半轴矢量（流速：cm/s，流向：°）

\vec{W}_{O_1} ——主太阴日分潮流的椭圆长半轴矢量（流速：cm/s，流向：°）

\vec{W}_{M_4} ——太阴四分之一日分潮流的椭圆长半轴矢量（流速：cm/s，流向：°）

\vec{W}_{MS_1} ——太阴—太阳四分之一日分潮流的椭圆长半轴矢量（流速：cm/s，流向：°）

③对于不规则半日潮流海区和不规则全日潮流海区，采用（式3）和（式4）中的较大值。

根据各站层的潮流性质，按式（1）至式（4）及相关规定，计算了各层潮流可能最大流速及水质点可能最大运移距离，计算结果列入表 5.5.5-3 中，由表 5.5.5-3 可见，项目海域潮流可能最大流速为 54.8cm/s（方向为 337°），出现在 SWL3 站底层，各站层可能最大流速介于 6.2cm/s-54.8cm/s 之间，各站潮流的可能最大流速方向以西北及东北为主；水质点可能最大运移距离为 13128.39m，出现在 SWL3 站底层，各站层水质点可能最大运移距离介于 381.04m~13128.39m 之间。

表 5.5.5-3 冬季各站层潮流可能最大流速

| 站位 | 测层 | 可能最大流速 | | 可能最大运移距离 | |
|------|--------|-----------|--------|----------|--------|
| | | 流速 (cm/s) | 方向 (度) | 距离 (m) | 方向 (度) |
| SWL1 | 0.2H 层 | 18.8 | 329 | 4342.06 | 149 |
| | 0.6H 层 | 19.8 | 324 | 4462.30 | 143 |
| | 0.8H 层 | 6.2 | 50 | 1371.07 | 48 |
| SWL2 | 表层 | 40.7 | 67 | 9725.89 | 68 |
| | 0.2H 层 | 13.4 | 317 | 3297.42 | 135 |
| | 0.4H 层 | 15.7 | 324 | 3616.38 | 142 |
| | 0.6H 层 | 8.5 | 31 | 2108.90 | 27 |
| | 0.8H 层 | 9.2 | 67 | 2311.03 | 63 |
| | 底层 | 22.3 | 49 | 5076.63 | 52 |
| SWL3 | 表层 | 27.8 | 78 | 6794.32 | 78 |
| | 0.2H 层 | 14.8 | 334 | 3544.67 | 156 |
| | 0.4H 层 | 7.9 | 8 | 381.04 | 156 |
| | 0.6H 层 | 28.6 | 320 | 6805.83 | 140 |
| | 0.8H 层 | 54.0 | 320 | 12860.33 | 139 |
| | 底层 | 54.8 | 337 | 13128.39 | 157 |
| SWL4 | 0.2H 层 | 17.6 | 338 | 3922.67 | 158 |
| | 0.6H 层 | 28.0 | 292 | 6680.49 | 113 |
| | 0.8H 层 | 28.6 | 84 | 6700.04 | 84 |
| SWL5 | 表层 | 36.2 | 288 | 8869.51 | 107 |
| | 0.2H 层 | 31.0 | 56 | 7512.76 | 55 |
| | 0.4H 层 | 15.7 | 309 | 3917.53 | 127 |
| | 0.6H 层 | 10.3 | 70 | 2529.68 | 72 |
| | 0.8H 层 | 21.1 | 64 | 5175.65 | 64 |
| | 底层 | 31.5 | 357 | 7572.21 | 176 |
| SWL6 | 表层 | 29.4 | 36 | 6749.47 | 37 |
| | 0.2H 层 | 12.5 | 71 | 2870.73 | 78 |
| | 0.4H 层 | 7.6 | 355 | 1356.56 | 17 |
| | 0.6H 层 | 20.1 | 330 | 4753.86 | 150 |
| | 0.8H 层 | 23.4 | 46 | 5558.09 | 49 |
| | 底层 | 18.9 | 316 | 4934.50 | 138 |
| SWL7 | 0.2H 层 | 22.9 | 353 | 5327.55 | 173 |
| | 0.8H 层 | 21.5 | 281 | 5216.88 | 104 |

(2) 夏季

根据各站层的潮流性质，按式（1）至式（4）及相关规定，计算了各层潮流可能最大流速及水质点可能最大运移距离，计算结果列入表 5.5.5-6 中，由表 5.5.5-6 可

见，项目海域潮流可能最大流速为 57.1cm/s（方向为 336°），出现在 SWL3 站 0.2H 层，各站层可能最大流速介于 3.4cm/s-54.0cm/s 之间，各站潮流的可能最大流速方向以西北为主；水质点可能最大运移距离为 18169.78m，出现在 SWL3 站 0.2H 层，各站层水质点可能最大运移距离介于 968.82m~18169.78m 之间。

表 5.5.5-4 夏季各站层潮流可能最大流速

| 站位 | 测层 | 可能最大流速 | | 可能最大运移距离 | |
|------|--------|-----------|--------|----------|--------|
| | | 流速 (cm/s) | 方向 (度) | 距离 (m) | 方向 (度) |
| SWL1 | 0.2H 层 | 22.7 | 24 | 7134.57 | 24 |
| | 0.6H 层 | 3.4 | 323 | 968.82 | 146 |
| | 0.8H 层 | 11.1 | 6 | 3685.02 | 6 |
| SWL2 | 表层 | 22.3 | 28 | 7243.37 | 28 |
| | 0.2H 层 | 17.8 | 336 | 5688.72 | 157 |
| | 0.4H 层 | 30.9 | 68 | 9916.17 | 68 |
| | 0.6H 层 | 10.5 | 276 | 3297.41 | 96 |
| | 0.8H 层 | 32.5 | 12 | 10412.03 | 12 |
| | 底层 | 30.2 | 82 | 9682.75 | 82 |
| SWL3 | 表层 | 29.9 | 314 | 9353.31 | 134 |
| | 0.2H 层 | 57.1 | 336 | 18169.78 | 156 |
| | 0.4H 层 | 25.5 | 277 | 8003.28 | 99 |
| | 0.6H 层 | 24.3 | 293 | 7781.60 | 113 |
| | 0.8H 层 | 6.3 | 35 | 2122.45 | 36 |
| | 底层 | 28.4 | 284 | 9058.23 | 103 |
| SWL4 | 0.2H 层 | 23.5 | 17 | 7477.94 | 17 |
| | 0.6H 层 | 23.8 | 292 | 7551.99 | 112 |
| | 0.8H 层 | 22.2 | 297 | 7016.66 | 117 |
| SWL5 | 表层 | 46.2 | 71 | 13776.04 | 71 |
| | 0.2H 层 | 54.0 | 45 | 16743.05 | 45 |
| | 0.4H 层 | 30.6 | 21 | 9659.12 | 21 |
| | 0.6H 层 | 7.4 | 21 | 2319.66 | 19 |
| | 0.8H 层 | 7.4 | 14 | 2247.28 | 14 |
| | 底层 | 13.6 | 341 | 4455.80 | 161 |
| SWL6 | 表层 | 32.8 | 86 | 9723.77 | 86 |
| | 0.2H 层 | 34.3 | 345 | 11013.35 | 169 |
| | 0.4H 层 | 20.1 | 307 | 6501.32 | 128 |
| | 0.6H 层 | 17.2 | 296 | 5412.97 | 114 |
| | 0.8H 层 | 24.9 | 89 | 7997.19 | 89 |
| | 底层 | 29.7 | 303 | 9504.59 | 122 |
| SWL7 | 0.2H 层 | 11.8 | 52 | 3783.88 | 54 |
| | 0.8H 层 | 26.2 | 33 | 8369.81 | 34 |

5.5.6 余流

5.5.6.1 2025 年 2 月冬季

调查海区观测期间余流流速主要介于 3.1cm/s~23.5cm/s。最大余流为潮流 SWL3 站（0.6H 层，23.5cm/s，65°；0.8H 层，23.5cm/s，63°），最小余流为潮流 SWL2 站（表层，3.1cm/s，194°）。SWL5 和 SWL7 站的表层的余流方向主要为北方

向，SWL4 站的表层的余流方向主要为南方向，其余站位各层的余流方向主要为东方向。这是由于海湾地形以及外海的特性有关，海湾外属于南海北部环流的控制区，其冬季就是由东向西运动（冬季南海北部受冬季风控制，粤东沿岸向东流）。而湾内受地形影响，海流从 SWL5 北上，受风车岛地形的阻碍，北上的海流从海湾中部北上，遇到湾顶后往两边南下。

表 5.5.6-1 冬季观测期各站各层余流对比表

| 站位及层次 | 观测期间余流 | |
|-----------|-----------|--------|
| | 流速 (cm/s) | 流向 (°) |
| SWL1-0.2H | 3.5 | 172 |
| SWL1-0.6H | 6.4 | 115 |
| SWL1-0.8H | 5.3 | 92 |
| SWL2-表 | 3.1 | 194 |
| SWL2-0.2H | 5.5 | 117 |
| SWL2-0.4H | 9.5 | 76 |
| SWL2-0.6H | 12.8 | 76 |
| SWL2-0.8H | 18.0 | 72 |
| SWL2-底 | 15.0 | 68 |
| SWL3-表 | 3.7 | 200 |
| SWL3-0.2H | 5.7 | 72 |
| SWL3-0.4H | 16.5 | 68 |
| SWL3-0.6H | 23.5 | 65 |
| SWL3-0.8H | 23.5 | 63 |
| SWL3-底 | 15.5 | 61 |
| SWL4-0.2H | 4.6 | 211 |
| SWL4-0.6H | 4.5 | 178 |
| SWL4-0.8H | 3.3 | 208 |
| SWL5-表 | 12.7 | 341 |
| SWL5-0.2H | 14.3 | 348 |
| SWL5-0.4H | 14.0 | 0 |
| SWL5-0.6H | 12.6 | 9 |
| SWL5-0.8H | 12.1 | 13 |
| SWL5-底 | 10.5 | 17 |
| SWL6-表 | 5.3 | 187 |
| SWL6-0.2H | 6.6 | 141 |
| SWL6-0.4H | 5.9 | 109 |
| SWL6-0.6H | 10.2 | 96 |
| SWL6-0.8H | 18.8 | 83 |
| SWL6-底 | 20.5 | 72 |
| SWL7-0.2H | 7.2 | 329 |
| SWL7-0.8H | 9.0 | 327 |

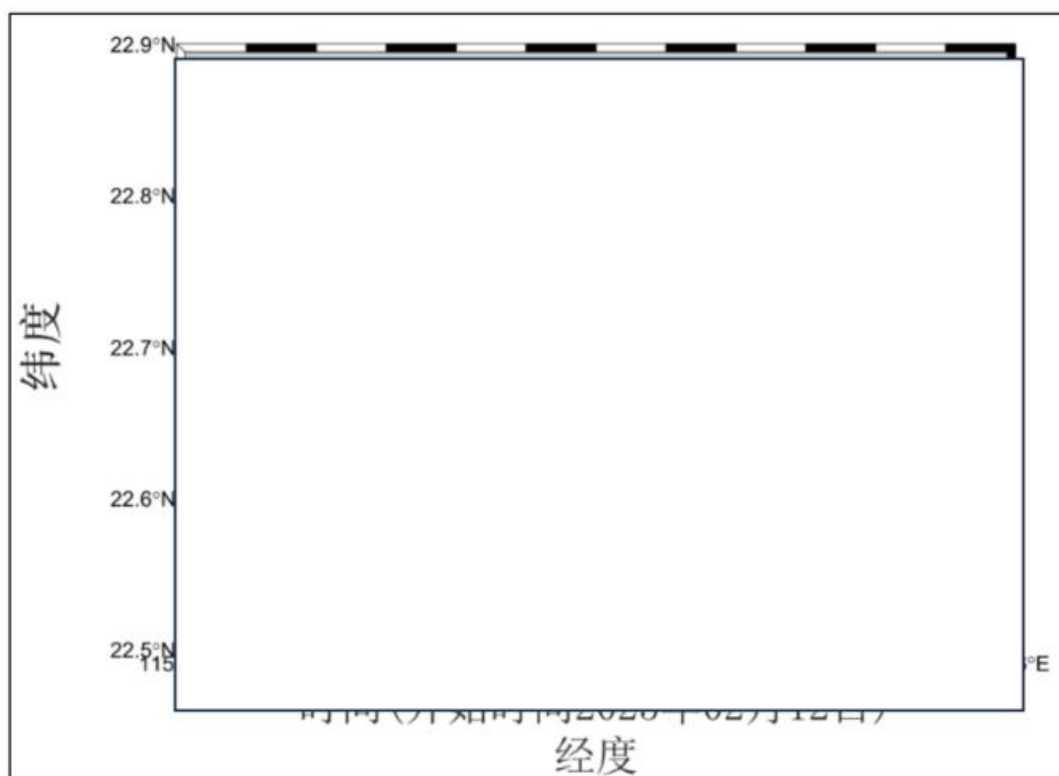


图 5.5.6-1 冬季观测期各站余流图

5.5.6.2 2025 年 6 月~7 月夏季

调查海区观测期间余流流速主要介于 1.9cm/s~47.4cm/s。最大余流为潮流 SWL6 站（表层，47.4cm/s，79°），最小余流为潮流 SWL2 站（0.2H 层，1.9cm/s，73°）。从余流方向来看，大多数站点（如 SWL2、SWL3、SWL6 等）各层余流普遍朝东至东北方向流动，与南海北部外海区域受冬季风影响下的季节性东向环流结构一致，表明湾外海区主要处于大尺度背景环流的控制之下。而 SWL5 站点表层余流则以北向为主，显示出湾内水体存在由湾口向湾顶的输运趋势；与之相反，SWL4 站表层余流主要为南向，表明湾顶水体在流至最北端后发生分流并从湾内两侧向南回流。从整体流动路径上分析，湾外潮流主轴稳定，海水自 SWL6 与 SWL3 区域向西推进，流入海湾中部；湾内水体经 SWL5 站北上，在风车岛及其地形突起的阻碍作用下，海流自中部绕行至湾顶后再沿两侧（如 SWL4、SWL1）向湾口方向回流，形成一个受地形显著约束的环形回转型余流结构。

表 5.5.6-2 夏季观测期各站各层余流对比表

| 站位及层次 | 观测期间余流 | |
|-----------|-----------|--------|
| | 流速 (cm/s) | 流向 (°) |
| SWL1-0.2H | 7.1 | 201 |
| SWL1-0.6H | 4.9 | 214 |
| SWL1-0.8H | 3.2 | 241 |
| SWL2-表 | 17.2 | 60 |
| SWL2-0.2H | 1.9 | 73 |
| SWL2-0.4H | 2.3 | 176 |

| 站位及层次 | 观测期间余流 | |
|-----------|-----------|--------|
| | 流速 (cm/s) | 流向 (°) |
| SWL2-0.6H | 3.5 | 143 |
| SWL2-0.8H | 4.4 | 90 |
| SWL2-底 | 2.8 | 87 |
| SWL3-表 | 26.8 | 83 |
| SWL3-0.2H | 15.1 | 60 |
| SWL3-0.4H | 11.3 | 79 |
| SWL3-0.6H | 11.1 | 74 |
| SWL3-0.8H | 9.2 | 68 |
| SWL3-底 | 8.2 | 59 |
| SWL4-0.2H | 2.2 | 225 |
| SWL4-0.6H | 3.8 | 222 |
| SWL4-0.8H | 2.7 | 267 |
| SWL5-表 | 5.0 | 122 |
| SWL5-0.2H | 1.9 | 114 |
| SWL5-0.4H | 7.1 | 36 |
| SWL5-0.6H | 8.5 | 35 |
| SWL5-0.8H | 9.2 | 13 |
| SWL5-底 | 7.2 | 11 |
| SWL6-表 | 47.4 | 79 |
| SWL6-0.2H | 37.3 | 83 |
| SWL6-0.4H | 17.9 | 89 |
| SWL6-0.6H | 10.8 | 88 |
| SWL6-0.8H | 9.5 | 91 |
| SWL6-底 | 9.6 | 71 |
| SWL7-0.2H | 12.1 | 85 |
| SWL7-0.8H | 8.2 | 64 |

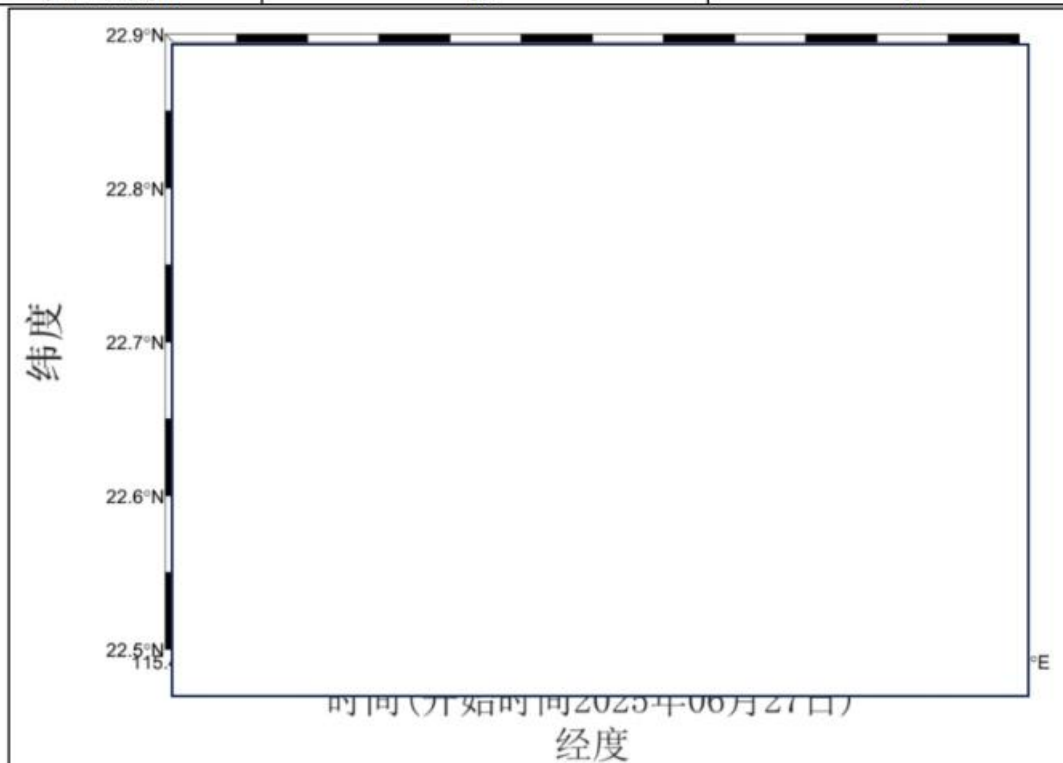


图 5.5.6-2 夏季观测期各站余流图

5.5.7 温度、盐度

5.5.7.1 2025 年 2 月冬季

温度结果：调查期间调查海区测得的水温最大值为 17.76℃，出现在 SWL6 站底层；测得水温的最小值为 15.29℃，出现在 SWL4 站 0.6H 层；观测海区整体较浅，海水整体并无明显的温度分层。这是由于冬季风速较大，在风场的强混合下较浅的海水垂向混合均匀，温度表底差异不大。而 SWL6 站点水深较深，具有明显的冬季海洋的特征，表层海水温度较低，而底层海水温度较高，这是由于表层受强风场的控制，蒸发作用强，温度下降快，因此表现出“逆温层”的结构特点。

盐度结果：调查期间调查海区测得的盐度最大值为 34.36，出现在 SWL6 站底层；测得盐度的最小值为 30.29，出现在 SWL7 站 0.2H 层。统计结果表明，观测海区整体较浅，海水整体并无明显的盐度分层，这是由于强风场的控制下，垂向混合作用增强，海水混合均匀。同时，越靠近外海的站位盐度越大，而靠近近岸的站点波动较大，整体盐度更低。

表 5.5.7-1 冬季各站温度、盐度统计

| 站位 | 层位 | 温度 (°C) | | | 盐度 (PSU) | | |
|------|--------|---------|-------|-------|----------|-------|-------|
| | | 最大 | 最小 | 平均 | 最大 | 最小 | 平均 |
| SWL1 | 0.2H 层 | 15.90 | 15.58 | 15.76 | 31.79 | 31.67 | 31.74 |
| | 0.6H 层 | 15.73 | 15.51 | 15.66 | 31.98 | 31.72 | 31.84 |
| | 0.8H 层 | 15.79 | 15.64 | 15.68 | 32.02 | 31.83 | 31.93 |
| SWL2 | 表层 | 15.86 | 15.56 | 15.70 | 32.39 | 31.93 | 32.21 |
| | 0.2H 层 | 15.77 | 15.57 | 15.68 | 32.39 | 32.05 | 32.25 |
| | 0.4H 层 | 15.76 | 15.57 | 15.65 | 32.39 | 32.21 | 32.29 |
| | 0.6H 层 | 15.67 | 15.46 | 15.61 | 32.39 | 32.23 | 32.32 |
| | 0.8H 层 | 15.68 | 15.46 | 15.60 | 32.43 | 32.28 | 32.34 |
| | 底层 | 15.70 | 15.42 | 15.60 | 32.55 | 32.34 | 32.41 |
| SWL3 | 表层 | 15.99 | 15.46 | 15.60 | 33.10 | 32.23 | 32.84 |
| | 0.2H 层 | 16.06 | 15.44 | 15.61 | 33.12 | 32.45 | 32.89 |
| | 0.4H 层 | 16.13 | 15.64 | 15.75 | 33.14 | 32.75 | 33.05 |
| | 0.6H 层 | 16.81 | 15.69 | 15.96 | 33.62 | 33.06 | 33.20 |
| | 0.8H 层 | 16.87 | 15.78 | 16.09 | 33.87 | 33.13 | 33.34 |
| | 底层 | 16.84 | 15.76 | 16.06 | 33.85 | 32.60 | 33.32 |
| SWL4 | 0.2H 层 | 16.04 | 15.32 | 15.62 | 32.10 | 31.89 | 32.00 |
| | 0.6H 层 | 15.87 | 15.29 | 15.56 | 32.18 | 31.95 | 32.08 |
| | 0.8H 层 | 15.70 | 15.31 | 15.50 | 32.23 | 32.04 | 32.13 |
| SWL5 | 表层 | 16.04 | 15.66 | 15.79 | 32.37 | 32.22 | 32.32 |
| | 0.2H 层 | 15.94 | 15.66 | 15.78 | 32.38 | 32.32 | 32.34 |
| | 0.4H 层 | 15.94 | 15.62 | 15.77 | 32.42 | 32.32 | 32.36 |
| | 0.6H 层 | 15.94 | 15.62 | 15.75 | 32.43 | 32.32 | 32.37 |
| | 0.8H 层 | 15.95 | 15.62 | 15.75 | 32.51 | 32.32 | 32.38 |
| | 底层 | 15.96 | 15.61 | 15.74 | 32.74 | 32.32 | 32.42 |
| SWL6 | 表层 | 16.31 | 15.70 | 15.95 | 33.35 | 32.66 | 33.09 |

| 站位 | 层位 | 温度 (°C) | | | 盐度 (PSU) | | |
|------|--------|---------|-------|-------|----------|-------|-------|
| | | 最大 | 最小 | 平均 | 最大 | 最小 | 平均 |
| | 0.2H 层 | 16.30 | 15.68 | 16.02 | 33.34 | 33.06 | 33.19 |
| | 0.4H 层 | 16.50 | 15.68 | 16.07 | 33.43 | 33.10 | 33.22 |
| | 0.6H 层 | 16.99 | 15.73 | 16.30 | 33.68 | 33.12 | 33.34 |
| | 0.8H 层 | 17.70 | 15.95 | 16.77 | 34.06 | 33.20 | 33.56 |
| | 底层 | 17.76 | 16.50 | 17.31 | 34.36 | 33.42 | 33.92 |
| SWL7 | 0.2H 层 | 16.16 | 15.43 | 15.90 | 33.15 | 30.29 | 31.37 |
| | 0.8H 层 | 16.15 | 15.36 | 15.91 | 33.18 | 30.37 | 31.36 |

5.5.7.2 2025 年 6~7 月夏季

温度结果：调查期间调查海区测得的水温最大值为 32.02℃，出现在 SWL7 站 0.2H 层；测得水温的最小值为 21.04℃，出现在 SWL6 站底层；整体来看，大多数站位在垂向上存在温差，表明夏季受太阳辐射加热作用明显。在水深相对较大的 SWL6 站，垂向温差较明显，表层受太阳直射加热升温显著，而底层保持相对低温，呈现出一定程度的温度层化，反映出夏季季节性温跃层的形成特征。总体上，海区表层温度普遍偏高，空间分布上近岸站点如 SWL1、SWL4、SWL5 和 SWL7 水温相对更高，受到沿岸地形封闭和近岸浅水升温作用的影响。

盐度结果：调查期间调查海区测得的盐度最大值为 34.34，出现在 SWL3 站底层；测得盐度的最小值为 24.76，出现在 SWL7 站 0.2H 层。整体盐度分布受径流、蒸发和潮汐混合等因素共同作用，呈现一定的空间差异性。外海站点如 SWL3、SWL6 盐度普遍较高，说明受海洋咸水入侵影响较强，而近岸站点如 SWL5、SWL7 盐度相对偏低，部分层位盐度波动较大，与陆源淡水输入和降雨等淡化过程有关。垂向上，多数站点盐度差异不大，层化特征不显著，表明海水混合作用较强，但在个别深水站位（如 SWL6）可见底层盐度略高，反映出下层海水相对稳定的高盐背景。

表 5.5.7-2 夏季各站温度、盐度统计

| 站位 | 层位 | 温度 (°C) | | | 盐度 (PSU) | | |
|------|--------|---------|-------|-------|----------|-------|-------|
| | | 最大 | 最小 | 平均 | 最大 | 最小 | 平均 |
| SWL1 | 0.2H 层 | 29.62 | 28.58 | 29.20 | 32.00 | 29.84 | 30.58 |
| | 0.6H 层 | 29.39 | 27.41 | 28.47 | 33.40 | 31.62 | 32.96 |
| | 0.8H 层 | 28.35 | 25.42 | 26.42 | 34.11 | 32.90 | 33.82 |
| SWL2 | 表层 | 30.00 | 27.15 | 28.71 | 32.87 | 28.68 | 30.88 |
| | 0.2H 层 | 28.57 | 24.79 | 27.19 | 33.95 | 30.27 | 33.10 |
| | 0.4H 层 | 28.12 | 23.47 | 24.29 | 34.13 | 33.14 | 34.00 |
| | 0.6H 层 | 23.92 | 23.15 | 23.42 | 34.13 | 34.10 | 34.13 |
| | 0.8H 层 | 23.58 | 23.07 | 23.18 | 34.14 | 34.13 | 34.13 |
| SWL3 | 底层 | 23.28 | 23.07 | 23.15 | 34.16 | 34.13 | 34.14 |
| | 表层 | 29.44 | 25.79 | 28.07 | 33.76 | 27.80 | 31.22 |
| | 0.2H 层 | 28.98 | 23.39 | 24.66 | 34.16 | 31.31 | 33.69 |

| 站位 | 层位 | 温度 (°C) | | | 盐度 (PSU) | | |
|------|--------|---------|-------|-------|----------|-------|-------|
| | | 最大 | 最小 | 平均 | 最大 | 最小 | 平均 |
| | 0.4H 层 | 24.60 | 22.69 | 23.08 | 34.20 | 33.79 | 34.15 |
| | 0.6H 层 | 23.21 | 22.23 | 22.69 | 34.21 | 34.17 | 34.19 |
| | 0.8H 层 | 22.96 | 21.29 | 21.92 | 34.33 | 34.17 | 34.26 |
| | 底层 | 22.86 | 21.21 | 21.43 | 34.34 | 34.17 | 34.31 |
| SWL4 | 0.2H 层 | 31.16 | 29.84 | 30.42 | 32.11 | 30.23 | 30.86 |
| | 0.6H 层 | 30.24 | 28.49 | 29.09 | 33.32 | 32.55 | 33.09 |
| | 0.8H 层 | 28.74 | 27.07 | 28.00 | 34.04 | 33.58 | 33.74 |
| SWL5 | 表层 | 29.30 | 25.94 | 28.48 | 33.34 | 29.43 | 32.05 |
| | 0.2H 层 | 28.00 | 23.74 | 25.42 | 34.04 | 31.99 | 33.53 |
| | 0.4H 层 | 24.47 | 22.82 | 23.47 | 34.11 | 33.84 | 34.03 |
| | 0.6H 层 | 23.60 | 22.71 | 22.96 | 34.12 | 33.97 | 34.09 |
| | 0.8H 层 | 23.16 | 22.64 | 22.74 | 34.12 | 34.01 | 34.11 |
| | 底层 | 22.82 | 22.64 | 22.70 | 34.12 | 34.10 | 34.12 |
| SWL6 | 表层 | 30.11 | 29.49 | 29.76 | 28.22 | 26.70 | 27.26 |
| | 0.2H 层 | 29.78 | 24.51 | 28.12 | 33.84 | 27.30 | 30.98 |
| | 0.4H 层 | 27.03 | 22.63 | 24.26 | 34.12 | 31.93 | 33.75 |
| | 0.6H 层 | 24.11 | 22.44 | 22.72 | 34.13 | 33.75 | 34.09 |
| | 0.8H 层 | 22.85 | 21.72 | 22.25 | 34.21 | 34.08 | 34.15 |
| | 底层 | 22.50 | 21.04 | 21.64 | 34.28 | 34.11 | 34.21 |
| SWL7 | 0.2H 层 | 32.02 | 30.78 | 31.21 | 30.98 | 24.76 | 29.07 |
| | 0.8H 层 | 31.10 | 29.80 | 30.55 | 32.82 | 28.96 | 31.36 |

5.5.8 悬浮泥沙

5.5.8.1 悬沙浓度

(1) 冬季

观测期间调查海区悬沙浓度范围为 $0.001\text{kg/m}^3 \sim 0.042\text{kg/m}^3$ ，SWL5 站中层的悬沙浓度最大 (0.042kg/m^3)，SWL3 站表层、SWL3 站中层、SWL3 站底层和 SWL4 站中层的悬沙浓度最小 (0.001kg/m^3)。在垂向上，各站表层和底层悬沙浓度较为接近。空间上，近岸站点的平均悬沙浓度高于外海站点的平均悬沙浓度。

表 5.5.8-1 冬季各站悬沙浓度情况表

| 项目 | | 悬沙浓度 (kg/m^3) | | | |
|------|----|--------------------------|-------|-------|-------|
| 站位 | 层次 | 最大 | 最小 | 平均 | 全站平均 |
| SWL1 | 表层 | 0.011 | 0.005 | 0.009 | 0.009 |
| | 中层 | 0.014 | 0.005 | 0.009 | |
| | 底层 | 0.013 | 0.004 | 0.009 | |
| SWL2 | 表层 | 0.025 | 0.004 | 0.010 | 0.010 |
| | 中层 | 0.017 | 0.004 | 0.010 | |
| | 底层 | 0.018 | 0.004 | 0.010 | |
| SWL3 | 表层 | 0.011 | 0.001 | 0.004 | 0.004 |
| | 中层 | 0.006 | 0.001 | 0.003 | |
| | 底层 | 0.010 | 0.001 | 0.003 | |
| SWL4 | 表层 | 0.015 | 0.002 | 0.006 | 0.005 |

| 项目 | | 悬沙浓度 (kg/m ³) | | | |
|------|----|---------------------------|-------|-------|-------|
| 站位 | 层次 | 最大 | 最小 | 平均 | 全站平均 |
| | 中层 | 0.012 | 0.001 | 0.005 | |
| | 底层 | 0.012 | 0.002 | 0.005 | |
| SWL5 | 表层 | 0.027 | 0.008 | 0.012 | 0.012 |
| | 中层 | 0.042 | 0.006 | 0.013 | |
| | 底层 | 0.014 | 0.007 | 0.010 | |
| SWL6 | 表层 | 0.026 | 0.006 | 0.012 | 0.012 |
| | 中层 | 0.028 | 0.007 | 0.013 | |
| | 底层 | 0.018 | 0.006 | 0.011 | |
| SWL7 | 表层 | 0.018 | 0.009 | 0.012 | 0.013 |
| | 底层 | 0.021 | 0.009 | 0.013 | |

(2) 夏季

观测期间调查海区悬沙浓度范围为 0.005kg/m³~0.040kg/m³，SWL5 站底层的悬沙浓度最大 (0.040kg/m³)，SWL4 站中层的悬沙浓度最小 (0.005kg/m³)。在垂向上，各站表层和底层悬沙浓度较为接近。空间上，近岸站点的平均悬沙浓度高于外海站点的平均悬沙浓度。

表 5.5.8-2 夏季各站悬沙浓度情况表

| 项目 | | 悬沙浓度 (kg/m ³) | | | |
|------|----|---------------------------|-------|-------|-------|
| 站位 | 层次 | 最大 | 最小 | 平均 | 全站平均 |
| SWL1 | 表层 | 0.037 | 0.012 | 0.024 | 0.022 |
| | 中层 | 0.030 | 0.009 | 0.021 | |
| | 底层 | 0.031 | 0.011 | 0.022 | |
| SWL2 | 表层 | 0.026 | 0.008 | 0.014 | 0.013 |
| | 中层 | 0.023 | 0.008 | 0.013 | |
| | 底层 | 0.023 | 0.008 | 0.013 | |
| SWL3 | 表层 | 0.019 | 0.008 | 0.012 | 0.011 |
| | 中层 | 0.016 | 0.008 | 0.011 | |
| | 底层 | 0.018 | 0.008 | 0.012 | |
| SWL4 | 表层 | 0.028 | 0.010 | 0.017 | 0.016 |
| | 中层 | 0.023 | 0.005 | 0.015 | |
| | 底层 | 0.027 | 0.008 | 0.017 | |
| SWL5 | 表层 | 0.037 | 0.014 | 0.023 | 0.023 |
| | 中层 | 0.035 | 0.013 | 0.022 | |
| | 底层 | 0.040 | 0.013 | 0.023 | |
| SWL6 | 表层 | 0.020 | 0.008 | 0.012 | 0.012 |
| | 中层 | 0.016 | 0.006 | 0.011 | |
| | 底层 | 0.019 | 0.008 | 0.013 | |
| SWL7 | 表层 | 0.036 | 0.019 | 0.026 | 0.027 |
| | 底层 | 0.039 | 0.020 | 0.029 | |

5.5.8.2 输沙量

(1) 冬季

涨潮期最大单宽输沙量为 1.31t/m，方向 342°，出现在 SWL5 站；落潮期最大单宽输沙量为 1.57t/m，方向 104°，出现在 SWL6 站；最大单宽净输沙量为 2.47t/m，

方向 356°，出现在 SWL5 站。SWL5 和 SWL7 站的净输沙方向主要以北方向为主，SWL4 站的净输沙方向主要以西南方向为主，其余站点的净输沙方向主要以东方向为主。

表 5.5.8-3 冬季各站大潮单宽输沙量统计表

| 站位 | 涨潮 | | 落潮 | | 净输沙 | |
|------|-------|-----|-------|-----|-------|-----|
| | 输沙量 | 方向 | 输沙量 | 方向 | 输沙量 | 方向 |
| | (t/m) | (°) | (t/m) | (°) | (t/m) | (°) |
| SWL1 | 0.11 | 77 | 0.23 | 121 | 0.32 | 107 |
| SWL2 | 0.13 | 354 | 1.25 | 134 | 1.15 | 130 |
| SWL3 | 0.58 | 33 | 0.81 | 56 | 1.37 | 47 |
| SWL4 | 0.13 | 236 | 0.05 | 191 | 0.17 | 224 |
| SWL5 | 1.31 | 342 | 1.25 | 11 | 2.47 | 356 |
| SWL6 | 1.04 | 277 | 1.57 | 104 | 0.55 | 116 |
| SWL7 | 0.30 | 318 | 0.10 | 354 | 0.38 | 327 |

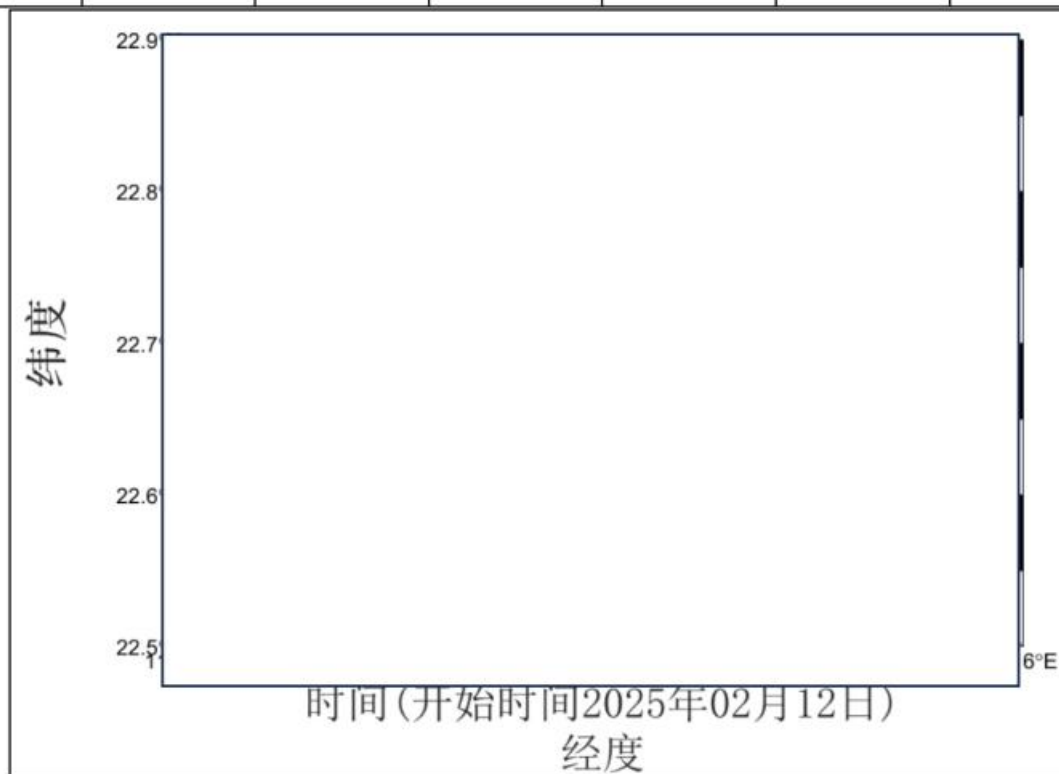


图 5.5.8-1 冬季净输沙示意图

(2) 夏季

涨潮期最大单宽输沙量为 2.41t/m，方向 68°，出现在 SWL6 站；落潮期最大单宽输沙量为 6.23t/m，方向 87°，出现在 SWL6 站；最大单宽净输沙量为 8.54t/m，方向 82°，出现在 SWL6 站。SWL1、SWL4 和 SWL7 等靠近岸线的站点，输沙量相对较小，方向变化较为分散，受地形和局地潮流影响较大。整体来看，该海域在大潮期间的输沙主要表现为由西南向东北的净输运过程，湾口处形成显著的“输沙出口区”，其中 SWL3 和 SWL6 站是关键输沙节点。

表 5.5.8-4 夏季各站大潮单宽输沙量统计表

| 站位 | 涨潮 | | 落潮 | | 净输沙 | |
|------|-------|-----|-------|-----|-------|-----|
| | 输沙量 | 方向 | 输沙量 | 方向 | 输沙量 | 方向 |
| | (t/m) | (°) | (t/m) | (°) | (t/m) | (°) |
| SWL1 | 0.63 | 301 | 1.02 | 155 | 0.61 | 191 |
| SWL2 | 0.45 | 352 | 2.80 | 104 | 2.67 | 95 |
| SWL3 | 0.81 | 38 | 4.96 | 84 | 5.56 | 78 |
| SWL4 | 0.56 | 278 | 0.39 | 142 | 0.39 | 233 |
| SWL5 | 0.42 | 52 | 3.55 | 41 | 3.97 | 43 |
| SWL6 | 2.41 | 68 | 6.23 | 87 | 8.54 | 82 |
| SWL7 | 0.30 | 16 | 0.89 | 107 | 0.93 | 88 |

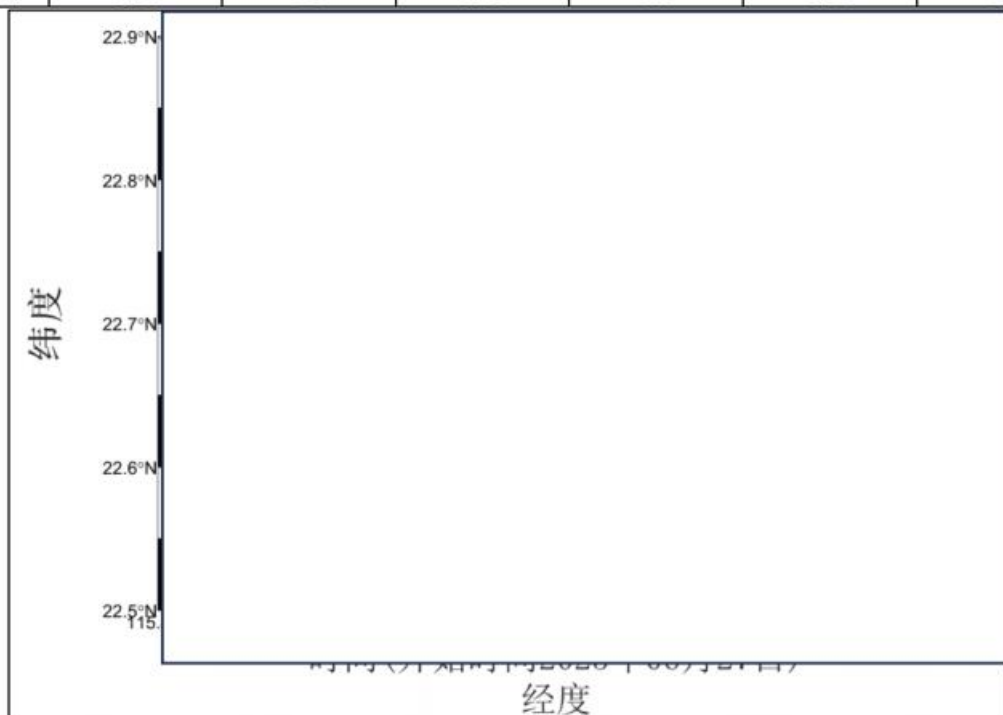


图 5.5.8-2 夏季净输沙示意图

5.5.8.3 悬沙粒度分析

(1) 冬季

① 悬沙类型、粒级组成及含量

按《海洋调查规范 (GB/T12763.8—2007)》粒级间隔为 1ϕ ，粒级组成为 $1\phi\sim 11\phi$ 。

由表可知调查水域各站悬沙从组成成分类别来看，粉砂是悬沙主体，其次是粘土，最后是砂。

各站大潮期间砂含量为 0.00%~0.41%，平均值为 0.03%，粉砂含量在 50.80%~79.61%之间，平均值为 67.66%，粘土含量在 20.39%~49.20%之间，平均值为 32.31%；悬沙样品类型为粘土质粉砂(24/28)，粉砂(4/28)，共 2 种样品类型。

表 5.5.8-5 冬季悬沙粒度参数以及砂、粉砂、粘土含量 (N=28)

| 站位 | 时刻 | 砂含量 (%) | 粉砂含量 (%) | 粘土含量 (%) | 平均粒径 Mz(Φ) | 分选系数 $\sigma_i(\Phi)$ | 偏态 Ski | 峰态 Kg | 中值粒径 Md(μm) |
|------|----|---------|----------|----------|-------------------|-----------------------|--------|-------|--------------------------|
| SWL1 | 涨急 | 0.00 | 52.12 | 47.88 | 7.66 | 0.004 | 0.43 | 1.19 | 4.17 |
| | 涨憩 | 0.00 | 50.80 | 49.20 | 7.71 | 0.003 | 0.41 | 1.18 | 4.06 |

| 站位 | 时刻 | 砂含量 (%) | 粉砂含量 (%) | 粘土含量 (%) | 平均粒径 Mz(Φ) | 分选系数 $\sigma_i(\Phi)$ | 偏态 Ski | 峰态 Kg | 中值粒径 Md(μm) |
|-----------|-----|---------|----------|----------|-------------------|-----------------------|--------|-------|--------------------------|
| | 落急 | 0.00 | 57.26 | 42.74 | 7.41 | 0.005 | 0.52 | 1.40 | 4.66 |
| | 落憩 | 0.34 | 57.92 | 41.74 | 7.29 | 0.006 | 0.58 | 1.61 | 4.80 |
| SWL2 | 涨急 | 0.00 | 54.87 | 45.13 | 7.52 | 0.004 | 0.48 | 1.26 | 4.42 |
| | 涨憩 | 0.41 | 57.42 | 42.17 | 7.35 | 0.006 | 0.55 | 1.50 | 4.75 |
| | 落急 | 0.00 | 55.93 | 44.07 | 7.48 | 0.005 | 0.47 | 1.23 | 4.54 |
| | 落憩 | 0.00 | 52.23 | 47.77 | 7.62 | 0.004 | 0.46 | 1.24 | 4.19 |
| SWL3 | 涨急 | 0.00 | 73.06 | 26.94 | 6.69 | 0.007 | 0.31 | 0.81 | 8.42 |
| | 涨憩 | 0.00 | 77.43 | 22.57 | 6.54 | 0.008 | 0.21 | 0.81 | 9.98 |
| | 落急 | 0.00 | 74.00 | 26.00 | 6.68 | 0.007 | 0.31 | 0.82 | 8.50 |
| | 落憩 | 0.06 | 73.86 | 26.08 | 6.51 | 0.009 | 0.37 | 0.93 | 9.38 |
| SWL4 | 涨急 | 0.00 | 67.50 | 32.50 | 6.71 | 0.008 | 0.43 | 0.81 | 7.53 |
| | 涨憩 | 0.00 | 68.37 | 31.63 | 6.72 | 0.008 | 0.38 | 0.79 | 7.77 |
| | 落急 | 0.00 | 70.17 | 29.83 | 6.67 | 0.008 | 0.34 | 0.79 | 8.37 |
| | 落憩 | 0.00 | 69.89 | 30.11 | 6.62 | 0.008 | 0.38 | 0.84 | 8.49 |
| SWL5 | 涨急 | 0.00 | 74.09 | 25.91 | 6.67 | 0.007 | 0.28 | 0.82 | 8.70 |
| | 涨憩 | 0.00 | 74.35 | 25.65 | 6.65 | 0.007 | 0.28 | 0.82 | 8.84 |
| | 落急 | 0.00 | 74.55 | 25.45 | 6.67 | 0.007 | 0.28 | 0.82 | 8.73 |
| | 落憩 | 0.00 | 72.60 | 27.40 | 6.73 | 0.007 | 0.33 | 0.82 | 8.08 |
| SWL6 | 涨急 | 0.00 | 78.97 | 21.03 | 6.49 | 0.008 | 0.15 | 0.81 | 10.73 |
| | 涨憩 | 0.00 | 76.92 | 23.08 | 6.52 | 0.008 | 0.22 | 0.84 | 10.14 |
| | 落急 | 0.00 | 79.61 | 20.39 | 6.49 | 0.008 | 0.16 | 0.82 | 10.66 |
| | 落憩 | 0.00 | 74.92 | 25.08 | 6.65 | 0.007 | 0.25 | 0.80 | 9.07 |
| SWL7 | 涨急 | 0.00 | 68.04 | 31.96 | 6.83 | 0.007 | 0.42 | 0.82 | 7.01 |
| | 涨憩 | 0.00 | 66.93 | 33.07 | 6.91 | 0.006 | 0.42 | 0.82 | 6.63 |
| | 落急 | 0.00 | 70.59 | 29.41 | 6.74 | 0.007 | 0.35 | 0.81 | 7.91 |
| | 落憩 | 0.00 | 70.09 | 29.91 | 6.80 | 0.007 | 0.36 | 0.82 | 7.52 |
| 大潮 (N=28) | 最大值 | 0.41 | 79.61 | 49.20 | 7.71 | 0.009 | 0.58 | 1.61 | 10.73 |
| | 最小值 | 0.00 | 50.80 | 20.39 | 6.49 | 0.003 | 0.15 | 0.79 | 4.06 |
| | 平均值 | 0.03 | 67.66 | 32.31 | 6.91 | 0.007 | 0.36 | 0.97 | 7.43 |

表 5.5.8-6 冬季悬沙粒级组成和各粒级含量 (N=28)

| 站位 | 粒级 | 砂 | | | | | 粉砂 | | | | 粘土 | | |
|------|---------------|------|-------|----------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------|
| | (粒径, mm) | 2~1 | 1~0.5 | 0.5~0.25 | 0.25~0.125 | 0.125~0.063 | 0.063~0.032 | 0.032~0.016 | 0.016~0.008 | 0.008~0.004 | 0.004~0.002 | 0.002~0.001 | <0.001 |
| | (粒径, ϕ) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| SWL1 | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3.31 | 16.04 | 32.77 | 29.91 | 13.48 | 4.49 |
| | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2.58 | 14.92 | 33.30 | 31.01 | 13.70 | 4.49 |
| | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.46 | 6.74 | 17.95 | 31.11 | 26.67 | 12.02 | 4.05 |
| | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.34 | 2.76 | 8.04 | 17.55 | 29.57 | 25.84 | 11.83 | 4.07 |
| SWL2 | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.33 | 5.67 | 17.75 | 31.12 | 27.58 | 13.02 | 4.53 |
| | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.41 | 2.15 | 7.23 | 18.02 | 30.02 | 25.73 | 11.96 | 4.48 |
| | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.31 | 5.85 | 18.64 | 31.13 | 26.73 | 12.54 | 4.80 |
| SWL3 | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.09 | 4.41 | 16.38 | 31.35 | 29.03 | 13.63 | 5.11 |
| | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.54 | 21.04 | 29.99 | 21.49 | 17.30 | 8.54 | 1.10 |
| | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.52 | 25.51 | 30.98 | 20.42 | 14.64 | 7.01 | 0.92 |
| | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.06 | 4.64 | 23.18 | 26.59 | 19.45 | 16.38 | 8.41 | 1.29 |
| SWL4 | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.56 | 22.27 | 24.69 | 18.98 | 19.38 | 11.19 | 1.93 |
| | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.67 | 22.25 | 26.30 | 19.15 | 18.64 | 10.89 | 2.10 |
| | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.73 | 23.30 | 27.15 | 18.99 | 17.77 | 10.22 | 1.84 |

| 站 位 | 粒 级 | 砂 | | | | | 粉 砂 | | | | 粘 土 | | |
|--------------|----------|------|-------|----------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------|
| | (粒径, mm) | 2~1 | 1~0.5 | 0.5~0.25 | 0.25~0.125 | 0.125~0.063 | 0.063~0.032 | 0.032~0.016 | 0.016~0.008 | 0.008~0.004 | 0.004~0.002 | 0.002~0.001 | <0.001 |
| | (粒径, φ) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2.67 | 23.18 | 25.61 | 18.43 | 17.82 | 10.42 | 1.87 |
| SWL5 | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.56 | 21.24 | 30.93 | 21.36 | 16.22 | 8.37 | 1.32 |
| | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.60 | 21.96 | 30.69 | 21.10 | 16.11 | 8.19 | 1.35 |
| | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.56 | 21.12 | 31.25 | 21.62 | 16.31 | 8.02 | 1.12 |
| | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.51 | 19.93 | 29.90 | 22.26 | 17.25 | 8.79 | 1.36 |
| SWL6 | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.55 | 27.09 | 32.47 | 18.86 | 13.27 | 6.79 | 0.97 |
| | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2.00 | 24.84 | 30.63 | 19.45 | 14.69 | 7.37 | 1.02 |
| | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.54 | 26.85 | 32.75 | 19.47 | 12.86 | 6.54 | 0.99 |
| | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.52 | 21.80 | 31.74 | 20.86 | 16.10 | 7.95 | 1.03 |
| SWL7 | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.45 | 18.19 | 27.46 | 21.94 | 19.49 | 10.63 | 1.84 |
| | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.11 | 15.71 | 28.23 | 22.88 | 20.25 | 10.99 | 1.83 |
| | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.57 | 20.52 | 28.57 | 20.93 | 17.86 | 9.86 | 1.69 |
| | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.42 | 18.12 | 29.49 | 22.06 | 18.42 | 9.84 | 1.65 |
| 大潮 (N=28) | 最大值(%) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.41 | 4.64 | 27.09 | 32.75 | 33.30 | 31.01 | 13.70 | 5.11 |
| | 最小值(%) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2.58 | 14.92 | 18.43 | 12.86 | 6.54 | 0.92 |
| | 平均值(%) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.03 | 0.94 | 17.25 | 25.82 | 23.65 | 20.00 | 10.01 | 2.30 |
| | 累 计(%) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.03 | 0.97 | 18.22 | 44.04 | 67.69 | 87.69 | 97.70 | 100.00 |

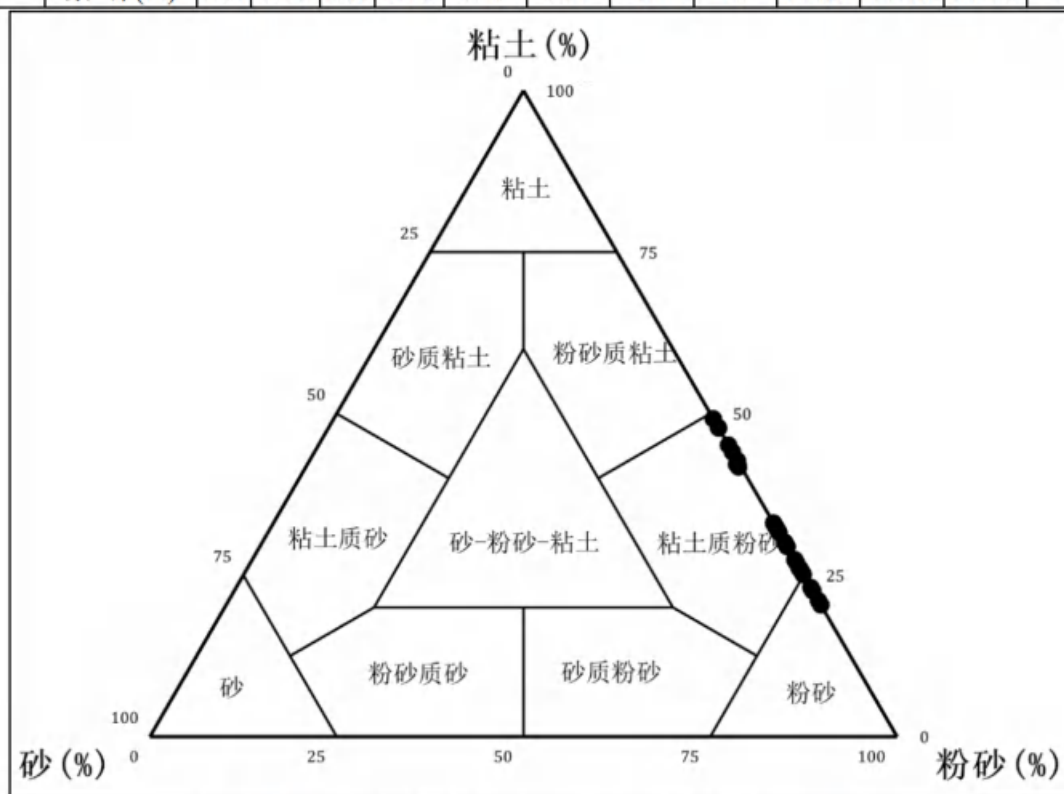


图 5.5.8-3 冬季悬沙所有样品谢帕德三角图分布 (N=28)

②中值粒径 (M_d , μm)

航次测区悬沙中值粒径变化范围在 $4.06\mu\text{m}$ ~ $10.73\mu\text{m}$ 之间, 平均值为 $7.43\mu\text{m}$ 。

SWL6 测站涨急最粗 ($10.73\mu\text{m}$), SWL1 测站涨憩最细 ($4.06\mu\text{m}$)。

表 5.5.8-7 冬季悬沙中值粒径 (M_d , μm) 统计

| 站点 | 潮汛 | 涨急 | 涨憩 | 落急 | 落憩 | 平均 |
|----|----|----|----|----|----|----|
|----|----|----|----|----|----|----|

| | | | | | | |
|------|----|-------|-------|-------|------|-------|
| SWL1 | 大潮 | 4.17 | 4.06 | 4.66 | 4.80 | 4.42 |
| SWL2 | 大潮 | 4.42 | 4.75 | 4.54 | 4.18 | 4.47 |
| SWL3 | 大潮 | 8.42 | 9.98 | 8.50 | 9.38 | 9.07 |
| SWL4 | 大潮 | 7.53 | 7.77 | 8.37 | 8.49 | 8.04 |
| SWL5 | 大潮 | 8.70 | 8.84 | 8.73 | 8.08 | 8.59 |
| SWL6 | 大潮 | 10.73 | 10.14 | 10.66 | 9.07 | 10.15 |
| SWL7 | 大潮 | 7.01 | 6.62 | 7.91 | 7.52 | 7.27 |

由于测区地形、来沙、水流、波浪等因素的复合作用，泥沙颗粒起、落情况复杂，本次调查中悬沙粒径变化与潮流急、憩的相关性不明显。本航次涨急、涨憩、落急、落憩时中值粒径的平均值分别为 7.28 μm 、7.45 μm 、7.62 μm 、7.36 μm 。

③平均粒径 (M_z, φ)

采用福克—沃德公式计算出悬沙平均粒径。

测量期间测区平均粒径在 6.49 φ ~7.71 φ 之间，平均值为 6.91 φ 。平均粒径的空间分布为：SWL1 站的涨憩最大，为 7.71 φ ；SWL6 站的涨急最小，为 6.49 φ 。

④分选系数 (σ_i, φ)

测区测量期间悬沙分选系数变化范围为 0.003 φ ~0.009 φ ，平均值为 0.007 φ 。分选系数的最大值都小于 1.5，表明颗粒粒度约均匀，分选性越好。

⑤偏态 (S_{ki})

测区悬沙偏态系数变化范围为 0.15~0.58，平均值为 0.36。观测区域的偏态均为正偏，表示颗粒分布向粗粒方向偏移，在快速沉积环境中，较重的颗粒通常会较早沉积，而较轻的颗粒可能被搬运更长距离。

⑥峰态 (K_g)

测区悬沙峰态系数的变化范围为 0.79~1.61，平均值为 0.97。表明观测海区的颗粒的尺寸分布较为分散，没有明显的聚集。

(2) 夏季

①悬沙类型、粒级组成及含量

按《海洋调查规范 (GB/T12763.8—2007)》粒级间隔为 1 φ ，粒级组成为 1 φ ~11 φ 。

由表可知调查水域各站悬沙从组成成分类别来看，粉砂是悬沙主体，其次是粘土，最后是砂。

各站大潮期间砂含量为 0.00%~7.52%，平均值为 0.69%，粉砂含量在 55.51%~87.74%之间，平均值为 73.89%，粘土含量在 11.31%~44.24%之间，平均值为 25.42%；悬沙样品类型为粘土质粉砂(13/28)，粉砂(15/28)，共 2 种样品类型。

表 5.5.8-8 夏季悬沙粒度参数以及砂、粉砂、粘土含量 (N=28)

| 站位 | 时刻 | 砂含量 (%) | 粉砂含量 (%) | 粘土含量 (%) | 平均粒径 $M_z(\Phi)$ | 分选系数 $\sigma_f(\Phi)$ | 偏态 S_{ki} | 峰态 K_g | 中值粒径 $M_d(\mu m)$ |
|-----------|-----|---------|----------|----------|------------------|-----------------------|-------------|----------|-------------------|
| SWL1 | 落急 | 0.00 | 74.64 | 25.36 | 6.70 | 0.007 | 0.33 | 0.94 | 8.32 |
| | 落憩 | 0.00 | 79.50 | 20.50 | 6.26 | 0.010 | 0.32 | 0.86 | 11.25 |
| | 涨急 | 0.00 | 78.74 | 21.26 | 6.45 | 0.009 | 0.30 | 0.89 | 10.04 |
| | 涨憩 | 4.95 | 75.47 | 19.58 | 6.00 | 0.016 | 0.53 | 1.33 | 11.82 |
| SWL2 | 落急 | 0.16 | 87.74 | 12.10 | 5.77 | 0.013 | 0.18 | 0.86 | 17.33 |
| | 落憩 | 0.16 | 84.58 | 15.26 | 5.90 | 0.013 | 0.26 | 0.87 | 15.06 |
| | 涨急 | 0.06 | 86.75 | 13.19 | 5.88 | 0.012 | 0.21 | 0.89 | 15.79 |
| | 涨憩 | 0.00 | 80.59 | 19.41 | 6.22 | 0.011 | 0.33 | 0.88 | 11.56 |
| SWL3 | 落急 | 4.17 | 66.31 | 29.52 | 6.09 | 0.017 | 0.69 | 1.28 | 8.20 |
| | 落憩 | 0.00 | 77.70 | 22.30 | 6.27 | 0.010 | 0.35 | 0.85 | 10.86 |
| | 涨急 | 0.00 | 62.58 | 37.42 | 7.15 | 0.006 | 0.45 | 0.98 | 5.56 |
| | 涨憩 | 7.52 | 81.17 | 11.31 | 5.58 | 0.021 | 0.47 | 1.44 | 17.22 |
| SWL4 | 落急 | 0.37 | 77.72 | 21.91 | 6.10 | 0.013 | 0.43 | 0.90 | 11.39 |
| | 落憩 | 0.00 | 71.08 | 28.92 | 6.76 | 0.008 | 0.44 | 1.00 | 7.34 |
| | 涨急 | 0.00 | 68.73 | 31.27 | 6.68 | 0.009 | 0.54 | 0.98 | 6.92 |
| | 涨憩 | 0.00 | 74.13 | 25.87 | 6.39 | 0.010 | 0.44 | 0.88 | 9.29 |
| SWL5 | 落急 | 0.00 | 80.17 | 19.83 | 6.28 | 0.009 | 0.19 | 0.84 | 12.14 |
| | 落憩 | 0.00 | 76.32 | 23.68 | 6.71 | 0.007 | 0.28 | 0.90 | 8.52 |
| | 涨急 | 0.00 | 68.09 | 31.91 | 7.32 | 0.004 | 0.08 | 0.82 | 6.19 |
| | 涨憩 | 0.00 | 75.43 | 24.57 | 6.89 | 0.006 | 0.23 | 0.91 | 7.82 |
| SWL6 | 落急 | 0.00 | 82.31 | 17.69 | 6.29 | 0.010 | 0.30 | 0.92 | 11.23 |
| | 落憩 | 1.61 | 85.27 | 13.12 | 5.63 | 0.016 | 0.26 | 0.89 | 18.29 |
| | 涨急 | 0.00 | 56.87 | 43.13 | 7.41 | 0.005 | 0.48 | 1.15 | 4.66 |
| | 涨憩 | 0.25 | 55.51 | 44.24 | 7.23 | 0.007 | 0.65 | 1.59 | 4.56 |
| SWL7 | 落急 | 0.00 | 66.14 | 33.86 | 7.00 | 0.007 | 0.49 | 1.11 | 6.03 |
| | 落憩 | 0.00 | 67.78 | 32.22 | 6.83 | 0.008 | 0.53 | 1.13 | 6.51 |
| | 涨急 | 0.00 | 63.71 | 36.29 | 7.12 | 0.006 | 0.48 | 1.05 | 5.58 |
| | 涨憩 | 0.00 | 63.84 | 36.16 | 7.09 | 0.006 | 0.49 | 1.05 | 5.64 |
| 大潮 (N=28) | 最大值 | 7.52 | 87.74 | 44.24 | 7.41 | 0.021 | 0.69 | 1.59 | 18.29 |
| | 最小值 | 0.00 | 55.51 | 11.31 | 5.58 | 0.004 | 0.08 | 0.82 | 4.56 |
| | 平均值 | 0.69 | 73.89 | 25.42 | 6.50 | 0.010 | 0.38 | 1.01 | 9.83 |

表 5.5.8-9 夏季悬沙粒级组成和各粒级含量 (N=28)

| 站位 | 粒级 (粒径, mm) | 砂 | | | | | 粉砂 | | | | 粘土 | | |
|------|----------------|---------------|-------|----------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------|
| | | 2~1 | 1~0.5 | 0.5~0.25 | 0.25~0.125 | 0.125~0.063 | 0.063~0.032 | 0.032~0.016 | 0.016~0.008 | 0.008~0.004 | 0.004~0.002 | 0.002~0.001 | <0.001 |
| | | (粒径, ϕ) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| SWL1 | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.46 | 19.09 | 31.11 | 22.98 | 13.70 | 7.74 | 3.92 |
| | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 6.45 | 29.63 | 25.21 | 18.21 | 11.62 | 6.24 | 2.64 |
| | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3.06 | 26.12 | 29.41 | 20.15 | 12.67 | 6.18 | 2.41 |
| | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.76 | 4.19 | 10.68 | 23.92 | 22.93 | 17.94 | 11.50 | 5.75 | 2.33 |
| SWL2 | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.16 | 16.55 | 36.80 | 21.31 | 13.08 | 7.47 | 3.41 | 1.22 |
| | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.16 | 14.27 | 33.03 | 23.40 | 13.88 | 9.22 | 4.44 | 1.60 |
| | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.06 | 13.69 | 35.65 | 24.02 | 13.39 | 7.77 | 3.80 | 1.62 |
| | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 7.44 | 29.32 | 25.53 | 18.30 | 11.99 | 5.44 | 1.98 |
| SWL3 | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.03 | 4.14 | 12.89 | 15.25 | 18.38 | 19.79 | 16.74 | 8.62 | 4.16 |
| | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 6.88 | 28.60 | 24.02 | 18.20 | 13.42 | 6.51 | 2.37 |
| | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.12 | 10.22 | 25.67 | 26.57 | 22.09 | 11.02 | 4.31 |

| 站 位 | 粒 级 | 砂 | | | | | 粉 砂 | | | | 粘 土 | | |
|--------------|----------|------|-------|----------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------|
| | (粒径, mm) | 2~1 | 1~0.5 | 0.5~0.25 | 0.25~0.125 | 0.125~0.063 | 0.063~0.032 | 0.032~0.016 | 0.016~0.008 | 0.008~0.004 | 0.004~0.002 | 0.002~0.001 | <0.001 |
| | (粒径, φ) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.22 | 6.30 | 15.92 | 29.56 | 22.12 | 13.57 | 7.06 | 3.04 | 1.21 |
| SWL4 | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.37 | 12.59 | 26.28 | 21.23 | 17.62 | 11.80 | 6.27 | 3.84 |
| | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2.12 | 17.88 | 26.68 | 24.40 | 17.00 | 8.43 | 3.49 |
| | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3.54 | 19.66 | 21.73 | 23.80 | 18.34 | 9.22 | 3.71 |
| | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 6.29 | 25.07 | 23.02 | 19.75 | 15.36 | 7.48 | 3.03 |
| SWL5 | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 4.16 | 31.45 | 29.18 | 15.38 | 12.36 | 5.62 | 1.85 |
| | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.52 | 18.61 | 33.52 | 23.67 | 14.93 | 6.58 | 2.17 |
| | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.44 | 33.72 | 33.93 | 18.74 | 10.30 | 2.87 |
| | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.03 | 11.92 | 36.89 | 26.59 | 14.38 | 7.97 | 2.22 |
| SWL6 | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 5.15 | 28.83 | 30.06 | 18.27 | 9.89 | 5.98 | 1.82 |
| | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.61 | 21.82 | 31.82 | 19.67 | 11.96 | 7.14 | 3.87 | 2.11 |
| | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.11 | 6.72 | 20.20 | 29.84 | 25.62 | 12.61 | 4.90 |
| | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.25 | 4.26 | 7.53 | 18.83 | 24.89 | 26.38 | 13.18 | 4.68 |
| SWL7 | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.31 | 13.18 | 24.12 | 27.53 | 20.68 | 9.48 | 3.70 |
| | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3.28 | 15.40 | 23.60 | 25.50 | 19.22 | 9.17 | 3.83 |
| | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.31 | 11.19 | 24.11 | 28.10 | 22.38 | 10.07 | 3.84 |
| | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.35 | 12.05 | 23.78 | 27.66 | 22.15 | 10.25 | 3.76 |
| 大潮 (N=28) | 最大值(%) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.22 | 6.30 | 21.82 | 36.80 | 36.89 | 33.93 | 26.38 | 13.18 | 4.90 |
| | 最小值(%) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.44 | 18.38 | 11.96 | 7.06 | 3.04 | 1.21 |
| | 平均值(%) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.07 | 0.62 | 6.26 | 21.26 | 25.12 | 21.25 | 15.06 | 7.45 | 2.91 |
| | 累计(%) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.07 | 0.69 | 6.95 | 28.20 | 53.33 | 74.58 | 89.63 | 97.09 | 100.00 |

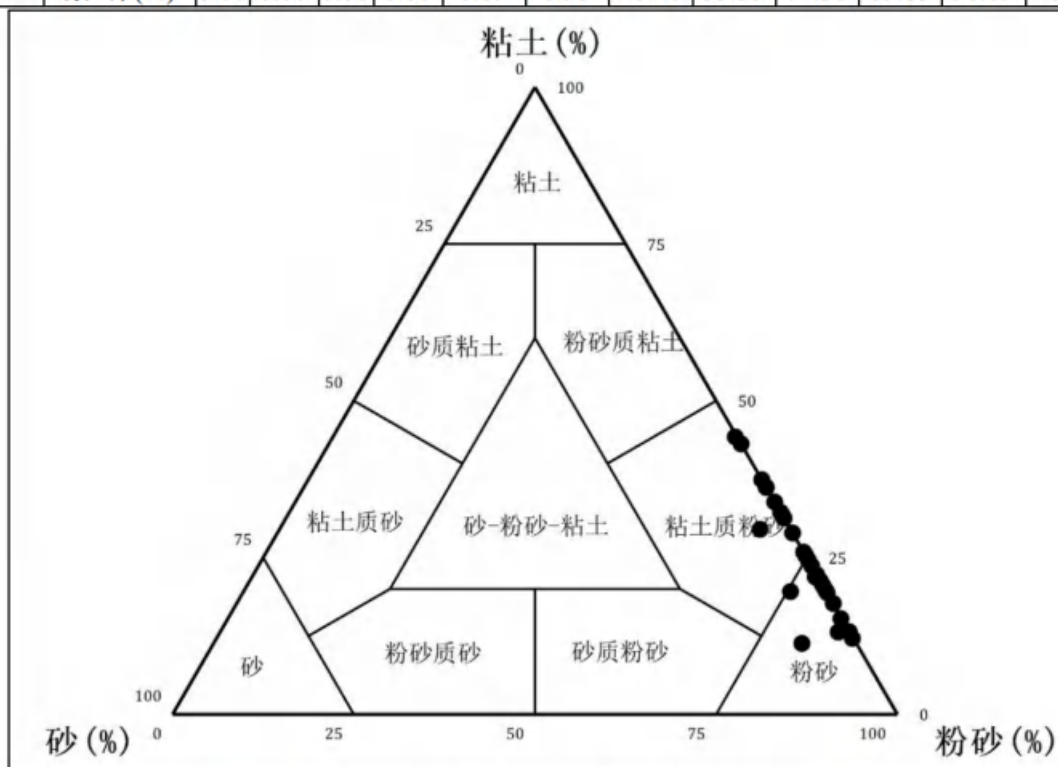


图 5.5.8-4 夏季悬沙所有样品谢帕德三角图分布 (N=28)

②中值粒径 (M_d , μm)

航次测区悬沙中值粒径变化范围在 $4.56\mu\text{m}\sim 18.29\mu\text{m}$ 之间，平均值为 $9.83\mu\text{m}$ 。SWL6 测站落憩最粗 ($18.29\mu\text{m}$)，SWL6 测站涨憩最细 ($4.56\mu\text{m}$)。

表 5.5.8-10 夏季悬沙中值粒径 (M_d , μm) 统计

| 站点 | 潮流 | 落急 | 落憩 | 涨急 | 涨憩 | 平均 |
|------|----|-------|-------|-------|-------|-------|
| SWL1 | 大潮 | 8.32 | 11.25 | 10.04 | 11.82 | 10.36 |
| SWL2 | 大潮 | 17.33 | 15.06 | 15.79 | 11.56 | 14.94 |
| SWL3 | 大潮 | 8.20 | 10.86 | 5.55 | 17.22 | 10.46 |
| SWL4 | 大潮 | 11.39 | 7.34 | 6.92 | 9.29 | 8.73 |
| SWL5 | 大潮 | 12.14 | 8.52 | 6.19 | 7.82 | 8.67 |
| SWL6 | 大潮 | 11.23 | 18.29 | 4.66 | 4.56 | 9.69 |
| SWL7 | 大潮 | 6.03 | 6.50 | 5.58 | 5.64 | 5.94 |

由于测区地形、来沙、水流、波浪等因素的复合作用，泥沙颗粒起、落情况复杂，本次调查中悬沙粒径变化与潮流急、憩的相关性不明显。本航次落急、落憩、涨急、涨憩时中值粒径的平均值分别为 $10.66\mu\text{m}$ 、 $11.12\mu\text{m}$ 、 $7.82\mu\text{m}$ 、 $9.70\mu\text{m}$ 。

③平均粒径 (M_z , ϕ)

采用福克—沃德公式计算出悬沙平均粒径。

测量期间测区平均粒径在 $5.58\phi\sim 7.41\phi$ 之间，平均值为 6.50ϕ 。平均粒径的空间分布为：SWL6 站的涨急最大，为 7.41ϕ ；SWL3 站的涨急最小，为 5.58ϕ 。

④分选系数 (σ_i , ϕ)

测区测量期间悬沙分选系数变化范围为 $0.004\phi\sim 0.021\phi$ ，平均值为 0.010ϕ 。分选系数的最大值都小于 0.35，总体均属于分选极好，表明悬沙颗粒粒度组成较为均一、分选性良好。

⑤偏态 (S_{ki})

测区悬沙偏态系数变化范围为 $0.08\sim 0.69$ ，平均值为 0.38。观测区域的偏态均为正偏，表示颗粒分布向粗粒方向偏移，在快速沉积环境中，较重的颗粒通常会较早沉积，而较轻的颗粒可能被搬运更长距离。

⑥峰态 (K_g)

测区悬沙峰态系数的变化范围为 $0.82\sim 1.59$ ，平均值为 1.01。表明观测海区的颗粒的尺寸分布较为分散，没有明显的聚集。

5.6 地形地貌与冲淤环境现状

5.6.1 地形地貌

本节引用《广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-11 矿区回填料海砂资源储量核实报告》(汕尾市自然资源局，二〇二五年十二月)中项目范围地形地貌资料。

1、水深地形

矿区内整体水深为 15.67m~17.46m，整体水深自北向南逐渐加深，最小和最大水深分别位于矿区北部和南部（图 5.6.1-1），水深等值线整体呈近 NE 走向。矿区内海底地势相对平坦，无发育大型隆起或洼地等起伏地形单元，平均坡度约 0.22°，整体呈北高南低的趋势。

矿区属于海积-海蚀地貌中的堆积型水下岸坡区。水下岸坡系指海岸向海以明显的自然斜坡直抵陆架平原的近岸斜坡地貌。它在低潮线以下，至波长 1/2 的水深处，在此基面以下波浪作用十分微弱，该水深的泥沙已基本上不受波浪干扰而运动。受堆积作用影响，矿区内岸坡地形过渡比较平缓。根据对矿区侧扫声呐、多波束测深等资料的判读、分析，矿区内未发现存在明显的沙波、冲刷痕等微地貌类型（图 5.6.1-2）。

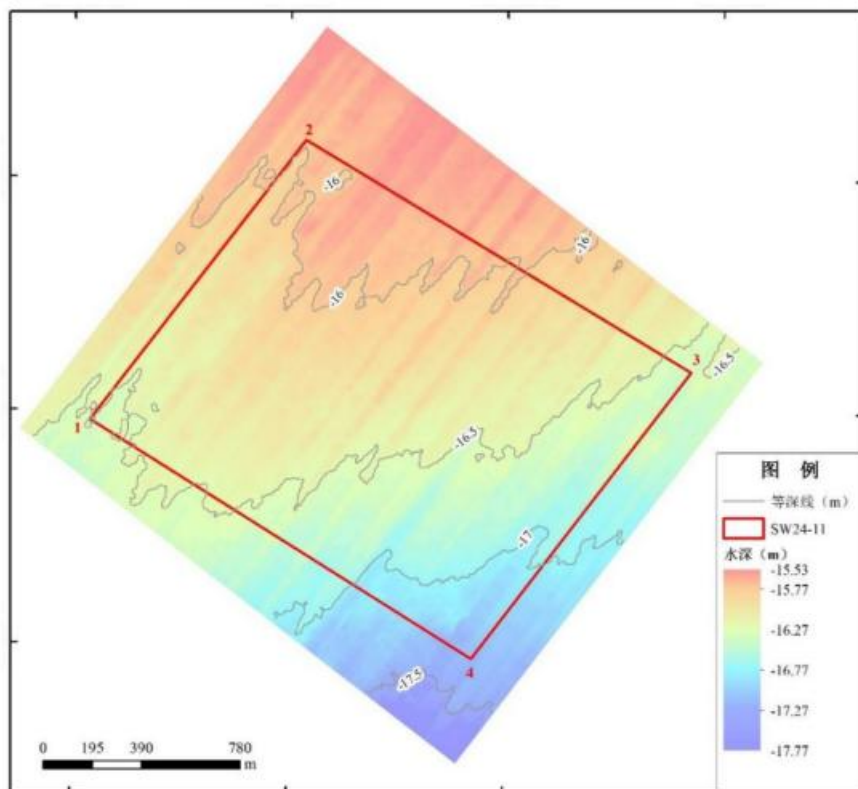


图 5.6.1-1 SW24-11 矿区多波束水深图（理论深度基准面）

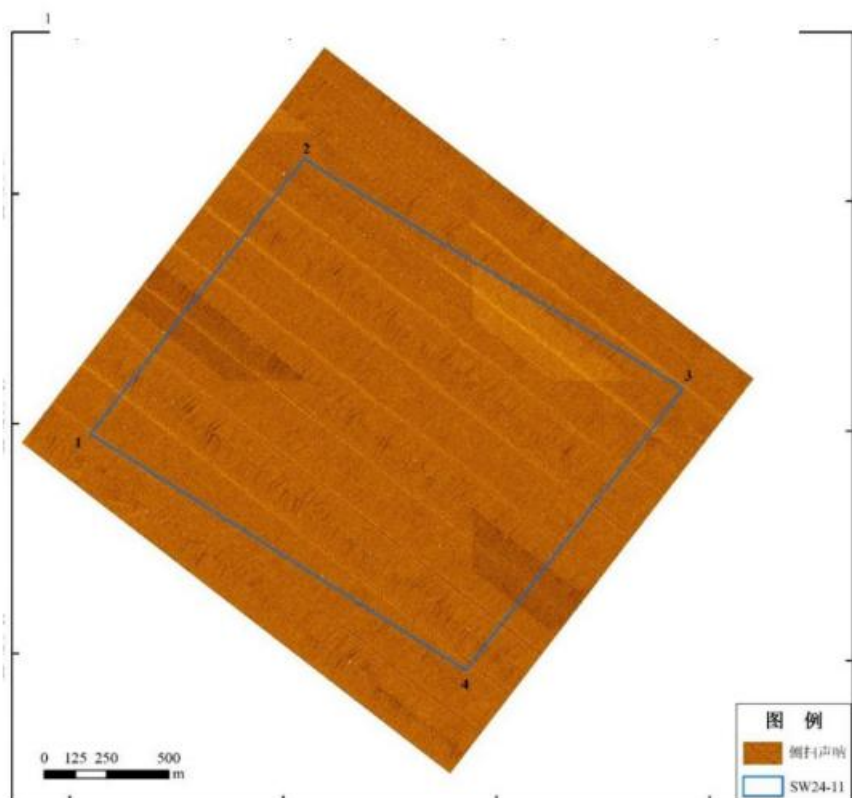


图 5.6.2-2 SW24-11 矿区侧扫声呐数据镶嵌图

2、海底底质

本次勘查在调查区内共获取 63 个表层沉积物样品，沉积物粒度组成特征见表 5.6.1-1。粒度分析数据表明，矿区表层沉积物不含砾石；砂含量在 2.20~32.50%之间，平均值 9.17%；泥含量在 67.50~97.80%之间，平均值 90.83%。矿区海底表层沉积物其平均粒径 M_z 在 0.02~0.07 ϕ 之间，平均值 0.03 ϕ ；分选系数 S_i 在 0.02~0.07 ϕ 之间，平均值 0.03 ϕ ；偏态 S_{ki} 在 0.35~0.71 之间，平均值 0.55；峰态 K_g 在 0.81~2.56 之间，平均值 1.29，为中等峰态。

按照简分法，矿区海底底质沉积物类型主要为泥（N=59），极少数为砂质泥（N=4）。因为沉积物主要为泥，故细分法分类和简分法分类结果一致。

表 5.6.1-1 矿区表层沉积物粒级含量统计表

| 样品编号 | 粒级含量 (%) | | | 粒度系数 | | | | 沉积物分类 | |
|----------|----------|-------|-------|-----------------------|------------|-------------|----------|-------|-----|
| | 砾石 | 砂 | 泥 | 平均粒径 M_z (ϕ) | 分选系数 s_i | 偏态 S_{ki} | 峰态 K_g | 简分 | 细分 |
| SW2411B1 | 0.00 | 5.90 | 94.10 | 0.02 | 0.02 | 0.56 | 1.02 | 泥 | 泥 |
| SW2411B2 | 0.00 | 11.90 | 88.10 | 0.04 | 0.03 | 0.59 | 1.64 | 泥 | 泥 |
| SW2411B3 | 0.00 | 20.60 | 79.40 | 0.05 | 0.04 | 0.51 | 1.57 | 砂质泥 | 砂质泥 |
| SW2411B4 | 0.00 | 17.90 | 82.10 | 0.04 | 0.04 | 0.70 | 1.67 | 泥 | 泥 |
| SW2411B5 | 0.00 | 5.90 | 94.10 | 0.02 | 0.02 | 0.57 | 1.44 | 泥 | 泥 |
| SW2411B6 | 0.00 | 9.70 | 90.30 | 0.03 | 0.03 | 0.42 | 1.31 | 泥 | 泥 |
| SW2411B7 | 0.00 | 11.30 | 88.70 | 0.03 | 0.03 | 0.42 | 1.01 | 泥 | 泥 |

| 样品编号 | 粒级含量 (%) | | | 粒度系数 | | | | 沉积物分类 | |
|-----------|----------|-------|-------|--------------------------|------------|-------------|----------|-------|-----|
| | 砾石 | 砂 | 泥 | 平均粒径 M_z (ϕ) | 分选系数 s_i | 偏态 S_{ki} | 峰态 K_g | 简分 | 细分 |
| SW2411B8 | 0.00 | 6.60 | 93.40 | 0.02 | 0.02 | 0.54 | 1.18 | 泥 | 泥 |
| SW2411B9 | 0.00 | 4.40 | 95.60 | 0.02 | 0.02 | 0.56 | 1.09 | 泥 | 泥 |
| SW2411B10 | 0.00 | 19.80 | 80.20 | 0.05 | 0.05 | 0.60 | 1.71 | 泥 | 泥 |
| SW2411B11 | 0.00 | 6.70 | 93.30 | 0.03 | 0.02 | 0.48 | 1.09 | 泥 | 泥 |
| SW2411B12 | 0.00 | 8.50 | 91.50 | 0.03 | 0.02 | 0.56 | 1.21 | 泥 | 泥 |
| SW2411B13 | 0.00 | 8.70 | 91.30 | 0.03 | 0.02 | 0.48 | 1.12 | 泥 | 泥 |
| SW2411B14 | 0.00 | 6.70 | 93.30 | 0.02 | 0.02 | 0.55 | 1.09 | 泥 | 泥 |
| SW2411B15 | 0.00 | 5.30 | 94.70 | 0.02 | 0.02 | 0.44 | 0.95 | 泥 | 泥 |
| SW2411B16 | 0.00 | 5.00 | 95.00 | 0.02 | 0.02 | 0.40 | 0.97 | 泥 | 泥 |
| SW2411B17 | 0.00 | 25.60 | 74.40 | 0.07 | 0.07 | 0.69 | 2.00 | 砂质泥 | 砂质泥 |
| SW2411B18 | 0.00 | 14.30 | 85.70 | 0.04 | 0.04 | 0.62 | 1.86 | 泥 | 泥 |
| SW2411B19 | 0.00 | 6.40 | 93.60 | 0.03 | 0.02 | 0.60 | 1.10 | 泥 | 泥 |
| SW2411B20 | 0.00 | 19.40 | 80.60 | 0.04 | 0.03 | 0.37 | 0.92 | 泥 | 泥 |
| SW2411B21 | 0.00 | 11.60 | 88.40 | 0.04 | 0.03 | 0.66 | 1.97 | 泥 | 泥 |
| SW2411B22 | 0.00 | 8.90 | 91.10 | 0.03 | 0.02 | 0.56 | 0.99 | 泥 | 泥 |
| SW2411B23 | 0.00 | 7.60 | 92.40 | 0.03 | 0.02 | 0.57 | 1.43 | 泥 | 泥 |
| SW2411B24 | 0.00 | 5.10 | 94.90 | 0.02 | 0.02 | 0.62 | 1.16 | 泥 | 泥 |
| SW2411B25 | 0.00 | 32.50 | 67.50 | 0.07 | 0.06 | 0.52 | 1.34 | 砂质泥 | 砂质泥 |
| SW2411B26 | 0.00 | 4.40 | 95.60 | 0.02 | 0.02 | 0.51 | 1.01 | 泥 | 泥 |
| SW2411B27 | 0.00 | 4.30 | 95.70 | 0.02 | 0.02 | 0.49 | 0.92 | 泥 | 泥 |
| SW2411B28 | 0.00 | 5.50 | 94.50 | 0.02 | 0.02 | 0.58 | 1.13 | 泥 | 泥 |
| SW2411B29 | 0.00 | 5.90 | 94.10 | 0.02 | 0.02 | 0.67 | 1.28 | 泥 | 泥 |
| SW2411B30 | 0.00 | 7.80 | 92.20 | 0.03 | 0.02 | 0.43 | 0.95 | 泥 | 泥 |
| SW2411B31 | 0.00 | 8.40 | 91.60 | 0.03 | 0.02 | 0.43 | 1.00 | 泥 | 泥 |
| SW2411B32 | 0.00 | 17.90 | 82.10 | 0.04 | 0.04 | 0.66 | 1.37 | 泥 | 泥 |
| SW2411B33 | 0.00 | 26.80 | 73.20 | 0.06 | 0.05 | 0.69 | 1.22 | 砂质泥 | 砂质泥 |
| SW2411B34 | 0.00 | 11.20 | 88.80 | 0.03 | 0.03 | 0.35 | 0.95 | 泥 | 泥 |
| SW2411B35 | 0.00 | 12.70 | 87.30 | 0.04 | 0.04 | 0.43 | 1.66 | 泥 | 泥 |
| SW2411B36 | 0.00 | 4.00 | 96.00 | 0.02 | 0.02 | 0.41 | 1.24 | 泥 | 泥 |
| SW2411B37 | 0.00 | 5.00 | 95.00 | 0.02 | 0.02 | 0.63 | 1.54 | 泥 | 泥 |
| SW2411B38 | 0.00 | 4.70 | 95.30 | 0.02 | 0.02 | 0.67 | 1.13 | 泥 | 泥 |
| SW2411B39 | 0.00 | 6.00 | 94.00 | 0.02 | 0.02 | 0.60 | 1.10 | 泥 | 泥 |
| SW2411B40 | 0.00 | 6.50 | 93.50 | 0.02 | 0.02 | 0.40 | 1.30 | 泥 | 泥 |
| SW2411B41 | 0.00 | 2.20 | 97.80 | 0.02 | 0.02 | 0.59 | 1.12 | 泥 | 泥 |
| SW2411B42 | 0.00 | 9.70 | 90.30 | 0.03 | 0.03 | 0.63 | 1.53 | 泥 | 泥 |
| SW2411B43 | 0.00 | 9.40 | 90.60 | 0.03 | 0.03 | 0.68 | 1.62 | 泥 | 泥 |
| SW2411B44 | 0.00 | 6.50 | 93.50 | 0.02 | 0.02 | 0.52 | 1.08 | 泥 | 泥 |
| SW2411B45 | 0.00 | 8.50 | 91.50 | 0.03 | 0.02 | 0.48 | 1.01 | 泥 | 泥 |
| SW2411B46 | 0.00 | 4.20 | 95.80 | 0.02 | 0.02 | 0.46 | 1.28 | 泥 | 泥 |
| SW2411B47 | 0.00 | 12.60 | 87.40 | 0.03 | 0.03 | 0.38 | 1.00 | 泥 | 泥 |
| SW2411B48 | 0.00 | 7.20 | 92.80 | 0.03 | 0.02 | 0.61 | 1.36 | 泥 | 泥 |
| SW2411B49 | 0.00 | 9.10 | 90.90 | 0.03 | 0.03 | 0.56 | 1.38 | 泥 | 泥 |
| SW2411B50 | 0.00 | 6.80 | 93.20 | 0.02 | 0.02 | 0.53 | 1.17 | 泥 | 泥 |
| SW2411B51 | 0.00 | 11.50 | 88.50 | 0.04 | 0.04 | 0.69 | 2.56 | 泥 | 泥 |
| SW2411B52 | 0.00 | 6.90 | 93.10 | 0.02 | 0.02 | 0.49 | 0.95 | 泥 | 泥 |
| SW2411B53 | 0.00 | 8.90 | 91.10 | 0.03 | 0.02 | 0.54 | 1.07 | 泥 | 泥 |
| SW2411B54 | 0.00 | 6.50 | 93.50 | 0.02 | 0.02 | 0.59 | 1.20 | 泥 | 泥 |
| SW2411B55 | 0.00 | 3.80 | 96.20 | 0.02 | 0.02 | 0.69 | 1.10 | 泥 | 泥 |

| 样品编号 | 粒级含量 (%) | | | 粒度系数 | | | | 沉积物分类 | |
|-----------|----------|-------|-------|--------------------------|------------|-------------|----------|-------|----|
| | 砾石 | 砂 | 泥 | 平均粒径 M_z (ϕ) | 分选系数 s_1 | 偏态 S_{ki} | 峰态 K_g | 简分 | 细分 |
| SW2411B56 | 0.00 | 3.70 | 96.30 | 0.02 | 0.02 | 0.38 | 0.81 | 泥 | 泥 |
| SW2411B57 | 0.00 | 6.30 | 93.70 | 0.02 | 0.02 | 0.63 | 1.84 | 泥 | 泥 |
| SW2411B58 | 0.00 | 4.80 | 95.20 | 0.02 | 0.02 | 0.53 | 1.18 | 泥 | 泥 |
| SW2411B59 | 0.00 | 5.70 | 94.30 | 0.02 | 0.02 | 0.53 | 0.97 | 泥 | 泥 |
| SW2411B60 | 0.00 | 2.50 | 97.50 | 0.02 | 0.02 | 0.59 | 1.47 | 泥 | 泥 |
| SW2411B61 | 0.00 | 3.20 | 96.80 | 0.02 | 0.02 | 0.61 | 1.62 | 泥 | 泥 |
| SW2411B62 | 0.00 | 14.30 | 85.70 | 0.04 | 0.04 | 0.71 | 2.18 | 泥 | 泥 |
| SW2411B63 | 0.00 | 5.70 | 94.30 | 0.02 | 0.02 | 0.54 | 0.99 | 泥 | 泥 |
| 平均值 | 0.00 | 9.17 | 90.83 | 0.03 | 0.03 | 0.55 | 1.29 | | |

5.6.2 冲淤环境

为评价项目区海域冲淤环境，报告收集项目区海域 2009 年和 2021 年的海图资料，通过对比项目区海域 2009 年和 2021 年海图中的 5m、10m、20m 和 30m 的等深线变化可以看出，近年来红海湾海域 5m 等深线向海方向均有不同程度的移动，表明沿岸海域稍有淤积；10m 和 20m 等深线附近海域局部变化较大，呈现局部冲刷、局部淤积状态；30m 等深线附近海域向岸方向均有不同程度的移动，呈现冲刷状态。

整体而言，项目区海域局部有冲淤变化，但变化幅度不大，呈现基本稳定状态。

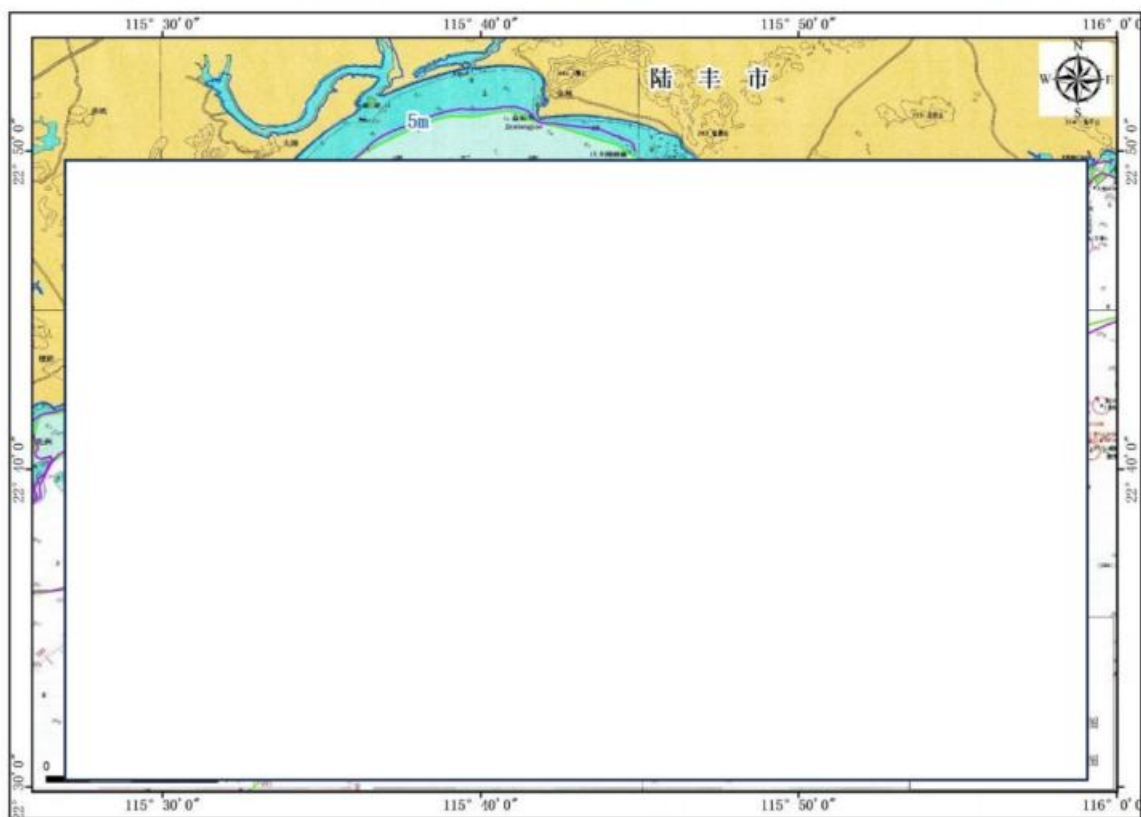


图 5.6.2-1 项目所在海域冲淤变化

5.7 大气环境质量现状调查与评价

本项目位于广东省汕尾市，根据《2024 年汕尾市生态环境状况公报》中大气环境质量数据，2024 年汕尾市 SO₂、NO₂、PM₁₀、PM_{2.5} 年平均质量浓度，CO 第 95 百分位数日平均质量浓度、O₃ 第 90 百分位数日最大 8 小时平均质量浓度均达到《环境空气质量标准》(GB3095-2026)的过渡阶段浓度限值二级的要求。根据《环境影响评价技术导则大气环境》(HJ2.2-2018)，年评价指标中的年均浓度和相应百分位数 24h 平均或 8h 平均质量浓度满足《环境空气质量标准》(GB 3095-2026) 中浓度限值要求即为达标。因此，本项目所在区域为环境空气质量达标区。

表 5.7-1 2024 年汕尾市空气质量现状

| 污染物 | 评价指标 | 现状浓度 (μg/m ³) | 标准值 (μg/m ³) | 占标率 (%) | 达标情况 |
|-------------------|----------------------|---------------------------|--------------------------|---------|------|
| SO ₂ | 年平均质量浓度 | 7 | 60 | 11.7 | 达标 |
| NO ₂ | 年平均质量浓度 | 10 | 40 | 25.0 | 达标 |
| PM ₁₀ | 年平均质量浓度 | 26.5 | 60 | 44.2 | 达标 |
| PM _{2.5} | 年平均质量浓度 | 17.7 | 30 | 59.0 | 达标 |
| O ₃ | 第 90 百分位数 8 小时平均质量浓度 | 135 | 160 | 84.4 | 达标 |
| CO | 第 95 百分位数日平均质量浓度 | 800 | 4000 | 20.0 | 达标 |

6 环境影响预测与评价

6.1 水文动力环境影响分析

本项目拟申请采砂区位于汕尾市陆丰市西南侧海域，平均采砂深度为-7.0m，工程所在海域以潮流作用为主，采砂施工使得区域地形发生变化，潮流动力受到一定影响，产生的悬浮泥沙随海流输运扩散，对采砂区及附近海域水质产生一定影响。本评价通过建立附近海域三维潮流模型，预测工程对海洋水文动力环境的影响。

距离本矿区东侧约 290m 的 SW24-12 矿区与本项目同期开展前期工作，平均采砂深度-9.5m。因此，本次预测在单独考虑本矿区影响的外，还考虑 SW24-12 区块与本项目同时实施的叠加影响。

6.1.1 三维水动力模式

6.1.1.1 基本方程

三维水动力数学模型是基于三维不可压缩流，雷诺平均化的 N-S 方程，服从 Boussinesq 假定和静水压力假设，它包括了紊流影响以及密度变化，同时包含了温度平衡方程：

(1) 控制方程

① 三维控制方程

$$\sigma = \frac{z-\eta}{H+\eta} \quad D = H + \eta \quad z = \eta, \sigma = 0; \quad z = -H, \sigma = -1$$

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial u D}{\partial x} + \frac{\partial v D}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial \sigma} = 0$$

$$\frac{\partial u D}{\partial t} + \frac{\partial u^2 D}{\partial x} + \frac{\partial uv D}{\partial y} + \frac{\partial uw}{\partial \sigma} - fv D + g D \frac{\partial \eta}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial \sigma} \left[\frac{A_M}{D} \frac{\partial u}{\partial \sigma} \right]$$

$$- \frac{g D^2}{\rho_0} \frac{\partial}{\partial x} \int_{\sigma}^0 \rho d\sigma + \frac{g D}{\rho_0} \frac{\partial D}{\partial x} \int_{\sigma}^0 \sigma \frac{\partial \rho}{\partial \sigma} d\sigma + F_x$$

$$\frac{\partial v D}{\partial t} + \frac{\partial uv D}{\partial x} + \frac{\partial v^2 D}{\partial y} + \frac{\partial vw}{\partial \sigma} + fu D + g D \frac{\partial \eta}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial \sigma} \left[\frac{A_M}{D} \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right]$$

$$- \frac{g D^2}{\rho_0} \frac{\partial}{\partial y} \int_{\sigma}^0 \rho d\sigma + \frac{g D}{\rho_0} \frac{\partial D}{\partial y} \int_{\sigma}^0 \sigma \frac{\partial \rho}{\partial \sigma} d\sigma$$

$$- \frac{g D^2}{\rho_0} \frac{\partial}{\partial y} \int_{\sigma}^0 \rho d\sigma + \frac{g D}{\rho_0} \frac{\partial D}{\partial y} \int_{\sigma}^0 \sigma \frac{\partial \rho}{\partial \sigma} d\sigma + F_y$$

$$F_x = \frac{\partial}{\partial x} \left[2DA_H \frac{\partial u}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[DA_H \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right]$$

$$F_y = \frac{\partial}{\partial y} \left[2DA_H \frac{\partial v}{\partial y} \right] + \frac{\partial}{\partial x} \left[DA_H \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right]$$

②二维控制方程

$$\begin{aligned} \frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial Du}{\partial x} + \frac{\partial Dv}{\partial y} &= 0 \\ \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} - fv &= -g \frac{\partial \eta}{\partial x} + A_h \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) + \frac{\tau_x}{\rho D} - g \frac{u \sqrt{u^2 + v^2}}{c_s^2 D} \\ \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + fu &= -g \frac{\partial \eta}{\partial y} + A_h \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) + \frac{\tau_y}{\rho D} - g \frac{v \sqrt{u^2 + v^2}}{c_s^2 D} \end{aligned}$$

其中:

H —平均海平面下水深(m)

η —平均海平面起算水位 (m)

u — x 方向 (东方向) 流速 (m/s)

v — y 方向 (北方向) 流速 (m/s)

w — σ 坐标系流速 (m/s), 方向为等 σ 线的法线方向, 它与三维直角坐标系下垂向流速 W 的关系为:

$$w = W - u \left(\sigma \frac{\partial D}{\partial x} + \frac{\partial \eta}{\partial x} \right) - v \left(\sigma \frac{\partial D}{\partial y} + \frac{\partial \eta}{\partial y} \right) - \left(\sigma \frac{\partial D}{\partial t} + \frac{\partial \eta}{\partial t} \right)$$

f —科氏参数

A_H —水平湍流粘滞系数, 取 $23 \text{ m}^2/\text{s}$ 。

A_M —垂直湍流粘滞系数, 由求解双方程湍动能封闭模型求得。

ρ_0 为参考密度, 取 1025 kg/m^3 ; ρ 为海水密度, 由海水状态方程计算。

(2) 初始条件

初始速度场, 水位场(开边界除外)均为 0。

(3) 边界条件

①在自由表面上 ($\sigma = 0$)

$$w(0)=0$$

$\rho_0 K_M \left(\frac{\partial u}{\partial \sigma}, \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right) = (\tau_{ax}, \tau_{ay})$, τ_{ax}, τ_{ay} 为海表风应力在 x, y 方向上的分量, 表达式为:

$$\bar{\tau}_a = \rho_a C_D |\bar{W}_a| \bar{W}_a$$

其中, W_a 为风速 (m/s), ρ_a 为空气密度, C_D 为风曳力系数, 采用 ECOM 公式:

$$C_D = \begin{cases} 1.2 \times 10^{-3} & |\bar{W}_a| \leq 11 \text{ (m/s)} \\ (0.49 + 0.065|\bar{W}_a|) \times 10^{-3} & 11 < |\bar{W}_a| \leq 25 \text{ (m/s)} \\ 2.1 \times 10^{-3} & |\bar{W}_a| > 25 \text{ (m/s)} \end{cases}$$

不考虑大气与水热交换:

$$wC + K_V \frac{\partial C}{\partial \sigma} = 0$$

②在海底 ($\sigma = -1$)

$$W(-1) = 0$$

$\rho_w A_M \left(\frac{\partial u}{\partial \sigma}, \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right) = (\tau_{bx}, \tau_{by})$, τ_{bx}, τ_{by} 为海底切应力 x、y 方向上的分量, 表达式为:

$$\bar{\tau}_b = \rho_w C_z |\bar{V}_b| \bar{V}_b$$

其中, $C_z = \max \left[\frac{k^2}{\ln^2(z_b/z_0)}, 0.0025 \right]$, k 是 Karman 常数 (一般取值 0.4), z_b 是离海

底最近的网格结点与海底的距离, z_0 为海底粗度, 取 0.01m。

不考虑海底热盐交换: $-K_V \frac{\partial C}{\partial \sigma} - w_b C_b = 0$

③侧边界条件

在固边界上, 流的法向分量恒为零, $\bar{V}(x, y, \sigma, t) = 0$, 无热、盐交换。

在开边界上, 外海开边界来源与全球潮汐模型, 采用 8 个分潮调和常数计算潮位边界, 8 个分潮分别为 M_2 、 S_2 、 N_2 、 K_2 、 K_1 、 O_1 、 P_1 、 Q_1 。

$$\eta = \eta_0 + \sum_{i=1}^8 A_i f_i \cos(\omega_i t + (V_0 + u_0) - \phi_i)$$

式中, η_0 为平均潮位, A 为分潮振幅, ω 为分潮角速率, f 为交点因子, t 是区时, $(V_0 + u_0)$ 是平衡潮展开分潮的区时初相角, ϕ 为区时迟角。温、盐边界条件采用温盐资料, 分别插值到对应网格与层次。

(4) 干湿边界

对计算区域内滩地干湿过程, 采用水位判别法处理, 即当某点水深小于一浅水

深 ε_{dry} (如 0.1m) 时, 令该处流速为零, 滩地干出, 当该处水深大于 ε_{flood} (如

0.2m) 时, 参与计算, 潮水上滩。

(5) 计算方法

对笛卡儿坐标系下的控制方程的归一化:

$$\frac{\partial U}{\partial t} + \frac{\partial(F_x^I - F_x^V)}{\partial x} + \frac{\partial(F_y^I - F_y^V)}{\partial y} = S$$

其中:

$$U = \begin{bmatrix} h \\ h\bar{u} \\ h\bar{v} \end{bmatrix}$$

$$F_x^I = \begin{bmatrix} h\bar{u} \\ h\bar{u}^2 + \frac{1}{2}g(h^2 - d^2) \\ h\bar{u}\bar{v} \end{bmatrix}, F_x^V = \begin{bmatrix} 0 \\ hA(2\frac{\partial\bar{u}}{\partial x}) \\ hA(\frac{\partial\bar{u}}{\partial y} + \frac{\partial\bar{v}}{\partial x}) \end{bmatrix}$$

$$F_y^I = \begin{bmatrix} h\bar{v} \\ h\bar{u}\bar{v} \\ h\bar{v}^2 + \frac{1}{2}g(h^2 - d^2) \end{bmatrix}, F_y^V = \begin{bmatrix} 0 \\ hA(\frac{\partial\bar{u}}{\partial y} + \frac{\partial\bar{v}}{\partial x}) \\ hA(2\frac{\partial\bar{v}}{\partial x}) \end{bmatrix}$$

$$S = \begin{bmatrix} 0 \\ gh\frac{\partial d}{\partial x} + f\bar{v}h - \frac{h}{\rho_0}\frac{\partial p_a}{\partial x} - \frac{gh^2}{2\rho_0}\frac{\partial\rho}{\partial x} - \frac{1}{\rho_0}(\frac{\partial S_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{xy}}{\partial y}) + hu_s \\ gh\frac{\partial d}{\partial y} - f\bar{u}h - \frac{h}{\rho_0}\frac{\partial p_a}{\partial y} - \frac{gh^2}{2\rho_0}\frac{\partial\rho}{\partial y} - \frac{1}{\rho_0}(\frac{\partial S_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{yy}}{\partial y}) + hv_s \end{bmatrix}$$

对于归一化后的方程, 在每一个单元上积分, 根据高斯定理, 将面积分化为线积分

$$\int_{A_i} \frac{\partial U}{\partial t} d\Omega + \int_{\Gamma_i} (F \cdot n) ds = \int_{A_i} S(U) d\Omega$$

进一步简化后得到:

$$\frac{\partial U_i}{\partial t} + \frac{1}{A_i} \sum_j^{NS} F \cdot n \Delta \Gamma_j = S_i$$

6.1.1.2 模型搭建

水动力模块包含两个模态，即内模态和外模态，在进行计算时，外模态忽略垂向结构，考虑水平对流和扩散，计算二维变量。内模态三维水动力模型考虑垂向分层使用 Sigma 坐标，模型层数与实测海流对应，将每个网格点按水深平均分为 5 层，

每层厚度为 $0.2H$ 。计算三维变量，按稳定性要求 $\frac{\Delta t}{2} < \frac{\alpha \cdot \Delta s}{\sqrt{gH_{\max}}}$ ， $\alpha=1\sim 3$ ，水流数学模型的计算步长为动态时间步长，取 $0.1s\sim 30s$ 。

内外模分离：研究海水运动时，海水表面的重力波称为外重力波也被称作潮波，对于外重力波的计算无需考虑垂向坐标。海平面以下的重力波称为内重力波，也就是海洋内波。对于海洋内波的计算需要考虑深度因素

内外模时间分裂算法：外模式为二维，采用短的时间步长计算水位和垂直平均流速，水位直接提供给内模态计算使用，垂直积分流速用来校正三维流速，外模态可从内模态获取底应力以及斜压项和对流项的垂直积分。内模式为三维，采用长的时间步长计算三维流速、温度、盐度和湍流参数。这样设置比完全三维计算节省很大计算量可进行 2D，3D 诊断和 3D 的斜压模式的计算。

模型求解采用非结构网格中心网格有限体积法求解，其优点为计算速度较快，非结构网格可以拟合复杂地形。模型共布置 113421 个网格，58030 个节点，采用三角形网格离散计算区域，最大网格尺寸为 2000m，最小网格尺寸为 30m。模型采用的坐标系为 CGCS2000 坐标系，基面为理论深度基准面。模型计算范围、工程前采砂区水深地形图及网格布置见图 6.1.1-1~图 6.1.1-4。

水深地形资料：近海区采用中国人民解放军海军司令部航海保证部最新版海图数据，工程附近由实测地形进行校正。

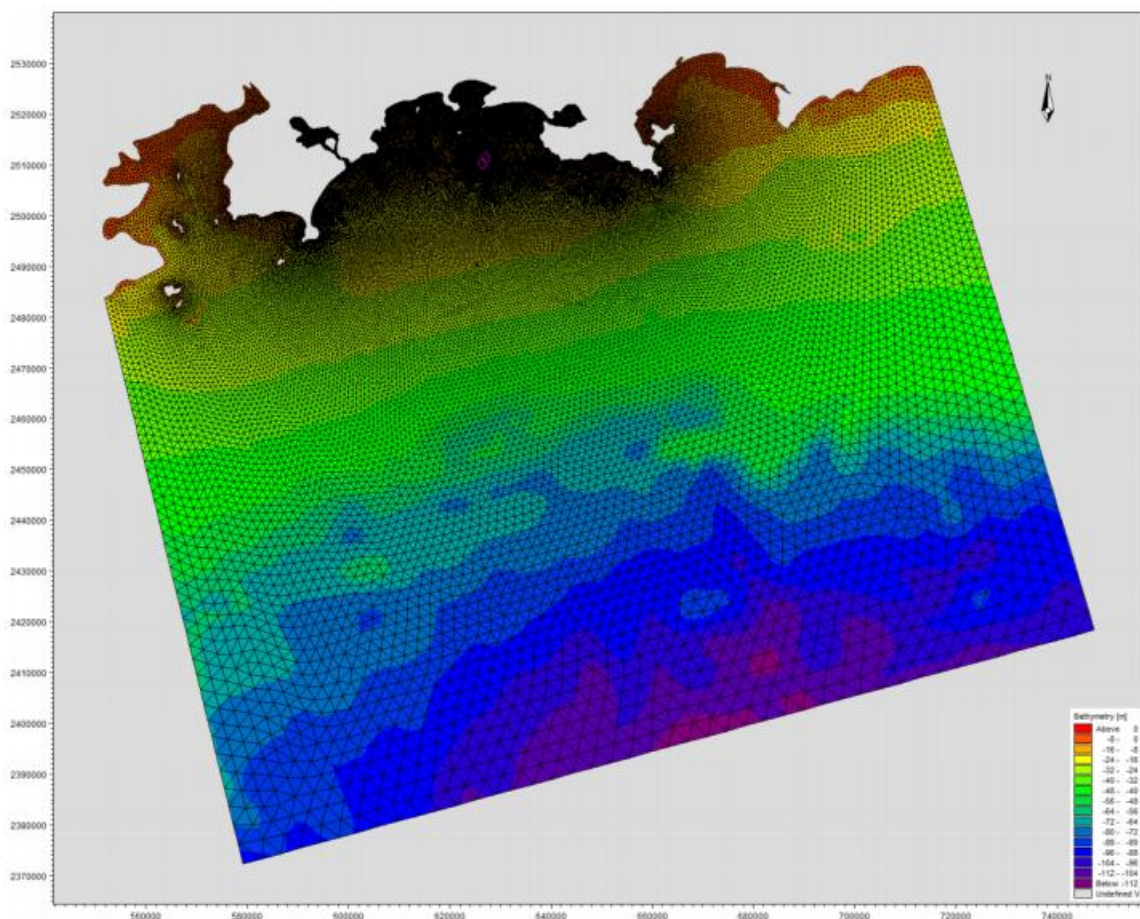


图 6.1.1-1a 模型计算范围

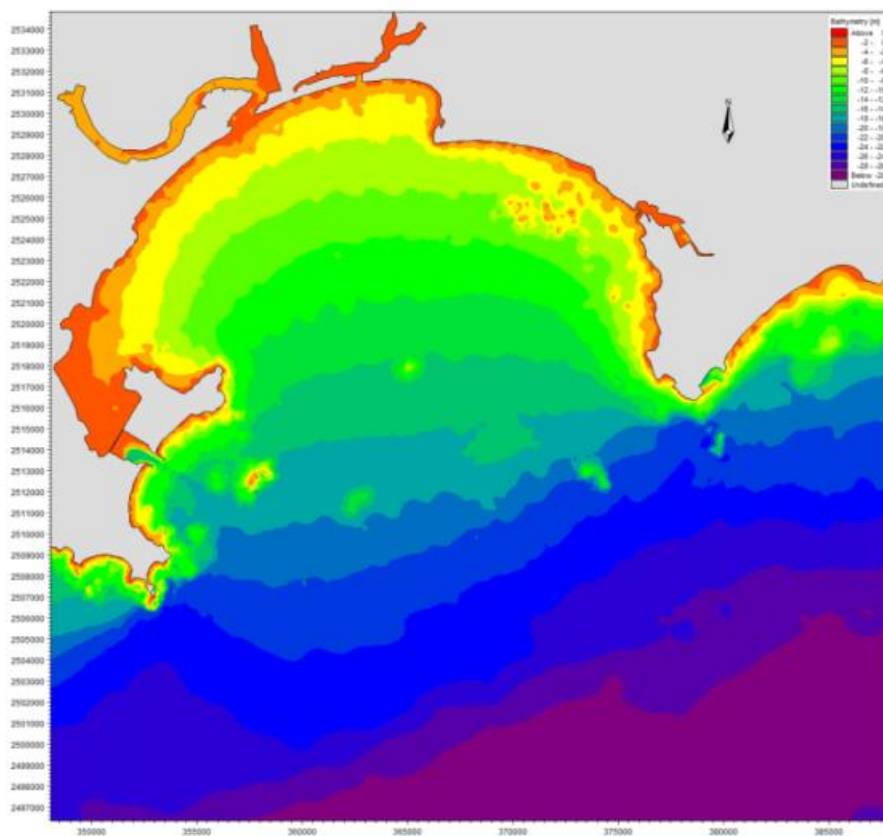


图 6.1.1-1b 工程前采砂区水深地形图

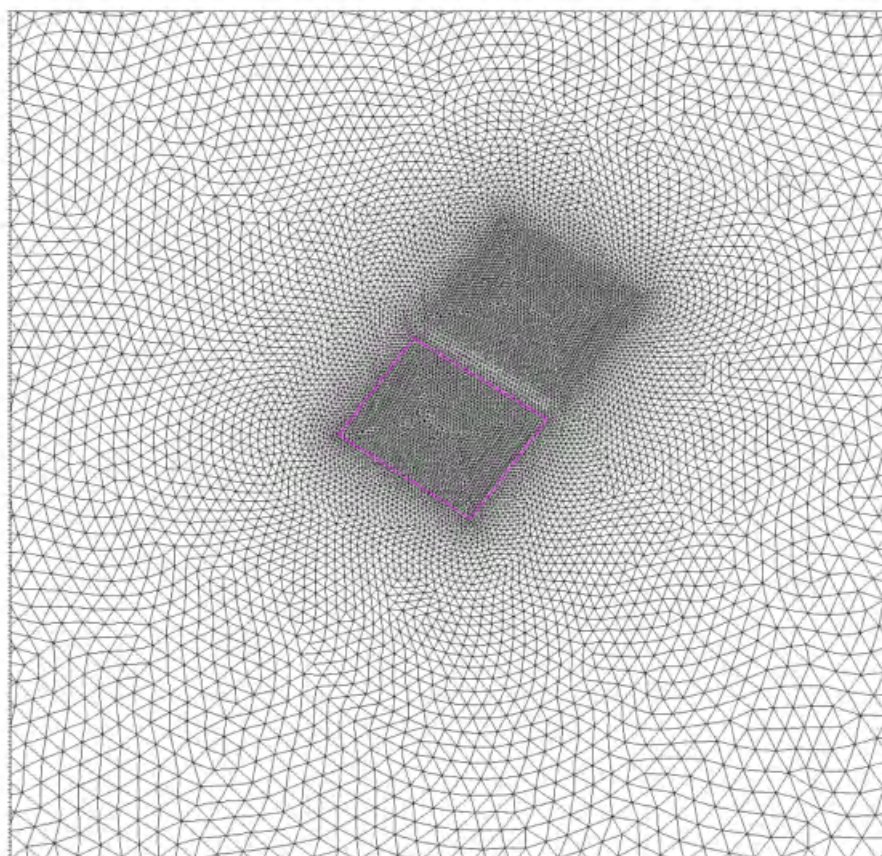


图 6.1.1-2a 工程区网格剖分图 (SW24-11 采砂区)

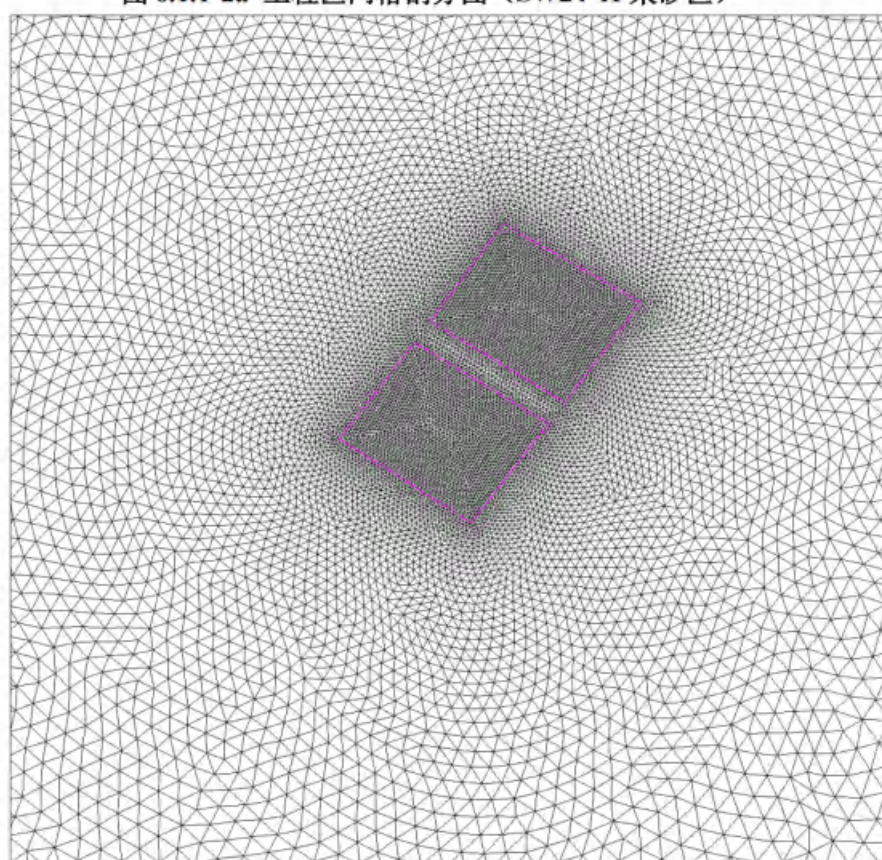


图 6.1.1-2b 工程区网格剖分图 (两个采砂区)

6.1.1.3 模型验证

模型夏季计算时间为 2025 年 6 月 25 日 0:00~2025 年 7 月 10 日 23:00，冬季计算时间为 2025 年 2 月 10 日 0:00~2025 年 2 月 25 日 23:00。模型采用 2025 年 6 月 27 日 12:00~2025 年 6 月 28 日 14:00 时、2025 年 2 月 12 日 12:00~2025 年 2 月 13 日 14:00 时工程附近海域 SWL1~SWL7 测站的潮流资料以及 SWC1、SWC2 两个潮位测站观测资料进行验证，验证点位置见图 6.1.1-3。图 6.1.1-4~图 6.1.1-5 给出了两个实测潮位站夏季潮位过程计算值与实测值的比较图，图 6.1.1-4~图 6.1.1-5 给出了两个实测潮位站冬季潮位过程计算值与实测值的比较图；图 6.1.1-6~图 6.1.1-11 给出了 7 个潮流实测站位夏季表层、中层和底层流速、流向计算值与实测资料的对比图，图 6.1.1-6~图 6.1.1-11 给出了 7 个潮流实测站位冬季表层、中层和底层流速、流向计算值与实测资料的对比图。

水文数据验证结果表明：相同站点垂向各层计算精度差别不大，工程附近潮位站和流速点的计算潮位、流速、流向和实测值基本吻合，位于工程附近 2 个点的实测潮位与模拟潮位平均绝对误差在 0.1m 以内，从图和误差分析表可以看出，模拟潮位与实测潮位基本吻合，误差主要表现在高高、低低潮时刻。

个别站点计算流速与实测流速的误差稍大（可能由于地形资料和边界条件的偏差引起），所建立的工程海域潮流数学模型合理可信，基本反映了工程附近海域整体的潮流运动规律；工程海域 7 个潮流点的计算流速、流向和实测值也吻合较好，相位差基本控制在 0.5h 以内，流速值的相对误差大部分在 10% 以内，表明所建模型能够反映工程海域潮流的变化特征，可用来模拟研究工程实施造成的水动力变化情况。总体而言，计算域内潮汐和潮流模拟验证较好，计算结果基本能够反映工程附近海域的潮流运动特征。

表 6.1.1-1 模型率定验证误差分析一览表

| 率定验证项 | 2025 年 2 月 | 2025 年 6 月 |
|--------------|------------|------------|
| 高低潮时间相位差 (h) | 0.5 | 0.5 |
| 高低潮潮位偏差 (cm) | 7 | 8 |
| 流速时间相位差 (h) | 0.4 | 0.5 |
| 平均流速偏差 (%) | 8.9 | 9.2 |
| 平均流向偏差 (%) | 9.5 | 9.7 |



图 6.1.1-3 验证点位置图

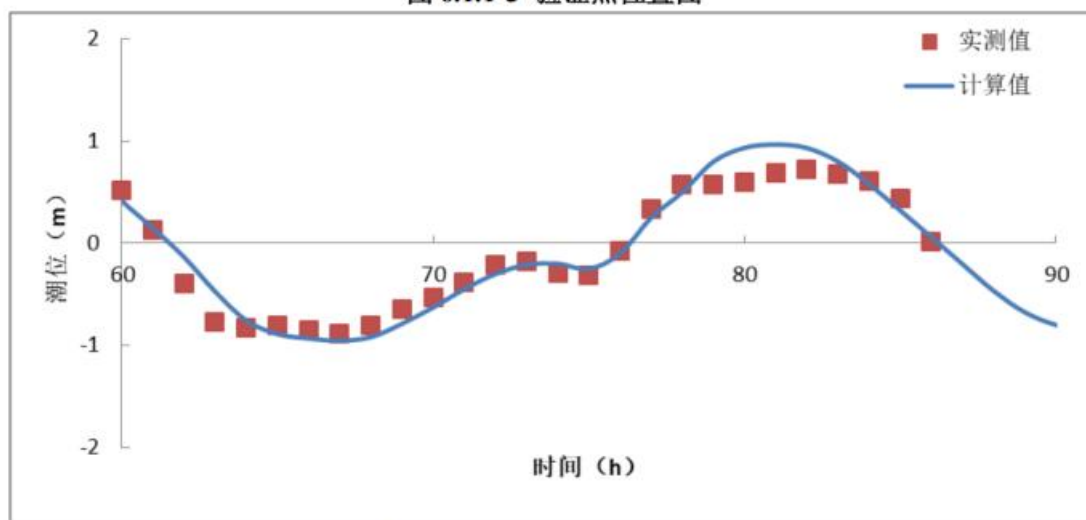


图 6.1.1-4a 夏季 SWC1 站潮位验证

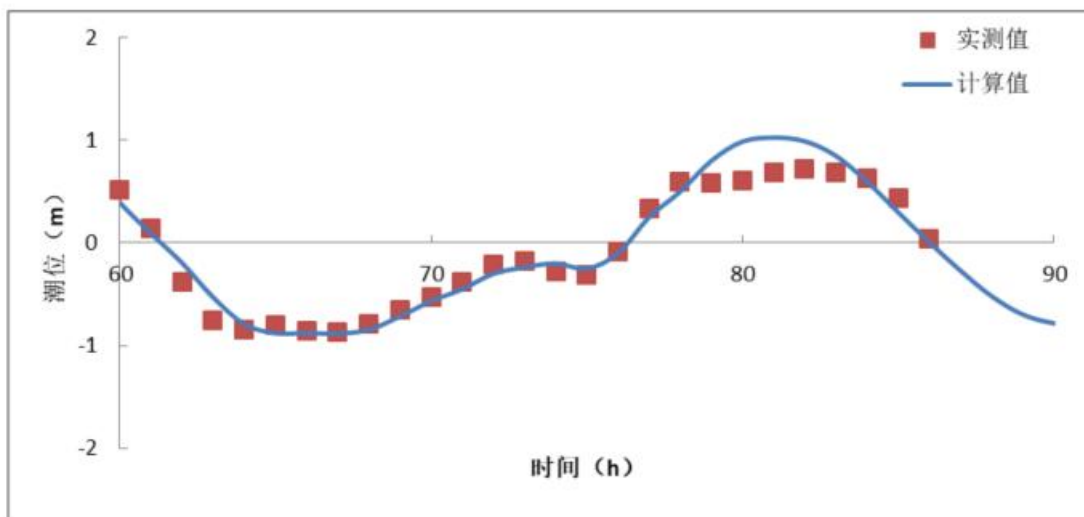


图 6.1.1-4b 夏季 SWC2 站潮位验证

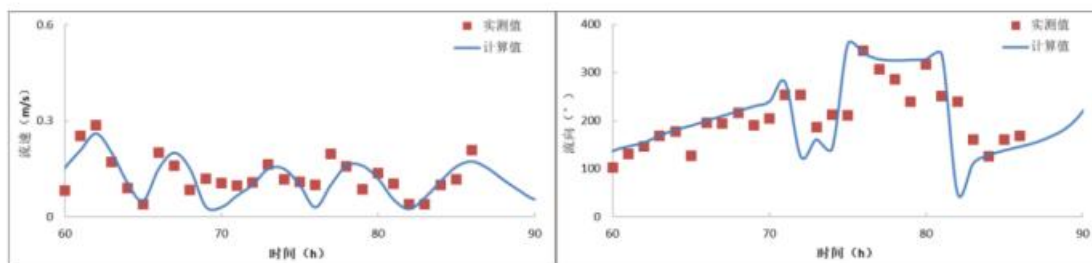


图 6.1.1-5a 夏季 SWL1 站流速、流向验证 (表层)

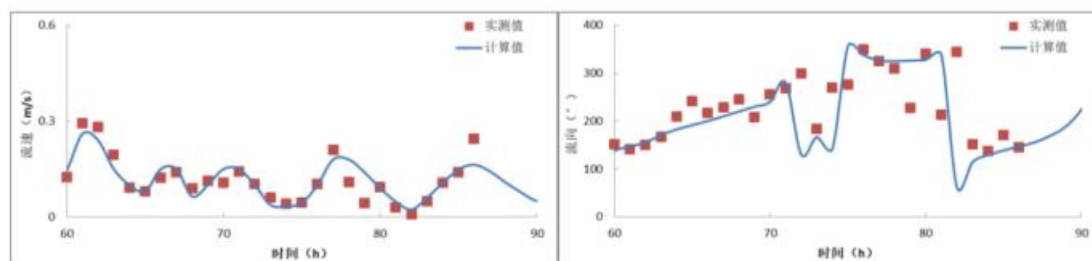


图 6.1.1-5b 夏季 SWL1 站流速、流向验证 (0.6 层)

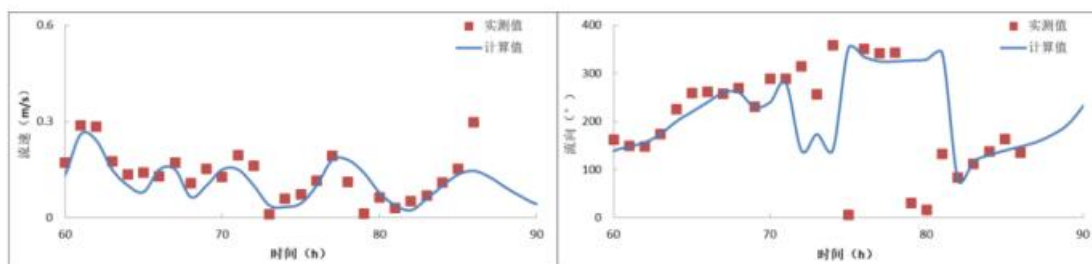


图 6.1.1-5c 夏季 SWL1 站流速、流向验证 (底层)

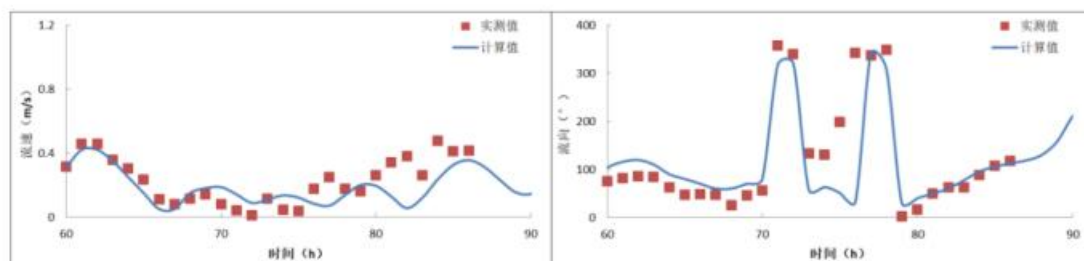


图 6.1.1-5d 夏季 SWL2 站流速、流向验证 (表层)

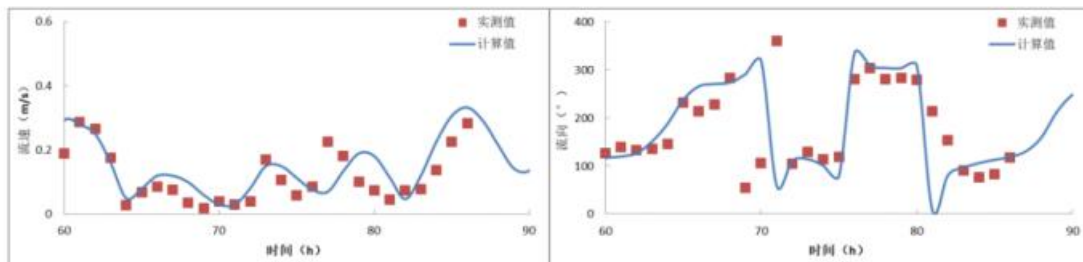


图 6.1.1-5e 夏季 SWL2 站流速、流向验证 (0.6 层)

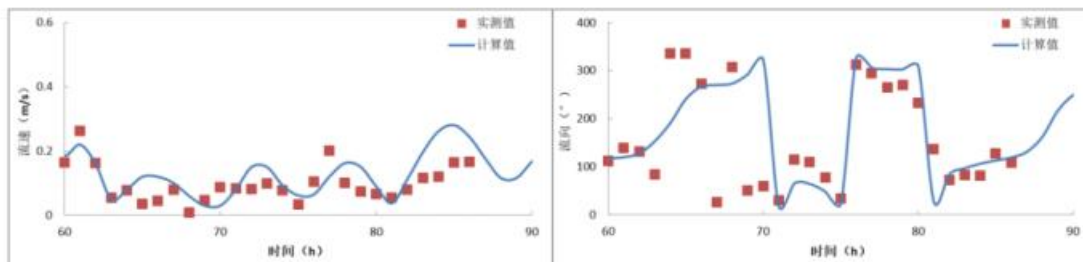


图 6.1.1-5f 夏季 SWL2 站流速、流向验证 (底层)

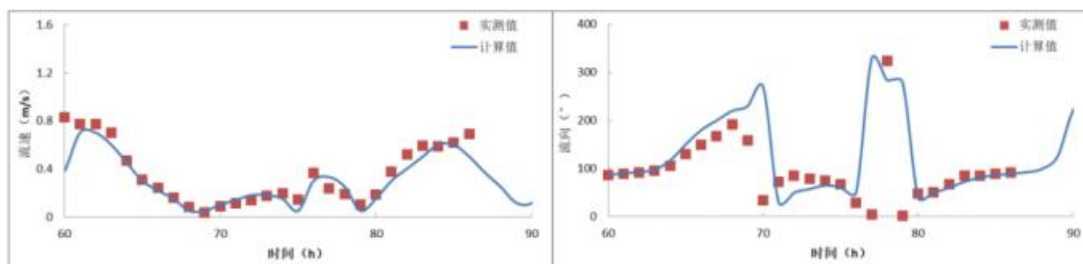


图 6.1.1-5g 夏季 SWL3 站流速、流向验证 (表层)

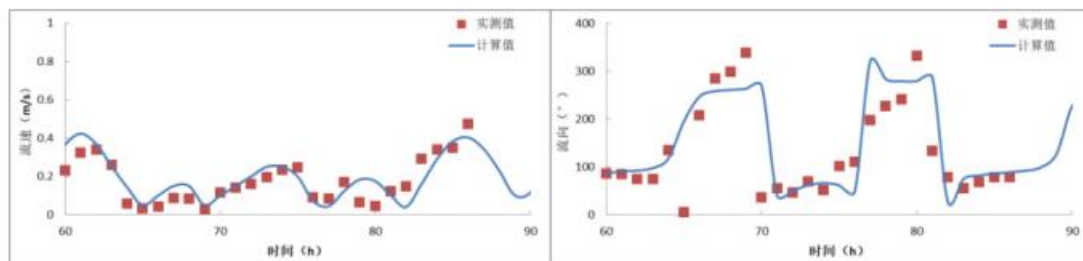


图 6.1.1-5h 夏季 SWL3 站流速、流向验证 (0.6 层)

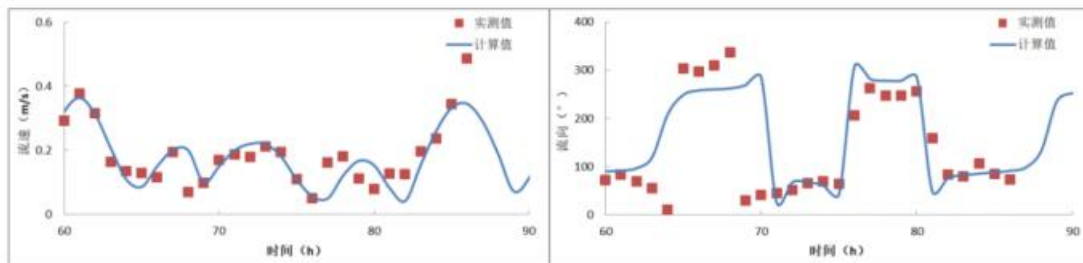


图 6.1.1-5i 夏季 SWL3 站流速、流向验证 (底层)

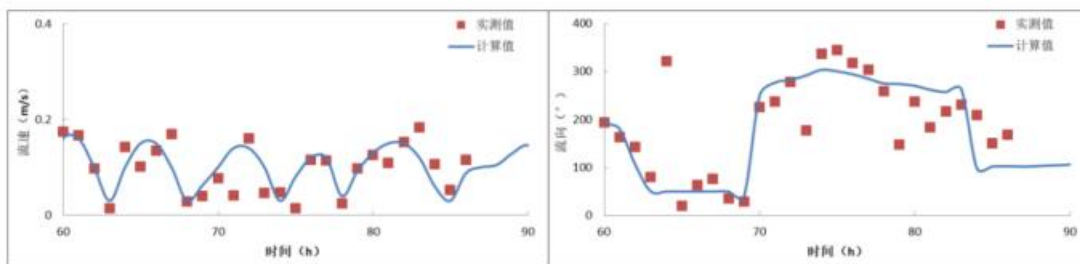


图 6.1.1-5j 夏季 SWL4 站流速、流向验证 (表层)

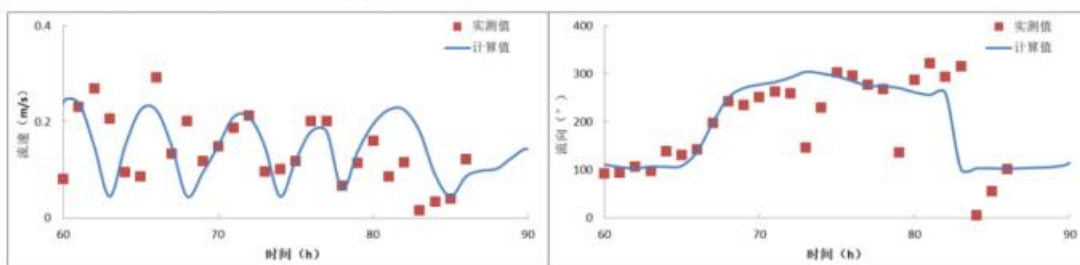


图 6.1.1-5k 夏季 SWL4 站流速、流向验证 (0.6 层)

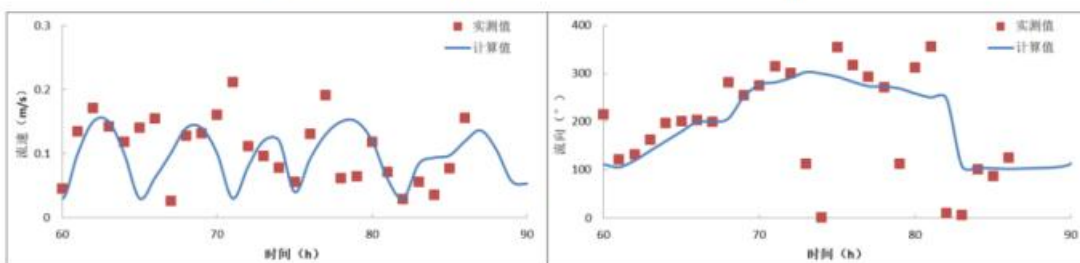


图 6.1.1-5l 夏季 SWL4 站流速、流向验证 (底层)

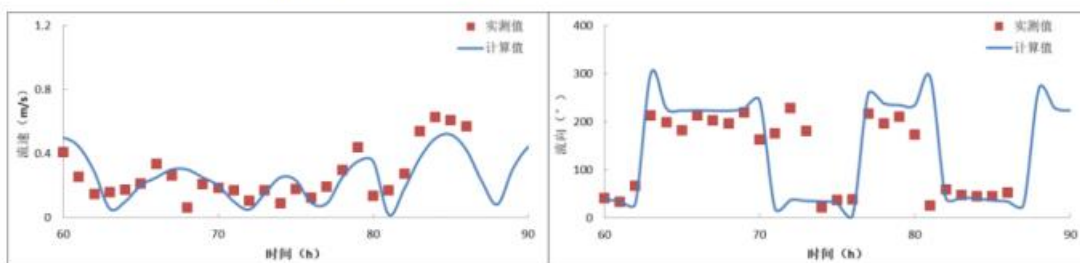


图 6.1.1-5m 夏季 SWL5 站流速、流向验证 (表层)

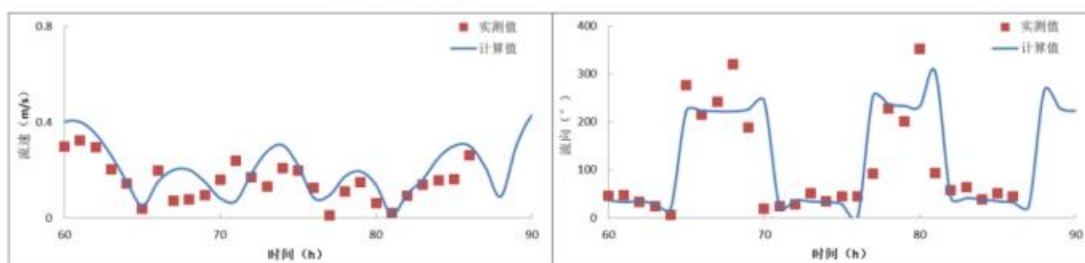


图 6.1.1-5o 夏季 SWL5 站流速、流向验证 (0.6 层)

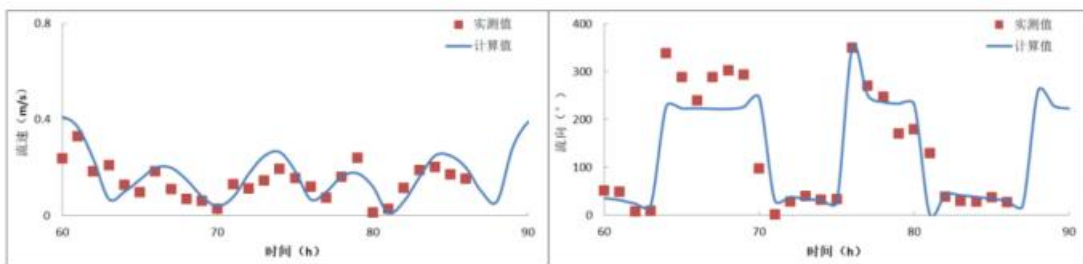


图 6.1.1-5p 夏季 SWL5 站流速、流向验证 (底层)

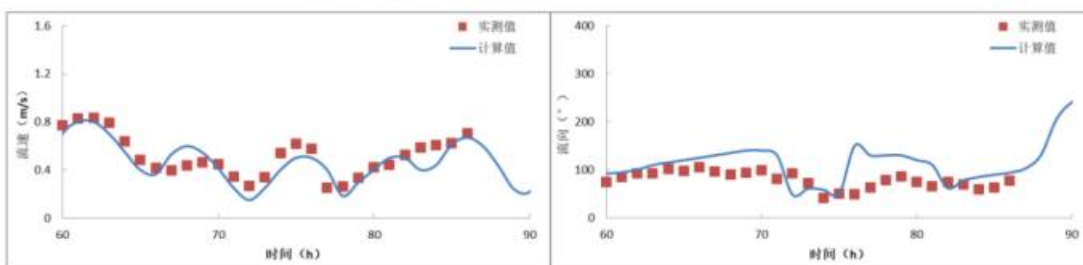


图 6.1.1-5q 夏季 SWL6 站流速、流向验证 (表层)

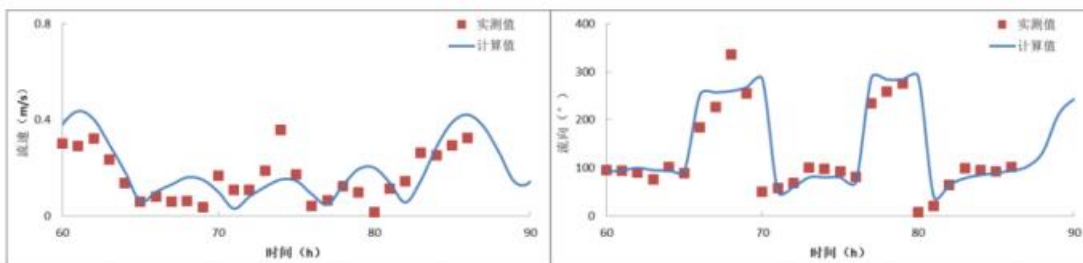


图 6.1.1-5r 夏季 SWL6 站流速、流向验证 (0.6 层)

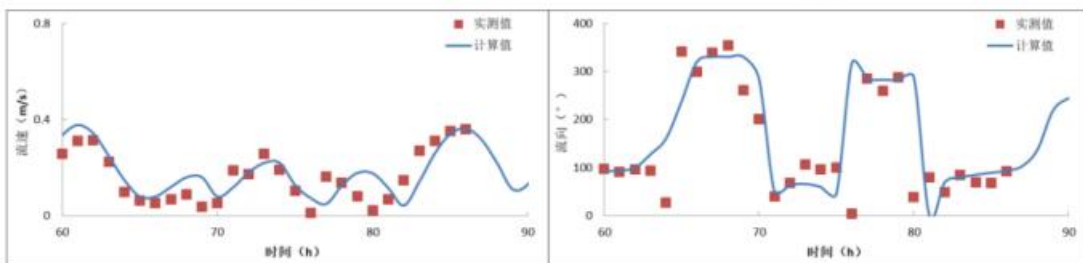


图 6.1.1-5s 夏季 SWL6 站流速、流向验证 (底层)

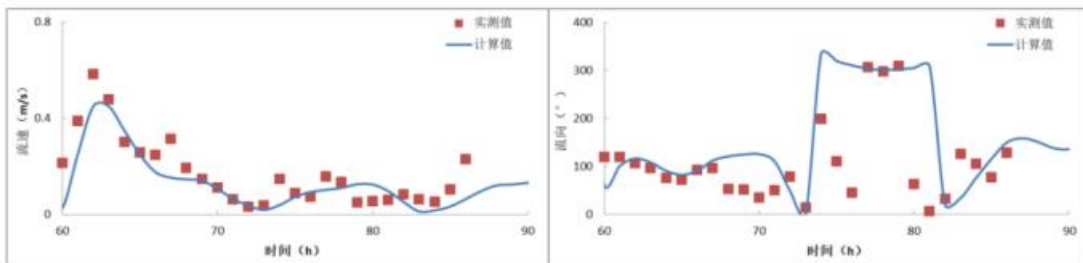


图 6.1.1-5t 夏季 SWL7 站流速、流向验证 (表层)

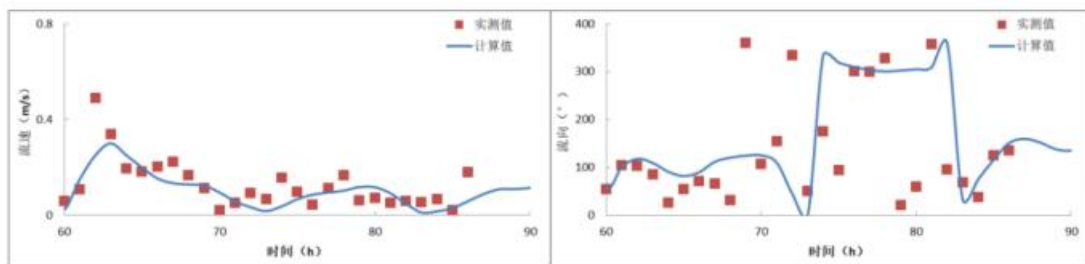


图 6.1.1-5u 夏季 SWL7 站流速、流向验证 (底层)

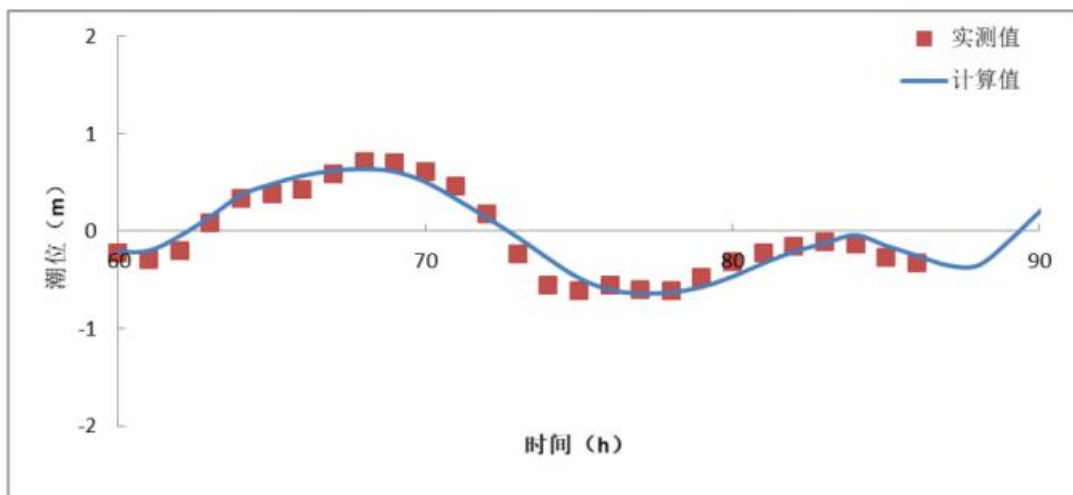


图 6.1.1-6a 冬季 SWC1 站潮位验证

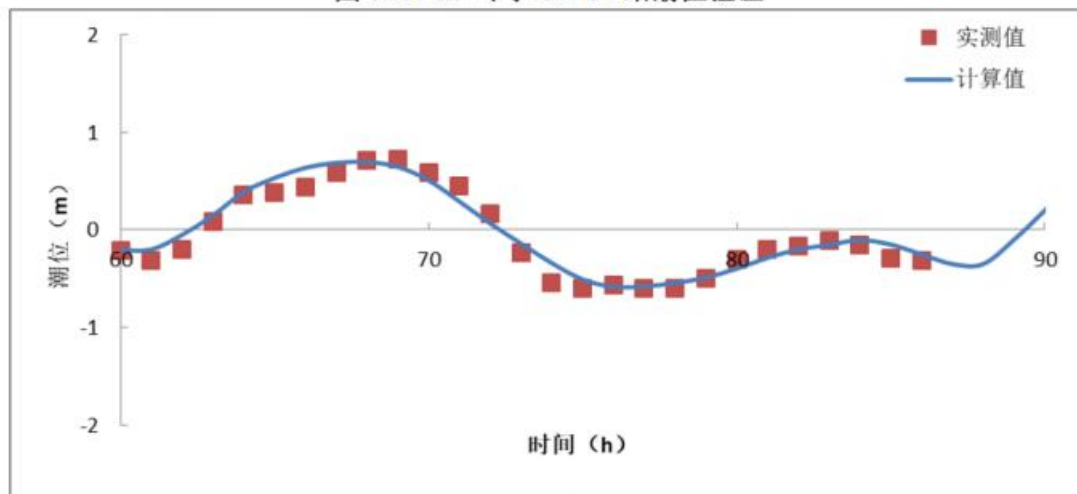


图 6.1.1-6b 冬季 SWC2 站潮位验证

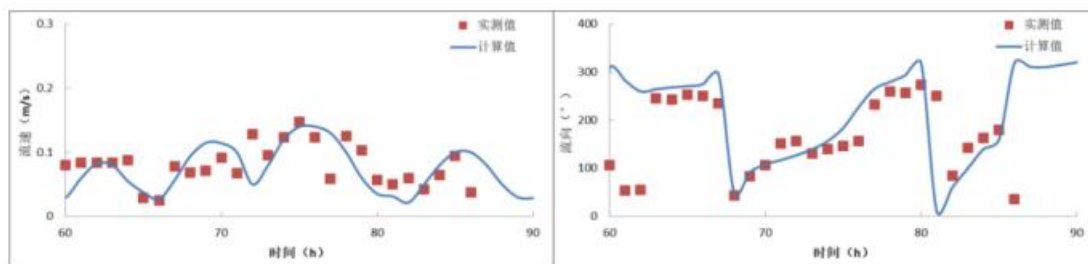


图 6.1.1-7a 冬季 SWL1 站流速、流向验证 (表层)

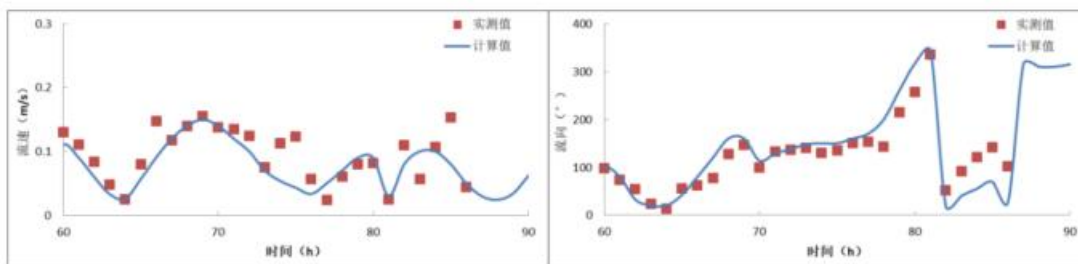


图 6.1.1-7b 冬季 SWL1 站流速、流向验证 (0.6 层)

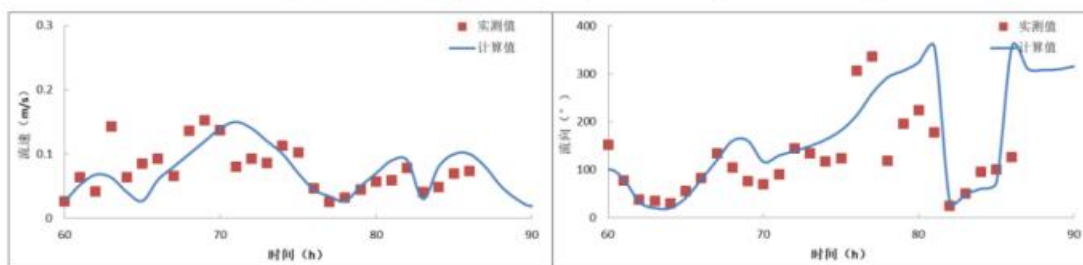


图 6.1.1-7c 冬季 SWL1 站流速、流向验证 (底层)

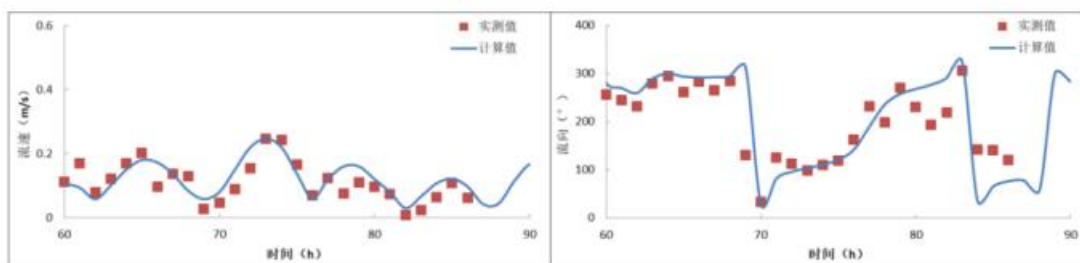


图 6.1.1-7d 冬季 SWL2 站流速、流向验证 (表层)

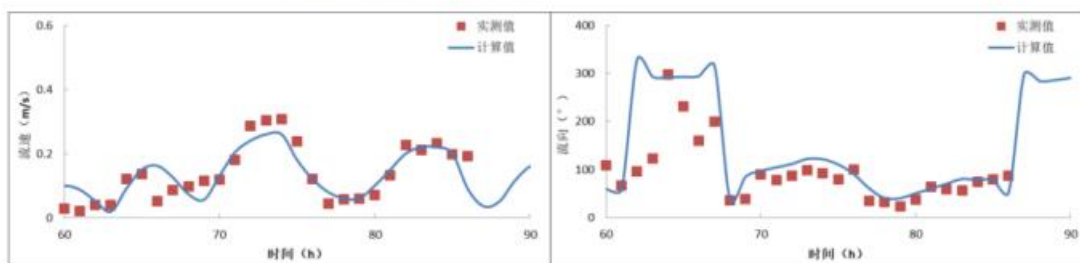


图 6.1.1-7e 冬季 SWL2 站流速、流向验证 (0.6 层)

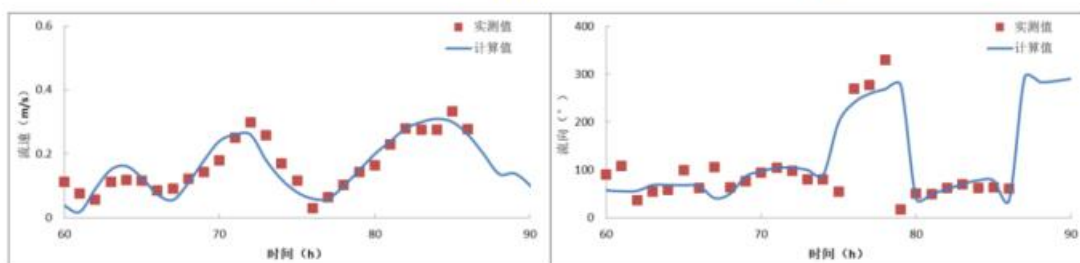


图 6.1.1-7f 冬季 SWL2 站流速、流向验证 (底层)

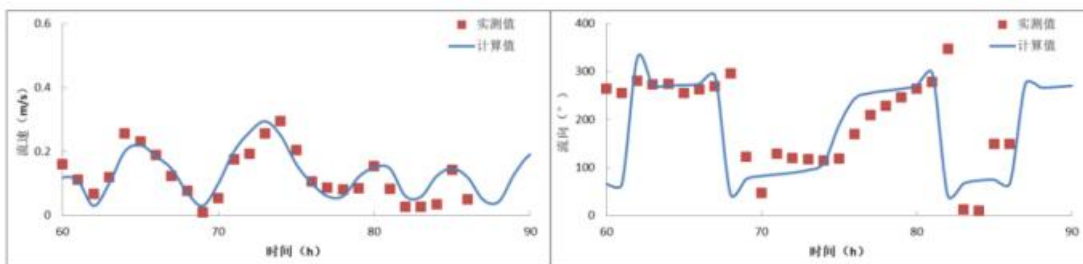


图 6.1.1-7g 冬季 SWL3 站流速、流向验证 (表层)

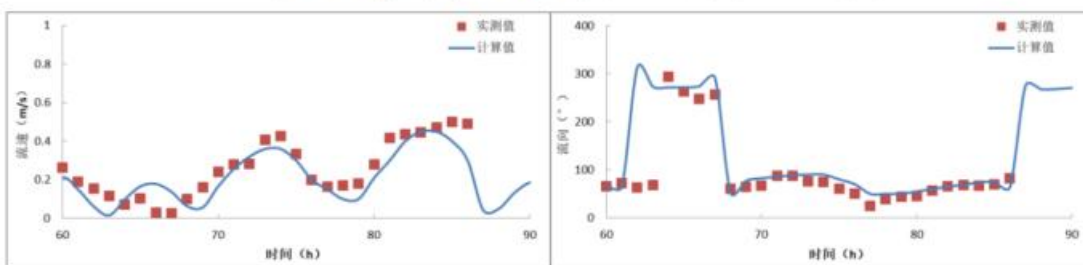


图 6.1.1-7h 冬季 SWL3 站流速、流向验证 (0.6 层)

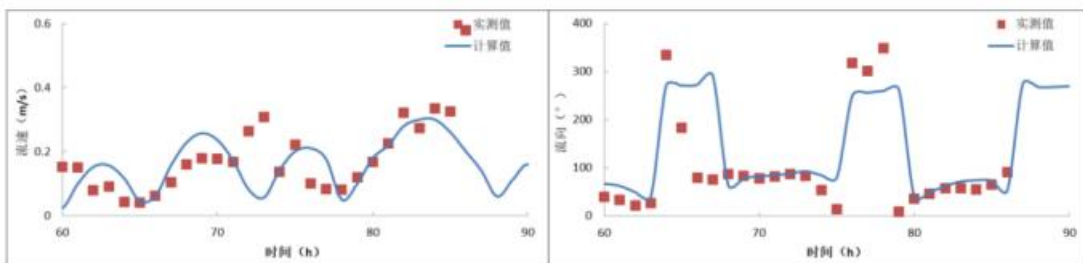


图 6.1.1-7i 冬季 SWL3 站流速、流向验证 (底层)

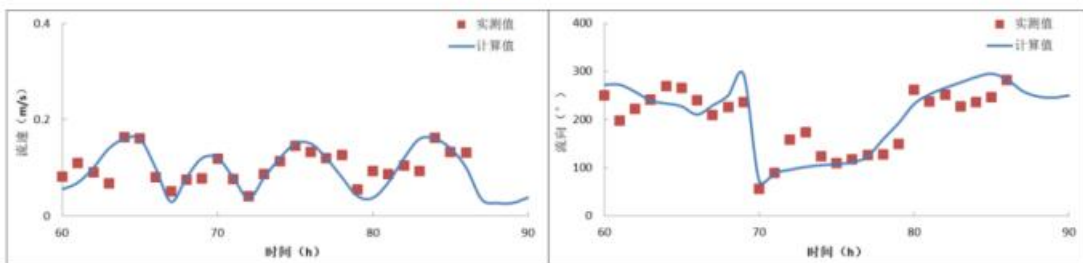


图 6.1.1-7j 冬季 SWL4 站流速、流向验证 (表层)

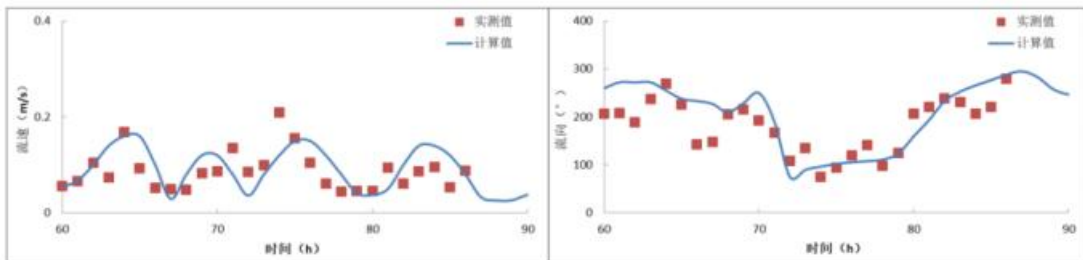


图 6.1.1-7k 冬季 SWL4 站流速、流向验证 (0.6 层)

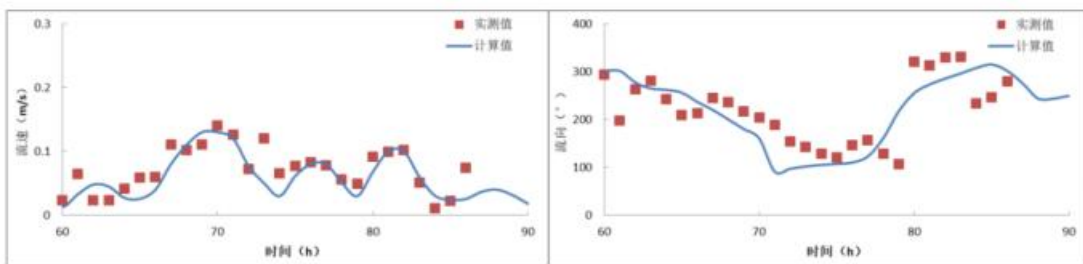


图 6.1.1-7l 冬季 SWL4 站流速、流向验证 (底层)

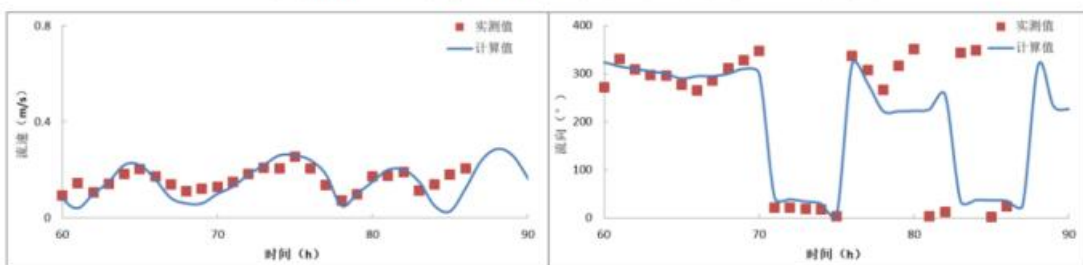


图 6.1.1-7m 冬季 SWL5 站流速、流向验证 (表层)

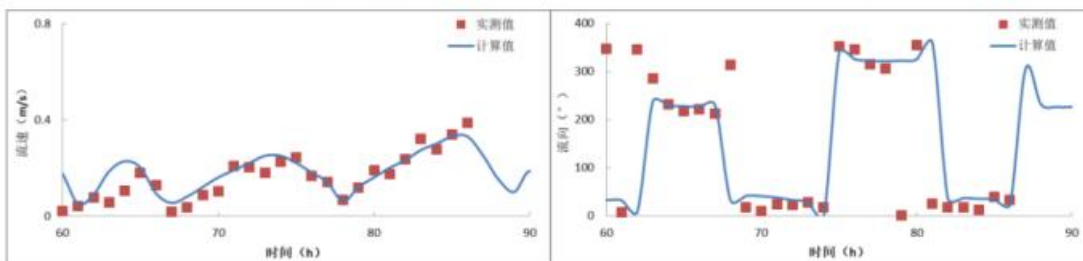


图 6.1.1-7n 冬季 SWL5 站流速、流向验证 (0.6 层)

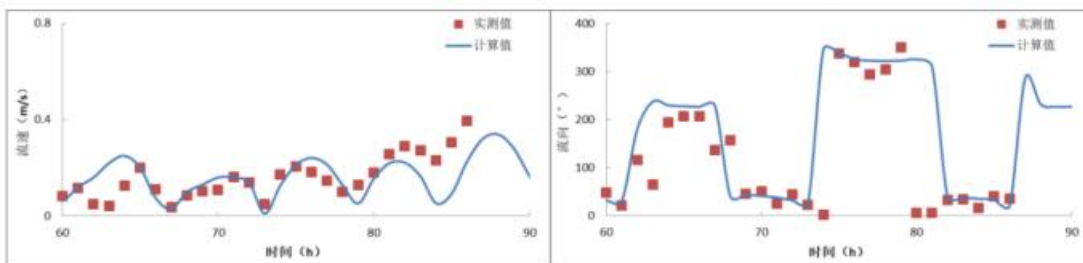


图 6.1.1-7o 冬季 SWL5 站流速、流向验证 (底层)

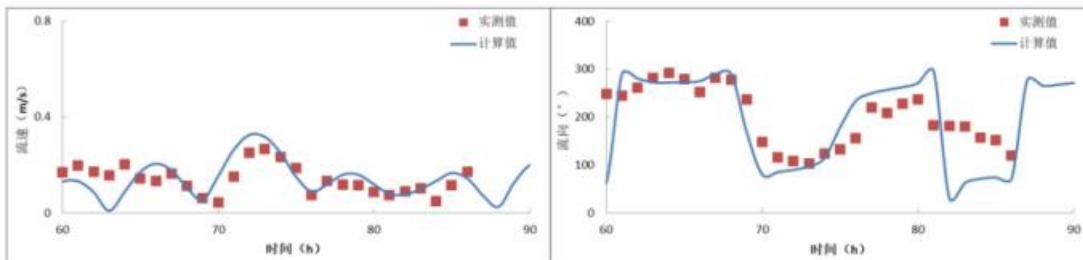


图 6.1.1-7p 冬季 SWL6 站流速、流向验证 (表层)

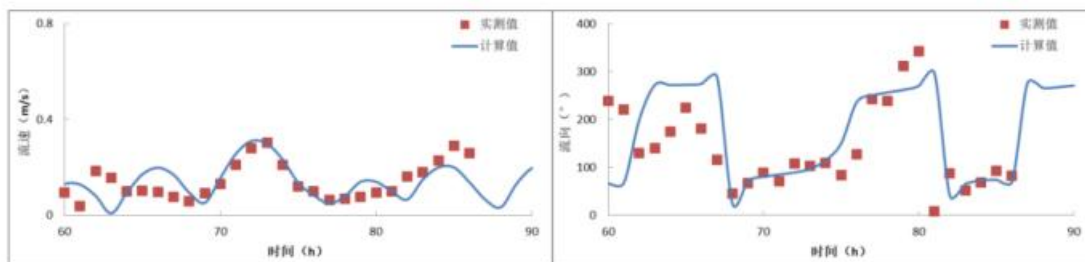


图 6.1.1-7q 冬季 SWL6 站流速、流向验证 (0.6 层)

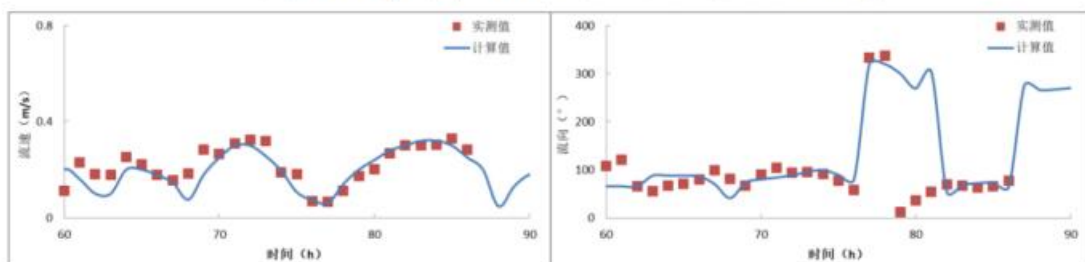


图 6.1.1-7r 冬季 SWL6 站流速、流向验证 (底层)

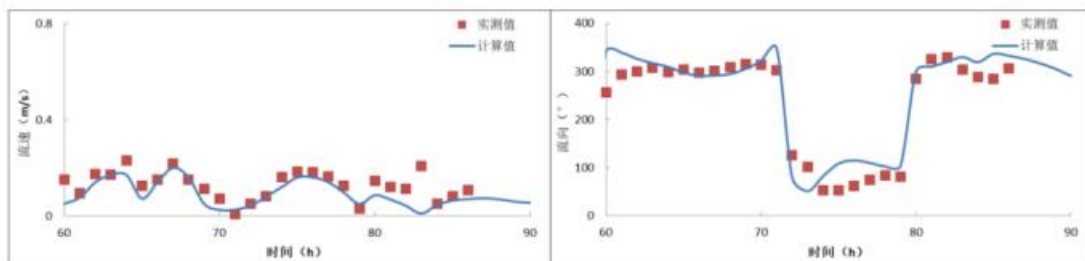


图 6.1.1-7s 冬季 SWL7 站流速、流向验证 (表层)

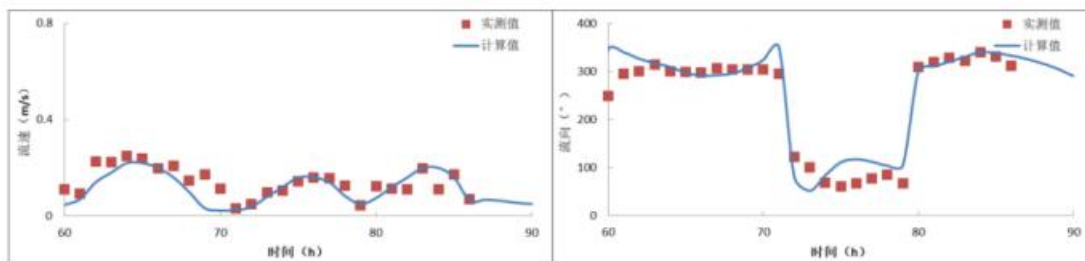


图 6.1.1-7t 冬季 SWL7 站流速、流向验证 (底层)

6.1.2 工程前水动力环境分析

采用经过验证的潮流数学模型，计算了本工程附近水域的潮流场。图 6.1.2-1 为计算域涨急和落急流场图。可以看出，本工程位于碣石湾内，从工程海域大潮涨、落急时刻的流场图可以看出，工程海域基本呈 NW-SE 向，近岸海域潮流流向基本为沿岸走向，工程区域夏季大潮表层落潮平均流速在 0.20m/s 左右，冬季大潮表层落潮平均流速在 0.16m/s 左右；夏季大潮表层涨潮平均流速在 0.18m/s 左右，冬季大潮表层涨潮平均流速在 0.13m/s 左右，夏季流速大于冬季流速。

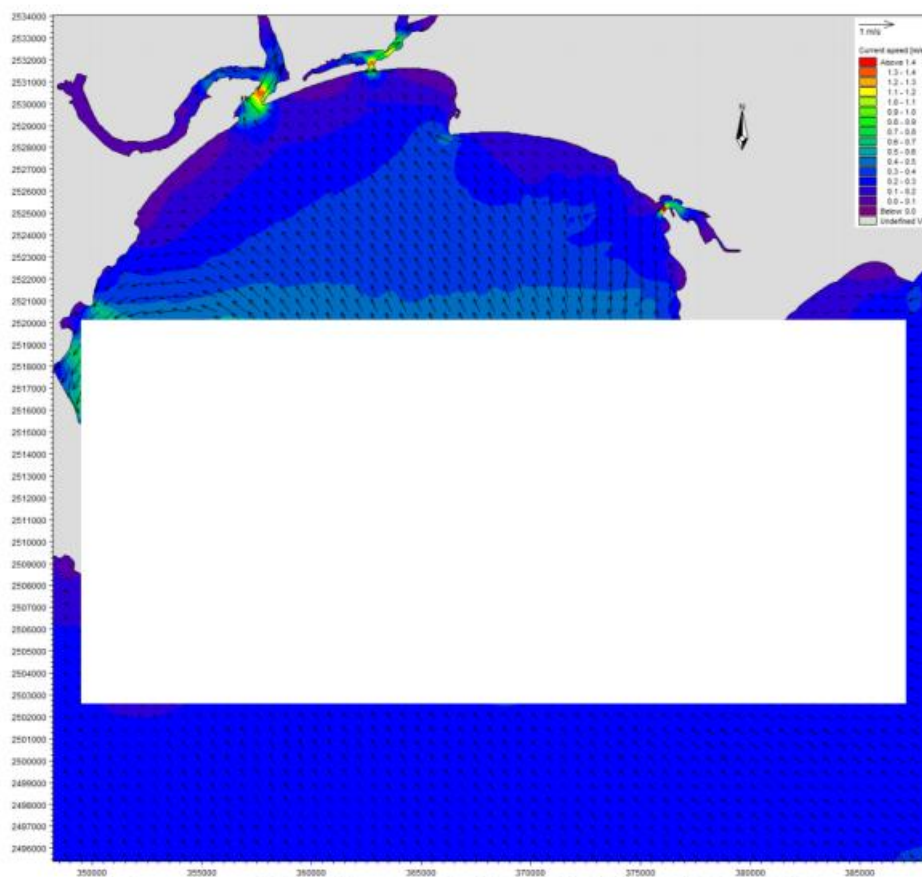


图 6.1.2-1a 现状条件下工程海域夏季大潮涨急流场（表层）

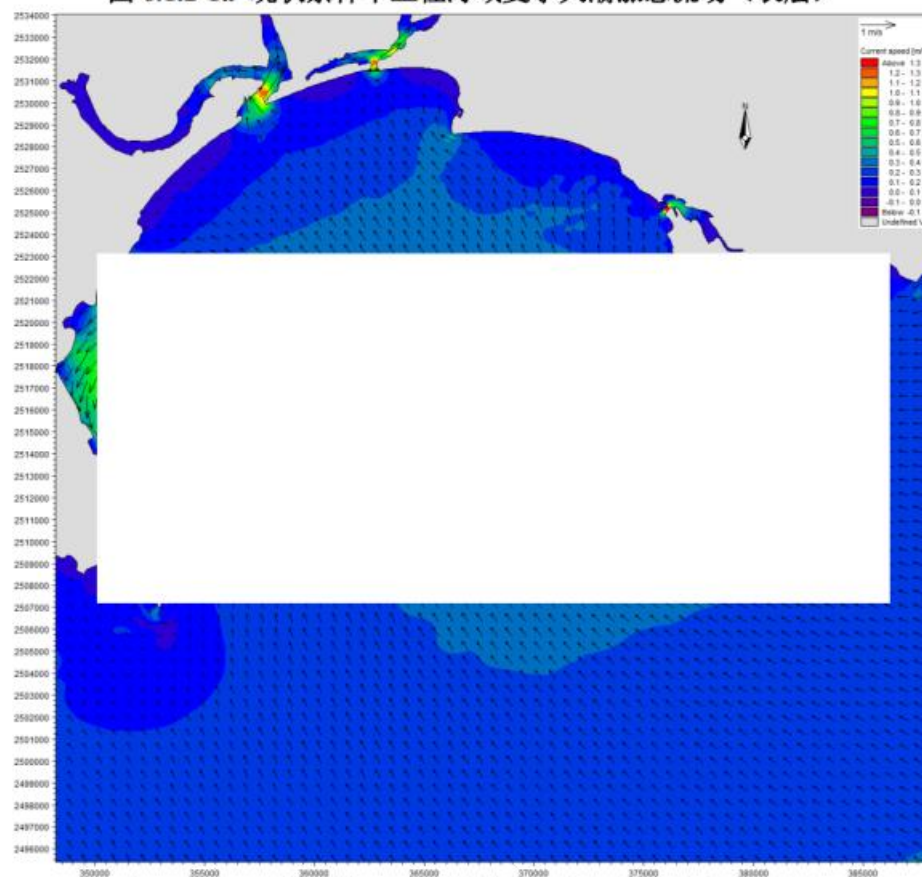


图 6.1.2-1b 现状条件下工程海域夏季大潮涨急流场（中层）

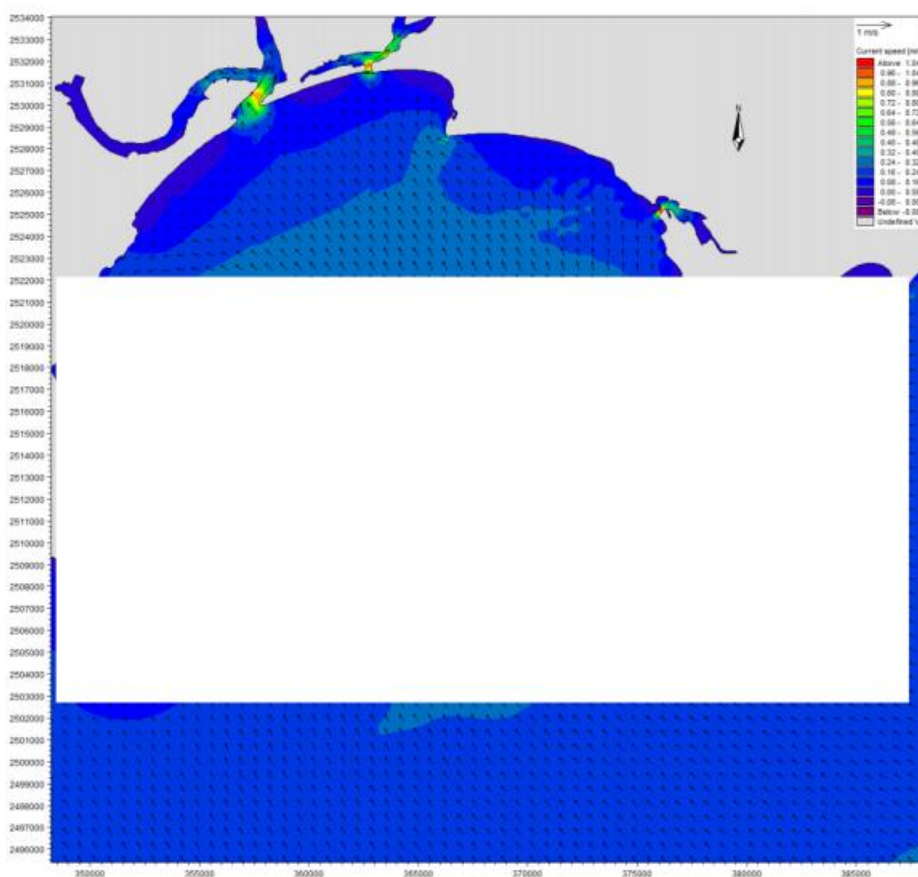


图 6.1.2-1c 现状条件下工程海域夏季大潮涨急流场（底层）

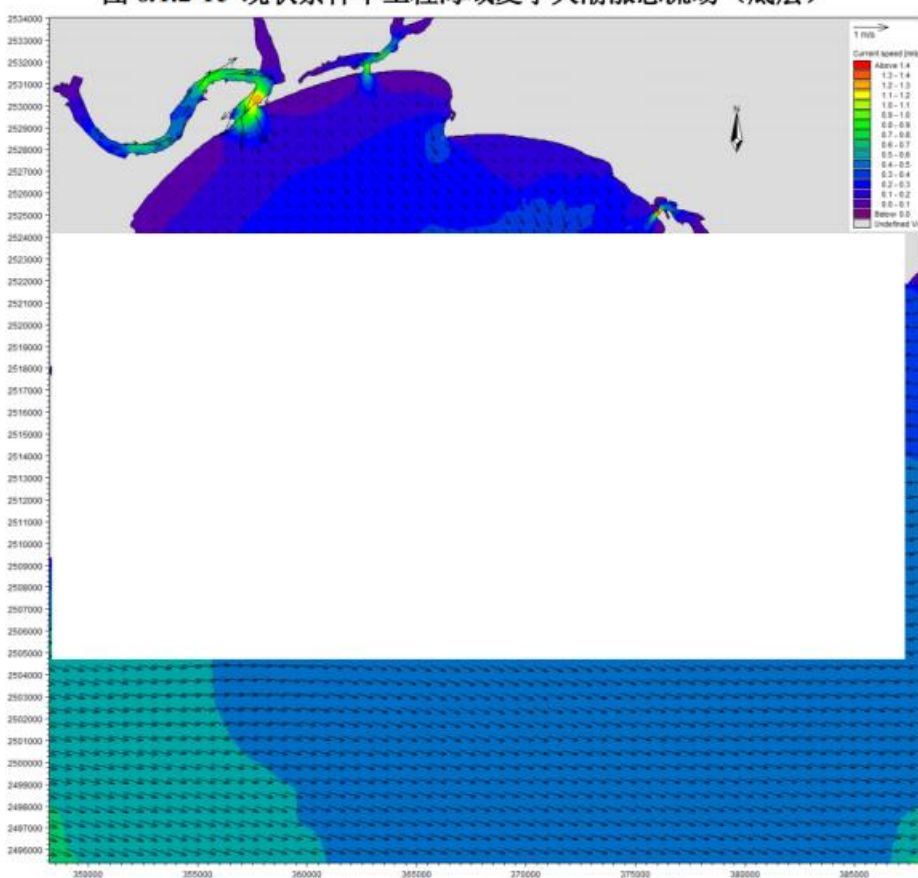


图 6.1.2-1d 现状条件下工程海域夏季大潮落急流场（表层）

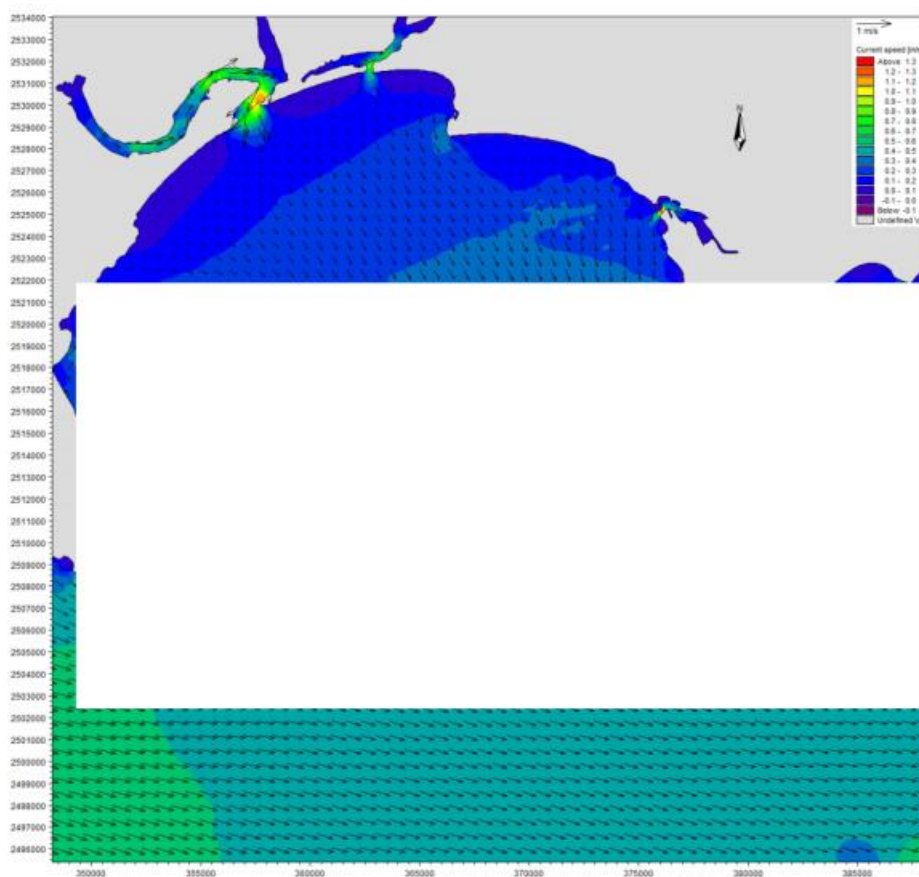


图 6.1.2-1e 现状条件下工程海域夏季大潮落急流场（中层）

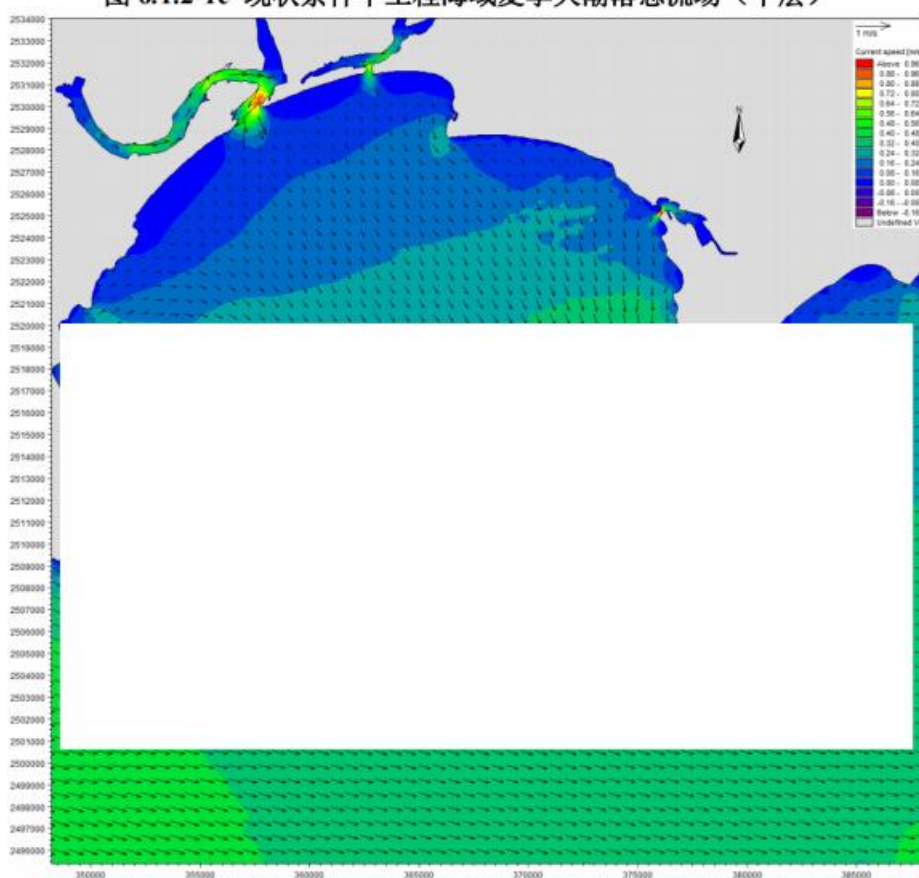


图 6.1.2-1f 现状条件下工程海域夏季大潮落急流场（底层）

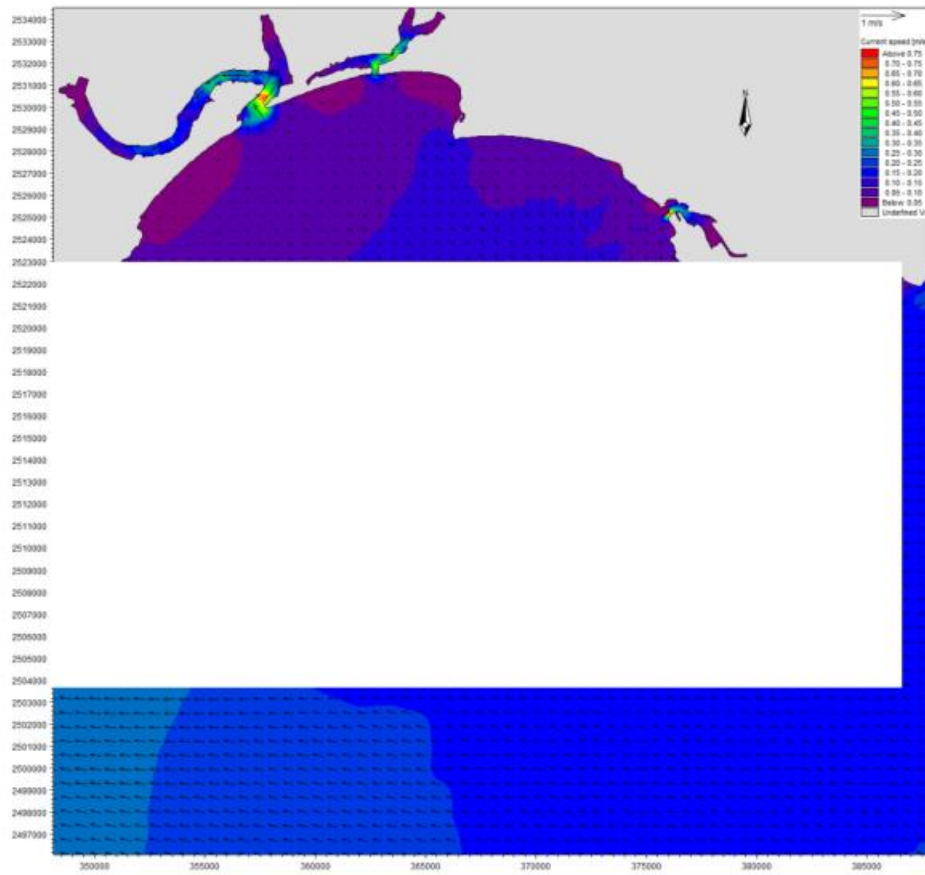


图 6.1.2-2a 现状条件下工程海域冬季大潮涨急流场（表层）

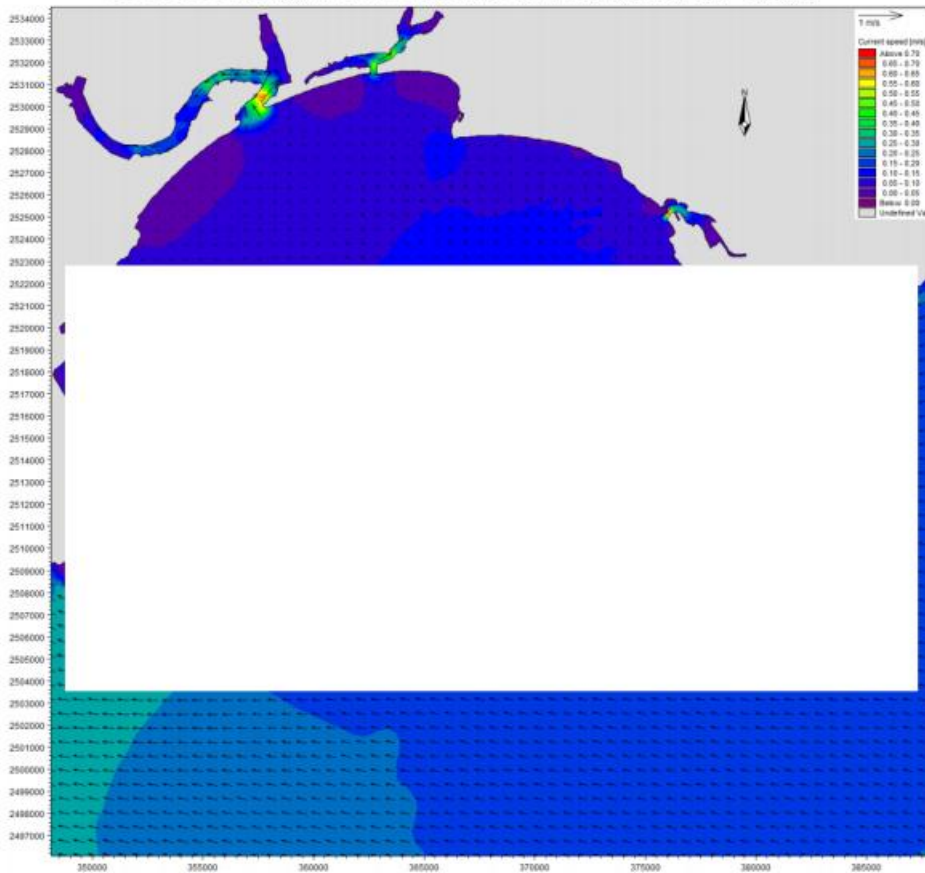


图 6.1.2-2b 现状条件下工程海域冬季大潮涨急流场（中层）

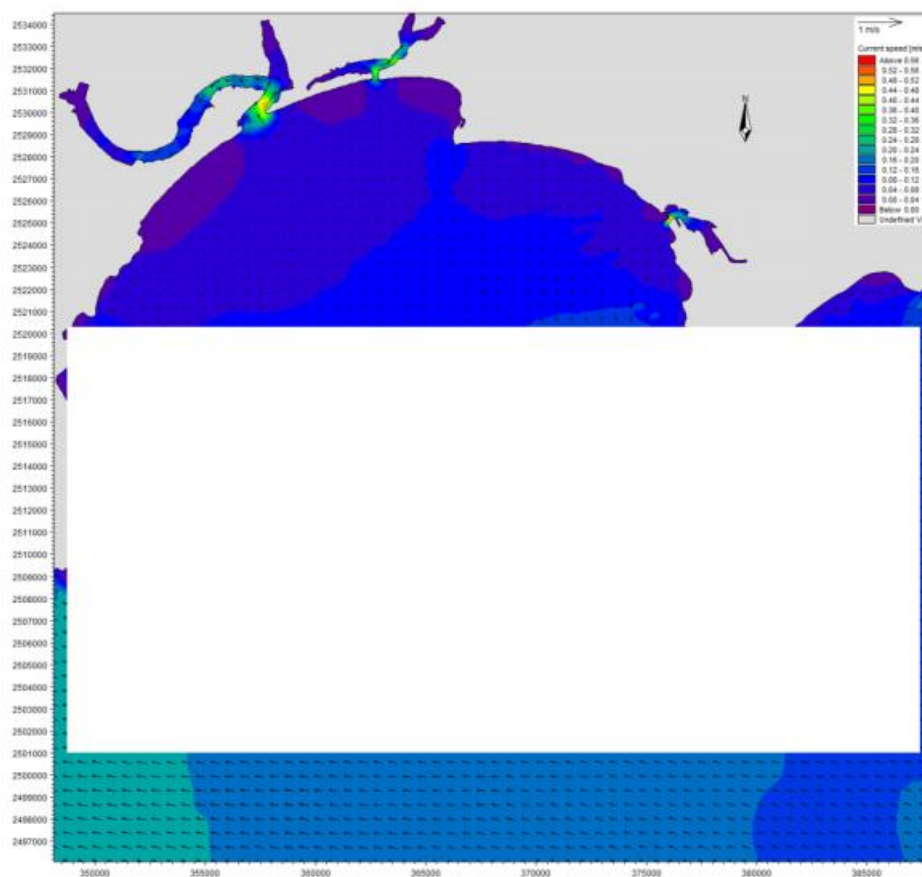


图 6.1.2-2c 现状条件下工程海域冬季大潮涨急流场（底层）

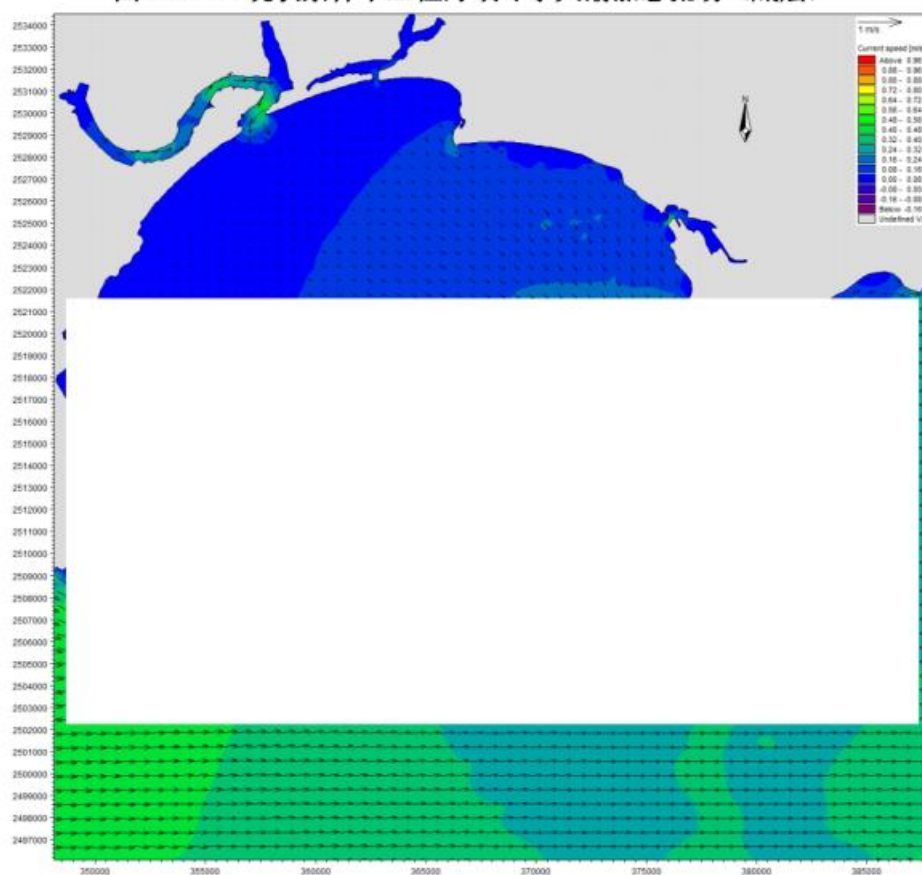


图 6.1.2-2d 现状条件下工程海域冬季大潮落急流场（表层）

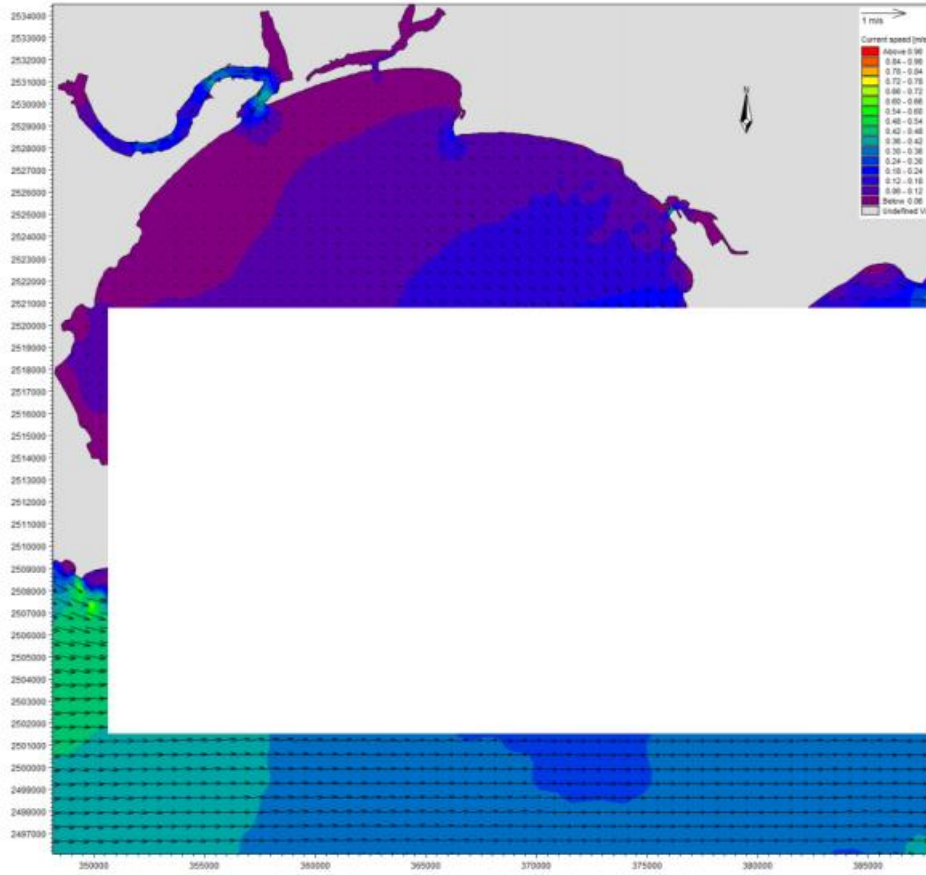


图 6.1.2-2e 现状条件下工程海域冬季大潮落急流场（中层）

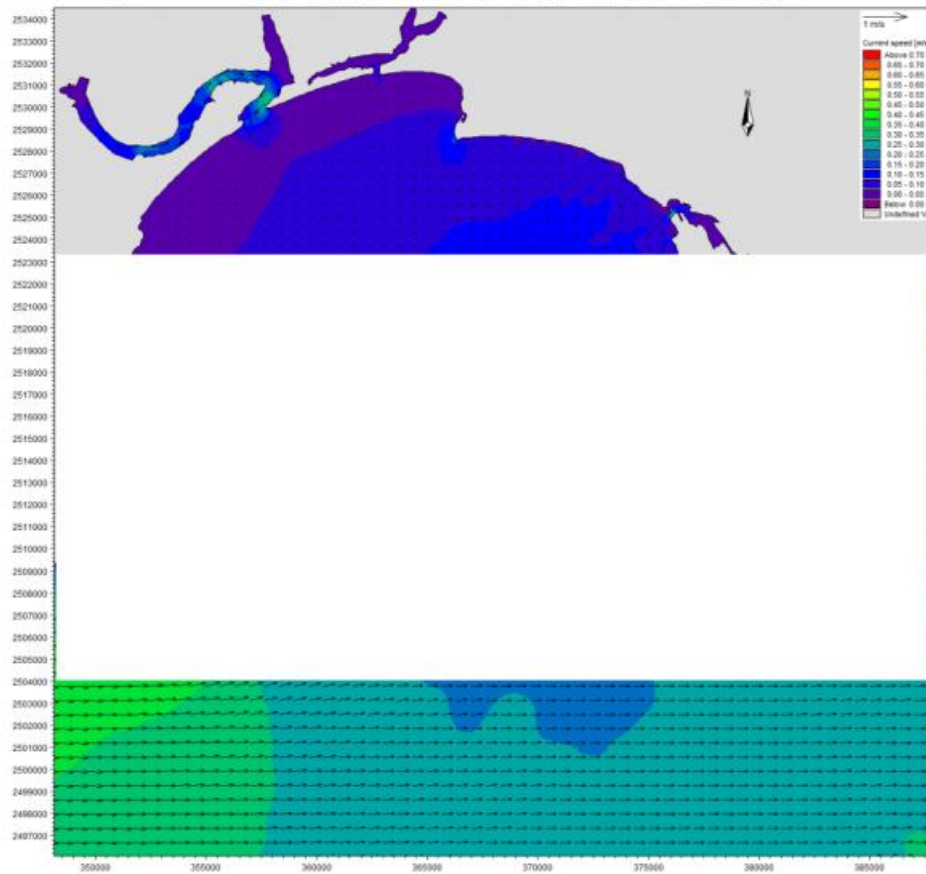


图 6.1.2-2f 现状条件下工程海域冬季大潮落急流场（底层）

6.1.3 工程后水动力环境变化分析

6.1.3.1 SW24-11 区块单独采砂后水动力环境分析

SW24-11 采砂区挖深平均深度为-7.0m，工程后在每个区块网格节点上相应加深每个区块的挖深厚度的，工程后地形图见图 6.1.3-1。为了解项目采砂对附近海域潮流动力的影响，在采砂区周边水域选取 30 个代表点分别对比工程前后大潮涨、落急流速、流向的变化情况，并分别绘制工程前后表中底层流场图及中层大潮涨、落急流场对比图。各代表点具体位置分布见图 6.1.3-2。

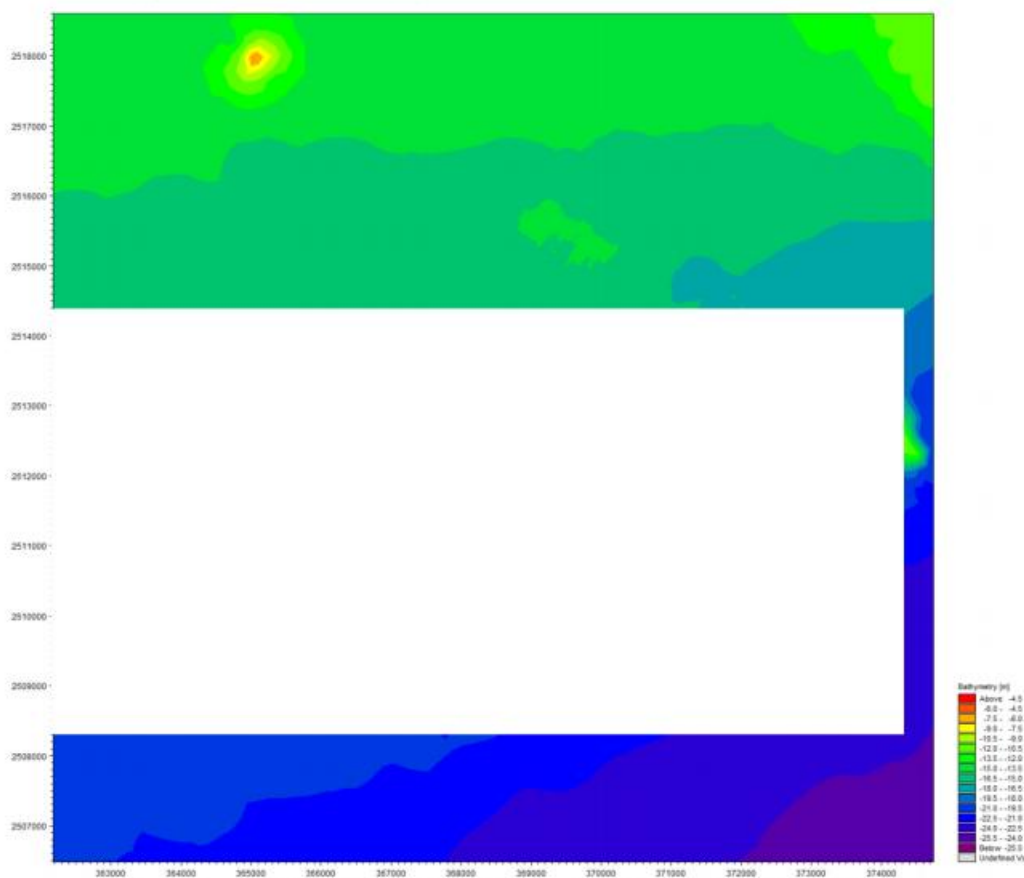


图 6.1.3-1 工程后采砂区水深地形图 (SW24-11 区块单独采砂后)

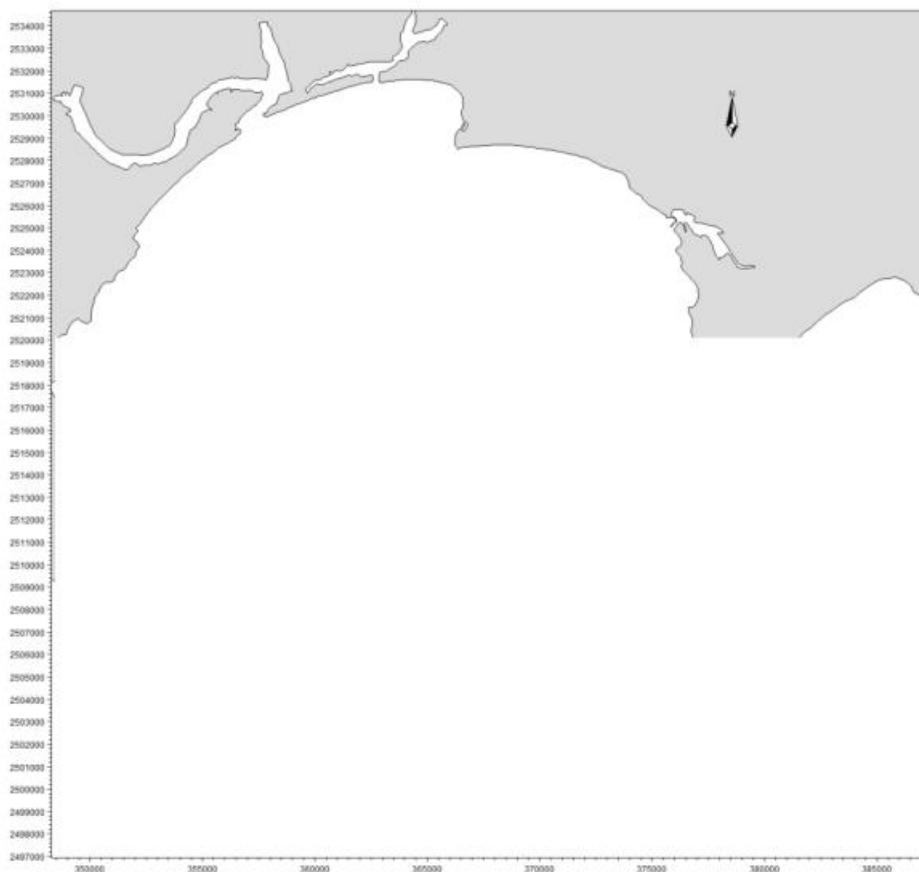


图 6.1.3-2 采砂区附近采样点分布示意图

SW24-11 采砂区挖深后，工程前后各代表点中层大潮涨落急流速、流向对比结果见表 6.1.3-1，工程后项目海域表中底涨、落急流场图、工程实施前后中层涨落急流速对比见图 6.1.3-3~图 6.1.3-4。

①夏季水动力变化分析

从各代表点中层涨急和落急流速对比结果可以看出，工程后采砂区内代表点中层涨、落急流速流向略有减小。采砂工程实施后，各代表点大潮中层涨急流速变化幅度约为 $-0.06\text{m/s}\sim 0.02\text{m/s}$ ，大潮中层落急流速变化幅度约为 $-0.06\text{m/s}\sim 0.04\text{m/s}$ ，中层涨落急流速变化幅度相当，越靠近采砂区，代表点流速变化越大。

从各代表点中层涨急和落急流向对比结果可以看出，工程后采砂区内代表点大潮中层涨落急流向有所变化，中层涨落急流向最大偏转幅度分别为 3.6° 和 5.5° ，中层涨落急流向变化幅度较小，越靠近采砂区，代表点流向变化越大。

②冬季水动力变化分析

从各代表点中层涨急和落急流速对比结果可以看出，工程后采砂区内代表点中层涨、落急流速流向略有减小。采砂工程实施后，各代表点大潮中层涨急流速变化幅度约为 $-0.02\text{m/s}\sim 0.02\text{m/s}$ ，大潮中层落急流速变化幅度约为 $-0.04\text{m/s}\sim 0.01\text{m/s}$ ，中

层涨落急流速变化幅度相当，越靠近采砂区，代表点流速变化越大。

从各代表点中层涨急和落急流向对比结果可以看出，工程后采砂区内代表点大潮中层涨落急流向有所变化，中层涨落急流向最大偏转幅度分别为 3.6° 和 4.0° ，中层涨落急流向变化幅度较小，越靠近采砂区，代表点流向变化越大。

从中层涨、落急流场对比图可以看出，夏季水动力环境变化幅度大于冬季，采砂区开挖对附近海域潮流动力的影响主要集中在采砂区周边 2.0km 范围内，离采砂区越远，潮流影响越小。由于工程后采砂区浚深，采砂区内涨落急流速明显减小，流向略有变化，最大流速减小值约 0.06m/s。水动力环境变化较大的区域主要在采砂区附近，距离采砂区 2.0km 以外的海域水动力环境变化很小。

表 6.1.3-1a 工程前后夏季大潮涨急流速流向变化（中层）

| 代表点 | 流速 (m/s) | | | | 流向 ($^\circ$) | | | |
|-----|----------|------|-------|--------|-----------------|-------|------|-------|
| | 工程前 | 工程后 | 变化值 | 变化率 | 工程前 | 工程后 | 变化值 | 变化率 |
| A1 | 0.42 | 0.42 | 0.00 | 0.0% | 331.7 | 332.1 | 0.4 | 0.1% |
| A2 | 0.40 | 0.41 | 0.01 | 2.5% | 331.3 | 331.9 | 0.6 | 0.2% |
| A3 | 0.40 | 0.40 | 0.00 | 0.0% | 331.9 | 332.3 | 0.4 | 0.1% |
| A4 | 0.38 | 0.39 | 0.01 | 2.6% | 332.5 | 331.8 | -0.7 | -0.2% |
| A5 | 0.38 | 0.38 | 0.00 | 0.0% | 333.6 | 332.2 | -1.4 | -0.4% |
| A6 | 0.36 | 0.36 | 0.00 | 0.0% | 334.6 | 333.9 | -0.7 | -0.2% |
| A7 | 0.36 | 0.35 | -0.01 | -2.8% | 331.0 | 330.7 | -0.3 | -0.1% |
| A8 | 0.38 | 0.37 | -0.01 | -2.6% | 331.6 | 329.0 | -2.6 | -0.8% |
| A9 | 0.39 | 0.41 | 0.02 | 5.1% | 330.5 | 326.9 | -3.6 | -1.1% |
| A10 | 0.41 | 0.42 | 0.01 | 2.4% | 329.7 | 331.7 | 2.0 | 0.6% |
| A11 | 0.43 | 0.42 | -0.01 | -2.3% | 328.6 | 329.7 | 1.1 | 0.3% |
| A12 | 0.44 | 0.44 | 0.00 | 0.0% | 329.3 | 329.8 | 0.5 | 0.2% |
| A13 | 0.35 | 0.35 | 0.00 | 0.0% | 326.9 | 327.7 | 0.8 | 0.2% |
| A14 | 0.38 | 0.36 | -0.02 | -5.3% | 326.8 | 329.2 | 2.4 | 0.7% |
| A15 | 0.41 | 0.35 | -0.06 | -14.6% | 325.9 | 323.8 | -2.1 | -0.6% |
| A16 | 0.43 | 0.41 | -0.02 | -4.7% | 325.5 | 326.8 | 1.3 | 0.4% |
| A17 | 0.45 | 0.44 | -0.01 | -2.2% | 326.3 | 326.9 | 0.6 | 0.2% |
| A18 | 0.46 | 0.46 | 0.00 | 0.0% | 326.9 | 327.2 | 0.3 | 0.1% |
| A19 | 0.35 | 0.34 | -0.01 | -2.9% | 322.7 | 324.0 | 1.3 | 0.4% |
| A20 | 0.37 | 0.38 | 0.01 | 2.7% | 321.7 | 324.2 | 2.5 | 0.8% |
| A21 | 0.41 | 0.43 | 0.02 | 4.9% | 321.2 | 319.1 | -2.1 | -0.7% |
| A22 | 0.44 | 0.43 | -0.01 | -2.3% | 321.6 | 320.3 | -1.3 | -0.4% |
| A23 | 0.46 | 0.45 | -0.01 | -2.2% | 322.9 | 322.5 | -0.4 | -0.1% |
| A24 | 0.47 | 0.47 | 0.00 | 0.0% | 322.6 | 322.5 | -0.1 | 0.0% |
| A25 | 0.34 | 0.34 | 0.00 | 0.0% | 320.6 | 321.2 | 0.6 | 0.2% |
| A26 | 0.35 | 0.36 | 0.01 | 2.9% | 318.9 | 319.4 | 0.5 | 0.2% |
| A27 | 0.37 | 0.38 | 0.01 | 2.7% | 318.1 | 317.4 | -0.7 | -0.2% |
| A28 | 0.40 | 0.41 | 0.01 | 2.5% | 318.8 | 317.9 | -0.9 | -0.3% |
| A29 | 0.43 | 0.43 | 0.00 | 0.0% | 318.7 | 318.2 | -0.5 | -0.2% |
| A30 | 0.46 | 0.46 | 0.00 | 0.0% | 317.4 | 317.2 | -0.2 | -0.1% |

表 6.1.3-1b 工程前后夏季大潮落急流速流向变化（中层）

| 代表点 | 流速 (m/s) | | | | 流向 (°) | | | |
|-----|----------|------|-------|--------|--------|-------|------|-------|
| | 工程前 | 工程后 | 变化值 | 变化率 | 工程前 | 工程后 | 变化值 | 变化率 |
| A1 | 0.40 | 0.40 | 0.00 | 0.0% | 140.6 | 141.1 | 0.5 | 0.4% |
| A2 | 0.39 | 0.39 | 0.00 | 0.0% | 137.5 | 138.3 | 0.8 | 0.6% |
| A3 | 0.37 | 0.38 | 0.01 | 2.7% | 135.3 | 136.2 | 0.9 | 0.7% |
| A4 | 0.36 | 0.37 | 0.01 | 2.8% | 133.3 | 133.4 | 0.1 | 0.1% |
| A5 | 0.35 | 0.35 | 0.00 | 0.0% | 131.0 | 130.2 | -0.8 | -0.6% |
| A6 | 0.34 | 0.34 | 0.00 | 0.0% | 128.4 | 127.6 | -0.8 | -0.6% |
| A7 | 0.36 | 0.36 | 0.00 | 0.0% | 125.5 | 124.5 | -1.0 | -0.8% |
| A8 | 0.37 | 0.37 | 0.00 | 0.0% | 129.8 | 127.2 | -2.6 | -2.0% |
| A9 | 0.38 | 0.41 | 0.03 | 7.9% | 130.9 | 130.9 | 0.0 | 0.0% |
| A10 | 0.40 | 0.40 | 0.00 | 0.0% | 133.1 | 135.8 | 2.7 | 2.0% |
| A11 | 0.43 | 0.42 | -0.01 | -2.3% | 135.0 | 136.0 | 1.0 | 0.7% |
| A12 | 0.44 | 0.43 | -0.01 | -2.3% | 139.1 | 139.4 | 0.3 | 0.2% |
| A13 | 0.38 | 0.38 | 0.00 | 0.0% | 122.3 | 121.8 | -0.5 | -0.4% |
| A14 | 0.40 | 0.37 | -0.03 | -7.5% | 125.7 | 124.8 | -0.9 | -0.7% |
| A15 | 0.43 | 0.37 | -0.06 | -14.0% | 127.9 | 126.7 | -1.2 | -0.9% |
| A16 | 0.45 | 0.42 | -0.03 | -6.7% | 131.2 | 131.6 | 0.4 | 0.3% |
| A17 | 0.47 | 0.46 | -0.01 | -2.1% | 134.2 | 134.2 | 0.0 | 0.0% |
| A18 | 0.47 | 0.47 | 0.00 | 0.0% | 137.9 | 137.9 | 0.0 | 0.0% |
| A19 | 0.40 | 0.39 | -0.01 | -2.5% | 119.1 | 119.6 | 0.5 | 0.4% |
| A20 | 0.42 | 0.42 | 0.00 | 0.0% | 120.8 | 123.0 | 2.2 | 1.8% |
| A21 | 0.45 | 0.49 | 0.04 | 8.9% | 125.2 | 124.2 | -1.0 | -0.8% |
| A22 | 0.48 | 0.47 | -0.01 | -2.1% | 129.0 | 126.5 | -2.5 | -1.9% |
| A23 | 0.49 | 0.49 | 0.00 | 0.0% | 133.3 | 132.4 | -0.9 | -0.7% |
| A24 | 0.51 | 0.50 | -0.01 | -2.0% | 134.6 | 134.3 | -0.3 | -0.2% |
| A25 | 0.41 | 0.41 | 0.00 | 0.0% | 117.1 | 117.6 | 0.5 | 0.4% |
| A26 | 0.42 | 0.43 | 0.01 | 2.4% | 118.2 | 119.0 | 0.8 | 0.7% |
| A27 | 0.44 | 0.44 | 0.00 | 0.0% | 121.4 | 121.0 | -0.4 | -0.3% |
| A28 | 0.46 | 0.47 | 0.01 | 2.2% | 125.4 | 124.4 | -1.0 | -0.8% |
| A29 | 0.48 | 0.48 | 0.00 | 0.0% | 128.6 | 128.0 | -0.6 | -0.5% |
| A30 | 0.52 | 0.52 | 0.00 | 0.0% | 129.9 | 124.4 | -5.5 | -4.2% |

表 6.1.3-2a 工程前后冬季大潮涨急流速流向变化（中层）

| 代表点 | 流速 (m/s) | | | | 流向 (°) | | | |
|-----|----------|------|-------|-------|--------|-------|------|-------|
| | 工程前 | 工程后 | 变化值 | 变化率 | 工程前 | 工程后 | 变化值 | 变化率 |
| A1 | 0.16 | 0.16 | 0.00 | 0.0% | 311.5 | 311.8 | 0.3 | 0.1% |
| A2 | 0.16 | 0.15 | -0.01 | -6.3% | 307.4 | 308.0 | 0.6 | 0.2% |
| A3 | 0.15 | 0.15 | 0.00 | 0.0% | 304.7 | 305.7 | 1.0 | 0.3% |
| A4 | 0.15 | 0.15 | 0.00 | 0.0% | 301.6 | 301.5 | -0.1 | 0.0% |
| A5 | 0.15 | 0.15 | 0.00 | 0.0% | 298.2 | 296.9 | -1.3 | -0.4% |
| A6 | 0.14 | 0.15 | 0.01 | 7.1% | 294.5 | 293.6 | -0.9 | -0.3% |
| A7 | 0.16 | 0.16 | 0.00 | 0.0% | 293.6 | 292.0 | -1.6 | -0.5% |
| A8 | 0.16 | 0.16 | 0.00 | 0.0% | 298.8 | 295.2 | -3.6 | -1.2% |
| A9 | 0.16 | 0.18 | 0.02 | 12.5% | 301.1 | 300.5 | -0.6 | -0.2% |
| A10 | 0.17 | 0.17 | 0.00 | 0.0% | 304.1 | 305.8 | 1.7 | 0.6% |
| A11 | 0.17 | 0.17 | 0.00 | 0.0% | 306.8 | 307.2 | 0.4 | 0.1% |

| 代表点 | 流速 (m/s) | | | | 流向 (°) | | | |
|-----|----------|------|-------|--------|--------|-------|------|-------|
| | 工程前 | 工程后 | 变化值 | 变化率 | 工程前 | 工程后 | 变化值 | 变化率 |
| A12 | 0.18 | 0.18 | 0.00 | 0.0% | 311.5 | 311.7 | 0.2 | 0.1% |
| A13 | 0.17 | 0.17 | 0.00 | 0.0% | 292.1 | 291.1 | -1.0 | -0.3% |
| A14 | 0.18 | 0.16 | -0.02 | -11.1% | 295.7 | 293.4 | -2.3 | -0.8% |
| A15 | 0.18 | 0.16 | -0.02 | -11.1% | 298.3 | 297.6 | -0.7 | -0.2% |
| A16 | 0.19 | 0.18 | -0.01 | -5.3% | 302.5 | 301.2 | -1.3 | -0.4% |
| A17 | 0.19 | 0.19 | 0.00 | 0.0% | 306.5 | 306.1 | -0.4 | -0.1% |
| A18 | 0.19 | 0.19 | 0.00 | 0.0% | 310.7 | 310.6 | -0.1 | 0.0% |
| A19 | 0.18 | 0.17 | -0.01 | -5.6% | 289.9 | 290.4 | 0.5 | 0.2% |
| A20 | 0.19 | 0.18 | -0.01 | -5.3% | 291.8 | 294.7 | 2.9 | 1.0% |
| A21 | 0.20 | 0.21 | 0.01 | 5.0% | 295.7 | 297.8 | 2.1 | 0.7% |
| A22 | 0.20 | 0.20 | 0.00 | 0.0% | 300.5 | 298.9 | -1.6 | -0.5% |
| A23 | 0.20 | 0.20 | 0.00 | 0.0% | 305.3 | 304.5 | -0.8 | -0.3% |
| A24 | 0.21 | 0.21 | 0.00 | 0.0% | 307.7 | 307.4 | -0.3 | -0.1% |
| A25 | 0.18 | 0.18 | 0.00 | 0.0% | 288.8 | 289.4 | 0.6 | 0.2% |
| A26 | 0.19 | 0.19 | 0.00 | 0.0% | 289.6 | 290.8 | 1.2 | 0.4% |
| A27 | 0.19 | 0.20 | 0.01 | 5.3% | 292.8 | 293.2 | 0.4 | 0.1% |
| A28 | 0.20 | 0.20 | 0.00 | 0.0% | 296.6 | 296.2 | -0.4 | -0.1% |
| A29 | 0.20 | 0.20 | 0.00 | 0.0% | 300.1 | 299.7 | -0.4 | -0.1% |
| A30 | 0.22 | 0.22 | 0.00 | 0.0% | 302.6 | 302.3 | -0.3 | -0.1% |

表 6.1.3-2b 工程前后冬季大潮落急流速流向变化 (中层)

| 代表点 | 流速 (m/s) | | | | 流向 (°) | | | |
|-----|----------|------|-------|--------|--------|-------|------|-------|
| | 工程前 | 工程后 | 变化值 | 变化率 | 工程前 | 工程后 | 变化值 | 变化率 |
| A1 | 0.20 | 0.20 | 0.00 | 0.0% | 117.2 | 117.6 | 0.4 | 0.3% |
| A2 | 0.20 | 0.20 | 0.00 | 0.0% | 111.1 | 111.7 | 0.6 | 0.5% |
| A3 | 0.20 | 0.20 | 0.00 | 0.0% | 105.8 | 107.0 | 1.2 | 1.1% |
| A4 | 0.20 | 0.20 | 0.00 | 0.0% | 100.9 | 102.3 | 1.4 | 1.4% |
| A5 | 0.20 | 0.20 | 0.00 | 0.0% | 95.9 | 96.1 | 0.2 | 0.2% |
| A6 | 0.20 | 0.20 | 0.00 | 0.0% | 91.1 | 90.8 | -0.3 | -0.3% |
| A7 | 0.22 | 0.22 | 0.00 | 0.0% | 93.1 | 92.4 | -0.7 | -0.8% |
| A8 | 0.21 | 0.22 | 0.01 | 4.8% | 97.8 | 97.1 | -0.7 | -0.7% |
| A9 | 0.22 | 0.22 | 0.00 | 0.0% | 101.4 | 105.4 | 4.0 | 3.9% |
| A10 | 0.22 | 0.21 | -0.01 | -4.5% | 106.8 | 108.6 | 1.8 | 1.7% |
| A11 | 0.23 | 0.23 | 0.00 | 0.0% | 111.7 | 112.1 | 0.4 | 0.4% |
| A12 | 0.23 | 0.22 | -0.01 | -4.3% | 119.0 | 119.0 | 0.0 | 0.0% |
| A13 | 0.24 | 0.24 | 0.00 | 0.0% | 94.3 | 93.3 | -1.0 | -1.1% |
| A14 | 0.23 | 0.23 | 0.00 | 0.0% | 98.6 | 95.5 | -3.1 | -3.1% |
| A15 | 0.25 | 0.21 | -0.04 | -16.0% | 102.8 | 103.0 | 0.2 | 0.2% |
| A16 | 0.25 | 0.24 | -0.01 | -4.0% | 108.8 | 106.5 | -2.3 | -2.1% |
| A17 | 0.25 | 0.25 | 0.00 | 0.0% | 113.6 | 113.1 | -0.5 | -0.4% |
| A18 | 0.25 | 0.25 | 0.00 | 0.0% | 119.9 | 119.7 | -0.2 | -0.2% |
| A19 | 0.25 | 0.25 | 0.00 | 0.0% | 94.7 | 94.5 | -0.2 | -0.2% |
| A20 | 0.26 | 0.25 | -0.01 | -3.8% | 97.4 | 98.5 | 1.1 | 1.1% |
| A21 | 0.27 | 0.28 | 0.01 | 3.7% | 103.6 | 105.5 | 1.9 | 1.8% |
| A22 | 0.27 | 0.28 | 0.01 | 3.7% | 108.6 | 106.9 | -1.7 | -1.6% |
| A23 | 0.27 | 0.27 | 0.00 | 0.0% | 114.7 | 113.9 | -0.8 | -0.7% |

| 代表点 | 流速 (m/s) | | | | 流向 (°) | | | |
|-----|----------|------|------|------|--------|-------|------|-------|
| | 工程前 | 工程后 | 变化值 | 变化率 | 工程前 | 工程后 | 变化值 | 变化率 |
| A24 | 0.27 | 0.27 | 0.00 | 0.0% | 118.5 | 118.1 | -0.4 | -0.3% |
| A25 | 0.26 | 0.26 | 0.00 | 0.0% | 94.3 | 94.5 | 0.2 | 0.2% |
| A26 | 0.27 | 0.27 | 0.00 | 0.0% | 96.6 | 97.4 | 0.8 | 0.8% |
| A27 | 0.27 | 0.27 | 0.00 | 0.0% | 100.9 | 101.5 | 0.6 | 0.6% |
| A28 | 0.27 | 0.27 | 0.00 | 0.0% | 105.9 | 105.7 | -0.2 | -0.2% |
| A29 | 0.27 | 0.27 | 0.00 | 0.0% | 110.1 | 109.7 | -0.4 | -0.4% |
| A30 | 0.30 | 0.30 | 0.00 | 0.0% | 115.1 | 114.8 | -0.3 | -0.3% |

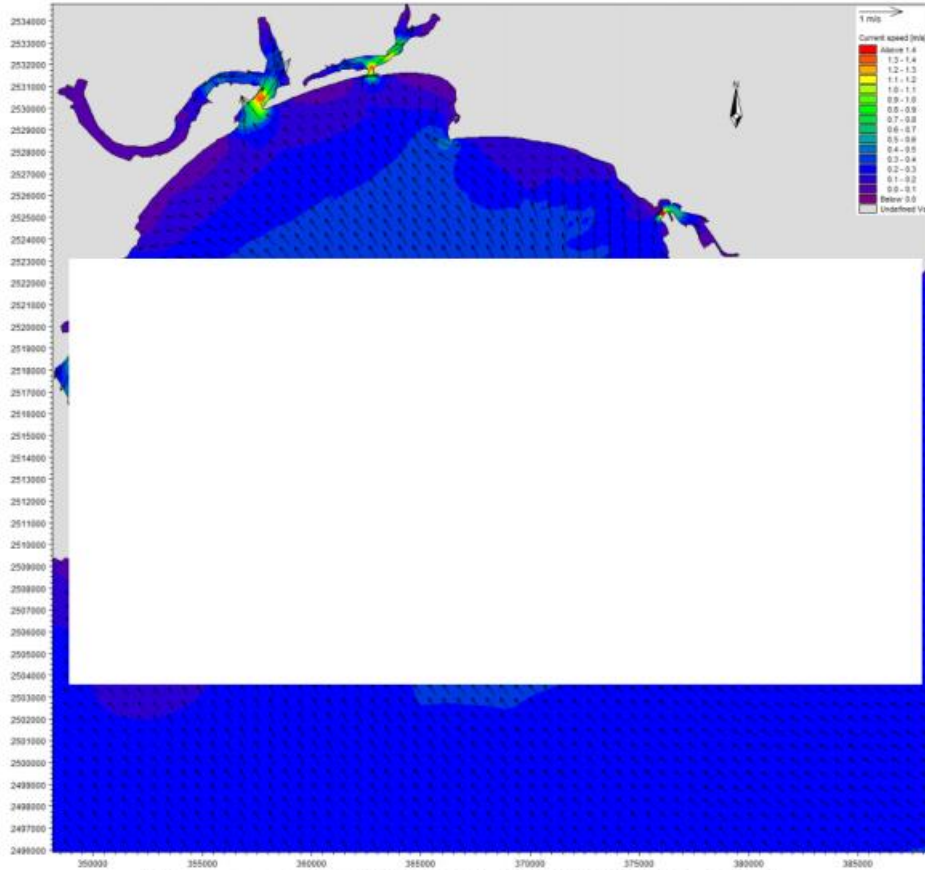


图 6.1.3-3a 工程实施后夏季大潮涨急流场图 (表层)

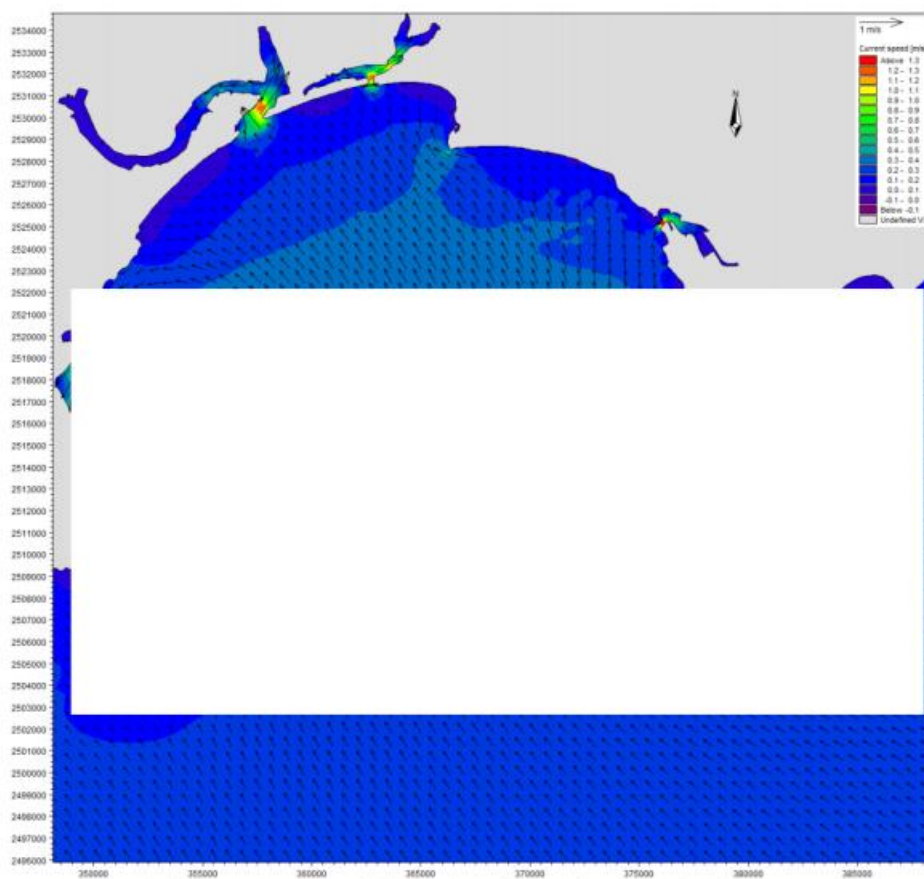


图 6.1.3-3b 工程实施后夏季大潮涨急流场图（中层）

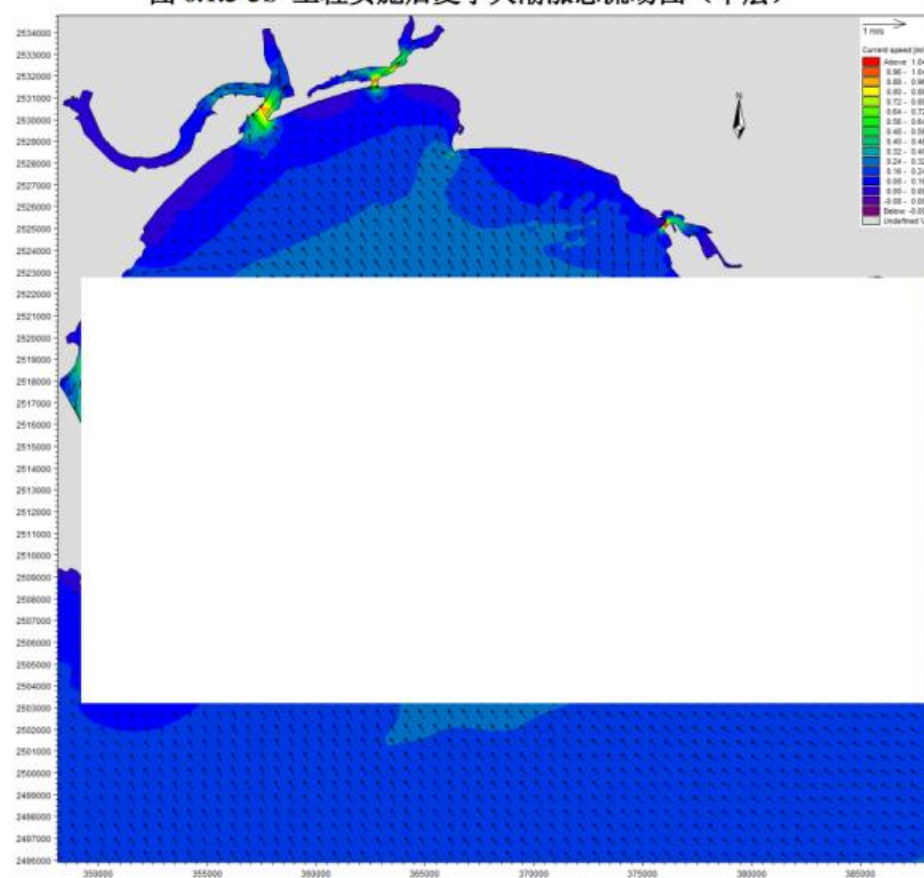


图 6.1.3-3c 工程实施后夏季大潮涨急流场图（底层）

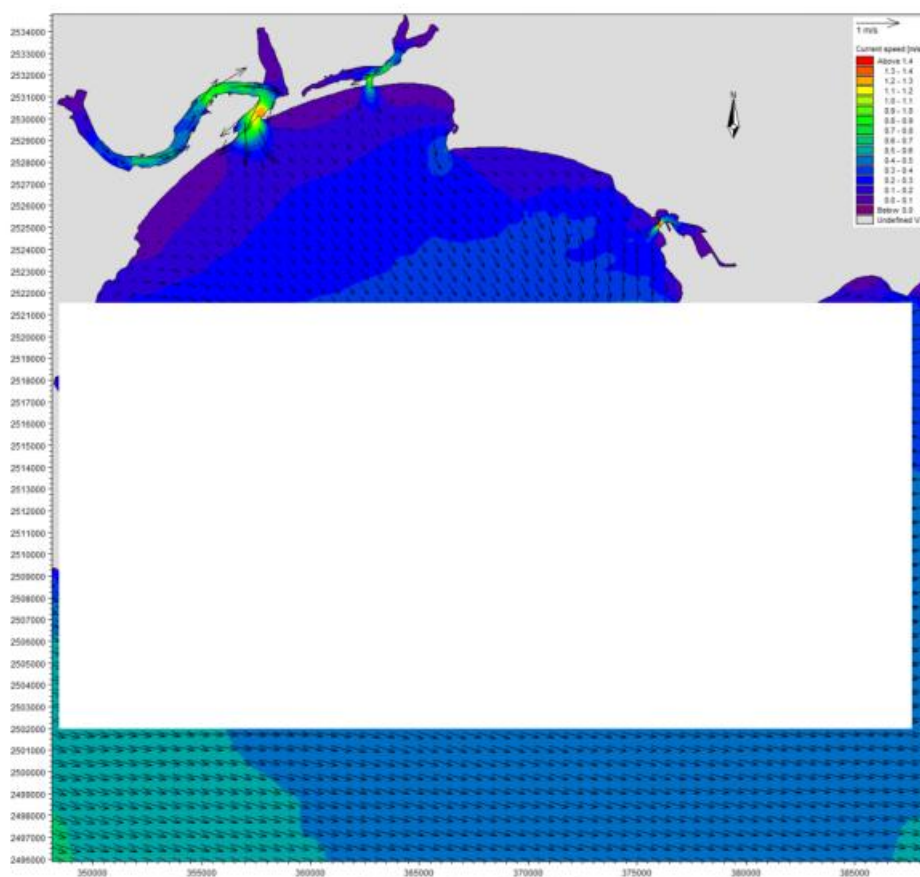


图 6.1.3-3d 工程实施后夏季大潮落急流场图（表层）

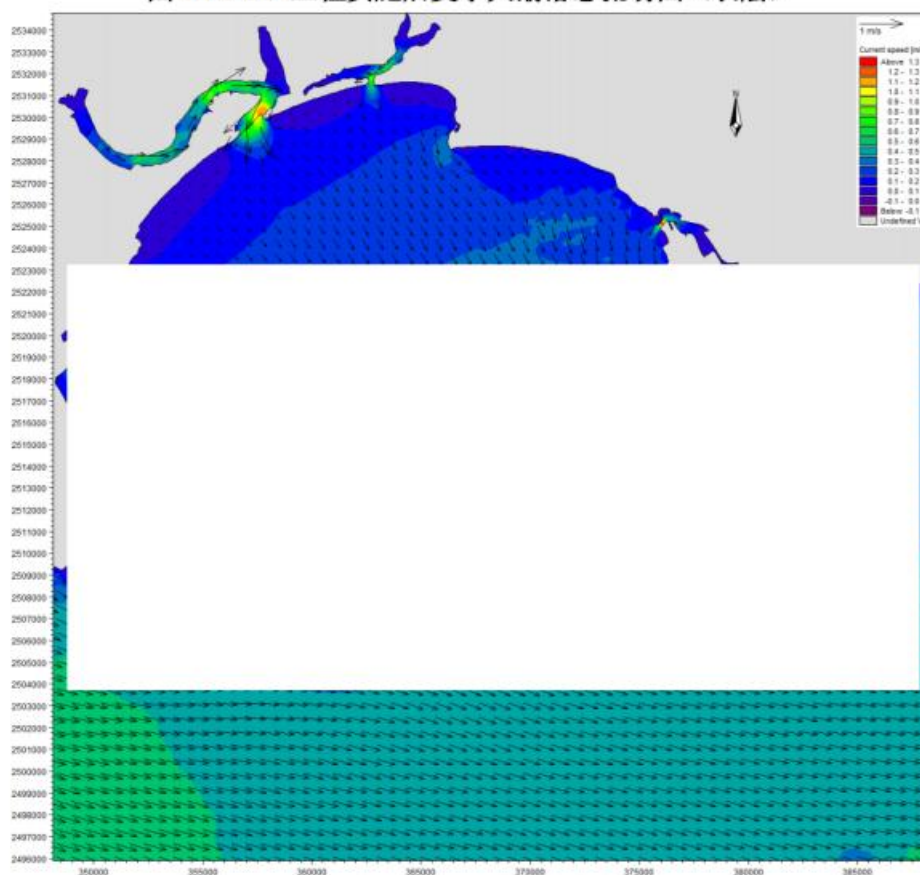


图 6.1.3-3e 工程实施后夏季大潮落急流场图（中层）

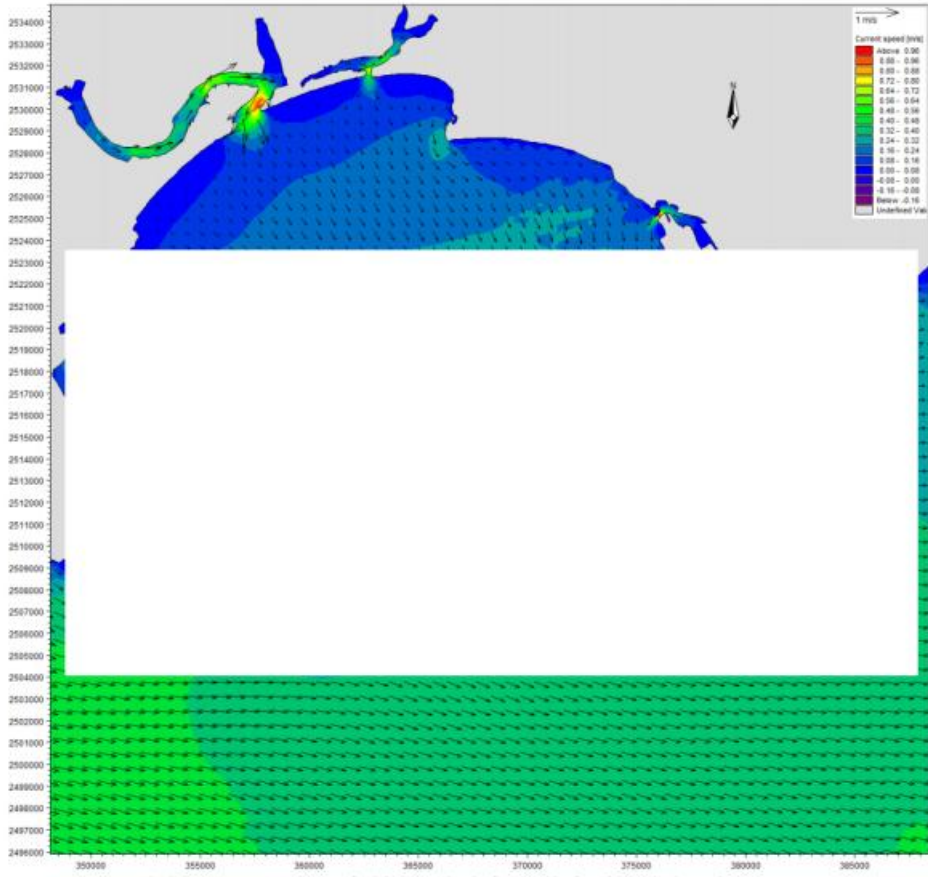


图 6.1.3-3f 工程实施后夏季大潮落急流场图（底层）

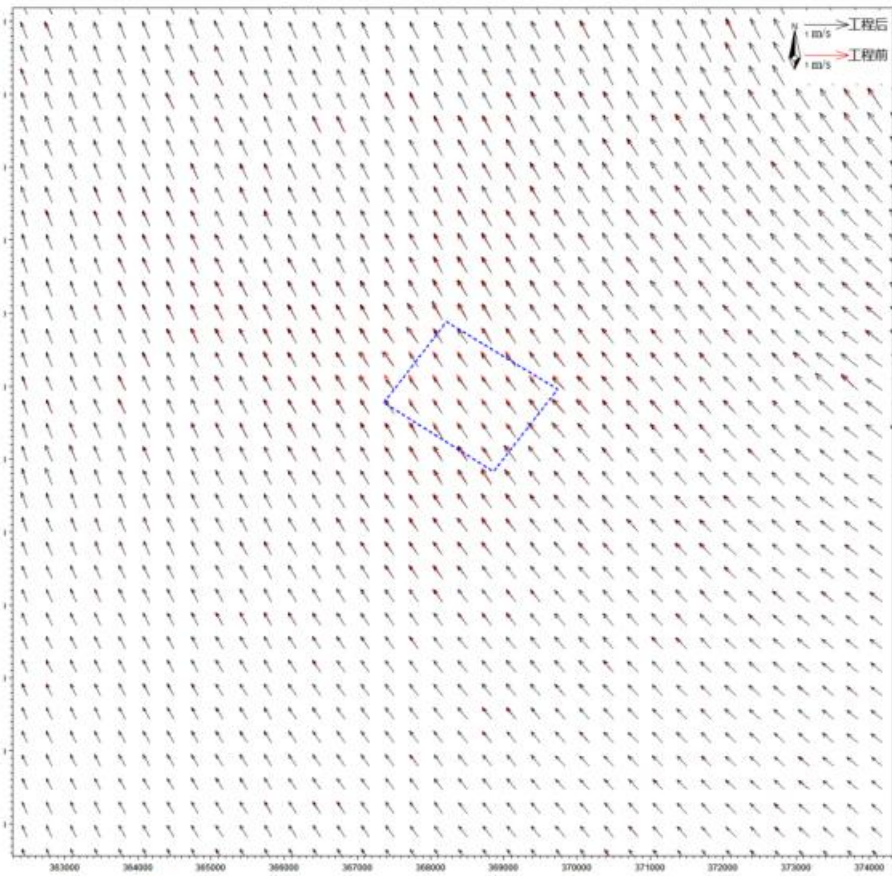


图 6.1.3-4a 工程实施前后夏季大潮涨急流场对比图（中层）

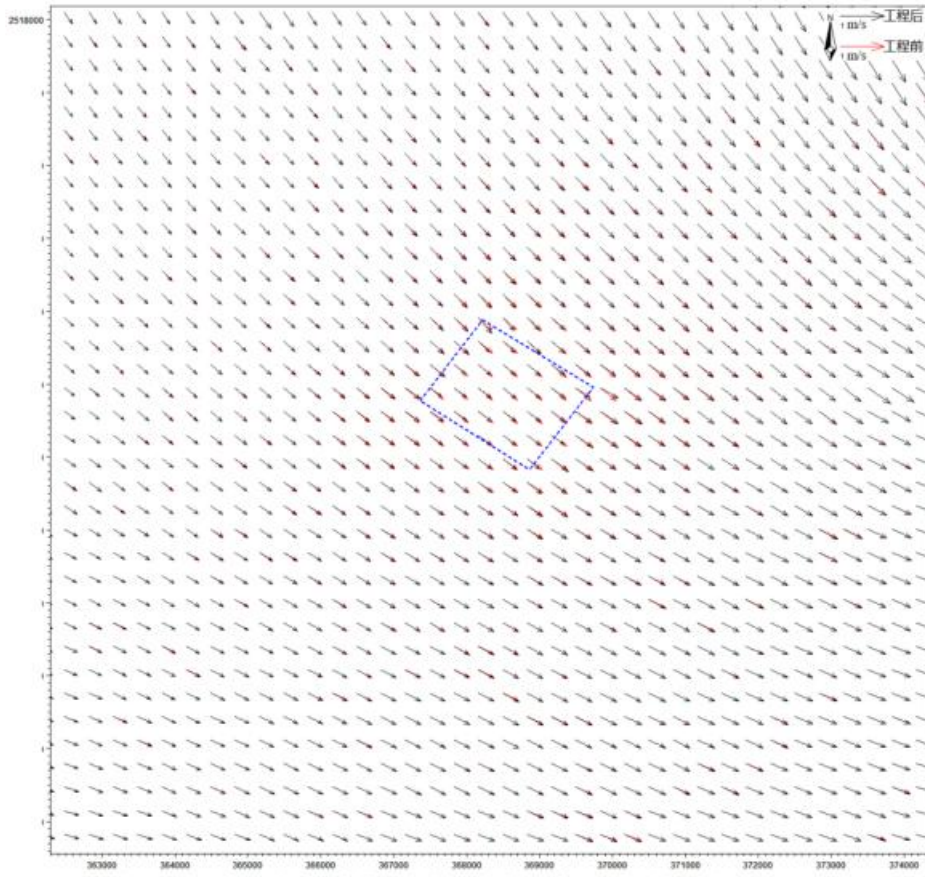


图 6.1.3-4b 工程实施前后夏季大潮落急流场对比图（中层）

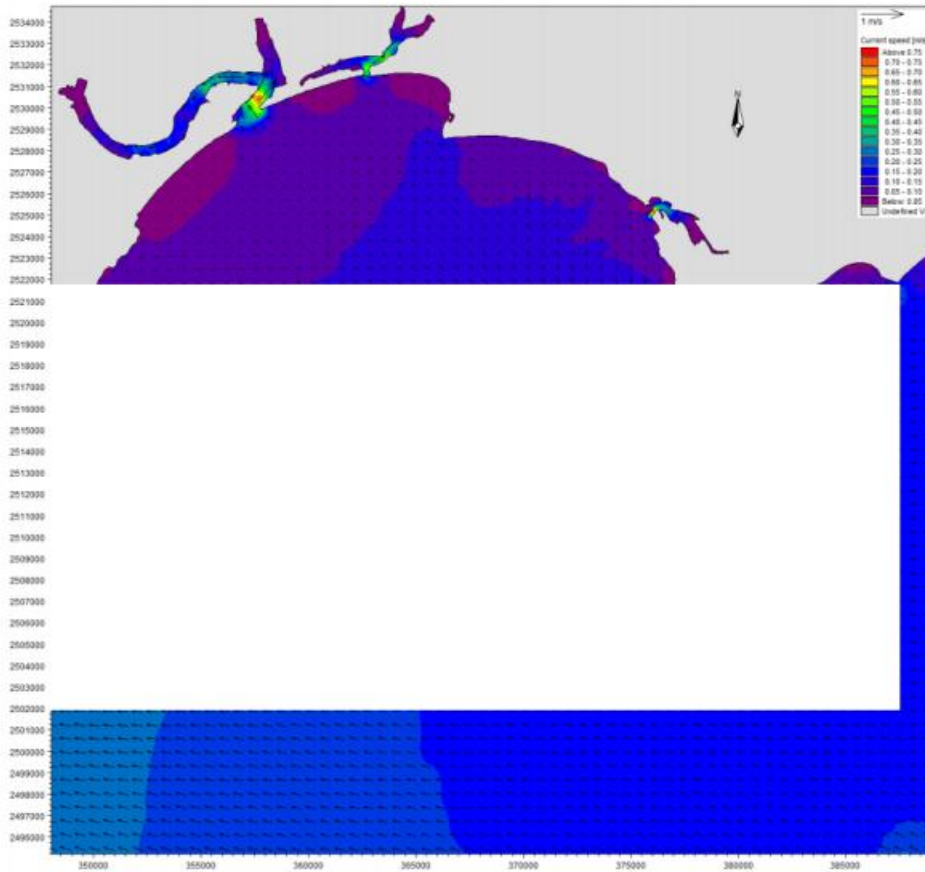


图 6.1.3-5a 工程实施后冬季大潮涨急流场图（表层）

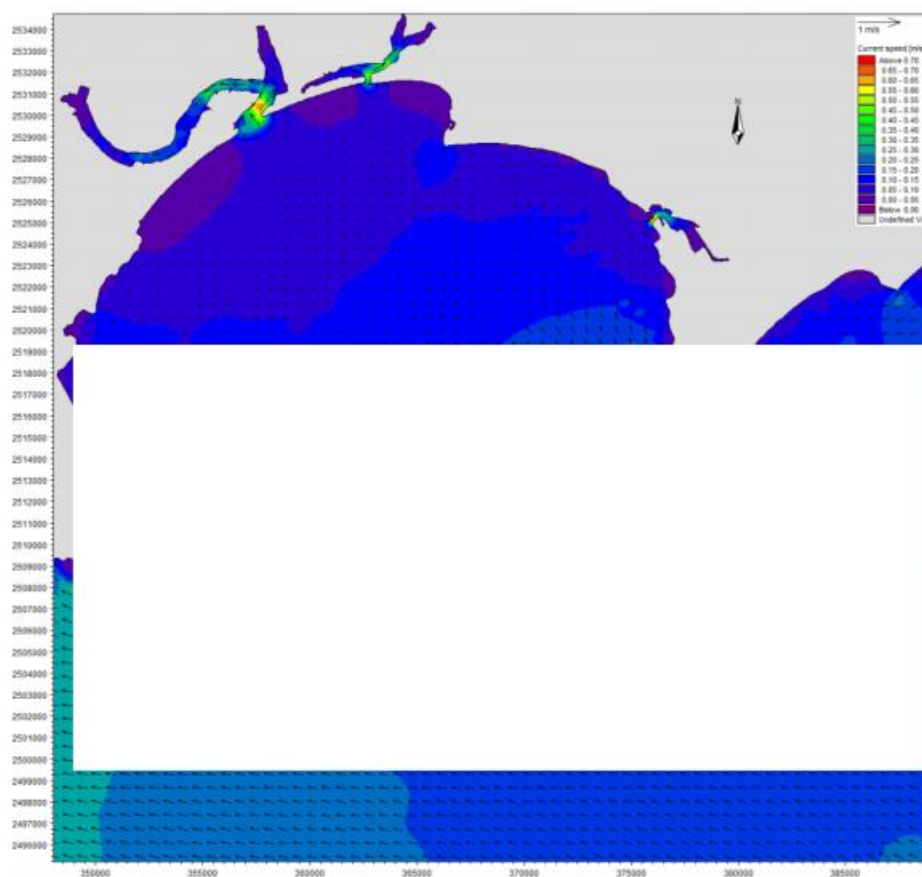


图 6.1.3-5b 工程实施后冬季大潮涨急流场图（中层）

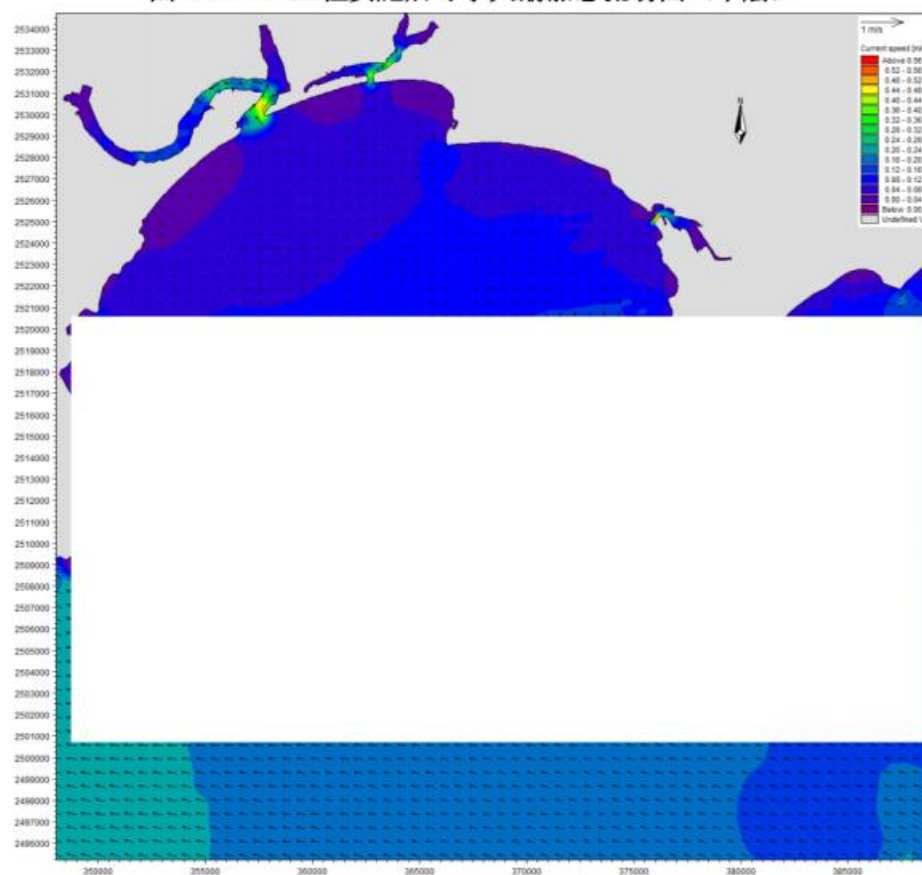


图 6.1.3-5c 工程实施后冬季大潮涨急流场图（底层）

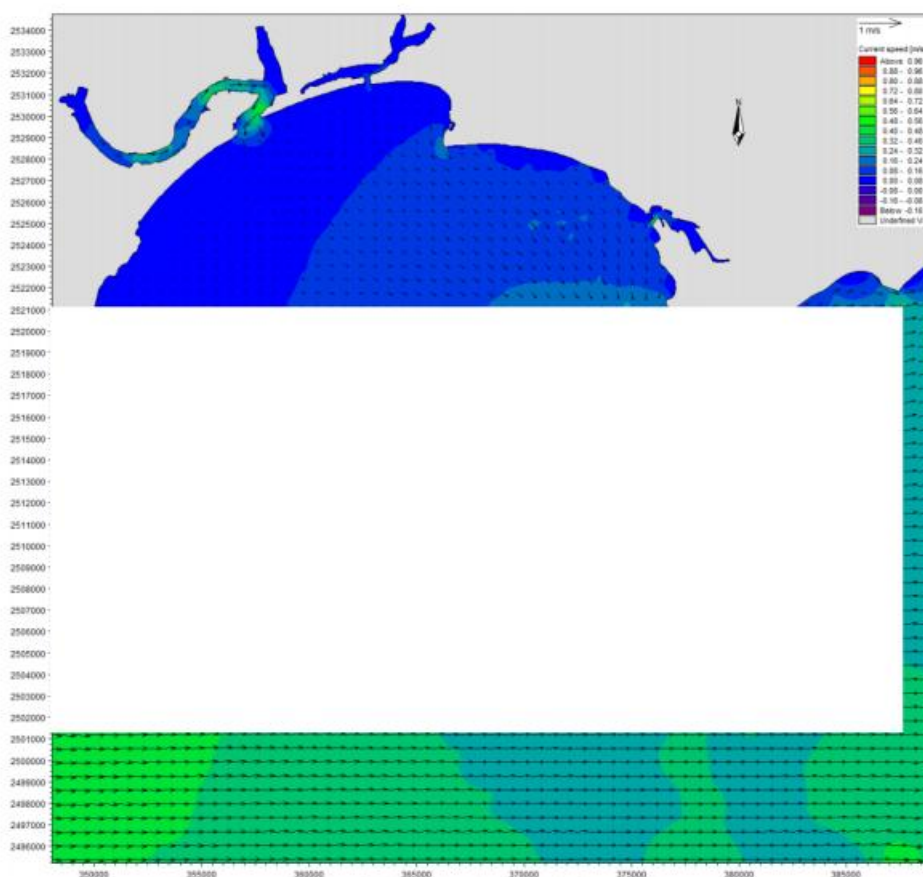


图 6.1.3-5d 工程实施后冬季大潮落急流场图（表层）

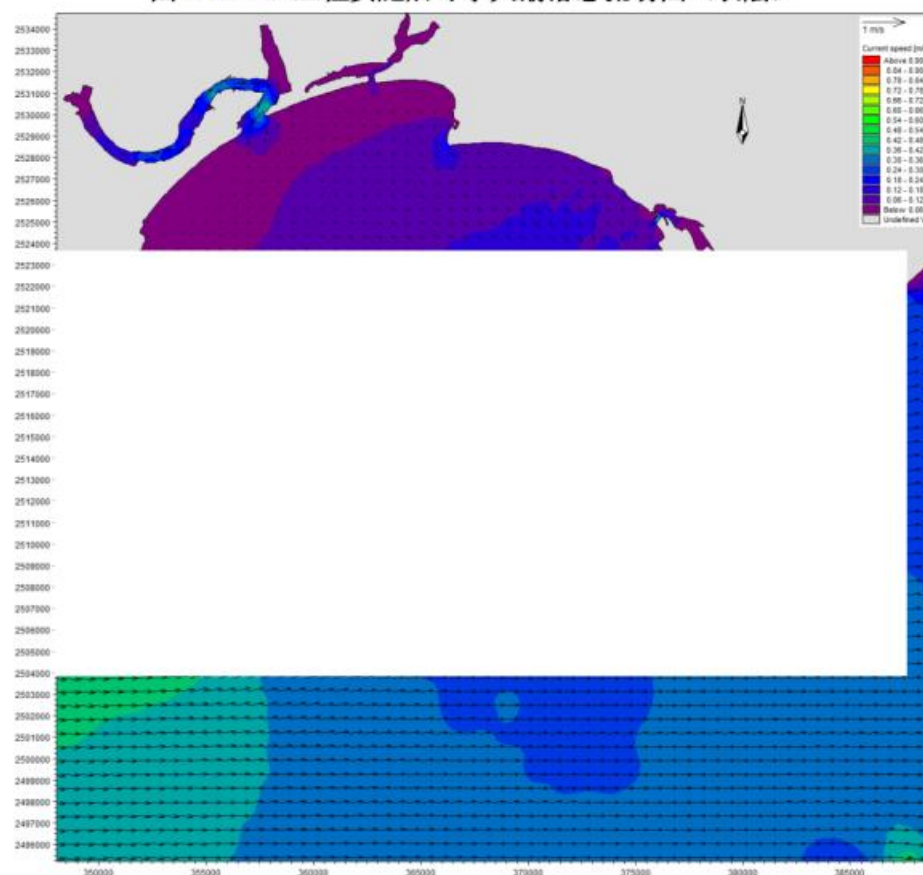


图 6.1.3-5e 工程实施后冬季大潮落急流场图（中层）

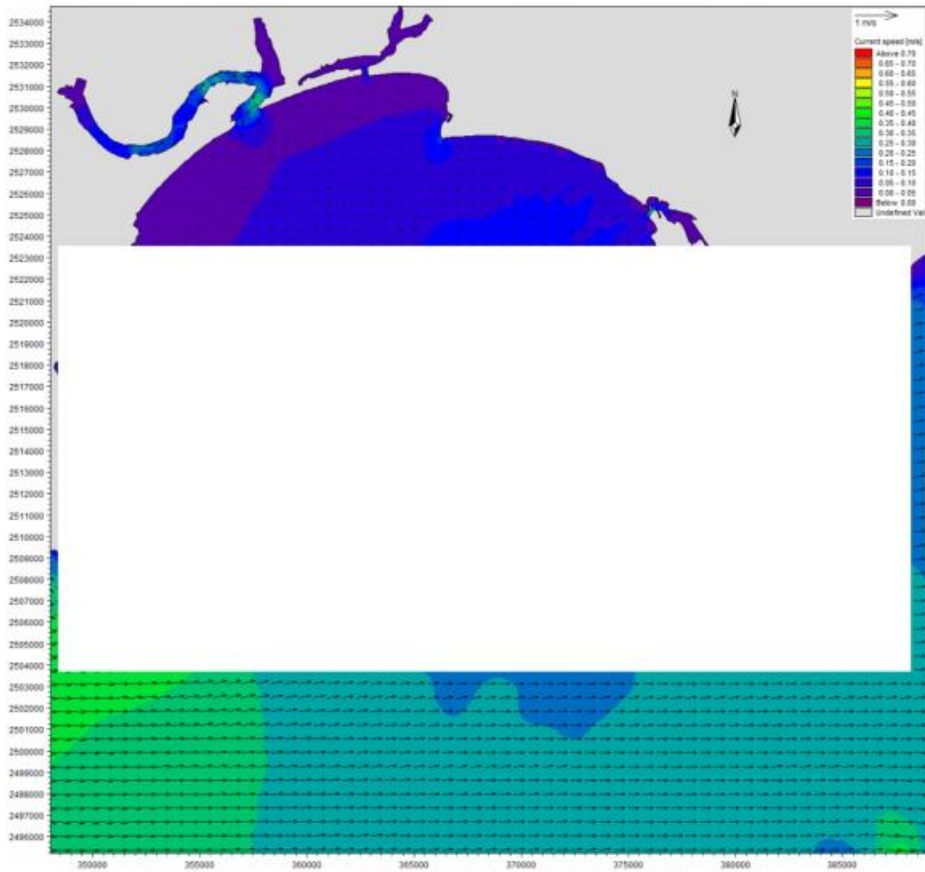


图 6.1.3-5f 工程实施后冬季大潮落急流场图（底层）

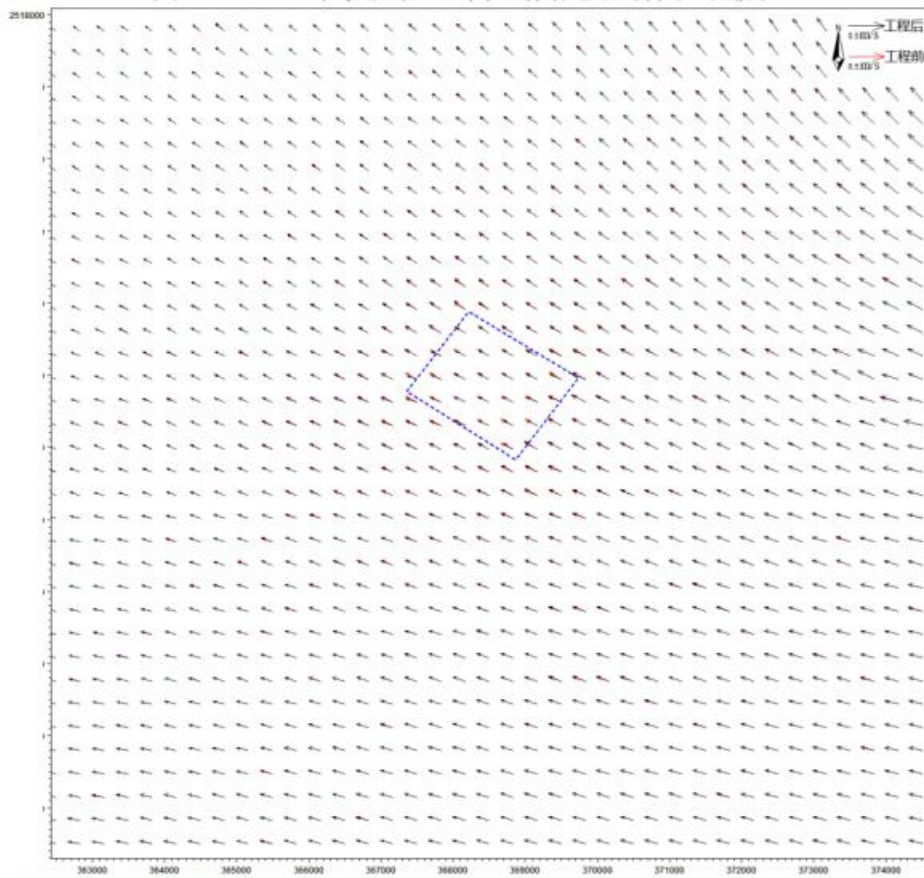


图 6.1.3-6a 工程实施前后冬季大潮涨急流场对比图（中层）

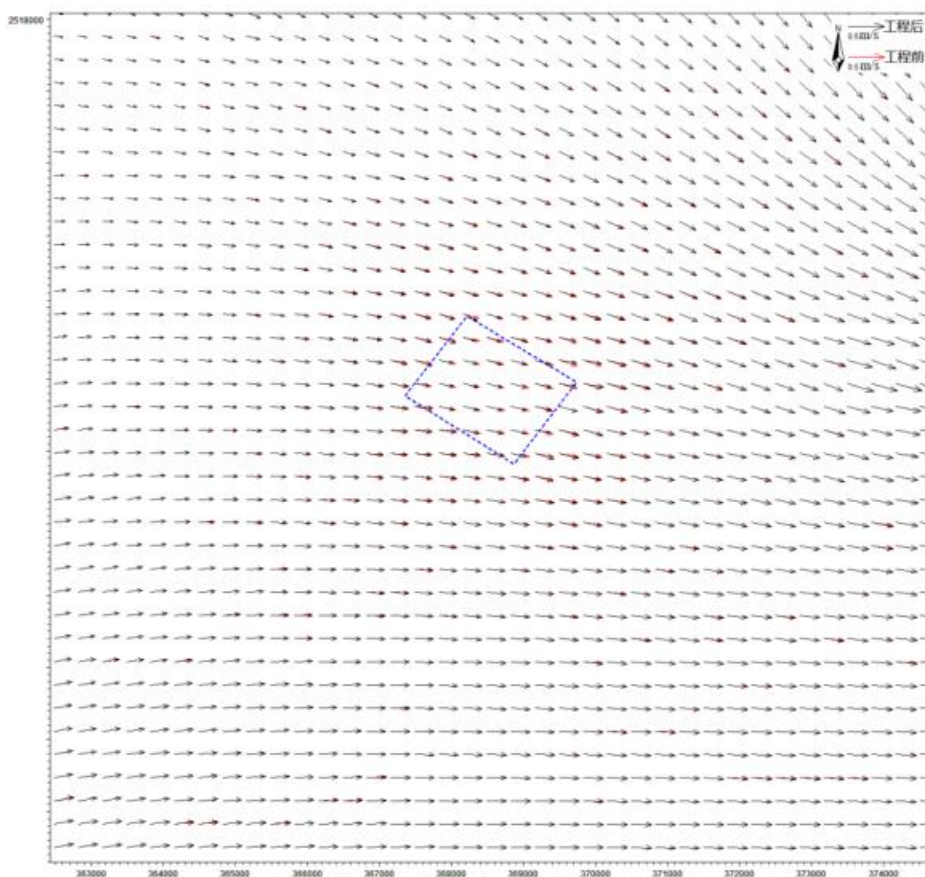


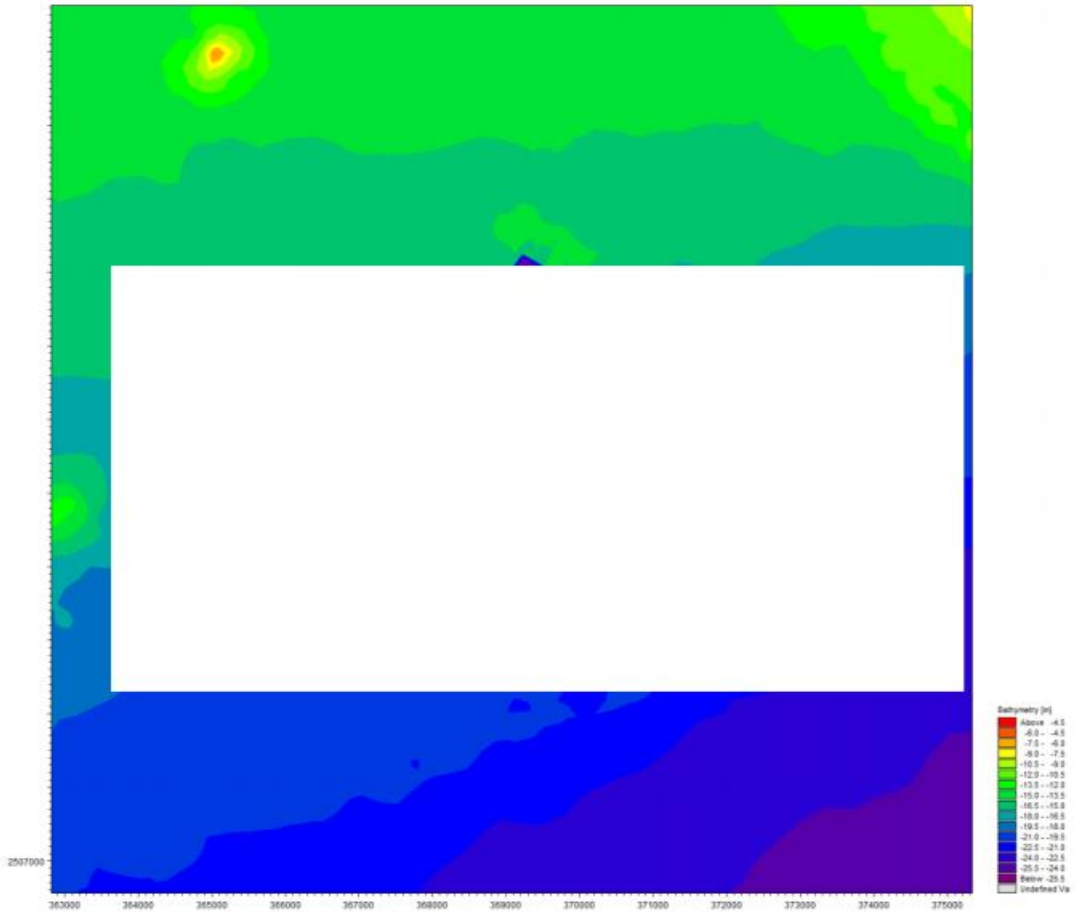
图 6.1.3-6b 工程实施前后冬季大潮落急流场对比图（中层）

6.1.3.2 两个区块采砂后水动力环境分析

采砂区 SW24-11 区块、SW24-12 区块平均挖深深度分别为-7.0m 和-9.5m，工程后在每个区块网格节点上相应加深每个区块的挖深厚度，工程后地形图见图 6.1.3-7。为了解项目采砂对附近海域潮流动力的影响，在采砂区周边水域选取 30 个代表点分别对比工程前后大潮涨、落急流速、流向的变化情况，并分别绘制工程前后表中底层流场图及中层大潮涨、落急流场对比图。各代表点具体位置分布见图 6.1.3-8。

底层流场图及中层大潮涨、落急流场对比图。各代表点具体位置分布见图 6.1.3-6。

SW24-11 和 SW24-12 两个采砂区挖深后，工程前后各代表点中层大潮涨落急流速、流向对比结果见表 6.1.3-3~表 6.1.3-4，工程后项目海域表中底涨、落急流场图、工程实施前后中层涨落急流速对比见图 6.1.3-9~图 6.1.3-12。



6.1.3-7 工程后采砂区水深地形图（两个采砂区采砂后）

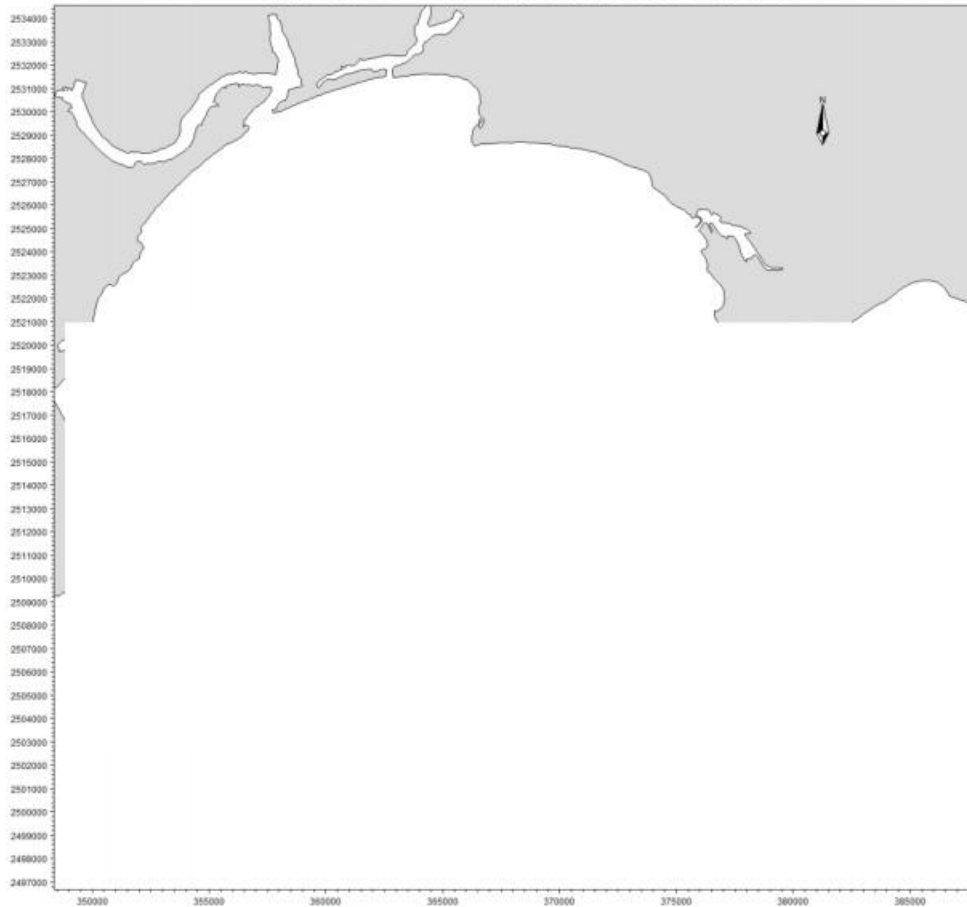


图 6.1.3-8 采砂区附近采样点分布示意图

①夏季水动力变化分析

从各代表点中层涨急和落急流速对比结果可以看出，工程后采砂区内代表点中层涨、落急流速流向略有减小。采砂工程实施后，各代表点大潮中层涨急流速变化幅度约为-0.10m/s~0.03m/s，大潮中层落急流速变化幅度约为-0.10m/s~0.04m/s，中层涨落急流速变化幅度相当，越靠近采砂区，代表点流速变化越大。

从各代表点中层涨急和落急流向对比结果可以看出，工程后采砂区内代表点大潮中层涨落急流向有所变化，中层涨落急流向最大偏转幅度分别为 5.2° 和 5.9°，中层涨落急流向变化幅度较小，越靠近采砂区，代表点流向变化越大。

②冬季水动力变化分析

从各代表点中层涨急和落急流速对比结果可以看出，工程后采砂区内代表点中层涨、落急流速流向略有减小。采砂工程实施后，各代表点大潮中层涨急流速变化幅度约为-0.04m/s~0.02m/s，大潮中层落急流速变化幅度约为-0.06m/s~0.02m/s，中层涨落急流速变化幅度相当，越靠近采砂区，代表点流速变化越大。

从各代表点中层涨急和落急流向对比结果可以看出，工程后采砂区内代表点大潮中层涨落急流向有所变化，中层涨落急流向最大偏转幅度分别为 5.0° 和 6.0°，中层涨落急流向变化幅度较小，越靠近采砂区，代表点流向变化越大。

从中层涨、落急流场对比图可以看出，夏季水动力环境变化幅度大于冬季，采砂区开挖对附近海域潮流动力的影响主要集中在采砂区周边 2.0km 范围内，离采砂区越远，潮流影响越小。由于工程后采砂区浚深，采砂区内涨落急流速明显减小，流向略有变化，最大流速减小值约 0.10m/s。水动力环境变化较大的区域主要在采砂区附近，距离采砂区 2.0km 以外的海域水动力环境变化很小。

表 6.1.3-3a 工程前后夏季大潮涨急流速流向变化（中层）

| 代表点 | 流速 (m/s) | | | | 流向 (°) | | | |
|-----|----------|------|-------|-------|--------|-------|------|-------|
| | 工程前 | 工程后 | 变化值 | 变化率 | 工程前 | 工程后 | 变化值 | 变化率 |
| A1 | 0.42 | 0.42 | 0.00 | 0.0% | 331.7 | 332.9 | 1.2 | 0.4% |
| A2 | 0.40 | 0.42 | 0.02 | 5.0% | 331.3 | 331.8 | 0.5 | 0.2% |
| A3 | 0.40 | 0.41 | 0.01 | 2.5% | 331.9 | 330.5 | -1.4 | -0.4% |
| A4 | 0.38 | 0.39 | 0.01 | 2.6% | 332.5 | 330.1 | -2.4 | -0.7% |
| A5 | 0.38 | 0.37 | -0.01 | -2.6% | 333.6 | 331.6 | -2.0 | -0.6% |
| A6 | 0.36 | 0.36 | 0.00 | 0.0% | 334.6 | 333.7 | -0.9 | -0.3% |
| A7 | 0.36 | 0.35 | -0.01 | -2.8% | 331.0 | 330.7 | -0.3 | -0.1% |
| A8 | 0.38 | 0.36 | -0.02 | -5.3% | 331.6 | 328.7 | -2.9 | -0.9% |
| A9 | 0.39 | 0.40 | 0.01 | 2.6% | 330.5 | 325.3 | -5.2 | -1.6% |
| A10 | 0.41 | 0.44 | 0.03 | 7.3% | 329.7 | 324.7 | -5.0 | -1.5% |
| A11 | 0.43 | 0.46 | 0.03 | 7.0% | 328.6 | 331.8 | 3.2 | 1.0% |

| 代表点 | 流速 (m/s) | | | | 流向 (°) | | | |
|-----|----------|------|-------|--------|--------|-------|------|-------|
| | 工程前 | 工程后 | 变化值 | 变化率 | 工程前 | 工程后 | 变化值 | 变化率 |
| A12 | 0.44 | 0.44 | 0.00 | 0.0% | 329.3 | 331.6 | 2.3 | 0.7% |
| A13 | 0.35 | 0.34 | -0.01 | -2.9% | 326.9 | 328.0 | 1.1 | 0.3% |
| A14 | 0.38 | 0.35 | -0.03 | -7.9% | 326.8 | 329.9 | 3.1 | 0.9% |
| A15 | 0.41 | 0.33 | -0.08 | -19.5% | 325.9 | 326.1 | 0.2 | 0.1% |
| A16 | 0.43 | 0.33 | -0.10 | -23.3% | 325.5 | 324.2 | -1.3 | -0.4% |
| A17 | 0.45 | 0.42 | -0.03 | -6.7% | 326.3 | 330.2 | 3.9 | 1.2% |
| A18 | 0.46 | 0.44 | -0.02 | -4.3% | 326.9 | 328.2 | 1.3 | 0.4% |
| A19 | 0.35 | 0.34 | -0.01 | -2.9% | 322.7 | 324.5 | 1.8 | 0.6% |
| A20 | 0.37 | 0.37 | 0.00 | 0.0% | 321.7 | 325.2 | 3.5 | 1.1% |
| A21 | 0.41 | 0.44 | 0.03 | 7.3% | 321.2 | 321.2 | 0.0 | 0.0% |
| A22 | 0.44 | 0.47 | 0.03 | 6.8% | 321.6 | 318.8 | -2.8 | -0.9% |
| A23 | 0.46 | 0.44 | -0.02 | -4.3% | 322.9 | 319.0 | -3.9 | -1.2% |
| A24 | 0.47 | 0.46 | -0.01 | -2.1% | 322.6 | 321.7 | -0.9 | -0.3% |
| A25 | 0.34 | 0.34 | 0.00 | 0.0% | 320.6 | 321.7 | 1.1 | 0.3% |
| A26 | 0.35 | 0.36 | 0.01 | 2.9% | 318.9 | 320.1 | 1.2 | 0.4% |
| A27 | 0.37 | 0.39 | 0.02 | 5.4% | 318.1 | 318.1 | 0.0 | 0.0% |
| A28 | 0.40 | 0.42 | 0.02 | 5.0% | 318.8 | 317.5 | -1.3 | -0.4% |
| A29 | 0.43 | 0.43 | 0.00 | 0.0% | 318.7 | 317.1 | -1.6 | -0.5% |
| A30 | 0.46 | 0.46 | 0.00 | 0.0% | 317.4 | 316.4 | -1.0 | -0.3% |

表 6.1.3-3b 工程前后夏季大潮落急流速流向变化 (中层)

| 代表点 | 流速 (m/s) | | | | 流向 (°) | | | |
|-----|----------|------|-------|--------|--------|-------|------|-------|
| | 工程前 | 工程后 | 变化值 | 变化率 | 工程前 | 工程后 | 变化值 | 变化率 |
| A1 | 0.40 | 0.40 | 0.00 | 0.0% | 140.6 | 142.2 | 1.6 | 1.1% |
| A2 | 0.39 | 0.40 | 0.01 | 2.6% | 137.5 | 139.0 | 1.5 | 1.1% |
| A3 | 0.37 | 0.39 | 0.02 | 5.4% | 135.3 | 135.5 | 0.2 | 0.1% |
| A4 | 0.36 | 0.37 | 0.01 | 2.8% | 133.3 | 132.3 | -1.0 | -0.8% |
| A5 | 0.35 | 0.35 | 0.00 | 0.0% | 131.0 | 129.5 | -1.5 | -1.1% |
| A6 | 0.34 | 0.34 | 0.00 | 0.0% | 128.4 | 127.2 | -1.2 | -0.9% |
| A7 | 0.36 | 0.36 | 0.00 | 0.0% | 125.5 | 124.0 | -1.5 | -1.2% |
| A8 | 0.37 | 0.37 | 0.00 | 0.0% | 129.8 | 126.3 | -3.5 | -2.7% |
| A9 | 0.38 | 0.41 | 0.03 | 7.9% | 130.9 | 128.9 | -2.0 | -1.5% |
| A10 | 0.40 | 0.44 | 0.04 | 10.0% | 133.1 | 132.9 | -0.2 | -0.2% |
| A11 | 0.43 | 0.44 | 0.01 | 2.3% | 135.0 | 140.7 | 5.7 | 4.2% |
| A12 | 0.44 | 0.43 | -0.01 | -2.3% | 139.1 | 141.2 | 2.1 | 1.5% |
| A13 | 0.38 | 0.37 | -0.01 | -2.6% | 122.3 | 121.6 | -0.7 | -0.6% |
| A14 | 0.40 | 0.37 | -0.03 | -7.5% | 125.7 | 124.4 | -1.3 | -1.0% |
| A15 | 0.43 | 0.35 | -0.08 | -18.6% | 127.9 | 126.4 | -1.5 | -1.2% |
| A16 | 0.45 | 0.35 | -0.10 | -22.2% | 131.2 | 129.4 | -1.8 | -1.4% |
| A17 | 0.47 | 0.40 | -0.07 | -14.9% | 134.2 | 137.5 | 3.3 | 2.5% |
| A18 | 0.47 | 0.45 | -0.02 | -4.3% | 137.9 | 138.6 | 0.7 | 0.5% |
| A19 | 0.40 | 0.39 | -0.01 | -2.5% | 119.1 | 119.7 | 0.6 | 0.5% |
| A20 | 0.42 | 0.41 | -0.01 | -2.4% | 120.8 | 123.4 | 2.6 | 2.2% |
| A21 | 0.45 | 0.49 | 0.04 | 8.9% | 125.2 | 125.7 | 0.5 | 0.4% |
| A22 | 0.48 | 0.52 | 0.04 | 8.3% | 129.0 | 126.1 | -2.9 | -2.2% |
| A23 | 0.49 | 0.48 | -0.01 | -2.0% | 133.3 | 127.4 | -5.9 | -4.4% |

| 代表点 | 流速 (m/s) | | | | 流向 (°) | | | |
|-----|----------|------|-------|-------|--------|-------|------|-------|
| | 工程前 | 工程后 | 变化值 | 变化率 | 工程前 | 工程后 | 变化值 | 变化率 |
| A24 | 0.51 | 0.49 | -0.02 | -3.9% | 134.6 | 132.8 | -1.8 | -1.3% |
| A25 | 0.41 | 0.41 | 0.00 | 0.0% | 117.1 | 117.9 | 0.8 | 0.7% |
| A26 | 0.42 | 0.42 | 0.00 | 0.0% | 118.2 | 119.5 | 1.3 | 1.1% |
| A27 | 0.44 | 0.45 | 0.01 | 2.3% | 121.4 | 121.9 | 0.5 | 0.4% |
| A28 | 0.46 | 0.48 | 0.02 | 4.3% | 125.4 | 124.4 | -1.0 | -0.8% |
| A29 | 0.48 | 0.48 | 0.00 | 0.0% | 128.6 | 126.6 | -2.0 | -1.6% |
| A30 | 0.52 | 0.52 | 0.00 | 0.0% | 129.9 | 128.5 | -1.4 | -1.1% |

表 6.1.3-4a 工程前后冬季大潮涨急流速流向变化 (中层)

| 代表点 | 流速 (m/s) | | | | 流向 (°) | | | |
|-----|----------|------|-------|--------|--------|-------|------|-------|
| | 工程前 | 工程后 | 变化值 | 变化率 | 工程前 | 工程后 | 变化值 | 变化率 |
| A1 | 0.16 | 0.16 | 0.00 | 0.0% | 311.5 | 312.9 | 1.4 | 0.4% |
| A2 | 0.16 | 0.16 | 0.00 | 0.0% | 307.4 | 308.8 | 1.4 | 0.5% |
| A3 | 0.15 | 0.16 | 0.01 | 6.7% | 304.7 | 304.5 | -0.2 | -0.1% |
| A4 | 0.15 | 0.16 | 0.01 | 6.7% | 301.6 | 300.0 | -1.6 | -0.5% |
| A5 | 0.15 | 0.15 | 0.00 | 0.0% | 298.2 | 296.0 | -2.2 | -0.7% |
| A6 | 0.14 | 0.15 | 0.01 | 7.1% | 294.5 | 293.0 | -1.5 | -0.5% |
| A7 | 0.16 | 0.16 | 0.00 | 0.0% | 293.6 | 291.3 | -2.3 | -0.8% |
| A8 | 0.16 | 0.16 | 0.00 | 0.0% | 298.8 | 293.8 | -5.0 | -1.7% |
| A9 | 0.16 | 0.17 | 0.01 | 6.3% | 301.1 | 297.3 | -3.8 | -1.3% |
| A10 | 0.17 | 0.19 | 0.02 | 11.8% | 304.1 | 301.8 | -2.3 | -0.8% |
| A11 | 0.17 | 0.18 | 0.01 | 5.9% | 306.8 | 310.9 | 4.1 | 1.3% |
| A12 | 0.18 | 0.17 | -0.01 | -5.6% | 311.5 | 312.8 | 1.3 | 0.4% |
| A13 | 0.17 | 0.16 | -0.01 | -5.9% | 292.1 | 290.6 | -1.5 | -0.5% |
| A14 | 0.18 | 0.16 | -0.02 | -11.1% | 295.7 | 292.4 | -3.3 | -1.1% |
| A15 | 0.18 | 0.15 | -0.03 | -16.7% | 298.3 | 296.4 | -1.9 | -0.6% |
| A16 | 0.19 | 0.15 | -0.04 | -21.1% | 302.5 | 300.0 | -2.5 | -0.8% |
| A17 | 0.19 | 0.17 | -0.02 | -10.5% | 306.5 | 305.6 | -0.9 | -0.3% |
| A18 | 0.19 | 0.19 | 0.00 | 0.0% | 310.7 | 310.2 | -0.5 | -0.2% |
| A19 | 0.18 | 0.17 | -0.01 | -5.6% | 289.9 | 290.3 | 0.4 | 0.1% |
| A20 | 0.19 | 0.18 | -0.01 | -5.3% | 291.8 | 295.0 | 3.2 | 1.1% |
| A21 | 0.20 | 0.21 | 0.01 | 5.0% | 295.7 | 299.7 | 4.0 | 1.4% |
| A22 | 0.20 | 0.22 | 0.02 | 10.0% | 300.5 | 302.0 | 1.5 | 0.5% |
| A23 | 0.20 | 0.21 | 0.01 | 5.0% | 305.3 | 300.9 | -4.4 | -1.4% |
| A24 | 0.21 | 0.21 | 0.00 | 0.0% | 307.7 | 306.0 | -1.7 | -0.6% |
| A25 | 0.18 | 0.18 | 0.00 | 0.0% | 288.8 | 289.6 | 0.8 | 0.3% |
| A26 | 0.19 | 0.19 | 0.00 | 0.0% | 289.6 | 291.3 | 1.7 | 0.6% |
| A27 | 0.19 | 0.20 | 0.01 | 5.3% | 292.8 | 294.5 | 1.7 | 0.6% |
| A28 | 0.20 | 0.21 | 0.01 | 5.0% | 296.6 | 297.2 | 0.6 | 0.2% |
| A29 | 0.20 | 0.21 | 0.01 | 5.0% | 300.1 | 299.3 | -0.8 | -0.3% |
| A30 | 0.22 | 0.22 | 0.00 | 0.0% | 302.6 | 301.7 | -0.9 | -0.3% |

表 6.1.3-4b 工程前后冬季大潮落急流速流向变化 (中层)

| 代表点 | 流速 (m/s) | | | | 流向 (°) | | | |
|-----|----------|------|-------|--------|--------|-------|------|-------|
| | 工程前 | 工程后 | 变化值 | 变化率 | 工程前 | 工程后 | 变化值 | 变化率 |
| A1 | 0.20 | 0.20 | 0.00 | 0.0% | 117.2 | 118.9 | 1.7 | 1.5% |
| A2 | 0.20 | 0.20 | 0.00 | 0.0% | 111.1 | 113.7 | 2.6 | 2.3% |
| A3 | 0.20 | 0.20 | 0.00 | 0.0% | 105.8 | 108.1 | 2.3 | 2.2% |
| A4 | 0.20 | 0.20 | 0.00 | 0.0% | 100.9 | 102.1 | 1.2 | 1.2% |
| A5 | 0.20 | 0.20 | 0.00 | 0.0% | 95.9 | 95.7 | -0.2 | -0.2% |
| A6 | 0.20 | 0.20 | 0.00 | 0.0% | 91.1 | 90.5 | -0.6 | -0.7% |
| A7 | 0.22 | 0.22 | 0.00 | 0.0% | 93.1 | 91.9 | -1.2 | -1.3% |
| A8 | 0.21 | 0.22 | 0.01 | 4.8% | 97.8 | 96.4 | -1.4 | -1.4% |
| A9 | 0.22 | 0.23 | 0.01 | 4.5% | 101.4 | 104.0 | 2.6 | 2.6% |
| A10 | 0.22 | 0.23 | 0.01 | 4.5% | 106.8 | 111.5 | 4.7 | 4.4% |
| A11 | 0.23 | 0.22 | -0.01 | -4.3% | 111.7 | 117.7 | 6.0 | 5.4% |
| A12 | 0.23 | 0.22 | -0.01 | -4.3% | 119.0 | 120.2 | 1.2 | 1.0% |
| A13 | 0.24 | 0.24 | 0.00 | 0.0% | 94.3 | 92.9 | -1.4 | -1.5% |
| A14 | 0.23 | 0.23 | 0.00 | 0.0% | 98.6 | 94.6 | -4.0 | -4.1% |
| A15 | 0.25 | 0.20 | -0.05 | -20.0% | 102.8 | 101.0 | -1.8 | -1.8% |
| A16 | 0.25 | 0.19 | -0.06 | -24.0% | 108.8 | 106.5 | -2.3 | -2.1% |
| A17 | 0.25 | 0.22 | -0.03 | -12.0% | 113.6 | 110.8 | -2.8 | -2.5% |
| A18 | 0.25 | 0.24 | -0.01 | -4.0% | 119.9 | 119.2 | -0.7 | -0.6% |
| A19 | 0.25 | 0.25 | 0.00 | 0.0% | 94.7 | 94.3 | -0.4 | -0.4% |
| A20 | 0.26 | 0.25 | -0.01 | -3.8% | 97.4 | 98.3 | 0.9 | 0.9% |
| A21 | 0.27 | 0.27 | 0.00 | 0.0% | 103.6 | 106.2 | 2.6 | 2.5% |
| A22 | 0.27 | 0.29 | 0.02 | 7.4% | 108.6 | 109.6 | 1.0 | 0.9% |
| A23 | 0.27 | 0.28 | 0.01 | 3.7% | 114.7 | 110.0 | -4.7 | -4.1% |
| A24 | 0.27 | 0.27 | 0.00 | 0.0% | 118.5 | 116.7 | -1.8 | -1.5% |
| A25 | 0.26 | 0.26 | 0.00 | 0.0% | 94.3 | 94.6 | 0.3 | 0.3% |
| A26 | 0.27 | 0.26 | -0.01 | -3.7% | 96.6 | 97.6 | 1.0 | 1.0% |
| A27 | 0.27 | 0.27 | 0.00 | 0.0% | 100.9 | 102.4 | 1.5 | 1.5% |
| A28 | 0.27 | 0.28 | 0.01 | 3.7% | 105.9 | 106.8 | 0.9 | 0.8% |
| A29 | 0.27 | 0.28 | 0.01 | 3.7% | 110.1 | 109.7 | -0.4 | -0.4% |
| A30 | 0.30 | 0.30 | 0.00 | 0.0% | 115.1 | 114.3 | -0.8 | -0.7% |

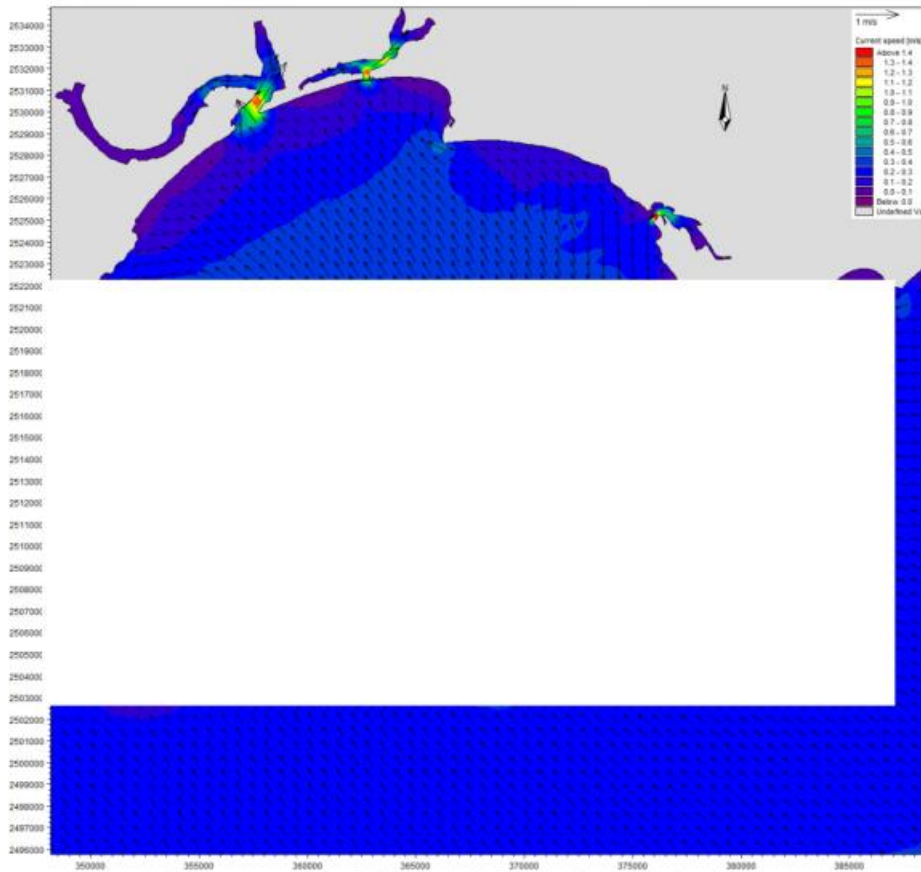


图 6.1.3-9a 工程实施后夏季大潮涨急流场图（表层）

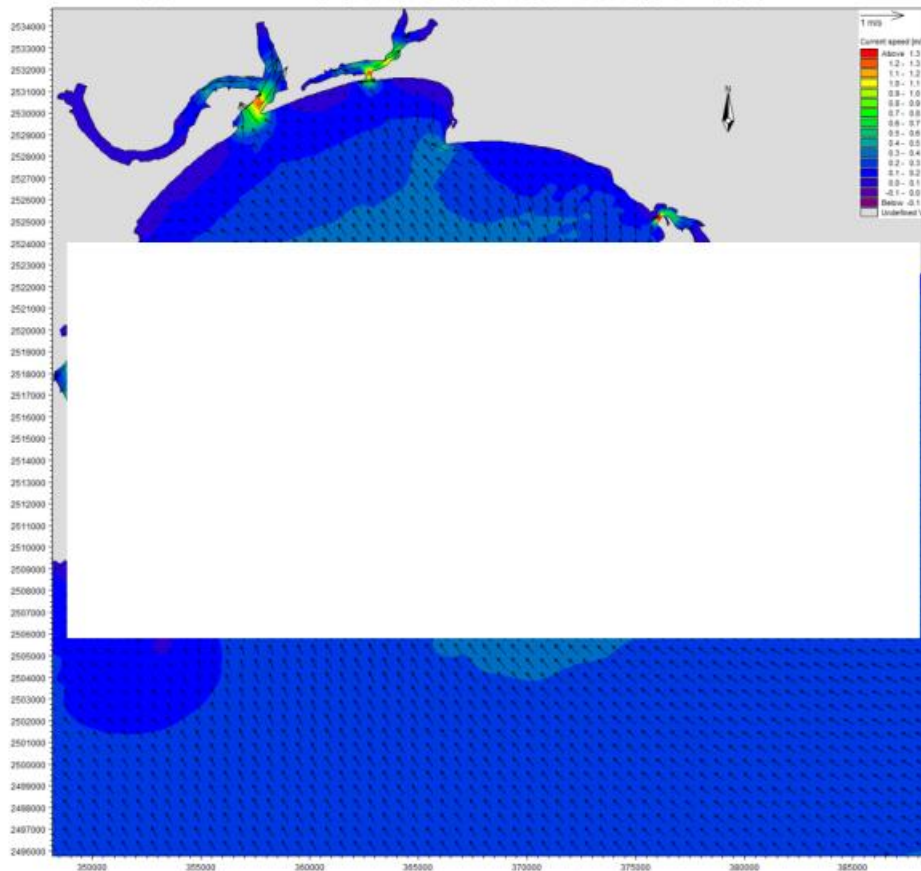


图 6.1.3-9b 工程实施后夏季大潮涨急流场图（中层）

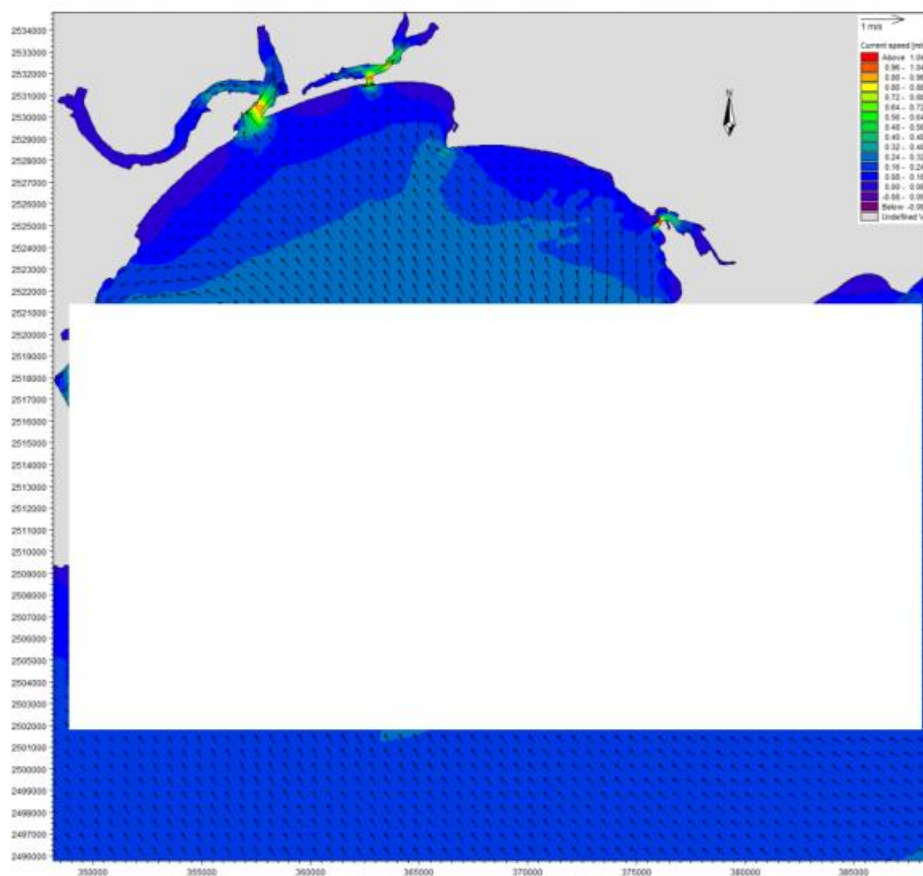


图 6.1.3-9c 工程实施后夏季大潮涨急流场图（底层）

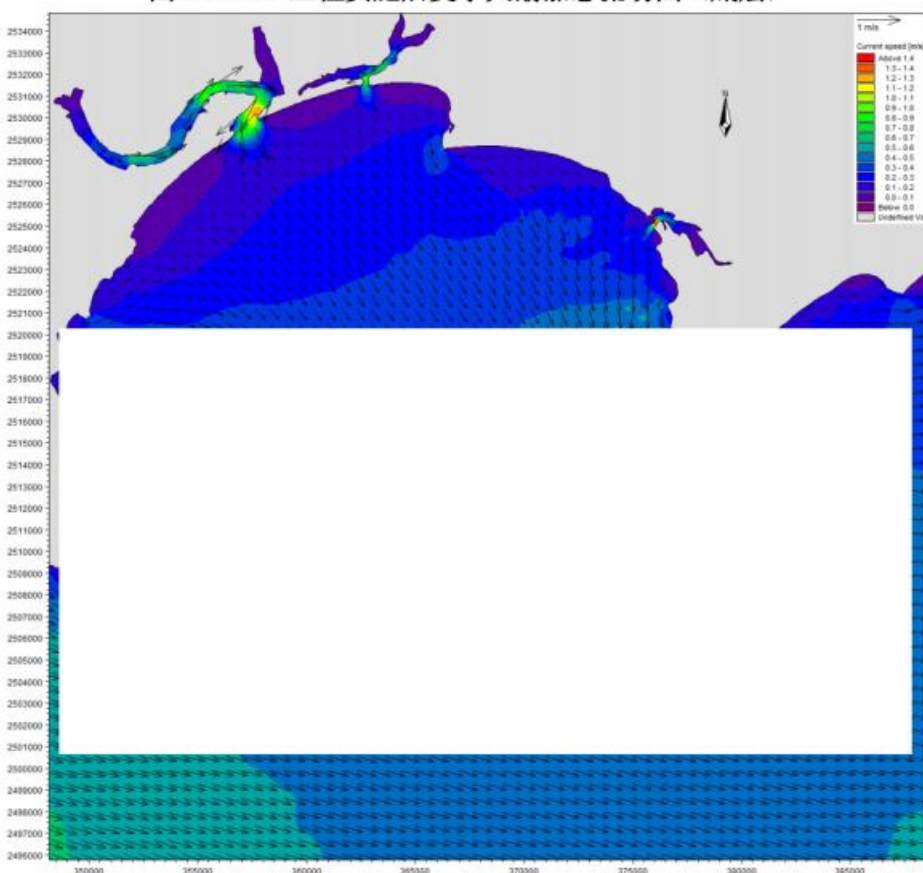


图 6.1.3-9d 工程实施后夏季大潮落急流场图（表层）

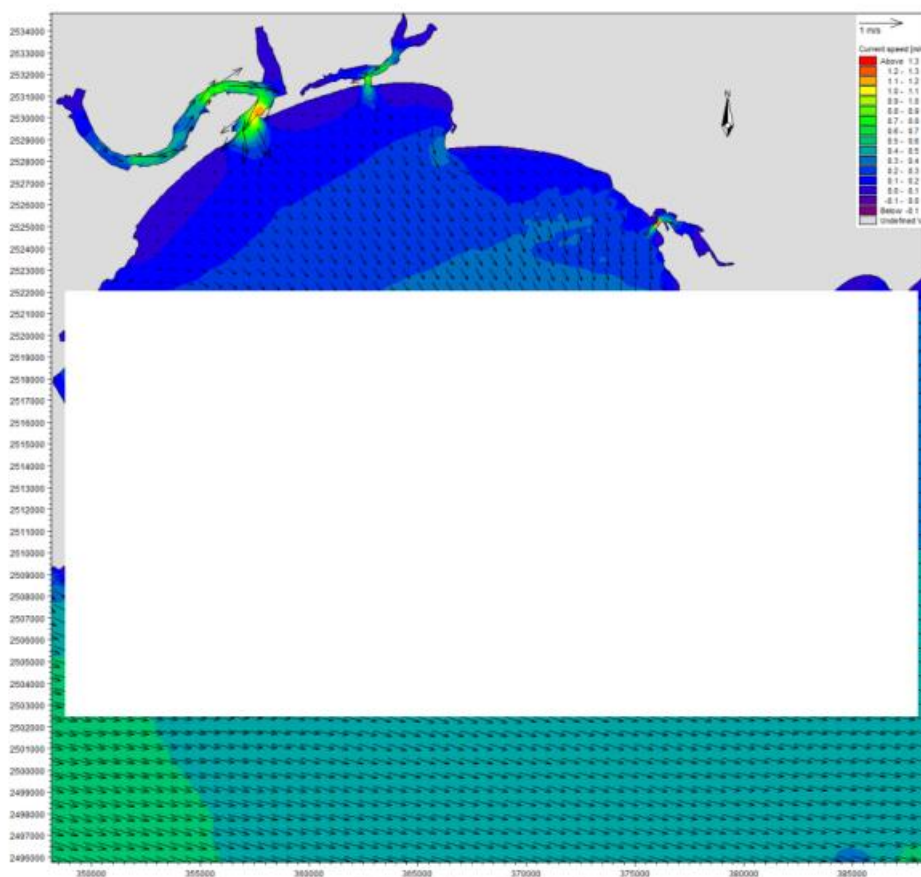


图 6.1.3-9e 工程实施后夏季大潮落急流场图（中层）

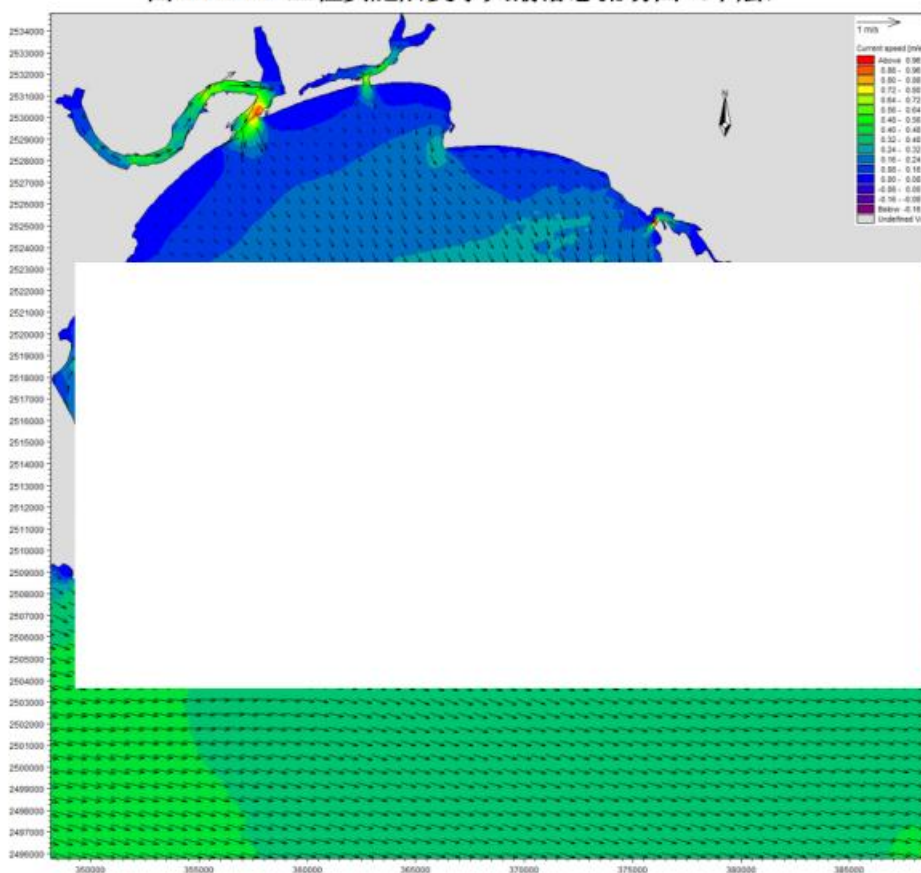


图 6.1.3-9f 工程实施后夏季大潮落急流场图（底层）

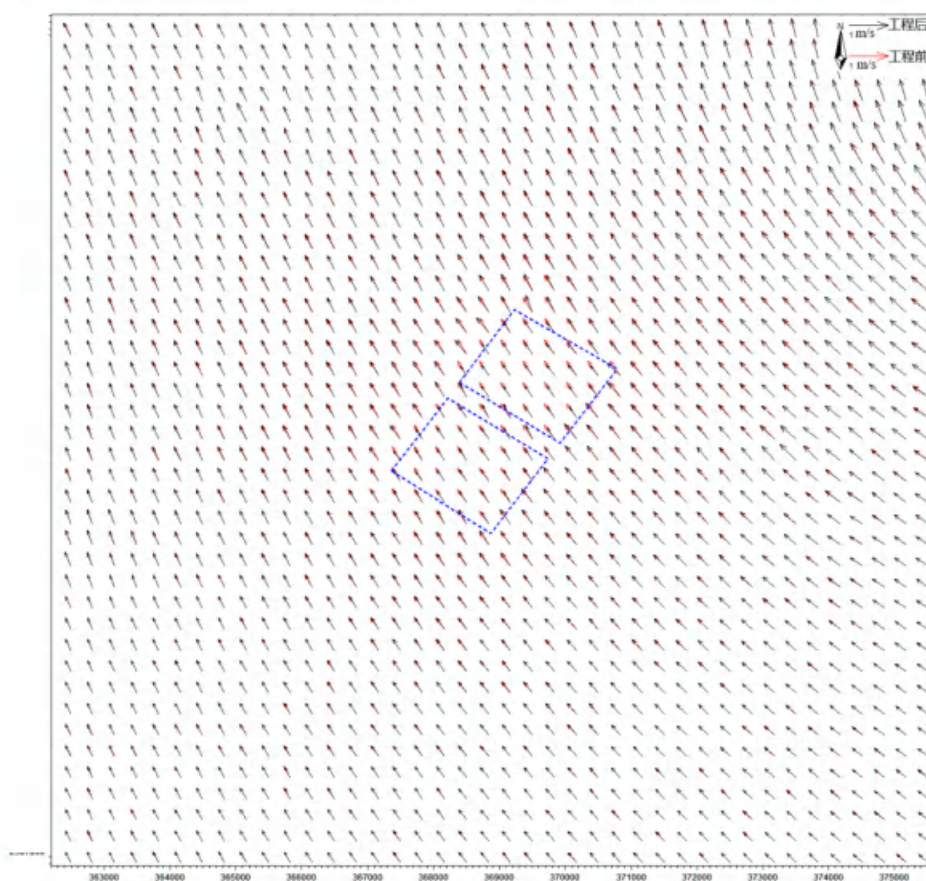


图 6.1.3-10a 工程实施前后夏季大潮涨急流场对比图（中层）

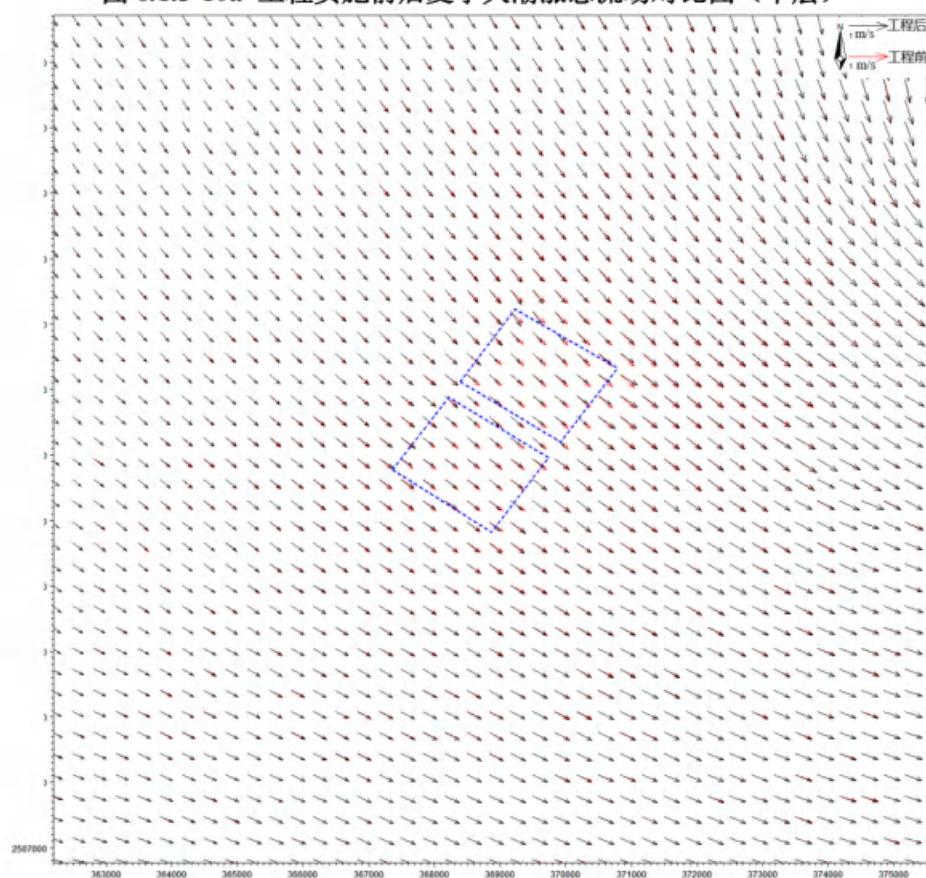


图 6.1.3-10b 工程实施前后夏季大潮落急流场对比图（中层）

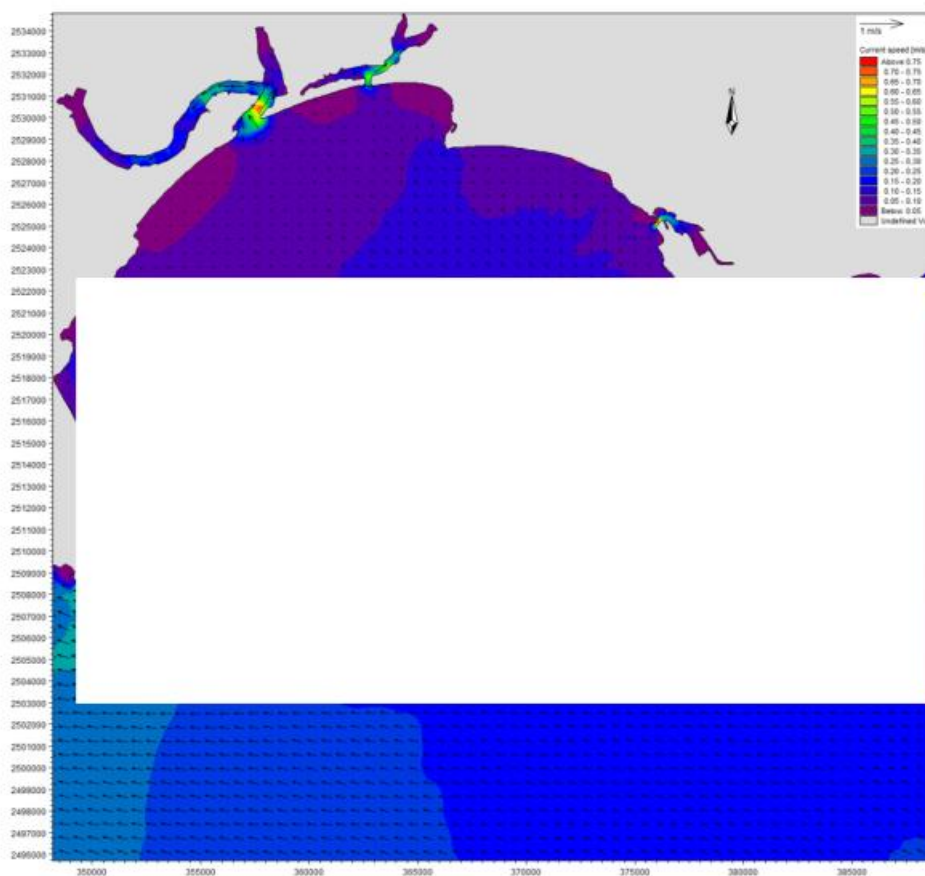


图 6.1.3-11a 工程实施后冬季大潮涨急流场图（表层）

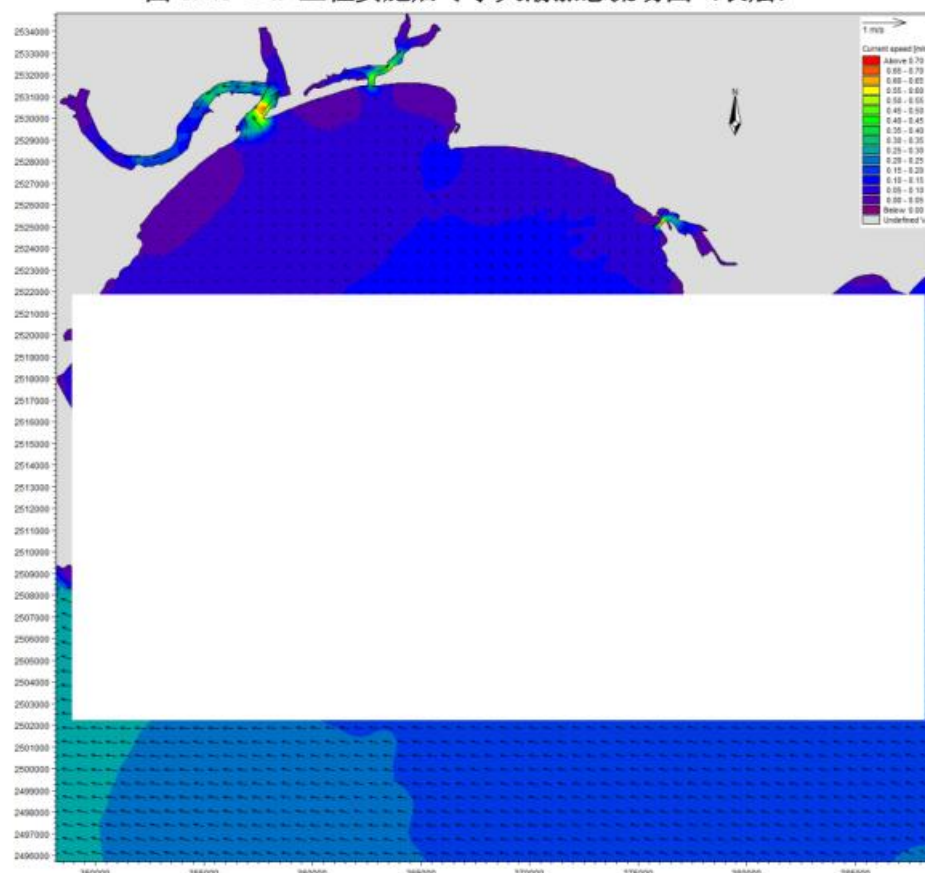


图 6.1.3-11b 工程实施后冬季大潮涨急流场图（中层）

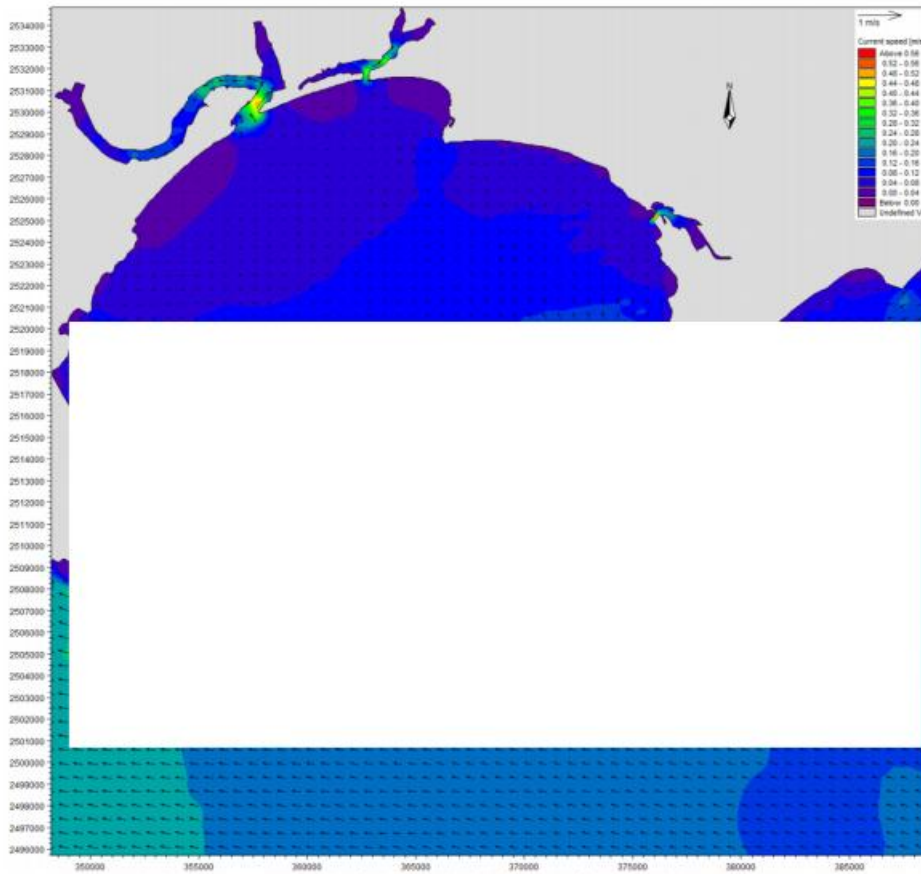


图 6.1.3-11c 工程实施后冬季大潮涨急流场图（底层）

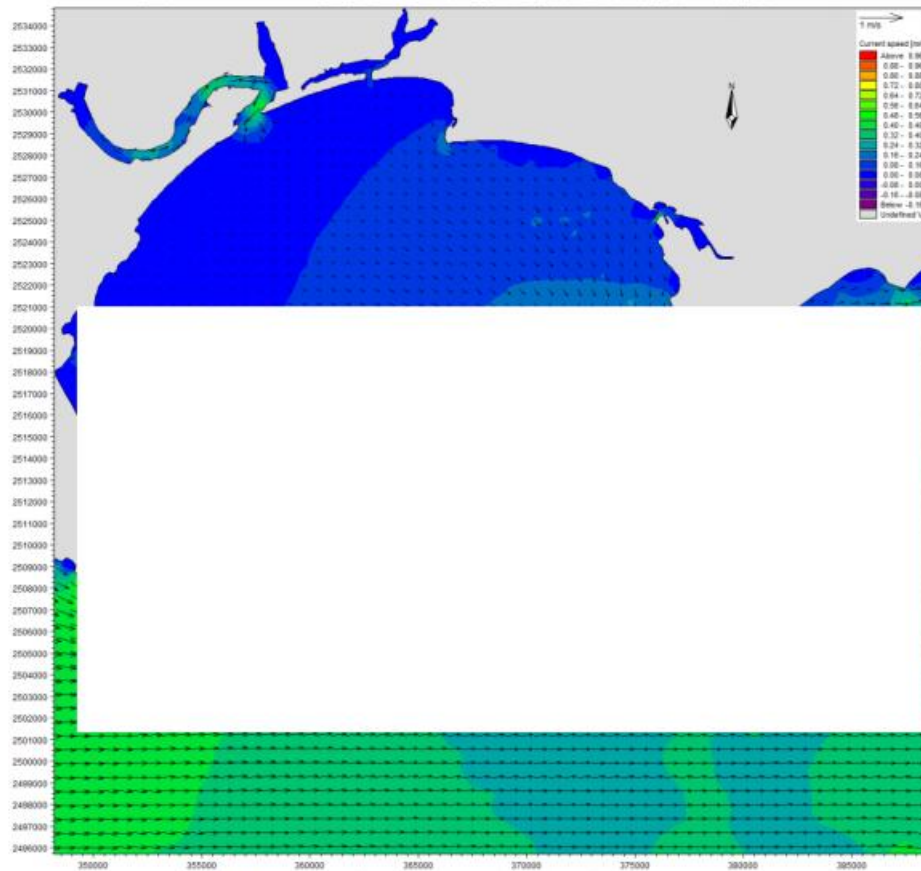


图 6.1.3-11d 工程实施后冬季大潮落急流场图（表层）

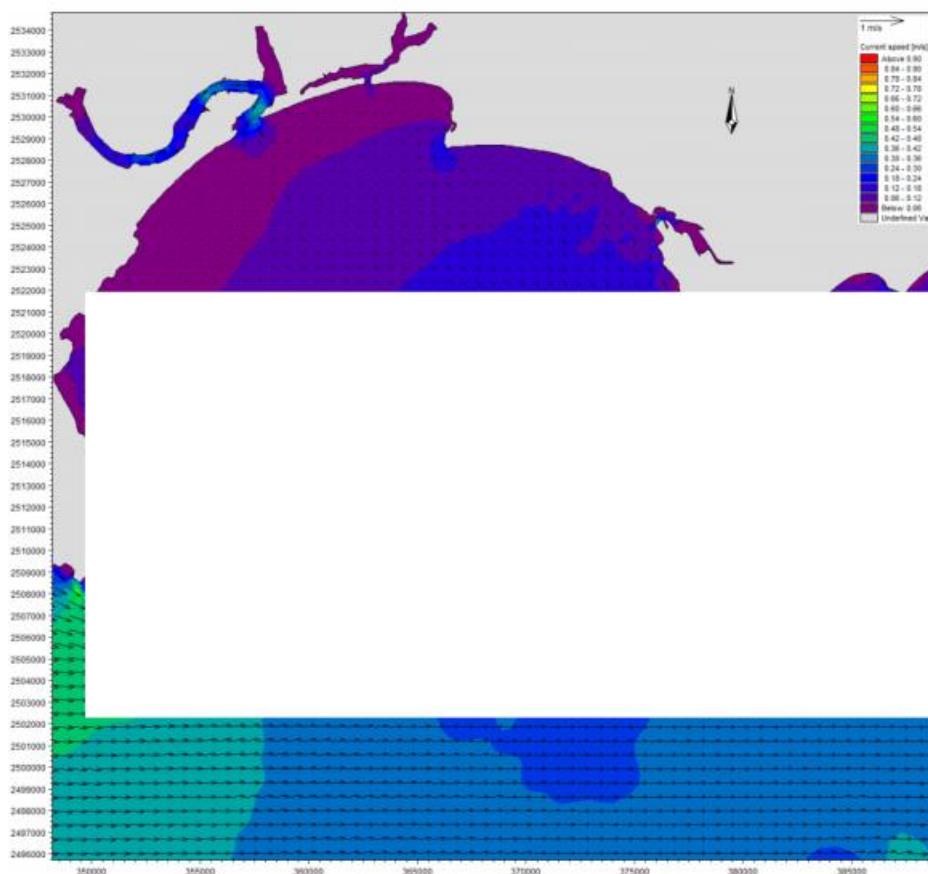


图 6.1.3-11e 工程实施后冬季大潮落急流场图（中层）

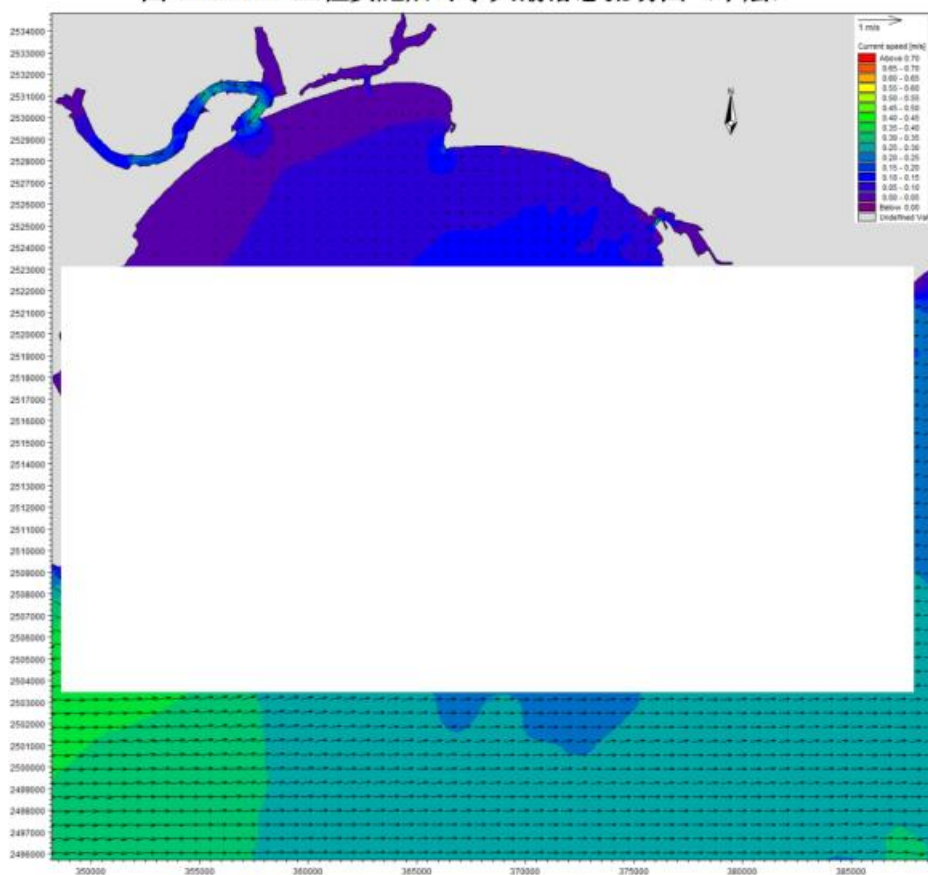


图 6.1.3-11f 工程实施后冬季大潮落急流场图（底层）

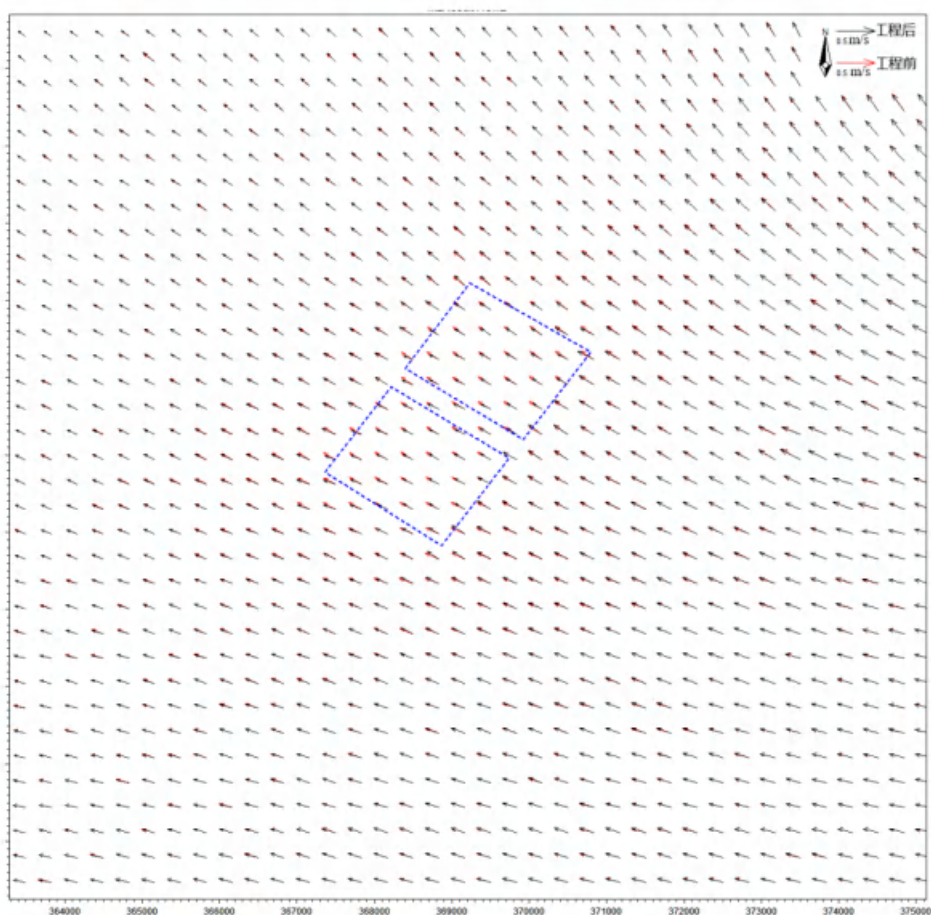


图 6.1.3-12a 工程实施前后冬季大潮涨急流场对比图（中层）

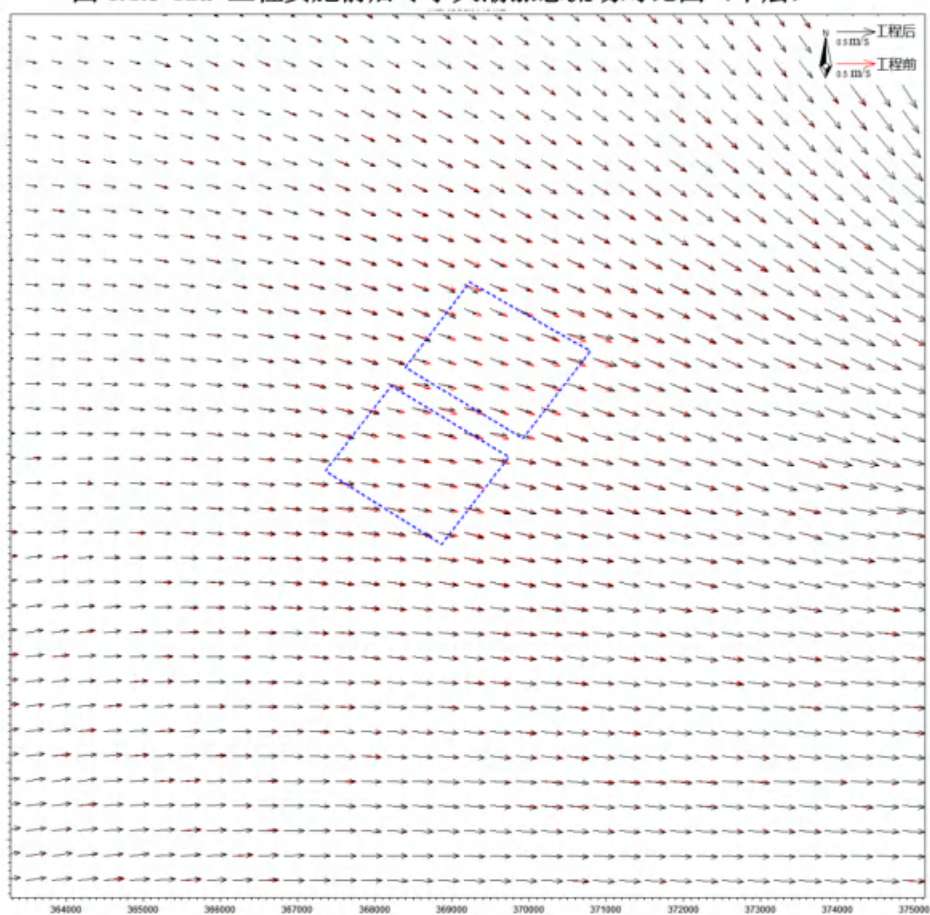


图 6.1.3-12b 工程实施前后冬季大潮落急流场对比图（中层）

6.2 波浪动力环境影响预测与评价

本项目通过建立二维波浪模型，模拟计算工程实施对附近海域波浪动力环境的影响。

6.2.1 SW 波浪数学模型

SW 模型控制方程为：

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \nabla \cdot (\bar{v}N) = \frac{S}{\sigma}$$

$$(c_x, c_y) = \frac{d\bar{x}}{dt} = \bar{c}_g + \bar{U}$$

$$c_\sigma = \frac{d\sigma}{dt} = \frac{\partial \sigma}{\partial d} \left[\frac{\partial d}{\partial t} + \bar{U} \cdot \nabla_{\bar{x}} d \right] - c_g \bar{k} \cdot \frac{\partial \bar{U}}{\partial s}$$

$$c_\theta = \frac{d\theta}{dt} = -\frac{1}{k} \left[\frac{\partial \sigma}{\partial d} \frac{\partial d}{\partial m} + \bar{k} \cdot \frac{\partial \bar{U}}{\partial m} \right]$$

式中：N 为动谱密度，t 为时间， \bar{x} 为笛卡尔坐标系， \bar{v} 为波群速度， ∇ 为微分算子，s 为波浪的传播方向， θ 和 m 为垂直于 s 的方向， $\nabla_{\bar{x}}$ 为在 \bar{x} 空间上的二维微分算子，S 为能量平衡方程中的源项，其中包括风能输入、非线性波波相互作用、白浪、底摩阻及破碎耗散项。

风能输入项形式为：

$$S_{wind}(f, \theta) = \gamma E(f, \theta)$$

$$\gamma = \begin{cases} \left(\frac{\rho_a}{\rho_w} \right) \left(\frac{1.2}{\kappa^2} \mu (\ln \mu)^4 \right) \sigma \left[\left(\frac{u_*}{c} + 0.011 \right) \cos(\theta - \theta_w) \right]^2 & \mu \leq 1 \\ 0 & \mu > 1 \end{cases}$$

$$\mu = kz_0 e^{\kappa/x}$$

$$x = \left(\frac{u_*}{c} + 0.011 \right) \cos(\theta - \theta_w)$$

其中 θ 、 θ_w 分别为波向角和风向角， u_* 为风速， ρ_a 、 ρ_w 分别为空气的密度和水的密度， $\kappa = 0.41$ ， z_0 为粗糙度长度。波浪模型计算范围与潮流模型一致，并采用潮流模型的计算网格进行工程区域二维波浪数值模拟。

工程海区位于碣石湾内，波浪模型验证资料采用《广东省海堤工程设计导则》内遮浪站重现期波浪要素资料进行验证，波浪模型计算选取 SE 向、S 向和 SW 向 50 年一遇波要素分析工程实施前后工程海域波要素变化情况，同时为极端天气情况下工程区的骤淤估算提供波浪要素。模型风速资料采用导则中汕尾站 50 年一遇 SE 向、S 向和 SW 向风速，分别为 29.7m/s、24.4m/s 和 25.0m/s。

遮浪站位置见图 6.2.1-1，SE 向、S 向和 SW 向 50 年一遇波要素验证结果见表 6.2.1-1。

表 6.2.1-1 波浪模型外海边界波浪要素

| 波向 | 模型率定 | 有效波高 (m) | 有效波周期 (s) |
|----|------|----------|-----------|
| SE | 率定值 | 7.8 | 11.1 |
| | 计算值 | 7.7 | 11.1 |
| S | 率定值 | 7.5 | 10.9 |
| | 计算值 | 7.5 | 10.9 |
| SW | 率定值 | 6.1 | 9.9 |
| | 计算值 | 6.1 | 9.8 |

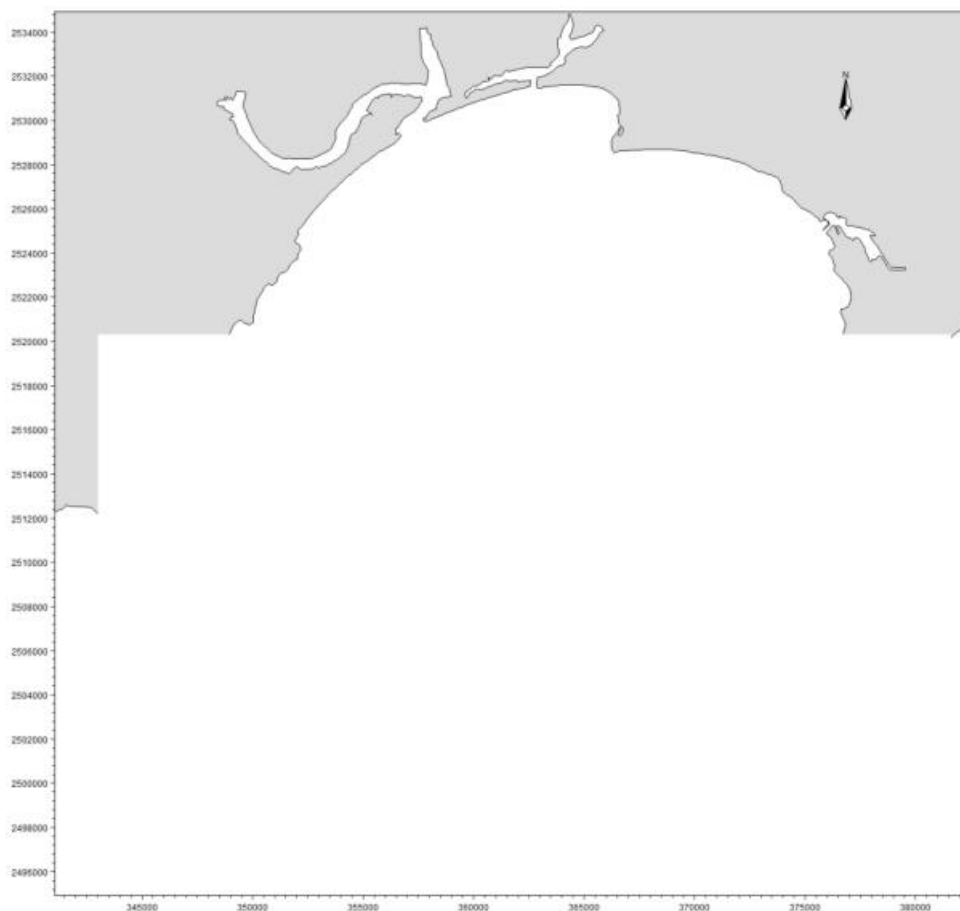


图 6.2.1-1 波浪验证点位置图

6.2.2 工程前波浪动力分析

为分析工程海域的波浪特征，图 6.2.2-1 给出了工程前项目海域 50 年一遇 SE 向、S 向和 SW 向波高分布图。

从图中可以看出，外海 SE 向、S 向和 SW 向波浪传播至碣石湾海域，受岛屿及近岸地形变化的影响，波能逐渐衰减，波峰线逐渐趋于与岸线平行，越靠近岸边波高越小。本项目采砂区位于碣石湾-16.5m 附近开阔海域，水深较大，来自外海的 SE 向、S 向和 SW 向波浪经过工程海域时仍维持原方向传播，工程区 50 年一遇 SE 向有效波高在 8.0m 左右，50 年一遇 S 向有效波高在 7.5m 左右，50 年一遇 SW 向有效波高在 6.0m 左右。

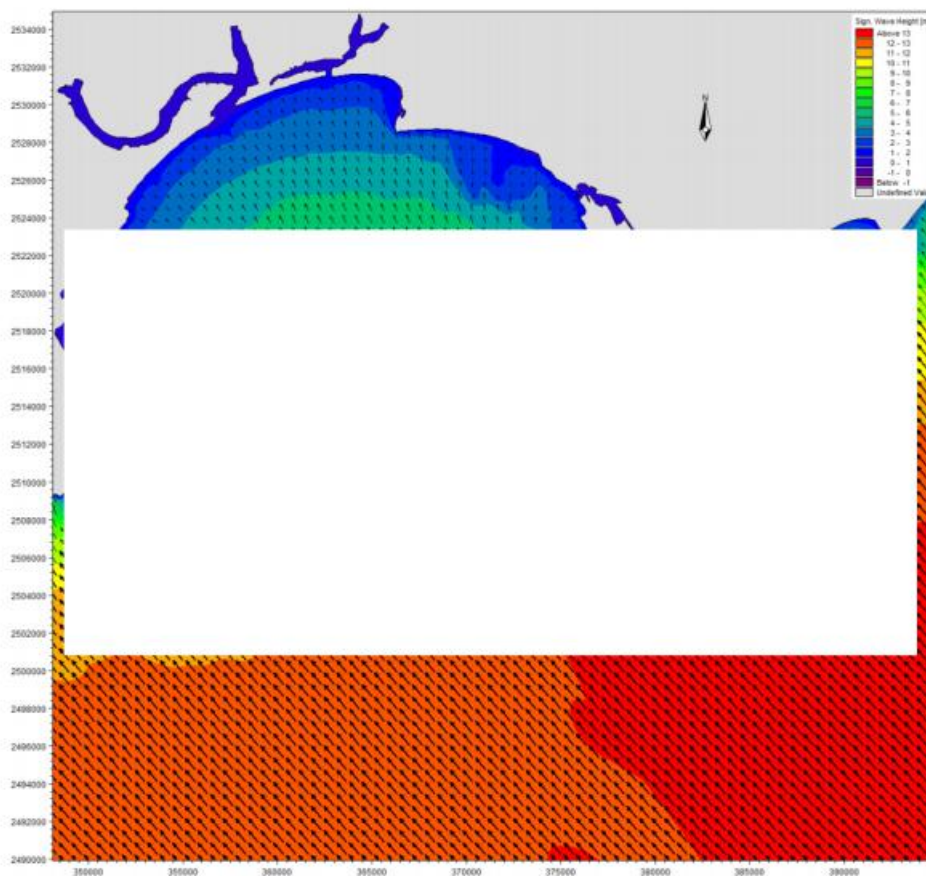


图 6.2.2-1a 工程前 50 年一遇 SE 向有效波高分布图

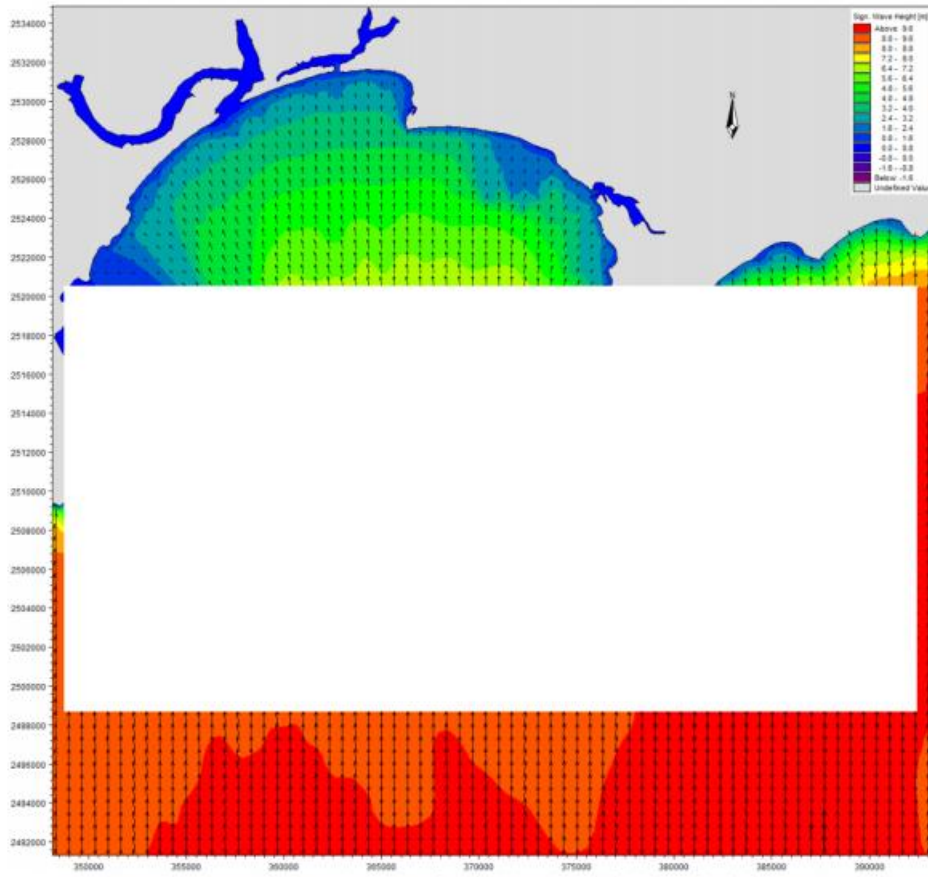


图 6.2.2-1b 工程前 50 年一遇 S 向有效波高分布图

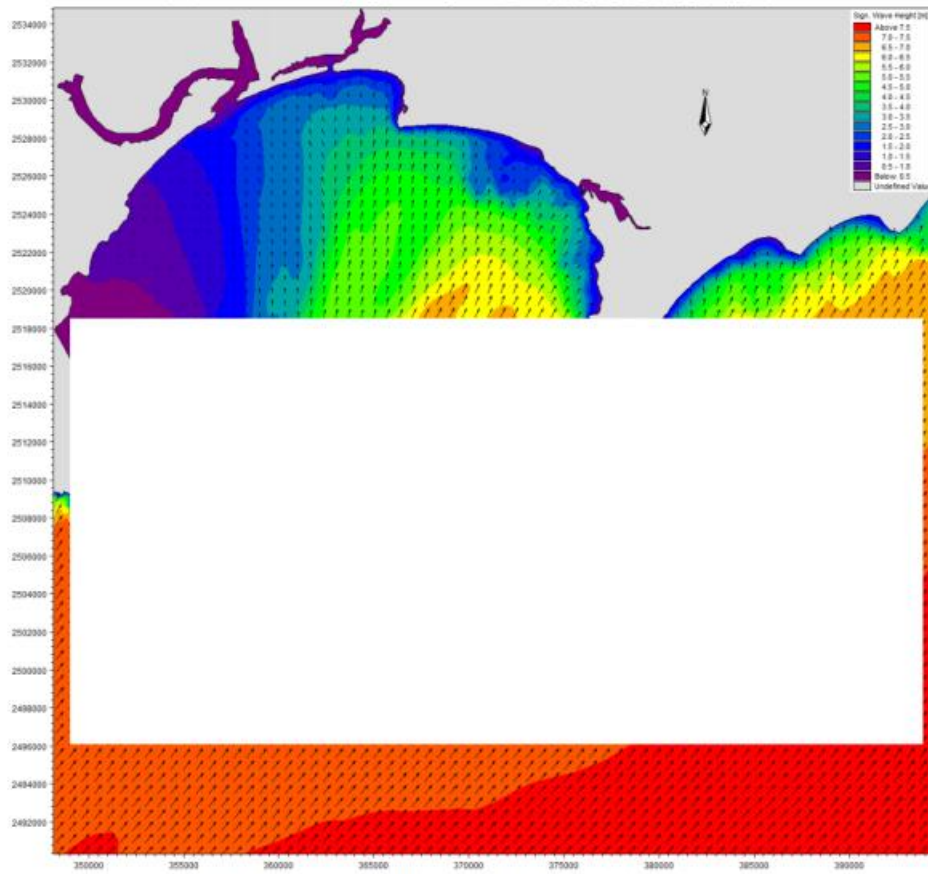


图 6.2.2-1c 工程前 50 年一遇 SW 向有效波高分布图

6.2.3 工程后波浪动力变化分析

6.2.3.1 SW24-11 区块单独采砂后波浪动力变化分析

为分析 SW24-11 项目采砂对附近海域波浪动力的影响，在采砂区周边水域选取 30 个代表点对比工程前后 50 年一遇 SE 向、S 向和 SW 向波浪要素变化情况，代表点位置与潮流代表点一致。

工程前后各代表点 50 年一遇 SE 向、S 向、SW 向波浪要素变化统计结果见表 6.2.3-1。从表中可以看出，工程实施后，采砂区附近代表点有效波高变化相对较大，50 年一遇 SE 向有效波高最大减小 0.47m、S 向有效波高最大减小 0.59m、SW 向有效波高最大减小 0.37m。采砂区周边海域代表点波高有增有减，有效波高增加最大值和减小最大值都现在采砂区附近。采砂区采砂后，工程附近平均波向变化较小，A1~A30 代表点 50 年一遇 SE 向波浪平均波向变化均不超过 $\pm 5^\circ$ 。总体上看，本项目实施会对工程区内波浪动力环境产生一定程度的影响，但影响范围较小。

表 6.2.3-1a 各代表点 50 年一遇 SE 向波浪要素对比

| 代表点 | 有效波高 (m) | | | 波向 ($^\circ$) | | |
|-----|----------|------|-------|-----------------|-------|------|
| | 工程前 | 工程后 | 变化值 | 工程前 | 工程后 | 变化值 |
| A1 | 6.36 | 6.49 | 0.13 | 147.6 | 150.1 | 2.5 |
| A2 | 7.09 | 6.90 | -0.19 | 143.5 | 143.4 | -0.1 |
| A3 | 7.13 | 6.66 | -0.47 | 145.9 | 146.5 | 0.6 |
| A4 | 7.35 | 7.36 | 0.01 | 144.3 | 143.6 | -0.7 |
| A5 | 7.86 | 7.89 | 0.03 | 142.5 | 141.2 | -1.3 |
| A6 | 8.20 | 8.32 | 0.12 | 142.2 | 139.8 | -2.4 |
| A7 | 8.53 | 8.61 | 0.08 | 141.9 | 140.4 | -1.5 |
| A8 | 7.93 | 8.12 | 0.19 | 143.3 | 139.6 | -3.7 |
| A9 | 7.61 | 7.52 | -0.09 | 144.6 | 141.0 | -3.6 |
| A10 | 7.27 | 7.28 | 0.01 | 146.6 | 149.6 | 3.0 |
| A11 | 7.34 | 7.48 | 0.14 | 141.4 | 145.5 | 4.1 |
| A12 | 6.37 | 6.47 | 0.10 | 146.3 | 148.2 | 1.9 |
| A13 | 8.92 | 8.94 | 0.02 | 141.3 | 141.0 | -0.3 |
| A14 | 8.53 | 8.78 | 0.25 | 143.8 | 139.9 | -3.9 |
| A15 | 8.02 | 8.00 | -0.02 | 142.8 | 141.3 | -1.5 |
| A16 | 7.54 | 7.83 | 0.29 | 143.9 | 148.7 | 4.8 |
| A17 | 7.62 | 7.66 | 0.04 | 139.7 | 141.3 | 1.6 |
| A18 | 6.98 | 7.07 | 0.09 | 146.4 | 148.0 | 1.6 |
| A19 | 9.35 | 9.35 | 0.00 | 141.1 | 141.1 | 0.0 |
| A20 | 9.08 | 9.08 | 0.00 | 142.1 | 142.0 | -0.1 |
| A21 | 8.83 | 8.85 | 0.02 | 140.5 | 140.7 | 0.2 |
| A22 | 8.44 | 8.45 | 0.01 | 140.5 | 141.0 | 0.5 |
| A23 | 7.83 | 7.87 | 0.04 | 141.0 | 141.9 | 0.9 |
| A24 | 7.40 | 7.42 | 0.02 | 144.9 | 145.4 | 0.5 |
| A25 | 9.62 | 9.62 | 0.00 | 140.8 | 140.8 | 0.0 |

| 代表点 | 有效波高 (m) | | | 波向 (°) | | |
|-----|----------|------|------|--------|-------|-----|
| | 工程前 | 工程后 | 变化值 | 工程前 | 工程后 | 变化值 |
| A26 | 9.48 | 9.48 | 0.00 | 140.6 | 140.6 | 0.0 |
| A27 | 9.32 | 9.32 | 0.00 | 140.6 | 140.6 | 0.0 |
| A28 | 9.11 | 9.12 | 0.01 | 140.1 | 140.2 | 0.1 |
| A29 | 7.89 | 7.91 | 0.02 | 144.0 | 144.4 | 0.4 |
| A30 | 7.54 | 7.55 | 0.01 | 142.6 | 142.8 | 0.2 |

表 6.2.3-1b 各代表点 50 年一遇 S 向波浪要素对比

| 代表点 | 有效波高 (m) | | | 波向 (°) | | |
|-----|----------|------|-------|--------|-------|------|
| | 工程前 | 工程后 | 变化值 | 工程前 | 工程后 | 变化值 |
| A1 | 6.73 | 6.68 | -0.05 | 176.4 | 176.4 | 0.0 |
| A2 | 7.02 | 6.57 | -0.45 | 175.6 | 176.5 | 0.9 |
| A3 | 7.18 | 7.18 | 0.00 | 176.3 | 174.5 | -1.8 |
| A4 | 7.42 | 7.50 | 0.08 | 176.6 | 174.3 | -2.3 |
| A5 | 7.78 | 7.87 | 0.09 | 176.9 | 174.9 | -2.0 |
| A6 | 7.87 | 7.95 | 0.08 | 177.3 | 175.9 | -1.4 |
| A7 | 8.00 | 8.04 | 0.04 | 176.9 | 176.3 | -0.6 |
| A8 | 7.83 | 8.01 | 0.18 | 176.7 | 173.4 | -3.3 |
| A9 | 7.57 | 7.57 | 0.00 | 179.1 | 175.3 | -3.8 |
| A10 | 7.33 | 6.74 | -0.59 | 178.5 | 178.2 | -0.3 |
| A11 | 7.14 | 7.07 | -0.07 | 175.7 | 176.3 | 0.6 |
| A12 | 6.91 | 6.89 | -0.02 | 175.0 | 176.1 | 1.1 |
| A13 | 8.11 | 8.12 | 0.01 | 176.6 | 176.5 | -0.1 |
| A14 | 7.89 | 7.98 | 0.09 | 177.5 | 176.0 | -1.5 |
| A15 | 7.81 | 7.38 | -0.43 | 175.9 | 175.8 | -0.1 |
| A16 | 7.53 | 7.36 | -0.17 | 175.7 | 177.4 | 1.7 |
| A17 | 7.32 | 7.41 | 0.09 | 173.3 | 175.5 | 2.2 |
| A18 | 7.22 | 7.33 | 0.11 | 173.9 | 175.4 | 1.5 |
| A19 | 8.06 | 8.06 | 0.00 | 176.9 | 176.9 | 0.0 |
| A20 | 7.99 | 7.99 | 0.00 | 176.8 | 176.8 | 0.0 |
| A21 | 7.88 | 8.02 | 0.14 | 174.5 | 176.7 | 2.2 |
| A22 | 7.83 | 7.95 | 0.12 | 173.7 | 176.3 | 2.6 |
| A23 | 7.65 | 7.83 | 0.18 | 172.3 | 175.5 | 3.2 |
| A24 | 7.57 | 7.63 | 0.06 | 174.9 | 176.3 | 1.4 |
| A25 | 8.03 | 8.03 | 0.00 | 177.0 | 177.0 | 0.0 |
| A26 | 8.02 | 8.02 | 0.00 | 177.0 | 177.0 | 0.0 |
| A27 | 7.96 | 7.97 | 0.01 | 176.7 | 176.8 | 0.1 |
| A28 | 8.02 | 8.08 | 0.06 | 175.4 | 176.4 | 1.0 |
| A29 | 7.92 | 8.05 | 0.13 | 174.5 | 176.7 | 2.2 |
| A30 | 7.11 | 7.14 | 0.03 | 175.6 | 176.4 | 0.8 |

表 6.2.3-1c 各代表点 50 年一遇 SW 向波浪要素对比

| 代表点 | 有效波高 (m) | | | 波向 (°) | | |
|-----|----------|------|-------|--------|-------|------|
| | 工程前 | 工程后 | 变化值 | 工程前 | 工程后 | 变化值 |
| A1 | 5.49 | 5.39 | -0.10 | 203.5 | 204.2 | 0.7 |
| A2 | 5.50 | 5.65 | 0.15 | 204.4 | 203.2 | -1.2 |
| A3 | 5.45 | 5.67 | 0.22 | 205.1 | 202.2 | -2.9 |

| 代表点 | 有效波高 (m) | | | 波向 (°) | | |
|-----|----------|------|-------|--------|-------|------|
| | 工程前 | 工程后 | 变化值 | 工程前 | 工程后 | 变化值 |
| A4 | 5.57 | 5.62 | 0.05 | 206.2 | 205.1 | -1.1 |
| A5 | 5.87 | 5.88 | 0.01 | 210.1 | 209.9 | -0.2 |
| A6 | 5.96 | 5.96 | 0.00 | 210.8 | 210.7 | -0.1 |
| A7 | 5.96 | 5.96 | 0.00 | 210.5 | 210.5 | 0.0 |
| A8 | 5.94 | 5.95 | 0.01 | 209.8 | 209.4 | -0.4 |
| A9 | 6.01 | 6.33 | 0.32 | 211.6 | 207.4 | -4.2 |
| A10 | 5.98 | 5.68 | -0.30 | 210.5 | 211.4 | 0.9 |
| A11 | 5.97 | 5.70 | -0.27 | 207.3 | 208.8 | 1.5 |
| A12 | 5.88 | 5.75 | -0.13 | 203.9 | 204.2 | 0.3 |
| A13 | 6.00 | 6.00 | 0.00 | 212.1 | 212.1 | 0.0 |
| A14 | 5.96 | 5.96 | 0.00 | 211.7 | 211.6 | -0.1 |
| A15 | 5.99 | 5.91 | -0.08 | 209.0 | 209.9 | 0.9 |
| A16 | 5.99 | 5.62 | -0.37 | 208.9 | 209.2 | 0.3 |
| A17 | 6.15 | 5.86 | -0.29 | 208.4 | 208.5 | 0.1 |
| A18 | 5.99 | 5.58 | -0.41 | 206.3 | 205.4 | -0.9 |
| A19 | 6.02 | 6.03 | 0.01 | 213.3 | 213.3 | 0.0 |
| A20 | 5.99 | 6.00 | 0.01 | 211.7 | 212.0 | 0.3 |
| A21 | 6.06 | 6.38 | 0.32 | 209.2 | 213.6 | 4.4 |
| A22 | 6.00 | 6.18 | 0.18 | 208.4 | 210.4 | 2.0 |
| A23 | 6.07 | 5.97 | -0.10 | 207.4 | 206.6 | -0.8 |
| A24 | 5.99 | 5.87 | -0.12 | 208.1 | 206.9 | -1.2 |
| A25 | 6.10 | 6.10 | 0.00 | 214.3 | 214.3 | 0.0 |
| A26 | 6.05 | 6.06 | 0.01 | 212.8 | 213.0 | 0.2 |
| A27 | 5.98 | 6.01 | 0.03 | 211.7 | 212.4 | 0.7 |
| A28 | 5.94 | 6.08 | 0.14 | 210.1 | 212.4 | 2.3 |
| A29 | 5.82 | 6.06 | 0.24 | 208.5 | 211.4 | 2.9 |
| A30 | 5.74 | 5.83 | 0.09 | 207.3 | 208.4 | 1.1 |

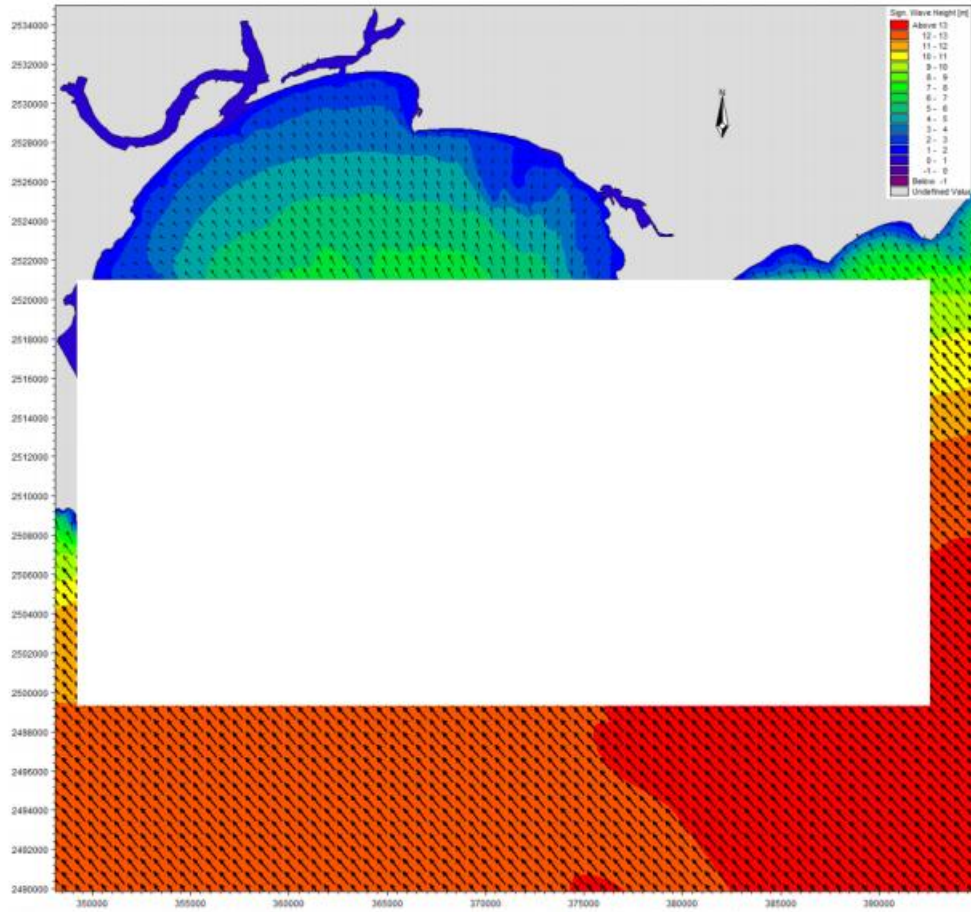


图 6.2.3-1a 工程后 50 年一遇 SE 向波高分布图

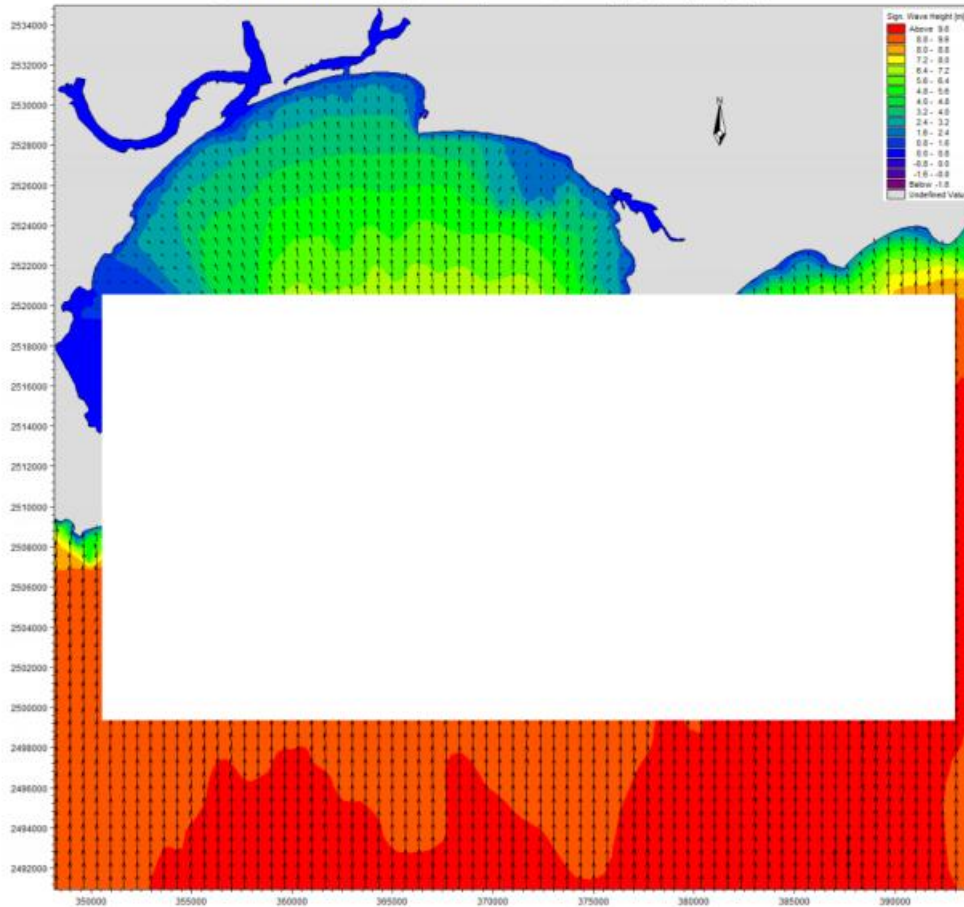


图 6.2.3-1b 工程后 50 年一遇 S 向波高分布图

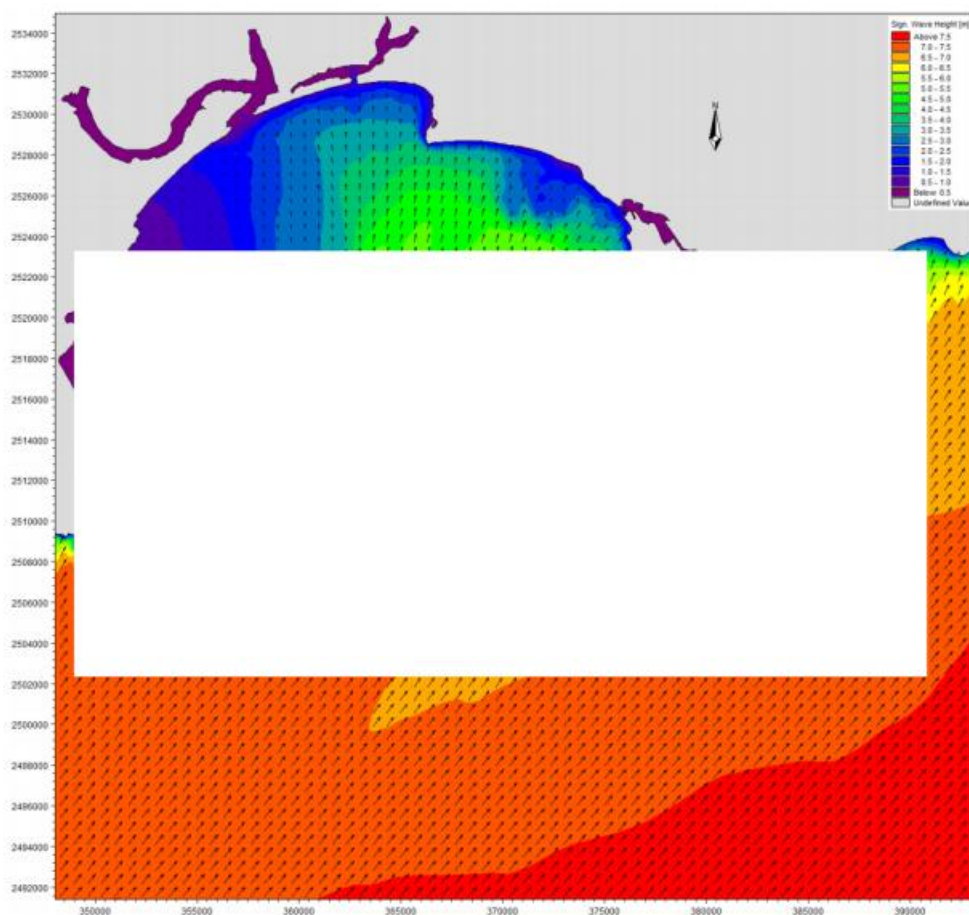


图 6.2.3-1c 工程后 50 年一遇 SW 向波高分布图

6.2.3.2 两个采砂区采砂后波浪动力变化分析

为分析 SW24-11 和 SW24-12 两个项目采砂对附近海域波浪动力的影响，在采砂区周边水域选取 30 个代表点对比工程前后 50 年一遇 SE 向、S 向和 SW 向波浪要素变化情况，代表点位置与潮流代表点一致。

工程前后各代表点 50 年一遇 SE 向、S 向、SW 向波浪要素变化统计结果见表 6.2.3-2。从表中可以看出，工程实施后，采砂区附近代表点有效波高变化相对较大，50 年一遇 SE 向有效波高最大减小 0.48m、S 向有效波高最大减小 1.02m、SW 向有效波高最大减小 0.83m。采砂区周边海域代表点波高有增有减，50 年一遇 SE 向和 S 向有效波高增加最大值和减小最大值都现在采砂区附近，采砂区内波高变化幅度在 1.0m 左右。采砂区采砂后，工程附近平均波向变化较小，A1~A30 代表点 50 年一遇 SE 向波浪平均波向变化均不超过 $\pm 9^\circ$ 。总体上看，本项目实施会对工程区内波浪动力环境产生一定程度的影响，但影响范围较小。

表 6.2.3-1a 各代表点 50 年一遇 SE 向波浪要素对比

| 代表点 | 有效波高 (m) | | | 波向 ($^\circ$) | | |
|-----|----------|------|-------|-----------------|-------|-----|
| | 工程前 | 工程后 | 变化值 | 工程前 | 工程后 | 变化值 |
| A1 | 6.36 | 6.30 | -0.06 | 147.6 | 149.3 | 1.7 |

| 代表点 | 有效波高 (m) | | | 波向 (°) | | |
|-----|----------|------|-------|--------|-------|------|
| | 工程前 | 工程后 | 变化值 | 工程前 | 工程后 | 变化值 |
| A2 | 7.09 | 6.67 | -0.42 | 143.5 | 142.2 | -1.3 |
| A3 | 7.13 | 6.70 | -0.43 | 145.9 | 145.6 | -0.3 |
| A4 | 7.35 | 7.41 | 0.06 | 144.3 | 142.1 | -2.2 |
| A5 | 7.86 | 7.98 | 0.12 | 142.5 | 139.5 | -3.0 |
| A6 | 8.20 | 8.34 | 0.14 | 142.2 | 139.2 | -3.0 |
| A7 | 8.53 | 8.64 | 0.11 | 141.9 | 139.8 | -2.1 |
| A8 | 7.93 | 8.14 | 0.21 | 143.3 | 138.6 | -4.7 |
| A9 | 7.61 | 7.72 | 0.11 | 144.6 | 137.5 | -7.1 |
| A10 | 7.27 | 7.04 | -0.23 | 146.6 | 146.6 | 0.0 |
| A11 | 7.34 | 6.86 | -0.48 | 141.4 | 146.5 | 5.1 |
| A12 | 6.37 | 6.72 | 0.35 | 146.3 | 152.7 | 6.4 |
| A13 | 8.92 | 8.95 | 0.03 | 141.3 | 140.8 | -0.5 |
| A14 | 8.53 | 8.79 | 0.26 | 143.8 | 139.6 | -4.2 |
| A15 | 8.02 | 8.14 | 0.12 | 142.8 | 139.2 | -3.6 |
| A16 | 7.54 | 7.54 | 0.00 | 143.9 | 146.7 | 2.8 |
| A17 | 7.62 | 7.85 | 0.23 | 139.7 | 148.6 | 8.9 |
| A18 | 6.98 | 7.28 | 0.30 | 146.4 | 151.2 | 4.8 |
| A19 | 9.35 | 9.35 | 0.00 | 141.1 | 141.1 | 0.0 |
| A20 | 9.08 | 9.09 | 0.01 | 142.1 | 142.0 | -0.1 |
| A21 | 8.83 | 8.86 | 0.03 | 140.5 | 140.6 | 0.1 |
| A22 | 8.44 | 8.47 | 0.03 | 140.5 | 141.2 | 0.7 |
| A23 | 7.83 | 7.95 | 0.12 | 141.0 | 143.5 | 2.5 |
| A24 | 7.40 | 7.46 | 0.06 | 144.9 | 146.3 | 1.4 |
| A25 | 9.62 | 9.62 | 0.00 | 140.8 | 140.8 | 0.0 |
| A26 | 9.48 | 9.49 | 0.01 | 140.6 | 140.6 | 0.0 |
| A27 | 9.32 | 9.33 | 0.01 | 140.6 | 140.5 | -0.1 |
| A28 | 9.11 | 9.12 | 0.01 | 140.1 | 140.2 | 0.1 |
| A29 | 7.89 | 7.92 | 0.03 | 144.0 | 144.7 | 0.7 |
| A30 | 7.54 | 7.59 | 0.05 | 142.6 | 143.5 | 0.9 |

表 6.2.3-1b 各代表点 50 年一遇 S 向波浪要素对比

| 代表点 | 有效波高 (m) | | | 波向 (°) | | |
|-----|----------|------|-------|--------|-------|------|
| | 工程前 | 工程后 | 变化值 | 工程前 | 工程后 | 变化值 |
| A1 | 6.73 | 6.11 | -0.62 | 176.4 | 177.5 | 1.1 |
| A2 | 7.02 | 6.79 | -0.23 | 175.6 | 173.7 | -1.9 |
| A3 | 7.18 | 7.43 | 0.25 | 176.3 | 170.7 | -5.6 |
| A4 | 7.42 | 7.56 | 0.14 | 176.6 | 172.7 | -3.9 |
| A5 | 7.78 | 7.92 | 0.14 | 176.9 | 174.0 | -2.9 |
| A6 | 7.87 | 7.96 | 0.09 | 177.3 | 175.5 | -1.8 |
| A7 | 8.00 | 8.06 | 0.06 | 176.9 | 176.0 | -0.9 |
| A8 | 7.83 | 8.03 | 0.20 | 176.7 | 173.0 | -3.7 |
| A9 | 7.57 | 7.66 | 0.09 | 179.1 | 173.1 | -6.0 |
| A10 | 7.33 | 7.26 | -0.07 | 178.5 | 171.5 | -7.0 |
| A11 | 7.14 | 6.12 | -1.02 | 175.7 | 174.7 | -1.0 |
| A12 | 6.91 | 6.67 | -0.24 | 175.0 | 176.8 | 1.8 |
| A13 | 8.11 | 8.12 | 0.01 | 176.6 | 176.5 | -0.1 |

| 代表点 | 有效波高 (m) | | | 波向 (°) | | |
|-----|----------|------|-------|--------|-------|------|
| | 工程前 | 工程后 | 变化值 | 工程前 | 工程后 | 变化值 |
| A14 | 7.89 | 7.99 | 0.10 | 177.5 | 175.9 | -1.6 |
| A15 | 7.81 | 7.42 | -0.39 | 175.9 | 175.1 | -0.8 |
| A16 | 7.53 | 6.95 | -0.58 | 175.7 | 176.8 | 1.1 |
| A17 | 7.32 | 7.04 | -0.28 | 173.3 | 179.5 | 6.2 |
| A18 | 7.22 | 7.35 | 0.13 | 173.9 | 177.5 | 3.6 |
| A19 | 8.06 | 8.06 | 0.00 | 176.9 | 176.9 | 0.0 |
| A20 | 7.99 | 7.99 | 0.00 | 176.8 | 176.8 | 0.0 |
| A21 | 7.88 | 8.02 | 0.14 | 174.5 | 176.7 | 2.2 |
| A22 | 7.83 | 8.06 | 0.23 | 173.7 | 178.2 | 4.5 |
| A23 | 7.65 | 8.04 | 0.39 | 172.3 | 180.5 | 8.2 |
| A24 | 7.57 | 7.70 | 0.13 | 174.9 | 178.2 | 3.3 |
| A25 | 8.03 | 8.03 | 0.00 | 177.0 | 177.0 | 0.0 |
| A26 | 8.02 | 8.02 | 0.00 | 177.0 | 177.0 | 0.0 |
| A27 | 7.96 | 7.97 | 0.01 | 176.7 | 176.9 | 0.2 |
| A28 | 8.02 | 8.09 | 0.07 | 175.4 | 176.5 | 1.1 |
| A29 | 7.92 | 8.12 | 0.20 | 174.5 | 177.8 | 3.3 |
| A30 | 7.11 | 7.30 | 0.19 | 175.6 | 179.2 | 3.6 |

表 6.2.3-1c 各代表点 50 年一遇 SW 向波浪要素对比

| 代表点 | 有效波高 (m) | | | 波向 (°) | | |
|-----|----------|------|-------|--------|-------|------|
| | 工程前 | 工程后 | 变化值 | 工程前 | 工程后 | 变化值 |
| A1 | 5.49 | 5.55 | 0.06 | 203.5 | 202.9 | -0.6 |
| A2 | 5.50 | 5.87 | 0.37 | 204.4 | 199.9 | -4.5 |
| A3 | 5.45 | 5.74 | 0.29 | 205.1 | 201.0 | -4.1 |
| A4 | 5.57 | 5.64 | 0.07 | 206.2 | 204.8 | -1.4 |
| A5 | 5.87 | 5.88 | 0.01 | 210.1 | 209.8 | -0.3 |
| A6 | 5.96 | 5.97 | 0.01 | 210.8 | 210.7 | -0.1 |
| A7 | 5.96 | 5.96 | 0.00 | 210.5 | 210.5 | 0.0 |
| A8 | 5.94 | 5.96 | 0.02 | 209.8 | 209.4 | -0.4 |
| A9 | 6.01 | 6.34 | 0.33 | 211.6 | 207.2 | -4.4 |
| A10 | 5.98 | 6.03 | 0.05 | 210.5 | 205.8 | -4.7 |
| A11 | 5.97 | 5.61 | -0.36 | 207.3 | 207.5 | 0.2 |
| A12 | 5.88 | 5.43 | -0.45 | 203.9 | 205.9 | 2.0 |
| A13 | 6.00 | 6.01 | 0.01 | 212.1 | 212.1 | 0.0 |
| A14 | 5.96 | 5.96 | 0.00 | 211.7 | 211.6 | -0.1 |
| A15 | 5.99 | 5.92 | -0.07 | 209.0 | 209.9 | 0.9 |
| A16 | 5.99 | 5.59 | -0.40 | 208.9 | 210.1 | 1.2 |
| A17 | 6.15 | 5.32 | -0.83 | 208.4 | 208.7 | 0.3 |
| A18 | 5.99 | 5.23 | -0.76 | 206.3 | 205.0 | -1.3 |
| A19 | 6.02 | 6.03 | 0.01 | 213.3 | 213.3 | 0.0 |
| A20 | 5.99 | 6.00 | 0.01 | 211.7 | 212.0 | 0.3 |
| A21 | 6.06 | 6.38 | 0.32 | 209.2 | 213.8 | 4.6 |
| A22 | 6.00 | 6.43 | 0.43 | 208.4 | 214.5 | 6.1 |
| A23 | 6.07 | 6.27 | 0.20 | 207.4 | 210.7 | 3.3 |
| A24 | 5.99 | 5.83 | -0.16 | 208.1 | 206.7 | -1.4 |
| A25 | 6.10 | 6.10 | 0.00 | 214.3 | 214.4 | 0.1 |

| 代表点 | 有效波高 (m) | | | 波向 (°) | | |
|-----|----------|------|------|--------|-------|-----|
| | 工程前 | 工程后 | 变化值 | 工程前 | 工程后 | 变化值 |
| A26 | 6.05 | 6.07 | 0.02 | 212.8 | 213.1 | 0.3 |
| A27 | 5.98 | 6.02 | 0.04 | 211.7 | 212.6 | 0.9 |
| A28 | 5.94 | 6.13 | 0.19 | 210.1 | 213.2 | 3.1 |
| A29 | 5.82 | 6.24 | 0.42 | 208.5 | 214.4 | 5.9 |
| A30 | 5.74 | 6.07 | 0.33 | 207.3 | 211.5 | 4.2 |

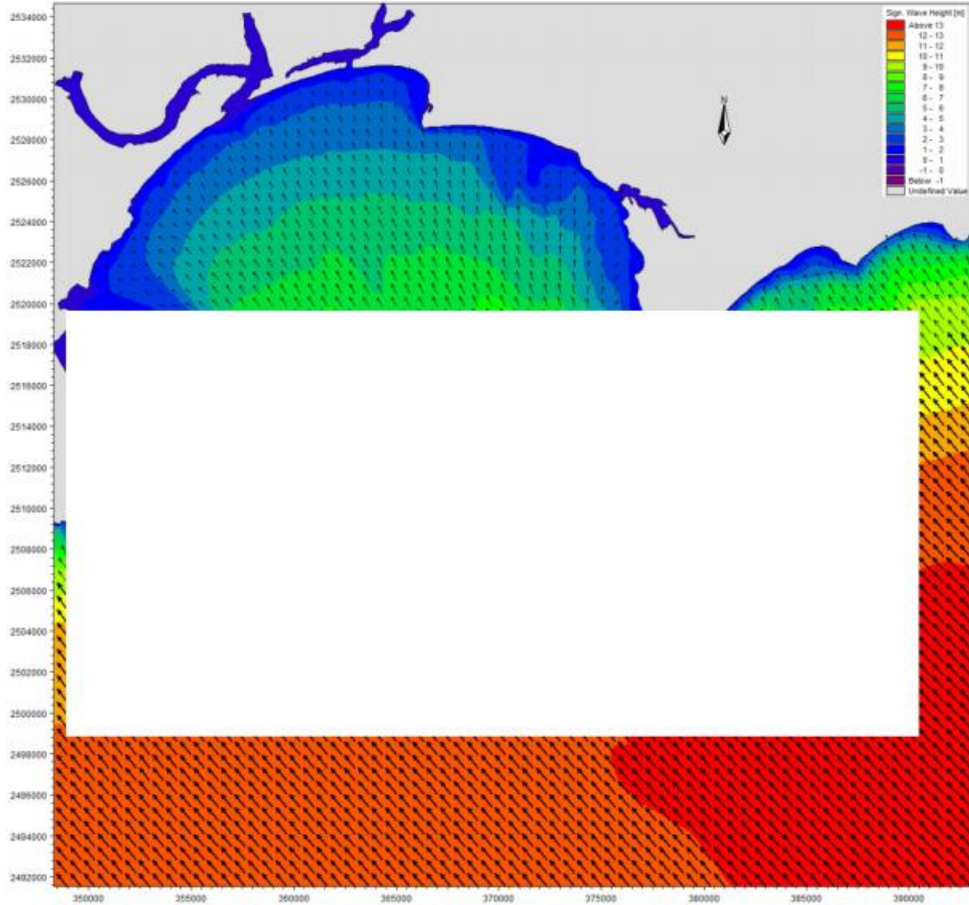


图 6.2.3-2a 工程后 50 年一遇 SE 向波高分布图

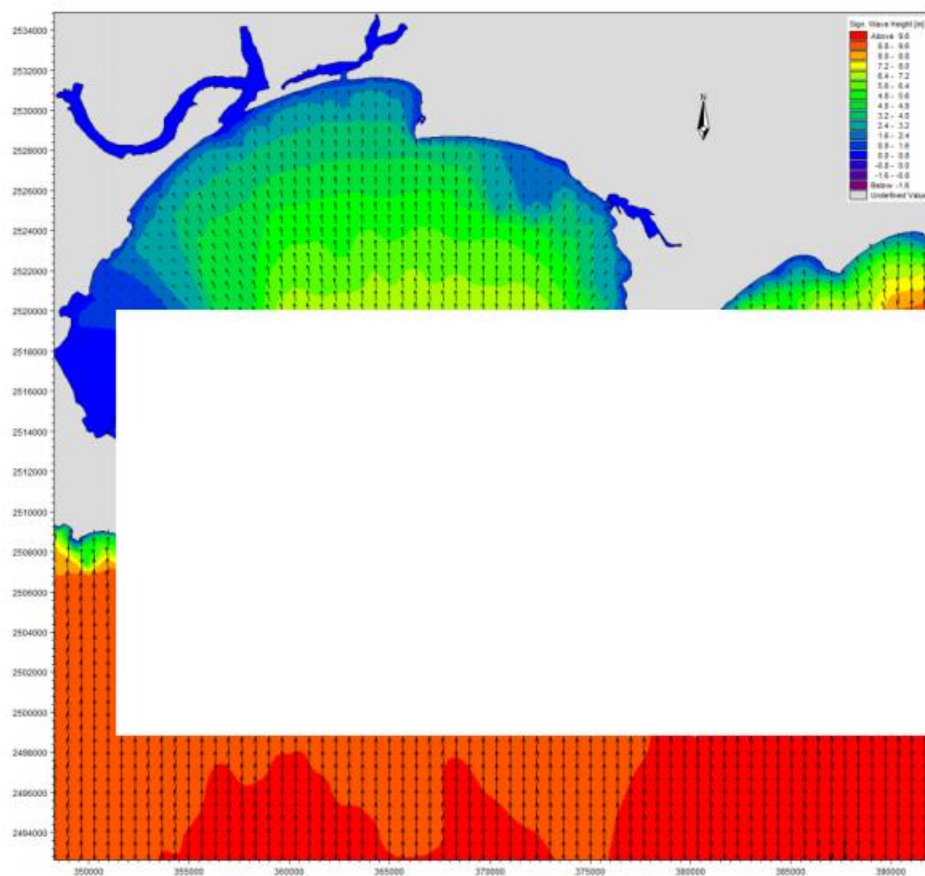


图 6.2.3-2b 工程后 50 年一遇 S 向波高分布图

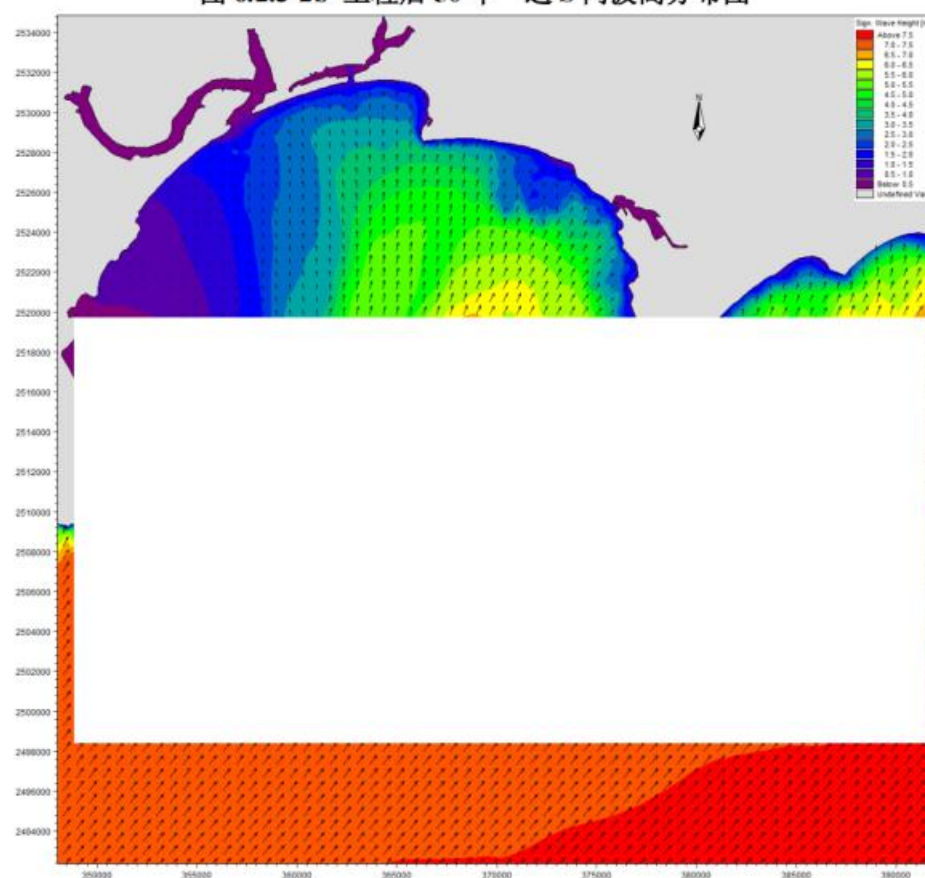


图 6.2.3-2c 工程后 50 年一遇 SW 向波高分布图

6.3 地形地貌与冲淤环境影响分析

6.3.1 泥沙模型构建

根据对当地悬浮泥沙及底质的分析，项目所在海域床面多为细颗粒泥沙，其运动形式以悬移质为主，因此采用悬沙对流扩散方程建立泥沙输运数学模型进行泥沙运动模拟计算。

(1) 控制方程

$$\frac{\partial \bar{c}}{\partial t} + \bar{u} \frac{\partial \bar{c}}{\partial x} + \bar{v} \frac{\partial \bar{c}}{\partial y} = \frac{1}{h} \frac{\partial}{\partial x} \left(h D_x \frac{\partial \bar{c}}{\partial x} \right) + \frac{1}{h} \frac{\partial}{\partial y} \left(h D_y \frac{\partial \bar{c}}{\partial y} \right) + Q_L C_L \frac{1}{h} - F_s$$

式中：

\bar{c} ——垂向平均泥沙浓度；

h ——总水深， $h = d + \eta$ ， d 为给定基面下水深， η 为基面起算水位；

\bar{u} 、 \bar{v} —— x 、 y 方向垂向平均流速；

t ——时间；

D_x 、 D_y —— x 、 y 方向的泥沙扩散系数；

Q_L ——泥沙点源在单位水平面积上的输入流量；

C_L ——泥沙点源的浓度；

F_s ——底部泥沙通量。

(2) 床面变形

$$\gamma_0 \frac{\partial z_b}{\partial t} = -F_s$$

式中， γ_0 为床沙干密度， z_b 为冲淤厚度； $F_s = S_E - S_D$ ， S_E 为床面侵蚀速率， S_D 为床面淤积速率。

对固结粘性床沙 $S_E = E \left(\frac{\tau_b}{\tau_{ce}} - 1 \right)^n$ ($\tau_b > \tau_{ce}$)， E 为冲刷系数， τ_b 为水流底切应力， τ_{ce} 为床沙临界侵蚀切应力， n 为经验系数；

对未固结粘性床沙 $S_E = E \exp[\alpha(\tau_b - \tau_{ce})^{0.5}] (\tau_b > \tau_{ce})$ ， α 为经验系数；

对粘性泥沙 $S_D = p_d \omega_s c_b$ ， ω_s 为泥沙沉速， c_b 为近底泥沙浓度， p_d 为淤积概率， $p_d = 1 - \frac{\tau_b}{\tau_{cd}}$ ($\tau_b < \tau_{cd}$)。

(3) 初始条件

$$\bar{c}(x, y, t)|_{t=0} = \bar{c}_0(x, y)$$

式中：

\bar{c}_0 —— \bar{c} 初始条件下的已知值。

初始泥沙浓度 $\bar{c}_0(x, y)$ 取观测期间平均含沙量 17.9 mg/L。

(4) 固边界条件

$$\frac{\partial \bar{c}}{\partial \bar{n}} = 0$$

式中：

\bar{n} ——固边界法向矢量。

6.3.2 泥沙冲淤计算结果分析

6.3.2.1 SW24-11 区块单独采砂后泥沙冲淤计算结果分析

基于水动力结果采用二维泥沙数学模型计算了 SW24-11 区块单独采砂后采砂区年冲淤变化，由计算结果可知，方案实施后，由于采砂区内水深增加，采砂工程实施后采砂区内基本处于回淤状态，由于工程区无河流携带泥沙入海，外海进入工程区的悬浮泥沙含量很低，因此，工程实施后不会产生剧烈的冲淤变化。

冲淤变化较大的区域主要位于采砂区内，采砂区西南和东北侧会产生轻微的淤积，顺着水流方向的采砂区西北和东南侧会产生轻微的冲刷。采砂区施工完成后采砂区年最大淤积厚度在 0.28m 左右，平均淤积厚度约为 0.19m；采砂区附近海域冲淤变化幅度不大，最大淤积厚度约为 0.09m；采砂区附近最大冲刷厚度约为 0.17m，平均冲刷厚度约为 0.10m。

总体上看，正常情况下，采砂工程实施后，采砂区及附近海域底床会有一个缓慢的再调整过程，但幅度不会很大。

图 6.3.2-1 为工程实施后附近海域年冲淤变化图。

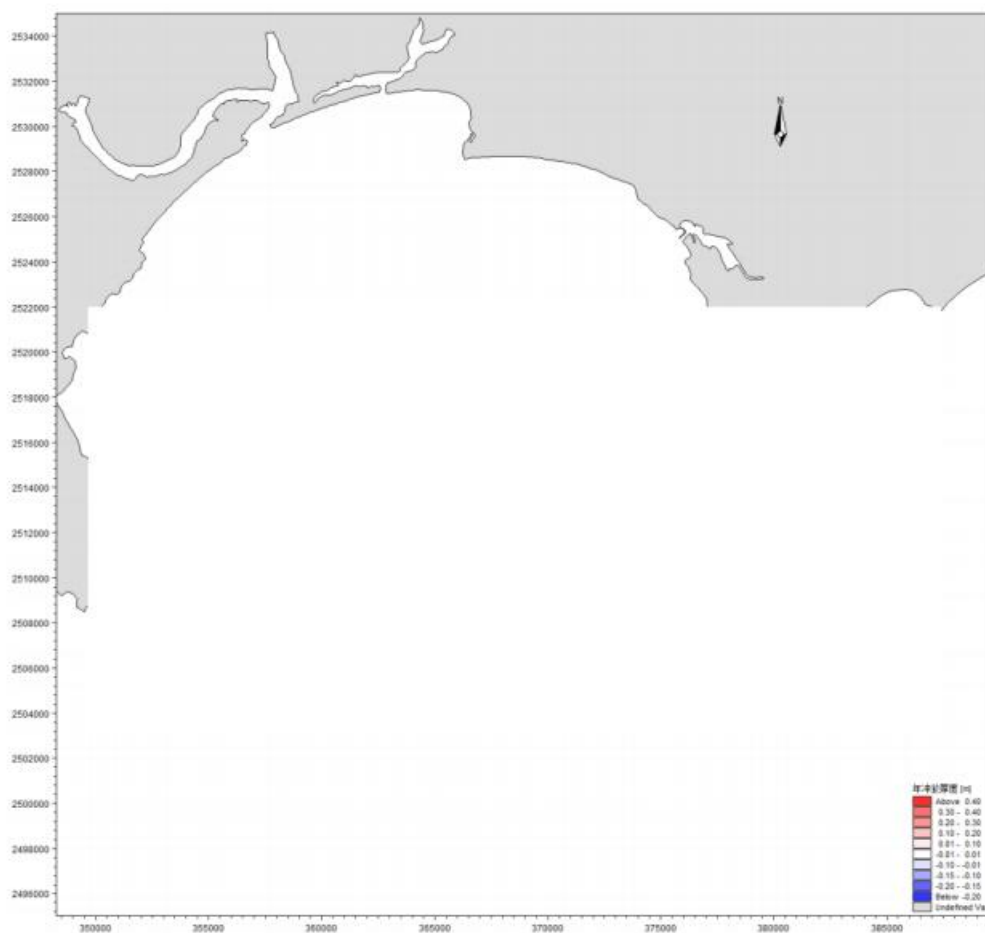


图 6.3.2-1 工程实施后年冲淤变化图

6.3.2.2 两个采砂区采砂后泥沙冲淤计算结果分析

基于水动力结果采用二维泥沙数学模型计算了 SW24-11 和 SW24-12 两个采砂区采砂后采砂区年冲淤变化，由计算结果可知，方案实施后，由于采砂区内水深增加，采砂工程实施后采砂区内基本处于回淤状态，由于工程区无河流携带泥沙入海，外海进入工程区的悬浮泥沙含量很低，因此，工程实施后不会产生剧烈的冲淤变化。

冲淤变化较大的区域主要位于采砂区内，采砂区西南和东北侧会产生轻微的淤积，顺着水流方向的采砂区西北和东南侧会产生轻微的冲刷。采砂区施工完成后采砂区年最大淤积厚度在 0.44m 左右，平均淤积厚度度约为 0.29m；采砂区附近海域冲淤变化幅度不大，最大淤积厚度约为 0.14m；采砂区附近最大冲刷厚度约为 0.28m，平均冲刷厚度约为 0.15m。

总体上看，正常情况下，采砂工程实施后，采砂区及附近海域底床会有一个缓慢的再调整过程，但幅度不会很大。

图 6.3.2-2 为工程实施后附近海域年冲淤变化图。

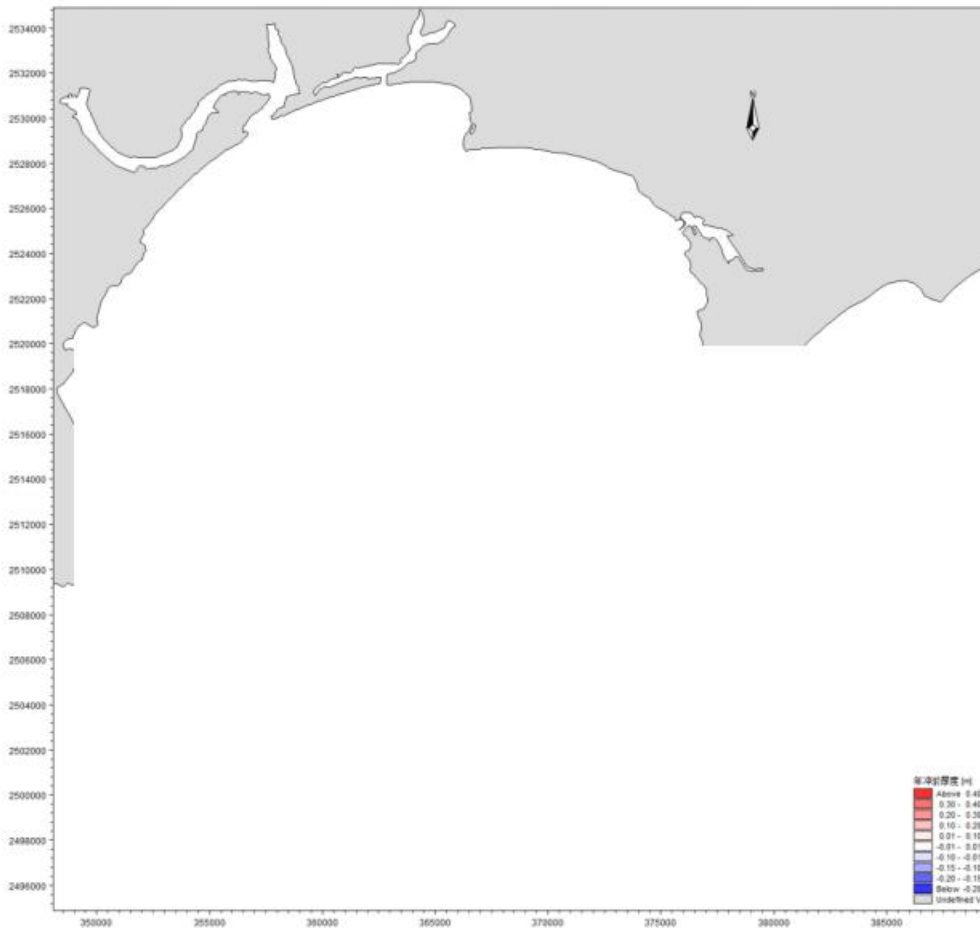


图 6.3.2-2 工程实施后年冲淤变化图

6.3.3 骤淤估算

6.3.3.1 骤淤估算模型

工程实施后采砂区内泥沙回淤在所难免，对于台风过程的骤淤，也是人们关注的问题。在工程实施海域，决定骤淤的泥沙条件，一是径流来沙，本区径流输沙很小；二是波浪掀沙，本区波浪掀沙主要影响海床在风浪作用下的重新悬浮、落淤。过境台风使潮流水体紊动加强，波浪掀起海床泥沙，使含沙量异常增大。

$$P = \frac{\alpha \omega S T}{\gamma} \left[1 - \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^2 \left(\frac{H_1}{H_2} \right) \right]$$

式中， P 为工程后经过时间 t 的淤积量， t 取值 $365 \times 24 \times 3600s$ ； α 为泥沙沉降概率； S 为工程前的平均含沙量，取值为 0.018 kg/m^3 ； γ 为淤积物干容重，单位为 kg/m^3 ，按照公式 $\gamma_c = 1750 \times d_{50}^{0.183}$ 确定， d_{50} 为悬沙中值粒径，根据本工程实测资料取值 0.01mm ； ω 为沉降速度， 0.05cm/s ； V_1 、 V_2 分别为各网格点工程前、后的全潮平均流速，单位为 m/s ； H_1 、 H_2 分别是各网格点工程前后的水深。

骤淤计算采用上述淤积量计算公式，但计算参数需作必要的调整。由于本工程

区大风天实测含沙量资料不足，故本文仅能用经验公式作一估算。当海域大风（台风）出现时，含沙量会呈数倍增大，本文采用刘家驹公式作近似推算。

$$S = 0.0273\rho_s \frac{(\bar{V}_1 + \bar{V}_2)^2}{gh}$$

式中， \bar{V}_1 —为潮流 \bar{V} 和风吹流 \bar{v}_b 的合成流速，即 $\bar{V}_1 = 0.02\bar{U}$ ；

\bar{U} —为风速矢量；

\bar{V}_2 ——波动水流流速， $|\bar{V}_2| = 0.2C \frac{\bar{H}}{h}$ （ C 为波速， \bar{H} 为波高， h 为水深）， S 为

悬沙含量， ρ_s 为泥沙密度。

6.3.3.2 台风浪条件概述

(1) 台风浪

汕尾沿岸海域是热带气旋活动频繁的海区之一，影响本海域的热带气旋来自西太平洋和南海，热带气旋分为热带低压（TD）、热带风暴（TS）、强热带风暴（STS）、台风（TY）、强台风（STY）和超强台风（SuperTY）六个等级。

以遮浪海洋站风速达 6 级，台风中心位置进入 20.9°N~24.9°N，114.3°E~118.3°E 区域内为影响标准，根据台风年鉴资料统计，1949~2025 年期间，登陆或影响本海域的热带气旋共有 210 个，年平均 2.73 个，年最多为 9 个（1999 年），77 年间仅 1989 年没有热带气旋登陆或影响本海域。热带气旋 8 月出现最多，占 24.39%，其次是 7 月及 9 月，各占 22.93%，最早出现在 4 月 10 日（受 6701 强台风影响），最晚出现在 12 月 2 日（受 7427 强台风影响），1 月至 3 月没有热带气旋影响本海域，1949 年~2025 年期间，热带气旋登陆时达到超强台风的有 24 个，强台风 27 个，台风 42 个，强热带风暴 42 个，热带风暴 54 个。

(2) 波要素

本次骤淤估算采用 SE 向和 E 向 50 年一遇设计高情况下的波要素进行计算，波要素见下表。

表 6.3.3-1 工程海区 50 年一遇设计高水位波要素

| 波向 | SE | S |
|-----------|------|------|
| 有效波高 (m) | 7.8 | 7.5 |
| 有效波周期 (s) | 11.1 | 10.9 |
| 波长 (m) | 141 | 138 |

6.3.3.3 采砂区骤淤分析

当出现大风天气时，水体紊动强烈，挟带泥沙粒径较大，在计算中对泥沙沉速和含沙量等参数都作了相应的调整。另外，由于大风天气持续时间长短不一，本文统一按 48 小时淤积强度进行计算。

(1) SW24-11 区块单独采砂后骤淤分析

根据本文所采用的刘家驹挟沙力公式，计算了 SW24-11 采砂区采砂完成后极端天气下采砂区内 48 小时回淤厚度，计算结果见表 6.3.3-2。

表 6.3.3-2 极端工况下采砂区 48h 骤淤厚度

| 波向 | SE | S |
|--------------|------|------|
| 48h 骤淤厚度 (m) | 0.08 | 0.07 |

计算结果显示，极端天气作用下采砂区的回淤量较正常天气要明显增大。SE 向 50 年一遇波况作用下 48h 骤淤量达到 0.08m，S 向 50 年一遇波况作用下 48h 骤淤量达到 0.07m，一般情况下，极端天气发生后只会持续 1~2 天，因此，极端天气情况下产生的回淤量不会很大，不会造成采砂区附近海域底床发生大的调整。

(2) 两个采砂区采砂后骤淤分析

根据本文所采用的刘家驹挟沙力公式，计算了 SW24-11 和 SW24-12 两个采砂区采砂完成后极端天气下采砂区内 48 小时回淤厚度，计算结果见表 6.3.3-3。

表 6.3.3-3 极端工况下采砂区 48h 骤淤厚度

| 波向 | SE | S |
|--------------|------|------|
| 48h 骤淤厚度 (m) | 0.13 | 0.12 |

计算结果显示，极端天气作用下采砂区的回淤量较正常天气要明显增大。SE 向 50 年一遇波况作用下 48h 骤淤量达到 0.13m，S 向 50 年一遇波况作用下 48h 骤淤量达到 0.12m，一般情况下，极端天气发生后只会持续 1~2 天，因此，极端天气情况下产生的回淤量不会很大，不会造成采砂区附近海域底床发生大的调整。

用经验公式计算得到的采砂区回淤及骤淤厚度，其精度受诸多方面的影响，如原型观测资料、挟沙力公式的选取、冲淤系数的确定等，但总的变化趋势应是合理的。建议采砂工程实施过程中要及时做底质环境跟踪监测，工程实施后三年内实施一次回淤跟踪观测，确保采砂区工程实施后不会对周边海域底床环境产生大的影响。

6.3.4 采砂对岸滩稳定性影响分析

本项目采砂区位于碣石湾海域，对于砂质岸线，影响岸滩稳定的主要因素为动力场和泥沙来源。单纯在潮流作用下泥沙很难启动，只有叠加波浪，泥沙才能在波浪启动下产生输运，因此，报告从潮流和波浪两方面分析采砂工程实施前后岸滩附

近水动力场的变化，同时分析采砂区附近的泥沙来源情况，从而对采砂区实施后做一个定性分析。

6.3.4.1 泥沙来源

采砂区位于碣石湾内，所在海域没有河流携带泥沙入海，本区域泥沙来源主要为近岸泥沙再悬浮引起的沿岸输沙，而沿岸输沙的主要是由于潮流和波浪共同作用引起的，因此，有必要分析采砂区实施前后岸滩附近动力场的变化情况。

6.3.4.2 项目实施对岸线附近动力场的影响

(1) SW24-11 区块单独采砂后对岸线附近动力场的影响

①流场

图 6.3.4-1 为 SW24-11 区块单独采砂前后大潮涨落急流速变化等值线图，由图可知，采砂区采砂完成后，工程前后的潮流场变化主要局限在采砂区附近，大潮涨落急流速最大变幅很小，在 0.1m/s 以下，潮流变化区域位于 10m 等深线以外，本项目与附近岸线距离较远，采砂区施工后不会对岸滩产生影响。因此，本项目的实施基本不会改变附近岸滩的流场。

②波浪场

图 6.3.4-2 为 SW24-11 采砂区采砂前后 50 年一遇 SE 向、S 向和 SW 向 H_{13} 波高变化等值线图。根据波浪场计算结果可知：采砂区采砂实施后，近岸 5 米等深线内的岸滩海域波高变化最大幅度在 0.1m 以内，变化幅度很小，结果表明，本工程总体上看，本工程实施会对工程附近波浪动力环境产生一定程度的影响，但影响较小。

根据上面计算分析结果可知，由于采砂区距离岸线较远，项目建设引起的岸边附近的潮流场、波浪场的变化有限。因此采砂对岸滩稳定性的影响甚微。

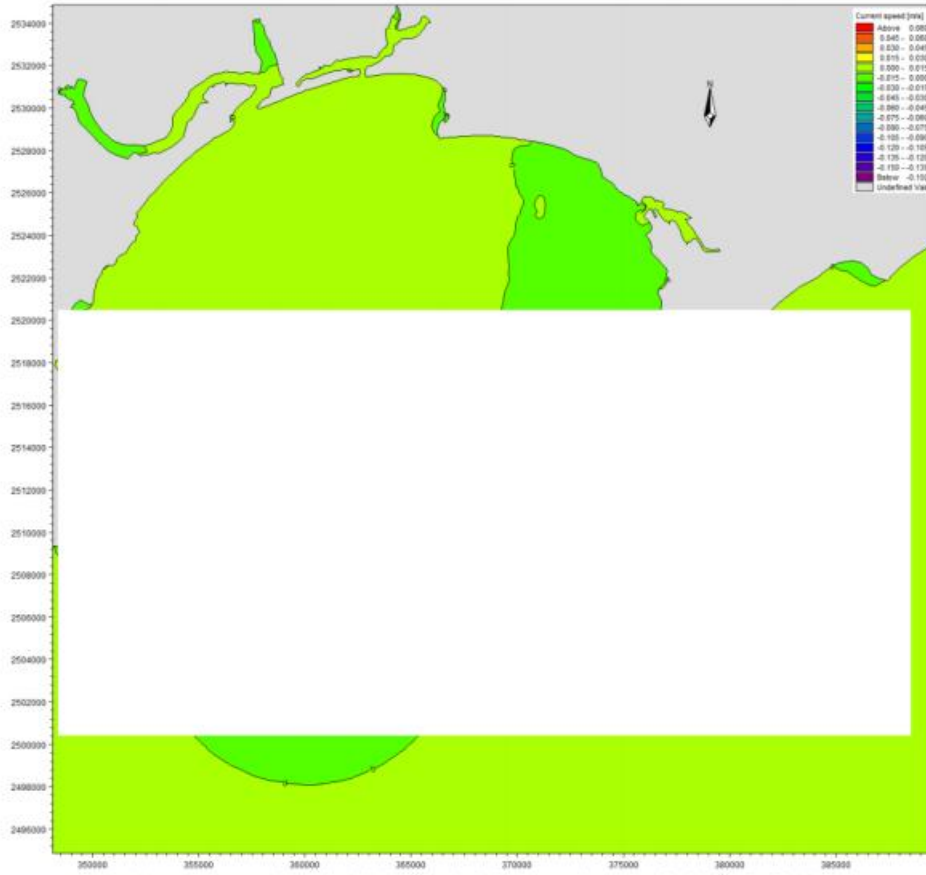


图 6.3.4-1a 砂区实施前后夏季大潮涨急流场变化等值线图

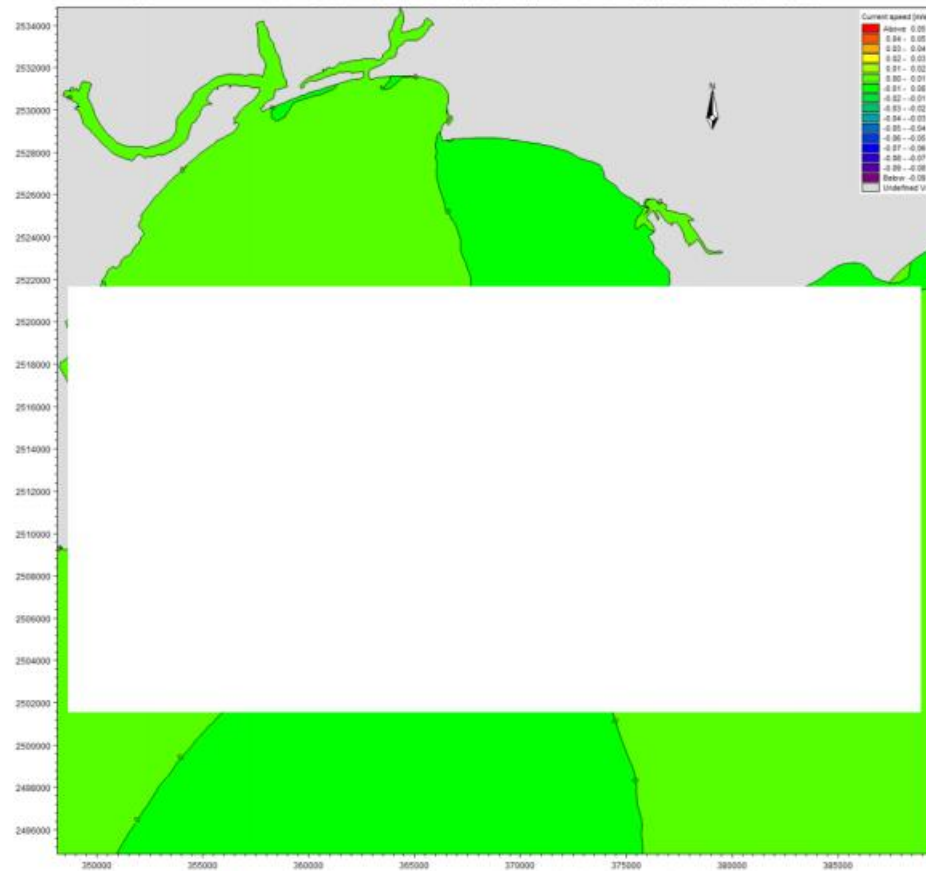


图 6.3.4-1b 砂区实施前后夏季大潮落急流场变化等值线图

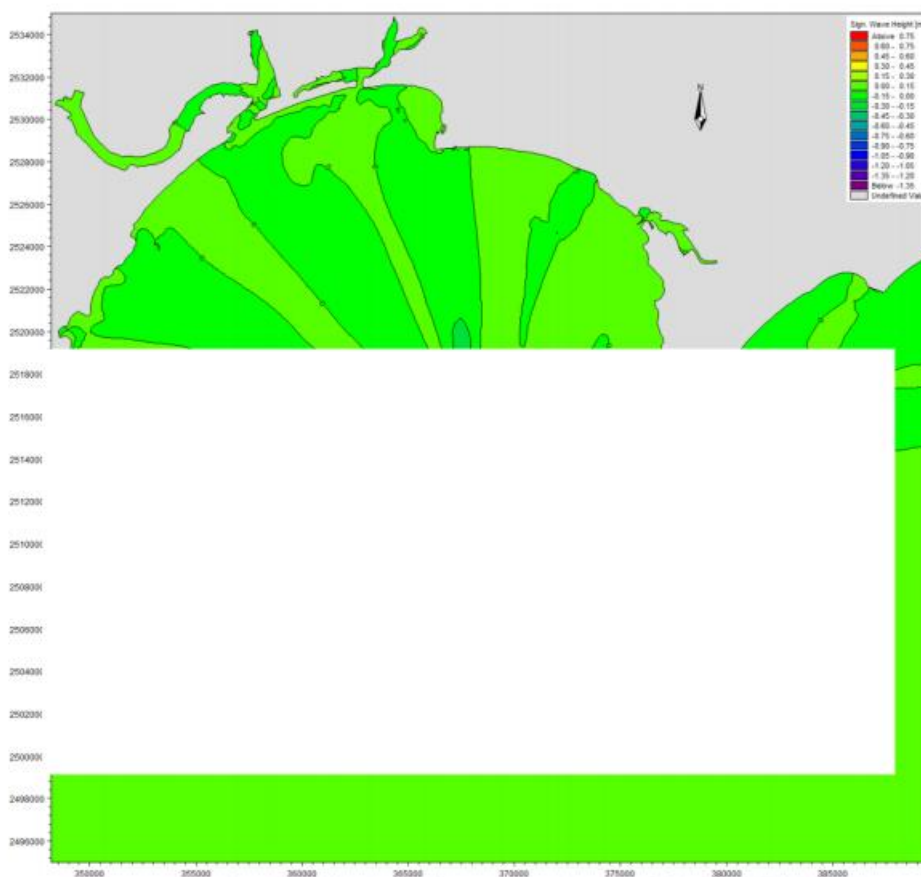


图 6.3.4-2a 砂区实施前后 SE 向 50 年一遇 H₁₃ 波高变化等值线图

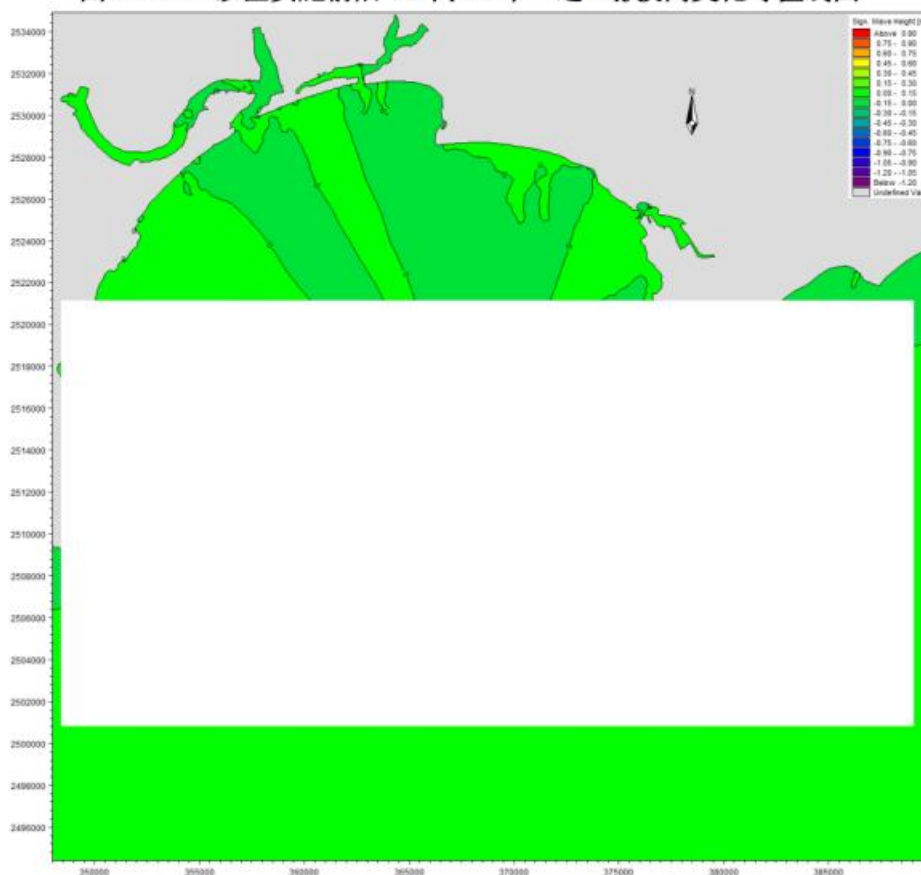


图 6.3.4-2b 砂区实施前后 S 向 50 年一遇 H₁₃ 波高变化等值线图

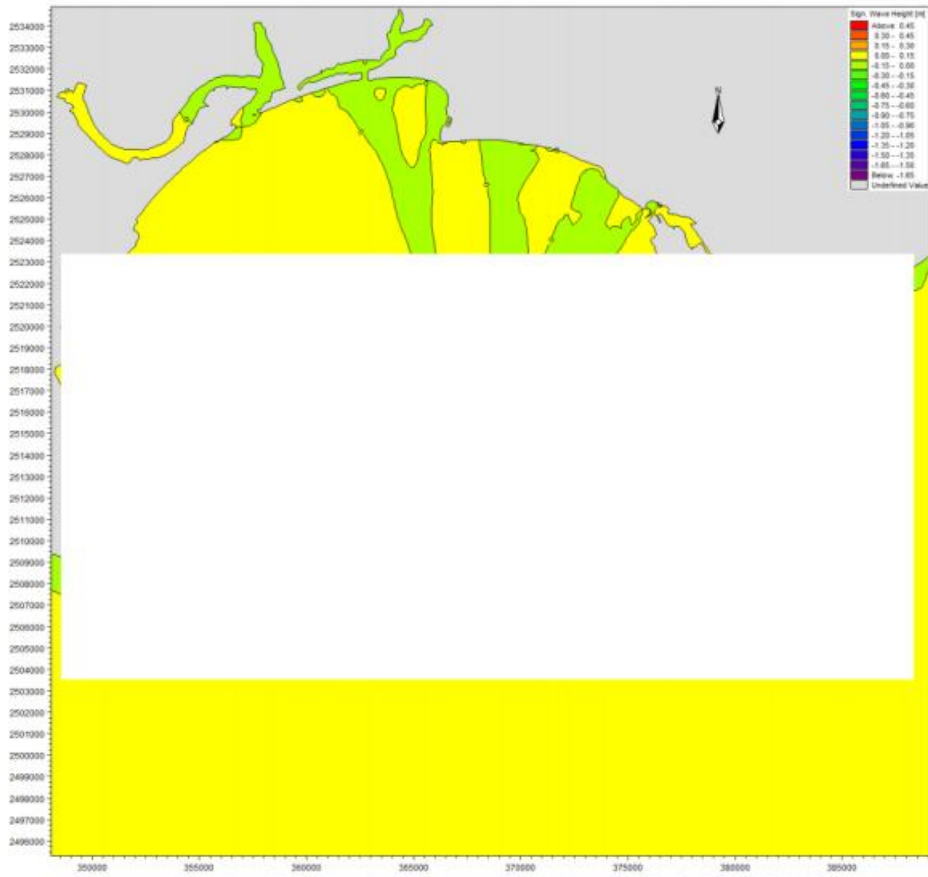


图 6.3.4-2c 砂区实施前后 SW 向 50 年一遇 H_{13} 波高变化等值线图

(2) 两个区块采砂后对岸线附近动力场的影响

① 流场

图 6.3.4-3 为 SW24-11 和 SW24-12 两个区块采砂前后大潮涨落急流速变化等值线图，由图可知，采砂区采砂完成后，工程前后的潮流场变化主要局限在采砂区附近，大潮涨落急流速最大变幅很小，在 0.1m/s 以下，潮流变化区域位于 10m 等深线以外，本项目与附近岸线距离较远，采砂区施工后不会对岸滩产生影响。因此，本项目的实施基本不会改变附近岸滩的流场。

② 波浪场

图 6.3.4-4 为 SW24-11 和 SW24-12 两个采砂区采砂前后 50 年一遇 SE 向、S 向和 SW 向 H_{13} 波高变化等值线图。根据波浪场计算结果可知：采砂区采砂实施后，近岸 5 米等深线内的岸滩海域波高变化最大幅度在 0.1m 以内，变化幅度很小，结果表明，本工程总体上看，本工程实施会对工程附近波浪动力环境产生一定程度的影响，但影响较小。

根据上面计算分析结果可知，由于采砂区距离岸线较远，项目建设引起的岸边附近的潮流场、波浪场的变化有限。因此采砂对岸滩稳定性的影响甚微。

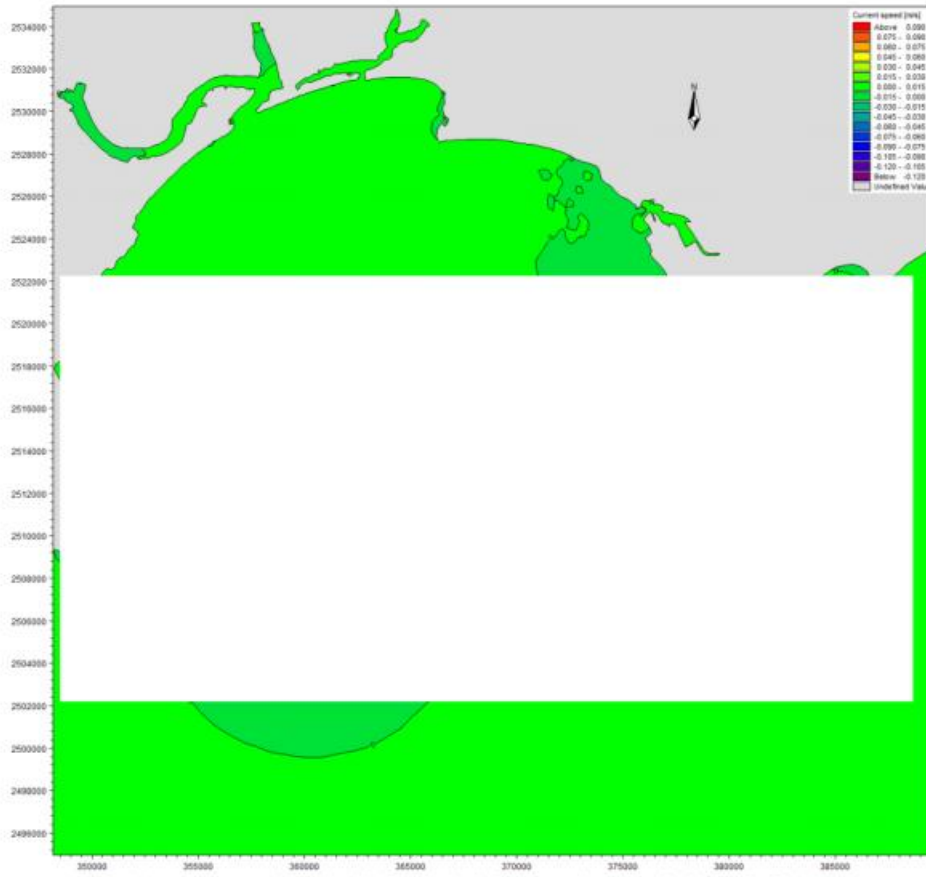


图 6.3.4-3a 砂区实施前后夏季大潮涨急流场变化等值线图

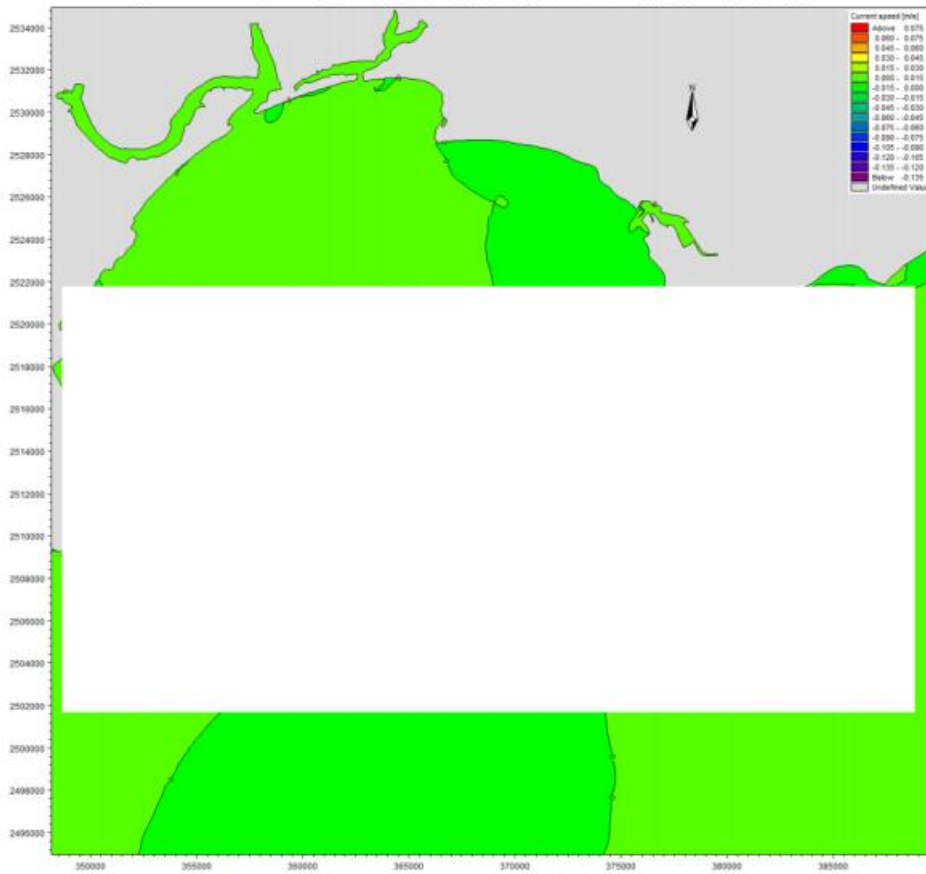


图 6.3.4-3b 砂区实施前后夏季大潮落急流场变化等值线图

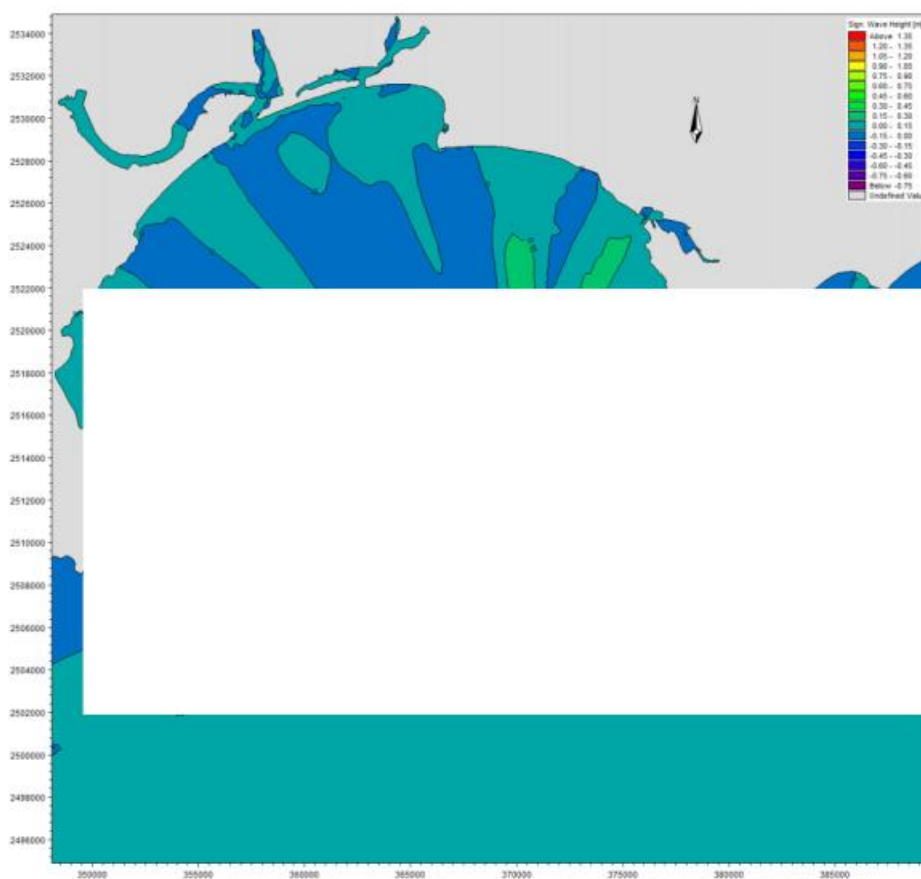


图 6.3.4-4a 砂区实施前后 SE 向 50 年一遇 H₁₃ 波高变化等值线图

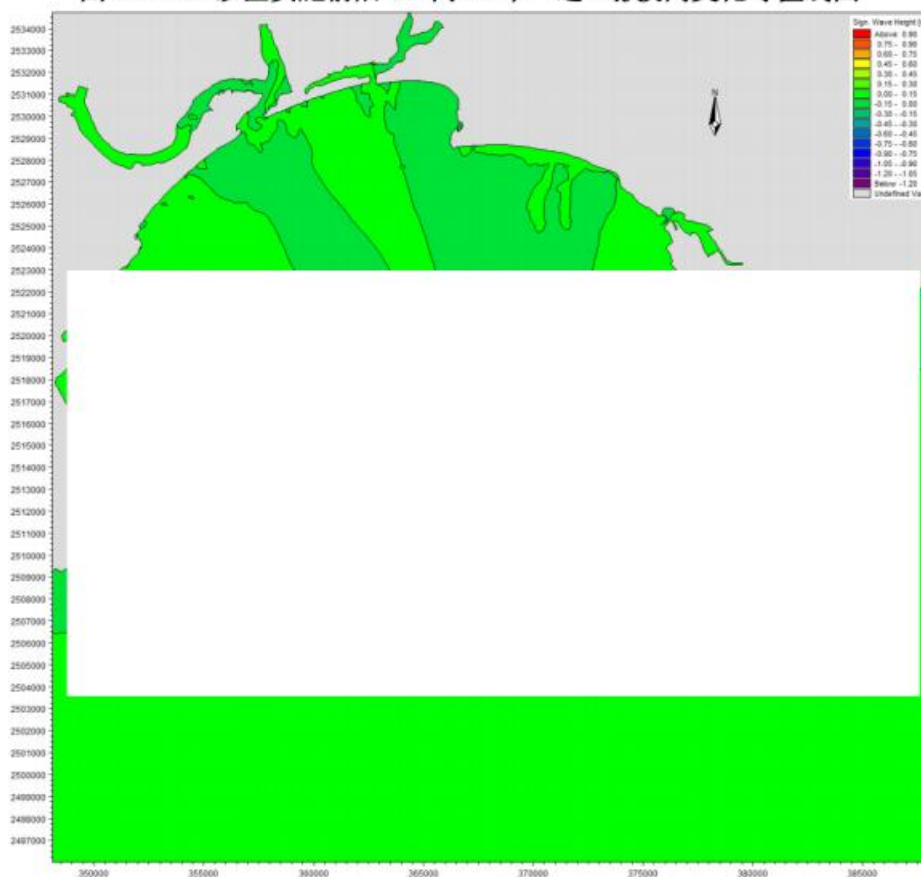
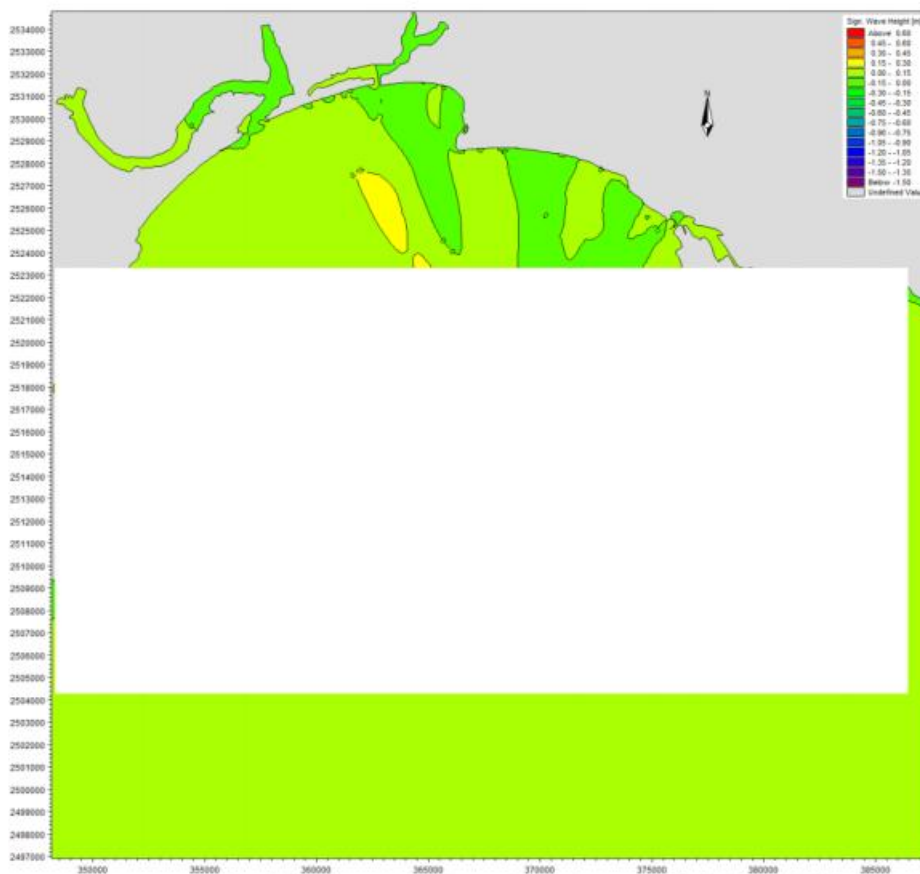


图 6.3.4-4b 砂区实施前后 S 向 50 年一遇 H₁₃ 波高变化等值线图

图 6.3.4-4c 砂区实施前后 SW 向 50 年一遇 H_{13} 波高变化等值线图

6.3.5 边坡坍塌影响

较大的水面波动，为采砂作业带来风险。另外，当采砂区位于水深变化较大的区域，采砂较深引起的水动力对沉积物压实作用的差异性容易引起沉积层的侧向流动，从而引发边坡坍塌灾害。

参考中国科学院南海海洋研究所的物理模拟实验结果，中国科学院南海海洋研究所设置不同的采砂深度进行对比试验，实验模型水平和高度均采用 1:100 的比例。控制实验初始模型长度为 35cm，根据实际需求设置实验深度分别为 8cm，11cm，14cm 和 17cm 进行开挖实验（图 6.3.5-1）。实验记录了采砂引起边坡垮塌后边坡的延伸长度（图 6.3.5-2、图 6.3.5-3）。

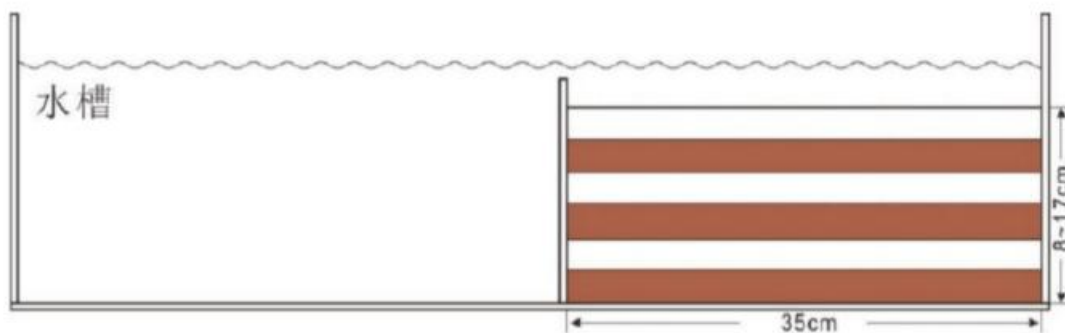


图 6.3.5-1 采砂深度分析实验模型设置



图 6.3.5-2a 采砂深度 8cm 实验照片



图 6.3.5-2b 采砂深度 11cm 实验照片



图 6.3.5-2c 采砂深度 14cm 实验照片

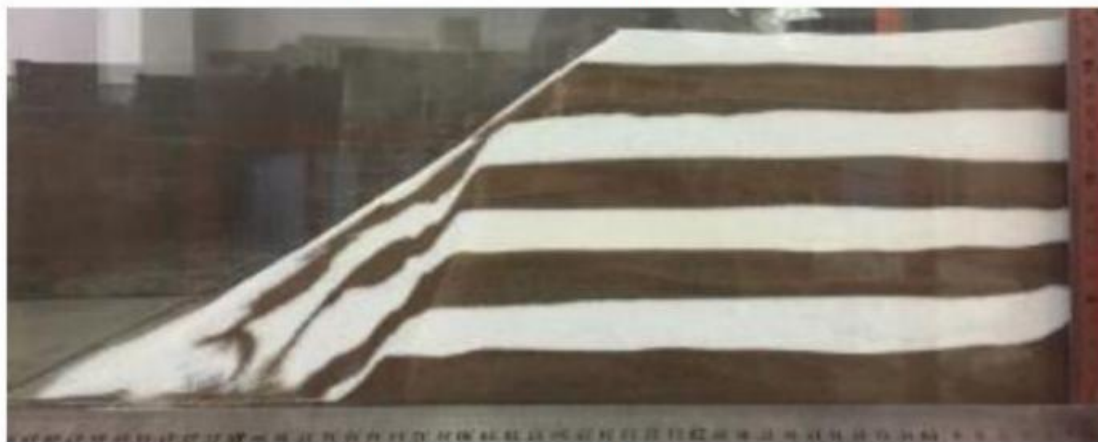


图 6.3.5-2d 采砂深度 17cm 实验照片

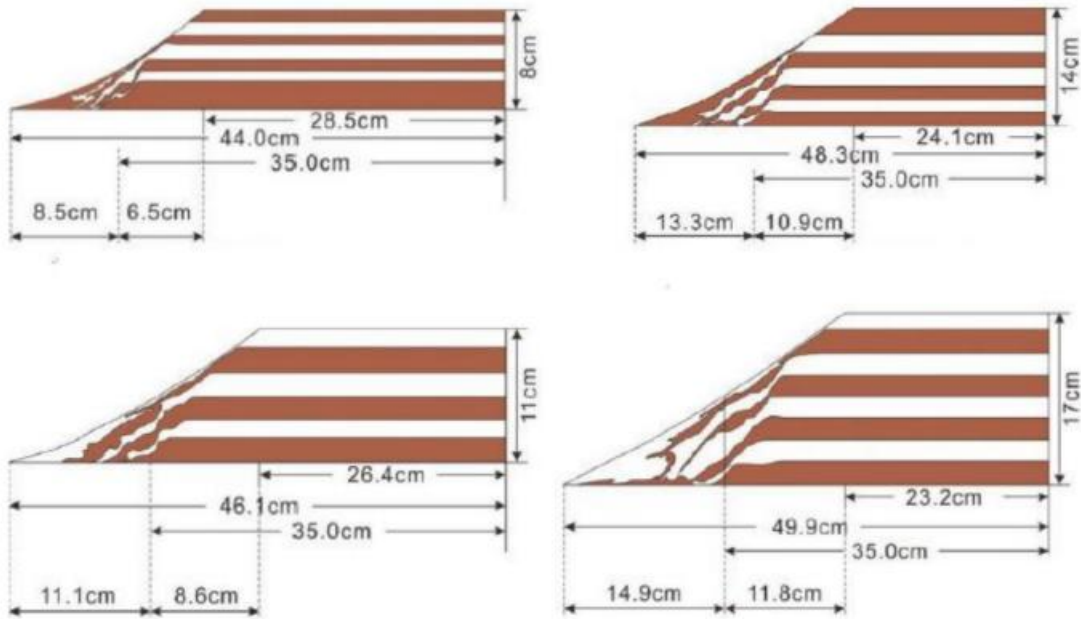


图 6.3.5-3 采砂深度分析实验数据示意图

由于采砂区砂体含泥量较少，结构松散，质地基本均一，因此采砂坑边坡可以近似作为无粘性土坡，以考虑其稳定性。另外，可将采砂区边界沿砂脊等深线设置，使采砂工程后砂坑边缘保有浅滩区域的最浅水深，确保砂坑边坡无外来砂源可引起持续滑塌。此时边坡稳定性近似满足：

$$K = \frac{T_f}{T} = \frac{G \cos \beta \tan \varphi}{G \sin \beta} = \frac{\tan \varphi}{\tan \beta}$$

式中 K 为稳定安全系数， G 为单元体自重， β 为坡角， φ 为内摩擦角。当采砂坑如图 6.3.5-2 自然形成时，可近似认为砂坑边坡的抗滑力 T_f 和滑动力 T 相互平衡，此时坡角与内摩擦角相等，边坡处于极限平衡状态，其稳定安全系数 $K=1$ 。极限平衡状态时的坡角称为自然休止角，由图 6.3.5-3 中的数据可计算得到当采砂深度分别为 8m、11m、14m、17m 时，自然休止角的正切值、角度，以及边坡坍塌宽度（表 6.3.5-1）。

工程建设中为保证土坡具有足够安全储备，通常取 K 在 1.3~1.5 之间，为进一步确保安全，可取安全系数 $K=4$ ，此时可计算得到砂坑边坡坍塌引起的坡顶后退距离（表 6.3.5-1），以此为参考，在选定采砂区边界时可使砂坑边缘远离水深更浅的砂脊。

表 6.3.5-1 安全系数 $K=1$ ， $K=4$ 时边坡的参数

| 深度 (m) | $K=1$ | | | | $K=4$ | | | |
|-----------|-----------------------|-------------|-------------|---------------|-----------------------|-------------|-------------|---------------|
| | 坡角 β (自然休止角) | $\tan\beta$ | 边坡宽度 (m) | 坡顶后退距离 (m) | 坡角 β (自然休止角) | $\tan\beta$ | 边坡宽度 (m) | 坡顶后退距离 (m) |
| 8 | 27.9 | 0.53 | 15.0 | 6.5 | 7.4 | 0.13 | 61.5 | <53.0 |

| | | | | | | | | |
|----|------|------|------|------|-----|------|-------|-------|
| 11 | 29.2 | 0.56 | 19.7 | 8.6 | 8.0 | 0.14 | 78.6 | <67.5 |
| 14 | 30.1 | 0.58 | 24.2 | 10.9 | 8.5 | 0.15 | 93.3 | <80.0 |
| 17 | 32.6 | 0.64 | 26.7 | 11.8 | 9.1 | 0.16 | 106.3 | <91.4 |

本项目全矿区加权平均细度模数为 2.0，整体为细砂级别，平均采砂深度约为 7.0m，参照中国科学院南海海洋研究所的前述数值模拟结果，取安全系数 $K=1.5$ ，本项目采砂区预计可能形成的边坡宽度距离约为 24.7m，考虑矿区上层覆盖较厚的淤泥质土，淤泥质土稳定性较砂体差，保守考虑边坡宽度距离取 50m。边坡坍塌可能会使表层沉积物和底栖生物被掩埋，造成一定的生物量损失，同时也会对所在海域的地形地貌等造成一定的影响。为确保本项目采砂后形成的边坡处于平衡状态，采砂时的自然休止角应控制在 23° 左右，即采砂时的吸砂管以 $60\sim 70^\circ$ 左右角度插入矿层，以形成较缓的边坡，降低边坡影响。

6.4 水质环境影响预测与评价

本工程施工对水质影响主要考虑船舶海砂分选过程中所产生的源强。船舶海砂分选过程中会产生高浓度含泥沙水，通过溢流管海底排放后会形成高浓度悬沙，其后悬沙随海流输运、扩散和沿程落淤，浓度逐渐减小，范围逐渐增大。施工带来的悬浮泥沙输运扩散对水质环境的影响可采用悬沙扩散方程进行预测。

6.4.1 模型介绍

6.4.1.1 基本方程

悬浮物扩散方程：

Sigma 坐标系下三维泥沙平流扩散、沉降控制方程为：

$$\frac{\partial CD}{\partial t} + u \frac{\partial CD}{\partial x} + v \frac{\partial CD}{\partial y} + w_f \frac{\partial C}{\partial \sigma} = \frac{\partial}{\partial x} \left(K_M D \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_M D \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(\frac{K_v}{D} \frac{\partial C}{\partial \sigma} \right) + DS_c$$

其中： C 为水体悬沙含量， S_c 为输入源强， w_f 为泥沙有效沉速， $w_f = w - w_s$ ， w_s 为泥沙静水中沉速，根据静水单颗粒圆球公式进行计算得到；泥沙沉速 w 由沙玉清

平流公式计算 $w = \frac{1}{24} \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \frac{gD^2}{\nu}$ ，其中 γ_s 为泥沙密度，取 $2.4 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ ， γ 为水体密度，取 $1.03 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ ， D 为泥沙直径，根据 2024 年 4 月各表层沉积物监测站位平均值为 0.018mm， ν 为运动粘滞系数，根据海水温度取 22 摄氏度海水的粘滞系数 $0.958 \text{m}^2/\text{s}$ 。 K_M 为水平扩散系数，采用欧拉公式

$$K_{MX} = 5.93 \sqrt{gH} |u| / C_z \quad K_{MY} = 5.93 \sqrt{gH} |v| / C_z$$

C_z 为 chezy 系数, K_v 为垂直扩散系数, 根据广东沿海的研究文献取 0.023。

$$\text{岸界边界条件: } \frac{\partial C}{\partial \bar{n}} = 0$$

侧开边界的边界条件:

$$\text{入流时 } C|_{\Gamma} = p_0 ;$$

Γ 为水边界, P_0 为边界上浓度, 计算冲射式挖沟施工悬沙增量时, 因本底悬沙浓度不大, 不考虑本底值, 取 $P_0=0$ 。

$$\text{出流时 } \frac{\partial C}{\partial t} + U_n \frac{\partial C}{\partial \bar{n}} = 0 \quad U_n \text{ 为边界法向流速;}$$

$$\text{自由表面上: } w_f C + K_v \frac{\partial C}{\partial z} = 0$$

$$\text{海底床面: } -K_v \frac{\partial C}{\partial z} - w_{fb} C_b = \begin{cases} M \left(\frac{v^2}{v_e^2} - 1 \right) & v \geq v_e \\ 0 & v_d < v < v_e \\ w_{fb} C_b \left(\frac{v^2}{v_d^2} - 1 \right) & v \leq v_d \end{cases}$$

式中: M 为冲刷系数, 取曹祖德实验参数, $M=6.4 \times 10^{-3}$; w_{fb} 为近底层泥沙有效沉速, $w_{fb}=w_s-w$, w_s 为泥水静水沉速, $w_{fb} \times C_b$ 为悬沙垂直沉降通量, $K_v \frac{\partial C}{\partial z}$ 为近底层泥沙在湍流运动作用下的上扬通量; V 为底层流速, V_d 为泥沙从悬浮状态落淤的临界流速, V_e 为床面泥沙悬扬临界流速。

泥沙起动用窦国仁的泥沙起动公式:

$$\text{悬扬临界流速: } V_e = k \left(\ln 11 \frac{h}{\Delta} \right) \left(\frac{d'}{d_*} \right)^{1/3} \sqrt{3.6 \frac{r_s - r}{r} gD + \left(\frac{r_0}{r_*} \right)^{5/2} \frac{\varepsilon + g \delta h (\delta / D)^{1/2}}{D}}$$

$$\text{落淤的临界流速: } V_d = k \left(\ln 11 \frac{h}{\Delta} \right) \left(\frac{d'}{d_*} \right)^{1/3} \sqrt{3.6 \frac{r_s - r}{r} gD}$$

泥沙起动公式中各参数取值为, $k=0.41$, $g=981 \text{ cm/s}^2$, 当泥沙粒径 $D < 0.05 \text{ cm}$, 床面糙率 $\Delta = 0.1 \text{ cm}$, $d' = 0.05 \text{ cm}$, $d^* = 1.0 \text{ cm}$, 泥沙粘结系数 $\varepsilon = 1.75 \text{ cm}^3 / \text{s}^2$, 薄膜水厚度参数 $\delta = 2.31 \times 10^{-5} \text{ cm}$, h 水深 (cm), r_0 床面泥沙干容重 (g/cm^3), r^* 床面泥沙稳

定干容重(g/cm^3), 泥沙容重 $r_s=2.65 \text{ g}/\text{cm}^3$, 海水容重 $r_s=1.025 \text{ g}/\text{cm}^3$ 。

初始条件:

模拟施工期本底值均置为 0, 仅考虑悬沙增量。

6.4.1.2 计算参数

(1) 糙率

同水动力模型预测中糙率取值。

(2) 模型计算时间步长

模型采用的时间步长 $\Delta t=30\text{s}$ 。

(3) 泥沙沉降速度

本项目溢流出的泥沙主要由粘土(粒径 $\leq 0.004\text{mm}$)和粉砂(粒径区间 $0.004\sim 0.063\text{mm}$)和组成。粘土和粉砂粒径 $\leq 0.063\text{mm}$, 则其平均粒径约为 0.032mm 。根据一般经验, 中值粒径一般小于平均粒径, 从不利角度考虑, 按中值粒径 $< 0.03\text{mm}$ 考虑; 根据文献和《航道水文规范(JTS145-2015)(2022版)》, 考虑絮凝作用, 沉降速度取 $0.04\text{cm}/\text{s}$ 。

6.4.1.3 源强

由工程分析可知, 本项目采砂船舶刚性射流管和吸砂管插入预定砂层只是一个很短暂的过程, 很快就会稳定形成海砂分选的悬浮泥沙影响状态, 且除非预极端天气需进行避台或者船舶定期回港维修, 正常采砂期间, 无需反复插管, 即一次插管后, 在船舶无需离开采砂区的情况下, 无需再进行插管, 因此该影响时间非常短暂, 本次不对该短时影响进行悬沙扩散影响预测。

由于本项目采砂层上部大部分有较厚的盖层, 大部分未被吸到船上的砂水混合物仍在采砂层, 仅有极少量会逃逸出采砂孔而进入海床底以上水体; 由于本项目拟采用折返式移动回采路线进行采砂, 逐层开采深度较小, 且本项目拟采用射流式采砂船, 采砂的同时不断有过流水流入采砂坑内, 因此矿体盖层下沉较缓慢, 盖层可能发生崩塌产生的悬浮泥沙源强而也较小; 此外, 根据本项目开发利用方案, 为避免超矿区开采, 造成水下矿区边坡坍塌, 采砂船将以 $60^\circ\sim 70^\circ$ 左右角度插入海床, 在水下休止角(23°)以内的矿体将得不到开采, 因此在采砂船规范作业的情况下, 本项目采砂过程基本不会造成边坡坍塌。项目抛回采砂坑的碎石贝壳量不大, 且为间断性, 碎石抛回采砂坑产生的悬浮泥沙量很小。因此, 高压射流扰动砂层产生的悬浮泥沙未被吸到船上而随海流扩散的悬浮泥沙、盖层崩塌、边坡坍塌、碎石抛回

采砂坑产生的悬浮泥沙源强均非常小，相较于本项目海砂分选过程产生的悬浮泥沙，其影响基本可忽略不计，本次不对前述过程可能产生的影响进行定量预测评价。

本次环境影响预测评价主要预测以下内容：（1）对本项目采砂施工中产生悬浮泥沙影响最大的海砂分选过程进行预测，预测本项目施工产生悬浮泥沙的扩散影响范围；（2）两块海砂同时开采情况下，预测海砂分选过程产生的悬浮泥沙的扩散影响范围。

SW24-11（本项目）使用 3 艘 1200m³/h 和 2 艘 400m³/h 的射流式采砂船作业，海砂分选悬浮泥沙溢流口位于海面下约 2m 左右，悬浮物扩散源强全部考虑为表层释放。

SW24-12 使用 5 艘 1200m³/h 和 3 艘 400m³/h 的射流式采砂船作业，海砂分选悬浮泥沙溢流口位于海面下约 2m 左右，悬浮物扩散源强全部考虑为表层释放。

各矿体悬浮泥沙源强如下：

表 6.4.1-1 海砂分选过程各矿体悬浮泥沙源强一览表（单艘船）

| 矿区 | 作业船舶 | 矿层 | 排放源强 (kg/s) |
|------------------|----------------------------|----|-------------|
| SW24-11 (本项目) | 单艘 1200m ³ /h 船 | V1 | 93.10 |
| | | V2 | 66.57 |
| | | 全区 | 74.05 |
| | 单艘 400m ³ /h 船 | V1 | 31.03 |
| | | V2 | 22.19 |
| | | 全区 | 24.68 |
| SW24-12 | 单艘 1200m ³ /h 船 | V1 | 95.80 |
| | | V2 | 72.81 |
| | | 全区 | 80.58 |
| | 单艘 400m ³ /h 船 | V1 | 31.93 |
| | | V2 | 24.27 |
| | | 全区 | 26.86 |

6.4.2 SW24-11 区块单独采砂模拟预测结果

6.4.2.1 预测工况

（1）单个区块开采最大包络线工况

为了解本项目整个采砂施工过程中，可能影响到的最大范围情况，5 艘船同时施工位置见下图 6.4.2-1，即每 5 个点作为一个工况，最大包络线范围为所有工况的叠加。最大浓度增值包络线计算时模拟半月潮周期连续施工 15 天、每天采砂作业源强释放 16h 产生的悬沙扩散浓度场。保守考虑，所有预测源强点均取 1200m³/h 采砂船开采时的最大源强 93.10 kg/s。

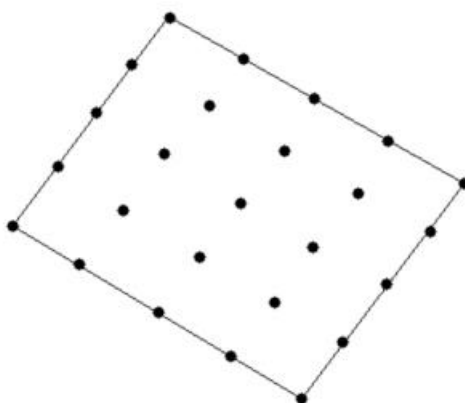


图 6.4.2-1 最大包络线工况源强点分布图

(2) 单个区块开采典型工况

为充分评估采砂区施工过程中对附近海域水质影响，项目结合矿区水深、船只施工方式设计典型工况进行悬沙预测，如下图 6.4.2-2。典型工况下浓度增值包络线计算时模拟半月潮周期连续施工 15 天、每天采砂作业源强释放 16h 产生的悬沙扩散浓度场，源强取全区平均源强，即 1200m³/h 采砂船全区平均源强 74.05kg/s 和 400m³/h 采砂船全区平均源强 24.68kg/s 进行悬浮泥沙增量包络线计算。

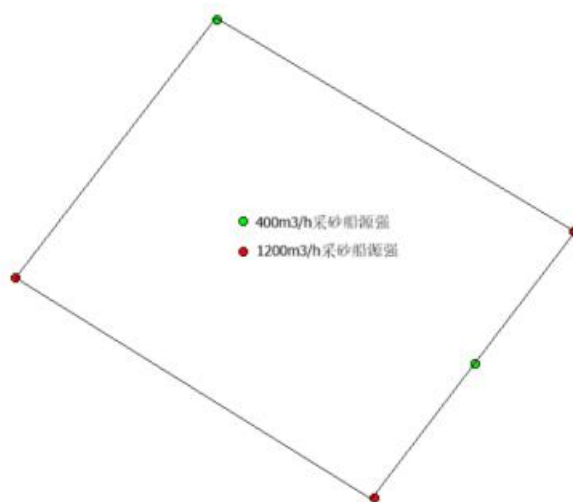


图 6.4.2-2 典型工况源强点分布图

6.4.2.2 模拟预测结果

(1) 单个区块开采最大包络线工况预测结果

本评价根据悬沙扩散预测结果，统计各计算网格点在模拟期间内的悬浮泥沙增量最大值，绘制悬沙增量最大包络线图，其统计结果见表 6.4.2-1 和表 6.4.2-1。图

6.4.2-3 和图 6.4.2-4 为模拟期内海砂分选作业过程中产生悬沙增量包络线浓度场。

计算结果显示，海砂分选作业产生的悬浮泥沙将给周边水域带来一定的污染。从分布趋势看，海砂分选产生的悬沙扩散主要沿涨落潮方向运动，由于海砂分选产生的悬浮泥沙通过设置溢流管道水下 2m 排放，悬沙在水流作用下沿着涨落潮方向扩散。从垂向上看，由于水平向潮流作用，表层悬沙扩散面积最小，底层面积最大。同时由于海砂分选悬浮泥沙溢流口位于海面下约 2m 左右，为表层释放，高浓度悬浮泥沙在表层释放后向水平方向和垂直方向扩散，因此高浓度悬浮物（50~100mg/L、>100mg/L）包络线面积呈现表层>中层>底层的变化趋势，低浓度悬浮物（10~20mg/L、20~50mg/L）包络线面积呈现表层<中层<底层的变化趋势。

夏季水文条件下施工，最大包络线工况表层大于 10mg/L 浓度区的包络线面积为 16.392km²，大于 20 mg/L 浓度区的包络线面积为 13.830km²；大于 50 mg/L 浓度区的包络线面积为 10.696km²；大于 100 mg/L 浓度区的包络线面积为 8.898km²；中层大于 10mg/L 浓度区的包络线面积为 19.283km²，大于 20 mg/L 浓度区的包络线面积为 14.212km²；大于 50 mg/L 浓度区的包络线面积为 8.547km²；大于 100 mg/L 浓度区的包络线面积为 6.349km²；底层大于 10mg/L 浓度区的包络线面积为 22.465km²，大于 20 mg/L 浓度区的包络线面积为 15.319km²，大于 50 mg/L 浓度区的包络线面积为 7.748km²，大于 100 mg/L 浓度区的包络线面积为 5.874km²。整体上，夏季垂线平均大于 10mg/L 浓度区的包络线最大面积为 19.380km²，大于 20 mg/L 浓度区的包络线面积为 14.454km²；大于 50 mg/L 浓度区的包络线面积为 8.997km²；大于 100mg/L 浓度区的包络线面积为 7.038km²。

冬季水文条件下施工，最大包络线工况表层大于 10mg/L 浓度区的包络线面积为 15.609km²，大于 20 mg/L 浓度区的包络线面积为 11.304km²；大于 50 mg/L 浓度区的包络线面积为 8.912km²；大于 100 mg/L 浓度区的包络线面积为 6.917km²；中层大于 10mg/L 浓度区的包络线面积为 18.335km²，大于 20 mg/L 浓度区的包络线面积为 13.609km²；大于 50 mg/L 浓度区的包络线面积为 8.207km²；大于 100 mg/L 浓度区的包络线面积为 6.134km²；底层大于 10mg/L 浓度区的包络线面积为 21.337km²，大于 20 mg/L 浓度区的包络线面积为 14.709km²，大于 50 mg/L 浓度区的包络线面积为 7.453km²，大于 100 mg/L 浓度区的包络线面积为 5.686km²。整体上，垂线平均大于 10mg/L 浓度区的包络线最大面积为 18.427km²，大于 20 mg/L 浓度区的包络线面积

为 13.207km²；大于 50 mg/L 浓度区的包络线面积为 8.191km²；大于 100mg/L 浓度区的包络线面积为 6.246km²。

表 6.4.2-1 夏季施工产生悬沙增量面积(km²)

| 悬沙浓度 包络线面积 | >10mg/L | >20mg/L | >50mg/L | >100mg/L | 扩散距离 (km) | |
|---------------|---------|---------|---------|----------|-----------|------|
| | | | | | SE 向 | NW 向 |
| 表层 | 16.392 | 13.830 | 10.696 | 8.891 | 3.7 | 3.5 |
| 中层 | 19.283 | 14.212 | 8.547 | 6.349 | | |
| 底层 | 22.465 | 15.319 | 7.748 | 5.874 | | |
| 垂线平均 | 19.380 | 14.454 | 8.997 | 7.038 | | |

表 6.4.2-2 冬季施工产生悬沙增量面积(km²)

| 悬沙浓度 包络线面积 | >10mg/L | >20mg/L | >50mg/L | >100mg/L | 扩散距离 (km) | |
|---------------|---------|---------|---------|----------|-----------|------|
| | | | | | SE 向 | NE 向 |
| 表层 | 15.609 | 11.304 | 8.912 | 6.917 | 3.6 | 3.4 |
| 中层 | 18.335 | 13.609 | 8.207 | 6.134 | | |
| 底层 | 21.337 | 14.709 | 7.453 | 5.686 | | |
| 垂线平均 | 18.427 | 13.207 | 8.191 | 6.246 | | |

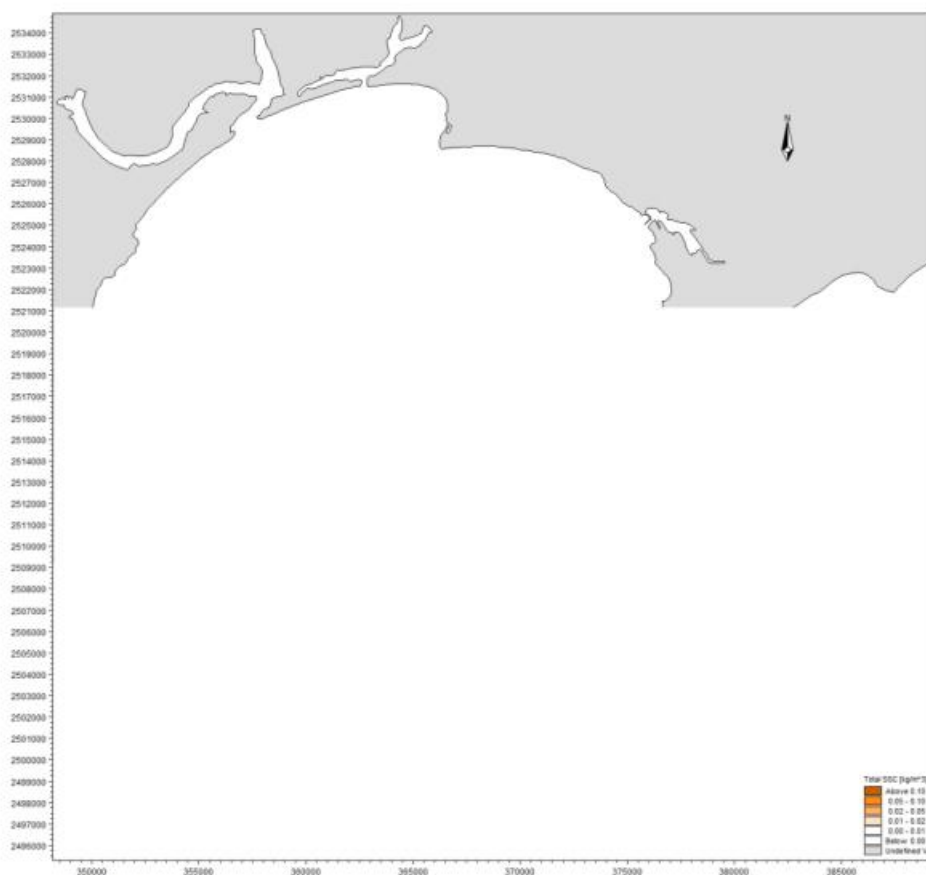


图 6.4.2-3a 夏季海砂分选最大包络线工况产生悬沙增量包络线图 (表层)

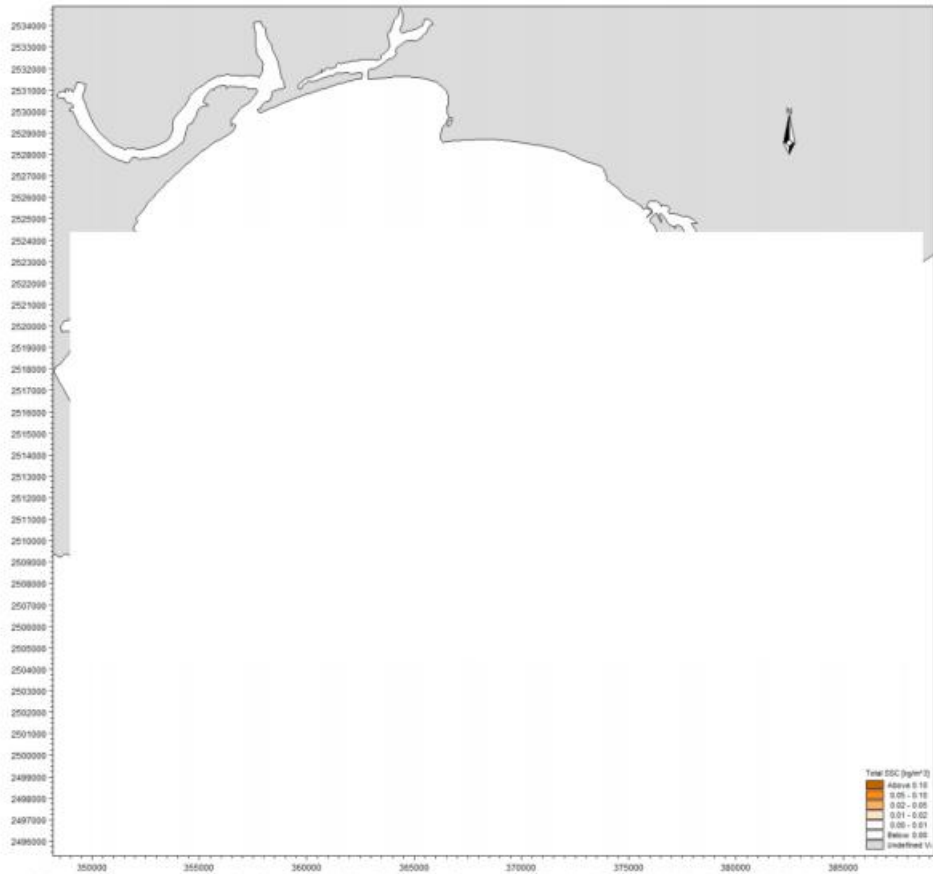


图 6.4.2-3b 夏季海砂分选最大包络线工况产生悬沙增量包络线图（中层）

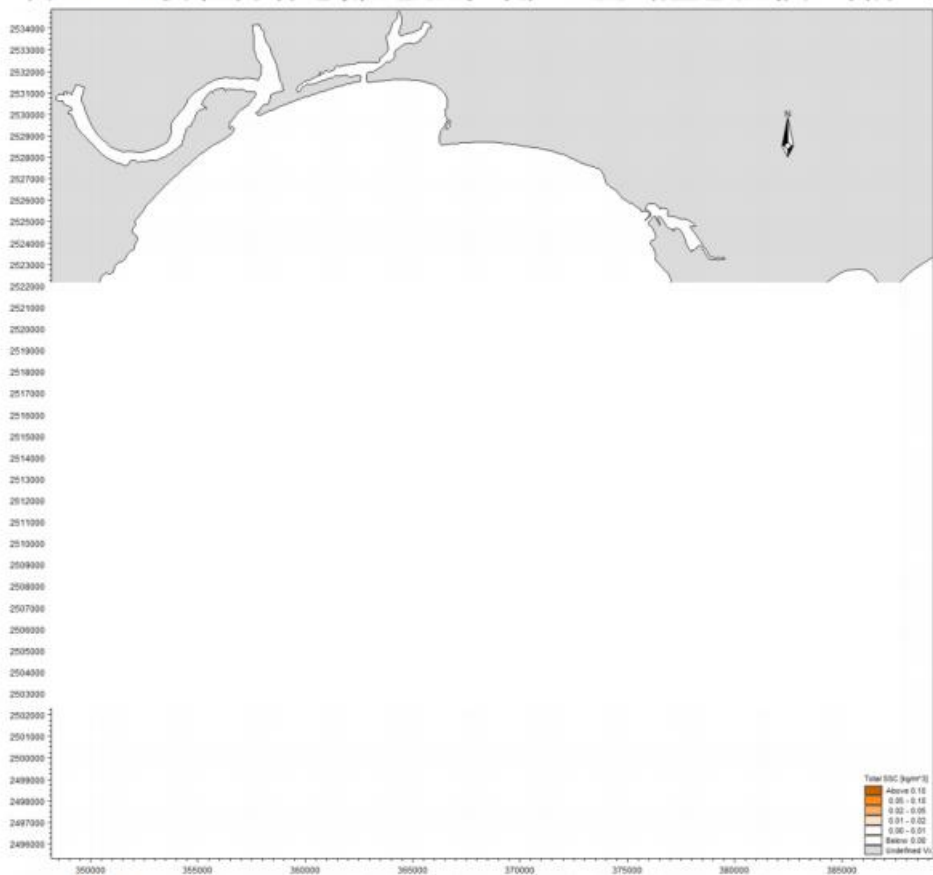


图 6.4.2-3c 夏季海砂分选最大包络线工况产生悬沙增量包络线图（底层）

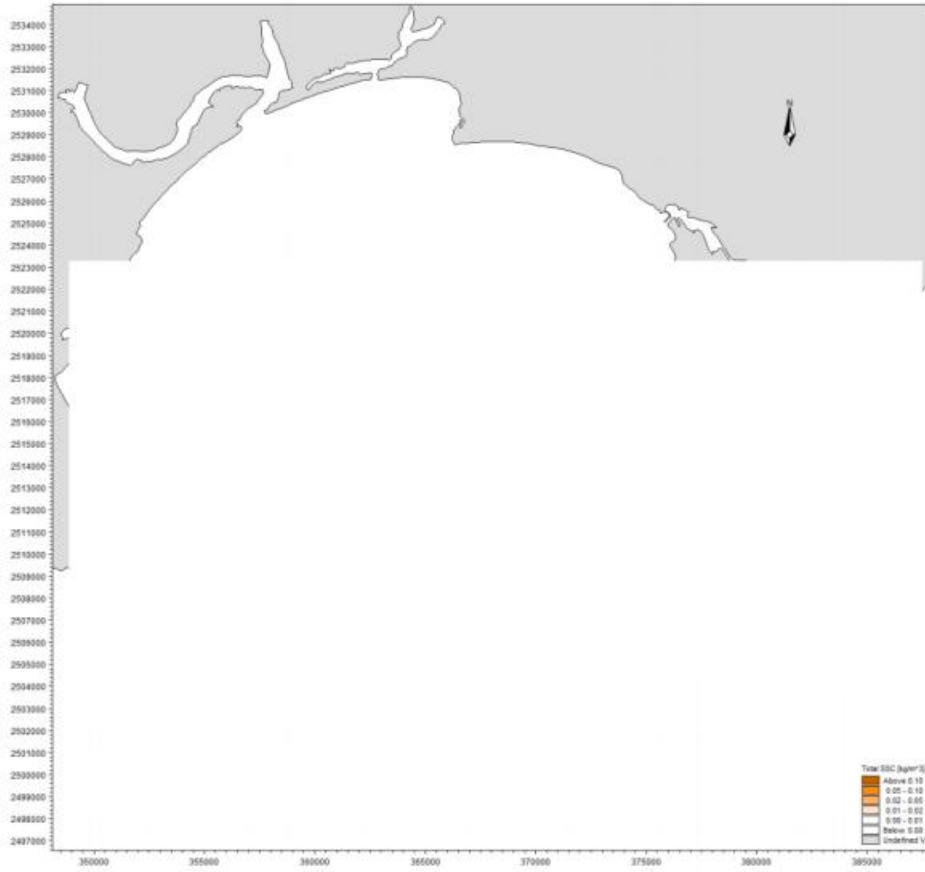


图 6.4.2-4a 冬季海砂分选最大包络线工况产生悬沙增量包络线图（表层）

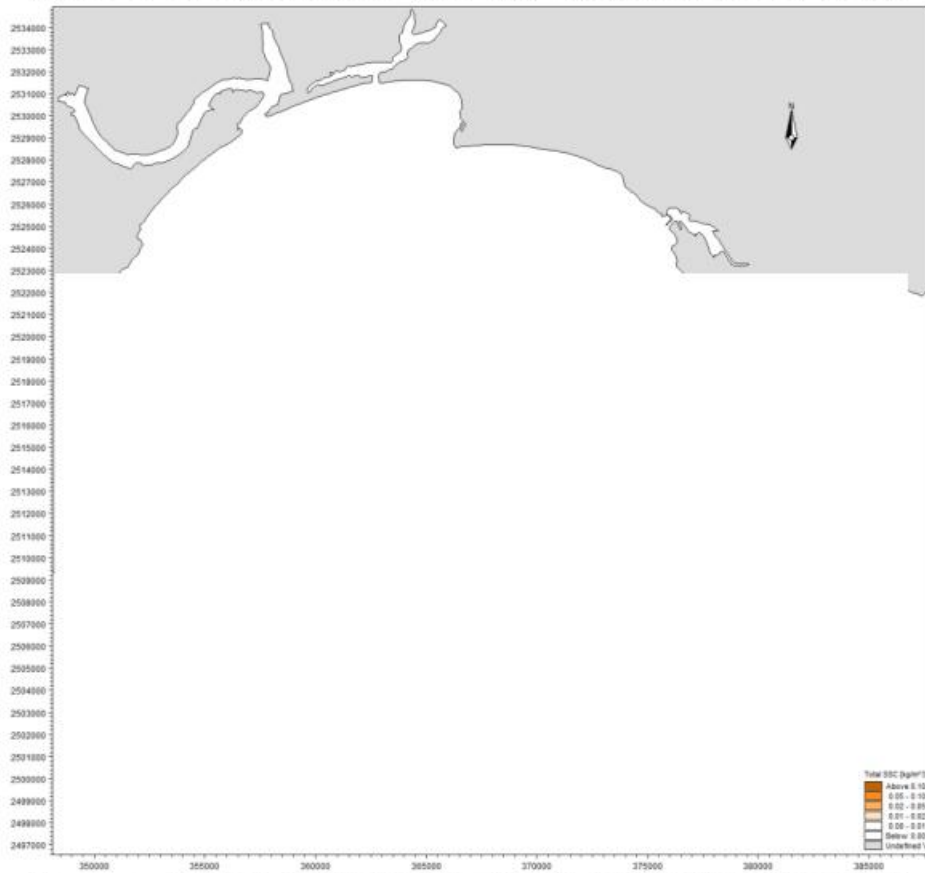


图 6.4.2-4b 冬季海砂分选最大包络线工况产生悬沙增量包络线图（中层）

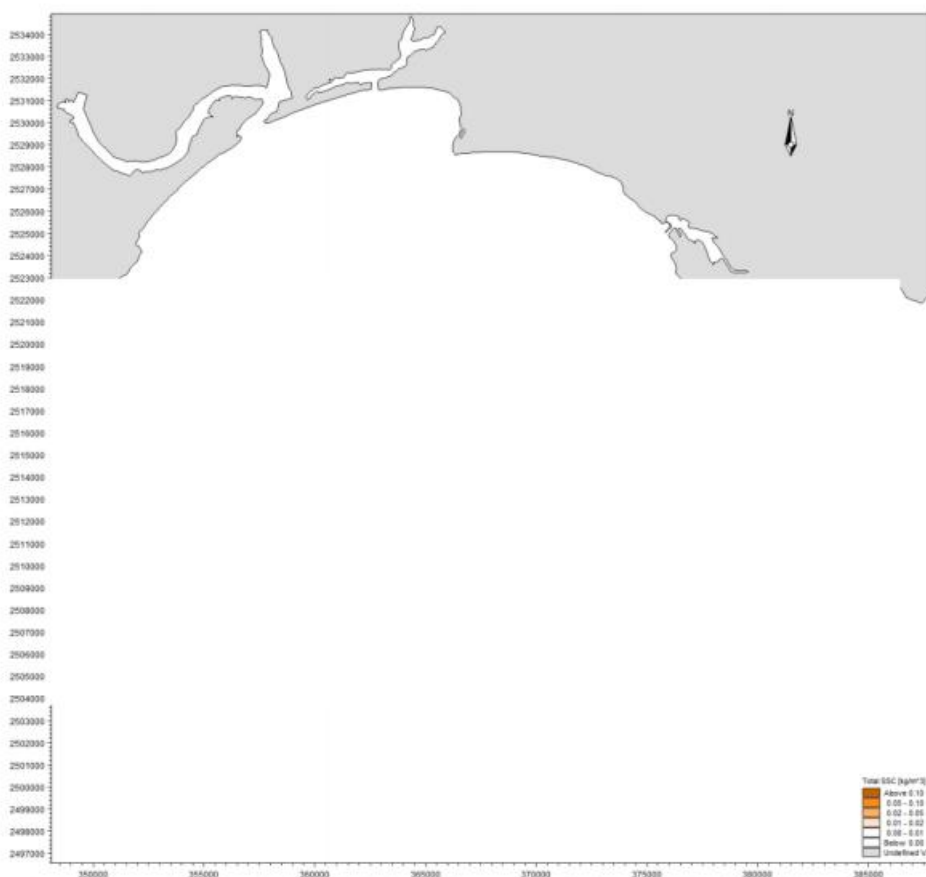


图 6.4.2-4c 冬季海砂分选最大包络线工况产生悬沙增量包络线图（底层）

(2) 单个区块开采典型工况预测结果

典型工况条件下，采砂施工引起的悬浮泥沙增量面积统计情况见表 6.4.2-3 和表 6.4.2-4，对应的包络线见图 6.4.2-5 和图 6.4.2-6。

夏季水文条件下施工，典型工况表层大于 10mg/L 浓度区的包络线面积为 12.009km²，大于 20 mg/L 浓度区的包络线面积为 8.613km²；大于 50 mg/L 浓度区的包络线面积为 5.443km²；大于 100 mg/L 浓度区的包络线面积为 2.531km²；中层大于 10mg/L 浓度区的包络线面积为 14.899km²，大于 20 mg/L 浓度区的包络线面积为 10.022km²；大于 50 mg/L 浓度区的包络线面积为 4.962km²；大于 100 mg/L 浓度区的包络线面积为 2.042km²；底层大于 10mg/L 浓度区的包络线面积为 16.062km²，大于 20 mg/L 浓度区的包络线面积为 10.815km²，大于 50 mg/L 浓度区的包络线面积为 4.962km²，大于 100 mg/L 浓度区的包络线面积为 2.042km²。整体上，垂线平均大于 10mg/L 浓度区的包络线最大面积为 14.323km²，大于 20 mg/L 浓度区的包络线面积为 9.817km²；大于 50 mg/L 浓度区的包络线面积为 4.848km²；大于 100mg/L 浓度区的包络线面积为 2.055km²。

冬季水文条件下施工，典型工况表层大于 10mg/L 浓度区的包络线面积为

11.452km²，大于 20 mg/L 浓度区的包络线面积为 8.248km²；大于 50 mg/L 浓度区的包络线面积为 5.248km²；大于 100 mg/L 浓度区的包络线面积为 2.311km²；中层大于 10mg/L 浓度区的包络线面积为 14.179km²，大于 20 mg/L 浓度区的包络线面积为 9.578km²；大于 50 mg/L 浓度区的包络线面积为 4.804km²；大于 100 mg/L 浓度区的包络线面积为 1.949km²；底层大于 10mg/L 浓度区的包络线面积为 15.276km²，大于 20 mg/L 浓度区的包络线面积为 10.325km²，大于 50 mg/L 浓度区的包络线面积为 4.038km²，大于 100 mg/L 浓度区的包络线面积为 1.424km²。整体上，垂线平均大于 10mg/L 浓度区的包络线最大面积为 13.636km²，大于 20 mg/L 浓度区的包络线面积为 9.384km²；大于 50 mg/L 浓度区的包络线面积为 4.697km²；大于 100mg/L 浓度区的包络线面积为 1.895km²。

表 6.4.2-3 夏季典型工况施工产生悬沙增量面积(km²)

| 包络线面积 \ 悬沙浓度 | >10mg/L | >20mg/L | >50mg/L | >100mg/L |
|--------------|---------|---------|---------|----------|
| 表层 | 12.009 | 8.613 | 5.433 | 2.531 |
| 中层 | 14.899 | 10.022 | 4.962 | 2.042 |
| 底层 | 16.062 | 10.815 | 4.150 | 1.591 |
| 垂线平均 | 14.323 | 9.817 | 4.848 | 2.055 |

表 6.4.2-4 冬季典型工况施工产生悬沙增量面积(km²)

| 包络线面积 \ 悬沙浓度 | >10mg/L | >20mg/L | >50mg/L | >100mg/L |
|--------------|---------|---------|---------|----------|
| 表层 | 11.452 | 8.248 | 5.248 | 2.311 |
| 中层 | 14.179 | 9.578 | 4.804 | 1.949 |
| 底层 | 15.276 | 10.325 | 4.038 | 1.424 |
| 垂线平均 | 13.636 | 9.384 | 4.697 | 1.895 |

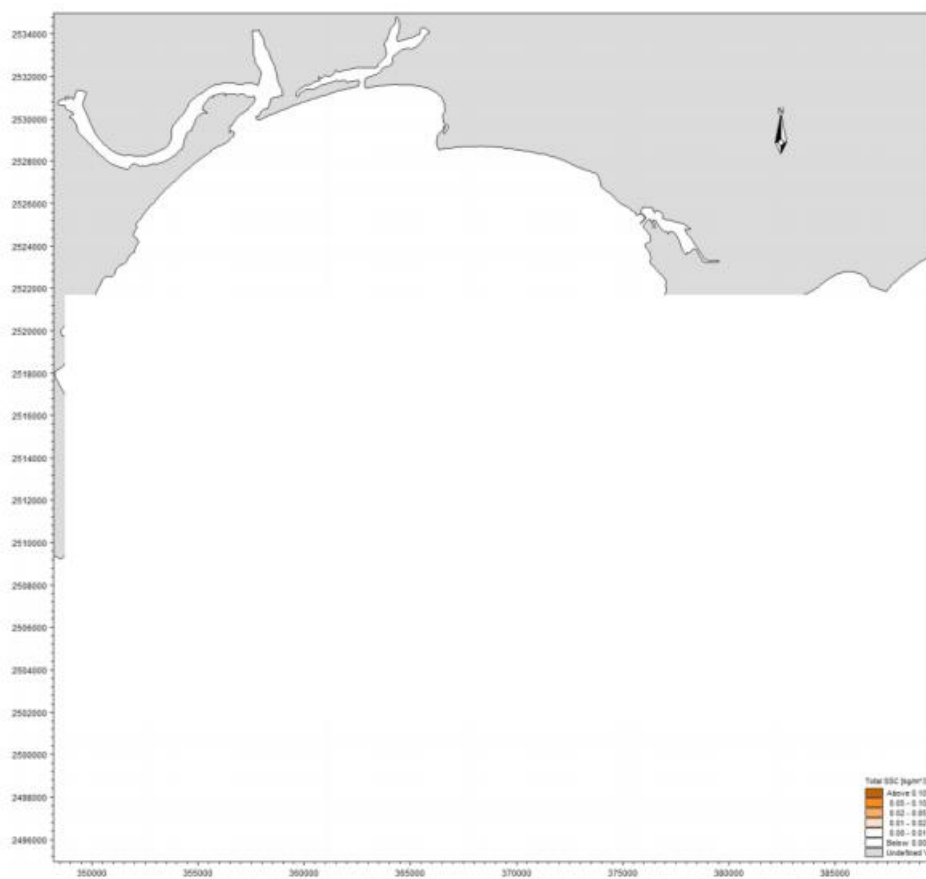


图 6.4.2-5a 夏季海砂分选典型工况产生悬沙增量包络线图（表层）

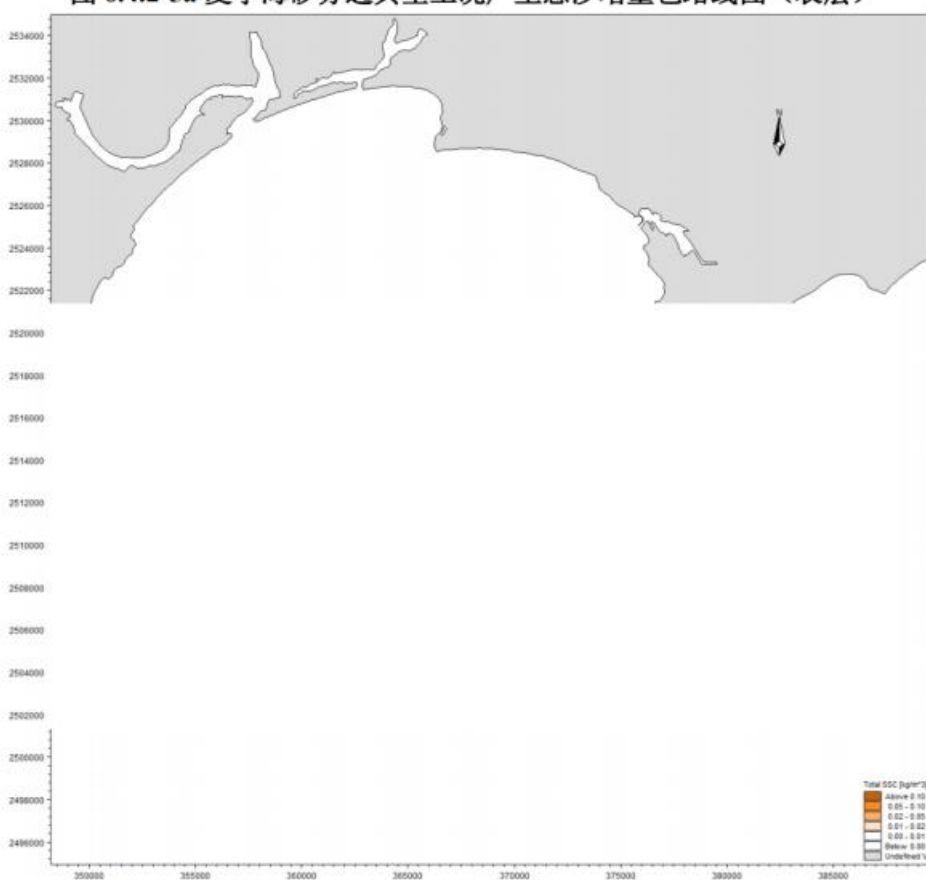


图 6.4.2-5b 夏季海砂分选典型工况产生悬沙增量包络线图（中层）

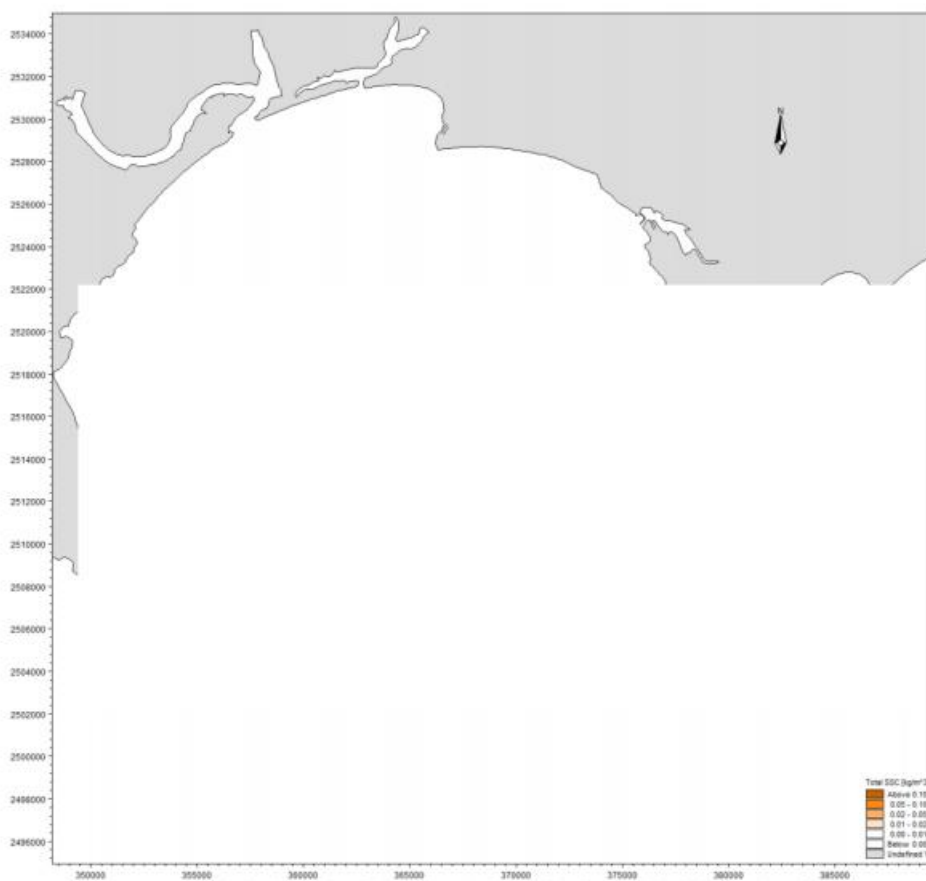


图 6.4.2-5c 夏季海砂分选典型工况产生悬沙增量包络线图（底层）

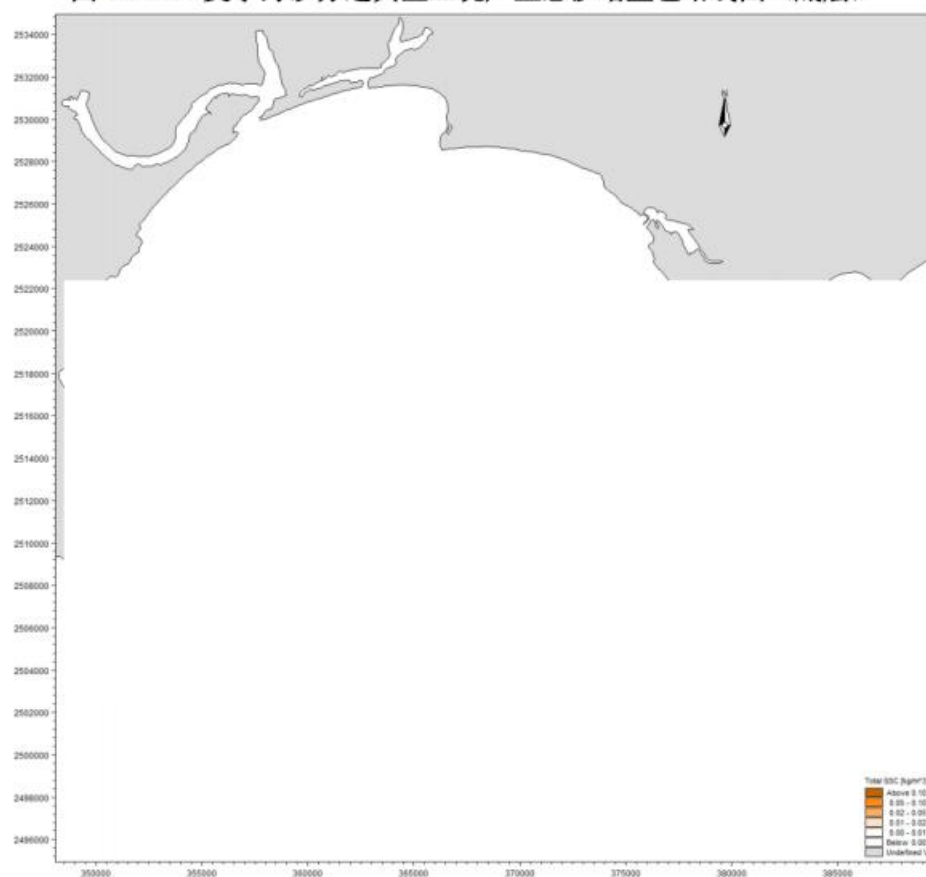


图 6.4.2-6a 冬季海砂分选典型工况产生悬沙增量包络线图（表层）

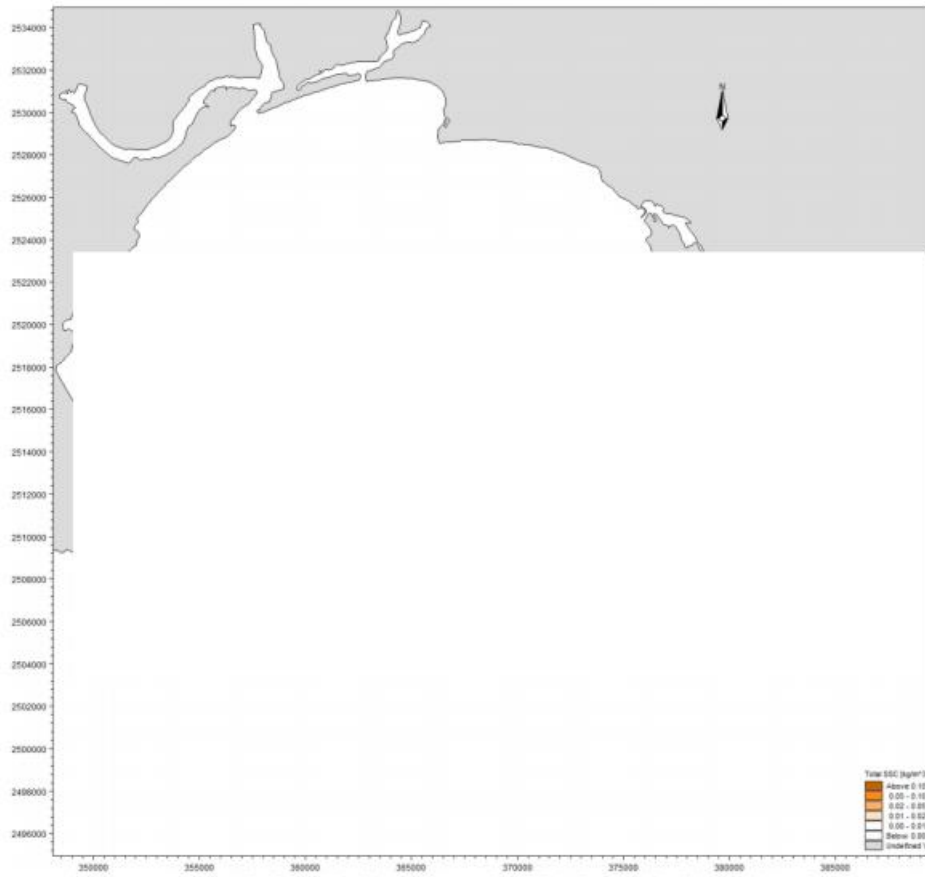


图 6.4.2-6b 冬季海砂分选典型工况产生悬沙增量包络线图（中层）

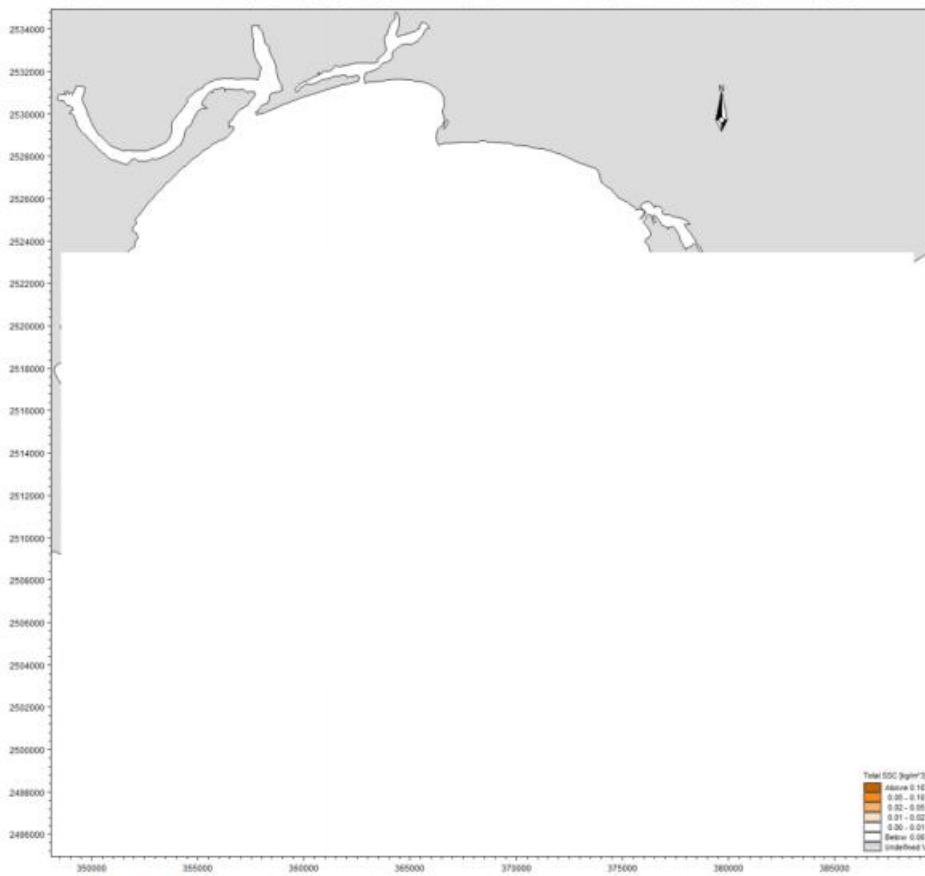


图 6.4.2-6c 冬季海砂分选典型工况产生悬沙增量包络线图（底层）

6.4.3 两个区块同时采砂模拟预测结果

6.4.3.1 预测工况

(1) 两个区块同时开采最大包络线工况

为了解 SW24-11 和 SW24-12 两个区块同时开采过程中可能影响到的最大范围情况，13 艘船同时施工位置见下图 6.4.3-1，即 SW24-11 采砂区以每 5 个点作为一个工况，SW24-12 采砂区以每 8 个点作为一个工况，最大包络线范围为所有工况的叠加。最大浓度增值包络线计算时模拟半月潮周期连续施工 15 天、每天采砂作业源强释放 16h 产生的悬沙扩散浓度场。保守考虑，各采砂区预测源强点均取 $1200\text{m}^3/\text{h}$ 采砂船开采时的最大源强。

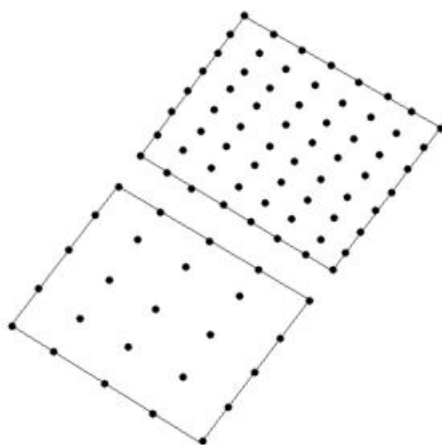


图 6.4.3-1 最大包络线工况源强点分布图

(2) 两个区块同时开采典型工况

为充分评估采砂区施工过程中对附近海域水质影响，项目结合矿区水深、船只施工方式设计典型工况进行悬沙预测，如下图 6.4.3-2。典型工况下浓度增值包络线计算时模拟半月潮周期连续施工 15 天、每天采砂作业源强释放 16h 产生的悬沙扩散浓度场，源强取全区平均源强。即 SW24-11 采用 $1200\text{m}^3/\text{h}$ 采砂船全区平均源强 74.05kg/s 和 $400\text{m}^3/\text{h}$ 采砂船全区平均源强 24.68kg/s ；SW24-12 采用 5 艘 $1200\text{m}^3/\text{h}$ 采砂船全区平均源强 80.58kg/s 和 $400\text{m}^3/\text{h}$ 采砂船全区平均源强 26.86kg/s 进行悬浮泥沙增量包络线计算。如下图 6.4.3-2。典型工况下浓度增值包络线计算时模拟半月潮周期连续施工 15 天、每天采砂作业源强释放 16h 产生的悬沙扩散浓度场。

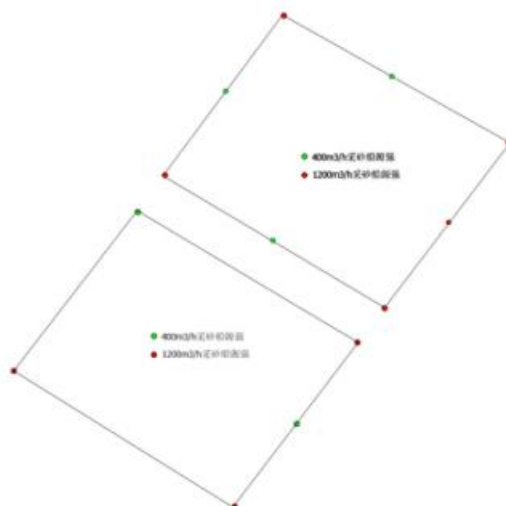


图 6.4.3-2 典型工况源强点分布图

6.4.3.2 模拟预测结果

(1) 两个区块同时开采最大包络线工况预测结果

本评价根据悬沙扩散预测结果，统计各计算网格点在模拟期间内的悬浮泥沙增量最大值，绘制悬沙增量最大包络线图，其统计结果见表 6.4.3-1 和表 6.4.3-2。图 6.4.3-3 和图 6.4.3-4 为模拟期内海砂分选作业过程中产生悬沙增量包络线浓度场。

计算结果显示，海砂分选作业产生的悬浮泥沙将给周边水域带来一定的污染。从分布趋势看，海砂分选产生的悬沙扩散主要沿涨落潮方向运动，由于海砂分选产生的悬浮泥沙通过设置溢流管道水下 2m 排放，悬沙在水流作用下沿着涨落潮方向扩散，从垂向上看，由于水平向潮流作用，表层悬沙扩散面积最小，底层面积最大。同时由于海砂分选悬浮泥沙溢流口位于海面下约 2m 左右，为表层释放，高浓度悬浮泥沙在表层释放后向水平方向和垂直方向扩散，因此高浓度悬浮物（50~100mg/L、>100mg/L）包络线面积呈现表层>中层>底层的变化趋势，低浓度悬浮物（10~20mg/L、20~50mg/L）包络线面积呈现表层<中层<底层的变化趋势。

夏季水文条件下施工，最大包络线工况表层大于 10mg/L 浓度区的包络线面积为 41.530km²，大于 20 mg/L 浓度区的包络线面积为 28.363km²；大于 50 mg/L 浓度区的包络线面积为 21.245km²；大于 100 mg/L 浓度区的包络线面积为 16.028km²；中层大于 10mg/L 浓度区的包络线面积为 45.2137km²，大于 20 mg/L 浓度区的包络线面积为 30.518km²；大于 50 mg/L 浓度区的包络线面积为 20.176km²；大于 100 mg/L 浓度区的包络线面积为 13.312km²；底层大于 10mg/L 浓度区的包络线面积为 48.167km²，

大于 20 mg/L 浓度区的包络线面积为 31.623km²，大于 50 mg/L 浓度区的包络线面积为 18.330km²，大于 100 mg/L 浓度区的包络线面积为 11.762km²。整体上，垂线平均大于 10mg/L 浓度区的包络线最大面积为 44.978km²，大于 20 mg/L 浓度区的包络线面积为 30.168km²；大于 50 mg/L 浓度区的包络线面积为 19.917km²；大于 100mg/L 浓度区的包络线面积为 13.701km²。

冬季水文条件下施工，最大包络线工况表层大于 10mg/L 浓度区的包络线面积为 39.809km²，大于 20 mg/L 浓度区的包络线面积为 27.268km²；大于 50 mg/L 浓度区的包络线面积为 20.489km²；大于 100 mg/L 浓度区的包络线面积为 15.521km²；中层大于 10mg/L 浓度区的包络线面积为 43.339km²，大于 20 mg/L 浓度区的包络线面积为 29.321km²；大于 50 mg/L 浓度区的包络线面积为 19.471km²；大于 100 mg/L 浓度区的包络线面积为 12.982km²；底层大于 10mg/L 浓度区的包络线面积为 46.129km²，大于 20 mg/L 浓度区的包络线面积为 30.372km²，大于 50 mg/L 浓度区的包络线面积为 17.713km²，大于 100 mg/L 浓度区的包络线面积为 11.459km²。整体上，垂线平均大于 10mg/L 浓度区的包络线最大面积为 43.092km²，大于 20 mg/L 浓度区的包络线面积为 28.987km²；大于 50 mg/L 浓度区的包络线面积为 19.224km²；大于 100mg/L 浓度区的包络线面积为 13.321km²。

表 6.4.3-1 夏季施工产生悬沙增量面积(km²)

| 悬沙浓度 包络线面积 | >10mg/L | >20mg/L | >50mg/L | >100mg/L | 扩散距离 (km) | |
|---------------|---------|---------|---------|----------|-----------|------|
| | | | | | SE 向 | NW 向 |
| 表层 | 41.530 | 28.363 | 21.245 | 16.028 | 3.9 | 3.7 |
| 中层 | 45.237 | 30.518 | 20.176 | 13.312 | | |
| 底层 | 48.167 | 31.623 | 18.330 | 11.762 | | |
| 垂线平均 | 44.978 | 30.168 | 19.917 | 13.701 | | |

表 6.4.3-2 冬季施工产生悬沙增量面积(km²)

| 悬沙浓度 包络线面积 | >10mg/L | >20mg/L | >50mg/L | >100mg/L | 扩散距离 (km) | |
|---------------|---------|---------|---------|----------|-----------|------|
| | | | | | SE 向 | NW 向 |
| 表层 | 39.809 | 27.268 | 20.489 | 15.521 | 3.8 | 3.5 |
| 中层 | 43.339 | 29.321 | 19.471 | 12.982 | | |
| 底层 | 46.129 | 30.372 | 17.713 | 11.459 | | |
| 垂线平均 | 43.092 | 28.987 | 19.224 | 13.321 | | |

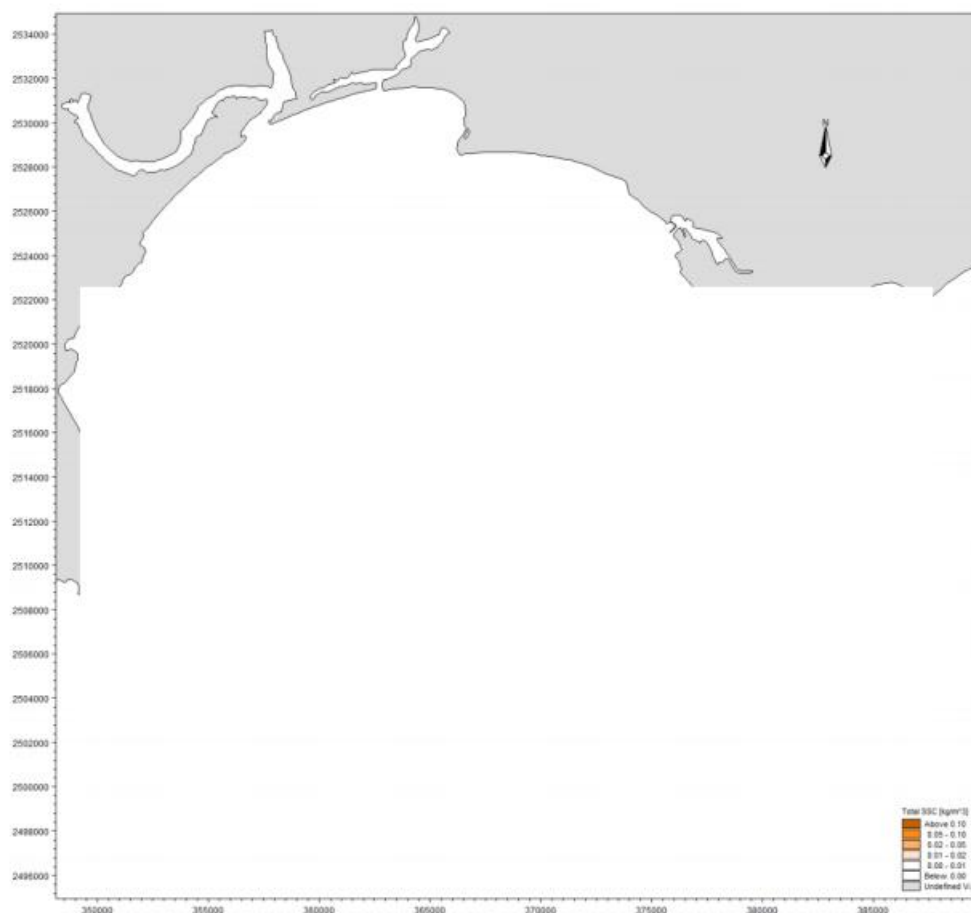


图 6.4.3-3a 夏季海砂分选最大包络线产生悬沙增量包络线图（表层）（2 个矿区）

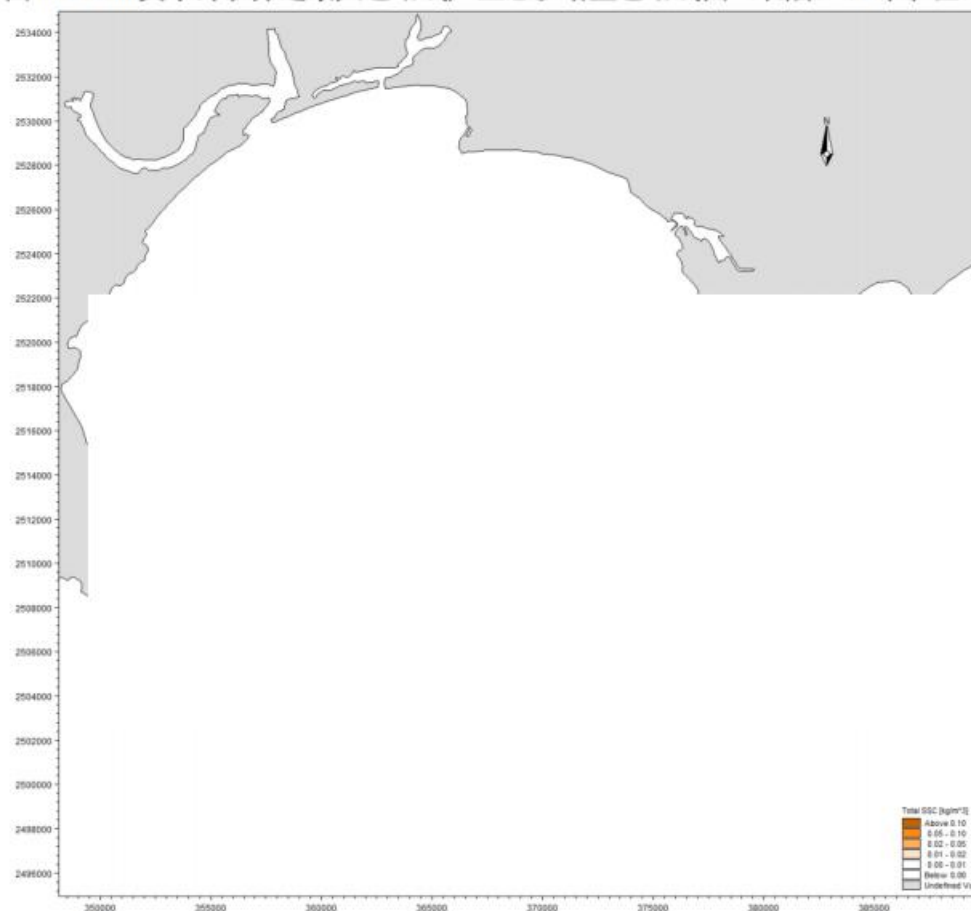


图 6.4.3-3b 夏季海砂分选最大包络线产生悬沙增量包络线图（中层）（2 个矿区）

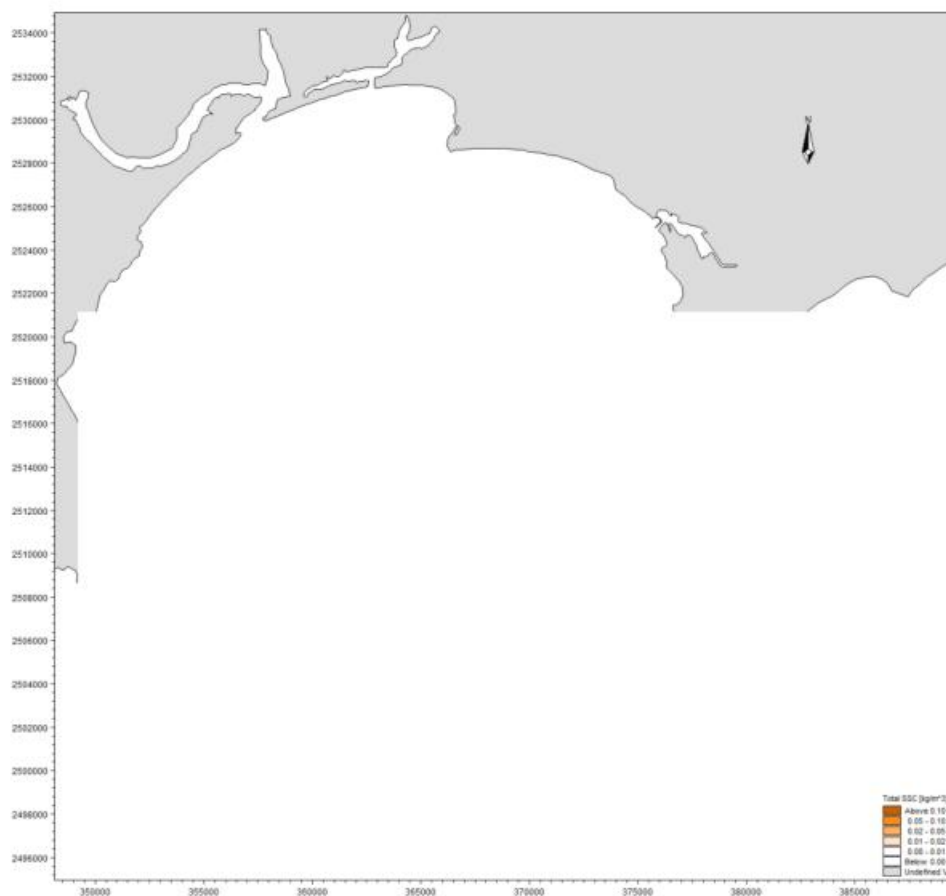


图 6.4.3-3c 夏季海砂分选最大包络线产生悬沙增量包络线图（底层）（2 个矿区）

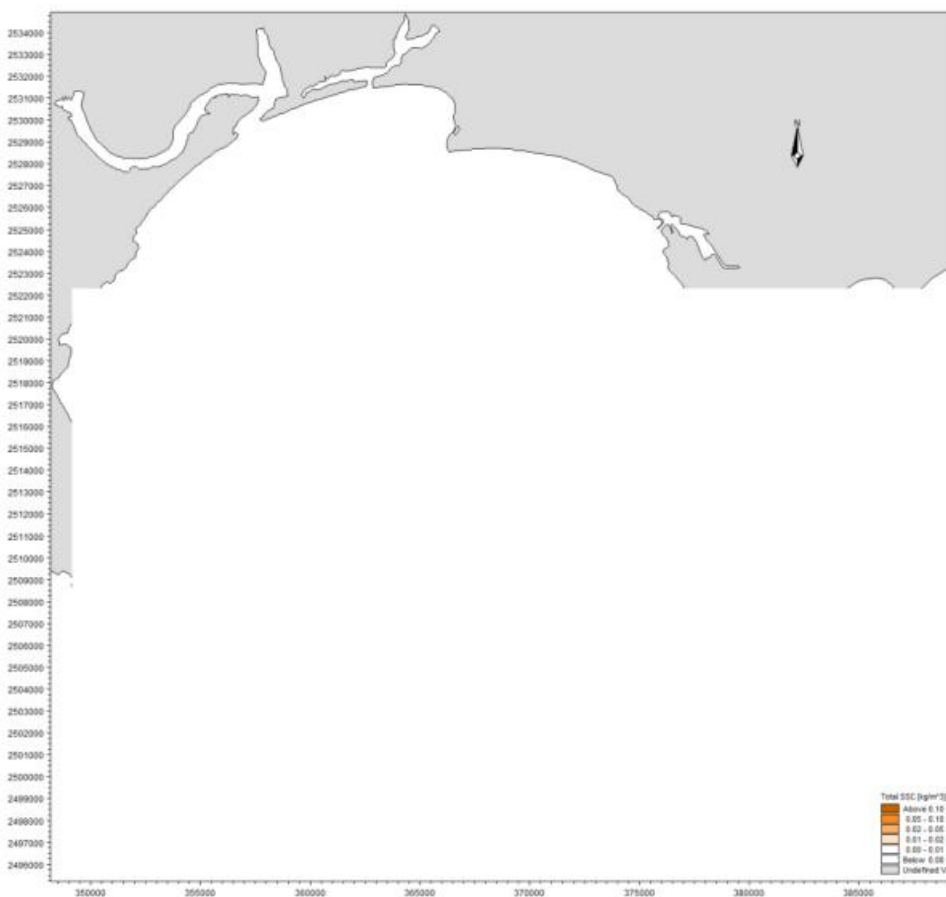


图 6.4.3-4a 冬季海砂分选最大包络线产生悬沙增量包络线图（表层）（2 个矿区）

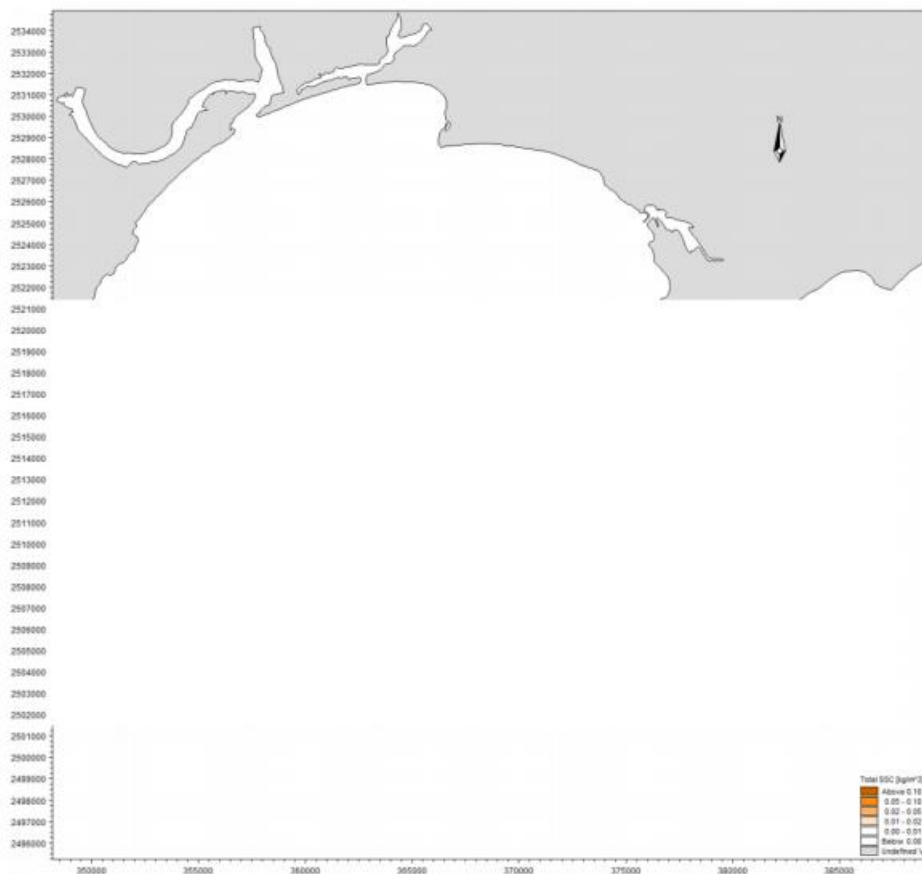


图 6.4.3-4b 冬季海砂分选最大包络线产生悬沙增量包络线图（中层）（2 个矿区）

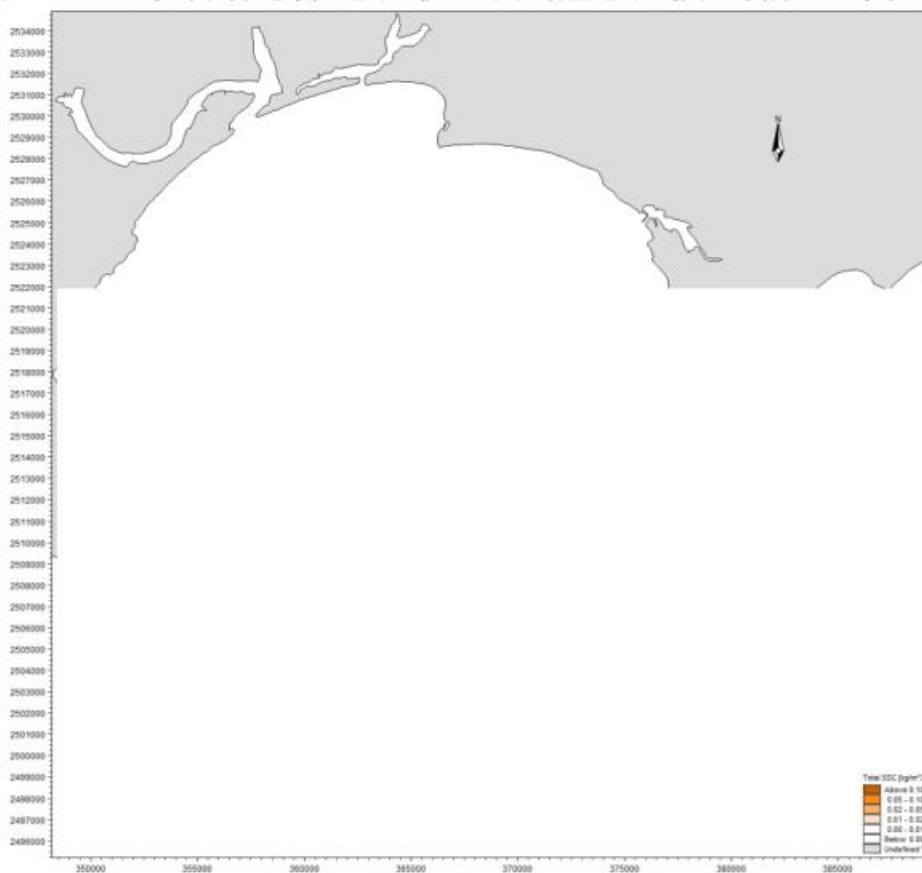


图 6.4.3-4c 冬季海砂分选最大包络线产生悬沙增量包络线图（底层）（2 个矿区）

(2) 两个区块同时开采典型工况预测结果

典型工况条件下，采砂施工引起的悬浮泥沙增量面积统计情况见表 6.4.3-3 和表 6.4.3-4，对应的包络线见图 6.4.3-5 和图 6.4.3-6。

夏季水文条件下施工，典型工况表层大于 10mg/L 浓度区的包络线面积为 27.602km²，大于 20 mg/L 浓度区的包络线面积为 20.104km²；大于 50 mg/L 浓度区的包络线面积为 13.941km²；大于 100 mg/L 浓度区的包络线面积为 8.174km²；中层大于 10mg/L 浓度区的包络线面积为 30.021km²，大于 20 mg/L 浓度区的包络线面积为 22.487km²；大于 50 mg/L 浓度区的包络线面积为 11.972km²；大于 100 mg/L 浓度区的包络线面积为 6.802km²；底层大于 10mg/L 浓度区的包络线面积为 33.591km²，大于 20 mg/L 浓度区的包络线面积为 22.844km²，大于 50 mg/L 浓度区的包络线面积为 10.389km²，大于 100 mg/L 浓度区的包络线面积为 4.791km²。整体上，垂线平均大于 10mg/L 浓度区的包络线最大面积为 30.405 km²，大于 20 mg/L 浓度区的包络线面积为 21.812km²；大于 50 mg/L 浓度区的包络线面积为 12.101km²；大于 100mg/L 浓度区的包络线面积为 6.589km²。

冬季水文条件下施工，典型工况表层大于 10mg/L 浓度区的包络线面积为 26.514km²，大于 20 mg/L 浓度区的包络线面积为 19.373km²；大于 50 mg/L 浓度区的包络线面积为 13.503km²；大于 100 mg/L 浓度区的包络线面积为 8.010km²；中层大于 10mg/L 浓度区的包络线面积为 28.818km²，大于 20 mg/L 浓度区的包络线面积为 21.642 km²；大于 50 mg/L 浓度区的包络线面积为 11.628km²；大于 100 mg/L 浓度区的包络线面积为 6.705km²；底层大于 10mg/L 浓度区的包络线面积为 32.218km²，大于 20 mg/L 浓度区的包络线面积为 21.982km²，大于 50 mg/L 浓度区的包络线面积为 10.121km²，大于 100 mg/L 浓度区的包络线面积为 4.789km²。整体上，垂线平均大于 10mg/L 浓度区的包络线最大面积为 29.183 km²，大于 20 mg/L 浓度区的包络线面积为 20.999km²；大于 50 mg/L 浓度区的包络线面积为 11.751km²；大于 100mg/L 浓度区的包络线面积为 6.501km²。

表 6.4.3-3 夏季施工产生悬沙增量面积(km²)

| 包络线面积 \ 悬沙浓度 | >10mg/L | >20mg/L | >50mg/L | >100mg/L |
|--------------|---------|---------|---------|----------|
| 表层 | 27.602 | 20.104 | 13.941 | 8.174 |
| 中层 | 30.021 | 22.487 | 11.972 | 6.802 |
| 底层 | 33.591 | 22.844 | 10.389 | 4.791 |
| 垂线平均 | 30.405 | 21.812 | 12.101 | 6.589 |

表 6.4.3-4 冬季施工产生悬沙增量面积(km²)

| 悬沙浓度 包络线面积 | >10mg/L | >20mg/L | >50mg/L | >100mg/L |
|---------------|---------|---------|---------|----------|
| 表层 | 26.514 | 19.373 | 13.503 | 8.010 |
| 中层 | 28.818 | 21.642 | 11.628 | 6.705 |
| 底层 | 32.218 | 21.982 | 10.121 | 4.789 |
| 垂线平均 | 29.183 | 20.999 | 11.751 | 6.501 |

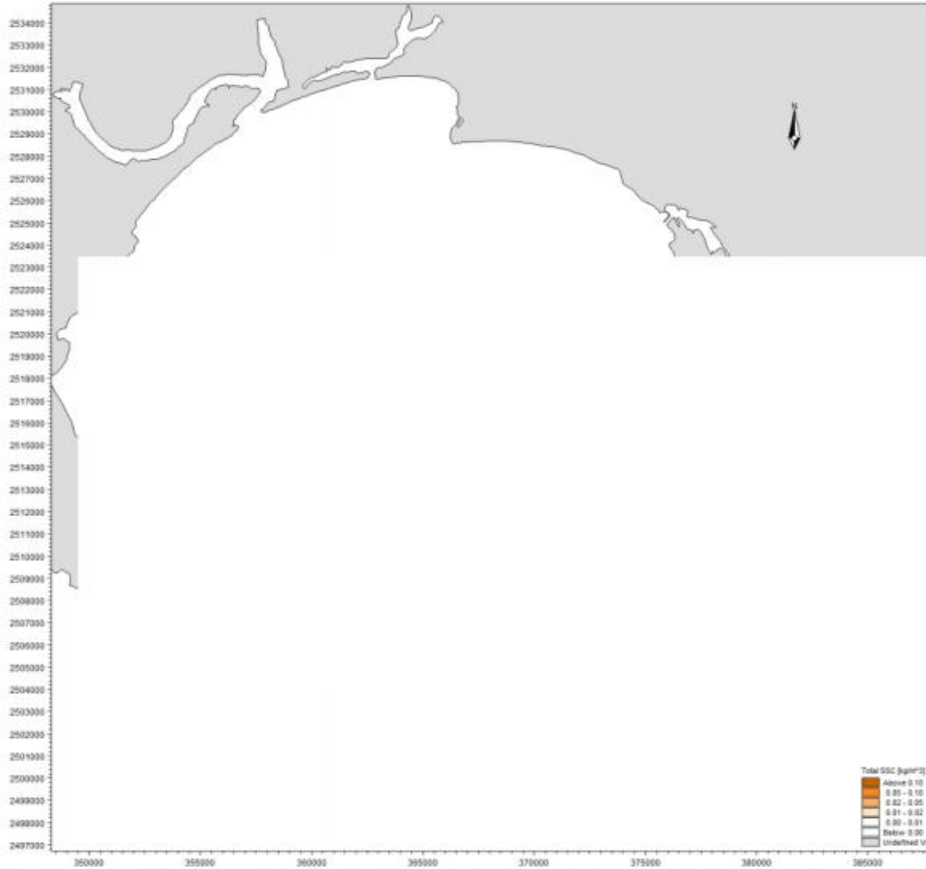


图 6.4.3-5a 夏季海砂分选典型工况产生悬沙增量包络线图（表层）（2 个矿区）

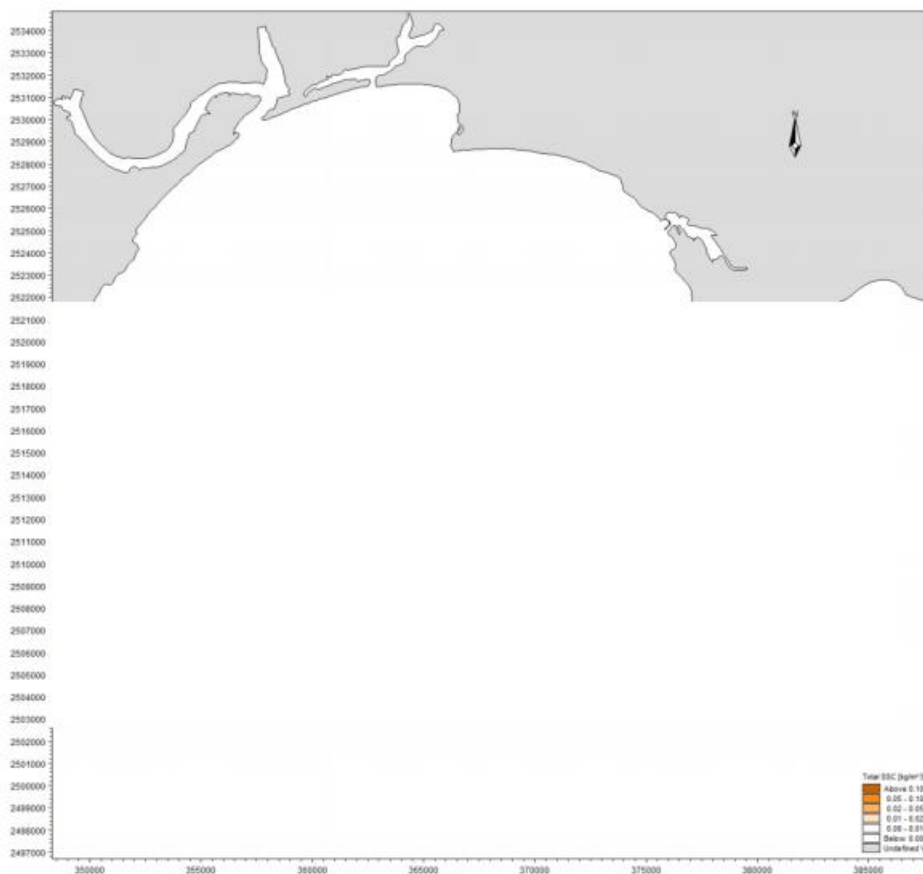


图 6.4.3-5b 夏季海砂分选典型工况产生悬沙增量包络线图（中层）（2 个矿区）

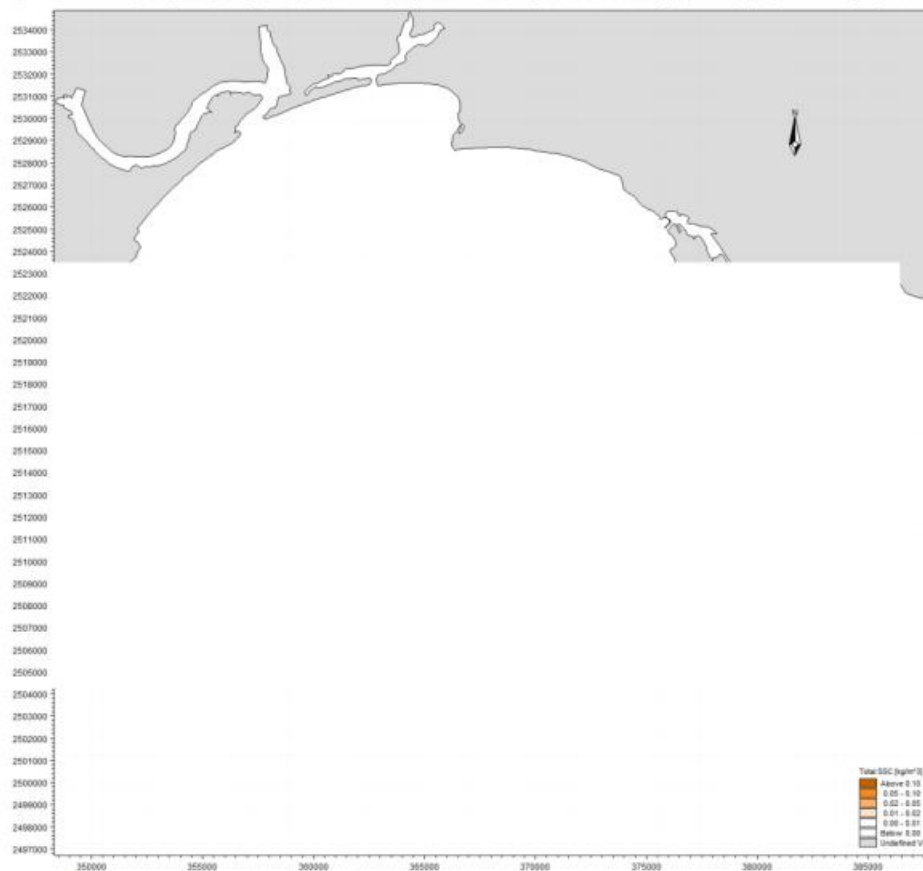


图 6.4.3-5c 夏季海砂分选典型工况产生悬沙增量包络线图（底层）（2 个矿区）

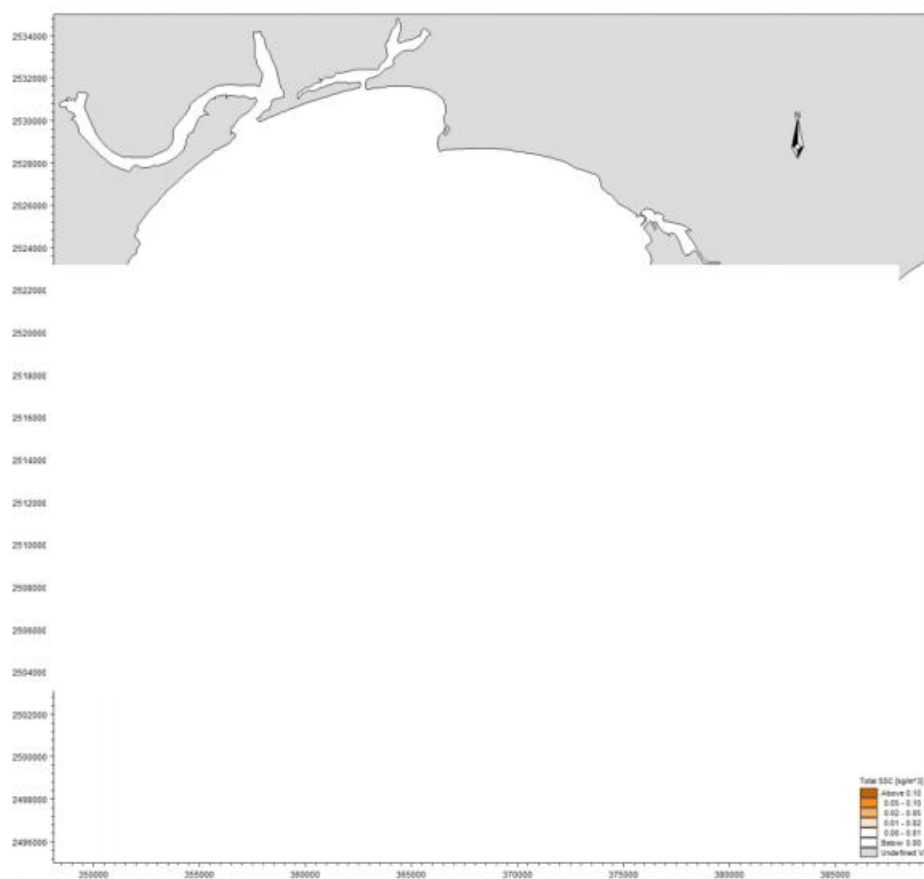


图 6.4.3-6a 冬季海砂分选典型工况产生悬沙增量包络线图（表层）（2 个矿区）

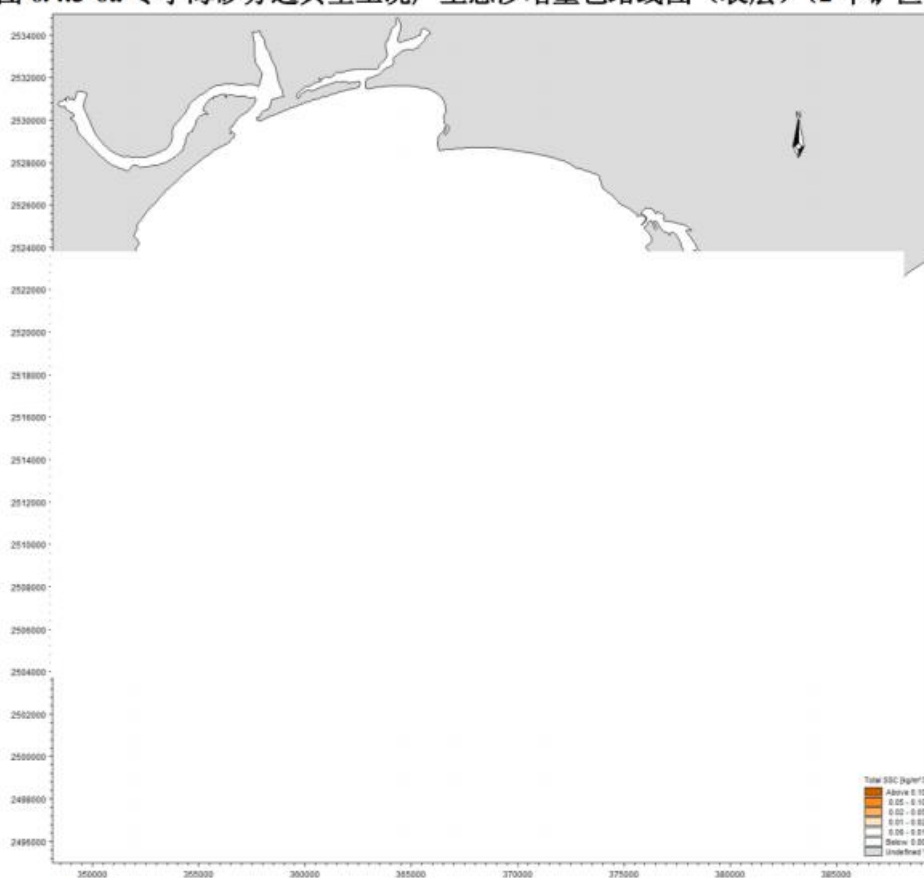


图 6.4.3-6b 冬季海砂分选典型工况产生悬沙增量包络线图（中层）（2 个矿区）

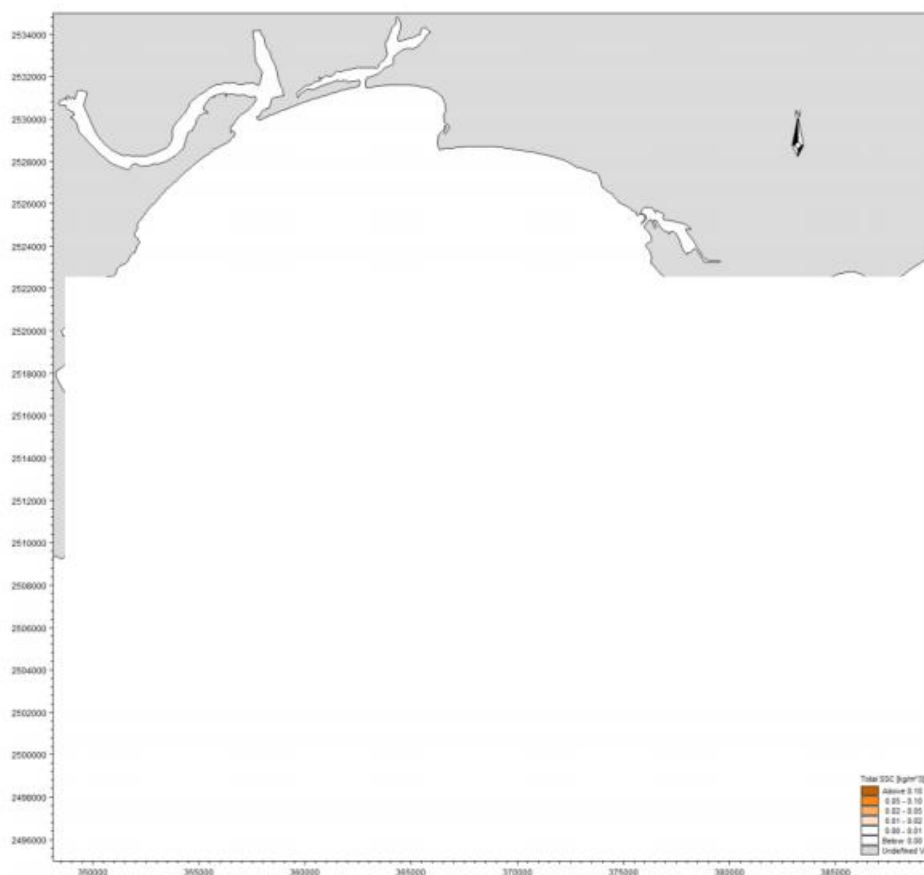


图 6.4.3-6c 冬季海砂分选典型工况产生悬沙增量包络线图（底层）（2 个矿区）

6.4.4 施工污水

根据工程分析，本项目采砂施工除了采砂作业产生的悬浮物影响外，还包括船舶生活污水、船舶含油污水等。

本工程采砂作业期间，船舶生活污水主要污染物为 COD、BOD₅、NH₃-N 等；船舶含油污水主要污染物为 COD 和石油类等。上述污水若随意排放，会对项目海域海水水质环境带来不利影响，进而对海域生态环境也带来一定的不利影响。因此，采砂作业期间的船舶油污水应统一收集交由有处理能力单位进行统一处理。船舶生活污水经车载污水处理装置处理达标后，在满足《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的要求的前提下排放，船舶废水经有效处理后，基本不会对周边海洋环境造成影响。

6.4.5 水质环境影响评价小结

综上分析，本项目悬浮物的影响主要在采砂期间，采砂结束后，其影响将逐渐消失；本项目单独施工，夏季、冬季水文条件下最大包络线工况产生的悬浮泥沙增量大于 10mg/L（超过一、二类水质标准）的垂线平均面积分别为 19.380km²、18.427km²，大于 100mg/L（超过三类水质标准）的垂线平均面积分别为 7.038 km²、

6.246km²；SW24-11 和 SW24-12 矿区同时施工，夏季、冬季水文条件下最大包络线工况产生的悬浮泥沙增量大于 10mg/L（超过一、二类水质标准）的垂线平均面积分别为 44.978km²、43.092km²，大于 100mg/L（超过三类水质标准）的垂线平均面积分别为 13.701km²、13.321km²；产生增量超过 10mg/L 的悬浮泥不会扩散至周边自然保护地和生态保护红线等敏感区域；采取相应的污染防治措施和海洋生态环境保护措施后，可有效降低采砂产生的悬浮物对周边环境敏感目标水质的影响。

本项目采砂施工除了采砂作业产生的悬浮物影响外，还包括船舶生活污水、船舶含油污水等，采砂作业期间的船舶油污水统一收集交由有处理能力单位进行收运处理，船舶生活污水经船载生活污水处理设施处理达标后，在满足《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的要求的前提下排放。采取上述措施后船舶废水基本不会周边对海水水质的产生影响。

6.5 沉积物环境影响预测与评价

（1）表层沉积物质量对砂源的污染影响分析

根据 2024 年 11 月沉积物质量调查结果显示，除 SW02 站位铅含量不符合海洋沉积物质量第一类标准，但符合海洋沉积物质量第二类标准，其余站位调查因子均符合海洋沉积物质量第一类标准。沉积物质量状况良好。另外，采砂施工产生的悬浮泥沙来源于本海域，不会使本海域沉积物的理化性质产生影响，并且本海域沉积物的环境质量不会发生明显的变化。

（2）采砂作业对沉积物污染扩散的影响分析

由射流式采砂船采砂工艺来看，高压射流管插入砂层的速度比较快，射流管引起表层沉积物扰动很小，射流管插入底质过程中产生的悬浮泥沙较小，远小于海砂分选环节产生的悬浮泥沙的量。根据采砂施工的悬浮泥沙扩散预测结果，本项目单独施工夏季、冬季水文条件下最大包络线工况产生的悬浮泥沙增量大于 100mg/L（超过三类水质标准）的垂线平均面积分别为 7.038km²、6.246km²，SW24-11 和 SW24-12 矿区同时施工夏季、冬季水文条件下最大包络线工况产生的悬浮泥沙增量大于 100mg/L（超过三类水质标准）的垂线平均面积分别为 13.701km²、13.321km²，并且采砂溢流产生的悬浮物浓度增量仅在采砂区与本底浓度值为同一数量级，而在其余海域相对海水本底浓度值来讲很小，基本不会改变其悬浮物浓度，采砂作业不会使本海域沉积物的环境质量发生明显的变化。

本项目采砂过程产生的悬浮物浓度增量主要集中在采砂区及周围海域，随着扩

散距离的增加，沉积粒径越来越细，在几公里外海域相对海水本底浓度值来讲较小，基本不会改变其悬浮物浓度。在陆源污染不变的情况下，吸附到悬浮泥沙上的污染物基本不会改变采砂区以外海底的沉积物特征。项目实施会使上述区域海洋沉积物的垂直结构和表层组成、结构发生一定的变化，采砂作业结束后，采砂区将通过相当长的一段时间重新建立新的相对稳定的沉积物环境。

同时，采砂和溢流环节导致吸附在海砂上或海砂内的污染物（如有机碳、Cu、Pb、Zn、Cd、As、Cr、Hg、石油类）溶出，使被污染底质因再悬浮而污染水质并沉降到未受污染的底层，导致二次污染。但根据沉积物质量的监测结果和海砂钻孔重金属溶出试验结果，采砂区所在海域沉积环境质量较好。因此，本采砂项目造成的沉积物再悬浮基本不会导致海水的二次污染。

另外，本项目采砂作业过程中产生的舱底含油污水和生活垃圾等均拟收集上岸处理，不得排放入海。船舶生活污水经船载生活污水处理设施处理达标后，在满足《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的要求的前提下排放。因此，本项目采砂作业过程中产生的污废水和固体废物也不会对海洋沉积物质量产生影响。

6.6 生态环境影响预测与评价

6.6.1 对海洋生态和生物资源的影响分析

6.6.1.1 对海洋生物及生态系统的影响

（1）采砂活动对浮游生物的影响

采砂将产生一定量的悬浮泥沙。从水生生态角度来看，施工水域内的局部海水悬浮物增加，水体透明度下降，从而使溶解氧降低，对水生生物产生诸多的负面影响。最直接的影响是削弱了水体的真光层厚度，对浮游植物的光合作用产生不利影响，进而妨碍浮游植物的细胞分裂和生长，降低单位水体浮游植物数量，导致局部水域内初级生产力水平降低，使浮游植物生物量降低。在水生食物链中，除了初级生产者——浮游藻类以外，其它营养级上的生物既是消费者，也是上一营养级生物的饵料。因此，浮游植物生物量的减少，会使以浮游植物为饵料的浮游动物在单位水体中拥有的生物量也相应地减少，那么再以这些浮游生物为食的一些鱼类等由于饵料的贫乏而导致资源量下降。而且，以捕食鱼类为生的一些高级消费者，也会由于低营养级生物数量的减少而难以觅食。可见，水体中悬浮物质含量的增加，对整个水生生态食物链的影响是多环节的。

同时，浮游动物也将因阳光的透射率下降而迁移别处，浮游动物将受到不同程度的影响。此外，据有关资料，水中悬浮物质含量的增加，对浮游桡足类动物的存活和繁殖有明显的印制作用。过量的悬浮物质会堵塞浮游桡足类动物的食物过滤系统和消化器官，尤其在悬浮物含量达到 300mg/L 以上时，这种危害特别明显。在悬浮物质中，又以粘性淤泥的危害最大，泥土及细砂泥次之。

浮游生物由于经济价值较难进行量化，因此只对损失量进行估算，不进行价值估算。

(2) 采砂活动对渔业资源的影响

渔业资源主要包括游泳生物（主要为鱼、虾、蟹）和鱼卵仔鱼。对部分游泳生物来讲，采砂产生的悬浮物影响是比较显著的。悬浮物可以粘附在动物身体表面干扰动物的感觉功能，有些粘附甚至可引起动物表皮组织的溃烂；通过动物呼吸，悬浮物可以阻塞鱼类的鳃组织，造成呼吸困难；某些滤食性动物，只有分辨颗粒大小的能力，只要粒径合适就可吸入体内，如果吸入的是泥沙，那么动物有可能因饥饿而死亡；水体的浑浊还会降低水中溶解氧含量，进而对游泳生物和浮游动物产生不利影响，甚至引起死亡。但鱼类等游泳生物都比较容易适应水环境的缓慢变化，但对骤变的环境，它们反应则是敏感的，悬浮物质含量变化其过程呈跳跃式和脉冲式，这必然引起鱼类等其他游泳生物行动的改变，他们将避开这一点源混浊区，产生“驱散效应”。

根据有关研究资料，水体中 SS 浓度大于 100mg/L 时，水体浑浊度将比较高，透明度明显降低，若高浓度持续时间较长，将影响水生动、植物的生长，尤其对幼鱼苗的生长有明显的阻碍，而且可导致死亡。悬浮物对鱼卵的影响也很大，水体中若含有过量的悬浮固体，细微颗粒会粘附在鱼卵的表面，妨碍鱼卵呼吸，不利于鱼卵的孵化，从而影响鱼类繁殖。据研究，当悬浮固体物质含量达到 1000mg/L 以上，鱼类的鱼卵能够存活的时间将很短。

采砂时有一定范围的 SS 浓度增量超过 10mg/L，但游泳生物会由于施工影响范围内的 SS 增加而游离该范围，施工作业完成后，SS 的影响也将消失，鱼类等水生生物又可游回，这种影响持续时间在施工结束后比较短，是暂时性的，一般不会对该水域的渔业资源造成长期的不良影响，但短期内会造成一定量的损失。

(3) 采砂活动对附近海域水生生态系统的影响

采砂致使底栖生物大部分丧失，同时采砂时产生的大量悬浮泥沙和噪音将影响

工程附近海域浮游生物、游泳生物和鱼卵仔鱼的生存环境，浮游动、植物的生长受到影响，游泳生物被驱散，产卵海域受损，同时，生物洄游路线也将在施工期间发生改变，将避开采砂区。因此，工程附近海域水生生物多样性、均匀度和生物密度将有所下降。

因此，工程附近海域的水生生态系统将受到较大的影响。因此，对于采砂引起的工程附近海域水生生态系统的损耗应在进行增殖放流等生态修复。待施工结束，水质恢复、噪声平静后，这些品种的水生生物便会重新进入工程附近海域，使得工程附近海域的生物量恢复至工程前的水平。

6.6.1.2 项目造成海洋生物资源损失量分析

(1) 采砂活动对底栖生物的影响分析

采砂活动淘空底层砂后，覆盖上面的淤泥层受重力作用而塌陷，采砂区的底栖生物种类将被掩埋、覆盖，除少数能够存活外，绝大多数将死亡，导致生物资源损失。底栖生物一般生活在海底泥沙底层或者泥沙上，对悬浮物比较不敏感。该部分损失将按开采区用海面积外扩 50m 进行计算。参照《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（简称《规程》），海床底土坍塌覆盖，彻底破坏底栖生物的生境，按下述公式进行计算：

$$W_i = D_i \times S_i$$

式中：

W_i —第 i 种生物资源受损量，单位为尾或个或千克（kg），在这里为底栖生物资源受损量。

D_i —评估区域内第 i 种生物资源密度，单位为尾（个）每平方千米[尾（个）/km²]、尾（个）每立方千米[尾（个）/km³]或千克每平方千米（kg/）。在此为底栖生物密度。

S_i —第 i 种生物占用的渔业水域面积或体积，单位为平方千米（km²）或立方千米（km³）。在此为海砂开采面积。

根据生态现状调查站位，选取 2025 年 3 月春季和 2024 年 11 月秋季项目附近底栖生物调查站位平均生物量值，详见表 6.6.1-1。

表 6.6.1-1 底栖生物平均值计算表（单位 g/m²）

| 调查时间 | 调查站位 | | | | | 当季平均值 | 两季平均值 |
|----------|-------|--------|-------|--|---|-------|-------|
| | SW11 | SW12 | SW23 | | / | | |
| 2024 年秋季 | 1.640 | 14.140 | 0.335 | | / | 5.372 | 5.584 |
| | | | | | / | | |

| | | | | | | | |
|----------|------|-------|-------|--------|--------|-------|--|
| 2025 年春季 | SW06 | SW09 | SW10 | SW11 | SW16 | 5.796 | |
| | 0.98 | 0.235 | 2.745 | 13.865 | 11.155 | | |

采砂区面积 250.0927 公顷，同时考虑采砂区周边塌陷区外扩 50m，根据宗海矢量外扩 50m，则对底栖生物的影响面积约为 283.0202 公顷，本次采砂活动引起的底栖生物直接损失量为： $283.0202 \times 10^4 \times 5.584 \times 10^{-6} = 15.80t$ 。

(2) 悬浮物对海洋生物资源影响分析

1) 计算公式

本项目计划年采砂天数为 145 天，超过 15 天，按照《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程（SC/T 9110-2007）》（以下简称《规程》），采砂工程在悬浮物扩散范围内对海洋生物产生的持续性损害，按以下公式计算：

$$M_i = W_i \times T$$

$$W_i = \sum_{j=1}^n D_{ij} \times S_j \times K_{ij}$$

式中： M_i 为第 i 种生物资源累计损害量，尾、个或千克（kg）；

W_i 为第 i 种生物资源一次性平均损失量，尾、个或千克（kg）；

T 为污染物浓度增量影响的持续周期数（以年实际影响天数除以 15），个；

D_{ij} 为某一污染物第 j 类浓度增量区第 i 种类生物资源密度，尾/ km^2 或个/ km^2 或千克（kg）/ km^2 ；

S_j 为某一污染物第 j 类浓度增量区面积， km^2 ；

K_{ij} 为某一污染物第 j 类浓度增量区第 i 种类生物资源损失率，%；

n 为某一污染物浓度增量分区总数。

2) 取值依据

上述公式中，各参数的取值依据如下：

① 污染物浓度增量区面积（ S_j ）和分区总数（ n ）

根据第 6.4 节的水环境影响预测与评价结果，夏季水文条件下施工 SS 浓度增量包络面积大于冬季，本评价选取夏季水文条件下 SW24-11 区块单独开采典型工况下造成的 SS 浓度增量包络面积计算。结合《规程》对污染物超标倍数的分类，详见表 6.6.1-2。

表 6.6.1-2 本项目单独开采不同超标倍数的 SS 增量整体包络线面积汇总

| 污染物 i 的超标倍数 B_i | 对应的 SS 浓度范围（mg/L） | SS 增量各浓度分区平均最大包络面积（ km^2 ） |
|---------------------|--------------------|-------------------------------------|
| $B_i \leq 1$ 倍 | $10 < B_i \leq 20$ | $14.323 - 9.817 = 4.506$ |
| $1 < B_i \leq 4$ 倍 | $20 < B_i \leq 50$ | $9.817 - 4.848 = 4.969$ |

| | | |
|--------------------|---------------------|-------------------|
| $4 < B_i \leq 9$ 倍 | $50 < B_i \leq 100$ | 4.848-2.055=2.793 |
| $B_i > 9$ 倍 | $B_i > 100$ | 2.055 |

上述影响面积为 SW24-11 区块单独开采夏季典型工况引起的悬浮物 SS 浓度超标倍数, $B_i \leq 1$ 倍的平均面积为 4.506km², $1 < B_i \leq 4$ 倍范围内的平均面积为 4.969km², 在 $4 < B_i \leq 9$ 倍范围内的平均面积为 2.793km², 超过第三类海水水质标准 ($B_i > 9$ 倍) 的平均面积为 2.055km², 其余水域 SS 增量 < 10 mg/L。

根据上述 SS 的影响面积对浮游生物 (尤其是鱼卵和仔稚鱼) 和游泳生物造成的影响进行分析。

②生物资源损失率 (K_{ij})

根据《规程》, 污染物对各类生物损失率根据污染物的超标倍数来确定 (见表 6.6.1-3)。本次评价主要对浮游生物和游泳生物及鱼卵、仔稚鱼造成的影响进行分析。

表 6.6.1-3 《规程》中对污染物对各类生物损失率的规定

| 污染物 i 的超标倍数 (B_i) | 各类生物损失率 (%) | | | |
|--------------------------|-------------|-----------|-----------|-----------|
| | 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 | ≥ 50 | ≥ 20 | ≥ 50 | ≥ 50 |

注:
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, 以超标倍数最大的污染物为评价依据。
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。
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。

本次评价按《规程》中的“污染物对各类生物损失率”范围值的中值确定本工程增量区的各类生物损失率 (详见表 6.6.1-4)。

表 6.6.1-4 本工程悬浮物对各类生物资源损失率 K_{ij}

| 污染物 i 的超标倍数 (B_i) | 各类生物资源损失率 K_{ij} (%) | | | |
|--------------------------|------------------------|-----|------|------|
| | 鱼卵和仔稚鱼 | 成体 | 浮游动物 | 浮游植物 |
| $B_i \leq 1$ 倍 | 5 | 0.5 | 5 | 5 |
| $1 < B_i \leq 4$ 倍 | 15 | 5 | 20 | 20 |
| $4 < B_i \leq 9$ 倍 | 40 | 15 | 40 | 40 |
| $B_i \geq 9$ 倍 | 50 | 20 | 50 | 50 |

③持续周期数 (T) 和计算区超标范围的水层平均厚度

根据采砂区采砂进度计划, 本项目每年采砂时间约 145 天, 则每年的污染物浓度增量影响的持续周期数为 10 (15 天为 1 个周期); 本项目区块单独开采引起的悬浮物 SS 浓度增量 > 10 mg/L 的包络面积平均水深约为 16.12m。

④生物资源密度 (D_{ij})

根据海洋生物春季和秋季的调查结果，取调查海区春秋两季的平均值，详见表 6.6.1-5。

表 6.6.1-5 海洋生态调查站位平均值计算表 (单位 g/m²)

| 调查季节 | 浮游植物 ($\times 10^3 \text{cell/m}^3$) | 浮游动物 (mg/m^3) | 鱼卵 (粒/m^3) | 仔稚鱼 (尾/m^3) | 游泳生物 (kg/km^2) |
|------|---|-----------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------------------|
| 春季 | 983.219 | 25.2 | 0.372 | 0.193 | 125.625 |
| 秋季 | 22422.404 | 163.67 | 0.40 | 0.275 | 239.228 |
| 平均值 | 11702.81 | 94.44 | 0.386 | 0.234 | 182.427 |

注：鱼卵、仔稚鱼取垂直拖网调查结果。

3) 采砂区海洋生物资源损失量计算结果

浮游植物损失量 = $(4.056 \times 0.05 + 4.969 \times 0.20 + 2.793 \times 0.40 + 2.055 \times 0.50) \times 10^6 \times 16.12 \times 11702.81 \times 10^3 \times 10 = 6.30 \times 10^{15} \text{cells}$

浮游动物损失量 = $(4.056 \times 0.05 + 4.969 \times 0.20 + 2.793 \times 0.40 + 2.055 \times 0.50) \times 10^6 \times 16.12 \times 94.44 \times 10^9 \times 10 = 50.87 \text{t}$

鱼卵损失量 = $(4.056 \times 0.05 + 4.969 \times 0.15 + 2.793 \times 0.40 + 2.055 \times 0.50) \times 10^6 \times 16.12 \times 0.386 \times 10 = 1.92 \times 10^8 \text{粒}$

仔稚鱼损失量 = $(4.056 \times 0.05 + 4.969 \times 0.15 + 2.793 \times 0.40 + 2.055 \times 0.50) \times 10^6 \times 16.12 \times 0.234 \times 10 = 1.17 \times 10^8 \text{尾}$

游泳生物损失 = $(4.056 \times 0.005 + 4.969 \times 0.05 + 2.793 \times 0.15 + 2.055 \times 0.20) \times 182.427 \times 10^{-3} \times 10 = 2.00 \text{t}$

通过计算，采砂区施工持续周期一年产生的悬浮泥沙导致浮游植物的损失量为 $6.30 \times 10^{15} \text{cells}$ ；浮游动物的损失量为 50.87t；鱼卵的损失量为 1.92×10^8 粒、仔稚鱼的损失量为 1.17×10^8 尾；游泳生物的损失量为 2.00t。

本项目海砂开采年限为 2.70 年。参考《规程》中生物资源损害赔偿和补偿年限（倍数）的确定：（1）占用渔业水域的生物资源损害赔偿，占用年限低于 3 年的，按 3 年补偿；（2）持续性生物资源损害的补偿，实际影响年限低于 3 年的，按 3 年补偿。按生物资源损害赔偿和补偿年限（倍数）为 3 年计算得本工程采砂导致底栖生物损失量为 47.40t、浮游植物损失量为 $1.89 \times 10^{16} \text{cells}$ 、浮游动物的损失量为 152.61t、鱼卵的损失量为 5.76×10^8 粒、仔稚鱼的损失量为 3.51×10^8 尾、游泳生物的损失量为 6.00t。

本项目对海洋生物资源的影响主要存在于采砂期，随着采砂期的结束将逐渐消失。采砂结束后，采砂单位按要求落实生态修复措施，则项目对海洋生态环境影响可接受。

6.6.1.3 对评价海域生物多样性的影响分析

2024年秋季在项目所在及附近海域调查中共记录浮游植物5门6纲13目26科123种，浮游动物5门7纲13目25科58种（包括浮游幼体14种），大型底栖生物8门9纲22目40科54种，潮间带生物3门4纲9目11科15种，鱼卵8种，仔稚鱼10种，游泳动物3门4纲15目50科97种。

2025年春季在项目所在及附近海域调查中共记录浮游植物4门5纲12目24科119种，浮游动物5门7纲12目22科48种（包括浮游幼体13种），大型底栖生物6门8纲19目42科60种，潮间带生物5门7纲18目25科31种，鱼卵9种，仔稚鱼9种，游泳动物3门3纲14目53科115种。

本工程采砂导致底栖生物直接损失量为15.80t；采砂悬浮物持续周期一年导致浮游植物的损失量为 6.30×10^{15} cells；浮游动物的损失量为50.87t；鱼卵的损失量为 1.92×10^8 粒、仔稚鱼的损失量为 1.17×10^8 尾；游泳生物的损失量为2.00t。按生物资源损害赔偿和补偿年限（倍数）为3年计算得本工程采砂导致底栖生物损失量为47.40t、浮游植物损失量为 1.89×10^{16} cells、浮游动物的损失量为152.61t、鱼卵的损失量为 5.76×10^8 粒、仔稚鱼的损失量为 3.51×10^8 尾、游泳生物的损失量为6.00t。采砂施工对底栖生物的栖息环境造成破坏，其影响随工程结束后可逐步恢复；施工悬浮泥沙对浮游生物及渔业资源影响是暂时的，随施工结束而逐渐消失。采砂结束后，采砂单位按要求落实生态修复措施，工程对生物资源造成的影响可通过生态修复措施进行恢复。

总体上看，工程实施对评价海域生物多样性的影响可接受。

6.6.1.4 船舶噪声对海洋生态环境影响分析

（1）船舶噪声对海洋生态环境影响分析

项目采砂作业船舶施工时将产生一定的噪声。根据文献《船舶水下噪声对海洋动物的影响及控制探讨》《航道噪声对鱼类影响初步分析》，船舶噪声是一种低频声源，主要分为结构噪声、螺旋桨噪声、流噪声和水动力噪声等三大类，船舶在运行时会在船舶周围产生低频压力和水位移，故船舶噪声低频段能量较高。海洋动物各有大致固定的噪声耐受阈值。环境噪声超过该阈值，动物会直接受到不可挽回的物理损伤，甚至迫使某些海洋动物离开该区域。根据《人为水下噪声对海洋生物影响评价指南（HY/T 0341-2022）》中附录A表A.4中，人为水下噪声对鱼类的声压阈值超过207dB SPL_{pk}为危险区域，超过186dB SEL_{cum}为影响区域。船舶噪声本身就是

一种低频持续性噪声，会对鱼类有一定不利影响。参考《港珠澳大桥主体工程水下施工噪声监测和评价研究项目研究报告》（厦门大学，2014.9）测量结果表明：在距离抓斗船 100m 测量噪声时，水深 1m 处的声压大于水深 8m 处的声压，但声压都小于 30Pa。频域方面，约 1.8kHz 频点以下测到的噪声谱级为均小于 100dB，随着传播距离的增大，噪声谱级逐渐衰减。总的噪声谱级在 2kHz 以上均低于 100dB。船舶噪声远低于人为水下噪声对鱼类的声压阈值，且噪声经海底沉积物的吸收，将很快衰减，影响范围将仅仅局限在工程附近海域，不会对所在海域的海洋生态环境产生明显的不良影响。可采取隔声措施，如选用弱振动低噪声设备、采用发动机的隔声外罩、敏感区域限速等，从而降低船舶噪声对海洋生物的影响。

（2）船舶噪声对海洋哺乳动物影响分析

根据《人为水下噪声对海洋生物影响评价指南（HY/T 0341-2022）》中附录 A 表 A.3 中，人为水下噪声对高频鲸目（中华白海豚）的声压阈值超过 185dB SEL_w 或 230 dB SPL_{pk} 为永久阈值漂移的危险区域，超过 170dB SEL_w 或 224dB SPL_{pk} 暂时阈值漂移的影响区域；超高频鲸目（江豚）的声压阈值超过 155dB SEL_w 或 202 dB SPL_{pk} 为永久阈值漂移的危险区域，超过 170dB SEL_w 或 196dB SPL_{pk} 暂时阈值漂移的影响区域。参考《港珠澳大桥主体工程水下施工噪声监测和评价研究项目研究报告》（厦门大学，2014.9）测量结果表明：在距离抓斗船 100m 测量噪声时，水深 1m 处的声压大于水深 8m 处的声压，但声压都小于 30Pa。频域方面，约 1.8kHz 频点以下测到的噪声谱级为均小于 100dB，随着传播距离的增大，噪声谱级逐渐衰减。总的噪声谱级在 2kHz 以上均低于 100dB。船舶噪声远低于人为水下噪声对超高频鲸目（江豚）的声压阈值（155dB SEL_w）。而且船舶作业噪声有间歇性，声波在水中的传播随距离的增加成反平方规律衰减，因此采砂作业船舶噪声叠加背景噪声后对海域中的海豚等海洋哺乳动物影响范围有限。

6.6.2 水文动力和冲淤环境变化对生态环境的影响分析

（1）水文动力环境的变化对生态环境的影响分析

预测结果表明，SW24-11 采砂区单独采砂后，各代表点大潮中层涨急流速变化幅度约为-0.06m/s~0.02m/s，大潮中层落急流速变化幅度约为-0.06m/s~0.04m/s，中层涨落急流速变化幅度相当，越靠近采砂区，代表点流速变化越大。各代表点大潮中层涨落急流向有所变化，中层涨落急流向最大偏转幅度分别为 3.6° 和 5.5°，中层涨落急流向变化幅度较小，越靠近采砂区，代表点流向变化越大。

SW24-11 和 SW24-12 两个采砂区采砂后，各代表点大潮中层涨急流速变化幅度约为-0.10m/s~0.03m/s，大潮中层落急流速变化幅度约为-0.10m/s~0.04m/s，中层涨落急流速变化幅度相当，越靠近采砂区，代表点流速变化越大。各代表点大潮中层涨落急流向有所变化，中层涨落急流向最大偏转幅度分别为 5.2° 和 5.9°，中层涨落急流向变化幅度较小，越靠近采砂区，代表点流向变化越大。

从中层涨、落急流场对比图可以看出，采砂区开挖对附近海域潮流动力的影响主要集中在采砂区周边 2.0km 范围内，离采砂区越远，潮流影响越小。总体上看，对生态环境的影响较小。

(2) 冲淤环境变化对生态环境的影响分析

预测结果表明，SW24-11 采砂区单独采砂后，冲淤变化较大的区域主要位于采砂区内，采砂区西南和东北侧会产生轻微的淤积，顺着水流方向的采砂区西北和东南侧会产生轻微的冲刷。采砂区施工完成后采砂区年最大淤积厚度在 0.28m 左右，平均淤积厚度约为 0.19m；采砂区附近海域冲淤变化幅度不大，最大淤积厚度约为 0.09m；采砂区附近最大冲刷厚度约为 0.17m，平均冲刷厚度约为 0.10m。

SW24-11 和 SW24-12 两个项目采砂后，冲淤变化较大的区域主要位于采砂区内，采砂区西南和东北侧会产生轻微的淤积，顺着水流方向的采砂区西北和东南侧会产生轻微的冲刷。采砂区施工完成后采砂区年最大淤积厚度在 0.44m 左右，平均淤积厚度约为 0.29m；采砂区附近海域冲淤变化幅度不大，最大淤积厚度约为 0.14m；采砂区附近最大冲刷厚度约为 0.28m，平均冲刷厚度约为 0.15m。

总体上看，正常情况下，采砂工程实施后，采砂区及附近海域底床会有一个缓慢的再调整过程，但幅度不会很大，对生态环境的影响较小。

6.6.3 对海洋生态敏感区的影响分析

本项目的环境敏感区与环境保护目标主要有：自然保护地、海洋生态保护红线区、自然岸线、海岛、三场一通道、重要物种和特殊生境等，采砂实施过程中悬沙扩散及冲淤变化对敏感目标的影响叠图详见图 6.6.3-1 和图 6.6.3-2。

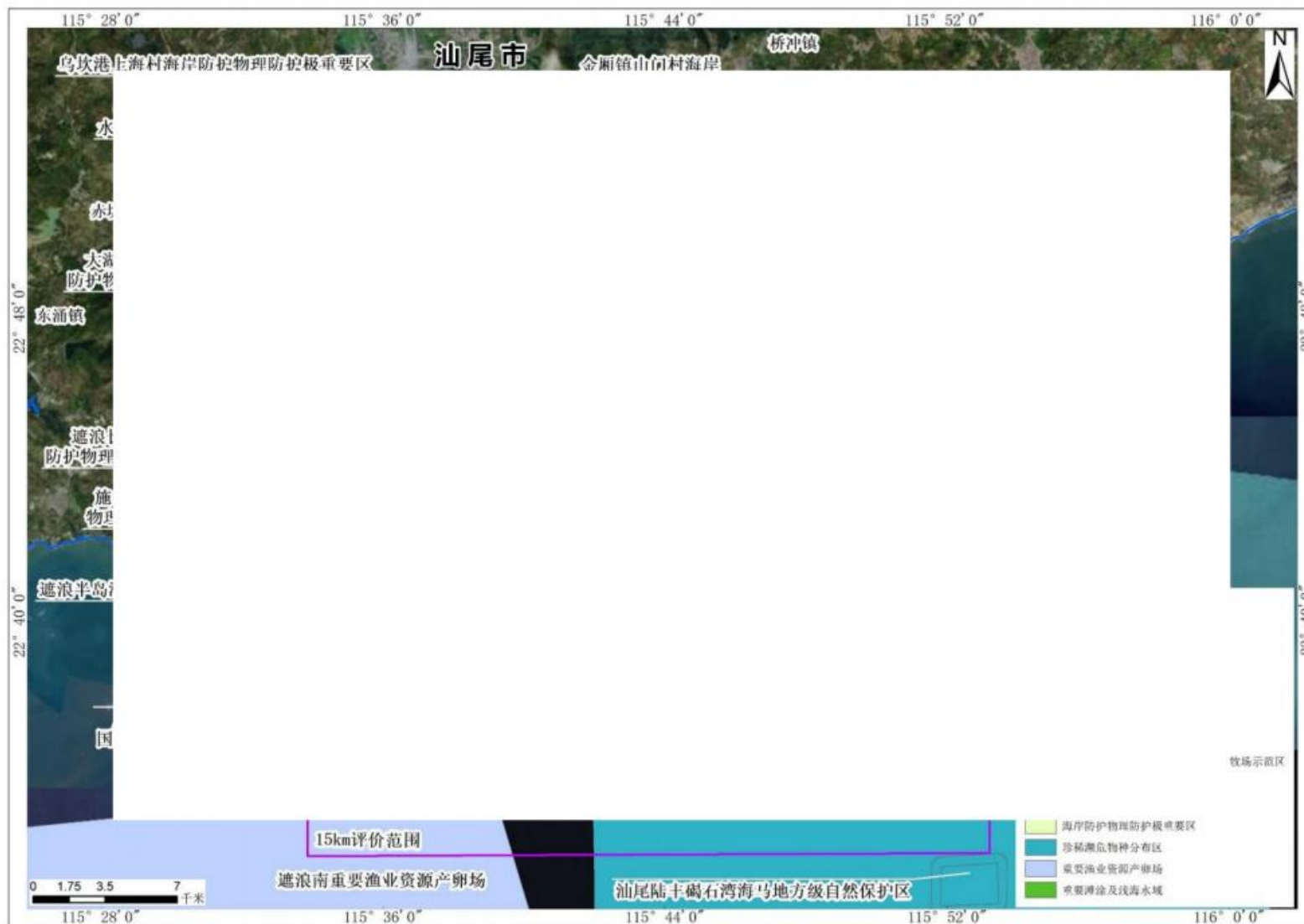


图 6.6.3-1a 两个采砂区同时开采最大包络线工况悬浮泥沙增量>10mg/L 包络线与环境敏感点叠图（夏季水文条件下）

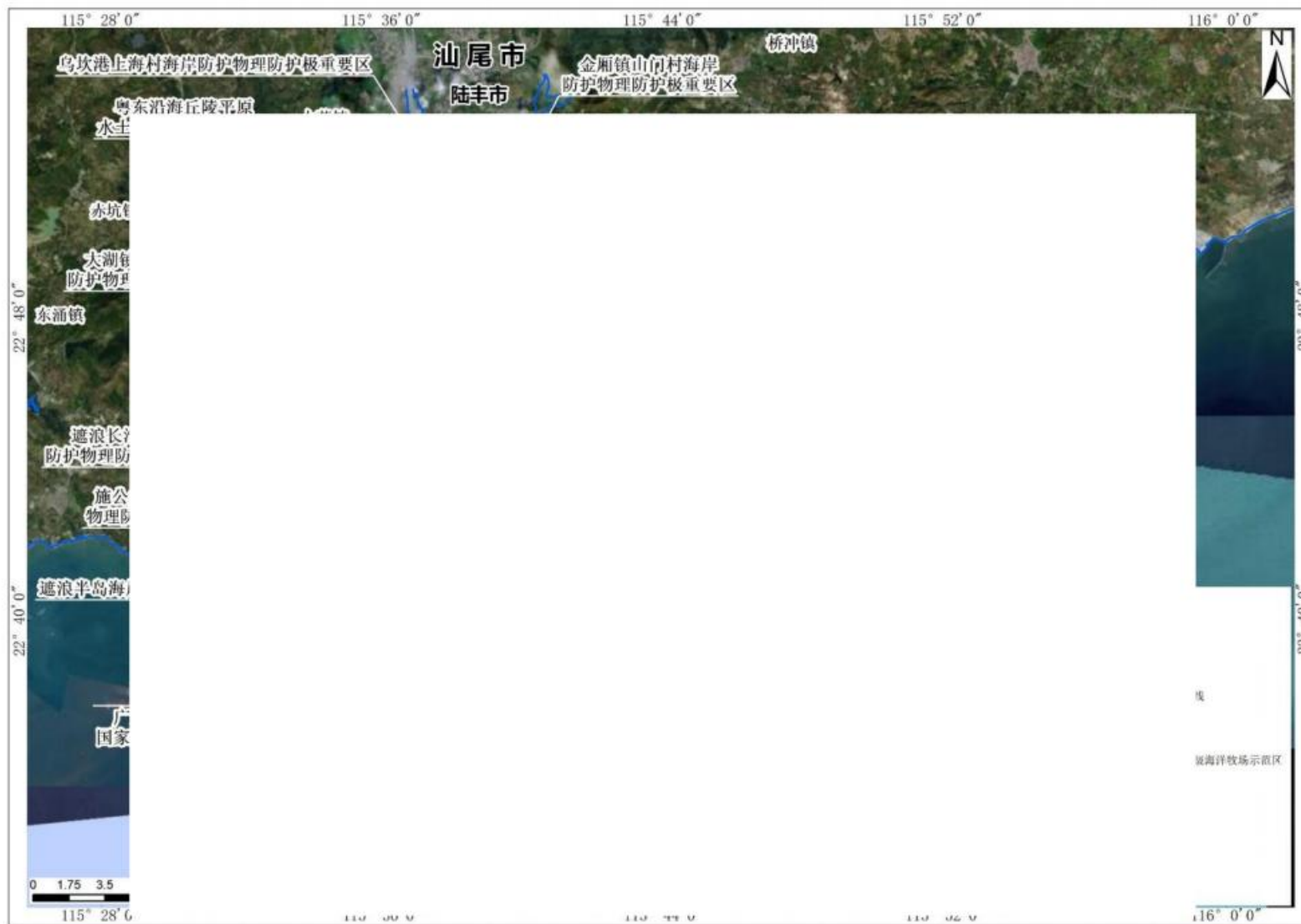


图 6.6.3-1b 两个采砂区同时开采最大包络线工况悬浮泥沙增量 $>10\text{mg/L}$ 包络线与环境敏感点叠图（冬季水文条件下）

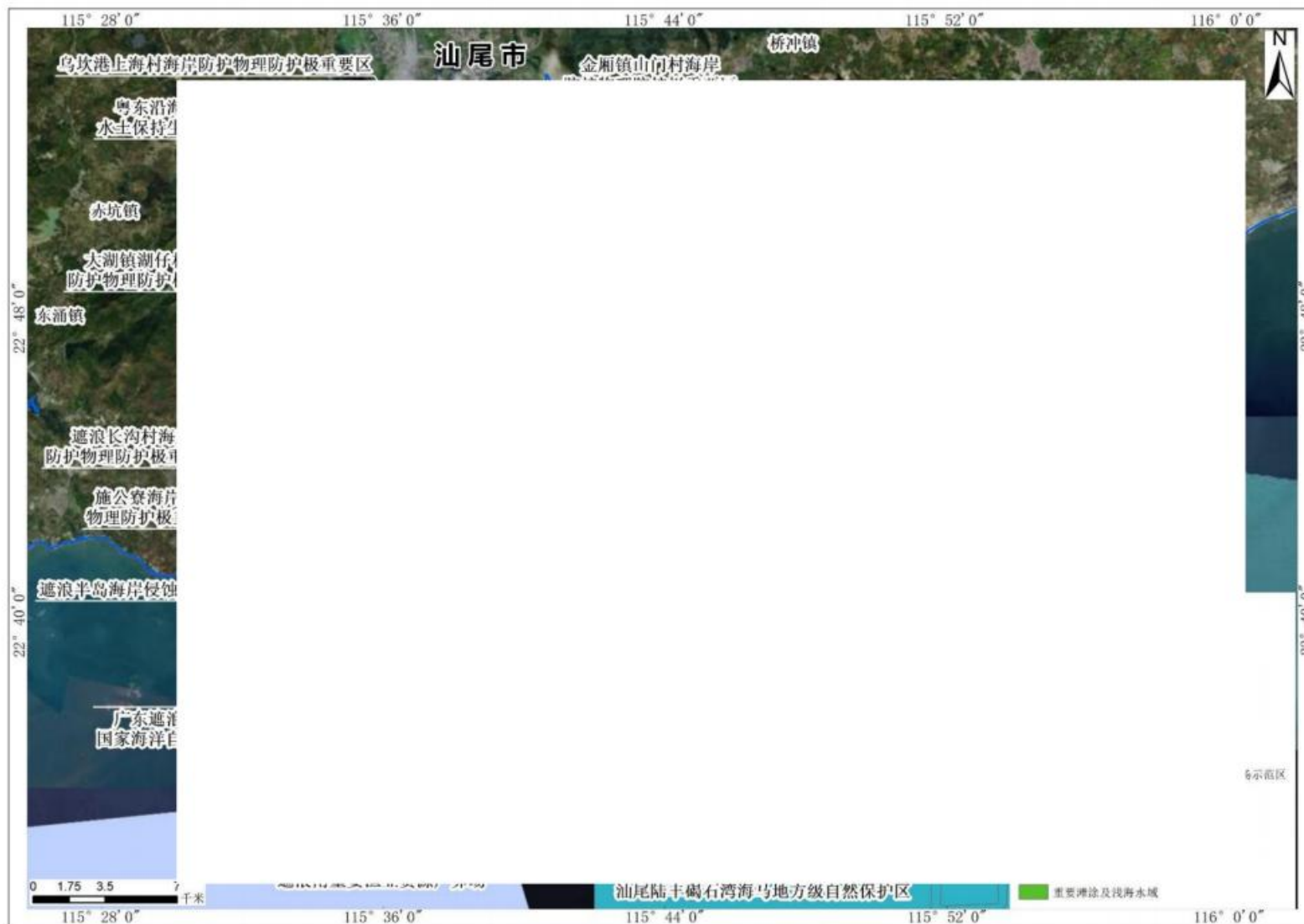


图 6.6.3-2 两个采砂区开采后冲淤环境变化与敏感目标叠加图

6.6.3.1 对自然保护地的影响分析

项目评价范围内的自然保护地主要包括广东海丰鸟类省级自然保护区-大湖东分区（西北侧约 18.0km）、汕尾市遮浪角东人工鱼礁海洋生态市级自然保护区（西南侧，约 9.9km）、广东遮浪半岛国家级海洋自然公园（西南侧，约 12.8km）

广东海丰鸟类省级自然保护区保护对象包括：（1）以黑脸琵鹭、卷羽鹈鹕等为代表的具有国际重要意义的珍稀水鸟及其栖息地；（2）复杂多样的滨海湿地生态系统；（3）东亚—澳大利亚候鸟迁徙路线上的重要水鸟越冬地和停歇地；（4）列入国际候鸟保护协议、国家重点保护以及珍稀濒危的动植物及其栖息环境。

汕尾市遮浪角东人工鱼礁海洋生态市级自然保护区保护对象为人工鱼礁生态系统，广东遮浪半岛国家级海洋自然公园保护对象主要为亚热带典型海洋生态系统。

施工船舶噪声会对鸟类造成干扰，使鸟类远离施工区域，减少鸟类活动范围，晚上施工的照明系统会干扰夜间迁徙的鸟类，吸引鸟类与工程设施相撞，项目与广东海丰鸟类省级自然保护区距离较远（最近距离为 18.0km），采砂船舶作业噪声、灯光不会对广东海丰鸟类省级自然保护区鸟类产生明显影响。

根据“图 6.6.3-1 两个采砂区同时开采最大包络线工况悬浮泥沙增量 $>10\text{mg/L}$ 包络线与环境敏感点叠图”可知，两个采砂区同时采砂时悬浮泥沙增量超过 10mg/L 最大包络线不会扩散至广东海丰鸟类省级自然保护区、汕尾市遮浪角东人工鱼礁海洋生态市级自然保护区、广东遮浪半岛国家级海洋自然公园，悬浮泥沙主要集中在项目周边；根据“图 6.6.3-2 两个采砂区开采后冲淤环境变化与敏感目标叠加图”，两个采砂区实施后不会对广东海丰鸟类省级自然保护区、汕尾市遮浪角东人工鱼礁海洋生态市级自然保护区、广东遮浪半岛国家级海洋自然公园造成冲刷或者淤积影响。

此外，本项目采砂作业过程中产生的舱底含油污水和生活垃圾等均拟收集上岸处理，船舶生活污水经船舶装载生活污水处理设施处理达标后，在满足《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的要求下排放。

因此，本项目实施对广东海丰鸟类省级自然保护区、汕尾市遮浪角东人工鱼礁海洋生态市级自然保护区、广东遮浪半岛国家级海洋自然公园基本无影响。

6.6.3.2 对海洋生态保护红线区的影响分析

项目评价范围内的生态红线区包括乌坎港上海村海岸防护物理防护极重要区（北侧，约 16.8km）、粤东沿海丘陵平原水土保持生态保护红线（西北侧，约

14.3km)、汕尾海丰鸟类地方级自然保护区(西北侧,约 15.8km)、大湖镇湖仔村海岸防护物理防护极重要区(西北侧,约 18.4km)、广东遮浪半岛国家海洋自然公园(西南侧,约 12.8km)、施公寮海岸防护物理防护极重要区(西侧,约 15.2km)、遮浪半岛海岸侵蚀极脆弱区(西南侧,约 14.0km)、遮浪南重要渔业资源产卵场(西南侧,约 13.6km)、遮浪重要滩涂及浅海水域(西侧,约 14.4km)、遮浪长沟村海岸防护物理防护极重要区(西侧,约 14.6km)、汕尾红海湾遮浪角东人工鱼礁地方级自然保护区(西南侧,约 9.9km)、碣石湾海马珍稀濒危物种分布区(南侧,约 5.6km)、碣石湾长毛对虾重要渔业资源产卵场(西北侧,约 8.9km)、金厢海岸防护物理防护极重要区(东北侧,约 11.8km)、金厢重要渔业资源产卵场(北侧,约 10.1km)、金厢镇山门村海岸防护物理防护极重要区(北侧,约 17.8km)等。

本项目为海砂开采项目,项目与上述生态保护红线距离均较远(最近距离约 5.6km),根据“图 6.6.3-1 两个采砂区同时开采最大包络线工况悬浮泥沙增量 > 10mg/L 包络线与环境敏感点叠图”可知,两个采砂区同时采砂时悬浮泥沙增量超过 10mg/L 最大包络线不会扩散至上述生态保护红线区范围,悬浮泥沙主要集中在项目周边;根据“图 6.6.3-2 两个采砂区开采后冲淤环境变化与敏感目标叠加图”,两个采砂区实施后不会对上述生态保护红线区造成冲刷或者淤积影响。

此外,本项目采砂作业过程中产生的舱底含油污水和生活垃圾等均拟收集上岸处理,船舶生活污水经船舶装载生活污水处理设施处理达标后,在满足《船舶水污染物排放控制标准》(GB3552-2018)的要求下排放。

因此,本项目实施对上述生态保护红线区基本无影响。

6.6.3.3 对大陆岸线、海岛及其岸线的影响分析

项目与大陆严格保护岸线最近距离约 8.5km,距离较近的海岛主要西桔礁(东南侧,约 4.5km)、金屿及周边岛礁(西侧,约 8.9km),评价范围内其余海岛距离均在 10km 以上。

项目与大陆岸线、海岛及其岸线距离均较远,根据“图 6.6.3-2 两个采砂区开采后冲淤环境变化与敏感目标叠加图”,两个采砂区实施后不会对项目周边大陆岸线、海岛及其岸线造成冲刷或者淤积影响。

6.6.3.4 对人工鱼礁的影响分析

项目评价范围内的人工鱼礁包括汕尾红海湾遮浪角东人工鱼礁地方级自然保护区(西南侧,约 9.9km)、广东省陆丰金厢南海域国家级海洋牧场示范区人工鱼礁建

设项目（北侧，约 11.3km）、陆丰市碣石东国家级海洋牧场示范区人工鱼礁建设项目（东侧，约 13.5km）以及规划的广东省陆丰金厢南海域国家级海洋牧场示范区（北侧，约 7.3km）。

项目与上述人工鱼礁距离均较远（最近距离约 9.9km，与规划人工鱼礁的最近距离为 7.3km），根据“图 6.6.3-1 两个采砂区同时开采最大包络线工况悬浮泥沙增量 $>10\text{mg/L}$ 包络线与环境敏感点叠图”可知，两个采砂区同时采砂时悬浮泥沙增量超过 10mg/L 最大包络线不会扩散至上述人工鱼礁区域，悬浮泥沙主要集中在项目周边；根据“图 6.6.3-2 两个采砂区开采后冲淤环境变化与敏感目标叠加图”，两个采砂区实施后不会对上述人工鱼礁区域造成冲刷或者淤积影响。

此外，本项目采砂作业过程中产生的舱底含油污水和生活垃圾等均拟收集上岸处理，船舶生活污水经船舶装载生活污水处理设施处理达标后，在满足《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的要求下排放。

因此，本项目实施对上述人工鱼礁基本无影响。

6.6.3.5 对三场一通道的影响分析

根据农业部公告第 189 号《中国海洋渔业水域图》（第一批）南海区渔业水域图（第一批），项目位于幼鱼、幼虾保护区（保护期为每年的 3 月 1 日至 5 月 31 日）、南海北部幼鱼繁育场保护区（保护期为 1-12 月，管理要求为禁止在保护区内进行底拖网作业）。

本项目采砂产生的悬浮泥沙将引起工程区及周边水域水质混浊，使海水光线透射率下降，溶解氧降低，将影响水生动、植物的生长，对幼鱼和幼虾保护区中、繁育场中的鱼卵、幼鱼、幼虾的生长造成阻碍，导致幼鱼、幼虾等死亡，同时悬浮泥沙也会粘附在鱼卵的表面，妨碍鱼卵呼吸，不利于鱼卵的孵化，从而影响鱼类繁殖，造成一定的生物量损失。但本项目为采砂项目，影响范围面积占产卵场、保护区的面积比例非常小；根据《中国海洋渔业水域图》（第一批）南海区渔业水域图（第一批），广东省沿岸由粤东的南澳岛至粤西的雷州半岛徐闻县外罗港沿海 20 米水深以内的海域均为南海区幼鱼、幼虾保护区，该幼鱼幼虾保护区不属于特种幼鱼、幼虾保护区，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。根据项目所在海域的现状调查资料，项目所在海域的仔幼鱼主要包括鲷科、鲱科、鳀科、小公鱼属等，不属于《国家重点保护野生动物名录》《广东省重点保护水生野生动物名录》中的重点保护野生动物。因此，本项目所在海域的幼鱼、幼虾种类

主要为常见物种或经济物种，不属于珍稀濒危物种。

综上所述，本项目的实施，基本不会引起所在海域的幼鱼幼虾等在此绝迹，且本项目对海洋生物的影响主要存在于采砂期，随着采砂期的结束将逐渐消失。同时，本项目也将采取在幼鱼和幼虾保护期等敏感期（3月-8月）降低每月的采砂时间，控制每月开采量，同时也拟严格控制采砂范围，严禁超总量开采，采砂期间采取流泄水通过海面以下约 2m 左右溢流口溢流回采砂区，加强采砂期间的跟踪监测，根据跟踪监测结果及时调整措施，及时对造成的海洋生态损失进行补偿等措施，可将项目采砂过程可能对幼鱼和幼虾保护区和繁育场保护区的影响降至最低，不会对其产生长远的不良影响。

6.6.3.6 对特殊生境的影响分析

根据《金屿无居民海岛生态调查报告》（汕尾市自然资源局，2023年12月），金屿岛周边分布少量珊瑚礁，与本项目的最近距离约 9.3km。

根据“图 6.6.3-1 两个采砂区同时开采最大包络线工况悬浮泥沙增量 $>10\text{mg/L}$ 包络线与环境敏感点叠图”可知，两个采砂区同时采砂时悬浮泥沙增量超过 10mg/L 最大包络线不会扩散至上述珊瑚礁区域，悬浮泥沙主要集中在项目周边；根据“图 6.6.3-2 两个采砂区开采后冲淤环境变化与敏感目标叠加图”，两个采砂区实施后不会对上述珊瑚礁区域造成冲刷或者淤积影响。

此外，本项目采砂作业过程中产生的舱底含油污水和生活垃圾等均拟收集上岸处理，船舶生活污水经船舶装载生活污水处理设施处理达标后，在满足《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的要求下排放。

因此，本项目实施对上述珊瑚礁分布区基本无影响。

6.6.3.7 对文昌鱼的影响分析

根据现状调查，出现文昌鱼站位距离工程位置较远（约 14.2km），根据采砂区附近沉积物底质粒径调查结果，采砂区域基本为淤泥质，因此不考虑工程施工直接破坏底栖环境对文昌鱼造成损害。

根据“图 6.6.3-1 两个采砂区同时开采最大包络线工况悬浮泥沙增量 $>10\text{mg/L}$ 包络线与环境敏感点叠图”可知，两个采砂区同时采砂时悬浮泥沙增量超过 10mg/L 最大包络线不会扩散至上述文昌鱼出现区域，悬浮泥沙主要集中在项目周边；根据“图 6.6.3-2 两个采砂区开采后冲淤环境变化与敏感目标叠加图”，两个采砂区实施后不会对上述文昌鱼出现区域造成冲刷或者淤积影响。

此外，本项目采砂作业过程中产生的舱底含油污水和生活垃圾等均拟收集上岸处理，船舶生活污水经船舶装载生活污水处理设施处理达标后，在满足《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的要求下排放。

因此，本项目实施对上述文昌鱼栖息区域基本无影响。

6.6.4 海洋生态影响程度汇总

项目海洋生态影响程度汇总见表 6.6.4-1。

表 6.6.4-1 项目海洋生态影响程度汇总

| 影响要素 | | 影响程度 |
|--------------|---|--|
| 生态敏感区 | 广东海丰鸟类省级自然保护区-大湖东分区（核心区、缓冲区、实验区） | 不受占用、损害、阻隔或干扰，主要保护对象数量和种群规模基本无变化，主要生态功能和物种栖息地连通性未受影响，影响程度属于“无” |
| | 汕尾市遮浪角东人工鱼礁海洋生态市级自然保护区 | |
| | 广东遮浪半岛国家级海洋自然公园 | |
| | 乌坎港上海村海岸防护物理防护极重要区 | |
| | 粤东沿海丘陵平原水土保持生态保护红线 | |
| | 大湖镇湖仔村海岸防护物理防护极重要区 | |
| | 施公寮海岸防护物理防护极重要区 | |
| | 遮浪半岛海岸侵蚀极脆弱区 | |
| | 汕尾海丰鸟类地方级自然保护区 | |
| | 广东遮浪半岛国家海洋自然公园 | |
| | 遮浪南重要渔业资源产卵场 | |
| | 遮浪重要滩涂及浅海水域 | |
| | 遮浪长沟村海岸防护物理防护极重要区 | |
| | 汕尾红海湾遮浪角东人工鱼礁地方级自然保护区 | |
| | 碣石湾海马珍稀濒危物种分布区 | |
| | 碣石湾长毛对虾重要渔业资源产卵场 | |
| | 金厢海岸防护物理防护极重要区 | |
| | 金厢重要渔业资源产卵场 | |
| | 金厢镇山门村海岸防护物理防护极重要区 | |
| 幼鱼、幼虾保护区 | 受到临时占用，但主要保护对象数量和种群规模仅略有减少，主要生态功能和物种栖息地连通性略受干扰，影响程度属于“弱” | |
| 南海北部幼鱼繁育场保护区 | | |
| 生物资源 | 生物资源略受损害，重要水生生物“三场一通道”受到一定程度的干扰，生产能力略受损害，影响程度属于“弱” | |
| 重要物种 | 生物数量基本不变、种群规模无变化，生境和活动空间未受破坏或干扰，饵料生物未减少，生物栖息繁衍未受影响。影响程度属于“无”。 | |

| | |
|------|--|
| 特殊生境 | 特殊生境未受到破坏或干扰，物种盖度、生物多样性无变化，生境稳定性未受影响，影响程度属于“无” |
|------|--|

6.7 大气环境影响分析

本项目施工过程中，产生的大气污染物主要来源于施工船舶产生的废气。本工程水上作业船舶主要为采砂船和过驳船等。这些船舶一般需配备柴油发电机等设施，柴油发电机运行过程中会产生废气等污染。但本项目施工船舶较少，拟申请采砂区处于相对开阔的海域，距离岸线较远，有利于污染物的扩散，且评价范围内没有敏感点，因此，施工期船舶废气对周边环境的影响有限。

6.8 噪声环境影响分析

项目采砂作业船舶通行时将产生一定的噪声，海域中某些海洋生物对噪声较敏感，如鱼类可能因高强度噪声产生的震动能量而受到较大影响甚至死亡。参照国家海洋局第三海洋研究所编制的《厦门北通道公铁两用桥工程环境影响评价报告》，海域船舶通行等所造成的水下噪声谱级相比原来的水下背景噪声提高仅约 4dB，噪声经海底沉积物的吸收，将很快衰减，影响范围将仅局限在工程附近海域，不会对所在海域的海洋生态环境产生明显的不良影响小。

6.9 固体废物环境影响分析

本项目产生的固体废物主要包括船舶生活垃圾和碎石杂物。生活垃圾如不对其采取有效的处理措施，将对工程海域海水水质、生态环境等造成影响，因此船舶人员船舶生活垃圾拟经分类收集上岸后，由环卫部门清运处理，不得排放入海。此外，本项目采砂过程也会产生一定量碎石杂物，建议项目海砂分选产生的碎石直接抛回采砂坑，起到修复采砂坑的作用。

6.10 对社会活动关注区的环境影响分析

项目附近主要社会活动关注区主要有航道航路、锚地、近岸海域水质国控和养殖区，采砂实施过程中悬沙扩散及冲淤变化对社会活动关注区的影响叠图详见图 6.10-1 和图 6.10-2。

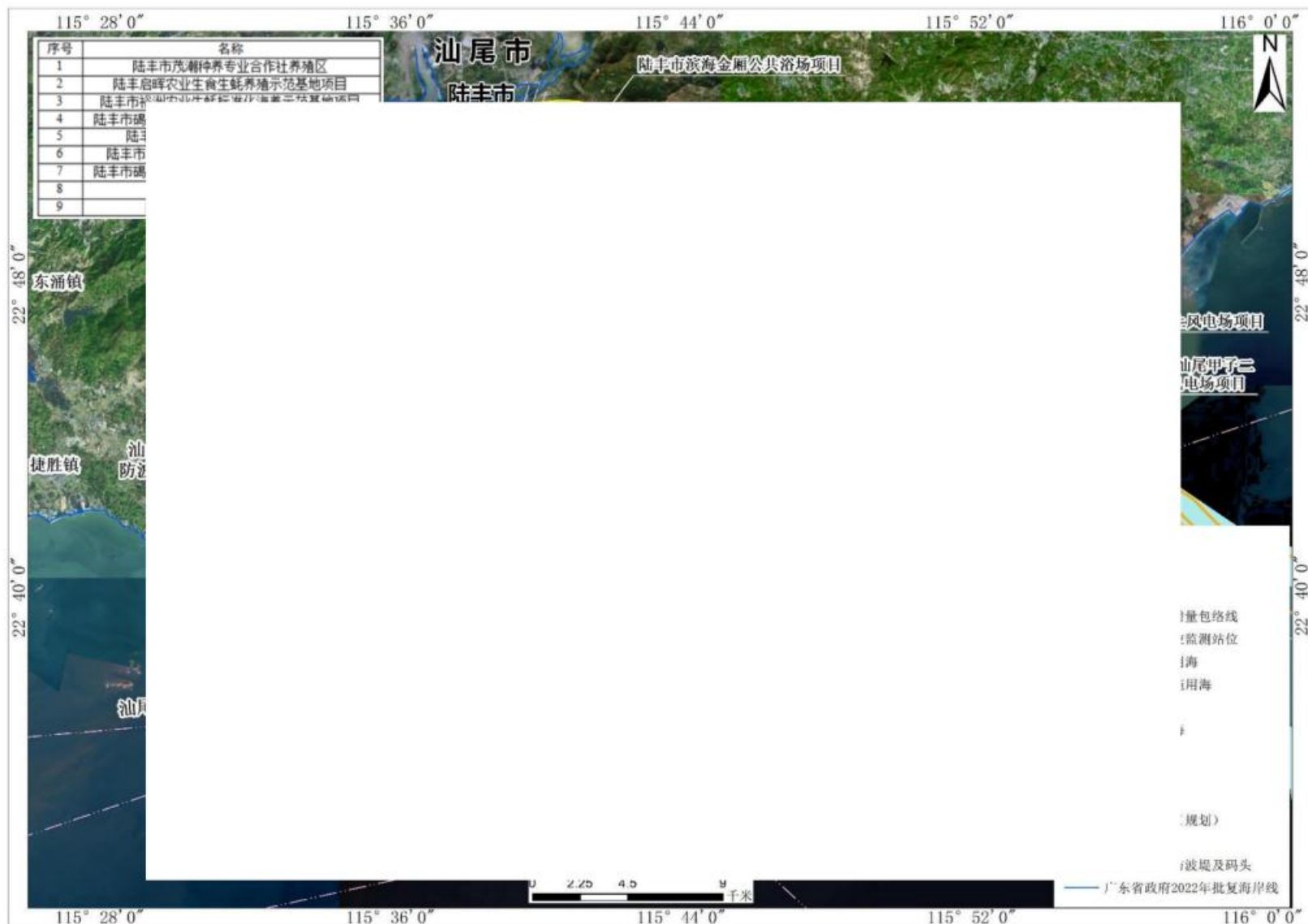


图 6.10-1a 两个采砂区同时开采最大包络线工况悬浮泥沙增量>10mg/L 包络线与社会活动关注区叠图（夏季水文条件下）



图 6.10-1b 两个采砂区同时开采最大包络线工况悬浮泥沙增量>10mg/L 包络线与社会活动关注区叠图（冬季水文条件下）

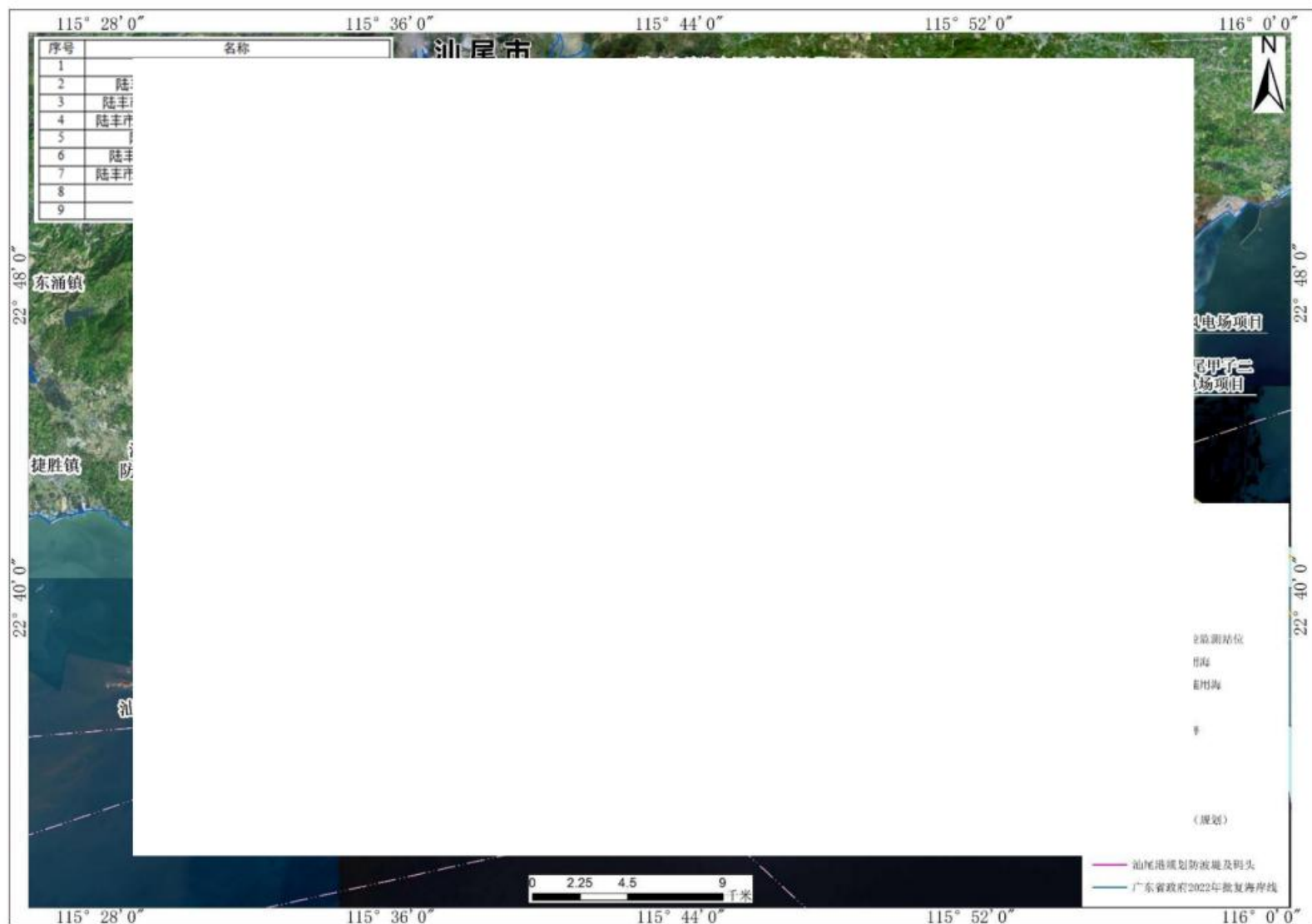


图 6.10-2 两个采砂区开采后冲淤环境变化与社会活动关注区叠加图

6.10.1 对航道航路的影响分析

本项目评价范围内的航道、航路主要有碣石航道（北侧，约 1.5km）、乌坎东线航道（东侧，约 6.3km）、乌坎西线航道（西侧，约 9.8km）、汕尾港进出港航路（西侧，约 8.5km）、粤东沿海近岸航路（南侧，约 4.6km）、汕尾遮浪角至深圳大鹏湾（南南侧，约 13.6km）、广东沿海内航路（南侧，约 13.9km）。

项目采砂区与航道、航路距离均较远，采砂作业无需占用通航航道、航路，根据“图 6.10-2 两个采砂区开采后冲淤环境变化与社会活动关注区叠加图”可知，两个采砂区实施后，对碣石航道的地形地貌冲淤环境产生一定的淤积影响，对其他航道航路的地形地貌冲淤环境基本没有影响。根据冲淤预测结果可知，两个采砂区实施后对碣石航路的最大淤积强度为 0.008m/a，淤积强度不大。随着冲淤过程的深入，地形向适应工程后水动力环境方向调整，冲淤强度将逐年减小，并达到新的冲淤平衡，床面趋于稳定。碣石航道原为碣石湾油库码头 5000 吨级成品油船舶运输习惯航路，后由于碣石湾油库码头自 2001 年停产至今，码头钢引桥栈桥年久失修已损坏，且码头前沿回淤，航道已基本不使用，现阶段主要用于小型渔船的通航，因此项目实施不影响碣石航道的使用。综上所述，项目实施对碣石航道的影响不大，对其他航道、航路基本无影响。

6.10.2 对锚地的影响分析

本项目评价范围内的锚地主要有 9#锚地（西南侧，约 1.7km）、10#锚地（北侧，约 1.5km）、11#锚地（东北侧，约 7.1km）。

由“图 6.10-2 两个采砂区开采后冲淤环境变化与社会活动关注区叠加图”可知，两个采砂区实施后，会对 9#锚地东北侧产生轻微淤积，对其他锚地的地形地貌冲淤环境基本没有影响。根据冲淤预测结果可知，两个采砂区实施后对 9#锚地东北侧的最大淤积值约为 0.011m/a，淤积值不大。随着冲淤过程的深入，地形向适应工程后水动力环境方向调整，冲淤强度将逐年减小，并达到新的冲淤平衡，床面趋于稳定。综上所述，项目实施对 9#锚地的影响不大，对其他锚地基本无影响。

6.10.3 对近岸海域水质国控站位的影响分析

本项目评价范围内的近岸海域水质国控监测站位有 GDN14004（西北侧，约 7.4km）、GDN14002（东南侧，约 10.0km）、GDN14010（西南侧，约 16.3km）、

GDN14013（西北侧,约 13.8km）、GDN14015（东北侧,约 10.7km），近岸海域国控监测站位主要为近岸海域海水水质监测。国控站位距离项目位置较远，根据“图 6.10-1 两个采砂区同时开采最大包络线工况悬浮泥沙增量 $>10\text{mg/L}$ 包络线叠图”，项目采砂过程产生的悬浮泥沙不会扩散至国控监测站位，基本不会影响国控站位附近水质。

6.10.4 对养殖区的影响分析

本项目评价范围内的现状养殖项目主要包括现状养殖（东北侧,约 7.2km,无海域使用权证）、现状开放式养殖区包括陆丰市茂潮种养专业合作社养殖区（东北侧,约 10.4km）、陆丰启晖农业生食生蚝养殖示范基地项目（东北侧,约 9.7km）、陆丰市裕洲农业生蚝标准化海养示范基地项目（东北侧,约 8.8km）、陆丰市碣石德顺养殖场海上养殖项目（东北侧,约 8.4km）、陆丰市碣石湾海域碣石片区开放式养殖用海项目（东北侧,约 8.8km）、陆丰市碣石德顺养殖场海上养殖项目（东北侧,约 8.4km）、陆丰市新立渔农业专业合作社海上养殖项目（东北侧,约 9.0km）、陆丰市碣石湾海域金厢片区开放式养殖用海项目（西北侧,约 7.6km）、陆丰盛风蚝业水产养殖项目（西北侧,约 8.7km）、海洋牧场包括 07 碣石湾海域启动区二区（东南侧,约 1.8km,用海批复和环评批复阶段）、06 碣石湾海域启动区一区（北侧,约 7.6km,申请用海阶段）、III碣石近海养殖区（北侧,约 9.4km）、20 碣石湾南中远海域发展预留区（东南侧,约 7.8km,远期预留）。

根据“图 6.10-1 两个采砂区同时开采最大包络线工况悬浮泥沙增量 $>10\text{mg/L}$ 包络线与社会活动关注区叠图”和“图 6.10-2 两个采砂区开采后冲淤环境变化与社会活动关注区叠加图”可知，两个采砂区采砂时的悬浮泥沙会扩散至 07 碣石湾海域启动区二区（东南侧,约 1.8km,用海批复和环评批复阶段），对其地形地貌冲淤环境产生一定的冲刷影响。距离其他养殖区和海洋牧场位置较远，基本上不会产生影响。

根据预测结果，本项目单独开采最大包络线工况下，悬浮泥沙增量扩散至 07 碣石湾海域启动区二区的最大悬沙浓度为 9.156mg/L ，对其最大冲刷影响为 0.002m/a 以内，两块海砂同时开采最大包络线工况下，悬浮泥沙增量扩散至 07 碣石湾海域启动区二区的最大悬沙浓度为 162.182mg/L ，对其最大冲刷影响为 0.009m/a 以内。

根据《汕尾市 07 号碣石湾海域启动区二区现代化海洋牧场项目用海的承诺函》（详见资料汇编附件）承诺内容，在工矿通信用海区有矿产等用海需求时，将依法

依规，按要求退出或调整养殖活动，配合主导功能实现。在此前提下，则本项目实施与 07 碣石湾海域启动区二区可协调。

综上所述，项目实施 07 碣石湾海域启动区二区可协调，对其养殖区、海洋牧场等基本无影响。

6.10.5 对码头、海水浴场的影响分析

本项目评价范围内的码头、桥梁道路、海水浴场与项目距离均较远（10.6km 以上），与项目位置均较远。根据“图 6.10-1 两个采砂区同时开采最大包络线工况悬浮泥沙增量 $>10\text{mg/L}$ 包络线与社会活动关注区叠图”和“图 6.10-2 两个采砂区开采后冲淤环境变化与社会活动关注区叠加图”可知，两个采砂区采砂时的悬浮泥沙不会扩散至码头、海水浴场，基本上不会造成码头、海水浴场海底地形变化。因此，本项目实施对周边码头、海水浴场基本上无影响。

6.10.6 对海底管线、海上风电的影响分析

本项目评价范围内的海底管线主要为规划的碣石管廊带（规划）、中广核汕尾甲子风电场项目、中广核汕尾后湖海上风电场项目，与本项目距离都较远（14.3km 以上）。根据“图 6.10-2 两个采砂区开采后冲淤环境变化与社会活动关注区叠加图”可知，两个采砂区采砂实施基本上不会造成海底电缆、海上风电处的海底地形变化。因此，本项目实施对周边海底管线、海上风电基本上无影响。

6.11 对通航环境的影响分析

本项目海砂开采区内的采砂船作业期间主要为定点施工，本项目不占用通航航道、航路，可能对通航环境产生影响的主要为过驳船及运砂船的影响。过驳船作业过程中将会增加附近航道的通航密度，而且船舶可能与过往船舶发生碰撞事故，增加海事部门的管理难度和强度。

根据《广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-11 区块前期工作项目通航安全影响研究报告（备案稿）》（广州俊航海洋工程技术有限公司，2025 年 3 月）：

（1）对通航安全的影响分析

从 AIS 实际监控到的船舶实际的航迹线示意图来看，拟出让区周边航路航道有，碣石航道（北侧，约 1.5km，日交通流量少，主要为渔船）、乌坎东线航道（东侧，约 6.3km，日交通流量少）、乌坎西线航道（西侧，约 9.8km，日交通流量少）、汕尾

港进出港航路（西侧，约 8.5km，日交通流量少）、粤东沿海近岸航路（南侧，约 4.6km，日交通流量较大），拟出让区后续施工时还将申请划定安全作业区，采砂作业在安全作业区范围内进行，不超出安全作业区，安全作业区的设置对上述航道、航道影响很小。为了保障采砂作业期间采砂船、运砂船的作业安全和过往船舶的航行安全，防止过往船舶误入施工水域，避免船舶和船舶之间的碰撞事故的发生，需合理设置安全作业区。海砂开采安全作业区也是作业保护区，通过对采砂区周边水域有效实施水上交通安全管理，并配布有关助航标志，过往船舶不得进入安全作业区，与之保持安全距离。本次海砂开采作业需要制定严格的开采船舶和运砂船舶准入机制，与海事部门取得沟通联系，限制同时在开采区作业的船舶数量，减小对海域通航的影响。

（2）对渔船活动的影响

根据船队在线网站电子海图资料，在本项目附近有较多的渔船出现，并且部分渔船会直接穿过拟出让区，参考《中国沿海航行船舶防范商渔船碰撞安全指引》的部分内容：（三）应特别注意的事项：

1. 每年伏季休渔结束后，是中国沿海渔船活动密度最高时段。
2. 夜间 23 时至次日凌晨 4 时是商渔船碰撞事故高发时段，应予以特别关注。
3. 应特别注意部分夜间锚泊渔船可能未按要求值班、显示号灯和开启 AIS。还要特别注意大量渔网网位仪对 AIS、雷达回波和电子海图的使用干扰。
4. 若观测到渔船船速在 3 节左右时，通常该渔船正在捕鱼作业中，操作能力受限，需要及早协调避让，最好保持 1 海里以上距离通过。

后续正式采砂施工作业期间，要重点把渔船作为重点关注对象，密切注意附近水域的渔船动态，加强警戒，对可能影响施工的渔船或闯入施工水域的渔船进行提醒、劝离或驱逐。

（3）对邻近锚地产生的影响分析

本项目矿区西北侧邻近汕尾港 10#锚地，距离约 1.5km；本项目矿区西南侧邻近汕尾港 9#锚地，距离约 1.7km。

9#锚地为大型船舶临时避风锚地，靠离泊汕尾电厂的船舶经 9#锚地引航员登（离）船点进出港，或从 9#锚地起锚后进港。海砂开采作业期间也需要特别注意大型船舶进出锚地的影响，与汕尾电厂建立统一的联系机制，了解大型船舶进出港计

划，做好相应的警戒和安全防护工作。

10#锚地为候泊、过驳、防台锚地，目前主要用于采砂区域大型散货船的安检和运砂船的候泊。本项目开采期间可有效利用 10#锚地，开采单位需要及时掌握运输船舶动向及位置，确认采砂船未有位置过驳时，先安排到汕尾港锚地进行等候。作业船舶可能会与在锚地中锚泊的船舶，航行经过锚地的船舶产生一定的碍航性。因此，作业时应与锚地的其他锚泊的船舶保持足够的安全距离。

（5）小结

拟出让区对附近船舶交通有一定影响，对附近锚地和航道的碍航性小，从通航安全角度看，项目建设对船舶通航安全的影响有限且可控。拟出让区对水域船舶交通量的影响主要是投入使用后对局部交通流的影响。

项目采砂期间严格执行《广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-11 区块前期工作项目通航安全影响研究报告（备案稿）》中的相关措施，对周边通航环境影响总体是可控的。

7 环境风险评价

7.1 环境风险评价等级

7.1.1 风险调查

本项目为采砂工程，根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）附录中附录 B 及《危险化学品重大危险源辨识》（GB18218-2018），本项目不属于高风险行业，不涉及高风险工艺。本项目产品为海砂，生产过程中无中间产品或副产品、副产物产生，不涉及风险物质。

采砂过程需使用船舶进行作业，因此本项目采可能引起的环境风险事：由于恶劣气象条件或操作不当引起的船舶碰撞或触礁搁浅从而引起的船舶溢油风险事故。

7.1.2 风险潜势判断及等级判断

根据前述 2.6.1.4 章节，本项目环境风险潜势为 III，环境风险评价等级为二级。

7.2 环境风险敏感目标

本项目环境风险敏感目标主要为有自然保护区、生态保护红线、大陆自然岸线、海岛及其自然岸线、三场一通道等，“三场一通”情况见图 4.2.10-1~图 4.2.10-4，其余环境风险敏感目标见图 7.2-1。

表 7.2-1 环境风险评价范围内的保护目标分布情况一览表

| 环境保护目标 | | | 与项目位置关系 | 保护目标 | |
|--------|--|------------------------|---------------|--|---|
| 类型 | 依据 | 名称 | | | |
| 自然保护地 | 《关于广东海丰鸟类省级自然保护区面积、四至范围和功能区划的公告》(广东省林业局, 2024年1月16日发布) | 广东海丰鸟类省级自然保护区-大湖东分区 | 核心区 | 北侧, 约 18.6km | (1) 以黑脸琵鹭、卷羽鹈鹕等为代表的具有国际重要意义的珍稀水鸟及其栖息地; (2) 复杂多样的滨海湿地生态系统; (3) 东亚-澳大利亚候鸟迁徙路线上的重要水鸟越冬地和停歇地; (4) 列入国际候鸟保护协议、国家重点保护以及珍稀濒危的动植物及其栖息环境 |
| | | | 缓冲区 | 北侧, 约 18.0km | |
| | | | 实验区 | 北侧, 约 19.7km | |
| | 汕尾市自然保护地整合优化方案* | 汕尾市遮浪角东人工鱼礁海洋生态市级自然保护区 | 西南侧, 约 9.9km | 人工鱼礁生态系统 | |
| 生态保护红线 | 《广东省国土空间规划(2021-2035年)》 | 广东遮浪半岛国家级海洋自然公园 | 西南侧, 约 12.8km | 亚热带典型海洋生态系统 | |
| | | 乌坎港上海村海岸防护物理防护极重要区 | 北侧, 约 16.8km | 严格保护岸线、潮间带 | |
| | | 粤东沿海丘陵平原水土保持生态保护红线 | 西北侧, 约 14.3km | 水控制水土流失, 维护海岸带生态安全土保持 | |
| | | 汕尾海丰鸟类地方级自然保护区 | 西北侧, 约 18.0km | 红树林、重要滩涂及浅海水域、潮间带 | |
| | | 大湖镇湖仔村海岸防护物理防护极重要区 | 西北侧, 约 18.4km | 严格保护岸线、潮间带、无居民海岛资源 | |
| | | 广东遮浪半岛国家海洋自然公园 | 西南侧, 约 12.8km | 严格保护岸线、潮间带、无居民海岛资源 | |
| | | 施公寮海岸防护物理防护极重要区 | 西侧, 约 15.2km | 严格保护岸线、潮间带、无居民海岛资源 | |
| | | 遮浪半岛海岸侵蚀极脆弱区 | 西南侧, 约 14.0km | 严格保护岸线、潮间带、无居民海岛资源 | |
| | | 遮浪南重要渔业资源产卵场 | 西南侧, 约 13.6km | 重要渔业资源产卵场 | |
| | | 遮浪重要滩涂及浅海水域 | 西侧, 约 14.4km | 重要滩涂及浅海水域、湿地生态系统生物多样性、严格保护岸线、潮间带、无居民海岛资源 | |

| 环境保护目标 | | | 与项目位置关系 | 保护目标 |
|--------|------------------------------|------------------------------|--------------|-----------------------|
| 类型 | 依据 | 名称 | | |
| | | 遮浪长沟村海岸防护物理防护极重要区 | 西侧，约 14.6km | 严格保护岸线、潮间带、无居民海岛资源 |
| | | 汕尾红海湾遮浪角东人工鱼礁地方级自然保护区 | 西南侧，约 9.9km | 重要渔业资源产卵场 |
| | | 碣石湾海马珍稀濒危物种分布区 | 南侧，约 5.6km | 海马等珍稀濒危物种及其生境 |
| | | 碣石湾长毛对虾重要渔业资源产卵场 | 西北侧，约 8.9km | 重要渔业资源产卵场 |
| | | 金厢海岸防护物理防护极重要区 | 东北侧，约 11.8km | 严格保护岸线、潮间带、无居民海岛资源 |
| | | 金厢重要渔业资源产卵场 | 北侧，约 10.1km | 重要渔业资源产卵场、潮间带、无居民海岛资源 |
| | | 金厢镇山门村海岸防护物理防护极重要区 | 北侧，约 17.8km | 严格保护岸线、潮间带 |
| 自然岸线 | 广东省政府 2022 年批复岸线 | 自然岸线 | 东侧，约 8.5km | 自然岸线 |
| 严格保护岸线 | 《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》 | 严格保护岸线 | 东侧，约 8.5km | 严格保护岸线 |
| 海岛 | 《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》 | 施公寮岛 | 西北侧，约 11.6km | 海岛及其自然岸线 |
| | | 汕尾西屿、舢板岛及周边岛礁 | 西北侧，约 11.3km | |
| | | 西桔礁 | 东南侧，约 4.5km | |
| | | 东桔礁、花园礁、渔翁礁及周边岛礁 | 东侧，约 7.9km | |
| | | 金屿及周边岛礁 | 西侧，约 8.9km | |
| | | 遮浪岩、虎头及周边岛礁 | 西南侧，约 15.0km | |
| | | 冬瓜屿及周边岛礁 | 西侧，约 14.9km | |
| 人工鱼礁 | 已建 | 广东省陆丰金厢南海域国家级海洋牧场示范区人工鱼礁建设项目 | 北侧，约 11.3km | 人工鱼礁礁体生态系统 |
| | | 陆丰市碣石东国家级海洋牧场示范区人工鱼礁建设项目 | 东侧，约 13.5km | 人工鱼礁礁体生态系统 |
| | 广东省沿海人工鱼礁建设规划（2019—2030） | 广东省陆丰金厢南海域国家级海洋牧场示范区 | 北侧，约 7.3km | / |

| 环境保护目标 | | | 与项目位置关系 | 保护目标 |
|---------|------------------------------------|-----------------------|----------------------|---------|
| 类型 | 依据 | 名称 | | |
| 三场一通道 | 《中国海洋渔业水域图（第一批）》 | 幼鱼、幼虾保护区 | 项目位于 | 幼鱼、幼虾 |
| | | 南海北部幼鱼繁育场保护区 | 项目位于 | 幼鱼繁育场 |
| 特殊生境 | 《金屿无居民海岛生态调查报告》（汕尾市自然资源局，2023年12月） | 金屿附近珊瑚礁 | 西侧，约9.3km | 珊瑚礁 |
| 珍稀生物 | | 文昌鱼 | 秋季SW06站位，西北侧，约14.2km | 文昌鱼及其生境 |
| 现状养殖区 | | 陆丰市茂潮种养专业合作社养殖区 | 东北侧，约12.3km | 水质、渔业资源 |
| | | 陆丰启晖农业生食生蚝养殖示范基地项目 | 东北侧，约10.4km | |
| | | 陆丰市裕洲农业生蚝标准化海养示范基地项目 | 东北侧，约9.7km | |
| | | 陆丰市碣石湾海域碣石片区开放式养殖用海项目 | 东北侧，约8.8km | |
| | | 陆丰市碣石湾德顺养殖场海上养殖项目 | 东北侧，约8.4km | |
| | | 陆丰市新立渔农业专业合作社海上养殖项目 | 东北侧，约9.0km | |
| | | 陆丰市碣石湾海域金厢片区开放式养殖用海项目 | 西北侧，约7.6km | |
| | | 陆丰盛风蚝业水产养殖项目 | 西北侧，约8.7km | |
| | | 陆丰蚝之发水产科技养殖项目 | 西北侧，约8.1km | |
| 海洋牧场 | | 现状养殖区 | 东北侧，约7.2km | |
| | | 07碣石湾海域启动区二区 | 东南侧，约1.4km | |
| | | 06碣石湾海域启动区一区 | 北侧，约7.6km | |
| 旅游娱乐用海区 | | III碣石近海养殖区 | 北侧，约9.4km | 水质 |
| | | 陆丰市滨海金厢公共浴场项目 | 西北侧，约17.0km | |
| | | 陆丰海纳金滩海水浴场项目 | 东北侧，约14.6km | |
| | | 陆丰市滨海浅澳公共浴场项目 | 东北侧，约9.1km | |



图 7.2-1 环境风险（溢油）保护目标分布图

7.3 环境风险识别

本项目为海砂开采工程，主要风险物质为作业船舶的燃料油。

因此本工程可能引起的环境风险事故有：由于恶劣气象条件或操作不当引起的船舶碰撞或触礁搁浅，从而引起的船舶溢油风险事故。

船舶燃料油是由各种烷烃、环烷烃和芳香烃组成的混合物，大部分为液态烃，伴有气态烃和固态烃，所含基本元素是碳和氢，两种元素的总含量平均为 97~98%，同时含有少量的硫、氧、氮等，其化学组分因产地不同而有所差异。燃料油的理化性质见下表。

表 7.3-1 燃料油的理化性质

| 项目 | 特性 | 项目 | 特性 |
|----------------|-------------|-----------|------------|
| 外观及气味 | 黑色粘稠有气味的液体 | 凝固点 (°C) | <26 |
| 液体相对密度 | 0.92~1.07 | 粘度 (pas) | <180 |
| 沸点 (°C) | >398.9 | 水溶性 | 微溶 |
| 20°C时蒸汽压 (kpa) | 很低 | 自燃温度 (°C) | 407.2 |
| 雷德蒸汽压 (kpa) | 0.3 (50°C时) | 挥发性 | 挥发 |
| 闪点 (°C) | 65.6~221.1 | 灭火方法 | 二氧化碳、干粉、泡沫 |
| 易燃性 | 不易燃 | 危险性 | 必须加热才能持续燃烧 |
| 爆炸极限 | 1%~5% | 主要用途 | 船用燃料 |

基于 GESAMP（海洋污染专家组）的研究报告，燃料油的污染特性分类为石油+类，执行 MARPOL 73/78 公约附则 I。燃料油一旦溢漏入海，海域水环境、生态环境等将受到严重影响和破坏。燃料油为微溶性物质，发生事故性泄漏后，主要漂浮于海面，短期内进入水体的量一般较少。其环境影响主要是隔绝了水体和空气之间的正常水气交换，限制了日光向水体的透入，使水质和水体自净化功能变差，破坏了水生生态系统的光合作用及其物质和能量流，对于海洋哺乳类动物、海鸟等动物的生理功能均有很大的伤害；随着溢出物在海面的漂移扩散，溶解或分散于水体中的溢出物量会逐渐增多，其环境影响主要体现在污染水质并毒害水生生物；当溢出物上岸，可造成对岸线及其环境资源的严重污染损害。

此外，也存在由热带气旋及其引发的巨浪、风暴潮等自然灾害对工程自身的潜在风险。

7.4 环境风险事故分析

7.4.1 通航事故风险

由于本工程不涉及港口航运等功能，因此本工程建设涉及的通航环境风险主要集中在海上采砂作业期间。工程海上施工需动用采砂船、运输船、指挥艇等各类施工船舶，采砂期间各类船舶往返穿越航道及锚地，对海域通航环境会造成一定影响，从而存在发生船舶碰撞等事故的可能。此外工程采砂作业若碰到海况条件较恶劣时，可能对施工船舶自身航行安全带来危险。

7.4.2 船舶溢油事故风险

7.4.2.1 船舶溢油事故统计

(1) 国内船舶溢油事故统计

据不完全统计，2009-2021 年，我国共发生船舶污染事故 309 起，平均每年约 23.7 起。其中船舶油污事故 298 起，占比约 96.4%；化学品污染事故 11 起，占比约 3.6%。

按照事故成因可将船舶污染事故分为海损性事故和操作性事故。据统计，船舶碰撞、搁浅、沉船等海损事故引发的污染事故共 222 起，占总数的 71.8%，平均每年 17.1 起；操作性引发的污染事故 87 起，占总数的 28.2%，平均每年 6.7 起。

按船舶油污事故等级分，100 吨以下的一般事故 285 起，占比 95.7%；100 吨至 500 吨的较大事故 7 起，占比 2.3%；500 吨以上的重大事故 4 起，占比 1.3%；特别重大事故 2 起，占比 0.7%。按季节来分近 10 年来，春季发生油污事故 80 起，占比 26.5%；夏季发生油污事故 67 起，占比 23.5%；秋季发生油污事故 66 起，占比 21.9%；冬季发生油污事故 85 起，占比 28.1%。见图 7.4.2-1。

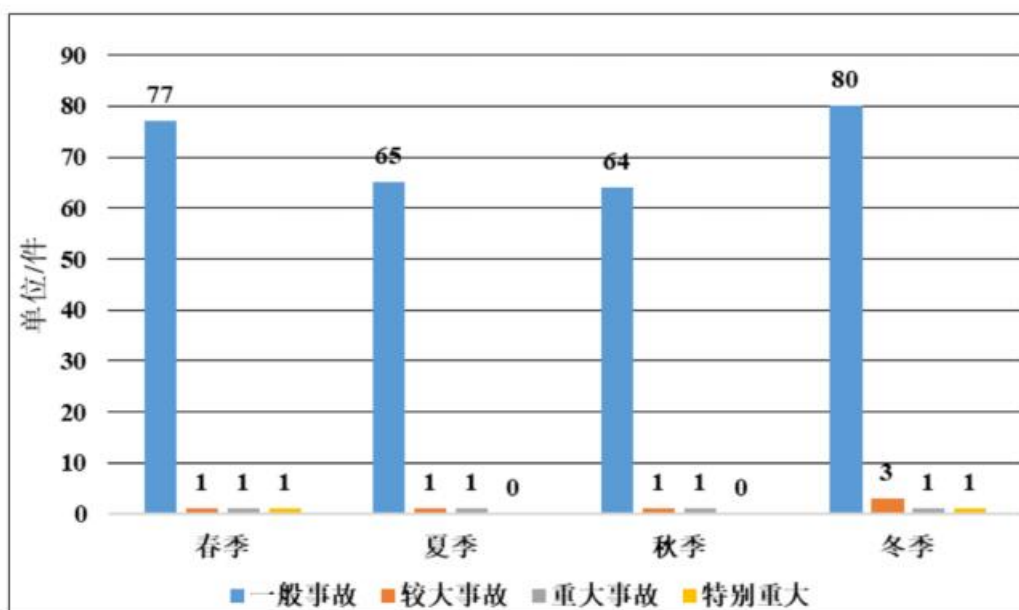


图 7.4.2-1 船舶油污事故等级按季节分对照图

冬季发生污染事故最多，春季其次。这与冬季气候多变、风大浪急，船舶操纵较为困难等因素不无关系。如2018年1月“桑吉”轮特别重大污染事故就发生在冬季。

(2) 广东省内船舶溢油事故统计

根据收集的广东海事局官方发布的年度白皮书、新闻发布会通报等资料，统计2020年~2024年广东局辖区列入统计范围的一般及以上等级水上交通事故类型统计见表7.4.2-1。

表 7.4.2-1 2020~2024年船舶安全事故统计表

| 年份 | 事故类型及数量 | | | | | | | | | | |
|------|---------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 碰撞 | 搁浅 | 触礁 | 触损 | 浪损 | 火灾 | 风灾 | 机损 | 自沉 | 其他 | 合计 |
| 2020 | 18 | 1 | 1 | 2 | / | 1 | 1 | / | 8 | 8 | 40 |
| 2021 | 16 | 2 | / | 1 | / | / | / | / | 4 | 5 | 28 |
| 2022 | 12 | 3 | / | 1 | / | 1 | 1 | 2 | 4 | 4 | 28 |
| 2023 | 9 | 1 | / | / | / | / | / | / | 2 | 3 | 16 |
| 2024 | 2 | / | / | 1 | / | / | / | / | 1 | / | 4 |

2020年~2024年广东辖区发生的116起一般及以上等级水上交通中，碰撞57起，其他20起，自沉19起，触损5起，风灾2起，触礁1起，火灾2起。碰撞、其他、自沉等事故占事故总数的82.7%，其中，碰撞事故就占了49.1%。事故总起数从2020年40起降至2024年4起，碰撞事故虽为第一类型，但2022-2024年起数从12起降至9起、再至2起，高频率特征得到缓解，2020-2024年，广东水域水上交通事故呈现“总量锐减、类型聚焦、风险弱化”的显著趋势。

(3) 汕尾辖区水上事故统计

2019年-2024年汕尾海事局辖区内发生事故类型占比较高的主要有人员伤亡、

船舶碰撞和其他险情，发生宗数分别为 63 宗、24 宗和 41 宗，分别占事故险情总数的 39.87%、15.19%、25.95%。

表 7.4.2-2 2019 年-2024 年遇险性质统计

| 遇险性质 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
|-------|------|------|------|------|------|------|
| 碰撞 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4 | 1 |
| 触礁 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 搁浅 | 0 | 2 | 1 | 2 | 0 | 0 |
| 触损 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 浪损 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 火灾/爆炸 | 1 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 风灾 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 自沉 | 2 | 1 | 3 | 0 | 0 | 2 |
| 机损 | 2 | 1 | 2 | 0 | 2 | 3 |
| 伤病 | 8 | 11 | 10 | 10 | 7 | 17 |
| 其他 | 13 | 5 | 9 | 1 | 5 | 8 |
| 合计 | 32 | 26 | 33 | 18 | 18 | 31 |

7.4.2.2 采砂区周边船舶交通流量

本小节内容根据《广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-11 区块前期工作项目通航安全影响研究报告（备案稿）》（广州俊航海洋工程技术有限公司，2025 年 3 月）论述。

项目位于碣石湾海域，项目附近的本项目附近的航道主要有乌坎西线航道、乌坎东线航道、碣石航道、大星山甲子航道。本项目北侧距离碣石航道约 1 海里，东侧距离乌坎东线航道约 3.2 海里，南侧距粤东沿海近岸航路约 2.1 海里。

乌坎东线航道、乌坎西线航道都规划为 3000 吨级集装箱航路，主要是近海习惯航路航行的船舶转向进入碣石湾，沿东口或者西口进入乌坎作业区。

碣石航道为 5000 吨级液化气船航路，该航道原为碣石湾油库码头成品油船舶运输习惯航路，后由于碣石湾油库码头自 2001 年停产至今，码头钢引桥栈桥年久失修已损坏，且码头前沿回淤，航道已基本不使用。

本项目北侧有碣石渔港，休渔期结束后，碣石渔港有大量渔船出海捕捞作业，渔船从碣石渔港出发，依次经过碣石湾水域、陆丰核电码头西侧水域，渔船规模较小，横穿商船南北线惯用航路，而后到达捕捞区域进行作业，渔船进出港习惯航路基本沿碣石湾东岸向南前往粤东、台湾海峡等沿岸传统渔场水域，少量渔船在碣石湾。

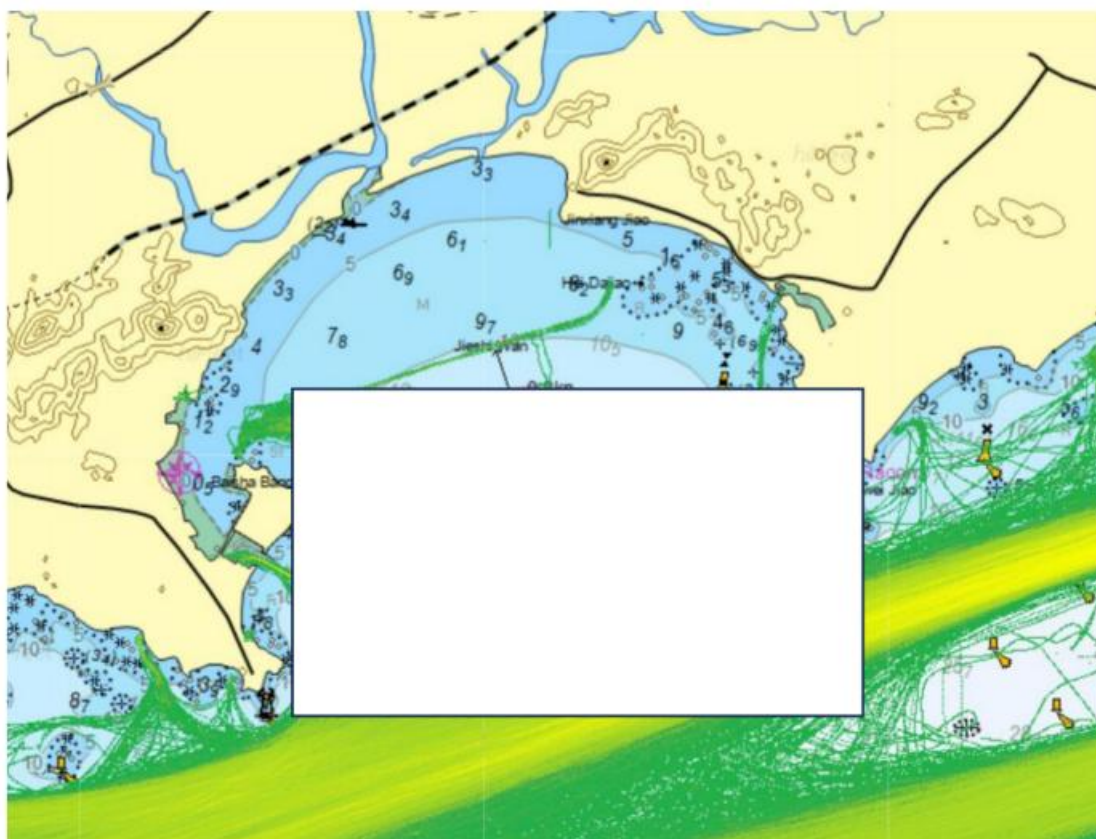


图 7.4.2-2a 船舶 AIS 轨迹（不含渔船交通流量）现状示意图（2024 年 1 月-3 月）

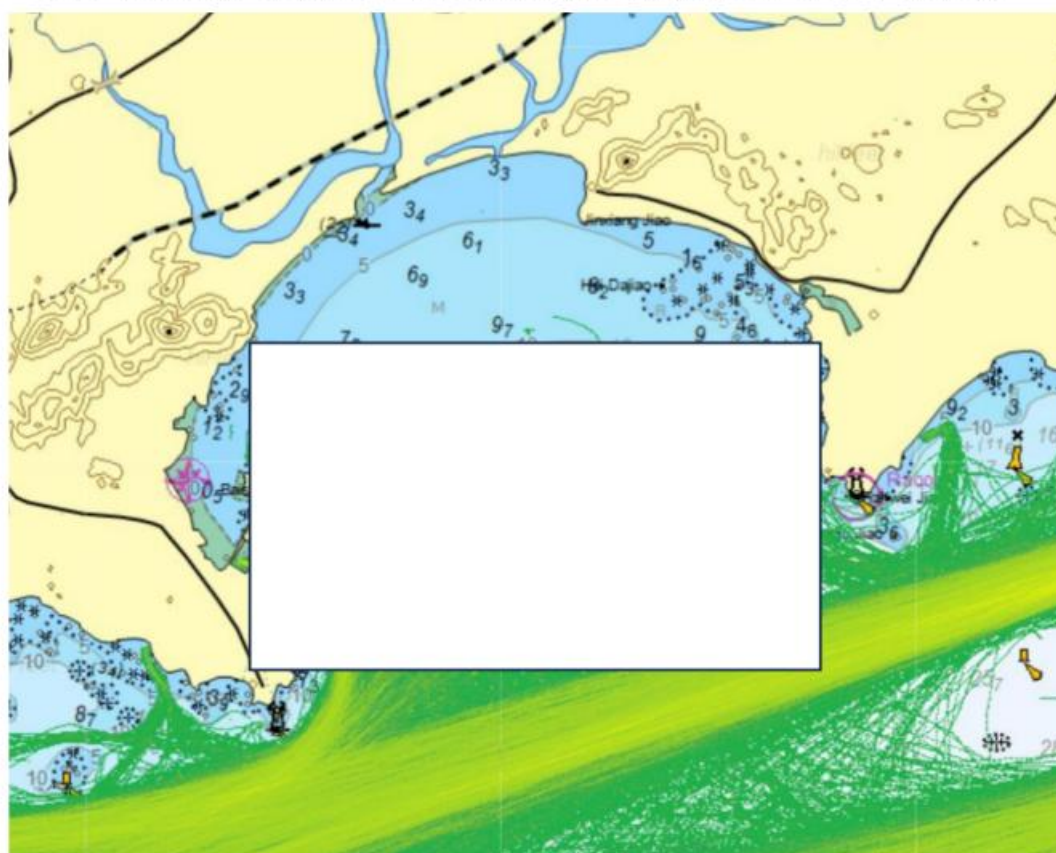


图 7.4.2-2b 船舶 AIS 轨迹（不含渔船交通流量）现状示意图（2024 年 10 月-12 月）

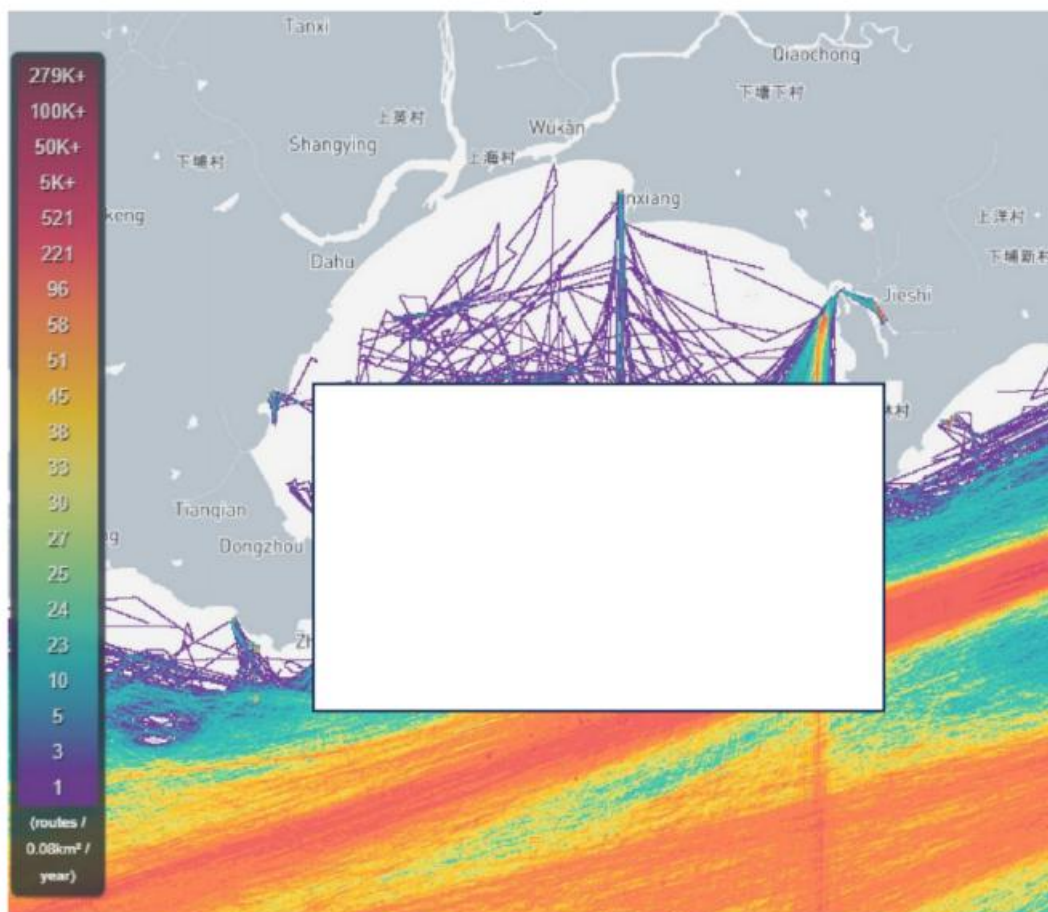


图 7.4.2-3 船舶热力图（含渔船交通流量）现状示意图（2023 年）

根据流量检测线 2024 年 1 月 1 日 00:00 至 2024 年 4 月 1 日 00:00（3 个月）的截面（图 7.4.2-4a）统计数据：3 个月内通过流量检测线的船舶数量为 10844 艘次（南北行），日均交通流量约 121 艘次。从船舶类型看，主要是渔船为主，占比约 79.4%，其次是散货船，占比约 10.9%，干货船占比约 4.6%，拖船占比约 0.6%，特殊用途船舶占比约 3.8%，其他船舶（包括交通艇、救生船等）共占比 0.7%。

根据流量检测线 2024 年 11 月 1 日 00:00 至 2025 年 2 月 1 日 00:00（3 个月）的截面（图 7.4.2-4b）统计数据：3 个月内通过流量检测线的船舶数量为 1175 艘次，日均交通流量约 13 艘次，主要以渔船为主，占比约 92%。

根据流量检测线 2024 年 11 月 1 日 00:00 至 2025 年 2 月 1 日 00:00（3 个月）的截面（图 7.4.2-c）统计数据：3 个月内通过流量检测线的船舶数量为 1162 艘次，日均交通流量约 13 艘次。主要以渔船为主，占比约 82%。



图 7.4.2-4a 截面一流量观测线示意图



图 7.4.2-4b 截面二流量观测线示意图



图 7.4.2-4c 截面二流量观测线示意图

7.4.2.3 本工程溢油事故概率

(1) 本工程溢油事故发生概率

根据南开大学熊善高《海域船舶溢油风险评估及应急管理体系的研究》，船舶发生碰撞事故时，其溢油的频率为 2.0×10^{-4} 次/船·年，散货船碰撞事故下溢油频率为 3.7×10^{-4} 次/船·年，杂货船碰撞事故下溢油频率为 4.8×10^{-4} 次/船·年，其他类型船舶碰撞事故下溢油频率为 1.2×10^{-4} 次/船·年。本项目涉及船舶包括海砂开采船、过驳船，以最不利分析，本项目碰撞事故溢油频率为 4.8×10^{-4} 次/船·年。

根据《广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-11 区块前期工作项目通航安全影响研究报告（备案稿）》，工程附近水域船舶交通流量约 13 艘次/天，主要为渔船，本项目施工船舶按 15 艘计，则本工程发生船舶碰撞溢油事故的概率为 1.34×10^{-2} 次/年。

(2) 两个区块溢油事故发生概率

SW24-11 区块、SW24-12 区块施工船舶数量按 15 艘、24 艘考虑，两个区块船舶数量共 39 艘。《广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-11 区块前期工作项目通航安全影响研究报告（备案稿）》估算工程附近水域船舶交通流量约 13 艘次/天，主要为渔船，本次两个区块施工船舶按 39 艘考虑，则两个区块发生船舶碰撞溢油事故的概率为 2.02×10^{-2} 次/年。

(3) 最大可信事故预测

最大可信事故指在所有预测的概率不为 0 的事故中，对环境（或健康）危害最严重的重大事故。根据本工程所处的环境特点及周边敏感目标分析可知，本工程所处区域船流密度较大，考虑施工期周围船舶在采砂区内与施工船舶碰撞引起溢油污染事故为最大可信事故，即需要对施工区域进行船舶交通事故的溢油预测。

7.5 溢油事故预测分析

7.5.1 溢油模型

海上溢油的扩散行为受气象条件和潮流特征等环节条件以及溢油本身化学性质的影响，会经历拓展、漂移及风化等复杂过程。溢油刚发生时，油膜主要在海中进行扩展过程，持续时间较短，随后在海中进行漂移和风化过程，持续时间较长。目前对溢油数值模拟研究的方法基本有两种，一种是基于对流扩散方程，将油膜视作一般污染物；另一种是“油粒子”模型，采用拉格朗日随机走动法和粒子云团来描述溢油过程。“油粒子”模型将油膜分散成大量油粒子，油膜视为这些“油粒子”

组成的粒子云团，该方法可以较好地反应海上溢油在各种环境因素影响下的行为情况，目前在溢油研究中被广泛使用。

本次计算采用基本原理是基于拉格朗日体系，模拟溢油在海水中的扩展、漂移、风化等过程，并且能全面反应油膜的漂移轨迹、扫海面积以及溢油物理化学属性的改变情况，是国际上应用较广的溢油预测模型模拟系统之一。

在模型中油被分为两部分：轻质挥发部分(分子量小于 160g/mol，沸点小于 300°C)和重质部分(分子量大于 160g/mol，沸点 300°C 以上)，石蜡和沥青作为油中的特殊成分，不参与降解、蒸发和溶解过程。模型中油被离散为大量的油粒子，每个油粒子代表一定的油量，每个粒子都在模型被单独计算。溢油发生后，油残留物的化学组分变化是物理和生物过程的结果、这通常称为油的风化过程，在模型中油的风化过程主要包括蒸发、扩散、乳化、溶解、沉降、感光氧化和生物降解等，过程示意图见图 7.5.1-1。

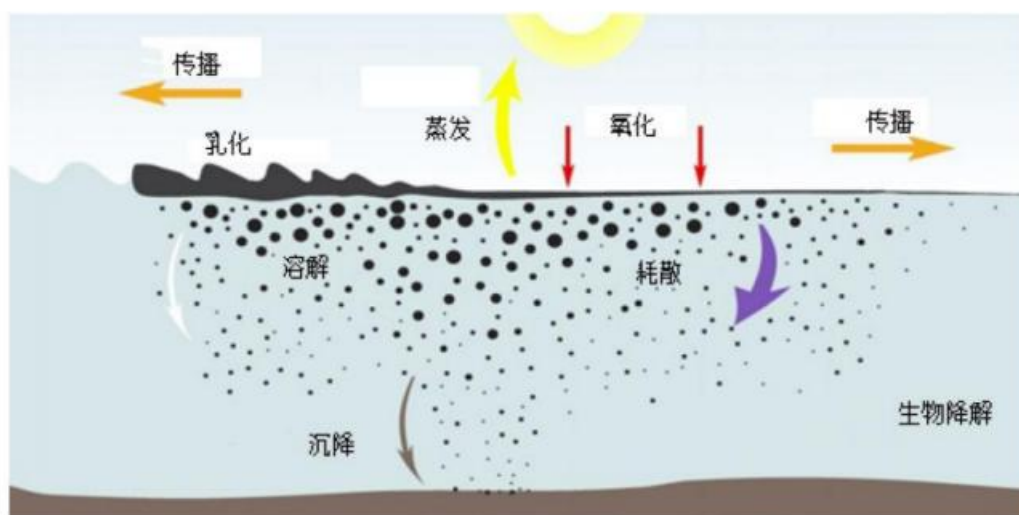


图 7.5.1-1 溢油风化过程示意图

(1) 扩展过程

溢油的扩展过程主要受重力、粘力和表面张力的影响。模型采用的是修正的 Fay 重力-粘性力公式计算油膜的扩展过程：

$$\frac{dA_0}{dt} = K_a A_0^{1/3} \left(\frac{V_0}{A_0} \right)^{4/3}$$

$$V_0 = R_0^2 \pi h_0$$

式中， A_0 为油膜扩展面积， V_0 为溢油体积， K_a 为系数， h_0 为油膜初始厚度，取 10cm， t 为时间。

(2) 漂移过程

“油粒子”模型将漂移过程分为对流和紊动扩散两个主要过程，在每个计算步长内，油粒子的变化都是这两个过程综合作用下的结果。

1、对流过程

油粒子在潮流和风力的作用下产生对流位移，可以表示为：

$$U_p = U_s + C_w \cdot U_w \cdot \sin(\theta - \pi + \theta_w)$$

$$V_p = V_s + C_w \cdot U_w \cdot \cos(\theta - \pi + \theta_w)$$

式中， U_p 、 V_p 分别为油粒子在 x 、 y 方向的对流移动分速度； U_s 、 V_s 分别是表面流速在 x 、 y 方向的分速度； U_w 为海面上 10m 处的风速； θ 为风向角； C_w 为风漂移系数，一般取值为 0.03~0.04 之间，本模型取值为 0.03； θ_w 为风偏转角，可表示为：

$$\theta_w = \beta \exp\left(\frac{\alpha |U_w|^3}{g \gamma_w}\right)$$

其中， $\alpha = -0.3 \times 10^{-8}$ ； $\beta = 28.38'$ ； g 为重力加速度； γ_w 为运动粘度。本模型取模型默认值， $\theta_w = 28^\circ$ 。

2、紊流扩散过程

每个油粒子的空间是由水流的随机脉动所导致的，对于二维的情况，可以将随机走动的距离形式表示为：

$$\Delta S_\alpha = R \cdot \sqrt{6 D_\alpha \cdot \Delta t}$$

其中 ΔS_α 为在 α 方向上的一个时间步长内可能扩散走动的距离， D_α 为 α 方向上的扩散系数， R 为-1到1的随机数。

(3) 溢油风化过程

溢油的风化包括蒸发、乳化以及溶解等过程。其过程十分复杂，与溢油自身属性、温度、风、阳光等许多因素有关。

1、蒸发过程

油类蒸发指液态的石油烃变成气态造成油膜与空气间进行物质交换的过程，油类的蒸发受油品本身及环境因素影响，油品本身性质决定着油类在水中的蒸发率，油膜厚度、风场及温度、水温、风速计太阳辐射等因素也影响着油类的蒸发。油膜

蒸发是风化过程的主要部分，大多数原油的蒸发量可达 40%，蒸发数量一般占总溢油量的 20%~40%。蒸发率由下式表达：

$$N_i^e = K_{ei} \cdot P_i \cdot \frac{M_i}{\rho_i} / (RT)$$

式中： N_i^e 为蒸发率， P 为蒸汽压， i 为不同的油组分， R 为气体常数， K_{ei} 为物质传输系数， M 为分子量， T 为温度， ρ 为油组分密度， K_{ei} 由下式估算：

$$K_{ei} = K \cdot A_0^{0.045} \cdot Sc_i^{-2/3} \cdot U_w^{0.78}$$

其中， K 为蒸发系数， Sc 为蒸汽 Schmidt 数，模型取 2.7。

2、乳化过程

乳化是油与水经过扰动作用后混合在一起，油膜被打碎成油滴不断向水体运动，同时卷吸海水形成黑褐色的乳化物。这种乳化物可以长期漂浮于海上，体积、粘度和比重都比原来大得多，这是由于其吸收了大量海水的原因。溢油的乳化会极大影响到扩散、蒸发等其它过程，严重地妨碍了溢油的清理工作。溢油的乳化受油膜厚度、水流紊动作用以及环境条件等的影响。

油膜的乳化包括形成水包油型及油包水型两个物化过程。在溢油发生最初的时刻，扩散是最主要的运动方式，由于其是一种物理过程，油膜在自身伸展压缩运动及水流和风浪的扰动下破碎，将油膜分散成各种粒径的油滴，油滴进入水中，形成水包油型乳化。从油膜中扩散到水中的油量损失可由下式计算：

a. 形成水包油乳化物的过程

溢油在海上的扩散过程中，水流的紊动作用将油膜打碎成油滴，油滴分散到水体后进而形成了水包油的乳化物。这些乳化物表面化学性质稳定，可以防止油滴返回油膜。在静风条件下油膜的伸展压缩运动是主要的分散作用力，而在大风的情况下波浪破碎是主要因素。溢油的损失量计算为：

$$D = D_a + D_b$$

$$D_a = \frac{0.11(1+U_w)^2}{3600}$$

$$D_b = \frac{1}{1+50\mu_0 h_s \gamma}$$

式中， D_a 为油类进入到水中的分量， D_b 为进入水体后没有返回的分量， μ_0 为油的粘度， γ 为油和水的表面张力。

油粒子返回油膜速率为：

$$\frac{dV_0}{dt} = D_a(1 - D_b)$$

b. 形成油包水乳化物的过程

当水进入油类中，形成油包水型乳化，会增加油类的含水率。油类含水率变化由下式得出：

$$\frac{dY_w}{dt} = R_a - R_b$$

$$R_a = K_a(Y_w^{\max} - Y_w) \frac{(1 + U_w)}{\mu_0}$$

$$R_b = K_b Y_w \frac{1}{A_s \cdot \mu_0 \cdot W_a}$$

其中， R_a 、 R_b 分别为水的吸收速率和释放速率， A_s 为溢油的沥青含量， W_a 为溢油的石蜡含量， Y_w 为乳化物含水率， Y_w^{\max} 为最大含水率， K_a 、 K_b 分别为吸收系数和释放系数。 Y_w^{\max} 取值为 0.75。

3、溶解

溢油有微弱的溶于水的特性，主要是低碳的轻油组分溶解于水。在整个溢油扩散的过程中其溶解量通常不会超过溢油总量的 1%，可以忽略不计。但考虑到溶解于水中的溢油具有一定的毒性，溢油扩散数值模拟中需要进行溶解量的计算。

溶解率可表示为：

$$\frac{dV_{di}}{dt} = K_{di} \cdot X_i \cdot C_i^s A_0 \frac{M_i}{\rho_i}$$

$$K_{di} = 2.36 \cdot 10^{-6} e_i$$

$$e_i = \begin{cases} 1.4 & \text{烷烃} \\ 2.2 & \text{芳香烃} \end{cases}$$

其中， V_{di} 为溢油溶解量， K_{di} 为溶解传质系数， X_i 为摩尔分数， C_i^s 为溶解度，

M 为摩尔质量。

(4) 溢油物理化学性质的变化

进入水体的溢油的物理化学性质会随着乳化和蒸发等过程的进行而不断地发生变化。在“油粒子”模型中，溢油的浓度和厚度都以粒子的体积以及网格面积表示。本模型考虑了溢油的密度、粘度和热容量的变化。

具体参数设置见表 7.5.1-1。

表 7.5.1-1 溢油模型参数设置表

| 参数名称 | 取值 | 说明 |
|----------------------------|-----------------------------------|------|
| 溢油类型 | 柴油 | |
| 源强 | 95t | |
| 轻组分油密度 | 755kg/m ³ | |
| 重组分油密度 | 940kg/m ³ | |
| 水的运动粘性系数 | 1.14e-006m ² /s | |
| 20℃下油的动力粘度 | 1.4cP | |
| 风漂移系数 C_w | 0.035 | 对流过程 |
| 风偏向角 θ_w | 28° | 对流过程 |
| 乳化率 | 2.1e-006 s/m ² | 乳化过程 |
| 油的乳化物最大含水率 Y_w^{\max} | 0.75 | 乳化过程 |
| 吸收系数 K_a | 5e-007 | 乳化过程 |
| 释出系数 K_b | 1.2e-005 | 乳化过程 |
| 传质系数 K_{di} | 2.36e-006 | 溶解过程 |
| 蒸发系数 K | 0.06 | 蒸发过程 |
| 蒸汽 Schmidt 数 Sc | 2.7 | 蒸发过程 |
| 油品组分 | 轻组分油（重量低于 160 克/摩尔，沸点远低于 300 摄氏度） | 50% |
| | 重组分油（重量超过 160 g/mol，沸点高于 300℃） | 40% |
| | 油中的蜡质（保守） | 8% |
| | 油中沥青质含量（保守） | 2% |

7.5.1.1 溢源源强

采砂施工拟采用 3 艘 1200m³/h 的采砂船（单艘吨位 9743 吨级）、2 艘 400m³/h 采砂船（单艘吨位约 5376 吨级），同时配备一定数量的过驳船（单艘吨位 7500 吨级）进行作业，由于实际中采砂船和过驳船的相关技术参数会有不同，从最不利角度进行分析，本次采用最大施工船舶吨位为 9743t。根据《船舶污染海域环境风险评估技术规范》（海船舶〔2011〕588 号），非油轮船舶燃油量最大携带量可用船舶总吨位推算，根据船型的不同，一般取船舶总吨的 8~12%。根据《水上溢油环境风险评估技术导则》（JT/T1143-2017）附录 C 可估算船型船总燃油量和单舱燃油量。

由于非游轮船舶一般设多个油舱，燃油泄露量一般取一个油舱的油量全部泄漏为溢油量，因此本次根据《水上溢油环境风险评估技术导则（JT/T1143-2017）》表 C.6，9743t 散货船燃油舱单舱燃油量约为 105m³，燃油密度按 0.9t/m³ 计，考虑燃油泄露量取一个油舱的油量，则溢油量约为 95t。

7.5.1.2 溢油工况

（1）流场参数

考虑到大潮期间潮流流速较大，油膜在大潮期扩散范围最大，因此在流场验证良好的基础上，在 2025 年 6 月实测潮型中选择大潮期的水动力场作为计算流场。

（2）气象参数

根据遮浪海洋站气象统计资料，累年平均风速为 6.6m/s，冬季盛行东北东风，夏季盛行西南季风。针对主要环境敏感目标的不利工况，其风向根据相互位置关系确定，风速取施工船舶抗风等级六级风上限 13.8m/s。

（3）计算工况

溢油形式主要分为瞬时和连续溢油，一般而言，溢油量的 10%为瞬时溢油，90%为连续溢油。结合本工程实际情况，预测以燃料油作为油品的主要代表，考虑连续 1h 溢油的情况，以大潮作为主要的潮流形式。溢油发生时刻分涨初和落初两种时刻。

溢油计算条件组合见表 7.5.1-2。

表 7.5.1-2 各种风险条件组合表

| 工况 | 潮期 | 风向 | 风速 (m/s) | 溢油点 | 溢油量 |
|------|------|-------------|----------|-------|-----|
| 工况 1 | 大潮涨初 | ENE (冬季主导风) | 6.6 | 采砂区中心 | 95t |
| 工况 2 | 大潮落初 | ENE (冬季主导风) | | | |
| 工况 3 | 大潮涨初 | SW (夏季主导风) | | | |
| 工况 4 | 大潮落初 | SW (夏季主导风) | | | |
| 工况 5 | 大潮涨初 | S (不利风向) | 13.8 | | |
| 工况 6 | 大潮落初 | S (不利风向) | | | |
| 工况 7 | 大潮涨初 | N (不利风向) | | | |
| 工况 8 | 大潮落初 | N (不利风向) | | | |

7.5.1.3 溢油结果

表 7.5.1-3 列出了不同工况组合下溢油影响范围统计结果。图 7.5.1-1~图 7.5.1-4 给出了不同工况组合下油膜的扫海范围图。

表 7.5.1-3 溢油事故分析表

| 工况 | 溢油时刻 | 风速 (m/s) | 风向 | 时间 (h) | 扫海面积 (km ²) | 漂移距离 (km) | 溢油残 留量 (t) | |
|------|------|-------------|------|-----------|--|--|------------------|------|
| 工况 1 | 大潮涨初 | 6.6 | ENE | 2 | 0.6 | 0.5 | 93.7 | |
| | | | | 12 | 4.3 | 6.3 | 76.2 | |
| | | | | 24 | 8.3 | 11.9 | 56.4 | |
| | | | | 48 | 溢油事故发生 后 28 小时 17 分后抵岸, 扫 海面积约为 10.8 km ² | 13.2 | 24.1 | |
| 工况 2 | 大潮落初 | | 6.6 | ENE | 2 | 0.7 | 0.5 | 93.4 |
| | | | | | 12 | 4.9 | 5.9 | 76.3 |
| | | | | | 24 | 10.9 | 13.0 | 52.3 |
| | | | | | 48 | 溢油事故发生 后 32 小时 25 分后抵岸, 扫 海面积约为 11.5 km ² | 16.9 | 19.1 |
| 工况 3 | 大潮涨初 | 6.6 | | SW | 2 | 0.7 | 0.6 | 93.6 |
| | | | | | 12 | 5.6 | 6.2 | 74.3 |
| | | | | | 24 | 溢油事故发生 后 22 小时 17 分后抵岸, 扫 海面积约为 8.6 km ² | 10.9 | 42.0 |
| | | | | | 48 | | | |
| 工况 4 | 大潮落初 | | 6.6 | SW | 2 | 0.70 | 0.6 | 93.5 |
| | | | | | 12 | 5.4 | 5.9 | 73.5 |
| | | | | | 24 | 12.3 | 13.4 | 43.2 |
| | | | | | 48 | 28.7km ² | 28.2 | 19.4 |
| 工况 5 | 大潮涨初 | 13.8 | | S | 2 | 1.86 | 1.9 | 71.3 |
| | | | | | 12 | 溢油事故发生 后 5 小时 28 分 后抵岸, 扫海 面积约为 5.3 km ² | 15.5 | 63.6 |
| | | | | | 24 | | | |
| | | | | | 48 | | | |
| 工况 6 | 大潮落初 | | 13.8 | S | 2 | 1.81 | 1.8 | 92.3 |
| | | | | | 12 | 溢油事故发生 后 4 小时 48 分 后抵岸, 扫海 面积约为 7.6km ² | 15.2 | 74.6 |
| | | | | | 24 | | | |
| | | | | | 48 | | | |
| 工况 7 | 大潮涨初 | 13.8 | | N | 2 | 1.7 | 1.9 | 92.5 |
| | | | | | 12 | 26.8 | 27.1 | 63.5 |
| | | | | | 24 | 60.2 | 47.3 | 17.4 |
| | | | | | 48 | 114.6 | 91.9 | 5.5 |
| 工况 8 | 大潮落初 | | 13.8 | N | 2 | 1.8 | 2.0 | 92.1 |
| | | | | | 12 | 31.6 | 28.7 | 62.4 |
| | | | | | 24 | 66.2 | 52.6 | 17.8 |
| | | | | | 48 | 123.9 | 93.3 | 5.0 |

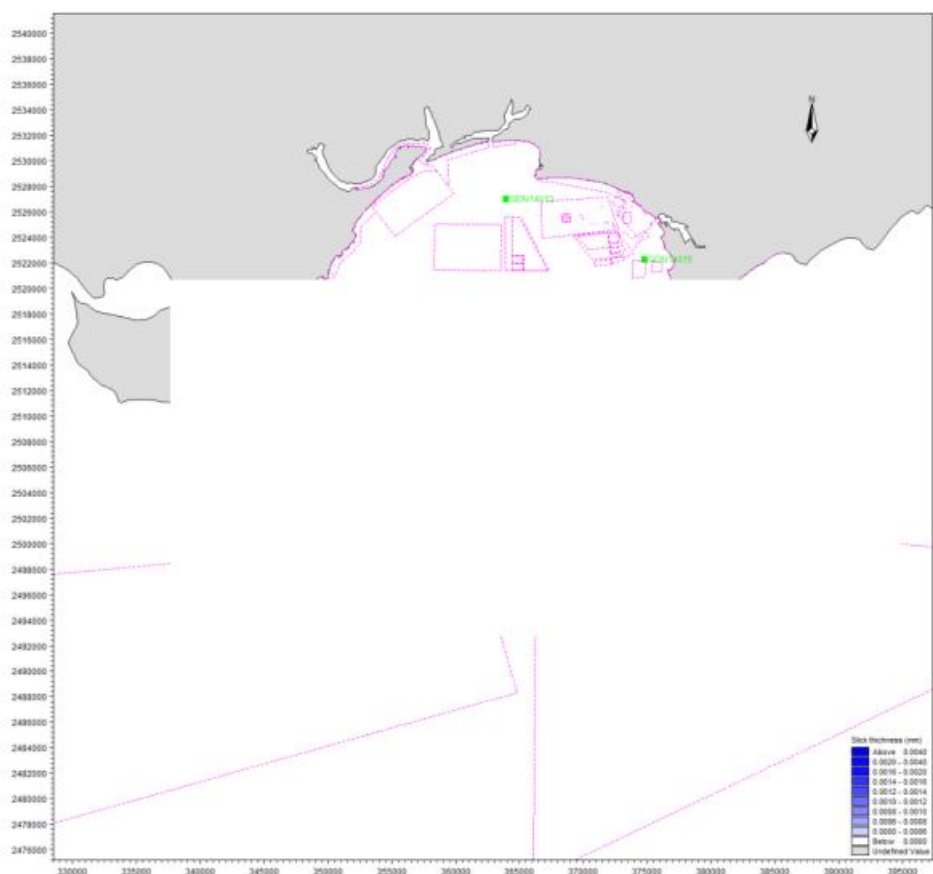


图 7.5.1-1 工况 1 溢油扫海范围 (48h)

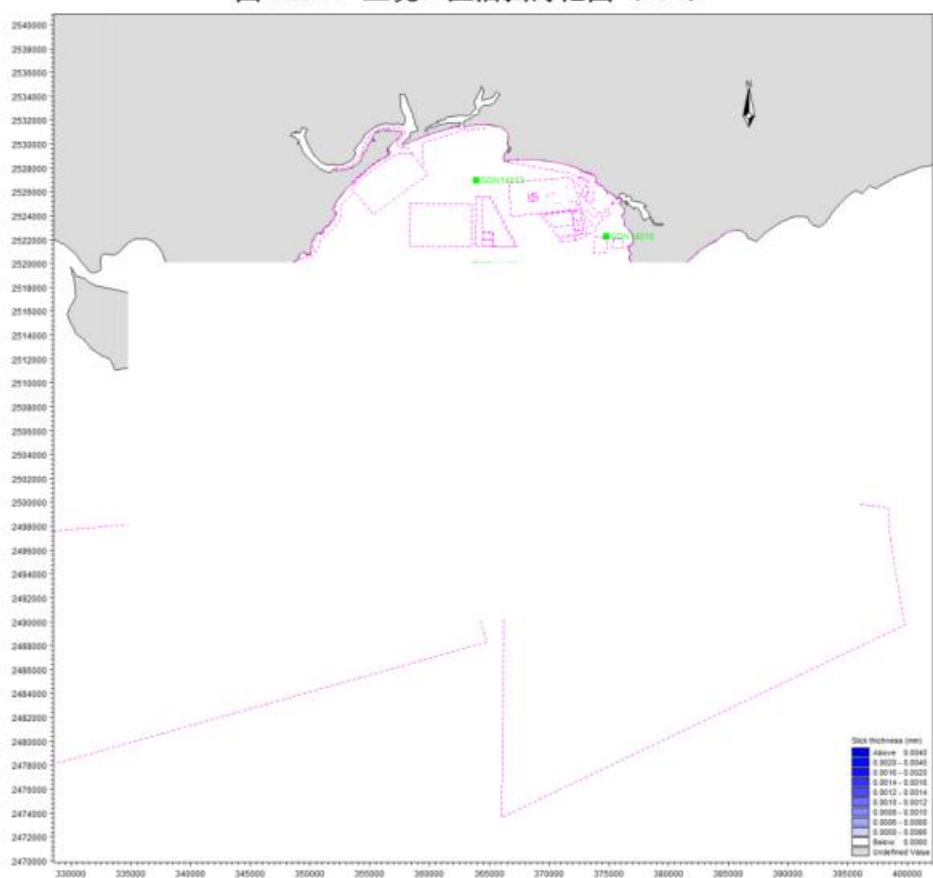


图 7.5.1-2 工况 2 溢油扫海范围 (48h)

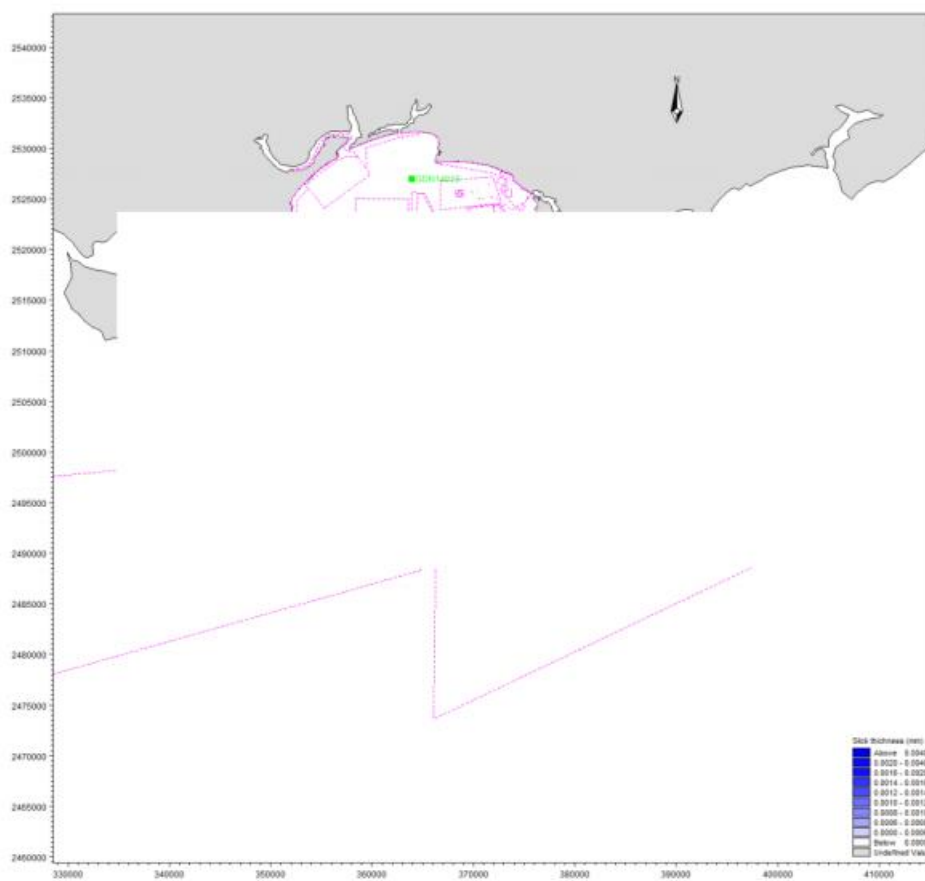


图 7.5.1-3 工况 3 溢油扫海范围 (48h)

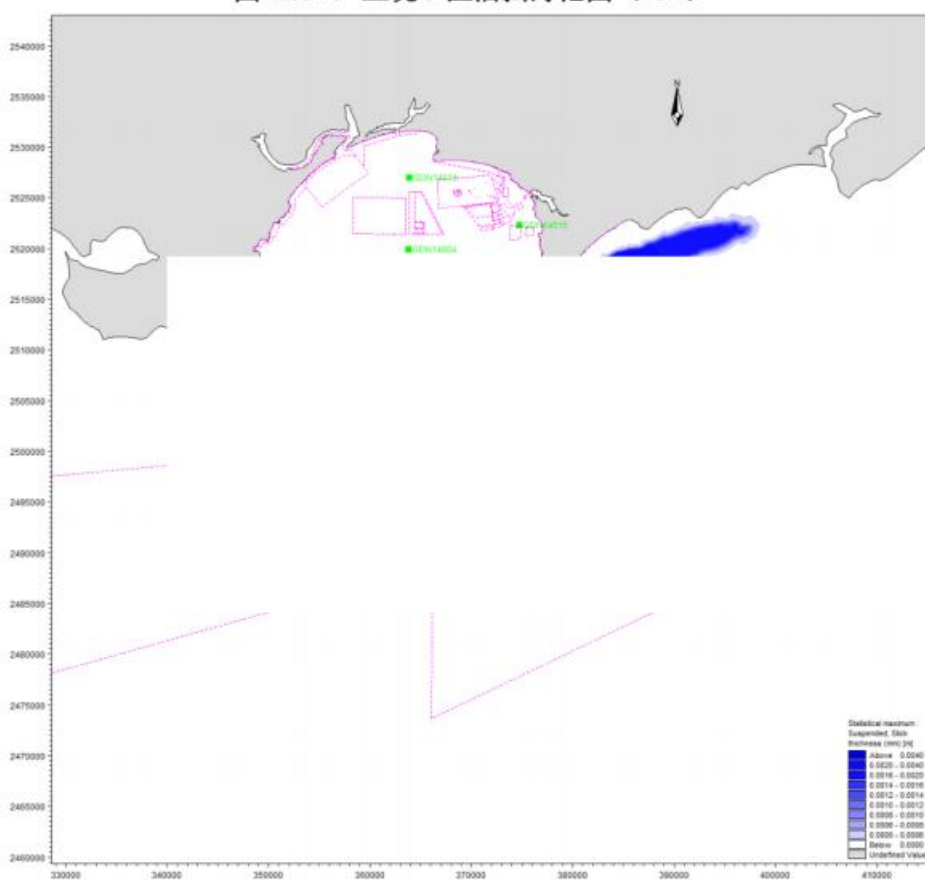


图 7.5.1-4 工况 4 溢油扫海范围 (48h)

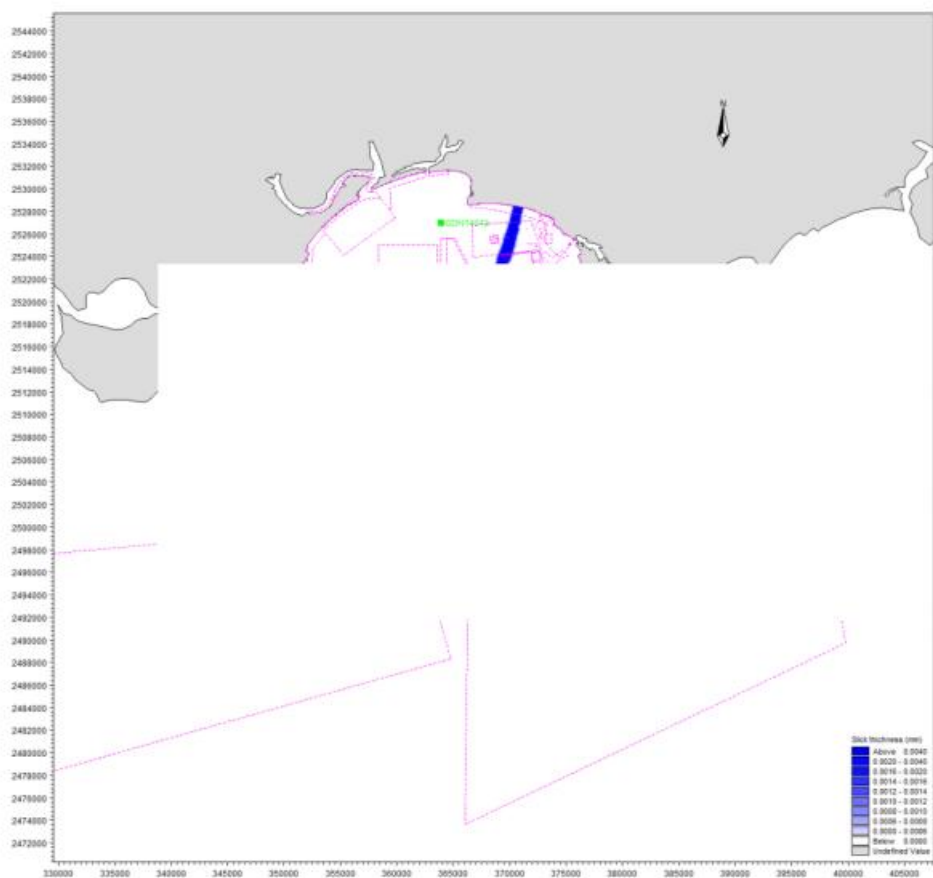


图 7.5.1-5 工况 5 溢油扫海范围 (48h)

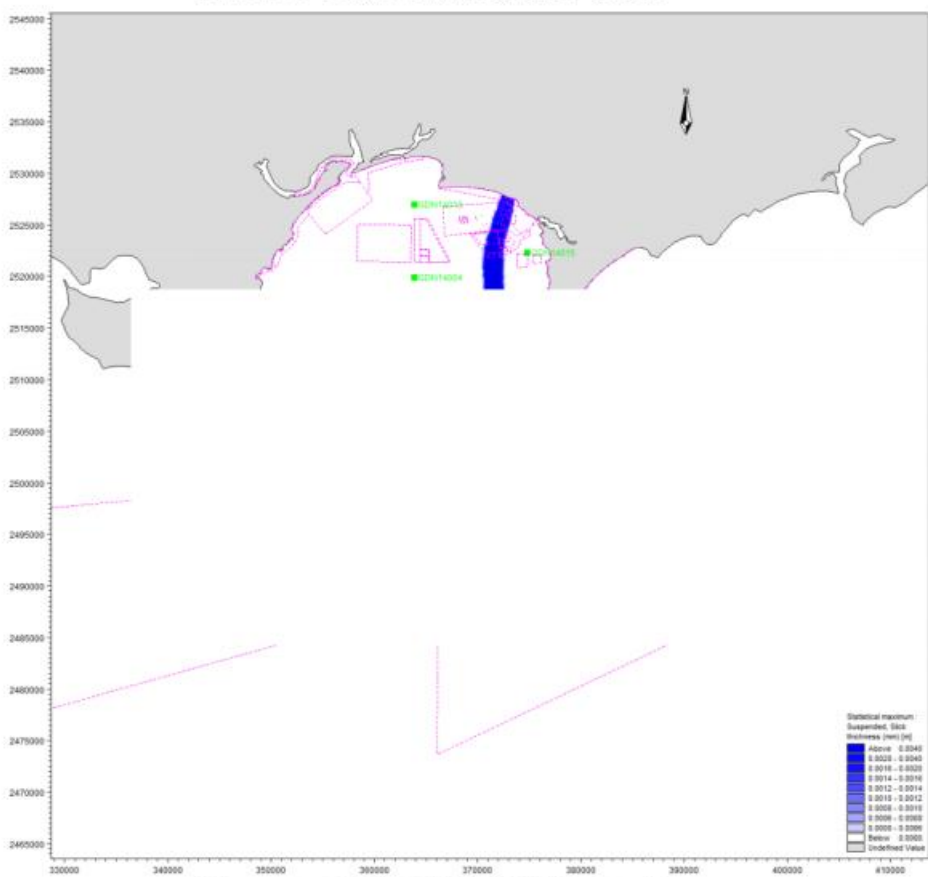


图 7.5.1-6 工况 6 溢油扫海范围 (48h)

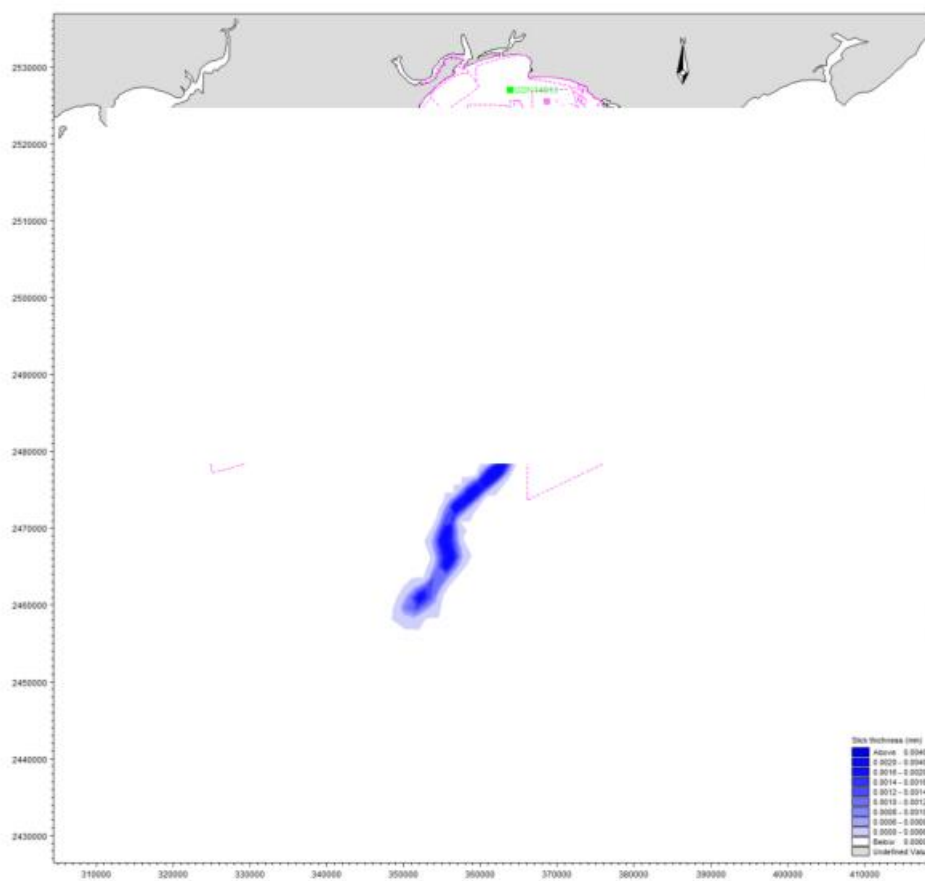


图 7.5.1-7 工况 7 溢油扫海范围 (48h)

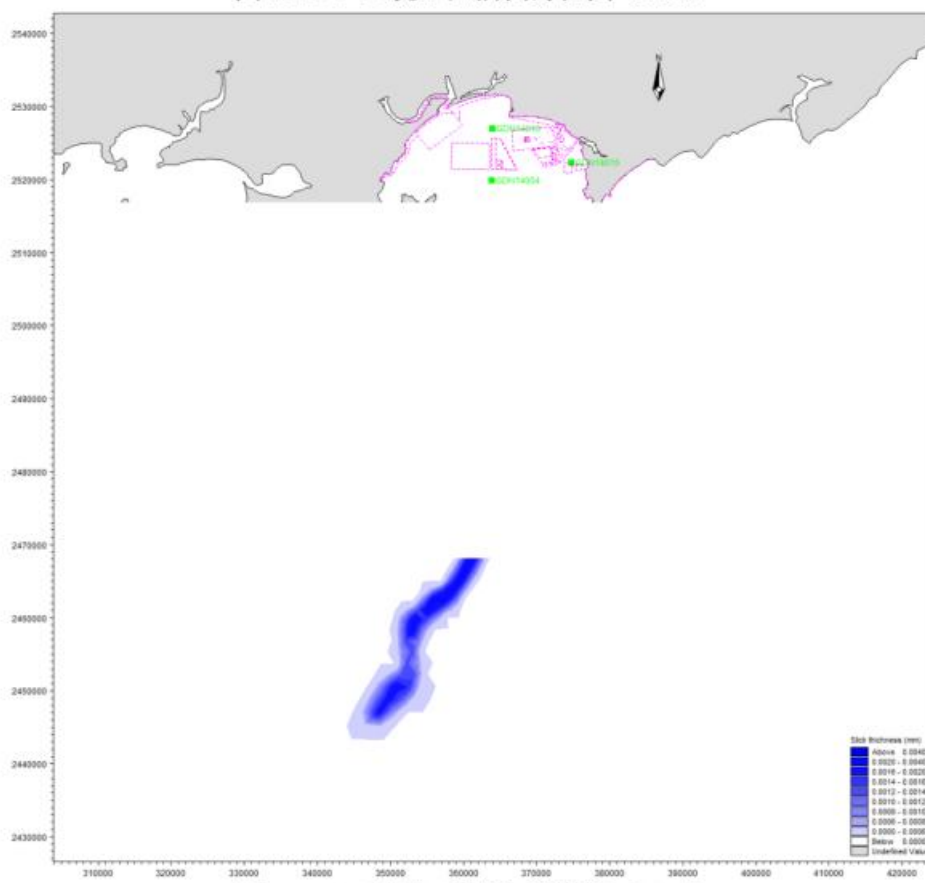


图 7.5.1-8 工况 8 溢油扫海范围 (48h)

7.5.2 溢油环境影响分析

项目位于幼鱼、幼虾保护区、南海北部幼鱼繁育场保护区，因此，只要在工程范围内发生溢油，即会影响该保护区。发生溢油事故时油膜到达敏感点时间如表 7.5.2-1。

表 7.5.2-1 发生溢油事故时油膜到达敏感点时间统计表 (单位: 小时)

| 序号 | 敏感区 | 各工况下油膜到达敏感区的时间(h) | | | | | | | | |
|----|-----------------------|-------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| | | 最近距离 | 工况 1 (大潮涨初, ENE, 6.6m/s) | 工况 2 (大潮 落初, ENE, 6.6m/s) | 工况 3 (大潮 涨初, SW, 4.6m/s) | 工况 4 (大潮 落初, SW, 4.6m/s) | 工况 5 (大潮 涨初, N, 13.8m/s) | 工况 6 (大潮 落初, N, 13.8m/s) | 工况 7 (大潮 涨初, S, 13.8m/s) | 工况 8 (大潮 落初, S, 13.8m/s) |
| 1 | 碣石湾海马珍稀濒危物种分布区 | 南向, 约 5.6km | | | | | | 26.2 | 3.4 | |
| 2 | 遮浪南重要渔业资源产卵场 | 西南, 约 13.5km | | | | | | 16.8 | 8.1 | |
| 3 | 遮浪长沟村海岸防护物理防护极重要区 | 西向, 约 14.6km | | 32.3 | | | | | | |
| 4 | 金厢海岸防护物理防护极重要区 | 东北 11.8km | | | | | 4.9 | 4.1 | | |
| 5 | 金厢重要渔业资源产卵场 | 北侧, 约 10.1km | | | | | 4.2 | 4.1 | | |
| 6 | 陆丰市茂潮种养专业合作社养殖区 | 东北侧, 约 12.3km | | | | | | 4.1 | | |
| 7 | 陆丰启晖农业生食生蚝养殖示范基地项目 | 东北侧, 约 10.4km | | | | | | 4.0 | | |
| 8 | 陆丰市裕洲农业生蚝标准化海养示范基地项目 | 东北侧, 约 9.7km | | | | | | 4.0 | | |
| 9 | 陆丰市碣石湾海域碣石片区开放式养殖用海项目 | 东北侧, 约 8.8km | | | | | 3.8 | 3.4 | | |
| 10 | 陆丰市碣石德顺养殖场海上养殖项目 | 东北侧, 约 8.4km | | | | | 3.6 | 3.1 | | |
| 11 | 陆丰市新立渔农业专业合作社海上养殖项目 | 东北侧, 约 9.0km | | | | | 3.6 | 3.1 | | |

| | | | | | | | | | | |
|----|---------------|-------------|-------|------|------|-----|-----|-----|--|--|
| 12 | 07 碣石湾海域启动区二区 | 东南, 约 1.4km | | | | 4.1 | | | | |
| 13 | 现状养殖区 | 东北, 约 8.8km | | | | | | 4.1 | | |
| 14 | 岸线 | | 28.3 | 32.4 | 22.3 | | 5.5 | | | |
| 15 | 幼鱼、幼虾保护区 | 项目所在 | 发生即到达 | | | | | | | |
| 16 | 南海北部幼鱼繁育场保护区 | 项目所在 | 发生即到达 | | | | | | | |

注：上述敏感区为 8 种工况条件下有油膜经过的敏感区。

7.5.2.1 溢油对海洋生态环境及海洋生物的影响分析

发生溢油时，大部分溢油浮于水面并扩散成油膜，油膜在海面的停留将影响海水与大气之间的物质交流和热交换，使海水中的含氧量、温度等因素发生较大的变化，促使浮游动物窒息死亡，并降低透光率，影响浮游植物的光合作用。当油污染较轻时，许多海洋生物虽不会立即被伤害，但它们的正常生理功能受到影响，使其捕食能力和生长速度下降，那些对污染抵抗力弱的种类将会减少或消失，从而破坏生态平衡。

(1) 对浮游植物的影响

实验证明，石油会破坏浮游植物细胞，损坏叶绿素及干扰气体交换，从而妨碍它们的光合作用。这种破坏作用的程度取决于石油的类型、浓度及浮游植物的种类。国内外许多毒性实验结果表明，浮游植物作为鱼虾类饵料的基础，其对各类油类的耐受能力均很低，浮游植物石油急性中毒致死浓度为 0.1~10mg/L，一般为 1mg/L。对于更敏感的生物种类，即使油浓度低于 0.1mg/L 也会妨碍其细胞的分裂和生长的速率。

(2) 对底栖生物的影响

不同种类底栖生物对石油浓度的适应性具有差异，多数底栖生物石油急性中毒致死浓度范围在 2.0~15mg/L，其幼体的致死浓度范围更小。软体动物双壳类吸收水中含量很低的石油，如：0.01ppm 的石油可能使牡蛎呈明显的油味，严重的油味可持续达半年之久。受石油污染的牡蛎会引起因纤毛鳃上皮细胞麻痹而破坏其摄食机制，进而导致死亡。底栖生物的奶油污性通常很差，即使水体中石油含量只有 0.01ppm，也会导致其死亡。当水体中石油浓度在 0.1~0.01ppm 时，对某些底栖甲壳类动物幼体有明显的毒效。

(3) 对鱼类的影响

国内外许多研究均表明，高浓度的石油会使鱼卵、仔幼鱼短时间内中毒死亡，而低浓度石油所引起的长期亚急性毒性可干扰鱼类摄食和繁殖，其毒性随石油组分的不同而有差异。

(4) 对渔业资源的影响

船舶发生溢油事故后，进入海洋环境的燃料油，在发生湍流扰动下形成乳化水滴进入水体，直接危害鱼虾的早期发育。据黄海水产研究所对虾活体实验，油浓度

低于 3.2mg/L 时，无节幼体变态率与人工育苗的变态率基本一致；但当油浓度大于 10mg/L 时，无节幼体因受油污染影响变态率则明显上升。对虾的蚤状幼体对石油毒性最为敏感，浓度低于 0.1mg/L 时，蚤状幼体的成活率和变态率基本一致，即无明显影响；当浓度达到 1.0mg/L 时，蚤状幼体便不能成活，96h L50 值为 (0.62~0.86) mg/L，即安全浓度为 (0.062~0.086) mg/L；浓度大于 3.2mg/L 时，可致幼体在 48 小时内死亡。溢油对鱼类的影响是多方面的，首先燃油会引起鱼类摄食方式、洄游路线、种群繁殖的改变或个体失衡。在鱼类的不同发育阶段其影响程度也不相同，其中对早期发育阶段的鱼类危害最大。油污染对早期发育鱼类的毒性效应，主要表现在滞缓胚胎发育，影响孵化，降低生理功能，导致畸变死亡。以对鲱鱼的实验为例，当石油浓度为 3mg/L 时，其胚胎发育便受到影响，在 3.1~11.9mg/L 浓度下，孵出的大部分仔鱼多为畸形，并在一天内死亡。对真鲷和牙鲆鱼也有类似结果。当海水油含量为 3.2mg/L 时，真鲷胚胎畸变率较对照组高 2.3 倍；牙鲆孵化仔鱼死亡率达 22.7%，当含油浓度增到 18mg/L 时，孵化仔鱼死亡率达 84.4%，畸变率达 96.6%。燃油中可溶性芳香烃的麻醉作用导致鱼类胚胎活力减弱，代谢低下，当胚胎发育到破膜时，由于能量不足引起初孵仔鱼体形畸变。此外，溢油漂移期间，渔区和捕捞作业会受到很大的影响。成龄鱼类为回避油污而逃离渔场，渔场遭到破坏导致渔获减少；捕获的鱼类也可因沾染油污而降低市场价值。燃料油对鱼卵的危害主要体现在延缓胚胎发育，致使孵化率下降，并导致孵化仔鱼为畸形，严重时直接致使仔鱼死亡。燃油同样也会对仔鱼造成显著的影响，主要是因为仔鱼游泳能力差，回避能力不足，燃油一旦扩散到一定浓度，将导致仔鱼死亡，但是燃料油与原油相比挥发更快，在一定时间内就会挥发大部分，因此燃料油泄露对海洋生物资源的影响要低于原油。

(5) 溢油事故对海岸带贝类的危害

溢油一旦搁滩，在大量燃油覆盖的滩面，固着性生物，如贝类、甲壳类生物和藻类会窒息死亡。在油膜蔓延的滩面上，幼贝发育不良，产量下降，成年贝会因沾染油臭而降低市场价值。在潮间带的养殖贝类，也会受到严重的油污染。这些滤食性双壳类、在摄食时也同时摄入海水中的悬浊油分（乳化油滴）。进入蛤类胃中的乳化油滴破乳后结合成更大的油滴，并在体内积累，引起某些生理功能障碍，终因胃中油积累过多不能排泄而死亡。据 Cilfillan 实验，当油浓度达到 1.0mg/L 时，可

使贝类产生呼吸加快，捕食减少的致死效应。沉积在底质孔隙中的油浓度过高，会引起贝类大量死亡。此外，由于作为对虾饵料的贝类大量减少，对虾即便不直接中毒致死也会因缺乏饵料而影响生长发育，降低产量。值得注意的是，溢油对贝类的危害不是暂时性的。漫滩的污油会随潮汐涨落在附近周期性摆动，面积逐渐扩大，在波浪扰动下部分被掩埋进入沉积环境；潮间带溢油也会由于风化和吸附沉降进入沉积环境。这些进入底泥中的油类靠化学降解作用去除需数月之久。使贝类幼体或中毒发育不良或窒息死亡，使急性污染变成沉积环境的长期污染。

7.5.2.2 溢油对岸线的影响分析

溢油发生后，一旦水面上的浮油在风浪和潮汐等因素作用下，浮上岸边，便会堆积在高潮线附近，粘附在岸边岩土表面，渗入上层的砂子里，这将对岸线生态环境造成严重影响。

7.5.2.3 对自然保护区、海洋生态红线、三场一通道的的影响分析

本项目周边存在自然保护区、海洋生态红线、优先保护单元，若本项目发生溢油事故，将会对项目及其附近的海洋生态红线区的海洋生物等产生影响。

石油类对海洋生态红线中的海洋生物的影响是多方面的，其中最明显的是直接致死效应。不同种类的海洋生物及不同生命阶段对石油类的敏感性和耐受能力亦不尽相同。一般来讲，石油类对大部分成体海洋鱼、虾、贝类的致死浓度为 1~100mg/L，对较敏感的仔、幼体阶段的致死浓度为 0.1~1mg/L，大多数浮游藻类在 0.1~1mg/L 浓度中细胞死亡。某些藻类在 0.0001mg/L 浓度中都会死亡。溢油产生的油膜进入海洋生态红线区并污染区内的水质，油膜扫过海洋生物成体、幼体和浮游藻类及表面游泳生物都将受影响，特别是在鱼类繁育期，幼鱼幼虾生产期发生的溢油事故，海域的生物资源损失将是较严重的。

此外，溢油事故一旦发生将对海洋生态系统造成极大的影响。回顾溢油事故实际案例，1999 年珠江口水域发生的“3.24 特大溢油事故”，事故溢油量超过 500t，事故发生当年事故海域的海洋生态系统变化显著，直到事故第二年生态系统才开始逐步恢复，次年的鱼类资源和捕捞量损失约 40%，此后的 3、4 年渔业资源和捕捞量仍明显劣于事故前，直到事故后 7 年渔业资源方恢复到原有水平。可见溢油事故对海洋生态系统、渔业资源的影响是显著的、长期的。鉴于海上溢油事故无论是溢油量、风条件以及溢油时间均有较大的随机性，因此，一旦发生溢油事故需尽快启

动相应应急预案进行处理。溢油事故对生态环境影响巨大，需对溢油事故严加防范、杜绝发生，避免造成经济损失和环境污染。

7.6 环境风险防范对策措施和应急措施

7.6.1 风险防范措施

7.6.1.1 本项目风险防范措施

为减少溢油等环境事故对环境的影响，对于溢油等环境事故风险必须具有高度的认识与戒备，切实贯彻“以防为主，防治结合”的方针，制定切实可行的管理措施。此外，若发生溢油事故，必须采取相应的应急处理措施，以尽量减轻其所产生的危害。

采砂单位应加强与海事主管部门沟通，服从海事主管部门的管理，落实采砂期船舶通航安全保障措施，避免船舶碰撞事故的发生。防范采砂期船舶风险事故导致的溢油事故发生。

①采砂单位应按规定办理水上水下施工作业手续，申请划定施工水域和安全作业区域。采砂期间所有作业和运输船舶必须按照交通部信号管理规定悬挂信号灯，在采砂区现场设置必要的警示装置，并确保作业船舶及人员的适航、适任。

②在采砂前发布航行公告，严禁无关船舶进入采砂区作业水域。注意采砂期间对进出附近水域船舶的影响，加强对作业船舶的监管。过往船舶确要经过本采砂区水域时，应加强瞭望，谨慎操作，缓速行驶，并与作业船舶保持适当的安全距离。

③采砂单位在采砂前应 与海事部门等充分沟通协调，及时了解项目采砂海域附近船舶进出情况，以便尽早采取避让措施，避免采砂作业船舶与进出船舶发生碰撞事故。

④采砂单位应当认真考虑采砂作业船舶和人员的安全问题，制定应急预案，及时了解掌握天气情况，避免在恶劣天气条件下进行施工作业。严格执行安全计划，加强值班瞭望，配备必要的救生设施、通讯器材，确保施工安全。采砂作业船舶在发生紧急事故时，应立即采取必要的措施，同时向海上交管中心报告。

⑤配备一套完整的溢油处理系统对于溢油污染控制是十分必要的。目前，国际上较多采用的溢油处理方法是物理清除法和化学清除法。物理清除法主要机械设备是围油栏和回收设备，首先是利用围油栏将溢油围在一定的区域内，然后采用回收装置回收溢油；化学清除法则是向浮油喷洒化学药剂—消油剂，使溢油分解消散，

一般是在物理清除法不能使用的情况下使用。由于项目离岸较远，发生溢油事故岸边应急物资无法及时到场，建议本项目采砂船参照《港口码头水上溢油污染事故应急防备能力要求》(JT/T451-2017)从事非散装液体污染危害性货物作业水上污染事故基本应急防备的要求配备溢油应急设施和器材，见表 7.6.1-1 所示。

建议海砂开采单位应该与有能力的溢油应急单位签订应急服务合同，确保项目发生溢油时，溢油应急工作船能在现场及时处理溢油事故。

表 7.6.1-1 采砂船配备的防污应急设施和器材

| 码头、装卸站 | 围油栏 | 收油机 | 吸收或吸附材料 (t) | 溢油分散剂 (t) | 临时储存容器 (m ³) | 配套工属具 |
|------------------|-----|-----|----------------------------|-----------|--------------------------|-------------------|
| 从事非散装液体污染危害性货物作业 | - | - | 0.2~0.5 (吸油毡) ^a | 0.2 | 0.4~1 | 钩杆、轻便喷洒装置、人员防护装备等 |

注：参考码头、装卸站水上污染事故基本应急防备要求（节选）a:根据码头、装卸站大小和储存场所的空间选择配备。

表 7.6.1-1 (b) 有资质的溢油应急单位应急器材设置一览表

| 设备及器材来源 | 应急设备和器材 | 数量 | 备注 |
|-----------------|-----------|-------|---|
| 有能力的单位提供的防污应急设施 | 防污染工作船 | 1 艘 | 根据《船舶溢油应急能力评估导则》，具备应急拖带能力，拖轮功率不小于 562.5kW |
| | 吸油毡 | 950kg | 根据《船用吸油毡》《船舶溢油应急能力评估导则》，油保持率在 80%以上，吸收吸附倍数在 10 倍以上，按 10%最大可能溢油量配备 |
| | 围油栏 | 400m | 根据《船舶溢油应急能力评估导则》，按溢油源围控考虑，至少 1 层围油栏，参考本项目最大船型的长、宽，计算不少于 3 倍的长宽和 |
| | 手提式灭火器 | 若干 | |
| | 推车式灭火器 | 若干 | |
| | 锚、缆绳和垃圾袋等 | 若干 | |

7.6.1.2 两个采砂区风险防范措施

结合前文分析，两个区块同时开展海砂开采作业发生船舶碰撞溢油事故的概率较 SW24-11 区块海砂作业船舶碰撞溢油事故的概率高 0.68×10^{-2} 次/年。

为避免船舶事故的发生和降低环境风险，海砂开采单位必须具有高度的认识与戒备，切实贯彻“以防为主，防治结合”的方针，制定切实可行的管理措施，具体措施如下：

(1) 划定作业水域：根据矿区开采剖面示意图，合理安排采砂船舶位置，按照各采砂区块按照其开采边界的距离要求划定开采作业区；

(2) 设置安全作业条件：采砂船的最大可作业波高为 2m，最大可作业风力为 6 级，六级以上台风（即 ≥ 7 级台风）即应停工避台，此外，在发生大雾或雷暴等天气时，也无法进行采砂作业。通过对安全作业条件的设定可有效降低船舶溢油事故发生概率；

(3) 各采砂区设专人警戒：设专人保持轮流瞭望，通过雷达、AIS 和目测方式第一时间掌握附近船舶航行信息。发现作业水域附近有船舶时，提前与之联系沟通，提醒采用避让措施，确保其安全顺利通过；

(4) 委托专业警戒船舶：同时采砂作业期间，建议委托专业的警戒船舶进行警戒，签订相关的警戒协议。当发现有采砂船、过驳船以及辅助船舶拟进入海砂作业海域时，通过 VHF 和 AIS 等航行设备与附近通航船舶联系，提前告知其本海域施工动态，提醒过往船舶注意避让。

(5) 因两个区块作业船舶数量约 39 艘，为降低海砂开采船舶碰撞概率，要求两个海砂开采单位合理安排过驳船，避免空载过驳船在海砂开采区及附近海域抛锚，减少船舶碰撞溢油事故发生概率。两个采砂区块联合应急指挥中心前期工作可由建设单位牵头统一协调，待后续两个采砂区出让后成立的联合应急指挥中心统一指挥应急救援相关事宜。

7.6.1.3 区域溢油应急能力

1、汕尾市区域溢油应急计划

2000 年 3 月，国家海事行政主管部门颁布并实施了《中国海上船舶溢油应急计划》和《南海海区溢油应急计划》。2009 年 8 月，广东省海事局发布并实施《广东海事局水上交通应急反应预案》。2021 年 4 月，汕尾市人民政府办公室关于印发《汕尾市处置船舶污染事故应急预案》的通知（汕府办函〔2021〕90 号）。2021 年 4 月，汕尾市人民政府关于印发《汕尾市海上险情应急预案》的通知（汕府〔2021〕21 号）。汕尾市处置船舶污染水域事故应急指挥部，设在汕尾市海上搜救分中心，在市政府的领导和广东省海上搜救中心的指导下，负责统一组织、指挥、协调船舶污染事故应急处置工作。

2、辖区应急设备配备情况

汕尾辖区企业溢油应急防备物资储备表详见下表：

表 7.6.1-2 辖区企业溢油应急防备物资储备表（项目附近）

| 序号 | 设备名称 | 型号 | 单位 | 数量 | 存放地点 |
|----|------|----|----|----|------|
|----|------|----|----|----|------|

| 汕尾市晓光环保服务有限公司 | | | | | |
|---------------|--------------|--------------------------------|----|------|-------------------|
| 1 | 固体浮子 PVC 围油栏 | WGV900 | 米 | 500 | 汕尾港务 码头仓库 |
| | 防火围油栏 | WCV900H | 米 | 200 | |
| | 围油栏 | 固体浮子式总高 900m | 米 | 750 | |
| | 岸滩式围油栏 | WQV600T | 米 | 1000 | |
| 2 | 围油栏布防船 | 清污辅助船 | 艘 | 2 | |
| | 围油栏布放船 | 船长≥10 米 | 艘 | 1 | |
| 3 | 吸油毡 | PP-2 | 吨 | 1 | |
| | 吸油毡 | PP-1 | 吨 | 0.2 | |
| 4 | 油拖网 | SW4 | 套 | 2 随船 | |
| | 油拖网 | SW4 | 套 | 1 | |
| 5 | 吸油拖缆 | XTL-Y220 | 米 | 400 | |
| 6 | 消油剂 | 生物降解型 | 吨 | 2.1 | |
| | 环保型消油剂 | GM2 | 吨 | 0.5 | |
| 7 | 喷洒装置 | 便携式 PS40 | 套 | 1 | |
| 8 | 硬刷转盘式收油机 | ZS10 | 台 | 1 | |
| | 收油机 | 转盘式 ZS5 | 台 | 2 | |
| 9 | 轻便式储油罐 | QG10 | m3 | 1 | |
| | 移动储液罐 | 移动储液罐 | 套 | 0 | |
| 10 | 应急人员防护 | 防火服、手套等 | 套 | 10 | |
| | 人员防护器材 | 每套包括安全帽、口罩、防化目镜、防化服、靴子、手套、安全鞋等 | 套 | 5 | |
| 广东红海湾发电有限公司 | | | | | |
| 1 | 固体浮子 PVC 围油栏 | WGV900 | 米 | 750 | 红海湾电 厂码头仓 库 |
| 2 | 吸油毡 | PP-2 | 吨 | 1 | |
| 3 | 收油网 | SW3 | 套 | 1 | |
| 4 | 环保型消油剂 | GM2 | 吨 | 0.8 | |
| 5 | 喷洒装置 | 便携式 PS40 | 套 | 1 | |
| 6 | 轻便式储油罐 | QG10 | m3 | 1 | |
| 广东万聪船舶修造有限公司 | | | | | |
| 1 | 围油栏 | 固体浮子式总高 900m | 米 | 120 | 船厂仓库 |
| 2 | 吸油毡 | PP-2 | 吨 | 0.15 | |

| | | | | | |
|---|------------------|--------------|---|------|--------------------|
| 3 | 消油剂 | GM2 | 吨 | 0.1 | |
| 四 | 汕尾市东洲港投资有限公司 | | | | |
| 1 | 围油栏 | 固体浮子式总高 900m | 米 | 400 | 东洲码头 仓库 |
| 2 | 吸油毡 | PP-2 | 吨 | 0.25 | |
| 3 | 立方储油桶 | | 只 | 1 | |
| 4 | 油污清理船 | | 艘 | 1 | |
| 五 | 华润电力(海丰)有限公司 | | | | |
| 1 | 固体浮子 PVC 围油 栏 | WGV900 | 米 | 1000 | 华润海丰 电厂码头 仓库 |
| 2 | 吸油毡 | PP-2 | 吨 | 1 | |
| 3 | 收油网 | SW3 | 套 | 1 | |
| 4 | 移动储液罐 | 移动储液罐 | 套 | 1 | |
| 5 | 环保型消油剂 | GM2 | 吨 | 0.8 | |
| 6 | 喷洒装置 | 便携式 PS40 | 套 | 1 | |

3、区域溢油应急

2000 年 3 月，国家海事行政主管部门颁布并实施了《中国海上船舶溢油应急计划》和《南海海区溢油应急计划》。2021 年 4 月，汕尾市人民政府办公室关于印发《汕尾市处置船舶污染事故应急预案》的通知（汕府办函（2021）90 号）。2021 年 4 月，汕尾市人民政府关于印发《汕尾市海上险情应急预案》的通知（汕府（2021）21 号）。涉及船舶污染事件的，按照《国家重大海上溢油应急处理预案》《广东省处置船舶污染事故应急预案》《汕尾市处置船舶污染事故应急预案》《汕尾市海上险情应急预案》进行处理，形成本项目-汕尾辖区-区域三级联动体系。

本项目施工船舶最大溢油量按 95t 考虑，可依托辖区船舶污染清除单位的溢油应急能力。

4、应急时间

汕尾辖区溢油应急防备物资储备公司与本项目距离在 15-34km 之间，溢流回收船的行驶速度在 12-15 节，也就是 22-27 公里/小时，因此，发生溢油事故时，考虑应急响应时间 1 小时，广东红海湾发电有限公司、汕尾市东洲港投资有限公司、广东万聪船舶修造有限公司可在 2 小时内可以到达项目的溢油点。

表 7.6.1-3 辖区应急能力及到达作业海区的应急时间、应急单位联系方式

| 单位 | 与本项目距离 | 到达项目区应急时间 | 联系方式 |
|---------------|--------|-----------|--------------|
| 汕尾市晓光环保服务有限公司 | 53km | 2.4h | 0660-3352918 |

| | | | |
|--------------|------|------|---------------|
| 广东红海湾发电有限公司 | 15km | 0.7h | 0660-3408649 |
| 广东万聪船舶修造有限公司 | 17km | 0.8h | 0660-3400803 |
| 汕尾市东洲港投资有限公司 | 17km | 0.8h | / |
| 华润电力(海丰)有限公司 | 70km | 3.2h | 0755-22107999 |

综上所述，项目所在区域已建立健全的船舶溢油事故应急体系，为保障进出港船舶航行安全、防止船舶污染事故发生，以及突发事件的应急救援奠定了坚实的基础。

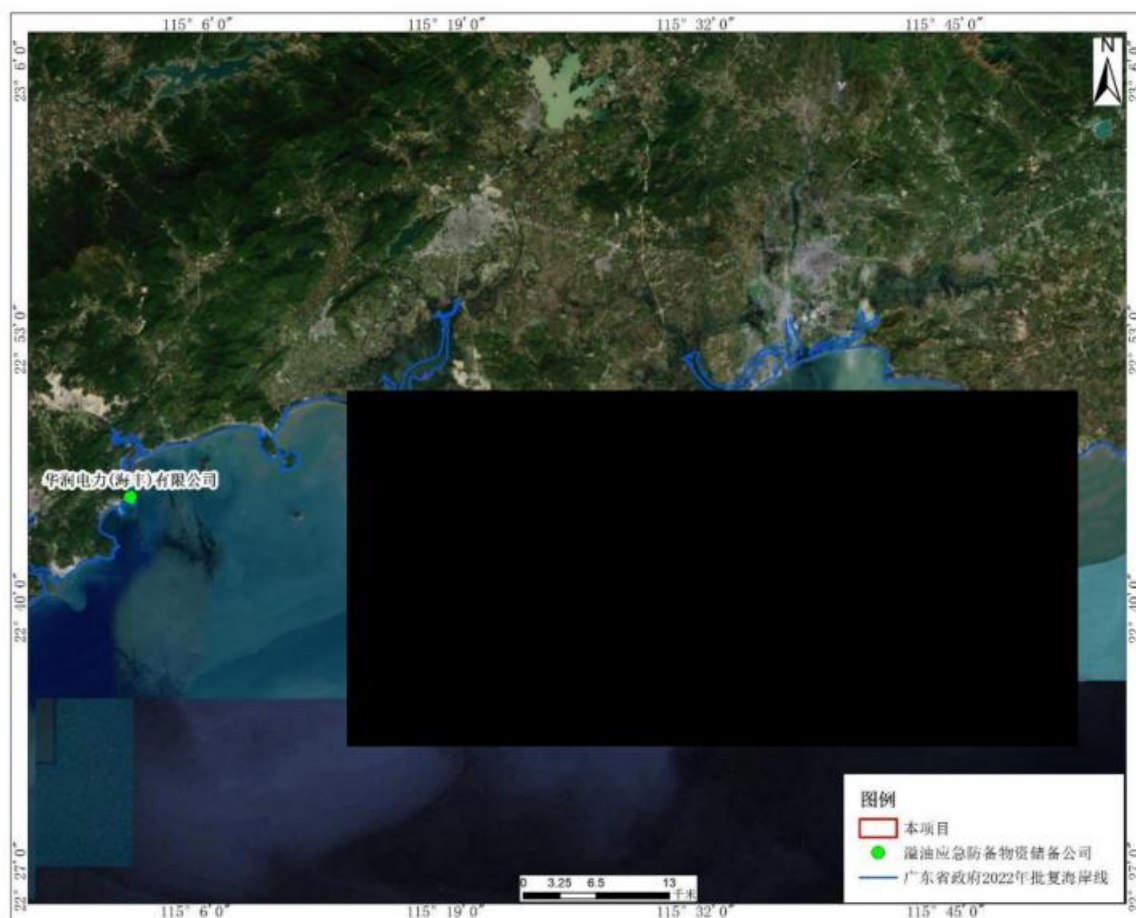


图 7.6.1-1 项目与汕尾辖区溢油应急防备物资储备公司位置关系图

7.6.1.4 海砂运输风险防范措施

(1) 海上运砂活动必须依法办理相关许可。过驳船不应在未经批准的装卸海砂码头、浮吊船进行装卸。

(2) 过驳船应依法报告运输的有关情况，从事海上运砂活动的过驳船必须经批准后方可进行运输海砂。

(3) 禁止过驳船超航区作业，禁止超载运输海砂。过驳船必须关闭货舱舱口

盖才能开航，必须按规定配备救生设施并全程开启 AIS。

(4) 过驳船必须按照《船舶配员证书》配备合格、足够的船员航行作业，要切实维护船长在保障船上人员安全的独立决定权。

(5) 过驳船应通过船舶检验，获得船舶检验证书后才能运营，所有改装均应向船舶检验部门报告并获得批准后才能实施。禁止过驳船私自加装、改造用于卸砂等用途的装置和构造；禁止过驳船私自加高货舱舱口围板、卸除舱口盖。

(6) 禁止过驳船在恶劣天气海况下冒险航行作业。企业应根据天气海况调度船舶，加强船舶防抗恶劣天气的跟踪管理，船上人员应规范收听天气预报，在超过 6 级风的情况下应做好避险和应急准备工作。

7.6.2 风险控制措施

溢油事故一旦发生，将对海洋生态环境和生物资源造成严重危害，如若处理不及时还会发生爆炸，危及人身财产安全。为保护工程海域生态环境和生物资源，保障生命财产安全，最大程度的降低溢油事故发生对的危害，溢油事故发生后应采取以下应急措施：

1、启动分级应急响应程序

发现泄漏事故后，应立即通知船长及相关操作人员，并采取一切办法切断事故源。船长作出判断，启动分级应急响应程序，发出警报，迅速通知港区海域船舶污染应急指挥部、当地海事部门和环保部门等主管部门。现场抢险组等各组在组长指挥下立即按各自的职责实施事故救援，各专业救援队伍迅速赶往事故现场。

2、消除泄漏的措施方法

迅速查明事故发生的源点、泄漏部位和原因。初步判断船舶（或油管）破损情况，组织堵漏和将残油转移。当肇事船舶作业有困难时，可按以下几点协助进行。作业要求如下：

(1) 必要时，由救捞人员进行水下探摸。采取各种可能的方法，尽力封堵破损口。

(2) 将残油驳至其他货舱或可接收油的油轮；油驳及油囊中。过驳时须严格遵守安全和防污染操作规程，注意不断调整各舱油量，保持船体平稳上升。需另备移动式泵系设备，以防船上货油泵系不能使用。

(3) 为保证两船安全并靠，应在两船船舷之间设置足够的碰垫，并准备移动

式球形碰垫。过驳时派专人随时调整和加固缆绳，密切监视输油管及油舱状况。

3、溢油的围控

(1) 船舶在采砂作业区溢油时，事故现场的海况（波高、流速、风速等）符合围油栏的作业条件许可时，采用围油栏在海上进行定位围控。

围油栏对溢油围控、导流和防范作用，要通过适当布放形式来实现。在开阔水域布放围油栏，主要采用两船拖带和三船拖带方式，具体要根据实际情况而定。

(2) 在现场围油不可能的情况下，可用围油栏将溢油诱导至利于进行清除作业且对环境敏感区影响较小的水域，再进行清除作业。

(3) 当溢油受风和流的影响有可能向环境敏感区漂移时，需在敏感区周围布设围油栏，减少污染损害。

(4) 无论是围油栏围油，还是撇油器回收溢油，都受到海况的制约，因此，定期对海域环境参数进行监测，设置溢油漂移路径数值模拟实时预报系统，对准确而迅速地布置围油栏，控制油污染以及保护海洋环境十分有益。

(4) 海域海岸溢油清除

溢油被限制在一定的水域之后，应及时对其进行回收、处理，根据溢油量的大小，油的扩散方向、气象及海况条件，迅速高速围油方向和面积，缩小围圈，用吸油船最大限度地回收流失的油，然后加分散剂进行分散乳化处理，破坏油膜，减轻其对海域的污染。水面溢油回收后的应急储存也很关键，除了利用当地储油设施和调动油船外，还应使用水上应急储油装置如浮动油囊，陆岸应急储油装置如轻便储油软罐等，以顺利完成水面溢油回收后的处理。

(5) 溢油分散剂的使用

《溢油分散剂使用准则》（GB18188.2—2000）规定：溢油发生在对水产资源有重大影响区域时，限制使用溢油分散剂。因此本项目发生溢油事故时，应及时上报海事部门，一般情况下不提倡使用消油剂，若要使用消油剂，消油剂的使用品种型号、使用时间、使用方法、使用剂量、使用区域等均应征得海事部门同意后方可使用。

7.7 船舶倾覆、船舶自沉环境风险分析及风险防范措施

7.7.1 船舶倾覆环境风险分析及风险防范措施

(1) 船舶倾覆环境风险分析

船舶倾覆主要原因为气象和人为因素造成。绝大多数是因主机停车、船体配重不均衡、严重横倾、船舶进水等，最终使船舶失去稳性而倾覆。船舶从严重横倾到倾覆，通常仅几分钟，对海上人命财产的打击是毁灭性的，必须从根本上采取系统有效的预防措施。倾覆事故的主要原因：①人为操作失误。②船体破损和机电故障。船体老旧、碰撞、搁浅、物品纵向配重错误、造船缺陷、大风浪袭击等，都可能使船体破损进水，在外力、自由液面综合作用下单向逐步横倾，最终丧失稳性而倾覆。大风浪中，主机、供电、舵机失灵会使船舶失去航向控制能力而呈横风横浪状态，进而谐摆、货移、横倾、进水而翻沉。③忽视自然环境力量。经预报和未经预报的强风大浪等灾害性天气，是倾覆船舶的主要力量。对天气力量的认识不足，或是过于迷信天气预报，不做充分的规避或对抗准备，常导致船舶翻沉。④管理不善或故意行为。施工船管理松懈、混乱，调度部门的盲目指挥，常使船舶面临倾覆危险。

(2) 风险防范措施

①系统地采取本质化的预防倾覆措施。预防船舶倾覆，究其根本离不开安全科学的“人、机、环境、控制(管理)”四大要素，对每个要素采取本质化的安全措施，即对各要素采取尽可能从根本上远离倾覆危险的措施。控制其技术状态和运作，消除和限制事故隐患，就能使船舶倾覆危险和事故大为减少。为了预防倾覆事故，就必须从根本上控制人员的职业素质和操作；控制船体、机电设备的技术状态，严格维护保养，保障其运转正常；正确估量周边环境蕴含的自然力量和船舶的抵御能力，及时正常地预报天气和海况，及时规避灾害天气，避免不可抗力的袭击；加强船上的安全管理，完善机构、规章及其运作。要从根本上预防倾覆，除了科学技术的进步外，应从本质上控制人为因素。②提高船岸人员职业素质。人员职业素质决定着人的职业行为质量，职业道德素质、技术素质、身心素质和能力素质。制定和完善安全管理规章。③规范船员操作，消除不安全行为。人的不安全行为是事故因果链中引发事故的直接原因，规范船员操作行为能直接阻止事故的发生。④健全维护保养制度，确保机电设备正常运转。主机、供电系统、舵机是船舶在风浪中的自下而上保障，任何故障和失灵，都会使船舶面临倾覆危险。健全维护保养制度并予切实执行和有效监督，意味着远离危险和减少事故。⑤掌握天气动态，规避灾害天气。船舶遵守开航标准和货物系固规定，能以不变应万变地抵御通常的航海风险。船长必须正确、周密地分析和估计航程中的天气动态及其对本船的影响，及早采取

针对性的防范措施。对于灾害性天气，应及时停止开采离开开采区停回港池，人员上岸。⑥健全应急演习制度。应急反应计划使人员职责和关系明确，程序清楚。应急演习能使船员综合运用有关知识和技能，熟悉群体配合。防止倾覆应急计划，应包含物品移动和船舶横倾、机电失灵、船舶破损和船舶进水、灭火时处理积水等单项。⑦健全公司安全管理。公司有责任使船机维护、人员职责素质和操作管理规章完备，严格执行监督和纠正环节。

预防船舶倾覆事故是一项安全管理的系统工程，应对“人、机、环境、管理”各要素采取本质化的安全措施。对货物的有效系固，不但能使船舶远离通常的倾覆危险，还能提高船舶克服有害自然力的能力而提高航运经济效益。船舶应尽量避免灾害性天气，必要时应果断地牺牲部分浮力来换取稳性。公司建立、运行和不断完善 SMS。

7.7.2 船舶自沉环境风险分析及风险防范措施

(1) 船舶自沉环境风险分析

根据中国水运 2014 年第 14 卷第 1 期《船舶自沉事故诱因分析与探讨》(曹俊, 孙涛), 船舶自沉原因主要有有人为因素导致的自沉、船体结构缺陷导致的自沉、通航环境恶劣导致的自沉、货物因素导致的自沉、公司管理失位导致的自沉。若项目船舶发生自沉事故, 海砂从海上洒回海里, 将会对海洋环境造成较大影响, 还可能会发生船舶溢油。

1) 人为因素导致的自沉诱因分析。

①超载引发的自沉

船舶超载极易引发船舶自沉事故, 尤其在内河运输中, 小型砂石船超载砂致沉的比例更高。

②船员操作不当引发的自沉

船员操作不当一般是导致的船舶自沉事故的主观原因。在事故调查统计中, 由于船员人为操作不当所引发的船舶自沉事故并不少见。其中, 船员安全意识不强、船员业务技能差等是操作不当的主要致因。

2) 船体结构缺陷导致的自沉诱因分析

船体结构存在缺陷时, 船舶的总纵强度或局部强度将会不足。当船舶进行装货作业或遭遇大风浪的情况下, 极易因船体强度不足导致船体断裂或破损, 从而引发

沉船事故的发生。造成船体结构缺陷的原因主要存在于船舶设计、修/建造和日常生产过程中等几个阶段。

船舶设计方面，有的船舶设计单位本身不具备基本的设计条件和质量保障能力，设计出的船舶在船体结构和强度方面存在“先天缺陷”，从而无法满足相关建造规范的要求。

船舶修/建造方面，个别建造单位或船东为了降低建造成本，建造船舶时无设计图纸或使用未经船检部门审批的设计图，有些则擅自更改船体结构，不严格按照图纸进行建造，更有些船东竟然选择无资质认可的船厂建造船舶的现象;船舶修/建造过程中低劣的造船质量，特别是焊接质量不达标和非合格修/造船材料的使用也是造成船体结构缺陷的重要原因。

有些船舶一味追求利润，却忽视船舶的定期检验和保养，导致船体结构/设备长期处于“疲劳”或受损状态而全然不知，为事故的发生埋下祸根;更有些船舶在早已发现船体结构/设备存在缺陷的情况下，仍心存侥幸，带“病”航行，最终导致船毁人亡。

另外，某些船东贪图价廉，购买、租赁或使用老旧的、低质量的船舶从事运输。这些船舶的船体结构不能满足强度要求，在其他因素的作用下也极易发生自沉事故。

3) 通航环境恶劣导致的自沉诱因分析

在通航环境恶劣造成的船舶自沉事故案例中，大风浪为主的自然环境(水文气象环境)恶劣和其他通航环境恶劣是造成事故发生的两大重要因素。

①大风浪中发生船舶自沉事故，因环境和气象的恶劣，既难自救，也难施救，结果往往会造成船毁人亡的恶性事故。

动稳性不足是船舶在大风浪中倾覆沉没的根本原因。船舶在大风浪环境中航行时，船体因不断遭受大风浪的袭击，使船体产生周期性横摇。如果船舶拥有稳性，正常是能够自行恢复平衡的。然而，船舶一旦失去了稳性便失去了恢复到初始平衡状态的能力，甚至会加剧横倾的程度,从而造成船舶倾覆沉没。

受大风浪影响而造成的货物移动、油水舱或货舱自由液面的加剧、船体、构件破损或舱体不水密导致的大量进水等都是失去稳性的主要原因。

②其他通航环境主要包括船舶交通密度、通航秩序、航道、水深、助航标志、碍航物等等。

4) 货物因素导致的自沉诱因分析

①易流态货物引发的自沉

一直以来，船舶载运陶土、精矿粉等易流态化货物发生自沉事故居高不下，造成了巨大的人员伤亡和财产损失。易流态化货物是指由较细颗粒的混合物构成且含有一定水分的物质，若水分含量超过货物的适运水分限量时，在海上运输过程中，收到外界各种力的作用，水分渗移而形成液化从而导致货物移动。本项目船舶运输的海砂为易流态货物，若不采取措施，容易引发自沉。

易流态货物之所以容易导致船舶自沉事故的发生是因为此类货物具有一定的含水量，航行中货物随着船舶摇摆、颠簸或振动会产生矿、水游离现象而形成自由液面，特别是货物含水量超过 8%时，自由液面流动性和流动速度都会加大，加上此类货物属于重货，一般都是装载半舱左右，正是自由液面最大的部位，对稳性的影响也最大，短时间内便可能造成船舶倾覆沉没的灾难性事故，其过程往往只有几分钟的时间。

目前航运市场上，易流态货物大多采用散杂货船运输为主，虽然散杂货船的八角形货舱设计在一定程度上可以限制货物表面的移动，提高船舶的稳性，但其毕竟不是按照承运液化货物设计的，且不具备液货船货舱分散货物重心从而很好保证船舶稳性的功能，因此，散杂货船运输易流态货物的风险尤为巨大。

②积载不当引发的自沉

货物的合理配载，保证积载满足船体强度要求，不仅可以延长船舶的使用寿命，还直接关系到船舶的运输安全。

在货物积载不当引发的船舶自沉事故中，许多是因为货物积载不当破坏了船舶的纵向强度、局部强度和扭转强度而造成的。合理的货物积载就是按照浮力在船长方向的分布规律，合理分配各舱载重量，使浮力、重力不仅全船平衡，而且在各舱也应基本上做到平衡。相反，如果积载不当，就会造成船舶纵向弯曲变形超过允许范围，而不能保证船舶的纵向强度。另外，船舶积载过程中，不考虑或忽视了船舶舱底和甲板所能承受的最大载荷，使得局部受载不均衡或超负荷受载就会破坏船体的局部强度。若船舶两舷积载的货物重量总体不均衡，会导致船舶产生横倾角；若两舷积载的货物重量局部不均衡，就会破坏船舶的扭转强度。无论发生上述哪种情况，船体强度必然受损，船舶生产过程中发生自沉事故的几率也会随之增加。

货物积载不当还会直接影响到船舶稳性的变化。一种是货物配载重心过低，稳性明显变好而使得复原力矩过大加剧船舶横摇程度;另一种是货物配载重心偏高，稳性明显不足而使得船舶在受风浪横摇时不能回复到初始平衡状态。上述两种情形都会给船舶自沉事故的发生创造条件。

除此之外，野蛮装卸或违规装卸造成船体受损、瞬间失去稳性或浮力也是船舶自沉发生的常见原因。

5) 公司管理失位导致的自沉诱因分析

① 航运公司不懂管理或者管理水平不高

许多个体船老板或小型船公司的管理人员平均文化水平不高，有的是单纯投资的商人，有的是刚刚转型的农民，他们身处管理岗位却根本不懂航海知识和相关的企业管理知识，只是一味地追求经济效益，反而忽视了安全效益。船舶一旦发生险情，应急管理基本瘫痪，有的甚至不懂瞎指挥，造成更加严重的事故后果;有的公司为了应付交通部门、航管机构对企业资质检查需要，表面上聘请几名退休船长、轮机长作为公司安全技术管理人员撑门面，实际则是“公司有名无人”的管理脱节，根本谈不上对船舶进行安全管理。

② 安全管理有体系，无执行

有的航运公司不考虑自身条件与具体情况，盲目照搬其他公司的安全管理体系以为了能够符合相关法律法规的要求，却苦于缺乏人力、物力、财力、技术而无法按照体系对船舶安全加以管理，也不能够对体系进行持续改进，从而形成了有体系，无执行的“管理两张皮”现象。

③ 船舶管理公司对代管船舶“代而不管”

船舶管理公司是随着国际和国内《ISM/NSM 安全管理规则》的生效而逐步发展起来的。航运公司为了减少船舶安全管理成本、弥补自身管理缺陷等问题将船舶交予专业的船舶管理公司代为管理，从而导致了船舶经营与管理相脱节，所有权与管理权相分离的情况。船舶管理公司未按协议履行责任，只是提供体系文件，或者只对船员进行简单的培训、接待和办证业务等等，并没有与船上建立实质性的安全管理联系，形成“代而不管”现象。

(2) 风险防范措施

为减少船舶自沉环境风险，结合前文船舶自沉主要因素，需采取相应的风险防

范措施。

①船舶超载会导致船舶的储备浮力和船舶稳性下降，受风浪影响，容易造成船舶倾覆，故禁止船舶超载；

②船员安全意识不强、船员业务技能差等可能引发船舶自沉，通过对船员进行系统的、正规的航海知识教育和培训，并加强船员业务素质及心理素质，减少船舶自沉事故发生概率。

③船体结构存在缺陷时，船舶的总纵强度或局部强度将会不足。当船舶进行装货作业或遭遇大风浪的情况下，极易因船体强度不足导致船体断裂或破损，从而引发沉船事故的发生。故海砂开采单位应选择有资质认可的船厂建造的船舶，并避免使用老旧的、低质量的船舶从事海砂开采及运输。

④通海环境恶劣，如大风浪，容易造成船体产生周期性横摇，一旦船舶失去了稳性便失去了恢复到初始平衡状态，甚至会加剧横倾的程度，从而造成船舶倾覆沉没。故报告要求海砂开采单位应该密切关注气象情况，海砂开采作业最大可作业波高为 2m，最大可作业风力为 6 级，若波高高于 2m、风力高于 6 级，海砂开采作业应停工避风浪。

⑤其他通航环境恶劣也容易造成船舶自沉，包括船舶交通密度、通航秩序、航道、水深、助航标志、碍航物等等。海砂开采单位应作业船舶进行安全检查，严格按照《海上交通安全法》和《海上避碰章程》的规定航行和作业，防止事故发生。

⑥易流态货物具有一定的含水量，航行中货物随着船舶摇摆、颠簸或振动会产生矿、水游离现象而形成自由液面，特别是货物含水量超过 8%时，自由液面流动性和流动速度都会加大，加上此类货物属于重货，一般都是装载半舱左右，正是自由液面最大的部位，对稳性的影响也最大，短时间内便可能造成船舶倾覆沉没的灾难性事故，其过程往往只有几分钟的时间。本项目船舶运输的海砂为易流态货物，为减轻自沉产生概率，应控制海砂的含水率，尽量将海水含水率控制在 8%以下。

⑦船舶货物积载不当会破坏船舶的纵向强度、局部强度和扭转强度，还会影响船舶稳性的变化，故为避免因海砂货物积载不当造成船舶自沉，故海砂运输单位应使货物重量均衡，降低运输船舶自沉风险。

⑧公司管理失位易导致船舶自沉，故项目招拍挂应要求船舶航运公司具备船舶管理体系，并对船员进行系统的培训。

7.8 通航安全风险分析及风险防范措施

项目位于沿海船航行的区域，过往的商船、渔船的交通量较大，一旦操作不当，可能会发生船舶碰撞，从而导致溢油和火灾爆炸。建议采砂单位采取以下风险防范措施：

(1) 加强瞭望，运输船采取安全航速行驶，按章航行与避让，保障水域的通航安全；

(2) 采砂中标单位应配合有关部门落实航标的布设工作，并加强对导助航标志的维护，确保导助航标志的正常有效，以改善通航环境；

(3) 作业期间所有船舶须按照交通部信号管理规定显示信号，悬挂正确的旗号和号灯，加强值班瞭望，作业人员应严格按照操作规程进行操作；

(4) 对作业船舶进行安全检查，严格按照《海上交通安全法》和《海上避碰章程》的规定航行和作业，防止事故发生；

(5) 作业船舶在发生紧急事件时，应立即采取必要的措施，同时向海上交管中心报告。发生船舶交通事故时，应尽可能关闭所有油仓管路系统的阀门、堵塞油舱通气孔等，防止溢油。

7.9 极端天气风险分析及风险防范措施

极端天气主要包括台风、风暴潮、大雾、寒潮、风浪等。船舶在风的作用下，会产生变速、偏转、向下风漂移。风对船舶的作用程度与船舶受风面积、风动力作用中心位置、干舷高度、风级及风舷角大小、船舶航向及航速等诸多因素有关。风力愈大，船舶产生倾斜、漂移、偏转的程度亦愈大；浓雾会使能见度变得很低，有时即使应用雷达等助航仪器，仍有可能发生海损事故；在寒潮来袭时航行，受风浪影响船舶驾驶室易上浪结冰，影响船舶驾瞭望，增加船舶航行风险。冰雪天气时甲板易结冰，人员不慎跌倒摔伤，甚至造成人员落水。天气寒冷、干燥，取暖电器、火炉等取暖设施使用不当，容易引起火灾；船舶在风浪的作用下，锚泊船容易发生走锚。在航船若遭遇大风浪，特别是在长周期波的影响下，在各种外力的干扰下使船舶产生横摇、纵摇、横荡、纵荡、垂荡及偏转等不利的振荡运动，对船舶操纵性有较大影响，推进器出现打空车，航速会下降，因此风浪对船舶通航有一定影响。

建议施工单位采取以下风险防范措施：

(1) 船舶在运输航行时遇到有雾，应正确使用助航仪器，加强瞭望，按章鸣

放雾号，使用安全航速并谨慎驾驶，注意与附近行驶的船舶加强联系。能见度太低（如小于 1000m），有可能保证不了通航安全时，船长应果断择地抛锚，待能见度变好后再进行采砂作业运输；

(2) 应制定防台、防风、防浪应急预案，在台风季节，要注意收听台风消息，当遇有台风袭击本水域时，应及早落实相关的防台措施；

(3) 正常情况下，本海区的海浪对船舶的通航安全影响不大，但海况条件差时，如出现台风与寒潮大风时，风浪大，船舶应根据船舶自身情况，按既定的防台、防风、防浪预案处置，包括航行中适时、适当减速、避免船舶横摇或盲目掉头、必要时择地抛锚暂避等。

(4) 海砂开采单位应该密切关注气象情况，海砂开采作业最大可作业波高为 2m，最大可作业风力为 6 级，若波高高于 2m、风力高于 6 级时，海砂开采作业应停工避风浪。

7.10 采砂坑、坍塌风险分析及风险防范措施

采砂施工结束后将在海床上形成大面积的采砂坑，采砂坑的形成将对开采区底栖生物及其生境产生影响，对周边的地形地貌也会产生影响。坍塌引起坍塌区域悬沙剧增，悬沙扩散对塌陷区周边生物产生不利影响，同时覆盖塌陷区底栖生物，使塌陷区底栖生物迁移。根据数模预测结果，受采砂作业影响，泥沙回淤量增加，两个采砂区实施后采砂区年平均回淤厚度在 0.29m 左右。

海砂开采单位在开采期间应采取以下措施降低本区块采砂后形成采砂坑、产生坍塌的情况的发生：

(1) 严格控制采砂作业范围和深度，防止水平和纵向的越界开采；

(2) 采砂船须在开采边界预留一定距离，严格遵守放坡开采，形成约 23° 开采边坡，以保证开采完毕后，采砂坑坍塌范围不会超过申请用海的区域范围，避免增加采砂坑的面积和深度。

若发生坍塌的情况，采砂单位则应加强采砂作业的监督、自查，找出原因，避免再次发生，采砂单位应委托有能力的测绘单位对坍塌区的面积、水深及周边地形地貌进行勘测，上报监管部门，同时增加增殖放流渔业资源的种类和数量。

采砂期间及闭矿后采砂单位应根据环评要求对海砂开采区进行地形、地貌、水深等进行跟踪监测，并上报监管部门。具体的监测计划详见本文 11.3 节。

7.11 应急预案

本工程应参照相关规定建立相关应急反应部门的应急通讯联络机制，制订本项目对突发污染事故的应急反应对策。本项目突发事故应急预案纲要见表 7.6.3-1，供制订预案参考。

表 7.11-1 应急预案纲要

| 序号 | 项目 | 内容及要求 |
|----|-----------------|---|
| 1 | 总则 | |
| 2 | 应急计划区 | 作业区 |
| 3 | 应急组织 | 建立本项目的应急反应组织机构，包括建立单位内的应急反应领导小组，落实各级上级主管部门 |
| 4 | 预案分级响应条件 | 将污染事故分成一般、较大、重大、特大污染事故一般污染事故自行处理，较大、重大、特大污染事故启动上级预案，接受上级应急反应部门的领导 |
| 5 | 报警、通讯联络方式 | 规定应急状态下的报警通讯方式、通知方式 |
| 6 | 应急救援保障 | 主要依靠项目配备的应急设施和区域应急设备 |
| 7 | 紧急处置措施 | 制订应对各种突发情况的一般处置措施与程序 |
| 8 | 事故应急救援关闭程序与恢复措施 | 规定应急状态终止程序规定事故现场善后处理，恢复措施 规定邻近区域解除事故警戒及善后恢复措施 |
| 9 | 应急培训计划 | 制订培训与演练计划 |
| 10 | 公众教育和信息 | 对邻近地区开展公众教育、培训和发布有关信息 |
| 11 | 附件 | 应急联络方式，包括本单位应急反应人员、专业应急救援队伍、敏感目标管理单位、上级应急主管部门等的有效联系方式 预案编制与更新等 |

建议建设单位参考本报告提出的应急预案纲要，制定污染事故应急预案，编制的应急预案应与主管海事的应急预案进行衔接，列入海事联系方式。当污染事故发生时，有关人员应迅速将准确的将事故信息上报至海事主管部门，并根据海事主管部门的指示，按照制定好的应急预案开展应急清污行动。同时应请求海事统一调配周边应急力量，共同完成溢油事故风险、极端天气事故风险等控制工作。

7.12 小结

项目存在的环境风险主要包括可能发生的通航安全事故、船舶碰撞发生溢油事故进而污染周边海域等。为避免上述事故的发生和降低环境风险，施工前向海事部门申请划定施工水域和安全作业区域，设置航行警戒标，配置现场警戒船，必要时向海事部门申请发布航行通告和航行警告，申请协助进行水上安全维护；配备足够的防止油膜扩散的装备和设施；制订溢油事故应急预案，并与区域相关应急预案衔接等。

综上，严格落实上述环境风险防范措施和应急预案的情况下，可有效降低环境风险事故发生的概率，有效控制事故发生对环境的影响。

项目后续应在开展通航论证、划定安全作业区、办理水上水下施工许可证等过程中加强与海事部门沟通，进一步论证船舶航行作业安全风险及溢油风险，落实海事部门相关要求。

8 清洁生产与环境保护措施

8.1 清洁生产

8.1.1 清洁生产的要求

清洁生产是通过控制整个生产过程来削减污染，即通过工艺技术的改进和管理水平的提高来实现污染削减。清洁生产的主要内容包括清洁的能源、清洁的生产过程和清洁的产品。2002 年我国颁布实施了《中华人民共和国清洁生产促进法》，于 2003 年 1 月 1 日施行，从法律的高度要求企业实施清洁生产是为了促进清洁生产，提高资源利用效率，减少和避免污染物的产生，保护和改善环境，保障人体健康，促进经济与社会可持续发展而制定。《清洁生产促进法》的公布实施，标志着我国污染治理模式的重大变革，对实现经济和社会可持续发展必将产生积极的影响。

采砂项目属于海洋矿产资源开发项目，矿产资源开发与利用涉及的环境问题十分广泛，必须从多方面进行有关的防治与保护，而且要运用清洁生产的原理和方法来解决环境与资源保护问题。因此，该项目应坚持实行污染防治和生态保护并重的指导方针，文明施工与作业，合理选择污染小的施工方法，即运用先进技术、工艺和设备，减少污染物的排放，降低排放浓度，从源头上控制污染物的产生，同时加大生态建设和环保治理投入，确保生态环保设施建设与主体工程同时设计、施工和使用。

8.1.2 本项目清洁生产分析

本项目拟采用射流抽吸式采砂船配自卸皮带式过驳船，射流抽吸式采砂船是目前采用较多的采砂方式。

海底沉积物的粗砂层一般被很厚的淤泥层所覆盖，用一般链斗式、抓斗式和吸扬式挖砂船开采，其成本高，而且开挖深度受限制，不能开采水下深层砂。目前可用于深水采砂的设备有潜水泵式、气动泵式和射流式等装置。潜水泵式采砂装置水下部分，特别是潜水电机的密封装置容易磨损，工作可靠性差。气动泵式采砂装置单位能耗高。射流式采砂装置由于它在水下无转动部件、结构简单、耐磨损、工作可靠，它的水下开挖深度大，单位能耗比气动泵式采砂装置低，因此是一种比较理想的水下采砂装备。

射流式采砂装备由工作水泵、射流泥浆泵、冲砂器、管道及闸阀等部分组成。

它的工作原理是利用工作水泵产生压力工作水，通过管道压送到冲砂器及射流泥浆泵。利用冲砂器喷嘴的高压水射流破土，使它穿越水下淤泥覆盖层。通过调节它的射流流速及流向，将所需级配的沙砾通过射流泥浆泵将其吸入，提升至水面。

射流抽吸式采砂船可以直接穿透覆盖层，进入藏砂区，不需要开挖表层的淤泥，减少表层淤泥开挖过程中悬沙的产生。采砂船将泥层下的砂层开采后，泥层塌陷有利于采砂坑的回淤。

本项目采用采砂船与过驳船分离，采砂船抽砂、海砂分选均采用专业设备，船舶定位、采砂路线、采砂层次均得到控制，同样的采砂效率下，可有效地减少抽砂、海砂分选过程中的悬浮泥沙通过溢流口溢流回海面下约 2m。本项目作业船舶含油污水统一收集后交由有处理能力的单位收运处理，船舶生活污水经船载生活污水处理设施处理后，在满足《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）要求的前提下排放，作业船舶基本不会向项目所在海域排放污染物。

可见，项目的作业船舶排污能够满足清洁生产的要求。综上所述，本工程的采砂工艺是相对清洁的生产工艺。

8.1.3 本项目清洁生产建议

本采砂项目将制定采砂计划并报相关部门备案，合理安排采砂期，尽可能缩短采砂期，减少由于采砂活动对周围环境造成的不利影响。建议根据采砂总量、采砂深度、采砂期限及气象条件将整个作业区分成若干个区块。每个区块内限制作业天数及作业强度，作业结束后采砂船移至下一区块进行作业。禁止无序开采，作业区内采取有效的采砂计划后可减少对环境的影响范围和程度，同时减少开采成本。

（1）加强管理

政府有关部门应加强矿产资源开采的环境监管力度，严格执行矿产开发项目的环境影响评价制度和清洁生产审核制度，要把这两项法律制度作为采矿许可证发放的重要前提。加强对采砂船的环境监理工作，密切监视海上环境变化，如发现异常现象，应采取必要的措施，并及时通知海洋监测部门，查明原因。

（2）选用合适的施工方案

根据本采砂项目，制定合适的采砂作业计划，包括施工工艺、采砂船型、作业方案等方面，并严格按照采砂计划进行海砂开采，尽可能缩短施工期，减少由于采砂活动对周围环境造成的不利影响。在进行采砂过程中，采砂单位应合理安排施工

船舶数量、位置，射流功率和抽砂泵功率应相配合，以尽量减少抽砂作业流失的悬浮物。

(3) 制定安全、合理的防污措施

采砂单位应制定合理的防污措施，尽量减少采砂过程中产生的污染物，如避开台风和风暴潮时期作业等。采砂单位还应制定一系列应急措施来应对采砂过程中出现的突发事件，避免或减少对水质、沉积物、生态环境的影响，有效控制和规避污染风险。

(4) 海砂开采工艺进行比选

海砂开采方式比选见下表 8.1.3-1。

表 8.1.3-1 射流式、绞吸法、斗轮法和耙吸法的比较

| 采砂工艺 | 射流式 | 绞吸法 | 斗轮法 | 耙吸法 |
|--------|-------|-------|-------|------|
| 工作头 | 吸砂头 | 绞刀 | 斗轮 | 主动耙头 |
| 采集浓度控制 | 一般 | 较好 | 最好 | 一般 |
| 最大挖深 | >70m | 30m | 30m | >70m |
| 工作可靠性 | 稳定 | 稳定 | 稳定 | 一般 |
| 矿砂粒径 | 窄 | 宽 | 窄 | 宽 |
| 采矿平整度 | 低 | 高 | 高 | 低 |
| 碇泊方式 | 自航/锚缆 | 钢柱/锚缆 | 钢柱/锚缆 | 自航 |
| 船体抗风浪 | 较强 | 弱 | 弱 | 强 |
| 装机功率 | 小 | 大 | 大 | 小 |
| 运营维护成本 | 低 | 高 | 高 | 高 |

由于区块海砂资源分层分布，根据前文 3.2.1.4，待开采海域矿体 V1 盖层厚度变化介于 8.7~22.8m 之间，矿体 V2 盖层厚度介于 18.0~38.3m，矿体盖层分布有粘土等无法利用的底质，采用绞吸式、斗轮式、耙吸式采砂船作业会外弃大量淤泥，从清洁生产角度分析，本项目考虑采用射流式采砂船进行作业。

8.1.3.1 节能减排的要求

采砂过程中产生的主要污染物质为悬浮物，根据前面分析，采砂工艺是相对清洁的生产工艺。这种处置方式符合节能减排的要求。

8.1.3.2 本项目清洁生产结论

根据上述分析，本项目生产设备的选择合理，所采用的采砂工艺是相对清洁的生产工艺，生产船舶排污能够满足清洁生产的要求。本工程采砂工艺清洁生产水平可达国内先进水平。

8.2 环境保护措施

8.2.1 采砂作业及船舶防污措施

8.2.1.1 采砂作业悬浮泥沙污染防治措施

(1) 原砂经分选得到海砂产品后，剩余含细砂（小于 0.063mm 粒级砂）及淤泥的海水，经位于海面以下约 2m 左右的溢流口溢流回采砂区，以利于悬浮物沉降，减少悬浮泥沙对表层水体的影响。

(2) 减缓射流船穿透海底淤泥层的速率，以减少此过程中的悬沙扩散。

(3) 严格控制采砂强度，年采砂强度应控制在 1000 万 m^3 以内。

(4) 海砂开采作业必须严格控制在已批准的海域作业，严禁越界开采。为避免超矿区开采、造成水下矿区边坡坍塌，水下休止角（ 23° ）以内的矿体不得开采，在采砂区边界采砂船应以 $60^\circ \sim 70^\circ$ 左右的角度插入矿层，以形成坡度较缓的边坡，降低边坡坍塌造成的悬浮泥沙影响。

(5) 对矿体分布厚度较小且存在夹层区域，开采前需在勘探边界处布设浮标标识，仅使用小型（ $400\text{m}^3/\text{h}$ ）射流式采砂船作业；

(6) 在采砂前对所有的采砂设备，尤其是砂舱进行严格检查，发现有可能泄漏污染物的必须先修理后才能开始采砂。

(7) 在采砂过程中应做好采砂设备和过驳船的日常维修和检查工作，保持采砂设备和过驳船的良好运行和密闭性；在施工过程中密切注意有无泄漏污染物的现象，如有发生，应立即采取措施予以修复，避免采砂和运砂过程发生悬沙泄露，从而加重悬沙污染影响。

(8) 装砂过程应严格按照作业规程进行，避免装载过程砂矿泄露；过驳船装载量不得过量，当过驳船装载量达到最小干舷 30cm 时，必须停止继续装载，确保航行过程中舱内装载的砂石不外溢入海，以避免输送过程中的泄漏对水体造成二次污染。

(9) 采砂作业应有计划的分层逐层进行，这样能够防止形成大面积的深坑而造成上部淤泥层的坍塌，既便于管理，又能够减小悬浮泥沙产生量及其影响范围。

(10) 采砂作业应在气象条件允许的条件下进行，在大风大浪、大雾和雷暴等灾害天气时应暂停作业，避免因灾害天气导致船舶倾覆等，从而造成砂矿倾覆而对海洋环境造成影响。

(11) 委托具有相应监测能力的环境监测单位对采砂区周边环境进行监测，根据监测计划要求进行跟踪监测，以全面、准确掌握施工对海域生态环境的影响，针对跟踪监测发现的具体环境问题，及时反馈给采砂单位，采砂单位应根据跟踪监测结果及时调整和优化采砂作业安排和保护措施。此外，采砂过程中也须密切注意采砂区及其周边海域的水质变化，如发现因采砂施工引起水质明显变化，则应立即停工，对采砂船和过驳船等进行检查和维修。

8.2.1.2 船舶污染防治措施

(1) 本项目作业船舶必须配备舱底含油污水收集设施，含油污水统一收集后交由有处理能力的单位收运处理，船舶生活污水经船载生活污水处理设施处理后，在满足《船舶水污染物排放控制标准》(GB3552-2018)要求的前提下排放。

(2) 严禁作业船舶向施工海域排放废油、残油等污染物；不得在施工区域清洗油舱和有污染物质的容器。

(3) 船舶作业过程中，应加强对船舶的检修，避免船舶发生漏油事故。

(4) 作业船舶维修时产生的油污应经收集上岸后由有处理能力的单位接收处理，不得直接排放。

(5) 作业船舶垃圾应集中收集管理，定期收集上岸由环卫部门收运处理，不得直接排放入海。

(6) 船舶要配备适量的化学消油剂、吸油剂等物资，船舶的溢油事故一旦发生，立即采取措施，收集溢油，缩小溢油的污染范围。

8.2.2 采砂过程中岸滩稳定性防治

本工程在拟申请海砂开采区内采砂，可能造成的环境影响是施工作业产生的入海悬沙对海洋生态环境和周围的环境敏感区的影响，以及海砂开采改变采砂区水下地形，从而造成附近水动力环境和冲淤环境发生变化，对周围的航道、锚地等环境敏感目标造成影响。因此，本项目实施工程中应注意控制海砂开采强度和开采范围，防止越界开采和超强度开采，保护岸滩的稳定性。同时对采砂工艺和使用船型也应按照本报告预测使用的船型和工艺进行控制，避免采砂作业影响超过本报告的预测范围。

根据数值模拟计算分析结果可知，由于采砂区距离岸线较远，项目建设引起的岸边附近的潮流场、波浪场的变化有限。因此采砂对岸滩稳定性的影响甚微。具体

计算详见报告 6.3.4 节，同时报告提出海砂开采期间和开采结束后进行跟踪监测，可根据开采期间监测结果调整开采强度，同时应加强采砂区域监管，避免水平和纵向越界开采，非法盗采，增加岸线侵蚀的风险。若跟踪监测发现发生岸线侵蚀的情形，应及时上报监管部门，相关部门应持续推进海岸线生态修复工程，推进周边海域综合治理、生态修复和海湾整治行动，开展海洋生态修复工作，通过海岸沙滩修复与养护、红树林种植、侵蚀海岸防护、建设生态海堤等措施，逐步修复受损的岸线。

海砂开采单位在开采期间应采取以下措施降低本区块采砂后形成采砂坑、产生坍塌的情况的发生：

1、严格控制采砂作业范围和深度，防止水平和纵向的越界开采；

2、采砂船须在开采边界预留一定距离，严格遵守放坡开采，形成约 23° 开采边坡，以保证开采完毕后，采砂坑塌范围不会超过申请用海的区域范围，避免增加采砂坑的面积和深度；

3、修复措施和责任主体：若发生坍塌的情况，采砂单位则应加强采砂作业的监督、自查，找出原因，避免再次发生，采砂单位应委托有能力的测绘单位对坍塌区的面积、水深及周边地形地貌进行勘测，上报监管部门，同时增加增殖放流渔业资源的种类和数量。

采砂单位应根据环评要求对海砂开采区进行地形、地貌、水深等进行跟踪监测，并上报监管部门。具体的监测计划详见下文 11.3 节。

8.2.3 防止超界、超量、超时开采的管控措施

(1) 开采作业前，通过对开采企业及监督管理人员进行培训，与采矿权人签订诚信履约责任书、监督管理责任告知等方式，提高采矿权人依法开采矿产资源的意识。同时要求采砂企业配备专业的采矿专业人员，做到懂开采方案，执行好开采方案。监督企业落实数字化采砂建设，建议在抽吸管末端安装探测器，实时传输开采位置和深度，发现超越平面上批准的范围越界开采和超越标高上批准的范围越界开采发出警报，及时制止。

(2) 本矿区与邻近 SW24-12 区块应提前沟通好相邻侧开采顺序，合理安排开采时间，避免邻近边界同时开采，相互干扰。边界开采应严格遵循放坡开采要求，避免越界，避免侵犯其他区块利益。

(3) 开采活动中，必须严格按照批复的开采量进行作业，严格控制开采范围，

采砂船采用精确的定位系统（如 DGPS），从技术上实现不超界开采。

（4）采砂作业期间应详细记录开采过程，开采记录应交由相关部门定期检查并存档，对超量、超强度、超时开采的行为进行批评教育或作出相应处罚，从而杜绝超量开采、超强度开采、超载等违规行为。

（5）加强视频监控，加强数字化建设，把矿区的所有空间和有用属性数据实现数字化存储、传输、表述和深加工，应用于各个生产环节与管理与决策之中，达到生产方案优化、管理高效和决策科学化的目的。

（6）严格落实储量动态监管制度，使矿区储量动态监管常态化。利用矿区地质测量机构的技术力量，配合巡查工作开展对开采边界、开采现状平面图、矿区水深地形地貌或开采境界图的现场监测，并根据需要增加现场监测次数。建立健全巡查制度。将巡查工作纳入监管部门年度考核内容，建立责任制，明确责任人，加强现场巡查，并做好巡查记录，建立巡查台账。

（7）开启 AIS，AIS 能加强了船舶间避免碰撞的措施，增强了 ARPA 雷达、船舶交通管理系统、船舶报告的功能，在电子海图上显示所有船舶可视化的航向、航线、船名等信息，改进了海事通信的功能，提供了一种与通过 AIS 识别的船舶进行语音和文本通信的方法，增强了船舶的全局意识，使航海界进入了数字时代。

（8）设置电子围栏，将各开采区的边界输入电子信息系统中，设置围栏，对开采进行终端跟踪监控，禁止越界开采。

（9）过驳船装载量不得过量，装砂过程应严格按照作业规程进行，防止在风浪作用下或因装砂重心倾斜导致过驳船发生倾覆或海砂外溢。

（10）严格管控海砂开采时间，在南海幼鱼、幼虾保护区保护期和鱼类集中产卵、繁殖等快速生长期（3 至 8 月）适当降低采砂时间，敏感期每月采砂天数降至 10 天，由环境监理单位对海砂开采时间进行监督。

（11）建议采用 CDMA1X 无线传输技术实现近岸船舶动态与视频监控，便于生态环境部门和海洋执法部门的监管监控。

8.2.4 海洋生态保护措施

8.2.4.1 采砂期海洋生态影响防治措施

根据采砂作业环境影响分析，采砂对环境影响的主要因素是海砂分选等环节中引起的悬浮物。为最大程度的减少项目采砂对海洋生态环境带来的不良影响，建议

采砂单位采取以下防治对策：

(1) 我国对海砂实行开采总量控制制度，严禁超总量开采。同时，为了降低对附近海洋环境和经济鱼类等的损害，本项目应落实采砂强度指标，日最大采砂量应控制在 $6.90 \times 10^4 \text{m}^3$ 。

(2) 采砂过程中须密切注意采砂区及其周边海域的水质变化。如发现因抽砂施工引起水质变化而对周围海域海洋生物产生不良影响，则应立即采取措施，必要时可短暂停工。

(3) 在南海幼鱼、幼虾保护区保护期和鱼类集中产卵、繁殖等快速生长期（3至8月）适当降低采砂时间，敏感期每月采砂天数降至10天，主要原因是幼体生物对采砂作业造成的污染和干扰敏感性较高。必要时停止采砂作业（采砂作业周边海域出现大片鱼类等海洋生物死亡）。

(5) 采取一定措施防止超界、超量、超时开采，具体详见 8.2.3 小节，控制悬浮物的范围和强度，减少对浮游生物和渔业资源的影响。

(6) 采砂将对水下工程区域内的底栖生物和渔业资源造成一定程度的破坏，采砂单位应结合汕尾市沿岸海域生态保护要求，推荐多样化的生态修复措施，包括渔业资源增殖放流等。具体修复方案与相关主管部门协商确定。

(7) 海砂开采实行动态监测制度，采砂期间采砂单位委托具有相应监测能力的环境监测单位对采砂区周边环境进行监测，根据 11.3 节监测计划要求进行跟踪监测，以全面、准确掌握施工对周边海域水质和生态环境的影响，并将监测结果反馈至生态环境部门，针对跟踪监测发现的具体环境问题，及时反馈给采砂单位，采砂单位应根据跟踪监测结果及时调整和优化采砂作业安排、采砂强度和保护措施等。

8.2.4.2 采砂期间珍稀水生生物的保护措施

(1) 采砂前，对项目区及附近海域进行观察监测，确保采砂范围内没有中华白海豚、海龟活动后方可开始施工。采砂过程中在施工船舶上配备专人进行瞭望，如采砂区内发现中华白海豚、海龟应立即停止施工，采用无害声驱的方法将中华白海豚、海龟驱逐出作业海域，待中华白海豚、海龟离去后再施工。采砂期间若发现中华白海豚、海龟应停止施工，驱逐，并上报有关部门。

(2) 过驳船航行时应注意观察周边海域的中华白海豚、海龟的活动情况。若发现有中华白海豚、海龟活动，则应注意避让，以免对中华白海豚、海龟造成伤害。

大力宣传保护中华白海豚、海龟的相关规定和奖惩机制，进行中华白海豚、海龟保护及救助方面的宣传和培训，提高工作人员对中华白海豚的关注度、责任感和法律意识。

(3) 为减轻项目海砂开采过程中对文昌鱼的影响，采砂期间严格控制采砂范围，严禁超总量超边界开采，避免破坏矿区外海域底栖生物环境；船舶产生的污水及生活垃圾等污染物按规定处理，严禁直接排入水体造成文昌鱼生境污染；开采过程中尽可能减少对海底的扰动；采砂期间流泄水排放通过海面下约 2m 左右的溢流口溢流回采砂区。加强采砂期间的跟踪监测，密切关注水质变化情况，根据跟踪监测结果及时调整措施，及时对造成的海洋生态损失进行补偿等措施

8.2.4.3 生态修复措施

本工程采砂导致底栖生物直接损失量为 15.80t；采砂悬浮物持续周期一年导致浮游植物的损失量为 6.30×10^{15} cells；浮游动物的损失量为 50.87t；鱼卵的损失量为 1.92×10^8 粒、仔稚鱼的损失量为 1.17×10^8 尾；游泳生物的损失量为 2.00t。按生物资源损害赔偿和补偿年限（倍数）为 3 年计算得本工程采砂导致底栖生物损失量为 47.40t、浮游植物损失量为 1.89×10^{16} cells、浮游动物的损失量为 152.61t、鱼卵的损失量为 5.76×10^8 粒、仔稚鱼的损失量为 3.51×10^8 尾、游泳生物的损失量为 6.00t。

根据《农业农村部办公厅关于进一步明确涉渔工程水生生物资源保护和补偿有关事项的通知》（农办渔〔2018〕50 号），采砂单位是水生生物资源保护和补偿的主体，应根据环境影响评价报告中所列的水生生物资源保护和补偿内容，制定具体的实施方案。农业农村部门要对实施方案编制进行组织协调和指导把关，确保方案合理可行。采砂单位应根据实施方案，组织落实水生生物资源保护和补偿措施。无能力落实保护和补偿措施的，可以委托具备相应能力的社会第三方机构实施。

本项目生态修复建议采取资源增殖放流，建议在海砂开采完工后 1 年期间内完成。

1、修复目标

以“损害什么，修复什么，损害多少，修复多少”为基本原则，进行海洋生物资源恢复，使受到破坏的生态环境尽快恢复。

2、增殖放流方案

增殖放流方案可根据广东省地方标准《海水鱼类增殖放流技术规范》（DB44/T

2280-2021)、《广东省海洋生物增殖放流技术指南》和《水生生物增殖放流技术规程相关要求》(SC/T 9401-2010)、《农业农村部关于做好“十四五”水生生物增殖放流工作的指导意见》(农渔发〔2022〕1号)《农业农村部办公厅关于进一步做好水生生物增殖放流工作的通知》(农办渔〔2024〕5号)中相关要求制定和实施。

(1) 增殖放流地点

根据上述文件要求,增殖放流地点应选择:1)产卵场、索饵场、洄游通道或人工鱼礁放牧场;2)非倾废区,非盐场、电厂、养殖场等进、排水区的海洋公共水域,并应选择靠近港口码头利于增殖放流工作开展,且捕捞影响较小的区域。本项目位于汕尾市,建议选择红海湾海域作为增殖放流地点。

(2) 增殖放流品种

根据《农业农村部关于做好“十四五”水生生物增殖放流工作的指导意见》(农渔发〔2022〕1号),红海湾海域放流品种建议如下表:

表 8.2.4-1 增殖放流海域和放流品种

| 重要放流海域 | 放流品种 |
|--------|---|
| 红海湾 | 花鲈、青石斑鱼、斜带石斑鱼、布氏鲷、大黄鱼、紫红笛鲷、红笛鲷、真鲷、平鲷、黑鲷、黄鳍鲷、断斑石鲈、花尾胡椒鲷、斑节对虾、长毛对虾、墨吉对虾、刀额新对虾、中国鲎*、绿海龟*、日本海马* |

备注:*表示珍贵濒危物种,是指已列入《国家重点保护野生动物名录》的水生物种和《濒危野生动植物种国际贸易公约》附录水生物种核准为国家重点保护野生动物名录的水生物种。

增殖放流的海洋经济物种以适应本地生长的鱼苗为主,结合表 8.2.4-1,建议选择黑鲷、黄鳍鲷等。

(3) 修复方案

增殖放流的海洋经济物种以适应本地生长的鱼苗为主,拟于海砂开采完工后 1 年内休渔期期间实施。

渔业增殖放流要求:增殖放流物种的规格以放流现场测量为准。鱼苗体长应在 4cm 以上。增殖放流的苗种应当是本地种的原种或子 1 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。

有关具体的海洋生物资源和渔业资源补偿实施方案,建议在项目招拍挂确定海砂开采中标单位后,根据相关文件要求和地方规定,与相关主管部门协商制定,报主管部门审查后实施。

8.2.5 通航安全保障措施

海砂开采的安全和防污染责任主体为海砂开采单位。采砂单位在开采前需按相关规范要求制定安全生产管理制度。本项目结合《广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-11 区块前期工作项目通航安全影响研究报告（备案稿）》建议采取如下通航安全保障措施。

表 8.2.5-1 通航安全措施保障一览表

| 名称 | 交通安全保障措施 | 备注 |
|--------------|---|---|
| 采砂区交通安全 | 为确保采砂作业的安全，划定施工作业区，并向海事部门通报，申请发布航行通告，按照划定的施工作业海域进行宣传 | |
| | 获发水上水下施工作业许可证和通航公告才能正式进场作业 | |
| | 采砂船和过驳船应悬挂正确的旗号和号灯 | |
| | 开采区应设置明显的标志，加强同上游企业的沟通 | |
| | 委托专业的警戒公司进行警戒，签订相关的警戒协议 | 通过调查，外海航行的商船不多，主要是渔船活动对采砂区的影响较大，因此，需要采用警戒船舶布置在作业海域附近，用于警戒近海航行的船舶。 |
| 过驳船交通安全 | 严格按海事部门的相关规定运营，严禁过驳船超载 | |
| | 船舶通过 VHF 和 AIS 等航行设备与附近通航船舶联系，在发现有船舶拟进入采砂区海域时，提前告知其本海域施工动态，提醒过往船舶注意避让 | |
| 恶劣天气情况下的交通安全 | 防范台风、风暴潮以及雷雨大风的袭击 | <p>①应制定防台、防风、防浪应急预案，在台风季节，要注意收听台风消息，当遇有台风袭击本水域时，应及早落实相关的防台措施。</p> <p>②海况条件差时，如出现台风与寒潮大风时，风浪大，船舶应根据船舶自身情况，按既定的防台、防风、防浪预案处置，包括航行中适时、适当减速、避免船舶横摇或盲目掉头、必要时择地抛锚暂避等。</p> <p>③当预报 7 级风圈到达前 24 小时必须开始避风，项目负责人应发出防风指令，所有船舶及施工设备、人员停止作业，所有施工设备均应加固停放妥当。各施工船舶进避风锚地单船锚泊，已抛锚就位的船舶保持可以旋回的安全距离。</p> <p>④海砂开采单位应该密切关注气象</p> |

| 名称 | 交通安全保障措施 | 备注 |
|------|--|--|
| | | 情况，若波高高于 2m、风力高于 7 级、能见度小于 1000m 时，海砂开采作业应停工避风浪。 |
| | 悬挂黄色热带气旋警报时，所有船舶择地避风 | |
| 航道安全 | 本项目离航道较近，应对航道水深、流场变化及边坡稳定性进行跟踪监测，并严格控制采砂船只的活动范围和数量 | 一旦发现影响通航安全的问题，立刻停止开采，并通报海事等相关部门及时解决问题 |
| | 严禁往航道抛淤泥和石块 | |
| | 船舶夜间作业时显示的灯光应实行管制，防止出现影响船舶在出海航道正常航行的背景亮光 | |
| | 过驳船不得随意穿越出海航道，如穿越航道，应主动避让大船，并尽量垂直航道穿越 | |

8.2.6 大气污染防治措施

海砂开采对大气环境的污染主要是采砂船、过驳船的船舶废气，因此，大气环境的保护措施主要是控制污染源的减排措施。

根据《交通运输部关于印发船舶大气污染物排放控制区实施方案的通知》（交海发〔2018〕168号）文件要求，大气污染防治措施如下：

- （1）在排放控制区内的作业船舶需使用硫含量不大于 0.5% m/m 的船用燃油。
- （2）氮氧化物排放满足《交通运输部关于印发船舶大气污染物排放控制区实施方案的通知》（交海发〔2018〕168号）的有关要求。
- （3）船舶可使用清洁能源、新能源、船载蓄电装置或尾气后处理等替代措施满足船舶排放控制要求。
- （4）未使用硫氧化物和颗粒物污染控制装置等替代措施的船舶进入排放控制区只能装载和使用硫含量不大于 0.5% m/m 的船用燃油。

8.2.7 声污染防治措施

海砂开采的噪声主要来自采砂船、过驳船和多功能船等作业船舶。噪声防治的措施主要是对船舶做好管理、保养和维护，维持作业船舶的良好运行状态降低运行噪音。

8.2.8 固体废物污染防治措施

固体废物主要来自船舶生活垃圾，贝壳、砾石等尾矿。

船舶人员船舶生活垃圾拟经分类收集上岸后，由环卫部门清运处理。

尾矿主要是海砂分选后产生的贝壳、砾石等，可就地抛回采砂坑。

8.2.9 海砂开采、销售管理措施

(1) 实行《海砂来源证明单》制度

根据《中华人民共和国海洋环境保护法》（2023年10月24日第十四届全国人民代表大会常务委员会第六次会议第二次修订，2024年1月1日实施）第六十四条，载运海砂资源应当持有合法来源证明，海砂开采者应当为载运海砂的船舶提供合法来源证明。

(2) 海砂开采监管制度

汕尾市应同步建立健全海砂开采监管制度，在海砂开采前协调各部门贯彻落实住房城乡建设部等八部委《关于开展治理违规海砂专项行动的通知》（建质电[2018]22号）和《关于加强海砂开采运输销售使用管理工作的通知》（建质[2018]108号）、《汕尾市海砂资源保护条例》、汕尾市人民政府办公室关于印发《汕尾市促进砂石行业健康有序发展的工作方案》的通知（汕府办〔2022〕2号）要求，切实落实相关部门监管职责，并督促相关单位按照环评要求作业，最大限度地保护好海洋生态环境。

(3) 海砂销售管理措施

①海砂销售过程中做好台账管理，建立购销档案，掌握海砂去向，配合有关部门开展监管工作。

②本项目海砂矿开采的产品方案主要为项目填海造陆用砂，与海砂使用单位签订购销合同时，要求其明确海砂使用范围；若海砂使用单位拟用于民用建筑及基础设施建设要另行进行淡化处理，达到建筑用砂标准，同时采砂单位应要求海砂使用单位将海砂送至符合相关要求的海砂淡化厂进行淡化处理，不得在出海水道与河道水域非法洗砂。

8.3 环保措施技术、经济可行性分析

本项目采砂设备的选择合理，所采用的采砂工艺是相对清洁的生产工艺，采砂船舶排污能够满足清洁生产的要求。本工程采砂工艺清洁生产水平可达国内先进水平，从源头减少采砂作业对环境的污染。针对采砂过程中可能出现的污染提出防治对策，对可能造成的环境污染提出针对性措施进行生态补偿，将可有效防止采砂作业对环境造成的影响。从可持续发展角度考虑，本项目环保投资产生的环境效益将

远大于环保投资费用本身。因此，本文所提出的环保措施在技术上和经济上都是切实可行的，并将收到显著的效果，具有技术、经济可行性，应在项目的施工全过程加以落实。

本项目拟采取的污染防治对策措施、生态保护对策措施统计见表 8.3-1 所示。

表 8.3-1 项目污染防治对策措施、生态保护对策措施一览表

| 项目 | 环境保护对策 | 具体内容 |
|---------|-----------|--|
| 悬沙控制措施 | 加强管理 | 合理规划采砂分区，控制采砂范围、采砂时间和采砂强度等 |
| | 海砂分选溢流水控制 | 原砂经分选得到海砂产品后，剩余含细砂（小于 0.063mm 粒级砂）及淤泥的海水，经位于海面下约 2m 左右的溢流口溢流回采砂区 |
| 污水处理 | 船舶生活污水 | 船舶生活污水经车载生活污水处理设施处理后，在满足《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）要求的前提下排放。 |
| | 舱底含油废水 | 由含油污水收集设施统一收集，由有处理能力的单位收收处理 |
| 固体废弃物处置 | 生活垃圾 | 收集上岸后，由环卫部门统一清运处理 |
| | 碎石杂物 | 抛回采砂坑 |
| 海洋生态保护 | 落实采砂强度指标 | 落实采砂强度指标，控制采砂强度（详见表 3.7.2-2） |
| | 控制开采边界 | 为避免超矿区开采、造成水下矿区边坡坍塌，水下休止角（23°）左右的矿体不得开采，采砂船应以 60°~70° 左右的角度插入矿层，以形成坡度较缓的边坡 |
| | 合理规划采砂工期 | 鱼类集中产卵期、快速生产期内降低采砂强度 |
| | 动态监测制度 | 根据报告书提出的环境监测计划开展动态监测 |
| | 珍稀水生生物 | 发现有中华白海豚、海龟立即停止施工，驱逐出作业海域，待中华白海豚、海龟离去后再施工；加强对施工人员的环保意识培养。 |
| | 生态修复 | 建议结合汕尾市沿岸海域生态保护要求，推荐多样化的生态修复措施，包括渔业资源增殖放流等。具体修复方案与相关主管部门协商确定。 |
| 环境风险防范措 | 极端天气风险防范 | 暂停作业，指定预案，提前预判，应急联动 |
| | 配备应急物资 | 船舶要配备适量的化学消油剂、吸油剂等物资 |
| | 区域联动 | 制定应急预案，加强与周边相关部门的应急联动 |
| 大气污染防治 | 控制污染源 | 应使用硫含量不大于 0.5% _{m/m} 的船用燃油；船舶可使用清洁能源、新能源、车载蓄电装置或尾气后处理等替代措施满足船舶排放控制要求。 |
| 声环境污染防治 | 加强维护管理 | 对船舶做好管理、保养和维护 |

9 政策及规划相符性分析

9.1 产业政策相符性分析

本项目为海砂开采项目，根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，属于鼓励类、限制类和淘汰类之外且符合国家有关法律、法规和政策规定的项目，为允许建设类项目。

根据《市场准入负面清单（2025 年版）》（发改体改规〔2025〕466 号），本项目不属于“禁止准入类”，属于“许可准入类”中“16 未获得许可或相关资格，不得从事矿产资源的勘查开采、生产经营及对外合作”。对许可准入事项，地方各级政府要公开法律法规依据、技术标准、许可要求、办理流程、办理时限，制定市场准入服务规程，由经营主体按照规定的条件和方式合规进入。在开采之前，采砂单位将依法申请采矿权审批，确保企业具备合法采矿的资格。因此，该项目符合《市场准入负面清单（2025 年版）》的相关规定。

综合分析，本项目的建设符合产业政策要求。

9.2 与“三区三线”的相符性分析

自然资源部办公厅于 2022 年 10 月 14 日发布的《关于北京等省（区、市）启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》（自然资办函〔2022〕2207 号）中表示，“广东省完成了‘三区三线’划定工作，划定成果符合质检要求，从即日起正式启用，作为建设项目用地用海组卷报批的依据”。

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）》（自然资发〔2022〕142 号），生态保护红线是国土空间规划中的重要管控边界，生态保护红线内自然保护地核心保护区外，禁止开发性、生产性建设活动，在符合法律法规的前提下，仅允许该文件中明确的 10 类对生态功能不造成破坏的有限人为活动。

根据表 9.2-1 项目与“三区三线”中的生态保护红线位置关系表与图 9.2-1 项目与“三区三线”中的生态保护红线位置关系叠图情况可知，项目不位于生态保护红线区内。与最近的生态红线碣石湾海马珍稀濒危物种分布区距离约 5.6km。

表 9.2-1 项目与“三区三线”中的生态保护红线位置关系表

| 序号 | 项目周边生态保护红线 | 与本项目的位关系、最近距离 |
|----|--------------------|---------------|
| 1 | 遮浪南重要渔业资源产卵场 | 西南侧，约 13.6km |
| 2 | 乌坎港上海村海岸防护物理防护极重要区 | 北侧，约 16.8km |

| 序号 | 项目周边生态保护红线 | 与本项目的位关系、最近距离 |
|----|-----------------------|---------------|
| 3 | 碣石湾长毛对虾重要渔业资源产卵场 | 西北侧，约 8.9km |
| 4 | 粤东沿海丘陵平原水土保持生态保护红线 | 西北侧，约 14.3km |
| 5 | 金厢镇山门村海岸防护物理防护极重要区 | 北侧，约 17.8km |
| 6 | 施公寮海岸防护物理防护极重要区 | 西侧，约 15.2km |
| 7 | 大湖镇湖仔村海岸防护物理防护极重要区 | 西北侧，约 18.4km |
| 8 | 金厢海岸防护物理防护极重要区 | 东北侧，约 11.8km |
| 9 | 金厢重要渔业资源产卵场 | 北侧，约 10.1km |
| 10 | 遮浪半岛海岸侵蚀极脆弱区 | 西南侧，约 14.0km |
| 11 | 遮浪长沟村海岸防护物理防护极重要区 | 西侧，约 14.6km |
| 12 | 遮浪重要滩涂及浅海水域 | 西侧，约 14.4km |
| 13 | 广东遮浪半岛国家海洋自然公园 | 西南侧，约 12.8km |
| 14 | 汕尾海丰鸟类地方级自然保护区 | 西北侧，约 15.9km |
| 15 | 汕尾红海湾遮浪角东人工鱼礁地方级自然保护区 | 西南侧，约 9.9km |
| 16 | 碣石湾海马珍稀濒危物种分布区 | 南侧，约 5.6km |

根据《关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》（以下简称“《通知》”），该《通知》对生态保护红线范围内有限人为活动的范围和要求、历史遗留问题、用地审批程序、严格管控措施、生态保护红线调整等关键内容作出了明确要求，本项目位于生态保护红线范围外，与周边最近的海洋生态红线区距离也在 5.6km 以上，项目所在区域允许进行采砂活动；此外，本项目采砂过程产生的悬浮泥沙不会扩散至生态保护红线，同时严格按照环评报告及相关行业要求中提出的环保措施，可确保工程施工对海洋环境的影响程度降到最低。因此，项目建设符合“三区三线”的相关要求。

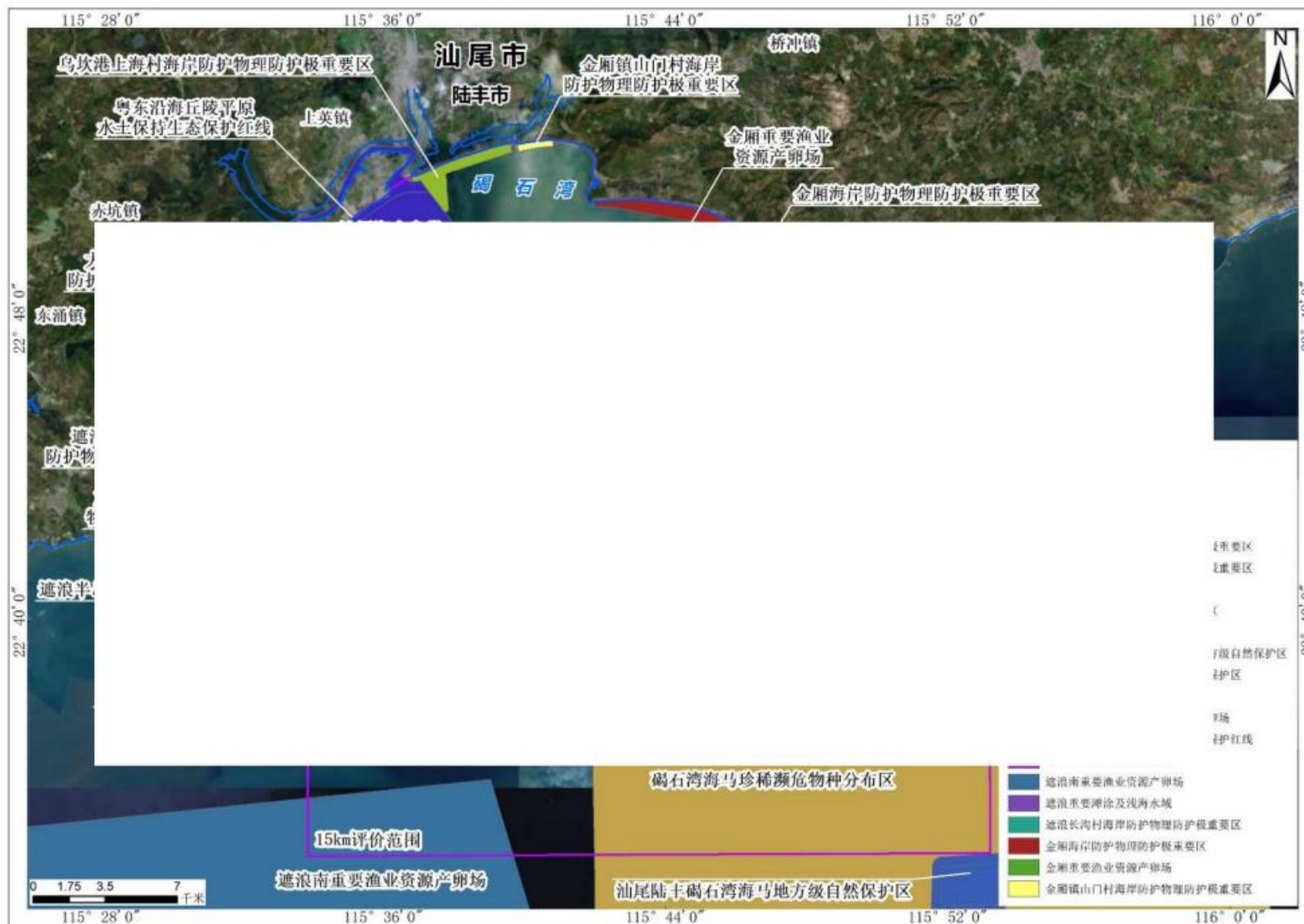


图 9.2-1 项目与“三区三线”中的生态保护红线位置叠图

9.3 与省、市“三线一单”的相符性分析

9.3.1 与《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》的相符性分析

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》，落实生态保护红线，环境质量底线、资源利用上线，广东省人民政府于2020年发布了《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），确定了生态环境准入清单。

(1) 与生态保护红线及一般生产空间符合性分析

广东省环境管控单元划分为优先保护单元、重点管控单元和一般管控单元三类。

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。

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。

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。

项目位于“海域环境管控单元”中的“一般管控单元”，详见图 9.3.1-1。海砂开采过程严格按照本报告书建议的开采强度和开采总量依法采砂，防止越界开采、超量开采、超强度开采。

项目的建设满足一般管控单元的总管控要求。按照“省三线一单”要求，一般生态空间后续与发布的生态保护红线进行衔接。通过将项目与“三区三线”中的生态保护红线叠加图件分析，本项目不位于生态保护红线范围，详见图 9.2-1。根据前述章节分析，项目建设符合“三区三线”的相关要求。

在对海砂进行合理开采的前提下，本项目的实施在社会供需矛盾、社会能源危机和采砂规范化管理等一系列社会问题的解决上具有不同程度的促进作用，且对自然资源的开发带来可观的经济价值。

本项目的采砂工艺和设备基本符合清洁生产要求。采砂过程中会对环境产生一定的影响，但在采取相应的环保措施后，其对环境的影响是可以接受的，且采砂作业结束后，对周围环境的影响短期内可以结束；采砂活动对周边的海洋开发活动、功能区和环境敏感目标影响较小。

项目施工期环境风险主要有船舶溢油风险、自然灾害、意外事故等导致的环境

风险，但这些风险都可以通过执行必要的防护措施、制定应急预案、加强监测等方法来避免或者减弱影响。

综上所述，本项目建设对区域生态环境有一定影响，但项目不涉及大规模、高强度的工业和城镇建设，建设后有利于规范我省采砂行业，实现经济社会的可持续发展。经分析，项目建设对周边海域的水动力环境、地形地貌与冲淤环境和生态环境影响较小，基本不会对所在海域产生严重影响，不存在潜在的、重大的安全和环境风险，能确保生态功能不降低。

因此，本项目符合生态保护红线及一般生态空间的要求。

(2) 与环境质量底线符合性分析

项目海砂分选溢流水通过水下溢流口进行排放，舱底含油废水由船舶含油污水收集设施统一收集后有处理能力的单位接收处理；船舶生活污水由船载生活污水处理设施处理后，在满足《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的要求的前提下排放。船舶生活垃圾收集上岸后，由环卫部门统一清运处理。本项目废水、废气、噪声通过各项治理设施治理后均能达标排放，固废有合理可行的处置措施。

因此，只要采砂单位切实做好各项环保措施，项目产生的“三废”经处理后均能达标排放，本项目污染物排放基本不会改变区域环境功能区要求，不会对区域环境质量底线造成冲击。

(3) 资源利用上线

本项目位于海域，不涉及占用基本农田和耕地，土地资源消耗符合要求。项目不属于高能耗、高污染项目，不涉及岸线，资源消耗量相对区域资源利用总量较少。

综上所述，项目建设不会突破当地的资源利用上线。

(4) 环境准入负面清单

本项目为海砂开采项目，不涉及炸岛及围填海行为，不在海上建设永久性水工构筑物。根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，属于鼓励类、限制类和淘汰类之外且符合国家有关法律、法规和政策规定的项目，为允许建设类项目。根据《市场准入负面清单（2025 年版）》（发改体改规〔2025〕466 号），项目不属于禁止准入类，属于许可准入类项目，采砂单位按照政府规定的条件和方式合规进入。

综合分析，本项目的建设符合产业政策要求。



图 9.3.1-1 广东省环境管控单元与本项目位置叠加示意图

9.3.2 与《汕尾市“三线一单”生态环境分区管控方案（修订版）》的相符性分析

根据《汕尾市“三线一单”生态环境分区管控方案（修订版）》（汕环〔2024〕154号），项目位于珠海-潮州近海农渔业区（汕尾范围）一般管控单元（编码HY44150030007），详见图9.3.2-1。项目与所在管控单元的管控要求相符性分析见下表9.3.2-1。

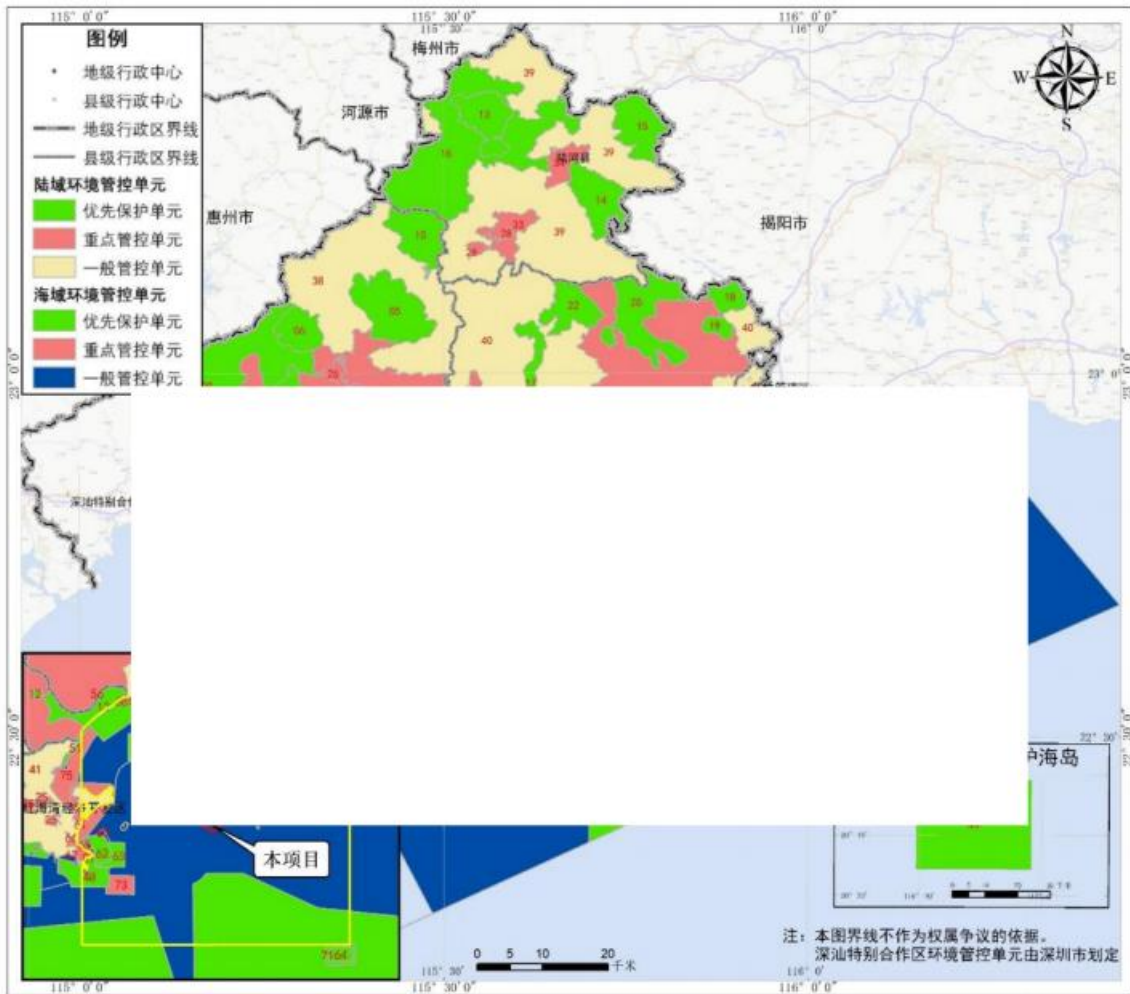


图 9.3.2-1 本项目位置与汕尾市环境管控单元叠图

表 9.3.2-1 项目与所在管控单元的管控要求相符性分析

| 管控单元 | 管控要求 | 项目情况 | 相符性 |
|----------------------------------|---|---|-----|
| 珠海-潮州近海农渔业区（汕尾范围）（HY44150030007） | 区域布局管控 1-1.以保护海洋生态为前提，合理保障渔业用海，交通运输、旅游、核电、海洋能、矿产、倾废、海底管线及保护区等用海需求。 1-2.保护重要渔业品种的产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道。 | 1-2.本项目为固体矿产开采用海，符合用海需求； 1-2. 项目拟对造成的海洋生态损失进行生态修复等措施，将其可能产生的生态环境影响降至最低，保护海洋渔业资源。 | 相符 |

| 管控单元 | 管控要求 | | 项目情况 | 相符性 |
|---------|---|--|------------|-----|
| 能源资源利用 | 2-1.严格控制近海捕捞强度，严格执行伏季休渔制度和捕捞业准入制度。 | | 项目不涉及捕捞作业。 | 相符 |
| 污染物排放管控 | 3-1.海水养殖应当科学确定养殖密度，并应当合理投饵、施肥，正确使用药物，防止造成海洋环境的污染。不得将海上养殖生产、生活废弃物弃置海域。 | | 项目不涉及海水养殖。 | 相符 |
| 环境风险防控 | / | | / | / |

综上所述，项目建设符合“市三线一单”的管理要求。

9.4 与国土空间规划的相符性分析

9.4.1 与《广东省国土空间规划（2021-2035）》的相符性分析

根据《广东省国土空间规划（2021-2035）》，海洋空间规划分区为：海洋生态保护红线、海洋生态保护空间、海洋开发利用空间。本项目位于海洋开发利用空间（详见图 9.4.1-1）。

根据《广东省国土空间规划（2021-2035）》，实施海域分区管理。坚持生态用海、集约用海，陆海协同划定海洋“两空间内部一红线”。在海洋生态空间内划设海洋生态保护红线，加强海洋生态保护区和生态控制区的保护。在海洋开发利用空间内统筹安排渔业、工矿通信、交通运输、游憩、特殊用海区和海洋预留区，按分区明确空间准入、利用方式、生态保护等方面的管控要求。海洋预留区要保障规划期内国家重大用海需求，严格控制其他开发利用活动。合理布局海洋倾倒区，严格海洋倾废监管。

本项目属于海砂开采项目，矿区选址位于海洋开发利用空间，属于在海洋开发利用空间内统筹安排的工矿通信用海。在采砂过程中，项目将严格控制采砂范围，合理控制采砂强度，项目海砂分选溢流水通过海面下 2m 左右的溢流口进行排放，船舶含油废水由船舶含油污水收集设施统一收集上岸后，由有处理能力的单位接收处理。船舶生活污水经船载生活污水处理设施处理后，在满足《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的要求的前提下排放。船舶生活垃圾收集上岸后，由环卫部门统一清运处理。

综上，本项目的建设符合《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》的相关要求。



图 9.4.1-1 项目位置与广东省国土空间规划叠图

9.4.2 与《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》相符性分析

《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》（以下简称《规划》）是国土空间规划的重要专项规划，是一定时期省域国土空间生态修复任务的总纲和空间指引，是实施国土空间生态保护修复的重要依据。《规划》以筑牢生态安全屏障，构建具有全球意义的生物多样性保护网络和支撑高质量发展为愿景，着力将广东建设成为“全球生物多样性保护实践区，我国山水林田湖草沙系统治理示范区，人与自然和谐共生现代化先行区”，推进国土空间的生态保护、修复与价值转换。

《规划》提出，以河口海湾为重点，保护修复海洋生态系统。坚持陆海统筹，以海岸线为轴，串联重要河口、海湾和海岛，以美丽海湾建设为重要抓手，以万亩级红树林示范区建设为重点，加强典型生态系统保护修复、海洋生物多样性保护、生态海堤与沿海防护林体系建设，打造具有海岸生态多样性保护和防灾减灾功能的蓝色海岸带生态屏障。

根据项目位置与广东省重要生态系统生态保护和修复布局叠图，本项目位于“红海湾—碣石湾滨海湿地保护修复”单元，详见图 9.4.2-1。该单元的生态修复任

务：退塘营造红树林，修复现有红树林湿地，提升鸟类栖息地质量，最大程度恢复黄江河口、大湖、白沙湖湿地公园、海丰国际滨海湿地生态系统结构和功能。建设生态化海堤，整治修复砂质岸线，开展湾内清淤疏浚，完善岸基防风林体系，提升海湾防灾减灾能力。控制陆源入海污染物，恢复螺河口生态系统结构和功能。

本项目不涉及炸岛及捕捞活动，不在海上建设永久性水工构筑物。悬浮泥沙增量主要集中于采砂点附近，影响范围有限，所产生的影响是暂时和局部的，加之悬浮泥沙具有一定的沉降性能，随着采砂作业的结束，悬浮泥沙将慢慢沉降，项目所在海域水质的会逐渐恢复原有的水平。这种影响持续于整个采砂过程，但采砂结束后即消失，基本不会对所在海域的水生生物资源造成长期、累积的不良影响。

综上分析，在对项目矿区开展有序采砂后，只要落实有效的生态保护措施，采砂过程基本不会对项目及其附近海域环境产生不良的影响，基本不会影响到“红海湾—碣石湾滨海湿地保护修复”单元各项目生态修复任务的实施。

因此，本项目建设符合《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》的规划要求。

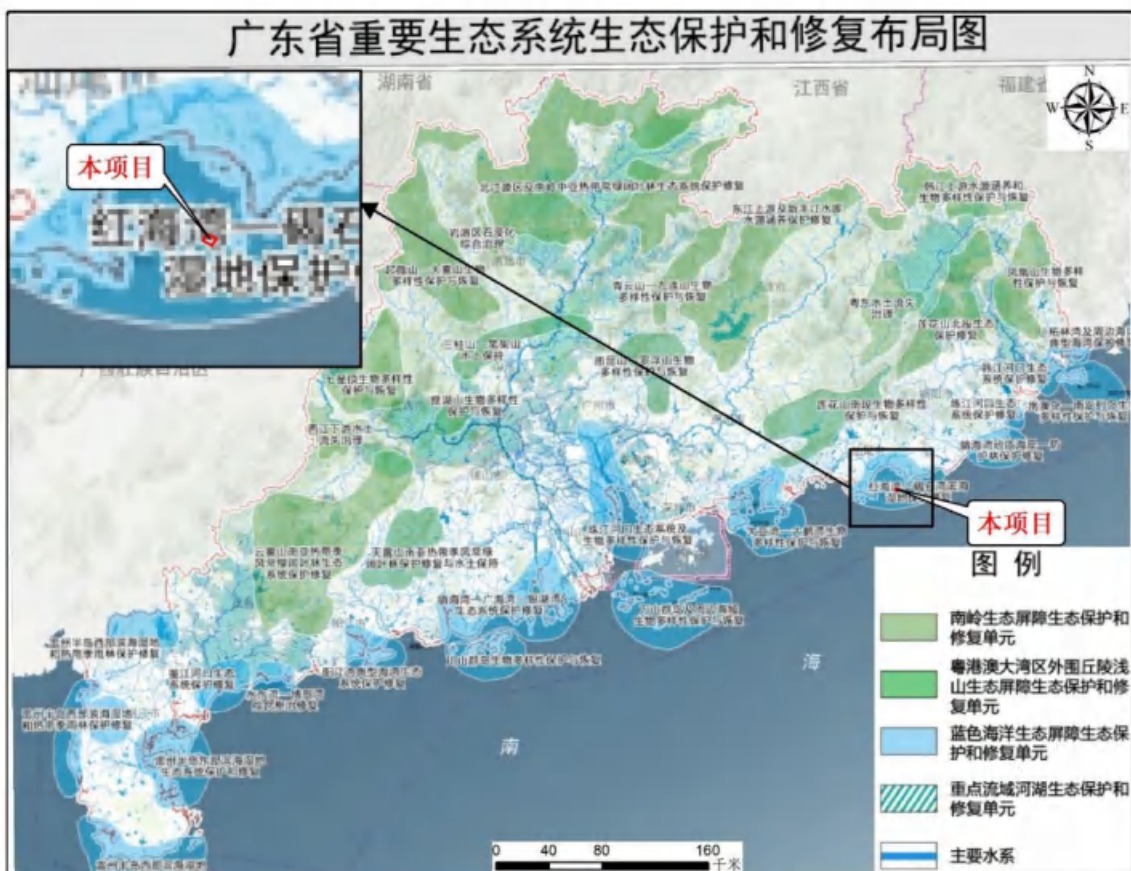


图 9.4.2-1 项目位置与广东省重要生态系统生态保护和修复布局叠图

9.4.3 与《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》的相符性分析

《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》（以下简称《省海岸带规划》）是国土空间规划体系下的专项规划，是对《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》的补充与细化，在国土空间总体规划确定的主体功能定位及规划分区基础上，统筹协调海岸带资源节约集约利用、生态保护修复、产业布局优化、人居环境品质提升等开发保护活动，有效传导至市级国土空间总体规划和海岸带专项规划，指导海岸带地区国土空间精细化管理。

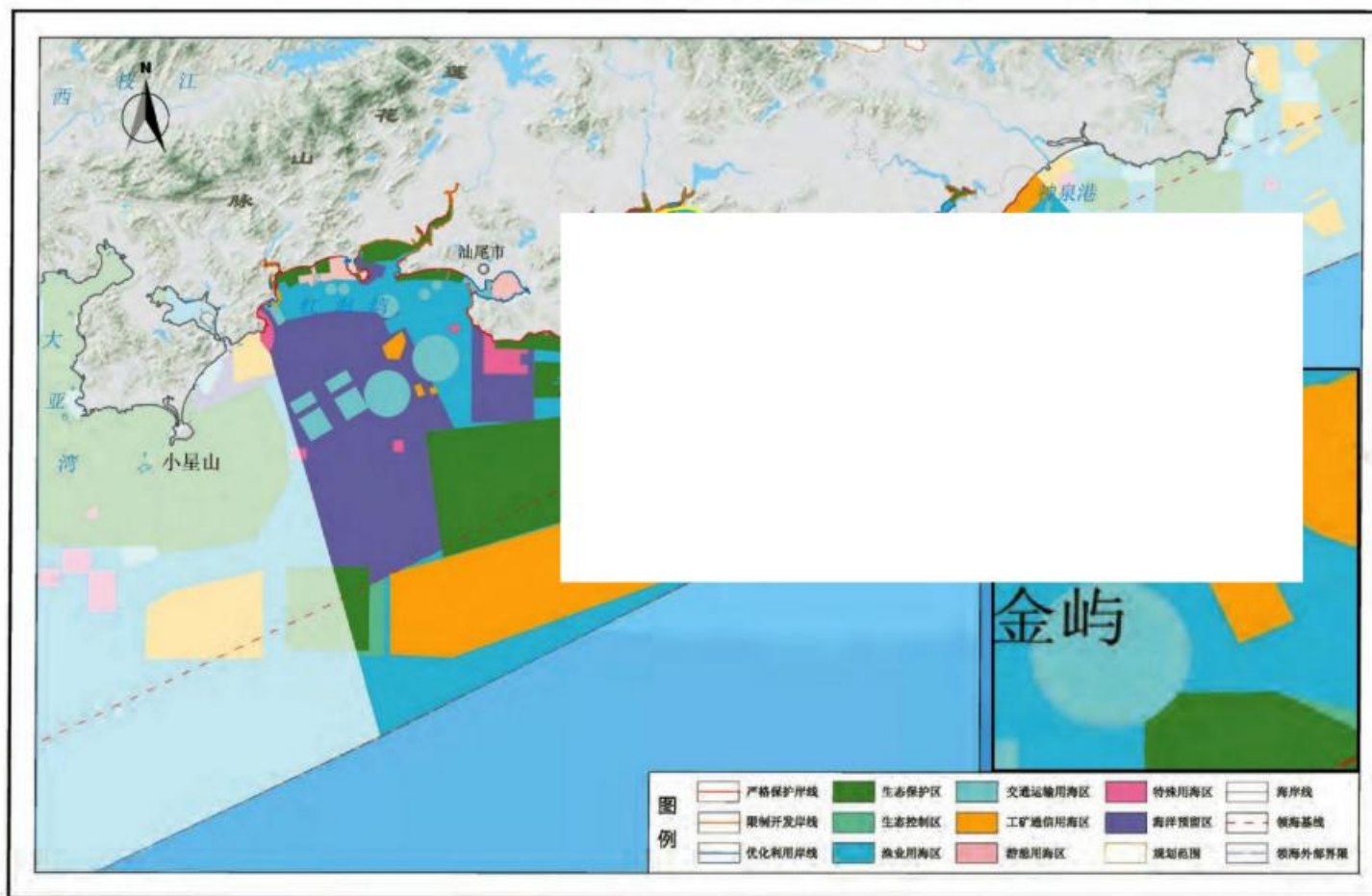
《省海岸带规划》承接《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》空间布局和沿海县主体功能定位，依据海岸带资源禀赋、生态功能、环境现状和经济社会发展需求，细化海洋生态保护区、海洋生态控制区和海洋发展区，明确海洋功能区管理要求，作为用途管控依据。其中的海洋发展区是海洋开发利用活动集中分布区，总面积 44072.07 平方千米，占海域面积的 67.99%，结合资源禀赋特征、国家重大项目实施要求和地方发展实际需求，将海洋发展区进一步细分为渔业用海区、交通运输用海区、工矿通信用海区、游憩用海区、特殊用海区和海洋预留区。

《省海岸带规划》将全省大陆海岸线划分为严格保护岸线、限制开发岸线和优化利用岸线三类，对海岸线及其两侧空间实行分类分段精细化管理。其中的优化利用岸线为沿海地区产业优化升级提供空间，应统筹规划、集中布局确需占用海岸线的建设项目，减少对海岸线资源的占用，提高海岸线利用效率，推动海域资源利用方式向集约化转变。提高海岸线利用的生态门槛和产业准入门槛，禁止新增产能严重过剩以及高污染、高耗能、高排放项目用海。优先支持海洋战略性新兴产业、绿色环保产业、现代海洋渔业、循环经济产业发展和重大产业平台、海洋产业园建设用海。

根据项目位置与广东省海岸带分区发展及管控规划图叠图，项目位于碣石湾工矿通信用海区，不涉及岸线，详见图 9.4.3-1。管控要求见图 9.4.3-2。本项目与广东省海岸带及海洋空间规划功能区的符合性分析详见表 9.4.3-1。

本项目建设符合《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》的管控要求。

广东省海岸带分区发展及管控规划图-大红海湾区



审图号：粤S（2025）008号

比例尺1:300000（高斯-克吕格投影，标准纬线为30°）

广东省自然资源厅 编制
2025年1月

图 9.4.3-1 项目位置与广东省海岸带分区发展及管控规划图叠图

序号: [679]

| | | | | | | | |
|---------------|-----------|---|-----|----|--|---|---|
| 名称 | | 碣石湾工矿通信用海区 | | 代码 | 630-056 | | 功能区位置图  |
| 分区类型 | | 工矿通信用海区 | | 位置 | 经度: 115° 42' 6.725" E 纬度: 22° 42' 10.968" N | | |
| 地理范围 | | 碣石湾中部海域 | | | | | |
| 空间资源现状 | 岸线长度(千米) | 0 | | | | | |
| | 潮间带面积(公顷) | 0 | | | | | |
| | 海域面积(公顷) | 2393.5164 | | | | | |
| | 海岛数量(个) | 有居民海岛 | 0 | | 无居民海岛 | 0 | |
| 开发利用现状 | | 区内有海砂开采活动。 | | | | | |
| 岸线类型 | 严格保护岸段 | 位置 (岸段序号) | --- | | 长度 (千米) | 0 | |
| | 限制开发岸段 | | --- | | | 0 | |
| | 优化利用岸段 | | --- | | | 0 | |
| 有居民海岛主体功能 | | --- | | | | | |
| 无居民海岛 (名称) | 生态保护区内 | --- | | | | | |
| | 生态控制区内 | --- | | | | | |
| | 海洋发展区内 | --- | | | | | |
| 管控要求 | 空间准入 | 1. 允许固体矿产等用海; 2. 在开发利用前可兼容开放式养殖等增养殖用海, 游乐场等文体休闲娱乐用海。 | | | | | |
| | 利用方式 | 1. 严格限制改变海域自然属性; 2. 不得妨碍海上交通及海底电缆管道的安全。 | | | | | |
| | 保护要求 | 海上矿产开发利用过程中应加强对海底地形和潮流水动力等海洋生态环境特征的监测。 | | | | | |
| | 其他要求 | 加强海啸灾害防范。 | | | | | |

图 9.4.3-2 广东省海岸带及海洋空间规划功能区登记表 (节选)

表 9.4.3-1 项目与广东省海岸带及海洋空间规划功能区的符合性分析

| 名称 | 管控要求 | | 符合性分析 | 是否符合 |
|------------------------|----------|--|---|------|
| 碣石湾工 矿通 信用 海区 | 空间准 入 | 1.允许固体矿产等用海； 2.在开发利用前可兼容开放式养殖等增养殖用海，游乐场等文体休闲娱乐用海。 | 本项目为海砂开采项目，符合用海需求。 | 符合 |
| | 利用方 式 | 1.严格限制改变海域自然属性； 2.不得妨碍海上交通及海底电缆管道的安全。 | 本项目为海砂开采项目，不会改变海域自然属性；从通航安全角度考虑，项目选址合理，建设规模与水域通航环境相适应，对通航安全的影响可控。 | 符合 |
| | 保护要 求 | 海上矿产开发利用过程中应加强对海底地形和潮流水动力等海洋生态环境特征的监测。 | 项目按规定开展海洋生态环境特征的监测工作。 | 符合 |
| | 其他要 求 | 加强海啸灾害防范。 | 本项目制定海洋灾害应急预案，提前预判海洋灾害风险，建立跨部门应急联动机制，保符合 | 符合 |

9.4.4 与《汕尾市国土空间总体规划（2021-2035）》的相符性分析

根据《汕尾省国土空间总体规划（2021-2035）》（报批稿）第 36 条优化海洋空间保护利用分区：坚持陆海统筹、生态优先、协调发展，衔接省级国土空间总体规划和海岸带专项规划，在汕尾市海域划定生态保护区、生态控制区和海洋发展区，促进陆海协调及人海和谐共生，保障区域高质量发展和人民高品质生活所需的海洋空间，见图 9.4.4-1。在海洋发展区内，进一步细化功能分区，统筹安排工矿通信用海、交通运输用海、游憩用海、渔业用海、特殊用海等用海区和海洋预留区。

根据《汕尾省国土空间总体规划（2021-2035）》对矿产资源管控要求如下：坚持生态优先，发展绿色矿业理念，优先开展钨锡铜、地热矿泉水地质勘查，适度开发利用建筑石料、海砂，禁止开采煤矿及砖瓦用粘土。规范市级管理权限非金属矿产和水气矿产的开发管理，对采石场实行采矿权总量控制，地热、矿泉水应根据资源条件合理开采，以项目为单元实行日允许开采量控制，地热开采等严格执行建设项目水资源论证制度和取水许可制度。做好汕尾市辖区内海砂资源开发利用，支持粤港澳大湾区基础设施建设的海砂供应。

本项目属于海砂开采项目，建设后可支持粤港澳大湾区基础设施建设的海砂供应。在采砂过程中，项目将严格控制采砂范围，合理控制采砂强度，项目海砂分选溢流水通过海面下 2m 左右的溢流口进行排放，船舶含油废水由船舶含油污水收集设施统一收集上岸后，由有处理能力的单位接收处理；船舶生活污水经船载生活污

水处理设施处理后，在满足《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的要求的前提下排放。船舶生活垃圾收集上岸后，由环卫部门统一清运处理。

综上，本项目的选址及实施符合《汕尾市省国土空间规划（2021-2035年）》的相关要求。

汕尾市国土空间总体规划（2021-2035年）

32 海洋功能分区图

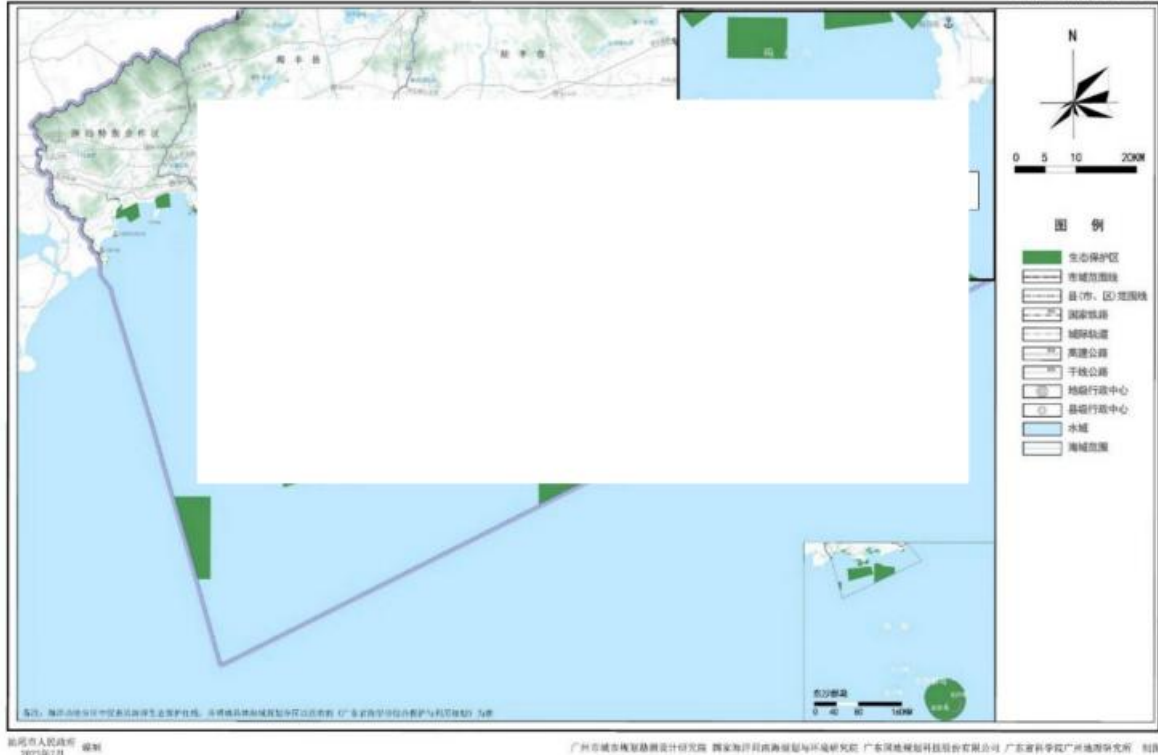


图 9.4.4-1 项目位置与汕尾市国土空间规划叠图

9.5 与相关规划相符性分析

9.5.1 与《广东省近岸海域环境功能区划》的相符性分析

为了保护和改善广东省海洋生态环境，防止海洋环境污染，保证沿海地区经济发展战略的实施和社会、经济、环境协调发展及海洋资源的永续利用，广东省于1999年制定了《广东省近岸海域环境功能区划》，该功能区划主要适用于广东省管辖的近岸海域。

根据汕尾市近岸海域环境功能区划图（图 9.5.1-1），项目所在位置为一类功能区，项目海砂开采过程将对项目所在近岸海域环境功能区划的生态环境产生一定的影响，为降低项目海砂开采过程对项目所在近岸海域环境功能区划的影响，在采砂过程中，项目将严格控制采砂范围，合理控制采砂强度，原砂经分选得到海砂产品后，剩余含细砂（小于 0.063mm 粒径砂）及淤泥的海水，经位于海面以下约 2m 左

右的溢流口溢流回采砂区，施工船舶含油污水统一收集交由有处理能力的单位处理，船舶生活污水经车载生活污水处理设施处理后，在满足《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的要求的前提下排放；开采期拟对项目所在海域进行跟踪监测，则可将项目可能对近岸海域环境功能区划造成的环境影响降至最低。

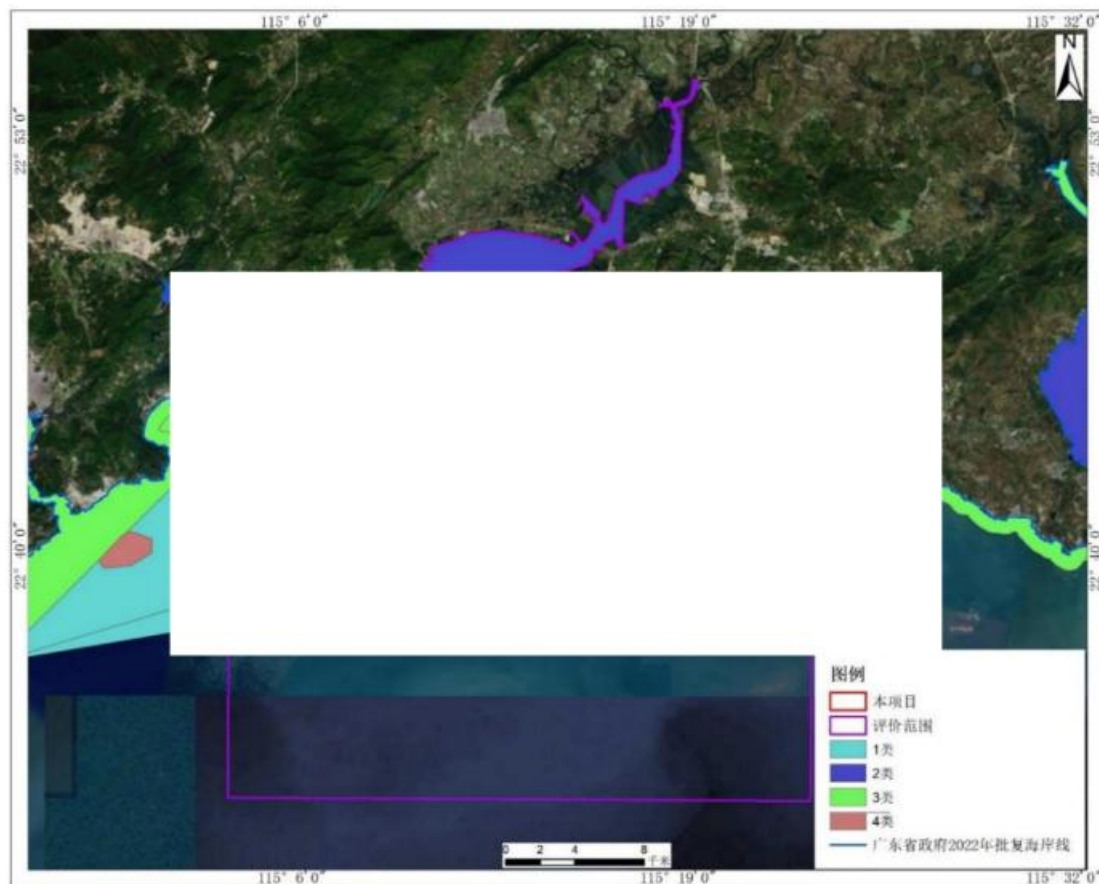


图 9.5.1-1 项目位置与汕尾市近岸海域功能区划叠图

本项目为海砂开采项目，对近岸海域环境功能区划的影响是暂时的，且项目在海砂开采期将会采取一定的污染防治措施和生态环境保护措施，因此项目的建设符合《广东省近岸海域环境功能区划》。

9.5.2 与《广东省生态环境保护“十四五”规划》的相符性分析

2021年11月，广东省生态环境厅印发《广东省生态环境保护“十四五”规划》，规划立足新发展阶段、贯彻新发展理念、构建新发展格局，围绕美丽广东建设的宏伟蓝图，坚持战略引领，以“推动全省生态环境保护和绿色低碳发展走在全国前列、创造新的辉煌”为总目标，坚持“以高水平保护推动高质量发展为主线，以协同推进减污降碳为抓手，深入打好污染防治攻坚战，统筹山水林田湖草沙系统治理，加快推进生态环境治理体系和治理能力现代化”的总体思路，着眼长远、把握大势，

系统谋划“十四五”时期全省生态环境保护工作的指导思想、基本原则、主要目标、重点任务和政策措施，奋力开创广东生态环境保护新局面，推动生态文明建设取得新进步。是“十四五”时期统筹推进我省生态环境保护工作的重要依据和行动指南。

规划提出，按照贯通陆海污染防治和生态保护的总要求，以美丽海湾建设为目标，全面加大近岸海域污染防治力度，强化陆海生态保护的统筹联动，打造“水清滩净、鱼鸥翔集、人海和谐”的美丽海湾。

海砂开采过程中难以避免会导致水体中悬浮泥沙含量增大，开采期会影响海水水质，导致其使用功能下降。但海砂开采也是合理开发汕尾海域的砂矿资源，在不危害毗邻堤岸的安全、不影响汕尾沿岸港口发展、海上交通安全和海洋生态环境的前提下，海砂开采活动是所在功能区管理要求所允许的。海砂开采在一定程度上导致底栖生境受到破坏，会带来相当数量的底栖生物的损失，这可以通过各种生态补偿方式进行恢复补偿。此外，采砂引起的悬浮物扩散还能够引起浮游动植物、游泳生物和仔稚鱼生物的损失，这可以通过在主要生物品种的繁殖和产卵期控制开采强度以达到减少损失的目的。采砂结束以后，还可通过人工放养促进渔业资源的恢复。

通过上述分析证明，项目可以在该海域进行适当的海砂开采作业。在海砂资源开发利用过程中，应将可能产生的影响控制在可以接受的范围内，并采取渔业资源补偿措施，尽量降低其对海洋渔业造成的损害。采砂活动属于不改变海域属性的用海方式，采砂产生的悬浮物对水质的影响主要在采砂施工期间。采砂结束后，通过生态修复等措施，海洋生态环境能够得到逐步恢复，不会受到长期、不可逆的破坏。

因此，本项目建设符合《广东省生态环境保护“十四五”规划》的要求。

9.5.3 与《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》的相符性分析

《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》提出：“深化船舶水污染物治理；推进海洋垃圾治理；加强海洋环境风险源头防控；建立健全海洋环境应急响应体系。”

本项目为海砂开采项目，在采砂过程中，项目将严格控制采砂范围，合理控制采砂强度，原砂经分选得到海砂产品后，剩余含细砂（小于 0.063mm 粒级砂）及淤泥的海水，经位于海面以下约 2m 左右的溢流口溢流回采砂区，船舶含油废水由船舶含油污水收集设施统一收集后交由有处理能力的单位收运处理；船舶生活污水经船载生活污水处理设施处理后，在满足《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-

2018) 的要求的前提下排放。船舶生活垃圾收集上岸后, 由环卫部门统一清运处理。本项目海砂开采期存在船舶溢油环境风险, 报告书已提出了针对性风险防范措施和环境应急预案编制, 定期开展应急演练的要求, 符合从海洋环境风险源头防控, 建立健全海洋环境应急响应体系的要求。

综上所述, 项目的建设符合《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》的要求。

9.5.4 与《广东省海洋经济发展“十四五”规划》的相符性分析

2021 年 10 月, 广东省人民政府印发《广东省海洋经济发展“十四五”规划》。该规划是指导“十四五”时期广东海洋经济发展的专项规划, 规划范围包括广东省全部海域和广州、深圳、珠海、汕头、佛山、惠州、汕尾、东莞、中山、江门、阳江、湛江、茂名、潮州、揭阳 15 个市所属陆域, 海域 41.9 万平方千米, 陆域 8.8 万平方千米, 规划期为 2021 至 2025 年, 展望到 2035 年。

规划要求, 优化开发近海海域空间。领海外部界线至-500 米等深线间的区域是实施海洋经济综合开发的重要区域。加大海洋矿产和珠江口盆地油气资源勘探和开采力度, 积极发展海上风电、波浪能、潮汐能等清洁能源, 完善深水航道安全监管, 保障深水航道航行安全。

规划提出, 高效率利用海洋自然资源, 持续推进海洋资源科学配置。发挥市场在资源配置中的决定性作用。建立和培育海洋资源产权交易市场。完善全民所有海洋资源资产出让、租赁、作价出资政策。健全海砂、无居民海岛和养殖用海等海洋资源使用权招拍挂制度。建立涵盖海洋资源资产等在内的全省自然资源统一交易平台。链接供需信息。完善资格认定、价值评估、信用赋予、交易鉴证等服务。更好地发挥政府作用。健全市场监测监管和调控机制。推进海洋资源市场健康有序发展。

随着生态文明建设的大力推进, 国家进一步加大力度对违规违法开采海砂的管制, 同时广东将不断强化沿海经济带产业支撑, 提升沿海经济带与珠三角地区通达水平, 着力打造东西两翼新增长极, 将沿海经济带建设成为新时代广东发展主战场。作为重要回填原料的海砂资源的市场需求将进一步扩大, 所以目前海砂开采的市场前景良好。

本项目为科学、合理、合法的海砂开采, 可以减少海砂私采、盗采、乱采活动, 实现海砂资源的可持续利用。在对海砂进行合理开采的前提下, 本项目的实施在社

会供需矛盾、社会能源危机和采砂规范化管理等一系列社会问题的解决上具有不同程度的促进作用，且对自然资源的开发带来可观的经济价值，对当地经济发展起到促进作用。

因此，项目建设符合《广东省海洋经济发展“十四五”规划》关于高效率利用海洋自然资源，加大海洋矿产开采力度的要求。

9.5.5 与《广东省自然资源保护与开发“十四五”规划》的相符性分析

《广东省自然资源保护与开发“十四五”规划》是指导“十四五”时期全省土地、海洋、森林、矿产、湿地等自然资源保护与开发工作的指导性、纲领性文件。规划提出了 9 项重大工程，系统推进自然资源高水平保护高效率利用，全力支撑全省高质量发展。

规划要求科学划定生态保护红线。按照依据科学、实事求是、应划尽划、不预设比例的原则划定生态保护红线，形成陆海生态保护红线“一张图”，确保陆域和海域生态保护红线面积不低于 5 万平方千米。优化海域资源配置方式，严格用海控制指标，推进海域混合分层利用，盘活闲置低效用海，不断提高海域资源节约集约利用水平。

规划提出，推进矿产开发规模化产业化。发挥大中型国有企业龙头作用，推进相邻小型矿山整合，引领矿产资源规模开发和产业集聚发展。优化矿业产业结构，制定矿产资源勘查开采深加工产业结构目录，加大装备制造业、高新技术产业所需新材料和能源、交通、信息等基础设施建设所需原材料的开发利用，延伸矿业产业链。鼓励大中型矿山企业发展资源精深加工项目，对接支柱产业、新兴产业集群，进一步提升矿业产品附加值。持续加强砂石资源供应保障，推进建筑石料和海砂资源有序投放，建设一批建筑石料生产基地，提高机制砂产能。

本项目为海砂开采项目，根据前文中相关规划分析结果可知，项目不位于生态保护红线内，符合生态保护红线的要求；项目位于广阔海域，不占用岸线，项目的建设仅会对工程附近海域产生一定的影响。项目施工过程中将严格采取相应的污染防治和海洋生态环境保护措施，对周边环境造成的影响在可接受范围内。

综上分析，项目的建设符合《广东省自然资源保护与开发“十四五”规划》的要求。

9.5.6 与《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》的相符性分析

为深入贯彻习近平总书记对广东系列重要讲话和重要指示批示精神，2021 年 1 月 26 日省十三届人大四次会议审议批准《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》（以下简称《省十四五规划》），重点明确“十四五”时期（2021-2025 年）广东经济社会发展的指导思想、基本原则、发展目标、发展要求，谋划重大战略，部署重大任务，并对 2035 年远景目标进行展望，是战略性、宏观性、政策性规划，是政府履行经济调节、市场监管、社会管理、公共服务和生态环境保护职能的重要依据，是未来五年广东省经济社会发展的宏伟蓝图和全省人民共同的行动纲领。

《省十四五规划》要求，统筹岸线近海深远海开发利用。优化“六湾区一半岛”海洋空间功能布局，推动集中集约用海，促进海岛分类保护利用，引导海洋产业集聚发展。聚焦近海向陆区域，合理开展能源开发和资源利用，重点发展现代海洋渔业、滨海旅游、海洋油气、海洋交通运输等产业，加大海洋矿产和珠江口盆地油气资源勘探和开采力度。大力拓展深远海空间，加大深海油气资源勘探开发力度和深海矿产资源勘查，建设深海矿产资源基地及南海开发保障基地。推行资源有偿使用和生态保护补偿机制。完善资源环境价格机制，将生态环境成本纳入经济运行成本。完善土地、矿产资源、海域海岛等自然资源有偿使用制度，强化环境保护、节能减排降碳约束性指标管理，推进用水权、用能权、排污权、碳排放权市场化交易。

根据《省十四五规划》，“十四五”时期安排新型基础设施、重大产业集群、现代服务业、综合交通运输、现代能源、现代水利、新型城镇化与区域融合发展、农业农村、生态文明、民生保障等十大领域重大项目工程包，“十四五”期间投资 5 万亿元左右。上述项目建设需要大量的海砂资源，本项目为深海矿产资源，科学、合理、合法的海砂开采，项目的开展能有利于支援十四五期间粤东地区的建设和城市总体建设，就近提供海砂资源，满足建设项目的砂石需求，而且可以减少海砂私采、盗采、乱采活动，实现海砂资源的可持续利用。在对海砂进行合理开采的前提下，本项目的实施在社会供需矛盾、社会能源危机和采砂规范化管理等一系列社会问题的解决上具有不同程度的促进作用，且对自然资源的开发带来可观的经济价值。

因此，项目建设符合《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三

五年远景目标纲要》关于统筹岸线近海深远海开发利用，加大海洋矿产开采力度的规划目标。

9.5.7 与《汕尾市国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》的相符性分析

2021 年 4 月，汕尾市人民政府发布了《汕尾市国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》（以下简称《市十四五规划》），提出围绕建设海洋强市目标，依托汕尾海洋岸线资源禀赋，着力优化海洋经济布局，提升海洋产业竞争力，推进海洋治理体系和治理能力现代化，将海洋经济打造成为重要增长极和主引擎。坚持陆海统筹、综合开发，优化海洋空间功能布局，提升海洋资源开发利用水平，积极拓展蓝色经济发展空间。

根据《市十四五规划》，在十四五期间，主动参与粤港澳大湾区城市群功能分工，支持广州、深圳“双城联动”建设，创造条件承接大湾区产业外溢，把汕尾打造成为大湾区城市发展的战略腹地、东进门户。

《市十四五规划》要求，坚持陆海统筹、综合开发，优化海洋空间功能布局，提升海洋资源开发利用水平，积极拓展蓝色经济发展空间。充分发挥规划对海洋经济发展的引领和指导作用，坚持以陆海统筹为统领，优化沿海产业布局，控制用海规模，规范用海秩序，优先满足大型港口、交通干线、海洋生态环境保护、海洋防灾减灾基础设施等重大涉海项目的集中用海需求，进一步转变海岸带开发利用方式，提高岸线近海空间利用质量。优化“一湾区五组团”海洋空间功能布局，推动集中集约用海，促进海岛分类保护利用，加快建设陆丰三甲片区、湖东至碣石片区、碣石至红海湾片区、红海湾至市城区片区和马宫片区 5 个沿海经济功能组团，引导海洋产业集聚发展，做大做强红海湾区。聚焦近海向陆区域，合理开展能源开发和资源利用，重点发展临港工业、海洋电子信息、海洋工程装备、海洋生物医药、海洋可再生能源、海水综合利用、滨海旅游业等产业。

综上分析，汕尾市在十四五期间开展的各项建设项目均需要大量的海砂资源，科学、合理、合法的海砂开采项目的开展能有利于支援十四五期间汕尾地区的建设和城市总体建设，就近提供海砂资源，满足建设项目的砂石需求。因此，项目建设符合《汕尾市国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》的规划目标。

9.5.8 与《汕尾市海洋生态环境保护“十四五”规划》的相符性分析

《汕尾市海洋生态环境保护“十四五”规划》提出：“加强船舶和港口污染防治，持续推进船舶结构调整，加快落实《汕尾市船舶和港口污染物接收转运及处置设施建设方案》和《汕尾市防治船舶及其有关作业活动污染水域环境应急能力建设规划》。加大船舶防污染执法检查 and 行政处罚力度，进一步加强船舶污染物的岸上监管。加强船舶修造厂和码头的船舶污染物接收处置工作，不断增强船舶与港口污染防治能力。沿海各县（市、区）人民政府要统筹协调交通运输、海事、生态环境、发展和改革、住房城乡建设、工业和信息化等部门，全面推进船舶和港口污染防治各项工作。沿海港口、码头、装卸站、船舶修造厂要配套废油等危险废物规范化贮存设施，具备船舶含油污水、化学品洗舱水、生活污水和垃圾等接收、处理能力，并做好与市政公共处理设施的衔接，实现船舶危险废物规范化处置及各类污染物的达标排放或按规定处置。严格执行国家《船舶水污染物排放控制标准》，限期淘汰水污染物排放不达标且不能整改的船舶，严厉打击船舶向水体超标排放污染物行为。

本项目为海砂开采项目，在采砂过程中，项目将严格控制采砂范围，合理控制采砂强度，原砂经分选得到海砂产品后，剩余含细砂（小于 0.063mm 粒级砂）及淤泥的海水，经位于海面以下约 2m 左右的溢流口溢流回采砂区，船舶含油废水由船舶含油污水收集设施统一收集后交由有处理能力的单位收运处理；船舶生活污水经船载生活污水处理设施处理后，在满足《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的要求的前提下排放。船舶生活垃圾收集上岸后，由环卫部门统一清运处理。本项目废水、固废等均得到有效处置，因此，本项目建设符合《汕尾市海洋生态环境保护“十四五”规划》。

9.5.9 与《汕尾市养殖水域滩涂规划（2018-2030 年）》的相符性分析

根据《汕尾市养殖水域滩涂规划（2018-2030 年）》，结合汕尾市水域滩涂资源、区域经济和社会发展，将全市水域滩涂划分为三类：禁止养殖区、限制养殖区和养殖区。

根据项目位置与汕尾市水域滩涂规划叠图，本项目位于养殖区内，详见图 9.5.9-1。其中海水养殖区包括海上养殖区、滩涂及陆地养殖区。本项目评价范围为采砂区向周边外扩 15km，根据现场调查并结合海域使用动态监管系统查询，本项目评价范围内有未确权养殖区和已确权养殖区，其中未确权养殖区位于本项目东北

侧约 8.9km，已确权养殖分别为陆丰市茂潮种养专业合作社养殖区（东北侧约 12.3km）、陆丰启晖农业生食生蚝养殖示范基地项目（东北侧约 10.4km）、陆丰市裕洲农业生蚝标准化海养示范基地项目（东北侧约 9.7km）、陆丰市碣石湾海域碣石片区开放式养殖用海项目（东北侧约 8.8km）、陆丰市碣石德顺养殖场海上养殖项目（东北侧约 8.4km）、陆丰市新立渔农业专业合作社海上养殖项目（东北侧约 9.0km）、陆丰市碣石湾海域金厢片区开放式养殖用海项目（西北侧约 7.6km）、陆丰盛风蚝业水产养殖项目（西北侧约 8.7km）和陆丰蚝之发水产科技养殖项目（西北侧约 8.1km）。

根据悬浮泥沙数模预测结果，本项目采砂产生悬沙浓度大于 10mg/L 包络范围不会扩散至上述区域，基本不会对现状养殖区产生影响。

因此，本项目建设与《汕尾市养殖水域滩涂规划（2018-2030 年）》的规定相符合。

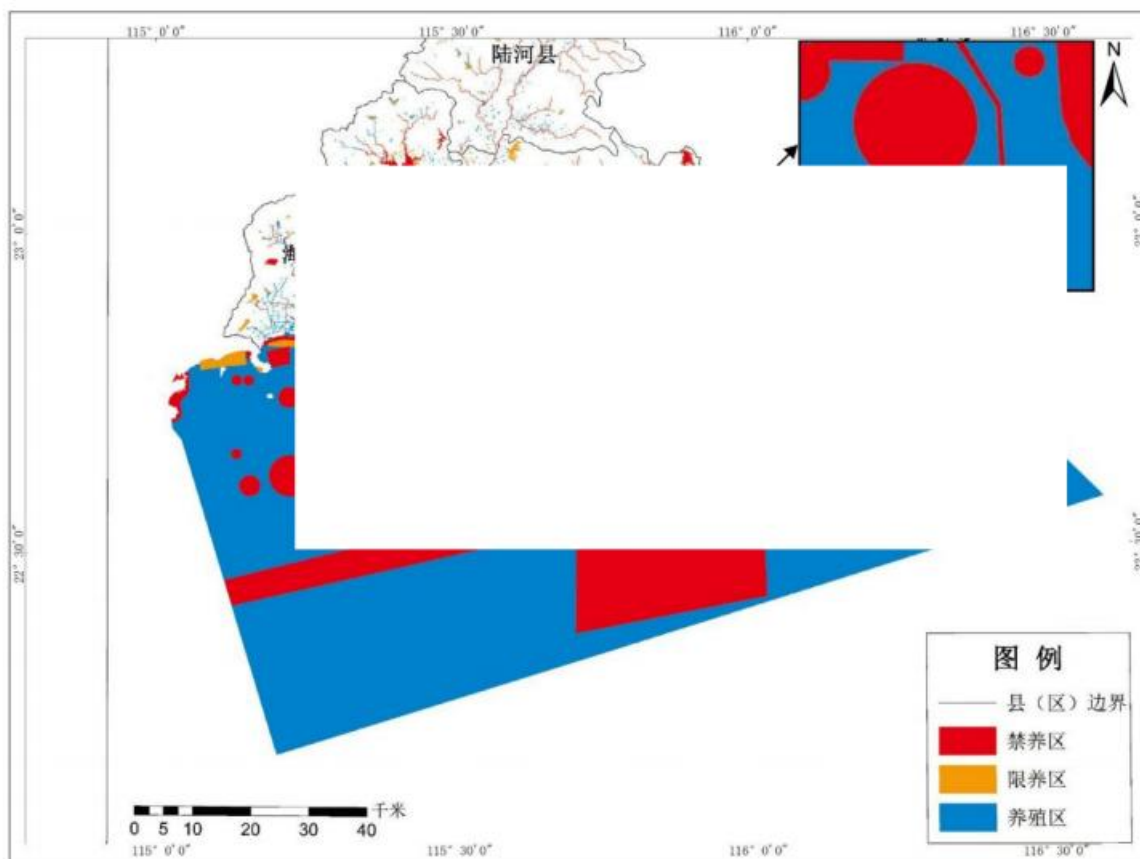


图 9.5.9-1 项目位置与汕尾市水域滩涂规划叠图

9.5.10 与《汕尾市现代化海洋牧场建设规划（2024-2035 年）》的相符性分析

根据《汕尾市现代化海洋牧场建设规划（2024-2035 年）》，“第三章 谋划陆海接力的空间格局”中“第三节 丰富近海养殖功能”：

优化近海养殖空间布局。根据国土空间规划、“三线一单”、养殖水域滩涂规划等管控要求，结合资源环境承载能力、开发适宜性评价和海域开发利用现状，在 10 米等深线以浅且离岸（大陆及有居民海岛岸线）3 千米以内的海域划示近海养殖适宜区 137 平方千米，开展生态健康养殖、亲本保育、苗种标粗等养殖活动，推动近岸养殖优化转型。

统筹布局亲本保育、苗种标粗、成鱼暂养等近海养殖区。合理规划布局苗种标粗海域，开展养殖鱼类苗种中间培育，提高苗种养殖成活率，缩短深远海养成周期。在海湾、海岛周边海域重点建设亲本保育基地，保障深远海大规模养殖种苗繁育供应。重点联动渔港周边适当布局成鱼暂养区，有序调控鲜活供给，保障市场平稳，并尽量减少灾害损失。在马宫街道、捷胜镇、金厢镇、碣石镇、湖东镇、甲子镇等近岸海域规划布局近海养殖区 14.74 平方千米。

“第四节 大力拓展深远海养殖”：

综合划示深远海养殖适宜区。综合海域气象、水文、水质、底质、地形等数据建立现代化海洋牧场选址指标体系，结合各类规划和管控要求，在 10 米等深线以深或离岸（大陆及有居民海岛岸线）3 千米以上的海域划示深远海养殖适宜区 2495 平方千米。其中临近渔港与海岛等陆基支点、海况温和、与其他海上功能区无冲突的近期适宜开发海域划定为一类适宜区，面积约为 824 平方千米。深水远岸、海况相对复杂或其他海上功能区有条件兼容的远期适宜开发海域划定为二类适宜区，面积约为 1534 平方千米。鼓励在深远海养殖适宜区内谋划现代化海洋牧场项目，重点布局重力式网箱、桁架类网箱及养殖平台等大型渔业装备，以园区化管理和标准化服务为特点，集中开展规模化养殖活动。

科学选址深远海养殖区。从养殖环境、运营管理、适养品种需求出发，在海况较温和、区位条件较好的深远海养殖适宜区中规划 22 片深远海养殖区，加快探索建设汕尾市现代化海洋牧场海上“标准园”，加快推进海上养殖区一级开发，开展养殖区集中申请、规划、设计、建设，实行统一标准化运作和管理。以经济可行、管理

便利为原则，向深水远岸依次确定开发时序，近期规划深远海养殖区约 40.06 平方千米，中期约 59.64 平方千米，远期约 644.09 平方千米，总用海面积约 743.79 平方千米。

根据项目与汕尾市现代化海洋牧场建设规划中海上养殖区选址布局位置关系图（图 9.5.10-1）可知，项目选址不位于规划的近海养殖区和海上养殖区内。

根据“图 6.10-1 两个采砂区同时开采最大包络线工况悬浮泥沙增量 $>10\text{mg/L}$ 包络线与社会活动关注区叠图”和“图 6.10-2 两个采砂区开采后冲淤环境变化与社会活动关注区叠加图”可知，两个采砂区采砂产生悬沙浓度大于 10mg/L 包络范围会扩散至 07 碣石湾海域启动区二区。根据《汕尾市 07 号碣石湾海域启动区二区现代化海洋牧场项目用海的承诺函》（详见资料汇编附件）承诺内容，在工矿通信用海区有矿产等用海需求时，将依法依规，按要求退出或调整养殖活动，配合主导功能实现。在此前提下，则本项目实施与 07 碣石湾海域启动区二区可协调。

因此，本项目实施与《汕尾市现代化海洋牧场建设规划（2024-2035 年）》相符。



图 9.5.10-1 项目与汕尾市现代化海洋牧场建设规划中海上养殖区选址布局位置关系图

9.5.11 与《汕尾港总体规划（2025-2035年）》（报审稿）的相符性分析

根据《汕尾港总体规划（2025-2035年）》（报审稿）：

规划形成由小漠、海丰、汕尾、汕尾新、陆丰组成的“一港五区”总体发展格局。规划未来汕尾港形成中部汕尾港区、汕尾新港区联合成为综合性客、货运枢纽港区，东部陆丰港区为临港产业主导型港区，西部小漠港区为全面接轨深圳的平台性港区，海丰港区为远景发展港区的“一港五区”总体发展格局。其中，项目评价范围内主要分布有汕尾新港区、陆丰港区中的乌坎作业区、碣石作业区。

1、港区布置规划

（1）汕尾新港区

汕尾新港区主要规划白沙湖作业区，白沙湖作业区是白沙湖南岸汕尾电厂及西侧的岸线和施公寮岛规划岸线范围内集中装卸作业的区域。

汕尾新港区总体上共规划 15 个泊位，可形成码头岸线 4.78km，总陆域面积 251.5 万 m²，年设计通过能力可达 4455 万吨、其中集装箱 400 万 TEU、滚装汽车 80 万辆，旅客通过能力约为 80 万人次。

（2）陆丰港区

①乌坎作业区

乌坎作业区近期不开发，远期可适时发展水上观光、旅游休闲客运服务。作业区开发时应充分利用现状设施，确需扩建新建时应加强与近岸海域功能区划等的衔接。

②碣石作业区

碣石作业区作为远景发展区，规划在合适的时期发展市域内的水上客运及旅游航线。

2、水域布置规划

（1）航道

1) 汕尾新港区

汕尾新港区现有汕尾新港区进港航道、可通航 10 万吨级船舶，规划该航道可升级至 15~20 万吨级、升级时应加强与近岸海域环境功能区划的衔接，航道尺度可在实施过程中作进一步优化。汕尾新港区的天源码头（即东洲港码头）航道近期维持现状，确有升级改造需要时应充分论证并符合相关要求。

2) 陆丰港区

①乌坎作业区

乌坎作业区现有乌坎西线航道、乌坎东线航道，航道近期维持现状，确有升级改造需要时应充分论证并符合相关要求

②碣石作业区

碣石作业区曾建有碣石液化气成品油码头，本次规划该作业区为远景发展区，现有的碣石航道维持现状。

(2) 锚地

汕尾新港区临近海域现有 8#~ 10#锚地，将其功能调整为大型船舶的引航、待泊、检疫、防台锚地。考虑新港区的远景发展，在进港航道西侧、遮浪角东南方向，规划新增一处锚地即 21#锚地。

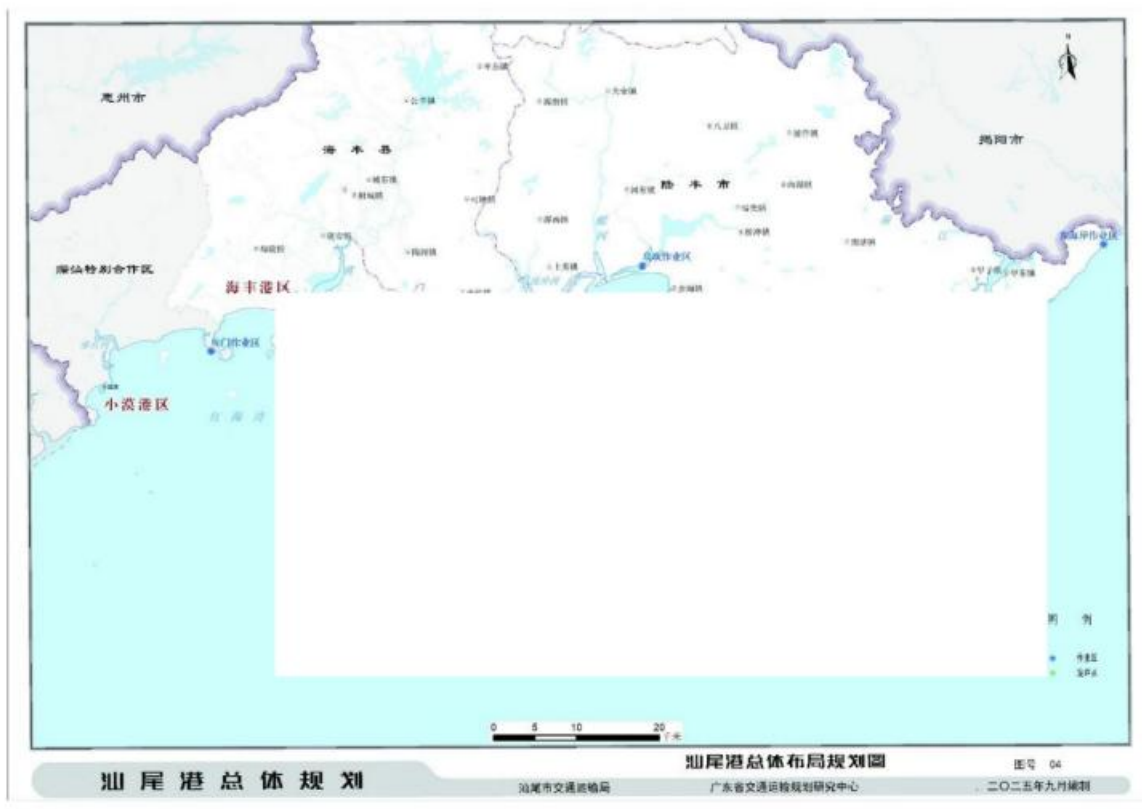


图 9.5.11-1 项目与汕尾港总体布局规划图叠图

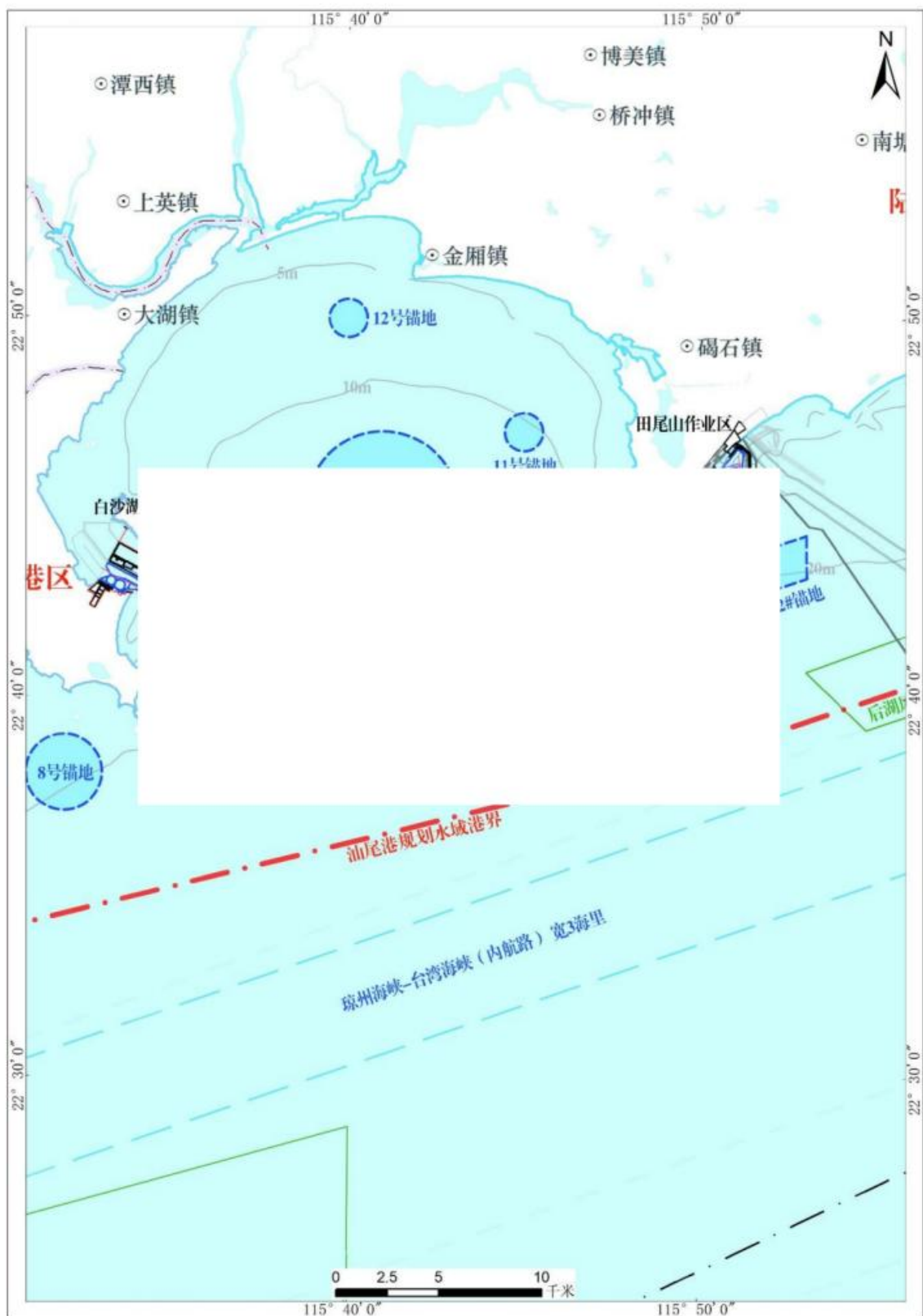


图 9.5.11-2 项目与汕尾港水域布置规划图叠图

根据《汕尾港总体规划（2025-2035 年）》（报审稿），与海洋功能分区的关系提到：汕尾港区、汕尾新港区的港池水域及航道主要位于交通运输用海区，陆丰港区的港池水域及航道主要位于工矿通信用海区，锚地主要位于交通运输用海区，各

港区的主航道外段部分涉及了渔业用海区。考虑到渔业用海区和工矿通信用海区可以适当兼容航运，且陆丰港区的功能就是服务于临海工业生产，因此符合相关海洋功能分区的管控要求，规划实施中应节约集约利用海域资源。

根据《广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-11 区块前期工作项目通航安全影响研究报告（备案稿）》，该选址西侧为汕尾新港区，周边有众多航路，拟出让区对附近船舶交通有一定的影响，在通过采取相应的保障措施，包括航标配备、应急力量、现场警戒组织方案、船舶监管设施等的前提下，其影响可控。采砂单位应充分认识到通航环境和安全生产的关系，主动与当地海事等主管部门进行充分的协调与合作，共同加强对项目及其附近水域进行安全管理，落实相关的安全保障措施和建议，从通航安全角度考虑，项目选址合理，建设规模与水域通航环境相适应，项目建成运营后，附近水域的船舶通航安全有保障。

海砂具有较高的经济价值，在建筑等方面有着不可替代的作用，可广泛用于大型工程项目建设 and 填海造陆。本项目的建设可为汕尾港及粤东地区未来发展建设提供海砂，保障汕尾港及粤东地区重大项目的用砂需求，有效解决“用砂难、用砂贵”的问题。

因此，本项目建设与《汕尾港总体规划（2025-2035 年）》（报审稿）的规划要求相符合。

9.5.12 与《汕尾市海砂资源保护条例》的相符性分析

根据《汕尾市海砂资源保护条例》的有关规定：“第九条 下列区域不得开采海砂资源：沿海防护林带、海洋自然保护区、海洋特别保护区、重要渔业水域、海滨风景名胜区、海底电缆管道保护区、军事用海区、港口总体规划区以及其它法律、法规规定保护的区域；第十条 禁止任何单位和个人开采海岸带范围内的海砂资源；第十四条 开发利用海域海砂资源应当保护海洋环境，严格按计划开采、严格控制开采总量。单位和个人开采海砂应当依法取得海域使用权和海砂采矿权，按照批准的开采地点、开采范围、开采方式、开采期限、开采总量等事项进行开采；第十五条 海砂开采海域使用权和海砂采矿权应当根据国家 and 省有关规定，通过“两权合一”招标拍卖挂牌等市场化方式出让。海砂开采海域使用权和海砂采矿权出让应当确定同一位置和同一期限。期限一般不超过三年；第十六条 开采海砂应当按照批准的海洋环境影响报告书的要求，做好生态保护和安全生产措施，不得破坏海域、海岸、岛屿、入海河口和海湾的生态环境，不得影响海岸、海堤、港口、航道、路桥、航

标、海底电缆等的安全。禁止在台风等恶劣天气期间从事海砂开采活动。因航行、国家安全、环境保护以及其他可能危及公共利益和安全等原因应该停止海砂开采；第十八条 海砂开采人应当在批准的开采期限内进行开采，禁止超期开采。海砂开采人应按照批准的海洋环境影响报告书要求科学确定海砂开采时段；第二十二条 海洋综合执法机构应当会同市、沿海县级自然资源主管部门、生态环境主管部门，加强对海砂开采海域监视监测，及时掌握海砂开采区域及其附近海域的生态、环境等要素变化，防止对海洋资源、生态环境、海洋设施以及海岸、海底地形等造成损害。”

本项目选址不在海洋生态红线范围内，不占用海底电缆管道保护区、军事用海区，不占用其它法律、法规规定保护的区域，不占用广东省大陆自然岸线保有或海岛自然岸线，采砂范围不涉及海岸带范围。

根据《广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-11 矿区回填料用海砂开采方案（复核稿）》（汕尾市自然资源局，2026 年 3 月），本项目矿区面积 250.0927 公顷，采用射流式采砂船进行作业，可开采年限约为 2 年 9 个月，控制开采总量 2698.70 万 m³。本项目采取以上开采方式和开采强度进行作业，同时提出了超界、超量、超时的管控措施要求。

本次评价针对生态保护和安全生产提出相应的对策措施，根据环境影响分析，本项目不会破坏海域、海岸、岛屿、入海河口和海湾的生态环境，基本不会对海岸、海堤、港口、航道、航标等的安全产生影响，并且对采砂期时间的采砂时段、采砂强度及采砂条件等进行了科学合理安排。

本工程为海砂开采海域使用权挂牌出让项目，由于现阶段为项目前期工作阶段，海砂实际具体去向还需开采期根据市场需求确定。海砂开采后的处理、使用，应按照国家有关规定要求另行完善相关环评手续，严格落实相关环保措施，接受相关部门的监管。海砂开采应遵照《汕尾市海砂资源保护条例》的相关规定从事海砂开采活动。

因此，本项目建设与《汕尾市海砂资源保护条例》的规定相符合。

9.5.13 与《关于海砂治理的专项行动通知》（建质电[2018]22 号）的相符性分析

中央机关发文关于海砂治理的专项行动通知（建质电[2018]22 号）指出：“通过专项行动，严厉打击非法开采、非法经营销售、违规使用海砂等行为，保护海洋生态环境，维护海砂正常开采和流通秩序，严格建筑工程海砂使用管理，保障工程质

量安全。生态环境部门负责加强海砂开采的海洋环境影响评价工作。”本工程为海砂开采海域使用权挂牌出让项目，项目产品为填海用海砂，若用于民用建筑及基础设施建设要进行淡化处理，达到建筑用砂标准后方可用于建筑工程；通过招标、拍卖、挂牌等市场化方式进行海砂开采权出让，采砂单位获得开采权方可海砂开采，而海砂开采后的处理、使用，应按照有关规定要求另行完善相关环评手续，不在本次评价范围内。

因此，项目与中央机关发文关于海砂治理的专项行动通知（建质电[2018]22 号）相符。

9.5.14 与《广东省海砂开采规划（2025-2035 年）》（征求意见稿）的相符性分析

根据《广东省海砂开采规划（2025-2035 年）》（征求意见稿），第一节海砂可采区的划定及管控要求：

（一）海砂可采区的分布

将海砂资源开发潜力较好，采砂活动对生态安全、通航安全以及周边海域开发利用活动等无影响或不利影响较小，允许进行海砂开采的海域划定为海砂可采区。共划定海砂可开采区 40 块，海砂资源估算量（含泥）约 11 亿立方米，涉及海域面积约 83 平方千米，主要分布在湛江、茂名、阳江、江门、珠海、汕尾、汕头、潮州等市近海海域。

汕尾海域可采区共有 7 块，编号为 KC-26、KC-27、KC-28（本项目所在采砂区）、KC-29、KC-30、KC-31 和 KC-32，海砂资源估算量（含泥）约 2.04 亿立方米，涉及海域面积约 15.43 平方千米，分布在红海湾、碣石湾和陆丰市田尾角东南侧海域。其中 KC-26、KC-27、KC-28（本项目所在采砂区）海砂资源估算量（含泥）约 7936 立方米，涉及海域面积约 6.05 平方千米；海砂类型为古海岸砂，砂层平均厚度为 16 米，海砂主成分为中砂和粗砂，其次为细砂；分布在红海湾海域，离岸距离约 10 千米，水深范围为 10-20 米。

（二）海砂可采区管控要求

沿海各地级以上市自然资源（海洋）主管部门以稳定海砂市场供给为目标，合理控制海砂开采海域使用权和采矿权投放节奏，按照规划开发时序实施可采区海砂开采海域使用权和采矿权“两权合一”挂牌出让，严格落实海砂开采的事前事中事

后管理。

按照《广东省自然资源厅海砂开采海域使用权和采矿权挂牌出让工作规范》等文件要求，组织可采区海砂开采海域使用权和采矿权挂牌出让及相关工作。对可采区海域选址基本情况进行初步审查，按照“一事一征求”原则就可采区海域选址征求所在海域地级以上市和省级水利、交通、农业农村、生态环境、海洋综合执法、海事等部门以及军事、驻粤有关单位意见，在综合各部门意见的基础上确定海砂开采海域选址。有序组织开展海砂出让前期工作，包括拟出让海砂的海域使用论证、海洋环境影响评价、海域使用权价值评估、海砂资源储量核实、矿产资源开发利用方案编制、采矿权出让收益评估、海上交通安全影响分析等。对于已完成海砂出让前期工作的可采区，应进一步核验相关工作成果有效性，及时按相关规定组织技术单位对原有成果进行更新替代。

在海砂开采期间，沿海地市以上市人民政府组织住房城乡建设、公安、自然资源（海洋）、生态环境、交通运输、水利、市场监管、海警、海事、海洋综合执法等部门做好海砂开采、运输、装卸（过驳）、销售、使用全链条全过程监管。对海砂开采活动实行定点、定时、定量、定向和视频监控管理，监督采砂单位严格按照规定的区域和核定的开采强度、开采时间以及作业方式、作业船舶数量、海洋环境保护措施、采砂量进行开采，落实安全生产保障措施和海上交通安全管理措施，做好与周边其他用海或涉海活动的协调。实行船舶进场作业备案和海上运输合法来源证明制度。同时做好海砂开采区及周边海域的生态、环境等要素的动态监测，防止海砂开采活动对海洋资源、生态环境、海洋设施以及周边海岸、海底地形等造成损害。

在海砂开采结束后，有关部门应监督采砂单位按照已批复的海域使用论证、海洋环境影响评价等要求，积极采取有效的生态补偿措施，修复受损的海洋生态环境，实施定期的海洋环境监测，掌握海砂开采海域的生境恢复情况。

根据项目与规划采砂区叠图（图 9.5.14-1）可知，项目位于规划的汕尾海域可采区 KC-29 内，项目选址已征求相关部门和单位意见（详见资料汇编），目前正有序开展海砂出让前期工作。环评要求采砂单位严格按照规定的区域和核定的开采强度、开采时间以及作业方式、作业船舶数量、海洋环境保护措施、采砂量进行开采，落实安全生产保障措施和海上交通安全管理措施。项目指定了海洋生态环境跟踪监测方案，采砂结束后将采取有效的生态补偿措施，修复受损的海洋生态环境。

综上所述，项目与《广东省海砂开采规划（2025-2035 年）》（征求意见稿）管控要求相符。



图 9.5.14-1 项目与《广东省海砂开采规划（2025-2035 年）》（征求意见稿）采砂区叠图

10 环境影响经济损益分析

环境经济损益分析也称为环境影响的经济评价，是建设项目环境影响评价的一项重要内容，其主要任务是估算建设项目需要投入的环保投资和所能收到的环境保护效果。环境经济损益分析就是要估算某一项目、规划或政策所引起环境影响的经济价值，并将环境影响的价值纳入项目、规划或政策的经济分析中去，以判断这些环境影响对该项目、规划或政策的可行性产生的影响。对本工程进行环境影响经济损益分析的目的在于评价项目的社会、经济、环境损益。

10.1 环境经济损益分析方法

本报告书以资料分析为主，在详细了解项目的工程概况及各环节污染物影响的程度和范围的基础上，运用费用-效益分析方法进行定性分析评价。

费用-效益分析是最常用的项目环境损益分析方法和政策方法。利用此方法对建设项目进行分析将有利于正确分析项目的可行性。费用是总投资的一部分，而效益包括经济、社会和环境效益。关系为：

费用=生产成本+社会代价+环境损害

效益=经济效益+社会效益+环境效益

10.2 社会效益分析

随着经济的发展，城市建设步伐也不断加快，沿海基础工程建设如港口开发、临海工业等大型项目不断增加，工程项目对建设用砂的需求日益显著，导致目前市场的砂石存在较大的缺口，供需矛盾较为突出。在不超过环境承受能力的条件下，合理合法开采海砂，合理控制非法海砂开采活动也日益猖獗，超采、滥采海砂现象，解决其海砂需求问题，促进了当地经济建设发展，为当地带来了较大的经济效益，对当地周边地区的社会经济进一步繁荣发展都具有重要意义和作用。同时，海砂的开采不仅可以促进当地区域的经济的发展，间接地创造许多就业机会，而且本身也可以提供一定数量的就业，这具有维护社会稳定、减轻社会就业压力、提高居民生活水平的良好效果。

由于国家管理体制和政策上的不同，持证采砂供应商多为民营企业，地点分散，采砂供砂设备简陋，集中供砂强度有限，其主要目的为满足粤港澳三地民用建筑用砂与小规模填海项目，同时存在监管不严，走私偷砂的现象，海砂质量也难以保证。国家和省重大项目建设用砂需求具有规模大，技术要求高，建设周期紧迫的特点，

其要求的填海用砂供应强度大，对砂源质量要求高，所以分散的小规模资源河砂砂厂不能满足实际需求。海砂的开采，由自然资源部下放到地方自然资源主管部门管理。组织完成前期海砂资源勘查、海域使用论证、开发利用方案等工作，并进行“两权合一”招拍挂出让，海砂在开采过程中将更加规范和严格，不但能保证用砂量，而且在规范作业前提下可大幅减轻采砂活动对海洋生态系统与海洋环境的破坏。

10.3 经济效益分析

根据近年调查资料分析统计，由于海砂属不可再生的海洋矿产资源，海砂的价格比以前有所提高，利润较高；而海砂开采前期投资成本较低，同时海砂开采区距离周围工程项目地点较近，海砂运输成本较低，总体经济效益非常显著。

根据 2015 年 12 月颁布实施的《广东省海洋与渔业局关于海砂开采海域使用管理的暂行办法》，广东省海砂开采海域使用权一律通过招标、拍卖、挂牌等市场化方式进行出让。通过招标、拍卖、挂牌等市场化方式进行海砂开采权出让更有利于海砂资源的长效管理利用。

根据目前海砂市场价格分析，采砂开采既能给企业带来一定的经济效益，又能向国家交纳一定数额的资源费和营业税，可促进当地海洋产业的发展，有着良好的经济效益。

10.4 环境保护投资估算

项目用于环境保护的投资主要包括海洋生态环境减缓及修复措施以及采砂期船舶污油水、生活垃圾等处理设施。对建设项目拟采取的污染防治和生态保护措施进行投资估算，本项目主要环保工程投资估计约 2960 万元，环保投资额较大，可以较好地满足环境保护的需要，环保投资数额合理。

表 10.4-1 项目环保投资估算一览表

| 项目 | 任务 | 内容 | 环保投资估算（万元） |
|---------------|---|----------------------------|------------|
| 海洋生态环境减缓及修复措施 | 实行施工环境监理，合理安排施工进度，严格掌握采砂设施性能、控制悬浮泥沙扩散影响范围 | 环保监理人员 2 人（工程监理可兼任） | 2800 |
| | 实行施工环境监测，掌握施工污染物排放状况，为施工管理提供依据 | 详见监测计划 | |
| | 生态修复 | 建议结合汕尾市沿岸海域生态保护要求，推荐多样化的生态 | |

| | | | |
|----------------|---------------------|---|------|
| | | 修复措施，包括渔业资源增殖放流等。具体修复方案与相关主管部门协商确定。 | |
| 悬浮泥沙污染防治 | 控制悬浮泥沙扩散影响范围和程度 | 原砂经分选得到海砂产品后，剩余含细砂（小于 0.063mm 粒级砂）及淤泥的海水，经位于海面以下约 2m 左右的溢流口溢流回采砂区 | 10 |
| 船舶油污水接收处理 | 施工船舶产生的船舶含油污水 | 由有处理能力的单位收运处理 | 30 |
| 固体废弃物处置 | 船舶垃圾严禁向海域排放 | 收集上岸后，由环卫部门统一清运处理 | 15 |
| 溢油应急费用 | 施工船舶发生溢油事故时，采取的应急措施 | 配备溢油事故物资 | 80 |
| 环保及安全宣传计划等相关费用 | 进行环保、安全宣传 | 对采砂作业人员进行环保宣传，减少采砂作业对项目周边敏感目标、生态环境等的影响；进行安全宣传，减少风险事故的发生 | 15 |
| 声污染防治 | 加强船舶维护管理 | 对船舶保养和维护 | 10 |
| 合计 | | | 2960 |

备注：本评价环保投资为估算，具体以市场行为为准。

10.5 环境经济损益分析

(1) 环境直接、间接经济损失估算

环境经济损失是指采取相应环保措施后，工程项目可能仍然造成的环境损失，对于本项目来说，对海洋环境造成的损失主要表现在两个方面：一是海砂开采造成底栖生物的损失；二是在采砂施工过程中导致工程海域悬沙浓度增大，对附近的海洋生物及渔业资源会产生影响。

采砂作业过程中，栖息于开采区内的底栖生物将死亡，由于大部分底栖生物的生长较缓慢，在采砂结束后较长时间内底栖生物才能得到逐渐恢复。本项目在采砂作业中将产生一定量的悬沙，造成附近局部海域的混浊度增加，降低水体的透明度，对游泳生物和浮游动物产生不利影响，若悬沙浓度过大，甚至会引起死亡。同样，采砂施工产生的悬沙对鱼类也会产生一定的影响。

据估算，本工程采砂导致底栖生物直接损失量为 15.80t；采砂悬浮物持续周期一年导致浮游植物的损失量为 6.30×10^{15} cells；浮游动物的损失量为 50.87t；鱼卵的损失量为 1.92×10^8 粒、仔稚鱼的损失量为 1.17×10^8 尾；游泳生物的损失量为 2.00t。按生物资源损害赔偿和补偿年限（倍数）为 3 年计算得本工程采砂导致底栖生物损失量为 47.40t、浮游植物损失量为 1.89×10^{16} cells、浮游动物的损失量为 152.61t、鱼卵的损失量为 5.76×10^8 粒、仔稚鱼的损失量为 3.51×10^8 尾、游泳生物的损失量为

6.00t。

(2) 环境直接、间接经济收益估算

环境经济收益是指在采取环境保护措施后所得到的直接和间接效益。直接效益为资源、能源的回收利用所产生的收益；间接效益为由于污染物的适当排出所削减的环境经济损失。对本建设工程来说，环境经济效益只由间接效益组成。

根据本报告前述章节的相关分析可知，在不采取任何环保措施的情况下，工程环境污染的范围和程度将成倍增大，资源的损失和环境污染损失也同样以倍数增加；在采取环境保护措施后，可以使建设项目产生的环境影响被控制在最小范围和最低程度，进而也能在一定程度上减少资源的损失。因此，建设项目污染防治措施的环境经济效益还是比较明显的。

10.6 环境经济损益

本项目各项环保措施，包括直接投资的环保设施和属于管理范畴的工程措施，其环境经济效益主要体现在：通过各项环保措施的落实，减小项目建设过程中各环境污染因子产生的强度，并进行必要的生态防护，使工程区附近海域水环境和生态环境得到有效保护，降低对保护区特殊生境的影响，将本项目建设可能产生的环境影响降到最低，从而确实有效的保护生态环境，实现社会经济建设和环境资源保护的协调发展，即环境保护和经济建设的双赢。

通过采取各项的环保措施，加强环境保护工作，可有效减少项目建设造成的负面环境影响，将项目建设可能造成的环境经济损失降到最低，是适应工程建设与环境保护、海洋生态环境保护实际需要。经过比较分析，该工程项目能取得较好的社会效益，在采砂过程中采取环境保护措施后，能在一定程度上减少海洋生态环境资源的损失。可见，本项目的环境保护措施是合理的，环境污染导致的生态效益损失可以协调补偿解决。

本建设项目是可行的。从可持续发展角度考虑，本工程环保投资产生的环境效益将远大于环保投资费用本身，应在项目的施工全过程加以落实。

11 环境管理与监测计划

11.1 环境管理

为了做好海砂开采期的环境保护工作，海砂开采单位应高度重视环境保护工作，制定相应的污染防治和保护措施，明确环境管理程序，建立环境监督机制，成立专门机构进行环境保护管理。

11.1.1 环境管理机构设置

环境管理是工程管理和公司管理的重要组成部分，环境管理机构是实施环境管理的组织保证。为了做好本工程的环境保护工作，采砂开采单位应高度重视海洋环境保护工作，应成立专门机构进行环境保护管理工作，设专人负责环境保护事宜，管理监理小组定员建议为 3~4 人，环境保护工作受生态环境部门的指导和监督。

11.1.2 环境管理计划

环境保护管理机构应实行定岗定员、岗位责任制，负责采砂工序的环境管理工作，负责环境监测计划的实施，监督施工单位对各项环境保护措施的落实情况，保证采砂作业期间环保设施的正常运行。采砂期间的环境管理应着重于作业场所的现场检查 and 监督，主要职责包括：

(1) 对工程采砂区范围内的环境保护实行统一管理，贯彻执行国家和地方的有关环境保护法规。

(2) 做好环境教育和宣传工作，提高各级管理人员和操作人员的环境保护意识，加强员工对环境污染防治的责任心，自觉遵守和执行各项环境保护的规章制度。

(3) 加强建设项目的环境管理，根据本报告提出的污染防治措施和对策，制定出切实可行的环境污染防治办法和措施，并对其实施情况进行监督、检查。

(4) 制定本工程的环境保护规划和年度目标计划，制定污染物排放控制指标，并组织实施。

(5) 领导和组织工程辖区范围内的环境监测工作，建立监控档案；负责环保资料的收集、汇总、保管、归档工作。

(6) 负责对采砂作业过程中的各项环保设施运行状况的例行监测和检查工作，并及时纠正违规行为，防止污染事故的发生。

(7) 加强与生态环境主管部门的沟通和联系，主动接受主管部门的管理、监督和指导。

11.2 环境监理

该项目在用海过程中，应接受海洋主管部门的监控监视。当发现有超出海域使用范围、改变海域使用用途和性质，或海域使用对环境、资源造成不良影响时，应采取相应措施对违规行为及时进行纠正，对出现问题及时加以解决。

环境监理是工程监理的重要组成部分，采砂中标单位需委托具有能力的环境监理单位进行环境监理工作。环境监理单位应按照合同条款，独立、公正的开展工作。环境监理实行环境监理工程师负责制，监理人员应具备环境方面的专业知识。

监理单位需帮助采砂单位对项目中的环保设计把关并对环保设施的选购提供参考意见，同时，监理过程中监理人员对采砂过程中出现的环境问题及时与采砂单位沟通并采取相应措施把这些问题控制在源头，将采砂过程中对环境的各种不利影响降到最低限度。环境监理的具体内容包括：

（1）现场环境监理

环境监理人员对重点污染源及其污染防治设施的现场监理每月不少于 1 次；对一般污染源及其污染防治设施的现场监理每季不少于 1 次；对项目现场监理每月不少于 1 次。

环境监理人员进行例行现场检查时，需填写现场监理单，对异常情况要制作《询问调查笔录》，必要时需采样取证并按规定采取相应处理措施。对违法行为，属现场处罚范围的，填写《现场处理决定通知书》，执行现场处罚。

（2）监理工程建设

受委托的监理公司应派人员进驻采砂现场，监督工程的采砂进度和是否按国家主管部门批准的用海区域用海，核查用海范围及面积；了解并掌握是否按采砂约定的采砂量进行采砂等。

（3）调查、处理环境污染事故和环境污染纠纷

环境监理机构发现环境污染事故或接到举报后,将根据污染事故报告制度及时向生态环保部门、海洋行政主管部门报告，实地调查和记录环境污染或事故污染状况，进行取证，并采取应急措施控制污染。

环境监理人员应参与污染事故的处理。环境监理机构要对当事人参加的协调会提出调解处理意见，制作会议纪要。

另外，监理人员需对施工人员进行生物多样性保护的宣传教育；协调工程施工中因环境问题产生的纠纷；参加每周的工程例会，根据现场监理的情况及时编报环

境监理周报、月报。

11.3 环境监测计划

为及时、准确地了解和掌握海砂开采区及其附近海域的生态、环境等要素的变化情况，防止海砂开采活动对海洋资源、生态环境、海洋设施以及海岸、海底地形等造成损害，根据相关法律法规要求，在海砂开采期间应进行动态监测。海砂开采单位根据《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》，编制海砂开采动态监测方案。

在监测过程中，从海岸动力、沉积地貌方面发现海砂开采造成或加剧海岸侵蚀时，则应报告主管部门，要求采砂单位立即停止开采；影响程度在资源和环境允许的范围内时，应提出减轻有害影响的对策建议，并提请采砂单位采取相应措施。

结合工程特点和项目周围的环境敏感保护目标，海砂动态监测方案如下：

11.3.1 水下地形地貌监测

(1) 监测内容：海砂开采企业应委托有资质单位在海砂开采前、海砂开采期间和开采结束后闭矿后，对海底地形、水深、地貌测量，核算每个季度的采砂量，并给出海砂开采前、开采时、开采后不同时段的地形定量变化数据及图形。进行动态监测比对，并将动态监测结果实时上报给监管部门。

(2) 监测范围：海砂开采区边界外扩 3km 范围。

(3) 监测频率：开采前监测一次，开采期间每 6 个月监测一次，海砂开采结束闭矿后监测一次。

(4) 平面控制及深度基准：平面控制采用 CGCS2000 坐标系、高斯投影，深度基准采用当地理论深度基准面。

(5) 测量比例尺：海砂开采区 1:1000，向外延伸区 1:5000。

(6) 测线及测点布设：测线垂直等深线平行布设，测线间距 100m，测点间距为 50m；垂直主测线布设适量检查线，检查线间隔 500m。

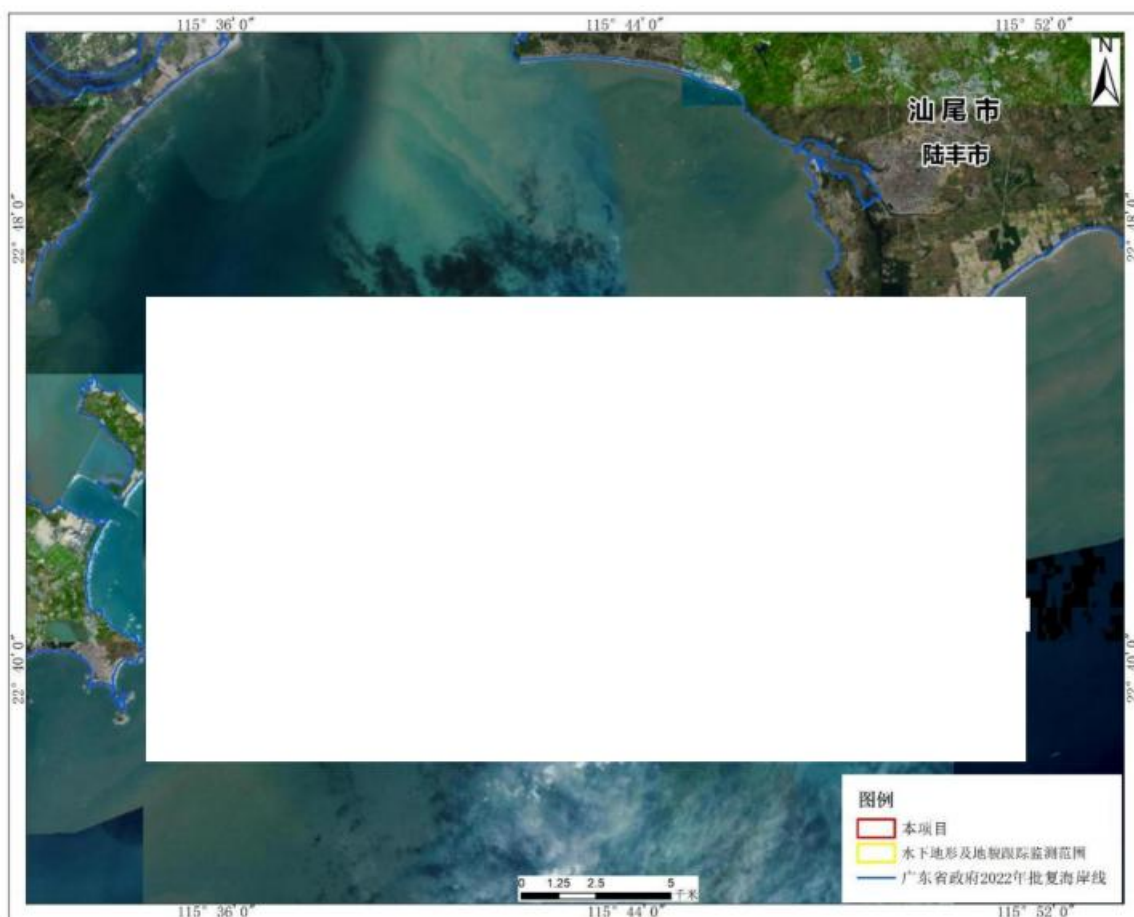


图 11.3.1-1 水下地形地貌跟踪监测范围图

11.3.2 环境质量监测

(1) 监测站位布设

按照《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》的要求，海砂开采过程中，在工程区域附近设置 9 个监测站位进行监测，其中水质监测布设 9 个站位，沉积物布设 5 个站位，生物监测布设 6 个站位。

水质监测点主要考虑项目悬浮泥沙扩散范围、临近国控站位等，监测站位布设情况见图 11.3.3-1。

(2) 监测周期

1) 水质：采砂期内的每个潮汐年的春、秋季各进行一次监测；施工结束后进行一次后评估监测。

2) 沉积物：采砂期内每个潮汐年进行一次监测，施工结束后进行一次后评估监测。

3) 生物：采砂期内的每个潮汐年的春、秋季各进行一次监测。施工结束后进行一次后评估监测。

(3) 监测项目

- 1) 水质：悬浮物、石油类、铅、镉、铜、汞等；
- 2) 沉积物：粒度、有机质、石油类等；
- 3) 海洋生物：叶绿素 a、浮游植物、浮游动物、渔业资源、鱼卵仔鱼、底栖生物等。

表 11.3.2-1 监测站位布设表

| 序号 | 纬度(N) | 经度 (E) | 监测项目 | 备注 |
|--------------|------------|------------|-------------|------------------|
| S1 | ██████████ | ██████████ | 水质、海洋生态 | 采砂区范围外 |
| S2 | ██████████ | ██████████ | 水质、沉积物、海洋生态 | 采砂区范围外 |
| S3 | ██████████ | ██████████ | 水质、沉积物、海洋生态 | 采砂区范围外 |
| S4 | ██████████ | ██████████ | 水质 | 采砂区范围外 |
| S5 | ██████████ | ██████████ | 水质、沉积物、海洋生态 | >10mg/L 悬沙包络线范围外 |
| S6 | ██████████ | ██████████ | 水质、沉积物、海洋生态 | >10mg/L 悬沙包络线范围外 |
| S7 | ██████████ | ██████████ | 水质 | >10mg/L 悬沙包络线范围外 |
| S8 | ██████████ | ██████████ | 水质、沉积物、海洋生态 | >10mg/L 悬沙包络线范围外 |
| S9(GDN14004) | ██████████ | ██████████ | 水质 | 国控站位附近 |

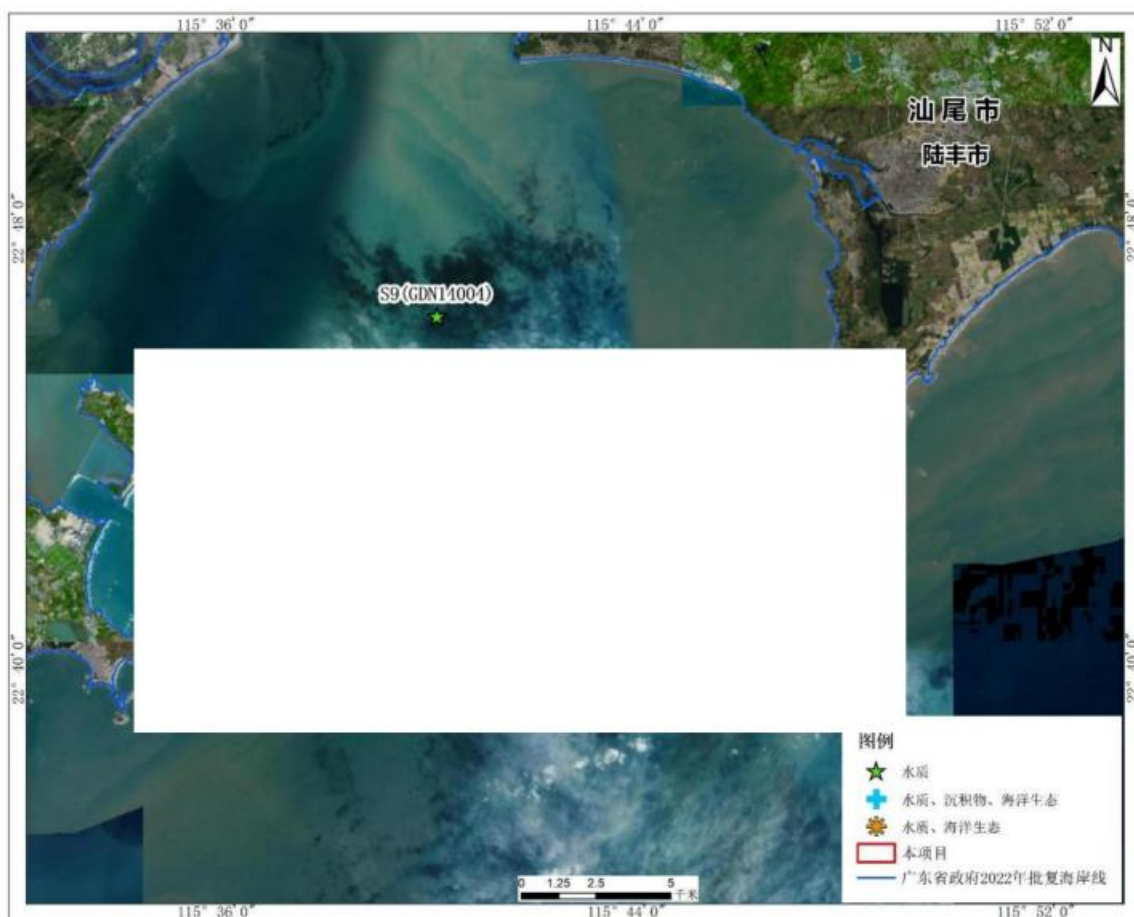


图 11.3.2-1 环境监测站位布置图

11.3.3 质量控制与保证

本项目调查主要按照《海洋调查规范》(GB12763-2007)、《海洋监测规范》(GB17378-2007)中的海洋水文气象、海洋化学要素、海洋地质和海洋生物部分调查技术执行。

进行跟踪监测的单位应通过计量认证，使用的仪器必须是经过法定计量机构检定的。

在完成一个航次的跟踪监测后应及时将监测结果报国家海洋管理部门和其它相关部门，确保及时了解由于海砂开采对附近海域造成的影响。

11.4 环境保护设施“三同时”原则

根据《建设项目环境保护管理条例》(2017年7月16日修订，以下简称《管理条例》)要求，建设项目需配套建设的环保设施，必须与主体工程同时设计，同时施工，同时投产使用。本项目为采砂项目，虽未有配套建设的环保设施，但仍需要对项目采砂施工船舶产生的污染物处理量、处理方式及防治环境污染和生态破坏的措施以及环境保护设施投资概算落实情况进行“三同时”环境管理。

建设单位应当将环境保护措施落实内容纳入采砂施工合同，保证环境保护措施落实进度和资金，并在项目采砂过程中同时组织实施环境影响报告书及审批部门审批决定中提出的环境保护对策措施。

表 11.4-1 项目环境保护“三同时”内容一览表

| 建设期 | 环境要素 | 污染源 | 主要污染物 | 主要污染防治措施及验收内容 | 预期效果 | 实施地点 | 运行机制 | 责任主体 |
|------|------|----------------|-----------|---|---|--------|--------------|--------|
| 采砂期 | 水环境 | 船舶机舱含油污水、机修油污水 | 石油类 | 签署协议，委托接收处置 | 统一收集后交由有能力的单位接收处置 | 施工船舶等 | 施工单位委托专业机构进行 | 海砂开采单位 |
| | | 船舶生活污水 | COD、SS、氨氮 | 船舶收集 | 船舶生活污水经船载污水处理设施处理达标后，在满足《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的要求的前提下排放，不得直接排放入海 | | | |
| | 固体废物 | 船舶生活垃圾 | / | 船舶收集 | 收集上岸后由环卫部门收运处理 | / | 施工单位委托专业机构进行 | |
| 采砂期满 | 生态环境 | / | / | 推荐多样化的生态修复措施，包括渔业资源增殖放流等。具体修复方案与渔业等主管部门协商确定 | 所在海域海洋生态得到恢复 | 项目附近海域 | 施工单位委托专业机构进行 | |

12 环境影响评价结论

12.1 工程概况

广东省陆丰西南海域 SW24-11 矿区海砂开采项目位于广东省汕尾市陆丰市田尾角西侧海域约 8.5km 处。矿区水深 15.67~17.46m（理论深度基准面）。SW24-11 矿区用海面积为 250.0927 公顷。根据推荐采砂方案，采砂强度控制日平均开采量不超过 [REDACTED]，年开采量不超过 $1000 \times 10^4 \text{m}^3/\text{a}$ 。拟采用 3 艘采砂能力 $1200 \text{m}^3/\text{h}$ 和 2 艘采砂能力 $400 \text{m}^3/\text{h}$ 的射流抽吸式采砂船，并根据实际开采情况配备 10 艘过驳船进行采砂作业。主要作业流程包括：射流泵将高压射流合成砂浆吸入吸砂管；吸砂管将砂浆吸到船舱进行分选；成品砂由过驳船运出。本项目不包括过驳船的运输方案及路线。本项目区块的海砂原矿矿石储量共计 [REDACTED]（含泥），可采出的海砂原矿矿石量约为 [REDACTED]。本项目可开采年限约为 2.70 年。

12.2 工程分析结论

（1）采砂生产各阶段污染环境的影响分析

根据工程特点，结合本项目附近海域的环境特征，采砂施工期间主要环境影响体现在以下几方面：

①刚性射流管和吸砂管插入预定砂层过程产生的悬浮泥沙

采砂船利用船的推力和高压射流，把吸砂管插入海床并穿过覆盖层。按施工经验估算， $1200 \text{m}^3/\text{h}$ 、 $400 \text{m}^3/\text{h}$ 高压射流产生的洞口面积均取为 8m^2 。

单艘施工船舶刚性射流管和吸砂管插入 V1、V2 预定砂层过程产生的悬浮泥沙的源强约为 66.18kg/s 、 65.22kg/s 。

②高压射流扰动砂层产生的悬浮泥沙未被吸到船上而随海流扩散的悬浮泥沙

项目拟采用射流式采砂船，采砂管拟插入海床目标砂层，射流泵将高压射流合成砂浆吸入吸砂管（在混合室形成负高压，将砂水混合物沿吸管吸入），由于项目采砂层上部有较厚的盖层，且加上抽沙时大量海水不断的被吸入“洞孔”内，大部分未被吸到船上的砂水混合物仍在采砂层，仅有极少量会逃逸出采砂孔而进入海床底以上水体。V1、V2 矿体盖层平均厚度分别为 14.51m、25.56m，V1、V2 高压射流扰动砂层产生的悬浮泥沙未被吸到船上而随海流扩散的悬浮泥沙源强分别为 $0.23 \sim 0.98 \text{kg/s}$ 。

③海砂分选环节产生的悬浮泥沙溢流

本工程所需的砂类为细中砂，粒径小于 0.063mm 的泥质在海砂分选过程中将随溢流排入海。本采砂矿体的泥的平均含量约为 20.88%，按 95% 的淤泥被洗掉，泥质的干容重按 1.12t/m^3 计算，则单艘船舶全区平均悬沙溢流源强为 22.19~93.10kg/s。

④矿体盖层淤泥细砂崩塌产生的悬浮泥沙

吸沙管移动取沙作业时，矿体盖层淤泥细砂可能会发生崩塌，从而产生一定的悬浮泥沙，但由于本项目拟采用折返式移动回采路线进行采砂，逐层开采深度较小，因此矿体盖层下沉较缓慢，可能发生崩塌产生的悬浮泥沙源强也将较小，盖层崩塌过程悬浮泥沙的产生源强为 2.44~3.13kg/s。

⑤船舶舱底含油污水

本工程拟采用 3 艘 $1200\text{m}^3/\text{h}$ 和 2 艘 $400\text{m}^3/\text{h}$ 的射流抽吸式采砂船进行采砂、根据实际开采情况配备 10 艘过驳船进行作业。本项目施工船舶含油污水最大产生量为 32.17t/d ，油类污染物产生量为 160.85kg/d 。

舱底含油污水应严格按照《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的要求，禁止直接向沿海海域排放油类污染物，拟统一收集后交由有处理能力的单位收运处理。

⑥船舶生活污水

本项目船舶工作人员生活污水产生量约为 $15.30\text{m}^3/\text{d}$ 。船舶生活污水经船载污水处理装置处理后，在满足《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的要求的前提下排放。

（2）采砂非污染因素环境影响分析

采砂作业使得所在海区的地形地貌发生变化，进而会导致水动力条件的改变；改变海域的冲淤环境，破坏底栖生物的栖息环境，造成海洋生物群落尤其是底栖生物发生相应变化。

根据本工程的特点，工程非污染环境的影响主要是：

- ①采砂后采砂区的海床塌陷对海底地形地貌和海床边坡稳定的影响；
- ②对采砂区邻近岸滩地形地貌、岸线的影响；
- ③海床变化对水动力环境的影响；
- ④潮流场改变对附近海域冲淤环境的影响；
- ⑤采砂作业对海洋生态环境的影响；
- ⑥采砂作业对周边环境敏感区和主要环境保护目标的影响；

⑦采砂作业对航道稳定性和通航环境的影响等。

12.3 环境质量现状综合分析与评价结论

12.3.1 水文动力环境现状调查与评价

(1) 潮汐

2025年2月观测期间：临时潮位观测站的潮汐性质系数F值分别为2.70和2.71，说明观测期间调查海区的潮汐类型为不正规全日潮。观测期间调查海区最高潮位为1.73m，最低潮位为0.26m，最大涨潮潮差为1.31m，最大落潮潮差为1.39m。

2025年6~7月观测期间：临时潮位观测站的潮汐性质系数F值分别为3.42和3.42，说明观测期间调查海区的潮汐类型为不正规全日潮。观测期间调查海区最高潮位为1.82m，最低潮位为0.13m，最大涨潮潮差为1.13m，最大落潮潮差为1.62m。

(2) 海流

2025年2月观测期间：观测期间调查海域最大涨潮流速为44.6cm/s（方向为68°），最大落潮流速为59.2cm/s（方向为90°）。最大涨潮和落潮平均流速分别为20.5cm/s和31.3cm/s。在水平上，受到海湾的背景环流系统的影响，可以看到SWL5站的潮流主轴向上弯折，这是由于湾外的潮流主轴是东西走向（SWL3和SWL6可以体现）。并且受海湾的地形的影响，潮流从SWL5站涌入湾内，并从海湾中间往北上，到湾顶后往两边散开，从SWL4和SWL1站南下。因此，控制该海区的海水流动主要是海湾地形和潮汐因素。

2025年6~7月观测期间：观测期间调查海域最大涨潮流速为57.4cm/s（方向为49°），最大落潮流速为84.9cm/s（方向为96°）。最大涨潮和落潮平均流速分别为39.9cm/s（方向为79°）和64.3cm/s（方向为78°）。从垂向结构上看，各站点流速整体自表层向底层递减，垂向分布均匀，剪切强度较弱，表明水体受潮汐主导下垂向混合充分；在水平上，受海湾地形和区域背景环流系统的共同作用，潮流主轴呈现一定偏折特征。该海区海水流动主要受控于湾口潮汐输入与海湾复杂地形的共同影响，海流路径受限明显，具有典型的地形调控潮流格局特征

(3) 潮流

2025年2月观测期间：根据潮流调和与分析结果，各观测点各层次主要表现出正规全日潮流特征。本次观测所有站位各层次潮流中，其中 K_1 分潮和 O_1 分潮占优， M_2 分潮和 S_2 分潮次之；绝大部分的椭圆旋转率k绝对值小于0.5，主要表现为往复

流的特征。根据各站层潮流性质，计算了各层潮流可能最大流速及水质点可能最大运移距离，各站层可能最大流速介于 6.2cm/s-54.8cm/s 之间，各站层水质点可能最大运移距离介于 381.04m~13128.39m 之间。

2025 年 6~7 月观测期间：根据潮流调和结果，各观测点各层次主要表现为正规全日潮流特征。本次观测所有站位各层次潮流中，其中 K_1 分潮和 O_1 分潮占优， M_2 分潮和 S_2 分潮次之；绝大部分的椭圆旋转率 k 绝对值小于 0.5，主要表现为往复流的特征。根据各站层潮流性质，计算了各层潮流可能最大流速及水质点可能最大运移距离，根据计算，各站层可能最大流速介于 3.4cm/s-54.0cm/s 之间，各站层水质点可能最大运移距离介于 968.82m~18169.78m 之间。

(4) 余流

2025 年 2 月观测期间：调查海区观测期间余流流速主要介于 3.1cm/s~23.5cm/s。最大余流为潮流 SWL3 站（0.6H 层，23.5cm/s，65°；0.8H 层，23.5cm/s，63°），最小余流为潮流 SWL2 站（表层，3.1cm/s，194°）。SWL5 和 SWL7 站的表层的余流方向主要为北方向，SWL4 站的表层的余流方向主要为南方向，其余站位各层的余流方向主要为东方向。

2025 年 6~7 月观测期间：调查海区观测期间余流流速主要介于 1.8cm/s~13.8cm/s。1.9cm/s~47.4cm/s。最大余流为潮流 SWL6 站（表层，47.4cm/s，79°），最小余流为潮流 SWL2 站（0.2H 层，1.9cm/s，73°）。从余流方向来看，大多数站点（如 SWL2、SWL3、SWL6 等）各层余流普遍朝东至东北方向流动，与南海北部外海区域受冬季风影响下的季节性东向环流结构一致，表明湾外海区主要处于大尺度背景环流的控制之下。而 SWL5 站点表层余流则以北向为主，显示出湾内水体存在由湾口向湾顶的输运趋势；与之相反，SWL4 站表层余流主要为南向，表明湾顶水体在流至最北端后发生分流并从湾内两侧向南回流。

(5) 温度

2025 年 2 月观测期间：调查期间调查海区测得的水温最大值为 17.76℃，出现在 SWL6 站底层；测得水温的最小值为 15.29℃，出现在 SWL4 站 0.6H 层；观测海区整体较浅，海水整体并无明显的温度分层。

2025 年 6~7 月观测期间：调查期间调查海区测得的水温最大值为 32.02℃，出现在 SWL7 站 0.2H 层；测得水温的最小值为 21.04℃，出现在 SWL6 站底层；整体来看，大多数站位在垂向上存在温差，表明夏季受太阳辐射加热作用明显。

(6) 盐度

2025 年 2 月观测期间：调查期间调查海区测得的盐度最大值为 34.36，出现在 SWL6 站底层；测得盐度的最小值为 30.29，出现在 SWL7 站 0.2H 层。统计结果表明，观测海区整体较浅，海水整体并无明显的盐度分层。

2025 年 6~7 月观测期间：调查期间调查海区测得的盐度最大值为 34.34，出现在 SWL3 站底层；测得盐度的最小值为 24.76，出现在 SWL7 站 0.2H 层。整体盐度分布受径流、蒸发和潮汐混合等因素共同作用，呈现一定的空间差异性。

(7) 悬沙浓度

2025 年 2 月观测期间调查海区悬沙浓度范围为 $0.001\text{kg/m}^3 \sim 0.042\text{kg/m}^3$ ，在垂向上，各站表层和底层悬沙浓度较为接近。空间上，近岸站点的平均悬沙浓度高于外海站点的平均悬沙浓度。涨潮期最大单宽输沙量为涨潮期最大单宽输沙量为 1.31t/m ，方向 342° ；落潮期最大单宽输沙量为 1.57t/m ，方向 104° ；最大单宽净输沙量为 2.47t/m ，方向 356° 。SWL5 和 SWL7 站的净输沙方向主要以北方向为主，SWL4 站的净输沙方向主要以西南方向为主，其余站点的净输沙方向主要以东方向为主。

2025 年 6~7 月观测期间：调查海区悬沙浓度范围为 $0.005\text{kg/m}^3 \sim 0.040\text{kg/m}^3$ ，在垂向上，各站表层和底层悬沙浓度较为接近。空间上，近岸站点的平均悬沙浓度高于外海站点的平均悬沙浓度。涨潮期最大单宽输沙量为 2.41t/m ，方向 68° ；落潮期最大单宽输沙量为 6.23t/m ，方向 87° ；最大单宽净输沙量为 8.54t/m ，方向 82° 。整体来看，该海域在大潮期间的输沙主要表现为由西南向东北的净输运过程。

12.3.2 地形地貌与冲淤环境现状调查与评价

矿区内整体水深为 $15.67\text{m} \sim 17.46\text{m}$ ，整体水深自北向南逐渐加深，最小和最大水深分别位于矿区北部和南部，水深等值线整体呈近 NE 走向。矿区内海底地势相对平坦，无发育大型隆起或洼地等起伏地形单元，平均坡度约 0.22° ，整体呈北高南低的趋势。

通过对比项目区海域 2009 年和 2021 年海图中的 0m、5m、10m 和 20m 的等深线变化可以看出，项目区海域局部有冲淤变化，但变化幅度不大，呈现基本稳定状态。

12.3.3 海水水质环境质量现状调查与评价

评价范围内国控站位 2022 年~2024 年的监测数据分析得出，执行近岸海域环境

功能区划相应水质标准限值要求的站位中，部分站位的活性磷酸盐含量超过其相对应功能区的水质标准限值，其余监测因子均符合相应功能区水质标准限值要求。按水质类别符合性评价的站位，除 2022 年 10 月 GDN14010 活性磷酸盐为海水水质第二类标准要求外，调查站位的监测因子均符合海水水质第一类标准要求。

2024 年 11 月海水水质调查与评价结果表明：执行近岸海域环境功能区划相应水质标准限值要求的站位中，各站位各监测因子均符合相应功能区水质标准限值要求。按水质类别符合性评价的站位，调查站位各监测因子均符合海水水质第一类标准要求。

2025 年 3 月海水水质调查与评价结果表明：执行近岸海域环境功能区划相应水质标准限值要求的站位中，各站位各监测因子均符合相应功能区水质标准限值要求。按水质类别符合性评价的站位，调查站位各监测因子均符合海水水质第一类标准要求。

12.3.4 沉积物环境质量现状调查与评价

2024 年 4 月沉积物调查结果与评价表明：近岸海域功能区划范围内所有调查站位的沉积物监测因子除 SW02 站位铅含量不符合海洋沉积物质量第一类标准，但符合海洋沉积物质量第二类标准外，其余站位调查因子均符合海洋沉积物质量第一类标准。近岸海域功能区划范围外站位的各因子均符合海洋沉积物质量第一类标准要求。

2025 年 5 月潮间带沉积物调查结果与评价表明：所有沉积物监测因子均符合相应功能区沉积物标准限值要求。

12.3.5 海洋生物体质量现状调查与评价

2024 年 11 月调查结果显示：所有调查站位内采集到的鱼类、甲壳类和软体类的生物体内污染物质均符合《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）附录 C 其他海洋生物质量参考值中的标准限值。

2025 年 3 月调查结果显示：超标因子为铬和砷，超标率分别为 11.1% 和 33.3%。SWC02 站位贝类铬含量不符合《海洋生物质量》（GB 18421-2001）一类标准，但符合《海洋生物质量》（GB 18421-2001）二类标准；SW02、SW14、SW17 站位砷含量不符合《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）附录 C 其他海洋生物质量参考值中的标准限值。其余站位调查因子均符合对应标准要求。

12.3.6 海洋生态环境现状调查与评价

(1) 叶绿素 a 和初级生产力

①2024 年 11 月：叶绿素 a 浓度的变化范围为 (1.20~3.09) mg/m^3 ，平均为 $1.77\text{mg}/\text{m}^3$ 。初级生产力变化范围在 (60.760~249.664) $\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 之间，平均值为 $107.004\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 。

②2025 年 3 月：叶绿素 a 浓度的变化范围为 (0.46~4.38) mg/m^3 ，平均为 $2.06\text{mg}/\text{m}^3$ 。初级生产力变化范围在 (70.557~431.886) $\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 之间，平均值为 $181.647\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 。

(2) 浮游植物

①2024 年 11 月：本次调查中共记录 5 门 6 纲 13 目 26 科 123 种。硅藻门种类最多，共 15 科 92 种，占总种类数的 74.80%；甲藻门种类次之，出现 8 科 26 种，占总种类数的 21.14%；蓝藻门出现 1 科 2 种，占总种类数的 1.63%。浮游植物优势种共出现 5 种，分别为中肋骨条藻、劳氏角毛藻和冰河拟星杆藻等，其中中肋骨条藻为第一优势种。浮游植物密度平均值为 $983.219\times 10^3\text{ cells}/\text{m}^3$ ，浮游植物的多样性指数平均值为 3.351，均匀度指数平均值为 0.600，丰富度指数平均值为 2.586。

②2025 年 3 月：本次调查中共记录 4 门 5 纲 12 目 24 科 119 种。硅藻门种类最多，共 14 科 82 种，占总种类数的 68.91%；甲藻门种类次之，出现 7 科 33 种，占总种类数的 27.73%；金藻门出现 1 科 1 种，占总种类数的 0.84%；蓝藻门出现 2 科 2 种，占总种类数的 2.52%。浮游植物优势种共出现 8 种，分别为尖刺伪菱形藻、双环海链藻、旋链角毛藻等，其中尖刺伪菱形藻为第一优势种。浮游植物密度平均值为 $22422.404\times 10^3\text{ cells}/\text{m}^3$ ，浮游植物的多样性指数平均值为 2.357，均匀度指数平均值为 0.430，丰富度指数平均值为 1.761。

(3) 浮游动物

①2024 年 11 月：5 门 7 纲 13 目 25 科 58 种（包括浮游幼体 14 种）。分属 8 个不同类群，即栉水母、水母类、有尾类、毛颚类、介形类、桡足类、十足类和浮游幼体。浮游动物优势种 8 种，分别为桡足幼体、红纺锤水蚤、长尾类幼虫、微刺哲水蚤等，其中桡足幼体为第一优势种。浮游动物生物量平均值为 $25.20\text{ mg}/\text{m}^3$ ，密度平均值为 $65.063\text{ ind}/\text{m}^3$ 。浮游动物多样性指数平均值为 3.264，均匀度指数平均值为 0.804，丰富度指数平均值为 2.491。

②2025 年 3 月：本次调查中共记录 5 门 7 纲 12 目 22 科 48 种（包括浮游幼体 13

种)。分属 8 个不同类群, 即栉水母、水母类、被囊类、有尾类、毛颚类、桡足类、端足类和浮游幼体。浮游动物优势种 6 种。分别为异体住囊虫、中华哲水蚤、五角水母等, 其中异体住囊虫为第一优势种。浮游动物生物量平均值为 $163.67\text{mg}/\text{m}^3$, 密度平均值为 $423.270\text{ind}/\text{m}^3$ 。浮游动物多样性指数平均值为 2.822, 均匀度指数平均值为 0.765, 丰富度指数平均值为 1.314。

(4) 大型底栖生物

①2024 年 11 月: 本次调查中共记录 8 门 9 纲 22 目 40 科 54 种。其中环节动物为主要生物群, 为 28 种, 占种类总数的 51.85%。大型底栖生物优势种共有 3 种, 分别为奇异稚齿虫、倍棘蛇尾属和暖湿内卷齿蚕, 其中奇异稚齿虫为第一优势种。大型底栖生物的平均生物量为 $5.400\text{g}/\text{m}^2$, 平均栖息密度为 $71.765\text{ind}/\text{m}^2$ 。大型底栖生物多样性指数平均值为 2.137, 均匀度指数平均值为 0.862, 丰富度指数平均值为 1.533。

②2025 年 3 月: 本次调查中共记录 6 门 8 纲 19 目 42 科 60 种。其中环节动物为主要生物群, 为 28 种, 占种类总数的 46.67%。大型底栖生物优势种共有 4 种, 分别为中国中蚓虫、三齿蛇尾属和冠奇异稚齿虫等, 其中中国中蚓虫为第一优势种。大型底栖生物的平均生物量为 $10.096\text{g}/\text{m}^2$, 平均栖息密度为 $70.313\text{ind}/\text{m}^2$ 。大型底栖生物多样性指数平均值为 2.257, 均匀度指数平均值为 0.830, 丰富度指数平均值为 1.666。

(5) 潮间带生物

①2024 年 11 月: SWC01、SWC02 和 SWC03 断面均为沙滩断面。潮间带生物共记录 3 门 4 纲 9 目 11 科 15 种, 其中包括软体动物 8 种、节肢动物 5 种和环节动物 2 种。潮间带生物优势种共有 3 种, 分别为狄氏斧蛤、角眼沙蟹和紫藤斧蛤, 其中狄氏斧蛤为第一优势。潮间带生物定量调查 3 个断面的平均生物量为 $7.497\text{g}/\text{m}^2$, 平均栖息密度为 $34.519\text{ind}/\text{m}^2$; 从水平分布来看 SWC02 断面生物量和栖息密度最高; 从垂直分布来看低潮带的生物量和栖息密度最高。潮间带 3 个断面的多样性指数平均值为 1.592, 均匀度指数平均值为 0.662, 丰富度指数平均值为 0.942。

②2025 年 3 月: SWC01 和 SWC03 断面为沙滩-岩石断面, SWC02 断面为沙滩断面。潮间带生物共记录 5 门 7 纲 18 目 25 科 31 种, 其中包括软体动物 18 种、节肢动物 9 种、环节动物 2 种、绿藻 1 种和褐藻 1 种。潮间带生物优势种共有 3 种, 分别为狄氏斧蛤、粒结节滨螺和紫藤斧蛤, 其中狄氏斧蛤为第一优势种。潮间

带生物定量调查 3 个断面的平均生物量为 $37.379\text{g}/\text{m}^2$ ，平均栖息密度为 $42.667\text{ind}/\text{m}^2$ ，软体动物的平均生物量最高，节肢动物的平均栖息密度最高。从水平分布来看 SWC02 断面生物量和栖息密度最高；从垂直分布来看低潮带的生物量和栖息密度最高。潮间带 3 个断面的多样性指数平均值为 2.018，均匀度指数平均值为 0.641，丰富度指数平均值为 1.266。

(6) 渔业资源

1) 鱼卵仔稚鱼

①2024 年 11 月：本次调查中共记录鱼卵 8 种，其中包括鲈形目 5 种，鲱形目 2 种和鲾形目 1 种；仔稚鱼 10 种，其中包括鲈形目 6 种，鲱形目 3 种和鲾形目 1 种。调查区域垂直拖网的鱼卵平均密度为 $0.372\text{ind}/\text{m}^3$ ；仔稚鱼平均密度为 $0.193\text{ind}/\text{m}^3$ 。水平拖网主要种类鲹科、鳊科、笛鲷科等。

②2025 年 3 月：本次调查中共记录鱼卵 17 种，其中包括鲈形目 9 种，鲱形目 3 种，鲾形目 2 种，仙女鱼目、鮡形目和鲻形目各 1 种；仔稚鱼 9 种，其中包括鲈形目 3 种，鲱形目 3 种，灯笼鱼目、鮡形目和鲻形目各 1 种。调查区域垂直拖网的鱼卵平均密度为 $0.400\text{ind}/\text{m}^3$ ；仔稚鱼平均密度为 $0.275\text{ind}/\text{m}^3$ 。水平拖网主要种类为鲹科、鲱科。

2) 游泳动物

①2024 年 11 月：共记录 3 门 4 纲 15 目 50 科 97 种，其中：其中：鱼类 60 种，占总种类数的 61.86%，虾类 15 种（其中虾蛄类 6 种）。游泳动物优势种共 3 种，分别为红星梭子蟹、口虾蛄和直额蛄，红星梭子蟹为第一优势种。平均总尾数渔获率为 $280\text{ind}/\text{h}$ ，平均总重量渔获率为 $5.676\text{kg}/\text{h}$ 。平均尾数资源密度为 $6.204 \times 10^3\text{ind}/\text{km}^2$ ；平均重量资源密度为 $125.652\text{kg}/\text{km}^2$ 。游泳动物的多样性指数平均值为 3.566，均匀度指数平均值为 0.726，丰富度指数平均值为 3.924。主要经济种类为屈氏叫姑鱼、白姑鱼、口虾蛄、红星梭子蟹、杜氏尾枪乌贼等。

②2025 年 3 月：共记录 3 门 3 纲 14 目 53 科 115 种，其中：鱼类 64 种，占总种类数的 55.65%，虾类 21 种（其中虾蛄类 8 种）。游泳动物优势种共 2 种，分别为口虾蛄、隆线强蟹等。口虾蛄为第一优势种。平均总尾数渔获率为 $297\text{ind}/\text{h}$ ，平均总重量渔获率为 $3.743\text{kg}/\text{h}$ 。平均尾数资源密度为 $18.743 \times 10^3\text{ind}/\text{km}^2$ ；平均重量资源密度为 $239.228\text{kg}/\text{km}^2$ 。游泳动物的多样性指数平均值为 3.375，均匀度指数平均值为 0.721，丰富度指数平均值为 3.298。主要经济种类为龙头鱼、沙带鱼、口虾蛄、杜

氏枪乌贼。

12.4 环境影响预测综合分析与评价结论

12.4.1 水文动力环境影响预测与评价

预测结果表明，在本项目单独采砂情况下，采砂过程对海域的潮流影响主要集中在项目区附近，离项目区越远，潮流影响越小。由于工程后采砂区浚深，采砂区内涨落急流速明显减小，流向略有变化。涨、落急时刻采砂坑附近海域的流速变化幅度约为 -0.10m/s ~ 0.04m/s ，涨落急流向最大偏转幅度分别为 3.6° 和 5.5° 。采砂区开挖对附近海域潮流动力的影响主要集中在采砂区周边 2.0km 范围内

在 SW24-11、SW24-12 两个矿区作业全部完成后，采砂区附近局部流场较工程前发生细微的变化，表现为工程后流向发生小角度的偏转，其余大范围海域流场无明显变化；涨、落急时刻采砂坑附近海域的流速变化幅度约为 -0.06m/s ~ 0.04m/s ，涨落急流向最大偏转幅度分别为 5.2° 和 6.0° 。采砂区开挖对附近海域潮流动力的影响主要集中在采砂区周边 2.0km 范围内。

12.4.2 地形地貌与冲淤环境影响预测与评价

(1) 泥沙冲淤计算结果

预测结果表明，在本项目单独采砂情况下，冲淤变化较大的区域主要位于采砂区内，采砂区西南和东北侧会产生轻微的淤积，顺着水流方向的采砂区西北和东南侧会产生轻微的冲刷。采砂区施工完成后采砂区年最大淤积厚度在 0.28m 左右，平均淤积厚度约为 0.19m ；采砂区附近海域冲淤变化幅度不大，最大淤积厚度约为 0.09m ；采砂区附近最大冲刷厚度约为 0.17m ，平均冲刷厚度约为 0.10m 。

在 SW24-11、SW24-12 两个矿区作业全部完成后，冲淤变化较大的区域主要位于采砂区内，采砂区西南和东北侧会产生轻微的淤积，顺着水流方向的采砂区西北和东南侧会产生轻微的冲刷。采砂区施工完成后采砂区年最大淤积厚度在 0.44m 左右，平均淤积厚度约为 0.29m ；采砂区附近海域冲淤变化幅度不大，最大淤积厚度约为 0.14m ；采砂区附近最大冲刷厚度约为 0.28m ，平均冲刷厚度约为 0.15m 。

(2) 骤淤分析

SW24-11 采砂区采砂完成后 SE 向 50 年一遇波况作用下 48h 骤淤量达到 0.08m ，S 向 50 年一遇波况作用下 48h 骤淤量达到 0.07m 。

SW24-11 和 SW24-12 两个采砂区采砂完成后 SE 向 50 年一遇波况作用下 48h 骤

淤量达到 0.13m，S 向 50 年一遇波况作用下 48h 骤淤量达到 0.12m。

一般情况下，极端天气发生后只会持续 1~2 天，因此，极端天气情况下产生的回淤量不会很大，不会造成采砂区附近海域底床发生大的调整。

(3) 对岸滩稳定性影响分析

SW24-11 采砂区采砂实施后，工程前后的潮流场变化主要局限在采砂区附近，大潮涨落急流速最大变幅很小，在 0.1m/s 以下，潮流变化区域位于 10m 等深线以外。近岸 5 米等深线内的岸滩海域波高变化最大幅度在 0.1m 以内，变化幅度很小。

SW24-11 和 SW24-12 两个区块实施后，工程前后的潮流场变化主要局限在采砂区附近，大潮涨落急流速最大变幅很小，在 0.1m/s 以下，潮流变化区域位于 10m 等深线以外。近岸 5 米等深线内的岸滩海域波高变化最大幅度在 0.1m 以内，变化幅度很小。

根据计算分析结果可知，由于采砂区距离岸线较远，采砂引起的岸边附近的潮流场、波浪场的变化有限，因此采砂对岸滩稳定性的影响甚微。

12.4.3 水质环境影响预测与评价

预测结果表明，在本项目单独采砂情况下，夏季水文条件下采砂引起的悬浮物对 SE 向的最大影响距离约 3.7km，对 NW 向的最大影响距离约 3.9km；整体上，夏季垂线平均大于 10mg/L 浓度区的包络线最大面积为 19.380km²，大于 20 mg/L 浓度区的包络线面积为 14.454km²；大于 50 mg/L 浓度区的包络线面积为 8.997km²；大于 100mg/L 浓度区的包络线面积为 7.038km²。冬季水文条件下采砂引起的悬浮物对 SE 向的最大影响距离约 3.6km，对 NW 向的最大影响距离约 3.5km；整体上，垂线平均大于 10mg/L 浓度区的包络线最大面积为 18.427km²，大于 20 mg/L 浓度区的包络线面积为 13.207km²；大于 50 mg/L 浓度区的包络线面积为 8.191km²；大于 100mg/L 浓度区的包络线面积为 6.246km²。

在 SW24-11、SW24-12 两个矿区同时采砂情况下，夏季水文条件下采砂引起的悬浮物对 SE 向的最大影响距离约 3.9km，对 NW 向的最大影响距离约 3.7km；整体上，垂线平均大于 10mg/L 浓度区的包络线最大面积为 44.978km²，大于 20 mg/L 浓度区的包络线面积为 30.168km²；大于 50 mg/L 浓度区的包络线面积为 19.917km²；大于 100mg/L 浓度区的包络线面积为 13.701km²。冬季水文条件下采砂引起的悬浮物对 SE 向的最大影响距离约 3.8km，对 NW 向的最大影响距离约 3.5km；整体上，垂线平均大于 10mg/L 浓度区的包络线最大面积为 43.092km²，大于 20 mg/L 浓度区

的包络线面积为 28.987km²；大于 50 mg/L 浓度区的包络线面积为 19.224km²；大于 100mg/L 浓度区的包络线面积为 13.321km²。

报告书分析，项目悬浮物的影响主要在采砂期间，采砂结束后，其影响将逐渐消失；采取相应的污染防治措施和海洋生态环境保护措施后，可有效降低采砂产生的悬浮物对周边环境敏感目标的影响。

12.4.4 沉积物环境影响预测与评价

影响分析结果表明，采砂作业对沉积物的影响主要集中在悬浮泥沙影响范围内，项目实施会使上述区域海洋沉积物的垂直结构和表层组成、结构发生一定的变化，在采砂结束一段时间后，将重新建立新的相对稳定的沉积物环境；采砂区海域沉积环境质量良好，采砂作业造成的沉积物再悬浮不会导致本海域沉积物的环境质量发生明显的变化。

12.4.5 生态环境影响预测与评价

报告书分析，采砂过程将引起局部海域内水体浑浊度增大，对浮游植物、浮游动物、鱼卵、仔稚鱼等产生一定不良影响；采砂过程采砂区的底栖生物种类将被掩埋、覆盖，对底栖生物会造成直接损害，但影响是暂时的、可逆的。经计算，本工程采砂导致底栖生物直接损失量为 15.80t；采砂悬浮物持续周期一年导致浮游植物的损失量为 6.30×10^{15} cells；浮游动物的损失量为 50.87t；鱼卵的损失量为 1.92×10^8 粒、仔稚鱼的损失量为 1.17×10^8 尾；游泳生物的损失量为 2.00t。按生物资源损害赔偿和补偿年限（倍数）为 3 年计算得本工程采砂导致底栖生物损失量为 47.40t、浮游植物损失量为 1.89×10^{16} cells、浮游动物的损失量为 152.61t、鱼卵的损失量为 5.76×10^8 粒、仔稚鱼的损失量为 3.51×10^8 尾、游泳生物的损失量为 6.00t。项目应采取一定的生态补偿措施，对项目施工期造成的生物损失进行补偿，将其可能产生的生态环境影响降至最低。

项目评价范围内的生态敏感区主要有：自然保护地、海洋生态保护红线区、自然岸线、海岛、三场一通道、重要物种和特殊生境等，与项目距离均较远，两个采砂区同时采砂时悬浮泥沙增量超过 10mg/L 最大包络线不会扩散至周边生态敏感区，也不会对周边生态敏感区造成冲刷或者淤积影响。

12.5 环境风险分析与评价结论

项目存在的环境风险主要包括可能发生的通航安全事故、船舶碰撞发生溢油事

故进而污染周边海域等。为避免上述事故的发生和降低环境风险，施工前向海事部门申请划定施工水域和安全作业区域，设置航行警戒标，配置现场警戒船，向海事部门申请发布航行通告和航行警告，申请协助进行水上安全维护；配备足够的防止油膜扩散的装备和设施；制订溢油事故应急预案，并与区域相关应急预案衔接等。

综上，严格落实上述环境风险防范措施和应急预案的情况下，可有效降低环境风险事故发生的概率，有效控制事故发生对环境的影响。

12.6 污染物排放总量控制

本项目为海砂开采项目，施工期产生的悬浮物增加对水质的影响属于短期、可恢复性质。废水来源主要是采砂船产生的生活污水和舱底含油污水，舱底含油污水统一收集后交由有处理能力的单位进行收运处理，船舶生活污水经船舶装载生活污水处理设施处理达标后，在满足《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的要求的前提下排放。因此，本项目不推荐设置水污染物排放总量控制指标。

12.7 环境经济损益分析

根据本报告书的分析可知，在对海砂进行合理开采的前提下，本项目的实施在社会供需矛盾、社会能源危机和采砂规范化管理等一系列社会问题的解决上具有不同程度的促进作用，且对自然资源的开发带来了可观的经济价值。因此，无论从社会发展的角度还是经济发展的角度来看，其综合效益是显著的。相比之下，环境污染经济损失是可以承受的。

12.8 环境监测计划的可行性结论

本项目通过跟踪监测，结合采砂施工特点和项目周围的环境敏感保护目标，重点监测开采活动对海底地形、水质悬浮物等方面的影响，根据不同监测内容确定相应监测范围、布设监测站位和设计监测频率等，采砂期和采砂结束后海洋环境监测方案，能够及时了解和掌握项目实施过程中对海洋水质、沉积物和生物的影响，以便对可能产生明显环境影响的关键环节事先制定监测，使可能造成环境影响的因素得以及时发现，妥善处理。因此，本项目的环境监测计划是可行的。

12.9 公众参与意见采纳情况

本次公众参与工作由建设单位（汕尾市自然资源局）开展。建设单位于 2025 年 5 月 14 日在汕尾市自然资源局官方网站（https://www.shanwei.gov.cn/swgtj/yaowen/tzgg/content/post_1147850.html）进行了首

次环境影响评价信息公开。

上述公示期间均未收到公众反馈意见。

12.10 综合评价结论

本项目建设符合国家产业政策，选址符合相关规划要求。海砂开采过程中产生的悬浮泥沙对水环境的影响是暂时的。开采过程中产生的污废水和固体废物会得到妥善处理处置。同时，针对本项目的工程特点和环境特征，提出了相应的环境保护和污染防治对策措施、风险防范对策措施。评价认为：在采砂单位切实执行国家有关法律法规、严格按照本报告书提出的开采范围、方式、时间和强度作业，并注意监测附近海底地形地貌变化，避免超界、超量、超强度开采，落实报告书中提出的各项污染防治、生态保护对策措施及风险防范措施的前提下，项目对海水水质、海洋沉积物、海洋生态环境影响可接受，环境风险可防控，从环境保护角度考虑，广东省汕尾市陆丰西南海域 SW24-11 区块海砂开采是可行的。

12.11 建议

本项目环境保护对策与建议主要是针对采砂施工期而言，海洋环境保护对策与建议主要包括：

(1) 为减少采砂过程中产生的污染物，采砂单位须按照本报告书的建议落实采砂船舶规模和工艺控制要求、采砂过程的污染防治措施和环保投资，并贯彻执行，避免或减少对水质及生态环境的影响。

(2) 加强对采砂作业的环境跟踪监测工作，密切监视海上环境变化，如发现异常现象，应采取必要的措施，如暂停施工等，以保护海域的生态环境和航道，并及时通知海洋监测单位，查明原因。

(3) 采砂中标单位应该严格按批准的采砂区范围和本报告书建议的开采强度和开采总量依法采砂，不得在申请区域外采砂或随意扩大采砂范围。对采砂作业准确定位、详细记录其过程，防止越界开采、超量开采、超强度开采。作业前采砂区应设置警示标志。

(4) 加强监管。

附表

附表 1 建设项目海洋生态环境影响评价自查表

| 工作内容 | | 自查项目 | | |
|---------|--|--|--|-----------------------------|
| 影响识别 | 影响类型 | 直接向海洋排放废水 <input type="checkbox"/> ；短期内产生大量悬浮物 <input checked="" type="checkbox"/> ；改变入海河口（湾口）宽度束窄比例 <input type="checkbox"/> ；直接占用海域面积 <input type="checkbox"/> ；线性水工构筑物 <input type="checkbox"/> ；投放固体物 <input type="checkbox"/> | | |
| | 生态敏感区 | 最近自然保护地为西南侧约 9.9km 的汕尾市遮浪角东人工鱼礁海洋生态市级自然保护区；最近生态保护红线为南侧约 5.6km 碣石湾海马珍稀濒危物种分布区；最近海岛为西南侧约 4.5km 的西桔礁；项目位于幼鱼、幼虾保护区，南海北部幼鱼繁育场保护区；特殊生境（珊瑚礁）位于项目西侧约 9.3km。 | | |
| | 影响因子 | 海水水质 <input checked="" type="checkbox"/> ；海洋沉积物 <input checked="" type="checkbox"/> ；海洋生态 <input checked="" type="checkbox"/> ；环境风险 <input checked="" type="checkbox"/> | | |
| 评价等级 | | 一级 <input checked="" type="checkbox"/> ；二级 <input type="checkbox"/> ；三级 <input type="checkbox"/> | | |
| 评价范围 | | 主流向（15）km，垂直主流向（15）km；管缆类（ ）km | | |
| 评价时期 | | 春季 <input checked="" type="checkbox"/> ；夏季 <input type="checkbox"/> ；秋季 <input checked="" type="checkbox"/> ；冬季 <input type="checkbox"/> | | |
| 现状调查及评价 | | | | |
| 海水水质 | 区域污染源 | 调查项目 | 数据来源 | |
| | | 已建 <input type="checkbox"/> ；在建 <input type="checkbox"/> ； 拟建 <input type="checkbox"/> ；其他 <input type="checkbox"/> | 环评 <input type="checkbox"/> ；环保验收 <input type="checkbox"/> ；既有实测 <input type="checkbox"/> ；现场监测 <input type="checkbox"/> ； 入海排污口数 <input type="checkbox"/> ； 其他 <input type="checkbox"/> | |
| | 调查时期 | | 调查因子 | 调查断面或 点位 |
| | 春季 <input checked="" type="checkbox"/> ；夏季 <input type="checkbox"/> ；秋季 <input checked="" type="checkbox"/> ；冬季 <input type="checkbox"/> | | pH、水温、盐度、溶解氧、悬浮物、 化学需氧量、硝酸盐氮、亚硝酸盐 氮、氨氮、活性磷酸盐、石油类、 汞、砷、铜、锌、铅、镉、铬、硫化 物、挥发性酚、氰化物、氟化物 | 秋季（28） 个； 春季（24） 个 |
| | 评价因子 | pH、溶解氧、化学需氧量、无机氮、活性磷酸盐、氰化物、氟化物、石油类、锌、挥发性酚、硫化物、汞、砷、铜、铅、镉、总铬 | | |
| | 评价标准 | 第一类 <input checked="" type="checkbox"/> ；第二类 <input checked="" type="checkbox"/> ；第三类 <input checked="" type="checkbox"/> ；第四类 <input type="checkbox"/> | | |
| | 评价结论 | 海洋环境功能区水质达标状况：达标 <input checked="" type="checkbox"/> ；不达标 <input type="checkbox"/> ，超标因子（/） 功能区外海域环境质量现状：符合第（一）类 | | |
| 海洋沉积物 | 调查站位 | （14）个 | | |
| | 调查因子 | pH、含水率、粒度、有机碳、石油类、硫化物、铜、铅、镉、锌、汞、铬、砷 | | |
| | 评价标准 | 第一类 <input checked="" type="checkbox"/> ；第二类 <input checked="" type="checkbox"/> ；第三类 <input type="checkbox"/> | | |
| | 评价结论 | 符合第（二）类，超标因子（铅） | | |
| 海洋生态 | 调查断面或点位 | 秋季（17）个、春季（16）个 | | |
| | 调查因子 | 铜、铅、锌、镉、铬、总汞、砷、石油烃、叶绿素 a 和初级生产力、浮游植物、浮游动物、潮间带生物、底栖生物、鱼卵仔鱼、游泳动物 | | |
| | 评价标准 | 第一类 <input checked="" type="checkbox"/> ；第二类 <input checked="" type="checkbox"/> ；第三类 <input type="checkbox"/> ；附录 C <input checked="" type="checkbox"/> | | |
| | 评价结论 | 符合第（第二类）类，超标因子（铬、砷） | | |
| 影响预测及评价 | | | | |
| 预测时期 | | 春季 <input type="checkbox"/> ；夏季 <input checked="" type="checkbox"/> ；秋季 <input type="checkbox"/> ；冬季 <input checked="" type="checkbox"/> | | |
| 预测情景 | | 建设期 <input checked="" type="checkbox"/> ；生产运行期 <input type="checkbox"/> ；服务期满后 <input type="checkbox"/> | | |
| 海水水质 | 预测方法 | 数值模拟 <input checked="" type="checkbox"/> ；类比分析 <input type="checkbox"/> ；近似估算 <input type="checkbox"/> ；物理模型 <input type="checkbox"/> ；其他 <input type="checkbox"/> | | |

| | | | | |
|-------------------------|--------|--|-----|------|
| 影响预测与评价 | 影响评价 | <p>污染控制措施及入海排污口排放浓度限值应满足国家和地方排放标准☑；</p> <p>达标区的建设项目，选择废水处理措施或方案应满足行业污染防治可行技术指南的要求，环境影响可接受☑；</p> <p>不达标区的建设项目，选择废水处理措施或方案时，应满足海域环境质量达标规划和污染物削减替代要求、海域环境改善目标要求及行业污染防治可行技术指南中污染防治先进技术要求，确保废水污染物达到最低排放强度和浓度，且环境影响可接受☑；</p> <p>新设或调整入海排污口的建设项目，入海排污口位置、排放方式、排放规模具有环境合理性☑；</p> <p>对海水水质产生重大不利影响☐。</p> | | |
| 海洋沉积物影响评价 | 评价方法 | 定量预测☐；半定量分析☐；定性分析☑；其他☐ | | |
| | 影响评价 | <p>海洋沉积物质量的影响范围、影响程度可接受☑；</p> <p>海洋沉积物对海洋生态环境敏感区和海洋生态环境保护目标的影响可接受☑。</p> | | |
| 海洋生态影响预测与评价 | 预测方法 | <p>类比分析法☐；图形叠置法☐；生态机理分析法☐；海洋生物资源影响评价法☑；其他☐</p> | | |
| | 影响评价 | <p>造成的生物资源损失量可接受☑；</p> <p>对评价海域生物多样性的影响可接受☑；</p> <p>对重要水生生物“三场一通道”、水产种质资源保护区的占用、损害、阻隔和干扰等影响可接受☑；</p> <p>对珍稀濒危海洋生物种群和数量的影响，以及对其生境的占用、损害、阻隔和干扰等影响可接受☑；</p> <p>对重要湿地、特殊生境（红树林、珊瑚礁、海草床、海藻场）等的占用、损害、阻隔和干扰等影响可接受☑；</p> <p>对自然保护地、生态保护红线的占用、损害、阻隔和干扰等影响可接受☑；</p> <p>造成的冲淤变化对岸滩长度、宽度、生态功能和景观等影响可接受☑；</p> <p>产生重大的海洋生态和生物资源损害，造成或加剧区域的重大生态环境问题，存在不可接受的损害或潜在损害☐。</p> | | |
| 环境风险 | | | | |
| 危险物质 | 名称 | 燃料油 | | |
| | 存在总量 | 974.3t | | |
| 物质及工艺系统危险性 ¹ | Q 值 | Q<1☐；1≤Q<10☑；10≤Q<100☐；Q≥100☐ | | |
| | M 值 | M1☐；M2☐；M3☐；M4☑ | | |
| | P 值 | P1☐；P2☐；P3☐；P4☑ | | |
| 环境敏感程度 | | E1☑；E2☐；E3☐ | | |
| 环境风险势 | | IV ⁺ ☐；IV☐；III☑；II☐；I☐ | | |
| 评价等级 | | 一级☐；二级☑；三级☐；简单分析☐ | | |
| 风险识别 | 物质危险性 | 有毒有害☑；易燃易爆☑ | | |
| | 环境风险类型 | 泄漏☑；火灾爆炸引起的伴生/次生污染物排放☐ | | |
| 事故情形分析 | 源强设定方法 | 计算法☑；类比估算法☐；其他☐ | | |
| | 预测模型 | 溢油粒子模型☑；污染物扩散的数值模拟☐ | | |
| 风险预测与评价 | | 最近敏感目标（0）km，抵达时间（0）h | | |
| 重点风险防范措施 | | <p>1、加强灾害气象预报跟踪，密切关注台风、风暴潮等自然灾害；2、加强对灾害性天气条件下项目周边交通安全监管，非适航条件不宜通航；3、协调施工船只通航，控制施工船舶密度，合理安排施工进度，控制施工范围；4、完善海上安全保障系统，保障通航水深条件。</p> | | |
| 评价结论 | | <p>建设单位应做好各项风险的预防和应急措施，可将其影响范围和程度控制在较小程度之内。当发生风险事故时采取相应的措施和应急预案，可以把事故的危害程度降低到最低程度，环境风险水平可以接受。</p> | | |
| 主要污染物排放总量核算 | | 污染物名称 | 排放量 | 排放浓度 |

| | | | |
|----------------------|------|---|---|
| | | | |
| 污染物削减替代 | | 污染物名称 | 削减量 |
| | | | 来源 |
| 污染防治和生态修复措施 | | 污水处理设施 <input type="checkbox"/> ; 生态修复措施 <input checked="" type="checkbox"/> ; 区域削减 <input type="checkbox"/> ; 依托其他工程措施 <input type="checkbox"/> ; 其他 <input type="checkbox"/> | |
| 监测计划 | 内容 | 环境质量 | 污染源 |
| | 监测方式 | 手动 <input checked="" type="checkbox"/> ; 自动 <input type="checkbox"/> ; 无监测 <input type="checkbox"/> | 手动 <input type="checkbox"/> ; 自动 <input type="checkbox"/> ; 无监测 <input checked="" type="checkbox"/> |
| | 监测点位 | 9 个 | / |
| | 监测因子 | 水质: 悬浮物、石油类、铅、镉、铜、汞等; 沉积物: 粒度、有机质、石油类等; 海洋生物: 叶绿素 a、浮游植物、浮游动物、 渔业资源、鱼卵仔鱼、底栖生物等。 | / |
| | 监测频次 | 水质采砂期内的每个潮汐年的春、夏、秋季各进行一次监测, 其余站位采砂期内的每个潮汐年的春、秋季各进行一次监测; 施工结束后进行一次后评估监测。 沉积物: 采砂期内每个潮汐年进行一次监测, 施工结束后进行一次后评估监测。 海洋生物: 采砂期内的每个潮汐年的春、秋季各进行一次监测, 施工结束后进行一次后评估监测。 | / |
| 总体评价结论 | | 可接受 <input checked="" type="checkbox"/> ; 不可接受 <input type="checkbox"/> | |
| 注1: M、P 的确定参照 HJ169。 | | | |

附表 2 建设项目大气环境影响评价自查表

| 工作内容 | | 自查项目 | | | | | | |
|---------------|--------------------------------------|--|---|---|--|---|---|-----------------------------|
| 评价等级与范围 | 评价等级 | 一级 <input type="checkbox"/> | | 二级 <input type="checkbox"/> | | 三级 <input checked="" type="checkbox"/> | | |
| | 评价范围 | 边长=50km <input type="checkbox"/> | | 边长 5~50km <input type="checkbox"/> | | 边长=5 km <input type="checkbox"/> | | |
| 评价因子 | SO ₂ +NO _x 排放量 | ≥ 2000t/a <input type="checkbox"/> | 500 ~ 2000t/a <input type="checkbox"/> | | | < 500 t/a <input checked="" type="checkbox"/> | | |
| | 评价因子 | 基本污染物：(CO、O ₃ 、SO ₂ 、NO ₂ 、PM ₁₀ 、PM _{2.5}) 其他污染物：() | | | 包括二次 PM _{2.5} <input type="checkbox"/> 不包括二次 PM _{2.5} <input checked="" type="checkbox"/> | | | |
| 评价标准 | 评价标准 | 国家标准 <input checked="" type="checkbox"/> | | 地方标准 <input type="checkbox"/> | 附录 D <input type="checkbox"/> | 其他标准 <input type="checkbox"/> | | |
| 现状评价 | 环境功能区 | 一类区 <input type="checkbox"/> | | 二类区 <input checked="" type="checkbox"/> | | 一类区和二类区 <input type="checkbox"/> | | |
| | 评价基准年 | (2024) 年 | | | | | | |
| | 环境空气质量现状调查数据来源 | 长期例行监测数据 <input type="checkbox"/> | | 主管部门发布的数据 <input checked="" type="checkbox"/> | | 现状补充监测 <input type="checkbox"/> | | |
| | 现状评价 | 达标区 <input checked="" type="checkbox"/> | | | 不达标区 <input type="checkbox"/> | | | |
| 污染源调查 | 调查内容 | 本项目正常排放源 <input checked="" type="checkbox"/> 本项目非正常排放源 <input type="checkbox"/> 现有污染源 <input type="checkbox"/> | | 拟替代的污染源 <input type="checkbox"/> | 其他在建、拟建项目污染源 <input type="checkbox"/> | 区域污染源 <input type="checkbox"/> | | |
| 大气环境影响预测与评价 | 预测模型 | AERMOD <input type="checkbox"/> | ADMS <input type="checkbox"/> | AUSTAL2000 <input type="checkbox"/> | EDMS/AEDT <input type="checkbox"/> | CALPUFF <input type="checkbox"/> | 网格模型 <input type="checkbox"/> | 其他 <input type="checkbox"/> |
| | 预测范围 | 边长 ≥ 50km <input type="checkbox"/> | | 边长 5~50km <input type="checkbox"/> | | 边长 = 5 km <input type="checkbox"/> | | |
| | 预测因子 | 预测因子() | | | | 包括二次 PM _{2.5} <input type="checkbox"/> 不包括二次 PM _{2.5} <input type="checkbox"/> | | |
| | 正常排放短期浓度贡献值 | C 本项目最大占标率 ≤ 100% <input type="checkbox"/> | | | | C 本项目最大占标率 > 100% <input type="checkbox"/> | | |
| | 正常排放年均浓度贡献值 | 一类区 | C 本项目最大占标率 ≤ 10% <input type="checkbox"/> | | | C 本项目最大占标率 > 10% <input type="checkbox"/> | | |
| | | 二类区 | C 本项目最大占标率 ≤ 30% <input type="checkbox"/> | | | C 项目最大占标率 > 30% <input type="checkbox"/> | | |
| | 非正常排放 1h 浓度贡献值 | 非正常持续时间长 () h | C 非正常占标率 ≤ 100% <input type="checkbox"/> | | | C 非正常占标率 > 100% <input type="checkbox"/> | | |
| | 保证率日平均浓度和年平均浓度叠加值 | C 叠加达标 <input type="checkbox"/> | | | | C 叠加不达标 <input type="checkbox"/> | | |
| 区域环境质量的整体变化情况 | k ≤ -20% <input type="checkbox"/> | | | | k > -20% <input type="checkbox"/> | | | |
| 环境监测计划 | 污染源监测 | 监测因子：() | | | 有组织废气监测 <input type="checkbox"/> | 无组织废气监测 <input type="checkbox"/> | 无监测 <input checked="" type="checkbox"/> | |
| | 环境质量监测 | 监测因子：() | | | 监测点位数 () | | 无监测 <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 评价结论 | 环境影响 | 可以接受 <input checked="" type="checkbox"/> 不可以接受 <input type="checkbox"/> | | | | | | |
| | 大气环境防护距离 | 距 () 厂界最远 () m | | | | | | |
| | 污染源年排放量 | SO ₂ : () t/a | NO _x : () t/a | | 颗粒物: () t/a | VOCs: () t/a | | |

注：“”为勾选项，填“”；“()”为内容填写项

附表3 声环境影响评价自查表

| 工作内容 | | 自查项目 | | | | | |
|--|--------------|---|------------------------------|----------------------------------|---|--|---|
| 评价等级 与范围 | 评价等级 | 一级 <input type="checkbox"/> | | 二级 <input type="checkbox"/> | | 三级 <input checked="" type="checkbox"/> | |
| | 评价范围 | 200 m <input checked="" type="checkbox"/> | | 大于200 m <input type="checkbox"/> | | 小于200 m <input type="checkbox"/> | |
| 评价因子 | 评价因子 | 等效连续A声级 <input checked="" type="checkbox"/> | | 最大A声级 <input type="checkbox"/> | | 计权等效连续感觉噪声级 <input type="checkbox"/> | |
| 评价标准 | 评价标准 | 国家标准 <input checked="" type="checkbox"/> | | 地方标准 <input type="checkbox"/> | | 国外标准 <input type="checkbox"/> | |
| 现状评价 | 环境功能区 | 0类区 <input type="checkbox"/> | 1类区 <input type="checkbox"/> | 2类区 <input type="checkbox"/> | 3类区 <input checked="" type="checkbox"/> | 4a类区 <input type="checkbox"/> | 4b类区 <input type="checkbox"/> |
| | 评价年度 | 初期 <input type="checkbox"/> | | 近期 <input type="checkbox"/> | 中期 <input type="checkbox"/> | | 远期 <input type="checkbox"/> |
| | 现状调查方法 | 现场实测法 <input type="checkbox"/> 现场实测加模型计算法 <input type="checkbox"/> 收集资料 <input type="checkbox"/> | | | | | |
| | 现状评价 | 达标百分比 | | | | | |
| 噪声源调查 | 噪声源调查方法 | 现场实测 <input type="checkbox"/> 已有资料 <input type="checkbox"/> 研究成果 <input type="checkbox"/> | | | | | |
| 声环境影响 预测与 评价 | 预测模型 | 导则推荐模型 <input type="checkbox"/> 其他 <input type="checkbox"/> | | | | | |
| | 预测范围 | 200 m <input type="checkbox"/> 大于200 m <input type="checkbox"/> 小于200 m <input type="checkbox"/> | | | | | |
| | 预测因子 | 等效连续A声级 <input type="checkbox"/> 最大A声级 <input type="checkbox"/> 计权等效连续感觉噪声级 <input type="checkbox"/> | | | | | |
| | 厂界噪声贡献值 | 达标 <input type="checkbox"/> 不达标 <input type="checkbox"/> | | | | | |
| | 声环境保护目标处噪声值 | 达标 <input type="checkbox"/> 不达标 <input type="checkbox"/> | | | | | |
| 环境监测 计划 | 排放监测 | 厂界监测 <input type="checkbox"/> 固定位置监测 <input type="checkbox"/> 自动监测 <input type="checkbox"/> 手动监测 <input type="checkbox"/> 无监测 <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | |
| | 声环境保护目标处噪声监测 | 监测因子: () | | | 监测点位数 () | | 无监测 <input checked="" type="checkbox"/> |
| 评价结论 | 环境影响 | 可行 <input checked="" type="checkbox"/> 不可行 <input type="checkbox"/> | | | | | |
| 注:“ <input type="checkbox"/> ”为勾选项,可√;“()”为内容填写项。 | | | | | | | |