广东省汕尾市管辖海域 CB22-05 区块海砂开采

环境影响报告书

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

2023 年 10 月

目录

1 概述 1
1.1 项目由来 1
1.2 建设项目特点 1
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 7
1.6 环境影响的主要结论 8
2 总则 9
2.1 编制依据 9
2.2 相关规划及环境功能区划 14
2.3 评价标准 14
2.4 评价工作等级和评价范围 29
2.5 环境敏感区及社会活动关注区 34
3 工程概况 41
3.1 工程概况 41
3.2 矿区分析 44
3.3 海砂开采方案 64
4 工程分析 75
4.1 生产工艺与过程分析 75
4.2 工程各阶段污染源分析 80
4.3 工程各阶段非污染环境影响分析 87
4.4 环境影响要素识别和评价因子筛选 88
5 区域自然环境概况 90
5.1 区域自然环境 90
5.2 区域海洋资源概况 105
5.3 海域开发利用现状 131
5.4 外环境污染源调查与分析 137
6 环境质量现状调查与评价 138
6.1 水文动力环境 138
6.2 地形地貌与工程地质 191
6.3 海水水质现状调查与评价 205
6.4 海洋沉积物质量现状调查与评价 233
6.5 海洋生物质量现状调查与评价 240
6.6 海洋生态环境现状调查与评价 245

6.7 渔业资源现状调查与评价 268
6.8 大气环境质量现状调查与评价 286
7 环境影响预测与评价 288
7.1 水动力环境影响预测与评价 288
7.2 对波浪动力环境影响分析与评价 329
7.3 地形地貌与冲淤环境影响分析 337
7.4 水质环境影响分析与评价 350
7.5 沉积物环境影响分析与评价 374
7.6 生态环境影响分析与评价 375
7.7 采砂活动对敏感目标和社会活动关注区的影响分析 388
7.8 对通航环境的影响分析 403
7.9 大气环境影响分析 404
7.10 噪声环境影响分析 405
7.11 固体废物环境影响分析 405
8 环境风险评价 407
8.1 环境风险评价等级 407
8.2 环境敏感目标 410
8.3 环境风险识别 414
8.4 环境风险事故分析 415
8.5 溢油事故预测分析 420
8.6 船舶倾覆、船舶自沉环境风险分析及风险防范措施 442
8.7 通航安全风险分析及风险防范措施 447
8.8 极端天气风险分析及风险防范措施 448
8.9 溢油环境风险防范措施和应急预案 449
8.10 采砂坑、坍塌风险分析及风险防范措施 462
8.11 小结 463
9 总量控制 464
9.1 污染物总量控制原则 464
9.2 污染物总量控制方法 464
9.3 污染物总量控制建议 465
10 清洁生产与环境保护措施 466
10.1 清洁生产分析 466
10.2 污染防治措施 469
10.3 环保措施技术、经济可行性分析 478
11 海砂开采量控制 481

11.1 开采方式的控制 481
11.2 开采强度的控制 482
12 环境经济损益分析 483
12.1 环境经济损益分析方法 483
12.2 社会效益分析 483
12.3 经济效益分析 484
12.4 环境保护投资估算 485
12.5 环境经济损益分析 486
12.6 环境经济损益 487
13 海洋工程环境可行性 488
13.1 与《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》的符合性 488
13.2 与《广东省近岸海域环境功能区划》的符合性分析 493
13.3 与《广东省海洋主体功能区规划》的符合性分析 495
13.4 与广东省“三区三线”的符合性分析 496
13.5 项目与“三线一单”的符合性分析 499
13.6 与国土空间规划的符合性分析 503
13.7 与相关规划符合性分析 509
13.8 工程生态用海方案分析 519
14 环境管理与监测计划 521
14.1 环境管理 521
14.2 环境监理 522
14.3 环境监测计划 523
15 环境影响评价结论 529
15.1 工程概况 529
15.2 工程分析 529
15.3 环境质量现状调查与评价结论 531
15.4 环境影响预测综合分析与评价结论 534
15.5 环境风险分析与评价结论 536
15.6 污染物排放总量控制 537
15.7 环境经济损益分析 537
15.8 环境监测计划可行性结论 537
15.9 公众参与意见采纳情况 537
15.10 综合评价结论 538
15.11 建议 538

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和填海 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。

2020 年 5 月，为贯彻落实习近平总书记重要讲话和重要指示批示精神，加快实施粤港澳大湾区建设、支持深圳建设中国特色社会主义先行示范区等国家战略，为保障近三年粤港澳大湾区及我省国家战略重大项目建设海砂供应，广东省自然资源厅印发了广东省自然资源厅关于印发《广东省海砂开采三年行动计划（2020-2022 年）》的通知（粤自然资海域[2020]842 号），2020-2022 年共安排海砂开采区 25 片和海砂开采储备区 14 片，总面积约 67.23 平方千米，主要分布在湛江、珠海、江门、阳江、汕尾、揭阳、汕头和茂名等 8 市海域。计划三年最少开采海砂（含泥）3 亿立方米，每年最少组织 6-7 片海砂资源出让，每年开采海砂（含泥）约 1 亿立方米，有效供应海砂 6000-7000 万立方米。在海砂计划开采区无法满足需求时，可将海砂开采储备区作为备选出让区块有序组织开采。

根据《广东省海砂开采三年行动计划（2020-2022 年）》（粤自然资海域〔2020〕842 号）、《广东省财政厅关于下达 2022 年省级海洋资源管理与利用专项资金的通知》（粤财资环〔2022〕31 号）等有关文件，汕尾市管辖海域有 2 个区块（CB22-05 和 CB22-06 区块）列入 2022 年海砂开采储备区。其中，CB22-05 区块约 2.12km^2，CB22-06 区块约 2.26km^2，本报告评价的是其中的 CB22-05 区块。

拟开采海砂 CB22-05 矿区位于汕尾市陆丰市田尾角南侧海域，距离田尾角最近距离约 8.7km，行政区域隶属汕尾陆丰市管辖，范围坐标为：22°39′17.051″N~22°40′18.346″N、115°51′07.057″E~115°52′22.800″E，中心坐标：22°39′48.335″N、115°51′44.326″E，矿区平均水深约 25.70m，面积约 212.0019 公顷，距离西南侧 CB22-06 区块约 295m。地理位置图见图 1.1-1。



图 1.1-1 CB22-05 区块海砂开采区地理位置图

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。本次评价的广东省汕尾管辖海域CB22-05区块海砂开采项目位于汕尾市陆丰市田尾角南侧海域，属于《广东省海砂开采三年行动计划（2020-2022年）》的通知（粤自然资海域[2020]842号）中2022年海砂开采储备区。项目开采范围用海面积为212.0019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（一级类）中海砂等矿产开采（二级类）。

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根据开采期市场需求确定。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。

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。

浙江华东岩土勘察设计研究院有限公司（2023年7月5日公司名称由“浙江华东建设工程有限公司”名称变更为“浙江华东岩土勘察设计研究院有限公司”）是汕尾市自然资源局（建设单位）授权开展《汕尾市海砂开采挂牌出让前期工作项目》的技术服务单位，浙江华东岩土勘察设计研究院有限公司通过邀请招标方式确定广东海兰图环境技术研究有限公司作为本项目的环境影响评价工作中标服务商并签订委托合同，经汕尾市自然资源局确认，广东海兰图环境技术研究有限公司是主持编制本项目环境影响评价工作的技术单位。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《广东省汕尾市管辖海域 CB22-05 区块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汕尾市陆丰市田尾角南侧海域。调查区海砂的矿物组成主要为石英，长石次之，此外还有泥石、碳酸盐、岩屑、绢云母、白云母、黑云母等矿物，其中石英含量（石英占轻矿物的质量百分比）在 80.36%~93.18%之间，长石含量（长石占轻矿物的质量百分比）在 3.99%~10.28%之间，重矿物含量（重矿物质量占分析质量的百分比）在 0.03%~0.22%之间，全区加权后平均含泥量 19.80%。

根据《广东省汕尾市管辖海域 CB22-05 矿区回填用海砂资源储量核实报告》（浙江华东建设工程有限公司，2023 年 7 月），此次勘查基本查明了 CB22-05 矿区海底以下 49.80~61.5m 深度内矿石量（含泥）2581.92×10^4 m^3，含砂率 80.20%，海砂量 2070.81×10^4 m^3。其中控制性矿石量 2295.71×10^4 m^3，海砂量 1843.72×10^4 m^3；推断性矿石量 286.21×10^4 m^3，海砂量 227.09×10^4 m^3。

根据《广东省汕尾市管辖海域 CB22-05 矿区回填用海砂矿产资源开发利用方案》（广东省海洋发展规划研究中心，2023 年 8 月），采砂区可采出的海砂原矿量约为 2097.26×$10^4$$m^3$，年控制开采量约为 782×$10^4$$m^3$，可开采年限约为 2.68 年。

项目开采范围用海面积为 212.0019 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（一级类）中海砂等矿产开采（二级类）。

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《广东省汕尾市管辖海域 CB22-05 区块海砂开采环境影响报告书》。

参照《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。

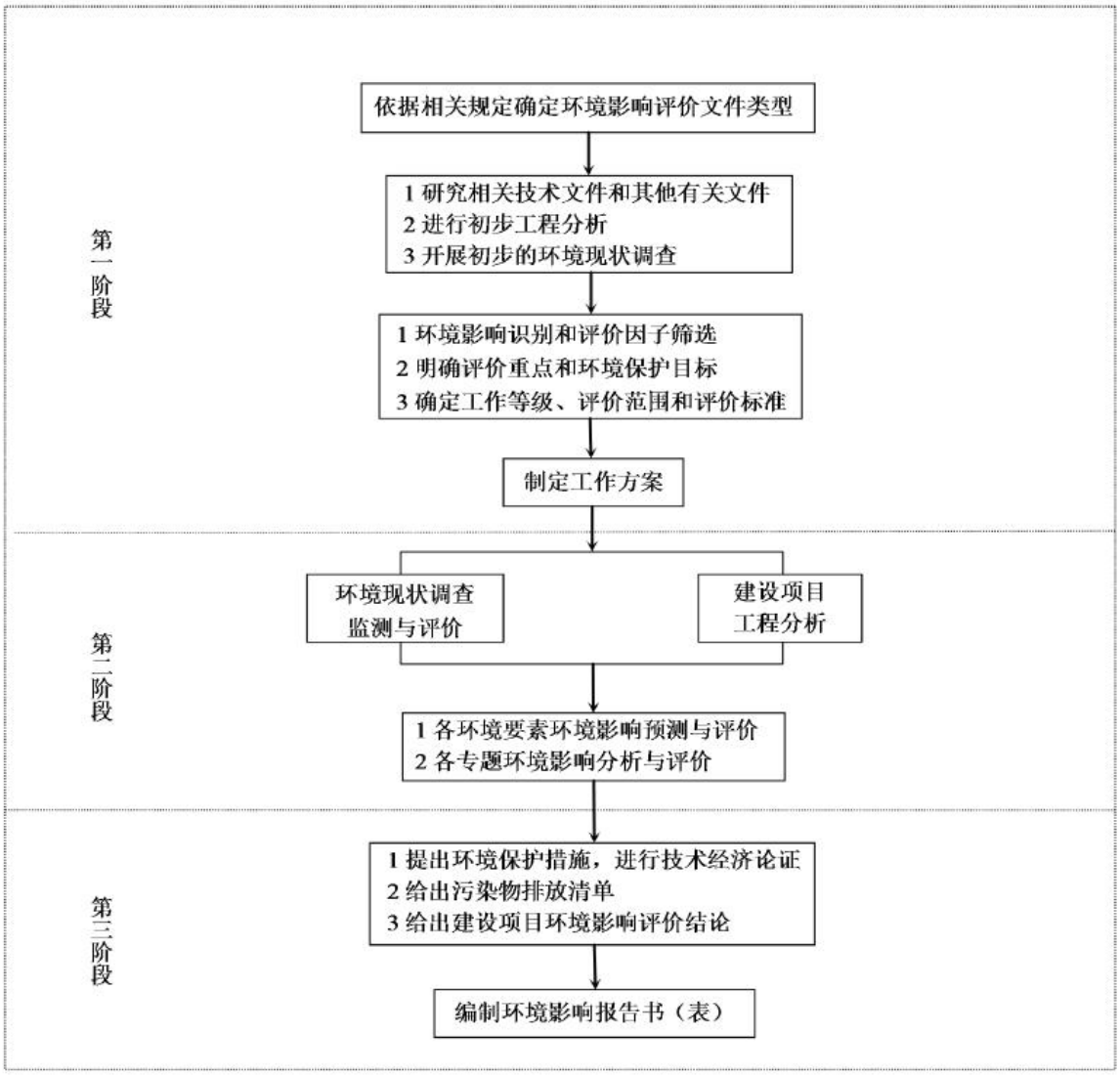


图 1.3-1 环境影响评价工作程序图

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（2019年本）》（国家发展和改革委员会2019年第29号令，2021年12月30日修改），本项目属于允许类，符合国家的产业政策要求。此外，根据《市场准入负面清单（2022年版）》，本项目不属于负面清单中所列的禁止准入类项目。

综合分析，本项目的建设符合产业政策要求。

（2）与海洋功能区划的符合性分析

根据《广东省海洋功能区划（2011-2020年）》，本项目为海砂开采项目，不涉及炸岛及捕捞活动，不在海上建设永久性水工构筑物，不会影响珠海－潮州近海农渔业区的海域使用用途。本项目开采位置已经经过严格论证，无需占用航道、海底管线、保护区和军事等用海，对交通运输、旅游、核电、海洋能、矿产、倾废、海底管线、保护区和军事等用海需求无影响。

本项目为海砂开采，海砂开采过程将对项目所在海洋功能区环境产生一定的影响，为了将项目可能对鱼类“三场一通道”产生的影响降至最低，项目每年的3-7月拟降低采砂强度，保护重要渔业品种的产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道。同时，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2.0m左右的溢流口，溢流回采砂区，施工船舶含油污水统一收集上岸交由有能力的单位收运处理，禁止排放入海；船舶生活污水可在满足《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的要求的前提下排放，若不满足标准排放要求则统一收集上岸，由接收单位收运处理；施工期拟对项目所在海域进行跟踪监测，同时也将对造成的海洋生态损失及时进行补偿，则可将项目可能造成的海洋环境影响降至最低。经采取一定的污染防护措施和生态环境保护措施后，项目的建设符合项目所在海洋功能区的环境保护要求。

（3）与海洋生态红线的符合性

根据《广东省“三区三线”划定成果》（2022年）、《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》、《汕尾市人民政府关于印发汕尾市“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》，本项目不位于海洋生态红线区内，与海洋生态红线的距离均较远，不占用大陆自然岸线保有，不占用海岛自然岸线保有，项目的建设基本不会对海洋生态红线及自然岸线保有产生影响，符合 “广东

省“三区三线”划定成果”、“三线一单”生态环境分区管控的要求。

（4）与国土空间规划的符合性分析

根据《广东省国土空间规划（2021-2035）》和《汕尾市国土空间总体规划（2021-2035）》（报批稿）， 实施海域分区管理。本项目属于海砂开采项目，属于在海洋开发利用空间内统筹安排的工矿通信用海。矿区选址位于海洋开发利用空间，采砂过程中，项目将严格按照本报告要求落实各项环保措施生态保护措施，本项目的选址及实施符合《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》、《汕尾市国土空间总体规划（2021-2035）》（报批稿）的相关要求。

（5）与其他规划的符合性分析

本项目不占用岸线，与岸线的距离较远。本项目为海砂建设项目，本项目的建设可为广东省和汕尾市重大项目提供海砂，保障广东省重大项目的用砂需求。本项目的建设也符合《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》《广东省生态环境保护“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二〇三五年远景目标纲要》《汕尾市国民经济和社会发展第十四个五年规划和二 O 三五年远景目标纲要》《广东省海砂开采三年行动计划（2020—2022 年）》等相关规划的要求。

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开采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和来自施工船舶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回填采砂坑，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，从环境保护角度考虑，广东省汕尾市管辖海域 CB22-05 区块海砂开采是可行的。

2总则

2.1编制依据

2.1.1国家法律、法规

（1）《中华人民共和国环境保护法》（2014 年 4 月 24 日修订，2015 年 1 月 1 日施行）；

（2）《中华人民共和国海洋环境保护法》（2017 年 11 月 4 日修正，2017 年 11 月 5 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）《市场准入负面清单（2022 年版）》（发改体改规[2022]397 号）；

（28）《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（国家发展和改革委员会 2019 年第 29 号令，2021 年 12 月 30 日修改）；

2.1.2地方性法规及规范性文件

（1）《广东省实施<中华人民共和国海洋环境保护法>办法》（2015 年 12 月 30 日广东省第十二届人民代表大会常务委员会第二十二次会议）；

（2）《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；

（3）《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）；

（4）《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）；

（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）《广东省海砂开采三年行动计划（2020-2022 年）》（广东省自然资源厅，2020 年 5 月 6 日）；

（10）《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）；

（11）《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）；

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

（13）《广东省水污染防治条例》，2021 年 1 月 1 日起施行；

2.1.3相关规划和区划

（1）《全国海洋功能区划（2011~2020 年）》（2012 年）；

（2）《全国海洋主体功能区规划》（国发[2015]42 号，2015 年 8 月 22 日）；

（3）《“十四五”海洋经济发展规划》（国函[2021]131 号）；

（4）《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》；

（5）《广东省海洋功能区划（2011~2020 年）》；

（6）《广东省生态环境保护“十四五”规划》（粤环[2021]10 号）；

（7）《广东海洋经济综合试验区发展规划》（2011 年 8 月）；

（8）《广东省海洋生态文明建设行动计划（2016-2020）》（2016 年 11 月）；

（9）《广东省“三区三线”划定成果》（2022 年）；

（10）《广东省海洋经济发展“十四五”规划》（粤府办〔2021〕33 号）；

（11）《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》（广东省人民政府、国家海洋局，2017 年 10 月）；

（12）《广东省沿海经济带综合发展规划（2017-2030 年）》（广东省人民政府，

2017 年 10 月 27 日）；

（13）《广东省主体功能区规划》（粤府〔2012〕120 号）；

（14）《广东省海洋主体功能区规划》（广东省海洋与渔业厅、广东省发展和改革委员会，2017 年 12 月）；

（15）《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》（粤环[2022]7 号）；

（16）《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）；

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

（18）《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）

（19）《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）

（20）《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》；

（21）《汕尾市城市总体规划（2011-2020 年）》；

（22）《汕尾港总体规划（2013 年）》；

（23）《汕尾市人民政府关于印发汕尾市“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》（汕府〔2021〕29 号；

（24）国务院关于《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》的批复（国函〔2023〕76 号）；

（25）《汕尾市国土空间总体规划（2021-2035 年）》（报批稿）。

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）《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T 19485-2014）；

（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）《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》；

（16）《第二次全国海洋污染基线调查技术规范》；

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

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

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

（20）《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）

（21）《水上溢油环境风险评估技术导则》（JT/T1143-2017）；

（22）《船舶污染海洋环境风险评价技术规范（试行）》（海船舶〔2011〕588 号），2011 年 9 月 16 日施行；

（23）《水运工程环境保护设计规范》（JTS149-2018）（2019 修订版）；

（24）《水生生物增殖放流技术规程》（SC-T 9401-2010）；

（25）《海洋生态修复技术指南》（试行）（2021 年 7 月）；

（26）《海水鱼类增殖放流技术规范》（DB44/T 2280-2021）。

2.1.5其他相关依据

（1）委托书；

（2）《广东省汕尾市管辖海域 CB22-05 矿区回填用海砂资源储量核实报告》（汕尾市自然资源局，2023 年 7 月）；

（3）《广东省广东省汕尾市管辖海域 CB22-05 矿区回填用海砂矿产资源开发利用方案》（汕尾市自然资源局，2023 年 8 月）；

（4）《广东省汕尾市管辖海域 CB22-05 区块海砂开采海域使用论证报告书》（广东海兰图环境技术研究有限公司，2023 年 9 月）；

（5） 《汕尾市管辖海域 CB22-05 区块海砂开采出让前期工作通航安全影响研究报告（报批稿）》（广州勇航海事技术服务有限公司，2023 年 3 月；

（6）《汕尾市管辖海域 CB22-05 区块海砂开采出让前期工作海上勘测作业通航安全保障方案（报批稿）》（广州勇航海事技术服务有限公司，2023 年 3 月）

2.2相关规划及环境功能区划

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），本项目不在近岸海域环境功能区范围内，评价范围内的近岸海域功能区有田尾山生态功能区、碣石港口工业用海功能区、碣石浅澳港口、工业功能区、碣石浅澳工业功能区、陆丰核电厂冷却水排污稀释混合区、碣石湾浅海渔业功能区，见表 2.2.1-1。汕尾市近岸海域环境功能区划见图 2.2.1-1。

表 2.2.1-1 项目周边海域近岸海域环境功能区划（汕尾市）（节选）

标识号	行政区	功能区名称	范围	平均宽度	长度	主要功能	水质目标	与本项目相对最近直线距离
405A	汕尾市	田尾山生态功能区	三洲澳至田尾山	1.2	4.5	海洋生态保护	二	东北向约12.0km
405B	汕尾市	碣石港口工业用海功能区	沈厝地至田尾山	3.0	13.5	港口、工业	三	北侧约6.6km
406A	汕尾市	碣石浅澳港口、工业功能区	田尾山至西澳农场	1.5	11	港口、工业	三	西北侧约11.9km
406B	汕尾市	碣石浅澳工业功能区	田尾山至西澳农场	2.8	7.5	工业	三	北侧约6.6km
406-1	汕尾市	陆丰核电厂冷却水排污稀释混合区	冷排水口周围海域	0.4	0.8	排污稀释混合区	/	北侧约7.5km
412	汕尾市	碣石湾浅海渔业功能区	碣石湾内浅海	/	/	渔场作业区	二	西北侧约10.4km

2.2.2海洋功能区划

根据《广东省海洋功能区划（2011-2020）》，工程所在海域功能区划为珠海-潮州近海农渔业区。项目周边有田尾山工业与城镇用海区、田尾山-石碑山农渔业区、碣石近海海洋保护区、碣石湾农渔业区。

项目所在海域及周边海域海洋功能区与本项目的位置关系及具体分布见图2.2.2-1和表2.2.2-1。

表 2.2.2-1 项目周边海域海洋功能区划分布状况（广东省）

序号	功能区名称	面积（公顷）	相适宜的用海类型	与本项目相对最近直线距离	海洋环境保护要求
1	珠海-潮州-近海农渔业区	1272845	渔业用海	占用	1. 保护重要渔业品种的产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道； 2. 执行海水水质一类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准。
2	田尾山工业与城镇用海区	4183	工业与城镇用海	北侧，约6.1km	1. 加强海洋环境监测，建立完善的应急体系； 2. 基本功能未利用前，执行海水水质二类标准、海洋沉积物质量一类标准 和海洋生物质量一类标准； 3. 工程建设期间及建设完成后，执行海水水质三类标准、海洋沉积物质量 二类标准和海洋生物质量二类标准。。
3	田尾山-石碑山农渔业区	44281	农渔业区	东北侧，约6.1km	1. 保护甲子屿、港寮湾礁盘生态系统，保护龙虾、鲍、蚝、海龟、海胆 等重要渔业品种； 2. 严格控制养殖自身污染和水体富 营养化，防止外来物种入侵； 3. 加强渔港环境污染治理，生产废 水、生活污水须达标排海； 4. 执行海水水质二类标准、海洋沉积 物质量一类标准和海洋生物质量一 类标准。
4	碣石湾近海海洋保护区	48115	海洋保护区	南侧，约10.6km	1. 保护海马及其生境； 2. 执行海水水质一类标准、海洋沉积 物质量一类标准和海洋生物质量一 类标准。
5	碣石湾农渔业区	17434	渔业用海	西北侧，约15.3km	1. 保护碣石湾生态环境； 2. 保护鲍、海马等重要渔业品种； 3. 严格控制养殖自身污染和水体富 营养化，防止外来物种入侵；

					4. 加强渔港环境污染治理，生产废 水、生活污水须达标排海； 5. 执行海水水质二类标准、海洋沉积 物质量一类标准和海洋生物质量一 类标准。

2.2.3环境空气功能区划

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、风景名胜区和其他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》（GB3095-2012）的要求，参照工业区或农村地区，确定为二类区，执行环境空气质量二级标准。

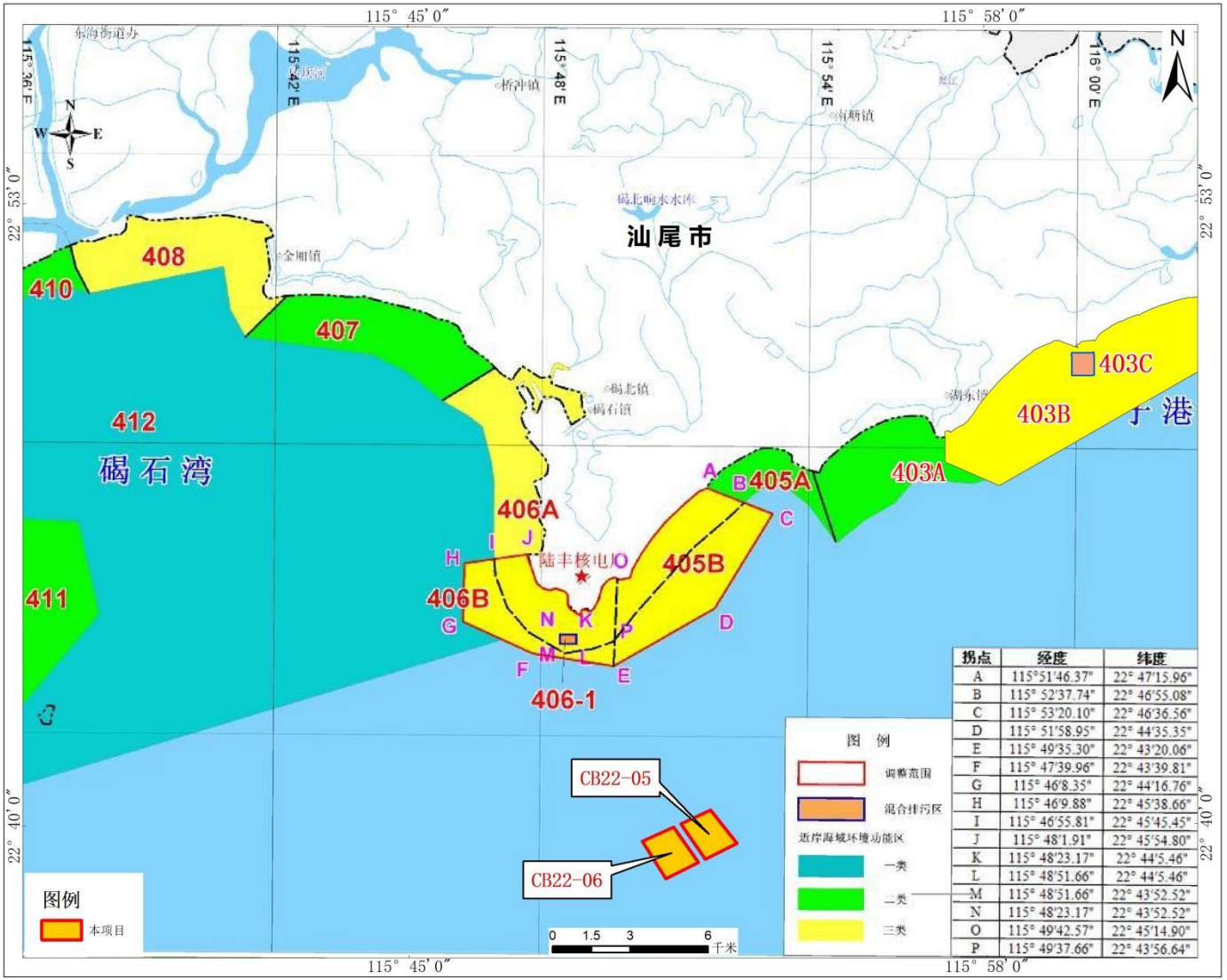
2.2.4声环境功能区划

根据《汕尾市生态环境局关于印发<汕尾市声环境功能区区划方案>的通知》（汕环〔2021〕109 号），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

根据《广东省人民政府关于印发广东省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》，项目属于“海域环境管控单元”中的“一般管控单元”，详见图 2.2.5-1。

根据《汕尾市人民政府关于印发汕尾市“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》（汕府〔2021〕29 号），项目选址属于“一般管控单元”中的“珠海-潮州近海农渔业区（汕尾范围）一般管控单元”（编码 HY44000030004），详见图 2.2.5-2。



拐点	经度	纬度
A	115°51′46.37″	22° 47′15.96″
B	115° 52′37.74″	22° 46′55.08″
C	115° 53′20.10″	22° 46′36.56″
D	115° 51′58.95″	22° 44′35.35″
E	115° 49′35.30″	22° 43′20.06″
F	115° 47′39.96″	22° 43′39.81″
G	115° 46′8.35″	22° 44′16.76″
H	115° 46′9.88″	22° 45′38.66″
I	115° 46′55.81″	22° 45′45.45″
J	115° 48′1.91″	22° 45′54.80″
K	115° 48′23.17″	22° 44′5.46″
L	115° 48′51.66″	22° 44′5.46″
M	115° 48′51.66″	22° 43′52.52″
N	115° 48′23.17″	22° 43′52.52″
O	115° 49′42.57″	22° 45′14.90″
P	115° 49′37.66″	22° 43′56.64″

图 2.2.1-1　项目周边海域近岸海域环境功能区划

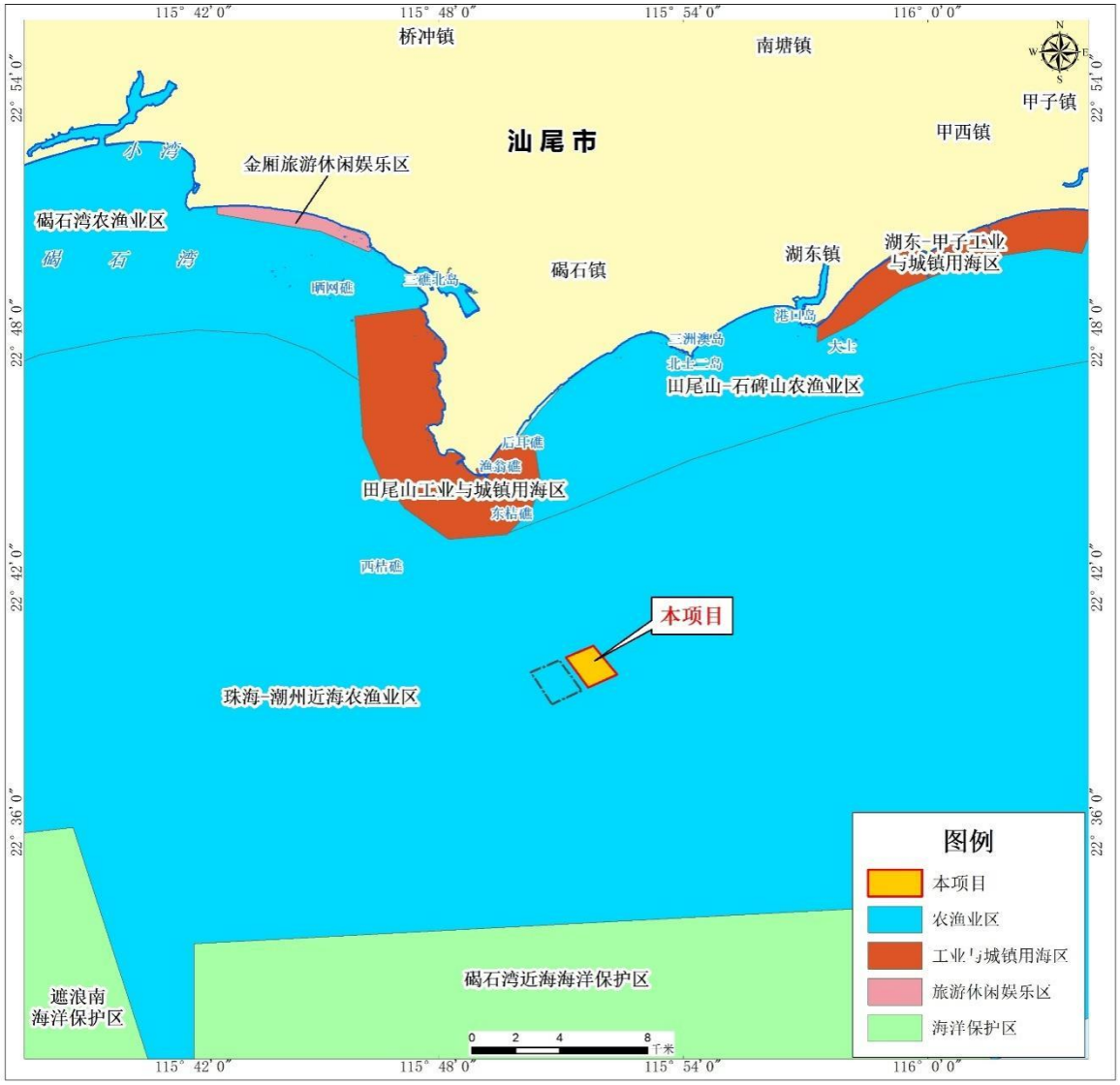


图 2.2.2-1 广东省海洋功能区划图

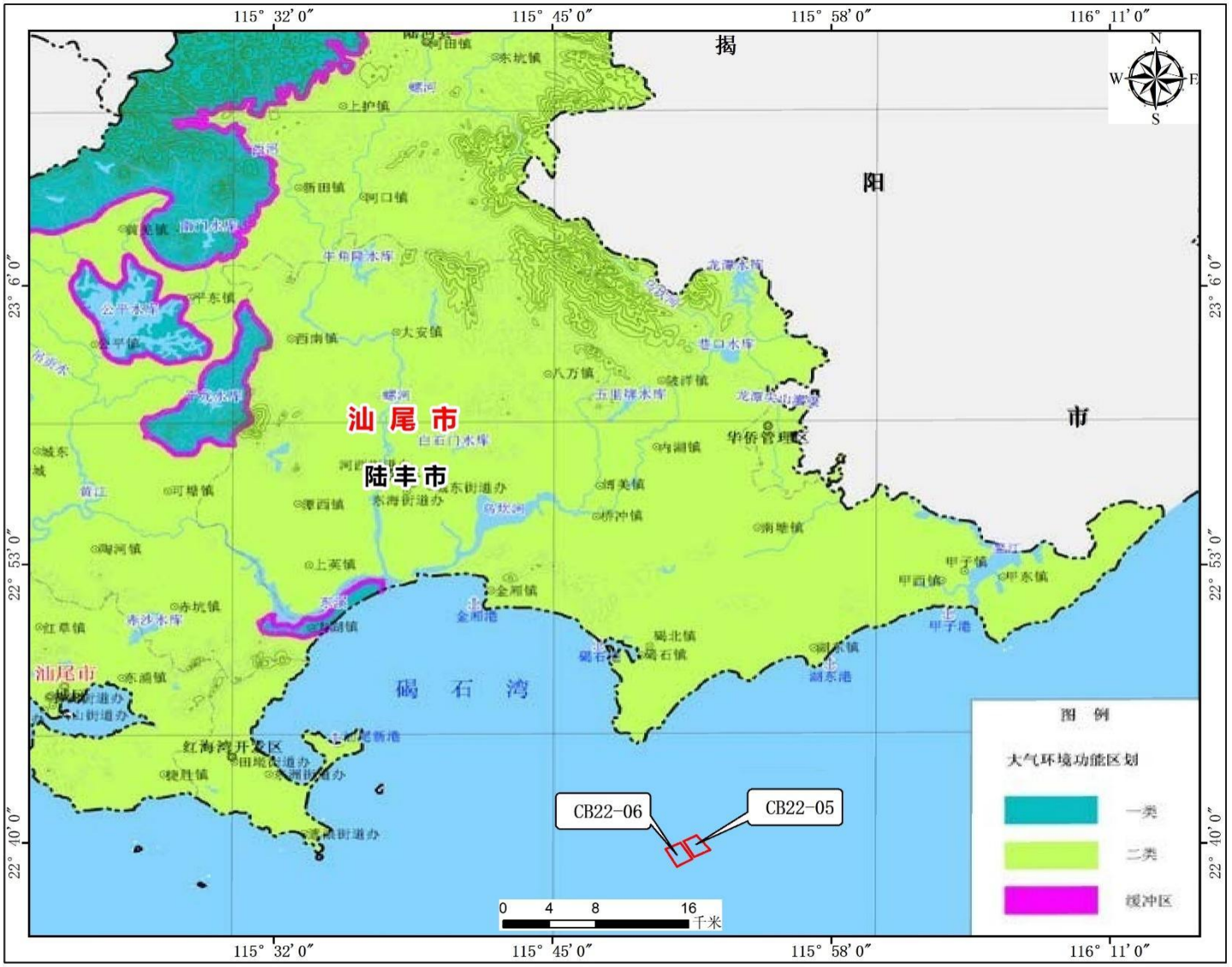


图 2.2.3-1 汕尾市环境空气功能区划图

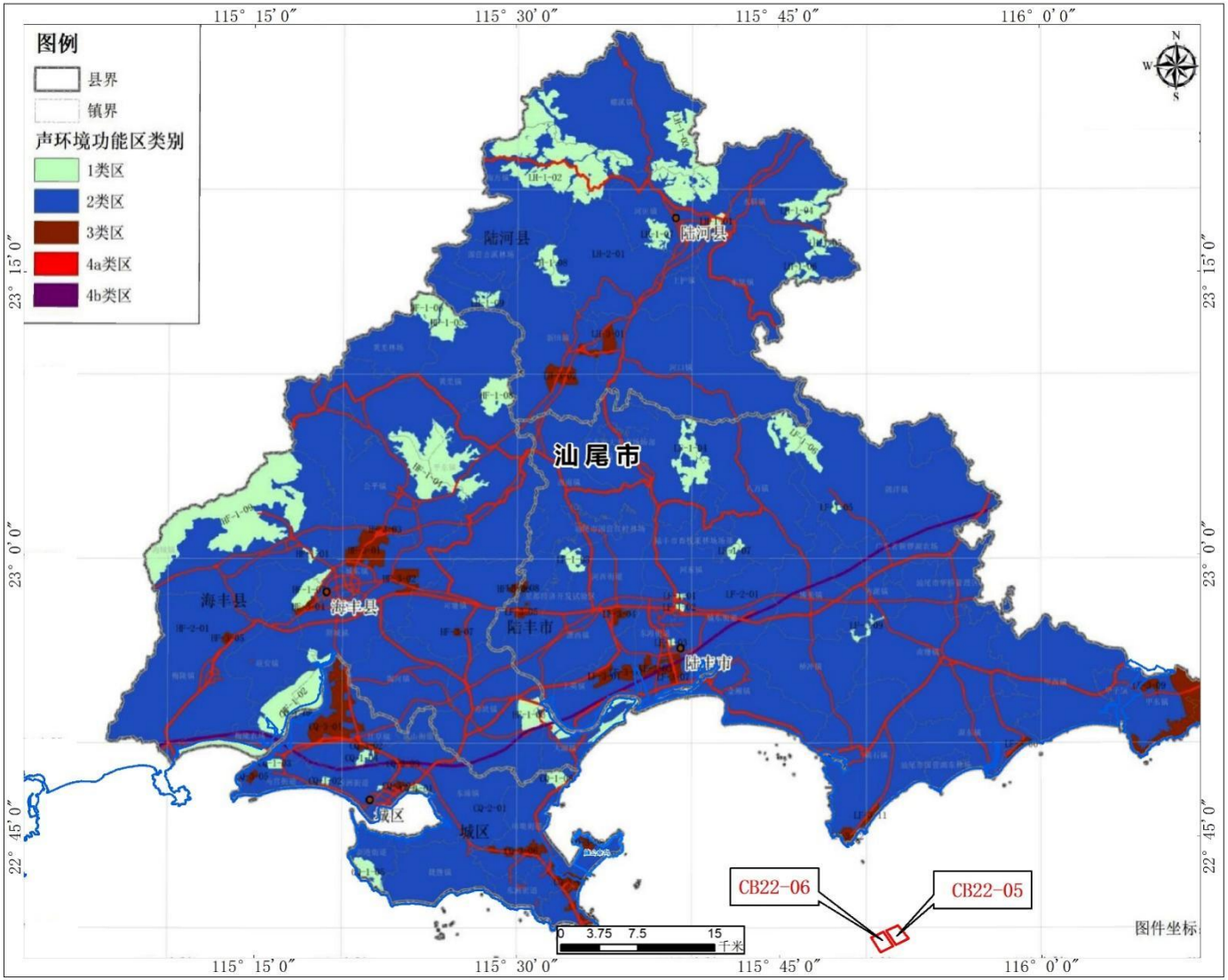


图 2.2.4-1 汕尾市声环境功能区划图

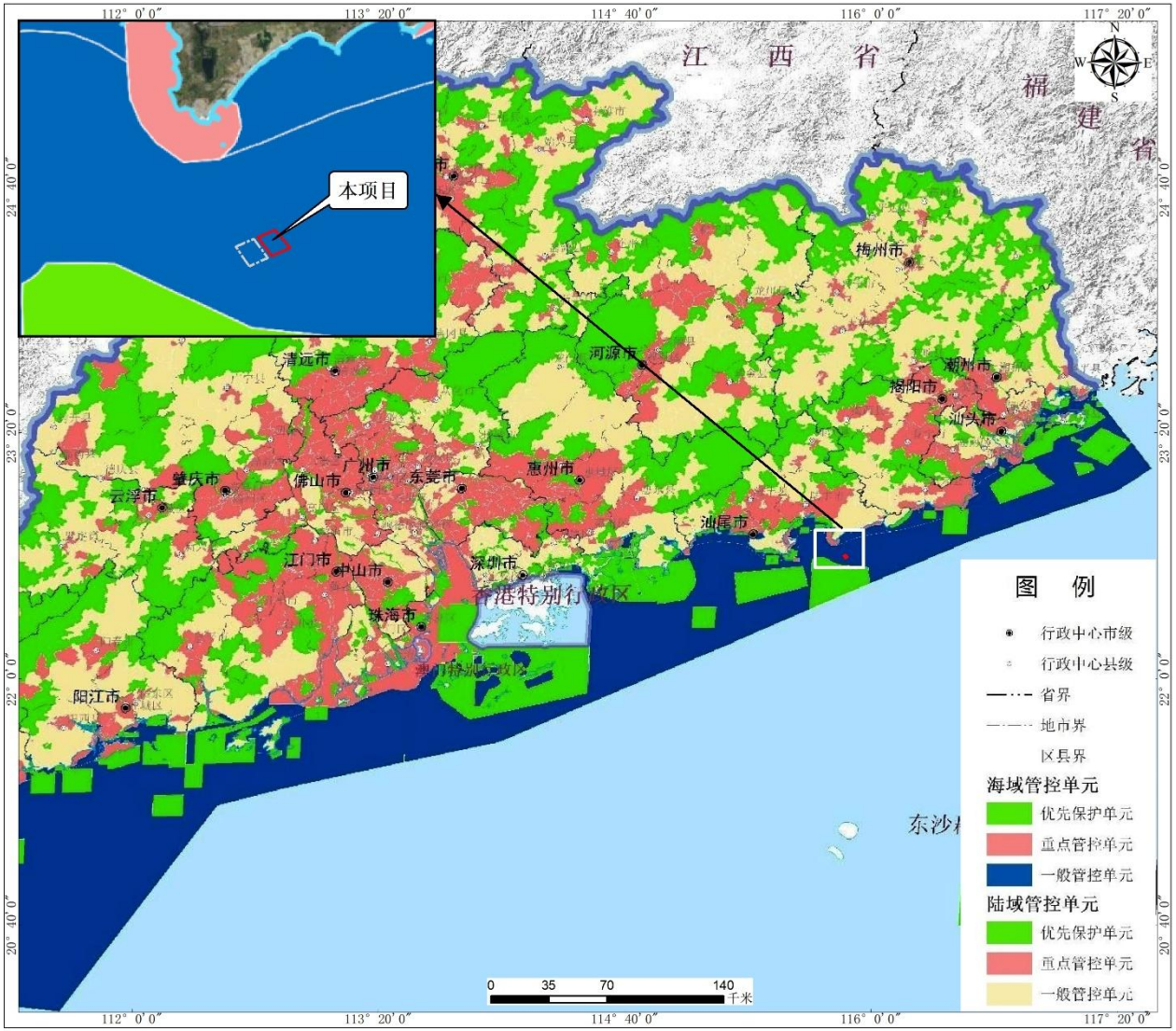


图 2.2.5-2 项目与广东省环境管控单位位置图

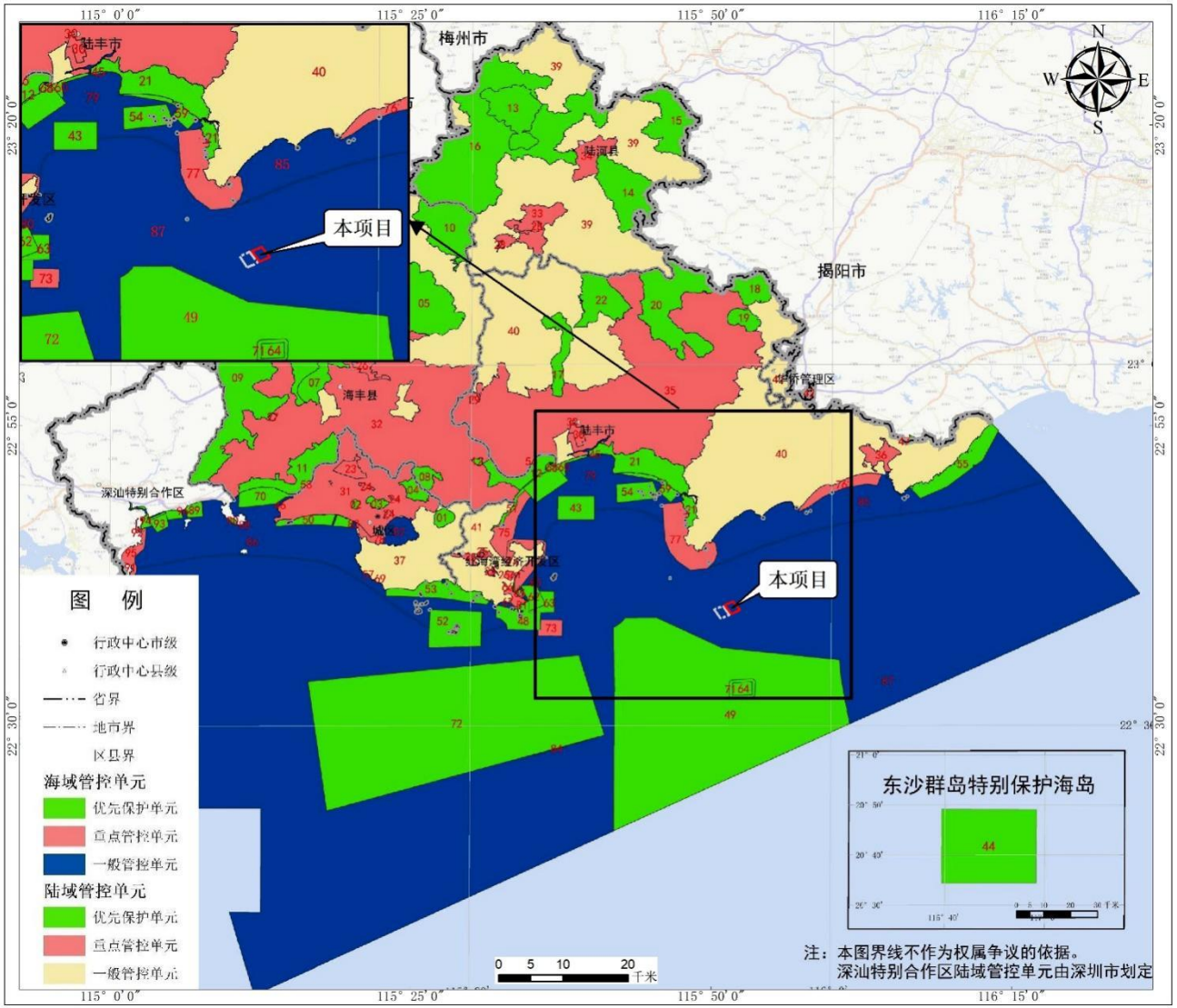


图 2.2.5-3 项目与汕尾市环境管控单元位置图

2.3评价标准

2.3.1环境质量标准

2.3.1.1海水水质标准

根据《广东省海洋功能区划（2011-2020）》，工程所在海域功能区划为珠海-潮州近海农渔业区，执行海水水质一类标准。评价海域涉及的其他海洋功能区如：碣石湾近海海洋保护区执行海水水质一类标准，田尾山工业与城镇用海区、田尾山-石碑山农渔业区、碣石湾农渔业区均执行第二类海水水质标准。具体标准值详见表2.3.1-1。

表 2.3.1-1 海水水质标准（GB3097-1997）（单位：除 pH 外，均为 mg/L）

项目	第一类	第二类	第三类	第四类
悬浮物质	人为增加的量≤10		人为增加的量≤100	人为增加的量≤150
水温	人为造成的海水温升夏季不超过当时当地 1℃，其它季节不超过 2℃		人为造成的海水温升不超过当时当地 4℃	
pH	7.8~8.5 同时不超出该海域正常变动范围的 0.2pH 单位		6.8~8.8 同时不超出该海域正常变动范围的 0.5pH 单位	
溶解氧＞	6	5	4	3
化学需氧量（COD）≤	2	3	4	5
无机氮≤（以 N 计）	0.20	0.30	0.40	0.50
活性磷酸盐≤（以 P 计）	0.015	0.030		0.045
汞≤	0.00005	0.0002		0.0005
镉≤	0.001	0.005	0.010	
铅≤	0.001	0.005	0.010	0.050
六价铬≤	0.005	0.010	0.020	0.050
总铬≤	0.05	0.10	0.20	0.50
砷≤	0.020	0.030	0.050	
铜≤	0.005	0.010	0.050	
锌≤	0.020	0.050	0.10	0.50
硫化物≤（以 S 计）	0.02	0.05	0.10	0.25
挥发性酚≤	0.005		0.010	0.050
石油类≤	0.05		0.30	0.50

2.3.1.2海洋沉积物质量标准

根据《广东省海洋功能区划（2011-2020）》，工程所在海域功能区划为珠海-潮州近海农渔业区，执行海洋沉积物一类标准。评价海域涉及的其他海洋功能区如：碣石湾近海海洋保护区、田尾山工业与城镇用海区、田尾山-石碑山农渔业区、碣石

湾农渔业区均执行海洋沉积物一类标准。

表 2.3.1-2 海洋沉积物质量标准（GB 18668-2002）

序号	项目	第一类	第二类	第三类
1	汞（$\times10^{-6}$）≤	0.20	0.50	1.00
2	镉（$\times10^{-6}$）≤	0.50	1.50	5.00
3	铅（$\times10^{-6}$）≤	60.0	130.0	250.0
4	锌（$\times10^{-6}$）≤	150.0	350.0	600.0
5	铜（$\times10^{-6}$）≤	35.0	100.0	200.0
6	铬（$\times10^{-6}$）≤	80.0	150.0	270.0
7	砷（$\times10^{-6}$）≤	20.0	65.0	93.0
8	有机碳（$\times10^{-2}$）≤	2.0	3.0	4.0
9	硫化物（$\times10^{-6}$）≤	300.0	500.0	500.0
10	石油类（$\times10^{-6}$）≤	500.0	1000.0	1500.0

2.3.1.3海洋生物质量标准

根据《广东省海洋功能区划（2011-2020）》，与评价海域水质目标相对应，评价海域的珠海-潮州近海农渔业区、碣石湾近海海洋保护区、田尾山工业与城镇用海区、田尾山-石碑山农渔业区、碣石湾农渔业区的双壳类贝类生物质量执行《海洋生物质量》（GB18421-2001）中的一类标准，鱼类、甲壳类和软体类（含非双壳类贝类）的生物质量执行《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》中规定的生物质量标准，石油烃含量的评价标准采用《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中规定的生物质量标准，砷没有相应的标准以及甲壳类无石油烃评价标准，因此只做本底监测，不做评价。具体标准值见表 2.3.1-3 和表 2.3.1-4。

表 2.3.1-3 海洋生物（贝类）质量标准值（鲜重）（单位：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	镉≤	0.2	2.0	5.0
3	铅≤	0.1	2.0	6.0
4	砷≤	1.0	5.0	8.0
5	铜≤	10	25	50（牡蛎 100）
6	锌≤	20	50	100（牡蛎 500）
7	石油烃≤	15	50	80

表 2.3.1-4 生物体内污染物评价标准（鲜重：$\times10^{-6}$）

生物类别	铜	铅	镉	锌	总汞	石油烃	引用标准
鱼类	20	2.0	0.6	40	0.3	20	《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》和《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》中的生物质量评价标准
甲壳类	100	2.0	2.0	150	0.2	/	
软体类（含非双壳类贝类）	100	10.0	5.5	250	0.3	20	

2.3.1.4环境空气质量标准

项目选址处未进行大气环境功能区划，因此选址参照工业区划分为空气质量二类区，评价范围环境空气参照执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及其2018年修改单中二级标准。具体见表2.3.1-5。

表2.3.1-5 环境空气评价标准

污染物名称	取样时间	浓度限值	执行标准
SO_2	年平均	60μg/m^3	《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及其修改单（生态环境部2018年第29号）的二级标准
	24小时平均	150μg/m^3	
	1小时平均	500μg/m^3	
NO_2	年平均	40μg/m^3	
	24小时平均	80μg/m^3	
	1小时平均	200μg/m^3	
CO	24小时平均	4mg/m^3	
	1小时平均	10 mg/m^3	
O_3	日最大8小时平均	160μg/m^3	
	1小时平均	200μg/m^3	
PM_{10}	年平均	70μg/m^3	
	24小时平均	150μg/m^3	
$PM_{2.5}$	年平均	35μg/m^3	
	24小时平均	75μg/m^3	

2.3.1.5声环境质量标准

本项目所在区域未进行声环境功能区划，本项目为海砂开采，因此选址参照工业区划分为声环境质量3类区，执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的3类标准。环境质量标准摘录见表2.3.1-6。

表2.3.1-6 声环境质量标准（GB 3096-2008）（单位：等效声级 Lep[dB(A)]）

声环境功能区类别	昼间	夜间
3类声环境功能区≤	65	55

2.3.2污染物排放标准

2.3.2.1船舶水污染物排放标准

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上岸后交给有能力的单位进行处理，船舶生活污水可

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，若不满足标准排放要求则需统一收集上岸后由接收单位收运处理，不得直接排放入海。

表 2.3.2-1 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
机器处所含油污水	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≤15mg/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		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≤15mg/L，排放在船舶航行中进行）或收集并排入接收设施。
含货油残余物的油污水	150 总吨及以上油船		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	距最近陆地 3 海里以内（含）的海域	自 2018 年 7 月 1 日起，应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。
		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。

在内河和距最近陆地 3 海里以内(含)的海域，根据船舶类别和安装(含更换)生活污水处理装置的时间，利用船载生活污水处理装置处理的船舶生活污水分别执行相应的污染物排放限值。

（1）在 2012 年 1 月 1 日以前安装(含更换)生活污水处理装置的船舶，向环境水体排放生活污水，其污染物排放控制按表 2.3.2-1a 规定执行。

（2）在 2012 年 1 月 1 日及后安装(更)生活污水处理装置的船舶，向环境水体排放生活污水，其污染物排放控制按表 2.3.2-1b 规定执行。

表 2.3.2-1a 船舶生活污水污染物排放限值（一）

序号	污染物项目	限值	污染物排放监控位置
1	五日生化需氧量(BOD)(mg/L)	50	生活污水处理装置出水口
2	悬浮物(SS)(mg/L)	150	
3	耐热大肠菌群数(个/L)	2500	

表 2.3.2-1b 船舶生活污水污染物排放限值（二）

序号	污染物项目	限值	污染物排放监控位置
1	五日生化需氧量(BOD)(mg/L)	25	生活污水处理装置出水口
2	悬浮物(SS)(mg/L)	35	
3	耐热大肠菌群数(个/L)	1000	
4	化学需氧量(COD_{Cr})(mg/L)	125	
5	pH 值(无量纲)	6-8.5	
6	总氯(总余氯)(mg/L)	≤0.5	

2.3.2.2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 2.3.2-1），矿区及周边习惯航路均位于排放控制区内，本项目作业船舶尾气二氧化硫、颗粒物、氮氧化物应满足《船舶大气污染物排放控制区实施方案》（交海发[2018]168 号）硫氧化物和颗粒物排放控制要求与氮氧化物排放控制要求。

（1）硫氧化物和颗粒物排放控制要求

①2019 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。

②2020 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。

③2022 年 1 月 1 日起，海船进入沿海控制区海南水域，应使用硫含量不大于 0.1%m/m 的船用燃油。

④适时评估船舶使用硫含量不大于 0.1%m/m 的船用燃油的可行性，确定是否要求自 2025 年 1 月 1 日起，海船进入沿海控制区使用硫含量不大于 0.1%m/m 的船用燃油。

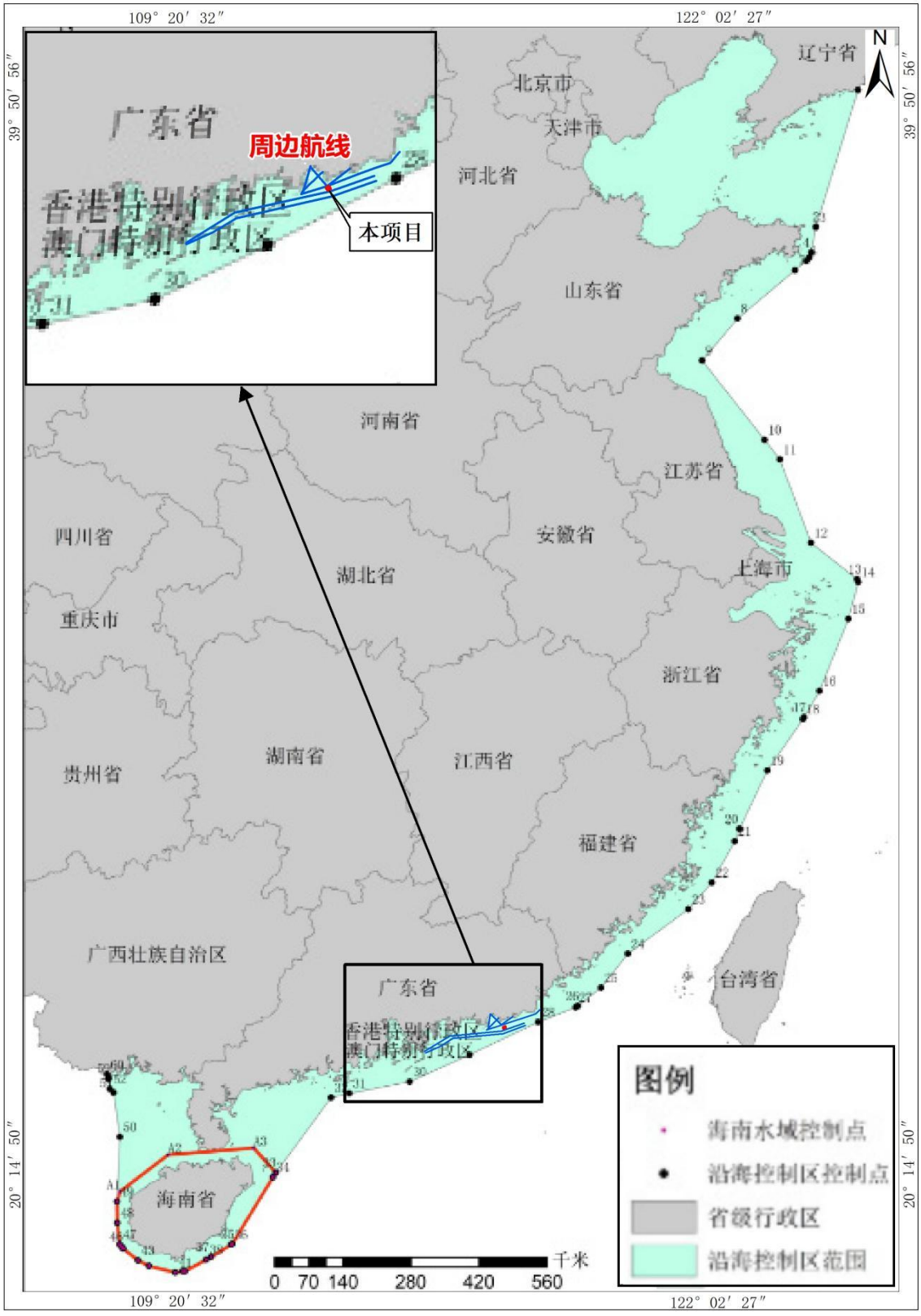


图 2.3.2-1　矿区、周边航路与排放控制区叠图

（2）氮氧化物排放控制要求。

①2000 年 1 月 1 日及以后建造（以铺设龙骨日期为准，下同）或进行船用柴油发动机重大改装的国际航行船舶，所使用的单台船用柴油发动机输出功率超过 130

千瓦的，应满足《国际防止船舶造成污染公约》第一阶段氮氧化物排放限值要求。

②2011 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国际航行船舶，所使用的单台船用柴油发动机输出功率超过 130 千瓦的，应满足《国际防止船舶造成污染公约》第二阶段氮氧化物排放限值要求。

③2015 年 3 月 1 日及以后建造或进行船用柴油发动机重大改装的中国籍国内航行船舶，所使用的单台船用柴油发动机输出功率超过 130 千瓦的，应满足《国际防止船舶造成污染公约》第二阶段氮氧化物排放限值要求。

④2022 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。

⑤适时评估船舶执行《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的可行性，确定是否要求 2025 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。

2.3.2.3固体废物污染控制标准

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。

2.4评价工作等级和评价范围

2.4.1环境影响评价等级

2.4.1.1海洋环境评价工作等级

根据《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T19485-2014），结合本项目的特点、规模及所在区域的环境状况，确定评价等级。

本工程为海砂开采项目，申请采砂区域的海洋功能区划主要为珠海-潮州近海农渔业区，涉及到幼鱼幼虾保护区，属于环境敏感区，因此确定本工程海洋环境评价工作中水动力环境、水质环境、沉积物环境、生态和生物资源环境、地形地貌和冲

淤环境影响评价等级均为 1 级，等级判断依据见表 2.4.1-1 和表 2.4.1-2。

表 2.4.1-1 海洋水文动力、水质、沉积物和生态环境影响评价等级判据一览表

海洋工程分类	工程类型和工程内容	工程规模	工程所在海域特征和生态环境类型	单项海洋环境影响评价等级			
				水文动力环境	水质环境	沉积物环境	生态和生物资源环境
海洋矿产资源勘探开发及其附属工程类	海洋（海底）矿产资源开发；天然气水合物勘探开发；**海砂勘探开采；**矿盐卤水勘探开发；浅（滨）海地下水库；海床底温泉开发；海底地下水开发等工程	所有规模	**生态环境敏感区**	**1**	**1**	**1**	**1**
			其他海域	2	1	2	1

表 2.4.1-2 海洋地形地貌与冲淤环境影响评价等级判据一览表

评价等级	工程类型和工程内容
1	面积 $50\times10^4m^2$ 以上的围海、填海、海湾改造工程，围海筑坝、防波堤、导流堤（长度等于和大于 2km）等工程；**连片和单项海砂开采工程；**其它类型海洋工程中不可逆改变或严重改变海岸线、滩涂、海床自然性状和产生较严重冲刷、淤积的工程项目。
2	面积（50～30）$\times10^4m^2$ 的围海、填海、海湾改造工程，围海筑坝、防波堤、导流堤（长度 2km～1km）等工程；其它类型海洋工程中较严重改变岸线、滩涂、海床自然性状和产生冲刷、淤积的工程项目。
3	面积（30～20）$\times10^4m^2$ 的围海、填海、海湾改造工程，围海筑坝、防波堤、导流堤（长度 1km～0.5km）等工程；其它类型海洋工程中改变海岸线、滩涂、海床自然性状和产生较轻微冲刷、淤积的工程项目。
注：其它类型海洋工程的工程规模可按照导则内表 2 中工程规模的分档确定。	

2.4.1.2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，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。

2.4.1.3声环境评价工作等级

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。

2.4.1.4环境风险评价等级

本项目采砂船、运砂船均使用柴油做动力，根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018），环境风险评价工作等级划分为一级、二级、三级。根据建设项目涉及的物质及工艺系统危险性和所在地的环境敏感性确定环境风险潜势，确定评价工作等级。风险潜势为IV及以上，进行一级评价；风险潜势为III，进行二级评价；风险潜势为II进行三级评价；风险潜势为I，可开展简单分析。

本工程拟采用 5 艘 800m^3/h 射流式采砂船（单艘吨位 6000 吨级）、配备 10 艘过驳船（单艘吨位按 7500 吨计）进行开采作业。根据《船舶污染海洋环境风险评价技术规范（试行）》附录 4.1 中的规定，非油轮船舶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%。按照 10%推算这两种作业船的燃油最大携带量， 为（5×6000+10×7500 ）×10%=10500 吨。

根据《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ169-2018)附录表 B.1 突发环境事件风险物质及临界量中油类物质临界量为 2500t，则危险物质数量与临界量比值(Q)=10500/2500=4.2＞1，根据附录 C、D 判定本项目环境风险潜势综合等级确定为III，因此风险评价等级确定为二级(详见环境风险章节)，重点分析采砂作业船舶溢油事故风险。

2.4.1.5生态环境评价等级

本项目为海砂开采项目，属于海洋工程，项目不涉及陆域建设内容，根据《环境影响评价技术导则生态影响》（HJ19-2022），涉海工程评价等级判定参照GB/T19485。

本项目生态环境评价等级参照《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T19485-2014）表 2 要求，生态评价等级定为 1 级。

综上，本项目将生态环境影响评价等级定为 1 级。

2.4.2评价范围

2.4.2.1海洋环境影响评价范围

由 2.4.1 节的环境影响评价等级确定结果可知，本项目的水动力环境、水质环境、地形地貌与冲淤环境、沉积物环境、生态和生物资源评价等级均为 1 级，根据《海砂开采环境影响评价技术规范》的规定，海洋水文动力环境、水质环境和沉积

物环境调查评价范围以海砂开采区外缘线为起点进行划定，1 级评价分别向外扩展不小于 15km。根据《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T19485-2014），评价范围横向（垂直于海砂开采项目所在海区中心点潮流主流向）距离一般不小于 5km；纵向（潮流主流向）距离不小于一个潮周期内水质点可能达到的最大水平距离的两倍。

考虑到现状调查站位布设和敏感目标分布情况，本项目评价范围以两块实施的采砂区的外缘线为起点，分别向外扩展 15km，评价范围控制点坐标见表 2.4.2-1，总面积约为 1087km^2。具体评价范围见图 2.4.2-1。

表 2.5.1-1 评价范围控制点坐标

序号	北纬	东经
1	22° 30'43.226"	115° 41'30.785"
2	22° 30'44.523"	116° 01'39.710"
3	22° 48'26.615"	116° 01'38.622"
4	22° 48'25.294"	115° 41'29.094"

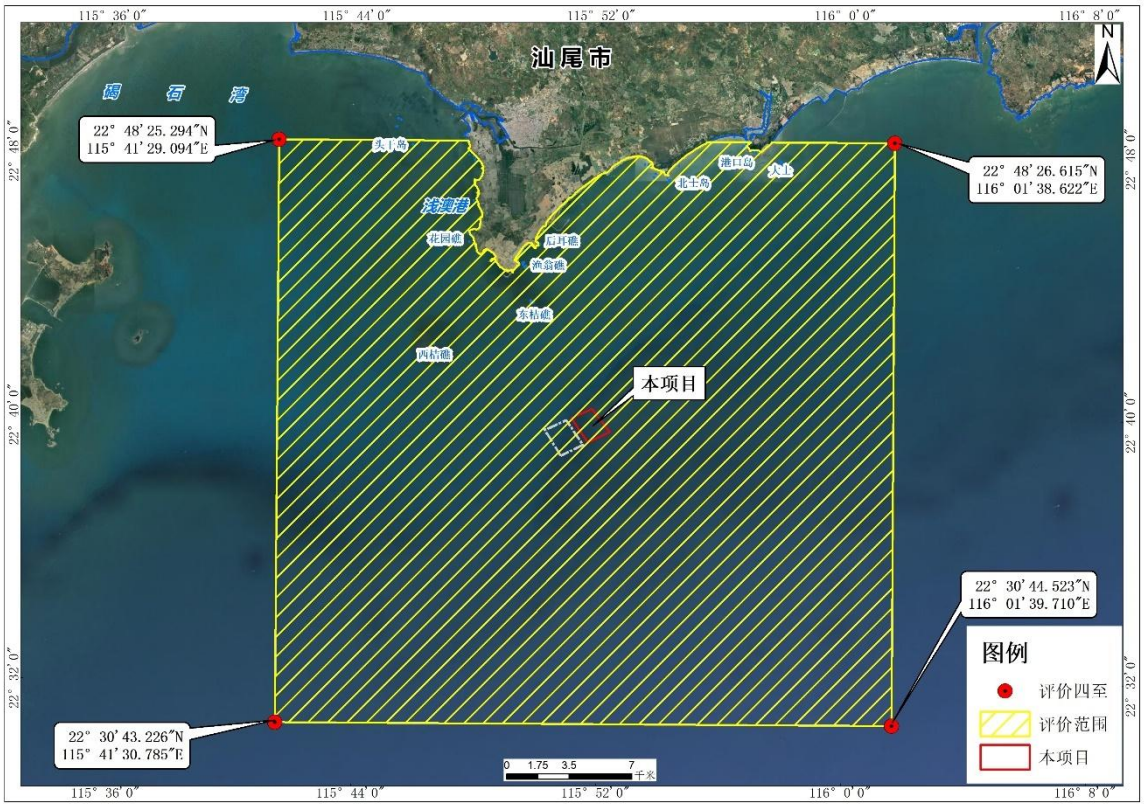


图 2.5.1-1 项目评价范围图

2.4.2.2大气环境评价范围

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。

2.4.2.3声环境评价范围

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拟采砂区外扩 200m 范围。

2.4.2.4环境风险评价范围

由于本项目涉及的环境风险物质仅包括船舶燃料油，其发生泄漏事故时，仅对海洋环境产生影响，基本不会对大气环境产生影响，因此，本项目环境风险影响评价范围应依据海洋环境风险评价范围，即覆盖环境风险影响范围所及的水环境保护目标水域，与海洋环境影响评价范围一致。

2.4.2.5生态环境评价范围

根据《环境影响评价技术导则　生态影响》（HJ19-2022），涉海工程评价等级判定参照 GB/T19485。

参照《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T19485-2014）表 2，生态评价等级定为 1 级。综上，本项目将生态环境影响评价等级定为 1 级。评价范围与海洋环境评价范围一致，详见图 2.4.2-1。

2.4.3小结

建设项目评价等级和评价范围一览表见表 2.4.3-1。

表 2.4.3-1 项目评价范围汇总

序号	环境类型	评价等级	评价范围
1	水文动力环境	1 级	以两块采砂区边缘线为起点向外扩展 15km 的海域范围
2	海洋水质环境	1 级	
3	海洋沉积物环境	1 级	
4	海洋生态和生物资源环境	1 级	
5	地形地貌与冲淤环境	1 级	
6	大气环境	三级	不需设置评价范围
7	声环境	三级	项目边界外 200m 范围以内的区域
8	地下水环境	不开展评价	不需设置评价范围
9	土壤环境	不开展评价	不需设置评价范围
10	环境风险	二级	溢油 72 小时后油膜可能影响范围

2.5环境敏感区及社会活动关注区

2.5.1环境敏感区和环境保护对象

本项目无陆上工程，根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版)》和《海洋工程环境影响评价技术导则》(GB/T 19485-2014）中对环境敏感区的定义，通过资料收集、现场踏勘和查阅《广东省海洋功能区划（2011-2020 年)》《中国海洋渔业水域图》（第一批）南海区渔业水域图（第一批）、《广东省三区三线划定成果》、《汕尾市人民政府关于印发汕尾市“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》等附近海洋环境敏感目标主要有：生态红线、自然保护区、南海区幼鱼幼虾保护区、南海北部幼鱼繁育场保护区、水质国控监测点、珍稀保护动物等，各环境敏感目标的基本情况、与项目的最近距离及保护目标等见表 2.5.1-1，位置关系图见图 2.5.1-1 所示。

2.5.2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，以及可能对海岸线、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 2.5.2-1 所示，主要包括航路、锚地、养殖区、海上风电、碣石镇电缆管廊带（规划）等，社会活动关注区分布见图 2.5.2-1 所示。

表 2.5.1-1 工程区域附近海洋环境敏感目标

序号	环境敏感点			位置关系（最近直线距离）	主要保护对象	保护要求
	类型		名称			
1	生态红线（三线一单优先保护单元）	三区三线（三线一单）	碣石湾海马珍稀濒危物种分布区	南侧，约 5.4km	海马及其生境	执行海水水质第一类标准、海洋沉积物质量第一类标准和海洋生物质量一类标准
2			汕尾陆丰碣石湾海马地方级自然保护区	南侧，约 10.1km	海马及其生境	
3	海洋保护区	广东省海洋功能区划	碣石湾近海海洋保护区	南侧，约 10.6km	海马及其生境	
4	自然保护区	汕府函〔2006〕74 号文	汕尾市碣石湾海马资源市级自然保护区	南侧，约 10.6km	海马及其生境	
5	自然岸线	广东省政府 2022 年批复岸线	砂质岸线	北侧，约 9.1km 西北侧，约 10.3km	砂质岸线	
			基岩岸线	西北侧，约 10.4km	基岩岸线	
6	海岛	中国海域海岛地名志	西桔礁	西北侧，8.8km	基岩岸线	
			东桔礁	西北侧，6.8km		
			渔翁礁	北侧，8.9km		
			后耳礁	北侧，9.6km		
			花园礁	西北侧，11.8km		
7	人工鱼礁区		湖东三洲澳人工鱼礁区	东北侧，11.7km	海洋生物资源及其生境	/
8	海洋牧场		广东省陆丰金厢南海域国家级海洋牧场示范区	西北侧，18.1km	海洋生物资源及其生境	/
9	三场一通道	《中国海洋渔业水域图》（第一批）南海区渔业水域图（第一批）	南海北部幼鱼繁育场保护区	占用	禁止在保护区内进行底拖网作业	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。
10			南海区幼鱼、幼虾保护区	北侧 5.5km	海洋水质、生态环境；幼鱼幼虾	保护期为每年的 3 月 1 日至 5 月 31 日
11	近岸海域国控监测站位		GDN14002	西南侧，9.7km	近岸海域海水水质	/
			GDN14011	东南侧，18.6km	近岸海域海水水质	/

		GDN14012	东北侧，9.3km	近岸海域海水水质	/
		GDN14015	西北侧，15.9km	近岸海域海水水质	/
12	珍稀物种	海马	/	海马及其生境	/
		海龟	/	海龟及生态环境	/
		文昌鱼	春季 SW03 站位，10.9km 秋季 SW02 站位，11.2km	文昌鱼	

表 2.5.2-1 本项目周边社会活动关注区统计一览表

序号	类型	名称	位置关系	保护目标	备注
1	锚地	9#锚地	西侧，13.9km	水深、地形冲淤条件	避风、防台锚地
2		2#锚地	东北侧，17.1km	水深、地形冲淤条件	侯泊、过驳、防台
3		1#锚地	东北侧，12.7km	水深、地形冲淤条件	避风、防台
4		11#锚地	西北侧，15.7km	水深、地形冲淤条件	引航、检疫、防台
5		10#锚地	西北侧，16.1km	水深、地形冲淤条件	过驳、侯泊、防台
6	航路	大星山甲子航道	北侧，2.0km	水深、地形冲淤条件	/
7		甲子航道	北侧，2.3km	水深、地形冲淤条件	/
8		乌坎东线航道	西北侧，2.4km	水深、地形冲淤条件	/
9		碣石航道	西北侧，16.7km	水深、地形冲淤条件	/
10		乌坎西线航道	西北侧，25.3km	水深、地形冲淤条件	/
11		中小型船舶推荐航路	南侧，3.1km	水深、地形冲淤条件	习惯航路
13	海上风电	中广核汕尾后湖海上风电场项目	东侧，2.5km	地形冲淤条件	--
14	海水养殖区	养殖区	东北侧，约 14.5km	水质、渔业资源	--
15	碣石管廊带	汕尾市海上风电场海缆集中送出管廊带	东侧，约 220m	地形冲淤条件	

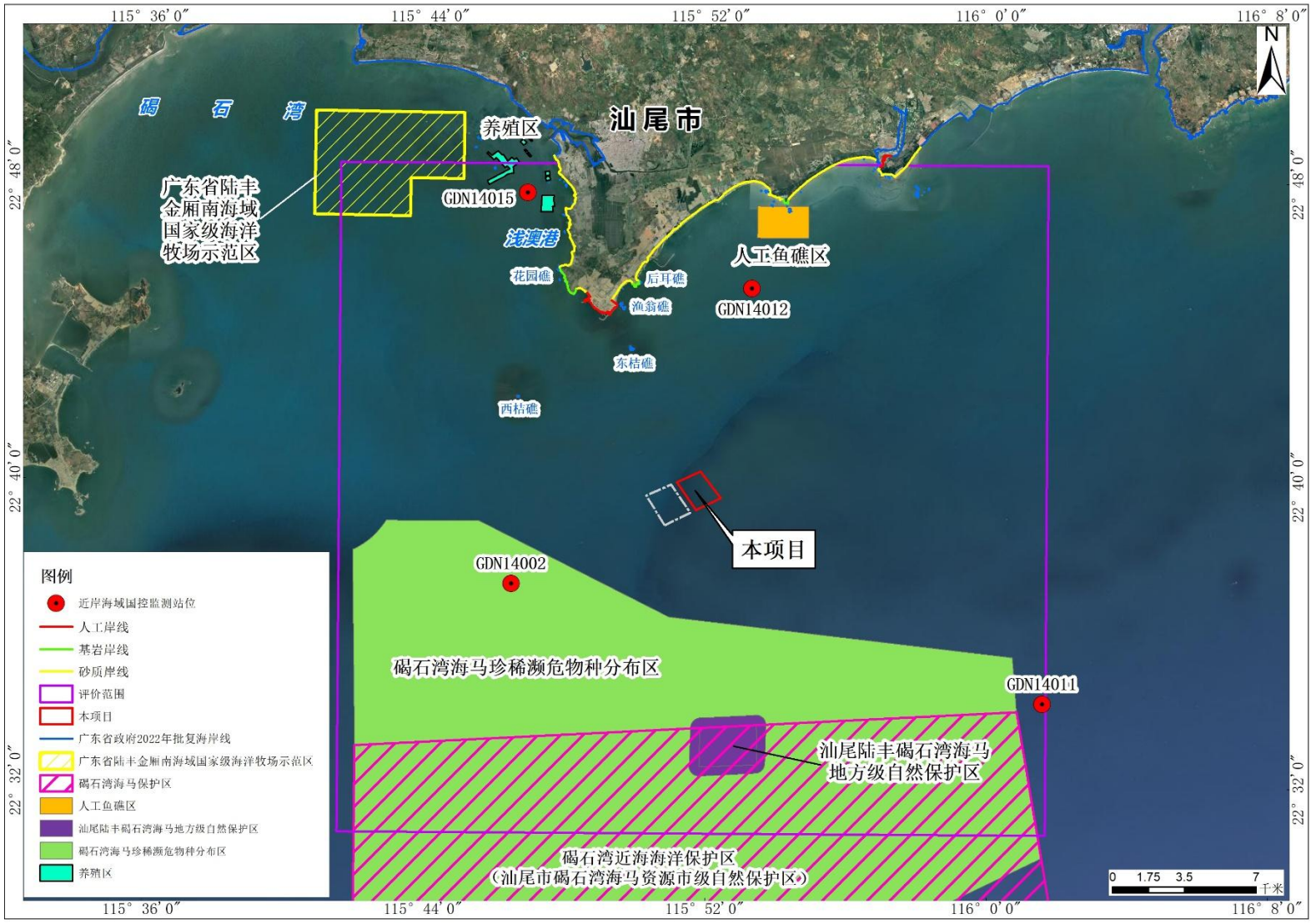


图 2.5.1-1 项目周边环境敏感区分布图

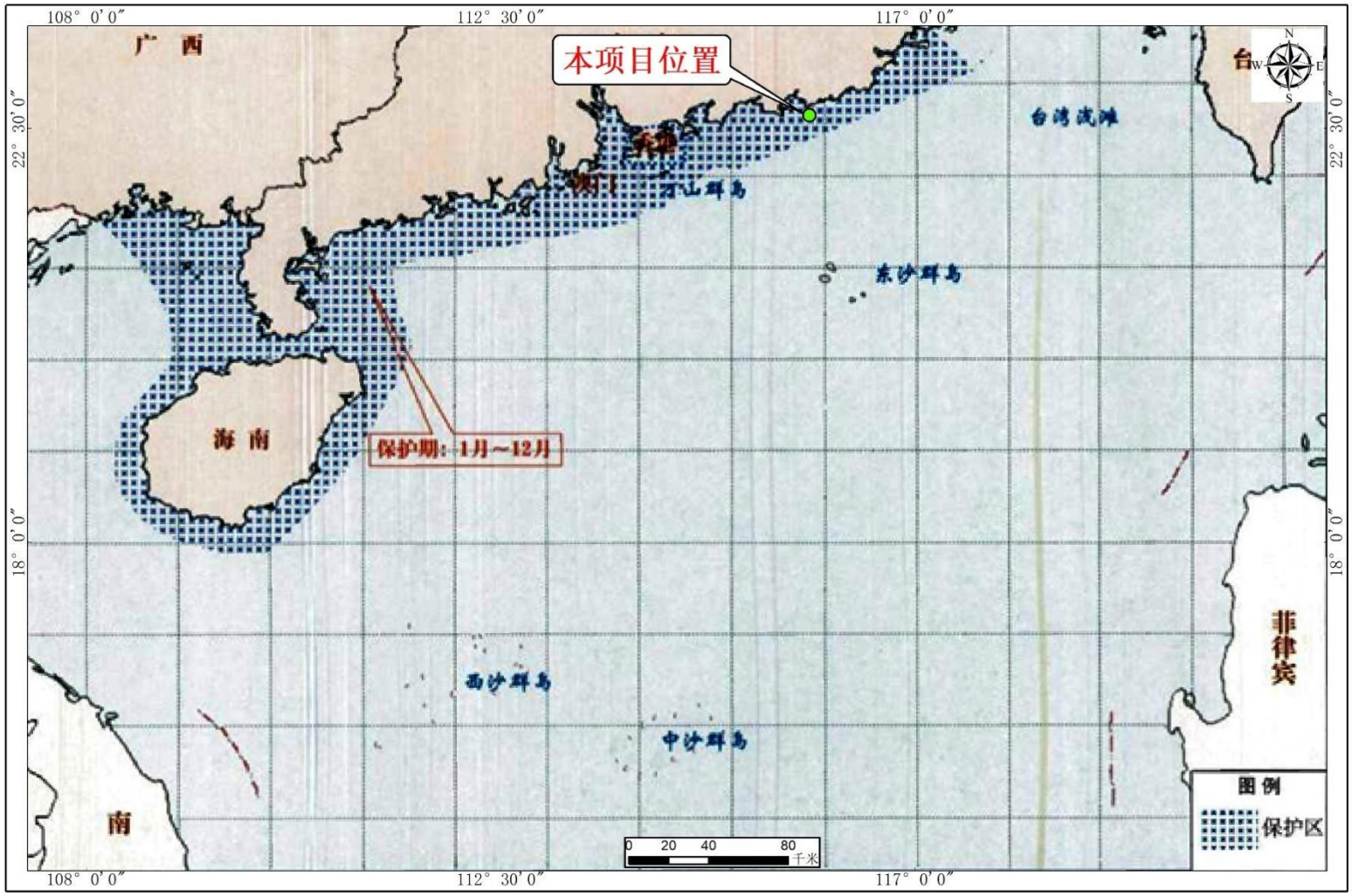


图 2.5.1-1a 项目位置与南海北部幼鱼繁育场保护区范围图

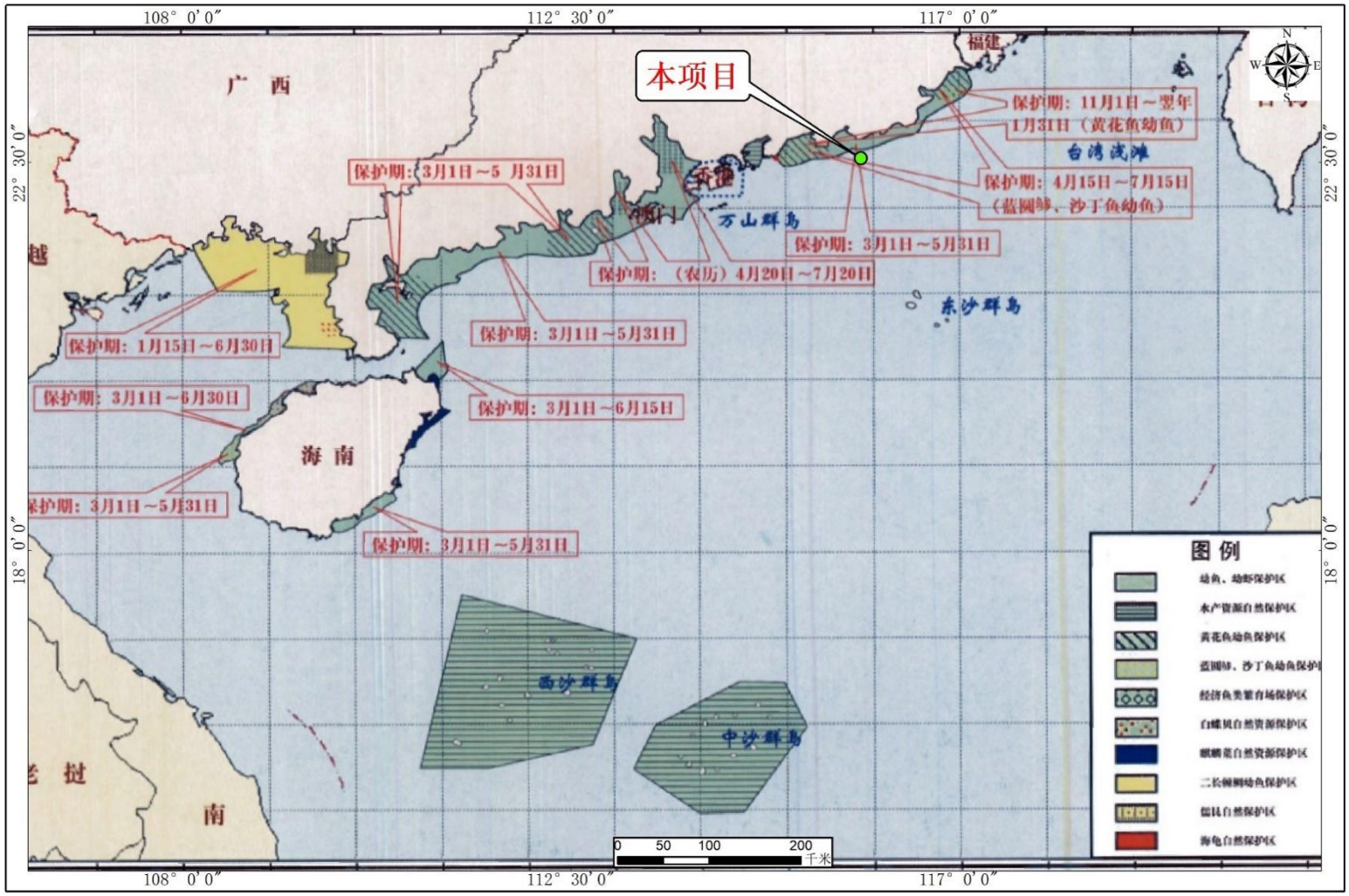


图 2.5.1-1b　项目位置与幼鱼幼虾保护区范围图

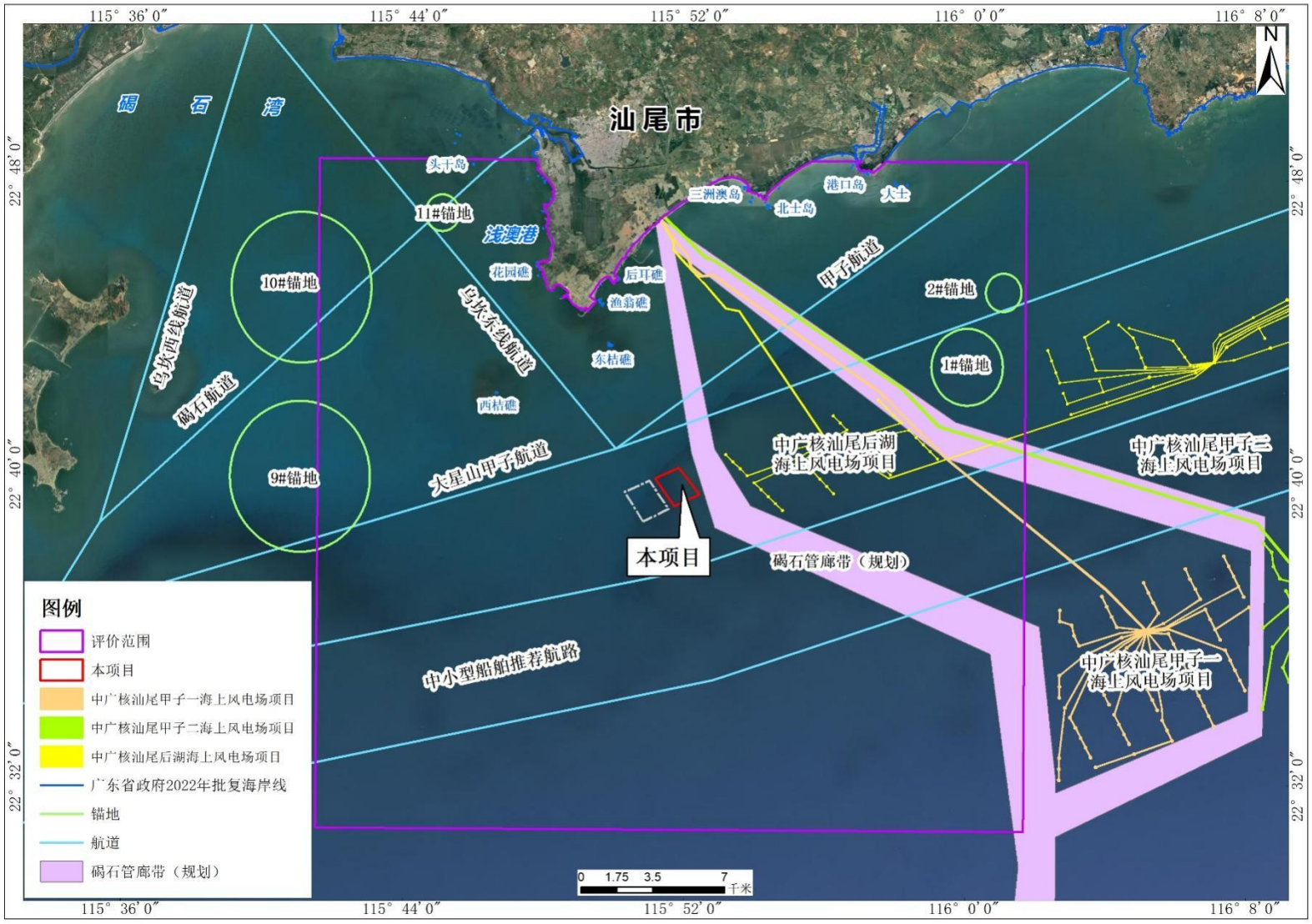


图 2.5.2-1 项目周边社会活动关注区分布图

3工程概况

3.1工程概况

3.1.1项目名称、性质和地理位置

（1）项目名称：广东省汕尾市管辖海域 CB22-05 区块海砂开采

（2）项目性质：新建

（3）地理位置：拟开采海砂矿区位于汕尾市陆丰市田尾角东南侧海域，距离田尾角最近距离约 8.7km，行政区域隶属汕尾陆丰市管辖。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，本次评价对象对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，应按照有关规定要求另行完善相关环评手续。

3.1.2项目用海情况

本项目海砂开采范围用海面积为 212.0019 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（一级类）中海砂等矿产开采（二级类）。本项目无需占用岸线及滩涂。用海范围界址点坐标见表 3.1-1 所示。项目宗海位置图见图 3.1-1，宗海界址图见图 3.1-2 所示。

表 3.1-1 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）
		N（°′″）	E（°′″）	
CB22-05	1	22°39′17.051″	115°51′39.986″	212.0019
	2	22°39′36.565″	115°52′22.800″	
	3	22°40′18.346″	115°51′47.461″	
	4	22°40′01.378″	115°51′07.057″	
		中心点坐标		/
	1	22°39′48.335″	115°51′44.326″	

备注：坐标系 CGCS2000，高斯克吕格投影 3 度带，中央经线 117°E。

广东省汕尾市管辖海域CB22-05区块海砂开采宗海位置图

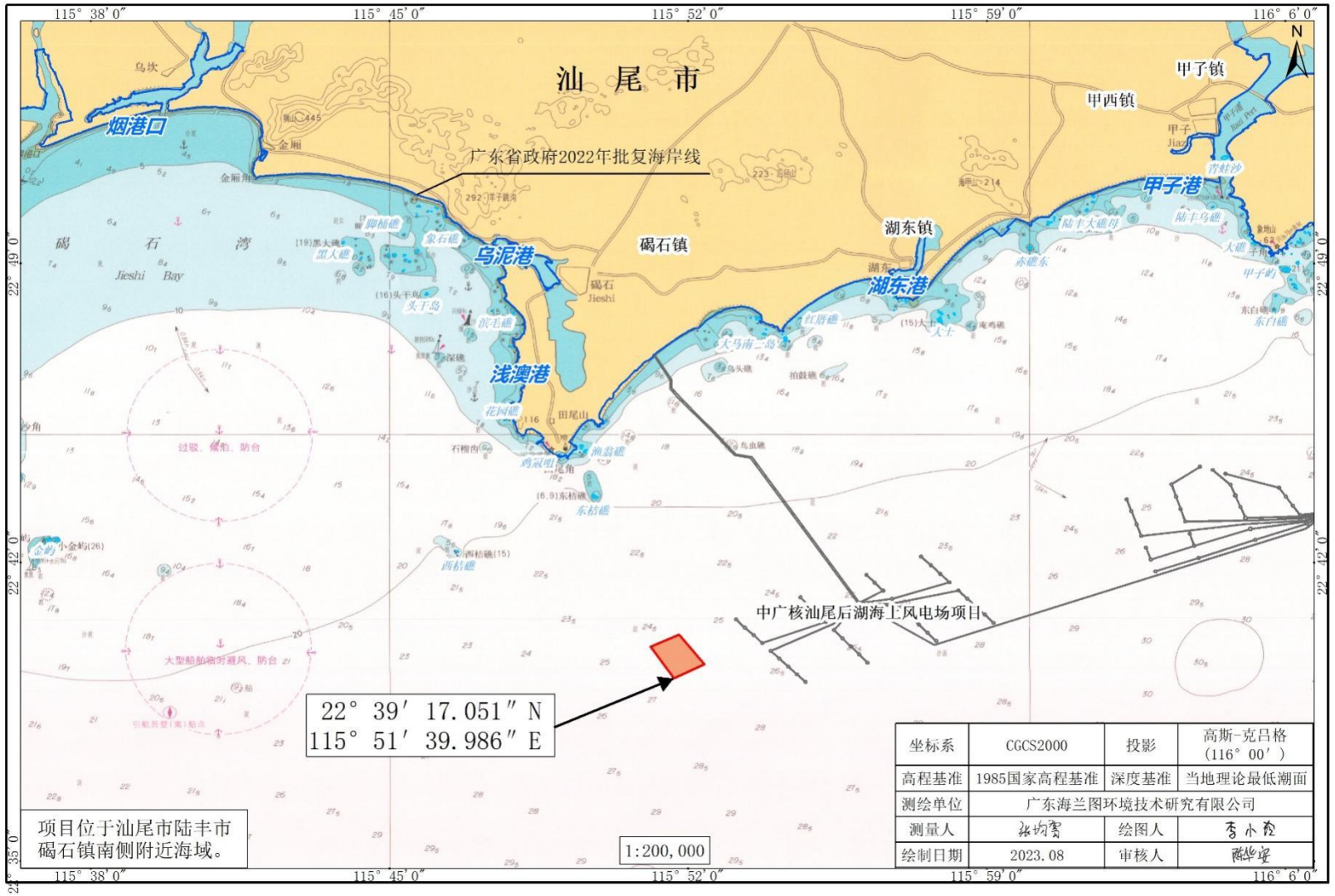
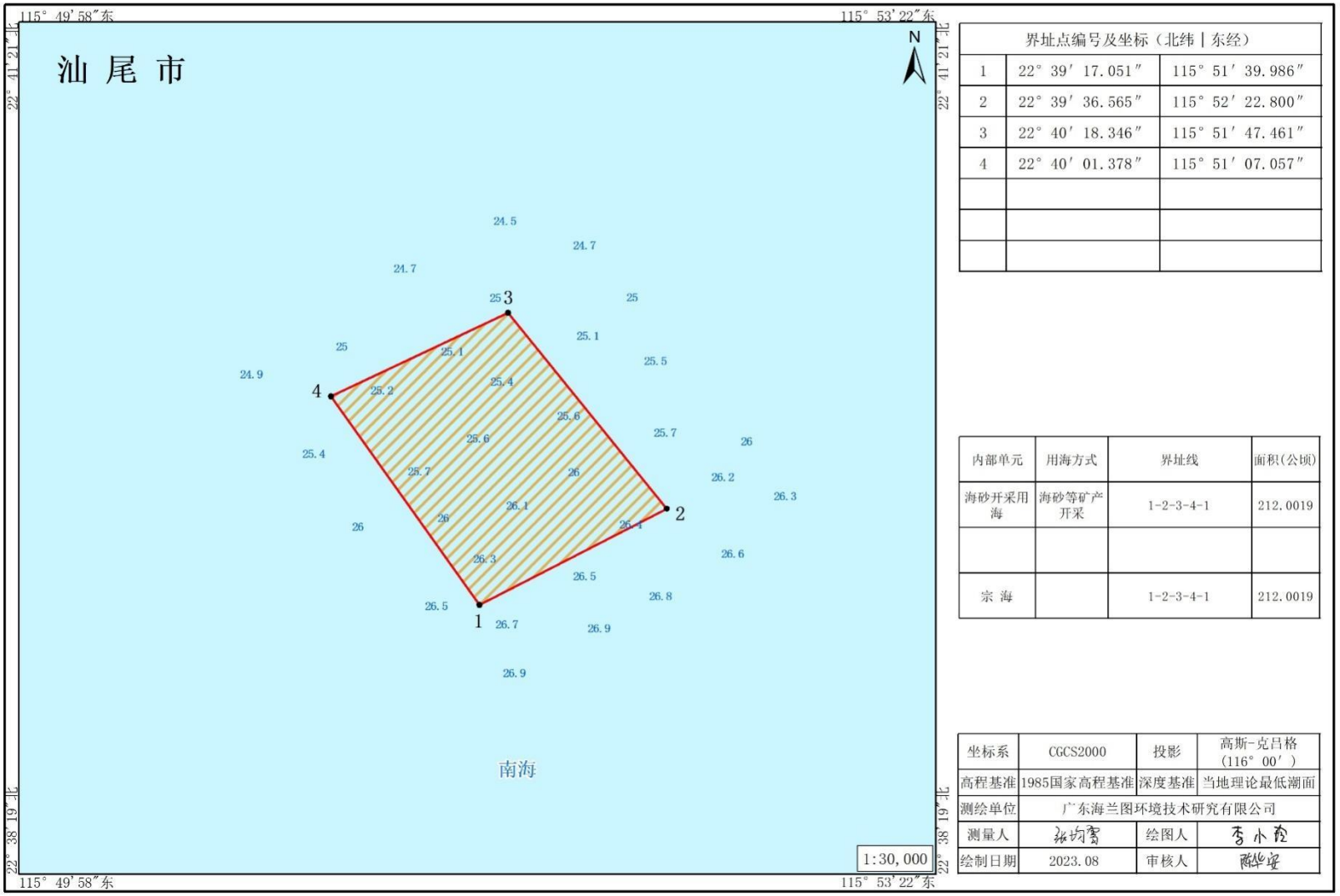


图 3.1-1 项目宗海位置图

广东省汕尾市管辖海域CB22-05区块海砂开采宗海界址图



界址点编号及坐标（北纬 | 东经）		
1	22° 39′ 17.051″	115° 51′ 39.986″
2	22° 39′ 36.565″	115° 52′ 22.800″
3	22° 40′ 18.346″	115° 51′ 47.461″
4	22° 40′ 01.378″	115° 51′ 07.057″

内部单元	用海方式	界址线	面积(公顷)
海砂开采用海	海砂等矿产开采	1-2-3-4-1	212.0019
宗 海		1-2-3-4-1	212.0019

坐标系	CGCS2000	投影	高斯-克吕格（116° 00′）
高程基准	1985国家高程基准	深度基准	当地理论最低潮面
测绘单位	广东海兰图环境技术研究有限公司		
测量人	张均雪	绘图人	李小玲
绘制日期	2023.08	审核人	陈华望

图 3.1-2 项目宗海位置图

3.2矿区分析

本节主要引用《广东省汕尾市管辖海域CB22-05矿区回填用海砂资源储量核实报告》（汕尾市自然资源局，2023年7月）专题内容进行论述。

3.2.1矿体特征

3.2.1.1矿体分布和特征

矿区范围面积212.0019公顷，由20个钻孔系统控制。矿区内发现2个海砂矿体，自上而下分别命名为V1、V2，其平面分布见图3.2.1-1、图3.2.1-2。勘探线剖面图见图3.2.1-3和图3.2.1-4。

V1矿体赋存于第四系上更新统南卫组上部的地层中，为隐伏矿体，仅在矿区西北侧揭露，仅钻孔ZK11、ZK16、ZK17和ZK18见矿，其盖层厚度在15.70~18.90m之间，平均厚度为16.65m。其余钻孔均未见矿，综合物探调查和钻孔资料，V1矿体产于上更新统南卫组上部的砾质砂、含砾砂层，矿体整体呈水平层状、似层状产出，呈近似平放的板状体。V1矿体贮存标高在-50.77~-41.67m之间，与上更新统南卫组上部地层沉积物中上部的砂层相对应。V1矿体平面上呈反“7”形，北西南东向长63~513m，北东南西向宽123~431m。矿区范围内V1矿体面积160116m^2（0.16km^2），矿体V1见矿厚度1.90~5.70m，平均厚度为3.55m，矿体厚度变化系数为45.91%。

V2矿体赋存于第四系上更新统南卫组下部地层中，为隐伏矿体，所有钻孔均见矿。其岩性主要为含砾砂、砾质砂、砾质泥质砂、含砾泥质砂、粉砂质砂层等，分布于全区，其盖层厚度在25.80~45.80m之间，平均厚度为36.64m；贮存标高在-85.57~-51.37m之间；与上更新统南卫组下部地层沉积物中的砂层相对应。矿体平面上近似呈矩形，北西南东向长1634~1656m，北东南西向宽1031~1227m。矿体形态较简单，整体呈层状、似层状产出，近水平方向延伸，呈近似平放的板状体，发育1个夹层，夹层主要为泥、砂质粉砂和砂质泥。矿区范围内V2矿体面积2120779m^2 (2.12 km^2)，矿体厚度3.7~22.2m之间，平均厚度为11.18m，矿体厚度变化系数为40.53%。

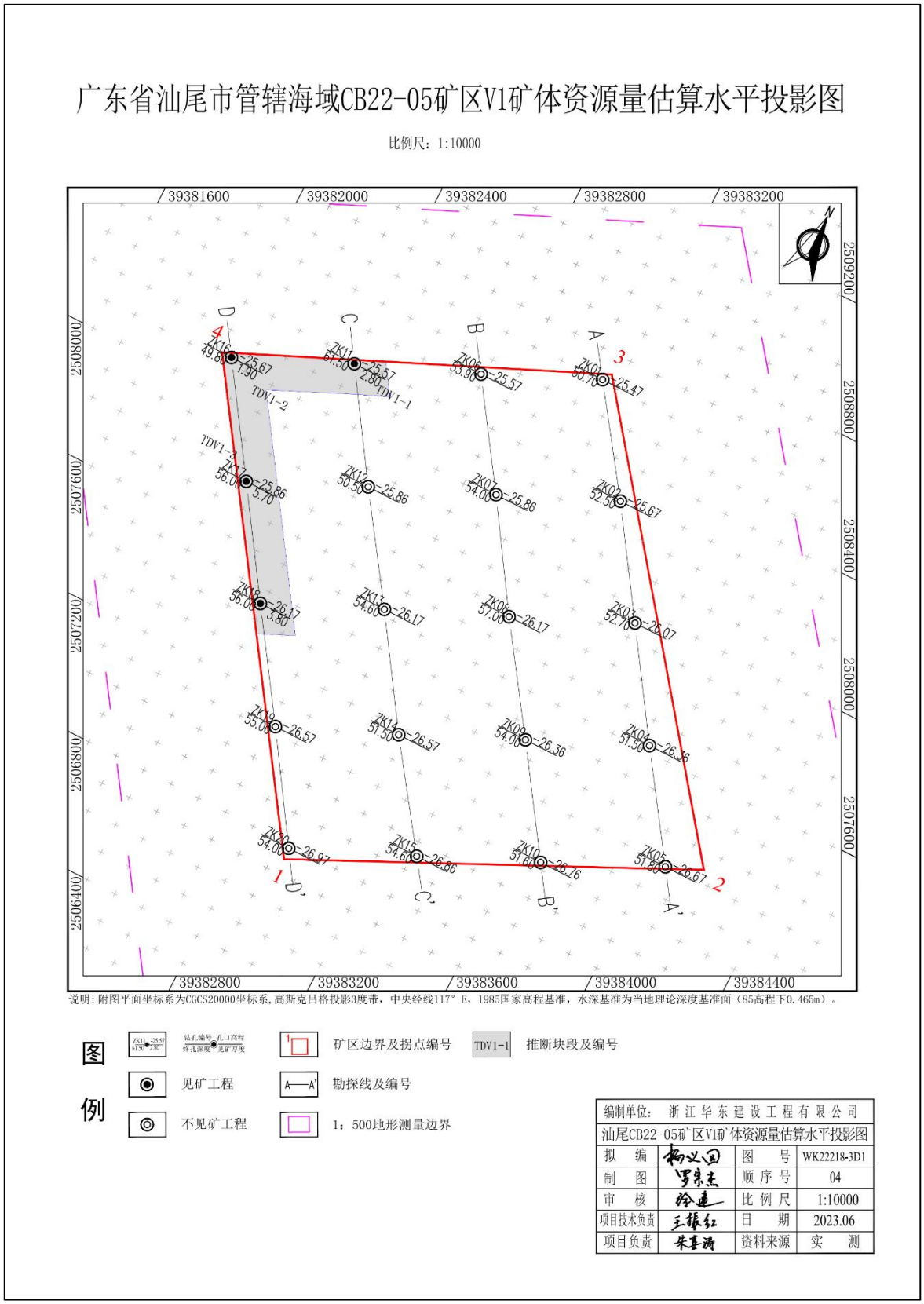


图 3.2.1-1　V1 矿体资源量估算水平投影图

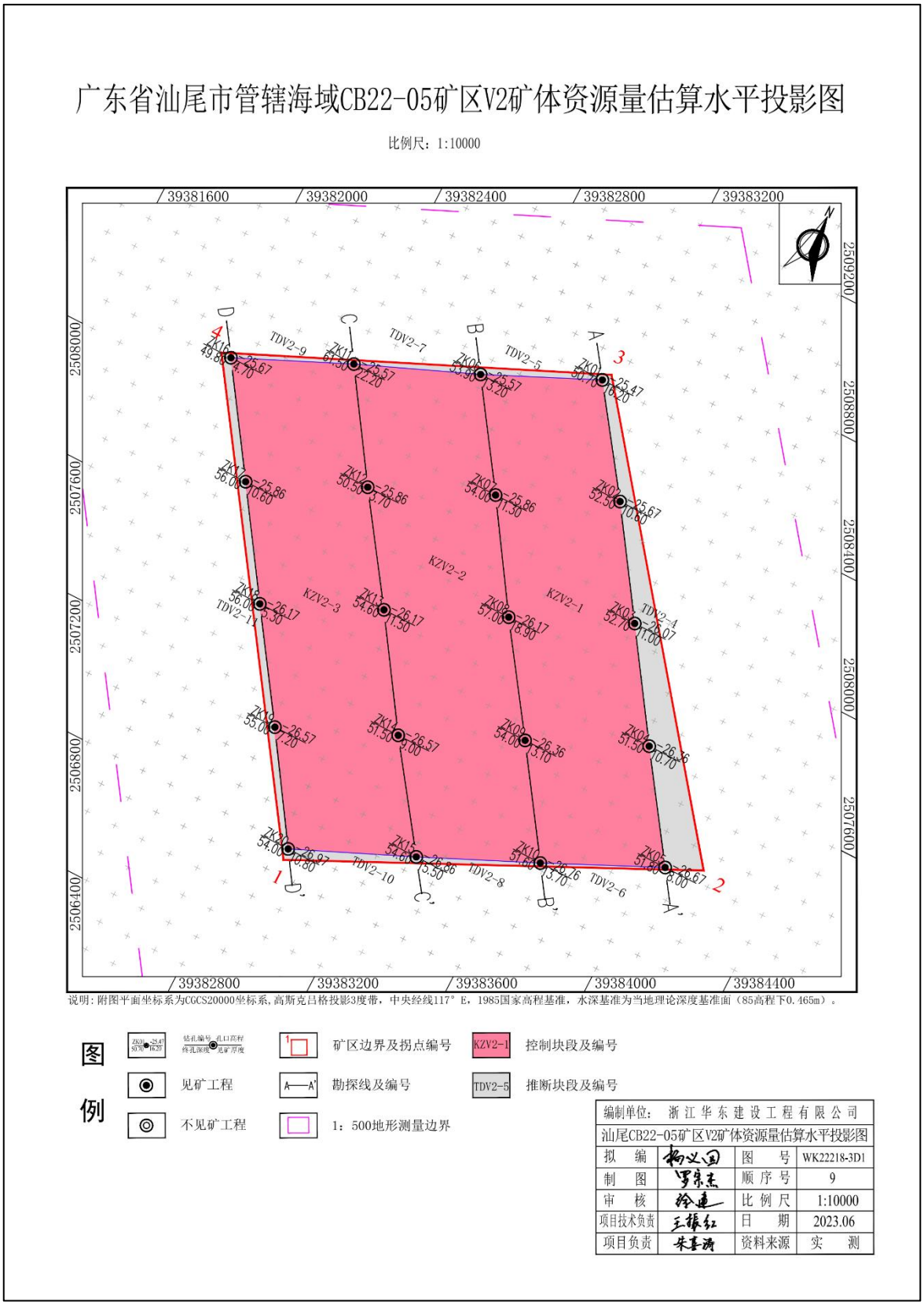


图 3.2.1-2　V2 矿体资源量估算水平投影图

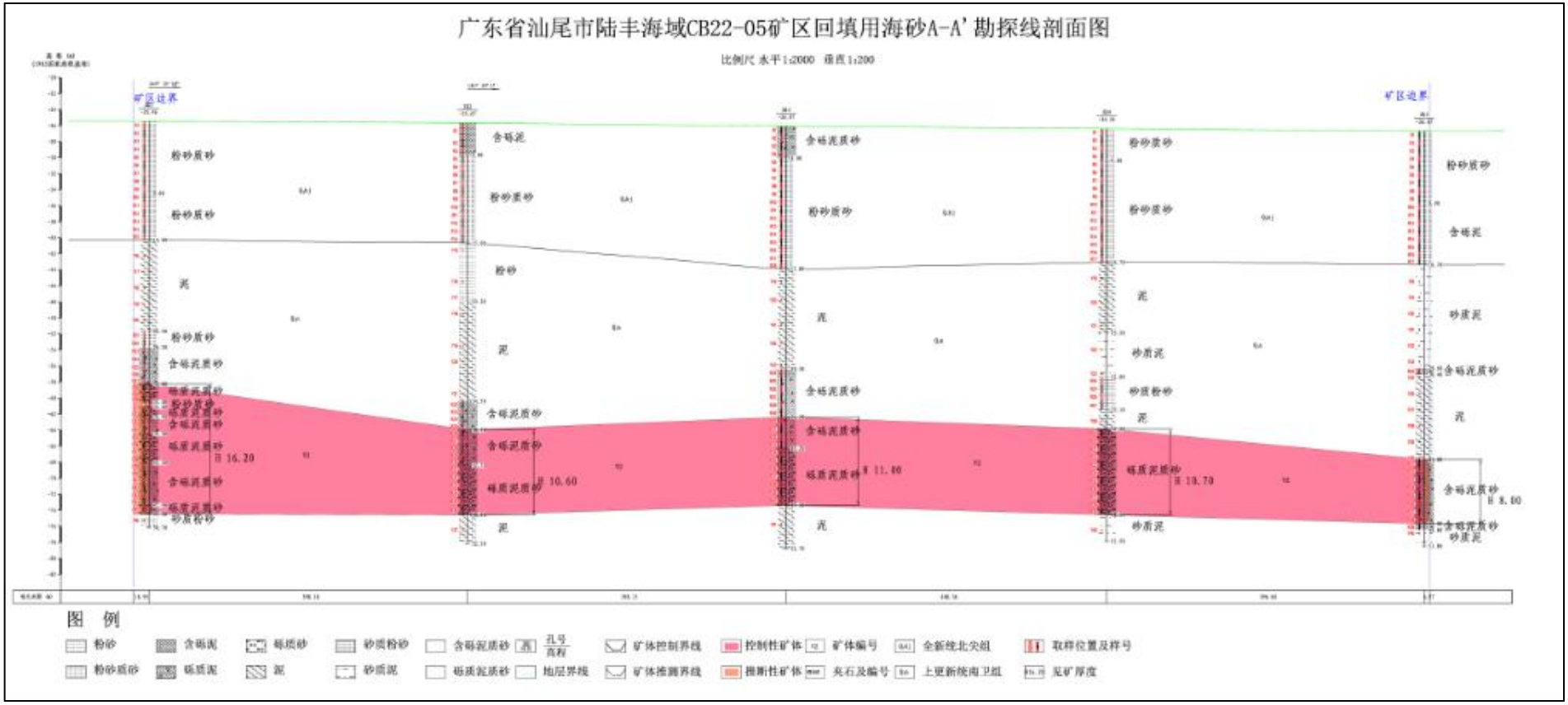


图 3.2.1-3　汕尾市陆丰田尾角南侧海域 CB22-05 矿区 A-A'勘探线剖面图

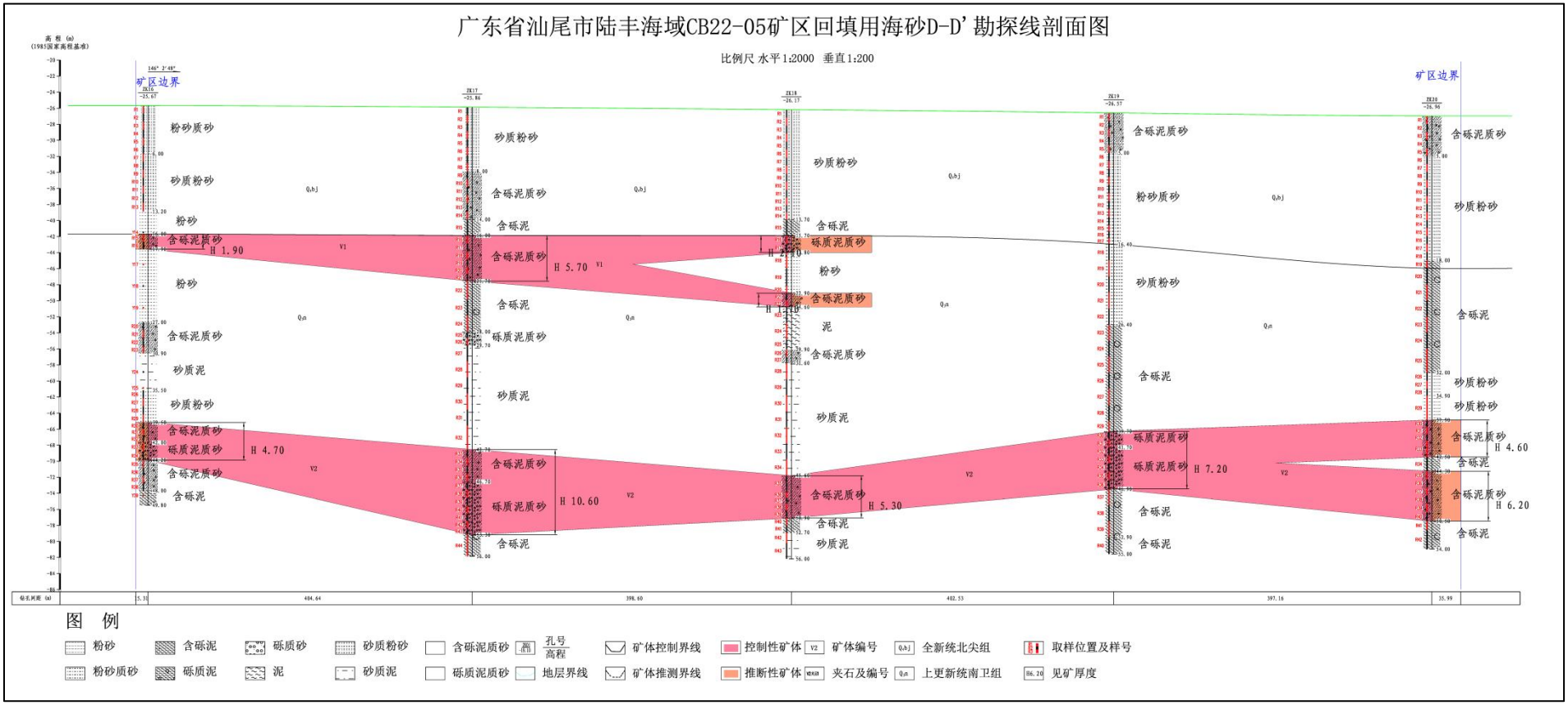


图 3.2.1-4　汕尾市陆丰田尾角南侧海域 CB22-05 矿区 D-D’勘探线剖面图

3.2.1.2矿体厚度变化情况

矿体 V1：矿体厚度变化在 1.90~5.70m 之间，矿体厚度大体呈西侧中部厚，向北西和南东方向减薄，西部最薄的分布态势。其中 ZK16 孔矿体厚度最小，为 1.90m；ZK17 孔矿体厚度最大，为 5.70m。矿体 V1 平均厚度 3.55m，矿体厚度变化系数为 45.91%，厚度变化较稳定。详见图 3.2.1-5。

矿体 V2：矿体厚度变化在 3.70~22.20m 之间，矿体厚度大体呈北西、中部厚，北东、南西、南东方向逐渐减薄的分布态势。其中 ZK12 孔矿体厚度最小，为 3.70m；ZK11 孔矿体厚度最大，为 22.20m。矿体 V2 平均厚度 11.36m，矿体厚度变化系数为 40.53%，厚度变化较稳定。详见图 3.2.1-6。

矿体 V1 和矿体 V2 叠加后的厚度变化在 3.70~25.00m 之间，其中 ZK12 孔矿体厚度最小，为 3.70m；ZK11 孔矿体厚度最大，为 25.00m，平均厚度为 12.07m，矿体厚度变化系数为 39.49%，厚度变化稳定。

3.2.1.3矿体顶、底面标高

矿区 V1 矿体顶面标高在-44.47~-41.67m 之间，平均标高为-42.47m。矿区西部顶面标高最高，且明显高于其他区域，其中西部 ZK16 高程最高，为-41.67m；ZK11 高程最低，为-44.47m。底面标高在-50.77~-43.57m 之间，平均值为-47.29m。矿区西部底面标高明显高于其他区域，其中西部 ZK16 高程最高，为-43.57m；ZK18 高程最低，为-50.77m。详见图 3.2.1-7 和图 3.2.1-8。

矿区 V2 矿体顶面标高在-71.77~-51.37m 之间，平均标高为-62.80m。矿区中北部顶面标高最高，中部次之，且明显高于其他区域，其中中部 ZK06 高程最高，为-51.37m；ZK18 高程最低，为-71.77m。底面标高在-85.57~-69.87m 之间，平均值为-76.17m。北西部和中部标高较低，有向西部、北东部、南部逐渐升高的趋势，V2 矿体在矿区南中部底面标高最低，其中 ZK11 高程最低，为-85.57m；在 ZK16 高程最高，为-69.87m。详见图 3.2.1-9 和图 3.2.1-10。

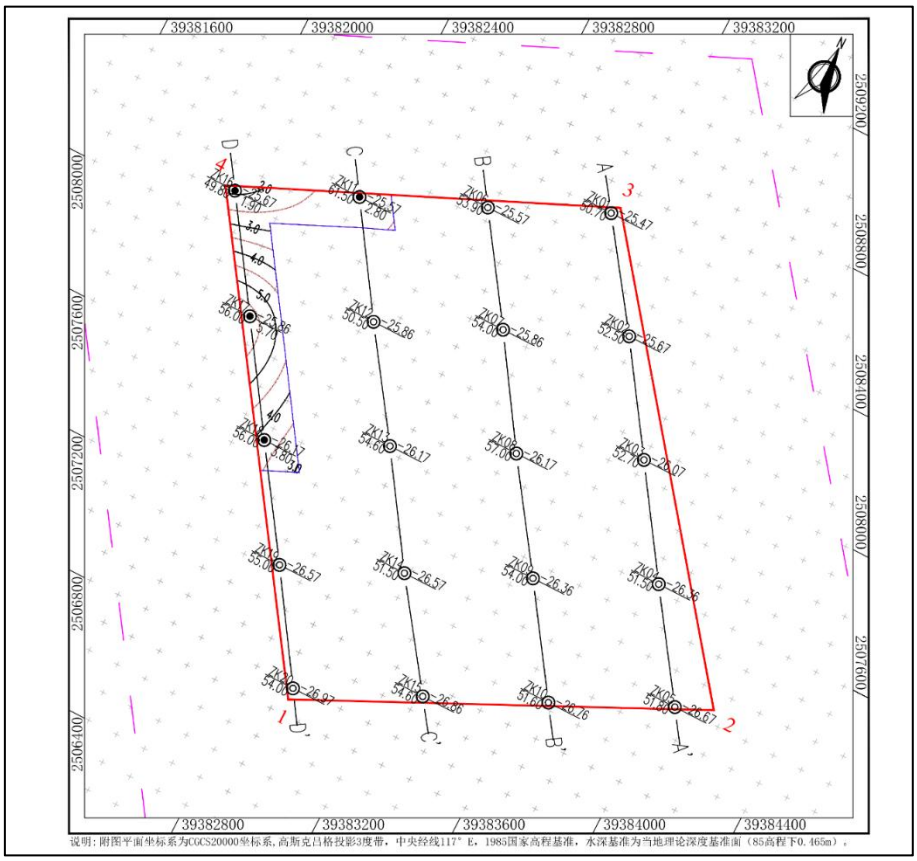


图 3.2.1-5　V1 矿体海砂等厚度图（比例尺 1:10000）

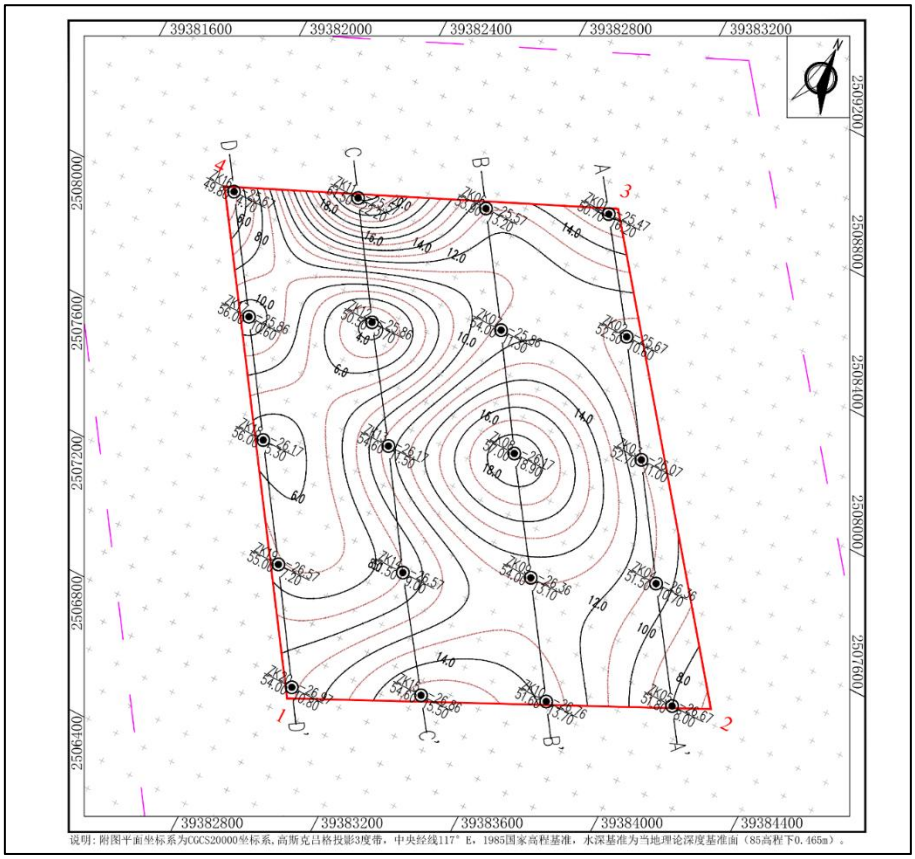


图 3.2.1-6　V2 矿体海砂等厚度图（比例尺 1:10000）

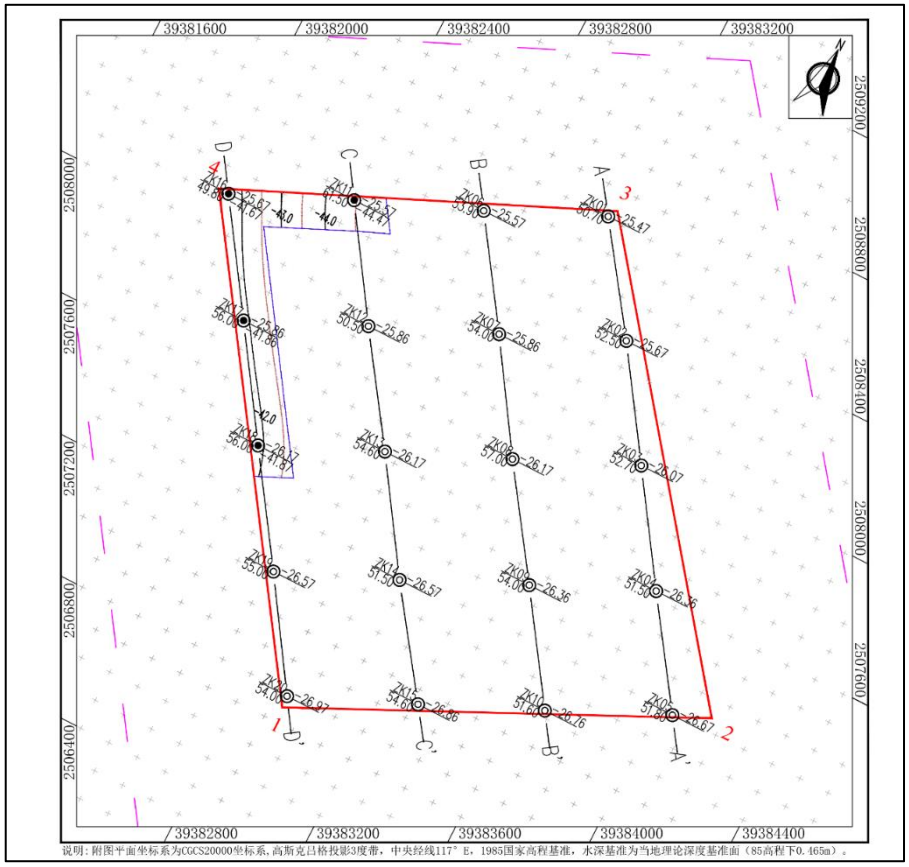


图 3.2.1-7　矿区 V1 矿体顶面标高图（比例尺 1:10000）

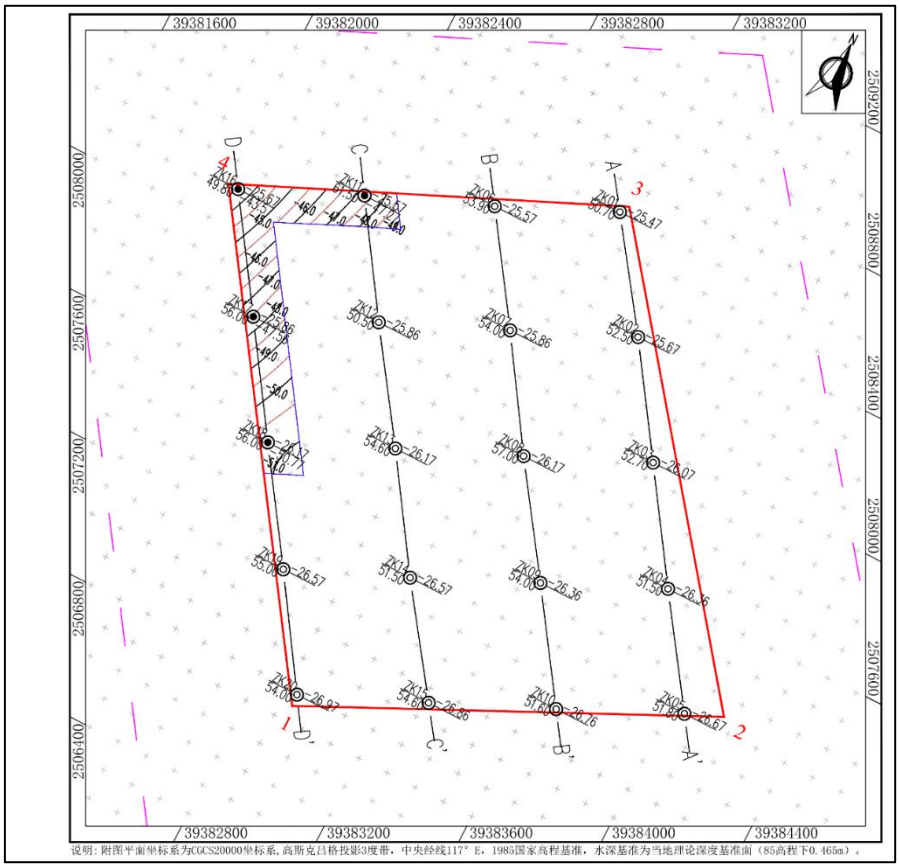


图 3.2.1-8　矿区 V1 矿体底面标高图（比例尺 1：10000）

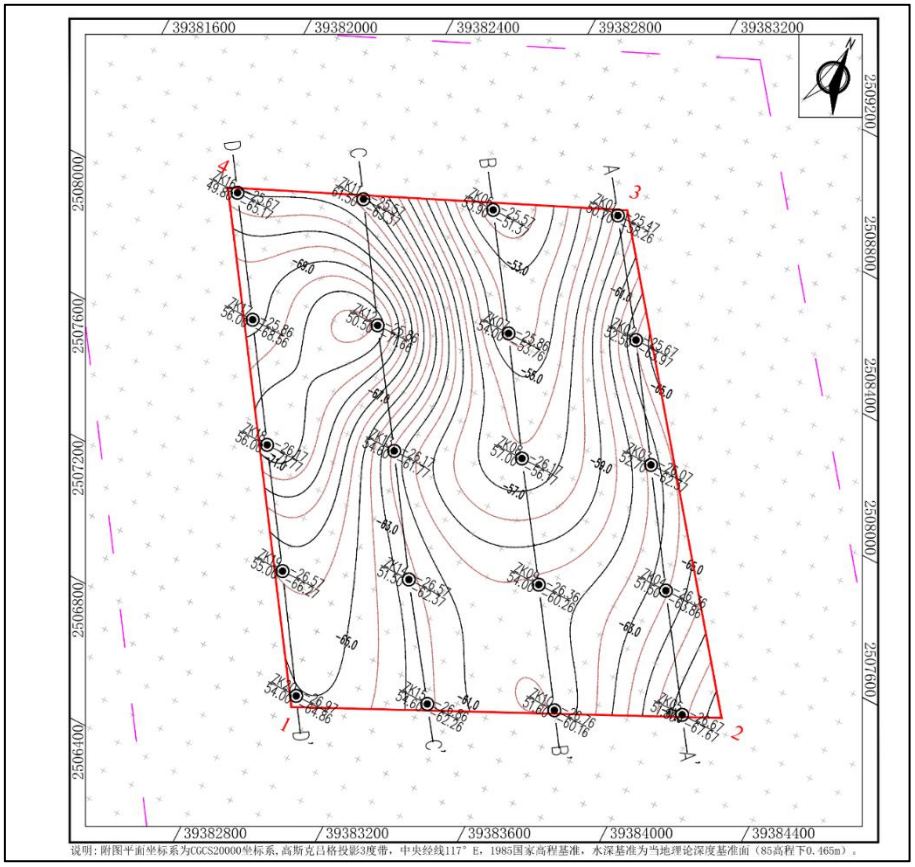


图 3.2.1-9　矿区 V2 矿体顶面标高图（比例尺 1：10000）

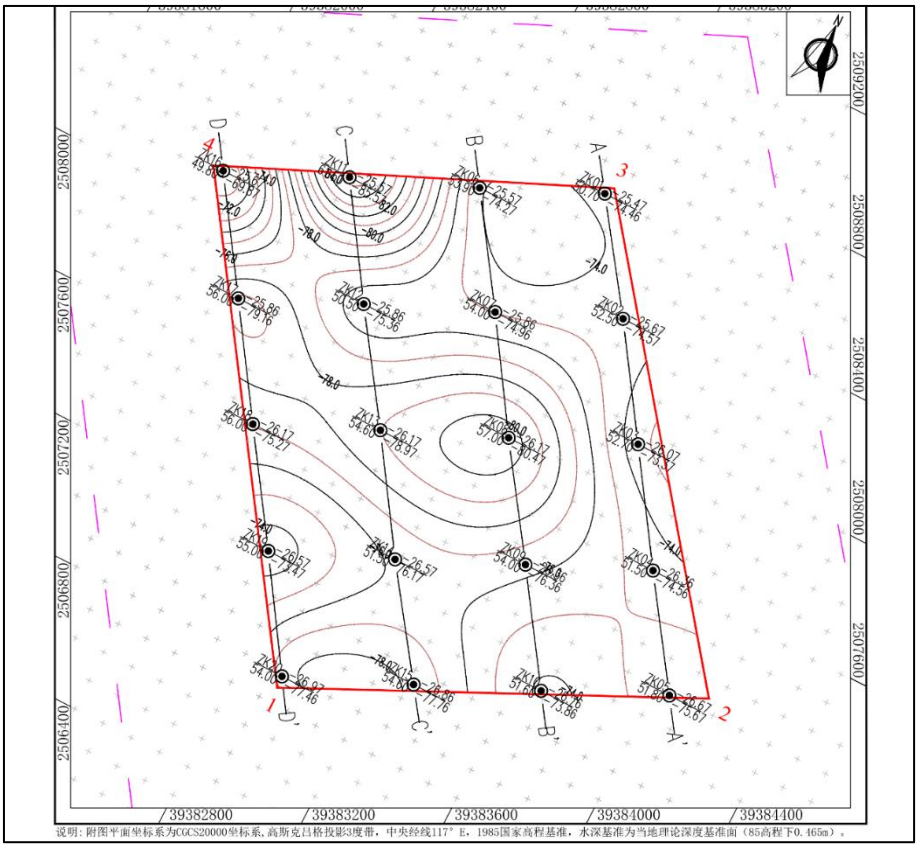


图 3.2.1-10　矿区 V2 矿体底面标高图（比例尺 1：10000）

3.2.1.4覆盖层特征

矿体 V1：盖层厚度变化在 15.70~18.90m 之间，大致呈北部厚、南侧薄的趋势，平均厚度 16.65m，矿体 V1 盖层厚度变化系数为 9.05%，变化稳定。其中 ZK18 盖层厚度最薄，为 15.70m；ZK11 盖层厚度最厚，为 18.90m。V1 矿体盖层等厚度图见附图。V1 矿体盖层主要为粉砂、砂质粉砂、砂质泥、泥、含砾泥质砂、泥质砂、砾质泥质砂等。详见图 3.2.1-11。

矿体 V2：盖层厚度变化在 25.80~45.80m 之间，大致呈北部、中部薄，北东、北西、南西部厚的趋势，平均厚度 36.64m，矿体 V2 盖层厚度变化系数为 14.25%，变化稳定。其中 ZK06 盖层厚度最薄，为 25.80m；ZK12 盖层厚度最厚，为 45.80m。V2 矿体盖层等厚度图见附图。V2 矿体盖层主要为粉砂、砂质粉砂、粉砂质砂、砂质泥、泥、含砾泥质砂、泥质砂、砾质泥质砂等。详见图 3.2.1-12。

3.2.1.5矿区特征参数小结

综上，各钻孔中矿体 V1、V2 的厚度、标高、埋深和盖层厚度具体见表 3.2.1-1。

表 3.2.1-1 各钻孔 V1 、 V2 矿体标高、盖层和砂层厚度（单位：m）

钻孔	孔口高程	V1 矿体顶标高	V1 矿体底标高	V2 矿体顶标高	V2 矿体底标高	V1 矿体厚度	V2 矿体厚度	V1 盖层厚度	V2 盖层厚度
ZK01	-25.46			-58.26	-74.46		16.20		32.80
ZK02	-25.67			-63.97	-74.57		10.60		38.30
ZK03	-26.07			-62.37	-73.37		11.00		36.30
ZK04	-26.36			-63.86	-74.56		10.70		37.50
ZK05	-26.67			-67.67	-75.67		8.00		41.00
ZK06	-25.57			-51.37	-74.27		13.20		25.80
ZK07	-25.86			-53.76	-74.96		11.30		27.90
ZK08	-26.17			-56.17	-80.47		18.90		30.00
ZK09	-26.36			-60.26	-76.36		13.10		33.90
ZK10	-26.76			-60.16	-73.86		13.70		33.40
ZK11	-25.57	-44.47	-47.27	-63.37	-85.57	2.80	22.20	18.90	37.80
ZK12	-25.86			-71.66	-75.36		3.70		45.80
ZK13	-26.17			-61.77	-78.97		11.50		35.60
ZK14	-26.57			-62.37	-76.17		9.00		35.80
ZK15	-26.86			-62.26	-77.76		15.50		35.40
ZK16	-25.67	-41.67	-43.57	-65.17	-69.87	1.90	4.70	16.00	39.50
ZK17	-25.86	-41.86	-47.56	-68.56	-79.16	5.70	10.60	16.00	42.70
ZK18	-26.17	-41.87	-50.77	-71.77	-77.07	3.80	5.30	15.70	45.60
ZK19	-26.57			-66.27	-73.47		7.20		39.70
ZK20	-26.96			-64.86	-77.46		10.80		37.90

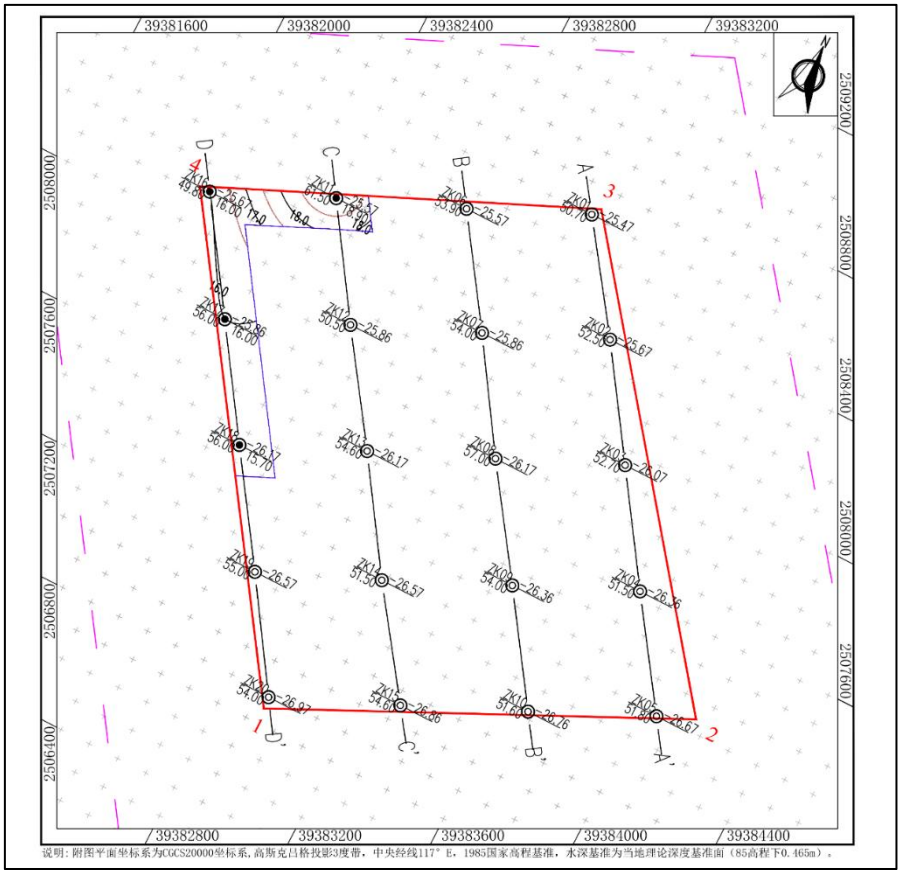


图 3.2.1-11　V1 矿体海砂盖层等厚度图（比例尺 1：10000）

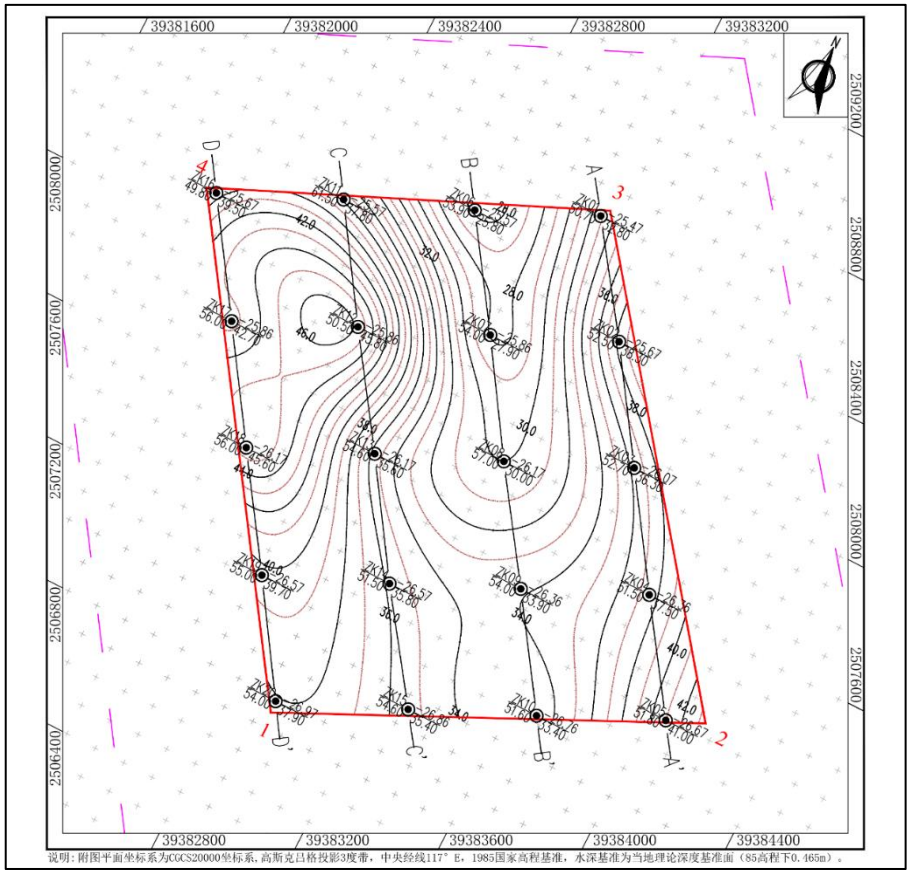


图 3.2.1-12　V2 矿体海砂盖层等厚度图（比例尺 1：10000）

3.2.1.6资源量估算

1. 资源量估算的工业指标

参照经广东省自然资源厅、委托方认可的以往类似回填用海砂工业指标（汕尾市 JH21-08、JH21-09 和 JH22-03 三个矿区、茂名市 CB22-01 矿区、汕头市 JH21-04、JH21-05、JH21-06、JH21-07、CB21-07、CB21-08 六个矿区、揭阳市惠来县靖海湾东南侧海域矿区、湛江市徐闻东部海域 JH20-02、JH20-03、JH20-04 和 JH20-05 矿区、珠海市 JH20-06、JH20-07 矿区等）和广西类似海砂矿所用的工业指标，确定本矿区海砂资源储量估算工业指标如下：

（1）质量指标

1）含砂量≥50%（粒径≥0.063mm 的沉积物含量）；

2）细度模数≥0.7。

3）放射性物质照射指数≤1，云母含量＜2％、SO_3＜0.5％。

（2）开采技术条件指标

1）最小可开采厚度：≥2m；

2）夹石剔除厚度：≥1m。

2. 量估算范围、对象

矿区资源量估算范围为汕尾市预选范围示意图的CB22-05界址点围成的四边形区域（表3.1-1）。

矿区资源量估算对象为-25.46m 至-85.57m 标高，0.00m～60.00m 埋深的海砂矿。

3. 估算结果

经估算，采用地质块段法估算 CB22-05 矿区海底以下 49.80~61.50 m 深度内海砂资源量，截止至 2023 年 5 月 31 日。结果如下：全矿区查明回填用海砂原矿量（含泥）2581.92×10^4 m^3，海砂量 2070.81×10^4 m^3；其中控制矿石量 2295.71×10^4 m^3，海砂量 1843.72×10^4 m^3；推断矿石量 286.21×10^4 m^3，海砂量 227.09×10^4 m^3。V1 矿体矿石量（含泥）56.60×10^4 m^3，海砂量 44.54×10^4 m^3，均为推断资源量。V2 矿体回填用矿石量（含泥）2525.32×10^4 m^3，海砂量 2026.27×10^4 m^3，其中控制矿石量（含泥）2295.71×10^4 m^3，海砂量 1843.72×10^4 m^3，推断矿石量（含泥）229.61×10^4 m^3，海砂量 182.55×10^4 m^3。本矿区回填用海砂资源量估算详见表 3.2.1-2。

表 3.2.1-2 海砂资源量估算表

矿体	块段号	资源量类型	面积 (m^2)	厚度 (m)	矿石量 (10^4 m^3)	含砂率 (%)	海砂量 (10^4 m^3)
V1	TDV1-1	推断资源量	11448	2.80	3.21	87.78	2.82
	TDV1-2	推断资源量	124244	3.55	44.11	78.52	34.64
	TDV1-3	推断资源量	24424	3.80	9.28	76.25	7.08
	小计	**推断资源量**	**160116**	**3.53**	**56.60**	**78.69**	**44.54**
	合计	**推断资源量**	**160116**	**3.53**	**56.60**	**78.69**	**44.54**
V2	KZV2-1	控制资源量	634305	12.67	803.66	79.96	642.61
	KZV2-2	控制资源量	646093	13.21	853.49	80.83	689.88
	KZV2-3	控制资源量	635388	10.05	638.56	80.06	511.23
	TDV2-4	推断资源量	121233	11.30	136.99	79.03	108.26
	TDV2-5	推断资源量	8186	14.70	12.03	81.81	9.84
	TDV2-6	推断资源量	3617	10.85	3.92	76.10	2.98
	TDV2-7	推断资源量	7287	17.70	12.90	83.48	10.77
	TDV2-8	推断资源量	6324	14.60	9.23	79.67	7.35
	TDV2-9	推断资源量	5551	13.45	7.47	84.00	6.27
	TDV2-10	推断资源量	11637	13.15	15.30	79.17	12.11
	TDV2-11	推断资源量	41158	7.72	31.77	78.59	24.97
	小计	**控制资源量**	**1915786**	**11.98**	**2295.71**	**80.31**	**1843.72**
		推断资源量	**204993**	**11.20**	**229.61**	**79.50**	**182.55**
	合计	**控制+推断资源量**	**2120779**	**11.91**	**2525.32**	**80.24**	**2026.27**
全区合计		**控制资源量**	**1915786**	**11.98**	**2295.71**	**80.31**	**1843.72**
		推断资源量	**365109**	**7.84**	**286.21**	**79.34**	**227.09**
		控制+推断资源量	**2280895**	**11.32**	**2581.92**	**80.20**	**2070.81**

3.2.2矿石质量

3.2.2.1矿石粒度特征

（1）砂含量

根据圈定矿体的15个样品统计，V1矿体含砂率最高88.9%，最低51.6%，加权平均值为78.69%，其中砾含量加权平均值为2.70%。矿体含砂率变化系数为14.30%。

根据圈定矿体的276个样品统计，V2矿体含砂率最高96.7%，最低40.5%，加权平均值为80.24%，其中砾含量加权平均值为6.10%。矿体含砂率变化系数为10.62%。

全矿区含砂率加权平均值为80.20%，其中砾含量加权平均值为6.02%。

（2）泥含量

根据圈定矿体的15个样品统计，V1矿体泥含量最高48.4%，最低11.1%，加权平均值为21.31%，其中粉砂的含量加权平均值为16.58%，粘土的含量加权平均值为4.73%。

根据圈定矿体的276个样品统计，V2矿体泥含量最高59.5%，最低3.3%，加权平均值为19.76%，其中粉砂的含量加权平均值为15.67%，粘土的含量加权平均值为4.09%。

全区矿体加权泥含量平均19.80%,，其中粉砂的含量加权平均值为15.69%，粘土的含量加权平均值为4.11%。

（3）矿物组成含量

根据矿区钻孔组合样碎屑矿物分析结果，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，长石次之，其中石英含量（石英占轻矿物的质量百分比）在80.36%~93.18%之间，长石含量（长石占轻矿物的质量百分比）在3.99%~10.28%之间；重矿物含量（重矿物质量占分析质量的百分比）在0.03%~0.22%之间。重矿物含量虽少，但种类较多，包括锆石、黄铁矿、金红石、锐钛矿、绿帘石、十字石、独居石、电气石、石榴子石、白钛石、钛铁矿、赤褐铁矿、金属球粒和磁铁矿等。

表 3.2.2-1 本采砂区含砂率中砂和砾含量信息统计一览表（单位：%）

矿体	V1			V2			全区加权平均		
组分	砾	砂	含砂率	砾	砂	含砂率	砾	砂	含砂率
比例	2.70	75.99	78.69	6.10	74.14	80.24	6.02	74.18	80.20
粒级界限 (直径：mm)	>2	0.063~2	>0.063	>2	0.063~2	>0.063	>2	0.063~2	>0.063

表 3.2.2-2 本采砂区泥含量中粉砂和粘土含量信息统计一览表（单位：%）

矿体	V1			V2			全区加权平均		
组分	粉砂	粘土	泥 (粉砂+粘土)	粉砂	粘土	泥 (粉砂+粘土)	粉砂	粘土	泥 (粉砂+粘土)
比例	16.58	4.73	21.31	15.67	4.09	19.76	15.69	4.11	19.80
粒级界限 (直径：mm)	0.063~0.004	<0.004	<0.063	0.063~0.004	<0.004	<0.063	0.063~0.004	<0.004	<0.063

3.2.2.2矿石结构、构造

本矿区海砂矿以石英砂为主，中细、细-特细、特细粒结构，松散状（或松散-稍密、或稍密等）构造，可塑性能差。

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：

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

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、600μm、300μm、150μm筛的累计筛余百分率。

根据《建设用砂》（GB/T 14684-2022）和《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》（JGJ 52-2006），按细度模数进行分类：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0.63～2.45之间，加权平均值1.35（N=15），主要为特细砂（N=9），其次为细砂（N=3）和中砂（N=2），总体评价为特细砂级别。

矿体V2砂样细度模数在0.37～4.19之间，加权平均值1.58（N=277），主要为特细砂（N=126）、细砂（N=70）和中砂（N=69），其次为粗砂（N=2）和非矿样品（N=10），总体评价为特细砂~细砂级别。

全矿区加权平均细度模数为1.57，整体为特细砂~细砂级别。

3.2.2.4放射性特性分析

放射性测定是为研究海砂矿放射性强度，以评价其对环境和人体的危害程度。根据《建筑材料放射性核素限量》（GB6566-2010）要求，最严格限量是建筑主体材料中天然放射性核素 226Ra、232Th、40K的放射性比活度应同时满足 IRa≤1.0和Iγ≤1.0。

本次调查6个样品进行放射性测试，放射性分析统计成果见表3.2.2-4。放射性分析内照射指数IRa最大为0.2，外照射指数Iγ最大为0.2。海砂放射性物质照射指数远小于1，海砂的放射性比活度符合国家标准GB6566-2010的要求，对环境和人体无危害性，可作为建筑主体材料。

表 3.2.2-3 钻孔样品放射性物质照射指数

样品原号	检测编号	内照射指数 I_{Ra}	外照射指数 I_r
ZK11-R36	ZH23-257-1	0.1	0.3
ZK11-R37	ZH23-257-2	0.1	0.3
ZK14-R29	ZH23-257-3	0.1	0.2
ZK15-R31	ZH23-257-4	0.1	0.2
ZK07-混 1	ZH23-257-5	0.1	0.2
ZK09-混 2	ZH23-257-6	0.1	0.2
技术要求	A 类 I_{Ra}≤1.0 和 I_r≤1.3；B 类类 I_{Ra}≤1.3 和 I_r≤1.9；C 类 I_r≤2.8		
说明	A 类产品产销和使用范围不受限制；B 类产品须限制销售和使用，不可用于居室内饰面；C 类产品只能用于建筑的外饰面。		

3.2.2.5重金属溶出实验

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。根据《海洋沉积物质量》（GB 18668-2002）3.2 条规定，海洋沉积物质量标准见第 2 章表 2.3.1-2。

本次调查共取 6 个样品进行重金属溶出试验，测试内容包括总汞、铜、铅、镉、锌、铬、砷等的含量，结果见表 3.2.2-4。总汞含量≤0.0002×10^{-6}、铜含量<0.04 ×10^{-6}、铅含量<0.02×10^{-6}、镉含量<0.001×10^{-6}、锌含量≤0.21 ×10^{-6}、铬的含量<0.001 ×10^{-6}、砷含量在≤0.053×10^{-6}，海砂的重金属含量符合我国《海洋沉积物质量》（GB 18668-2002）中I类海洋沉积物的要求，可用做回填用砂。

表 3.2.2-4 钻孔样品重金属含量表

样品号	砷	汞	铜	锌	镉	铅	铬
	×10^{-6}	×10^{-6}	×10^{-6}	×10^{-6}	×10^{-6}	×10^{-6}	×10^{-6}
ZK11-R36	0.043	<0.0002	0.025	0.21	<0.001	<0.010	0.038
ZK11-R37	0.046	<0.0002	0.028	0.12	<0.001	<0.010	0.036
ZK14-R29	0.051	<0.0002	0.036	0.064	<0.001	0.014	0.049
ZK15-R31	0.046	<0.0002	0.024	0.092	<0.001	0.01	0.039
ZK07-混 1	0.053	<0.0002	0.025	0.17	<0.001	0.016	0.038
ZK09-混 2	0.035	<0.0002	0.018	0.13	<0.001	<0.010	0.033

3.2.2.6有害物质分析

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，具体见表 3.2.2-5。

表 3.2.2-5 有害物质物质限量

类别	I	II	III
云母（按质量计）/%	≤1.0	≤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			

根据矿区采集的 7 个钻孔有害物质组合样分析（见表 3.2.2-6）和 7 个钻孔的 21 个原状样的有机物分析，7 个海砂样品的云母含量在 0.10~0.20%之间，符合《建设用砂》（GB/T 14684-2022）的I类≤1%的要求，合格率 100%；7 个钻孔样品的轻物质含量在 0.2~0.9%之间，符合I类建筑用砂≤1%的要求，合格率 100%；硫化物及硫酸盐含量在 0.04~0.45%之间，符合I类建筑用砂≤0.50%的要求，合格率 100.00%；7 个钻孔样品的贝壳含量 1.50~2.16%之间，符合I类建筑用砂≤3%的要求，合格率 100%；氯化物含量在 0.16~0.30%之间，均大于 0.06%，氯化物超标的主要原因为海水中氯化物（氯化钠）超标，经过淡化处理后可有效降低氯化物含量；7 个钻孔海砂样品的有机物含量均符合质量要求，合格率 100%；17 个原状样的有机物分析均合格，合格率 100%。详见表 3.2.2-6。

表 3.2.2-6 钻孔样品有害物质物质含量

样品编号	有害物质					
	氯化物含量	贝壳含量	云母含量	轻物质含量	硫化物及硫酸盐含量	有机质含量
	%	%	%	%	%	/
ZK12-R19	0.25	1.89	0.10	0.8	0.10	合格
ZK13-R34	0.24	2.16	0.20	0.4	0.10	合格
ZK02-混 1	0.30	1.42	0.12	0.5	0.45	合格
ZK04-混 1	0.22	2.12	0.20	0.2	0.22	合格
ZK09-混 1	0.16	2.00	0.10	0.9	0.04	合格
ZK10-混 1	0.18	1.82	0.13	0.8	0.10	合格
ZK06-混 1	0.16	1.50	0.14	0.5	0.15	合格

3.2.3共伴生矿产评价

3.2.3.1碎屑矿物

本次取了 6 个砂层混合样品进行了碎屑矿物分析，共检出碎屑矿物有 32 种，

现按比重分为重矿物与轻矿物两类（表 3.2.3-1）。

轻矿物主要为石英，长石次之，此外还有泥石、碳酸盐、岩屑、绢云母、白云母、黑云母等矿物，石英含量（石英占轻矿物的质量百分比）在 80.36%~93.18%之间，长石含量（长石占轻矿物的质量百分比）在 3.99%~10.28%之间；重矿物含量（重矿物质量占分析质量的百分比）在 0.03%~0.22%之间。重矿物含量虽少，但种类较多，包括锆石、黄铁矿、金红石、锐钛矿、绿帘石、十字石、独居石、电气石、石榴子石、白钛石、钛铁矿、赤褐铁矿、金属球粒和磁铁矿等。

表 3.2.3-1 矿区碎屑矿物主要种类含量表

样品原号		ZK11-R36	ZK11-R37	ZK14-R29	ZK15-R31	ZK07-混 1	ZK09-混 2
重矿物总含量(%)		0.22	0.17	0.08	0.07	0.03	0.04
单一重矿物含量(%)	锆石	11.13	15.7	11.94	18.65	19.35	13.18
	磷灰石	0.55	0.64	0.49	<0.01	0.35	0.03
	黄铁矿	0.31	0.53	8.87	4.98	8.87	2.98
	金红石	0.55	0.64	1.2	0.54	0.35	0.41
	锐钛矿	0.85	1.38	1.43	1.33	2.08	0.89
	白钛石	1.33	2.28	1.21	0.53	1.07	0.36
	榍石	0.23	0.21	0.25	<0.01	0.01	0.01
	蓝晶石	<0.01	<0.01	++	<0.01	Δ	Δ
	红柱石	/	/	/	-	-	-
	独居石	0.04	0.03	<0.01	0.26	0.2	0.24
	磷钇矿	/	Δ	Δ	+	/	/
	尖晶石	Δ	Δ	++	+	/	-
	电气石	0.43	0.65	0.56	0.46	0.52	0.46
	绿黝帘石	37.83	20.43	26.44	14.31	17.36	13.4
	角闪石	6.63	2.28	3.74	4.19	3.63	33.75
	铬尖晶石	Δ	<0.01	Δ	<0.01	Δ	Δ
	十字石	0.14	0.15	0.19	0.04	0.07	0.07
	蓝闪石	<0.01	<0.01	<0.01	/	/	+
	石榴石	4.07	2.24	0.49	1.53	1.99	0.74
	赤褐铁矿	6.25	7.21	5.66	31.44	31.71	22.72
	钛铁矿	24.08	39.35	32.94	10.77	10.1	9.25
	金属球	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	Δ
	磁铁矿	5.56	6.27	4.57	10.94	2.3	1.47
单一轻矿物含量(%)	泥石	4.11	7.02	1	8.5	6	10.5
	碳酸盐	3.99	3.2	1.53	<0.01	2	<0.01
	长石	10.28	7.4	3.99	7	4	5
	石英	80.86	81.47	93.18	83.99	86.99	83.93
	白云母	0.03	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01
	黑云母	0.02	/	<0.01	/	<0.01	<0.01
	绢云母	0.5	0.6	0.2	/	<0.01	<0.01
	生物壳	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.04
	岩屑	0.2	0.3	0.08	0.5	1	0.5

3.2.3.2重砂矿物品位

本次在 6 个砂层混合试样进行了重砂分析，样品检测出白钛石、赤褐铁矿、磁铁矿、电气石、独居石、锆石、黄铁矿、金红石、金属球粒、绿帘石、锐钛矿、十字石、石榴子石、钛铁矿等共计 14 种矿物，某些矿物的含量极少，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《矿产地质勘查规范-金属砂矿类》（DZ/T0208-2020）中的滨海浅水沉积中钛铁矿、锆石和滨海阶地沉积中金红石和独居石的一般工业指标，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	1	0.1
最底工业品位（kg/m^3）	13	2	2	0.2
可采厚度（m）	≥2	≥2	0.5	≥0.5
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/m^3，所用的砂土的干密度值为 $1.75g/cm^3$，换算结果见表 3.2.3-3，表中的“/”表示未检出。

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、金红石和独居石，均未达到边界品位，不具有工业开采价值。

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
ZK11-R36	0.9271	0.4285	0.0212	0.0015
ZK11-R37	1.1707	0.4671	0.0190	0.0009
ZK14-R29	0.4612	0.1672	0.0168	<0.0001
ZK15-R31	0.1319	0.2285	0.0066	0.0032
ZK07-混 1	0.0530	0.1016	0.0018	0.0011
ZK09-混 2	0.0648	0.0923	0.0029	0.0017

3.3海砂开采方案

本节内容根据《广东省汕尾市管辖海域CB22-05矿区回填用海砂矿产资源开发利用方案》（汕尾市自然资源局，2023年8月）专题内容进行论述。

3.3.1确定开采储量规模

（1）备案的资源储量（Q）

根据《<广东省汕尾市管辖海域CB22-05矿区回填用海砂资源储量核实报告>矿产资源储量评审意见书》（粤储储评审字[2023]117号）和《关于<广东省汕尾市管辖海域CB22-05矿区回填用海砂资源储量报告>评审结果的函》（粤储审评[2023]117号），经评审、备案，截止至2023年5月31日。全矿区查明回填用海砂原矿量（含泥）2581.92×10^4 m^3，海砂量2070.81×10^4 m^3；其中控制性矿石量2295.71×10^4 m^3，海砂量1843.72×10^4 m^3；推断性矿石量286.21×10^4 m^3，海砂量227.09×10^4 m^3。

（2）设计利用的资源储量（Q_1）

根据开发利用方案，设计控制资源量和推断资源量可利用系数取值1.0，则设计可利用回填用海砂原矿矿石量为2581.92×10^4 m^3 ×1=2581.92×10^4 m^3。

（3）确定的开采储量（Q_2）

1）本矿区矿床开采技术条件属水文地质、工程地质和环境地质复合问题的中等类型（II-4型），矿体厚度基本为较稳定，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[1]（30°）以内的矿体将得不到开采，根据以往开采经验计算（如图3.3.1-1、表3.3.1-1~3.3.1-2所示），图中黑色部分为不可开采矿体截面，以30°休止角由境界处由海底面开始放坡。

2）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30°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。为保障上部盖层补充量可完全填充30°休止角内的部分可开采区域，设计休止角内每层矿体可开采区域

[1] 休止角指在重力场中，粉料堆积体的自由表面处于平衡的极限状态时自由表面与水平面之间的角度。休止角一般与土体物理力学性质有关，为方便计算，各土层休止角均设为砂土常见休止角30°。

厚度不得超过对应上部盖层厚度，具体如图 3.3.1-2 所示，以矿体底层为基准，以矿体对应上部盖层平均厚度设计 30°休止角内可开采区域。

估算其中不可开采部分：V1 矿体约有 $3.24\times10^4m^3$，V2 矿体约有 $248.39\times10^4m^3$。则实际可开采海砂原矿量为：$2581.92-3.24-248.39=2330.29\times10^4m^3$。

表 3.3.1-1　V1 矿体中不可开采资源量计算

区域	不可开采区域面积（m^2)	涉及边长（m)	不可开采资源量
			（10^4m^3)
东边	0	0	0.00
南边	0	0	0.00
西边	25.01	948	2.37
北边	17.74	501	0.89
合计			3.26
扣除重叠区域资源量			0.02
V1 矿体中不可开采资源量小计			3.24

表 3.3.1-2 V2 矿体中不可开采资源量计算

区域	不可开采区域面积（m^2)	涉及边长（m)	不可开采资源量
			（10^4m^3)
东边	221.17	1790	39.59
南边	288.23	1220	35.16
西边	365.48	1704	62.28
北边	954.01	1205	114.96
合计			251.99
扣除重叠区域资源量			3.60
V2 矿体中不可开采资源量小计			248.39

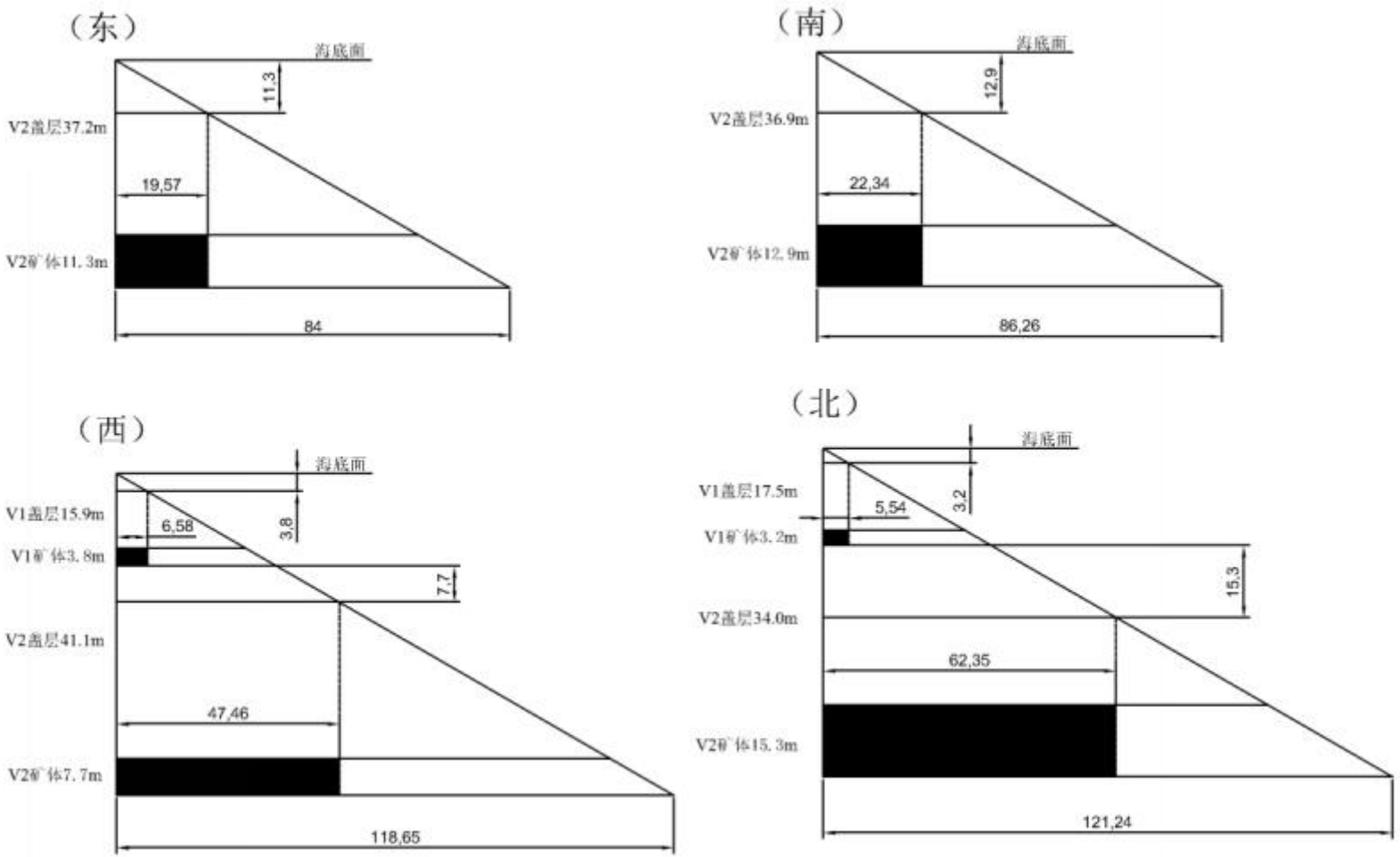


图 3.3.1-1　矿区开采剖面示意图

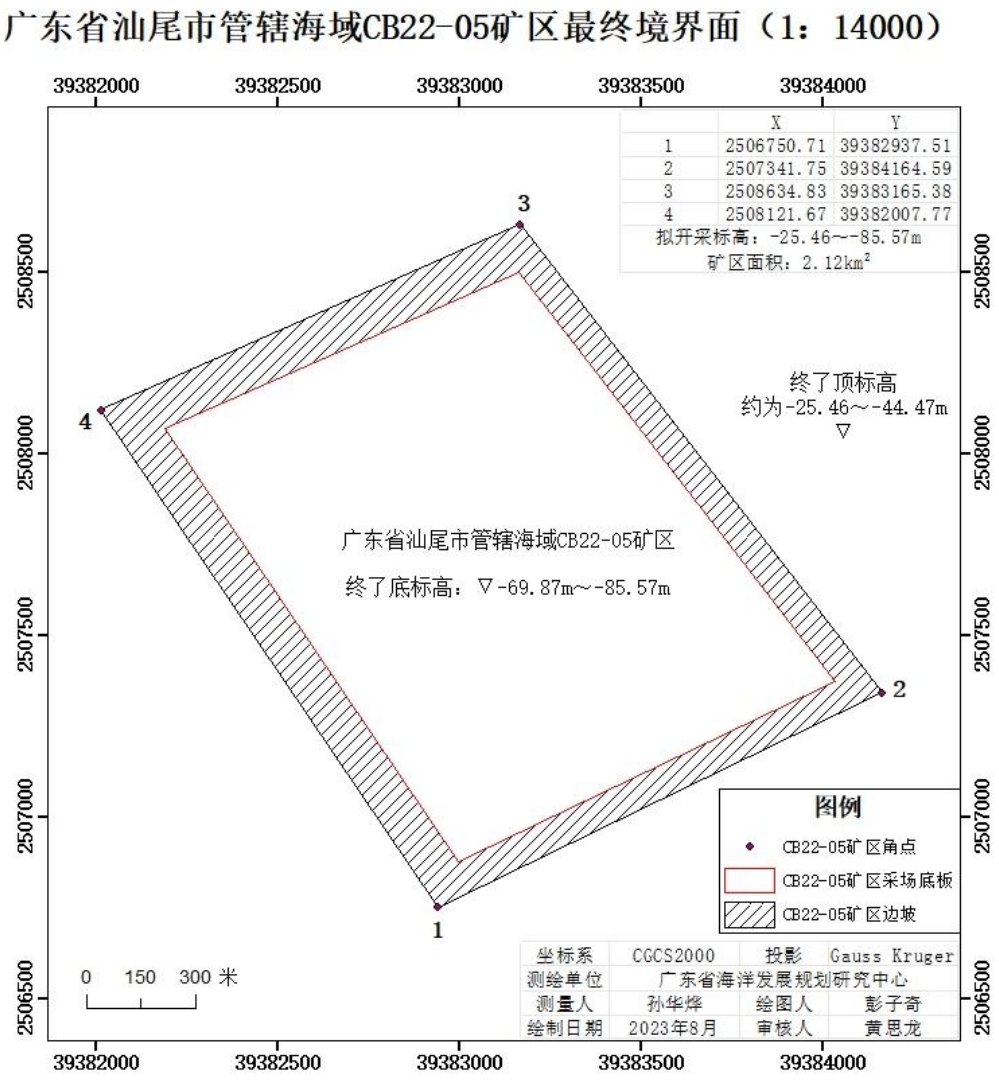


图 3.3.1-2　矿区不可开采区域镜面图

3.3.2设计资源利用率

方案设计利用海砂原矿量为2581.92×10⁴m³，确定开采原矿量为2330.29×10⁴m³，设计资源利用率为：η= 2330.29÷2581.92×100%＝90%。

3.3.3采出矿石量

根据矿区以往露天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。本矿区海砂原矿量共2581.92×10⁴m³，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α=90%，贫化率β=0%，则可采出海砂原矿量Q_3为：2330.29×10⁴×90%÷(1-0%)=2097.26×10⁴m³。

3.3.4可作业天数估算

我国对海砂开采实行开采总量严格控制制度，严禁超总量开采。同时，为了降低对本海砂开采区附近海洋环境和海洋生物等的损害，本海砂开采区将严格控制开采总量，并落实采砂强度控制指标。

根据本采砂区砂源储量分析结果，采矿区砂源原矿资源量为2581.92×10⁴m³（含泥），可采出原矿矿石量为2097.26×10⁴m³。为充分开发利用出让海域海砂资源，同时最大程度保护附近敏感目标，特别是降低对海域海洋环境的不利影响，项目需科学安排采砂作业的时间和强度。

1、大风大浪等不可作业天数

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级以上热带气旋（即≥7级热带气旋）即应停工避台。出于保守考虑，将小于1.5m波高定为作业船舶的安全作业波高。此外，在雷暴等天气时，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，项目所在海域每月出现风力≥7级的平均天数见表3.3.4-1，每月出现波高大于1.5m的平均天数统计见表3.3.4-2。

表3.3.4-1 遮浪海洋站各月≥7级大风日数（2012年1月~2021年12月） 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 3.3.4-2 遮浪海洋站各月 H1/10 波高≥1.5m 日数（2012 年 1 月~2021 年 12 月）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

根据汕尾国家站 59501 2012 年 1 月~2021 年 12 月的大雾统计资料，汕尾国家站海域雾日较少，按照日能见度≤1000 米、不包括降雨导致的低能见度统计见表 3.3.4-3 所示，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 3.3.4-4 所示。

表 3.3.4-3 汕尾国家站 59501 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	0.6	1.3	2.8	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0.2

表 3.3.4-4 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

由于大风会引起大浪，因此，浪高大于 1.5m 的平均天数应已包含风力≥7 级的大风日数。雷暴天气时一般伴随着大风大雨，雷暴天约 2/3 的概率会伴随大风大浪。结合项目统计波高日数，本项目考虑雷暴天数的 1/3 统计不可开采天数。

综上，本次按浪高大于 1.5m 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，具体见表 3.3.4-5。

表 3.3.4-5 每月不可开采天数及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＞1.5m日数	15	13	11	8	6	8	7	8	8	15	15	14	128
雷暴日	0.0	0.3	0.8	1.6	2.6	3.5	2.8	4.0	2.3	0.4	0.1	0.0	18.4
大雾日	0.6	1.3	2.8	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0.2	5.4
合计不可作业天数	16	15	15	10	9	12	10	12	10	15	16	14	154
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	15	13	16	20	22	18	21	19	20	16	14	17	211

2、幼鱼幼虾等保护期

由于项目距离南海幼鱼、幼虾保护区的幼鱼幼虾保护区、碣石湾海马濒危物种分布区间较近，其保护期为每年的 3 月 1 日至 5 月 31 日，海马繁殖期为每年 5~8 月，为了减轻采砂可能对鱼卵及幼鱼的发育生长的不利影响，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 15 天；非敏感期（1 月至 2 月、9 月至 12 月）按每月可作业天数。

综合前述分析，本项目每月实际采砂天数统计见表 3.3.4-6 所示，合计每年采砂天数约为 185 天。

表 3.3.4-6 每月实际采砂天数统计一览表（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
天数	15	13	15	15	15	15	15	15	20	16	14	17	185

综上，矿区采用间断工作制度，年工作约 185 天，非敏感期（1 月至 2 月、9 月至 12 月，共 6 个月）开采天数 98 天，每天工作 16 小时，敏感期（3 月至 7 月，共 3 个月）开采天数 90 天，每天工作 10 小时。

3.3.5作业船舶配置

3.3.5.1作业船舶配置

根据《广东省汕尾市管辖海域 CB22-05 矿区回填用海砂矿产资源开发利用方案》（汕尾市自然资源局，2023 年 8 月），本项目拟计划使用 5 艘采砂能力约为 800m^3/h 射流式采砂船作业。

根据已开采海砂项目经验，海砂采出后直接售卖。海砂开采企业根据货源需求与运砂船航线方向、抗风浪能力等因素综合考虑，采用中小型运砂船和大吨位散货船相结合运输海砂，中小型运砂船则承担汕尾港、揭阳、惠州等地的海砂运输任务，大吨位散货船则承担北部湾、珠江口、长江口等地的海砂运输任务。根据实际情况，运砂船主要由需求方提供，中小型运砂船可自行靠泊采砂船进行输砂，大吨位散货船则需要过驳船进行转运处理。针对大吨位散货船情况，过驳船会在过驳锚地或根据实际需要在矿区附近申请临时安全作业区进行过驳中转。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 5000m^3）进行

开采作业。

采砂船和过驳船主要工艺规格参数见表 3.3.5-1~表 3.3.5-2。

表 3.3.5-1 800m³/h 射流式采砂船规格及技术性能表

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	
3	空载吃水	m	3.621	
4	总吨	t	5388	
5	净吨	t	1905	
6	船员定额	个	11 人	
7	航速	节	9.8	
8	采砂矿能力	m^3/h	800	
9	砂泵扬程	m	177	
10	砂泵数量	台	2	
11	砂泵功率	kW	5880	
12	最大采深	米	90	水下
13	最大可作业波浪高	m	2	
14	最大可作业台风级数	级	小于 7 级	即最大可作业风速为最大六级风速 13.8m/s

备注：表中参数通过来源于采砂企业和采砂船企咨询调研，以上参数仅代表具备 800m³/h 采砂能力的某一船型参数，实际中具备该采砂能力的采砂船技术参数会有不同。出于不利因素考虑，本项目采砂船燃油携带量考虑采用 800m³/h 射流式采砂船单艘总吨为 6000 吨级计算。

表 3.3.5-2 5000m³ 过驳船船规格及技术性能表

序号	规格及性能	单位	指标
	皮带运砂船		
1	船体体积（长×宽×高）	m	105m×21.6m×6m
2	吃水深度	m	4.65
3	作业排水量	t	10071
4	航速	节	9
5	卸砂速度	m^3/h	2500
6	总吨	T	4786
7	净吨	T	2680
8	载重量	t	7000
9	砂仓	m^3	5000
10	主机总功率	kW	2386
11	主机型	台	2

备注：表中参数通过来源于采砂企业和采砂船企咨询调研，以上参数仅代表具备 5000m³ 过驳能力的某一船型参数，实际中具备该过驳能力的运砂船技术参数会有不同。出于不利因素考虑，本项目运砂船燃油携带量考虑采用 5000m³ 过驳船单艘总吨为 7500 吨级计算。

3.3.6开采方案及开采控制量

为了降低对本海砂开采区附近海洋环境和海洋生物等的损害，本海砂开采区将严格控制开采总量，并落实采砂强度控制指标。

从海域使用可行性和海洋环境保护的角度考虑，确定本项目开采海砂的日最大开采量、日平均开采量、年开采控制总量等控制指标，具体如下：

3.3.6.1日最大开采量

（1）非敏感期（1 月至 2 月、9 月至 12 月）

每天作业 16 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，实际采砂时间按每天 13 小时计，则日最大采砂量为：800 m^3/h×13h/d×5=5.2×10^4 m^3/d。

（2）敏感期（3 月至 8 月）

每天作业 10 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，实际采砂时间按每天 8 小时计，日最大采砂量为：800 m^3/h×8h/d×5=3.2×10^4 m^3/d。

3.3.6.2年最大开采量

按年工作 185 天计算（其中非敏感期开采 95 天，敏感期控制开采 90 天）：

年最大控制开采量=开采量/天×非敏感期开采天数/年+开采量/天×敏感期开采天数/年=5.2 ×10^4 m^3/d×95 天/年+3.2×10^4 m^3/d×90 天/年≈782×$10^4$$m^3$/年（取整）。

3.3.6.3日平均开采量

日平均开采量按年开采控制总量和一年的可开采天数计算。

日平均开采量=年开采控制总量/可开采天数=782 万m^3÷ 185 天=4.2×10^4 m^3/d。

3.3.6.4月平均开采量

月平均开采量按年开采控制总量和除以一年的可开采月数计算。

月平均开采量=年开采控制总量/可开采天数=758 万m^3/年÷ 12 月=65.2×10^4 m^3/月。

3.3.6.5 预计开采年限

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　　$2330.29\times10^4 m^3$

α——采矿回采率　　90%

β——矿石贫化率　　0%

A——矿区生产能力　　$782\times10^4 m^3/a$

经计算，矿区开采年限约 2.68 年（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3.3.6-1 所示。

表 3.3.6-1 海砂开采计划拟定采砂强度控制指标

控制项目	开采量（$\times10^4$ m^3）	备注
非敏感期日最大开采量	5.2	5 艘采砂船，作业 16 时/天，9 月~次年 2 月
敏感期日最大开采量	3.2	采强度降至 10 时/天，3 月~8 月
日均开采量	4.2	年作业天数算平均按 185 天
月均开采量	65.2	1 月~12 月算数平均值
年最大控制开采量	782	
采出原矿量	2097.26	
开采年限	2.68 年（2 年 9 个月）	矿区实际开采年限

3.3.7 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%用于当做混凝土细骨材料、20%用于铺筑路基、20%用于填海造陆的填料，15%用于其他用途。

根据对广东省汕尾市管辖海域 CB22-05 矿区海砂矿回填用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（若用于民用建筑及基础设施建设要另行进行淡化处里，达到建筑用砂标准）。

本采砂区开采的海砂以市场化方式销售，结合全国的建设项目用砂需求，以保障

广东省重大项目海砂供应为重点，为全省、粤港澳大湾区建设提供有力的资源支撑。

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根据开采期市场需求确定。海砂开采后的运输、处理、使用，应按照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。

本次评价仅对运砂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运砂船，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）运砂船严格按海事部门的相关规定运营，严禁运砂船超载；

（3）根据《汕尾市管辖海域 CB22-05 区块海砂开采 出让前期工作通航安全影响研究报告（备案稿）》，海砂开采区位于汕尾市田尾角南侧海域，周边分布众多航线和习惯航路，运砂船离开采砂区后需按照指引航线从采砂区域安全航行至附近的航道或习惯航路，然后沿航道或习惯航路抵达各地获批准经营的砂石码头进行卸载。

（4）运砂船通过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）运砂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）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，若海砂使用单位根据使用要求，需对海砂进行淡化处理，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。

4工程分析

4.1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成品砂运砂船运出。海砂开采的作业流程见图 4.1-1。

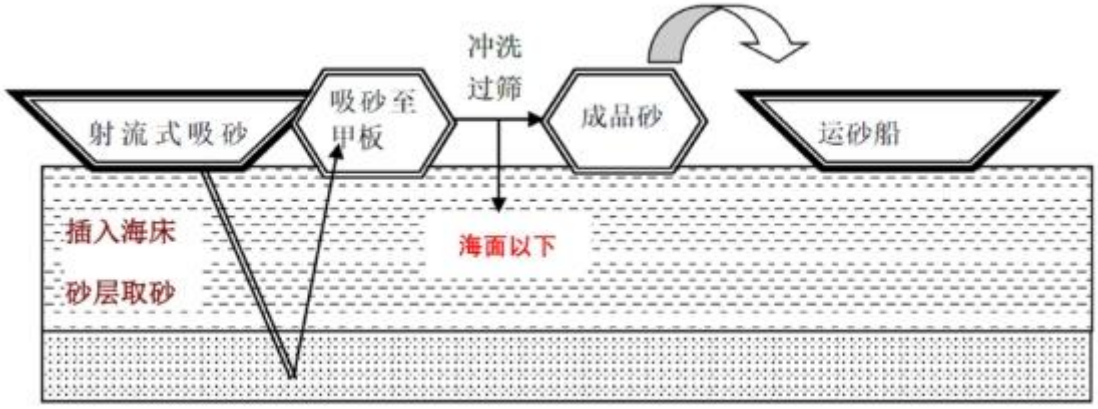


图 4.1-1 海砂开采作业流程示意图

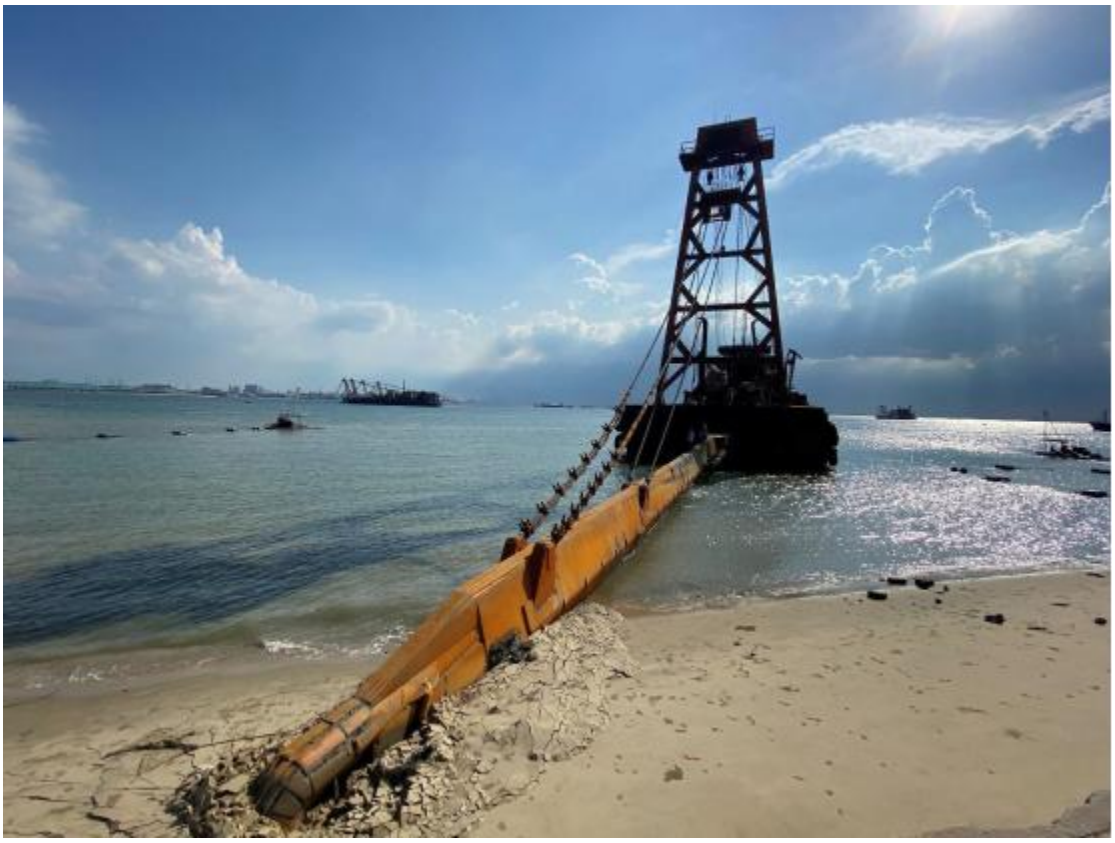


图 4.1-2 射流式采砂船

（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 4.1-3。

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运砂船上，再由运砂船运载到各工地。

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。

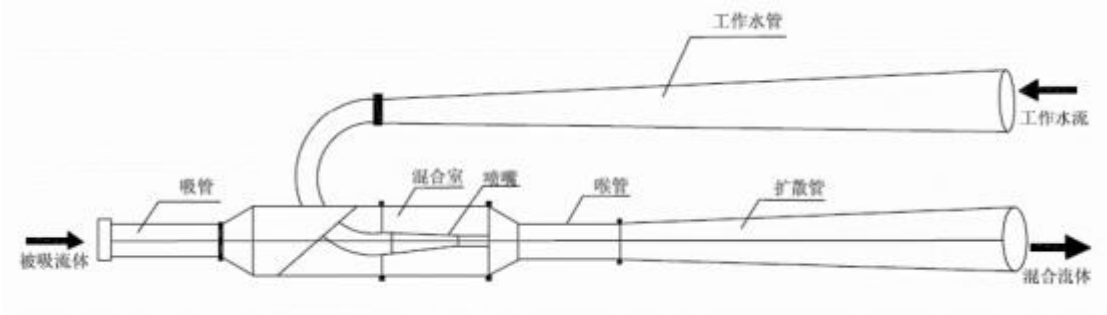


图 4.1-3射流式采砂船采砂的原理示意图（逆向冲采）

（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≥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，＜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输送带输送至泊在采砂船边的运砂船上，运砂船承载预定海砂后运往指定码头装卸。溢流部分（＜0.063mm 粒级砂）为含海水的细砂及淤泥，由溢流口排出回填采空区，尾砂（贝壳等杂物）回填采砂坑。原理见图 4.1-4。

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、接近水平的和回转的运动。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。

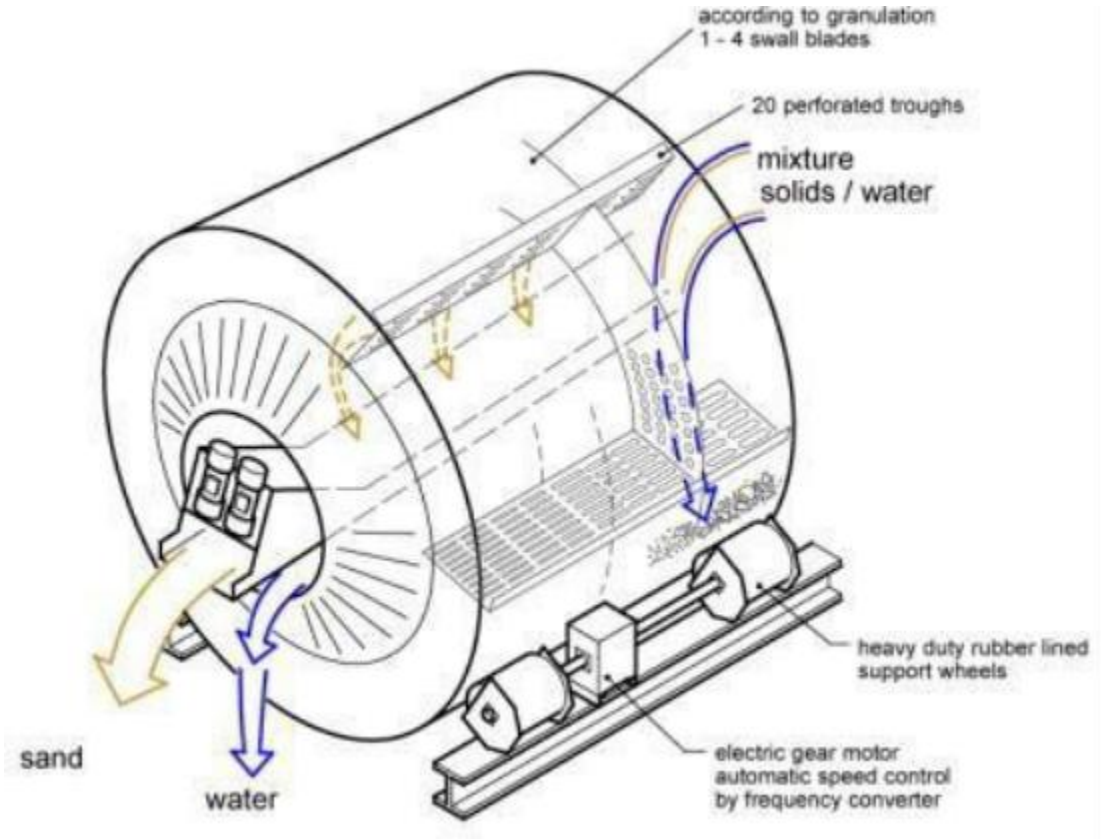


图 4.1-4采砂船上筛网分选示意图

（3）溢流口水下溢流工艺

溢流口工艺过程为：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 2.0m 左右。溢流管水下溢流工艺示意图见图 4.1-5。

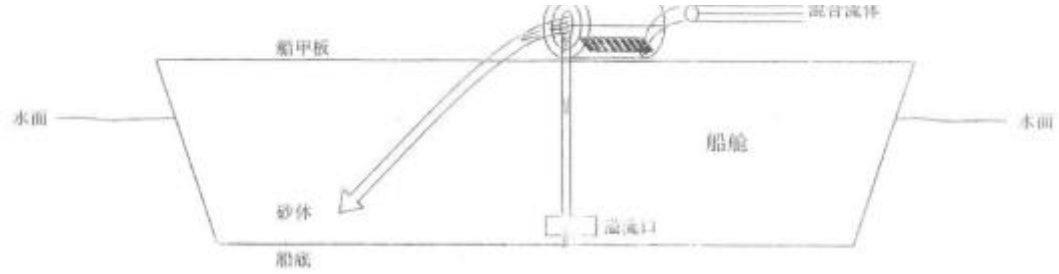


图 4.1-5 溢流口水下溢流工艺示意图

采砂工艺流程图见图 4.1-6。

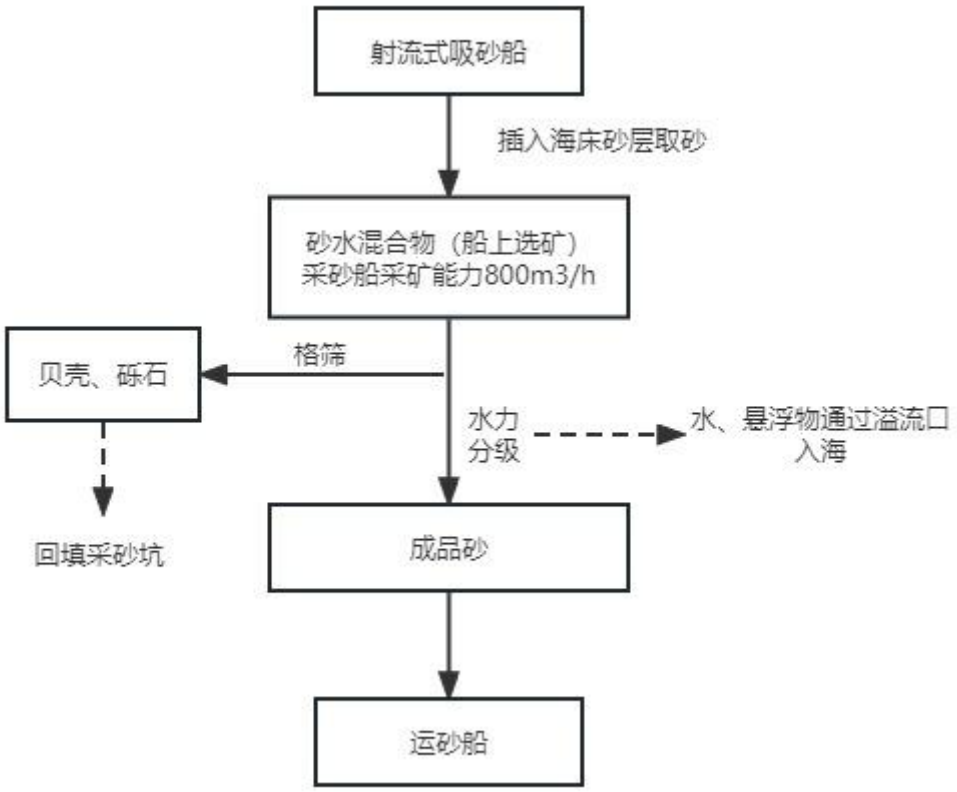


图 4.1-6 采砂工艺和溢流口工艺流程图

（4）开采顺序

根据本项目《开发利用方案》，设计采用的开采方式为水下开采，根据矿体的赋存情况、转运区位置、采矿生产能力要求，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 2 个矿体， V1、V2 矿体均有盖层，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°～70°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，后再逐渐加深逐层开采，直至将矿体内矿砂开采完毕。项目回采路线示意图见图 4.1-7。

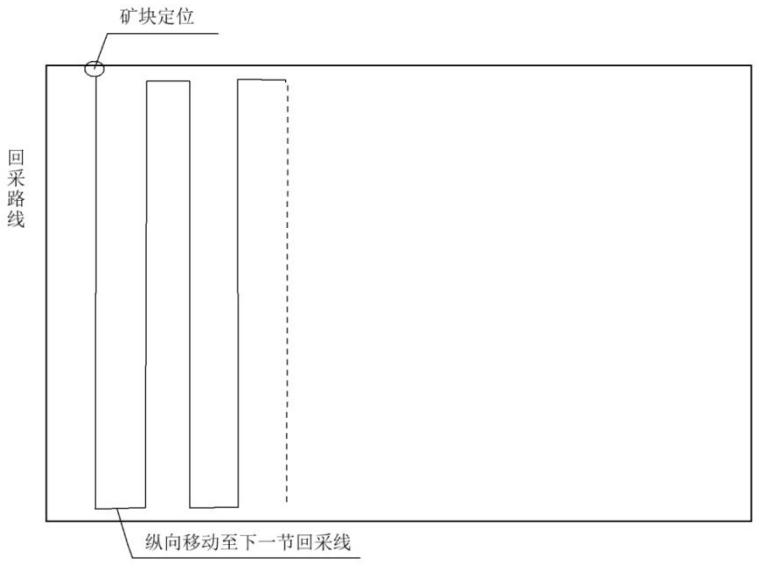


图 4.1-7 采砂船施工期间折返式回采路线示意图

（5）开采宽度及控制方式

采砂船采用 AIS 和船载视频监控系统定位，开采作业时需持续开启；吸砂作业过程中，采砂船借助锚链绞车系统或者自航动力向前推进。

根据开发利用方案编制单位提供资料，采砂船在作业吸砂时，管头移动范围 10m 左右，泥沙层会形成一个直径 20m 左右的锅形深坑，到沙层吸完，会提管向任意方摆动，直到顶住旁边位置沙层，又继续吸砂。

4.2工程各阶段污染源分析

4.2.1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 5 艘采砂强度为 800m^3/h 的射流式采砂船进行施工。

4.2.1.1 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 4.2.1-1。

表 4.2.1-1　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）	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	16.65	3.55	16.65	19.23	25.63
V2	36.64	11.18	36.64	42.31	56.41

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。由于 V1 矿体面积较小，本次 V2 盖层不再扣除 V1 矿体平均厚度。

按施工经验估算，800m^3/h高压射流产生的洞口平均约 8m^2。刚性射流管和吸砂管插入预定砂层过程产生的泥水混合物在海底直接排放。根据本项目资源储量核实报告，项目V1 矿体盖层含泥量（粉砂+黏土）为 52.11%；V2 矿体盖层含泥量（粉砂+黏土）为 60.61%，泥沙起悬比例按含泥量的 50%估算。泥质的干容重参考汕尾海砂和后湖风电环评报告取 1.12t/m^3 计算。见表 4.2.1-2。

表 4.2.1-2　泥沙干容容重取值类比表

项目	含泥量	粘土含量：粉砂含量	中值粒径	泥沙干容重取值
汕尾海砂 JH21-08 项目	16.54%	1：4	＜0.03mm	1120kg/m^3
中广核汕尾后湖海上风电场	/	/	0.028	910kg/m^3
本项目	19.80%	1：3.8	＜0.03mm	1120kg/m^3

则单艘采砂船插管悬浮泥沙产生源强（kg/s）=洞口面积（m^2）×60°插入盖层长度（m）×起悬比例（%）×泥质干容重（t/m^3）×1000÷持续时间(s) ，计算结果见 4.2.1-3。

刚性射流管和吸砂管插入预定砂层只是一个短暂的过程，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 4.2.1-3　插管悬浮源强一览表

序号	船型	矿层	洞口面积（m^2）	顺序开采盖层平均厚度（m）	60°插入盖层长度（m)	排出悬浮泥沙体积（m^3）	起悬比例	泥沙干容重（t/m^3）	插管时长(min)	源强（kg/s）
1	800m^3/h	V1	8	16.65	19.23	153.81	26.06%	1.12	25.63	29.18
2		V2	8	36.64	42.31	338.47	30.31%		56.41	33.94

4.2.1.2 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 16.65m 和 36.64m，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，因此本评价仅定性分析此部分影响。

4.2.1.3 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入海。本项目拟投入5艘采砂船采矿能力为800m^3/h的射流式洗砂船进行海砂开采作业，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90%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（m^3/h）×矿层泥含量（%）×淤泥洗掉比例（%）×泥质干容重（t/m^3）×1000÷3600，计算结果见表4.2.1-4。

表 4.2.1-4　海砂分选过程各矿体悬浮泥沙源强一览表（单艘船）

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	800	21.31	90	153.43	1.12	47.73
2	V2			19.76		142.27		44.26
3	全区			19.80		142.56		44.35

4.2.1.4 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，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/m^3 计算，矿体盖层淤泥细砂崩塌悬浮泥沙产生源强（kg/s）=矿层面积（m^2）×盖层平均厚度（m）×盖层崩塌起悬量 0.1%×泥质干容重（t/m^3）×盖层泥含量（%）/矿层开采时间（h）×1000÷3600，计算结果见表 4.2.1-5 所示。

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，通过计算盖层崩塌过程悬浮泥沙的产生源强约为2.32~3.05kg/s，且海底排放，相对5艘采砂船海砂分选产生的源强221.3~238.65kg/s（表层排放）很小，悬砂预测时可不考虑此部分源强。

表 4.2.1-5　矿体盖层淤泥细砂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）	可开采原矿资源量（$\times10^4m^3$）	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	160116	16.65	56.60	141.5	1.12	52.11	3.05
2	V2	2120779	36.64	2525.32	6313.5		60.61	2.32

4.2.1.5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，采砂船将以 60°～70°左右角度插入海床，在水下休止角（30°）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。

4.2.1.6碎石回填产生的悬浮泥沙

海砂分选产生的碎石贝壳等直接抛回采砂坑，海砂开采日最大开采量 5.2 万 m^2，根据储量报告，碎石、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 6.04%，则碎石、贝壳等杂物产率为 0.03%，则碎石杂物每天最大产生量约为 $5.2\times10^4m^3/a\times0.03\%=15.6\ m^3/d$。抛石过程中搅动产生的悬浮泥沙量按抛石量的3%计，每天抛石施工时间按 15 分钟计，悬浮泥沙干容重取 $1.65t/m^3$，则碎石抛回采砂坑产生的悬浮泥沙量约为 0.86kg/s。源强很小，且是间断性的，影响很小。

4.2.1.7悬浮物源强小结

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悬浮泥沙的源强约为29.18~33.94kg/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。由于V1、V2盖层较厚，因此不考虑高压射流扰动砂层产生、未被采砂船抽吸而扩散的悬浮泥沙源强。海砂分选过程产生的悬浮泥沙（粉砂+黏土）的源强为44.26~47.73kg/s。盖层崩塌过程悬浮泥沙的产生源强约为2.32~3.05kg/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。碎石贝壳等杂物回填采砂坑产生的悬浮泥沙源强约为0.896kg/s。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 4.2.1-6。

表 4.2.1-6　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）	29.18	33.94	/	插管时间较短，不考虑		
	高压射流扰动砂层源强	V1 盖层平均厚度 16.65m，V2 盖层平均厚度 36.64m。由于盖层较厚，不考虑			盖层较厚，不考虑		
	海砂分选源强（单艘）	47.73	44.26	44.35	47.73	44.26	44.35
	盖层崩塌源强	3.05	2.32	/	合理开采、规范作业，基本不会发生，不考虑		
	碎石回填采砂坑	0.86kg/s			源强很小，间断性，不考虑		

4.2.2船舶舱底含油污水

根据项目组成和施工组织计划，本工程拟采用 5 艘 800m^3/h 射流式采砂船（单艘吨位 6000 吨级），配备 10 艘过驳船（单艘吨位 7500 吨级）进行采砂作业。根据《水运工程环境保护设计规范》（JTS149-2018），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 3000mg/L～6000mg/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 29.00t/d，油类污染物产生量为 145.00kg/d。见表 4.2.2-1。

表 4.2.2-1　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）**
6000	5	1.60	2.68	5000	40.00
7500	10	2.10	21.00		105.00
合计			29.00		145.00

作业船舶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，作业工船舶上设置油水分离器或油污储罐，含油污水及时收集上岸，委托有能力的单位接收处理。

4.2.3船舶生活污水

本项目拟本工程拟采用 5 艘 800m³/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），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 15.3m³/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各特征污染物的产生情况见表 4.2.3-1 所示。船舶生活污水可在满足《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的要求的前提下排放，若不满足标准排放要求则需经收集上岸后，由接收单位收运处理，不得直接排放入海。

表 4.2.3-1 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

4.2.4大气污染物

大气污染主要来源于采砂船舶排放的尾气，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 SO_2、CO、NOx 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，对周边环境影响有限。因此，一般对其仅进行定性分析。

4.2.5固体废物

4.2.5.1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），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，不得排放入海。

4.2.5.2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 6.43%（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）直接回填。

根据储量报告，碎石、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 6.04%，则碎石、贝壳等杂物产率为 0.03%。碎石杂物年产生量约为 $782\times10^4m^3/a\times0.03\%=0.23\times10^4\ m^3/a$ 。碎石干容重计为 $1.65t/m^3$，折合后碎石杂物产生量约 $0.38\times10^4t/a$。

本项目矿区碎石杂物总产生量约为 $2097.26\times10^4m^3\times0.03\%=0.63\times10^4\ m^3$。

由于项目海砂开采后会形成约 10.00m 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物回填采砂坑，起到修复采砂坑的作用。本项目海砂开采面积约为 212.0019 公顷，则碎石杂物沉降的平均厚度约为 $0.63\times10^4\ m^3\div212.0019$ 公顷=0.003m。

4.2.6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 4.2.6-1。

表 4.2.6-1　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	设备功率级	用途
1	采砂船800m³/h	艘	5	110	采砂

3	过驳船	艘	10	110	运砂

注：船舶噪声参照《海洋船舶噪声级规定》（GB5979-86）机舱内任意检测点的噪声级不得大于110dB。

4.2.7污染源强汇总

本项目采砂期间的污染源强汇总见表4.2.7-1。

表 4.2.7-1 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（5 艘）	145.90~167.90kg/s	SS	控制采砂范围等
	采砂过程（海砂分选）（5 艘）	221.30~238.65kg/s	SS	经位于海面以下约 2.0m 左右的溢流口溢流回采砂区
	盖层崩塌	2.32~3.05kg/s	SS	合理开采、规范作业
	碎石回填采沙坑	0.86 kg/s	SS	/
	船舶舱底含油污水	29.00t/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	15.3m³/d	COD_{Cr}:6.120kg/d BOD_5：3.060kg/d SS：3.366kg/d 氨氮：0.383kg/d 总磷：0.122kg/d	船舶生活污水可在满足《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的要求的前提下排放，若不满足标准排放要求则需经船舶上的生活污水收集设施收集上岸后，由接收单位拉运处理，不得直接排放入海。
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	0.38×10^4t/a	碎石杂物	回填采砂坑

4.3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

本项目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底栖鱼类等，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。

本项目无需占用通航航道，可能对通航环境产生影响的主要为运砂船舶的影响。本项目运砂船舶将海砂运输上岸过程中，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。而且本项目实施后，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。

4.4环境影响要素识别和评价因子筛选

4.4.1环境影响要素的识别

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 4.4-1。

表 4.4-1 环境影响要素和评价因子分析一览表

评价时段	环境影响要素	评价因子	工程内容及其表征	影响程度与分析评价深度	报告书中分析评价内容所在章节
施工期	海洋水文动力	潮流	采砂改变海域水文动力条件	+++	7.1
	地形地貌与冲淤环境	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	+++	7.3
	海水水质、沉积物	悬浮泥沙	采砂作业过程产生的悬浮泥沙	+++	7.4.1、7.5

		生活污水	来自船舶作业人员	+	7.4.4
		船舶舱底含油污水	来自作业船舶	+	7.4.4
		固体废物	来自船舶作业人员生活垃圾和碎石杂物等	+	4.2.5、7.10
	海洋生态	底栖生物损	采砂作业破坏底栖生境	+++	7.6
		游泳生物	采砂作业产生的悬浮物损害海洋生物生存环境	+++	7.6
		鱼卵仔鱼		+++	7.6
	环境风险	油膜扩散	溢油事故风险	+++	8.5
	通航环境	通航环境	运输船舶对过往航道的通航	+	7.8
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。					

4.4.2评价因子筛选

根据本工程主要环境影响要素，所在海区的环境敏感区、环境敏感目标和主要环境保护对象，确定其污染要素主要评价因子为：

水质环境现状评价因子为：水温、盐度、pH、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、挥发酚、硫化物、石油类、铬、铅、镉、锌、铜、汞和砷等。

沉积物环境现状评价因子为：现场描述、粒度、类型、含水率、pH、有机碳、硫化物、石油类、铜、铅、镉、锌、铬、总汞和砷。

生态环境质量现状分析因子为：叶绿素与初级生产力、浮游植物、浮游动 物、底栖生物、潮间带生物、鱼卵仔鱼、游泳生物、生物体质量（石油烃、铜、铅、镉、锌、铬、总汞和砷等）。

影响预测因子：悬浮物。

非污染要素主要环境影响预测与评价因子为：海洋生物的损失量、地形地貌之岸线与海底地形的改变、水动力环境之潮流场变化趋势、冲淤环境之泥沙淤积与冲刷趋势等。

5 区域自然环境概况

5.1区域自然环境

本节引用遮浪海洋站（115°34′E，22°39′N）1986 年 1 月-2015 年 12 月气象数据统计资料，同时收集收集汕尾气象站（115.37°E，22.8°N）2001 年～2020 年气温、降水、相对湿度、日照、风况等气象观测资料进行补充说明。

5.1.1.1气温

（1）遮浪海洋站

表 5.1.1-1 是遮浪海洋站气温资料统计表，本区域全年气温较高，多年年平均气温为 22.3℃，平均气温年变幅不大，年较差为 3.7℃。最热的月份出现在 6～9 月份，多年月平均气温为 27.3℃以上；5 月和 10 月次之，多年月平均气温为 24.7～24.8℃；最冷的月份出现在 01 月和 02 月，多年月平均气温为 15.0～15.2℃；12 月次之，多年月平均气温为 17.1℃。平均最高气温出现在 7～8 月份为 29.9～30.0℃，平均最低气温出现在 1 月为 13.2℃。历年最高气温为 37.2℃，出现在 2015 年 08 月 08 日；历年最低气温为 3.8℃，出现在 1986 年 03 月 01 日。

表 5.1.1-1 遮浪海洋站月平均、平均最高、最低、极端最高、最低气温 （单位： ℃）
（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	15.0	15.2	17.3	21.0	24.7	27.3	28.1	28.0	27.4	24.8	21.2	17.1	22.3
均高	17.2	17.2	19.4	23.1	26.5	29.0	29.9	30.0	29.5	26.8	23.3	19.3	24.3
均低	13.2	13.7	15.7	19.5	23.2	25.7	26.3	26.2	25.6	23.1	19.3	15.1	20.6
极高	25.4	26.1	27.4	29.9	31.2	32.7	35.6	37.2	35.0	32.7	31.6	26.0	37.2
日期	08	25	27	06	31	30	26	08	11	14	03	04	08
年份	1989	2009	1999	2015	1991	2004	1996	2015	1989	1998	2003	2004	2015
极低	5.0	5.6	3.8	11.0	17.3	19.0	18.7	21.0	13.0	14.8	7.7	3.9	3.8
日期	01	20	01	03	06	03	20	23	18	28	30	28	01
年份	2005	1996	1986	1996	1999	2010	1988	1999	1995	2010	1987	1991	1986

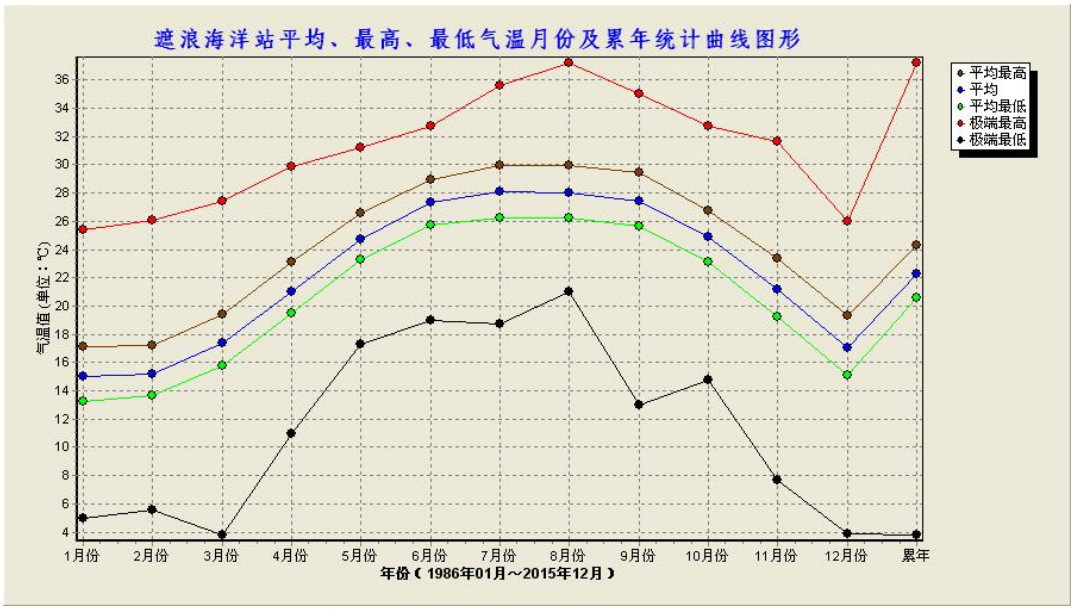


图 5.1.1-1 遮浪海洋站平均最高、最低气温及平均气温、极端最高、最低气温月份统计曲线图

（2）汕尾气象站

汕尾气象站 7 月气温最高（28.6℃），1 月气温最低（15.3℃），2001-2020 年极端最高气温出现在 2005-07-18 （38.0℃），极端最低气温出现在 2016-01-25（2.2℃）。气温呈现上升趋势，2016 年年平均气温最高（23.8℃），2011 年年平均气温最低（22.1℃）。

5.1.1.2降水

（1）遮浪海洋站

遮浪海洋站年降水量充沛，累年平均降水量为 1535.8 毫米，年际变化较大，最多年降水量为 2409.8 毫米（1993 年），最少年降水量为 904.5 毫米（2015 年）。季节变化也非常明显，有雨季和旱季之分。每年的 4～9 月份为雨季，累年月平均降水量均在 142 毫米以上，受季风和热带气旋影响，5～8 月份降水最多，累年月平均降水量为 209 毫米以上，整个雨季平均降水量共 1331.3 毫米，占全年降水量的 87%。11 月至翌年 3 月为旱季，平均降水量总共为 204.5 毫米，只占全年降水量的 13%。各月平均降水量统计见表 5.1.1-2。

表 5.1.1-2 遮浪海洋站各月平均降水量及最大、最小降水量（毫米）分布
（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	20.3	37.3	57.0	135.6	212.1	315.0	228.6	268.2	171.8	31.8	33.6	24.6	1535.8
最大	85.5	205.8	254.5	355.3	694.7	1040.4	489.4	1040.0	442.6	142.1	217.4	109.3	2409.8
年份	2000	1998	1992	2000	2014	1993	1995	1995	2010	1996	2011	1988	1993
最小	0.1	0.1	8.0	0.8	26.6	22.2	47.5	36.8	36.2	0.2	0.2	0.3	904.5
年份	2005	1999	1999	2002	2009	2004	2007	2010	1987	1990	1995	1987	2015

（2）汕尾气象站

汕尾气象站 6 月降水量最大（444.2mm），12 月降水量最小（25.3mm），2001-2020 年极端最大日降水出现在 2020-06-08（282.6mm）。年降水总量无明显变化趋势，2006 年年总降水量最大（2649mm），2009 年年总降水量最小（1111.5mm），无明显周期。

5.1.1.3相对湿度

遮浪海洋站海域相对湿度较高，多年平均值为 82％，2～9 月平均相对湿度较大，多年月平均都在 80％及以上，5～6 月相对湿度最大，多年月平均为 88％，1、10 月至 12 月平均相对湿度较小，多年月平均相对湿度在 77％及以下，12 月平均相对湿度最小，多年月平均相对湿度为 73％，本站观测到极端最小相对湿度为 2％，出现在 2005 年 12 月 22 日。各月相对湿度分布见表 5.1.1-3。

表 5.1.1-3 遮浪海洋站年平均湿度及逐月湿度分布 （单位：％）
（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	77	83	85	87	88	88	87	86	80	75	75	73	82
最小	14	11	23	24	35	46	47	43	31	28	11	2	2
日期	10	03	02	14	02	13	26	08	18	21	24	22	22
年份	2009	1999	1986	2015	2013	2004	1996	2015	2007	1994	1995	2005	2005

（2）汕尾气象站

汕尾气象站 6 月平均相对湿度最大（84.8%），12 月平均相对湿度最小（66.3%）。年平均相对湿度呈现上升趋势，2012 年年平均相对湿度最大（81.0%），2009 年年平均相对湿度最小（73.0%）。

5.1.1.4风况

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，出现频率均为 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 5.1.1-4 和表 5.1.1-5。

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 5.1.1-6，风向频率分布见图 5.1.1-2。

表 5.1.1-4 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	WSW	SW	E	E	E	E	E
频率	43	42	39	36	30	20	20	18	24	41	41	42	31
次向	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	E	SW	WSW	ESE	ENE	ENE	ENE	ENE
频率	21	23	24	20	16	13	18	17	15	20	21	21	16

表 5.1.1-5 遮浪海洋站各月平均风速、最大风速及对应风向（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	ENE	NNE	E	ENE	E	SW	NE	WSW	ENE	ENE	E	E
日期	25	27	25	19	20	22	31	31	22	02	02	09	22
年份	1995	1999	1995	1995	1989	2001	1990	1995	2013	1995	1992	1991	2001

表 5.1.1-6 遮浪海洋站各风向累年各月平均风速、最大风速与频率（%）（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 5.1.1-2 遮浪海洋站风向频率分布图（静风频率：0%）

（2）汕尾气象站

汕尾气象站 6 月、7 月平均风速最大（2.7 米/秒），1 月、2 月、3 月和 12 月风最小（2.2 米/秒）。主要风向为 NE、ENE 和 E，占 44%，其中以 ENE 为主风向，占到全年 17.6%左右。

表 5.1.1-7 汕尾气象站月平均风速统计（单位：m/s）

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
平均风速	2.2	2.2	2.2	2.3	2.5	2.7	2.7	2.5	2.4	2.3	2.3	2.2

表 5.1.1-8 汕尾气象站年风向频率统计（单位：%）

风向	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S
频率	4.6	7.68	12.1	17.6	14.3	10.2	4.3	0.9	1.5
风向	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C	
频率	4	8.96	4.4	2.2	0.9	1.1	1.1	4.1	

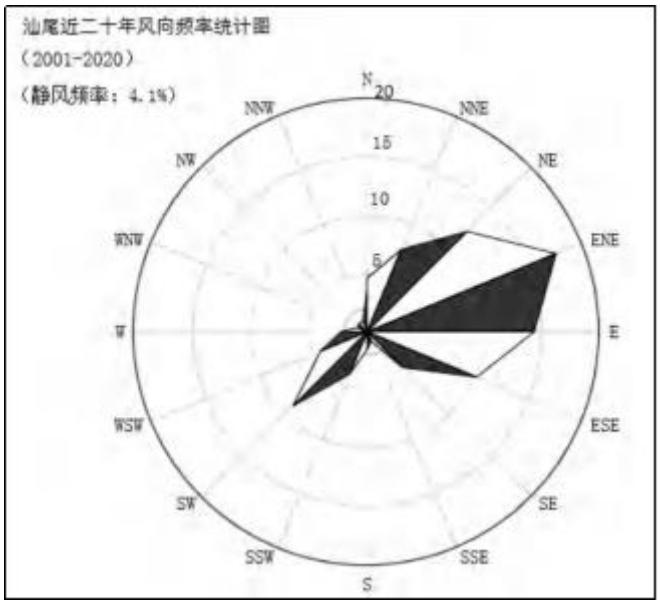


图 5.1.1-3 汕尾风向玫瑰图（静风频率 4.1%）

5.1.1.5海雾

遮浪海洋站海域雾日较多，多年雾日平均值为 25.1 天，各月平均雾日数，1～4 月份平均雾日较多，多年月平均雾日都在 2.6 天以上，3 月份雾日最多，多年月平均为 6.0 天，6～11 月份平均雾日较少，多年月平均为 0.1～0.8 天，其中 10 月份平均雾日只有 0.1 天。各月份雾日分布见表 5.1.1-9。

表 5.1.1-9 遮浪海洋站年平均雾日及逐月雾日分布 （单位：天）
（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	2.6	4.3	6.0	5.9	2.2	0.4	0.4	0.8	0.2	0.1	0.3	1.8	25.1
最多	12	14	16	18	10	4	4	6	2	1	2	9	76
年份	1986	2006	1986	1986	1988	1990	1991	1991	1990	1993	1991	1986	1986

5.1.1.6能见度

遮浪海洋站海域能见度较好，多年能见度平均值为 16.7 公里，5～9 月份平均能见度较大，多年月平均都在 16.5 公里以上，7 月份能见度最大，多年月平均为 26.1 公里，1～4 月份平均能见度较小，多年月平均在 12.4 公里及以下，本站观测到极端最小能见度为 0.1 公里，1～4 月份及 8～9 月份都有出现。各月份能见度分布见表 5.1.1-10。

表 5.1.1-10 遮浪海洋站年平均能见度及逐月能见度分布 （单位：公里）
（1995 年 07 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	12.4	12.1	12.0	12.4	16.5	24.3	26.1	22.1	17.9	15.2	15.5	14.0	16.7
最小	0.1	0.1	0.1	0.1	0.4	1.5	2.0	1.0	1.0	2.0	2.0	2.0	0.1
日期	13	09	01	02	01	09	08	12	20	10	15	19	13
年份	2006	2010	2010	2010	2011	1998	1999	1995	2001	2011	2002	1998	2006

5.1.2区域水文资源

5.1.2.1基面关系

根据《广东省汕尾市管辖海域 CB22-05 矿区回填用海砂资源储量核实报告（审定稿）》（浙江华东建设工程有限公司，2023 年 7 月），本工程海区采用当地理论最低潮面起算，基面关系为理论最低潮面在平均海平面下 0.9m，56 黄海平均海面在理论最低潮面上 0.623m，85 国家高程在理论最低潮面上 0.465m。各基准面关系如图 5.1.2-1 所示。

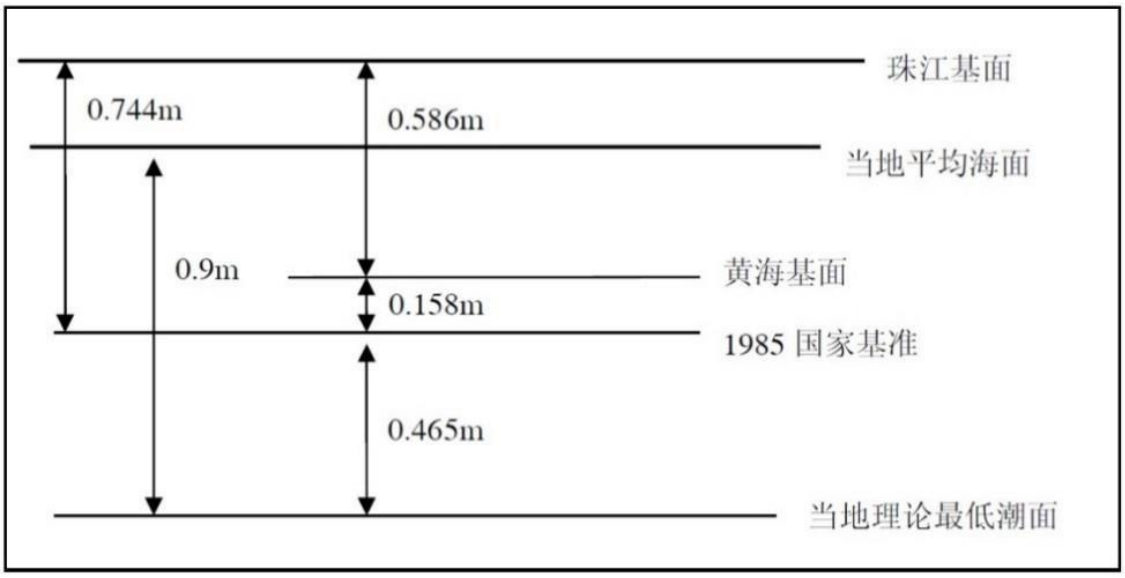


图 5.1.2-1 基准面关系示意图

5.1.2.2潮汐

潮位特征采用神泉站、甲子站和遮浪站这 3 个潮位站的观测数据资料进行统计（表 5.1.2-1）。潮位站的观测均开始于 2017 年 12 与 1 日 0 时，其中神泉站观测结束于 2017 年 12 月 20 日 12 时，观测日数共计 19 日；甲子站观测结束于 2017 年 12 月 21 日 15 时，观测日数共计 20 日；遮浪站观测结束于 2017 年 12 月 31 日 17 时，观测日数共计 30 日。

本项目矿区所在海域的潮汐为正规全日潮，矿区以西的海域则为不正规全日潮。观测期间，3 个站的平均潮差相当，均为 1.1m 左右；平均高潮位以遮浪站为最高为 0.64m，神泉站最低为 0.46m；平均低潮位以遮浪站最高为-0.48m，神泉站最低为-0.88m；观测海域的平均涨潮历时大于落潮历时，在 3 个验潮站中，甲子站的平均涨潮历时和平均落潮历时均居中，分别为 14.21h 和 9.79h。

表 5.1.2-1 潮位站短期潮位特征表（单位：m）

	神泉站	甲子站	遮浪站
最高潮位	0.72	0.9	1.12
最低潮位	-0.88	-0.8	-0.8
平均高潮位	0.46	0.51	0.64
平均低潮位	-0.56	-0.54	-0.48
最大潮差	1.46	1.64	1.84
平均潮差	1.01	1.05	1.13
平均涨潮历时（h）	13.71	14.21	14.5
平均落潮历时（h）	10.29	9.79	9.5

5.1.2.3波浪

本报告收集了工程海区有关波浪测站统计数据，测波站与项目位置关系图如图 5.1.2-2。

（1）测波站

①遮浪海洋站（22°39′N，115°34′E）波浪统计资料。

②国家海洋局南海工程勘察中心于 2005 年 5 月 1 日 00 时至 2006 年 4 月 30 日 23 时承担了广东粤东田尾核电工程海洋波浪周年观测项目。浮标波浪观测站具体位置：115°49.30′E，22°44.39′N，离岸约 350m，海图水深约 12m。

③陆丰甲湖湾电厂厂址南侧海域 2008 年 10 月 26 日～2009 年 10 月 25 日波浪观测资料。波浪观测站位于陆丰甲湖湾电厂厂址正南方水深约为 15m 的开阔海域上，地理坐标 22°47.5′N，116°00′E，距离岸边约 4km。

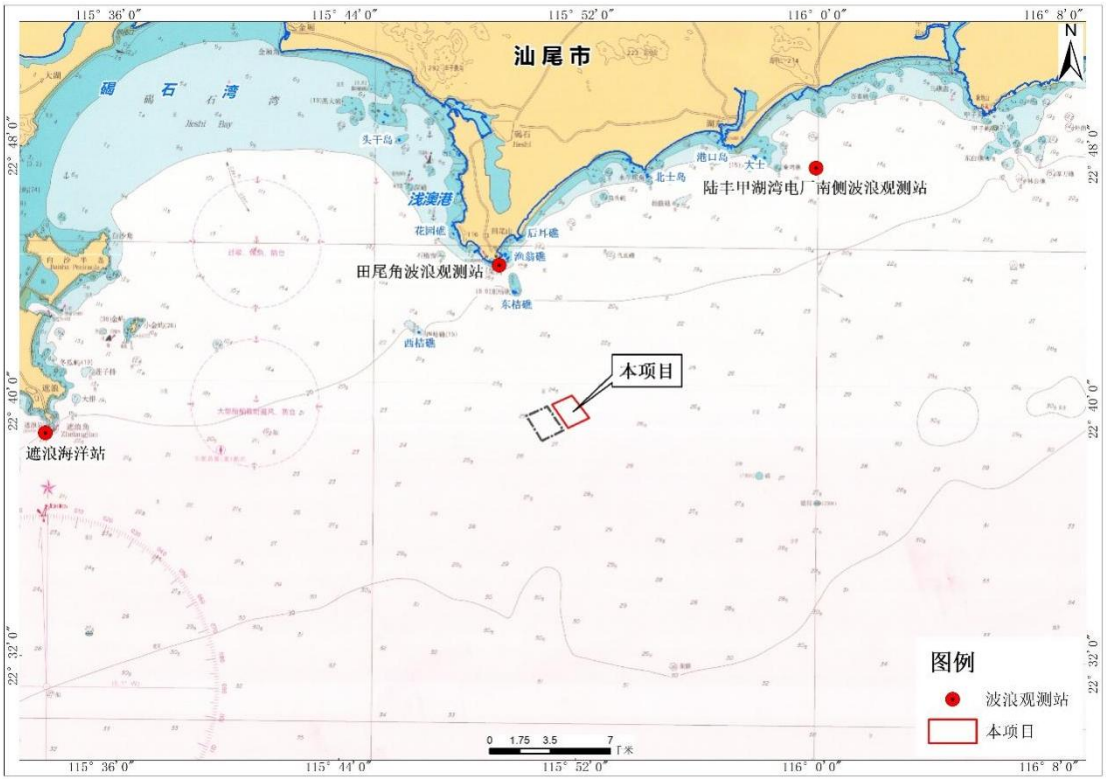


图 5.1.2-2 测波站与项目位置关系图

（2）各测波站统计资料

①遮浪站

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 5.1.2-3。

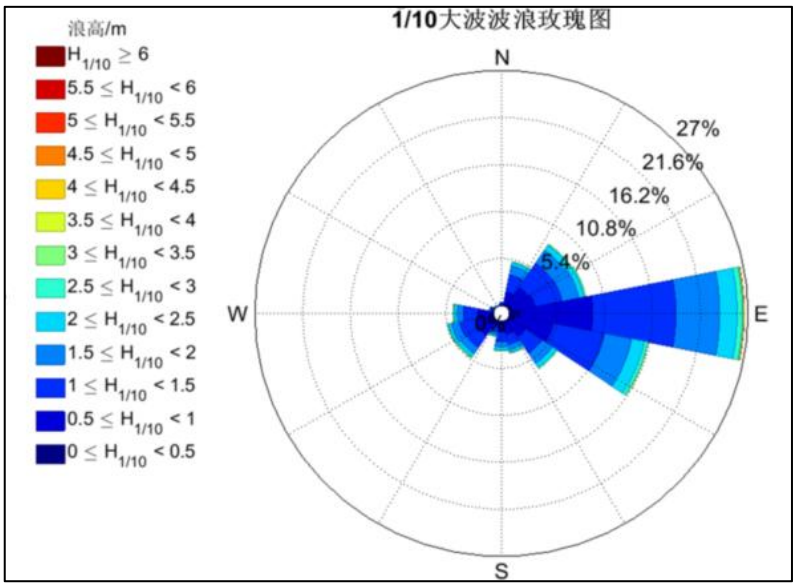


图 5.1.2-3 遮浪站波浪玫瑰图

②田尾角浮标站

田尾角波浪观测站的波浪周年观测时间为 2005 年 5 月 1 日至 2006 年 4 月 30 日，共 365 天，采用 MARKII 型波浪骑士进行波浪测量。波浪仪离岸约 350m，海图水深 12m 左右。测量记录方式为逐时，波浪数据记录是每整点前 18min 开始记录，共记录 20min。365 天观测期间，记录波浪数据共 8760 次，获取有效记录 8316 次波浪数据，有效率达 94.93%。

通过资料分析可知，该工程海域强浪向为 SE 向，最大波高在 4.5m~5m 范围，其次为 S 向，最大波高在 3.5m~4m 范围；常浪向同样为 SE 向，占全年波浪的 38.6%，其次为 ESE 向，占全年波浪的 39%。另外统计了周期大于 6s 的波浪，仅占全年波浪的 1.7%，其波浪玫瑰图见图 5.1.2-4。

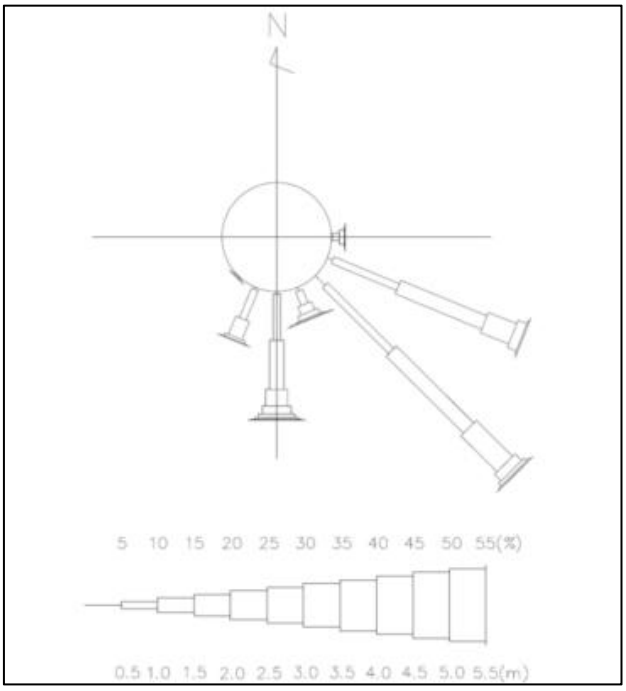


图 5.1.2-4 田尾角波浪观测站波浪玫瑰图

③陆丰甲湖湾电厂南侧波浪观测站

陆丰甲湖湾电厂南侧波浪观站的观测期间为 2008 年 10 月 26 日 2 时～2009 年 10 月 25 日 23 时，共 365 天，采用 SZF 型波浪仪进行波浪测量，记录波浪数据共 2877 次，数据获取率为 95.7%。海区波浪主要受西南季风、热带气旋、东北季风三种天气系统所影响，观测期间周年的平均 H_s 为 1.02m，周年平均 T_s 为 6.67s，观测期间各月观测波浪的特征值如表 5.1.2-2，波浪玫瑰图见图 5.1.2-5。

在东北季风期（11 月～次年 3 月），ENE、E、NE 和 NNE 向浪的出现频率分别为：21.55%、19.23%、18.75%及 13.06%；在西南季风期（6 月～8 月），S、SW、

SSW 及 E 向浪的出现频率分别为：17.15%、14.78%、13.59%及 11.48%。在东北季风期，最大波高 2.3m，平均波高 1.34m；在西南季风期，最大波高 4.8m，平均波高 1.14m。在东北季风期，最大波周期为 10.5s，平均 7.03s；在西南季风期，最大波周期 12.5s，平均 7.05s。$H_{1/10}$ 波高大于 3.0m 出现 50 次，出现于 7 天；大于 2.5m 全年共出现 73 次，出现于 11 天；大于 2.0m 全年共出现 172 次，出现于 40 天；大于 1.5m 全年共出现 722 次，出现于 165 天。

表 5.1.2-2 波浪基本特征

观测时间	特征值	H_z(m)	T_z(s)	H_{max}(m)	T_{max}(s)	$H_{1/10}$(m)	$T_{1/10}$(s)	H_s(m)	T_s(s)
2008.11	平均值	0.71	5.06	1.78	7.65	1.37	7.08	1.11	6.62
	最大值	1.11	6.50	2.70	13.50	2.10	9.50	1.70	9.00
2008.12	平均值	0.81	5.41	1.97	8.25	1.54	7.62	1.24	7.18
	最大值	1.23	7.00	2.99	19.00	2.24	9.50	1.84	9.00
2009.1	平均值	0.74	5.20	1.83	7.74	1.42	7.30	1.15	6.79
	最大值	1.14	6.50	2.90	14.00	2.22	9.50	1.77	9.00
2009.2	平均值	0.64	4.95	1.54	7.04	1.19	6.70	0.98	6.38
	最大值	1.12	7.00	2.96	13.00	2.05	8.50	1.67	10.50
2009.3	平均值	0.65	4.91	1.57	7.14	1.22	6.60	0.99	6.21
	最大值	1.30	7.00	3.20	19.00	2.30	10.50	1.90	10.50
2009.4	平均值	0.63	4.78	1.54	6.75	1.18	6.23	0.96	5.91
	最大值	1.29	6.00	3.02	19.00	2.36	9.00	1.95	7.50
2009.5	平均值	0.50	4.98	1.36	13.06	0.93	8.47	0.73	6.77
	最大值	1.00	10.50	2.94	25.50	1.75	22.00	1.37	19.00
2009.6	平均值	0.63	5.22	1.63	9.43	1.22	7.35	0.98	6.71
	最大值	2.30	8.00	6.50	24.00	4.20	12.50	3.40	10.00
2009.7	平均值	0.63	5.26	1.59	8.30	1.22	7.08	0.99	6.67
	最大值	2.40	9.00	6.20	24.00	4.80	12.00	3.90	12.00
2009.8	平均值	0.52	4.94	1.28	7.72	0.99	6.73	0.80	6.28
	最大值	1.47	7.00	3.62	20.50	2.87	10.50	2.34	9.00
2009.9	平均值	0.78	5.47	1.91	8.58	1.49	7.92	1.21	7.26
	最大值	4.00	9.00	6.60	17.00	5.00	13.00	4.30	11.50
2009.10	平均值	0.65	5.46	1.64	8.45	1.27	7.92	1.02	7.34
	最大值	1.00	7.50	2.85	17.00	2.10	12.50	1.61	11.00
全年	平均值	0.66	5.14	1.64	8.22	1.26	7.21	1.02	6.67
	最大值	4.00	10.50	6.60	25.50	5.00	22.00	4.30	19.00

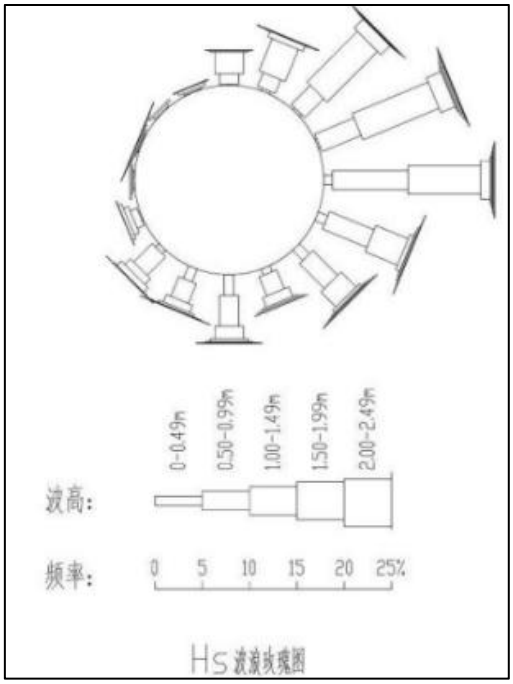


图 5.1.2-5 $H_{1/10}$ 波浪玫瑰图

5.1.3区域地质

据 1:20 万区域地质资料（海丰幅），区域大地构造上属华南板块的华夏地块单元，区域自太古代以来，经历了一系列的大地构造演化过程，地表出露地层较为年轻，主要为中生代地层，岩浆活动和断裂活动较为活跃。矿区所在区域位于滨海断裂带北侧，内部变形微软，地震活动以浅源小震为主。

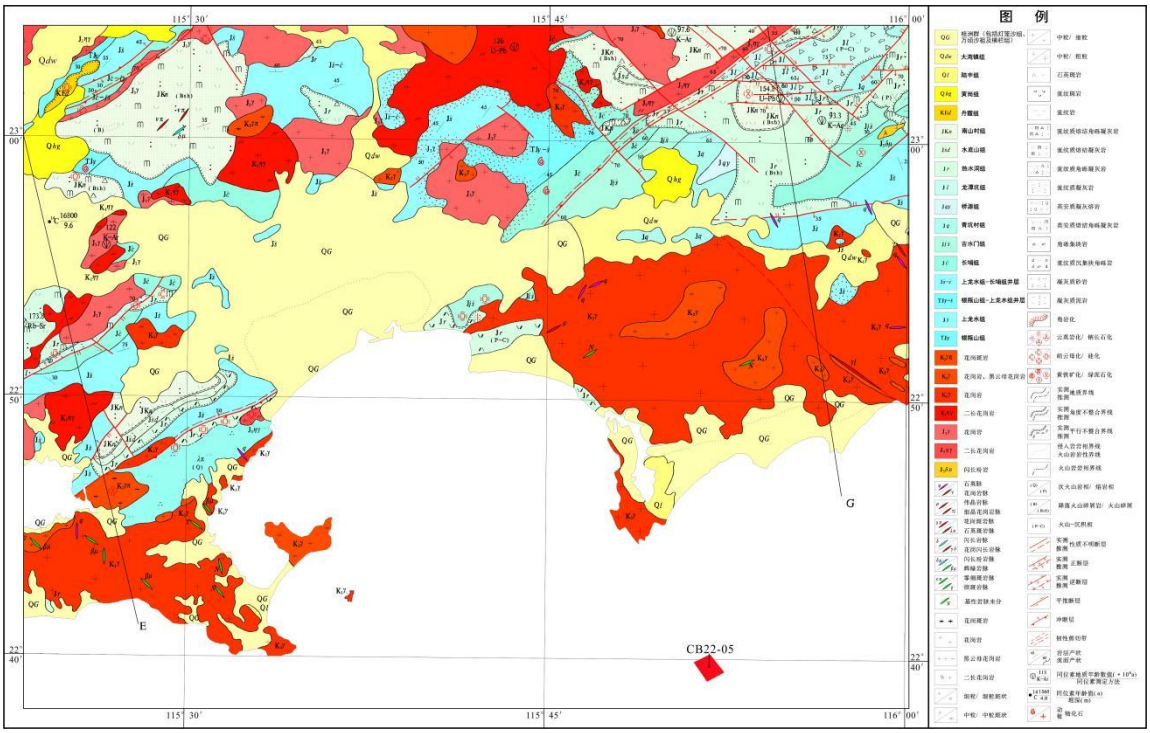


图 5.1.3-1 矿区外围地质图（据 1:20 万 F5008 海丰幅区域地质图）

5.1.3.1地层

早侏罗世纪晚期（约距今 1.37 亿年），矿区北侧陆域陆丰市域才从海底上升为陆地，按其成因可分为沉积岩、喷出岩、侵入岩、沉积层等。本区地质特征根据 1:20 万区域地质资料简述如下。

（1）陆域地层

区域沿海陆域主要发育中生代地层，自侏罗系至第四系均有出露，以侏罗系地层分布最广。区域内陆域出露地层较为简单，为侏罗系银瓶山组（TJ*y*）、上水龙组（J*ŝ*）、长埔组（J*ĉ*）、吉水门组（J*jŝ*）、青坑村组（J*q*）、桥源组（J*qy*）、龙潭坑组（J*l*）、热水洞组（J*r*）、水底山组（J*ŝd*）、南山村组（JKn）和一些并层、白垩系-第三系丹霞组（KE*d*）、第四系黄岗组（Q*hg*）、陆丰组（Q*l*）、大湾镇组（Q*dw*）和桂洲群（Q*G*）地层（图 5.1.3-1）。

（2）海域地层

调查矿区第四系地层发育，广州海洋地质调查局在本矿区西向偏南钻有 4 个钻孔，分别为 ZQ1（21.4939°N，114.6231°E，水深 74.4m，钻深 110m）；ZQ2（21.5911°N，114.0764°E，水深 93.8m，钻深 121m）；ZQ3（20.9506°N，114.4978°E，水深 89.6m，钻深 120m）；ZQ4（21.0064°N，115.4231°E，水深 125.8m，钻深 121m）。通过钻孔岩芯的岩相、微古生物、古地磁、同位素测年等，结合本矿区周边的 STQ1 钻孔（22.66°N/116.04°E，水深 30.8m，孔深 71.2m；位于矿区东侧 17.15km）和 STQ2 钻孔测年结果与分层数据以及微体古生物和岩性特征，利用过孔单道地震剖面揭示出 3 期海侵地层（图 5.1.3-2），综合分析认为晚更新世气候较为温凉，内陆架以滨岸和陆相沉积环境为主，外陆架以滨岸和浅海沉积环境为主，经历了较为频繁的海侵和海退过程；全新世气候温暖湿润，区域海平面上升，发育浅海沉积。

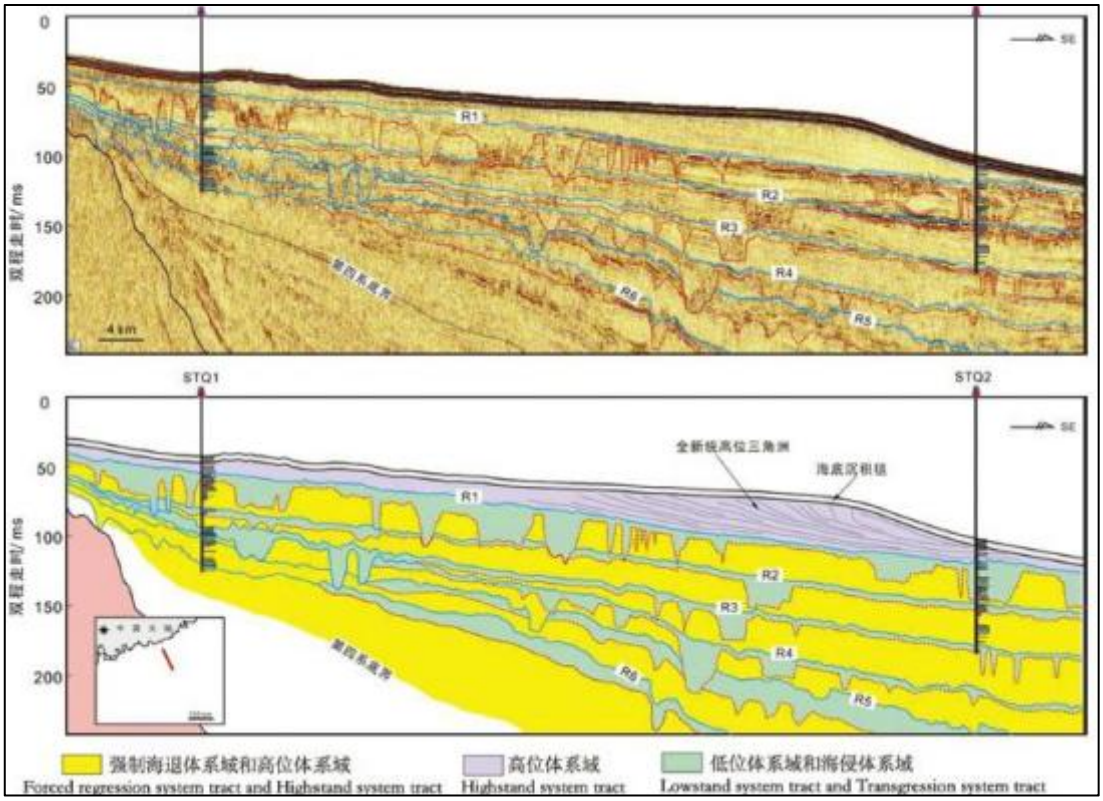


图 5.1.3-2 南海陆架 STQ1 和 STQ2 孔和过孔地震剖面地层对比

针对本海区中更新统中上部以来的地层自下而上分为：中更新统北卫组（Q_2bw），上更新统南卫组（Q_3n），全新统北尖组（Q_4bj）。

5.1.3.2构造

矿区及其周边区域大地构造属华南准地台南岭纬向构造体系南端的高要～惠来东西向构造带和北东向莲花山活动构造带交接部位。本区主要经历了印支～喜马拉雅期构造阶段，因此，地质构造较发育，构造类型以线状断裂构造为主，其中北东向和北西向断裂带最为醒目，区域局部还发育有近东西方向断裂构造；褶皱构造在区内少见。

5.1.3.3岩浆岩

区域岩浆岩主要分为侵入岩和潜火山岩，其中侵入岩分布较广泛，出露面积约600km^2，岩浆侵入时代主要为侏罗纪晚侏罗世（J_3、燕山早期第三期）和白垩纪早～晚世（K_1～K_2、燕山晚期第四期及第三期）：

（1）晚侏罗世（J_3）侵入岩呈岩基或小株状产出，岩性以黑云母花岗岩（$J_3\gamma$）或二长花岗岩（$J_3\eta\gamma$）为主，局部出露闪长玢岩（$J_3\delta\gamma$）。主要分布于陆域陂洋镇和城东镇东北侧碣石镇北部一带。

（2）早白垩世（K_1）呈岩基状主生为主，局部也见岩滴、岩脉状产出，主要

岩性为粗～细粒状黑云母花岗岩（$K_1\gamma$），局部二长花岗岩（$K_1\eta\gamma$），矿物粒度一般岩体大其颗粒也粗，岩滴、岩脉则颗粒为中～细粒状，主要分布于河西镇西侧牛路村和河东镇以北～八万镇大部地区。

（3）晚白垩世（K_2）以岩株状产出为主，分布较零星，岩性主要为中～细粒花岗岩（$K_2\gamma$）和花岗斑岩（$K_2\gamma\pi$），主要分布在大安镇北西及东～北端、碣石镇以北、南塘镇南、湖东镇北侧。

（4）晚白垩世花岗斑岩（$K_2\gamma\pi$）为潜火山岩，本区出露较少，主要分布于河西镇北西侧。形成时代为中生代晚白垩世（K_2）。

5.1.4自然灾害

5.1.4.1热带气旋

项目所在海域是西北太平洋和南海台风、热带风暴活动和登陆的主要地区之一，因此主要的气象灾害是热带气旋引起的极端大风。热带气旋是破坏性颇为严重的灾害性天气系统，位居当今危害全球的十大自然灾害之首。

根据中国台风网“CMA-STI 热带气旋最佳路径数据集”最新数据，统计了 1949 年至 2020 年影响项目所在海区的热带气旋。72 年间，共有 86 个热带气旋影响项目所在海域，其中热带低压 7 个，热带风暴 20 个，强热带风暴 25 个，台风 22 个，强台风 9 个，超强台风 2 个。热带气旋多发生在 6 月~10 月，该时间内的发生次数占总数的 95%以上，7 月份发生次数最多，为 22 次，8 月次之，为 21 次，1 月、2 月、3 月、4 月和 12 月发生次数均为 0。对当地造成较大损失的热带气旋分别为 2001 年 0104 号台风“尤特”和 2006 年 0601 号台风“珍珠”。2001 年 7 月 6 日，台风“尤特”造成汕头、潮州、揭阳等地约 712 万人口受灾，直接经济损失 28.58 亿元。2006 年 5 月 18 日，台风“珍珠”造成汕头、潮州等地约 778 万人口受灾，紧急疏散 32.7 万人，直接经济损失 12.3 亿元，死亡 1 人。2013 年 9 月 23 日，强台风“天兔”造成广东省直接经济损失 71.72 亿元，死亡人数 25 人，农作物受灾面积 50.77 千公顷，倒塌房屋 8490 间，严重损坏房屋 2 万间，紧急转移人数 31.19 万人。

表 5.1.4-1 热带气旋统计表（1949~2020 年）

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合计
热带低压	0	0	0	0	0	1	2	5	0	0	0	0	8
热带风暴	0	0	0	0	1	7	4	5	3	0	0	0	20
强热带风暴	0	0	0	0	1	2	9	6	4	2	1	0	25
台风	0	0	0	0	1	4	4	3	5	5	0	0	22
强台风	0	0	0	0	0	0	2	1	6	0	0	0	9

超强台风	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2
合计	0	0	0	0	3	14	22	21	18	7	1	0	86

5.1.4.2风暴潮

风暴潮灾害是由台风强烈扰动造成的潮水位急剧升降，是一种严重的海洋灾害，主要危害沿海地区。在广东地区，台风暴潮灾害的特点是：发生次数多、强度大、连续性明显，影响范围广，突发性强，灾害损失大，且主要危害经济发达的沿海地区。影响工程水域的台风平均每年出现 2 次左右，一般多出现于 7~9 月。台风引起的增水见表 5.1.4-2。

表 5.1.4-2 台风引起的增水

名称	登陆地点	日期	台风引起的增水
天兔	汕尾海域	2013 年 9 月 22 日	遮浪站（163cm）、汕尾站（150cm）
莲花	广东陆丰市甲东镇沿海	2015 年 7 月 9 日	汕尾至饶平一带沿海（50~110cm）
妮妲	深圳市大鹏半岛	2016 年 8 月 2 日	汕尾站（101cm）
海马	汕尾市海丰县鲘门镇	2016 年 10 月 21 日	汕尾站（144cm）
苗柏	深圳市大鹏半岛	2017 年 6 月 12 日	汕尾站（44cm）、遮浪站（41cm）
天鸽	珠海市金湾区沿海	2017 年 8 月 23 日	汕尾站（118cm）
玛娃	汕尾市陆丰沿海	2017 年 9 月 3 日	汕尾站（57cm）、遮浪站（45cm）
卡努	湛江市徐闻县东部沿海	2017 年 10 月 16 日	汕尾站（92cm）
百里嘉	湛江市坡头区	2018 年 9 月 13 日	汕尾站（42cm）
山竹	广东省台山海宴镇	2018 年 9 月 16 日	汕尾站（178cm）
海高斯	广东省珠海市金湾区沿海	2020 年 8 月 19 日	粤东沿岸各海洋站（30-60cm）
圆规	海南省琼海市沿海	2021 年 10 月 13 日	汕尾站（82cm）、遮浪站（98cm）

5.1.4.3雷暴

汕尾沿岸海岛，全年各月均有雷暴发生，年际和季节变化明显，雷暴日数主要集中在 4～9 月，汕尾沿岸海岛历年平均发生雷暴 52.9 天。

5.1.4.4地震

区内地震较为频繁，自 1491 至 1981 年间，共发生过大于 1.9 级的地震 25 次。其中，梅陇-海丰一带发生过 20 次，特别是在海丰附近曾发生过三次烈度为 V 级的五级地震。其次，在陆丰、惠来附近有 5 次浅源壳内地震发生。2015 年在陆丰也发生过 3.8 级地震。地震多受早期华夏系断裂构造控制；地震密集区主要处于北东向构造、隐伏的东西向、西北向构造交汇部位。而强震主要位于构造凹陷区。根据广

东省地震局统计情况，2020 年至 2023 年 7 月之间，海丰附近发生过 2 次 2.7 级地震。

依据《中国地震动参数区划图》（GB18306-2015）和《建筑抗震设计规范》（GB50011-2010）（2016 年版），矿区所在的陆域陆丰市碣石镇、湖东镇和甲子镇所在的抗震设防烈度为 7 度，设计基本地震加速度值为 0.10g，地震动反映谱特征周期为 0.40s，相应地震基本烈度为VII度，设计地震分组为第二组。

在钻探深度范围内，场区内未发现全新活动断裂；拟出让矿区场地不良地质主要为具震陷性的软弱土层。场地土类型为中软场地土，场地内局部地区存在软土层，岩土种类较多，均匀性较差，综合评定属抗震不利地段。场地内未发现断裂构造迹象，区域构造稳定性一般。本场地不存在滑坡、崩塌、泥石流、采空区等颠覆性的不良地质作用和地质灾害，场地环境地质稳定性较好。综合来看，场地整体稳定性一般。

5.2区域海洋资源概况

5.2.1岸线资源

根据统计，项目评价范围内岸线总长度为 31.52km，岸线类型包括基岩岸线、人工岸线和砂质岸线，岸线长度详见表 5.2.1-1。

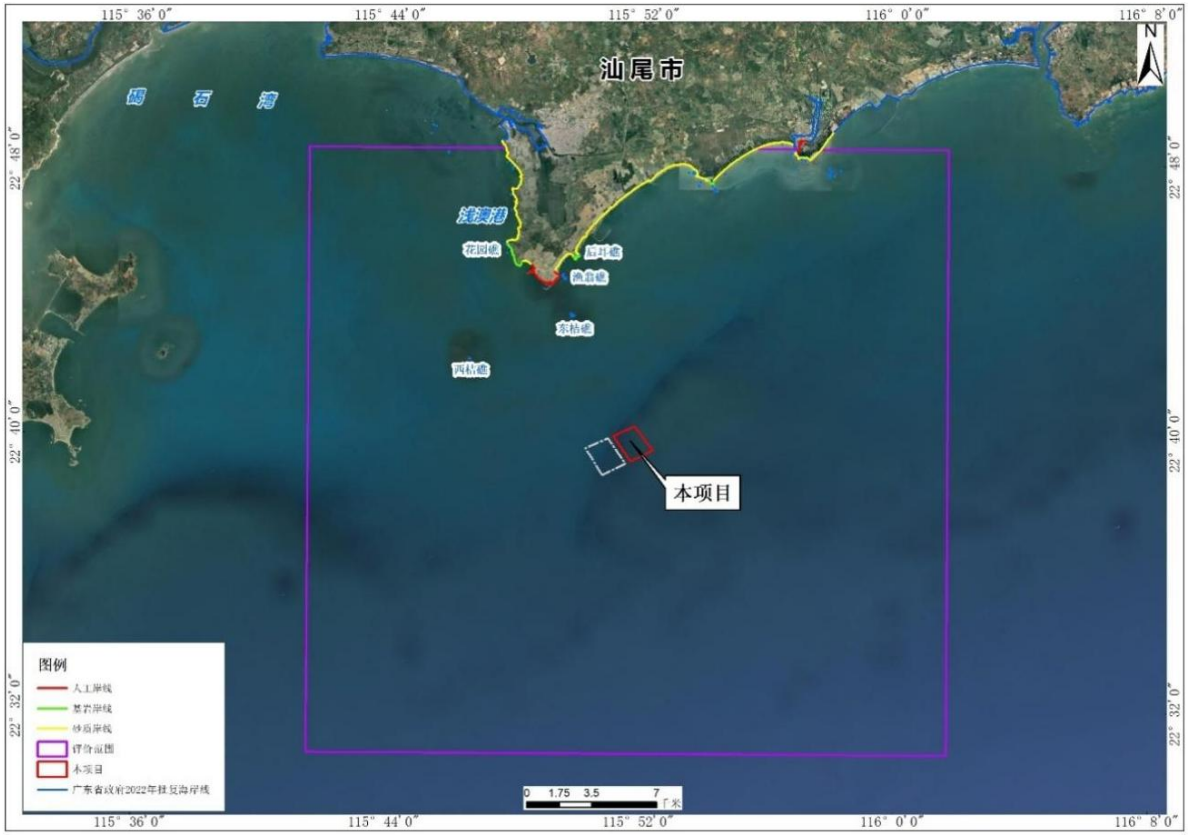


图 5.2.1-1 项目评价范围内岸线和岛礁资源分布图

表 5.2.1-1 项目评价范围内岸线类型及长度

岸线类型	长度（km）	相对位置
基岩岸线	3.44	西北侧，约 10.4km
人工岸线	3.76	西北侧，约 8.7km
砂质岸线	24.32	北侧，约 9.1km 西北侧，约 10.3km
合计	31.52	/

5.2.2岛礁资源

根据《广东省海岛保护规划（2011-2020 年）》，甲子港、湖东港至碣石湾沿岸海域共有海岛 208 个。该区域具有丰富礁盘生物资源、港湾资源，海岛面积普遍较小。根据《我国部分海域海岛标准名称》和《中国海域海岛地名志 广东卷》公布的海岛名录，评价范围内距离本项目位置较近的岛礁资源有 5 个，分别为渔翁礁、西桔礁、后耳礁、东桔礁、花园礁，均为无居民海岛。详见图 5.2.1-1。

（1）渔翁礁

北纬 22°44.7′，东经 115°49.5′。位于汕尾市陆丰市碣石镇后埔村东南海域，距后埔村 1.88 千米，距大陆最近点 370 米。该岛四周岩石高低不平，中间屹立的石峰很像渔翁站着钓鱼，故名。1984 年登记的《广东省陆丰县海域海岛地名卡片》《广东省海域地名志》（1989）、《广东省海岛、礁、沙洲名录表》（1993）、《广东省志·海洋与海岛志》（2000）、《全国海岛名称与代码》（2008）均记为渔翁礁。岸线长 544 米，面积 0.0179 平方千米，高程 12.9 米。基岩岛，由多块礁石组成，花岗岩岸，侵蚀地貌发育。该岛是国家公布的第一批开发利用无居民海岛，主要用途为交通与工业用岛。位于项目北侧约 8.9km。

（2）西桔礁

北纬 22°42.3′，东经 115°46.6′。位于汕尾市陆丰市碣石镇田尾山西南面，东桔礁西南面海域，距东桔礁 5.93 千米，距大陆最近点 5.6 千米。从北面望去形似一对桔子，且在东桔礁西面，故名。该岛从北面望去似一对桔子，历来渔民又惯称南桔礁。《中国海洋岛屿简况》（1980）、1984 年登记的《广东省陆丰县海域海岛地名卡片》《广东省海域地名志》（1989）、《广东省海岛、礁沙洲名录表》（1993）、《广东省志·海洋与海岛志》（2000）、《全国海岛名称与代码》（2008）均记为西桔礁。岸线长 377 米，面积 0.0102 平方千米，高程 15.2 米。基岩岛。岛上有国家大地控制点。位于项目西北侧约 8.8km。

（3）后耳礁

北纬 22°45.3'，东经 115°50.1'。位于汕尾市陆丰市碣石镇后埔村东南海域，距后埔村 1.52 千米，距大陆最近点 30 米。后耳礁为当地群众惯称。岸线长 174 米，面积 2253 平方米。基岩岛。位于项目北侧约 9.6km。

（4）东桔礁

北纬 22°43.5'，东经 115°49.8'。位于汕尾市陆丰市碣石镇田尾山东南面海域，距大陆最近点 2.05 千米。在西桔礁东面，当地群众惯称东桔礁或东礁。《中国海洋岛屿简况》（1980）、1984 年登记的《广东省陆丰县海域海岛地名卡片》《广东省海域地名志》（1989）、《广东省海岛、礁、沙洲名录表》（1993）、《广东省志·海洋与海岛志》（2000）、《全国海岛名称与代码》（2008）均记为东桔礁。岸线长 254 米，面积 2114 平方米，高程 6.9 米。基岩岛。位于项目西北侧约 6.8km。

（5）花园礁

北纬 22°45.6'，东经 115°47.7'。位于汕尾市陆丰市碣石镇田尾山西北面海域，距大陆最近点 100 米。此处礁石集中分布，石面似花瓣，中间一块直竖，薄如镜，有仙女下凡赏花照镜之传说，因此渔民惯称花园礁。1984 年登记的《广东省陆丰县海域海岛地名卡片》《广东省海域地名志》（1989）、《广东省海岛、礁、沙洲名录表》（1993）均记为花园礁。岸线长 52 米，面积 125 平方米，高潮露出水面 8.4 米。基岩岛。位于项目西北侧约 11.8km。

5.2.3港口资源

当前汕尾港划分为汕尾港区、汕尾新港区、海丰港区（含小漠港区）、陆丰港区，主要分布于红海湾和碣石湾内。截至 2017 年底，汕尾港共有各类生产泊位 30 个，全港综合通过能力约 1903 万吨。汕尾港在建码头主要位于海丰港区和陆丰港区，包括小漠国际物流港一期工程及陆丰海洋工程基地配套码头工程，此外陆丰甲湖湾电厂配套码头工程已于 2020 年竣工验收。

根据《汕尾港总体规划（2021-2035 年）》，项目所在海域为汕尾港陆丰港区附近，陆丰港区位于螺河口至甲子角之间，原有泊位 5 个，集疏运的方式为公路。

规划陆丰港区由乌坎、碣石、湖东三个作业区以及田尾山港点组成。其中乌坎作业区保持现有规模不变，今后根据港口发展的需要再进行适当的技术改造。乌坎作业区现有码头为乌坎货运码头，码头长度 125m，共有 2 个 500 吨级泊位。

碣石作业区位于碣石镇以西，金鼎山南部约 2km，规划布置 4 个 10000DWT 通用泊位。

田尾山港点位于田尾角，其中西侧为田尾山西港点，为已建碣石核电厂重件码头；东侧为田尾山东港点，规划布置 2 个 5000DWT~10000DWT 风电专用泊位。

湖东作业区规划布置 2 个 100000DWT-150000DWT 散货泊位和 1 个 3000DWT 重件泊位。

5.2.4航道资源

（1）航道现状

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、甲子航道。乌坎西线航道、乌坎东线航道、碣石航道三条航道呈“三角形”分布。本工程距离乌坎东线航道最近约 2.4km，距离大星山甲子航道最近距离约 2.0km。

乌坎东线航道、乌坎西线航道都现状均为 500 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，后由于中国石化燃料油销售有限公司广东分公司碣石湾油库码头自 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。

甲子航道现状可通航 300 吨级杂货船舶。

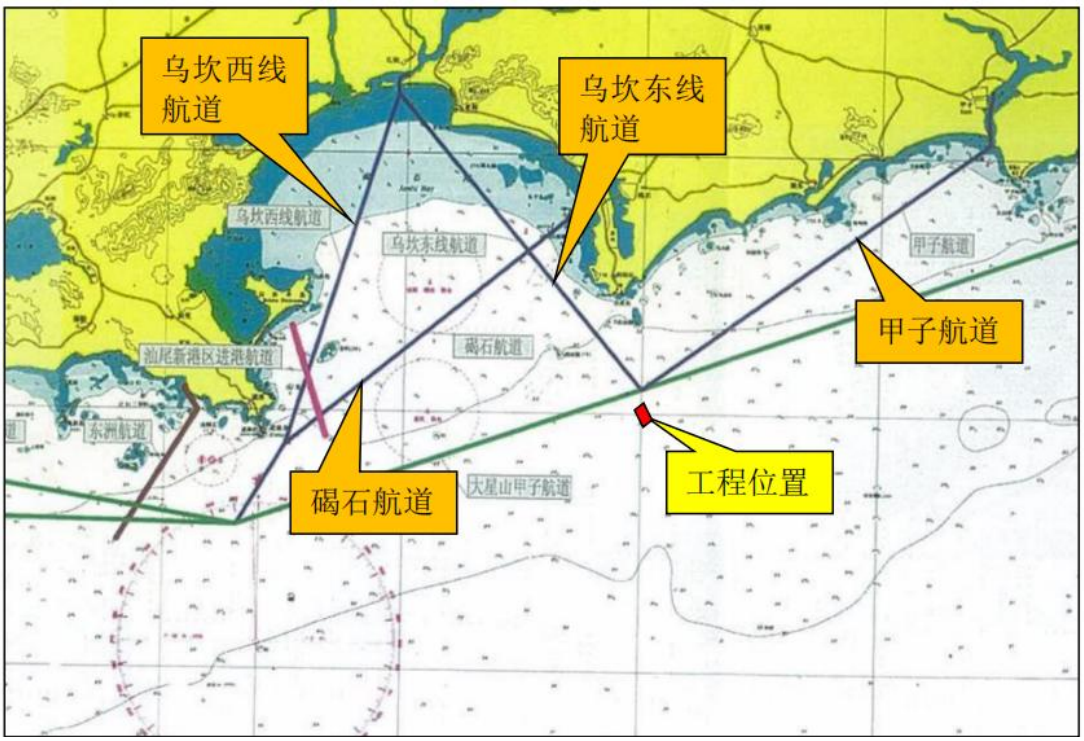


图 5.2.4-1 项目与周边航道位置关系图

（2）航道规划

根据《广东省航道发展规划（2020-2035 年）》，乌坎东线航道（新开河口灯桩~田尾角）29.2km，发展规划技术等级为 3000 吨级集装箱船航道；

乌坎西线航道（乌坎码头~遮浪）34.8km，发展规划技术等级为 3000 吨级集装箱船航道。

碣石航道（碣石油气码头~遮浪角）27.2km，发展规划技术等级为 5000 吨级液化汽船航道；

甲子航道（甲子杂货码头至田尾角）34.6km，发展规划技术等级为 1000 吨级杂货船。

（3）中、小型船舶航路

该航路靠近陆岸，水深大部在 20 米以上，水深较浅处的南澎岛附近也在 11 米以上。该处虽然礁石密布，但对中、小型船舶无碍航行。

船舶从北方驶至东碇岛灯塔 321°、距离 12 海里处，取航向 240°，航行 49.2 海里，驶至弟岛 130°、距离 4.2 海里处；取航向 225°，航行 31.8 海里，经南澎列岛北侧（外籍船舶不得在南澎岛北侧航行和锚泊），驶至芹澎岛灯桩西 2.4 海里处；取航向 277°，经表角灯塔北方海域驶进汕头港；取航向 241°，航行 44.3 海里，驶至石碑山灯塔 353°、距离 4.9 海里处；取航向 250°航行 81.4 海里，驶至针头岩北 4.6 海里处；取航向 246°，航行 37.1 海里，驶至大三门岛 018°、距离 20 海里处；取航向 267°，驶至横澜灯塔南转向，经担杆水道驶往桂山引航锚地或经大濠水道直驶广州港、深圳港、珠海港。从珠江口驶往台湾海峡方向，取上述相反方向。

本工程与中、小型船舶航路最近距离约 3.1km。

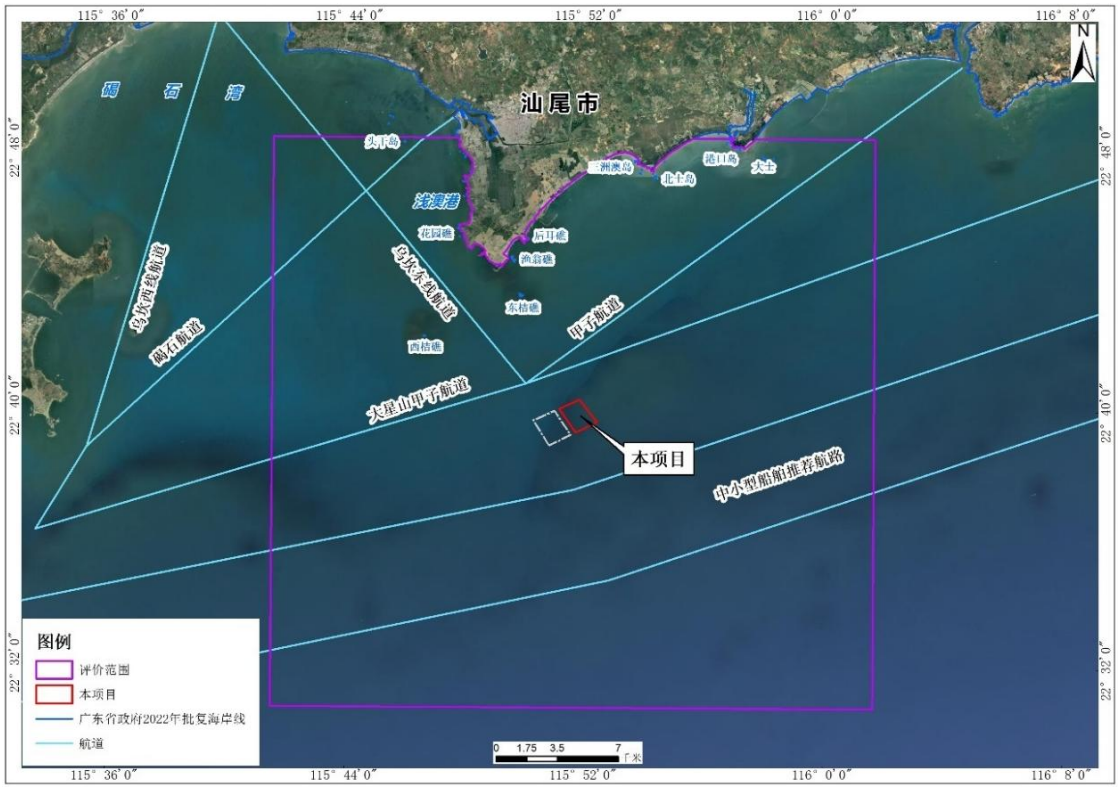


图 5.2.4-2 工程与附近航路位置关系图

5.2.5锚地资源

根据《汕尾港总体规划（2021-2035 年）》，汕尾港规划的锚地见表 5.2.5-1。

本工程位于汕尾市陆丰田尾角南侧海域，距离岸边最近约 8.7km，平均水深约 25.70m。工程西侧约 13.9km 为汕尾港 9#锚地，该锚地为大型船舶临时避风锚地，中心地点为 115°41′00″E、22°40′00″N，半径 2 海里，用途为避风、防台。

表 5.2.5-1 汕尾港锚地规划表

序号	名称	中心地点	半径（海里）	用途
1	大型船舶临时避风锚地	115°13′00″E,22°37′00″N	2	避风、防台
2	过驳锚地	115°17′30″E,22°40′00″N	2	侯泊、过驳、防台
3	引航锚地	115°13′00″E,22°44′30″N	1	引航、防台
4	检疫锚地	115°16′30″E,22°45′30″N	0.5	检疫、防台
5	装运危险货物船舶锚地	115°17′36″E,22°46′18″N	0.5	装运危险货物船舶侯泊
6	检疫锚地	115°09′00″E,22°46′00″N	0.5	检疫、防台
7	装运危险货物船舶锚地	115°07′48″E,22°46′00″N	0.5	装运危险货物船舶侯泊
8	引航检疫锚地	115°32′00″E,22°38′00″N	1	引航、检疫、防台
9	大型船舶临时避风锚地	115°41′00″E,22°40′00″N	2	避风、防台
10	过驳锚地	115°41′00″E,22°45′00″N	2	过驳、侯泊、防台
11	引航检疫锚地	115°45′00″E,22°47′00″N	0.5	引航、检疫、防台
12	引航检疫锚地	115°40′00″E,22°50′00″N	0.5	引航、检疫、防台
13	引航检疫锚地	115°04′23″E,22°49′54″N	0.5	引航、检疫、防台

序号	名称	中心地点	半径（海里）	用途
14	引航检疫锚地	115°07′40″E,22°38′60″N	0.5	引航、检疫、防台
15	引航检疫锚地	115°09′00″E,22°36′00″N	1.0	引航、检疫、防台
16	LNG 专用锚地	115°05′42″E,22°36′35″N	4	引航、检疫、应急防台、
17	危险品锚地	115°06′20″E,22°34′26″N	16	引航、检疫、防台
18	大型船舶锚地	115 舶锚地防台″NE,225 舶锚地防台″N	16	引航、检疫、防台
/	2 处预留锚地	/	4+4	、

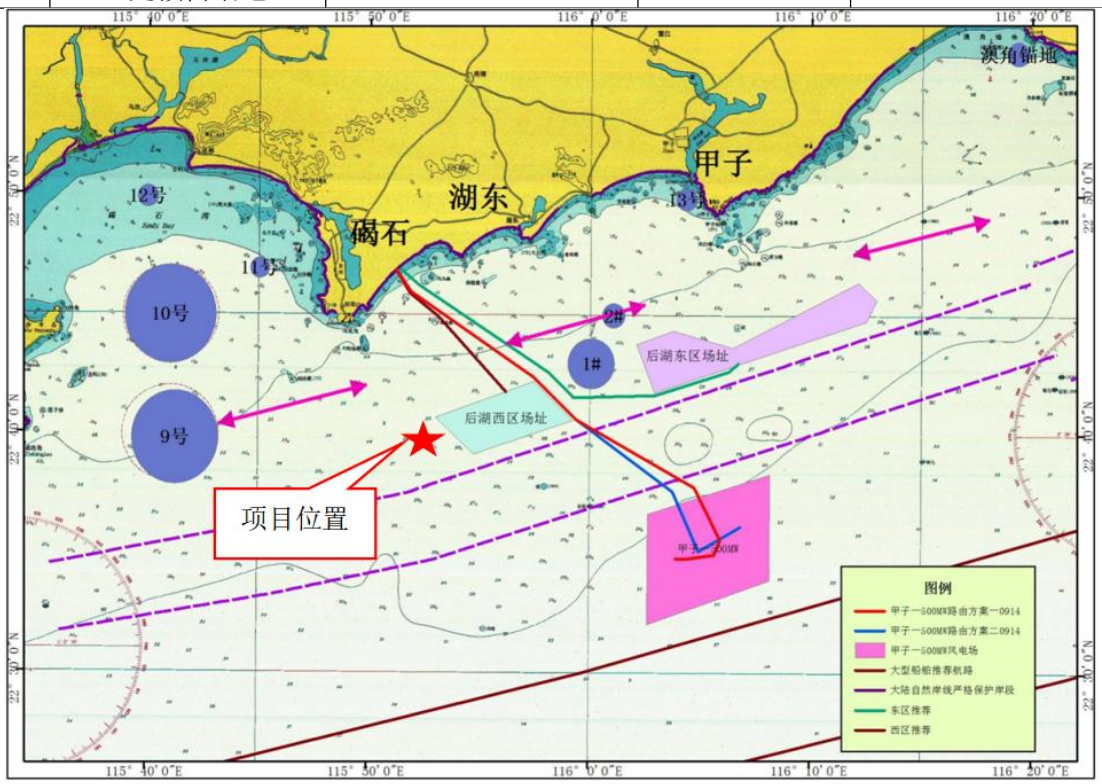


图 5.2.5-1 工程与周边锚地位置关系图

5.2.6矿产资源

根据《广东省汕尾市管辖海域 CB22-05 矿区回填用海砂资源储量核实报告（审定稿）》（浙江华东建设工程有限公司，2023 年 7 月），项目海域周围矿产资源较丰富，由华南大陆、近岸区至滨浅海陆架浅水区，矿床类型众多。汕尾市目前已发现主要矿产 28 种，累计发现矿产地 69 处。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、海砂等。建筑用花岗岩分布广、资源丰富，矿产地 28 处，累计查明资源储量 7.19 亿立方米。在海丰、陆丰、陆河等地发现有结构完整的建筑用花岗岩，经济价值较高。其中，陆丰市矿产资源丰富，其中最为重要的资源就是石英砂，石英砂总蕴藏量在 1 亿立方米以上，主要分布在星都、上英、东海、金厢、碣石、湖东等地，其中星都经济试验区的白沙埔，面积 400 多公顷，地面至地下 2.5 米深处纯属石英砂，蕴藏量达 1000 多万立方米，石英砂品位很高，具有开

采利用价值。

截止 2023 年 6 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），累计查明资源储量 1.0009 亿立方米。分别为：

2022 年 6 月 1 日，中电建（汕尾）绿色建材有限公司以近 22.5 亿元竞得汕尾市管辖海域 JH21-09 矿区海砂。该海砂开采项目面积 2.3 平方千米，-14.91 米至 -53.87 米标高范围内海砂资源储量 4178.1 万方，可采资源量 3531.65 万方，年均最大开采量 1368 万方，出让年限 2 年 7 个月。2022 年 11 月 28 日，该海砂开采项目举行开工仪式正式开采。

2022 年 12 月 13 日，汕尾市投资控股有限公司以 19.1 亿元竞得汕尾市管辖海域 JH21-08 矿区海砂。该海砂开采项目面积 195 公顷，-17.53 米至 -62.96 米标高范围内海砂原矿资源储量 3484.68 万方，可采资源量 2860.52 万方，年均最大开采量 1368 万方，出让年限 2 年 2 个月。2023 年 6 月 28 日，该海砂项目举行开工仪式正式开采。

2022 年 12 月 13 日，中电建（汕尾）绿色建材有限公司以 12.4 亿元竞得汕尾市管辖海域 JH22-03 区块海砂。该海砂开采项目面积 195 公顷，-12.10 米至 -50.95 米标高范围内海砂原矿资源储量 2346.65 万方，可采资源量 1904.27 万方，年均最大开采量 820.8 万方，出让年限 2 年 4 个月。目前该海砂项目尚未开采。

本区海砂矿产资源特点是：矿产种类少，规模多属中型，矿产地不多，海砂属汕尾市优势矿产，储量相对较为丰富，具有较好的找矿和开发利用前景。

JH21-09 矿区位于 CB22-05 矿区西北侧约 22.1km，JH21-09 矿区位于 CB22-06 矿区西北侧约 20.8km。

JH21-08 矿区位于 CB22-05 矿区西北侧约 20.9km，JH21-08 矿区位于 CB22-06 矿区西北侧约 19.6km。

JH22-03 矿区位于 CB22-05 矿区西北侧约 20.7km，JH22-03 矿区位于 CB22-06 矿区西北侧约 19.5km。



图 5.2-6　3 个矿区与 CB22-05 矿区位置关系图

5.2.7自然保护区

项目评价范围内有汕尾市碣石湾海马资源市级自然保护区，该保护区位于陆丰市碣石镇对开海域，范围包括 A：东经 115°42′00″、北纬 22°33′00″；B：东经 116°00′50″、北纬 22°34′00″；C：东经 116°02′35″、北纬 22°24′40″；D：东经 115°42′00″、北纬 22°20′40″等四点连线内海域，面积约为 500 公顷，保护对象为三斑海马、日本海马和克氏海马等及其栖息环境。2006 年 8 月 15 日由汕尾市政府（汕府函〔2006〕74 号）文件批准成立。

该保护区位于本项目南侧，最近距离约 10.6km。二者位置关系图见图 5.2.7-1。

根据《广东省“三区三线”划定成果》（2022 年），划定珍稀濒危物种生态红线区名称为碣石湾海马珍稀濒危物种分布区和汕尾陆丰碣石湾海马地方级自然保护区，面积分别为 68000hm^2 和 1024.6hm^2，划定范围见图 5.2.7-2。本项目与碣石湾海马珍稀濒危物种分布区的最近距离约 5.2km，与汕尾陆丰碣石湾海马地方级自然保护区的最近距离约 10.1km。

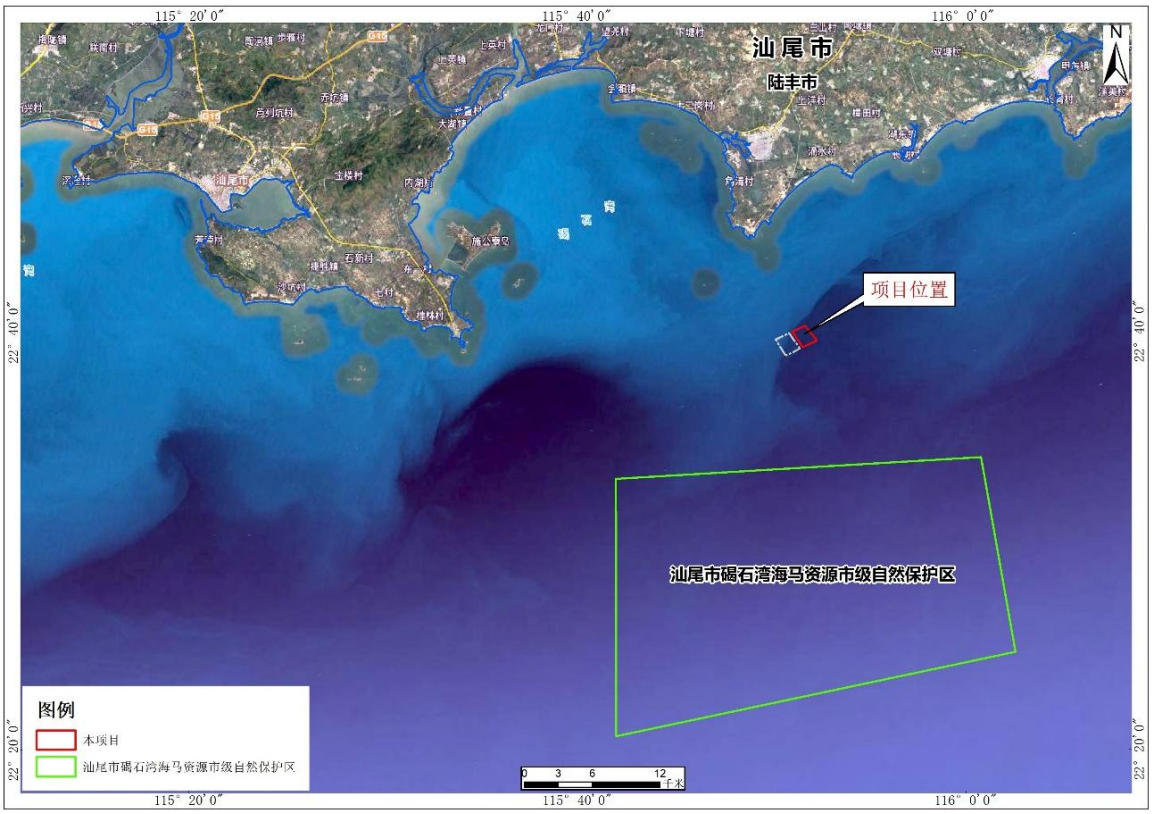


图 5.2.7-1 本项目与汕尾市碣石湾海马资源市级自然保护区的位置关系图

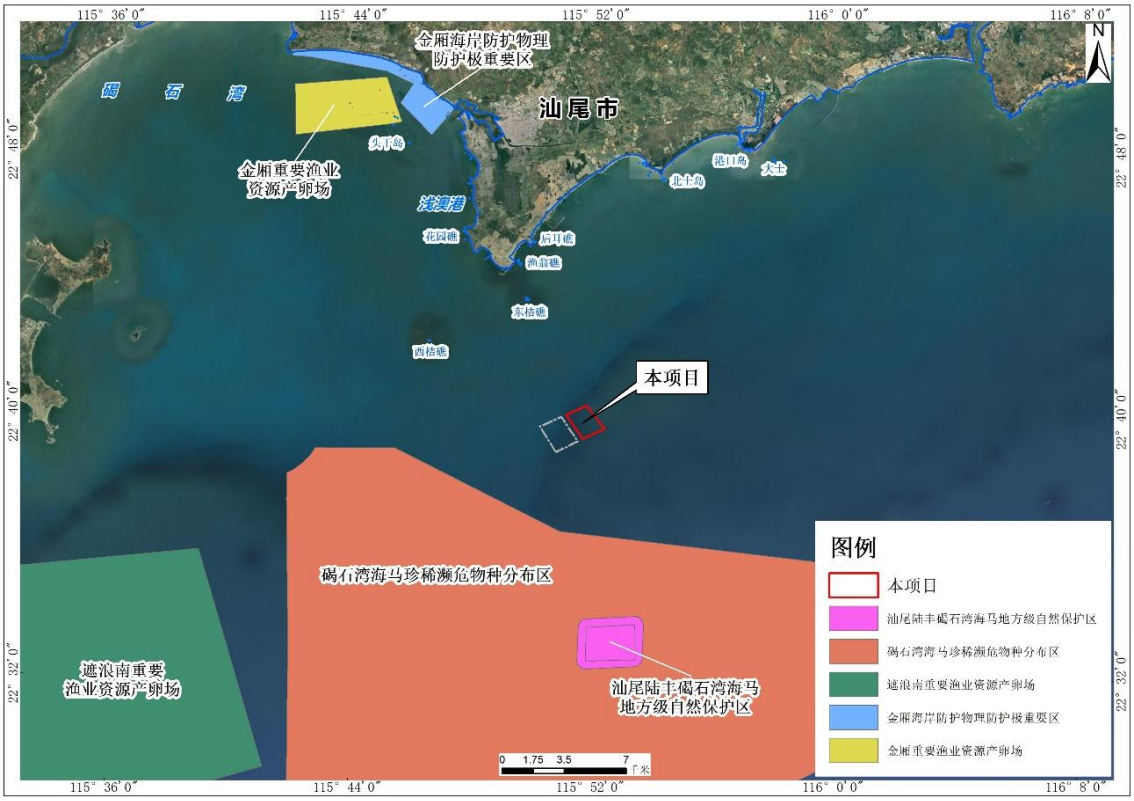


图 5.2.7-2 本项目与碣石湾海马珍稀濒危物种分布区的位置关系图

5.2.8人工鱼礁区

根据《广东省沿海人工鱼礁建设规划》，碣石湾海域共规划建设人工鱼礁区 5 个，分别为 1、陆丰市甲子麒麟山人工鱼礁区；2、陆丰市湖东三洲澳人工鱼礁区；3、陆丰市金厢南人工鱼礁区；4、汕尾市遮浪角东人工鱼礁区；5、汕尾市遮浪角西人工鱼礁区。目前，已建成汕尾市遮浪角东人工鱼礁区，共投放礁体 860 个，总空方 26691m^3。目前与项目距离最近的人工鱼礁区为陆丰市湖东三洲澳人工鱼礁区，位于项目东北侧约 11.7km。

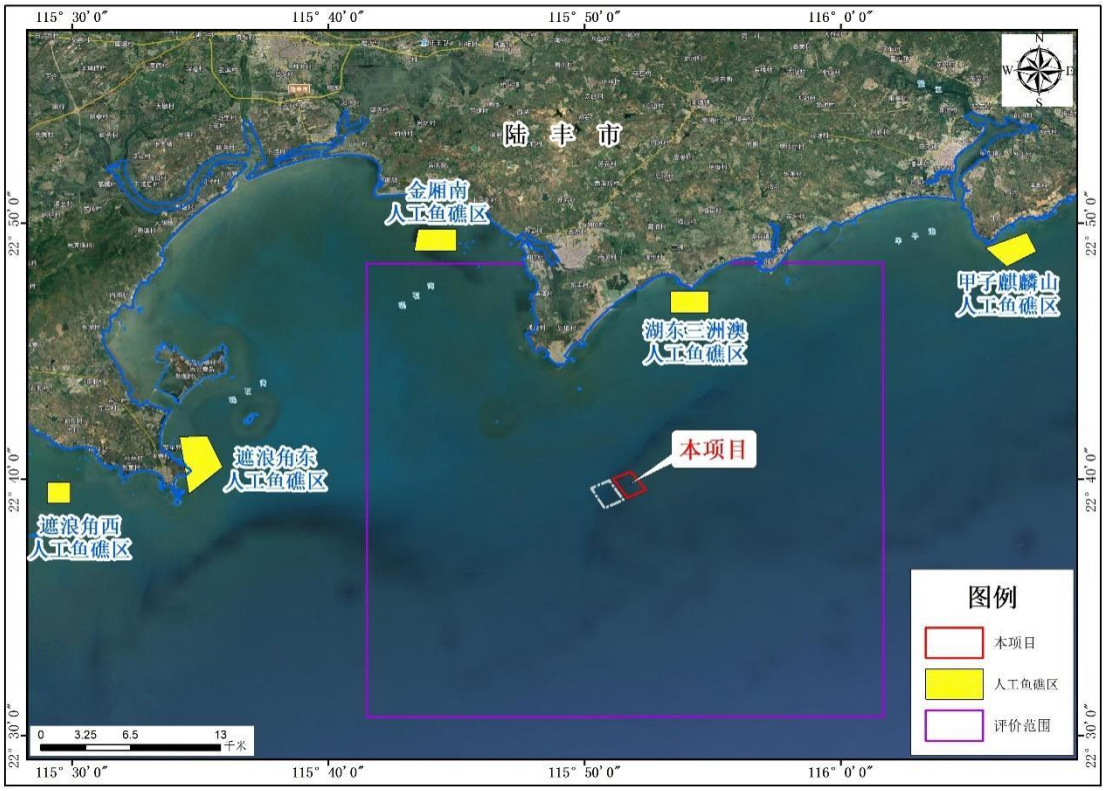


图 5.2.8-1 人工鱼礁区分布图

5.2.9珍稀海洋生物

5.2.9.1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、南澳大桥凤屿、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凤屿之间海域以及汕头港草屿附近海域（图 5.2.9-1）。由图可知，在 2000 年曾发现中华白海豚在项目评价范围内出没。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，汕尾风车岛附近海域发现多头白海豚在海面上嬉戏。

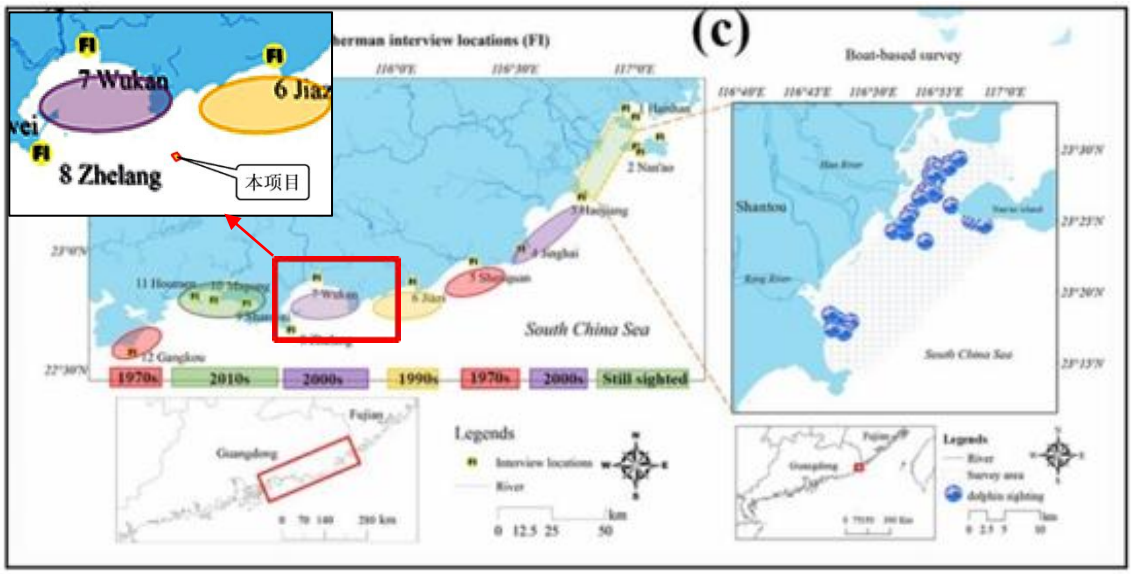


图 5.2.9-1 中华白海豚主要分布区域图

5.2.9.2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蠵龟的洄游路线卫星追踪情况，以及 2001-2010 年中国大陆对 11 头绿海龟和 3 头蠵龟的洄游路线卫星追踪情况进行分析，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。

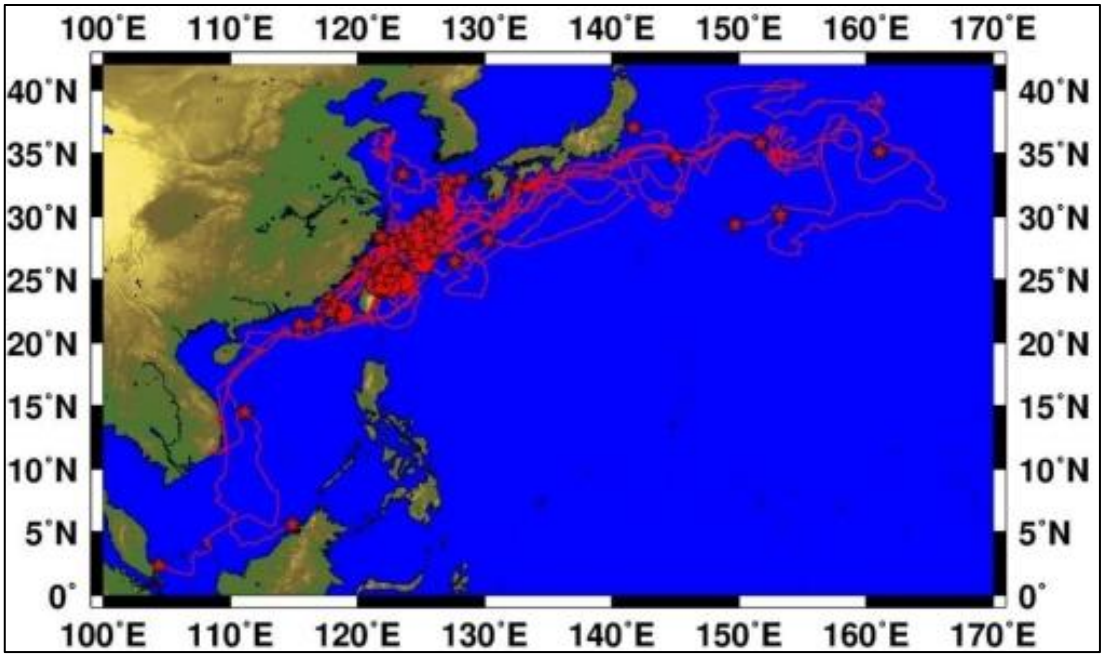


图 5.2.9-2 中国台湾误捕蠵龟洄游路线卫星追踪图

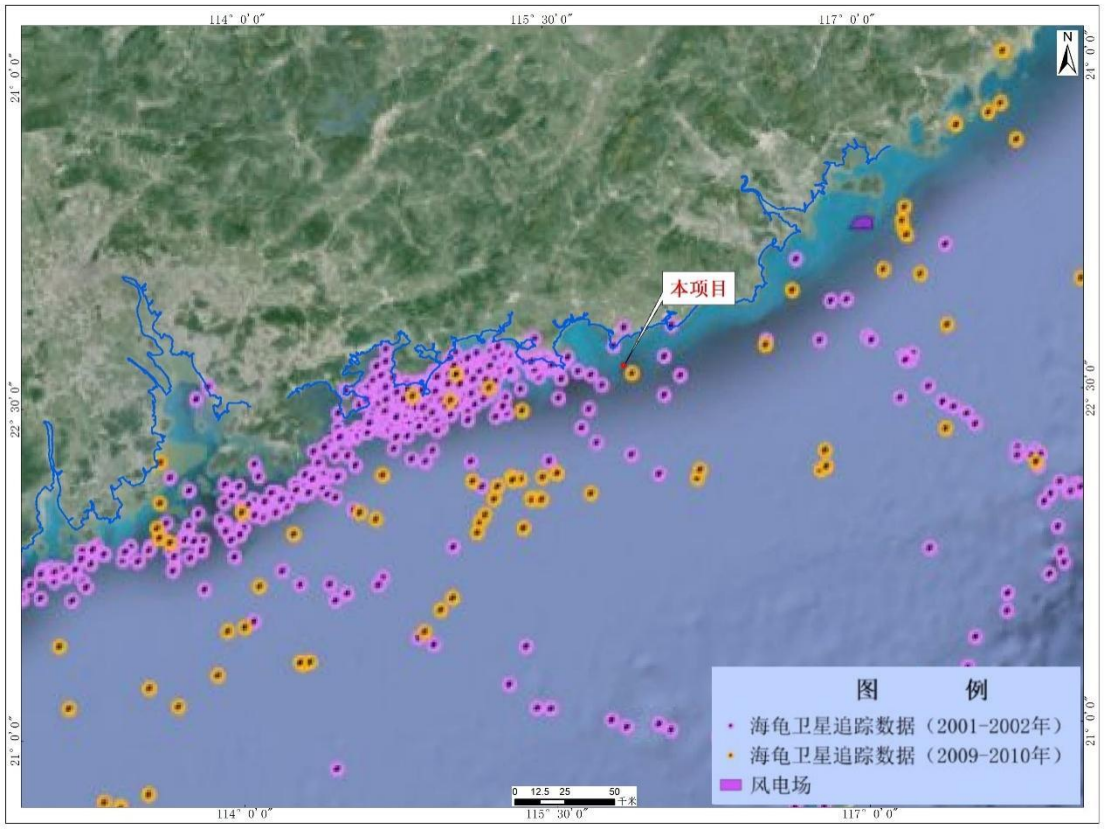


图 5.2.9-3 中国大陆海龟洄游路线卫星追踪图（2001-2010 年）

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。

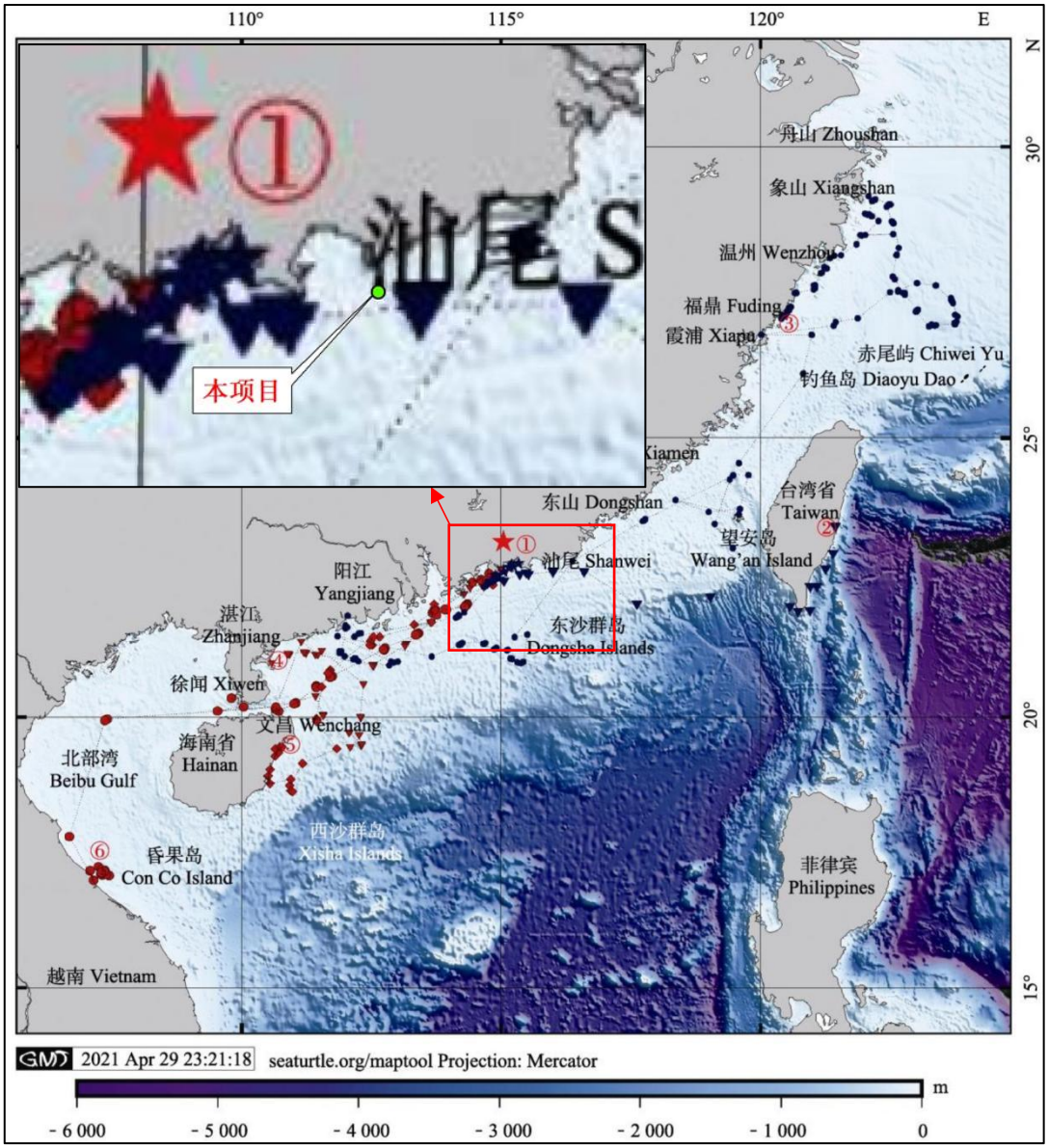


图 5.2.9-4　6 只幼年绿海龟的洄游路线

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 5.2.9-2~图 5.2.9-4 可知，本项目所在海域存在海龟活动的历史追踪数据，说明工程海域曾有海龟出没，但工程海域不是海龟的主要活动区域。

5.2.9.3海马

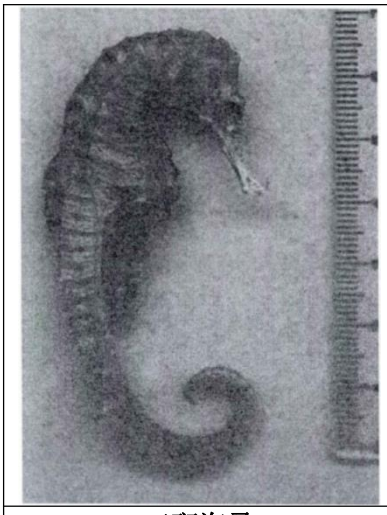
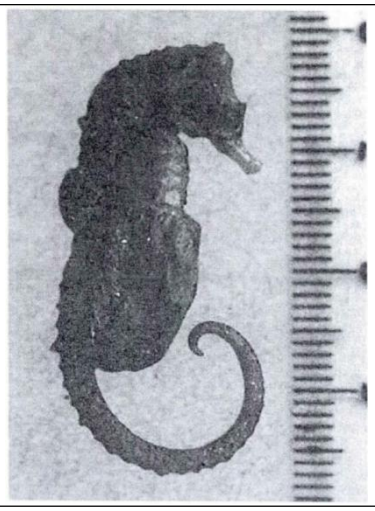
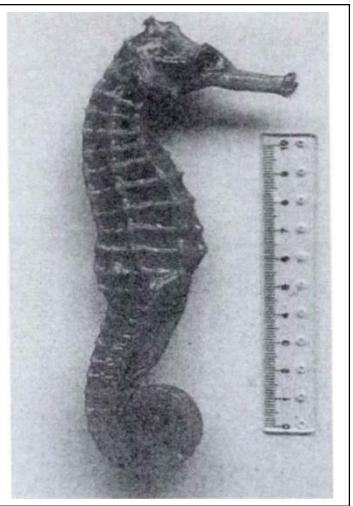
汕尾市碣石湾海马资源市级自然保护区位于田尾山以南海域，由汕尾市于 2006 年批准建立，保护对象为三斑海马、日本海马和克氏海马等及其栖息环境。海马相关习性介绍引自文献《中国海马的分类、资源、利用与保护》《中国产海马

的种类、养殖与利用》《海马人工养殖的研究》《我国海马养殖现状》《<中国药典>2020 年版硬骨鱼纲与鸟纲药用动物养殖研究进展》。

三斑海马（*H．trimaculatus* Leach），背鳍 20~21，臀鳍 4 ，胸鳍 17～18，躯干环 11 节，尾部环 40-41 节，体侧背方第 1、4、7 节各具一大黑色圆斑，体长 10～17cm。尾端渐细，卷曲。头部似马头，与躯干部垂直。胸前部呈刃状。

日本海马（*H．japonicus* Kaup），又名珊瑚海马，小海马。背鳍 16～17，臀鳍鳍条 4，胸鳍鳍条 12~13，躯干环 11 节，尾部环 37-38 节，体型较小，侧扁，体长 5~10cm。体灰褐色，吻及体侧具斑纹，骨环节突棘上长有树枝状的线条物或斑点。

克氏海马（*Hippocampus kelloggi*），又名线纹海马，也叫黄金海马，是一种近海暖水性鱼类，为国家二级保护鱼类。 背鳍 18～19，胸鳍 18，躯干环 11 节，尾部环 39-41 节，体上具线状斑点或呈纹状。

		
三斑海马 （*H．trimaculatus* Leach）	**日本海马** （*H．japonicus* Kaup）	**克氏海马** （*Hippocampus kelloggi*）

海马栖息环境与生活习性相似，生活在近海海藻丛或珊瑚礁丛常繁茂的地带，喜栖息于海藻丛生、水质清澈的近海海区，游泳方式多样，但游泳能力较差，常靠尾部游泳能力较差，常靠尾部卷在海藻上捕食，用口吸食游近其身体的各种浮游动物和小虾。自然海区海马主要摄食小型甲壳动物，主要有桡足类、蔓足类的藤壶幼体、虾类的幼体及成体、莹虾、糠虾和钩虾等。海马生存主要与温度、盐度、光照、pH、溶解氧有关，海马适温范围为 12~33℃，最适水温为 25~28℃，盐度范围是 10‰~32‰，适光范围为 500~20000lx，最适光照为 3000~6000lx，酸碱度为 pH7~8.5、溶氧量需在 3mg/L 以上。繁殖季节从 3 月开始，6-8 月繁殖最旺。雌雄个体常在早晨或午后发情，发情时雄性追逐雌性，双双并列，腹部相对，雄鱼张开育儿囊，雌鱼利用生殖乳突将成熟的卵一个一个地送入雄鱼的育儿囊内，雄鱼在接受

卵的同时，排出精液，使卵受精，受精卵在育儿囊内发育，孵化成小海马，一般约10~12 天。

根据《中广核汕尾后湖海上风电场项目海洋环境影响报告书》（中国科学院南海海洋研究所，2019 年 7 月）、《中广核陆丰海洋工程基地水工工程（码头）项目环境影响报告书（报批稿）》（三平环保咨询（北京）有限公司，2020 年 9 月）、《汕尾电厂二期 5、6 号机组（2×1000MW）扩建工程环境影响报告书》（中国电力工程顾问集团华北电力设计院有限公司，2023 年 8 月）中 2017 年 11 月、2018 年 3 月、2019 年 11 月、2021 年 4 月、2021 年 10 月以及本次项目 2023 年 4 月、2023 年 9 月调查数据中均未发现海马。调查站位如下：

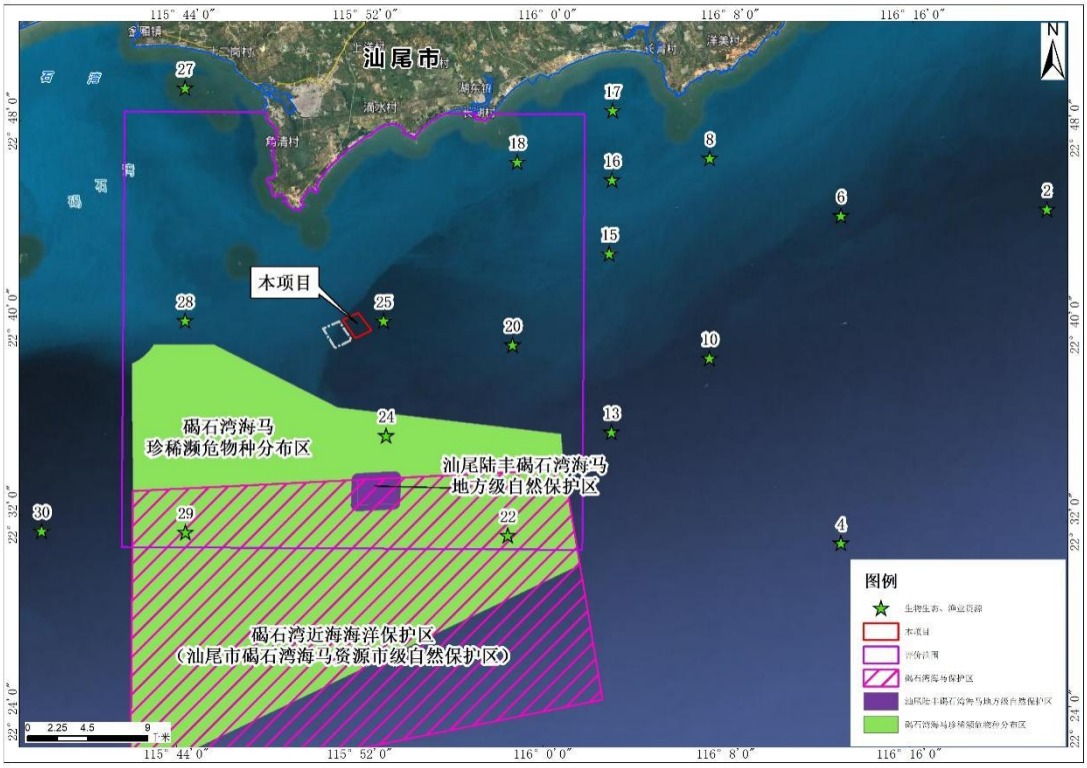


图 5.2.9-5a 2017 年 11 月、2018 年 3 月调查站位图

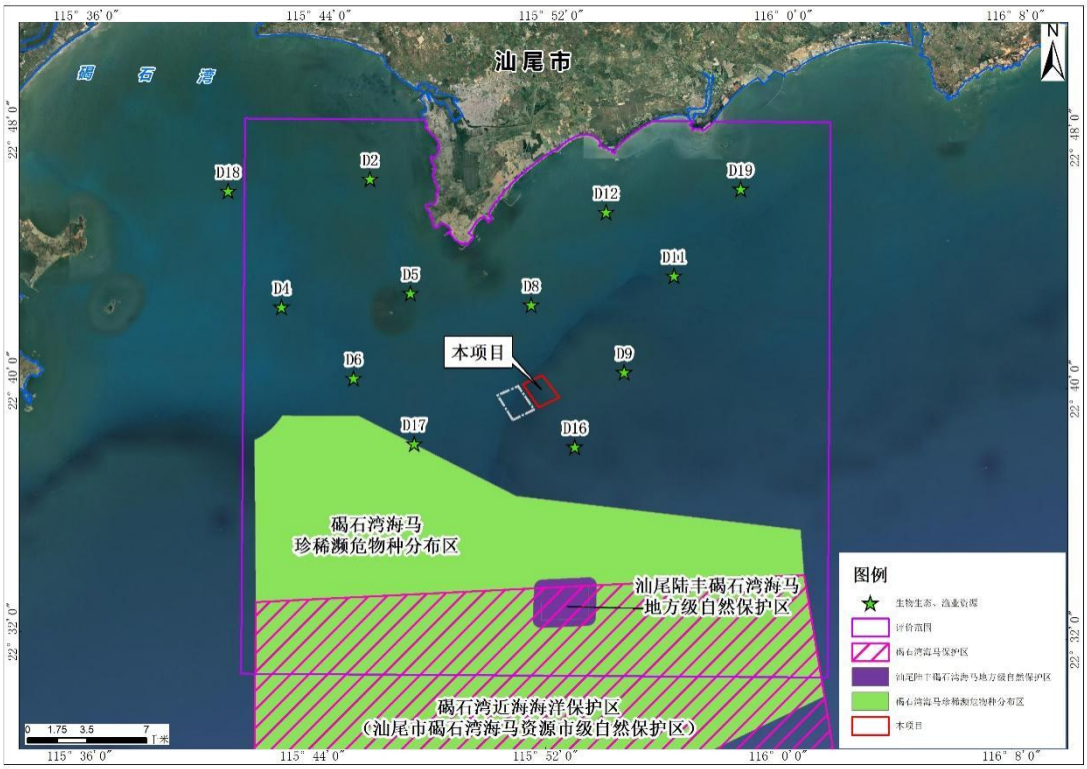


图 5.2.9-5b 2019 年 11 月调查站位图

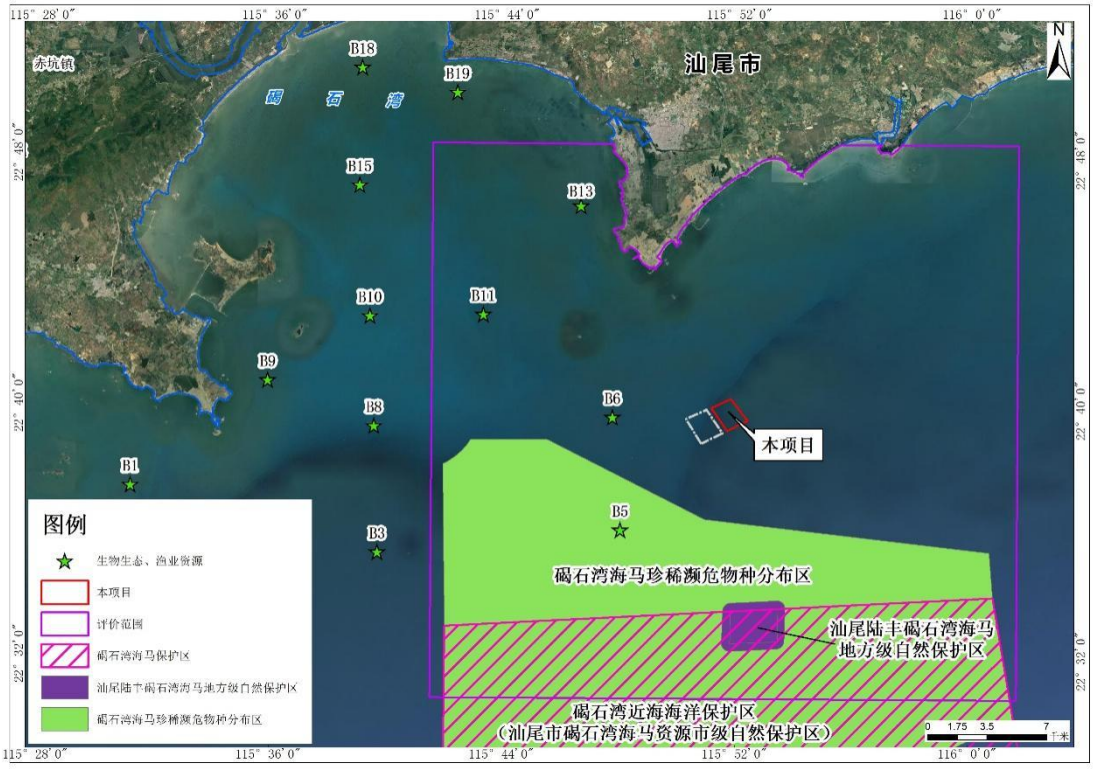


图 5.2.9-5c 2021 年 4 月、2021 年 10 月调查站位图

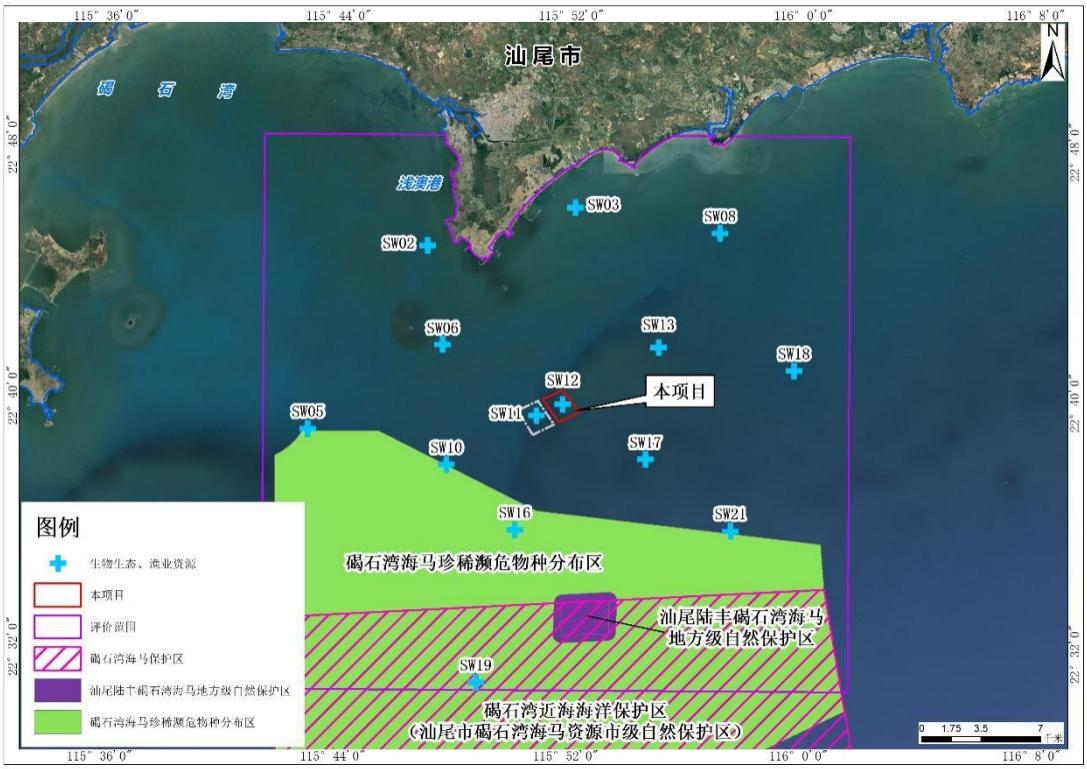


图 5.2.9-5d 2023 年 4 月、2023 年 9 月调查站位图

5.2.9.4文昌鱼

文昌鱼（*Branchiostoma belcheri*）属于属文昌鱼纲（Amphioxi）、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。

根据《中广核汕尾后湖海上风电场项目海洋环境影响报告书》（中国科学院南海海洋研究所，2019 年 7 月）、《中广核陆丰海洋工程基地水工工程（码头）项目环境影响报告书（报批稿）》（三平环保咨询（北京）有限公司，2020 年 9 月）、《汕尾电厂二期 5、6 号机组（2×1000MW）扩建工程环境影响报告书》（中国电力工程顾问集团华北电力设计院有限公司，2023 年 8 月）中 2017 年 11 月、2018 年 3 月、2019 年 11 月、2021 年 4 月、2021 年 10 月以及本次项目 2023 年 4 月、2023 年 9 月调查数据中，2023 年 4 月在底栖生物 SW03 站位发现 3 条文昌鱼，湿重生物量为 1.210g/m^2，15 个/m^2，距离本项目最近距离为 10.9km，2023 年 9 月在底栖生物 SW02 站发现 1 条文昌鱼，湿重生物量为 0.155g/m^2，5 个/m^2，距离本项目最近距离为 11.2km。调查站位图详见 5.2.9-5d。

5.2.10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 5.2.10-1 和图 5.2.10-2，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 等深线以内水域。（图 5.2.10-3），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

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。本项目不在南海区幼鱼、幼虾保护区内。距离南海幼鱼、幼虾保护区最近约 5.5km。

（4）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）和

国家农业科学数据共享中心——渔业科学数据分中心公布的数据，本项目不位于蓝圆鲹、沙丁鱼幼鱼、粤东外海蓝圆鲹产卵场、鲐鱼、红笛鲷等产卵场内（图 5.2.10-5）。

项目周边主要由于幼虾保护区、经济鱼类产卵场的保护期和产卵期见表 5.2.10-1。

表 5.2.10-1 项目周边主要保护区、保护区物种、经济鱼类等保护期、产卵期一览表

名称	保护区或产卵期或繁殖期	与 10mg/L 悬沙最大包络线距离关系
南海区幼鱼、幼虾保护区	每年的 3 月 1 日至 5 月 31 日	4.0km
海马	5-8 月	1.1km
蓝圆鲹、沙丁鱼幼鱼	4 月 15 日-7 月 15 日	评价范围外，最近距离约 45km
粤东外海蓝圆鲹产卵场	3-7 月	评价范围外，最近距离约 13.0km
鲐鱼、红笛鲷	1-3 月	评价范围外，最近距离约 15.1km

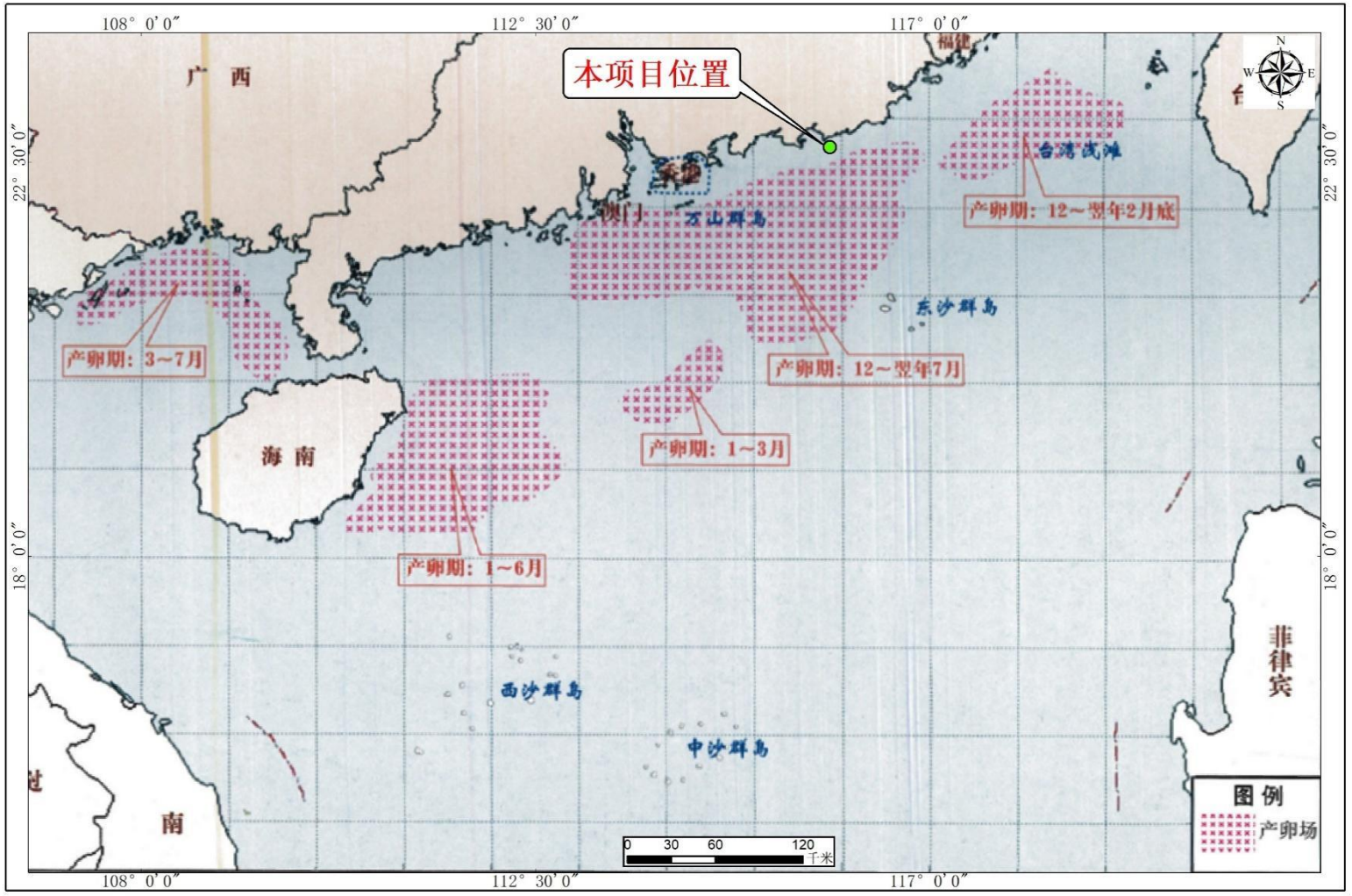


图 5.2.10-1 南海中上层鱼类产卵场示意图

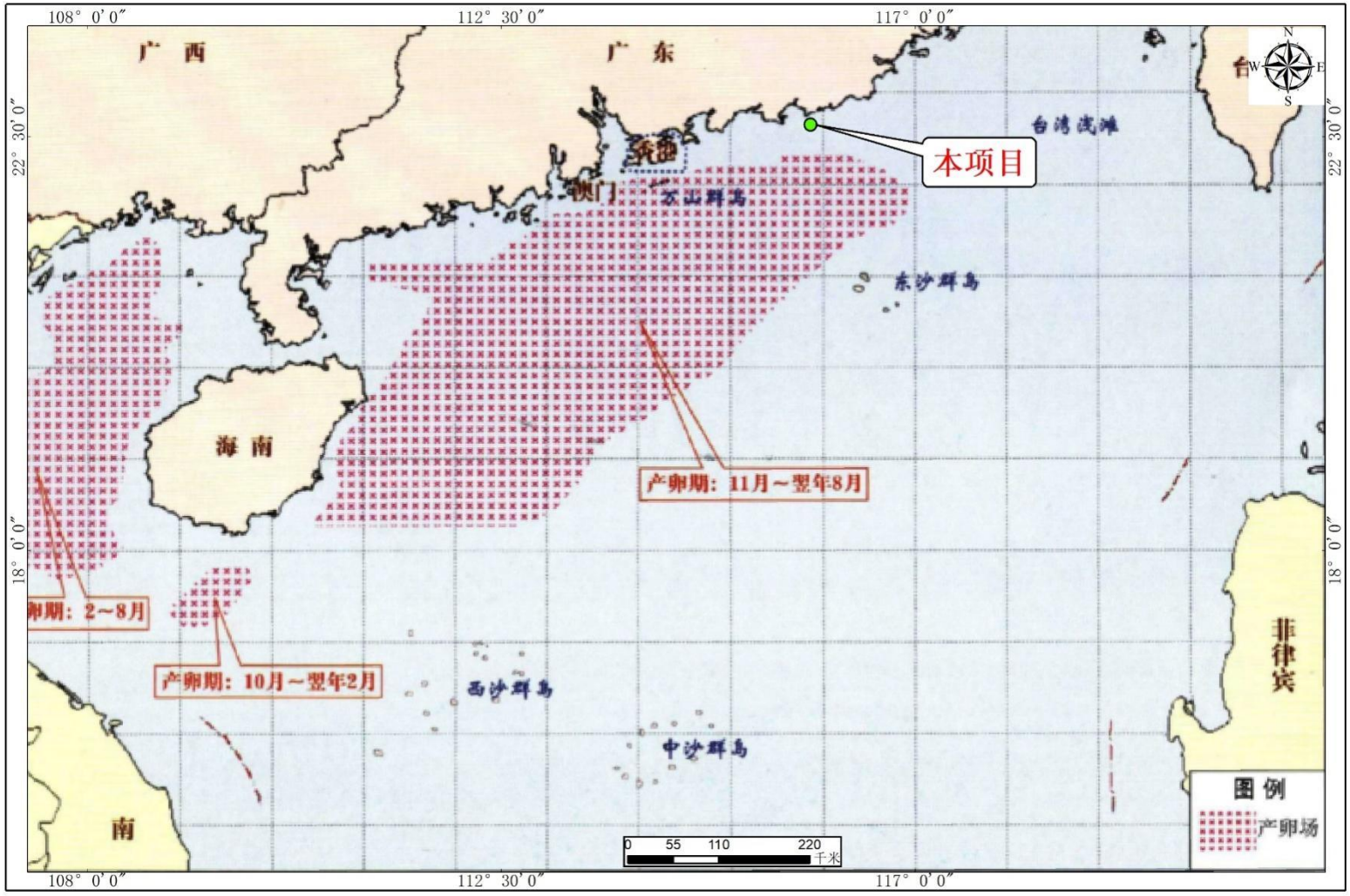


图 5.2.10-2 南海底层、近底层鱼类产卵场示意图

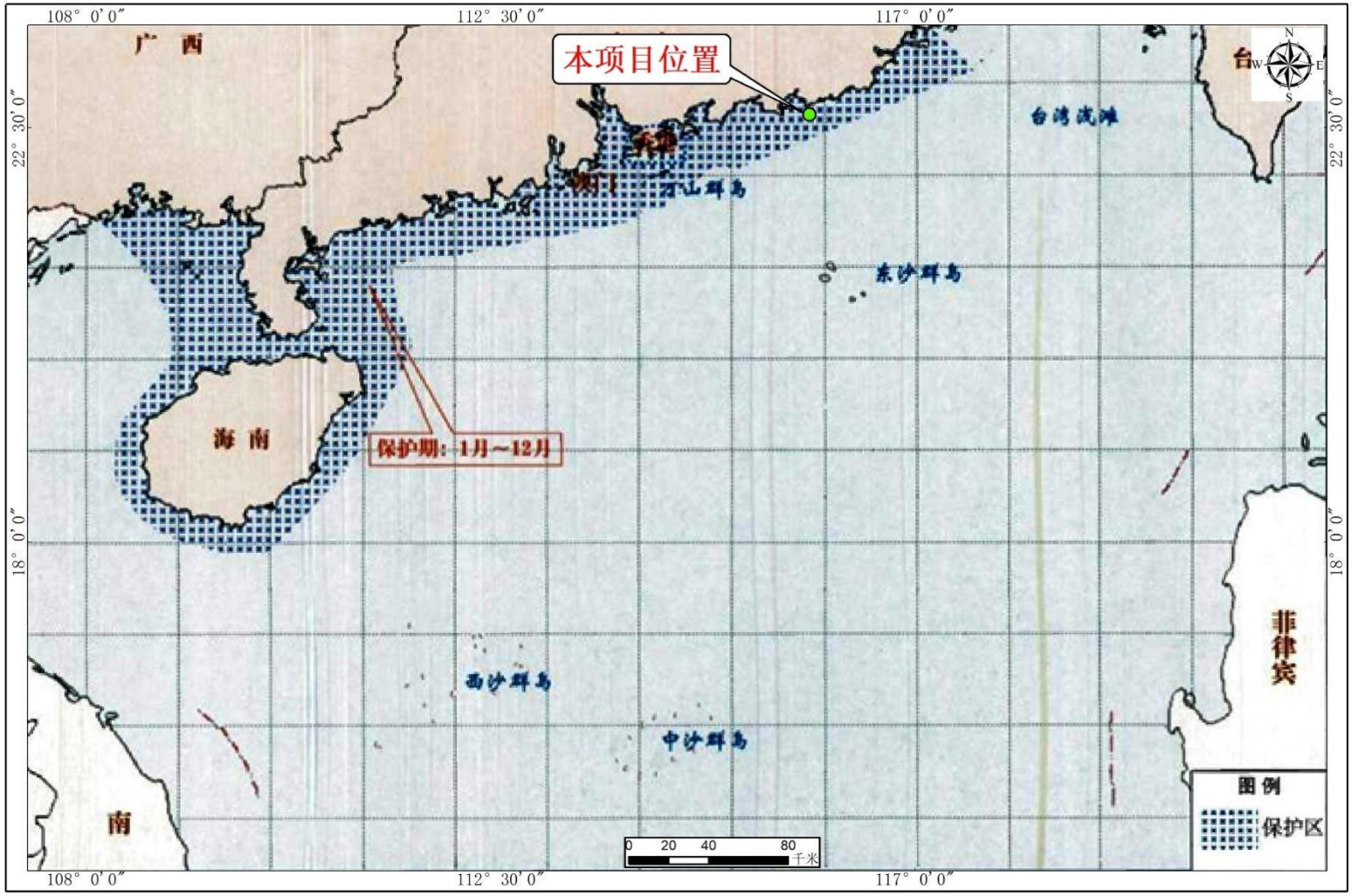


图 5.2.10-3 南海北部幼鱼繁育场保护区范围示意图

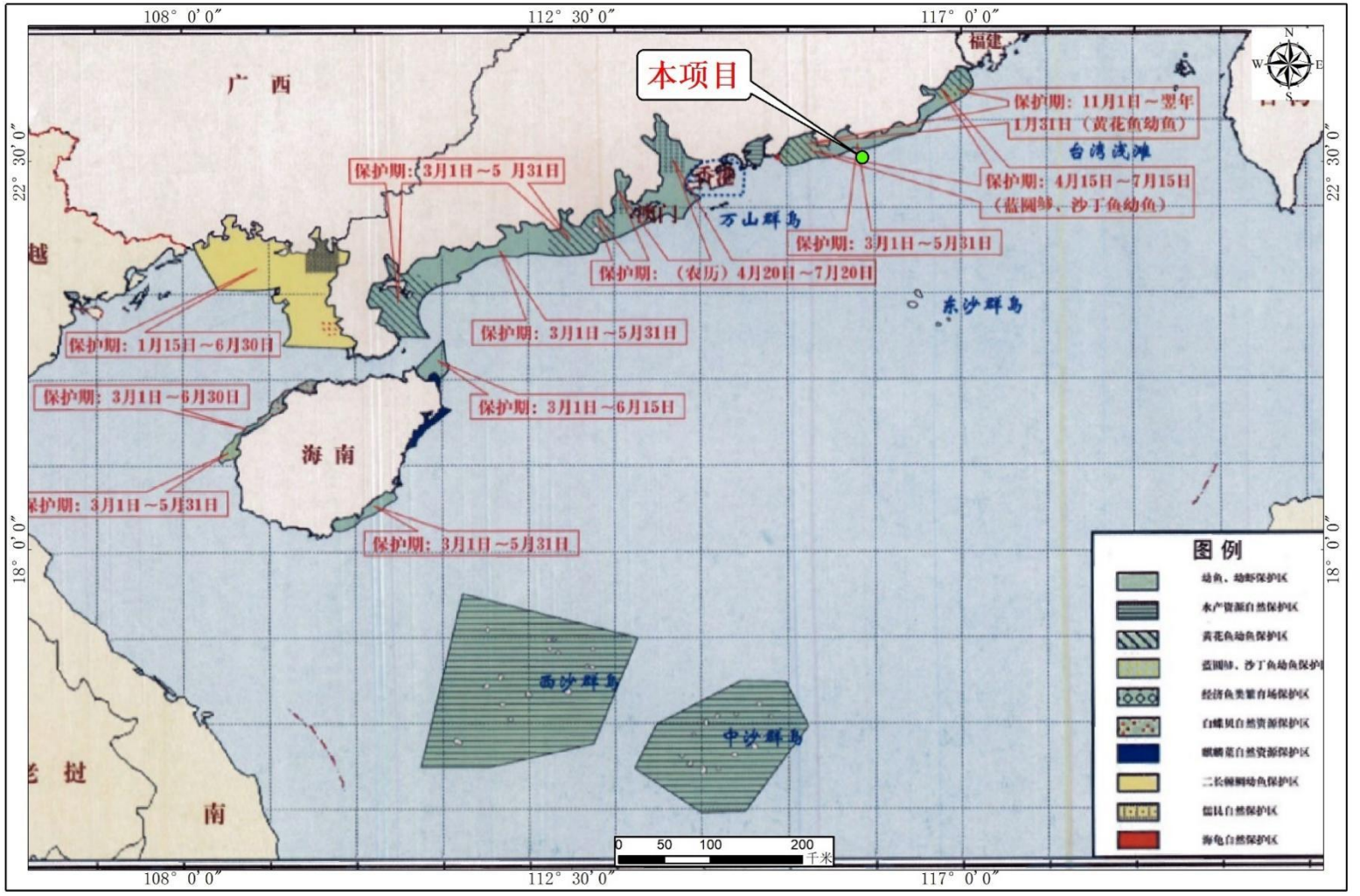


图 5.2.10-4　幼鱼幼虾保护区范围示意图

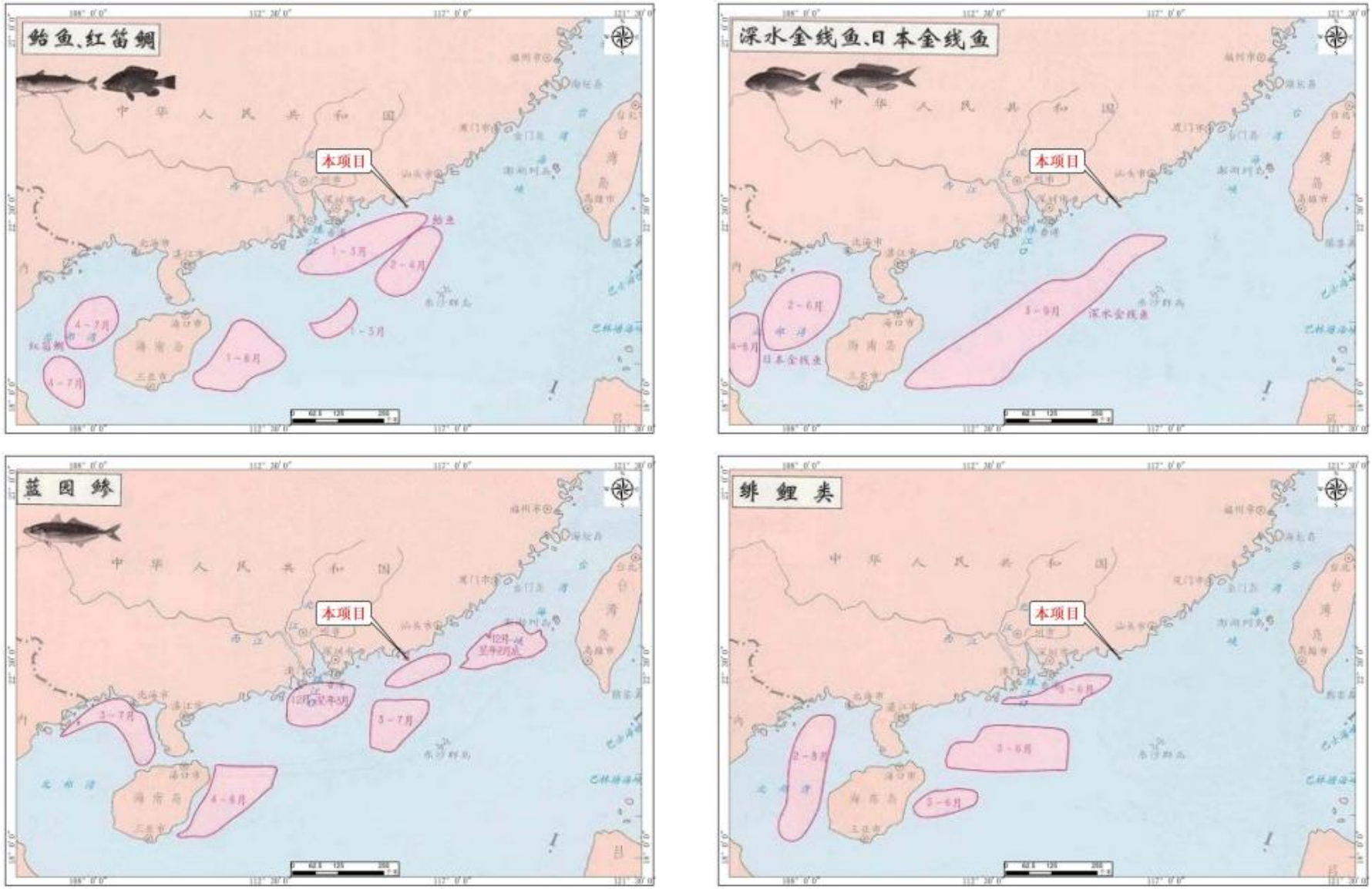


图 5.2.10-4　幼鱼幼虾保护区范围示意图

5.3海域开发利用现状

5.3.1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人工鱼礁、开放式养殖区、航路和锚地等。距离项目最近的为大星山甲子航道，约2.0km。项目所在海域周边开发利用现状见表5.3.1-1和图5.3.1-1。

表5.3.1-1 项目所在海域开发利用现状表

项目名称	与本项目相对位置、最近距离	用海类型
养殖区	西北侧，14.5km	渔业用海
湖东三洲澳人工鱼礁区	东北侧，11.7km	渔业用海
广东省陆丰金厢南海域国家级海洋牧场示范区	西北侧，18.1km	渔业用海
广东陆丰核电一期工程	西北侧，7.8km	工业用海
中广核陆丰海洋工程基地水工工程（码头）项目	北侧，10.2km	工业用海
湖东三洲澳砂矿装卸码头	东北侧，13.7km	交通运输用海
广东陆丰甲湖湾电厂新建工程（2×1000MW）	东北侧，20.3km	工业用海
中广核汕尾后湖海上风电场项目	东侧，2.5km	工业用海
中广核汕尾甲子一海上风电场项目	东侧，8.6km	工业用海
中广核汕尾甲子二海上风电场项目	东侧，9.3km	工业用海
乌坎西线航道	西北侧，25.3km	航道
碣石航道	西北侧，16.7km	航道
大星山甲子航道	北侧，2.0km	航道
乌坎东线航道	西北侧，2.4km	航道
甲子航道	北侧，2.3km	航道
中小型船舶推荐航路	南侧，3.1km	航路
1#锚地	东北侧，12.7km	锚地
2#锚地	东北侧，17.1km	锚地
9#锚地	西侧，13.9km	锚地
10#锚地	西北侧，16.1km	锚地
11#锚地	西北侧，15.7km	锚地

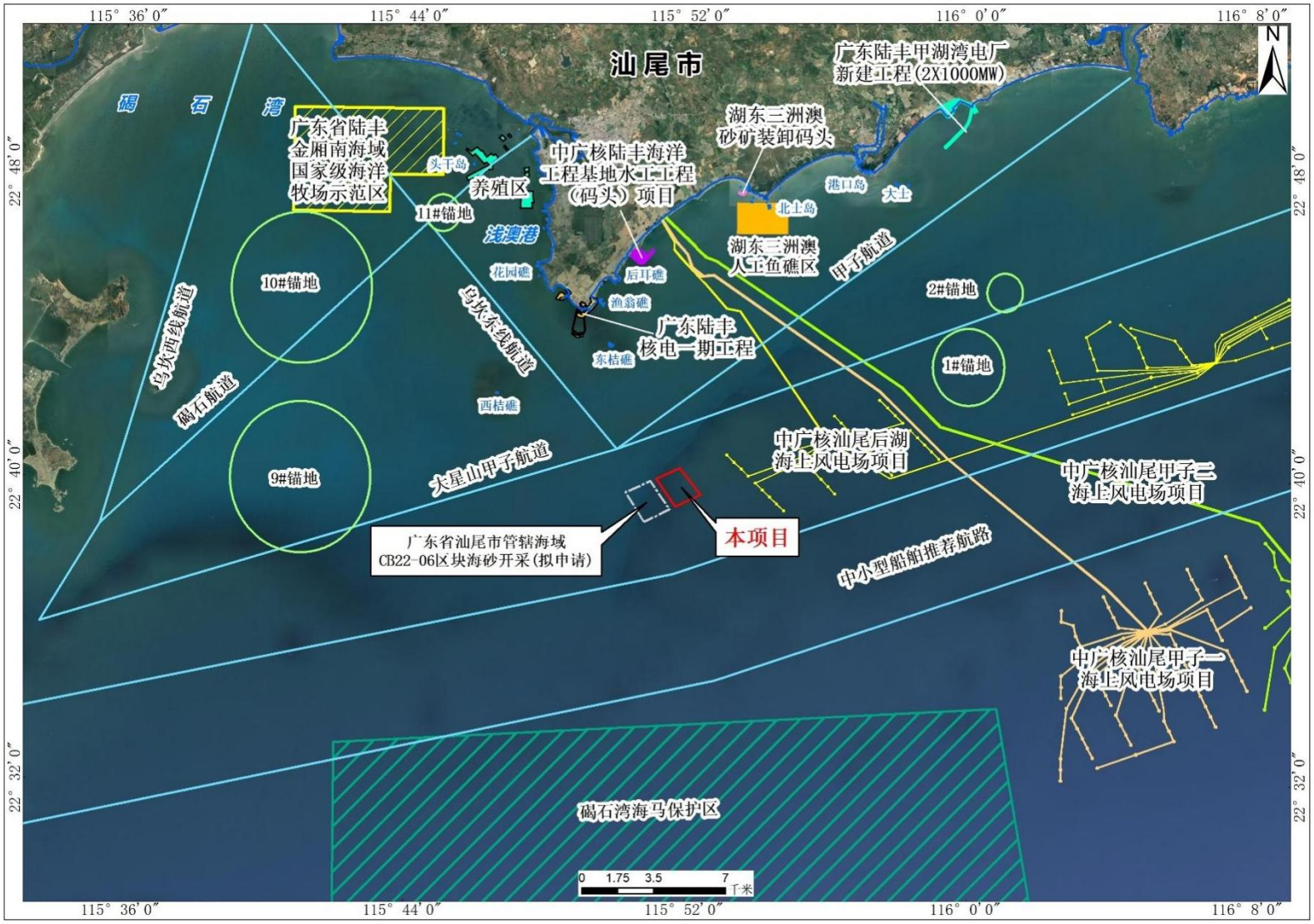


图 5.3.1-1 开发利用现状图

（1）养殖区

项目西北侧 14.5km 为现状养殖区，主要为养殖渔排，未确权。

（2）人工鱼礁区

根据《广东省沿海人工鱼礁建设规划》，碣石湾海域共规划建设人工鱼礁区 6 个，分别为 1、陆丰市甲子麒麟山人工鱼礁区；2、陆丰市湖东三洲澳人工鱼礁区；3 陆丰市碣石田尾山人工鱼礁区；4、陆丰市金厢南人工鱼礁区；5、汕尾市遮浪角东人工鱼礁区；6、汕尾市遮浪角西人工鱼礁区。其中，湖东三洲澳人工鱼礁区位于项目东北侧 11.7km 处。

（3）海洋牧场

广东省陆丰金厢南海域国家级海洋牧场示范区位于本项目西北侧 18.1km 处，该示范区规划海域面积 32 平方公里。根据总体布局显示，示范区划分为人工鱼礁区、海藻种植增殖区和贝类养护增殖区 3 个分区，整个示范区项目建设规划优先在适宜开展人工鱼礁工程建设的位置投入鱼礁群 4 座，预计可投入人工鱼礁总空方量 4.9248 万空立方米。

（4）码头工程

广东陆丰核电一期工程位于本项目北侧 7.8km 处，项目规划建设 6 台百万千瓦级核电机组，核电厂区涉及用海的工程主要为防洪堤工程、取水工程、排水工程和码头工程等。该工程于 2013 年 11 月 15 日在已申请的用海范围内按计划分步开展填海施工，2015 年 6 月基本结束填海工程。

中广核陆丰海洋工程基地水工工程（码头）项目位于本项目北侧 10.2km 处，建设 2 个码头 3 个泊位及相应配套设施，码头总长 361m，年设计通过能力 144.4 万吨，建设防波堤 1 座，防波堤总长度为 1355m。于 2020 年取得海域使用权证，用海总面积为 41.2238 公顷，其中非透水构筑物用海面积为 13.1773 公顷，透水构筑物用海面积为 3.1421 公顷，港池、蓄水用海面积为 24.9044 公顷。目前该项目码头、防波堤均已建成。

湖东三洲澳砂矿装卸码头位于本项目东北侧 13.7km 处，建设单位为汕尾市金峰超细材料有限公司，建设内容为码头、防波堤，建设填海造地用海面积 0.4894 公顷，用海期限为 2004 年 1 月 18 日~2054 年 1 月 18 日。

广东陆丰甲湖湾电厂新建工程（2×1000MW）位于本项目东北侧 20.3km 处，主要建设内容为 1、2 号燃煤机组（2×1000MW）及其配套工程，1 个 10 万吨级的

卸煤码头、1 个 3000t 级的重件码头和长约 2572.27m 的防波堤；填海造地面积为 41.0030 公顷，包括厂区填海、灰场填海和码头工程。现已投产。

（5）风电场项目

项目东侧 2.5km 处为中广核汕尾后湖海上风电场项目，8.6km 处为中广核汕尾甲子一海上风电场项目，9.3km 处为中广核汕尾甲子二海上风电场项目，均已建成，全容量并网发电。

中广核汕尾后湖海上风电场项目规划装机容量为 500MW，布置 91 台 5.5MW 风电机组，其中西侧场址装机容量 200MW，东侧场址装机容量 300MW，同时配套建设 2 座 220kV 海上升压站和陆上集控中心。东区风电机组发出的电能通过 12 回 35kV 集电海底电缆接入东区海上升压站，升压后通过 1 回 220kV 海底电缆接至西区海上升压站，同时西区风电机组发出的电能通过 8 回 35kV 集电海底电缆接入西区海上升压站，最终经西区 220kV 海上升压站升压后通过 2 回 220kV 海底电缆输送到陆上集控中心，再经 1 回 220kV 线路就近接入丰港站电网系统，用海总面积 469.7119 公顷。

中广核汕尾甲子一海上风电场项目规划装机容量为 500MW，布置 78 台 6.45MW 风电机组，同时配套建设 1 座 220kV 海上升压站和陆上集控中心。风电场电能以 35kV 电压等级汇集后，通过 16 回 35kV 海底电缆连接至 220kV 海上升压站，升压后通过 2 回 220kV 海底电缆线路将全部电能输送陆上集控中心登陆，用海总面积 460.5430 公顷。

中广核汕尾甲子二海上风电场项目规划装机容量为 400MW，安装 50 台 8.0MW 风机，配套建设一座 220kV 海上升压站，同时配套建设 1 座陆上升压站。风电机组发出的电能通过 16 回 35kV 集电海底电缆接入海上升压站，升压后通过 2 回 220kV 海底电缆输送到陆上升压站，用海总面积 451.9234 公顷。

（6）航路、航道、锚地

项目南侧 3.1km 为中小型船舶推荐航路，根据《全国沿海航路总体规划》中沿海推荐航路及粤东沿海定线制规划方案。粤东沿海定线制规划航路为中小型船舶推荐航路，宽 3 海里。南下船舶经石碑山角南警戒区后，经西南分隔带 9 海里，航向 250，航程约 31 海里。

项目北侧 2km 外分别为大星山甲子航道、甲子航道，西北侧 2.4km 处为乌坎东线航道，西北侧 16km 外为碣石航道及乌坎西线航道。根据《广东省航道发展规划

（2020-2035 年）》，乌坎东线航道（新开河口灯桩~田尾角）29.2km，发展规划技术等级为 3000 吨级集装箱船航道；乌坎西线航道（乌坎码头~遮浪）34.8km，发展规划技术等级为 3000 吨级集装箱船航道；碣石航道（碣石油气码头~遮浪角）27.2km，发展规划技术等级为 5000 吨级液化汽船航道；甲子航道（甲子杂货码头至田尾角）34.6km，发展规划技术等级为 1000 吨级杂货船。

项目东北侧 12km 外为 1#锚地、2#锚地，西侧 13km 外为 9#锚地，西北侧 15km 外为 10#锚地、11#锚地。

5.3.2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有海上风电场项目、码头工程共 6 项，项目申请用海范围与周边用海项目不存在权属重叠，详见表 5.3.2-1。

表 5.3.2-1 项目周边海域使用权属现状

序号	项目名称	使用权人	证书编号	用海类型	用海方式	宗海面积	起始日期	终止日期
1	广东陆丰甲湖湾电厂新建工程（2×1000MW）	广东宝丽华新能源股份有限公司	2017B44158100854	电力工业用海	建设填海造地	41.003	2017/5/11	2065/5/10
			2017B44158100869		非透水构筑物	29.8394		
			2017B44158100874		透水构筑物，海底电缆管道	4.1299		
			2017B44158100882		港池、蓄水等，取、排水口	4.0062		
2	湖东三洲澳砂矿装卸码头	汕尾市金峰超细材料有限公司	44400007	港口用海	建设填海造地	0.4894	2004/1/18	2054/1/18
3	中广核陆丰海洋工程基地水工工程（码头）项目	中广核新能源港口投资（陆丰）有限公司	2020B44158101446	电力工业用海	透水构筑物，港池、蓄水等	28.0465	2020/6/10	2070/6/9
			2020B44158101459		透水构筑物	0.3786	2020/6/10	2021/12/9
			2020B44158101463		非透水构筑物	13.1773	2020/6/10	2070/6/9
4	中广核汕尾后湖海上风电场项目	中广核新能源海上风电（汕尾）有限公司	2021B44150000375	电力工业用海	透水构筑物，海底电缆管道	469.7119	2019/9/19	2047/9/18
5	中广核汕尾甲子一海上风电场项目	中广核汕尾新能源有限公司	/	电力工业用海	透水构筑物，海底电缆管道	460.543	/	2048/11/15
6	中广核汕尾甲子二海上风电场项目	中广核汕尾新能源有限公司	/	电力工业用海	透水构筑物，海底电缆管道	451.9234	/	2048/11/15

5.4 外环境污染源调查与分析

经调查，项目评价范围内其他污染源为广东省汕尾市管辖海域 CB22-06 区块海砂开采项目，最近距离为 300m。

根据《广东省汕尾市管辖海域 CB22-06 区块海砂开采环境影响评价报告书》（广东海兰图环境技术研究有限公司，2023 年 9 月），该项目采砂时污染源强见表 5.4-1。

表 5.4-1 CB22-06 区块海砂开采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（5 艘）	147.65~203.8kg/s	SS	控制采砂范围等
	采砂过程（海砂分选）（5 艘）	169.85~213.25kg/s	SS	经位于海面以下约 2.0m 左右的溢流口溢流回采砂区
	矿体崩塌	1.99~4.86kg/s	SS	合理开采、规范作业
	碎石回填采砂坑	0.75 kg/s	SS	
	船舶舱底航油污水	27.70t/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	15.3m³/d	COD_{Cr}:6.120kg/d BOD_5：3.060kg/d SS：3.366kg/d 氨氮：0.383kg/d 总磷：0.122kg/d	船舶生活污水可在满足《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的要求的前提下排放，若不满足标准排放要求则需经船舶上的生活污水收集设施收集上岸后，由接收单位拉运处理，不得直接排放入海。
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	0.33×10^4t/a	碎石杂物	回填采砂坑

6环境质量现状调查与评价

6.1水文动力环境

项目委托广州海兰图检测技术有限公司分别于2023年2月、2023年8月在项目附近海域进行水文观测。

6.1.1调查概况

6.1.1.1 2023年2月

（1）调查站位

本次调查共布设6个水文站位（SWL1、SWL2、SWL3、SWL4、SWL5和SWL6站）和2个潮位观测站位（SWC1和SWC2站位），同时收集常规潮位观测站甲子港、汕尾港潮位站2023年2月6日~3月8日潮位数据。位置如图6.1.1-1所示，各站位坐标以及观测内容见表6.1.1-1。调查内容包括：温度、盐度、深度、海流（流速、流向）、含沙量、风速和风向、海况、潮位等。

表6.1.1-1 2023年2月水文观测站坐标和观测内容

站位	经度（E）	纬度（N）	观测内容	观测时间
SWL1	115°58'05.29"	22°45'06.05"	海流、悬沙、温盐	2023年2月21日12时至2023年2月22日14时
SWL2	115°50'10.41"	22°42'35.89"	海流、悬沙、温盐、风速风向	
SWL3	115°42'03.53"	22°41'18.29"	海流、悬沙、温盐	
SWL4	116°00'27.22"	22°37'06.68"	海流、悬沙、温盐	
SWL5	115°54'11.51"	22°33'16.92"	海流、悬沙、温盐、风速风向	
SWL6	115°45'51.29"	22°32'28.73"	海流、悬沙、温盐	
SWC1	115°47'54.48"	22°45'21.38"	潮位	2023年2月21日00时至2023年3月7日23时
SWC2	115°53'37.65"	22°47'45.34"	潮位	
甲子港	116.100°	22.817°	潮位	2023年2月6日0时至2023年3月8日23时
汕尾港	115.367°	22.767°	潮位	

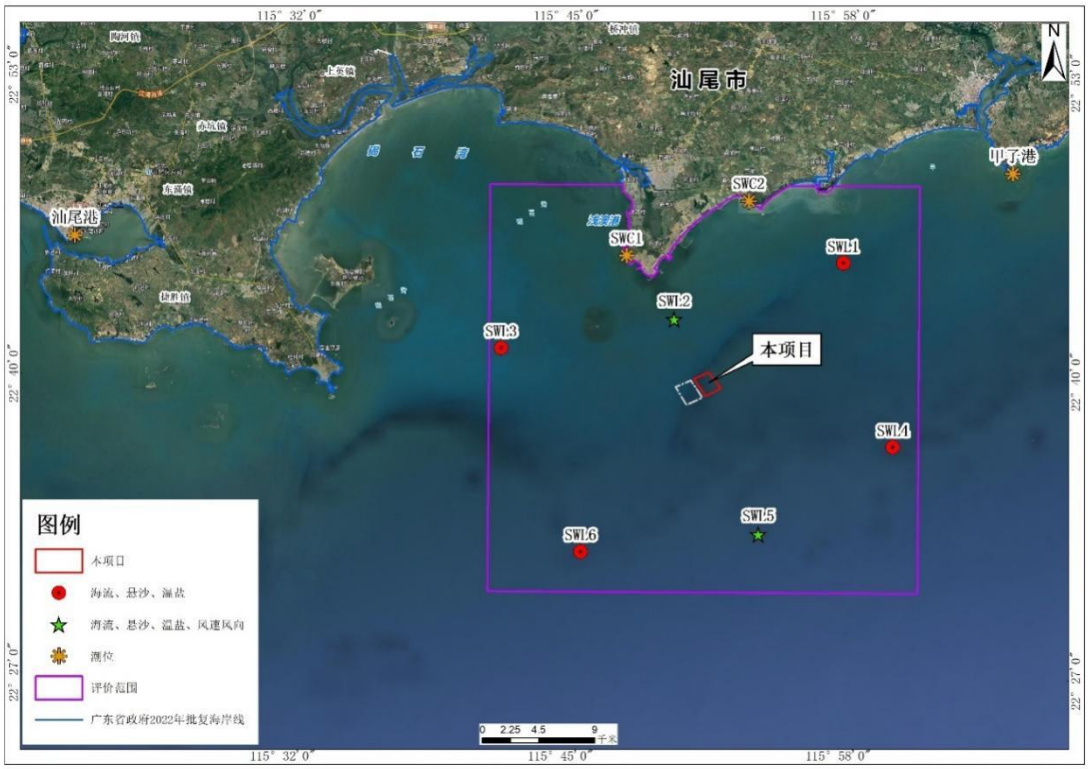


图 6.1.1-1 2023 年 2 月水文监测站位布设示意图

（2）观测方法

①潮位观测

1）观测要素：潮位

2）观测仪器：keller 自记式水位计

3）观测时间与频率：观测时间为 2023 年 2 月 21 日 00 时至 2023 年 3 月 7 日 23 时，采样频率为 5 分钟一次。

4）潮高基准面分别为在平均海面下 0.92m 和 0.95m。

②海流观测

1）观测要素：流速、流向

2）观测仪器：使用安德拉单点海流计观测

3）观测层次：调查层次由测站垂线水深 H 决定，对于沿海垂线流速流向观测，层次按表 6.1.1-2 要求进行观测。

4）观测时间与频率：观测时间为 2023 年 2 月 21 日 12 时至 2023 年 2 月 22 日 14 时，观测频率为每小时一次。各站同步观测。

5）分析方法：船只锚碇测流法

6）引用标准：《海洋调查规范 第 2 部分：海洋水文》（GB12763.2-2007）。

表 6.1.1-2　垂线测点分布

垂线水深 H	测点数	测点位置水深（m）
H<2	1	0.6H
2<H<5	2	0.2H,0.8H
5<H<8	3	0.2H,0.6H,0.8H
8<H<11	5	表层，0.2H,0.6H,0.8H,底层
H≥11	6	表层，0.2H,0.4H,0.6H,0.8H,底层

注：表层为水面下 0.5m，底层为海面上 0.5m。如遇海况不好，为确保设备正常运行，可适当作调整。

③温盐观测

1）观测要素：水温、盐度

2）观测仪器：道万 CTD

3）观测层次：观测时间与层次与海流观测一致。

4）观测时间与频率：观测时间为 2023 年 2 月 21 日 12 时至 2023 年 2 月 22 日 14 时，观测频率为每小时一次，整点连续 27 个时次测量。

5）分析方法：温盐深仪定点观测法

6）引用标准：《海洋调查规范 第 2 部分：海洋水文》（GB12763.2-2007）。

④悬沙观测

1）观测要素：含沙量、粒径。

2）观测仪器：采水器。

3）观测层次：每次采集表层（水面下 0.5m~1.0m）、0.6H（H 为水深）、底层（离海底 0.5m~1.0m），每层次采大于 1L 水样，测试悬沙含量，其中 H 为水深。

4）观测时间与频率：观测时间为 2023 年 2 月 21 日 12 时至 2023 年 2 月 22 日 14 时，观测频率为每 2 小时一次。

5）分析方法：重量法、激光法。

6）引用标准：《海洋调查规范 第 8 部分:海洋地质地球物理调查》GBT 12763.8-2007 6.1.4 悬浮体。

6.1.1.2 2023 年 8 月

（1）调查站位

本次调查共布设 6 个水文站位（SWL1、SWL2、SWL3、SWL4、SWL5 和 SWL6 站）和 2 个潮位观测站位（SWC1 和 SWC2 站位），同时收集常规潮位观测站甲子港、汕尾港潮位站 2023 年 7 月 31 日~8 月 30 日潮位数据。位置如图 6.1.1-2 所示，各站位坐标以及观测内容见表 6.1.1-3。调查内容包括：温度、盐度、深度、

海流（流速、流向）、含沙量、风速和风向、海况、潮位等。

表 6.1.1-3　2023 年 8 月水文观测站坐标和观测内容

站位	经度（E）	纬度（N）	观测内容	观测时间
SWL1	115°58'05.29"	22°45'06.05"	海流、悬沙、温盐	2023 年 8 月 18 日 11 时至 2023 年 8 月 19 日 13 时
SWL2	115°50'10.41"	22°42'35.89"	海流、悬沙、温盐、风速风向	
SWL3	115°42'03.53"	22°41'18.29"	海流、悬沙、温盐	
SWL4	116°00'27.22"	22°37'06.68"	海流、悬沙、温盐	
SWL5	115°54'11.51"	22°33'16.92"	海流、悬沙、温盐、风速风向	
SWL6	115°45'51.29"	22°32'28.73"	海流、悬沙、温盐	
SWC1	115°47'54.48"	22°45'21.38"	潮位	2023 年 8 月 8 日 00 时至 2023 年 8 月 22 日 23 时
SWC2	115°53'37.65"	22°47'45.34"	潮位	
甲子港	116.100°	22.817°	潮位	2023 年 7 月 31 日 0 时~8 月 30 日 23 时
汕尾港	115.367°	22.767°	潮位	



图 6.1.1-2 2023 年 8 月水文监测站位布设示意图

（2）观测方法

①潮位观测

1）观测要素：潮位

2）观测仪器：keller 自记式水位计

3）观测时间与频率：观测时间为 2023 年 8 月 8 日 00 时至 2023 年 8 月 22 日 23 时，采样频率为 5 分钟一次。

4）潮高基准面分别为在平均海面下 0.92m 和 0.95m。

②海流观测

1）观测要素：流速、流向

2）观测仪器：使用安德拉单点海流计观测

3）观测层次：调查层次由测站垂线水深 H 决定，对于沿海垂线流速流向观测，层次按表 6.1.1-2 要求进行观测。

4）观测时间与频率：观测时间为 2023 年 8 月 18 日 11 时至 2023 年 8 月 19 日 13 时，观测频率为每小时一次。各站同步观测。

5）分析方法：船只锚碇测流法

6）引用标准：《海洋调查规范 第 2 部分：海洋水文》（GB12763.2-2007）。

表 6.1.1-2 垂线测点分布

垂线水深 H	测点数	测点位置水深（m）
H<2	1	0.6H
2<H<5	2	0.2H,0.8H
5<H<8	3	0.2H,0.6H,0.8H
8<H<11	5	表层，0.2H,0.6H,0.8H,底层
H≥11	6	表层，0.2H,0.4H,0.6H,0.8H,底层

注：表层为水面下 0.5m，底层为海底床上 0.5m。如遇海况不好，为确保设备正常运行，可适当作调整。

③温盐观测

1）观测要素：水温、盐度

2）观测仪器：道万 CTD

3）观测层次：观测时间与层次与海流观测一致。

4）观测时间与频率：观测时间为 2023 年 8 月 18 日 11 时至 2023 年 8 月 19 日 13 时，观测频率为每小时一次，整点连续 27 个时次测量。

5）分析方法：温盐深仪定点观测法

6）引用标准：《海洋调查规范 第 2 部分：海洋水文》（GB12763.2-2007）。

④悬沙观测

1）观测要素：含沙量、粒径。

2）观测仪器：采水器。

3）观测层次：每次采集表层（水面下 0.5m~1.0m）、0.6H（H 为水深）、底层（离海底 0.5m~1.0m），每层次采大于 1L 水样，测试悬沙含量，其中 H 为水深。

4）观测时间与频率：观测时间为 2023 年 8 月 18 日 11 时至 2023 年 8 月 19 日 13 时，观测频率为每 2 小时一次。

5）分析方法：重量法、激光法。

6）引用标准：《海洋调查规范 第 8 部分:海洋地质地球物理调查》GBT 12763.8-2007 6.1.4 悬浮体。

6.1.2风速风向

6.1.2.1 2023 年 2 月

本次水文观测期间，风向以东北风为主，风速在 8.9m/s~15.0m/s。各站点风速以及风向变化不大。SWL1、SWL2 和 SWL3 站位海况均为 3 级，其余站位海况均为 4 级。

6.1.2.2 2023 年 8 月

本次水文观测期间，风向以西南风为主，风速在 3.4m/s~7.1m/s。各站点风速以及风向变化不大，在观测期间，前 15 个小时的风速较强，而后 12 个小时的风速逐渐减弱，在 2023 年 8 月 18 日 12 点附近风速达到最强。SWL1、SWL2 和 SWL3 站位海况均为 1 级，其余站位海况均为 2 级。

6.1.3潮位

（1）2023 年 2 月

根据 SWC1、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 2023 年 2 月 21 日 00 时至 3 月 7 日 23 时（15 天），如图 6.1.3-1 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：甲子港和汕尾港，其中黑色的线表示甲子港和汕尾港，红色表示 SWC1 站的潮位，蓝色表示 SWC2 站的潮位，绘制时间为 2023 年 2 月 6 日 0 时至 2023 年 3 月 8 日 23 时（一个月），其数据来自于国家海洋信息中心，如图 6.1.3-2 所示。

由图表可知，两个站位的潮汐基本一样，测流期间之中出现两次高潮和两次低潮，且相邻两个高（低）潮存在潮高不等，潮汐不等现象。

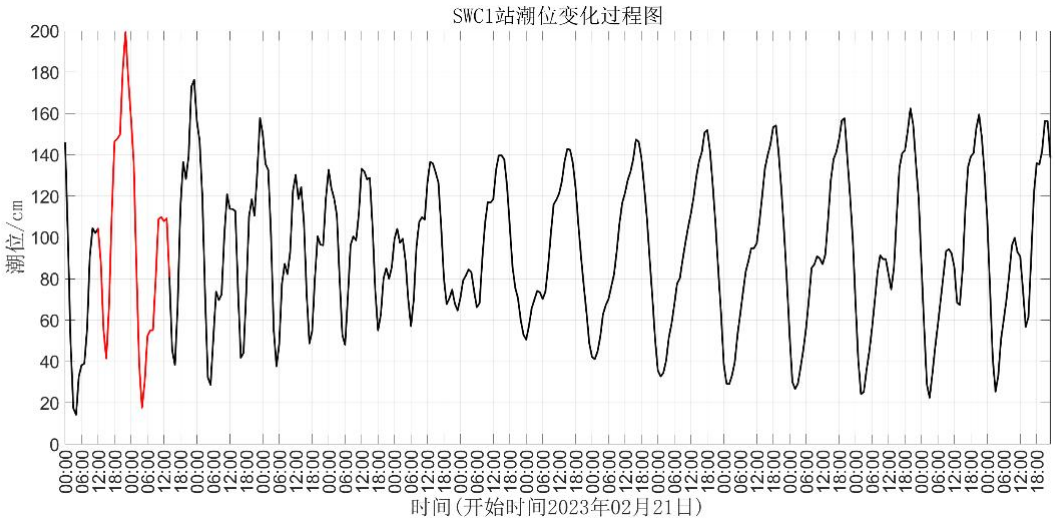


图 6.1.3-1a 冬季 SWC1 站潮位过程曲线

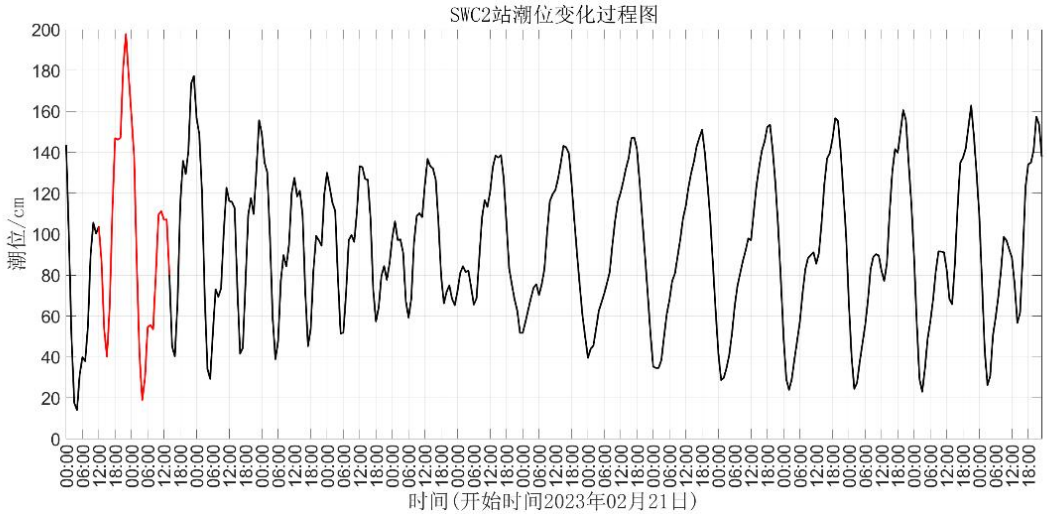


图 6.1.3-1b 冬季 SWC2 站潮位过程曲线

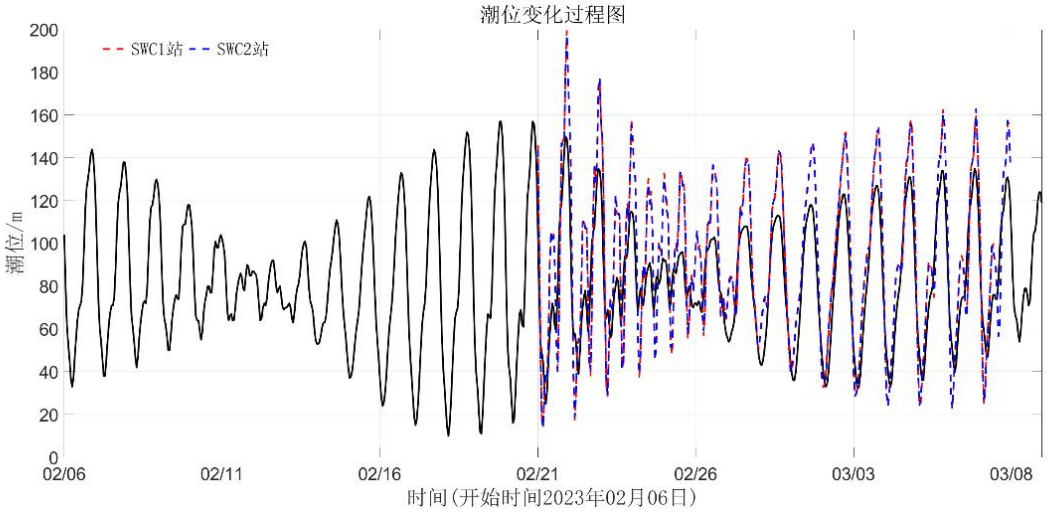


图 6.1.3-2a 冬季甲子港潮位过程曲线

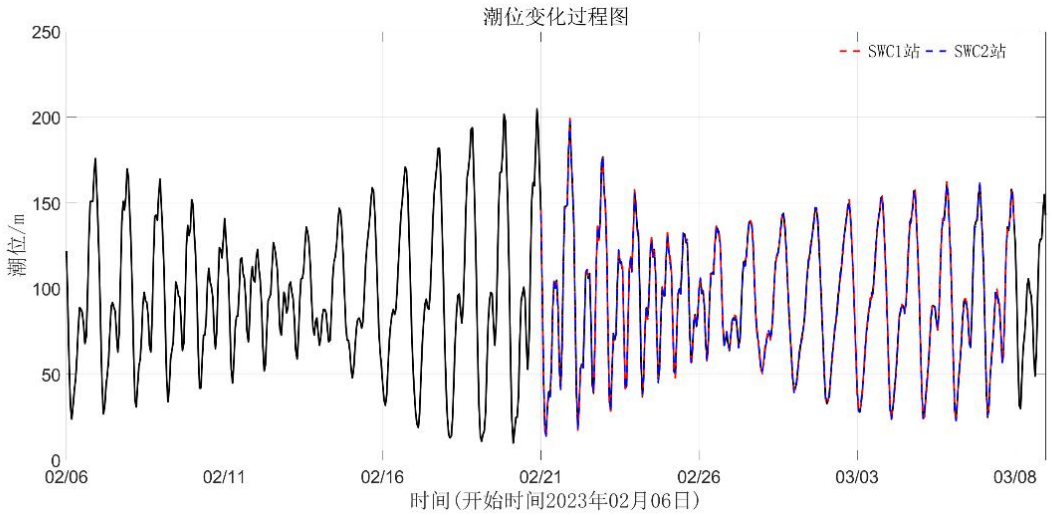


图 6.1.3-2b 冬季汕尾站潮位过程曲线

（2）2023 年 8 月

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 2023 年 08 月 08 日 00 时至 2023 年 08 月 22 日 23 时（15 天），如图 6.1.3-3 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：甲子港和汕尾站，其中黑色的线表示甲子港和汕尾站，红色表示 SWC1 站的潮位，蓝色表示 SWC2 站的潮位，绘制时间为 2023 年 07 月 31 日 0 时至 2023 年 08 月 30 日 23 时（一个月），其数据来自于国家海洋信息中心，如图 6.1.3-4 所示。

由图表可知，各个站位的潮汐基本一样，在一天之中出现两次高潮和两次低潮，且少数日期出现一日两次涨落的半日潮，但这时潮差小，日不等现象显著。

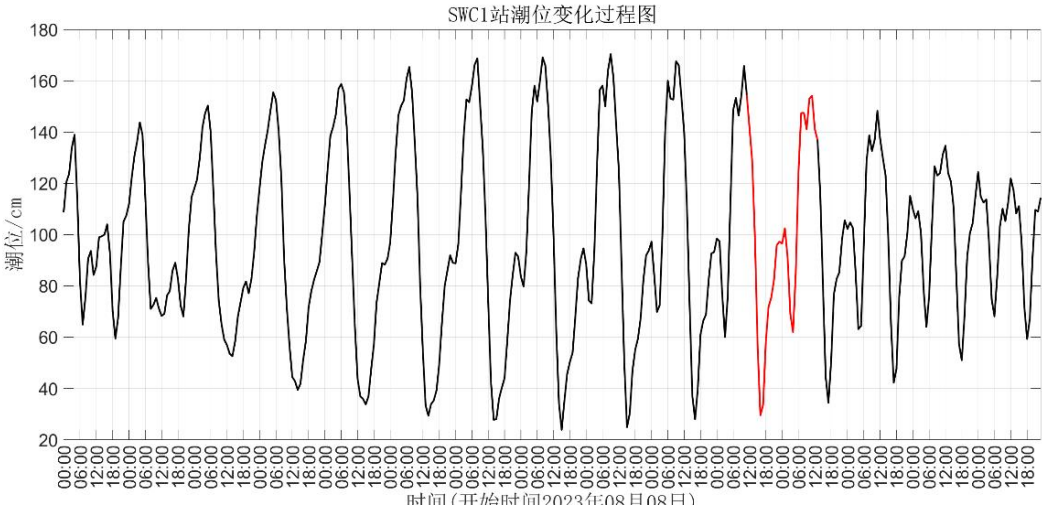


图 6.1.3-3a 夏季 SWC1 站潮位过程曲线

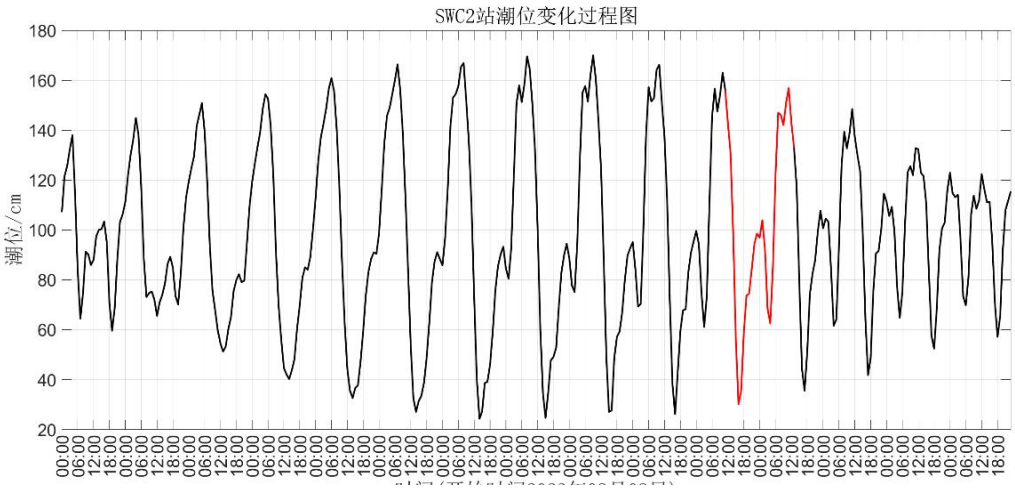


图 6.1.3-3b 夏季 SWC2 站潮位过程曲线

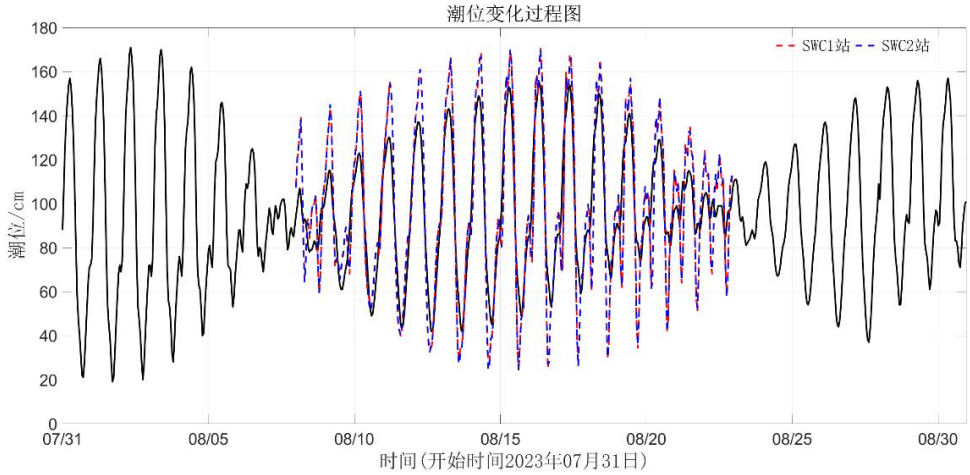


图 6.1.3-4a 夏季甲子港潮位过程曲线

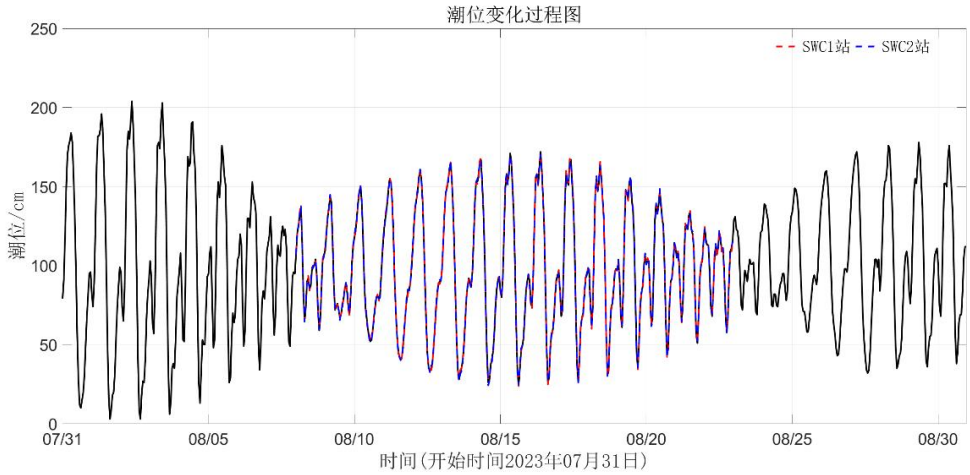


图 6.1.3-4b 夏季汕尾站潮位过程曲线

6.1.3.1潮汐调和分析

（1）2023 年 2 月

采用引入差比数（采用了甲子港的差比关系）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 6.1.3-1 列出了各站六个主要分潮的振幅和迟角。

表 6.1.3-1 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	23.82	258	23.82	259
K_1	27.50	314	27.29	314
M_2	27.82	268	27.63	268
S_2	13.44	299	13.29	299
M_4	7.20	267	7.23	266
MS_4	6.84	339	6.64	339

由表可知，两个站位的分潮中 K_1 分潮振幅皆最大，其中 SWC1 的 K_1 分潮振幅为约为 23.54cm，迟角为 314°；SWC2 的 K_1 分潮振幅约为 23.93cm，迟角为 314°。

（2）2023 年 8 月

采用引入差比数（采用了甲子港的差比关系）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 6.1.3-2 列出了各站六个主要分潮的振幅和迟角。

表 6.1.3-2 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	23.63	259	23.75	259
K_1	31.87	314	31.78	314
M_2	29.06	262	29.07	262
S_2	10.79	287	10.86	287
M_4	9.36	286	9.43	287
MS_4	5.11	352	5.15	352

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 分潮振幅为约为为 31.87cm，迟角为 314°；SWC2 的 K_1 分潮振幅约为 31.78cm，迟角为 314°。

6.1.3.2 潮汐性质和潮汐特征值

（1）2023 年 2 月

采用主要日分潮振幅与主要半日分潮振幅的比值 $F=\left(W_{O_1}+W_{k_1}\right)/W_{M_2}$ 作为划分潮汐性质的判据：

$F<0.5$　　正规半日潮

$0.5\le F<2.0$　　不正规半日潮

$2.0\le F<4.0$　　不正规全日潮

$4.0\le F$　　正规全日潮

两个临时潮位观测站的潮汐性质系数 F 值分别为 1.85 和 1.85，说明观测期间调

查海区的潮汐类型为不正规半日潮。同时，通过甲子港和汕尾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 5.65 和 1.95。根据中国沿海港口潮汐性质分布图（吴俊彦,肖京国,成俊等. 中国沿海潮汐类型分布特点[C]//中国测绘学会.中国测绘学会九届四次理事会暨 2008 年学术年会论文集.[海军出版社],2008:194-199.）可见，两个临时海区更接近汕尾港，因此 SWC1 和 SWC2 站为不正规半日潮的结果可信。观测期间调查海区最高潮位为 1.99m，最低潮位为 0.14m，最大涨潮潮差为 1.58m，最大落潮潮差为 1.82m。

表 6.1.3-3 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）	1.99	1.98
最低潮位（m）	0.14	0.14
平均潮位（m）	0.94	0.93
最大涨潮潮差（m）	1.58	1.07
最大落潮潮差（m）	1.82	1.79
平均涨潮历时（h）	16	16
平均落潮历时（h）	11	11
潮汐性质系数 F	1.85	1.85
潮汐类型	不正规半日潮	不正规半日潮

（2）2023 年 8 月

临时潮位观测站的潮汐性质系数 F 值分别为 1.91 和 1.91，说明观测期间调查海区的潮汐类型为不正规半日潮。同时，通过甲子港和汕尾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 5.87 和 2.17；而测量海区更靠近汕尾港。因此 SWC1 和 SWC2 站为不正规半日潮的结果可信。观测期间调查海区最高潮位为 1.70m，最低潮位为 0.24m，最大涨潮潮差为 1.19m，最大落潮潮差为 1.46m。

表 6.1.3-4 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）	1.70	1.70
最低潮位（m）	0.24	0.24
平均潮位（m）	0.98	0.98
最大涨潮潮差（m）	1.19	0.96
最大落潮潮差（m）	1.46	1.45
平均涨潮历时（h）	16	16
平均落潮历时（h）	11	11
潮汐性质系数 F	1.91	1.91
潮汐类型	不正规半日潮	不正规半日潮

6.1.3.3 实测潮位统计分析

6.1.4实测海流

6.1.4.1 2023 年 2 月

从海流的流态来看，观测期内各站点海流表现出了明显的往复流的特征，同时表层流场受大风天气过程的影响，表层流场流向与风场风向一致。 从各站海流过程矢量图可以看出，表现为涨潮流主轴主要偏向 WSW，落潮流偏向 ENE。

观测期间最大涨潮流速为 70.3cm/s，最大落潮流速为 67.2cm/s，分别出现在 SWL3 站 0.2H 层和 SWL6 站 0.2H 层。最大涨潮和落潮平均流速分别为 39.3cm/s 和 48.5cm/s，均出现在 SWL6 站 0.2H 层。在垂向结构上看，靠近外海的站位（SWL4、SWL5 和 SWL6）由于受风场的影响，表层及次表层的流场与风场一致，整体流向主要为西南向，底层流场则与潮流主轴方向一致，以西南-东北为主；同时，可以看到靠近外海的站点表层的主流向与底层的主流向是不一致的，表明表层流场在大风过程的强迫下，发生流向的转变（向西南）。近岸的站位流速整体分布均匀，各层次的流速差异不大。SWL6 站流速最大，SWL3 站流速次之。

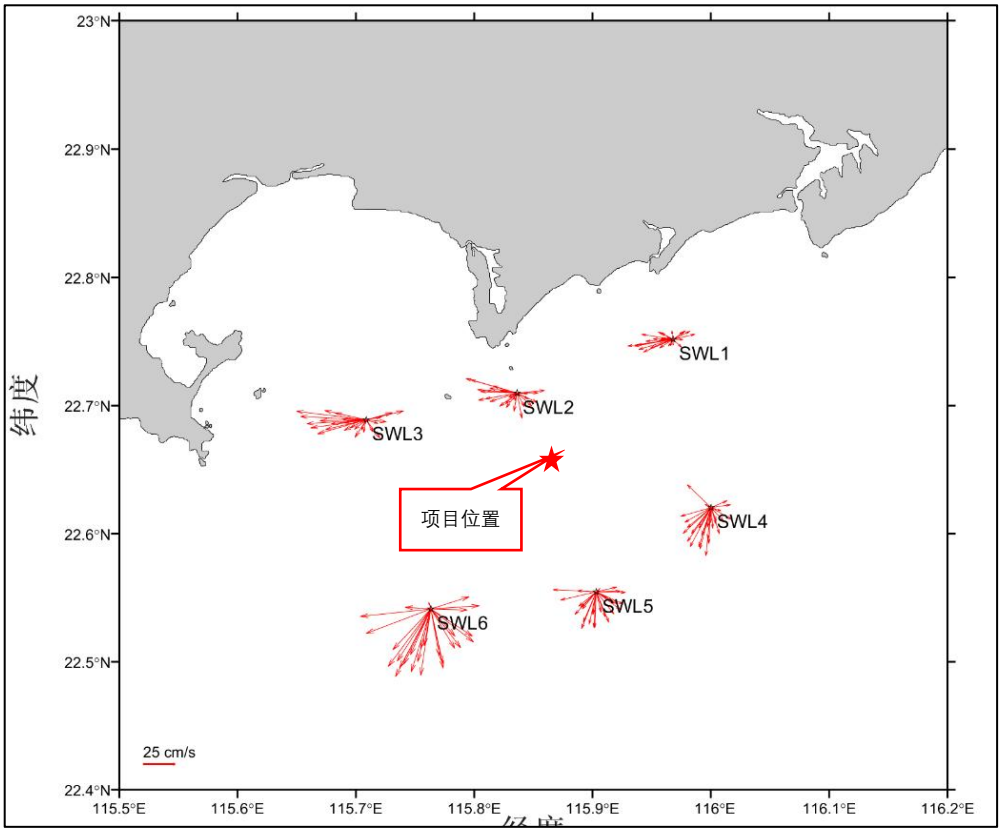


图 6.1.4-1a 冬季表层海流平面分布矢量图

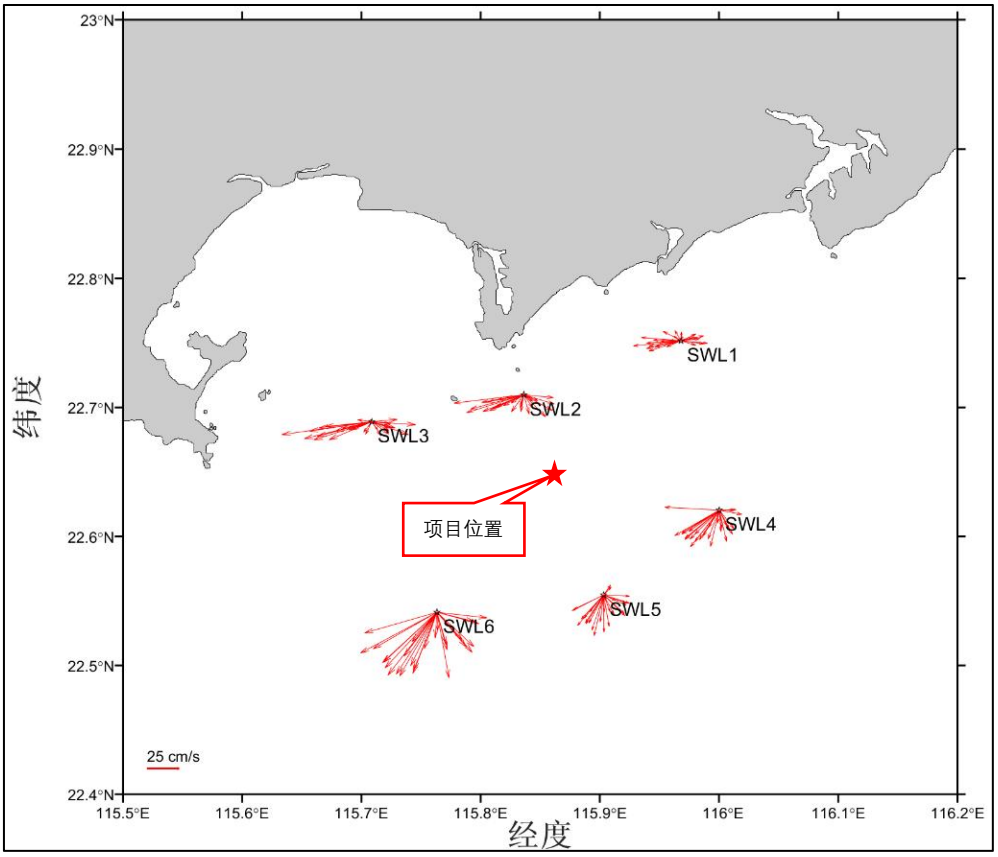


图 6.1.4-1b 冬季 0.2H 层海流平面分布矢量图

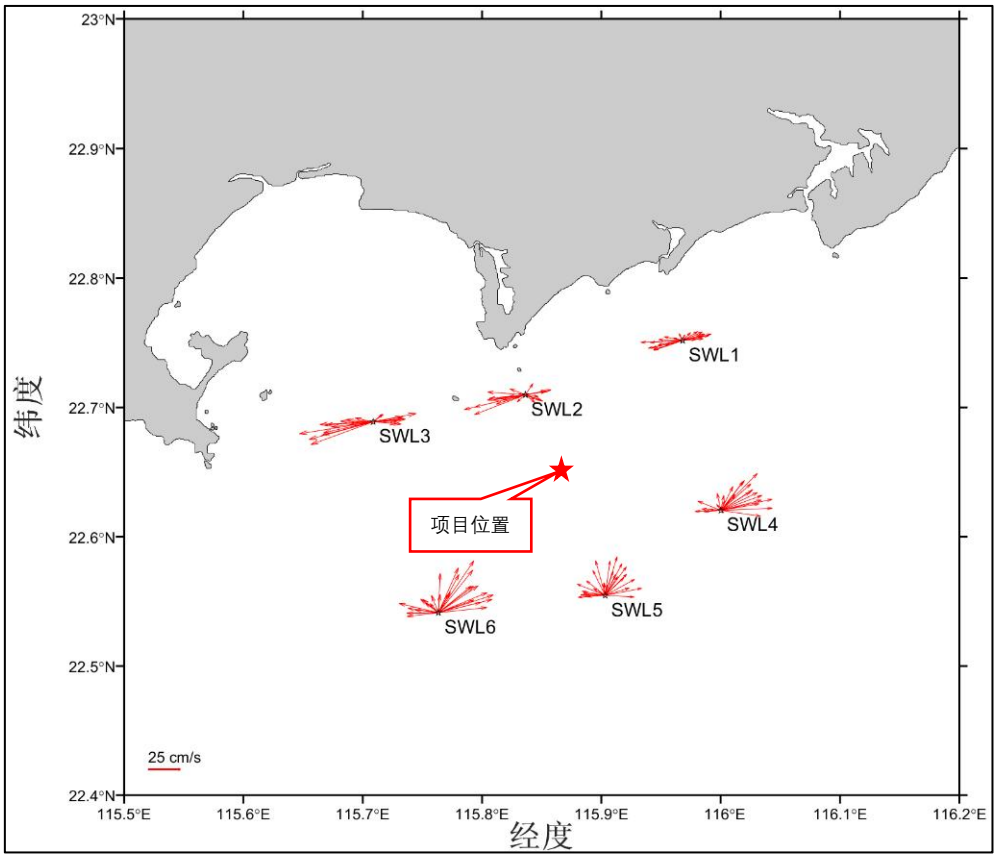


图 6.1.4-1c 冬季 0.4H 层海流平面分布矢量图

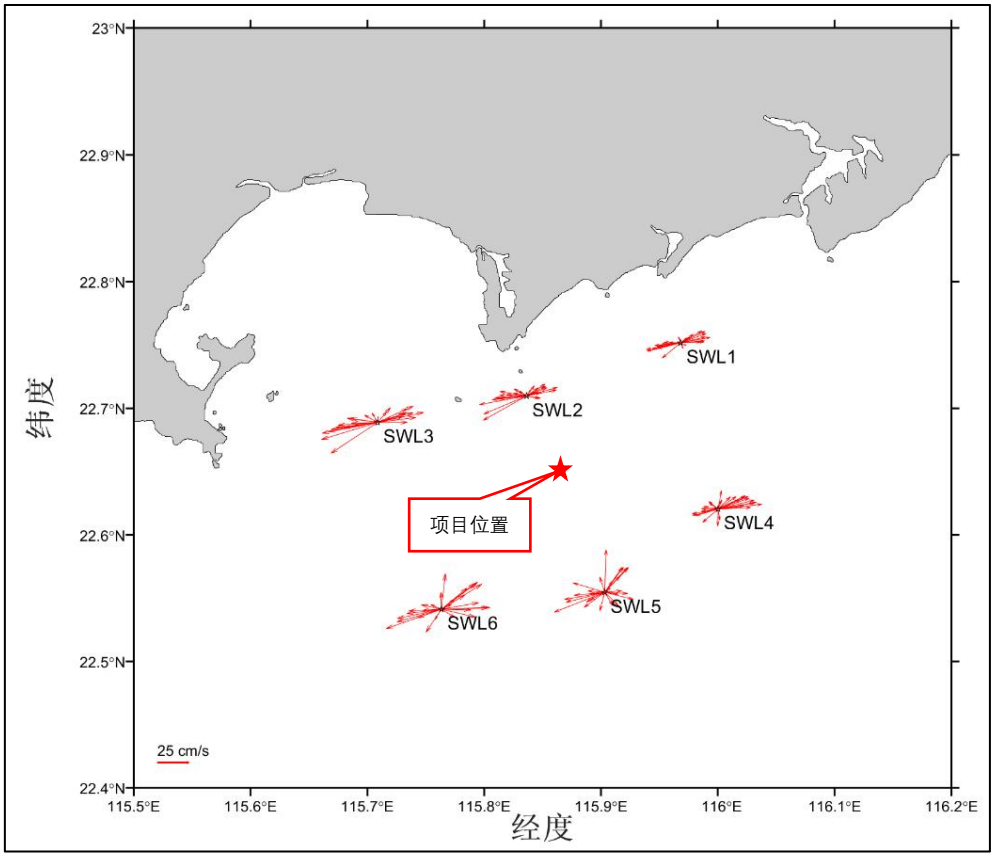


图 6.1.4-1d 冬季 0.6H 层海流平面分布矢量图

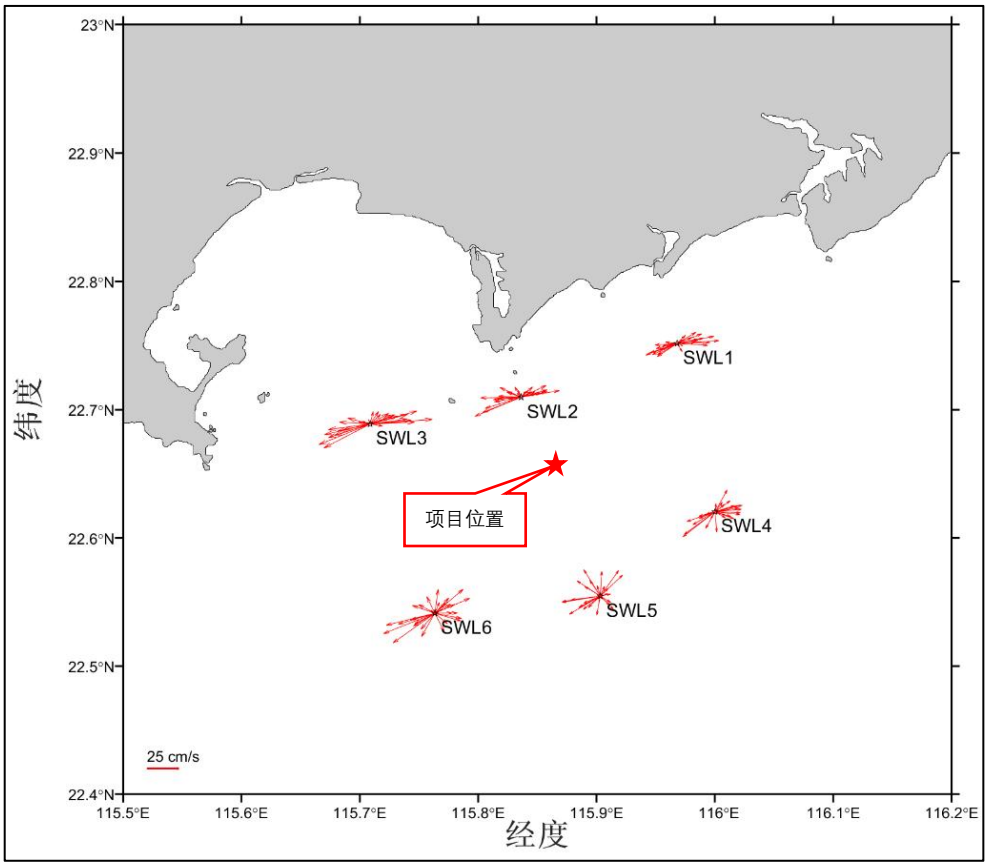


图 6.1.4-1e 冬季 0.8H 层海流平面分布矢量图

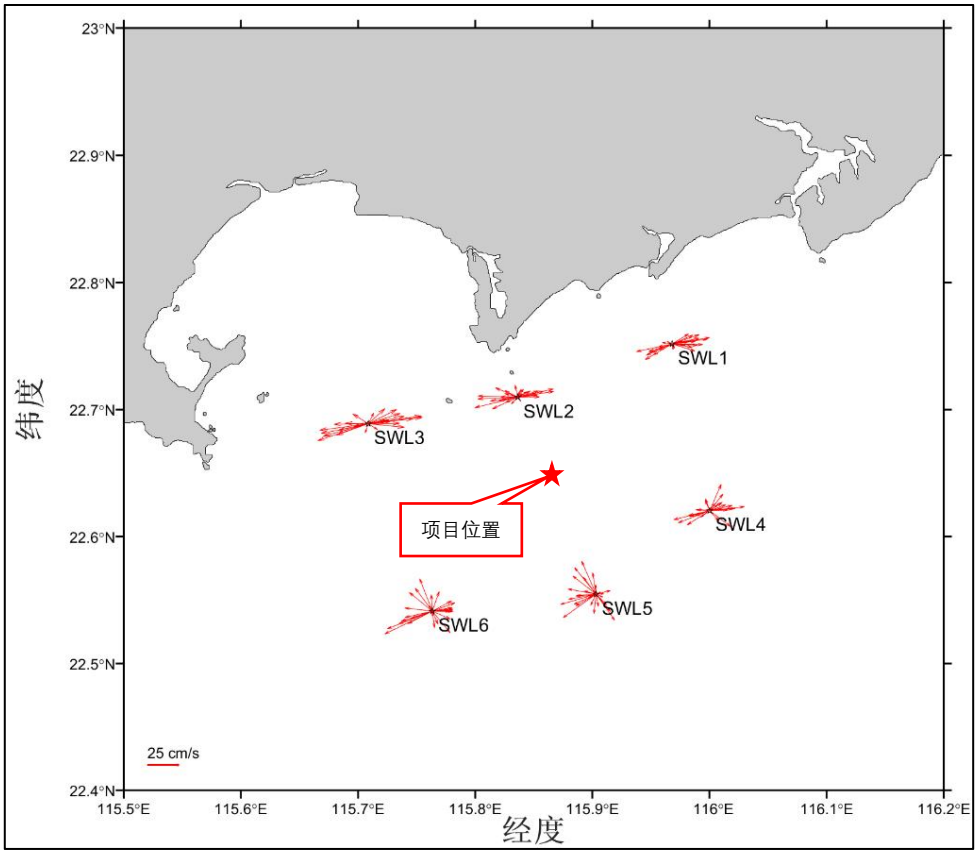


图 6.1.4-1f 冬季底层海流平面分布矢量图

表 6.1.4-1 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	表层	35.7	298	17.1	240	25.2	266	12.5	200
	0.2H 层	37.0	3	17.3	204	26.1	272	14.0	129
	0.4H 层	32.3	74	16.6	203	23.7	272	14.9	143
	0.6H 层	27.4	87	15.9	204	24.0	51	16.0	134
	0.8H 层	29.4	148	15.4	163	32.7	46	17.7	137
	底层	29.7	169	16.8	164	28.2	82	15.9	147
	垂线平均	31.9	130	16.5	197	26.6	165	15.2	148
SWL2	表层	41.5	169	21.1	237	30.8	274	16.0	184
	0.2H 层	54.4	135	23.1	225	34.3	259	19.9	152
	0.4H 层	48.6	108	19.9	241	29.7	264	15.0	135
	0.6H 层	39.2	297	19.1	215	25.3	34	16.4	138
	0.8H 层	39.0	38	18.6	223	30.3	46	16.1	138
	底层	34.9	36	17.8	191	28.7	60	13.4	134
	垂线平均	42.9	131	19.9	222	29.8	156	16.1	147
SWL3	表层	54.7	192	27.9	230	39.6	269	17.8	205
	0.2H 层	70.3	126	28.3	224	47.0	264	22.0	174
	0.4H 层	57.9	95	25.8	197	41.1	266	21.7	137
	0.6H 层	46.4	77	26.7	197	37.3	41	23.4	143
	0.8H 层	43.0	60	24.8	181	48.7	34	23.9	145
	底层	42.3	148	24.8	168	43.0	81	21.5	153
	垂线平均	52.4	116	26.4	199	42.8	159	21.7	159
SWL4	表层	37.8	120	19.9	181	34.9	208	23.9	199

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	35.1	273	22.2	184	42.3	142	28.4	201
	0.4H 层	31.7	98	18.7	132	40.7	268	26.7	126
	0.6H 层	30.7	11	17.3	145	34.9	67	20.4	132
	0.8H 层	31.9	107	15.9	135	21.8	232	15.0	136
	底层	29.2	139	15.5	160	27.4	256	14.5	150
	垂线平均	32.7	125	18.2	156	33.7	195	21.5	157
SWL5	表层	28.3	120	20.0	149	33.7	126	22.7	195
	0.2H 层	28.8	132	19.6	156	32.5	114	22.4	176
	0.4H 层	27.9	266	19.7	213	31.4	17	20.7	108
	0.6H 层	43.0	195	21.7	164	27.2	44	17.0	156
	0.8H 层	30.1	47	17.9	187	24.0	47	13.7	191
	底层	31.9	206	17.1	225	25.1	245	14.7	222
	垂线平均	31.7	161	19.4	182	29.0	99	18.5	175
SWL6	表层	52.2	274	38.4	177	59.6	208	43.7	196
	0.2H 层	59.2	254	39.3	176	67.2	213	48.5	197
	0.4H 层	42.5	306	25.8	155	48.9	34	32.1	119
	0.6H 层	46.3	121	26.7	166	38.4	53	23.8	142
	0.8H 层	43.1	153	22.3	163	29.6	67	17.7	165
	底层	41.6	172	21.3	202	22.6	86	16.6	174
	垂线平均	47.5	214	29.0	173	44.4	110	30.4	165

6.1.4.2 2023 年 8 月

从海流的流态来看，观测期内各站点海流表现出了明显的往复流的特征，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潮汐（全日潮区）的影响，该海区表现出了极强的规律性；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 47.7cm/s，最大落潮流速为 54.3cm/s，出现在 SWL5 站底层和 SWL5 站表层。最大涨潮和落潮平均流速分别为 35.0cm/s 和 36.6cm/s，均出现在 SWL5 站表层。在垂向结构上，各站点整体流速从上向下比较稳定，表现为流速大小从表层到底层依次减小；在水平上，表现出了全日潮区的潮汐特征，具有明显的周期性。各观测站各层潮流方向主要受局地的潮汐（全日潮区）的影响，该海区表现出了极强的规律性；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。

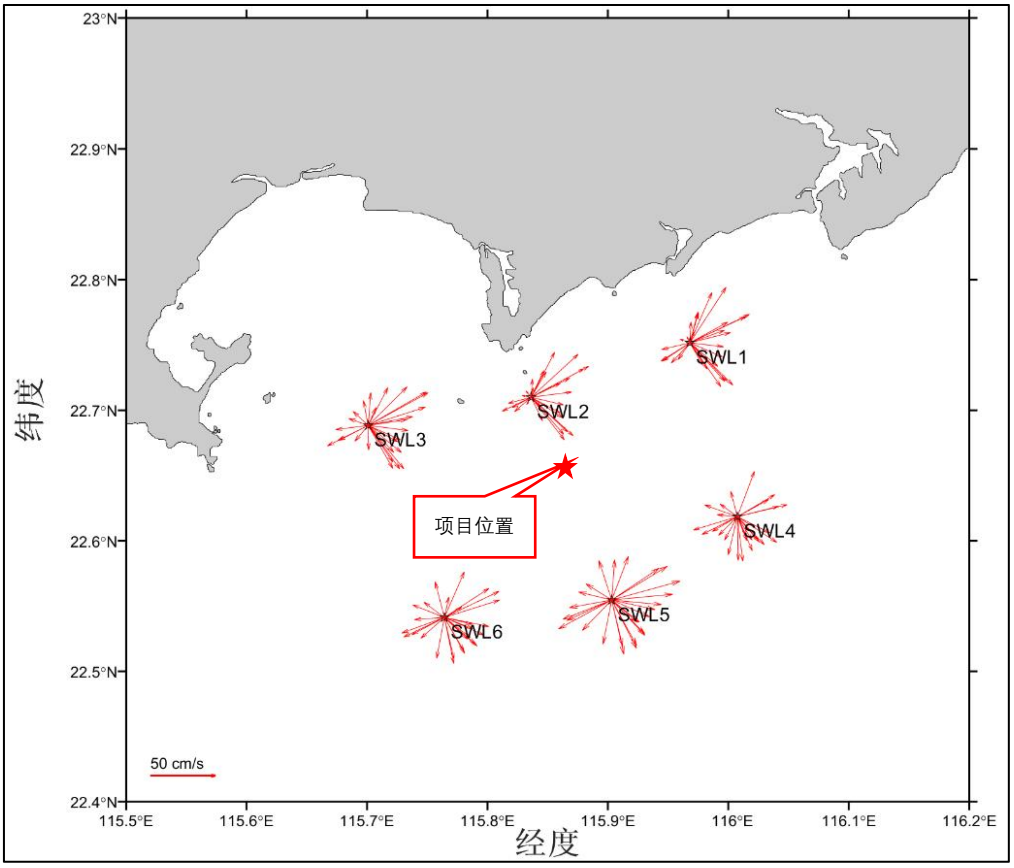


图 6.1.4-2a 夏季表层海流平面分布矢量图

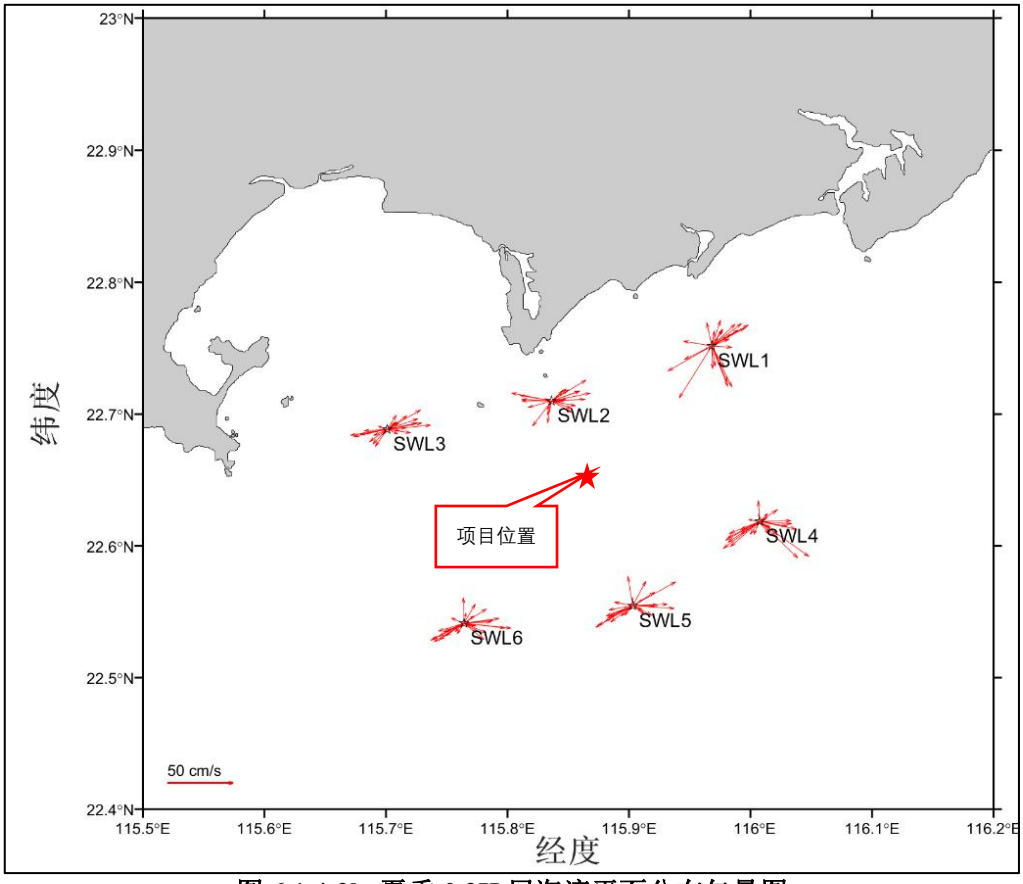


图 6.1.4-2b 夏季 0.2H 层海流平面分布矢量图

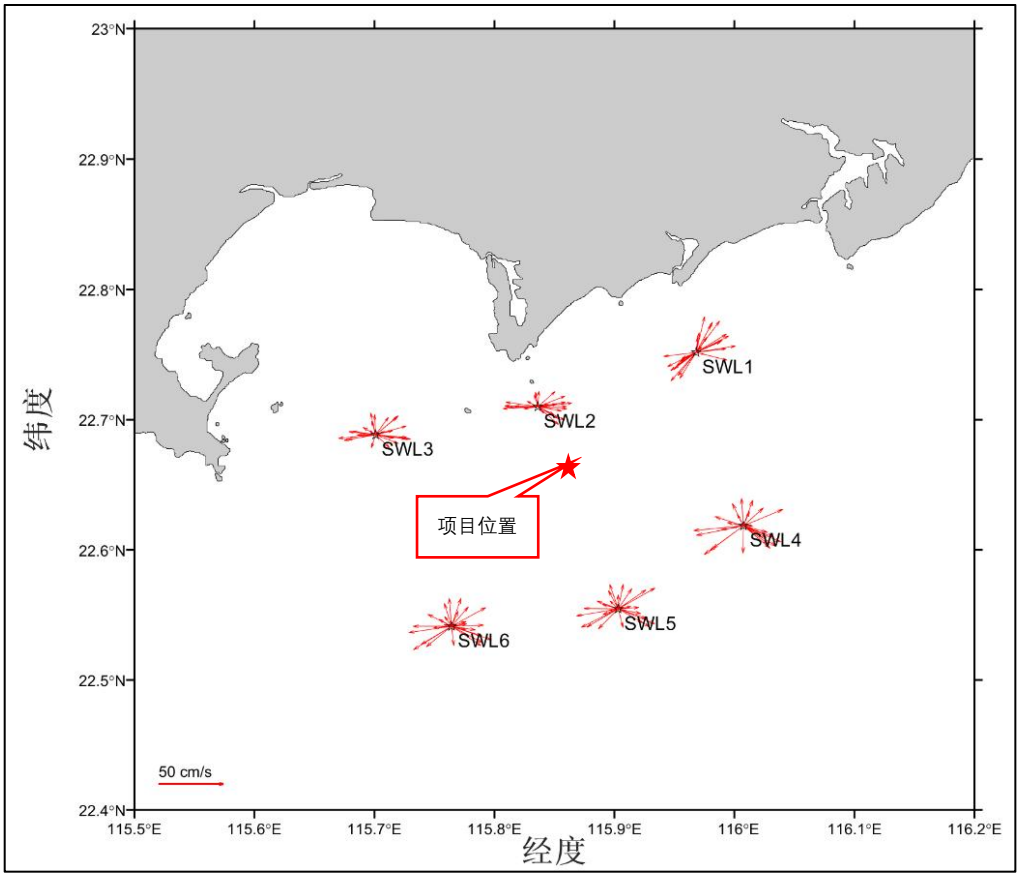


图 6.1.4-2c 夏季 0.4H 层海流平面分布矢量图

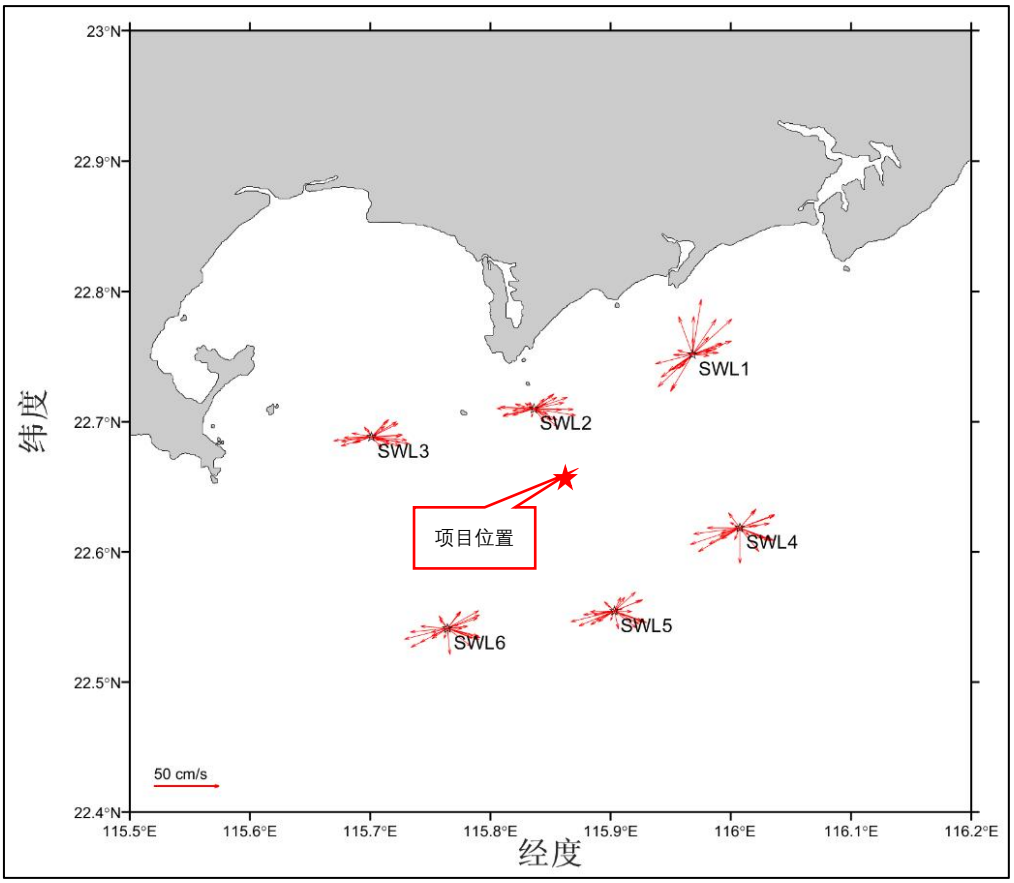


图 6.1.4-2d 夏季 0.6H 层海流平面分布矢量图

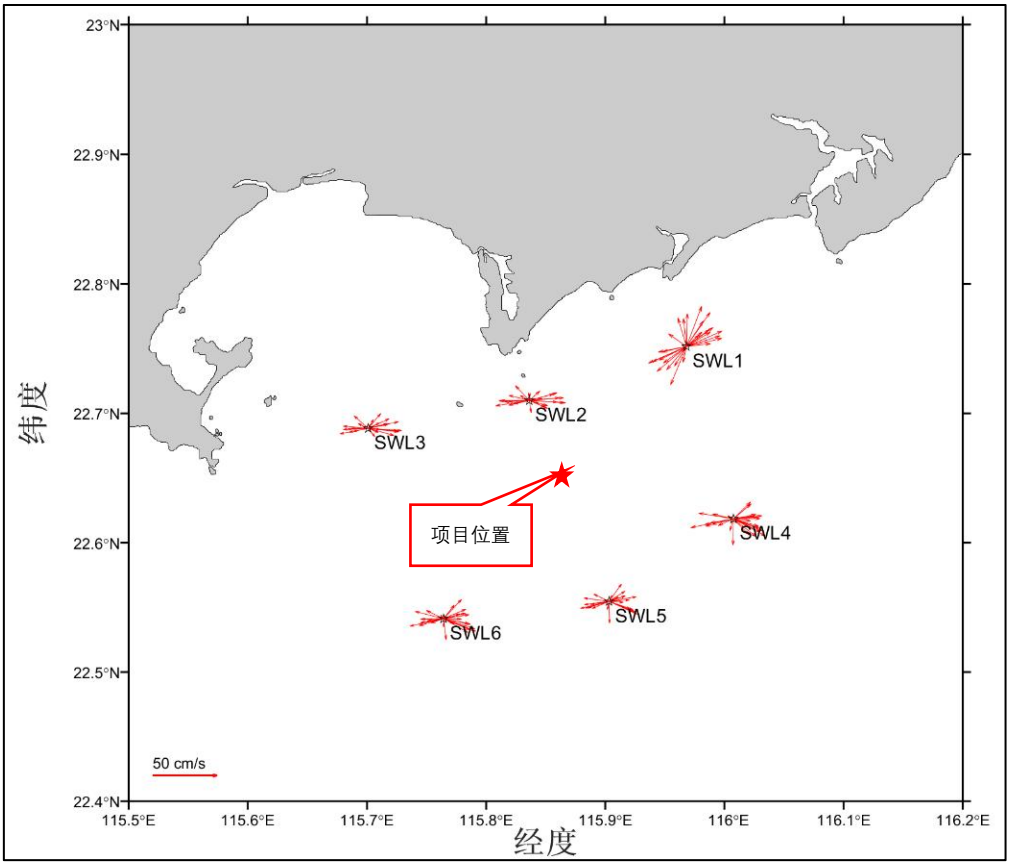


图 6.1.4-2e 夏季 0.8H 层海流平面分布矢量图

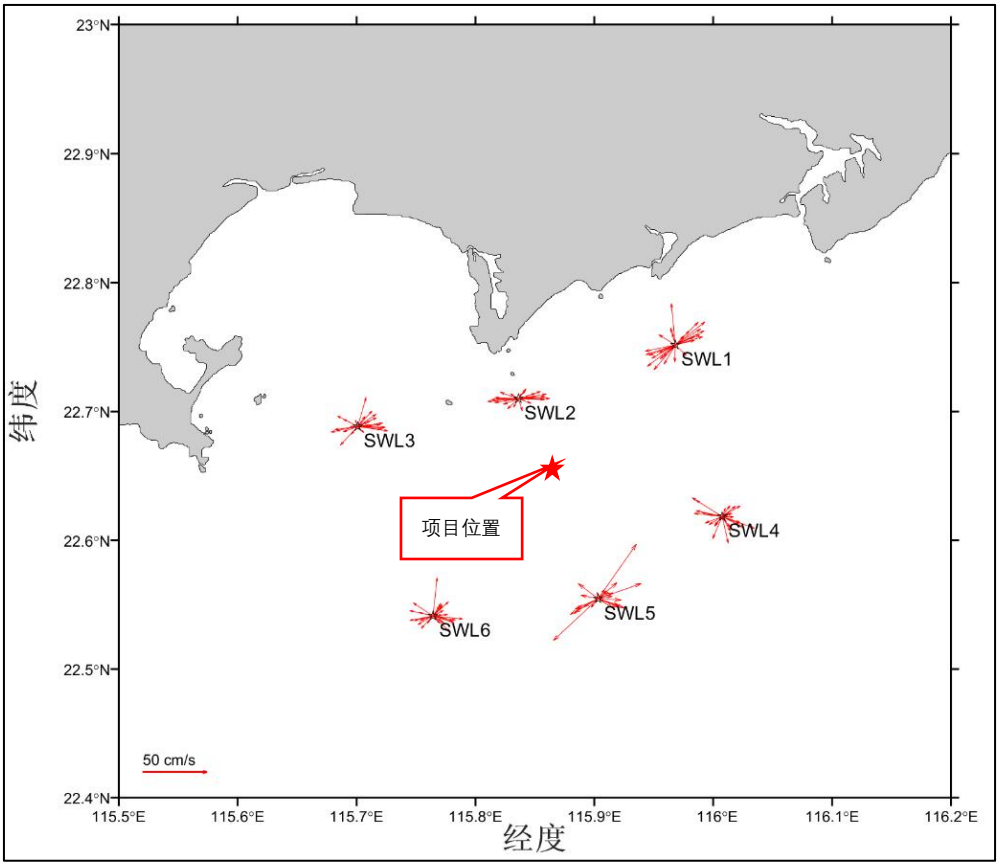


图 6.1.4-2f 夏季底层海流平面分布矢量图

表 6.1.4-2 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	表层	46.2	61	23.8	173	50.8	33	35.8	61
	0.2H 层	46.7	158	22.1	165	30.0	157	21.5	67
	0.4H 层	30.5	104	18.4	155	30.1	236	24.7	84
	0.6H 层	31.1	211	19.7	187	43.0	211	29.1	86
	0.8H 层	32.1	305	23.0	199	33.2	259	25.1	93
	底层	32.4	240	17.8	211	29.1	226	20.7	117
	垂线平均	36.5	180	20.8	182	36.0	187	26.2	85
SWL2	表层	43.7	64	20.6	170	50.2	62	34.3	65
	0.2H 层	30.9	217	15.0	192	30.0	79	19.1	103
	0.4H 层	25.5	271	14.3	217	26.8	278	22.2	122
	0.6H 层	28.5	284	14.8	206	32.5	316	22.7	118
	0.8H 层	26.2	93	13.2	198	28.0	353	21.3	123
	底层	24.2	90	11.2	185	24.3	287	17.4	115
	垂线平均	29.9	170	14.9	195	32.0	229	22.8	108
SWL3	表层	43.0	79	27.1	198	52.3	61	35.8	73
	0.2H 层	28.2	235	13.1	169	33.2	84	20.9	104
	0.4H 层	22.0	74	13.8	223	28.6	260	22.7	120
	0.6H 层	24.2	101	14.2	189	29.8	334	22.4	123
	0.8H 层	22.3	95	12.9	171	25.9	94	19.6	127
	底层	21.3	93	12.8	174	23.8	340	17.0	113
	垂线平均	26.8	113	15.7	187	32.3	196	23.1	110
SWL4	表层	35.3	136	24.2	211	39.2	76	29.4	115
	0.2H 层	29.6	248	15.5	222	46.0	125	26.4	121
	0.4H 层	38.5	122	17.4	216	37.4	233	27.8	137
	0.6H 层	36.8	115	18.4	180	40.1	240	27.1	140
	0.8H 层	33.8	116	17.0	181	28.2	118	21.7	145
	底层	24.0	151	13.3	166	27.6	302	15.6	158
	垂线平均	33.0	148	17.6	196	36.4	183	24.7	136
SWL5	表层	46.5	131	35.0	203	54.3	75	36.6	81
	0.2H 层	32.7	221	16.5	223	37.3	61	21.2	105
	0.4H 层	28.0	61	15.6	237	32.7	240	23.8	122
	0.6H 层	29.7	118	15.3	176	34.5	247	21.2	132
	0.8H 层	23.8	80	13.3	161	21.7	113	17.3	131
	底层	47.7	240	16.4	167	51.7	245	18.4	116
	垂线平均	34.7	142	18.7	194	38.7	163	23.1	115
SWL6	表层	34.8	131	28.7	205	46.6	65	31.9	88
	0.2H 层	28.5	253	15.3	200	36.2	96	23.9	114
	0.4H 层	29.6	118	16.6	222	34.4	231	25.4	129
	0.6H 层	31.5	112	16.6	178	34.0	243	24.3	134
	0.8H 层	26.7	113	15.2	163	26.8	111	19.3	139
	底层	18.7	121	11.9	152	29.8	283	16.1	122
	垂线平均	28.3	141	17.4	187	34.6	171	23.5	121

6.1.5潮流

6.1.5.1潮汐性质

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。

（1）2023 年 2 月

根据潮流调和分析结果，各观测点各层次主要表现出不正规全日潮流特征。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 6.1.5-1 冬季潮流性质系数表

站位	层位	特征值 F	潮型
SWL1	表层	3.91	不正规全日潮流
	0.2H 层	4.12	正规全日潮流
	0.4H 层	3.62	不正规全日潮流
	0.6H 层	3.13	不正规全日潮流
	0.8H 层	3.78	不正规全日潮流
	底层	3.48	不正规全日潮流
SWL2	表层	2.87	不正规全日潮流
	0.2H 层	1.97	不正规半日潮流
	0.4H 层	2.65	不正规全日潮流
	0.6H 层	4.41	正规全日潮流
	0.8H 层	3.29	不正规全日潮流
	底层	3.91	不正规全日潮流
SWL3	表层	3.63	不正规全日潮流
	0.2H 层	3.07	不正规全日潮流
	0.4H 层	3.08	不正规全日潮流
	0.6H 层	3.80	不正规全日潮流
	0.8H 层	3.45	不正规全日潮流
	底层	3.78	不正规全日潮流
SWL4	表层	3.50	不正规全日潮流
	0.2H 层	4.03	正规全日潮流
	0.4H 层	3.98	不正规全日潮流
	0.6H 层	3.64	不正规全日潮流
	0.8H 层	3.18	不正规全日潮流
	底层	3.22	不正规全日潮流
SWL5	表层	3.97	不正规全日潮流
	0.2H 层	3.99	不正规全日潮流

站位	层位	特征值 F	潮型
	0.4H 层	3.88	不正规全日潮流
	0.6H 层	4.72	正规全日潮流
	0.8H 层	3.95	不正规全日潮流
	底层	4.17	正规全日潮流
SWL6	表层	3.77	不正规全日潮流
	0.2H 层	3.98	不正规全日潮流
	0.4H 层	3.76	不正规全日潮流
	0.6H 层	4.05	正规全日潮流
	0.8H 层	3.89	不正规全日潮流
	底层	2.55	不正规全日潮流

（2） 2023 年 8 月

根据潮流调和分析结果，各观测点各层次主要表现出不正规全日潮流特征。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 6.1.5-2 夏季潮流性质系数表

站位	层位	特征值 F	潮型
SWL1	表层	3.25	不正规全日潮流
	0.2H 层	2.49	不正规全日潮流
	0.4H 层	3.50	不正规全日潮流
	0.6H 层	3.94	不正规全日潮流
	0.8H 层	3.59	不正规全日潮流
	底层	3.66	不正规全日潮流
SWL2	表层	3.43	不正规全日潮流
	0.2H 层	2.20	不正规全日潮流
	0.4H 层	2.82	不正规全日潮流
	0.6H 层	3.74	不正规全日潮流
	0.8H 层	3.66	不正规全日潮流
	底层	3.15	不正规全日潮流
SWL3	表层	3.30	不正规全日潮流
	0.2H 层	3.98	不正规全日潮流
	0.4H 层	3.76	不正规全日潮流
	0.6H 层	3.85	不正规全日潮流
	0.8H 层	4.06	正规全日潮流
	底层	3.42	不正规全日潮流
SWL4	表层	3.96	不正规全日潮流
	0.2H 层	3.46	不正规全日潮流
	0.4H 层	3.60	不正规全日潮流
	0.6H 层	3.38	不正规全日潮流
	0.8H 层	2.66	不正规全日潮流
	底层	4.03	正规全日潮流
SWL5	表层	3.96	不正规全日潮流
	0.2H 层	3.92	不正规全日潮流
	0.4H 层	3.86	不正规全日潮流
	0.6H 层	4.27	正规全日潮流
	0.8H 层	4.13	正规全日潮流
	底层	3.32	不正规全日潮流
SWL6	表层	4.06	正规全日潮流
	0.2H 层	4.31	正规全日潮流

站位	层位	特征值 F	潮型
	0.4H 层	3.77	不正规全日潮流
	0.6H 层	3.42	不正规全日潮流
	0.8H 层	4.39	正规全日潮流
	底层	3.66	不正规全日潮流

6.1.5.2 潮流运动形式及潮流椭圆要素

（1）2023 年 2 月

潮流运动可粗略分为往复流和旋转流，它可由潮流的椭圆旋转率 k 值来描述，k 值为潮流椭圆的短半轴与长半轴之比，其值介于-1～1 之间。k 的绝对值越小越接近往复流，越大越接近于旋转流。k 值的正、负号表示潮流旋转的方向，正号表示逆时针方向旋转，负号表示顺时针方向旋转。从结果可知：

本次观测所有站位各层次潮流中，其中 K_1 分潮和 O_1 分潮占分潮优，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 79.0cm/s。

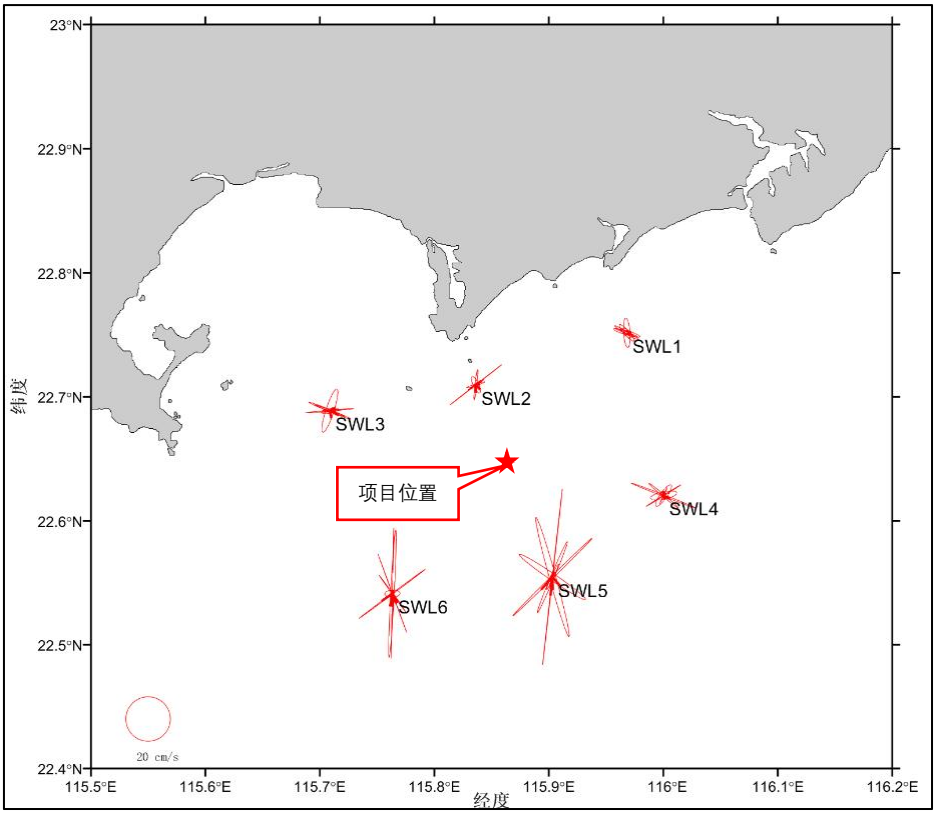


图 6.1.5-1a 冬季各站各层 O_1 分潮椭圆图

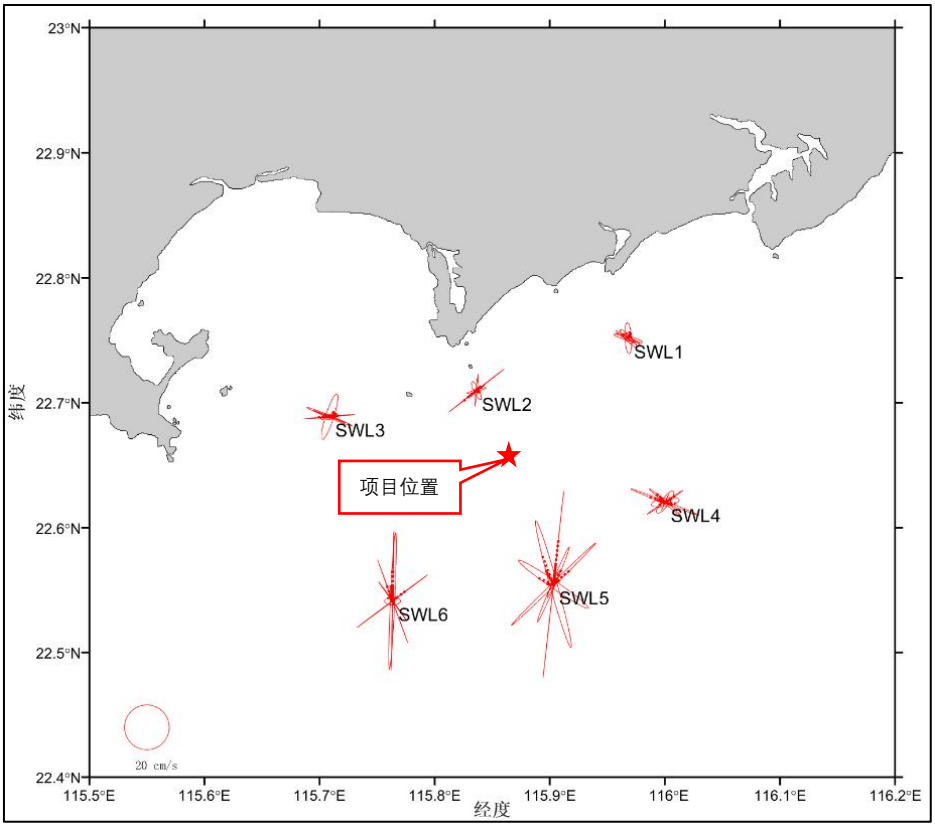


图 6.1.5-1b 冬季各站各层 K_1 分潮椭圆图

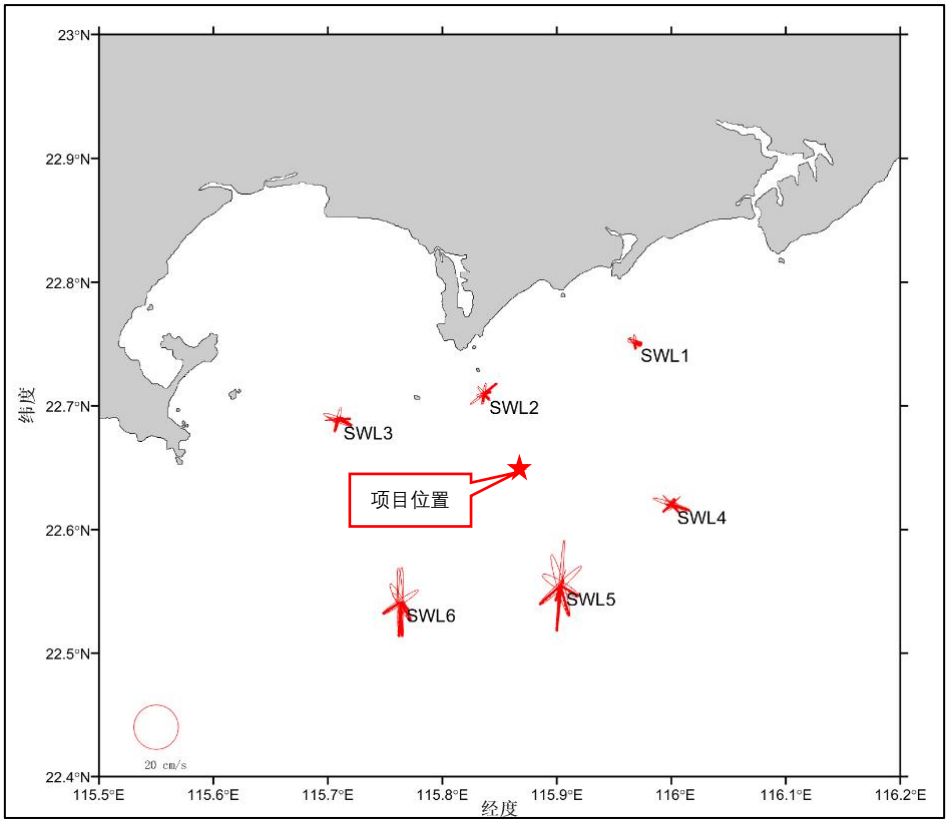


图 6.1.5-1c 冬季各站各层 M_2 分潮椭圆图

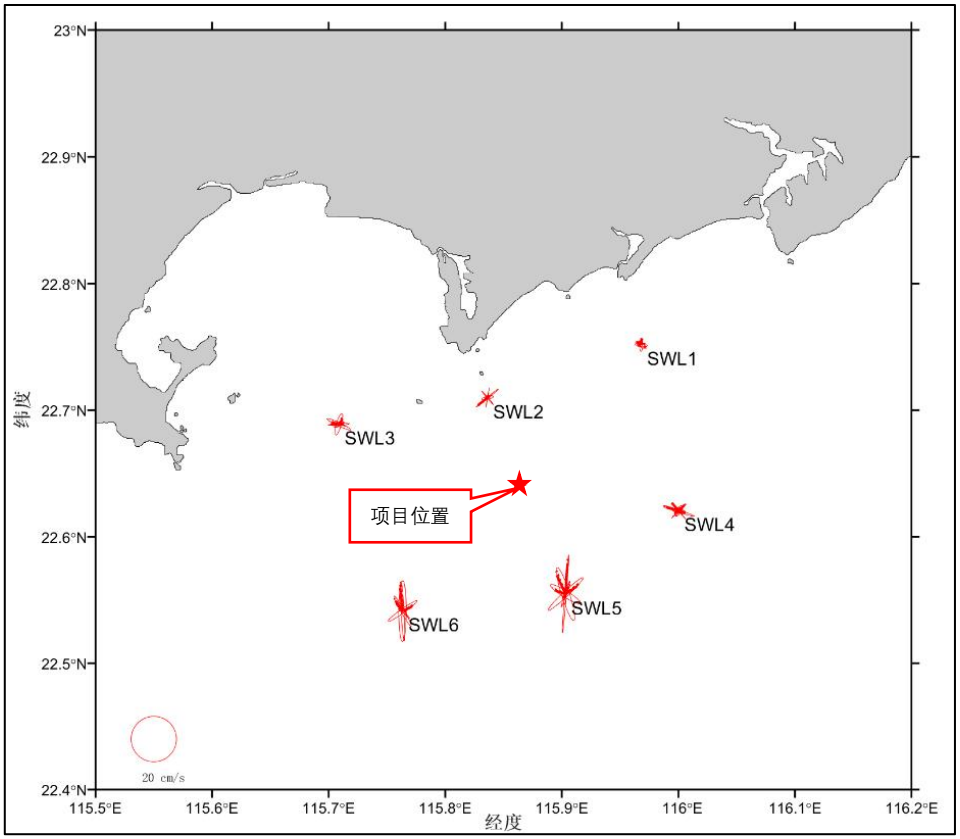


图 6.1.5-1d 冬季各站各层 S_2 分潮椭圆图

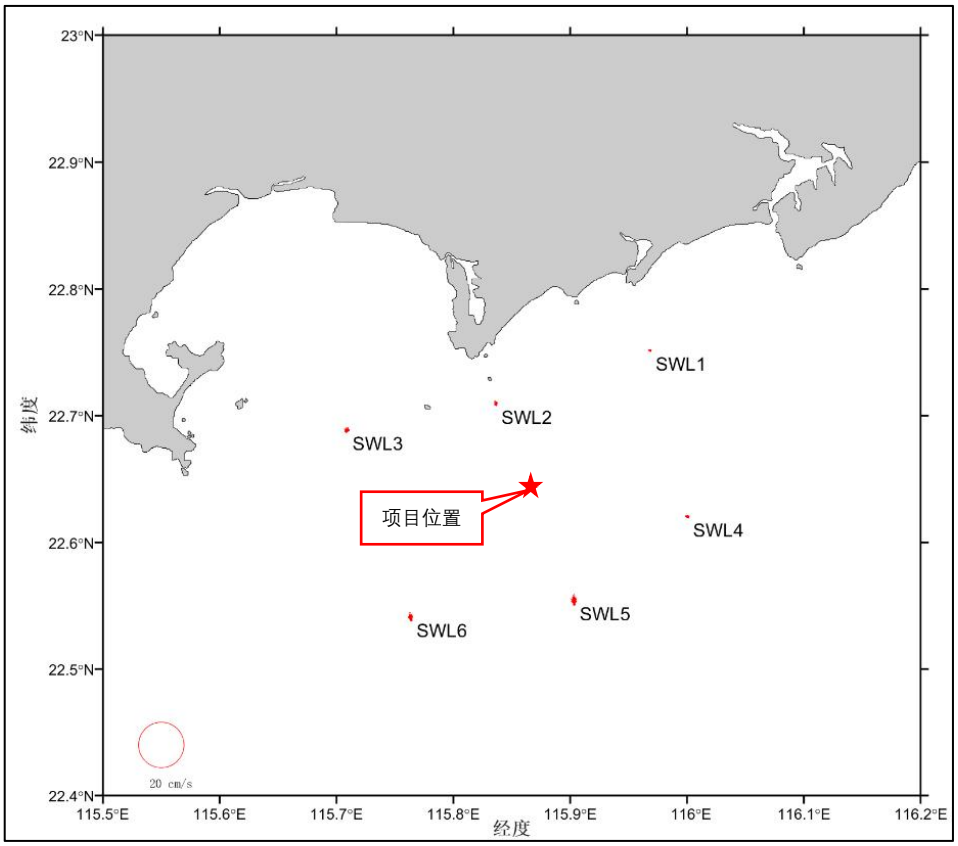


图 6.1.5-1e 冬季各站各层 M_4 分潮椭圆图

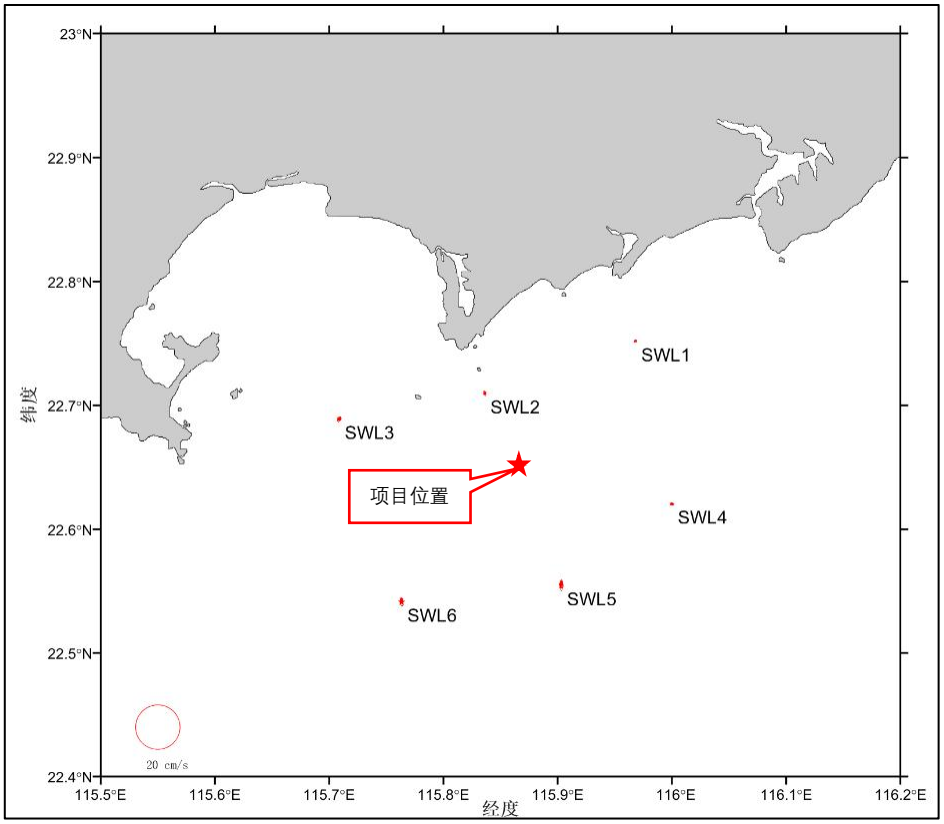


图 6.1.5-1f 冬季各站各层 MS_4 分潮椭圆图

表 6.1.5-3 冬季各站各层潮流椭圆要素

站位层次	分潮	最大潮流（cm/s）	最小潮流（cm/s）	椭圆率 k	最大潮流方向（°）
SWL1-表	O_1	20.0	4.3	0.217	96
	K_1	20.8	4.5	0.218	70
	M_2	10.4	1.6	0.155	163
	S_2	8.9	1.9	0.216	23
	M_4	1.8	0.1	-0.057	142
	MS_4	1.9	0.1	-0.074	10
SWL1-0.2H	O_1	16.2	1.0	0.064	111
	K_1	17.0	1.2	0.070	84
	M_2	8.1	1.2	0.155	168
	S_2	6.1	1.8	0.304	36
	M_4	2.0	0.3	0.133	179
	MS_4	1.7	0.2	0.131	47
SWL1-0.4H	O_1	18.6	1.6	0.087	107
	K_1	19.7	1.6	0.083	82
	M_2	10.6	0.9	0.089	179
	S_2	8.4	1.7	0.202	47
	M_4	2.3	0.1	-0.023	187
	MS_4	2.0	0.0	-0.012	57
SWL1-0.6H	O_1	8.3	3.9	0.468	126
	K_1	9.0	4.1	0.455	102
	M_2	5.5	2.3	0.422	220
	S_2	5.2	2.5	0.493	105
	M_4	2.3	0.3	0.144	198
	MS_4	2.1	0.4	0.185	70
SWL1-0.8H	O_1	18.5	2.7	0.148	108
	K_1	19.7	2.9	0.149	83
	M_2	10.1	2.5	0.243	183

站位层次	分潮	最大潮流（cm/s）	最小潮流（cm/s）	椭圆率 k	最大潮流方向（°）
	S_2	8.1	2.8	0.341	56
	M_4	2.4	0.3	0.106	145
	MS_4	1.9	0.3	0.133	7
SWL1-底	O_1	14.8	3.2	0.217	105
	K_1	15.6	3.4	0.217	80
	M_2	8.7	2.1	0.239	181
	S_2	7.2	2.9	0.410	51
	M_4	0.7	0.0	0.056	155
	MS_4	0.4	0.1	0.323	17
SWL2-表	O_1	20.6	1.3	0.065	121
	K_1	21.7	0.9	0.044	97
	M_2	14.7	1.5	-0.102	220
	S_2	13.0	0.2	-0.012	85
	M_4	3.2	1.2	0.382	230
	MS_4	3.1	1.3	0.421	98
SWL2-0.2H	O_1	12.1	3.6	0.301	135
	K_1	13.3	3.6	0.270	110
	M_2	12.9	1.7	-0.128	218
	S_2	11.6	0.6	-0.050	86
	M_4	2.6	0.4	0.166	231
	MS_4	2.4	0.6	0.261	97
SWL2-0.4H	O_1	13.1	1.1	-0.080	296
	K_1	13.8	1.2	-0.087	270
	M_2	10.2	1.9	-0.187	8
	S_2	8.2	1.9	-0.236	240
	M_4	1.5	0.4	0.269	194
	MS_4	1.0	0.3	0.313	57
SWL2-0.6H	O_1	8.5	0.1	-0.010	62
	K_1	9.0	0.2	-0.021	37
	M_2	4.0	0.5	-0.117	97
	S_2	4.4	1.0	-0.220	326
	M_4	2.0	0.8	0.426	132
	MS_4	2.0	0.7	0.336	357
SWL2-0.8H	O_1	12.7	0.6	-0.049	291
	K_1	13.2	0.6	-0.048	264
	M_2	7.9	1.7	0.212	349
	S_2	6.0	1.2	0.204	222
	M_4	1.3	0.0	0.010	191
	MS_4	1.1	0.2	0.156	63
SWL2-底	O_1	44.1	0.2	-0.005	279
	K_1	46.4	0.3	-0.006	253
	M_2	23.1	1.6	0.068	345
	S_2	18.8	0.9	0.048	211
	M_4	2.6	0.1	0.022	333
	MS_4	2.1	0.2	-0.080	197
SWL3-表	O_1	30.8	5.4	0.175	107
	K_1	32.1	5.5	0.170	83
	M_2	17.3	2.1	0.123	198
	S_2	14.9	3.3	0.220	61
	M_4	3.7	1.8	0.488	188
	MS_4	3.8	1.9	0.514	50
SWL3-0.2H	O_1	30.9	1.4	-0.045	115
	K_1	32.9	1.7	-0.052	90
	M_2	20.8	3.4	-0.166	189

站位层次	分潮	最大潮流（cm/s）	最小潮流（cm/s）	椭圆率 k	最大潮流方向（°）
	S_2	17.3	2.2	-0.125	58
	M_4	3.7	0.4	-0.114	202
	MS_4	3.2	0.3	-0.094	71
SWL3-0.4H	O_1	21.9	0.8	0.034	109
	K_1	23.3	0.5	0.020	83
	M_2	14.7	0.9	-0.064	181
	S_2	11.7	0.1	-0.007	52
	M_4	2.2	0.2	-0.069	179
	MS_4	1.7	0.2	-0.135	49
SWL3-0.6H	O_1	11.6	3.2	-0.278	60
	K_1	12.2	3.4	-0.281	33
	M_2	6.3	2.9	-0.459	100
	S_2	7.4	2.8	-0.385	330
	M_4	1.8	1.5	0.838	57
	MS_4	1.8	1.3	0.750	311
SWL3-0.8H	O_1	12.8	1.5	0.117	306
	K_1	13.6	1.5	0.113	279
	M_2	7.6	2.0	0.265	13
	S_2	6.4	1.5	0.227	257
	M_4	1.8	0.1	-0.041	161
	MS_4	1.4	0.0	0.003	30
SWL3-底	O_1	32.5	0.7	0.021	284
	K_1	34.3	0.5	0.014	258
	M_2	17.7	1.0	0.056	351
	S_2	14.1	1.2	0.085	221
	M_4	2.2	0.1	-0.050	343
	MS_4	1.5	0.3	-0.207	218
SWL4-表	O_1	27.4	0.5	0.018	95
	K_1	29.0	0.8	0.028	69
	M_2	16.1	0.3	-0.021	165
	S_2	13.4	0.4	-0.031	32
	M_4	2.1	0.7	-0.328	312
	MS_4	1.9	0.7	-0.396	167
SWL4-0.2H	O_1	17.5	4.6	0.262	285
	K_1	18.2	5.1	0.283	259
	M_2	8.9	3.2	0.366	12
	S_2	7.8	3.7	0.474	226
	M_4	1.7	0.0	-0.023	9
	MS_4	1.7	0.2	0.098	238
SWL4-0.4H	O_1	18.1	5.0	0.278	88
	K_1	19.3	5.5	0.287	61
	M_2	9.4	4.3	0.454	318
	S_2	9.4	3.0	0.322	179
	M_4	1.3	0.4	0.323	115
	MS_4	1.3	0.2	0.167	342
SWL4-0.6H	O_1	46.8	1.1	-0.024	102
	K_1	49.3	1.4	-0.028	76
	M_2	26.4	2.6	-0.097	171
	S_2	21.7	1.5	-0.067	36
	M_4	2.8	0.6	-0.199	161
	MS_4	2.6	0.5	-0.208	28
SWL4-0.8H	O_1	11.7	0.4	-0.034	294
	K_1	12.2	0.2	-0.019	269
	M_2	7.5	2.5	0.330	8

站位层次	分潮	最大潮流（cm/s）	最小潮流（cm/s）	椭圆率 k	最大潮流方向（°）
	S_2	6.5	2.0	0.308	243
	M_4	1.2	0.4	-0.354	42
	MS_4	1.1	0.4	-0.350	280
SWL4-底	O_1	26.0	1.4	0.054	93
	K_1	27.6	1.4	0.051	67
	M_2	16.6	0.7	-0.042	159
	S_2	14.0	0.3	0.020	23
	M_4	2.4	0.2	0.100	159
	MS_4	2.2	0.3	0.118	22
SWL5-表	O_1	41.8	2.2	-0.052	102
	K_1	44.2	2.5	-0.057	77
	M_2	43.3	4.9	-0.112	179
	S_2	36.8	5.3	-0.145	42
	M_4	3.8	0.8	-0.222	170
	MS_4	3.6	1.0	-0.269	28
SWL5-0.2H	O_1	74.9	1.6	0.022	108
	K_1	79.0	2.1	0.027	83
	M_2	38.5	4.1	0.106	189
	S_2	31.8	3.4	0.108	55
	M_4	4.1	0.8	0.189	194
	MS_4	3.8	0.7	0.185	60
SWL5-0.4H	O_1	54.1	4.5	-0.083	107
	K_1	57.0	5.0	-0.088	82
	M_2	28.6	5.9	-0.205	185
	S_2	23.6	4.2	-0.176	51
	M_4	4.2	1.8	-0.429	174
	MS_4	3.7	1.9	-0.505	46
SWL5-0.6H	O_1	51.9	2.4	0.045	105
	K_1	54.6	2.5	0.045	80
	M_2	22.6	0.2	0.010	192
	S_2	18.0	1.2	0.066	54
	M_4	4.0	0.2	-0.052	178
	MS_4	3.5	0.0	0.003	45
SWL5-0.8H	O_1	59.5	0.1	0.002	102
	K_1	62.8	0.0	0.001	77
	M_2	62.0	2.1	-0.034	179
	S_2	51.8	1.1	-0.021	41
	M_4	7.5	1.4	0.182	166
	MS_4	7.2	1.5	0.203	32
SWL5-底	O_1	18.9	1.6	0.084	291
	K_1	19.9	1.8	0.088	266
	M_2	9.3	2.8	0.304	2
	S_2	8.3	1.6	0.198	228
	M_4	3.9	0.5	0.115	35
	MS_4	3.6	0.3	0.082	261
SWL6-表	O_1	43.0	1.2	-0.027	102
	K_1	45.8	1.5	-0.032	77
	M_2	47.1	3.5	-0.074	178
	S_2	40.3	4.9	-0.122	42
	M_4	3.3	0.0	-0.005	162
	MS_4	2.6	0.1	-0.021	24
SWL6-0.2H	O_1	55.8	0.6	-0.011	108
	K_1	59.1	0.3	-0.005	84
	M_2	28.9	3.5	0.122	188

站位层次	分潮	最大潮流（cm/s）	最小潮流（cm/s）	椭圆率 k	最大潮流方向（°）
	S_2	23.3	2.7	0.117	57
	M_4	3.1	0.7	0.242	179
	MS_4	2.4	0.6	0.262	44
SWL6-0.4H	O_1	30.2	0.5	-0.016	118
	K_1	31.7	0.4	-0.014	94
	M_2	16.4	3.0	-0.185	207
	S_2	13.5	1.0	-0.076	75
	M_4	3.0	0.4	-0.141	172
	MS_4	2.5	0.4	-0.174	47
SWL6-0.6H	O_1	55.8	0.2	0.003	105
	K_1	58.7	0.1	-0.003	79
	M_2	28.3	4.6	-0.163	182
	S_2	23.1	2.3	-0.099	46
	M_4	3.9	0.8	-0.200	176
	MS_4	3.5	0.6	-0.173	43
SWL6-0.8H	O_1	44.2	0.1	0.001	102
	K_1	46.6	0.1	-0.002	76
	M_2	46.7	3.6	-0.077	177
	S_2	39.2	2.0	-0.051	39
	M_4	5.9	1.7	0.293	167
	MS_4	5.7	1.8	0.311	32
SWL6-底	O_1	10.3	4.9	0.473	275
	K_1	10.7	5.4	0.503	66
	M_2	8.2	1.3	0.156	135
	S_2	6.1	1.8	0.288	360
	M_4	2.6	1.3	0.485	38
	MS_4	2.4	1.1	0.463	275

（2）2023 年 8 月

本次观测所有站位各层次潮流中，其中 K_1 分潮和 O_1 分潮占分潮优，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 SWL6 站底层，流速为 77.1cm/s。

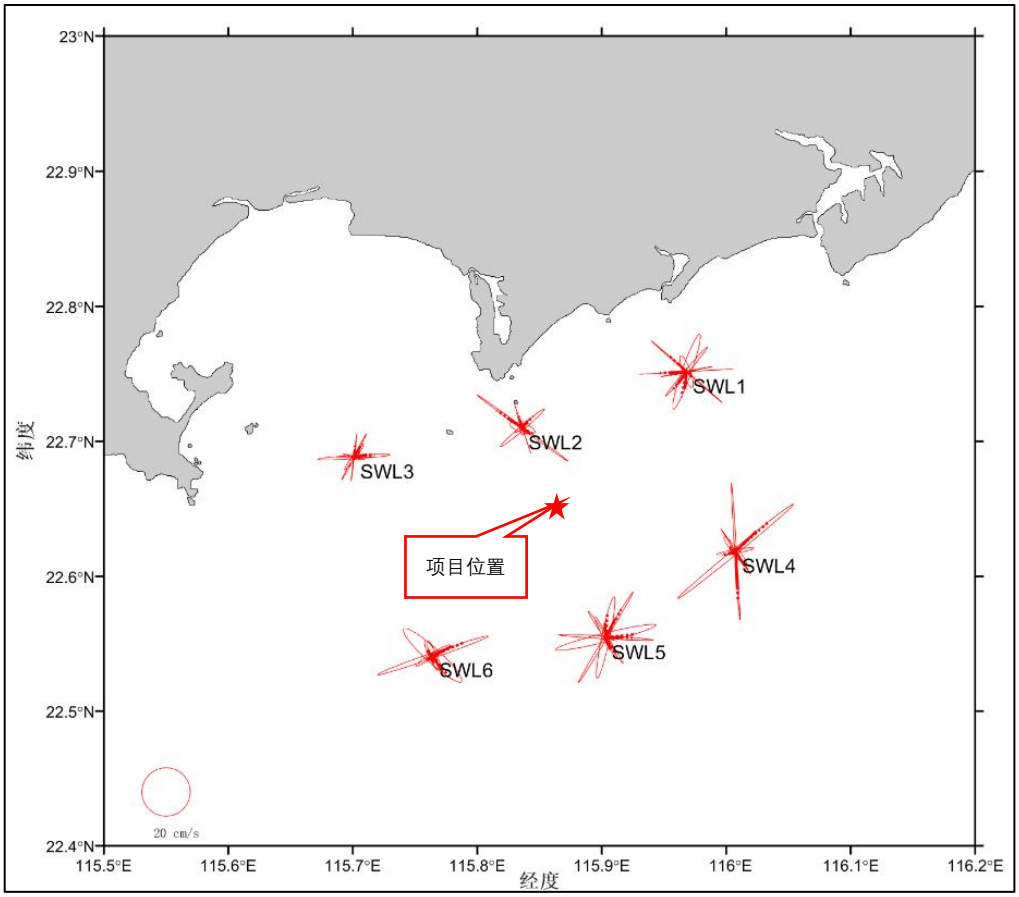


图 6.1.5-2a 夏季各站各层 O_1 分潮椭圆图

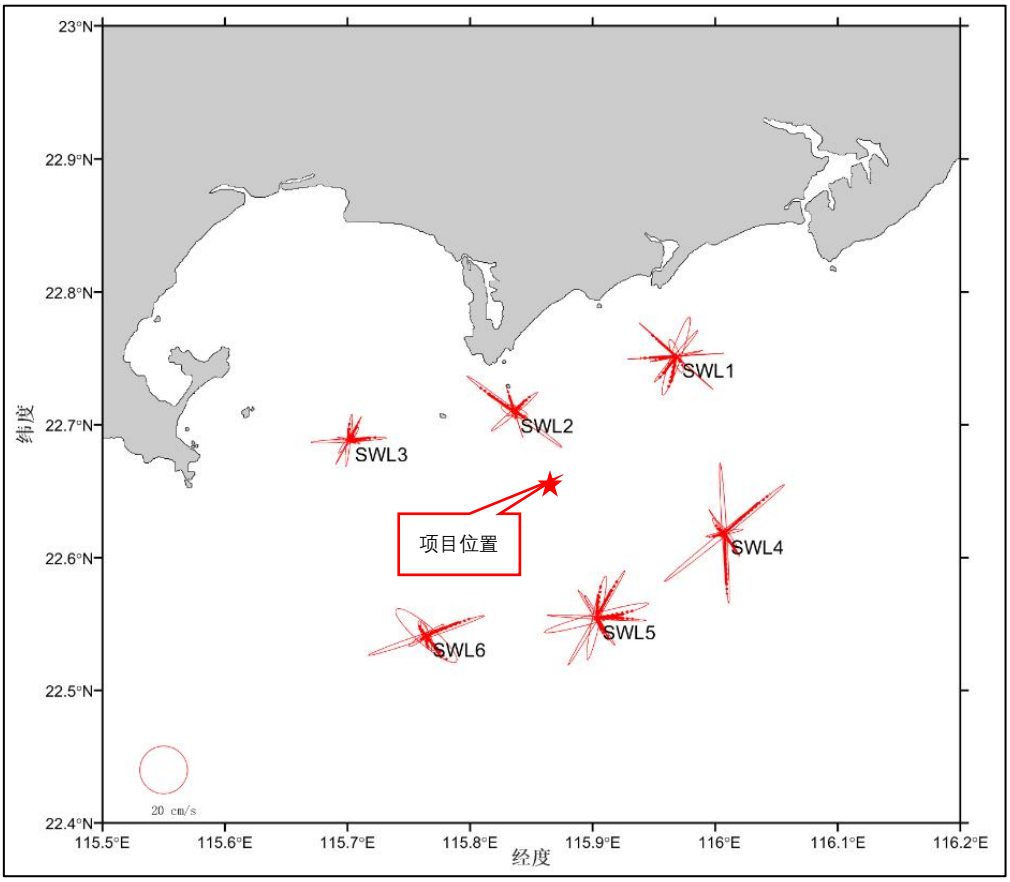


图 6.1.5-2b 夏季各站各层 K_1 分潮椭圆图

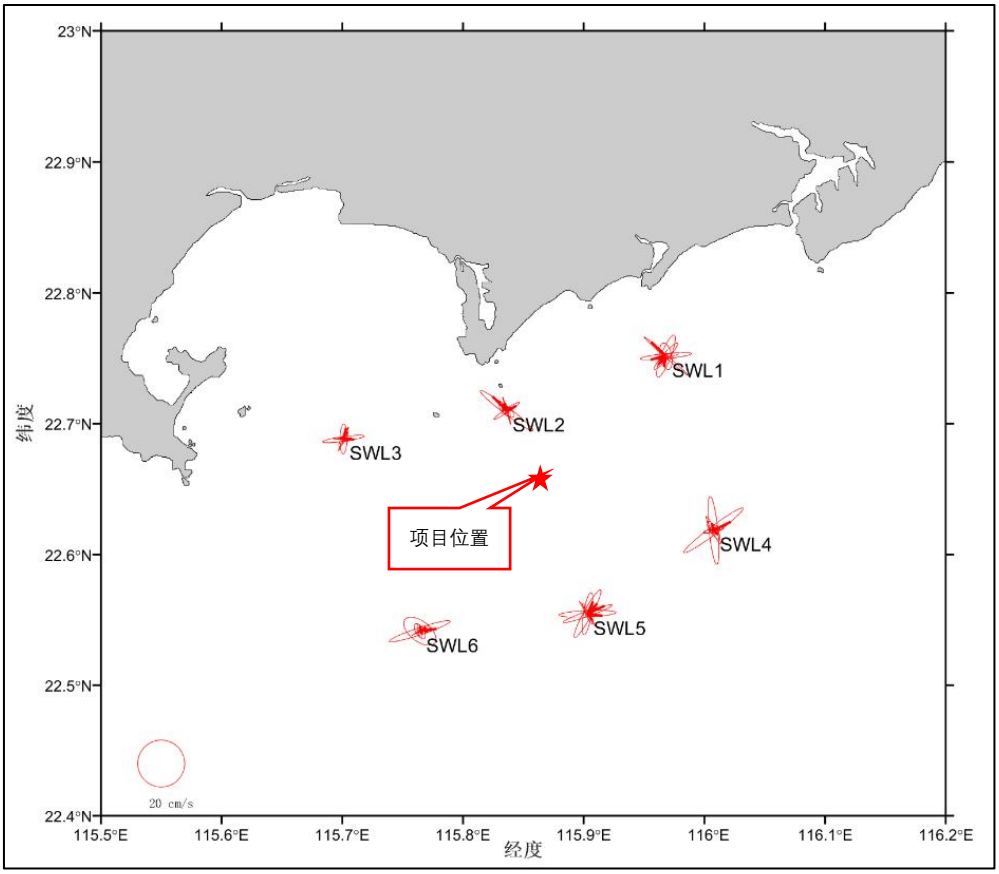


图 6.1.5-2c 夏季各站各层 M_2 分潮椭圆图

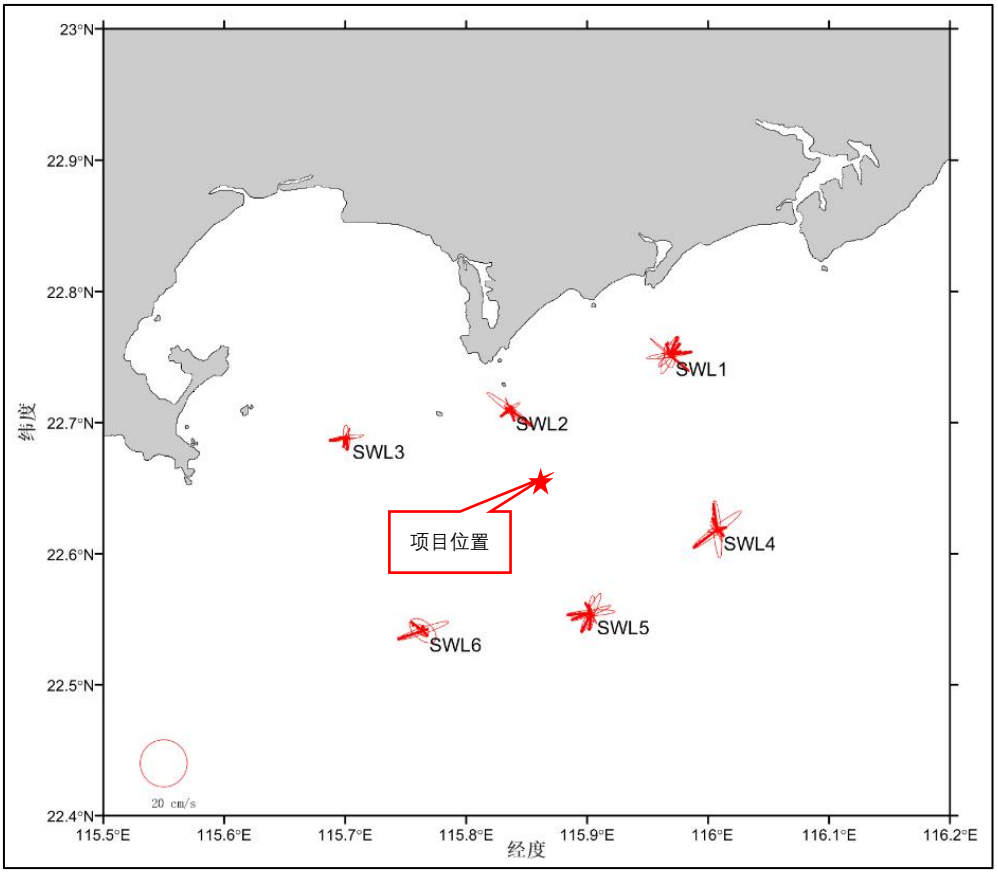


图 6.1.5-2d 夏季各站各层 S_2 分潮椭圆图

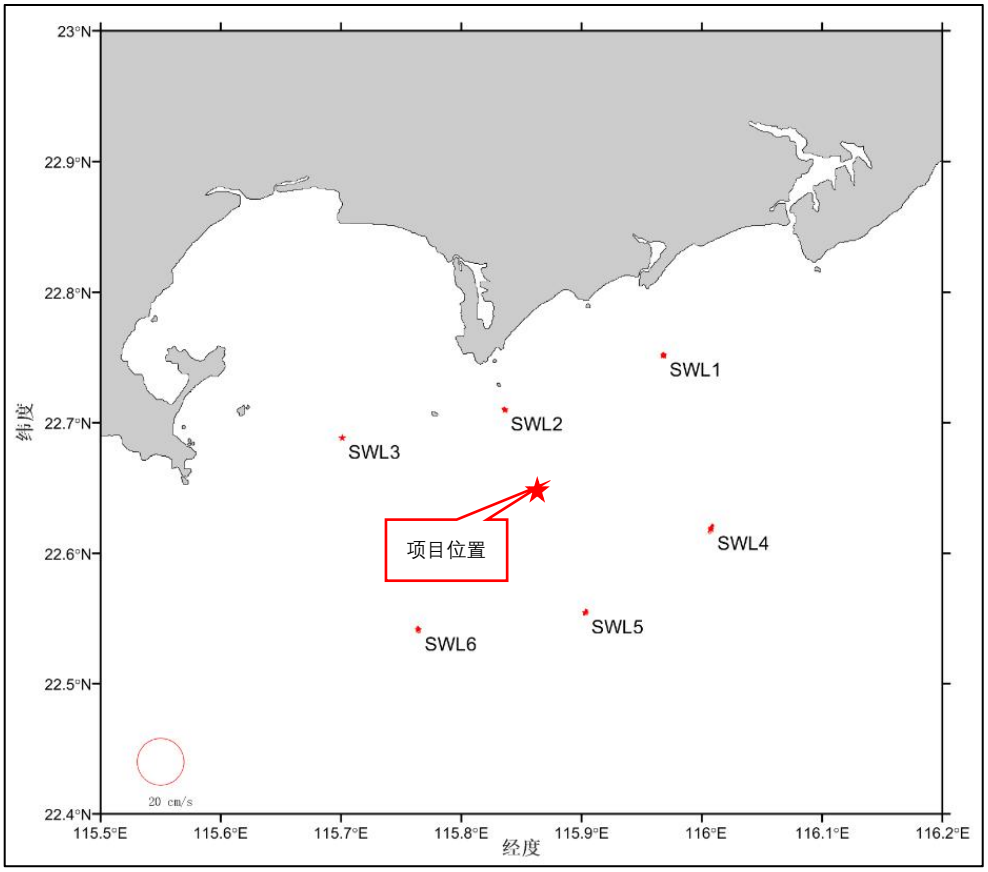


图 6.1.5-2e 夏季各站各层 M_4 分潮椭圆图

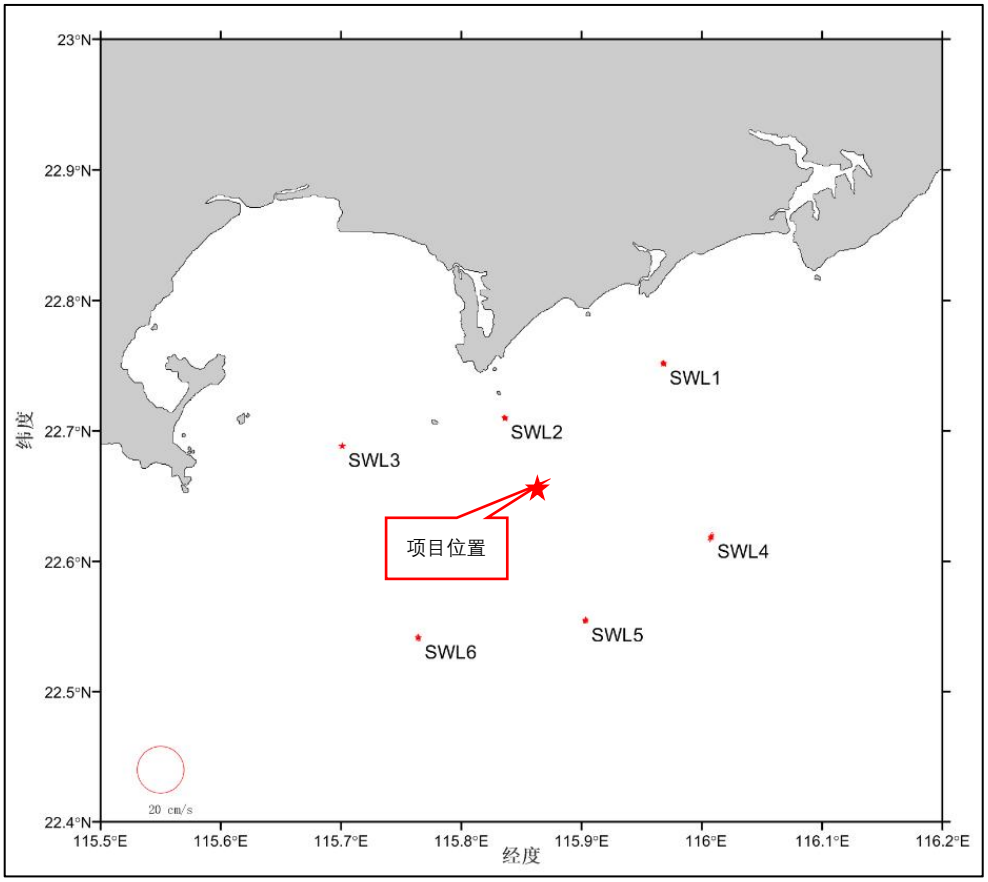


图 6.1.5-2f 夏季各站各层 MS_4 分潮椭圆图

表 6.1.5-4 夏季各站各层潮流椭圆要素

站位层次	分潮	最大潮流（cm/s）	最小潮流（cm/s）	椭圆率 k	最大潮流方向（°）
SWL1-表层	O_1	58.2	0.7	0.012	75
	K_1	62.8	0.6	-0.009	61
	M_2	37.2	1.7	-0.045	314
	S_2	32.5	1.1	-0.034	196
	M_4	3.6	2.3	-0.637	288
	MS_4	3.6	2.0	-0.548	171
SWL1-0.2H	O_1	21.0	4.8	-0.229	256
	K_1	22.1	4.7	-0.213	244
	M_2	17.3	7.4	-0.426	139
	S_2	16.5	6.8	-0.412	23
	M_4	2.8	0.6	0.209	263
	MS_4	2.8	0.7	0.265	136
SWL1-0.4H	O_1	49.3	5.8	-0.117	245
	K_1	51.9	6.3	-0.122	231
	M_2	28.9	6.2	-0.214	119
	S_2	26.1	5.4	-0.209	2
	M_4	3.5	0.8	-0.231	26
	MS_4	3.2	0.8	-0.241	269
SWL1-0.6H	O_1	33.0	0.4	0.011	247
	K_1	34.0	0.9	0.025	233
	M_2	17.0	2.1	0.124	122
	S_2	15.8	2.2	0.141	6
	M_4	2.7	0.7	0.268	192
	MS_4	2.4	0.8	0.347	66
SWL1-0.8H	O_1	58.0	0.0	0.001	250
	K_1	60.6	0.3	0.005	237
	M_2	33.0	3.2	0.097	127
	S_2	29.5	3.2	0.108	10
	M_4	3.4	2.0	-0.581	30
	MS_4	3.0	2.2	-0.744	280
SWL1-底层	O_1	40.1	2.1	-0.051	242
	K_1	42.1	2.5	-0.061	229
	M_2	22.5	3.8	-0.171	111
	S_2	20.5	3.4	-0.169	353
	M_4	2.8	1.5	0.511	56
	MS_4	2.7	0.8	0.290	302
SWL2-表层	O_1	70.2	1.3	-0.019	72
	K_1	75.2	2.7	-0.036	58
	M_2	42.4	4.5	-0.107	307
	S_2	36.8	3.5	-0.096	189
	M_4	3.8	2.0	-0.543	253
	MS_4	3.8	1.9	-0.497	141
SWL2-0.2H	O_1	8.8	3.1	-0.354	231
	K_1	9.2	3.1	-0.334	216
	M_2	8.2	4.6	-0.563	55
	S_2	7.5	5.2	-0.697	282
	M_4	1.4	0.3	-0.215	230
	MS_4	1.6	0.1	-0.085	115
SWL2-0.4H	O_1	16.2	5.5	0.339	224
	K_1	17.8	6.1	0.341	209
	M_2	12.1	4.6	0.385	69
	S_2	10.3	2.9	0.281	302
	M_4	2.7	1.1	0.408	0

站位层次	分潮	最大潮流（cm/s）	最小潮流（cm/s）	椭圆率 k	最大潮流方向（°）
	MS_4	2.9	1.2	0.404	247
SWL2-0.6H	O_1	35.9	2.8	-0.078	72
	K_1	37.8	3.0	-0.079	59
	M_2	19.7	2.3	-0.116	314
	S_2	15.3	1.9	-0.126	197
	M_4	2.7	1.1	-0.415	206
	MS_4	2.8	1.2	-0.431	88
SWL2-0.8H	O_1	33.3	0.2	-0.006	69
	K_1	34.9	0.1	-0.004	56
	M_2	18.6	0.5	-0.028	303
	S_2	16.2	0.4	-0.027	185
	M_4	1.4	1.0	0.716	259
	MS_4	1.5	1.2	0.823	182
SWL2-底层	O_1	10.3	1.9	-0.186	66
	K_1	11.1	2.0	-0.180	52
	M_2	6.8	2.1	-0.306	294
	S_2	4.9	1.8	-0.359	170
	M_4	1.4	0.3	-0.241	122
	MS_4	1.5	0.5	-0.364	16
SWL3-表层	O_1	29.9	0.3	-0.011	77
	K_1	33.3	2.3	-0.068	64
	M_2	19.2	4.5	-0.236	317
	S_2	16.3	3.9	-0.238	197
	M_4	1.7	0.1	-0.043	319
	MS_4	1.5	0.1	-0.083	197
SWL3-0.2H	O_1	32.3	0.9	0.028	68
	K_1	34.3	0.7	0.019	55
	M_2	16.7	0.9	0.051	303
	S_2	13.2	1.3	0.097	184
	M_4	2.5	0.2	-0.063	229
	MS_4	2.6	0.0	-0.002	110
SWL3-0.4H	O_1	19.7	2.2	0.109	78
	K_1	20.6	2.7	0.132	64
	M_2	10.7	2.8	0.257	325
	S_2	8.3	2.3	0.274	213
	M_4	2.1	1.1	0.507	289
	MS_4	2.0	1.3	0.650	171
SWL3-0.6H	O_1	25.6	0.1	-0.003	256
	K_1	27.1	0.0	-0.001	242
	M_2	13.7	0.5	0.034	137
	S_2	10.1	0.6	0.063	21
	M_4	1.6	0.5	-0.312	246
	MS_4	1.8	0.5	-0.274	120
SWL3-0.8H	O_1	14.2	0.8	0.059	253
	K_1	15.2	0.9	0.061	239
	M_2	7.2	0.7	0.103	129
	S_2	4.8	0.8	0.163	12
	M_4	0.7	0.3	0.373	16
	MS_4	0.6	0.1	0.200	269
SWL3-底层	O_1	44.8	2.1	-0.047	69
	K_1	47.6	2.2	-0.046	56
	M_2	27.1	3.0	-0.111	299
	S_2	22.4	2.6	-0.118	181
	M_4	1.6	1.2	0.743	42

站位层次	分潮	最大潮流（cm/s）	最小潮流（cm/s）	椭圆率 k	最大潮流方向（°）
	MS_4	1.6	0.8	0.499	286
SWL4-表层	O_1	42.3	0.6	0.014	238
	K_1	44.0	1.4	0.032	224
	M_2	43.6	5.6	0.128	98
	S_2	36.8	4.8	0.131	338
	M_4	7.0	1.4	0.194	21
	MS_4	6.7	1.1	0.160	261
SWL4-0.2H	O_1	33.9	0.6	0.019	236
	K_1	35.9	0.8	0.022	222
	M_2	20.2	2.3	0.114	110
	S_2	17.0	1.5	0.091	350
	M_4	4.1	1.4	-0.336	56
	MS_4	4.0	1.4	-0.336	293
SWL4-0.4H	O_1	23.4	2.2	-0.093	244
	K_1	24.5	2.1	-0.084	231
	M_2	13.3	2.2	-0.166	114
	S_2	12.8	2.3	-0.181	358
	M_4	0.9	0.3	-0.386	25
	MS_4	0.8	0.5	-0.598	121
SWL4-0.6H	O_1	22.9	4.0	-0.173	74
	K_1	23.7	4.0	-0.167	61
	M_2	13.8	4.3	-0.313	312
	S_2	12.6	4.2	-0.329	192
	M_4	2.2	0.4	-0.190	303
	MS_4	2.3	0.2	-0.103	185
SWL4-0.8H	O_1	6.3	3.5	-0.562	198
	K_1	6.8	3.6	-0.534	183
	M_2	4.9	2.8	-0.563	49
	S_2	5.0	3.2	-0.638	314
	M_4	2.8	0.9	-0.304	353
	MS_4	2.6	0.7	-0.291	228
SWL4-底层	O_1	46.4	1.7	-0.036	67
	K_1	48.7	1.7	-0.035	54
	M_2	47.2	5.2	-0.111	301
	S_2	38.8	4.8	-0.123	182
	M_4	5.8	0.5	0.091	240
	MS_4	5.4	0.7	0.130	121
SWL5-表层	O_1	64.0	5.5	0.086	71
	K_1	68.0	5.6	0.083	60
	M_2	33.3	3.3	0.098	316
	S_2	27.0	2.9	0.107	198
	M_4	4.2	0.7	0.169	80
	MS_4	3.9	0.7	0.172	320
SWL5-0.2H	O_1	65.8	1.8	-0.028	68
	K_1	69.7	2.5	-0.035	55
	M_2	34.6	5.2	-0.151	300
	S_2	28.0	4.3	-0.153	181
	M_4	3.6	0.5	0.129	233
	MS_4	3.6	0.6	0.162	112
SWL5-0.4H	O_1	51.7	4.9	-0.096	70
	K_1	53.9	5.1	-0.095	57
	M_2	27.4	5.2	-0.191	307
	S_2	22.4	4.4	-0.196	189
	M_4	4.1	0.6	-0.154	270

站位层次	分潮	最大潮流（cm/s）	最小潮流（cm/s）	椭圆率 k	最大潮流方向（°）
	MS_4	3.9	0.4	-0.092	151
SWL5-0.6H	O_1	29.8	2.7	0.089	250
	K_1	31.9	2.6	0.080	237
	M_2	14.4	2.3	0.161	125
	S_2	11.8	2.0	0.171	5
	M_4	1.5	0.2	0.141	20
	MS_4	1.4	0.1	0.099	258
SWL5-0.8H	O_1	39.4	1.9	0.047	250
	K_1	41.8	1.9	0.045	237
	M_2	19.7	0.8	0.038	126
	S_2	15.9	0.7	0.044	7
	M_4	2.3	1.1	0.462	10
	MS_4	2.1	1.0	0.477	256
SWL5-底层	O_1	58.9	1.8	-0.030	251
	K_1	62.6	1.8	-0.029	237
	M_2	36.6	4.1	-0.113	301
	S_2	31.1	3.6	-0.117	183
	M_4	4.2	1.6	0.369	349
	MS_4	3.5	1.5	0.427	231
SWL6-表层	O_1	48.7	9.0	0.184	241
	K_1	50.2	11.6	0.231	229
	M_2	24.4	12.9	0.529	115
	S_2	20.0	11.3	0.564	354
	M_4	4.3	2.3	0.535	38
	MS_4	4.1	2.1	0.512	276
SWL6-0.2H	O_1	24.7	2.9	0.119	71
	K_1	26.1	3.0	0.115	58
	M_2	11.8	0.1	-0.008	315
	S_2	8.3	0.1	-0.006	199
	M_4	2.7	0.3	-0.094	46
	MS_4	2.9	0.2	-0.069	284
SWL6-0.4H	O_1	20.6	4.6	-0.225	67
	K_1	20.9	4.5	-0.216	53
	M_2	11.0	5.1	-0.467	300
	S_2	9.7	4.4	-0.451	180
	M_4	1.9	0.9	-0.502	266
	MS_4	1.9	0.7	-0.348	148
SWL6-0.6H	O_1	11.9	0.4	0.033	233
	K_1	12.8	0.4	0.028	221
	M_2	7.2	0.3	-0.041	95
	S_2	7.6	0.6	-0.081	342
	M_4	1.4	0.9	-0.664	351
	MS_4	1.4	0.8	-0.598	218
SWL6-0.8H	O_1	18.5	3.7	0.198	245
	K_1	19.9	3.8	0.191	231
	M_2	8.7	2.8	0.321	115
	S_2	7.2	2.2	0.302	351
	M_4	2.6	0.3	0.106	0
	MS_4	2.4	0.3	0.115	240
SWL6-底层	O_1	73.1	3.2	-0.044	69
	K_1	77.1	3.4	-0.044	55
	M_2	41.1	4.6	-0.111	301
	S_2	34.3	4.1	-0.119	183
	M_4	3.1	0.8	0.246	274

站位层次	分潮	最大潮流（cm/s）	最小潮流（cm/s）	椭圆率 k	最大潮流方向（°）
	MS_4	2.9	0.8	0.275	148

6.1.5.3理论最大可能潮流

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：°）

$\vec{W}_{MS_4}$ ——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：

$$\vec{L}_{\max}=184.3\vec{W}_{M_2}+171.2\vec{W}_{S_2}+274.3\vec{W}_{K_1}+295.9\vec{W}_{O_1}+71.2\vec{W}_{M_4}+69.9\vec{W}_{MS_4} \quad (3)$$

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：°）

$\vec{W}_{MS_4}$ ——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。

（1）2023 年 2 月

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 6.1.5-5 中，由表 6.1.5-5 可见，该调查海域潮流可能最大流速为 56.4cm/s，出现在 SWL5 站 0.8H 层，各站层可能最大流速介于 5.6cm/s-56.4cm/s 之间，各站潮流的可能最大流速方向以北和东向为主；水质点可能最大运移距离为 18319.70m，出现在 SWL5 站 0.8H 层，各站层水质点可能最大运移距离介于 448.71m~18319.70m 之间。

表 6.1.5-5 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	表层	11.7	274	3824.80	93
	0.2H 层	9.0	337	3069.61	158
	0.4H 层	10.9	329	3616.47	150
	0.6H 层	5.7	336	1667.83	144
	0.8H 层	11.2	348	3584.54	165
	底层	9.2	315	2886.80	133
SWL2	表层	13.5	80	4168.05	83
	0.2H 层	9.4	300	2698.76	119
	0.4H 层	8.7	18	2675.47	17
	0.6H 层	5.6	52	1634.45	45
	0.8H 层	7.9	38	2462.95	35
	底层	26.1	38	8464.10	38

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）
SWL3	表层	18.2	73	5966.33	72
	0.2H 层	19.3	337	6190.20	158
	0.4H 层	13.8	341	4368.99	160
	0.6H 层	7.3	23	2287.92	13
	0.8H 层	8.0	12	2499.51	8
	底层	19.4	4	6265.02	5
SWL4	表层	17.1	38	5350.67	34
	0.2H 层	10.1	54	3340.34	55
	0.4H 层	10.9	2	2613.01	16
	0.6H 层	28.4	339	9087.91	159
	0.8H 层	7.3	64	2300.49	63
	底层	16.3	317	5161.48	139
SWL5	表层	50.0	286	16096.84	106
	0.2H 层	44.4	44	14369.41	44
	0.4H 层	32.1	327	10410.31	146
	0.6H 层	28.9	68	9739.20	68
	0.8H 层	56.4	84	18319.70	84
	底层	10.5	63	3614.72	66
SWL6	表层	53.0	88	16748.79	87
	0.2H 层	33.3	36	10727.66	36
	0.4H 层	18.5	308	5817.83	127
	0.6H 层	32.5	293	10649.35	111
	0.8H 层	52.5	90	17029.88	90
	底层	6.7	349	448.71	146

（2）2023 年 8 月

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 6.1.5-6 中，由表 6.1.5-6 可见，汕尾海砂海域潮流可能最大流速为 56.4cm/s，出现在 SWL4 站表层，各站层可能最大流速介于 5.7cm/s-56.4cm/s 之间，各站潮流的可能最大流速方向以北为主；水质点可能最大运移距离为 18469.54m，出现在 SWL4 站表层，各站层水质点可能最大运移距离介于 1501.58m~ 18469.54m 之间。

表 6.1.5-6 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	表层	42.6	319	13344.16	139
	0.2H 层	18.5	284	5002.94	108
	0.4H 层	35.1	69	11056.70	70
	0.6H 层	22.6	13	7212.74	12
	0.8H 层	40.8	4	12906.60	4
	底层	28.1	50	8935.52	50
SWL2	表层	50.5	323	15903.40	143
	0.2H 层	7.5	287	2091.17	104
	0.4H 层	12.4	330	3789.14	157

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）
	0.6H 层	24.9	39	7897.39	39
	0.8H 层	23.4	288	7382.04	108
	底层	7.8	32	2333.82	30
SWL3	表层	22.4	86	6940.02	84
	0.2H 层	21.6	65	7087.34	63
	0.4H 层	13.0	55	4308.43	54
	0.6H 层	17.3	360	5622.55	179
	0.8H 层	9.6	347	3095.08	165
	底层	32.6	6	10079.97	4
SWL4	表层	56.4	275	18469.54	94
	0.2H 层	23.6	298	7593.74	122
	0.4H 层	16.9	11	5239.43	11
	0.6H 层	16.4	311	5130.96	129
	0.8H 层	5.7	44	1501.58	32
	底层	49.8	38	16220.48	39
SWL5	表层	43.5	17	14075.48	15
	0.2H 层	44.9	61	14485.63	59
	0.4H 层	34.7	80	11321.50	78
	0.6H 层	20.2	297	6522.20	117
	0.8H 层	26.7	304	8625.64	123
	底层	43.6	360	9291.24	175
SWL6	表层	32.1	320	10535.10	139
	0.2H 层	16.1	33	5327.38	31
	0.4H 层	13.8	301	4470.47	118
	0.6H 层	8.7	27	2722.69	33
	0.8H 层	12.3	287	4038.88	106
	底层	51.4	19	16239.23	19

6.1.6余流

余流通常指实测海流资料中除去周期性流动（天文潮）之后，剩余的部分流动。其中包括潮汐余流、风海流和密度流等非周期性流动。

6.1.6.1 2023 年 2 月

大潮期水文观测各站各层余流对比见表 6.1.6-1，大潮期余流的分布图见图 6.1.6-1。

由图表可知，调查海区观测期间余流流速主要介于 0.6cm/s～31.5cm/s。最大余流为潮流 SWL6 站（0.2H 层，31.5cm/s，192°），最小余流为潮流 SWL3 站（底层，0.6cm/s，269°）。受大风天气过程各个站点的表层流场的余流流向主要为西南向以及南向。SWL1、 SWL2 和 SWL3 站点的余流流向主要为西方向， SWL4 站点的中层及底层的余流流向为东北方向，SWL5 和 SWL6 站点的中层及底层的余流流向为北方向。

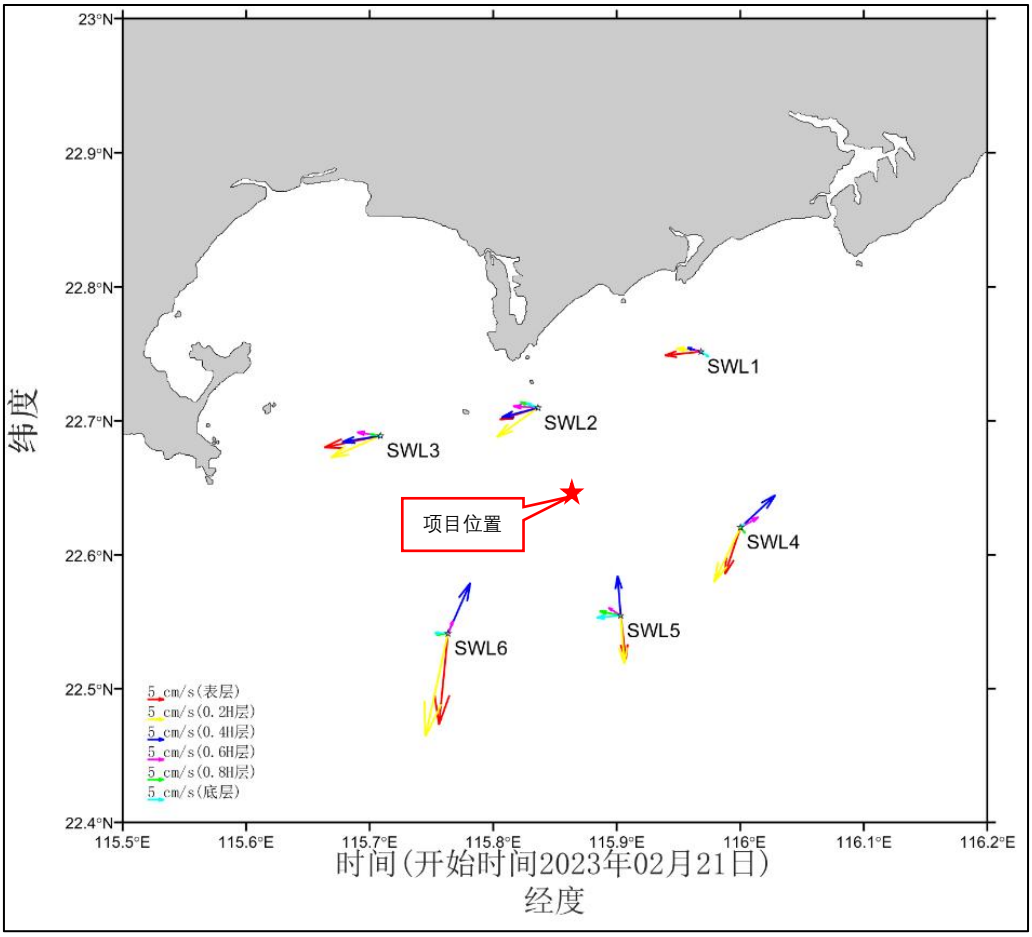


图 6.1.6-1 冬季观测期各站余流图

表 6.1.6-1 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-表	10.8	264
SWL1-0.2H	7.4	277
SWL1-0.4H	4.2	286
SWL1-0.6H	1.8	281
SWL1-0.8H	1.1	124
SWL1-底	2.9	124
SWL2-表	11.9	253
SWL2-0.2H	15.1	235
SWL2-0.4H	11.3	255
SWL2-0.6H	7.4	274
SWL2-0.8H	5.6	288
SWL2-底	3.5	293
SWL3-表	17.2	258
SWL3-0.2H	16.2	246
SWL3-0.4H	11.6	261
SWL3-0.6H	7.0	279
SWL3-0.8H	3.2	279
SWL3-底	0.6	269
SWL4-表	14.7	198
SWL4-0.2H	18.1	206
SWL4-0.4H	14.2	47
SWL4-0.6H	6.2	60
SWL4-0.8H	2.2	141

站位及层次	观测期间余流	
	流速（cm/s）	流向（°）
SWL4-底	1.6	47
SWL5-表	13.1	173
SWL5-0.2H	14.4	176
SWL5-0.4H	11.9	356
SWL5-0.6H	4.3	302
SWL5-0.8H	6.4	281
SWL5-底	7.2	265
SWL6-表	27.4	186
SWL6-0.2H	31.5	192
SWL6-0.4H	16.5	24
SWL6-0.6H	4.0	21
SWL6-0.8H	3.6	264
SWL6-底	4.0	272

6.1.6.2 2023 年 8 月

调查海区观测期间余流流速主要介于 0.1cm/s～14.1cm/s。最大余流为潮流 SWL2 站（表层，14.1cm/s，96°），最小余流为潮流 SWL2 站（底层，0.1cm/s，48°）。各站表层的余流流速最大，方向主要为东南方向。SWL1、SWL2 和 SWL3 站的中底层的余流方向主要为东北方向，而 SWL4、SWL5 和 SWL6 站的中底层的余流方向主要为东南方向。

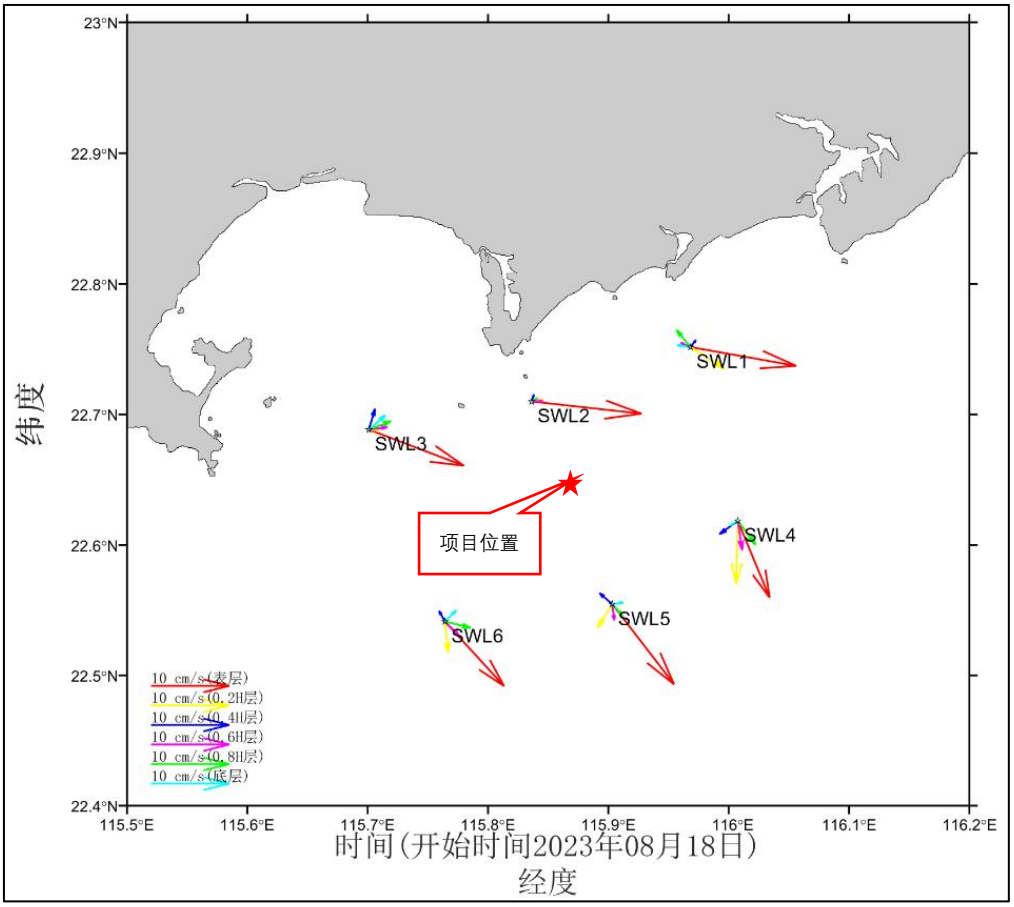


图 6.1.6-2 夏季观测期各站余流图

表 6.1.6-3 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-表	13.7	100
SWL1-0.2H	5.2	122
SWL1-0.4H	1.1	39
SWL1-0.6H	1.3	294
SWL1-0.8H	2.8	321
SWL1-底	1.7	278
SWL2-表	14.1	96
SWL2-0.2H	1.5	81
SWL2-0.4H	0.9	19
SWL2-0.6H	1.4	88
SWL2-0.8H	0.9	60
SWL2-底	0.1	48
SWL3-表	13.0	111
SWL3-0.2H	1.4	95
SWL3-0.4H	2.8	17
SWL3-0.6H	2.4	82
SWL3-0.8H	3.0	69
SWL3-底	2.8	49
SWL4-表	10.6	157
SWL4-0.2H	8.0	181
SWL4-0.4H	2.9	234
SWL4-0.6H	3.8	171
SWL4-0.8H	3.8	143
SWL4-底	1.1	239
SWL5-表	12.9	142
SWL5-0.2H	3.6	212
SWL5-0.4H	2.1	311
SWL5-0.6H	2.1	173
SWL5-0.8H	1.9	138
SWL5-底	1.4	82
SWL6-表	11.2	138
SWL6-0.2H	4.0	174
SWL6-0.4H	1.5	331
SWL6-0.6H	2.4	135
SWL6-0.8H	3.4	104
SWL6-底	2.0	45

6.1.7温度、盐度

6.1.7.1 2023 年 2 月

温度调查结果：调查期间调查海区测得的水温最大值为 20.72℃，出现在 SWL6 站表层；测得水温的最小值为 15.61℃，出现在 SWL1 站 0.8H 层；该调查海区的温度分布特点为：近岸站点（SWL1、SWL2 和 SWL3）的温度比靠近外海站点（SWL4、SWL5 和 SWL6）低，符合冬季海洋近岸的温度比外海的温度低的特点（冬季大陆相对较冷，海洋相对温暖）。同时，近岸点的温度上下混合一致，而外

海站点温度则有明显的分层。这是由于深度较浅的海区更容易被风场搅动混合均匀，其温度表底变化不大，而深度较深的海区风场相对较难作用于中深层，所以温度有明显的分层现象。

盐度调查结果：调查期间调查海区测得的盐度最大值为 34.26，出现在 SWL6 的 0.4H 层、06H 层和 0.8H 层；测得盐度的最小值为 30.57，出现在 SWL3 站 0.2H 层。统计结果表明，该调查海区的盐度分布特点为：近岸站点（SWL1、SWL2 和 SWL3）的盐度比靠近外海站点（SWL4、SWL5 和 SWL6）低，符合海洋近岸的盐度比外海的盐度低的特点（近岸由于陆源物质，其盐度相对较低）。同时，近岸点的盐度上下混合一致，而外海站点盐度则有明显的分层。这是由于深度较浅的海区更容易被风场搅动混合均匀，其盐度表底变化不大，而深度较深的海区风场相对较难作用于中深层，所以盐度有明显的分层现象。

表 6.1.7-1　冬季各站温度、盐度统计

站位	层位	温度（℃）			盐度（PSU）		
		最大	最小	平均	最大	最小	平均
SWL1	表层	16.81	15.74	15.91	33.19	33.00	33.12
	0.2H 层	16.11	15.73	15.82	33.17	33.09	33.13
	0.4H 层	15.89	15.63	15.77	33.19	33.10	33.14
	0.6H 层	15.82	15.62	15.73	33.29	33.11	33.16
	0.8H 层	15.81	15.61	15.71	33.31	33.13	33.17
	底层	15.89	15.62	15.76	33.19	33.09	33.14
SWL2	表层	16.89	15.81	16.09	33.16	32.62	32.86
	0.2H 层	16.59	15.74	15.91	33.39	32.51	32.81
	0.4H 层	16.48	15.71	15.83	33.21	32.59	32.83
	0.6H 层	15.95	15.68	15.77	32.94	32.63	32.84
	0.8H 层	15.82	15.62	15.73	33.04	32.62	32.84
	底层	15.93	15.62	15.72	33.09	32.71	32.85
SWL3	表层	20.61	19.53	19.77	31.78	30.60	30.95
	0.2H 层	20.17	19.54	19.71	31.93	30.57	31.32
	0.4H 层	19.86	18.68	19.44	33.35	31.12	32.33
	0.6H 层	19.68	17.57	18.63	33.50	32.45	33.16
	0.8H 层	18.45	16.95	17.67	33.75	33.24	33.39
	底层	18.93	16.94	17.32	34.24	33.23	33.46
SWL4	表层	20.63	19.55	19.80	34.04	33.93	34.00
	0.2H 层	20.11	19.56	19.73	34.04	33.99	34.01
	0.4H 层	19.84	18.10	19.37	34.12	34.00	34.04
	0.6H 层	19.68	17.37	18.51	34.15	34.01	34.08
	0.8H 层	18.06	16.90	17.50	34.12	33.97	34.07
	底层	18.95	16.92	17.28	34.12	33.88	34.02
SWL5	表层	20.38	18.12	19.31	33.56	33.40	33.48
	0.2H 层	19.86	17.96	19.21	33.58	33.35	33.45
	0.4H 层	19.36	17.63	18.74	33.58	33.35	33.49
	0.6H 层	18.95	17.51	17.98	33.61	33.50	33.55
	0.8H 层	17.74	17.27	17.46	33.59	33.52	33.55

站位	层位	温度（℃）			盐度（PSU）		
		最大	最小	平均	最大	最小	平均
	底层	18.10	17.02	17.33	33.56	33.51	33.54
SWL6	表层	20.72	18.57	19.71	34.25	34.10	34.15
	0.2H 层	20.25	18.23	19.61	34.25	34.10	34.15
	0.4H 层	19.80	18.09	19.14	34.26	34.11	34.19
	0.6H 层	19.38	17.94	18.35	34.26	34.17	34.24
	0.8H 层	18.03	17.68	17.85	34.26	34.22	34.24
	底层	18.42	17.44	17.69	34.23	34.18	34.21

6.1.7.2 2023 年 8 月

温度结果：调查期间调查海区测得的水温最大值为 26.89℃，出现在 SWL3 站表层；测得水温的最小值为 21.96℃，出现在 SWL6 站底层；观测海区整体较深，海水整体有明显的温度分层。水深越深海水温度越低，越靠近陆地海水温度越高，且温度波动越大。此次观测的温度主要受昼夜和季节的影响。

盐度结果：调查期间调查海区测得的盐度最大值为 34.39，出现在 SWL4 的 0.4H 层；测得盐度的最小值为 33.26，出现在 SWL4 站表层。统计结果表明，观测海区整体较深，海水整体有明显的温度分层，深度越深其盐度越大。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。各站的盐度有明显的分层。

表 6.1.7-2　夏季各站温度、盐度统计

站位	层位	温度（℃）			盐度（PSU）		
		最大	最小	平均	最大	最小	平均
SWL1	表层	26.65	23.78	25.11	34.05	33.36	33.70
	0.2H 层	24.82	22.90	23.35	34.23	33.64	34.08
	0.4H 层	23.05	22.69	22.78	34.27	34.18	34.25
	0.6H 层	22.84	22.68	22.73	34.27	34.23	34.26
	0.8H 层	22.76	22.68	22.71	34.27	34.25	34.26
	底层	22.73	22.67	22.70	34.27	34.26	34.26
SWL2	表层	26.66	23.82	25.15	34.02	33.33	33.71
	0.2H 层	25.64	22.92	23.46	34.21	33.57	34.07
	0.4H 层	23.69	22.68	22.82	34.28	33.94	34.24
	0.6H 层	22.89	22.68	22.72	34.28	34.22	34.27
	0.8H 层	22.76	22.67	22.70	34.28	34.25	34.27
	底层	22.73	22.67	22.70	34.28	34.27	34.28
SWL3	表层	26.89	25.49	26.14	33.86	33.67	33.80
	0.2H 层	26.83	24.51	25.54	34.06	33.77	33.89
	0.4H 层	25.46	22.94	23.85	34.28	33.86	34.14
	0.6H 层	23.71	22.66	22.99	34.30	34.11	34.26
	0.8H 层	22.88	22.12	22.55	34.34	34.27	34.30
	底层	22.63	21.98	22.17	34.35	34.29	34.33
SWL4	表层	26.42	24.58	25.72	33.97	33.26	33.68
	0.2H 层	24.71	22.99	23.69	34.23	33.89	34.06

站位	层位	温度（℃）			盐度（PSU）		
		最大	最小	平均	最大	最小	平均
	0.4H 层	23.18	22.22	22.67	34.39	34.21	34.27
	0.6H 层	22.81	22.20	22.30	34.32	34.25	34.30
	0.8H 层	22.26	22.19	22.21	34.32	34.30	34.31
	底层	22.24	22.17	22.21	34.32	34.29	34.31
SWL5	表层	26.29	24.42	25.57	34.12	33.44	33.71
	0.2H 层	25.48	22.96	23.79	34.22	33.81	34.06
	0.4H 层	24.53	22.22	22.76	34.30	33.91	34.24
	0.6H 层	22.97	22.20	22.30	34.30	34.25	34.29
	0.8H 层	22.32	22.19	22.22	34.32	34.29	34.30
	底层	22.24	22.18	22.21	34.33	34.29	34.30
SWL6	表层	26.87	25.48	26.12	33.85	33.65	33.78
	0.2H 层	26.80	24.49	25.52	34.05	33.76	33.88
	0.4H 层	25.44	22.92	23.82	34.26	33.85	34.13
	0.6H 层	23.66	22.64	22.98	34.29	34.12	34.25
	0.8H 层	22.87	22.11	22.53	34.32	34.26	34.29
	底层	22.60	21.96	22.15	34.33	34.28	34.32

6.1.8悬浮泥沙

6.1.8.1 悬浮泥沙浓度

（1）2023 年 2 月

观测期间，调查海区悬沙浓度范围为 0.006kg/m³~0.031kg/m³，SWL2 站底层悬沙浓度最大（0.031kg/m³），SWL3 站中层和 SWL6 站表层悬沙浓度最小（0.006kg/m³）；在垂向上，各站表层和底层悬沙浓度较为接近。空间上，越靠近岸的站位悬沙浓度越高，越靠近外海的站位悬沙浓度越低。

表 6.1.8-1 冬季各站悬沙浓度范围

项目		悬沙浓度（kg/m³）			
站位	层次	最大	最小	平均	全站平均
SWL1	表层	0.017	0.007	0.012	0.015
	中层	0.022	0.011	0.015	
	底层	0.025	0.012	0.019	
SWL2	表层	0.025	0.016	0.021	0.022
	中层	0.027	0.011	0.022	
	底层	0.031	0.021	0.024	
SWL3	表层	0.021	0.008	0.014	0.014
	中层	0.021	0.006	0.013	
	底层	0.020	0.008	0.014	
SWL4	表层	0.019	0.007	0.015	0.015
	中层	0.024	0.010	0.015	
	底层	0.025	0.008	0.016	
SWL5	表层	0.018	0.008	0.012	0.014
	中层	0.019	0.012	0.015	
	底层	0.018	0.011	0.014	

项目		悬沙浓度（kg/m³）			
站位	层次	最大	最小	平均	全站平均
SWL6	表层	0.015	0.006	0.012	0.014
	中层	0.019	0.009	0.014	
	底层	0.020	0.011	0.014	

（2） 2023 年 10 月

观测期间调查海区悬沙浓度范围为 0.005kg/m³~0.029kg/m³，SWL3 站中层的悬沙浓度最大（0.029kg/m³），SWL6 站底层的悬沙浓度最小（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 6.1.8-2 夏季各站悬沙浓度范围

项目		悬沙浓度（kg/m³）			
站位	层次	最大	最小	平均	全站平均
SWL1	表层	0.019	0.011	0.014	0.014
	中层	0.020	0.010	0.013	
	底层	0.022	0.010	0.014	
SWL2	表层	0.027	0.016	0.020	0.019
	中层	0.025	0.016	0.019	
	底层	0.024	0.016	0.020	
SWL3	表层	0.027	0.018	0.021	0.022
	中层	0.029	0.018	0.022	
	底层	0.027	0.020	0.024	
SWL4	表层	0.020	0.010	0.013	0.013
	中层	0.025	0.009	0.014	
	底层	0.020	0.010	0.014	
SWL5	表层	0.016	0.009	0.012	0.013
	中层	0.020	0.007	0.013	
	底层	0.020	0.010	0.014	
SWL6	表层	0.017	0.009	0.013	0.015
	中层	0.018	0.010	0.014	
	底层	0.028	0.005	0.018	

6.1.8.2 输沙量

影响悬沙运动的因素众多，有波浪、潮流、风等动力条件，此外悬沙运动与水质点的运动也不一致，为便于问题简化，在此仅讨论悬沙质量浓度与流速之间的关系。

（1） 2023 年 2 月

涨潮期最大单宽输沙量为 2.92t/m，方向 267°，出现在 SWL2 站；落潮期最大单宽输沙量为 1.37t/m，方向 174°，出现在 SWL6 站；最大单宽净输沙量为 2.67t/m，方向 180°，出现在 SWL6 站。SWL1、SWL2 和 SWL3 站的净输沙方向主要为西方

向，SWL4 站位的净输沙方向主要为东南方向，SWL5 站位的净输沙方向主要为西南方向，SWL6 站位的净输沙方向主要为南方向。

表 6.1.8-3 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（t/m）	方向（°）	输沙量（t/m）	方向（°）	输沙量（t/m）	方向（°）
SWL1	0.86	267	0.50	94	0.37	258
SWL2	2.92	267	0.55	72	2.39	271
SWL3	1.82	269	0.32	82	1.50	271
SWL4	1.25	139	0.76	129	2.00	135
SWL5	0.86	274	1.13	194	1.54	228
SWL6	1.31	186	1.37	174	2.67	180

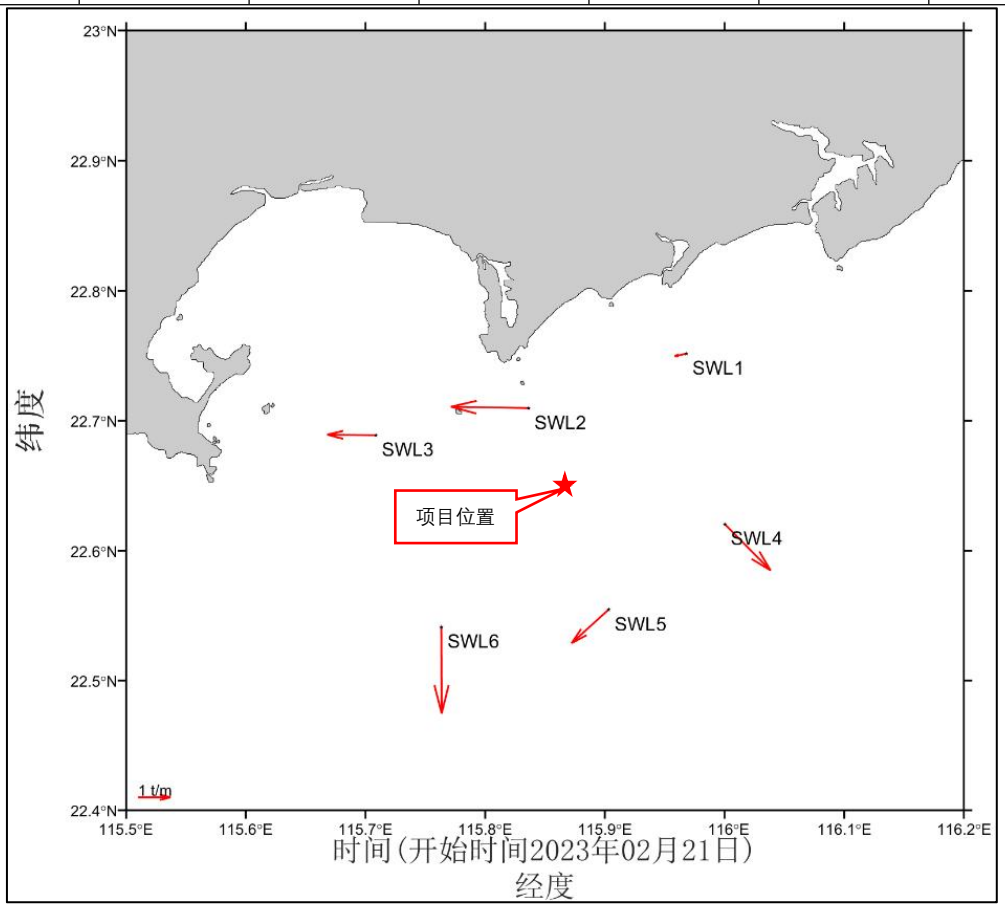


图 6.1.8-1 冬季净输沙示意图

（2）2023 年 8 月

涨潮期最大单宽输沙量为 1.41t/m，方向 225°，出现在 SWL4 站；落潮期最大单宽输沙量为 3.35t/m，方向 77°，出现在 SWL2 站；最大单宽净输沙量为 2.93t/m，方向 94°，出现在 SWL2 站。SWL1、SWL2 和 SWL3 的净输沙方向主要为东方向，其余站点的净输沙方向主要以东南方向为主。

表 6.1.8-4 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	0.80	212	2.10	58	1.43	72
SWL2	0.99	201	3.35	77	2.93	94
SWL3	0.76	189	2.67	80	2.53	97
SWL4	1.41	225	1.98	135	2.44	171
SWL5	1.40	202	1.68	103	2.00	146
SWL6	1.01	205	2.59	100	2.54	123

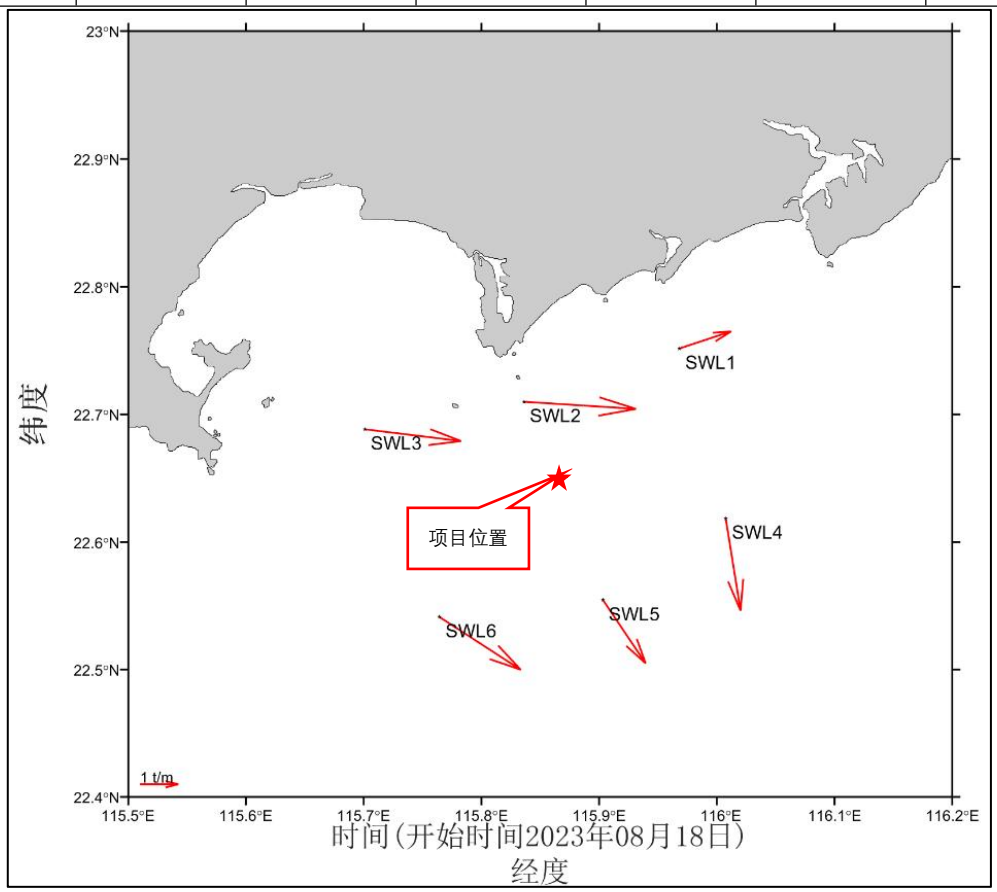


图 6.1.8-2 夏季净输沙示意图

6.1.8.3 悬沙粒度分析

（1） 2023 年 2 月

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 1φ~11φ。悬沙样的分析统计结果及粒级组成见表 6.1.8-5 和表 6.1.8-6。

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，砂的含量最少。

各站大潮期间砂含量在 0.00～20.27%之间，平均值为 0.99%，粉砂含量在 47.54%～81.26%之间，平均值为 63.54%，粘土含量在 10.20%～52.46%之间，平均

值为 35.48%；悬沙样品类型有粘土质粉砂（19/24），粉砂质粘土（1/24），砂质粉砂（1/24），粉砂（3/24），共 4 种样品。

表 6.1.8-5 冬季悬沙粒度参数以及砂、粉砂、粘土含量（N=24）

潮 次	变 化 范 围	砂含量 (%)	粉砂含量 (%)	粘土含量 (%)	平均粒径 $M_z(\Phi)$	分选系数 $\sigma_i(\Phi)$	偏态 S_{ki}	峰态 Kg	中值粒径 $M_d(\mu m)$
大 潮 (N=24)	最大值	20.27	81.26	52.46	7.81	0.034	0.85	1.24	8.04
	最小值	0.00	47.54	10.20	5.05	0.003	-0.14	0.66	6.32
	平均值	0.99	63.54	35.48	6.99	0.007	0.41	0.95	7.35

表 6.1.8-6 冬季悬沙粒级组成和各粒级含量（N=24）

潮 次	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
大 潮 (N=24)	最大值(%)	0.00	0.00	0.00	2.64	17.63	11.52	32.64	48.51	36.98	30.83	17.34	5.77
	最小值(%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.97	16.77	7.14	2.70	0.36
	平均值(%)	0.00	0.00	0.00	0.13	0.86	0.96	13.62	22.89	26.07	20.80	10.91	3.77
	累 计(%)	0.00	0.00	0.00	0.13	0.99	1.95	15.57	38.46	64.53	85.32	96.23	100.00

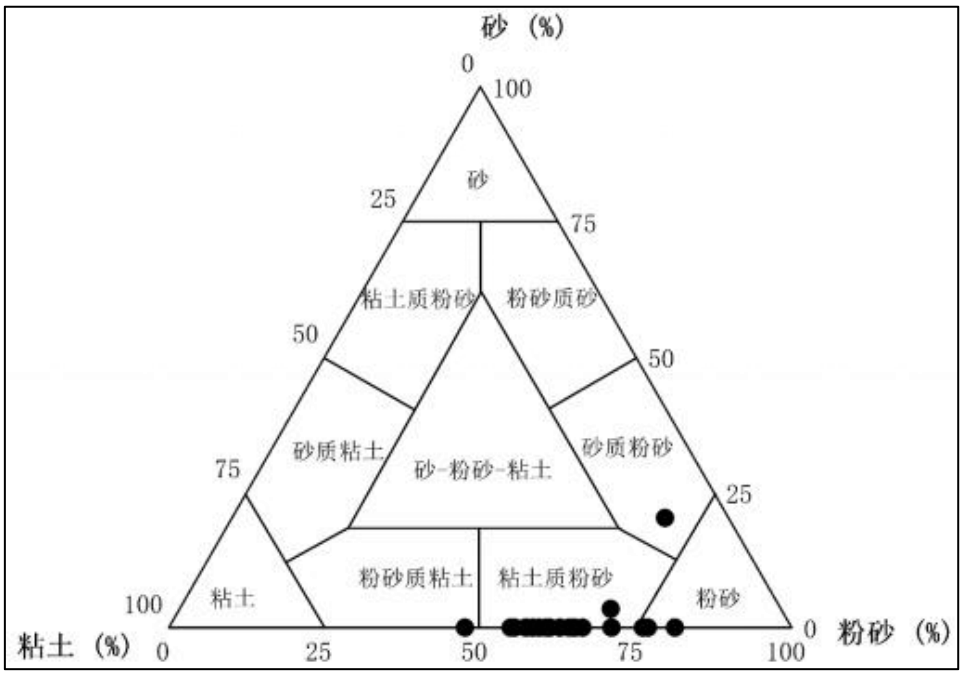


图 6.1.8-3 冬季悬沙所有样品谢帕德三角图分布（N=24）

②中值粒径（M_d，μm）

本航次测区悬沙中值粒径变化范围在 6.32μm～8.04μm 之间，平均值为 7.35μm。SWL2 测站落急最粗（8.04μm），SWL5 测站涨急最细（6.32μm）。详见表 6.1.8-7。

表 6.1.8-7 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	7.74	7.62	7.59	7.73	7.67
SWL2	大潮	7.36	7.55	8.04	7.61	7.64
SWL3	大潮	7.81	7.71	7.80	7.78	7.77
SWL4	大潮	6.69	6.59	6.95	6.93	6.79

站点	潮汛	涨急	涨憩	落急	落憩	平均
SWL5	大潮	6.32	6.75	7.39	7.41	6.97
SWL6	大潮	6.64	7.33	7.51	7.56	7.26

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 7.09μm、7.26μm、7.55μm、7.50μm。

1）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 5.05φ～7.81φ之间，平均值为 6.99φ。平均粒径的空间分布为：SWL2 站的落急最大，为 7.81φ；SWL4 站的涨憩最小，为 5.05φ。

2）分选系数（σ_i，φ）

测区测量期间悬沙分选系数变化范围为 0.003φ～0.034φ，平均值为 0.007φ。

3）偏态（S_{ki}）

测区悬沙偏态系数变化范围为-0.14～0.85，平均值为 0.41。

4）峰态（Kg）

测区悬沙峰态系数的变化范围为 0.66～1.24，平均值为 0.95。

（2） 2023 年 8 月

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 1φ~11φ。悬沙样的分析统计结果及粒级组成见表 6.1.8-8 和表 6.1.8-9。

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%～24.74%，平均值为 1.13%，粉砂含量在 28.05%～89.98%之间，平均值为 63.27%，粘土含量在 8.35%～71.95%之间，平均值为 35.60%；悬沙样品类型为粘土质粉砂（13/24），粉砂（6/24），粉砂质粘土（4/24），粘土-砂质粉砂（1/24），共 4 种样品。

表 6.1.8-8 夏季悬沙粒度参数以及砂、粉砂、粘土含量（N=24）

潮 次	变 化 范 围	砂含量 (%)	粉砂含量 (%)	粘土含量 (%)	平均粒径 M_z(Φ)	分选系数 σ_i(Φ)	偏态 S_{ki}	峰态 Kg	中值粒径 M_d(μm)
大 潮 (N=24)	最大值	24.74	89.98	71.95	8.30	0.037	0.75	1.08	8.41
	最小值	0.00	28.05	8.35	4.95	0.002	0.09	0.80	5.41
	平均值	1.13	63.27	35.60	7.11	0.006	0.34	0.94	7.34

表 6.1.8-9 夏季悬沙粒级组成和各粒级含量（N=24）

潮 次	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
大 潮 (N=24)	最大值(%)	0.00	0.00	0.00	3.08	21.66	28.67	34.89	38.67	36.88	48.17	22.71	3.01
	最小值(%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	9.68	5.64	2.34	0.17
	平均值(%)	0.00	0.00	0.00	0.13	1.00	2.71	8.61	23.09	28.85	24.09	10.50	1.01
	累 计(%)	0.00	0.00	0.00	0.13	1.13	3.84	12.45	35.55	64.40	88.49	98.99	100.00

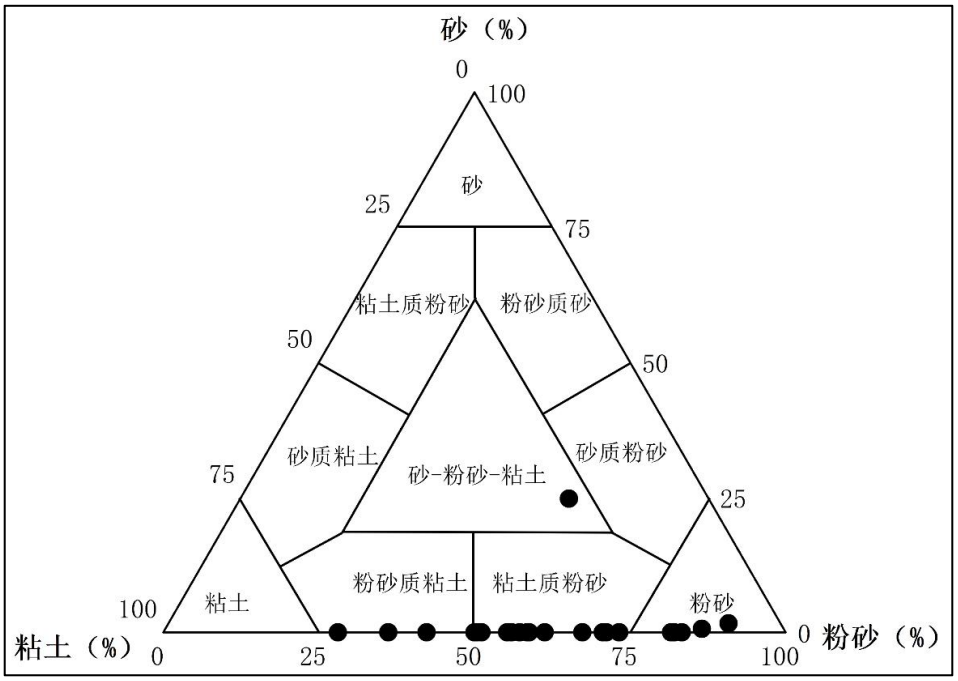


图 6.1.8-4 夏季悬沙所有样品谢帕德三角图分布（N=24）

②中值粒径（M_d，μm）

本航次测区悬沙中值粒径变化范围在 5.41μm～8.41μm 之间，平均值为 7.34μm。SWL5 测站落急最粗（8.41μm），SWL4 测站涨憩最细（5.41μm）。详见表 6.1.8-10。

表 6.1.8-10 夏季悬沙中值粒径（M_d，μm）统计

站点	潮汛	涨急	涨憩	落急	落憩	平均
SWL1	大潮	7.43	7.71	6.16	6.88	7.04
SWL2	大潮	6.60	7.96	8.14	7.82	7.63
SWL3	大潮	7.74	7.93	7.60	6.70	7.49
SWL4	大潮	7.20	7.05	7.82	5.41	6.87
SWL5	大潮	8.41	7.28	7.73	7.97	7.85
SWL6	大潮	6.36	6.70	8.23	7.22	7.13

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 7.29μm、7.44μm、7.61μm、7.00μm。

1）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 4.95φ～8.30φ之间，平均值为 7.11φ。平均粒径的空间分布为：SWL5 站的落急最大，为 8.30φ；SWL1 站的涨急最小，为 4.95φ。

2）分选系数（σ_i，φ）

测区测量期间悬沙分选系数变化范围为 0.002φ～0.037φ，平均值为 0.006φ。

3）偏态（S_{ki}）

测区悬沙偏态系数变化范围为 0.09～0.75，平均值为 0.34。

4）峰态（Kg）

测区悬沙峰态系数的变化范围为 0.80～1.08，平均值为 0.94。

6.2地形地貌与工程地质

本节引自《广东省汕尾市管辖海域 CB22-05 矿区回填用海砂资源储量核实报告（审定稿）》（浙江华东建设工程有限公司，2023 年 7 月）。

6.2.1地形地貌

（1）地形特征

根据地形测量成果，矿区及外扩 2km 范围内地形标高在-28.84~-23.36m（1985 国家高程），平均高程为-26.31m，水深范围为 22.90m~28.37m（当地理论深度基准面，取当地理论最低潮面（85 国家高程下 0.465m）作为深度基准面），平均水深为 25.84m，海底地形相对平坦，坡度变化范围为 0.00°~0.20°，平均坡度约 0.05°。矿区范围内海底表层不含大颗粒成分，底质类型主要为砂质粉砂。

矿区范围内地形标高为-27.03m~-25.38m（1985 国家高程），平均高程为-26.16m，水深范围为 24.91m~26.57m（当地理论深度基准面，取当地理论最低潮面（85 国家高程下 0.465m）作为深度基准面），平均水深为 25.70m，矿区地势最低点位于矿区最南角，地势最高点位于矿区最北角。矿区整体地形平坦，坡度变化范围为 0.00°~4.72°，平均坡度约 0.215°。整体地势为自北向南逐渐下降，局部受海底波纹发育的影响，地势高低崎岖起伏但是幅度很小。

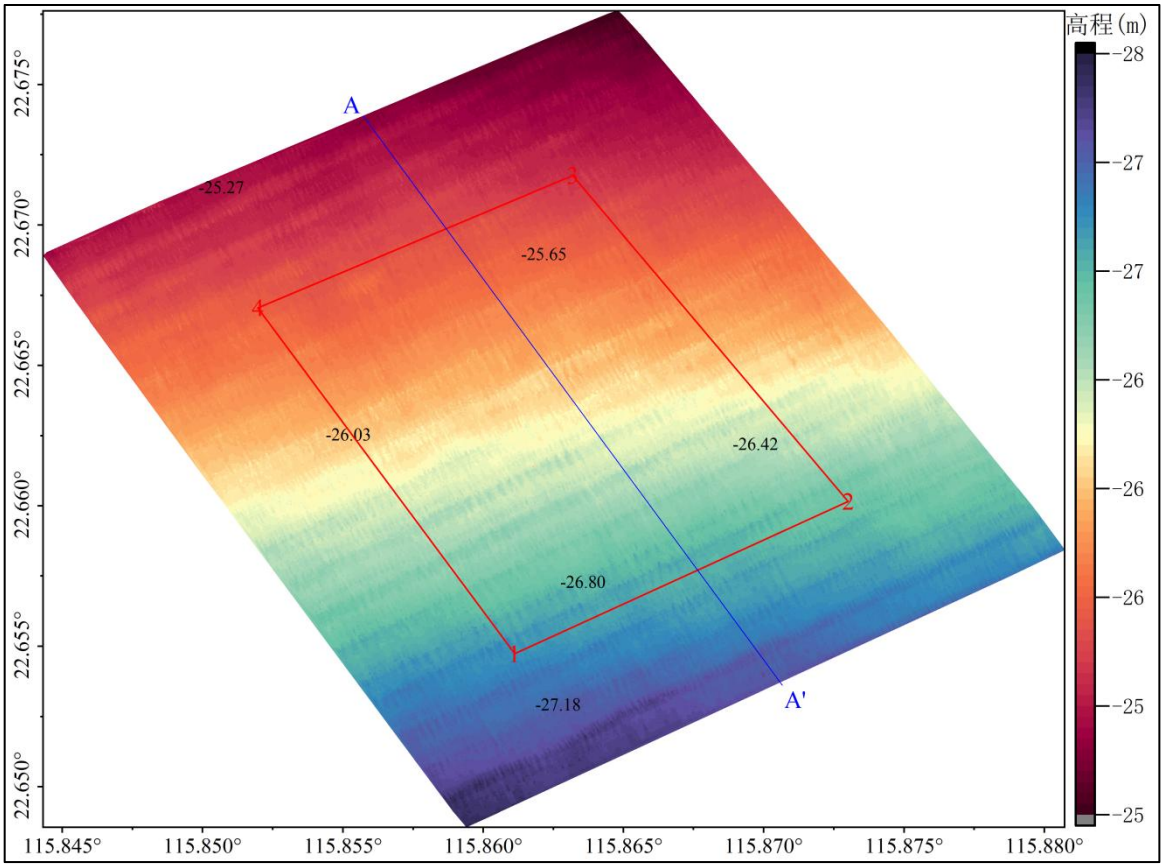


图 6.2.1-1 矿区地形图（红线为矿区范围）

（2）地貌特征

矿区海底地貌形态简单，属水下岸坡区中的水下侵蚀-堆积岸坡地貌类型，标高在-26m 左右区域，海底地形平坦开阔，沉积物在波浪和潮流等水动力作用下处于活动状态，侵蚀和堆积作用都较为缓慢。根据对矿区侧扫声呐扫测、多波束地形测量等调查资料分析、判读，矿区海底地形平缓、表层沉积稳定，未发现明显的海底冲刷侵蚀洼地、流（拖）痕等微地貌类型。

6.2.2矿区地质

6.2.2.1地层

根据本次钻探资料，对比前人研究成果，矿区内钻探揭露的地层自老到新划分为上更新统南卫组（Q_3n）、全新统北尖组（Q_4bj）（主要依据岩性特征和沉积环境）。

（1）上更新统南卫组（Q_3n）

①上更新统南卫组下部：上更新统冲积、洪积、滨海相沉积层。由青灰色、灰白色、灰褐色细砂、细中砂、中粗砂、粗砂、砾质砂等组成，饱和，松散，总体较均匀，分选好，磨圆较好，砂质成分以石英砂为主，局部含少量砾石。推断其形成时代为晚更新世，是矿区主要的下层海砂发育层，总体以滨海相沉积为主，局部发

育有冲积、洪积相的砂层。钻探工程揭露的厚度范围在 12.6~29.7m，平均厚 18.72m。

②上更新统南卫组上部：总体以滨海相沉积为主，局部发育有冲积、洪积相的砂层，受潮汐涨落潮的影响较大。顶部有浅海相沉积层。顶部由灰黄色、灰色的可塑泥层和砂质泥层组成，中下部主要由灰黄色、青灰色、浅灰色粉细砂、粉砂、细砂和粉质粘土、粘土混粉砂等组成，含贝壳、生物碎屑，沉积环境总体为滨浅海环境，推断其形成时代为晚更新世。钻探工程揭露的厚度范围在 12.5~23.3m，平均厚 16.13m。

（2）全新统北尖组（Q_4bj）

全新统浅海相沉积层。矿区主要的上层海砂发育层，上部由灰色、浅灰色、灰褐色的淤泥、淤泥混粉砂、粉砂、粉质粘土层组成，饱和，流塑-软塑状，局部含适量的贝壳及贝壳碎屑，有腥味，粉砂一般分布均匀或呈薄层状或团粒状分布于淤泥中。该组属全新世浅海相沉积。钻探工程揭露的厚度范围在 12.8~19m，平均厚 16.09m。

6.2.2.2构造

矿区属海底第四纪滨浅海沉积相，地形相对平坦，本次勘查未发现向斜和背斜等褶皱构造，也未发现断层构造。结合综合物探资料显示地层内部沉积结构为近水平层状。

6.2.2.3岩浆岩

本次勘查在 ZK11 钻孔位置发现全风化花岗岩基底，土黄色、灰白色的全风化花岗岩，由花岗岩碎屑和粘土组成，分选、磨圆较差。原岩组织结构基本破坏，但尚可辨认，推断为中生界燕山期花岗岩，主要为钾长花岗岩和二长花岗岩。

6.2.2.4海底底质

矿区海底底质是指详查区海底沉积物类型。根据本次勘查获取的 43 个海底表层沉积物的粒度组成特征，由于矿区海底底质均不含砾石，因此采用福克不含砾三角图解进行分类命名，矿区海底底质类型均为砂质粉砂。矿区海底底质均不含砾石，砾含量均为 0.0%；砂含量在 10.5~24.8%之间，平均值 11.6%；粉砂含量在 64.4~75.5%之间，平均值为 70.7%；粘土含量在 8.8~14.6%之间，平均值 11.6%；中值粒径在 0.0157~0.033 之间，平均值为 0.0242。由此可见，矿区海底底质普遍较细，以粉砂为主，矿区南东部砂含量较高，矿区海底整体处于水动力条件较弱、较稳定

的沉积环境。

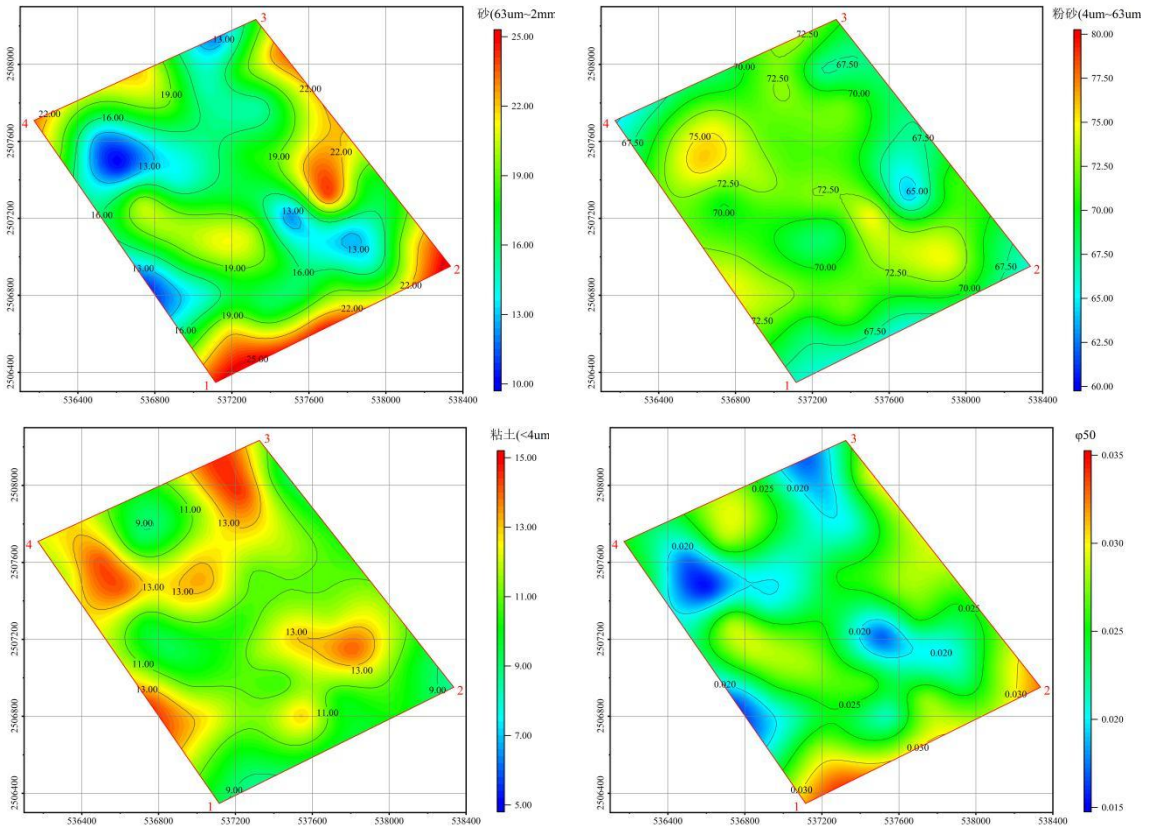


图 6.2.2-1　矿区海底表层沉积物粒度组分分布图

矿区海底底质平均粒径 Mz（Φ）在 0.02Φ～0.04Φ之间，平均值 0.03Φ，矿区表层整体粒径较小；分选系数 Si（Φ）在 0.02Φ～0.05Φ之间，平均值 0.03Φ，矿区表层沉积物分选极好；偏态 Ski 在 0.35~0.63 之间，平均值 0.50，矿区表层沉积物偏正偏；峰态 Kg 在 0.86~1.38 之间，平均值 1.16，峰态从很窄到中等。

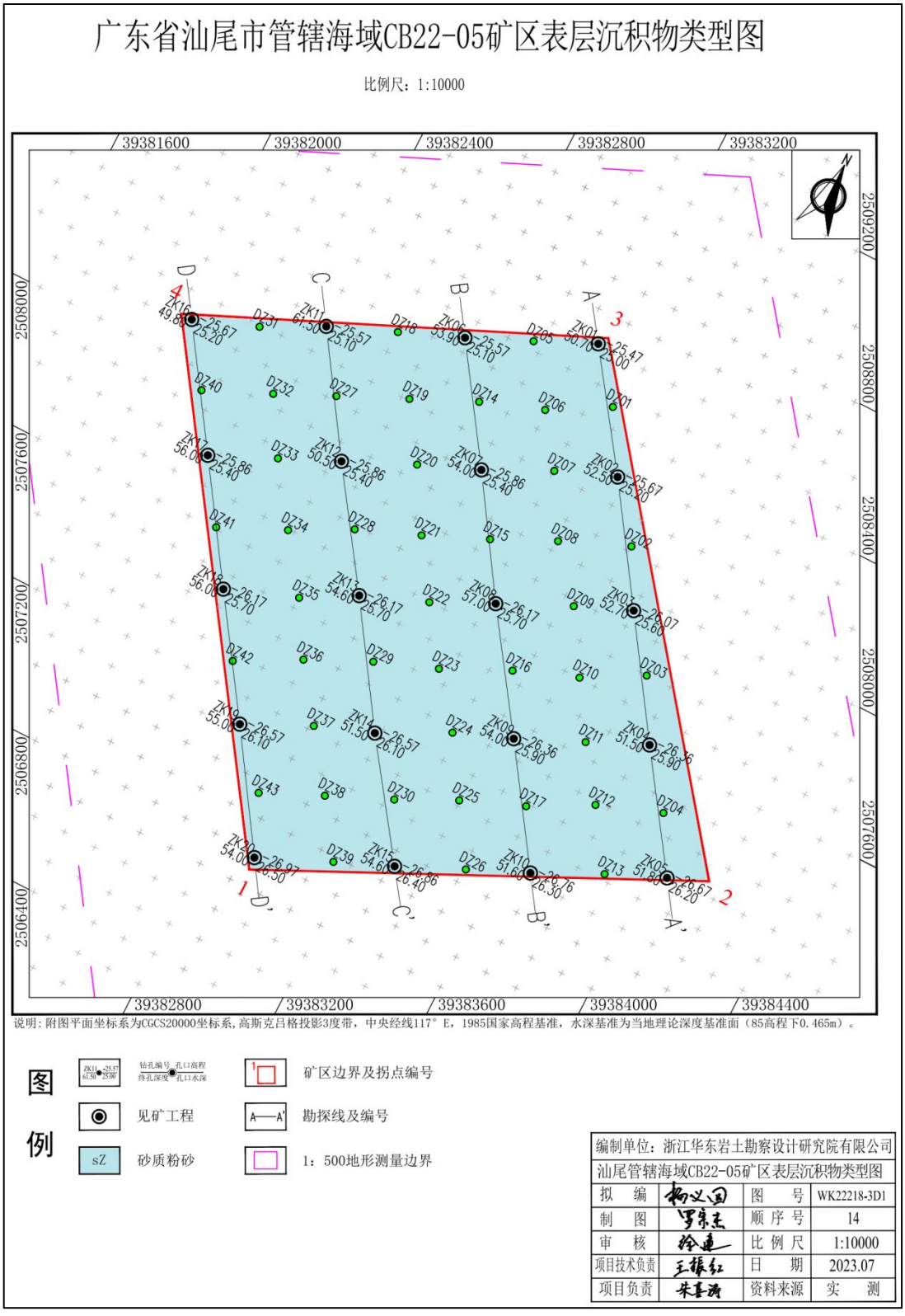


图 6.2.2-2　矿区表层沉积物类型图

6.2.3勘察区工程地质特征

根据钻孔揭露，矿区地层相对简单，勘探深度范围内揭露第四系全新统北尖组（Q_4bj）及上更新统南卫组（Q_3n）。根据本次勘查的钻孔资料，本次勘查孔从上至

下矿区可分为 5 个工程地质层：

第一层：全新世海侵过程形成的海相沉积层，主要为灰色、黑灰色、灰绿色的淤泥、淤泥混砂层，流塑~软塑，稍密~中密，夹贝壳碎屑，少量贝壳碎屑较完整，含有机质腐殖质，底部粉质粘土混粉砂层，饱和，粉砂以薄层状或团块状分布。区内所有钻孔揭露该层，层顶高程-26.96~-25.46m，层厚 12.80~19.00m。

第二层：晚更新世海相沉积层，主要为土质为灰色、青灰色、灰绿色的粉质粘土，软可塑-硬可塑，局部含贝壳碎屑，间夹少量薄层粉细砂层，中密~密实，区内所有钻孔揭露该层，层顶高程-45.96~-38.66m，层厚 12.5~23.3m。

第三层：为晚更新世海侵过程形成的海相沉积层，土质以浅灰色、灰白色、灰黄色的粉细砂、细中砂、中粗砂层为主，局部含少量硬可塑~硬塑的粉质粘土层；该层总体较均匀，分选好~较好，磨圆高，局部含腐木质。区内所有钻孔揭露该层，层顶高程-66.27~-53.66m，层厚 12.60~29.70m。

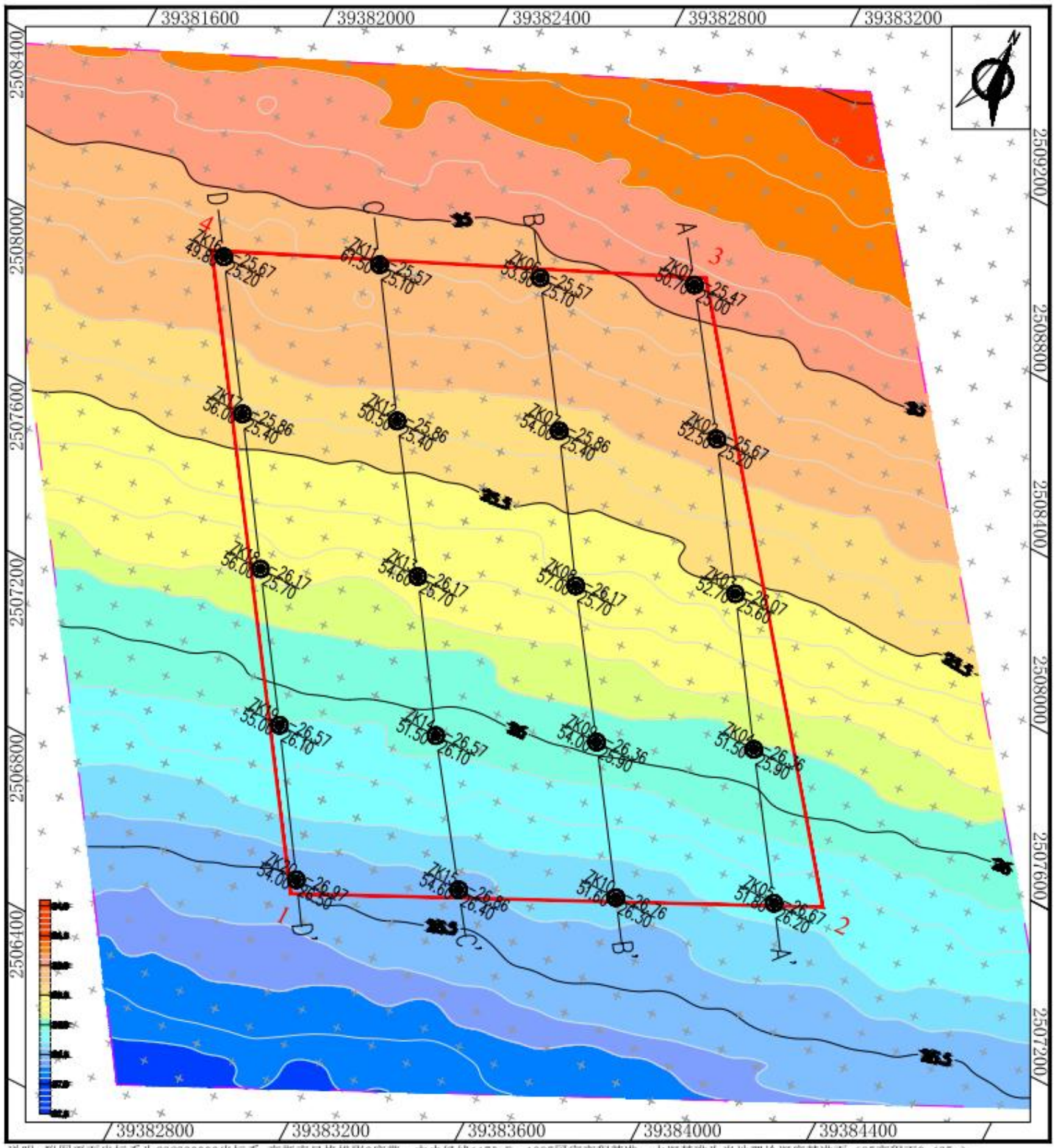
第四层：晚更新世海相沉积层，土质为灰色、青灰色、灰绿色的粉质粘土，局部含少量粉细砂层，局部含腐木质。区内大部分钻孔揭露该层，区内钻孔均未揭穿该层，层顶高程-85.57~-73.37m，揭露最大层厚 5.40m。

第五层：全风化花岗岩，杂色，主要由长石风化的粘粉粒及试验砂砾组成，原岩组织结构基本破坏，但尚可辨认，岩芯呈柱状和碎块状，遇水易软化。区内仅 ZK11 钻孔揭露该层，未揭穿，层顶高程-85.57m，揭露层厚 1.50m。

钻孔平面布置图见 6.2.3-1，工程地质剖面图见 6.2.3-2，钻孔柱状图见 6.2.3-3。

广东省汕尾市管辖海域CB22-05回填用海砂矿区水深等深图

比例尺：1:10000



说明：附图平面坐标系为CGCS20000坐标系，高斯克吕格投影3度带，中央经线117° E，1985国家高程基准，水深基准为当地理论深度基准面（85高程下0.465m）。

图例

- 钻孔编号 孔口高程 / 终孔深度 孔口水深
- 实际钻孔
- A—A' 勘探线及编号
- 1 矿区边界及拐点编号
- 水深等深线
- 1：500地形测量边界

编制单位：浙江华东岩土勘察设计研究院有限公司			
汕尾市管辖海域CB22-05海砂矿区水深等深图			
拟　编		图　号	WK22218-3D1
制　图		顺序号	02
审　核		比例尺	1:10000
项目技术负责		日　期	2023.07
项目负责		资料来源	实　测

图 6.2.3-1 水深及钻孔平面布置图

广东省汕尾市管辖海域CB22-05矿区回填用海砂B-B’勘探线剖面图

比例尺 水平 1:2000　垂直 1:200

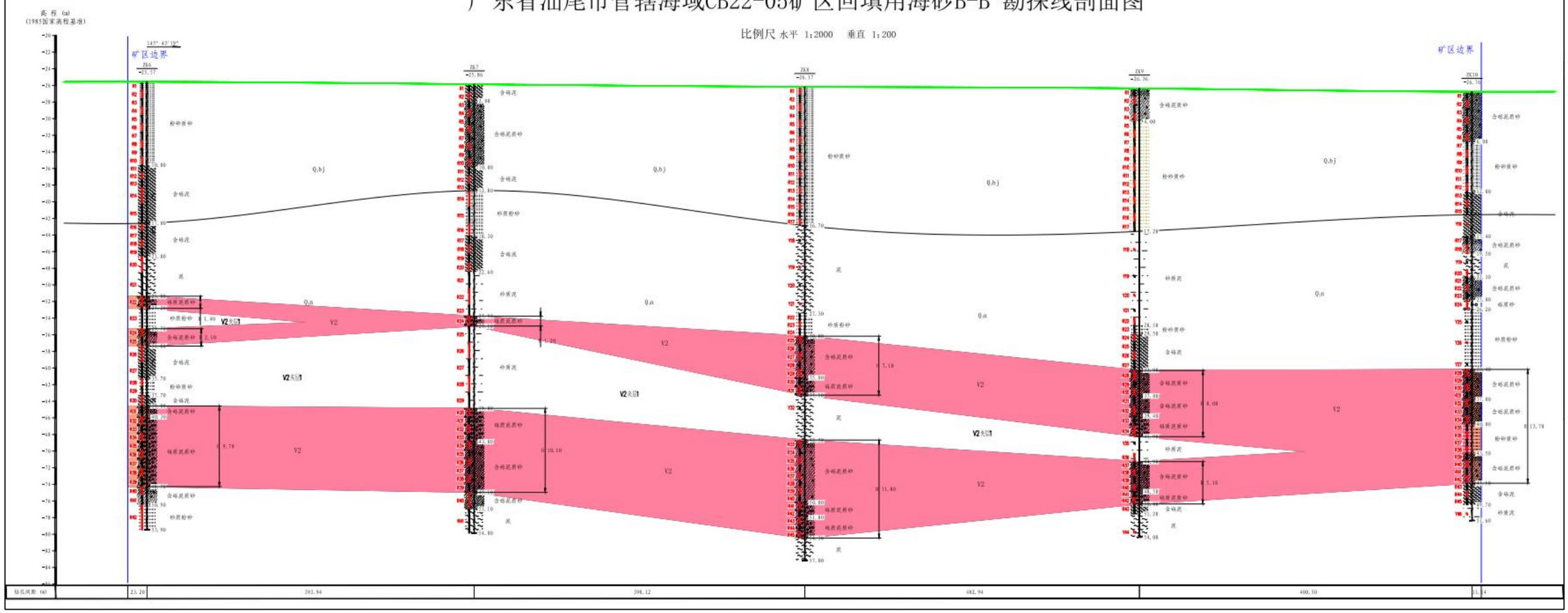


图　例

粉砂	砾质砂	含砾泥质砂	Q_3n 上更新统南卫组	取样位置及样号	V2夹层1 夹石及编号
粉砂质砂	泥	砾质泥质砂	矿体控制界线	V2 矿体编号	H16.20 见矿厚度
含砾泥	砂质粉砂	ZK01 -19.10 孔号 高程	矿体推测界线	控制性矿体	
砾质泥	砂质泥	Q_4bj 全新统北尖组	地层界线	推断性矿体	

图 6.2.3-2 工程地质剖面图（B-B′）

广东省汕尾市管辖海域CB22-05矿区回填用海砂钻孔柱状图

项目名称	汕尾市管辖海域CB22-05区块海砂开采出让前期工作			项目编号	WK22218		
钻孔编号	ZK6	勘探点	X=2508442.15	开孔日期	2023/5/19	开孔直径(m)	0.11	钻孔直径(m)	0.11
孔口高程(m)	-25.57	坐　标	Y=382787.03	终孔日期	2023/5/19	水位深度(m)	水上孔	钻孔深度(m)	53.90

回次情况			成因时代	层底高程(m)	层底深度(m)	层厚(m)	柱状剖面比例尺 1:200	岩性描述	样品实验结果							备注
											颗粒组成					
孔深(m)	岩矿芯长(m)	岩矿芯采取率(%)							样号	取样位置(m)	砾>2mm(%)	砂0.063-2mm(%)	粉砂0.004-0.063mm(%)	粘土<0.004mm(%)	细度模数	
1.00	0.90	90.00	Q_4bj				R1	粉砂质砂:灰黑色,稍密,粉砂结构,层状构造,主要成分为粉砂,粘土矿物约占20%,贝壳碎屑等有机质及暗色矿物约占5%,分选性中等,其中砂砾含量为31.0-71.7%,砾含量为0.0-0.4%;细度模数为0.09-0.48。	R1	0.00-1.00	0.3	65.6	27.7	6.4	0.43	
2.00	0.92	92.00					R2		R2	1.00-2.00	0.4	45.1	44.4	10.1	0.26	
3.00	0.92	92.00					R3		R3	2.00-3.00	0.1	71.6	23.7	4.6	0.09	
4.00	0.90	90.00					R4		R4	3.00-4.00	0.0	60.8	31.9	7.3	0.48	
5.00	0.95	95.00					R5		R5	4.00-5.00	0.1	57.6	34.5	7.8	0.36	
6.00	0.93	93.00					R6		R6	5.00-6.00	0.4	63.1	28.9	7.6	0.37	
7.00	0.91	91.00					R7		R7	6.00-7.00	0.0	31.0	53.8	15.2	0.13	
8.00	0.87	87.00					R8		R8	7.00-8.00	0.1	69.8	25.5	4.6	0.31	
9.00	0.92	92.00					R9		R9	8.00-9.00	0.0	34.5	55.4	10.1	0.22	
10.00	0.91	91.00		-35.57	10.00	10.00	R10		R10	9.00-10.00	0.0	42.9	44.5	12.6	0.22	
11.00	0.95	95.00					R11	含砾泥:灰黑色,软塑,泥质结构,厚层状构造,主要成分为粘土矿物,质纯,其中砂砾含量为13.4-39.2%,砾含量为0.0-0.2%;细度模数为0.05-0.43。	R11	10.00-10.90	0.1	33.4	58.0	8.5	0.10	
12.00	0.90	90.00					R12		R12	10.90-11.80	0.1	39.1	49.9	10.9	0.17	
13.00	0.92	92.00					R13		R13	11.80-12.70	0.1	34.4	44.0	21.5	0.43	
15.00	1.94	97.00					R14		R14	12.70-14.70	0.2	13.2	71.3	15.3	0.05	
17.00	1.82	91.00		-42.57	17.00	7.00	R15		R15	14.70-17.00	0.0	14.1	56.9	29.0		
18.00	0.89	89.00	Q_3n				R16	含砾泥:灰黑色,粉砂结构,层状构造,主要成分为粉砂,粘土矿物约占10%,分选性好,其中砂砾含量为9.8-44.0%,砾含量为0.0-0.2%;细度模数为0.04-0.16。	R16	17.00-18.00	0.2	32.8	50.5	16.5	0.15	
19.00	0.94	94.00					R17		R17	18.00-19.00	0.0	44.0	46.5	9.5	0.16	
20.00	0.90	90.00					R18		R18	19.00-20.00	0.1	23.2	62.4	14.3	0.16	
21.00	0.92	92.00		-46.57	21.00	4.00	R19		R19	20.00-21.00	0.1	9.7	76.6	13.6	0.04	
23.00	1.80	90.00					R20	泥:灰黑-灰黄色,可塑状,泥质结构,巨厚层状构造,主要成分为粘土矿物,质纯,其中砂砾含量为0.0-17.8%,砾含量为0.0-1.1%;细度模数为0.11。	R20	21.00-23.00	0.0	0.0	66.6	33.4		
25.00	1.84	92.00					R21		R21	23.00-25.80	1.1	16.7	68.6	13.6	0.11	
27.00	1.87	93.50		-51.37	25.80	4.80	R22	砾质泥质砂:灰黑色,密实状,粗砂结构,层状构造,主要成分为粗砂,粘土矿物约占25%,贝壳碎屑约占10%,分选性一般,其中砂砾含量为77.3%,砾含量为7.5%;细度模数为1.8。	R22	25.80-27.20	7.5	69.8	18.6	4.1	1.80	
28.00	0.95	95.00		-52.77	27.20	1.40	R23		R23	27.20-29.70	0.0	33.1	44.8	22.1	0.26	
30.00	1.92	96.00		-55.27	29.70	2.50	R24	砂质粉砂:灰黑色,可塑,泥质结构,厚层状构造,主要成分为粘土矿物,质较纯,其中砂砾含量为33.1%,砾含量为0.0%;细度模数为0.26。	R24	29.70-30.70	1.9	67.7	24.0	6.4	0.76	
31.00	0.96	96.00					R25		R25	30.70-31.80	0.3	83.5	12.6	3.6	0.76	
32.00	0.90	90.00		-57.37	31.80	2.10	R26	含砾泥质砂:灰色,中密状,粉砂结构,层状构造,主要成分为粉砂,粘土矿物约占30%,分选性中等,其中砂砾含量为69.6-83.8%,砾含量为0.3-1.9%;细度模数为0.76-0.76。	R26	31.80-33.80	0.1	24.4	61.4	14.1	0.06	
34.00	1.84	92.00					R27		R27	33.80-35.70	1.0	54.7	35.8	8.5	0.36	
36.00	1.90	95.00		-61.27	35.70	3.90	R28		R28	35.70-36.70	0.0	76.1	18.9	5.0	0.67	
37.00	0.85	85.00					R29	含砾泥:灰色,可塑,泥质结构,巨厚层状构造,主要成分为粘土矿物,其中砂砾含量为24.5-55.7%,砾含量为0.1-1.0%;细度模数为0.06-0.26。	R29	36.70-37.70	0.1	62.7	29.4	7.8	0.66	
38.00	0.90	90.00		-63.27	37.70	2.00	R30		R30	37.70-39.00	0.2	22.5	61.5	15.8	0.32	
40.00	1.75	87.50		-64.57	39.00	1.30	R31		R31	39.00-40.30	0.4	77.5	17.2	4.9	0.72	
41.00	0.85	85.00		-65.87	40.30	1.30	R32	粉砂质砂:灰黑色,中密,粉砂结构,层状构造,主要成分为粉砂,粘土矿物5%,分选性好,其中砂砾含量为62.8-76.1%,砾含量为0.0-0.1%;细度模数为0.66-0.67。	R32	40.30-41.30	20.3	63.3	12.4	4.0	2.71	
42.00	0.83	83.00					R33		R33	41.30-42.30	11.8	73.2	12.1	2.9	2.58	
43.00	0.89	89.00					R34		R34	42.30-43.30	9.5	78.9	7.9	3.7	2.71	
44.00	0.92	92.00					R35		R35	43.30-44.30	7.9	92.0	0.1		2.40	
45.00	0.90	90.00					R36	含砾泥:灰色,可塑状,泥质结构,层状构造,主要成分为粘土矿物,质较纯,其中砂砾含量为22.7%,砾含量为0.2%;细度模数为0.32。	R36	44.30-45.40	17.3	74.8	5.8	2.1	2.65	
46.00	0.95	95.00					R37		R37	45.40-46.50	4.6	79.7	12.6	3.1	2.26	
47.00	0.92	92.00					R38		R38	46.50-47.60	13.6	69.4	13.5	3.5	2.33	
48.00	0.87	87.00					R39	含砾泥质砂:灰色,中密状,粉砂结构,层状构造,主要成分为粉砂,粘土矿物约占10%,分选性好,其中砂砾含量为77.9%,砾含量为0.4%;细度模数为0.72。	R39	47.60-48.70	10.8	72.0	12.8	4.4	2.11	
49.00	0.88	88.00		-74.27	48.70	8.40	R40		R40	48.70-49.80	0.7	58.7	34.7	5.9	0.66	
50.00	0.91	91.00					R41		R41	49.80-50.90						
51.00	0.95	95.00		-76.47	50.90	2.20	R42	砾质泥质砂:灰黑-灰黄色,中密状,粗砂结构,层状构造,主要成分为粗砂,粘土矿物约占5%,分选性差,其中砂砾含量为82.8-99.9%,砾含量为4.6-20.3%;细度模数为2.11-2.71。	R42	50.90-53.90	0.0	31.6	46.1	22.3	0.43	
52.00	0.95	95.00														
53.90	1.80	94.74		-79.47	53.90	3.00										
								含砾泥质砂:灰黑色,中密状,粉砂结构,层状构造,主要成分为粉砂,粘土矿物约占10%,分选性好,其中砂砾含量为59.4%,砾含量为0.7%;细度模数为0.66。							
								砂质粉砂:灰黑色,可塑状,泥质结构,厚层状构造,主要成分为粘土矿物约占80%,未揭穿,其中砂砾含量为31.6%,砾含量为0.0%;细度模数为0.43。							

浙江华东岩土勘察设计研究院有限公司	制图	杨义国	审核	王振红	项目负责	朱喜涛	顺序号	3D3-24

图 6.2.3-3a 钻孔柱状图（ZK6）

广东省汕尾市管辖海域CB22-05矿区回填用海砂钻孔柱状图

项目名称	汕尾市管辖海域CB22-05区块海砂开采出让前期工作					项目编号	WK22218		
钻孔编号	ZK7	勘探点	X=2508116.63	开孔日期	2023/5/15	开孔直径(m)	0.11	钻孔直径(m)	0.11
孔口高程(m)	-25.86	坐　标	Y=383008.90	终孔日期	2023/5/15	水位深度(m)	水上孔	钻孔深度(m)	54.00

回次情况									样品实验结果							
											颗粒组成					
孔深 (m)	岩矿芯长 (m)	岩矿芯采取率 (%)	成因时代	层底高程 (m)	层底深度 (m)	层厚 (m)	柱状剖面比例尺 1:200	岩性描述	样号	取样位置 (m)	砾 >2mm (%)	砂 0.063-2mm (%)	粉砂 0.004-0.063mm (%)	粘土 <0.004mm (%)	细度模数	备注
1.00	0.90	90.00	Q_4bj				R1	含砾泥:灰色，流塑，泥质结构，主要成分为淤泥粘土矿物，含少量贝壳碎屑，其中砂砾含量为35.5-49.2%，砾含量为0.1-0.2%；细度模数为0.26-0.27。	R1	0.00-1.00	0.2	35.3	51.6	12.9	0.26	
2.00	0.93	93.00		-27.86	2.00	2.00	R2		R2	1.00-2.00	0.1	49.1	39.8	11.0	0.27	
3.00	0.92	92.00					R3		R3	2.00-3.00	0.0	41.5	47.7	10.8	0.03	
4.00	0.95	95.00					R4	含砾泥质砂:灰-灰黑色，稍密，砂质结构，层状构造，主要成分为粉砂，粘土矿物约占15%，分选性中等，其中砂砾含量为32.0-88.3%，砾含量为0.0-11.9%；细度模数为0.03-2.41。	R4	3.00-4.00	0.0	47.2	41.7	11.1	0.22	
5.00	0.90	90.00					R5		R5	4.00-5.00	0.1	65.8	27.4	6.7	0.29	
6.00	0.92	92.00					R6		R6	5.00-6.00	8.3	41.0	42.1	8.6	0.44	
7.00	0.91	91.00					R7		R7	6.00-7.00	11.9	76.4	8.8	2.9	2.41	
8.00	0.94	94.00					R8		R8	7.00-8.00	0.0	48.1	42.7	9.2	0.10	
9.00	0.94	94.00					R9		R9	8.00-9.00	8.1	71.7	16.4	3.8	1.47	
10.00	0.93	93.00		-35.86	10.00	8.00	R10		R10	9.00-10.00	0.0	32.0	55.8	12.2	0.32	
11.00	0.90	90.00					R11	含砾泥:灰-灰黑色，软塑-软可塑，泥质结构，层状构造，主要成分为粉砂，粘土矿物约占15%，分选性中等，其中砂砾含量为37.8-43.4%，砾含量为0.1-0.4%；细度模数为0.06-0.30。	R11	10.00-11.00	0.3	43.1	45.8	10.8	0.30	
12.00	0.90	90.00					R12		R12	11.00-12.00	0.4	37.4	50.7	11.5	0.16	
13.00	0.95	95.00		-38.66	12.80	2.80	R13		R13	12.00-12.80	0.1	39.6	41.5	18.8	0.06	
15.00	1.85	92.50					R14	砂质粉砂:灰黑色，稍密，粉砂质结构，厚层状构造，主要成分为粘土矿物，质较纯，其中砂砾含量为4.4-62.0%，砾含量为0%；细度模数为0.03-0.26。	R14	12.80-14.80	0.0	62.0	31.5	6.5	0.03	
17.00	1.92	96.00					R15		R15	14.80-16.80	0.0	10.4	72.7	16.9	0.26	
19.00	1.80	90.00		-44.16	18.30	5.50	R16		R16	16.80-18.30	0.0	4.4	58.6	37.0		
20.00	0.95	95.00					R17	含砾泥:灰黑色，中密状，粉砂结构，层状构造，主要成分为粉砂，粘土矿物约占40%，分选性中等，其中砂砾含量为24.1-61.6%，砾含量为0.0-1.0%；细度模数为0.07-0.45。	R17	18.30-19.30	1.0	60.6	30.3	8.1	0.45	
21.00	0.92	92.00					R18		R18	19.30-20.40	0.8	36.9	43.4	18.9	0.28	
22.00	0.90	90.00					R19		R19	20.40-21.50	0.0	24.1	61.5	14.4	0.07	
23.00	0.92	92.00		-48.46	22.60	4.30	R20		R20	21.50-22.60	0.3	26.9	60.3	12.5	0.11	
25.00	1.90	95.00					R21	砂质泥:灰黄色，可塑状，泥质结构，巨厚层状构造，主要成分为粘土矿物，质较纯，其中砂砾含量为0.0-11.5%，砾含量为0.0-0.2%；细度模数为0.03。	R21	22.60-24.60	0.2	11.3	65.8	22.7	0.03	
27.00	1.80	90.00					R22		R22	24.60-26.60	0.0	0.0	65.7	34.3		
29.00	1.80	90.00		-53.76	27.90	5.30	R23		R23	26.60-27.90	0.0	10.8	56.1	33.1		
				-54.96	29.10	1.20	R24	砾质泥质砂:灰绿色，中密状，中粗砂结构，层状构造，主要成分为粗砂，粘土矿物约占20%，分选性差，其中砂砾含量为80.9%，砾含量为10.7%；细度模数为1.73。	R24	27.90-29.10	10.7	70.2	16.1	3.0	1.73	
30.00	0.95	95.00					R25		R25	29.10-31.10	0.2	57.2	33.4	9.2	0.53	
32.00	1.80	90.00					R26		R26	31.10-33.10	0.0	17.8	52.6	29.6		
34.00	1.90	95.00	Q_3n				R27	砂质泥:灰黑-灰绿色，可塑状，泥质结构，巨厚层状构造，主要成分为粘土矿物，局部含少量粉砂，其中砂砾含量为0.7-57.4%，砾含量为0.0-0.2%；细度模数为0.00-0.53。	R27	33.10-35.10	0.0	27.5	46.3	26.2		
36.00	1.88	94.00					R28		R28	35.10-37.10	0.0	0.7	59.6	39.7		
38.00	1.82	91.00					R29		R29	37.10-39.00	0.0	9.8	52.0	38.2		
40.00	1.93	96.50		-64.86	39.00	9.90	R30	砾质泥质砂:灰黑-灰黄色，密实状，中粗砂结构，层状构造，主要成分为粗砂，粘土矿物约占10%，分选性差，其中砂砾含量为75.3-84.3%，砾含量为2.1-14.1%；细度模数为1.43-2.33。	R30	39.00-40.00	10.0	73.0	13.7	3.3	2.20	
41.00	0.95	95.00					R31		R31	40.00-41.00	2.1	73.2	20.3	4.4	1.47	
42.00	0.90	90.00					R32		R32	41.00-42.00	14.1	70.2	13.2	2.5	2.33	
43.00	0.92	92.00		-68.86	43.00	4.00	R33		R33	42.00-43.00	8.3	70.9	16.0	4.8	1.43	
44.00	0.94	94.00					R34	含砾泥质砂:灰黑-灰黄色，密实状，中粗砂结构，层状构造，主要成分为粗砂，粘土矿物约占10%，分选性差，其中砂砾含量为75.3-87.9%，砾含量为1.2-14.1%；细度模数为1.37-2.20。	R34	43.00-44.00	4.3	75.1	16.1	4.5	1.37	
45.00	0.91	91.00					R35		R35	44.00-45.00	1.2	84.7	11.1	3.0	1.52	
46.00	0.92	92.00					R36		R36	45.00-46.00	1.5	86.4	9.1	3.0	1.72	
47.00	0.90	90.00					R37		R37	46.00-47.00	1.6	86.3	9.4	2.8	1.81	
48.00	0.88	88.00					R38		R38	47.00-48.00	1.4	86.1	9.8	2.7	1.90	
49.00	0.90	90.00		-74.96	49.10	6.10	R39		R39	48.00-49.10	1.8	85.5	10.7	2.0	1.56	
50.00	0.94	94.00					R40	含砾泥质砂:灰黑色，软塑状，泥质结构，厚层状构造，主要成分为粘土矿物，其中砂砾含量为54.3%，砾含量为0.3%；细度模数为0.55。	R40	49.10-51.10	0.3	54.0	34.3	11.4	0.55	
51.00	0.89	89.00		-76.96	51.10	2.00										
52.00	0.90	90.00					R41	泥:灰黑色，可塑状，泥质结构，巨厚层状构造，主要成分为粘土矿物，质纯，其中砂砾含量为5.7%，砾含量为0%。	R41	51.10-54.00	0.0	5.7	59.7	34.6		
54.00	1.82	91.00		-79.86	54.00	2.90										

浙江华东岩土勘察设计研究院有限公司	制图	杨义国	审核	王振红	项目负责	朱喜涛	顺序号	3D3-25

图 6.2.3-3b 钻孔柱状图（ZK7）

广东省汕尾市管辖海域CB22-05矿区回填用海砂钻孔柱状图

项目名称	汕尾市管辖海域CB22-05区块海砂开采出让前期工作			项目编号	WK22218		
钻孔编号	ZK8	勘探点	X=2507783.88	开孔日期	2023/5/14	开孔直径(m)	0.11	钻孔直径(m)	0.11
孔口高程(m)	-26.17	坐　标	Y=383227.48	终孔日期	2023/5/15	水位深度(m)	水上孔	钻孔深度(m)	57.00

回次情况			成因时代	层底高程(m)	层底深度(m)	层厚(m)	柱状剖面比例尺 1:200	岩性描述	样品实验结果							备注
											颗粒组成					
孔深(m)	岩矿芯长(m)	岩矿芯采取率(%)							样号	取样位置(m)	砾>2mm(%)	砂0.063-2mm(%)	粉砂0.004-0.063mm(%)	粘土<0.004mm(%)	细度模数	
1.00	0.96	96.00	Q_4bj				R1	粉砂质砂：灰绿色，稍密状，粉砂结构，层状构造，主要成分为粉砂，粘土矿物约占20%，贝壳碎屑及暗色矿物约占10%，分选性中等，其中砂砾含量为15.6-83.9%，砾含量为0.0-5.6%；细度模数为0.02-1.68。	R1	0.00-1.00	0.0	68.3	25.2	6.5	0.19	
2.00	0.95	95.00					R2		R2	1.00-2.00	0.0	49.3	41.9	8.8	0.21	
3.00	0.96	96.00					R3		R3	2.00-3.00	5.6	78.3	12.9	3.2	1.68	
4.00	0.92	92.00					R4		R4	3.00-4.00	0.0	78.7	19.2	2.1	0.50	
5.00	0.95	95.00					R5		R5	4.00-5.00	0.0	68.4	25.2	6.4	0.06	
6.00	0.92	92.00					R6		R6	5.00-6.00	0.0	69.7	24.8	5.5	0.06	
7.00	0.90	90.00					R7		R7	6.00-7.00	0.0	66.9	27.5	5.6	0.09	
8.00	0.90	90.00					R8		R8	7.00-8.00	0.0	63.4	29.3	7.3	0.02	
9.00	0.88	88.00					R9		R9	8.00-9.00	0.0	15.6	66.7	17.7	0.03	
10.00	0.96	96.00					R10		R10	9.00-10.00	0.0	57.9	35.3	6.8	0.03	
11.00	0.93	93.00					R11		R11	10.00-11.00	0.0	58.2	33.8	8.0	0.24	
12.00	0.93	93.00					R12		R12	11.00-12.00	0.0	65.6	28.1	6.3	0.29	
13.00	0.94	94.00					R13		R13	12.00-13.00	0.0	50.0	41.8	8.2	0.17	
14.00	0.90	90.00					R14		R14	13.00-14.00	0.5	64.1	24.2	11.2	0.40	
15.00	0.91	91.00					R15		R15	14.00-14.90	0.0	28.8	57.9	13.3	0.16	
16.00	0.90	90.00					R16		R16	14.90-15.80	0.1	37.2	50.1	12.6	0.10	
17.00	0.93	93.00		-42.87	16.70	16.70	R17		R17	15.80-16.70	0.0	42.5	38.5	19.0	0.39	
19.00	1.82	91.00					Y18	泥：灰色，软可塑，泥质结构，巨厚层状构造，主要成分为粘土矿物，质纯，其中砂砾含量为0.2-9.5%，砾含量为0%。	Y18	18.40-18.60	0.0	0.2	60.0	39.8		
21.00	1.90	95.00														
23.00	1.89	94.50					Y19		Y19	21.60-21.80	0.0	9.5	73.2	17.3		
25.00	1.92	96.00					Y20		Y20	23.80-24.00	0.0	1.7	59.4	38.9		
27.00	1.82	91.00		-53.47	27.30	10.60	Y21		Y21	26.00-26.20	0.0	0.4	61.3	38.3		
28.00	0.93	93.00					R22	砂质粉砂：灰黑色，中密状，粉砂结构，层状构造，主要成分为粉砂，粘土矿物约占30%，其中砂砾含量为31.4-63.4%，砾含量为0.0-0.1%；细度模数为0.17-0.44。	R22	27.30-28.20	0.1	31.3	56.4	12.2	0.17	
29.00	0.96	96.00					R23		R23	28.20-29.10	0.0	36.8	51.1	12.1	0.32	
30.00	0.91	91.00		-56.17	30.00	2.70	R24		R24	29.10-30.00	0.0	63.4	29.9	6.7	0.44	
31.00	0.92	92.00					R25	含砾泥质砂：灰色，中密状，砂质结构，层状构造，主要成分为粉砂，粘土矿物约占10%，分选性一般，其中砂砾含量为79.7-86.4%，砾含量为0.1-4.7%；细度模数为0.69-1.41。	R25	30.00-31.00	0.1	80.6	14.5	4.8	0.71	
32.00	0.94	94.00					R26		R26	31.00-32.00	0.1	84.3	12.4	3.2	0.69	
33.00	0.93	93.00					R27		R27	32.00-33.00	4.7	81.7	11.3	2.3	1.41	
34.00	0.93	93.00					R28		R28	33.00-34.00	2.5	81.8	12.6	3.1	1.24	
35.00	0.95	95.00		-61.17	35.00	5.00	R29		R29	34.00-35.00	1.0	78.7	16.5	3.8	0.97	
36.00	0.86	86.00					R30	砾质泥质砂：灰黄-灰色，中密状，中粗砂结构，层状构造，主要成分为粗砂，粘土矿物约占10%，分选性差，其中砂砾含量为78.3-85.7%，砾含量为1.1-8.9%；细度模数为1.11-1.27。	R30	35.00-36.00	1.1	84.6	11.0	3.3	1.11	
37.00	0.87	87.00	Q_3n	-63.27	37.10	2.10	R31		R31	36.00-37.10	8.9	69.4	17.1	4.6	1.27	
38.00	0.97	97.00					Y32		Y32	38.50-38.70	0.0	0.0	60.8	39.2		
40.00	1.90	95.00														
42.00	1.80	90.00						泥：灰色，可塑状，泥质结构，层状构造，主要成分为粘土矿物，质纯，其中砂砾含量为0%，砾含量为0%。								
43.00	0.94	94.00		-68.67	42.50	5.40										
44.00	0.92	92.00					R33	含砾泥质砂：灰黑色，中密状，中细砂结构，层状构造，主要成分为细砂，粘土矿物约占10%，分选性中等，其中砂砾含量为64.4-89.3%，砾含量为0.8-4.7%；细度模数为0.84-1.62。	R33	42.50-43.50	1.7	71.6	21.4	5.3	0.94	
45.00	0.87	87.00					R34		R34	43.50-44.50	2.1	66.8	25.4	5.8	0.89	
46.00	0.88	88.00					R35		R35	44.50-45.50	2.5	61.9	29.4	6.2	0.84	
47.00	0.90	90.00					R36		R36	45.50-46.40	3.4	73.4	19.9	3.3	1.34	
48.00	0.92	92.00					R37		R37	46.40-47.30	1.5	82.6	12.4	3.5	1.62	
49.00	0.95	95.00					R38		R38	47.30-48.20	0.8	88.5	8.0	2.7	0.96	
50.00	0.96	96.00		-76.17	50.00	7.50	R39		R39	48.20-49.10	2.8	78.4	16.1	2.7	1.64	
51.00	0.93	93.00					R40		R40	49.10-50.00	4.7	81.8	10.7	2.8	1.29	
52.00	0.94	94.00		-77.97	51.80	1.80	R41	砾质泥质砂：灰黄色，中密，砾砂结构，层状构造，主要成分砾砂，分选性差，其中砂砾含量为85.7-88.3%，砾含量为20.2-25.5%；细度模数为2.62-2.67。	R41	50.00-50.90	25.5	62.8	9.9	1.8	2.67	
53.00	0.92	92.00					R42		R42	50.90-51.80	20.2	65.5	11.6	2.7	2.62	
54.00	0.92	92.00					R43		R43	51.80-52.70	14.7	75.0	8.1	2.2	2.41	
55.00	0.90	90.00		-80.47	54.30	2.50	R44		R44	52.70-53.50	12.6	76.8	8.6	2.0	2.09	
57.00	1.84	92.00		-83.17	57.00	2.70	R45	砾质泥质砂：灰黑色，中密状，中砂结构，层状构造，主要成分为中砂，分选性中等，其中砂砾含量为87.0-89.4%，砾含量为11.3-14.7%；细度模数为2.09-2.41。	R45	53.50-54.30	11.3	75.7	10.6	2.4	2.26	
								泥：灰黑色，软可塑状，泥质结构，厚层状构造，主要成分为粘土矿物，质纯，未揭穿。								

浙江华东岩土勘察设计研究院有限公司	制图	杨义国	审核	王振红	项目负责	朱喜涛	顺序号	3D3-26

图 6.2.3-3c 钻孔柱状图（ZK8）

广东省汕尾市管辖海域CB22-05矿区回填用海砂钻孔柱状图

项目名称	汕尾市管辖海域CB22-05区块海砂开采出让前期工作				项目编号	WK22218		
钻孔编号	ZK9	勘探点	X=2507452.83	开孔日期	2023/5/14	开孔直径(m)	0.11	钻孔直径(m)	0.11
孔口高程(m)	-26.36	坐 标	Y=383457.19	终孔日期	2023/5/14	水位深度(m)	水上孔	钻孔深度(m)	54.00

回次情况			成因时代	层底高程(m)	层底深度(m)	层厚(m)	柱状剖面比例尺 1:200	岩性描述	样品实验结果							备注
											颗粒组成					
孔深(m)	岩矿芯长(m)	岩矿芯采取率(%)							样号	取样位置(m)	砾>2mm(%)	砂0.063-2mm(%)	粉砂0.004-0.063mm(%)	粘土<0.004mm(%)	细度模数	
1.00	0.95	95.00					R1	含砾泥质砂:灰色，流塑，砂质结构，主要成分为淤泥粘土矿物，含少量贝壳碎屑，其中砂砾含量为54.4-66.5%，砾含量为0.1-0.6%；细度模数为0.14-0.27。	R1	0.00-1.00	0.2	65.9	26.2	7.7	0.14	
2.00	0.93	93.00					R2		R2	1.00-2.00	0.6	53.8	36.9	8.7	0.27	
3.00	0.93	93.00					R3		R3	2.00-3.00	0.1	66.4	28.1	5.4	0.21	
4.00	0.95	95.00		-30.36	4.00	4.00	R4		R4	3.00-4.00	0.2	64.5	27.8	7.5	0.24	
5.00	0.91	91.00					R5	粉砂质砂:灰黑色，稍密，粉砂结构，层状构造，主要成分为粉砂，淤泥黏土矿物约占25%，分选性中等，其中砂砾含量为11.4-80.6%，砾含量为0.0-2.0%；细度模数为0.04-1.46。	R5	4.00-5.00	0.1	19.7	55.7	24.5	0.08	
6.00	0.88	88.00					R6		R6	5.00-6.00	0.0	59.3	34.9	5.8	0.09	
7.00	0.96	96.00					R7		R7	6.00-7.00	0.0	77.4	17.5	5.1	0.32	
8.00	0.96	96.00					R8		R8	7.00-8.00	0.0	63.7	27.1	9.2	0.45	
9.00	0.91	91.00	Q_4bj				R9		R9	8.00-9.00	0.0	75.8	19.5	4.7	0.07	
10.00	0.93	93.00					R10		R10	9.00-10.00	0.0	73.1	21.9	5.0	0.07	
11.00	0.92	92.00					R11		R11	10.00-11.00	0.3	29.8	56.5	13.4	0.07	
12.00	0.90	90.00					R12		R12	11.00-12.00	0.0	11.4	75.0	13.6	0.05	
13.00	0.94	94.00					R13		R13	12.00-13.00	2.0	78.6	15.6	3.8	1.46	
14.00	0.92	92.00					R14		R14	13.00-14.00	0.0	34.0	55.5	10.5	0.04	
15.00	0.93	93.00					R15		R15	14.00-15.00	0.2	47.1	43.3	9.4	0.11	
16.00	0.95	95.00					R16		R16	15.00-16.10	0.0	39.7	48.0	12.3	0.24	
17.00	0.96	96.00		-43.56	17.20	13.20	R17		R17	16.10-17.20	0.0	51.4	42.1	6.5	0.15	
18.00	0.98	98.00						砂质泥:灰黑色，软塑-可塑，泥质结构，巨厚层状构造，主要成分为粘土矿物，其中砂砾含量为0.1-17.6%，砾含量为0%；细度模数为0.09。								
20.00	1.92	96.00					Y18		Y18	19.30-19.50	0.0	14.8	56.8	28.4		
22.00	1.88	94.00														
24.00	1.84	92.00					Y19		Y19	22.50-22.70	0.0	0.1	64.1	35.8		
26.00	1.90	95.00					Y20		Y20	24.80-25.00	0.0	1.8	59.1	39.1		
28.00	1.80	90.00					Y21	粉砂质砂:灰黑色，稍密，粉砂结构，层状构造，主要成分为粉砂，粘土矿物约占35%，少量有机质，分选性差，其中砂砾含量为87.5%，砾含量为0%；细度模数为0.83。	Y21	26.60-26.80	0.0	17.1	52.0	30.9		
29.00	0.91	91.00		-54.86	28.50	11.30	R22		R22	27.50-28.50	0.0	17.6	64.1	18.3	0.09	
30.00	0.87	87.00		-55.86	29.50	1.00	R23		R23	28.50-29.50	0.0	87.5	8.7	3.8	0.83	
31.00	0.94	94.00					R24	含砾泥质砂:灰黑色，稍密，泥质结构，层状构造，主要成分为粉砂，粘土矿物约占35%，少量有机质，分选性差，其中砂砾含量为24.4-52.1%，砾含量为0.0-0.2%；细度模数为0.10-0.17。	R24	29.50-30.50	0.1	49.1	40.9	9.9	0.13	
32.00	0.95	95.00					R25		R25	30.50-31.60	0.0	52.1	39.4	8.5	0.10	
33.00	0.92	92.00					R26		R26	31.60-32.70	0.1	41.0	48.2	10.7	0.12	
34.00	0.96	96.00		-60.26	33.90	4.40	R27		R27	32.70-33.90	0.2	24.2	49.1	26.5	0.17	
35.00	0.93	93.00					R28	含砾泥质砂:灰-灰白色，中密，砂质结构，层状构造，主要成分为粗砂，粘土矿物约占10%，分选性好，其中砂砾含量为40.5-88.9%，砾含量为0.3-4.0%；细度模数为0.37-1.61。	R28	33.90-35.20	0.3	88.6	8.6	2.5	0.80	
36.00	0.90	90.00	Q_3n				R29		R29	35.20-36.10	0.6	39.9	43.5	16.0	0.37	
37.00	0.89	89.00		-63.36	37.00	3.10	R30		R30	36.10-37.00	4.0	79.6	13.7	2.7	1.61	
38.00	0.96	96.00					R31		R31	37.00-38.20	12.7	66.9	15.8	4.6	1.74	
39.00	0.96	96.00					R32	含砾泥质砂:灰色，中密状，砂质结构，层状构造，主要成分为粉砂，粘土矿物约占10%，分选性中等，其中砂砾含量为73.8-79.6%，砾含量为0.2-12.7%；细度模数为0.76-1.74。	R32	38.20-39.40	0.2	73.6	18.0	8.2	0.76	
40.00	0.97	97.00		-65.76	39.40	2.40	R33		R33	39.40-40.60	9.3	69.7	17.7	3.3	1.79	
41.00	0.92	92.00					R34		R34	40.60-41.90	16.5	69.6	11.5	2.4	2.61	
42.00	0.95	95.00		-68.26	41.90	2.50										
44.00	1.92	96.00					Y35	砾质泥质砂:灰黄色，密实，粗砾砂结构，层状构造，主要成分为砾砂，粘土矿物约占10%，分选性好，其中砂砾含量为79.0-86.1%，砾含量为9.3-16.5%；细度模数为1.79-2.61。	Y35	42.60-42.80	0.0	12.3	54.5	33.2		
45.00	0.91	91.00		-71.26	44.90	3.00	R36		R36	43.90-44.90	0.0	63.8	30.0	6.2	0.44	
46.00	0.90	90.00					R37		R37	44.90-45.80	0.6	63.3	29.3	6.8	0.72	
47.00	0.94	94.00					R38		R38	45.80-46.70	0.1	71.2	24.0	4.7	0.71	
48.00	1.00	100.00					R39	砂质泥:灰黑色，可塑，泥质结构，厚层状构造，主要成分为粘土矿物，其中砂砾含量为12.3-63.8%，砾含量为0%；细度模数为0.00-0.44。	R39	46.70-47.60	0.4	85.8	11.0	2.8	0.77	
49.00	0.95	95.00		-74.86	48.50	3.60	R40		R40	47.60-48.50	2.3	81.2	13.2	3.3	1.38	
50.00	0.90	90.00		-76.36	50.00	1.50	R41	含砾泥质砂:灰绿色，密实状，粉砂结构，层状构造，主要成分为粉砂，粘土矿物约占10%，分选性好，其中砂砾含量为63.9-86.2%，砾含量为0.1-2.3%；细度模数为0.71-1.38。	R41	48.50-49.20	3.3	82.9	10.6	3.2	1.37	
51.00	0.91	91.00		-77.56	51.20	1.20	R42		R42	49.20-50.00	11.9	76.1	9.5	2.5	2.22	
52.00	0.95	95.00					R43		R43	50.00-51.20	2.5	35.8	46.5	15.2	0.46	
54.00	1.96	98.00		-80.36	54.00	2.80	Y44	砾质泥质砂:灰白色，密实状，粗砂结构，层状构造，主要成分为粗砂，分选性好，其中砂砾含量为86.2-88.0%，砾含量为3.3-11.9%；细度模数为1.37-2.22。	Y44	53.30-53.50	0.0	5.5	57.9	36.6		
								含砾泥:灰绿色，密实状，层状构造，主要成分为粉砂，粘土矿物约占10%，其中砂砾含量为38.3%，砾含量为2.5%；细度模数为0.46。								
								泥:灰黑色，软可塑状，泥质结构，巨厚层状构造，主要成分为粘土矿物，质纯，未揭穿，其中砂砾含量为5.5%，砾含量为0%。								

浙江华东岩土勘察设计研究院有限公司	制图	鲍义国	审核	王振红	项目负责	朱喜涛	顺序号	3D3-27

图 6.2.3-3d 钻孔柱状图（ZK9）

6.2.4冲淤演变

本项目位于中广核汕尾后湖海上风电场项目西侧约2.5km，因此本节引用《中广核汕尾后湖海上风电场项目海域使用论证报告书（报批稿）》（中国科学院南海海洋研究所，2019年5月）中关于海床冲淤变化的描述，同时收集2009年4月出版的石碑山角至遮浪角的海图和2021年12月出版的石碑山角至红海湾的海图进行补充分析。

为揭示项目所在海区水下岸滩演变规律，分别对1966年、2002年、2007年和2015年工程海域附近测量的海图进行数字化，并将地图投影、坐标系、水深基准面变换统一后，进行叠加分析，获得水下岸滩演变结果，如下图6.2.4-1所示。其中，水下地形资料来源：①2000年03月出版的表角至田尾角1:20万比例尺海图，坐标系统采用北京54坐标系。项目附近水深测量时间1966年，其深度基准面为理论最低潮面。②2006年09月出版的石碑山角至遮浪角1:15万比例尺海图，坐标系统为WGS-84坐标系。项目附近水深测量时间2002年；深度基准面为理论最低潮面。③2009年4月出版的石碑山角至遮浪角1:15万比例尺海图，坐标系统为2000国家大地坐标系。项目附近水深测量时间2007年，其深度基准面为理论最低潮面。④2021年12月出版的石碑山角至红海湾1:15万比例尺海图，坐标系统为2000国家大地坐标系。项目附近水深测量时间2015年，其深度基准面为理论最低潮面。。

（1）水下地形冲淤变化

1966年~2003年期间，工程所在海域-5m、-10m、-20m、-30m等深线基本没有变化，仅在部分区域略有交错。

工程区附近水域冲淤变化在不同时间段差异明显，主要呈现如下特征：1966年~2003年，工程附近水域基本保持冲淤平衡状态，大部分海域呈现不冲不淤，少部分海域呈现略微淤积，极少海域呈现出冲刷状态。项目所在海域及项目外侧至-30m水深海域均表现为不冲不淤。项目附近区域与岸线之间略有淤积，淤积速率约为0.04~0.1m/a之间，田尾角附近略有冲刷，大部分区域冲刷速率约为0.02~0.06m/a之间，田尾角近岸附近冲刷较大，冲刷速率为0.1m/a左右。甲子角东北侧海域，呈现出略微的淤积，淤积速率在0.02~0.2m/a之间。

2007年~2015年期间，工程所在海域-5m、-10m、-20m、-30m等深线均发生不同程度的变化。其中-5m等深线在金厢角至田尾角向海一侧推移，变化幅度在0m~630m之间，反映出海床的淤积趋势；在田尾角至水牛坝角向岸一侧推移，变化

幅度在 0m~210m 之间，呈现出冲刷状态。-10m 等深线在白沙角至田尾角向岸一侧推移，变化幅度在 0m~600m 之间；在田尾角至水牛坝角变化不大；-20m 等深线形状和位置基本保持稳定，海床保持稳定状态。-30m 等深线变化较大，主要呈现向岸一侧推移的趋势，最大移动距离约 2.4km。

（2）冲淤演变趋势

项目所在海域属弱潮流区，流速较小。项目区域的海流有三个组成部分，其中最主要的是潮流，其次为风海流和南海沿岸流。项目所在海域全年盛行 SW 向涌浪。6~8 月份风浪和涌浪均以 SW 向为主，其余月份的风浪以 NE 和 ENE 等偏东方向为主，而涌浪仍以 SW 向为主，优势浪向为 SW 向。

项目所在海域的泥沙来源较为有限，主要是陆域花岗岩风化壳被雨水冲刷流入海中，以及海浪对海岸的冲刷侵蚀。在洪季，有少量珠江径流来沙及韩江、榕江径流来沙的影响。受优势浪的影响，泥沙有由西向东运动的趋势，但泥沙的进出量基本平衡。项目位于-20m 至-30m 等深线之间，整体走向与 WS-NE 向岸线平行，长期来看项目所在海域处于冲淤动态平衡状态。

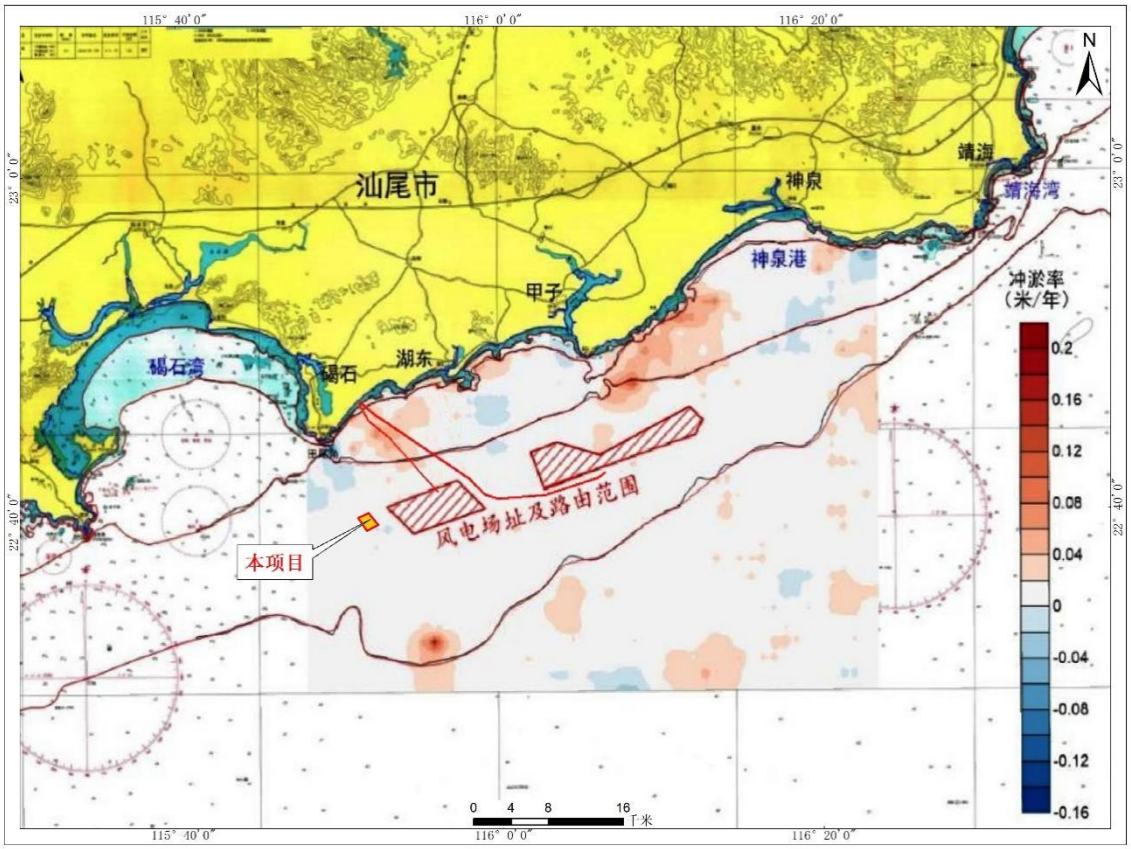


图 6.2.4-1a 水下地形冲淤率变化图（1966-2003）

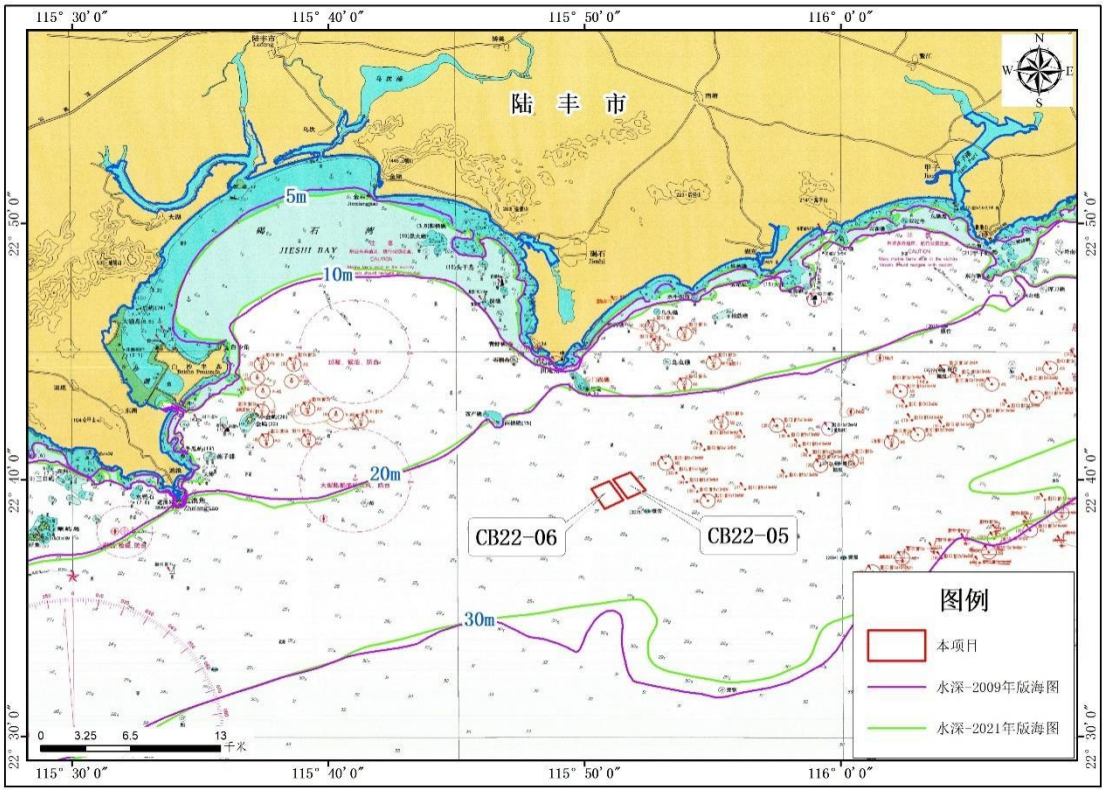


图 6.2.4-1b 水下地形冲淤率变化图（2007-2015）

6.3海水水质现状调查与评价

6.3.1区域海水水质状况

6.3.1.1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 2020~2022 年近岸海域海水水质监测信息》。经核对共有 4 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 6.3.1-1 和图 6.3.1-1。

表 6.3.1-1 项目评价范围内的近岸海域国控站位基本信息一览表

序号	监测站位	所在城市	经度°	纬度°
1	GDN14002	汕尾市	115.7742	22.6220
2	GDN14011	汕尾市	116.0258	22.5701
3	GDN14012	汕尾市	115.8867	22.7525
4	GDN14015	汕尾市	115.7799	22.7928

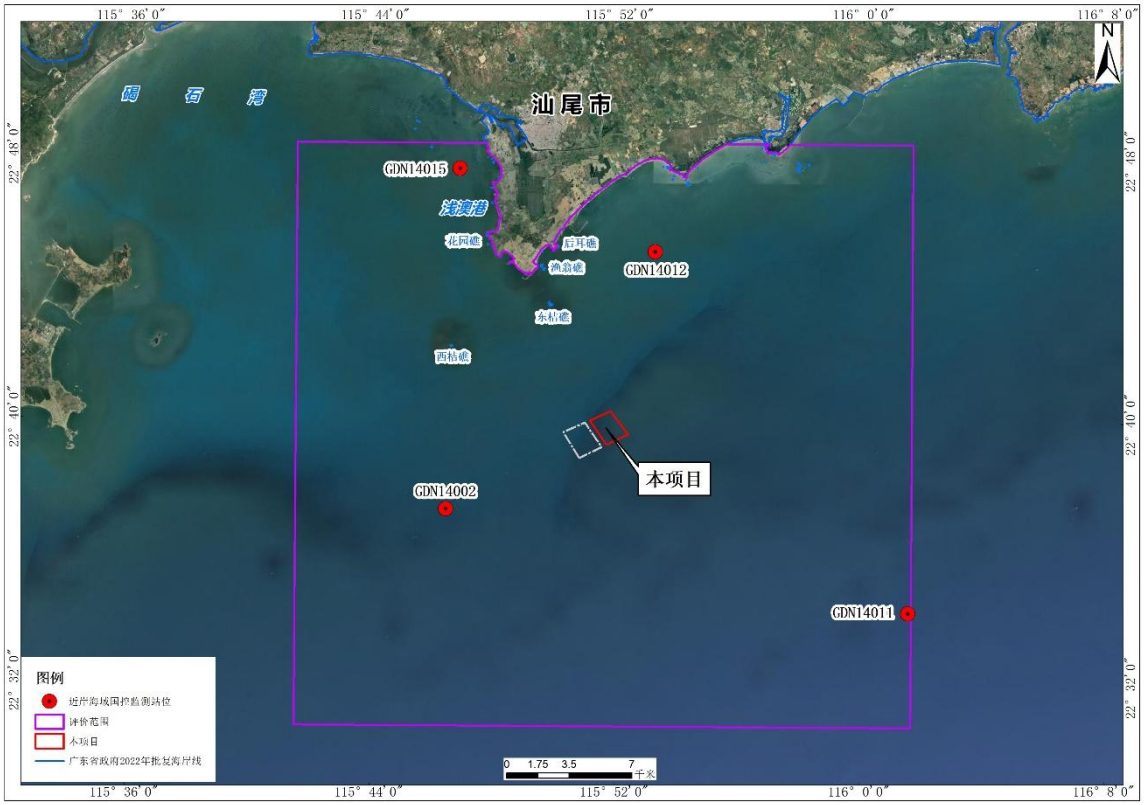


图 6.3.1-1 项目评价范围内近岸海域国控站位布置图

6.3.1.2评价标准

按照《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》，各监测站位执行的水质标准见表 6.3.1-2 和图 6.3.1-2。

表 6.3.1-2 评价范围内近岸海域国控站位在广东省海洋功能区执行的海水水质标准

功能区名称	监测站位	海水水质标准
珠海-潮州近海农渔业区	GDN14002	执行海水水质第一类标准
	GDN14011	
田尾山-石碑山农渔业区	GDN14012	执行海水水质第二类标准
田尾山工业与城镇用海区	GDN14015	

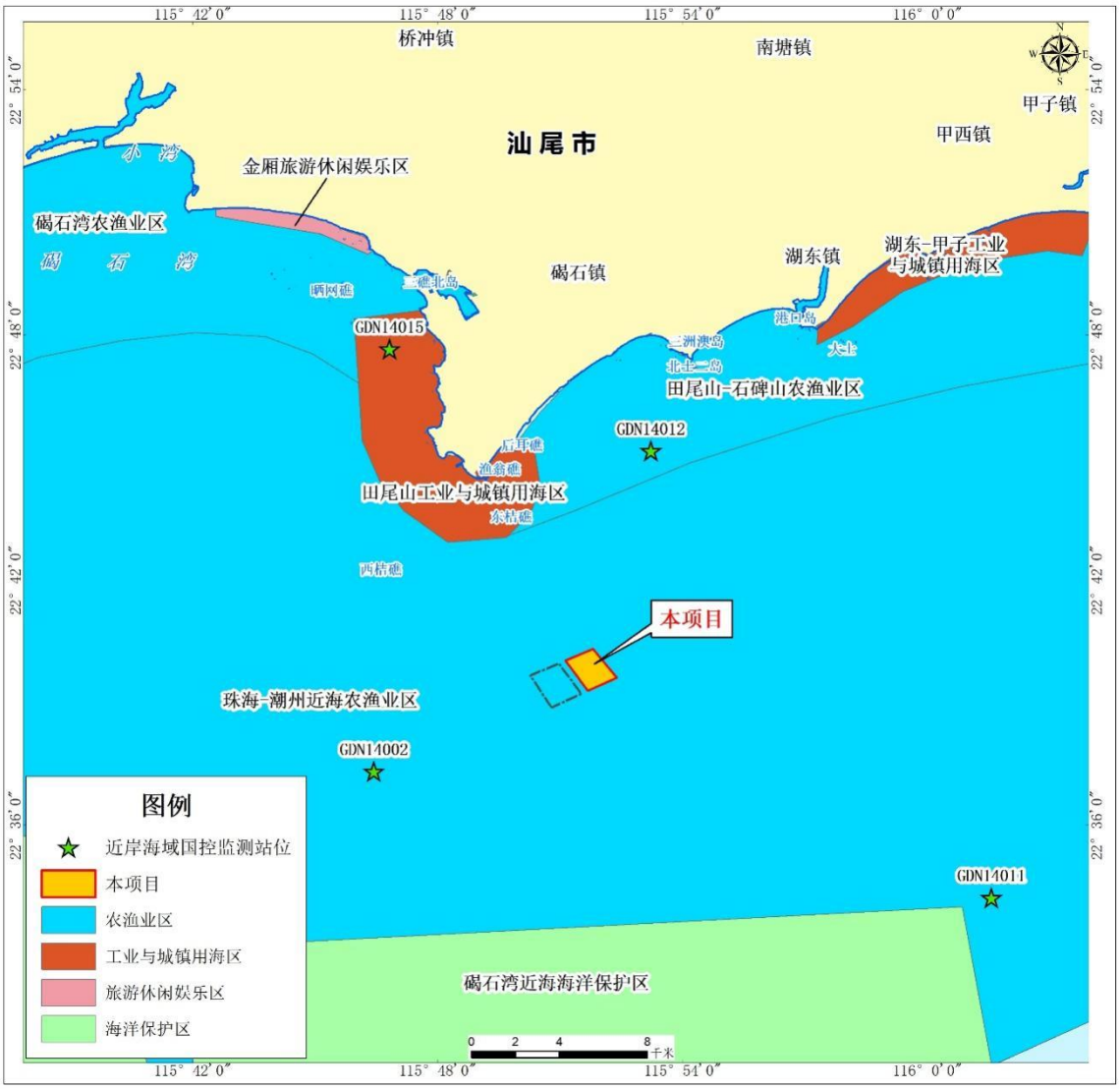


图 6.3.1-2　项目评价范围内近岸海域国控站位所在广东省海洋功能区示意图

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）、《关于同意调整汕尾陆丰市甲湖湾部分近岸海域环境功能区划的批复》（粤府函〔2013〕252 号）、《关于同意调整汕尾市陆丰甲湖湾近岸海域环境功能区划的函》（粤环函〔2018〕693 号）规定，4 个近岸海域国控站位执行的水质标准见表 6.3.1-3 和图 6.3.1-3。

表 6.3.1-3 评价范围内国控站位在近岸海域功能区执行的水质标准

站位	执行水质标准
GDN14015	执行海水水质第一类标准

注：GDN14002、GDN14011 和 GDN14012 不位于近岸海域功能区内。

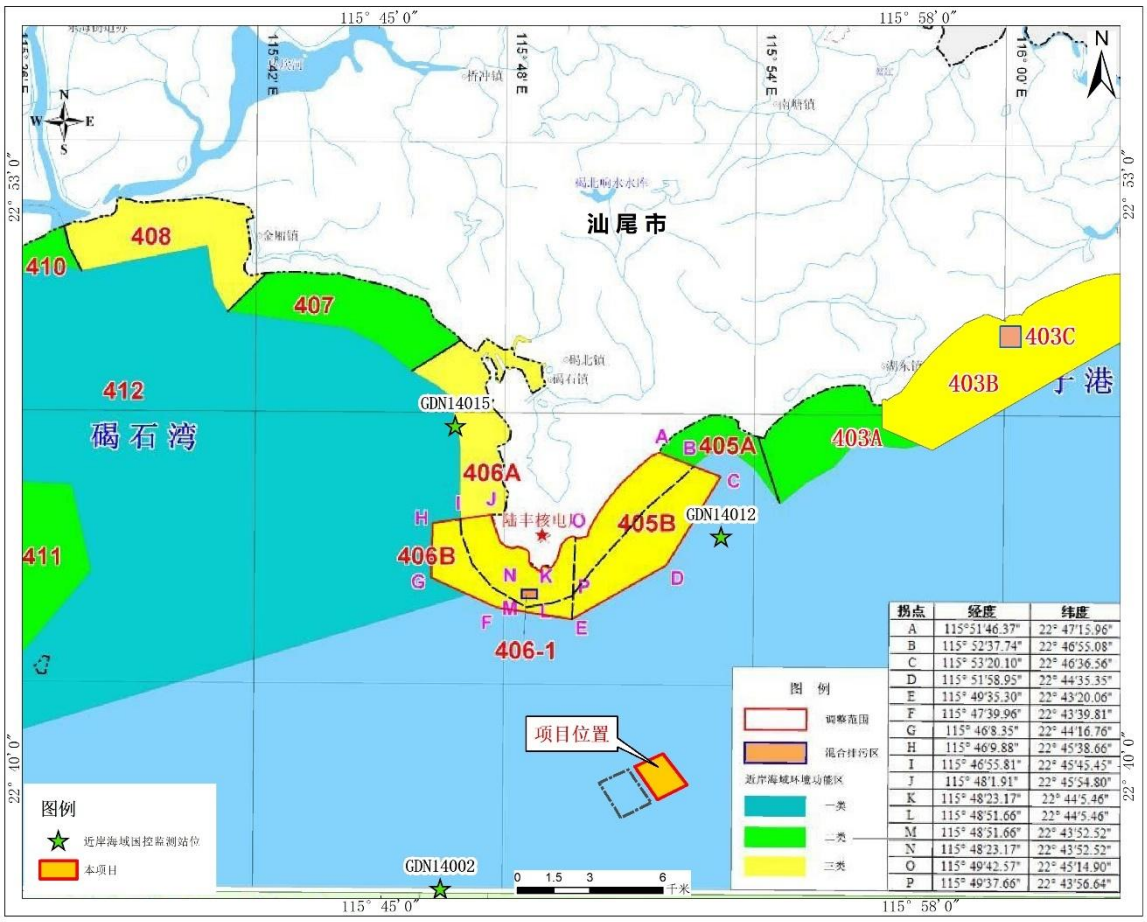


图 6.3.1-3 评价范围内近岸海域国控站位在近岸海域功能区示意图

综上所述，项目附近海域水质按照《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》《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）、《关于同意调整汕尾陆丰市甲湖湾部分近岸海域环境功能区划的批复》（粤府函〔2013〕252 号）、《关于同意调整汕尾市陆丰甲湖湾近岸海域环境功能区划的函》（粤环函〔2018〕693 号）规定海水水质较严者执行，各监测站位水质执行标准见表 6.3.1-4。

表 6.3.1-4 各国控监测站位执行的水质标准要求一览表

站位	执行水质标准
GDN14002、GDN14011、GDN14015	执行海水水质第一类标准
GDN14012	执行海水水质第二类标准

6.3.1.3调查结果与评价

（1）调查结果

项目评价范围内 4 个近岸海域国控站 2020 年至 2022 年的监测和统计结果见表 6.3.1-5。

（2）评价结果

各监测站位水质评价因子的标准指数见表 6.3.1-6 至表 6.3.1-7。

调查海域执行海水水质第一类标准要求的站位有 GDN14002、GDN14011 和 GDN14015，由监测结果及标准指数表可知：主要超标监测因子为活性磷酸盐和铅含量，超标率为 7.4%和 37.5%。

2020 年 11 月和 2022 年 10 月 GDN14015 的活性磷酸盐不符合海水水质第一类标准要求，但均符合海水水质第二类标准要求；2020 年 5 月 GDN14002 和 2020 年 7 月 GDN14002、GDN14011 的铅不符合海水水质第一类标准要求，但均符合海水水质第二类标准要求；其余监测因子均符合海水水质第一类标准要求。

②执行海水水质第二类标准

调查海域执行海水水质第二类标准要求的站位有 GDN14012，由监测结果及标准指数表可知：GDN14012 的所有监测因子均符合海水水质第二类标准要求。

（3）水质变化趋势及超标原因分析

由“表 6.3.1-6 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）”可知，pH、化学需氧量、无机氮、非离子氨、石油类、铜、锌、总铬、汞、镉和砷均未超标，“表 6.3.1-7 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（执行第二类海水水质标准）”，pH、化学需氧量、无机氮、非离子氨、活性磷酸盐、石油类、铜、锌、总铬、汞、镉、铅和砷均未超标。活性磷酸盐超标可能受附近养殖区的影响，铅超标可能受陆源或周边航道、锚地内的海上船舶排污影响，这些因素可能造成污染物的持续性排放增加。从时间上看，2020 年和 2022 年水质状况一般，出现活性磷酸盐和铅超标；2021 年监测站位的水质状况较好。

表 6.3.1-5　2020 年~2022 年项目评价范围内近岸海域国控站位监测数据（单位：pH 无量纲，叶绿素 mg/m³，其余为 mg/L）

年份	监测站位	监测日期	悬浮物	叶绿素_A	pH	溶解氧	化学需氧量	无机氮	非离子氨	活性磷酸盐	石油类	总氮	总磷	铜	锌	总铬	汞	镉	铅	砷
2020 年	GDN14002	2020-05-17	4.67	1.69	8.19	6.53	0.25	0.0283	0.001411	0.0039	0.0270	0.0763	0.0085	0.001313	0.005623	0.002373	0.000012	0.000015	0.003107	0.001467
	GDN14011	2020-05-18	4.40	1.39	8.17	6.56	0.27	0.0243	0.001155	0.0030	0.0260	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	GDN14012	2020-05-18	6.05	4.10	8.14	6.20	0.21	0.0245	0.001047	0.0060	0.0220	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	GDN14015	2020-05-17	4.20	2.57	8.16	6.96	0.30	0.0390	0.002253	0.0033	0.0355	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	GDN14002	2020-07-29	6.27	0.7	8.24	6.38	0.28	0.008	0.00043	0.004	0.010	0.176	0.012	0.00411	0.00728	0.00084	0.0000110	0.00004	0.00218	0.00150
	GDN14011	2020-07-24	5.57	1.0	8.19	6.44	0.18	0.015	0.00048	0.004	0.025	0.240	0.011	0.00093	0.00422	0.00029	0.0000047	0.00002	0.00247	0.00127
	GDN14012	2020-07-29	6.50	3.0	8.14	4.94	1.17	0.016	0.00077	0.008	0.007	0.176	0.011	0.00101	0.00335	0.00027	0.0000135	0.00002	0.00044	0.00150
	GDN14015	2020-07-29	4.40	2.2	8.26	6.56	0.71	0.005	0.00023	0.003	0.013	0.255	0.011	0.00119	0.00326	0.00023	0.0000100	0.00002	0.00022	0.00150
	GDN14002	2020-11-02	10.77	0.62	8.21	7.30	0.43	0.147	0.00085	0.009	0.013	0.601	0.012	0.00093	0.00124	0.00018	0.000004	0.00002	0.00028	0.00157
	GDN14011	2020-11-18	4.67	0.48	8.13	7.38	0.08	0.072	0.00053	0.004	0.014	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	GDN14012	2020-11-03	6.50	2.86	8.13	7.24	0.19	0.189	0.00074	0.016	0.034	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	GDN14015	2020-11-03	29.40	1.00	8.15	7.05	0.27	0.198	0.00058	0.017	0.048	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2021 年	GDN14002	2021-04-15	—	—	8.08	6.63	0.45	0.018	—	0.003	0.004	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	GDN14011	2021-04-17	—	—	8.10	6.53	0.30	0.004	—	0.003	0.004	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	GDN14012	2021-04-16	—	—	8.08	7.24	0.64	0.021	—	0.001	0.004	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	GDN14015	2021-04-15	—	—	7.94	6.83	0.42	0.034	—	0.001	0.004	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	GDN14002	2021-08-03	—	—	8.11	5.74	0.47	0.010	—	0.003	0.008	0.1703	0.0140	0.00067	—	—	0.000006	0.000005	0.00086	—
	GDN14011	2021-08-03	—	—	8.12	5.82	0.57	0.005	—	0.001	0.002	0.1710	0.0103	0.00078	—	—	0.000004	0.000005	0.00086	—
	GDN14012	2021-08-03	—	—	8.08	6.17	0.35	0.019	—	0.006	0.015	0.1780	0.0250	0.00089	—	—	0.000004	0.000005	0.00053	—
	GDN14015	2021-08-02	—	—	8.20	6.71	0.52	0.005	—	0.001	0.010	0.1840	0.0150	0.00123	—	—	0.000010	0.000005	0.00059	—
	GDN14002	2021-11-02	—	—	8.16	6.23	0.26	0.076	—	0.013	0.002	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	GDN14011	2021-11-02	—	—	8.16	6.18	0.23	0.062	—	0.011	0.002	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	GDN14012	2021-11-02	—	—	8.13	6.36	0.41	0.131	—	0.018	0.002	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	GDN14015	2021-11-02	—	—	8.21	8.39	0.53	0.010	—	0.002	0.002	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2022 年	GDN14002	2022-04-18	—	—	7.97	5.46	0.39	0.015	—	0.001	0.002	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	GDN14011	2022-04-18	—	—	8.05	5.54	0.36	0.007	—	0.001	0.002	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	GDN14012	2022-04-15	—	—	7.99	6.15	0.60	0.044	—	0.005	0.002	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	GDN14015	2022-04-14	—	—	8.17	7.50	0.81	0.019	—	0.001	0.002	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	GDN14002	2022-07-29	—	—	8.36	6.58	0.40	0.038	—	0.006	0.008	0.190	0.013	0.00044	—	—	0.000003	0.000015	0.00023	—
	GDN14011	2022-07-29	—	—	8.35	6.71	0.58	0.030	—	0.006	0.008	0.184	0.011	0.00059	—	—	0.000003	0.000015	0.00015	—
	GDN14012	2022-07-29	—	—	8.27	6.89	0.38	0.043	—	0.012	0.008	0.208	0.015	0.00038	—	—	0.000003	0.000015	0.00015	—
	GDN14015	2022-07-28	—	—	8.39	6.87	0.74	0.022	—	0.001	0.004	0.213	0.011	0.00057	—	—	0.000003	0.000015	0.00011	—
	GDN14002	2022-10-24	—	—	8.09	6.35	0.075	0.076	—	0.011	0.004	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	GDN14011	2022-10-24	—	—	8.12	6.25	0.075	0.044	—	0.004	0.004	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	GDN14012	2022-10-24	—	—	8.08	6.30	0.19	0.200	—	0.030	0.004	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	GDN14015	2022-10-25	—	—	8.03	6.30	0.36	0.138	—	0.022	0.004	—	—	—	—	—	—	—	—	—

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 2020 年近岸海域海水水质监测信息》（http://gdee.gd.gov.cn/sz5628/index_5.html）、《广东省 2021 年近岸海域海水水质监测信息》（http://gdee.gd.gov.cn/sz5628/content/post_3894200.html）、《广东省 2022 年近岸海域海水水质监测信息》（http://gdee.gd.gov.cn/sz5628/content/post_4120610.html）。

表 6.3.1-6　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）

监测站位	监测日期	pH	化学需氧量	无机氮	非离子氨	活性磷酸盐	石油类	铜	锌	总铬	汞	镉	铅	砷
GDN14002	2020-05-17	0.79	0.13	0.14	0.07	0.26	0.54	0.26	0.28	0.05	0.24	0.02	3.11	0.07
GDN14011	2020-05-18	0.78	0.14	0.12	0.06	0.20	0.52	—	—	—	—	—	—	—
GDN14015	2020-05-17	0.77	0.15	0.20	0.11	0.22	0.71	—	—	—	—	—	—	—
GDN14002	2020-07-29	0.83	0.14	0.04	0.02	0.27	0.20	0.82	0.36	0.02	0.22	0.04	2.18	0.08
GDN14011	2020-07-24	0.79	0.09	0.08	0.02	0.27	0.50	0.19	0.21	0.01	0.09	0.02	2.47	0.06
GDN14015	2020-07-29	0.84	0.36	0.03	0.01	0.20	0.26	0.24	0.16	0.00	0.20	0.02	0.22	0.08
GDN14002	2020-11-02	0.81	0.22	0.74	0.04	0.60	0.26	0.19	0.06	0.00	0.08	0.02	0.28	0.08
GDN14011	2020-11-18	0.75	0.04	0.36	0.03	0.27	0.28	—	—	—	—	—	—	—
GDN14015	2020-11-03	0.77	0.14	0.99	0.03	1.13	0.96	—			—	—	—	—
GDN14002	2021-04-15	0.72	0.23	0.09	—	0.20	0.08	—	—	—	—	—	—	—
GDN14011	2021-04-17	0.73	0.15	0.02	—	0.20	0.08	—	—	—	—	—	—	—
GDN14015	2021-04-15	0.63	0.21	0.17		0.07	0.08	—			—	—	—	—
GDN14002	2021-08-03	0.74	0.24	0.05	—	0.20	0.16	0.13	—	—	0.12	0.01	0.86	—
GDN14011	2021-08-03	0.75	0.29	0.03	—	0.07	0.04	0.16	—	—	0.08	0.01	0.86	—
GDN14015	2021-08-02	0.80	0.26	0.03		0.07	0.20	0.25			0.20	0.01	0.59	—
GDN14002	2021-11-02	0.77	0.13	0.38	—	0.87	0.04	—	—	—	—	—	—	—
GDN14011	2021-11-02	0.77	0.12	0.31	—	0.73	0.04	—	—	—	—	—	—	—
GDN14015	2021-11-02	0.81	0.27	0.05		0.13	0.04	—			—	—	—	—
GDN14002	2022-04-18	0.65	0.20	0.08	—	0.07	0.04	—	—	—	—	—	—	—
GDN14011	2022-04-18	0.70	0.18	0.04	—	0.07	0.04	—	—	—	—	—	—	—
GDN14015	2022-04-14	0.78	0.41	0.10		0.07	0.04	—			—	—	—	—
GDN14002	2022-07-29	0.91	0.20	0.19	—	0.40	0.16	0.09	—	—	0.06	0.02	0.23	—
GDN14011	2022-07-29	0.90	0.29	0.15	—	0.40	0.16	0.12	—	—	0.06	0.02	0.15	—
GDN14015	2022-07-28	0.93	0.37	0.11		0.07	0.08	0.11			0.06	0.02	0.11	—
GDN14002	2022-10-24	0.73	0.04	0.38	—	0.73	0.08	—	—	—	—	—	—	—
GDN14011	2022-10-24	0.75	0.04	0.22	—	0.27	0.08	—	—	—	—	—	—	—
GDN14015	2022-10-25	0.69	0.18	0.69		1.47	0.08	—			—	—	—	—
超标率%		0.0	0.0	0.0	0.0	7.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	27.3	0.0

注：“—”代表无数据。

表 6.3.1-7　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（执行第二类海水水质标准）

监测站位	监测日期	pH	化学需氧量	无机氮	非离子氨	活性磷酸盐	石油类	铜	锌	总铬	汞	镉	铅	砷
GDN14012	2020-05-18	0.76	0.07	0.08	0.05	0.20	0.44	—	—	—	—	—	—	—
GDN14012	2020-07-29	0.76	0.39	0.05	0.04	0.27	0.14	0.10	0.07	0.00	0.07	0.00	0.09	0.05
GDN14012	2020-11-03	0.75	0.06	0.63	0.04	0.53	0.68	—	—	—	—	—	—	—
GDN14012	2021-04-16	0.72	0.21	0.07	—	0.03	0.08	—	—	—	—	—	—	—
GDN14012	2021-08-03	0.72	0.12	0.06	—	0.20	0.30	0.09	—	—	0.02	0.00	0.11	—
GDN14012	2021-11-02	0.75	0.14	0.44	—	0.60	0.04	—	—	—	—	—	—	—
GDN14012	2022-04-15	0.66	0.20	0.15	—	0.17	0.04	—	—	—	—	—	—	—
GDN14012	2022-07-29	0.85	0.13	0.14	—	0.40	0.16	0.04	—	—	0.02	0.00	0.03	—
GDN14012	2022-10-24	0.72	0.06	0.67	—	1.00	0.08	—	—	—	—	—	—	—
超标率%		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

注：“—”代表无数据。

6.3.2海洋环境调查概况

项目委托广州海兰图检测技术有限公司分别于2023年4月和2023年9月在项目附近海域进行海洋环境调查。

（1）春季

调查时间为2023年4月6日~4月11日。本次调查共设水质调查站位22个，沉积物调查站位11个，海洋生物生态14个、渔业资源调查站位14个，潮间带生物调查断面3个，具体调查站位详见表6.3.2-1和图6.3.2-1。

（2）秋季

调查时间为2023年9月1日~9月9日。本次调查共设水质调查站位22个，海洋生物生态14个、渔业资源调查站位14个，潮间带生物调查断面3个，具体调查站位详见表6.3.2-2和图6.3.2-2。

表6.3.2-1 春季海洋环境现状调查站位

站位	经度E	纬度N	调查项目
SW01	115°41′53.95″	22°42′36.50″	水质
SW02	115°47′06.90″	22°44′53.08″	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
SW03	115°52′12.01″	22°46′07.11″	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
SW04	115°55′52.27″	22°47′32.20″	水质
SW05	115°43′02.81″	22°39′00.71″	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
SW06	115°47′39.24″	22°41′43.72″	水质、生物生态、渔业资源
SW07	115°52′38.60″	22°43′43.58″	水质
SW08	115°57′10.55″	22°45′20.15″	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
SW09	115°44′24.50″	22°35′54.10″	水质
SW10	115°47′49.41″	22°37′54.80″	水质、生物生态、渔业资源
SW11	115°50′54.18″	22°39′29.20″	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
SW12	115°51′48.11″	22°39′51.41″	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
SW13	115°55′05.80″	22°41′40.70″	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
SW14	115°58′10.61″	22°43′31.17″	水质
SW15	115°46′05.16″	22°33′26.30″	水质
SW16	115°50′11.51″	22°35′50.08″	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
SW17	115°54′40.18″	22°38′07.45″	水质、生物生态、渔业资源
SW18	115°59′44.78″	22°40′58.12″	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
SW19	115°48′53.51″	22°30′58.28″	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
SW20	115°53′24.31″	22°33′19.82″	水质
SW21	115°57′36.32″	22°35′50.63″	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
SW22	116°01′34.71″	22°37′53.50″	水质
SC01	115°48′03.05″	22°45′46.53″	潮间带
SC02	115°51′35.10″	22°47′07.30″	潮间带
SC03	115°56′52.91″	22°48′12.53″	潮间带
注：潮间带垂直于岸线，布设高、中、低潮区采样断面			

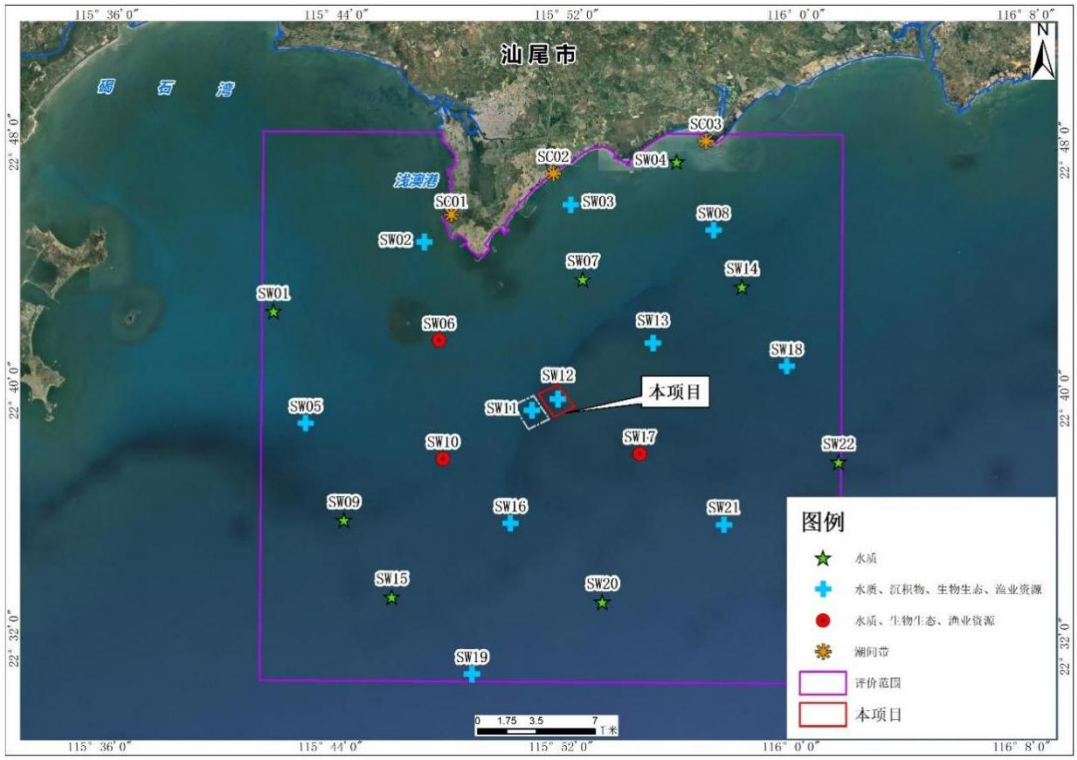


图 6.3.2-1 春季调查站位布设示意图

表 6.3.2-2 秋季海洋环境现状调查站位

站位	经度 E	纬度 N	调查项目
SW01	115°41′54.21″	22°42′37.01″	水质
SW02	115°47′07.31″	22°44′50.64″	水质、生物生态、渔业资源
SW03	115°52′12.67″	22°46′08.21″	水质、生物生态、渔业资源
SW04	115°55′53.01″	22°47′32.07″	水质
SW05	115°43′03.12″	22°39′01.21″	水质、生物生态、渔业资源
SW06	115°47′40.45″	22°41′44.12″	水质、生物生态、渔业资源
SW07	115°53′39.02″	22°43′43.01″	水质
SW08	115°57′09.21″	22°45′21.42″	水质、生物生态、渔业资源
SW09	115°44′23.81″	22°35′55.12″	水质
SW10	115°47′49.01″	22°37′55.62″	水质、生物生态、渔业资源
SW11	115°50′53.27″	22°39′30.12″	水质、生物生态、渔业资源
SW12	115°51′49.21″	22°39′53.02″	水质、生物生态、渔业资源
SW13	115°55′05.63″	22°41′42.03″	水质、生物生态、渔业资源
SW14	115°58′09.09″	22°43′30.33″	水质
SW15	115°46′07.11″	22°33′26.82″	水质
SW16	115°50′13.21″	22°35′50.91″	水质、生物生态、渔业资源
SW17	115°54′40.67″	22°38′06.91″	水质、生物生态、渔业资源
SW18	115°59′44.31″	22°40′59.51″	水质、生物生态、渔业资源
SW19	115°48′53.20″	22°30′57.12″	水质、生物生态、渔业资源
SW20	115°53′26.01″	22°33′20.81″	水质
SW21	115°57′38.01″	22°35′51.12″	水质、生物生态、渔业资源
SW22	116°01′33.91″	22°37′54.01″	水质
SC01	115°47′59.54″	22°45′45.65″	潮间带
SC02	115°50′42.28″	22°46′26.76″	潮间带
SC03	115°56′53.22″	22°48′11.65″	潮间带
注：潮间带垂直于岸线，布设高、中、低潮区采样断面			

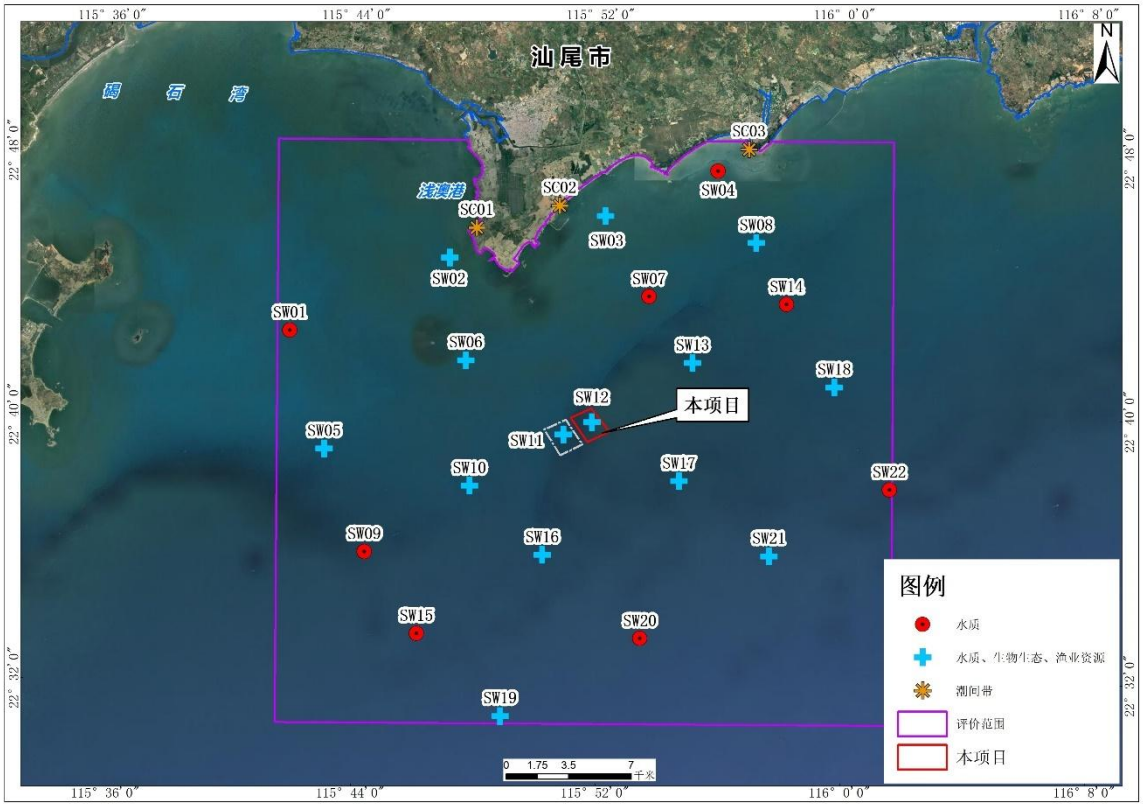


图 6.3.2-2 秋季海洋环境现状调查站位图

6.3.3调查项目

调查项目包括 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、挥发酚、硫化物、石油类、总铬、铅、镉、锌、铜、汞、砷、生化需氧量、硒、镍、氰化物、氟化物。

6.3.4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。

表 6.3.4-1 采样层次表

水深范围/m	标准层次	底层与相邻标准层最小距离/m
小于 10	表层	/
10~25	表层、底层	/
25~50	表层、10m、底层	/
50~100	表层、10m、50m、底层	5
100 以上	表层、10m、50m、以下水层的酌情加层、底层	10
注 1：表层系指海面以下 0.1m~1m； 注 2：底层，对河口及港湾海域最好取离海底 2m 的水层，深海或大风浪时可酌情增大离底层的距离。		

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，将瓶缓慢地上下顺倒 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。

2）pH 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）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 0.45μm 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。

4）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油类样品后，加 0.1mol/L 硫酸溶液固定，带回实验室萃取；测定油类样品的容器禁止预先用海水冲洗。

（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，超出的项目按照行业内其他标准进行，各项目的分析方法如表 6.3.4-2。

表 6.3.4-2 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
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
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
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

检测指标	检测依据	分析方法	检出限
总铬	《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
生化需氧量	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/33.1	五日培养法	/
硒	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/12.1	荧光分光光度法	0.2μg/L
镍	《海洋监测规范 第 4 部分 海水分析》GB 17378.4-2007/42	无火焰原子吸收分光光度法	0.5μg/L
氰化物	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/20	异烟酸-吡唑啉酮分光光度法	0.0005mg/L
氟化物	《水质 氟化物的测定》GB/T 7484-1987	离子选择电极法	0.05mg/L

6.3.5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：

$$S_{DO,j}=DO_s/DO_j \qquad DO_j \le DO_f$$

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

$S_{Do,j}$—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，℃。

pH 的标准指数为：

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

$S_{pH,j}$—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春季

根据《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》，春季各监测站位执行的标准见表 6.3.5-1。

表 6.3.5-1 春季各站位执行的标准要求一览表

功能区名称	调查站位	标准要求
碣石湾近海海洋保护区	SW19、SW20	执行海水水质第一类标准、海洋沉积物质量第一类标准和海洋生物质量第一类标准
珠海-潮州近海农渔业区	SW01、SW05、SW06、SW07、SW08、SW09、SW10、SW11、SW12、SW13、SW14、SW15、SW16、SW17、SW18、SW21、SW22	
田尾山-石碑山农渔业区	SW03、SW04	执行海水水质第二类标准、海洋沉积物质量第一类标准和海洋生物质量第一类标准
田尾山工业与城镇用海区	SW02	

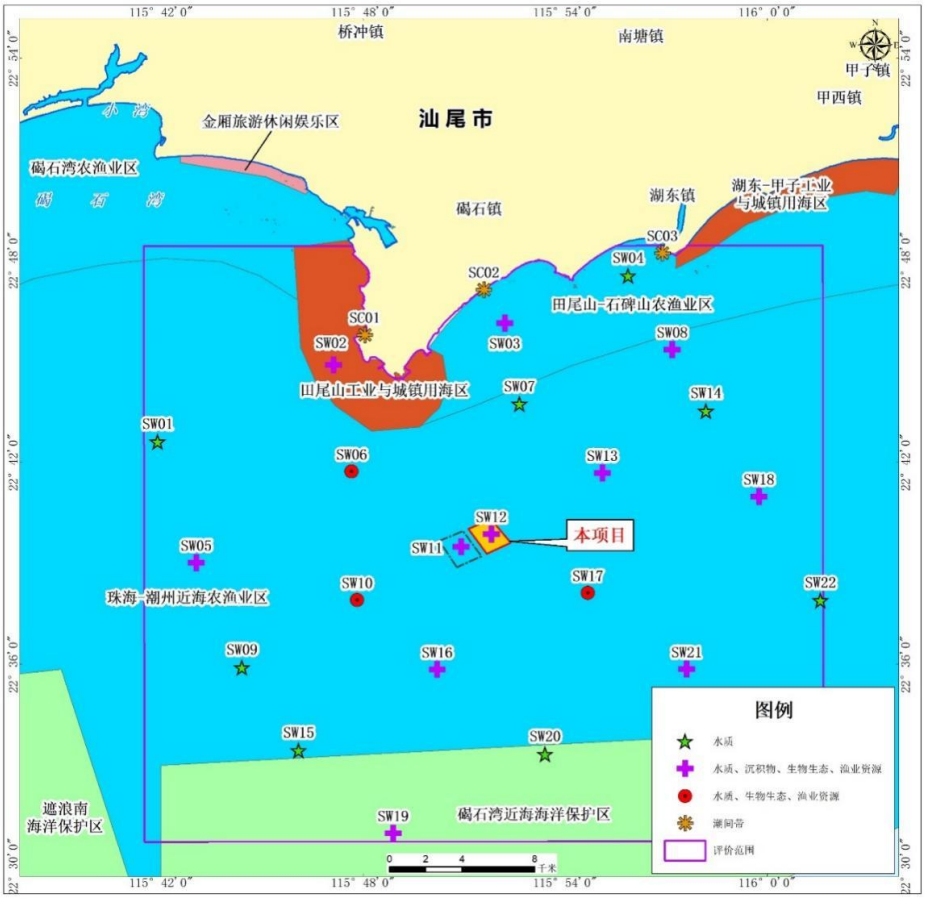


图 6.3.5-1 春季调查站位所处广东省海洋功能区示意图

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）、《关于同意调整汕尾陆丰市甲湖湾部分近岸海域环境功能区划的批复》（粤府函〔2013〕252 号）、《关于同意调整汕尾市陆丰甲湖湾近岸海域环境功能区划的函》（粤环函〔2018〕693 号）规定，春季各监测站位执行的标准见表 6.3.5-2 和图 6.3.5-2。

表 6.3.5-2 春季调查站位在近岸海域功能区执行的水质标准

站位	执行水质标准
SW01	执行海水水质第一类标准
SW04	执行海水水质第二类标准
SW02 、SW03	执行海水水质第三类标准

注：其余站位不位于近岸海域功能区内。

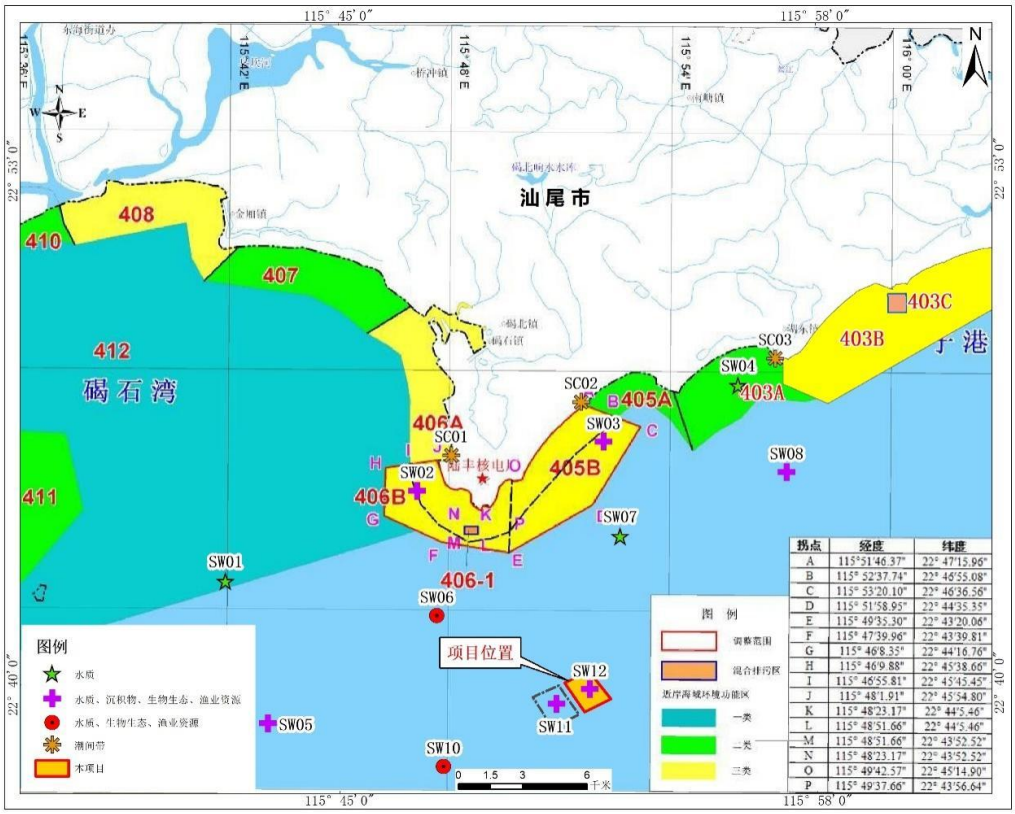


图 6.3.5-2 春季调查站位所处近岸海域功能区示意图

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）、《关于同意调整汕尾陆丰市甲湖湾部分近岸海域环境功能区划的批复》（粤府函〔2013〕252 号）、《关于同意调整汕尾市陆丰甲湖湾近岸海域环境功能区划的函》（粤环函〔2018〕693 号）规定海水水质较严者执行，春季各监测站位水质执行标准见表 6.3.5-3。

表 6.3.5-3 春季各监测站位执行的水质标准要求一览表

调查站位	标准要求
SW01、SW05、SW06、SW07、SW08、SW09、SW10、SW11、SW12、SW13、SW14、SW15、SW16、SW17、SW18、SW19、SW20、SW21、SW22	执行海水水质第一类标准
SW02、SW03、SW04	执行海水水质第二类标准

②秋季

根据《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》，秋季各监测站位执行标准见表 6.3.5-4。

表 6.3.5-4 秋季各站位执行的标准要求一览表

功能区名称	调查站位	标准要求
碣石湾近海海洋保护区	SW19、SW20	执行海水水质第一类标准、海洋沉积物质量第一类标准和海洋生物质量第一类标准
珠海-潮州近海农渔业区	SW01、SW05、SW06、SW07、SW08、SW09、SW10、SW11、SW12、SW13、SW14、SW15、SW16、SW17、SW18、SW21、SW22	
田尾山-石碑山农渔业区	SW03、SW04	执行海水水质第二类标准、海洋沉积物质量第一类标准和海洋生物质量第一类标准
田尾山工业与城镇用海区	SW02	



图 6.3.5-3 秋季调查站位所处广东省海洋功能区示意图

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）、《关于同意调整汕尾陆丰市甲湖湾部分近岸海域环境功能区划的批复》（粤府函〔2013〕252 号）、《关于同意调整汕尾市陆丰甲湖湾近岸海域环境功能区划的函》（粤环函〔2018〕693 号）规定，秋季各监测站位执行的标准见表 6.3.5-5 和图 6.3.5-4。

表 6.3.5-5 秋季调查站位在近岸海域功能区执行的水质标准

站位	执行水质标准
SW01	执行海水水质第一类标准
SW04	执行海水水质第二类标准
SW02、 SW03	执行海水水质第三类标准

注：其余站位不位于近岸海域功能区内。

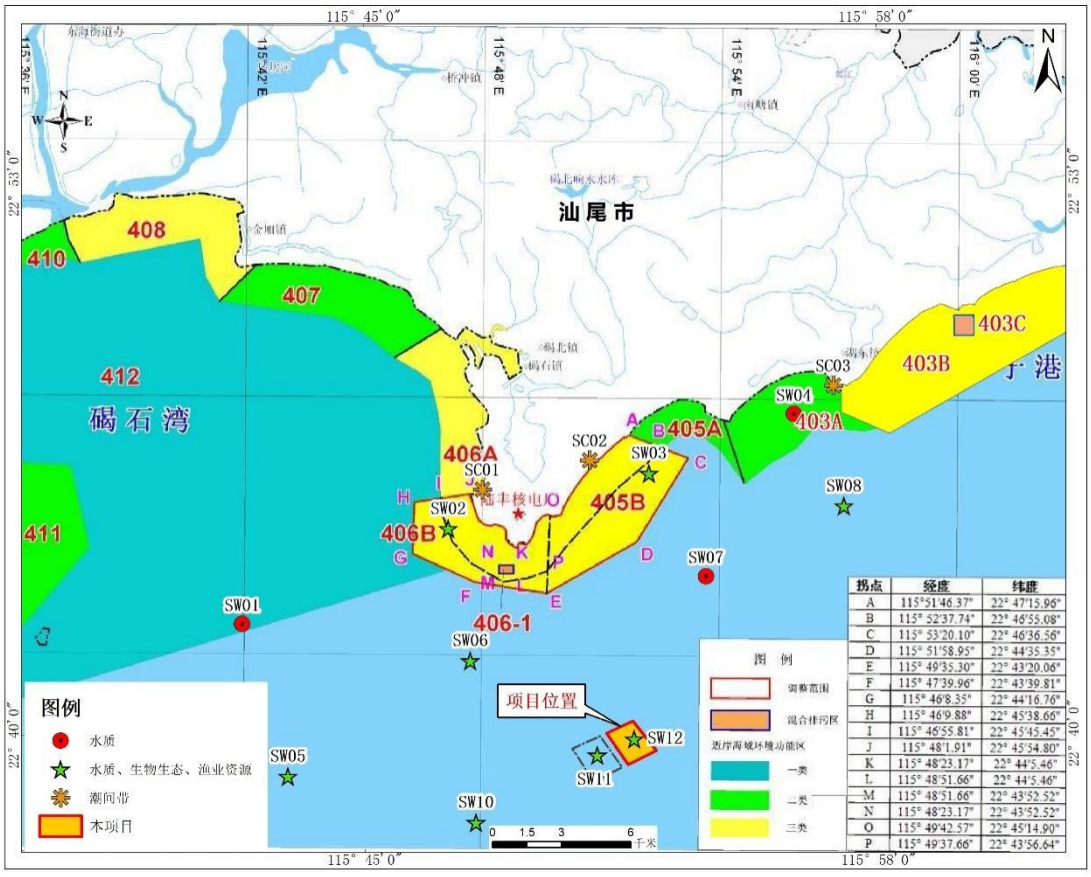


图 6.3.5-4 秋季调查站位所处近岸海域功能区示意图

综上所述，项目附近海域水质按照《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》《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）、《关于同意调整汕尾陆丰市甲湖湾部分近岸海域环境功能区划的批复》（粤府函〔2013〕252 号）、《关于同意调整汕尾市陆丰甲湖湾近岸海域环境功能区划的函》（粤环函

〔2018〕693 号）规定海水水质较严者执行，秋季各监测站位水质执行标准见表6.3.5-6。

表 6.3.5-6 秋季各监测站位执行的水质标准要求一览表

调查站位	标准要求
SW01、SW05、SW06、SW07、SW08、SW09、SW10、SW11、SW12、SW13、SW14、SW15、SW16、SW17、SW18、SW19、SW20、SW21、SW22	执行海水水质第一类标准
SW02、SW03、SW04	执行海水水质第二类标准

6.3.6海水水质调查结果与评价

6.3.6.1调查结果

（1）春季

春季海洋水质调查结果见表 6.3.6-1。

（2）秋季

秋季海洋水质调查结果见表 6.3.6-2。

6.3.6.2评价结果

（1）春季

采用上述单项指数评价法，对本次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 6.3.6-3。

执行海水水质第一类标准要求的站位有 SW01、SW05~ SW22。由监测结果及标准指数表结果可知：所有调查站位的水质监测因子均符合海水水质第一类标准要求。

执行海水水质第二类标准要求的站位有 SW02~SW04。由监测结果及标准指数表结果可知：所有调查站位的水质监测因子均符合海水水质第二类标准要求。

综上所述，春季调查中所有调查站位均符合其相对应功能区的海水水质标准限值。

（2）秋季

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 6.3.6-4。

执行海水水质第一类标准要求的站位有 SW01、SW05~ SW22。由监测结果及标准指数表结果可知：SW05 站位表层、SW12 站位表层、SW12 站位 10m 层和

SW17 站位表层的海水溶解氧含量处于过饱和状态，超过海水水质第一类标准外。其余水质监测因子均符合海水水质第一类标准要求。

当水体溶解氧处于一定程度的过饱和状态时，根据计算公式计算，溶解氧的标准指数值大于 1。当在风浪较大时、海水增温季节及浮游植物生长旺盛期，海水中溶解氧都可能处于过饱和状态。因此，溶解氧超标可能与海水温度增加、浮游植物生长旺盛有关。

执行海水水质第二类标准要求的站位有 SW02~SW04。由监测结果及标准指数表结果可知：所有调查站位的水质监测因子均符合海水水质第二类标准要求。

综上所述，秋季项目周边海域的溶解氧在部分站位超过其功能区对应的水质标准要求，其余监测因子均符合。

表 6.3.6-1　春季海水水质监测结果

站位	层次	水深	水温	盐度	pH	悬浮物	溶解氧	化学需氧量	生化需氧量	氨氮	亚硝酸盐氮	硝酸盐氮	无机氮	活性磷酸盐	石油类	锌	氟化物	氰化物	挥发酚	硫化物	铜	铅	镉	总铬	汞	砷	镍	硒
		m	℃	‰	/	mg/L													μg/L									
SW01	表层	15.2	20.8	33.308	8.19	9.9	6.72	1.13	0.33	0.0234	0.0063	0.0633	0.0930	0.0064	0.0240	0.0043	0.54	0.0005L	1.2	0.2L	2.3	0.63	0.85	0.5	0.008	0.8	0.6	0.3
	底层	/	20.4	33.194	8.20	16.1	6.49	1.09	0.41	0.0212	0.0056	0.0483	0.0751	0.0056	/	0.0140	0.54	0.0005L	1.1L	0.2L	3.8	0.50	0.53	1.3	0.007L	0.8	0.5L	0.2
SW02	表层	9.2	20.6	33.216	8.17	8.7	7.13	1.37	0.37	0.0772	0.0091	0.0861	0.172	0.0087	0.0176	0.0115	0.54	0.0005L	1.1L	0.2	1.4	0.19	0.70	0.6	0.007L	0.8	0.5L	0.4
SW03	表层	11.3	20.9	33.027	8.16	10.2	6.74	1.45	0.36	0.0690	0.0089	0.0828	0.161	0.0087	0.0152	0.0161	0.53	0.0005L	1.6	0.3	1.8	0.10	0.49	1.2	0.007L	0.8	0.5	0.3
	底层	/	20.5	33.048	8.17	7.6	6.53	1.05	0.30	0.0438	0.0074	0.0628	0.114	0.0080	/	0.0109	0.54	0.0005L	1.2	0.2	0.6	0.06	0.33	0.6	0.007L	0.8	0.5L	0.2
SW04	表层	10.7	20.4	33.021	8.19	9.7	7.21	1.13	0.36	0.0924	0.0092	0.0865	0.188	0.0083	0.0195	0.0161	0.52	0.0005L	1.1L	0.4	2.6	0.11	0.39	1.9	0.008	2.1	1.4	0.3
	底层	/	20.4	33.038	8.19	7.5	7.04	1.21	0.46	0.0702	0.0086	0.0729	0.152	0.0076	/	0.0166	0.53	0.0005L	1.1L	0.2	2.8	0.79	0.48	0.9	0.009	0.8	0.5	0.3
SW05	表层	21.9	20.8	33.362	8.20	10.6	7.63	1.45	0.43	0.0189	0.0050	0.0525	0.0764	0.0057	0.0232	0.0048	0.54	0.0005L	1.1L	0.2	3.4	0.41	0.51	0.7	0.007L	0.8	1.3	0.2L
	底层	/	20.7	33.357	8.22	15.4	6.78	1.62	0.57	0.0119	0.0046	0.0511	0.0676	0.0048	/	0.0171	0.54	0.0005L	1.1L	0.2	2.4	0.84	0.49	0.4L	0.007L	0.8	0.5L	0.2
SW06	表层	20.7	20.6	33.247	8.20	23.2	6.98	1.01	0.71	0.0268	0.0075	0.0661	0.100	0.0093	0.0180	0.0191	0.55	0.0005L	1.1L	0.2	1.4	0.50	0.41	1.2	0.007L	1.1	0.6	0.2L
	底层	/	20.8	33.256	8.19	20.8	6.17	1.09	0.57	0.0186	0.0068	0.0648	0.0902	0.0064	/	0.0145	0.54	0.0005L	1.1L	0.2L	0.9	0.50	0.30	1.7	0.009	1.2	0.5L	0.2
SW07	表层	19.1	20.9	33.234	8.19	20.6	6.81	1.54	0.55	0.0234	0.0086	0.0827	0.115	0.0099	0.0197	0.0156	0.55	0.0005L	1.1L	0.2L	0.8	0.57	0.42	0.9	0.007L	1.2	0.5L	0.2L
	底层	/	20.8	33.273	8.17	20.1	6.59	0.77	0.33	0.0200	0.0070	0.0727	0.0997	0.0091	/	0.0130	0.55	0.0005L	1.1L	0.2L	1.4	0.72	0.40	1.1	0.007L	1.1	0.5L	0.2
SW08	表层	18.1	20.7	33.162	8.21	22.7	6.84	1.37	0.68	0.0165	0.0054	0.0536	0.0755	0.0046	0.0178	0.0135	0.54	0.0005L	1.1L	0.2L	0.9	0.51	0.47	0.6	0.007L	1.1	0.7	0.2
	底层	/	21.0	33.183	8.20	16.7	6.10	0.73	0.37	0.0094	0.0042	0.0391	0.0527	0.0028	/	0.0104	0.54	0.0005L	1.1L	0.2L	0.8	0.59	0.41	0.4L	0.012	1.1	0.9	0.2L
SW09	表层	27.9	21.6	33.871	8.22	10.6	7.78	0.89	0.26	0.0207	0.0049	0.0472	0.0728	0.0043	0.0207	0.0156	0.55	0.0005L	1.1L	0.2L	1.8	0.53	0.84	1.7	0.008	0.8	0.7	0.2L
	10m	/	21.6	33.893	8.22	10.7	7.16	0.85	0.44	0.0132	0.0032	0.0410	0.0574	0.0038	/	0.0150	0.55	0.0005L	1.2	0.2L	2.8	0.31	0.55	0.8	0.009	0.8	0.5L	0.2L
	底层	/	21.5	34.016	8.27	11.0	6.88	0.89	0.36	0.0071	0.0029	0.0367	0.0467	0.0026	/	0.0150	0.56	0.0005L	1.1L	0.2	3.4	0.43	0.52	0.4L	0.012	0.9	0.5L	0.2L
SW10	表层	24.9	21.8	33.893	8.16	14.3	7.30	0.81	0.35	0.0152	0.0059	0.0539	0.0750	0.0074	0.0370	0.0125	0.54	0.0005L	1.1L	0.2	0.6	0.62	0.66	0.9	0.007L	1.4	0.5L	0.2L
	底层	/	21.7	33.899	8.16	11.1	7.06	0.93	0.59	0.0134	0.0044	0.0351	0.0529	0.0051	/	0.0094	0.55	0.0005L	1.1L	0.2L	0.9	0.50	0.36	0.4L	0.009	1.3	1.2	0.2L
SW11	表层	26.2	20.9	33.416	8.19	17.8	7.44	0.89	0.66	0.0149	0.0077	0.0608	0.0834	0.0051	0.0154	0.0084	0.55	0.0005L	1.1L	0.2	1.8	0.53	0.61	0.6	0.007L	1.3	0.5L	0.2
	10m	/	21.0	33.453	8.18	16.5	6.77	1.05	0.64	0.0089	0.0046	0.0549	0.0684	0.0046	/	0.0109	0.55	0.0005L	1.1L	0.2L	0.8	0.72	0.28	3.6	0.012	1.2	1.1	0.2
	底层	/	21.0	33.524	8.19	12.9	6.25	0.81	0.50	0.0046	0.0035	0.0400	0.0481	0.0046	/	0.0104	0.55	0.0005L	1.1L	0.3	2.3	0.55	0.41	1.4	0.010	1.2	0.5L	0.2L
SW12	表层	26.4	21.0	33.576	8.18	10.6	7.22	0.97	0.39	0.0174	0.0052	0.0460	0.0686	0.0051	0.0180	0.0089	0.56	0.0005L	1.1L	0.2L	3.2	0.61	0.71	0.4L	0.013	1.2	0.8	0.2
	10m	/	21.0	33.421	8.17	12.4	6.52	1.62	0.54	0.0170	0.0046	0.0450	0.0666	0.0049	/	0.0145	0.55	0.0005L	1.1L	0.2L	1.2	0.93	0.68	0.4L	0.012	1.6	0.5L	0.2L
	底层	/	21.1	33.476	8.17	15.5	6.46	0.81	0.70	0.0116	0.0048	0.0388	0.0552	0.0030	/	0.0094	0.56	0.0005L	1.1L	0.2L	1.2	0.92	0.71	0.4L	0.014	1.3	0.7	0.2
SW13	表层	24.5	21.9	33.906	8.18	16.0	7.04	0.85	0.59	0.0291	0.0087	0.0792	0.117	0.0062	0.0149	0.0135	0.56	0.0005L	1.1L	0.2	1.0	0.62	0.39	0.9	0.007L	6.1	0.5L	0.2L
	底层	/	22.0	33.957	8.19	17.0	6.89	1.21	0.63	0.0180	0.0076	0.0634	0.0890	0.0049	/	0.0094	0.54	0.0005L	1.1L	0.3	1.1	0.68	0.50	1.2	0.012	1.4	0.6	0.2L
SW14	表层	24.2	21.9	33.892	8.18	27.2	6.65	1.49	0.94	0.0168	0.0076	0.0679	0.0923	0.0044	0.0159	0.018	0.55	0.0005L	1.7	0.2L	1.6	0.62	0.57	0.9	0.010	1.4	0.5L	0.2
	底层	/	22.0	33.955	8.19	28.5	6.64	1.37	0.78	0.0124	0.0065	0.0662	0.0851	0.0030	/	0.0176	0.55	0.0005L	1.1L	0.2L	0.6	0.55	0.53	0.8	0.009	1.5	0.5	0.2
SW15	表层	31.5	22.0	33.938	8.19	15.8	7.07	1.21	0.35	0.0196	0.0035	0.0385	0.0616	0.0041	0.0134	0.0094	0.55	0.0005L	1.1L	0.3	0.9	0.10	0.73	2.0	0.012	0.8	1.4	0.2
	10m	/	22.0	33.952	8.19	14.2	6.83	0.81	0.18	0.0139	0.0032	0.0364	0.0535	0.0032	/	0.0150	0.55	0.0005L	1.1L	0.2L	1.4	0.20	0.40	2.6	0.012	0.9	0.5L	0.2L
	底层	/	21.9	34.007	8.26	15.2	6.12	0.81	0.20	0.0090	0.0027	0.0335	0.0452	0.0023	/	0.0140	0.55	0.0005L	1.1L	0.2	1.1	0.17	0.49	4.0	0.011	0.9	0.5L	0.2
SW16	表层	29.2	21.8	33.928	8.18	14.3	7.55	1.01	0.43	0.0202	0.0034	0.0356	0.0592	0.0049	0.0160	0.0084	0.56	0.0005L	1.1L	0.2L	1.5	0.49	0.56	0.6	0.007L	0.9	1.6	0.2L
	10m	/	21.7	33.922	8.18	23.1	7.25	1.13	0.35	0.0112	0.0027	0.0353	0.0492	0.0035	/	0.0094	0.56	0.0005L	1.1L	0.2L	1.0	0.21	0.75	0.4L	0.007L	0.9	1.3	0.2L
	底层	/	21.6	33.983	8.22	21.5	6.03	0.93	0.28	0.0061	0.0021	0.0269	0.0351	0.0012	/	0.0089	0.55	0.0005L	1.1L	0.2	1.8	0.34	0.47	0.8	0.007L	1.1	0.9	0.2
SW17	表层	27.2	21.9	33.918	8.16	14.8	7.12	1.78	0.47	0.0136	0.0047	0.0432	0.0615	0.0031	0.0169	0.0135	0.57	0.0005L	1.1L	0.2L	0.6	0.95	0.53	1.0	0.012	1.5	1.5	0.2L
	10m	/	22.0	33.972	8.16	12.1	7.02	1.33	0.32	0.0126	0.0037	0.0346	0.0509	0.0028	/	0.0135	0.55	0.0005L	1.1L	0.2L	0.2	0.64	0.36	2.2	0.013	1.3	0.6	0.2
	底层	/	22.0	34.003	8.17	18.0	6.36	1.09	0.31	0.0047	0.0020	0.0244	0.0311	0.0020	/	0.0125	0.56	0.0005L	1.1L	0.2L	0.8	0.75	0.65	1.9	0.014	2.3	1.6	0.3
SW18	表层	26.2	21.8	33.909	8.18	26.3	7.08	1.62	0.89	0.0229	0.0074	0.0687	0.0990	0.0085	0.0220	0.0181	0.55	0.0005L	1.1L	0.2L	2.0	0.73	0.56	2.0	0.007L	1.4	2.0	0.2L
	10m	/	21.8	33.955	8.18	22.5	6.44	1.49	0.46	0.0166	0.0058	0.0602	0.0826	0.0038	/	0.0191	0.56	0.0005L	1.1L	0.2L	1.6	0.59	0.57	2.7	0.007L	1.5	0.8	0.2L
	底层	/	21.9	33.973	8.19	24.7	6.50	0.93	0.44	0.0118	0.0046	0.0429	0.0593	0.0016	/	0.0063	0.56	0.0005L	1.1L	0.2	0.7	0.68	0.52	2.3	0.007L	1.4	0.7	0.2
SW19	表层	35.6	22.2	33.928	8.18	16.5	7.06	1.33	0.36	0.0261	0.0046	0.0532	0.0839	0.0045	0.0246	0.0089	0.56	0.0005L	1.1L	0.2	1.7	0.67	0.30	1.1	0.013	1.0	0.7	0.2L
	10m	/	22.1	33.930	8.18	18.0	6.27	0.85	0.30	0.0213	0.0035	0.0254	0.0502	0.0032	/	0.0099	0.56	0.0005L	1.1L	0.2L	0.7	0.77	0.79	0.8	0.013	0.8	3.2	0.2L
	底层	/	21.9	33.991	8.22	16.4	6.23	0.93	0.39	0.0089	0.0015	0.0226	0.0330	0.0014	/	0.0130	0.57	0.0005L	1.1L	0.2L	2.6	0.36	0.48	0.6	0.017	1.0	3.6	0.2L

站位	层次	水深	水温	盐度	pH	悬浮物	溶解氧	化学需氧量	生化需氧量	氨氮	亚硝酸盐氮	硝酸盐氮	无机氮	活性磷酸盐	石油类	锌	氟化物	氰化物	挥发酚	硫化物	铜	铅	镉	总铬	汞	砷	镍	硒
		m	℃	‰	/	mg/L													μg/L									
SW 20	表层	32.3	22.2	33.934	8.18	18.4	6.69	1.37	0.32	0.0187	0.0036	0.0312	0.0535	0.0042	0.0275	0.0125	0.55	0.0005L	1.1L	0.2L	2.3	0.51	0.53	0.5	0.014	0.9	0.5L	0.2
	10m	/	22.0	33.948	8.19	17.5	6.48	0.89	0.26	0.0133	0.0025	0.0263	0.0421	0.0032	/	0.0145	0.55	0.0005L	1.1L	0.2	4.3	0.22	0.64	0.6	0.014	0.8	0.5L	0.2L
SW 20	底层	/	21.9	33.976	8.23	17.4	6.31	0.97	0.31	0.0100	0.0026	0.0232	0.0358	0.0027	/	0.0191	0.55	0.0005L	1.1L	0.2	1.8	0.55	0.70	0.5	0.017	0.9	0.5L	0.2
SW 21	表层	29.0	21.9	33.906	8.16	11.3	6.95	1.05	0.45	0.0155	0.0038	0.0359	0.0552	0.0052	0.0259	0.0094	0.56	0.0005L	1.1L	0.2	0.7	0.59	0.36	1.7	0.014	1.3	1.1	0.2L
	10m	/	22.0	33.971	8.16	18.1	6.86	1.13	0.38	0.0135	0.0032	0.0303	0.0470	0.0049	/	0.0145	0.57	0.0005L	1.1L	0.2	0.6	0.75	0.41	2.6	0.015	1.3	0.5L	0.2L
	底层	/	22.0	33.998	8.17	23.3	6.64	0.97	0.34	0.0094	0.0024	0.0230	0.0348	0.0032	/	0.0150	0.57	0.0005L	1.1L	0.2	0.6	0.64	0.54	3.0	0.017	1.4	0.6	0.2L
SW 22	表层	28.5	21.8	33.910	8.17	29.3	7.26	1.13	0.52	0.0133	0.0049	0.0453	0.0635	0.0066	0.0293	0.0094	0.58	0.0005L	1.4	0.2L	1.2	0.61	0.38	1.3	0.007L	1.3	0.6	0.2
	10m	/	21.9	33.962	8.17	24.8	6.68	1.41	0.34	0.0105	0.0041	0.0431	0.0577	0.0059	/	0.0125	0.54	0.0005L	1.1L	0.2L	1.7	0.53	0.55	1.2	0.007L	5.4	0.5L	0.2
	底层	/	22.0	34.003	8.18	20.1	6.37	0.89	0.41	0.0078	0.0030	0.0290	0.0398	0.0047	/	0.0150	0.55	0.0005L	1.1L	0.2	0.6	0.62	0.31	1.5	0.007L	1.4	1.6	0.2L
最小值		9.2	20.4	33.021	8.16	7.5	6.03	0.73	0.18	0.0046	0.0015	0.0226	0.0311	0.0012	0.0134	0.0043	0.52	0.0005L	1.1L	0.2L	0.2	0.06	0.28	0.4L	0.007L	0.8	0.5L	0.2L
最大值		35.6	22.2	34.016	8.27	29.3	7.78	1.78	0.94	0.0924	0.0092	0.0865	0.188	0.0099	0.0370	0.0191	0.58	0.0005L	1.7	0.4	4.3	0.95	0.85	4.0	0.017	6.1	3.6	0.4
平均值		23.6	21.5	33.685	8.19	16.8	6.80	1.12	0.45	0.0203	0.0050	0.0487	0.0740	0.0049	0.0206	0.0127	0.55	0.0001	0.4	0.1	1.6	0.53	0.52	1.2	0.009	1.3	0.8	0.2

注：①包含“L”的检测结果表示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 6.3.6-2　秋季海水水质监测结果

站位	层次	水深	水温	盐度	pH	悬浮物	溶解氧	化学需氧量	生化需氧量	氨氮	亚硝酸盐氮	硝酸盐氮	无机氮	活性磷酸盐	石油类	锌	氟化物	氰化物	挥发酚	硫化物	铜	铅	镉	总铬	汞	砷	镍	硒
		m	℃	‰	/	mg/L													μg/L									
SW 01	表层	15.5	25.9	34.195	8.11	48.1	7.00	1.94	0.40	0.0256	0.0083	0.0596	0.0935	0.0052	0.0242	0.0146	0.55	0.0005L	1.6	0.2L	2.6	0.59	0.16	1.4	0.007L	1.4	1.1	1.2
	底层	/	25.8	34.048	8.11	57.0	6.43	0.93	0.52	0.0196	0.0071	0.0469	0.0736	0.0034	/	0.0074	0.54	0.0005L	1.1L	0.2L	1.7	0.23	0.21	1.1	0.009	1.5	0.5L	1.3
SW 02	表层	9.5	25.5	34.028	7.98	54.0	7.30	0.70	0.25	0.0469	0.0142	0.0933	0.154	0.0073	0.0162	0.0130	0.54	0.0005L	1.8	0.2L	1.5	0.63	0.22	4.1	0.014	1.6	1.0	1.0
SW 03	表层	10.8	26.6	33.580	8.24	81.1	7.12	1.87	0.65	0.0390	0.0088	0.0840	0.132	0.0088	0.0079	0.0102	0.58	0.0005L	1.1L	0.3	3.2	0.73	0.25	0.8	0.007L	1.4	0.5L	0.5
	底层	/	26.0	33.718	8.20	66.3	6.94	1.91	0.48	0.0257	0.0107	0.0614	0.0978	0.0069	/	0.0102	0.58	0.0005L	1.5	0.2	1.5	0.43	0.36	1.0	0.011	1.1	0.5L	0.7
SW 04	表层	9.7	26.4	32.681	8.22	49.8	6.96	1.99	0.48	0.0611	0.0126	0.109	0.183	0.0062	0.0119	0.0102	0.58	0.0005L	1.1L	0.2	1.2	0.68	0.37	0.9	0.012	1.5	1.5	0.3
SW 05	表层	22.1	25.9	34.441	8.13	57.7	7.73	0.74	0.14	0.0221	0.0098	0.0532	0.0851	0.0043	0.0209	0.0074	0.55	0.0005L	1.3	0.2L	2.4	0.80	0.31	4.4	0.010	1.5	2.6	1.2
	底层	/	25.8	34.413	8.14	89.2	7.30	1.16	0.25	0.0163	0.0105	0.0461	0.0729	0.0031	/	0.0146	0.54	0.0005L	1.1L	0.2	1.2	0.46	0.13	4.6	0.007L	1.8	2.0	1.7
SW 06	表层	20.2	26.1	34.481	8.18	56.6	7.15	0.27	0.11	0.0240	0.0088	0.0589	0.0917	0.0066	0.0096	0.0074	0.54	0.0005L	1.1L	0.2L	2.4	0.86	0.40	1.2	0.010	1.3	0.5L	1.0
	底层	/	25.7	34.628	8.14	72.8	6.99	0.85	0.41	0.0174	0.0109	0.0436	0.0719	0.0055	/	0.0068	0.53	0.0005L	1.1L	0.2L	1.2	0.62	0.35	0.8	0.010	2.3	0.5L	1.4
SW 07	表层	19.4	26.7	33.027	8.22	42.9	6.74	1.46	0.33	0.0278	0.0110	0.0764	0.115	0.0083	0.0058	0.0063	0.58	0.0005L	1.1L	0.2L	1.4	0.46	0.35	1.2	0.009	1.1	0.6	1.8
	底层	/	26.3	34.508	8.19	33.6	6.61	0.97	0.54	0.0177	0.0135	0.0629	0.0941	0.0061	/	0.0107	0.58	0.0005L	1.1L	0.2L	1.5	0.55	0.25	0.6	0.013	1.3	0.8	0.9
SW 08	表层	19.2	26.8	33.005	8.22	56.5	7.30	1.62	0.35	0.0309	0.0109	0.0755	0.117	0.0084	0.0116	0.0135	0.59	0.0005L	1.2	0.2L	2.6	0.47	0.31	0.9	0.007L	1.1	0.5L	1.6
	底层	/	26.2	34.482	8.18	67.7	6.77	1.34	0.36	0.0213	0.0137	0.0514	0.0864	0.0067	/	0.0063	0.60	0.0005L	1.7	0.2L	1.7	0.71	0.50	0.9	0.007L	1.0	0.9	0.9
SW 09	表层	27.7	26.5	34.527	8.18	51.4	7.27	1.51	0.39	0.0240	0.0059	0.0575	0.0874	0.0038	0.0321	0.0163	0.54	0.0005L	1.1L	0.2L	2.4	0.80	0.28	2.0	0.007L	1.5	0.8	0.9
	10m	/	26.5	33.628	8.18	48.8	6.94	1.46	0.44	0.0217	0.0054	0.0532	0.0803	0.0031	/	0.0063	0.54	0.0005L	1.3	0.2L	1.4	0.56	0.34	3.3	0.011	1.4	1.2	1.3
	底层	/	25.4	33.665	8.18	66.0	6.54	1.48	0.31	0.0208	0.0088	0.0407	0.0703	0.0038	/	0.0152	0.55	0.0005L	1.1L	0.2L	2.9	0.69	0.38	1.4	0.011	1.5	0.5L	1.0
SW 10	表层	25.4	26.5	32.634	8.21	44.6	7.17	0.62	0.46	0.0211	0.0052	0.0629	0.0892	0.0042	0.0048	0.0102	0.52	0.0005L	1.1L	0.2L	2.6	0.82	0.27	1.6	0.014	1.3	0.5L	0.7
	10m	/	26.5	33.058	8.21	39.9	7.13	0.62	0.14	0.0184	0.0046	0.0569	0.0799	0.0044	/	0.0057	0.53	0.0005L	1.6	0.2L	1.6	0.86	0.30	1.4	0.007L	1.3	0.5L	1.6
	底层	/	25.3	33.863	8.13	65.9	6.86	0.82	0.21	0.0110	0.0083	0.0515	0.0708	0.0055	/	0.0146	0.54	0.0005L	1.1L	0.2L	2.4	0.46	0.46	1.6	0.007L	1.6	0.5L	1.6
SW 11	表层	26.1	26.6	34.418	8.30	61.8	6.82	1.26	0.38	0.0240	0.0063	0.0733	0.104	0.0053	0.0057	0.0124	0.56	0.0005L	1.1L	0.2	1.5	0.46	0.28	0.8	0.007L	1.0	0.5L	0.3
	10m	/	26.6	33.738	8.30	48.4	6.77	1.30	0.60	0.0215	0.0059	0.0562	0.0836	0.0046	/	0.0157	0.57	0.0005L	1.5	0.2L	1.8	0.11	0.17	0.4L	0.008	0.9	0.5L	0.3
	底层	/	25.5	34.328	8.21	62.0	6.48	1.99	0.40	0.0146	0.0093	0.0416	0.0655	0.0058	/	0.0130	0.57	0.0005L	1.1L	0.2L	1.7	0.50	0.41	1.9	0.013	1.0	2.0	0.8
SW 12	表层	26.6	26.7	34.681	8.29	45.5	7.51	1.32	0.30	0.0265	0.0070	0.0742	0.108	0.0062	0.0103	0.0107	0.58	0.0005L	1.1L	0.2	2.1	0.64	0.27	0.4L	0.007L	1.0	0.5L	1.2
	10m	/	26.7	34.417	8.29	52.7	7.40	1.48	0.28	0.0196	0.0066	0.0735	0.0997	0.0052	/	0.0135	0.57	0.0005L	1.1L	0.2	1.6	0.40	0.28	1.0	0.010	1.0	0.5L	0.8
	底层	/	25.7	34.269	8.24	57.3	7.09	1.99	0.39	0.0172	0.0089	0.0562	0.0823	0.0069	/	0.0152	0.58	0.0005L	1.1L	0.2L	1.2	0.71	0.24	0.8	0.007L	1.1	0.5L	1.4

站位	层次	水深	水温	盐度	pH	悬浮物	溶解氧	化学需氧量	生化需氧量	氨氮	亚硝酸盐氮	硝酸盐氮	无机氮	活性磷酸盐	石油类	锌	氟化物	氰化物	挥发酚	硫化物	铜	铅	镉	总铬	汞	砷	镍	硒
		m	℃	‰	/	mg/L													μg/L									
SW13	表层	24.3	27.1	32.058	8.23	17.5	7.18	1.66	0.53	0.0179	0.0074	0.0782	0.104	0.0067	0.0047	0.0052	0.59	0.0005L	1.1L	0.2	2.0	0.75	0.24	0.8	0.007L	1.0	0.5L	0.2
	底层	/	25.6	34.815	8.17	29.5	6.98	1.46	0.33	0.0141	0.0119	0.0668	0.0928	0.0059	/	0.0102	0.59	0.0005L	1.1L	0.2	1.9	0.39	0.39	1.4	0.007L	1.4	0.6	0.5
SW14	表层	24.1	27.0	32.302	8.22	24.5	7.24	1.50	0.42	0.0186	0.0073	0.0679	0.0938	0.0057	0.0035L	0.0046	0.59	0.0005L	1.1L	0.2	1.3	0.52	0.32	1.3	0.009	1.8	0.5L	0.8
	底层	/	25.5	34.724	8.17	25.3	7.14	1.14	0.33	0.0141	0.0111	0.0552	0.0804	0.0048	/	0.0102	0.59	0.0005L	1.1L	0.2	1.9	0.42	0.43	0.9	0.008	1.1	0.5	1.6
SW15	表层	31.9	26.6	33.649	8.19	50.1	7.08	1.01	0.23	0.0199	0.0043	0.0559	0.0801	0.0033	0.0071	0.0135	0.54	0.0005L	1.1L	0.2	1.8	0.63	0.35	3.0	0.007L	1.4	3.7	1.0
	10m	/	26.5	33.480	8.19	51.6	6.61	1.28	0.29	0.0160	0.0038	0.0507	0.0705	0.0027	/	0.0118	0.54	0.0005L	1.1L	0.2L	1.9	0.61	0.36	1.6	0.007L	4.6	0.7	0.9
	底层	/	25.2	33.566	8.19	58.4	6.47	1.79	0.38	0.0117	0.0087	0.0441	0.0645	0.0044	/	0.0146	0.54	0.0005L	1.1L	0.2L	1.6	0.28	0.35	1.9	0.007L	1.5	3.1	1.0
SW16	表层	29.3	26.8	33.899	8.23	49.6	7.29	0.43	0.26	0.0209	0.0043	0.0476	0.0728	0.0036	0.0090	0.0185	0.55	0.0005L	1.1L	0.2L	1.4	0.59	0.24	1.6	0.015	2.2	1.5	0.9
	10m	/	26.8	34.481	8.23	48.0	7.16	0.16	0.13	0.0201	0.0035	0.0478	0.0714	0.0032	/	0.0091	0.55	0.0005L	1.1L	0.2L	2.4	0.27	0.37	1.9	0.013	1.3	0.6	0.8
	底层	/	25.5	32.872	8.21	45.5	7.09	0.43	0.28	0.0132	0.0083	0.0386	0.0601	0.0040	/	0.0113	0.54	0.0005L	1.1L	0.2L	1.9	0.56	0.28	2.1	0.010	4.2	0.5L	1.4
SW17	表层	27.6	27.0	34.928	8.28	42.8	7.32	0.93	0.33	0.0232	0.0044	0.0535	0.0811	0.0032	0.0038	0.0118	0.58	0.0005L	1.1L	0.2L	1.8	0.67	0.35	0.4L	0.015	1.0	0.5L	1.2
	10m	/	26.9	33.924	8.28	27.1	7.02	0.93	0.33	0.0185	0.0042	0.0487	0.0714	0.0031	/	0.0068	0.59	0.0005L	1.1L	0.2L	1.6	0.38	0.23	0.5	0.007L	2.3	0.5L	1.5
	底层	/	25.7	34.541	8.21	58.3	6.89	1.50	0.36	0.0115	0.0083	0.0379	0.0577	0.0041	/	0.0130	0.58	0.0005L	1.1L	0.2L	2.8	0.55	0.25	2.4	0.010	1.0	1.9	1.5
SW18	表层	26.7	27.2	34.641	8.24	20.6	6.81	1.34	0.39	0.0244	0.0049	0.0553	0.0846	0.0044	0.0046	0.0057	0.61	0.0005L	1.1L	0.2L	1.0	0.39	0.42	1.4	0.007L	1.9	1.4	0.5
	10m	/	26.7	34.815	8.24	17.1	6.80	1.38	0.44	0.0213	0.0042	0.0554	0.0809	0.0042	/	0.0074	0.60	0.0005L	1.1L	0.2L	2.3	0.52	0.42	1.4	0.013	2.0	1.4	0.4
	底层	/	25.6	34.730	8.18	46.8	6.72	1.10	0.29	0.0142	0.0086	0.0392	0.0620	0.0060	/	0.0046	0.60	0.0005L	1.1L	0.2L	2.3	0.42	0.56	0.8	0.022	1.1	0.5L	0.5
SW19	表层	35.7	26.8	33.551	8.22	57.4	7.11	0.93	0.25	0.0203	0.0032	0.0519	0.0754	0.0037	0.0213	0.0041	0.54	0.0005L	1.1L	0.2L	2.3	0.88	0.35	1.6	0.011	1.3	0.5L	0.9
	10m	/	26.8	33.482	8.22	51.7	7.12	0.89	0.20	0.0165	0.0024	0.0493	0.0682	0.0027	/	0.0113	0.54	0.0005L	1.1L	0.2L	1.7	0.63	0.54	2.0	0.016	1.7	0.5L	0.9
	底层	/	25.0	33.394	8.17	54.7	6.84	0.27	0.20	0.0100	0.0071	0.0358	0.0529	0.0029	/	0.0118	0.54	0.0005L	1.1L	0.2	2.6	0.88	0.36	1.8	0.016	1.5	0.6	0.9
SW20	表层	32.4	26.7	33.917	8.20	46.9	6.96	0.66	0.23	0.0202	0.0033	0.0524	0.0759	0.0027	0.0117	0.0124	0.54	0.0005L	1.3	0.2L	1.8	0.59	0.32	1.9	0.007L	1.3	0.9	0.6
	10m	/	26.7	34.156	8.20	52.3	6.93	0.27	0.19	0.0181	0.0026	0.0409	0.0616	0.0025	/	0.0107	0.55	0.0005L	1.1L	0.2L	3.0	0.73	0.54	2.4	0.014	1.3	0.5L	0.6
	底层	/	25.3	33.274	8.19	56.3	6.72	0.35	0.15	0.0090	0.0053	0.0353	0.0496	0.0036	/	0.0079	0.54	0.0005L	1.1L	0.2L	1.6	0.51	0.29	0.9	0.009	1.3	0.5L	0.8
SW21	表层	30.1	27.1	34.627	8.28	18.2	6.91	1.30	0.36	0.0192	0.0036	0.0419	0.0647	0.0026	0.0172	0.0091	0.60	0.0005L	1.1L	0.2L	2.3	0.60	0.25	1.5	0.007L	1.0	0.9	0.2
	10m	/	27.0	34.983	8.27	37.6	6.78	1.50	0.39	0.0140	0.0032	0.0327	0.0499	0.0021	/	0.0091	0.60	0.0005L	1.1L	0.2L	1.4	0.72	0.27	0.4L	0.008	1.0	0.5L	0.2
	底层	/	25.8	34.648	8.22	39.0	6.77	0.77	0.21	0.0087	0.0076	0.0245	0.0408	0.0033	/	0.0118	0.59	0.0005L	1.1L	0.2L	2.4	0.63	0.29	1.5	0.019	1.0	0.5L	0.2
SW22	表层	29.1	27.2	34.384	8.26	45.8	6.99	0.32	0.17	0.0246	0.0038	0.0492	0.0776	0.0035	0.0035L	0.0113	0.59	0.0005L	1.1L	0.2L	2.0	0.44	0.41	0.4L	0.017	2.9	0.5L	0.6
	10m	/	27.2	34.928	8.26	26.2	6.76	1.00	0.26	0.0232	0.0032	0.0427	0.0691	0.0033	/	0.0068	0.60	0.0005L	1.1L	0.2L	2.0	0.39	0.41	0.8	0.007L	2.0	0.5L	0.9
	底层	/	25.9	34.417	8.21	20.9	6.75	1.32	0.28	0.0161	0.0079	0.0326	0.0566	0.0040	/	0.0163	0.60	0.0005L	1.1L	0.2L	3.5	0.44	0.39	0.4L	0.009	1.2	0.5L	1.0
最小值		9.5	25.0	32.058	7.98	17.1	6.43	0.16	0.11	0.0087	0.0024	0.0245	0.0408	0.0021	0.0035L	0.0041	0.52	0.0005L	1.1L	0.2L	1.0	0.11	0.13	0.4L	0.007L	0.9	0.5L	0.2
最大值		35.7	27.2	34.983	8.30	89.2	7.73	1.99	0.65	0.0611	0.0142	0.109	0.183	0.0088	0.0321	0.0185	0.61	0.0005L	1.8	0.3	3.5	0.88	0.56	4.6	0.022	4.6	3.7	1.8
平均值		23.8	26.3	33.993	8.21	48.1	6.98	1.13	0.33	0.0207	0.0072	0.0547	0.0826	0.0047	0.0111	0.0105	0.57	0.0001	0.5	0.1	2.0	0.57	0.33	1.5	0.009	1.5	0.7	0.9

注：①包含“L”的检测结果表示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 6.3.6-3a 春季海水水质监测站位（执行第一类海水水质标准）各要素的标准指数

站位	层次	pH	溶解氧	化学需氧量	生化需氧量	无机氮	活性磷酸盐	石油类	锌	氰化物	挥发酚	硫化物	铜	铅	镉	总铬	汞	砷	镍	硒
SW01	表层	0.79	0.89	0.57	0.33	0.47	0.43	0.48	0.22	0.03	0.24	0.01	0.46	0.63	0.85	0.01	0.16	0.04	0.12	0.03
	底层	0.80	0.92	0.55	0.41	0.38	0.37	/	0.70	0.03	0.06	0.01	0.76	0.50	0.53	0.03	0.07	0.04	0.05	0.02
SW05	表层	0.80	0.15	0.73	0.43	0.38	0.38	0.46	0.24	0.03	0.06	0.01	0.68	0.41	0.51	0.01	0.07	0.04	0.26	0.01
	底层	0.81	0.88	0.81	0.57	0.34	0.32	/	0.86	0.03	0.06	0.01	0.48	0.84	0.49	0.00	0.07	0.04	0.05	0.02
SW06	表层	0.80	0.86	0.51	0.71	0.50	0.62	0.36	0.96	0.03	0.06	0.01	0.28	0.50	0.41	0.02	0.07	0.06	0.12	0.01
	底层	0.79	0.97	0.55	0.57	0.45	0.43	/	0.73	0.03	0.06	0.01	0.18	0.50	0.30	0.03	0.18	0.06	0.05	0.02
SW07	表层	0.79	0.88	0.77	0.55	0.58	0.66	0.39	0.78	0.03	0.06	0.01	0.16	0.57	0.42	0.02	0.07	0.06	0.05	0.01
	底层	0.78	0.91	0.39	0.33	0.50	0.61	/	0.65	0.03	0.06	0.01	0.28	0.72	0.40	0.02	0.07	0.06	0.05	0.02
SW08	表层	0.81	0.88	0.69	0.68	0.38	0.31	0.36	0.68	0.03	0.06	0.01	0.18	0.51	0.47	0.01	0.07	0.06	0.14	0.02
	底层	0.80	0.98	0.37	0.37	0.26	0.19	/	0.52	0.03	0.06	0.01	0.16	0.59	0.41	0.00	0.24	0.06	0.18	0.01
SW09	表层	0.81	0.39	0.45	0.26	0.36	0.29	0.41	0.78	0.03	0.06	0.01	0.36	0.53	0.84	0.03	0.16	0.04	0.14	0.01
	10m	0.81	0.84	0.43	0.44	0.29	0.25	/	0.75	0.03	0.24	0.01	0.56	0.31	0.55	0.02	0.18	0.04	0.05	0.01
	底层	0.85	0.87	0.45	0.36	0.23	0.17	/	0.75	0.03	0.06	0.01	0.68	0.43	0.52	0.00	0.24	0.05	0.05	0.01
SW10	表层	0.77	0.04	0.41	0.35	0.38	0.49	0.74	0.63	0.03	0.06	0.01	0.12	0.62	0.66	0.02	0.07	0.07	0.05	0.01
	底层	0.77	0.85	0.47	0.59	0.26	0.34	/	0.47	0.03	0.06	0.01	0.18	0.50	0.36	0.00	0.18	0.07	0.24	0.01
SW11	表层	0.79	0.03	0.45	0.66	0.42	0.34	0.31	0.42	0.03	0.06	0.01	0.36	0.53	0.61	0.01	0.07	0.07	0.05	0.02
	10m	0.79	0.89	0.53	0.64	0.34	0.31	/	0.55	0.03	0.06	0.01	0.16	0.72	0.28	0.07	0.24	0.06	0.22	0.02
	底层	0.79	0.96	0.41	0.50	0.24	0.31	/	0.52	0.03	0.06	0.02	0.46	0.55	0.41	0.03	0.20	0.06	0.05	0.01
SW12	表层	0.79	0.83	0.49	0.39	0.34	0.34	0.36	0.45	0.03	0.06	0.01	0.64	0.61	0.71	0.00	0.26	0.06	0.16	0.02
	10m	0.78	0.92	0.81	0.54	0.33	0.33	/	0.73	0.03	0.06	0.01	0.24	0.93	0.68	0.00	0.24	0.08	0.05	0.01
	底层	0.78	0.93	0.41	0.70	0.28	0.20	/	0.47	0.03	0.06	0.01	0.24	0.92	0.71	0.00	0.28	0.07	0.14	0.02
SW13	表层	0.79	0.85	0.43	0.59	0.59	0.41	0.30	0.68	0.03	0.06	0.01	0.20	0.62	0.39	0.02	0.07	0.31	0.05	0.01
	底层	0.79	0.87	0.61	0.63	0.45	0.33	/	0.47	0.03	0.06	0.02	0.22	0.68	0.50	0.02	0.24	0.07	0.12	0.01
SW14	表层	0.79	0.90	0.75	0.94	0.46	0.29	0.32	0.90	0.03	0.34	0.01	0.32	0.62	0.57	0.02	0.20	0.07	0.05	0.02
	底层	0.79	0.90	0.69	0.78	0.43	0.20	/	0.88	0.03	0.06	0.01	0.12	0.55	0.53	0.02	0.18	0.08	0.10	0.02
SW15	表层	0.79	0.85	0.61	0.35	0.31	0.27	0.27	0.47	0.03	0.06	0.02	0.18	0.10	0.73	0.04	0.24	0.04	0.28	0.02
	10m	0.79	0.88	0.41	0.18	0.27	0.21	/	0.75	0.03	0.06	0.01	0.28	0.20	0.40	0.05	0.24	0.05	0.05	0.01
	底层	0.84	0.98	0.41	0.20	0.23	0.15	/	0.70	0.03	0.06	0.01	0.22	0.17	0.49	0.08	0.22	0.05	0.05	0.02
SW16	表层	0.79	0.24	0.51	0.43	0.30	0.33	0.32	0.42	0.03	0.06	0.01	0.30	0.49	0.56	0.01	0.07	0.05	0.32	0.01

站位	层次	pH	溶解氧	化学需氧量	生化需氧量	无机氮	活性磷酸盐	石油类	锌	氰化物	挥发酚	硫化物	铜	铅	镉	总铬	汞	砷	镍	硒
	10m	0.79	0.83	0.57	0.35	0.25	0.23	/	0.47	0.03	0.06	0.01	0.20	0.21	0.75	0.00	0.07	0.05	0.26	0.01
SW16	底层	0.81	1.00	0.47	0.28	0.18	0.08	/	0.45	0.03	0.06	0.01	0.36	0.34	0.47	0.02	0.07	0.06	0.18	0.02
SW17	表层	0.77	0.84	0.89	0.47	0.31	0.21	0.34	0.68	0.03	0.06	0.01	0.12	0.95	0.53	0.02	0.24	0.08	0.30	0.01
	10m	0.77	0.85	0.67	0.32	0.25	0.19	/	0.68	0.03	0.06	0.01	0.04	0.64	0.36	0.04	0.26	0.07	0.12	0.02
	底层	0.78	0.94	0.55	0.31	0.16	0.13	/	0.63	0.03	0.06	0.01	0.16	0.75	0.65	0.04	0.28	0.12	0.32	0.03
SW18	表层	0.79	0.85	0.81	0.89	0.50	0.57	0.44	0.91	0.03	0.06	0.01	0.40	0.73	0.56	0.04	0.07	0.07	0.40	0.01
	10m	0.79	0.93	0.75	0.46	0.41	0.25	/	0.96	0.03	0.06	0.01	0.32	0.59	0.57	0.05	0.07	0.08	0.16	0.01
	底层	0.79	0.92	0.47	0.44	0.30	0.11	/	0.32	0.03	0.06	0.01	0.14	0.68	0.52	0.05	0.07	0.07	0.14	0.02
SW19	表层	0.79	0.85	0.67	0.36	0.42	0.30	0.49	0.45	0.03	0.06	0.01	0.34	0.67	0.30	0.02	0.26	0.05	0.14	0.01
	10m	0.79	0.96	0.43	0.30	0.25	0.21	/	0.50	0.03	0.06	0.01	0.14	0.77	0.79	0.02	0.26	0.04	0.64	0.01
	底层	0.81	0.96	0.47	0.39	0.17	0.09	/	0.65	0.03	0.06	0.01	0.52	0.36	0.48	0.01	0.34	0.05	0.72	0.01
SW20	表层	0.79	0.90	0.69	0.32	0.27	0.28	0.55	0.63	0.03	0.06	0.01	0.46	0.51	0.53	0.01	0.28	0.05	0.05	0.02
	10m	0.79	0.93	0.45	0.26	0.21	0.21	/	0.73	0.03	0.06	0.01	0.86	0.22	0.64	0.01	0.28	0.04	0.05	0.01
SW20	底层	0.82	0.95	0.49	0.31	0.18	0.18	/	0.96	0.03	0.06	0.01	0.36	0.55	0.70	0.01	0.34	0.05	0.05	0.02
SW21	表层	0.77	0.86	0.53	0.45	0.28	0.35	0.52	0.47	0.03	0.06	0.01	0.14	0.59	0.36	0.03	0.28	0.07	0.22	0.01
	10m	0.77	0.87	0.57	0.38	0.24	0.33	/	0.73	0.03	0.06	0.01	0.12	0.75	0.41	0.05	0.30	0.07	0.05	0.01
	底层	0.78	0.90	0.49	0.34	0.17	0.21	/	0.75	0.03	0.06	0.01	0.12	0.64	0.54	0.06	0.34	0.07	0.12	0.01
SW22	表层	0.78	0.83	0.57	0.52	0.32	0.44	0.59	0.47	0.03	0.28	0.01	0.24	0.61	0.38	0.03	0.07	0.07	0.12	0.02
	10m	0.78	0.90	0.71	0.34	0.29	0.39	/	0.63	0.03	0.06	0.01	0.34	0.53	0.55	0.02	0.07	0.27	0.05	0.02
	底层	0.79	0.94	0.45	0.41	0.20	0.31	/	0.75	0.03	0.06	0.01	0.12	0.62	0.31	0.03	0.07	0.07	0.32	0.01
超标率%		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

注：① “/”表示未检指标的标准指数；②低于方法检出限的标准指数计算时，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 6.3.6-3b 春季海水水质监测站位（执行第二类海水水质标准）各要素的标准指数

站位	层次	pH	溶解氧	化学需氧量	生化需氧量	无机氮	活性磷酸盐	石油类	锌	氰化物	挥发酚	硫化物	铜	铅	镉	总铬	汞	砷	镍	硒
SW02	表层	0.78	0.70	0.46	0.12	0.57	0.29	0.35	0.23	0.03	0.06	0.00	0.14	0.04	0.14	0.01	0.02	0.03	0.03	0.02
SW03	表层	0.77	0.74	0.48	0.12	0.54	0.29	0.30	0.32	0.03	0.32	0.01	0.18	0.02	0.10	0.01	0.02	0.03	0.05	0.02

站位	层次	pH	溶解氧	化学需氧量	生化需氧量	无机氮	活性磷酸盐	石油类	锌	氰化物	挥发酚	硫化物	铜	铅	镉	总铬	汞	砷	镍	硒
	底层	0.78	0.77	0.35	0.10	0.38	0.27	/	0.22	0.03	0.24	0.00	0.06	0.01	0.07	0.01	0.02	0.03	0.03	0.01
SW04	表层	0.79	0.69	0.38	0.12	0.63	0.28	0.39	0.32	0.03	0.06	0.01	0.26	0.02	0.08	0.02	0.04	0.07	0.14	0.02
	底层	0.79	0.71	0.40	0.15	0.51	0.25	/	0.33	0.03	0.06	0.00	0.28	0.16	0.10	0.01	0.05	0.03	0.05	0.02
超标率%		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

注：① “/”表示未检指标的标准指数；②低于方法检出限的标准指数计算时，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 6.3.6-4a 秋季海水水质监测站位（执行第一类海水水质标准）各要素的标准指数

站位	层次	pH	溶解氧	化学需氧量	生化需氧量	无机氮	活性磷酸盐	石油类	锌	氰化物	挥发酚	硫化物	铜	铅	镉	总铬	汞	砷	镍	硒
SW01	表层	0.74	0.35	0.97	0.40	0.47	0.35	0.48	0.73	0.03	0.32	0.00	0.52	0.59	0.16	0.03	0.07	0.07	0.22	0.12
	底层	0.74	0.93	0.47	0.52	0.37	0.23	/	0.37	0.03	0.06	0.00	0.34	0.23	0.21	0.02	0.18	0.08	0.03	0.13
SW05	表层	0.75	1.37	0.37	0.14	0.43	0.29	0.42	0.37	0.03	0.26	0.00	0.48	0.80	0.31	0.09	0.20	0.08	0.52	0.12
	底层	0.76	0.75	0.58	0.25	0.36	0.21	/	0.73	0.03	0.06	0.01	0.24	0.46	0.13	0.09	0.07	0.09	0.40	0.17
SW06	表层	0.79	0.63	0.14	0.11	0.46	0.44	0.19	0.37	0.03	0.06	0.00	0.48	0.86	0.40	0.02	0.20	0.07	0.03	0.10
	底层	0.76	0.33	0.43	0.41	0.36	0.37	/	0.34	0.03	0.06	0.00	0.24	0.62	0.35	0.02	0.20	0.12	0.03	0.14
SW07	表层	0.81	0.05	0.73	0.33	0.58	0.55	0.12	0.32	0.03	0.06	0.00	0.28	0.46	0.35	0.02	0.18	0.06	0.12	0.18
	底层	0.79	0.91	0.49	0.54	0.47	0.41	/	0.54	0.03	0.06	0.00	0.30	0.55	0.25	0.01	0.26	0.07	0.16	0.09
SW08	表层	0.81	0.88	0.81	0.35	0.59	0.56	0.23	0.68	0.03	0.24	0.00	0.52	0.47	0.31	0.02	0.07	0.06	0.03	0.16
	底层	0.79	0.11	0.67	0.36	0.43	0.45	/	0.32	0.03	0.34	0.00	0.34	0.71	0.50	0.02	0.07	0.05	0.18	0.09
SW09	表层	0.79	0.93	0.76	0.39	0.44	0.25	0.64	0.82	0.03	0.06	0.00	0.48	0.80	0.28	0.04	0.07	0.08	0.16	0.09
	10m	0.79	0.35	0.73	0.44	0.40	0.21	/	0.32	0.03	0.26	0.00	0.28	0.56	0.34	0.07	0.22	0.07	0.24	0.13
	底层	0.79	0.92	0.74	0.31	0.35	0.25	/	0.76	0.03	0.06	0.00	0.58	0.69	0.38	0.03	0.22	0.08	0.03	0.10
SW10	表层	0.81	0.58	0.31	0.46	0.45	0.28	0.10	0.51	0.03	0.06	0.00	0.52	0.82	0.27	0.03	0.28	0.07	0.03	0.07
	10m	0.81	0.56	0.31	0.14	0.40	0.29	/	0.29	0.03	0.32	0.00	0.32	0.86	0.30	0.03	0.07	0.07	0.03	0.16
	底层	0.75	0.04	0.41	0.21	0.35	0.37	/	0.73	0.03	0.06	0.00	0.48	0.46	0.46	0.03	0.07	0.08	0.03	0.16
SW11	表层	0.87	0.26	0.63	0.38	0.52	0.35	0.11	0.62	0.03	0.06	0.01	0.30	0.46	0.28	0.02	0.07	0.05	0.03	0.03
	10m	0.87	0.13	0.65	0.60	0.42	0.31	/	0.79	0.03	0.30	0.00	0.36	0.11	0.17	0.00	0.16	0.05	0.03	0.03
	底层	0.81	0.93	1.00	0.40	0.33	0.39	/	0.65	0.03	0.06	0.00	0.34	0.50	0.41	0.04	0.26	0.05	0.40	0.08

站位	层次	pH	溶解氧	化学需氧量	生化需氧量	无机氮	活性磷酸盐	石油类	锌	氰化物	挥发酚	硫化物	铜	铅	镉	总铬	汞	砷	镍	硒
SW12	表层	0.86	1.40	0.66	0.30	0.54	0.41	0.21	0.54	0.03	0.06	0.01	0.42	0.64	0.27	0.00	0.07	0.05	0.03	0.12
	10m	0.86	1.18	0.74	0.28	0.50	0.35	/	0.68	0.03	0.06	0.01	0.32	0.40	0.28	0.02	0.20	0.05	0.03	0.08
	底层	0.83	0.43	1.00	0.39	0.41	0.46	/	0.76	0.03	0.06	0.00	0.24	0.71	0.24	0.02	0.07	0.06	0.03	0.14
SW13	表层	0.82	0.68	0.83	0.53	0.52	0.45	0.09	0.26	0.03	0.06	0.01	0.40	0.75	0.24	0.02	0.07	0.05	0.03	0.02
	底层	0.78	0.31	0.73	0.33	0.46	0.39	/	0.51	0.03	0.06	0.01	0.38	0.39	0.39	0.03	0.07	0.07	0.12	0.05
SW14	表层	0.81	0.77	0.75	0.42	0.47	0.38	0.04	0.23	0.03	0.06	0.01	0.26	0.52	0.32	0.03	0.18	0.09	0.03	0.08
	底层	0.78	0.50	0.57	0.33	0.40	0.32	/	0.51	0.03	0.06	0.01	0.38	0.42	0.43	0.02	0.16	0.06	0.10	0.16
SW15	表层	0.79	0.57	0.51	0.23	0.40	0.22	0.14	0.68	0.03	0.06	0.01	0.36	0.63	0.35	0.06	0.07	0.07	0.74	0.10
	10m	0.79	0.91	0.64	0.29	0.35	0.18	/	0.59	0.03	0.06	0.00	0.38	0.61	0.36	0.03	0.07	0.23	0.14	0.09
	底层	0.79	0.93	0.90	0.38	0.32	0.29	/	0.73	0.03	0.06	0.00	0.32	0.28	0.35	0.04	0.07	0.08	0.62	0.10
SW16	表层	0.82	0.98	0.22	0.26	0.36	0.24	0.18	0.93	0.03	0.06	0.00	0.28	0.59	0.24	0.03	0.30	0.11	0.30	0.09
	10m	0.82	0.85	0.08	0.13	0.36	0.21	/	0.46	0.03	0.06	0.00	0.48	0.27	0.37	0.04	0.26	0.07	0.12	0.08
	底层	0.81	0.29	0.22	0.28	0.30	0.27	/	0.57	0.03	0.06	0.00	0.38	0.56	0.28	0.04	0.20	0.21	0.03	0.14
SW17	表层	0.85	1.25	0.47	0.33	0.41	0.21	0.08	0.59	0.03	0.06	0.00	0.36	0.67	0.35	0.00	0.30	0.05	0.03	0.12
	10m	0.85	0.59	0.47	0.33	0.36	0.21	/	0.34	0.03	0.06	0.00	0.32	0.38	0.23	0.01	0.07	0.12	0.03	0.15
	底层	0.81	0.19	0.75	0.36	0.29	0.27	/	0.65	0.03	0.06	0.00	0.56	0.55	0.25	0.05	0.20	0.05	0.38	0.15
SW18	表层	0.83	0.40	0.67	0.39	0.42	0.29	0.09	0.29	0.03	0.06	0.00	0.20	0.39	0.42	0.03	0.07	0.10	0.28	0.05
	10m	0.83	0.28	0.69	0.44	0.40	0.28	/	0.37	0.03	0.06	0.00	0.46	0.52	0.42	0.03	0.26	0.10	0.28	0.04
	底层	0.79	0.89	0.55	0.29	0.31	0.40	/	0.23	0.03	0.06	0.00	0.46	0.42	0.56	0.02	0.44	0.06	0.03	0.05
SW19	表层	0.81	0.66	0.47	0.25	0.38	0.25	0.43	0.21	0.03	0.06	0.00	0.46	0.88	0.35	0.03	0.22	0.07	0.03	0.09
	10m	0.81	0.67	0.45	0.20	0.34	0.18	/	0.57	0.03	0.06	0.00	0.34	0.63	0.54	0.04	0.32	0.09	0.03	0.09
	底层	0.78	0.88	0.14	0.20	0.26	0.19	/	0.59	0.03	0.06	0.01	0.52	0.88	0.36	0.04	0.32	0.08	0.12	0.09
SW20	表层	0.80	0.45	0.33	0.23	0.38	0.18	0.23	0.62	0.03	0.26	0.00	0.36	0.59	0.32	0.04	0.07	0.07	0.18	0.06
	10m	0.80	0.43	0.14	0.19	0.31	0.17	/	0.54	0.03	0.06	0.00	0.60	0.73	0.54	0.05	0.28	0.07	0.03	0.06
	底层	0.79	0.89	0.18	0.15	0.25	0.24	/	0.40	0.03	0.06	0.00	0.32	0.51	0.29	0.02	0.18	0.07	0.03	0.08
SW21	表层	0.85	0.55	0.65	0.36	0.32	0.17	0.34	0.46	0.03	0.06	0.00	0.46	0.60	0.25	0.03	0.07	0.05	0.18	0.02
	10m	0.85	0.34	0.75	0.39	0.25	0.14	/	0.46	0.03	0.06	0.00	0.28	0.72	0.27	0.00	0.16	0.05	0.03	0.02
	底层	0.81	0.05	0.39	0.21	0.20	0.22	/	0.59	0.03	0.06	0.00	0.48	0.63	0.29	0.03	0.38	0.05	0.03	0.02
SW22	表层	0.84	0.68	0.16	0.17	0.39	0.23	0.04	0.57	0.03	0.06	0.00	0.40	0.44	0.41	0.00	0.34	0.15	0.03	0.06

站位	层次	pH	溶解氧	化学需氧量	生化需氧量	无机氮	活性磷酸盐	石油类	锌	氰化物	挥发酚	硫化物	铜	铅	镉	总铬	汞	砷	镍	硒
	10m	0.84	0.35	0.50	0.26	0.35	0.22	/	0.34	0.03	0.06	0.00	0.40	0.39	0.41	0.02	0.07	0.10	0.03	0.09
	底层	0.81	0.03	0.66	0.28	0.28	0.27	/	0.82	0.03	0.06	0.00	0.70	0.44	0.39	0.00	0.18	0.06	0.03	0.10
超标率%		0.0	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

注：“/”表示未检指标的标准指数；低于方法检出限参与计算标准指数时，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 6.3.6-4b 秋季海水水质监测站位（执行第二类海水水质标准）各要素的标准指数

站位	层次	pH	溶解氧	化学需氧量	生化需氧量	无机氮	活性磷酸盐	石油类	锌	氰化物	挥发酚	硫化物	铜	铅	镉	总铬	汞	砷	镍	硒
SW02	表层	0.65	0.28	0.23	0.08	0.51	0.24	0.32	0.26	0.03	0.36	0.00	0.15	0.13	0.04	0.04	0.07	0.05	0.10	0.05
SW03	表层	0.83	0.26	0.62	0.22	0.44	0.29	0.16	0.20	0.03	0.06	0.01	0.32	0.15	0.05	0.01	0.02	0.05	0.01	0.03
	底层	0.80	0.11	0.64	0.16	0.33	0.23	/	0.20	0.03	0.30	0.00	0.15	0.09	0.07	0.01	0.06	0.04	0.01	0.04
SW04	表层	0.81	0.12	0.66	0.16	0.61	0.21	0.24	0.20	0.03	0.06	0.00	0.12	0.14	0.07	0.01	0.06	0.05	0.15	0.02
超标率%		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

注：“/”表示未检指标的标准指数；低于方法检出限参与计算标准指数时，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。

6.4海洋沉积物质量现状调查与评价

项目委托广州海兰图检测技术有限公司于2023年4月在项目附近海域进行海洋沉积物质量现状调查。具体站位详见6.3.2节。

6.4.1调查项目

调查项目包括粒度、pH、含水率、有机碳、石油类、硫化物、铜、铅、镉、锌、总汞、铬、砷。

6.4.2采样与分析方法

（1）采样方法

根据《海洋监测规范》（GB 17378-2007）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0.05m^{2}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）进行，各项目的分析方法如表 6.4.2-1。

表 6.4.2-1 沉积物项目及分析方法

检测指标	检测依据	分析方法	检出限
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	/
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	/
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%
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
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
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
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
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
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
总汞	《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
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
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
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	沉积物粒度分析	/

6.4.3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—第 i 种评价因子的质量指数；

C_i—第 i 种评价因子的实测值；

C_{si}—第 i 种评价因子的标准值。

沉积物质量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

根据《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》，各监测站位执行的标准见表

6.4.3-1。

表 6.4.3-1 各站位执行的标准要求一览表

功能区名称	调查站位	标准要求
碣石湾近海海洋保护区	SW19	执行海洋沉积物质量第一类标准
珠海-潮州近海农渔业区	SW05、SW08、SW11、SW12、SW13、SW16、SW18、SW21	
田尾山-石碑山农渔业区	SW03	
田尾山工业与城镇用海区	SW02	

表 6.4.3-2 海洋沉积物质量标准

沉积物质量指标	第一类	第二类	第三类
有机碳（$\times10^{-2}$）≤	2.0	3.0	4.0
硫化物（$\times10^{-6}$）≤	300.0	500.0	600.0
石油类（$\times10^{-6}$）≤	500.0	1000.0	1500.0
铜（$\times10^{-6}$）≤	35.0	100.0	200.0
铅（$\times10^{-6}$）≤	60.0	130.0	250.0
锌（$\times10^{-6}$）≤	150.0	350.0	600.0
镉（$\times10^{-6}$）≤	0.50	1.50	5.00
汞（$\times10^{-6}$）≤	0.20	0.50	1.00
砷（$\times10^{-6}$）≤	20.0	65.0	93.0

6.4.4海洋沉积物质量调查结果与评价

（1）调查结果

沉积物粒度结果见表 6.4.4-1。调查海区表层沉积物主要为砂质粉砂（3 个）和粘土质粉砂（3 个），其次为粉砂（2 个）和细砂（2 个），仅有 1 个站位（SW03）表层沉积物为粉砂质砂。

调查海域沉积物化学调查结果见表 6.4.4-2。

（2）评价结果

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 6.4.4-3。所有沉积物质量调查站位均执行海洋沉积物质量第一类标准要求，由监测结果及标准指数表结果可知：所有调查站位的海洋沉积物监测因子均符合海洋沉积物第一类标准要求。

表 6.4.4-1 沉积物粒度分析结果

样品编号	简分法	砂					粉砂				粘土			粒度参数		沉积物名称
	细分法	极粗砂	粗砂	中砂	细砂	极细砂	粗粉砂	中粉砂	细粉砂	极细粉砂	粗粘土		细粘土			
	μm	2000～1000	1000～500	500～250	250～125	125～63	63～32	32～16	16～8	8～4	4～2	2～1	＜1			
	Φ	-1～0	0～1	1～2	2～3	3～4	4～5	5～6	6～7	7～8	8～9	9～10	10～11			
SW02	体积比（%）	0.00	0.00	0.15	19.14	20.51	7.21	6.85	13.15	14.87	10.97	4.95	2.20	D10（μm）	2.516	砂质粉砂
	简分（%）	0.00		0.15	39.65		14.06		28.02		15.92		2.20	D50（μm）	22.13	
	粒组类（%）	39.80					42.08				18.12			D90（μm）	156.2	
SW03	体积比（%）	17.41	26.45	6.55	6.51	4.97	3.09	5.14	8.36	10.18	7.05	3.08	1.21	D10（μm）	3.606	粉砂质砂
	简分（%）	43.86		6.55	11.48		8.23		18.54		10.13		1.21	D50（μm）	267.8	
	粒组类（%）	61.89					26.77				11.34			D90（μm）	1167	
SW05	体积比（%）	0.00	0.00	0.00	0.61	6.79	14.12	19.07	19.93	17.77	12.75	5.99	2.97	D10（μm）	2.162	粘土质粉砂
	简分（%）	0.00		0.00	7.40		33.19		37.70		18.74		2.97	D50（μm）	11.49	
	粒组类（%）	7.40					70.89				21.71			D90（μm）	53.99	
SW08	体积比（%）	0.00	0.00	0.00	0.60	6.49	13.89	20.52	20.14	17.31	12.21	5.83	3.01	D10（μm）	2.187	粘土质粉砂
	简分（%）	0.00		0.00	7.09		34.41		37.45		18.04		3.01	D50（μm）	12.00	
	粒组类（%）	7.09					71.86				21.05			D90（μm）	52.76	
SW11	体积比（%）	0.00	0.00	0.00	0.60	6.77	14.11	19.57	19.21	17.53	12.82	6.21	3.18	D10（μm）	2.092	粘土质
	简分（%）	0.00		0.00	7.37		33.68		36.74		19.03		3.18	D50	11.57	

样品编号	简分法	砂					粉砂				粘土			粒度参数		沉积物名称
	细分法	极粗砂	粗砂	中砂	细砂	极细砂	粗粉砂	中粉砂	细粉砂	极细粉砂	粗粘土		细粘土			
	μm	2000～1000	1000～500	500～250	250～125	125～63	63～32	32～16	16～8	8～4	4～2	2～1	＜1			
	Φ	-1～0	0～1	1～2	2～3	3～4	4～5	5～6	6～7	7～8	8～9	9～10	10～11			
														（μm）		粉砂
	粒组类（%）	7.37					70.42				22.21			D90（μm）	53.87	
SW12	体积比（%）	0.00	0.00	0.00	1.58	16.00	25.92	19.96	12.43	10.80	7.70	3.78	1.83	D10（μm）	3.109	粉砂
	简分（%）	0.00		0.00	17.58		45.88		23.23		11.48		1.83	D50（μm）	26.52	
	粒组类（%）	17.58					69.11				13.31			D90（μm）	80.15	
SW13	体积比（%）	0.00	0.00	0.00	0.88	9.56	17.46	19.67	17.43	16.16	11.24	5.18	2.42	D10（μm）	2.425	粉砂
	简分（%）	0.00		0.00	10.44		37.13		33.59		16.42		2.42	D50（μm）	14.63	
	粒组类（%）	10.44					70.72				18.84			D90（μm）	64.36	
SW16	体积比（%）	0.00	0.00	0.00	40.61	36.27	6.90	3.98	4.00	3.70	2.75	1.34	0.45	D10（μm）	10.77	细砂
	简分（%）	0.00		0.00	76.88		10.88		7.70		4.09		0.45	D50（μm）	111.4	
	粒组类（%）	76.88					18.58				4.54			D90（μm）	177.2	
SW18	体积比（%）	0.00	0.00	0.00	4.10	18.77	21.21	16.69	13.38	11.59	8.37	3.99	1.90	D10（μm）	2.961	砂质粉砂
	简分（%）	0.00		0.00	22.87		37.90		24.97		12.36		1.90	D50（μm）	25.49	
	粒组类（%）	22.87					62.87				14.26			D90（μm）	96.29	
SW19	体积比	0.00	0.00	0.00	42.72	36.77	6.46	3.62	3.55	3.15	2.36	1.15	0.22	D10	14.64	细

样品编号	简分法	砂					粉砂				粘土			粒度参数		沉积物名称
	细分法	极粗砂	粗砂	中砂	细砂	极细砂	粗粉砂	中粉砂	细粉砂	极细粉砂	粗粘土		细粘土			
	μm	2000～1000	1000～500	500～250	250～125	125～63	63～32	32～16	16～8	8～4	4～2	2～1	＜1			
	Φ	-1～0	0～1	1～2	2～3	3～4	4～5	5～6	6～7	7～8	8～9	9～10	10～11			
	（%）													（μm）		砂
	简分（%）	0.00		0.00	79.49		10.08		6.70		3.51		0.22	D50（μm）	114.8	
	粒组类（%）	79.49					16.78				3.73			D90（μm）	178.4	
SW21	体积比（%）	0.00	0.00	0.00	4.32	35.18	24.79	12.82	7.89	6.69	4.81	2.39	1.11	D10（μm）	4.834	砂质粉砂
	简分（%）	0.00		0.00	39.50		37.61		14.58		7.20		1.11	D50（μm）	49.97	
	粒组类（%）	39.50					52.19				8.31			D90（μm）	109.3	

表 6.4.4-2 调查海域沉积物质量分析结果表

站位	pH	风干样含水率	湿样含水率	有机碳	硫化物	石油类	铜	铅	镉	锌	铬	总汞	砷
	/	$\times10^{-2}$			$\times10^{-6}$								
SW02	8.26	0.09	37.36	0.35	41.3	7.6	13.1	28.7	0.05	76.4	40.0	0.029	5.23
SW03	8.12	0.36	15.35	0.13	0.3L	2.0	6.2	30.5	0.04L	43.4	30.6	0.017	6.06
SW05	8.25	0.20	44.89	0.52	11.5	11.0	13.7	41.2	0.04L	84.4	56.8	0.039	8.27
SW08	7.90	0.54	53.61	0.56	5.7	14.5	15.3	43.2	0.05	89.7	63.4	0.047	8.52
SW11	8.14	0.37	45.25	0.41	21.8	9.9	13.8	43.5	0.06	85.1	64.3	0.049	7.77
SW12	8.22	0.20	38.92	0.53	30.7	11.3	13.1	38.4	0.05	78.2	54.8	0.038	7.13
SW13	8.15	0.17	48.02	0.44	35.5	7.7	17.9	50.7	0.04L	100	64.4	0.045	7.49
SW16	8.28	0.25	34.02	0.33	12.4	7.0	8.4	28.8	0.05	63.6	47.5	0.023	4.74
SW18	8.18	0.07	45.11	0.63	28.7	15.4	16.9	40.0	0.04	91.1	63.4	0.048	7.87
SW19	8.33	0.13	29.71	0.25	5.8	5.4	7.5	25.4	0.05	54.0	47.0	0.016	4.34
SW21	8.24	0.55	39.32	0.45	7.1	14.2	11.5	35.4	0.06	65.8	50.9	0.055	6.34
最小值	7.90	0.07	15.35	0.13	0.3L	2.0	6.2	25.4	0.04L	43.4	30.6	0.016	4.34
最大值	8.33	0.55	53.61	0.63	41.3	15.4	17.9	50.7	0.06	100	64.4	0.055	8.52
平均值	8.19	0.27	39.23	0.42	18.2	9.6	12.5	36.9	0.04	75.6	53.0	0.037	6.71

注：①包含“L”的检测结果表示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 6.4.4-3 海洋沉积物质量监测站位（执行第一类海洋沉积物质量）各要素标准指数

站位	有机碳	硫化物	石油类	铜	铅	镉	锌	铬	总汞	砷
SW02	0.18	0.14	0.02	0.37	0.48	0.10	0.51	0.50	0.15	0.26
SW03	0.07	0.00	0.00	0.18	0.51	0.04	0.29	0.38	0.09	0.30
SW05	0.26	0.04	0.02	0.39	0.69	0.04	0.56	0.71	0.20	0.41
SW08	0.28	0.02	0.03	0.44	0.72	0.10	0.60	0.79	0.24	0.43
SW11	0.21	0.07	0.02	0.39	0.73	0.12	0.57	0.80	0.25	0.39
SW12	0.27	0.10	0.02	0.37	0.64	0.10	0.52	0.69	0.19	0.36
SW13	0.22	0.12	0.02	0.51	0.85	0.04	0.67	0.81	0.23	0.37
SW16	0.17	0.04	0.01	0.24	0.48	0.10	0.42	0.59	0.12	0.24
SW18	0.32	0.10	0.03	0.48	0.67	0.08	0.61	0.79	0.24	0.39
SW19	0.13	0.02	0.01	0.21	0.42	0.10	0.36	0.59	0.08	0.22
SW21	0.23	0.02	0.03	0.33	0.59	0.12	0.44	0.64	0.28	0.32
超标率%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

注：低于方法检出限的标准指数计算时，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。

6.5海洋生物质量现状调查与评价

项目委托广州海兰图检测技术有限公司分别于2023年4月和2023年9月在项目附近海域进行海洋生物质量现状调查。具体站位详见6.3.2节。

6.5.1调查项目

调查项目包括铜、铅、锌、镉、铬、总汞、砷、石油烃。

6.5.2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，选取具有代表性的样品进行分析检测。

①贝类

用清洁刮刀从其附着物上采集贝类样品，选取足够数量的完好贝类存于高密度塑料袋中，压出袋内空气，将袋口打结或热封，将此袋和样品标签一起放入聚乙烯袋中并封口，存于冷冻箱中。

②虾与中小型鱼类

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，各项目的分析方法如表6.5.2-1。

表6.5.2-1 海洋生物质量调查项目及分析方法

检测指标	检测依据	分析方法	检出限
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
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
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

检测指标	检测依据	分析方法	检出限
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
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
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
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
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

6.5.3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

春秋季采集到的鱼类、甲壳类和软体类的生物体内污染物质含量评价标准采用《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》中规定的生物质量标准，石油烃含量的评价标准采用《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中规定的生物质量标准。砷、铬没有相应的标准以及甲壳类无石油烃评价标准，因此只做本底监测，不做评价。

表 6.5.3-1 海洋生物体评价标准（湿重：mg/kg）

生物类别	铜	铅	镉	锌	总汞	石油烃	引用标准
鱼类	20	2.0	0.6	40	0.3	20	《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》和《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》中的生物质量评价标准
甲壳类	100	2.0	2.0	150	0.2	/	
软体类	100	10.0	5.5	250	0.3	20	

注：甲壳类无石油烃评价标准。

6.5.4海洋生物质量调查结果与评价

6.5.4.1调查结果

（1）春季

春季海洋生物质量监测结果见表 6.5.4-1。

表 6.5.4-1 春季海洋生物质量监测结果（湿重：mg/kg）

站位	种类	品种	拉丁文	石油烃	铜	铅	镉	锌	铬	总汞	砷
SW02	鱼类	孔鰕虎鱼	*Trypauchen vagina*	10.1	1.0	0.16	0.005L	9.5	0.34	0.045	0.9
SW03	甲壳类	隆线强蟹	*Eucrate crenata*	10.6	9.6	0.04L	0.037	65.8	0.54	0.019	0.6
SW05	甲壳类	中华管鞭虾	*Solenocera crassicornis*	11.3	5.3	0.09	0.013	13.6	0.34	0.014	0.9
SW06	鱼类	叫姑鱼	*Johnius grypotus*	9.5	0.6	0.05	0.005L	6.9	0.25	0.036	0.2L
SW08	软体类	浅缝骨螺	*Murex trapa*	13.9	9.8	0.06	0.035	14.0	0.30	0.012	1.1
SW10	软体类	杜氏枪乌贼	*Uroteuthis duvauceli*	13.8	0.9	0.04L	0.022	11.9	0.20	0.032	0.2L
SW11	甲壳类	日本蟳	*Charybdis japonica*	11.0	38.7	0.04L	0.305	36.0	0.53	0.058	2.1
SW12	鱼类	赤鼻棱鳀	*Thryssa kammalensis*	11.8	1.1	0.04L	0.006	10.6	0.26	0.061	0.2L
SW13	鱼类	蓝圆鲹	*Decapterus maruadsi*	11.6	1.7	0.04L	0.005L	7.3	0.29	0.007	0.2L
SW16	鱼类	列牙鲾	*Pelates quadrilineatus*	11.6	1.1	0.04	0.005L	8.3	0.27	0.086	0.2L
SW17	甲壳类	直额蟳	*Charybdis truncata*	9.1	26.6	0.09	0.007	17.6	0.44	0.021	0.9
SW18	甲壳类	口虾蛄	*Oratosquilla oratoria*	15.8	18.3	0.12	0.134	21.4	0.25	0.031	0.9
SW19	甲壳类	须赤虾	*Metapenaeopsis barbata*	9.8	6.8	0.05	0.014	14.2	0.28	0.009	0.7
SW21	鱼类	鹿斑仰口鲾	*Secutor ruconius*	9.6	1.2	0.09	0.014	14.0	0.20	0.027	0.3
最小值				9.1	0.6	0.04L	0.005L	6.9	0.20	0.007	0.2L
最大值				15.8	38.7	0.16	0.305	65.8	0.54	0.086	2.1
平均值				11.4	8.8	0.06	0.043	17.9	0.32	0.033	0.6

注：①包含“L”的检测结果表示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）秋季

秋季海洋生物质量监测结果见表 6.5.4-2。

表 6.5.4-2 秋季海洋生物质量监测结果（单位：mg/kg）

站位	种类	品种	拉丁文	石油烃	铜	铅	镉	锌	铬	总汞	砷
SW02	鱼类	褐蓝子鱼	*Siganus fuscescens*	7.9	0.4	0.09	0.007	4.8	0.14	0.006	0.2L
SW03	鱼类	鹿斑仰口鲾	*Secutor ruconius*	6.7	0.7	0.33	0.015	9.9	0.16	0.033	0.3
SW05	软体类	杜氏枪乌贼	*Uroteuthis duvauceli*	8.5	2.0	0.06	0.195	11.4	0.18	0.015	1.8
SW06	鱼类	平鲷	*Rhabdosargus sarba*	5.9	0.4L	0.25	0.005L	4.9	0.14	0.012	2.1
SW08	甲壳类	隆线强蟹	*Eucrate crenata*	6.0	10.0	0.09	0.282	21.4	0.16	0.061	27.9
SW10	鱼类	点纹副绯鲤	*Parupeneus spilurus*	6.7	0.4L	0.09	0.019	12.0	0.16	0.020	3.8
SW11	甲壳类	口虾蛄	*Oratosquilla oratoria*	9.2	8.9	0.28	0.085	25.7	0.14	0.022	5.9
SW12	软体类	广东蛸	*Octopus guangdongensis*	10.5	8.8	0.18	0.223	14.2	0.21	0.009	7.2
SW13	鱼类	棕斑兔头鲀	*Lagocephalus spadiceus*	6.2	0.4L	0.08	0.014	7.8	0.13	0.054	5.7
SW16	鱼类	真鲷	*Pagrus major*	6.6	0.4L	0.12	0.005L	3.6	0.15	0.017	4.5
SW17	鱼类	斑鰶银姑鱼	*Pennahia pawak*	5.6	0.4	0.05	0.005L	3.1	0.11	0.011	0.5
SW18	鱼类	食蟹豆齿鳗	*Pisodonophis cancrivorus*	10.1	0.7	0.21	0.006	27.1	0.24	0.113	0.9
SW19	鱼类	二长棘鲷	*Parargyrops edita*	7.7	0.4L	0.14	0.005L	3.3	0.15	0.054	3.5
SW21	鱼类	尖头黄鰶牙鲬	*Chrysochir aureus*	5.4	0.5	0.05	0.005L	4.2	0.21	0.075	1.8
最小值				5.4	0.4L	0.05	0.005L	3.1	0.11	0.006	0.2L
最大值				10.5	10.0	0.33	0.282	27.1	0.24	0.113	27.9
平均值				7.4	2.4	0.14	0.061	10.9	0.16	0.036	4.7

注：①包含“L”的检测结果表示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。

6.5.4.2评价结果

（1）春季

采用上述单项指数法，对现状监测结果进行标准指数计算，各监测点生物质量评价因子的标准指数见表 6.5.4-3。

调查站位采集到的鱼类、甲壳类和软体类的生物体内污染物质（石油烃除外）含量的评价标准参考《全国海海岸和滩涂资源综合调查简明规程》中规定的生物质量标准，石油烃含量的评价标准采用《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中规定的生物质量标准。

由监测结果及标准指数表结果可知：调查站位采集到的鱼类、甲壳类和软体类海洋生物质量整体超标率为 0，没有出现超标现象。

表 6.5.4-3 春季海洋生物质量监测站位各要素标准指数

站位	种类	品种	石油烃	铜	铅	镉	锌	总汞
SW02	鱼类	孔鰕虎鱼	0.51	0.05	0.08	0.00	0.24	0.15
SW03	甲壳类	隆线强蟹	/	0.10	0.01	0.02	0.44	0.10
SW05	甲壳类	中华管鞭虾	/	0.05	0.05	0.01	0.09	0.07
SW06	鱼类	叫姑鱼	0.48	0.03	0.03	0.00	0.17	0.12
SW08	软体类	浅缝骨螺	0.70	0.10	0.01	0.01	0.06	0.04
SW10	软体类	杜氏枪乌贼	0.69	0.01	0.00	0.00	0.05	0.11
SW11	甲壳类	日本蟳	/	0.39	0.01	0.15	0.24	0.29
SW12	鱼类	赤鼻棱鳀	0.59	0.06	0.01	0.01	0.27	0.20
SW13	鱼类	蓝圆鲹	0.58	0.09	0.01	0.00	0.18	0.02
SW16	鱼类	列牙鰔	0.58	0.06	0.02	0.00	0.21	0.29
SW17	甲壳类	直额蟳	/	0.27	0.05	0.00	0.12	0.11
SW18	甲壳类	口虾蛄	/	0.18	0.06	0.07	0.14	0.16
SW19	甲壳类	须赤虾	/	0.07	0.03	0.01	0.09	0.05
SW21	鱼类	鹿斑仰口鲾	0.48	0.06	0.05	0.02	0.35	0.09
超标率%			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

注：“/”表示指标的质量标准未作限值要求的标准指数；低于方法检出限的标准指数计算时，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）秋季

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 6.5.4-4。

调查站位采集到的鱼类、甲壳类和软体类的生物体内污染物质（石油烃除外）含量的评价标准参考《全国海岸带和滩涂资源综合调查简明规程》中规定的生物质量标准，石油烃含量的评价标准采用《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》

（第二分册）中规定的生物质量标准。

由监测结果及标准指数表结果可知：调查站位采集到的鱼类、甲壳类和软体类海洋生物质量整体超标率为 0，没有出现超标现象。

表 6.5.4-4 秋季海洋生物质量监测站位各要素标准指数

站位	种类	品种	石油烃	铜	铅	镉	锌	总汞
SW02	鱼类	褐蓝子鱼	0.40	0.02	0.05	0.01	0.12	0.02
SW03	鱼类	鹿斑仰口鲾	0.34	0.04	0.17	0.03	0.25	0.11
SW05	软体类	杜氏枪乌贼	0.43	0.02	0.01	0.04	0.05	0.05
SW06	鱼类	平鲷	0.30	0.01	0.13	0.00	0.12	0.04
SW08	甲壳类	隆线强蟹	/	0.10	0.05	0.14	0.14	0.31
SW10	鱼类	点纹副绯鲤	0.34	0.01	0.05	0.03	0.30	0.07
SW11	甲壳类	口虾蛄	/	0.09	0.14	0.04	0.17	0.11
SW12	软体类	广东蛸	0.53	0.09	0.02	0.04	0.06	0.03
SW13	鱼类	棕斑兔头鲀	0.31	0.01	0.04	0.02	0.20	0.18
SW16	鱼类	真鲷	0.33	0.01	0.06	0.00	0.09	0.06
SW17	鱼类	斑鰭银姑鱼	0.28	0.02	0.03	0.00	0.08	0.04
SW18	鱼类	食蟹豆齿鳗	0.51	0.04	0.11	0.01	0.68	0.38
SW19	鱼类	二长棘鲷	0.39	0.01	0.07	0.00	0.08	0.18
SW21	鱼类	尖头黄鰭牙鲆	0.27	0.03	0.03	0.00	0.11	0.25
超标率%			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

注：“/”表示指标的质量标准未作限值要求的标准指数；低于方法检出限的标准指数计算时，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。

6.6海洋生态环境现状调查与评价

6.6.1 调查概况

项目委托广州海兰图检测技术有限公司分别于 2023 年 4 月和 2023 年 9 月在项目附近海域进行海洋生态环境调查。具体站位详见 6.3.2 节。调查项目包括叶绿素 a 及初级生产力、浮游植物、浮游动物、大型底栖生物。

6.6.2 采样和分析方法

6.6.2.1 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，经 GF/F 玻璃纤维滤膜过滤（过滤时抽气负压小于 50kPa）后，将滤膜对折，用铝箔包好，存放于低温冷藏壶中，带回实验室分析，采用分光法测定叶绿素 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。每 500mL 加入 2.00mL 碳酸镁溶液，使用抽滤泵抽滤。

（2）浮游生物

①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。

②浮游动物：浮游动物样品用浅水 II 型浮游生物网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。

（3）大型底栖生物

定量样品采用 0.05m^2 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。

（4）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、无人为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。滩涂定量取样用定量框，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；取样时，先将取样器挡板插人框架凹槽，用臂力或脚力将其插人滩涂内；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；

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），并用四氯四碘荧光素染色剂固定液，便于回实验室在双筒解剖镜下仔细挑拣；对一些受刺激易引起收缩或自切的种类（如腔肠动物、纽形动物），先用水合氯醛或乌来糖少许进行麻醉后再行固定；某些多毛类（如沙蚕科、吻沙蚕科），可先用淡水麻醉，最好能带回一些完整的新鲜藻体，制作蜡叶标本，以保持原色和长久保存。

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。

6.6.2.2 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》（GB17378.7 -2007），各项目的分析方法如表 6.6.2-1。

表 6.6.2-1 海洋生态调查分析方法

检测指标	检测依据	分析方法
叶绿素 *a*	《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
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
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
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
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

6.6.3 计算方法

（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：

$$P = C_a QLt / 2$$

式中：*P*—初级生产力（mg•C/m²•d）；*Ca*—叶绿素 *a* 含量（mg/m³）；

Q—同化系数（mg•C/(mgChl-a•h)），根据以往调查结果，取 3.7；

L—真光层的深度（m）；

t—白昼时间（h），根据以往调查结果，秋季取 11。春季取 12。

（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）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。

6.6.4 海洋生态现状调查结果

6.6.4.1叶绿素 a 与初级生产力

（1）春季

①叶绿素 *a*

本次 14 个站位调查结果显示，各站表层叶绿素 *a* 变化范围在（0.78~5.09）mg/m³，平均为 2.70mg/m³；10m 水层叶绿素 *a* 变化范围在（1.16~2.82）mg/m³，平

均为 1.81mg/m³；底层叶绿素 *a* 含量变化范围在（0.70~4.50）mg/m³，平均为 2.06mg/m³。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（0.74~4.80）mg/m³，平均为 2.44mg/m³，SW03 站位叶绿素 *a* 平均值最高，SW10 站位叶绿素 *a* 平均值最低。

②初级生产力

本次调查海域的初级生产力变化范围为（182.351~786.146）mg·C/(m²·d)，平均值为 503.211mg·C/（m²·d），其中 SW19 站位初级生产力值最高，SW10 站位初级生产力值最低。

表 6.6.4-1 春季叶绿素 a 和初级生产力测定结果

站位	透明度（m）	叶绿素 *a*（mg/m³）			站位叶绿素 *a* 均值（mg/m³）	初级生产力 mg·C/(m²·d)
		表	10m	底		
SW02	1.7	4.31	/	/	4.31	487.978
SW03	1.8	5.09	/	4.50	4.80	575.424
SW05	3.2	3.35	/	3.24	3.30	703.296
SW06	2.3	2.69	/	2.43	2.56	392.141
SW08	1.9	2.66	/	2.09	2.38	301.165
SW10	3.7	0.78	/	0.70	0.74	182.351
SW11	3.8	3.19	2.82	2.74	2.92	738.994
SW12	3.8	3.32	2.44	2.18	2.65	670.662
SW13	3.8	3.23	/	2.35	2.79	706.093
SW16	4.5	1.98	1.69	1.37	1.68	503.496
SW17	4.1	1.26	1.16	1.04	1.15	314.019
SW18	3.5	1.32	1.28	1.18	1.26	293.706
SW19	5.2	3.12	1.89	1.79	2.27	786.146
SW21	4.3	1.49	1.37	1.22	1.36	389.477
均值	3.4	2.70	1.81	2.06	2.44	503.211
变化范围	1.7~5.2	0.78~5.09	1.16~2.82	0.70~4.50	0.74~4.80	182.351~786.146

注：“/”表示该层未采样

（2）秋季

①叶绿素 *a*

本次调查结果显示，各站表层叶绿素 *a* 变化范围在（0.53~6.25）mg/m³，平均为 2.31mg/m³；10m 水层叶绿素 *a* 变化范围在（0.51~2.00）mg/m³，平均为 1.18mg/m³；底层叶绿素 *a* 含量变化范围在（0.43~4.03）mg/m³，平均为 1.38mg/m³。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（0.51~5.14）mg/m³，平均为 1.99mg/m³，SW03 站位叶绿素 *a* 平均值最高，SW21 站位叶绿素 *a* 平均值最低。

②初级生产力

本次调查海域的初级生产力变化范围在（124.542~564.835）mg·C/(m²·d)，平均

值为 297.690mg·C/（m^2·d），其中 SW03 站位初级生产力值最高，SW21 站位初级生产力值最低。

表 6.6.4-2 秋季叶绿素 a 和初级生产力调查结果

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 $mg·C/(m^2·d)$
		表	10m	底		
SW02	1.5	4.96	/	/	4.96	454.212
SW03	1.8	6.25	/	4.03	5.14	564.835
SW05	2.3	2.34	/	2.13	2.24	313.828
SW06	1.5	1.92	/	1.75	1.84	168.040
SW08	2.2	5.08	/	1.91	3.50	469.413
SW10	3.1	1.99	2.00	1.19	1.73	326.843
SW11	3.5	1.53	1.45	1.40	1.46	311.966
SW12	3.5	1.29	1.12	0.80	1.07	228.632
SW13	3.6	1.62	/	1.05	1.34	293.406
SW16	3.8	1.28	1.15	1.13	1.19	275.372
SW17	3.4	1.01	0.94	0.77	0.91	188.266
SW18	3.4	1.41	1.34	0.80	1.18	245.555
SW19	4.1	1.11	0.89	0.43	0.81	202.747
SW21	4.0	0.53	0.51	0.49	0.51	124.542
均值	3.0	2.31	1.18	1.38	1.99	297.690
变化范围	1.5~4.1	0.53~6.25	0.51~2.00	0.43~4.03	0.51~5.14	124.542~564.835

注：“-”表示该层未采样。

6.6.4.2浮游植物

（1）春季

①种类组成

本次调查共记录浮游植物 4 门 5 纲 13 目 27 科 136 种。硅藻门种类最多，共 16 科 105 种，占总种类数的 77.21%；甲藻门种类次之，出现 9 科 27 种，占总种类数的 19.85%；金藻门出现 1 科 2 种，占总种类数的 1.47%；蓝藻门出现 1 科 2 种，占总种类数的 1.47%。

②类群密度及占比

调查区域内各站位浮游植物密度分布差异较大，变化范围在（402.593~17330.707）×10^3ind/m^3 之间，平均值为 6338.941×10^3ind/m^3，最高密度出现在 SW08 站位，最低密度出现在 SW21 站位。

从门类来看，14 个调查站位中均采集到硅藻门，硅藻门密度范围在（320.266~17175.489）×10^3ind/m^3 之间，平均值为 6231.434×10^3ind/m^3；硅藻门各站位密度的占比在 79.55%~99.37%之间，各站位占比平均值为 95.13%。甲藻门密度范围在（18.363~240.260）×10^3ind/m^3 之间，平均值为 98.738×10^3ind/m^3；各站位密度

百分比在 0.59%~17.51%之间，占比平均值为 4.15%；其他类群（包括金藻门和蓝藻门）密度范围在（4.000~22.582）×10^{3}ind/m^3 之间，平均值为 8.769×10^{3}ind/m^3；各站位密度百分比在 0.02%~2.94%之间，占比平均值为 0.72%。

表 6.6.4-3 春季浮游植物各类群密度（密度单位为×10^{3}ind/m^3，百分比单位为%）

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
SW02	3048.741	2932.208	96.18	111.816	3.67	4.717	0.15
SW03	16226.455	15971.292	98.43	240.260	1.48	14.903	0.09
SW05	14202.400	14027.200	98.77	171.200	1.21	4.000	0.03
SW06	11303.818	11232.545	99.37	66.182	0.59	5.091	0.05
SW08	17330.707	17175.489	99.10	151.206	0.87	4.012	0.02
SW10	1936.980	1851.353	95.58	80.449	4.15	5.178	0.27
SW11	3885.991	3775.165	97.15	104.752	2.70	6.074	0.16
SW12	3668.590	3578.754	97.55	83.541	2.28	6.295	0.17
SW13	8053.068	7939.128	98.59	106.622	1.32	7.318	0.09
SW16	659.670	580.217	87.96	60.901	9.23	18.552	2.81
SW17	470.109	413.682	88.00	49.781	10.59	6.646	1.41
SW18	6314.902	6242.575	98.85	66.764	1.06	5.563	0.09
SW19	1241.149	1200.204	96.70	18.363	1.48	22.582	1.82
SW21	402.593	320.266	79.55	70.488	17.51	11.839	2.94
平均值	6338.941	6231.434	95.13	98.738	4.15	8.769	0.72

③优势种

以优势度 $Y \geqslant 0.02$ 为判断标准，本次调查浮游植物优势种共出现 11 种，分别为劳氏角毛藻（*Chaetoceros lorenzianus*）、旋链角毛藻（*Chaetoceros curvisetus*）、环纹娄氏藻（*Lauderia annulata*）、短角弯角藻（*Eucampia zodiacus*）等。其中劳氏角毛藻为第一优势种，优势度为 0.179，平均密度为 1143.749×10^{3}ind/m^3，占各站位平均密度的 18.04%。

表 6.6.4-4 春季浮游植物优势度及其密度（密度单位为×10^{3}ind/m^3）

种名	拉丁文	类群	优势度	平均密度	密度占比（%）
劳氏角毛藻	*Chaetoceros lorenzianus*	硅藻	0.179	1143.749	18.04
旋链角毛藻	*Chaetoceros curvisetus*	硅藻	0.139	1118.803	17.65
环纹娄氏藻	*Lauderia annulata*	硅藻	0.077	528.701	8.34
短角弯角藻	*Eucampia zodiacus*	硅藻	0.070	423.836	6.69
透明辐杆藻	*Bacteriastrum hyalinum*	硅藻	0.069	393.359	6.21
笔尖形根管藻	*Rhizosolenia styliformis*	硅藻	0.055	291.592	4.60
海链藻属	*Thalassiosira* sp.	硅藻	0.051	278.224	4.39
拟旋链角毛藻	*Chartoceros pseudocurvisetus*	硅藻	0.047	325.776	5.14
柔弱角毛藻	*Chaetoceros debilis*	硅藻	0.042	357.345	5.64
地中海辐杆藻	*Bacteriastrum mediterraneum*	硅藻	0.025	194.462	3.07
格氏圆筛藻	*Coscinodiscus granii*	硅藻	0.024	168.487	2.66

④多样性水平

各调查区站位浮游植物种数范围为 61~72 种。多样性指数范围在 3.439~4.609 之间，平均值为 3.994，多样性指数以 SW21 站位最高，SW05 站位最低；均匀度指

数范围在 0.567~0.774 之间，平均值为 0.663，均匀度指数以 SW21 站位最高，SW05 站位最低。

表 6.6.4-5 春季浮游植物多样性及均匀度指数

站位	种类数	多样性指数（*H′*）	均匀度指数（*J*）	丰富度指数（*D*）
SW02	61	3.613	0.609	2.833
SW03	71	3.824	0.622	2.935
SW05	67	3.439	0.567	2.666
SW06	62	4.001	0.672	2.507
SW08	64	3.694	0.616	2.547
SW10	61	3.992	0.673	2.717
SW11	67	4.104	0.677	2.849
SW12	68	4.110	0.675	2.901
SW13	63	3.620	0.606	2.571
SW16	66	4.202	0.695	3.129
SW17	63	4.413	0.738	3.073
SW18	68	3.802	0.625	2.807
SW19	72	4.493	0.728	3.235
SW21	62	4.609	0.774	3.042
平均值	/	3.994	0.663	2.844

⑤小结

春季调查中共记录 4 门 5 纲 13 目 27 科 136 种；浮游植物密度变化范围在（402.593~17330.707）×10^3cells/m^3 之间，平均值为 6338.941×10^3cells/m^3；优势种共出现 11 种，分别为劳氏角毛藻、旋链角毛藻、环纹娄氏藻、短角弯角藻等；浮游植物的多样性指数范围在 3.439~4.609 之间，平均值为 3.994；均匀度指数范围在 0.567~0.774 之间，平均值为 0.663。

（2）秋季

①种类组成

本次调查共记录浮游植物 4 门 5 纲 14 目 27 科 136 种。硅藻门种类最多，共 15 科 89 种，占总种类数的 65.44%；甲藻门种类次之，出现 10 科 43 种，占总种类数的 31.62%；金藻门出现 1 科 2 种，占总种类数的 1.47%；蓝藻门出现 1 科 2 种，占总种类数的 1.47%。

②类群密度及占比

调查区域内各站位浮游植物密度分布差异较大，变化范围在（23.709~7052.771）×10^3 cells/m^3 之间，平均值为 681.078×10^3 cells/m^3，最高密度出现在 SW02 站位，最低密度出现在 SW21 站位。

从门类来看，14 个调查站位中均采集到硅藻门，硅藻门密度范围在（6.903~6737.584）×10^3 cells/m^3 之间，平均值为 633.463×10^3 cells/m^3；硅藻门各站位密度的占比在 29.12%~98.82%之间，各站位占比平均值为 63.87%。甲藻门密度范

围在（8.659~314.051）×10³ cells/m³之间，平均值为39.998×10³ cells/m³；各站位密度百分比在1.14%~52.74%之间，占比平均值为24.49%；其他类群（包括金藻门和蓝藻门）密度范围在（0.641~36.564）×10³ cells/m³之间，平均值为7.617×10³ cells/m³；各站位密度百分比在0.02%~33.90%之间，占比平均值为11.64%。

表 6.6.4-6 秋季浮游植物各类群密度（密度单位为×10³ind/m³，百分比单位为%）

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
SW02	7052.771	6737.584	95.53	314.051	4.45	1.136	0.02
SW03	1500.371	1482.638	98.82	17.092	1.14	0.641	0.04
SW05	232.670	205.089	88.15	25.414	10.92	2.167	0.93
SW06	97.190	65.407	67.30	28.487	29.31	3.296	3.39
SW08	98.262	65.690	66.85	23.172	23.58	9.400	9.57
SW10	118.570	84.711	71.44	29.732	25.08	4.127	3.48
SW11	51.458	37.565	73.00	11.526	22.40	2.367	4.60
SW12	31.628	21.681	68.55	8.659	27.38	1.288	4.07
SW13	47.347	13.786	29.12	24.973	52.74	8.588	18.14
SW16	70.877	51.572	72.76	13.495	19.04	5.810	8.20
SW17	32.389	14.881	45.94	11.558	35.68	5.950	18.37
SW18	69.979	25.080	35.84	27.522	39.33	17.377	24.83
SW19	107.872	55.892	51.81	15.416	14.29	36.564	33.90
SW21	23.709	6.903	29.12	8.880	37.45	7.926	33.43
平均值	681.078	633.463	63.87	39.998	24.49	7.617	11.64

③优势种

以优势度 $Y \geqslant 0.02$ 为判断标准，本次调查浮游植物优势种共出现9种，分别为中肋骨条藻（*Skeletonema costatum*）、劳氏角毛藻（*Chaetoceros lorenzianus*）、菱形海线藻（*Thalassionema nitzschioides*）、夜光藻（*Noctiluca scintillans*）等。其中中肋骨条藻为第一优势种，优势度为0.417，平均密度为322.702×10³ cells/m³，占各站位平均密度的47.38%。

表 6.6.4-7 秋季浮游植物优势度及其密度（密度单位为×10³ind/m³）

种名	拉丁文	类群	优势度	平均密度	密度占比（%）
中肋骨条藻	*Skeletonema costatum*	硅藻	0.417	322.702	47.38
劳氏角毛藻	*Chaetoceros lorenzianus*	硅藻	0.063	43.495	6.39
菱形海线藻	*Thalassionema nitzschioides*	硅藻	0.043	24.010	3.53
夜光藻	*Noctiluca scintillans*	甲藻	0.036	25.418	3.73
柔弱伪菱形藻	*Pseudo-nitzschia delicatissima*	硅藻	0.034	30.924	4.54
冰河拟星杆藻	*Asterionellopsis glacialis*	硅藻	0.026	32.257	4.74
异角毛藻	*Chaetoceros diversus*	硅藻	0.025	15.533	2.28
佛氏海线藻	*Thalassionema frauenfeldii*	硅藻	0.022	9.612	1.41
尖刺伪菱形藻	*Pseudo-nitzschia pungens*	硅藻	0.020	22.559	3.31

④多样性水平

各调查区站位浮游植物种数范围为43~69种。多样性指数范围在2.749~4.853之间，平均值为4.205，多样性指数以SW12站位最高，SW03站位最低；均匀度指

数范围在 0.490~0.860 之间，平均值为 0.740，均匀度指数以 SW12 站位最高，SW03 站位最低；丰富度指数范围在 2.361~3.681 之间，平均值为 2.878，丰富度指数以 SW19 站位最高，SW03 站位最低。

表 6.6.4-8 秋季浮游植物多样性、均匀度、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）
SW02	61	2.958	0.499	2.673
SW03	49	2.749	0.490	2.361
SW05	59	4.516	0.768	3.079
SW06	47	4.294	0.773	2.639
SW08	50	4.476	0.793	2.821
SW10	58	4.055	0.692	3.152
SW11	51	4.767	0.840	2.955
SW12	50	4.853	0.860	3.016
SW13	45	4.392	0.800	2.637
SW16	49	4.302	0.766	2.733
SW17	47	4.721	0.850	2.815
SW18	55	4.475	0.774	3.104
SW19	69	4.001	0.655	3.681
SW21	43	4.308	0.794	2.621
平均值	/	4.205	0.740	2.878

⑤小结

秋季调查中共记录浮游植物 4 门 5 纲 14 目 27 科 136 种；浮游植物密度变化范围在（23.709~7052.771）×10^3 cells/m^3 之间，平均值为 681.078×10^3 cells/m^3；优势种共出现 9 种，分别为中肋骨条藻、劳氏角毛藻、菱形海线藻、夜光藻、柔弱伪菱形藻、冰河拟星杆藻、异角毛藻、佛氏海线藻和尖刺伪菱形藻。多样性指数范围在 2.749~4.853 之间，平均值为 4.205；均匀度指数范围在 0.490~0.860 之间，平均值为 0.740。

6.6.4.3 浮游动物

（1） 春季

①种类组成

本次调查共记录浮游动物 6 门 10 纲 20 目 35 科 80 种（包括浮游幼体 14 种）。分属 12 个不同类群，即水母类、栉水母、被囊类、有尾类、腹足类、毛颚类、介形类、桡足类、端足类、糠虾类、樱虾类和浮游幼体。其中，以桡足类最多，为 34 种，占总种类数的 42.50%；浮游幼体次之，出现 14 种，占总种类数的 17.50%；水母类出现 12 种，占总种类数的 15.00%；其他类群出现种类较少。

②密度与生物量

14 个调查站位浮游动物生物量变化范围在（52.17~469.55）mg/m³之间，平均值为 196.57mg/m³，其中 SW02 站位生物量最高，SW11 站位生物量最低。

浮游动物密度变化范围在（898.246~8089.748）ind/m³之间，平均值为 3734.307ind/m³，其中 SW02 站位密度最高，SW11 站位密度最低。从类群密度分布来看，本次调查桡足类密度最高，为 23120.703ind/m³，占总密度的 44.22%；其次是浮游幼体，密度为 20643.615ind/m³，占总密度的 39.49%。

表 6.6.4-9　春季浮游动物生物量统计

站位	全网数量（ind）	密度（ind/m³）	生物量（mg/m³）
SW02	5048	8089.748	469.55
SW03	1830	2459.675	142.47
SW05	7345	4613.697	190.33
SW06	8036	5371.655	239.97
SW08	4664	3621.116	165.37
SW10	6343	3462.342	189.96
SW11	1739	898.246	52.17
SW12	8808	4512.299	198.77
SW13	9768	5426.670	324.44
SW16	4584	2106.618	163.60
SW17	5672	2813.495	151.29
SW18	7170	3703.511	207.13
SW19	6330	2427.146	113.88
SW21	5992	2774.074	143.06
平均值	5952	3734.307	196.57

③优势度

以优势度 $Y \geqslant 0.02$ 为判断标准，本次调查浮游动物优势种共 9 种。分别为小拟哲水蚤（*Paracalanus parvus*）、多毛类幼体（Polychaeta larva）、异体住囊虫（*Oikopleura dioica*）、桡足幼体（Copepoda larvae）等。其中小拟哲水蚤为第一优势种，优势度为 0.239，平均密度为 887.949 ind/m³，占各站位平均密度的 23.78%，出现频率 100%。

表 6.6.4-10 春季浮游动物优势种组成

优势种	拉丁名	平均密度 (ind/m³)	密度占比（%）	优势度（*Y*）
小拟哲水蚤	*Paracalanus parvus*	887.949	23.78	0.239
多毛类幼体	Polychaeta larva	739.43	19.80	0.204
异体住囊虫	*Oikopleura dioica*	290.917	7.79	0.071
桡足幼体	Copepoda larvae	297.189	7.96	0.064
羽长腹剑水蚤	*Oithona plumifera*	156.042	4.18	0.038
蔓足类幼体	Cirripedia nauplius	161.611	4.33	0.022
溞状幼体	Zoaea larva	103.022	2.76	0.021
玫瑰太阳水母	*Solmaris rhodoloma*	86.265	2.31	0.020
近缘大眼剑水蚤	*Corycaeus affinis*	116.127	3.11	0.020

④多样性水平

本次调查，各调查区站位浮游动物种数范围为 16~37 种。浮游动物多样性指数变化范围在 2.760~3.757 之间，平均值为 3.383，其中 SW21 站位最高，SW19 站位最低；均匀度指数变化范围在 0.587~0.840 之间，平均值为 0.695，其中 SW03 站位最高，SW19 站位最低。

表 6.6.4-11 春季调查区内浮游动物多样性指数和均匀度指数

站位	种类数	多样性指数（*H'*）	均匀度指数（*J*）	丰富度指数（*D*）
SW02	30	3.354	0.684	2.357
SW03	16	3.358	0.840	1.384
SW05	33	3.461	0.686	2.492
SW06	36	3.656	0.707	2.698
SW08	32	3.368	0.674	2.544
SW10	34	3.513	0.691	2.613
SW11	21	3.002	0.683	1.858
SW12	37	3.303	0.634	2.747
SW13	32	3.344	0.669	2.339
SW16	27	3.599	0.757	2.138
SW17	33	3.652	0.724	2.566
SW18	33	3.236	0.642	2.498
SW19	26	2.760	0.587	1.980
SW21	32	3.757	0.751	2.470
平均值	/	3.383	0.695	2.335

⑤小结

春季调查共记录浮游动物 6 门 10 纲 20 目 35 科 80 种（包括浮游幼体 14 种），分属 12 个不同类群，即水母类、栉水母、被囊类、有尾类、腹足类、毛颚类、介形类、桡足类、端足类、糠虾类、樱虾类和浮游幼体；浮游动物生物量变化范围在（52.17~469.55）mg/m^3 之间，平均值为 196.57mg/m^3；密度变化范围在（898.246~8089.748）ind/m^3 之间，平均值为 3734.307ind/m^3；优势种共 9 种。分别为小拟哲水蚤、多毛类幼体）、异体住囊虫、桡足幼体等。多样性指数变化范围在 2.760~3.757 之间，平均值为 3.383；均匀度指数变化范围在 0.587~0.840 之间，平均值为 0.695。

（2）秋季

①种类组成

本次调查共记录浮游动物 5 门 8 纲 11 目 31 科 74 种（包括浮游幼体 14 种）。分属 9 个不同类群，即水母类、有尾类、腹足类、毛颚类、介形类、桡足类、樱虾类、枝角类和浮游幼体。其中，以桡足类最多，为 44 种，占总种类数的 59.46%；浮游幼体次之，出现 14 种，占总种类数的 18.92%；其他类群出现种类较少。

②密度与生物量

14 个调查站位浮游动物生物量变化范围在（1.11~476.85）mg/m³之间，平均值为 78.81 mg/m³，其中 SW02 站位生物量最高，SW19 站位生物量最低；浮游动物密度变化范围在（43.028~24143.518）ind/m³之间，平均值为 2703.096 ind/m³，其中 SW02 站位密度最高，SW19 站位密度最低。从类群密度分布来看，本次调查桡足类密度最高，为 19867.806 ind/m³，占总密度的 52.50%；其次是浮游幼体，密度为 17422.101 ind/m³，占总密度的 46.04%。

表 6.6.4-12 秋季浮游动物生物量统计

站位	全网数量（ind）	密度（ind/m³）	生物量（mg/m³）
SW02	15645	24143.518	476.85
SW03	1383	1964.486	92.33
SW05	7194	4473.881	129.98
SW06	566	388.737	27.47
SW08	3352	2436.049	114.83
SW10	382	204.059	7.48
SW11	1080	560.164	39.94
SW12	936	475.608	32.01
SW13	2268	1271.297	66.14
SW16	339	155.221	4.12
SW17	1765	861.814	27.83
SW18	680	344.129	41.5
SW19	116	43.028	1.11
SW21	1172	521.351	41.81
平均值	2634	2703.096	78.81

③优势种

以优势度 $Y \geqslant 0.02$ 为判断标准，本次调查浮游动物优势种共 6 种。分别为桡足幼体（Copepoda larvae）、强额拟哲水蚤（*Paracalanus crassirostris*）、小拟哲水蚤（*Paracalanus parvus*）、锥形宽水蚤（*Temora turbinata*）、无节幼体（Anemia nauplius）和针刺拟哲水蚤（*Paracalanus aculeatus*）。其中桡足幼体为第一优势种，优势度为 0.377，平均密度为 960.751 ind/m³，占各站位平均密度的 35.54%，出现频率 100%。

表 6.6.4-13 秋季浮游动物优势种组成

优势种	拉丁名	优势度（*Y*）	平均密度 (ind/m³)	密度占比（%）
桡足幼体	Copepoda larvae	0.377	960.751	35.54
强额拟哲水蚤	*Paracalanus crassirostris*	0.100	671.740	24.85
小拟哲水蚤	*Paracalanus parvus*	0.063	205.184	7.59
锥形宽水蚤	*Temora turbinata*	0.040	82.510	3.05
无节幼体	Anemia nauplius	0.037	97.919	3.62
针刺拟哲水蚤	*Paracalanus aculeatus*	0.036	64.370	2.38

④多样性水平

本次调查，各调查区站位浮游动物种数范围为 16~32 种。浮游动物多样性指数变化范围在 2.575~3.520 之间，平均值为 3.013，其中 SW10 站位最高，SW03 站位最低；均匀度指数变化范围在 0.587~0.782 之间，平均值为 0.669，其中 SW19 站位最高，SW05 站位最低；丰富度指数变化范围在 1.651~2.681 之间，平均值为 2.186，其中 SW10 站位最高，SW02 站位最低。

表 6.6.4-14 秋季浮游动物多样性、均匀度、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*）
SW02	24	2.767	0.603	1.651
SW03	20	2.575	0.596	1.821
SW05	32	2.935	0.587	2.419
SW06	18	2.873	0.689	1.859
SW08	25	3.364	0.724	2.049
SW10	24	3.520	0.768	2.681
SW11	25	3.143	0.677	2.382
SW12	20	2.738	0.634	1.925
SW13	22	3.154	0.707	1.884
SW16	22	2.795	0.627	2.498
SW17	24	3.064	0.668	2.133
SW18	26	3.109	0.661	2.657
SW19	16	3.128	0.782	2.187
SW21	26	3.022	0.643	2.452
平均值	/	3.013	0.669	2.186

⑤小结

秋季调查共记录浮游动物 5 门 8 纲 11 目 31 科 74 种（包括浮游幼体 14 种），分属 9 个不同类群，即水母类、有尾类、腹足类、毛颚类、介形类、桡足类、樱虾类、枝角类和浮游幼体；浮游动物生物量变化范围在（1.11~476.85）mg/m^3 之间，平均值为 78.81 mg/m^3；密度变化范围在（43.028~24143.518）ind/m^3 之间，平均值为 2703.096ind/m^3；优势种共 6 种。分别为桡足幼体、强额拟哲水蚤、小拟哲水蚤、锥形宽水蚤、无节幼体和针刺拟哲水蚤；多样性指数变化范围在 2.575~3.520 之间，平均值为 3.013；均匀度指数变化范围在 0.587~0.782 之间，平均值为 0.669。

6.6.4.4 大型底栖生物

（1）春季

①种类组成

本次大型底栖生物调查共记录大型底栖生物 7 门 8 纲 16 目 29 科 33 种，分属 7 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、纽形动物和刺胞动物。其中环节动物种类数最多，为 18 种，占种类总数的 54.55%。

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 14 个站位大型底栖生物的生物量范围在（0.160~4.180）g/m^2 之间，平均生物量为 1.068g/m^2，其中 SW08 站位的生物量最高，SW05 站位生物量最低；栖息密度范围在（5.000~65.000）ind/m^2 之间，平均栖息密度为 24.286ind/m^2，其中 SW08 站位的栖息密度最高，SW05 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生物量最高，生物量为 4.640g/m^2，占总生物量的 31.04%；其次为节肢动物，生物量为 3.560g/m^2，占总生物量的 23.81%，最低为纽形动物，生物量为 0.030g/m^2，占总生物量的 0.20%。

环节动物栖息密度最高，为 130.000ind/m^2，占总栖息密度的 38.24%；其次为软体动物，栖息密度为 90.000ind/m^2，占总栖息密度 26.47%，最低为纽形动物和刺胞动物，栖息密度均为 5.000ind/m^2，各占总栖息密度的 1.47%。

表 6.6.4-15 春季大型底栖生物生物量分布（单位：g/m^2）

站位	环节	节肢	软体	棘皮	脊索	纽形	刺胞	合计
SW02	0.570	0	0	0	0	0	0	0.570
SW03	0.285	0	0	0	1.210	0	0	1.495
SW05	0	0	0	0.160	0	0	0	0.160
SW06	0	0.075	0	0.280	0	0	0	0.355
SW08	0.090	0.030	3.995	0.065	0	0	0	4.180
SW10	0.135	1.300	0	0.030	0	0	0	1.465
SW11	1.120	0.140	0	0	0	0	0	1.260
SW12	0.160	1.810	0	0	0	0	0	1.970
SW13	0.015	0.020	0.225	0	0	0	0	0.260
SW16	0.040	0.185	0	0.770	0	0.030	0	1.025
SW17	0.390	0	0.070	0	0	0	0	0.460
SW18	0.240	0	0.145	0.305	0	0	0	0.690
SW19	0.095	0	0.205	0	0	0	0	0.300
SW21	0.035	0	0	0	0	0	0.725	0.760
合计	3.175	3.560	4.640	1.610	1.210	0.030	0.725	14.950
平均值	0.227	0.254	0.331	0.115	0.086	0.002	0.052	1.068
最大值	1.120	1.810	3.995	0.770	1.210	0.030	0.725	4.180
最小值	0	0	0	0	0	0	0	0.160
平均值占比	21.24%	23.81%	31.04%	10.77%	8.09%	0.20%	4.85%	/

表 6.6.4-16 春季大型底栖生物栖息密度分布（单位：ind/m^2）

站位	环节	节肢	软体	棘皮	脊索	纽形	刺胞	合计
SW02	30.000	0	0	0	0	0	0	30.000
SW03	5.000	0	0	0	15.000	0	0	20.000
SW05	0	0	0	5.000	0	0	0	5.000

站位	环节	节肢	软体	棘皮	脊索	纽形	刺胞	合计
SW06	0	5.000	0	5.000	0	0	0	10.000
SW08	10.000	5.000	45.000	5.000	0	0	0	65.000
SW10	20.000	10	0	5.000	0	0	0	35.000
SW11	5.000	5.000	0	0	0	0	0	10.000
SW12	5.000	10	0	0	0	0	0	15.000
SW13	5.000	5.000	25.000	0	0	0	0	35.000
SW16	5.000	5.000	0	20.000	0	5.000	0	35.000
SW17	10.000	0	5.000	0	0	0	0	15.000
SW18	15.000	0	5.000	10.000	0	0	0	30.000
SW19	15.000	0	10.000	0	0	0	0	25.000
SW21	5.000	0	0	0	0	0	5.000	10.000
合计	130.000	45.000	90.000	50.000	15.000	5.000	5.000	340.000
平均值	9.286	3.214	6.429	3.571	1.071	0.357	0.357	24.286
最大值	30.000	10.000	45.000	20.000	15.000	5.000	5.000	65.000
最小值	0	0	0	0	0	0	0	5.000
平均值占比	38.24%	13.24%	26.47%	14.71%	4.41%	1.47%	1.47%	/

③优势种

以优势度指数 $Y \geqslant 0.02$ 为判断标准，本次调查无明显优势种，其中优势度排在前三位的为光滑倍棘蛇尾（*Amphioplus laevis*）、瑞氏光蛤蜊（*Mactrinula reevesii*）和洼颚倍棘蛇尾（*Amphioplus depressus*）

表 6.6.4-17 春季大型底栖生物优势种组成

优势种	拉丁名	优势度（*Y*）
光滑倍棘蛇尾	*Amphioplus laevis*	0.019
瑞氏光蛤蜊	*Mactrinula reevesii*	0.019
洼颚倍棘蛇尾	*Amphioplus depressus*	0.017

④生物多样性指数及均匀度指数

本次调查海域的大型底栖生物各站位的种数范围为 1~6 种，多样性指数变化范围在 0～2.252 之间，平均值为 1.473，其中 SW02 和 SW18 站位最高，SW05 站位最低；均匀度指数变化范围在 0～1.000 之间，平均值为 0.861，其中 SW06、SW11、SW17 和 SW21 站位最高，SW05 站位最低。

表 6.6.4-18 春季大型底栖生物多样性指数及均匀度指数

站位	种类数	多样性指数(*H'*)	均匀度指数(*J*)	丰富度指数（*D*）
SW02	5	2.252	0.970	1.547
SW03	2	0.811	0.811	0.500
SW05	1	0	0	0.000
SW06	2	1.000	1.000	1.000
SW08	6	1.854	0.717	1.351
SW10	5	2.236	0.963	1.425

站位	种类数	多样性指数(*H'*)	均匀度指数(*J*)	丰富度指数（*D*）
SW11	2	1.000	1.000	1.000
SW12	2	0.918	0.918	0.631
SW13	5	2.128	0.916	1.425
SW16	4	1.664	0.832	1.069
SW17	3	1.585	1.000	1.262
SW18	5	2.252	0.970	1.547
SW19	4	1.922	0.961	1.292
SW21	2	1.000	1.000	1.000
平均值	/	1.473	0.861	1.075

⑤小结

春季调查共记录大型底栖生物 7 门 8 纲 16 目 29 科 33 种，分属 7 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、纽形动物和刺胞动物；大型底栖生物的生物量范围在（0.160~4.180）g/m^2 之间，平均生物量为 1.068g/m^2；栖息密度范围在（5.000~65.000）ind/m^2 之间，平均栖息密度为 24.286ind/m^2；本次调查无明显优势种。多样性指数变化范围在 0～2.252 之间，平均值为 1.473；均匀度指数变化范围在 0～1.000 之间，平均值为 0.861。

（2）秋季

①种类组成

本次大型底栖生物调查共记录大型底栖生物 6 门 9 纲 17 目 30 科 38 种，分属 6 个不同类群，即环节动物、棘皮动物、脊索动物、节肢动物、星虫动物和纽虫动物。其中环节动物种类数最多，为 23 种，占种类总数的 60.53%。

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 14 个站位大型底栖生物的生物量范围在（0.210~7.405）g/m^2 之间，平均生物量为 1.926 g/m^2，其中 SW05 站位的生物量最高，SW12 站位生物量最低；栖息密度范围在（5.000~35.000）ind/m^2 之间，平均栖息密度为 19.643 ind/m^2，其中 SW05 站位的栖息密度最高，SW13 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环节动物生物量最高，生物量为 13.950 g/m^2，占总生物量的 51.74%；其次为棘皮动物，生物量为 6.830g/m^2，占总生物量的 25.33%，最低为纽形动物，生物量为 0.260 g/m^2，占总生物量的 0.96%。

环节动物栖息密度最高，为 140.000ind/m^2，占总栖息密度的 50.91%；其次为棘皮动物，栖息密度为 70.000ind/m^2，占总栖息密度 25.45%，最低为纽形动物和脊

索动物，栖息密度为 10.000ind/m^2，各占总栖息密度的 3.64%。

表 6.6.4-19 秋季大型底栖生物生物量分布（单位：g/m^2）

站位	环节动物	节肢动物	棘皮动物	星虫动物	纽形动物	脊索动物	合计
SW02	0	0	1.570	0	0	0.155	1.725
SW03	1.205	0	0.155	0	0.080	0	1.440
SW05	2.595	0	2.045	2.765	0	0	7.405
SW06	0.550	0	0	0	0	0	0.550
SW08	1.005	0	0.730	0	0	0	1.735
SW10	0.035	0	0.425	0	0	1.660	2.120
SW11	0.200	0	0.185	0	0	0	0.385
SW12	0.210	0	0	0	0	0	0.210
SW13	0.325	0	0	0	0	0	0.325
SW16	0.035	0	1.425	0	0	0	1.460
SW17	6.570	0	0.295	0.035	0	0	6.900
SW18	0.030	0.585	0	0.055	0.180	0	0.850
SW19	0.295	0.565	0	0	0	0	0.860
SW21	0.895	0.100	0	0	0	0	0.995
合计	13.950	1.250	6.830	2.855	0.260	1.815	26.960
平均值	0.996	0.089	0.488	0.204	0.019	0.130	1.926
最大值	6.570	0.585	2.045	2.765	0.180	1.660	7.405
最小值	0	0	0	0	0	0	0.210
平均值占比	51.74%	4.64%	25.33%	10.59%	0.96%	6.73%	/

表 6.6.4-20 秋季大型底栖生物栖息密度分布（单位：ind/m^2）

站位	环节动物	节肢动物	棘皮动物	星虫动物	纽形动物	脊索动物	合计
SW02	0	0	5.000	0	0	5.000	10.000
SW03	15.000	0	5.000	0	5.000	0	25.000
SW05	15.000	0	15.000	5.000	0	0	35.000
SW06	15.000	0	0	0	0	0	15.000
SW08	15.000	0	10	0	0	0	25.000
SW10	5.000	0	5.000	0	0	5.000	15.000
SW11	5.000	0	5.000	0	0	0	10.000
SW12	10.000	0	0	0	0	0	10.000
SW13	5.000	0	0	0	0	0	5.000
SW16	5.000	0	20.000	0	0	0	25.000
SW17	15.000	0	5.000	5.000	0	0	25.000
SW18	5.000	10.000	0	10.000	5.000	0	30.000
SW19	20.000	10.000	0	0	0	0	30.000
SW21	10.000	5.000	0	0	0	0	15.000
合计	140.000	25.000	70.000	20.000	10.000	10.000	275.000
平均值	10.000	1.786	5.000	1.429	0.714	0.714	19.643
最大值	20.000	10.000	20.000	10.000	5.000	5.000	35.000
最小值	0	0	0	0	0	0	5.000
平均值占比	50.91%	9.09%	25.45%	7.27%	3.64%	3.64%	/

③优势种

以优势度指数 $Y \geqslant 0.02$ 为判断标准，本次调查无明显优势种，其中出现数量较多的有光滑倍棘蛇尾（*Amphioplus laevis*）、洼颚倍棘蛇尾（*Amphioplus depressus*）、毛头梨体星虫（*Apionsoma trichocephala*）等。

④生物多样性水平

本次调查海域的大型底栖生物种类数范围在 1~5 种，多样性指数变化范围在 0～2.322 之间，平均值为 1.548，其中 SW03 和 SW17 站位最高，SW13 站位最低；均匀度指数变化范围在 0.722～1.000 之间，平均值为 0.965，其中 SW16 站位最低；丰富度指数变化范围在 0.431～1.723 之间，平均值为 1.267，其中 SW03 和 SW17 站位最高，SW16 站位最低

表 6.6.4-21 秋季大型底栖生物多样性、均匀度、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)
SW02	2	1.000	1.000	1.000
SW03	5	2.322	1.000	1.723
SW05	5	2.128	0.916	1.425
SW06	3	1.585	1.000	1.262
SW08	4	1.922	0.961	1.292
SW10	3	1.585	1.000	1.262
SW11	2	1.000	1.000	1.000
SW12	2	1.000	1.000	1.000
SW13	1	0	/	/
SW16	2	0.722	0.722	0.431
SW17	5	2.322	1.000	1.723
SW18	5	2.252	0.970	1.547
SW19	5	2.252	0.970	1.547
SW21	3	1.585	1.000	1.262
平均值	/	1.548	0.965	1.267

注：“/”表示该项无法计算。

⑤小结

秋季调查共记录大型底栖生物 6 门 9 纲 17 目 30 科 38 种，分属 6 个不同类群，即环节动物、棘皮动物、脊索动物、节肢动物、星虫动物和纽虫动物；大型底栖生物的生物量范围在（0.210~7.405）g/m^2 之间，平均生物量为 1.926 g/m^2；栖息密度范围在（5.000~35.000）ind/m^2 之间，平均栖息密度为 19.643 ind/m^2；本次调查无明显优势种；多样性指数变化范围在 0～2.322 之间，平均值为 1.548；均匀度指数变化范围在 0.722～1.000 之间，平均值为 0.965。

6.6.4.5潮间带生物

（1）春季

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：SC01、SC02 断面为沙滩断面，SC03 断面为沙滩-岩石断面。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 17 目 29 科 38 种，其中包括节肢动物 17 种、软体动物 16 种、环节动物 3 种，棘皮动物和脊索动物各 1 种，分别占种类总数的 44.74%、42.11%、7.89%、2.63%及

2.63%。

②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 142.611g/m^2，平均栖息密度为 312.889ind/m^2。SC03 断面的生物量最大，为 199.594g/m^2；SC02 断面的栖息密度最大，为 626.000ind/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；节肢动物平均栖息密度最高，其次是软体动物。

表 6.6.4-22 春季潮间带各断面生物量和栖息密度分布

断面	项目	环节	脊索	节肢	软体	合计
SC01	密度（个/m^2）	0	0	12.000	82.667	94.667
	生物量（g/m^2)	0	0	23.499	48.415	71.914
SC02	密度（个/m^2）	0	0	438.000	188.000	626.000
	生物量（g/m^2)	0	0	73.491	82.835	156.326
SC03	密度（个/m^2）	19.333	4.000	78.666	116.000	217.999
	生物量（g/m^2)	1.628	0.296	53.434	144.236	199.594
平均值	密度（个/m^2）	6.444	1.333	176.222	128.889	312.889
	生物量（g/m^2)	0.543	0.099	50.141	91.829	142.611

③潮间带各站位生物量及栖息密度分布

3 个调查断面中，SC03 断面的低潮带生物量最高，为 175.900g/m^2；其次是 SC02 断面的低潮带，生物量为 64.028g/m^2；SC03 断面的中潮带生物量为最低，为 1.026g/m^2。SC02 断面低潮带的栖息密度最高，为 532.000ind/m^2；其次是 SC03 断面的低潮带，栖息密度为 180.000ind/m^2；SC02 断面的高潮带的栖息密度最低，为 6.000ind/m^2。

表 6.6.4-23 春季潮间带各站位生物量和栖息密度分布（单位：生物量 g/m^2；栖息密 ind/m^2）

采样点	项目	环节动物	脊索动物	节肢动物	软体动物	总计
SC01 高潮带	生物量	0	0	19.914	0	19.914
	栖息密度	0	0	8.000	0	8.000
SC01 中潮带	生物量	0	0	3.585	11.783	15.368
	栖息密度	0	0	4.000	30.667	34.667
SC01 低潮带	生物量	0	0	0	36.632	36.632
	栖息密度	0	0	0	52.000	52.000
SC02 高潮带	生物量	0	0	54.812	0	54.812
	栖息密度	0	0	6.000	0	6.000
SC02 中潮带	生物量	0	0	5.199	32.287	37.486
	栖息密度	0	0	24.000	64.000	88.000
SC02 低潮带	生物量	0	0	13.480	50.548	64.028
	栖息密度	0	0	408.000	124.000	532.000
SC03 高潮带	生物量	1.176	0	21.492	0	22.668
	栖息密度	2.000	0	16.000	0	18.000
SC03 中潮带	生物量	0.452	0	0.574	0	1.026
	栖息密度	17.333	0	2.666	0	19.999

采样点	项目	环节动物	脊索动物	节肢动物	软体动物	总计
SC03 低潮带	生物量	0	0.296	31.368	144.236	175.900
	栖息密度	0	4.000	60.000	116.000	180.000

④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 SC03＞SC02＞SC01，栖息密度由高到低排序为 SC02＞SC03＞SC01。

表 6.6.4-24 春季潮间带生物水平分布

项目	SC01	SC02	SC03
生物量（g/m²）	23.971	52.109	66.531
栖息密度（ind/m²）	31.556	208.667	72.666

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＞高潮带＞中潮带，栖息密度由高到低排序为低潮带＞中潮带＞高潮带。

表 6.6.4-25 春季潮间带生物垂直分布

项目	高潮带	中潮带	低潮带
生物量（g/m²）	32.465	17.960	92.187
栖息密度（ind/m²）	10.667	47.555	254.667

⑤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 6 种，分别为狄氏斧蛤（*Donax dysoni*）、块斑纹藤壶（*Amphibalanus poecilotheca*）、楔形斧蛤（*Donax cuneatus*）、紫藤斧蛤（*Donax semigranosus semigranosus*）、痕掌沙蟹 *Ocypode stimpsoni*）和鹅茗荷（*Lepas anserifera*）。其中狄氏斧蛤为第一优势种，优势度为 0.161。

表 6.6.4-26 春季潮间带生物优势种

优势种	拉丁名	优势度（*Y*）
狄氏斧蛤	*Donax dysoni*	0.161
块斑纹藤壶	*Amphibalanus poecilotheca*	0.086
楔形斧蛤	*Donax cuneatus*	0.061
紫藤斧蛤	*Donax semigranosus semigranosus*	0.027
痕掌沙蟹	*Ocypode stimpsoni*	0.025
鹅茗荷	*Lepas anserifera*	0.024

⑥潮间带生物多样性指数和均匀度

本次调查海区潮间带生物多样性指数的变化范围在 1.697～3.709 之间，平均值为 2.469；均匀度指数的变化范围在 0.667～0.873 之间，平均值为 0.757。

表 6.6.4-27 春季潮间带生物多样性指数及均匀度指数

采样站号	样方内种类数	样方内个体数	多样性指数（*H′*）	均匀度指数（*J*）	丰富度指数（*D*）
SC01	5	43	1.697	0.731	0.737
SC02	8	202	2.000	0.667	0.914
SC03	19	69	3.709	0.873	2.947
平均值	/	/	2.469	0.757	1.533

⑦小结

春季共记录潮间带生物 5 门 7 纲 17 目 29 科 38 种，其中节肢动物 17 种、软体动物 16 种、环节动物 3 种，棘皮动物和脊索动物各 1 种；3 个断面定量调查的总平均生物量为 142.611g/m^2，总平均栖息密度为 312.889ind/m^2；从水平分布上看，生物量由高到低排序为 SC03＞SC02＞SC01，栖息密度由高到低排序为 SC02＞SC03＞SC01；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；优势种共有 6 种。多样性指数的变化范围在 1.697～3.709 之间，平均值为 2.469；均匀度指数的变化范围在 0.667～0.873 之间，平均值为 0.757。

（2）秋季

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：SC01、SC02 断面为沙滩断面；SC03 断面为沙滩-岩石断面。本次潮间带生物定性定量调查，共记录潮间带生物 3 门 5 纲 16 目 24 科 30 种，其中包括软体动物 19 种、节肢动物 8 种和环节动物 3 种，分别占种类总数的 63.33%、26.67%及 10.00%。

②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 226.664 g/m^2，平均栖息密度为 240.889 ind/m^2。SC03 断面的生物量最大，为 556.065 g/m^2；SC03 断面的栖息密度最大，为 612.667 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 6.6.4-28 秋季潮间带各断面生物量和栖息密度分布

断面	项目	环节动物	节肢动物	软体动物	合计
SC01	栖息密度（ind/m^2）	0	12.000	33.334	45.334
	生物量（g/m^2）	0	21.722	59.016	80.738
SC02	栖息密度（ind/m^2）	0	16.667	48.000	64.667
	生物量（g/m^2）	0	9.682	33.508	43.190
SC03	栖息密度（ind/m^2）	13.333	56.667	542.667	612.667
	生物量（g/m^2）	0.217	89.944	465.904	556.065
平均值	栖息密度（ind/m^2）	4.444	28.445	208.000	240.889
	生物量（g/m^2）	0.072	40.449	186.143	226.664

③潮间带各站位生物量及栖息密度分布

3 个调查断面中，SC03 断面的低潮带生物量最高，为 528.188 g/m^2；其次是 SC01 断面的低潮带，生物量为 39.968 g/m^2；SC03 断面的高潮带生物量为最低，为

1.532 g/m²。SC03 断面低潮带的栖息密度最高，为 544.000 ind/m²；其次是 SC03 断面的中潮带，栖息密度为 66.667 ind/m²；SC03 断面的高潮带的栖息密度最低，为 2.000 ind/m²。

表 6.6.4-29 秋季潮间带各站位生物量和栖息密度分布

采样点	项目	环节动物	节肢动物	软体动物	总计
SC01 高潮带	栖息密度（ind/m²）	0	8.000	4.000	12.000
	生物量（g/m²）	0	14.014	2.868	16.882
SC01 中潮带	栖息密度（ind/m²）	0	4.000	5.334	9.334
	生物量（g/m²）	0	7.708	16.180	23.888
SC01 低潮带	栖息密度（ind/m²）	0	0	24.000	24.000
	生物量（g/m²）	0	0	39.968	39.968
SC02 高潮带	栖息密度（ind/m²）	0	10	0	10
	生物量（g/m²）	0	7.094	0	7.094
SC02 中潮带	栖息密度（ind/m²）	0	2.667	0	2.667
	生物量（g/m²）	0	2.388	0	2.388
SC02 低潮带	栖息密度（ind/m²）	0	4.000	48.000	52.000
	生物量（g/m²）	0	0.200	33.508	33.708
SC03 高潮带	栖息密度（ind/m²）	0	2.000	0	2.000
	生物量（g/m²）	0	1.532	0	1.532
SC03 中潮带	栖息密度（ind/m²）	1.333	2.667	62.667	66.667
	生物量（g/m²）	0.065	0.948	25.332	26.345
SC03 低潮带	栖息密度（ind/m²）	12.000	52.000	480	544.000
	生物量（g/m²）	0.152	87.464	440.572	528.188

④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 SC03＞SC01＞SC02，栖息密度由高到低排序为 SC03＞SC02＞SC01。

表 6.6.4-30 秋季潮间带生物水平分布

项目	SC01	SC02	SC03
栖息密度（ind/m²）	15.111	21.556	204.222
生物量（g/m²）	26.913	14.397	185.355

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 6.6.4-31 秋季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/m²）	8.000	26.223	206.667
生物量（g/m²）	8.503	17.540	200.621

⑤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 6 种，分别为狄氏斧蛤（*Donax dysoni*）、紫藤斧蛤（*Donax semigranosus semigranosus*）、痕掌沙蟹（*Ocypode stimpsoni*）、塔结节滨螺（*Littoraria trochoides*）、翡翠贻贝（*Perna viridis*）和变化短齿蛤（*Brachidontes variabilis*）。其中狄氏斧蛤为第一优势

种，优势度为 0.217。

表 6.6.4-32 秋季潮间带生物优势种

优势种	拉丁名	优势度（*Y*）
狄氏斧蛤	*Donax dysoni*	0.217
紫藤斧蛤	*Donax semigranosus semigranosus*	0.106
痕掌沙蟹	*Ocypode stimpsoni*	0.066
塔结节滨螺	*Littoraria trochoides*	0.043
翡翠贻贝	*Perna viridis*	0.041
变化短齿蛤	*Brachidontes variabilis*	0.024

⑥潮间带生物多样性水平

本次调查海区潮间带生物多样性指数的变化范围在 1.813～3.847 之间，平均值为 2.642；均匀度指数的变化范围在 0.781～0.877 之间，平均值为 0.832；丰富度指数的变化范围在 0.926～3.048 之间，平均值为 1.717。

表 6.6.4-33 秋季潮间带生物多样性、均匀度、丰富度指数

站位	样方内种类数	样方内个体数	多样性指数（*H′*）	均匀度指数（*J*）	丰富度指数（*D*）
SC01	6	19	2.266	0.877	1.177
SC02	5	20	1.813	0.781	0.926
SC03	24	187	3.847	0.839	3.048
平均值	/	/	2.642	0.832	1.717

注：种类数单位为种，个体数单位为 ind。

⑦小结

秋季共记录潮间带生物 3 门 5 纲 16 目 24 科 30 种，其中包括软体动物 19 种、节肢动物 8 种和环节动物 3 种；3 个断面定量调查的总平均生物量为 226.664 g/m^2，总平均栖息密度为 240.889ind/m^2；从水平分布上看，生物量由高到低排序为 SC03＞SC01＞SC02，栖息密度由高到低排序为 SC03＞SC02＞SC01；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；优势种共有 6 种。多样性指数的变化范围在 1.813～3.847 之间，平均值为 2.642；均匀度指数的变化范围在 0.781～0.877 之间，平均值为 0.832。

6.7渔业资源现状调查与评价

6.7.1 调查概况

项目委托广州海兰图检测技术有限公司分别于 2023 年 4 月和 2023 年 9 月在项目附近海域进行渔业资源调查。具体站位详见 6.3.2 节。调查项目包括鱼卵仔稚鱼

和游泳生物。

6.7.2 采样和分析方法

6.7.2.1 采样方法

（1）鱼卵和仔稚鱼

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）或大型浮游生物网（30m＜水深＜200m）垂直采样，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，网具采用浅水I型浮游生物网或大型浮游生物网，于表层水平拖曳 10min 取得，拖速保持在 2 节左右。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。

（2）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，放网时间以停止曳纲投放，曳纲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等，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纲时间为准。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）。

6.7.2.2 分析方法

样品的分析采用《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 6.7.2-1。

表 6.7.2-1 渔业资源调查分析方法

检测指标	检测依据	分析方法
游泳生物	《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
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

6.7.3 计算方法

（1）鱼卵仔稚鱼密度：

水平拖网密度计算：

$$N = \frac{n}{t \times V \times S}$$

式中：*N*—鱼卵仔稚鱼密度（ind/m^3）；

n—每网鱼卵仔稚鱼数量，单位为（ind）；

S—网口面积（m^2），$S_{大型浮游生物网}$=0.5 m^2；

t—拖网时间（h）；

V—拖速（m/h）；

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/m^3）；

n—每网鱼卵仔稚鱼数量，单位为（ind）；

S—网口面积（m^2），$S_{浅水I型网}$=0.2 m^2；

L—采样绳长（m），垂直拖网 L=水深-2m。

（2）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/km^2）或个体密度（ind/km^2）；

a—底拖网每小时的扫海面积（扫海宽度取浮纲长度的 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）。

（3）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。

6.7.4 渔业资源调查结果

6.7.4.1 鱼卵仔稚鱼

（1）春季

①种类组成

本次鱼卵仔稚鱼水平拖网的 18 个样品中，共出现了鱼卵 18 种，其中包括鲈形目 10 种，鲱形目 2 种，鲉形目 2 种，鲻形目、鲽形目、仙女鱼目和鳗鲡目各 1 种；仔稚鱼 25 种，其中包括鲈形目 9 种，灯笼鱼目 5 种，鲽形目 4 种，鲱形目 4 种，鲻形目 2 种，鲉形目和银汉鱼目各 1 种。

表 6.7.4-1 春季鱼卵仔稚鱼种类组成（单位：ind）

序号	纲目类群	物种	拉丁名	鱼卵	仔稚鱼	鱼卵	仔稚鱼	鱼卵	仔稚鱼
						水平拖网		垂直拖网	
1	灯笼鱼目	虹灯鱼属	*Lampadena* sp.		+	0	1	0	0
2	灯笼鱼目	炬灯鱼属	*Bolinichthys* sp.		+	0	1	0	0
3	灯笼鱼目	眶灯鱼属	*Diaphus* sp.		+	0	33	0	2
4	灯笼鱼目	明灯鱼属	*Diogenichthys* sp.		+	0	1	0	0
5	灯笼鱼目	壮灯鱼属	*Hygophum* sp.		+	0	1	0	1
6	鲽形目	鲆科	Bothidae		+	0	3	0	0
7	鲽形目	短额鲆属	*Engyprosopon* sp.		+	0	2	0	0
8	鲽形目	无线鳎属	*Symphurus* sp.		+	0	1	0	0
9	鲽形目	鳎科	Soleidae	+		18	0	0	0

10	鲽形目	大鳞鲆属	*Tarphops* sp.		+	0	8	0	0
11	鲱形目	鲱科	Clupeidae	+		13	0	0	0
12	鲱形目	拟沙丁鱼属	*Sardinops* sp.		+	0	6	0	0
13	鲱形目	鳀科	Engraulidae	+		466	0	1	0
14	鲱形目	鳀鱼	*Engraulis japonicus*		+	0	0	0	2
15	鲱形目	小公鱼属	*Stolephorus* sp.		+	0	18	0	0
16	鲈形目	大眼鲷科	Priacanthidae	+		1	0	0	0
17	鲈形目	带鱼科	Trichiuridae	+		1	0	0	0
18	鲈形目	笛鲷科	Lutjanidae	+		138	0	4	0
19	鲈形目	鲷科	Sparidae	+		1888	0	4	0
20	鲈形目	鹓科	Theraponidae		+	0	3	0	0
21	鲈形目	隆头鱼科	Labridae	+		3	0	0	0
22	鲈形目	裸颊鲷科	Lethrinidae	+		4	0	0	0
23	鲈形目	金枪鱼属	*Thunnus* sp.		+	0	1	0	0
24	鲈形目	鲹科	Carangidae		+	0	38	0	1
25	鲈形目	副叶鲹属	*Alepes* sp.		+	0	4	0	0
26	鲈形目	石首鱼科	Sciaenidae	+	+	12	2	0	0
27	鲈形目	天竺鲷科	Apogonidae	+	+	12	51	0	2
28	鲈形目	鲬科	Cirrhitidae	+		1	0	0	0
29	鲈形目	多鳞鱚	Sillago sihama		+	0	1	0	0
30	鲈形目	绯鲤属	*Upeneus* sp.		+	0	3	0	0
31	鲈形目	银鲈科	Gerreidae		+	0	19	0	0
32	鲈形目	油鲹	*Sphyraena pinguis*	+		2742	0	5	0
33	鳗鲡目	蛇鳗科	Ophichthyidae	+		2	0	0	0
34	仙女鱼目	狗母鱼科	Synodontidae	+		7	0	0	0
35	银汉鱼目	银汉鱼科	Atherinidae		+	0	3	0	0
36	鮋形目	鲉科	Platycephalidae	+	+	6	2	0	0
37	鮋形目	鮋科	Scorpaenidae	+		99	0	0	0
38	鲻形目	鲻科	Mugilidae	+		20	0	0	0
39	鲻形目	龟鮻属	*Chelon* sp.		+	0	66	0	1
40	鲻形目	莫鲻属	*Moolgarda* sp.		+	0	1	0	0
合计						5433	269	14	9

注：“+”表示该发育阶段物种出现情况。

②数量分布

调查 14 个站位的鱼卵仔稚鱼垂直拖网共采到鱼卵 14 ind，仔稚鱼 9 ind；鱼卵平均密度为 0.239 ind/m^3，仔稚鱼平均密度为 0.136 ind/m^3。SW02 站位鱼卵密度最高，密度为 0.645 ind/m^3，其次是 SW18 站位，密度为 0.413 ind/m^3，共 11 个站位采获到鱼卵；SW08 站位仔稚鱼密度最高，密度为 0.311 ind/m^3，其次是 SW05 站位，密度为 0.251 ind/m^3，共 9 个站位采获到仔稚鱼。

表 6.7.4-2 春季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）
SW02	0.645	0

站位	鱼卵仔稚鱼发育期	
	鱼卵（ind/m^3）	仔稚鱼（ind/m^3）
SW03	0	0
SW05	0	0.251
SW06	0.267	0
SW08	0.311	0.311
SW10	0.218	0
SW11	0.207	0.207
SW12	0.205	0.205
SW13	0.222	0
SW16	0.368	0.184
SW17	0	0.198
SW18	0.413	0.207
SW19	0.307	0.153
SW21	0.185	0.185
均值	0.239	0.136
范围	0~0.645	0~0.311

③主要种类的数量分布（水平拖网）

1）鲷科（Sparidae）

鲷科鱼类广泛分布于大西洋、印度洋和太平洋的热带海域，仅少数种类可游入咸淡水和淡水，广东省沿海分布甚为普遍，是我国沿海重要经济鱼类，属于高级的食用鱼类，具高经济及商业价值，部分种类更是为驯化为养殖鱼类。本次水平拖网调查出现的鲷科鱼卵共有 1888 粒，出现在 14 个站位，鲷科鱼卵在调查海域中 SW16 站位数量最多。

2）油鲹（*Sphyraena pinguis*）

油鲹分布于中国、朝鲜、日本、印度、菲律宾及非洲东部等沿海。在中国分布于渤海（秦皇岛、唐山、天津）、黄海、东海、南海。油鲹为凶猛鱼类。栖息子近海的中下层。性喜群游，但不结成大群。肉食性，摄食小虾和幼鱼。经济鱼类，但种群数量为多。本次水平拖网调查出现的油鲹鱼卵共有 2742 粒，出现在 14 个站位，油鲹鱼卵在调查海域中 SW11 站位数量最多。

④小结

春季定性调查中共记录鱼卵 18 种；仔稚鱼 26 种。调查区域垂直拖网的鱼卵平均密度为 0.239ind/m^3；仔稚鱼平均密度为 0.136ind/m^3。

（2）秋季

①种类组成

本次鱼卵仔稚鱼调查中，共出现了鱼卵 21 种，其中包括鲈形目 11 种，鲱形目 3 种，鲽形目 2 种，鳗鲡目、鲀形目、仙女鱼目、鮨形目和鳚形目各 1 种；仔稚鱼 12 种，其中包括鲈形目 8 种，鲱形目 2 种，鲽形目和鲀形目各 1 种。

表 6.7.4-3 秋季鱼卵仔稚鱼拖网种类组成（单位：ind）

序号	纲目类群	物种	拉丁名	鱼卵	仔稚鱼	鱼卵	仔稚鱼	鱼卵	仔稚鱼
						水平拖网		垂直拖网	
1	鲽形目	短额鲆属	*Engyprosopon* sp.		+	0	1	0	0
2	鲽形目	舌鳎科	Cynoglossidae	+		8	0	0	0
3	鲽形目	鳎科	Soleidae	+		82	0	1	0
4	鲱形目	鲱科	Clupeidae	+		22	0	0	0
5	鲱形目	鳓属	*Ilisha* sp.	+		31	0	0	0
6	鲱形目	鳀科	Engraulidae	+		3988	0	2	0
7	鲱形目	鳀鱼	*Engraulis japonicus*		+	0	2	0	0
8	鲱形目	半棱鳀属	*Encrasicholina* sp.		+	0	187	0	0
9	鲈形目	鳚属	*Lepidotrigla* sp.	+		5028	0	3	0
10	鲈形目	笛鲷科	Lutjanidae	+		2673	0	0	0
11	鲈形目	鲷科	Sparidae	+	+	6426	6	9	0
12	鲈形目	金线鱼科	Nemipteridae		+	0	0	0	1
13	鲈形目	隆头鱼科	Labridae		+	0	2	0	0
14	鲈形目	裸颊鲷科	Lethrinidae	+		8	0	0	0
15	鲈形目	鲭科	Scombrida	+		14	0	0	0
16	鲈形目	鲹科	Carangidae	+	+	4	6	0	0
17	鲈形目	石首鱼科	Sciaenidae	+		4	0	0	0
18	鲈形目	天竺鲷科	Apogonidae	+	+	1	1	0	0
19	鲈形目	肩鳃鳚属	*Omobranchus* sp.		+	0	3	0	0
20	鲈形目	鲬科	Cirrhitidae	+		261	0	0	0
21	鲈形目	鳢科	Sillaginidae	+	+	62	1	0	0
22	鲈形目	银鲈科	Gerreidae		+	0	64	0	0
23	鲈形目	舒科	Sphyraenidae	+		28	0	0	0
24	鳗鲡目	蛇鳗科	Ophichthyidae	+		92	0	0	0
25	鲀形目	鲀科	Tetraodontidae	+		6	0	0	0
26	鲀形目	东方鲀属	*Takifugu* sp.		+	0	0	0	1
27	仙女鱼目	狗母鱼科	Synodontidae	+		200	0	0	0
28	鲉形目	鲉科	Scorpaenidae	+		2	0	1	0
29	鲻形目	鲻科	Mugilidae	+		36	0	0	0
合计						18976	273	16	2

②数量分布

调查 14 个站位的鱼卵仔稚鱼垂直拖网共采到鱼卵 16 ind，仔稚鱼 2 ind；鱼卵平均密度为 0.264 ind/m^3，仔稚鱼平均密度为 0.034 ind/m^3。SW03 站位鱼卵密度最高，密度为 0.568 ind/m^3，其次是 SW13 站位，密度为 0.448 ind/m^3，共 12 个站位采获到鱼卵；SW06 站位仔稚鱼密度最高，密度为 0.291 ind/m^3，其次是 SW21 站位，密度为 0.178 ind/m^3，共 2 个站位采获到仔稚鱼。

表 6.7.4-4 秋季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）

站位	鱼卵仔稚鱼发育期	
	鱼卵（ind/m^3）	仔稚鱼（ind/m^3）
SW02	0	0
SW03	0.568	0
SW05	0.249	0
SW06	0.275	0
SW08	0.291	0.291
SW10	0	0
SW11	0.415	0
SW12	0.203	0
SW13	0.448	0
SW16	0.183	0
SW17	0.391	0
SW18	0.202	0
SW19	0.296	0
SW21	0.178	0.178
均值	0.264	0.034
范围	0~0.568	0~0.291

③主要种类的数量分布（水平拖网）

1）鲷科（Sparidae）

鲷科鱼类广泛分布于大西洋、印度洋和太平洋的热带海域，仅少数种类可游入咸淡水和淡水，广东省沿海分布甚为普遍，是我国沿海重要经济鱼类，属于高级的食用鱼类，具高经济及商业价值，部分种类更是为驯化为养殖鱼类。本次水平拖网调查出现的鲷科鱼卵共有 6426 粒，出现在 14 个站位，鲷科鱼卵在调查海域中 SW02 站位数量最多；鲷科仔稚鱼共有 6 尾，出现在 SW19 站位。

2）鳀科（Engraulidae）

鳀科鱼类广泛分布于全球各大海域，是海洋中掠食者所捕食的饵料生物。其中鳀鱼是一种高蛋白、富含不饱和脂肪酸和鲜味组分的营养健康的美味食品，可用来加工为海产休闲食品，具有经济及商业价值。本次水平拖网调查出现的鳀科鱼卵共有 3988 粒，出现在 14 个站位，鳀科鱼卵在调查海域中 SW08 站位数量最多。

3）鳚属（*Lepidotrigla* sp.）

鳚鱼分布于红海、印度洋、南洋群岛、澳大利亚北部、中国台湾岛以及中国南海等海域，主要栖息于热带海洋的近岸或稍碱的水域。主要栖息于沿岸砂泥底质水域，大多栖息于浅水域，水深约在 1-40 公尺之间，有时会进入深水域，有时会进入河口区。一般在底层活动觅食，肉食性，以底栖生物为食。以流刺网或岸边滩钓均有可能捕获。为鳚科中体型较大的鱼种，味美且肉较多，红烧、煮汤皆宜。本次水平拖网调查出现的鳚属鱼卵共有 5028 粒，出现在 8 个站位，鳚属鱼卵在调查海域中 SW08 站位数量最多。

④小结

秋季定性调查中共记录鱼卵 21 种；仔稚鱼 12 种。调查区域垂直拖网的鱼卵平均密度为 0.264ind/m^3；仔稚鱼平均密度为 0.034ind/m^3。

6.7.4.2游泳生物

（1）春季

①种类组成

此次项目船号为粤陆渔 26001，使用的网具为网口宽 8m、网衣长 14m、网口目 20mm、网囊目 15mm 的底拖网，平均拖网船速控制在 2.8kn 左右。

本次游泳动物调查共捕获 3 门 3 纲 15 目 54 科 124 种，其中：鱼类 72 种，占总种类数的 58.06%，虾类 21 种（其中虾蛄类 5 种），占总种类数的 16.94%，蟹类 25 种，占总种类数的 20.16%，头足类 6 种，占总种类数的 4.84%。

②渔获率

1）尾数渔获率

本次调查该海区 14 个站位的游泳动物平均尾数渔获率为 879ind/h。其中，鱼类平均尾数渔获率为 355ind/h，占游泳动物平均尾数渔获率的 40.40%；虾类平均尾数渔获率为 344ind/h，占游泳动物平均尾数渔获率的 39.09%；蟹类平均尾数渔获率为 163ind/h，占游泳动物平均尾数渔获率的 18.53%；头足类的平均尾数渔获率为 17ind/h，占游泳动物平均尾数渔获率的 1.98%。

表 6.7.4-5 春季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
SW02	1131	173	831	125	2	15.30	73.47	11.05	0.18
SW03	638	220	183	219	16	34.48	28.68	34.33	2.51
SW05	756	179	505	59	13	23.68	66.80	7.80	1.72
SW06	1242	97	861	281	3	7.81	69.32	22.62	0.24
SW08	1346	722	372	237	15	53.64	27.64	17.61	1.11
SW10	1101	364	540	174	23	33.06	49.05	15.80	2.09
SW11	415	168	79	149	19	40.48	19.04	35.90	4.58
SW12	922	199	397	326	0	21.58	43.06	35.36	0
SW13	1060	608	260	181	11	57.36	24.53	17.08	1.04
SW16	579	283	84	184	28	48.88	14.51	31.78	4.84
SW17	1433	1141	98	133	61	79.62	6.84	9.28	4.26
SW18	804	474	253	40	37	58.96	31.47	4.98	4.60
SW19	400	82	160	157	1	20.50	40.00	39.25	0.25

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
SW21	476	260	186	15	15	54.62	39.08	3.15	3.15
均值	879	355	344	163	17	40.40	39.09	18.53	1.98

2）重量渔获率

本次调查该海区 14 个站位的平均重量渔获率为 11.307 kg/h。其中，鱼类平均重量渔获率为 5.184 kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 45.84%；虾类平均重量渔获率为 3.594 kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 31.79%；蟹类平均重量渔获率为 1.851 kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 16.37%；头足类的平均重量渔获率为 0.678 kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 6.00%。

表 6.7.4-6 春季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
SW02	11.142	3.416	6.250	1.312	0.164	30.66	56.09	11.78	1.47
SW03	10.272	5.434	1.973	2.628	0.237	52.9	19.21	25.58	2.31
SW05	10.710	4.996	4.415	0.969	0.330	46.65	41.22	9.05	3.08
SW06	14.122	3.215	8.184	2.668	0.055	22.77	57.95	18.89	0.39
SW08	16.136	7.920	5.031	2.880	0.305	49.08	31.18	17.85	1.89
SW10	16.398	7.459	5.288	2.782	0.869	45.49	32.25	16.97	5.30
SW11	8.576	3.658	1.475	1.502	1.941	42.65	17.20	17.51	22.63
SW12	12.027	4.354	4.672	3.001	0.000	36.2	38.85	24.95	0
SW13	9.897	5.578	2.389	1.733	0.197	56.36	24.14	17.51	1.99
SW16	8.903	3.777	1.533	1.244	2.349	42.42	17.22	13.97	26.38
SW17	17.735	11.345	1.532	3.076	1.782	63.97	8.64	17.34	10.05
SW18	11.047	5.521	3.864	0.723	0.939	49.98	34.98	6.54	8.50
SW19	4.148	2.297	0.668	1.180	0.003	55.38	16.10	28.45	0.07
SW21	7.188	3.603	3.043	0.220	0.322	50.13	42.33	3.06	4.48
均值	11.307	5.184	3.594	1.851	0.678	45.84	31.79	16.37	6.00

③渔业资源密度

1）尾数渔获密度

本次调查 14 个站位尾数渔获密度范围在（19.998～66.703）×10^3 ind/km^2 之间，平均值为 42.197×10^3 ind/km^2，尾数渔获密度最高的站位为 SW17 站位，最低为 SW19 站位。

其中，鱼类尾数渔获密度分布范围在（4.100~53.111）×10^3ind/km^2 之间，平均值为 16.689×10^3ind/km^2，其中 SW17 站位最高，SW19 站位最低；虾类尾数渔获密度分布范围在（3.950~44.702）×10^3ind/km^2 之间，平均值为 16.799×10^3ind/km^2，其中 SW06 站位最高，SW11 站位最低；蟹类尾数渔获密度分布范围在（0.779~16.299）×10^3ind/km^2 之间，平均值为 7.881×10^3ind/km^2，其中 SW12 站位最高，SW21 站位

最低；头足类尾数渔获密度分布范围在（0~2.839）×10³ind/km² 之间，平均值为 0.828×10³ind/km²，其中 SW17 站位最高，SW12 站位最低。

表 6.7.4-7 春季各站位尾数渔获密度（单位：×10³ind/km²）

站位	尾数渔获密度（×10³ind/km²）	尾数渔获密度（×10³ind/km²）			
		鱼类	虾类	蟹类	头足
SW02	54.525	8.340	40.063	6.026	0.096
SW03	30.758	10.606	8.823	10.558	0.771
SW05	39.250	9.293	26.219	3.063	0.675
SW06	64.483	5.036	44.702	14.589	0.156
SW08	58.611	31.439	16.199	10.320	0.653
SW10	53.081	17.549	26.034	8.389	1.109
SW11	20.748	8.399	3.950	7.449	0.950
SW12	46.096	9.949	19.848	16.299	0
SW13	47.696	27.358	11.699	8.144	0.495
SW16	27.915	13.644	4.050	8.871	1.350
SW17	66.703	53.111	4.562	6.191	2.839
SW18	36.177	21.328	11.384	1.800	1.665
SW19	19.998	4.100	7.999	7.849	0.050
SW21	24.714	13.499	9.657	0.779	0.779
均值	42.197	16.689	16.799	7.881	0.828

2）重量渔获密度

本次调查 14 个站位渔业资源重量渔获密度范围在（207.383~825.530）kg/km² 之间，平均值为 544.473kg/km²，SW17 站位最高，SW19 站位最低。

其中，鱼类重量渔获密度变化范围在（114.841~528.087）kg/km² 之间，平均值为 247.822kg/km²，其中 SW17 站位最高，SW19 站位最低；虾类重量渔获密度变化范围在（33.397~424.904）kg/km² 之间，平均值为 174.990kg/km²，其中 SW06 站位最高，SW19 站位最低；蟹类重量渔获密度变化范围在（11.422~150.038）kg/km² 之间，平均值为 89.109kg/km²，其中 SW12 站位最高，SW16 站位最低；头足类重量渔获密度变化范围在（0~113.246）kg/km² 之间，平均值为 32.551kg/km²，其中 SW16 站位最高，SW12 站位最低。

表 6.7.4-8 春季各站位重量渔获密度

站位	重量渔获密度（kg/km²）	重量渔获密度（kg/km²）			
		鱼类	虾类	蟹类	头足
SW02	537.161	164.687	301.315	63.252	7.907
SW03	495.217	261.975	95.119	126.697	11.426
SW05	556.051	259.387	229.222	50.309	17.133
SW06	733.199	166.919	424.904	138.520	2.856
SW08	702.640	344.876	219.074	125.409	13.281
SW10	790.555	359.602	254.937	134.121	41.895
SW11	428.765	182.885	73.744	75.094	97.042
SW12	601.302	217.683	233.581	150.038	0
SW13	445.329	250.990	107.496	77.979	8.864
SW16	429.218	182.091	73.907	59.974	113.246
SW17	825.530	528.087	71.312	143.182	82.949
SW18	497.075	248.425	173.866	32.532	42.252

站位	重量渔获密度（kg/km²）	重量渔获密度（kg/km²）			
		鱼类	虾类	蟹类	头足
SW19	207.383	114.841	33.397	58.995	0.150
SW21	373.193	187.064	157.989	11.422	16.718
均值	544.473	247.822	174.990	89.109	32.551

④优势种

相对重要性指数显示，本次调查游泳动物优势种（*IRI*≥1000）共 2 种，分别为口虾蛄（*Oratosquilla oratoria*）和中华管鞭虾（*Solenocera crassicornis*）。口虾蛄为第一优势种，其总渔获重量为 21.358 kg，占游泳动物总渔获重量的 13.49%；口虾蛄的总尾数渔获量为 1119 个，占游泳动物总渔获尾数数的 9.09%。

表 6.7.4-9 春季游泳动物优势种 IRI 指数

种类	出现频率（%）	尾数渔获数		渔获重量		*IRI*
		（ind）	（%）	（kg）	（%）	
口虾蛄	85.71	1119	9.09	21.358	13.49	1935.99
中华管鞭虾	64.29	1986	16.14	13.585	8.58	1589.53
颈斑项鳊	71.43	783	6.36	7.509	4.74	793.42
鹿斑仰口鳊	50	1427	11.60	5.754	3.64	761.7
双斑蟳	78.57	724	5.88	3.147	1.99	618.57
叫姑鱼	78.57	219	1.78	8.692	5.49	571.25
直额蟳	71.43	611	4.97	4.341	2.74	550.6
银姑鱼	92.86	167	1.36	6.763	4.27	522.79
断脊似口虾蛄	64.29	605	4.92	4.772	3.01	509.97
赤鼻棱鳀	64.29	469	3.81	4.619	2.92	432.67
隆线强蟹	78.57	227	1.85	4.014	2.54	344.18
杜氏枪乌贼	78.57	152	1.24	4.902	3.10	340.37
伍氏平虾蛄	57.14	282	2.29	4.813	3.04	304.69
须赤虾	78.57	326	2.65	1.289	0.81	272.19
日本蟳	78.57	64	0.52	4.579	2.89	268.14
日本带鱼	71.43	135	1.10	3.57	2.25	239.45
阿氏强蟹	64.29	293	2.38	1.863	1.18	228.76
竹荚鱼	85.71	191	1.55	1.368	0.86	207.11
黑口鰕	50	162	1.32	4.028	2.54	193.06
多齿蛇鳗	78.57	57	0.46	2.431	1.54	157.06
刺鲳	78.57	73	0.59	2.094	1.32	150.54
鲜明鼓虾	50	257	2.09	0.953	0.60	134.55
锈斑蟳	64.29	27	0.22	2.867	1.81	130.54
列牙鲷	50	64	0.52	2.622	1.66	108.82
龙头鱼	57.14	54	0.44	2.187	1.38	104.02
长鳍骨鳗	78.57	49	0.40	1.399	0.88	100.74

⑤多样性水平

本次调查区域游泳动物生物种类数范围在 34~61 种，多样性指数变化范围在 2.885～4.246 之间，平均值为 3.581，其中 SW03 站位最高，SW16 站位最低；均匀度指数变化范围在 0.539～0.770 之间，平均值为 0.646，其中 SW11 站位最高，SW06 站位最低。

表 6.7.4-10 春季游泳动物多样性指数及均匀度指数

站位	种类数	多样性指数(H')	均匀度指数(J)
SW02	45	2.986	0.544
SW03	49	4.246	0.756
SW05	48	3.407	0.610
SW06	49	3.028	0.539
SW08	58	4.133	0.706
SW10	61	4.223	0.712
SW11	43	4.178	0.770
SW12	51	3.931	0.693
SW13	49	3.622	0.645
SW16	37	2.885	0.554
SW17	49	3.289	0.586
SW18	46	3.732	0.676
SW19	34	3.071	0.604
SW21	37	3.396	0.652
平均值	/	3.581	0.646

⑥主要经济种类规格和水平

1）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。

本次调查的口虾蛄头胸甲长范围为 21~37 mm，体重范围为 8.77~46.05 g，平均体重为 19.09 g。

2）中华管鞭虾

地理分布：分布于印度、马来西亚、印度尼西亚、日本和中国。在中国分布于黄海南部、东海至广东、广西和海南岛浅海。

生活习性：中华管鞭虾喜栖息于 25-100 米水深的泥质或泥沙质的海区，其栖息深度和对温、盐度适应的范围较广。

本次调查的中华管鞭虾头胸甲长范围为 12~45 mm，体重范围为 1.18~16.38 g，平均体重为 6.84 g。

⑦小结

春季调查共记录 3 门 3 纲 15 目 54 科 124 种，其中：鱼类 72 种，虾类 21 种（其中虾蛄类 5 种），蟹类 25 种，头足类 6 种。游泳动物优势种共 2 种，分别为口虾蛄和中华管鞭虾，第一优势种为口虾蛄。平均总尾数渔获率为 879 ind/h，平均总重量渔获率为 11.307 kg/h。平均重量渔获密度为 544.473 kg/km^2；平均尾数渔获密度为 42.197×10^3 ind/km^2。游泳动物的多样性指数平均值为 3.581，均匀度指数平均值为 0.646。主要经济种类为口虾蛄、中华管鞭虾等。

（2）秋季

①种类组成

此次项目船号为粤陆渔 61001，使用的网具为网口宽 8.0 m、网衣长 20 m、网口目 40 mm、网囊目 15 mm 的底拖网，平均拖网船速控制在 2.9 kn 左右。

本次游泳动物调查共捕获 3 门 4 纲 15 目 66 科 154 种，其中：鱼类 102 种，占总种类数的 66.23%，虾类 21 种（其中虾蛄类 6 种），占总种类数的 13.64%，蟹类 23 种，占总种类数的 14.94%，头足类 8 种，占总种类数的 5.19%。

②渔获率

1）尾数渔获率

本次调查该海区 14 个站位的游泳动物平均尾数渔获率为 739 ind/h。其中，鱼类平均尾数渔获率为 456 ind/h，占游泳动物平均尾数渔获率的 61.70%；虾类平均尾数渔获率为 191 ind/h，占游泳动物平均尾数渔获率的 25.87%；蟹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 10.60%；头足类的平均尾数渔获率为 14 ind/h，占游泳动物平均尾数渔获率的 1.83%。

表 6.7.4-11 秋季各站位尾数渔获率及类群所占比例

站位	尾数渔获率（ind）	尾数渔获率（ind）				渔获率占比（%）			
		鱼类	虾类	蟹类	头足类	鱼类	虾类	蟹类	头足类
SW02	731	487	194	44	6	66.62	26.54	6.02	0.82
SW03	1745	1074	526	137	8	61.55	30.14	7.85	0.46
SW05	372	312	16	21	23	83.87	4.30	5.65	6.18
SW06	850	476	240	113	21	56.00	28.24	13.29	2.47
SW08	2160	1063	666	422	9	49.21	30.83	19.54	0.42
SW10	268	157	77	14	20	58.58	28.73	5.22	7.46
SW11	389	166	160	53	10	42.67	41.13	13.62	2.57
SW12	516	268	202	36	10	51.94	39.15	6.98	1.94
SW13	795	643	65	81	6	80.88	8.18	10.19	0.75
SW16	414	131	224	52	7	31.64	54.11	12.56	1.69
SW17	437	301	80	30	26	68.88	18.31	6.86	5.95
SW18	749	535	147	63	4	71.43	19.63	8.41	0.53

站位	尾数渔获率（ind）	尾数渔获率（ind）				渔获率占比（%）			
		鱼类	虾类	蟹类	头足类	鱼类	虾类	蟹类	头足类
SW19	577	565	2	1	9	97.92	0.35	0.17	1.56
SW21	348	209	79	30	30	60.06	22.70	8.62	8.62
均值	739	456	191	78	14	61.70	25.87	10.60	1.83

2）重量渔获率

本次调查该海区 14 个站位的平均重量渔获率为 10.321 kg/h。其中，鱼类平均重量渔获率为 7.655 kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 74.17%；虾类平均重量渔获率为 1.820 kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 17.63%；蟹类平均重量渔获率为 0.522 kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 5.06%；头足类的平均重量渔获率为 0.324 kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 3.14%。

表 6.7.4-12 秋季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
SW02	13.663	10.551	2.220	0.730	0.162	77.22	16.25	5.34	1.19
SW03	11.938	6.667	4.455	0.677	0.139	55.85	37.32	5.67	1.16
SW05	9.703	8.689	0.158	0.337	0.519	89.55	1.63	3.47	5.35
SW06	11.507	7.835	2.592	0.931	0.149	68.09	22.53	8.09	1.29
SW08	14.063	7.617	4.352	1.980	0.114	54.16	30.95	14.08	0.81
SW10	7.440	5.568	1.066	0.313	0.493	74.84	14.33	4.21	6.63
SW11	7.511	4.450	2.500	0.239	0.322	59.25	33.28	3.18	4.29
SW12	6.199	3.266	2.152	0.153	0.628	52.69	34.72	2.47	10.13
SW13	14.298	13.626	0.256	0.369	0.047	95.3	1.79	2.58	0.33
SW16	5.568	2.249	2.451	0.412	0.456	40.39	44.02	7.4	8.19
SW17	5.824	4.841	0.316	0.226	0.441	83.12	5.43	3.88	7.57
SW18	10.704	8.458	1.521	0.690	0.035	79.02	14.21	6.45	0.33
SW19	18.420	17.951	0.022	0.050	0.397	97.45	0.12	0.27	2.16
SW21	7.661	5.402	1.419	0.202	0.638	70.51	18.52	2.64	8.33
均值	10.321	7.655	1.820	0.522	0.324	74.17	17.63	5.06	3.14

③渔业资源密度

1）尾数渔获密度

本次调查 14 个站位尾数渔获密度范围在（12.475～97.192）×10^3 ind/km^2 之间，平均值为 33.972×10^3 ind/km^2，尾数渔获密度最高的站位为 SW08 站位，最低为 SW10 站位。

其中，鱼类尾数渔获密度分布范围在（6.098~48.326）×10^3 ind/km^2 之间，平均值为 20.985×10^3 ind/km^2，其中 SW03 站位最高，SW16 站位最低；虾类尾数渔获密度分布范围在（0.093~29.968）×10^3 ind/km^2 之间，平均值为 8.777×10^3 ind/km^2，其中 SW08 站位最高，SW19 站位最低；蟹类尾数渔获密度分布范围在（0.047~18.988）×10^3 ind/km^2 之间，平均值为 3.589×10^3 ind/km^2，其中 SW08 站位最高，SW19 站位最低；头足类尾数渔获密度分布范围在（0.186~1.350）×10^3 ind/km^2 之间，平均值

为 0.622×10^3 ind/km^2，其中 SW21 站位最高，SW18 站位最低。

表 6.7.4-13 秋季各站位尾数渔获密度（单位：×10^{3}ind/km^2）

站位	尾数渔获密度（×10^{3}ind /km^2）	尾数渔获密度（×10^{3}ind /km^2）			
		鱼类	虾类	蟹类	头足
SW02	32.892	21.913	8.729	1.980	0.270
SW03	78.519	48.326	23.668	6.165	0.360
SW05	17.317	14.523	0.745	0.978	1.071
SW06	38.247	21.418	10.799	5.085	0.945
SW08	97.192	47.831	29.968	18.988	0.405
SW10	12.475	7.308	3.584	0.652	0.931
SW11	19.448	8.299	7.999	2.650	0.500
SW12	24.877	12.920	9.739	1.736	0.482
SW13	38.327	30.999	3.134	3.905	0.289
SW16	19.271	6.098	10.427	2.420	0.326
SW17	19.664	13.544	3.600	1.350	1.170
SW18	34.865	24.903	6.843	2.933	0.186
SW19	26.859	26.300	0.093	0.047	0.419
SW21	15.659	9.404	3.555	1.350	1.350
均值	33.972	20.985	8.777	3.589	0.622

2）重量渔获密度

本次调查 14 个站位渔业资源重量渔获密度范围在（259.179~857.414）kg/km^2 之间，平均值为 477.557 kg/km^2，SW19 站位最高，SW16 站位最低。

其中，鱼类重量渔获密度变化范围在（104.686~835.583）kg/km^2 之间，平均值为 354.671 kg/km^2，其中 SW19 站位最高，SW16 站位最低；虾类重量渔获密度变化范围在（1.024~200.459）kg/km^2 之间，平均值为 83.917 kg/km^2，其中 SW03 站位最高，SW19 站位最低；蟹类重量渔获密度变化范围在（2.327~89.093）kg/km^2 之间，平均值为 23.896 kg/km^2，其中 SW08 站位最高，SW19 站位最低；头足类重量渔获密度变化范围在（1.629~30.276）kg/km^2 之间，平均值为 15.072 kg/km^2，其中 SW12 站位最高，SW18 站位最低。

表 6.7.4-14 秋季各站位重量渔获密度

站位	重量渔获密度（kg/km^2）	重量渔获密度（kg/km^2）			
		鱼类	虾类	蟹类	头足
SW02	614.785	474.757	99.892	32.847	7.289
SW03	537.167	299.991	200.459	30.463	6.254
SW05	451.656	404.456	7.355	15.687	24.158
SW06	517.774	352.547	116.631	41.892	6.704
SW08	632.785	342.738	195.824	89.093	5.130
SW10	346.317	259.179	49.620	14.570	22.948
SW11	375.520	222.482	124.990	11.949	16.099
SW12	298.856	157.455	103.749	7.376	30.276
SW13	689.313	656.915	12.342	17.790	2.266
SW16	259.179	104.686	114.089	19.178	21.226
SW17	262.059	217.828	14.219	10.169	19.843
SW18	498.250	393.703	70.800	32.118	1.629
SW19	857.414	835.583	1.024	2.327	18.480

站位	重量渔获密度（kg/km²）	重量渔获密度（kg/km²）			
		鱼类	虾类	蟹类	头足
SW21	344.718	243.071	63.850	9.089	28.708
均值	477.557	354.671	83.917	23.896	15.072

④优势种

相对重要性指数显示，本次调查游泳动物优势种（*IRI*≥1000）共 3 种，分别为鹿斑仰口鳊(*Secutor ruconius*)、口虾蛄（*Oratosquilla oratoria*）和二长棘鲷（*Parargyrops edita*）。鹿斑仰口鳊为第一优势种，其总渔获重量为 13.849 kg，占游泳动物总渔获重量的 9.58%；鹿斑仰口鳊的总尾数渔获量为 2342 个，占游泳动物总渔获尾数数的 22.63%。

表 6.7.4-15 秋季游泳动物优势种 *IRI* 指数

种类	出现频率（%）	尾数渔获数		渔获重量		*IRI*
		（ind）	（%）	（kg）	（%）	
鹿斑仰口鳊	78.57	2342	22.63	13.849	9.58	2530.74
口虾蛄	78.57	890	8.60	12.105	8.38	1333.73
二长棘鲷	42.86	791	7.64	29.54	20.44	1203.71
伪装仿关公蟹	85.71	769	7.43	4.395	3.04	897.42
平鲷	78.57	215	2.08	10.534	7.29	735.96
细纹鳊	64.29	675	6.52	1.154	0.80	470.58
四线鹦天竺鲷	92.86	354	3.42	1.848	1.28	436.35
斑鰭银姑鱼	78.57	232	2.24	4.387	3.04	414.63
隆线强蟹	71.43	385	3.72	1.694	1.17	349.42
断脊似口虾蛄	78.57	259	2.50	2.357	1.63	324.74
叫姑鱼	92.86	80	0.77	2.76	1.91	249.15
银光梭子蟹	71.43	267	2.58	0.599	0.41	213.88
褐蓝子鱼	85.71	89	0.86	2.276	1.58	208.72
棕斑兔头鲀	64.29	27	0.26	3.724	2.58	182.43
红星梭子蟹	100	57	0.55	1.523	1.05	160.46
食蟹豆齿鳗	71.43	20	0.19	2.781	1.92	151.25
真鲷	57.14	44	0.43	3.152	2.18	148.93
直额蟳	71.43	147	1.42	0.821	0.57	142.02
多齿蛇鲻	78.57	49	0.47	1.878	1.30	139.3
黑口鰳	57.14	108	1.04	1.943	1.34	136.44
黑斑六丝多指马鲅	78.57	54	0.52	1.396	0.97	116.91
须赤虾	100	98	0.95	0.277	0.19	113.87
大鳞短额鲆	64.29	126	1.22	0.723	0.50	110.41

⑤游泳动物多样性指数及均匀度指数

本次调查区域游泳动物生物种类数范围在 36~80 种，多样性指数变化范围在 2.091～4.864 之间，平均值为 3.967，其中 SW21 站位最高，SW19 站位最低；均匀

度指数变化范围在 0.404～0.845 之间，平均值为 0.677，其中 SW21 站位最高，SW19 站位最低；丰富度指数变化范围在 3.816～7.502 之间，平均值为 6.246，其中 SW06 站位最高，SW19 站位最低。

表 6.7.4-16 秋季游泳动物生物多样性、均匀度、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*)
SW02	70	4.264	0.696	7.253
SW03	71	3.259	0.530	6.500
SW05	64	4.565	0.761	7.378
SW06	74	4.651	0.749	7.502
SW08	80	3.792	0.600	7.132
SW10	47	4.303	0.775	5.703
SW11	52	4.032	0.707	5.928
SW12	52	4.211	0.739	5.660
SW13	55	3.410	0.590	5.605
SW16	52	4.148	0.728	5.866
SW17	62	4.594	0.772	6.954
SW18	57	3.358	0.576	5.865
SW19	36	2.091	0.404	3.816
SW21	54	4.864	0.845	6.277
平均值	/	3.967	0.677	6.246

⑥主要经济种类规格和分布

1）主要经济鱼类

a、二长棘鲷

地理分布：分布于印度尼西亚, 朝鲜, 日本，中国南海、 台湾海峡、东海等地。我国产于南海和东海南部。

生活习性：长棘鲷系洄游小型鱼类，季节性很强，在浅海逗留时间短，约在 5 月间就销声匿迹、潜入深处。暖温性底层鱼类,栖息于近海水深 20-70 米,底质为沙泥、沙砾、岩礁或贝藻丛生的海区。

本次调查的二长棘鲷体长范围为 79~165 mm，体重范围为 24.05~136.55 g，平均体重为 37.35 g。

b、鹿斑仰口鲾

地理分布：分布于印度-西太平洋区，西起非洲东岸、红海，东至中国台湾地区、南中国海，南迄澳洲。

生活习性：栖息于泥沙底质的沿海地区，亦可以生活于河口区，甚至河川下游，群游性，一般皆在底层活动，活动深度较浅；肉食性，以小型甲壳类为食。

本次调查的鹿斑仰口鲾体长范围为 23~75 mm，体重范围为 0.23~11.08 g，平均体重为 5.91 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 10~34 mm，体重范围为 1.74~39.20 g，平均体重为 13.60 g。

⑦小结

秋季调查共记录 3 门 4 纲 15 目 66 科 154 种，其中：鱼类 102 种，占总种类数的 66.23%，虾类 21 种（其中虾蛄类 6 种）。游泳动物优势种共 3 种，分别为鹿斑仰口鳊、口虾蛄和二长棘鲷，第一优势种为鹿斑仰口鳊。平均尾数渔获率为 739ind/h，平均重量渔获率为 10.321kg/h。平均重量渔获密度为 477.557kg/km^2；平均尾数渔获密度为 33.972×10^3 ind/km^2。游泳动物的多样性指数平均值为 3.967，均匀度指数平均值为 0.677。主要经济种类为二长棘鲷、鹿斑仰口鳊、口虾蛄等。

6.8大气环境质量现状调查与评价

根据《2022 年汕尾市生态环境状况公报》（https://www.shanwei.gov.cn/swhbj/533/content/post_894919.html），区域环境空气质量现状如下：

2022 年，汕尾市区空气二氧化硫（SO_2）年平均浓度为 7 微克/立方米，同比下降 1 微克/立方米（-12.5%），达到国家一级标准；二氧化氮（NO_2）年平均浓度为 8 微克/立方米，同比下降 3 微克/立方米（-27.3%），达到国家一级标准；可吸入颗粒物（PM_{10}）年平均浓度为 27 微克/立方米，同比下降 5 微克/立方米（-15.6%），达到国家一级标准；细颗粒物（$PM_{2.5}$）年平均浓度为 15 微克/立方米，同比下降 3 微克/立方米（-16.7%），达到国家一级标准；臭氧日最大 8 小时均值（O_3-8h）第 90 百分位数平均值为 134 微克/立方米，同比下降 4 微克/立方米（-2.9%），达到国家二级标准；一氧化碳（CO）第 95 百分位数平均值为 0.8 微克/立方米，与去年持平，达到国家一级标准。

按照环境空气质量标准（GB3095-2012），市区空气质量优良天数 354 天，其

中优 219 天，良 135 天。空气质量达到二级以上天数比例平均为 97.0%，较去年下降 0.3 %。环境空气质量综合指数 2.18，较去年下降 0.26（越低越优），全省排名第一。

综上，项目所在区域环境空气质量良好，SO_2、NO_2、PM_{10}、$PM_{2.5}$ 年平均浓度、一氧化碳（CO）第 95 百分位数平均值 CO 满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及 2018 年修改单中的二级标准，臭氧日最大 8 小时均值浓度满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及 2018 年修改单中的二级标准。项目所在区域属于大气环境达标区。

7环境影响预测与评价

7.1水动力环境影响预测与评价

本项目拟申请采砂区位于汕尾市田尾角东南侧海域，平均采砂深度为10.00m，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。

7.1.1三维水动力模式

7.1.1.1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连续方程

$$\frac{\partial \eta}{\partial t}+\frac{\partial uD}{\partial x}+\frac{\partial vD}{\partial y}+\frac{\partial wD}{\partial \sigma}=0$$

②动量方程

$$\frac{\partial uD}{\partial t}+\frac{\partial u^2D}{\partial x}+\frac{\partial uvD}{\partial y}+\frac{\partial uwD}{\partial \sigma}-fvD+gD\frac{\partial \eta}{\partial x}=\frac{\partial}{\partial \sigma}\left[\frac{A_M}{D}\frac{\partial u}{\partial \sigma}\right]$$

$$-\frac{gD^2}{\rho_0}\frac{\partial}{\partial x}\int_\sigma^0 \rho d\sigma+\frac{gD}{\rho_0}\frac{\partial D}{\partial x}\int_\sigma^0 \sigma\frac{\partial \rho}{\partial \sigma}d\sigma+F_X$$

$$\frac{\partial vD}{\partial t}+\frac{\partial uvD}{\partial x}+\frac{\partial v^2D}{\partial y}+\frac{\partial vwD}{\partial \sigma}+fuD+gD\frac{\partial \eta}{\partial y}=\frac{\partial}{\partial \sigma}\left[\frac{A_M}{D}\frac{\partial v}{\partial \sigma}\right]$$

$$-\frac{gD^2}{\rho_0}\frac{\partial}{\partial y}\int_\sigma^0 \rho d\sigma+\frac{gD}{\rho_0}\frac{\partial D}{\partial y}\int_\sigma^0 \sigma\frac{\partial \rho}{\partial \sigma}d\sigma$$

$$DF_X=\frac{\partial}{\partial x}\left[2DA_H\frac{\partial u}{\partial x}\right]+\frac{\partial}{\partial y}\left[DA_H\left(\frac{\partial u}{\partial y}+\frac{\partial v}{\partial x}\right)\right]$$

$$DF_Y = \frac{\partial}{\partial y}\left[2DA_H\frac{\partial v}{\partial y}\right] + \frac{\partial}{\partial x}\left[DA_H\left(\frac{\partial u}{\partial y}+\frac{\partial v}{\partial x}\right)\right]$$

$$\sigma = \frac{z-\eta}{H+\eta} \qquad D = H+\eta \qquad z=\eta, \sigma = 0; \quad z=-H, \sigma=-1$$

其中：

D—总水深(m)

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 $23\,m^2/s$。

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。

盐度对流扩散方程（水质公式）：

$$\frac{\partial h\overline{C}}{\partial t} + \frac{\partial hu\overline{C}}{\partial x} + \frac{\partial hv\overline{C}}{\partial y} = hF_C + hH + hC_S S$$

式中，

$\overline{C}$为纵向盐度平均浓度；

C_S 为源汇项盐度浓度；

H 为热交换源汇项；

F_C 为横向扩散项，$F_C = \left[\frac{\partial}{\partial x}\left(D_h\frac{\partial}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(D_h\frac{\partial}{\partial y}\right)\right]C$，其中 D_h 为横向弥散系数。

（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

$\rho_0 K_M(\frac{\partial u}{\partial \sigma},\frac{\partial v}{\partial \sigma})=(\tau_{ax},\tau_{ay})$ ， τ_{ax},τ_{ay} 为海表风应力在 x、y 方向上的分量，表达式为：

$\vec{\tau}_a = \rho_a C_D |\vec{W}_a|\vec{W}_a$

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：

$$C_D=\begin{cases}1.2\times10^{-3} & |\vec{W}_a|\le 11\ \text{(m/s)}\\ (0.49+0.065|\vec{W}_a|)\times10^{-3} & 11<|\vec{W}_a|\le 25\ \text{(m/s)}\\ 2.1\times10^{-3} & |\vec{W}_a|>25\ \text{(m/s)}\end{cases}$$

不考虑大气与水热交换：

$$w\,C+K_V\frac{\partial C}{\partial \sigma}=0$$

②在海底（ $\sigma=-1$）：

w (-1)=0

$\rho_w A_M(\frac{\partial u}{\partial \sigma},\frac{\partial v}{\partial \sigma})=(\tau_{bx},\tau_{by})$ ， τ_{bx},τ_{by} 为海底切应力 x、y 方向上的分量，表达式为：

$\vec{\tau}_b = \rho_w C_z |\vec{V}_b|\vec{V}_b$

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，$\vec{V}(x,y,\sigma,t)=0$，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。

$$\eta=\eta_0+\sum_{i=1}^{8}A_i f_i\cos(w_i t+(V_0+u_0)-\phi_i)$$

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 $\varepsilon_{\text{flood}}$ （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：

$$U=\begin{bmatrix} h \\ h\overline{u} \\ h\overline{v} \end{bmatrix}$$

$$F_x^I=\begin{bmatrix} h\overline{u} \\ h\overline{u}^2+\frac{1}{2}g(h^2-d^2) \\ h\overline{uv} \end{bmatrix},F_x^V=\begin{bmatrix} 0 \\ hA(2\frac{\partial \overline{u}}{\partial x}) \\ hA(\frac{\partial \overline{u}}{\partial y}+\frac{\partial \overline{v}}{\partial x}) \end{bmatrix}$$

$$F_y^I=\begin{bmatrix} h\overline{v} \\ h\overline{uv} \\ h\overline{v}^2+\frac{1}{2}g(h^2-d^2) \end{bmatrix},F_y^V=\begin{bmatrix} 0 \\ hA(\frac{\partial \overline{u}}{\partial y}+\frac{\partial \overline{v}}{\partial x}) \\ hA(2\frac{\partial \overline{v}}{\partial x}) \end{bmatrix}$$

$$S=\begin{bmatrix} 0 \\ gh\frac{\partial d}{\partial x}+f\overline{v}h-\frac{h}{\rho_0}\frac{\partial p_a}{\partial x}-\frac{gh^2}{2\rho_0}\frac{\partial \rho}{\partial x}-\frac{1}{\rho_0}(\frac{\partial S_{xx}}{\partial x}+\frac{\partial S_{xy}}{\partial y})+hu_s \\ gh\frac{\partial d}{\partial y}-f\overline{u}h-\frac{h}{\rho_0}\frac{\partial p_a}{\partial y}-\frac{gh^2}{2\rho_0}\frac{\partial \rho}{\partial y}-\frac{1}{\rho_0}(\frac{\partial S_{yx}}{\partial x}+\frac{\partial S_{yy}}{\partial y})+hv_s \end{bmatrix}$$

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：

$$\frac{\partial U_i}{\partial t}+\frac{1}{A_i}\sum_{j}^{NS}F\cdot n\Delta\Gamma_j=S_i$$

7.1.1.2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 $\frac{\Delta t}{2}<\frac{\alpha\cdot\Delta s}{\sqrt{gH_{\max}}}$，$\alpha$ =1~3，水流数学模型的计算步长为动态时间步长，取 0.1s~30s。

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 45761 个网格，23475 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 80m。模型采用的坐标系为 CGCS2000 坐标系，基面为 85 高程。模型计算范围及网格布置见图 7.1.1.2-1、图 7.1.1.2-2。

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。

使用大区域模型对项目附近进行模拟，甲子港、汕尾港两个潮位站进行验证，大模型提供外海边界，然后进行小范围区域模型的模拟，小区域模型验证后进行计算。

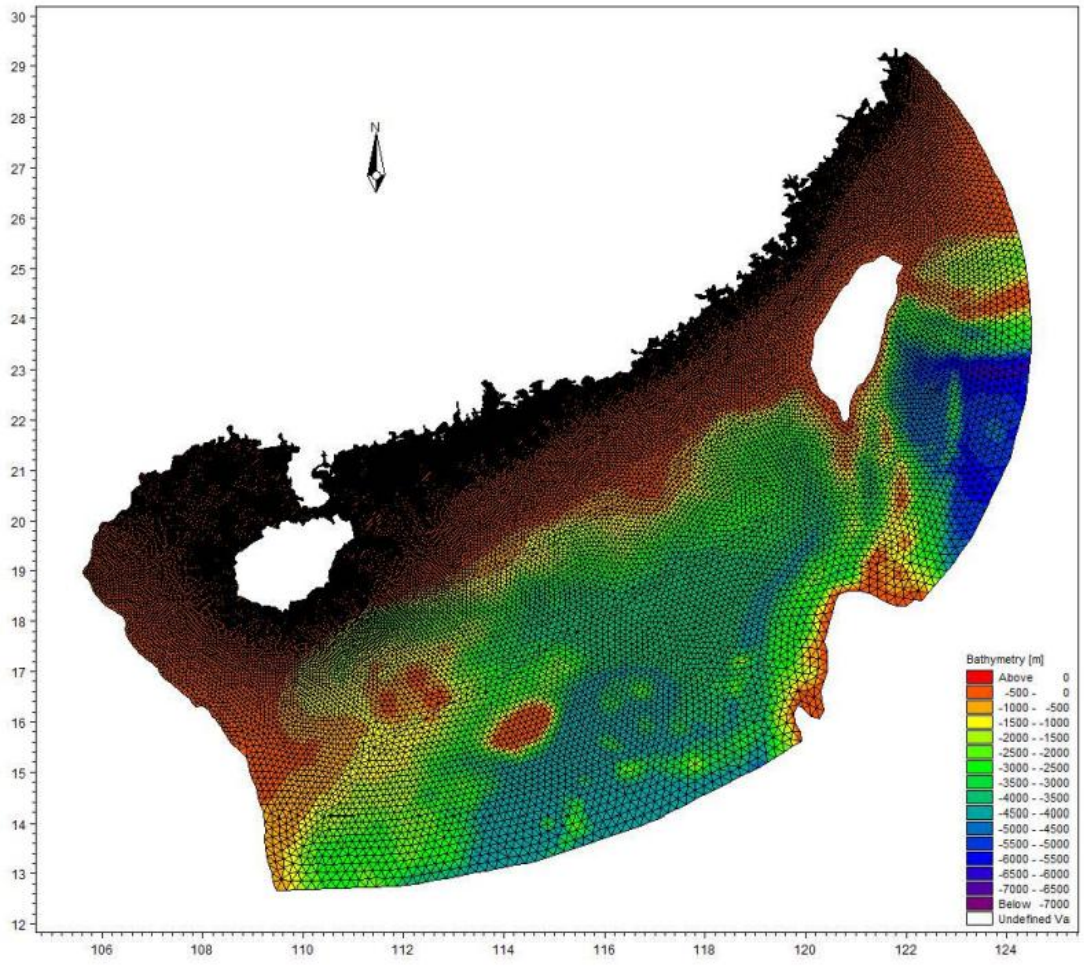


图 7.1.1.2-1a 大区域模型计算范围

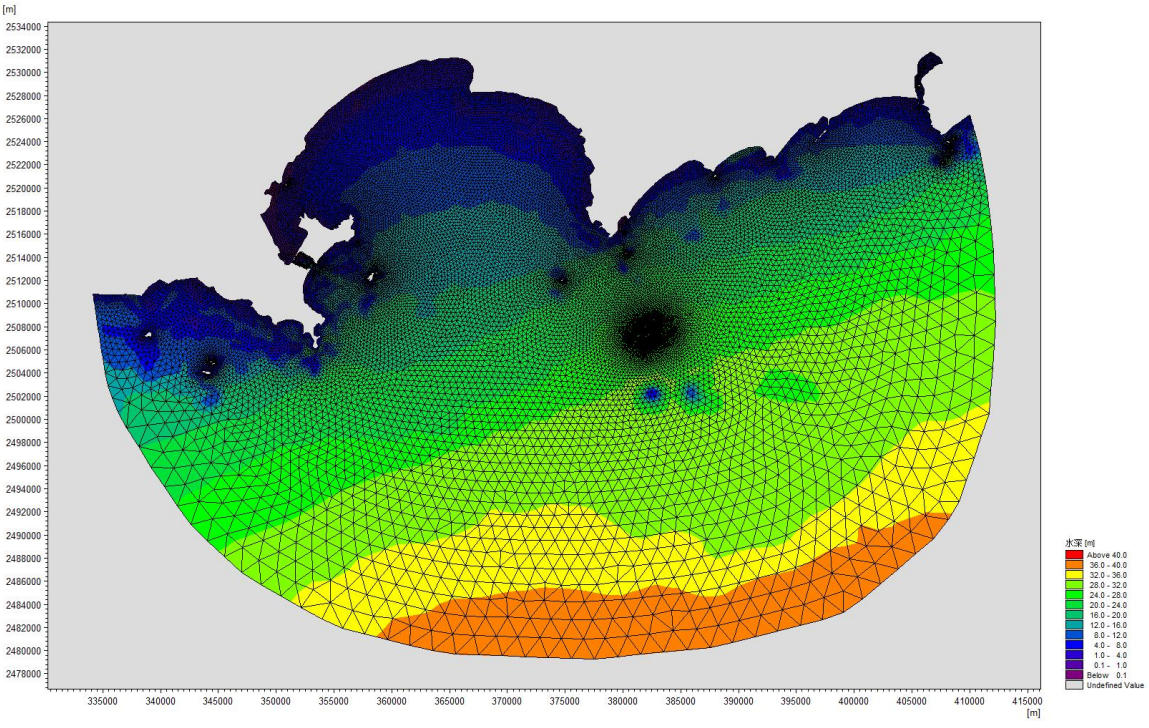


图 7.1.1.2-1b 模型计算范围

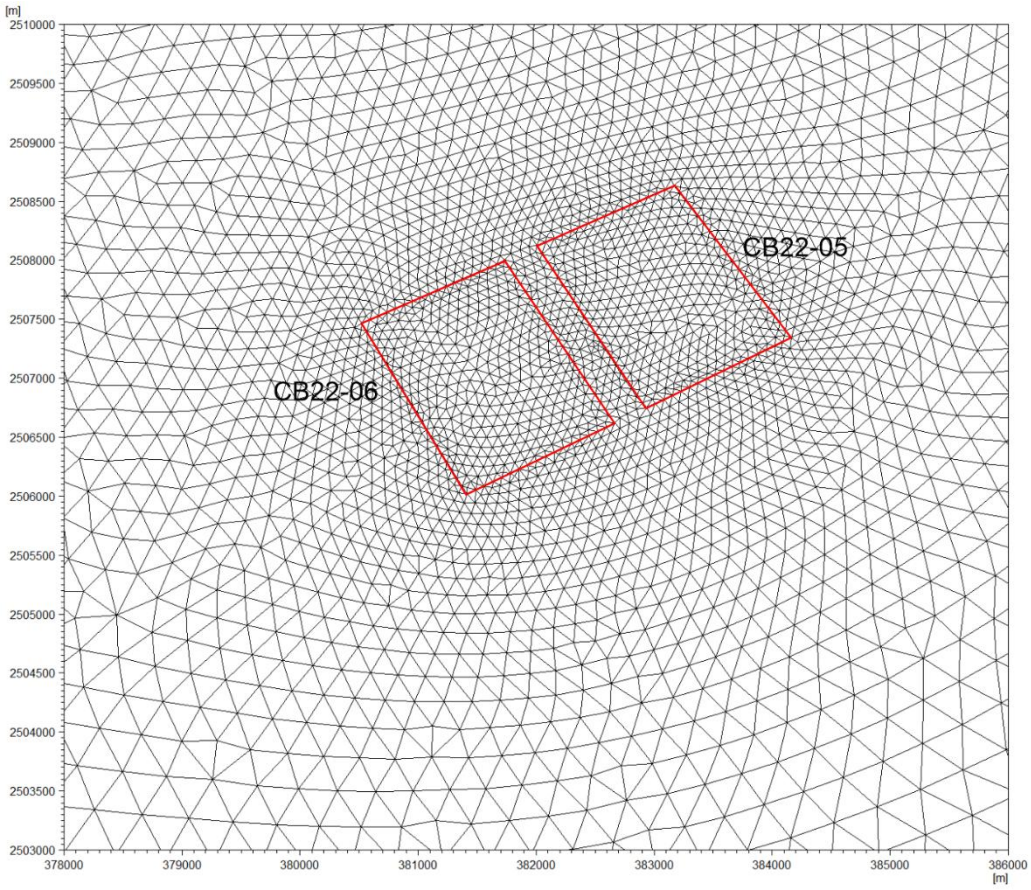


图 7.1.1.2-2　工程区网格剖分图

7.1.1.3模型验证

（1）验证资料

采用 2022 年 2 月和 2023 年 8 月工程附近海域 SWL1~SWL6 测站的潮流资料以及 SWC1、SWC2 两个临时潮位测站观测资料进行验证，同时收集两个常规潮位站甲子港、汕尾港两个潮位站 2023 年 2 月 24 日~3 月 10 日的潮位数据进行模型的验证，潮位站点和流速测点位置见图 7.1.1.3-1。

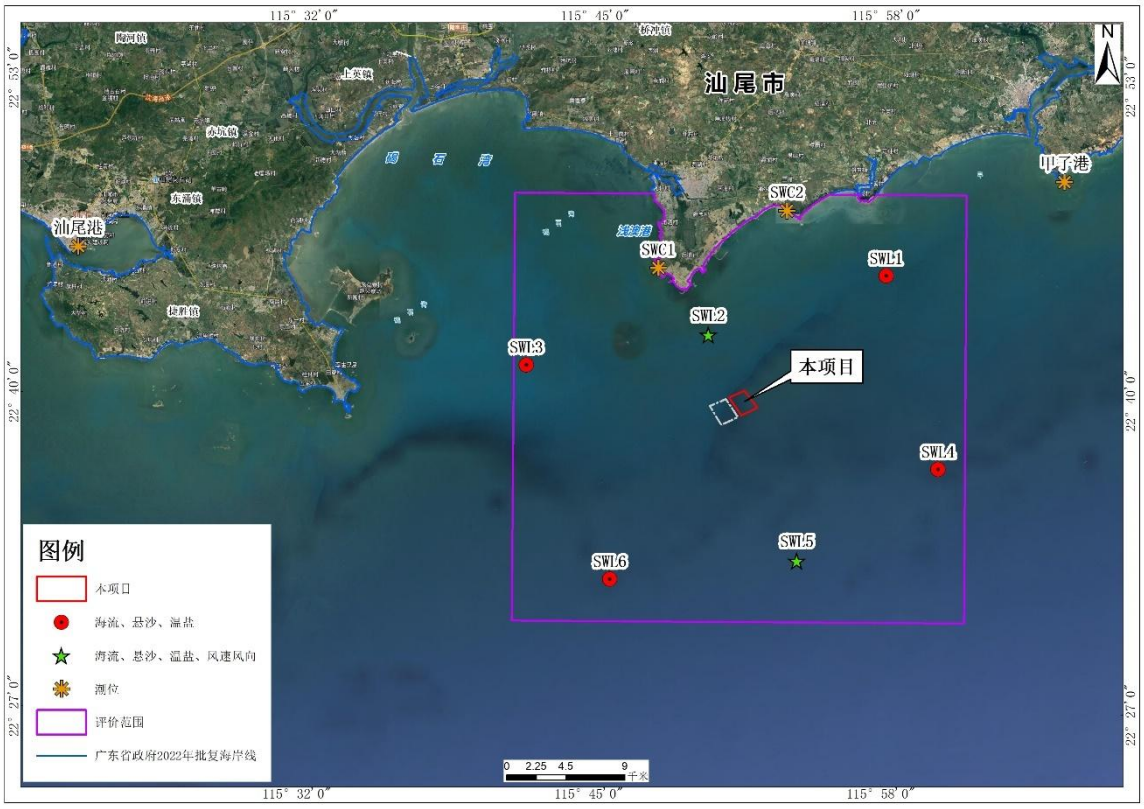


图 7.1.1.3-1　验证点位置图

（2）计算参数

计算海域的糙率是个综合影响因素，是数值计算中十分重要的参数，与水深、床面形态、植被条件等因素有关，经调试，根据各海域的不同特点，糙率 n 取值为 0.014～0.03。涡粘系数采用 Smagorinsky 公式确定。

$$A = \frac{1}{2} C\Delta x\Delta y\left[\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

式中：u, v 分别为 x, y 方向的流速分量(m/s)；l 为网格间距；Cs 为 Smagorinsky 常数，计算时通过输入 Cs 的值来计算涡粘系数，Cs 可以取 0.25 到 1.0 之间的数，本报告取模型默认参数为 0.28。

（3）验证结果

模型冬季水文计算时间为 2023 年 2 月 10 日 0:00~2023 年 3 月 10 日 0:00，夏季水文计算时间为 2022 年 8 月 1 日 0:00~2022 年 8 月 31 日 0:00，模型采用冬季 2023 年 2 月 21 日 12:00~2023 年 2 月 22 日 14:00 时，夏季 2023 年 8 月 18 日 11:00~2023 年 8 月 19 日 13:00 时工程附近海域 SWL1~SWL6 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，同时模型又对两个常规潮位站甲子港、汕

尾港两个潮位站 2023 年 2 月 24 日~3 月 10 日的潮位数据进行验证。

图 7.1.1.3-2~7.1.1.3-3 给出了甲子港、汕尾港两个潮位站潮位过程计算值与实测值得比较图，图 7.1.1.3-4（a）~图 7.1.1.3-4（b）给出了冬季两个实测潮位站潮位过程计算值与实测值的比较图，图 7.1.1.3-5~7.1.1.3-10 给出了冬季 6 个潮流实测站位表层、中层和底层流速、流向计算值与实测资料的对比图。图 7.1.1.3-11（a）~图 7.1.1.3-11（b）给出了夏季两个实测潮位站潮位过程计算值与实测值的比较图，图 7.1.1.3-12~7.1.1.3-17 给出了冬季 6 个潮流实测站位表层、中层和底层流速、流向计算值与实测资料的对比图。

采用冬季水文数据对模型参数进行率定，在冬季率定结果良好的基础上，采用夏季水文数据对率定后的模型进行验证分析。夏季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绝对误差较小，基本满足环评导则要求；从甲子港、汕尾港两个潮位站全潮验证结果看，模拟期内潮位计算值与实测值吻合度较好，说明采用的模型能较好的反映模拟期内的水位变化情况。

从夏季流速流向验证结果看，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 6 个潮流点的计算流速、流向和实测值也吻合较好，潮位差基本控制在 10cm 以内，流速值的平均误差在 10％以内，流向的平均误差在 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。

各站点潮位、流速、流向验证总体偏差见表 7.1.1.3-1。

表 7.1.1.3-1a　各个站点潮位验证总体偏差表（单位：m）

站位	汕尾港	甲子港	SWC1	SWC2
冬季	0.07	0.08	0.06	0.05
夏季	/	/	0.09	0.07

表 7.1.1.3-1b　各个站点流速平均误差（%）

冬季	站位	SWL1	SWL2	SWL3	SWL4	SWL5	SWL6
	表层误差	2.1%	6.5%	4.4%	5.1%	3.1%	3.5%
	中层误差	3.3%	2.3%	3.6%	3.8%	2.0%	5.6%
	底层误差	2.4%	4.1%	2.5%	2.8%	3.4%	5.4%
夏季	站位	SWL1	SWL2	SWL3	SWL4	SWL5	SWL6
	表层误差	4.6%	7.1%	4.3%	4.2%	5.1%	4.5%

	中层误差	3.2%	7.4%	3.5%	4.6%	2.3%	6.2%
	底层误差	4.8%	5.1%	3.9%	6.1%	9.4%	4.6%

表 7.1.1.3-1c 各个站点流向平均误差（°）

冬季	站位	SWL1	SWL2	SWL3	SWL4	SWL5	SWL6	平均值
	表层误差	3.84	19.39	18.59	9.44	4.53	3.25	8.53
	中层误差	6.31	2.93	6.21	7.70	9.85	4.42	
	底层误差	2.04	7.94	4.18	24.85	10.39	7.76	
夏季	站位	SWL1	SWL2	SWL3	SWL4	SWL5	SWL6	平均值
	表层误差	7.96	11.85	10.67	3.26	3.37	2.74	8.55
	中层误差	3.77	12.09	6.29	4.51	5.31	6.51	
	底层误差	3.70	16.41	18.18	7.33	18.81	11.21	

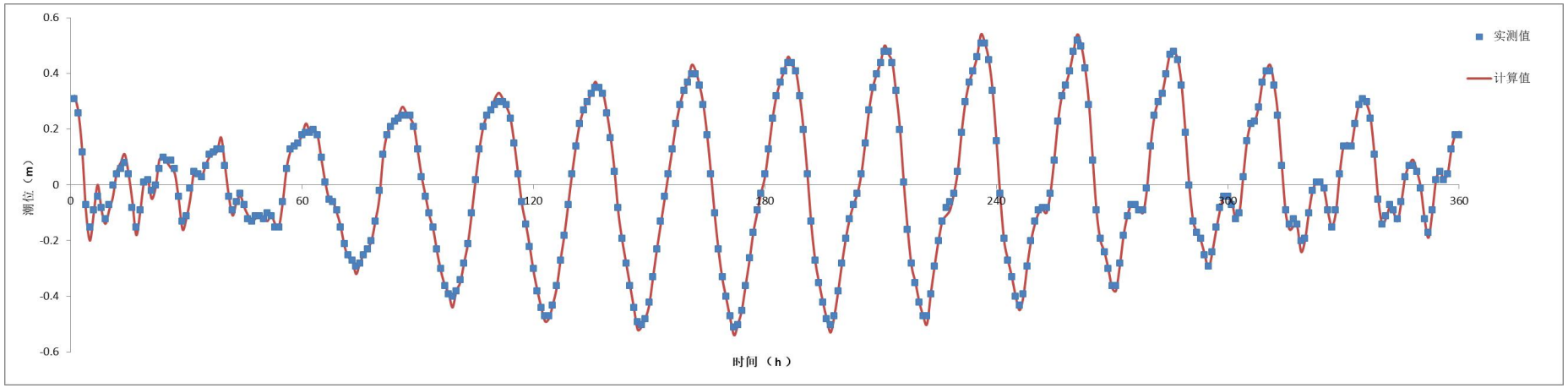


图 7.1.1.3-2 甲子港潮位验证图（2023 年 2 月 24 日 0:00~3 月 10 日 23:00 时）

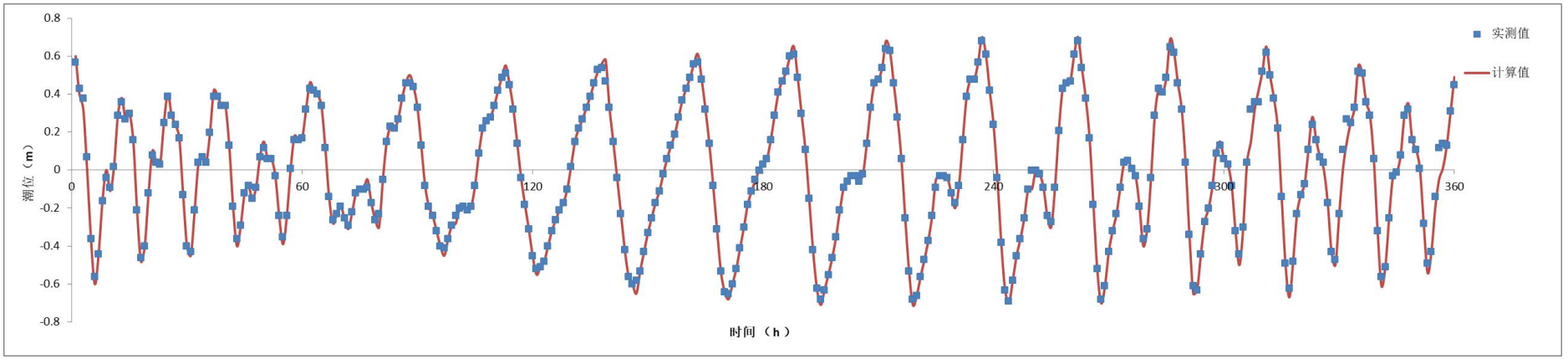


图 7.1.1.3-3 汕尾潮位验证图（2023 年 2 月 24 日 0:00~3 月 10 日 23:00 时）

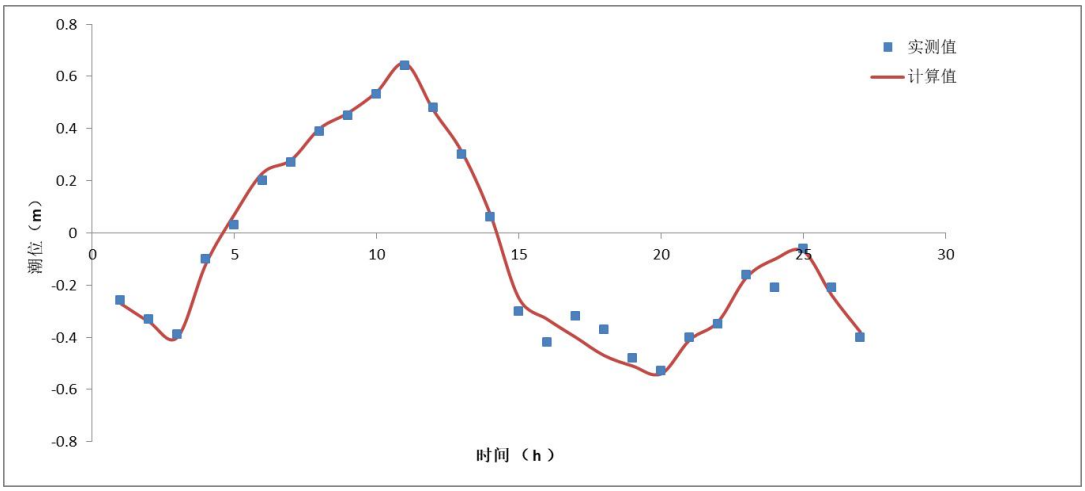


图 7.1.1.3-4（a） 冬季 SWC1 站潮位验证（2023 年 2 月 21 日 12:00~2 月 22 日 14:00 时）

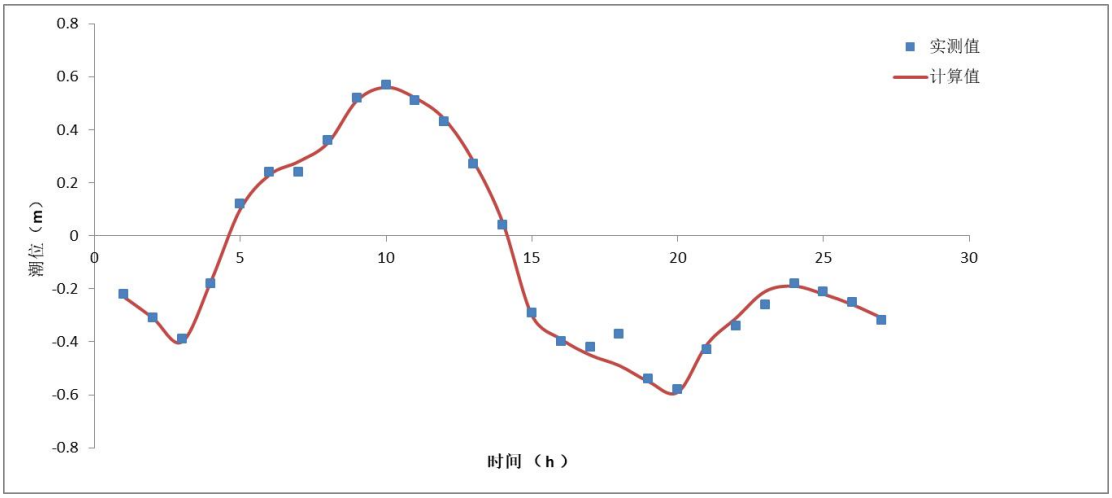


图 7.1.1.3-4（b） 冬季 SWC2 站潮位验证（2023 年 2 月 21 日 12:00~2 月 22 日 14:00 时）

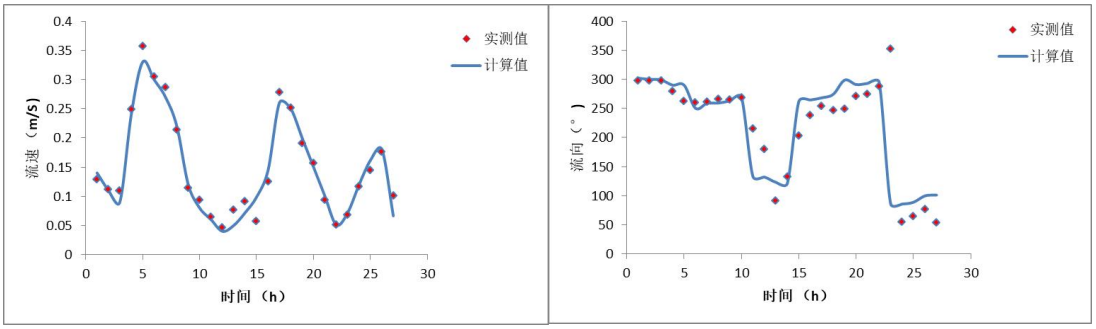


图 7.1.1.3-5（a） 冬季 SWL1 站流速、流向验证（表层）（2023 年 2 月 21 日 12:00~2 月 22 日 14:00 时）

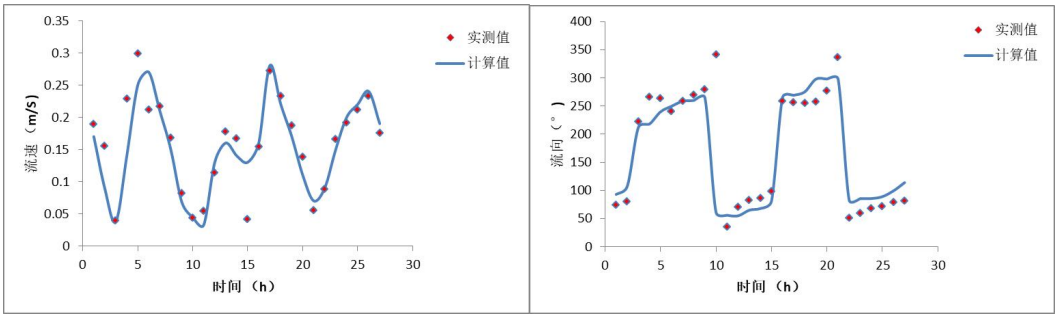


图 7.1.1.3-5（b） 冬季 SWL1 站流速、流向验证（中层）（2023 年 2 月 21 日 12:00~2 月 22 日 14:00 时）

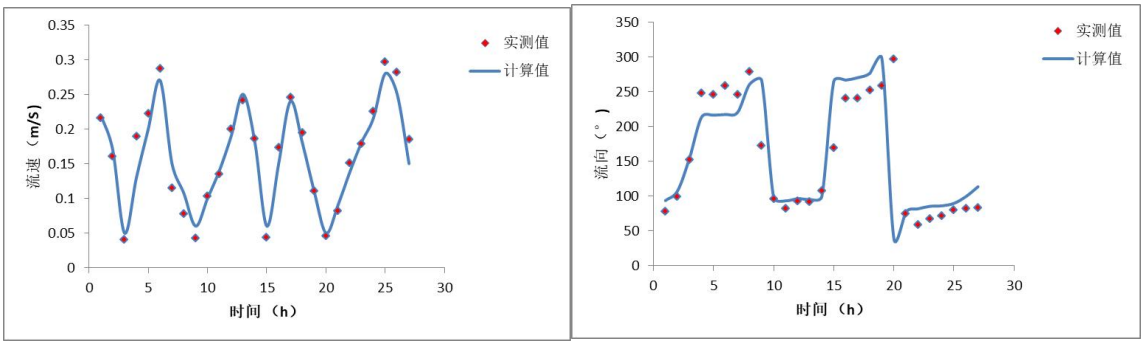


图 7.1.1.3-5（c） 冬季 SWL1 站流速、流向验证（底层）（2023 年 2 月 21 日 12:00~2 月 22 日 14:00 时）

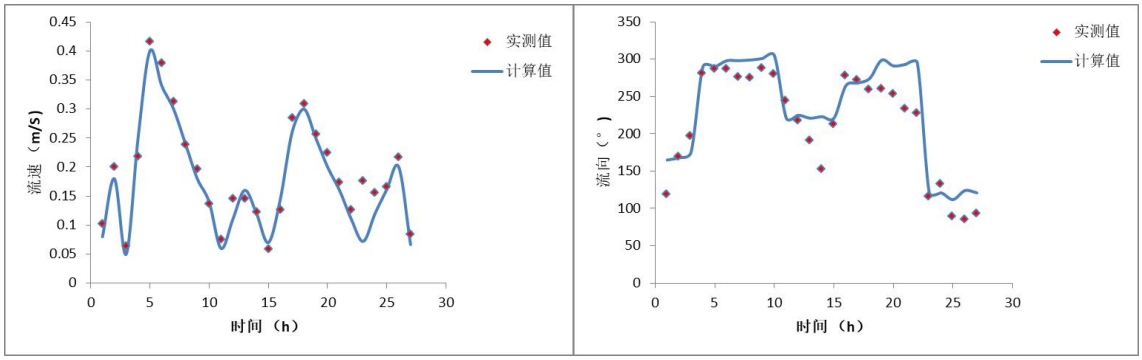


图 7.1.1.3-6（a） 冬季 SWL2 站流速、流向验证（表层）（2023 年 2 月 21 日 12:00~2 月 22 日 14:00 时）

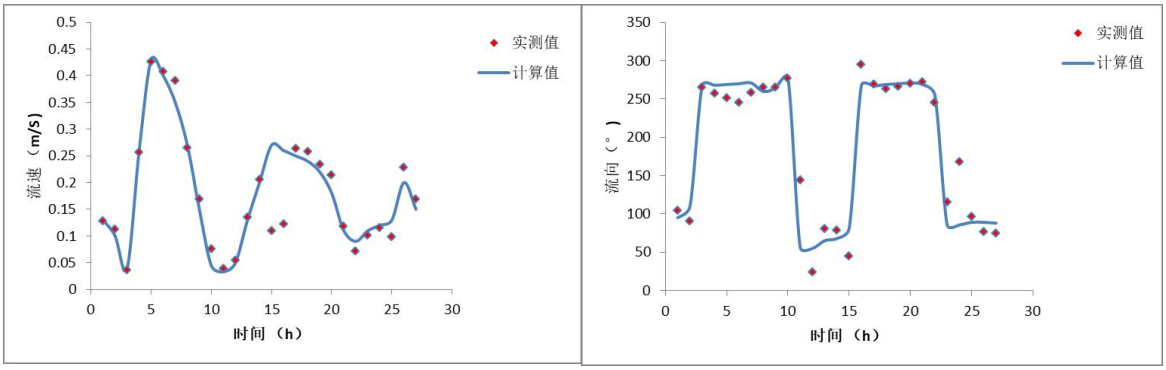


图 7.1.1.3-6（b） 冬季 SWL2 站流速、流向验证（中层）（2023 年 2 月 21 日 12:00~2 月 22 日 14:00 时）

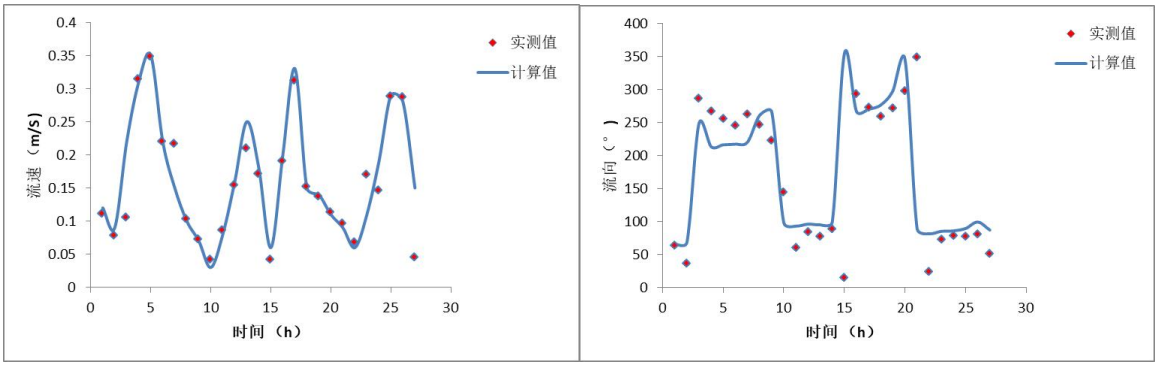


图 7.1.1.3-6（c） 冬季 SWL2 站流速、流向验证（底层）（2023 年 2 月 21 日 12:00~2 月 22 日 14:00 时）

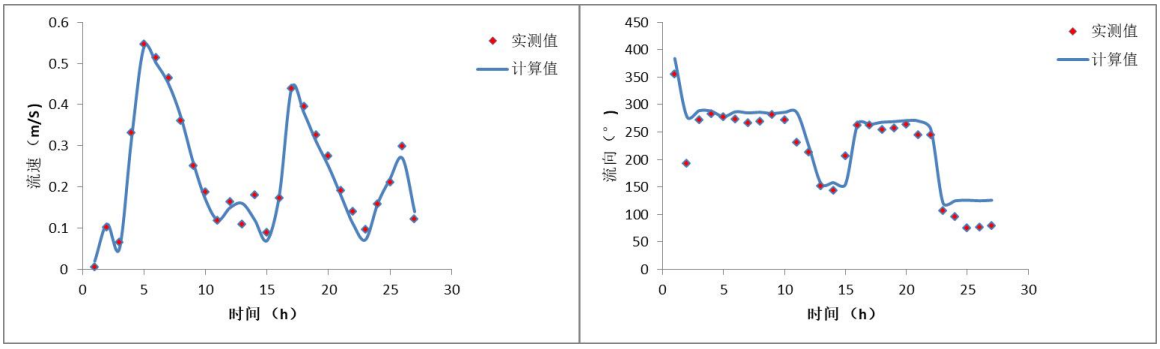


图 7.1.1.3-7（a） 冬季 SWL3 站流速、流向验证（表层）（2023 年 2 月 21 日 12:00~2 月 22 日 14:00 时）

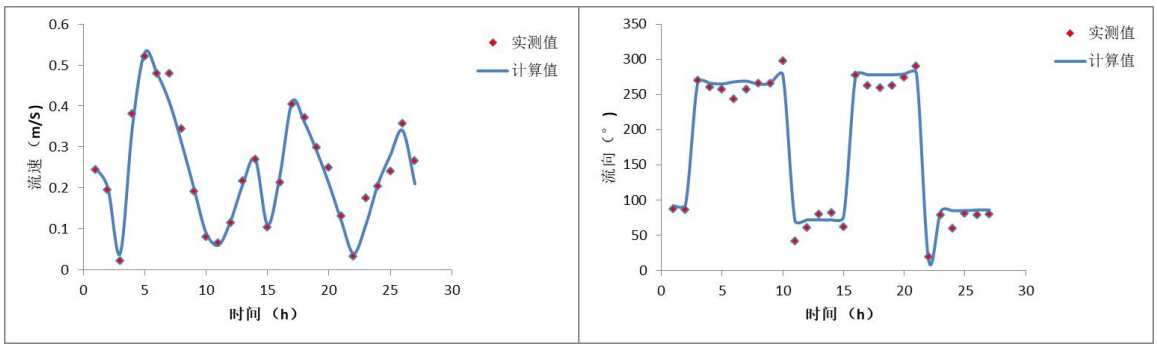


图 7.1.1.3-7（b） 冬季 SWL3 站流速、流向验证（中层）（2023 年 2 月 21 日 12:00~2 月 22 日 14:00 时）

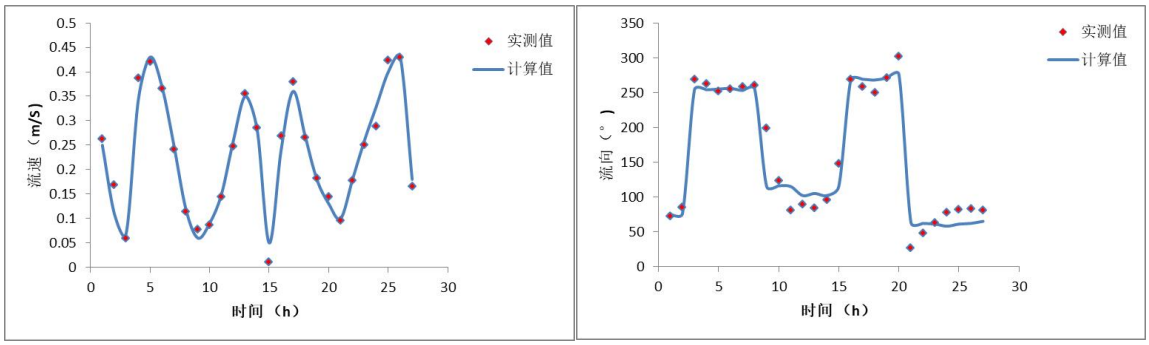


图 7.1.1.3-7（c） 冬季 SWL3 站流速、流向验证（底层）（2023 年 2 月 21 日 12:00~2 月 22 日 14:00 时）

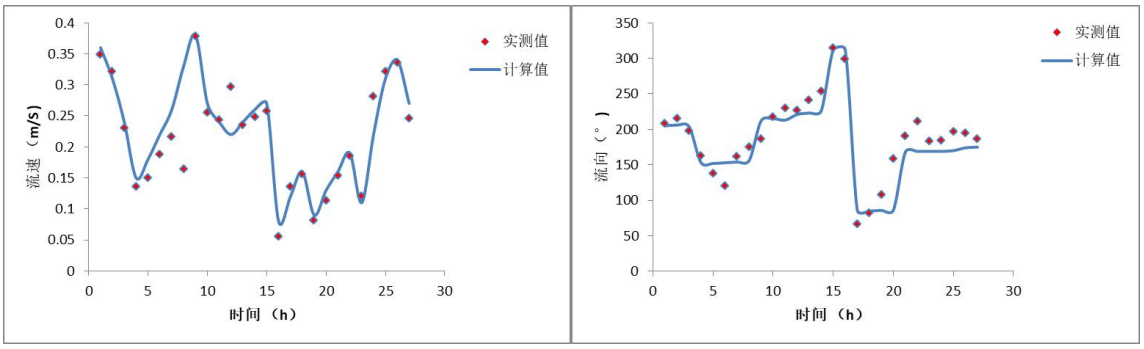


图 7.1.1.3-8（a） 冬季 SWL4 站流速、流向验证（表层）（2023 年 2 月 21 日 12:00~2 月 22 日 14:00 时）

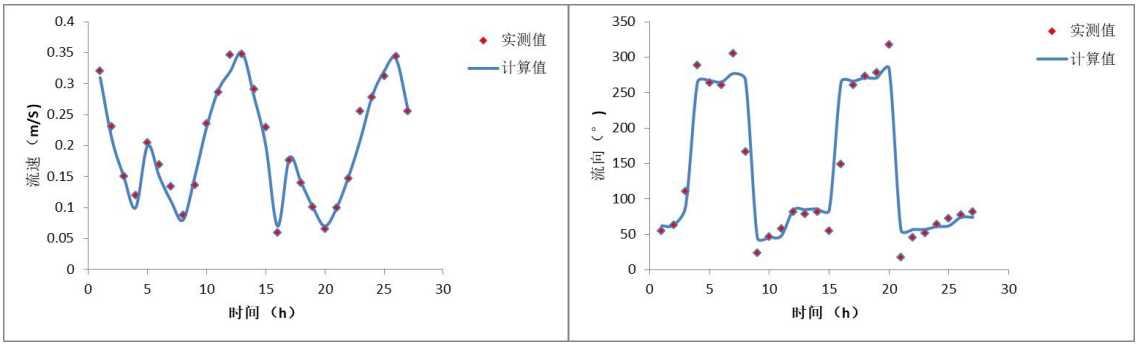


图 7.1.1.3-8（b） 冬季 SWL4 站流速、流向验证（中层）（2023 年 2 月 21 日 12:00~2 月 22 日 14:00 时）

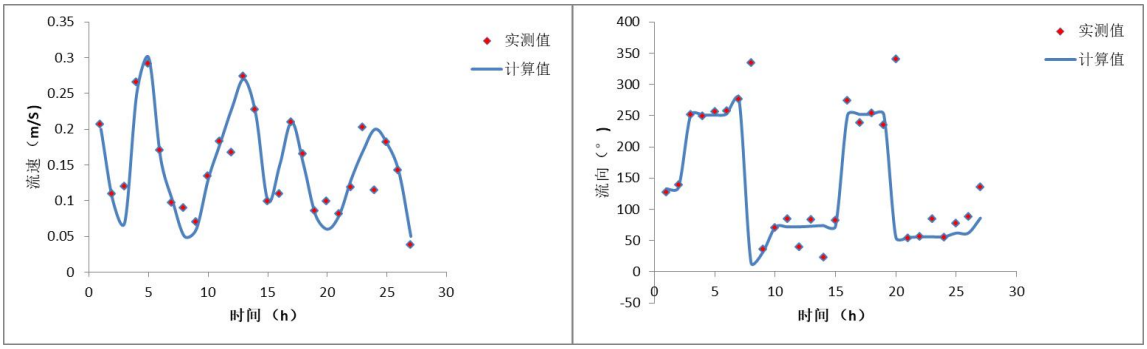


图 7.1.1.3-8（c） 冬季 SWL4 站流速、流向验证（底层）（2023 年 2 月 21 日 12:00~2 月 22 日 14:00 时）

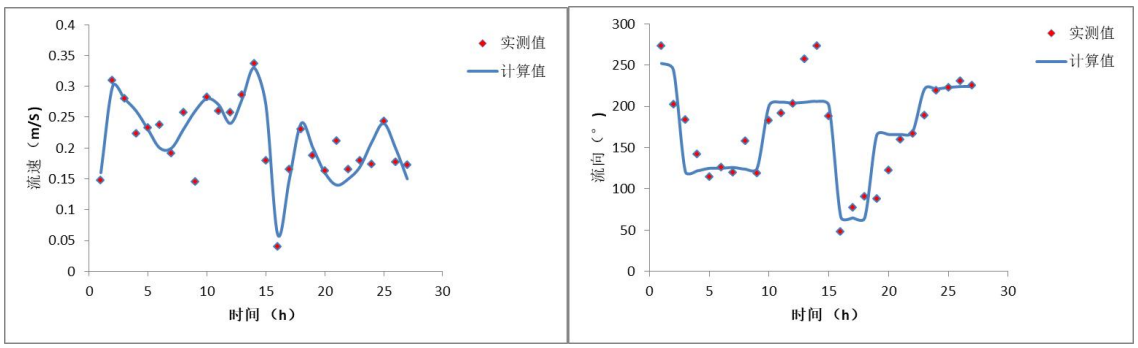


图 7.1.1.3-9（a） 冬季 SWL5 站流速、流向验证（表层）（2023 年 2 月 21 日 12:00~2 月 22 日 14:00 时）

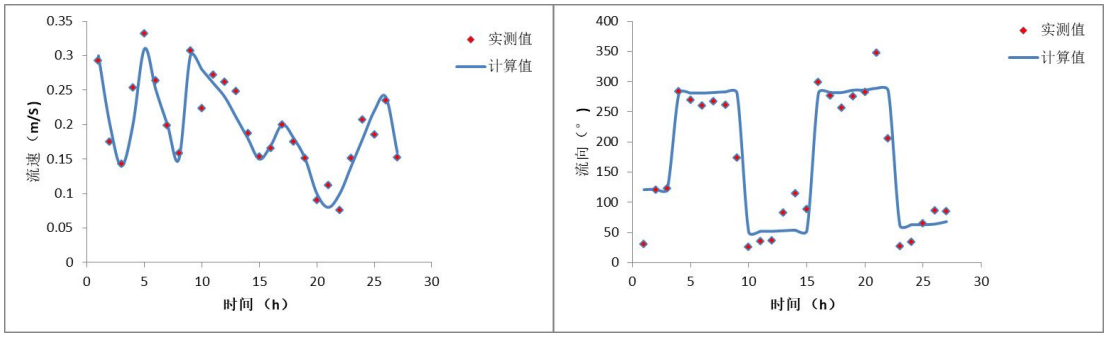


图 7.1.1.3-9（b） 冬季 SWL5 站流速、流向验证（中层）（2023 年 2 月 21 日 12:00~2 月 22 日 14:00 时）

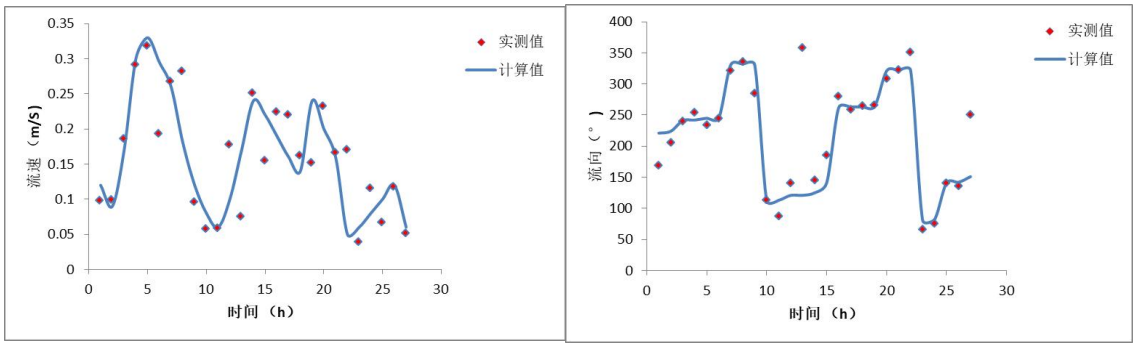


图 7.1.1.3-9（c） 冬季 SWL5 站流速、流向验证（底层）（2023 年 2 月 21 日 12:00~2 月 22 日 14:00 时）

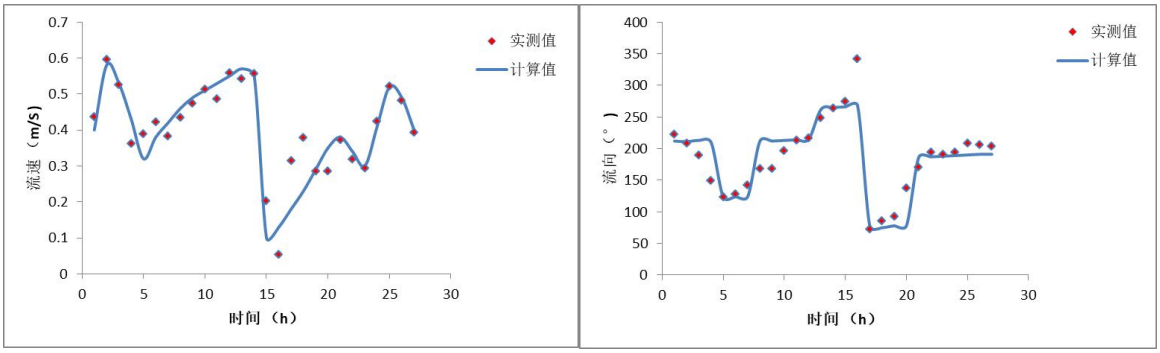


图 7.1.1.3-10（a） 冬季 SWL6 站流速、流向验证（表层）（2023 年 2 月 21 日 12:00~2 月 22 日 14:00 时）

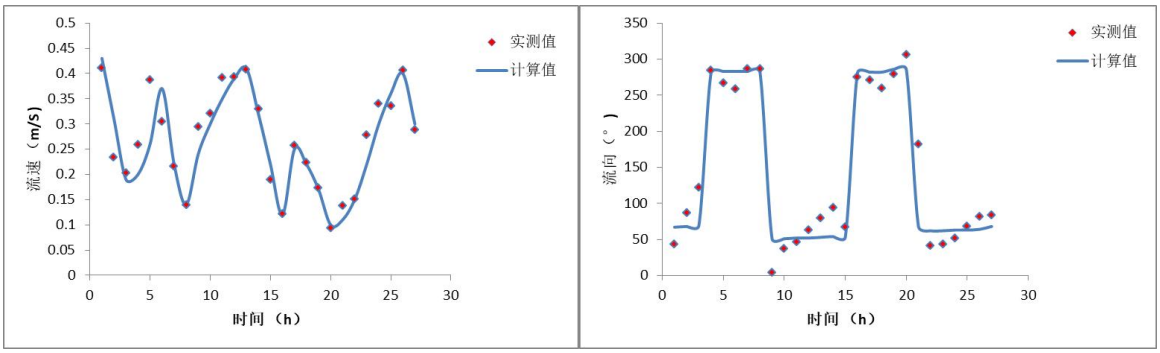


图 7.1.1.3-10（b） 冬季 SWL6 站流速、流向验证（中层）（2023 年 2 月 21 日 12:00~2 月 22 日 14:00 时）

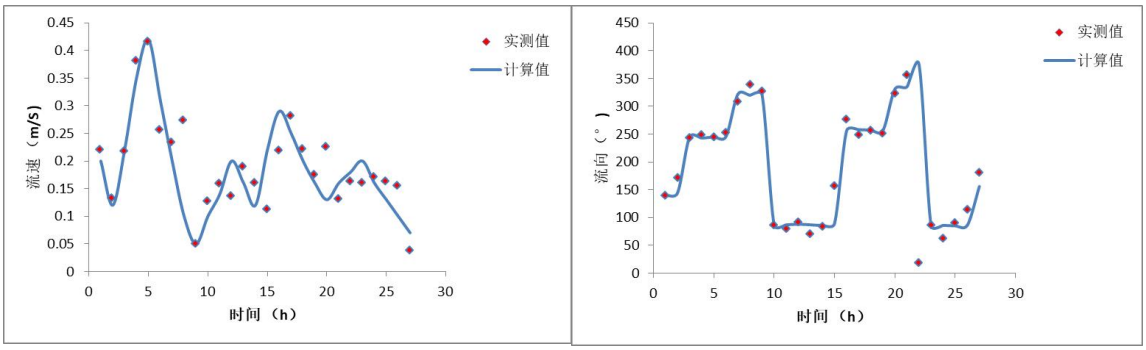


图 7.1.1.3-10（c）　冬季 SWL6 站流速、流向验证（底层）（2023 年 2 月 21 日 12:00~2 月 22 日 14:00 时）

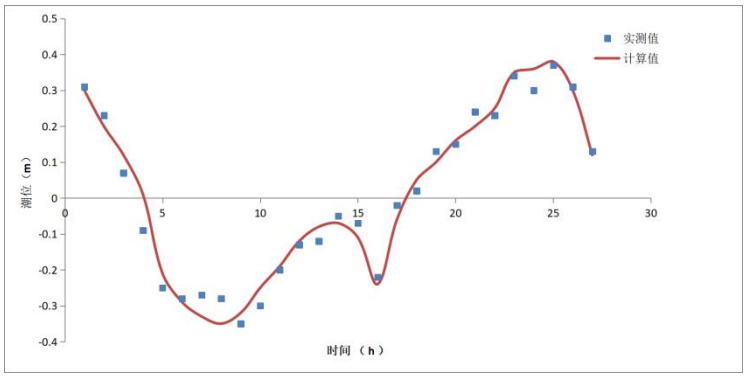


图 7.1.1.3-11a　夏季 SWC1 站潮位验证（2023 年 8 月 18 日 11:00~8 月 19 日 13:00 时）

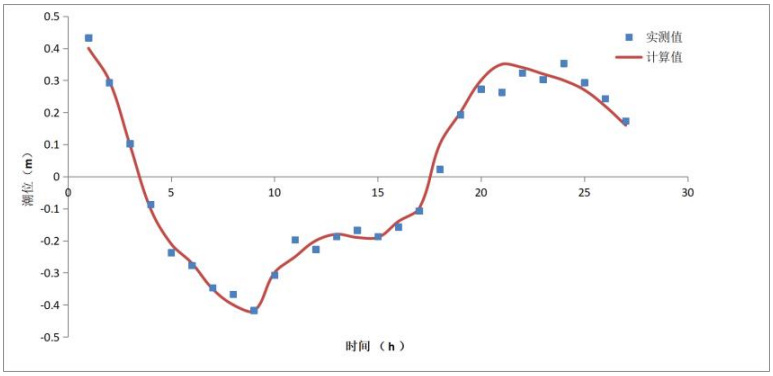


图 7.1.1.3-11b　夏季 SWC2 站潮位验证（2023 年 8 月 18 日 11:00~8 月 19 日 13:00 时）

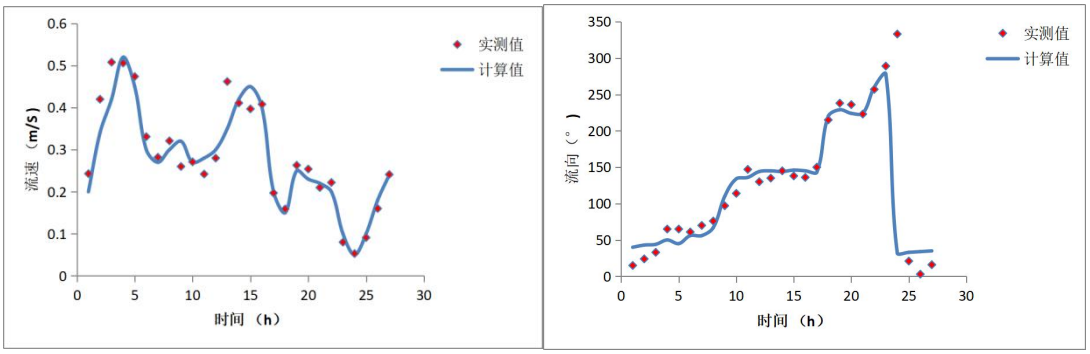


图 7.1.1.3-12（a）　夏季 SWL1 站流速、流向验证（表层）（2023 年 8 月 18 日 11:00~8 月 19 日 13:00 时）

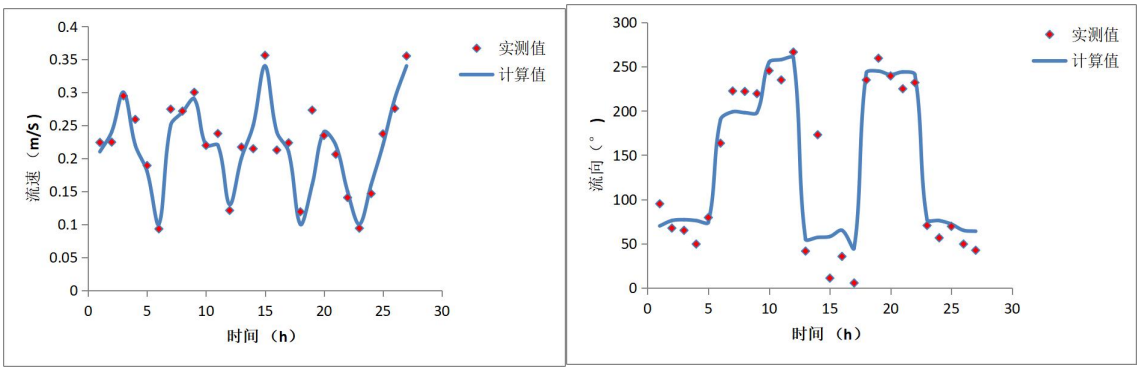


图 7.1.1.3-12（b） 夏季 SWL1 站流速、流向验证（中层）（2023 年 8 月 18 日 11:00~8 月 19 日 13:00 时）

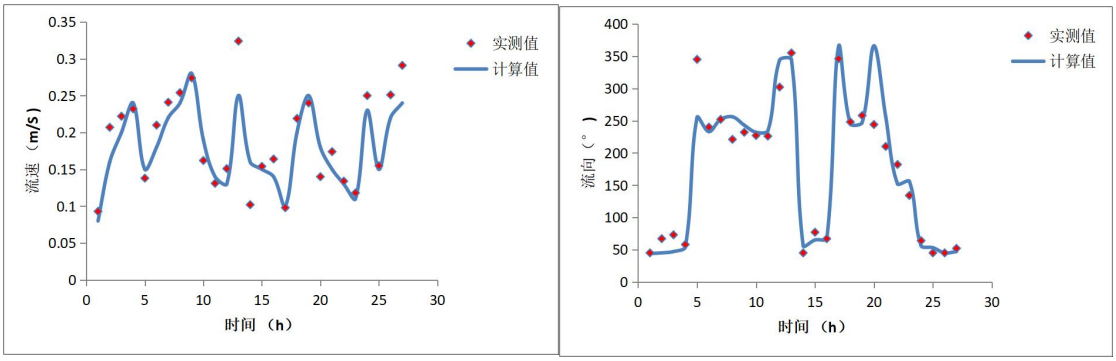


图 7.1.1.3-12（c） 夏季 SWL1 站流速、流向验证（底层）（2023 年 8 月 18 日 11:00~8 月 19 日 13:00 时）

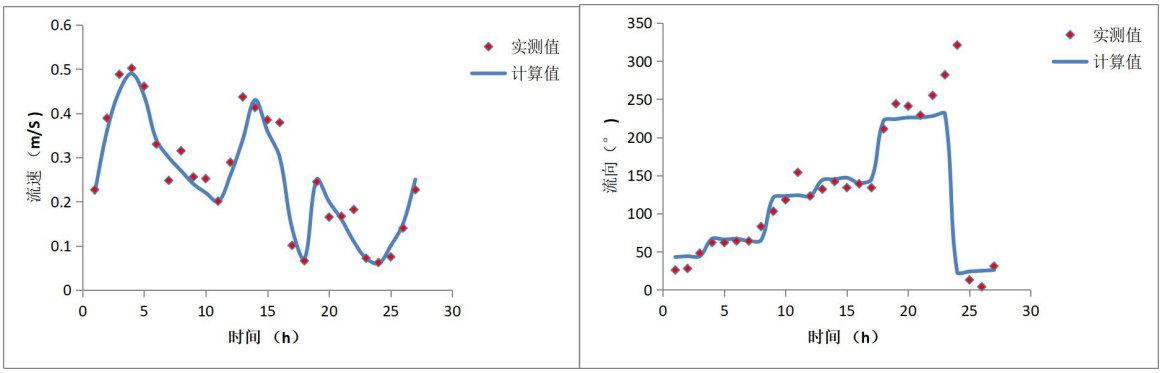


图 7.1.1.3-13（a）夏季 SWL2 站流速、流向验证（表层）（2023 年 8 月 18 日 11:00~8 月 19 日 13:00 时）

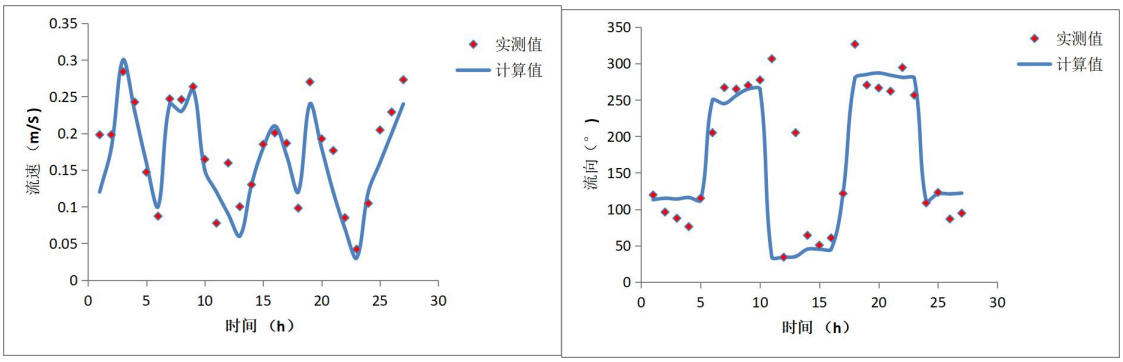


图 7.1.1.3-13（b） 夏季 SWL2 站流速、流向验证（中层）（2023 年 8 月 18 日 11:00~8 月 19 日 13:00 时）

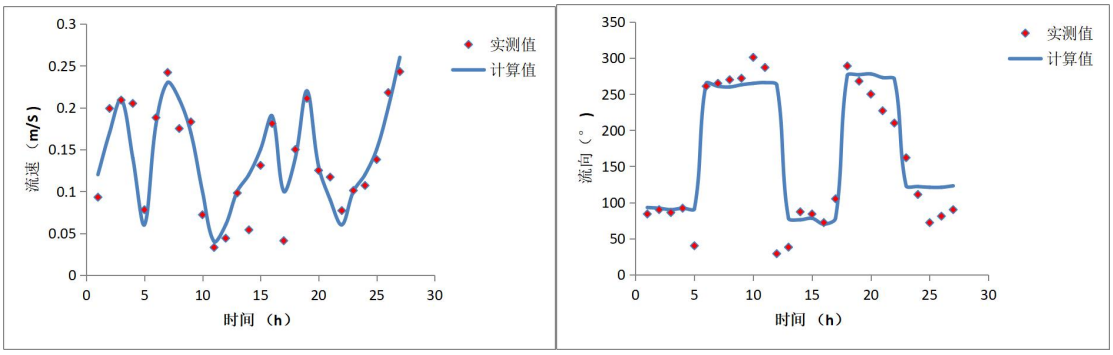


图 7.1.1.3-13（c）夏季 SWL2 站流速、流向验证（底层）（2023 年 8 月 18 日 11:00~8 月 19 日 13:00 时）

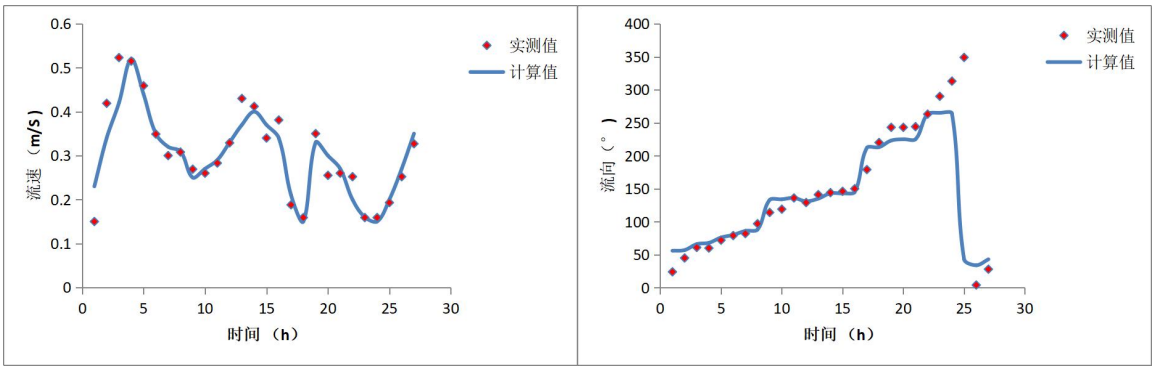


图 7.1.1.3-14（a） 夏季 SWL3 站流速、流向验证（表层）（2023 年 8 月 18 日 11:00~8 月 19 日 13:00 时）

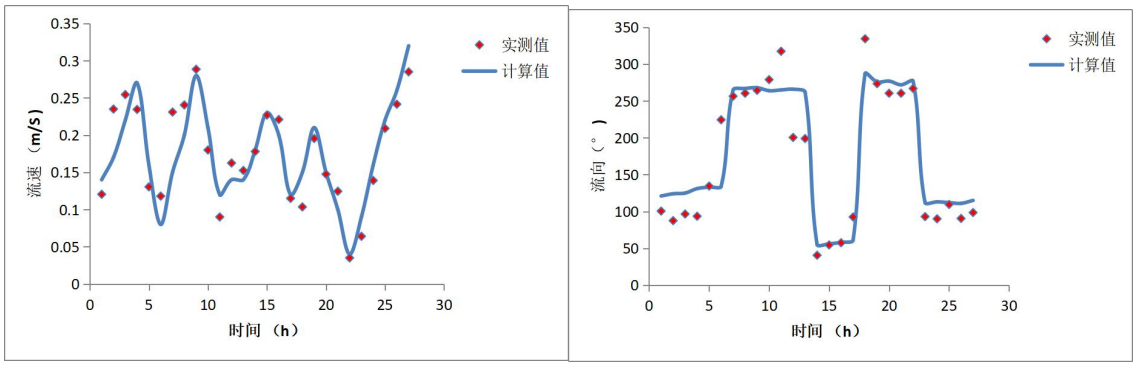


图 7.1.1.3-14（b） 夏季 SWL3 站流速、流向验证（中层）（2023 年 8 月 18 日 11:00~8 月 19 日 13:00 时）

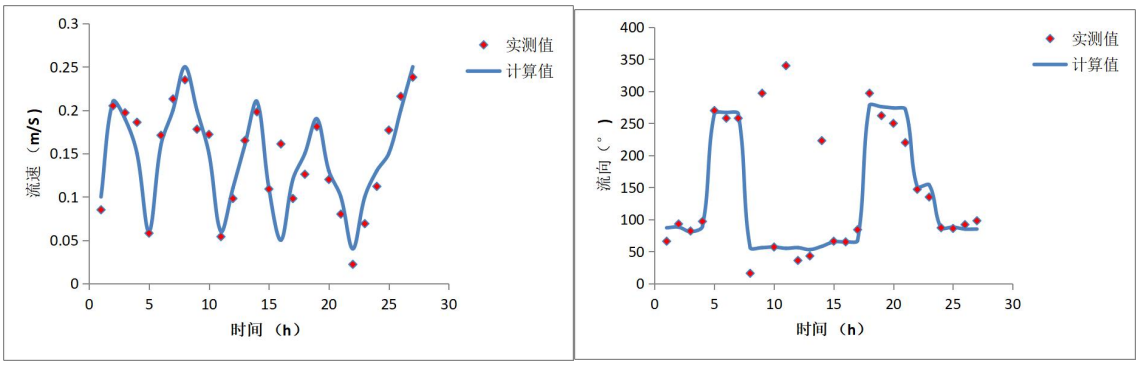


图 7.1.1.3-14（c） 夏季 SWL3 站流速、流向验证（底层）（2023 年 8 月 18 日 11:00~8 月 19 日 13:00 时）

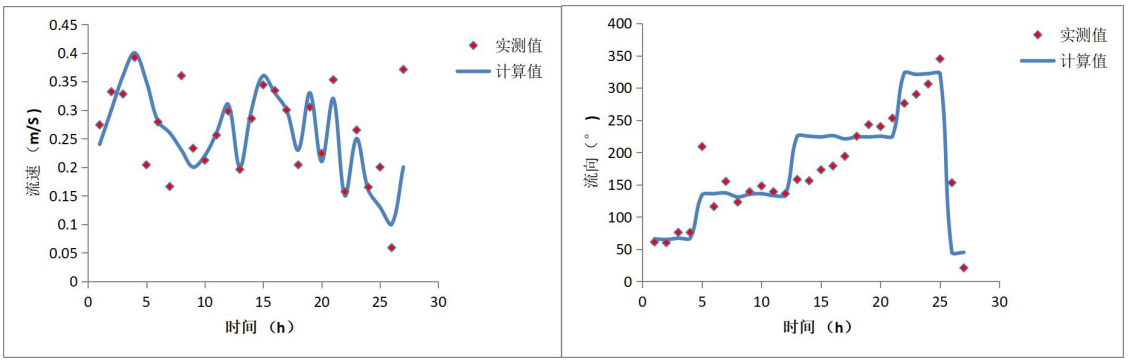


图 7.1.1.3-15（a）夏季 SWL4 站流速、流向验证（表层）（2023 年 8 月 18 日 11:00~8 月 19 日 13:00 时）

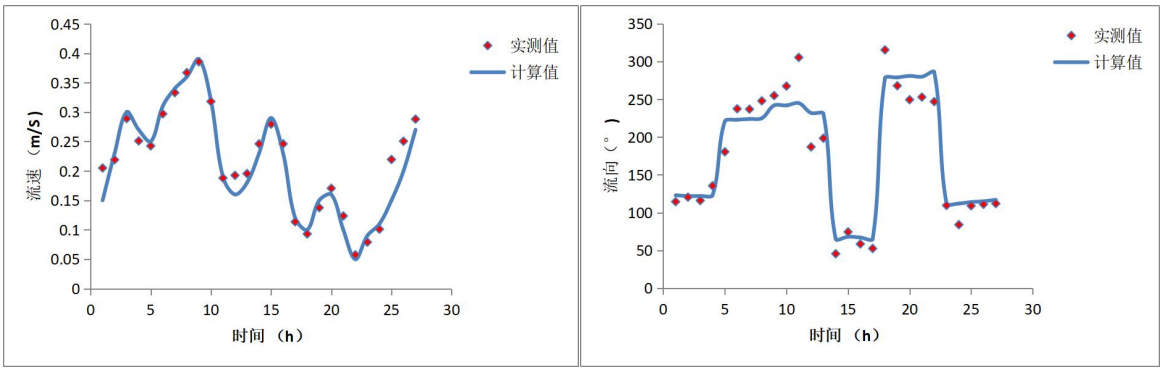


图 7.1.1.3-15（b） 夏季 SWL4 站流速、流向验证（中层）（2023 年 8 月 18 日 11:00~8 月 19 日 13:00 时）

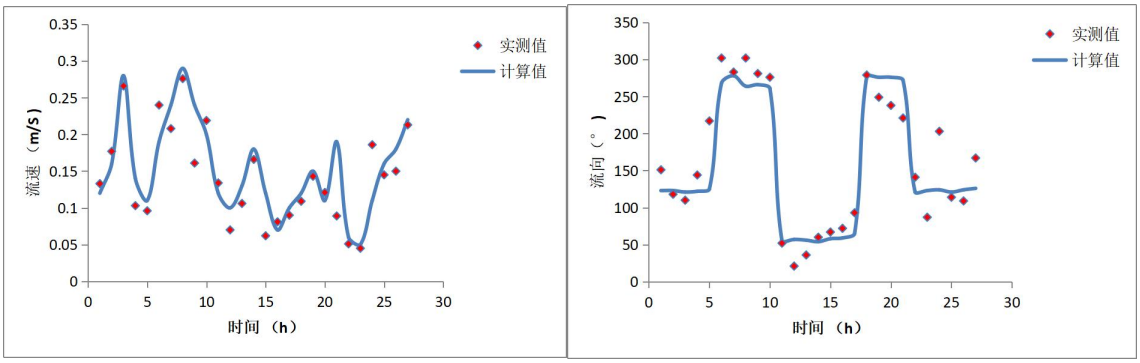


图 7.1.1.3-15（c） 夏季 SWL4 站流速、流向验证（底层）（2023 年 8 月 18 日 11:00~8 月 19 日 13:00 时）

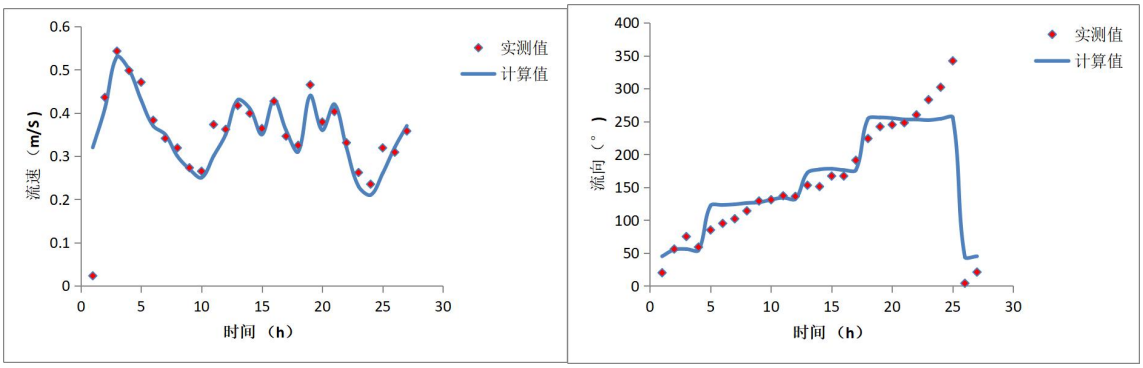


图 7.1.1.3-16（a） 夏季 SWL5 站流速、流向验证（表层）（2023 年 8 月 18 日 11:00~8 月 19 日 13:00 时）

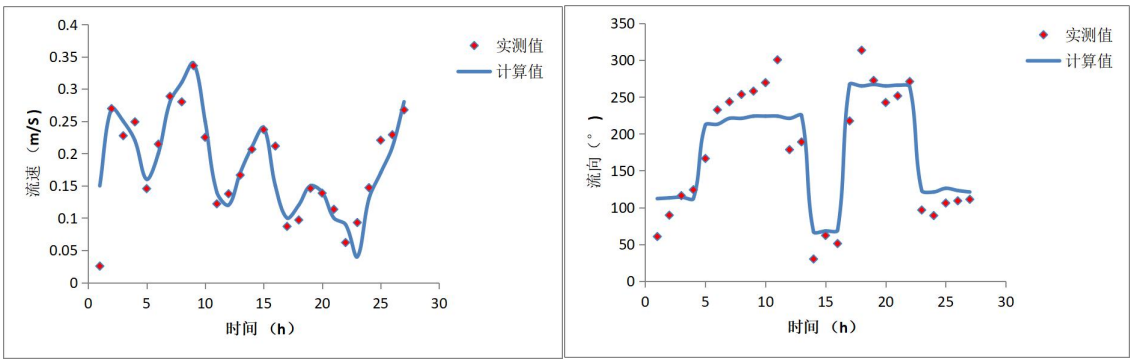


图 7.1.1.3-16（b） 夏季 SWL5 站流速、流向验证（中层）（2023 年 8 月 18 日 11:00~8 月 19 日 13:00 时）

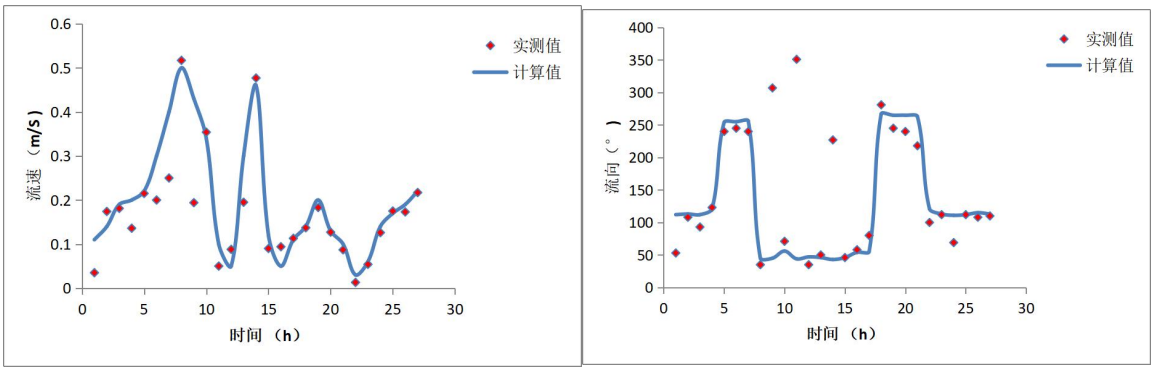


图 7.1.1.3-16（c） 夏季 SWL5 站流速、流向验证（底层）（2023 年 8 月 18 日 11:00~8 月 19 日 13:00 时）

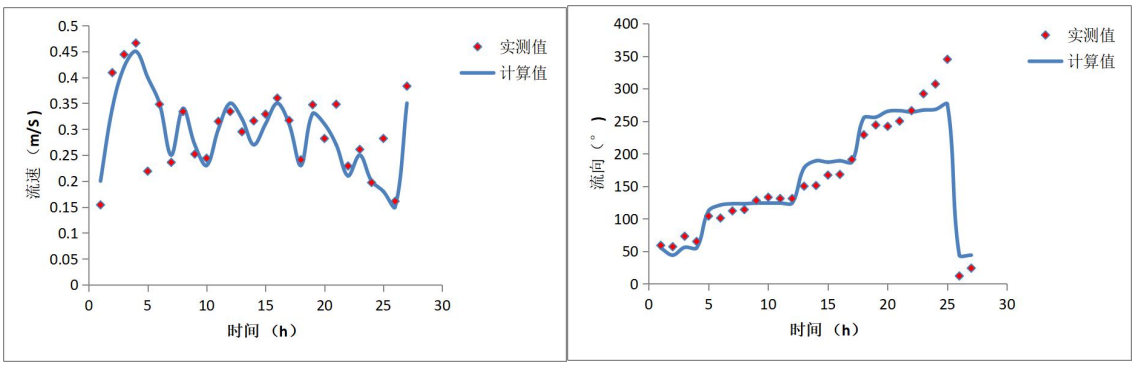


图 7.1.1.3-17（a） 夏季 SWL6 站流速、流向验证（表层）（2023 年 8 月 18 日 11:00~8 月 19 日 13:00 时）

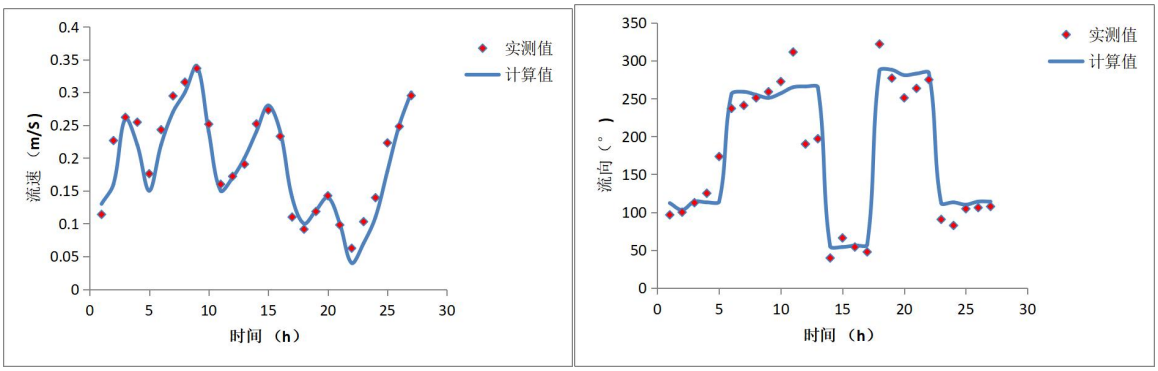


图 7.1.1.3-17（b） 夏季 SWL6 站流速、流向验证（中层）（2023 年 8 月 18 日 11:00~8 月 19 日 13:00 时）

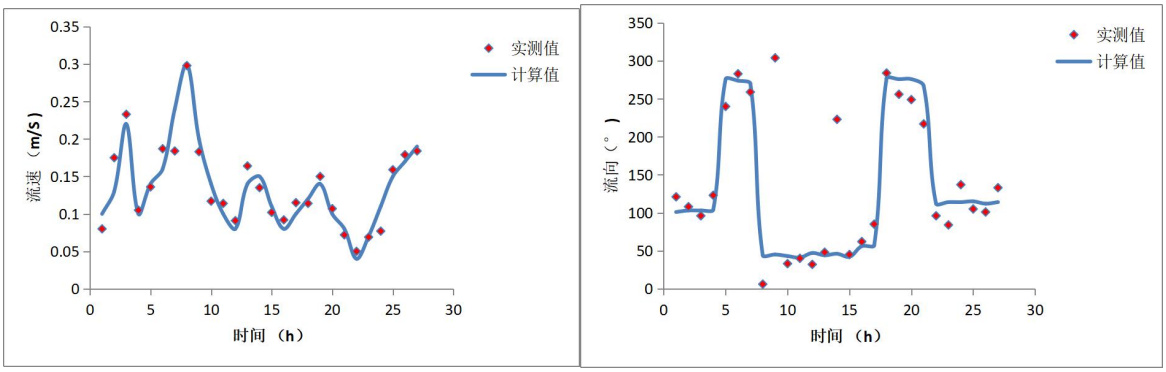


图 7.1.1.3-17（c） 夏季 SWL6 站流速、流向验证（底层）（2023 年 8 月 18 日 11:00~8 月 19 日 13:00 时）

7.1.2 计算结果

7.1.2.1工程前潮流场分析

根据监测数据可以看出，2023 年 8 月份监测期间项目地附近潮差、平均流速大于 2023 年 2 月份，因此对 2023 年 8 月流场进行分析。

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 7.1.2.1-1~图 7.1.2.1-2 为计算域涨急和落急流场图。可以看出，本工程位于碣石湾外海，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 W-E 向，近岸海域潮流流向基本为沿岸走向，工程区域大潮表层落潮平均流速在 0.55m/s 左右，大潮表层涨潮平均流速在 0.41m/s 左右。工程海域潮流流速总体不大。

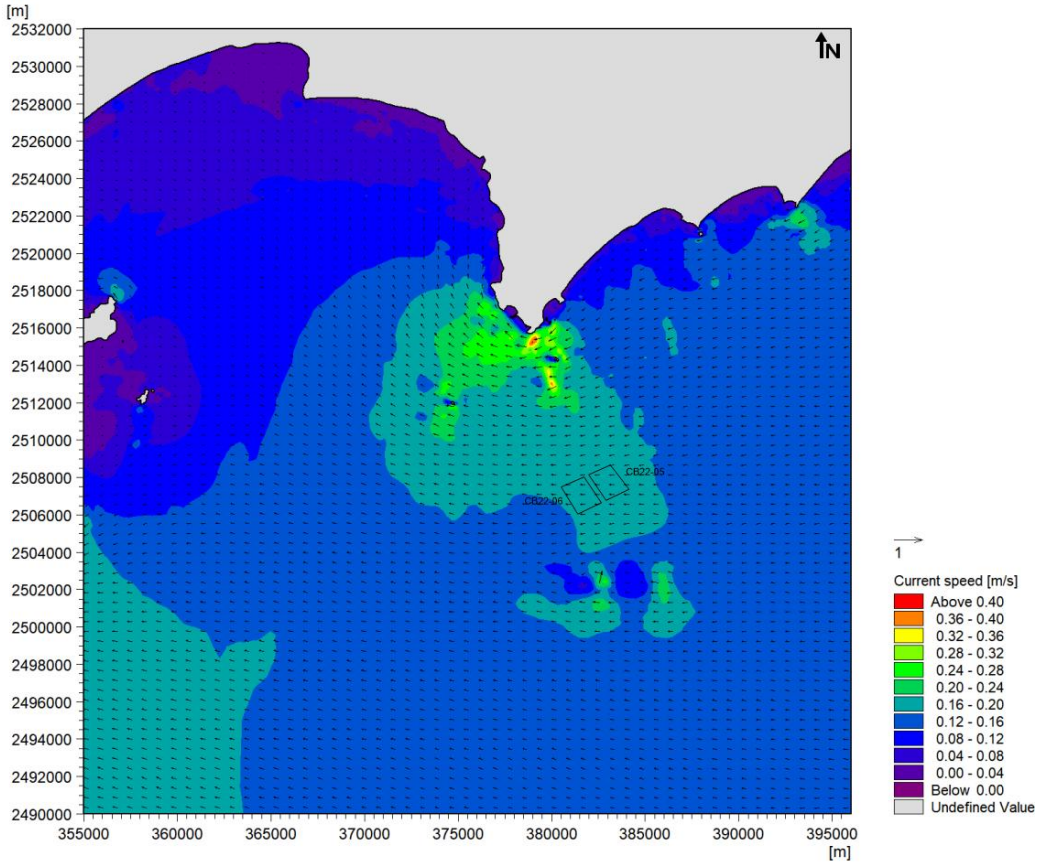


图 7.1.2.1-1（a） 工程前工程海域大潮涨急流场（表层）

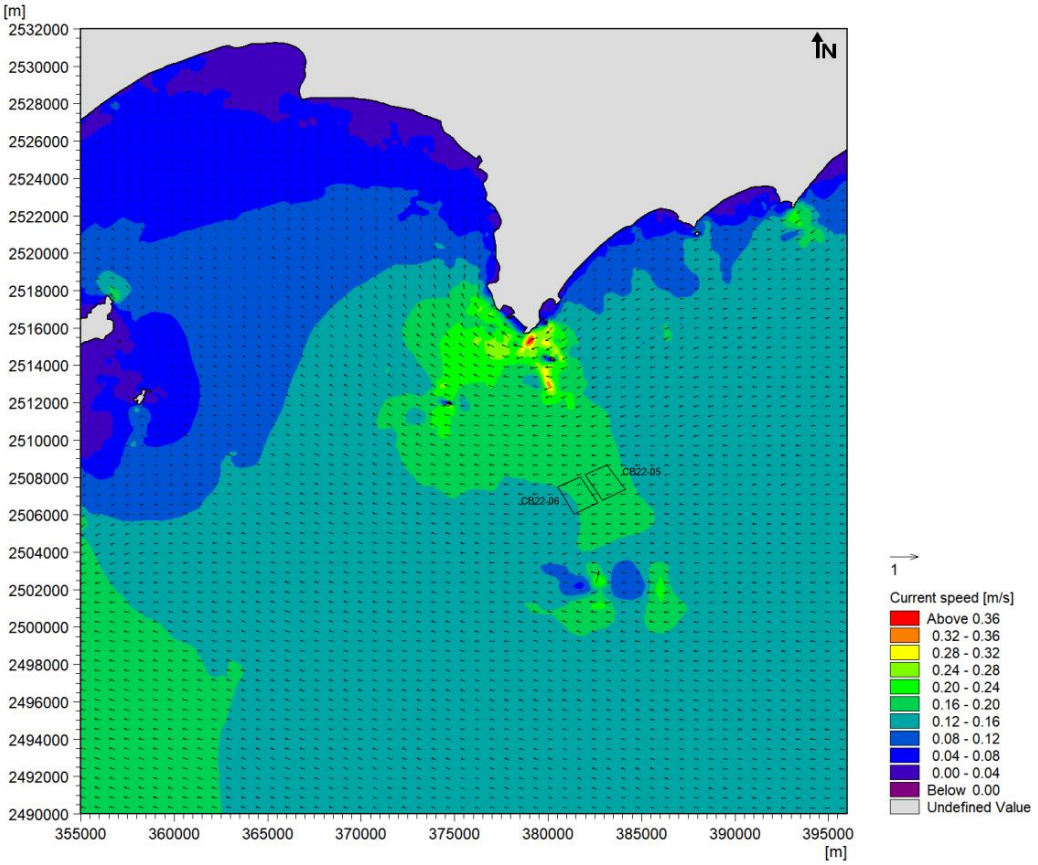


图 7.1.2.1-1（b） 工程前工程海域大潮涨急流场（中层）

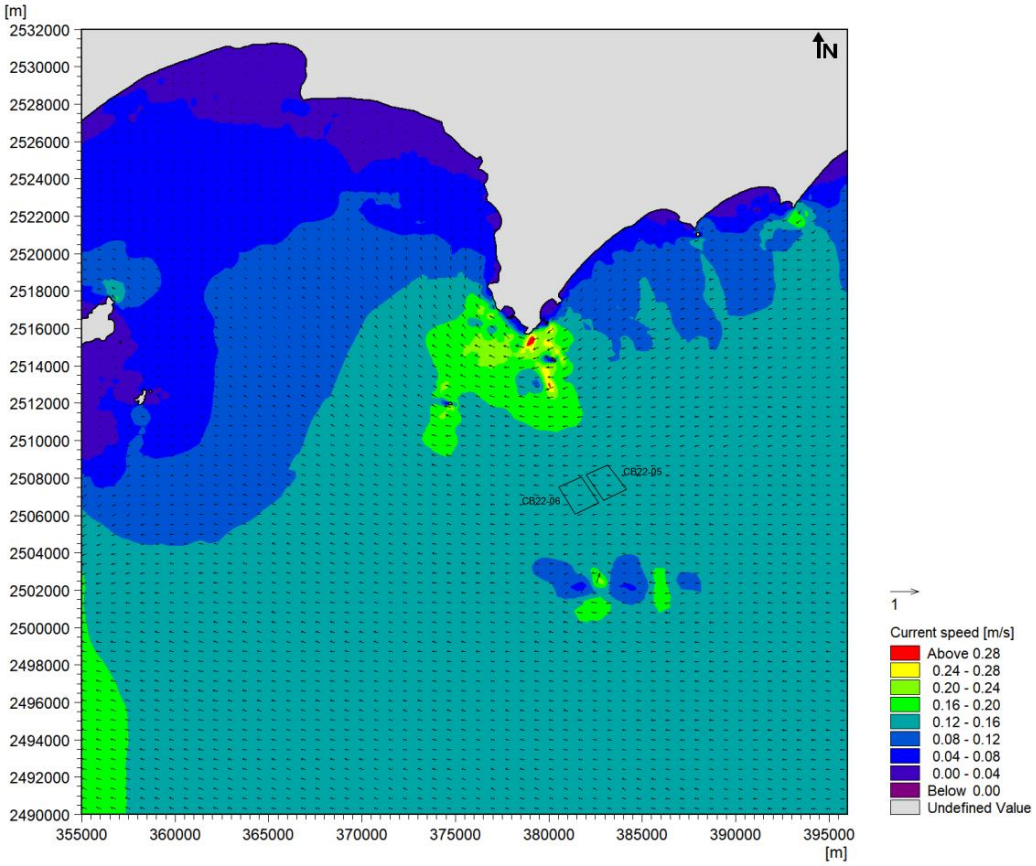


图 7.1.2.1-1（c） 工程前工程海域大潮涨急流场（底层）

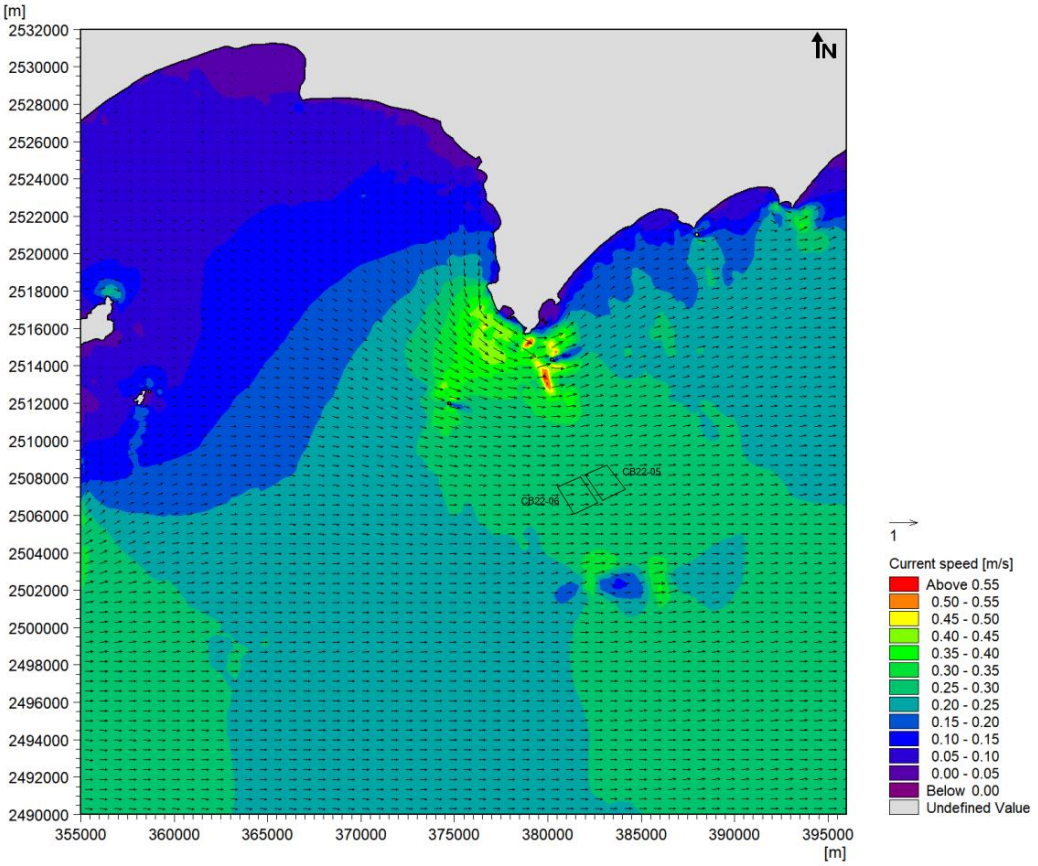


图 7.1.2.1-2（a） 工程前工程海域大潮落急流场（表层）

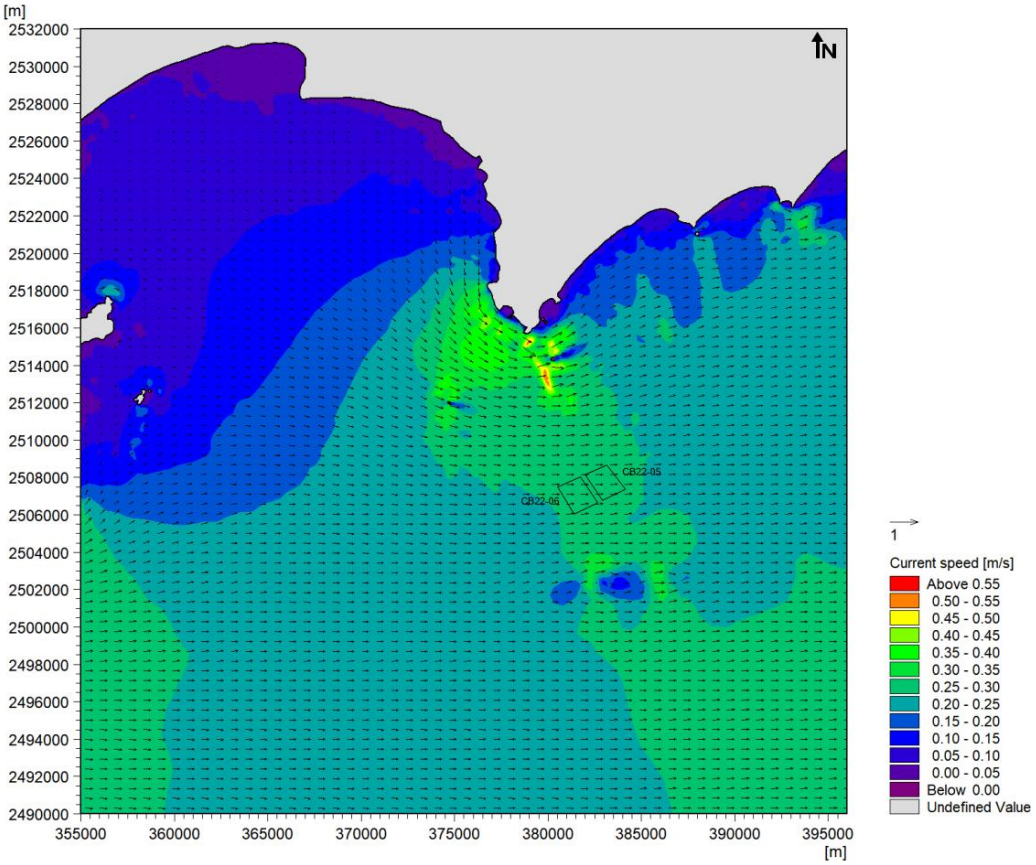


图 7.1.2.1-2（b）　工程前工程海域大潮落急流场（中层）

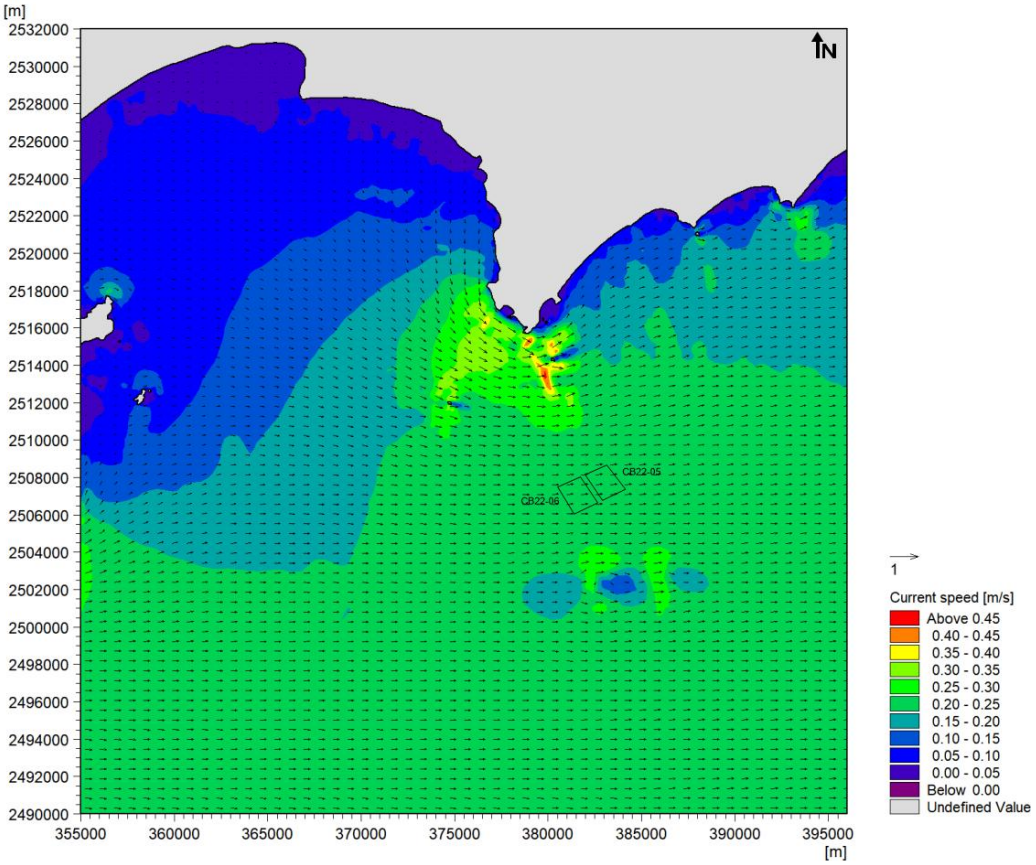


图 7.1.2.1-2（c）　工程前工程海域大潮落急流场（底层）

7.1.2.2 工程后流场分析

1. CB22-05 区块工程后水动力环境分析

由于本项目涉海工程主要是采砂区挖深后对附近海域水动力环境的影响。工程施工后带来工程周边水动力特征的变化，对流场和流速流向均产生影响。通过数值模拟的方法对工程实施前后的水动力特征进行计算，以体现工程对水动力的影响范围和强度。

依据各矿体采砂层厚度分布，CB22-05 区块平均采砂深度 10.00m。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。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 20 个代表点分别对比工程前后大潮涨、落潮中层平均流速、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 7.1.2.2-2。

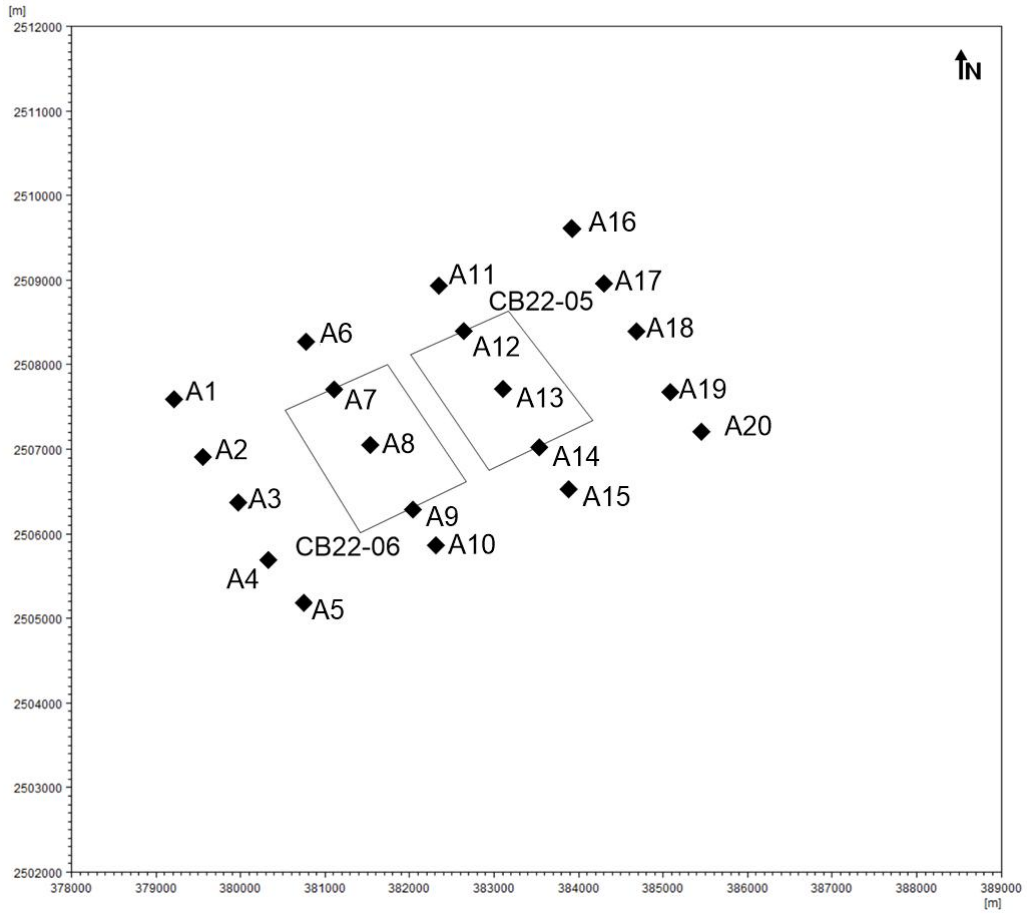


图 7.1.2.2-2　采砂区附近采样点分布示意图

采砂区挖深后，工程前后各代表点中层大潮涨潮平均、大潮落潮平均流速、流向对比结果见表 7.1.2.2-1~表 7.1.2.2-2，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 7.1.2.2-3~图 7.1.2.2-6，工程前后附近海域的流

速变化等值线见图 7.2.2.2-7~7.1.2.2-8。

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、落潮平均流速略有减小。工程后代表点中层涨潮平均流速变化幅度约为-0.0041m/s~0.0103m/s，中层落潮平均流速变化幅度约为-0.0308m/s~0.0057m/s，中层涨落潮平均流速变化幅度相当，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涨落潮平均流向有所变化，中层涨落潮平均流向最大偏转幅度分别为 43.91°和 7.87°，中层涨落潮平均流向变化幅度较小，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。对采砂区及采砂区南北侧潮流影响以流速减小为主，对采砂区东西侧潮流影响以流速增加为主。由于工程后采砂区加深，采砂区内涨落潮平均流速出现一定程度减缓，流向略有变化，最大流速减小值约 0.0308m/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 7.1.2.2-1　工程前后中层大潮涨潮平均流速流向变化

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	0.0144	0.0147	0.0003	2.1	210.85	208.82	-2.03	-1.0
A2	0.0138	0.0142	0.0004	2.9	205.40	204.35	-1.05	-0.5
A3	0.0137	0.0139	0.0002	1.5	201.16	198.42	-2.74	-1.4
A4	0.0136	0.0132	-0.0004	-2.9	183.93	198.54	14.61	7.9
A5	0.0133	0.0127	-0.0006	-4.5	25.08	24.80	-0.28	-1.1
A6	0.0117	0.0135	0.0018	15.4	209.26	233.77	24.51	11.7
A7	0.0112	0.0116	0.0004	3.6	203.63	200.18	-3.45	-1.7
A8	0.0103	0.0077	-0.0026	-25.2	198.51	190.26	-8.25	-4.2
A9	0.0090	0.0074	-0.0016	-17.8	192.10	194.77	2.67	1.4
A10	0.0075	0.0068	-0.0007	-9.3	187.93	189.93	2	1.1
A11	0.0105	0.0084	-0.0021	-20.0	207.50	218.21	10.71	5.2
A12	0.0100	0.0083	-0.0017	-17.0	196.15	152.24	-43.91	-22.3
A13	0.0095	0.0054	-0.0041	-43.1	187.02	155.22	-31.8	-17.0
A14	0.0088	0.0078	-0.001	-11.4	174.63	154.74	-19.89	-11.3
A15	0.0087	0.0088	0.0001	1.1	162.27	171.54	9.27	5.7
A16	0.0104	0.0121	0.0017	16.3	206.07	210.16	4.09	1.9
A17	0.0101	0.0124	0.0023	22.8	195.00	173.53	-21.47	-11.0
A18	0.0100	0.0108	0.0008	8.0	185.30	197.81	12.51	6.8
A19	0.0100	0.0090	-0.001	-10.0	174.91	180.97	6.06	3.5
A20	0.0104	0.0105	0.0001	1.0	166.50	167.38	0.88	0.5

表 7.1.2.2-2 工程前后中层大潮落潮平均流速流向变化

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	0.1747	0.1795	0.0048	2.7	86.29	86.45	0.16	0.2
A2	0.1744	0.1791	0.0047	2.7	85.34	85.65	0.31	0.4
A3	0.1737	0.1764	0.0027	1.6	84.67	83.91	-0.76	-0.9
A4	0.1738	0.1748	0.001	0.6	84.14	82.73	-1.41	-1.7
A5	0.1746	0.1730	-0.0016	-0.9	83.70	82.57	-1.13	-1.4
A6	0.1800	0.1775	-0.0025	-1.4	84.75	88.65	3.9	4.6
A7	0.1781	0.1517	-0.0264	-14.8	84.28	86.75	2.47	2.9
A8	0.1779	0.1583	-0.0196	-11.0	83.68	84.29	0.61	0.7
A9	0.1770	0.1602	-0.0168	-9.5	83.30	81.27	-2.03	-2.4
A10	0.1768	0.1694	-0.0074	-4.2	83.02	84.45	1.43	1.7
A11	0.1828	0.1776	-0.0052	-2.8	82.44	89.13	6.69	8.1
A12	0.1806	0.1614	-0.0192	-10.6	82.36	83.68	1.32	1.6
A13	0.1797	0.1493	-0.0304	-16.9	82.13	84.36	2.23	2.7
A14	0.1787	0.1645	-0.0142	-7.9	81.89	83.58	1.69	2.1
A15	0.1782	0.1775	-0.0007	-0.4	81.37	84.77	3.4	4.2
A16	0.1820	0.1756	-0.0064	-3.5	80.27	76.83	-3.44	-4.3
A17	0.1816	0.1873	0.0057	3.1	80.72	77.67	-3.05	-3.8
A18	0.1806	0.1890	0.0084	4.7	80.75	78.99	-1.76	-2.2
A19	0.1805	0.1871	0.0066	3.7	80.64	80.76	0.12	0.1
A20	0.1807	0.1849	0.0042	2.3	80.55	81.25	0.7	0.9

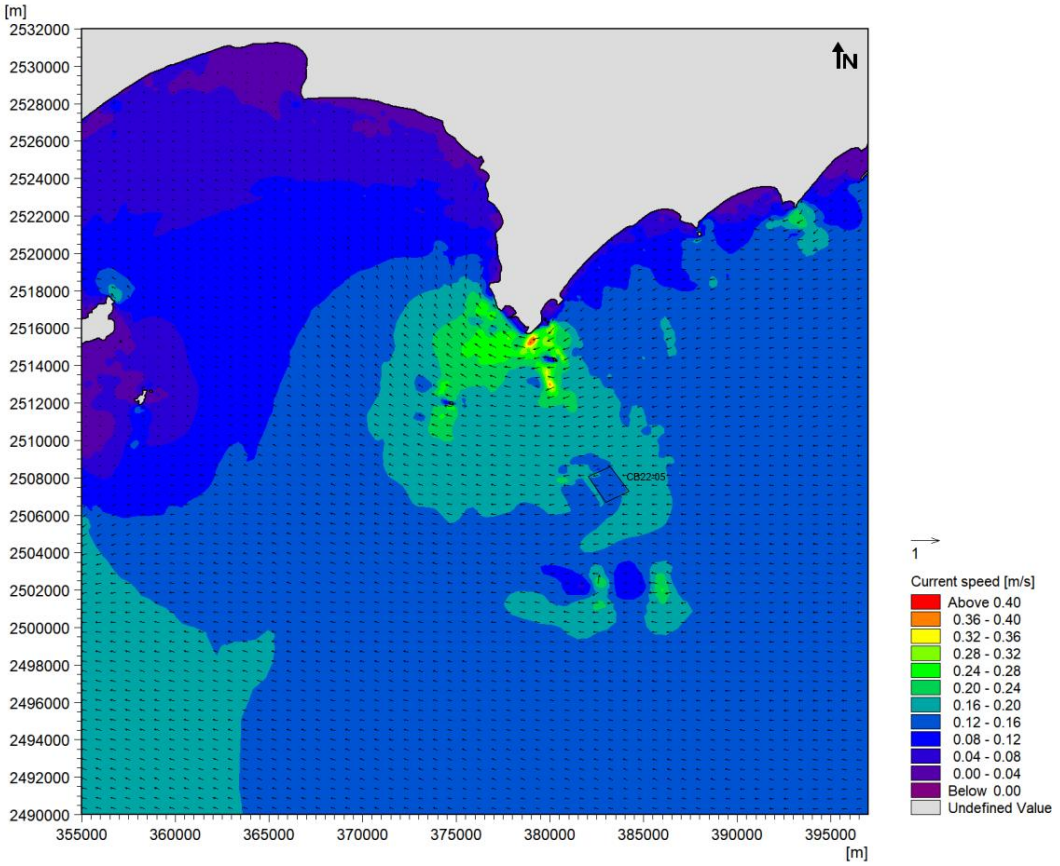


图 7.1.2.2-3（a）工程后大潮涨急流场图（表层）

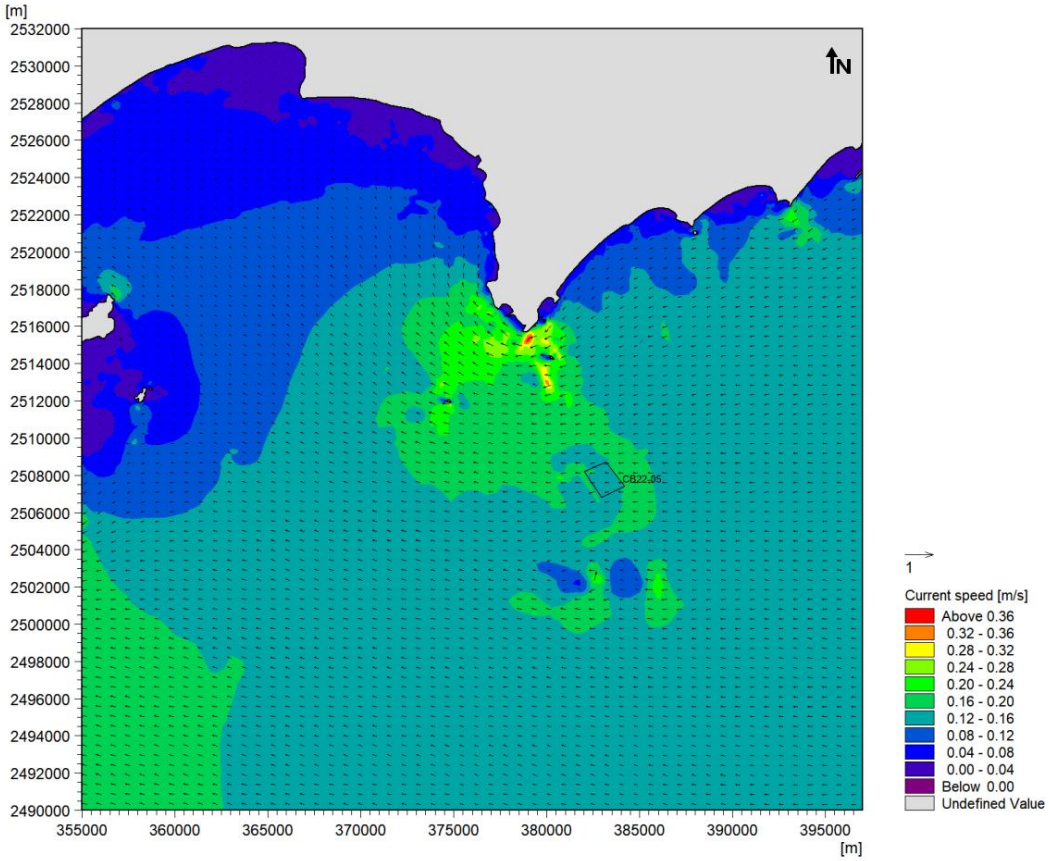


图 7.1.2.2-3（b）工程后大潮涨急流场图（中层）

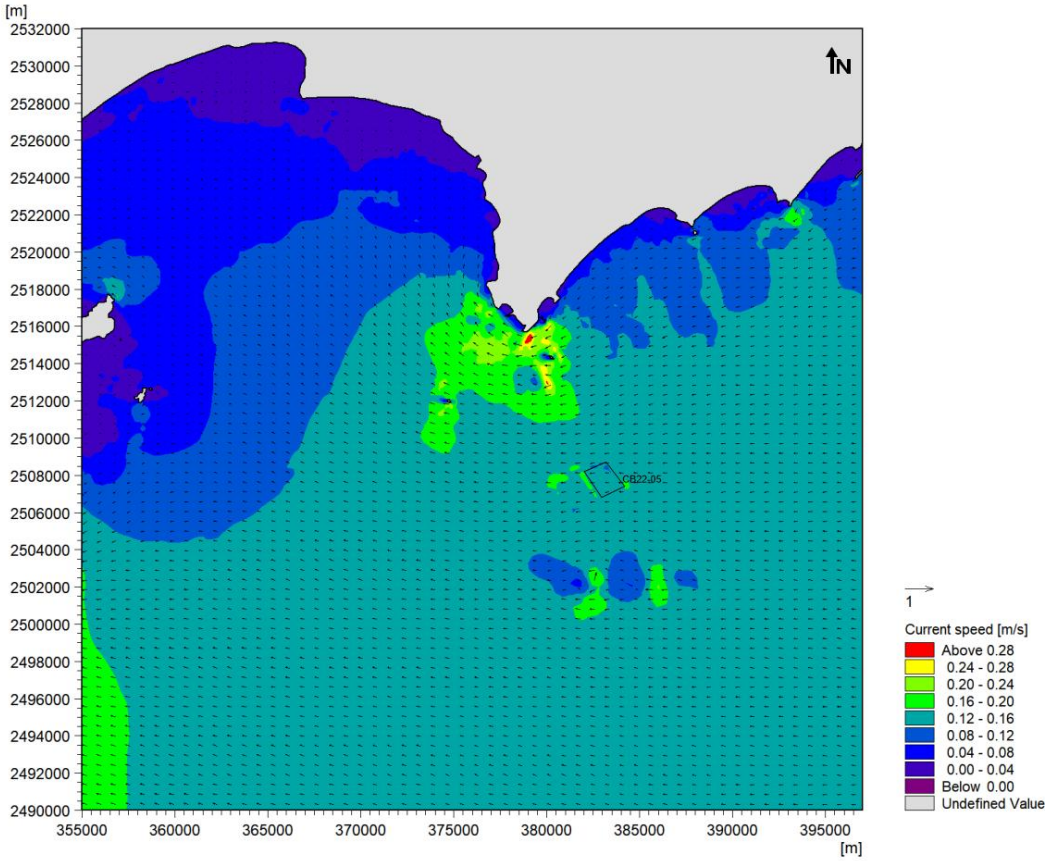


图 7.1.2.2-3（c）工程后大潮涨急流场图（底层）

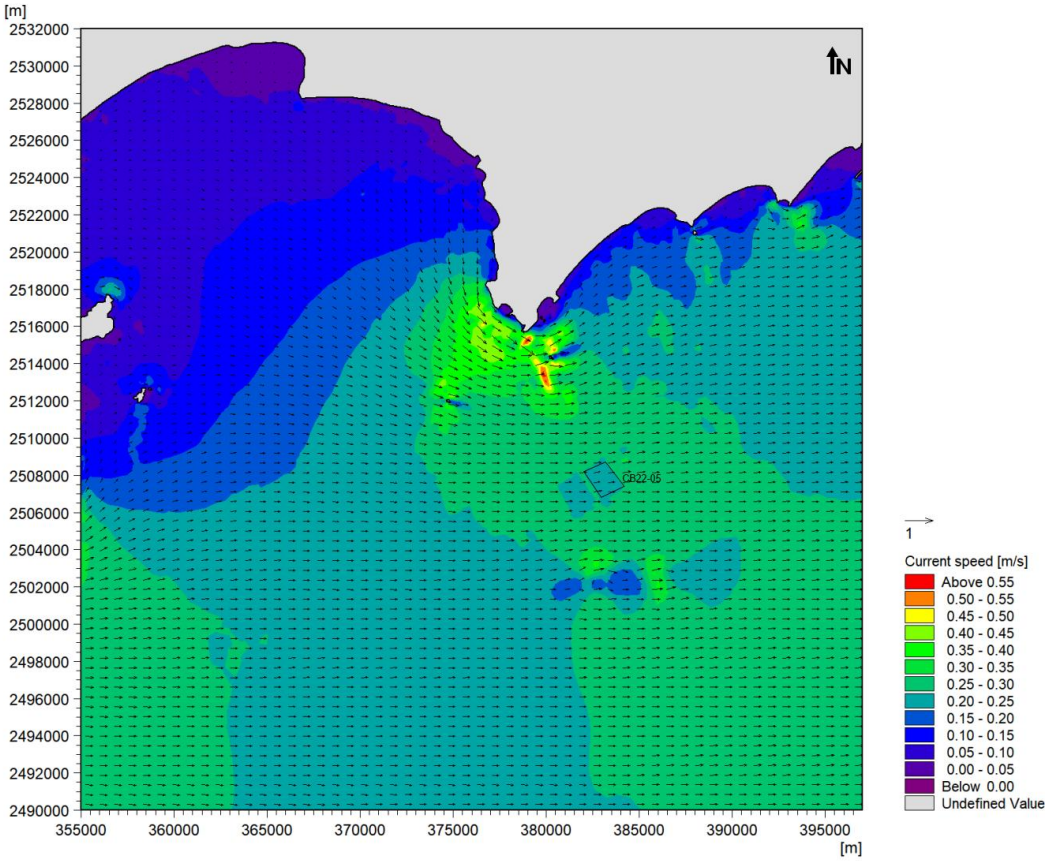


图 7.1.2.2-4（a）工程后大潮落急流场图（表层）

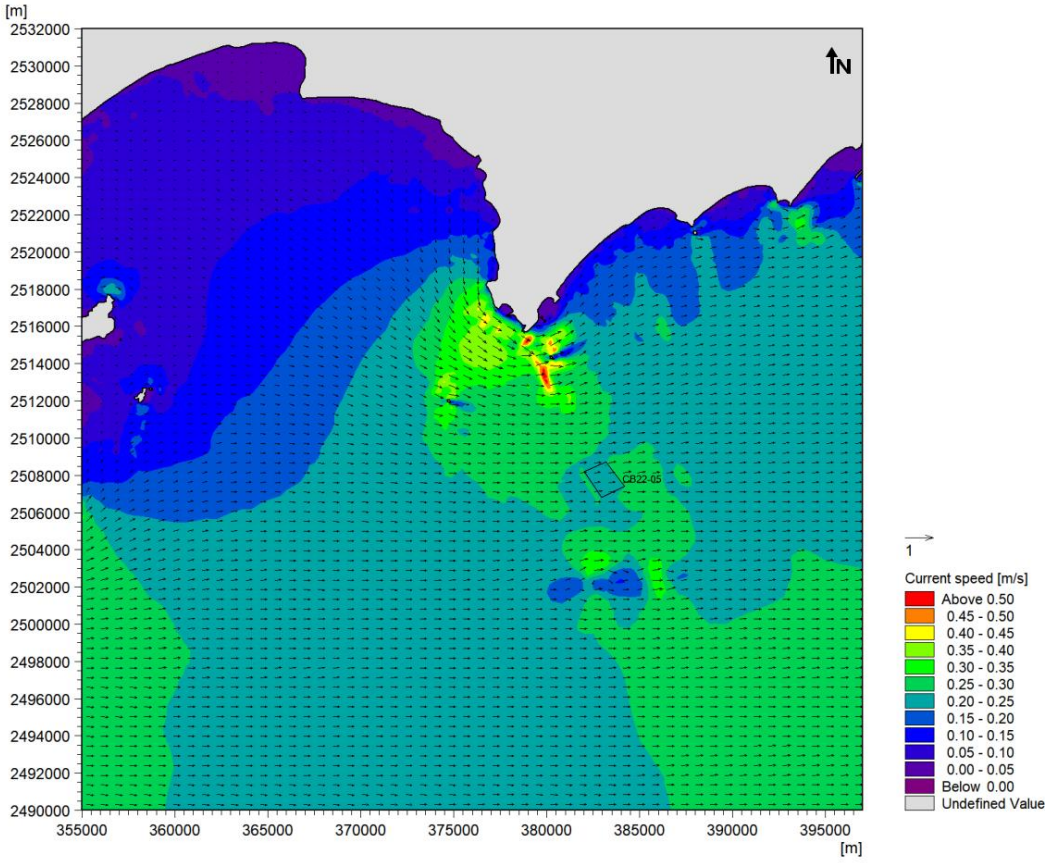


图 7.1.2.2-4（b）工程后大潮落急流场图（中层）

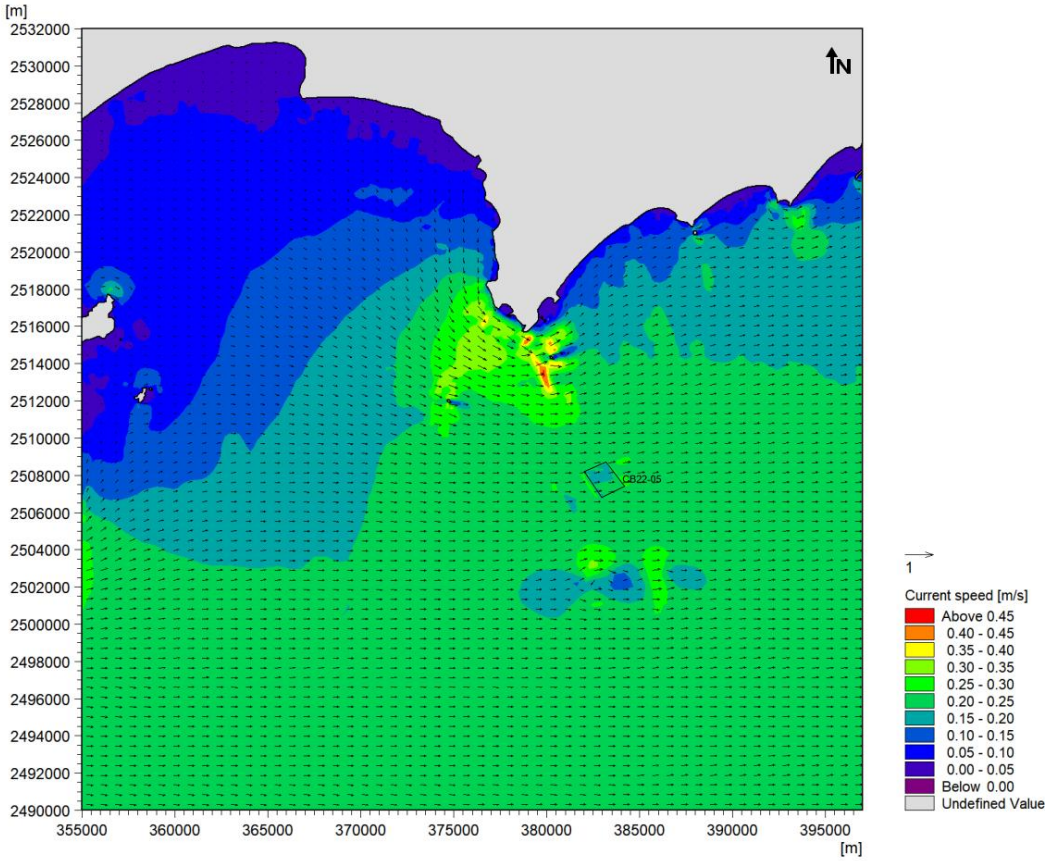


图 7.1.2.2-4（c）工程后大潮落急流场图（底层）

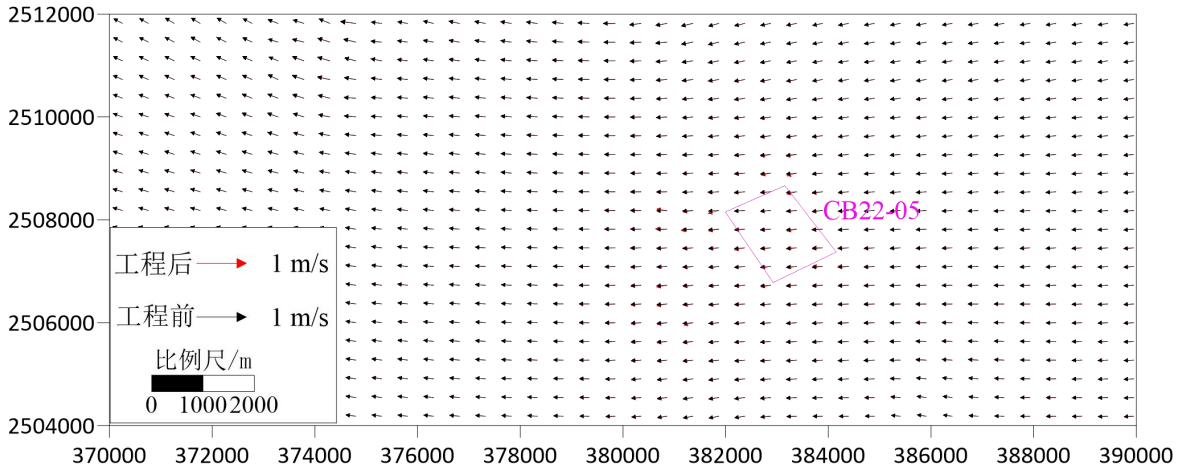


图 7.1.2.2-5（a）工程前后大潮涨急流场对比图（中层）

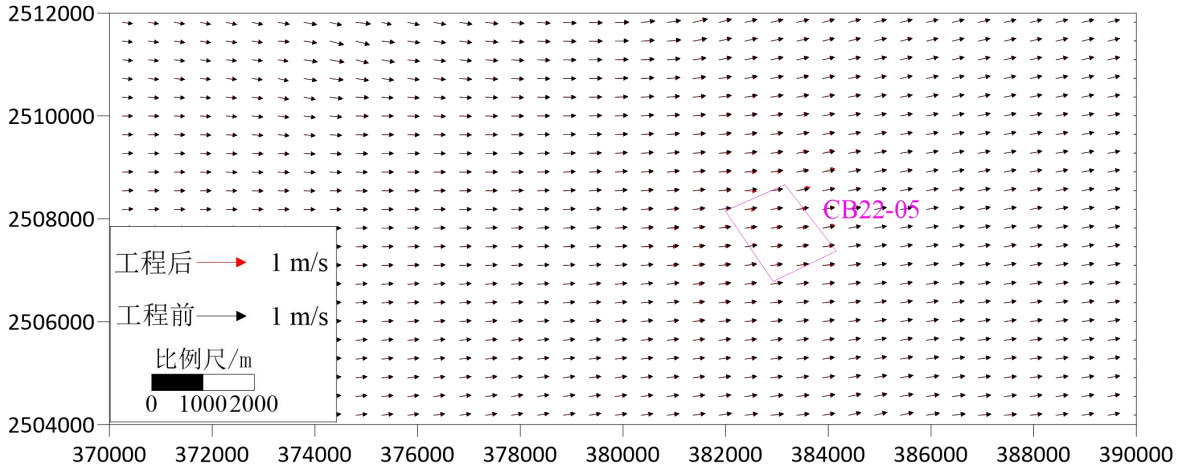


图 7.1.2.2-5（b）工程前后大潮落急流场对比图（中层）

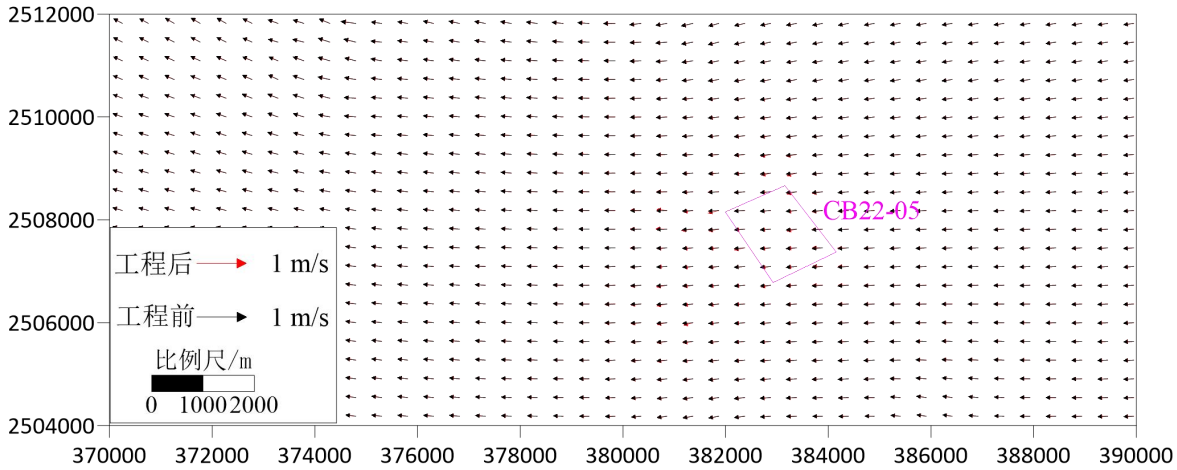


图 7.1.2.2-6（a）工程前后大潮涨急流场对比图（底层）

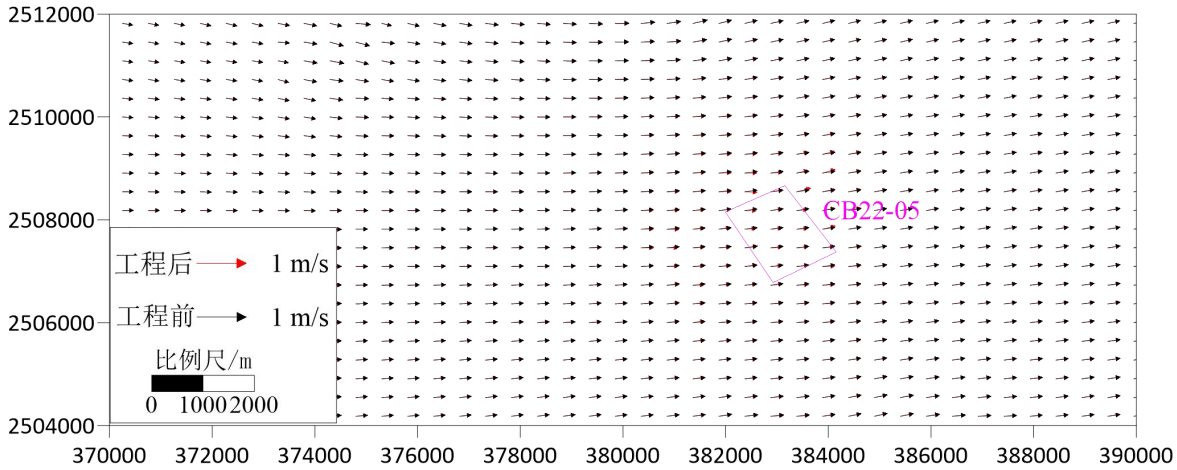


图 7.1.2.2-6（b）工程前后大潮落急流场对比图（底层）

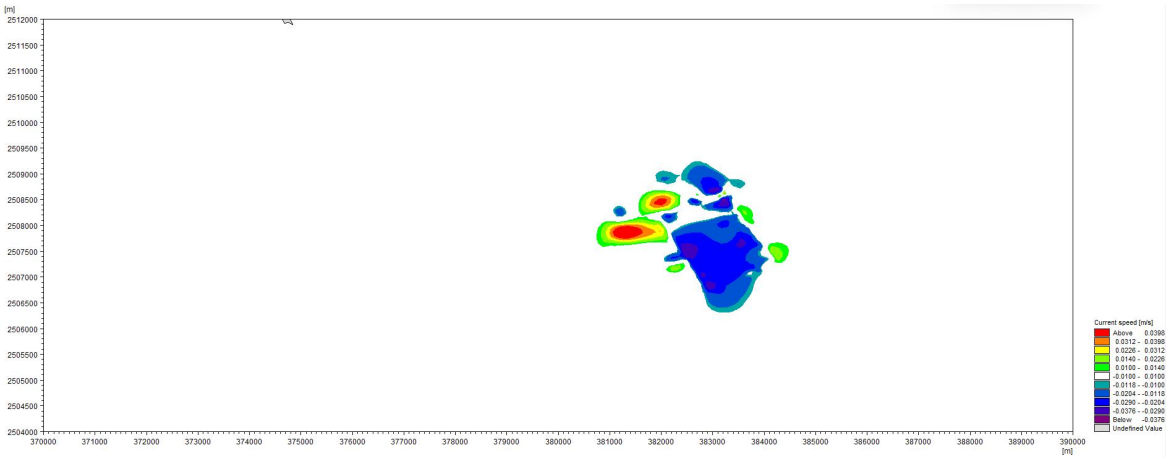


图 7.1.2.2-7（a）工程前后大潮涨急流速变化等值线图（中层）

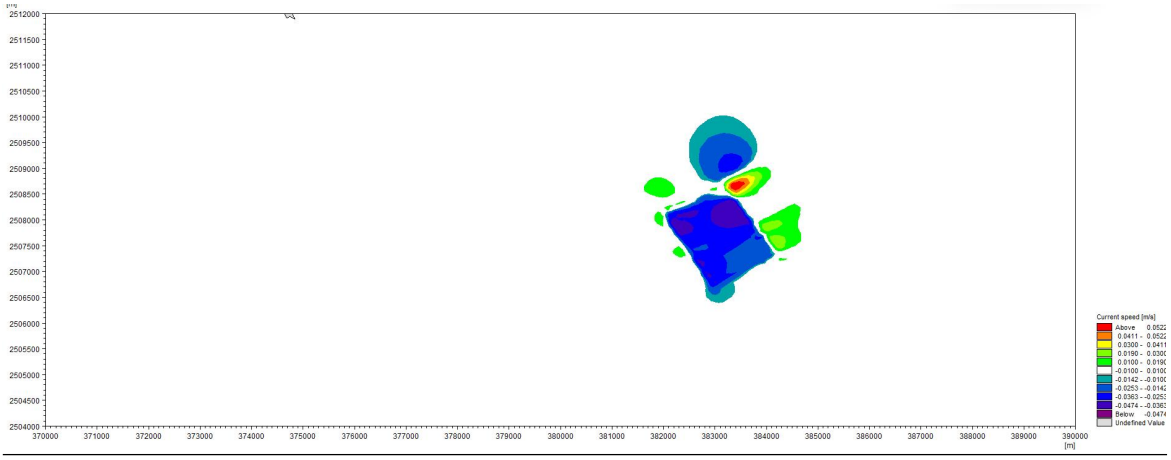


图 7.1.2.2-7（b）工程前后大潮落急流速变化等值线图（中层）

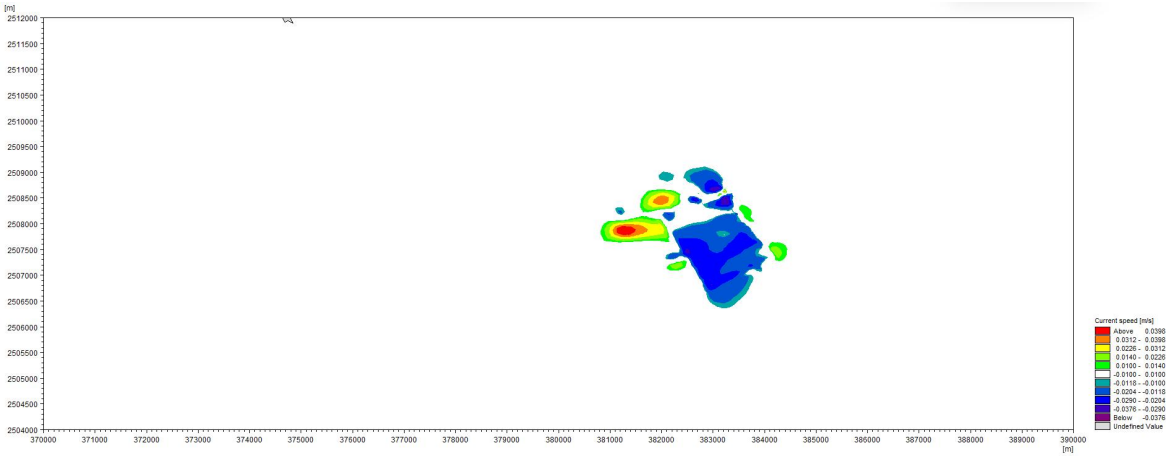


图 7.1.2.2-8（a）工程前后大潮涨急流速变化等值线图（底层）

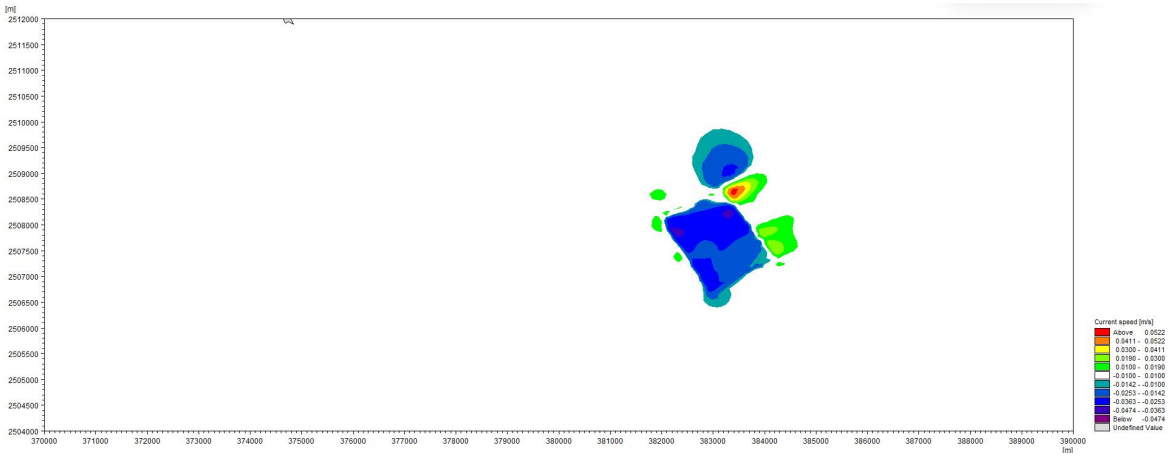


图 7.1.2.2-8（b）工程前后大潮落急流速变化等值线图（底层）

2. CB22-05 区块和 CB22-06 区块工程后水动力环境分析

依据各矿体采砂层厚度分布，CB22-05 区块平均采砂深度 10.00m，CB22-06 区块平均采砂深度 8.24m。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 20 个代表点分别对比工程前后大潮涨、落潮中层平均流速、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 7.1.2.2-2。

两个采砂区实施后，工程前后各代表点中层大潮涨潮平均、大潮落潮平均流速、流向对比结果见表 7.1.2.2-3~表 7.1.2.2-4，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 7.1.2.2-9~图 7.1.2.2-12，工程前后附近海域的流速变化等值线见图 7.2.2.2-13~7.1.2.2-14。

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、落潮平均流速略有减小。工程后代表点中层涨潮平均流速变化幅度约为-0.0046m/s~0.0074m/s，中层落潮平均流速变化幅度约为-0.0304m/s~0.0084m/s，中层涨落潮平均流速变化幅度相当，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涨落潮平均流向有所变化，中层涨落潮平均流向最大偏转幅度分别为 33.78°和 6.69°，中层涨落潮平均流向变化幅度较小，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。对采砂区及采砂区南北侧潮流影响以流速减小为主，对采砂区东西侧潮流影响以流速增加为主。由于工程后采砂区加深，采砂区内涨落潮平均流速出现一定程度减缓，流向略有变化，最大流速减小值约 0.0304m/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 7.1.2.2-3　工程前后中层大潮涨潮平均流速流向变化（两个采砂区施工后）

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	0.0144	0.0138	-0.0006	-4.2	210.85	206.57	-4.28	-2.0
A2	0.0138	0.0113	-0.0025	-18.1	205.4	209.62	4.22	2.1
A3	0.0137	0.0119	-0.0018	-13.1	201.16	200.69	-0.47	-0.2
A4	0.0136	0.0117	-0.0019	-14.0	183.93	154.71	-29.22	-15.9
A5	0.0133	0.0119	-0.0014	-10.5	25.08	34.07	8.99	35.8
A6	0.0117	0.0132	0.0015	12.8	209.26	227.95	18.69	8.9
A7	0.0112	0.0084	-0.0028	-25.0	203.63	234.12	30.49	15.0
A8	0.0103	0.0078	-0.0025	-24.3	198.51	175.76	-22.75	-11.5
A9	0.0090	0.0072	-0.0018	-20.0	192.1	170.88	-21.22	-11.0
A10	0.0075	0.0079	0.0004	5.3	187.93	168.51	-19.42	-10.3
A11	0.0105	0.0059	-0.0046	-43.8	207.5	216.62	9.12	4.4
A12	0.0100	0.0072	-0.0028	-28.0	196.15	162.37	-33.78	-17.2
A13	0.0095	0.0071	-0.0024	-25.2	187.02	159.61	-27.41	-14.7
A14	0.0088	0.0086	-0.0002	-2.3	174.63	157.87	-16.76	-9.6
A15	0.0087	0.0084	-0.0003	-3.4	162.27	165.98	3.71	2.3
A16	0.0104	0.0116	0.0012	11.5	206.07	220.32	14.25	6.9
A17	0.0101	0.0108	0.0007	6.9	195	212.44	17.44	8.9
A18	0.0100	0.0109	0.0009	9.0	185.3	199.52	14.22	7.7
A19	0.0100	0.0087	-0.0013	-13.0	174.91	190.15	15.24	8.7
A20	0.0104	0.0102	-0.0002	-1.9	166.5	183.62	17.12	10.3

表 7.1.2.2-4 工程前后中层大潮落潮平均流速流向变化（两个采砂区施工后）

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	0.1747	0.1795	0.0048	2.7	86.29	86.45	0.16	0.2
A2	0.1744	0.1791	0.0047	2.7	85.34	85.65	0.31	0.4
A3	0.1737	0.1764	0.0027	1.6	84.67	83.91	-0.76	-0.9
A4	0.1738	0.1748	0.001	0.6	84.14	82.73	-1.41	-1.7
A5	0.1746	0.1730	-0.0016	-0.9	83.70	82.57	-1.13	-1.4
A6	0.1800	0.1775	-0.0025	-1.4	84.75	88.65	3.9	4.6
A7	0.1781	0.1517	-0.0264	-14.8	84.28	86.75	2.47	2.9
A8	0.1779	0.1583	-0.0196	-11.0	83.68	84.29	0.61	0.7
A9	0.1770	0.1602	-0.0168	-9.5	83.30	81.27	-2.03	-2.4
A10	0.1768	0.1694	-0.0074	-4.2	83.02	84.45	1.43	1.7
A11	0.1828	0.1776	-0.0052	-2.8	82.44	89.13	6.69	8.1
A12	0.1806	0.1614	-0.0192	-10.6	82.36	83.68	1.32	1.6
A13	0.1797	0.1493	-0.0304	-16.9	82.13	84.36	2.23	2.7
A14	0.1787	0.1645	-0.0142	-7.9	81.89	83.58	1.69	2.1
A15	0.1782	0.1775	-0.0007	-0.4	81.37	84.77	3.4	4.2
A16	0.1820	0.1756	-0.0064	-3.5	80.27	76.83	-3.44	-4.3
A17	0.1816	0.1873	0.0057	3.1	80.72	77.67	-3.05	-3.8

A18	0.1806	0.1890	0.0084	4.7	80.75	78.99	-1.76	-2.2
A19	0.1805	0.1871	0.0066	3.7	80.64	80.76	0.12	0.1
A20	0.1807	0.1849	0.0042	2.3	80.55	81.25	0.7	0.9

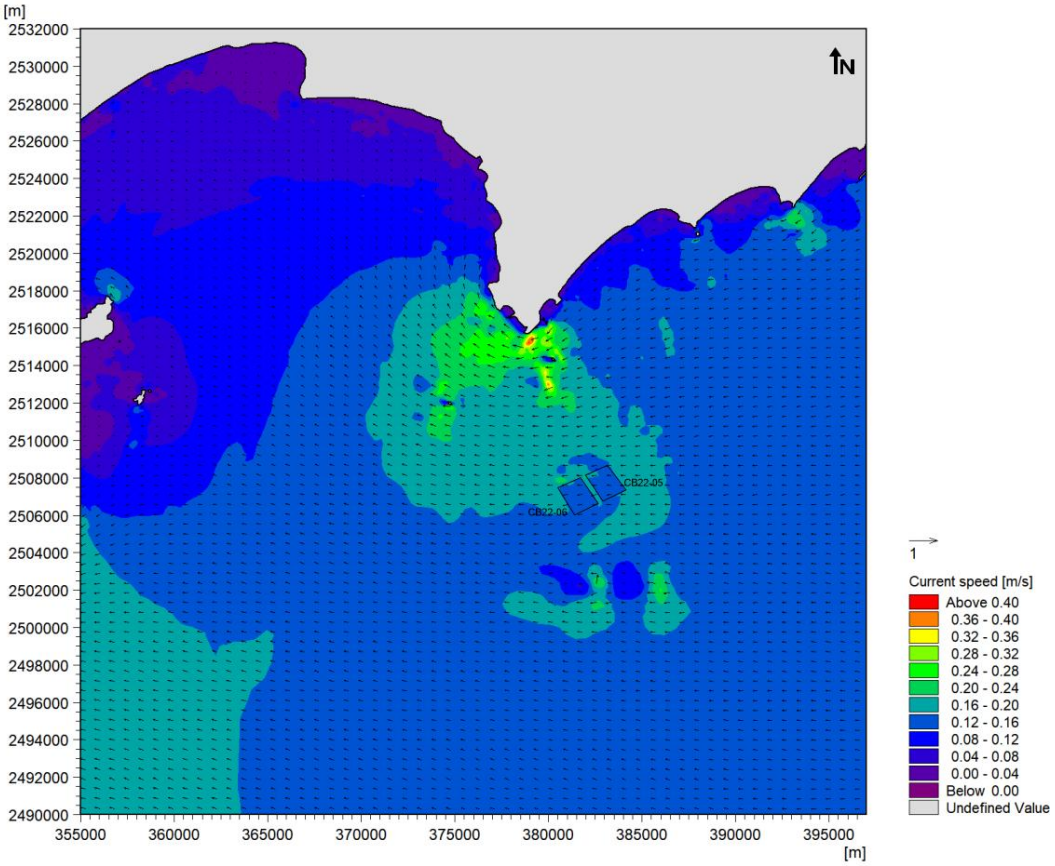


图 7.1.2.2-9（a） 工程后大潮涨急流场图（表层）（两个采砂区施工后）

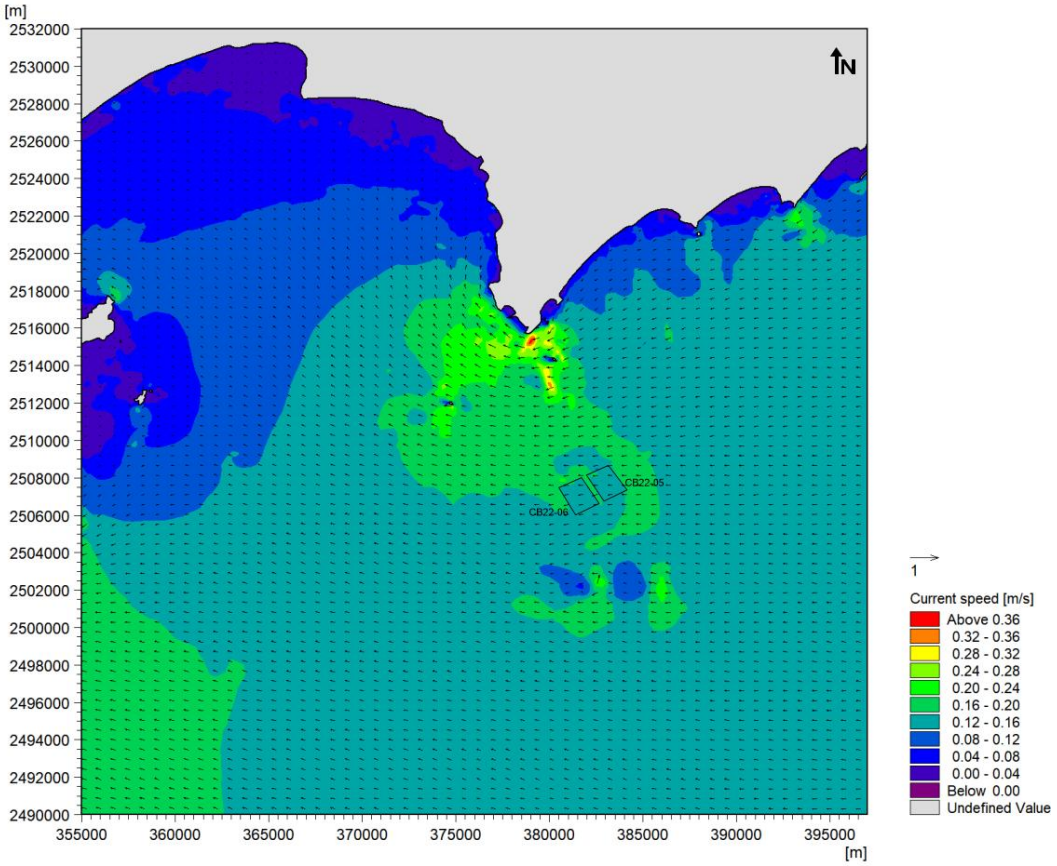


图 7.1.2.2-9（b）工程后大潮涨急流场图（中层）（两个采砂区施工后）

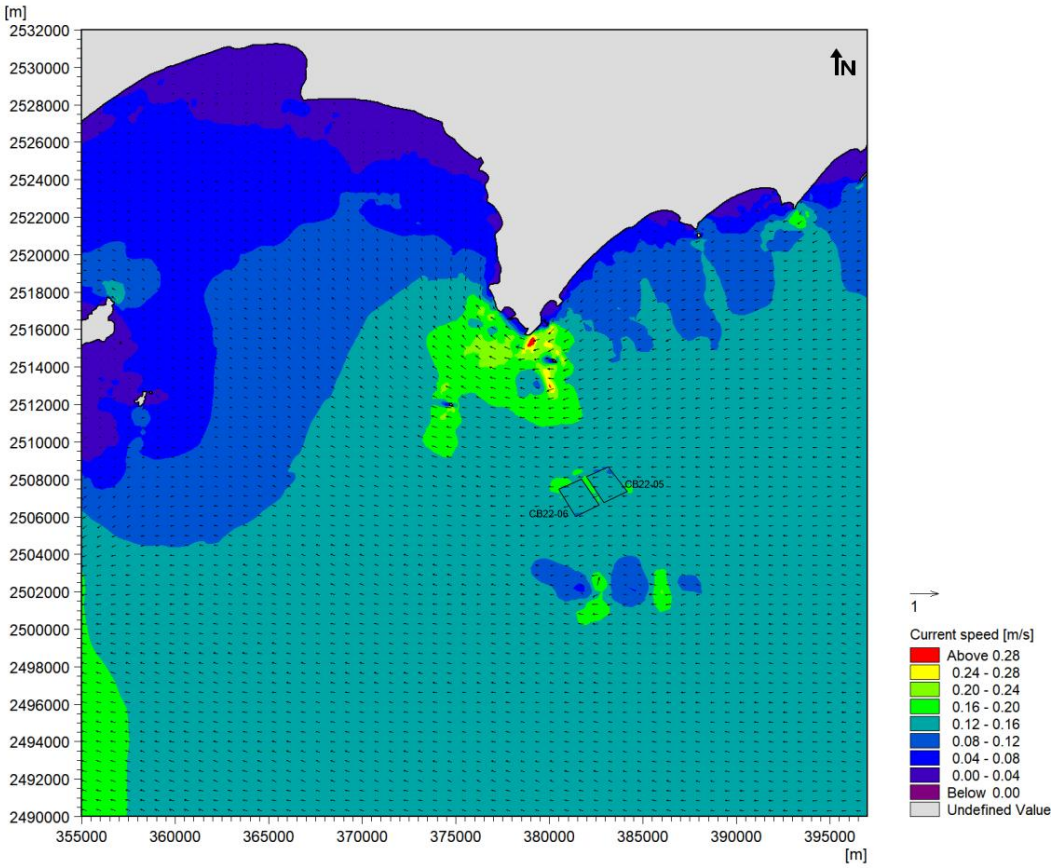


图 7.1.2.2-9（c） 工程后大潮涨急流场图（底层）（两个采砂区施工后）

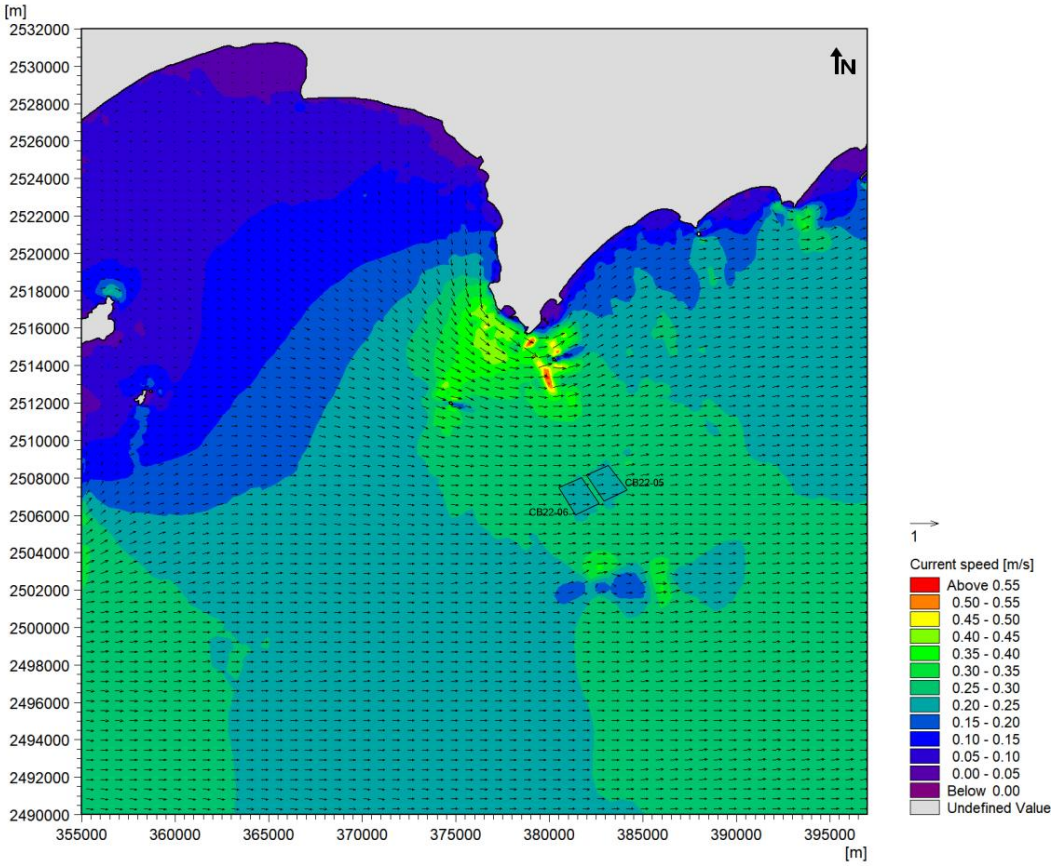


图 7.1.2.2-10（a）工程后大潮落急流场图（表层）（两个采砂区施工后）

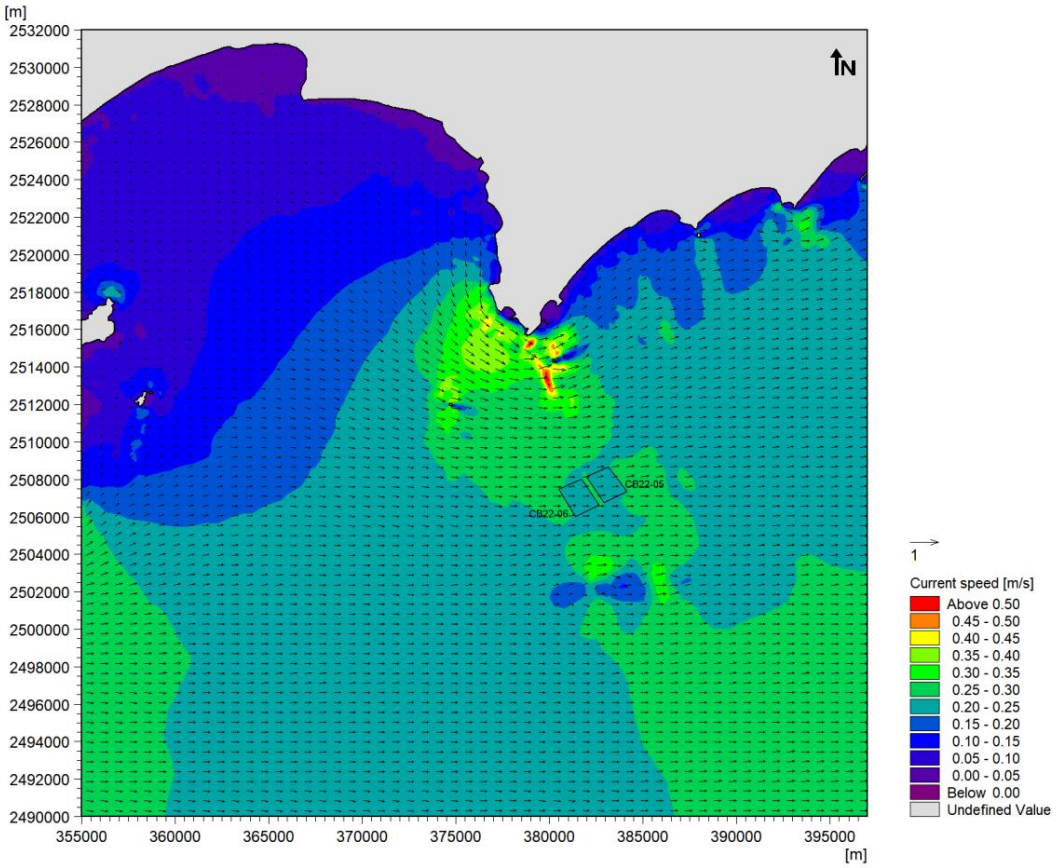


图 7.1.2.2-10（b）工程后大潮落急流场图（中层）（两个采砂区施工后）

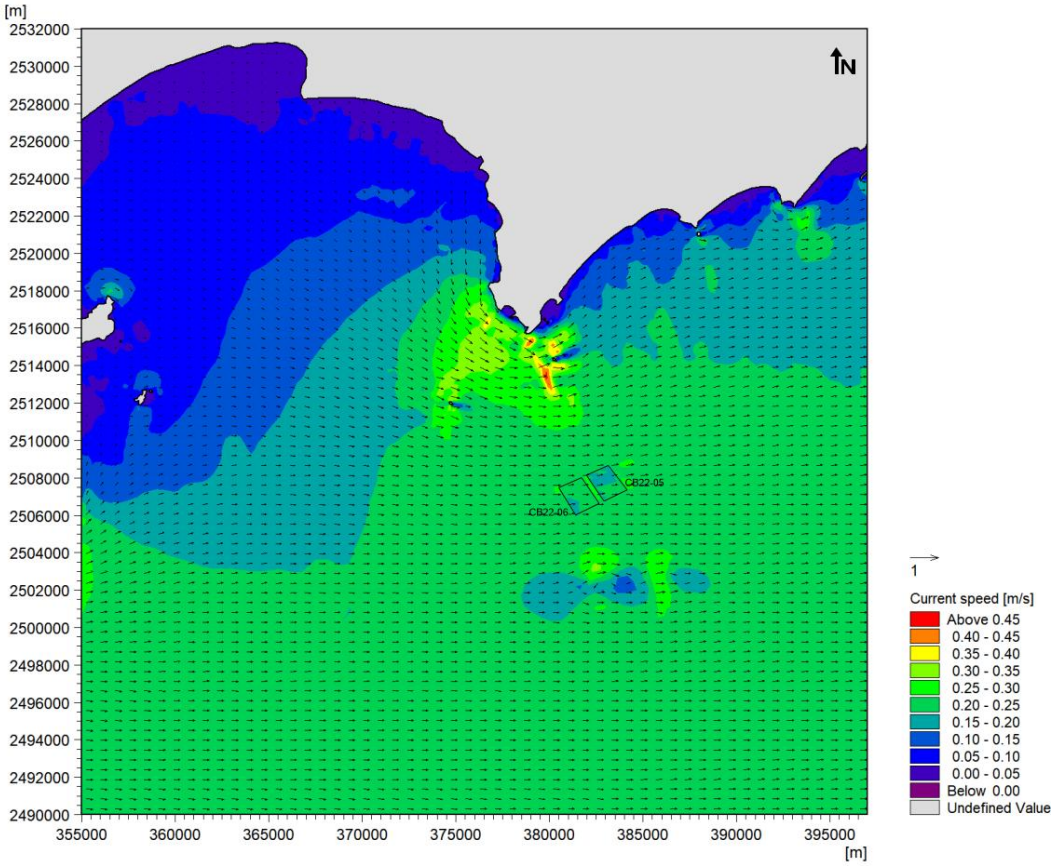


图 7.1.2.2-10（c）工程后大潮落急流场图（底层）（两个采砂区施工后）

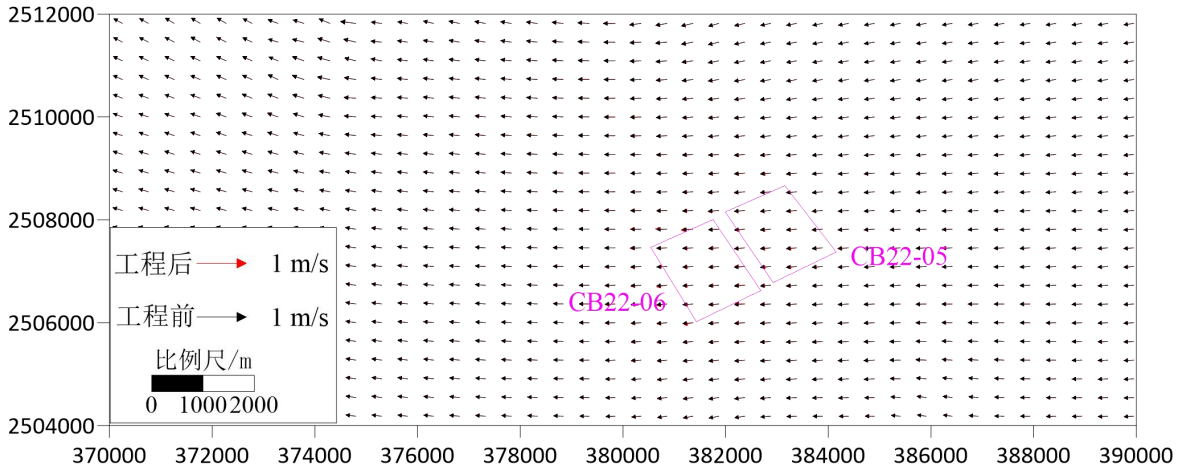


图 7.1.2.2-11（a ）工程前后大潮涨急流场对比图（中层）（两个采砂区施工后）

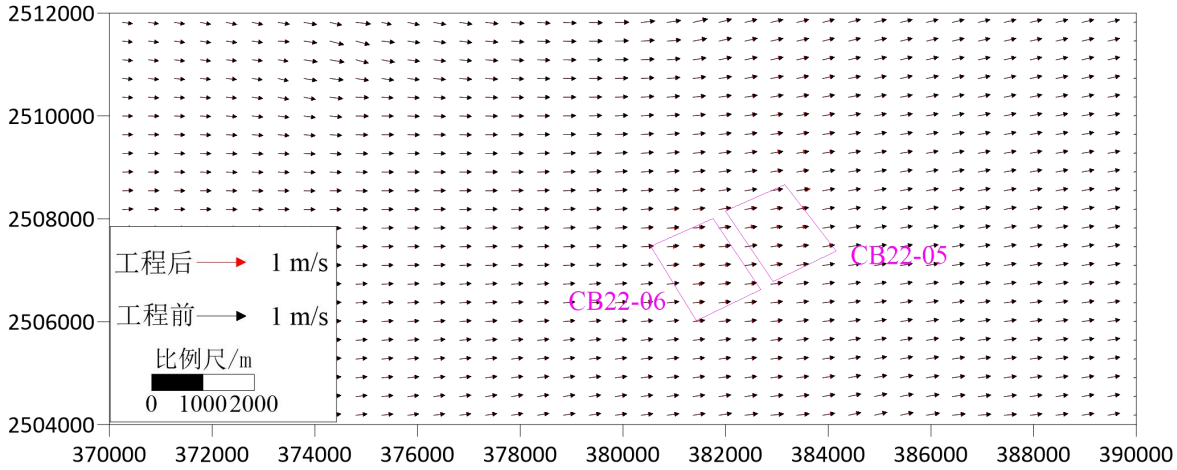


图 7.1.2.2-11（b）工程前后大潮落急流场对比图（中层）（两个采砂区施工后）

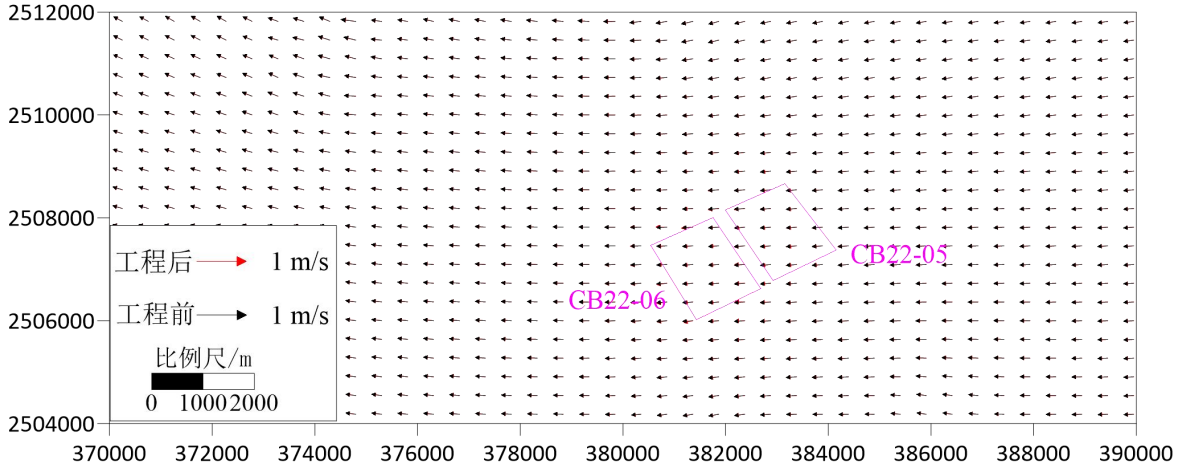


图 7.1.2.2-12（a）工程前后大潮涨急流场对比图（底层）（两个采砂区施工后）

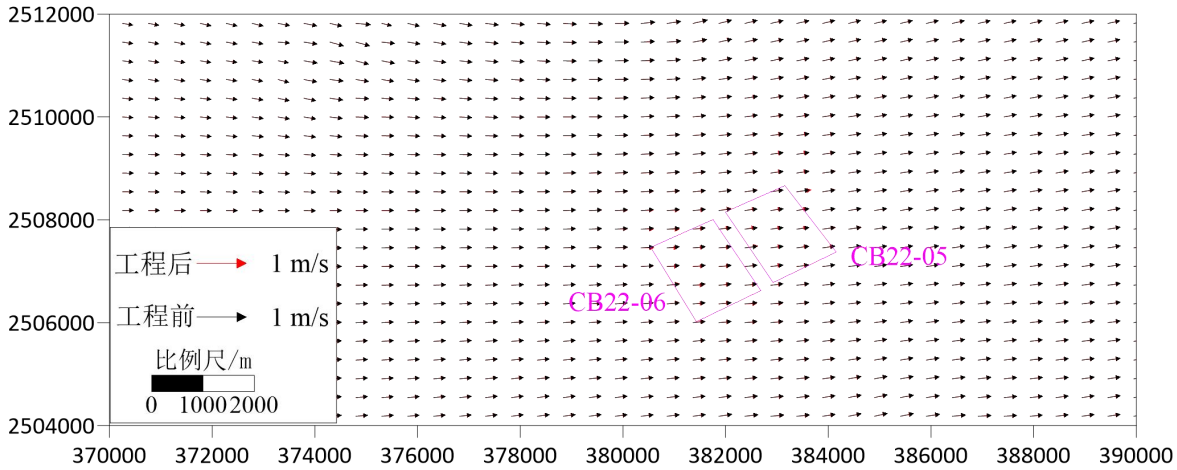


图 7.1.2.2-12（b）工程前后大潮落急流场对比图（底层）（两个采砂区施工后）

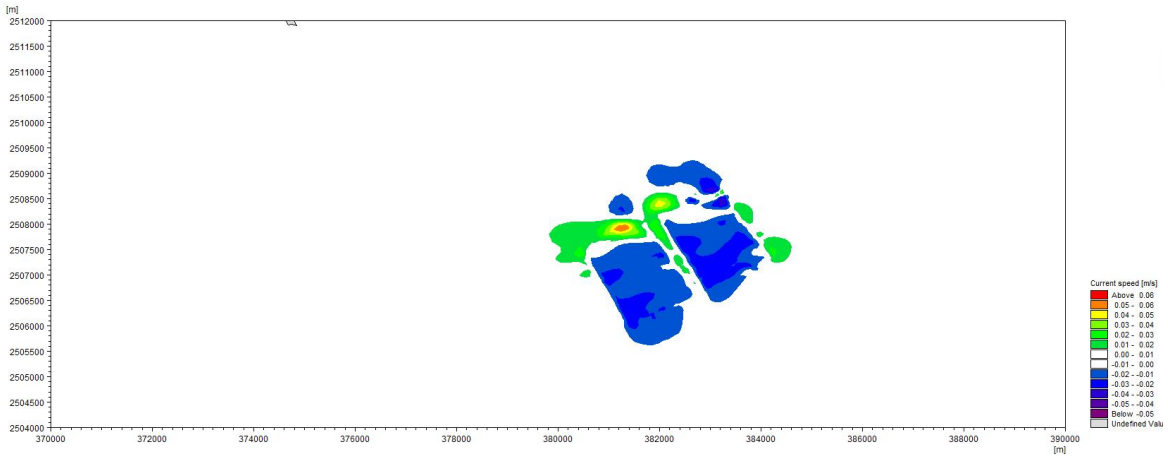


图 7.1.2.2-13（a）工程前后大潮涨急流速变化等值线图（中层）

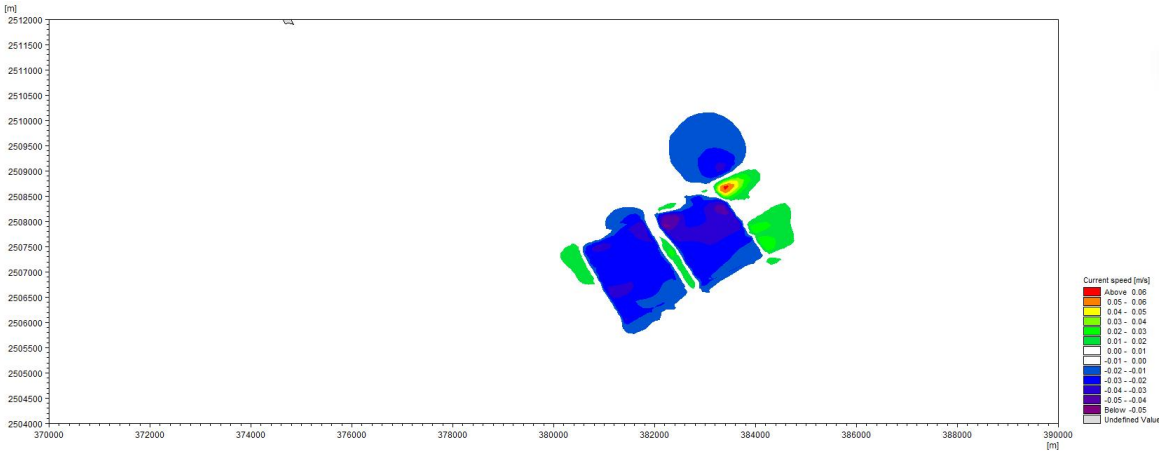


图 7.1.2.2-13（a）工程前后大潮落急流速变化等值线图（中层）

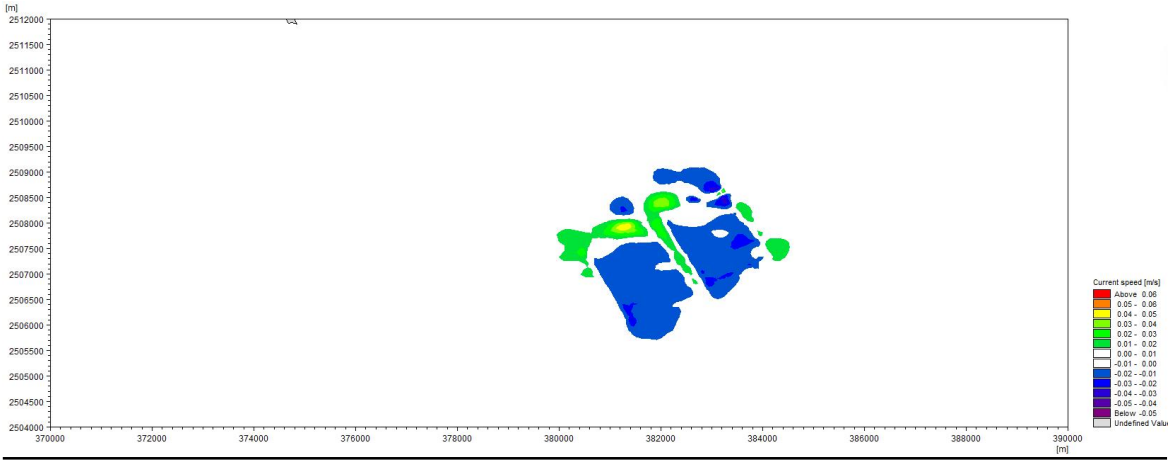


图 7.1.2.2-1（a）工程前后大潮涨急流速变化等值线图（底层）

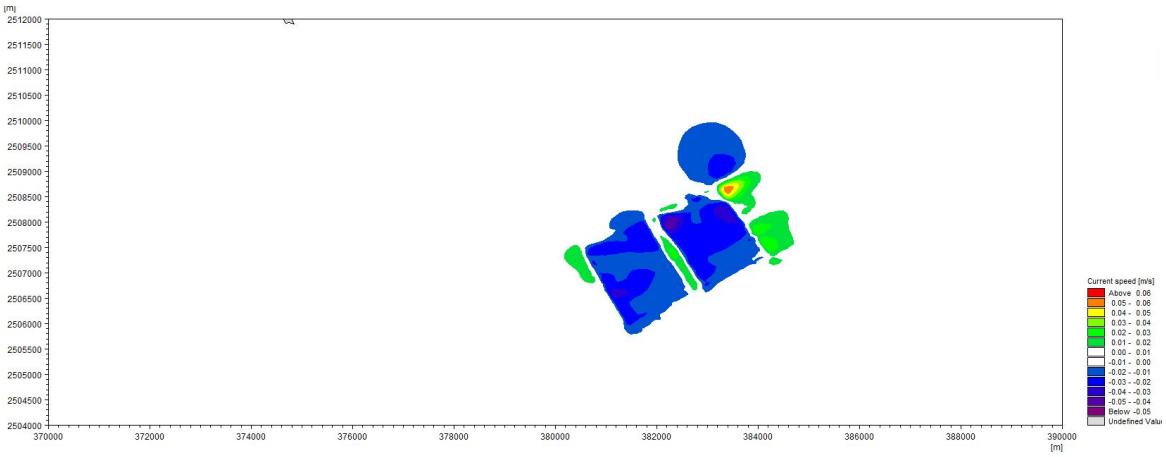


图 7.1.2.2-14（b）工程前后大潮涨急流速变化等值线图（底层）

3. 小结

模拟分析显示 CB22-05 单独采砂实施后对海域水动力条件的影响主要集中在海砂开采区 2.0 km 范围内，对采砂区及采砂区南北侧潮流影响以流速减小为主，对采砂区东西侧潮流影响以流速增加为主。由于工程后采砂区加深，采砂区内涨落潮平均流速出现一定程度减缓，流向略有变化，最大流速减小值约 0.0308m/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。

在 CB22-05、CB22-06 区块作业全部完成后，采砂区内代表点中层涨、落潮平均流速整体略有减小，中层涨潮平均流速变化幅度约为-0.0046m/s~0.0074m/s，中层落潮平均流速变化幅度约为-0.0304m/s~0.0084m/s，中层涨落潮平均流速变化幅度相当，越靠近采砂区，代表点流速变化越大；采砂区内代表点涨落急流向有所变化，中层涨落潮平均流向最大偏转幅度分别为 33.78°和 6.69°，采砂区外流向变化相对较小，越靠近采砂区，代表点流向变化越大；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，最大流速减小值约 0.0304m/s，距离采砂区 2.0km 以外的海域水动力环境基本无变化。

7.2对波浪动力环境影响分析与评价

7.2.1 SW 波浪模型

SW 模型控制方程为：

$$\frac{\partial N}{\partial t}+\nabla\cdot(\vec{v}N)=\frac{S}{\sigma}$$

$$(c_x, c_y) = \frac{d\vec{x}}{dt} = \vec{c}_g + \vec{U}$$

$$c_\sigma = \frac{d\sigma}{dt} = \frac{\partial\sigma}{\partial d}\left[\frac{\partial d}{\partial t} + \vec{U}\cdot\nabla_{\vec{x}} d\right] - c_g\vec{k}\cdot\frac{\partial\vec{U}}{\partial s}$$

$$c_\theta = \frac{d\theta}{dt} = -\frac{1}{k}\left[\frac{\partial\sigma}{\partial d}\frac{\partial d}{\partial m} + \vec{k}\cdot\frac{\partial\vec{U}}{\partial m}\right]$$

式中：N 为动谱密度，t 为时间，$\vec{x}$为笛卡尔坐标系，$\vec{v}$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，$\nabla_{\vec{x}}$为在$\vec{x}$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：

$$S_{wind}(f,\theta) = \gamma E(f,\theta)$$

$$\gamma = \begin{cases} \left(\frac{\rho_a}{\rho_w}\right)\left(\frac{1.2}{\kappa^2}\mu(\ln\mu)^4\right)\sigma\left[\left(\frac{u_*}{c}+0.011\right)\cos(\theta-\theta_w)\right]^2 & \mu \le 1 \\ 0 & \mu > 1 \end{cases}$$

$$\mu = kz_0 e^{\kappa/x}$$

$$x = \left(\frac{u_*}{c}+0.011\right)\cos(\theta-\theta_w)$$

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。

波浪模型计算选取分别代表冬季 E 向和夏季 SE 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。

表 7.2.1-1　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	8.2	12.1
	计算值	8.2	12.0
E	率定值	7.3	10.1
	计算值	7.2	10.0

7.2.2 工程前波浪动力分析

为分析工程海域的波浪特征，图 7.2.2-1 和图 7.2.2-2 分别给出了工程前项目海域 50 年一遇 SE 向及 E 向波高分布图。

从图中可以看出，外海 SE 及 E 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-20 米附近开阔海域，水深较大，来自外海的 SE 向波浪经过工程海域时仍维持原方向传播，E 向浪在地形的作用下传播至工程海域波向略微发生偏转，工程区 50 年一遇 SE 向有效波高在 4.6m 左右，50 年一遇 E 向有效波高在 3.7m 左右。

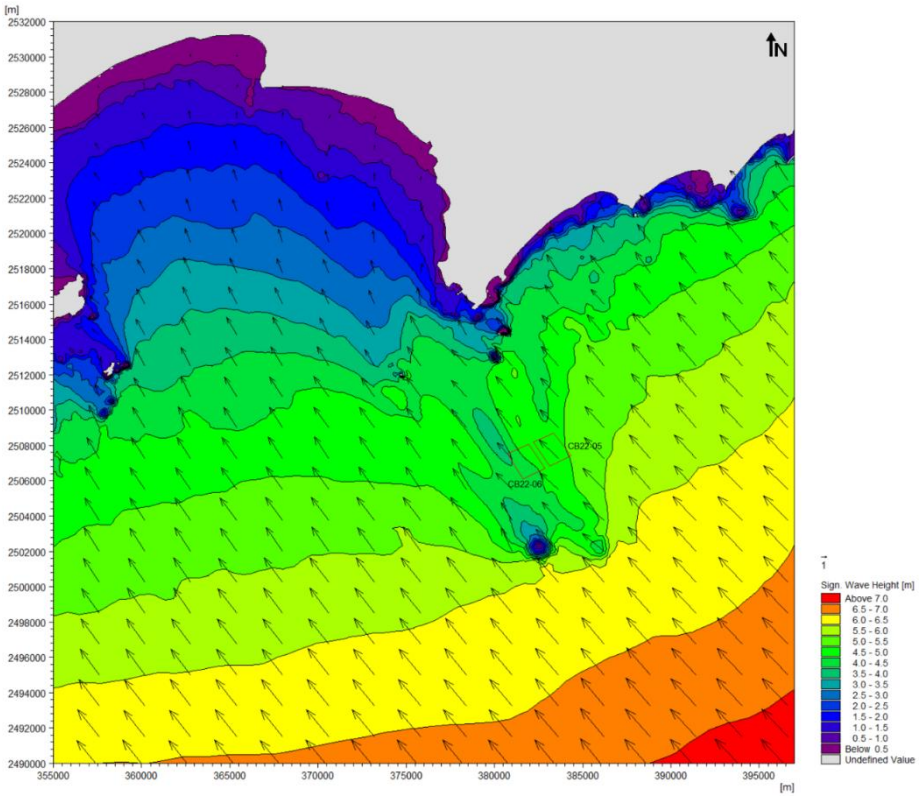


图 7.2.2-1　工程前 50 年一遇 SE 向有效波高分布图

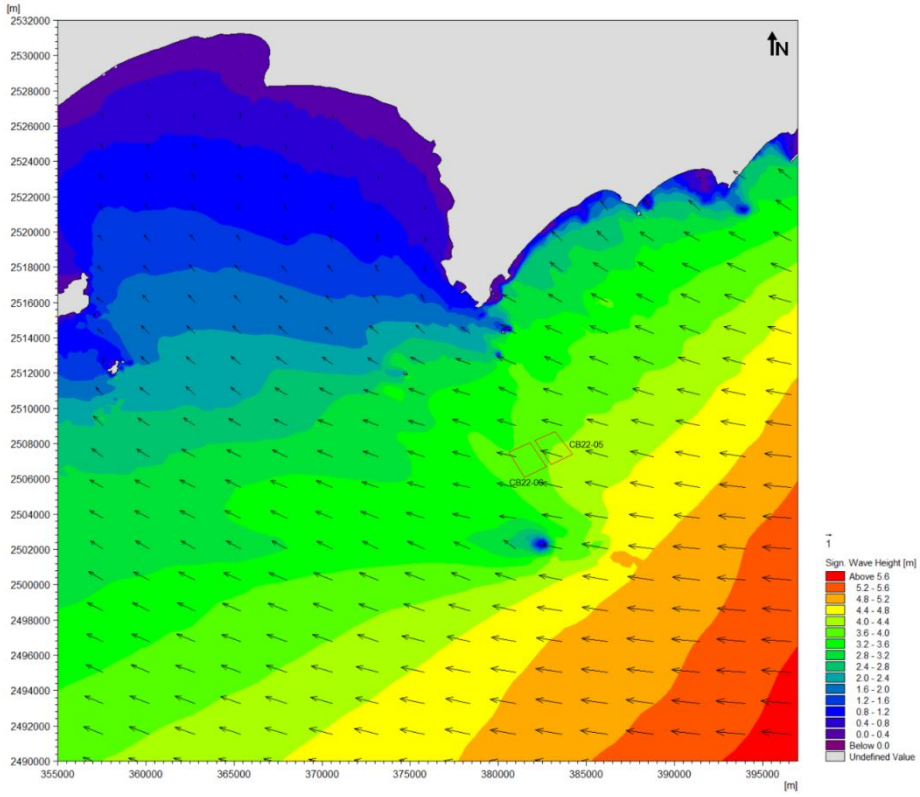


图 7.2.2-2　工程前 50 年一遇 E 向有效波高分布图

7.2.3 工程后波浪动力变化分析

1.CB22-05 工程后波浪动力变化分析

为分析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 12 个代表点对比工程前后 50 年一遇 SE 向和 E 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 向波浪要素变化统计结果见表 7.2.3-1，50 年一遇 E 向波浪要素变化统计结果见表 7.2.3-2。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 0.32m；50 年一遇 E 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，50 年一遇 SE 向和 E 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（A8）波高变化幅度在 0.23m 左右。采砂区采砂后，工程附近平均波向变化较小，A1~A12 代表点 50 年一遇 SE 向波浪平均波向变化均不超过±5°。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 7.2.3-1　各代表点 50 年一遇 SE 向波浪要素对比

采样点	有效波高（m）			平均波向（°）		
	工程前	工程后	变化值	工程前	工程后	变化值
A1	4.57	4.67	0.1	138.9	136.7	-2.2
A2	4.47	4.52	0.05	137.7	136.4	-1.3
A3	4.08	4.09	0.01	138.8	138.3	-0.5
A4	4.26	4.22	-0.04	137.1	137.9	0.8
A5	4.35	4.54	0.19	137	132.6	-4.4
A6	4.21	4.28	0.07	130.7	128.5	-2.2
A7	4.68	4.36	-0.32	132.2	133	0.8
A8	4.71	4.48	-0.23	131.3	131.5	0.2
A9	4.82	4.83	0.01	132.2	132.1	-0.1
A10	4.98	5.05	0.07	137.1	138.5	1.4
A11	5.24	5.31	0.07	137.5	139.1	1.6
A12	5.3	5.31	0.01	134.9	135	0.1

表 7.2.3-2　各代表点 50 年一遇 E 向波浪要素对比

采样点	有效波高（m）			平均波向（°）		
	工程前	工程后	变化值	工程前	工程后	变化值
A1	3.73	3.69	-0.04	107.8	108.2	0.4
A2	3.68	3.72	0.04	104.6	103.7	-0.9
A3	3.49	3.52	0.03	98.9	98.2	-0.7
A4	3.57	3.2	-0.37	103.9	104.8	0.9
A5	3.75	3.71	-0.04	103.5	102.2	-1.3
A6	3.86	3.99	0.13	101.1	97.5	-3.6
A7	3.85	3.83	-0.02	109.7	110.2	0.5
A8	4	3.85	-0.15	106.8	106.9	0.1
A9	4.12	4.13	0.01	104.5	104.1	-0.4
A10	3.82	3.88	0.06	108.1	109.9	1.8
A11	4.07	4.08	0.01	107.1	107.4	0.3
A12	4.22	4.23	0.01	105.5	105.5	0

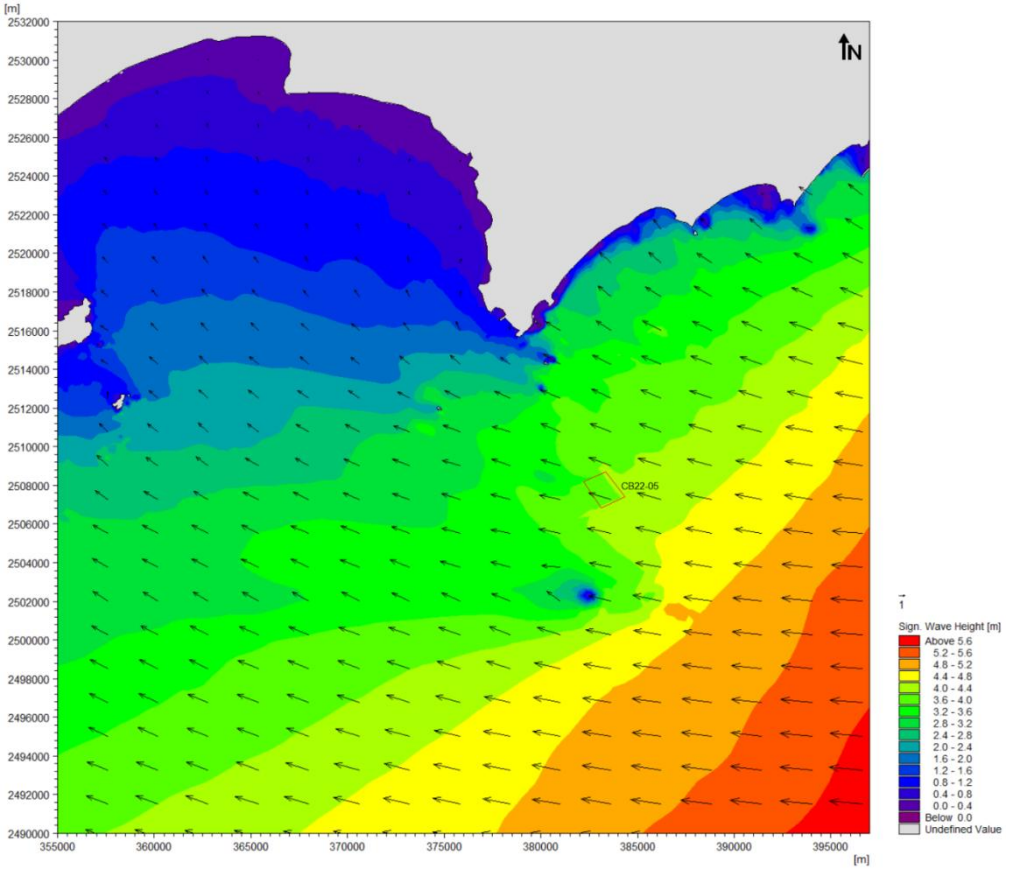


图 7.2.3-1　工程后 50 年一遇 E 向波高分布图

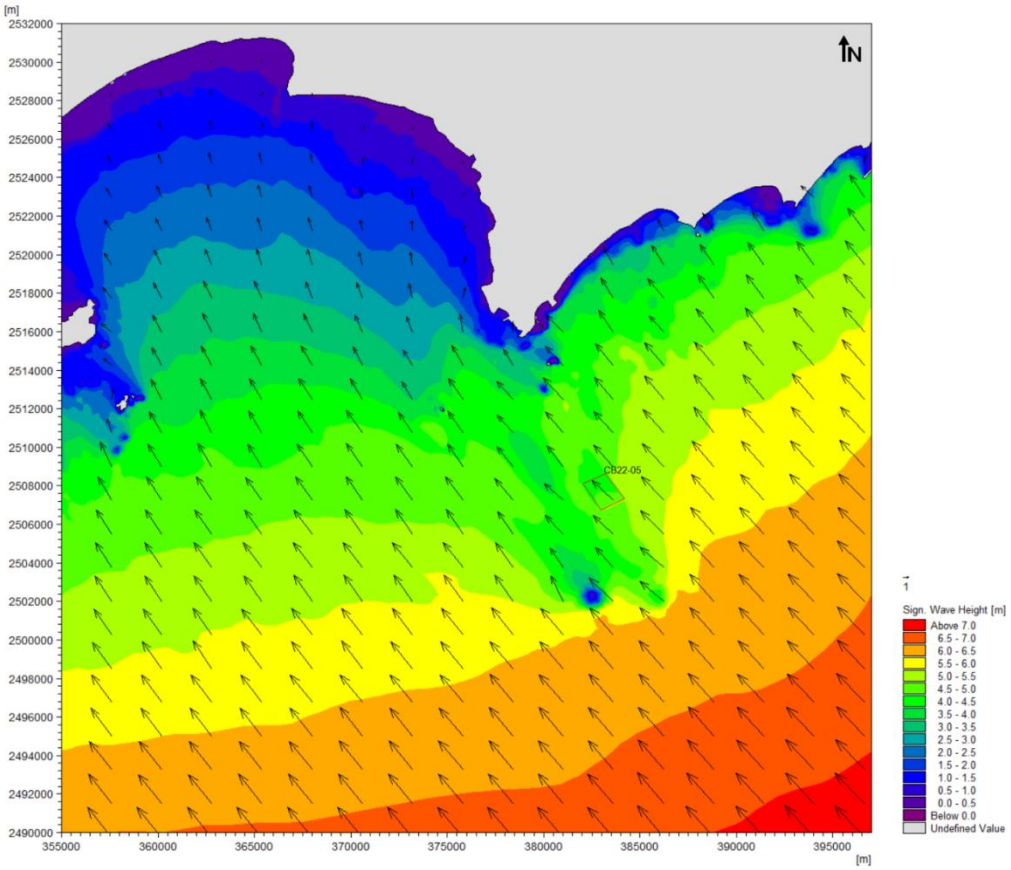


图 7.2.3-2　工程后 50 年一遇 SE 向波高分布图

2.CB22-05 和 CB22-06 区块实施后波浪动力变化分析

工程前后各代表点 50 年一遇 SE 向波浪要素变化统计结果见表 7.2.3-3，50 年一遇 E 向波浪要素变化统计结果见表 7.2.3-4。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 0.29m；50 年一遇 E 向有效波高最大减小 0.33m。采砂区周边海域代表点波高有增有减，50 年一遇 SE 向和 E 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 0.2m 左右。采砂区采砂后，工程附近平均波向变化较小，A1~A12 代表点 50 年一遇 SE 向波浪平均波向变化均不超过±5°。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 7.2.3-3　各代表点 50 年一遇 SE 向波浪要素对比（两个采砂区）

采样点	有效波高（m）			平均波向（°）		
	工程前	工程后	变化值	工程前	工程后	变化值
A1	4.57	4.49	-0.08	138.9	139.6	0.7
A2	4.47	4.64	0.17	137.7	133.4	-4.3
A3	4.08	4.15	0.07	138.8	136.4	-2.4
A4	4.26	3.97	-0.29	137.1	137.3	0.2
A5	4.35	4.30	-0.05	137	132.9	-4.1
A6	4.21	4.29	0.08	130.7	127.9	-2.8
A7	4.68	4.53	-0.15	132.2	136.6	4.4
A8	4.71	4.51	-0.2	131.3	132.2	0.9
A9	4.82	4.83	0.01	132.2	132.1	-0.1
A10	4.98	5.07	0.09	137.1	138.8	1.7
A11	5.24	5.31	0.07	137.5	139.3	1.8
A12	5.30	5.31	0.01	134.9	135.1	0.2

表 7.2.3-4　各代表点 50 年一遇 E 向波浪要素对比（两个采砂区）

采样点	有效波高（m）			平均波向（°）		
	工程前	工程后	变化值	工程前	工程后	变化值
A1	3.73	3.40	-0.33	107.8	109.5	1.7
A2	3.68	3.72	0.04	104.6	103.1	-1.5
A3	3.49	3.63	0.14	98.9	95.2	-3.7
A4	3.57	3.25	-0.32	103.9	105.9	2
A5	3.75	3.60	-0.15	103.5	102.0	-1.5
A6	3.86	4.02	0.16	101.1	96.5	-4.6
A7	3.85	3.88	0.03	109.7	111.6	1.9
A8	4.00	3.85	-0.15	106.8	107.1	0.3
A9	4.12	4.13	0.01	104.5	104.1	-0.4
A10	3.82	3.88	0.06	108.1	110.0	1.9
A11	4.07	4.08	0.01	107.1	107.4	0.3
A12	4.22	4.23	0.01	105.5	105.5	0

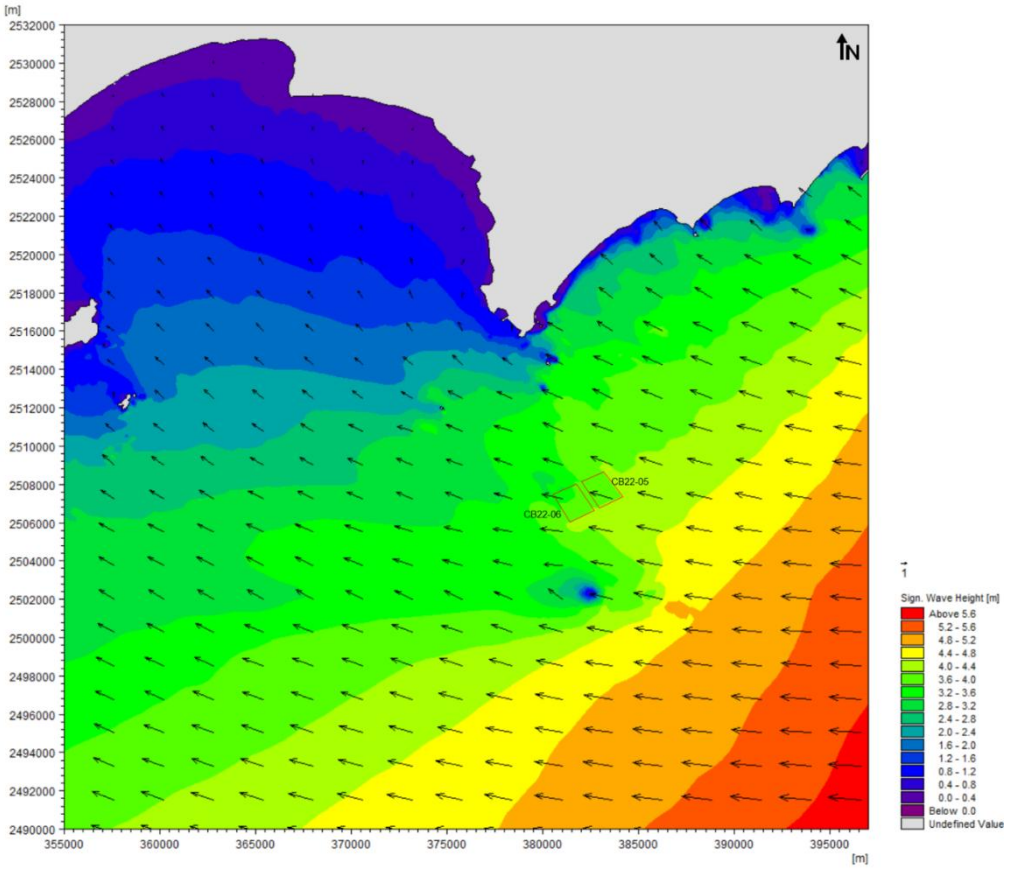


图 7.2.3-1　工程后 50 年一遇 E 向波高分布图（两个采砂区）

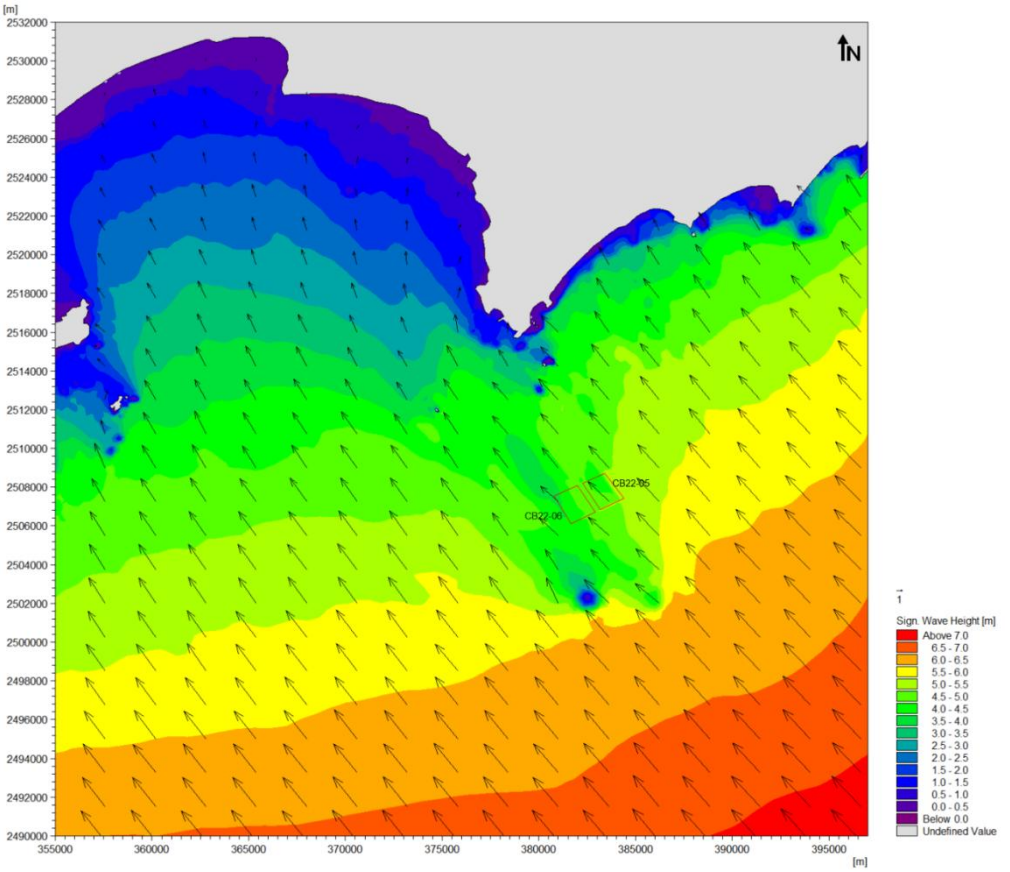


图 7.2.3-2　工程后 50 年一遇 SE 向波高分布图（两个采砂区）

7.3地形地貌与冲淤环境影响分析

7.3.1 冲淤模型

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

$$\frac{\partial(s)}{\partial t}+u\frac{\partial(s)}{\partial x}+v\frac{\partial(s)}{\partial y}=\frac{\partial}{\partial x}\left(D_x\frac{\partial s}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(D_y\frac{\partial s}{\partial y}\right)+\frac{F_S}{h+\zeta}$$

式中：

D_x——x 向悬沙紊动扩散系数，m^2/s；取值 45；

D_y——y 向悬沙紊动扩散系数，m^2/s；取值 30；

F_s——源汇函数，$kg/(m^2 \cdot s)$。

（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，$\tau_b$为水流底切应力，$\tau_{ce}$为床沙临界侵蚀切应力，$n$为经验系数；

对未固结粘性床沙$S_E=Eexp[\alpha(\tau_b-\tau_{ce})^{0.5}](\tau_b>\tau_{ce})$，$\alpha$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$\bar{c}_0(x,y)\bar{c}_0(x,y)$取观测期间平均含沙量 17.9 mg/L。

（4）固边界条件

$$\frac{\partial \bar{c}}{\partial \vec{n}}=0$$

式中：$\vec{n}$——固边界法向矢量。

7.3.2 工程实施后采砂区附近海床冲淤变化分析

1. CB22-05 区块实施后采砂区附近海床冲淤变化分析

基于水动力结果采用二维泥沙数学模型计算了工程实施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，垂直水流方向的采砂区东北-西南侧会产生轻微的淤积，顺着水流方向的采砂区东南-西北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 0.52m 左右，平均淤积厚度度约为 0.40m；东北-西南两侧海域靠近采砂区淤积幅度较大，远离采砂区淤积幅度逐渐减小，最大淤积厚度约为 0.32m；平均淤积厚度 0.07m，东南-西北侧靠近采砂区冲刷幅度较大，远离采砂区冲刷幅度逐渐减小，最大冲刷幅度为-0.28m/a，平均冲刷幅度约为-0.09m/a。

图 7.3.2-1 为工程实施后附近海域年冲淤变化图。工程后周边敏感点冲淤变化值见表 7.3.2-1。

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。

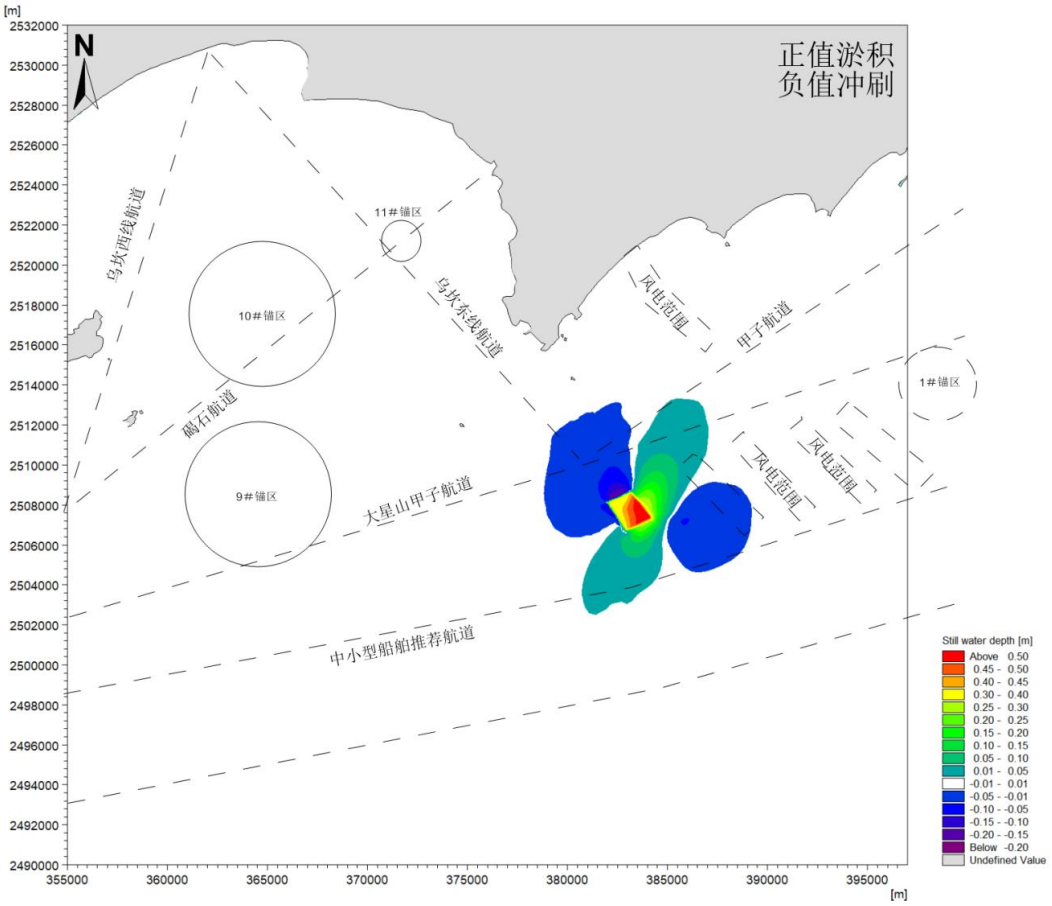


图 7.3.2-1 工程实施后年冲淤变化图（正值为淤积，负值为冲刷）

表 7.3.2-1 工程后周边敏感点冲淤变化值

序号	类型	名称	位置关系	冲淤变化值
1	航路	乌坎东线航线	西北侧，约 2.4km	最大冲刷-0.03m/a
2		大星山甲子航道	北侧，约 2.0km	最大淤积 0.04m/a，最大冲刷-0.03m/a
3		甲子航道	北侧，约 2.3km	最大淤积 0.01m/a，最大冲刷-0.03m/a
4		中小型船舶推荐航道	南侧，约 3.1km	最大淤积 0.02m/a，最大冲刷-0.01m/a
5	风电	风电基础场桩基	东侧，约 2.5km	最大淤积 0.02m/a，最大冲刷-0.04m/a

2. CB22-05 和 CB22-06 两个区块实施后采砂区附近海床冲淤变化分析

冲淤变化较大的区域主要位于采砂区内，垂直水流方向的采砂区东北-西南侧会产生轻微的淤积，顺着水流方向的采砂区东南-西北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 0.52m 左右，平均淤积厚度约为 0.38m；东北-西南两侧海域靠近采砂区淤积幅度较大，远离采砂区淤积幅度逐渐减小，最大淤积厚

度约为 0.33m；平均淤积厚度 0.07m，东南-西北侧靠近采砂区冲刷幅度较大，远离采砂区冲刷幅度逐渐减小，最大冲刷幅度为-0.22m/a，平均冲刷幅度约为-0.08m/a。

图 7.3.2-2 为工程实施后附近海域年冲淤变化图。工程后周边敏感点冲淤变化值见表 7.3.2-2。

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。

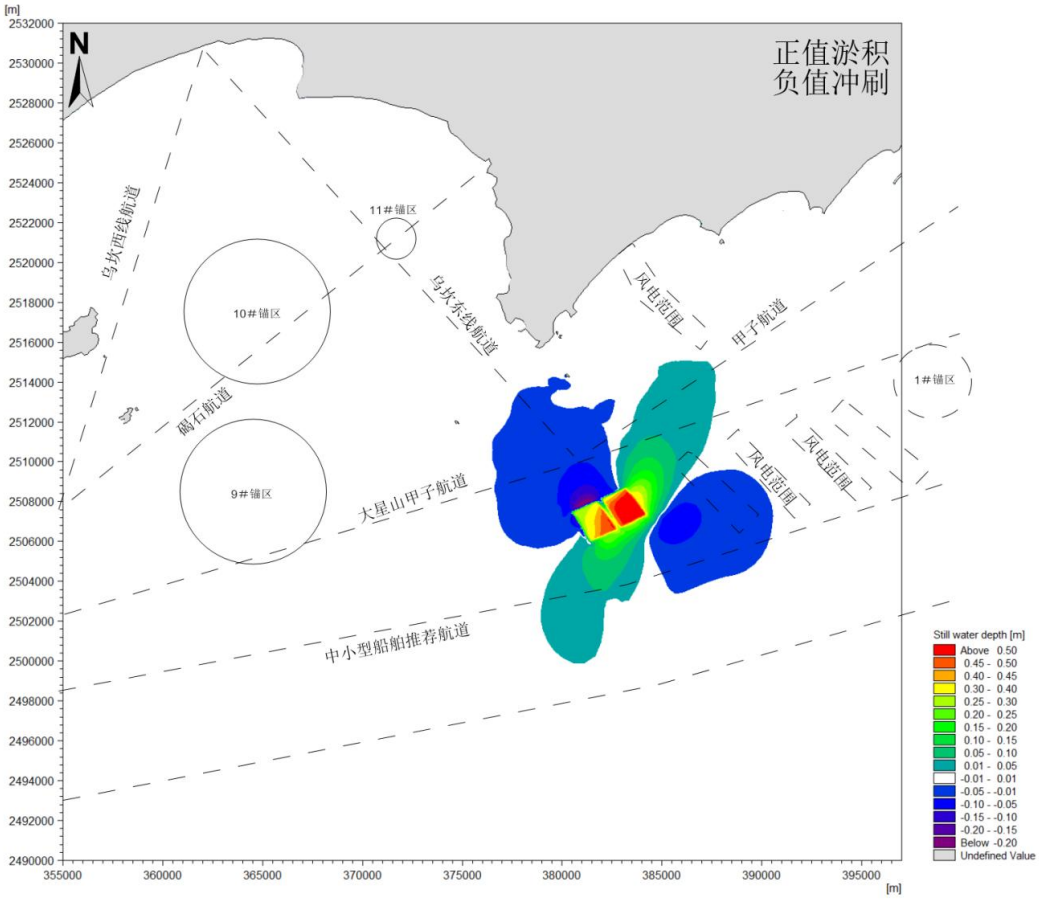


图 7.3.2-2 工程实施后年冲淤变化图（正值为淤积，负值为冲刷）（两个采砂区）

表 7.3.2-2 工程后周边敏感点冲淤变化值（两个采砂区）

序号	类型	名称	位置关系	冲淤变化值
1	航路	乌坎东线航线	西北侧，约 2.4km	最大冲刷-0.09m/a
2		大星山甲子航道	北侧，约 2.0km	最大淤积 0.11m/a，最大冲刷-0.09m/a
3		甲子航道	北侧，约 2.3km	最大淤积 0.10m/a，最大冲刷-0.04m/a
4		中小型船舶推荐航道	南侧，约 3.1km	最大淤积 0.10m/a，最大冲刷-0.03m/a
5	风电	风电基础场桩基	东侧，约 2.5km	最大淤积 0.03m/a，最大冲刷-0.04m/a

7.3.3 骤淤估算

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。

骤淤计算仍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。

$$S = 0.0273\rho_s \frac{\left(\left|\vec{V_1}\right| + \left|\vec{V_2}\right|\right)^2}{gh}$$

式中，$\vec{V_1}$ —为潮流 $\vec{V}$ 和风吹流 $\vec{V_b}$ 的合成流速，即 $\vec{V_b}$ =0.02 $\vec{U}$；

$\vec{U}$ —为风速矢量；

$\vec{V_2}$ ——波动水流流速，$\left|\vec{V_2}\right| = 0.2C\frac{\overline{H}}{h}$（$C$ 为波速，$\overline{H}$ 为波高，h为水深），S 为悬沙含量，ρ_s 为泥沙密度。

（1）台风浪条件概述

①风况

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，出现频率均为 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。

②波要素

本次骤淤估算采用SE向和E向50年一遇设计高水位波情况下的波要素进行计算，波要素见下表。

表 7.3.3-1 工程海区 50 年一遇设计高水位波要素

波向	SE	E
有效波高（m）	8.2	7.3
有效波周期（s）	12.1	10.1
波长（m）	154	142

（2） 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。

根据本文所采用的刘家驹挟沙力公式，计算了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 7.3.3-2。

表 7.3.2-2 极端工况下采砂区 48h 骤淤厚度

波向	SE	E
48h骤淤厚度（m）	0.16	0.13

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0.16m，E向50年一遇波况作用下48h骤淤量达到0.13m，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。建议工程实施过程中要及时做底质环境跟踪监测，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。

7.3.4 采砂对岸滩稳定性影响分析

本项目采砂区位于碣石湾外海海域，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。

（1）泥沙来源

采砂区位于碣石湾外海海域，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。

（2）CB22-05项目实施后对岸线附近动力场的影响

1）流场

图7.3.4-1和图7.3.4-2为采砂区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5米等深线岸滩产生影响。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7.3.4-3和图7.3.4-4为采砂区采砂前后50年一遇SE向、E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米等深线内的岸滩区域海域波高变化最大幅度在0.1m以内，变化幅度很小，从本工程总体上看，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5m等深线稳定性的影响甚微。

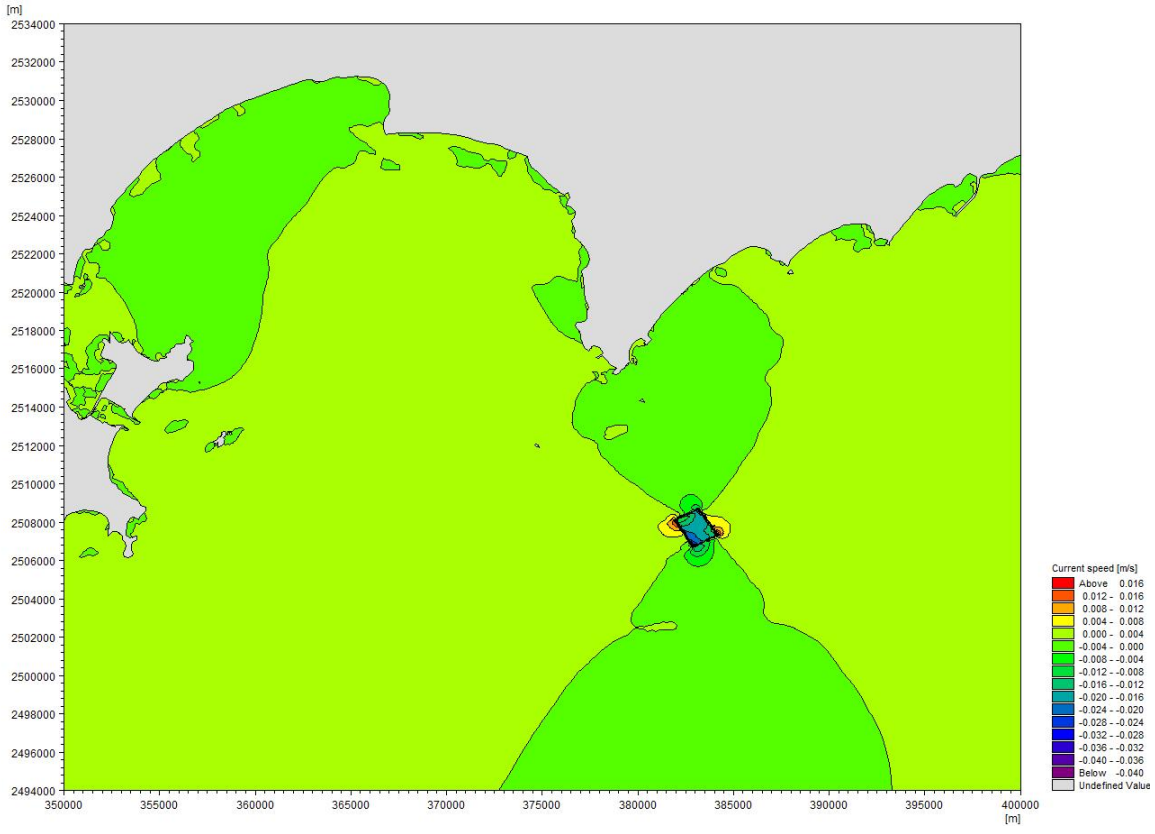


图7.3.4-1采砂区实施前后大潮涨急流场变化等值线图

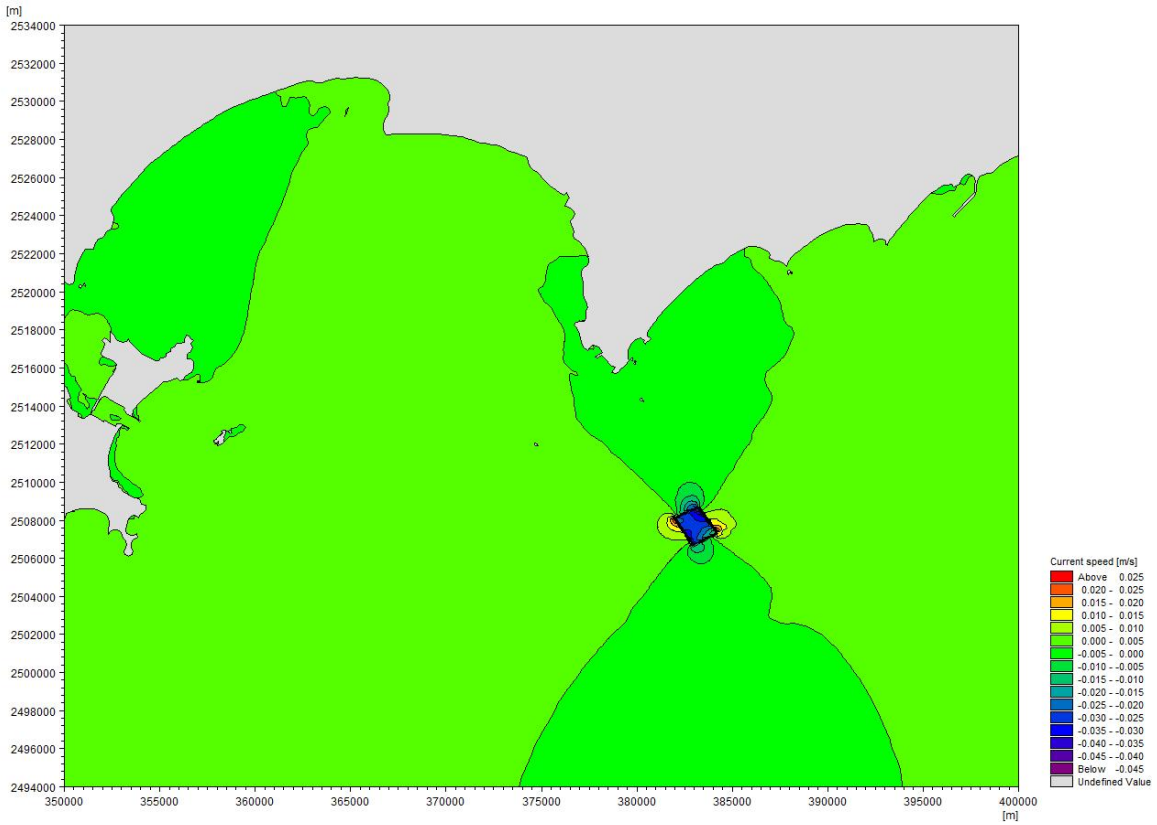


图7.3.4-2采砂区实施前后落急流场变化等值线图

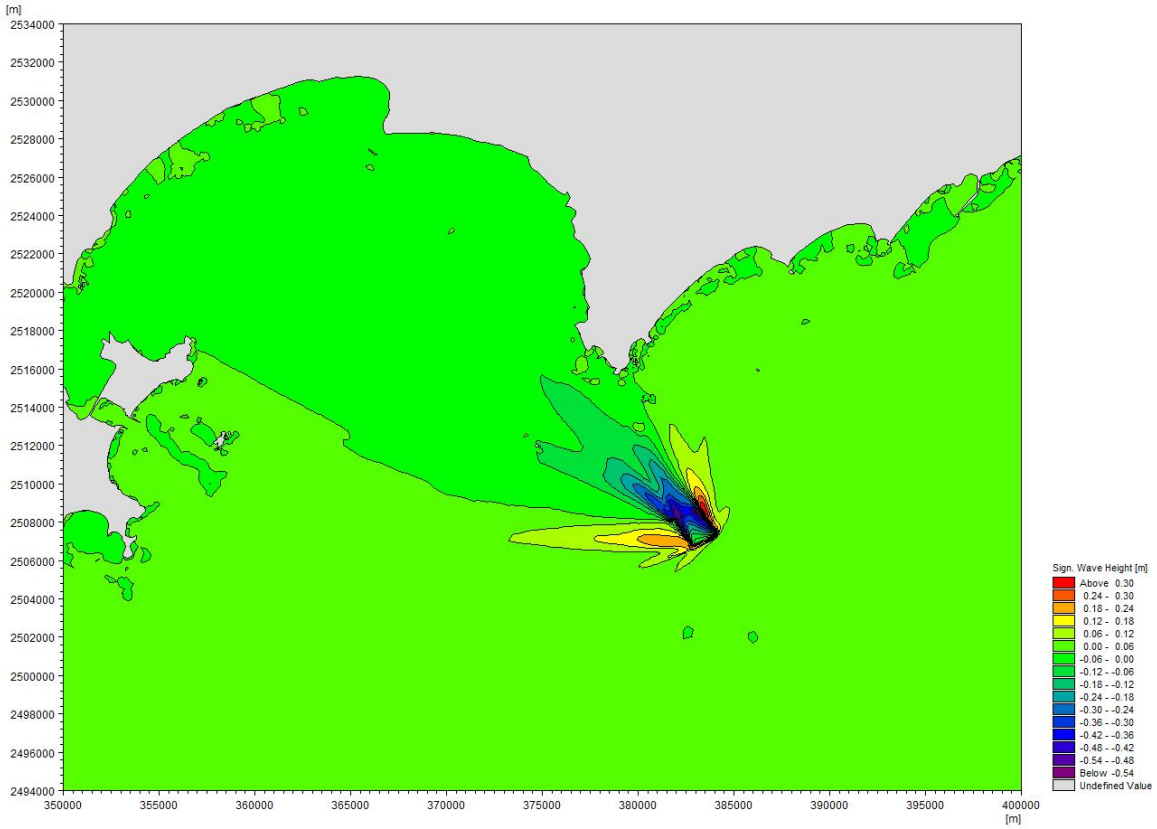


图7.3.4-3采砂区实施前后SE向50年一遇H_{13}波高变化等值线图

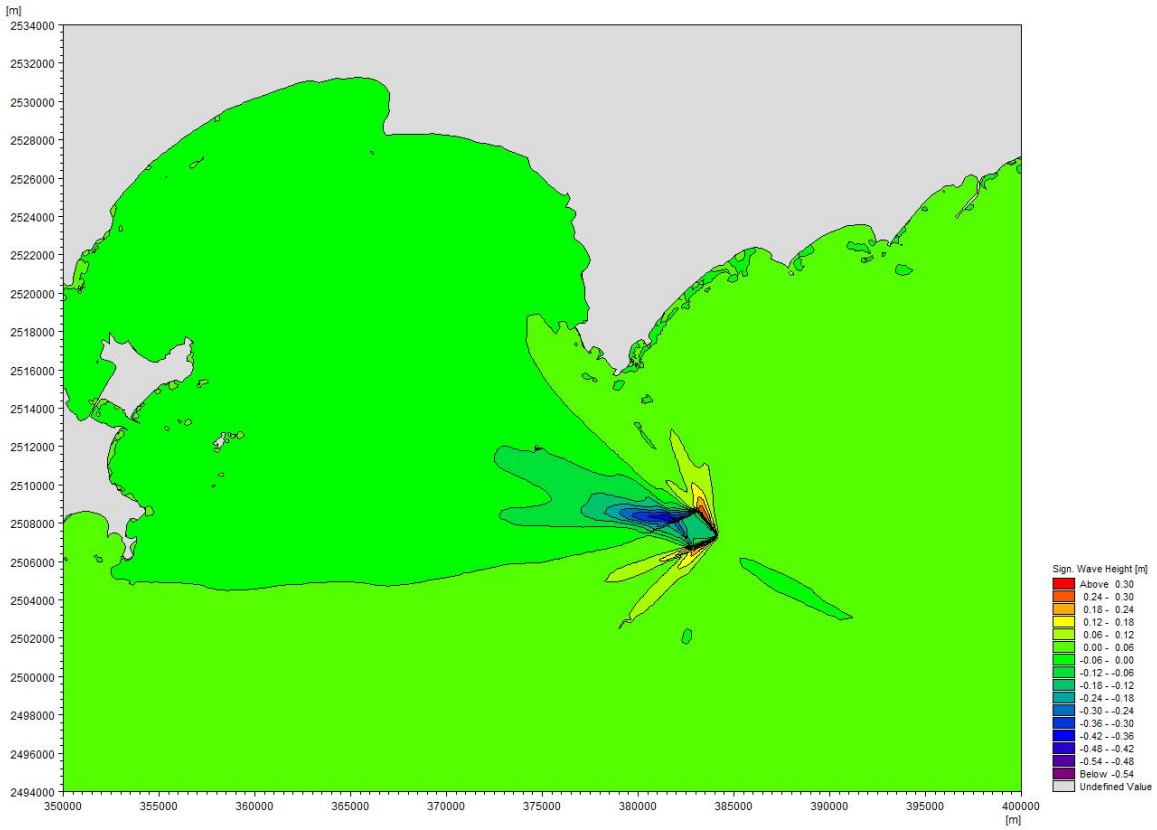


图7.3.4-4采砂区实施前后E向50年一遇H_{13}波高变化等值线图

（3）CB22-05和CB22-06两个区块实施后对岸线附近动力场的影响

1）流场

图7.3.4-5和图7.3.4-6为采砂区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5米等深线岸滩产生影响。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7.3.4-7和图7.3.4-8为采砂区采砂前后50年一遇SE向、E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米等深线内的岸滩区域波高变化最大幅度在0.1m以内，变化幅度很小，从本工程总体上看，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5m等深线稳定性的影响甚微。

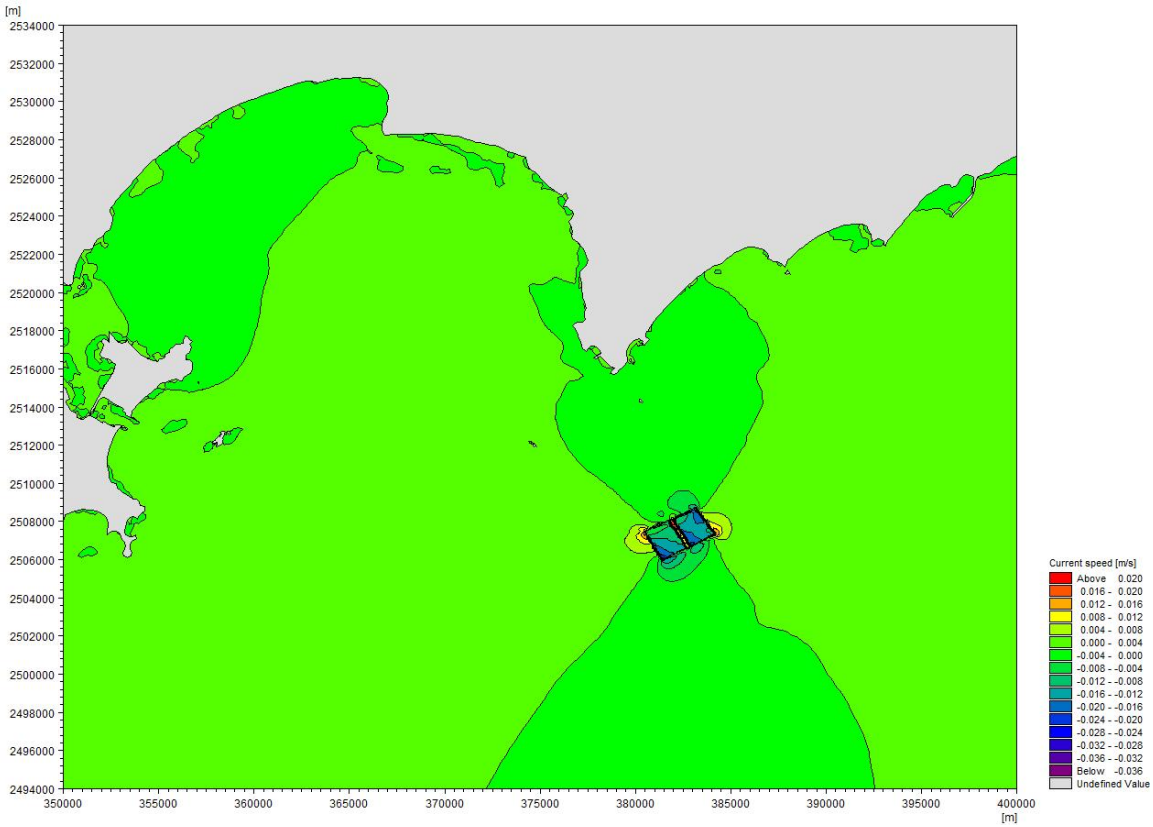


图7.3.4-5采砂区实施前后大潮涨急流场变化等值线图

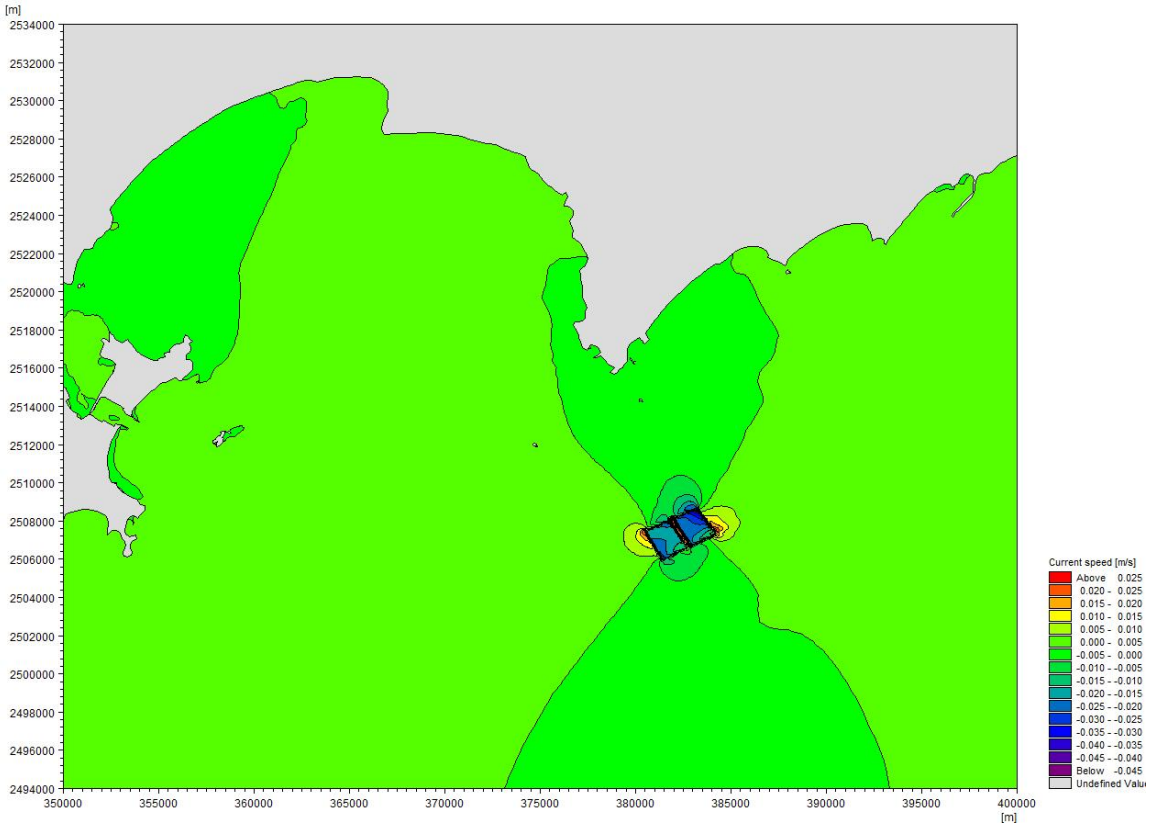


图7.3.4-6采砂区实施前后落急流场变化等值线图

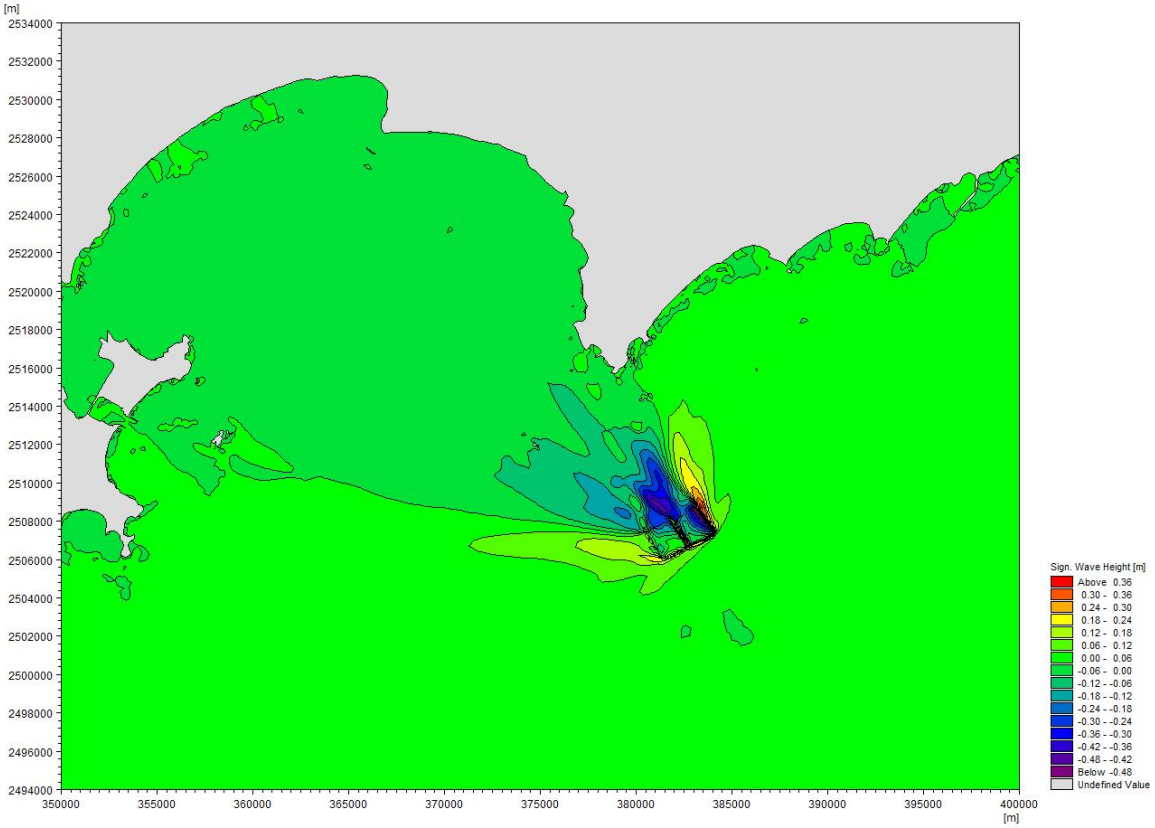


图7.3.4-7采砂区实施前后SE向50年一遇H_{13}波高变化等值线图

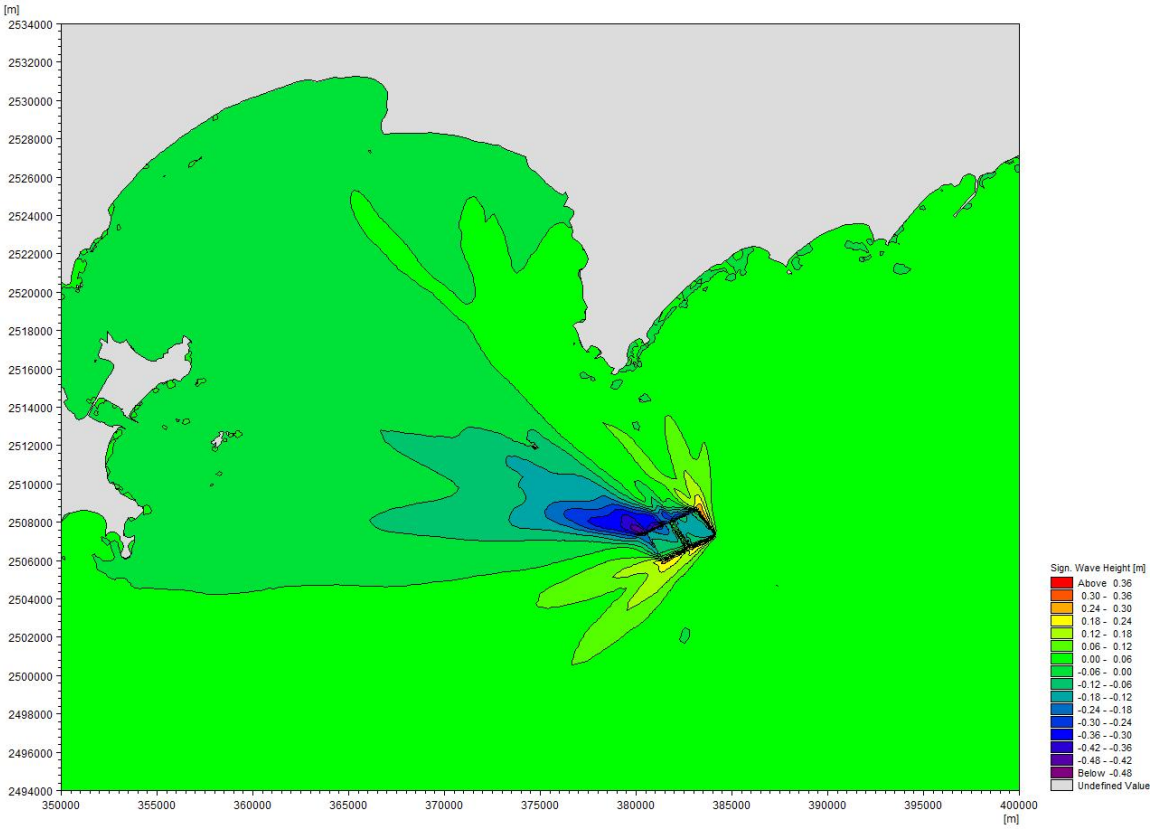


图7.3.4-8采砂区实施前后E向50年一遇H_{13}波高变化等值线图

7.3.5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 7.3.5-1）。实验记录了采砂引起边坡垮塌后边坡的延伸长度（图 7.3.5-2、图 7.3.5-3）。

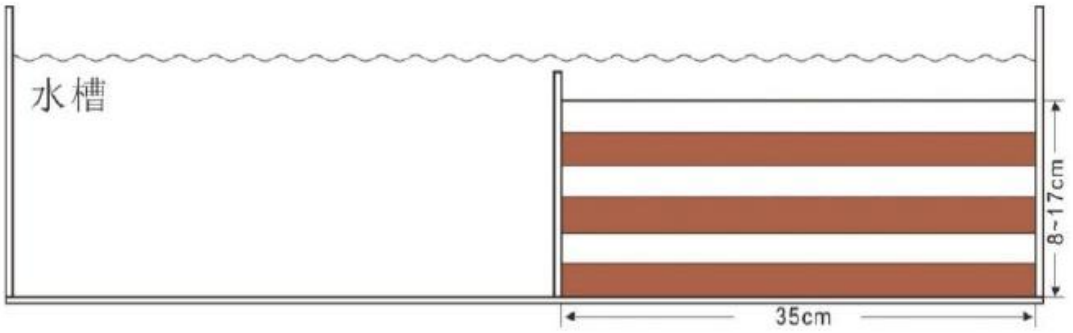


图 7.3.5-1 采砂深度分析实验模型设置



图 7.3.5-2a 采砂深度 8cm 实验照片

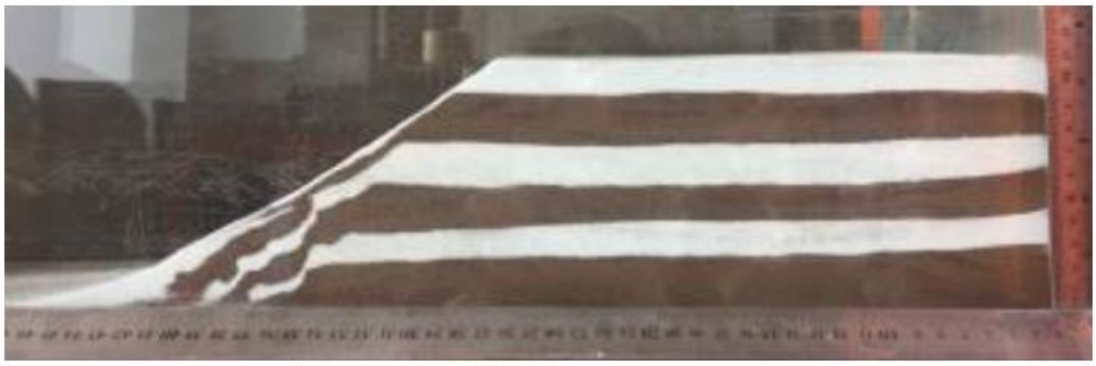


图 7.3.5-2b 采砂深度 11cm 实验照片



图 7.3.5-2c 采砂深度 14cm 实验照片



图 7.3.5-2d 采砂深度 17cm 实验照片

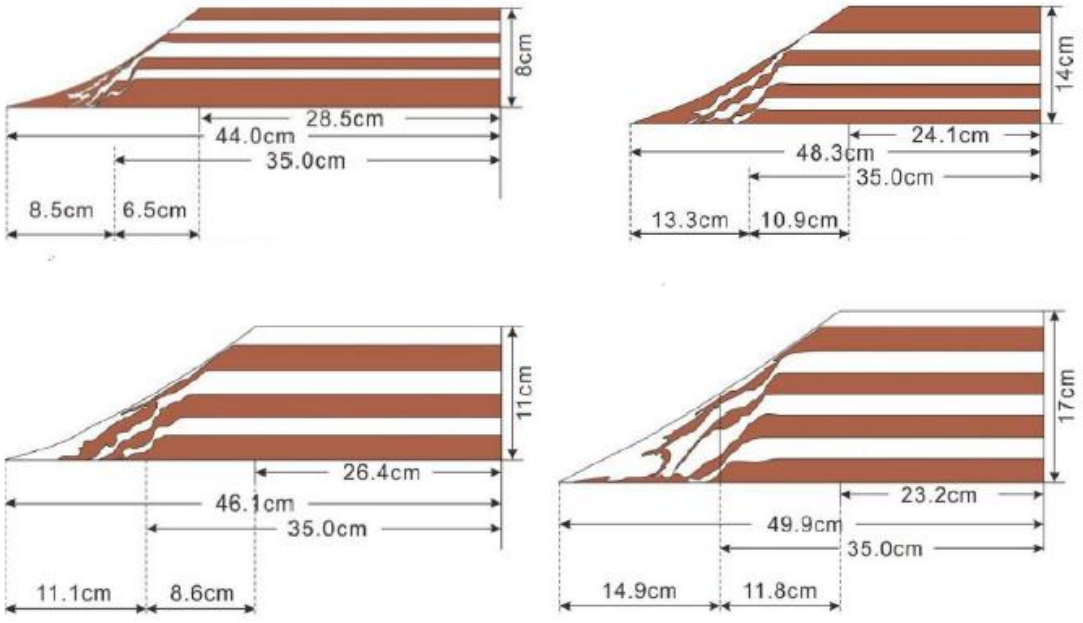


图 7.3.5-3 采砂深度分析实验数据示意图

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 7.3.5-2 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 7.3.4-3 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 7.3.5-1）。

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 7.3.5-1），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 7.3.5-1 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）	tanβ	边坡宽度（m）	坡顶后退距离（m）	坡角β（自然休止角）	tanβ	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

本项目全矿区平均细度模数为 1.57，整体为特细砂~细砂级别，平均采砂深度约为 10.00m，参照中国科学院南海海洋研究所的前述数值模拟结果，本项目采砂区预计可能形成的边坡宽度距离约为 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 30°以内，即采砂时的吸砂管应以 60°以上角度插入矿层，以形成较缓的边坡，降低边坡影响。

7.4水质环境影响分析与评价

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，通过溢流口溢流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。

7.4.1 模型及源强介绍

7.4.1.1 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：

$$\frac{\partial CD}{\partial t}+u\frac{\partial CD}{\partial x}+v\frac{\partial CD}{\partial y}+w\frac{\partial C}{\partial \sigma}=\frac{\partial}{\partial x}\left(K_{Mx}D\frac{\partial C}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(K_{My}D\frac{\partial C}{\partial y}\right)+\frac{\partial}{\partial \sigma}\left(\frac{K_v}{D}\frac{\partial C}{\partial \sigma}\right)+DS_c$$

其中：C 为水体悬沙含量，S_c 为输入源强；泥沙沉速 w 由采用武汉水利电力学学院静水泥沙沉速公式计算，

$$w_s=\sqrt{(13.95\frac{v}{D})^2+1.09\alpha gD}-13.95\frac{v}{D}$$

，其中，v 为水运动粘滞系数，取值 0.01146cm^2/s；α为重率系数，取 1.7，γ为水体密度，取 1.03×10^{3}kg/m^3，D 为泥沙直径，根据实测的海底表层沉积物中值粒径，在此取 0.015mm，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 0.958m^2/s。K_M为水平扩散系数，采用欧拉公式

$$K_{MX}=5.93\sqrt{g}H|u|/C_Z \qquad K_{MY}=5.93\sqrt{g}H|v|/C_Z$$

Cz 为 chezy 系数，Kv 为垂直扩散系数，根据广东沿海的研究文献取 0.023。

岸界边界条件：$\frac{\partial C}{\partial \bar{n}}=0$

侧开边界的边界条件：

入流时 $C|_\Gamma=p_0$ ；

Γ为水边界，P0 为边界上浓度，因本工程是采砂，不考虑本底悬沙浓度是因为海水水质标准本身是限制悬沙增量值，所以取 P_0＝0。

出流时 $\frac{\partial C}{\partial t}+U_n\frac{\partial C}{\partial \bar{n}}=0$ U_n为边界法向流速；

自由表面上：$w_fC+K_V\frac{\partial C}{\partial z}=0$

海底床面：
$$-K_V\frac{\partial C}{\partial z}-w_{fb}C_b=\begin{cases}M(\dfrac{v^2}{v_e^{\ 2}}-1) & v\geq v_e\\ 0 & v_d<v<v_e\\ w_{fb}C_b(\dfrac{v^2}{v_d^{\ 2}}-1) & v\leq v_d\end{cases}$$

式中：M 为冲刷系数，取曹祖德实验参数，M=6.4×10^{-3} ；w_{fb} 为近底层泥沙有效沉速，w_{fb}＝ws-w，ws 为泥水静水沉速，w_{fb}×C_b 为悬沙垂直沉降通量，$K_V\dfrac{\partial C}{\partial z}$ 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，Ve 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：

悬扬临界流速：$V_e=k\ (\ln 11\dfrac{h}{\Delta})(\dfrac{d^{'}}{d_*})^{1/3}\sqrt{3.6\dfrac{r_s-r}{r}gD+(\dfrac{r_0}{r_*})^{5/2}\dfrac{\varepsilon\ +g\delta h(\delta/D)^{1/2}}{D}}$

落淤的临界流速：$V_d=k\ (\ln 11\dfrac{h}{\Delta})(\dfrac{d^{'}}{d_*})^{1/3}\sqrt{3.6\dfrac{r_s-r}{r}gD}$

泥沙起动公式中各参数取值为，k=0.41，g=981cm/s^2，当泥沙粒径 D<0.05cm，床面糙率Δ =0.1cm，d' =0.05cm，d*=1.0cm，泥沙粘结系数ε＝1.75cm^3/ s^2，薄膜水厚度参数δ ＝2.31×10^{-5} cm，h 水深(cm)，r_o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 g/ cm^3，海水容重 r$_s$=1.025 g/ 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。

7.4.1.2 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Δt＝30s。

（3）泥沙沉降速度

泥沙沉速 w_s 采用武汉水利电力学学院静水泥沙沉速公式计算，

$$w_{s-}=\sqrt{(13.95\frac{v}{D})^2+1.09\alpha gD}-13.95\frac{v}{D}$$

其中，v 为水运动粘滞系数，取值 0.01146cm^2/s；D 为泥沙粒径（mm）；α为重率系数，取 1.7。

根据文献(刘家驹，淤泥质、粉沙质及沙质海岸航道回淤统-计算方法, 2012 年)，对于粒径小于 0.03mm 的淤泥质泥沙在海水条件下均以絮凝沉速 0.04~0.05cm/s 沉降，其当量粒径取 0.03mm，而对于粒径大于 0.03mm 的粉砂质或砂质泥沙，沉速则需用其单颗粒泥沙沉速。

本项目溢流出的泥沙主要由粉砂（粒径区间 0.004~0.063mm）和粘土（粒径≤0.004mm）组成（粒径≤0.063mm），根据经验本项目溢流泥沙的中值粒径＜0.03mm，根据文献和《港口与航道水文规范（JTS145-2015）（2022 版）》，考虑絮凝作用，则沉降速度取 0.04cm/s。

7.4.1.3 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。

此外，由于本项目采砂层上部有较厚的盖层，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°～70°左右角度插入海床，在水下休止角（30°）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。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、盖层崩塌和边坡坍塌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。

（1）CB22-05 区块

本次环境影响评价，主要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，根据施工安排，采砂过程拟采用 5 艘 800m³/h 采砂船同时施工。800m³/h 采砂船在 V1、V2 矿体开采海砂分选过程产生的悬浮泥沙（粉砂+黏土）的源强为 44.26~ 47.73 kg/s，单艘 800m³/h 采砂船全区平均悬沙产生源强为 44.35kg/s。

溢流口位于海面以下 2.0m 左右。悬浮物扩散源强考虑为表层释放。

（2）CB22-06 区块

本次环境影响评价，主要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，根据施工安排，采砂过程拟采用 5 艘 700m³/h 采砂船同时施工。单艘 700m³/h 采砂船在 V1、V2、V3 矿体开采海砂分选过程产生的悬浮泥沙（粉砂+黏土）的源强为 33.97 ~ 42.65 kg/s，单艘艘 700m³/h 采砂船全区平均悬沙产生源强为 36.30kg/s。

溢流口位于海面以下 2.0m 左右。悬浮物扩散源强考虑为表层释放。

7.4.2 CB22-05 区块开采模拟预测结果

7.4.2.1 计算工况

1. 最大包络线

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，五艘船同时施工位置见下图 7.4.2-1 ，即每个颜色方框内的五个点作为一个工况，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夏季流场、全潮周期连续施工 15 天、每天采砂作业源强释放 16h 产生的悬沙扩散场。源强采用 800m³/h 采砂船全区平均源强 44.35kg/s 进行悬浮泥沙增量最大包络线计算。

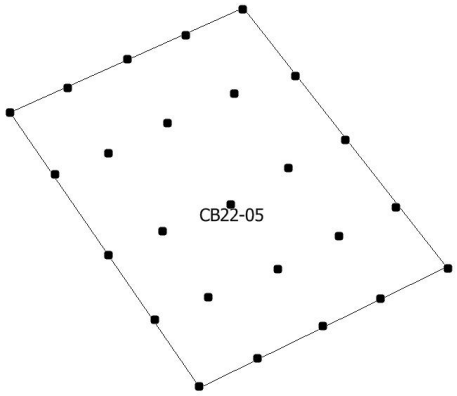


图 7.4.2-1 源强点分布及工况图

2. 典型工况

为充分评估采砂区施工过程对附近海域水质影响，项目结合矿区水深、船只施工方式设计如图 7.4.2-2 典型工况进行悬沙预测。典型工况下浓度增值包络线计算时模拟夏季流场、全潮周期连续施工 15 天、每天采砂作业源强释放 16h 产生的悬沙扩散场。源强采用 800m^3/h 采砂船全区平均源强 44.35kg/s 进行悬浮泥沙增量包络线计算。

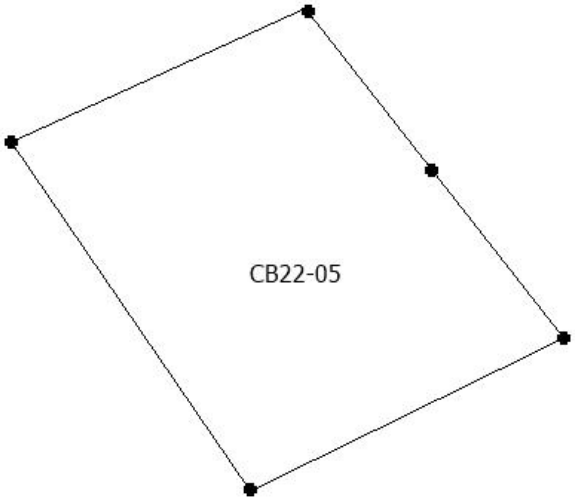


图 7.4.2-2 典型工况源强点分布示意图

7.4.2.2 模拟预测结果

1. 最大包络线预测结果（05 区块）

本评价根据悬沙扩散预测结果，采用模拟期间逐时成果统计各计算网格点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 7.4.2-1 和图 7.4.2-3。

表 7.4.3.1-1 施工产生悬沙增量最大包络面积(km^2)

悬沙浓度 / 包络线面积	>10mg/L	>20mg/L	>50mg/L	>100mg/L	扩散距离（km）	
					EW 向	NS 向
表层	45.37	42.44	33.51	25.84	11.9	5.8
0.4H	45.11	42.13	33.24	25.26		
0.6H	44.82	41.83	32.87	24.71		
0.8H	44.53	41.24	32.41	24.25		
底层	43.96	40.53	31.86	23.75		
垂线平均	44.758	41.634	32.778	24.762		

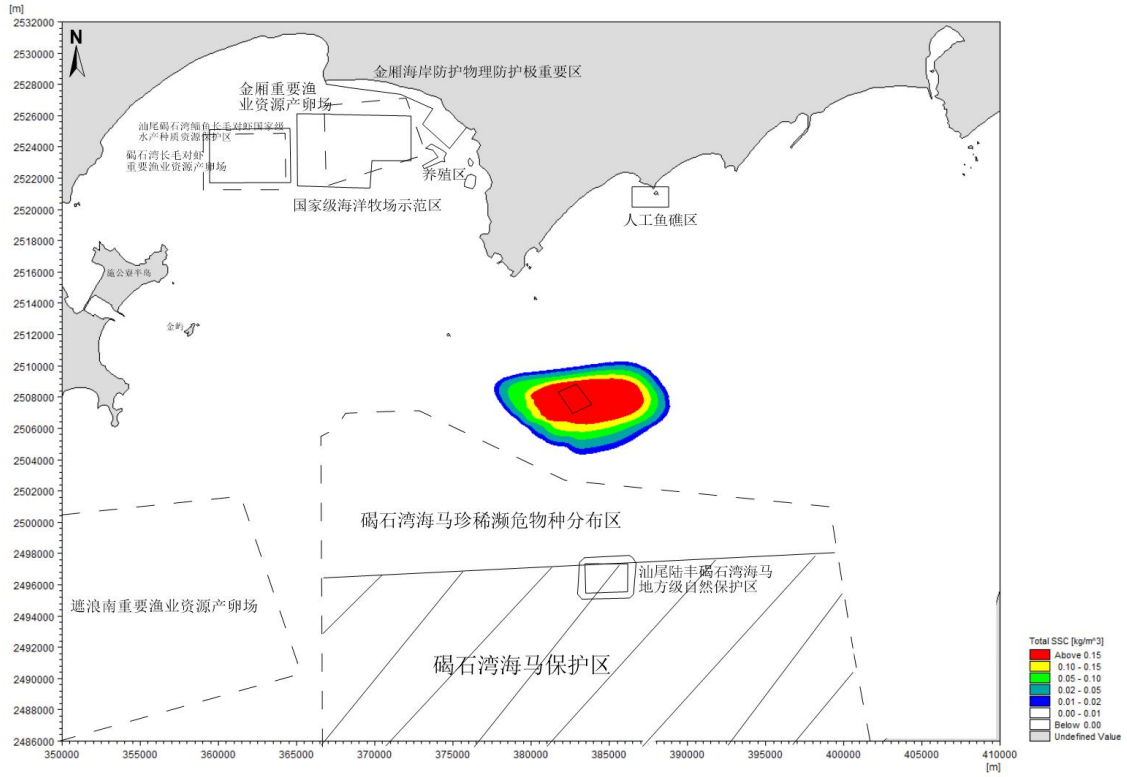


图 7.4.2-3a　施工产生悬沙增量最大包络线图（表层）

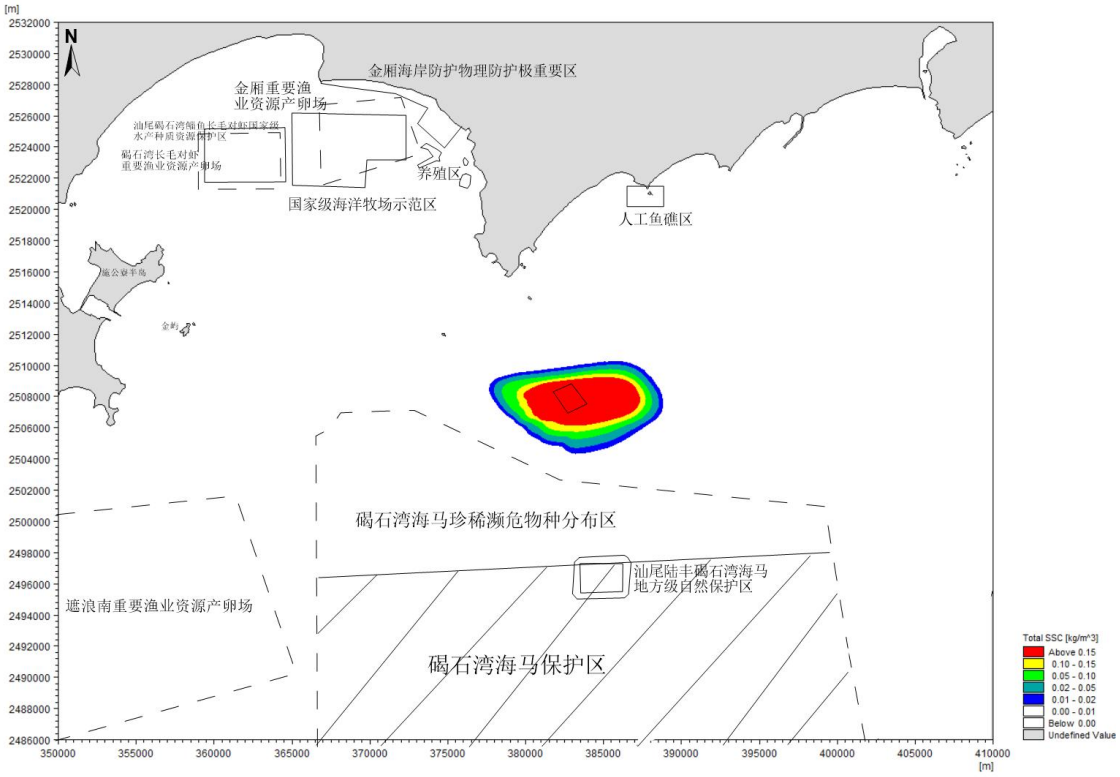


图 7.4.2-3b　施工产生悬沙增量最大包络线图（0.4H）

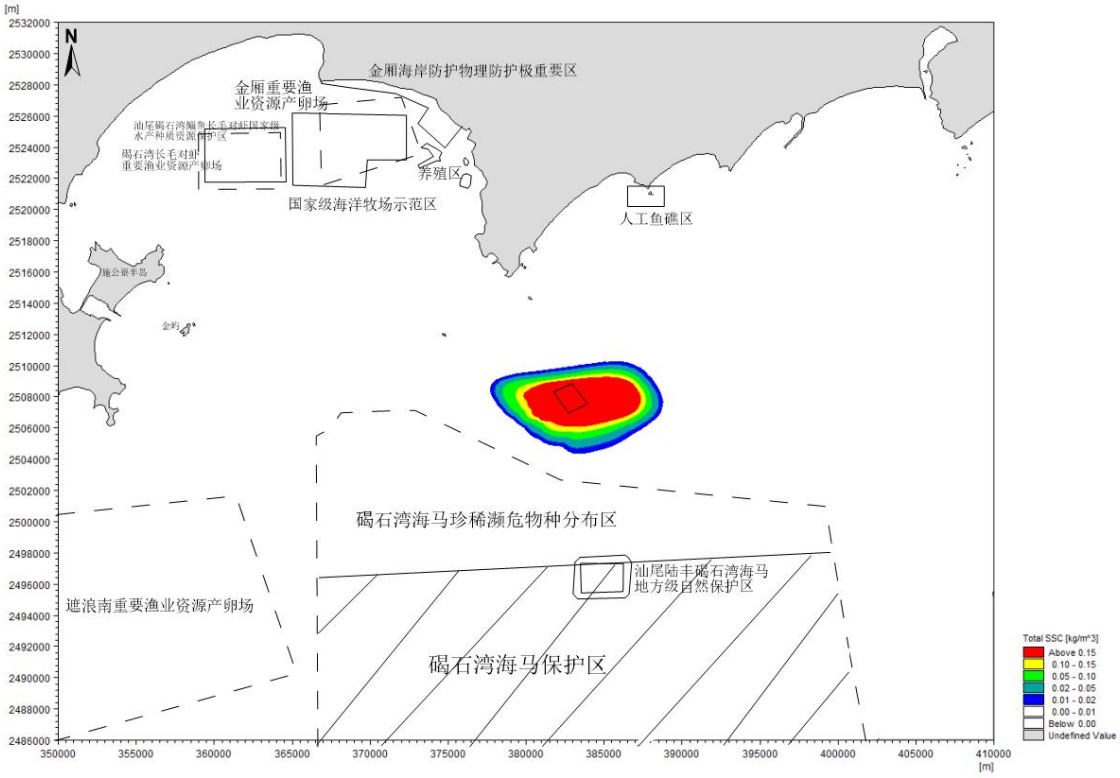


图 7.4.2-3c　施工产生悬沙增量最大包络线图（0.6H）

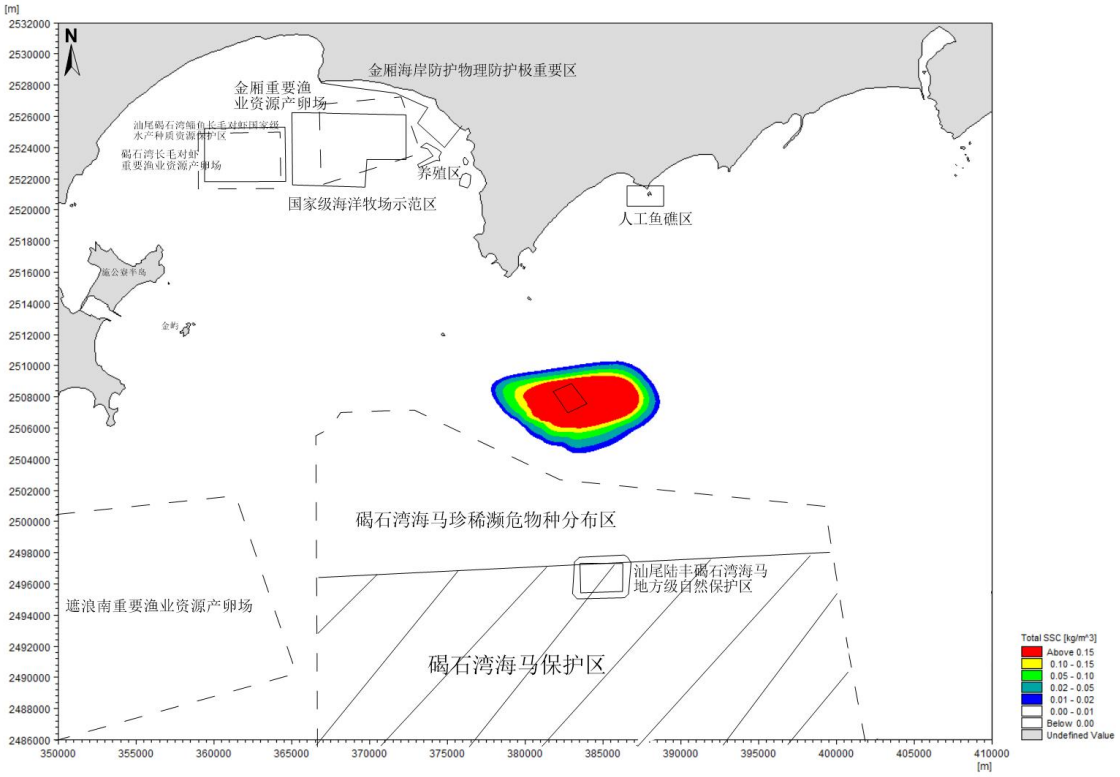


图 7.4.2-3d　施工产生悬沙增量最大包络线图（0.8H）

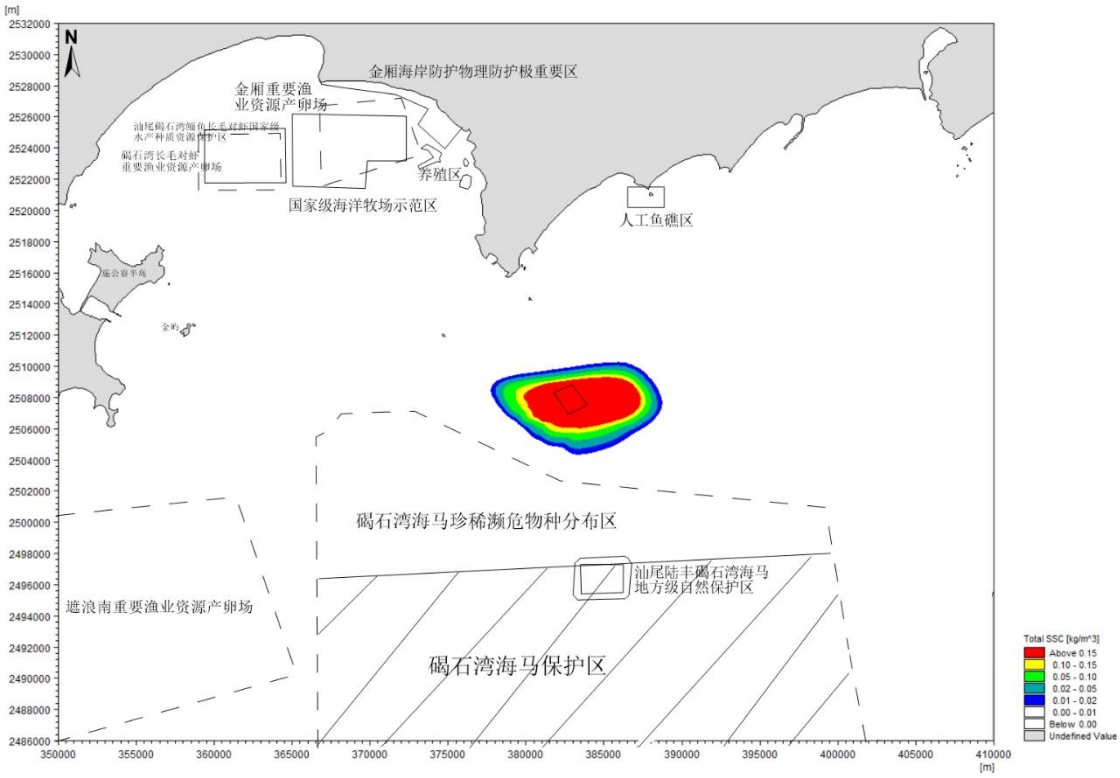


图 7.4.2-3e　施工产生悬沙增量最大包络线图（底层）

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往东西方向运动，由于海砂分选产生的悬浮泥沙通过设置溢流口表层排放，悬沙在水流作用下沿着涨落潮方向扩散。采砂引起的悬浮物对东西向的最大影响距离约 11.9km，对南北向的

最大影响距离约 5.8km。从整体垂线平均来看，大于 10mg/L 的最大包络线面积约为 44.758km^2，大于 20 mg/L 浓度区的最大包络线面积为 41.634km^2，大于 50mg/L 浓度区的最大包络线面积为 32.778km^2，大于 100mg/L 浓度区的最大包络线面积为 24.762km^2。

2. 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 7.4.2-2，对应的包络线见图 7.4.2-4。

表 7.4.2-2　典型工况施工产生悬沙增量面积(km^2)

悬沙浓度 包络线面积	>10mg/L	>20mg/L	>50mg/L	>100mg/L
表层	40.81	35.12	20.58	11.32
0.4H	40.35	34.24	20.81	12.46
0.6H	39.85	33.61	20.97	13.12
0.8H	39.12	32.43	21.02	13.72
底层	38.77	31.46	21.32	14.35
垂线平均	39.780	33.372	20.94	12.994

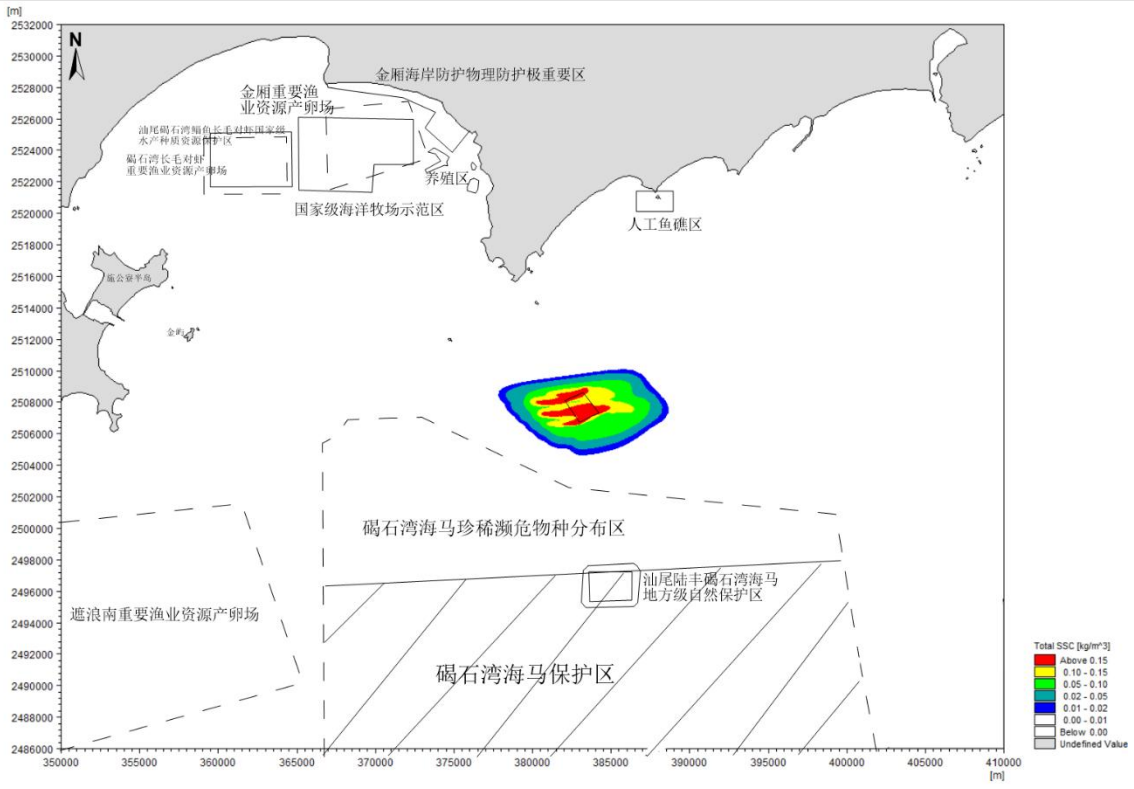


图 7.4.2-4a　典型工况产生悬沙增量包络线图（表层）

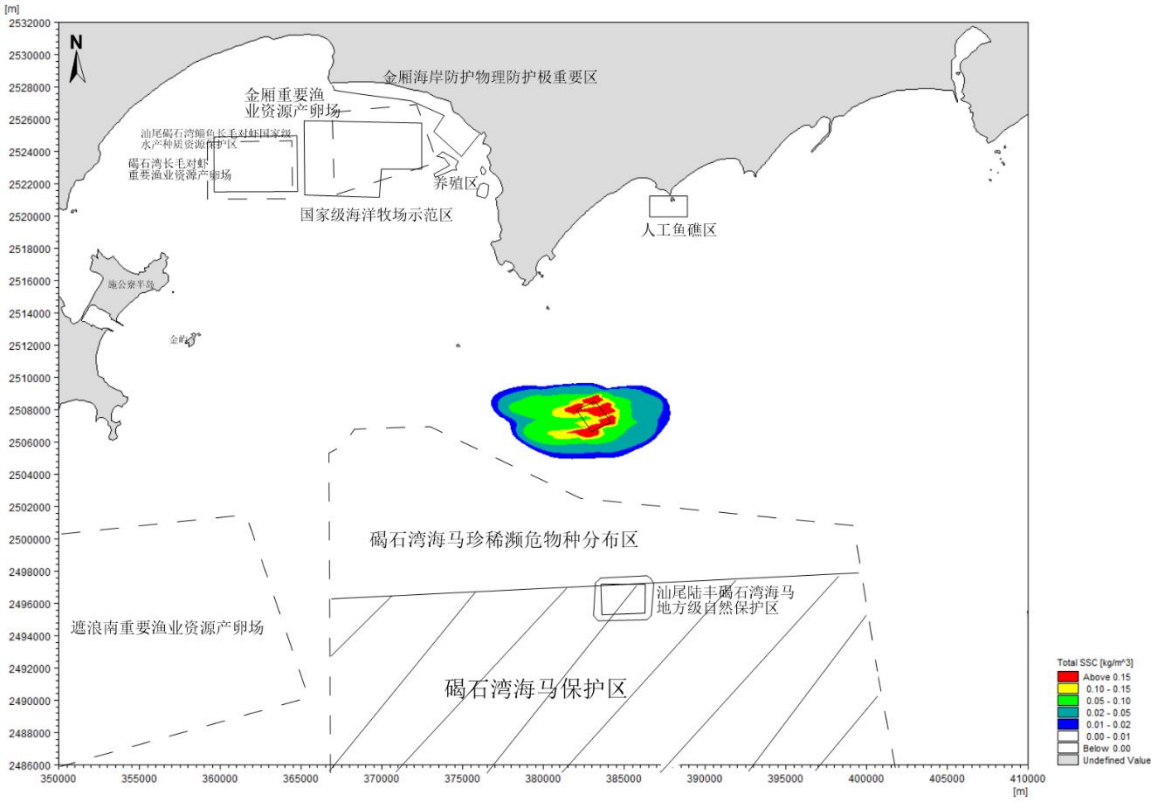


图 7.4.2-4b　典型工况产生悬沙增量包络线图（0.4H）

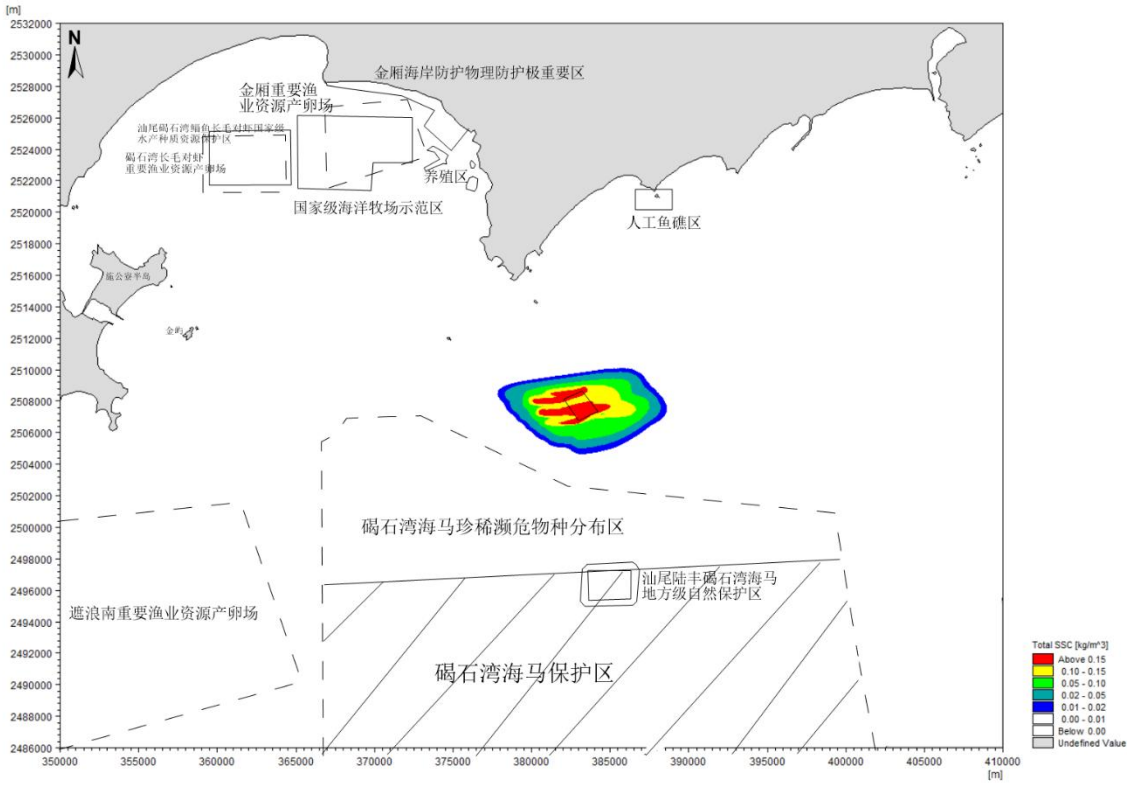


图 7.4.2-4c　典型工况产生悬沙增量包络线图（0.6H）

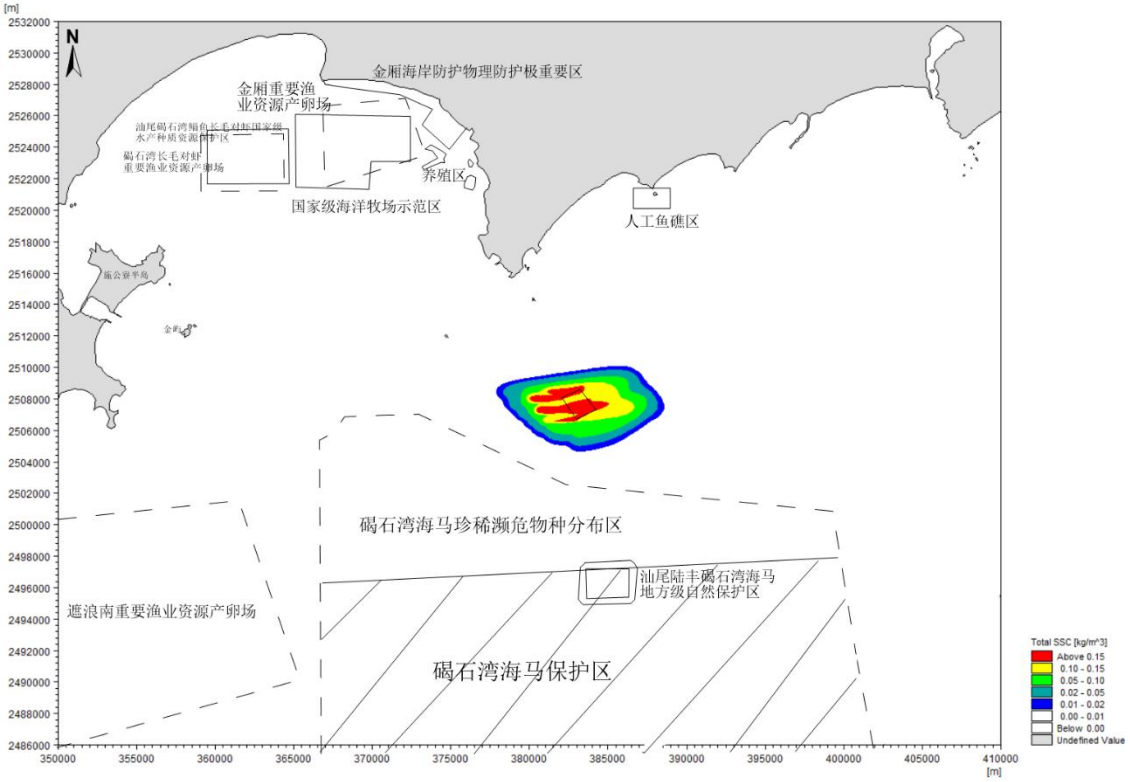


图 7.4.2-4d　典型工况产生悬沙增量包络线图（0.8H）

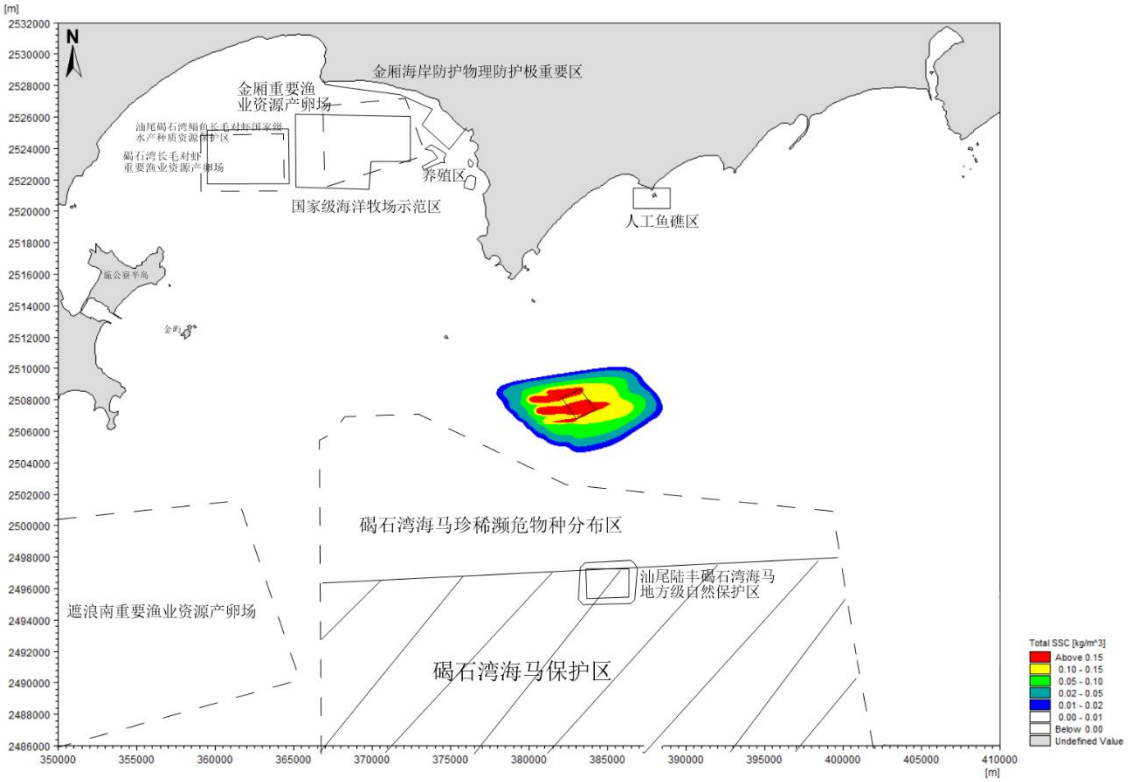


图 7.4.2-4e　典型工况产生悬沙增量包络线图（底层）

典型工况施工情况下，整体上，垂线平均大于 10mg/L 浓度区的包络线最大面积为 39.780km^2，大于 20 mg/L 浓度区的包络线面积为 33.372km^2；大于 50 mg/L 浓

度区的包络线面积为 20.940km^2；大于 100 mg/L 浓度区的包络线面积为 12.994km^2。

7.4.3 CB22-05 和 CB22-06 两个采砂区同时开采模拟预测结果

7.4.3.1 计算工况

1. 最大包络线

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，10 艘船同时施工位置见下图 7.4.3-1 ，即每个颜色方框内的五个点作为一个工况，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夏季流场、全潮周期连续施工 15 天、每天采砂作业源强释放 16h 产生的悬沙扩散场。CB22-05 区块源强采用 800m^3/h 采砂船全区平均源强 44.35kg/s 进行悬浮泥沙增量最大包络线计算，CB22-06 区块源强采用 700m^3/h 采砂船全区平均源强 36.30kg/s 进行悬浮泥沙增量最大包络线计算。

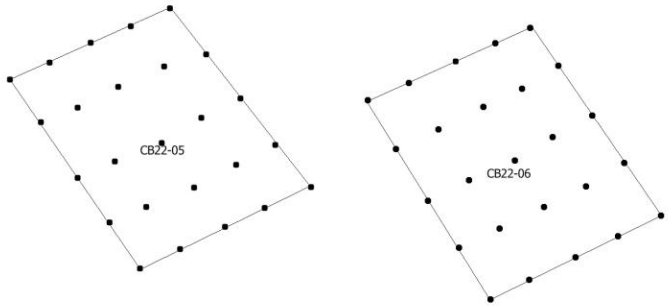


图 7.4.3-1 源强点分布及工况图

2. 典型工况

为充分评估采砂区施工过程对附近海域水质影响，项目结合矿区水深、船只施工方式、敏感区位置设计 2 种典型工况进行悬沙预测，如下图 7.4.3-2。典型工况下浓度增值包络线计算时模拟夏季流场、全潮周期连续施工 15 天、每天采砂作业源强释放 16h 产生的悬沙扩散场。CB22-05 区块源强采用 800m^3/h 采砂船全区平均源强 44.35kg/s 进行悬浮泥沙增量包络线计算，CB22-06 区块源强采用 700m^3/h 采砂船全区平均源强 36.30kg/s 进行悬浮泥沙增量包络线计算。

工况1 主要考虑采砂区西侧和南侧为碣石湾海马濒危物种分布区。

工况 2 主要结合矿区水深、船只施工方式考虑所有典型工况中该工况造成的

悬沙影响范围最大。

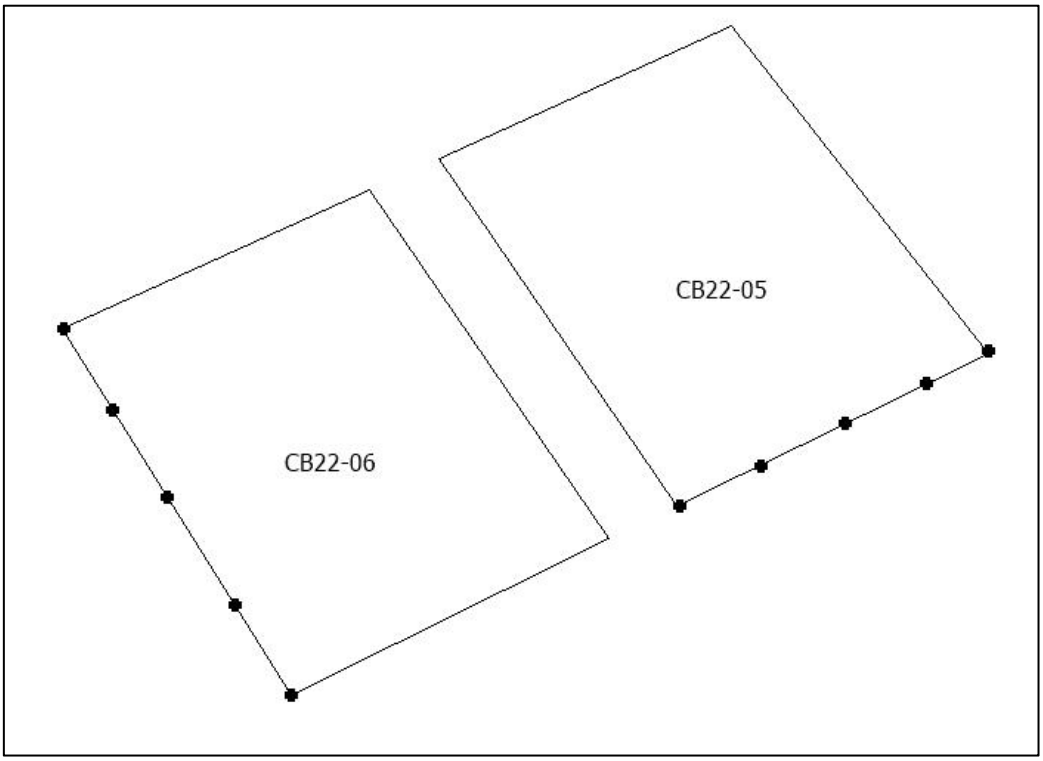


图 7.4.3-2a 典型工况 1 源强点分布示意图

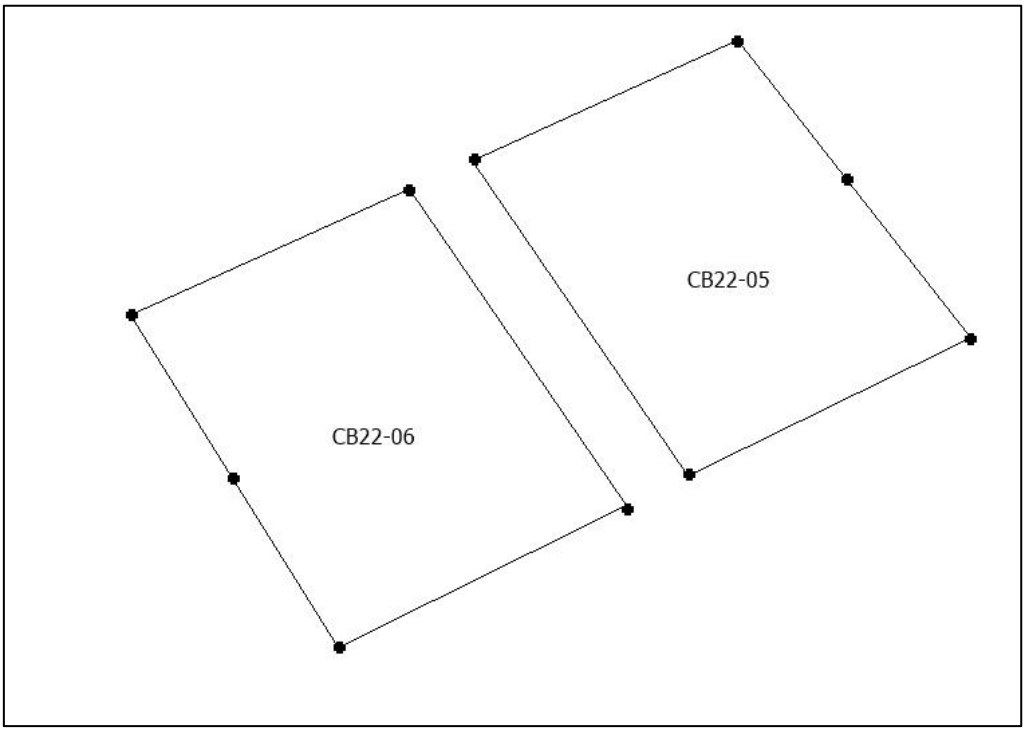


图 7.4.3-2b 典型工况 2 源强点分布示意图

7.4.3.2 模拟预测结果

1. 最大包络线预测结果

本评价根据悬沙扩散预测结果，采用模拟期间逐时成果统计各计算网格点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 7.4.3-1 和图 7.4.3-3。

表 7.4.3.1-1 施工产生悬沙增量最大包络面积(km^2)

悬沙浓度 / 包络线面积	>10mg/L	>20mg/L	>50mg/L	>100mg/L	扩散距离（km）	
					EW 向	NS 向
表层	62.72	55.42	43.62	31.68	13.8	7.3
0.4H	61.36	55.02	43.25	31.82		
0.6H	60.81	54.51	43.91	32.16		
0.8H	60.12	53.91	42.35	32.41		
底层	59.44	53.55	42.14	33.79		
垂线平均	60.890	54.482	43.054	32.372		

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往东西方向运动，由于海砂分选产生的悬浮泥沙通过设置溢流口表层排放，悬沙在水流作用下沿着涨落潮方向扩散。采砂引起的悬浮物对东西向的最大影响距离约 13.8km，对南北向的最大影响距离约 7.3km。从整体垂线平均来看，大于 10mg/L 的最大包络线面积约为 60.890km^2，大于 20 mg/L 浓度区的最大包络线面积为 54.482km^2，大于 50mg/L 浓度区的最大包络线面积为 43.054km^2，大于 100mg/L 浓度区的最大包络线面积为 32.372km^2。

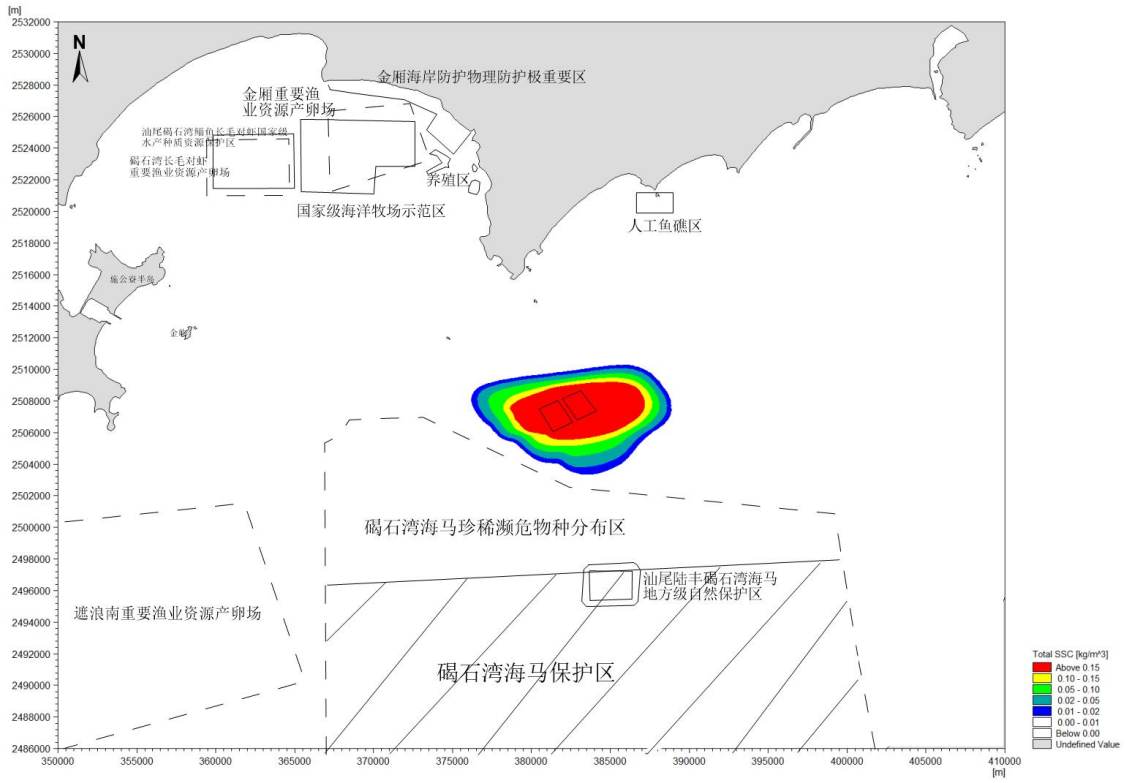


图 7.4.3-3a　施工产生悬沙增量最大包络线图（表层）

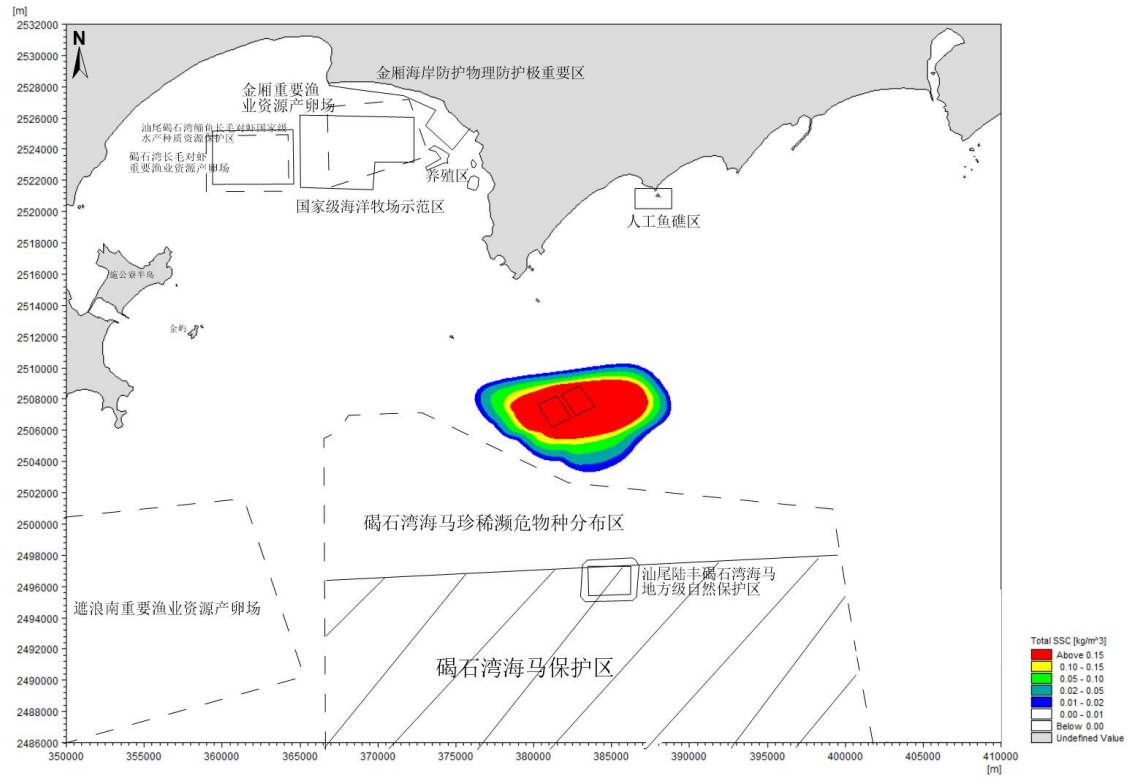


图 7.4.3-3b　施工产生悬沙增量最大包络线图（0.4H）

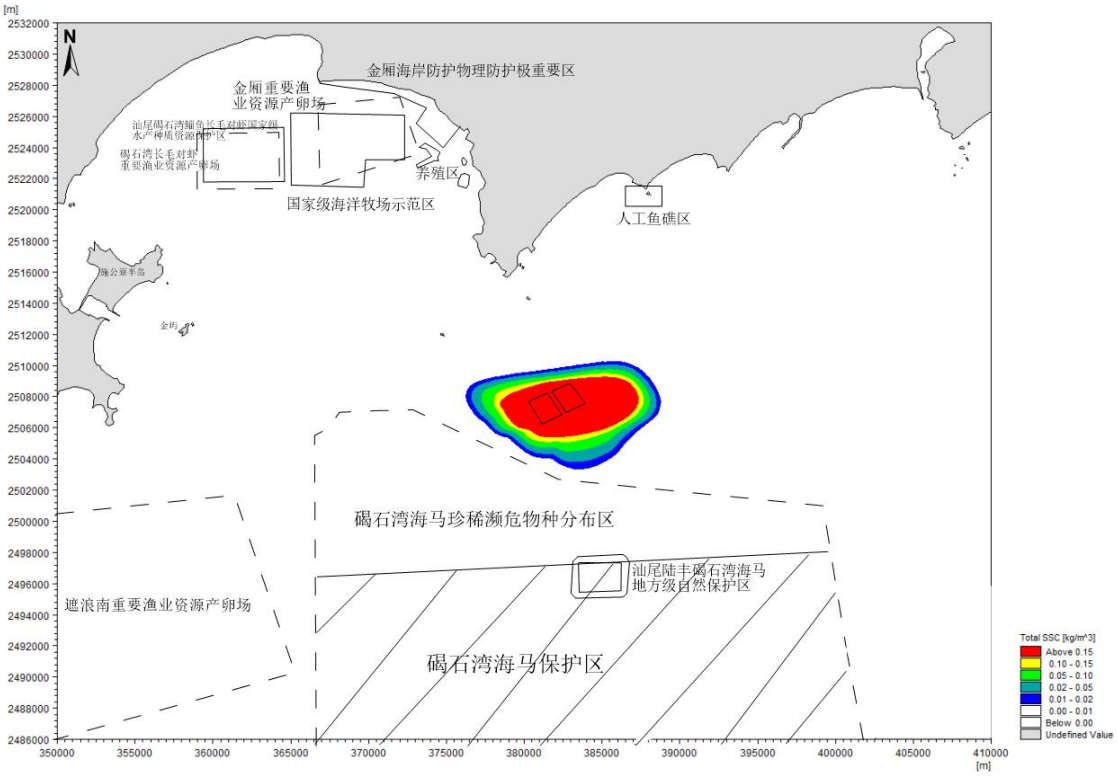


图 7.4.3-3c　施工产生悬沙增量最大包络线图（0.6H）

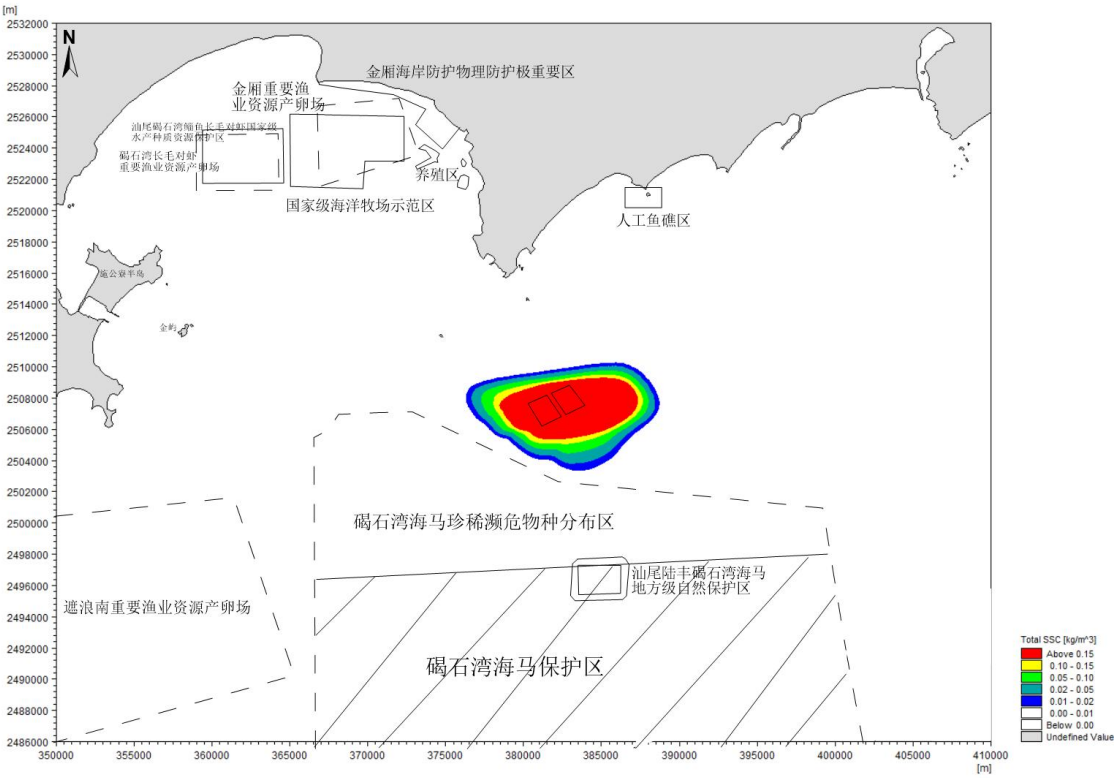


图 7.4.3-3d　施工产生悬沙增量最大包络线图（0.8H）

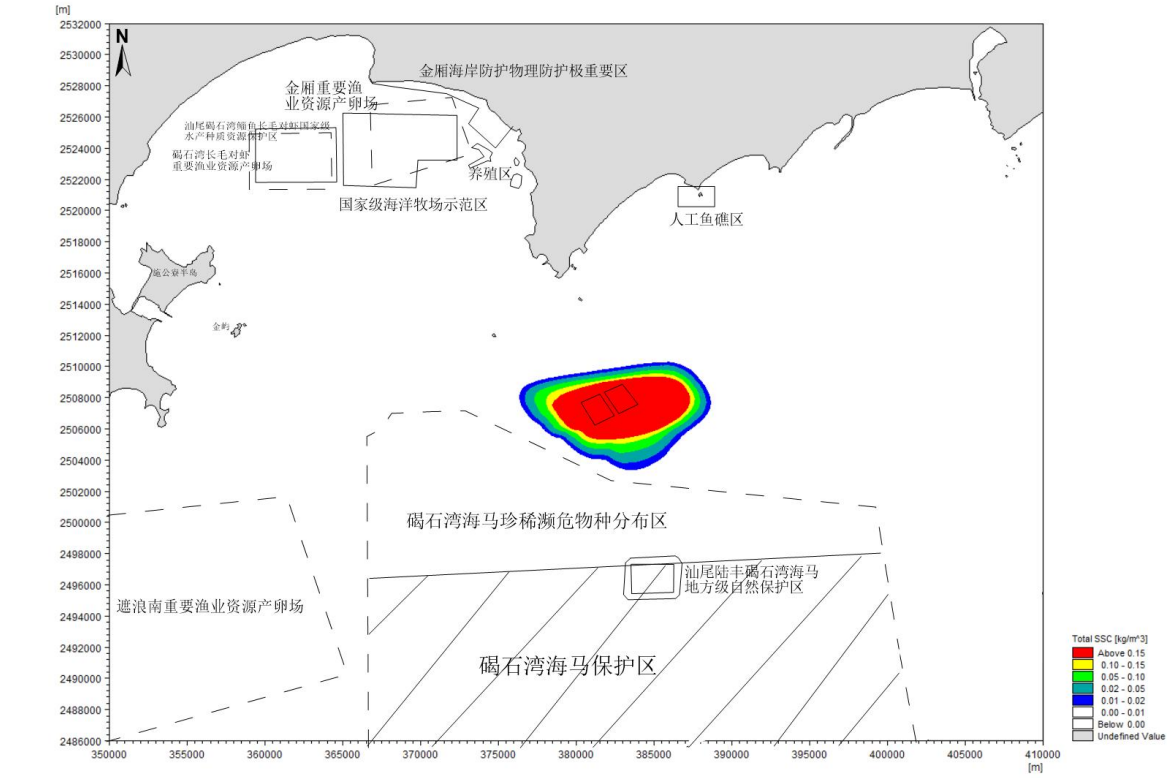


图 7.4.3-3e　施工产生悬沙增量最大包络线图（底层）

2. 典型工况悬沙预测结果

（1）典型工况 1

采砂施工引起的悬浮泥沙增量面积统计情况见表 7.4.3-2，对应的包络线见图 7.4.3-4。

典型工况 1 施工情况下，整体上，垂线平均大于 10mg/L 浓度区的包络线最大面积为 45.610km^2，大于 20 mg/L 浓度区的包络线面积为 40.380km^2；大于 50 mg/L 浓度区的包络线面积为 28.274km^2；大于 100 mg/L 浓度区的包络线面积为 17.776km^2。

表 7.4.3-2　典型工况 1 施工产生悬沙增量面积(km^2)

悬沙浓度 / 包络线面积	>10mg/L	>20mg/L	>50mg/L	>100mg/L
表层	46.31	41.43	29.61	17.18
0.4H	46.12	41.10	29.18	17.39
0.6H	45.63	40.34	28.37	17.84
0.8H	45.15	39.76	27.43	18.12
底层	44.84	39.27	26.78	18.35
垂线平均	45.610	40.380	28.274	17.776

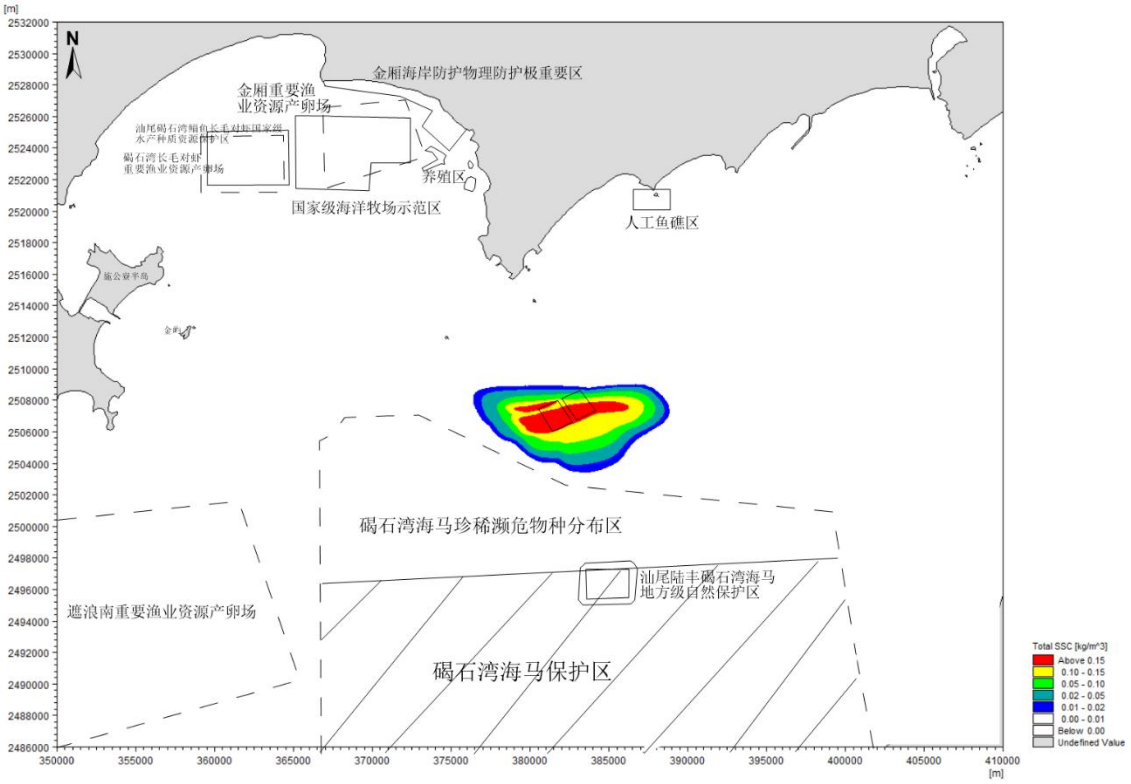


图 7.4.3-4a　典型工况 1 产生悬沙增量包络线图（表层）

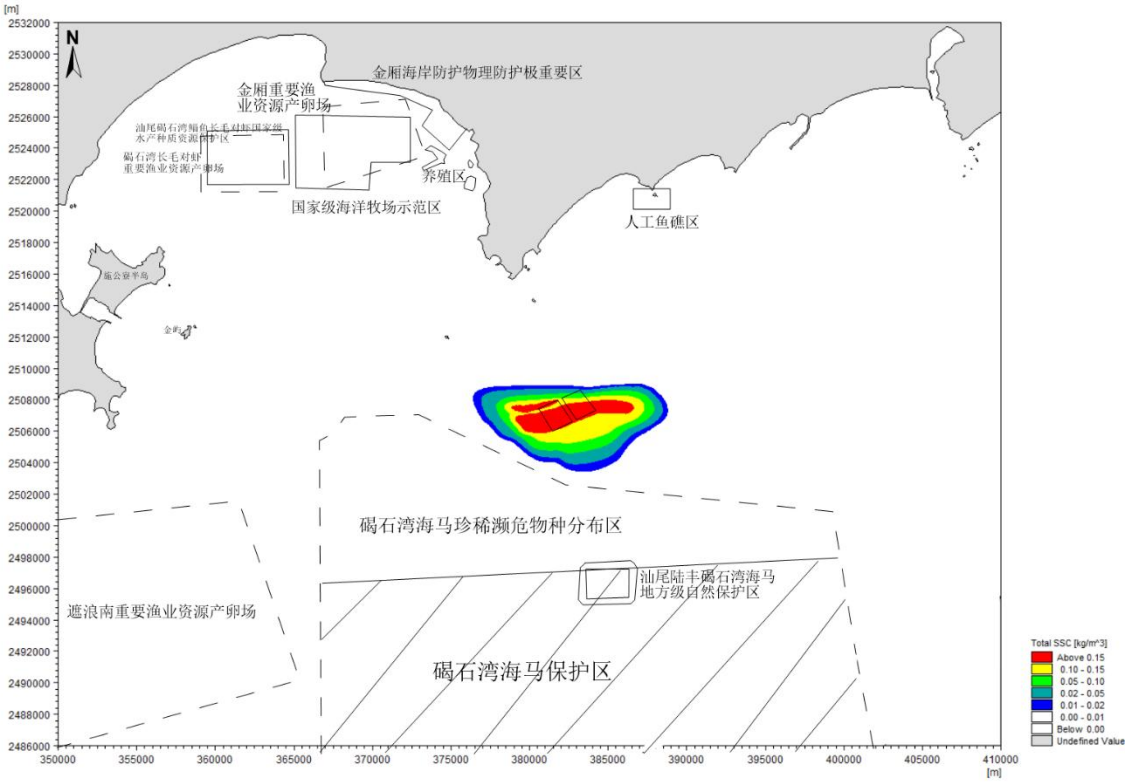


图 7.4.3-4b　典型工况 1 产生悬沙增量包络线图（0.4H）

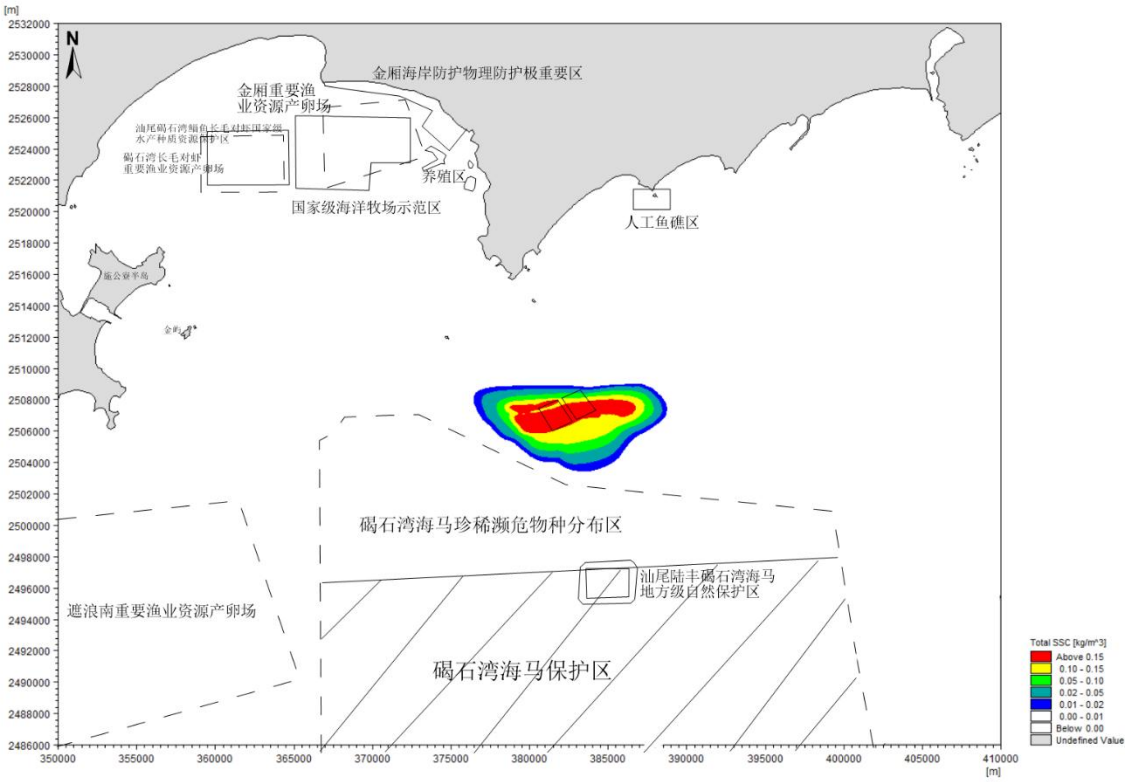


图 7.4.3-4c　典型工况 1 产生悬沙增量包络线图（0.6H）

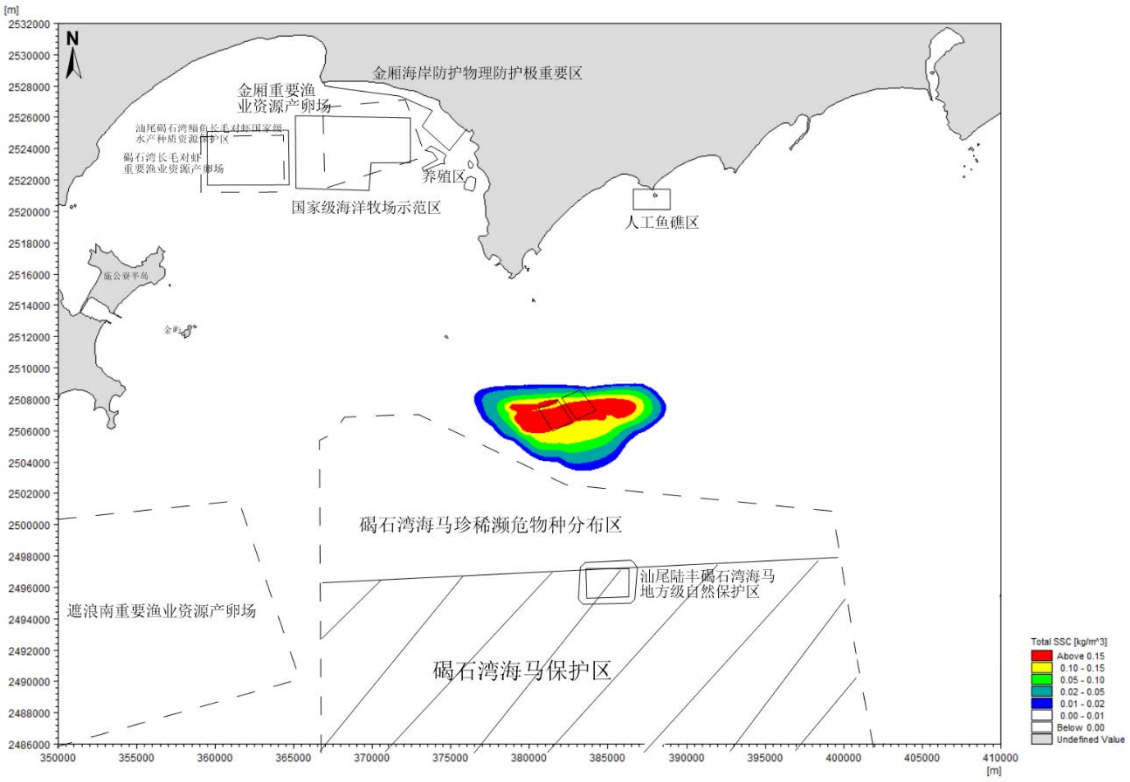


图 7.4.3-4d　典型工况 1 产生悬沙增量包络线图（0.8H）

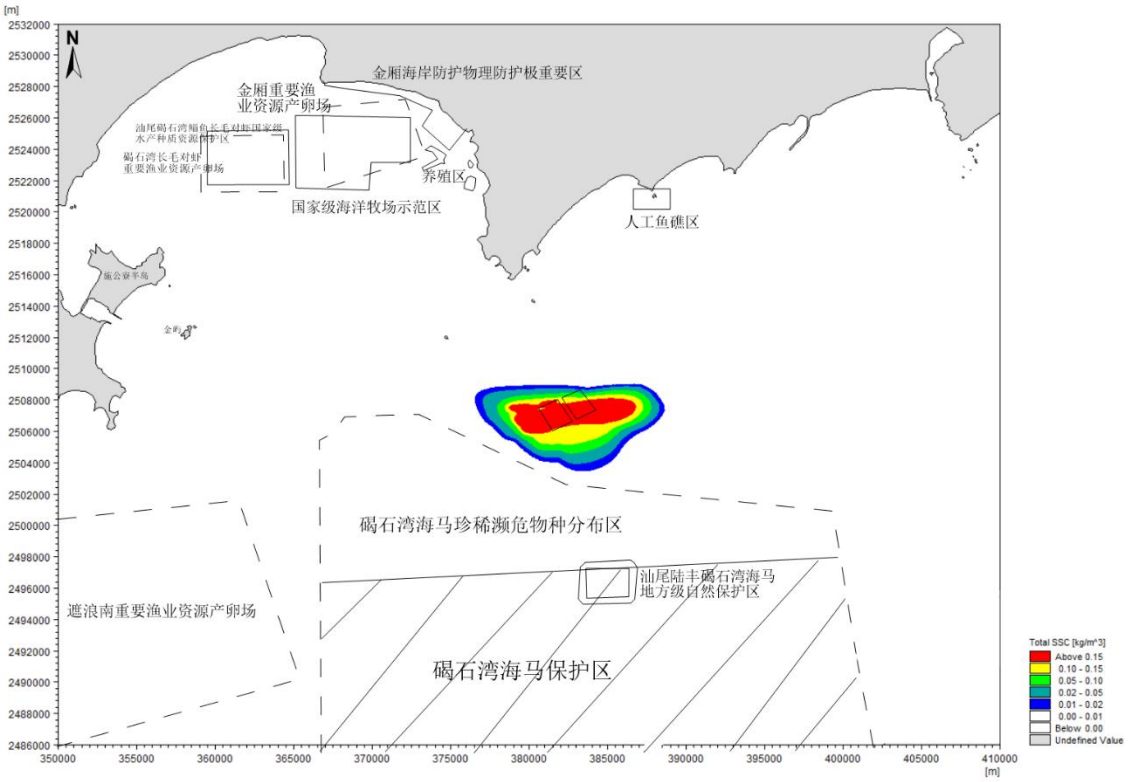


图 7.4.3-4e　典型工况 1 产生悬沙增量包络线图（底层）

（2）典型工况 2

采砂施工引起的悬浮泥沙增量面积统计情况见表 7.4.3-4，对应的包络线见图 7.4.3-5。

典型工况 2 施工情况下，整体上，垂线平均大于 10mg/L 浓度区的包络线最大面积为 47.112km^2，大于 20 mg/L 浓度区的包络线面积为 39.594km^2；大于 50 mg/L 浓度区的包络线面积为 31.254km^2；大于 100 mg/L 浓度区的包络线面积为 20.386km^2。

表 7.4.3-3　典型工况 2 施工产生悬沙增量面积(km^2)

悬沙浓度 / 包络线面积	>10mg/L	>20mg/L	>50mg/L	>100mg/L
表层	48.23	41.16	33.22	19.45
0.4H	47.68	40.27	32.16	19.87
0.6H	46.94	39.38	31.21	20.34
0.8H	46.57	38.94	30.43	20.91
底层	46.14	38.22	29.25	21.36
垂线平均	47.112	39.594	31.254	20.386

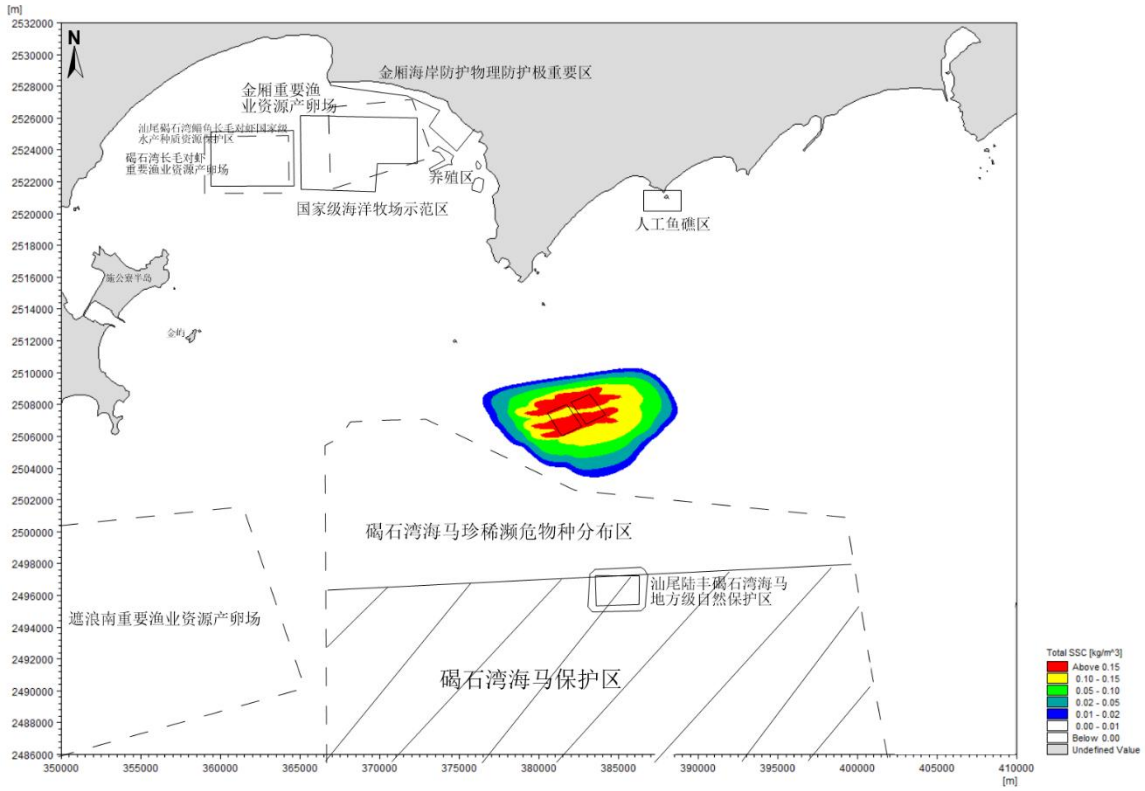


图 7.4.3-5a　典型工况 2 产生悬沙增量包络线图（表层）

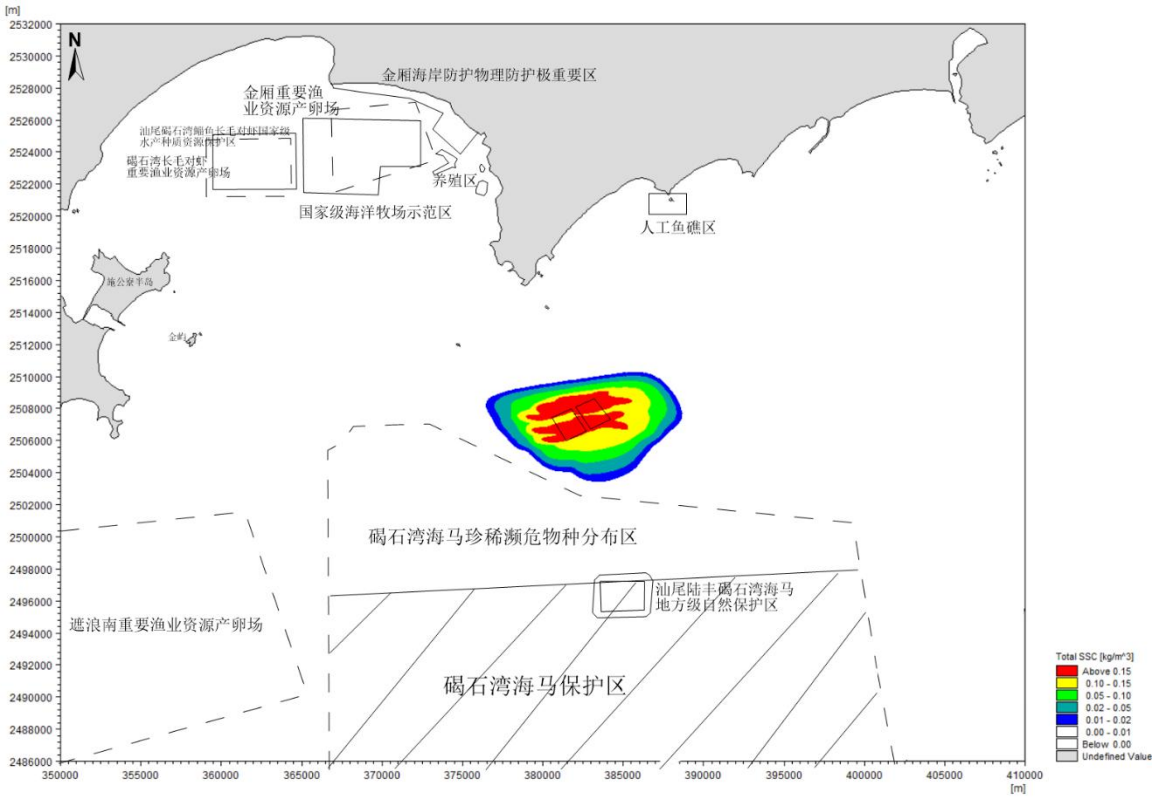


图 7.4.3-5b　典型工况 2 产生悬沙增量包络线图（0.4H）

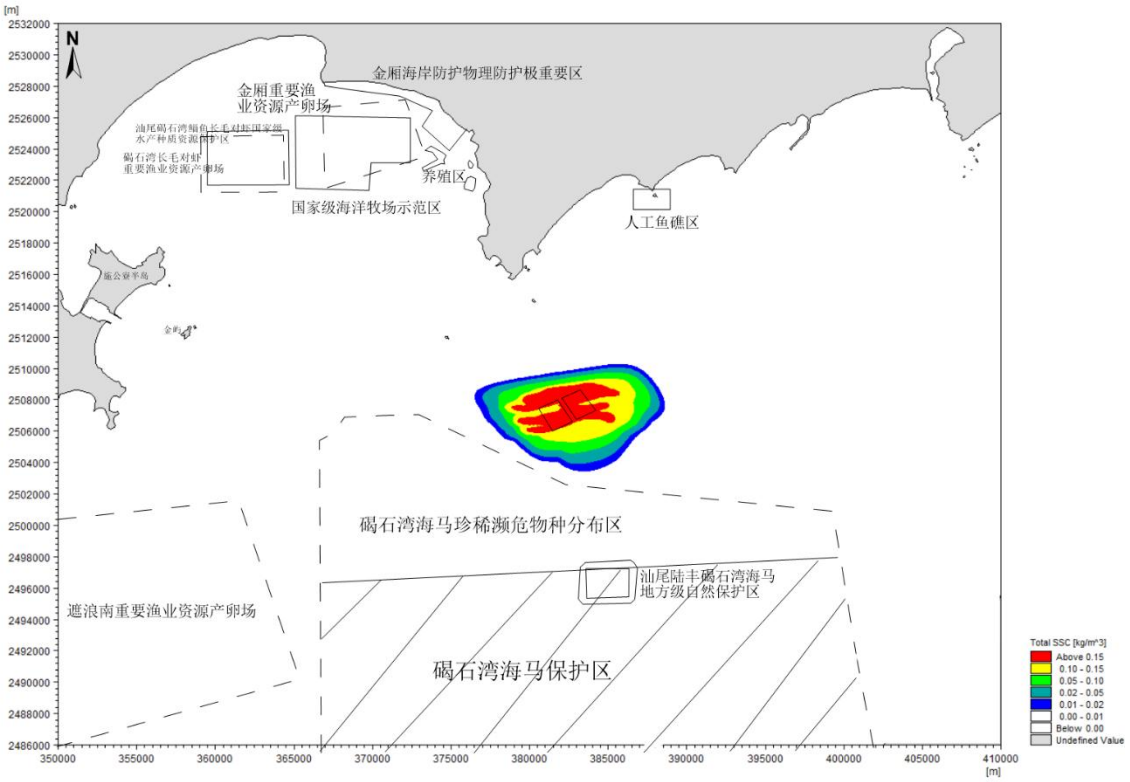


图 7.4.3-5c　典型工况 2 产生悬沙增量包络线图（0.6H）

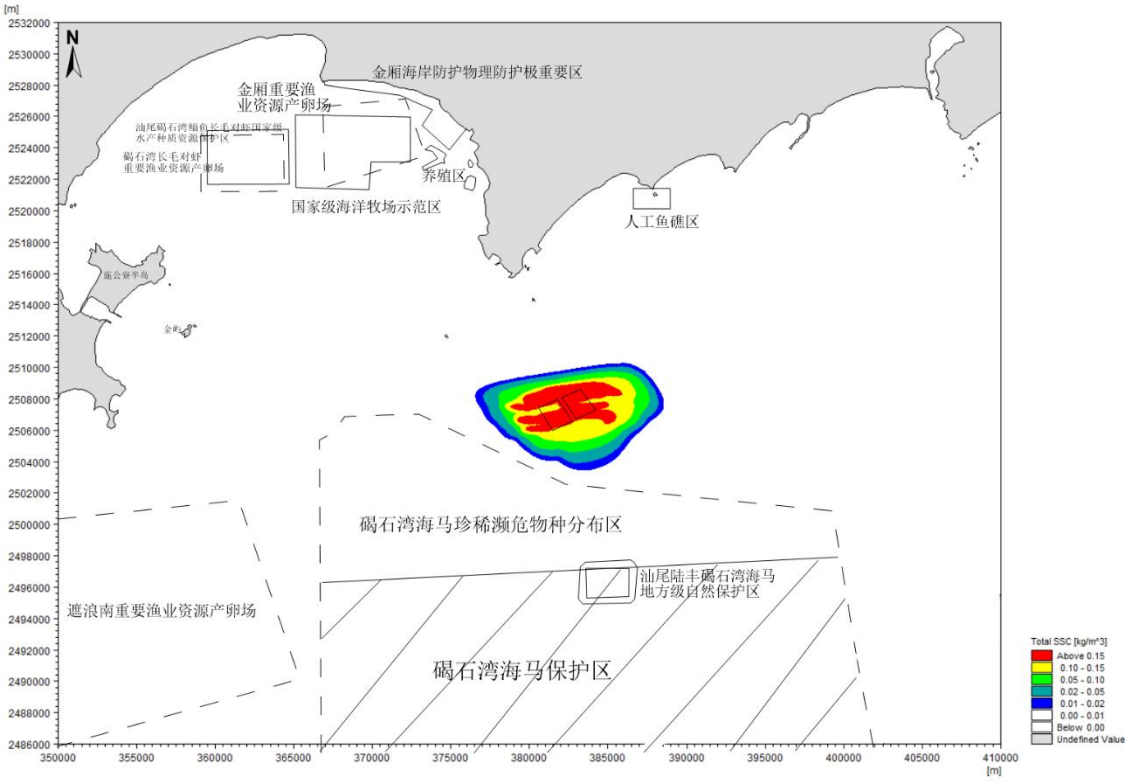


图 7.4.3-5d　典型工况 2 产生悬沙增量包络线图（0.8H）

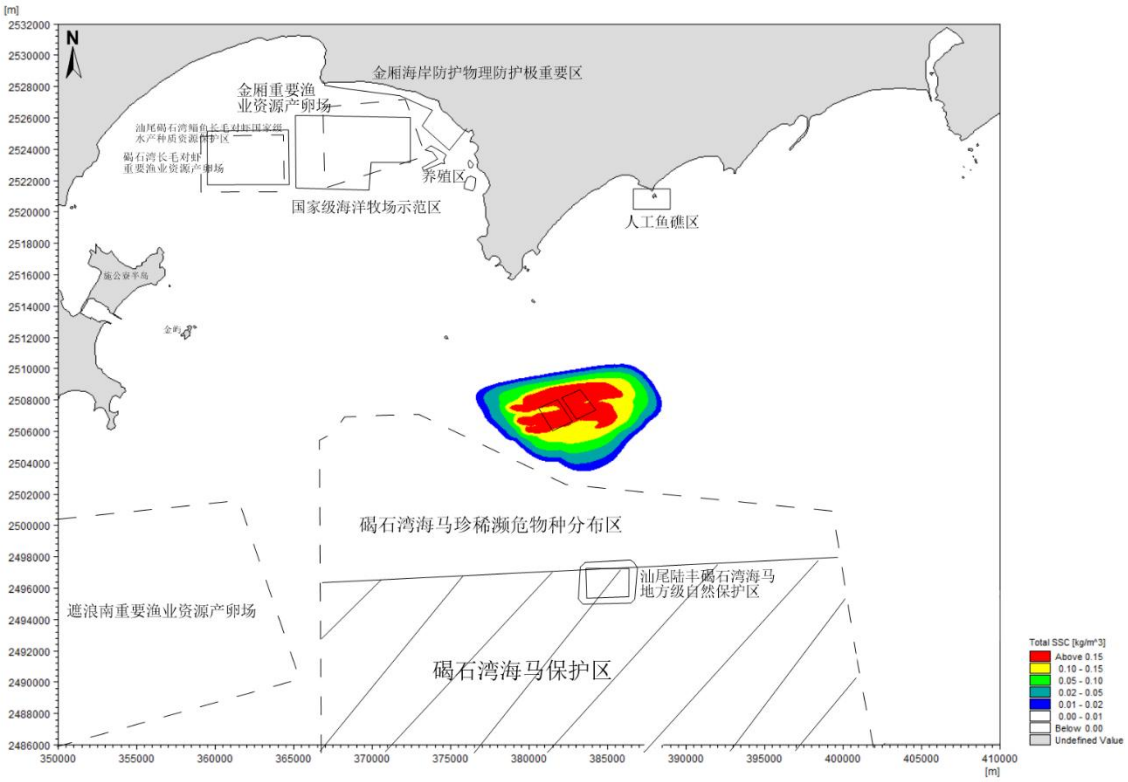


图 7.4.3-5e　典型工况 2 产生悬沙增量包络线图（底层）

7.4.4 施工废水影响分析

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，船舶生活污水产生量约为 15.30t/d，主要污染物为 COD、BOD_5、NH_3-N 等；船舶含油污水约为 29.00t/d，主要污染物为 COD 和石油类等。上述污废水若随意排放，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上岸，交由有处理能力单位进行统一处理。船舶生活污水可在满足《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的要求的前提下排放，若不满足标准排放要求则需经船舶上的生活污水收集设施收集上岸后，由接收单位收运处理。

7.4.5 水质环境影响评价

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；根据悬浮泥沙预测结果，悬浮泥沙影响范围位于珠海-潮州农渔业区，执行第一类海水水质标准。CB22-05 和 CB22-06 区块同时施工，产生悬浮泥沙包络线面积的大于 10mg/L(超过一、二类水质标准)为 60.89km^2，产生悬浮泥沙包络线面积的大

于 100mg/L(超过三类水质标准)为 32.372km^2，产生增量超过 10mg/L 的悬浮泥不会扩散至碣石湾海马珍稀濒危物种分布区等敏感区域；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上岸，交由有处理能力单位进行收运处理，船舶生活污水可在满足《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的要求的前提下排放，若不满足标准排放要求则需经船舶上的生活污水收集设施收集上岸后，由接收单位拉运处理，不得直接排放入海。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。

7.5沉积物环境影响分析与评价

（1）表层沉积物质量对砂源的污染影响分析

根据 2023 年 4 月沉积物质量调查结果显示，各项调查指标均符合《海洋沉积物质量》中的第一类标准要求。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，不会对本海域沉积物的理化性质产生影响，本海域沉积物的环境质量发生明显的变化。

（2）采砂作业对沉积物污染扩散的影响分析

施工悬浮泥沙对水质影响包括两个方面：一是粒度较大的泥沙被扰动悬浮到上覆水体后，经过较短距离的扩散即沉降，其沉降范围位于采砂区附近，这部分泥沙对施工区外的沉积物基本没影响；二是粒度较小的颗粒物进入水体而影响海水水质，并较长时间悬浮于水体中，经过相对较长距离的扩散后再沉降。随着粒度较小的悬浮物的扩散及沉淀，从采砂区漂移的悬浮物将成为其所覆盖区域的新的表层沉积物。项目海上施工对沉积物的影响主要是沉积物理化因子的物理转移，根据现状监测结果可知，项目周边海域沉积物各项调查指标均符合《海洋沉积物质量》中的第一类标准要求，沉积物质量状况良好。根据采砂施工的悬浮泥沙扩散预测结果，两块海砂同时施工悬浮泥沙增量>100mg/L 的最大包络面积为 32.372km^2，工程施工除了对海底沉积物产生部分分选、位移、重组和松动外，没有其他污染物混入，因此，采砂过程中产生的悬浮泥沙扩散和沉降，不会导致沉积物环境质量产生明显变化。

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。

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。船舶生活污水可在满足《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的要求下排放，若不满足标准排放要求需收集后排入接收设施上岸。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。

7.6生态环境影响分析与评价

7.6.1 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，降低单位水体内浮游植物数量，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，不进行损失量的估算。

7.6.2 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，造成呼吸因难；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。

7.6.3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，施工将改变底栖生物原有的栖息环境，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。采砂产生的大量悬浮物质沉降后，还将对底栖生物产生直接的覆盖作用，对高浓度悬沙区域内的底栖生物产生一定的影响。

7.6.4 采砂活动对附近海域水生生态系统和生物多样性的影响分析

海洋生态系统是由非生物因子和生物因子组成的多层次复杂开放体系，人类活动对特定生态系统的生态影响就是对其非生物因子和生物因子所产生的有害或有益的作用，导致其发生结构和功能变化的过程。因此海砂开采对海洋生态系统影响可以从海洋生态系统的非生物因子和生物因子两个方面进行评价。非生物因子主要

反映海洋生物栖息环境的质量状态，用“生境质量”指标来表征，它主要包括生物栖息地的水环境和沉积物质量指标，以及反映区域环境质量状态的重要指标——典型物种的生物质量。每个指标下又包括具体反映环境质量的各种环境因子。水和沉积物环境质量指标主要包括能反映研究海域水质和沉积物特征和受海砂开采工程影响可能发生较大变化的指标，评价海域典型物种的生物质量能反映海砂开采活动过程中污染物在生物体中的累积，主要包括对生物体危害较大的重金属和持久性有机污染物。生物因子的特征能反映出研究海域生物对环境变化的响应，用“生态响应”指标来表征，集中反映了海砂开采工程影响的海洋生态系统的生态效应，它主要包括生物群落结构指标和生态敏感区结构、功能指标两个二级指标，每个二级指标下又包括具体反映生态响应的生态因子。针对自然保护区类的海洋生态环境敏感区，需要评价两个一级指标下的所有二级指标，即水环境质量指标（水环境性状和污染物含量指标）、沉积物环境质量指标（沉积物性状和污染物含量指标）。

1. 生境质量

根据模拟预测，海砂产生的悬浮泥沙浓度超过 10mg/L的最大范围为 60.89km^2，悬浮泥沙会随着工程的结束而逐渐沉淀，海水水质受到的影响较小。根据沉积物质量调查结果，项目周边海域沉积物各监测因子均满足一类类质量标准，沉积物质量状况良好，泥沙不会产生新的污染物质，所以不会对沉积物污染物含量指标产生影响。因此，海砂开采对海洋生态系统的生境质量会产生一定的影响，但是影响会随着工程施工的结束而结束。

2. 生态响应

生态响应指标主要包括浮游植物密度、浮游动物密度、浮游动物生物量、底栖动物密度、底栖动物生物量、鱼卵及仔鱼密度、初级生产力以及生态敏感指数 8 个部分。海砂开采过程产生的悬浮物将直接导致浮游动植物的密度降低，浮游动物的生物量减少。同时，海砂开采将破坏底栖动物原有的栖息环境，使得底栖动物的密度降低，生物量减少。此外，鱼卵及仔鱼的密度以及初级生产力均会受到不同程度的不利影响。因此，海砂开采对海洋生态系统的生态响应指标产生较大的影响，生态响应指标需要经过一定时间才能恢复其原有的状态，产生原有的海洋生态系统的服务功能。

本项目对附近海洋生态系统和生物多样性的的影响主要表现在海砂开采破坏底栖生物的栖息环境，并直接造成工程海域底栖生物损失，底栖生物的生物量在一定

程度上减少。但是由于海砂开采产生悬浮泥沙扩散不会对水质和沉积物环境产生较大影响。因此，底栖生物的生物群落结构不会产生大的改变，不会影响项目附近海域底栖生物的生物多样性。浮游动植物、鱼卵仔鱼密度等会因为海砂开采产生的悬浮泥沙受到一定程度的影响，这种影响是可以恢复的，在采取一定的生态补偿措施后，一定时间内可恢复其原有水平。总体来讲，本项目建设对海洋生态系统和生物多样性的影响不大，，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。

7.6.5工程造成海洋生物资源损失量的分析

7.6.5.1 采砂活动对底栖生物的影响

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。该部分损失将经按开采区用海面积外扩 50m 和 3 年进行赔偿计算。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：

$$Wi = Di \times Si$$

式中：

Wi —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。

Di —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）/km^2]、尾（个）每立方千米[尾（个）/km^3]或千克每平方千米（kg/）。在此为底栖生物密度。

Si —第 i 种生物占用的渔业水域面积或体积，单位为平方千米（km^2）或立方千米（km^3）。在此为海砂开采面积。

（1）底气生物的生物量选取

根据生态调查，选取 2023 年 4 月春季和 2023 年 9 月秋季项目附近底栖生物调查站位，根据站位分布图选取 SW06、SW10、SW11、SW12、SW13、SW16、SW17 的底栖生物春秋季平均值，详见表 7.6.5-1。

表 7.6.5-1　底栖生物平均值计算表（单位 g/m²）

调查站位	SW06	SW10	SW11	SW12	SW13	SW16	SW17	平均值
春季	0.355	1.465	1.26	1.97	0.26	1.025	0.46	1.339
秋季	0.550	2.120	0.385	0.210	0.325	1.460	6.900	

由于本次调查的底栖生物的生物量较低，通过收集周边项目海域的调查数据进行对比分析，并选取合适的站位的生物量进行计算。

（2）2017 年 11 月、2018 年 3 月和 2019 年 3 月调查数据

通过收集《中广核汕尾后湖海上风电场项目海洋环境影响报告书》（中国科学院南海海洋研究所，2019 年 7 月）、《中广核陆丰海洋工程基地水工工程（码头）项目环境影响报告书（报批稿）》（三平环保咨询（北京）有限公司，2020 年 9 月）、中 2017 年 11 月、2018 年 3 月、2019 年 11 月调查数据进行对比。

2017 年 11 月生态数据调查单位：广东宇南检测技术有限公司。

2018 年 3 月生态数据调查单位：中国科学院南海海洋研究所。

2019 年 11 月生态数据调查单位：海南安纳检测技术有限公司。

2017 年 11 月和 2018 年 3 月底栖生物调查站位和底栖生物生物量见图 7.6.5-1a 和表 7.6.5-2a。

2019 年 11 月月底栖生物调查站位和底栖生物生物量见图 7.6.5-1b 和表 7.6.5-2b。

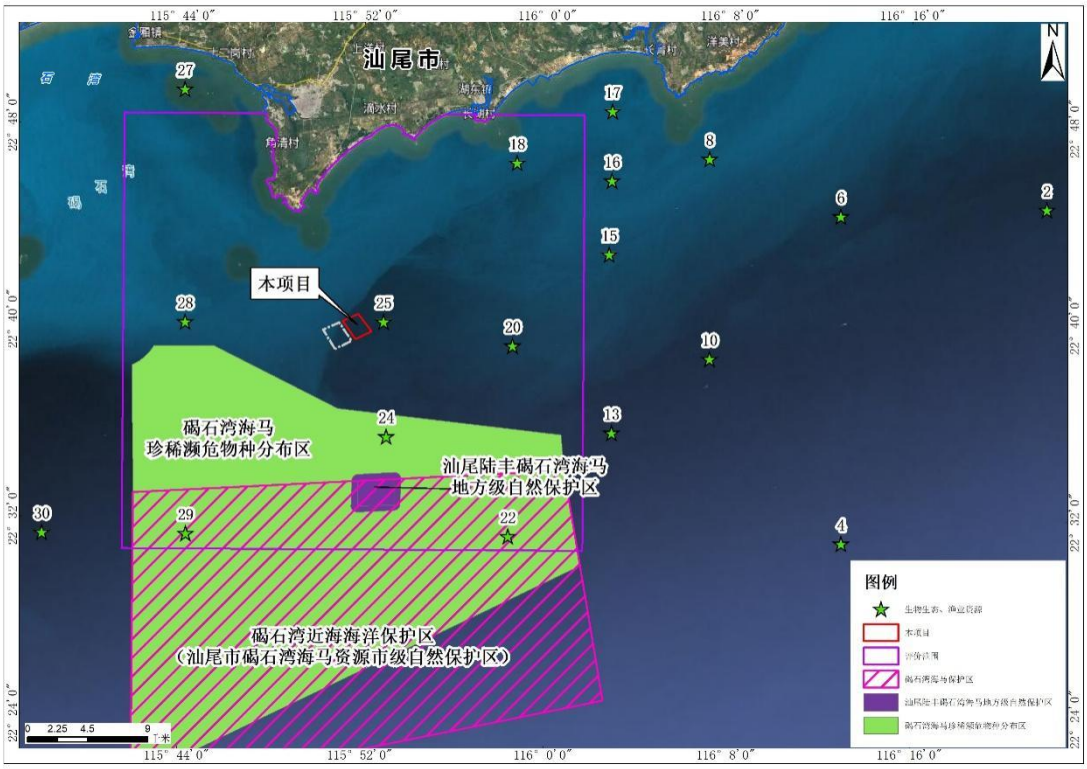


图 7.6.5-1a 2017 年 11 月、2018 年 3 月调查站位图

表 7.6.5-2a 2017 年 11 月和 2018 年 4 月调查海域底栖生物生物量（单位 g/m²）

站位	2017 年 11 月	2018 年 3 月
2	28.657	0.70
4	45.495	15.10
6	3.522	0.75
8	2.575	36.40
10	5.305	39.40
13	3.276	64.40
15	4.138	43.35
16	1.538	13.15
17	0.962	4.70
18	0.105	8.55
20	4.114	16.70
22	1.552	64.30
24	9.886	10.20
25	8.062	24.65
27	0.000	28.10
28	7.367	13.50
29	1.605	4.70
30	14.086	27.60
平均值	7.914	23.13

2017 年 11 月采砂区块周边站位（20、24、25 和 28）4 个站的底栖生物平均生物量为 7.36 g/m²，2018 年 3 月采砂区周边站位（20、24、25 和 28）4 个站的底栖生物平均生物量为 16.26 g/m²，春秋两季平均生物量为 11.81 g/m²。

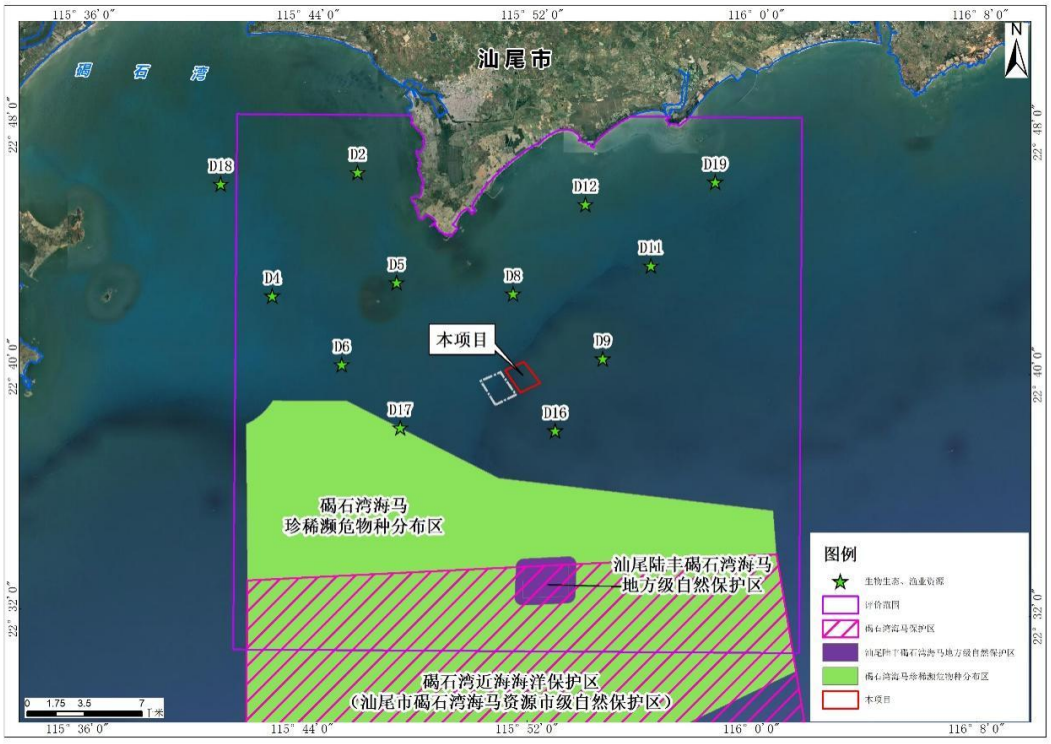


图 7.6.5-1b 2019 年 11 月调查站位图

表 7.6.5-2b 2019 年 11 月调查海域底栖生物生物量（单位 g/m²）

站位	D2	D4	D5	D6	D8	D9	D11	D12	D16	D17	D18	D19	平均值

2019 年 11 月	0.13	0.53	0.17	0.33	2.75	0.04	0.4	0.49	1.21	1.32	0.11	0.7	0.68

2019 年秋季调查海域底栖生物量较小，采砂区周边站位（D5、D6、D8、D9、D16、D17）6 个站位的平均底栖生物量为 0.97 g/m^2。

（3）数据比较

2017 年 11 月采砂区块周边站位（20、24、25 和 28）4 个站的底栖生物平均生物量为 7.36 g/m^2，2018 年 3 月采砂区周边站位（20、24、25 和 28）4 个站的底栖生物平均生物量为 16.26 g/m^2，春秋两季平均生物量为 11.81 g/m^2。

2019 年秋季调查海域底栖生物量较小，采砂区周边站位（D5、D6、D8、D9、D16、D17）6 个站位的平均底栖生物量为 0.97 g/m^2。

本次 2023 年 4 月和 2023 年 9 月调查，采砂区周边站位（SW06、SW10、SW11、SW12、SW13、SW16、SW17）的底栖生物春秋季平均生物量为 1.339 g/m^2。

通过 5 季调查数据比较，采砂区周边海域底栖生物量随年度和季节变化，总体上生物量水平不高，认为本次 2023 年 4 月和 2023 年 9 月调查的采砂区周边底栖生物生物量可用做底栖生物损失量的计算。

综上，选取 2023 年 4 月春季和 2023 年 9 月秋季项目附近底栖生物调查站位（ SW06、SW10、SW11、SW12、SW13、SW16、SW17）的底栖生物春秋季平均值进行计算。

根据《储量报告》，采砂区长为 1632m，宽为 1299m，同时考虑采砂区周边塌陷区外扩 50m，则对底栖生物的影响面积约为 226.90 公顷，本次采砂活动引起的底栖生物直接损失量为：$1.339\times10^{-6}\times226.90\times10^{4}=3.038$t。

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007）中要求：7.2 生物资源损害赔偿和补偿年限(倍数)的确定。

——各类工程施工对水域生态系统造成不可逆影响的，其生物资源损害的补偿年限均按不低于 20 年计算；

——占用渔业水域的生物资源损害补偿，占用年限低于 3 年的，按 3 年补偿 3 占用年限 3 年~20 年的，按实际占用年限补偿；占用年限 20 年以上的，按不低于 20 年补偿； --次性生物资源的损害补偿为一次性损害额的 3 倍；

——持续性生物资源损害的补偿分 3 种情形，实际影响年限低于 3 年的，按 3 年补偿；实际影响年限为 3 年~20 年的，按实际影响年限补偿;影响持续时间 20 年以上的，补偿计算时间不应低于 20 年。

本项目海砂开采期低于 3 年的，按照 3 年补偿；本项目按 3 年进行补偿计算。底栖生物取平均价格 15 元/kg。

经济补偿额：$3.038\times10^{3}\times3\times15\times10^{-4}$=13.672 万元

大部分底栖生物的生长较缓慢，开采区抽沙作业后沉积物环境受到破坏，其生态环境的恢复需要较长时间，可能在几年内，开采区的底栖生物种类和生物量都偏于贫乏。在采砂行为结束后底栖生物才能得到逐渐恢复。

7.6.5.2 悬浮物对海洋生物资源的影响分析

（1）计算公式

本项目计划年采砂天数为 189 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：

$Mi = Wi \times T$

$$W_i = \sum_{j=1}^{n} D_{ij} \times S_i \times K_{ij}$$

式中：Mi 为第 i 种生物资源累计损害量，尾、个或千克（kg）；

Wi 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；

Dij 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；

Si 为某一污染物第 j 类浓度增量区面积，km^2；

Kij 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（Si）和分区总数（n）

根据第 7.4 节的水环境影响预测与评价结果，结合《规程》对污染物超标倍数的分类，采用 CB22-05 和 CB22-06 同时施工情况下的典型工况作为计算生物资源损失的依据，因典型工况 2 的悬沙增量包络范围较大，故选择典型工况 2 下最大开采强度作业时 15 天内造成的 SS 增量以及最大包络面积计算，详见表 7.6.5-3。

表 7.6.4-3　两个采砂区不同超标倍数的 SS 增量整体包络线面积汇总

污染物 i 的超标倍数 Bi	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）
Bi≤1 倍	10＜Bi≤20	47.112-39.594=7.518
1＜Bi≤4 倍	20＜B_i≤50	39.594-31.254=8.340
4＜Bi≤9 倍	50＜B_i≤100	31.254-20.386=10.868
Bi＞9 倍	B_i>100	20.386

上述影响面积为采砂区典型工况 2 引起的悬浮物 SS 浓度超标倍数 B_i≤1 倍的平均面积为 7.518km^2，1＜B_i≤4 倍范围内的平均面积为 8.340km^2，在 4＜B_i≤9 倍范围内的平均面积为 10.868km^2，超过第三类海水水质标准（B_i＞9 倍）的平均面积为 20.836km^2，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（*Kij*）

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 7.6.5-4）。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 7.6.5-4 《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（Bi）	各类生物损失率（%）			
	鱼卵和仔稚鱼	成体	浮游动物	浮游植物
Bi≤1 倍	5	＜1	5	5
1＜Bi≤4 倍	5～30	1～10	10～30	10～30
4＜Bi ≤9 倍	30～50	10～20	30～50	30～50
Bi ≥9 倍	≥50	≥20	≥50	≥50
注： 1、本表列出污染物 *i* 的超标倍数(*Bi*)，指超《渔业水质标准》或超II类《海水水质标准》的倍数，对标准中未列的污染物，可参考相关标准或按实际污染物种类的毒性试验数据确定；当多种污染物同时存在，以超标准倍数最大的污染物为评价依据。 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 7.6.5-5）。

表 7.6.5-5 本工程悬浮物对各类生物资源损失率 Kij

污染物 i 的超标倍数（Bi）	各类生物资源损失率 Kij（%）			
	鱼卵和仔稚鱼	成体	浮游动物	浮游植物
Bi≤1 倍	5	0.5	5	5
1＜Bi≤4 倍	15	5	20	20
4＜Bi ≤9 倍	40	15	40	40
Bi ≥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

根据项目采砂进度计划，本项目每年采砂时间约 189 天，则每年的污染物浓度增量影响的持续周期数为 15（15 天为 1 个周期），根据工程海域水深测量资料，矿区及外扩 2km 范围内水深为 22.90m~28.37m（当地理论深度基准面），平均水深为 25.84m。

4）生物资源密度（Dij）

根据海洋生物春季和秋季的调查结果，取调查海区春球季的平均值。具体见表 7.6.5-6。

表 7.6.5-6 生物资源损失估算中生物资源密度值的选取

调查时间	浮游植物（$\times10^3$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	6338.941	196.57	0.239	0.136	544.473
秋季	681.078	78.81	0.264	0.034	477.557
平均值	3510.010	137.69	0.252	0.085	511.015

7.6.5.3 两个采砂区海洋生物资源量损失计算结果

春秋季浮游生物和游泳生物损失量：

浮游生物损失量 M =污染物浓度增量区面积 S×生物资源损失率 K×超标范围水层平均厚度 H×生物资源密度 D×影响的持续周期数 T

浮游植物损失量=（7.518×0.05+8.340×0.20+10.868×0.40+20.386×0.50）$\times10^6\times25.84\times3510.010\times10^3\times13=1.955\times10^{16}$cells

浮游动物损失量=（7.518×0.05+8.340×0.20+10.868×0.40+20.386×0.50）$\times10^6\times25.84\times137.69\times10^{-12}\times13=767.061$t

鱼卵仔稚鱼损失量 M =污染物浓度增量区面积 S×生物资源损失率 K×超标范围水层平均厚度 H×生物资源密度 D×影响的持续周期数 T

鱼卵损失量=（7.518×0.05+8.340×0.15+10.868×0.40+20.386×0.50）×10^6×25.84×
×0.252×13=1.368×10^9 粒

仔稚鱼损失量=（7.518×0.05+8.340×0.15+10.868×0.40+20.386×0.50）×10^6×25.84
×0.136×13=4.616×10^8 尾

游泳生物损失量 M =污染物浓度增量区面积 S×生物资源损失率 K×生物资源密度 D×影响的持续周期数 T

游泳生物（鱼类）损失=（7.518×0.005+8.340×0.05+10.868×0.15+20.386×0.20）
×511.015×13=40935.301kg

通过计算，两个采砂区导致浮游植物的损失量为 1.955×10^{16}cells；浮游动物的损失量为 767.061t；鱼卵的损失量为 1.368×10^9 粒、仔稚鱼的损失量为 4.616×10^8 尾；游泳生物(鱼类)的损失量为 40935.301kg。

7.6.5.4两个采砂区海洋生物资源直接经济损失

在本项目施工过程造成的各类海洋生物资源损失量中，由于浮游植物和浮游动物的价值量较低，不计算其直接经济损失额。

根据《规程》的要求，考虑到海洋生物资源调查的内容，各类生物资源的经济损失额的计算方法如下：

鱼卵和仔稚鱼、游泳生物：

鱼卵和仔稚鱼的经济价值应折算成鱼苗进行计算，计算公式为：

M = W ×P×V

式中：M 为鱼卵和仔稚鱼的经济损失金额，元；W 为鱼卵和仔稚鱼损失量，尾或个；

P 为鱼卵和仔稚鱼折算为鱼苗的换算比例，鱼卵生长到商品鱼苗按 1%成活率计算，仔稚鱼生长到商品鱼苗按 5%成活率计算，%；V 为鱼苗的商品价格，按汕尾市主要鱼类苗种的平均价格计算，1.0 元/尾。

参考汕尾市 2022 年主要鱼类苗种价格，鱼卵和仔稚鱼拆算为鱼苗后的价格取 1.0 元/尾。游泳生物按 2022 年汕尾市市场平均海鱼价格 20 元/kg 计算。

鱼卵直接经济损失 =1.368×10^9×0.01×1.0×10^{-4}=1368.575 万元

仔鱼直接经济损失 =4.616×10^8×0.05×1.0×10^{-4} =2308.112 万元

游泳生物直接经济损失额=40935.301×20×10^{-4} =81.871 万元

7.6.5.5两个采砂区海洋生物资源损害赔偿额

依据《规程》的规定，占用海洋水域的生物资源损害补偿，占用年限低于 3 年的，按照 3 年补偿；本项目按 3 年进行补偿计算。两个采砂区需作出游泳生物、鱼卵、仔稚鱼的生态补偿总金额为 11275.67 万元。

表 7.6.5-7 两个采砂区海洋生物资源损失汇总表

生物资源	直接损失量	单价	直接经济损失额（万元）	补偿年限（年）	经济补偿额（万元）
游泳生物	40935.301kg	20 元/kg	81.871	3	245.612
鱼卵（粒）	1.368×10^9	1.0 元/尾	1368.575	3	4105.724
仔鱼（尾）	4.616×10^8	1.0 元/尾	2308.112	3	6924.337
总计			3758.558	/	11275.67

7.6.5.6 CB22-05 区块海洋生物资源损害赔偿额

2 个采砂区块各影响要素对比分析详见表 7.6.5-8。

表 7.6.5-8 两个区块对比分析

项目	CB22-05	CB22-06
开采面积（公顷）	212.0019	226.0020
采出矿石量（万 m^3）	2097.26	1862.27
数模源强（kg/s）	44.35	36.30
施工船舶数量（艘）	5	5
开采周期	2.77 年	2.81 年
含泥量（万 m^3）	415.26	344.89

上述悬沙影响面积为 2 个区块同时开采的情况下最不利的潮流条件下的影响面积，本次评价从保守角度出发，按照 CB22-05 采砂区面积占总采砂区（2 个采砂区块的总面积）的比例、开采量占总采砂区开采量的比例、含泥量的比例的平均值进行计算游泳生物、鱼卵、仔稚鱼的生态损失赔偿额。

①采砂区面积

CB22-05 采砂区开采面积为 212.0019 公顷，CB22-05 采砂区开采面积占 2 个采砂区块的总面积比例为：

212.0019/(212.0019+226.0020)=48.40%

②开采量

CB22-05 采砂区采出矿石量为 2097.26 万 m^3，CB22-05 采砂区开采量占 2 个采砂区块的总开采量比例为：

2097.26/(2097.26+1862.27)=52.97%

③含泥量

CB22-05 采砂区含泥量为 415.26 万 m^3，CB22-05 采砂区含泥量占 2 个采砂区块的总含泥量比例为：

415.26/(415.26+344.89)=54.63 %

平均值：（48.40%+52.97%+54.63%）/3=52.0%

综上，本工程采砂导致底栖生物直接损失量为 3.038t；浮游植物的损失量为 1.017×10^{16}cells；浮游动物的损失量为 398.872t；鱼卵的损失量 7.116×10^{8} 粒、仔稚鱼的损失量 2.400×10^{8} 尾；游泳生物(鱼类)的损失量为 21286.357kg。则本项目的生态补偿总金额为 5877.02 万元。详见表 7.6.5-9。

表 7.6.5-9 CB22-05 采砂区海洋生物资源损失量及赔偿额汇总表

生物资源	生物资源损失量		经济补偿额（万元）	
	2 个采砂区	CB22-05 采砂区	2 个采砂区	CB22-05 采砂区
底栖生物（t）	/	3.038	/	13.672
浮游植物（cells）	1.955×10^{16}	1.017×10^{16}	/	/
浮游动物（t）	767.061	398.872	/	/
游泳生物（kg）	40935.301kg	21286.357	245.612	127.718
鱼卵（粒）	1.368×10^{9}	7.116×10^{8}	4105.724	2134.977
仔稚鱼（尾）	4.616×10^{8}	2.400×10^{8}	6924.337	3600.655
合计	/	/	11275.67	5877.02

7.6.6 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。常见的鱼类对 300～3000 Hz 的噪声较为敏感，且鱼类的听觉阈值一般低于水体中常见的人为噪声的声级，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。项目施工船舶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。

7.7采砂活动对敏感目标和社会活动关注区的影响分析

7.7.1 对主要环境敏感区的影响分析

本项目周边主要环境敏感目标为生态红线（三区三线）、碣石湾近海海洋保护区、人工鱼礁、三场一通道“南海北部幼鱼繁育场保护区、南海幼鱼幼虾保护区、南海底层、近底层鱼类产卵场”等，对敏感目标的影响详见图 7.7.1-1 和图 7.7.1-2。

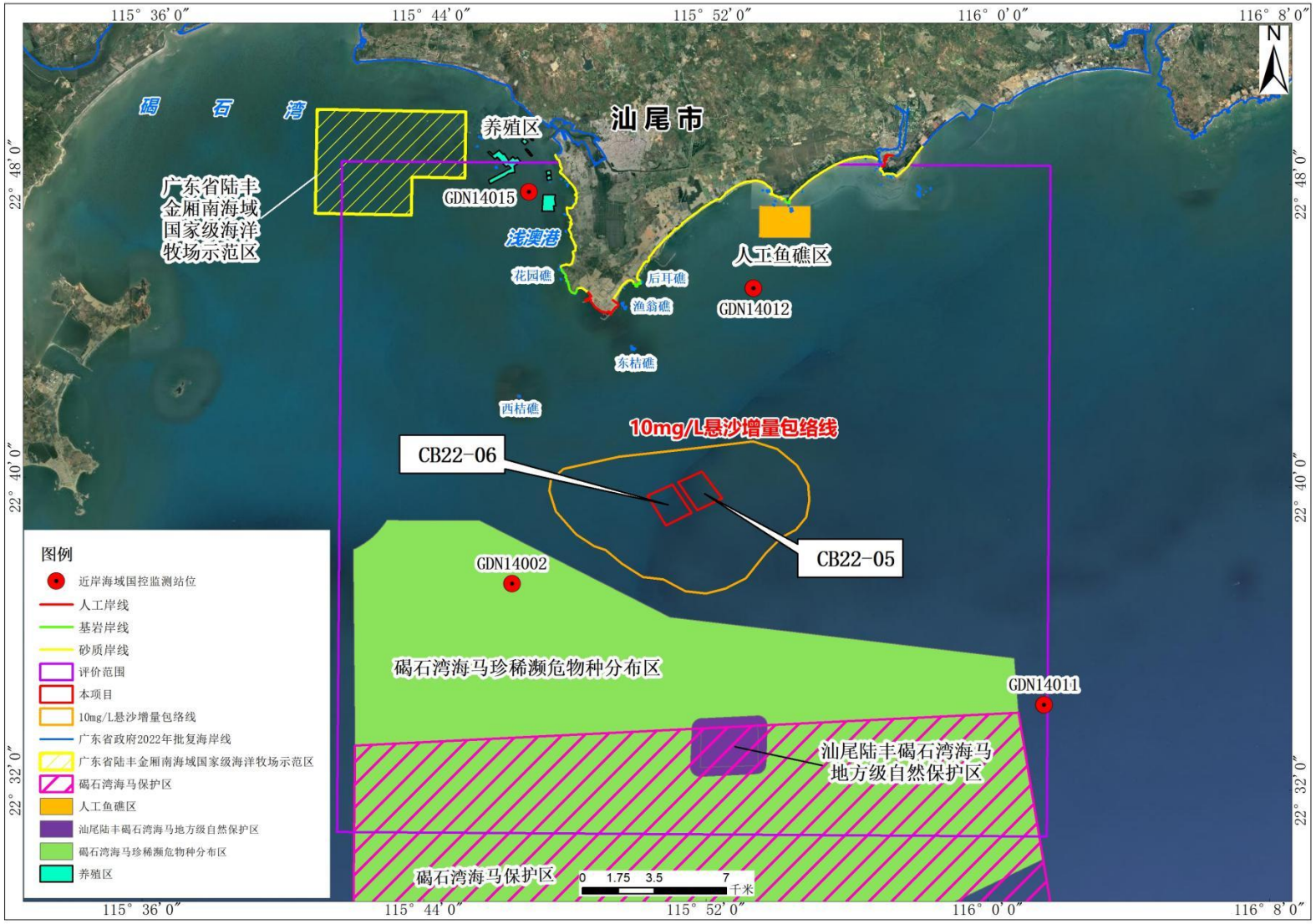


图 7.7.1-1a 两个采砂区同时采砂时悬浮泥沙增量超过 10mg/L 包络线与环境敏感点叠加图

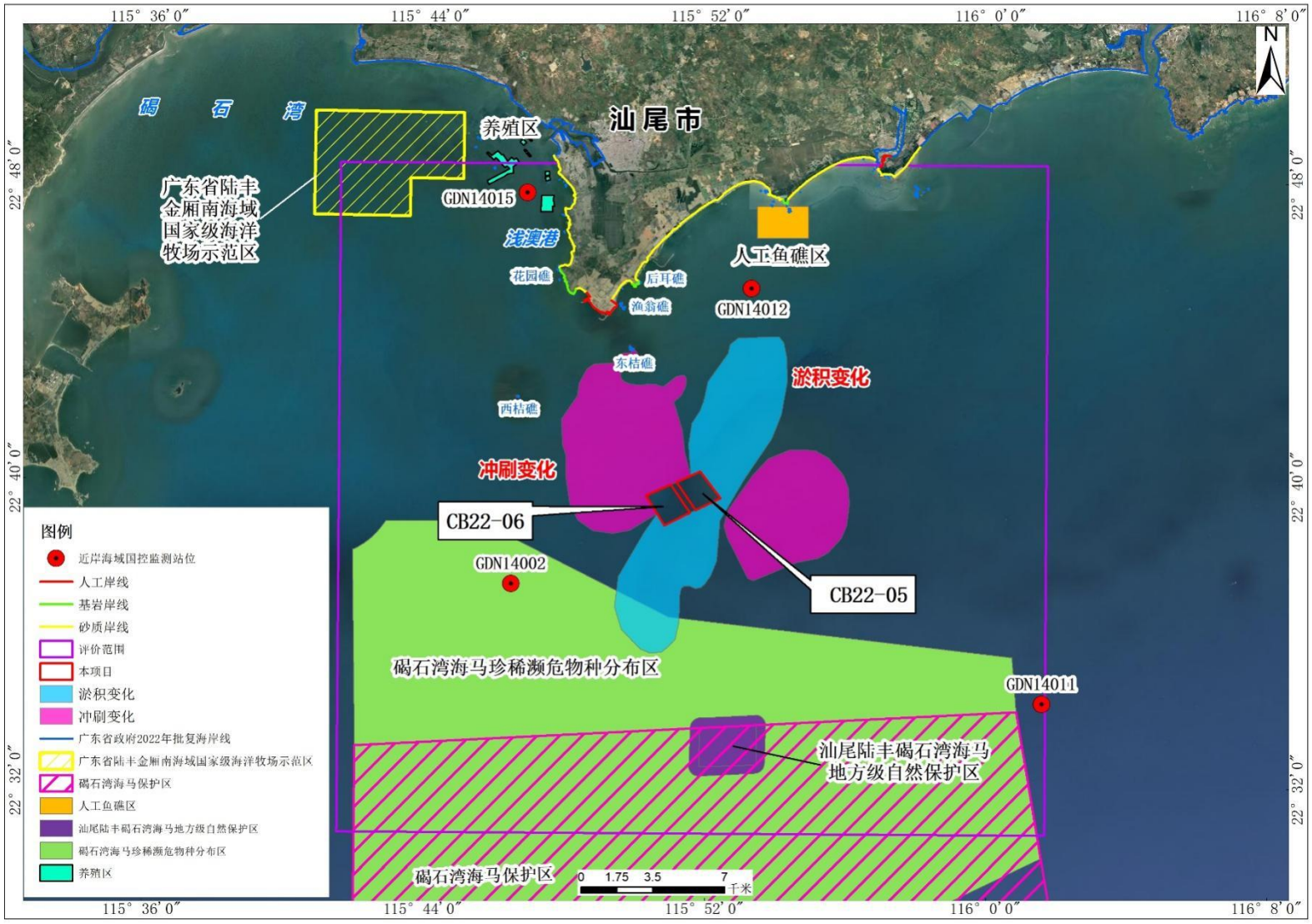


图 7.7.1-2 两个采砂区开采冲淤环境变化与敏感目标叠加图

7.7.1.1 对生态红线（三区三线）的影响分析

本项目评价范围内的生态红线区主要有碣石湾海马珍稀濒危物种分布区（南侧，约 5.4km）、汕尾陆丰碣石湾海马地方级自然保护区（南侧，约 10.1km）。

本项目为海砂开采项目，与项目最近的生态红线区是碣石湾海马珍稀濒危物种分布区，根据“图 7.7.1-1 两个采砂区同时采砂时悬浮泥沙增量超过 10mg/L 最大包络线与环境敏感点叠加图”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碣石湾海马珍稀濒危物种分布区，根据数模计算结果，扩散至碣石湾海马珍稀濒危物种分布区的浓度增量为 0.902mg/L，因此海砂开采不会对碣石湾海马珍稀濒危物种分布区的水质环境产生影响。

根据图 7.7.1-2 两个海砂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，对海马珍稀濒危物种分布区的地形地貌冲淤环境产生一定影响，最大淤积强度为 0.01m/a，由于地形地貌冲淤变化量很小，因此地形冲淤的变化不会对碣石湾海马珍稀濒危物种分布区的生态环境质量产生影响。

采砂区距离其他红线较远，基本不对其他生态红线区产生影响。

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。船舶生活污水可在满足《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的要求下排放，若不满足标准排放要求需收集后上岸，由接受单位收运处理，因此本项目实施对碣石湾海马珍稀濒危物种分布区及其他周边生态红线区基本上无影响。

7.7.1.2对汕尾市碣石湾海马资源市级自然保护区的影响分析

汕尾市碣石湾海马资源市级自然保护区位于采砂区南侧约 10.6km，根据“图 7.7.1-1 两个采砂区同时采砂时悬浮泥沙增量超过 10mg/L 最大包络线与环境敏感点叠加图”，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汕尾市碣石湾海马资源市级自然保护区，根据数模计算结果，扩散至汕尾市碣石湾海马资源市级自然保护区的浓度增量＜0.01mg/L，因此海砂开采不会对汕尾市碣石湾海马资源市级自然保护区的水质环境产生影响。

根据图 7.7.1-2 两个海砂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，不会对的碣石湾海马资源市级自然保护区的地形地貌冲淤环境产生影响。

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。船舶生活污水可在满足《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的要求下排放，若不满足标准排放要求需收集后上岸，由接受单位收运处理，因此本项目实施对汕尾市碣石湾海马资源市级自然保护区基本上无影响。

7.7.1.3 对海洋保护区的影响分析

本项目评价范围内的海洋保护区有碣石湾近海海洋保护区（南侧，约 10.6km）。根据“图 7.7.1-1 两个采砂区同时采砂时悬浮泥沙增量超过 10mg/L 最大包络线与环境敏感点叠加图”可知，项目采砂过程产生的悬浮泥沙不会扩散至碣石湾近海海洋保护区，不会影响到碣石湾近海海洋保护区的海洋生态环境质量。

根据图 7.7.1-2 两个海砂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，不会对的碣石湾近海海洋保护区的地形地貌冲淤环境产生影响。

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。船舶生活污水可在满足《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的要求下排放，若不满足标准排放要求需收集后上岸，由接受单位收运处理，因此本项目实施对碣石湾近海海洋保护区基本上无影响。

7.7.1.4对农渔业区的影响分析

项目位于珠海-潮州农渔业区， 为海砂开采项目，无炸鱼等违法捕鱼行为，不涉及制造或运输污染和危险品，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拟收集上岸处理，不得排放入海。船舶生活污水可在满足《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的要求下排放，若不满足标准排放要求需收集后排入接收设施上岸，本项目对周边海洋环境的影响主要为采砂过程的悬浮泥沙扩散。采砂施工导致一定海域的底质环境改变，以及悬浮泥沙扩散将对周边重要渔业产品的产卵、索饵、越冬环境产生一定影响，根据数模计算结果，两块海砂同时开采产生的悬浮泥沙超过 10mg/L（超一、二类海水水质标准）最大包络线面积约 60.890km^2。由于从工程施工情况来看，悬浮泥沙影响区域相对固定，本项目将在 3 年内完成采砂，每年实际可开采时间仅约为 185 天，因此，实际每年的影响时间也较短，施工作业完成后，SS 的影响也将消失，其对海域自然环境的影响将随着施工期结束而消失。施工结束后，应通过生态补偿及修复措施恢复渔业资源，将影响控制在一定范围和程度内。

本项目应采取控制采砂范围，严禁超总量开采，控制采砂强度，尽量避开鱼类产卵盛期，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，确保工程施工对珠海-潮州农渔业区的影响程度降到最低。

7.7.1.5对人工鱼礁的影响分析

项目评价范围内的人工鱼礁区有湖东三洲澳人工鱼礁区（东北侧，11.7km）。

根据“图 7.7.1-1 两个采砂区同时采砂时悬浮泥沙增量超过 10mg/L 最大包络线与环境敏感点叠加图”可知，项目采砂过程产生的悬浮泥沙不会扩散人工鱼礁区。根据“图 7.7.1-2 项目海砂开采冲淤环境变化与敏感目标叠加图”可知，项目海砂开采后不会对人工鱼礁区造成冲刷或者淤积。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。船舶生活污水可在满足《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的要求下排放，若不满足标准排放要求需收集后上岸，由接受单位收运处理。因此，本项目基本不会对人工鱼礁区产生影响。

7.7.1.6对广东省陆丰金厢南海域国家级海洋牧场示范区的影响分析

广东省陆丰金厢南海域国家级海洋牧场示范区位于项目西北侧 18.1km，本项目为海砂开采项目，项目与广东省陆丰金厢南海域国家级海洋牧场示范区有一定距离，根据“图 7.7.1-1 两个采砂区同时采砂时悬浮泥沙增量超过 10mg/L 包络线与环境敏感点叠加图”可知，项目采砂过程产生的悬浮泥沙不会扩散至广东省陆丰金厢南海域国家级海洋牧场示范区，悬浮泥沙主要集中在项目周边。船舶含油污水、生活污水、船舶生活垃圾等均收集上岸处理，不直接排海。因此，本项目基本不会对广东省陆丰金厢南海域国家级海洋牧场示范区产生影响。

7.7.1.7 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），本项目位于南海北部幼鱼繁育场保护区内，距离南海区幼鱼幼虾保护区约 5.5km，根据“图 7.7.1-1 两个采砂区同时采砂时悬浮泥沙增量超过 10mg/L（超一、二类水质标准）包络线与环境敏感点叠加图”可知，项目采砂过程产生的悬浮泥沙不会扩散至南海区幼鱼幼虾保护区，对南海北部幼鱼繁育场保护区最大影响范围是 60.890km^2。

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，且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鳎科、鳀科等，因此，本项目所在海域的幼鱼、幼虾种类主要为常见物种，不属于珍稀濒危物种，因此，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。考虑到鱼类主要是在春、夏两季（即 3~8 月）产卵、繁殖，故项目采取在 3~8 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 2.0m 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有效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。

7.7.1.8 对珍稀濒危物种的影响分析

（1）对海马的影响分析

本项目评价范围内的生态红线区主要有碣石湾海马珍稀濒危物种分布区（南侧，约 5.4km）、汕尾陆丰碣石湾海马地方级自然保护区（南侧，约 10.1km），汕尾市碣石湾海马资源市级自然保护区（南侧，约 10.6km）。

海马栖息环境与生活习性相似，喜栖息于海藻丛生、水质清澈的近海海区。根据周边海域 2017 年 11 月、2018 年 3 月、2019 年 11 月、2021 年 4 月、2021 年 10 月以及本次项目 2023 年 4 月、2023 年 9 月历次生态调查中均未发现海马。

本项目采砂过程中，产生增量超过 10mg/L 的悬浮泥不会扩散至碣石湾海马珍稀濒危物种分布区、汕尾陆丰碣石湾海马地方级自然保护区，汕尾市碣石湾海马资

源市级自然保护区，不会对碣石湾海马珍稀濒危物种分布区、汕尾陆丰碣石湾海马地方级自然保护区，汕尾市碣石湾海马资源市级自然保护区的生态环境质量产生影响。且本项目将在3年内完成采砂，每年实际可开采时间仅约为185天，因此，实际每年的影响时间也较短，施工作业完成后，SS的影响也将消失。本项目在采取控制采砂范围，严禁超总量开采，控制采砂强度，加强采砂期间的跟踪监测，以减少项目施工对环境造成的影响。同时船舶含油污水、生活污水、船舶生活垃圾等均收集上岸处理，不直接排海，不会对周边海水水质造成影响。因此，本项目施工基本不会对海马资源产生影响。

（2）对文昌鱼的影响分析

文昌鱼是一种半穴居滤食性的动物，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。本次春季调查在距离采砂区约10.9km的SW03站位发现3条文昌鱼，秋季调查在距离采砂区约11.2km的SW02站位发现1条文昌鱼。

根据“图7.7.1-1两个采砂区同时采砂时悬浮泥沙增量超过10mg/L最大包络线与环境敏感点叠加图”，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SW02、SW03站位，因此海砂开采不会对SW02、SW03站位周边海域的水质环境产生影响。根据图7.7.1-2 两个海砂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，不会对的SW02、SW03周边海域的地形地貌冲淤环境产生影响。因此，本项目开采基本不会对调查海域的文昌鱼产生影响。

7.7.1.9 对岛礁自然岸线保有的影响分析

距离采砂区最近的岛礁有西桔礁（西北侧约8.8km）、东桔礁（西北侧约6.8km），距离较远。根据“图 7.7.1-1项目采砂时悬浮泥沙增量超过10mg/L最大包络线与环境敏感点叠加图”可知，项目采砂过程产生的悬浮泥沙不会扩散至西桔礁、东桔礁。根据“图7.7.1-2 两个海砂开采后冲淤环境变化与敏感目标叠加图”可知，两个区块海砂开采后不会对东桔礁的自然岸线造成冲刷或者淤积。且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。船舶生活污水可在满足《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的要求下排放，若不满足标准排放要求需收集后上岸，由接受单位收运处理。因此，本项目基本不会对西桔礁、东桔礁等岛礁自然岸线保有产生影响。

7.7.1.10 对近岸海域国控监测站位的影响分析

本项目附近有近岸海域国控监测站位 GDN14015（西北侧，约 15.9km）、GDN14002（西南侧，约 9.7km）、GDN14012（东北侧，约 9.3km）、GDN14011（东南侧，约 18.6km），近岸海域国控监测站位主要为近岸海域海水水质监测，距离项目最近的为国控监测站位 GDN14012。根据“图 7.7.1-1 两个采砂区同时采砂时悬浮泥沙增量超过 10mg/L 最大包络线与环境敏感点叠加图”，项目采砂过程产生的悬浮泥沙基本不会扩散至国控监测站位，不影响监测站位水质，因此，本项目基本不会对国控监测站位产生影响。

7.7.2 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养殖区、航道、锚地、海上风电，对社会活动关注区的影响叠图详见图 7.7.2-1 和图 7.7.2-2。

7.7.2.1 对养殖区的影响分析

根据现场调查并结合海域使用动态监管系统查询，本项目附近养殖区有位于项目西北侧约 14.5km 的养殖区、距离项目位置相对较远。由“图 7.7.2-1 两个采砂区同时开采时悬浮泥沙增量超过 10mg/L 最大包络线与社会活动关注区叠加图”可知，由于项目周边养殖区距离本项目相对较远，本项目采砂时的悬浮泥沙不会扩散至养殖区，由“图 7.7.2-2 项目采砂后冲淤环境变化与社会活动关注区叠加图”可知，基本上不会造成养殖区海底地形变化。因此，本项目实施对养殖区基本上无影响。

7.7.2.2 对周边锚地的影响分析

本项目附近有 9#锚地（西侧，约 13.9km）、1#锚地（东北侧，约 12.7km）、2#锚地（东北侧，17.1km）、10#锚地（西北侧，约 16.1km）。

根据“图 7.7.2-2 项目海砂开采后冲淤环境变化与社会活动关注区叠加图”可知，两个采砂区开采后不会对项目附近锚地造成冲刷或者淤积。

另外，项目前期已委托广州勇航海事技术服务有限公司编制《汕尾市管辖海域 CB22-05 区块海砂开采出让前期工作通航安全影响研究报告》，委托浙江华东建设工程有限公司编制《汕尾市管辖海域 CB22-05 区块海砂开采出让前期工作海上勘测作业通航安全保障方案》，均通过备案。

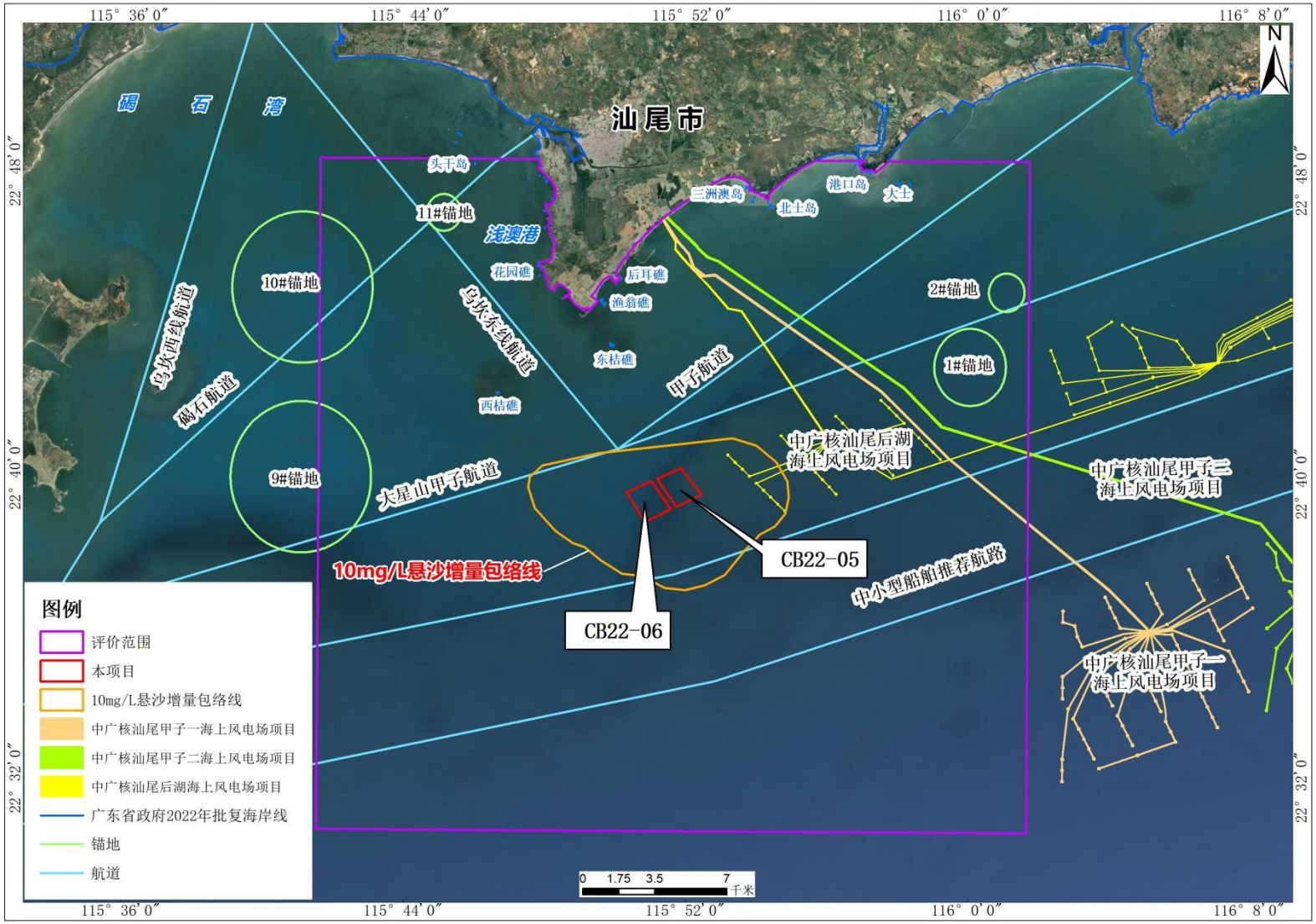


图 7.7.2-1a 两个采砂区同时采砂时悬浮泥沙增量超过 10mg/L 包络线与社会活动关注点叠加图

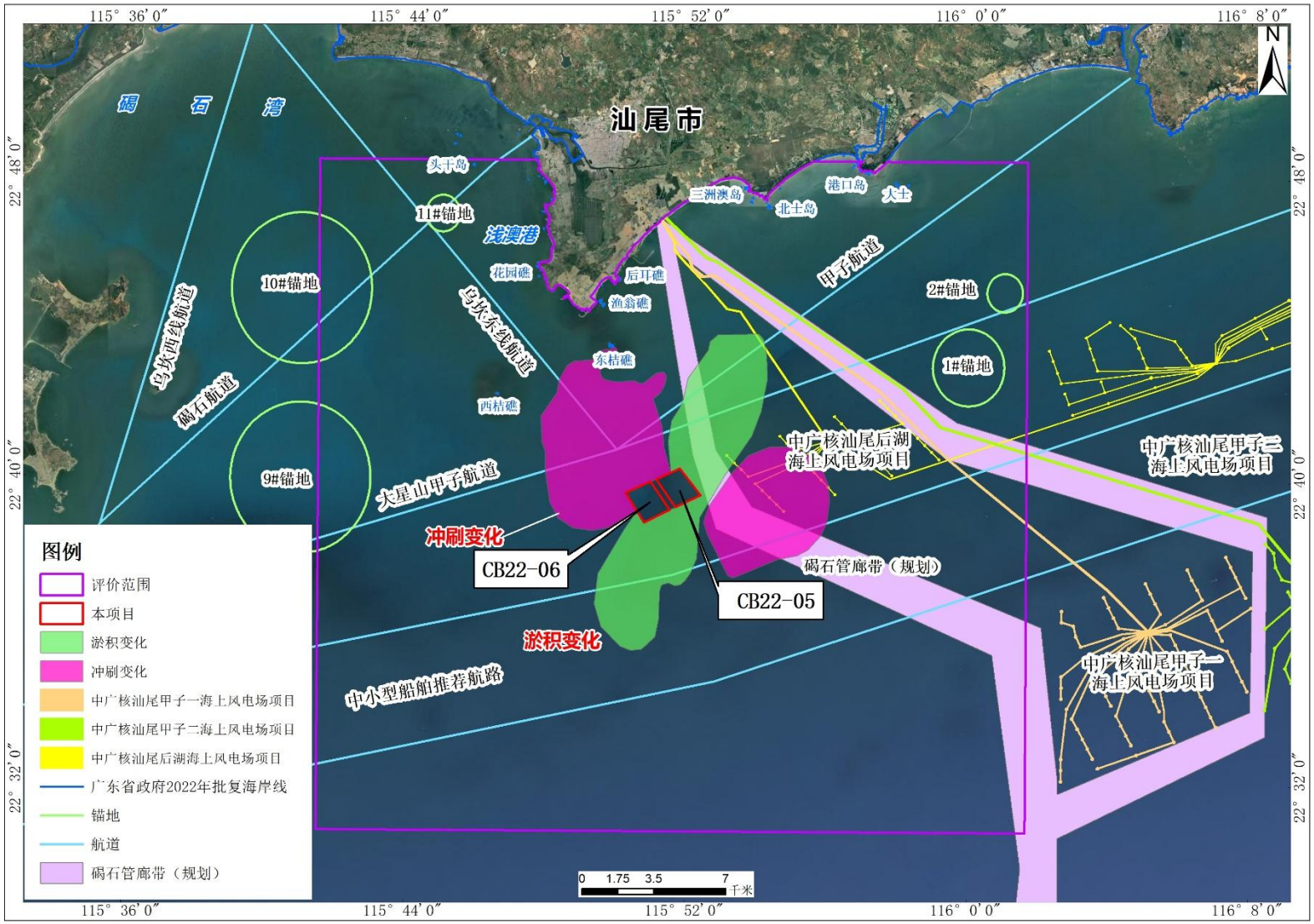


图 7.7.1-2 两个采砂区开采冲淤环境变化与社会活动关注点叠加图

因此，本项目基本不会对项目附近锚地产生影响。

7.7.2.3 对周边航道的影响分析

本项目附近有大星山甲子航道（北侧，约 2.0km）、甲子航道（北侧，约 2.3km）、乌坎东线航道（北侧，约 2.4km）、中小船舶推荐航路（南侧，约 3.1km），其中与本项目最近的为大星山甲子航道（北侧，约 2.0km）。本项目无需占用通航航道，但本项目运砂船舶将海砂运输上岸过程中，将会增加附近航道的通航密度，从而可能对附近的航道的通航环境造成一定的影响。

汕尾市自然资源局已委托广州勇航海事技术服务有限公司编制《汕尾市管辖海域 CB22-05 区块海砂开采出让前期工作通航安全影响研究报告》，委托浙江华东建设工程有限公司编制《汕尾市管辖海域 CB22-05 区块海砂开采出让前期工作海上勘测作业通航安全保障方案》，均通过备案。根据《通航安全影响研究报告》专家论证意见，结合《通航安全影响研究报告》结论及该海域通航环境，从通航安全角度分析，专家组认为，海砂开采区对水域通航安全存在一定影响，通过采取相应的通航安全保障措施，其影响可控，从通航安全的角度来看，海砂开采区选址基本合理、可行。

本项目无需占用通航航道，但本项目运砂船舶将海砂运输上岸过程中，将会增加附近航道的通航密度，从而可能对附近的航道的通航环境造成一定的影响，本项目应采取不得随意穿越出海航道、在取得发水上水下施工作业许可证和通航公警告才能正式进场作业、采砂船和运砂船悬挂正确的旗号和号灯等措施，以将项目可能对附近航道的通航环境影响降至最低。

由“图 7.7.1-2 两个采砂区开采冲淤环境变化与敏感目标叠加图”可知，两个采砂区实施后，对附近的甲子航道（北侧，约 2.0km）、甲子航道（北侧，约 2.3km）、乌坎东线航道（北侧，约 2.4km）、中小船舶推荐航路（南侧，约 3.1km）冲淤环境有一定影响，距离采砂区最近的大星山甲子航道（北侧，约 2.0km）整体上有淤有刷，最大淤积 0.11m/a，最大冲刷-0.09m/a；甲子航道（北侧，约 2.3km）整体上有淤有刷，最大淤积 0.10m/a，最大冲刷-0.04m/a；乌坎东线航道（北侧，约 2.4km）整体处于冲刷状态，最大冲刷-0.09m/a，中小船舶推荐航路（南侧，约 3.1km）整体上淤有刷，最大淤积 0.10m/a，最大冲刷-0.03m/a，采砂区周边水深范围为 22.90m~28.37m，平均水深为 25.84m，因此工程后对周边的甲子航道（北侧，

约 2.0km）、甲子航道（北侧，约 2.3km）、乌坎东线航道（北侧，约 2.4km）、中小船舶推荐航路（南侧，约 3.1km） 影响很小，本项目与其他航道的距离较远，基本不会对其他航路造成冲刷或淤积。

7.7.2.4 对周边风电场的影响分析

项目附近有汕尾中广核汕尾后湖海上风电场项目（东侧，约 2.5km）。由“图 7.7.1-2 两个采砂区开采冲淤环境变化与敏感目标叠加图”可知，两个采砂区实施后，对附近的汕尾中广核汕尾后湖海上风电场项目（东侧，约 2.5km）的冲淤环境有一定影响，距离采砂区最近的一侧风电桩基（东侧约 2.5km）整体上有淤有刷，最大淤积 0.03m/a，最大冲刷-0.04m/a，主要以冲刷为主，整体上对风电桩基的影响很小。

建设单位发函征求了后湖海上风电场项目主管单位中广核新能源海上风电（汕尾）有限公司的意见，根据中广核新能源海上风电（汕尾）有限公司复函（附件 16）：“我司原则上支持有关项目建设，对广东省汕尾市管辖海域 CB22-05 区块、CB22-06 区块海砂开采用海选址无意见，鉴于广东省汕尾市管辖海域 CB22-05 区块、CB22-06 区块海砂开采项目分别位于中广核汕尾后湖海上风电场西侧 2.5km 、3.9km 处，距离风机较近，海砂开采实施后会对中广核汕尾后湖海上风电场项目风机桩基础产生一定的冲刷影响。建议贵局及有关的单位在海砂开采过程中对海砂开采单位加强监控，做好安全措施及冲刷监测，避免对后湖海上风电场桩基结构造成安全隐患”。

针对海砂开采可能对中广核汕尾后湖海上风电场项目可能造成的影响，建议海砂开采过程中严格控制开采边界，防止超界、超量开采，并在海砂开采期间每 6 个月对海底地形、水深、地貌进行跟踪测量，开采结束后 3 年内，每 12 个月对海底地形、水深、地貌进行跟踪测量，并给出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通报给后湖风电的主管单位，及时掌握冲淤变化可能造成的影响并采取相应的措施。

本项目与其他海上风电项目的距离较远，基本不会对其他海上风电项目的冲淤环境造成冲刷或淤积。

7.7.2.5对碣石镇电缆管廊带（规划）的影响分析

本项目东侧约 220m 距离是规划的碣石镇电缆管廊带，由“图 7.7.1-2 两个采砂区开采冲淤环境变化与敏感目标叠加图”可知，两个采砂区实施后，对碣石镇电缆

管廊带规划区的冲淤环境有一定影响，冲淤变化值为-0.08m~0.25m，最大淤积0.025m/a，最大冲刷-0.08m/a，主要以淤积为主。海砂开采后周边海域冲淤环境将逐渐调回冲淤平衡状态，由于碣石镇电缆管廊带目前处于规划阶段，因此海砂开采不会对碣石镇电缆管廊带规划区产生大的不利影响。

7.7.3与倾倒区（预选阶段）之间的相互影响分析

根据珠江南海局关于印发碣石湾外倾倒区预选位置协商会议纪要的函（附件13，2023年7月28日），倾倒区范围坐标为：115°52′16.734″E,22°39′0.358″N；115°52′16.734″E,22°38′0.157″N,115°54′13.09″E,22°38′0.157″N；115°54′13.09″E,22°39′0.358″N四点连线围成的矩形海域，经与项目位置叠图（见图7.7.3-1），采砂区与预选倾倒区的最近距离约950m，用海范围不存在冲突。目前倾倒区选址处于征求意见阶段，若将来在采砂期间该倾倒区启用，则将增加施工区域船舶通航密度，增加船舶航行风险。建议到时完善通航安全论证，落实通航安全保证措施，将相互间的通航环境影响降到最低。

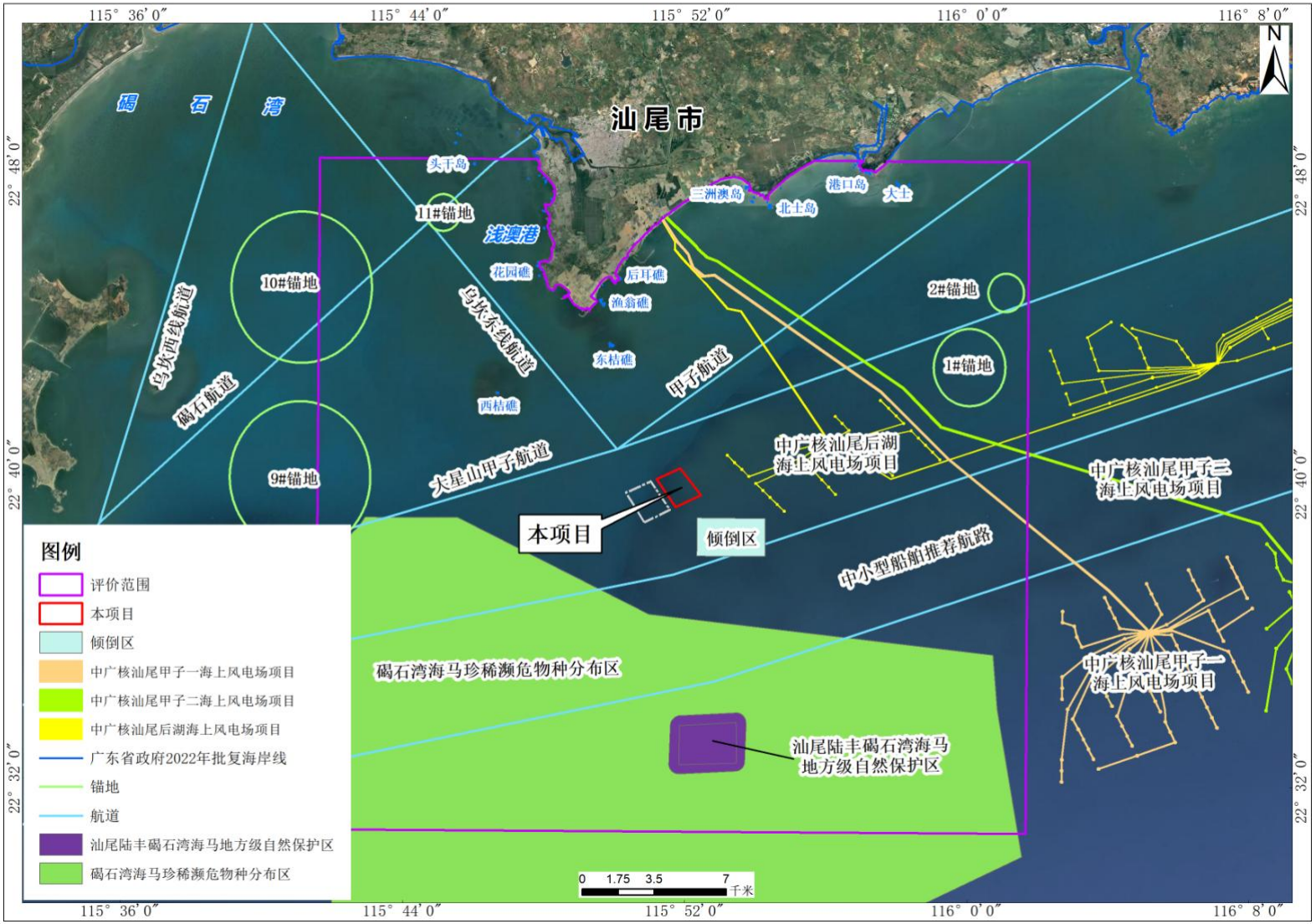


图 7.7.3-1 采砂区与预选倾倒区的位置关系图

7.8对通航环境的影响分析

本项目无需占用通航航道，可能对通航环境产生影响的主要为运砂船舶的影响。本项目运砂船舶将海砂运输上岸过程中，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。而且本项目实施后，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。

根据《汕尾市管辖海域 CB22-05 区块海砂开采出让前期工作通航安全影响研究报告》给出的 2022 年 12 月、2023 年 1 月、2023 年 2 月的船舶 AIS 轨迹分析（图 7.8-1）：根据 AIS 航迹线显示可知，工程区域南北两侧存在船舶习惯航路，由于工程东侧存在后湖风电场、东南侧有甲子风电场，因此，过往船舶主要从后湖风电场与甲子风电场之间，以及后湖风电场与海岸之间的水域通航，其中北侧航迹带宽度约 3.7km，南侧航迹带宽度约 6km。采砂区位于后湖风电场西侧水域，距离最近约 2.5km，过往船舶由于风电场存在，从而避开工程水域通航。从航迹线图可看出，工程 距离北侧航迹线约 2.75km，距离南侧航迹带约 3.6km，与南北航迹带均有一定安全距离。另外，工程水域航迹线散乱，没有规律，为一些小型船舶在工程附近作业。

因此，由于现有风电场的存在，工程水域不属于船舶习惯航路范工程与南北航路有一定安全距离，因此工程采砂区的设立对附近 航路影响不大。

综上，本项目应采取严格控制采砂范围，安排警戒船舶、设置施工期航标等措施，将项目施工期可能产生的通航环境影响降至最低。

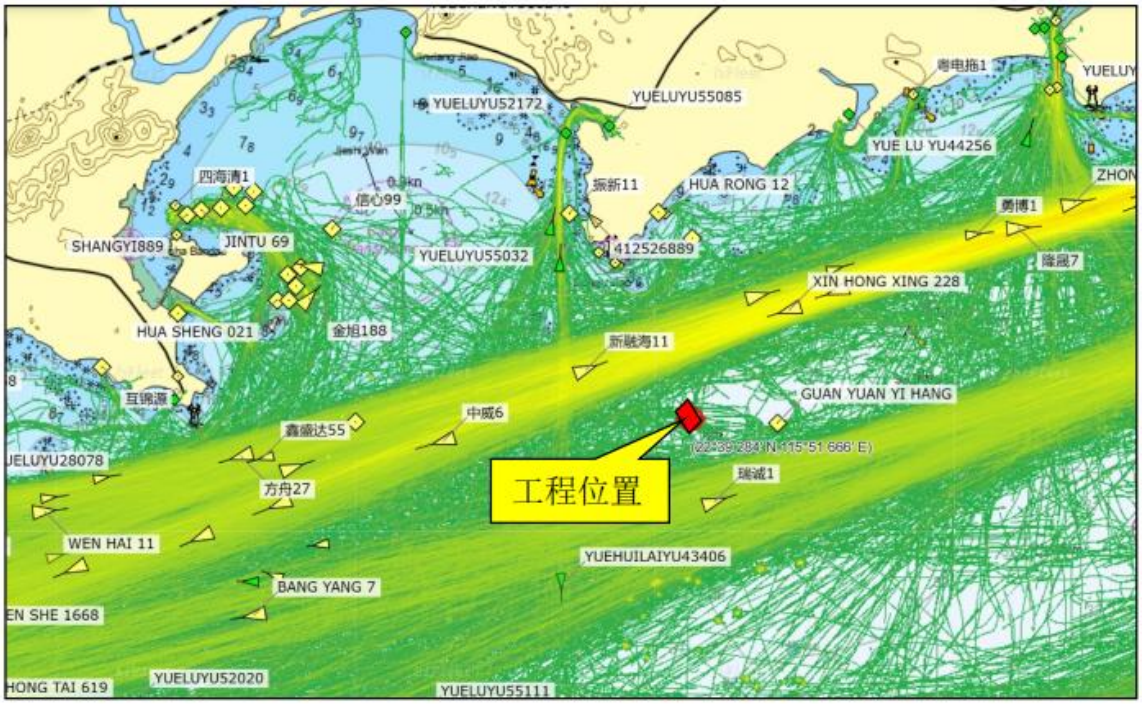


图 7.8-1 船舶航迹线与工程位置关系图

7.9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影响有限。

本项目大气环境影响评价自查表详见表 7.9-1。

表 7.9-1 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□	二级□		三级☑
	评价范围	边长=50km□	边长5～50km□		边长=5 km□
评价因子	SO_2 +NO*x* 排放量	≥ 2000t/a□	500～2000t/a□		＜500 t/a☑
	评价因子	基本污染物：(CO、O_3、SO_2，NO_x，PM_{10}，$PM_{2.5}$) 其他污染物：(/)		包括二次 PM2.5□ 不包括二次 PM2.5☑	
评价标准	评价标准	国家标准☑	地方标准 □	附录 D □	其他标准□
现状评价	环境功能区	一类区□	二类区☑		一类区和二类区□
	评价基准年	（2022）年			
	环境空气质量 现状调查数据来源	长期例行监测数据□	主管部门发布的数据☑		现状补充监测□
	现状评价	达标区☑		不达标区□	
污染源调查	调查内容	本项目正常排放源□ 本项目非正常排放源□	拟替代的污染源□	其他在建、拟建项目污染源□	区域污染源□

		现有污染源□						
大气环境影响预测与评价	预测模型	AERMOD□	ADMS□	AUSTAL2000□	EDMS/AEDT□	CALPUFF□	网格模型□	其他□
	预测范围	边长≥ 50km□		边长 5～50km □			边长 = 5 km □	
	预测因子	预测因子(/)				包括二次 PM2.5 □ 不包括二次 PM2.5□		
	正常排放短期浓度贡献值	本项目最大占标率≤100%□				本项目最大占标率＞100% □		
	正常排放年均浓度贡献值	一类区	本项目最大占标率≤10%□			本项目最大标率＞10% □		
		二类区	本项目最大占标率≤30%□			项目最大占标率＞30%□		
	非正常排放 1h 浓度贡献值	非正常持续时长（/）h		非正常占标率≤100% □		非正常占标率＞100%□		
	保证率日平均浓度和年平均浓度叠加值	叠加达标□				叠加不达标 □		
	区域环境质量的整体变化情况	k ≤-20% □				k ＞-20% □		
环境监测计划	污染源监测	监测因子：（）				有组织废气监测□ 无组织废气监测□		无监测☑
	环境质量监测	监测因子：（）				监测点位数（/）		无监测☑
评价结论	环境影响	可以接受☑不可以接受 □						
	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		NOx:（/）t/a		颗粒物:（/）t/a		VOCs:（/）t/a
注：“□” 为勾选项 ，填“√” ；“（ ）” 为内容填写项								

7.10噪声环境影响分析

本项目主体工程位于海上，根据船舶噪声源强分析，采砂船舶噪声源强为110dB，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，对环境影响相对很小。

7.11固体废物环境影响分析

本项目产生的生活垃圾主要来自于作业船舶上的施工人员，船舶生活垃圾集中收集存放于船舶上设置的垃圾箱内，经分类收集上岸后，定期由环卫部门清运处理，禁止随意向附近水体倾倒垃圾，本项目产生的生活垃圾不会对施工区及周边环境产生影响。

此外，本项目采砂过程也会产生一定量贝壳、砾石等尾矿，本项目海砂选产生的贝壳、砾石等尾矿就地排海回填采砂坑，起到修复采砂坑的作用，对海洋环境影响很小。

8环境风险评价

8.1环境风险评价等级

8.1.1风险调查

本项目为采砂项目，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采砂，因此，本项目采砂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。

8.1.2风险潜势判断及等级判断

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）附录表 B.1 突发环境事件风险物质及临界量中 381 油类物质（矿物油类，如石油、汽油、柴油等；生物柴油等），临界量为 2500t。根据附录 C.1.1 危险物质数量及临界量比值（Q），当只涉及一种危险物质时，计算该物质的总量与其临界量比值，即为 Q。

本工程拟采用 5 艘 800m^3/h 射流式采砂船（单艘吨位 6000 吨级）、配备 10 艘过驳船（单艘吨位按 7500 吨计）进行海砂开采作业。根据《船舶污染海洋环境风险评价技术规范（试行）》附录 4.1 中的规定，非油轮船舶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%。按照 10%推算这三种作业船的燃油最大携带量， 为（5×6000+10×7500 ）×10%= 10500 吨。

（1）危险物质及工艺系统危险性

①危险物质数量与临界量比值（Q）

本项目以 10500 吨估算 Q 值（见表 8.1.2-1），为 10500/2500=4.2＞1。

表 8.1.2-1 建设项目 Q 值确定表

序号	危险物质名称	CAS号	最大存在总量q_n/t	临界量Q_n/t	该种危险物质Q值
381	油类物质（矿物油类，如石油、汽油、柴油等 生物柴油等）	/	**10500**	2500	4.2
项目Q值Σ					4.2

当 Q>1，将 Q 值划分为：（1）1≤Q≤10；（2）10≤Q<100；（3）Q≥100；由上表

可得，本项目 Q 值为 4.2（1≤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≤20；（3）5＜M≤10；（4）M=5，分别以 M1、M2、M3 和 M4 表示。

表 8.1.2-2 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 ℃，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。		

本项目为海砂开采工程，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=4.2（1≤Q≤10），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8.1.2-3 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≥100	P1	P1	P2	P3
10≤Q＜100	P1	P2	P3	P4
1≤Q＜10	P2	P3	P4	**P4**

（2）环境敏感程度（E）

根据项目特点，本项目环境风险主要涉及水环境（海洋环境），环境敏感程度主要分析地表水环境（海洋环境）的敏感程度。

依据事故情况下危险物质泄漏到水体的排放点受纳地表水体功能敏感性（F），

与下游环境敏感目标（S）情况，共分为三种类型，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 8.1.2-4。

项目选址位于《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》中的珠海-潮州近海农渔业区，海水水质均执行《海水水质标准》（GB3097-1997）第一类标准，地表水功能敏感性为 F1；项目周边分布有碣石湾海马珍稀濒危物种分布区、人工鱼礁区等敏感目标，环境敏感目标分级为 S1；根据表 8.1.2-5 判定，项目地表水（海洋环境）环境敏感程度分级为 E1。

表 8.1.2-5 地表水环境敏感程度分级

环境敏感目标	地表水功能敏感性		
	F1	F2	F3
S1	E1	E1	E2
S2	E1	E2	E3
S3	E1	E2	E3

地表水功能敏感性和环境敏感目标分级方法判定见表 8.1.2-6 和表 8.1.2-7。

表 8.1.2-6 地表水功能敏感性分区

敏感性	地表水环境敏感特征
敏感 F1	排放点进入地表水水域环境功能为II类及以上，或海水水质分类第一类；或以发生事故时，危险物质泄漏到水体的排放点算起，排放进入受纳河流最大流速时，24h 流经范围内涉跨国界的
较敏感 F2	排放点进入地表水水域环境功能为III类，或海水水质分类第二类；或以发生事故时，危险物质泄漏到水体的排放点算起，排放进入受纳河流最大流速时，24h 流经范围内涉跨省界的
低敏感 F3	上述地区之外的其他地区

表 8.1.2-7 环境敏感目标分级

分级	环境敏感目标
S1	发生事故时，危险物质泄漏到内陆水体的排放点下游（顺水流向）10km 范围内、近岸海域一个潮周期水质点可能达到的最大水平距离的两倍范围内，有如下一类或多类环境风险受体：集中式地表水饮用水水源保护区（包括一级保护区、二级保护区及准保护区）；农村及分散式饮用水水源保护区；自然保护区；重要湿地；珍稀濒危野生动植物天然集中分布区；重要水生生物的自然产卵场及索饵场、越冬场和洄游通道；世界文化和自然遗产地；红树林、珊瑚礁等滨海湿地生态系统；珍稀、濒危海洋生物的天然集中分布区；海洋特别保护区；海上自然保护区；盐场保护区；海水浴场；海洋自然历史遗迹；风景名胜区；或其他特殊重要保护区域
S2	发生事故时，危险物质泄漏到内陆水体的排放点下游（顺水流向）10km 范围内、近岸海域一个潮周期水质点可能达到的最大水平距离的两倍范围内，有如下一类或多类环境风险受体的：水产养殖区；天然渔场；森林公园；地质公园；海滨风景游览区；具有重要经济价值的海洋生物生存区域
S3	排放点下游（顺水流向）10km 范围、近岸海域一个潮周期水质点可能达到的最大水平距离的两倍范围内无上述类型 1 和类型 2 包括的敏感保护目标

（3）建设项目环境风险潜势判断

根据建设项目涉及的物质和工艺系统的危险性及其所在地的环境敏感程度，结

合事故情形下环境影响途径，确定项目环境风险潜势见表 8.1.2-8。

根据以上分析，本项目危险物质及工艺系统危险性为 P4；项目地表水（海洋环境）功能敏感性属于 E1 类，确定地表水环境（海洋环境）风险潜势为III。

表 8.1.2-8 项目环境风险潜势划分一览表

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）
环境高度敏感区（E1）	IV^+	IV	III	III
环境中度敏感区（E2）	IV	III	III	II
环境低度敏感区（E3）	III	III	II	I
本项目	地表水环境（海洋环境）风险潜势为III，**即本项目环境风险潜势综合等级确定为 III。**			

表 8.1.2-9 评价等级划分

环境风险潜势	IV、IV^+	III	II	I
评价工作等级	一	二	三	简单分析[a]
a 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。				

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018），项目环境风险潜势为III。因此，确定本项目的环境风险评价工作等级为二级。

8.2环境敏感目标

本项目环境敏感目标主要为有生态红线、南海北部幼鱼繁育场保护区、自然保护区等，见表 8.2-1 和图 8.2-1。

表 8.2-1 工程区域附近环境风险目标

序号	环境敏感点			位置关系（最近直线距离）	主要保护对象
	类型		名称		
1	生态红线（三线一单优先保护单元）	三区三线（三线一单）	碣石湾海马珍稀濒危物种分布区	南侧，约 5.4km	海马及其生境
2			汕尾陆丰碣石湾海马地方级自然保护区	南侧，约 10.1km	海马及其生境
3			遮浪南重要渔业资源产卵场	西南侧，22.6km	渔业资源产卵场、育幼场、索饵场和洄游通道
4			金厢海岸防护物理防护极重要区	西北侧，17.5km	砂质岸线
5			金厢重要渔业资源产卵场	西北侧，18.9km	渔业资源产卵场、育幼场、索饵场和洄游通道
6			碣石湾长毛对虾重要渔业资源产卵场	西北侧，22.5km	渔业资源产卵场、育幼场、索饵场和洄游通道
7			汕尾碣石湾鳐鱼长毛对虾国家级水产种质资源保护区	西北侧，22.6km	鳐鱼长毛对虾及生态环境
8			金厢镇山门村海岸防护物理防护极重要区	西北侧，29.0km	自然岸线
9			乌坎港上海村海岸防护物理防护极重要区	西北侧，30.0km	自然岸线
10			大湖镇湖仔村海岸防护物理防护极重要区	西北侧，33.3km	自然岸线
11			汕尾海丰鸟类地方级自然保护区	西北侧，29.4km	候鸟及其栖息地
12			广东遮浪半岛国家海洋自然公园	西侧，26.2km	海洋生态环境
13			施公寮海岸防护物理防护极重要区	南侧，10.1km	自然岸线
14			汕尾红海湾遮浪角东人工鱼礁地方级自然保护区	西侧，24.2km	人工鱼礁礁体及海域生态环境
15			遮浪半岛海岸侵蚀极脆弱区	西侧，27.9km	砂质岸线
16			遮浪重要滩涂及浅海水域	西北侧，29.0km	海洋生态环境
17			遮浪长沟村海岸防护物理防护极重要区	西北侧，29.7km	砂质岸线
18	海洋保护区	广东省海洋功能区划	碣石湾近海海洋保护区	南侧，约 10.6km	海马及其生境
19	自然保护区	汕府函〔2006〕74 号文	汕尾市碣石湾海马资源市级自然保护区	南侧，约 10.6km	海马及其生境

20	自然岸线	广东省政府 2022 年批复岸线	砂质岸线	北侧，约 9.1km 西北侧，约 10.3km	砂质岸线
			基岩岸线	西北侧，约 10.4km	基岩岸线
21	人工鱼礁区		湖东三洲澳人工鱼礁区	东北侧，11.7km	海洋生物资源及其生境
22	海洋牧场		广东省陆丰金厢南海域国家级海洋牧场示范区	西北侧，18.1km	海洋生物资源及其生境
23	三场一通道	《中国海洋渔业水域图》（第一批）南海区渔业水域图（第一批）	南海北部幼鱼繁育场保护区	占用	禁止在保护区内进行底拖网作业
24			南海区幼鱼、幼虾保护区	北侧 5.5km	海洋水质、生态环境；幼鱼幼虾
25	珊瑚		金屿附近珊瑚礁	西北侧，约 24.5km	珊瑚礁
26	海草床		白沙湖海草床	西北侧，约 32.1km	海草床生态系统（2008 年调查）

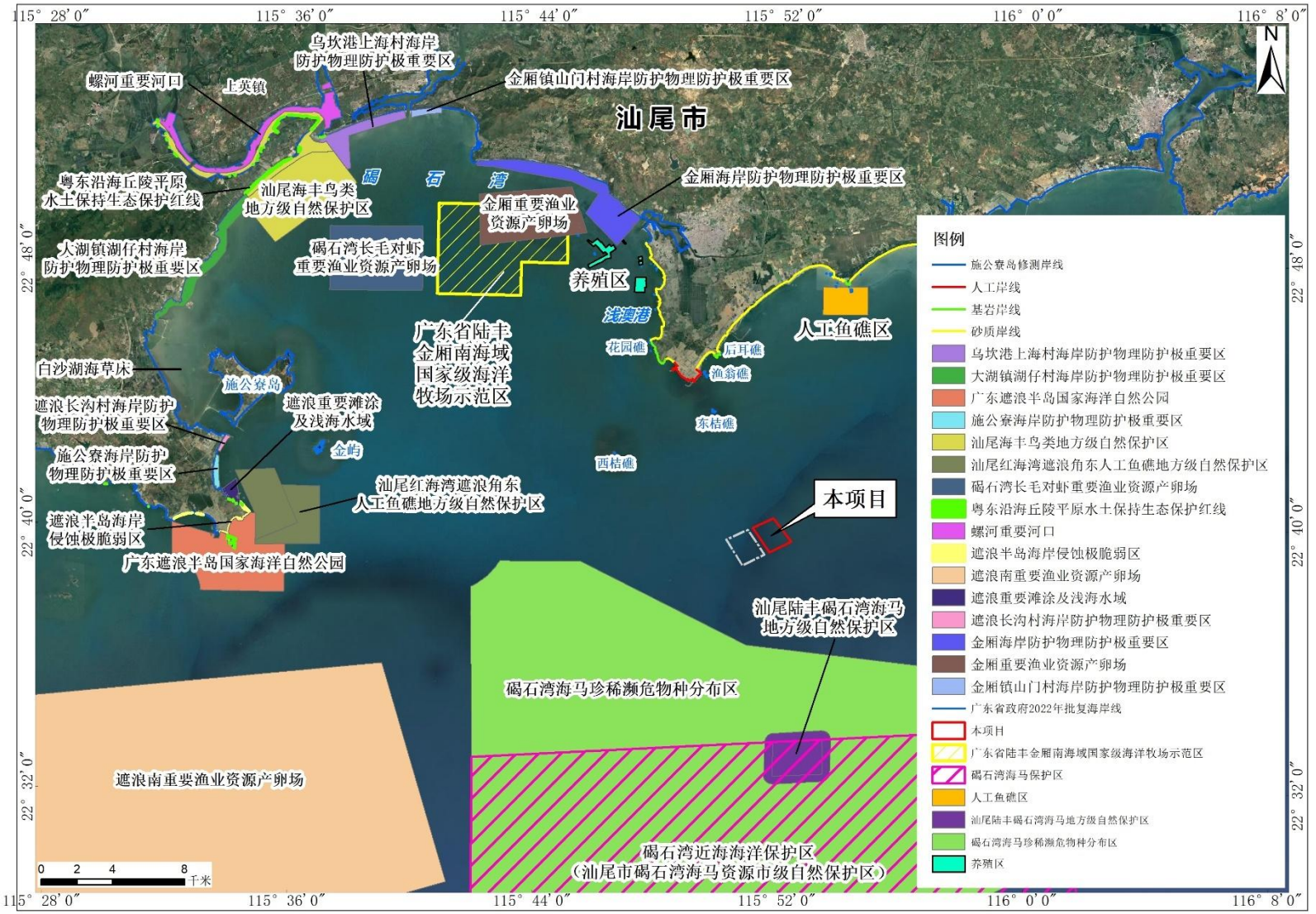


图 8.2-1 项目周边环境风险敏感目标分布图

8.3环境风险识别

本项目为采砂项目，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采砂，因此，本项目采砂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表8.3-1。

表 8.3-1 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（℃）	<26
液体相对密度	0.92～1.07	粘度（pas）	<180
沸点（℃）	>398.9	水溶性	微溶
20℃时蒸汽压（kpa）	很低	自燃温度（℃）	407.2
雷德蒸汽压（kpa）	0.3（50℃时）	挥发性	挥发
闪点（℃）	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。

8.4环境风险事故分析

8.4.1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。

8.4.2船舶溢油事故风险

8.4.2.1船舶溢油事故风险

（1）国际船舶溢油事故统计

国际油轮船东防污染委员会按不同溢油等级和事故原因统计了 1974～2005 年间 9309 起油轮、大型油轮和驳船溢油事故资料，见表 8.4.2-1。

表 8.4.2-1 国际 1974-2005 船舶溢油事故统计分析

事故类型	小于 7t	7~700t	大于 700t	总数	大于 700t 事故比率(%)
装卸	2820	328	30	3178	8.7
加装燃油	548	26	0	574	0.0
其他操作	1178	56	1	1235	0.3
碰撞	171	294	97	562	28.3
搁浅	233	219	118	570	34.4
船体破损	576	89	43	708	12.5
火灾和爆炸	88	14	30	132	8.7
其他原因	2180	146	24	2350	7.0
总计	7794	1172	343	9309	1

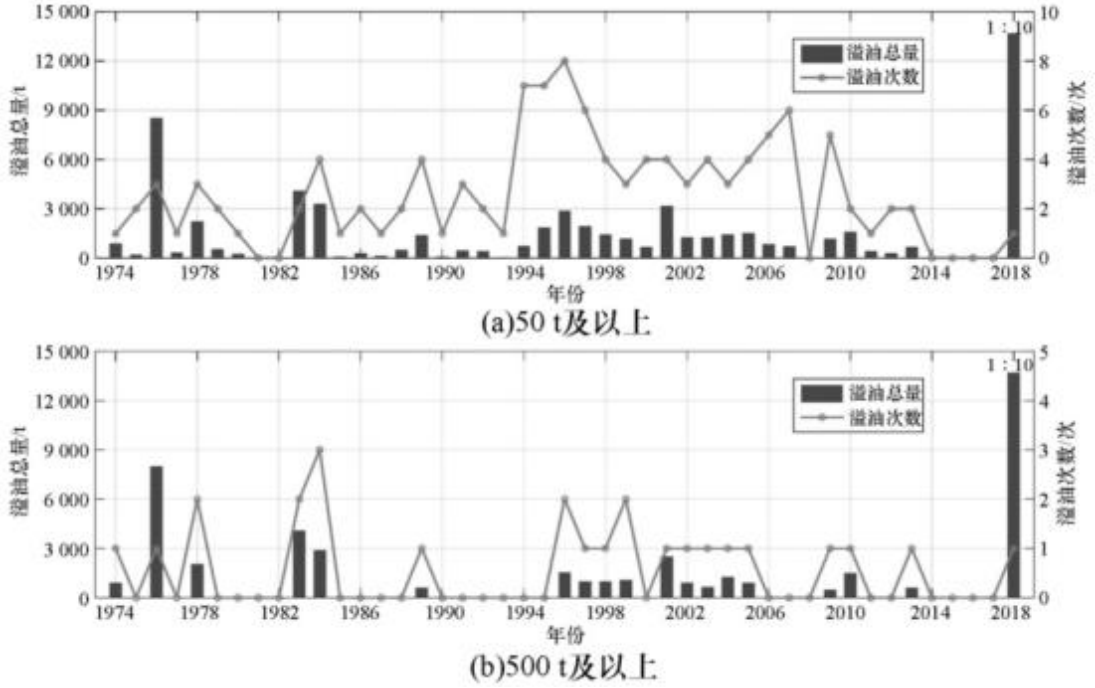
从上表统计结果可以看出，装卸、加装燃油等操作性溢油事故中，91%的溢油量小于 7 吨，而相比对于溢油量大于 700 吨的溢油事故，碰撞、搁浅等导致的溢油事故占到事故总数的 84%。从表最后一栏可以看出：单次溢油量超过 700 吨的污染事故中，由于搁浅造成的占 34.4%，碰撞造成的占 28.3%，船壳损伤占 12.5%，火灾和爆炸造成的占 8.7%，因此得出结论碰撞、搁浅等海损事故是船舶溢油事故的主要危险源。

（2）国内船舶溢油事故统计

从 1974～2018 年近 30 年以来，我国近海 50t 及以上海洋溢油事故共计 117 次，其中 50t 及以上溢油事故 92 次、500t 及以上溢油事故 24 次、3.4 万 t 及以上溢油事故 1 次；共造成油品损失 186105t。3 类溢油事故的年际变化如图 8.4-1 所示。

在溢油事故次数方面：①1974～2018 年我国近海 50t 及以上海洋溢油事故次数总体呈先增后减的态势。1993～1994 年事故次数明显增加，1994～1997 年为事故高发期，其中 1996 年最高达到 8 次；2009 年后事故次数明显减少，2010～2018 年为事故低发期，其中 2014～2017 年事故次数为 0。②1974～2018 年我国近海 500t 及以上海洋溢油事故中，1984 年最高达到 3 次，1985～1995 年和 2006～2018 年事故次数较少。

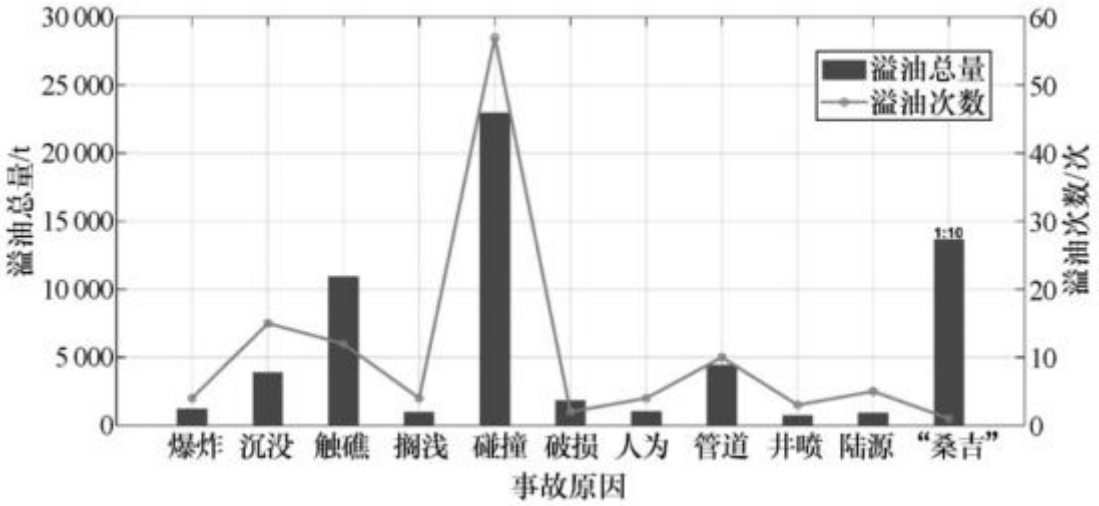
在溢油总量方面：①连续大规模溢油事故出现在 1996～2005 年；②2018 年“桑吉”号溢油事故以高达 137000t 的溢油总量占历年溢油总量的 74%，成为我国历史上首次也是唯一一次灾难性海洋溢油污染事故（3.4 万 t 以上）；③500t 及以上溢油事故的溢油总量占比为 17%，50t 及以上溢油事故的溢油总量占比仅为 9%。



注：2018 年的溢油总量已按 1：10 的比例缩减展示

图 8.4-1 1974～2018 年我国海洋溢油事故次数与溢油总量的年际变化

发生海洋溢油事故的原因多种多样，1974～2018 年我国 50t 及以上海洋溢油事故发生原因主要是船舶在航行、靠离码头时，由于碰撞、触礁、搁浅、爆炸、船体破损、管道断裂、井喷等事故造成溢油。



注：“桑吉”号溢油事故属于碰撞事故，其溢油总量已按 1:10 的比例缩减单独展示。

图 8.4-2 1974～2018 年我国 50t 及以上海洋溢油事故的原因

经统计分析，我国海域发生的重大溢油事故中，船舶碰撞是我国海洋溢油事故发生的主要原因，触礁和沉没也是船舶溢油事故发生的常见原因，其中碰撞事故导致的溢油总量最大，触礁次之。其中，碰撞是导致海洋溢油事故次数最多（58 次）和溢油总量最大（159987t）的因素；触礁导致海洋溢油事故的溢油总量达到 10967t，仅次于碰撞；沉没和管道导致海洋溢油事故次数分别达到 15 次和 10 次，但溢油总量较小，分别为 3903t 和 4465t。

据国内外溢油事故统计资料表明，船舶碰撞发生溢油事故最主要的原因是船舶突遇恶劣天气，风大、流急、浪高，加之轮机失控，造成船舶触礁和搁浅，引发重大溢油事故发生，事故发生地点主要在河口、港湾、沿海等近岸水域。

（3）广东省内船舶溢油事故统计

收集广东省海事局 2007～2011 年度 5 年的溢油资料作类比分析，统计见表 8.4.2-2。

表 8.4.2-2 广东辖区 2007～2011 年船舶水上污染事故分析表

事故次数 统计年份		2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	合计
事故类型	操作性事故	12	4	2	5	1	24
	海损性事故	6	4	5	4		19
	其他/未知		1				1
	小计	18	9	7	9	1	44
事故地点	港内	13	6	4	5		28
	航道						
	锚地	2					
	近海	3	2	2	2	1	10
	其他/未知		1	1	1		3

	小计	18	9	7	9	1	44
溢油量	小于 10t	17	8	4	6	1	36
	10～49t		1	1	1		3
	50～99t	1		1	1		3
	100～499t						0
	500～999t			1			1
	1000～9999t				1		1
	10000t 以上						0
	未知						0
	小计	18	9	7	9	1	44
海损性事故类型	碰撞	1		1	3		5
	搁浅			1			1
	触礁	1	1				2
	触损	1			1		2
	沉没	1	3	2			6
	火灾/爆炸	1					1
	船体破损	1		1			2
	其他/未知						0
	小计	6	4	5	4	0	19

统计结果显示，这五年，广东省共发生船舶污染事故 44 起，其中操作性事故 24 起（包括加油事故、装卸事故和误排机舱水事故），海损性事故 19 起，其他事故 1 起。

事故发生在港内的居多，占 63.6%；其次为近海，占 22.7%；发生在锚地和其他区域的各 3 起。溢油量以小于 10t 的居多，共 36 起，占 81.8%；10～50t、100～500t 的各 3 起，各占 6.8%；500～1000t、1000～10000t 的各 1 起，各占 2.3%。其中海损性事故（共 19 起）中，沉没 6 起，占 31.6%；碰撞 5 起，占 26.3%；触礁、触损和船体破损各 2 起，各占 10.5%；搁浅、火灾爆炸各 1 起，各占 5.3%。操作性事故中（24 起），由装卸作业导致的共 15 起，加油作业导致的 2 起，其他作业导致的 7 起，分别占 62.5%、8.3%、29.2%。

已知溢油量的海损性事故，溢油量为 0.003～1755t（包括化学品泄漏事故），平均溢油量 142.5t。操作性事故溢油量为 0.006～3t（包括化学品泄漏事故），平均 0.5t。

统计结果显示，广东省溢油污染事故发生概率为 8.8 次/年，其中 10t 以下的事故发生概率为 7.2 次/年，10～50t、100～500t、500～1000t、1000～10000t 事故发生概率分别为 0.6 次/年（约 1 年一遇）、0.6 次/年（约 1 年一遇）、0.2 次/年（5 年一遇）、0.2（5 年一遇）次/年。事故主要涉及湛江港、广州港、珠海港、惠州港、汕

头港，则平均事故发生概率为 1.8 次/年（1 年 2 次），10t 以下、10～50t、100～500t、500～1000t、1000～10000t 事故发生概率分别为 1.44（1 年 2 次）、0.12 次/年（约 10 年一遇）、0.12 次/年（约 10 年一遇）、0.04 次/年（25 年一遇）、0.04 次/年（25 年一遇）。

根据众多溢油污染事故统计分析，一般发生重大溢油污染事故的原因主要是船舶突遇恶劣天气，风大、流急、浪高、轮机失控，造成触礁、碰撞、搁浅而引起的。

8.4.2.2本工程溢油事故概率

（1）本工程溢油事故发生概率

项目开采区作业区距离附近航道最近距离为 2.0km，为大星山甲子航道。类比《汕尾市管辖海域 CB22-05 区块海砂开采出让前期工作海上勘测作业通航安全保障方案》（浙江华东建设工程有限公司）详查施工水域范围：钻孔布置和海底底质取样位置布置在拟出让区内，测线布置超过拟出让区，因此，综合考虑船舶尺度、测线布置、船舶调头、钻探勘查船舶抛锚出锚长度约 80~100m 等因素，勘查区域为拟出让区及外扩 500m 范围内。故运砂船回旋区处于不利因素考虑，为拟出让区及外扩 500m 范围内。运砂船回旋区距离附近航道（大星山甲子航道）最近距离为 2.0km。评价范围内航路位置关系详见 8.4.2-1。

表 8.4.2-1　项目评价范围内航道距离关系一览表

序号	类型	名称	位置关系
1	航道	大星山甲子航道	北侧，约 2.0km
2		甲子航道	北侧，约 2.3km
3		乌坎东线航道	西北侧，约 2.4km
4		中小型船舶推荐航路	南侧，约 3.1km
5		碣石航道	西北侧，16.7km
6		乌坎西线航道	西北侧，25.3km

综上所述，项目采砂作业区、运砂船回旋区与附近海域主要航道的距离相对较远。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、运输船，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。据《汕尾市管辖海域 CB22-05 区块海砂开采出让前期工作海上勘测作业

通航安全保障方案》（报批稿），本项目水域日均交通流量 30 航次，本项目施工船舶平均按 15 艘计，则本工程发生船舶碰撞溢油事故的概率为 2.16×10^{-2} 次/年。

（2）汕尾两个区块溢油事故发生概率

CB22-05 区块、CB22-06 区块配备船舶数量分别为 15 艘、15 艘，两个区块船舶数量共 30 艘。据《汕尾市管辖海域 CB22-05 区块海砂开采出让前期工作海上勘测作业通航安全保障方案》（报批稿），本项目水域日均交通流量 30 航次，汕尾 2 个区块施工船舶平均按 30 艘计，则两个区块发生船舶碰撞溢油事故的概率为 2.88×10^{-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。

8.5溢油事故预测分析

8.5.1预测模式

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发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。

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 8.5.1-1。

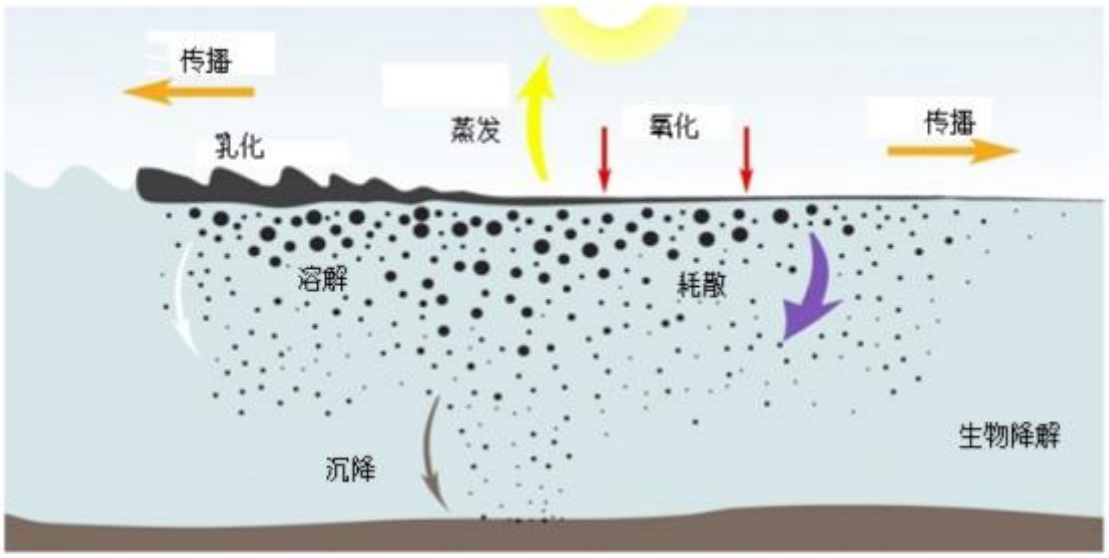


图 8.4-2 1974～2018 年我国 50t 及以上海洋溢油事故的原因

（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：

$$\frac{d\mathrm{A}_0}{dt}=K_\alpha \mathrm{A}_0^{1/3}\left(\frac{V_0}{\mathrm{A}_0}\right)^{4/3}$$

$$V_0=R_0^2\pi h_0$$

式中，A_0为油膜扩展面积，V_0为溢油体积，K_α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 0.035；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，α =-0.3×10^{-8}；β =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，θ_W=28°。

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 Schmidts 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撒、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：

$$D=D_a+D_b$$

$$D_a=\frac{0.11\left(1+U_W\right)^2}{3600}$$

$$D_b=\frac{1}{1+50\mu_0 h_s\gamma}$$

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：

$$\frac{dV_0}{dt}=D_a\left(1-D_b\right)$$

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：

$$\frac{dY_W}{dt} = R_a - R_b$$

$$R_a = K_a\left(Y_W^{\max} - Y_W\right)\frac{\left(1+U_W\right)}{\mu_0}$$

$$R_b = K_b Y_W \frac{1}{A_s \cdot \mu_0 \cdot W_a}$$

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 8.5.1-1。

表 8.5.1-1　　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	75t		
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 Schmidts 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%	

8.5.2溢油源强

本工程拟采用 5 艘 800m^3/h 射流式采砂船（单艘吨位 6000 吨级）、配备 10 艘过驳船（单艘吨位按 7500 吨计）和一定数量的运砂船进行作业，由于实际中施工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总吨位约为 7500t，根据《水上溢油环境风险评估技术导则（JT/T1143-2017）》和《船舶污染海洋环境风险评价技术规范（试行）》，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%。本项目最大施工船舶总吨位为 7500t，非油轮船舶一般设有 10 个左右油舱，燃油量最大携带量取船舶总吨的 10%。考虑燃油泄露量取一个油舱的油量，则溢油量约为 75t。

8.5.3预测工况

（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 2023 年 8 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

根据报告 5.1.1.4 节，根据遮浪海洋站（115°34′E， 22°39′N）1986 年 1 月-2015 年 12 月气象数据统计结果，累年平均风速 6.6 米/秒，年主导风向为东和东北东向，出现频率均为 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。

常规工况下，风速取遮浪海洋站（115°34′E， 22°39′N）1986 年 1 月-2015 年 12 月累年平均风速为 6.6m/s，风向取了常风向 ENE、E、SW。

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。

各种工况组合见表 8.5.1-2。

（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 8.5.1-2。溢油点位置见图 8.5.2-1。

表 8.5.2-1 溢油预测工况

工况	潮期	风向	风速（m/s）	备注	溢油点	溢油量
工况1	大潮涨初	ENE	6.6	常规工况	采砂区中心 22°39′36.2772″N，115°51′19.458″E，	75t
工况2	大潮落初	ENE				
工况3	大潮涨初	E				
工况4	大潮落初	E				
工况5	大潮涨初	SW				
工况6	大潮落初	SW				
工况 7	大潮涨初	NE	13.8	不利风向		

工况 8	大潮落初	NE				
工况 9	大潮涨初	SE	13.8	不利风向		
工况 10	大潮落初	SE				

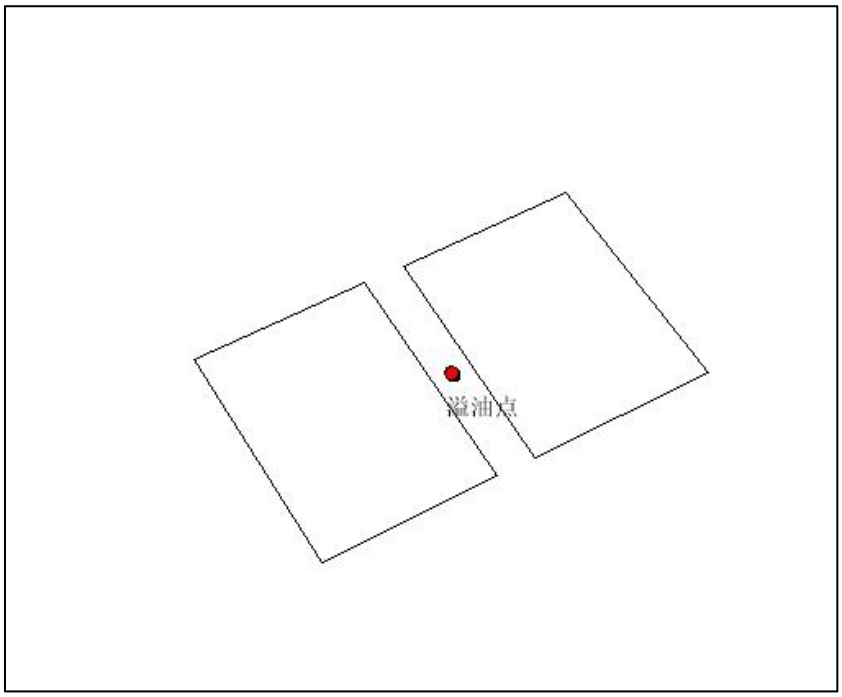


图 8.5.2-1　溢油点位置示意图

8.5.4预测结果

表 8.5.4-1 列出了不同工况组合下溢油影响范围统计结果。溢油后油膜到达主敏感目标的时间统计见表 8.5.4-2。图 8.5.4-1~图 8.5.4-10 给出了不同工况组合下油膜的扫海范围图。

表 8.5.4-1 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	0.55	1.7	68.4
				12	15.12	12.6	59.1
				24	28.24	24.7	40.5
				48	溢油事故发生后约 34.1 小时抵岸，扫海面积约为 37.18km^2	30.8	22.6
				72			
工况 2	大潮落初	6.6	ENE	2	0.17	0.9	68.4
				12	12.32	8.4	58.9
				24	23.43	20.6	40.2

				48	溢油事故发生后约 37.1 小时抵岸，扫海面积约为 39.86km^2	31.4	22.3
				72			
工况 3	大潮涨初	6.6	E	2	0.72	2.5	67.9
				12	7.93	11.7	58.3
				24	21.06	22.6	40.4
				48	溢油事故发生后约 44.8 小时抵岸，扫海面积约为 35.47km^2	36.3	19.6
				72			
工况 4	大潮落初	6.6	E	2	0.49	1.4	68.2
				12	7.13	7.6	58.6
				24	20.51	14.5	40.9
				48	溢油事故发生后约 43.3 小时抵岸，扫海面积约为 29.51km^2	34.6	20.5
				72			
工况 5	大潮涨初	6.6	SW	2	0.39	1.5	68.6
				12	10.64	11.4	58.9
				24	26.53	20.5	40.3
				48	溢油事故发生后约 37.9 小时出模型外海边界，扫海面积约为 45.8km^2	31.4	22.6
				72			
工况 6	大潮落初	6.6	SW	2	0.77	2.6	68.5
				12	14.17	12.8	59.1
				24	30.19	22.9	40.4
				48	溢油事故发生后约 37.6 小时出模型外海边界，扫海面积约为 48.7km^2	31.5	23.1
				72			
工况 7	大潮涨初	13.8	NE	2	2.67	5.4	68.6
				12	36.86	23.5	59.1
				24	112.54	43.7	34.2
				48	溢油事故发生后约 24.2 小时出模型外海边界，扫海面积	44.5	31.3
				72			

					约为 117.3km^2		
工况 8	大潮落初	13.8	NE	2	1.58	3.7	66.3
				12	34.16	21.6	55.1
				24	109.54	43.5	32.4
				48	溢油事故发生后约 24.3 小时出模型外海边界，扫海面积约为 117.6km^2	44.3	32.1
				72			
工况 9	大潮涨初	13.8	SE	2	3.25	4.8	67.1
				12	20.27	22.4	56.4
				24	溢油事故发生后约 14.5 小时抵达陆地边界，扫海面积约为 23.46km^2	24.7	52.6
				48			
				72			
工况 10	大潮落初	13.8	SE	2	2.14	4.3	67.4
				12	溢油事故发生后约 6.6 小时抵达陆地边界，扫海面积约为 6.14km^2	10.4	61.6
				24			
				48			

表 8.5.4-2 溢油泄漏到达主要敏感区的时间统计表

敏感区	各工况下油膜到达敏感区的时间(h)									
	工况 1（大潮涨初，ENE）	工况 2（大潮落初，ENE）	工况 3（大潮涨初，E，）	工况 4（大潮落初，E）	工况 5（大潮涨初，SW）	工况 6（大潮落初，SW）	工况 7（大潮涨初，NE）	工况 8（大潮落初，NE）	工况 9（大潮涨初，SE）	工况 10（大潮落初，SE）
碣石湾海马珍稀濒危物种分布区(，南侧，约5.2km)	7.0	/	/	/	/	/	3.1	3.4	/	/
汕尾陆丰碣石湾海马地方级自然保护区（南侧，10.1km）	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
碣石湾海马保护区（南，约10.6km）	/	/	/	/	/	/	/	9.7	/	/
遮浪南重要渔业资源产卵场（西南侧，22.6km）	/	/	/	/	/	/	9.6	12.0	/	/
金厢海岸防护物理防护极重要区（西北侧，17.5km）	/	/	/	/	/	/	/	/	6.4	/
广东省陆丰金厢南海域国家级海洋牧场示范区（西北侧，18.1km）	/	/	/	/	/	/	/	/	5.2	/
金厢重要渔业资源产卵场（西北侧，18.9km）	/	/	/	/	/	/	/	/	5.3	/
碣石湾长毛对虾重要渔业资源产卵场（西北侧，22.5km）	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
汕尾碣石湾鳙鱼长毛对虾国家级水产种质资源保护区（西北侧，22.6km）	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
金厢镇山门村海岸防护物理防	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

护极重要区（西北侧，29.0km）										
乌坎港上海村海岸防护物理防护极重要区（西北侧，30.0km）	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
大湖镇湖仔村海岸防护物理防护极重要区（西北侧，33.3km）	/	/	43.1	41.7	/	/	/	/	/	/
汕尾海丰鸟类地方级自然保护区（西北侧，29.4km）	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
金屿周边珊瑚（西北侧，24.5km）	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
广东遮浪半岛国家海洋自然公园（西侧，26.2km）	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
施公寮海岸防护物理防护极重要区（南侧，10.1km）	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
汕尾红海湾遮浪角东人工鱼礁地方级自然保护区（西侧，24.2km）	26.6	30.4	/	/	/	/	/	/	/	/
遮浪半岛海岸侵蚀极脆弱区（西侧，27.9km）	32.7	36.3	/	/	/	/	/	/	/	/
遮浪重要滩涂及浅海水域（西北侧，29.0km）	/	36.5	/	/	/	/	/	/	/	/
遮浪长沟村海岸防护物理防护极重要区（西北侧，29.7km）	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
金屿周边珊瑚	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
岸线	34.1	37.1	44.8	43.3	/	/	/	/	14.5	6.6

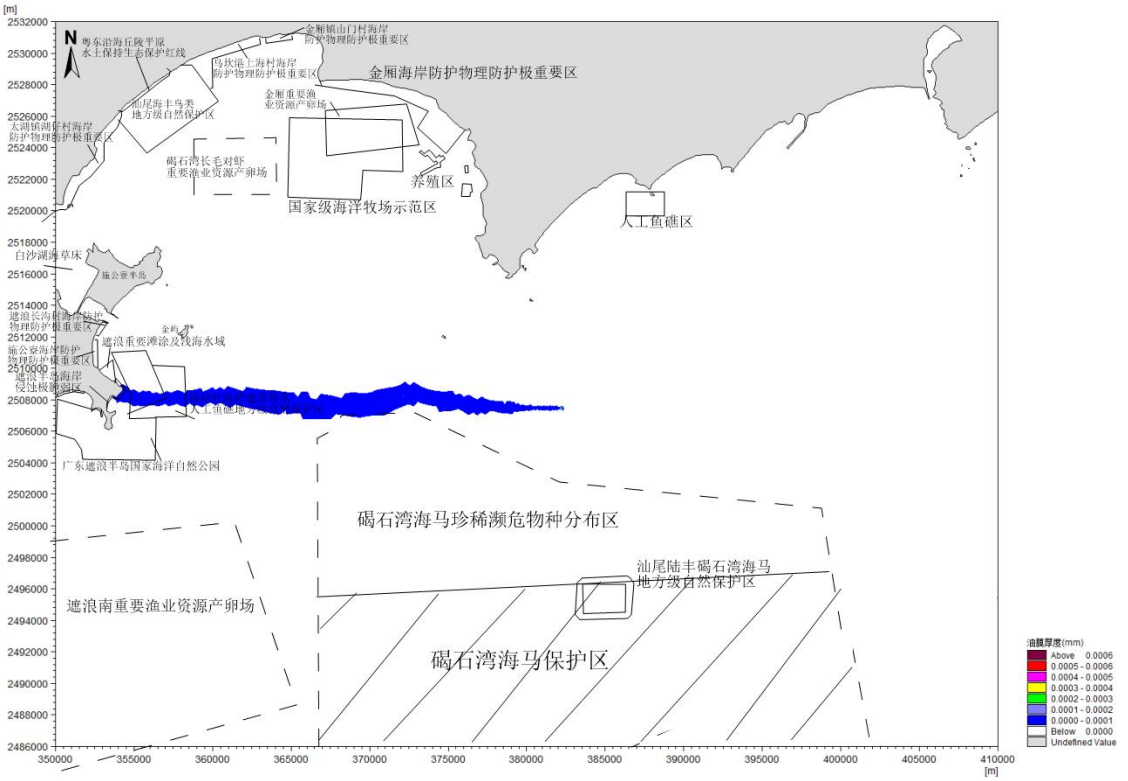


图 8.5.4-1　工况 1 溢油扫海范围（72 时）（大潮涨初，ENE，6.6m/s）

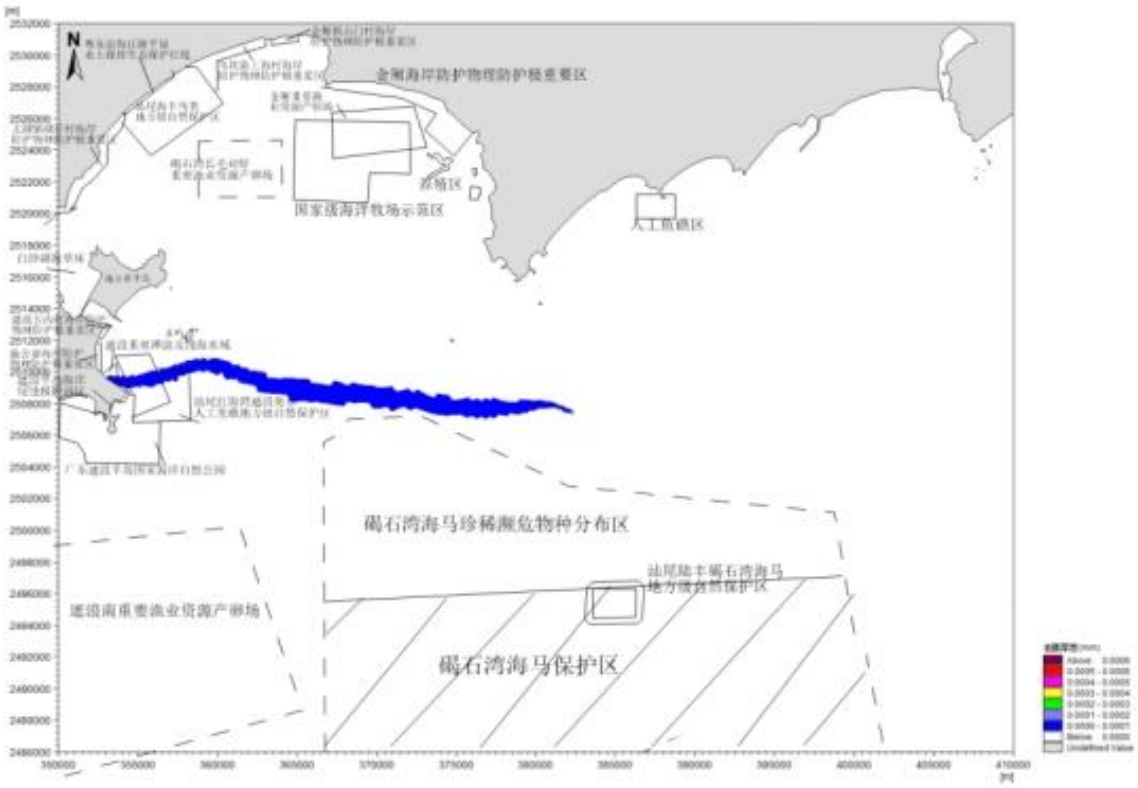


图 8.5.4-2　工况 2 溢油扫海范围（72 时）（大潮落初，ENE，6.6m/s）

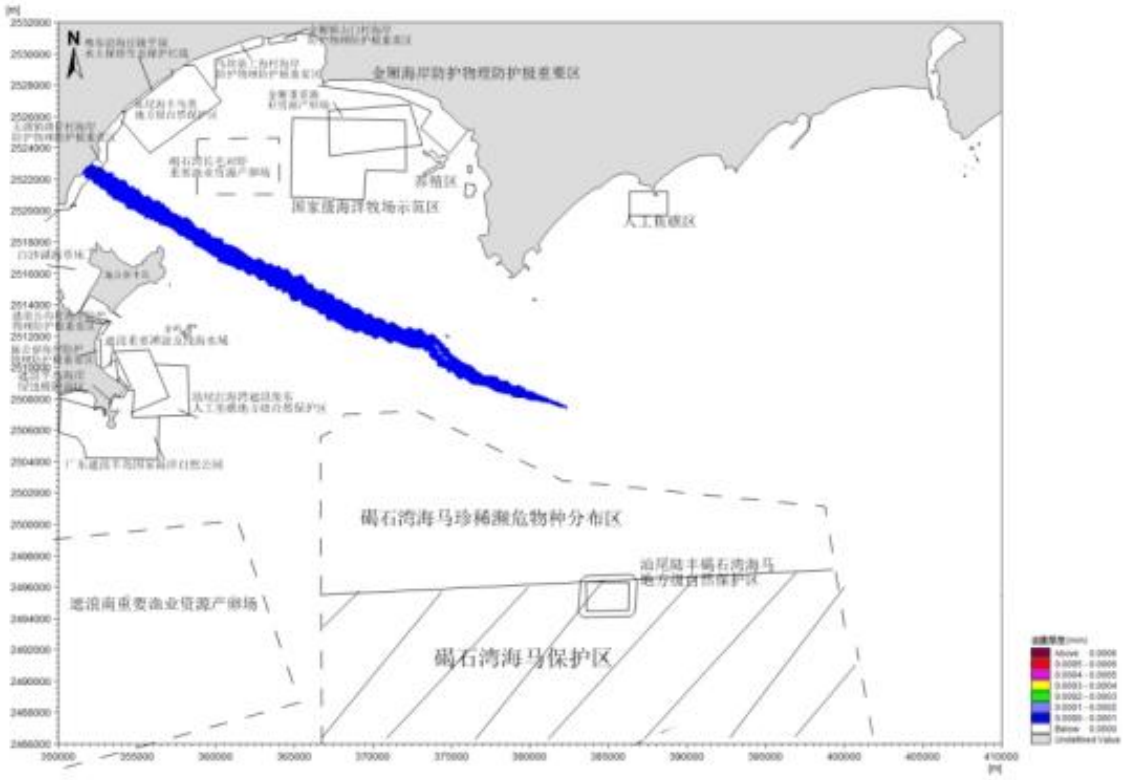


图 8.5.4-3　工况 3 溢油扫海范围（72 时）（大潮涨初，E，6.6m/s）

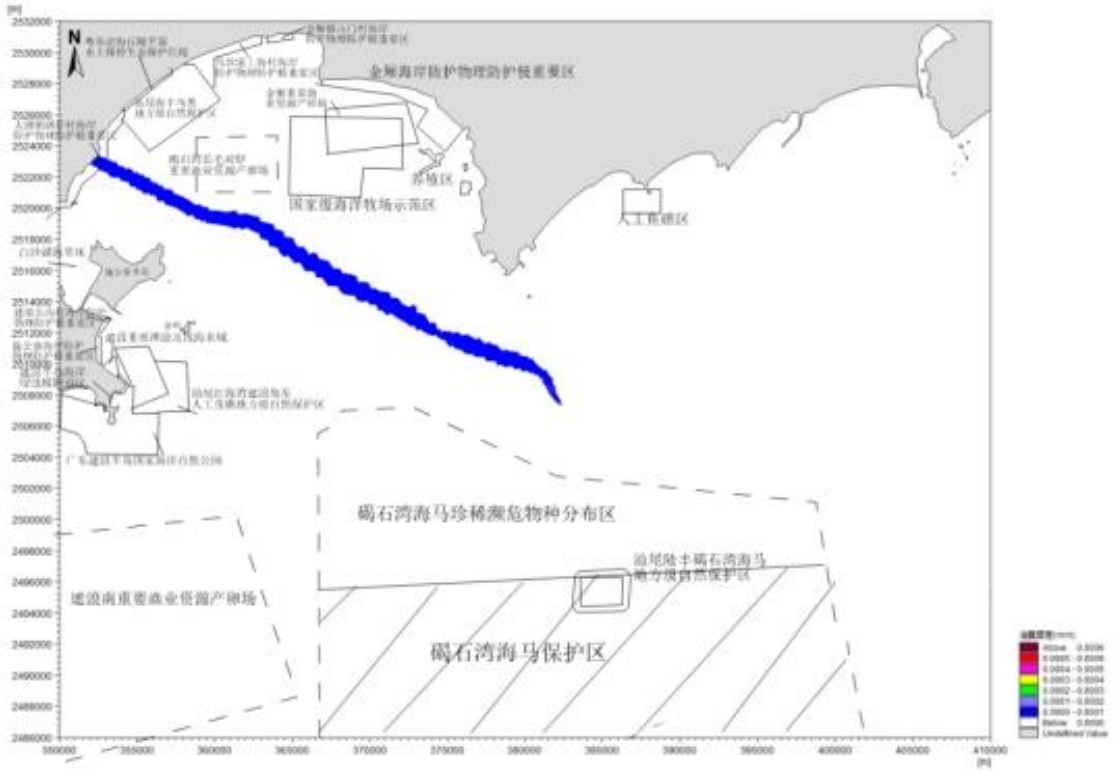


图 8.5.4-4　工况 4 溢油扫海范围（72 时）（大潮落初，E，6.6m/s）

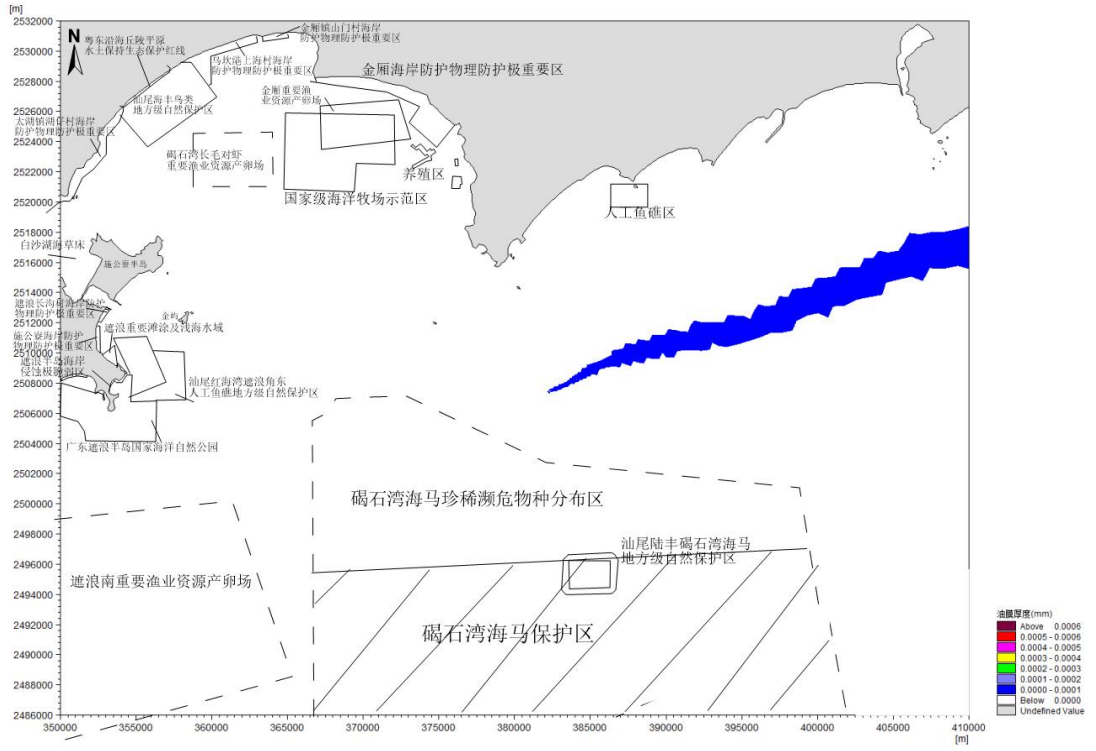


图 8.5.4-5　工况 5 溢油扫海范围（72 时）（大潮涨初，SW，6.6m/s）

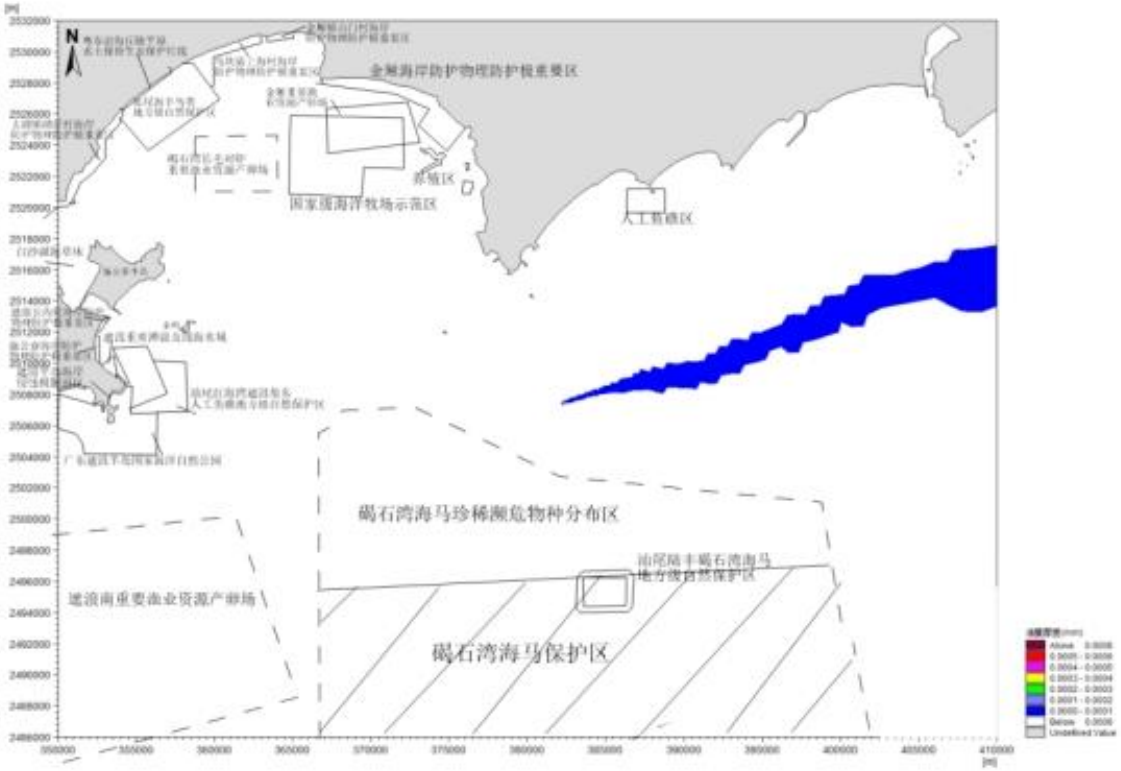


图 8.5.4-6　工况 6 溢油扫海范围（72 时）（大潮落初，SW，6.6m/s）

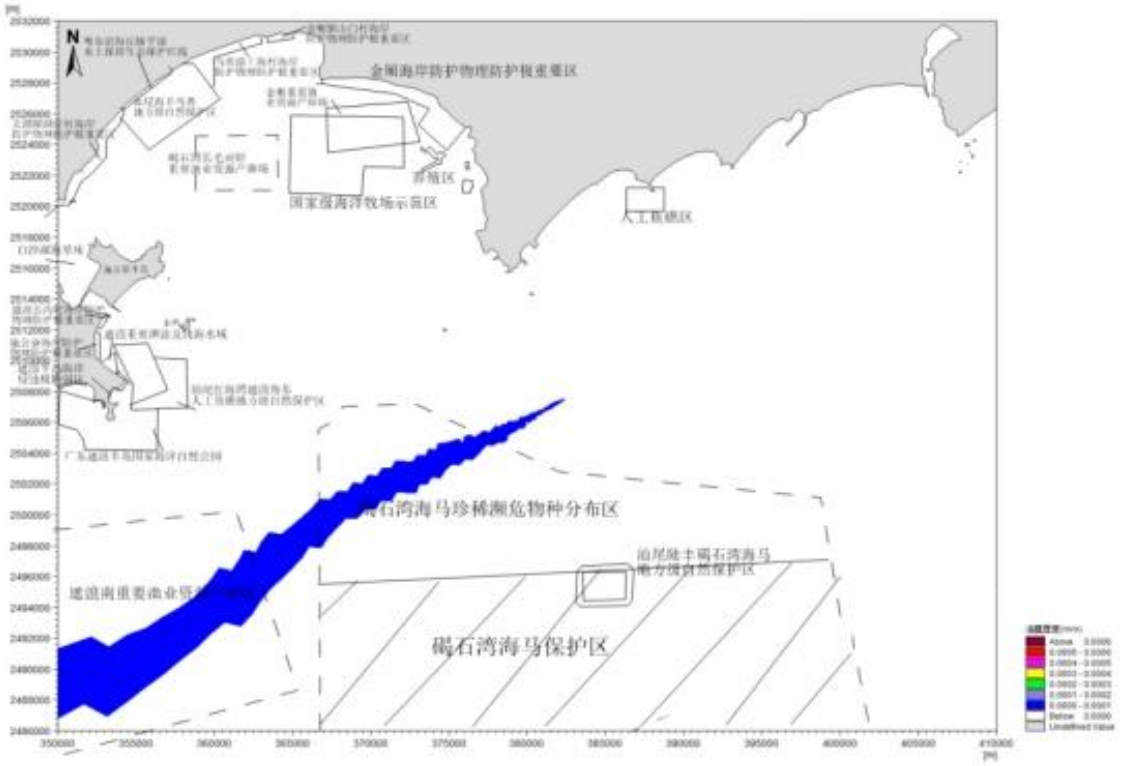


图 8.5.2-7　工况 7 溢油扫海范围（72 时）（大潮涨初，NE，13.8m/s）

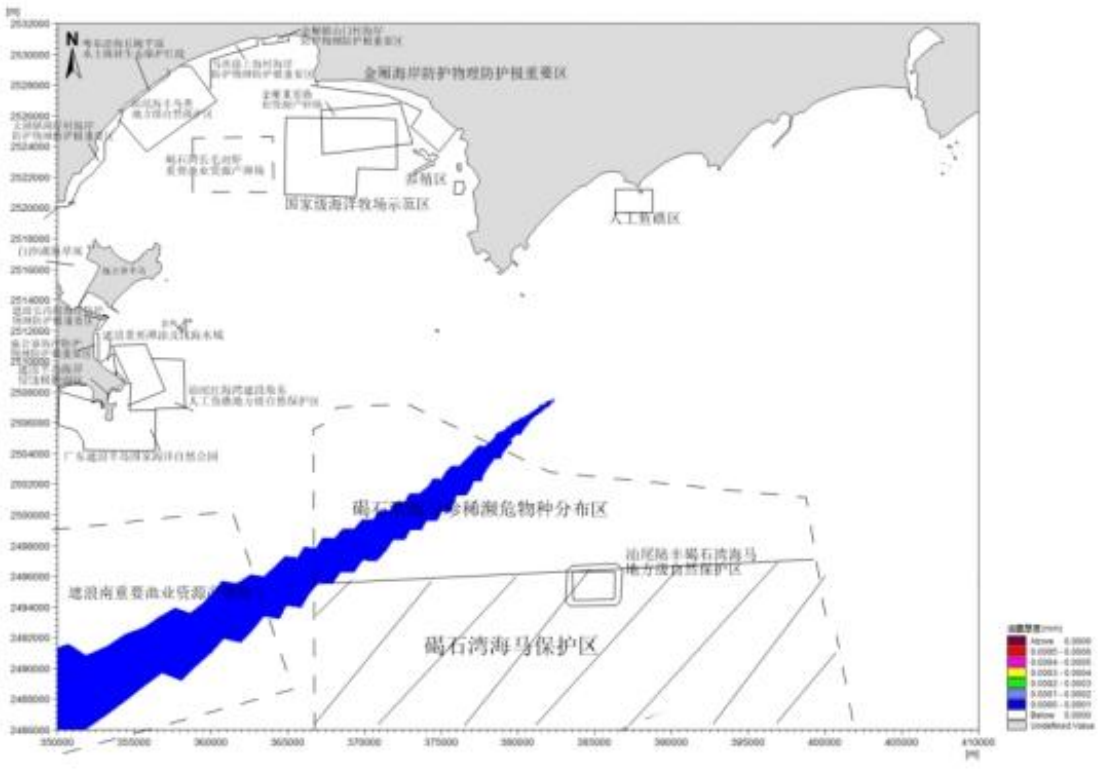


图 8.5.2-8　工况 8 溢油扫海范围（72 时）（大潮落初，NE，13.8m/s）

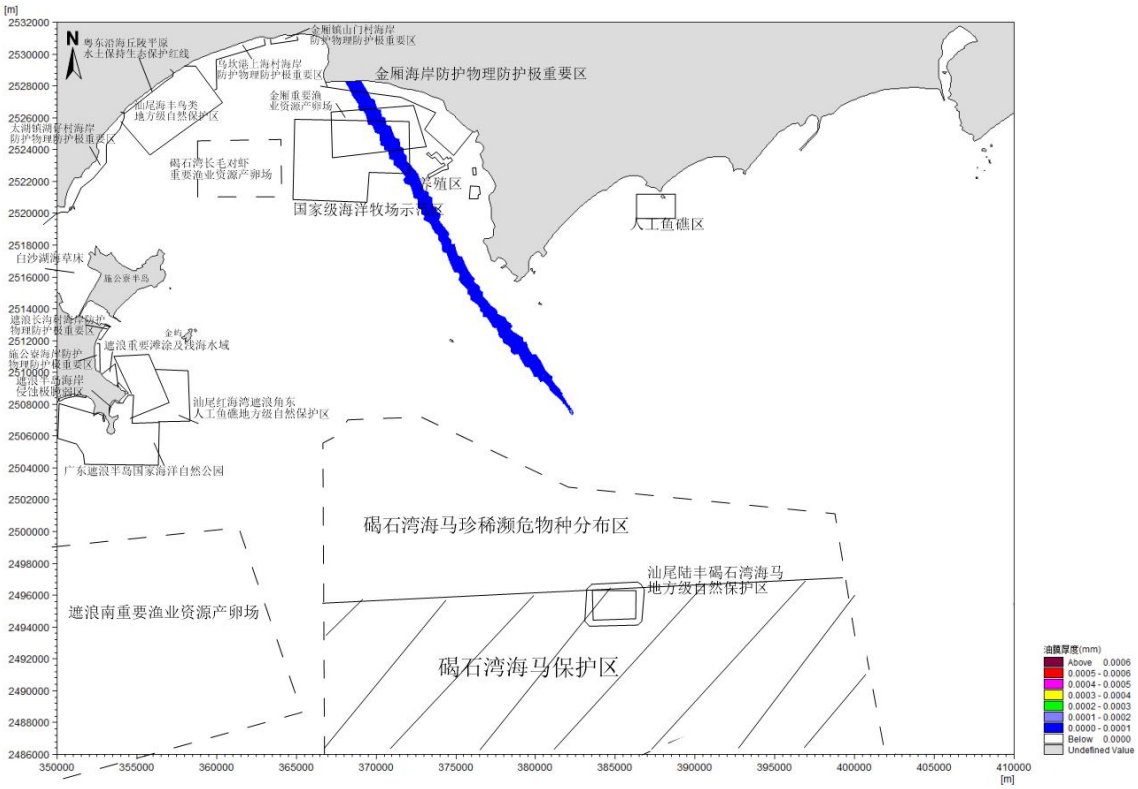


图 8.5.4-9　工况 9 溢油扫海范围（72 时）（大潮涨初，SE，13.8m/s）

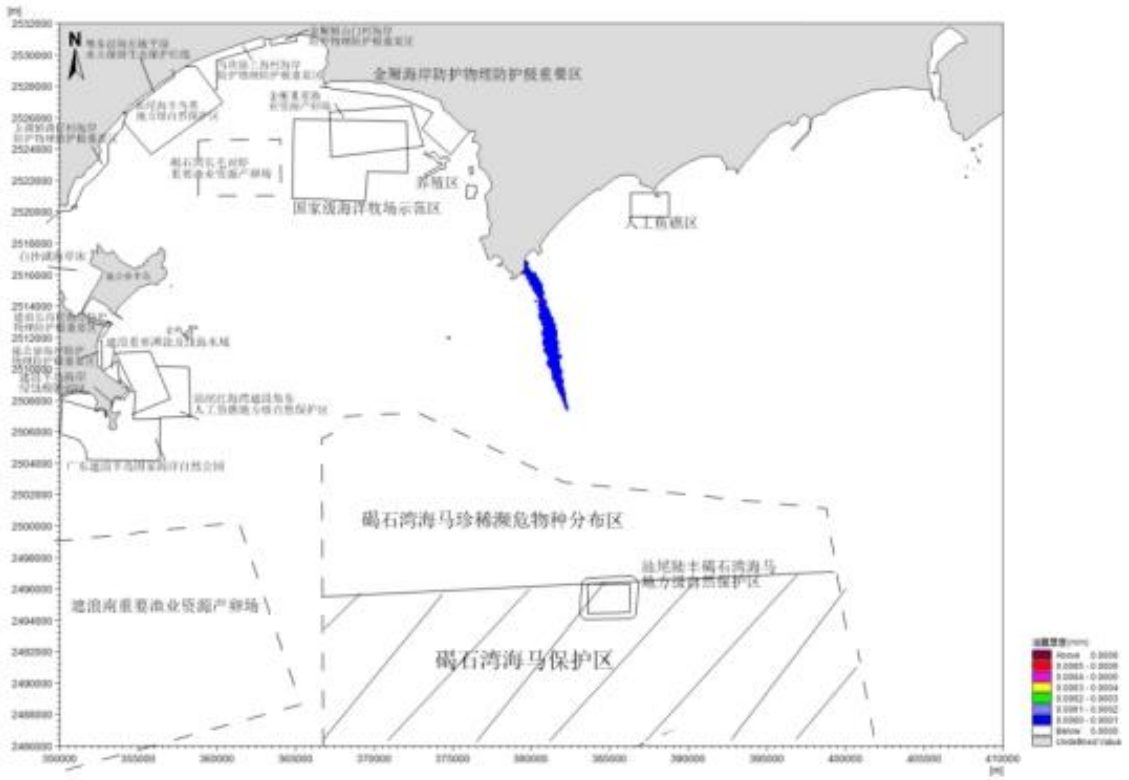


图 8.5.4-10　工况 10 溢油扫海范围（72 时）（大潮落初，SE，13.8m/s）

8.5.5溢油环境影响分析

8.5.5.1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，那些对污染抵抗性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，由于做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。

8.5.5.2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。

8.5.5.3溢油对环境敏感区的影响分析

（1）对碣石湾海马珍稀濒危物种分布区、汕尾市碣石湾海马资源市级自然保护区的影响分析

由数值模拟结果可知，在风险工况1（风速为6.6m/s、ENE风向、大潮涨潮）、风险工况7（风速为13.8m/s、NE风向、大潮涨潮）、风险工况8（风速为13.8m/s、NE风向、大潮落潮）的预测工况条件下，若船舶在项目区内发生溢油，则发生溢油后约分别于7.0h、3.1h、3.4h油膜会扩散至项目附近的碣石湾海马珍稀濒危物种分布区，风险工况8（风速为13.8m/s、NE风向、大潮落潮）的预测工况条件下，发生溢油后约9.7h溢油油膜会扩散至汕尾碣石湾海马资源市级自然保护区。

（2）对重要渔业产卵场的影响分析

由数值模拟结果可知，在风险工况 7（风速为 13.8m/s、NE 风向、大潮涨初）、风险工况 8（风速为 13.8m/s、NE 风向、大潮落初）的预测工况条件下，若船舶在项目区内发生溢油，发生溢油后分别约 9.6h、12.0h 左右油膜会扩散至遮浪南重要渔业资源产卵场，风险工况 9（风速为 13.8m/s、SE 风向、大潮初潮）的预测工况条件下，发生溢油后 5.3h 左右油膜会扩散至金厢重要渔业资源产卵场。

不同的油类对鱼类的毒性效应也不同，如胜利原油对鲻鱼幼体、真鲷仔鱼、哈牙鲆仔鱼的 96 小时半致死浓度分别为 6.5、1.0 和 1.6mg/L；20#燃料油对黑鲷的 96 小时半致死浓度为 2.34mg/L。事故性溢油一旦发生，在其扩散区内，海水中的石油

经浓度将大大超过鱼卵、仔鱼的安全浓度（一般安全浓度为96小时的半致死浓度的十分之一），对浮性卵和漂浮的仔鱼造成严重伤害。如果溢油发生在鱼类的繁殖季节，那么对鱼卵、仔鱼的伤害程度则更为严重。

相对于鱼卵和仔稚鱼而言，溢油事故对成体鱼类的影响相对较小，主要是由于大量油在海水表面以漂浮形态存在，而大多数鱼类是在中层和底层水中生活。另外，许多上层和中层鱼能逃避黑色油块，底层鱼凭视觉和嗅觉尽量不和下沉的油块接触。一般来说，如果溢油事故发生在开阔水域，鱼类伤害程度轻；若发生在半封闭或水体交换不良的水域，鱼类受损害程度重。

（3）对广东省陆丰金厢南海域国家级海洋牧场示范区的影响分析

由数值模拟结果可知，在风险工况9（风速为13.8m/s、SE风向、大潮初潮）的预测工况条件下，发生溢油5.2h左右油膜会扩散至国家级海洋牧场示范区。

石油溢漏入海后形成的乳化油颗粒小，可吸附于鱼类的腮上，形成“黑腮”，导致鱼虾呼吸障碍而死亡。石油类对鱼类的化学毒害方面主要表现在通过鱼鳃呼吸、代谢、体表渗透和生物链传递逐渐富集于生物体内，导致对鱼类的毒性和中毒反映。

（4）对汕尾红海湾遮浪角东人工鱼礁地方级自然保护区

由数值模拟结果可知，在风险工况3（大潮涨初，ENE，6.6m/s）和风险工况2（大潮涨初，ENE，6.6m/s）的预测条件下，发生溢油后油膜分别于26.6h、30.4h左右抵至汕尾红海湾遮浪角东人工鱼礁地方级自然保护区。

石油溢漏入海后形成的乳化油颗粒小，可吸附于鱼类的腮上，形成“黑腮”，导致鱼虾呼吸障碍而死亡。石油类对鱼类的化学毒害方面主要表现在通过鱼鳃呼吸、代谢、体表渗透和生物链传递逐渐富集于生物体内，导致对鱼类的毒性和中毒反映。

（5）对海岸防护物理防护极重要区的影响分析

1）对金厢海岸防护物理防护极重要区的影响分析

由数值模拟结果可知，在风险工况9（风速为13.8m/s、SE风向、大潮初潮）的预测工况条件下，发生溢油6.4h左右油膜抵至金厢海岸防护物理防护极重要区。

2）大湖镇湖仔村海岸防护物理防护极重要区的影响分析

由数值模拟结果可知，在风险工况3（大潮涨初，E，6.6m/s）和风险工况4（大潮落初，E,6.6m/s）的预测条件下，发生溢油后油膜分别于43.1h、41.7h左右抵至大湖镇湖仔村海岸防护物理防护极重要区。

3）对遮浪半岛海岸侵蚀极脆弱区的影响分析

由数值模拟结果可知，在风险工况 3（大潮涨初，ENE，6.6m/s）和风险工况 2（大潮涨初，ENE，6.6m/s）的预测条件下，发生溢油后油膜分别于 32.7h、36.6h 左右抵至遮浪半岛海岸侵蚀极脆弱区。

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。

由前述影响分析结果可知，由于本项目若发生溢油，可能会漂浮至碣石湾海马珍稀濒危物种分布区、汕尾碣石湾海马资源市级自然保护区、遮浪南重要渔业资源产卵场，国家级海洋牧场示范区、海岸防护物理防护极重要区，若不采取有效措施，油膜将抵至上述环境敏感区。油污染海洋水环境给敏感区带来的损害是多方面的，首先污染能引起当时水域的鱼虾回避或引起鱼类死亡，使渔场破坏，造成养殖场捕捞渔获量的直接减产，其次表现为产值损失，即由于商业水产品的品质下降及市场供求关系的改变，将导致市场价格下降。另外，油品泄露事故发生的时间和位置不同，渔业损失相当悬殊。如果油污染发生在产卵盛期和污染区正处于产卵中心，因鱼类早期生命发育阶段的胚胎和仔鱼是整个生命周期中对各种污染物最为敏感的阶段，油污染使产卵成活率低、孵化仔鱼的畸形率和死亡率高，所以能影响种群资源延续，造成资源补充量明显下降。发生溢油事故对航道的影响主要为发生溢油时，抢险除油船舶等的投入，将增加附近航道的通航密度，从而对航道的通航环境、通航安全产生一定的影响。

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。

8.6 船舶倾覆、船舶自沉环境风险分析及风险防范措施

8.6.1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；正确估量周边环境中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。

8.6.2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重大影响，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。

船员安全意识不强主要体现在船员的安全意识淡薄、责任心不强、思想麻痹、心存侥幸或以想当然的态度对船舶实施操纵。

船员业务技能差主要表现在业务素质差和心理素质差两个方面。从船舶自沉事故调查报告中，我们看到许多船员受教育程度不高，有的没有接受系统的、正规的航海知识教育和培训，有的存在小证开大船，甚至存在买证、租证和无证驾驶等严重情况，船员的业务素质势必不能达到适任的要求。

船员的心理素质差体现在当船舶遇到紧迫局面或异常情况时，船员应急能力差，惊慌失措，既不能运用良好的船艺，也不能采取果断有效的手段避免事故发生或减少事故的损失，而是盲目地采取措施或以消极的方式坐等事故的发生。

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，水分渗移而形成液态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态化货物设计的，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。

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。故项目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台。

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。

8.7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。建议施工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。

8.8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、方浪预案处置，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。

8.9溢油环境风险防范措施和应急预案

8.9.1溢油风险防范措施

8.9.1.1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。防止海上溢油扩散常见措施见表 8.6-1 所示。

表 8.6-1 海上溢油防止扩散措施

措施类别	措施内容
围油栅及撇油设备	帘式、围墙式拦油栅
活塞膜化学药剂	化学药剂迅速扩散围住漏油周边，把油推向集油设备
喷洒油聚集剂硫磺	直升机喷洒
药剂反应捕提	喷洒聚异氰酸酯和聚酰胺，与油产生聚合物，形成胶冻，防止油扩散
空气帘	空气通入穿孔水龙带或管道，组成气泡屏障

8.9.1.2两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 CB22-05 区块海砂作业船舶碰撞溢油事故的概率大 7.2×10^{-3} 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 2.0m，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）委托专业警戒公司：同时采砂作业期间，建议委托专业的警戒公司进行警戒，签订相关的警戒协议。当发现有采砂船、运砂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）因两个区块船舶数量共 30 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运砂船，避免空载运砂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业主单位（汕尾市自然资源局）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。

8.9.1.3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。运砂船不应在未经批准的装卸海砂码头、浮吊船进行装卸。

（2）运砂船应依法报告运输的有关情况，从事海上运砂活动的运砂船必须经批准后方可进行运输海砂。

（3）禁止运砂船超航区作业，禁止超载运输海砂。运砂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）运砂船必须按照《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）运砂船应通过船舶检验，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。禁止运砂船私自加装、改造用于卸砂等用途的装置和构造；禁止运砂船私自加高货舱舱口围板、卸除舱口盖。

（6）禁止运砂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。

8.9.2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当船舶在码头前沿溢油时，在事故码头周围布设一道或多道围油栏进行围控。如果发生汽油等易燃油品泄漏时，还应增设防火围油栏，调用消防船待命，采取防火与防爆措施。

②船舶在锚地、航道上溢油时，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。

③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。

④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。

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的区域时，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。

8.9.3应急预案

8.9.3.1 本项目应急预案

风险事故发生后，能否迅速而有效地作出应急反应，对于控制污染，减少污染损失以及消除污染等都起着关键性的作用。为使本工程对于一旦发生的溢油事故能快速作出反应，最大限度地减少事故污染对工程海域的灾害性损失，海砂开采单位应建立应付突发性事故的抢险指挥系统，组织制定一份可操作的风险应急行动计划，定期进行演习。

（1）应急计划区

本工程应急计划区主要为采砂区及运输路线沿线。应急事件包括船舶碰撞、倾翻等突发性海上溢油事故。

（2）应急指挥组织

项目公司成立船舶污染预防及事故应急指挥部（以下简称应急指挥部），下设运行监督办公室，负责风电场日常运行安全监管及船舶污染事故上报、应急反应、支持保障和善后处理等工作。运行监督办公室设在项目公司中控室，应急指挥部应服从汕尾海事局。

应急指挥部按各自职责设立溢油应急处置小组：通信组、工艺组、溢油清理组、

现场救护组、警戒组、后勤保障组、防火组、油污处理组。各小组主要职责包括：

通信组：负责应急指挥与事故现场的通信联络，确保应急救援指令的下达和现场各种信息的反馈及通信的畅通。

工艺组：及时关闭相关阀门，控制溢油源，防止事故进一步扩大。

溢油清理组：做好溢油堵截围控工作，回收泄漏油品，对溢油现场进行清理。

现场救护组：做好伤病员的接受和医疗，提供现场进行救护等。

警戒组：保持交通畅通，注意现场警戒，实行隔离，注意溢油漂移动向，并及时向指挥部报告。

后勤保障组：提供应急所需的器材、材料及生活用品，保障应急电力供给，负责应急设备的维修。

防火组：防止火灾发生，一旦发生火灾立即实施灭火应急计划。

油污处理组：负责处置油污物的工作，防止二次污染。

应急响应通知程序当船舶发生碰撞导致油泄漏事故时，应及时向应急值班报告，同时向海事主管部门汇报。并立即将事故简要报告上级主管领导、生产指挥系统，通知当地公安、消防部门、环保部门和港监部门。

（3）应急通讯系统

项目所具备的现代化通讯设备，能够满足溢油应急通讯的需要，无须另行设置新的专门通讯系统。

（4）预警和报告

运行监督办公室应通过监视系统及时收集掌握在采砂区海域发生的船舶污染事故信息，发现或接报污染事故后立即向应急指挥中心报告，通知应急指挥部的成员到达事故现场。总指挥到达事故现场后，立即成立现场指挥部，总指挥根据现场情况预测可能造成的后果和污染危害程度、紧急程度、发展事态，判断环境污染事件危险性，将预警信息向汕尾市处置船舶污染水域事故应急指挥部逐级上报，由安全指挥中心确定预警等级。

预警信息包括突发事故的类别、起始时间、可能影响范围、警示事项、应采取的措施和发布机关。预警信息的发布、调整和接触可通过广播、电视、报刊、通信、信息网络、警报器等方式进行。

特别重大或者重大突发事故发生后，要立即报告，通报有关地区和部门，应急处置过程中，要及时续报有关情况。

运行监督办公室在中控室监视发现污染事故发生后应立即向应急指挥部报告，由应急指挥部向汕尾市处置船舶污染水域事故应急指挥部报告，最多不超过 5 分钟。报告内容应包括：发现污染事故的时间、地点，船名，污染物品名，污染范围，当时海况等。

同时应急指挥部通知项目周边的企业单位进行应急准备，调配其应急设施。

（5）应急响应及行动

船舶溢油污染事故发生后，应急处置中心应在第一时间获取事故的相关信息，并立即向海事局水上安全指挥中心、海上搜救中心或防汛指挥中心报告，应急决策部门根据事件信息和监测数据，开展应急评估，进行综合分析，确定应急等级。根据海上船舶污染事故专项应急预案及海上管理相关文件确定应急响应等级。

应急决策部门在确定应急响应等级后，立即实施相应的应急计划，迅速开展具体的应急行动，包括人员组织和应急处置资源调配、现场的控制和清理、水上交通管制、应急监测、信息公开发布等。风险事故应急反应程序如图 8.9-1。

（6）应急措施程序

一旦船舶发生碰撞造成燃油泄漏时，要及时在泄漏点四周布设围油栏，用最快的办法将船舱内的油品用泵输送、转移到另一艘油船中去。当溢油发生后，应根据溢出量的大小、油的扩散方向、气象以及海况条件，迅速估算出围油方向和面积，缩小围圈，用吸油船最大限度地回收流失的油，然后加消油剂进行分散乳化处理，破坏油膜，减轻其对海域的污染。组织织抢险队和救护队迅速奔赴现场，抢救伤员，同时采取防止事故蔓延或扩大的措施。在现场领导小组的统一组织指挥下，按照制定的抢修方案和安全技术措施，周密组织，分工负责，在确保安全的前提下进行抢修。有关回收油和油污废弃物处置的方案，具体处置方法和技术可参照《南海海区溢油应急计划附件 G》执行。

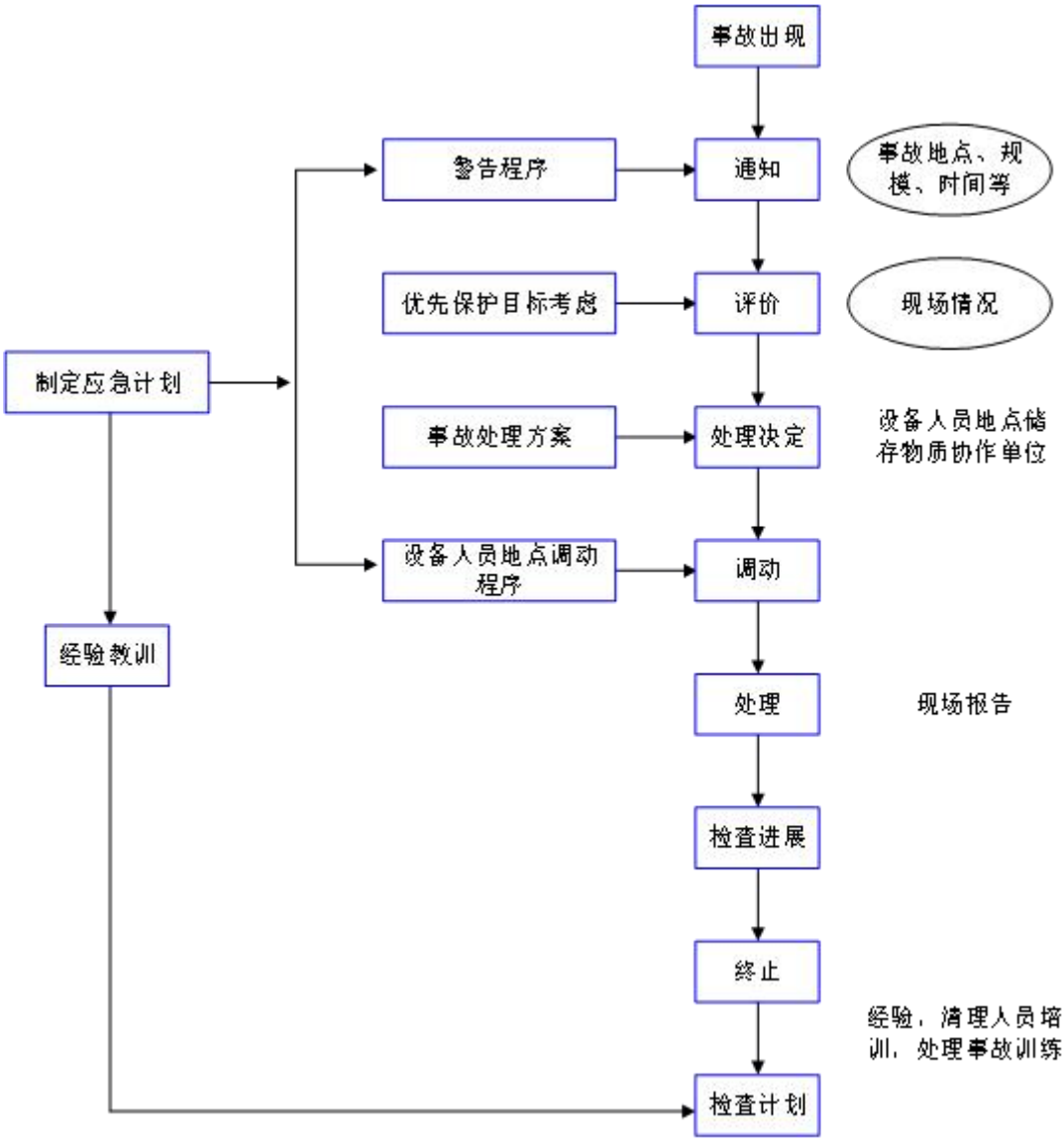


图 8.9-1 风险事故应急反应程序

（7）应急器材设备

由于项目离岸较远，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）从事非散货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：即建议本项目采砂船配备吸油毡0.5t，溢油分散剂0.2t，临时储存容器0.4~1m^3，同时配备钩杆、轻便喷洒装置、人员防护装备等，见表8.9-1以便能够及时应对溢油风险以及跑、冒、滴、漏油等大概率事件发生。

建议海砂开采单位应该与有资质的溢油应急单位签订应急服务合同，确保项目发生溢油时，防治溢油污染工作船能在现场及时处理溢油事故。

表 8.9-1（a） 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 8.9-2（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	750kg	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	

8.9.3.2 两个采砂区应急联动

（1）区域联防工作原则

应以整合资源，协同应对为原则：建立和完善区域联防，各采砂单位现有应急资源，实行区域联防，实现资源、信息的有机整合，形成统一指挥、反应迅速、协调有序、运转高效的区域联防联动机制。

（2）建议各采砂单位成立联合应急指挥中心

两个采砂区块联合应急指挥中心前期工作可由业主单位（汕尾市自然资源局）牵头统一协调，待后续两个采砂区全部出让后，两个区块成立联合应急指挥中心统一指挥应急救援相关事宜。联合应急指挥中心及各采砂单位要根据预警信息，按照各自职责分工，有针对性地做好预防和应急救助准备。通知相关部门（单位）做好物资准备工作，启动应急联动机制，做好物资调运以及启动应急响应的各项准备工作；在应急响应期间负责传达和贯彻应急指挥中心的指令，具有应急值守、信息汇总和综合协调的职能。

①建议由联合应急指挥中心负责组织制定联防预案，整合应急救援资源。

②建立联防区涉砂船舶信息共享。

③协调制定联防区全年活动计划，并组织实施。

④联合应急指挥中心要组织编制预防、应急等知识宣传资料，积极开展海上安全知识宣传工作，及时向各采砂单位公布海上险情应急预案信息。

⑤根据联防预案，联合应急指挥中心各成员单位要结合各自的实际情况，定期开展有关海上险情应急知识的宣传普及活动和必要的应急演练，加强相关单位和人员的专业知识、应急技能和安全知识培训。组织各采砂单位熟悉各单位船舶行驶路线和救援物资情况，并开展演练。演练在不同采砂单位轮流进行。

（3）联防预案启动

①当其中某一采砂区发生事故，立刻向联合应急指挥中心汇报，由指挥中心向其他采砂单位进行通报。

②本联防区某一采砂区应急力量不足时，由联合应急指挥中心指挥其它联防区力量增援。

③区域联防现场应急指挥以事故发生的采砂单位为主，增援力量到场后接受统一指挥。

④联防单位按照最佳船舶行驶路线增援事故单位，具体参照联防区制定的路线行驶。

（4）应急保障措施

①通讯与信息保障

联防区各采砂单位保证随时能够取得联系，值班电话保证 24 小时有人值守。各有关方面要充分利用现代技术手段，增进信息互通、资源共享。

②应急人力资源保障

联防区各采砂单位根据实际，加强联合应急培训，提高联合应急救援水平。

③应急装备物资保障

联防区各采砂单位按照各自应急预案配备应急救援器材及设备，可随时投入联合应急救援。

8.9.3.3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。

根据《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），本预案适用于发生在汕尾市辖区水域内的，以及发生在汕尾市辖区水域外，造成或可能造成辖区水域污染损害的船舶污染事故和险情的应急处置工作。

（1）汕尾市处置船舶污染事故应急指挥部

成立汕尾市处置船舶污染事故应急指挥部（以下简称市应急指挥部），在市委、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。各成员单位根据应急响应级别，按照市应急指挥部的统一部署和各自职责，做好船舶污染事故及其次生、衍生事故的应急处置工作。

（2）市应急指挥部办公室

市应急指挥部办公室的日常工作由市海上搜救分中心办公室承担，设在汕尾海事局，办公室主任由汕尾海事局分管副局长兼任。

（3）县（市、区）处置船舶污染事故应急指挥机构

各县（市、区）政府根据本预案结合实际，建立健全应急指挥机构，制定应急预案应对船舶污染事故，做好船舶污染事故的应急处置工作。

（4）现场应急指挥机构

船舶污染事故发生后，市应急指挥部指派事故发生地政府、汕尾海事局和参加现场应急处置主要单位负责人成立现场指挥部，统一指挥事故现场应急处置工作。现场指挥部指挥长和副指挥长由市应急指挥部指派。现场指挥部的主要职责包括：

全面收集船舶污染事故信息，及时报告市应急指挥部；执行市应急指挥部各项指令，实施具体应急行动；组织开展污染物的转移、围控、清除和处置等工作，做好工作记录并及时总结和上报工作进展；合理调配抵达现场的各类资源，同时报告需要获得增援的应急物资情况；为参与应急处置的队伍和人员提供安全保障和必要的工作条件；及时根据应急行动进展情况对应急行动效果进行评估，提出改进措施，

保障应急行动高效进行。

（5）专家咨询组

成立市船舶污染事故应急专家咨询组。专家咨询组由海事、应急管理、生态环境、海洋、渔业、气象、卫生健康、消防等部门，以及航运、造船、法律、石油化工等行业推荐的专家、专业人员组成，为事故防治对策、应急反应、清污效果和污染损害评估、索赔和赔偿等提供咨询。

（6）应急救援队伍

应急救援队伍由政府和社会应急救援队伍组成。政府专业应急救援队伍包括成员单位应急队伍、消防救援队伍、化学品应急队伍、卫生医疗应急队伍、驻汕部队等；社会应急救援队伍包括船舶污染清除单位、石油化工企业、港航企业应急力量和志愿者等。

（7）运行机制

①监控预警：船舶污染监控、预警发布、预警行动

其中区域协作：当船舶污染事故超出本市应急处置能力时，市应急指挥部应及时请求广东省海上搜救中心协调区域协作。

②应急处置：信息报告、预测评估、分级响应、处置措施、处置措施、社会动员、区域协作、应急终止

③信息发布：船舶污染事故信息的发布工作，由市应急指挥部会同相关单位在市委宣传部指导下实施，及时向社会公众发布事故等有关信息，把握新闻舆论动向。

④后期处置

（8）应急保障

物资保障、队伍保障、交通保障、医疗保障、资金保障、技术保障

（9）监督管理

①预案演练：市应急指挥部办公室每两年至少组织一次应急演练和评估，必要时及时组织演练，以提高应急预案的科学性和可行性，提高应急处置人员防范和处置突发事件的技能，增强实战能力。

②宣教培训：市应急指挥部办公室组织开展船舶污染事故预防、避险、自救、互救常识及相关法律、法规的宣传工作，普及船舶污染事故应急处置知识，建立健全船舶污染事故应急管理培训制度，定期开展培训工作。各有关单位要结合各自实际情况，定期开展有关船舶污染事故应急知识的宣传普及活动，加强相关人员专业

知识、应急技能和安全知识培训。

③责任与奖惩：对在船舶污染事故应急处置工作中贡献突出的单位和个人，应依据有关规定给予表扬。对失职、渎职的有关责任人，应根据有关规定严肃追究责任，涉嫌犯罪的，移交司法部门处理。

表 8.9-2　辖区企业溢油应急防备物资储备表

序号	设备名称	型号	单位	数量	存放地点
一	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	
二	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	
三	陆丰宝丽华新能源有限公司				
1	吸油毡	PP-2	吨	1	甲湖湾电厂码头仓库
2	PVC 围油栏	WGV1100	米	1200	
3	收油网	SW3	套	1	
4	环保型消油剂	GM2	吨	0.5	
四	广东万聪船舶修造有限公司				
1	围油拦	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	
五	汕尾市东洲港投资有限公司				
1	围油拦	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	
六	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	

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，以及突发事故的应急救援奠定了坚实的基础。

8.10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，年

回淤厚度在 0.52m 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 30°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）对本项目造成的生物资源损失进行生态补偿，缴纳补偿费，并采取增殖放流的方式减少生态损失。

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。

闭矿后三年内，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 14.3 节，同时进行渔业资源增殖放流。

8.11 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，落实海事部分相关要求。

9 总量控制

总量控制是指控制和调整特定地区污染物的排放总量，使其不超特定地区环境目标值的情况下该地区所能够接受的纳污量；在符合国家和地方各种有关法律、法规的前提下，要求该地区内的各污染源控制各自的污染物排放总量，以实现这一地区范围内的总量控制目标。实行污染物总量控制是强化环境管理、实现区域环境质量标准的有效办法。将总量控制分析纳入环境影响评价中，将使对单个污染项目的评价和管理转变为对功能区和整个城市或区域环境质量的评价和管理，将使环境管理思想从点源微观管理向区域宏观管理进行转变，从而使环境影响评价制度在环境管理中发挥更大的作用。

9.1污染物总量控制原则

实施污染物排放总量控制是保证实现环境保护总体目标的需要。为了实现环境保护总体目标，必须严格控制污染物排放总量。

对污染物排放总量进行控制的原则是，将给定区域内污染源的污染物排放负荷控制在一定数量之内，使环境质量可以达到规定的环境目标。污染物总量控制 方案的确定，在考虑污染物种类、污染源影响范围、区域环境质量、环境功能以 及环境管理要求等因素的基础上，结合项目实际条件和控制措施的经济技术可行 性进行，提出污染物总量控制思路：

（1）按管理部门批准的区域进行施工作业。

（2）采用全方位总量控制思想，引进先进技术，实现清洁生产，降低污染物的排放水平，实现达标排放。

（3）满足地方环境管理要求，参照区域总量控制规划，使项目造成的环境影响低于项目所在地区的环境保护目标控制水平。

9.2污染物总量控制方法

总量控制分析应以当地环境容量为基础，以增加的污染物排放量不影响当地环境保护目标的实现、不对周围地区环境造成有害影响为原则。确定某个项目的

污染物总量控制指标，一般来说，应按照下面的方法来判断：

（1）所在地区的环境保护目标控制值和污染物环境本底值。

（2）有关部门给出的污染物排放量分配值。

（3）项目需要控制的污染物排放浓度和排放量。

9.3污染物总量控制建议

纳入总量控制指标为化学需氧量、氨氮。 本项目为海砂开采项目，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上岸后交给有能力的单位进行处理，船舶生活污水可在满足《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的要求的前提下排放，若不满足标准排放要求则需统一收集上岸后由接收单位收运处理。因此，本项目不推荐设置水污染物排放总量控制指标。

10 清洁生产与环境保护措施

10.1清洁生产分析

10.1.1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。

10.1.2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运砂船，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。射流抽吸式采砂船通过溢流管道溢流回海面以下 2.0m，有利于悬浮物沉降。

本项目采用采砂船与运砂船分离，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管道溢流回海面以下 2.0m 对水质的影响。项目作业船舶所产生的生活污水、固体废弃物及含油污水将收集上岸由有处理能力的单位进行统一收集上岸进行处理，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。

10.1.3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 10.1.3-1。

表 10.1.3-1　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，待开采海域矿体 V1 盖层厚度变化介于 15.70~18.90m 之间，矿体 V2 盖层介于 25.80~45.80m，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。

10.1.4 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。船舶产生的含油污水中含石油类，这部分污染物按照要求不允许直接排入海水中，需带回陆地交由有处理能力单位进行处理后达标排放。这种处置方式符合节能减排的要求。

10.1.5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。

10.2污染防治措施

10.2.1采砂作业及船舶污染防治措施

10.2.1.1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 2.0m 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 782 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（30°）以内的矿体不得开采，采砂船应以 60°以上的角度插入矿层，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）在采砂前对所有的采砂设备，尤其是砂仓进行严格检查，发现有可能泄漏污染物的必须先修理后才能开始采砂。

（6）在采砂过程中应做好采砂设备和运砂船的日常维修和检查工作，保持采砂设备和运砂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。

（7）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；运砂船装载量不得过量，当运砂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。

（8）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。

（9）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。

（10）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，对采砂船和运砂船的等进行检查和维修。

10.2.1.2船舶污染防治措施

（1）海上作业船舶生活污水可在满足《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的要求的前提下排放，若不满足标准排放要求则需经船舶上的生活污水收集设施收集上岸后，由接收单位收运处理。

（2）采砂船舶和运输船舶必须配备舱底含油污水收集设施，定期将船舶产生的舱底含油污水收集上岸后，委托有能力的单位收运处理，禁止直接排放入海。

（3）严禁施工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。

（4）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。

（5）采砂船舶和运输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。

（6）采砂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。

（7）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。

10.2.2采砂过程中岸滩稳定性防护措施

本工程为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 7.3.3 节，同时报告提出海砂开采期间和开采结束后 3 年进行跟踪监测，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 30°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。

闭矿后三年内，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 14.3 节。

10.2.3 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 CB22-06 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和决策之中，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）运砂船装载量不得过量，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运砂船发生倾覆或海砂外溢。

（10）严格管控海砂开采时间，底栖生物、鱼类的产卵期、浮游动物的快速生长期及鱼卵、仔鱼、幼鱼的高密度季节（3-8 月）适当降低采砂时间，建议敏感期降低月采砂时间，敏感期采砂时间降至为 15 天/月，同时降低日采砂时间，敏感期采砂时间降至为 10 小时/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。

10.2.4海洋生态保护措施

10.2.4.1 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，非敏感期采砂量应控制在 5.2 万 m^3/d，敏感期采砂量应控制在 3.2 万 m^3/d。

（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）降低在幼鱼幼虾保护区期（3-7 月）的采砂强度，敏感期每天采砂时间降至 10 小时，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 10.2.3 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。

（7）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，采砂单位应采取增殖放流等一系列生态补偿措施对海洋生物资源的损失进行补偿。建议采砂单位按照本报告海洋生态损失的计算结果，对受损的海洋生态环境作出补偿，在当地渔业行政主管部门的指导下，于珠海-潮州近海农渔业区或者周边的其他农渔业区采取人工增殖流放的生态修复措施，促进海洋生态环境的恢复。

（8）海砂开采实行动态监测制度，以分析海砂开采对海洋资源、生态环境、海洋设施以及海底地形变化等影响，并依据污染状况调整作业方案，如改变采砂强度等。

10.2.4.2 采砂期珍稀水生生物保护措施

（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）运砂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、海龟的关注度、责任感和法律意识。

（3）为减轻项目海砂开采过程悬浮泥沙中对海马生境的影响，采砂期间严格控制采砂范围，严禁超总量开采，采取流泄水排放通过海面下 2.0m 左右的溢流口溢流回采砂区，可将项目采砂过程可能对海马的影响降至最低。

10.2.4.3海洋生态补偿措施

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程（SC/T 9110-2007）》，本项目造成的生态资源损失主要包括底栖生物和渔业资源的损失，造成的生态损失总赔偿额约为 5877.02 万元，纳入本项目的环保投资。

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》，采砂单位是涉渔工程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。渔业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。渔业部门要对保护和补偿措施落实情况进行监督管理，组织开展技术审查和调查评估，所需相关费用应纳入补偿资金。

渔业部门可根据实际情况和工作需要，进一步创新方式方法，开展探索性研究与实践，为更好的开展水生生物资源补偿积累经验。在确保补偿资金使用规范的前提下，可对流域性的水生生物资源保护和补偿措施进行统筹；对水生生物和水域生态环境影响较大的工程建设，保护和补偿措施可以采用渔民退补、执法监管能力建设等相结合。

本项目生态修复方案建议结合汕尾市沿岸海域实际情况和生态保护要求，推荐多样化的生态补偿修复建议，包括：资源增殖放流、人工鱼礁建设、底播增殖、岸滩清理整治、海洋环境监测、岸线生态修复、海草床生态系统修复、渔民退补以及执法监管能力建设等。具体补偿方案与渔业等主管部门协商确定。

根据近年来的采砂项目招拍挂情况，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，补偿资金由海砂中标单位缴入市财政，生态补偿措施由市政府指定相关主管部门牵头组织实施。

10.2.5通航安全保障措施

考虑到本采砂项目在作业期间，会长期占用运砂船频繁进出采砂区与用砂施工点，对通航和交通安全会造成一定影响，本项目结合《汕尾市管辖海域 CB22-05 区块海砂开采出让前期工作通航安全影响研究报告（报批稿）》，建议采取如下通航安全保障措施。

表 10.2-1　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警告才能正式进场作业	
	采砂船和运砂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。
运砂船交通安全	严格按海事部门的相关规定运营，严禁运砂船超载	
	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	①台风到来前，需派遣船舶和人员到拟选择的避风点进行实地调查，了解锚泊区域情况，部分防台锚地有统筹组织，需要提前申请预定，确认好防台锚地后，与当地海事部门联系，确保防台锚地的可用性。 ②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。 ③海砂开采单位应该密切关注气象

		情况，若波高高于 2m、风力高于 6 级、能见度小于 1000m 时，停止作业
	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	
	运砂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	

10.2.6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作业船的船舶废气，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。

10.2.7 噪声污染防治措施

海砂开采的噪声主要来自采砂船、运砂船等作业船舶。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。

10.2.8 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，可就地排海回填砂坑。

10.2.9海砂开采管理措施

（1）实行《海砂来源证明单》制度

参考《广东省海砂开采监督管理办法》（征求意见稿）（以最终公示稿为准）、水利部、交通运输部《关于推行河道砂石采运管理单制度的通知》（水河湖〔2023〕5 号）提出以下管理措施：

在本省管辖海域内运输海砂应当持有《海砂来源证明单》。禁止装运非法开采的海砂。《海砂来源证明单》由省自然资源主管部门统一制作式样，包括海砂来源地、运输工具名称、装运时间、装卸地点、海砂数量、过驳点和有效期限等内容。《海砂来源证明单》分纸质管理单、电子管理单两种形式，采用纸质管理单的，应当采用适当的防伪标志，纸质管理单一式四联，采砂单位、运砂单位、接收单位、监管部门各持一联。采用电子管理单的，由省级自然资源主管部门会同省海洋综合执法总队、广东省海事局等有关主管部门建设海采运管理信息系统，统一平台、授权登录、分级审核。先行采用纸质管理单的，可结合实际逐步向电子管理单过渡。

（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，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)、以及《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。

10.3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。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 10.3-1 所示。

表 10.3-1　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，经位于水下以下 2.0m 左右的溢流口溢流回采砂区
污水处理	船舶生活污水	船舶生活污水可在满足《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的要求的前提下排放，若不满足标准排放要求则需经船舶上的生活污水收集设施收集上岸后，由接收单位拉运处理。
	舱底含油废水	由含油污水收集设施收集上岸后，由有处理能力的单位接收处理
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	回填采砂坑
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
	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（30°）以内的矿体不得开采，采砂船应以 60°以上的角度插入矿层，以形成坡度较缓的边坡
	合理规划采砂工期	鱼类资源产卵期、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	海龟、白海豚：发现有海龟、白海豚立即停止施工，驱逐出作业海域，待海龟离去后再施工。加强对施工人员的环保意识培养。 海马：严格控制采砂范围，严禁超总量开采，采砂期间采取流泄水排放通过海面以下约 2.0m左右溢流口溢流回采砂区。
	生态损失补偿	建议结合汕尾市沿岸海域生态保护要求，推荐多样化的生态补偿修复建议，包括：资源增殖放流、人工鱼礁建设、底播增殖、岸滩清理整治、海洋环境监测、岸线生

		态修复、海草床生态系统修复、渔民退补以及执法监管能力建设等。具体补偿方案与渔业等主管部门协商确定
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、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。
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

11 海砂开采量控制

11.1开采方式的控制

根据《广东省汕尾市管辖海域 CB22-05 矿区回填用海砂资源储量核实报告》（汕尾市自然资源局，2023 年 7 月），此次勘查基本查明了 CB22-05 矿区内矿石量（含泥）2581.92×10^4 m^3，含砂率 80.20%，海砂量 2070.81×10^4 m^3。其中控制性矿石量 2295.71×10^4 m^3，海砂量 1843.72×10^4 m^3；推断性矿石量 286.21×10^4 m^3，海砂量 227.09×10^4 m^3。根据《广东省汕尾市管辖海域 CB22-05 矿区回填用海砂矿产资源开发利用方案》（汕尾市自然资源局，2023 年 8 月），采砂区可采出的海砂原矿量约为 2097.26×$10^4$$m^3$。

本项目拟采用 5 艘工作效率为 800m^3/h 的射流抽吸式采砂船进行作业，非敏感期每天最大开采量为 5.2×$10^4$$m^3$。另外，在南海幼鱼、幼虾保护区保护期和鱼类产卵、繁殖等快速生长期（3 至 8 月）内，降低采砂强度，敏感期每天采砂时间降至 10 小时，敏感期采砂强度为 3.2×$10^4$$m^3$/d。本项目控制开采方式如下：

表 11.1-1　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 2.0m 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
		过滤的杂物和石块回填采砂坑	修复采砂坑
采砂船型	控制作业船舶数量、船型	5 艘工作效率为 800m^3/h 射流式吸砂船配 10 艘 5000m^3 过驳船	根据采砂船数量合理配置运砂船，提高运砂船作业效率的同时，降低交通量
		每艘采砂船的采砂效率控制在相应工作效率内	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	保证施工船舶排污、设备配

		使用的船舶检验证书必须在有效期内	备、设施安全等达标

11.2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、日平均开采量、月平均开采量、年开采控制总量、开采年限等控制指标，具体见表 11.2-1。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 11.2-1）中规定的日最大开采量、日平均开采量、月最大开采量、月平均开采量、年开采控制总量、开采年限等指标进行海砂开采。

表 11.2-1　海砂开采目标控制一览表

控制参数		控制量	控制条件
日开采量	日最大开采量	$5.2\times10^4m^3/d$	5 艘采砂船，作业 16 时/天，9 月-次年2 月
	日平均开采量	$4.2\times10^4m^3/d$	年作业天算数平均按 185 天
月开采量	月平均开采量	$65.2\times10^4m^3/月$	1 月-12 月算数平均值
敏感期控制开采量	日最大开采量	$3.2\times10^4m^3/d$	开采强度降至 10 时/天，5 艘船作业，3 月-8 月
开采总量	年开采量	$782\times10^4m^3$	以 5 艘船开采 185 天计
	资源总储存量	10^4m^3	2581.92
	控制总开采量	10^4m^3	2097.26
开采范围	采砂区范围	212.0019	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		2.68 年	矿区实际开采年限

12 环境经济损益分析

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是评价项目的社会、经济、环境损益。

12.1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

12.2社会效益分析

（1）有效缓解建设用砂的供需矛盾，促进地区社会经济发展

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，导致目前市场的建设用砂供不应求，供需矛盾十分突出。

拟申请海砂开采项目位于汕尾市陆丰海域，砂源储藏相对集中，水路运输畅通便捷，开发利用的价值较高，本项目在不超过环境承受能力的条件下，合理合法开采海砂，为广东省其他重大项目的提供海砂，可促进广东省重大项目的建设，促进区域的经济社会发展。

（2）有利于缓解海洋执法管理压力，实现国家海砂资源所有权

目前，由于全国地区海砂需求量大，供需矛盾突出，经常有非法采砂船，其采砂秩序混乱，严重扰乱海上安全并造成社会资源无序开发，增加了海洋执法监督部门的执法成本和压力。本采砂区的出让，有利于进一步规划海砂开采活动，可以对非法采砂活动有效遏制，对加强采砂管理、保护航道、保护水利设施和海上设施起到积极的推动作用。

另外，国家作为海洋资源的所有者，加强海砂开采管理，规范海砂资源制度，并按照规定收取海域使用金，既有利于实现国家在海洋资源领域的所有权，又有利于海洋资源效益最大化和可持续利用的实现。

（3）有利于引导海砂产业持续健康发展

海砂是一种普通又难于替代的建筑材料。随着经济的发展，城乡建设、交通和水利等基础设施建设都需要大量海砂。在不影响生态环境得前提下，适当划出部分海域作为采砂区，有利于规范海砂开采秩序，从而为实现合理配置海砂资源、提高资源利用效率，引导海砂市场规范化运营有重要意义。

（4）增加就业机会

本项目的建设不仅可以促进汕尾地区的经济发展，间接地创造许多就业机会，而且项目本身也可以提供一定数量的就业，可在一定程度上维护社会稳定、减轻社会就业压力、提高居民生活水平。

综上所述，本项目建设能够产生明显的社会效益。

12.3经济效益分析

近年来，由于广东省经济的迅速发展，海砂的需求量有增无减。而且从去年开始广东省响应中央、国务院号召，配合陆续出台积极的“扩内需，促发展”的有关政策，特别是加快了广东省的建设步伐。目前市场上的砂量需求很大的。

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。

12.4环境保护投资估算

项目用于环境保护的投资主要包括环境管理和监测生态补偿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，结果见表 12.4-1。本项目主要环保工程投资估计约 7232.02 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 12.4-1 本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）
施工期环境监理	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）	150
施工期环境监测（含闭矿 3 年跟踪监测）	掌握施工期污染物排放状况，为施工管理提供依据	详见监测计划	260
生态补偿	补偿施工期造成的生态损失	建议主要采取增殖放流等生态补偿措施	5877.02
船舶油污水接收处理	施工船舶产生的生活污水、油污水	由有资质单位接收处理	10
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	10
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	100
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，减少风险事故的省	15
声环境污染防治	加强船舶维护管理	对船舶保养和维护	10
预留	不可预见费（事故状态下的环境跟踪监测费和其他未列入本表的环保投资费用）		800
合计			7232.02

备注：本评价环保投资为估算，具体以市场行为为准。

12.5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。经估算本项目采砂造成的底栖生物损失量约为 3.038t，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 3.038t;；鱼卵的损失量 7.116×10^8 粒、仔稚鱼的损失量 2.400×10^8 尾；游泳生物(鱼类)的损失量为 21286.357kg。

依据《规程》的规定，占用海洋水域的生物资源损害补偿，占用年限低于 3 年的，按照 3 年补偿；本项目按 3 年进行补偿计算。本项目的建设需作出生态补偿的总金额为 5877.02 万元。

（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。

12.6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经济效益，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。

13 海洋工程环境可行性

13.1与《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》的符合性

13.1.1项目所在海域海洋功能区划

根据《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》，本项目所在的海洋功能区为珠海－潮州近海农渔业区，周边海域（评价范围内）的海洋功能区有：田尾山工业与城镇用海区、田尾山-石碑山农渔业区、碣石近海海洋保护区、碣石湾农渔业区。项目与各功能区的位置关系详见图 13.1.1-1 及表 13.1.1-1，海洋功能区登记表见表 13.1.1-2。

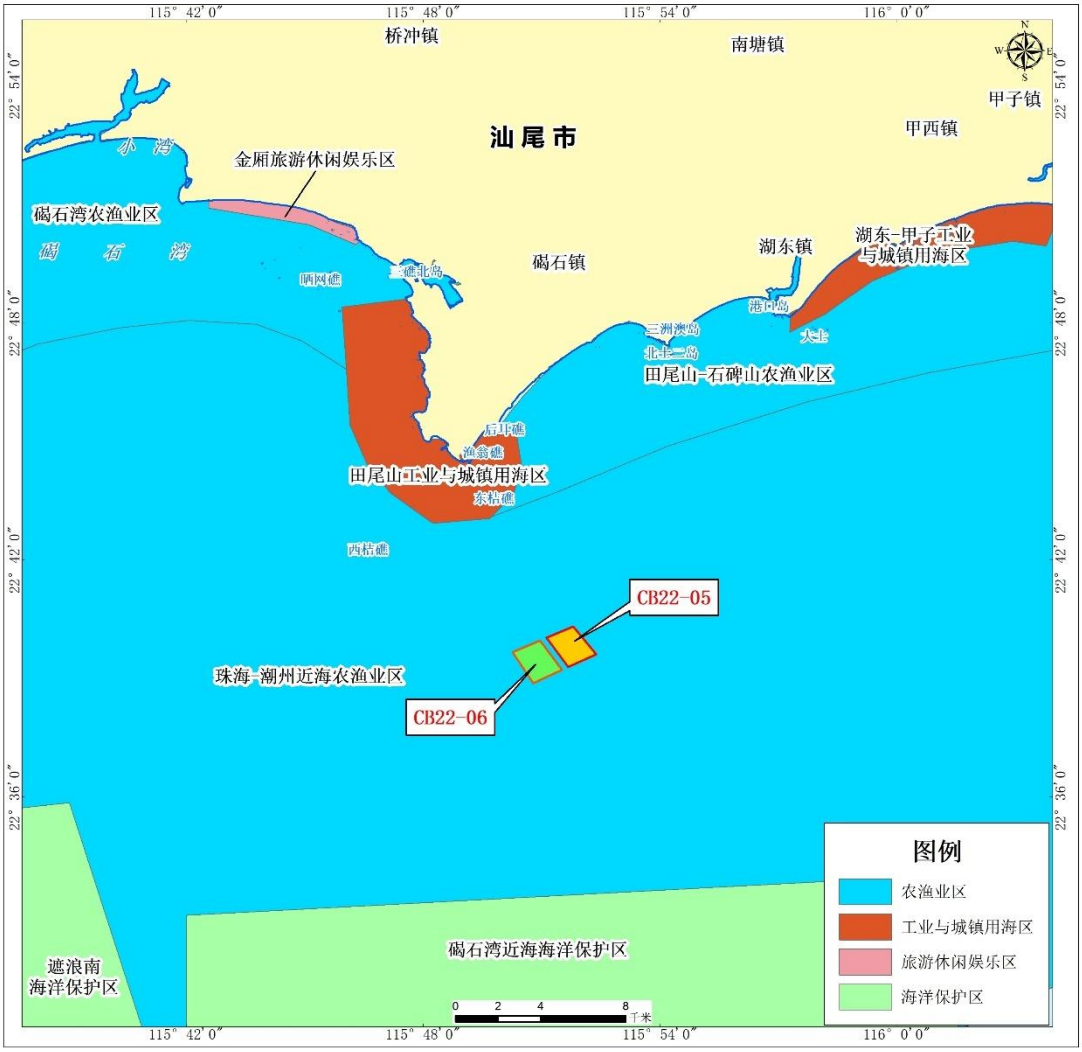


图 13.1.1-1 项目所在海域及周边海域海洋功能区分布示意图

表 13.1.1-1 项目周围海域海洋功能区分布状况

序号	功能区名称	面积（公顷）	相适宜的用海类型	与本项目相对最近直线距离
1	珠海-潮州近海农渔业区	1272845	渔业用海	占用
2	田尾山工业与城镇用海区	4183	工业与城镇用海	北侧，约 6.1km
3	田尾山-石碑山农渔业区	44281	农渔业区	东北侧，约 6.1km
4	碣石湾近海海洋保护区	48115	海洋保护区	南侧，约 10.6km
5	碣石湾农渔业区	17434	渔业用海	西北侧，约 15.3km

表 13.1.1-2 项目周边海洋功能区登记表

代码	功能区名称	地理范围（东经、北纬）	功能区类型	面积（公顷） 岸段长度（米）	管理要求	
					海域使用管理	海洋环境保护
B1-2	珠海一潮州近海农渔业区	东至：117°31′36″ 西至：114°26′02″ 南至：21°49′34″ 北至：23°35′10″	农渔业区	1272845	1. 相适宜的海域使用类型为渔业用海； 2. 禁止炸岛等破坏性活动； 3. 40 米等深线向岸一侧实行凭证捕捞制度，维持渔业生产秩序； 4. 经过严格论证，保障交通运输、旅游、核电、海洋能、矿产、倾废、海底管线及保护区等用海需求； 5. 优先保障军事用海需求。	1.保护重要渔业品种的产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道； 2.执行海水水质一类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准。
A1-17	田尾山-石碑山农渔业区	东至:116°30′23″ 西至:115°49′43″ 南至:22°43′05″ 北至:22°59′33″	农渔业区	44281 12833	1. 相适宜的海域使用类型为渔业用海； 2. 严格保护石碑山角领海基点； 3. 保障神泉渔港、澳角渔港、甲子渔港、 湖东渔港、深水网箱养殖、人工鱼礁用海 需求，保障防灾减灾体系建设用海需求； 4. 适当保障后湖、石碑山角等旅游娱乐用 海求； 5. 适当保障港口航运用海需求； 6. 经严格论证后，适当保障海上风电用海 需求； 7. 严禁在曲清河、瀛江、隆江等河口海域 围填海，维护防洪纳潮功能，维持航道畅 通； 8. 合理控制养殖规模和密度； 9. 保障国防安全用海需求。	1. 保护甲子屿、港寮湾礁盘生态系 统，保护龙虾、鲍、蚝、海龟、海胆 等重要渔业品种； 2. 严格控制养殖自身污染和水体富 营养化，防止外来物种入侵； 3. 加强渔港环境污染治理，生产废 水、生活污水须达标排海； 4. 执行海水水质二类标准、海洋沉积 物质量一类标准和海洋生物质量一类标准
A1-16	碣石湾农渔业区	东至:115°49′00″ 西至:115°31′21″ 南至:22°45′11″ 北至:22°54′24″	农渔业区	17434 91757	1.相适宜的海域使用类型为渔业用海； 2.保障金厢渔港、碣石渔港、人工鱼礁用海需求； 3.保留海马洲旅游区、乌坎港区、金厢港区的用海； 4.经过严格论证，保障核电等工业发展的用海需求； 5.严格控制螺河河口海域、乌坎港、碣石渔港的围	1.保护碣石湾生态环境； 2.保护鲍、海马等重要渔业品种； 3.严格控制养殖自身污染和水体富营养化，防止外来物种入侵； 4.加强渔港环境污染治理，生产废水、生活污水须达标排海；

代码	功能区名称	地理范围（东经、北纬）	功能区类型	面积（公顷） 岸段长度（米）	管理要求	
					海域使用管理	海洋环境保护
					填海； 6.合理控制养殖规模和密度； 7.维护河口海域防洪纳潮功能，维持航道畅通。	5.执行海水水质二类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准。
A3-26	田尾山工业与城镇用海区	东至:115°50′30″ 西至:115°45′56″ 南至:22°42′55″ 北至:22°48′35″	工业与城镇用海区	4183 15382	1.相适宜的海域使用类型为造地工程用海、工业用海； 2.保障核电用海需求，在基本功能未利用前，保留浅海增养殖等渔业用海； 3.适当保障港口航运用海需求； 4.围填海须严格论证，优化围填海平面布局，节约集约利用海域资源； 5.工程建设及营运期间采取有效措施降低对周边功能区的影响； 6. 加强对围填海、温排水的动态监测和监管。	1.加强海洋环境监测，建立完善的应急体系； 2.基本功能未利用前，执行海水水质二类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准； 3.工程建设期间及建设完成后，执行海水水质三类标准、海洋沉积物质量二类标准和海洋生物质量二类标准。
B6-32	碣石湾近海海洋保护区	东至:116°01′33″ 西至:115°42′00″ 南至:22°21′15″ 北至:22°34′00″	海洋保护区	48115	1.相适宜的海域使用类型为特殊用海； 2.按照国家关于海洋环境保护以及自然保护区管理的法律、法规和标准进行管理。	1. 保护海马及其生境； 2. 执行海水水质一类标准、海洋沉积 物质量一类标准和海洋生物质量一 类标准。

注：引自《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》（2012 年）

13.1.2与广东省海洋功能区划的符合性分析

由图 13.1.1-1 可知，本项目位于珠海－潮州近海农渔业区，项目与《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》的符合性见表 13.1.2-1。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，不会影响珠海－潮州近海农渔业区的海域使用用途。海砂开采位置已经经过严格论证，无需占用航道、海底管线、保护区和军事等用海，不会影响交通运输、旅游、核电、海洋能、矿产、倾废、海底管线、保护区和军事等用海需求。

本项目海砂开采过程将对项目所在海洋功能区的生态环境产生一定的影响，为了将项目可能对鱼类“三场一通道”产生的影响降至最低，项目每年的 3-8 月拟降低采砂强度，以保护重要渔业品种的产卵、繁殖等。同时，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 2.0m 左右的溢流口，溢流回采砂区，施工船舶含油污水拟收集上岸交由有处理能力的单位处理，船舶生活污水可在满足《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的要求的前提下排放，若不满足标准排放要求则需收集上岸后，由接收单位收运处理，禁止排放入海；施工期拟对项目所在海域进行跟踪监测，同时项目也将对造成的海洋生态损失及时进行补偿，则可将项目可能造成的海洋环境影响降至最低。经采取一定的污染防护措施和生态环境保护措施后，项目的建设符合项目所在海洋功能区的环境保护要求。

由前述分析结果可知，本项目与评价范围内的碣石湾近海海洋保护区等功能区的距离均较远，项目对附近海洋功能区可能产生的影响较小。综合分析，本项目的建设符合《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》。

表 13.1.2-1　项目用海与功能区划的符合性分析一览表

功能区名称	管理要求		符合性分析	是否符合
珠海－潮州近海农渔业区	海域使用管理	1.相适宜的海域使用类型为渔业用海；	本项目为海砂开采项目，不在海上建设永久水工构筑物，不会影响渔业用海。	不冲突
		2.禁止炸岛等破坏性活动；	本项目没有炸岛行为。	符合
		3. 40 米等深线向岸一侧实行凭证捕捞制度，维持渔业生产秩序；	本项目不涉及捕捞活动。	符合

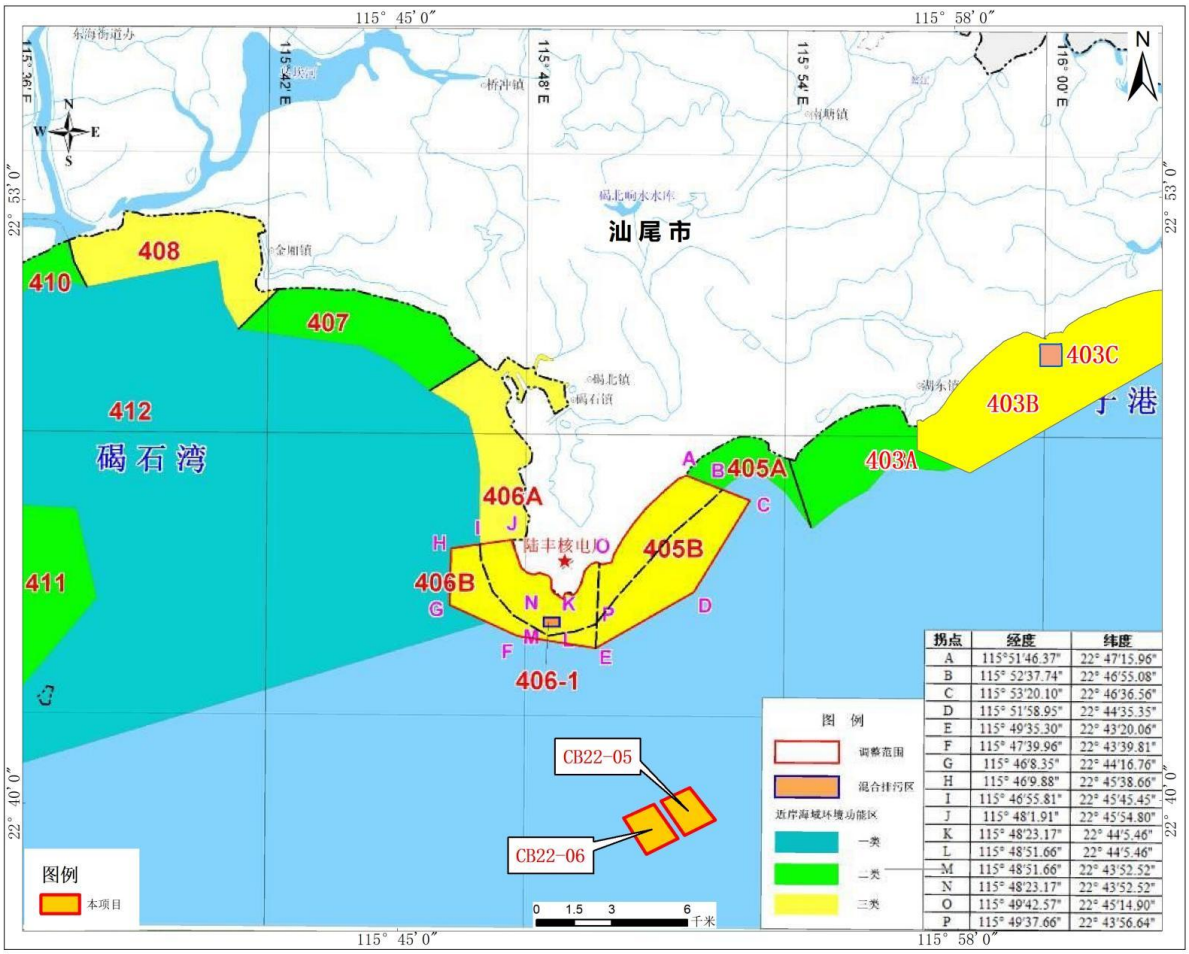
		4. 经过严格论证，保障交通运输、旅游、核电、海洋能、矿产、倾废、海底管线及保护区等用海需求；	本项目为海砂矿产开采项目，开采位置已征求了各相关部门的意见， 并根据各部门意见对选址进行优化， 无需占用航道、海底管线、保护区等用海，不会影响交通运输、旅游、核电、海洋能、矿产、倾废、海底管线、保护区等用海需求。	符合
		5. 优先保障军事用海需求。	本项目不会占用军事用海范围。	符合
	海洋环境保护	1.保护重要渔业品种的产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道； 2.执行海水水质一类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准。	1.为将项目可能对鱼类“三场一通道”产生的影响降至最低，项目每年的 3 月－8 月拟降低采砂强度，必要时停止采砂，保护重要渔业品种的产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道。 2.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 2.0m 左右的溢流口，溢流回采砂区，施工船舶含油污水统一收集上岸交由有处理能力的单位收运处理，船舶生活污水可在满足《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的要求的前提下排放，若不满足标准排放要求则需收集上岸后，由接收单位收运处理；在施工期对项目所在海域进行跟踪监测，同时项目也应对造成的海洋生态损失进行补偿，将项目可能造成的海洋环境影响降至最低。	符合

13.2与《广东省近岸海域环境功能区划》的符合性分析

根据汕尾市近岸海域环境功能区划图（图 13.2-1），项目不在近岸海域功能区划范围内，距离近岸海域相对较远，为避免项目海砂开采过程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，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 2.0m 左右的溢流口，溢流回采砂区，施工船舶含油

污水收集上岸交由有处理能力的单位处理，船舶生活污水可在满足《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的要求的前提下排放，若不满足标准排放要求则需收集上岸后，由接收单位收运处理，禁止排放入海；施工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。

本项目属于海砂开采项目，要求 3 年之内完成开采计划，对近岸海域环境功能区划的影响是暂时的，且项目海砂开采采取一定的污染防护措施和生态环境保护措施，项目的建设符合《广东省近岸海域环境功能区划》。



拐点	经度	纬度
A	115°51'46.37"	22° 47'15.96"
B	115° 52'37.74"	22° 46'55.08"
C	115° 53'20.10"	22° 46'36.56"
D	115° 51'58.95"	22° 44'35.35"
E	115° 49'35.30"	22° 43'20.06"
F	115° 47'39.96"	22° 43'39.81"
G	115° 46'8.35"	22° 44'16.76"
H	115° 46'9.88"	22° 45'38.66"
I	115° 46'55.81"	22° 45'45.45"
J	115° 48'1.91"	22° 45'54.80"
K	115° 48'23.17"	22° 44'5.46"
L	115° 48'51.66"	22° 44'5.46"
M	115° 48'51.66"	22° 43'52.52"
N	115° 48'23.17"	22° 43'52.52"
O	115° 49'42.57"	22° 45'14.90"
P	115° 49'37.66"	22° 43'56.64"

图 13.2-1 汕尾市近岸海域功能区划

13.3与《广东省海洋主体功能区规划》的符合性分析

2017 年 12 月，广东省人民政府正式批复《广东省海洋主体功能区规划》，广东省海洋主体功能区按开发内容可分为产业与城镇建设、农渔业生产、生态环境服务三种功能。依据主体功能，将海洋空间划分为优化开发区域、重点开发区域、限制开发区域和禁止开发区域。

本项目位于限制开发区域中的海洋渔业保障区，（图 13.3-1）。根据《广东省海洋主体功能区规划》。限制开发区可在科学分析资源环境承载力基础上，选择沿海部分地区实施点状开发，控制开发强度。科学推进徐闻粤海通道、阳江核电、惠东核电、陆丰核电，以及阳江海洋经济特色产业基地等产业项目和园区建设。推进徐闻、碧甲港、南澳港等港口建设，强化与枢纽港的融合，提供区域服务能力。

本项目为海砂开采项目，项目在科学勘探、分析资源环境承载力基础上确定开发利用方案，也将控制开采强度，确保项目的实施不会对海域资源环境造成明显的不良影响。此外，本项目的建设可为当地建设项目提供海砂，保障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，本项目的建设符合《广东省海洋主体功能区规划》的要求。

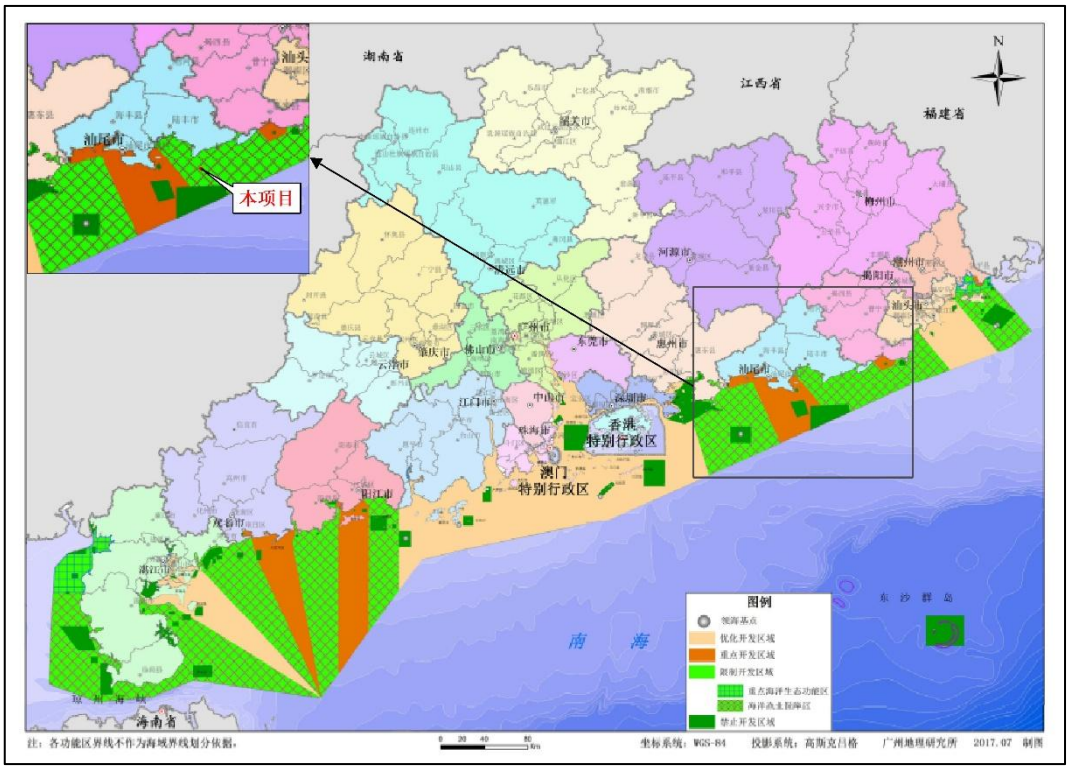


图 13.3-1 项目所在海洋主体功能区划

13.4与广东省“三区三线”的符合性分析

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》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，仅允许以下对生态功能不造成破坏的有限人为活动，主要包括以下几个方面：

1.管护巡护、保护执法、科学研究、调查监测、测绘导航、防灾减灾救灾、军事国防、疫情防控等活动及相关的必要设施修筑。2.原住居民和其他合法权益主体，允许在不扩大现有建设用地、用海用岛、耕地、水产养殖规模和放牧强度（符合草畜平衡管理规定）的前提下，开展种植、放牧、捕捞、养殖（不包括投礁型海洋牧场、围海养殖）等活动，修筑生产生活设施。3.经依法批准的考古调查发掘、古生物化石调查发掘、标本采集和文物保护活动。4.按规定对人工商品林进行抚育采伐，或以提升森林质量、优化栖息地、建设生物防火隔离带等为目的的树种更新，依法开展的竹林采伐经营。5.不破坏生态功能的适度参观旅游、科普宣教及符合相关规划的配套性服务设施和相关的必要公共设施建设及维护。6.必须且无法避让、符合县级以上国土空间规划的线性基础设施、通讯和防洪、供水设施建设和船舶航行、航道疏浚清淤等活动；已有的合法水利、交通运输等设施运行维护改造。7.地质调查与矿产资源勘查开采。包括：基础地质调查和战略性矿产资源远景调查等公益性工作；铀矿勘查开采活动，可办理矿业权登记；已依法设立的油气探矿权继续勘查活动，可办理探矿权延续、变更（不含扩大勘查区块范围）、保留、注销，当发现可供开采油气资源并探明储量时，可将开采拟占用的地表或海域范围依照国家相关规定调出生态保护红线；已依法设立的油气采矿权不扩大用地用海范围，继续开采，可办理采矿权延续、变更（不含扩大矿区范围）、注销；已依法设立的矿泉水和地热采矿权，在不超出已经核定的生产规模、不新增生产设施的前提下继续开采，可办理采矿权延续、变更（不含扩大矿区范围）、注销；已依法设立和新立铬、铜、镍、锂、钴、锆、钾盐、（中）重稀土矿等战略性矿产探矿权开展勘查活动，可办

理探矿权登记，因国家战略需要开展开采活动的，可办理采矿权登记。上述勘查开采活动，应落实减缓生态环境影响措施，严格执行绿色勘查、开采及矿山环境生态修复相关要求。8.依据县级以上国土空间规划和生态保护修复专项规划开展的生态修复。9.根据我国相关法律法规和与邻国签署的国界管理制度协定（条约）开展的边界边境通视道清理以及界务工程的修建、维护和拆除工作。10.法律法规规定允许的其他人为活动。

根据表 13.4-1 项目与周边海洋生态红线（2022 年版“三区三线”划定成果）位置关系与图 13.4-1 项目周边海洋生态红线（2022 年版“三区三线”划定成果）分布情况可知，项目没有位于广东省“三区三线”划定的海洋生态红线区内。

表 13.4-1 项目与周边海洋生态红线（2022 年版广东省“三区三线”划定成果）位置关系

序号	项目周边生态保护红线	与本项目的位置关系、最近距离
1	碣石湾海马珍稀濒危物种分布区	南侧，约 5.4km
2	汕尾陆丰碣石湾海马地方级自然保护区	南侧，约 10.1km

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 5.4km 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。

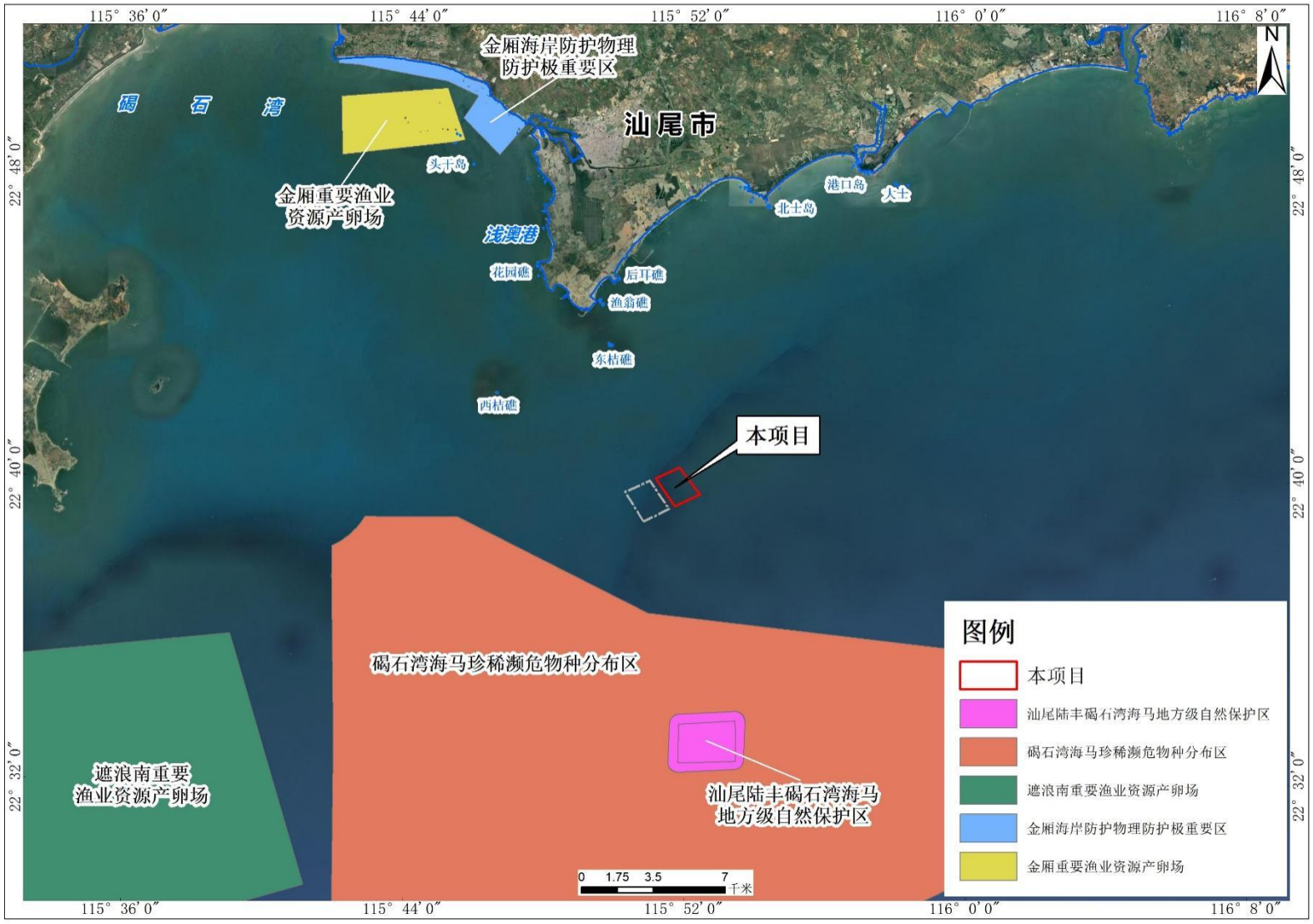


图 13.4-1 项目周边海洋生态红线（2022 年版“三区三线”划定成果）叠加示意图

13.5项目与“三线一单”的符合性分析

13.5.1广东省“三线一单”生态环境分区管控方案

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（以下简称“省三线一单”）。

13.5.1.1与生态保护红线及一般生产空间符合性分析

根据“省三线一单”的要求，环境管控单元分为优先保护、重点管控和一般管控单元三类。全省共划定海域环境管控单元471个，其中优先保护单元279个，为海洋生态保护红线；重点管控单元125个，主要为用于拓展工业与城镇发展空间、开发利用港口航运资源、矿产能源资源的海域和现状劣四类海水海域；一般管控单元67个，为优先保护单元、重点管控单元以外的海域。

本项目位于广东汕尾市田尾角东南侧海域，位于广东省环境管控单元中的一般管控单元，具体位置见图13.5.1-1。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体管控要求。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。根据“三区三线”成果，项目采砂场址没有位于海洋生态红线内，不占用大陆自然岸线保有，与大陆自然岸线的距离均较远，采砂活动不会改变大陆自然岸线的自然属性和生态功能，对大陆自然岸线保有没有影响。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。

项目施工期用海风险主要有船舶通航风险、船舶溢油风险自然灾害如雷击、台风、风暴潮等风险，以及意外事故风险，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系统有一定影响，但项目没有大规模、高强度的工业和城镇建设，建设成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，项目用海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，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。

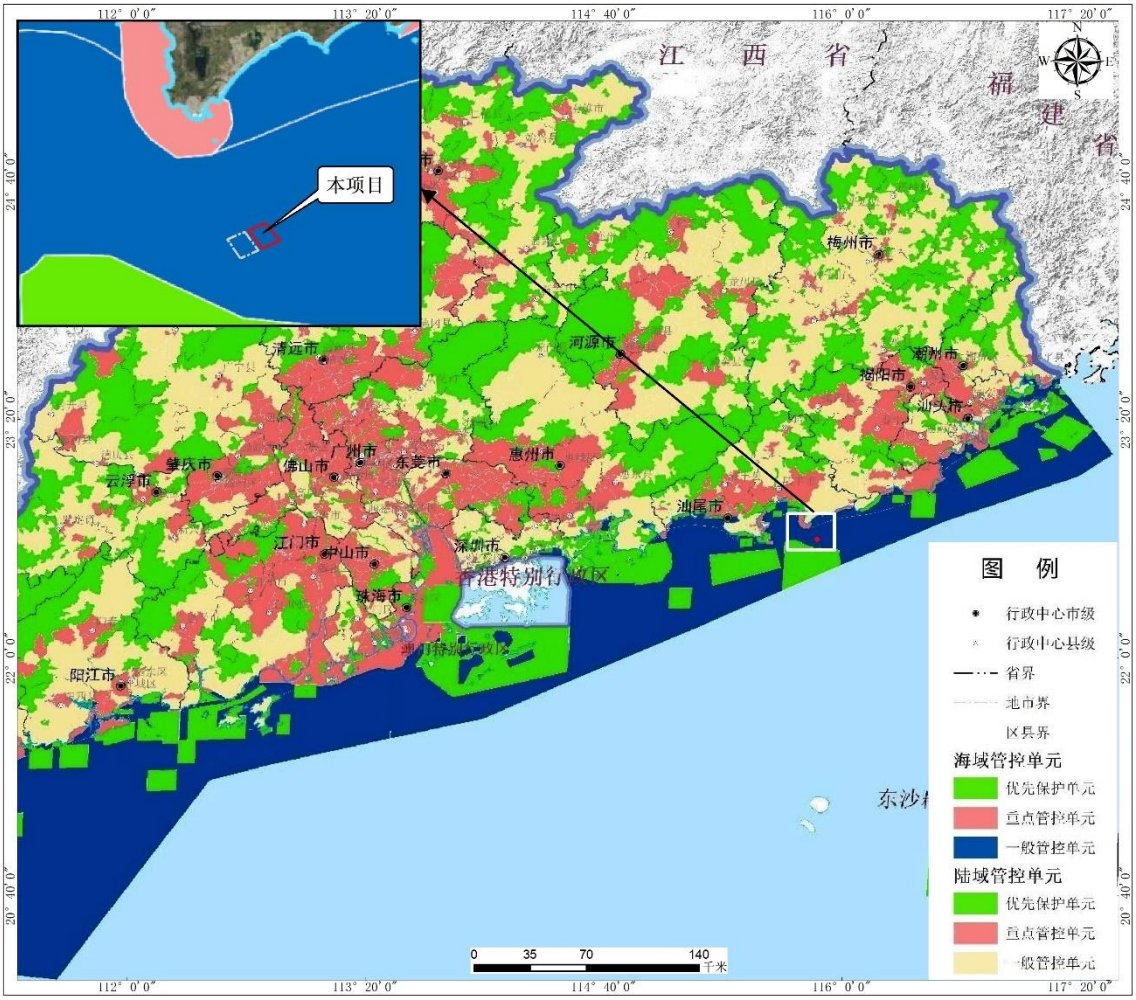


图 13.5.1-1 本项目位置与广东省环境管控单元叠图

13.5.1.2与环境质量底线符合性分析

本调查海域所有调查因子均符合相应功能区环境质量标准要求，其他各项调查指标均满足调查海域执行的海水水质标准要求。本次调查沉积物所有站位均执行海洋沉积物质量第一类标准。从平面分布上来看，海水水质与离岸距离有直接相关性，主要可能与陆域生活污染源的输入有关。

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收集上岸后，由有处理能力的单位接收处理；船舶生活污水可在满足《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的要求的前提下排放，若不满足标准排放要求则需经船舶上的生活污水收集设施收集上岸后，由接收单位收运处理。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，只要建设方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。

13.5.1.3资源利用上线

本项目拟申请海砂开采区位于汕尾市陆丰市田尾角东南侧海域。调查区海砂的矿物组成主要为石英，长石次之，此外还有泥石、碳酸盐、岩屑、绢云母、白云母、黑云母等矿物，其中石英含量（石英占轻矿物的质量百分比）在 80.36%~93.18%之间，长石含量（长石占轻矿物的质量百分比）在 3.99%~10.28%之间，重矿物含量（重矿物质量占分析质量的百分比）在 0.03%~0.22%之间，全区加权后平均含泥量 19.80%。

根据《广东省汕尾市陆丰海域 CB22-05 矿区回填用海砂资源储量核实报告》（汕尾市自然资源局，2023 年 7 月），此次勘查基本查明了 CB22-05 矿区海底以下 49.80~61.5m 深度内矿石量（含泥）2581.92×10^4 m^3，含砂率 80.20%，海砂量 2070.81×10^4 m^3。其中控制性矿石量 2295.71×10^4 m^3，海砂量 1843.72×10^4 m^3；推断性矿石量 286.21×10^4 m^3，海砂量 227.09×10^4 m^3。矿体平均厚度 11.33m。根据《广东省汕尾市管辖海域 CB22-05 矿区回填用海砂矿产资源开发利用方案》（汕尾市自然资源局，2023 年 8 月），采砂区可采出的海砂原矿量约为 $2097.26\times10^4m^3$，年控制

开采量约为 $782\times10^4m^3$，可开采年限约为 2.68 年。

综上所述，项目建设不会突破当地的资源利用上线。

13.5.1.4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（2019 年本）》（国家发展和改革委员会 2019 年第 29 号令，2021 年 12 月 30 日修改），海砂开采没有列入淘汰类项目，且不属于《市场准入负面清单》（2022 年本）中的禁止类。

13.5.2与汕尾市“三线一单”生态环境分区管控方案

2021 年 7 月 5 日，汕尾市政府印发《汕尾市“三线一单”生态环境分区管控方案》（以下简称“市三线一单”）。根据方案要求，全市共划定海域环境管控单元 54 个。其中，优先保护单元 37 个，重点管控单元 7 个，一般管控单元 10 个。

对照汕尾市政府印发《汕尾市“三线一单”生态环境分区管控方案》——汕尾市环境管控单元图，位置见图 13.5.2-1。本项目所在地属于海域环境管控单元中的一般管控单元；同时，项目位于汕尾市近岸海域一般管控单元准入清单中的 HY44000030004 珠海-潮州（汕尾范围）近海农渔业区。项目建设与管控单元的符合性分析见表 13.5.2-1。

表 13.5.2-1　项目建设与各管控单元的符合性分析

管控要求		项目情况	相符性
区域布局管控	开发利用海洋资源，应当根据国土空间规划功能区合理布局，不得造成海洋生态环境破坏。	项目的建设符合《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》、《广东省海洋主体功能区规划》、《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》，同时项目属于《广东省海砂开采三年行动计划(2020-2022 年)》中计划开采的片区，开采过程落实各项污染防治、生态保护对策措施，不会对海洋生态环境造成明显影响。	相符
能源资源利用	严格控制近海捕捞强度,实行近海捕捞产量负增长政策,严格执行伏季休渔制度和捕捞业准入制。	项目不涉及捕捞作业。	相符
污染物排放管控	1.污水和生活垃圾必须科学处置、达标排放，禁止直接排海域。 2.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。	1. 项目海砂分选溢流水设置溢流管溢流回海面以下 2.0m；舱底含油废水由船舶含油污水收集设施收集上岸后，由有处理能力的单位接收处理；船舶生活污水可在满足《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的要求	相符

		的前提下排放，若不满足标准排放要求则需经收集上岸后，由接收单位收运处理；生活垃圾收集上岸后，由环卫部门统一清运处理。 2.项目不涉及海水养殖。	
环境风险防控	1.规范渔业生产环保要求，防范渔业污染风险。 2.引进海洋动植物物种，应当进行科学论证，避免对海洋生态系统造成危害。	1.本目不涉及渔业生产活动。 2.项目增殖放流品种为项目海域已有品种，不引进新海洋动植物物种。	相符

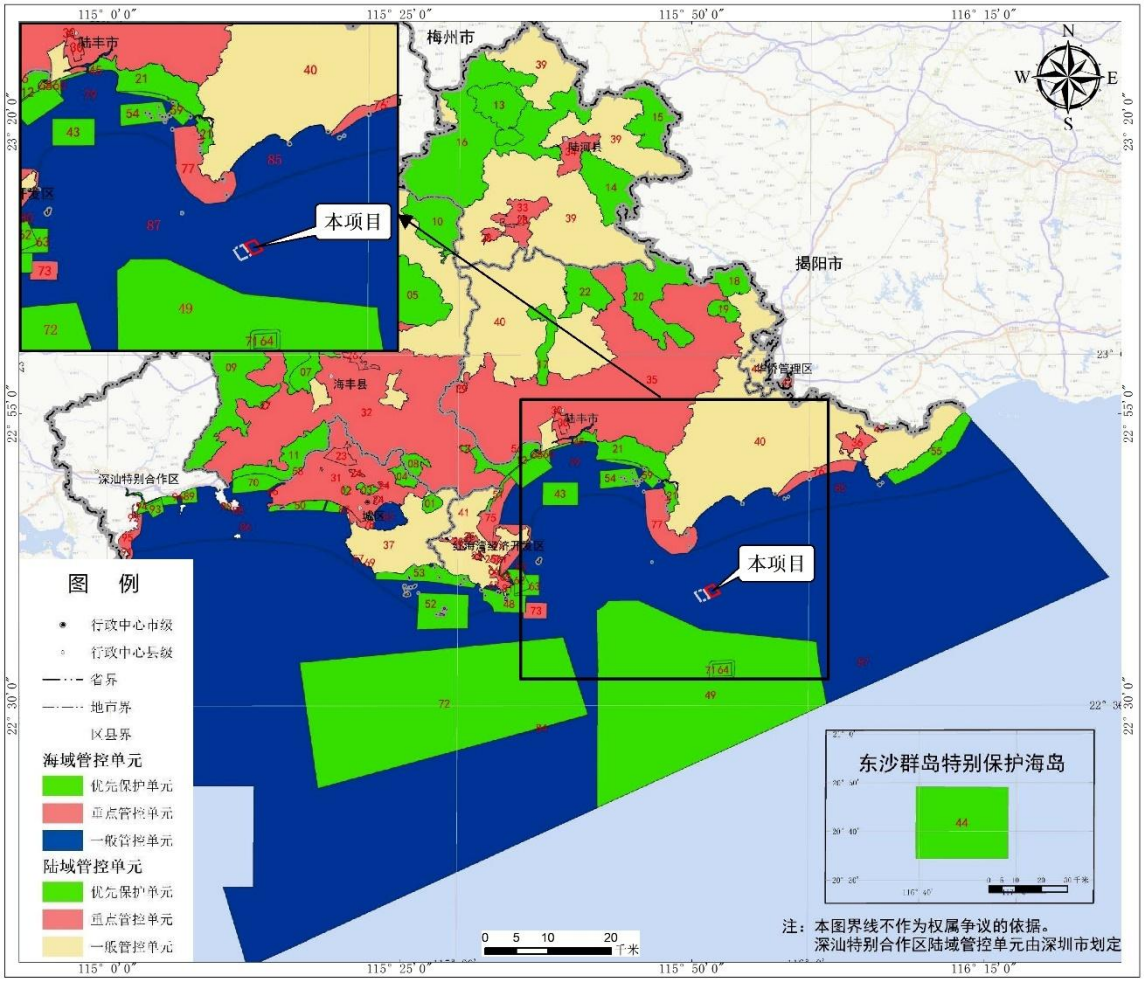


图 13.5.1-2 本项目位置与汕尾市环境管控单元叠图

13.6与国土空间规划的符合性分析

13.6.1 与《广东省国土空间规划（2021-2035）》的符合性分析

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。本项目区块位于海洋开发利用空间（详见图 13.6-1）。

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。

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。另外，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 2.0 米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；船舶生活污水可在满足《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的要求的前提下排放，若不满足标准排放要求则需收集上岸后，由接收单位收运处理。船舶生活垃圾收集上岸后，由环卫部门统一清运处理。本项目船舶废水、船舶垃圾通过各项治理设施治理后均能达标排放。

综上，本项目的选址及实施符合《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》的相关要求。

13.6.2与《汕尾市国土空间总体规划（2021-2035）》（报批稿）的符合性分析

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 13.6-2。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。

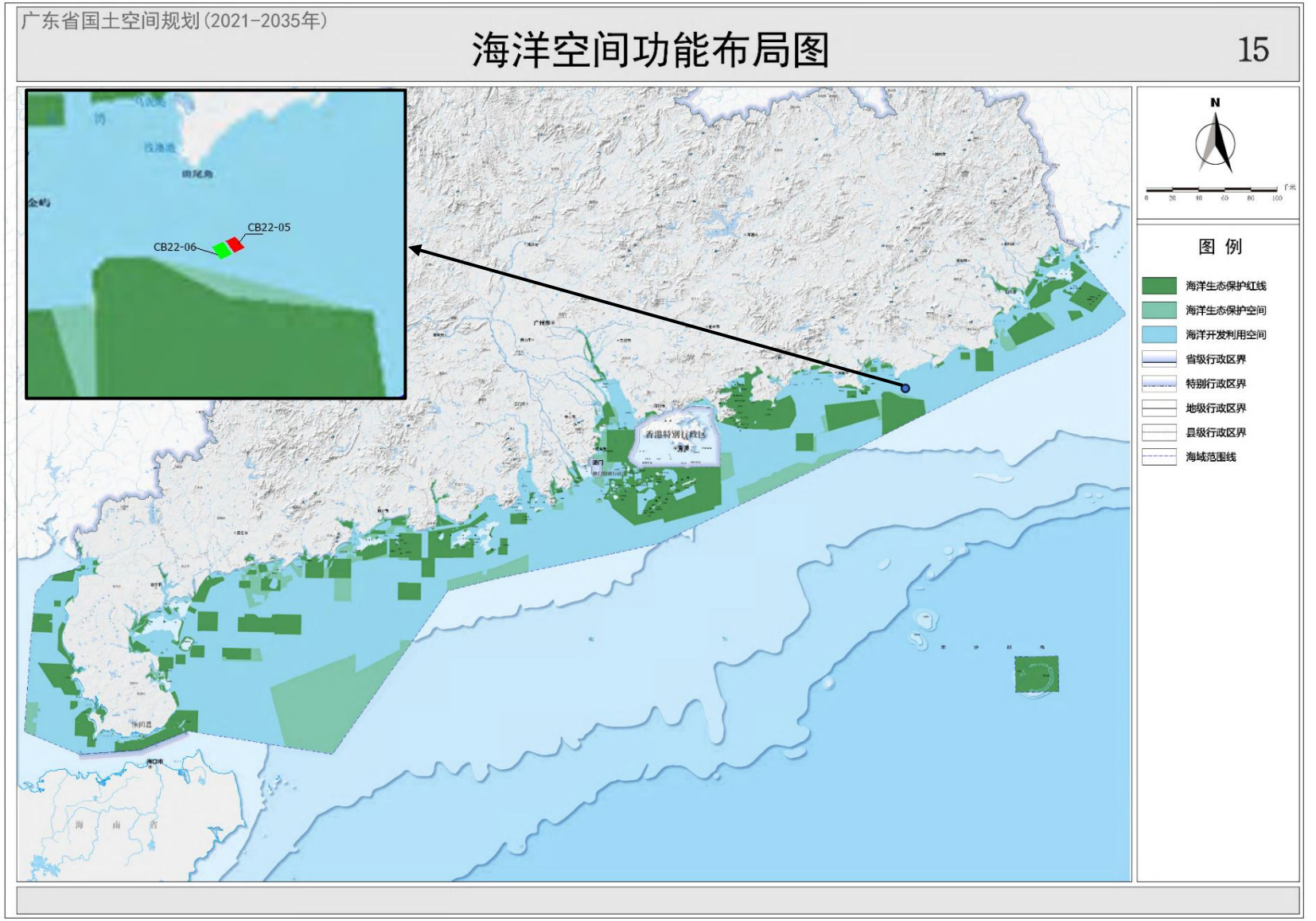


图 13.6-1a 项目位置与广东省国土空间规划叠图

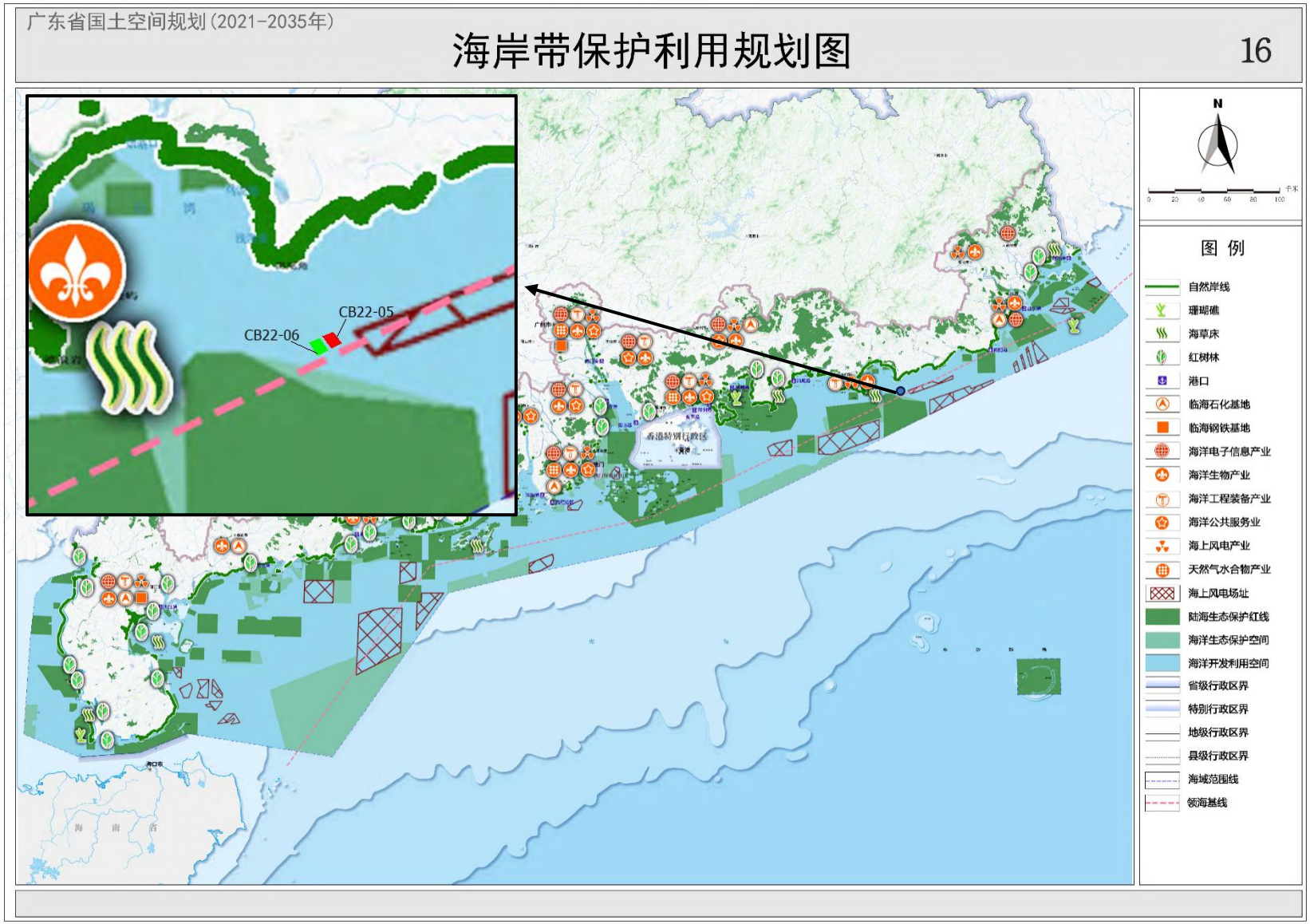


图 13.6-1b 项目位置与广东省国土空间规划叠图

根据《汕尾省国土空间总体规划（2021-2035）》（报批稿）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，有力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，矿区选址位于海洋发展区，属于在海洋开发利用空间内统筹安排的工矿通信用海。另外，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 2.0 米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；船舶生活污水可在满足《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的要求的前提下排放，若不满足标准排放要求则需收集上岸后，由接收单位收运处理。船舶生活垃圾收集上岸后，由环卫部门统一清运处理。本项目船舶废水、船舶垃圾通过各项治理设施治理后均能达标排放。

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）》（报批稿）的相关要求。

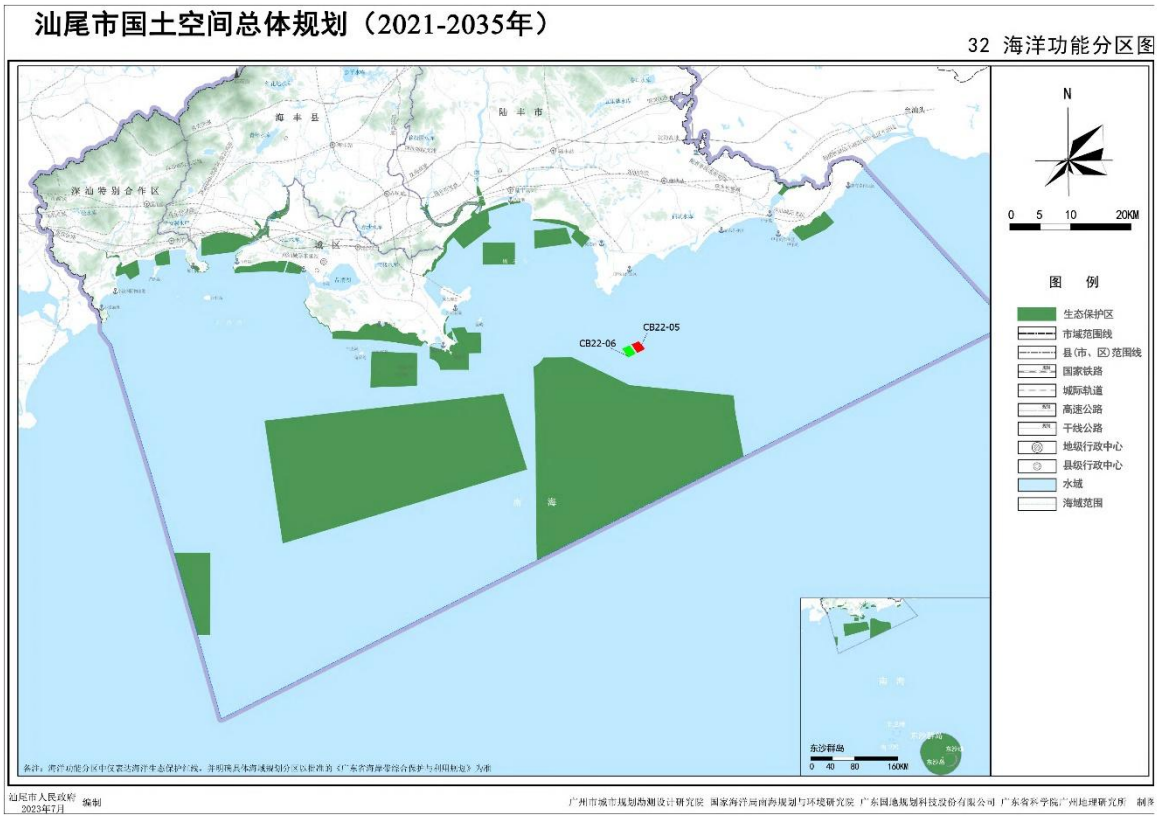


图 13.6-2a 项目位置与汕尾市国土空间规划叠图

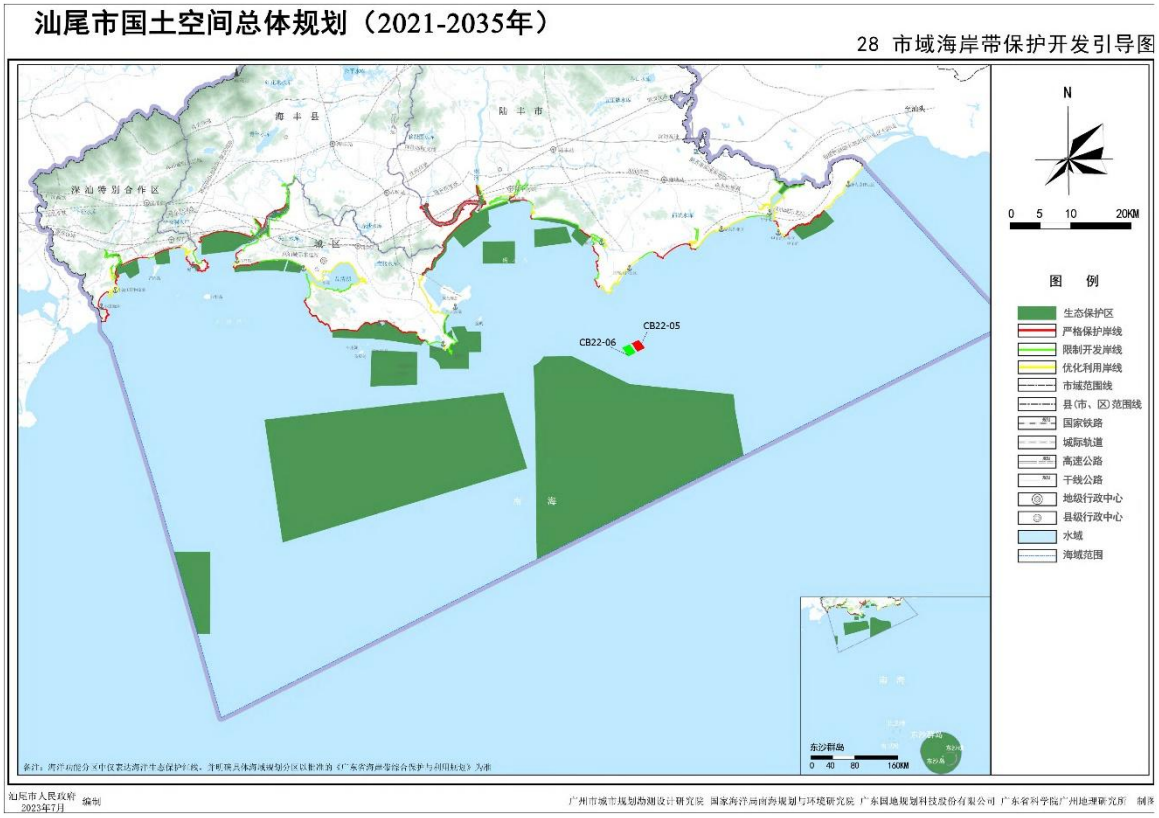


图 13.6-2b 项目位置与汕尾市国土空间规划叠图

13.7与相关规划符合性分析

13.7.1与《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》的相符性分析

2017 年 10 月 27 日发布的《广东省人民政府 国家海洋局关于印发〈广东省海岸带综合保护与利用总体规划〉的通知》（粤府[2017]120 号）中，为了严格海岸线管控和构建海岸带基础空间布局，划定了海域“三线”和海域“三区”。其中海域“三线”分为严格保护岸线、限制开发岸线和优化利用岸线等，海域“三区”为海洋生态空间、海洋生物资源利用空间和建设用海空间。

经分析，本项目无需占用岸线，与岸线的距离较远，基本不会对岸线的基本属性、物质组成和生态功能等产生影响。本项目位于海洋生态空间（见图 13.7.1-1），海洋生态空间是指对维护海洋生态系统平衡，保障海洋生态安全，构建灾害防御屏障具有关键作用，在重要海洋生态功能区、海洋生态环境敏感区及脆弱区等海域，

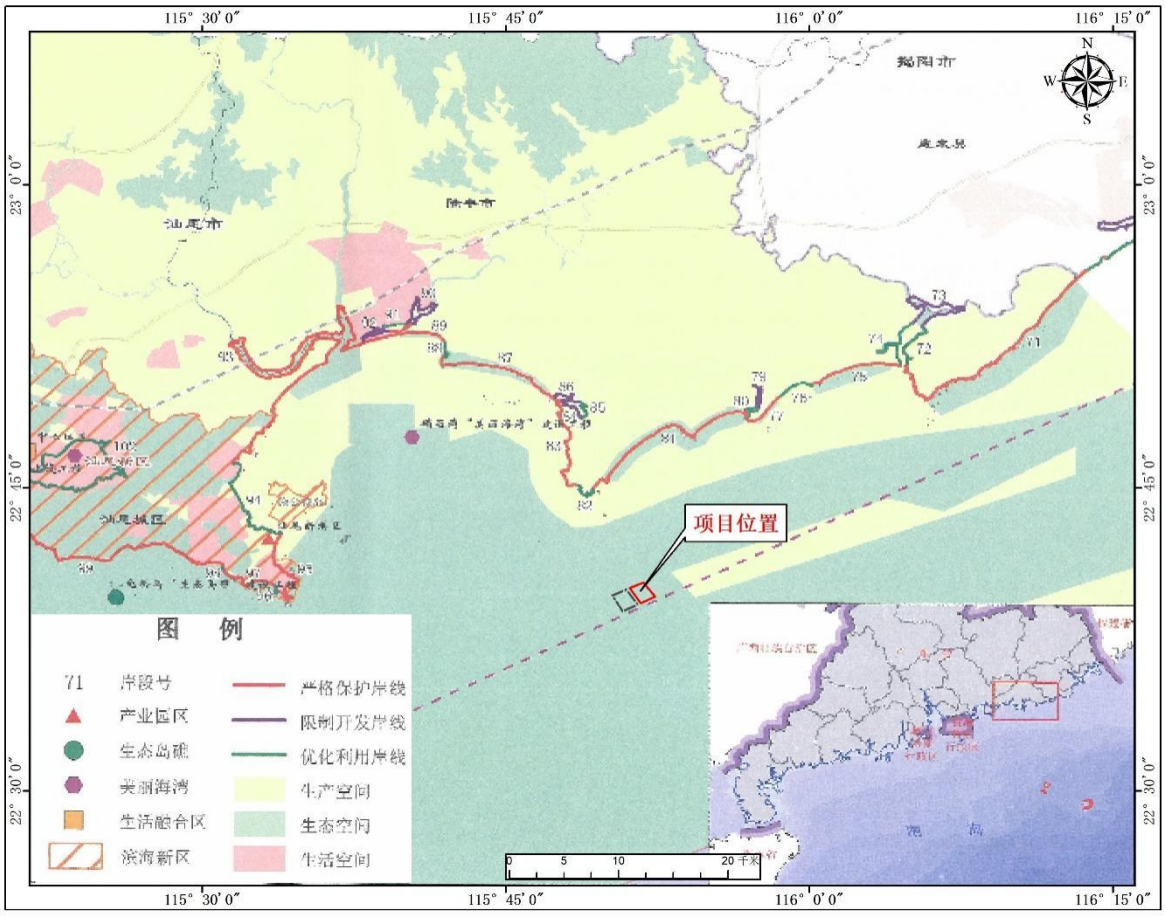


图 13.7.1-1 本项目与海岸带规划关系图

优先划定以承担生态服务和生态系统维护、灾害防御为主体功能的海洋空间。海洋

生态空间实行分级管控。海洋生态保护红线内的海洋生态空间，保护脆弱海洋生态系统、珍稀濒危生物和经济物种；保持自然岸线、水动力环境、水质环境、地形地貌等稳定。对于海洋生态保护红线外的海洋生态空间，在保持自然岸线、地形地貌、底质等稳定的基础上，经相关管理机构批准，可在限定的时间和范围内适当开展观光型旅游、科学研究、教学实习等活动，以及依法批准的其他用海活动。海洋生态空间应实施动态监测制度，及时掌握和评估海域自然资源和环境的变化。

本项目没有位于海洋生态环境敏感区及脆弱区等海域，也没有位于海洋生态保护红线内，根据规划要求：“对于海洋生态保护红线外的海洋生态空间，在保持自然岸线、地形地貌、底质等稳定的基础上，经相关管理机构批准，可在限定的时间和范围内适当开展观光型旅游、科学研究、教学实习等活动，以及依法批准的其他用海活动。”本项目为海砂开采项目，选址与其他用海项目无冲突。在前期工作中，已对矿区进行了必要的地质调查、水文调查和生物资源调查，结合数据分析和数值模拟等手段对矿区海砂矿矿产资源的开采可能面临的问题进行了充分的论证和分析，确保选址和采砂方式的合理性。

综上，本项目的建设满足海域“三线”、“三区”的管控要求，符合《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》。

13.7.2与《广东省生态环境保护“十四五”规划》的符合性分析

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，海砂开采活动是海洋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物受损，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损失补偿措施，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。停止采砂后，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。

13.7.3与《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》的符合性分析

《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 2.0m 左右的溢流口，溢流回采砂区，施工船舶含油污水拟收集上岸交由有处理能力的单位处理，船舶生活污水可在满足《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的要求的前提下排放，若不满足标准排放要求则需经收集上岸后，由接收单位收运处理，禁止排放入海，深化船舶水污染物、海洋垃圾治理。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。

13.7.4与《汕尾市养殖水域滩涂规划（2018-2030 年）》符合性分析

根据《汕尾市养殖水域滩涂规划（2018-2030 年）》，本项目位于养殖区内，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，本项目附近西北侧约 14.5km 有零散养殖区，均未确权，详见图 13.7.5-1。

本项目评价范围内涉及的禁止养殖区包括碣石航道、乌坎西线航道、乌坎东线航道、9#锚地、10#锚地、中小船舶推荐航路、汕尾市碣石湾海马资源市级自然保护区，根据《汕尾市养殖水域滩涂规划（2018-2030 年）》禁止在上述区域内开展水产养殖，本项目不涉及水产养殖。

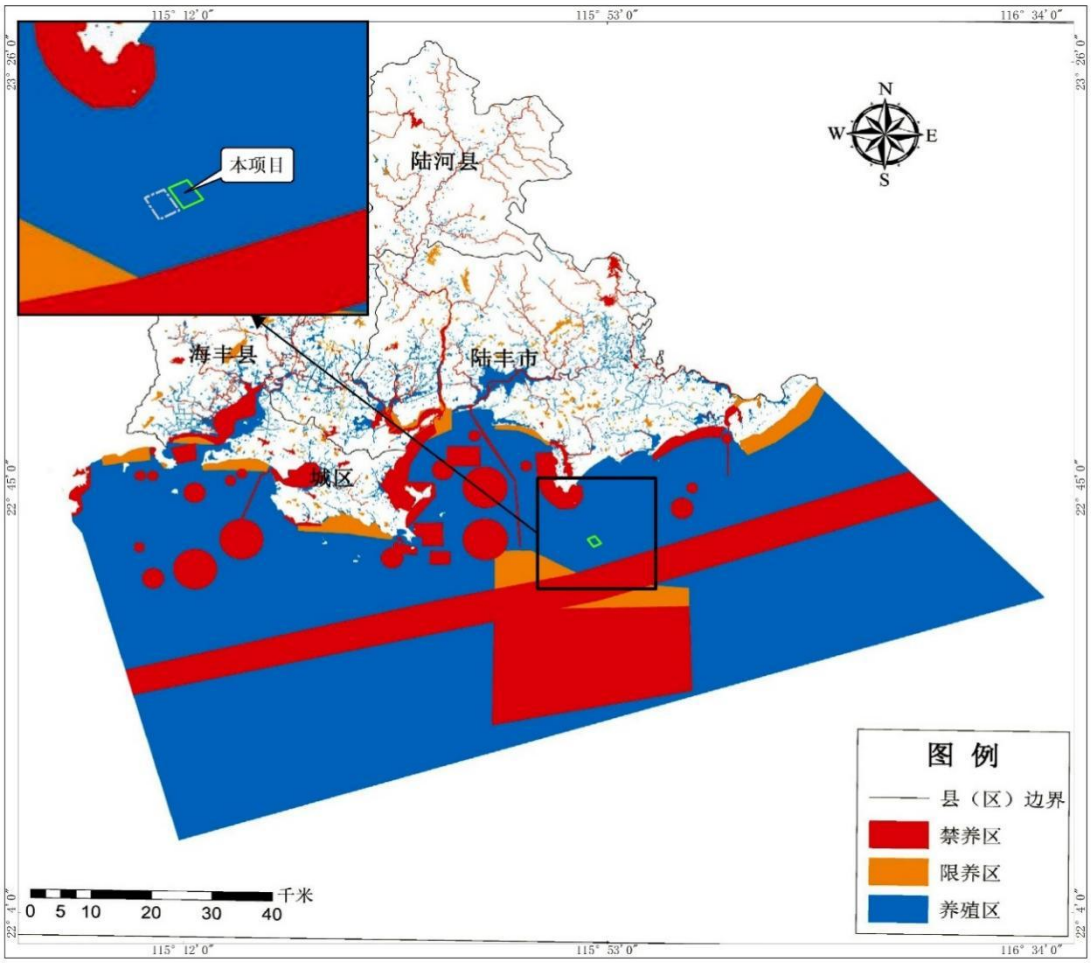


图 13.7.5-1 项目与周边养殖水域位置关系图

本项目评价范围内涉及限制养殖区包括碣石湾海马珍稀濒危物种集中分布区，根据《汕尾市养殖水域滩涂规划（2018-2030 年）》应采取污染防治措施，污染物排放不得超过国家和地方规定的污染物排放标准。根据悬浮泥沙数模预测结果，本项目悬浮泥沙不会扩散范围至上述区域。

此外，《广东省渔业管理条例》提出：“在本省水域、滩涂和国家规定由本省实施渔业监督管理的水域从事养殖、捕捞等渔业生产活动以及管理，必须遵守本条例。”本项目不涉及海水养殖，根据现场调查并结合海域使用动态监管系统查询，本项目附近东北侧约 14.5km 有零散养殖区，均未确权。由“图 7.7.1-1 采砂区采砂时悬浮泥沙增量超过 10mg/L 包络线与环境敏感点叠加示意图”和“图 7.7.1-2 项目区块开采冲淤变化范围与环境敏感点叠加示意图”可知，由于上述养殖区距离本项目较远，本项目采砂时的悬浮泥沙不会扩散至养殖区，因此，本项目实施对养殖区基本上无影响。

因此，本项目建设与《汕尾市养殖水域滩涂规划（2018-2030 年）》《广东省渔业管理条例》的规定相符合。

13.7.5与《汕尾港总体规划》符合性分析

汕尾市地处深圳和汕头两个经济特区中间地带，粤港澳大湾区和海西经济区两大经济圈交汇处，是“一核一带一区”区域发展格局沿海经济带东翼发展战略支点，是粤东地区对接粤港澳大湾区的桥头堡。根据《广东省港口规划布局（2021-2035 年）》，汕尾港是广东沿海的地区性重要港口和地区综合运输体系的重要枢纽，是汕尾市参与广东沿海经济带建设的基础支撑，是周边地区率先实现现代化和融入新发展格局的重要依托，是深汕特别合作区的重要发展平台。汕尾港以能源、原材料和散杂货运输为主，兼顾集装箱运输，积极承接珠江三角洲地区港口功能转移。汕尾港应具备装卸储存、中转换装、多式联运、临港产业开发、运输组织、旅游渔业配套等基本功能，同时拓展航运服务、现代物流和保税服务等综合服务功能，提供高效率、高品质、高效益的服务。

根据《汕尾港总体规划》规划布局，汕尾港由四大港区构成，即汕尾港区、汕尾新港区、海丰港区和陆丰港区。本项目位于汕尾新港区东南部海域。汕尾新港区具有交通便捷、货物运输路径短、临港产业丰富等优势，是汕尾港的重点发展港区，

以服务临港产业和散杂货公共运输需求为主，同时承担汕尾市集装箱喂给运输和近洋支线运输等功能。

根据《汕尾市管辖海域 CB22-05 区块海砂开采出让前期工作通航安全影响研究报告》分析，海砂开采区对水域通航安全存在一定影响，通过采取相应的通航安全保障措施，其影响可控，从通航安全的角度来看，海砂开采区选址基本合理、可行。项目位置与周边航道、锚地的位置关系详见图 2.5.2-1。

由此分析，项目海砂开采区域所在海域开阔，选址范围避开附近侯潮锚地以及沿海航道路线。海砂开采对汕尾港岸线开发和利用没有不良影响，对汕尾港既定的规划影响不大，也不会影响到附近航道船舶的正常航行。

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和填海造陆。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》的规划要求相符合。

13.7.6与《汕尾市海砂资源保护条例》符合性分析

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和省有关规定，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作业措施，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。”

本项目广东省汕尾市管辖海域 CB22-05 区块海砂开采项目位于汕尾市田尾角东南侧海域，属于《广东省海砂开采三年行动计划（2020-2022 年）》的通知（粤自然资海域[2020]842 号）中储备开采区砂源海域。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。

根据广东省政府 2022 年批复的岸线，距离本项目最近的大陆自然岸线为北侧 9.1km 的砂质岸线，最近的岛礁自然岸线为西北侧 6.8km 的东桔礁。因此，本项目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《广东省汕尾市陆丰海域 CB22-05 矿区海砂矿产资源开发利用方案》，本项目开采范围用海面积为 212.0019 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 2097.26 万 m^3。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、超时开采的管控措施要求。

本次评价针对生态保护和安全作业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，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。

本项目海砂开采实行动态监测制度，以分析海砂开采对海洋资源、生态环境、海洋设施以及海底地形变化等影响，并依据污染状况调整作业方案。

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。

13.7.7与《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》符合性分析

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。这些项目建设需要大量的海砂资源，本项目拟开采的海砂为深海矿产资源，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。

13.7.8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》符合性分析

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，做大做强大红海湾区。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都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。

13.7.9与《关于海砂治理的专项行动通知》（建质电[2018]22 号)符合性分析

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。生态环境部门负资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，项目产品为回填用海砂，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。

13.7.10与《广东省海砂开采三年行动计划（2020-2022 年)》的符合性分析

根据广东省自然资源厅关于印发《海砂开采三年行动计划（ 2020 -2022 年)》的通知（粤自然资海域 [2020]842）（见《资料汇编》附件 15）， 2022 计划开采海砂 7 片，总面积约 14.78 平方千米，初步估算海砂资源量（含泥）约 0.57 亿立方米，分布在阳江、江门、汕尾和汕头海域。划选海砂开采储备区 6 片，总面积约 12.93 平方千米，海砂资源量（含泥）0.62 亿立方米，分布在茂名、珠海和汕尾海域。

本项目位于汕尾市田尾角南侧海域，属《海砂开采三年行动计划（ 2020 -2022 年)》（粤自然资海域 [2020]842）中 2022 年计划开采的储备区砂源海域，拟开采面积与计划相符。目前本项正在开展相关的前期工作，并将开采时间控制在三年以内。

总体上，本项目的建设与《广东省海砂开采三年行动计划（2020 -2022 年）》相符。

13.8 工程生态用海方案分析

13.8.1 产业准入与区域管控要求

（1）产业准入符合性

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（2019 年本）》（国家发展和改革委员会 2019 年第 29 号令，2021 年 12 月 30 日修改），本项目属于允许类，且项目未列入《市场准入负面清单》（2022 年本）“禁止准入类”，符合国家的产业政策要求。

（2）区域管控要求符合性

本项目位于《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》中的珠海-潮州近海农渔业区，项目建设不影响珠海-潮州近海农渔业区的主导功能，满足周边功能区的海域使用管理和环境保护要求，项目用海对周边功能区的影响很小，因此，项目用海符合所在海域海洋功能区划的海域使用管理和海洋环境保护要求。

13.8.2 岸线利用与保护

本项目无需占用岸线，与岸线的距离较远，因此，本项目的建设不会对岸线的利用与保护产生影响。

13.8.3 污染排放与控制

本工程作业船舶产生的船舶垃圾和船舶含油污水均拟收集上岸交相关单位接收处理，船舶生活污水可在满足《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的要求的前提下排放，若不满足标准排放要求则需经收集上岸后，由接收单位收运处理。综上所述，本工程施工期对废水、固废等污染物均将采取有效的措施进行收集处理，严格进行污染物排放与控制，工程建设符合生态用海的要求。

13.8.4生态补偿与修复

根据工程建设方案，工程采挖海砂等将破坏底栖生物的栖息环境，且工程施工

过程中产生的悬浮物影响也会减弱浮游植物光合作用能力，在一定程度上影响水域的初级生产能力，并导致海域中浮游动物数量的减少，以及造成渔业资源的损失。

为了缓解和减轻工程对所在海洋生态环境水生生物的不利影响，海砂开采单位应根据农业部《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007）的有关规定，对项目附近水域的生物资源恢复做出经济补偿。由 7.6.4 节可知，本工程采砂导致底栖生物直接损失量为 3.038t；浮游植物的损失量为 1.017×10^{16}cells；浮游动物的损失量为 398.872t；鱼卵的损失量 7.116×10^{8} 粒、仔稚鱼的损失量 2.400×10^{8} 尾；游泳生物(鱼类)的损失量为 21286.357kg，生态损失补偿额为 5877.02 万元。

本项目生态修复方案建议结合汕尾市沿岸海域实际情况和生态保护要求，推荐多样化的生态补偿修复建议，包括：资源增殖放流、人工鱼礁建设、底播增殖、岸滩清理整治、海洋环境监测、岸线生态修复、海草床生态系统修复、渔民退补以及执法监管能力建设等。具体补偿方案与渔业等主管部门协商确定。

根据近年来的采砂项目招拍挂情况，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，补偿资金由海砂中标单位缴入市财政，生态补偿措施由市政府指定相关主管部门牵头组织实施。

13.8.5跟踪监测能力建设

为了解工程建设对工程海域海洋水质、沉积物和海洋生态环境的影响，监测施工过程中悬浮物影响程度和范围，为施工期和今后长期环境监管提供依据，本工程拟对工程施工期进行跟踪监测，并根据跟踪监测的结果进一步采取相应的保护措施。跟踪监测的内容主要包括地形地貌监测、水环境质量、沉积物环境质量、海洋生态环境监测等内容，具体可见 14.2 章节。

在工程建设期间，海砂开采单位应委托有相应监测能力的监测单位，按照本报告相关要求，开展上述跟踪监测工作，并编制跟踪监测报告。

14环境管理与监测计划

14.1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。

14.1.1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。

14.1.2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和监督，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。

14.2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。

环境监理人员在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。

14.3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。

结合两块海砂区块开采特点、位置和项目周围的环境敏感保护目标，海砂动态监测方案如下：

14.3.1水下地形监测

（1）监测内容：中标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 3 年内，对海底地形、水深、地貌进行测量，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：海砂开采区沿主流向向两侧各延伸 3km，垂直主流向向两侧各延伸 1km 范围。

（3）监测频率：开采期间每 6 个月监测一次，海砂开采结束后 3 年内，每 12 个月监测一次。

（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。

14.3.2水下地貌监测

（1）监测范围：结合工程施工后年冲淤变化情况，海砂开采区沿主流向向两侧各延伸 3km，垂直主流向向两侧各延伸 2km 范围。

（2）监测频率：海砂开采期间至海砂开采结束后 3 年内，海砂开采结束后 3 年内，每 12 个月监测一次。

（3）平面控制：平面控制采用 CGCS2000 坐标系、高斯投影。

（4）测量比例尺：海砂开采区 1:1000，向外延伸区 1:5000。

（5）测线布设：同水下地形测量。

14.3.3环境质量监测

（1）监测站位布设

参照《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 4 个站位，生物监测布设 6 个站位。

水质监测点主要考虑布设在项目悬浮泥沙扩散范围外、临近国控站位（GDN14002）、2023 年现状监测布点（SW06、SW10、SW13、SW17），采砂区块外等、10mg/L 悬浮泥沙包络线边界，监测站位布设情况见图 14.3.3-1。

（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）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

水质：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、挥发酚、硫化物、石油类、铬、铅、镉、锌、铜、汞和砷。

沉积物：粒度、pH、有机碳、石油类、硫化物、铜、铅、镉、锌、总汞、铬、砷。

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。

表 14.3.3-1 监测站位布设表

序号	纬度(E)	经度（N）	**监测项目**	**备注**
GDN14002	115° 46' 27.271"	22° 37' 17.716"	水质	国控站位、位于碣石湾海马珍稀濒危物种分布区
SW06	115°47′39.24″	22°41′43.72″	水质、沉积物、海洋生物	＞10mg/L 悬沙包络线范围外
SW10	115°47′49.41″	22°37′54.80″	水质、海洋生物	＞10mg/L 悬沙包络线范围外
SW13	115°55′05.80″	22°41′40.70″	水质	＞10mg/L 悬沙包络线范围外
SW17	115°54′40.18″	22°38′07.45″	水质、沉积物、海洋生物	＞10mg/L 悬沙包络线范围外
01	115° 49' 54.415"	22° 39' 11.512"	水质	采砂区范围外
02	115° 52' 54.829"	22° 40' 14.858"	水质、沉积物、海洋生物	采砂区范围外
03	115° 51' 7.353"	22° 40' 43.780"	水质、海洋生物	10mg/L 悬沙包络线边界
04	115° 51' 55.781"	22° 37' 13.953"	水质、沉积物、海洋生物	10mg/L 悬沙包络线边界

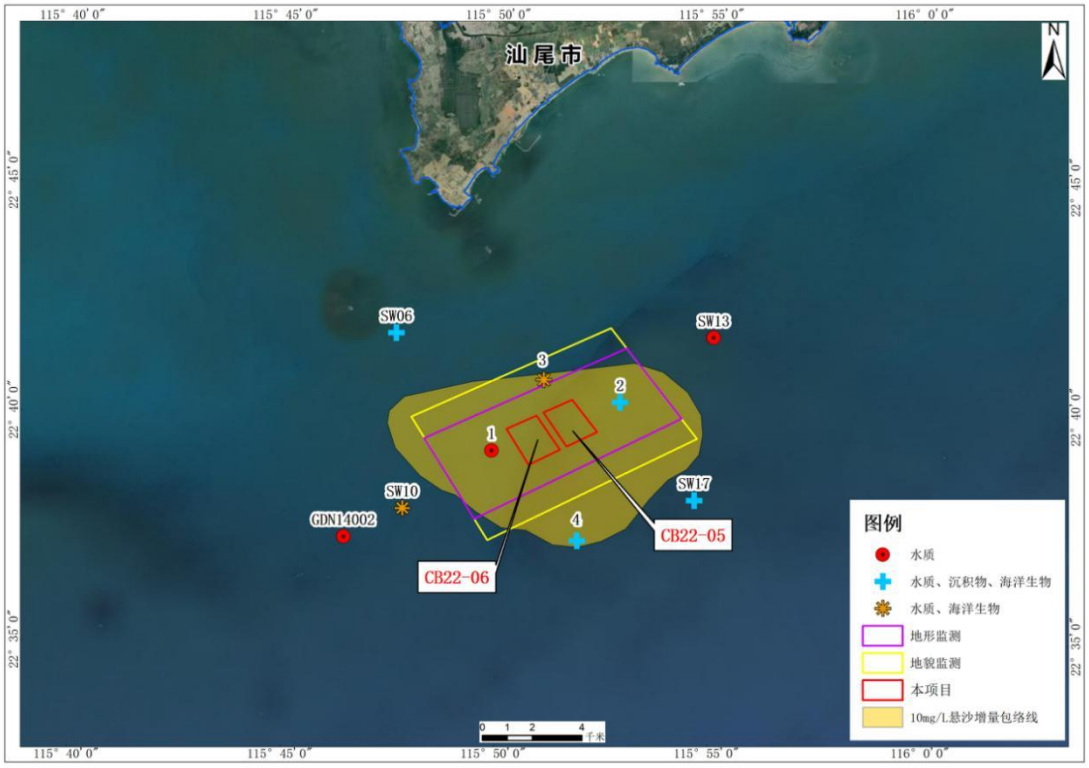


图 14.3.3-1 环境监测站位布置图

14.3.4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。

14.4 环保设施三同时原则

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14.4-1 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	收集上岸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	船舶生活污水处理设施或签署协议，委托接收处置	船舶生活污水可在满足《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的要求的前提下排放，若不满足标准排放要求则需经船舶上的生活污水收集设施收集上岸后，由接收单位收运处理，不得直接排放入海。			
	固体废物	船舶生活垃圾	/	船舶收集上岸	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	/	/	推荐多样化的生态补偿修复建议，包括：资源增殖放流、人工鱼礁建设、底播增殖、岸滩清理整治、海洋环境监测、岸线生态修复、海草床生态系统修复、渔民退补以及执法	所在海域海洋生态得到恢复	项目附近海域		

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
				监管能力建设等。具体补偿方案与渔业等主管部门协商确定				

15 环境影响评价结论

15.1工程概况

广东省汕尾管辖海域CB22-05区块海砂开采项目位于汕尾市田尾角南侧海域，距离田尾角约8.7km。矿区内地形标高-27.03m~-25.38m（1985国家高程），平均高程为-26.16m，水深范围为24.91m~26.57m（当地理论深度基准面），平均水深为25.70m，行政区域属汕尾管辖。CB22-05区块用海面积为212.0019公顷。根据推荐采砂方案，采砂强度控制月平均开采量不超过$65.2\times10^4m^3$/d，年开采量不超过$782\times10^4m^3$/年。拟投入5艘采砂能力$800m^3/h$的射流抽吸式采砂船，并配备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；成品砂由运砂船运出。本项目不包括运砂船的运输方案及路线。本项目区块的海砂原矿资源量共计$2581.92\times10^4m^3$（含泥），可采出原矿矿石量约为$2097.26\times10^4m^3$。本项目可开采年限约为2.68年。

15.2工程分析

1. 采砂生产各阶段污染环境影响分析

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）采砂和海砂分选过程产生的悬浮泥沙

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29.18~33.94kg/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。由于V1、V2盖层较厚，因此不考虑高压射流扰动砂层产生、未被采砂船抽吸而扩散的悬浮泥沙源强。海砂分选过程产生的悬浮泥沙（粉砂+黏土）的源强为44.26~47.73kg/s。盖层崩塌过程悬浮泥沙的产生源强约为2.32~3.05kg/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。

（2）采砂队伍产生的生活废水

本项目作业船舶生活污水产生量约为15.3t/d，船舶生活污水可在满足《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的要求的前提下排放，若不满足标准排放要求则需经收集上岸后，由接收单位收运处理，不得直接排放入海。

（3）船舶舱底含油污水

本项目采砂期船舶舱底含油污水最大产生量为29.00t/d，油类污染物产生量为145.00kg/d。船舶舱底含油污水拟经收集上岸后，交有能力的单位处理，不得排放入海。

（4）船舶生活垃圾

本项目采砂过程作业人员产生的生活垃圾量约为270kg/d，拟经分类收集上岸后，由环卫部门清运处理，不得排放入海。

（5）碎石杂物

采砂过程将产生约0.38×10^4t/a的碎石杂物，建议项目海砂分选产生的碎石杂回填采砂坑，起到修复采砂坑的作用。

（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，噪声源强在110dB左右。

2.采砂非污染因素环境影响分析

根据本工程的特点，工程非污染环境影响主要是：

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。

15.3环境质量现状调查与评价结论

15.3.1水文动力环境现状调查与评价

（1）潮汐

2023 年 2 月观测期间调查海区的潮汐类型为不正规半日潮，观测期间调查海区最高高潮位为 1.99m，最低潮位为 0.14m，最大涨潮潮差为 1.58m，最大落潮潮差为 1.82m。

2023 年 8 月观测期间调查海区的潮汐类型为不正规半日潮，观测期间调查海区高潮位为 1.70m，最低潮位为 0.24m，最大涨潮潮差为 1.19m，最大落潮潮差为 1.46m。

（2）海流

2023 年 2 月：观测期内各站点海流表现出了明显的往复流的特征，同时表层流场受大风天气过程的影响，表层及次表层流场与风场一致，整体流向主要为西南向，底层流场则与潮流主轴方向一致，以西南-东北为主。观测期间最大涨潮和落潮平均流速分别为 39.3cm/s 和 48.5cm/s。

2023 年 8 月：观测期内各站点海流表现出了明显的往复流的特征，观测期间最大涨潮和落潮平均流速分别为 35.0cm/s 和 36.6cm/s。在垂向结构上，各站点整体流速从上向下比较稳定，表现为流速大小从表层到底层依次减小。

（3）潮流

潮流运动可粗略分为往复流和旋转流，它可由潮流的椭圆旋转率 k 值来描述，k 值为潮流椭圆的短半轴与长半轴之比，其值介于-1～1 之间。k 的绝对值越小越接近往复流，越大越接近于旋转流。k 值的正、负号表示潮流旋转的方向，正号表示逆时针方向旋转，负号表示顺时针方向旋转。从结果可知：

2022 年 2 月：各观测点各层次主要表现出不正规全日潮流特征，所有站位各层次潮流中，其中 K_1 分潮和 O_1 分潮占分潮优，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 79.0cm/s。

2023 年 8 月：各观测点各层次主要表现出不正规全日潮流特征，其中 K1 分潮和 O_1 分潮占分潮优，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 SWL6 站底层，流速为 77.1cm/s。

（4）余流：

2023 年 2 月：调查海区观测期间余流流速主要介于 0.6cm/s～31.5cm/s。受大风天气过程各个站点的表层流场的余流流向主要为西南向以及南向。SWL1、 SWL2 和 SWL3 站点的余流流向主要为西方向， SWL4 站点的中层及底层的余流流向为东北方向，SWL5 和 SWL6 站点的中层及底层的余流流向为北方向。

2023 年 8 月：调查海区观测期间余流流速主要介于 0.1cm/s～14.1cm/s。各站表层的余流流速最大，方向主要为东南方向。

（5）温度、盐度

2023 年 5 月：调查期间调查海区测得的水温范围为 15.61℃~20.72℃，近岸站点的温度比靠近外海站点低，同时，近岸点的温度上下混合一致，而外海站点温度则有明显的分层。调查期间调查海区测得的盐度范围为 30.57~34.26，近岸站点的盐度比靠近外海站点低，同时，近岸点的盐度上下混合一致，而外海站点盐度则有明显的分层。

2023 年 8 月：调查期间调查海区测得的水温范围为 21.96℃~26.89℃，观测海区海水整体有明显的温度分层，水深越深海水温度越低，越靠近陆地海水温度越高，且温度波动越大。调查期间调查海区测得的盐度范围为 33.26~34.39，观测海区整体有明显的盐度分层，深度越深其盐度越大。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。

（6）悬浮泥沙

2023 年 2 月：调查海区悬沙浓度范围为 0.006kg/m³ ~0.031kg/m³ ，在垂向上，各站表层和底层悬沙浓度较为接近。空间上，越靠近岸的站位悬沙浓度越高，越靠近外海的站位悬沙浓度越低。

2023 年 8 月：观测期间调查海区悬沙浓度范围为 0.005kg/m³ ~0.029kg/m³ ，SW2-1 站中层悬沙浓度最大（0.060kg/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。

15.3.2地形地貌与冲淤环境现状调查与评价

矿区范围内地形标高为-27.03m~-25.38m（1985国家高程），平均高程为-26.16m，水深范围为24.91m~26.57m（当地理论深度基准面），平均水深为25.70m，矿区地势最低点位于矿区最南角，地势最高点位于矿区最北角。矿区整体地形平坦，坡度变化范围为0.00°~4.72°，平均坡度约0.215°。整体地势为自北向南逐渐下降，局部受海底波纹发育的影响，地势高低崎岖起伏但是幅度很小。

15.3.3海水水质环境现状调查与评价

2023 年 4 月海水水质调查与评价结果表明：调查海域所有站位各项调查因子均符合相应功能区海水水质标准要求。

2023 年 9 月海水水质调查与评价结果表明：除 SW05 站位表层、SW12 站位表层、SW12 站位 10m 层和 SW17 站位表层的海水溶解氧含量处于过饱和状态，超过海水水质第一类标准外，其余站位各项调查因子均符合相应功能区海水水质标准要求。

15.3.4沉积物环境质量现状调查与评价

2023 年 4 月沉积物调查结果与评价表明：调查海域所有站位的各项调查指标均能符合海洋沉积物第一类标准限值要求。

15.3.5海洋生物体质量现状调查与评价

2023 年 4 月调查结果显示：所有调查站位内采集到的鱼类、甲壳类、软体类样品中铜、铅、镉、锌、铬和石油烃等指标含量均满足《全国海岸和海涂资源综合监测简明规程》和《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中规定的生物质量标准要求。

2023 年 9 月调查结果显示：所有调查站位内采集到的鱼类、甲壳类和软体类的污染物含量均达到《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》及《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中的标准限值要求。

15.3.6海洋生态环境质量现状调查与评价

2023 年 4 月春季调查结果显示，叶绿素 a 含量平均值为 2.44mg/m^3；初级生产力平均值为 503.211mg·C/（m^2·d）；浮游植物共鉴定出 27 科 136 种，平均丰度为 6338.941×10^3 cells/m^3；浮游动物共记录 12 个生物类群 80 种，平均生物量为 196.57mg/m^3，平均密度 3734.307ind/m^3；底栖生物共记录大型底栖动物 33 种，平均栖息密度为 24.286ind/m^2，平均生物量为 1.068g/m^2；潮间带生物共记录潮间带生物共 38 种，平均生物量为 142.611g/m^2，平均栖息密度为 312.889ind/m^2。垂直拖网调查鱼卵平均密度为 0.239 ind/m^3，仔稚鱼平均密度为 0.136ind/m^3；渔业资源平均重量密度为 544.473kg/km^2，平均个体密度为 42.197×10^3ind/km^2。

2023 年 9 月秋季调查结果显示，叶绿素 a 含量平均值为 2.31 mg/m^3。初级生产力平均值为 297.690mg·C/（m^2·d）；浮游植物共记录 4 门 136 种，平均丰度为 681.078×10^3 cells/m^3；浮游动物共记录 9 个生物类群 74 种，平均生物量为 78.81 mg/m^3，平均密度 2703.096ind/m^3；底栖生物共记录 38 种，平均栖息密度为 53.33 ind/m^2，平均生物量为 1.926g /m^2；潮间带生物共记录 30 种，平均生物量为 226.664g/m^2，平均栖息密度为 240.889ind/m^2；垂直拖网鱼卵平均密度为 0.264ind/m^3，仔稚鱼的平均密度为 0.034 ind/m^3。渔业资源平均重量密度为 477.557 kg/km^2，平均个体密度为 33.972 ×10^3 ind/km^2。

15.4环境影响预测综合分析与评价结论

15.4.1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；对采砂区及采砂区南北侧潮流影响以流速减小为主，对采砂区东西侧潮流影响以流速增加为主，影响范围约 2.0km，采砂前后流速变化幅度均在 0.0308m/s 以下。

在 CB22-05、CB22-06 区块作业全部完成后，采砂区内代表点中层涨、落潮平均流速整体略有减小，中层涨潮平均流速变化幅度约为-0.0046m/s~0.0074m/s，中层落潮平均流速变化幅度约为-0.0304m/s~0.0084m/s，中层涨落潮平均流速变化幅度相当，越靠近采砂区，代表点流速变化越大；采砂区内代表点涨落急流向有所变化，

中层涨落潮平均流向最大偏转幅度分别为 33.78°和 6.69°，采砂区外流向变化相对较小，越靠近采砂区，代表点流向变化越大；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，最大流速减小值约 0.0304m/s，距离采砂区 2.0km 以外的海域水动力环境基本无变化。

15.4.2海洋地形地貌与冲淤环境影响

预测结果表明，在本项目单独采砂情况下，采砂区内部最大淤积幅度为 0.52m/a，平均淤积幅度约为 0.40m/a；东北-西南侧海域靠近采砂区淤积幅度较大，远离采砂区淤积幅度逐渐减小，最大淤积厚度约为 0.32m；平均淤积厚度 0.07m，东南-西北侧靠近采砂区冲刷幅度较大，远离采砂区冲刷幅度逐渐减小，最大冲刷幅度为-0.28m/a，平均冲刷幅度约为-0.09m/a。

在 CB22-05、CB22-06 区块作业全部完成后，由于采砂区内水深增加，采砂区内基本处于回淤状态。采砂区内部最大淤积幅度为 0.52m/a，平均淤积幅度约为 0.38m/a；东北-西南侧海域靠近采砂区淤积幅度较大，远离采砂区淤积幅度逐渐减小，最大淤积厚度约为 0.33m；平均淤积厚度 0.07m，东南-西北侧靠近采砂区冲刷幅度较大，远离采砂区冲刷幅度逐渐减小，最大冲刷幅度为-0.22m/a，平均冲刷幅度约为-0.08m/a。

15.4.3海水水质影响

预测结果表明，在本项目单独采砂情况下，采砂引起的悬浮物对南北向的最大影响距离约 4.8km，对东西向的最大影响距离约 11.3km；从整体垂线平均来看，大于 10mg/L 的最大包络线面积约为 43.580km^2，大于 20 mg/L 浓度区的最大包络线面积为 39.222km^2，大于 50mg/L 浓度区的最大包络线面积为 30.930km^2，大于 100mg/L 浓度区的最大包络线面积为 23.174km^2。

在 CB22-05、CB22-06 区块同时采砂情况下，采砂引起的悬浮物对东西向的最大影响距离约 13.8km，对南北向的最大影响距离约 7.3km；从整体垂线平均来看，大于 10mg/L 的最大包络线面积约为 60.890km^2，大于 20 mg/L 浓度区的最大包络线面积为 54.482km^2，大于 50mg/L 浓度区的最大包络线面积为 43.054km^2，大于 100mg/L 浓度区的最大包络线面积为 32.372km^2。

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；在与附近 CB22-06 采砂片区同时采砂过程中，悬浮泥增量超过 10mg/L 的范围不会扩散至碣石湾海马珍稀濒危物种分布区、汕尾陆丰碣石湾海马地方级自然保护区等保护目标；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。

15.4.4海洋沉积物环境影响与评价

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。

15.4.5海洋生态及渔业资源影响与评价

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，本项目采砂造成的生物损失量约为：底栖生物直接损失量为 3.038t；浮游植物的损失量为 1.017×10^{16}cells；浮游动物的损失量为 398.872t；鱼卵的损失量 7.116×10^{8} 粒、仔稚鱼的损失量 2.400×10^{8} 尾；游泳生物(鱼类)的损失量为 21286.357kg。

15.5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。

15.6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上岸后交给有能力的单位进行处理，船舶生活污水可在满足《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的要求的前提下排放，若不满足标准排放要求则需统一收集上岸后由接收单位收运处理。因此，本项目不推荐设置水污染物排放总量控制指标。

15.7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。

15.8环境监测计划可行性结论

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。

15.9公众参与意见采纳情况

建设单位于2023年7月7日在汕尾市自然资源局官方网站（https://www.shanwei.gov.cn/swgtj/yaowen/tzgg/content/post_935518.html）进行了首次环境影响评价信息公开。

建设单位于2023年9月11日在汕尾市自然资源局官网（https://www.shanwei.gov.cn/swgtj/yaowen/tzgg/content/post_953864.html）进行了网上征求意见稿公示，同时在汕尾市自然资源局、陆丰市自然资源局、碣石镇人民政府、后埔村等项目附近的敏感点宣传栏张贴公告，公示时间为2023年9月11日至2023年9月22日，共计10个工作日；并于2023年9月13日和9月18日在《汕尾日报》上2次登报公示。

建设单位于2023年9月25日在汕尾市自然资源局官网（https://www.shanwei.gov.cn/swgtj/yaowen/tzgg/content/post_958811.html）公开了本项目的环境影响报告书全文和公众参与说明。

上述公示期间均未收到公众反馈意见。

15.10综合评价结论

项目符合《广东省海洋功能区划（2011-2020年)》及相关规划的要求，在申请海域进行适当的海砂开采不会影响该海域海洋主导功能的发挥，符合相关规划的要求。项目实施的自然和社会条件适宜，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，将暂时改变开采区海底地貌和破坏底栖环境，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；项目的风险主要是作业船舶事故引起的溢油风险。

如该项目能落实本报告书所提出的环保措施和建议，从环境保护可行性角度衡量，不会危及相邻岸线稳定、不会影响采砂区周围海底管线的安全、对附近航道的回淤强度影响较小、产生的悬浮物也不会对周围的环境敏感目标造成重大影响。

综上所述，本项目区海砂开采不会对海洋环境产生重大不利影响，对于海洋环境的影响是可以接受的，项目是可行的。

15.11建议

（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，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。

附件1

建设项目环境影响报告书审批基础信息表

填表单位（盖章）：汕尾市自然资源局　　填表人（签字）：　　项目经办人（签字）：

建设项目	项目名称	广东省汕尾市管辖海域CB22-05区块海砂开采				建设内容	拟对广东省汕尾市陆丰市田尾角南侧海域CB22-05区块海砂进行开采，矿区共探获回填用海砂原矿量（控制性+推断性）约为2581.92万m^3，可采出的海砂原矿量约为2097.26万m^3，年控制开采量约为758万m^3。				
	项目代码										
	环评信用平台项目编号	5o29e2									
	建设地点	汕尾市陆丰市田尾角南侧海域				建设规模	可采出的海砂原矿量约为2097.26万m^3，年控制开采量约为758万m^3，计划3年内开采完。				
	项目建设周期（月）	34.0				计划开工时间	2024年3月				
	环境影响评价行业类别	150-海洋矿产资源勘探开发及其附属工程				预计投产时间	2027年1月				
	建设性质	新建（迁建）				国民经济行业类型及代码	B101 土砂石开采				
	现有工程排污许可证或排污登记表编号（改、扩建项目）			现有工程排污许可管理类别（改、扩建项目）		项目申请类别	新申报项目				
	规划环评开展情况	无				规划环评文件名					
	规划环评审查机关					规划环评审查意见文号	无				
	建设地点中心坐标（非线性工程）	经度	115.862313	纬度	22.663426	占地面积（平方米）	2120019	环评文件类别	环境影响报告书		
	建设地点坐标（线性工程）	起点经度		起点纬度		终点经度		终点纬度		工程长度（千米）	
	总投资（万元）	70873.13				环保投资（万元）	7232.02			所占比例（%）	10.20
建设单位	单位名称	汕尾市自然资源局		法定代表人	周豪	环评编制单位	单位名称	广东海兰图环境技术研究有限公司		统一社会信用代码	91440101MA59KQLF0D
				主要负责人	周豪		编制主持人	姓名	孙芳	联系电话	02089446181
	统一社会信用代码（组织机构代码）	11441500MB2G938030		联系电话	0660-3385329			信用编号	BH012628		
								职业资格证书管理号	2016035440352013 449914000651		
	通讯地址	广东省汕尾市政和路六号					通讯地址	广州市海珠区新港中路381381号办公楼3栋（3-1号楼）6-7楼			

污染物排放量	污染物		现有工程（已建+在建）		本工程（拟建或调整变更）	总体工程（已建+在建+拟建或调整变更）				区域削减量来源（国家、省级审批项目）
			①排放量（吨/年）	②许可排放量（吨/年）	③预测排放量（吨/年）	④“以新带老”削减量（吨/年）	⑤区域平衡替代本工程削减量（吨/年）	⑥预测排放总量（吨/年）	⑦排放增减量（吨/年）	
	废水	废水量（万吨/年）						0.000	0.000	
		COD						0.000	0.000	
		氨氮						0.000	0.000	
		总磷						0.000	0.000	
		总氮						0.000	0.000	
		铅						0.000	0.000	
		汞						0.000	0.000	
		镉						0.000	0.000	
		铬						0.000	0.000	
		类金属砷						0.000	0.000	
		其他特征污染物						0.000	0.000	
	废气	废气量（万标立方米/年）						0.000	0.000	
		二氧化硫						0.000	0.000	
		氮氧化物						0.000	0.000	
		颗粒物						0.000	0.000	
		挥发性有机物						0.000	0.000	
		铅						0.000	0.000	

		汞						0.000	0.000		
		镉						0.000	0.000		
		铬						0.000	0.000		
		类金属砷						0.000	0.000		
		其他特征污染物						0.000	0.000		

项目涉及法律法规规定的保护区情况	影响及主要措施 / 生态保护目标	名称	级别	主要保护对象（目标）	工程影响情况	是否占用	占用面积（公顷）	生态防护措施
	生态保护红线							□ 避让 □ 减缓 □ 补偿 □ 重建（多选）
	自然保护区							□ 避让 □ 减缓 □ 补偿 □ 重建（多选）
	饮用水水源保护区（地表）	（可增行）		/				□ 避让 □ 减缓 □ 补偿 □ 重建（多选）
	饮用水水源保护区（地下）	（可增行）		/				□ 避让 □ 减缓 □ 补偿 □ 重建（多选）
	风景名胜区	（可增行）		/				□ 避让 □ 减缓 □ 补偿 □ 重建（多选）
	其他	（可增行）						□ 避让 □ 减缓 □ 补偿 □ 重建（多选）

主要原料及燃料信息	主要原料					主要燃料					
	序号	名称	年最大使用量	计量单位	有毒有害物质及含量（%）	序号	名称	灰分（%）	硫分（%）	年最大使用量	计量单位

大气污染治理与排放信息													
有组织排放（主要排放口）	序号（编号）	排放口名称	排气筒高度（米）	污染防治设施工艺			生产设施		污染物排放				
				序号（编号）	名称	污染防治设施处理效率	序号（编号）	名称	污染物种类	排放浓度（毫克/立方米）	排放速率（千克/小时）	排放量（吨/年）	排放标准名称
无组织排放	序号	无组织排放源名称							污染物排放				
									污染物种类	排放浓度（毫克/立方米）	排放标准名称		

水污染治理与排放信息（主要排放口）												
车间或生产设施排放口	序号（编号）	排放口名称	废水类别	污染防治设施工艺			排放去向	污染物排放				
				序号（编号）	名称	污染治理设施处理水量（吨/小时）		污染物种类	排放浓度（毫克/升）	排放量（吨/年）	排放标准名称	
总排放口（间接排放）	序号（编号）	排放口名称	污染防治设施工艺	污染防治设施处理水量（吨/小时）	受纳污水处理厂		受纳污水处理厂排放标准名称	污染物排放				
					名称	编号		污染物种类	排放浓度（毫克/升）	排放量（吨/年）	排放标准名称	
总排放口（直接排	序号（编号）	排放口名称	污染防治设施工艺	污染防治设施处理水量（吨/小时）	受纳水体			污染物排放				
					名称	功能类别		污染物种类	排放浓度（毫克/升）	排放量（吨/年）	排放标准名称	

	放）											
固体废物信息	废物类型	序号	名称	产生环节及装置	危险废物特性	危险废物代码	产生量（吨/年）	贮存设施名称	贮存能力（吨/年）	自行利用工艺	自行处置工艺	是否外委处置
	一般工业固体废物				/	/		/	/	/	/	
					/	/		/	/	/	/	
					/	/		/	/	/	/	
	危险废物											