

陆丰市碣石湾海域金厢片区

3号海洋产业园

环境影响报告书

(公示稿)

建设单位：陆丰市农业科学研究所

评价单位：广东创蓝海洋科技有限公司

二〇二六年五月



关于建设项目环境影响评价文件中删除 不宜公开信息的说明

根据《环境影响评价公众参与办法》，建设项目环境影响评价公众参与相关信息应当依法公开，涉及国家秘密、商业秘密、个人隐私的，依法不得公开。

按照相关要求，我单位对所提交的《陆丰市碣石湾海域金厢片区3号海洋产业园环境影响报告书》中涉及国家秘密、商业秘密、个人信息的部分内容进行删除处理。环评文件公示电子版不含涉及国家秘密、商业秘密、国家安全、公共安全、经济安全和社会稳定的内容。

特此说明！

建设单位（盖章）：陆丰市农业科学研究所

2026年5月20日



目录

目录	1
1 概述	1
一、项目背景及评价由来	1
二、评价工作流程	2
三、建设项目特点	2
四、分析判定相关情况	3
五、关注的主要环境问题	3
六、综合评价结论	3
2 总则	5
2.1 编制依据	5
2.1.1 国家法规政策	5
2.1.2 地方法规政策	6
2.1.3 技术规范	8
2.1.4 基础资料	9
2.2 功能区划	9
2.2.1 环境空气功能区划	9
2.2.2 声环境功能区划	9
2.2.3 近岸海域环境区划	10
2.2.4 海洋空间功能区划	10
2.2.5 生态环境分区管控	10
2.2.6 小结	11
2.3 评价等级	18
2.3.1 大气环境评价等级	18
2.3.2 声环境评价等级	19
2.3.3 海洋生态环境评价等级	19
2.3.4 环境风险评价等级	19

2.4 评价范围及评价重点	21
2.4.1 评价范围	21
2.4.2 评价重点	23
2.5 评价标准	23
2.5.1 环境质量标准	23
2.5.2 污染物排放标准	27
2.6 海洋生态环境保护目标	30
3 工程概况及工程分析	36
3.1 建设项目概况	36
3.2 工程规模及平面布置	37
3.2.1 工程组成规模	37
3.2.2 总平面布置	39
3.2.3 占用（利用）海岸线、滩涂和海域状况	46
3.3 养殖品种、工艺和设施	49
3.3.1 养殖品种	49
3.3.2 养殖工艺	54
3.3.3 养殖设施	59
3.4 施工方案	68
3.4.1 主要施工方法	68
3.4.2 施工设备配置	71
3.4.3 施工进度计划	72
3.5 工艺流程及产污环节	72
3.5.1 工艺流程	72
3.5.2 主要产污环节	75
3.6 工程各阶段污染环境影响分析	77
3.6.1 施工期环境影响分析	77
3.6.2 营运期环境影响分析	81
3.7 工程各阶段非污染环境影响分析	87
3.7.1 施工期非污染源生态环境影响分析	87

3.7.2 营运期非污染源生态环境影响分析	88
3.8 环境影响要素和评价因子的分析与识别	89
3.8.1 环境影响因素识别	89
3.8.2 评价因子筛选	90
3.9 清洁生产	91
3.9.1 施工期清洁生产分析	92
3.9.2 营运期清洁生产分析	92
3.9.3 清洁生产评价	93
3.9.4 清洁生产要求及建议	93
3.10 总量控制	93
4 区域环境概况	95
4.1 自然环境概况	95
4.1.1 气候与气象	95
4.1.2 海洋水文	99
4.1.3 自然灾害	101
4.1.4 工程地质	104
4.2 自然资源概况	108
4.2.1 岸线资源	108
4.2.2 滩涂资源	108
4.2.3 岛礁资源	109
4.2.4 港口资源	110
4.2.5 渔业资源	112
4.2.6 重要水生生物“三场一通道”	113
4.2.7 自然保护地	116
4.3 环境质量现状调查与评价	122
4.3.1 环境空气质量现状	122
4.3.2 声环境质量现状	123
4.3.3 海洋水文动力环境现状调查与评价	124
4.3.4 地形地貌与冲淤环境现状调查与评价	142

4.3.5 海水水质环境现状调查与评价	150
4.3.6 海洋沉积物质量现状调查与评价	179
4.3.7 海洋生物质量现状调查与评价	186
4.3.8 海洋生态现状调查与评价	189
5 环境影响预测与评价	224
5.1 大气环境影响预测与评价	224
5.1.1 施工期大气环境影响分析	224
5.1.2 营运期大气环境影响分析	224
5.2 声环境影响预测与评价	225
5.2.1 施工期声环境影响分析	225
5.2.2 营运期声环境影响分析	226
5.3 水文动力环境影响预测与评价	227
5.3.1 潮流数学模型	227
5.3.2 模型验证结果	231
5.3.3 潮流场分析	234
5.4 地形地貌与冲淤环境影响预测与评价	254
5.5 海域水质环境影响预测与评价	254
5.5.1 施工期悬浮泥沙对水质环境影响	254
5.5.2 施工期其他污废水对水质环境影响	258
5.5.3 营运期养殖污染物对水质环境影响	258
5.5.4 营运期养殖活动对水质环境影响	266
5.5.5 项目养殖活动与海域环境适宜性分析	269
5.6 海洋沉积物环境影响预测与评价	270
5.6.1 施工期对沉积物环境影响	270
5.6.2 营运期对沉积物环境影响	271
5.7 海洋生态环境影响预测与评价	275
5.7.1 对浮游生物的影响	275
5.7.2 对底栖生物的影响	277
5.7.3 对渔业资源的影响	278

5.7.4 对海洋生物多样性的影响	278
5.7.5 对海洋生物光污染的影响	279
5.7.6 对海洋生物资源的损耗分析	280
5.8 固体废物影响预测与评价	281
5.9 通航环境影响预测与评价	282
5.10 海洋保护目标影响预测与评价	283
5.10.1 对海岸防护物理防护极重要区的影响分析	283
5.10.2 对河口和海湾的影响分析	283
5.10.3 对“三场一通道”、重要渔业资源产卵场、水产种质资源保护区、珍稀濒危物种分布区及其保护物种种群的影响分析	284
5.10.4 对海洋自然保护地及其保护物种种群的影响分析	284
5.10.5 对特殊生境的影响分析	285
5.10.6 对养殖用海和滨海浴场的影响分析	285
5.10.7 对海岛岛礁的影响分析	286
5.10.8 对国控监测站位的影响分析	286
6 环境风险分析与评价	288
6.1 风险调查	288
6.1.1 风险源调查	288
6.1.2 环境敏感目标调查	288
6.2 环境风险识别	288
6.2.1 环境风险因子	288
6.2.2 物料危险性质	289
6.3 环境风险事故情形分析	290
6.3.1 自然灾害风险分析	290
6.3.2 赤潮、绿潮风险分析	291
6.3.3 溢油事故风险分析	293
6.3.4 有毒有害生物风险分析	323
6.3.5 养殖病害风险分析	325
6.4 风险事故防范措施	325

6.4.1 自然灾害风险防范措施	325
6.4.2 溢油事故风险防范措施	327
6.4.3 养殖病害、有毒有害生物风险预防措施	328
6.4.4 牡蛎品质污染风险预防措施	329
6.5 环境风险应急预案	329
6.5.1 区域应急预案	330
6.5.2 自然灾害应急方案	331
6.5.3 溢油事故应急处置方案	332
6.5.4 鱼类养殖病害应急方案	334
6.5.5 贝类养殖预警机制	335
6.5.6 突发环境事件应急预案	336
6.6 小结	344
7 环境保护措施及其可行性论证	346
7.1 项目污染环境保护对策措施	346
7.1.1 施工期污染防治对策措施	346
7.1.2 营运期污染防治对策措施	348
7.2 项目非污染环境保护对策措施	354
7.3 项目海洋生态保护对策措施	355
7.3.1 海洋生态保护对策措施	355
7.3.2 生态环境补偿措施分析	356
7.4 项目环境保护设施和对策一览表	357
8 环境保护的技术经济合理性	359
8.1 环境保护设施和对策措施的费用估算	359
8.2 环境保护的经济损益分析	359
8.2.1 环境影响经济损益分析	359
8.2.2 环境正效应分析	360
8.2.3 环境保护的技术经济合理性	361
9 环保政策及规划符合性分析	362

9.1 产业政策符合性分析	362
9.2 与《广东省海岸带及海洋空间规划（2021—2035年）》符合性分析	362
9.3 与《广东省近岸海域环境功能区划》符合性分析	365
9.4 与国土空间规划分区符合性分析	366
9.4.1 与《广东省国土空间规划（2021-2035年）》符合性分析	366
9.4.2 与《汕尾市国土空间总体规划（2021-2035年）》符合性分析	368
9.4.3 与《陆丰市国土空间总体规划（2021-2035年）》符合性分析	369
9.5 与“三线一单”分区管控方案符合性分析	370
9.6 项目与其他相关规划符合性分析	379
9.6.1 与《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》符合性分析	379
9.6.2 与《汕尾市生态环境保护“十四五”规划》符合性分析	379
9.6.3 与《广东省养殖水域滩涂规划（2021-2030年）》符合性分析	380
9.6.4 与《汕尾市海洋养殖发展规划（2021-2030年）》符合性分析	381
9.6.5 与《汕尾市现代化海洋牧场建设规划（2024-2035年）》符合性分析	383
9.6.6 与《汕尾市养殖水域滩涂规划（2018-2030年）》符合性分析	384
9.6.7 与《陆丰市养殖水域滩涂规划（2018-2030年）》符合性分析	386
10 环境管理与环境监测	388
10.1 环境保护管理计划	388
10.2 施工期环境监测计划	389
10.3 营运期环境监测计划	391
10.4 环境管理和监测计划的可行性与实效性分析	393
10.5 “三同时”环保设施验收一览表	393
11 评价结论及建议	395
11.1 结论	395
11.1.1 工程概况	395
11.1.2 占用（利用）海岸线、滩涂和海域状况	395
11.1.3 环境影响因素识别	395
11.1.4 环境现状分析与评价结论	396

11.1.5 环境影响预测分析与评价结论	403
11.1.6 环境风险分析与评价结论	405
11.1.7 清洁生产和总量控制结论	406
11.1.8 环境保护对策措施的合理性、可行性结论	406
11.1.9 区域规划和政策符合性结论	408
11.1.10 公众参与调查结论	408
11.1.11 建设项目环境可行性结论	408
11.2 建议	409

1 概述

一、项目背景及评价由来

在全球海洋经济竞争加剧与我国粮食安全战略纵深推进的双重背景下，现代化海洋牧场已成为破解渔业资源约束、拓展蓝色食物供给的核心路径。汕尾市作为粤东海洋经济崛起的核心区，出台全省首个市级海洋渔业全产业链规划——《汕尾市现代化海洋牧场建设规划（2024-2035年）》，提出“多规联动、全链联动、陆海联动”三大策略，构建“一带两湾四区”总体格局，将陆丰市列为海洋牧场建设重点区域。规划明确划示深远海养殖适宜区2332平方千米，规划22片规模化养殖区，并推动“生态海”“创新海”“优产海”“合作海”“共富海”的“五片海”发展路径。在要素保障方面，汕尾已实现渔业用海“拿海即开工”新模式，陆丰市率先收储“标准海”超千公顷，其中金厢片区“标准海”面积达587公顷，为项目快速落地创造了高效审批环境。同时，汕尾正以全球首个风渔融合平台“伏羲一号”为示范，推进总投资31亿元的现代化海洋牧场综合示范区建设，为金厢片区产业园提供了技术参照与产业支撑。

陆丰市农业科学研究所主导的金厢片区3号海洋产业园项目，拟采用浮筏式吊养和重力式网箱进行集约化养殖活动，项目形成鱼、贝混养系统。项目通过建设标准化养殖设施、配套种苗繁育与生产管理系统，可有效提升养殖规模化水平，同时带动当地渔民就业增收，实现“产业兴海”与“富民兴村”的双重效益。这对进一步推动汕尾打造现代化海洋牧场产业集群具有重大意义。

本项目施工期和运营期活动将引起周边海域水文动力和冲淤环境的变化，同时项目建设产生的污染物不可避免会对海洋生态环境产生一定影响。根据《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国环境影响评价法》和《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》，本项目深水网箱及浮筏养殖属于“三、渔业04——4海水养殖0411”中的“用海面积1000亩及以上的海水养殖（不含底播、藻类养殖）；围海养殖”，应当编制环境影响报告书。

受陆丰市农业科学研究所委托，广东创蓝海洋科技有限公司承担本项目的环评影响评价工作。在接受委托后，评价单位组织技术人员认真研究了项目的工程资料，编制完成了《陆丰市碣石湾海域金厢片区3号海洋产业园环境影响报告书》。

二、评价工作流程

根据《中华人民共和国环境影响评价法》和《建设项目环境保护管理条例》等法律法规的规定，广东创蓝海洋科技有限公司在接受委托之后，组成专项项目组，对本项目开展环境影响评价工作。

环境影响评价工作一般分三个阶段，即前期准备、调研和工作方案阶段，分析论证和预测评价阶段，环境影响评价文件编制阶段。具体流程见图 1-1。

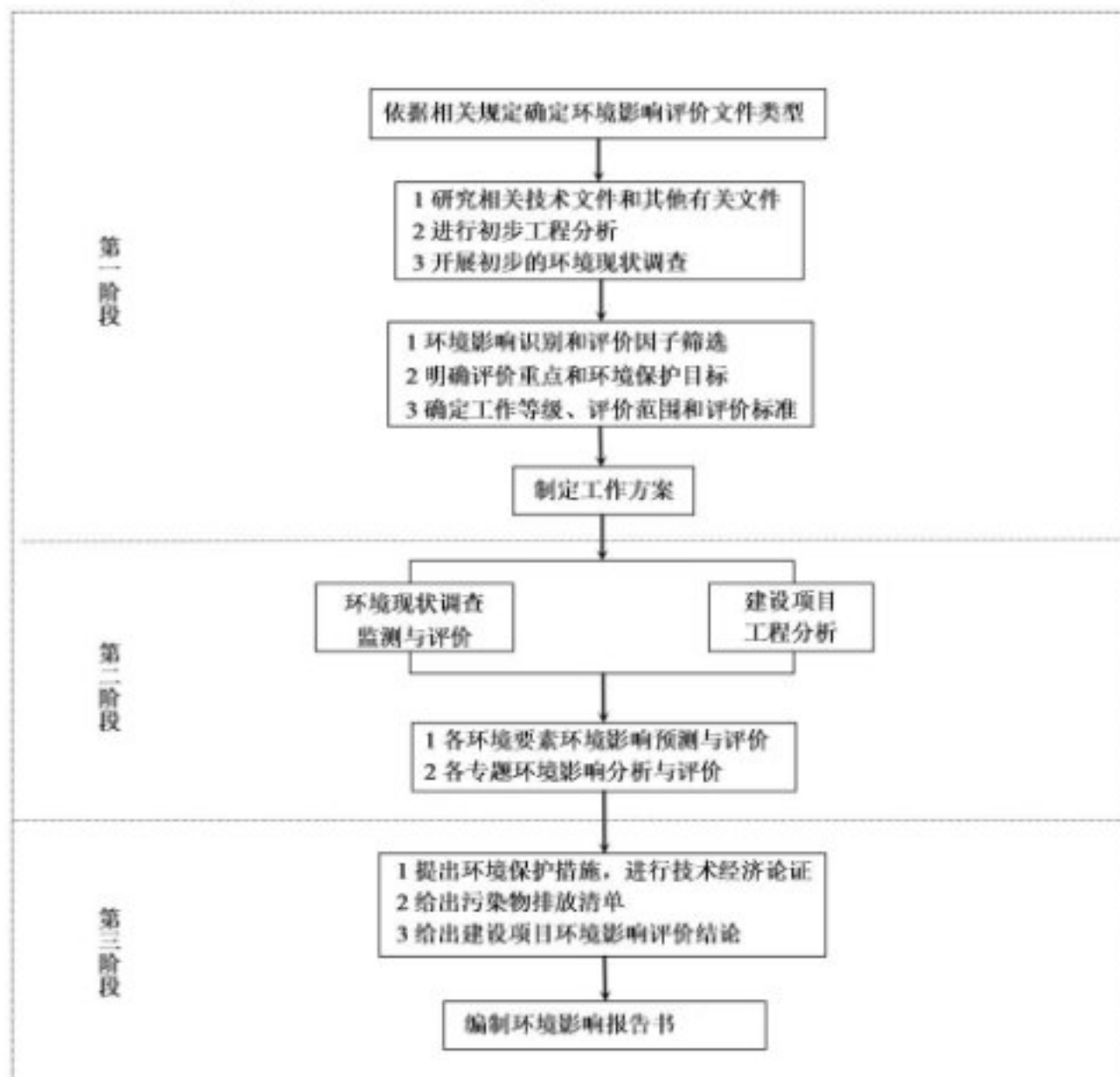


图 1-1 环境影响评价工作程序图

三、建设项目特点

本项目拟于陆丰市金厢角西南方位的碣石湾海域建设 3 个养殖区，共 444.1454 公顷，分为养殖区 1 面积 141.9932 公顷、养殖区 2 用海面积 92.4257 公顷、养殖区 3 用海面积 209.7265 公顷。其中除了养殖区 3 有 100 公顷用于重力式网箱养殖外，其余均用于浮筏式吊养。

本项目浮筏养殖品种以太平洋牡蛎为主，网箱养殖品种为石斑鱼、鲈鱼、金鲳鱼、军曹鱼、鲷鱼等，并进行鱼类投饵喂养。项目施工期需使用指挥船、运输船、吊船等船舶开展施工作业，运营期则用到辅助工作船进行养殖生产服务。

四、分析判定相关情况

项目建设符合《产业结构调整指导目录（2024年本）》《市场准入负面清单（2025年版）》等国家产业政策；项目选址海洋空间为渔业用海区，不占用生态保护红线，符合《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》《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年）》《陆丰市国土空间总体规划（2021-2035年）》等国土空间规划；项目建设符合《广东省近岸海域环境功能规划》《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》《汕尾市生态环境保护“十四五”规划》《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》《汕尾市“三线一单”生态环境分区管控方案（修订版）》等环保规划。

此外，项目与《广东省养殖水域滩涂规划（2021-2030年）》《汕尾市海洋养殖发展规划（2021-2030年）》《汕尾市现代化海洋牧场建设规划（2024-2035年）》《汕尾市养殖水域滩涂规划（2018-2030年）》《陆丰市养殖水域滩涂规划（2018-2030年）》等养殖产业规划吻合，养殖规模、布置和工艺符合《海洋牧场建设技术指南》。

五、关注的主要环境问题

结合项目建设特点及区域环境特征，环境影响评价过程中主要关注如下几点：

- （1）工程建设对海水水质、沉积物、海洋生态环境及其生态系统的影响；
- （2）工程建设对海洋水文动力、地形地貌及冲淤环境的影响；
- （3）工程建设对环境敏感保护目标，及海上通航安全环境的影响；
- （4）工程建设产生的各类污染物识别，及其应采取的环境保护措施；
- （5）工程建设环境风险预测识别，包括溢油、有毒有害生物入侵风险等，

及其应采取的风险应对措施。

六、综合评价结论

本工程区域自然条件较好，水文、气象等因素均能满足使用要求，附近基础条件较为完善，原料充足，港口、码头等外部协作条件可行。拟建项目符合国家

产业政策及相关规划的要求，所采用的污染防治措施技术经济可行，能保证各种污染物稳定达标排放。项目不设置总量控制，预测表明项目实施对周围环境的影响在可接受范围内。公众参与调查期间，未收到公众反映意见。

评价认为：在认真落实各项环境保护措施和加强环境风险防范、完备环境应急预案的情况下，本工程实施对环境的影响处于可接受范围。从环境保护角度考虑，本项目建设是可行的。

2 总则

2.1 编制依据

2.1.1 国家法规政策

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》，2014年4月24日修订；
- (2) 《中华人民共和国海洋环境保护法》，2023年10月24日修订；
- (3) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018年12月29日修订；
- (4) 《中华人民共和国大气污染防治法》，2018年10月26日修订；
- (5) 《中华人民共和国水污染防治法》，2017年6月27日修订；
- (6) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2020年4月29日修订；
- (7) 《中华人民共和国环境噪声污染防治法》，2021年12月24日修订，2022年6月5日起施行；
- (8) 《中华人民共和国野生动物保护法》，2022年12月30日修订；
- (9) 《中华人民共和国动物防疫法》，2015年4月24日修订；
- (10) 《中华人民共和国农业法》，2012年12月28日修订；
- (11) 《中华人民共和国渔业法》，2025年12月27日修订；
- (12) 《中华人民共和国渔业法实施细则》，2020年11月29日修订；
- (13) 《中华人民共和国清洁生产促进法》，2012年2月29日发布；
- (14) 《中华人民共和国节约能源法》，2018年10月26日修订；
- (15) 《中华人民共和国海上交通安全法》，2021年4月29日修订；
- (16) 《中华人民共和国港口法》，2018年12月29日修订；
- (17) 《中华人民共和国水生野生动物保护实施条例》，2013年12月7日修订；
- (18) 《中华人民共和国自然保护区条例》，2017年10月7日修订；
- (19) 《建设项目环境保护管理条例》，2017年7月16日修订；
- (20) 《防治船舶污染海洋环境管理条例》，国务院令 第561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) 《病死畜禽和病害畜禽产品无害化处理管理办法》，中华人民共和国

农业农村部令 2022 年第 3 号；

(23) 《环境影响评价公众参与办法》，中华人民共和国生态环境部令第 4 号；

(24) 《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》，环发〔2012〕77 号；

(25) 《关于切实加强风险防范严格环境影响评价管理的通知》，环发〔2012〕98 号；

(26) 《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；

(27) 《关于加快推进水产养殖业绿色发展的若干意见》，农渔发〔2019〕1 号；

(28) 《关于实施水产绿色健康养殖技术推广“五大行动”的通知》，农办渔〔2021〕6 号；

(29) 《关于加强海水养殖生态环境监管的意见》，环海洋〔2022〕3 号；

(30) 《“十四五”全国渔业发展规划》，农渔发〔2021〕28 号；

(31) 《关于印发<生态保护红线生态环境监督办法（试行）>的通知》，国环规生态〔2022〕2 号；

(32) 《第二次全国污染源普查产排污系数手册（农业源）》，生态环境部第二次全国污染源普查工作办公室；

(33) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 版）》，2020 年 11 月 30 日发布；

(34) 《市场准入负面清单（2025 年版）》，发改体改规〔2025〕466 号；

(35) 《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，国家发展改革委令第 7 号。

2.1.2 地方法规政策

(1) 《广东省环境保护条例》，2022 年 11 月 30 日修订；

(2) 《广东省渔业管理条例》，2019 年 9 月 25 日修订；

(3) 《广东省野生动物保护管理条例》，2020 年 3 月 31 日修订；

(4) 《广东省水污染防治条例》，2021 年 9 月 29 日修订；

(5) 《广东省固体废物污染环境防治条例》，2022 年 11 月 30 日修订；

- (6) 《广东省大气污染防治条例》，2022年11月30日修订；
- (7) 《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》，粤府〔2020〕71号；
- (8) 《广东省人民政府办公厅关于加快推进现代渔业高质量发展的意见》，粤府办〔2022〕15号；
- (9) 《广东省自然资源厅办公室关于启用我省新修测海岸线成果的通知》，2022年2月22日发布；
- (10) 《关于加快海洋渔业转型升级促进现代化海洋牧场高质量发展的若干措施》，2023年9月22日发布；
- (11) 《广东省自然资源厅关于加强海洋资源要素保障促进现代化海洋牧场高质量发展的通知》，粤自然资规字〔2023〕3号；
- (12) 《广东省海岸带及海洋空间规划(2021-2035年)》，粤自然资发〔2025〕1号；
- (13) 《广东省近岸海域环境功能规划》，粤府办〔1999〕68号；
- (14) 《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》，粤环〔2022〕7号；
- (15) 《广东省国土空间规划(2021-2035年)》，粤府〔2023〕105号；
- (16) 《广东省现代化海洋牧场发展总体规划(2023-2035年)》，2024年11月19日发布；
- (17) 《广东省养殖水域滩涂规划(2021-2030年)》，粤农农〔2021〕354号；
- (18) 《汕尾市环境保护规划纲要(2008-2020年)》，2010年11月17日发布；
- (19) 《汕尾市声环境功能区区划方案》，2021年6月30日发布；
- (20) 《汕尾市生态环境保护“十四五”规划》，2022年7月1日发布；
- (21) 《汕尾市海洋养殖发展规划(2021-2030年)》，2021年12月28日发布；
- (22) 《汕尾市现代化海洋牧场建设规划(2024-2035年)》，2025年1月23日发布；
- (23) 《汕尾市养殖水域滩涂规划(2018-2030年)》，汕农农〔2019〕140号；

- (24) 《汕尾市国土空间总体规划（2021-2035年）》，2023年7月发布；
- (25) 《汕尾市“三线一单”生态环境分区管控方案（修订版）》，汕环（2024）154号；
- (26) 《陆丰市养殖水域滩涂规划（2018-2030年）》，陆农农函（2019）8号；
- (27) 《陆丰市国土空间总体规划（2021-2035年）》，2024年3月发布。

2.1.3 技术规范

- (1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016）；
- (2) 《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ 2.2-2018）；
- (3) 《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ 2.4-2021）；
- (4) 《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025）；
- (5) 《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018）；
- (6) 《水污染物排放限值》（DB44/26-2001）；
- (7) 《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）；
- (8) 《船舶发动机排气污染物排放限值及测量方法（中国第一、二阶段）》（GB 15097-2016）；
- (9) 《船舶大气污染物排放控制区实施方案》（交海发〔2018〕168号）；
- (10) 《建筑施工噪声排放标准》（GB12523-2025）；
- (11) 《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）；
- (12) 《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》（国家海洋局）；
- (13) 《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007）；
- (14) 《海洋监测规范》（GB17378.4-2007）；
- (15) 《海洋调查规范》（GB/T 12763-2007）；
- (16) 《环境空气质量标准》（GB 3095-2026）；
- (17) 《声环境质量标准》（GB 3096-2008）；
- (18) 《渔业水质标准》（GB11607-89）；
- (19) 《海水水质标准》（GB3097-1997）；
- (20) 《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）；
- (21) 《海洋生物质量》（GB 18421-2001）；

- (22) 《海洋生物质量监测技术规程》(HY/T 078-2005);
- (23) 《水产养殖质量安全管理规范》(SC/T 0004-2006);
- (24) 《海洋牧场建设技术指南》(GB/T 40946-2021);
- (25) 《深水网箱养殖技术规范》(DB44/T 742-2010);
- (26) 《抗风浪深水网箱养殖技术规程》(DB46/T131-2008);
- (27) 《石斑鱼抗风浪深水网箱养殖技术规程》(DB 46/T 194-2010);
- (28) 《牡蛎养殖技术规范》(DB33/T 457-2014);
- (29) 《饲料卫生标准》(GB13078-2017);
- (30) 《无公害食品渔用配合饲料安全限量》(NY5072-2002);
- (31) 《病死及病害动物无害化处理技术规范》(农医发〔2017〕25号);
- (32) 《水产养殖动物疫病防控指南(试行)》(农渔养函〔2022〕116号);
- (33) 《染疫水生动物无害化处理规程》(SC/T7015-2011)。

2.1.4 基础资料

- (1) 《陆丰市碣石湾海域金厢片区3号海洋产业园工程可行性研究报告》，中海(广州)工程勘察设计有限公司，2025年11月；
- (2) 《陆丰市碣石湾海域金厢片区3号海洋产业园海域使用论证报告表》，广东创蓝海洋科技有限公司，2026年4月；
- (3) 业主单位提供的其他项目资料。

2.2 功能区划

2.2.1 环境空气功能区划

依据《汕尾市环境保护规划纲要(2008-2020年)》，本项目位于海域，未划分环境空气功能区划。按照《环境空气质量功能区划分原则与技术方法》(HJ 14-1996)相关要求，本项目所在区域不属于自然保护区、风景名胜区和其它需要特殊保护的地区，因此项目参照执行环境空气质量二类区，执行《环境空气质量标准(GB 3095-2026)》的二级标准。

2.2.2 声环境功能区划

根据《汕尾市声环境功能区划方案》(汕环〔2021〕109号)以及关于《汕尾市声环境功能区划方案》的补充说明，本项目所在海域未划分声环境功能区。

参照《声环境质量标准》(GB 3096-2008)和《声环境功能区划分技术规范》(GB/T 15190-2014),“3类声环境功能区指以工业生产、仓储物流为主要功能,需要防止工业噪声对周围环境产生严重影响的区域。”而本项目位于空旷海域,不属于需要维护、保持安静的区域,亦不属于交通道路范围内,因此本项目参照划分为声环境3类功能区,执行《声环境质量标准》(GB 3096-2008)3类标准。

2.2.3 近岸海域环境区划

根据《广东省近岸海域环境功能区划》(粤府办〔1999〕68号)、《关于调整汕尾市部分近岸海域环境功能区划的复函》(粤办函〔2010〕398号)、《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)和《广东省生态环境厅关于同意调整汕尾东海岸、碣石局部海域近岸海域环境功能区划的函》(粤环函〔2024〕421号),本项目位于“408-乌坎工业、港口功能区”及“412-碣石湾浅海渔业功能区”,功能区主要功能和范围见下表所示。

表 2.2.3-1 近岸海域功能区信息表

序号	标识号	功能区名称	主要功能	范围	水质目标
1	408	乌坎工业、港口功能区	工业、港口	金厢角至烟港口	三类
2	412	碣石湾浅海渔业功能区	渔场作业区	/	一类

2.2.4 海洋空间功能区划

根据《广东省海岸带及海洋空间规划(2021-2035年)》,本项目所处海洋功能区为碣石湾近岸渔业用海区。渔业用海区的核心功能是保障海洋渔业生产活动,包括渔船停泊、渔获物装卸交易、渔业后勤补给、水产养殖以及渔业资源养护等。

2.2.5 生态环境分区管控

(1) “三线一单”

根据《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》(粤府〔2020〕71号)和《汕尾市“三线一单”生态环境分区管控方案(修订版)》(汕环〔2024〕154号),本项目养殖区1、养殖区2位于一般管控单元中的“碣石湾农渔业区(HY44150030001)”,养殖区3位于一般管控单元中的“珠海-潮州近海农渔业区(汕尾范围)(HY44150030007)”。

(2) “三区三线”

根据《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年)》和《陆丰市国土空间总体规划(2021-2035年)》中的有关“三

区三线”划定成果，本项目用海不涉及占用生态保护红线和基本保护农田。

2.2.6 小结

本项目所在的环境功能区划汇总如表 2.2.6-1 所示。

表 2.2.6-1 环境功能区划汇总一览表

序号	项目	类别	执行标准
1	环境空气功能区	环境空气二类区	《环境空气质量标准（GB 3095-2026）》二级标准
2	声环境功能区	声环境3类区	《声环境质量标准》（GB 3096-2008）3类标准
3	近岸海域环境区划	408-乌坎工业、港口功能区、412-碣石湾浅海渔业功能区	分别执行《海水水质标准》（GB 3097-1997）三类和一类标准
4	海洋空间功能区划	碣石湾近岸渔业用海区	/
5	“三线一单”	碣石湾农渔业区（HY44150030001）和珠海-潮州近海农渔业区（汕尾范围）（HY44150030007）	/
6	是否污水处理厂集水范围	否	/
7	是否饮用水源保护区	否	/
8	是否基本农田保护区	否	/
9	是否自然保护区和风景名胜保护区	否	/
10	是否水库库区	否	/
11	是否文物保护单位	否	/
12	是否属于生态敏感与脆弱区	是（碣石海湾一般敏感区）	/
13	是否属于生态保护红线	否	/

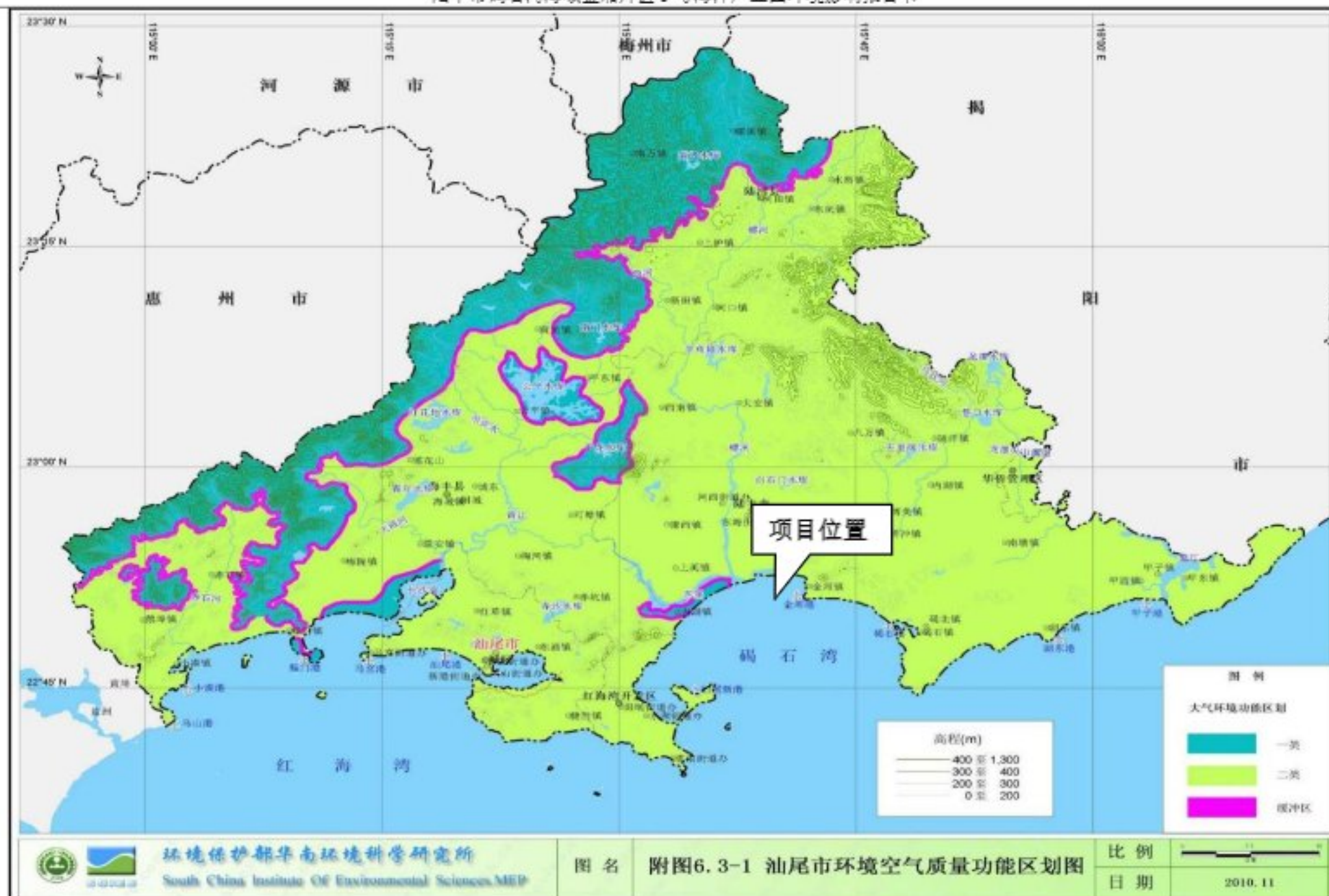


图 2.2.6-1 环境空气功能区划图

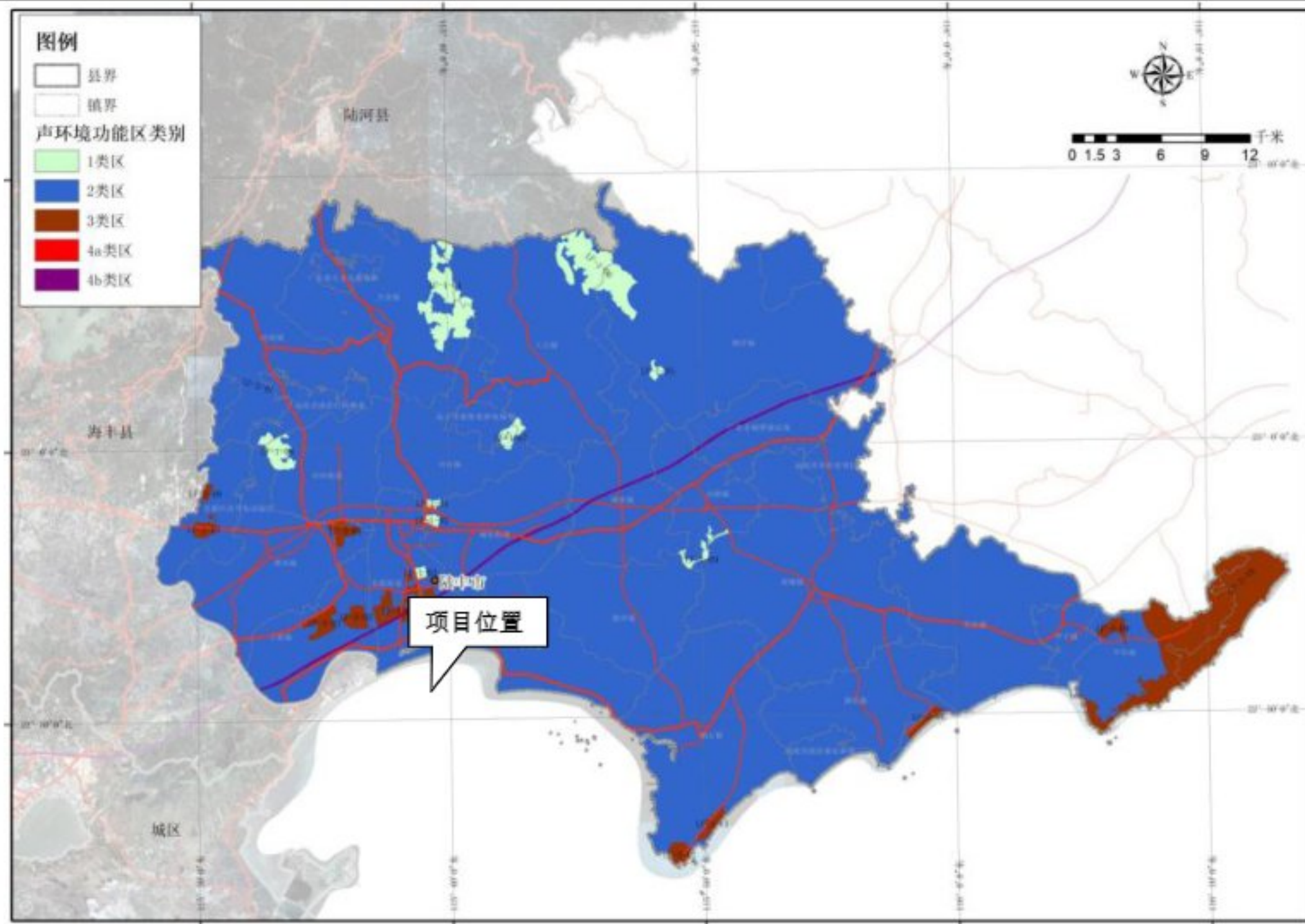


图 2.2.6-2 声环境功能区划图

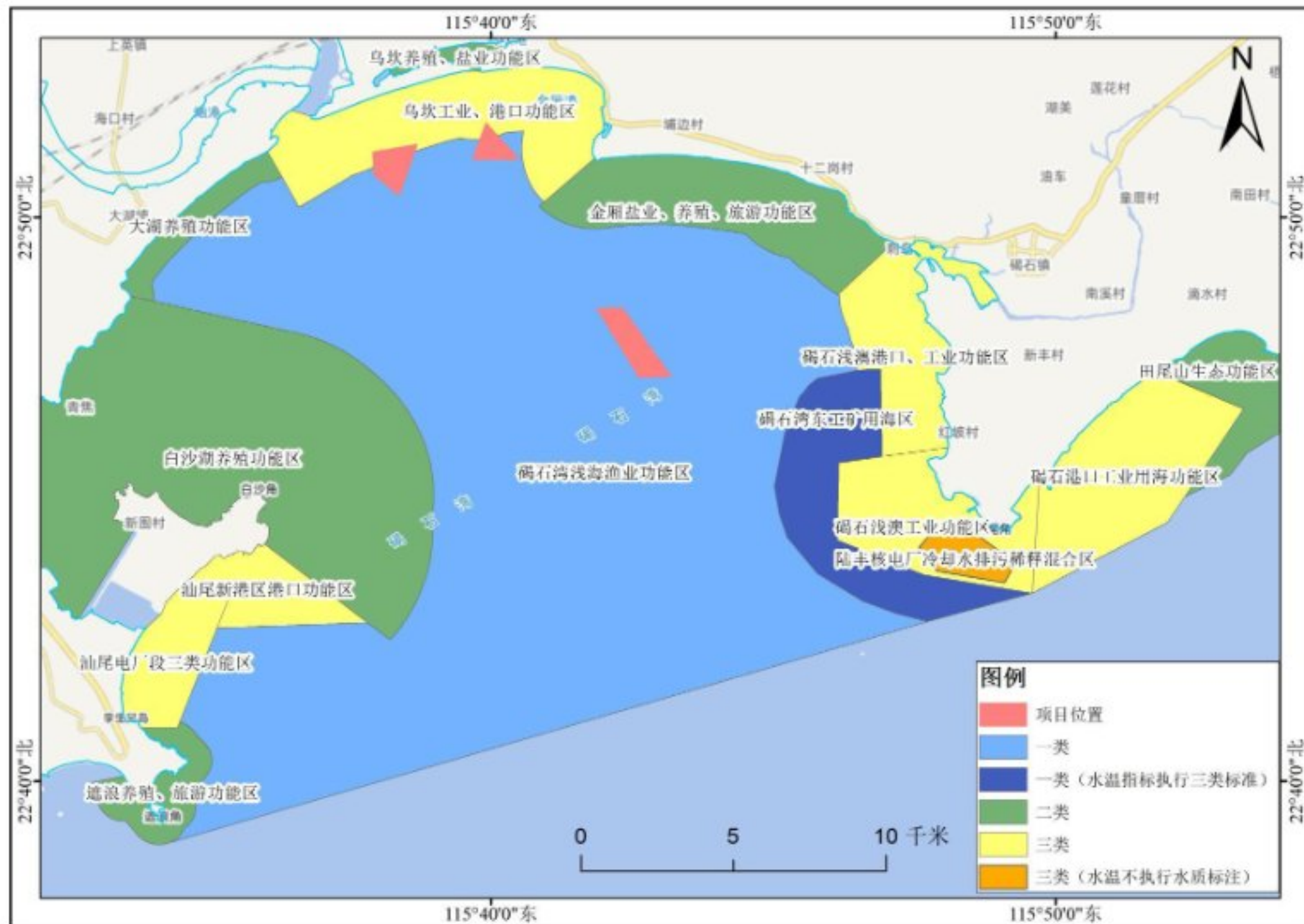


图 2.2.6-3 近岸海域环境功能区划图

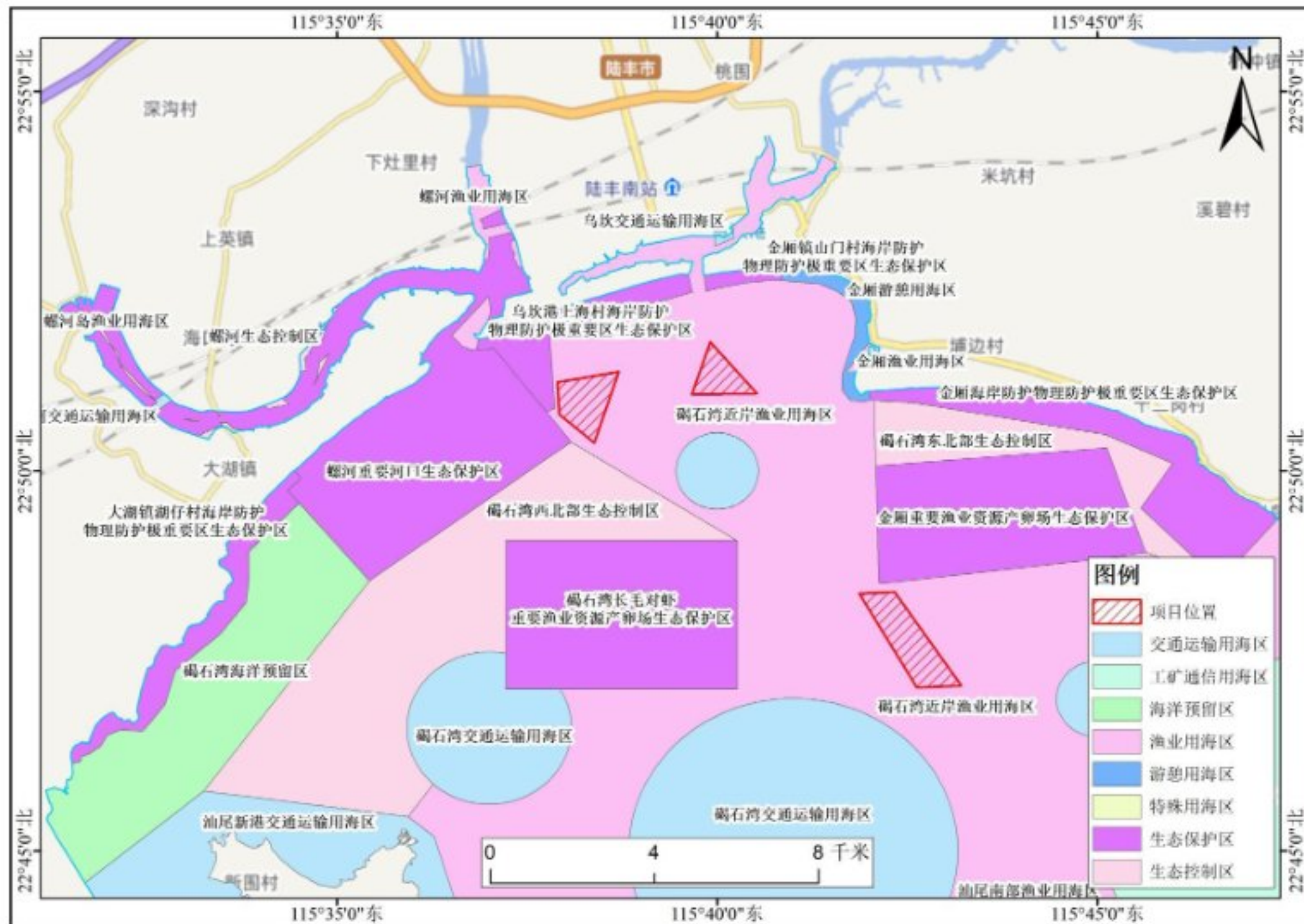


图 2.2.6-4 海洋空间功能区划图

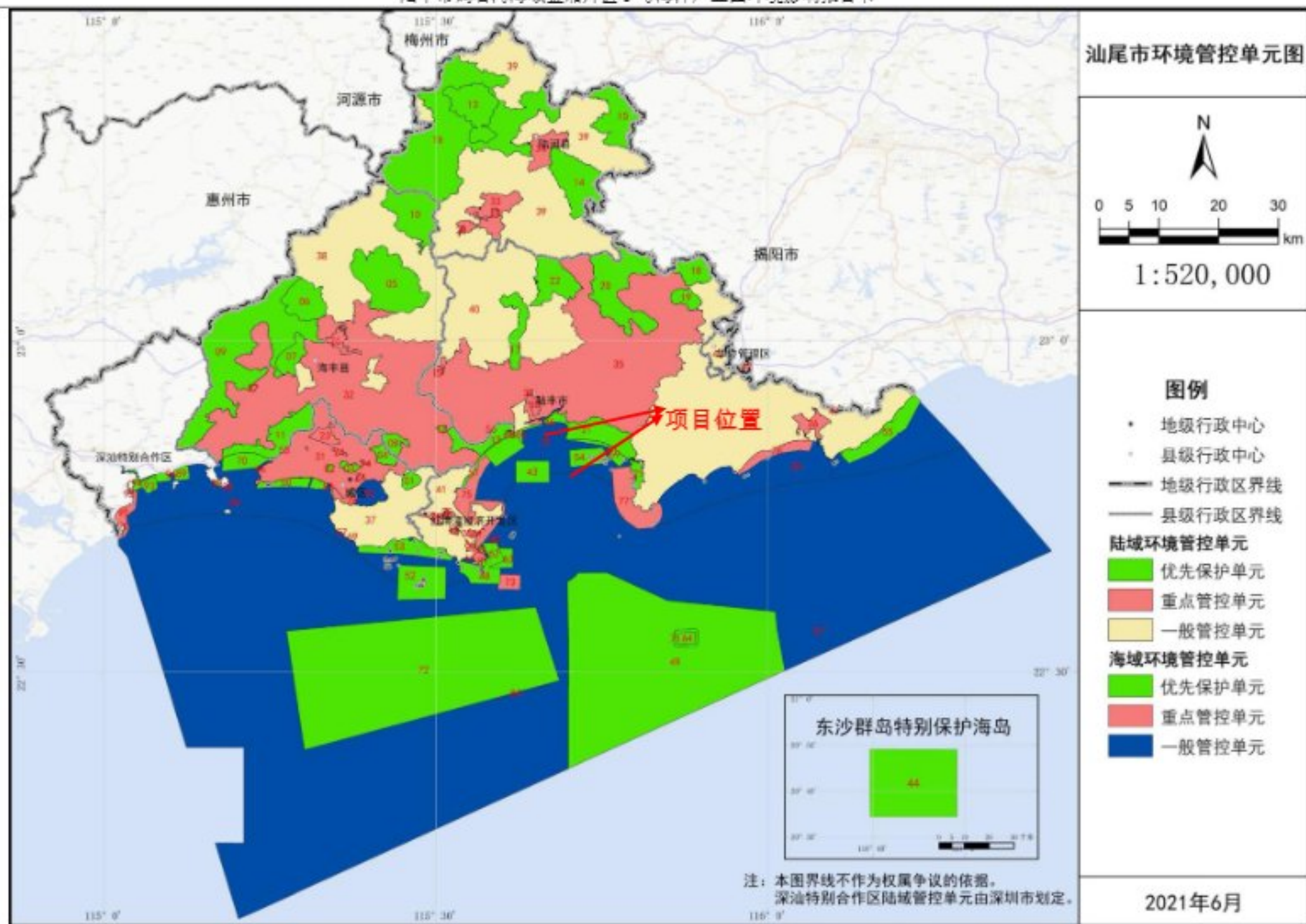
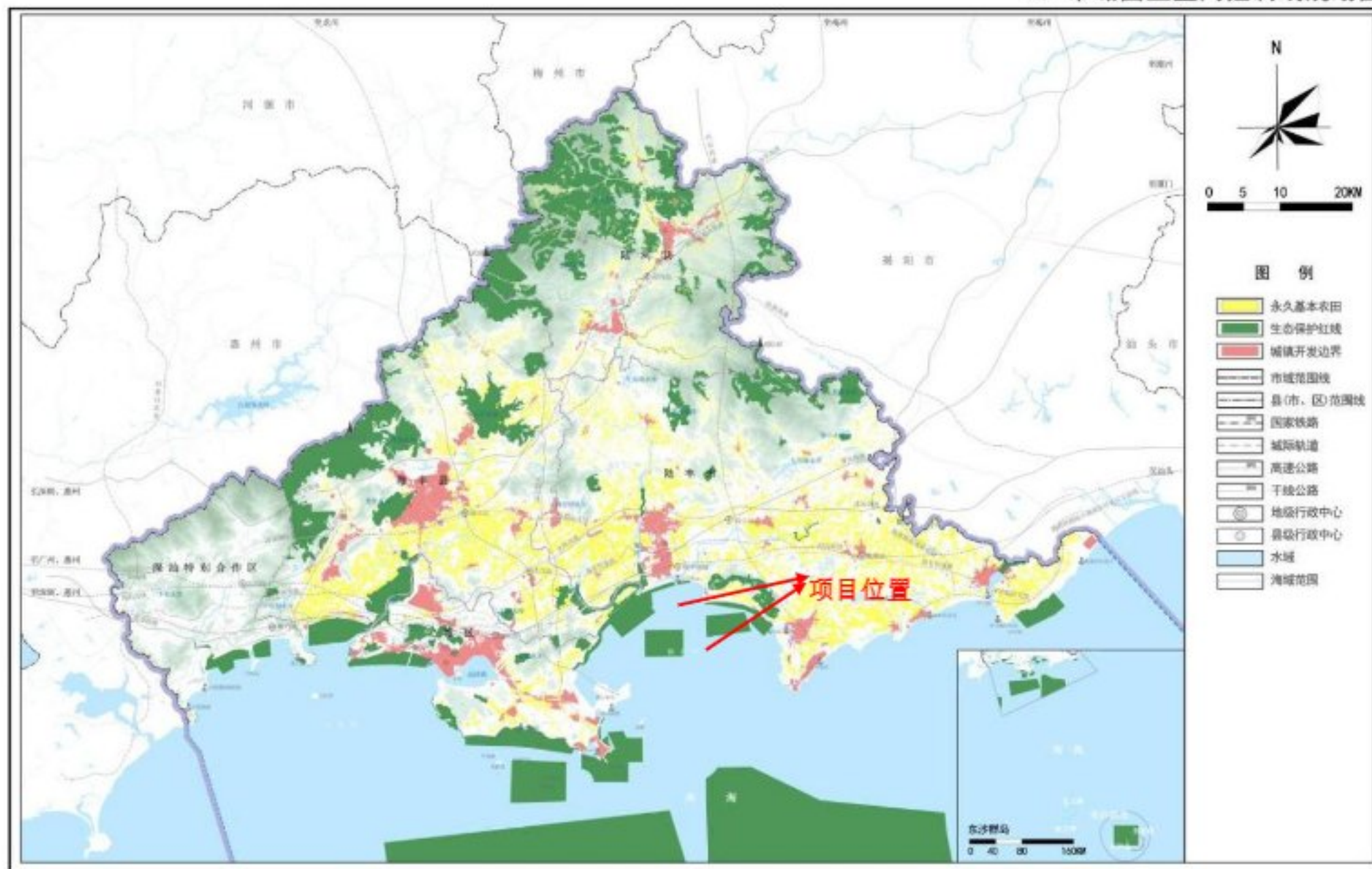


图 2.2.6-5 “三线一单”管控图

汕尾市国土空间总体规划（2021-2035年）

16 市域国土空间控制线规划图



汕尾市人民政府
2023年7月 编制

广州市城市规划勘测设计研究院 国家海洋局南海规划与环境研究院 广东国地规划科技股份有限公司 广东省科学院广州地理研究所 制图

图 2.2.6-6 “三区三线”管控图

2.3 评价等级

2.3.1 大气环境影响评价等级

(1) 评价等级划分依据

按《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ2.2-2018), 分别计算项目排放主要污染物的最大地面空气质量浓度占标率 P_i (第 i 个污染物, 简称“最大浓度占标率”), 及第 i 个污染物的地面空气质量浓度达标准限值 10% 时所对应的最远距离 $D_{10\%}$ 。其中 P_i 定义见下式:

$$P_i = \frac{C_i}{C_{oi}} \times 100\%$$

式中:

P_i —第 i 个污染物的最大地面空气质量浓度占标率, %;

C_i —采用估算模型计算出的第 i 个污染物的最大 1h 地面空气质量浓度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;

C_{oi} —第 i 个污染物的环境空气质量标准, $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。 C_{oi} 一般选取 GB3095 中 1 小时平均质量浓度的二级浓度限值; 如项目位于一类环境功能区, 应选择相应的一级浓度限值。对仅有 8h 平均质量浓度限值、日平均质量浓度限值或年平均质量浓度限值的, 可分别按 2 倍、3 倍、6 倍折算为 1h 平均质量浓度限值。

评价工作等级判定按下表进行划分, 如污染物 i 大于 1, 取 P_i 值最大者 (P_{max})。同一项目有多个 (两个以上, 含两个) 污染源排放同一种污染物时, 则按各污染源分别确定其评价等级, 并选取评价级别最高者作为项目的评价等级。

表 2.3.1-1 大气评价等级判别表

评价工作等级	评价工作分级判据
一级	$P_{max} \geq 10\%$
二级	$1 \leq P_{max} < 10\%$
三级	$P_{max} < 1\%$

(2) 评价等级判定

本项目为海洋牧场/产业园建设, 对大气环境的影响主要为船舶排放的燃油废气。因项目施工期和营运期涉及的船舶数量均较少, 且位于空旷海域, 有利于燃油废气扩散, 因此本项目对周围大气环境影响较小, 可直接判定 $P_{max} < 1\%$ 。则按照《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ2.2-2018) 中评价工作等级的确定原则, 确定本项目大气环境影响评价等级为三级。

2.3.2 声环境影响评价等级

本项目参照执行声环境3类功能区，且周围200m范围内无声环境保护目标。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《声环境质量标准》（GB 3096-2008）规定的3类、4类地区，或建设项目建设前后评价范围内声环境保护目标噪声级增量在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。”

由此，确定本项目声环境影响评价等级为三级。

2.3.3 海洋生态环境评价等级

本项目开展开放式养殖用海活动，3块养殖区总用海面积达444.1454公顷。根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025），本项目属于其他用海类型中的海水养殖，用海面积大于200公顷；且养殖期间需投加饵料。

因此，判定本项目海洋生态环境评价等级为1级。

表 2.3.3-1 建设项目海洋生态环境影响评价等级判定表（摘录自 HJ 1409-2025）

影响类型 \ 评价等级		1	2	3
用海面积 S（hm ² ）	围海	S≥100	S<100	/
	填海	S≥50	S<50	/
	其他用海 ^e	S≥200	100≤S<200	S<100
e：其他用海主要指海上风电、海上太阳能发电、海水养殖等开放式用海建设项目；不投加饵料的海水养殖项目，评价等级为3级。				

2.3.4 环境风险评价等级

（1）风险评价等级划分依据

参考《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018），项目风险评价等级依据本项目涉及的物质及工艺系统危险性、区域环境敏感性以及环境风险潜势确定，环境风险评价等级划分见表 2.3.4-1。

表 2.3.4-1 评价工作等级划分依据

环境风险潜势	IV、IV+	III	II	I
评价工作等级	—	二	三	简单分析 ^a
^a 是相对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。				

表 2.3.4-2 建设项目环境风险潜势

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)
环境高敏感程度 (E1)	IV+	IV	III	III
环境中敏感程度 (E2)	IV	III	III	II
环境低敏感程度 (E3)	III	III	II	I

注：IV+为极高环境风险

根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》(HJ 1409-2025)，海洋生态环境的敏感程度分级见下表所示。

表 2.3.6-3 环境敏感程度分级

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

由导则可知，环境风险评价等级由环境风险潜势决定，而环境风险潜势由环境敏感程度 E 及危险物质及工艺系统危险性 P 决定。由上表可知，环境风险评价工作等级由环境风险潜势决定，而环境风险潜势由环境敏感程度 E 及危险物质及工艺系统危险性 P 综合决定。

(2) 风险潜势初判

根据 HJ169-2018 附录 C 中的危险物质数量与临界量比值 (Q) 的计算如下：

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；当存在多种危险物质时，则按下列公式计算物质总量与其临界量比值 (Q)：

$$Q = \frac{q_1}{Q_1} + \frac{q_2}{Q_2} + \frac{q_3}{Q_3} + \dots + \frac{q_n}{Q_n}$$

式中： $q_1, q_2, q_3, \dots, q_n$ ——每种危险物质的最大存在总量，t；

$Q_1, Q_2, Q_3, \dots, Q_n$ ——每种危险物质的临界量，t；

当 $Q < 1$ 时，项目环境风险潜势为 I。

当 $Q \geq 1$ 时，将 Q 值划分为：(1) $1 \leq Q < 10$ ；(2) $10 \leq Q < 100$ ；(3) $Q \geq 100$ 。

本项目涉及的危险物质主要为施工和运营期投入船舶燃油舱储存的燃料油，其环境风险来源于船舶碰撞事故造成溢油对水体的污染影响。根据工程设计资料，项目施工期使用到的船舶有运输工作船（总吨 $\leq 1000t$ ）、指挥船（总吨约 1t）、吊船（总吨约 1000t）；项目营运期使用到的船舶有养殖辅助船（总吨约 200t）。

其中属施工期运输船或吊船可携带的燃油量规格最大。按照《船舶污染海洋环境风险评价技术规范（试行）》附录 4.1 规定，非邮轮船舶燃油最大携带量可用船舶总吨推算，且根据船型不同一般取船舶总吨的 8%~12%。本项目保守按 12% 计算，则施工船舶燃油最大携带量推算为 $1000 \times 12\% = 120$ （吨）。

根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025）附录 G 表 G.1 油类物质的临界量，油类物质（矿物油类，如石油、汽油、柴油等；生物柴油等）的临界量为 100t，本项目施工期船舶最大燃油储存量为 120t，两者比值为 $Q = 120/100 = 1.2$ ，即 $1 \leq Q < 10$ 。

（3）行业及生产工艺（M）

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

表 2.3.6-4 行业及生产工艺（M）

行业	评估依据	分值
其他	涉及危险物质使用、贮存的项目	5

由上表可知，判定本项目行业及生产工艺（M）为 M4 等级。

（4）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），则判定本项目为 P4 级别。

表 2.3.6-5 危险物质及工艺系统危险性等级判断（P）

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

由此，本项目环境风险潜势判定为 III 级，即环境风险评价等级为二级，应做定量分析。

2.4 评价范围及评价重点

2.4.1 评价范围

1、大气环境评价范围：本项目大气环境评价等级为三级，不设置评价范围。

2、声环境评价范围：本项目声环境评价等级为三级，且周围 200m 范围内无声环境保护目标，可不设置评价范围。

3、海洋生态环境评价范围

按《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025）规定，海洋生态环境影响评价范围以建设项目平面布置外缘线向外的扩展距离确定，其中 1 级评价项目在潮流主流向的扩展距离应不小于 15km~30km，垂直于潮流主流向的扩展距离以不小于主流向扩展距离的 1/2 为宜。

因此，从项目平面布置外缘线起在平行和垂直潮流主流向上各拓展 15km，作为本项目海洋生态环境影响评价范围，评价范围面积约 723.56km²，囊括整个碣石湾海域。

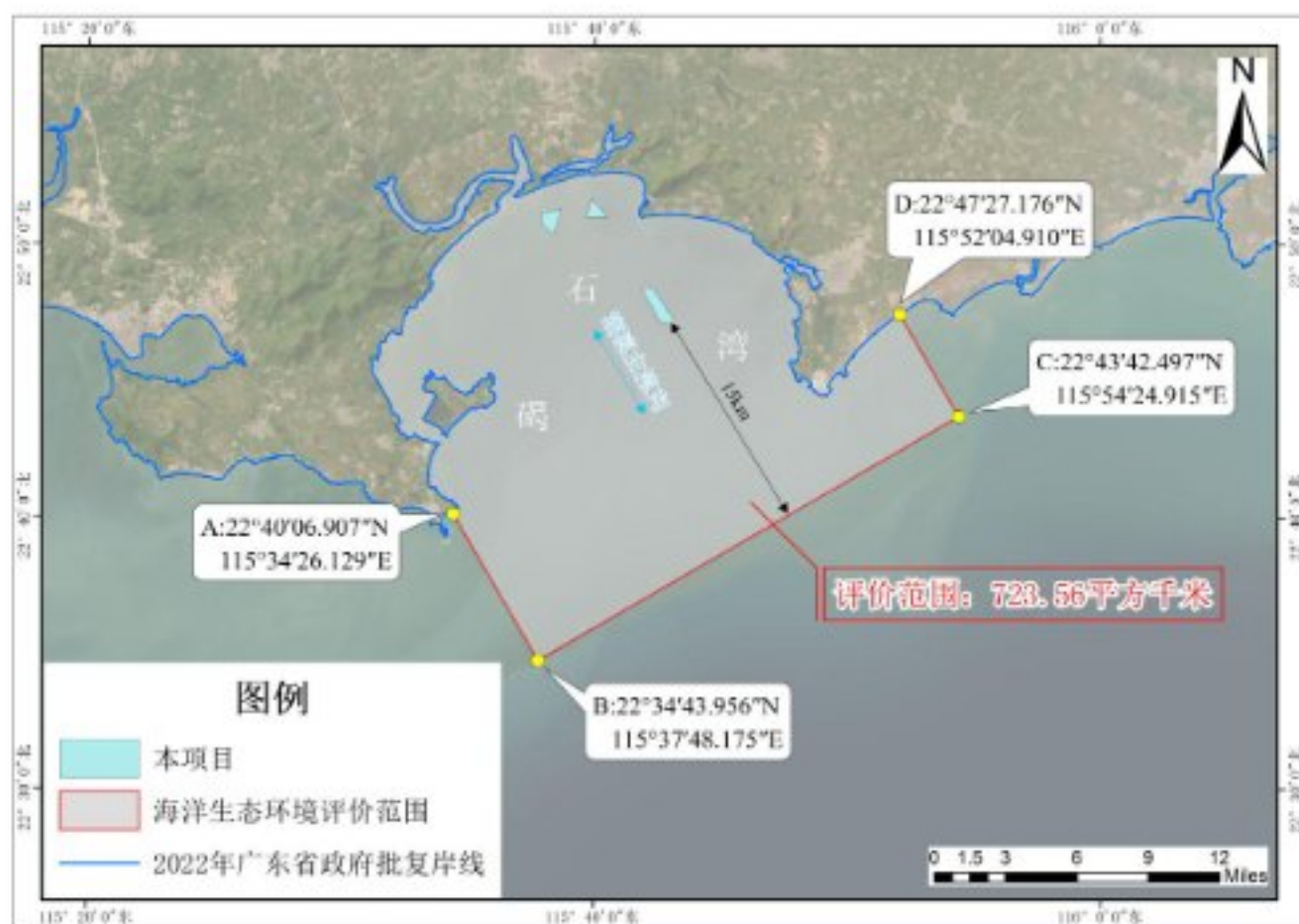


图 2.4.1-1 海洋生态环境评价范围图

4、海洋生态环境风险评价范围

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

本项目环境风险评价等级为二级，且环境风险事件主要为海上溢油事故。据

溢油预测结果（见 6.3.3 节内容），当溢油事故发生在乌坎西线航道时，在不利风速条件下，溢油物质于 48h 后可扩散出碣石湾，南端最远可越过“遮浪南重要渔业资源产卵场”生态保护红线。

故本项目海洋生态环境风险评价范围依据溢油物质 48h 扩散范围确定，且大于相应等级的海洋生态环境影响评价范围，具体为自项目用海平面布置外缘起，北侧扩至碣石湾湾顶处，西侧扩至红海湾，东侧扩至甲湖湾，南侧扩至 62km 处，风险评价范围面积约 3337.69km²，见图 2.4.1-2 所示。

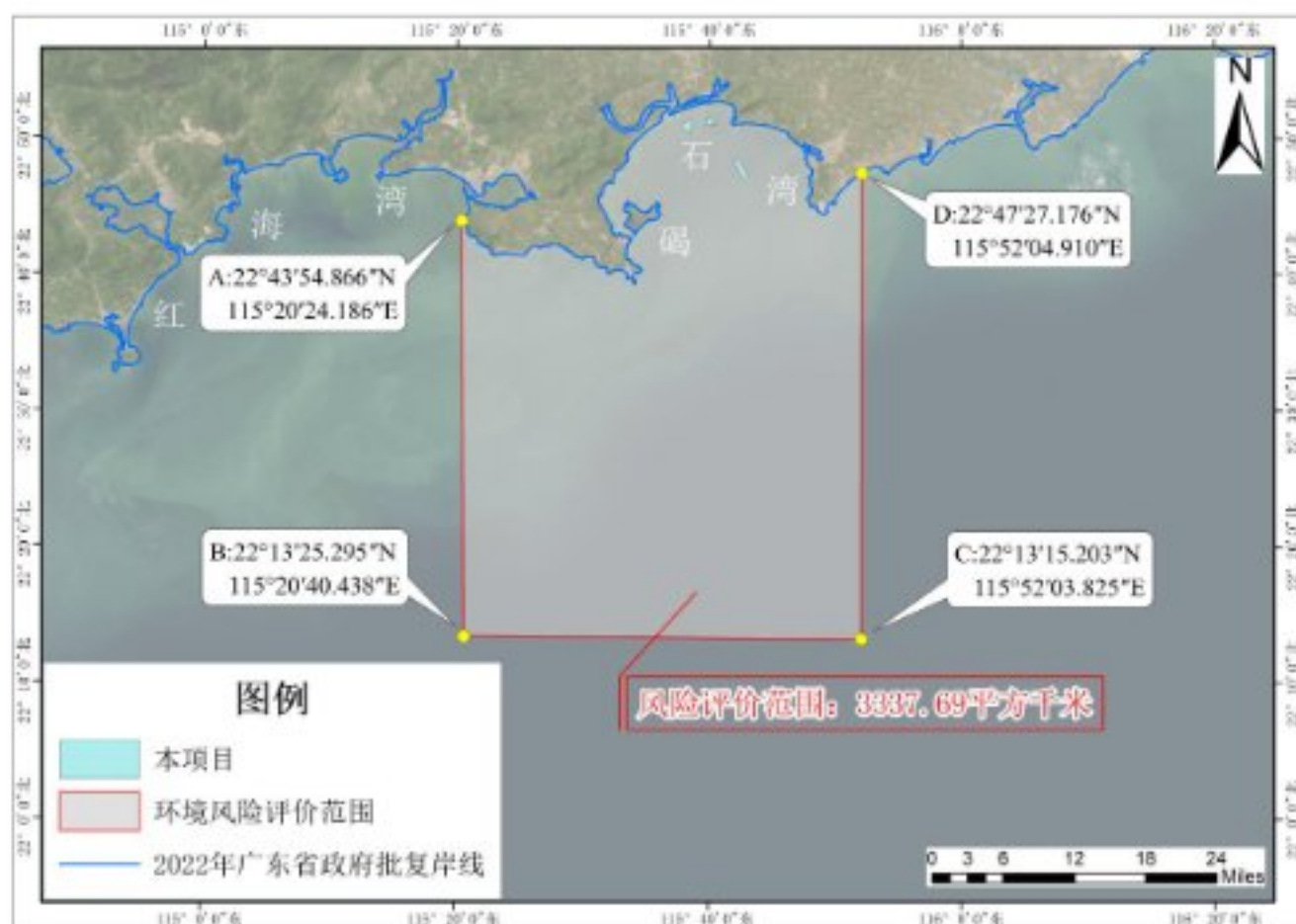


图2.4.1-2 海洋生态环境风险评价范围

2.4.2 评价重点

根据本项目污染物排放特点及所处海域环境，确定工程评价重点为：

- (1) 工程建设对海水水质、沉积物、海洋生态环境及其生态系统的影响；
- (2) 工程建设对海洋水文动力、地形地貌及冲淤环境的影响；
- (3) 工程建设对环境敏感区、环境保护目标以及海上通航环境的影响；
- (4) 工程施工期及营运期采取的环境保护对策措施。

2.5 评价标准

2.5.1 环境质量标准

2.5.1.1 环境空气质量标准

本项目参照划分为环境空气二类区，执行《环境空气质量标准》（GB 3095-2026）二级标准，具体限值见表 2.5.1-1。

表 2.5.1-1 《环境空气质量标准》（GB 3095-2026）摘录

污染物名称	平均时间	过渡阶段浓度限值	执行标准
SO ₂	年平均	60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	《环境空气质量标准》（GB 3095-2026） 二级标准
	24 小时平均	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
	1 小时平均	500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
NO ₂	年平均	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
	24 小时平均	80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
	1 小时平均	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
PM ₁₀	年平均	60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
	24 小时平均	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
CO	24 小时平均	4 mg/m^3	
	1 小时平均	10 mg/m^3	
O ₃	日最大 8 小时平均	160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
	1 小时平均	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
PM _{2.5}	年平均	35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
	24 小时平均	75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	

2.5.1.2 声环境质量标准

本项目参照划分为声环境质量 3 类区，执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的 3 类标准，具体见表 2.5.1-2。

表 2.5.1-2 《声环境质量标准》（GB3096-2008） 单位：等效声级 Leq[dB（A）]

声环境功能区类别	昼间	夜间
3 类区	65	55

2.5.1.3 渔业水质标准

本项目利用天然海水养殖，不设置养殖排放口等相关内容，养殖海域水质需符合《渔业水质标准》（GB 11607-89）的要求。

表 2.5.1-3 《渔业水质标准》（GB11607-89）（摘录） 单位：mg/L

序号	项目	标准值
1	悬浮物质	人为增加的量不得超过 10，而且悬浮物质沉积于底部后，不得对鱼、虾、贝类产生有害的影响
2	pH 值	淡水 6.5~8.5，海水 7.0~8.5
3	溶解氧	连续 24h 中，16h 以上必须大于 5，其余任何时候不得低于 3，对于鲢科鱼类栖息水域冰封期其余任何时候不得低于 4
4	汞	≤ 0.0005

序号	项目	标准值
5	镉	≤0.005
6	铅	≤0.05
7	铬	≤0.1
8	铜	≤0.01
9	锌	≤0.1
10	砷	≤0.05
11	硫化物	≤0.2
12	石油类	≤0.05
13	挥发酚	≤0.005

2.5.1.4 海水水质质量标准

根据《广东省近岸海域环境功能区划》（粤府办〔1999〕68号）、《关于调整汕尾市部分近岸海域环境功能区划的复函》（粤办函〔2010〕398号）、《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）和《广东省生态环境厅关于同意调整汕尾东海岸、碣石局部海域近岸海域环境功能区划的函》（粤环函〔2024〕421号），本项目位于“408-乌坎工业、港口功能区”及“412-碣石湾浅海渔业功能区”，分别执行海水水质三类和一类标准。

表 2.5.1-4 《海水水质标准》（GB3097-1997）（摘录） 单位：mg/L

污染物名称	第一类	第二类	第三类	第四类
pH	7.8~8.5		6.8~8.8	
水温℃	人为造成的海水温升夏季不超过当时当地 1℃，其他季节不超过 2℃		人为造成的海水温升不超过当时当地 4℃	
溶解氧（DO）>	6	5	4	3
化学需氧量（COD）≤	2	3	4	5
生化需氧量（BOD）≤	1	3	4	5
悬浮物（SS）	人为增加的量≤10		人为增加的量≤100	人为增加的量≤150
粪大肠菌群（个/L）≤	2000			-
无机氮 ^① ≤	0.20	0.30	0.40	0.50
活性磷酸盐≤	0.015	0.03		0.045
砷≤	0.02	0.03	0.05	
总铬≤	0.05	0.10	0.20	0.50
铜≤	0.005	0.01	0.05	
铅≤	0.001	0.005	0.01	0.05
汞≤	0.00005	0.0002	0.0002	0.0005
锌≤	0.02	0.05	0.10	0.50
镉≤	0.001	0.005	0.01	0.01
石油类≤	0.05	0.05	0.30	0.50

污染物名称	第一类	第二类	第三类	第四类
挥发性酚 $\leq$	0.005		0.01	0.05
硫化物 $\leq$	0.02	0.05	0.10	0.25

注：①无机氮是硝酸盐氮、亚硝酸盐氮和氨氮的总和。

2.5.1.5 海洋沉积物质量标准

根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》，本项目位于碣石湾近岸渔业用海区。参考《海洋沉积物质量》（GB 18668-2002）不同海域使用功能、保护目标和质量分类的原则，适用于海洋渔业水域的为第一类标准，则确定项目海洋沉积物质量执行第一类标准。

关于海洋沉积物的质量标准划分依据《海洋沉积物质量标准》（GB18668-2002），如下表所示。

表 2.5.1-5 《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）（单位： $\times 10^{-6}$ ，干重，有机碳为%）

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

第一类 适用于海洋渔业水域，海洋自然保护区，珍稀与濒危生物自然保护区，海水养殖区，海水浴场，人体直接接触沉积物的海上运动或娱乐区，与人类食用直接有关的工业用水区。
 第二类 适用于一般工业用水区，滨海风景旅游区。
 第三类 适用于海洋港口水域，特殊用途的海洋开发作业区。

2.5.1.6 海洋生物质量标准

根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》，本项目位于碣石湾近岸渔业用海区。参考《海洋生物质量》（GB18421-2001）不同海域使用功能、保护目标和质量分类的原则，适用于海洋渔业水域的为第一类标准，则确定项目海洋生物质量执行第一类标准。

根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025），双壳贝类采用《海洋生物质量》（GB18421-2001）规定的标准值进行评价；其他软体动物、

甲壳动物和定居性鱼类等的重金属、石油烃的评价标准参考见表所示。

表 2.5.1-6 《海洋生物质量》(GB 18421-2001)(贝类) (鲜重: $\times 10^{-6}$ mg/kg)

项目	第一类	第二类	第三类
总汞 $\leq$	0.05	0.1	0.3
砷 $\leq$	1.0	5.0	8.0
镉 $\leq$	0.2	2.0	5.0
铬 $\leq$	0.5	2.0	6.0
铅 $\leq$	0.1	2.0	6.0
铜 $\leq$	10	25	50 (牡蛎 100)
锌 $\leq$	20	50	100 (牡蛎 500)
石油烃 $\leq$	15	50	80

注: 以贝类去壳部分的鲜重计。
 第一类, 适用于海洋渔业海域、海水养殖区、海洋自然保护区, 与人类食用直接有关的工业用水区。
 第二类, 适用于一般工业用水区、滨海风景旅游区。
 第三类, 适用于港口海域和海洋开发作业区。

表 2.5.1-7 其他海洋生物体质量标准 (鲜重: $\times 10^{-6}$)

生物类别	铜	铅	锌	镉	砷	总汞	石油烃
软体动物 (非双壳贝类)	100	10	250	5.5	1	0.3	20
甲壳类	100	2	150	2.0	1	0.2	20
鱼类	20	2	40	0.6	1	0.3	20

2.5.2 污染物排放标准

2.5.2.1 废气

项目大气环境污染物主要为施工期施工船舶运行产生的燃油尾气, 营运期工作船舶运行产生的燃油尾气。船舶尾气执行《船舶大气污染物排放控制区实施方案》(交海发〔2018〕168号)和《船舶发动机排气污染物排放限值及测量方法(中国第一、二阶段)》(GB 15097-2016)中的要求, 具体如下:

(1)《船舶大气污染物排放控制区实施方案》(交海发〔2018〕168号)

①硫氧化物和颗粒物排放控制要求

2019年1月1日起, 海船进入排放控制区, 应使用硫含量不大于0.5% m/m 的船用燃油; 2020年3月1日起, 未使用硫氧化物和颗粒物污染控制装置等替代措施的船舶进入排放控制区只能装载和使用其按照本方案规定应当使用的船用燃油。

②氮氧化物排放控制要求

2015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。

③其他

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。采取尾气后处理方式的，应当安装排放监测装置，产生的废水废液应当按照有关规定进行处理。

(2)《船舶发动机排气污染物排放限值及测量方法（中国第一、二阶段）》（GB15097-2016）

船舶尾气还应满足《船舶发动机排气污染物排放限值及测量方法（中国第一、二阶段）》（GB15097-2016）中硫氧化物和颗粒物、氮氧化物等排放控制要求，其排放限值具体见表2.5.2-1。

表 2.5.2-1 船机排气污染物第二阶段排放限值（单位：g/kWh）

船机类型	单缸排量 (SV) (L/缸)	额定净功率 (P) (kW)	CO (g/kWh)	HC+NOx (g/kWh)	CH ₄ ⁽¹⁾ (g/kWh)	PM (g/kWh)
第1类	SV<0.9	P≥37	5.0	5.8	1.0	0.3
	0.9≤SV<1.2		5.0	5.8	1.0	0.14
	1.2≤SV<5		5.0	5.8	1.0	0.12
第2类	5≤SV<15	P<2000	5.0	6.2	1.2	0.14
		2000≤P<3700	5.0	7.8	1.5	0.14
		P≥3700	5.0	7.8	1.5	0.27
	15≤SV<20	P<2000	5.0	7.0	1.5	0.34
		2000≤P<3300	5.0	8.7	1.6	0.50
		P≥3300	5.0	9.8	1.8	0.50
	20≤SV<25	P<2000	5.0	9.8	1.8	0.27
		P≥2000	5.0	9.8	1.8	0.50
	25≤SV<30	P<2000	5.0	11.0	2.0	0.27
		P≥2000	5.0	11.0	2.0	0.50

(1) 仅适用于 NG（含双燃料）船机。

注：船舶燃油废气中的烟尘以 PM 计，对于船舶燃油废气中的 SO₂，若船机设计需要使用船用燃料油，船用燃料油应使用符合国家标准及法规规定的低硫船用燃料油，对安装污染控制装置的船舶，其二氧化硫（SO₂）排放不超过使用低硫船用燃料的，可使用其他燃料，且船舶应有明显的标识。

2.5.2.2 噪声

项目施工期厂界噪声执行《建筑施工噪声排放标准》（GB12523-2025）；营

运营期厂界噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)。本项目位于海域,声环境参照3类功能区划,则运营期厂界噪声参照执行3类标准。具体标准限值见表2.5.2-2。

表 2.5.2-2 噪声排放标准限值(单位: dB(A))

时段	昼间	夜间	标准来源
施工期	70	55	《建筑施工噪声排放标准》(GB12523-2025)
运营期	65	55	《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)

2.5.2.3 废水

(1) 养殖废水

本项目运营期通过控制饵料投放和养殖密度等途径,控制养殖污染物排放量,养殖区域水质需符合《渔业水质标准》(GB 11607-89),具体限值见表2.5.1-3。

(2) 船舶水污染物

本项目施工期和运营期产生的船舶生活污水经船舶生活污水收集舱收集后,上岸后经槽车转运至陆丰第二污水处理厂处理排放;船舶含油污水则暂存至船舶含油污水收集舱,收集上岸后由有处理能力的单位接收处理。

船舶污水应严格按照《船舶水污染物排放控制标准》(GB3552-2018)和《关于发布<船舶水污染防治技术政策>的公告》中的相关要求处置,执行标准摘录见表2.5.2-3。

表 2.5.2-3 船舶污染物排放要求

污染物种类	排放控制要求		排放限值			
船舶含油污水	沿海	400 总吨及以上船舶	油污水处理装置出水口石油类限值为 15mg/L (排放应在船舶航行中进行) 或收集并排入接收设施。			
		400 总吨以下非渔业船舶				
船舶生活污水	3 海里以内海域	收集或船舶航行中达标排放	2012 年 1 月 1 日以前安装(含更换)生活污水处理装置的船舶	污染物项目	限值	污染物排放监控位置
			2012 年 1 月 1 日以后安装(含更换)生活污水处理装置的船舶	BOD ₅ (mg/L)	50	生活污水处理装置出水口
				SS (mg/L)	150	
				耐热大肠菌群数 (个/L)	2500	
				耐热大肠菌群数 (个/L)	1000	
			2012 年 1 月 1 日以后安装(含更换)生活污水处理装置的船舶	污染物项目	限值	
				BOD ₅ (mg/L)	25	
				SS (mg/L)	35	

				CODcr (mg/L)	125	
				pH 值 (无量纲)	6~8.5	
				总氮 (总余氯) (mg/L)	<0.5	
	3 海里<与最近陆地间距离≤12 海里海域	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最大允许排放速率。				
	与最近陆地间距离>12 海里海域	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最大允许排放速率。				
船舶垃圾	在任何海域，塑料废弃物、废弃食用油、生活废弃物、焚烧炉灰渣、废弃渔具和电子垃圾均收集接收；食品废弃物：3 海里以内接收；3 海里-12 海里粉碎≤25mm 后排放；12 海里外排放；货物残留物：12 海里内接收；12 海里外不含危害海洋环境物质可排；货舱、甲板和外表清洗水不含危害海洋环境物质可排，其他废弃物收集。					

陆丰第二污水处理厂的进水水质标准为《水污染物排放限值》(DB44/26-2001)第二时段三级标准，见下表所示。

表 2.5.2-4 广东省《水污染物排放限值》(DB44/26-2001)

污染物	DB44/26-2001 第二时段 (mg/L)		
	一级	二级	三级
pH	6~9	6~9	6~9
COD	90	110	500
BOD ₅	20	30	300
氨氮	10	15	/
动植物油	10	15	100
悬浮物	60	100	400

2.5.2.4 固体废弃物

船舶生活垃圾、海洋垃圾和废弃养殖设施材料等执行《船舶水污染物排放控制标准》(GB3552-2018)中相关要求。养殖病死水产品的处理处置执行《病死畜禽和病害畜禽产品无害化处理管理办法》(中华人民共和国农业农村部令 2022 年第 3 号)、《病死及病害动物无害化处理技术规范》(农医发(2017)25 号)、《水产养殖动物疫病防控指南(试行)》(农渔养函(2022)116 号)以及《染疫水生动物无害化处理规程》(SC/T7015-2011)的相关要求。

2.6 海洋生态环境保护目标

《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》(HJ 1409-2025)指出，“海洋生态环境保护目标是评价范围内所有海洋生态敏感区及其他需要保护的物种、种群、生物群落及生态空间等。”

通过对项目附近海域的现场勘查和影像分析,考虑项目施工特征及影响范围,结合自然保护区、生态保护红线、海岛岛礁和珊瑚礁群落等分布现状,以此确定本项目海洋生态环境评价范围内的环境保护目标。

表 2.6-1 本项目海洋环境保护目标一览表

类型	序号	名称	方位	直线距离	保护目标
海洋生态保护红线	1	螺河重要河口	西北	2.1km	河口生境
	2	乌坎港上海村海岸防护物理防护极重要区	西侧	0.1km	自然砂质岸线
	3	金厢镇山门村海岸防护物理防护极重要区	北侧	1.2km	
	4	金厢海岸防护物理防护极重要区	东侧	2.5km	
	5	大湖镇湖仔村海岸防护物理防护极重要区	西南	6.0km	
	6	遮浪长沟村海岸防护物理防护极重要区	西南	16.2km	
	7	施公寮海岸防护物理防护极重要区	西南	17.3km	
	8	遮浪重要滩涂及浅海水域	西南	17.9km	滩涂生境
	9	碣石湾长毛对虾重要渔业资源产卵场	南侧	2.4km	种质资源及海洋生态环境
	10	金厢重要渔业资源产卵场	北侧	0.2km	
	11	遮浪南重要渔业资源产卵场	南侧	21.7km	
	12	碣石湾海马珍稀濒危物种分布区	南侧	15.1km	
水产种质资源保护区	13	汕尾市碣石鲷鱼长毛对虾国家级水产种质资源保护区	南侧	2.4km	
海洋自然保护地	14	汕尾海丰鸟类地方级自然保护区	西侧	0.2km	候鸟及栖息地
	15	汕尾红海湾遮浪角东人工鱼礁地方级自然保护区	西南	15.9km	珍稀濒危与经济物种
	16	广东遮浪半岛国家级海洋自然公园	西南	18.3km	
	17	汕尾碣石湾海马资源市级自然保护区	南侧	15.1km	
河口	18	螺河河口	西北	2.1km	河口生境
	19	乌坎河河口	北侧	1.6km	
海湾	20	碣石湾	所在	/	海湾生境
三场	21	南海幼鱼幼虾保护区	所在	/	种质资源及海洋

类型	序号	名称	方位	直线距离	保护目标
一通道	22	南海北部幼鱼繁育场保护区	所在	/	生态环境
特殊生境	23	金屿岛珊瑚礁	西南	12.4km	海洋生态系统
保护物种种群	24	碣石湾海马种群	南侧	15.1km	三斑海马、日本海马等种质资源
	25	碣石湾鳎鱼、长毛对虾种群	南侧	2.4km	鳎鱼、长毛对虾等种质资源
	26	海丰候鸟种群	西侧	0.2km	东方白鹳、彩鹳等珍稀水鸟种群
养殖用海区	27	汕尾华电现代化海洋牧场项目	西侧	最近 2.1km	海水水质
	28	陆丰碣石湾金厢片区开放式养殖用海项目	西侧	0.3km	
	29	陆丰蚝之发水产科技养殖项目海上养殖场	西侧	1.6km	
	30	陆丰盛风蚝业水产养殖项目海上养殖场	西侧	1.9km	
	31	陆丰金厢南海域国家级海洋牧场示范区人工鱼礁建设项目	东侧	1.9km	
	32	陆丰金厢南人工鱼礁区	东侧	2.2km	
	33	陆丰市碣石湾海域碣石片区开放式养殖用海项目	东侧	2.4km	
	34	陆丰市碣石德顺养殖场海上养殖项目	东侧	2.4km	
	35	陆丰市新立渔农业专业合作社海上养殖项目	东侧	3.7km	
	36	陆丰市裕洲农业生蚝标准化海养示范基地项目	东侧	4.0km	
	37	陆丰启晖农业生食生蚝养殖示范基地项目	东侧	4.5km	
	38	陆丰市茂潮种养专业合作社养殖区	东侧	6.2km	
滨海浴场	39	陆丰市滨海金厢公共浴场项目	东北	3.4km	
	40	陆丰海纳金滩海水浴场项目	东侧	6.3km	
	41	陆丰市滨海浅澳公共浴场项目	东南	8.3km	
岛礁资源	42	黑大礁	东侧	3.3km	岛屿及地形地貌冲淤环境
	43	乌粪礁	东侧	3.3km	

类型	序号	名称	方位	直线距离	保护目标
(节选部分最近)	44	旗杆夹礁	东侧	3.7km	
注：红海湾红树林位于海岸线往陆一侧，不在项目海洋生态环境评价范围内。					

此外，因碣石湾海域内分布有多个国控监测水质站位，其布设是为客观掌握近岸海域生态环境的质量状况。考虑到国控监测站位的管理保护属性，本项目将评价范围内涉及的国控监测站位列为关注保护目标，主要有 GDN14004、GDN14012、GDN14013 和 GDN14015，与其中站位最近直线距离为 1.7km。

表 2.6-2 关注环境保护目标一览表

类型	序号	名称	方位	直线距离	保护目标
国控监测 站位	1	GDN14004	南侧	4.1km	海水水质
	2	GDN14012	东南	17.5km	
	3	GDN14013	内部	1.7km	
	4	GDN14015	东侧	6.3km	

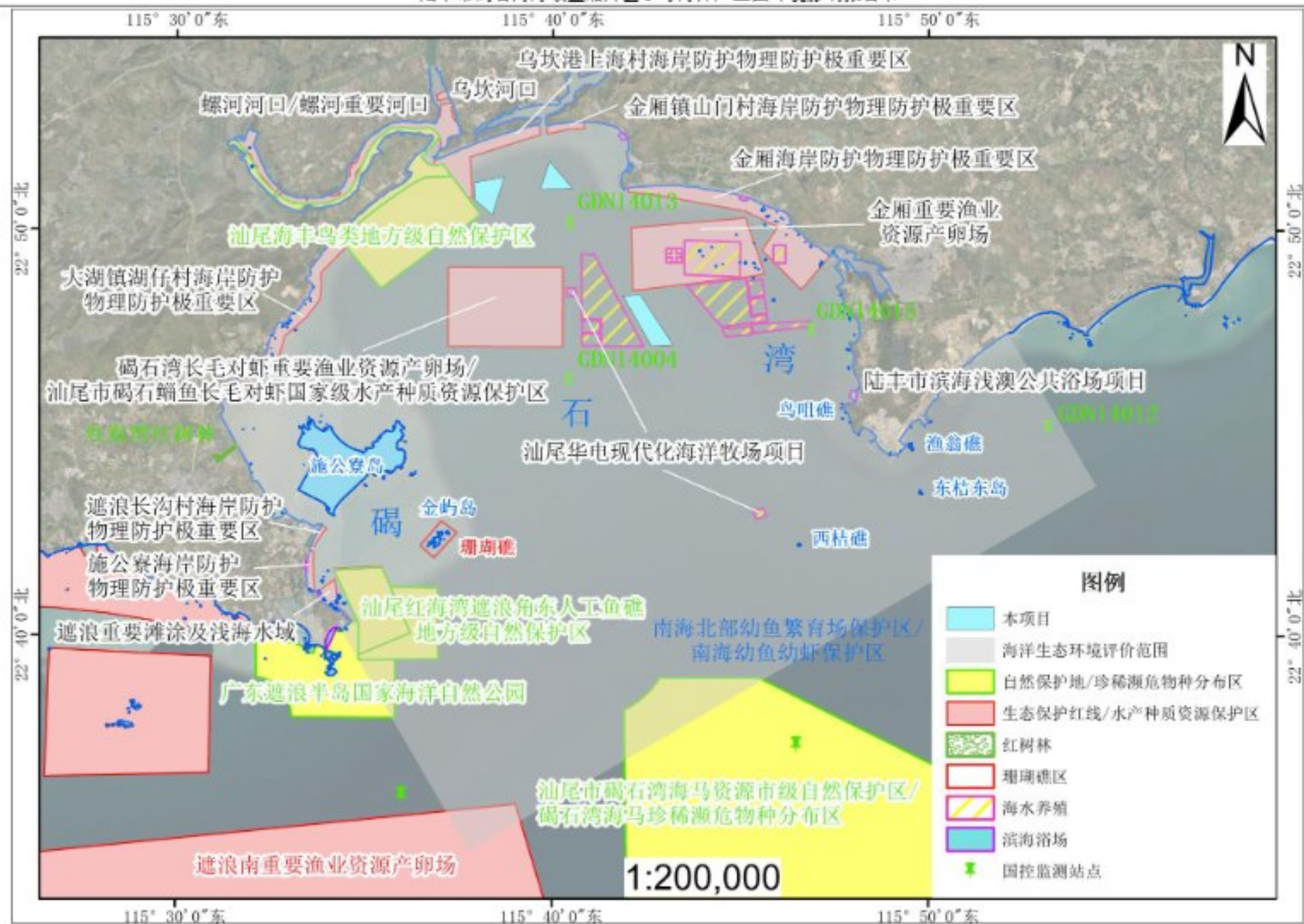


图 2.6-1 海洋环境保护目标图

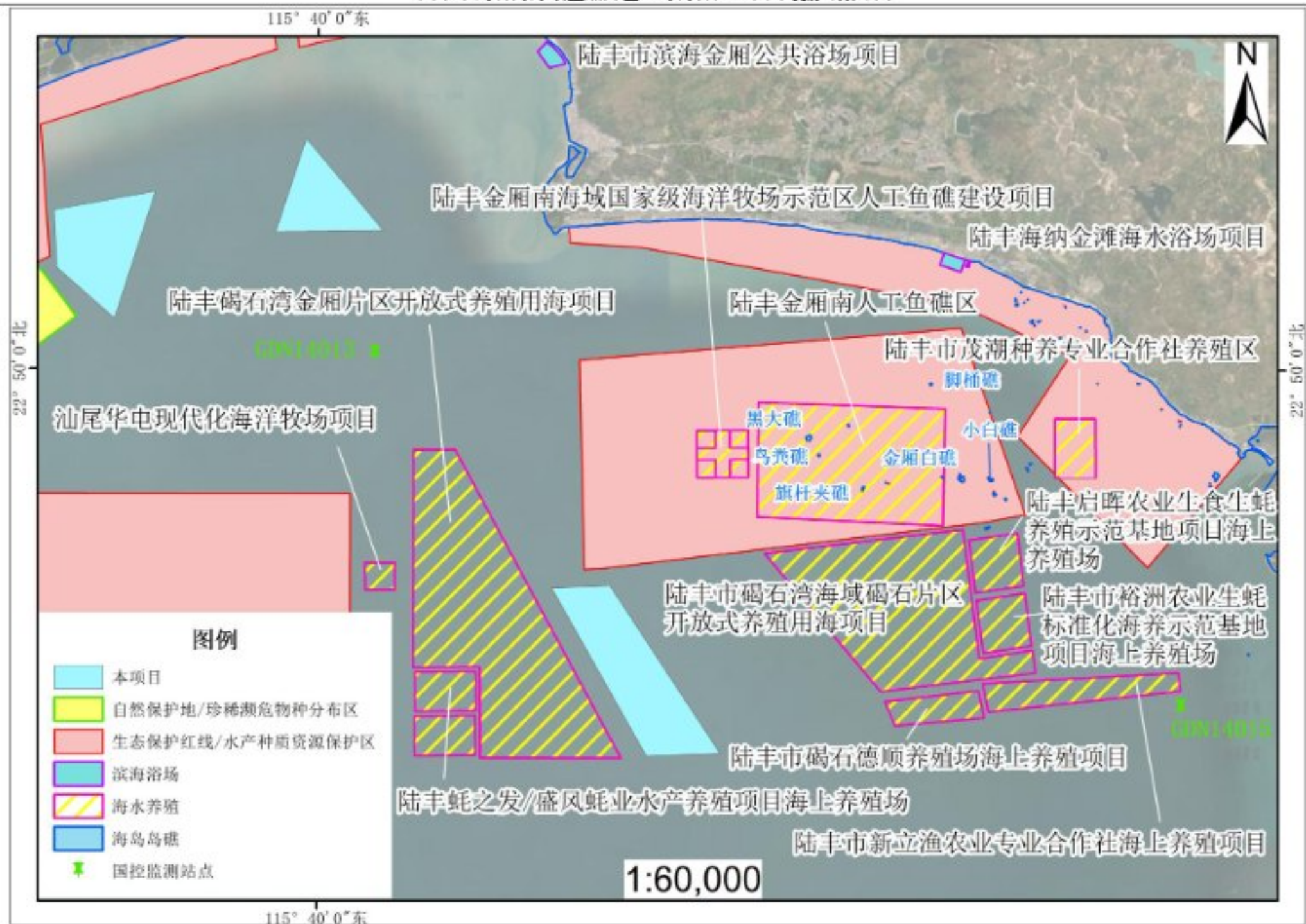


图 2.6-2 海洋环境保护目标图 (放大)

3 工程概况及工程分析

3.1 建设项目概况

项目名称：陆丰市碣石湾海域金厢片区3号海洋产业园

建设单位：陆丰市农业科学研究所

项目性质：新建；经营性

行业类别：A 0411 海水养殖

选址选线：碣石湾金厢片区海域

建设内容：主要采用浮筏式吊养和重力式网箱进行集约化养殖活动，养殖对象为牡蛎、石斑鱼、鲈鱼、金鲳鱼、军曹鱼、鲷鱼等。项目分为养殖区1、养殖区2和养殖区3共三个养殖区，其中除养殖区3有100公顷面积用于重力式网箱养殖以外，其余均用于浮筏式吊养。

用海情况：项目用海类型为渔业用海中的开放式养殖用海，分为3个养殖区，申请海域使用总面积444.1454公顷。其中养殖区1面积为141.9932公顷，养殖区2用海面积为92.4257公顷，养殖区3用海面积为209.7265公顷。

项目投资：工程总投资为7006.01万元。其中工程费用5750万元，其他费用485.87万元，预留费436.51万元，养殖运营资金333.62万元。



图 3.1-1 地理位置图

3.2 工程规模及平面布置

3.2.1 工程组成规模

本项目选址于陆丰市碣石湾金厢片区海域，是以网箱养殖与筏式吊养相结合的开放式海水养殖项目。项目规划总用海面积 444.1454 公顷，其中 100 公顷面积布置深水抗风浪网箱养殖区，其余面积均布设浮筏吊养设施，用于多品种养殖及生态增养殖实践。项目旨在充分利用碣石湾优良的海水水质条件，发展高效、可持续发展的现代化海洋养殖业，提升区域渔业经济与生态修复水平。

项目分为三块养殖区域，养殖区 1 面积为 141.9932 公顷；养殖区 2 用海面积为 92.4257 公顷；养殖区 3 用海面积为 209.7265 公顷。其中除了养殖区 3 有 100 公顷为重力式网箱养殖外，其余都为浮筏式吊养。本项目主要组成规模包括网箱养殖设施、筏式养殖设施、锚泊及固定系统、辅助生产配套设施等，并配备养殖辅助船若干艘、警示航标若干。各项设施按照国家及行业相关技术标准设计，兼顾养殖生产、安全防护及生态环境保护要求，形成较为完整的海洋牧场基础设施体系，见表 3.2-1 所示。

表 3.2-1 建设规模一览表

工程类别	建设内容	规模/保护措施
主体工程	养殖区 1	养殖面积约为 141.9932 公顷，共布置 32 个养殖单元，1568 个养殖单体
	养殖区 2	养殖面积约为 92.4257 公顷，共布置 26 个养殖单元，1274 个养殖单体
	养殖区 3	养殖面积约为 209.7265 公顷，共布置 60 口网箱；35 个养殖单元，1715 个养殖单体
	养殖生产通道	养殖生产通道宽 75m
辅助工程	警示航标灯	养殖区域共布置 40 余盏
	养殖辅助船	若干艘
环保工程	污水处理	施工期和营运期产生的船舶含油污水和人员生活污水，经船舶配置的油污柜或集污舱收集后，上岸统一交由有资质能力单位或市政污水系统接收处理

	废气处理	施工期和营运期船舶使用符合环保要求的清洁燃料，减少排放
	噪声处理	施工期和营运期选择符合声环境质量标准的低噪声船舶和设备，并加强设备维护保养工作
	固废处理	工作人员生活垃圾、废弃绳索、浮漂、网笼等一般固废分类收集上岸，可回收的尽量回收综合利用，不能回收的上岸交由陆域环卫部门处理

表 3.2-2 建设内容一览表

序号	建设内容类别	主要建设内容说明	规格及参数	规模	备注
1	项目总体概况	项目总申请用海面积 444.1454 公顷，为开放式养殖用海。其中 100 公顷布置网箱养殖区，其余区域为浮筏吊养区。		444 公顷	
2	浮筏吊养设施	在大部分用海范围布设浮筏养殖设施。	吊养系统、浮筏及锚固装置	344 公顷	
3	网箱养殖设施	采用 HDPE 双浮管浮式抗风浪网箱，圆形结构，由网箱框架、网衣及固定装置组成。	周长 90m，直径约 28.6m，网深 5m，占地面积约 644.9m ² ，容积约 1500m ³ ，浮力管Φ450mm、壁厚 33.1mm	60 口	单个布置
4	网箱结构材料	HDPE 高密度聚乙烯主浮管、扶手管、支架等。管材具抗紫外、抗腐蚀性能，使用寿命≥5 年。	抗风 12 级、抗浪 5m、抗流<1m/s		参照 GB/T 20014.16
5	网衣系统	圆台型聚乙烯绞捻无结网衣，含 1 寸、1 寸 8、2 寸三种规格，拦料网高 3m。	网深 7+1m，网线股数 ≥22、26、48、60 股/400D	2 种规格	根据水深和养殖鱼种确定
6	配重系统	网衣底部配置附属配重铁坨。	单个重量约为 25kg	若干	每口网箱配置
7	锚碇系统	采用混凝土锚和尼龙绳索固定，按现场海况布置。	每口网箱 8 个 750kg 双杆大抓力锚，锚链 Φ24mm，长 15m，锚绳 Φ48mm，长 50m	60 套	每套 8 根锚绳，根锚链

8	网箱安装与调试	包括网箱框架、网衣挂装及升降系统调试。	框架升降平台安装；加重力参数调整至稳定状态		确保整体稳定与安全
9	锚泊系统定位安装	根据现场经纬度精确定位，采用浮标定位及工作船拖拽调整。			投放顺序及位置按勘测数据执行
10	生产及管理配套设施	包括饲料加工机组、投饵设备、水质检测设备、高压洗网机、夜间警示灯、小型发电机组、运输工作船等。		若干	满足生产运营需求
11	警示航标系统	在养殖区边界布置警示浮标和航标灯，设太阳能警示灯及标牌。		若干	按航标规范设置

综上，项目海域分为网箱养殖区、筏式养殖区进行开放式养殖，总体布局形成鱼和贝类开放式混养系统。养殖区利用海水流动规律，喂鱼过剩的料饵（含二氧化碳、氮磷等有害成分）和鱼排出的粪便等分泌物，将被养殖贝类和自然生长的藻类吸收，既喂肥了贝类水产品，又改善因过剩料饵、分泌物污染海域环境出现海水富营养化风险。

3.2.2 总平面布置

项目的平面布置相较其他海洋工程较为简单，在确定网箱养殖区、浮筏式养殖选址区域后，根据相关养殖标准确定网箱养殖、浮筏吊养技术参数，在控制合理养殖密度和养殖规模的前提下，对养殖区进行总体平面布置设计，平面布置图详见图 3.3.1-1~图 3.3.1-5。

项目选址位于汕尾市陆丰市碣石湾海域的三块区域，养殖区 1 面积为 141.9932 公顷；养殖区 2 用海面积为 92.4257 公顷；养殖区 3 用海面积为 209.7265 公顷。其中除了养殖区 3 有 100 公顷为重力式网箱养殖外，其余都为浮筏式吊养。

养殖区 1 考虑到对航道和红线的影响，因此东侧离乌坎西线航道约 1100m，西侧离乌坎港上海村海岸防护物理防护极重要区红线区 90m 远；养殖区 2 考虑到对航道和碣石湾交通运输用海区的影响，因此养殖区 2 离乌坎西线航道和乌坎东线航道各约 600m 远，离碣石湾交通运输用海区约 950m 远；养殖 3 考虑到对附近生态保护红线和已有养殖用海项目的影响，因此养殖区 3 按离金厢重要渔业

资源产卵场 235m 远、离陆丰市碣石湾海域金厢片区开放式养殖用海项目 290m 远进行布置。

a.养殖区 1 呈不规则梯形布置，主要分为 5 行、9 块浮筏区进行浮筏式吊养，其中第 1 行布设 5 块小型浮筏区（即养殖单元），第 2~5 行各布设 1 块大型浮筏区（下设若干养殖单元），共布置有 32 个养殖单元。为便于船舶通行并防止锚绳互相缠绕，每个养殖单元前后留有 75m 的间距、左右留有 8m 的间距；浮筏养殖区域平面规格为 200m×120m，浮绳长度一般为 200m，两条浮绳间距 2.5m；邻近用海边界的浮绳长度统一为 30m。

b.养殖区 2 呈三角形布置，主要分为 5 列、5 块浮筏区进行浮筏式吊养，每列布设 1~10 块不等小型浮筏区，共布置有 26 个养殖单元。为便于船舶通行并防止锚绳互相缠绕，每个养殖单元前后留有 75m 的间距、左右留有 8m 的间距；浮筏养殖区域平面规格为 200m×120m，浮绳长度一般为 200m，南侧最短处浮绳长度为 56m，两条浮绳间距 2.5m；邻近用海边界的浮绳长度统一为 30m。

c.养殖区 3 呈平行四边形布置，主要分为 3 列、8 块浮筏区进行浮筏式吊养，其中第 1~2 列布设 1 块大型浮筏区（即养殖单元），第 3 列布设 6 块小型浮筏区，共布置有 35 个养殖单元。为便于船舶通行并防止锚绳互相缠绕，每个养殖单元前后留有 75m 的间距、左右留有 8m 的间距；浮筏养殖区域平面规格为 200m×120m，浮绳长度一般为 200m，两条浮绳间距 2.5m。浮筏南侧为深水网箱养殖区。

养殖区 3 的网箱养殖区共布置周长 90m、网深 5m 的 HDPE 框架深水抗风浪网箱 60 口，每口网箱采用 8 个 750kg 双杆大抓力锚，网箱浮体框架高出海水面 1.2m，网箱养殖容积为 3200m³。选择石斑鱼、鲈鱼、金鲳鱼，军曹鱼，鲷鱼等优质海水鱼类为主导养殖种类，进行集约化养殖。

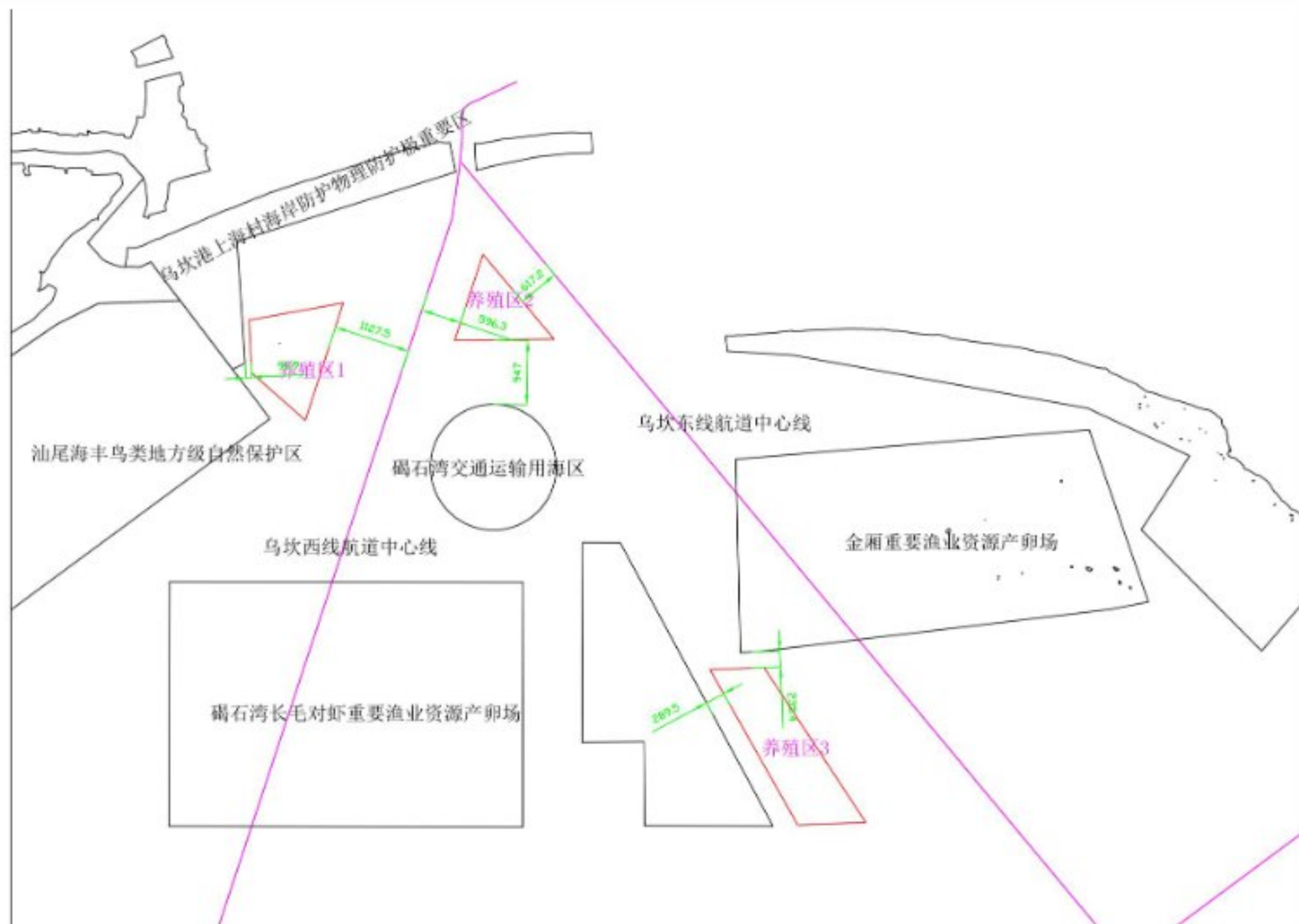


图3.3.1-1 项目平面布局图

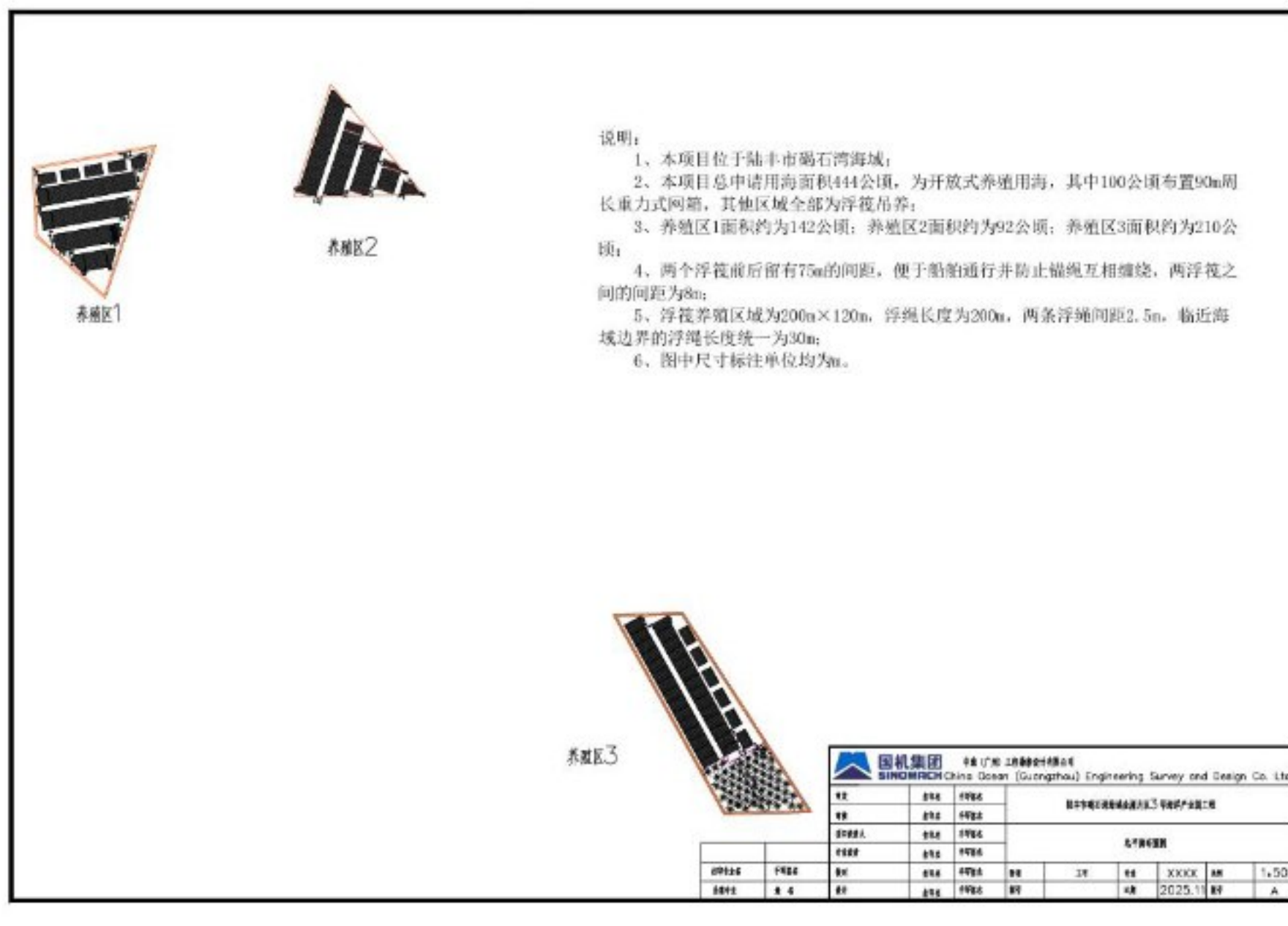


图3.3.1-2 总平面布置图

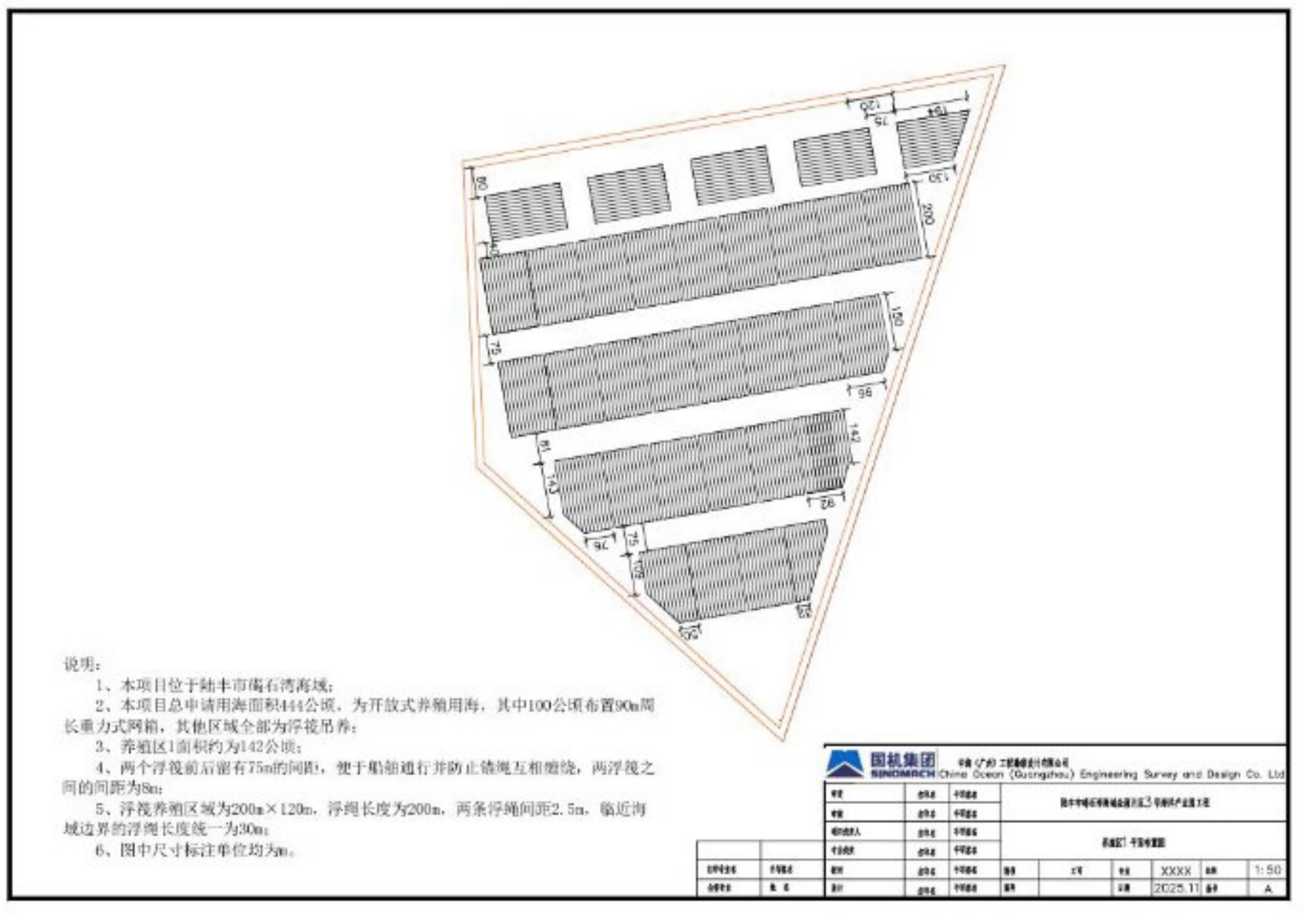


图3.3.1-3 养殖区1平面布置图

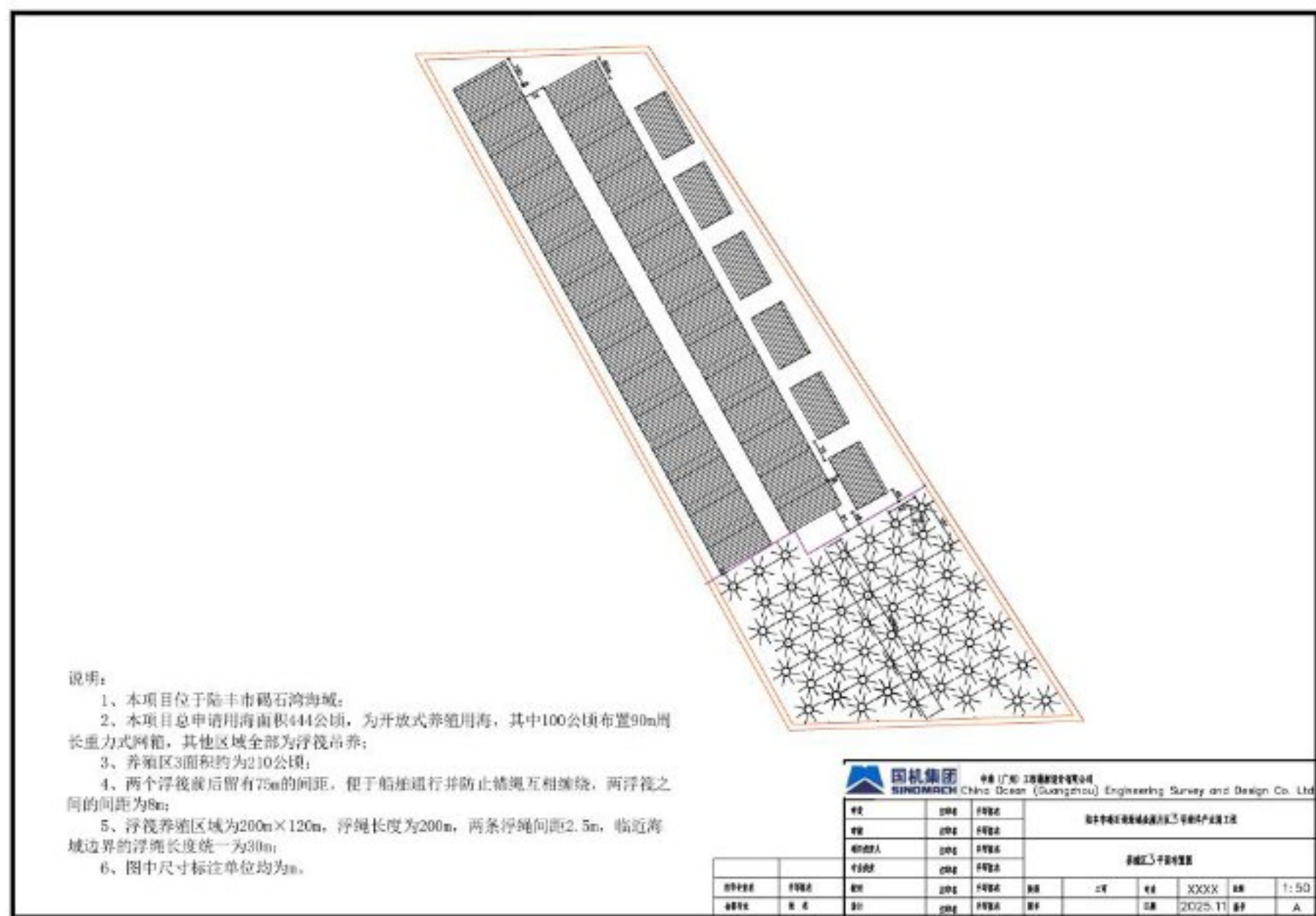


圖3.3.2-5 养殖区3平面布置图

3.2.3 占用（利用）海岸线、滩涂和海域状况

根据《海域使用分类》（HYT 123-2009），本项目海域使用类型为“渔业用海”（一级类）中的“开放式养殖用海”（二级类），用海方式为“开放式”（一级方式）中的“开放式养殖”（二级方式）。

本项目申请海域使用总面积为 444.1454 公顷，其中养殖区 1 用海面积为 141.9932 公顷，养殖区 2 用海面积为 92.4257 公顷，养殖区 3 用海面积为 209.7265 公顷；其中除了养殖区 3 有 100 公顷面积用于重力式网箱养殖外，其余面积均用于浮筏式吊养。项目不占用岸线和滩涂资源，申请用海期限 10 年。

本项目于 2026 年 4 月 24 日获批汕尾市自然资源局《关于陆丰市碣石湾海域金厢片区 3 号海洋产业园海域使用的批复》（汕自然资函〔2026〕243 号），详见附件 5。项目宗海图详见图 3.2.3-1~图 3.2.3-2。

陆丰市碣石湾海域金厢片区3号海洋产业园宗海位置图

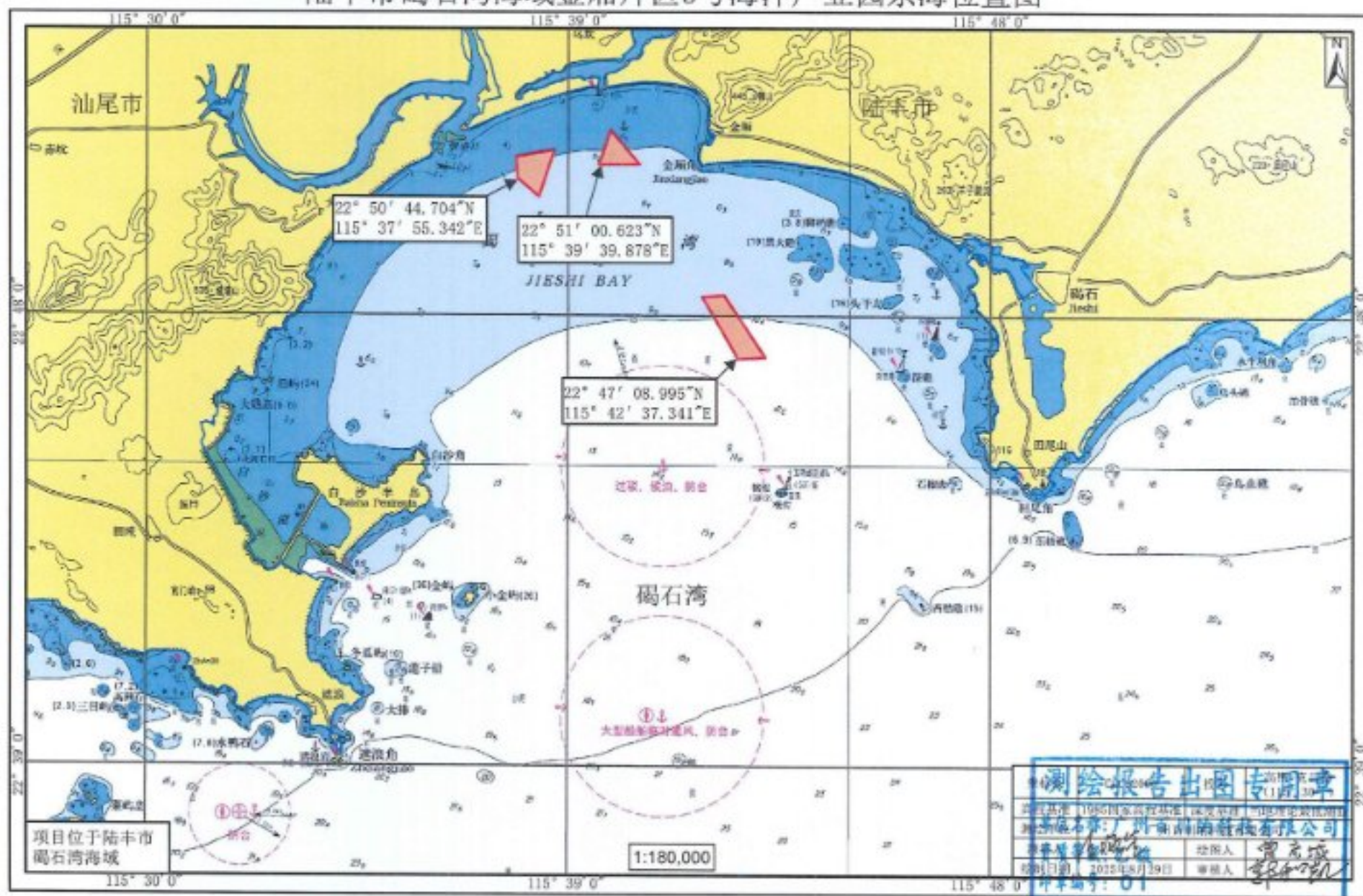


图 3.2.3-1 项目宗海位置图

陆丰市碣石湾海域金厢片区3号海洋产业园宗海界址图

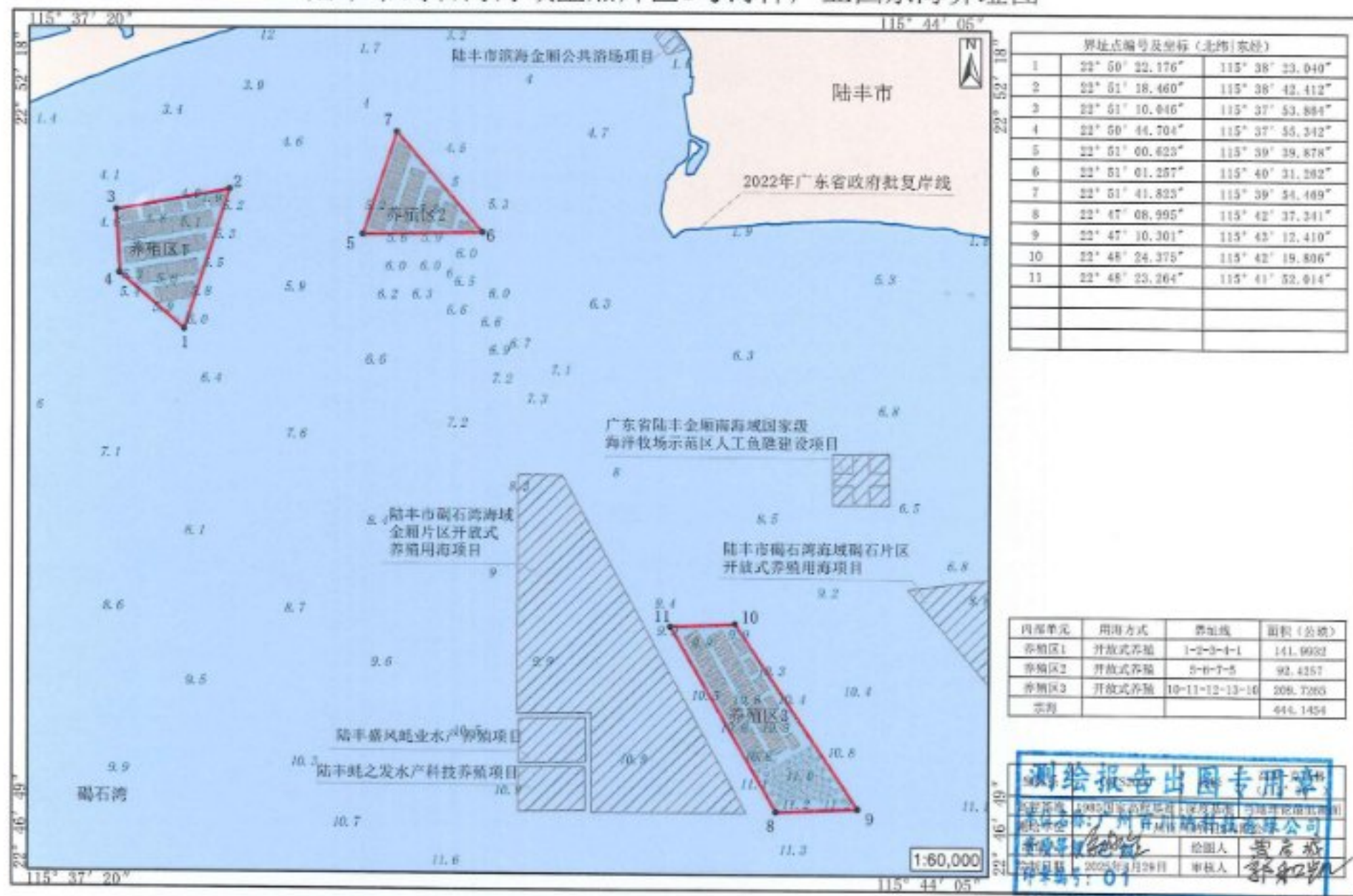


图 3.2.3-2 项目宗海界址图

3.3 养殖品种、工艺和设施

3.3.1 养殖品种

(1) 太平洋牡蛎

牡蛎（*Ostrea gigas*）俗称海蛎子、蚝等，隶属软体动物门，双壳纲，珍珠贝目，是世界上第一大养殖贝类，是人类可利用的重要海洋生物资源之一，为全球性分布种类。牡蛎不仅肉鲜味美、营养丰富，而且具有独特的保健功能和药用价值，是一种营养价值很高的海产珍品。牡蛎的含锌量居人类食物之首。古今中外均认为牡蛎有治虚弱、解丹毒、降血压、滋阴壮阳的功能。

太平洋牡蛎在中国南北沿海均有分布，属于广温性贝类，其对盐度的适应范围很广，主要分布于低潮线至水深20m的浅海区，在盐度10~37的海区均能栖息，生长最适盐度范围是20~31，但盐度降至6.5以下时仅能生存40小时左右。其对水温的适应性也较强，一般在水温-3℃~32℃范围内均能生存，适宜水温为8℃~32℃，最适水温15℃~25℃，当水温超过28℃时生长速度缓慢或停止生长。

根据项目海域现状调查结果，养殖海区秋季水温在20.5~26.7℃之间，盐度在21.0~33.9之间，贝类养殖区水深在4.3m~11.7m之间，适宜太平洋牡蛎生存。



图 3.3.2-1 太平洋牡蛎形态图

(2) 石斑鱼

石斑鱼是石斑鱼亚科（*Epinephelinae*）鱼类的总称，隶属于硬骨鱼纲（*Osteichthyes*）、辐鳍亚纲（*Neopterygii*）、棘鳍总目（*Acanthopterygii*）、鲈形目（*Perciformes*）、鲈亚目（*Percoidei*）、鲈科（*Serranidae*），为暖水性的大中型海产鱼类，广泛分布于热带和亚热带海域，在我国主要分布于台湾海峡以及南海。

石斑鱼为底栖性鱼类，其成鱼主要栖息于珊瑚礁及近岸岩礁区域，也有部分

栖息于底质为沙质、泥质或淤泥质的海域，如青铜石斑鱼(*E. aeneus*)、褐石斑鱼(*E. bruneus*)及宝石石斑鱼(*E. areolatus*)等，其幼鱼则偏爱选择海草床、红树林等生境。大多数石斑鱼为独居性鱼类，除了在繁殖期集群外一般不成群；但也有些种类的生活方式为一尾雄鱼和若干尾雌鱼组成的小群体，如横带九棘鲈和青星九棘鲈(*C. miniata*)。

石斑鱼对盐度的适应范围较广，在 11~41 之间都能生存，最适盐度 25~32；pH 值要求在 7~9 之间，溶氧量在 5 毫克/升以上。石斑鱼是一种偏好温暖海水环境的鱼类，适宜的水温范围为 20℃~30℃，在这个温度范围内，石斑鱼的新陈代谢最为活跃，生长速度最快。

根据项目海域现状调查结果，养殖海区秋季水温在 20.5~26.7℃ 之间，溶解氧在 5.24mg/L 以上，pH 值在 7.14~8.09 之间，盐度在 21.0~33.9 之间，适宜石斑鱼生存。



图 3.3.2-2 石斑鱼形态图

(3) 鲈鱼

鲈鱼分淡水鲈鱼和海水鲈鱼，在我国海域生长主要的鲈鱼经济养殖品种是以下两种：①花鲈：又称七星鲈、白鲈、中国海鲈，体侧青灰带有黑点，腹白。花鲈广泛分布在中国沿海及日本海，是目前国内养殖规模最大、市场认可度最高的品种。②尖吻鲈：又称金目鲈、盲曹，肉质细嫩且无肌间刺，属于暖水性、广盐性鱼类，依赖人工繁殖，在海南、东南亚及国内北方陆基养殖区均有分布。

以中国花鲈为例，其身体延长而侧扁，整体呈纺锤形。常见体长在 30-40 厘米，体重 400-1200 克。背部呈青灰色，腹部为银白色，体侧和背鳍散布着黑色的斑点，幼鱼时期斑点更明显，随着年龄增长会逐渐变淡甚至消失。花鲈属于典

型的浅海近岸中下层鱼类，常栖息于水深20米以内的近海区域。幼鱼有成群沿河溯游的习性，进入河口觅食，冬季会返回深海越冬。凶猛肉食性鱼类，以鱼、虾、蟹等活体动物为食，偶尔会在饵料不足时出现同类相食的情况。其捕食高峰期主要在清晨和傍晚。

鲈鱼生长最适宜水温为22-28℃，耐温范围在0-38℃，水温低于12℃摄食减少，高于28℃摄食强度减弱，低于7℃几乎停止摄食。海水溶氧量需在4毫克/升以上，pH值要求在7~8.5之间。

根据项目海域现状调查结果，养殖海区秋季水温在20.5~26.7℃之间，溶解氧在5.24mg/L以上，pH值在7.14~8.09之间，适宜鲈鱼生存。



图 3.3.2-3 鲈鱼形态图

(4) 金鲳鱼

金鲳鱼（学名：Trachinotus ovatus），属鲹科、鲳属鱼类，是广受欢迎的海水养殖经济品种。其体型呈高而侧扁的椭圆形，背部较窄，腹部圆润，尾柄细短且侧扁。头部较小，吻部钝圆，口裂中等，上下颌牙齿细小呈绒毛状，排列紧密。眼大，位于头部侧上方，眼间隔宽且稍隆起。体被细小圆鳞，不易脱落，侧线完全，前部呈弧形弯曲，后部平直延伸至尾鳍基部。背鳍两个，第一背鳍具8-9根硬棘，第二背鳍与臀鳍形态相似，前方鳍条呈新月形，后方各有一独立小鳍；胸鳍尖长，末端可延伸至腹鳍末端；腹鳍较短，位于胸鳍下方；尾鳍深叉形，边缘略带黑色。体背部呈蓝青色，体侧及腹部为银白色，体侧无明显斑点，各鳍颜色较浅，仅背鳍、尾鳍边缘呈淡黑色。

金鲳鱼生长速度快，养殖周期短，肉质细嫩紧实、味道清淡鲜美，富含优质蛋白质和不饱和脂肪酸，适合清蒸、香煎、烤制等多种烹饪方式，是市场上畅销的海水鱼品种。目前我国广东、广西、福建等南方沿海地区已形成规模化深水网

箱养殖产业，产品不仅满足国内消费需求，还出口至东南亚等地区，具有较高的经济价值。金鲳鱼为暖水性中上层洄游鱼类，适宜生长水温为 22-28℃，对盐度适应性广，能在盐度 3-33 的水域存活，耐低温能力较弱，水温低于 14℃ 时易停止摄食甚至死亡。

根据项目海域现状调查结果，养殖海区秋季水温在 20.5~26.7℃ 之间，盐度在 21.0~33.9 之间，适宜金鲳鱼生存。



图 3.3.2-4 金鲳鱼形态图

(5) 军曹鱼

军曹鱼（学名：Rachycentron canadum），为鲈形目军曹鱼科的唯一物种，属暖水性海洋中上层洄游鱼类。在我国，其分布范围涵盖渤海、黄海、东海及南海，尤其在台湾海峡、南海诸岛附近水域较为常见。军曹鱼喜栖息于水深 20~100 米的泥沙底质、岩礁边缘、珊瑚礁外缘、沉船或漂浮物下方，常跟随大型海洋生物（如鲨鱼、海龟）游动，表现出一定的伴游习性。军曹鱼为肉食性，以小型鱼类、甲壳类和头足类为主，生长速度极快，当年苗种在适温条件下可达 4~6 公斤，最大体长超过 2 米，体重可达 70 公斤以上。其繁殖季节为春末至秋季，可在暖海区域多次产卵，卵为浮性。近年来，因其肉质鲜美、无肌间刺，已成为我国南方深水网箱及海上养殖平台的重要经济鱼种。

该鱼适宜生长水温为 21~31℃，最适盐度 25~35，对低盐环境有一定耐受力，但长期低于 20‰ 会影响摄食。根据项目海域现状调查结果，养殖海区秋季水温在 20.5~26.7℃ 之间，盐度在 21.0~33.9 之间，适宜养殖军曹鱼。



图 3.3.2-5 军曹鱼形态图

(6) 鲷鱼

鲷鱼(学名: Sparidae, 代表种类有真鲷 *Pagrosomus major*、黑鲷 *Acanthopagrus schlegelii* 等), 是鲈形目鲷科鱼类的统称, 为暖温性近海底层集群鱼类。我国沿海从辽宁到海南均有分布, 其中黄海、东海及南海的资源量较高。鲷鱼多栖息于水深 1~100 米的岩礁、砾石、沙泥底质以及海藻床、珊瑚礁外围区域, 尤其偏爱有隐蔽物的低洼或沟槽地形, 成鱼常活动于较深水域, 幼鱼则多出现在河口、海湾及潮间带水坑。鲷鱼为杂食性偏肉食性, 以贝类、小型甲壳类、多毛类、小鱼及有机碎屑为食, 具有发达的咽齿和颌齿, 能咬碎贝类外壳。繁殖季节因种类和地域而异, 多集中在春末至夏季, 雌雄同体现象在部分种类(如黑鲷)中较为常见, 先雄后雌的性逆转特征使其群体结构较复杂。该科鱼类经济价值高, 是我国海水网箱、池塘和人工鱼礁增殖放流的主要对象, 但因过度捕捞, 部分野生资源已明显衰退, 目前养殖产量主要依赖人工苗种。

鲷鱼的适宜生长水温为 18~36℃, 最适水温 24~32℃, 黑鲷等部分种类耐低温能力可达 5℃左右, 同时具有较强的广盐性, 可在盐度 5~35 的水体中生活。根据项目海域现状调查结果, 养殖海区秋季水温在 20.5~26.7℃之间, 盐度在 21.0~33.9 之间, 适宜养殖鲷鱼。



图 3.3.2-6 鲷鱼形态图

3.3.2 养殖工艺

1、浮筏式吊养养殖工艺

项目选择的养殖海域离岸远，养殖区海水交换能力强。考虑项目运营期间主要养殖品种为牡蛎，养殖设施采用透水性好利于集约化管理的贝类养殖网笼。养殖关键工艺要点如下：

1) 放养规格

放养蚝苗重量为 100g，大小为 3~4 厘米左右。

2) 放养密度

贝类增殖的苗种放养密度以 5000 株/公顷，最终养殖密度 2350kg/公顷较为适宜。

3) 饵料投喂

贝类增殖不需要投放饲料，贝类以水生微生物和鱼类排泄物为饵料，可以对海区的自然环境起到净化水质的作用。

4) 敌害及附着物清除

捕捉清除肉食性的蟹类，洗刷清除污损生物。

5) 日常管理

水下检查：贝类养殖需配置潜水员，潜水员定期进行必要的养殖系统检查，特别是台风或热带风暴发出预报信息时的检查，包括养殖网笼有无破损、盖网、固定装置、通道等，确保养殖在任何情况下是安全可靠的。

养殖日记：每日做好环境因子与生产操作记录，主要通过辅助船进行记录，

主要包括：数量、患病及死亡情况、天气情况、水温、盐度、透明度、溶氧、养殖笼安全状况和工作情况等，以及定期测量记录贝类体重或体长数据，供制订下一步养殖计划提供科学依据。一般每隔15~20天随机抽取25~35头测量1次。根据养殖总规模，运营期配备2艘长20m、宽7.5m的工作船，185kW，主要用于起网及辅助投苗等，进行海上维护等。

2、重力式网箱养殖工艺

(1) 鱼种运输

① 运前准备

制订运输计划，内容包括：运输鱼种的种类、规格、数量和质量；运输工具、运输方式、运输时间、运输路线、运输密度；装运工具的检查、清洗、消毒；押运和装卸人员；了解水温、气温和天气状况。

② 验收、检疫

鱼种采购前，应根据供需双方的协议进行验收，验收合格的鱼种方可外运。鱼种异地运输应进行检疫，凭检疫证方可运输。

③ 吊网和停食

鱼种在运输前应进行吊网8~10h，具体方法按《池塘常规培育鱼苗鱼种技术规范》(SC/T 1008-1994)的规定执行；鱼种运输前应停食1~2天。

④ 运输方法和密度

运输方法：采用塑料袋密封充氧、敞口容器充氧和活水仓等多种方法。

运输工具：可使用船只和汽车运输，海上运输宜选择风浪较小时进行，以活水船运输为好。长途运输有专人押运，经常检查运输工具和鱼种的活动情况，发现问题及时采取有效措施进行处理。鱼种运输要求快装、快运、快卸，谨慎操作。

运输密度：视运输距离与鱼种规格而定。运输距离在八小时距离内、鱼种规格在100g/尾，活水船最大运输密度为 0.3×10^4 尾/ m^3 ；敞口容器汽车运输，具充气设备，运输密度 0.2×10^4 尾/ m^3 。大规格鱼种不宜采用小包装密封充氧运输。

(2) 养殖生产及管理

① 投放鱼苗

本项目网箱主要养殖品种为汕尾海域常见的主要经济种，主要包括石斑鱼、鲈鱼、金鲳鱼，军曹鱼，鲷鱼等。投放的苗种应种质优良、体质健壮、规格整齐、无病害、无畸形。投放时间：低温季节选择在晴好天气的午后，高温季节宜选择

阴凉的早晚进行。鱼种运输抵达目的地以后，保留连续充气，按《无公害食品渔用药物使用准则》（NY 5071-2002）使用准则对鱼体进行消毒处理。放养时，搬运工具应用柔软的网具。一般来说，体长 10cm 左右的鱼苗，可放为 10 尾/m³ ~ 15 尾/m³ 水体；放养后要加强对鱼苗早期的营养，壮苗，增强抗应激能力。

②投放饲料

饲料分为天然饵料和人工饵料，本项目采用人工配合饵料，所用饲料应符合《无公害食品渔用药物使用准则》（NY 5071-2002）规定。人工配合饵料有硬颗粒饲料、软颗粒饲料和膨化饲料。人工配合饵料应营养齐全，在水中稳定性较好。

投喂原则：饵料投放采用先快后慢原则。先用少量饲料使鱼聚集后再大量投料。饲料尽量撒开，进行局部匀撒。小潮多喂、大潮少喂；水清多喂、水混少喂，水温适宜时多喂，反之少喂，晴天多喂、阴天少喂，风浪小多喂、风浪大少喂，环网当天不投喂，次日减少投喂量。冬季水温较低的情况下减少投喂次数或隔天投喂 1 次。

日投喂 1~2 次，小潮汛在清晨和傍晚投喂，大潮汛应选择平潮或缓潮时投喂，阴雨天可隔日投喂，水温低 20℃ 以下少投或不投喂；配合饲料的日投喂量为鱼体重的 0.5~1.5%。选用国内自行设计生产的远程多路自动投喂系统，根据气候、水质、潮流等实际情况，通过计算机适当调整投喂时间和投喂量，实现全自动投喂饲料。

③养殖病害防治

病害防治要坚持“以防为主，防治结合”的原则。放养时苗种要经过杀菌消毒；养殖过程中，要坚持巡视，特别留意察看鱼群的游动、摄食情况，一旦发现病、死鱼应及时隔离治疗或进行无害化（如深埋等）处理，严禁随便将病、死鱼扔出网箱外，使病害传播蔓延，造成更大的损害。

预防：在病害流行季节做好疾病预防工作，在预混合配合饲料粉料中添加大蒜素、免疫多糖或中草药制剂，加工制成软颗粒饲料投喂，网箱内挂消毒剂袋，及时清除病鱼、死鱼。

治疗：使用的药物应符合《无公害食品渔用药物使用准则》（NY 5071-2002）的规定。治疗方法可采用投喂的方法，也可在平潮前后进行药浴。

休药期：按《无公害食品渔用药物使用准则》（NY 5071-2002）规定的休药期用药。

表 3.3.2-1 常见鱼病的治疗方法

鱼病名称	发病季节(月)	症状	治疗方法
肠炎病	5~11	病鱼腹部膨胀积水,轻按腹部,肛门有淡黄色粘液流出。有的病鱼皮肤出血,鳍基部出血;解剖病鱼,肠道发炎,肠壁发红变薄。	大蒜素 1.0~2.0g/kg 鱼体重,拌饵连用 3~5 天;土霉素 50mg/kg 鱼体重,拌饵连用 4~6 天。
溃疡病	4~11	病鱼体表皮肤褪色,鳃盖出血,鳍腐烂,有的在体表出现疥疮或溃烂。解剖病鱼,幽门垂出血,肠道内充满土黄色的黏液,直肠内为白色黏液,肝脏暗红色或淡黄色。	三黄粉 30~50g/kg 饲料,拌饵连用 3~5 天;五倍子粉 2~4mg/L,连续泼洒 3 天;三氯异氰尿酸 0.3~0.6mg/L 全箱泼洒;二氯化氰 0.3~0.6mg/L 全箱泼洒。
弧菌病	常年	感染初期,体色多呈斑块状褪色,食欲不振,缓慢地浮于水面,有时回旋状游泳;随着病情发展,鳞片脱落,吻端、鳍膜烂掉,眼内出血,肛门红肿扩张,常有黏液流出。	三黄粉 30~50g/kg 饲料,拌饵连用 3~5 天;土霉素 50~80mg/kg 鱼体重,拌饵连用 4~6 天;五倍子粉 2~4mg/L,连续泼洒 3 天;二溴海因 0.2~0.3mg/L 全箱泼洒。
病毒性疾病	6~12	病鱼体表两侧充血、出血、上下颌、吻部出血;有的鳍条有血丝,鳞片脱落,严重时形成溃疡。有的鱼体各部位繁生念珠状物,病灶的颜色由白色、淡灰色变为粉红色,成熟的肿物可出现轻微的出血。	聚维酮碘 0.1~0.3mg/L 全箱泼洒;二溴海因 0.2~0.3mg/L 全箱泼洒。四烷基季铵盐络合碘 0.3mg/L 全箱泼洒。
寄生虫、真菌等引起的疾病	3~11	病鱼体表皮肤、鳃、眼角膜、口腔和病鱼的肝、脾等处,肉眼可见许多白色的点状囊胞,病鱼瘦弱、腮部贫血、体表黏液增多,食欲不振,游泳无力,活动异常,严重者体表出血、溃疡,腹部膨胀,眼球突出充血。	四烷基季铵盐络合碘 0.3mg/L 全箱泼洒;硫酸铜 0.8~1.2mg/L 全箱泼洒;硫酸铜+硫酸亚铁(5:2) 0.8~1.2mg/L 全箱泼洒。

④管理维护

日常管理:为防止逃鱼,要经常对网箱进行检查。在台风过后,检查网箱有无破损、逃鱼的现象发生。网箱下海一段时间,有污损生物附着在网箱主浮管和网衣上,要及时清除或换网。每天对水温、盐度、天气、风浪等环境因子;饲料投喂种类、数量;鱼的活动、摄食情况、鱼类健康状况;病害防治情况及死鱼、

病鱼数量；网箱安全程度等进行观察和检测，做好养殖日志。定期随机取样测量体长和体重。

网箱清洗：网箱养殖过程中需经常检查网箱的安全，根据网箱上附着生物量及鱼类养殖情况，3~6个月更换一次网衣，换网时必须防止养殖鱼卷入网角内造成擦伤和死亡，使用高压水枪等方法清洗网箱。

安全生产措施：在海水网箱养殖过程中要经常检查网箱的安全。应采用水面、水中观察相结合的方法经常检查网箱系统的附着情况，网箱有否破损、各种缆绳有否磨损、网箱系统的固定设施是否牢固坚硬等，发现问题采取相应措施及时处理，防患于未然。在灾害性天气出现之前应采取在加盖网；检查和调整锚、桩索的拉力，加固网箱的拉绳和固定绳；检查框架、锚、桩的牢固性；尽量清除网箱框架上的暴露物，沉降网箱等措施；养殖人员、船只迁移至避风港等措施进行防范。在强风暴过后应及时检查网箱有无损坏，发现问题及时修复。在网箱养殖区安装警示标志和灯具，防止鸟类和水生动物对养殖鱼类的危害，及时清除垃圾和大型漂浮物。

环境保护：网箱养殖区的生活污水、废弃物、垃圾、病鱼、死鱼等不得直接丢弃于养殖海区，应设收集容器，专人负责收集处理。定期对养殖区水质进行监测和监控。

⑤ 成鱼收货

当鱼体达到商品规格时，将鱼群聚集于网箱一角，即可收获。起捕前停饵2~3天。

（3）网箱维护

① 网衣的换、洗工艺

根据网箱上附着生物量及鱼类养殖情况，进行网衣的更换和清洗，换网时先把旧网囊拉至水深2m处，把新网囊套在旧网囊外面，挂在网箱框架上，然后把旧网囊解开，慢慢驱赶鱼群进入新网囊，最后把旧网囊卸下。换网时必须防止养殖鱼卷入网角内造成擦伤和死亡。清洗网箱时首先将其清空，卸下配重沉子和网囊分别进行清洗，网衣的清洗是将网囊用高压水枪直接冲洗。

② 框架的维护

网箱框架的主要材料为聚乙烯（HDPE）高分子材料，具有良好的柔弹性，能较好地适应海洋工况。网箱使用时必须采取防冲撞措施，在网箱区域要有区域

分隔线及夜间警示装置（可安装在浮筒上），防止航行的船只误入网箱区域。其次在对网箱进行作业时，比如挂网、卸网、投饵等，要注意不要使工作船与框架发生强烈碰撞，尤其是不要撞击网箱关键部位（系绳点等）。

长期浸泡在海水中，网箱框架也会有附着物生长。框架材料 HDPE 是非极性材料，附着物不会在框架上附着很牢固，而且由于表面光滑，很容易就能将附着物清洗掉。所以要定期安排人员对框架上的附着物进行清理。

③泊系系统的维护

泊系系统由大抓力锚、锚链、卸扣、浮筒、缆绳和缓冲装置等构成。除了厂家在设计和制作安装过程中要考虑其材料强度和安装强度外，泊系系统各部件的日常维护必不可少。主要维护措施就是日常检查。使用单位要定期参照厂家提供的用户手册对各部件进行安全检查，检查项目包括浮筒、缆绳、结点枢纽等。

④台风影响前后的应对措施

通常在台风来临前必须对网箱系统进行一次全面的检查并对隐患及时处理。台风来临前要密切关注天气状况并要及时了解台风的影响范围、时间及可能的影响程度，保证有充足的时间对网箱进行操作。还要随时观察网箱中养殖鱼类的活动情况。准备好充足的饵料，通过饵料管进行喂食。要定时通过水下监视设备进行观察或安排潜水员亲自观察，将台风带来的损失降到最低程度。

（4）用海到期网箱拆除

解开从固定系统引出并缚在网箱上的绳索，提起网衣上的重物，提起网衣。用多功能工程船将网箱拖至岸边。

3.3.3 养殖设施

1、HDPE 重力式网箱

（1）网箱结构

本项目选用周长 90m 的 HDPE 双浮管浮式抗风浪网箱，直径约 28.6m，网深 5m，浮力管规格 $\Phi 450\text{mm}$ 、壁厚 33.1mm。网箱由高强度 HDPE 管材构成，这种管材具有良好的强度和韧性，通过框架链接方式，具有抗击台风巨浪的能力，并进行了抗紫外线老化、抗海水腐蚀的高科技处理工艺，使用寿命在 5 年以上。

采用圆形浮式网箱，由浮架系统、网衣系统、配重系统及锚碇系统构成。浮架系统采用黑色高强度聚乙烯塑料（HDPE）管组成。网衣为机织网片，材料有

聚乙烯（PE）、尼龙（PA）两种，网孔直径10mm~100mm，根据养殖鱼种、鱼体规格和海区环境条件，选取网片材料和网孔尺寸。锚碇主要为锚、锚绳及锚链。

浮架系统材料均为高密度聚乙烯（HDPE），有扶手管、主浮管、支架及相关配件。1）扶手管：为圆柱状环形空心管，周长与内主浮管相同，用于内挂网衣与生产操作安全防护。2）主浮管抗风浪装置：主浮管为圆柱状环形空心管，环形圈数量为内外各1圈，周长90m；对主浮管圆柱状环形管材进行多分区域隔离密封，并对每个隔离区域设置进排气管路及进排水管路控制系统，从而实现网箱在水中的可升降操作。3）支架：支架用于内外主浮管之间和内浮管与扶手管之间的连接。

网衣系统：采用聚乙烯绞捻无结网衣，聚乙烯绞捻无结网衣1寸网衣（深度7+1米、网线股数大于或等于22或者26股/400D）；聚乙烯绞捻无结网衣1寸8网衣（深度7+1米、网线股数大于或等于48股/400D）；聚乙烯绞捻无结网衣2寸网衣（深度7+1米、网线股数大于或等于60股/400D）；拦料网高度3米。

表 3.3.3-1 网衣参数

	产品名称	规格	单位	数量
聚乙烯绞捻无结网衣（3选2），其中1张网衣进行防污涂料处理	1寸网衣（上周长86m，下周长76mm，网衣深度7+1米、网线股数大于或等于22或者26股/400D）	1寸	张	1
	1寸8网衣（上周长86m，下周长76mm，网衣深度7+1米、网线股数大于或等于48股/400D）	1寸8	张	1
	2寸网衣（上周长86m，下周长76mm，网衣深度7+1米、网线股数大于或等于60股/400D）	2寸	张	1
拦饲料网	PE无结网	90米×3.0米	张	1

配重系统：为保证网箱在较大风浪和流速作用下不发生明显变形，在网衣底部配置附属配重铁坨，使网衣在较大流速作用下仍能保持较大的养殖空间，从而避免挤压鱼类生长空间造成损失。配重铁坨单个重量约为25kg，通过合理布设能够有效提高网衣稳定性。

锚碇系统：锚碇系统的组成一般是根据海区情况来定，根据不同地区水域海况及台风状况，本项目采用混凝土锚固定，配套聚乙烯绳索连接。每口网箱采用8个750kg双杆大抓力锚，网箱锚绳直径48mm聚乙烯绳索，有效长度50m，锚链直径为24mm，长度为15m。本项目深水网箱设计技术指标如下：

抗风能力：12 级

抗浪能力：5m

抗流能力：<1m/sec

防污有效期：正常情况 6 个月

网目规格：根据用户要求

使用寿命>5 年

（2）网箱抗风浪原理

网箱框架采用海洋专用高密度聚乙烯材料制造，充分利用材料的强度和弹性、抗流、抗冲击能力强，网箱框架连接采用特殊热熔焊接技术，属热塑分子重组完全焊接，从工艺上最大限度保证主构架整体的柔性及强度。此类材料具有可靠的强度、弹性、韧性和抗老化性，保证框架主体的统一强度。

网衣使用高强度的 PE 绞捻无结网编制而成，抗附着和老化能力强，较其它网衣更具抗流性。网衣经计算机模拟受力分析和波浪动水槽试验，以及海上工况实物测试，流速在 1 米/秒的作业工况下，养殖容积保持率在 95%以上。

由双杆抓锚、锚链和尼龙绳组成网箱的抗风浪锚泊系统，可最大限度保证在台风和洋流正面冲击下，网箱整体不位移。网箱海上安装方法采用 DGPS（差分式全球卫星定位系统）预定位，锚位准确误差值在 2 米以内。

（3）网箱安装与布局

①网箱排布

根据网箱大小以及潮流和风浪的不同，采用单个网箱多点固定，网箱排列应与潮流相适应。网箱布局应符合 GB/T 20014.16 的相关要求。

②锚泊系统定位安装

根据现场勘测数据，计算每个锚位的经纬坐标，用浮标标示每个锚位的预定位置。锚泊系统的各部分连接应在工作船上预先完成，检查无误后，按顺序逐个投放。锚位投放完毕后，对锚位进行调整。锚位调整可使用工作船拖拽技术来完成，并通过锚泊系统上的浮桶来观察锚位是否正确。

③网箱框架和网衣的安装调整

将网箱框架置于升降平台中央，以网箱框架的进排水阀向外、进排气阀向内为安装点，将其固定在升降平台上。网箱框架挂网后，可通过升降方法来调试，并确定网箱外加重力参数，使网箱整体达到最佳稳定状态。

(4) 配套设施

运输工作船配套饲料加工机组、投饵设备、水质检测设备、高压洗网机、夜间警示灯、小型发电机组、测量器具、捕鱼工具以及生活设施等。

表3.3.3-2 90米周长HDPE网箱安装工程量表

序号	设备名称	单位	数量
1	深水网箱	口	60
1.1	HDPE 主框架（周长 90 米）	个	60
1.2	聚乙烯胶捻无结网衣（网目 1.2cm、深 3.5 米，鱼种培育）	张	60
1.3	聚乙烯胶捻无结网衣（网目 3.5cm、深 5 米，鱼种标粗）	张	60
1.4	聚乙烯胶捻无结网衣（网目 6.5cm、深 5 米，成鱼养殖）	张	60
1.5	网衣坠子（25kg/个，每口网箱 14 个）	个	840
1.6	双杆大抓力锚（750kg/个，每口网箱 8 个）	个	480
1.7	锚碇锚绳（ $\Phi 48$ mmPE 纤维绳，50m/条、每口网箱 8 条）	米	24000
1.8	锚链（ $\Phi 24$ mm，15m/条，每口网箱 8 条）	套	7200

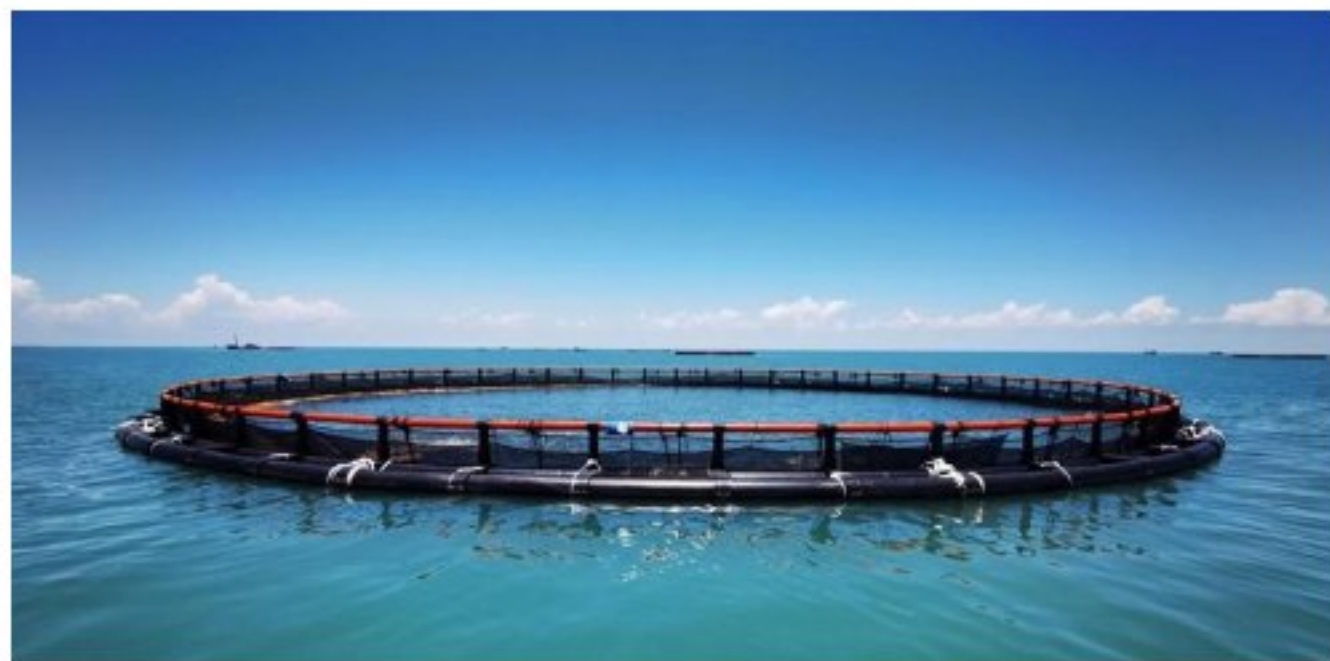


图3.3.3-1 网箱示意图

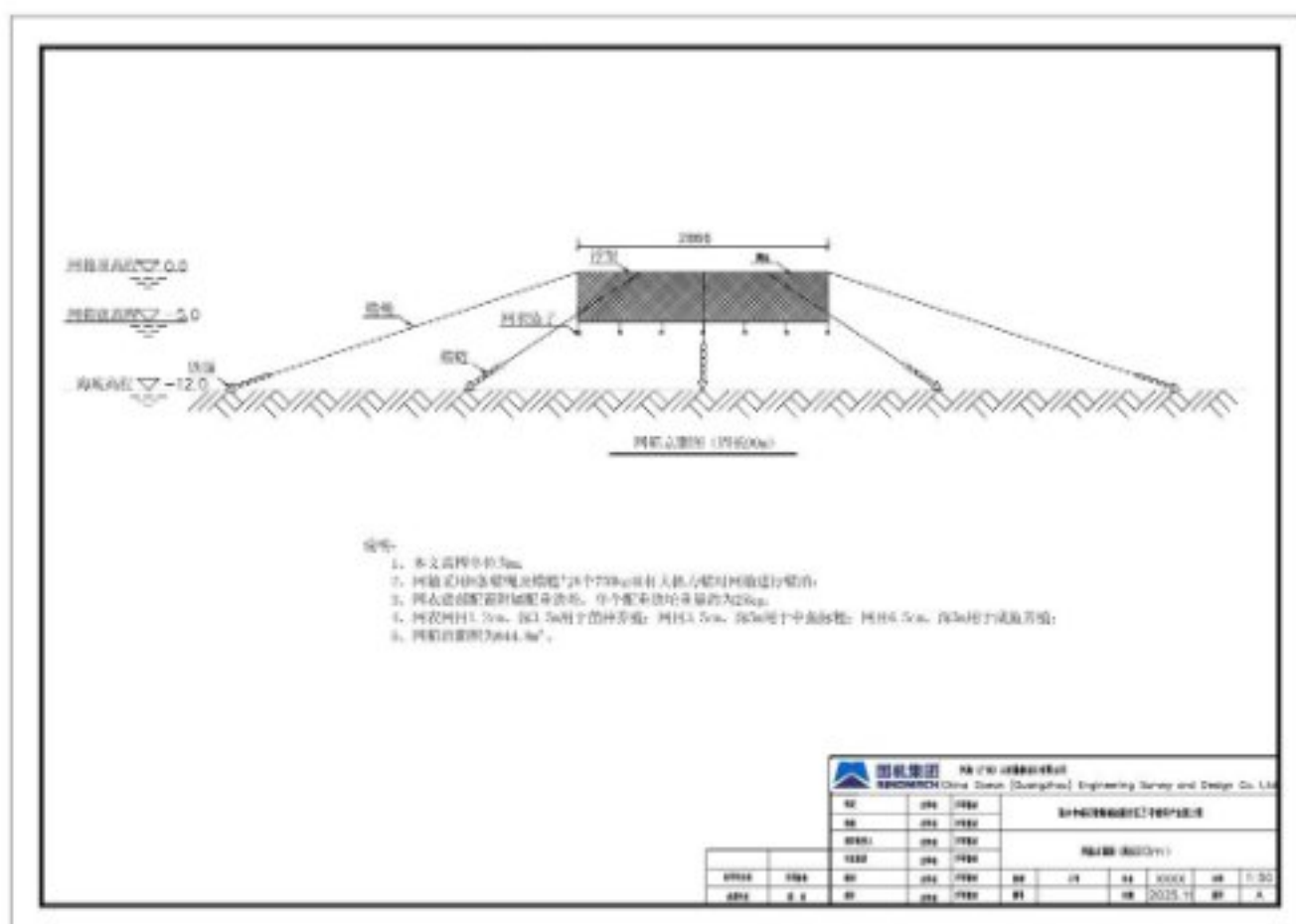


图3.3.3-2 网箱立面图

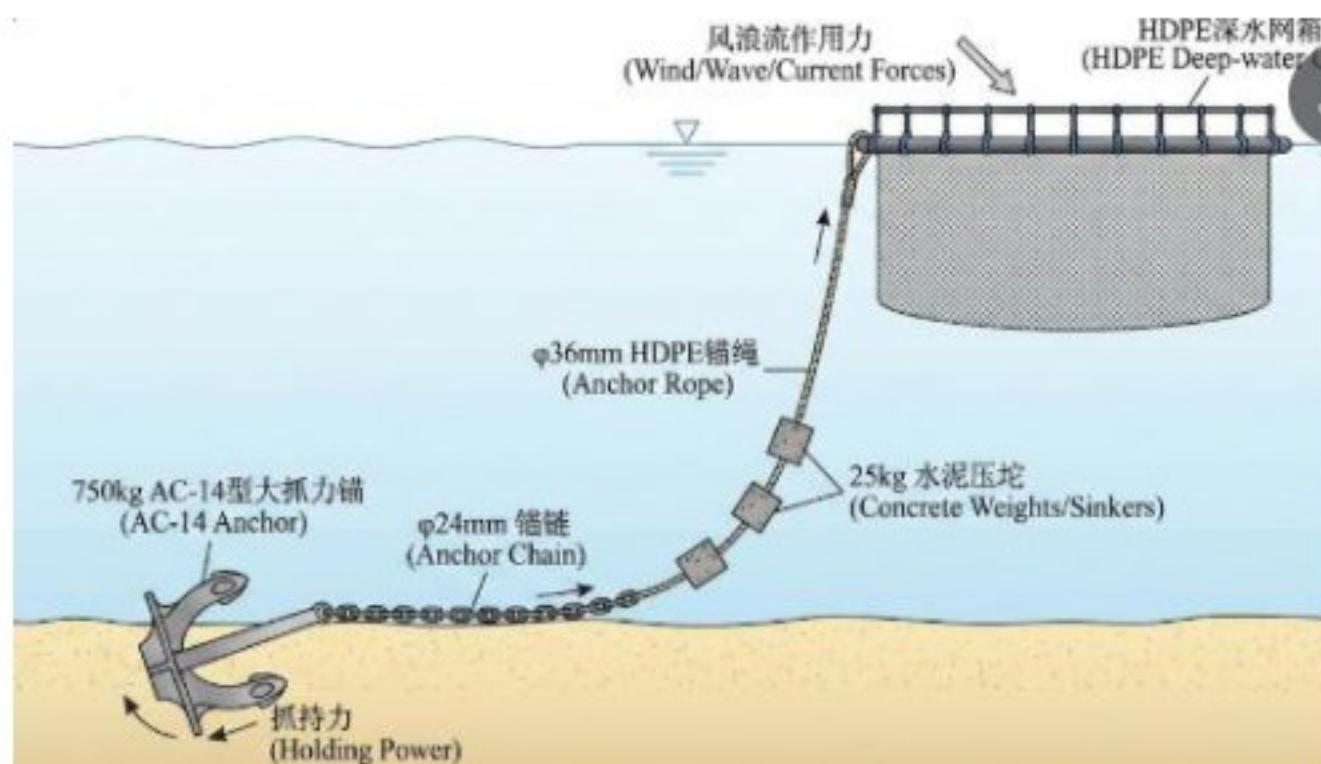


图3.3.3-3 网箱锚固示意图

2、浮筏式养殖设施

本项目贝类养殖品种以太平洋牡蛎为主，养殖区域水深为 5-10m，风浪、潮流适中，采用延绳式吊笼养殖方式。

(1) 延绳式浮筏制作与挂苗

沿编式浮筏由聚乙烯编索组成, 浮编长度为 200m, 纵向每间隔 2m 挂一根

吊苗绳。每两根吊苗绳间平挂采苗器8串，每一养殖单体挂苗400串。也可沿吊苗绳直接垂挂。

(2) 延绳式浮筏固定与设置

划分海区并确定位置，留出航道。沿绳式浮筏应顺风浪、流潮设置。延绳式浮筏的绳筏两端用铁锚锚固锚桩直接固定。吊养养殖绳筏列间距10m。在养殖区的航道一侧，每间隔200m以上设置一盏航标灯。一般50个单体为一养殖单元，养殖单体间纵主绳可共用。

(3) 养殖密度

本项目共分为3个养殖区，其中养殖区1面积为141.9932公顷，布置32个养殖单元和1568个养殖单体，养殖密度为11.0个养殖单体每公顷；养殖区2面积为92.4257公顷，布置26个养殖单元和1274个养殖单体，养殖密度为13.8个养殖单体每公顷；养殖区3面积为209.7265公顷，布置35个养殖单元和1715个养殖单体，养殖密度为8.2个养殖单体每公顷。

项目贝类养殖密度符合《牡蛎养殖技术规范》每公顷水面可养殖10~15个养殖单体的密度要求。

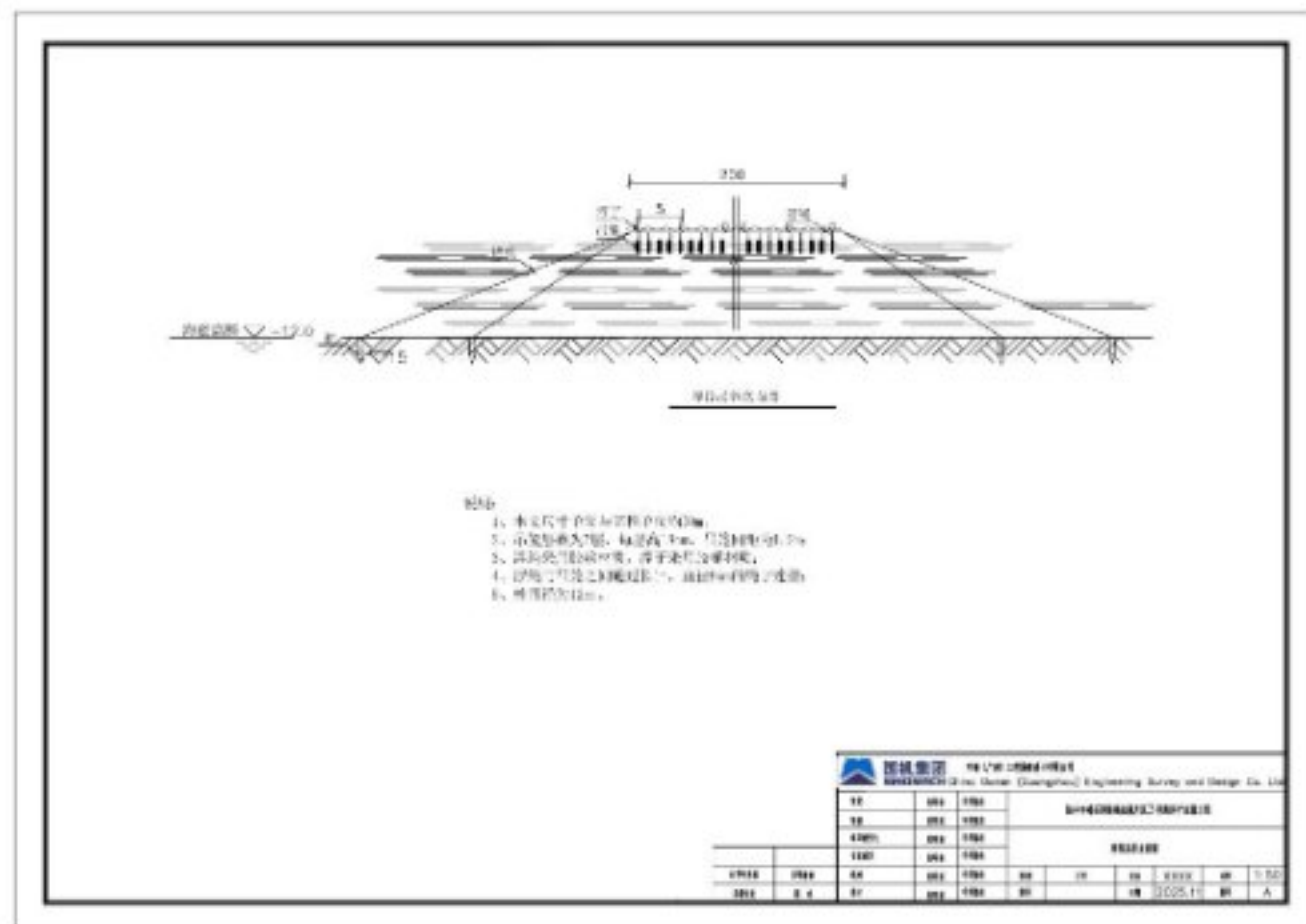


图 3.3.3-4 浮筏吊养立面图

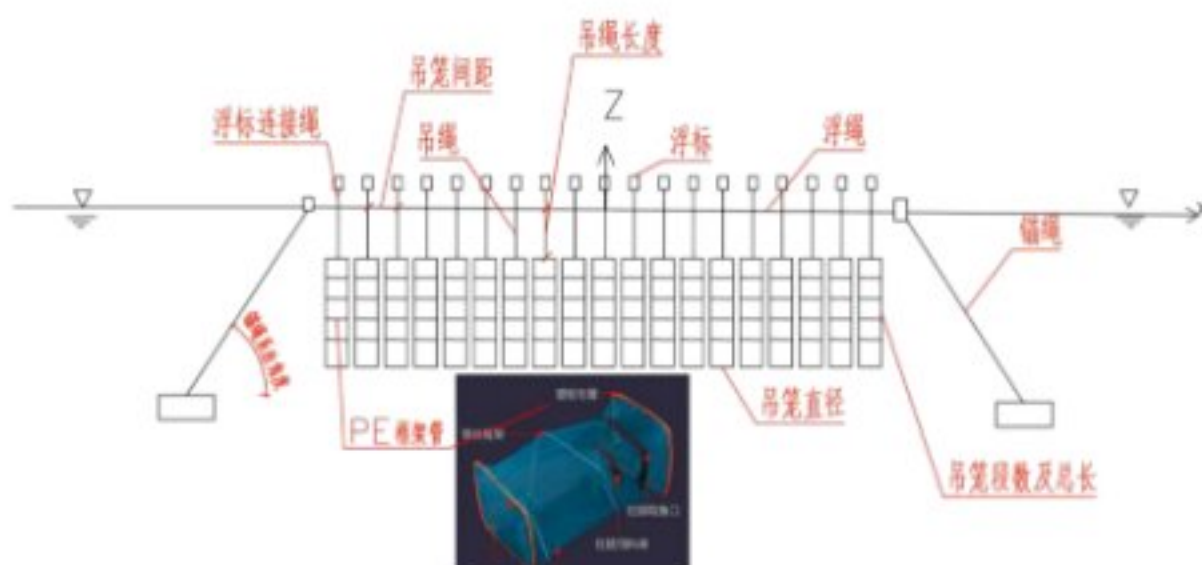


图 3.3.3-5a 养殖单体结构示意图

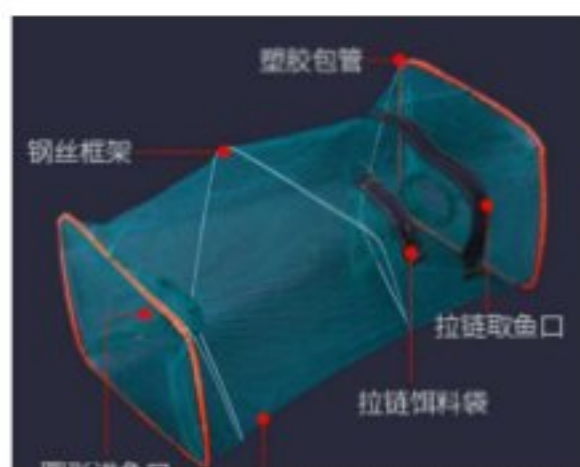


图 3.3.3-5b 养殖单体结构示意图

表 3.3.3-4 单个绳筏结构参数一览表

序号	浮筏参数	太平洋牡蛎浮筏
1	浮绳长度	200m
2	浮绳材质	胶丝
3	浮绳直径	20mm
4	浮子材质	胶桶
5	浮子间距	5m
6	吊绳材质	胶丝
7	吊绳长度	1m
8	吊绳直径	8mm
9	吊笼材质	胶丝
10	吊笼层数	7 层
11	每层高度	18cm
12	吊笼间距	1.2m
13	锚绳材质	胶丝
14	锚绳长度	30m

15	锚绳直径	22mm
16	锚碇方式	铁锚
17	锚碇规格	2m×2m×1.05m

表 3.3.3-5 吊养养殖安装工程量表

序号	设备名称	单位	数量
1	浮筏单元 (200m×120m)	个	93
2	浮绳 (直径 20mm, 200m/条)	米	911400
3	浮子 (0.4×0.8m)	个	186837
4	吊绳 (直径 8mm)	米	756462
5	吊笼 (7 层, 层高 18cm)	个	756462
6	锚绳 (直径 22mm, 30m/条)	米	273420
7	锚碇 (2m×2m×1.05m)	个	9114

3、养殖辅助船

本项目养殖辅助船主要停靠在乌坎渔港, 养殖辅助船不直接参与捕捞, 而是专门为海上网箱、筏式等集约化养殖模式提供全方位的支持服务。

(1) 物流运输与补给功能

这是辅助船最基础的功能, 构成了养殖生产的生命线。

饲料运输与配送: 船舶配备专用饲料舱, 负责将陆基饲料加工厂的成品饲料大规模、高效地运输至分散的养殖工区。

活鱼转运: 负责鱼苗、鱼种从育苗场至养殖网箱的投放, 以及成鱼达到商品规格后从网箱至销售市场或加工厂的活体运输。高级辅助船配备有带增氧、温控和水质净化功能的活鱼舱, 以保障运输存活率。

综合物资与人员运输: 运输养殖生产所需的各类物资, 包括网衣、缆绳、浮球、燃料、淡水、生产工具及船员生活补给, 并承担养殖工人的通勤与换班任务。

(2) 生产作业支持功能

这是体现其技术含量的核心功能, 直接作用于养殖对象。

精准投喂: 现代辅助船普遍配备自动化投饵系统。该系统通过中央控制系统、鼓风机和输送管道, 能将饲料精准、均匀地喷洒到指定网箱中。此技术不仅大幅节省人力, 更能通过精准控制投喂量, 减少饲料浪费和对水体的污染。

起捕与分选: 利用船载吊机、吸鱼泵和自动分选设备, 实现成鱼的高效起捕。吸鱼泵可极大降低鱼体在捕捞过程中的机械损伤和应激反应, 分选机则能按重量

自动分级，实现优价销售，提升经济效益。

网箱系统维护：网衣清洁：装备高压洗网机和旋转刷盘，定期清除附着在网衣上的藻类、贝类等生物污损，确保网箱内外水体交换畅通，防止网箱内缺氧。

网衣更换：利用甲板工作区和吊机，协助完成旧网衣的拆卸与新网衣的安装与锚固作业。

（3）监测与安全保障功能

此功能提升了养殖管理的科学性和预见性。

水下监测与巡检：搭载水下摄像头、侧扫声纳或小型遥控无人潜水器，用于观察网衣完好情况、监测鱼群生长状态、摄食行为及健康状况，及时发现网衣破损等安全隐患。

环境数据采集：集成水质监测仪，实时获取养殖区域的水温、盐度、溶解氧、pH值等关键环境参数，为管理者做出投喂、增氧、转移等决策提供数据支持。

应急响应：作为养殖区的现场支援力量，负责收集和处理养殖过程中的死鱼，防止疾病传播；并在发生台风、网箱破损等紧急情况时，执行消防、人员救助和初步抢险任务。

动力定位与供电：部分高端船型配备动力定位系统，能在风浪中自动保持船位，为精细作业提供稳定平台；同时可作为移动电站，为养殖工区提供应急电力。

4、附属设施

为标示项目开放式养殖吊养边界位置，方便海洋渔业部门对示范区行使管理职能，同时对过往船只起到警示作用。按渔业行业相关标准，在养殖区的边界设置5座礁区警示浮标。本项目警示浮标采用直径1.5m、高1.0m的浮鼓，水平高1.62m的塔身，塔顶配渔业礁区标牌及太阳能警示灯，浮标标身根据航标规定为黄色。警示浮标按设计图纸的要求成套购买并安装，浮鼓配备相应锚链和锚块，整体装配如图3.3.3-6所示。

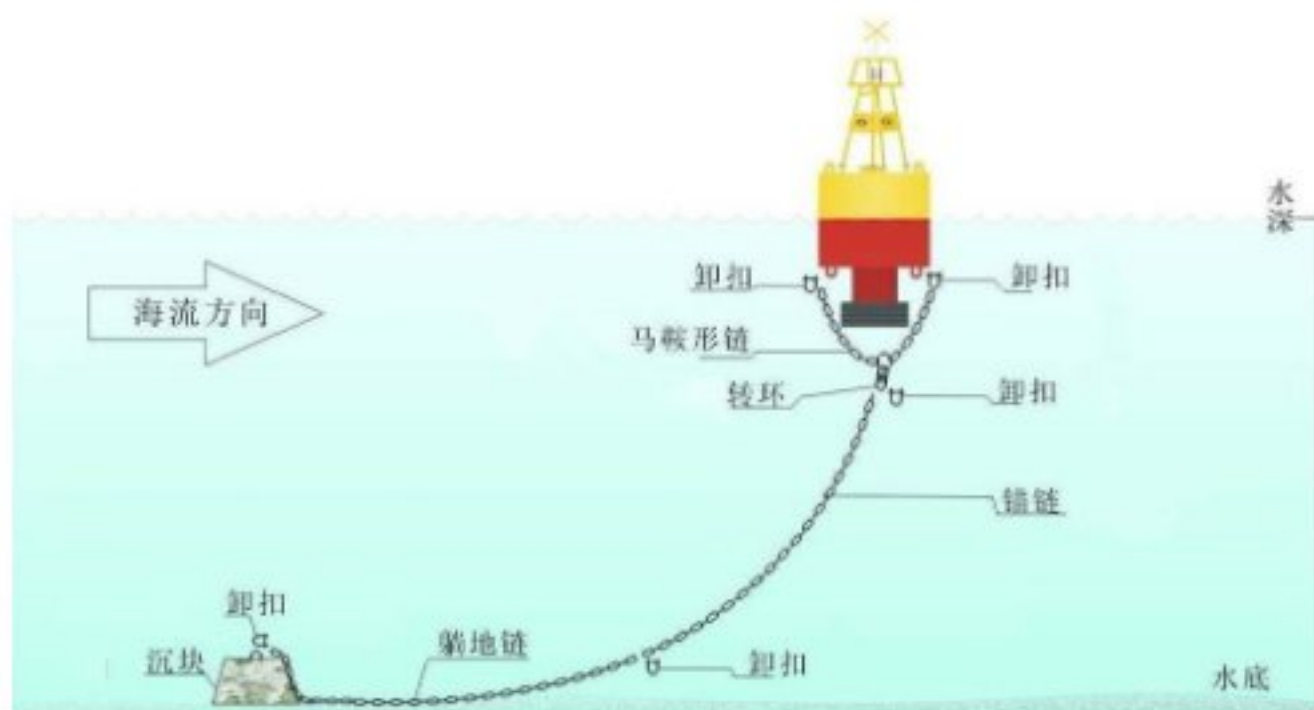


图 3.3.3-6 警示浮标示意图

3.4 施工方案

3.4.1 主要施工方法

1、浮筏式吊养施工流程

(1) 施工设备

施工设备主要有 GPS 定位仪、指挥船、运输船、吊船。

(2) 锚位预定

每条主绳选定 2 个关键锚位预定点，在工作船上用绳子将沉子与浮球连接，连接绳的长度与锚投放处水深相近，采用 GPS 定位仪，指挥工作船驶至锚位预定点，依顺序逐一投放沉子，使浮球在纵、横向均排列整齐，最后可将定位浮球在水面的位置作为投锚时的参考投放位置。

(3) 锚投放

吊船行驶至第一个锚位点，依次下第一个铁锚，重复上述操作，下其余铁锚。

(4) 主绳绑系

每投放完一个铁锚后，即用运输船将主绳拖至固定系统的区域内，将主绳固定在锚桩上，并收紧绳索。锚泊系统安装完毕后，依锚绳在水面的状态，通过锚绳的松紧进行调节，使其在水面排列整齐。

2、重力式网箱施工流程

(1) 网箱安装施工方案

本项目抗风浪网箱拟定由建设单位在保障基地组装完毕后用运输船运输至

养殖海域进行投放。

1) 施工顺序

安放准备工作→抗风浪网箱运输→网箱投放→竣工验收

2) 锚位预定

用 GPS 定位仪选定锚位点。

在工作船上用绳子将沉子与浮球连接，连接绳的长度与锚投放处水深相近，投下铁锚作为第一个网箱锚位点。根据网箱固定锚泊系统的布局及锚位间距，依次重复以上步骤，按顺序投放 8 个铁锚作为一组网箱的 8 个锚位点。依水面上定位浮球位置和 8 个锚位点位置坐标进行校正，使浮球在纵、横向均排列整齐。最后可将定位浮球在水面的位置作为投锚时的参考投放位置。

3) 抛锚作业

应选择顺风流合压差方向安装作业，平潮时选择顺风方向进行固定系统安装作业，风力影响不大时在顺流向安装作业。

4) 网箱绑系

用工作船将网箱框架（框架连接绳可提前连接）拖至固定系统的区域内，用锚绳将网箱框架固定，并收紧绳索。

5) 网衣安装

网衣挂在双浮管的内管，防跳网沿扶手管架设，并在扶手栏杆上绑缚固定；在网衣的底部沿圆周竖纲位置处绑系沉子，沉子的数量根据网衣大小规格选用，网底距沉子底的距离不超过 2m。

6) 调试

固定系统安装完毕后，依框架在水面的状态，通过锚强的松紧进行调节，使其在水面布局规整、简洁。

7) 挂网

依养殖生产需要适时挂网。

表 3.4.1-1 双杆大抓力锚尺寸信息表

重量	尺寸 (mm)							
750KG	A	B	C	D	E	F	G	J
	1450	700	878	1315	256	396	255	60

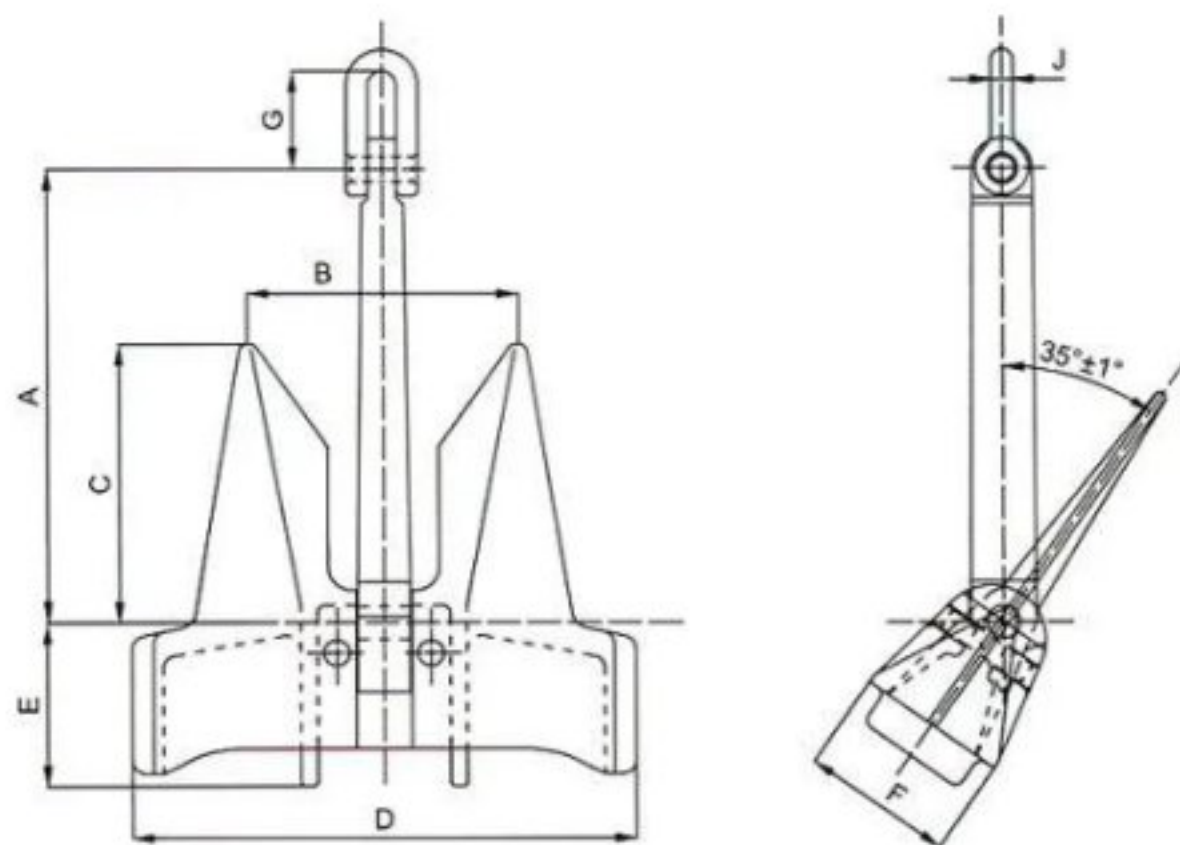


图3.4.1-1 网箱抓锚结构图

3、航标灯和警示灯施工工艺

(1) 施工工艺流程

采用拖轮进行航标灯安装的工艺流程为:航标灯拼装—航标灯装船→正式施工→航标灯验收—航标灯维护。

(2) 航标灯拼装

航标灯分为浮标、锚链及沉块等部分。浮标部分(主要包括浮体、太阳能板、灯具、GPS装置等)按照厂家说明书进行拼装,拼装完成后对闪灯频率、GPS设备和太阳能供电系统等进行检查,检查合格并编号后方可出运安装;锚链按照航标灯安装位置水深的1.5~2倍进行切割,沉块用素混凝土预制。

(3) 航标灯装船

为提高功效,每次出海均安装两个航标灯。航标灯运至现场后,利用履带吊机将浮标、锚链和沉块分别吊至船艙安放。其中浮标安放在船艙两侧并通过绳索与船艙的A字架固定起来;锚链在船艙两侧按S型摆放,分节用绳索固定在甲板上,并将锚链一端与沉块连接,另外一端与浮标连接;沉块共两件其中一件安放在船艙中央,另一件通过打链器连接耳板悬挂于船艙外侧,距离水面约0.5m。

(4) 正式施工

使用天宝GPS对沉块进行精准定位,当船舶到达安装地点附近时,使用测

杆在船艏沉块旁进行测量，根据测量员的指示，将船舶驶入指定位置，在周围设置警示。利用船艏的A字架将浮标吊至水中，脱钩后再用一根绳索套住浮标，防止其漂远。

用一根长度适宜的钢丝绳穿过沉块上的吊环，另一端连接拖轮甲板上的打链器和耳板，用A字架将沉块吊起并缓慢送入水中，直至打链器上的钢丝绳拉紧受力，此时沉块被固定在水下2~4m左右。沉块脱钩后将浮标一端的锚链缓慢送入水中，为防止锚链入水过程中速度过大发生危险，锚链需要分节入水，即入水前每隔一定长度用绳索穿过锚链进行固定，锚链每入水一节，割掉一段绳索，直至只剩最后一节。

锚链入水后进行沉块的最终释放，先割掉最后一段固定绳索，待锚链全部入水后测量人员再次复核坐标，确认无误后使用铁锤敲击打链器，释放打链器上的钢丝绳，沉块在自重的作用下沉入海底，松开套在浮标上的绳索，完成安装。安装完成后，观察几分钟，无异常即可。

(5) 航标灯验收

航标灯安装完成后，主要进行安装精度、夜间闪灯和GPS信号验收。闪灯验收可通过夜间巡查进行，安装精度和GPS信号验收则通过航标灯联网监控系统进行，该系统可同时监控航标灯的位置和工作情况，并用红色圆围提示出现异常的航标灯。

3.4.2 施工设备配置

本项目施工期采用的施工船机及主要设备有：GPS定位仪、指挥船、运输船、吊船，营运期则主要采用养殖辅助船进行饲料、鱼苗、成鱼输送及人员接驳。主要施工设备见下表所示。

表 3.4.2-1 主要施工机械设备表

序号	设备名称	数量	规格	用途
1	GPS定位仪	2台	/	抛投锚位前后校准
2	指挥船	1艘	总吨1t	指挥作业
3	运输船	2艘	总吨≤1000t	网箱器具、锚泊驳运
4	吊船/起重船	1艘	总吨1000t	网衣运输与安装
5	养殖辅助船	2艘	总吨200t	人员接驳及物流运输

3.4.3 施工进度计划

由于工程区域施工条件好，根据建设内容（主要为深水网箱、吊养设施）及工序安排，总工期预计约需要14个月，包括施工前准备、吊养设施和网箱制作、吊养设施和网箱运输及安装、竣工验收等。施工进度计划见下表所示。

表 3.4.3-1 施工进度表

序号	项目	进度计划（月）						
		2	4	6	8	10	12	14
1	施工准备	■						
2	深水网箱		■	■	■	■	■	■
3	吊养设施				■	■	■	■
4	竣工验收							■

（1）深水网箱建设周期为 10 个月，取得用海相关手续后开始启动，预计 2026 年 7 月份开始，2027 年 4 月结束。

（2）吊养养殖建设周期为 6 个月，取得用海相关手续后开始启动，预计 2026 年 7 月份开始，2026 年 12 月结束。

3.5 工艺流程及产污环节

3.5.1 工艺流程

一、施工期

1、浮筏养殖

本项目浮筏养殖海域选择离岸远，养殖区海水交换能力强，养殖设施采用透水性好利于集约化管理的贝类养殖笼。考虑项目营运期间贝类主要养殖品种为太平洋牡蛎，营运期无需投喂饵料和药物。本项目浮筏养殖施工期建设内容主要为浮筏养殖设施安装，施工期人员首先对项目海域进行测量，用绳子将沉子与浮子连接，通过施工船舶依次投放沉子和锚块，然后投放苗种。

施工准备：外购养殖设施材料，租用施工船舶，洽谈相关施工方、施工人员、依托码头的相关管理情况，确定施工准备工作。

海上定位：海域作业人员于项目所在海域进行海上定位。

浮筏安装及固定：完成海上定位后，海上施工人员利用施工船舶机械，进行浮子定位投放和锚块投放，锚泊系统安装完毕后通过锚绳的松紧进行调节，使浮

筏在水面排列整齐。

浮筏养殖施工工艺流程及产污环节如下：

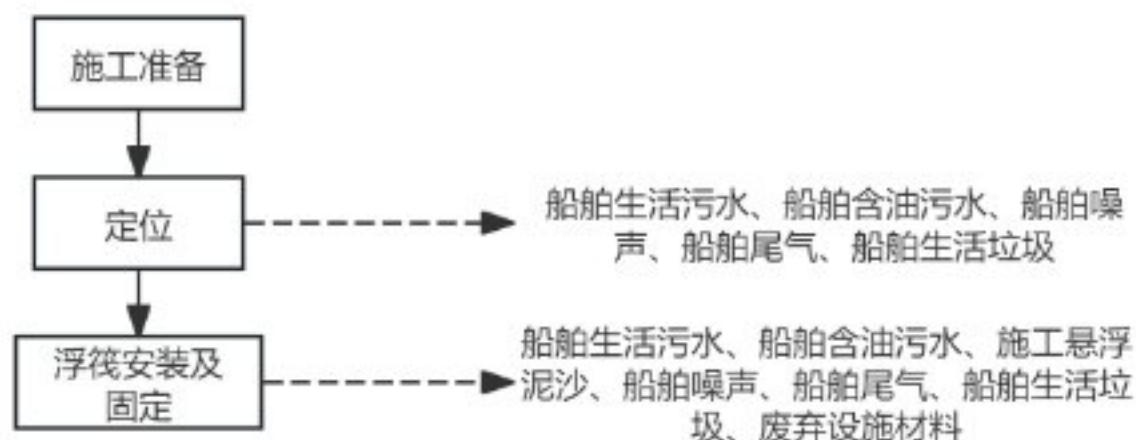


图 3.5.1-1 浮筏养殖施工期工艺流程及产污环节示意图

2、网箱养殖

本项目网箱养殖主要建设内容为网箱养殖设施安装。主要施工流程如下：

施工准备：外购网箱框架材料、网衣、稳定装置、固定装置、混凝土抓锚等材料，租用施工船舶和机械设备，洽谈相关施工方、施工人员、依托码头的相关管理情况，确定施工准备工作。

海上定位：海域作业人员于项目所在海域进行海上定位。

网箱锚固：完成海上定位后，海上施工人员利用船舶和机械进行锚块投放、系挂网箱框架等操作。

挂网调试：网箱框架挂网后，可通过升降方法来调试，使网箱整体达到最佳稳定状态。

网箱养殖施工工艺及产污环节如下：

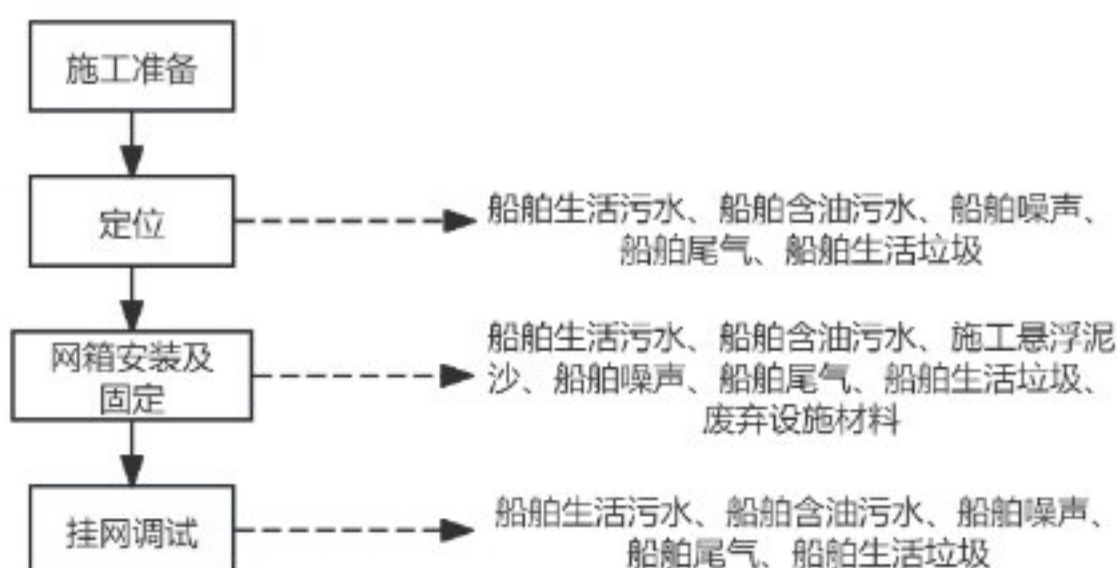


图 3.5.1-2 网箱养殖施工期工艺流程及产污环节示意图

二、营运期

1、浮筏养殖

看护、养护：工作人员将贝苗利用船舶投放至海域后，牡蛎进行自然增殖，采用不投饵、不投药的生态养殖方式，看护、养护主要进行海域作业区的相关管理工作。

收获：完成自然增殖过程的贝类安排时间进行采收，人工将需要外售的产品拣出后等待销售。

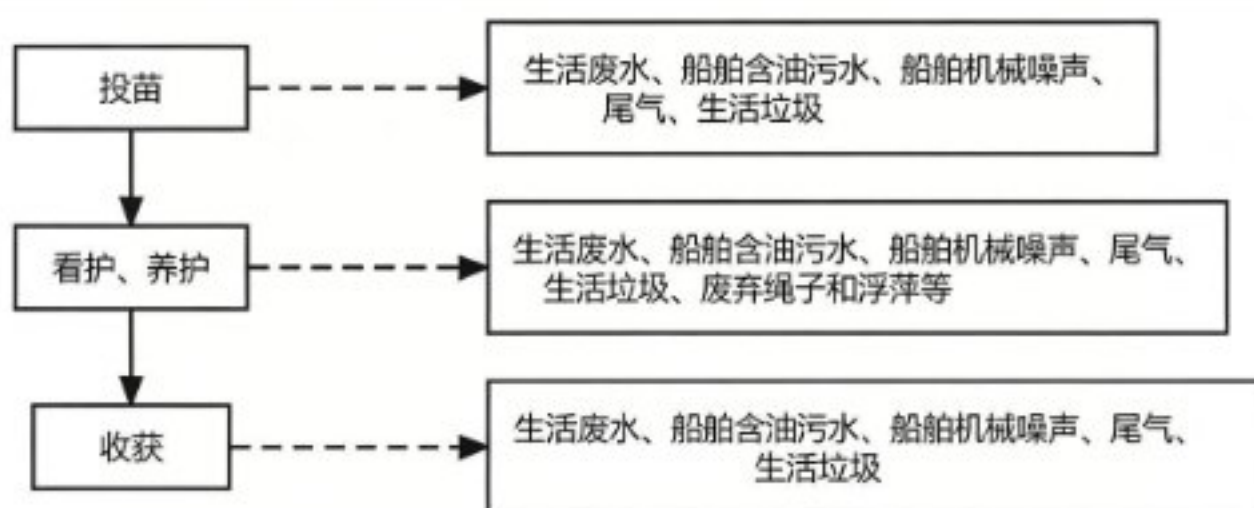


图 3.5.1-3 筏式养殖营运期工艺流程及产污环节示意图

2、网箱养殖

苗种投放：工作人员使用运输船将采购的苗种运至网箱养殖区，进行深水网箱投放。尽量选择大规格的苗种进行放养，以达到一次放养到收获。

看护、养护：苗种投放至海域后进行自然增殖，看护、养护主要是进行海域

作业区的相关管理工作。深水网箱养殖需要进行人工投饵，一般每日投饵1~3次。养殖过程中需经常检查网箱的安全。

网箱清理：根据网箱上附着生物量及鱼类养殖情况，一般每季度及收获期对养殖区的网衣进行检查和清洗，每隔3~6个月进行换网，换网时利用吊机将旧网衣拉至水深2m~3m处，把新网衣套在旧网衣外面，挂在网箱框架上，然后把旧网衣解开，慢慢驱赶鱼群进入新网衣，最后把旧网衣卸下。拆除的旧网衣可以进行清洗和修补留待下次使用，无法修补的废弃网衣交由物资回收公司回收处理。

收获：完成自然增殖过程的渔获，根据需要捕捞后直接外卖，不进行加工处理。而后待购买新一批苗种后，在深水网箱中投放后继续自然增殖。

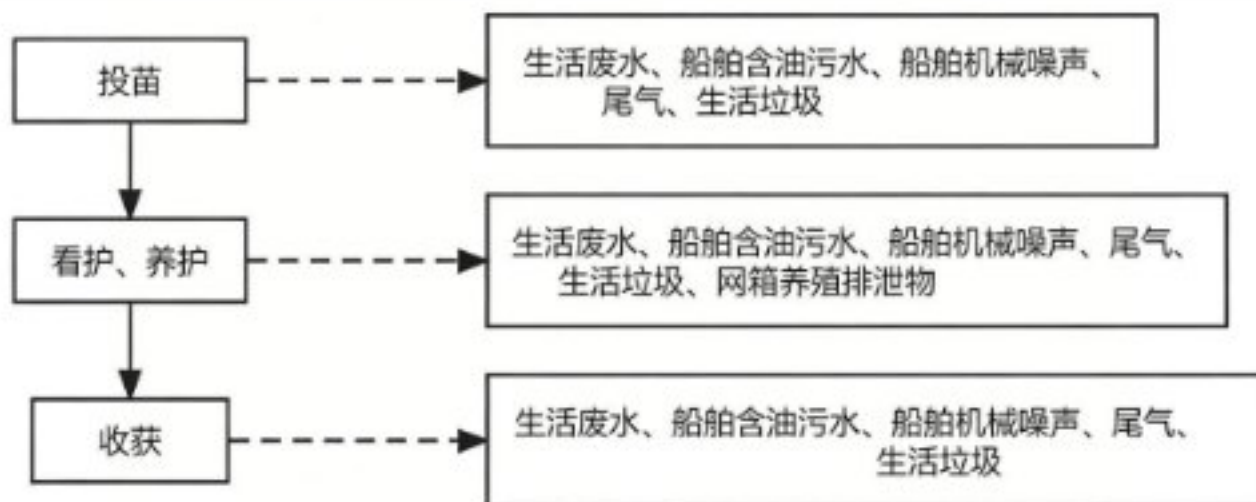


图 3.5.1-4 网箱养殖营运期工艺流程及产污环节示意图

3.5.2 主要产污环节

一、施工期

本项目施工期大气污染主要来源于施工船舶排放的尾气；噪声污染主要为施工船舶产生的噪声；废水主要为施工人员生活污水、施工船舶含油污水，以及浮筏安装固定、网箱安装固定时产生的悬浮泥沙；固体废弃物主要为施工人员生活垃圾、废弃养殖设施材料等。

1、大气污染物

施工期大气污染主要为施工船舶产生的燃油尾气，主要污染因子为 CO、SO₂、NO_x、HC 和烟尘，排放方式为无组织排放。

2、噪声

本项目施工噪声主要为施工船舶产生的噪声，为无组织排放。

3、水污染物

本项目施工期产生的水污染物主要为施工人员生活污水、施工船舶含油污水，以及浮筏安装固定、网箱安装固定时产生的悬浮泥沙。

项目施工过程中将产生一定的人员生活污水，主要污染物为 COD、BOD₅、SS、氨氮等。施工人员生活污水暂存至船舶生活污水收集舱，收集上岸后经槽车转运至陆丰第二污水处理厂接收排放。船舶含油污水则暂存至船舶含油污水收集舱，收集上岸后由有处理能力的单位接收处理。

浮筏和网箱采用锚块固定，锚块沉入海底后会产生少量的悬浮泥沙。悬沙会引起水体浑浊，污染局部海水水质，并可能影响局部沉积物环境，主要污染物为 SS，排放方式为无组织排放。

4、固体废物

固体废物主要包括施工人员产生的生活垃圾，浮筏、网箱施工产生的废弃绳索、废弃浮子及废弃网衣等废弃养殖设施材料。施工人员产生的生活垃圾经船舶收集上岸后交由环卫部门清运处理，施工过程产生的废弃绳索、废弃浮子及废弃网衣等废弃养殖设施材料收集上岸后交由物资回收公司回收处理。

此外，项目施工期间因船舶及机械设备等检修产生的废弃机油、含油废抹布等危险废物由租赁施工船方处置，不纳入本项目环保管理范围。

二、营运期

本项目营运期大气污染主要来源于工作船舶尾气；噪声污染主要为船舶产生的噪声；废水主要为工作人员生活污水、船舶含油污水、网衣冲洗水以及养殖废水；固体废物主要为工作人员生活垃圾、养殖区运维管理过程产生的网衣附着物、废弃养殖设施材料及病死水产品等。

1、大气污染物

营运期工作船舶会产生一定量的燃油尾气，主要污染因子为 CO、SO₂、NO_x、HC 和烟尘，排放方式为无组织排放，对局部区域空气质量影响不大。

2、噪声

本项目营运期噪声主要为船舶产生的噪声，为无组织排放。

3、水污染物

营运期工作人员将产生一定量的生活污水，主要污染物为 COD、BOD₅、SS、

氮氮等。工作人员日常工作及生活产生的生活污水暂存至船舶生活污水收集舱，定期收集上岸后经槽车转运至陆丰第二污水处理厂处理排放。船舶含油污水暂存至船舶含油污水收集舱，收集上岸后由有处理能力的单位接收处理。

网箱养殖过程中需定期对网衣进行换洗，换下后的网衣用高压水枪加压海水冲洗网衣上的附着物，产生的网衣冲洗水基本无污染。

网箱养殖废水主要来自养殖残留饵料、养殖生物的代谢废物，网箱养殖过程中进入水体的残饵、养殖生物排泄物主要以总氮、总磷、氨氮、COD 污染物表征，因此对海水水质有一定影响。

根据《第二次全国污染源普查产排污系数手册（农业源）》，牡蛎对水体中的总氮、总磷及 COD 具有吸收效应，对水域中的氨氮含量无影响。总体上看，牡蛎浮筏养殖对水质环境的影响是正向的。

4、固体废物

营运期固体废物主要包括工作人员生活垃圾、日常营运维护产生的网衣附着物、废弃养殖设施材料，如废弃绳索、废弃浮子及废弃网衣等一般固废，以及病死水产品等。

营运过程中产生的废弃绳索、废弃浮子及废弃网衣等废弃养殖设施材料收集上岸后交由物资回收公司回收处理，生活垃圾收集上岸后交由环卫部门处理，网衣上清理出的海洋垃圾收集上岸后交由环卫部门处理，清理出的附着生物回归海洋循环，养殖及运输过程中产生的病死水产品根据相关管理办法、规范，进行无害化处理。

此外，本项目不设置维修间，营运期间设备维修等均由专业的维修单位进行维修，维修过程中产生的极少量废弃机油、含油废抹布等危险废物由维修单位处置，不纳入本项目环保管理范围。

3.6 工程各阶段污染环境影响分析

3.6.1 施工期环境影响分析

3.6.1.1 大气污染

施工期大气污染主要为施工船舶燃油废气（CO、SO₂、NO_x、HC 和烟尘）。根据《港口作业船舶排污量测算方法》（王伟松，1991 年）的统计数据，船舶燃

油污染物排放系数分别为： CO 0.238kg/m^3 油、 SO_2 3.74kg/m^3 油、 NO_x 8.57kg/m^3 油、烟尘 2.75kg/m^3 油。

燃油尾气对局部区域空气质量产生一定影响，但本项目施工期燃油使用量较小，燃油尾气产生量较小，燃油尾气污染源为流动源，而施工区域位于辽阔的海域，大气扩散条件好，施工过程中排放的燃油尾气能够及时扩散，对局部区域空气质量影响不大，对周围大气环境影响较小。

3.6.1.2 噪声污染

本项目施工期噪声主要为施工船舶产生的噪声，噪声强度范围一般在 $(95\sim 105)$ $\text{dB}(\text{A})$ ，主要设备噪声级见表 3.6.1-1。

表 3.6.1-1 主要设备噪声源

序号	噪声源	噪声值 $\text{dB}(\text{A})$	排放方式
1	船舶鸣笛	105	间断、无组织
2	船舶发动机	95	间断、无组织

3.6.1.3 水污染

(1) 施工人员生活污水

本项目施工过程中将产生一定的人员生活污水，主要污染物为 COD_{Cr} 、 BOD_5 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 SS 等。本项目水上施工高峰期时最多为 25 人，根据广东省地方标准《用水定额 第 3 部分：生活》（ $\text{DB44/T 1461.3-2021}$ ），金厢圩用水定额属农村居民 II 区类别，则施工人员生活用水量按照 $130\text{L}/\text{人}\cdot\text{天}$ 计，排水系数按 80% 计，则本项目每天生活污水产生量约 $2.6\text{m}^3/\text{d}$ 。

本项目施工工期约 14 个月，实际施工天数约 300 天，则施工期产生的生活污水总量约 780m^3 。根据《排水工程》（下册）中典型生活污水常浓度进行估算，污水中主要污染因子特征浓度为： COD ： 400mg/L ， BOD_5 ： 200mg/L ， SS ： 250mg/L ，氨氮 30mg/L ，则本项目 COD 的产生量约为 0.052kg/d ， BOD_5 为 0.026kg/d ， SS 为 0.033kg/d ，氨氮为 0.004kg/d 。

施工人员生活污水暂存至船舶生活污水收集舱，收集上岸后经槽车转运至陆丰第二污水处理厂净化排放。

表 3.6.1-2 施工期生活污水污染源强汇总

生活污水来源	单日高峰用工数量 (人)	用水量 (m^3/d)	用工天数 (天)	单日污水总量 (m^3/d)	污水量合计 (m^3)	污染物产生强度 (kg/d)			
						COD	BOD	SS	$\text{NH}_3\text{-N}$

船舶人员	25	0.13	300	2.6	780	0.052	0.026	0.033	0.004
------	----	------	-----	-----	-----	-------	-------	-------	-------

(2) 施工船舶含油污水

本项目施工期预计投入船舶数量约4艘,参照《水运工程环境保护设计规范》(JTS149-2018),500t级船舶机舱含油污水产生量为0.14t/d·艘,1000t~3000t级船舶机舱含油污水产生量为(0.27~0.81)t/d·艘。则施工期载重吨500t以下的小型指挥船含油污水量按0.14t/d·艘计,载重吨约2000t的运输船、吊船机舱含油污水量按0.54t/d·艘计。

由此计算得出项目施工船舶舱底含油污水产生总量为1.76t/d,船舶舱底含油污水中石油类的浓度约为2000mg/L~20000mg/L,本次按10000mg/L进行计算,则本项目施工船舶舱底含油污水中石油类的产生量约为17.6kg/d。

船舶水污染物必须执行《防治船舶污染海洋环境管理条例》(国务院令 第561号)及《船舶水污染物排放控制标准》(GB3552-2018)相关要求,禁止向沿海海域直接排放油类污染物。本项目施工船舶含油污水拟经船舶含油污水收集舱收集后,上岸交由有处理能力的单位接收处理。

表 3.6.1-3 施工期含油污水污染源强汇总

船舶类型	投入数量 (艘)	含油污水产生量 (t/d·艘)	单日污水总量 (t/d)	污染物产生强度 (kg/d)
				石油类
指挥船	1	0.14	0.14	1.4
运输船/吊船	3	0.54	1.62	16.2

(3) 施工悬浮泥沙

本项目重力式网箱、浮筏吊笼设施施工产生的悬浮泥沙主要来源于混凝土锚块投放。其中,每口网箱采用8个750kg双杆大抓力锚(规格约1.3m³),共计投放480个锚块;每个养殖单体延绳两端各用1个混凝土锚块固定(规格约4.2m³),共计投放9114个锚块。锚块投放作业方式与抛石施工方式相近,借鉴抛石过程的悬浮物源强公式进行计算,计算公式如下:

$$S = (1 - \theta) \times \rho \times \alpha \times P$$

式中:

S——悬浮物源强 (kg/s);

θ ——海底沉积物天然含水率(%),根据实测沉积物含水率,取平均值45.0%;

ρ ——海底泥沙中颗粒物湿密度 (kg/m³),取1400kg/m³;

α ——沉积物中悬浮物颗粒所占百分率（%），取 50%；

P——施工挤出淤泥强度（ m^3/s ）。

对于 P，单个抓锚/锚块抛投下沉至海床挤淤稳定状态时间取 3min，则：

单个抓锚：抓锚体积 $1.3\text{m}^3 \times$ 引起泥沙比例 5% $\div$ 单个投沉时间 3min = $0.000361\text{m}^3/\text{s}$ 。

单个锚块：锚块体积 $4.2\text{m}^3 \times$ 引起泥沙比例 5% $\div$ 单个投沉时间 3min = $0.001167\text{m}^3/\text{s}$ 。

由此计算得出，①网箱锚固施工悬浮泥沙产生瞬时源强约为 0.20kg/s ；②浮筏锚固施工悬浮泥沙产生瞬时源强约为 0.45kg/s 。

3.6.1.4 固废污染

（1）施工人员生活垃圾

参照《水运工程环境保护设计规范》（JT/S149-2018），生活垃圾产生量按每人 1.0kg/d 计算，施工人员按 25 人计，则每天施工生活垃圾产生量约 25kg/d 。船舶上设置固体废物收集箱，工作人员生活垃圾放入收集箱，集中装箱运回陆地，严禁随意丢弃入海，收集上岸后交由环卫部门统一处理。

（2）废弃养殖设施材料

本项目施工过程会产生废弃养殖设施材料，如废弃绳索、废弃浮子及废弃网衣等，由于项目生产材料均按照项目规模购置成品，因此产生的损耗量较少，不作定量分析。项目采购的绳索、浮子、网衣等均属于有机材料，废弃绳索、废弃浮子及废弃网衣等废弃养殖设施材料收集上岸后交由物资回收公司回收利用。

3.6.1.5 施工期污染要素汇总

施工期污染要素汇总清单见表 3.6.1-4。

表 3.6.1-4 施工期污染要素清单

污染项目	污染物名称	主要污染因子	产污环节	污染物产生量	处理方式/排放去向
废气	施工船舶尾气	CO 、 SO_2 、 NO_x 、 HC 和烟尘	施工船舶运行	少量	选用符合标准的燃料；采用油耗低的船舶，定期进行维护和保养；船舶需经船舶检验机构检验合格
噪声	施工船舶噪声	等效声级	船舶鸣笛	105dB (A)	选用低噪声的船舶施工设备、控制船舶鸣笛
			船舶发动机	95dB (A)	
废水	施工人员生活污水	COD 、 BOD_5 、 SS 、氨氮、	施工人员	$2.6\text{m}^3/\text{d}$	施工期生活污水暂存至船舶生活污水收集舱，收集上岸后经槽车

污染项目	污染物名称	主要污染因子	产污环节	污染物产生量	处理方式/排放去向
					转运至陆丰第二污水处理厂处理排放
	施工船舶含油污水	石油类	施工船舶	1.76t/d	施工期船舶含油污水暂存至船舶含油污水收集舱，收集上岸后由有处理能力的单位接收处理
	施工悬浮泥沙	SS	网箱抛锚	0.20kg/s	自然排海沉降
			浮筏抛锚	0.45kg/s	
固体废物	施工船舶生活垃圾	生活垃圾	施工人员	25kg/d	船舶上设置固体废物收集箱，工作人员生活垃圾放入收集箱，集中装箱运回陆地，严禁随意丢弃入海，收集上岸后交由环卫部门统一处理
	废弃设施材料	废弃绳索、废弃浮子及废弃网衣等	养殖设施安装	少量	收集上岸后交由物资回收公司回收利用

3.6.2 营运期环境影响分析

3.6.2.1 大气污染

营运期大气环境污染同施工期，主要为船舶燃油废气。以柴油、汽油为燃料的船舶运行时会排放燃油尾气，船舶燃油尾气中所含的污染物主要有 CO、SO₂、NO_x、HC 和烟尘。

本项目投入营运的养殖辅助船数量较少，其产生的废气量相对较少；因项目所处辽阔海域，大气扩散条件好，对周围大气环境影响较小。

3.6.2.2 噪声污染

营运期噪声主要为工作船舶产生的噪声，将产生一定的噪声污染，主要设备噪声级见下表。

表 3.6.2-1 主要设备噪声源

序号	噪声源	噪声值 dB (A)	排放方式
1	船舶鸣笛	105	间断、无组织
2	船舶发动机	95	间断、无组织

3.6.2.3 水污染

(1) 工作人员生活污水

营运期工作人员会产生一定量的生活污水，本项目营运期水源由陆域经船运至。项目拟配套 15 位工作人员，其中 12 人在养殖区作业约 2~4 小时，不在海上

上食宿,剩下3人轮班值守。常驻3人生活用水量按照广东省地方标准《用水定额 第三部分:生活》(DB44/T 1461.3-2021)中农村II类居民130L/(人·d)计,排水系数取80%,则常驻工作人员生活用水量约0.39m³/d,生活污水产生量约0.31m³/d;其余13人生活用水量参照《用水定额 第三部分:生活》(DB44/T 1461.3-2021)表A.1国家行政机构办公楼(无食堂和浴室)先进值10m³/人·a计,排水系数取80%,则非常驻人员生活用水量约0.33m³/d,生活污水产生量约0.26m³/d,合计本项目生活用水量约0.72m³/d,生活污水产生量约0.57m³/d。

根据《排水工程》(下册)中典型生活污水浓度进行估算,污水中主要污染因子特征浓度为:COD:400mg/L, BOD₅:200mg/L, SS:250mg/L, 氨氮30mg/L, 则本项目COD的产生量约为0.011kg/d, BOD₅为0.006kg/d, SS为0.007kg/d, 氨氮为0.001kg/d。

工作人员生活污水暂存至船舶生活污水收集罐,定期收集上岸后经槽车转运至陆丰第二污水处理厂处理排放。

表 3.6.2-2 营运期生活污水污染源强汇总

生活污水来源	单日高峰用工数量(人)	用水量(m ³ /d)	单日污水总量(m ³ /d)	污染物产生强度(kg/d)			
				COD	BOD	SS	NH ₃ -N
船舶人员	15	0.72	0.57	0.011	0.006	0.007	0.001

(2) 船舶含油污水

工作人员在养殖区内进行日常维护使用船舶时会产生少量的舱底油污水,项目预计保守投入2艘200HP船舶(载重吨小于500t)定期对养殖海区进行巡视管理,参照《水运工程环境保护设计规范》(JTS149-2018),小型船舶的舱底含油污水产生量按0.14t/d·艘计,则项目营运期日常维护的工作船舶舱底含油污水产生量最大约为0.28t/d,船舶舱底含油污水中石油类的浓度约为2000~20000mg/L,本评价按10000mg/L进行计算,则项目营运期日常维护的工作船舶舱底含油污水中石油类的产生量约为2.8kg/d。

船舶水污染物必须执行《防治船舶污染海洋环境管理条例》(国务院令第561号)及《船舶水污染物排放控制标准》(GB3552-2018)相关要求,禁止向沿海海域直接排放油类污染物。本项目营运船舶含油污水拟经船舶含油污水收集舱收集后,上岸交由有处理能力的单位接收处理。

表 3.6.2-3 营运期含油污水污染源强汇总

含油污水来源	投入船舶数量 (艘)	含油污水产生量 (t/d·艘)	单日污水总量 (t/d)	污染物产生强度 (kg/d)
				石油类
船舶舱底	2	0.14	0.28	2.8

3、网衣冲洗水

网箱养殖期间,在海水中浸泡了一定时间的网箱系统或多或少会附着各种贝类、藻类以及海洋垃圾(塑料袋等),这在一定程度上阻碍了水流的畅通和水体的交换,从而影响养殖鱼类的生长和加重了网箱系统的下沉力。因此,在日常管理工作中,需对养殖区的网衣进行检查、清洗和换网。

本项目一般每季度或收获期对养殖区的网衣进行检查和清理,由潜水员水下人工清理网衣上的附着物,每隔 3~6 个月进行洗网换网,卸下的旧网衣采用高压水枪冲洗网衣表面附着物。本项目洗网效率为 2 个/小时,每天可清洗约 4 个网箱的网衣,高压水枪加压海水使用量为 22L/min,则本项目清洗废水的产生量约为 10.56m³/d。

本项目网衣冲洗频次较低,冲洗废水的量很小,冲洗废水主要成分是附着在网衣上的贝类、藻类及海洋垃圾等附着物,冲洗下来的海洋垃圾统一收集上岸后交由环卫部门处理,冲洗下来存活的附着生物将重新回到海洋,极少量死亡的附着生物收集至病死鱼收集箱收集上岸处理。

综上,项目网衣冲洗水的产生量较小,冲洗的藻类贝类为海洋自身生物,对环境的影响很小。

4、浮筏吊笼养殖废水

研究表明,贝类等滤食性过程是把从悬浮物中运走的大量颗粒物经过消化道,并排泄一部分成为紧密的粪便,部分营养物质进入贝类鳃腔未进入肠道,是被鳃分泌的黏液将颗粒物包裹后直接以不够紧密的假粪的形式从外套腔中排出,在一些情况下,高达 90%的排泄物是以假粪的形式排出。假粪主要是固集在附近区域的颗粒物,固集过程中基本不产生污染物。

本项目采用浮筏吊笼养殖太平洋牡蛎,贝类养殖 344 公顷,按 20 吨/公顷产量计算,年产量 6880 吨。参考《第二次全国污染源普查产排污系数手册(农业源)》中牡蛎的浅海筏式养殖业排污系数,确定浮筏吊笼养殖排污系数见表。

表 3.6.2-4 浮筏吊笼养殖排污系数

省份	养殖水体	养殖模式	养殖种类	总氮 (克/千克)	总磷 (克/千克)	氨氮 (克/千克)	COD (克/千克)
广东	海水	浅海筏式	牡蛎	-0.17	-0.01	0.00	-7.24

表 3.6.2-6 浮筏养殖排污量统计表

水产品产量 (t/a)	项目	总氮	总磷	氨氮	COD
6880	排污系数 (kg/t)	-0.17	-0.01	0.00	-7.24
	排污量 (t/a)	-1.17	-0.07	0.00	-49.81
	产生速率 (g/s)	-0.037	-0.002	0.00	-1.580

由表可知,贝类养殖整体而言不增加水域污染物浓度,具有吸收该区域总氮、总磷、COD 等作用。

5、网箱养殖废水

深水网箱养殖属于投饵集约化养殖,饵料的投入、残饵的生成以及养殖水产品的粪便及排泄物是促成养殖自身污染的一个因素。

由于局部投饵的结果,网箱内营养物质的含量明显高于网箱外,然而所投的营养物质并不能被鱼类完全消化吸收,从而对水体造成局部乃至大面积影响。根据相关文献,在投喂的饲料中,有 13%~15%的饲料直接散失于水体中,85%~87%的饲料被鱼摄食;在摄食的饲料中,有 25%~35%饲料被鱼体用于增加体重,41.6%~48%的饲料被鱼体用于维持生命,其排泄物以氮的形式进入水体,10.4%~12%的饲料未被鱼类消化吸收,以鱼粪的形式进入水体。随着饲料质量的提高、养殖管理技术和饲料投喂方法的改进,饲料利用率有所增加,绝大部分能被鱼类摄食。参考《福建配合饲料替代幼杂鱼现状分析与对策建议》(游宇 etc, 2023),目前国内海水鱼类养殖中配合饲料普及使用率尚不足 1/3,有的养殖品种饲料系数仍处于 2.1~4.0,远高于国外同类 1.0~1.8 的水平。

本项目将采用优质人工配合饲料,人工配合饲料具有营养全面均衡、饵料系数低、水体污染小等优点。网箱养殖对象为石斑鱼、鲈鱼、金鲳鱼、军曹鱼、鲷鱼等优质鱼种,本项目重力式网箱养殖规模 100 公顷,按 12 吨/公顷产量计算,年产量 1200 吨;石斑鱼等饲料利用系数按 2.0 计,则项目年投喂的饵料合计为 2400 吨;网箱养殖残饵占所投饵料的比按 10%计,则年残余饵料量为 240t。本项目采用人工饵料,加上大量野生鱼类被吸引到网箱附近对残饵进行摄食,实际残饵量会有所减少。残饵中通常含有氮、磷和有机物等营养物质,主要以颗粒

态的形式进入水体和沉积物中，下降过程中部分溶解于水体中。

网箱养鱼输出的众多废物中对水环境产生富营养化的影响主要来自于饵料的投入、残饵的生成以及养殖水产品的粪便及排泄物中含有的营养物质：氮、磷、有机物。鱼类放养密度越大，所排泄和产生的营养物质越多，这些营养物质大量进入水体，使藻类及其他水生生物多量繁殖，水体透明度下降，溶解氧降低，从而使生态系统受到损害和破坏，水质腐败发臭，病原微生物大量出现，造成鱼类大量死亡，网箱内水体的恶化往往会波及到附近水域的水质。

参考《第二次全国污染源普查产排污系数手册（农业源）》，以较高值鲈鱼排污系数保守估算本项目网箱养殖年排污量，计算结果见表。

表 3.6.2-5 海水养殖网箱养殖业排污系数 单位：g/kg

省份	养殖水体	养殖模式	鱼类	总氮	总磷	氨氮	COD
广东	海水养殖	网箱养殖	石斑鱼	17.59	1.43	0.04	0.46
广东	海水养殖	网箱养殖	鲈鱼	68.03	16.26	0.95	39.64
广东	海水养殖	网箱养殖	军曹鱼	32.06	2.73	0.10	1.86
广东	海水养殖	网箱养殖	鲷鱼	17.59	1.43	0.04	0.46
广东	海水养殖	网箱养殖	其他	23.04	4.68	0.68	5.87

注：金鲳鱼按其他鱼类排污系数计算。

表 3.6.2-6 网箱养殖排污量统计表

水产品产量 (t/a)	项目	总氮	总磷	氨氮	COD
1200	排污系数 (kg/t)	68.03	16.26	0.95	39.64
	排污量 (t/a)	81.64	19.51	1.14	47.57
	产生速率 (g/s)	2.59	0.62	0.04	1.51

则本项目养殖排污量为：总氮 81.64t/a、总磷 19.51t/a、氨氮 1.14t/a、COD47.57t/a。

3.6.2.4 固废污染

1、生活垃圾

本项目拟配套 15 位工作人员，参照《水运工程环境保护设计规范》(JTS149-2018)，生活垃圾产生量按每人 1.0kg/d 计算，则本项目营运期生活垃圾产生量为 15kg/d。船舶上设置固体废物收集箱，工作人员生活垃圾放入收集箱，

集中装箱运回陆地，严禁随意丢弃入海，收集上岸后交由环卫部门统一处理。

2、废弃养殖设施材料

本项目营运期废弃养殖设施材料包括绳索、浮子及网衣等废弃养殖设施。绳子、浮子及网衣有损毁时，优先缝补修复后使用，不能修复的作为一般固废。因绳索以聚乙烯绳为主，浮子采用塑料浮子，网衣采用高强度优质聚乙烯材料，因此无法修复的废弃绳索、废弃浮子及废弃网衣等废弃养殖设施材料收集上岸后，定期由物资回收公司回收利用。类比同类型养殖项目及本项目养殖规模，不能修复的废弃绳索及浮子估算为100个/年，折算废弃绳索产生量约为0.1t/a，废弃浮子产生量约为0.12t/a，破损无法再利用的网衣约为1t/a。

3、网衣附着物

网衣上的附着物主要为贝类、藻类和海洋垃圾（如塑料等），网衣冲洗过程中清理出的附着生物回归海洋循环，清理出的海洋垃圾统一收集上岸，交由环卫部门处理。

一般情况下，每张聚乙烯网衣每季度附着10kg~40kg的附着物，本项目共有60口重力式深水网箱，附着物的量按25kg计，则每年附着物总量共有6t，附着物中有85%的附着生物（贻贝、藻类等）、10%的海洋垃圾（绳子、塑料袋等）和5%的杂质，则本项目网衣清理出的附着生物约为5.1t/a，网衣清理出的海洋垃圾约为0.6t/a。

4、病死水产品

养殖过程中可能会出现由于未及时治疗或无法治疗而产生的病死水产品，项目营运期间每个月都要巡逻及观察养殖产品健康状况，并采取相关疾病预防、治疗或阻止蔓延的措施，因此病死水产品出现的频率相对较低。

类比同类养殖项目，病死水产品出现量按年产量的万分之一估算，即每年病死水产品产生量约为0.12t/a，出现的病死水产品收集到病死水产品收集箱中，按照相关管理办法送至指定地点或相关处理单位进行无害化处理。

3.6.2.5 营运期污染要素汇总

本项目营运期各类污染物产生量清单见表3.2.6-7。

表3.2.6-7 营运期污染要素清单

污染项目	污染物名称	主要污染因子	产污环节	污染物产生量	处理方式/排放去向
废气	工作船舶尾气	CO、SO ₂ 、NO _x 、HC 和烟尘	船舶运行	少量	选用符合标准的燃料；采用油耗低的船舶，并定期进行维护和保养；船舶需经船舶检验机构检验合格
噪声	船舶噪声	等效声级	船舶鸣笛 船舶发动机运行	105dB (A) 95dB (A)	选用低噪声的设备、控制船舶鸣笛
废水	生活污水	COD、BOD ₅ 、SS、氨氮	营运维护	0.57m ³ /d	营运期生活污水收集暂存，定期收集上岸后经槽车转运至陆丰第二污水处理厂处理排放
	船舶含油污水	石油类	营运船舶	0.28t/d	船舶含油污水暂存至船舶含油污水收集舱，收集上岸后由有处理能力的单位接收处理
	网衣冲洗水	贝类、藻类等附着生物、塑料袋等海洋垃圾	网衣换洗	10.56m ³ /d	附着物清除后，冲洗水自然排海
	养殖水污染物	总氮、总磷、氨氮、COD	养殖过程	总氮：81.64t/a； 总磷：19.51t/a； 氨氮：1.14t/a； COD：47.57t/a	自然排海
固体废物	生活垃圾	有机物	营运维护	15kg/d	生活垃圾分类收集上岸后由环卫部门清运处理
	废弃设施材料	废弃绳索、废弃浮子及废弃网衣等	营运维护	废弃绳索 0.1t/a、 废弃浮子 0.12t/a、 废弃网衣 1t/a	收集上岸后交由物资回收公司回收利用
	网衣附着物	贝类、藻类等附着生物、塑料袋等海洋垃圾	营运维护	附着生物 5.1t/a， 海洋垃圾 0.6t/a	清理出的附着生物回归海洋循环，清理出的海洋垃圾收集后交由环卫部门统一清运处理
	病死水产品		养殖过程	0.12t/a	设置病死水产品收集箱，按照相关指南及规程进行无害化处理

3.7 工程各阶段非污染环境影响分析

3.7.1 施工期非污染源生态环境影响分析

3.7.1.1 施工期对海洋水文动力和泥沙冲淤环境的影响

项目施工期主要涉及浮筏吊养和深水网箱的安装作业，包括锚块抛设、锚绳张拉、网箱框架布设等。这些活动仅在局部、短期内对水体产生微弱扰动，且水流阻挡作用极小，基本不会改变海域现状地形和水深条件。总体而言，工程施工期对海洋水文动力的影响是局部的、暂时的，不会改变区域水动力和冲淤格局。

3.7.1.2 施工期对海域生态环境的影响

项目深水网箱锚钩安装及浮筏锚块抛设时，会扰动海底表层沉积物，产生局部悬浮泥沙。且锚块和锚钩直接接触海底，会对局部底栖生境（如小型底栖生物群落）产生物理扰动或掩埋。但施工活动总体对海域生态环境影响很小，随施工结束后，相关影响也随之消失。

3.7.1.3 施工期对通航环境的影响

施工过程中将增加区域内船舶密度，对航道水域过往渔船和货船的航行将产生一定影响。因施工水域开阔，只要正确指引施工信号，主动与过往船舶联系，注意避让，项目施工影响是可控的。

3.7.2 营运期非污染源生态环境影响分析

3.7.2.1 营运期对海洋水文动力和泥沙冲淤环境的影响

浮筏吊笼和网箱设施对现状潮流具有一定阻碍作用，影响最大时期是养殖贝类成熟期，或网箱鱼类在成熟期网箱内鱼类密度达到较大时，会对所在水域的水动力产生一定的阻滞作用。因网箱框架为透水结构，整体阻水效应微弱，在合理控制养殖区养殖密度的情况下，项目不会对区域水动力和冲淤条件造成明显改变影响，其对海域水动力和冲淤环境的影响是可接受的。

3.7.2.2 营运期对海域生态环境的影响

项目营运期影响体现在：①养殖残饵及代谢产物释放，可能引起局部海域有机物和营养盐升高，需控制养殖密度以防富营养化；②网箱及浮筏表面附着生物增加，改变局部生物群落结构；③网衣清洗或更换时产生少量悬浮物。但影响总体可控，可通过合理布局、环境监测及生态养殖管理维持生态系统稳定。

3.7.2.3 营运期对通航环境的影响

项目营运期间，日常管护和采收活动将投入工作船舶，对通航环境产生一定

影响，建设单位需加强通航安全管理工作，保障通航安全。

3.8 环境影响要素和评价因子的分析与识别

3.8.1 环境影响因素识别

1、污染影响因素识别

(1) 施工期

本项目施工期大气污染主要来源于施工船舶尾气；噪声污染主要为施工船舶产生的噪声；废水主要为施工人员生活污水、施工船舶含油污水，以及浮筏、网箱安装固定时产生的悬浮泥沙；固体废弃物主要为施工人员生活垃圾、废弃养殖设施材料等。

(2) 营运期

本项目营运期大气污染主要来源于工作船舶尾气；噪声污染主要为船舶产生的噪声；废水主要为工作人员生活污水、船舶含油污水、网衣冲洗水以及养殖废水；固体废弃物主要为工作人员生活垃圾、网衣附着物、养殖区运维管理过程中产生的废弃养殖设施材料及病死水产品等。

2、生态影响因素识别

本项目建设对生态环境的影响主要是网箱及浮筏锚块占用海域底质环境，致使工程区域的底栖生物受损；网箱及浮筏施工产生的悬浮物影响施工区周围的生物，使游泳生物被驱散，鱼卵、仔稚鱼的生长受到一定影响；项目建设完成后引起工程海区水文动力变化，对海域局部的冲淤环境产生一定影响；项目建设后养殖活动对海域的水质环境质量、沉积物环境质量、生态环境产生一定影响。

环境影响要素的判别和筛选，将按照工程分析识别施工期和营运期对环境影响的污染和非污染要素，并结合环境敏感目标和重点保护对象，识别环境影响要素见表 3.8.1-1 所示。

表 3.8.1-1 环境影响要素和评价因子一览表

评价时段	环境影响对象	评价内容	工程内容及影响方式	影响时段及影响性质	分析评价深度
施工期	大气环境	废气排放	施工船舶，直接	短期，可逆	+
	声环境	噪声污染	施工船舶，直接	短期，可逆	+
	水文动力环境	潮流场	施工活动，间接	短期，可逆	++
	泥沙冲淤环境	海底地形和冲淤变化	施工活动，间接	短期，可逆	+
	水质环境	悬浮物	锚块固定，直接	短期，可逆	+++

		生活污水	施工队伍, 直接	短期, 可逆	+
		含油污水	施工船舶, 直接	短期, 可逆	+
	沉积物环境	生活垃圾	施工队伍, 直接	短期, 可逆	+
		废弃材料	施工船舶, 直接	短期, 可逆	+
	海洋生态环境	底栖生物	施工活动, 直接	短期, 可逆	+++
		渔业资源	施工活动, 间接	短期, 可逆	+++
	自然保护地和生态保护红线	悬浮物	施工活动, 间接	短期, 可逆	++
	重要水生生物“三场一通道”、水产种质资源保护区	悬浮物扩散	施工活动, 间接	短期, 可逆	++
	通航环境	通航安全	船舶施工	短期, 可逆	+
	环境风险	溢油扩散	船舶碰撞事故	短期, 可逆	+
营运期	大气环境	废气排放	营运船舶, 直接	短期, 可逆	+
	声环境	噪声污染	营运船舶, 直接	短期, 可逆	+
	水文动力环境	潮流场	养殖设施, 间接	短期, 可逆	++
	泥沙冲淤环境	海底地形和冲淤变化	养殖设施, 间接	短期, 可逆	+
	水质环境	生活污水	营运队伍, 直接	短期, 可逆	+
		含油污水	营运船舶, 直接	短期, 可逆	+
		网衣冲洗水	运维活动, 直接	短期, 可逆	+
		养殖废水	养殖鱼类, 直接	长期, 可逆	+++
	沉积物环境	生活垃圾	营运队伍, 直接	短期, 可逆	+
		网衣附着物	运维活动, 直接	短期, 可逆	+
		废弃材料	运维活动, 直接	短期, 可逆	+
		病死水产品	自然过程, 间接	短期, 可逆	+
	海洋生态环境	浮游生物	富营养化, 直接	短期, 可逆	+++
		渔业资源	富营养化, 直接	短期, 可逆	+++
	通航环境	通航安全	船舶运维	短期, 可逆	+
	环境风险	溢油扩散	船舶碰撞事故	短期, 可逆	+
		有毒有害生物	赤潮、病原体、天敌、外来物种入侵等, 间接	短期, 可逆	+

注 1: +表示环境影响要素和评价因子所受到的影响程度为轻小或轻微, 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: +++表示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。

3.8.2 评价因子筛选

基于对工程建设内容分析、区域环境要素特征以及环境影响要素识别, 确定

的评价因子见表 3.8.2-1。

表 3.8.2-1 评价因子一览表

受影响对象	现状评价因子	主要预测评价内容
海水水质	水深、水温、pH、盐度、悬浮物、溶解氧、化学需氧量、生化需氧量、亚硝酸盐、硝酸盐、氨、活性磷酸盐、硫化物、挥发酚、石油类、铜、铅、镉、汞、砷、锌、总铬、粪大肠菌群	SS 扩散影响；COD、氨氮、总氮、总磷排放
海洋沉积物	有机碳、石油类、硫化物、铜、铅、镉、总汞、砷、锌、铬	SS 扩散影响；COD、氨氮、总氮、总磷排放
海洋生物	石油烃、铜、铅、镉、锌、总汞、砷、铬	生物体有害物质量
初级生产力	叶绿素 a	SS 扩散影响
底栖生物、游泳动物（含鱼卵仔稚鱼）	种类组成、生物量、密度（丰度）、种群结构、群落特征、分布范围、物种多样性指数等	生物损失量；有毒有害生物（赤潮、病原体、天敌、外来物种入侵等）
海洋水动力环境	潮汐、潮流、含沙量、水温、盐度、波浪	潮流速度、流向变化
地形地貌与冲淤环境	水深地形、岩土性质、冲淤特征、岸线变化	冲刷淤积特征变化
大气环境	6 项空气基本污染物（SO ₂ 、NO ₂ 、PM ₁₀ 、PM _{2.5} 、O ₃ 、CO）	废气排放量
声环境	等效连续 A 声级（LAeq）	噪声传播影响
自然保护地和生态保护红线	主要保护对象数量和种群规模、主要生态功能	SS 扩散影响 冲刷淤积特征变化
重要水生生物“三场一通道”、水产种质资源保护区	分布范围、保护物种	SS 扩散影响

3.9 清洁生产

《中华人民共和国清洁生产促进法》于 2003 年 1 月 1 日施行，2012 年 2 月 29 日全国人大常委会通过了该法规的修改，并于 2012 年 7 月 1 日起实施修改后的新法规。《中华人民共和国清洁生产促进法》指出：该法所称的清洁生产是指不断采取改进设计、使用清洁的能源和原料、采用先进的工艺技术与设备、改善管理、综合利用等措施，从源头削减污染，提高资源利用效率，减少或者避免生产、服务和产品使用过程中污染物的产生和排放，以减轻或者消除对人类健康和环境的危害。

清洁生产是一种新的污染防治战略，是指将整体预防的环境战略持续应用于

生产过程、产品和服务中，以提高生态效率和减少人类及环境的风险，也就是说清洁生产对生产过程要求节约原材料和能源，淘汰有毒材料，降低所有废弃物的数量和毒性；对服务要求将环境因素纳入设计和所提供的服务中。清洁生产评价指标可分为四大类：原材料指标、产品指标、资源指标和污染物产生指标。

3.9.1 施工期清洁生产分析

1、施工期采取的节能措施

(1) 在施工中，坚持同一性质的工作连续施工，不同性质的工作尽可能组织搭接施工的方式。便于施工，利于施工设备利用，可缩短建设施工工期。

(2) 合理调度和使用施工机械，避免无负荷运行。

(3) 加强施工机械的维修保养，使其保持良好的工作状态。

2、施工期主要污染防治措施

施工期船舶含油污水、船舶生活污水、船舶生活垃圾等污染物不随便向海域排放，施工船舶含油污水暂存至船舶含油污水收集舱，收集上岸后由有处理能力的单位接收处理，施工人员生活污水暂存至船舶生活污水收集舱，收集上岸后经槽车转运至陆丰第二污水处理厂处理排放，施工船舶生活垃圾收集上岸后交由环卫部门清运处理。

3.9.2 营运期清洁生产分析

循环经济是一种以资源的高效利用和循环利用为核心，以减量化、再利用、资源化为原则，以低消耗、低排放、高效率为特征，符合持续发展理论的经济增长模式。清洁生产是循环经济的基石，循环经济是清洁生产的扩展。

本项目为海水养殖，从项目特点出发，主要清洁生产措施如下：

(1) 营运维护船舶应采用合格油品，降低船舶航行过程污染物产生。

(2) 制定合理作业规章，对管理和作业人员进行专业技能培训教育。

(3) 营运期生活污水、生活垃圾、船舶含油污水等污染物不随便向海域排放，营运期生活污水收集暂存，定期收集上岸后经槽车转运至陆丰第二污水处理厂处理排放，船舶含油污水暂存至船舶含油污水收集舱，收集上岸后由有处理能力的单位接收处理。

(4) 妥善处置营运期生产固废，其中废弃养殖设施材料收集后交由物资回收单位回收再利用，病死水产品及时收集至岸上进行无害化处理，不随意丢弃排

海，生活垃圾、网衣上清理出的海洋垃圾收集上岸后由环卫部门清运处理。

3.9.3 清洁生产评价

本项目按照清洁生产原则，采用成熟、先进的施工机械设备，采取合理的施工工艺进行施工，制定合理作业规章，严格控制各类污染物的发生，合理处置各类污染物，并最大限度地减小项目建设对海洋环境的影响程度，达到节约能源、保护环境的目的，可见，项目从施工工艺、施工设备、管理制度、污染物处理及节能等各方面来看，均满足清洁生产的要求。

3.9.4 清洁生产要求及建议

在环境管理方面，项目建设单位应按清洁生产要求做好施工期环境保护工作，提高环境保护管理水平，要有严格的检验、计量及控制措施，保证施工、作业设备的无故障和完好运行，并建立应急处理预案。项目建设单位还须密切关注海水养殖的行业最新动态，积极采用先进的技术、方法；防治养殖自身污染和水体污染，充分总结和利用现有的成功养殖经验、养殖技术，降低项目用海风险；确保环境管理工作的不断改进，配设专职环保人员，负责相关环境保护管理工作，并委托有资质的单位进行施工期的环境监测工作。

综上所述，项目养殖品种是近年来新兴优质海水品种，养殖密度设置合理，作业设备技术成熟，严格控制各类污染物产生，最大限度地减小对海洋环境的影响程度，达到节约能源、保护环境的目的，项目满足清洁生产要求。

3.10 总量控制

1、总量控制原则

为全面贯彻落实国家、省（自治区）、市生态环境保护工作会议精神及国务院《关于加强环境保护若干问题的决定》，实现汕尾市“十四五”期间生态环境保护目标，实施可持续发展战略，必须认真执行环境影响评价和“三同时”审批制度，大力倡导和推行清洁生产。同时，污染物排放管理应从浓度控制转向总量控制，将污染物排放总量控制作为建设项目污染防治、施工竣工验收和核发污染物排放许可证的依据。

项目总量控制指标是根据环评报告书核算出的达标排放污染物量，给出污染物排放总量参数作为总量控制的建议指标，在报有审批权的环保主管部门批准后，

方可作为本项目污染物排放总量控制指标。

2、总量控制建议

本项目船舶污水执行《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）相关要求，禁止向沿海海域直接排放油类污染物。施工期及营运期船舶含油污水收集上岸后由有处理能力的单位接收处理，施工期及营运期生活污水收集上岸后经槽车转运至陆丰第二污水处理厂处理排放；施工期和营运期的固废污染物均妥善处理。

营运期养殖污染源主要来自鱼类排泄物，而贝类养殖整体而言不增加水域污染物浓度，具有吸收该区域总氮、总磷、COD等作用。

由于广东省未对海域污染物总量控制提出要求，因此项目可不设置总量控制。

4 区域环境概况

4.1 自然环境概况

4.1.1 气候与气象

本报告采用陆丰气象站（59502）资料，代表项目区域的气候与气象特征，地理坐标为北纬 22°57′，东经 115°39′，观测场地高度 4.4m。

陆丰市位于祖国大陆东南部，属南亚热带季风气候区，海洋性气候明显，光、热、水资源丰富。其主要气候特点是气候温暖，雨量充沛，雨热同季，光照充足，冬不寒冷，夏不酷热，夏长冬短，春早秋迟；秋冬春旱，常有发生，夏涝风灾，危害较重。根据 2003-2022 年统计气象数据，陆丰气象站气象资料整编表如表 4.1.1-1 所示。

表 4.1.1-1 陆丰气象站常规气象项目统计（2003-2022 年）

统计项目		*统计值	极值出现时间	**极值
多年平均气温 (C)		22.7		
累年极端最高气温 (C)		36.9	2005-07-18	38.3
累年极端最低气温 (C)		4.9	2021-01-13	1.5
多年平均气压 (hPa)		1011.6		
多年平均水汽压 (hPa)		22.6		
多年平均相对湿度 (%)		77.8		
多年平均降雨量 (mm)		2007.6	2015-05-20	402.5
灾害天气统计	多年平均沙暴日数 (d)	0.0		
	多年平均雷暴日数 (d)	49.0		
	多年平均冰雹日数 (d)	0.6		
	多年平均大风日数 (d)	2.3		
多年实测极大风速 (m/s)、相应风向		23.5	2013-09-22	40.0NNE
多年平均风速 (m/s)		2.4		
多年主导风向、风向频率 (%)		E 14.3%		
多年静风频率(风速≤0.2m/s) (%)		3.6		
*统计值代表均值 **极值代表极端值		举例：累年极端最高气温	*代表极端最高气温的累年平均 值	**代表极端最高气温的累年

1、气温

(1) 月平均气温与极端气温

陆丰气象站 07 月气温最高 (28.9℃)，01 月气温最低 (14.9℃)，近 20 年极

端最高气温出现在 2005-07-18(38.3℃),近 20 年极端最低气温出现在 2016-01-25 (2.0℃)。

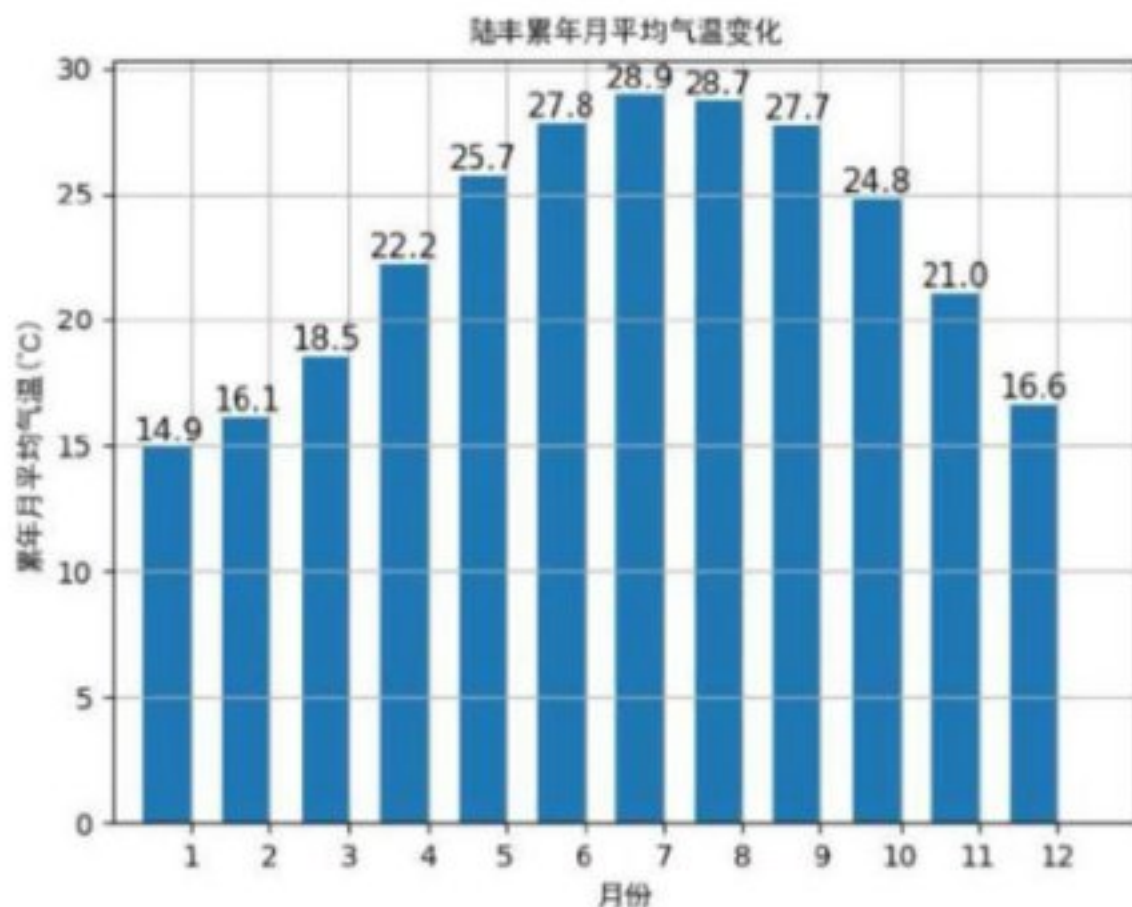


图 4.1.1-1 陆丰月平均气温 (单位: °C)

(2) 温度年际变化趋势与周期分析

陆丰气象站近 20 年气温无明显变化趋势, 其中 2011 年年平均气温最低 (22.1℃), 周期为 4 年。

2、降水

(1) 月平均降水与极端降水

陆丰气象站 06 月降水量最大 (523.0 毫米) 10 月降水量最小 (31.3 毫米) 近 20 年极端最大日降水出现在 2015-05-20 (4025 毫米)。

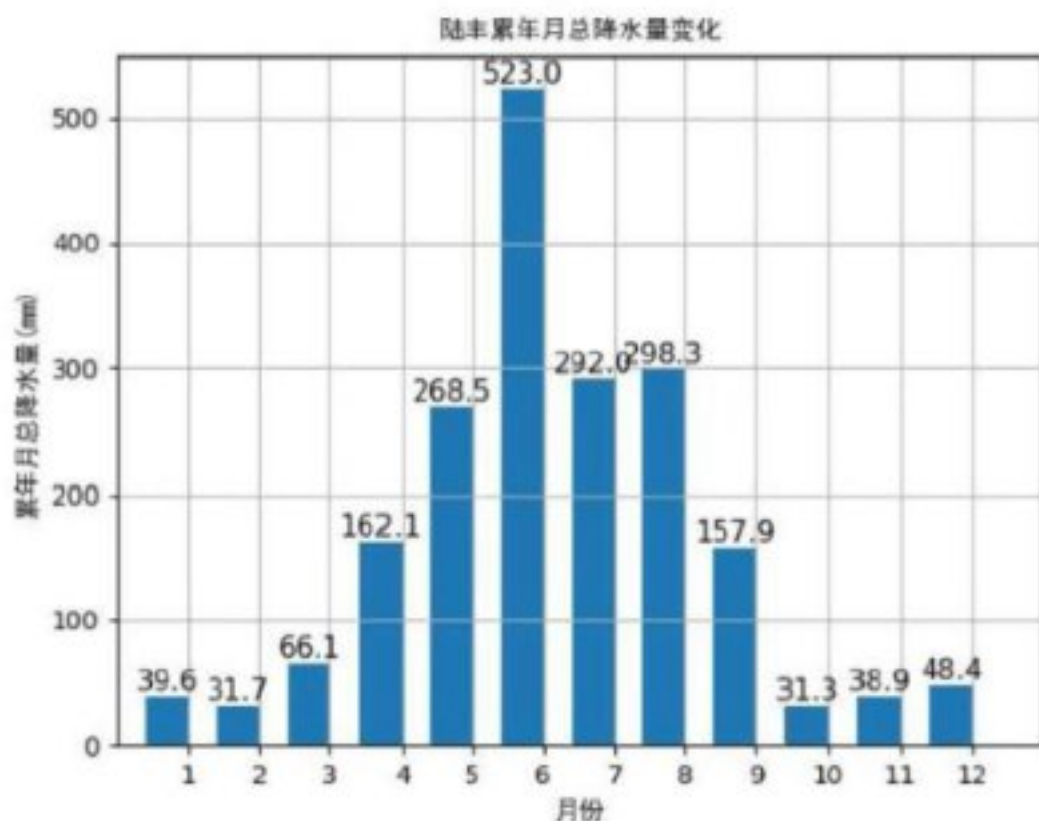


图 4.1.1-2 陆丰月平均降水量 (单位: 毫米)

(2) 降水年际变化趋势与周期分析

陆丰气象站近 20 年年降水总量无明显变化趋势, 2006 年年总降水量最大 (2790.9 毫米), 2004 年年总降水量最小 (1502.3 毫米), 无明显周期。

3、日照

(1) 月日照时数

陆丰气象站 07 月日照最长 (220.1h), 04 月日照最短 (107.9h)。

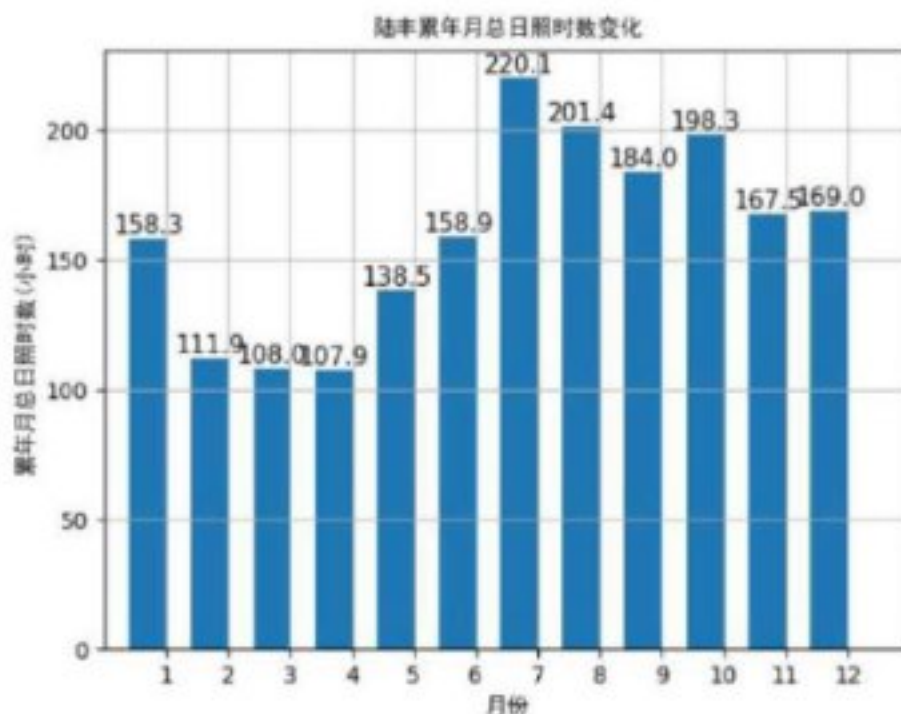


图 4.1.1-3 陆丰月日照时数 (单位: h)

(2) 日照时数年际变化趋势与周期分析

陆丰气象站近 20 年年日照时数呈现下降趋势，每年下降 15.61h，2004 年年日照时数最长（2203.8h），2016 年年日照时数最短（1690.1h），周期为 2~3 年。

4、相对湿度

(1) 月相对湿度分析

陆丰气象站 06 月平均湿度最大（84.3%），12 月平均相对湿度最小（68.2%）。

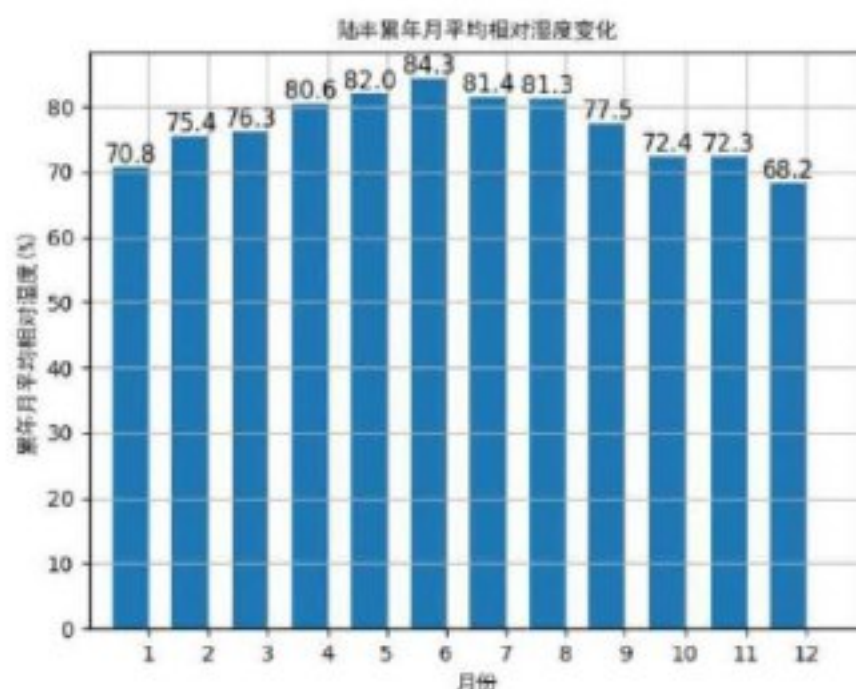


图 4.1.1-4 陆丰月平均相对湿度（纵轴为百分比）

(2) 相对湿度年际变化趋势与周期分析

陆丰气象站近 20 年年平均相对湿度呈现上升趋势，每年上升 0.30%，2019 年年平均相对湿度最大（83.3%），2008 年年平均相对湿度最小（71.0%），周期为 10 年。

5、风况

(1) 月平均风速

陆丰气象站月平均风速如表 4.1.1-2，12 月平均风速最大（2.5m/s），04 月风速最小（2.2m/s）。

表 4.1.1-2 陆丰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	2.5	2.4	2.3	2.2	2.3	2.3	2.4	2.3	2.4	2.4	2.5	2.5

(2) 风向特征

近 20 年资料分析的风向玫瑰图 4.1.1-5 所示，陆丰气象站主要风向为 E 和

NNW、N、S，占46.8%，其中以E为主风向，占到全年12.9%左右。

表 4.1.1-3 陆丰气象站风向频率统计（单位：%）

风向	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S
频率	11.7	6.0	35	4.0	12.9	76	68	3.2	96
风向	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C	
频率	5.0	5.1	2.0	1.6	1.0	3.2	12.6	43	

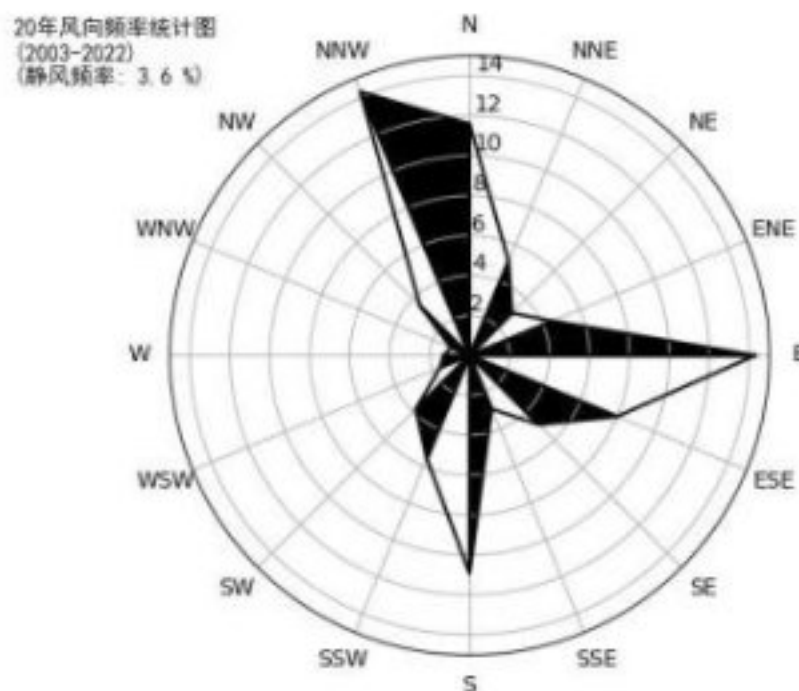


图 4.1.1-5 陆丰 2003-2022 年风向玫瑰图（静风频率 4.3%）

（3）风速年际变化特征与周期分析

根据近 20 年资料分析，陆丰气象站风速无明显变化趋势，2000 年年平均风速最大（2.7m/s），2016 年年平均风速最小（2.0m/s），周期为 10 年。

4.1.2 海洋水文

4.1.2.1 潮汐

根据汕尾海洋站潮汐资料的统计分析，项目所在海域属于不正规日潮混合潮。其主要特征是潮差主要随月球赤纬变化，而与月相的变化关系不大。当月球在赤道附近时，潮汐呈半日周期，当月球赤纬增大时，日不等现象随之增大；在回归潮时，每日呈现一次高潮和一次低潮的日潮现象，最大潮差可比平均潮差高出 140cm。

根据汕尾海洋站 2001 年~2015 年的潮汐资料统计分析，工程所处海域主要潮位特征值（以水尺零点为起算面）如下：

表 4.1.2-1 汕尾海洋站 2001~2015 年潮位特征表

项目	特征值	项目	特征值
最高潮位	3.24m	最低潮位	0.03m
平均高潮位	1.81m	平均低潮位	0.86m
最大超差	2.35m	最小超差	0.11m
平均潮差	0.95m	多年平均海面	1.37m

报告基面关系采用汕尾海洋站潮汐资料潮高基面与黄海基准面、珠江基准面及平均海平面的换算关系，如图 4.1.2-1。



图 4.1.2-1 汕尾海洋站基面高程关系示意图

4.1.2.2 波浪

项目附近无长期测波站，最近为位于碣石湾西南侧遮浪角的遮浪海洋站（N22°39′，E115°34′）。该站从 1960 年开始观测至今，观测方式为目测，一天四次，观测时段为 8、11、14、17 时，观测时间长达 40 多年，观测年限较长，资料比较完整。

据遮浪海洋站 2018 年 1 月~2020 年 12 月实测波浪统计资料，碣石湾海域主要受外海传入的涌浪影响，涌浪频率达 17.4%，风浪频率为 82.6%，混合浪频率仅为 0%。

碣石湾海区年平均 $H_{1/10}$ 为 1.0m，基本上秋冬季波高大于春夏季波高；10 月、11 月和 2 月月平均 $H_{1/10}$ 最大，为 1.2m；5 月月平均 $H_{1/10}$ 最小，为 0.8m。历年最大波高为 7.0m，波向为 90°，发生在 2018 年 9 月 16 日，此时台风“尤特”影响碣石湾区域。碣石湾海区年平均 $T_{1/10}$ 周期为 4.6s。

碣石湾海区全年波向主要集中在 E 和 ENE 方向，分布频率分别为 25.7%和 13.8%；项目海区常浪向为 E 向，次常浪向为 ENE 向，N、WNW、NW、NNW 向波浪比较少；强浪向为 E 向，NW 向波浪最弱。碣石湾海区波向受季风影响明显。1 月到 5 月波向主要受东北季风影响的 E 向浪较多；6 月 E 向波浪逐渐减少，

SW 向波浪增多；6 月到 8 月波向主要为 SW、WSW；9 月 E 向波浪逐渐增多，10 月至 12 月浪向又变为受东北季风影响的 E 向浪。

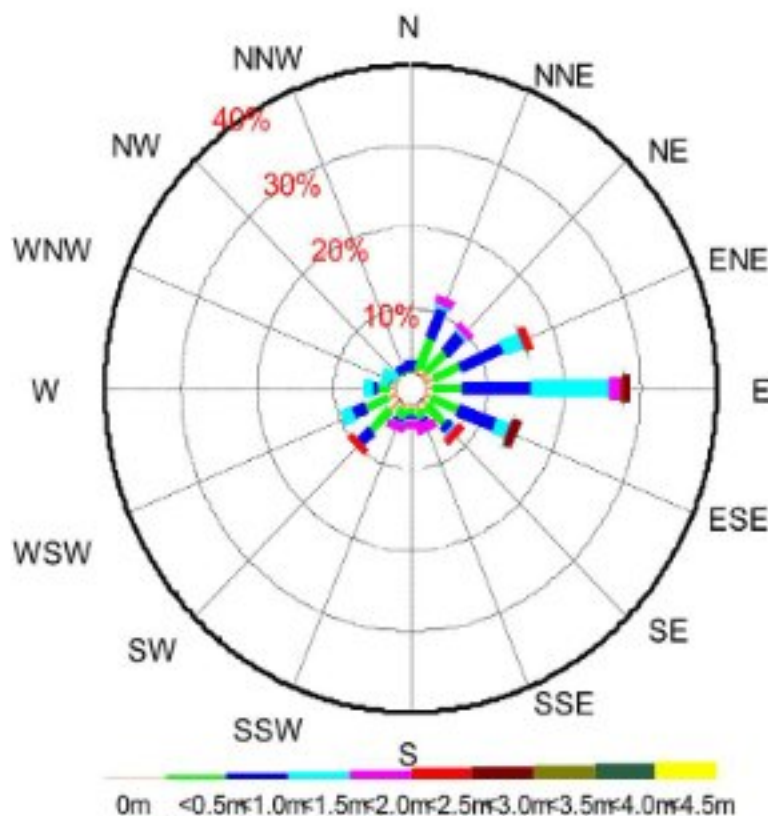


图 4.1.2-2 遮浪站累年波浪玫瑰图 (2018~2020 年)

4.1.3 自然灾害

本项目所在位置地处华南暴雨中心，年降雨量大且集中，因而洪涝较多；由于地处南海，热带气旋较多。本海域海洋灾害主要有热带气旋、雷暴等。

4.1.3.1 热带气旋

汕尾沿岸海域是热带气旋活动频繁的海区之一，影响本海域的热带气旋来自西太平洋和南海，热带气旋分为热带低压 (TD)、热带风暴 (TS)、强热带风暴 (STS)、台风 (TY)、强台风 (STY) 和超强台风 (SuperTY) 六个等级。

以遮浪海洋站风速达 6 级，台风中心位置进入 $20.9^{\circ}\text{N}\sim 24.9^{\circ}\text{N}$ ， $114.3^{\circ}\text{E}\sim 118.3^{\circ}\text{E}$ 区域内为影响标准，根据台风年鉴资料统计，1949~2023 年期间，登陆或影响本海域的热带气旋共有 205 个，年平均 2.77 个，年最多为 9 个 (1999 年)，75 年间仅 1989 年没有热带气旋登陆或影响本海域。热带气旋 8 月出现最多，占 24.39%，其次是 7 月及 9 月，各占 22.93%，最早出现在 4 月 10 日 (受 6701 强台风影响)，最晚出现在 12 月 2 日 (受 7427 强台风影响)，1 月至 3 月没有热带气旋影响本海域，1949 年—2023 年期间，热带气旋登陆时达到超强台风的有 23 个，强台风 24 个，台风 42 个，强热带风暴 41 个，热带风暴 54 个。

表 4.1.3-1 1949~2023 年热带气旋中心个数统计

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合计
01	0	0	0	0	2	6	2	8	2	1	0	0	21
02	0	0	0	0	1	13	12	8	14	4	2	0	54
03	0	0	0	0	1	4	9	15	11	1	0	0	41
04	0	0	0	1	3	3	14	8	8	5	0	0	42
05	0	0	0	0	1	2	3	5	9	3	1	0	24
06	0	0	0	1	0	0	7	6	3	4	2	0	23
07	0	0	0	2	8	28	47	50	47	18	5	0	205
08	0.0	0.0	0.0	0.0	0.11	0.38	0.64	0.68	0.64	0.24	0.07	0.0	2.77
09	0	0	0	1	3.90	13.66	22.93	24.39	22.93	8.78	2.44	0	100.00

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

1949~2023 年期间，对汕尾沿岸海域最具影响的热带气旋有 10 个，遮浪海洋站记录的风速均在 33m/s 以上，分别是 6903、7908、8805、9009、9509、2000 年 13 号、2003 年 13 号台风、2013 年 19 号台风、2017 年 13 号台风和 2018 年 22 号台风。

影响汕尾沿岸海域的西太平洋台风，7908 号台风是 1949 年以来登陆广东省台风中较强的一次西太平洋台风，其特点是：风力强、范围广、移速快。1979 年 8 月 2 日 13~14 时，7908 号台风在广东省深圳市沿海登陆，登陆时中心风速达 55m/s，中心气压 940hPa（资料来自上海台风研究所），1979 年 8 月 1 日 24 时~2 日 12 时，汕尾沿岸海域平均风力 12 级以上（遮浪海洋站 1979 年 8 月 2 日实测风速 61m/s，风向东北，汕尾气象站实测阵风风速 60.4m/s），8 级以上大风时间持续 24 个小时，12 级大风时间持续 12 个小时。

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

9509 号台风是另一个严重影响汕尾沿岸海域的台风，其特点是：也是风力强、范围广、破坏力强。1995 年 8 月 31 日 15 时前后，9509 号台风在广东省海丰与惠东县沿海登陆，登陆时遮浪海洋站实测风速 59.7m/s，风向东北，汕尾市 46.0m/s，海丰、惠东县 39.0m/s，惠来 35.0m/s，惠阳 34.0m/s，澄海 31.0m/s。这

个台风影响范围之广，破坏力之大，为近年所罕见，台风所到之处输电线被吹断，树木、工棚被毁、沿海海堤被打坏，受 9509 号台风影响，国民经济直接损失 38.62 亿元和重大人员伤亡。

4.1.3.2 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。

汕尾地区最近一次风暴潮发生于 2023 年 9 月，根据《2023 年广东省海洋灾害公报》，2023 年，广东省沿海共发生风暴潮过程 4 次，其中 2 次造成灾害，分别为“泰利”台风风暴潮和“苏拉”台风风暴潮，共造成直接经济损失 1.83 亿元，未造成人员死亡失踪。“苏拉”台风风暴潮造成直接经济损失最严重，为 1.04 亿元，约占全年风暴潮灾害直接经济损失的 57%。

4.1.3.3 雷暴

本海域的雷暴主要由热力条件引起，闷热的夏天，雷暴容易发生。暴雨是指日量 ≥ 50 毫米的强降水过程，日雨量 ≥ 100 毫米为大暴雨；日雨量 ≥ 250 毫米为特大暴雨。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，近年来汕尾市雷击灾害时有发生，对供电设施（变压器）、家用电器（电脑、电视机）、人畜等造成过危害。根据多年统计成果，遮浪海洋站海域历年平均发生雷暴日数为 52.5 天。

4.1.3.4 赤潮

2014~2023 年间，广东省沿海年均发生 9.5 起赤潮事件，但大规模的赤潮发生次数相对较少。2023 年，广东省沿海共发现赤潮 6 次，累计面积 20.00km²。其中，发现有害赤潮 3 次，未发现毒赤潮。深圳、惠州、湛江、珠海和汕尾海域是广东省主要的赤潮多发区。

根据 2014~2023 年《广东省海洋灾害公报》，对项目所在地广东汕尾出现的赤潮信息记录如表 4.1.3-2 所示。

表 4.1.3-2 广东省汕尾市赤潮记录 (2014~2023 年)

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

4.1.3.5 灾难性海浪

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

4.1.4 工程地质

4.1.4.1 区域地质

陆丰市地层主要属新华夏 (距今 2.25 亿年-0.7 亿年) 和东西构造运动所形成。地质年代最早是三叠系, 继而侏罗系、第四系。岩石主要是由花岗岩、砂页岩及第四系冲积砂砾石层组成。土壤肥沃, 类型较多。主要有水稻土、南方山地草甸土、黄壤、红壤赤红壤、菜园土、潮沙泥土 (河流冲积土)、滨海盐渍沼渍土、海滨沙土、石质土等 10 个土类 70 个土种, 地势平坦。其断裂主要有莲花山深断裂带 F1, 高要-惠来深断裂带 F2, 潮州-普宁深断裂带 F3:

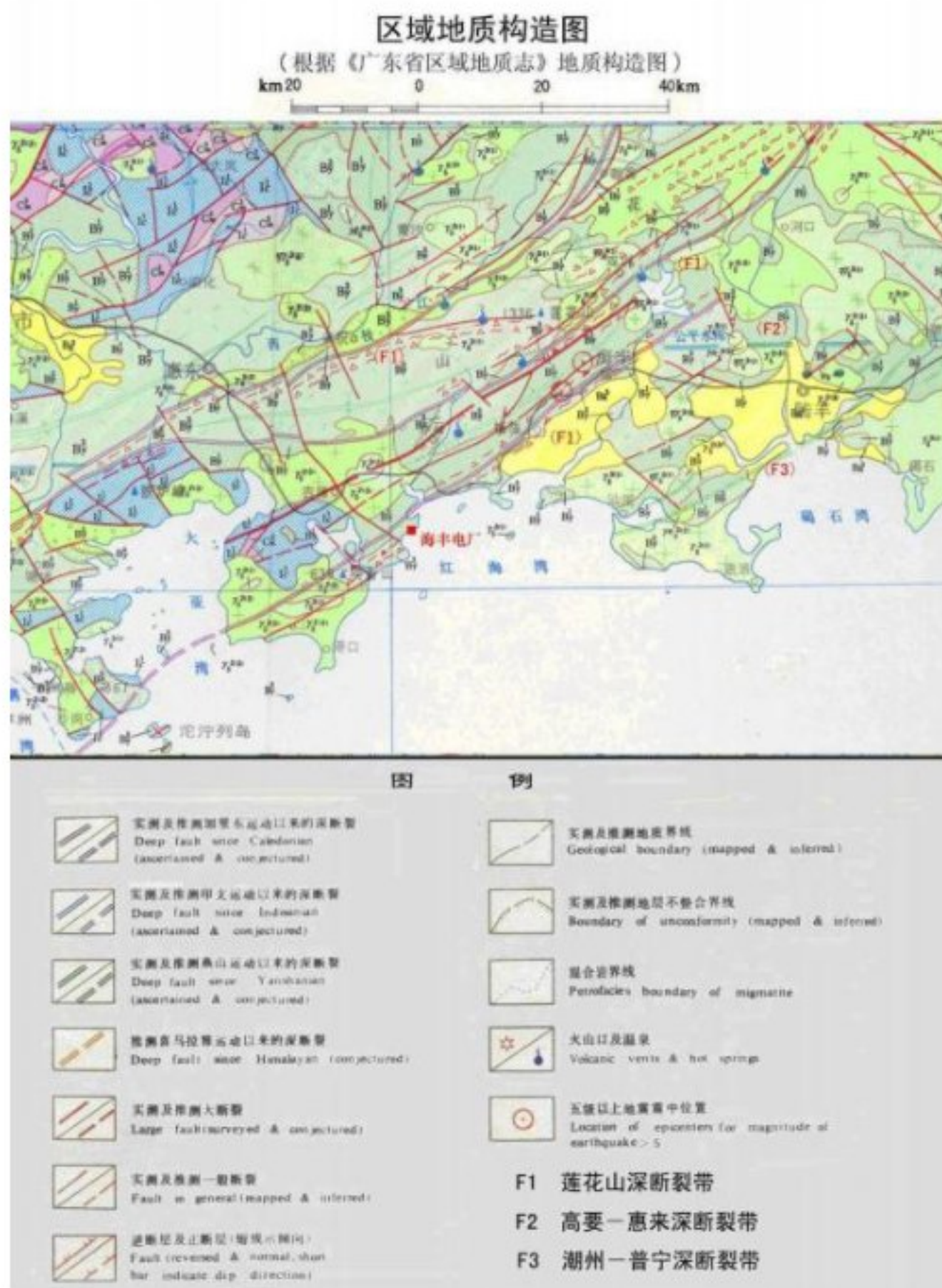


图4.1.4-1 区域地质构造图

4.1.4.2 场地地质

场地施工区水深5~10米,场区地形较为平坦。根据本次钻探揭露,工程区岩土层自上而下依次划分为第四系海相沉积层(Q_4^m)、第四系海陆交互相沉积层(Q_4^{mc})、第四系残积层(Q_4^e)和燕山期花岗岩(γ)。场地岩土层主要分层情况

见表：

表4.1.4-1 岩土分层表

序号	岩土名称	状态	时代成因	地层编号
1	淤泥	流塑	Q_4^m	① ₁
2	粉砂	松散	Q_4^m	① ₂
3	淤泥质粉质黏土	软塑，局部流塑	Q_4^m	① ₃
4	细砂	松散	Q_4^m	① ₄
5	砾砂	松散	Q_4^m	① ₅
6	粉砂	稍密	Q_4^{mc}	② ₁
7	粉砂	中密	Q_4^{mc}	② ₂
8	粉质黏土	可塑	Q_4^{mc}	② ₃
9	粉砂	松散	Q_4^{mc}	② ₄
10	粉砂	中密	Q_4^{mc}	② ₅
11	粗砂	密实	Q_4^{mc}	② ₆
12	粉质黏土	可塑，局部硬塑	Q_4^{mc}	② ₇
13	粉质黏土	硬塑	Q_4^{mc}	② ₈
14	砾砂	密实，局部中密	Q_4^{mc}	② ₉
15	砾砂	中密	Q_4^{mc}	② ₁₀
16	砾质黏性土	硬塑	Q^{el}	③ ₁
17	砾质黏性土	坚硬	Q^{el}	③ ₂
18	全风化花岗岩	土柱状	γ	④ ₁
19	强风化花岗岩	坚硬土柱状，少量砂砾状	γ	④ ₂
20	中风化花岗岩	短柱状	γ	④ ₃

4.1.4.3 地质评价

根据钻孔揭露，拟建工程岩土特性，分别评价如下：

①1 淤泥，广泛分布，流塑状，承载力特征值 $f_{ak}=50\text{kPa}$ ，承载力差，不宜作为基础持力层。

①2 粉砂，松散状，该层场地内仅有 2 个钻孔有揭露，分布不连续，承载力特征值 $f_{ak}=70\text{kPa}$ ，承载力差。

①3 淤泥质粉质黏土，软塑，局部流塑，属于高压缩性土，承载力特征值 $f_{ak}=60\text{kPa}$ ，承载力差，分布不连续，厚度一般。

①4 细砂，松散，该层仅有 1 个钻孔有揭露，分布不连续，承载力特征值 $f_{ak}=100\text{kPa}$ ，承载力一般，且埋深浅，厚度一般。

①5 砾砂，松散，承载力特征值 $f_{ak}=120\text{kPa}$ ，承载力一般，地层分布不连续，且埋深较浅，厚度一般。

②1 粉砂，稍密，承载力特征值 $f_{ak}=100\text{kPa}$ ，承载力较差，地层分布不连续，且层厚较薄。

②2 粉砂，中密，承载力特征值 $f_{ak}=150\text{kPa}$ ，承载力一般，地层分布不连续，埋深较浅，层厚一般。

②3 粉质黏土，可塑，属于中压缩性土，承载力特征值 $f_{ak}=110\text{kPa}$ ，承载力一般，地层分布不连续，埋深一般，层厚一般。

②4 粉砂，松散，承载力特征值 $f_{ak}=70\text{kPa}$ ，承载力差，地层分布不连续，层厚度小。

②5 粉砂，中密，承载力特征值 $f_{ak}=120\text{kPa}$ ，承载力一般，地层分布不连续，埋深一般，且厚度小。

②6 粗砂，密实，承载力特征值 $f_{ak}=350\text{kPa}$ ，承载力较好，埋深一般，地层分布不连续，且厚度小。

②7 粉质黏土，可塑，局部硬塑，属于中压缩性土，承载力特征值 $f_{ak}=130\text{kPa}$ ，承载力一般，分布不连续，埋深一般，厚度较小。

②8 粉质黏土，硬塑，属于中压缩性土，承载力特征值 $f_{ak}=180\text{kPa}$ ，承载力一般，分布不连续，厚度一般。

②9 砾砂，密实，局部中密，承载力特征值 $f_{ak}=400\text{kPa}$ ，承载力较好，分布较连续，但埋深一般，厚度一般。

②10 砾砂，中密，承载力特征值 $f_{ak}=280\text{kPa}$ ，承载力较好，但分布不连续，厚度一般，埋深一般。

③1 砾质黏性土，硬塑，为低等压缩性土，承载力特征值 $f_{ak}=200\text{kPa}$ ，承载力较好，但分布不连续，具有遇水强度骤降的特点。

③2 砾质黏性土，坚硬，为低等压缩性土，承载力特征值 $f_{ak}=280\text{kPa}$ ，承载力较好，但分布不连续，具有遇水强度骤降的特点。

④1 全风化花岗岩，土柱状，承载力特征值 $f_{ak}=400\text{kPa}$ 。承载力好，但分布不连续，具有遇水强度骤降的特点。

④2 强风化花岗岩，坚硬土柱状，承载力特征值 $f_{ak}=800\text{kPa}$ ，承载力好，但分布不连续，具有遇水强度骤降的特点。

④3 中风化花岗岩，短柱状，承载力特征值 $f_{ak}=2500\text{kPa}$ ，承载力高。

4.2 自然资源概况

4.2.1 岸线资源

由本项目评价范围与2022年广东省政府批复海岸线叠图可知，本项目评价范围内涉及的岸线类型有人工岸线、自然岸线和其他岸线。

本项目不占用海岸线，评价范围内涉及的海岸线长度约154.64km，其中人工岸线长度83.04km、自然岸线长度70.30km、其他岸线长度1.29km。



图 4.2.1-1 项目评价范围内的海岸线分布图

4.2.2 滩涂资源

通过计算项目所在海域的滩涂遥感影像图斑可以得到，本项目不占用滩涂资源，评价范围内涉及的滩涂面积为4.33km²，具体分布图如图4.2.2-1。



图 4.2.2-1 评价范围内沿海滩涂分布图

4.2.3 岛礁资源

本项目评价范围内海岛有 197 个，包括有居民海岛 1 个（施公寮岛），已开发无居民海岛 5 个（冬瓜屿、西桔礁、金屿、大堆岛、头干岛），未开发无居民海岛有 191 个（如黑大礁、刺礁、沙毛礁、盐屿等）。各海岛分布及名称见图 4.2.3-1。本项目所在海域附近岛礁主要为无居民海岛，主要分布在碣石湾东西两岸，距离本项目最近的岛礁为黑大礁，位于项目东北侧约 3.36km。



图 4.2.3-1 项目评价范围内岛礁资源

4.2.4 港口资源

4.2.4.1 港口

陆丰海岸曲折，港口众多，主要港口有碣石港、甲子港、湖东港、乌坎港、金厢港。陆丰港区是汕尾港的重点发展港区，主要服务临港工业，以通用散杂货、油气化工运输为主。陆丰港区主要规划有田尾山作业区、湖东甲西作业区、甲子屿作业区、东海岸作业区、碣石作业区及乌坎作业区，共规划约 74 个 500 吨级~15 万吨级泊位，可形成码头岸线 21.1km。

本次评价范围包括金厢渔港、乌坎渔港和碣石渔港。项目评价范围内港口、航道、锚地位置分布情况见图 4.2.4-1。

金厢渔港位于陆丰市南端，碣石湾北部，地处金厢镇境内。地理坐标为东经 115°41'49.244"，北纬 22°51'26.217"。该港交通方便，陆路与陆丰市的东海镇、碣石镇相距 15 公里，距甲子镇 45 公里。水路距汕头市 120 海里，距广州市 250 海里，距香港 125 海里。渔港内水域面积约 5.0 万平方米。金厢渔港后勤设施较齐全，但规模小，比较零散，现有冰厂两间，造船厂 3 间，网厂 2 间，加油站 3 处，供水、供电各 1 间，海鲜市场 2 间，海鲜加工厂 30 多间。

碣石渔港位于陆丰市南端，地处粤东碣石湾东岸，毗邻港澳，位于东经

115°47'25"，北纬 22°48'00"~22°49'38"之间。南北长约 7km，水域面积约 2.5km²。碣石渔港位于碣石镇区内，渔港配套设施基本齐全，是陆丰市重要的群众渔港之一。粤西、粤东及闽西的渔船长期在碣石渔港生产作业、避风和后期补给。碣石渔港水路交通方便，水路距香港 106 海里，距广州 206 海里，陆路距广州 370 公里，至汕头 142 公里，至深圳 266 公里，至广汕、深汕高速公路口 25 公里，至深厦高铁站 30 公里。项目新建 600HP 渔船泊位 5 个、200HP 渔船泊位 4 个，新建港区连接道路和码头、护岸、导堤等水工建筑物，配套建设港区陆域设施设备，新建项目完成后渔获卸港量可达到 3.4 万吨/年，并满足 600HP 渔船全天候进港，水域能停泊大小渔船 600 艘以上。

乌坎渔港位于粤东碣石湾北部，南临大海，北靠陆丰市市区，地理座标为东经 115°39'52"，北纬 22°53'19"，隶属于陆丰市东海镇，乌坎港东侧为金厢镇、西侧为上英镇，水陆交通极为便捷。项目近期新建渔船卸鱼泊位 41m，1 个 400HP 渔船泊位，新建引桥 37m；远期新建渔船供冰和修船泊位 78m，2 个 400HP 渔船泊位，新建引桥 59m；新建水上浮桥 6 座，总长约 521m，浮桥两侧可系泊 384 艘 20HP 小渔船；疏浚港池、避风锚地及航道，其中航道总长度约 4422m，宽约 48m，港内避风锚地约 40.5 万 m²，疏浚总计约 301 万 m³；新建护岸约 1087m 和口门拦沙导堤约 1710m；改造海堤道路约 479m，改造排水渠约 300m；渔港陆域总面积约 5.5 万 m²，新建渔港管理中心、水产品交易市场、制冰厂、垃圾中转站、污水处理站、渔需物资商店及仓储物流中心等基础配套设施；配套相关道路、导航、水电、消防、绿化、环保、智慧渔港系统及渔港环境综合治理和渔港污染防治等设施设备。

4.2.4.2 航道

本项目位于碣石湾内，评价范围内航道包括：

碣石港航道：长度为 2.8 海里，水深最浅处为-5.1m，可航水域最窄处为 60m，泥沙底。

乌坎东线航道：分别有乌坎东线航道和乌坎西线航道，航道为人工疏浚航道，自 22°52'26"N/115°39'42"E 处入口至乌坎码头总长度为 1.13 海里，国家 1985 高程基准水深-2.7~-6.0m，泥沙底。

甲子港航道：长度为 1.46 海里，水深最浅处为-2.8m，可航水域最窄处约为

60m, 泥沙底;

大星山甲子航道: 长度为 1.46 海里, 水深最深处 2.8m, 可航水域最窄处约 60m, 泥沙底。

4.2.4.3 锚地

项目位置不占用规划锚地和现存锚地, 评价范围内锚地包括 10 号锚地、11 号锚地和 12 号锚地。

10 号锚地为碣石港过驳锚地, 位于项目养殖区 3 西南侧约 1.2km, 以 $22^{\circ}45'00''N$, $115^{\circ}41'02''E$ 为圆心、2 海里为半径的水域内, 水深 11 米~15 米, 底质泥沙, 用于船舶候泊、过验、防台。

11 号锚地为碣石港引航、检疫锚地, 位于项目养殖区 3 东南侧约 2.3km, 以 $22^{\circ}47'00''N$ 、 $115^{\circ}45'02''E$ 为圆心、0.5 海里为半径的水域内, 水深 8 米左右, 底质泥沙, 用于引航检疫、防台。

12 号锚地为乌坎港引航、检疫锚地, 位于项目养殖区 2 南侧约 1.4km, 以 $22^{\circ}50'00''N$ 、 $115^{\circ}40'02''E$ 为圆心、0.5 海里为半径的水域内, 水深 6 米左右, 底质泥沙, 用于引航检疫、防台。



图 4.2.4-1 项目周边航道、锚地分布图

4.2.5 渔业资源

汕尾市位于粤东沿海，水域辽阔，水产资源丰富。内陆江河纵横，塘库密集，各类天然水域面积 1.39 万 ha，其中可供淡水养殖面积 1.30 万 ha。有碣石、红海两大海湾。沿岸拥有小漠、鲒门、马宫、汕尾、捷胜、遮浪、大湖、乌坎、金厢、碣石、湖东和甲子 12 座渔港，其中汕尾港、甲子港是国家外贸口岸和国家一级渔港，碣石、马宫港是国家二级渔港。-10m 深等深线内浅海、滩涂 6.96 万 ha，其中可供海水养殖面积 3.30 万 ha，已开发利用的有 2.11 万 ha。主要的海洋经济水产品种有 20 种。水产养殖的基地化、规模化、集约化生产已初具雏形，形成了 20 个海水养殖基地和 18 个淡水养殖基地，基地面积 2.3 万 ha。

主要的海洋经济水产品种有 14 类，107 科，173 种，其中年产量超过 2000 吨的有 20 多种。上述水产品种中，有相当一部分属于中上层鱼类，集中在辽阔的中深海渔场，尚有开发余地。龙虾、膏蟹、鲍鱼、鱿鱼等名贵水产种类繁多，渔业产值居全省之首。境内鱼、虾、蟹、贝、藻类齐全，渔业生产已有数百年历史。一般具有捕捞价值的鱼类达 200 多种。大量生产的有蓝圆鲹（巴浪鱼）、海鲢（赤鱼）、竹夹鱼、鲑鱼、大眼鲷（红目鲢）、大甲参、石斑等。甲壳类有墨吉对虾、近缘新对虾等。贝壳有近江牡蛎（蚝）、翡翠贻贝、蓝蛤等。

4.2.6 重要水生生物“三场一通道”

广东沿海的渔业资源虽种类丰富多样，并有广温性种类出现，但大多数主要经济鱼种以地方性种类为主，常见的多是进行近海至沿岸或在一个海湾、河口作较短距离生殖和索饵洄游的群体，大多数中上层和近岸层鱼类有产卵和索饵集群的特征，但不作远距离的洄游，只是随着季节的更替、水系的消长，鱼群由深水处往近岸浅水处往复移动，各种类的分布移动并不一致，因而在大陆架广阔海域可捕到同一种类，地方性特征十分明显。常见栖息于沿岸、浅近海进行索饵、产卵繁殖的种类有赤鼻棱鲷、龙头鱼、银鲳、棘头梅童鱼、前鳞鲷、圆腹鲱、丽叶鲹、裘氏小沙丁鱼、中华小沙丁鱼、鲷、印度鲷、黄鲫、鳗鲡、黄鳍鲷、四指马鲛、六指马鲛、大黄鱼、斜纹大棘鱼、黄姑鱼、叫姑鱼、日本金线鱼、中国鲳、灰鲳等等，其他大多数海水鱼类广泛分布于大陆架海域以内海域，如多齿蛇鲭、花斑蛇鲭、蓝圆鲹、竹筴鱼、短尾大眼鲷、大甲鲈、海鲈、马鲛、刺鲃、带鱼、鲛鱼类等。头足类中除火枪乌贼、田乡枪乌贼、柏氏四盘耳乌贼等分布于沿岸、河口之外，其他大多数分布范围较广，可分布至大陆架海域之内。因此，广东省

沿岸海域是主要经济物种的产卵和索饵场。

根据中华人民共和国原农业部 2002 年 2 月编制的《中国海洋渔业水域图》，南海鱼类产卵示意图见图 4.2.6-1 和图 4.2.6-2，南海北部幼鱼繁育场保护区见图 4.2.6-3，南海国家级及省级渔业品种保护区分布图见图 4.2.6-4。本项目不位于南海鱼类主要产卵场内，但位于南海北部幼鱼繁育场保护区和幼鱼幼虾保护区。

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、17 个基点连线以内水域，保护期为 1~12 月。该保护区的管理要求：保护期内禁止拖网船、拖虾船以及捕捞幼鱼、幼虾为主的作业船只进入本区生产，防止或减少对渔业资源的损害。

幼鱼、幼虾保护区：广东省沿岸由粤东的南澳岛屿至粤西的雷州半岛徐闻县外罗港沿海 20m 水深以内海域，保护期为每年的 3 月 1 日~5 月 31 日；保护期间禁止拖网船、拖虾船以及捕捞幼鱼、幼虾为主的作业船只进入上述海域内生产，防止或减少对渔业资源的损害。

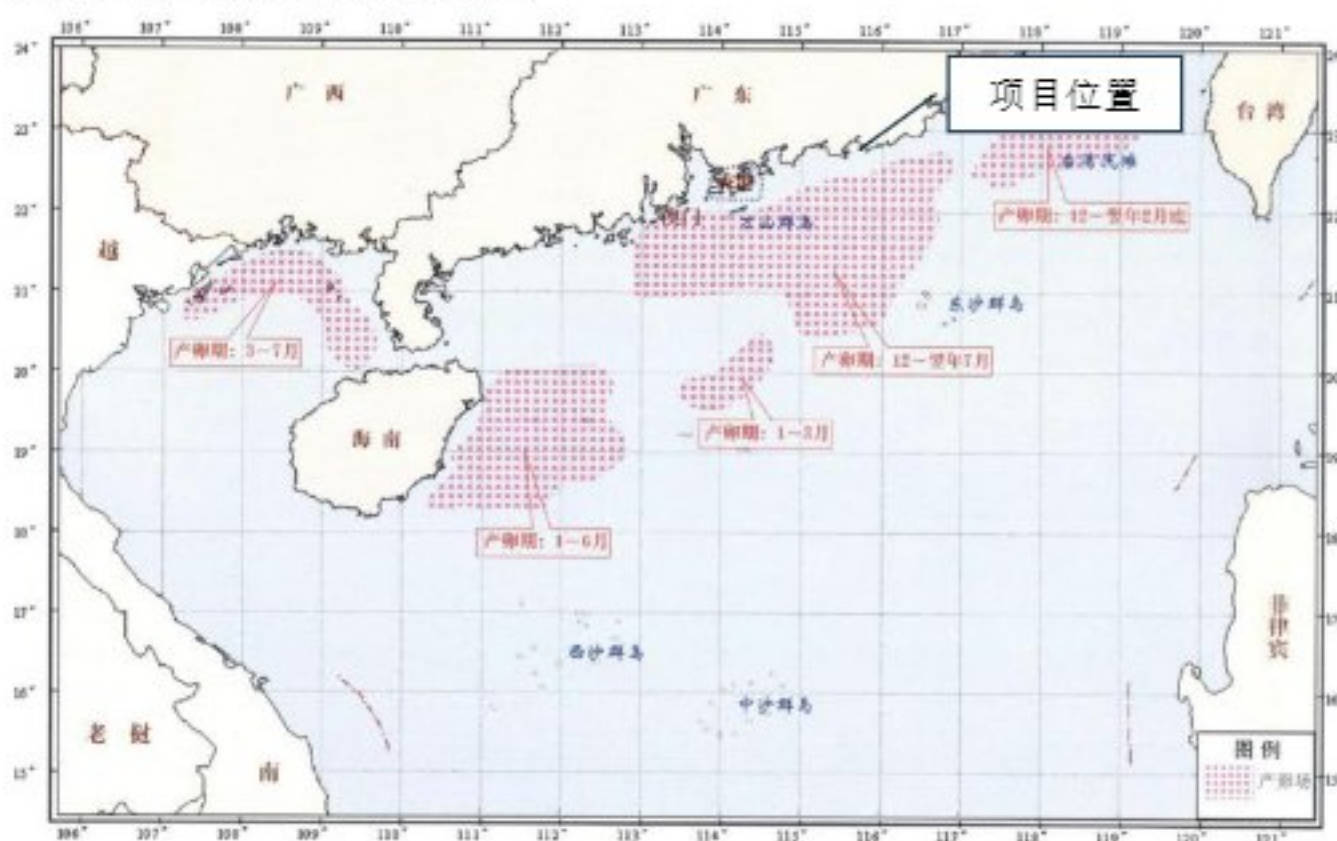


图 4.2.6-1 南海中上层鱼类产卵场示意图

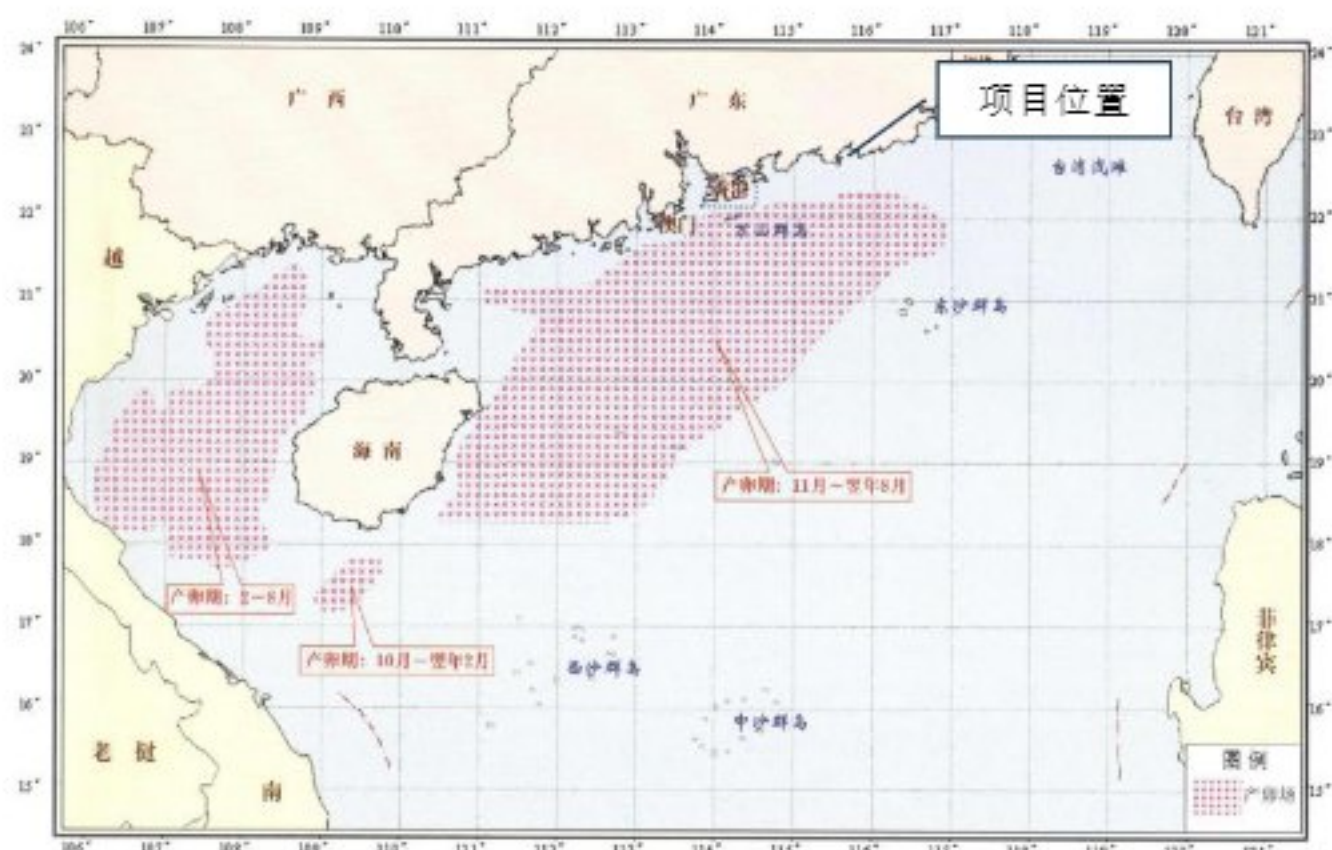


图 4.2.6-2 南海底层、近底层鱼类产卵场示意图

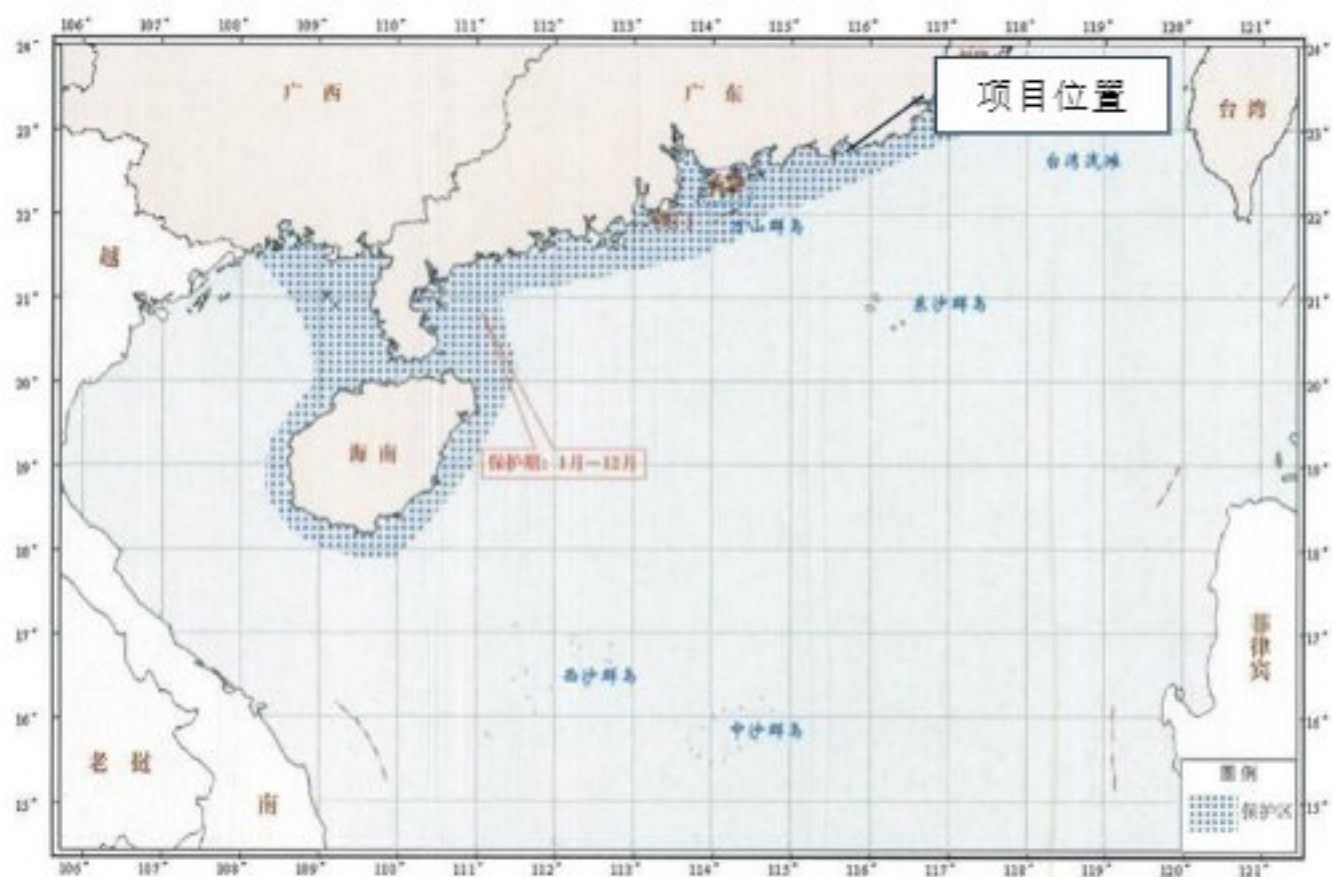


图 4.2.6-3 南海北部幼鱼繁育场保护区范围示意图

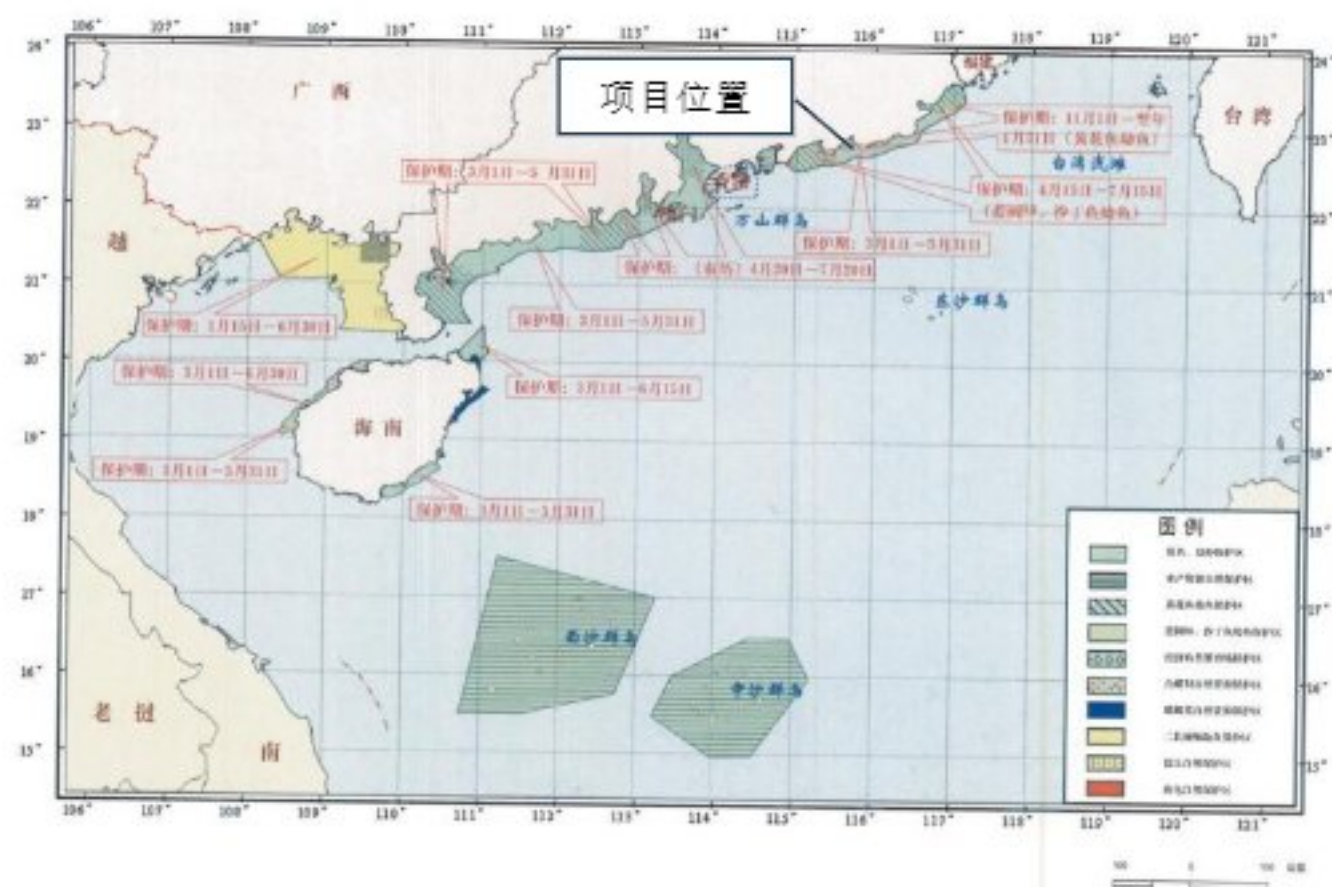


图 4.2.6-4 南海国家级及省级保护区分布示意图

4.2.7 自然保护地

本项目不占用自然保护地，评价范围涉及的自然保护地包括广东遮浪半岛国家海洋自然公园、汕尾海丰鸟类地方级自然保护区、汕尾红海湾遮浪角东人工鱼礁地方级自然保护区、碣石湾海马珍稀濒危物种分布区和碣石湾长毛对虾重要渔业资源产卵场。各自然保护地分布示意图见图 4.2.7-1。



图 4.2.7-1 项目评价范围自然保护地位分布图

4.2.7.1 红海湾遮浪半岛国家级海洋公园

红海湾遮浪半岛国家级海洋公园总面积 1878 公顷，位于项目西南侧约 18.4km，地理坐标为东经 115°40'-115°64'，北纬 22°62'-22°79'。东临碣石湾，南依红海湾，三面环海。海洋公园内有遮浪港、田寮湖、遮浪南澳半岛，还有四大离岛——神秘岛、龟龄岛、遮浪岩、莱屿岛。海岸线长度为 72km。保护区内约有 85 种浮游植物，76 种浮游动物，217 种底栖生物，50 种潮间带生物，10 多种红树林种类，73 种渔业种类以及 20 多种水禽鸟类。红海湾遮浪半岛国家级海洋公园有效地保护红海湾区域及周边海洋生态系统完整性和典型的天然海洋生态景观，保护和改善陆地与海洋生物栖息环境及生物多样性，充分发挥海洋湿地净化海水、吸收污染物、降低海水富营养化程度等功能与作用。

4.2.7.2 广东海丰鸟类省级自然保护区

广东海丰鸟类省级自然保护区于 1998 年 12 月 28 日经省政府批准建立，由五个分区组成，即公平分区、大湖西分区、大湖东分区、联安围北分区和联安围南分区，同属于黄江河流域，总面积为 11590.5 公顷，保护区主要保护对象为：以黑脸琵鹭、卷羽鹈鹕等为代表的具有国际重要意义珍稀水鸟及其栖息地，复杂多样的滨海湿地生态系，东亚-澳大利亚候鸟迁徙路线上的重要水鸟越冬地和停

歇地，列入国际候鸟保护协议、国家重点保护以及珍稀濒危的动植物资源及其栖息环境，候鸟及其栖息地，是中国生物多样性保护的关键性地区之一。保护区广阔的沿海湿地和丰富的淡水湿地，成为亚太地区南中国海迁徙水鸟的重要通道和国际濒危水禽重要的庇护栖息场所。汕尾海丰鸟类地方级自然保护区位于项目养殖区1西侧约0.2km。

保护区物种：

(1) 动物

保护区每年越冬鸟类数量达数万只，主要隶属于17目52科243种，其中属国家Ⅰ级保护鸟类1种，国家Ⅱ级保护鸟类34种，属省重点保护有39种。

1) 保护区罕见鸟类

①紫水鸡：体长42厘米，头部和腹部呈灰黑色，背部呈褐色。腰部有一圈白色的羽毛。整个体羽蓝黑色并具紫色及绿色闪光。具一红色的额甲。虹膜为红色；短喙呈明亮的红色，向前额延伸，像一块皮质的盾牌。脚为红色。（大湖和东关联安围分别有一定种群数量，初步估计非繁殖期种群数量超过100只。）

②黑脸琵鹭是世界公认的极度濒危鸟类，全身羽毛大体上为白色，有黑嘴和黑色腿、脚，前额、眼先、眼周至嘴基的裸皮黑色，形成鲜明的「黑脸」，并生有一个似琵琶或汤匙状的长嘴。全球数量仅余二千多只，在海丰保护区最高记录98只，占世界现存总数的4%。

③卷羽鹈鹕为大型涉禽。全长约180厘米。全身灰白色枕部羽毛延长卷曲；喙部下颌一个橘黄色或淡黄色大型皮囊。卷羽鹈鹕是全球易危鸟类，2004年于越冬海丰保护区数量22只。

2) 保护区常见的湿地鸟类

①翠鸟是国家三有动物，体型矮小，只有麻雀大小，头大身体小嘴壳硬，末端尖锐。体羽主要为亮蓝色。翠鸟是翠鸟科里数量最多、分布最广的鸟类之一。翠鸟常年留居在中国福建、广东。

②小白鹭是省级保护动物，体态纤瘦，乳白色；夏羽的成鸟繁殖时枕部着生两条狭小而软折矛状羽，状若双辫；脸部分黄绿色，嘴黑色，趾呈角黄绿色。通常简称为白鹭。

③黑嘴鸥被列入国际《濒危物种动物红皮书》。体长32厘米左右，成鸟头戴

“黑帽”，墨色的嘴巴，浑身玉羽银翎。由于数量稀少，人们对其生活习性了解不多。它们主要栖息于河川、湖泊、沼泽地区。

④黑翅鸢是国家二级保护动物，是小型猛禽，体长（31~34）厘米，中国南方为主要分布地。虹膜为血红色。眼先有黑斑和须毛，前额羽毛为白色，到头顶逐渐变为灰色。羽色特点比较鲜明，容易与其它猛禽相区别。

（2）植物

保护区周边地区的原生植被属亚热带常绿阔叶林和亚热带落叶季雨林。而水陆交接则有天然植被红树林植被和芦苇；其它区内优势草本植物有日照飘拂草、莠狗尾草、芦苇、咸水草、茳芏、雀稗等。

保护区记录有维管植物超过 435 种，其中蕨类植物 16 科 23 属 32 种；裸子植物 2 科 2 属 2 种，被子植物 92 科 285 属 401 种。另有栽培植物 67 种。

1) 常见的红树品种

①桐花树也是常见的红树种类之一，为了适应含盐分较高的水环境能够通过盐腺将体内多余的盐分排出。

②老鼠簕主要分布在红树林的边缘。老鼠簕开的花为紫色，具有极高的观赏价值。

③秋茄是沿海湿地上最常见的植物之一，胚轴如茄子状，这种树在发芽时会长出根，之后会脱落根部插入泥土中，便成长出新的红树了。

④白骨壤果实富含淀粉无毒，可作为人类食物或做猪的饲料，是红树林植被中被作为食物利用得最多最广的一种植物。

（3）重点保护对象

黑脸琵鹭是世界公认的极度濒危鸟类，2011 年全球同步普查数量达 74 只，最高记录 99 只，约占全球数量的 4%；卷羽鹈鹕是全球易危鸟类，越冬数量最高记录达 22 只，约占全球数量的 3%；凤头䴔每年越冬数量达 300 多只，约占全球数量的 1.5%；紫水鸡，数量极度稀少，100 多年来广东省内均未能确定，在保护区内每年均能发现 10 多只。2011 年 1 月 10 日，保护区内首次发现 3 只在广东极为罕见的冬候鸟、国家 II 级保护动物——小天鹅。

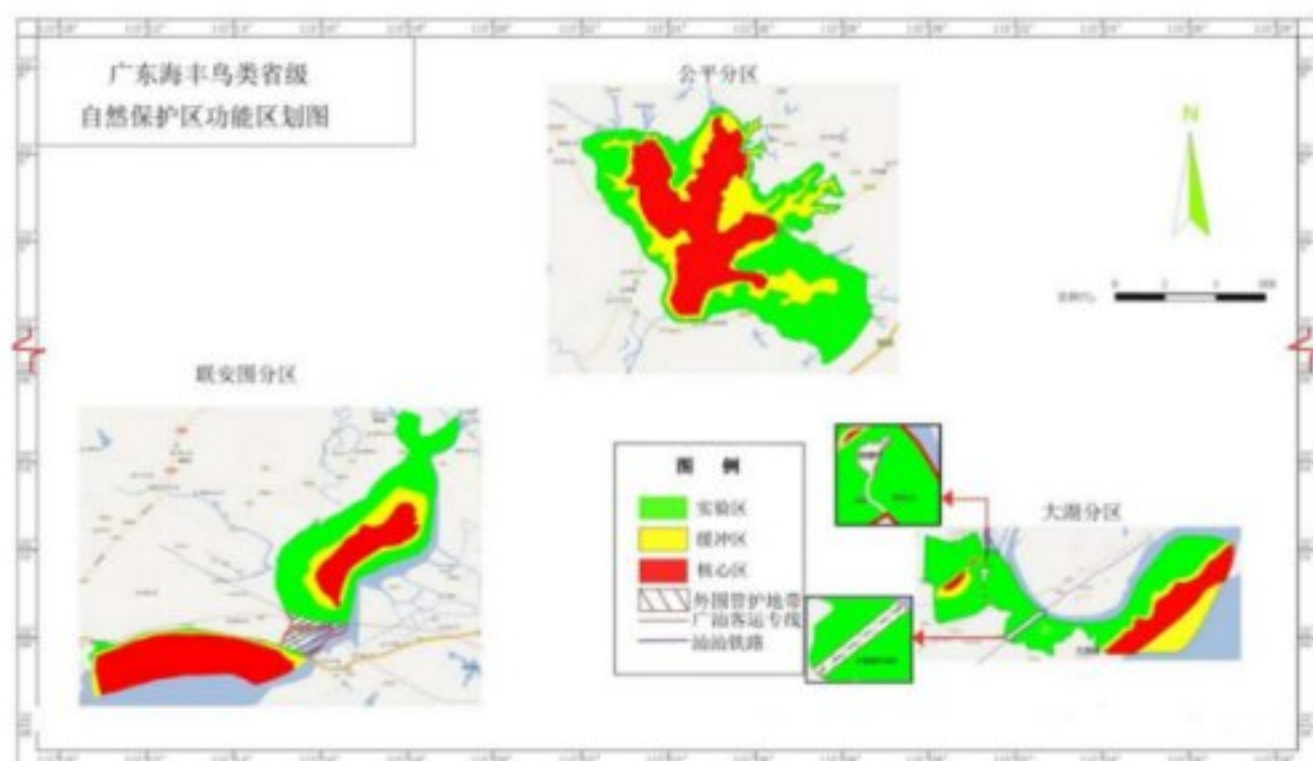


图 4.2.7-2 广东海丰鸟类省级自然保护区示意图

4.2.7.3 遮浪角东人工鱼礁自然保护区

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。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26691m³。

遮浪角东人工鱼礁自然保护区位于遮浪角东北部海域，位于项目西南侧约14.7km。于2006年由汕尾市批准建立。保护区范围包括①115°34'11"E, 22°41'38"N；②115°34'33"E, 22°39'24"N；③115°35'51"E, 22°40'28"N；④115°35'14"E, 22°41'41"N四点连线内的水域，与遮浪角东人工鱼礁区位置一致，详见图4.2.7-3。保护区面积约810公顷，水深范围在-21m~-10m之间，保护对象为遮浪角东人工鱼礁区的海洋生物资源及其栖息环境。



图 4.2.7-3 汕尾人工鱼礁分布图

4.2.7.4 碣石湾海马资源自然保护区

碣石湾海马资源自然保护区位于田尾山以南海域，位于项目南侧约 15.2km，于 2006 年由汕尾市批准建立。保护区范围包括 A：115° 42' 00"E，22°33'00"N；B：116°00'50"E，22°34'00"N；C：116°02'35"E，22°24'40"N；D：115°42'00"E，22°20'40"N 等四点连线内海域，面积约 500hm²，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。

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。克氏海马生活在近海海藻丛或珊瑚礁丛非常繁茂的地带，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，主要有挠足类、蔓足类的藤壶幼体、虾类的幼体及成体、莹虾、糠虾和钩虾等。海马的摄食量与水温、水质密切相关。海马生长对温度的要求为 10~32℃，溶氧要求在 4mg/L 以上，盐度的适应范围为 5~32，一般要求比重在 9 以上，如果比重过低则会引起海马的死亡。在适温范围内，水温高，则摄食量大，消化快。水质不良时，摄食量减少，甚至停食。在正常条件下，海马的日摄食量约占体重的 10%。海马一次摄食量很大，

同时耐饥性也很强，从初生苗到成鱼耐饥时间可达4~132天。克氏海马鱼的繁殖方式也与其他鱼类不同，是由雄性代替雌性来进行养育后代的工作，水温在20℃以上时开始繁殖，时间多集中在6~9月，孵化期8~20天，在良好的生活条件下，每尾亲鱼一年可繁殖10次，每次可产小海马鱼近千尾。小海马生长迅速，数月后可长到亲体大小。克氏海马分布于我国东海和南海（广东、福建、台湾等地），在广东沿海的广州、汕头、北海、闸坡也有分布。

4.2.7.5 碣石湾鲳鱼长毛对虾国家级水产种质资源保护区

碣石湾鲳鱼长毛对虾国家级水产种质资源保护区位于粤东汕尾市碣石湾。保护区总面积1800hm²，核心区面积675hm²，实验区面积1125hm²。保护区具体地理位置为以下四点范围：1) 22°49.14'N, 115°37.38'E；2) 22°47.22'N, 115°37.38'E；3) 22°47.22'N, 115°40.44'E；4) 22°49.14'N, 115°40.44'E。主要保护对象为鲳鱼、长毛对虾以及海鳗、赤点石斑、花鲈、三疣梭子蟹、锯缘青蟹等经济渔业种类亲体和幼体。综合保护种类的产卵期和幼体的繁殖期，特别保护期为每年（2~4）月和（10~12）月，一般保护期为每年的7月份至翌年4月份。保护区位于项目养殖区1南侧约2.4km，养殖区3西侧约2.8km。

4.3 环境质量现状调查与评价

4.3.1 环境空气质量现状

根据《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018），本项目大气环境影响评价等级为三级，三级评价项目只调查项目所在区域环境质量达标情况。本次区域达标分析采用与本项目地理位置邻近，地形、气候条件相近的环境空气质量城市点年度监测数据。

（1）空气质量达标区判定情况

根据《2024年汕尾市生态环境状况公报》（来源：链接：https://www.shanwei.gov.cn/swhbj/477/504/content/post_1137547.html，汕尾市生态环境局官网），区域环境空气质量现状如下表所示。

表 4.3.1-1 汕尾市空气质量现状评价表

污染物	年评价指标	现状浓度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	标准值 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	占标率(%)	达标情况
SO ₂	年平均质量浓度	7	60	11.67	达标
NO ₂	年平均质量浓度	10	40	25.00	达标

CO	百分位数日平均质量浓度	800	4000	20.00	达标
O ₃	百分位数 8h 平均质量浓度	135	160	84.38	达标
PM ₁₀	年平均质量浓度	26.5	60	44.17	达标
PM _{2.5}	年平均质量浓度	17.1	35	48.86	达标

监测结果表明，以 2024 年为基准年，汕尾市 SO₂、NO₂、PM₁₀、PM_{2.5} 的年平均浓度、O₃ 日最大 8 小时值第 90 百分位数浓度和 CO 日均值第 95 百分位数浓度均满足《环境空气质量标准（GB 3095-2026）》二级标准。故项目所在区域为环境空气达标区。

（2）空气质量达标天数比例

按照环境空气质量标准（GB3095-2012），市区空气质量优良天数 359 天，其中优 232 天，良 127 天。空气质量达到二级以上天数比例平均为 98.1%，较 2023 年下降 0.5%。环境空气质量综合指数 2.30，较 2023 年上升 0.01（越低越优），全省排名第一。

4.3.2 声环境质量现状

根据《2024 年汕尾市生态环境状况公报》（来源：链接：https://www.shanwei.gov.cn/swbj/477/504/content/post_1137547.html，汕尾市生态环境局官网）：

1）声环境功能区达标情况

2024 年度，5 个功能区噪声监测点位噪声监测结果：1 类声功能区噪声昼间均值为 52.8 分贝，2 类声功能区噪声昼、夜间均值分别为 52.3 分贝、45.3 分贝，3 类声功能区噪声昼、夜间均值为 54.6 分贝、47.7 分贝，4 类声功能区 1#噪声昼间均值为 66.8 分贝，4 类声功能区 2#噪声昼间均值为 67.9 分贝均达到国家规定标准；未达到标准的是 1 类声功能区噪声夜间均值 45.3 分贝，超标 0.3 分贝；4 类声功能区 1#噪声夜间均值 62.7 分贝，超标 7.7 分贝，4 类声功能区 2#噪声夜间均值为 64.2 分贝，超标 9.2 分贝。

2）城市区域总体噪声水平

2024 年度我市城市区域环境噪声昼间均值为 55.9 分贝，属于《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中的一般水平，达到国家规定标准，与 2023 年相比下降 0.2 分贝。

3）道路交通噪声现状

2024 年度交通噪声昼间均值为 66.9 分贝，属于《声环境质量标准》（GB

3096-2008)中的好水平,达到国家规定标准,与2023年相比上升3.8分贝。

4.3.3 海洋水文动力环境现状调查与评价

本项目水动力环境调查结果引自《陆丰市渔港冬季水文观测海洋水文动力环境观测报告》(2023.01)和《陆丰市渔港春季水文观测海洋水文动力环境观测报告》(2023.04)。本项目海洋生态环境影响评价等级为1级,项目位于碣石湾,属于海湾、沿岸海域,本次引用的水文动力环境调查资料满足《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》(HJ 1409-2025)中海湾、沿岸海域评价时段的要求以及现状数据有效期为5年的要求。

4.3.3.1 调查概况

一、2023年1月冬季

2023年1月7日14:00至2023年1月8日15:00(农历十二月初十六至十二月初十七),在C1、C2和C3站位分别布放1台潮位仪进行潮位观测。海流、悬沙、海水温度、盐度和气象要素测量也在该大潮期间进行。

根据技术要求,本次观测海域在碣石湾海域设置3个临时潮位站,6个水文泥沙、温度、盐度观测站。满足《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》(HJ 1409—2025)规定的评价等级一级的站位要求。具体位置如表4.3.3-1、图4.3.3-1所示。

潮位观测每5min采集一次数据,水位读至0.01m。潮位观测时间涵盖整个海流、悬沙调查和温盐调查过程。海流、悬沙和温盐分层调查根据实际水深情况进行分层施测,本次调查各站位海流均采用3点法测量(表层、中层、底层),悬沙观测也采用3点法测量,温度采用自容式温度压力记录仪测定,盐度采用盐度计测量。

表 4.3.3-1 2023年1月冬季水文测量站点位置

性质	编号	东经(E)	北纬(N)	水深(m)	测量内容
潮位站	C1				潮位
	C2				
	C3				
水文站	S1				各分层流速、流向、含沙量、温度、盐度和气象(S2、
	S2				

S3				S5)
S4				
S5				
S6				



图 4.3.3-1 2023 年 1 月冬季水文调查站位示意图

二、2023 年 4 月春季

2023 年 4 月 22 日 11:00 至 2023 年 4 月 23 日 12:00 (农历三月初三至三月初四), 在 C1、C3 和 C4 站位分别布放 1 台温深仪进行潮位观测。海流、悬沙、海水温度、盐度和气象要素测量也在该大潮期间进行。

根据技术要求, 本次观测海域在陆丰海域, 在设置 3 个临时潮位站, 6 个水文泥沙、温度、盐度观测站。满足《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》(HJ 1409—2025) 规定的评价等级一级的站位要求。具体位置如表 4.3.3-2、图 4.3.3-2 所示。

潮位观测每 10min 采集一次数据, 水位读至 0.01m。潮位观测时间涵盖整个海流、悬沙调查和温盐调查过程。海流、悬沙和温盐分层调查根据实际水深情况进行分层施测, 本次调查各站位海流均采用 3 点法测量 (表层、中层、底层), 悬沙观测也采用 3 点法测量, 温度采用自容式温度压力记录仪测定, 盐度采用盐

度计测量。

表 4.3.3-2 2023 年 4 月春季水文测量站点位置

性质	编号	东经 (E)	北纬 (N)	水深 (m)	测量内容
潮位站	C1				潮位
	C3				
	C4				
水文站	S1				各分层流速、流向、含沙量、温度、盐度和气象(S2、S5)
	S2				
	S3				
	S4				
	S5				
	S6				



图 4.3.3-2 2023 年 4 月春季水文调查站位示意图

4.3.3.2 冬季海洋水文调查结果

一、潮汐

1、潮位曲线

根据技术要求，本次在工程海区域设置 3 个临时潮位站，位于 C1、C2 和

C3 站位，进行与海流观测同步的潮位观测，观测使用仪器为潮位仪，观测频次为每 5min 一次。

2、潮汐特征值

根据对潮位测站 C1、C2 和 C3 站 2023 年 1 月 7 日 14:00 至 2023 年 1 月 8 日 15:00 的潮位数据进行特征值统计，其中 C1 站位最高潮位为 78.2cm，最低潮位为-73.8cm，最大潮差为 103cm，最小潮差为 83cm，平均潮差为 93cm；C2 站位最高潮位为 76.2cm，最低潮位为-73.8cm，最大潮差为 98cm，最小潮差为 69cm，平均潮差为 84cm；C3 站位最高潮位为 72.9cm，最低潮位为-66.1cm，最大潮差为 85cm，最小潮差为 57cm，平均潮差为 71cm。

二、潮流

1、潮流基本特征

S1~S6 测站实测海流表现为往复性流动，S1~S4 站位海流主流向均为偏 W 为涨潮流向，偏 E 向为落潮流向，S5 和 S6 站位海流主流向均为偏 N 为涨潮流向，偏 S 向为落潮流向。涨、落潮统计方法，以流向转流时刻作为涨落潮的划分标准。

(1) 涨、落潮流平均流速、流向

本次观测期间，S1 站涨潮流平均流速最大为 10.5cm/s，出现在表层，流向为 294°，落潮流平均流速最大为 9.3cm/s，出现在表层，流向为 98°；S2 站涨潮流平均流速最大为 9.5cm/s，出现在表层，流向为 299°，落潮流平均流速最大为 8.9cm/s，出现在中层，流向为 110°；S3 站涨潮流平均流速最大为 9.7cm/s，出现在表层，流向为 309°，落潮流平均流速最大为 8.9cm/s，出现在中层，流向为 110°；S4 站涨潮流平均流速最大为 11.4cm/s，出现在中层，流向为 216°，落潮流平均流速最大为 16.0cm/s，出现在表层，流向为 146°；S5 站涨潮流平均流速最大为 20.4cm/s，出现在表层，流向为 329°，落潮流平均流速最大为 16.2cm/s，出现在中层，流向为 171°；S6 站涨潮流平均流速最大为 17.6cm/s，出现在中层，流向为 350°，落潮流平均流速最大为 19.2cm/s，出现在中层，流向为 182°。

(2) 最大涨、落潮流流速、流向

本次观测期间，最大涨落潮流均出现在 S5 站，其中涨潮流最大流速最大为

37.0cm/s, 出现在表层, 流向为 335°, 落潮流最大流速最大为 32.0cm/s, 出现在表层, 流向为 139°。

表 4.3.3-3 各站实测涨、落潮流平均及最大流速 (V: cm/s; 流向: °)

站位	层次 项目	平均流速				最大流速			
		涨潮流		落潮流		涨潮流		落潮流	
		流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向
S1	表层	10.5	294	9.3	98	32	241	18	18
	中层	10.2	324	7.8	65	24	358	18	18
	底层	8.3	324	7.4	66	19	350	16	162
	垂线平均	8.9	322	6.7	79	20	341	13	31
S2	表层	9.5	299	7.2	95	25	339	18	125
	中层	8.8	322	8.9	110	21	350	20	121
	底层	9.4	332	7.9	108	24	334	18	129
	垂线平均	9.1	320	7.2	112	19	342	17	133
S3	表层	9.7	309	7.1	99	25	339	18	125
	中层	8.8	322	8.9	110	21	352	20	121
	底层	9.2	333	8.6	113	24	342	18	129
	垂线平均	9.0	326	7.7	119	19	344	17	133
S4	表层	10.1	301	12.4	123	18	313	23	23
	中层	11.4	216	13.0	136	22	192	36	134
	底层	9.1	295	16.0	146	23	208	35	156
	垂线平均	5.0	230	11.9	143	10	200	28	144
S5	表层	20.4	329	15.9	173	37	335	32	139
	中层	16.6	347	16.2	171	33	19	30	170
	底层	18.4	342	15.8	171	30	343	34	206
	垂线平均	7.8	340	8.5	182	26	322	22	182
S6	表层	16.4	345	18.2	189	24	340	32	185
	中层	17.6	350	19.2	182	27	19	32	176
	底层	14.8	349	15.4	176	22	357	29	194
	垂线平均	12.0	342	14.9	180	20	349	26	169

2、潮流性质

将适当修正过的实测海流资料按照《海洋调查规范》（水文部分）的方法，在计算机上进行潮流准调和和分析计算，以调和和分析的某些分潮调和常数来确定潮流特征。采用陆丰周边海洋站的实测数据计算所得到的差比数对实测各站位潮流数据进行潮流准调和和分析。其中， M_2 被称为太阴主要半日分潮，因为 M_2 分潮是由月亮对地球海水的引力引起的半日分潮。同理， S_2 分潮是太阳对地球海水引力引起的半日分潮， K_1 被称为太阴太阳赤纬全日分潮， O_1 为太阴主要全日分潮。 MS_4 被称为太阴太阳浅水1/4日分潮，其主要是由太阴分潮 M_2 和太阳分潮 S_2 在浅水里发生非线性相互作用产生的。

表 4.3.3-4 主要分潮信息

分潮符号	名称
M_2	太阴主要半日分潮
S_2	太阳主要半日分潮
K_1	太阴太阳赤纬全日分潮
O_1	太阴主要全日分潮
M_4	太阴浅水1/4日分潮
MS_4	太阴太阳浅水1/4日分潮

表 4.3.3-5 潮流椭圆符号及名称

椭圆要素符号	名称
W	最大分潮流流速（即潮流椭圆长轴）
θ	最大分潮流流速方向（即椭圆长轴与x轴正方向的夹角）
T	最大分潮流流速时刻（从0开始计时）
(W)	最小分潮流流速（即潮流椭圆短轴）
K	椭圆的旋转率取决于长短轴之比

按照《港口与航道水文规范》的规定，潮流可分为规则、不规则的半日潮流和规则的、不规则的全日潮流，其判别标准为：

$(W_{O1}+W_{K1})/W_{M2} \leq 0.5$ 为规则半日潮流

$0.5 < (W_{O1}+W_{K1})/W_{M2} \leq 2.0$ 为不规则半日潮流

$2.0 < (W_{O1}+W_{K1})/W_{M2} \leq 4.0$ 为不规则全日潮流

$(W_{O1}+W_{K1})/W_{M2} > 4.0$ 为规则全日潮流

$(W_{O1}+W_{K1})/W_{M2}$ 称为潮流类型系数。

通过潮流调和和分析计算出各实测海流观测站的潮型系数列入表 4.3.3-6。

表 4.3.3-6 各站潮流类型判别数 $(W_{O1}+W_{K1})/W_{M2}$

项目 \ 站位号		S1	S2	S3	S4	S5	S6
(W _{O1} +W _{K1})/W _{M2}	表层	1.88	2.66	3.15	1.08	2.63	0.40
	中层	1.88	2.56	2.57	0.67	0.68	0.88
	底层	2.04	2.01	1.99	1.55	3.06	1.31
	垂线平均	1.79	2.50	2.80	0.82	2.63	0.78

根据以上计算分析,各观测站各层的(W_{O1}+W_{K1})/W_{M2}值,本海域为不正规半日潮和不正规日潮为主。

3、潮流可能最大流速

根据《港口与航道水文规范》(JTS145-2015),对于不规则全日潮流海域和不规则半日潮流海域,潮流的可能最大流速可取下两式计算后的最大值:

$$\vec{V}_{max} = 1.295\vec{W}_{M_2} + 1.245\vec{W}_{S_2} + \vec{W}_{K_1} + \vec{W}_{O_1} + \vec{W}_{M_4} + \vec{W}_{MS_4}$$

$$\vec{V}_{max} = \vec{W}_{M_2} + \vec{W}_{S_2} + 1.600\vec{W}_{K_1} + \vec{W}_{O_1}$$

上式中: $\vec{W}_{M_2}$ 、 $\vec{W}_{S_2}$ 、 $\vec{W}_{K_1}$ 、 $\vec{W}_{O_1}$ 、 $\vec{W}_{M_4}$ 、 $\vec{W}_{MS_4}$ 分别表示 M₂、S₂、O₁、K₁、M₄、MS₄ 分潮流的最大流速。

按规则半日潮流海区 and 规则全日潮流海区的公式计算。潮流最大值为 S5 站表层的最大可能流速 50.6cm/s, 流向 338°, 最小值为 S3 站中层的最大可能流速 31.9cm/s, 流向 119°。

4、潮流水质点最大可能运移距离

潮流水质点的可能最大运移距离 $\vec{L}_{max}$ 一般按下列公式计算:

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

上式中: $\vec{W}_{M_2}$ 、 $\vec{W}_{S_2}$ 、 $\vec{W}_{K_1}$ 、 $\vec{W}_{O_1}$ 、 $\vec{W}_{M_4}$ 、 $\vec{W}_{MS_4}$ 分别表示 M₂、S₂、O₁、K₁、M₄、MS₄ 分潮流的最大流速。

从表中可以看出, S6 站位表层水质点最大运移距离为 9289.9m, 方向 345°, 其他各站位各层次水质点的运移距离基本均达 3.6km~9.2km 之间。

表 4.3.3-7 各站水质点可能最大运移距离

项目		可能最大运移距离	
站位	层次	距离(m)	方向(°)
S1	表层	4472.8	178
	中层	4472.8	178
	底层	3607.4	134
	垂线平均	4100.4	156

站位	层次	项目	可能最大运移距离	
			距离(m)	方向(°)
S2	表层		5416.8	147
	中层		5315.8	146
	底层		5477.6	146
	垂线平均		5133.1	145
S3	表层		5669.6	161
	中层		5305.3	146
	底层		5485.4	147
	垂线平均		5183.4	150
S4	表层		5604.2	183
	中层		4758.4	153
	底层		6327.8	146
	垂线平均		4768.3	150
S5	表层		9289.9	345
	中层		5776.6	174
	底层		6601.3	323
	垂线平均		3964.1	175
S6	表层		6777.4	179
	中层		6671.0	168
	底层		6896.2	167
	垂线平均		6511.1	169

三、余流分析

由表可见，该区余流：大潮期各站各层余流均为 0.2~3.7cm/s 之间，最大余流流速发生在 S5 站，其中层最大余流流速 3.7cm/s；最小余流流速发生在 S1 站表层和中层，余流流速为 0.2cm/s。

表 4.3.3-8 各站各层余流流速流向

站位	层次	项目	余流	
			流速(cm/s)	方向(°)
S1	表层		0.2	136
	中层		0.2	136
	底层		0.6	309
	垂线平均		0.3	351
S2	表层		1.1	327
	中层		0.3	124
	底层		1.6	360
	垂线平均		0.6	359
S3	表层		1.4	300
	中层		0.3	126
	底层		1.6	352
	垂线平均		0.5	333

项目 站位 \ 层次		余流	
		流速(cm/s)	方向(°)
S4	表层	1.6	297
	中层	0.9	133
	底层	1.9	314
	垂线平均	0.4	302
S5	表层	3.6	347
	中层	3.7	162
	底层	2.0	342
	垂线平均	0.5	151
S6	表层	1.2	132
	中层	1.6	81
	底层	2.6	137
	垂线平均	1.6	112

四、含沙量

涨潮期最大含沙量最大为 23.82mg/L，出现在 S1 站底层；落潮期最大含沙量最大为 29.42mg/L，出现在 S6 站底层，观测期间各站位各层次含沙量在 1.22~29.42mg/L，平均含沙量在 2.89~17.18mg/L。在时间序列上，各站位三层含沙量的变化趋势规律不明显；在垂向上，各层含沙量量级大小接近，总的来说底层含沙量略大于表层和中层。

五、水温

观测期间各站位各层次水温在 17.01℃~17.91℃，平均水温在 17.13℃~17.71℃，从表层到底层水温呈现一定的降低趋势，落潮时 S1、S2、S3、S4、S5、S6 垂线平均水温分别为 17.56℃、17.55℃、17.59℃、17.17℃、17.89℃、17.57℃，涨潮时 S1、S2、S3、S4、S5、S6 垂线平均水温分别为 17.35℃、17.43℃、17.50℃、17.27℃、17.77℃、17.54℃。

六、盐度

观测期间各站位各层次盐度在 31.90~33.30，各层平均盐度在 32.52~33.16。涨潮时 S1、S2、S3、S4、S5、S6 垂线平均盐度分别为 32.85、32.82、32.71、32.75、33.26、33.05，落潮时 S1、S2、S3、S4、S5、S6 垂线平均盐度分别为 32.81、32.86、32.71、32.82、33.25、33.20。

七、气象

观测期间，风向以东风为主；S2 站风速范围为 3.3m/s~8.6m/s，平均风速

5.75m/s, 风向以 ENE 向风为主, 频率为 38.46%; S5 站风速范围为 1.9m/s~6.5m/s, 平均风速 4.10m/s, 风向以 ENE 和 E 向为主, 频率均高达 42.31%。

八、结论

潮汐: 本次在工程海区域设置 3 个临时潮位站, 位于 C1、C2 和 C3 站位, 进行与海流观测同步的潮位观测, 观测使用仪器为潮位仪, 观测频次为每 10min 一次。根据对潮位测站 C1、C2 和 C3 站 2023 年 1 月 7 日 14:00 至 2023 年 1 月 8 日 15:00 的潮位数据进行特征值统计, 其中 C1 站位最高潮位为 78.2cm, 最低潮位为 -73.8cm, 最大潮差为 103cm, 最小潮差为 83cm, 平均潮差为 93cm; C2 站位最高潮位为 76.2cm, 最低潮位为 -73.8cm, 最大潮差为 98cm, 最小潮差为 69cm, 平均潮差为 84cm; C3 站位最高潮位为 72.9cm, 最低潮位为 -66.1cm, 最大潮差为 85cm, 最小潮差为 57cm, 平均潮差为 71cm。

海流: 可以看出, S1~S6 测站实测海流表现为往复性流动, S1~S4 站位海流主流向均为偏 W 为涨潮流向, 偏 E 向为落潮流向, S5 和 S6 站位海流主流向均为偏 N 为涨潮流向, 偏 S 向为落潮流向。本次观测期间, S1 站涨潮流平均流速最大为 10.5cm/s, 出现在表层, 流向为 294°, 落潮流平均流速最大为 9.3cm/s, 出现在表层, 流向为 98°; S2 站涨潮流平均流速最大为 9.5cm/s, 出现在表层, 流向为 299°, 落潮流平均流速最大为 8.9cm/s, 出现在中层, 流向为 110°; S3 站涨潮流平均流速最大为 9.7cm/s, 出现在表层, 流向为 309°, 落潮流平均流速最大为 8.9cm/s, 出现在中层, 流向为 110°; S4 站涨潮流平均流速最大为 11.4cm/s, 出现在中层, 流向为 216°, 落潮流平均流速最大为 16.0cm/s, 出现在表层, 流向为 146°; S5 站涨潮流平均流速最大为 20.4cm/s, 出现在表层, 流向为 329°, 落潮流平均流速最大为 16.2cm/s, 出现在中层, 流向为 171°; S6 站涨潮流平均流速最大为 17.6cm/s, 出现在中层, 流向为 350°, 落潮流平均流速最大为 19.2cm/s, 出现在中层, 流向为 182°。

本海域以不规则半日和全日潮流为主。本海域可能最大流速最大值为 S5 站表层的最大可能流速 50.6cm/s, 流向 338°, 最小值为 S3 站中层的最大可能流速 31.9cm/s, 流向 119°。S5 站位表层水质点最大运移距离为 9289.9m, 方向 345°, 其他各站位各层次水质点的运移距离基本均达 3.6km~9.2km 之间。大潮期各站各层余流均为 0.2~3.7cm/s 之间, 最大余流流速发生在 S5 站, 其中层最大余流流速

3.7cm/s；最小余流流速发生在 S1 站表层和中层，余流流速为 0.2cm/s。

含沙量：涨潮期最大含沙量最大为 23.82mg/L，出现在 S1 站底层；落潮期最大含沙量最大为 29.42mg/L，出现在 S6 站底层，观测期间各站位各层次含沙量在 1.22mg/L~29.42mg/L，平均含沙量在 2.89mg/L~17.18mg/L。在时间序列上，各站位三层含沙量的变化趋势规律不明显；在垂向上，各层含沙量量级大小接近，总的来说底层含沙量略大于表层和中层。

水温：观测期间各站位各层次水温在 17.01℃~17.91℃，平均水温在 17.13℃~17.71℃，从表层到底层水温呈现一定的降低趋势，落潮时 S1、S2、S3、S4、S5、S6 垂线平均水温分别为 17.56℃、17.55℃、17.59℃、17.17℃、17.89℃、17.57℃，涨潮时 S1、S2、S3、S4、S5、S6 垂线平均水温分别为 17.35℃、17.43℃、17.50℃、17.27℃、17.77℃、17.54℃。

盐度：观测期间各站位各层次盐度在 31.90~33.30，各层平均盐度在 32.52~33.16。涨潮时 S1、S2、S3、S4、S5、S6 垂线平均盐度分别为 32.85、32.82、32.71、32.75、33.26、33.05，落潮时 S1、S2、S3、S4、S5、S6 垂线平均盐度分别为 32.81、32.86、32.71、32.82、33.25、33.20。

气象：观测期间，风向以东风为主；S2 站风速范围为 3.3m/s~8.6m/s，平均风速 5.75m/s，风向以 ENE 向风为主，频率为 38.46%；S5 站风速范围为 1.9m/s~6.5m/s，平均风速 4.10m/s，风向以 ENE 和 E 向为主，频率均高达 42.31%。

4.3.3.3 春季海洋水文调查结果

一、潮汐

1、潮位曲线

根据技术要求，本次在工程海区域设置 3 个临时潮位站，位于 C1、C3 和 C4 站位，进行与海流观测同步的潮位观测，观测使用仪器为潮位仪，观测频次为每 10min 一次。

2、潮汐特征值

根据对潮位测站 C1、C3 站 2023 年 4 月 22 日 11:00 至 2023 年 4 月 23 日 12:00 和 C4 站 2023 年 4 月 23 日 18:00 至 2023 年 4 月 24 日 19:00 的潮位数据进行特征值统计，其中 C1 站位最高潮位为 69.6cm，最低潮位为-79.4cm，最大潮差为 131cm，最小潮差为 103cm，平均潮差为 117cm；C3 站位最高潮位为 61.6cm，

最低潮位为-60.4cm，最大潮差为100cm，最小潮差为85cm，平均潮差为93cm；C4站位最高潮位为54.2cm，最低潮位为-46.8cm，最大潮差为96cm，最小潮差为93cm，平均潮差为95cm。

二、潮流

1、潮流基本特征

S1~S6测站实测海流表现为往复性流动，S1~S4站位海流主流向均为偏W为涨潮流向，偏E向为落潮流向，S5和S6站位海流主流向均为偏N为涨潮流向，偏S向为落潮流向。涨、落潮统计方法，以流向转流时刻作为涨落潮的划分标准。

(1) 涨、落潮流平均流速、流向

本次观测期间，S1站涨潮流平均流速最大为9.9cm/s，出现在底层，流向为313°，落潮流平均流速最大为9.3cm/s，出现在中层，流向为104°；S2站涨潮流平均流速最大为10.9cm/s，出现在表层，流向为291°，落潮流平均流速最大为8.8cm/s，出现在表层，流向为137°；S3站涨潮流平均流速最大为12.3cm/s，出现在底层，流向为268°，落潮流平均流速最大为15.4cm/s，出现在底层，流向为120°；S4站涨潮流平均流速最大为10.3cm/s，出现在中层，流向为316°，落潮流平均流速最大为8.3cm/s，出现在底层，流向为111°；S5站涨潮流平均流速最大为16.3cm/s，出现在表层，流向为328°，落潮流平均流速最大为16.9cm/s，出现在底层，流向为141°；S6站涨潮流平均流速最大为13.0cm/s，出现在表层，流向为342°，落潮流平均流速最大为14.5cm/s，出现在中层，流向为157°。

(2) 最大涨、落潮流流速、流向

本次观测期间，最大涨落潮流均出现在S5站，其中涨潮流最大流速最大为36.0cm/s，出现在表层，流向为340°，落潮流最大流速最大为33.0cm/s，出现在底层，流向为156°。

表 4.3.3-9 各站实测涨、落潮流平均及最大流速 (V: cm/s; 流向: °)

层次 项目 站位		平均流速				最大流速			
		涨潮流		落潮流		涨潮流		落潮流	
		流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向
S1	表层	6.8	244	7.7	136	16	217	12	164

站位	层次 项目	平均流速				最大流速			
		涨潮流		落潮流		涨潮流		落潮流	
		流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向
	中层	6.9	315	9.3	104	13	230	14	130
	底层	9.9	313	6.3	71	14	328	13	123
	垂线平均	7.3	304	4.7	117	10	279	10	136
S2	表层	10.9	291	8.8	137	18	314	22	144
	中层	5.3	295	6.0	99	19	344	18	178
	底层	5.9	319	6.9	77	20	342	15	15
	垂线平均	6.2	313	6.1	112	17	329	15	141
S3	表层	8.2	268	10.2	116	16	191	23	103
	中层	7.1	262	13.0	92	9	238	26	110
	底层	12.3	268	15.4	120	25	191	23	136
	垂线平均	2.9	255	9.4	101	4	226	20	111
S4	表层	8.7	296	7.4	111	16	292	14	152
	中层	10.3	316	6.5	91	19	326	16	31
	底层	6.4	293	8.3	111	19	323	21	147
	垂线平均	8.2	305	6.8	95	18	321	13	137
S5	表层	16.3	328	13.5	166	36	340	27	171
	中层	13.8	349	13.1	160	24	17	27	164
	底层	13.6	26	16.9	141	27	2	33	156
	垂线平均	6.0	8	8.0	148	14	333	21	160
S6	表层	13.0	342	13.5	179	27	347	28	187
	中层	11.4	355	14.5	157	21	354	29	163
	底层	9.2	13	11.4	149	18	356	26	152
	垂线平均	9.0	358	13.0	159	22	354	26	165

2、潮流性质

将适当修正过的实测海流资料按照《海洋调查规范》（水文部分）的方法，在计算机上进行潮流准调和和分析计算，以调和和分析的某些分潮调和常数来确定潮流特征。采用陆丰周边海洋站的实测数据计算所得到的差比数对实测各站位潮流

数据进行潮流准调和分析。其中， M_2 被称为太阴主要半日分潮，因为 M_2 分潮是由月亮对地球海水的引力引起的半日分潮。同理， S_2 分潮是太阳对地球海水引力引起的半日分潮， K_1 被称为太阴太阳赤纬全日分潮， O_1 为太阴主要全日分潮。 MS_4 被称为太阴太阳浅水 1/4 日分潮，其主要是由太阴分潮 M_2 和太阳分潮 S_2 在浅水里发生非线性相互作用产生的。

表 4.3.3-10 主要分潮信息

分潮符号	名称
M_2	太阴主要半日分潮
S_2	太阳主要半日分潮
K_1	太阴太阳赤纬全日分潮
O_1	太阴主要全日分潮
M_4	太阴浅水 1/4 日分潮
MS_4	太阴太阳浅水 1/4 日分潮

表 4.3.3-11 潮流椭圆符号及名称

椭圆要素符号	名称
W	最大分潮流流速（即潮流椭圆长轴）
θ	最大分潮流流速方向（即椭圆长轴与 x 轴正方向的夹角）
T	最大分潮流流速时刻（从 0 开始计时）
(W)	最小分潮流流速（即潮流椭圆短轴）
K	椭圆的旋转率取决于长短轴之比

按照《港口与航道水文规范》的规定，潮流可分为规则、不规则的半日潮流和规则的、不规则的全日潮流，其判别标准为：

$(W_{O1}+W_{K1})/W_{M2} \leq 0.5$ 为规则半日潮流

$0.5 < (W_{O1}+W_{K1})/W_{M2} \leq 2.0$ 为不规则半日潮流

$2.0 < (W_{O1}+W_{K1})/W_{M2} \leq 4.0$ 为不规则全日潮流

$(W_{O1}+W_{K1})/W_{M2} > 4.0$ 为规则全日潮流

$(W_{O1}+W_{K1})/W_{M2}$ 称为潮流类型系数。

通过潮流调和计算分析计算出各实测海流观测站的潮型系数列入表 4.3.3-12。

表 4.3.3-12 各站潮流类型判别数 $(W_{O1}+W_{K1})/W_{M2}$

项目	站位号	S1	S2	S3	S4	S5	S6
$(W_{O1}+W_{K1})/W_{M2}$	表层	1.88	0.73	0.66	0.41	1.04	0.67
	中层	1.88	1.40	0.97	0.40	0.78	0.47
	底层	2.04	0.99	1.17	0.53	1.29	0.93

	垂线平均	1.79	0.87	0.90	0.35	0.55	0.60
--	------	------	------	------	------	------	------

根据以上计算分析,各观测站各层的 $(W_{O1}+W_{K1})/W_{M2}$ 值,本海域为不正规半日潮和不正规日潮为主。

3、潮流可能最大流速

根据《港口与航道水文规范》(JTS145-2015),对于不规则全日潮流海域和不规则半日潮流海域,潮流的可能最大流速可取下两式计算后的最大值:

$$\vec{V}_{max} = 1.295\vec{W}_{M_2} + 1.245\vec{W}_{S_2} + \vec{W}_{K_1} + \vec{W}_{O_1} + \vec{W}_{M_4} + \vec{W}_{MS_4}$$

$$\vec{V}_{max} = \vec{W}_{M_2} + \vec{W}_{S_2} + 1.600\vec{W}_{K_1} + \vec{W}_{O_1}$$

上式中: $\vec{W}_{M_2}$ 、 $\vec{W}_{S_2}$ 、 $\vec{W}_{K_1}$ 、 $\vec{W}_{O_1}$ 、 $\vec{W}_{M_4}$ 、 $\vec{W}_{MS_4}$ 分别表示 M_2 、 S_2 、 O_1 、 K_1 、 M_4 、 MS_4 分潮流的最大流速。

按规则半日潮流海区 and 规则全日潮流海区的公式计算。潮流最大值为最大值为S6站中层的最大可能流速50.4cm/s,流向338°,最小值为S3站底层的最大可能流速21.3cm/s,流向263°。

4、潮流水质点最大可能运移距离

潮流水质点的可能最大运移距离 $\vec{L}_{max}$ 一般按下列公式计算:

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

上式中: $\vec{W}_{M_2}$ 、 $\vec{W}_{S_2}$ 、 $\vec{W}_{K_1}$ 、 $\vec{W}_{O_1}$ 、 $\vec{W}_{M_4}$ 、 $\vec{W}_{MS_4}$ 分别表示 M_2 、 S_2 、 O_1 、 K_1 、 M_4 、 MS_4 分潮流的最大流速。

从表中可以看出,S6站位表层水质点最大运移距离为6169.9m,方向355°,其他各站位各层次水质点的运移距离基本均达1.9~6.2km之间。

表 4.3.3-13 各站水质点可能最大运移距离

项目 站位 层次	可能最大运移距离	
	距离(m)	方向(°)
S1	表层	4472.8
	中层	4472.8
	底层	3607.4
	垂线平均	4100.4
S2	表层	3413.6
	中层	2845.3
	底层	1945.9
	垂线平均	2573.4

项目 站位 \ 层次		可能最大运移距离	
		距离(m)	方向(°)
S3	表层	3934.6	277
	中层	4119.8	269
	底层	2459.0	295
	垂线平均	2739.7	275
S4	表层	3863.6	306
	中层	3743.8	278
	底层	3504.6	301
	垂线平均	3567.8	288
S5	表层	3995.8	285
	中层	4059.6	340
	底层	3792.1	332
	垂线平均	2402.6	329
S6	表层	6090.0	355
	中层	6169.9	344
	底层	5651.9	335
	垂线平均	5849.2	344

三、余流分析

由表可见，该区余流：大潮期各站各层余流均为 0.2~3.8cm/s 之间，最大余流流速发生在 S6 站，其表层最大余流流速 3.8cm/s；最小余流流速发生在 S5 站底层，余流流速为 0.3cm/s。

表 4.3.3-14 各站各层余流流速流向

项目 站位 \ 层次		余流	
		流速(cm/s)	方向(°)
S1	表层	0.5	292
	中层	1.5	104
	底层	1.1	117
	垂线平均	0.8	103
S2	表层	2.8	125
	中层	2.3	87
	底层	1.8	71
	垂线平均	2.3	93
S3	表层	1.4	111
	中层	1.8	124
	底层	2.0	73
	垂线平均	1.3	118
S4	表层	2.8	129
	中层	3.2	116
	底层	2.8	120

项目 站位 \ 层次		余流	
		流速(cm/s)	方向(°)
	垂线平均	3.0	120
S5	表层	0.8	237
	中层	2.7	176
	底层	0.3	29
	垂线平均	1.4	180
S6	表层	3.8	187
	中层	3.6	170
	底层	1.8	135
	垂线平均	3.0	170

四、含沙量

涨潮期最大含沙量最大为 14.40mg/L，出现在 S6 站底层；落潮期最大含沙量最大为 14.00mg/L，出现在 S2 站中层，观测期间各站位各层次含沙量在 0.20~14.40mg/L，平均含沙量在 2.40~7.67mg/L。在时间序列上，各站位三层含沙量的变化趋势规律不明显；在垂向上，各层含沙量量级大小接近，总的来说底层含沙量略大于表层和中层。

五、水温

观测期间各站位各层次水温在 22.15~24.51° C，平均水温在 22.42-24.26° C，从表层到底层水温呈现一定的降低趋势，涨潮时 S1、S2、S3、S4、S5、S6 垂线平均水温分别为 23.67° C、22.76° C、23.76° C、22.59° C、23.06° C、22.49° C，落潮时 S1、S2、S3、S4、S5、S6 垂线平均水温分别为 23.52° C、22.82° C、23.60° C、22.61° C、23.17° C、22.45° C，近岸 S1、S3、S5 站位平均水温高于离岸较远的 S2、S4、S6。

六、盐度

观测期间各站位各层次盐度在 31.35~34.09，各层平均盐度在 31.90~33.98‰。涨潮时 S1、S2、S3、S4、S5、S6 垂线平均盐度分别为 31.98、33.62、33.10、33.90、33.37、33.75，落潮时 S1、S2、S3、S4、S5、S6 垂线平均盐度分别为 32.05、33.54、33.25、33.97、33.39、33.77。

七、气象

观测期间，S2 站风速范围为 3.3~7.6m/s，平均风速 5.45m/s，风向 E 向风为主，频率为 72.96%；S5 站风速范围为 4.1~9.5m/s，平均风速 6.70m/s，风向以 E

向为主，频率均高达 84.62%。

八、结论

潮汐：本次在工程海区域设置 3 个临时潮位站，位于 C1、C3 和 C4 站位，进行与海流观测同步的潮位观测，观测使用仪器为潮位仪，观测频次为每 10min 一次。根据对潮位测站 C1、C3 站 2023 年 4 月 22 日 11:00 至 2023 年 4 月 23 日 12:00 和 C4 站 2023 年 4 月 23 日 18:00 至 2023 年 4 月 24 日 19:00 的潮位数据进行特征值统计，其中 C1 站位最高潮位为 69.6cm，最低潮位为-79.4cm，最大潮差为 131cm，最小潮差为 103cm，平均潮差为 117cm；C3 站位最高潮位为 61.6cm，最低潮位为-60.4cm，最大潮差为 100cm，最小潮差为 85cm，平均潮差为 93cm；C4 站位最高潮位为 54.2cm，最低潮位为-46.8cm，最大潮差为 96cm，最小潮差为 93cm，平均潮差为 95cm。

海流：可以看出，S1~S6 测站实测海流表现为往复性流动，S1~S4 站位海流主流向均为偏 W 为涨潮流向，偏 E 向为落潮流向，S5 和 S6 站位海流主流向均为偏 N 为涨潮流向，偏 S 向为落潮流向。本次观测期间，S1 站涨潮流平均流速最大为 9.9cm/s，出现在底层，流向为 313°，落潮流平均流速最大为 9.3cm/s，出现在中层，流向为 104°；S2 站涨潮流平均流速最大为 10.9cm/s，出现在表层，流向为 291°，落潮流平均流速最大为 8.8cm/s，出现在表层，流向为 137°；S3 站涨潮流平均流速最大为 12.3cm/s，出现在底层，流向为 268°，落潮流平均流速最大为 15.4cm/s，出现在底层，流向为 120°；S4 站涨潮流平均流速最大为 10.3cm/s，出现在中层，流向为 316°，落潮流平均流速最大为 8.3cm/s，出现在底层，流向为 111°；S5 站涨潮流平均流速最大为 16.3cm/s，出现在表层，流向为 328°，落潮流平均流速最大为 16.9cm/s，出现在底层，流向为 141°；S6 站涨潮流平均流速最大为 13.0cm/s，出现在表层，流向为 342°，落潮流平均流速最大为 14.5cm/s，出现在中层，流向为 157°。最大涨落潮流均出现在 S5 站，其中涨潮流最大流速最大为 36.0cm/s，出现在表层，流向为 340°，落潮流最大流速最大为 33.0cm/s，出现在底层，流向为 156°。

本海域主要为不正规半日潮和不正规日潮为主。本海域可能最大流速最大值为 S6 站中层的最大可能流速 50.4cm/s，流向 338°，最小值为 S3 站底层的最大可能流速 21.3cm/s，流向 263°。S6 站位表层水质点最大运移距离为 6169.9 m，方

向 355°, 其他各站位各层次水质点的运移距离基本均达 1.9~6.2km 之间。大潮期各站各层余流均为 0.2~3.8cm/s 之间, 最大余流流速发生在 S6 站, 其表层最大余流流速 3.8cm/s; 最小余流流速发生在 S5 站底层, 余流流速为 0.3cm/s。

含沙量: 涨潮期最大含沙量最大为 14.40mg/L, 出现在 S6 站底层; 落潮期最大含沙量最大为 14.00mg/L, 出现在 S2 站中层, 观测期间各站位各层次含沙量在 0.20~14.40mg/L, 平均含沙量在 2.40~7.67mg/L。在时间序列上, 各站位三层含沙量的变化趋势规律不明显; 在垂向上, 各层含沙量量级大小接近, 总的来说底层含沙量略大于表层和中层。

水温: 观测期间各站位各层次水温在 22.15~24.51°C, 平均水温在 22.42~24.26°C, 从表层到底层水温呈现一定的降低趋势, 涨潮时 S1、S2、S3、S4、S5、S6 垂线平均水温分别为 23.67°C、22.76°C、23.76°C、22.59°C、23.06°C、22.49°C, 落潮时 S1、S2、S3、S4、S5、S6 垂线平均水温分别为 23.52°C、22.82°C、23.60°C、22.61°C、23.17°C、22.45°C, 近岸 S1、S3、S5 站位平均水温高于离岸较远的 S2、S4、S6。

盐度: 观测期间各站位各层次盐度在 31.35~34.09, 各层平均盐度在 31.90~33.98。涨潮时 S1、S2、S3、S4、S5、S6 垂线平均盐度分别为 31.98、33.62、33.10、33.90、33.37、33.75, 落潮时 S1、S2、S3、S4、S5、S6 垂线平均盐度分别为 32.05、33.54、33.25、33.97、33.39、33.77。

气象: 观测期间, S2 站风速范围为 3.3~7.6m/s, 平均风速 5.45m/s, 风向 E 向风为主, 频率为 72.96%; S5 站风速范围为 4.1~9.5m/s, 平均风速 6.70m/s, 风向以 E 向为主, 频率均高达 84.62%。

4.3.4 地形地貌与冲淤环境现状调查与评价

4.3.4.1 地形地貌

(1) 汕尾市

汕尾市背山面海, 由于历次地壳运动褶皱、断裂和火山岩隆起的影响, 造成境内山地、台地、丘陵、平原、河流、滩涂和海洋各种地形类兼有的复杂地貌。本地区位于莲花山南麓, 其山脉走势为东北向西南倾斜。莲花山脉由闽粤边界的铜鼓岭向东南经汕尾跨惠阳到香港附近入海。地形为北部高丘山地, 山峦重叠, 千米以上的高山有 23 座, 最高峰为莲花山, 海拔 1337.3m, 位于海丰县西北境

内。中部多丘陵、台地。南部沿海多为台地、平原。全市境内山地、丘陵面积比例大，约占总面积的43.7%。

汕尾地区地层、岩浆出露情况较好，中东部平原区大部分为燕山期岩浆岩（包括火山岩）和第四系覆盖。出露地层较简单，以中生代地层为主，且仅见晚三叠统大顶（小坪）组、下侏罗统金鸡组 and 上侏罗统高基坪群。地层普遍受不同区域动力变质作用具有片理化。岩石主要有花岗岩、砂页岩及第四系冲积砂砾层等组成。经过大自然和人类活动的作用，构成复杂的土壤类型。土壤类型有：水稻土、南方山地草甸土、黄壤、红壤、赤红壤、菜园土、潮沙泥土、滨海盐渍沼泽土、海滨沙土、石质土等10多种土类，40多个土属，70多个土种。

（2）碣石湾

本项目位于碣石湾海域，碣石湾是粤东较大的海湾之一，碣石湾湾口东起田尾角，西至遮浪角，湾口朝南，口宽27km，呈开敞的新月形海湾，岸线较为平直，但湾内有港、岬角之间还有许多小海湾。从碣石湾的地势图来看，湾的顶端陆地地势低平，东部和西部较高，湾的两个岬角相对于顶端高，但对于东部和西部而言，显得低平。

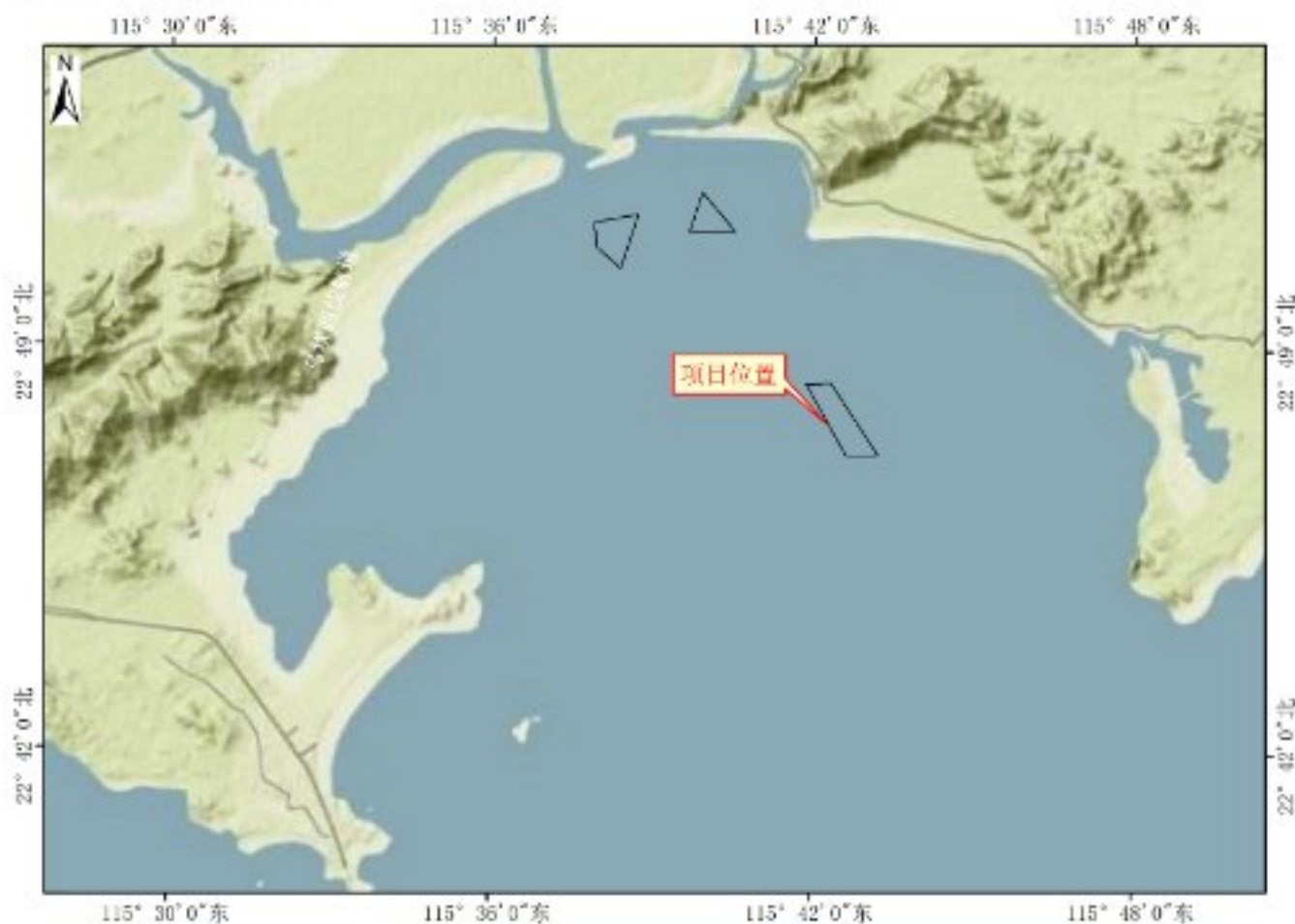


图 4.3.4-1 碣石湾地势图

碣石湾海岸地貌呈现平直的沙坝潟湖平原和三角洲冲积平原岸与曲折的基

岩港湾岸相间分布的形势。海岸动态颇为复杂，湾内堆积作用明显，海岸堆积形态多样，岬角海蚀作用强烈。海湾北部海岸为砂质海岸及沙滩。田尾角至新村一段海岸为砂质海岸和岩石海岸交替出现，近岸礁石密布。白沙半岛至海丰县界一带海岸，岩石海岸与砂质海岸相间并存。图 4.3.4-2 为碣石湾的地貌类型分布图。该图显示海湾东西两侧由花岗岩等岩石构成的丘陵和台地，海岸突出形成基岩岬角，海湾内凹呈新月形，开放宽阔，湾顶为滨岸沙坝潟湖平原和冲海积（三角洲）平原。沿岸沙堤、沙坝和连岛沙洲等堆积地貌发育，是一个面向南海的开敞的新月形海湾、海蚀和海积地貌形态交错分布。本海湾现代海蚀和海积地貌发育，相间分布，海蚀地貌多见于岬角和海岸突出部，主要形态有海蚀残丘、海蚀崖和岩滩等。海积地貌见于湾岸内，主要有泥滩、沙滩、沙堤、沙坝和沙咀等形态多样。

本海湾海底地貌是平坦的水下浅滩。沉积物为泥和砂质泥。水深浅于 15m，等深线稀疏，1~10m 等深线横穿湾的中央与海岸轮廓线基本一致，未见冲刷槽等海蚀地貌形态，海底平缓，坡度在 $1 \times 10^{-3} \sim 2 \times 10^{-3}$ 。

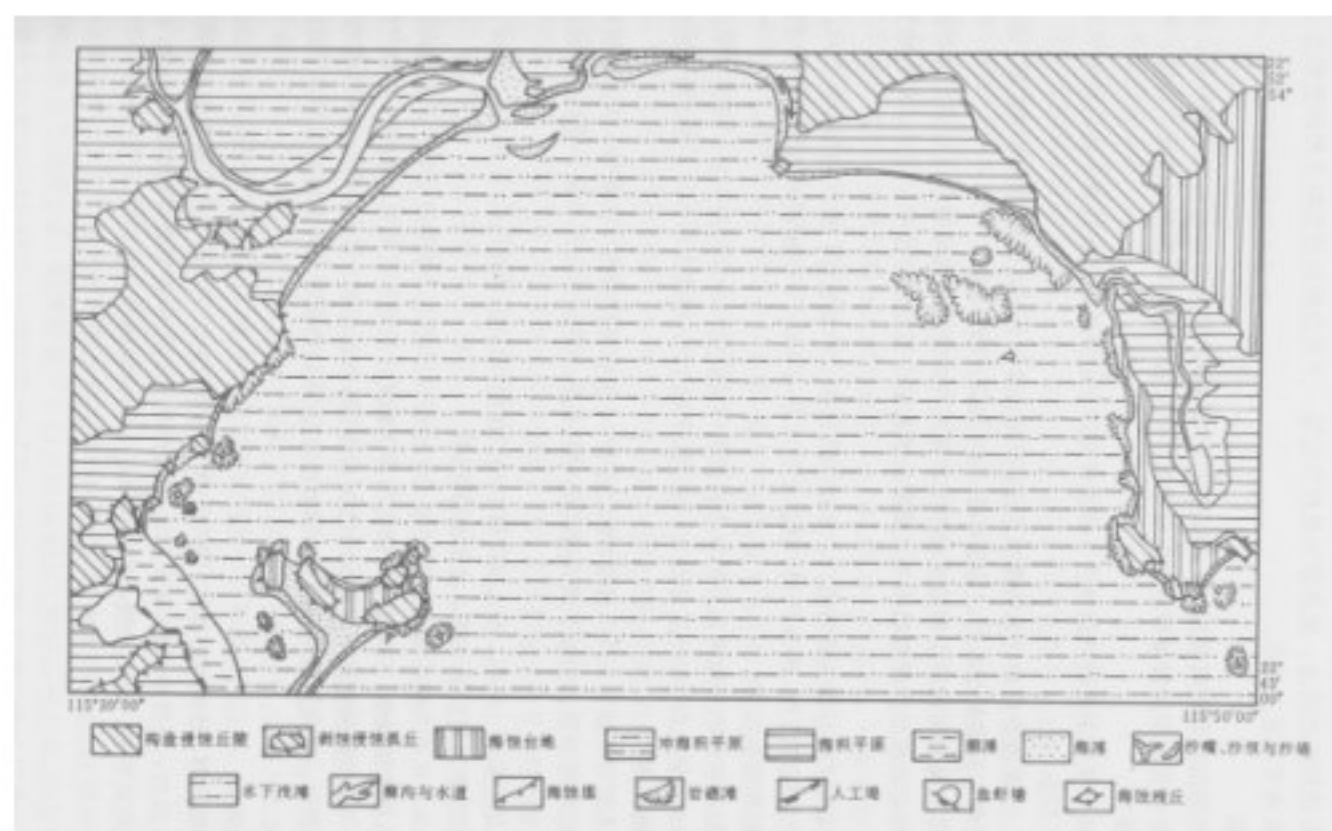


图 4.3.4-2 碣石湾地貌类型分布图

根据本项目水深图（图 4.3.4-3~图 4.3.4-5），本项目养殖区 1 水深介于 4.3m~6.1m，养殖区 2 水深介于 5.2m~6.5m，养殖区 3 水深介于 9.9m~11.4m。（深度基准：当地理论最低潮面；坐标系：2000 国家大地坐标系；绘制单位：广东海纬地恒空间信息技术有限公司；绘制时间：2025 年 9 月）。

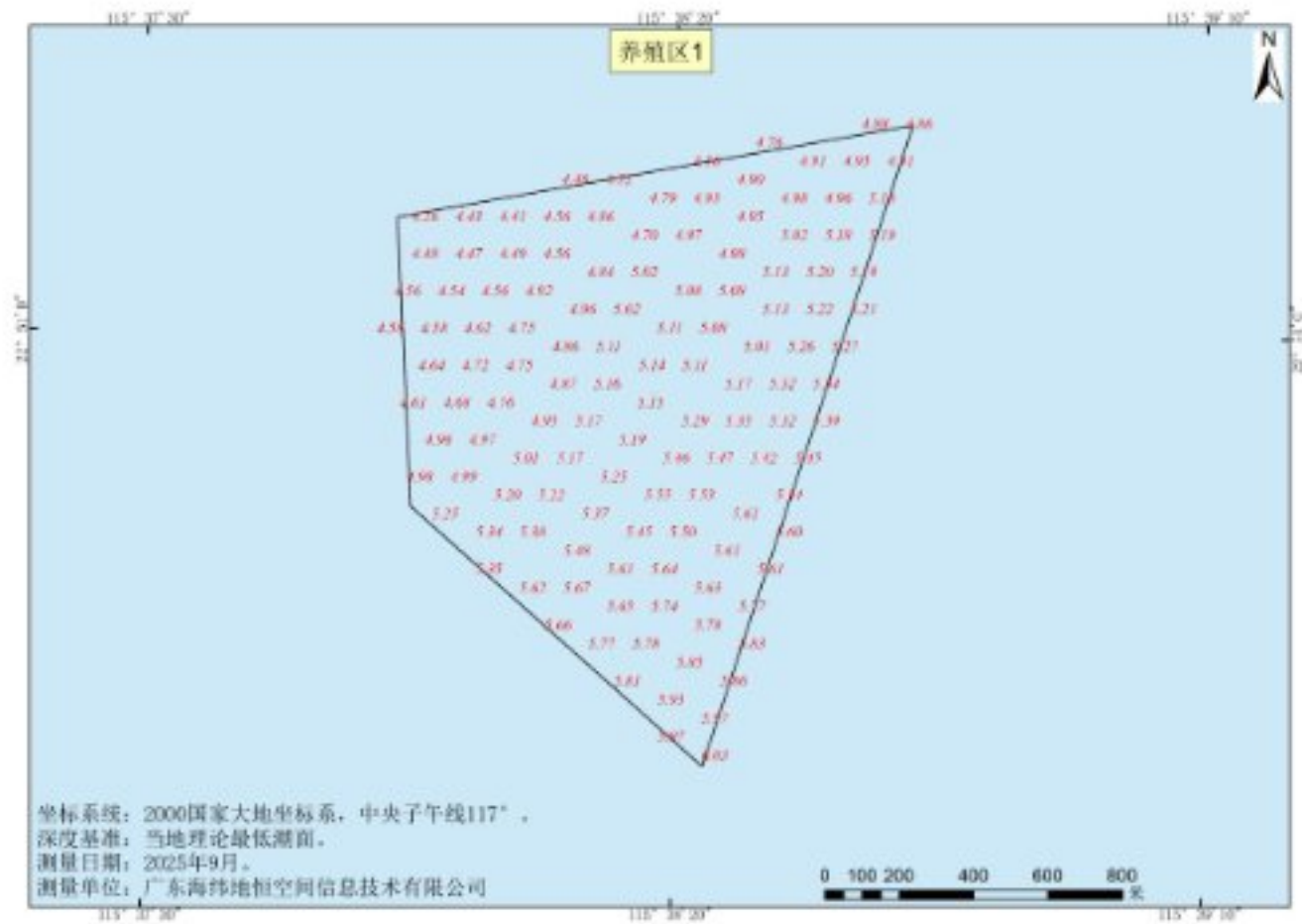


图 4.3.4-3 养殖区 1 水深地形图

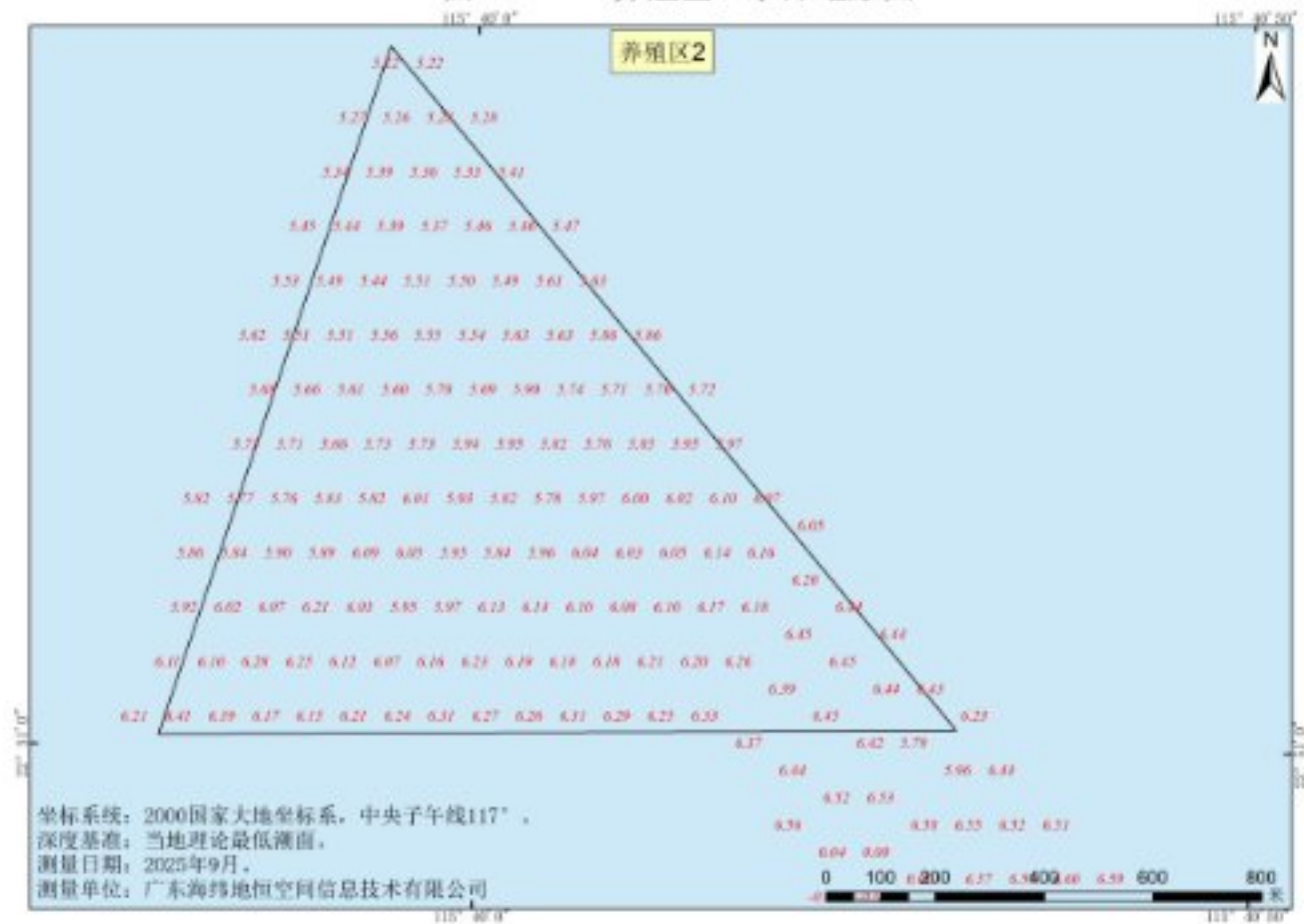


图 4.3.4-4 养殖区 2 水深地形图

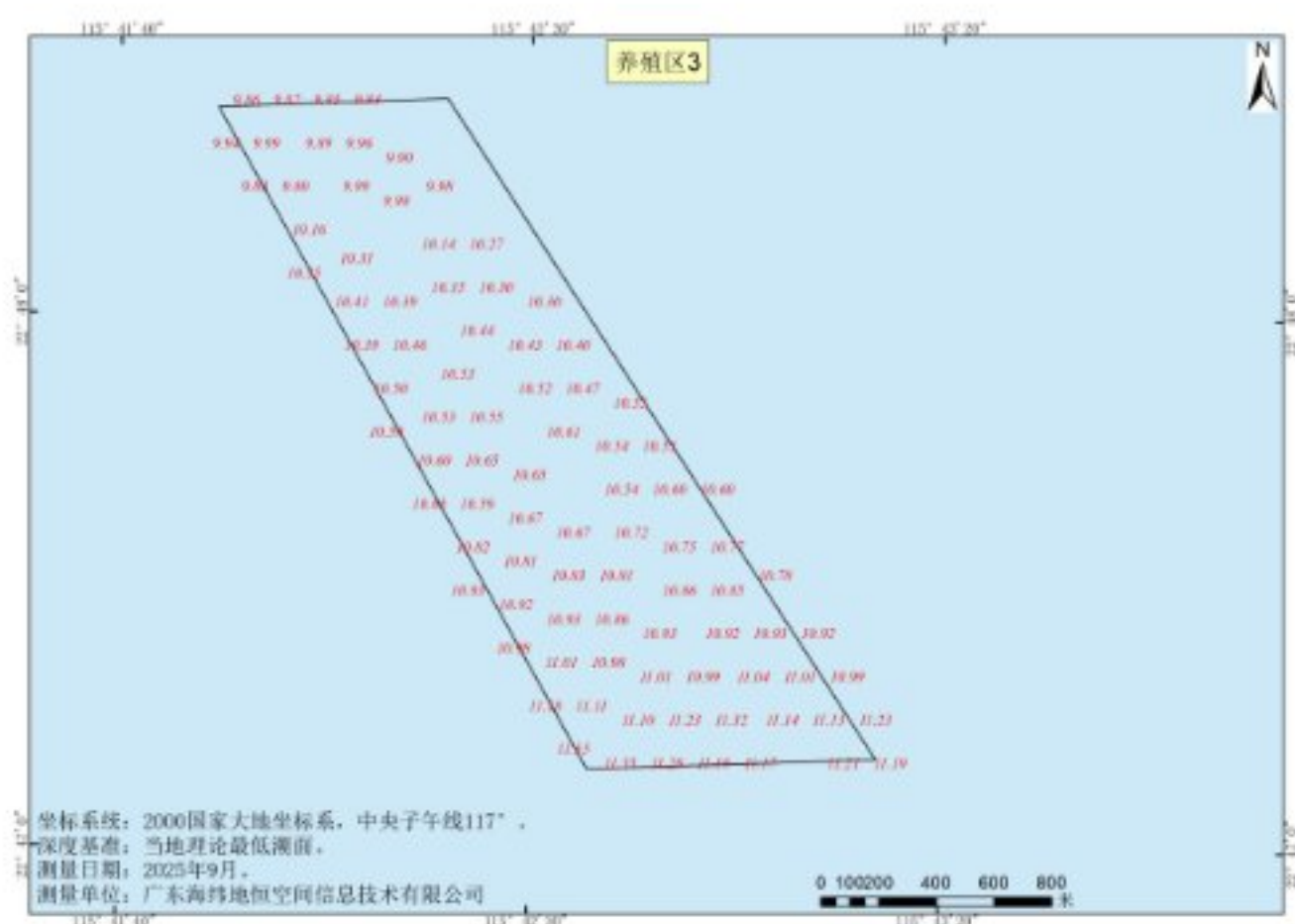


图 4.3.4-5 养殖区 3 水深地形图

4.3.4.2 泥沙特征

(一) 沉积物的类型和分布

碣石湾表层沉积物分为 8 种类型, 分别受到地貌形态及水深变化的制约, 所以其沉积类型的分布具有一定的规律性。

粗砂 (CS) 主要分布在湾的东北侧近岸及潮间带, 湾的西侧局部潮间带及湾的东侧进口部, 这类沉积物以粗砂为主约占 70.75%~94.41%, 砾石含量占 4.49%~7.31%, 中砂含量占 0.03%~4.2%, 细砂的含量占 0.07%~1.03%, 粉砂及粘土的含量占 0.68%~16.7%, 中值粒径 $Md\phi$ 为 0.42~0.34, 分选系数 $Qd\phi$ 为 0.34~0.65, 反映了该类沉积物是在水动力强劲的环境下经过了良好的分选形成的, 其频率曲线均为单峰尖锐对称形。

细砂 (FS) 主要分布在湾的西北侧近岸及潮间带, 湾的东侧近岸及潮间带。这类沉积物以细砂为主, 占 73.65%~97.84%, 中砂含量为 1.17%~11.25%, 粗砂含量为 0~17.41%, 砾石的含量为 0~7.39%, 粉砂及粘土的含量为 1.02%~12.12%。中值粒径 $Md\phi$ 为 2.35~3.46, 分选系数 $Qd\phi$ 为 0.28~0.98, 表明该类沉积物分选良好, 频率曲线多呈单峰尖锐近于对称形, 是在以波浪作用为主的高能水动力环境下形成的。

粉砂质砂（TS）这类沉积物所覆盖的范围较小，仅在湾顶、湾的中部和西侧有小面积出现。由于这类沉积物是属于细砂（FS）和砂-粉砂-粘土的过渡型，所以其粒度参数的变化范围较大。砂的含量占绝大多数为40.99%~79.09%，粉砂含量占20.91%~35.11%，粘土含量占0~19.14%。中值粒径 $Md\phi$ 为3.62~5.26，分选系数 $Qd\phi$ 为0.33~2.10，频率曲线呈单峰尖锐对称形至双峰不对称形均有出现。反映了同是这类沉积物但是却分别存在着截然不同的水动力环境，在湾顶和湾的西侧水动力较强，所以其分选性为好至很好均有出现。

砂质粉砂（ST）这类沉积物仅在湾的中部有出现，其砂的含量占41.72%，粉砂含量占42.70%，粘土含量占15.58%。中值粒径 $Md\phi$ 为4.58，分选系数 $Qd\phi$ 为1.86，频率曲线为双峰不对称形，表明这类沉积物是在中低能水动力环境下形成的。

粉砂（T）这类沉积物仅在湾的西侧近岸带有出现，砂的含量占19.24%，粉砂含量占61.63%，粘土含量占19.13%，中值粒径 $Md\phi$ 为5.64，分选系数 $Qd\phi$ 为1.55，频率曲线为双峰鞍状，反映了该类沉积物是在潮流往复作用下形成的，分选性中等。

砂—粉砂——粘土（STY）这类沉积物在该湾分布最广，除了湾的中、西部有大面积出现外，在其他地方亦呈斑块状随处可见。由于这类沉积物是属于一种混杂沉积物，所以其粒度参数变化范围较大，砂的含量占20.78%~56.31%，粉砂含量占22.21%~52.88%，粘土含量占20.69%~45.62%，中值粒径 $Md\phi$ 为3.67~7.77，分选系数 $Qd\phi$ 为1.44~3.02，频率曲线呈多峰形，表明该类沉积物是在水动力较弱的中低能环境形成的。

粘土质粉砂（YT）这类沉积物在该湾内分布较广，在湾的东半部有大面积出现，在湾的西侧和北侧均呈带状分布。砂的含量占2.41%~19.61%，粉砂含量占43.08%~68.93%，粘土含量占23.31%~46.55%，中值粒径 $Md\phi$ 为6.58~7.87，分选系数 $Qd\phi$ 为1.10~2.17，频率曲线呈多峰平坦形，表明该类沉积物是在水动力较弱的中低能环境下形成的，所以沉积物分选性中等。

粉砂质粘土（TY）这类沉积物仅在金厢渔港有出现，系碣石湾内最细的沉积物。砂的含量占1.17%~11.34%，粉砂含量占38.59%~44.68%，粘土含量占50.08%~54.15%，中值粒径 $Md\phi$ 为8.01~8.24，分选系数 $Qd\phi$ 为1.31~1.52，频

率曲线呈双峰正变形，尽管其沉积的水动力条件较弱，但由于来源的局限性，所以该沉积物的分选性还是属于中等至较好的。



图 4.3.4-6 碣石湾沉积物类型图

(二) 悬沙含量分布

根据广东创蓝海洋科技有限公司于 2023 年 1 月及 2023 年 4 月在项目附近海域开展的含沙量调查，冬季观测期间，涨潮期最大含沙量最大为 23.82mg/L，出现在 S1 站底层；落潮期最大含沙量最大为 29.42mg/L，出现在 S6 站底层，观测期间各站位各层次含沙量在 1.22~29.42mg/L，平均含沙量在 2.89~17.18mg/L。在时间序列上，各站位三层含沙量的变化趋势规律不明显；在垂向上，各层含沙量量级大小接近，总的来说底层含沙量略大于表层和中层。

春季观测期间，涨潮期最大含沙量最大为 14.40mg/L，出现在 S6 站底层；落潮期最大含沙量最大为 14.00mg/L，出现在 S2 站中层，观测期间各站位各层次含沙量在 0.20~14.40mg/L，平均含沙量在 2.40~7.67mg/L。在时间序列上，各站位三层含沙量的变化趋势规律不明显；在垂向上，各层含沙量量级大小接近，总的来说底层含沙量略大于表层和中层。

4.3.4.3 冲淤现状

碣石湾为岬角海湾，水深较大，海岸岬角处波能辐聚，水动力作用比较强烈，因而悬沙输运作用也比较强烈。河床区域海岸动力条件以波浪作用最为突出。波浪作用除对花岗岩岬角产生侵蚀作用外，主要体现在对小海湾海滩泥沙的搬运，

它们以横向搬运为主，即在不同波况下，砂质物主要在海岸横剖面上上下下运移，不同季节稍有纵向输沙，但都局限在海湾内部。台风暴浪期可引起海床沉积物表层移动或完全移动，形成底层水体最大含沙量，沉积物中跃移质跳跃高度一般在2m以内，由于泥沙的侵蚀或淤积，可引起海床地形变化。所以风浪是该海域的主要动力因素，多年来在风浪的冲击下，碣石湾处于轻微侵蚀状态，但由于海岸基岩和岬角地形的控制，海岸泥沙来源和供应不足。该海域来沙量很小，风浪是泥沙运动的主要动力因素，风浪作用下泥沙的搬运是泥沙淤积的主要来源。

本报告通过收集到2009年与2019年的岸线资料，对近10年的岸线地形变化进行分析对比：

选取项目养殖区所在海域内2009年和2019年的岸线资料，对比分析评价范围内岸线演变现状分析，上述两个年代岸线对比如图4.3.4-7所示。评价范围内岸线总体较稳定，局部岸线稍有变化，总体表现为碣石湾湾顶岸线存在内退和外推，外推最大距离约90m，内退最大距离约77m。碣石湾两侧岸线存在外推和内退，其中碣石渔港港区内岸线变化较大，岸线存在内退和外推，外推最大距离约595m，主要发生在碣石渔港内，内退最大距离约378m，主要发生在碣石渔港口门处，碣石渔港北侧的砂质岸线存在内退，内退距离约76m。碣石渔港内存在历史遗留问题，渔港欠缺管理维护，港内淤积较为严重，渔港后方存在围海养殖塘，这可能是碣石渔港近十年来岸线变化较大的原因。碣石湾两侧除碣石渔港外的其他岸线稍有变化，但变化不大，基本在100m范围内。

碣石湾海底地貌是平坦的水下浅滩，海岸地貌呈现平直的沙坝潟湖平原和三角洲冲积平原岸与曲折的基岩港湾岸相间分布的形势，泥沙供应来源不足。总体上，近十年碣石湾岸线较稳定，局部存在岸线内退和外推现象，碣石湾整体处于轻微侵蚀状态。

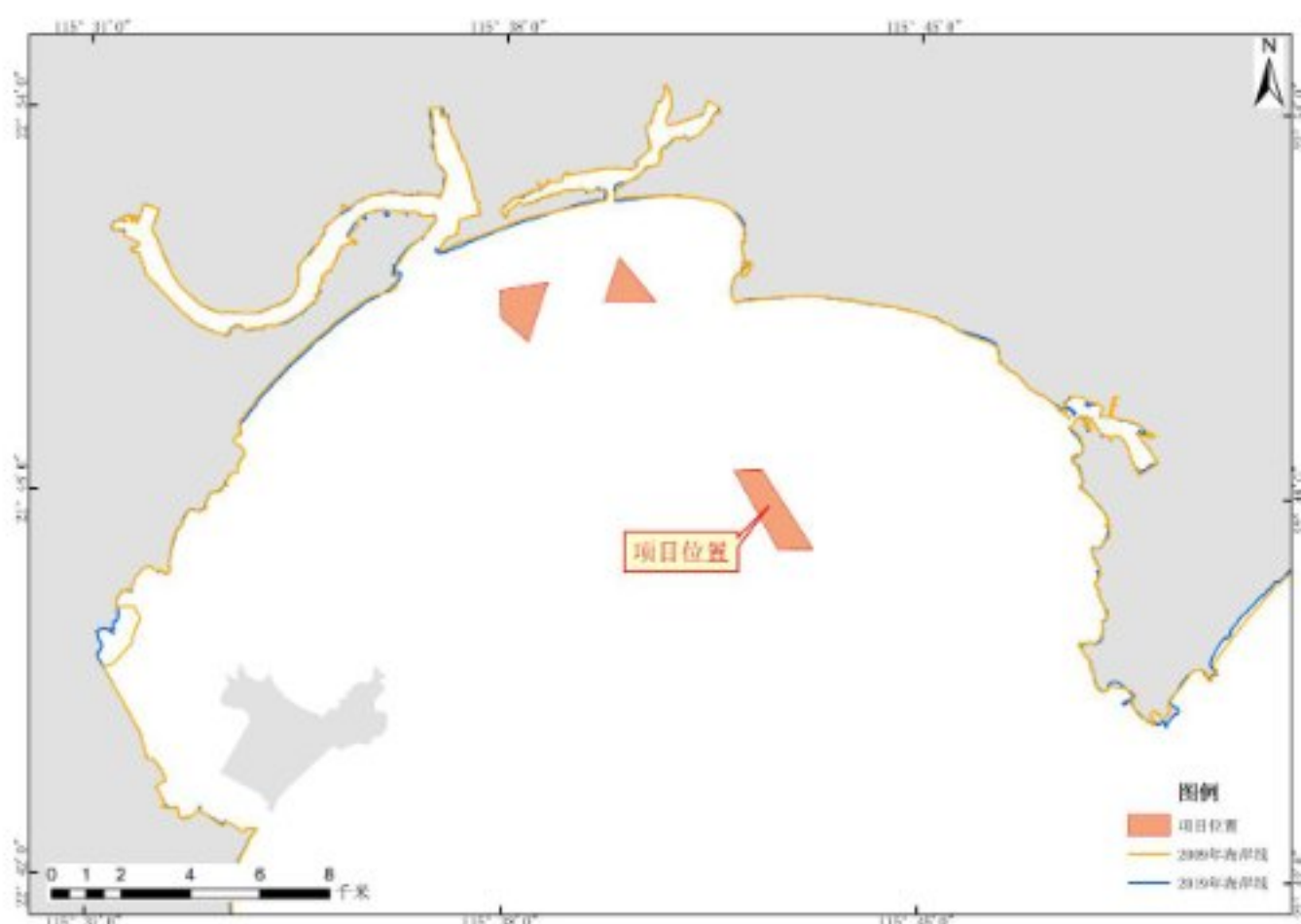


图 4.3.4-7 2009 年与 2019 年海岸线变化对比

4.3.5 海水水质环境现状调查与评价

4.3.5.1 调查概况

本节内容引用汕尾市润邦检测技术有限公司于 2025 年 11 月（秋季）和 2026 年 4 月（春季）在汕尾市碣石湾海域进行的海洋环境监测。两季调查资料根据本项目位置进行布点，全面覆盖项目范围。本次引用的海洋水质环境调查资料满足《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025）中海湾、沿岸海域现状数据有效期为 3 年的要求。

一、2025 年 11 月秋季

2025 年 11 月秋季监测范围内共布设 34 个水质监测点位，同时布设站点采集 18 个沉积物（从水质站点中选取），SF1~SF8 采集游泳动物，C1~C3 采集潮间带生物，其余生态调查项目在水质站点中选取 22 个采集样品，并在碣石湾内生态保护红线、周边“三场一通道”等海洋生态敏感区的重点位置布设调查站位。满足《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025）规定的评价等级 1 级的站位数量要求和站位布设原则。

2025 年 11 月秋季水质调查项目包括：pH、水温、盐度、活性磷酸盐、石油

类、溶解氧、亚硝酸盐、硝酸盐、氨、化学需氧量、生化需氧量、硫化物、悬浮物、挥发酚、铜、铅、镉、汞、砷、锌、总铬、粪大肠菌群。

各调查站位地理坐标和监测类别见表 4.3.5-1，监测站位见图 4.3.5-1。

表 4.3.5-1 2025 年 11 月秋季海洋环境现状调查站位坐标及监测类型

监测点位编号	经度 (E)	纬度 (N)	监测项目
S1			水质、生态、沉积物
S2			水质、生态、沉积物
S3			水质
S4			水质、生态、沉积物
S5			水质
S6			水质
S7			水质
S8			水质、生态
S9			水质
S10			水质、生态、沉积物
S11			水质、生态、沉积物
S12			水质、生态、沉积物
S13			水质、生态、沉积物
S14			水质、生态、沉积物
S15			水质
S16			水质
S17			水质、生态
S18			水质
S19			水质、生态、沉积物
S20			水质、生态、沉积物
S21			水质、生态、沉积物
S22			水质、生态、沉积物
S23			水质
S24			水质、生态、沉积物

监测点位编号	经度 (E)	纬度 (N)	监测项目
S25			水质
S27			水质、生态、沉积物
S28			水质、生态、沉积物
S29			水质
S30			水质、生态、沉积物
S31			水质、生态
S32			水质、生态、沉积物
S34			水质、生态、沉积物
S35			水质、生态
S36			水质
C1 高			潮间带生物、潮间带沉积物
C1 中			潮间带生物、潮间带沉积物
C1 低			潮间带生物、潮间带沉积物
C2 高			潮间带生物、潮间带沉积物
C2 中			潮间带生物、潮间带沉积物
C2 低			潮间带生物、潮间带沉积物
C3 高			潮间带生物、潮间带沉积物
C3 中			潮间带生物、潮间带沉积物
C3 低			潮间带生物、潮间带沉积物
SF01			游泳动物
SF02			游泳动物
SF03			游泳动物
SF04			游泳动物
SF05			游泳动物
SF06			游泳动物
SF07			游泳动物
SF08			游泳动物
备注	带※监测点位采集平行样		

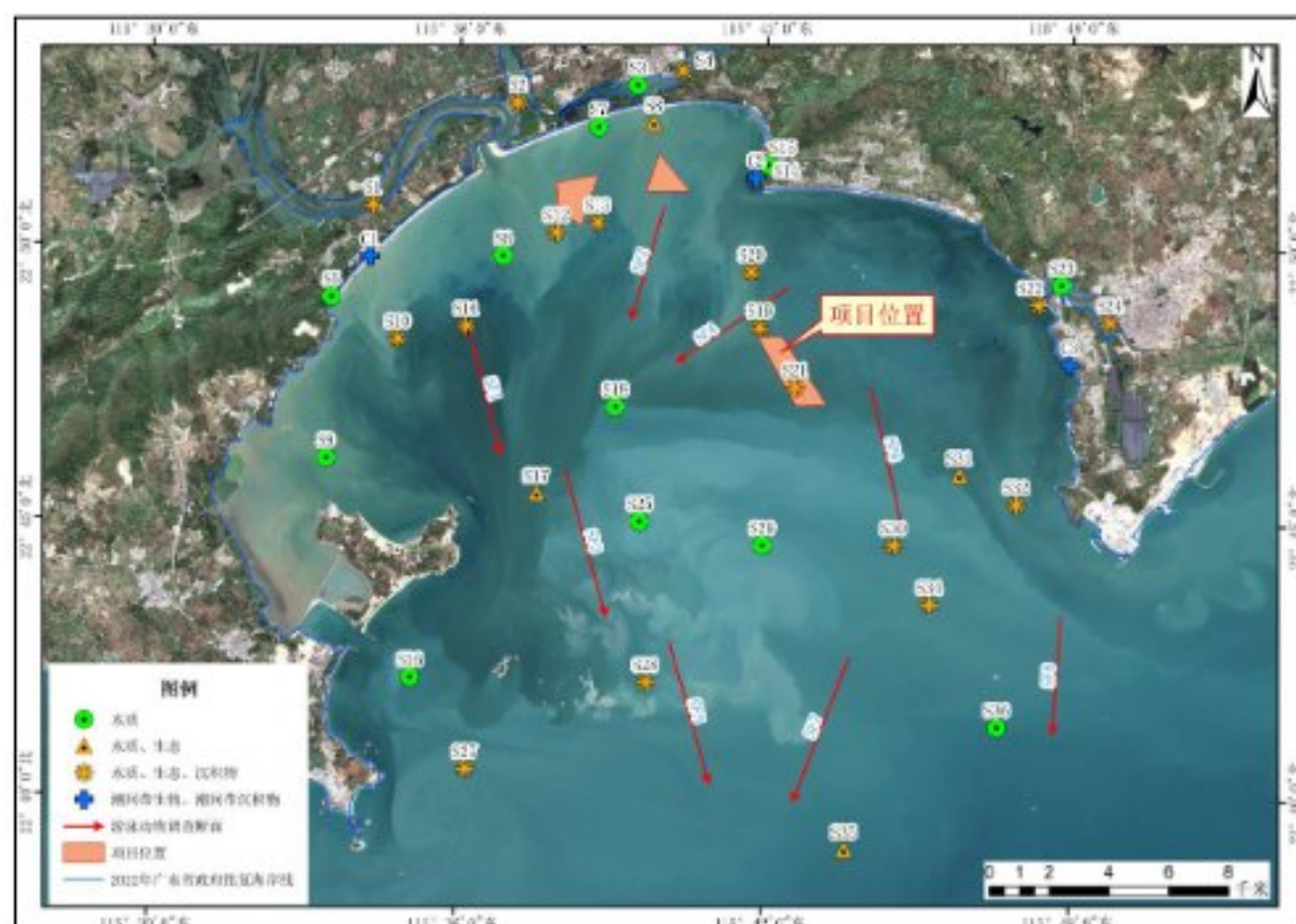


图 4.3.5-1 2025 年 11 月秋季海洋环境现状调查站位分布图

二、2026 年 4 月春季

2026 年 4 月春季监测范围内共布设 34 个水质监测点位，同时布设站点采集 18 个沉积物（从水质站点中选取），C1~C3 采集潮间带生物，其余生态调查项目在水质站点中选取 22 个采集样品。

2026 年 4 月春季水质调查项目包括：pH、水温、盐度、活性磷酸盐、石油类、溶解氧、亚硝酸盐、硝酸盐、氨、化学需氧量、生化需氧量、硫化物、悬浮物、挥发酚、铜、铅、镉、汞、砷、锌、总铬、粪大肠菌群。

各调查站位地理坐标和监测类别见表 4.3.5-2，监测站位见图 4.3.5-2。

表 4.3.5-2 2026 年 4 月春季海洋环境现状调查站位坐标及监测类型

监测点位编号	经度 (E)	纬度 (N)	监测项目
S1			水质、生态、沉积物
S2			水质、生态、沉积物
S3			水质
S4			水质、生态、沉积物
S5			水质
S6			水质
S7			水质
S8			水质、生态
S9			水质
S10			水质、生态、沉积物

监测点位编号	经度 (E)	纬度 (N)	监测项目
S11			水质、生态、沉积物
S12			水质、生态、沉积物
S13			水质、生态、沉积物
S14			水质、生态、沉积物
S15			水质
S16			水质
S17			水质、生态
S18			水质
S19			水质、生态、沉积物
S20			水质、生态、沉积物
S21			水质、生态、沉积物
S22			水质、生态、沉积物
S23			水质
S24			水质、生态、沉积物
S25			水质
S27			水质、生态、沉积物
S28			水质、生态、沉积物
S29			水质
S30			水质、生态、沉积物
S31			水质、生态
S32			水质、生态、沉积物
S34			水质、生态、沉积物
S35			水质、生态
S36			水质
C1 高			潮间带生物、潮间带沉积物
C1 中			潮间带生物、潮间带沉积物
C1 低			潮间带生物、潮间带沉积物
C2 高			潮间带生物、潮间带沉积物
C2 中			潮间带生物、潮间带沉积物
C2 低			潮间带生物、潮间带沉积物
C3 高			潮间带生物、潮间带沉积物
C3 中			潮间带生物、潮间带沉积物
C3 低			潮间带生物、潮间带沉积物
备注	带※监测点位采集平行样		



图 4.3.5-2 2026 年 4 月春季海洋环境现状调查站位分布图

4.3.5.2 调查与分析方法

本节采用的调查与分析方法均适用 2025 年 11 月秋季调查和 2026 年 4 月春季调查。

水质样品采样根据《海洋监测规范》（GB17378.3-2007）第三部分确定采样层次，见表 4.3.5-3。水质的分析监测方法按《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》（GB17378.4-2007）中的相关规定执行，具体见表 4.3.5-4 所示。

表 4.3.5-3 采样层次

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	10
50~100	表层、10m、50m、底层	50
100 以上	表层、10m、50m、以下水层酌情加层、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，深海和大风浪时可酌情增大离底层的距离。

表 4.3.5-4 海洋水质环境因子监测项目分析及检出限

检测方法	检出限	主要分析仪器/型号
pH 值	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》 GB 17378.4-2007（26.1）	/
		便携式 pH 计/PHB-5

检测方法		检出限	主要分析仪器/型号
水温	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》 GB 17378.4-2007 (25.1)	/	表层水温计/0°C~41°C
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/YK-31SA
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)	/	紫外可见分光光度计 /Genesys 50
石油类	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》 GB 17378.4-2007 (13.2)	3.5µg/L	紫外可见分光光度计 /Genesys 50
溶解氧	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》 GB 17378.4-2007 (31)	/	酸碱滴定管 /25mL
化学需氧量	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》 GB 17378.4-2007 (32)	/	酸碱滴定管 /25mL
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)		低温培养箱/LRH-100CA
亚硝酸盐	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》 GB 17378.4-2007 (37)	/	紫外可见分光光度计 /Genesys 50
硝酸盐	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》 GB 17378.4-2007 (38.2)	/	紫外可见分光光度计 /Genesys 50
氨	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》 GB 17378.4-2007 (36.2)	/	紫外可见分光光度计 /Genesys 50
硫化物	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》 GB 17378.4-2007 (18.1)	0.2µg/L	紫外可见分光光度计 /Genesys 50
挥发酚	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》 GB 17378.4-2007 (19)	0.0011mg/L	紫外可见分光光度计/T6 新世纪
悬浮物	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》 GB 17378.4-2007 (27)	/	十万分之一天平/BT25S
铜	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》 GB 17378.4-2007 (6.1)	0.2µg/L	原子吸收分光光度计(石墨炉)/AA-7000
铅	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》 GB 17378.4-2007 (7.1)	0.03µg/L	原子吸收分光光度计(石墨炉)/AA-7000
镉	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》 GB 17378.4-2007 (8.1)	0.01µg/L	原子吸收分光光度计(石墨炉)/AA-7000
汞	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》 GB 17378.4-2007 (5.1)	0.007µg/L	原子荧光光度计/AFS-8520
砷	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》 GB 17378.4-2007 (11.1)	0.5µg/L	原子荧光光度计/AFS-8520
锌	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》 GB 17378.4-2007 (9.1)	3.1µg/L	原子吸收分光光度计(火焰)/AA-7000
总铬	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》 GB 17378.4-2007 (10.1)	0.4µg/L	原子吸收分光光度计(石墨炉)/AA-7000
粪大肠菌群	《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	/	立式压力蒸汽灭菌器 /LDZM-80L-II

检测方法	检出限	主要分析仪器/型号
备注：“/”表示不适用。		

4.3.5.3 评价标准与方法

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：

$$S_{ij}=C_{ij}/C_{sj}$$

式中： S_{ij} ：单项水质参数 i 在第 j 点的标准指数；

C_{ij} ：污染物 i 在监测点 j 的浓度，mg/L；

C_{sj} ：水质参数 i 的海水水质标准，mg/L。

对于溶解氧，DO 的标准指数为

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

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

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

DO_j —溶解氧在 j 点的实测统计代表值，mg/L；

DO_s —溶解氧的水质评价标准限制，mg/L；

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

S —实用盐度符号， ‰ ；

T —水温， $^{\circ}\text{C}$ 。

pH 的标准指数为：

$$S_{pH,j} = \frac{7.0-pH_j}{7.0-pH_{sd}} \quad pH_j \leq 7.0$$

$$S_{pH,j} = \frac{pH_j-7.0}{pH_{su}-7.0} \quad pH_j > 7.0$$

式中： $S_{pH,j}$ —pH 值的指数；

pH_j —测站评价因子的实测值；

pH_{sd} —pH 评价标准的下限值；

pH_{su} —pH 评价标准的上限值；

水质参数的标准指数 > 1 ，表明该水质参数超过了规定的水质标准。

2、评价标准

根据《广东省近岸海域环境功能区划》（粤府办〔1999〕68号）《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》（粤办函〔2013〕127号）《广东省生态环境厅关于同意调整汕尾东海岸、碣石局部海域近岸海域环境功能区划的函》（粤环函〔2024〕421号），可知近岸调查站位执行的海水水质标准，并参考《广东省海岸带及海洋空间规划（2021—2035年）》与海洋现状调查站位的底图，可知调查站位所在海域的功能分区，据此得出各调查站位的海水水质、海洋沉积物及海洋生态的执行标准。

项目为渔业养殖项目，为防止和控制渔业水域水质污染，保证鱼类、贝类正常生长、繁殖和水产品质量，项目所在海域水质还需满足《渔业水质标准》（GB11607-89）中的水质标准限值要求。2025年11月秋季和2026年4月春季评价标准情况如下。

（1）2025年11月秋季

表 4.3.5-5 各站位所在海洋功能区划

站位	所在海洋功能区		执行的环境评价标准
S1、S2、S7、S8、S14、S15	近岸海域环境功能区划	408-乌坎工业、港口功能区	执行《海水水质标准》（GB3097-1997）第三类水质标准
S3、S4		409-乌坎养殖、盐业功能区	执行《海水水质标准》（GB3097-1997）第二类水质标准
S5		410-大湖养殖功能区	执行《海水水质标准》（GB3097-1997）第二类水质标准
S6、S11、S12、S13、S16、S17、S18、S19、S20、S21、S25、S27、S28、S29、S30、S34		412-碣石湾浅海渔业功能区	执行《海水水质标准》（GB3097-1997）第一类水质标准
S9、S10		411A-白沙湖养殖功能区	执行《海水水质标准》（GB3097-1997）第二类水质标准
S22、S23、S24		406A-碣石浅澳港口功能区	执行《海水水质标准》（GB3097-1997）第三类水质标准
S31		412-1-碣石湾东工矿用海区	执行《海水水质标准》（GB3097-1997）第一类水质标准。
S32		406A-碣石浅澳工业功能区	执行《海水水质标准》（GB3097-1997）第三类水质标准
S35、S36	海岸带及海洋空间规划	汕尾渔业用海区	执行《海水水质标准》（GB3097-1997）第一类水质标准。

表 4.3.5-6 各站位海水水质执行的标准

站位	执行的环境评价标准
S6、S11、S12、S13、S16、S17、S18、S19、S20、S21、S25、S27、	执行《海水水质标准》（GB3097-1997）第一类水质标准

S28、S29、S30、S31、S34、S35、 S36	
S3、S4、S5、S9、S10	执行《海水水质标准》(GB3097-1997) 第二类水质标准
S1、S2、S7、S8、S14、S15、S22、 S23、S24、S32	执行《海水水质标准》(GB3097-1997) 第三类水质标准



图 4.3.5-3a 2025 年秋季调查站位所在海洋功能分区 (汕尾市近岸海域功能区划图)

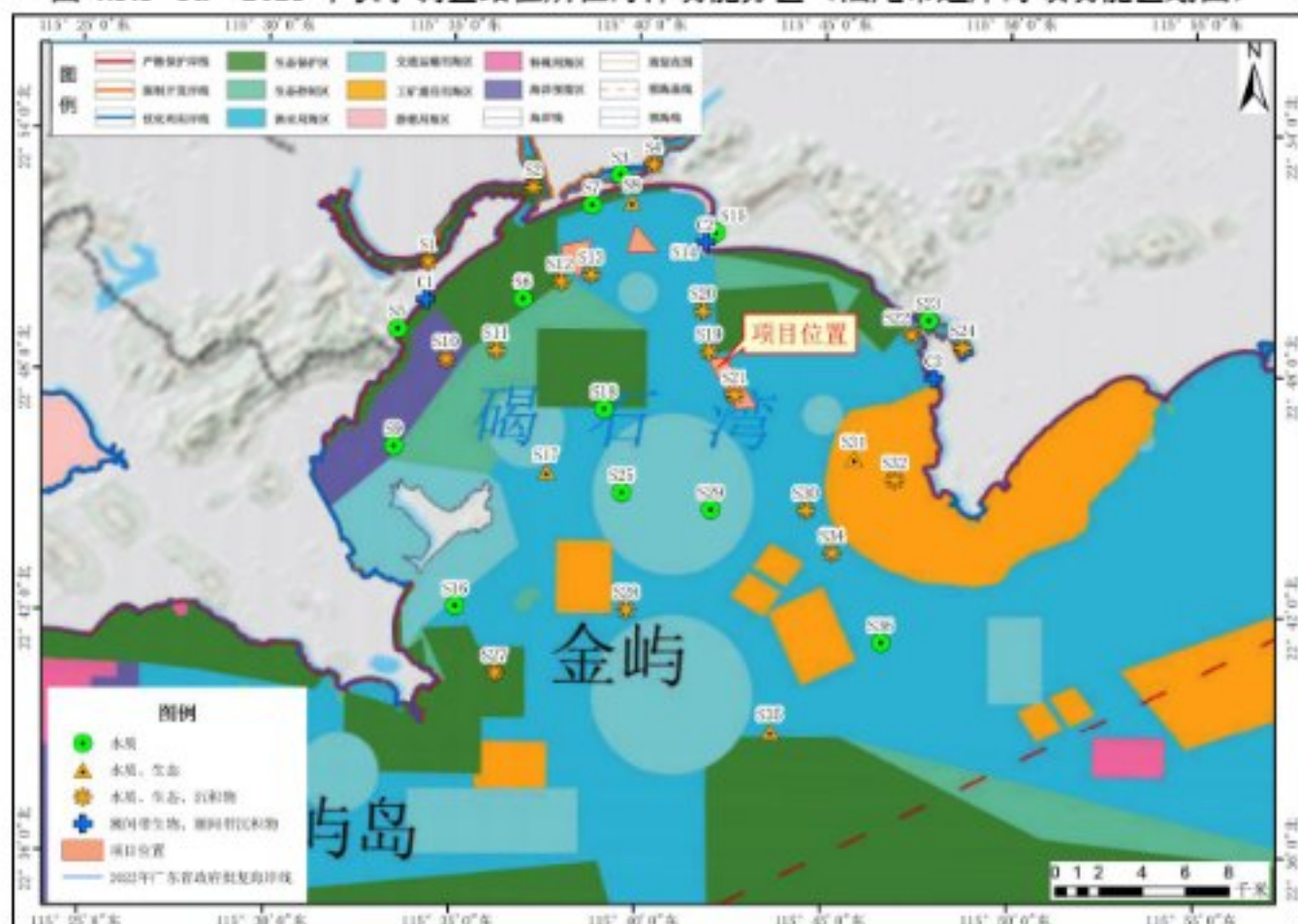


图 4.3.5-3b 2025 年秋季调查站位所在海洋功能分区（广东省海岸带及海洋空间规划）

(2) 2026 年 4 月春季

表 4.3.5-7 2026 年 4 月春季各站位所在海洋功能区划

站位	所在海洋功能区	执行的环境评价标准
S1、S2、S7、S8、S14、S15	近岸海域环境功能区划	408-乌坎工业、港口功能区 执行《海水水质标准》（GB3097-1997）第三类水质标准
S3、S4		409-乌坎养殖、盐业功能区 执行《海水水质标准》（GB3097-1997）第二类水质标准
S5		410-大湖养殖功能区 执行《海水水质标准》（GB3097-1997）第二类水质标准
S6、S10、S11、S12、S13、S18、S19、S20、S21、S25、S27、S28、S29、S30、S34		412-碣石湾浅海渔业功能区 执行《海水水质标准》（GB3097-1997）第一类水质标准
S9、S17		411A-白沙湖养殖功能区 执行《海水水质标准》（GB3097-1997）第二类水质标准
S22、S23、S24		406A-碣石浅澳港口功能区 执行《海水水质标准》（GB3097-1997）第三类水质标准
S31		412-1-碣石湾东工矿用海区 执行《海水水质标准》（GB3097-1997）第一类水质标准。
S32		406A-碣石浅澳工业功能区 执行《海水水质标准》（GB3097-1997）第三类水质标准
S16		汕尾电厂段三类功能区 执行《海水水质标准》（GB3097-1997）第三类水质标准
S36		汕尾渔业用海区 执行《海水水质标准》（GB3097-1997）第一类水质标准
S35	海岸带及海洋空间规划	碣石湾海马珍稀濒危物种分布区生态保护区 执行《海水水质标准》（GB3097-1997）第一类水质标准

表 4.3.5-8 2026 年 4 月春季各站位海水水质执行的标准

站位	执行的环境评价标准
S6、S10、S11、S12、S13、S18、S19、S20、S21、S25、S27、S28、S29、S30、S31、S34、S35、S36	执行《海水水质标准》（GB3097-1997）第一类水质标准
S3、S4、S5、S9、S17	执行《海水水质标准》（GB3097-1997）第二类水质标准
S1、S2、S7、S8、S14、S15、S16、S22、S23、S24、S32	执行《海水水质标准》（GB3097-1997）第三类水质标准



图 4.3.5-4a 2026 年春季各调查站位所在海洋功能分区（汕尾市近岸海域功能区划图）



图 4.3.5-4b 2026 年春季各调查站位所在海洋功能分区（广东省海岸带及海洋空间规划）

4.3.5.4 秋季海水水质调查结果与评价

1、调查结果

2025年11月秋季海水水质监测结果见表4.3.5-9。

2、评价结果

(1) 海水水质与《海水水质标准》(GB 3097-1997)的符合性分析

根据水质监测结果及单因子评价指数评价结果可知,执行《海水水质标准》(GB3097-1997)第一类标准的站位(S6、S11、S12、S13、S16、S17、S18、S19、S20、S21、S25、S27、S28、S29、S30、S31、S34、S35、S36)各评价因子均满足第一类标准要求。

在执行《海水水质标准》(GB3097-1997)第二类标准的站位(S3、S4、S5、S9、S10)中,无机氮和化学需氧量有不同程度的超标现象,其中无机氮超标的站位有S3和S4,最大超标倍数为1.41;化学需氧量超标的站位为S5,最大超标倍数为1.29,出现在底层。

在执行《海水水质标准》(GB3097-1997)第三类标准的站位(S1、S2、S7、S8、S14、S15、S22、S23、S24、S32)中,无机氮有不同程度的超标现象,超标站位有S1、S2、S23、S24,最大超标倍数为1.90。

根据黄沛桓,王刚,黄子茵,管东生《华南近岸海域水质评价及其影响因素》(热带地理,2021年1月第41卷第1期):华南近岸海域出现N、P超标情况,可能与当地海水养殖、生活废水排放有紧密的联系。广东省近岸海域重金属和石油类超标现象,可能与工业废水排放直接相关,其中铜离子污染还受近海船舶频繁往来的影响。

(2) 海水水质与《渔业水质标准》(GB11607-89)的符合性分析

项目海水水质调查结果按照《渔业水质标准》(GB11607-89)进行评价,评价结果如表4.3.5-11。由评价结果可知,34个水质调查站位各评价因子均未超过渔业水质的标准限值。

表 4.3.5-9 2025 年 11 月秋季海水水质现状监测结果

站号	层次	pH 值	水温	盐度	活性磷酸盐	石油类	溶解氧	无机氮	CODMn	BOD5	硫化物	悬浮物	挥发酚	铜	铅	镉	汞	砷	锌	总铬	粪大肠
			℃	‰	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	μg/L	mg/L	mg/L	mg/L	个/L
S1	表	7.14	20.5	10.4	0.005	0.0191	8.43	0.429	3.04	0.94	0.0003	6.5	未检出	0.0007	0.00038	未检出	0.025	0.0011	未检出	未检出	1.1×10 ²
S2	表	7.16	20.5	14.2	0.012	0.0356	8.5	0.496	1.62	0.61	0.0005	14.1	未检出	0.0002	未检出	未检出	0.025	0.0008	未检出	未检出	4.9×10 ²
S3	表	7.3	21	26.3	0.014	0.0192	6.52	0.424	1.06	0.39	0.0004	22.9	未检出	0.0006	未检出	未检出	0.024	0.0015	未检出	未检出	7.9×10 ²
S4	表	7.44	20.9	21	0.013	未检出	6.95	0.368	1.33	0.41	0.0005	11.3	未检出	0.0024	0.00027	0.00018	0.026	0.0013	未检出	未检出	70
S5	表	7.65	21.2	25.6	0.004	0.0039	9.12	0.03	3.76	1.15	0.0004	13	未检出	0.0015	未检出	0.00003	0.027	0.0019	未检出	未检出	1.3×10 ²
S5	表*	7.66	21.2	25.5	0.004	/	9.43	0.024	3.87	1.31	0.0003	12.6	未检出	0.0015	未检出	0.00003	0.024	0.0023	未检出	未检出	/
S6	表	8.05	26.4	29.5	0.001	未检出	6.67	0.055	0.84	0.3	0.0004	10.5	未检出	0.0009	0.00011	未检出	0.029	0.0019	未检出	未检出	<20
S7	表	7.83	21.1	32.6	0.014	未检出	6.53	0.161	0.59	0.2	0.0003	30.7	未检出	0.0014	未检出	0.00003	0.022	0.0015	未检出	未检出	90
S8	表	7.53	21.1	29.4	0.012	未检出	5.91	0.281	0.74	0.23	0.0004	21.7	未检出	0.0036	未检出	未检出	0.022	0.0015	未检出	未检出	1.7×10 ²
S9	表	8.03	26.3	30	0.002	0.0208	6.33	0.031	0.96	0.32	0.0004	18.4	未检出	0.0035	0.00058	未检出	0.024	0.0024	未检出	未检出	<20
S10	表	8.09	26.5	30.4	0.002	0.0407	6.91	0.015	0.85	0.31	0.0003	9.5	未检出	0.0014	0.00043	未检出	0.04	0.0021	0.0061	未检出	<20
S11	表	8.05	26.5	29.8	0.001	0.0283	7.06	0.043	0.88	0.31	0.0003	8.9	未检出	0.0013	0.00022	未检出	0.024	0.0016	0.0056	未检出	<20
S12	表	8.07	26.5	30	0.002	0.0232	6.79	0.028	0.77	0.29	0.0003	4.3	未检出	0.0015	0.00055	未检出	0.027	0.0016	0.0165	未检出	20
S13	表	8	26.1	30.3	0.005	0.0229	6.3	0.021	1.09	0.4	0.0003	8.7	未检出	0.0014	0.00046	未检出	0.028	0.0016	0.015	未检出	<20
S14	表	7.89	23.7	33.9	0.012	未检出	7.57	0.088	0.53	0.17	0.0002	20.6	未检出	0.0008	未检出	未检出	0.008	0.0017	未检出	未检出	<20
S15	表	7.65	23.6	32.9	0.013	0.012	7.24	0.195	0.87	0.26	0.0003	17.6	未检出	0.0025	未检出	未检出	0.013	0.0017	未检出	未检出	3.4×10 ²
S16	表	7.82	25.6	32.3	0.001	未检出	6.72	0.019	0.92	0.32	0.0003	15	未检出	0.0014	0.00034	0.00007	0.023	0.0022	未检出	未检出	<20
S17	表	8	25.8	31.9	0.004	未检出	7.35	0.088	0.48	0.15	0.0003	15.8	未检出	0.0013	0.00017	未检出	0.026	0.0025	未检出	未检出	<20
S17	底	7.97	25.6	31.8	0.003	/	6.26	0.067	0.48	0.17	未检出	9.4	未检出	0.0014	0.00035	未检出	0.026	0.0025	未检出	未检出	<20
S18	表	7.97	26.6	32	0.003	未检出	5.97	0.102	0.51	0.18	0.0002	9.4	未检出	0.0015	0.00012	未检出	0.026	0.003	未检出	未检出	<20
S18	表*	7.97	26.6	32.1	0.003	/	6.24	0.097	0.48	0.17	0.0002	9.3	未检出	0.0012	0.00012	未检出	0.028	0.003	未检出	未检出	/
S19	表	8.03	26.5	31.8	0.001	未检出	6.25	0.072	0.82	0.29	未检出	14.7	未检出	0.0013	0.00039	未检出	0.033	0.0028	未检出	未检出	<20
S20	表	8.08	26.7	31.2	0.001	未检出	7.38	0.009	0.85	0.3	未检出	5	未检出	0.0011	0.00035	未检出	0.026	0.0025	0.0072	未检出	<20
S21	表	7.99	26.7	31.8	0.003	未检出	6.68	0.049	0.53	0.28	0.0003	10.3	未检出	0.0014	0.00053	未检出	0.026	0.0027	未检出	未检出	<20
S21	底	8.04	26.5	31.7	0.002	/	6.23	0.034	1.84	0.64	0.0003	10.1	未检出	0.0013	0.00031	未检出	0.026	0.0025	未检出	未检出	<20
S22	表	7.61	23.5	32.9	0.012	未检出	6.84	0.165	0.87	0.3	0.0004	11.5	未检出	0.0004	未检出	未检出	0.022	0.0014	未检出	未检出	1.7×10 ²
S23	表	7.76	23.5	32	0.011	未检出	6.59	0.523	0.91	0.31	0.0005	10.1	未检出	0.0005	未检出	0.00001	0.023	0.0014	未检出	未检出	1.3×10 ³
S23	表*	7.77	23.5	32.2	0.011	/	6.87	0.503	0.88	0.29	0.0005	10.5	未检出	0.0008	未检出	0.00001	0.023	0.0014	未检出	未检出	/

站号	层次	pH 值	水温	盐度	活性磷酸盐	石油类	溶解氧	无机氮	CODMn	BOD5	硫化物	悬浮物	挥发酚	铜	铅	镉	汞	砷	锌	总铬	粪大肠
			°C	‰	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	µg/L	mg/L	mg/L	mg/L	个/L
S24	表	7.75	23.5	28.9	0.014	未检出	6.46	0.759	1.91	0.57	0.0004	8.7	未检出	0.0015	0.00017	未检出	0.023	0.0013	未检出	未检出	2.4×103
S25	表	7.82	25.3	32.8	0.004	未检出	6.01	0.184	0.72	0.23	0.0005	18.7	未检出	0.0012	0.00035	未检出	0.025	0.0024	未检出	未检出	<20
S25	底	7.84	25	32.9	0.003	/	5.79	0.112	0.62	0.24	0.0004	18.6	未检出	0.0009	0.00025	未检出	0.032	0.0025	未检出	未检出	20
S27	表	7.83	25.3	32.8	0.004	未检出	5.63	0.128	0.48	0.07	0.0006	15.9	未检出	0.0022	0.00041	未检出	0.031	0.0034	未检出	未检出	<20
S27	底	7.84	25.2	32.7	0.004	/	6.82	0.105	0.54	0.12	0.0006	22.8	未检出	0.0007	0.00024	未检出	0.027	0.0025	未检出	未检出	<20
S28	表	7.93	25.6	32.9	0.003	未检出	6.62	0.137	0.51	0.19	0.0005	20.9	未检出	0.0006	0.00055	0.00042	0.019	0.0024	未检出	未检出	<20
S28	底	7.94	25.5	33	0.004	/	5.24	0.105	0.44	0.16	0.0005	24.4	未检出	0.0004	0.00031	0.00019	0.031	0.0025	未检出	未检出	<20
S29	表	7.88	25.5	32.7	0.002	未检出	5.68	0.072	0.59	0.22	0.0005	27.9	未检出	0.0006	0.00041	未检出	0.026	0.0025	未检出	未检出	<20
S29	底	7.8	25.4	32.8	0.001	/	5.86	0.045	0.56	0.17	0.0004	27.4	未检出	0.0003	0.00014	未检出	0.027	0.0023	未检出	未检出	<20
S30	表	7.9	25.7	32.5	0.004	未检出	6.13	0.132	0.59	0.2	0.0004	25.3	未检出	0.0004	0.00034	0.00003	0.043	0.0024	未检出	未检出	<20
S30	底	7.93	25.6	32.6	0.004	/	5.94	0.095	0.59	0.2	0.0004	27.5	未检出	0.0006	0.00022	0.00007	0.028	0.0024	未检出	未检出	<20
S31	表	7.81	25.6	32.8	0.001	未检出	6.15	0.047	0.66	0.21	0.0004	20	未检出	0.0005	0.00011	未检出	0.029	0.0022	未检出	未检出	<20
S31	底	7.82	25.5	32.9	0.001	/	6.65	0.028	0.53	0.18	0.0004	15.8	未检出	0.001	0.00036	未检出	0.027	0.0023	未检出	未检出	<20
S32	表	7.88	25.9	32.8	0.004	未检出	6.58	0.074	0.66	0.21	0.0003	21.3	未检出	0.0024	0.00019	未检出	0.027	0.0022	未检出	未检出	<20
S34	表	7.93	25.5	32.7	0.004	未检出	6.06	0.124	0.48	0.16	0.0007	24.9	未检出	0.0006	0.00022	未检出	0.031	0.0027	未检出	未检出	<20
S34	底	7.94	25.4	32.8	0.005	/	6.21	0.166	0.42	0.14	0.0007	25.7	未检出	0.0008	0.0001	未检出	0.038	0.0026	未检出	未检出	<20
S35	表	7.84	24.6	33	0.007	未检出	6.43	0.117	0.45	0.16	0.0006	20.6	未检出	0.0004	0.00047	0.00005	0.032	0.0026	未检出	未检出	<20
S35	底	7.85	24.2	33	0.006	/	6.61	0.112	0.43	0.15	0.0005	28	未检出	0.0004	0.00006	0.00007	0.032	0.0029	未检出	未检出	50
S36	表	7.87	25.2	32.7	0.005	未检出	7.06	0.12	0.43	0.14	0.0007	21.1	未检出	0.0018	0.00071	0.00003	0.033	0.003	未检出	未检出	20
S36	底	7.88	25	32.7	0.006	/	6.21	0.124	0.53	0.15	0.0005	26.8	未检出	0.0003	0.00004	0.00002	0.037	0.0029	未检出	未检出	<20

注：低于检出限的项目，取检出限的一半统计。

表 4.3.5-10 2025 年 11 月秋季海水水质评价结果（执行《海水水质标准》（GB3097-1997））

站位	执行水质标准	pH	溶解氧	化学需氧量	无机氮	活性磷酸盐	石油类	挥发酚	锌	硫化物	铜	铅	镉	总铬	汞	砷
S1	第三类	0.08	0.47	0.76	1.07	0.17	0.06	0.06	0.02	0.00	0.01	0.04	0.00	0.00	0.13	0.02
S2	第三类	0.09	0.02	0.41	1.24	0.40	0.12	0.06	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.02
S3	第二类	0.20	0.77	0.35	1.41	0.47	0.38	0.11	0.03	0.01	0.06	0.00	0.00	0.00	0.12	0.05
S4	第二类	0.29	0.72	0.44	1.23	0.43	0.04	0.11	0.03	0.01	0.24	0.05	0.04	0.00	0.13	0.04
S5	第二类	0.43	0.51	1.25	0.10	0.13	0.08	0.11	0.03	0.01	0.15	0.00	0.01	0.00	0.14	0.06
S5	第二类	0.44	0.62	1.29	0.08	0.13	——	0.11	0.03	0.01	0.15	0.00	0.01	0.00	0.12	0.08
S6	第一类	0.70	0.90	0.42	0.28	0.07	0.04	0.11	0.08	0.02	0.18	0.11	0.01	0.00	0.58	0.10
S7	第三类	0.46	0.61	0.15	0.40	0.47	0.01	0.06	0.02	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.11	0.03
S8	第三类	0.29	0.68	0.19	0.70	0.40	0.01	0.06	0.02	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.11	0.03
S9	第二类	0.69	0.79	0.32	0.10	0.07	0.42	0.11	0.03	0.01	0.35	0.12	0.00	0.00	0.12	0.08
S10	第二类	0.73	0.04	0.28	0.05	0.07	0.81	0.11	0.12	0.01	0.14	0.09	0.00	0.00	0.20	0.07
S11	第一类	0.70	0.22	0.44	0.22	0.07	0.57	0.11	0.28	0.02	0.26	0.22	0.01	0.00	0.48	0.08
S12	第一类	0.71	0.88	0.39	0.14	0.13	0.46	0.11	0.83	0.02	0.30	0.55	0.01	0.00	0.54	0.08
S13	第一类	0.67	0.95	0.55	0.11	0.33	0.46	0.11	0.75	0.02	0.28	0.46	0.01	0.00	0.56	0.08
S14	第三类	0.49	0.18	0.13	0.22	0.40	0.01	0.06	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.04	0.03
S15	第三类	0.36	0.05	0.22	0.49	0.43	0.04	0.06	0.02	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.07	0.03
S16	第一类	0.55	0.89	0.46	0.10	0.07	0.04	0.11	0.08	0.02	0.28	0.34	0.07	0.00	0.46	0.11
S17	第一类	0.67	0.58	0.24	0.44	0.27	0.04	0.11	0.08	0.02	0.26	0.17	0.01	0.00	0.52	0.13
S17	第一类	0.65	0.96	0.24	0.34	0.20	——	0.11	0.08	0.01	0.28	0.35	0.01	0.00	0.52	0.13
S18	第一类	0.65	1.01	0.26	0.51	0.20	0.04	0.11	0.08	0.01	0.30	0.12	0.01	0.00	0.52	0.15
S18	第一类	0.65	0.96	0.24	0.49	0.20	——	0.11	0.08	0.01	0.24	0.12	0.01	0.00	0.56	0.15
S19	第一类	0.69	0.96	0.41	0.36	0.07	0.04	0.11	0.08	0.01	0.26	0.39	0.01	0.00	0.66	0.14
S20	第一类	0.72	0.76	0.43	0.05	0.07	0.04	0.11	0.36	0.01	0.22	0.35	0.01	0.00	0.52	0.13
S21	第一类	0.66	0.90	0.27	0.25	0.20	0.04	0.11	0.08	0.02	0.28	0.53	0.01	0.00	0.52	0.14
S21	第一类	0.69	0.96	0.92	0.17	0.13	——	0.11	0.08	0.02	0.26	0.31	0.01	0.00	0.52	0.13
S22	第三类	0.34	0.58	0.22	0.41	0.40	0.01	0.06	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.11	0.03
S23	第三类	0.42	0.61	0.23	1.31	0.37	0.01	0.06	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.12	0.03
S23	第三类	0.43	0.58	0.22	1.26	0.37	——	0.06	0.02	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.12	0.03
S24	第三类	0.42	0.62	0.48	1.90	0.47	0.01	0.06	0.02	0.00	0.03	0.02	0.00	0.00	0.12	0.03

站位	执行水质标准	pH	溶解氧	化学需氧量	无机氮	活性磷酸盐	石油类	挥发酚	砷	硫化物	铜	铅	镉	总铬	汞	砷
S25	第一类	0.55	1.00	0.36	0.92	0.27	0.04	0.11	0.08	0.03	0.24	0.35	0.01	0.00	0.50	0.12
S25	第一类	0.56	1.04	0.31	0.56	0.20	——	0.11	0.08	0.02	0.18	0.25	0.01	0.00	0.64	0.13
S27	第一类	0.55	1.07	0.24	0.64	0.27	0.04	0.11	0.08	0.03	0.44	0.41	0.01	0.00	0.62	0.17
S27	第一类	0.56	0.88	0.27	0.53	0.27	——	0.11	0.08	0.03	0.14	0.24	0.01	0.00	0.54	0.13
S28	第一类	0.62	0.91	0.26	0.69	0.20	0.04	0.11	0.08	0.03	0.12	0.55	0.42	0.00	0.38	0.12
S28	第一类	0.63	1.15	0.22	0.53	0.27	——	0.11	0.08	0.03	0.08	0.31	0.19	0.00	0.62	0.13
S29	第一类	0.59	1.06	0.30	0.36	0.13	0.04	0.11	0.08	0.03	0.12	0.41	0.01	0.00	0.52	0.13
S29	第一类	0.53	1.02	0.28	0.23	0.07	——	0.11	0.08	0.02	0.06	0.14	0.01	0.00	0.54	0.12
S30	第一类	0.60	0.98	0.30	0.66	0.27	0.04	0.11	0.08	0.02	0.08	0.34	0.03	0.00	0.86	0.12
S30	第一类	0.62	1.01	0.30	0.48	0.27	——	0.11	0.08	0.02	0.12	0.22	0.07	0.00	0.56	0.12
S31	第一类	0.54	0.98	0.33	0.24	0.07	0.04	0.11	0.08	0.02	0.10	0.11	0.01	0.00	0.58	0.11
S31	第一类	0.55	0.90	0.27	0.14	0.07	——	0.11	0.08	0.02	0.20	0.36	0.01	0.00	0.54	0.12
S32	第三类	0.49	0.61	0.17	0.19	0.13	0.01	0.06	0.02	0.00	0.05	0.02	0.00	0.00	0.14	0.04
S34	第一类	0.62	0.99	0.24	0.62	0.27	0.04	0.11	0.08	0.04	0.12	0.22	0.01	0.00	0.62	0.14
S34	第一类	0.63	0.97	0.21	0.83	0.33	——	0.11	0.08	0.04	0.16	0.10	0.01	0.00	0.76	0.13
S35	第一类	0.56	0.93	0.23	0.59	0.47	0.04	0.11	0.08	0.03	0.08	0.47	0.05	0.00	0.64	0.13
S35	第一类	0.57	0.91	0.22	0.56	0.40	——	0.11	0.08	0.03	0.08	0.06	0.07	0.00	0.64	0.15
S36	第一类	0.58	0.19	0.22	0.60	0.33	0.04	0.11	0.08	0.04	0.36	0.71	0.03	0.00	0.66	0.15
S36	第一类	0.59	0.97	0.27	0.62	0.40	——	0.11	0.08	0.03	0.06	0.04	0.02	0.00	0.74	0.15
超标率		0.00%	0.00%	4.17%	14.58%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

注：“——”表示该项目无检测；低于检出限的项目，计算评价指数时按检出限的 1/2 进行计算；“■”表示评价结果超标。

表 4.6.3-11 2025 年 11 月秋季调查海域渔业水质标准评价结果

站位	pH 值	石油类	溶解氧	硫化物	挥发酚	铜	铅	镉	总铬	汞	砷	砷
S1	0.09	0.38	0.59	0.00	0.11	0.07	0.01	0.00	0.00	0.05	0.02	0.02
S2	0.11	0.71	0.03	0.00	0.11	0.02	0.00	0.00	0.00	0.05	0.02	0.02
S3	0.20	0.38	0.77	0.00	0.11	0.06	0.00	0.00	0.00	0.05	0.03	0.02
S4	0.29	0.04	0.72	0.00	0.11	0.24	0.01	0.04	0.00	0.05	0.03	0.02
S5	0.43	0.08	0.51	0.00	0.11	0.15	0.00	0.01	0.00	0.05	0.04	0.02
S5	0.44	——	0.62	0.00	0.11	0.15	0.00	0.01	0.00	0.05	0.05	0.02
S6	0.70	0.04	0.75	0.00	0.11	0.09	0.00	0.00	0.00	0.06	0.04	0.02

站位	pH 值	石油类	溶解氧	硫化物	挥发酚	铜	铅	镉	总铬	汞	砷	铍
S7	0.55	0.04	0.77	0.00	0.11	0.14	0.00	0.01	0.00	0.04	0.03	0.02
S8	0.35	0.04	0.85	0.00	0.11	0.36	0.00	0.00	0.00	0.04	0.03	0.02
S9	0.69	0.42	0.79	0.00	0.11	0.35	0.01	0.00	0.00	0.05	0.05	0.02
S10	0.73	0.81	0.04	0.00	0.11	0.14	0.01	0.00	0.00	0.08	0.04	0.06
S11	0.70	0.57	0.10	0.00	0.11	0.13	0.00	0.00	0.00	0.05	0.03	0.06
S12	0.71	0.46	0.74	0.00	0.11	0.15	0.01	0.00	0.00	0.05	0.03	0.17
S13	0.67	0.46	0.79	0.00	0.11	0.14	0.01	0.00	0.00	0.06	0.03	0.15
S14	0.59	0.04	0.28	0.00	0.11	0.08	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03	0.02
S15	0.43	0.24	0.08	0.00	0.11	0.25	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03	0.02
S16	0.55	0.04	0.74	0.00	0.11	0.14	0.01	0.01	0.00	0.05	0.04	0.02
S17	0.67	0.04	0.27	0.00	0.11	0.13	0.00	0.00	0.00	0.05	0.05	0.02
S17	0.65	——	0.80	0.00	0.11	0.14	0.01	0.00	0.00	0.05	0.05	0.02
S18	0.65	0.04	0.84	0.00	0.11	0.15	0.00	0.00	0.00	0.05	0.06	0.02
S18	0.65	——	0.80	0.00	0.11	0.12	0.00	0.00	0.00	0.06	0.06	0.02
S19	0.69	0.04	0.80	0.00	0.11	0.13	0.01	0.00	0.00	0.07	0.06	0.02
S20	0.72	0.04	0.34	0.00	0.11	0.11	0.01	0.00	0.00	0.05	0.05	0.07
S21	0.66	0.04	0.75	0.00	0.11	0.14	0.01	0.00	0.00	0.05	0.05	0.02
S21	0.69	——	0.80	0.00	0.11	0.13	0.01	0.00	0.00	0.05	0.05	0.02
S22	0.41	0.04	0.73	0.00	0.11	0.04	0.00	0.00	0.00	0.04	0.03	0.02
S23	0.51	0.04	0.76	0.00	0.11	0.05	0.00	0.00	0.00	0.05	0.03	0.02
S23	0.51	——	0.73	0.00	0.11	0.08	0.00	0.00	0.00	0.05	0.03	0.02
S24	0.50	0.04	0.77	0.00	0.11	0.15	0.00	0.00	0.00	0.05	0.03	0.02
S25	0.55	0.04	0.83	0.00	0.11	0.12	0.01	0.00	0.00	0.05	0.05	0.02
S25	0.56	——	0.86	0.00	0.11	0.09	0.01	0.00	0.00	0.06	0.05	0.02
S27	0.55	0.04	0.89	0.00	0.11	0.22	0.01	0.00	0.00	0.06	0.07	0.02
S27	0.56	——	0.73	0.00	0.11	0.07	0.00	0.00	0.00	0.05	0.05	0.02
S28	0.62	0.04	0.76	0.00	0.11	0.06	0.01	0.08	0.00	0.04	0.05	0.02
S28	0.63	——	0.95	0.00	0.11	0.04	0.01	0.04	0.00	0.06	0.05	0.02
S29	0.59	0.04	0.88	0.00	0.11	0.06	0.01	0.00	0.00	0.05	0.05	0.02
S29	0.53	——	0.85	0.00	0.11	0.03	0.00	0.00	0.00	0.05	0.05	0.02

站位	pH 值	石油类	溶解氧	硫化物	挥发酚	铜	铅	镉	总铬	汞	砷	锌
S30	0.60	0.04	0.82	0.00	0.11	0.04	0.01	0.01	0.00	0.09	0.05	0.02
S30	0.62	——	0.84	0.00	0.11	0.06	0.00	0.01	0.00	0.06	0.05	0.02
S31	0.54	0.04	0.81	0.00	0.11	0.05	0.00	0.00	0.00	0.06	0.04	0.02
S31	0.55	——	0.75	0.00	0.11	0.10	0.01	0.00	0.00	0.05	0.05	0.02
S32	0.59	0.04	0.76	0.00	0.11	0.24	0.00	0.00	0.00	0.05	0.04	0.02
S34	0.62	0.04	0.83	0.00	0.11	0.06	0.00	0.00	0.00	0.06	0.05	0.02
S34	0.63	——	0.81	0.00	0.11	0.08	0.00	0.00	0.00	0.08	0.05	0.02
S35	0.56	0.04	0.78	0.00	0.11	0.04	0.01	0.01	0.00	0.06	0.05	0.02
S35	0.57	——	0.76	0.00	0.11	0.04	0.00	0.01	0.00	0.06	0.06	0.02
S36	0.58	0.04	0.09	0.00	0.11	0.18	0.01	0.01	0.00	0.07	0.06	0.02
S36	0.59	——	0.81	0.00	0.11	0.03	0.00	0.00	0.00	0.07	0.06	0.02
超标率	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

注：水质指数>1 表示超标。

4.3.5.5 春季海水水质调查结果与评价

1、调查结果

2026年4月春季海水水质监测结果见表4.3.5-12。

2、评价结果

(1) 海水水质与《海水水质标准》(GB 3097-1997)的符合性分析

根据水质监测结果及单因子评价指数评价结果可知,执行《海水水质标准》(GB3097-1997)第一类标准的站位(S6、S10、S11、S12、S13、S18、S19、S20、S21、S25、S27、S28、S29、S30、S31、S34、S35、S36)各评价因子均满足第一类标准要求。

在执行《海水水质标准》(GB3097-1997)第二类标准的站位(S3、S4、S5、S9、S17)中,化学需氧量、无机盐和活性磷酸盐有不同程度的超标现象,其中无机盐超标的站位有S3、S4、S5,最大超标倍数为2.73;化学需氧量超标的站位为S3、S4、S5,最大超标倍数为1.55,出现在S5表层;活性磷酸盐超标的站位为S4和S5,最大超标倍数为4.33,出现在S5表层。

在执行《海水水质标准》(GB3097-1997)第三类标准的站位(S1、S2、S7、S8、S14、S15、S16、S22、S23、S24、S32)中,化学需氧量、无机盐和活性磷酸盐有不同程度的超标现象,其中无机盐超标的站位有S1、S2、S23和S24,最大超标倍数为2.75,出现在S2表层;化学需氧量超标的站位为S1和S24,最大超标倍数为1.22,出现在S1表层;活性磷酸盐超标的站位为S1、S15、S23和S24,最大超标倍数为4.27,出现在S24表层。

(2) 海水水质与《渔业水质标准》(GB11607-89)的符合性分析

项目海水水质调查结果按照《渔业水质标准》(GB11607-89)进行评价,评价结果如表4.3.5-14。由评价结果可知,34个水质调查站位各评价因子均未超过渔业水质的标准限值。

表 4.3.5-12 2026 年 4 月春季海水水质现状监测结果

站号	pH 值	水温 ℃	盐度 ‰	活性磷酸盐 mg/L	石油类 mg/L	溶解氧 mg/L	亚硝酸盐 mg/L	硝酸盐 mg/L	氨 mg/L	COD _{Mn} mg/L	BOD ₅ mg/L	硫化物 mg/L	悬浮物 mg/L	挥发酚 mg/L	铜 mg/L	铅 mg/L	镉 mg/L	汞 μg/L	砷 mg/L	锌 mg/L	总铬 mg/L	粪大肠 个/L
S1 表	7.83	26.8	29.5	0.03	0.0271	7.76	0.115	0.277	0.525	4.86	1.71	0.0005	19.5	未检出	0.0009	0.00041	0.00018	0.045	0.0024	未检出	未检出	2.3×10 ²
S2 表	8.45	26.7	30.3	0.024	0.0233	7.73	0.06	0.466	0.575	3.83	1.34	0.0004	4.1	未检出	0.0021	0.00028	0.00012	0.037	0.0018	未检出	未检出	2.4×10 ³
S3 表	7.84	26.7	23	0.001	0.0125	8.89	0.04	0.202	0.269	3.6	1.63	0.0003	24.2	未检出	0.0011	未检出	0.00013	0.037	0.0023	未检出	未检出	3.5×10 ³
S4 表	7.63	26.7	10.8	0.038	0.0117	7.3	0.056	0.302	0.46	4.08	1.89	0.0003	8.6	未检出	0.0009	未检出	未检出	0.044	0.0024	未检出	未检出	1.6×10 ⁴
S5 表	8.06	26.5	24.4	0.13	0.0239	7.51	0.035	0.245	0.38	4.64	2.14	0.0003	21.8	未检出	0.0034	0.00013	0.00001	0.028	0.0081	未检出	未检出	1.6×10 ⁴
S5 表*	8.05	26.5	24.5	0.128	/	7.54	0.035	0.249	0.357	4.44	2.16	0.0003	22.3	未检出	0.0012	0.00022	0.00001	0.027	0.0088	未检出	未检出	/
S6 表	7.91	25.4	31.5	未检出	0.0459	7.59	未检出	0.017	0.002	0.92	0.45	0.0005	12.1	未检出	0.0011	0.00042	未检出	0.024	0.0013	未检出	未检出	<20
S7 表	7.85	26.7	26.5	未检出	0.0095	8.02	0.026	0.158	0.161	2.25	1.02	0.0004	17.4	未检出	0.0007	未检出	0.00002	0.025	0.0015	未检出	未检出	20
S8 表	7.86	26.7	31.6	0.002	0.0062	7.42	0.009	0.072	0.076	1.92	0.89	0.0003	15.6	未检出	0.0016	未检出	0.00012	0.028	0.0016	未检出	未检出	1.7×10 ³
S9 表	8.17	25.4	33.6	未检出	0.0417	6.04	未检出	0.001	0.002	0.82	0.34	0.0004	12.6	未检出	0.0021	0.00046	未检出	0.02	0.0014	未检出	未检出	<20
S10 表	8.15	25.6	32.7	0.001	0.0311	7.64	未检出	0.006	0.002	0.96	0.41	0.0005	16.4	未检出	0.0018	0.00013	未检出	0.026	0.001	未检出	未检出	<20
S11 表	8.24	25.6	33.8	未检出	0.0439	7.41	未检出	0.001	0.001	0.86	0.3	0.0004	11.2	未检出	0.0017	0.00077	未检出	0.014	0.001	未检出	未检出	<20
S12 表	8.28	25.5	32.7	未检出	0.0305	6.92	未检出	0.013	0.001	1.13	0.43	0.0004	12.8	未检出	0.0021	0.00008	未检出	0.019	0.001	未检出	未检出	<20
S13 表	8.29	25.5	32.8	未检出	0.035	7.22	未检出	0.009	0.002	1.09	0.51	0.0004	21.8	未检出	0.0014	未检出	0.00002	0.014	0.0014	未检出	未检出	<20
S14 表	8.05	26.6	32.9	0.002	0.0095	6.31	0.001	0.013	0.001	1.08	0.43	0.0004	20	未检出	0.0005	0.00034	0.00003	0.033	0.0015	未检出	未检出	<20
S15 表	8.09	26.6	30.8	0.062	0.0302	6.95	0.054	0.046	0.224	2.3	0.96	0.0003	20.8	未检出	0.0015	0.00026	0.00004	0.037	0.0018	未检出	未检出	3.5×10 ³
S16 表	8.02	25.5	33.4	未检出	0.0069	6.22	0.002	未检出	0.002	0.57	0.21	0.0002	17.7	未检出	0.0019	0.00022	0.00002	0.012	0.0013	未检出	未检出	<20
S17 表	8.06	25.6	32.7	未检出	0.0096	6.84	未检出	0.002	0.001	0.83	0.38	0.0002	19.1	未检出	0.0009	0.00013	未检出	0.016	0.0014	未检出	未检出	<20
S17 底	8.05	25.6	32.6	未检出	/	6.44	未检出	未检出	0.004	0.63	0.3	0.0004	23.8	未检出	0.0011	0.00012	未检出	0.04	0.0011	未检出	未检出	<20
S18 表	8.29	25.5	33.3	未检出	0.0424	7.11	未检出	0.016	0.001	1.08	0.51	0.0003	15	未检出	0.002	0.00027	0.00001	0.009	0.0015	0.0103	未检出	<20
S18 表*	8.28	25.5	33.2	未检出	/	7.28	未检出	0.015	0.001	1.16	0.57	0.0002	15.4	未检出	0.0006	0.00005	0.00003	0.012	0.0016	0.0092	未检出	/
S19 表	8.13	25.4	31.8	未检出	0.0446	7.77	未检出	0.056	0.003	1.07	0.51	0.0004	21.6	未检出	0.0013	0.00022	未检出	0.009	0.0014	0.0035	未检出	<20
S20 表	8.39	25.4	33.3	未检出	0.0484	7.74	未检出	0.023	0.002	0.93	0.32	0.0002	29.3	未检出	0.0016	0.00016	未检出	0.009	0.0016	未检出	未检出	<20
S21 表	8.17	25.5	33.5	未检出	0.0469	7.32	未检出	未检出	0.002	1.18	0.48	0.0004	21.6	未检出	0.0022	0.0006	未检出	0.009	0.0016	0.0049	未检出	<20
S21 底	8.16	25.5	33.4	未检出	/	6.44	未检出	0.002	0.001	0.92	0.34	0.0004	21.7	未检出	0.0014	0.00044	未检出	0.014	0.0012	0.0051	未检出	<20
S22 表	7.85	26.9	32.2	0.018	0.0312	6.08	0.009	0.02	0.002	1.22	0.47	0.0005	20.1	未检出	0.0019	0.0003	0.00008	0.034	0.0018	未检出	未检出	50
S23 表	8.05	26.7	31.3	0.064	0.0444	5.76	0.085	0.241	0.099	2.65	0.91	0.0004	29.2	未检出	0.0014	0.00085	0.00005	0.028	0.002	未检出	未检出	2.2×10 ²
S23 表*	8.04	26.7	31.2	0.06	/	6.15	0.085	0.262	0.1	2.83	1.14	0.0004	29.2	未检出	0.0013	0.00009	0.00049	0.031	0.0018	未检出	未检出	/
S24 表	8.13	26	29.9	0.128	0.0343	8.16	0.245	0.047	0.472	4.21	2.01	0.0003	31.4	未检出	0.0025	0.0018	0.00039	0.043	0.0021	0.0168	未检出	1.3×10 ²

站号	pH 值	水温 °C	盐度 ‰	活性磷酸盐 mg/L	石油类 mg/L	溶解氧 mg/L	亚硝酸盐 mg/L	硝酸盐 mg/L	氨 mg/L	COD _{Mn} mg/L	BOD ₅ mg/L	硫化物 mg/L	悬浮物 mg/L	挥发酚 mg/L	铜 mg/L	铅 mg/L	镉 mg/L	汞 μg/L	砷 mg/L	铍 mg/L	总铬 mg/L	粪大肠 个/L
S25 表	8.06	25.5	33.8	未检出	0.0051	7.09	未检出	0.001	0.001	0.9	0.36	0.0004	17.8	未检出	0.0011	未检出	未检出	0.012	0.0017	未检出	未检出	<20
S25 底	8.07	25.5	33.7	未检出	/	8.72	未检出	0.001	0.002	0.58	0.26	0.0004	17.2	未检出	0.0023	未检出	未检出	0.023	0.0007	未检出	未检出	<20
S27 表	8.11	25.4	33.3	未检出	0.0199	5.91	未检出	未检出	0.004	0.55	0.24	0.0004	28.7	未检出	0.0021	0.00092	未检出	0.015	0.0012	未检出	未检出	<20
S27 底	8.1	25.4	33.5	未检出	/	6.59	未检出	未检出	0.004	0.49	0.23	0.0003	26.3	未检出	0.0023	0.00048	未检出	0.016	0.0007	未检出	未检出	<20
S28 表	7.71	25.5	32.7	未检出	0.0256	6.39	未检出	未检出	0.001	0.61	0.21	0.0004	10.9	未检出	0.0032	0.00061	0.00005	0.016	0.0007	未检出	未检出	<20
S28 底	7.73	25.5	32.9	未检出	/	6.34	未检出	0.002	0.001	1.39	0.55	0.0004	14	未检出	0.0009	0.00078	0.00023	0.019	0.0016	未检出	未检出	<20
S29 表	8.16	25.5	33.5	未检出	未检出	7.34	未检出	0.001	0.003	0.9	0.44	0.0005	20	未检出	0.0041	0.00069	0.00029	0.019	0.0012	未检出	未检出	<20
S29 底	8.15	25.5	33.4	未检出	/	6.47	未检出	0.001	0.002	0.55	0.2	0.0005	22.6	未检出	0.002	0.00072	0.00005	0.012	0.0007	未检出	未检出	<20
S30 表	8.06	25.5	32.8	未检出	0.0063	6.53	未检出	0.001	0.004	0.58	0.24	0.0004	14.5	未检出	0.0012	未检出	未检出	0.012	0.0008	未检出	未检出	<20
S30 底	8.08	25.5	32.6	未检出	/	5.52	未检出	0.001	0.001	0.63	0.42	0.0005	18.6	未检出	0.001	未检出	未检出	0.01	0.0014	未检出	未检出	<20
S31 表	7.92	25.8	32.3	未检出	0.0337	6.22	未检出	0.029	0.01	1.07	0.52	0.0002	18.6	未检出	0.0023	0.0003	0.00005	0.017	0.0008	未检出	未检出	<20
S31 底	7.93	25.8	32.4	未检出	/	6.34	未检出	0.041	0.016	1.16	0.39	0.0004	17.6	未检出	0.0034	0.0003	0.00058	0.009	0.0009	未检出	未检出	<20
S32 表	7.95	25.5	31.7	未检出	0.0743	6.42	0.001	0.002	0.015	1.26	0.47	0.0005	18.7	未检出	0.0021	0.00126	0.00003	0.019	0.0007	未检出	未检出	<20
S34 表	7.93	25.9	33.2	未检出	0.0362	6.45	未检出	0.028	0.01	0.79	0.34	0.0002	13.4	未检出	0.0008	0.00078	0.00005	0.022	0.0011	未检出	未检出	<20
S34 底	7.95	25.9	33.5	未检出	/	6.26	未检出	0.01	0.003	0.91	0.35	0.0002	12.3	未检出	0.0012	0.00039	0.0001	0.023	0.0011	未检出	未检出	<20
S35 表	8.08	25.9	32.6	未检出	0.0343	5.88	未检出	0.033	0.015	0.81	0.32	0.0003	17.8	未检出	0.0013	0.00068	0.0001	0.011	0.001	0.0075	未检出	<20
S35 底	8.09	25.9	32.7	未检出	/	6.23	未检出	0.001	0.014	0.76	0.37	0.0003	16.9	未检出	0.0044	0.00047	0.00026	0.017	0.0012	0.0058	未检出	<20
S36 表	8.19	25.9	33.3	未检出	0.0333	6.67	未检出	0.045	0.015	0.78	0.31	0.0003	17.9	未检出	0.0006	未检出	0.00026	0.031	0.001	未检出	未检出	<20
S36 底	8.18	25.9	33.2	未检出	/	6.01	未检出	0.017	0.007	0.82	0.37	0.0003	14.9	未检出	0.0014	未检出	0.00013	0.021	0.001	未检出	未检出	<20

注：低于检出限的项目，取检出限的一半统计。

表 4.3.5-13 2026 年 4 月春季海水水质评价结果（执行《海水水质标准》（GB3097-1997））

站位	执行水质标准	pH	溶解氧	化学需氧量	无机盐	活性磷酸盐	石油类	挥发酚	铍	硫化物	铜	铅	镉	总铬	汞	砷
S1 表	第三类	0.46	0.32	1.22	2.29	1.00	0.09	0.06	0.02	0.01	0.02	0.04	0.02	0.00	0.23	0.05
S2 表	第三类	0.81	0.32	0.96	2.75	0.80	0.08	0.06	0.02	0.00	0.04	0.03	0.01	0.00	0.19	0.04
S3 表	第二类	0.56	0.81	1.20	1.70	0.03	0.25	0.11	0.03	0.01	0.11	0.00	0.03	0.00	0.19	0.08
S4 表	第二类	0.42	0.68	1.36	2.73	1.27	0.23	0.11	0.03	0.01	0.09	0.00	0.00	0.00	0.22	0.08
S5 表	第二类	0.71	0.19	1.55	2.20	4.33	0.48	0.11	0.03	0.01	0.34	0.03	0.00	0.00	0.14	0.27
S5 表*	第二类	0.70	0.21	1.48	2.14	4.27	—	0.11	0.03	0.01	0.12	0.04	0.00	0.00	0.14	0.29
S6 表	第一类	0.61	0.73	0.46	0.10	0.00	0.92	0.11	0.08	0.03	0.22	0.42	0.01	0.00	0.48	0.07
S7 表	第三类	0.47	0.34	0.56	0.86	0.00	0.03	0.06	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.13	0.03
S8 表	第三类	0.48	0.24	0.48	0.39	0.07	0.02	0.06	0.02	0.00	0.03	0.00	0.01	0.00	0.14	0.03

站位	执行水质标准	pH	溶解氧	化学需氧量	无机盐	活性磷酸盐	石油类	挥发酚	锌	硫化物	铜	铅	镉	总铬	汞	砷
S9 表	第二类	0.78	0.83	0.27	0.01	0.00	0.83	0.11	0.03	0.01	0.21	0.09	0.00	0.00	0.10	0.05
S10 表	第一类	0.77	0.95	0.48	0.04	0.07	0.62	0.11	0.08	0.03	0.36	0.13	0.01	0.00	0.52	0.05
S11 表	第一类	0.83	0.78	0.43	0.01	0.00	0.88	0.11	0.08	0.02	0.34	0.77	0.01	0.00	0.28	0.05
S12 表	第一类	0.85	0.08	0.57	0.07	0.00	0.61	0.11	0.08	0.02	0.42	0.08	0.01	0.00	0.38	0.05
S13 表	第一类	0.86	0.44	0.55	0.06	0.00	0.70	0.11	0.08	0.02	0.28	0.02	0.02	0.00	0.28	0.07
S14 表	第三类	0.58	0.63	0.27	0.04	0.07	0.03	0.06	0.02	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	0.17	0.03
S15 表	第三类	0.61	0.05	0.58	0.81	2.07	0.10	0.06	0.02	0.00	0.03	0.03	0.00	0.00	0.19	0.04
S16 表	第三类	0.57	0.64	0.14	0.01	0.00	0.02	0.06	0.02	0.00	0.04	0.02	0.00	0.00	0.06	0.03
S17 表	第二类	0.71	0.73	0.28	0.01	0.00	0.19	0.11	0.03	0.00	0.09	0.03	0.00	0.00	0.08	0.05
S17 底	第二类	0.70	0.78	0.21	0.01	0.00	—	0.11	0.03	0.01	0.11	0.02	0.00	0.00	0.20	0.04
S18 表	第一类	0.86	0.34	0.54	0.09	0.00	0.85	0.11	0.52	0.02	0.40	0.27	0.01	0.00	0.18	0.08
S18 表*	第一类	0.85	0.54	0.58	0.08	0.00	—	0.11	0.46	0.01	0.12	0.05	0.03	0.00	0.24	0.08
S19 表	第一类	0.75	0.95	0.54	0.30	0.00	0.89	0.11	0.18	0.02	0.26	0.22	0.01	0.00	0.18	0.07
S20 表	第一类	0.93	1.08	0.47	0.13	0.00	0.97	0.11	0.08	0.01	0.32	0.16	0.01	0.00	0.18	0.08
S21 表	第一类	0.78	0.61	0.59	0.01	0.00	0.94	0.11	0.25	0.02	0.44	0.60	0.01	0.00	0.18	0.08
S21 底	第一类	0.77	0.93	0.46	0.02	0.00	—	0.11	0.26	0.02	0.28	0.44	0.01	0.00	0.28	0.06
S22 表	第三类	0.47	0.66	0.31	0.08	0.60	0.10	0.06	0.02	0.01	0.04	0.03	0.01	0.00	0.17	0.04
S23 表	第三类	0.58	0.69	0.66	1.06	2.13	0.15	0.06	0.02	0.00	0.03	0.09	0.01	0.00	0.14	0.04
S23 表*	第三类	0.58	0.65	0.71	1.12	2.00	—	0.06	0.02	0.00	0.03	0.01	0.05	0.00	0.16	0.04
S24 表	第三类	0.63	0.42	1.05	1.91	4.27	0.11	0.06	0.17	0.00	0.05	0.18	0.04	0.00	0.22	0.04
S25 表	第一类	0.71	0.36	0.45	0.01	0.00	0.10	0.11	0.08	0.02	0.22	0.02	0.01	0.00	0.24	0.09
S25 底	第一类	0.71	2.36	0.29	0.02	0.00	—	0.11	0.08	0.02	0.46	0.02	0.01	0.00	0.46	0.04
S27 表	第一类	0.74	1.02	0.28	0.02	0.00	0.40	0.11	0.08	0.02	0.42	0.92	0.01	0.00	0.30	0.06
S27 底	第一类	0.73	0.91	0.25	0.02	0.00	—	0.11	0.08	0.02	0.46	0.48	0.01	0.00	0.32	0.04
S28 表	第一类	0.47	0.94	0.31	0.01	0.00	0.51	0.11	0.08	0.02	0.64	0.61	0.05	0.00	0.32	0.04
S28 底	第一类	0.49	0.95	0.70	0.02	0.00	—	0.11	0.08	0.02	0.18	0.78	0.23	0.00	0.38	0.08
S29 表	第一类	0.77	0.64	0.45	0.02	0.00	0.04	0.11	0.08	0.03	0.82	0.69	0.29	0.00	0.38	0.06
S29 底	第一类	0.77	0.93	0.28	0.02	0.00	—	0.11	0.08	0.03	0.40	0.72	0.05	0.00	0.24	0.04
S30 表	第一类	0.71	0.92	0.29	0.03	0.00	0.13	0.11	0.08	0.02	0.24	0.02	0.01	0.00	0.24	0.04
S30 底	第一类	0.72	1.09	0.32	0.01	0.00	—	0.11	0.08	0.03	0.20	0.02	0.01	0.00	0.20	0.07
S31 表	第一类	0.61	0.96	0.54	0.20	0.00	0.67	0.11	0.08	0.01	0.46	0.30	0.05	0.00	0.34	0.04

站位	执行水质标准	pH	溶解氧	化学需氧量	无机盐	活性磷酸盐	石油类	挥发酚	砷	硫化物	铜	铅	镉	总铬	汞	砷
S31 底	第一类	0.62	0.95	0.58	0.29	0.00	——	0.11	0.08	0.02	0.68	0.30	0.58	0.00	0.18	0.05
S32 表	第三类	0.53	0.62	0.32	0.05	0.00	0.25	0.06	0.02	0.01	0.04	0.13	0.00	0.00	0.10	0.01
S34 表	第一类	0.62	0.93	0.40	0.19	0.00	0.72	0.11	0.08	0.01	0.16	0.78	0.05	0.00	0.44	0.06
S34 底	第一类	0.63	0.96	0.46	0.07	0.00	——	0.11	0.08	0.01	0.24	0.39	0.10	0.00	0.46	0.06
S35 表	第一类	0.72	1.02	0.41	0.24	0.00	0.69	0.11	0.38	0.02	0.26	0.68	0.10	0.00	0.22	0.05
S35 底	第一类	0.73	0.96	0.38	0.08	0.00	——	0.11	0.29	0.02	0.88	0.47	0.26	0.00	0.34	0.06
S36 表	第一类	0.79	0.90	0.39	0.30	0.00	0.67	0.11	0.08	0.02	0.12	0.02	0.26	0.00	0.62	0.05
S36 底	第一类	0.79	1.00	0.41	0.12	0.00	——	0.11	0.08	0.02	0.28	0.02	0.13	0.00	0.42	0.05
超标率		0.00%	0.00%	12.50%	18.75%	16.67%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

注：“——”表示该项目无需检测；低于检出限的项目，计算评价指数时按检出限的 1/2 进行计算；“■”表示评价结果超标。

表 4.3.5-14 2026 年 4 月春季调查海域渔业水质标准评价结果

站位	pH 值	石油类	溶解氧	硫化物	挥发酚	铜	铅	镉	总铬	汞	砷	砷
S1 表	0.55	0.54	0.49	0.00	0.11	0.09	0.01	0.04	0.00	0.09	0.05	0.02
S2 表	0.97	0.47	0.50	0.00	0.11	0.21	0.01	0.02	0.00	0.07	0.04	0.02
S3 表	0.56	0.25	0.81	0.00	0.11	0.11	0.00	0.03	0.00	0.07	0.05	0.02
S4 表	0.42	0.23	0.68	0.00	0.11	0.09	0.00	0.00	0.00	0.09	0.05	0.02
S5 表	0.71	0.48	0.19	0.00	0.11	0.34	0.00	0.00	0.00	0.06	0.16	0.02
S5 表*	0.70	——	0.21	0.00	0.11	0.12	0.00	0.00	0.00	0.05	0.18	0.02
S6 表	0.61	0.92	0.35	0.00	0.11	0.11	0.01	0.00	0.00	0.05	0.03	0.02
S7 表	0.57	0.19	0.52	0.00	0.11	0.07	0.00	0.00	0.00	0.05	0.03	0.02
S8 表	0.57	0.12	0.37	0.00	0.11	0.16	0.00	0.02	0.00	0.06	0.03	0.02
S9 表	0.78	0.83	0.83	0.00	0.11	0.21	0.01	0.00	0.00	0.04	0.03	0.02
S10 表	0.77	0.62	0.43	0.00	0.11	0.18	0.00	0.00	0.00	0.05	0.02	0.02
S11 表	0.83	0.88	0.34	0.00	0.11	0.17	0.02	0.00	0.00	0.03	0.02	0.02
S12 表	0.85	0.61	0.04	0.00	0.11	0.21	0.00	0.00	0.00	0.04	0.02	0.02
S13 表	0.86	0.70	0.20	0.00	0.11	0.14	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03	0.02
S14 表	0.70	0.19	0.79	0.00	0.11	0.05	0.01	0.01	0.00	0.07	0.03	0.02
S15 表	0.73	0.60	0.08	0.00	0.11	0.15	0.01	0.01	0.00	0.07	0.04	0.02
S16 表	0.68	0.14	0.80	0.00	0.11	0.19	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03	0.02
S17 表	0.71	0.19	0.73	0.00	0.11	0.09	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03	0.02
S17 底	0.70	——	0.78	0.00	0.11	0.11	0.00	0.00	0.00	0.08	0.02	0.02

站位	pH 值	石油类	溶解氧	硫化物	挥发酚	铜	铅	镉	总铬	汞	砷	铍
S18 表	0.86	0.85	0.16	0.00	0.11	0.20	0.01	0.00	0.00	0.02	0.03	0.10
S18 表*	0.85	——	0.25	0.00	0.11	0.06	0.00	0.01	0.00	0.02	0.03	0.09
S19 表	0.75	0.89	0.45	0.00	0.11	0.13	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03	0.04
S20 表	0.93	0.97	0.49	0.00	0.11	0.16	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03	0.02
S21 表	0.78	0.94	0.28	0.00	0.11	0.22	0.01	0.00	0.00	0.02	0.03	0.05
S21 底	0.77	——	0.78	0.00	0.11	0.14	0.01	0.00	0.00	0.03	0.02	0.05
S22 表	0.57	0.62	0.82	0.00	0.11	0.19	0.01	0.02	0.00	0.07	0.04	0.02
S23 表	0.70	0.89	0.87	0.00	0.11	0.14	0.02	0.01	0.00	0.06	0.04	0.02
S23 表*	0.69	——	0.81	0.00	0.11	0.13	0.00	0.10	0.00	0.06	0.04	0.02
S24 表	0.75	0.69	0.65	0.00	0.11	0.25	0.04	0.08	0.00	0.09	0.04	0.17
S25 表	0.71	0.10	0.16	0.00	0.11	0.11	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03	0.02
S25 底	0.71	——	1.06	0.00	0.11	0.23	0.00	0.00	0.00	0.05	0.01	0.02
S27 表	0.74	0.40	0.85	0.00	0.11	0.21	0.02	0.00	0.00	0.03	0.02	0.02
S27 底	0.73	——	0.76	0.00	0.11	0.23	0.01	0.00	0.00	0.03	0.01	0.02
S28 表	0.47	0.51	0.78	0.00	0.11	0.32	0.01	0.01	0.00	0.03	0.01	0.02
S28 底	0.49	——	0.79	0.00	0.11	0.09	0.02	0.05	0.00	0.04	0.03	0.02
S29 表	0.77	0.04	0.29	0.00	0.11	0.41	0.01	0.06	0.00	0.04	0.02	0.02
S29 底	0.77	——	0.77	0.00	0.11	0.20	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	0.02
S30 表	0.71	0.13	0.77	0.00	0.11	0.12	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02
S30 底	0.72	——	0.91	0.00	0.11	0.10	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03	0.02
S31 表	0.61	0.67	0.80	0.00	0.11	0.23	0.01	0.01	0.00	0.03	0.02	0.02
S31 底	0.62	——	0.79	0.00	0.11	0.34	0.01	0.12	0.00	0.02	0.02	0.02
S32 表	0.63	1.49	0.78	0.00	0.11	0.21	0.03	0.01	0.00	0.04	0.01	0.02
S34 表	0.62	0.72	0.78	0.00	0.11	0.08	0.02	0.01	0.00	0.04	0.02	0.02
S34 底	0.63	——	0.80	0.00	0.11	0.12	0.01	0.02	0.00	0.05	0.02	0.02
S35 表	0.72	0.69	0.85	0.00	0.11	0.13	0.01	0.02	0.00	0.02	0.02	0.08
S35 底	0.73	——	0.80	0.00	0.11	0.44	0.01	0.05	0.00	0.03	0.02	0.06
S36 表	0.79	0.67	0.75	0.00	0.11	0.06	0.00	0.05	0.00	0.06	0.02	0.02
S36 底	0.79	——	0.83	0.00	0.11	0.14	0.00	0.03	0.00	0.04	0.02	0.02
超标率	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

注：水质指数>1 表示超标。

4.3.5.6 近岸海域水质监测结果与评价

本项目评价范围内的近岸海域水质国控监测站位有 GDN14004、GDN14012、GDN14013 和 GDN14015，监测站位分布图如下图 4.3.5-5 所示，站位信息如下表 4.3.5-15 所示。

表 4.3.5-15 近岸海域水质国考监测站位坐标表（评价范围内）

所在城市	站位编码	经度	纬度
汕尾	GDN14004	115.674067	22.771933
汕尾	GDN14012	115.88675	22.752317
汕尾	GDN14013	115.674067	22.83605
汕尾	GDN14015	115.780351	22.794456



图 4.3.5-5 近岸海域水质国考监测站位分布图

本报告收集了广东省生态环境厅发布的 2024 年、2025 年 2 个年度共 6 期广东省近岸海域水质监测结果进行分析，监测结果见表 4.3.5-16 和表 4.3.5-17。

由评价结果可知，4 个监测站位所在海域各时期的监测因子均能满足海水水质第一类标准要求 and 《渔业水质标准》（GB11607-89）要求。

表 4.3.5-16a 广东省近岸海域水质监测信息（2024 年） 单位：除 pH 外均为 mg/L

站位编码	监测时间	pH	无机氮 (mg/L)	活性磷酸盐 (mg/L)	石油类 (mg/L)	溶解氧 (mg/L)	化学需氧量 (mg/L)
GDN14004	2024-04-16	8.05	0.021	0.003	0.002	6.24	0.24
	2024-07-19	8.08	0.108	0.003	0.003	6.03	0.28
	2024-10-16	7.92	0.026	0.003	0.009	6.07	0.51
GDN14012	2024-04-16	7.82	0.015	0.003	0.011	6.53	0.77
	2024-08-07	8.13	0.037	0.010	0.023	7.16	0.43
	2024-11-12	8.03	0.121	0.008	0.019	6.69	0.36
GDN14013	2024-04-17	8.07	0.023	0.001	0.002	6.26	0.40
	2024-07-19	8.22	0.137	0.002	0.003	6.40	0.87
	2024-10-16	8.11	0.026	0.002	0.005	6.49	0.51
GDN14015	2024-04-17	7.96	0.046	0.001	0.002	6.39	0.32
	2024-07-18	8.24	0.149	0.001	0.003	6.28	0.36
	2024-10-17	8.07	0.015	0.001	0.003	6.48	0.63
《渔业水质标准》(GB11607-89)		7.0~8.5	-	-	≤0.05	>5	-

表 4.3.5-16b 广东省近岸海域水质监测信息（2024 年） 单位：除 pH 外均为 mg/L

站位编码	监测时间	铜 (mg/L)	汞 (mg/L)	镉 (mg/L)	铅 (mg/L)	水质类别	是否符合渔业水质标准
GDN14004	2024-04-16	—	—	—	—	第一类	是
	2024-07-19	0.00057	0.000004	0.00002	0.00018	第一类	是
	2024-10-16	—	—	—	—	第一类	是
GDN14012	2024-04-16	—	—	—	—	第一类	是

	2024-08-07	0.00135	0.000027	0.00005	0.00017	第一类	是
	2024-11-12	——	——	——	——	第一类	是
GDN14013	2024-04-17	——	——	——	——	第一类	是
	2024-07-19	0.00183	0.000004	0.00011	0.00017	第一类	是
	2024-10-16	——	——	——	——	第一类	是
GDN14015	2024-04-17	——	——	——	——	第一类	是
	2024-07-18	0.00048	0.000004	0.00002	0.00009	第一类	是
	2024-10-17	——	——	——	——	第一类	是
《渔业水质标准》(GB11607-89)		≤0.01	≤0.0005	≤0.005	≤0.05	/	/

表 4.3.5-17a 广东省近岸海域水质监测信息 (2025 年) 单位: 除 pH 外均为 mg/L

站位编码	监测时间	pH	无机氮 (mg/L)	活性磷酸盐 (mg/L)	石油类 (mg/L)	溶解氧 (mg/L)	化学需氧量 (mg/L)
GDN14004	2025-04-22	8.02	0.007	0.003	0.005	6.50	0.20
	2025-07-17	8.17	0.068	0.009	0.006	6.28	0.60
	2025-10-19	8.00	0.008	0.005	0.004	6.08	0.18
GDN14012	2025-05-11	8.05	0.044	0.004	0.005	6.29	0.44
	2025-07-16	7.88	0.042	0.005	0.017	6.39	0.77
	2025-11-14	7.87	0.148	0.012	0.010	6.32	0.33
GDN14013	2025-04-23	8.24	0.009	0.001	0.006	6.18	0.19
	2025-07-16	8.32	0.057	0.003	0.004	6.70	1.51
	2025-10-19	8.09	0.018	0.002	0.003	6.29	0.08

GDN14015	2025-04-23	8.34	0.012	0.001	0.015	6.27	0.50
	2025-07-17	8.37	0.017	0.001	0.011	6.53	1.25
	2025-10-19	7.97	0.008	0.012	0.003	6.32	0.28
《渔业水质标准》(GB11607-89)		7.0~8.5	-	-	≤0.05	>5	-

表 4.3.5-17b 广东省近岸海域水质监测信息 (2025 年) 单位: 除 pH 外均为 mg/L

站位编码	监测时间	铜 (mg/L)	汞 (mg/L)	镉 (mg/L)	铅 (mg/L)	水质类别	是否符合渔业水质标准
GDN14004	2025-04-22	—	—	—	—	第一类	是
	2025-07-17	0.00100	0.000004	0.00002	0.00026	第一类	是
	2025-10-19	—	—	—	—	第一类	是
GDN14012	2025-05-11	—	—	—	—	第一类	是
	2025-07-16	0.00050	0.000020	0.00004	0.00023	第一类	是
	2025-11-14	—	—	—	—	第一类	是
GDN14013	2025-04-23	—	—	—	—	第一类	是
	2025-07-16	0.00032	0.000004	0.00002	0.00007	第一类	是
	2025-10-19	—	—	—	—	第一类	是
GDN14015	2025-04-23	—	—	—	—	第一类	是
	2025-07-17	0.00045	0.000004	0.00002	0.00008	第一类	是
	2025-10-19	—	—	—	—	第一类	是
《渔业水质标准》(GB11607-89)		≤0.01	≤0.0005	≤0.005	≤0.05	/	/

4.3.6 海洋沉积物质量现状调查与评价

4.3.6.1 调查概况

引用汕尾市润邦检测技术有限公司于2025年11月（秋季）开展的海洋沉积物监测，对区域碣石湾海洋沉积物质量现状进行评价。海洋沉积物站位及潮间带沉积物站位信息见表4.3.6-1和图4.3.6-1。

本次引用的海洋沉积物环境调查资料满足《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025）中海湾、沿岸海域的海洋沉积物现状数据有效期为5年的要求。

沉积物调查因子为：含水率、有机碳、油类、硫化物、铜、铅、镉、总汞、砷、锌、铬。

4.3.6.2 采样与分析方法

1、采样方法

根据《海洋监测规范》（GB 17378.3-2007）中的要求，进行沉积物样品的采集、保存与运输。到达指定站位后，将绞车的钢丝绳与0.05m²抓斗式采泥器连接，同时测量站位水深，开动绞车将采泥器下放至离海底3m~5m时，全速开动绞车使其降至海底。然后将采泥器提至接样板上，打开采泥器上部耳盖，轻轻倾斜使上部积水缓慢流出后，用塑料刀或勺从采泥器耳盖中仔细取上部0cm~1cm的沉积物。如遇砂砾层，可在0cm~3cm层内混合取样。现场记录底质类型，并分装与处理、保存。

2、分析方法

样品的分析方法按照《海洋监测规范》（GB 17378.5-2007）进行，各项目的分析方法见表4.3.6-1所示。

表 4.3.6-1 沉积物环境因子监测项目分析及检出限

检测项目	检测方法	检出限	主要分析仪器/型号
有机碳	《海洋监测规范 第5部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007（18.1）	/	酸式滴定管 /25mL
硫化物	《海洋监测规范 第5部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007（17.1）	0.3mg/kg	紫外可见分光光度计/Genesys 50
油类	《海洋监测规范 第5部分：沉积物分	3.0mg/kg	紫外可见分光光度

检测项目	检测方法	检出限	主要分析仪器/型号
	析》GB 17378.5-2007 (13.2)		计/Genesys 50
铜	《海洋监测规范 第5部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007 (6.1)	0.5mg/kg	原子吸收分光光度计(石墨炉) /AA-7000
汞	《海洋监测规范 第5部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007 (5.1)	0.002mg/kg	原子荧光光度计 /AFS-8520
铅	《海洋监测规范 第5部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007 (7.1)	1.0mg/kg	原子吸收分光光度计(石墨炉) /AA-7000
锌	《海洋监测规范 第5部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007 (9.1)	6.0mg/kg	原子吸收分光光度计(火焰)/AA-7000
镉	《海洋监测规范 第5部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007 (8.1)	0.04mg/kg	原子吸收分光光度计(石墨炉) /AA-7000
砷	《海洋监测规范 第5部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007 (11.1)	0.06mg/kg	原子荧光光度计 /AFS-8520
铬	《海洋监测规范 第5部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007 (10.1)	2.0mg/kg	原子吸收分光光度计(石墨炉) /AA-7000
有机碳	《海洋监测规范 第5部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007 (18.1)	/	酸式滴定管 /25mL
硫化物	《海洋监测规范 第5部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007 (17.1)	0.3mg/kg	紫外可见分光光度计/Genesys 50

4.3.6.3 评价标准与评价方法

1、评价方法

海洋沉积物质量评价方法采用单因子污染指数评价法： $S_{ij}=C_{ij}/C_{sj}$ 。

2、评价标准

各调查站位执行的海洋沉积物质量标准根据《广东省海岸带及海洋空间规划

(2021—2035 年)》所在海洋功能区确定, 如下表所示

表 4.3.6-2 沉积物调查站位所在用海功能分区执行标准要求

站位	所在海洋功能区	执行的环境评价标准
S1、S2、S27、C1	生态保护区	海洋沉积物质量第一类标准
S4、S13、S14、S17、S19、S20、S21、S22、S24、S28、S30、S34、C3	渔业用海区	海洋沉积物质量第一类标准
S11、S12	生态控制区	海洋沉积物质量第一类标准
S10	海洋预留区	海洋沉积物质量第三类标准
S32	工矿通信用海区	海洋沉积物质量第二类标准
C2	游憩用海区	海洋沉积物质量第一类标准

表 4.3.6-3 各站位海洋沉积物执行的标准

站位	执行的环境评价标准
S1、S2、S4、S11、S12、S13、S14、S17、S19、S20、S21、S22、S24、S27、S28、S30、S34、C1、C2、C3	执行《海洋沉积物质量》(GB18668-2002) 第一类水质标准
S32	执行《海洋沉积物质量》(GB18668-2002) 第二类水质标准
S10	执行《海洋沉积物质量》(GB18668-2002) 第三类水质标准

4.3.6.4 海洋沉积物质量调查结果与评价

1、调查结果

本次评价引用的海洋沉积物调查结果见表 4.3.6-4。

2、评价结果

本次评价引用的海洋沉积物现状评价结果见表 4.3.6-5。

根据评价结果, 本次调查中超标的评价因子有硫化物(超标率 4.35%)、有机碳(超标率 4.35%)、油类(超标率 8.70%)、铜(超标率 4.35%)、铅(超标率 4.35%)、镉(超标率 4.35%)。

各海洋沉积物调查站位中, S1 站位出现了有机碳、油类和铜含量超标, S1 站位虽不满足《海洋沉积物质量》(GB18668-2002) 第一类标准, 但满足《海洋沉积物质量》(GB18668-2002) 第二类标准; S4 站位出现了硫化物、油类和镉含量超标, S4 站位虽不满足《海洋沉积物质量》(GB18668-2002) 第一类标准, 但满足《海洋沉积物质量》(GB18668-2002) 第三类标准; S20 站位出现了汞含量超标, S20 站位虽不满足《海洋沉积物质量》(GB18668-2002) 第一类标准, 但满足《海洋沉积物质量》(GB18668-2002) 第二类标准。除了以上站位出现超标外, 其他站位评价因子均满足所在功能区执行的海洋沉积物标准。

超标原因可能是：周边陆域分布的居民生活区、港口活动等多方面影响，同时存在定量的渔业船舶往来，陆源污染物和船舶临时排污等发生沉降，在沉积物中富集。

表 4.3.6-4 海洋沉积物现状调查结果

站号	类型	有机碳	硫化物	油类	铜	汞	铅	镉	砷	铬	锌
		%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
S1	泥质	2.55	165.3	572.6	45.4	0.128	39.2	0.14	14.38	38.6	124.4
S2	泥质	0.56	5	20.8	8.2	0.024	18.8	未检出	3.24	21.8	46.5
S4	泥质	1.84	528.5	779.2	16.6	0.119	36	0.56	8.37	29.8	105.4
S10	泥质	0.72	42.1	151.3	8	0.07	23.1	未检出	1.39	25.6	60.6
S11	泥质	0.81	42.2	187.9	11.6	0.067	32.3	未检出	1.46	27	83.4
S12	泥质	0.76	38.2	132.1	11.9	0.079	32.3	未检出	1.25	29.9	83.5
S13	泥质	0.97	33.3	68.8	13.4	0.05	36.1	未检出	0.89	32.1	89.8
S14	沙质	0.22	0.7	17.9	0.8	0.049	10.8	未检出	1.81	14.1	23.3
S19	泥质	1.51	36.4	218.2	13.6	0.119	41.9	未检出	未检出	37.2	105.2
S20	泥质	1.17	55.3	297.8	12.7	0.216	39.2	未检出	未检出	33.4	96
S21	泥质	1.16	52.7	191.5	14.6	0.084	42.8	未检出	1.3	41.1	109.7
S22	泥质	0.62	91	149.7	5.5	0.069	12.4	0.07	0.93	16.5	47.3
S24	泥质	0.61	161.9	233.7	8.3	0.089	9	0.12	未检出	9.8	52.8
S27	沙质	0.04	0.9	13.2	3.8	0.043	16.1	未检出	未检出	25	45.1
S28	泥质	1.32	28.1	113.5	13.4	0.066	43.2	未检出	3.69	45.9	111
S30	沙质	0.42	10.3	20.2	6.9	0.043	16.6	未检出	未检出	22.2	32.5
S32	泥质	0.91	18.2	94.5	12.1	0.077	36.1	未检出	2.15	44.3	91.1
S34	泥质	1.08	77.7	150.9	11.5	0.058	39.3	未检出	未检出	33.3	98.7
C1 (高潮位)	沙质	0.06	未检出	未检出	7.7	未检出	23.2	未检出	未检出	32.2	63.4
C1 (中潮位)	沙质	0.02	0.4	未检出	13.8	未检出	39.9	未检出	未检出	44.5	99.9
C1 (低潮位)	沙质	0.03	0.3	未检出	11.9	未检出	29.5	未检出	未检出	34.6	78.6
C2 (高潮位)	沙质	0.04	0.3	14.9	未检出	0.015	2.2	未检出	未检出	2.6	未检出
C2 (中潮位)	沙质	0.57	0.5	14.6	0.8	未检出	3.4	未检出	未检出	0.8	未检出
C2 (低潮位)	沙质	0.58	0.4	14.4	1.1	未检出	3.6	未检出	未检出	2.5	未检出
C3 (高潮位)	沙质	0.11	未检出	9	22.5	0.022	10.1	未检出	0.29	9.8	20.9

站号	类型	有机碳	硫化物	油类	铜	汞	铅	镉	砷	铬	铍
		%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
C3 (中潮位)	沙质	0.1	0.4	7.6	1.4	0.032	13.6	未检出	未检出	9.2	20.9
C3 (低潮位)	沙质	0.1	未检出	9.1	0.7	0.044	17.1	未检出	0.42	8.1	26.3

注：低于检出限的项目，取检出限的一半统计。

表 4.3.6-5 海洋沉积物现状评价指数

站位	执行标准	有机碳	硫化物	石油类	铜	铅	铍	镉	汞	砷	铬
S1	第一类	1.28	0.55	1.15	1.30	0.65	0.83	0.28	0.64	0.72	0.48
S2	第一类	0.28	0.02	0.04	0.23	0.31	0.31	0.04	0.12	0.16	0.27
S4	第一类	0.92	1.76	1.56	0.47	0.60	0.70	1.12	0.60	0.42	0.37
S10	第三类	0.18	0.07	0.10	0.04	0.09	0.10	0.00	0.07	0.01	0.09
S11	第一类	0.41	0.14	0.38	0.33	0.54	0.56	0.04	0.34	0.07	0.34
S20	第一类	0.59	0.18	0.60	0.36	0.65	0.64	0.04	1.08	0.00	0.42
S21	第一类	0.58	0.18	0.38	0.42	0.71	0.73	0.04	0.42	0.07	0.51
S22	第一类	0.31	0.30	0.30	0.16	0.21	0.32	0.14	0.35	0.05	0.21
S24	第一类	0.31	0.54	0.47	0.24	0.15	0.35	0.24	0.45	0.00	0.12
S27	第一类	0.02	0.00	0.03	0.11	0.27	0.30	0.04	0.22	0.00	0.31
S28	第一类	0.66	0.09	0.23	0.38	0.72	0.74	0.04	0.33	0.18	0.57
S30	第一类	0.21	0.03	0.04	0.20	0.28	0.22	0.04	0.22	0.00	0.28
S32	第一类	0.30	0.04	0.09	0.12	0.28	0.26	0.01	0.15	0.03	0.30
S34	第一类	0.54	0.26	0.30	0.33	0.66	0.66	0.04	0.29	0.00	0.42
C1 (高潮位)	第一类	0.03	0.00	0.00	0.22	0.39	0.42	0.04	0.01	0.00	0.40
C1 (中潮位)	第一类	0.01	0.00	0.00	0.39	0.67	0.67	0.04	0.01	0.00	0.56
C1 (低潮位)	第二类	0.02	0.00	0.00	0.34	0.49	0.52	0.04	0.01	0.00	0.43
C2 (高潮位)	第一类	0.02	0.00	0.03	0.01	0.04	0.02	0.04	0.08	0.00	0.03
C2 (中潮位)	第一类	0.29	0.00	0.03	0.02	0.06	0.02	0.04	0.01	0.00	0.01
C2 (低潮位)	第一类	0.29	0.00	0.03	0.03	0.06	0.02	0.04	0.01	0.00	0.03
C3 (高潮位)	第一类	0.06	0.00	0.02	0.64	0.17	0.14	0.04	0.11	0.01	0.12

C3（中潮位）	第一类	0.05	0.00	0.02	0.04	0.23	0.14	0.04	0.16	0.00	0.12
C3（低潮位）	第一类	0.05	0.00	0.02	0.02	0.29	0.18	0.04	0.22	0.02	0.10
超标率		4.35%	4.35%	8.70%	4.35%	0.00%	0.00%	4.35%	4.35%	0.00%	0.00%

4.3.7 海洋生物质量现状调查与评价

4.3.7.1 调查概况

本节内容引用了汕尾市润邦检测技术有限公司于2025年11月（秋季）和2026年4月（春季）在汕尾市陆丰市碣石湾附近海域进行的海洋环境监测。本次引用的海洋生态调查资料满足《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025）中沿海湾、沿岸海域的海洋生态现状数据有效期为3年的要求。

调查项目为：石油烃、铜、铅、镉、总汞、砷、锌、铬。

4.3.7.2 采样与分析方法

1、采样方法

在潮间带生物、底栖生物和渔业资源调查的渔获物中选取当地常见的、有代表性的软体类、鱼类和甲壳类等生物中选取。将样品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存样品。

2、分析方法

样品的预处理和分析方法遵照《海洋监测规范》（GB 17378.6-2007）进行，各项的分析方法见表4.3.7-1所示。

表 4.3.7-1 海洋生物体分析方法

检测项目	检测方法	检出限	主要分析仪器/型号
石油烃	《海洋监测规范 第6部分：生物体分析》GB 17378.6-2007（13）	0.2 mg/kg	荧光分光光度计/RF-6000
铬	《海洋监测规范 第6部分：生物体分析》GB 17378.6-2007（10.1）	0.04 mg/kg	原子吸收分光光度计（石墨炉）/AA-7000
铜	《海洋监测规范 第6部分：生物体分析》GB 17378.6-2007（6.1）	0.4 mg/kg	原子吸收分光光度计（石墨炉）/AA-7000
铅	《海洋监测规范 第6部分：生物体分析》GB 17378.6-2007（7.1）	0.04 mg/kg	原子吸收分光光度计（石墨炉）/AA-7000
镉	《海洋监测规范 第6部分：生物体分析》GB 17378.6-2007（8.1）	0.005mg/kg	原子吸收分光光度计（石墨炉）/AA-7000
总汞	《海洋监测规范 第6部分：生物体分析》GB 17378.6-2007（5.1）	0.002mg/kg	原子荧光光度计/AFS-8520
砷	《海洋监测规范 第6部分：生物体分析》GB 17378.6-2007（11.1）	0.2mg/kg	原子荧光光度计/AFS-8520
锌	《海洋监测规范 第6部分：生物体分析》GB 17378.6-2007（11.1）	0.4mg/kg	原子吸收分光光度计（火

检测项目	检测方法	检出限	主要分析仪器/型号
	析》GB 17378.6-2007 (9.1)		焰)/AA-7000

4.3.7.3 评价标准与评价方法

1、评价方法

海洋生物污染物残留量评价方法采用单因子指数法。公式如下：

$$I_i = C_i / S_i$$

式中： I_i — i 项评价因子的标准指数；

C_i — i 项评价因子的实测值；

S_i — i 项评价因子的评价标准值。

评价因子的标准指数 >1 ，则表明该项生物体质量已超过了规定的标准。

2、评价标准

贝类生物体内污染物质含量评价标准采用《海洋生物质量》(GB18421-2001)，软体动物、甲壳动物、鱼类生物体内污染物质含量评价标准采用《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》(HJ 1409-2025)中表 C.1 其他海洋生物质量参考值。

4.3.7.4 秋季海洋生物质量调查结果与评价

1、调查结果

海洋生物质量现状调查监测结果见表 4.3.7-2。

2025 年 11 月秋季调查从 8 个断面采集了鱼类、甲壳类共 12 个样品。

表 4.3.7-2 2025 年 11 月秋季海洋生物体质量现状调查结果 (湿重, 单位: mg/kg)

断面	样品名称	石油烃	铜	铅	镉	总汞	砷	锌	铬
SF08	龙头鱼	1.6	1.3	未检出	未检出	0.008	未检出	5.3	未检出
SF03	白姑鱼	4.3	2.5	未检出	未检出	0.016	未检出	10.4	0.27
SF05	红星梭子蟹	2.0	16.9	未检出	0.092	0.017	未检出	17.2	0.05
SF06	红星梭子蟹	0.4	7.4	0.21	0.086	0.018	0.3	16.7	0.26
SF07	红星梭子蟹	1.0	2.5	0.15	0.076	0.020	未检出	16.7	0.13
SF04	黑斑沃氏虾蛄	1.0	2.7	0.09	0.295	0.017	未检出	19.9	未检出
SF02	黄姑鱼	2.0	1.2	未检出	未检出	0.022	未检出	9.5	未检出
SF01	口虾蛄	0.4	15.1	0.40	0.290	0.015	未检出	21.3	0.35

断面	样品名称	石油烃	铜	铅	镉	总汞	砷	锌	铬
备注：“未检出”项目计算评价指数时由检出限的一半参与计算。									

2、评价结果

由评价结果可知，2025年11月秋季调查海域各调查断面生物体中石油烃、铜、铬、铅、镉、总汞锌含量水平均低于相应标准限值，没有出现超标现象，符合《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025）规定。

表 4.3.7-3 2025 年 11 月秋季海洋生物质量调查评价指数

序号	断面	样品类型	名称	评价结果						
				石油烃	铜	铅	镉	总汞	砷	锌
1	SF08	鱼类	龙头鱼	0.08	0.07	0.010	0.002	0.027	0.05	0.13
2	SF03	鱼类	白姑鱼	0.22	0.13	0.010	0.002	0.053	0.05	0.26
3	SF05	甲壳类	红星梭子蟹	0.10	0.17	0.010	0.046	0.085	0.05	0.11
4	SF06	甲壳类	红星梭子蟹	0.02	0.07	0.105	0.043	0.090	0.30	0.11
5	SF07	甲壳类	红星梭子蟹	0.05	0.03	0.075	0.038	0.100	0.05	0.11
6	SF04	甲壳类	黑斑沃氏虾蛄	0.05	0.03	0.045	0.148	0.085	0.05	0.13
7	SF02	鱼类	黄姑鱼	0.10	0.06	0.010	0.002	0.073	0.05	0.24
8	SF01	甲壳类	口虾蛄	0.02	0.15	0.200	0.145	0.075	0.05	0.14
最大值				0.22	0.17	0.200	0.148	0.100	0.30	0.26
最小值				0.02	0.03	0.010	0.002	0.027	0.05	0.11
超标率%				0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

4.3.7.5 春季海洋生物质量调查结果与评价

1、调查结果

海洋生物质量现状调查监测结果见表 4.3.7-4。

2026 年 4 月春季调查共采集了甲壳类、鱼类、贝类共 8 个样品。

表 4.3.7-4 2026 年 4 月春季海洋生物体质量现状调查结果（湿重，单位：mg/kg）

断面	样品名称	石油烃	铜	铅	镉	总汞	砷	锌	铬
SW20260414007	颈斑鲳	7.6	8.1	0.19	ND	0.031	ND	32.6	0.52
SW20260417001	菲律宾蛤仔	0.6	2.1	ND	ND	0.014	ND	16.5	0.20
SW20260417002	白姑鱼	3.5	0.9	ND	ND	0.010	ND	9.6	0.13

断面	样品名称	石油烃	铜	铅	镉	总汞	砷	锌	铬
SW20260417003	隆线强蟹	ND	9.1	0.31	0.049	0.009	ND	25.7	0.21
SW20260417004	菲律宾蛤仔	8.1	1.1	ND	ND	0.019	ND	17.3	0.25
SW20260417005	白姑鱼	8.6	ND	ND	ND	0.024	ND	14.2	0.26
SW20260417006	白姑鱼	7.1	1.7	ND	ND	0.016	ND	14.0	0.38
SW20260417007	白姑鱼	6.6	2.4	0.04	ND	0.019	ND	12.8	0.70
备注：“ND”表示未检出，项目计算评价指数时由检出限的一半参与计算。									

2、评价结果

由评价结果可知，2026年4月春季调查海域各调查断面生物体中石油烃、铜、铬、铅、镉、总汞锌含量水平均低于相应标准限值，没有出现超标现象，符合《海洋生物质量》（GB18421-2001）、《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025）规定。

表 4.3.7-5 2026 年 4 月春季海洋生物质量调查评价指数

序号	样品类型	名称	评价结果							
			石油烃	铜	铅	镉	总汞	砷	锌	铬
1	鱼类	颈斑鲳	0.38	0.41	0.10	0.00	0.10	0.05	0.82	/
2	贝类	菲律宾蛤仔	0.04	0.21	0.10	0.01	0.28	0.05	0.83	0.40
3	鱼类	白姑鱼	0.18	0.05	0.01	0.00	0.03	0.05	0.24	/
4	甲壳类	隆线强蟹	0.01	0.09	0.16	0.02	0.05	0.05	0.17	/
5	贝类	菲律宾蛤仔	0.54	0.11	0.10	0.01	0.38	0.05	0.87	0.50
6	鱼类	白姑鱼	0.43	0.01	0.01	0.00	0.08	0.05	0.36	/
7	鱼类	白姑鱼	0.36	0.09	0.01	0.00	0.05	0.05	0.35	/
8	鱼类	白姑鱼	0.33	0.12	0.02	0.00	0.06	0.05	0.32	/
最大值			0.54	0.41	0.16	0.02	0.38	0.05	0.87	0.50
最小值			0.01	0.01	0.01	0.00	0.03	0.05	0.17	0.40
超标率%			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
备注：低于方法检出限的标准指数计算时，若检出率少于 1/2，取 1/4 检出限值参与计算，若检出率大于等于 1/2，取 1/2 检出限值参与计算。										

4.3.8 海洋生态现状调查与评价

4.3.8.1 调查概况

本节内容引用了汕尾市润邦检测技术有限公司于2025年11月（秋季）和2026年4月（春季）在汕尾市陆丰市碣石湾附近海域进行的海洋环境监测：

2025年11月（秋季）布设了SF1~SF8采集游泳动物，C1~C3采集潮间带生物，其余生态及渔业资源调查项目在水质站点中选取22个采集样品。

2026年4月（春季）布设了C1~C3采集潮间带生物，其余生态及渔业资源调查项目在水质站点中选取22个采集样品。

本次引用的海洋生态调查资料满足《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025）中评价等级1级站位数量要求和海湾、沿岸海域海洋生态现状数据有效期为3年的要求。

海洋生态：叶绿素a和初级生产力、浮游生物（浮游植物、浮游动物）、底栖生物、潮间带生物共6项；

渔业资源：鱼类浮游生物、游泳动物拖网调查共2项。

4.3.8.2 调查方法

海洋生态和渔业资源各项的现场调查、采样、样品保存和实验室分析测试等均按《海洋监测规范》（GB17378-2007）和《海洋调查规范》（GB/T 12763-2007）执行，具体方法如下：

叶绿素a（Chl-a）和初级生产力：用容积为5L的有机玻璃采水器采表层水样，水样现场过滤，滤膜装入10mL离心管放入保温箱中冷藏，带回实验室用紫外可见分光光度法进行分析测定；初级生产力以叶绿素a含量按照Cadee和Hegeman (1974)提出的简化的计算真光层初级生产力公式估算。

浮游植物：用37cm口径、筛绢孔径为0.077mm的浅水III型浮游生物网由底层至表层垂直拖网采集样品。采集到的样品先用5%福尔马林固定，沉淀法浓缩，然后带回实验室进行鉴定和计数，分析藻类种类组成特点、丰度及优势种，计算多样性指数及均匀度。

浮游动物：大中型浮游动物采用浅水II型浮游生物网（网长140cm，网口直径为31.6cm，头锥部高30cm，筛绢孔径约为0.160mm，上圈31.6cm，下圈50cm），从底层至表层进行垂直拖网采集样品，用5%福尔马林溶液固定后，带回实验室

进行种类鉴定和计数，并计算多样性指数及均匀度。

底栖生物：定量样品采用 0.1m² 采泥器，在每站位连续采集样品 2 次，经孔径为 1.00mm 的筛网筛洗干净后，剩余物用 5%福尔马林固定带回实验室完成样本清检、种类鉴定、计数、称重等工作，并计算多样性指数及均匀度。

潮间带生物：在每个调查断面按高、中、低潮三个潮区设立取样站位，在每一个站位上采集标本。取样本时，泥沙质滩涂站位每站点划分高中低潮区，各潮区随机抛 4 个 25cm×25cm 的采样框采样 1 次，先拾取框内滩面上的生物，用取样框固定后再挖取泥、沙至 40 厘米深处，用孔径 1 毫米的筛子筛洗，分离出其中的全部埋栖生物；岩礁站位则依生物分布情况，用 4 个 25cm×25cm 正方形取样框，置框于代表性位置，每站取样 1 次，先拾取样框内岩石面上自由生活的种类后，再剥取全部附着生物。各站采集的样品，全部编号装瓶登记，用无水乙醇固定，带回实验室后，用吸水纸吸干表面水分，然后用天平称重，并进行分类鉴定与计数。

鱼卵和仔稚鱼：用浅水 I 型浮游生物网采集，每个站位垂直拖 1 网，所采样品用 5%福尔马林溶液固定，带回实验室进行分类鉴定与计数。

游泳动物：用单拖作业渔船进行现场试捕调查，所获生物样品进行现场分类和生物学鉴定。租用当地拖网渔船（深蛇 5011）进行渔业资源调查。该船船长 21m，宽 6.4m，吃水深 3.9m；调查所用网具每张网的网衣长 6m，网口大 3m，网目大 30mm，扫海宽度按网口长度的 2/3 计约 2m。调查放网 1 张，拖速约 2.5kn，拖时 60min 左右。拖网时间计算从拖网曳纲停止投放和拖网着底，曳纲拉紧受力时起至起网绞车开始收曳纲时止。对全部渔获物进行种类鉴定和计量，并对主要优势种类做生物学鉴定。

4.3.8.3 评价方法

1、初级生产力

采用叶绿素法，按照 Cadee 和 Hegeman（1974）提出的简化的计算真光层初级生产力公式估算：

$$P = \frac{CnQED}{2}$$

式中：P—每日现场的初级生产力（mgC / m²·d）；

Cn—表层叶绿素 a 含量；

Q—同化系数，采用闽南-台湾浅滩近海水域平均同化系数这里取 3.5；

E—真光层深度 (m)，取透明度的 3 倍，若大于深度，则为站点深度；

D—白昼时间 (h)，取 12 h。

2、优势度 (Y)

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

3、Shannon-Weaver 多样性指数

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

4、Pielou 均匀度指数

$$J = H' / H_{max}$$

式中： $P_i = n_i / N$

n_i —第 i 种的个体数量 (ind/m³)；

N —某站总生物数量 (ind/m³)；

f_i —某种生物的出现频率 (%)；

$H_{max} = \log_2 S$ ，最大多样性指数；

S —出现生物总种数。

5、优势种

采用 Pinkas 相对重要性指数 (Index of Relative Importance, IRI)

$$IRI_i = (N_i/N + W_i/W) \times F_i \times 100$$

式中： N_i/N —种类 i 的个体数占总个体数的百分比；

W_i/W —物种 i 的重量占总个体重量百分比；

F_i —种类 i 出现次数占调查次数的百分比。

6、渔业资源密度

渔业资源密度 (kg/km²) 根据扫海面积法估算，公式如下：

$$B = Y/A (1-E)$$

式中： Y —平均渔获率 (kg/h)；

A —每小时扫海面积 (km²/h)；

E—逃逸率（这里取 0.5）。

4.3.8.4 秋季海洋生态调查结果与评价

1、叶绿素 a 与初级生产力

本次调查区域叶绿素 a 平均浓度为 $2.86\text{mg}/\text{m}^3$ ，变化范围为 $0.24\sim 11.31\text{mg}/\text{m}^3$ ，变幅一般（ $\text{SD}=2.81$ ）。本次调查时区域叶绿素 a 含量偏低，总体空间差异一般。其中 S35 站位叶绿素含量最低，S24 站位叶绿素含量最高。

调查监测区内平均初级生产力为 $169.15\text{mg}\cdot\text{C}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ ，区域变化范围在 $28.32\sim 489.30\text{mg}\cdot\text{C}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ 之间，变幅一般（ $\text{SD}=137.95$ ）。其中 S8 站位初级生产力最低，S24 站位初级生产力最高。

2、浮游植物

（1）种类组成和空间分布

本次调查共鉴定浮游植物 6 门 55 属 113 种（含未定种的属），隶属于硅藻门、甲藻门、蓝藻门、绿藻门、定鞭藻门和金藻门 6 大门类。其中硅藻门 36 属 87 种，占浮游植物总种数的 76.99%；甲藻门 9 属 13 种，占浮游植物总种数的 11.50%；蓝藻门 4 属 5 种，占浮游植物总种数的 4.42%；绿藻门 3 属 5 种，占浮游植物总种数的 4.42%；金藻门 2 属 2 种，占浮游植物总种数的 1.77%；定鞭藻门 1 属 1 种，占浮游植物总种数的 0.88%。

本次调查浮游植物种类数中站位 S14 浮游植物种类数最多，有 37 种；其次是站位 S12，有 36 种；站位 S30 最少（11 种）。

（2）个体数量

调查区域内浮游植物总个体数量变化范围为 $(114.38\sim 6870.78)\times 10^4\text{ind}/\text{m}^3$ ，均值为 $1766.07\times 10^4\text{ind}/\text{m}^3$ 。硅藻门的平均个体数量明显高于其他藻类，平均个体数量为 $1652.83\times 10^3\text{ind}/\text{m}^3$ ，占浮游植物平均个体数量的 93.59%，为主要优势类群；定鞭藻门，平均个体数量为 $86.47\times 10^3\text{ind}/\text{m}^3$ ，占浮游植物平均个体数量的 4.90%；金藻门的平均个体数量最低，为 $1.45\times 10^3\text{ind}/\text{m}^3$ ，占浮游植物平均个体数量的 0.08%。

在水平分布上，站位 S11 的浮游植物个体数量最高，为 $6870.78\times 10^3\text{ind}/\text{m}^3$ ，站位 S12 次之，个体数量为 $5475.00\times 10^3\text{ind}/\text{m}^3$ ；站位 S35 最低，个体数量为 $114.38\times 10^3\text{ind}/\text{m}^3$ ；浮游植物个体数量的水平分布不均匀。

(3) 优势种

以优势度 Y 大于 0.02 为判断标准, 本次调查浮游植物优势种共出现 6 种, 分别为中肋骨条藻 *Skeletonema costatum*、丹麦细柱藻 *Leptocylindrus danicus*、日本星杆藻 *Asterionella japonica*、长菱形藻 *Nitzschia longissima*、菱形海线藻 *Thalassionema nitzschioides* 和尖刺拟菱形藻 *Pseudo-nitzschia pungens*。这 6 种优势种丰度占调查海域总丰度的 79.78%。尖刺拟菱形藻的优势度最高, 为 0.320, 为第一优势种; 中肋骨条藻, 为第二优势种优势度为 0.308。

表 4.3.8-1 浮游植物优势种及其个体数量 ($\times 10^3 \text{ cells/m}^3$)

站位	优势种					
	中肋骨条藻	丹麦细柱藻	日本星杆藻	长菱形藻	菱形海线藻	尖刺拟菱形藻
S1	47.73	7.95	0.00	10.23	0.00	13.64
S2	250.00	81.82	22.73	59.09	50.00	222.73
S4	190.91	0.00	27.27	345.45	18.18	0.00
S8	434.55	27.27	27.27	16.36	129.09	83.64
S10	1528.79	150.00	374.24	63.64	153.03	1956.06
S11	2016.23	194.81	488.96	81.82	97.40	3442.21
S12	1000.00	140.91	445.45	104.55	88.64	2784.09
S13	617.53	222.08	186.04	23.38	33.12	722.73
S14	1069.70	0.00	139.39	100.00	221.21	478.79
S17	174.79	19.21	21.07	9.92	9.30	136.98
S19	992.73	96.82	184.09	32.73	34.09	807.27
S20	1043.18	37.50	206.25	15.34	57.95	1387.50
S21	365.15	121.97	90.91	50.00	42.42	571.97
S22	48.18	0.00	2.73	4.55	50.00	5.45
S24	2018.18	172.73	0.00	227.27	90.91	186.36
S27	20.86	4.81	0.00	4.01	41.71	3.21
S28	5.05	9.60	10.10	0.00	3.03	42.42
S30	40.36	11.45	12.00	3.82	9.27	34.36
S31	9.55	8.18	9.55	19.77	20.45	56.59

站位	优势种					
	中肋骨条藻	丹麦细柱藻	日本星杆藻	长菱形藻	菱形海线藻	尖刺拟菱形藻
S32	60.39	11.69	3.25	6.49	3.25	22.08
S34	36.70	3.37	7.07	25.25	17.51	23.23
S35	1.06	18.82	10.57	0.00	34.25	27.70
平均密度	544.16	60.95	103.13	54.71	54.76	591.32
优势度 Y	0.308	0.030	0.050	0.028	0.030	0.320

(4) 多样性水平

调查站位浮游植物的 Shannon-Wiener 多样性指数 (H') 范围在 0.03~2.99 之间, 平均值为 1.79, 其中站位 S14 多样性指数最高 (2.99), 站位 S31 次之 (2.75), 站位 S35 的多样性指数最低 (0.03)。

调查站位浮游植物的 Pielou 均匀度指数 (J) 范围在 0.01~0.59 之间, 平均值为 0.40, 其中站位 S31 最高, 为 0.59, 站位 S14 次之 (0.57), 站位 S35 最低 (0.01)。

调查站位浮游植物的丰富度指数 (d) 范围在 1.00~3.58 之间, 平均值为 2.20, 其中站位 S14 最高, 为 3.58, 其次是站位 S12 (3.48), 站位 S30 最低 (1.00)。

表 4.3.8-2 浮游植物多样性水平指数

站位	种类数	多样性指数 (H')	均匀度 (J)	丰富度指数 (d)
S1	24	4.16	0.91	2.29
S2	25	3.89	0.84	2.39
S4	20	3.32	0.77	1.89
S8	28	3.44	0.72	2.69
S10	30	2.47	0.50	2.89
S11	28	2.17	0.45	2.69
S12	36	2.67	0.52	3.48
S13	28	2.59	0.54	2.69
S14	37	3.25	0.62	3.58
S17	19	2.41	0.57	1.79
S19	29	2.40	0.49	2.79
S20	21	2.02	0.46	1.99
S21	21	2.52	0.57	1.99
S22	27	3.98	0.84	2.59
S24	25	2.48	0.53	2.39
S27	14	3.03	0.79	1.29
S28	14	3.26	0.86	1.29

站位	种类数	多样性指数 (H')	均匀度 (J)	丰富度指数 (d)
S30	11	2.87	0.83	1.00
S31	25	3.89	0.84	2.39
S32	16	3.02	0.76	1.49
S34	15	2.97	0.76	1.39
S35	16	2.93	0.73	1.49
平均值	--	2.99	0.68	2.20

3、浮游动物

(1) 种类组成和空间分布

经鉴定,本次调查海域发现浮游动物由12个类群组成,共计55种。桡足类的种数最多,有21种,占总种数的38.18%;浮游幼体次之,有10种,占总种数的18.18%。

各站位浮游动物种类数范围在6~20种之间,其中站位S19种类数最多,为20种,站位S1、S2、S4和S10种类数最低,为6种。在所鉴定出的浮游动物类群中,桡足类和浮游幼体分布最广,在所有站位出现率为100%。

(2) 个体数量与生物量

12个调查站位浮游动物密度变化范围为54.07~700.00ind/m³,均值201.62ind/m³,其中站位S14的浮游动物密度最高,为700.00ind/m³;站位S24次之,为650.00ind/m³;站位S35的密度最低,为54.07ind/m³。各站位的浮游动物生物量的变化范围在36.05mg/m³~507.50mg/m³之间,平均生物量为166.79mg/m³,最高值出现在站位S19,为507.50mg/m³;最低值出现在站位S35,为36.05mg/m³。

表 4.3.8-3 浮游动物生物量统计

站位	密度(ind/m ³)	总生物量 (mg/m ³)	站位	密度(ind/m ³)	总生物量 (mg/m ³)
S1	156.25	84.38	S21	112.50	165.28
S2	225.00	112.50	S22	135.00	82.50
S4	300.00	250.00	S24	650.00	300.00
S8	170.00	75.00	S27	119.85	164.71
S10	183.33	237.50	S28	68.52	46.30
S11	182.14	253.57	S30	65.00	38.00
S12	329.17	345.83	S31	61.25	41.25

站位	密度(ind/m ³)	总生物量 (mg/m ³)	站位	密度(ind/m ³)	总生物量 (mg/m ³)
S13	64.29	98.21	S32	123.21	66.07
S14	700.00	466.67	S34	81.48	46.30
S17	73.86	57.95	S35	54.07	36.05
S19	352.50	507.50	平均值	201.62	166.79
S20	228.13	193.75			

(3) 优势度

以优势度 $Y \geq 0.02$ 为判断标准, 本次调查出现优势种 5 种, 分别为桡足类幼体 *Copepoda larvae*、多毛类幼体 *Polychaeta larvae*、精致真刺水蚤 *Euchaeta concinna*、太平洋纺锤水蚤 *Acartia pacifica* 和鸟喙尖头蚤 *Penilia avirostris*。其中, 优势度最大的为桡足类幼体, $Y=0.300$, 为本调查浮游动物最优势种。

表 4.3.8-4 浮游动物优势种组成 (单位: ind/m³)

站位	优势种				
	桡足类幼体	多毛类幼体	精致真刺水蚤	太平洋纺锤水蚤	鸟喙尖头蚤
S1	65.63	6.25	21.88	0.00	18.75
S2	37.50	12.50	12.50	50.00	87.50
S4	25.00	125.00	0.00	25.00	87.50
S8	55.00	0.00	0.00	20.00	50.00
S10	70.83	0.00	0.00	0.00	54.17
S11	39.29	0.00	7.14	0.00	0.00
S12	129.17	0.00	0.00	0.00	0.00
S13	10.71	3.57	0.00	0.00	0.00
S14	133.33	66.67	41.67	16.67	191.67
S17	20.45	1.14	6.82	0.00	0.00
S19	175.00	10.00	7.50	0.00	0.00
S20	65.63	9.38	0.00	0.00	53.13
S21	8.33	12.50	0.00	6.94	15.28
S22	27.50	10.00	0.00	7.50	0.00
S24	225.00	37.50	137.50	100.00	0.00

站位	优势种				
S27	85.29	0.00	1.47	1.47	0.00
S28	28.70	0.00	0.00	0.00	0.00
S30	6.00	1.00	0.00	5.00	0.00
S31	13.75	2.50	0.00	0.00	12.50
S32	37.50	0.00	0.00	1.79	8.93
S34	43.52	0.00	0.93	0.00	0.00
S35	29.65	0.00	0.00	1.16	0.00
平均值	60.58	13.55	10.79	10.71	26.34
优势度	0.300	0.040	0.022	0.027	0.059

(4) 多样性水平

各调查站位的 Shannon-Wiener 多样性指数在 1.62~3.33 之间, 平均值为 2.55, 最高值出现在站位 S21 (3.33), 最低值出现在站位 S27 (1.62); Pielou 均匀度指数变化范围在 0.47~0.93 之间, 平均值为 0.80, 最高值出现在站位 S11 和 S21 (0.93), 最低值出现在站位 S27 (0.47); 丰富度 (d) 在 0.68~2.60 之间, 平均值为 1.16, 最高值出现在站位 S19 (2.60), 最低值出现在站位 S1、S2、S4 和 S10 (0.68)。

表 4.3.8-5 浮游动物多样性水平指数

站位	种类数	多样性指数 (H')	均匀度指数 (J)	丰富度指数 (d)
S1	6	2.27	0.88	0.68
S2	6	2.26	0.87	0.68
S4	6	2.13	0.82	0.68
S8	7	2.42	0.86	0.82
S10	6	2.03	0.79	0.68
S11	9	2.95	0.93	1.10
S12	11	2.83	0.82	1.37
S13	8	2.49	0.83	0.96
S14	12	3.10	0.86	1.51
S17	10	2.98	0.90	1.23
S19	20	2.84	0.66	2.60
S20	11	2.91	0.84	1.37
S21	12	3.33	0.93	1.51

站位	种类数	多样性指数 (H')	均匀度指数 (J)	丰富度指数 (d)
S22	9	2.88	0.91	1.10
S24	9	2.62	0.83	1.10
S27	11	1.62	0.47	1.37
S28	10	2.50	0.75	1.23
S30	10	2.77	0.83	1.23
S31	10	2.84	0.86	1.23
S32	8	2.45	0.82	0.96
S34	9	1.94	0.61	1.10
S35	9	2.03	0.64	1.10
平均值	--	2.55	0.80	1.16

4、底栖生物

(1) 种类组成和空间分布

本次调查采集到的大型底栖生物经鉴定共有 33 种，隶属 5 门 27 科。其中软体动物种类最多，有 15 种，占底栖生物总种数的 45.45%；环节动物，有 12 种，占底栖生物总种数的 36.36%；节肢动物，有 4 种，占总种数的 12.12%；星虫动物和腔肠动物各 1 种，各占总种数的 3.03%。

不同站点采集的大型底栖生物种类数有所差异，站位 S1 采集大型底栖生物种类数最多，为 7 种；S14 站位未采集到大型底栖生物。

(2) 优势种和优势度

调查站位大型底栖生物优势种以优势度 (Y) ≥ 0.02 为判断依据，本次调查的优势种有 1 种，为纵肋织纹螺 *Nassarius variciferus*，优势度 Y 为 0.034。

(3) 生物量及栖息密度

本次调查各站位密度范围为 (0.00~215.00) ind/m²，平均栖息密度为 33.18ind/m²。站位 S1 大型底栖生物栖息密度最高，为 215.00ind/m²；站位 S14 未采集到大型底栖生物。

调查站位大型底栖生物以软体动物为主要构成类群，各站点软体动物的栖息密度介于 (0.00~95.00) ind/m² 之间，平均栖息密度 16.36ind/m²，占大型底栖生物平均栖息密度的比例为 49.32%；其次是环节动物的平均栖息密度为 11.59ind/m²，占大型底栖生物平均栖息密度的 34.93%。

各站位生物量变化范围为 (0.000~145.750) g/m²，平均生物量为 12.151g/m²。

站位 S4 大型底栖生物生物量最高, 为 145.750g/m^2 ; 其次是站位 S1 (30.275g/m^2); 站位 S14 未采集到大型底栖生物。

调查站位以软体动物平均生物量最高, 平均值为 10.720g/m^2 , 占大型底栖动物平均生物量的 88.22%; 其次为环节动物 (0.914g/m^2), 占大型底栖动物平均生物量的 7.52%。

表 4.3.8-6 底栖生物生物量及栖息密度的分布

站位	项目	环节动物	节肢动物	腔肠动物	软体动物	星虫动物	总计
S1	栖息密度	45.00	75.00	0.00	95.00	0.00	215.00
	生物量	3.075	1.225	0.000	25.975	0.000	30.275
S2	栖息密度	0.00	0.00	0.00	90.00	0.00	90.00
	生物量	0.000	0.000	0.000	8.290	0.000	8.290
S4	栖息密度	0.00	25.00	0.00	80.00	0.00	105.00
	生物量	0.000	8.470	0.000	137.280	0.000	145.750
S8	栖息密度	45.00	0.00	5.00	0.00	0.00	50.00
	生物量	1.415	0.000	0.750	0.000	0.000	2.165
S10	栖息密度	15.00	0.00	0.00	5.00	0.00	20.00
	生物量	3.915	0.000	0.000	0.220	0.000	4.135
S11	栖息密度	15.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.00
	生物量	1.020	0.000	0.000	0.000	0.000	1.020
S12	栖息密度	25.00	0.00	0.00	5.00	0.00	30.00
	生物量	1.750	0.000	0.000	7.605	0.000	9.355
S13	栖息密度	0.00	0.00	0.00	10.00	0.00	10.00
	生物量	0.000	0.000	0.000	1.340	0.000	1.340
S14	栖息密度	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	生物量	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
S17	栖息密度	20.00	0.00	0.00	5.00	10.00	35.00
	生物量	1.435	0.000	0.000	1.085	0.920	3.440
S19	栖息密度	15.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.00
	生物量	0.350	0.000	0.000	0.000	0.000	0.350

站位	项目	环节动物	节肢动物	腔肠动物	软体动物	星虫动物	总计
S20	栖息密度	0.00	0.00	0.00	5.00	0.00	5.00
	生物量	0.000	0.000	0.000	5.855	0.000	5.855
S21	栖息密度	15.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.00
	生物量	0.675	0.000	0.000	0.000	0.000	0.675
S22	栖息密度	5.00	0.00	0.00	5.00	0.00	10.00
	生物量	0.420	0.000	0.000	7.905	0.000	8.325
S24	栖息密度	10.00	0.00	0.00	10.00	0.00	20.00
	生物量	0.660	0.000	0.000	0.840	0.000	1.500
S27	栖息密度	15.00	0.00	0.00	5.00	0.00	20.00
	生物量	0.810	0.000	0.000	4.215	0.000	5.025
S28	栖息密度	15.00	0.00	0.00	5.00	0.00	20.00
	生物量	1.560	0.000	0.000	7.590	0.000	9.150
S30	栖息密度	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00
	生物量	2.055	0.000	0.000	0.000	0.000	2.055
S31	栖息密度	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00
	生物量	0.370	0.000	0.000	0.000	0.000	0.370
S32	栖息密度	0.00	0.00	0.00	25.00	0.00	25.00
	生物量	0.000	0.000	0.000	26.295	0.000	26.295
S34	栖息密度	5.00	0.00	0.00	10.00	0.00	15.00
	生物量	0.605	0.000	0.000	0.710	0.000	1.315
S35	栖息密度	0.00	0.00	0.00	5.00	0.00	5.00
	生物量	0.000	0.000	0.000	0.645	0.000	0.645
平均值	栖息密度	11.59	4.55	0.23	16.36	0.45	33.18
	生物量	0.914	0.441	0.034	10.720	0.042	12.151

注：生物量单位为 g/m^2 ，栖息密度单位为 ind/m^2 。

(4) 多样性水平

调查站位大型底栖生物 Shannon-Wiener 多样性指数 (H')、丰富度指数 (d) 和 Pielou 均匀度指数 (J) 如表 4.3.8-7 所示。Shannon-Wiener 多样性指数范围处

于 0.00~2.27 之间, 平均值为 0.98; 多样性指数最高值出现在站位 S1 (2.27), 其次为站位 S4 (2.20)。Pielou 均匀度指数数值变化范围在 0.46~1.00 之间, 站位均匀度指数平均值为 0.88, 均匀度最高值为站位 S22, 均匀度指数为 1.00。站位 S13、S20、S30、S31 和 S35 仅采集到 1 种生物, 该站位均匀度统计学无意义, 站位 S14 未采集到大型底栖生物。丰富度指数 (d) 范围为 0.00~1.20, 平均值为 0.34, 其中站位 S1 丰富度指数最高 (1.20), 站位 S14 未采集到大型底栖生物。

表 4.3.8-7 大型底栖生物多样性水平指数

站位	样方内种类数	多样性指数(H')	均匀度(J')	丰富度指数 (d)
S1	7	2.27	0.81	1.20
S2	4	0.91	0.46	0.60
S4	6	2.20	0.85	1.00
S8	5	1.96	0.84	0.80
S10	3	1.50	0.95	0.40
S11	2	0.92	0.92	0.20
S12	3	1.46	0.92	0.40
S13	1	0.00	--	0.00
S14	0	0.00	--	--
S17	4	1.84	0.92	0.60
S19	2	0.92	0.92	0.20
S20	1	0.00	--	0.00
S21	2	0.92	0.92	0.20
S22	2	1.00	1.00	0.20
S24	3	1.50	0.95	0.40
S27	3	1.50	0.95	0.40
S28	2	0.81	0.81	0.20
S30	1	0.00	--	0.00
S31	1	0.00	--	0.00
S32	2	0.97	0.97	0.20
S34	2	0.92	0.92	0.20
S35	1	0.00	--	0.00
平均值	--	0.98	0.88	0.34

5、潮间带生物

(1) 种类组成和空间分布

本次潮间带生物调查, 共鉴定出潮间带生物 2 门 6 科 13 种。其中软体动物

种数最多,9种,占种类数的69.23%;其次是节肢动物,4种,占种类数的30.77%。

调查断面底质主要是沙质。C2断面采集潮间带生物种类最多,为9种,C1断面采集6种潮间带生物。C3断面采集3种潮间带生物。

(2) 潮间带平均生物量及栖息密度

本次调查,潮间带生物平均生物量为 35.709g/m^2 ,平均栖息密度为 61.33ind/m^2 。在潮间带生物平均栖息密度的百分组成中,软体动物平均栖息密度居首位,为 45.33ind./m^2 ,占73.91%。平均生物量组成方面以软体动物居首位,为 26.772g/m^2 ,占74.97%。

表 4.3.8-8 潮间带生物平均生物量及栖息密度

类别	软体动物	节肢动物	总计
栖息密度(ind/m^2)	45.33	16.00	61.33
栖息密度百分比(%)	73.91	26.09	100
生物量(g/m^2)	26.772	8.937	35.709
生物量百分比(%)	74.97	25.03	100

(3) 调查断面水平分布和垂直分布比较

调查断面潮间带生物栖息密度及生物量的水平分布见表4.3.8-9,栖息密度方面,潮间带生物的栖息密度表现为C2断面最高,为 104.00ind/m^2 ,其次是C1断面为 56.00ind/m^2 ;C3断面栖息密度最低,为 24.00ind/m^2 。潮间带生物生物量方面,C2断面的生物量最高,为 50.444g/m^2 ;C1断面生物量最低,为 28.300g/m^2 。

表 4.3.8-9 调查断面潮间带栖息密度(ind/m^2)及生物量(g/m^2)的水平分布

断面名称	项目	软体动物	节肢动物	合计
C1	栖息密度	48.00	8.00	56.00
	生物量	25.604	2.696	28.300
C2	栖息密度	80.00	24.00	104.00
	生物量	41.012	9.432	50.444
C3	栖息密度	8.00	16.00	24.00
	生物量	13.700	14.684	28.384
平均值	栖息密度	45.33	16.00	61.33
	生物量	26.772	8.937	35.709

调查断面潮间带栖息密度及生物量的垂直分布见表 4.3.8-10, 在垂直分布上, 潮间带生物的栖息密度方面表现为高潮带最高, 为 64.00ind/m², 中潮带和低潮带最低, 为 60.00ind/m², 即高潮带>中潮带=低潮带。在生物量方面, 低潮带生物量最高, 为 40.496g/m², 其次为中潮带(35.152g/m²), 高潮带最低, 为 31.480g/m², 即高潮带>中潮带>低潮带。

表 4.3.8-10 调查断面潮间带栖息密度(ind/m²)及生物量(g/m²)的垂直分布

潮带名称	项目	软体动物	节肢动物	合计
高潮带	栖息密度	52.00	12.00	64.00
	生物量	24.864	6.616	31.480
中潮带	栖息密度	40.00	20.00	60.00
	生物量	22.880	12.272	35.152
低潮带	栖息密度	44.00	16.00	60.00
	生物量	32.572	7.924	40.496
平均值	栖息密度	45.33	16.00	61.33
	生物量	26.772	8.937	35.709

(4) 优势种

调查断面潮间带生物优势种以计算优势度(Y)≥0.02 为判断依据, 计算得出本次调查的优势种有 5 种, 为精致硬壳寄居蟹 *Calcinus gaimardii*、塔结节滨螺 *Nodilittorina pyramidalis*、楔形斧蛤 *Donax Cumcatus*、粗糙滨螺 *Littoraria articulate* 和翡翠贻贝 *Perna viridis*。其中潮间带生物第一优势种为塔结节滨螺, 优势度为 0.159。

表 4.3.8-11 潮间带生物优势种组成

优势种	优势度	生态学特性
精致硬壳寄居蟹	0.101	潮间带广盐性腐食者, 依赖腹足空壳栖息, 是食物链中间环节, 促有机物循环。
塔结节滨螺	0.159	岩礁潮间带植食螺类, 耐旱, 刮食附生藻类, 空壳为寄居蟹提供居所。
楔形斧蛤	0.051	泥沙滩埋栖滤食双壳类, 扰动底质净化水体, 为滩涂动物供饵, 对极端盐度敏感

优势种	优势度	生态学特性
粗糙滨螺	0.036	岩礁高潮区植食螺类，耐旱耐温，刮食藻类地衣，空壳为小型寄居蟹所用。
翡翠贻贝	0.022	广温广盐滤食双壳类，附硬质基质生活，净水力强，可养殖，过度繁殖易引发生态竞争。

(5) 多样性水平

本调查海区潮间带生物多样性指数和均匀度见表 4.3.8-12，Shannon-Wiener 多样性指数范围处于 0.00~1.88 之间，平均值为 0.92。多样性指数在 C2 断面高潮带出现最高（1.88），其次为 C2 断面中潮带（1.66）。Pielou 均匀度指数数值变化范围在 0.81~0.95 之间，平均值为 0.90。均匀度指数（J）在 C1 断面中潮带和 C2 断面低潮带出现最高（0.95），C1 高潮带和 C3 断面高、中潮带采集种类仅 1 种，该潮区均匀度统计学无意义。丰富度指数范围为 0.00~0.78，平均值为 0.35，其中 C2 高、中潮带丰富度指数最高（0.78）。

表 4.3.8-12 潮间带生物多样性水平

调查断面	潮带	种类数	多样性指数 (H')	均匀度 (J)	丰富度 (d)
C1	高潮带	1	0.00	——	0.00
	中潮带	3	1.50	0.95	0.52
	低潮带	2	0.81	0.81	0.26
C2	高潮带	4	1.88	0.94	0.78
	中潮带	4	1.66	0.83	0.78
	低潮带	3	1.50	0.95	0.52
C3	高潮带	1	0.00	——	0.00
	中潮带	1	0.00	——	0.00
	低潮带	2	0.92	0.92	0.26
平均值		——	0.92	0.90	0.35

6、游泳动物

(1) 种类组成

本次调查捕获游泳动物共有 47 种，隶属于 3 大类群 27 科。调查海域出现物种种类统计结果见图 3.1.1，其中鱼类种类最多（23 种），占总种数的 48.94%；

甲壳类 21 种，占总种数的 44.68%；头足类 3 种，占总种数的 6.38%。

各个站位捕捞游泳动物种类数稍有差异，其中站位 SF08 出现种类最多（为 28 种），站位 SF01 种类最少，为 15 种。

（2）渔获率

本次调查站位的游泳动物渔获情况见表 4.3.8-13，游泳动物各站位平均每小时渔获尾数和重量分别为 134.00ind/h 和 1.4643kg/h；其中甲壳类平均每小时渔获尾数和重量分别为 90.88ind/h 和 0.8280kg/h，分别占游泳动物总平均尾数的 67.82%和总平均重量的 56.55%；头足类各站位的平均每小时渔获尾数和平均重量分别为 0.50ind/h 和 0.0060kg/h，分别占游泳动物总平均每小时尾数的 0.37%和总平均每小时重量的 0.41%；

各站位每小时渔获类群尾数（ind/h）和重量（kg/h）有所差异，其中甲壳类在站位 SF08 每小时渔获尾数最多（127.00ind/h），在站位 SF08 每小时渔获重量最高（1.6484kg/h）；头足类在站位 SF02 每小时渔获尾数最多（2.00ind/h），每小时渔获重量在站位 SF08 最高（0.0186kg/h）。

表 4.3.8-13 各断面的重量渔获率和个体渔获率

类群	鱼类		甲壳类		头足类		合计	
项目	个体 渔获率	重量 渔获率	个体 渔获率	重量 渔获率	个体 渔获率	重量 渔获率	个体 渔获率	重量 渔获率
SF01	40.00	0.4618	94.00	0.7663	0.00	0.0000	134.00	1.2281
SF02	31.00	0.8537	61.00	0.4863	2.00	0.0184	94.00	1.3584
SF03	36.00	0.5088	85.00	0.3539	0.00	0.0000	121.00	0.8627
SF04	41.00	0.2957	86.00	0.5975	0.00	0.0000	127.00	0.8932
SF05	48.00	0.6332	116.00	0.9580	0.00	0.0000	164.00	1.5912
SF06	32.00	0.7458	61.00	0.7496	1.00	0.0109	94.00	1.5063
SF07	29.00	0.2340	97.00	1.0643	0.00	0.0000	126.00	1.2983
SF08	84.00	1.3089	127.00	1.6484	1.00	0.0186	212.00	2.9759
平均值	42.63	0.6302	90.88	0.8280	0.50	0.0060	134.00	1.4643

注：重量渔获率单位为 kg/h；个体渔获率单位为 ind/h。

（3）资源密度

调查区域游泳生物重量资源密度介于 $(186.33\sim642.74)\text{ kg/km}^2$ 之间, 平均重量资源密度为 316.26 kg/km^2 ; 各站位游泳动物尾数资源密度介于 $(20.30\sim45.79)\times10^3\text{ ind/km}^2$ 之间, 平均尾数资源密度为 $28.94\times10^3\text{ ind/km}^2$ 。站位之间游泳动物资源密度略有差异, 其中站位 SF08 重量资源密度最高 (642.74 kg/km^2) , 站位 SF08 尾数资源密度最高 $(45.79\times10^3\text{ ind/km}^2)$, 站位 SF03 重量资源密度最低 (186.33 kg/km^2) , 站位 SF02 和 SF06 尾数资源密度最低 $(20.30\times10^3\text{ ind/km}^2)$ 。

表 4.3.8-14 调查断面的渔业资源密度

断面	重量密度 (kg/km^2)	个体密度 (ind/km^2)	断面	重量密度 (kg/km^2)	个体密度 (ind/km^2)
SF01	265.25	28.94	SF06	325.33	20.30
SF02	293.39	20.30	SF07	280.41	27.21
SF03	186.33	26.13	SF08	642.74	45.79
SF04	192.92	27.43	平均值	316.26	28.94
SF05	343.67	35.42			

(4) 优势种

根据相对重要性指标的大小, 本调查依次将 IRI 值 >500 以上的物种确定为优势种, $100\sim500$ 的为常见种, $10\sim100$ 的为一般种, $1\sim10$ 的为少见种, IRI 值小于 1 的为稀有种。通过分析, 本次拖网调查游泳动物的优势种共 7 种, 其中相对重要性指数最大的为红星梭子蟹 *Portunus sanguinolentus* ($IRI=3731.86$), 为本调查第一优势种。

表 4.3.8-15 调查海域游泳动物优势种相对重要性指数

种类	尾数(%)	重量(%)	出现频率(%)	IRI
红星梭子蟹	12.41	24.91	100.00	3731.86
中国明对虾	9.79	3.60	62.50	837.12
中华管鞭虾	6.44	1.97	100.00	840.94
黑斑沃氏虾蛄	11.47	7.73	100.00	1920.30
口虾蛄	14.83	12.12	100.00	2695.51
白姑鱼	6.72	10.38	100.00	1709.54
龙头鱼	13.06	14.63	100.00	2768.57

(5) 成幼体比例

本次调查幼体群体占有游泳动物群体的平均比例 24.53%。渔获物中, 鱼类幼体比例为 26.10%, 甲壳类幼体比例为 23.80%, 头足类幼体比例为 25.00%。

(6) 多样性水平

各站位游泳动物的 Shannon-Wiener 多样性指数 (H') 范围在 3.25~3.69 之间, 平均值为 3.46, 其中站位 SF04 最高 (3.69), 站位 SF03 最低 (3.25)。Pielou 均匀度指数 (J) 数值变化范围在 0.76~0.87 之间, 平均值为 0.82, 其中站位 SF04 最高, 为 0.87, 站位 SF08 最低 (0.76); 丰富度指数分布范围在 2.01~3.87 之间, 平均为 2.60, 丰富度指数最高值于站位 SF08 (3.87), 最低值于站位 SF01 (2.01)。

表 4.3.8-16 各站位游泳动物多样性水平

调查站位	种类数	多样性指数 (H')	均匀度 (J)	丰富度指数 (d)
SF01	15	3.33	0.85	2.01
SF02	18	3.48	0.84	2.44
SF03	16	3.25	0.81	2.15
SF04	19	3.69	0.87	2.58
SF05	19	3.44	0.81	2.58
SF06	19	3.40	0.80	2.58
SF07	19	3.46	0.81	2.58
SF08	28	3.65	0.76	3.87
平均值	--	3.46	0.82	2.60

7、鱼卵仔稚鱼

(1) 种类组成

本次调查海域站位拖网捕捞到鱼卵 37ind, 仔稚鱼 13ind。经鉴定共有 8 种, 隶属于 2 目 7 科, 其中鲈形目最多 (5 种), 占总种数的 62.50%; 鲱形目有 3 种, 占总数的 37.50%。

(2) 数量分布

调查站位鱼卵和仔稚鱼的数量分布范围在 (0~7ind/m³) 之间, 平均值为 1.68ind/m³。其中在站位 S22 和 S31 捕捞鱼卵数量最多 (7ind/m³), 其次是站位 S14 (5ind/m³)。仔稚鱼的数量分布范围在 (0~4)ind/m³ 之间, 平均值为 0.59ind/m³。其中站位 S30 和 S31 仔稚鱼数量最多, 为 4ind/m³。

表 4.3.8-17 拖网调查鱼卵和仔稚鱼的空间分布情况

调查 站位	鱼卵			仔稚鱼		
	种类数	数量 (ind)	密度 (ind/m ³)	种类数	数量 (ind)	密度 (ind/m ³)
S1	0	0	0.00	0	0	0.00
S2	0	0	0.00	0	0	0.00
S4	0	0	0.00	0	0	0.00
S8	1	1	2.00	0	0	0.00
S10	2	3	5.00	0	0	0.00
S11	1	2	2.86	0	0	0.00
S12	1	3	5.00	0	0	0.00
S13	0	0	0.00	1	1	0.71
S14	2	5	16.67	0	0	0.00
S17	0	0	0.00	0	0	0.00
S19	1	2	2.00	1	2	2.00
S20	0	0	0.00	0	0	0.00
S21	2	4	2.22	0	0	0.00
S22	3	7	7.00	0	0	0.00
S24	0	0	0.00	1	2	10.00
S27	0	0	0.00	0	0	0.00
S28	0	0	0.00	0	0	0.00
S30	0	0	0.00	1	4	1.60
S31	1	7	3.50	1	4	2.00
S32	0	0	0.00	0	0	0.00
S34	1	1	0.37	0	0	0.00
S35	1	2	0.47	0	0	0.00
平均值	——	1.68	2.14	——	0.59	0.74

(3) 优势种

鱼卵和仔稚鱼的优势种及优势度如表 4.3.8-18 所示。优势种以优势度 (Y) ≥ 0.02 为判断依据, 经计算, 拖网调查鱼卵最大优势种为石首鱼科 Sciaenidae,

优势度为 0.173；仔稚鱼中最大优势种为石首鱼科 Sciaenidae，优势度为 0.102。

表 4.3.8-18 调查海域鱼卵和仔稚鱼主要种类

类型	优势种	优势度 (Y)
鱼卵	梭鲈属	0.097
	沙丁鱼属	0.106
	石首鱼科	0.173
	小公鱼属	0.032
仔稚鱼	梭鲈属	0.020
	小公鱼属	0.074
	石首鱼科	0.102

4.3.8.5 春季海洋生态调查结果与评价

1、叶绿素 a 与初级生产力

本次调查区域叶绿素 a 平均浓度为 $2.24\text{mg}/\text{m}^3$ ，变化范围为 $(0.15\sim12.94)\text{mg}/\text{m}^3$ ，变幅一般 ($\text{SD}=2.82$)。本次调查时区域叶绿素 a 含量偏低，总体空间差异一般。其中 S34 站位叶绿素含量最低，S1 站位叶绿素含量最高。

调查监测区内平均初级生产力为 $136.16\text{mg}\cdot\text{C}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ ，区域变化范围在 $(24.65\sim326.21)\text{mg}\cdot\text{C}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ 之间，变幅一般 ($\text{SD}=77.50$)。其中 S34 站位初级生产力最低，S22 站位初级生产力最高。

2、浮游植物

(1) 种类组成和空间分布

本次调查共鉴定浮游植物 7 门 53 属 99 种 (含未定种的属)，隶属于硅藻门、甲藻门、金藻门、蓝藻门、裸藻门、绿藻门和隐藻门 7 大门类。其中硅藻门 27 属 62 种，占浮游植物总种数的 62.63%；甲藻门 8 属 16 种，占浮游植物总种数的 16.16%；绿藻门 6 属 10 种，占浮游植物总种数的 10.10%；。

本次调查浮游植物种类数中站位 S27 浮游植物种类数最多，有 39 种；其次是站位 S22，有 35 种；站位 S2 最少 (19)。

(2) 个体数量

调查区域内浮游植物总个体数量变化范围为 $(129.37\sim30336.36)\times10^3\text{ind}/\text{m}^3$ ，均值为 $6517.96\times10^3\text{ind}/\text{m}^3$ 。硅藻门的平均密度明显高于其他藻类，平均密度为

6168.00 $\times 10^3$ ind/m³, 占浮游植物平均密度的 94.63%, 为主要优势类群; 甲藻门, 平均密度为 251.17 $\times 10^3$ ind/m³, 占浮游植物平均密度的 3.85%, 为次要优势类群。

在水平分布上, 站位 S14 的浮游植物密度最高, 为 30336.3678 $\times 10^3$ ind/m³, 站位 S4 次之, 密度为 18803.03 $\times 10^3$ ind/m³; 站位 S35 密度最低, 密度为 129.37 $\times 10^3$ ind/m³; 浮游植物密度的水平分布不均匀。

(3) 优势种

以优势度 Y 大于 0.02 为判断标准, 本次调查浮游植物优势种共出现 6 种, 分别为中肋骨条藻 *Skeletonema costatum*、菱形海线藻 *Thalassionema nitzschioides*、尖刺拟菱形藻 *Pseudo-nitzschia pungens*、窄隙角毛藻 *Chaetoceros affinis* 和长海毛藻 *Thalassiothrix longissima*。这 5 种优势种丰度占调查海域总丰度的 74.94%。中肋骨条藻的优势度最高, 为 0.221, 为第一优势种; 长海毛藻, 为第二优势种优势度为 0.204。

表 4.3.8-19 浮游植物优势种及其个体数量 ($\times 10^3$ ind/m³)

站位	优势种				
	中肋骨条藻	菱形海线藻	尖刺拟菱形藻	窄隙角毛藻	长海毛藻
S1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
S2	122.73	0.00	0.00	122.73	0.00
S4	11674.24	166.67	424.24	3719.70	121.21
S8	4640.00	330.91	149.09	2516.36	94.55
S10	35.71	506.49	126.62	483.77	1168.83
S11	35.12	537.19	136.36	245.87	1204.55
S12	340.91	969.70	287.88	257.58	11939.39
S13	81.82	387.88	115.15	166.67	4203.03
S14	9963.64	2727.27	609.09	10990.91	190.91
S17	38.28	145.93	46.65	161.48	119.62
S19	69.70	219.70	84.85	36.36	2956.06
S20	91.07	213.31	112.64	112.64	3678.93
S21	217.70	131.58	153.11	150.72	424.64
S22	5106.82	339.39	1171.97	4306.06	111.36
S24	790.91	68.18	27.27	1602.27	177.27
S27	34.87	35.72	34.02	38.27	27.21
S28	8.47	201.49	86.62	115.81	124.29
S30	107.56	149.75	143.42	45.35	1394.11
S31	179.27	129.18	540.45	158.18	1413.09
S32	1336.64	166.09	1626.64	52.73	4489.73
S34	0.00	52.73	10.36	51.79	14.12
S35	0.61	15.94	0.00	7.97	0.00

站位	优势种				
	中肋骨条藻	菱形海线藻	尖刺拟菱形藻	窄隙角毛藻	长海毛藻
平均密度	1585.28	340.69	267.57	1151.96	1538.77
优势度 Y	0.221	0.048	0.035	0.169	0.204

(4) 多样性水平

调查站位浮游植物的 Shannon-Wiener 多样性指数 (H') 范围在 1.46~4.50 之间, 平均值为 2.78, 其中站位 S27 多样性指数最高 (4.50), 站位 S35 次之 (3.92), 站位 S12 的多样性指数最低 (1.46)。

调查站位浮游植物的 Pielou 均匀度指数 (J) 范围在 0.32~0.86 之间, 平均值为 0.59, 其中站位 S35 最高, 为 0.86, 站位 S27 次之 (0.85), 站位 S12 最低 (0.32)。

调查站位浮游植物的丰富度指数 (d) 范围在 1.72~3.63 之间, 平均值为 2.42, 其中站位 S27 最高, 为 3.63, 其次是站位 S22 (3.25), 站位 S2 最低 (1.72)。

表 4.3.8-20 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 (J)	丰富度指数 (d)
S1	22	1.76	0.40	2.00
S2	19	3.52	0.83	1.72
S4	32	2.02	0.40	2.96
S8	30	2.18	0.45	2.77
S10	25	3.42	0.74	2.29
S11	22	3.10	0.70	2.00
S12	23	1.46	0.32	2.10
S13	22	1.49	0.33	2.00
S14	32	2.71	0.54	2.96
S17	30	3.73	0.76	2.77
S19	28	1.60	0.33	2.58
S20	30	1.72	0.35	2.77
S21	22	3.25	0.73	2.00
S22	35	2.85	0.56	3.25
S24	25	3.13	0.67	2.29
S27	39	4.50	0.85	3.63
S28	27	3.78	0.80	2.48
S30	24	2.31	0.50	2.20
S31	24	2.85	0.62	2.20
S32	20	2.02	0.47	1.81
S34	24	3.71	0.81	2.20
S35	24	3.92	0.86	2.20
平均值	--	2.78	0.59	2.42

3、浮游动物

(1) 种类组成和空间分布

经鉴定,本次调查海域发现浮游动物由13个类群组成,共计59种。桡足类的种数最多,有19种,占总种数的32.20%;其次是水母类有11种,占总种数的18.64%。各站位浮游动物种类数范围在8~27种之间,其中站位S14种类数最多,为27种,站位S13种类数最低,为8种。在所鉴定出的浮游动物类群中,桡足类和浮游幼体分布最广,在所有站位出现率为100%。

(2) 个体数量与生物量

12个调查站位浮游动物密度变化范围为(26.61~5706.25) ind/m³,均值534.99 ind/m³,其中站位S14的浮游动物密度最高,为5706.25 ind/m³;站位S8次之,为845.00 ind/m³;站位S27的密度最低,为26.61 ind/m³。各站位的浮游动物生物量的变化范围在(13.71~2087.50) mg/m³之间,平均生物量为256.21 mg/m³,最高值出现在站位S14,为2087.50 mg/m³;最低值出现在站位S27,为13.71 mg/m³。

表 4.3.8-21 浮游动物生物量统计

站位	密度(ind/m ³)	总生物量 (mg/m ³)	站位	密度(ind/m ³)	总生物量 (mg/m ³)
S1	825.00	450.00	S21	64.47	53.95
S2	600.00	268.75	S22	308.33	445.83
S4	816.67	250.00	S24	300.00	343.75
S8	845.00	767.50	S27	26.61	13.71
S10	150.00	75.00	S28	28.57	15.18
S11	193.18	36.36	S30	159.00	33.00
S12	350.00	216.67	S31	825.00	330.00
S13	58.33	37.50	S32	67.50	32.50
S14	5706.25	2087.50	S34	151.79	51.79
S17	144.74	30.26	S35	35.47	20.93
S19	68.33	33.33	平均值	534.99	256.21
S20	45.45	43.18			

(3) 优势度

以优势度 $Y \geq 0.02$ 为判断标准,本次调查出现优势种5种,为桡足类幼体 Copepoda larvae、小拟哲水蚤 *Paracalanus parvus*、曲膝蕨枝螳水母 *Obelia geniculata*、肥胖三角溞 *Evadne tergestina* 和鸟喙尖头溞 *Penilia avirostris*。其中,优势度最大的为鸟喙尖头溞, $Y=0.240$,为本调查浮游动物最优势种。

表 4.3.8-22 浮游动物优势种组成(单位: ind/m³)

站位	优势种				
	桡足类幼体	小拟哲水蚤	曲膝蕨枝螳水母	肥胖三角溞	鸟喙尖头溞
S1	16.67	150.00	0.00	83.33	416.67

站位	优势种				
S2	50.00	43.75	0.00	0.00	293.75
S4	150.00	0.00	25.00	0.00	491.67
S8	0.00	2.50	80.00	45.00	595.00
S10	0.00	17.86	0.00	0.00	0.00
S11	0.00	0.00	0.00	45.45	11.36
S12	16.67	16.67	0.00	50.00	0.00
S13	4.17	4.17	0.00	0.00	0.00
S14	0.00	162.50	837.50	856.25	2237.50
S17	1.32	13.16	0.00	14.47	3.95
S19	1.67	3.33	0.00	8.33	0.00
S20	15.91	4.55	0.00	2.27	2.27
S21	3.95	1.32	2.63	2.63	0.00
S22	4.17	4.17	125.00	0.00	16.67
S24	75.00	6.25	0.00	0.00	37.50
S27	4.84	0.00	0.00	4.84	0.00
S28	5.36	0.00	0.89	0.89	2.68
S30	3.00	0.00	1.00	70.00	2.00
S31	65.00	0.00	5.00	370.00	17.50
S32	15.00	2.50	0.00	2.50	0.00
S34	0.00	51.79	1.79	41.07	4.46
S35	0.00	6.40	0.58	12.79	8.72
平均值	19.67	22.31	49.06	73.17	188.26
优势度	0.027	0.030	0.042	0.099	0.240

(4) 多样性水平

各调查站位的 Shannon-Wiener 多样性指数在 1.70~3.45 之间,平均值为 2.78,最高值出现在站位 S27 (3.45),最低值出现在站位 S8 (1.70); Pielou 均匀度指数变化范围在 0.46~0.92 之间,平均值为 0.75,最高值出现在站位 S12 (0.92),最低值出现在站位 S8 (0.46); 丰富度 (d) 在 0.88~3.26 之间,平均值为 1.61,最高值出现在站位 S14 (3.26),最低值出现在站位 S13 (0.88)。

表 4.3.8-23 调查区内浮游动物多样性指数和均匀度

站位	种类数	多样性指数 (H')	均匀度指数 (J)	丰富度指数 (d)	站位	种类数	多样性指数 (H')	均匀度指数 (J)	丰富度指数 (d)
S1	10	2.19	0.66	1.13	S21	12	2.25	0.63	1.38
S2	12	2.44	0.68	1.38	S22	16	3.07	0.77	1.88
S4	9	1.83	0.58	1.00	S24	12	3.12	0.87	1.38
S8	13	1.70	0.46	1.51	S27	14	3.45	0.91	1.63
S10	12	3.13	0.87	1.38	S28	12	3.14	0.88	1.38
S11	12	2.74	0.77	1.38	S30	16	2.62	0.66	1.88

S12	12	3.31	0.92	1.38	S31	22	2.78	0.62	2.64
S13	8	2.69	0.90	0.88	S32	13	2.95	0.80	1.51
S14	27	3.05	0.64	3.26	S34	19	2.97	0.70	2.26
S17	18	3.04	0.73	2.13	S35	13	2.64	0.71	1.51
S19	13	3.08	0.83	1.51	平均值	--	2.78	0.75	1.61
S20	10	2.90	0.87	1.13					

4、底栖生物

(1) 种类组成和空间分布

本次调查采集到的大型底栖生物经鉴定共有 18 种，隶属 2 门 16 科，其中环节动物种类最多，有 11 种，占底栖生物总种数的 61.11%；软体动物，有 7 种，占底栖生物总种数的 38.89%。

不同站点采集的大型底栖生物种类数有所差异。站位 S12 采集大型底栖生物种类数最多，为 3 种。

(2) 优势种和优势度

调查站位大型底栖生物优势种以优势度 (Y) ≥ 0.02 为判断依据，本次调查的优势种有 2 种，为丝异须虫 *Heteromastus filiformis* 和须鬃虫 *Cirratulus cirratus*，优势度 Y 分别为 0.020 和 0.028。

(3) 生物量及栖息密度

本次调查各站位密度范围为 (0.00~40.00) ind/m²，平均栖息密度为 16.14ind/m²。站位 S2 和 S8 大型底栖生物栖息密度最高，为 40.00ind/m²。

调查海域站位大型底栖生物以环节动物为主要构成类群，各站点软体动物的栖息密度介于 (0.00~40.00) ind/m² 之间，平均栖息密度 12.73ind/m²，占大型底栖生物平均栖息密度的比例为 78.87%；其次是软体动物的平均栖息密度为 3.41ind/m²，占大型底栖生物平均栖息密度的 21.13%。

各站位生物量变化范围为 (0.050~5.125) g/m²，平均生物量为 1.338g/m²。站位 S35 大型底栖生物生物量最高，为 5.125g/m²；其次是站位 S34 (4.225g/m²)；站位 S11 大型底栖生物生物量最低，为 0.050g/m²。

调查站位以软体动物平均生物量最高，平均值为 0.920g/m²，占大型底栖动物平均生物量的 68.79%；其次为环节动物 (0.418g/m²)，占大型底栖动物平均生物量的 31.21%。

表 4.3.8-24 底栖生物生物量及栖息密度的分布

站位	项目	环节动物	软体动物	总计
----	----	------	------	----

站位	项目	环节动物	软件动物	总计
S1	栖息密度	5.000	0.000	5.000
	生物量	0.240	0.000	0.240
S2	栖息密度	40.000	0.000	40.000
	生物量	0.660	0.000	0.660
S4	栖息密度	30.000	0.000	30.000
	生物量	0.830	0.000	0.830
S8	栖息密度	40.000	0.000	40.000
	生物量	1.035	0.000	1.035
S10	栖息密度	0.000	5.000	5.000
	生物量	0.000	3.420	3.420
S11	栖息密度	5.000	0.000	5.000
	生物量	0.050	0.000	0.050
S12	栖息密度	5.000	10.000	15.000
	生物量	0.070	3.510	3.580
S13	栖息密度	5.000	0.000	5.000
	生物量	0.085	0.000	0.085
S14	栖息密度	5.000	0.000	5.000
	生物量	0.120	0.000	0.120
S17	栖息密度	15.000	0.000	15.000
	生物量	0.720	0.000	0.720
S19	栖息密度	25.000	0.000	25.000
	生物量	0.985	0.000	0.985
S20	栖息密度	0.000	15.000	15.000
	生物量	0.000	3.885	3.885
S21	栖息密度	25.000	0.000	25.000
	生物量	0.725	0.000	0.725
S22	栖息密度	25.000	0.000	25.000
	生物量	0.455	0.000	0.455
S24	栖息密度	0.000	15.000	15.000
	生物量	0.000	0.205	0.205
S27	栖息密度	5.000	0.000	5.000
	生物量	0.735	0.000	0.735
S28	栖息密度	10.000	0.000	10.000
	生物量	0.785	0.000	0.785
S30	栖息密度	10.000	0.000	10.000
	生物量	0.330	0.000	0.330
S31	栖息密度	5.000	5.000	10.000
	生物量	0.275	0.545	0.820
S32	栖息密度	5.000	0.000	5.000
	生物量	0.415	0.000	0.415
S34	栖息密度	20.000	10.000	30.000
	生物量	0.670	3.555	4.225
S35	栖息密度	0.000	15.000	15.000
	生物量	0.000	5.125	5.125
平均值	栖息密度	12.730	3.410	16.140
	生物量	0.418	0.920	1.338

注：生物量单位为 g/m^2 ，栖息密度单位为 ind/m^2 。

(4) 多样性水平

调查站位大型底栖生物 Shannon-Wiener 多样性指数 (H')、丰富度指数 (d) 和 Pielou 均匀度指数 (J) 如表 4.3.8-25 所示。Shannon-Wiener 多样性指数范围处于 0.00~1.58 之间, 平均值为 0.42; 多样性指数最高值出现在站位 S12 (1.58), 其次为站位 S28 和 S31 (1.00)。Pielou 均匀度指数数值变化范围在 0.92~1.00 之间, 站位均匀度指数平均值为 0.96, 均匀度最高值为站位 S12、S28 和 S31, 均匀度指数为 1.00。站位 S1、S10、S11、S13、S14、S19、S20、S21、S24、S27、S30、S32 和 S35 仅采集到 1 种生物, 该站位均匀度统计学无意义。丰富度指数 (d) 范围为 0.00~0.47, 平均值为 0.11, 其中站位 S12 丰富度指数最高 (0.47)。

表 4.3.8-25 大型底栖生物多样性指数及均匀度

站位	样方内种类数	多样性指数(H')	均匀度(J)	丰富度指数 (d)
S1	1	0.00	--	0.00
S2	2	0.95	0.95	0.23
S4	2	0.92	0.92	0.23
S8	2	0.95	0.95	0.23
S10	1	0.00	--	0.00
S11	1	0.00	--	0.00
S12	3	1.58	1.00	0.47
S13	1	0.00	--	0.00
S14	1	0.00	--	0.00
S17	2	0.92	0.92	0.23
S19	1	0.00	--	0.00
S20	1	0.00	--	0.00
S21	1	0.00	--	0.00
S22	2	0.97	0.97	0.23
S24	1	0.00	--	0.00
S27	1	0.00	--	0.00
S28	2	1.00	1.00	0.23
S30	1	0.00	--	0.00
S31	2	1.00	1.00	0.23
S32	1	0.00	--	0.00
S34	2	0.92	0.92	0.23
S35	1	0.00	--	0.00
平均值	--	0.42	0.96	0.11

5、潮间带生物

(1) 种类组成和空间分布

调查断面定量采集到的潮间带生物经鉴定共有 12 种, 隶属 3 门 8 科。其中软体动物种数最多, 8 种, 占种类数的 66.67%; 其次是节肢动物, 3 种, 占种类数的 25.00%, 大型藻类 1 种, 占种类数的 8.33%。

调查断面底质主要是沙质。C2 断面采集潮间带生物种类最多, 为 8 种, C3

断面采集到4种潮间带生物，C1断面采集到2种潮间带生物。

(2) 潮间带平均生物量及栖息密度

本次调查，潮间带生物平均生物量为 58.753g/m^2 ，平均栖息密度为 56.00ind/m^2 。在潮间带生物平均栖息密度的百分组成中，软体动物平均栖息密度居首位，为 45.33ind/m^2 ，占80.95%。平均生物量组成方面以软体动物居首位，为 49.319g/m^2 ，占83.94%。

表 4.3.8-26 潮间带生物平均生物量及栖息密度

类别	软体动物	节肢动物	绿藻门	合计
栖息密度(ind/m^2)	45.33	8.00	2.67	56.00
栖息密度百分比(%)	80.95	14.29	4.76	100
生物量(g/m^2)	49.319	8.749	0.685	58.753
生物量百分比(%)	83.94	14.89	1.17	100

(3) 调查断面水平分布和垂直分布比较

调查断面潮间带生物栖息密度及生物量的水平分布见表 4.3.8-27，栖息密度方面，潮间带生物的栖息密度表现为 C2 断面最高，为 124.00ind/m^2 ，其次是 C3 断面为 32.00ind/m^2 ；C1 断面栖息密度最低，为 12.00ind/m^2 。潮间带生物生物量方面，C2 断面的生物量最高，为 156.700g/m^2 ；C1 断面生物量最低，为 1.768g/m^2 。

表 4.3.8-27 调查断面潮间带栖息密度 (ind/m^2) 及生物量 (g/m^2) 的水平分布

断面名称	项目	软体动物	节肢动物	绿藻门	合计
C1	栖息密度	12.00	0.00	0.00	12.00
	生物量	1.768	0.000	0.000	1.768
C2	栖息密度	96.00	20.00	8.00	124.00
	生物量	133.764	20.880	2.056	156.700
C3	栖息密度	28.00	4.00	0.00	32.00
	生物量	12.424	5.368	0.000	17.792
平均值	栖息密度	45.33	8.00	2.67	56.00
	生物量	49.319	8.749	0.685	58.753

调查断面潮间带栖息密度及生物量的垂直分布见表 4.3.8-28，在垂直分布上，潮间带生物的栖息密度方面表现为低潮带最高，为 88.00ind/m^2 ，其次为高潮带 (48.00ind/m^2)，中潮带最低，为 32.00ind/m^2 ，即低潮带>高潮带>中潮带。在生物量方面，低潮带生物量最高，为 92.196g/m^2 ，其次为中潮带 (56.596g/m^2)，高潮带最低，为 27.468g/m^2 ，即低潮带>中潮带>高潮带。

表 4.3.8-28 调查断面潮间带栖息密度 (ind/m^2) 及生物量 (g/m^2) 的垂直分布

潮带名称	项目	软体动物	节肢动物	绿藻门	合计
高潮带	栖息密度	24.00	16.00	8.00	48.00
	生物量	13.920	11.492	2.056	27.468
中潮带	栖息密度	32.00	0.00	0.00	32.00
	生物量	56.596	0.000	0.000	56.596

潮带名称	项目	软体动物	节肢动物	绿藻门	合计
低潮带	栖息密度	80.00	8.00	0.00	88.00
	生物量	77.440	14.756	0.000	92.196
平均值	栖息密度	45.333	8.000	2.667	56.00
	生物量	49.319	8.749	0.685	58.753

(4) 优势种

调查断面潮间带生物优势种以计算优势度 (Y) ≥ 0.02 为判断依据, 计算得出本次调查的优势种有 2 种, 为粗糙滨螺 *Littoraria articulate* 和翡翠贻贝 *Perna viridis*, 调查期间该海域潮间带生物第一优势种为粗糙滨螺, 优势度为 0.135。

表 4.3.8-29 潮间带生物优势种组成

优势种	优势度	生态学特性
粗糙滨螺	0.135	岩礁高潮区植食螺类, 耐旱耐温, 刮食藻类地衣, 空壳为小型寄居蟹所用。
翡翠贻贝	0.040	广温广盐滤食双壳类, 附硬质基质生活, 净水力强, 可养殖, 过度繁殖易引发生态竞争。

(5) 多样性水平

本调查海区潮间带生物多样性指数和均匀度见表 4.3.8-30, Shannon-Wiener 多样性指数范围处于 0.00~1.84 之间, 平均值为 0.66。多样性指数在 C2 断面高潮带出现最高 (1.84), 其次为 C2 断面低潮带 (1.28)。Pielou 均匀度指数数值变化范围在 0.64~1.00 之间, 平均值为 0.88。均匀度指数 (J) 在 C2 断面中潮带出现最高 (1.00), C1 断面和 C3 断面高潮带采集种类仅 1 种, 该潮区均匀度统计学无意义。丰富度指数范围为 0.00~0.80, 平均值为 0.27, 其中 C2 高、低潮带丰富度指数最高 (0.80)。

表 4.3.8-30 潮间带生物多样性水平

调查断面	潮带	种类数	多样性指数 (H')	均匀度 (J)	丰富度 (d)
C1	高潮带	1	0.00	——	0.00
	中潮带	3	1.50	0.95	0.52
	低潮带	2	0.81	0.81	0.26
C2	高潮带	4	1.88	0.94	0.78
	中潮带	4	1.66	0.83	0.78
	低潮带	3	1.50	0.95	0.52
C3	高潮带	1	0.00	——	0.00
	中潮带	1	0.00	——	0.00
	低潮带	2	0.92	0.92	0.26
平均值		——	0.92	0.90	0.35

6、游泳动物

(1) 种类组成

本次调查捕获游泳动物共有 58 种, 隶属于 3 大类群 33 科。调查海域出现物

种中鱼类种类最多(34种),占总种数的58.62%;甲壳类21种,占总种数的36.21%;头足类3种,占总种数的5.17%。

各个站位捕捞游泳动物种类数稍有差异,其中站位S35出现种类最多(为22种),站位S1、S2和S24种类最少,为5种。

(2) 渔获率

本次调查站位的游泳动物渔获情况见表4.3.8-31,游泳动物各站位平均每小时个体渔获率和重量渔获率分别为53.14ind/h和0.9234kg/h;其中,鱼类平均每小时个体渔获率和重量渔获率分别为25.32ind/h和0.5956kg/h,分别占游泳动物总每小时个体渔获率的47.65%和总平均重量渔获率的64.50%;甲壳类平均每小时个体渔获率和重量渔获率分别为27.18ind/h和0.3201kg/h,分别占游泳动物总每小时个体渔获率的51.15%和总平均重量渔获率的34.66%;头足类平均每小时个体渔获率和平均重量渔获率分别为0.64ind/h和0.078kg/h,分别占游泳动物总平均每小时个体渔获率的1.20%和总平均每小时重量渔获率的0.84%。

各站位每小时渔获类群尾数(ind/h)和重量(kg/h)有所差异,其中,在站位S34每小时渔获尾数最多(86.00ind/h),在站位S22每小时渔获重量最高(1.8928kg/h)。

表 4.3.8-31 各断面的重量渔获率和个体渔获率

类群	鱼类		甲壳类		头足类		合计	
项目	个体渔获率	重量渔获率	个体渔获率	重量渔获率	个体渔获率	重量渔获率	个体渔获率	重量渔获率
S1	12.00	0.3684	6.00	0.0797	0.00	0.0000	18.00	0.4481
S2	15.00	0.2977	13.00	0.1751	0.00	0.0000	28.00	0.4728
S4	12.00	0.2693	9.00	0.0798	0.00	0.0000	21.00	0.3491
S8	27.00	0.6054	39.00	0.3102	0.00	0.0000	66.00	0.9156
S10	49.00	1.1835	28.00	0.4315	0.00	0.0000	77.00	1.6150
S11	8.00	0.2006	16.00	0.1938	1.00	0.0152	25.00	0.4096
S12	28.00	0.4635	35.00	0.3078	0.00	0.0000	63.00	0.7713
S13	22.00	0.4943	33.00	0.2593	1.00	0.0088	56.00	0.7624
S14	8.00	0.3944	21.00	0.1836	0.00	0.0000	29.00	0.5780
S17	19.00	0.3634	40.00	0.6320	0.00	0.0000	59.00	0.9954
S19	17.00	0.5515	27.00	0.4250	2.00	0.0195	46.00	0.9960
S20	32.00	0.8042	19.00	0.4113	3.00	0.0220	54.00	1.2375
S21	21.00	0.5490	40.00	0.3765	1.00	0.0475	62.00	0.9730
S22	40.00	1.6028	30.00	0.2508	3.00	0.0392	73.00	1.8928
S24	18.00	0.3633	13.00	0.1970	0.00	0.0000	31.00	0.5603
S27	37.00	0.7529	25.00	0.6054	0.00	0.0000	62.00	1.3583
S28	26.00	0.5320	38.00	0.3106	0.00	0.0000	64.00	0.8426
S30	36.00	0.7777	44.00	0.5618	0.00	0.0000	80.00	1.3395
S31	24.00	0.5624	35.00	0.3335	1.00	0.0125	60.00	0.9084
S32	28.00	0.7042	25.00	0.2707	0.00	0.0000	53.00	0.9749

类群	鱼类		甲壳类		头足类		合计	
项目	个体渔获率	重量渔获率	个体渔获率	重量渔获率	个体渔获率	重量渔获率	个体渔获率	重量渔获率
S34	47.00	0.6395	38.00	0.3679	1.00	0.0033	86.00	1.0107
S35	31.00	0.6227	24.00	0.2779	1.00	0.0025	56.00	0.9031
平均值	25.32	0.5956	27.18	0.3201	0.64	0.0078	53.14	0.9234

注：重量渔获率单位为 kg/h；个体渔获率单位为 ind/h。

(3) 资源密度

调查区域游泳生物平均重量资源密度为 $199.43\text{kg}/\text{km}^2$ ；各站位游泳动物平均个体资源密度为 $11.48 \times 10^3 \text{ind}/\text{km}^2$ ；站位之间游泳动物资源密度略有差异，其中站位 S22 重量资源密度最高 ($408.81\text{kg}/\text{km}^2$)，站位 S34 个体资源密度最高 ($18.57 \times 10^3 \text{ind}/\text{km}^2$)，站位 S4 重量资源密度最低 ($75.40\text{kg}/\text{km}^2$)，站位 S1 个体资源密度最低 ($3.89 \times 10^3 \text{ind}/\text{km}^2$)。

表 4.3.8-32 调查断面的渔业资源密度

站位	鱼类		甲壳类		头足类		总计	
	个体资源密度	重量资源密度	个体资源密度	重量资源密度	个体资源密度	重量资源密度	个体资源密度	重量资源密度
S1	2.59	79.57	1.30	17.21	0.00	0.00	3.89	96.78
S2	3.24	64.30	2.81	37.82	0.00	0.00	6.05	102.12
S4	2.59	58.16	1.94	17.24	0.00	0.00	4.54	75.40
S8	5.83	130.76	8.42	67.00	0.00	0.00	14.25	197.75
S10	10.58	255.62	6.05	93.20	0.00	0.00	16.63	348.81
S11	1.73	43.33	3.46	41.86	0.22	3.28	5.40	88.47
S12	6.05	100.11	7.56	66.48	0.00	0.00	13.61	166.59
S13	4.75	106.76	7.13	56.00	0.22	1.90	12.10	164.67
S14	1.73	85.18	4.54	39.65	0.00	0.00	6.26	124.84
S17	4.10	78.49	8.64	136.50	0.00	0.00	12.74	214.99
S19	3.67	119.11	5.83	91.79	0.43	4.21	9.94	215.12
S20	6.91	173.69	4.10	88.83	0.65	4.75	11.66	267.28
S21	4.54	118.57	8.64	81.32	0.22	10.26	13.39	210.15
S22	8.64	346.18	6.48	54.17	0.65	8.47	15.77	408.81
S24	3.89	78.47	2.81	42.55	0.00	0.00	6.70	121.02
S27	7.99	162.61	5.40	130.76	0.00	0.00	13.39	293.37
S28	5.62	114.90	8.21	67.08	0.00	0.00	13.82	181.99
S30	7.78	167.97	9.50	121.34	0.00	0.00	17.28	289.31
S31	5.18	121.47	7.56	72.03	0.22	2.70	12.96	196.20
S32	6.05	152.10	5.40	58.47	0.00	0.00	11.45	210.56
S34	10.15	138.12	8.21	79.46	0.22	0.71	18.57	218.29
S35	6.70	134.49	5.18	60.02	0.22	0.54	12.10	195.05
平均值	5.47	128.63	5.87	69.13	0.14	1.67	11.48	199.43

(4) 优势种

根据相对重要性指标的大小，本调查依次将 IRI 值 >500 以上的物种确定为优势种， $100 \sim 500$ 的为常见种， $10 \sim 100$ 的为一般种， $1 \sim 10$ 的为少见种， IRI 值小于 1 的为稀有种。通过分析，本次拖网调查游泳动物的优势种共 4 种，其中相对重

要性指数最大的为白姑鱼 *Argyrosomus argentatus* ($IRI=2399.53$), 为本调查第一优势种。

表 4.3.8-33 调查海域游泳动物优势种相对重要性指数

种类	尾数(%)	重量(%)	出现频率(%)	IRI
隆线强蟹	9.50	12.29	54.55	1188.12
双斑蟳	11.63	5.26	50.00	844.93
白姑鱼	14.37	18.62	72.73	2399.53
鳎	4.62	8.27	59.09	761.56

(5) 成幼体比例

本次调查幼体群体占有游泳动物群体的平均比例 23.33%。鱼类幼体比例为 22.34%，甲壳类幼体比例为 23.41%，头足类幼体比例为 14.29%。

(6) 多样性水平

各站位游泳动物的 Shannon-Wiener 多样性指数 (H') 范围在 2.04~3.85 之间, 平均值为 2.93。Pielou 均匀度指数 (J) 数值变化范围在 0.59~0.99 之间, 平均值为 0.87; 丰富度指数分布范围在 0.57~2.97 之间, 平均为 1.51。

表 4.3.8-34 各站位游泳动物多样性水平

调查站位	种类数	多样性指数 (H')	均匀度 (J)	丰富度指数 (d)
S1	5	2.29	0.99	0.57
S2	5	2.12	0.91	0.57
S4	6	2.47	0.96	0.71
S8	10	2.39	0.72	1.27
S10	11	3.22	0.93	1.42
S11	12	3.19	0.89	1.56
S12	8	2.72	0.91	0.99
S13	16	3.23	0.81	2.12
S14	8	2.63	0.88	0.99
S17	18	3.00	0.72	2.41
S19	10	2.93	0.88	1.27
S20	11	3.24	0.94	1.42
S21	18	3.55	0.85	2.41
S22	16	3.50	0.87	2.12
S24	5	2.27	0.98	0.57
S27	14	3.58	0.94	1.84
S28	17	3.51	0.86	2.27
S30	12	3.33	0.93	1.56
S31	15	3.11	0.80	1.98
S32	7	2.35	0.84	0.85
S34	11	2.04	0.59	1.42
S35	22	3.85	0.86	2.97
平均值	--	2.93	0.87	1.51

7、鱼卵仔稚鱼

(1) 种类组成

本次拖网调查中共采集到鱼卵 61ind, 包括沙丁鱼属、鲢、鲮科、鳊科、多

鳞鲷、颈斑鲷和鲷科，隶属于3目6科7种；共采集到仔稚鱼52ind，包括舌鲷科、鲷、小公鱼属、鲷科、大眼鲷属、鹿斑鲷和鲷科，隶属于4目6科6种。其中鲷形目出现最多6种，占种类数54.55%。

(2) 数量分布

调查站位鱼卵的平均数量为2.77ind/m³，鱼卵的平均密度为3.67ind/m³。仔稚鱼的平均数量为2.36ind/m³，仔稚鱼的平均密度为2.18ind/m³。

表 4.3.8-35 拖网调查鱼卵和仔稚鱼的空间分布情况

调查 站位	鱼卵			仔稚鱼		
	种类数	数量 (ind)	密度 (ind/m ³)	种类数	数量 (ind)	密度 (ind/m ³)
S1	0	0	0.00	1	1	3.33
S2	1	1	2.50	0	0	0.00
S4	0	0	0.00	0	0	0.00
S8	1	1	1.00	0	0	0.00
S10	1	1	1.43	1	1	1.43
S11	2	2	1.82	1	2	1.82
S12	1	1	3.33	1	1	3.33
S13	0	0	0.00	0	0	0.00
S14	3	3	7.50	2	5	12.50
S17	1	1	0.53	4	25	13.16
S19	1	2	1.33	1	1	0.67
S20	0	0	0.00	1	2	1.82
S21	0	0	0.00	2	2	1.05
S22	2	33	55.00	0	0	0.00
S24	0	0	0.00	0	0	0.00
S27	1	1	0.32	0	0	0.00
S28	1	10	3.57	1	1	0.36
S30	3	3	1.20	1	4	1.60
S31	1	1	1.00	3	4	4.00
S32	0	0	0.00	1	3	3.00
S34	0	0	0.00	0	0	0.00
S35	1	1	0.23	0	0	0.00
平均值	--	2.77	3.67	--	2.36	2.18

(3) 优势种

鱼卵和仔稚鱼的优势种及优势度如表 4.3.8-36 所示。优势种以优势度 (Y) ≥ 0.02 为判断依据，经计算，拖网调查鱼卵最大优势种为沙丁鱼属 *Sardina* sp.，优势度为 0.219；仔稚鱼中最大优势种为鲷科 Sparidae，优势度为 0.180。

表 4.3.8-36 调查海域鱼卵和仔稚鱼主要种类

类型	优势种	优势度 (Y)
鱼卵	沙丁鱼属	0.219
	鲷	0.024
仔稚鱼	鲷	0.054
	鲷科	0.180

5 环境影响预测与评价

5.1 大气环境影响预测与评价

5.1.1 施工期大气环境影响分析

施工期大气污染物主要为施工船舶燃油废气，其主要成分包括 CO、SO₂、NO_x、HC 和烟尘。根据《港口作业船舶排污量测算方法》（王伟松，1991 年）给出的统计数据，船舶燃油污染物排放系数分别为：CO 0.238kg/m³ 油、SO₂ 3.74kg/m³ 油、NO_x 8.57kg/m³ 油、烟尘 2.75kg/m³ 油。

本项目施工船舶作业时间有限，燃油消耗量较少，因此废气产生总量相对较小。同时，施工区域位于开阔海域，大气扩散条件良好，燃油尾气排放后能够及时稀释和扩散，对局部区域环境空气质量影响不大。该影响是暂时性的，随着施工结束而自动消除。总体而言，项目燃油尾气对大气环境的影响较小。

为进一步减少施工船舶燃油尾气对环境的负面影响，建议采取以下控制措施：加强施工船舶的日常维修与保养，确保发动机处于良好运行状态；使用符合国家标准合规燃料油及合格船舶设备；鼓励采用清洁能源、新能源动力船舶或加装船载蓄电装置，从源头降低污染物排放。

5.1.2 营运期大气环境影响分析

营运期大气污染物来源与施工期相同，亦为船舶排放的燃油废气（CO、SO₂、NO_x、HC 和烟尘）。相较施工期，营运期投入工作船舶的单次作业及总体作业时间均较短，因此燃油消耗量及大气污染物产生量较施工期有所减少。

项目所在海域开阔，大气扩散条件良好，船舶燃油尾气排放后能够迅速稀释、扩散，不会在局部区域形成明显污染物积聚。考虑到营运期污染物源强小、排放间断且持续时间有限，对大气环境的影响是局部、暂时且可控的，不会对区域空气质量造成长期或显著的不良影响。

为进一步减少施工船舶燃油尾气对环境的负面影响，建议采取以下控制措施：加强施工船舶的日常维修与保养，确保发动机处于良好运行状态；使用符合国家标准合规燃料油及合格船舶设备；鼓励采用清洁能源、新能源动力船舶或加装船载蓄电装置，从源头降低污染物排放。

5.2 声环境影响预测与评价

5.2.1 施工期声环境影响分析

本项目施工噪声主要为施工船舶噪声，施工期噪声执行《建筑施工噪声排放标准》（GB12523-2025）。施工船舶机械体积相对庞大，其运行噪声也较高，在实际施工过程中，往往是各种机械同时工作，各种噪声源的声能量相互叠加，噪声级将会更高，辐射面也会更大。

根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ 2.4-2021），本项目施工期施工机械噪声影响预测可采用点声源扩散模型：

$$L_p(r)=L_p(r_0)-20\lg(r/r_0)$$

式中： $L_p(r)$ ——预测点处声压级，dB（A）；

$L_p(r_0)$ ——参考位置 r_0 处的声压级，dB（A）；

r ——预测点距声源的距离，m；

r_0 ——参考位置距声源的距离，m。

由上式可计算出项目施工噪声值随距离衰减的情况，见表 5.2.1-1 及表 5.2.1-2。

表 5.2.1-1 主要噪声污染源衰减预测结果 单位：dB（A）

序号	机械名称	源强（1m处）	不同距离处的噪声预测值						
			10m	20m	40m	60m	80m	100m	150m
1	船舶鸣笛	105	85	79	73	69	67	65	61
2	船舶发动机	95	75	69	63	59	57	55	51

表 5.2.1-2 不同施工机械噪声达标排放所需衰减距离 单位：m

序号	机械名称	昼间达标排放所需衰减距离	夜间达标排放所需衰减距离
1	船舶鸣笛	56	316
2	船舶发动机	18	100

一般而言，施工船舶在露天环境中进行施工，通常情况下无法进行有效的密闭隔声处理，因此本项目施工期产生的噪声会对其周围的环境会产生一定影响，在施工场地边界噪声级将不能满足《建筑施工噪声排放标准》（GB12523-2025）标准要求。从预测结果来看，项目在施工阶段各种机械噪声昼间达标排放所需的衰减距离为 18m~56m，夜间达标距离为 100m~316m，施工期噪声昼间影响距离在 56m 以内。船舶施工区域主要在海域，与陆域距离较远，周边无声环境敏感区，噪声影响随距离增加而逐渐衰减，因此本项目施工船舶噪声基本不会对周边声环境产生大的影响。

施工单位在施工过程中,要采取加强施工作业管理,选用低噪声设备和船舶,加强设备和船舶的维护管理,严格控制鸣笛,夜间禁止强噪声设备施工。在正常施工状况下,本项目施工噪声对周边环境的影响很小。

5.2.2 营运期声环境影响分析

营运期噪声主要为工作船舶噪声,噪声值在 95dB(A)~105dB(A)之间,营运期噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)中的 3 类标准限值。根据《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ 2.4-2021),本项目营运期噪声影响预测可采用点声源扩散模型:

$$L_p(r)=L_p(r_0)-20\lg(r/r_0)$$

式中: $L_p(r)$ ——预测点处声压级, dB (A);

$L_p(r_0)$ ——参考位置 r_0 处的声压级, dB (A);

r ——预测点距声源的距离, m;

r_0 ——参考位置距声源的距离, m。

由上式可计算出营运期噪声值随距离衰减的情况,见表 5.2.2-1 及表 5.2.2-2。

表 5.2.2-1 主要噪声污染源衰减预测结果 单位: dB (A)

序号	机械名称	源强 (1 m处)	不同距离处的噪声预测值							
			10m	20m	40m	60m	80m	100m	150m	200m
1	船舶鸣笛	105	85	79	73	69	67	65	61	59
2	船舶发动机	95	75	69	63	59	57	55	51	49

表 5.2.2-2 不同施工机械噪声达标排放所需衰减距离 单位: m

序号	机械名称	昼间达标排放所需衰减距离	夜间达标排放所需衰减距离
1	船舶鸣笛	100	316
2	船舶发动机	32	100

根据预测结果,营运期间噪声昼间达标排放所需的衰减距离为 32m~100m,夜间达标距离为 100m~316m,营运期噪声昼间影响距离在 100m 以内。项目营运期主要在海上养殖区内作业,周边无声环境敏感目标,工作船舶产生的噪声随距离增加而逐渐衰减,营运期基本不会对周边环境产生明显不利影响。

建设单位在日常过程中,要采取加强运维作业管理,选用低噪声设备和船舶,加强设备和船舶的维护管理,严格控制鸣笛,夜间禁止强噪声设备施工。在正常作业状况下,本项目施工噪声对周边环境的影响很小。

综上,本项目营运期对声环境影响较小。

5.3 水文动力环境影响预测与评价

5.3.1 潮流数学模型

选用三维海洋水动力模型，采用有限元网格，构建潮流模型作为重建和预测工程前、后潮流场的数学模型。模型水平方向可采用无结构三角网格，垂向上采用 z 坐标或 σ 坐标的结构网格。

(1) 基本方程

三维潮流模型在笛卡尔坐标系下的连续方程为：

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

动量方程为：

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial u^2}{\partial x} + \frac{\partial vu}{\partial y} + \frac{\partial wu}{\partial z} \\ = fv - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial q}{\partial x} - g \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p_A}{\partial x} - \frac{g}{\rho_0} \int_z^\eta \frac{\partial \rho}{\partial x} + F_u + \frac{\partial}{\partial z} \left(v_t^v \frac{\partial u}{\partial z} \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial uv}{\partial x} + \frac{\partial v^2}{\partial y} + \frac{\partial wv}{\partial z} \\ = -fu - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial q}{\partial y} - g \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p_A}{\partial y} - \frac{g}{\rho_0} \int_z^\eta \frac{\partial \rho}{\partial y} + F_v + \frac{\partial}{\partial z} \left(v_t^v \frac{\partial v}{\partial z} \right) \end{aligned}$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} + \frac{\partial uw}{\partial x} + \frac{\partial vw}{\partial y} + \frac{\partial w^2}{\partial z} = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial q}{\partial z} + F_w + \frac{\partial}{\partial z} \left(v_t^v \frac{\partial w}{\partial z} \right)$$

其中， t 为时间； x 、 y 、 z 为笛卡尔坐标； η 为水位变化； u 、 v 、 w 分别为 x 、 y 、 z 方向上的流速分量； q 为非静力压力项； f 为科氏参数； v_t^v 为垂向涡粘系数； g 为重力加速度； p_A 为大气压； ρ 、 ρ_0 为海水密度及密度参考项；水平扩散项利用水平涡粘系数 v_t^h 计算：

$$F_u = \frac{\partial}{\partial x} \left(2v_t^h \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(v_t^h \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right)$$

$$F_v = \frac{\partial}{\partial x} \left(v_t^h \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(2v_t^h \frac{\partial v}{\partial y} \right)$$

$$F_w = \frac{\partial}{\partial x} \left(v_t^h \frac{\partial w}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(v_t^h \frac{\partial w}{\partial y} \right)$$

方程在海表面满足边界条件:

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + u \frac{\partial \eta}{\partial x} + v \frac{\partial \eta}{\partial y} - w = 0, \quad \left(\frac{\partial u}{\partial z}, \frac{\partial v}{\partial z} \right) = \frac{1}{\rho_0 v_t^v} (\tau_{sx}, \tau_{sy})$$

在海底满足边界条件:

$$u \frac{\partial d}{\partial x} + v \frac{\partial d}{\partial y} + w = 0, \quad \left(\frac{\partial u}{\partial z}, \frac{\partial v}{\partial z} \right) = \frac{1}{\rho_0 v_t^v} (\tau_{bx}, \tau_{by})$$

其中, d 为静水深, 总水深 $h=d+\eta$, (τ_{bx}, τ_{by}) 为海底摩擦应力项的 x 、 y 分量, (τ_{sx}, τ_{sy}) 为海表面风应力项的 x 、 y 分量。

当模型控制方程采用 σ 坐标时, 与笛卡尔坐标有如下坐标变换关系:

$$t' = t, \quad x' = x, \quad y' = y, \quad \sigma = \frac{z+d}{h}$$

经坐标变换后, 连续方程和动量方程分别为:

$$\begin{aligned} & \frac{\partial h}{\partial t'} + \frac{\partial hu}{\partial x'} + \frac{\partial hv}{\partial y'} + \frac{\partial h\omega}{\partial \sigma} = 0 \\ & \frac{\partial hu}{\partial t'} + \frac{\partial hu^2}{\partial x'} + \frac{\partial huv}{\partial y'} + \frac{\partial h\omega u}{\partial \sigma} = \\ & f_h v - \frac{h}{\rho_0} \left(\frac{\partial q}{\partial x'} + \frac{\partial q}{\partial \sigma} \frac{\partial \sigma}{\partial x} \right) - gh \frac{\partial \eta}{\partial x'} + hF_u + \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(\frac{v_t^v}{h} \frac{\partial u}{\partial \sigma} \right) \\ & \frac{\partial hv}{\partial t'} + \frac{\partial huv}{\partial x'} + \frac{\partial hv^2}{\partial y'} + \frac{\partial h\omega v}{\partial \sigma} = \\ & -f_h u - \frac{h}{\rho_0} \left(\frac{\partial q}{\partial y'} + \frac{\partial q}{\partial \sigma} \frac{\partial \sigma}{\partial y} \right) - gh \frac{\partial \eta}{\partial y'} + hF_v + \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(\frac{v_t^v}{h} \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right) \\ & \frac{\partial h\omega}{\partial t'} + \frac{\partial hu\omega}{\partial x'} + \frac{\partial hv\omega}{\partial y'} + \frac{\partial h\omega\omega}{\partial \sigma} = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial q}{\partial \sigma} + hF_w + \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(\frac{v_t^v}{h} \frac{\partial \omega}{\partial \sigma} \right) \end{aligned}$$

其中 ω 为修正流速项:

$$\omega = \frac{1}{h} \left(w + u \frac{\partial d}{\partial x} + v \frac{\partial d}{\partial y} - \sigma \left(\frac{\partial h}{\partial t} + u \frac{\partial h}{\partial x} + v \frac{\partial h}{\partial y} \right) \right)$$

水平扩散项近似为:

$$hF_u \approx \frac{\partial}{\partial x} \left(2hv_t^h \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(hv_t^h \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right)$$

$$hF_v \approx \frac{\partial}{\partial x} \left(hv_t^h \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(2hv_t^h \frac{\partial v}{\partial y} \right)$$

$$hF_w \approx \frac{\partial}{\partial x} \left(hv_t^h \frac{\partial w}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(hv_t^h \frac{\partial w}{\partial y} \right)$$

海表面满足边界条件：

$$\omega = 0, \quad \left(\frac{\partial u}{\partial \sigma}, \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right) = \frac{h}{\rho_0 v_t^v} (\tau_{sx}, \tau_{sy})$$

海底满足边界条件：

$$\omega = 0, \quad \left(\frac{\partial u}{\partial \sigma}, \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right) = \frac{h}{\rho_0 v_t^v} (\tau_{bx}, \tau_{by})$$

(2) 初始条件与边界条件

根据相关规范，三维潮流模式的初始条件按以下公式确定：

$$\eta(x, y, t)|_{t=0} = \eta_0(x, y),$$

$$u(x, y, z, t)|_{t=0} = u_0(x, y, z),$$

$$v(x, y, z, t)|_{t=0} = v_0(x, y, z),$$

$$w(x, y, z, t)|_{t=0} = w_0(x, y, z),$$

式中 η_0 、 u_0 、 v_0 、 w_0 分别为 η 、 u 、 v 、 w 初始条件下的已知值，模拟区域边界分固边界与开边界，固边界通常为陆地边界，边界上流速的法向分量为零；开边界为海洋边界，选取主要天文分潮： K_1 、 O_1 、 P_1 、 Q_1 、 S_1 、 M_2 、 S_2 、 N_2 、 K_2 、 M_4 作为潮位驱动。

(3) 计算范围与网格划分

模型水平采用三角网格进行离散，计算范围和网格分布见图 5.3.1-1，为了更准确地模拟项目附近的海水动力场，模型网格由外海区域向项目附近区域逐级加密，外海区域的空间分辨率约 5000m，养殖区域分辨率约 15m。模型垂向上采用 σ 坐标，均匀分为 3 层。项目及附近区域的网格及水下地形见图 5.3.1-2。

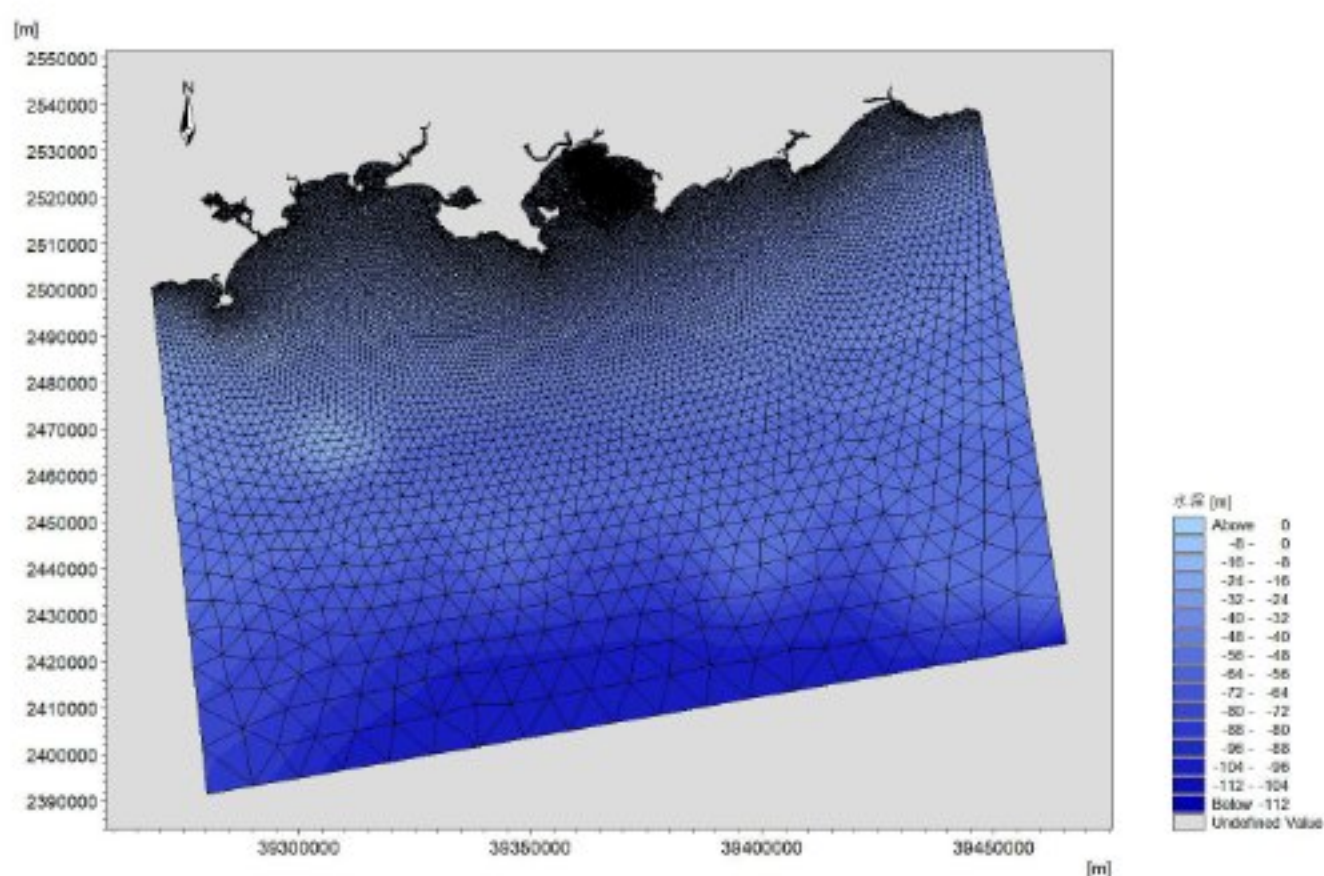


图 5.3.1-1 模型计算范围和网格剖分示意图

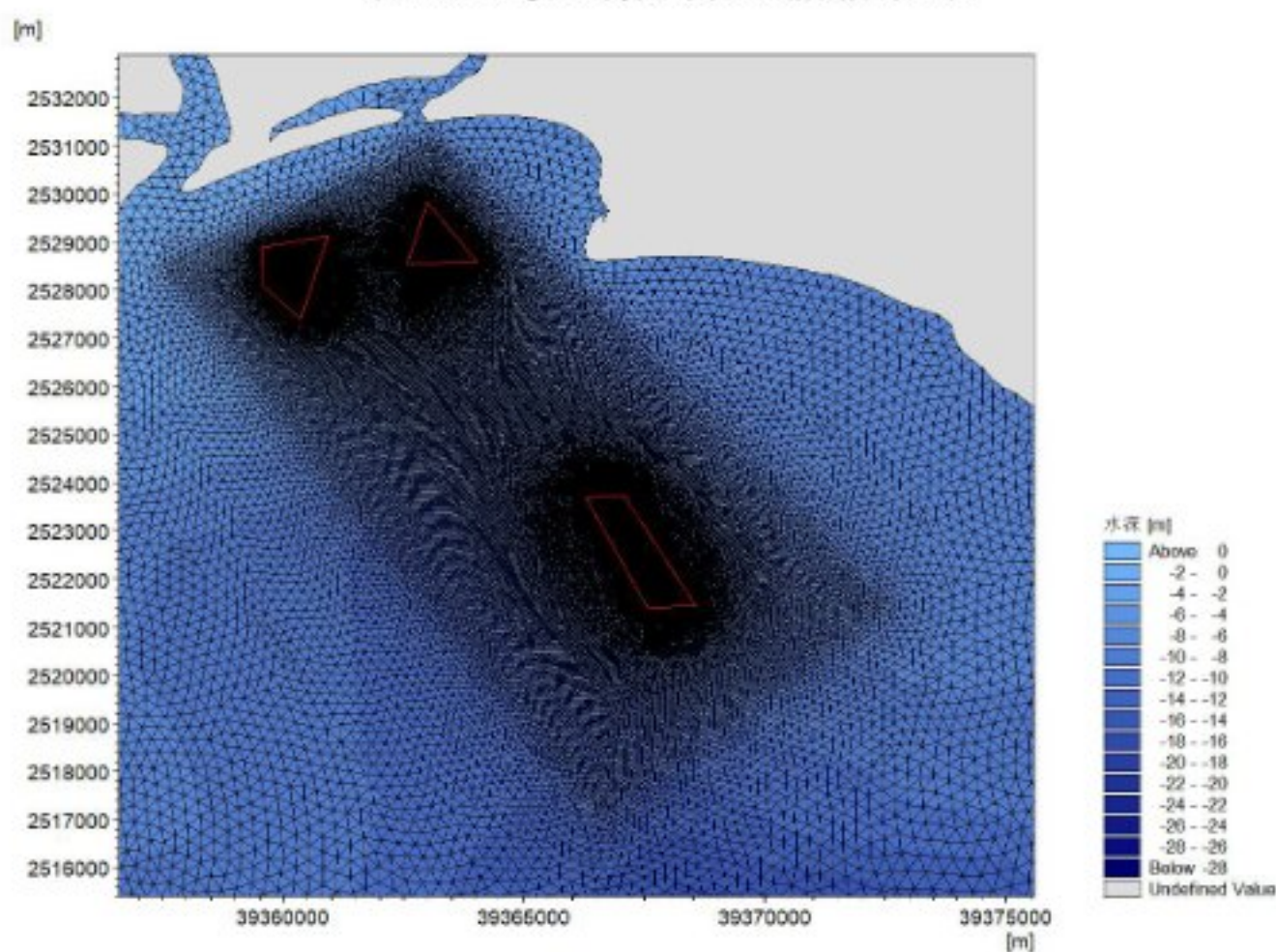


图 5.3.1-2 项目附近海域网格剖分示意图

(4) 地形数据

模型水深及岸线数据来源于海图提取数据以及项目区域实测水深数据, 所用数据来源主要包括:

- 1、碣石湾，比例尺 1:45000，图号 CN482311；
- 2、汕头港至汕尾港，比例尺 1:350000，图号 CN203313；
- 3、工程附近区域实测地形。

5.3.2 模型验证结果

为了验证模型的准确性，利用水动力模型模拟了工程海域的潮位和潮流状况。将模拟结果与 2023 年 1 月 7 日 14:00 至 2023 年 1 月 8 日 16:00 在工程海域的 2 个临潮位站和 6 个潮流观测站所测数据进行了对比验证。



图 5.3.2-1 实测潮流站位示意图

图 5.3.2-2~图 5.3.2-3 是 C1、C2 实测水位与模拟值对比结果。对比验证结果表明，对应观测点上潮位最高、最低潮位差值在 0.1m 以内，模型能够准确的模拟出项目区域的潮位。

图 5.3.2-4 至图 5.3.2-9 为 S1、S2、S3、S4、S5、S6 四个测站在大潮期间表、中、底层流速实测与模拟值的对比图，对应观测点上潮流模拟结果与实测潮位和潮流资料过程线基本一致，涨落潮平均流速、流向偏差较小，能够较好地反映项目周边海域水位和潮流状况。

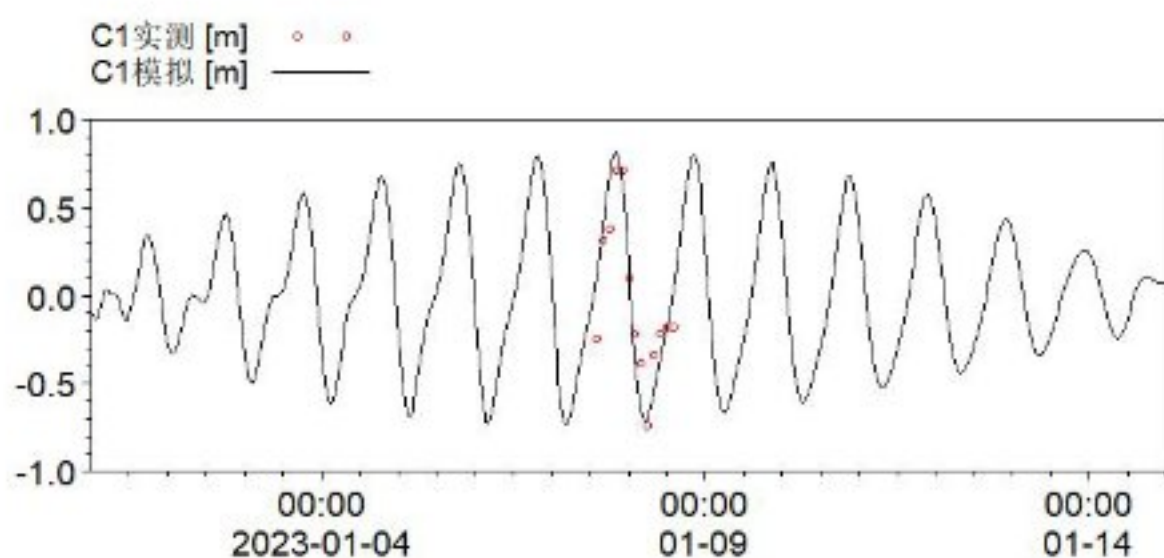


图 5.3.2-2 C1 站位实测潮位与模拟值验证对比图

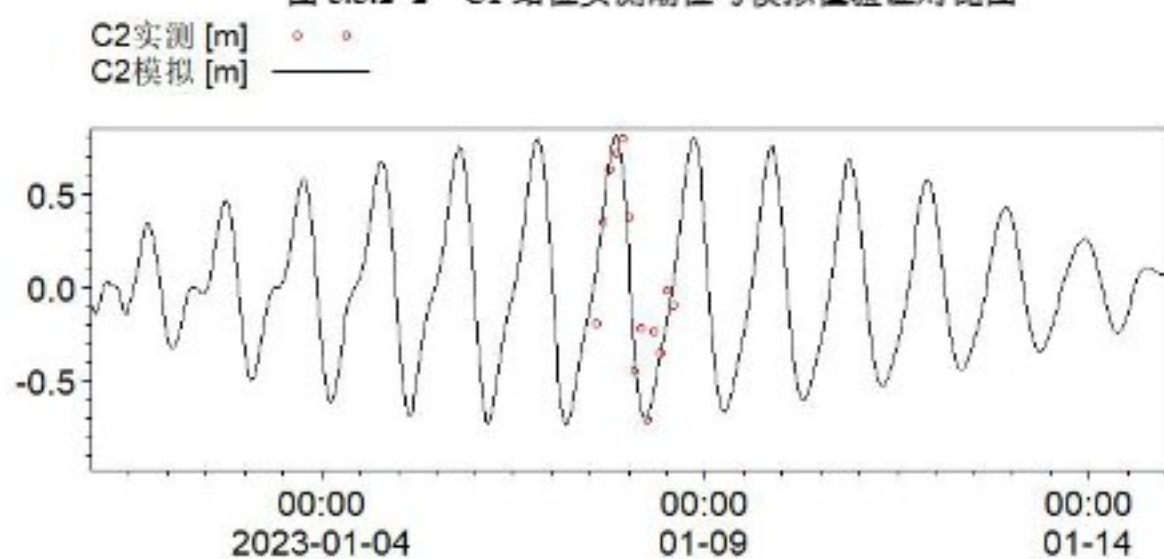


图 5.3.2-3 C3 站位实测潮位与模拟值验证对比图

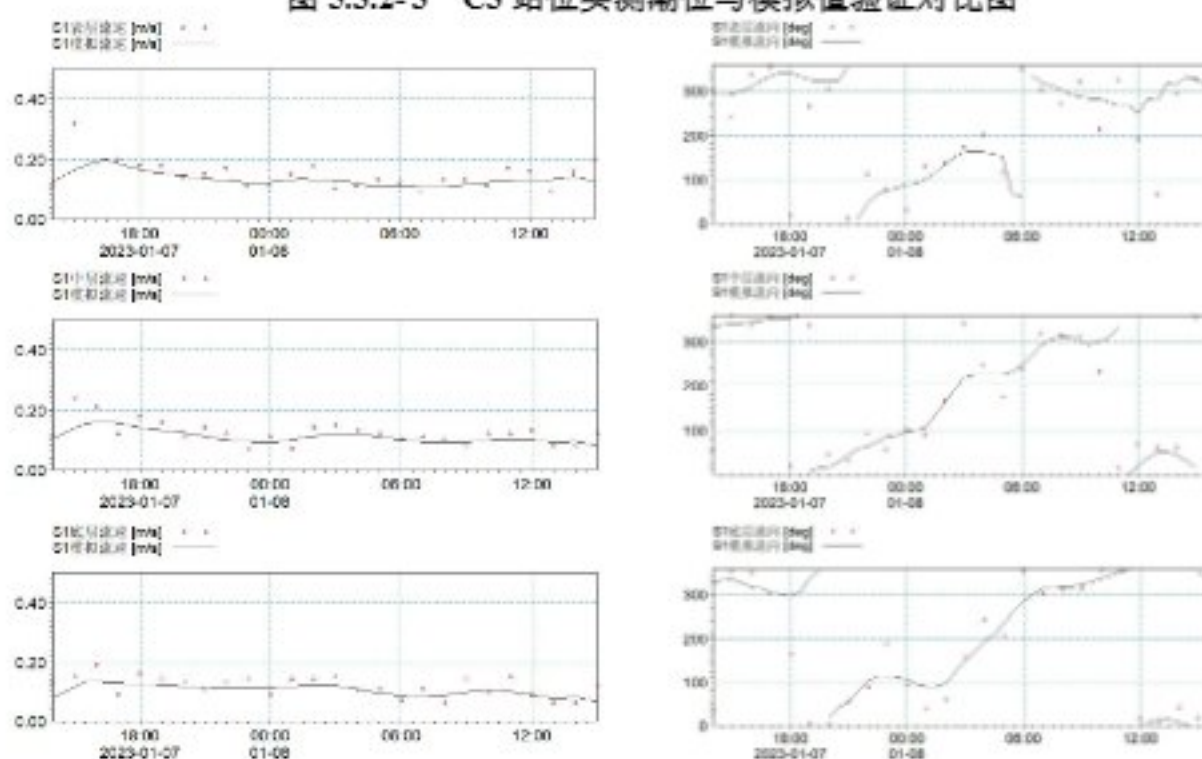


图 5.3.2-4 S1 测站表层、中层、底层流速流向验证对比图

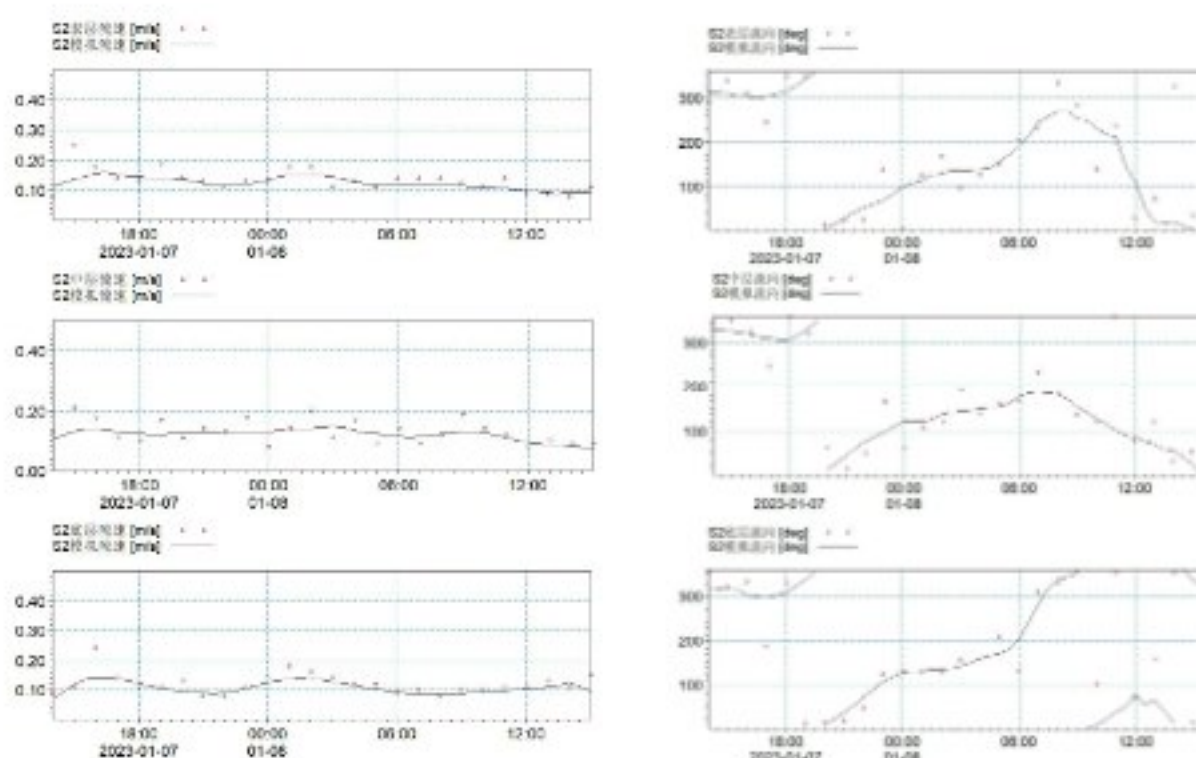


图 5.3.2-5 S2 测站表层、中层、底层流速流向验证对比图

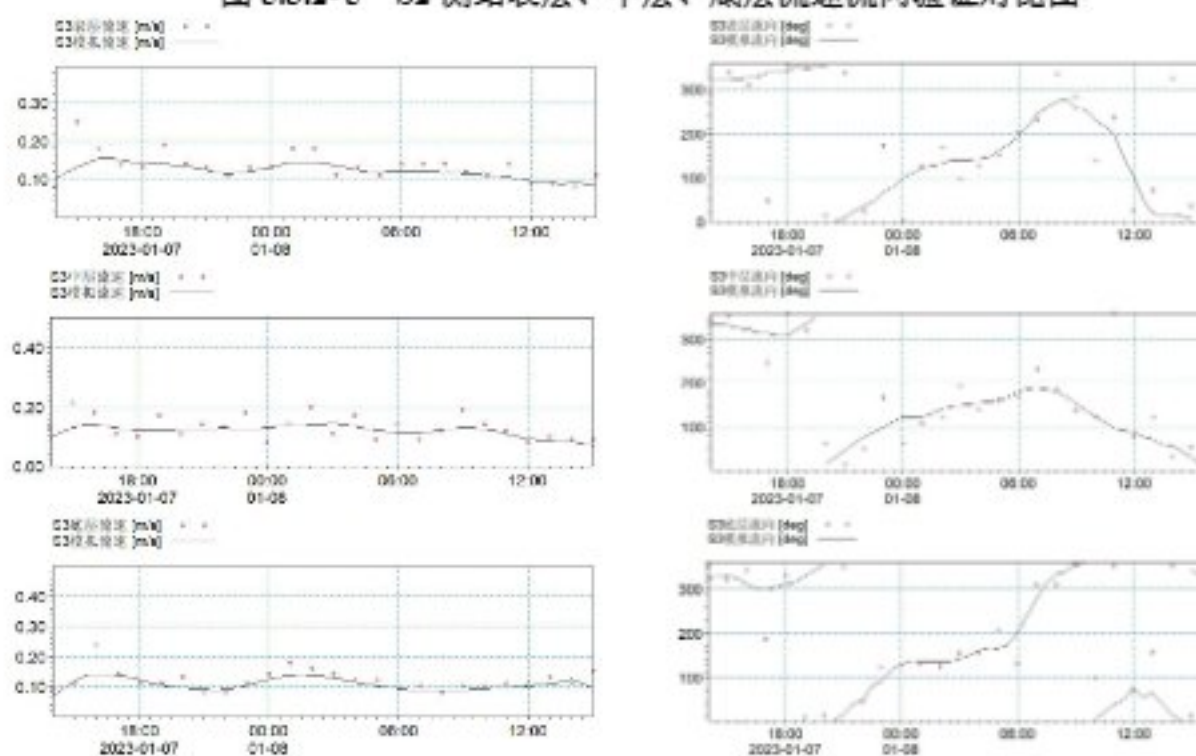
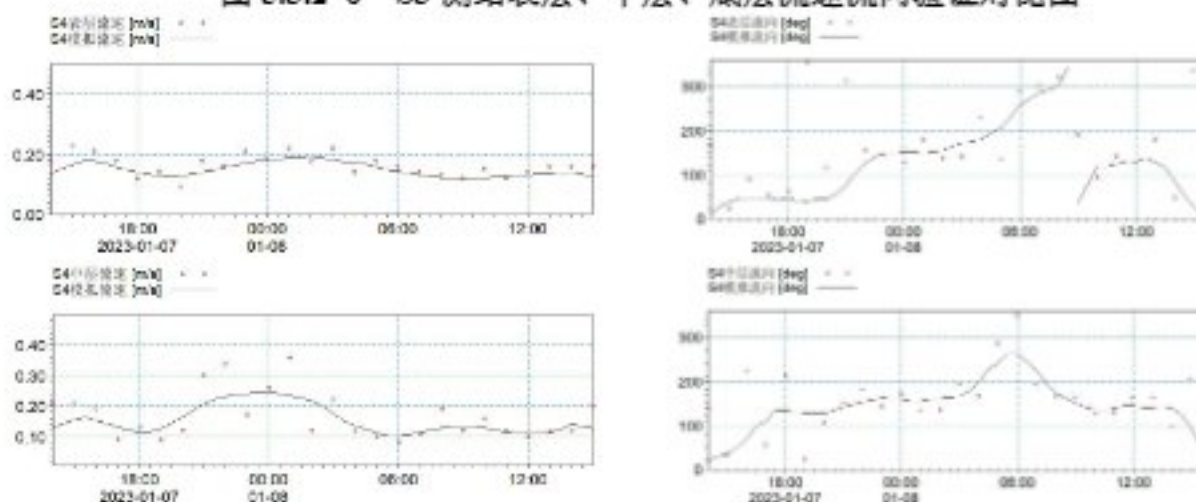


图 5.3.2-6 S3 测站表层、中层、底层流速流向验证对比图



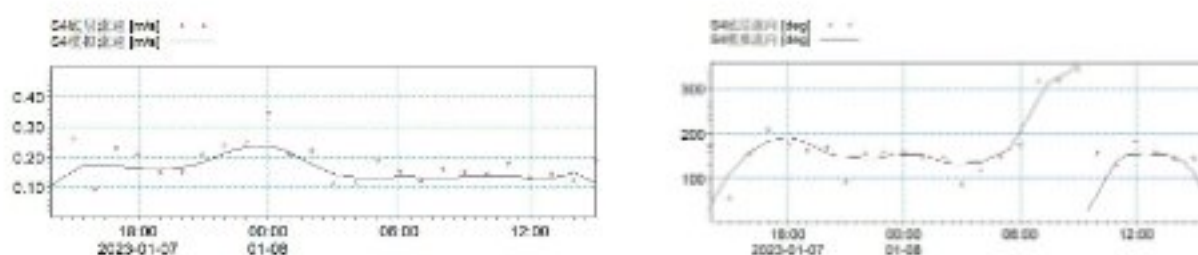


图 5.3.2-7 S4 测站表层、中层、底层流速流向验证对比图

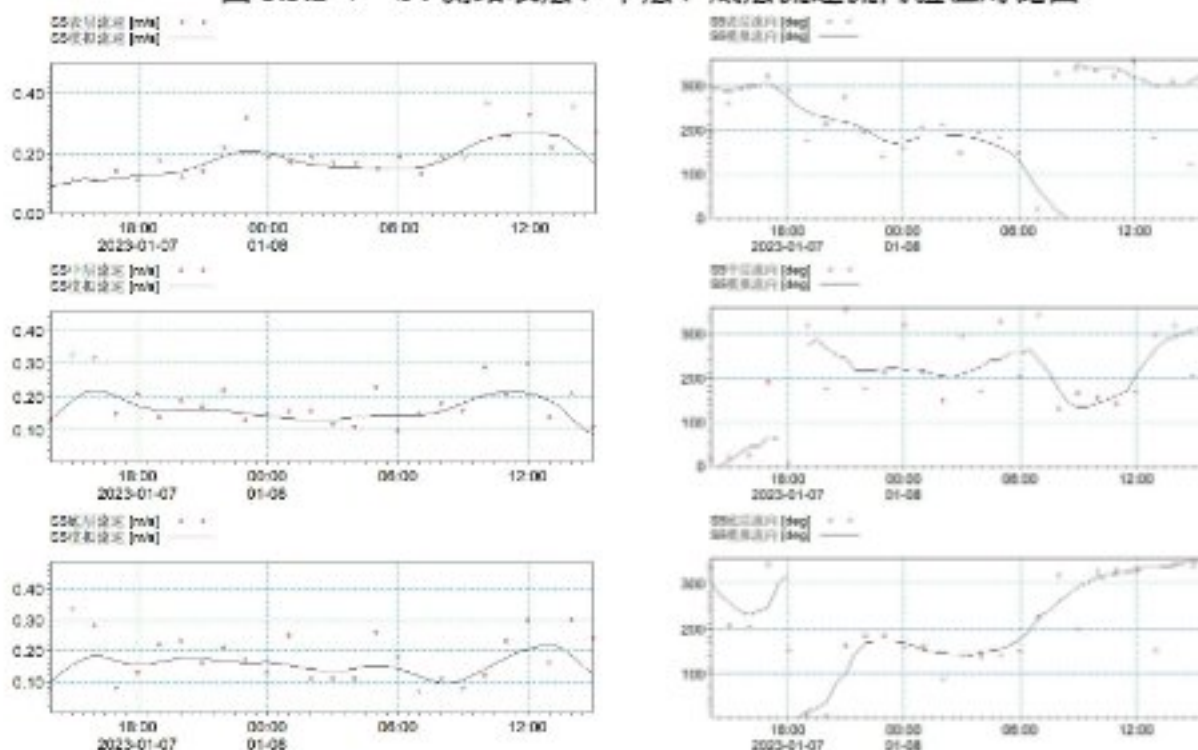


图 5.3.2-8 S5 测站表层、中层、底层流速流向验证对比图

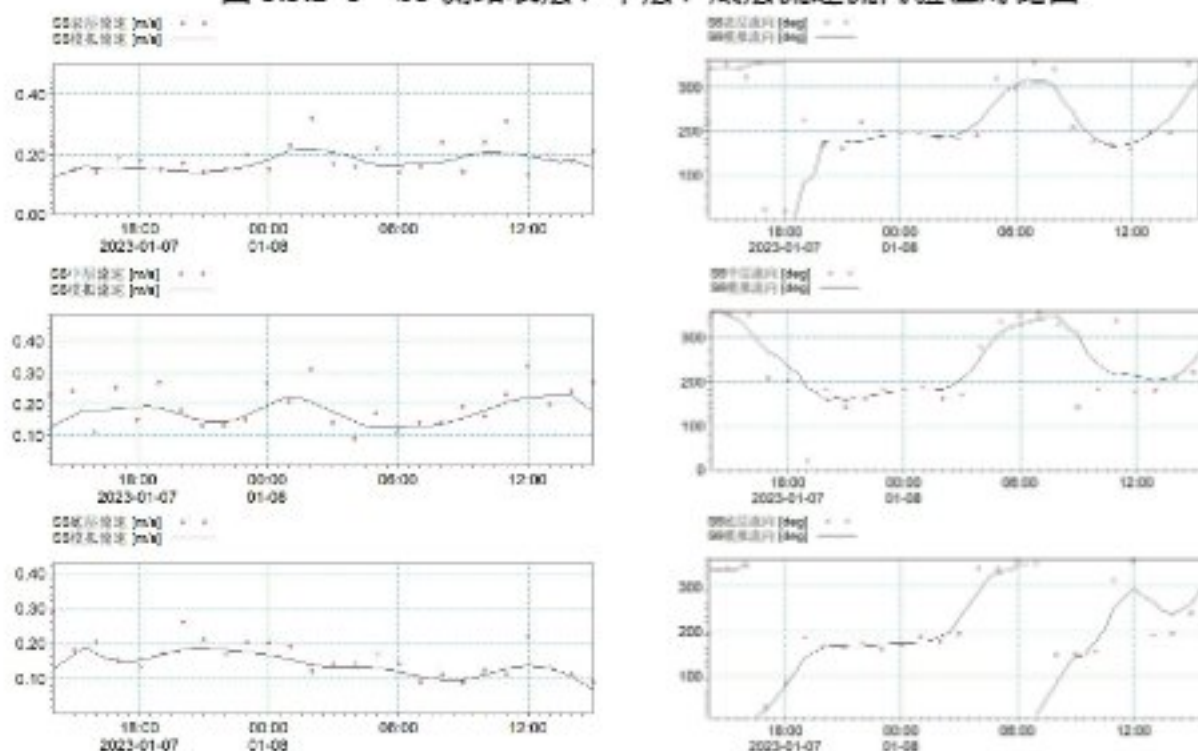


图 5.3.2-9 S6 测站表层、中层、底层流速流向验证对比图

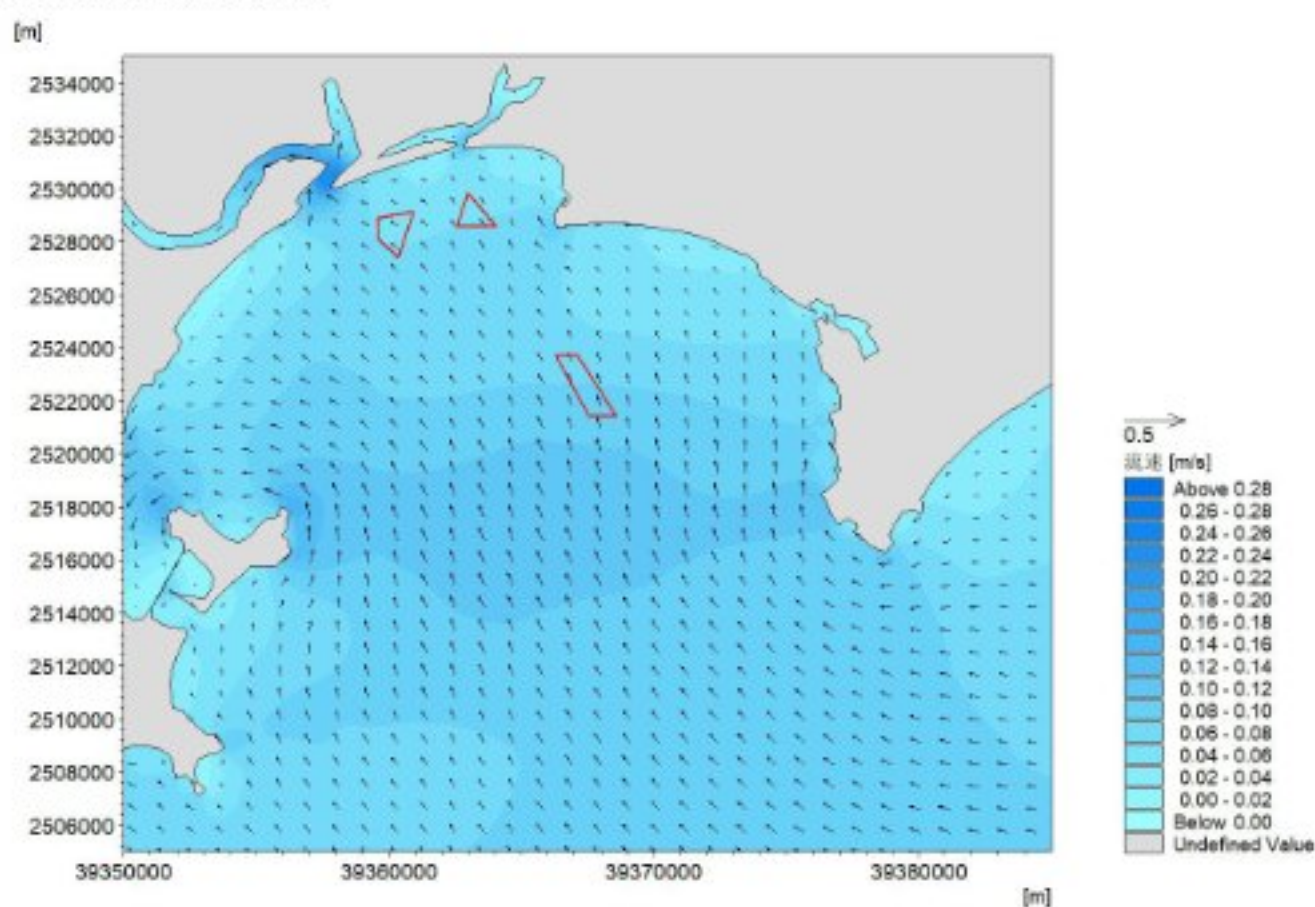
5.3.3 潮流场分析

(1) 现状潮流场

根据已有研究,本海域潮汐较弱,天文潮流受季风、近岸环流影响明显。图

5.3.3-1~图 5.3.3-3 为工程前涨急时刻表、中、底流场图，碣石外海涨急潮流为偏西方向，碣石湾内潮流从东湾口绕海岸往西口门流动，项目附近最大流速约 0.10m/s；图 5.3.3-4~图 5.3.3-6 为工程前落急时刻表、中、底流场图，碣石外海涨急潮流为偏东方向，碣石湾内潮流从湾顶往东湾口流动，落急时刻从西北向东南流，最大流速约 0.14m/s。可见，项目区域整体流速较小。

项目海域总体呈现为表层流速最大，中层流速次之，底层流速最小，落潮流速略强于涨潮流速。



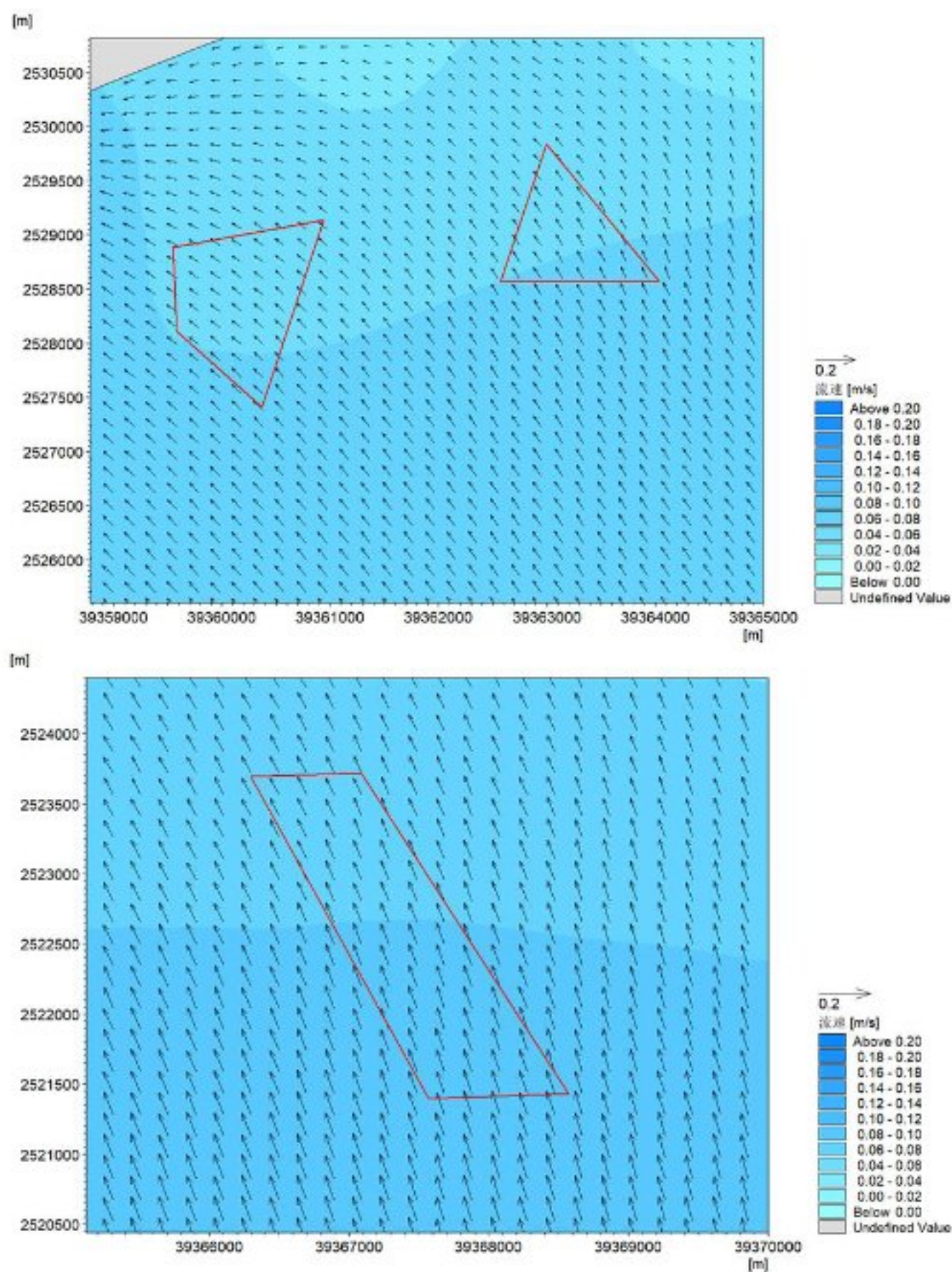
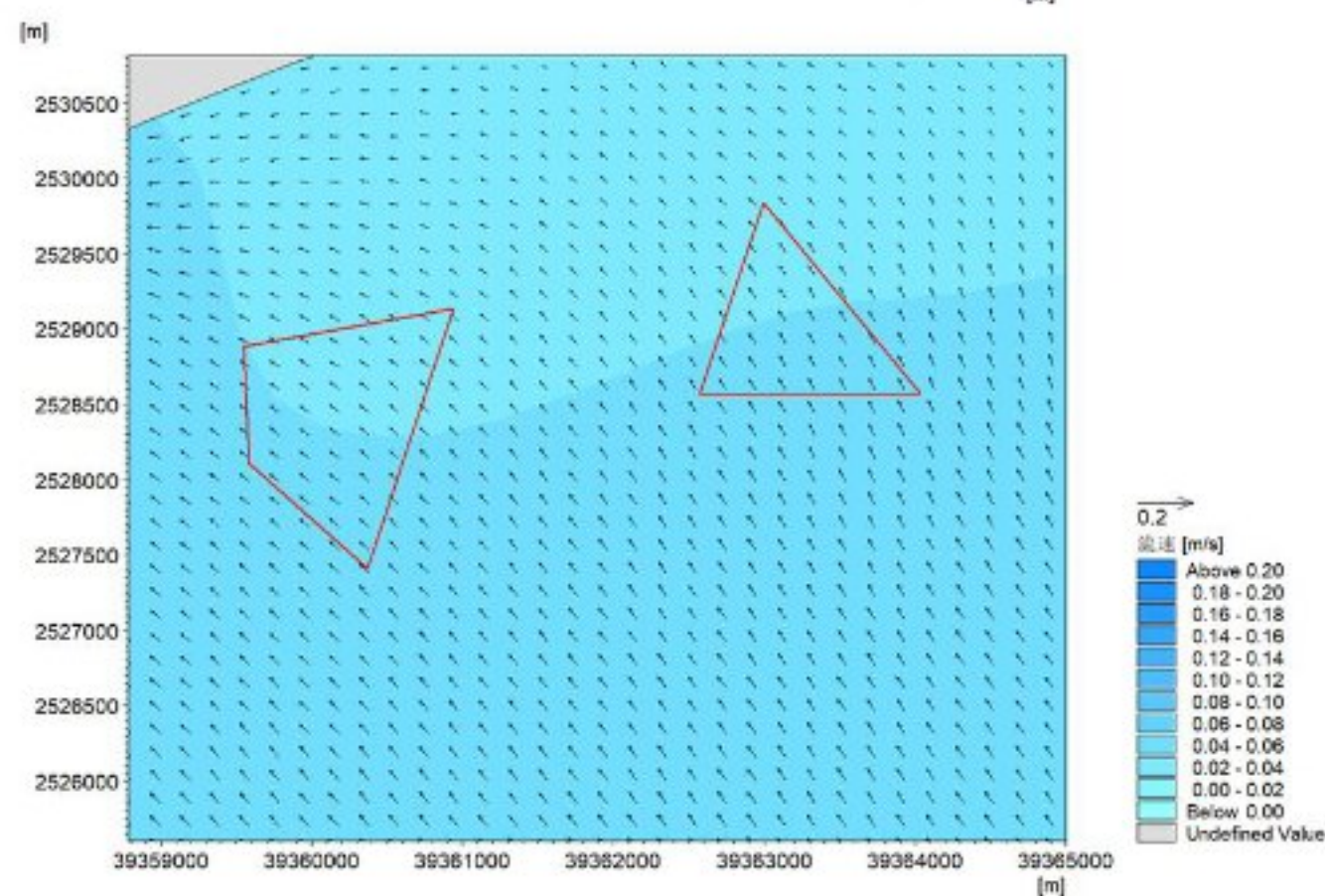
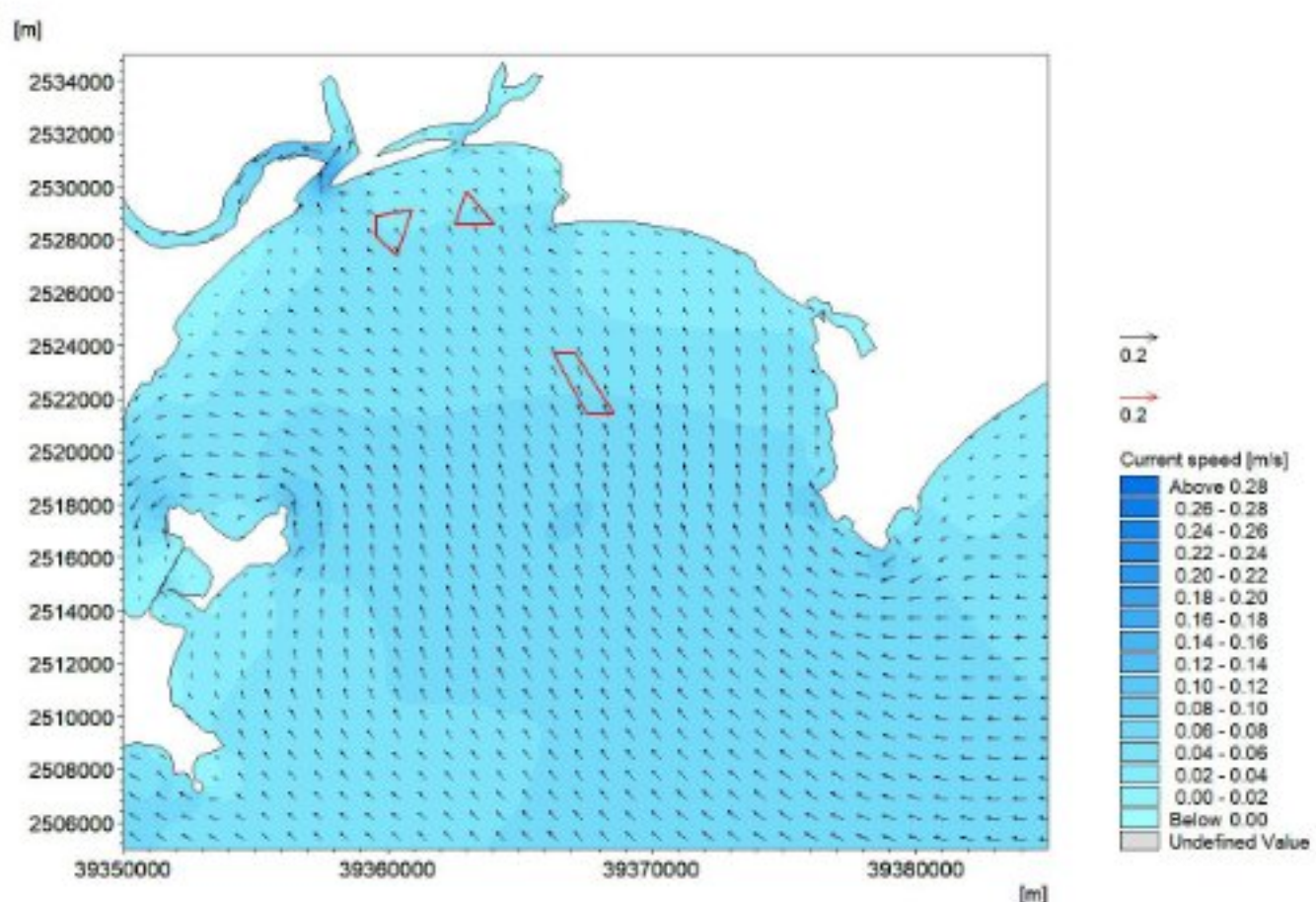


图 5.3.3-1a 项目所在海域现状涨急流场图（表层）



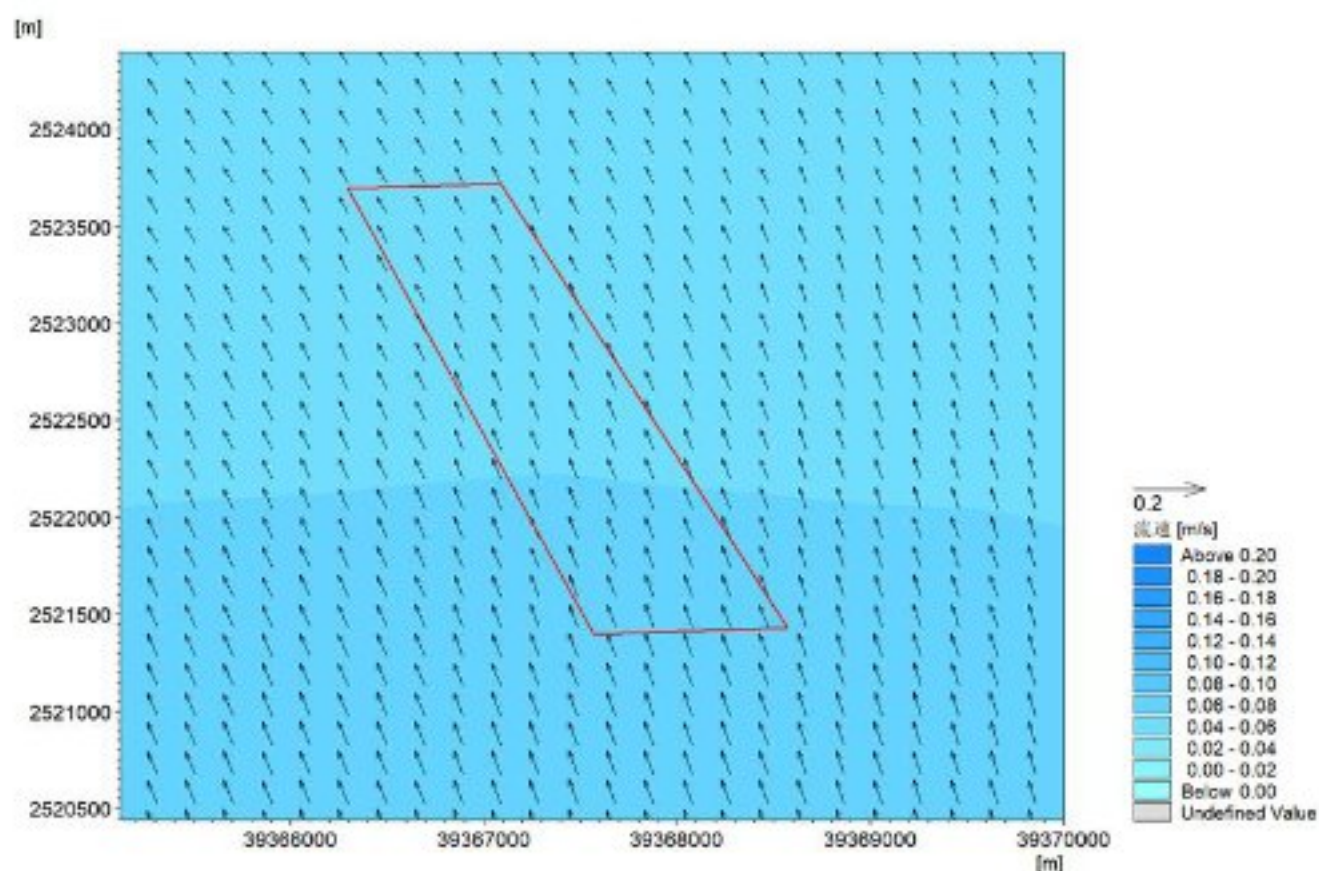
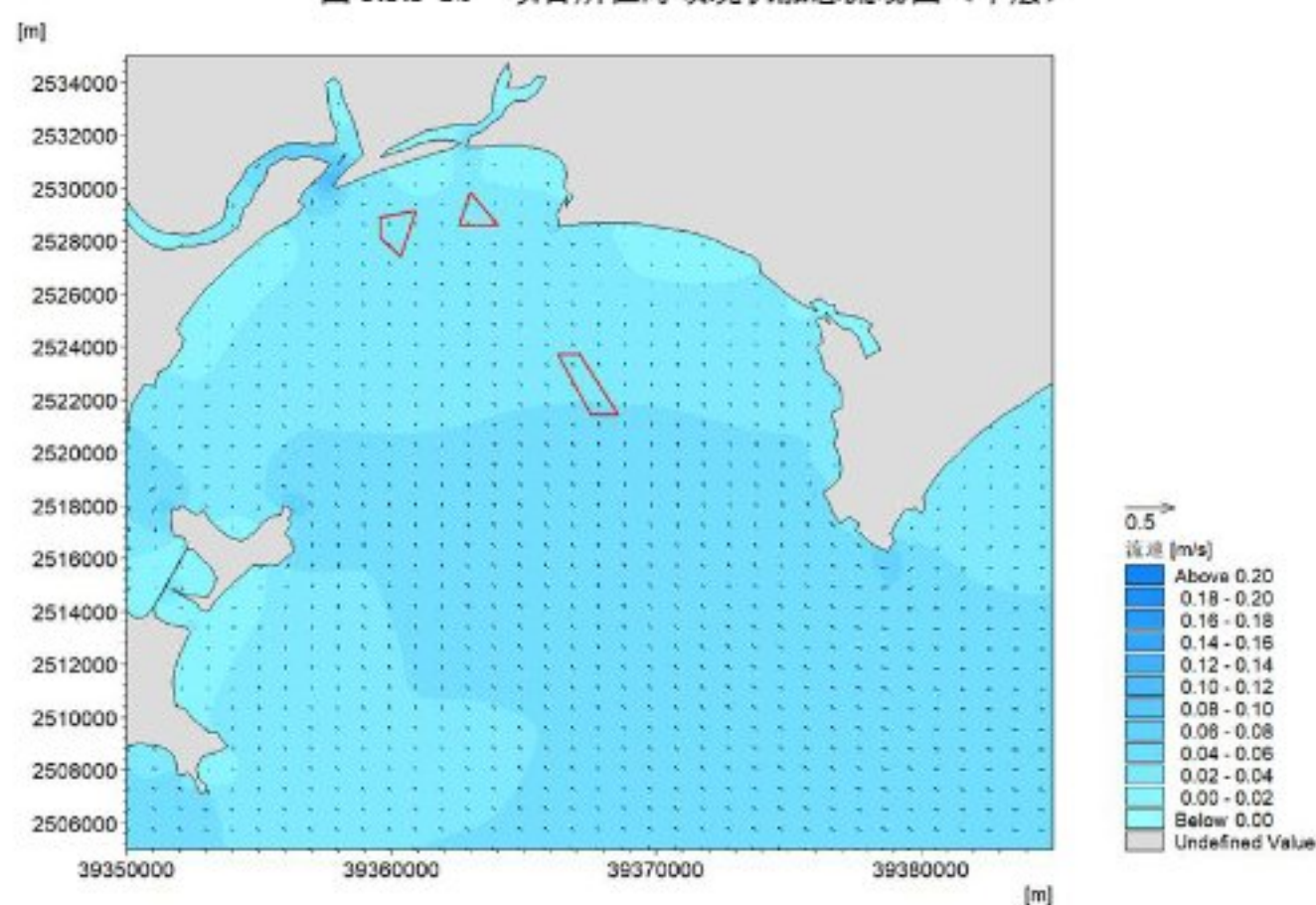


图 5.3.3-1b 项目所在海域现状涨急流场图（中层）



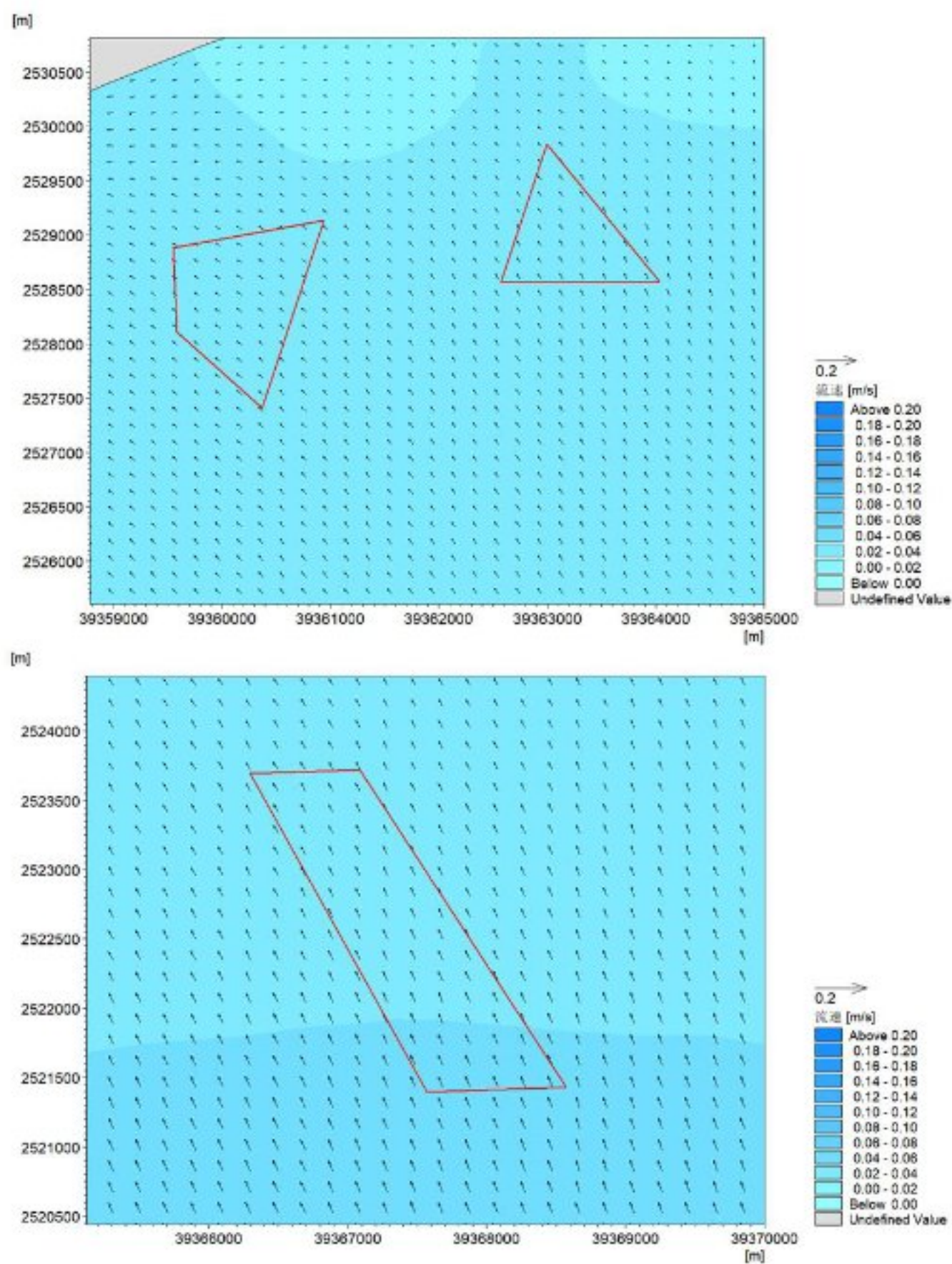
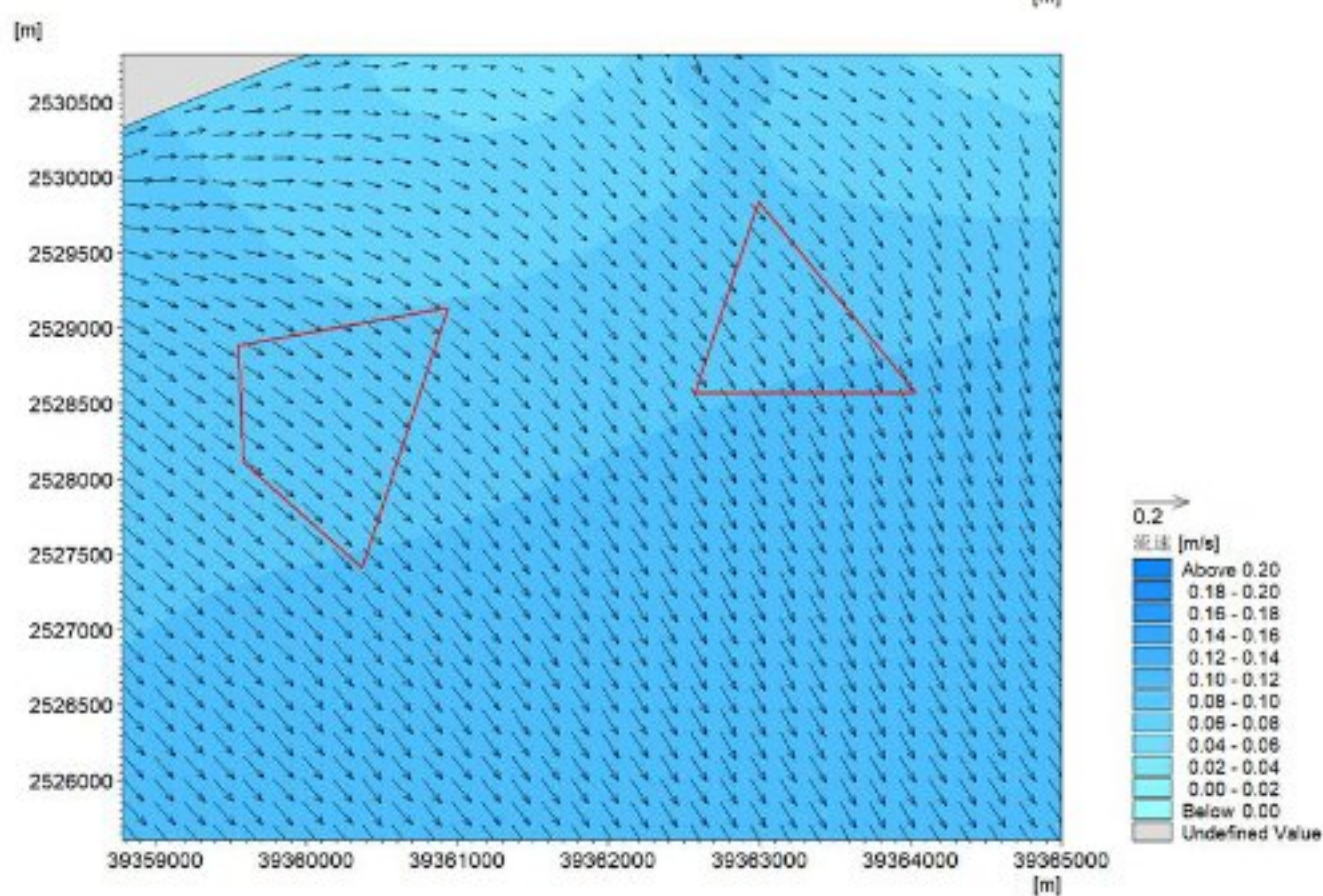
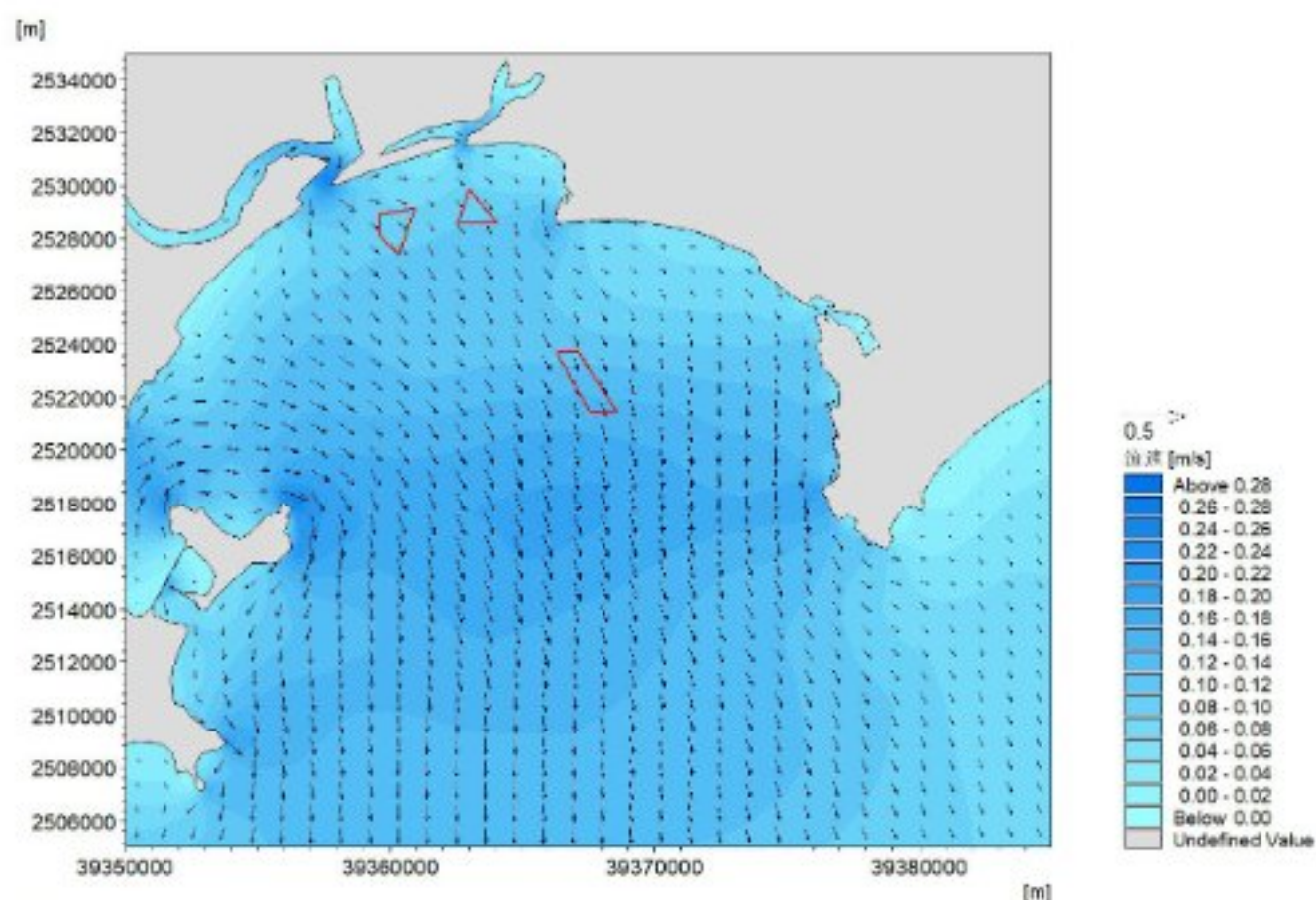


图 5.3.3-1c 项目所在海域现状涨急流场图（底层）



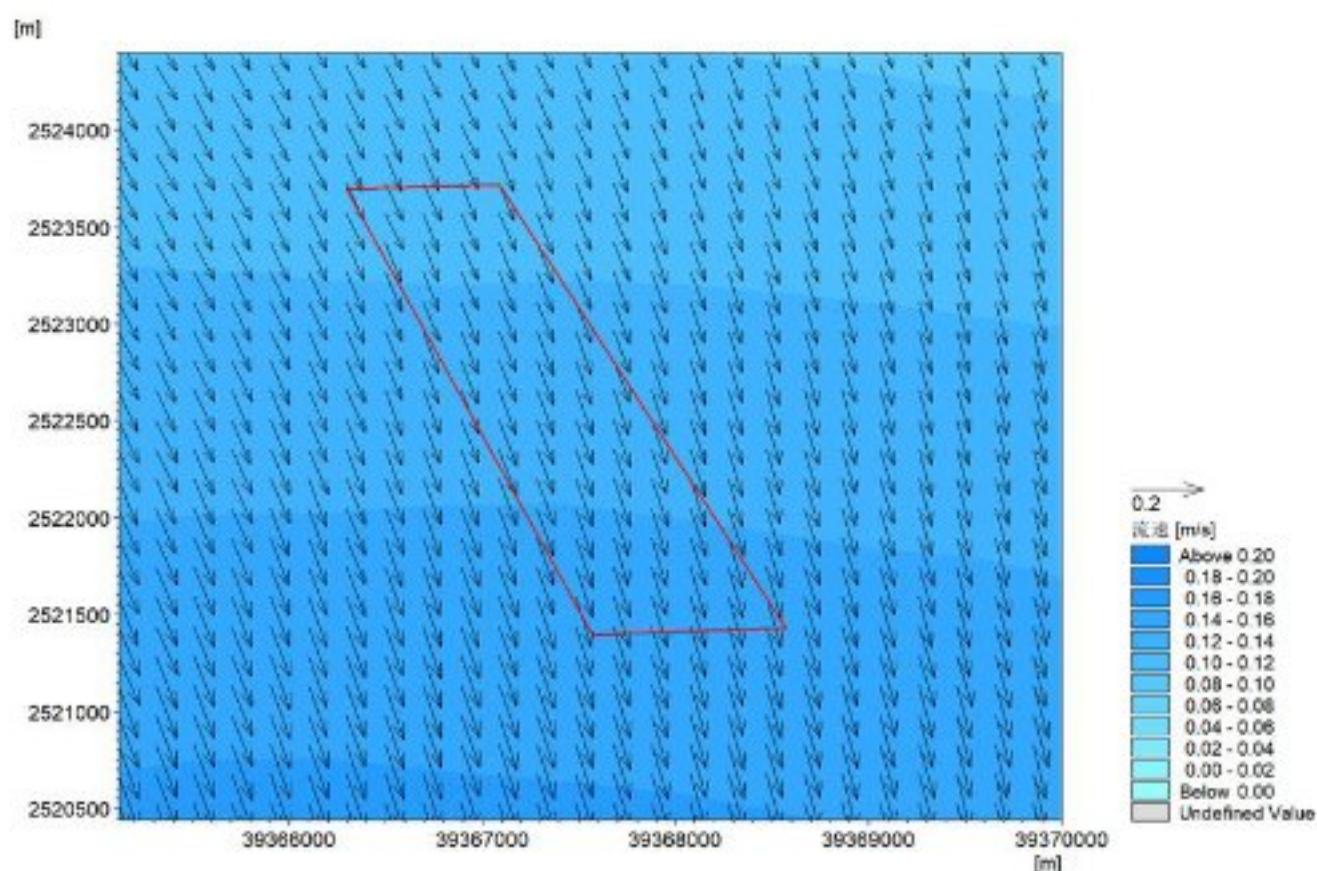
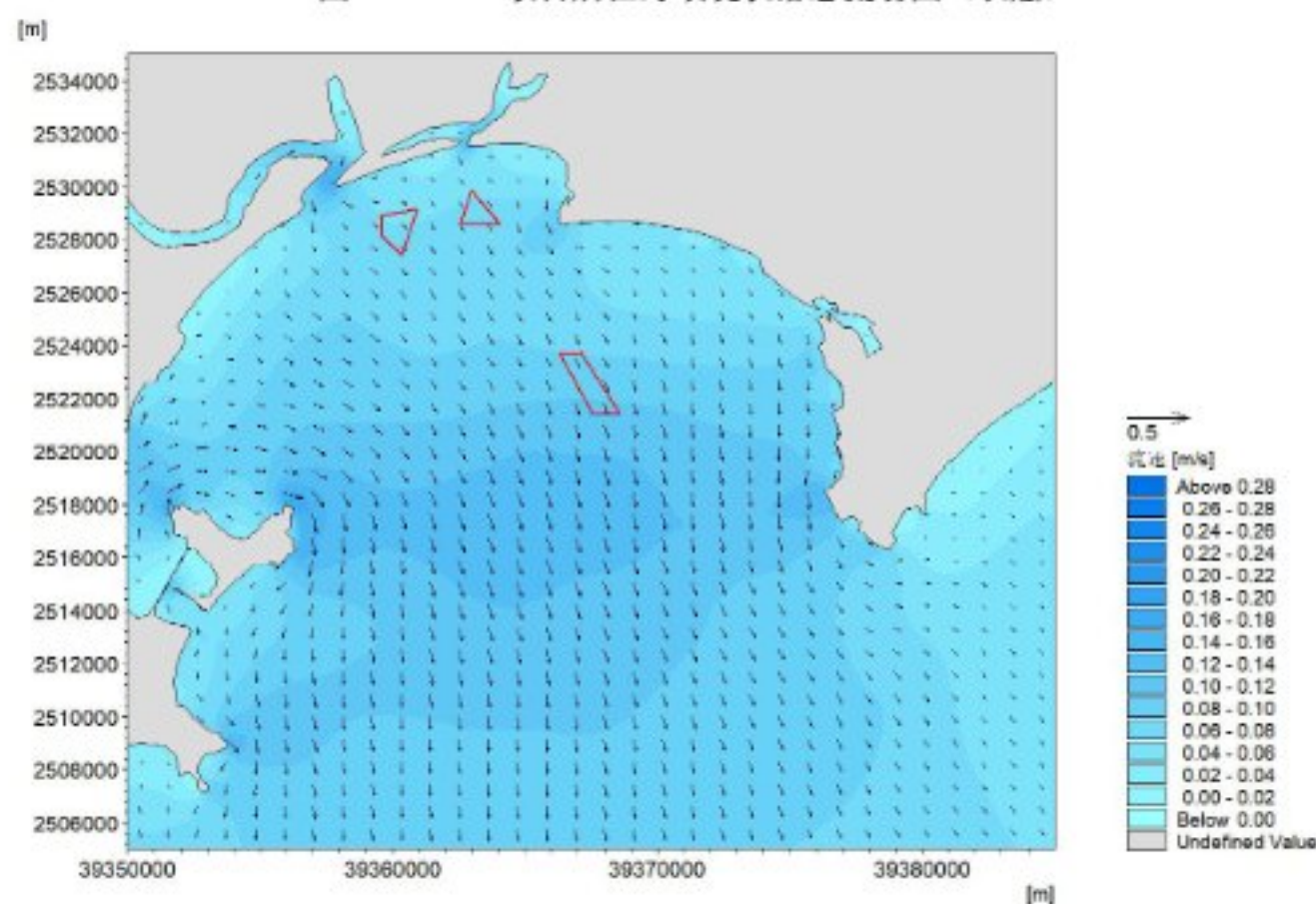


图 5.3.3-2a 项目所在海域现状落急流场图（表层）



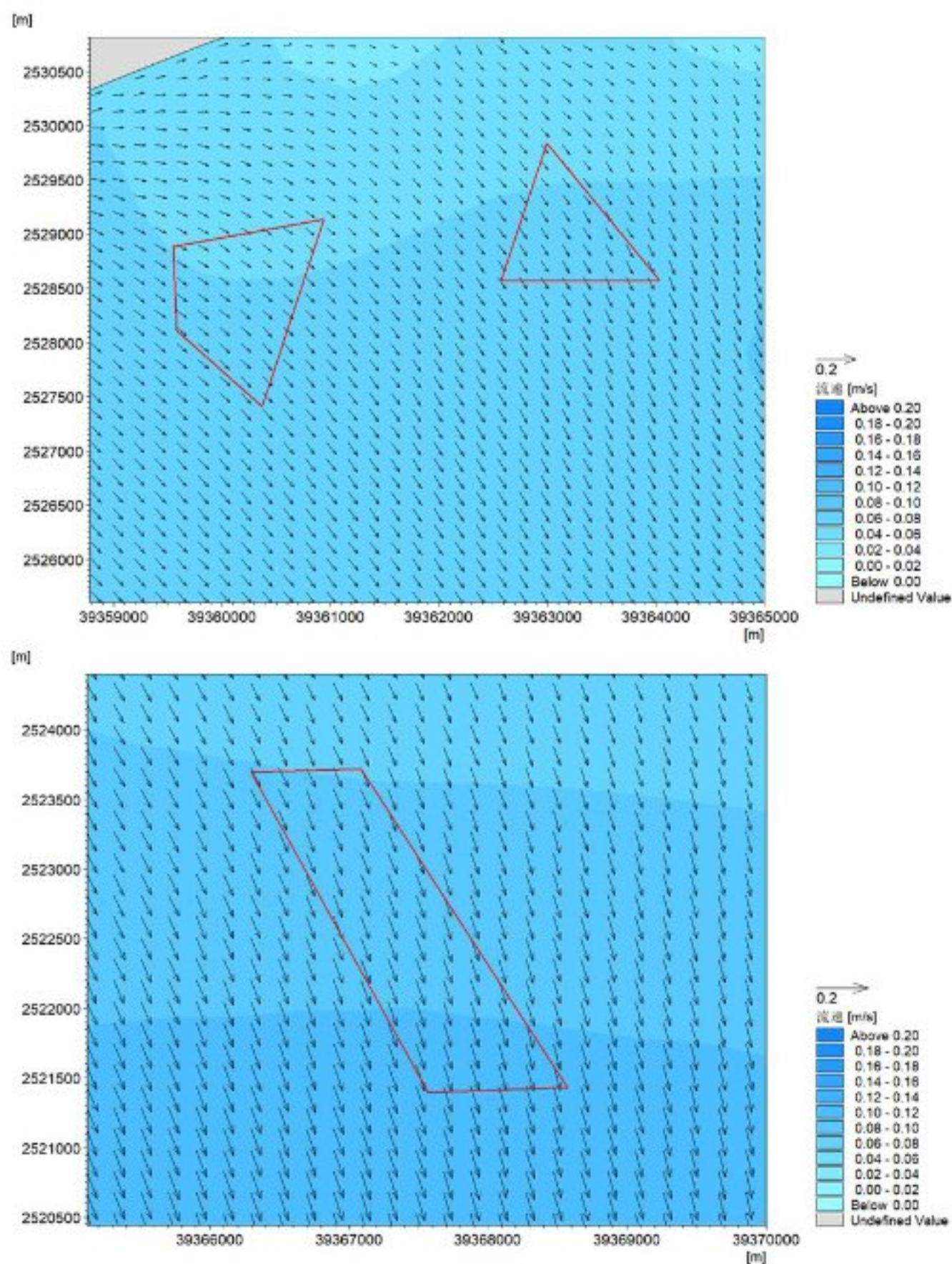
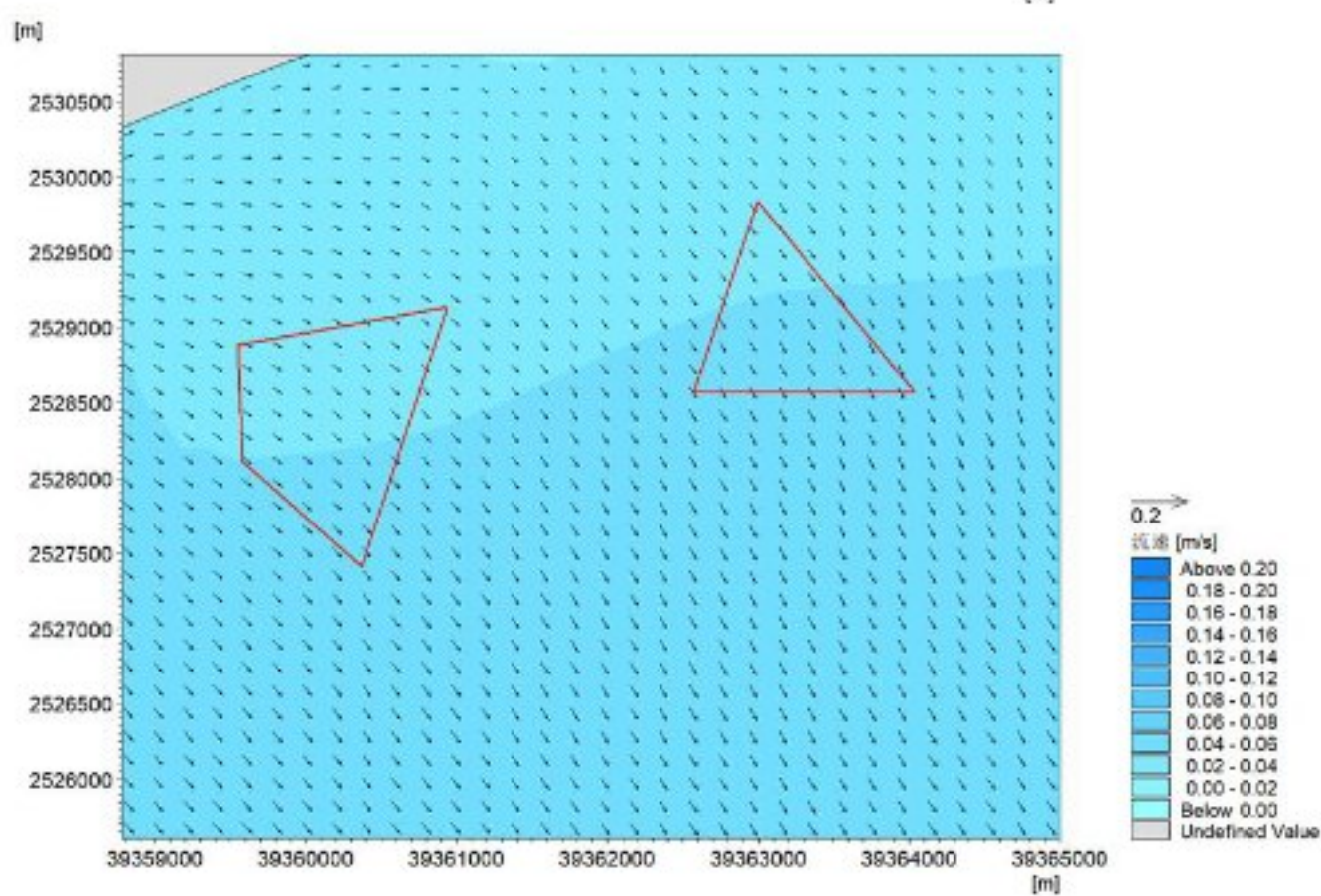
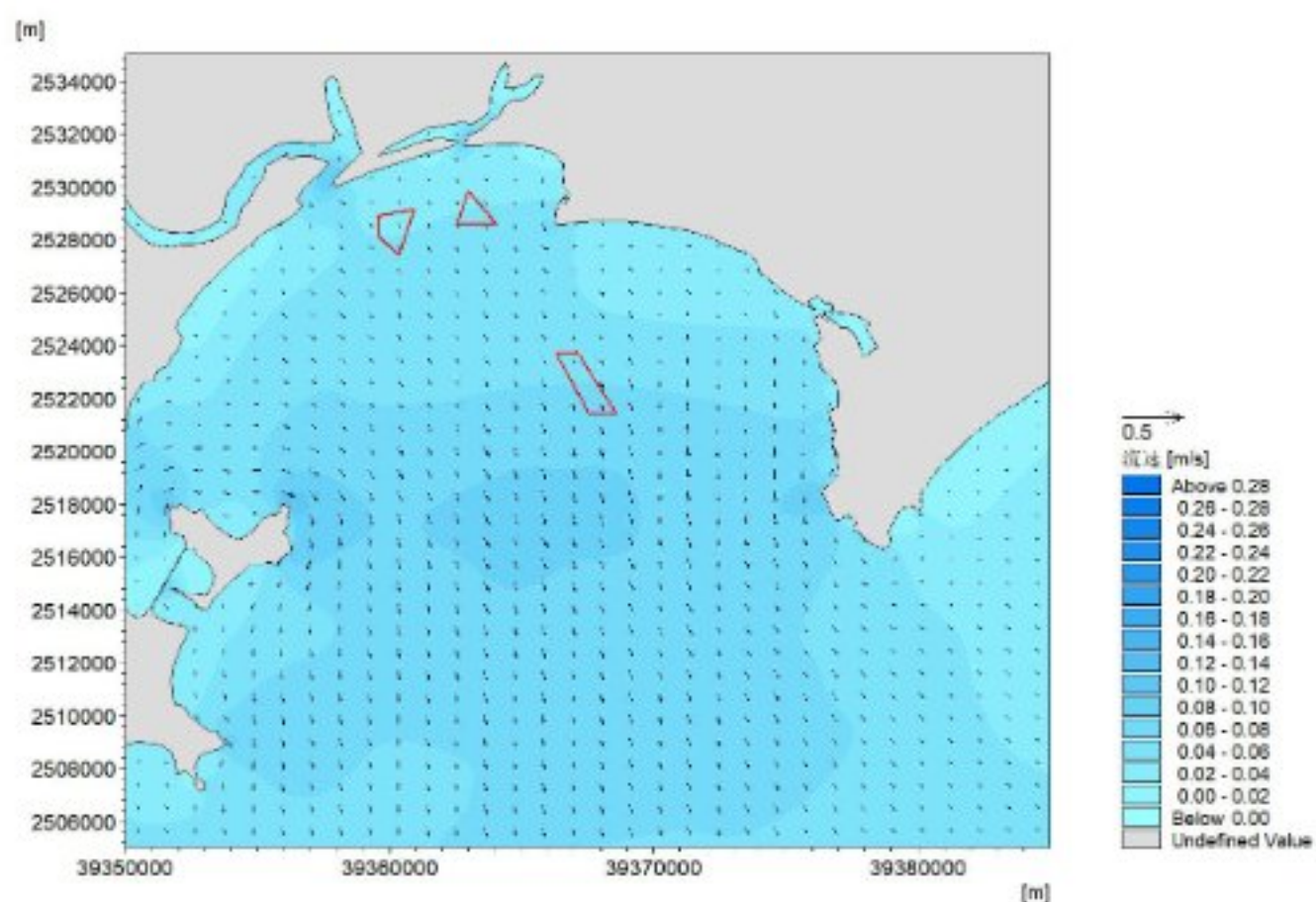


图 5.3.3-2b 项目所在海域现状落急流场图（中层）



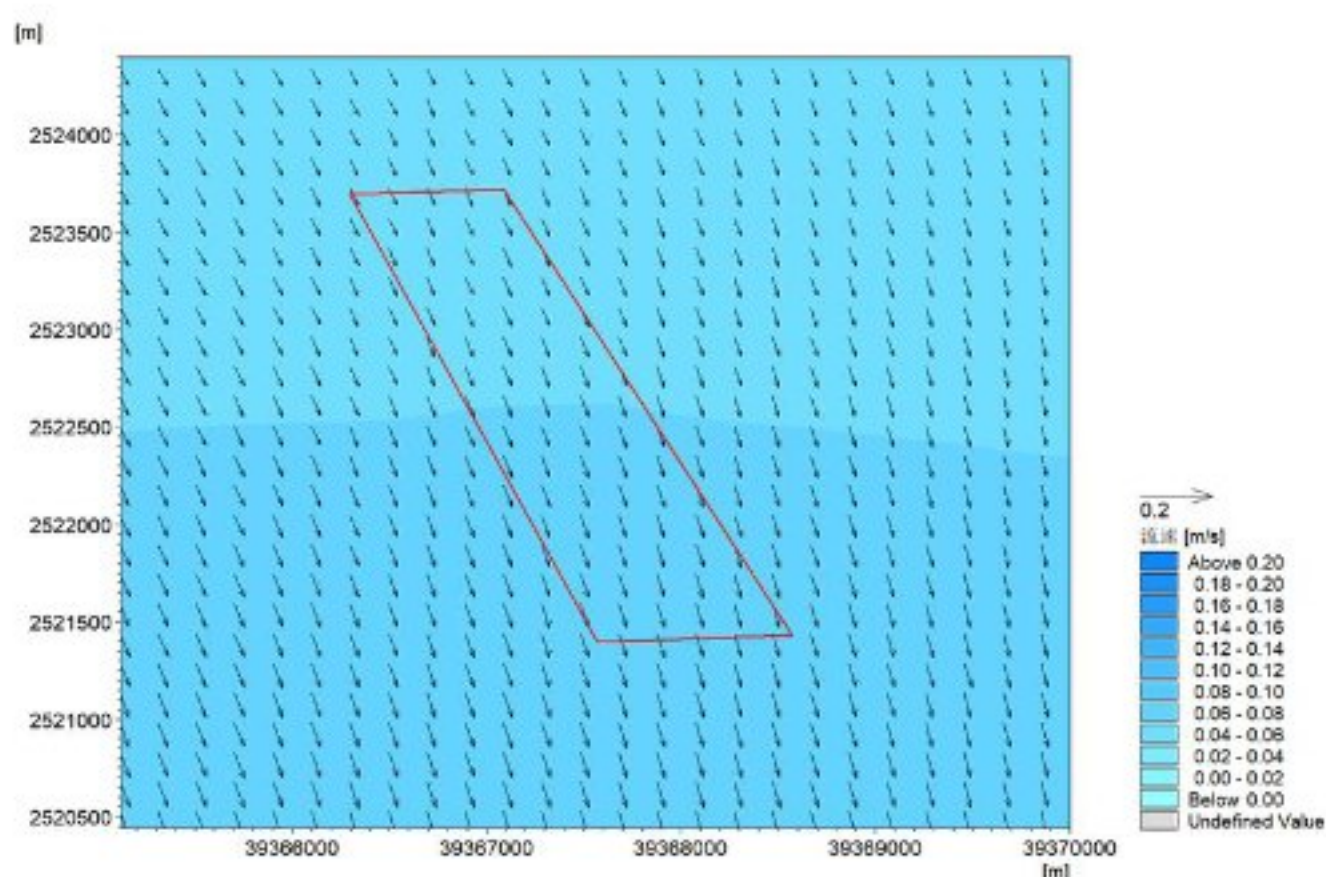


图 5.3.3-2c 项目所在海域现状落急流场图（底层）

（2）工程前后流场变化分析

本项目主要在碣石湾海域布置 3 片养殖区，碣石湾顶部的养殖区 1 和养殖区 2 开展浮筏式吊养，靠近口门处的养殖区 3 开展重力式网箱和浮筏式吊养。这种养殖方式会增加水体阻力，从而对水动力环境产生影响。

养殖项目概化，关键技术是要合理概化，概化要符合实际情况，则计算成果就能较精确地反映工程的实际情况。本项目主要是养殖网箱设施增加水体阻力，因此对本项目养殖活动海域采用相应位置加糙处理。将养殖水域的糙率分成两部分：一是基本糙率，即现状养殖的底床糙率 n ；二是等效糙率 n_t ，即考虑了养殖设施影响的等效糙率。基本糙率由模型在无工程条件下率定所得，等效糙率 n_t 参考 Tsukrov 等 2011 做的水池实验，0.2m/s 流速下，网箱养殖阻力系数取 0.76，0.3m/s 流速下，网箱养殖阻力系数取 0.74，本项目等效糙率 n_t 取 0.75。

在模型验证基础上对养殖区及其附近海域潮流场进行了三维流场计算。计算结果表明，养殖开展后项目附近海域涨、落急时刻流场变化很小。通过在项目区域选取地 33 个代表点的流速和流向，用于描述工程前、后水动力的变化，流速和流向代表点示意图 5.3.3-3。工程前、后代表点流速和流向对比结果见表 5.3.3-1，流速特征点对比分析表明，养殖区项目开展后海域海流流速的改变非常小，涨、落急表层流速以减小为主，底层以增加为主。涨急表层流速减小最大值

约 0.007m/s, 落急表层流速减小最大值约 0.012m/s; 底层流速以增大为主, 涨急底层流速变化最大值约 0.005m/s, 落急底层流速变化最大值约 0.010m/s; 中层流速代表点有增有减, 变化幅较小。流向变化方面, 整体变化较小, 涨急、落急流向各层变化均在 1° 以内。

整体而言, 本项目开展后, 对区域流场影响轻微。

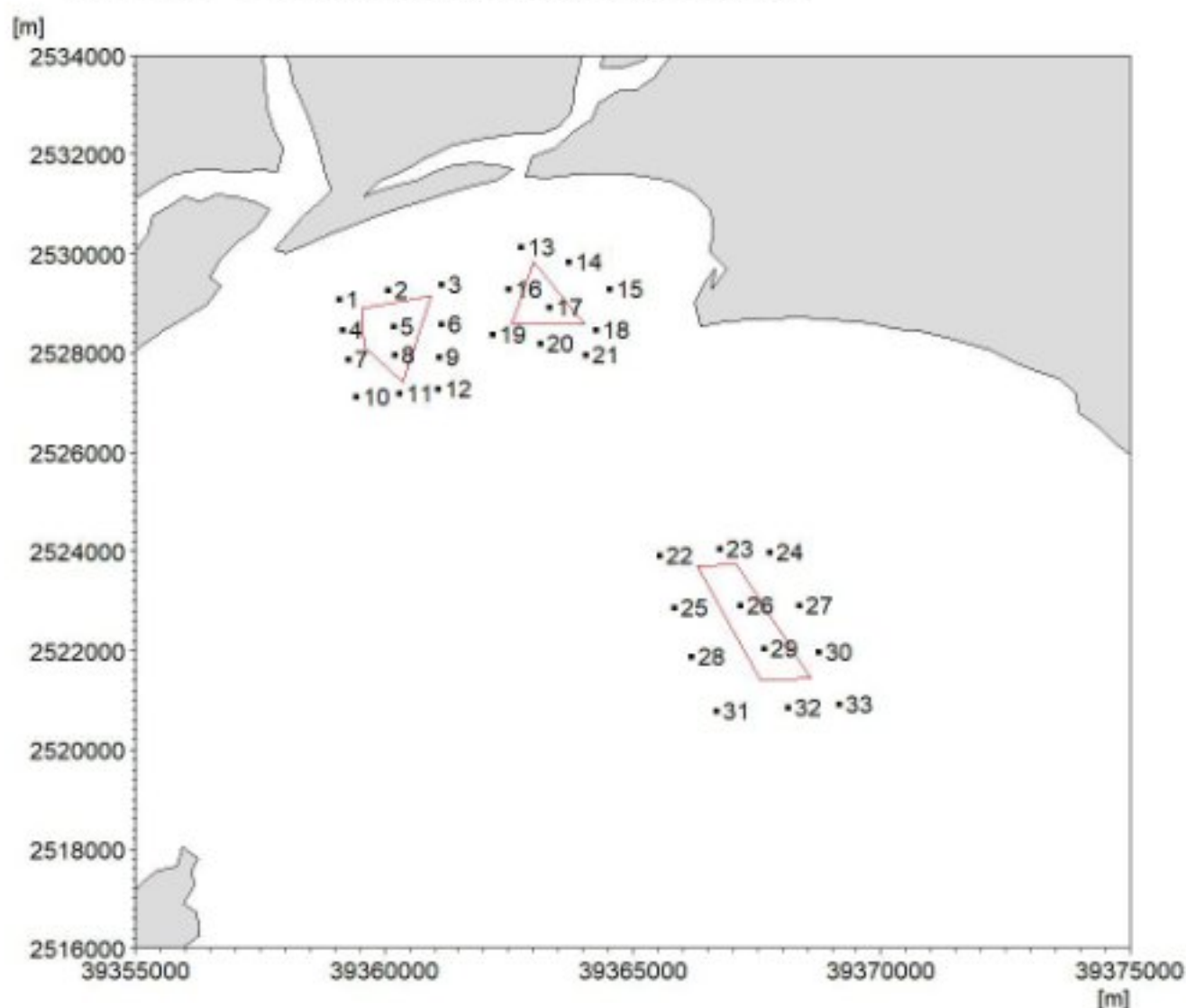


图 5.3.3-3 潮流流速、流向特征代表点位置示意图

表 5.3.3-1a 代表点表层流速和流向对比 (工程后-工程前) (流速: m/s, 流向: $^{\circ}$)

代表点	涨急流时刻流速 (m/s)			涨急流时刻流向 (度)		
	工程前	工程后	变化	工程前	工程后	变化
1	0.062	0.059	-0.003	295.9	295.93	0.03
2	0.052	0.049	-0.003	296.35	296.52	0.17
3	0.049	0.048	-0.001	305.48	305.45	-0.04
4	0.063	0.062	-0.001	306.47	306.44	-0.03
5	0.058	0.053	-0.005	310	310.05	0.05
6	0.055	0.054	-0.001	315.44	315.33	-0.11
7	0.061	0.059	-0.002	307.92	307.85	-0.07
8	0.058	0.054	-0.004	307.93	307.96	0.04
9	0.063	0.062	-0.001	320.67	320.64	-0.03

10	0.065	0.064	-0.001	313.19	313.23	0.04
11	0.064	0.062	-0.002	314.45	314.49	0.04
12	0.067	0.066	-0.001	320.24	320.26	0.02
13	0.049	0.047	-0.002	314.61	314.64	0.02
14	0.047	0.046	-0.001	325.54	325.61	0.07
15	0.058	0.057	-0.001	336.06	336.04	-0.02
16	0.056	0.05	-0.006	323.38	323.22	-0.17
17	0.060	0.053	-0.007	329.1	329.01	-0.09
18	0.067	0.064	-0.003	333.29	333.28	-0.01
19	0.06	0.056	-0.004	323.95	323.99	0.03
20	0.063	0.06	-0.003	330.12	330.24	0.13
21	0.067	0.066	-0.001	332.02	332.02	0
22	0.071	0.066	-0.005	327.87	327.83	-0.04
23	0.066	0.061	-0.005	330.89	331	0.11
24	0.069	0.065	-0.004	336.5	336.49	-0.01
25	0.078	0.076	-0.002	331.76	331.7	-0.06
26	0.075	0.069	-0.006	335.23	335.25	0.02
27	0.075	0.074	-0.001	338.4	338.4	0
28	0.086	0.085	-0.001	337.34	337.33	-0.01
29	0.085	0.081	-0.004	340.22	340.17	-0.05
30	0.085	0.083	-0.002	340.65	340.58	-0.07
31	0.097	0.095	-0.002	339.17	339.2	0.03
32	0.094	0.092	-0.002	341.23	341.22	-0.01
33	0.095	0.093	-0.002	341.8	341.8	0
代表点	落急流时刻流速 (m/s)			落急流时刻流向 (度)		
	工程前	工程后	变化	工程前	工程后	变化
1	0.092	0.088	-0.004	118.99	119.01	0.02
2	0.08	0.077	-0.003	120.01	120.19	0.18
3	0.079	0.076	-0.003	128.66	128.64	-0.02
4	0.096	0.091	-0.005	130.15	130.13	-0.02
5	0.091	0.085	-0.006	133.27	133.28	0.01
6	0.088	0.084	-0.004	138.08	138.01	-0.07
7	0.096	0.093	-0.003	130.14	130.07	-0.07
8	0.092	0.086	-0.006	130.25	130.25	0
9	0.101	0.1	-0.001	142.51	142.45	-0.06
10	0.103	0.101	-0.002	134.88	134.91	0.03
11	0.103	0.101	-0.002	136.13	136.17	0.04
12	0.107	0.106	-0.001	142.11	142.11	0
13	0.081	0.077	-0.004	134.98	134.98	0
14	0.077	0.074	-0.003	144.88	144.94	0.07
15	0.094	0.092	-0.002	155.76	155.75	-0.01
16	0.091	0.083	-0.008	144.43	144.29	-0.14

17	0.097	0.085	-0.012	149.7	149.61	-0.09
18	0.108	0.1	-0.008	155.02	155	-0.02
19	0.099	0.094	-0.005	145.34	145.33	-0.02
20	0.103	0.095	-0.008	151.24	151.34	0.09
21	0.109	0.102	-0.007	154.67	154.67	0
22	0.114	0.111	-0.003	150.48	150.46	-0.02
23	0.107	0.105	-0.002	153.67	153.8	0.13
24	0.112	0.11	-0.002	159.12	159.16	0.04
25	0.126	0.125	-0.001	153.49	153.45	-0.05
26	0.121	0.113	-0.008	157.32	157.31	-0.01
27	0.122	0.118	-0.004	160.34	160.33	-0.01
28	0.141	0.137	-0.004	158.68	158.66	-0.01
29	0.138	0.132	-0.006	161.91	161.85	-0.06
30	0.138	0.133	-0.005	161.98	161.96	-0.02
31	0.16	0.154	-0.006	160.34	160.38	0.04
32	0.153	0.145	-0.008	162.57	162.59	0.02
33	0.154	0.147	-0.007	162.99	162.97	-0.02

表 5.3.3-1b 代表点中层流速和流向对比 (工程后-工程前) (流速: m/s, 流向: °)

代表点	涨急流时刻流速 (m/s)			涨急流时刻流向 (度)		
	工程前	工程后	变化	工程前	工程后	变化
1	0.043	0.046	0.003	296.29	296.31	0.03
2	0.036	0.036	0.000	296.73	296.93	0.20
3	0.034	0.033	-0.001	305.58	305.53	-0.05
4	0.044	0.047	0.003	306.94	306.91	-0.03
5	0.040	0.045	0.005	310.33	310.37	0.04
6	0.038	0.036	-0.002	315.56	315.44	-0.12
7	0.043	0.041	-0.002	308.14	308.06	-0.08
8	0.041	0.045	0.005	308.07	308.10	0.03
9	0.044	0.046	0.002	320.69	320.65	-0.04
10	0.045	0.044	-0.001	313.31	313.35	0.04
11	0.045	0.045	0.000	314.51	314.55	0.04
12	0.047	0.047	0.001	320.25	320.27	0.02
13	0.034	0.035	0.001	314.53	314.55	0.03
14	0.033	0.032	-0.001	325.02	325.09	0.07
15	0.041	0.040	-0.001	335.46	335.44	-0.02
16	0.039	0.038	-0.001	323.28	323.09	-0.19
17	0.042	0.045	0.003	328.78	328.66	-0.11
18	0.047	0.047	0.000	332.98	332.97	-0.02
19	0.042	0.037	-0.005	323.77	323.79	0.02
20	0.044	0.044	0.000	329.88	330.01	0.14
21	0.047	0.048	0.001	331.70	331.69	0.00
22	0.050	0.050	0.000	326.72	326.66	-0.06

23	0.047	0.043	-0.004	329.60	329.72	0.12
24	0.049	0.043	-0.005	335.30	335.27	-0.03
25	0.055	0.052	-0.003	330.46	330.38	-0.08
26	0.053	0.059	0.006	333.92	333.93	0.01
27	0.054	0.052	-0.002	337.11	337.10	-0.02
28	0.061	0.057	-0.004	336.13	336.10	-0.03
29	0.060	0.058	-0.002	338.96	338.88	-0.08
30	0.060	0.055	-0.005	339.31	339.22	-0.10
31	0.069	0.067	-0.002	337.88	337.90	0.02
32	0.067	0.066	-0.001	339.82	339.81	-0.01
33	0.068	0.067	-0.001	340.40	340.38	-0.02
代表点	落急流时刻流速 (m/s)			落急流时刻流向 (度)		
	工程前	工程后	变化	工程前	工程后	变化
1	0.062	0.064	0.002	118.37	118.39	0.02
2	0.055	0.056	0.001	120.30	120.51	0.21
3	0.054	0.054	0.000	128.82	128.79	-0.02
4	0.065	0.067	0.002	129.64	129.62	-0.02
5	0.062	0.069	0.006	133.34	133.36	0.02
6	0.061	0.060	-0.001	138.15	138.07	-0.08
7	0.065	0.065	-0.001	129.74	129.67	-0.07
8	0.063	0.069	0.006	130.24	130.25	0.00
9	0.070	0.073	0.003	142.47	142.41	-0.06
10	0.071	0.071	0.001	134.76	134.79	0.03
11	0.071	0.072	0.002	136.07	136.11	0.04
12	0.074	0.076	0.002	142.04	142.04	0.00
13	0.056	0.058	0.002	134.83	134.84	0.01
14	0.053	0.054	0.001	144.73	144.80	0.07
15	0.065	0.066	0.001	155.43	155.41	-0.01
16	0.063	0.064	0.001	144.33	144.18	-0.15
17	0.067	0.077	0.010	149.47	149.36	-0.11
18	0.075	0.077	0.002	154.61	154.59	-0.02
19	0.068	0.066	-0.002	145.14	145.13	-0.01
20	0.071	0.073	0.002	151.01	151.12	0.11
21	0.076	0.079	0.003	154.16	154.16	0.00
22	0.080	0.083	0.003	150.22	150.19	-0.03
23	0.076	0.075	0.000	153.33	153.48	0.15
24	0.079	0.077	-0.002	158.78	158.82	0.04
25	0.089	0.089	0.000	153.22	153.17	-0.05
26	0.086	0.098	0.012	156.97	156.96	-0.01
27	0.086	0.088	0.002	159.99	159.97	-0.01
28	0.100	0.100	0.000	158.46	158.45	-0.02
29	0.098	0.108	0.010	161.64	161.57	-0.07

30	0.098	0.097	-0.001	161.67	161.64	-0.03
31	0.113	0.115	0.002	160.07	160.11	0.04
32	0.109	0.114	0.005	162.26	162.28	0.02
33	0.110	0.113	0.003	162.69	162.67	-0.02

表 5.3.3-1c 代表点中底层流速和流向对比 (工程后-工程前) (流速: m/s, 流向: °)

代表点	涨潮急流时刻流速 (m/s)			涨潮急流时刻流向 (度)		
	工程前	工程后	变化	工程前	工程后	变化
1	0.027	0.027	0.000	296.39	296.42	0.03
2	0.023	0.023	0.000	296.60	296.83	0.23
3	0.022	0.021	0.000	305.25	305.18	-0.07
4	0.028	0.028	0.000	307.00	306.97	-0.03
5	0.026	0.029	0.004	310.14	310.19	0.04
6	0.024	0.023	-0.001	315.30	315.17	-0.13
7	0.027	0.026	-0.001	307.94	307.85	-0.09
8	0.026	0.030	0.004	307.75	307.77	0.02
9	0.028	0.029	0.001	320.43	320.38	-0.04
10	0.029	0.029	0.000	313.05	313.08	0.03
11	0.029	0.029	0.000	314.21	314.24	0.03
12	0.030	0.030	0.001	319.97	319.98	0.01
13	0.022	0.022	0.001	314.22	314.24	0.02
14	0.021	0.021	0.000	324.55	324.62	0.07
15	0.026	0.027	0.001	335.01	334.99	-0.03
16	0.025	0.025	0.000	323.02	322.81	-0.21
17	0.026	0.029	0.003	328.47	328.33	-0.14
18	0.030	0.031	0.001	332.68	332.66	-0.03
19	0.027	0.026	-0.001	323.44	323.45	0.02
20	0.028	0.029	0.001	329.59	329.74	0.15
21	0.030	0.031	0.001	331.29	331.28	-0.01
22	0.032	0.034	0.002	325.39	325.32	-0.07
23	0.030	0.031	0.001	328.22	328.35	0.13
24	0.031	0.031	0.000	334.05	334.00	-0.05
25	0.035	0.036	0.001	329.05	328.96	-0.10
26	0.034	0.039	0.005	332.57	332.57	0.00
27	0.035	0.036	0.002	335.83	335.80	-0.03
28	0.039	0.040	0.001	334.85	334.80	-0.05
29	0.039	0.041	0.002	337.68	337.58	-0.10
30	0.039	0.040	0.001	337.99	337.86	-0.12
31	0.044	0.046	0.002	336.56	336.57	0.00
32	0.043	0.046	0.003	338.42	338.40	-0.02
33	0.044	0.047	0.003	339.04	339.01	-0.03
代表点	落潮急流时刻流速 (m/s)			落潮急流时刻流向 (度)		
	工程前	工程后	变化	工程前	工程后	变化

代表点	涨潮急流时刻流速 (m/s)			涨潮急流时刻流向 (度)		
	工程前	工程后	变化	工程前	工程后	变化
1	0.038	0.039	0.001	117.62	117.65	0.02
2	0.034	0.035	0.001	120.52	120.76	0.24
3	0.034	0.035	0.001	128.91	128.88	-0.03
4	0.040	0.042	0.001	129.03	129.01	-0.02
5	0.039	0.047	0.007	133.31	133.33	0.02
6	0.038	0.039	0.001	138.13	138.05	-0.09
7	0.041	0.041	0.000	129.23	129.16	-0.08
8	0.040	0.047	0.007	130.15	130.15	0.00
9	0.044	0.048	0.003	142.33	142.27	-0.06
10	0.045	0.046	0.002	134.53	134.57	0.03
11	0.045	0.047	0.002	135.91	135.95	0.04
12	0.047	0.050	0.003	141.89	141.89	0.00
13	0.035	0.038	0.003	134.71	134.72	0.01
14	0.034	0.036	0.002	144.48	144.55	0.07
15	0.042	0.044	0.002	155.03	155.01	-0.02
16	0.040	0.042	0.002	144.17	144.00	-0.17
17	0.043	0.052	0.009	149.18	149.06	-0.12
18	0.048	0.051	0.004	154.16	154.14	-0.03
19	0.043	0.043	0.000	144.88	144.86	-0.01
20	0.045	0.048	0.003	150.72	150.84	0.12
21	0.048	0.052	0.004	153.60	153.60	0.00
22	0.052	0.056	0.005	149.76	149.72	-0.03
23	0.049	0.051	0.003	152.75	152.91	0.16
24	0.051	0.052	0.001	158.20	158.23	0.03
25	0.057	0.060	0.003	152.76	152.71	-0.06
26	0.055	0.063	0.008	156.42	156.41	-0.02
27	0.056	0.060	0.004	159.46	159.44	-0.02
28	0.064	0.068	0.004	158.08	158.06	-0.02
29	0.063	0.073	0.010	161.23	161.14	-0.09
30	0.063	0.066	0.003	161.22	161.18	-0.04
31	0.073	0.078	0.005	159.69	159.72	0.03
32	0.070	0.078	0.008	161.83	161.86	0.02
33	0.071	0.077	0.006	162.29	162.26	-0.03

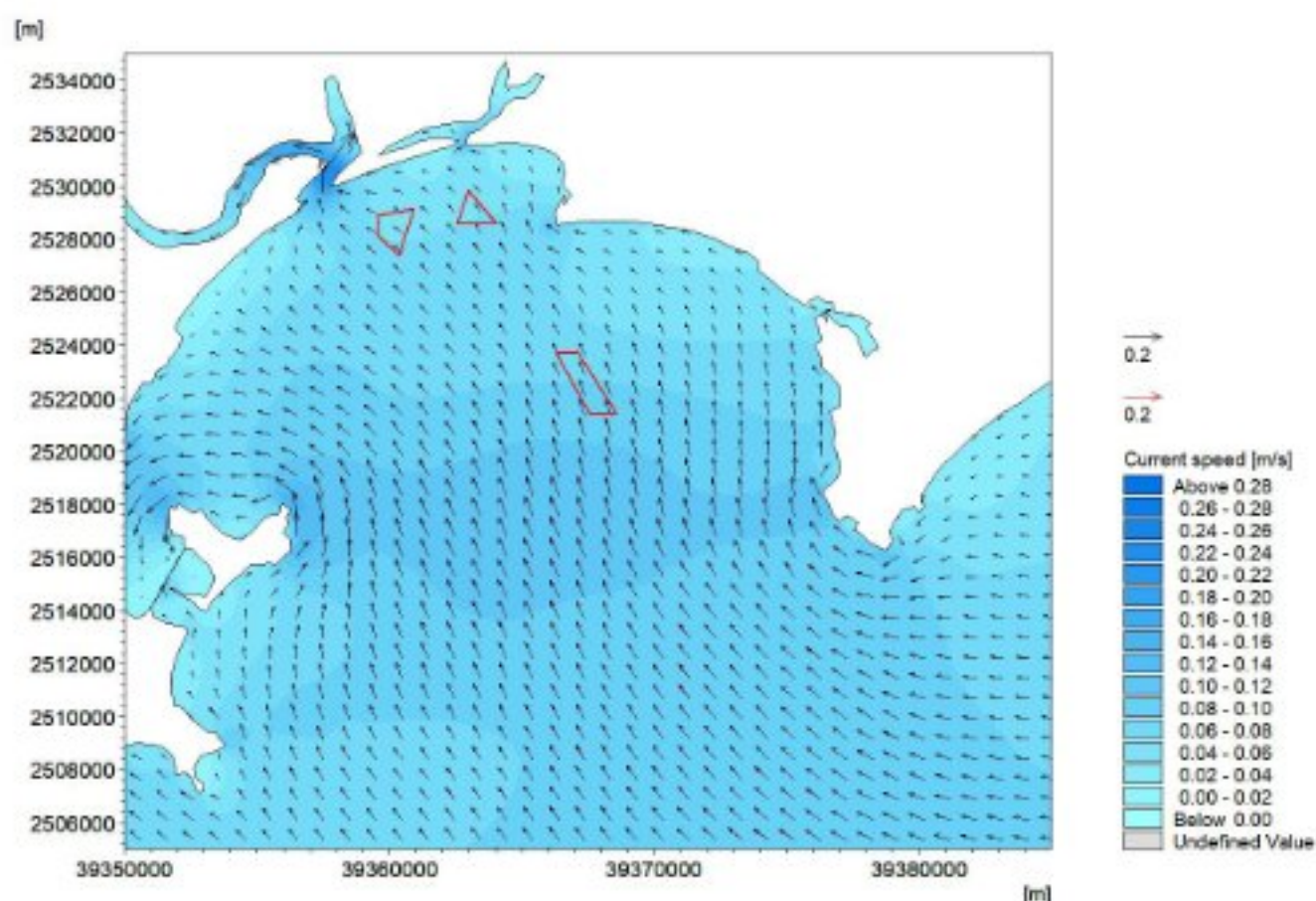


图 5.3.3-4a 工程前、后涨急时刻表层流场对比图（黑色箭头：工程前，红色箭头：工程后）

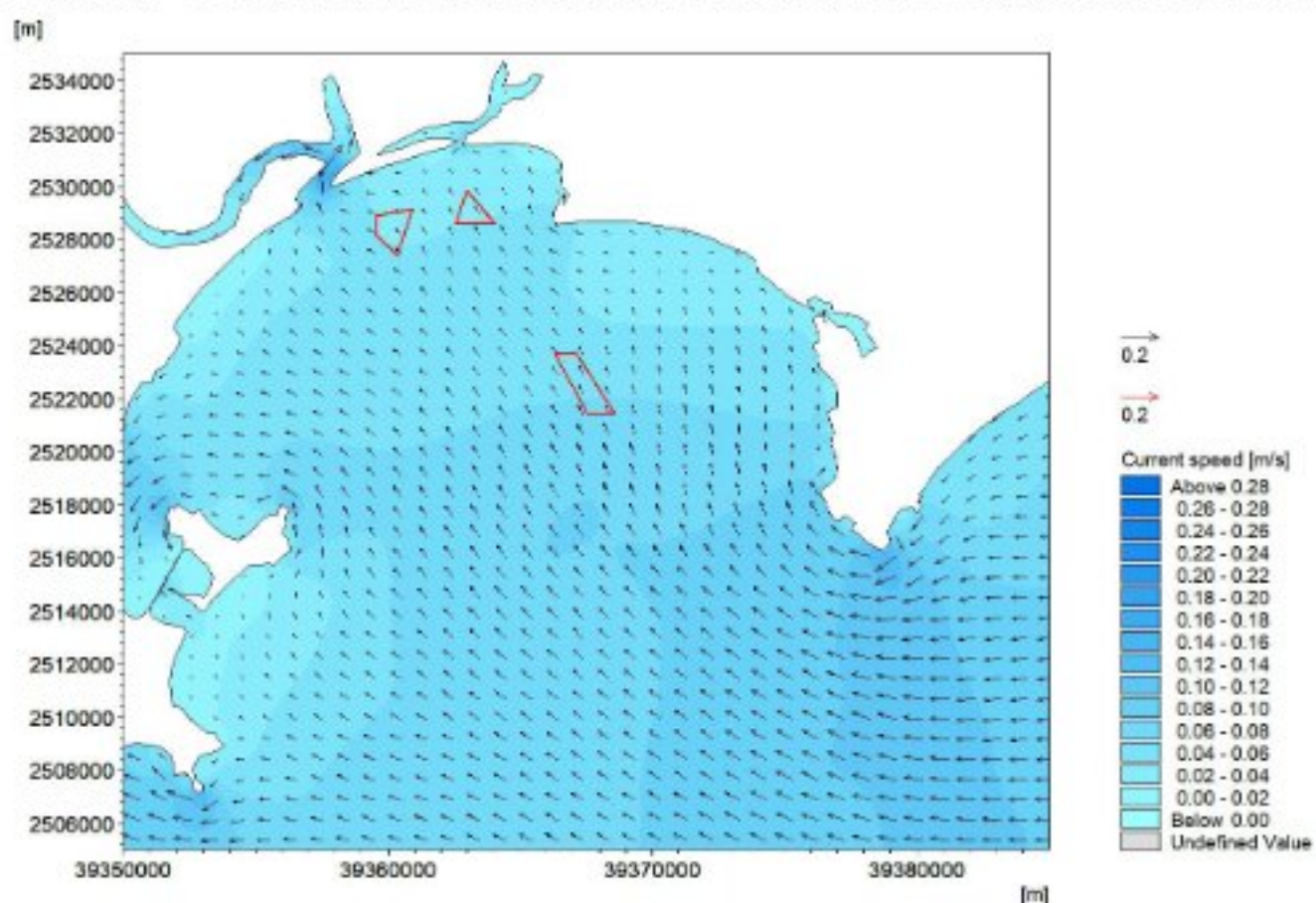


图 5.3.3-4b 工程前、后涨急时刻中层流场对比图（黑色箭头：工程前，红色箭头：工程后）

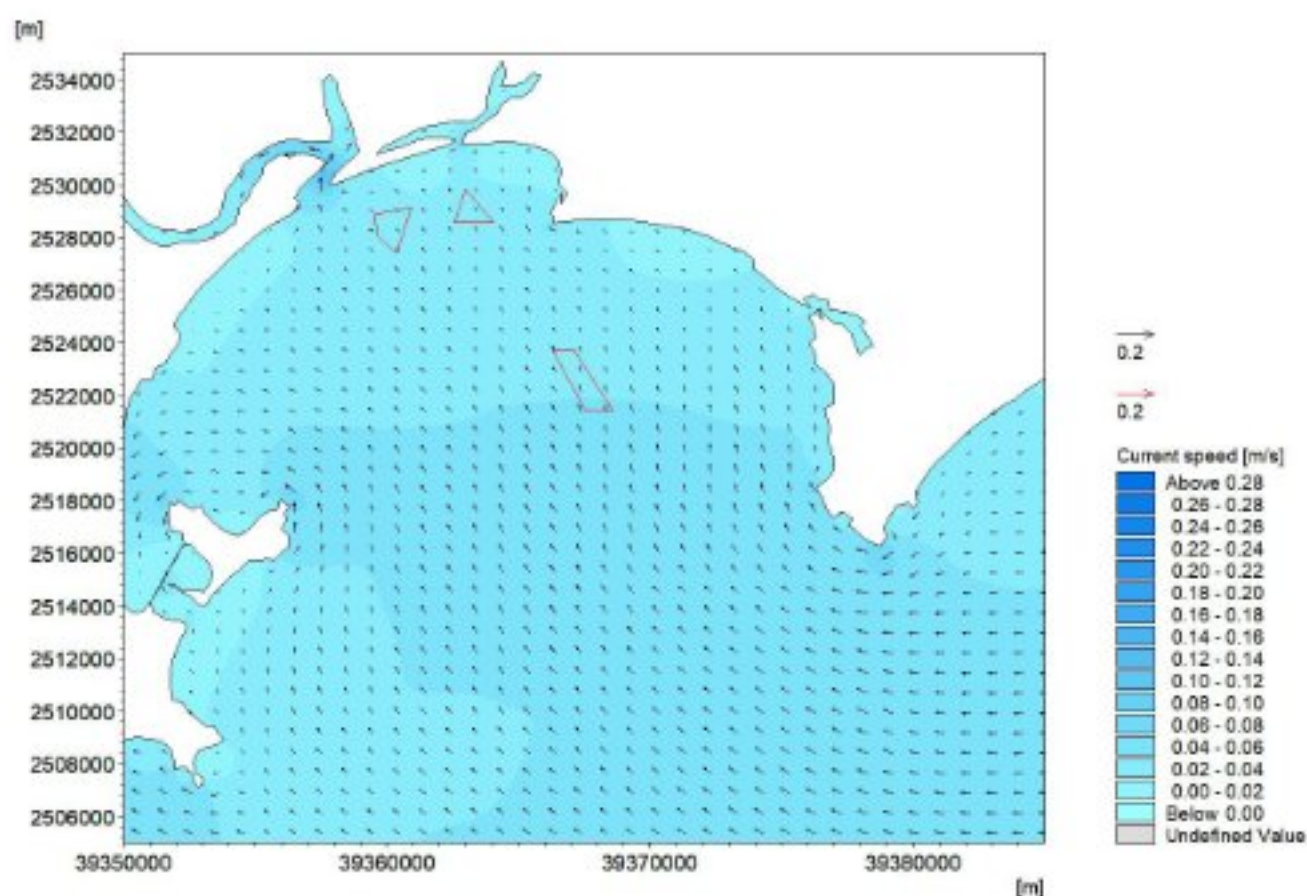


图 5.3.3-4c 工程前、后涨急时刻底层流场对比图（黑色箭头：工程前，红色箭头：工程后）

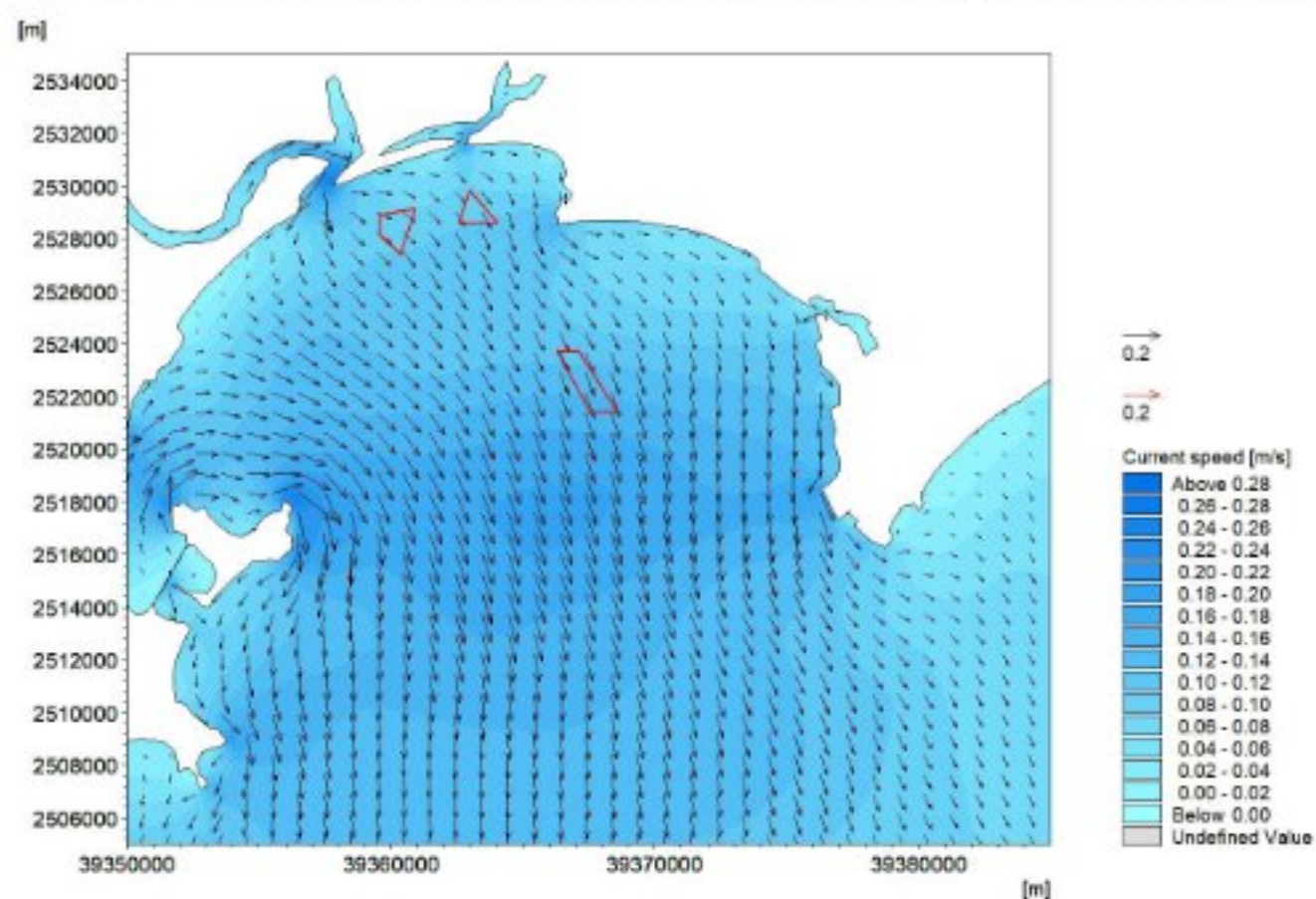


图 5.3.3-5a 工程前、后落急时刻表层流场对比图（黑色箭头：工程前，红色箭头：工程后）

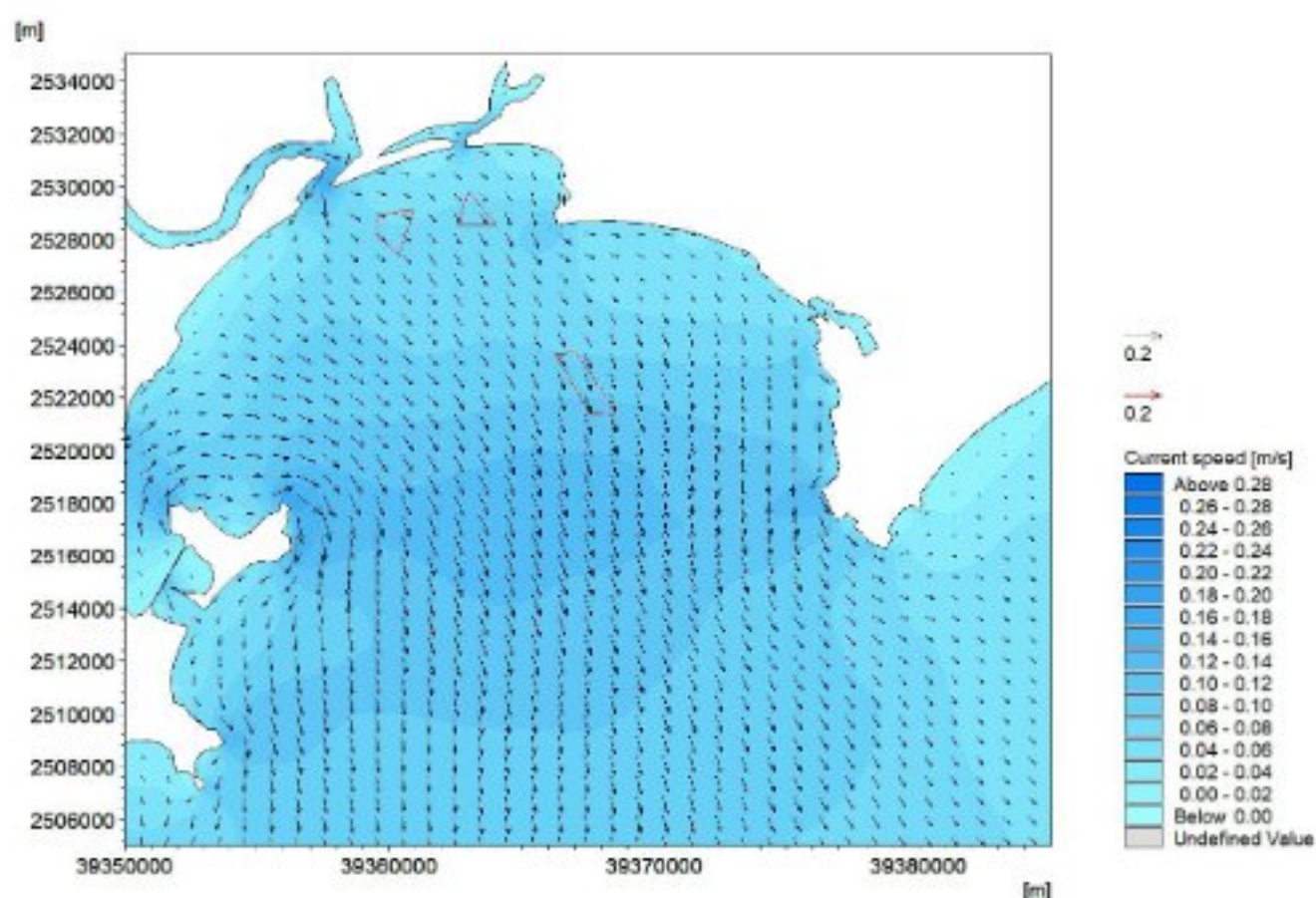


图 5.3.3-5b 工程前、后落急时刻中层流场对比图（黑色箭头：工程前，红色箭头：工程后）

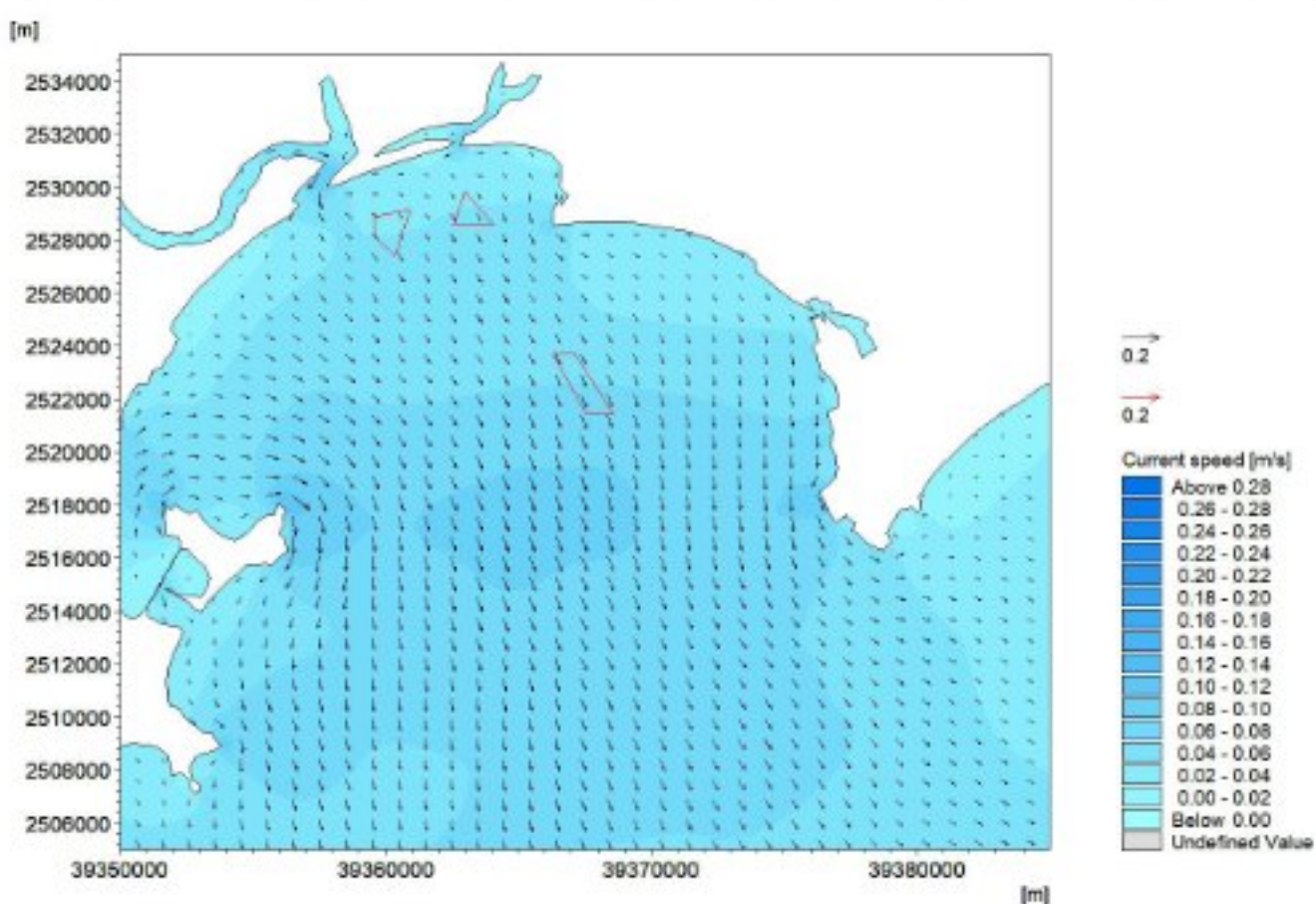


图 5.3.3-5c 工程前、后落急时刻底层流场对比图（黑色箭头：工程前，红色箭头：工程后）

5.4 地形地貌与冲淤环境影响预测与评价

本项目主要在碣石湾海域布置3片区养殖，碣石湾顶部的养殖区1和养殖区2开展浮筏式吊养，靠近口门处的养殖区3开展重力式网箱和浮筏式吊养。重力式网箱采用网衣和框架结构，漂浮于水面之上，网箱用锚固结构等固定于海底，浮筏式吊养主要利用锚固将浮筏固定在海面上。项目建设对区域的地形地貌和冲淤环境主要为网箱及浮筏养殖造成的水流流速变化，而造成的泥沙冲淤变化。

项目区域整体流速较小，根据三维流场计算，养殖项目开展后项目附近海域涨、落急时刻流场变化很小，项目区域33个代表点显示，表、中、底层流速变化均不超过0.02m/s，流向变化不超过1°，项目建设对项目区域海流流速流向的影响很小。由于潮流速度变化较小，造成的悬浮泥沙沉积也相对较小。本项目主要影响表层流场，对地形地貌与冲淤环境影响较小。

5.5 海域水质环境影响预测与评价

5.5.1 施工期悬浮泥沙对水质环境影响

5.5.1.1 悬浮物预测模型

(1) 悬浮物输运扩散方程

三维潮流泥沙输运扩散方程为：

$$\frac{\partial c}{\partial t} + \frac{\partial(uc)}{\partial x} + \frac{\partial(vc)}{\partial y} + \frac{\partial(wc)}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\epsilon_x \frac{\partial c}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\epsilon_y \frac{\partial c}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\epsilon_z \frac{\partial c}{\partial z} \right) + \omega \frac{\partial c}{\partial z} + Q$$

其中： c 是为积分体积元内的悬浮泥沙浓度；

t 是时间；

x 、 y 、 z 分别为三维笛卡尔空间坐标；

u 、 v 、 w 分别为 x 、 y 、 z 方向上的流速；

ϵ 为湍流扩散系数；

Q 为源汇项；

ω 为悬浮泥沙沉降速度，根据《淤泥质、粉沙质及沙质海岸航道回淤统一计算方法》（刘家驹，2012），当悬浮泥沙粒径小于0.03mm时颗粒絮凝作用较强，絮团沉速取0.0005m/s，当悬浮泥沙粒径大于0.03mm时，采用张瑞瑾统一公式计算沉速：

$$\omega = \sqrt{\left(13.95 \frac{\nu}{D}\right)^2 + 1.09 \alpha g D - 13.95 \frac{\nu}{D}}$$

其中 ν 为海水的运动粘性系数，取 $0.01\text{cm}^2/\text{s}$ ， D 为泥沙粒径， α 为泥沙有效容重系数，取 1.65 ， g 为重力加速度，取 $9.8\text{m}/\text{s}^2$ 。

模型初始条件给出初始时刻计算区域悬沙浓度的已知值：

$$C(x, y, z, t)|_{t=0} = C_0(x, y, z)$$

计算中考虑悬沙浓度增量， C_0 取为 0 。

边界条件给出初始时刻计算区域固边界（闭边界）与水边界（开边界）的悬沙浓度值，其中固边界法向悬沙通量为零：

$$\frac{\partial C}{\partial \vec{n}} = 0$$

水边界入流时：

$$C(x, y, z, t)|_{\Gamma} = C^*(x, y, z, t)$$

水边界出流时：

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u_n \frac{\partial C}{\partial \vec{n}} = 0$$

计算中 C^* 取为 0 。

5.5.1.2 计算工况与源强选取

由上文 3.6.1.3 水污染节可知，项目重力网箱、浮筏吊笼锚固施工悬浮泥沙产生瞬时源强分别为 $0.20\text{kg}/\text{s}$ 和 $0.45\text{kg}/\text{s}$ 。本项目施工锚定过程产生的悬浮泥沙为底层悬沙，根据项目布置情况，源强点设置在底层，每个源强点释放 3min ，如图 5.5.1-1 所示。

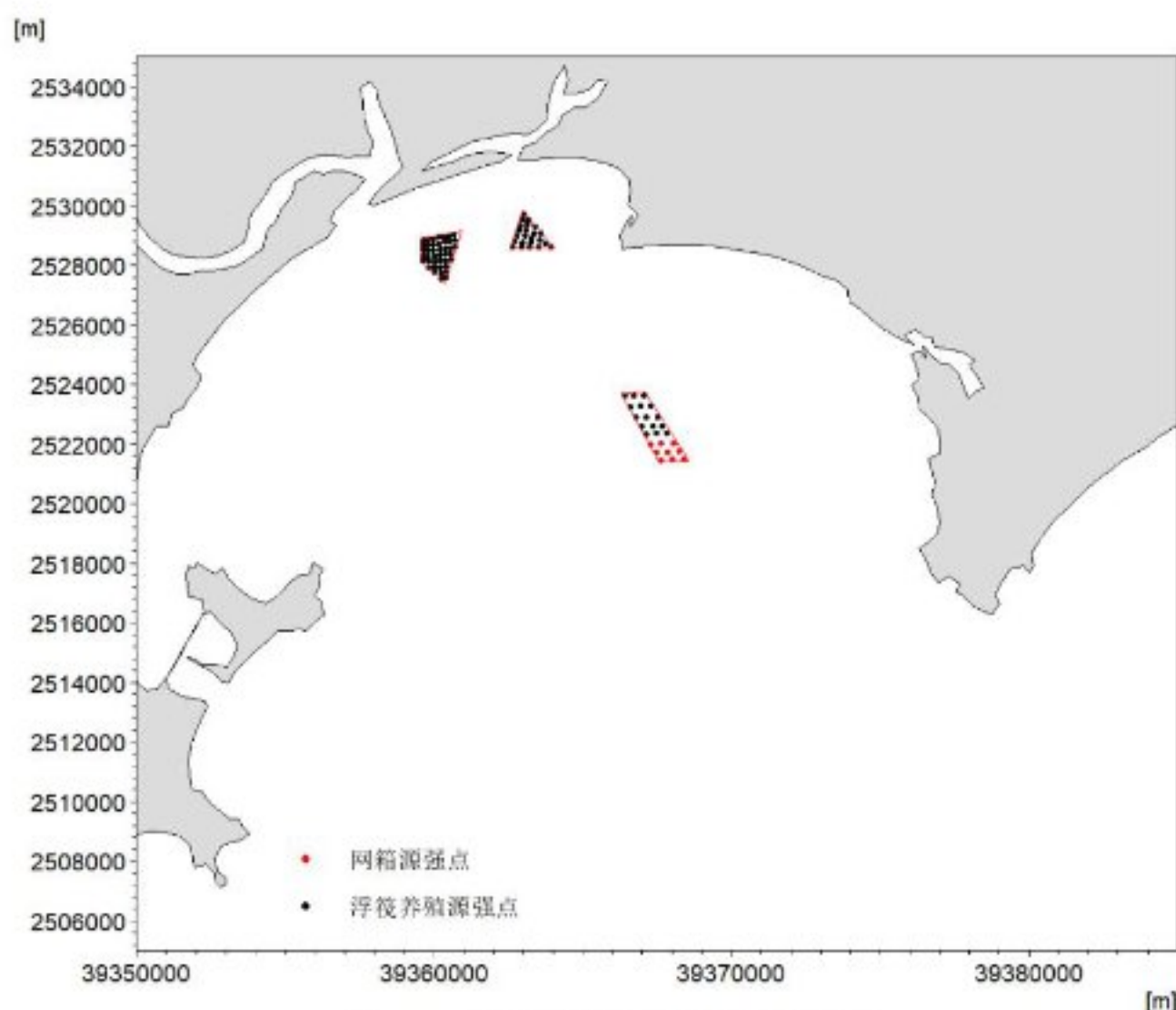
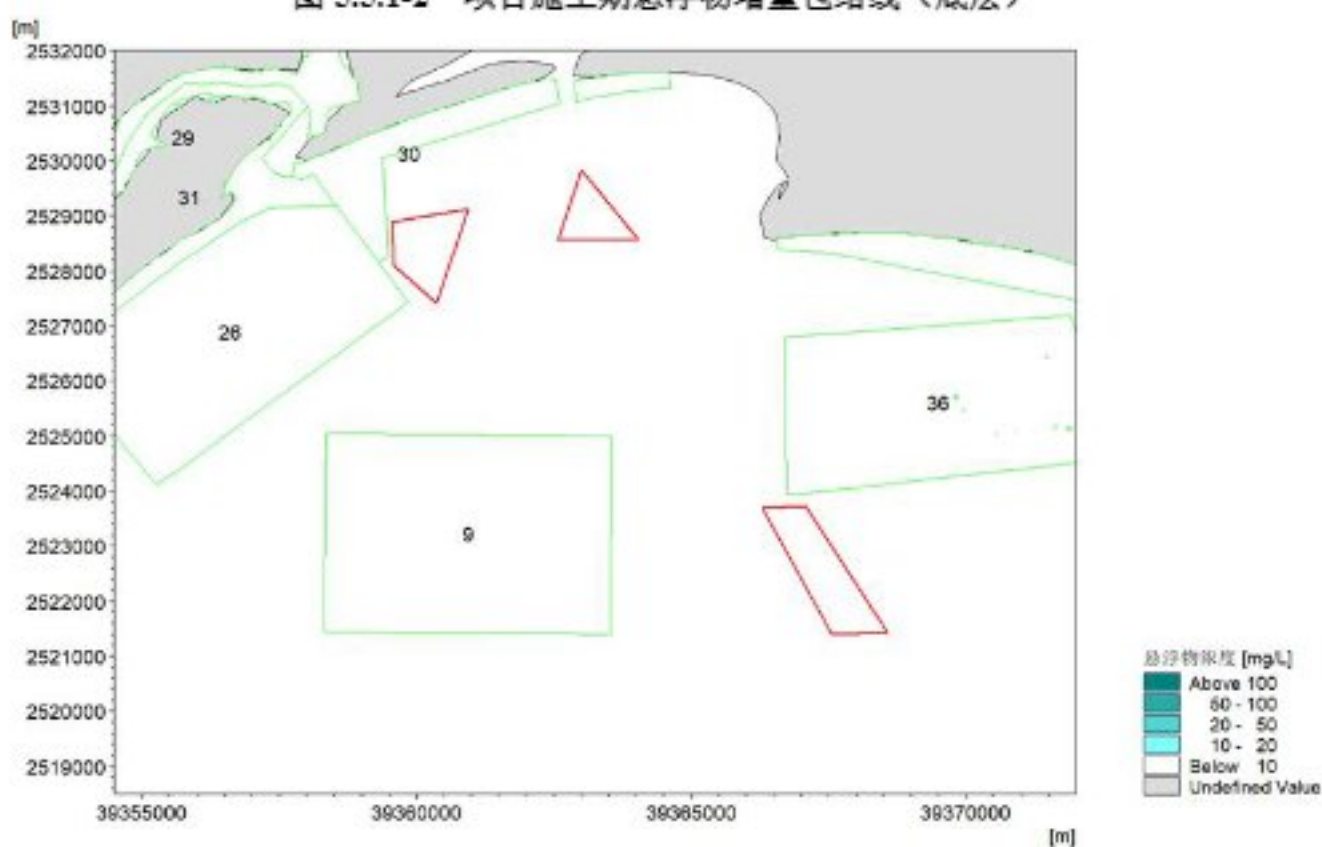
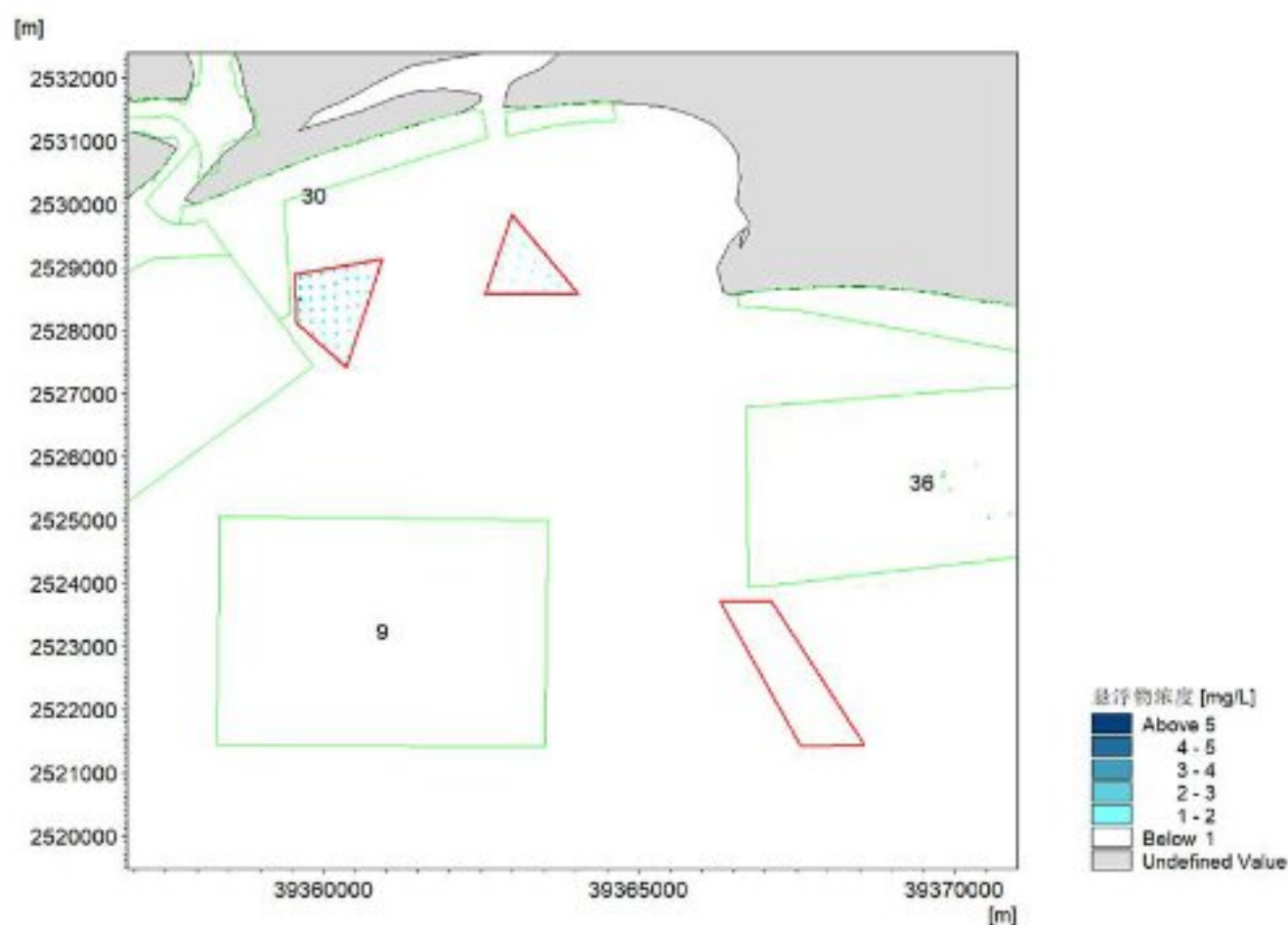


图 5.5.1-1 泥沙悬浮物预测源强点示意图

5.5.1.3 悬浮物分布计算及结果分析

悬浮物的扩散范围和方向主要受水动力的影响，不同的水动力条件下其扩散范围和方向不同。本次计算选取一个完整的全潮周期进行模拟，每个源强点持续释放 3min，输出每 10min 的悬浮泥沙浓度场，统计各计算网格点在模拟期间内的悬浮物浓度增量最大值，利用各网格点的最大值绘制悬浮物增量浓度包络线图。另外，本预测仅计算本项目产生的悬浮物增量的影响，潮流对底床作用产生的再悬浮将不计算。

图 5.5.1-2 为大、中、小潮全潮周期内本项目施工过程底层水体的悬浮物扩散达到平衡后的最大浓度增值包络线分图，根据影响预测结果，表、中、底层悬浮物浓度增量均低于 10mg/L，底层悬浮物浓度增量最大值约 6mg/L，位于左上角的养殖区。由于锚定块体持续影响时间段，影响范围较小，随着施工作业结束，悬浮泥沙将慢慢沉降，工程海区的水质会逐渐恢复原有的水平。



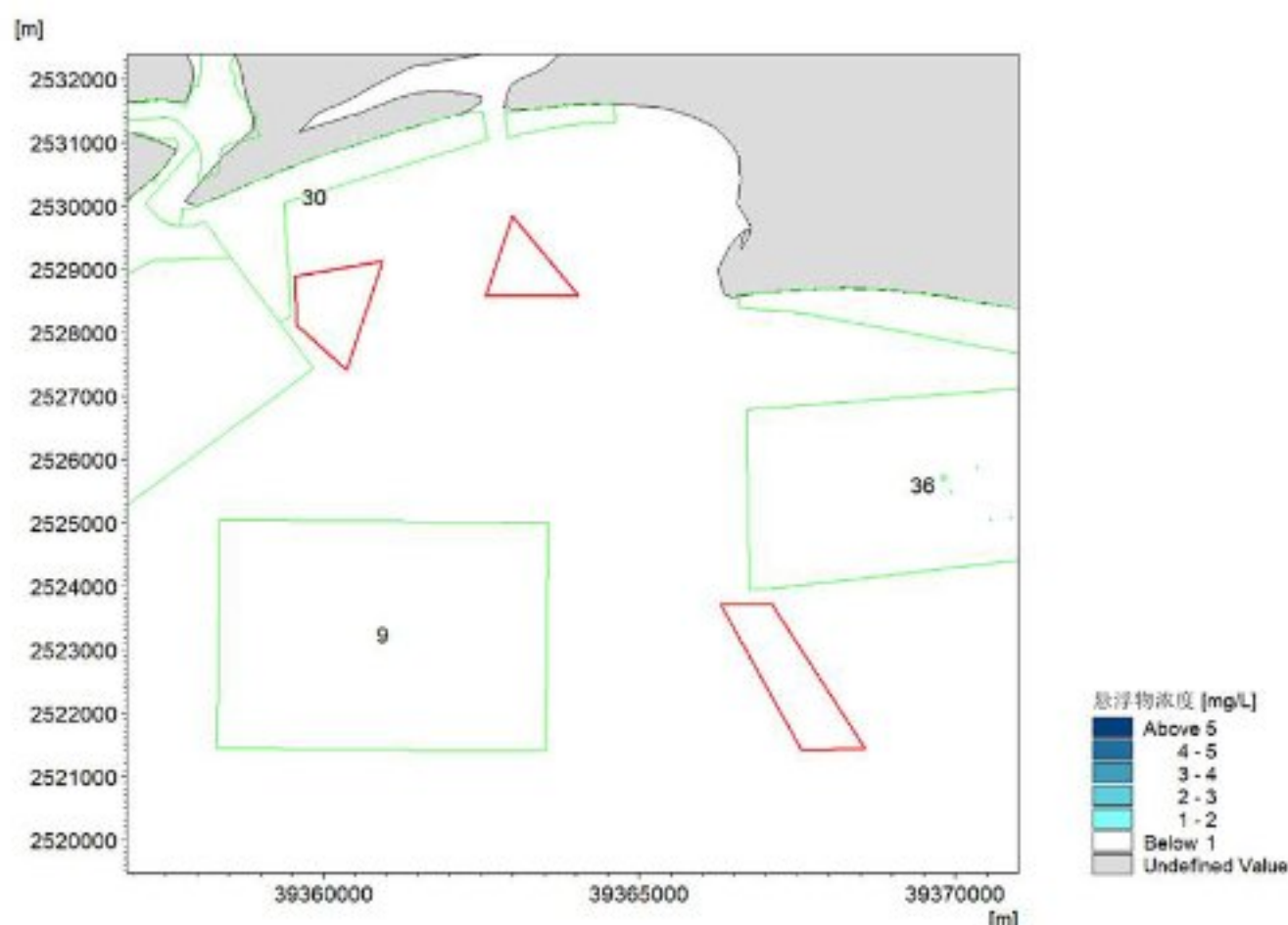


图 5.5.1-2c 项目施工期悬浮物增量包络线（表层）

5.5.2 施工期其他污废水对水质环境影响

施工过程对海域水质环境污染要素除悬浮泥沙外，还包括施工船舶舱底含油污水和施工人员生活污水，主要污染物为石油类和 COD、BOD₅、SS、氨氮。

施工船舶舱底含油污水严禁随意在项目海域排放，应委托具备相应接收能力、专业从事船舶污染物接收的单位进行收集处理，接收作业需满足《船舶污染物接收和船舶清舱作业单位接收处理能力要求》（交通行业标准 JT/T673-2006），并按有关海事管理事项要求进行作业报批和备案，确保含油污水全流程闭环管理。

施工人员生活污水拟采用船舶配备的生活污水收集舱进行贮存，船舶靠岸后经密封槽车将生活污水集中运送至陆丰第二污水处理厂，经处理达标后排放。

综上，本项目施工船舶含油污水和施工人员生活污水均会妥善处置，不直接外排，不会对周边海域水质造成明显影响。随着施工结束及扰动源消失，水质环境可逐步恢复至原有水平。

5.5.3 营运期养殖污染物对水质环境影响

针对本工程所在海域的水动力及污染物迁移-扩散特性，本节在已建立的水动力数学模型基础上，采用平面二维水质模型进行网箱养殖对水体 COD、氨氮、

总氮、总磷含量的水质环境影响预测计算。

5.5.3.1 预测模型

(1) 模型控制方程

污染物的扩散过程采用二维扩散方程：

$$\frac{\partial hc}{\partial t} + \frac{\partial uhc}{\partial x} + \frac{\partial vhc}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left(hD_x \frac{\partial c}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(hD_y \frac{\partial c}{\partial y} \right) + Q$$

其中：

c 为污染物浓度(mg/L)；

u 、 v 分别为 x 、 y 方向上的流速分量(m/s)；

h 为水深(m)；

D_x 、 D_y 分别为 x 、 y 方向上的紊动扩散系数(m^2/s)；

Q 为污染物源/汇项(g/m^2s)；

k 为污染物线性降解系数，可表征污染物降解过程：

$$\frac{dc}{dt} = -kc$$

(2) 参数取值

对于 COD、无机氮、活性磷酸盐按一级动力学反应考虑，本次计算中考虑最保守情况，将污染物作为保守物质处理，即 COD、无机氮、活性磷酸盐降解系数 k 取为 0。

(3) 初始条件与边界条件

水质模型的水动力场由水动力模型的计算结果提供，水质模型中污染物的初始条件按以下公式确定：

$$C(x, y, t)|_{t=0} = C_0(x, y)$$

其中 C_0 为 C 初始时刻的已知值，计算中取为 0。边界条件给出计算区域固边界（闭边界）与水边界（开边界）的污染物浓度值，其中固边界法向污染物通量为零：

$$\frac{\partial c}{\partial n} = 0$$

水边界入流时：

$$C(x, y, t)|_r = C^*(x, y, t)$$

水边界出流时：

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u_n \frac{\partial C}{\partial n} = 0$$

计算中 C^* 取为 0。

5.5.3.2 计算条件

根据工程分析结果，本项目网箱养殖总氮 81.64t/a、总磷 19.51t/a、氨氮 1.14t/a、COD 47.57t/a，其中无机氮：氨氮按照 1:0.33 换算，活性磷酸盐：总磷按照 0.32:1 换算，换算后的 COD、无机氮、活性磷酸盐排放量分别为 47.57t/a、3.45t/a、6.24t/a。

网箱源强点布置在每个网箱中心处，详见图 5.5.3-1，排放水层为表层水体。

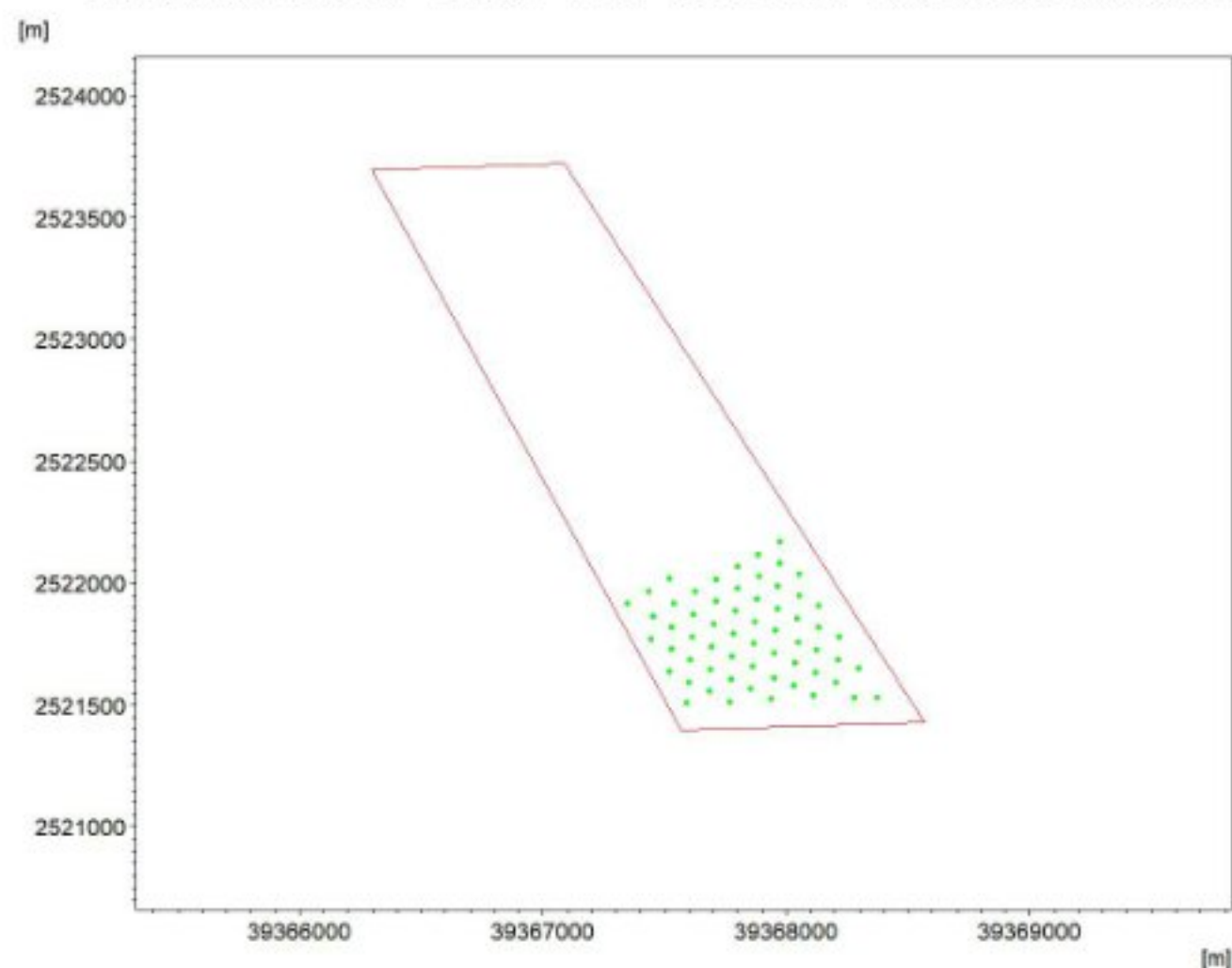


图 5.5.3-1 网箱养殖区源强点

5.5.3.3 水环境预测结果

(1) 无机氮

本项目网箱养殖区表、中、底层水体污染物无机氮全潮浓度增量包络线范围见图 5.5.3-2~5.5.3-4。由数值计算结果可知：项目养殖对水体无机氮的影响从表

层向底层逐渐减小。箱养殖区表层水体无机氮浓度增量最大值约为 0.00025mg/L，影响范围仅限于网箱周边很小范围内，不会影响相邻近网箱处水体的无机氮含量；网箱养殖对局地海域无机氮浓度增量大于 0.000025mg/L 的区域主要在本项目用海区域。中下层水体无机氮浓度增量约 0.00003mg/L，范围小于表层水体。

根据影响范围与敏感目标叠图，项目建设无机氮浓度增量不会影响到金厢重要渔业资源产卵场（图示编号 36），项目建设基本不对周边敏感目标和用海活动产生明显不利影响。

根据《海水水质标准（GB3097-1997）》，海水中无机氮浓度小于 0.2mg/L 的水体符合一类水质标准。本项目养殖引起海水无机氮浓度增量远小于 0.2mg/L，且无机氮浓度增量大于 0.000025mg/L 的影响范围主要局限在本项目用海海域，对周边海域水质环境的影响很小。

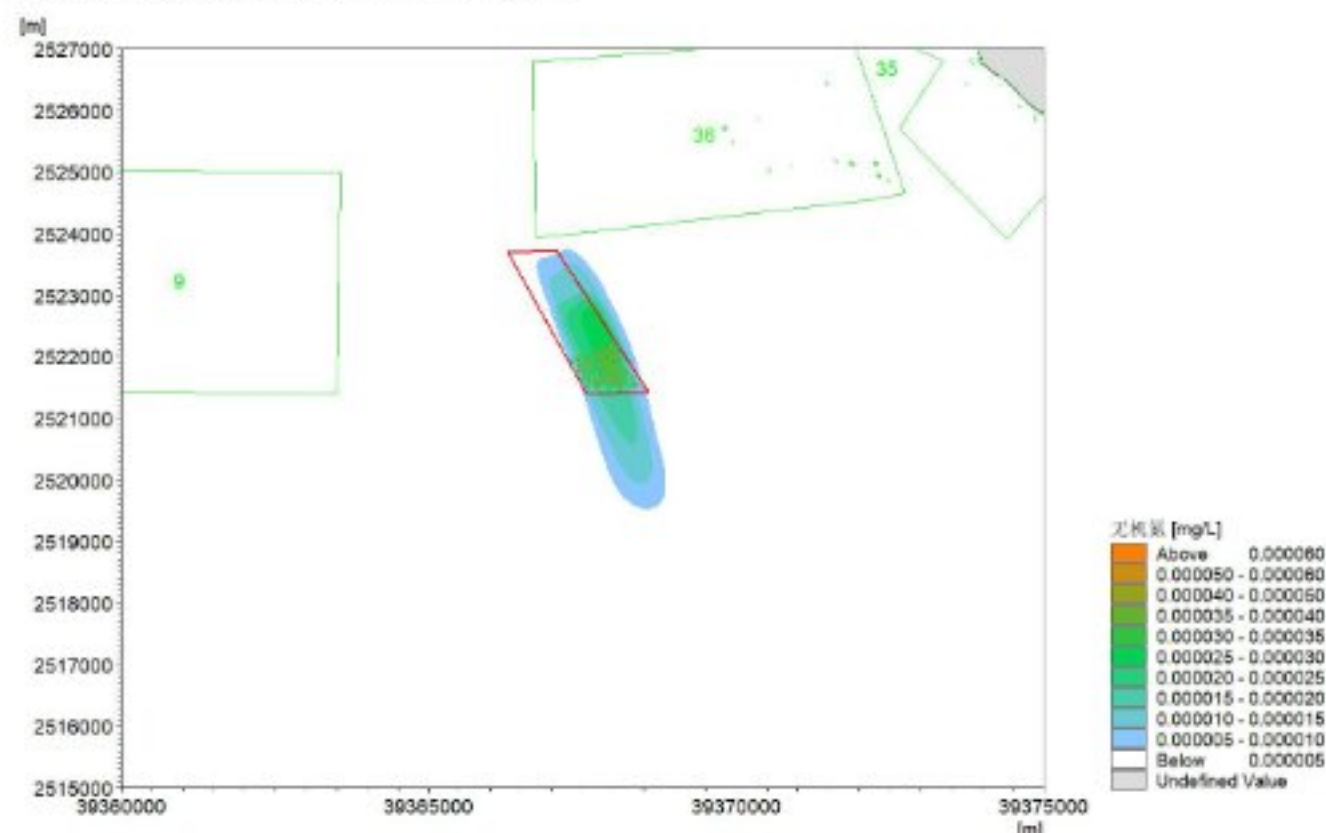


图 5.5.3-2 表层水体无机氮浓度增量影响范围分布

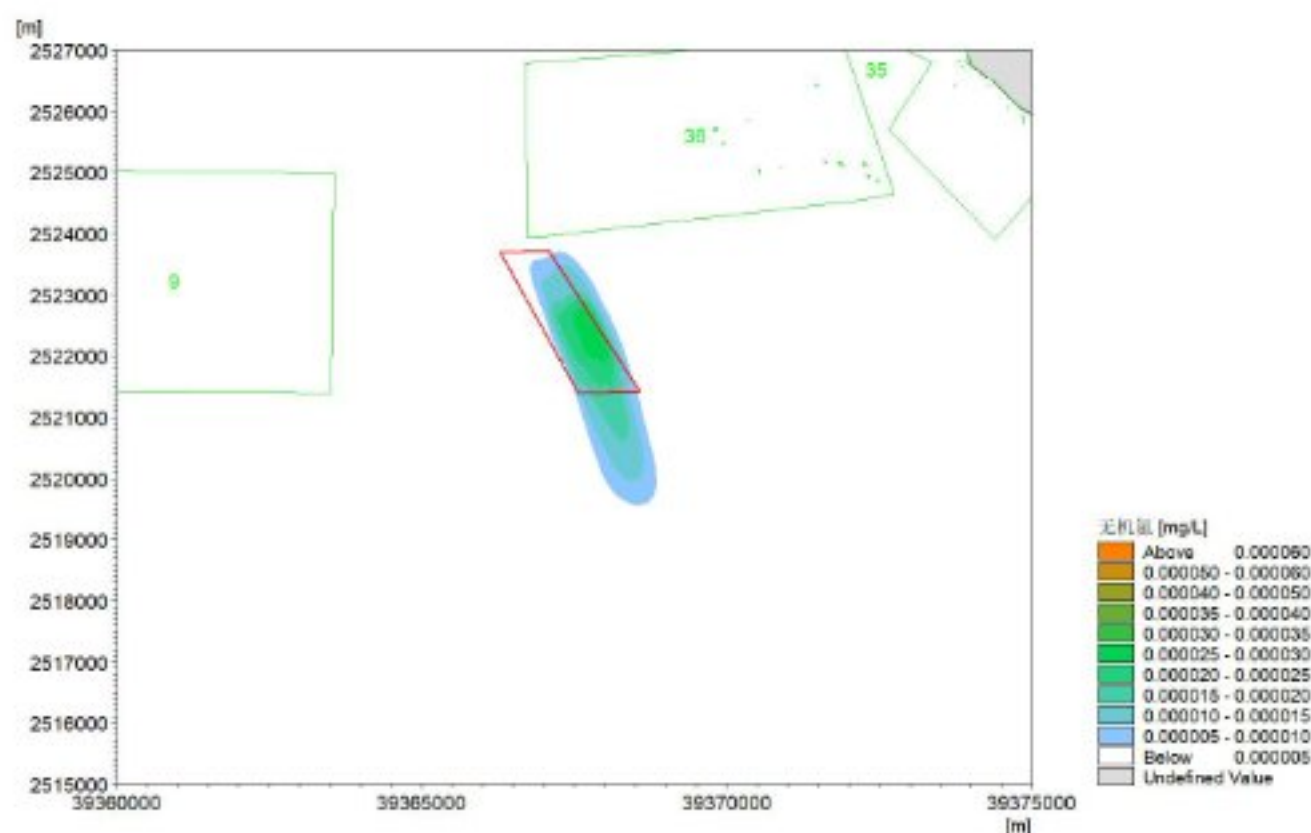


图 5.5.3-3 中层水体无机氮浓度增量影响范围分布

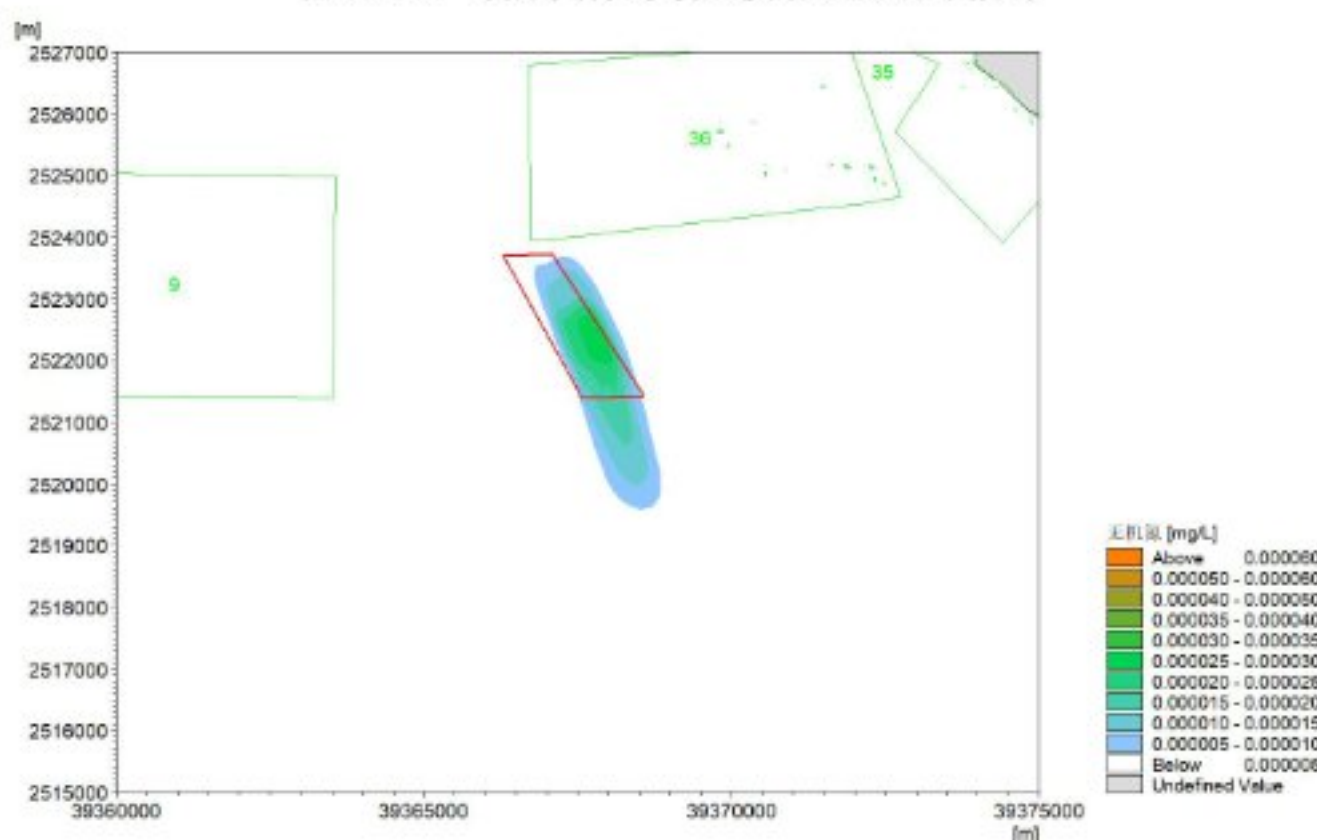


图 5.5.3-4 底层水体无机氮浓度增量影响范围分布

(2) 活性磷酸盐

本项目网箱养殖区表、中、底层水体污染物活性磷酸盐全潮浓度增量包络线范围见图 5.5.3-5~5.5.3-7。由数值计算结果可知：项目养殖对水体活性磷酸盐的影响从表层向底层逐渐减小。网箱养殖区表层水体活性磷酸盐浓度增量最大值约为 0.0005mg/L，影响范围仅限于网箱周边很小范围内，不会影响相邻近网箱处

的水质，网箱养殖引起的活性磷酸盐浓度增量大于 0.00005mg/L 区域主要在本项目养殖用海区域；中下层活性磷酸盐浓度增量最大值约 0.000056mg/L，范围明显小于表层水体。

根据影响范围与敏感目标叠图，项目建设活性磷酸盐浓度增量不会影响到金厢重要渔业资源产卵场（图示编号 36），项目建设基本不对周边敏感目标和用海活动产生明显不利影响。

根据《海水水质标准（GB3097-1997）》，海水中活性磷酸盐浓度小于 0.015mg/L 的水体符合一类水质标准，本项目引起海水活性磷酸盐浓度增量远小于 0.015mg/L，且浓度增量大于 0.00005mg/L 的影响范围主要局限在本项目用海海域，对周边海域水质环境的影响很小。

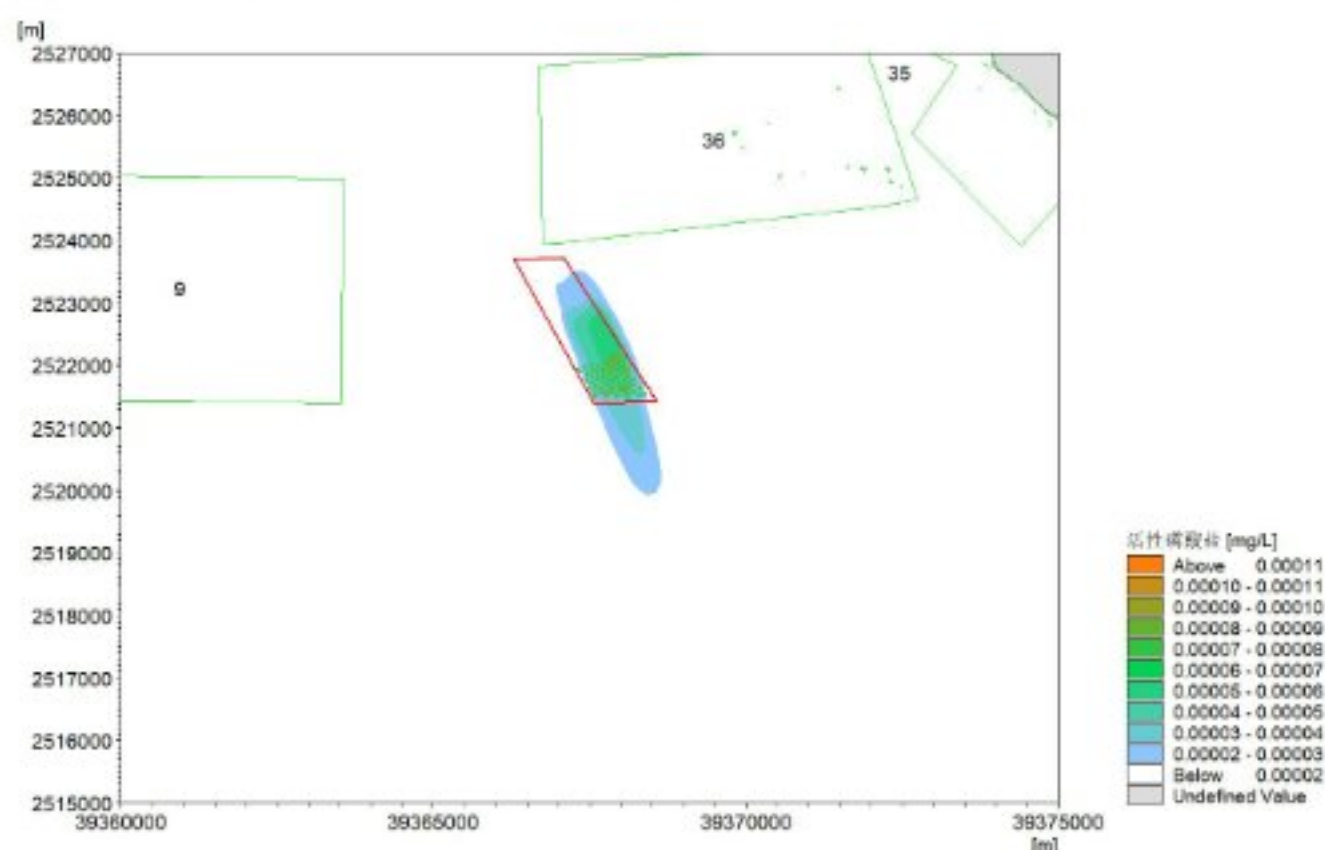


图 5.5.3-5 表层水体活性磷酸盐浓度增量影响范围分布

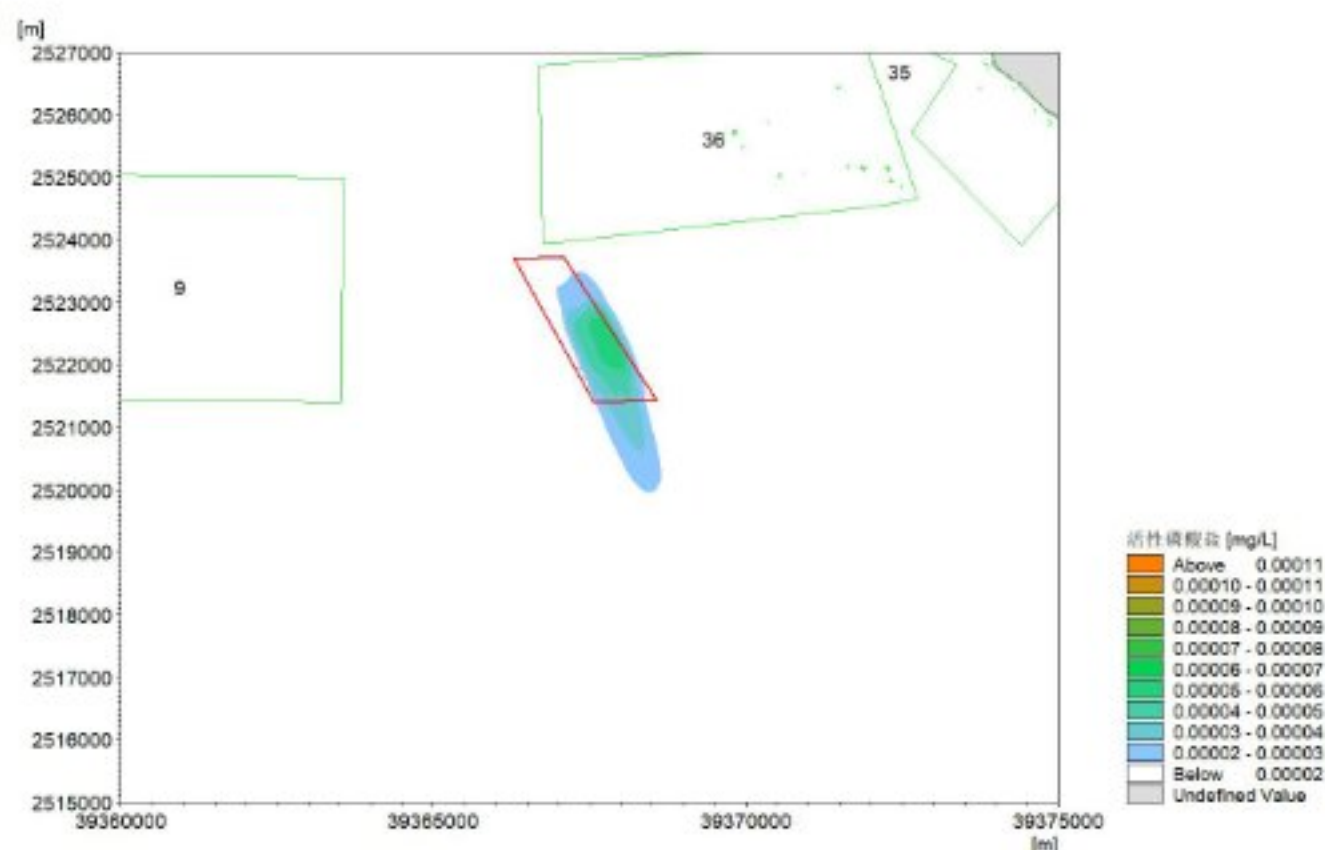


图 5.5.3-6 中层水体活性磷酸盐浓度增量影响范围分布

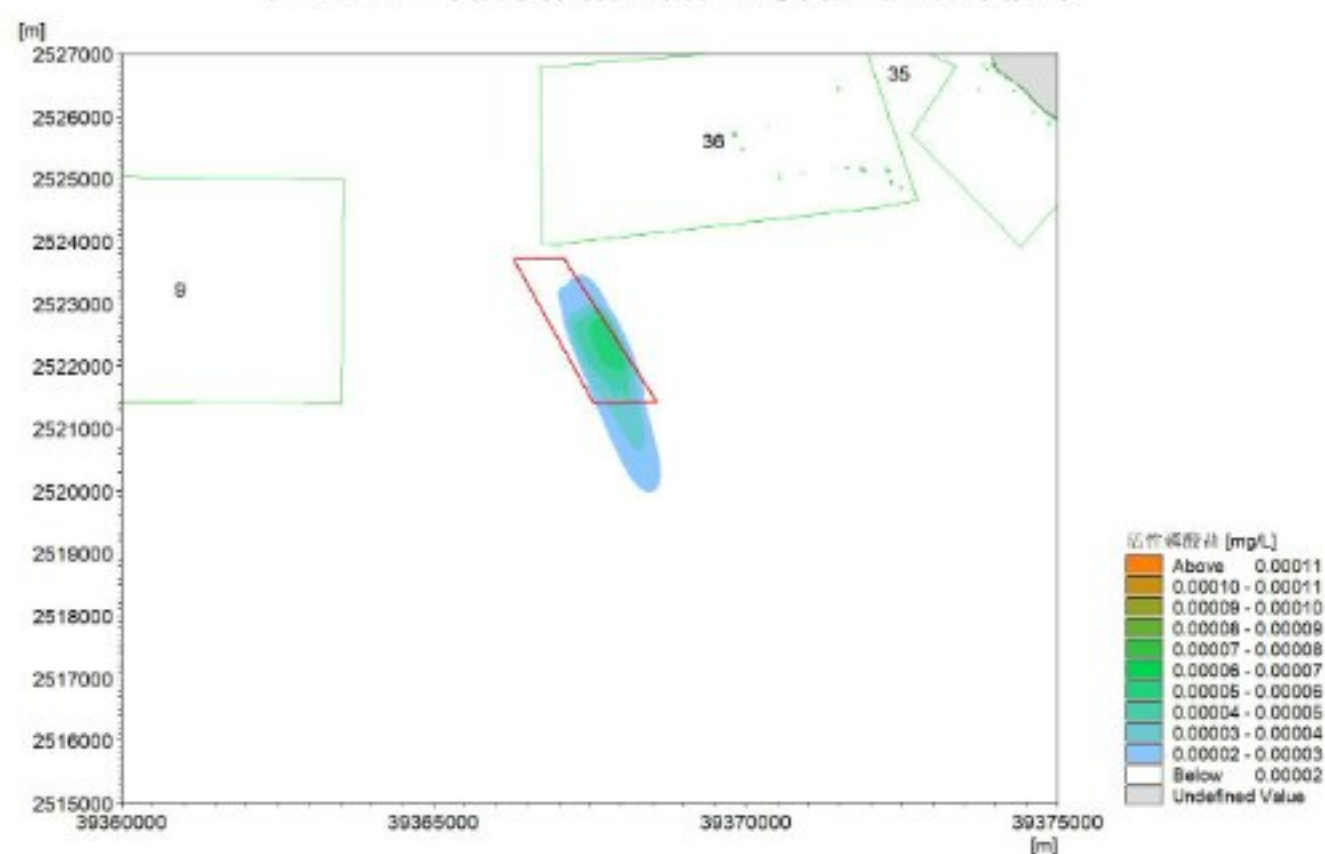


图 5.5.3-7 底层水体活性磷酸盐浓度增量影响范围分布

(3) COD

本项目网箱养殖区表、中、底层水体污染物 COD 全潮浓度增量包络线范围见图 5.5.3-8~5.5.3-10。由数值计算结果可知：项目养殖对水体 COD 的影响从表层向底层逐渐减小。网箱养殖区表层水体 COD 浓度增量最大值约为 0.0037mg/L，影响范围仅限于网箱周边很小范围内，不会影响相邻近网箱处的水质；网箱养殖

引起的 COD 浓度增量大于 0.0003mg/L 区域主要在本项目养殖用海范围内。

根据影响范围与敏感目标叠图，项目建设后 COD 浓度增量不会影响到金厝重要渔业资源产卵场（图示编号 36），项目建设基本不对周边敏感目标和用海活动产生明显不利影响。

根据《海水水质标准（GB3097-1997）》，海水中 COD 浓度小于 2mg/L 的水体符合一类水质标准，本项目引起海水 COD 浓度增量远小于 2mg/L，且浓度增量大于 0.0003mg/L 的影响范围主要局限在本项目用海海域，对周边海域水质环境的影响很小。

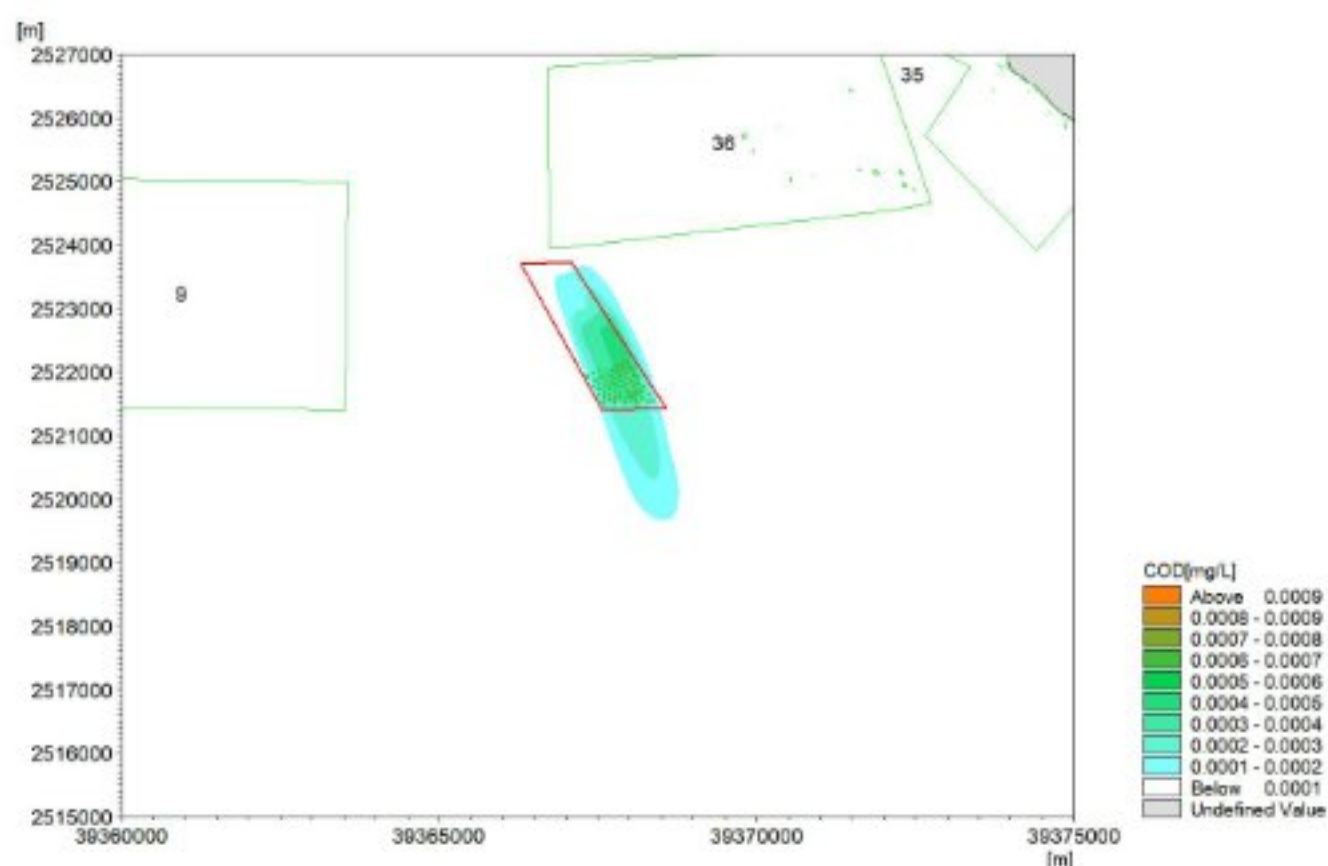


图 5.5.3-8 表层水体 COD 浓度增量影响范围分布

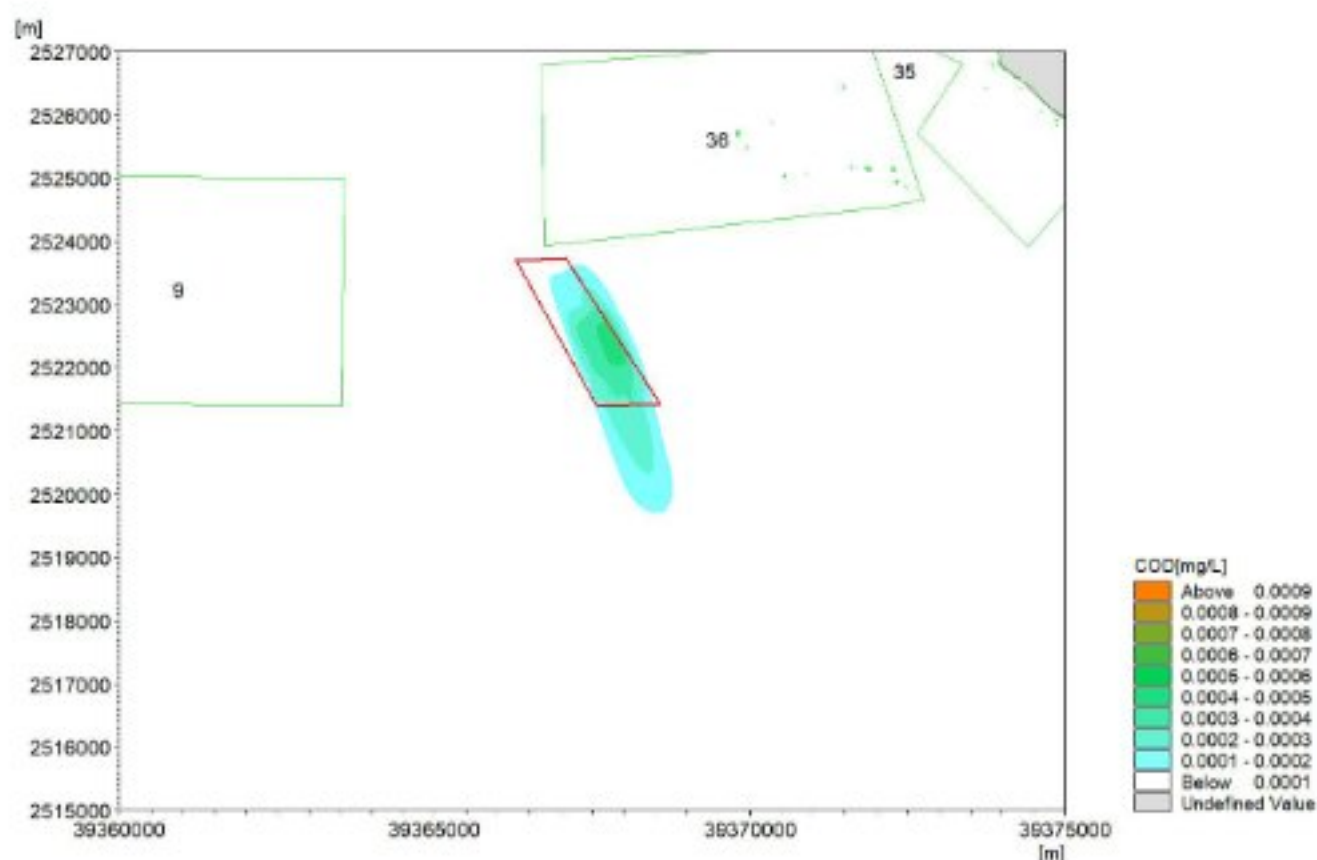


图 5.5.3-9 中层水体 COD 浓度增量影响范围分布

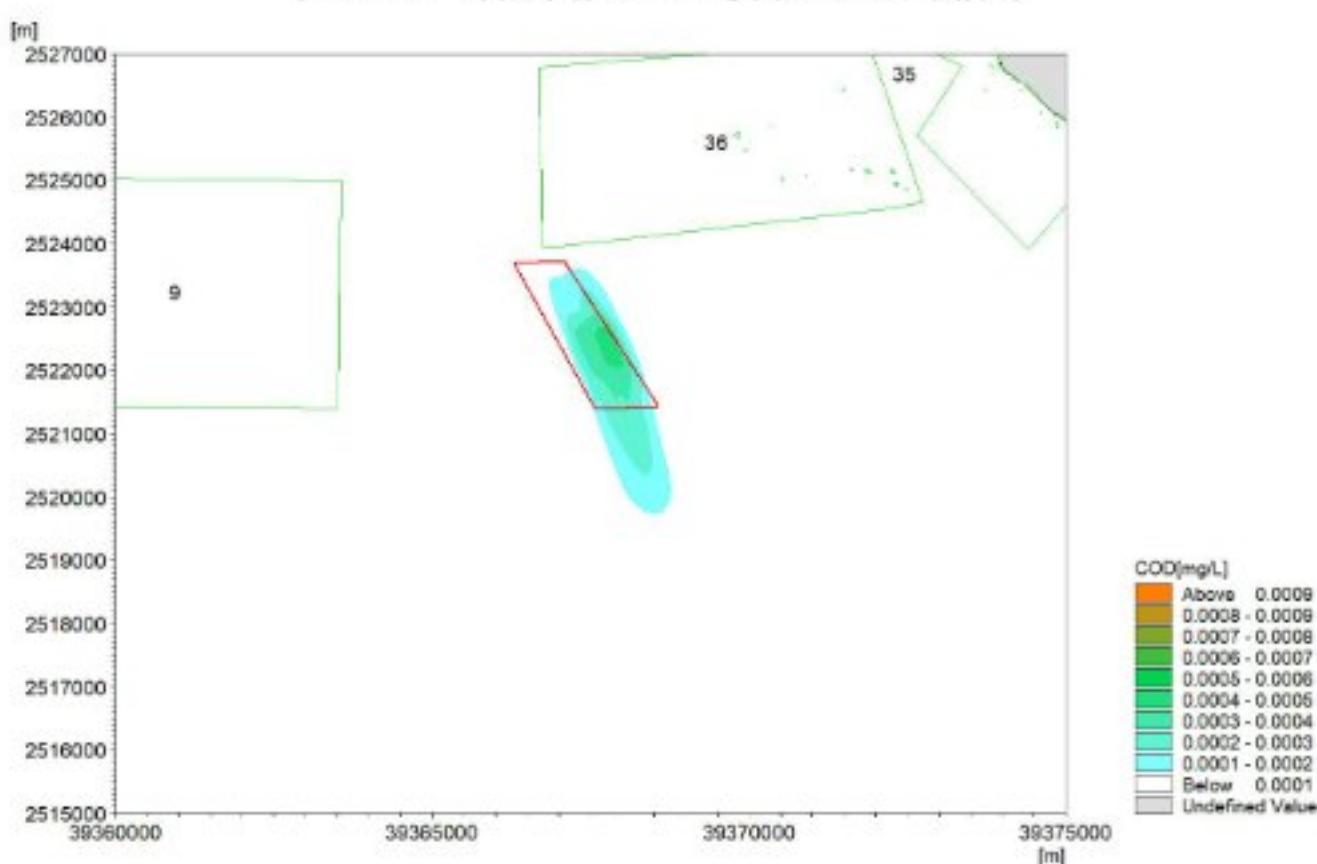


图 5.5.3-10 底层水体 COD 浓度增量影响范围分布

5.5.4 营运期养殖活动对水质环境影响

5.5.4.1 养殖饵料投喂对水质影响

网箱养殖除利用自然海水进行养殖外,还依靠饲料喂养,项目使用海水鱼膨化配合饲料,主要原料组成包括鱼粉、鱼油、豆粕、面粉、磷酸二氯钙、硫酸锌、

硫酸亚铁、维生素 A、维生素 C、维生素 D3、维生素 E、叶酸等。本项目采用人工饵料，年投喂饵料估算为 2400t，年残余饵料量为 240t。所投喂的饲料大部分被箱体内养殖的鱼类采食，少部分饲料在网外沉降，引诱网外野生鱼类至网箱附近对残饵进行摄食，实际沉积到海底的残饵量会有所减少。残饵中通常含有氮、磷和有机物等营养物质，主要以颗粒态的形式进入水体和沉积物中，下降过程中部分溶解于水体中。由于饲料为无毒的营养物质且单位面积水体中的残留量较少，在开阔海域环境内，经过海水的稀释和分解，残饵对项目所在海域的水质以及沉积物环境的影响很小。

此外，分箱疏苗可结合换网进行，过程中可能会因操作导致鱼体损伤甚至死亡，也会扰动附着在网箱上的少量残余饵料、排泄物等，但残余饵料及排泄物等附着量很少，总体而言对周边环境的影响基本无影响。

5.5.4.2 养殖药物使用对水质影响

本项目采用重力式网箱开展鱼类养殖，网箱养殖设施之间布置合理，间距适当，有利于水体充分交换，且养殖区水质条件优良。苗种投放前均按规定进行消毒杀菌处理，从源头减少病害发生，因此在正常养殖过程中鱼苗很少发病，一般不使用药物。

根据《深水网箱养殖技术规范》(DB44/T 742-2010)及《牡蛎养殖技术规范》(DB33/T 457-2014)等要求，若养殖过程中确需使用药物对患病水产品进行治疗，所选用药物应严格遵守《无公害食品 渔用药物使用准则》(NY 5071-2002)规定，严禁使用违禁药物，并控制用药剂量与休药期。

在具体操作上，本项目采取的药物治疗方法为：将发病个体捞出隔离，采用药物拌饵投喂或药浴方式进行处理，不直接在养殖海域内投撒药物。由于给药过程集中在隔离设施或特定容器内，药物基本不向外界海域扩散，加之养殖区水体交换良好，即使极少量残留药物进入环境，也能迅速稀释。

综上，在严格遵循药物使用规范并采取隔离给药方式的前提下，本项目养殖过程中的药物使用对所在海域水质环境的影响很小，可控制在接受水平内。

5.5.4.3 浮筏贝类养殖对水质影响

本项目采用浮筏吊笼方式养殖太平洋牡蛎，该养殖模式无需投喂人工饵料或

药物，养殖产品完全依赖所在海域的天然饵料进行生长，属于原生态、低输入的养殖生产模式。因此，养殖活动本身产生的污染主要来源于贝类新陈代谢过程中的分泌排泄物（主要为粪便及假粪）。

太平洋牡蛎属于典型的滤食性贝类，通过滤食海水中以悬浮颗粒状态存在的有机碳（包括浮游植物、有机碎屑等），维持自身生长与发育。在合理控制养殖密度、保持养殖设施间距适当的前提下，贝类排泄物能够被海域潮流有效扩散、稀释和降解，基本不会对周边海域水质和底质环境造成明显不良影响。

相反，牡蛎养殖对水体具有一定的净化作用。通过滤食浮游植物和悬浮颗粒物，牡蛎可有效降低水体中氮、磷等营养盐及 COD 含量，缓解局部海域的富营养化程度，有助于改善水质环境，发挥生态修复功能。

因此，在科学规划和适度规模下，太平洋牡蛎浮筏吊笼养殖是一种兼具经济与生态效益的可持续养殖模式。

5.5.4.4 网衣冲洗水对水质影响

本项目网衣清洗作业采用高压海水对网衣进行冲洗，冲洗废水主要成分为附着在网衣表面的贝类、藻类及海洋垃圾等附着物。由于冲洗介质为天然海水，无需添加任何化学清洁剂，因此冲洗废水本身不含污染物质。

针对网衣冲洗过程产生的不同类别物质，采取以下分类处置措施：

（1）网衣冲洗水：经冲洗后自然排放入海，因其成分主要为海水及少量有机碎屑，不含有毒有害物质，对海域水质影响极小。

（2）海洋垃圾：对冲洗下来的海洋垃圾进行有效阻隔和拦截，统一收集上岸后交由环卫部门规范处理，防止垃圾再次入海。

（3）附着生物：从网衣上冲洗下来的贝类、藻类等附着生物中，存活个体直接回归海洋，不产生额外生态负担；极少量死亡个体作为病死生物，收集至专用病死鱼收集箱，统一上岸进行无害化处理。

此外，项目网衣清洗频次较低，每次冲洗产生的废水量很小。为从源头减少附着物产生，鼓励使用防污网衣（如铜合金网衣或涂覆防污涂层的网衣），可有效降低贝类、藻类及海洋垃圾的附着量，从而进一步减少冲洗频次和冲洗废水量。

综上，在落实垃圾拦截及病死生物分类收集等措施的前提下，本项目网衣冲洗水对周边海水水质环境的影响很小，处于可接受范围。

5.5.4.5 其他污废水对水质环境影响

项目营运期间因使用工作船舶开展养殖运维活动，将产生一定量船舶含油污水及工作人员生活污水，船舶污水必须执行《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）中相关要求，禁止向沿海海域直接排放油类污染物。

营运期船舶含油污水暂存至船舶含油污水收集舱，上岸后统一交由有处理能力的单位接收处理。本项目营运期生活污水定期收集暂存，船舶靠岸后经密封槽车将生活污水集中运送至陆丰第二污水处理厂，经处理达标后排放。

综上，本项目生活污水及船舶含油污水均妥善处理，不直接排海，对项目所在海域水环境造成的影响很小。

5.5.5 项目养殖活动与海域环境适宜性分析

外环境对本项目的影响，主要体现在项目所在海域水质及生态环境对养殖活动的适宜性。因此，本节重点分析项目海域水质及生态条件是否满足养殖要求。

一、养殖品种概述

本项目浮筏贝类养殖品种主要为太平洋牡蛎，网箱鱼类养殖品种为石斑鱼、鲈鱼、金鲳鱼、军曹鱼、鲷鱼等。

二、海水水质适宜性分析

项目所在海域春秋两季的水质监测评价结果表明，评价范围内大多水质调查站位的监测指标均符合其海洋功能区划的海水水质标准要求。进一步依据《渔业水质标准》（GB 11607-89）进行评价，结果表明：两季调查各站位所有评价因子（包括 pH、溶解氧、COD、石油类、重金属等）均满足《渔业水质标准》（GB 11607-89）中的限值要求。

基于水环境本底浓度与养殖水污染物源强的叠加分析，即使叠加本项目养殖活动产生的污染物排放，海水水质仍可满足第一类海水水质标准。这表明本项目养殖水污染物排放对海域水环境本底浓度影响较小。

综合以上分析，项目所在海域水质状况良好，适宜开展海水养殖活动。养殖海域的水质条件对本项目养殖活动基本不存在不利影响。养殖过程中需注意定期监测水质，避免高密度养殖导致水体污染；同时做好病害防控，确保养殖安全。

三、饵料生物资源适宜性分析

项目所在海域浮游植物种类丰富，主要以硅藻、甲藻、蓝藻、绿藻等为主，其中硅藻占优势；浮游动物种类也较为多样。太平洋牡蛎为滤食性贝类，以细小的浮游动物、硅藻及有机碎屑等为主要饵料。因养殖区所在海域生态状况良好，浮游生物及有机质资源充足，能够为牡蛎提供丰富的天然饵料，满足其生长需求。

四、项目养殖污染适宜性分析

养殖污染是海上污染源的重要组成部分，由于项目养殖区域多集中于近岸海域，网箱及浮筏设施的布设会在一定程度上削弱局部水体的流速与交换能力，限制污染物的扩散。在养殖过程中，人工投喂的饵料中含有氮、磷等营养元素，未被摄食的残饵以及养殖生物（鱼类、贝类）的代谢排泄物进入水体后，以有机或无机形式存在，增加水体中氮、磷等营养盐的负荷。当营养盐输入速率超过水体的自净能力时，水体逐渐富营养化，在适宜的水温、光照和水动力条件下，可能诱发赤潮等灾害性生态状态，对海洋生态系统和养殖生产造成严重威胁。

根据上文 5.5.3 节养殖污染物的模拟分析结果，在当前设计的养殖密度和规模下，本项目养殖活动排放的 COD、无机氮和活性磷酸盐等营养物质增量有限，不会明显改变项目所在海域的水质状况。叠加本底浓度后，海水水质仍能满足第一类海水水质标准，表明项目排污对周边海域水体的不利影响很小。

值得注意的是，本项目养殖的太平洋牡蛎属于滤食性贝类，通过滤食水体中的悬浮颗粒物（包括浮游植物和有机碎屑），能有效吸收水体中的有机碳、氮、磷等营养元素，对局部水体具有一定的净化作用。因此，从整体营运期来看，牡蛎养殖不仅未加剧富营养化，反而对所在海域的富营养化程度有一定的改善效应。

综上所述，项目所在海域的水质条件和饵料生物资源均满足养殖品种（太平洋牡蛎、石斑鱼等）的生长要求，外环境不会对养殖品种产生明显不利影响，同时项目养殖活动对海域本底水质状况影响小。因此，项目养殖活动与选址海域环境具备适宜性。

5.6 海洋沉积物环境影响预测与评价

5.6.1 施工期对沉积物环境影响

本项目施工期主要涉及浮筏与网箱的抛锚固定作业，该过程会对海底表层沉积物产生局部轻微扰动，导致少量悬浮泥沙产生、扩散并重新沉降，可能对所在

海域沉积物环境造成短期影响。

根据2025年11月沉积物环境现状调查结果,项目附近区域沉积物环境良好,各评价指标均满足相应海洋沉积物质量标准。施工期间不涉及外来沉积物的引入或排放,施工船舶锚泊及抛锚活动仅在局部点位产生少量悬浮泥沙。

由于抛锚作业范围小、持续时间短,产生的悬浮泥沙量较少,且主要为原地沉积物再悬浮,其粒径组成与原有沉积物基本一致。悬浮泥沙在潮流作用下扩散范围有限,沉降后不会引起区域沉积物的粒径分选、矿物组成或化学性质的明显改变。因此,施工活动不会对沉积物环境造成结构性扰动或质量退化。

综上,在严格控制施工范围、优化锚泊布局的前提下,施工期悬浮泥沙的扩散与沉降对项目海域沉积物环境的影响很小,施工结束后可迅速恢复至背景水平。

5.6.2 营运期对沉积物环境影响

1、养殖排泄物对沉积物环境的影响

本项目营运期浮筏吊笼养殖无需投饵,网箱养殖产生的排泄物沉降后可以作为贝类的营养来源。

贝类的生物沉积作用加速了碳、氮和磷等元素的沉降速率,导致沉积环境有机质含量等理化环境特征改变,主要表现在有机质分解消耗溶解氧,造成厌氧环境,底栖动物丰富度降低,氮磷等营养元素以及界面间氮含量增加,成为底部藻类的营养物质,促进藻类生长,反过来又成为贝类和底栖生物的食物来源。

根据闫家国(2014)对亚热带海湾滤食性贝类生物沉积及其生态效应研究,贝类生物沉积总体上表现为调节颗粒物在水柱中流动,促进营养元素向沉积环境沉降。滤食性贝类养殖加速了海水-沉积物界面间营养盐交换,促进了营养盐的再生和循环利用。贝类生物沉积作用导致底部有机质含量增加,导致沉积环境中微生物分解代谢活动加强,提高了有机物分解矿化速率,氮磷等营养盐再生释放的速率也加快,进而促进了水体营养盐循环。

本项目太平洋牡蛎养殖导致沉积环境有机物质的增加,改变了沉积物的元素组成和理化生物特征。生物沉积物一方面可以为底栖生物提供营养,促进其生长,另一方面可能会因为有机质分解降低溶解氧含量对底栖生物造成不利影响。沉积环境中有机质的增加能够导致底栖生物和微生物的生物量发生改变。生物沉积物可以成为底栖生物的食物来源,粪粒有机质可能是无脊椎动物消费者获得的能量

来源中重要的组分之一。但另一方面，贝类养殖导致沉积量的增加，影响底栖动物的生长与分布，由于大量的生物沉积物不断沉积于海底，使得海底不断增高，使得水体交换能力减弱，这样致使贝类所排出的粪便将更加不断地沉降并聚集在养殖区的水底。同时，沉积物中有机质含量增多，微生物的代谢活动增强，导致沉积层溶解氧含量不断降低，含量减低到一定程度，达到了生物的耐受极限，影响底栖生物的正常呼吸作用，所以最终导致大型底栖生物死亡，数量不断减少。

《海水网箱养殖对环境的影响》（徐永健）综述了近20年来国内外关于网箱养殖对环境的影响的研究动态和成果，养殖过程中碳、氮、磷和悬浮物的输出对沉积物的影响如下：

1) 对溶解氧的影响

残饵、粪便等有机物在沉积物中的堆积促使底栖生物和分解有机物质的微生物群落迅速增长，导致沉积层中耗氧大大增加，网箱下部沉积物中其耗氧率比网箱外要高2~5倍。很多研究发现，养鱼网箱附近富碳、氮、磷的沉积物中存在着缺氧、无氧状态区。

2) 对磷酸盐的影响

网箱养殖区沉积物中的磷酸盐，随着沉积物的积累，浓度逐渐升高，这可作为网箱底部沉积物积累的最好指标之一（Holmer&Krisensen, 1992）。据调查，珠江口牛头岛深湾网箱养殖区的上覆水与底质中磷酸盐含量相差很大，水体磷酸盐含量为 $0.094\mu\text{mol/L}$ ，沉积物磷酸盐含量为 $126.52\mu\text{mol/L}$ （王小平，1998）。在瑞典的网箱养殖区调查发现， 1000m^2 的网箱底部沉积物中，平均净积累磷 1300kg ，相当于总输入磷的51%~57%，不包括由于生物的扰动而重新回到水柱的2.5%~4.0%（Holby&Hall, 1991）一部分。但亦有学者认为，由网箱养殖导致底质环境缺氧，微生物的活动可加速磷酸盐从底质向上覆水释放，加快了水体营养盐的循环速度（计新丽等，2000）。颗粒磷重新悬浮的比例还要高一些，尤其在污染严重的养殖区，经过一段时间的无氧状态后，沉积物溶解态磷的释放可以提高上覆水中18%的磷水平（Axleretal, 1996）。通过网箱底部沉积物与对照区沉积物释放磷的比较，养殖区底质释放磷的速率比对照区高一个数量级，大部分释放的磷都是生物可利用的形式（Kelly, 1992）。

3) 对其他营养盐的影响

氮也会积累在沉积物中，12%~20%的输入氮积累在沉积物中（Halletal, 1992）。氮在沉积物中的污染具有区域性，距网箱200m处氮的沉积速率仅为网箱养殖区底部的10%，（Halletal, 1992; Wu, 1995），微生物的活动导致氨氮在沉积物间隙水中积累，是无机氮的主要存在状态（王小平，1998）。对间隙水的氨氮浓度分析表明，网箱底部大大高于其他区域（Halletal, 1992）。

4) 对硫化物的影响

网箱养殖产生的残饵和粪便沉积到网箱底部，被微生物降解，消耗底层水中的溶解氧，生成硫化物，并造成沉积物缺氧（李晓敏等，2005）。而沉积层的缺氧或无氧又促成了微生物的脱氮和硫还原反应（计新丽等，2000），沉积物中的硫酸盐还原菌的作用使得沉积物发黑，产生硫化氢，具有毒性（Brownetal, 1987; Holmer&Krisensen, 1992）。有些养殖区沉积物中硫化物含量比自然海区中的高10倍多（何国民等，1997），粤东柘林湾网箱养殖区表层沉积物的硫化物比对照区高6.7倍，其含量分别为我国海岸带底质背景参考标准和日本渔业底质标准的1.6倍和2.4倍；表层沉积物硫化物含量高是养殖区底质环境老化的主要表现（甘居利等，2001）。

5) 对有机碳的影响

据统计，约18%~23%的总输入碳积聚在沉积物中（Halletal, 1990）有机碳是沉积环境中的重要物质，沉积物表层3cm内含有有机碳21%~30%。Wu(1995)发现，饲料中23%的碳沉积在底泥中，也有报道仅是其中一半（Gowen&Brdbury, 1987）。碳的分布存在区域性，离网箱养殖区3m处沉积物的碳含量为9.35%，离网箱养殖区处减少到3.99%（Halletal, 1990）。由于有机碳被微生物不断降解，生成硫化物。所以，底质有机碳含量与硫化物含量有关。甘居利等（2006）研究发现夏季大鹏湾网箱养殖海域底质有机碳与硫化物相关性显著。但是底质有机碳含量通常与底质的性质有关。一般情况下，泥质底比砂质底更易积累有机碳，有机碳随沉积物变细而增高（王小平，1998）。部分金属常与有机物形成配位化合物，在受重金属污染的区域重金属含量与有机碳含量正相关（甘居利，2006）。

6) 悬浮颗粒

网箱养殖的残饵和鱼类的粪便将增加水柱中悬浮物的量，Sobletsl估计，每生产1t鱼将产生1.36t的颗粒物，悬浮颗粒物一般都沉积在离网不远处（一般为

100m 左右)。长期性的沉积物造成养殖渔场“海底上升”。调查发现,瑞典网箱养殖中产生的沉积物覆盖面积已达 3.8 个养殖场大小的区域,大部分悬浮颗粒都沉积在网箱 1km 的范围内。

总体来说,网箱养殖使底质总磷、总氮、总有机物显著升高,碳氮比、氧化还原电位降低,养殖区范围内底质都会受到影响,但网箱养殖区底质的污染物含量是从网箱养殖区域中心向周围递减(Pearson&Rosenberg, 1987)有关研究认为这种影响在 100m~200m 左右消失(徐永健和钱鲁闻)。长期养殖情况下,大部分的悬浮颗粒都沉积在离网箱 1km 的范围内。

鱼类尸骸如果没有及时处理,腐烂变质后对海洋环境影响较大。项目运营过程中应将鱼类尸骸及时打捞,并收集至岸上进行统一进行无害化处理。

残饵量、鱼类排泄物主要引起水中的 N、P 负荷均有所增加,且鱼类排泄物和饵料沉入海底会对养殖海域的底栖生物生境造成一定影响。由于本项目及其周边海域养殖密度较低,且项目区位于较为开阔的深远海域,海区水文动力条件较好,养殖鱼类排放的 N、P 将很快得到扩散和稀释,对海区环境影响较小。

2、饵料对沉积物环境的影响

在投饵网箱养殖中,由于饵料不可能完全被养殖体摄食,相当一部分必须会由于重力的作用沉积于网箱底部;另外,网箱养殖产生的大量残饵和鱼类排泄物,除了一部分溶于水中,另一部分被水流带走外,其余的也沉积到网箱底部会在底泥里富集,底栖生物及微生物不能分解全部的沉积物。有研究表明,水产养殖过程中,输入水体的总氮、总磷和颗粒物有部分沉积在底泥里,而富集在底泥里的这些污染物,在一定条件下又会重新释放出来,污染水体,成为水体污染的最重要的内源。所以,对于网箱养殖特别是养殖年限较长的海域,底泥沉积物对水质的二次污染应引起人们足够的重视,但网箱养殖区底质的污染物含量是从网箱养殖区域中心向周围递减(Pearson&Rosenberg, 1978),有关研究认为这种影响在 100m 左右消失(徐永健和钱鲁闻)。

网箱养殖的残饵和鱼类的粪便将增加水体中悬浮物的量,这些污染物落淤在网箱水下及其周围海底,形成污染物堆积体,并不断释放出各种污染物(如氮、磷)在底层海流的作用下,污染物不断向四周迁移扩散,污染范围不断扩大,形成以养殖网箱为中心的底层污染区。养殖过程应优化饵料营养组成及投喂方式,

饲料中加入易消化的碳水化合物可提高蛋白质利用率,通过选择饲料中所含的能量值与蛋白质含量的最佳比,可以减少饲料中氮的排泄。对于投喂来讲,确定适宜的投饵量,减少残饵和散饵的数量,减少饲料损失,仔细地监控食物摄入是非常重要的。购买能在水中暂时不沉并保持一定时间悬浮状态的颗粒饵料,使投喂的饵料大部分都能被鱼吃掉,不至于浪费和沉到水底淤积。通过采取以上措施后,可有效地减轻项目实施对区域沉积物的影响。深水网箱养殖对周边环境的影响很小,是一种持续发展的健康养殖模式,对海洋环境影响不大。

本项目营运期产生的生活污水暂存,定期收集上岸后经槽车转运至陆丰第二污水处理厂处理排放;船舶含油污水暂存至船舶含油污水收集舱,收集上岸后由有处理能力的单位接收处理;工作人员产生的生活垃圾、网衣上清理出的海洋垃圾收集上岸后交由环卫部门处理;废弃养殖设施材料收集上岸后交由物资回收公司回收利用;病死水产品妥善收集后按照相关指南及规程进行无害化处理,固废污染物均妥善处理,对周边海洋沉积物环境基本没有影响。

综上,本项目施工期对养殖区沉积物环境影响相对较小,营运期养殖需控制养殖密度,减小排泄物等沉降后无法被贝类利用的物质。

5.7 海洋生态环境影响预测与评价

5.7.1 对浮游生物的影响

本项目太平洋牡蛎养殖不涉及投放饵料,项目实施对浮游植物的影响主要为网箱养殖所产生,其影响有两个方面:一是网箱养殖产生的残饵和养殖生物的排泄物,导致水体的悬浮物增加,影响浮游生物的生长环境;二是养殖残饵和养殖生物的排泄物,主要含有N、P元素,带入的外源营养物质增加了水体的营养物质输入,导致浮游植物的大量生长。

网箱养殖过程产生的残饵,随着水流等扩散,导致悬浮物浓度增加,进而影响了浮游植物的光合作用,一般而言,悬浮物的浓度增加在10mg/L以下时,水体中的浮游植物不会受到影响;当悬浮物的浓度增加量在10mg/L~50mg/L时,浮游植物将会受到轻微的影响;而当悬浮物浓度增加50mg/L以上时,浮游植物会受到较大的影响。由于项目用海区属于开阔海域,水深较大,悬浮物扩散能力强,深水网箱悬浮物浓度增量普遍小于10mg/L,且投饵是间歇作业,不会对周

边海域中浮游生物产生明显影响。

由于局部大量投饵，带入的外源营养物质增加了水体的营养物质输入，导致浮游植物开始大量繁殖，研究表明，浮游植物数量与总氮、总磷、氮磷比都呈显著相关，水中的总磷每增加 0.01mg/L ，浮游植物数量就要增加 3.53×10^5 个/L。随着营养物质富集，光照下降，浮游植物数量逐渐减少；另一方面由于被网箱内鱼摄食所致。所以，不同的养殖时间养殖区对水体中浮游植物的影响是不一样的。

网箱养殖对浮游动物的影响，也有两个方面：一是浮游动物数量与总氮呈显著相关，水中总氮每增加 0.01mg/L ，浮游动物数量也要增加 1.06×10^3 个/L；一般认为网箱区周围的浮游动物数量显著减少，原因是浮游动物穿过网箱时被箱内的鱼摄食，以及网箱阴影对藻类的生长影响而造成浮游动物食物的贫乏。

悬浮物对浮游动物的影响与悬浮物的粒径、浓度等有关，具体影响反映在浮游动物的生长率、存活率、摄食率、丰度、生产量及群落结构等方面，浮游动物受影响程度和范围与浮游植物相似。由于项目用海区属于开阔海域，水深较大，悬浮物扩散能力强，本项目悬浮物浓度增量大于 10mg/L 的范围基本局限在项目范围内，对项目外海域基本无明显不利影响，且投饵是间歇作业，不会对周边海域中浮游生物产生明显影响。

总体来说，尽管海水中悬浮物的增加对浮游生物产生了一定程度的影响，但这种影响是局部的。根据资料表明，浮游生物的重新建立所需时间较短，一般只需几周时间，因此对浮游生物的影响是可以在短时间内消失的。因此本项目对周边海域浮游生物的影响不大。

根据陈丹丹等（2021）对后水湾深水网箱养殖区浮游植物群落季节变化及其与环境因子的关系的研究，基于 2018 年 4 月至 2019 年 1 月在后水湾深水网箱养殖区及其邻近海域调查的浮游植物和环境因子数据，分析了该海域浮游植物群落的四季变化与环境因子的关系以及深水网箱养殖对环境的影响。结果表明，养殖区和对照点间无显著差异。根据 RDA 分析结果，温度、盐度和营养盐是影响浮游植物群落结构的主要因子，各种浮游植物对环境因子的响应有所不同。调查期间，后水湾海域水质较好，各季节养殖区与对照点的浮游植物群落组成及环境因子无显著差异，深水网箱养殖未对后水湾的水质及浮游植物产生明显影响。

可见，养殖对浮游生物影响跟诸多因素相关，未必对浮游生物产生明显影响。

5.7.2 对底栖生物的影响

本项目对底栖生物的影响主要来自两个方面：一是养殖区网箱和浮筏抛锚固定时对底栖生物资源的直接物理损耗；二是营运期养殖废弃饵料及养殖生物排泄物在海底沉积，可能引起底栖生境质量变化。

5.7.2.1 养殖设施对底栖生物的影响

网箱和浮筏的锚块固定需要将锚体沉入海底，锚块及其缆绳会占用一定面积的海底，直接压覆或扰动该区域的底栖生物，造成局部底栖生物资源损失。

底栖生物群落的恢复能力受扰动面积、发生季节及持续时间等因素影响。若影响区域较小，且发生在非产卵期，则底栖生物恢复通常较快。恢复后，其群落主要结构参数（如种类数、物种丰富度、多样性指数等）可与抛锚前或邻近未抛锚水域基本一致，但物种组成可能仍存在一定差异，需更长时期才能完全恢复。这是因为底栖生物的幼虫多为浮游阶段，在足够繁殖产量的前提下，幼虫可随海流扩散至扰动区域重新定殖。相反，若受影响区域较大、影响时间恰逢繁殖期或扰动持续时间较长，则恢复过程较为缓慢。在没有人工放流底栖生物幼苗的情况下，群落完全恢复可能需要5~7年。

鉴于本项目锚块数量有限、单个体积较小，实际占用海底面积很小，不改变整体底质类型，属于局部、轻微物理扰动。且项目施工时间短、施工期避开了主要底栖生物繁殖季节，基本不破坏底质环境，对底栖生物的影响总体有限。

5.7.2.2 养殖废弃饲料和养殖排泄物对底栖生物的影响

营运期网箱养殖过程中不可避免会产生少量残饵及养殖鱼类、贝类的代谢排泄物。这些有机物质沉降到海底后，会在底质逐渐累积，引发系列生物化学变化：

首先，有机质富集将促进好氧微生物群落的快速繁殖，分解活动加剧，导致沉积物表层的溶解氧被大量消耗，形成缺氧或厌氧环境。缺氧条件进而促进微生物的脱氮作用和硫酸盐还原作用，使表层沉积物中硫化物含量趋于升高。硫化物对底栖生物具有毒性，长期高浓度硫化物环境会对底栖生物的生存构成显著压力。

其次，网箱养殖会改变其下方及邻近海域大型底栖生物群落结构：在网箱正下方区域，由于高有机负荷和缺氧，几乎无大型底栖生物生存；在网箱周围约30m范围内，耐有机污染的物种（如小头虫种）逐渐占优势；随着距离网箱中心

进一步增大，底栖生物种类组成逐步恢复正常水域状态。

整体而言，本项目建设对底栖生物的影响较小。在严格落实养殖管理、控制有机负荷的前提下，营运期对底栖生物群落的负面效应可控制在局部、可恢复的范围内。

5.7.3 对渔业资源的影响

渔业资源主要包括游泳生物（主要为鱼类、虾类、蟹类等）以及鱼卵、仔稚鱼。本项目对渔业资源的影响主要来自施工期悬浮泥沙扩散、施工期和营运期船舶噪声以及营运期养殖活动。

（1）网箱和浮筏在抛锚固定过程中会扰动海底表层沉积物，导致局部海域悬浮泥沙浓度升高。根据第5.5.1.3节施工期悬沙对水质的影响预测分析，悬浮泥沙增量基本不会超过10mg/L，而小于10mg/L增量浓度的悬浮泥沙视为对海洋生物无影响。在施工范围内，鱼类等游泳生物会主动回避游离，暂时离开扰动区域；鱼卵和仔稚鱼由于活动能力较弱，可能受到一定影响，但影响范围小、持续时间短。施工结束后，悬浮物浓度迅速恢复至本底水平，鱼类等水生生物可重新游回，因此不会对该水域的渔业资源造成长期不良影响。

（2）施工和营运过程中，船舶航行、锚泊及设备作业会产生水下噪声。噪声可能惊扰部分仔幼鱼的索饵和栖息活动，但绝大多数游泳生物具有较强的回避能力，可主动远离噪声源区域。由于施工噪声为间断性、局部性影响，且施工时间有限，对渔业资源的总体干扰较小。

（3）项目采用天然海水环境增养殖模式，通过合理投喂饵料、科学用药，减少对周边海域环境的负面影响。与传统的捕捞渔业相比，人工增养殖在一定程度上减少了对野生渔业资源的捕捞压力，有助于渔业资源的养护。在严格执行养殖管理措施的前提下，营运期对渔业资源的额外影响较小。

整体而言，本项目对渔业资源的影响较小，区域渔业资源结构和功能可维持在良好水平。

5.7.4 对海洋生物多样性的影响

本项目养殖方式为网箱鱼类养殖和牡蛎浮筏吊笼养殖。贝类通过滤水方式，摄食海水中的颗粒有机物，直接改变周围水体中悬浮物的密度，对浮游生物群落

结构有显著的影响。在滤食性贝类密集的地方，这些贝类能通过它们的滤食活动来控制浮游植物和悬浮物的密度。有关研究表明，浮游植物的生物量与贝类滤水率成反比关系；相应地，贝类的滤食活动也对其他以浮游植物食性的浮游动物及相关群落的生存、生长产生影响，同时对整个养殖区、海湾生态系统的能量流产生长期影响，从而对生物多样性产生影响。

另外，贝类养殖虽未改变生态系统的营养结构，但却改变了生态系统的形态结构。对于浅海水生生态系统而言，其生物种群有较高的多样性，种间有复杂的关系和制约机制，靠自我调节来维持生态平衡，当食物网上的某个环节受到影响时，将会对整个生态系统产生影响，并引发一系列的调节。大面积的单种海水养殖，必定会造成海区生物多样性向单一性转化和海洋生物的“内循环”发生变异，当生态变异过大时，将导致物质循环平衡的失控。

网箱养殖需要投放大量的鱼苗，会改变局部海域原有的生物群落，从而影响生物的多样性，养殖鱼类的逃逸会对周边海洋生态产生影响，可能造成基因污染等。海水养殖对生物多样性的影响问题或多或少都是因为执法不严、管理不善等原因造成的，因此必须严格执行海水养殖相关的法律法规，加强各层面的管理水平，全面宣传和推广绿色健康养殖的理念、技术和控制养殖容量。此外，还应该加强对养殖区及其周边海域的生物生态监测，促进对海洋生物多样性的保护和可持续利用。

综上所述，本项目对海洋生物多样性的影响是可控的。

5.7.5 对海洋生物光污染的影响

根据朱金善（2015）在《海上光污染对船舶夜航安全的影响与对策研究》中的研究成果，海上光污染的主要来源包括：①城市景观灯光；②港口码头作业灯光；③港内船舶锚泊灯光；④桥梁照明灯等。这些光源产生的逸散光、反射光及眩光，可能对人的视觉环境和海洋生物的正常生理行为（如繁殖、洄游、摄食等）造成负面影响。

本项目主要在浮筏养殖区设置太阳能警示航标灯，用于船舶避碰和养殖区标识。由于养殖区面积相对较大、海域开阔，光源为低功率、间断性使用（如夜间或低能见度条件下自动开启），且布置高度和照射方向主要向下或水平指向航道，减少了向上及侧向的逸散光。

与城市港口的大型照明设施相比,本项目警示灯的光照强度低、辐射范围小、使用时间有限,因此产生的光污染程度极低。对海洋生物的潜在干扰轻微,且养殖品种(太平洋牡蛎、石斑鱼等)对一般光照水平具有一定的适应性。

综上,本项目养殖区警示航标灯所引起的光污染对周边海洋生物及生态系统的实际影响很小,处于可接受范围。

5.7.6 对海洋生物资源的损耗分析

5.7.6.1 生物资源量取值

因项目施工悬浮泥沙增量不会超过 10mg/L ,而小于 10mg/L 增量浓度的悬浮泥沙视为对海洋生物无影响,则本报告不计算渔业资源损失,只计底栖生物损失。鉴于底栖生物的移动性差,区域分布差距较大,不同海域的底栖动物群落结构大不相同,为此本报告以各养殖区附近调查站位的结果作为计算依据。

根据 2025 年 11 月(秋季)和 2026 年 4 月(春季)海洋生态现状调查结果,相关生物量取涉及调查站位的两季平均值,详见表 5.7.6-1。则底栖生物平均生物量为 1.910g/m^2 。

表 5.7.6-1 现状调查生物量统计表

站位	适用区域	季节	底栖生物
S8、S12、S13、S19、S21 站位	养殖区 1、养殖区 2、养殖区 3	春季	1.282g/m^2
		秋季	2.538g/m^2
		平均值	1.910g/m^2

5.7.6.2 底栖生物损失估算

(1) 浮筏锚碇占用底栖面积

浮筏锚固使用的 4.2m^3 低矮型锚碇,其尺寸规格计算为 $2\text{m} \times 2\text{m} \times 1.05\text{m}$,通常其直接占用海底面积约 4.0m^2 。

项目三块养殖区分别投放 3136、2548、3430 个锚碇,共计 9114 个锚碇,则则养殖区浮筏锚碇触底总面积计算如下所示:

$$4.0 \times 9114 = 36456(\text{m}^2)$$

(2) 网箱抓锚占用底栖面积

网箱锚固使用的 750kg 双杆大抓力锚,其核心尺寸范围一般为长 1315mm、宽 396mm、高 1134mm。通常抓锚类物体以其长和宽构成的底面与海底接触,则

其海底接触面积计算为： $1315\text{mm} \times 396\text{mm} = 520740\text{mm}^2 \approx 0.52\text{m}^2$ 。

因项目选用铁锚为凹凸结构（或带爪），实际接触面积会小于该计算值，本次保守按该接触面积进行计算。网箱养殖区共布置 60 口网箱，每口网箱使用 8 个抓锚，共计投放 480 个抓锚，则网箱抓锚触底总面积计算为：

$$0.52 \times 480 = 249.6(\text{m}^2)$$

（3）底栖生物损失量计算

参照《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》），抛锚作业将造成一定量底栖生物损失，按以下公式进行计算：

$$W_i = D_i \times S_i$$

式中：

W_i ——第 i 种生物资源受损量，单位为尾或个或克（g），在这里为底栖生物资源受损量。

D_i ——评估区域内第 i 种生物资源密度，单位为尾（个）每平方米[尾（个）/ m^2]、尾（个）每立方米[尾（个）/ m^3]或克每平方米（g/ m^2 ）。在此为底栖生物量密度，取 $1.910\text{g}/\text{m}^2$ 。

S_i ——第 i 种生物占用的渔业水域面积或体积，单位为平方米（ m^2 ）或立方米（ m^3 ）。在此为各养殖区锚块占用总面积，为 $36456 + 249.6 = 36705.6$ （ m^2 ）。

综上，本项目施工造成的底栖生物量损失汇总为：

$$1.910\text{g}/\text{m}^2 \times 36705.6\text{m}^2 = 70107.696\text{g} \approx 70.11\text{kg}。$$

（4）水生生物资源补偿

项目的建设主要造成底栖生物的直接资源损失，损失量化结果为 70.11kg ，所造成的生物资源损失量相对可接受。建设单位应根据农业农村部《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007）、广东省农业农村厅《关于发布广东省涉渔工程渔业资源损失生物价格核算技术指南的通知》等文件，与有关渔业主管部门协商，对项目附近水域的生物资源恢复作出生态补偿，建议直接采取生态补偿金赔付的补偿方案。

5.8 固体废物影响预测与评价

本项目施工期和营运期产生的固体废物主要包括：生活垃圾、废弃养殖设施材料、网衣附着物及病死水产品。各类固体废物均采取分类收集、合规处置的方

式，最大限度减少对海洋环境的影响。

(1) 生活垃圾

项目施工期和营运期人员的生活垃圾产生量分别为 25kg/d 和 15kg/d，生活垃圾分类收集上岸后交由当地环卫部门集中处理，如此对海洋环境影响很小。

(2) 废弃养殖设施材料

施工期设施安装会产生废弃绳索、废弃浮子及废弃网衣等材料，营运期维护过程中也会产生无法修复的废弃绳索、浮子和网衣。上述废弃养殖设施材料均具有回收利用价值，应分类收集上岸后，交由具备资质的物资回收公司进行回收处理，严禁随意丢弃入海。在落实回收措施的前提下，废弃养殖设施材料对环境基本无明显不利影响。

(3) 网衣附着物

营运期网衣清洗过程中，从网衣上清理下来的附着生物（如贝类、藻类等）中存活个体直接回归海洋，参与生态系统循环；清理出的海洋垃圾（如塑料碎片、渔网残片等）则统一收集上岸，交由环卫部门处理。采取上述分类处置措施后，网衣附着物对环境基本无影响。

(4) 病死水产品

本项目养殖过程中产生的病死水产品，应设置病死水产品收集箱进行妥善收集，避免随意丢弃。病死水产品出现较多时，应及时对养殖水体进行清洁和消毒，并按照《水产养殖动物疫病防控指南（试行）》（农渔养函〔2022〕116号）及《染疫水生动物无害化处理规程》（SC/T7015-2011）等要求进行无害化处理。通过及时采取规范的无害化措施，病死水产品对海域生态环境的影响较小。

综上所述，本项目施工期和营运期产生的各类固体废物在严格落实分类收集、合规处置、资源回收及无害化处理等措施后，对周围环境的影响较小，基本不会造成固体废物污染问题。

5.9 通航环境影响预测与评价

本项目养殖区不占用现状及规划航道，与周边主要航道保持一定安全距离，其中西侧距离乌坎西线航道约 1.1km，东南侧距离碣石航道约 1.2km，东侧距离乌坎东线航道约 0.6km。上述距离能满足航道保护范围及船舶安全航行要求，项目选址未进入航道管控区。

施工期及营运期，本项目施工船舶和运维工作船需进出项目海域，将局部增加周边航道的通航密度，可能与航道内正常航行船舶形成交通冲突，对航道通行效率及航行安全产生一定影响。但该影响是相对可控的，本项目涉及的船舶数量有限、航次频率较低、航速较慢，且主要在项目区内部及邻近短途航线活动，不会持续占用航道资源。因此，该影响属于局部、暂时、可管控的范围，不会根本性改变航道的通航秩序。

为最大程度降低本项目对通航环境的影响，保障航道及船舶航行安全，建议建设单位加强与航道、海事等管理部门的沟通协调，在施工前报备作业方案和船舶动态计划，严格按照批复要求进行作业。在养殖区外围及靠近航道一侧设置明显的警示浮标或太阳能警示灯，标示养殖设施边界，提醒过往船舶注意避让。

在严格落实上述措施的前提下，本项目施工及营运船舶对周边航道通航环境的影响是可控的，不会对航道正常功能和船舶航行安全造成大的不利影响。

5.10 海洋保护目标影响预测与评价

5.10.1 对海岸防护物理防护极重要区的影响分析

本项目评价范围内的海岸防护物理防护极重要区主要为乌坎港上海村海岸防护物理防护极重要区、金厢镇山门村海岸防护物理防护极重要区和金厢海岸防护物理防护极重要区。项目与上述海岸防护区的距离均较近，分别约为0.1km、1.2km和2.5km。海岸防护区的保护目标为自然砂质岸线，关注项目建设对自然海岸冲刷淤积现状的改变影响。

根据5.5.1节悬沙扩散预测结果，施工作业产生的悬浮物增量浓度不会大于10mg/L，且主要局限于项目用海区内，对养殖区外的海岸防护区基本无影响。另据5.4节地形冲淤预测结果，项目建设对区域海流流速、流向的影响很小，不改变区域冲淤环境条件。

因此，本项目建设对海岸防护物理防护极重要区的影响很小。

5.10.2 对河口和海湾的影响分析

本项目位于碣石湾中部海域内，海域北部湾顶有螺河河口和乌坎河河口，其中螺河河口被列入生态保护红线中的“螺河重要河口”，考虑项目建设引起周边海域水动力和冲淤条件改变对河口、海湾生境的影响。

根据 5.3 节水文动力影响预测结果，项目建设后对海域海流流速的改变非常小，引起表、中、底层流速变化均不超过 0.02m/s，流向变化不超过 1°，进而对区域冲刷淤积条件的改变幅度很小，不会影响至周边河口区域，对海湾整体水动力和冲淤格局基本无影响。

因此，项目建设对区域海湾、河口整体的水文动力和冲淤环境变化影响轻微，处于可接受水平。

5.10.3 对“三场一通道”、重要渔业资源产卵场、水产种质资源保护区、珍稀濒危物种分布区及其保护物种种群的影响分析

本项目所在海域属于“三场一通道”中的南海北部幼鱼繁育场保护区及幼鱼幼虾保护区，评价范围内涉及的重要渔业资源产卵场、水产种质资源保护区、珍稀濒危物种分布区主要有金厝重要渔业资源产卵场、碣石湾长毛对虾重要渔业资源产卵场/汕尾市碣石鲷鱼长毛对虾国家级水产种质资源保护区、碣石湾海马珍稀濒危物种分布区，相对距离分别约 0.2km（对应养殖区 3）、2.4km（对应养殖区 1）、15.1km（对应养殖区 3）。上述“三场一通道”、重要渔业资源产卵场、水产种质资源保护区、珍稀濒危物种分布区的保护目标为种质资源及海洋生态环境，保护物种种群有三斑海马、日本海马、鲷鱼、长毛对虾等种质资源，重点关注项目建设对其中主要经济/濒危种质产卵、索饵产生的影响。

由上文 5.5.1 节悬沙预测结果可知，项目施工作业产生的悬浮物增量浓度不会大于 10mg/L，对上述重要水生生物海域的生态环境影响甚微，对保护种群的生存基本无影响。项目海域所受影响的经济种类主要为行动缓慢的底栖生物，经建设单位采取生态赔付等措施对可能受损的生物资源进行补偿修复后，本项目建设对所在海域海洋生物产卵、繁殖、索饵产生的影响处于可接受水平。

因此，本项目建设基本不会对“三场一通道”、重要渔业资源产卵场、水产种质资源保护区和珍稀濒危物种分布区的整体渔业功能造成实质性损害，对保护物种种群的影响很小。

5.10.4 对海洋自然保护地及其保护物种种群的影响分析

本项目评价范围内涉及的海洋自然保护地包括汕尾海丰鸟类地方级自然保护区、汕尾红海湾遮浪角东人工鱼礁地方级自然保护区、广东遮浪半岛国家级海

洋自然公园和汕尾碣石湾海马资源市级自然保护区。其中，汕尾海丰鸟类地方级自然保护区距离项目较近，相对距离约0.2km；其保护目标为东方白鹤、彩鹀等珍稀水鸟种群，考虑项目建设可能对其候鸟及栖息地产生的影响。

根据水动力及地形冲淤预测分析结果，项目建设对区域整体水文动力和冲淤环境的影响范围有限，主要局限于项目用海区附近，不会影响至鸟类保护区，不会对保护区内现状滩涂地形、潮间带坡度及底质类型造成改变。且施工所引起悬沙可能扩散至保护区的浓度极低，基本不对其水质和底栖环境造成污染，不对现存潮间带栖息生物形成胁迫，对保护区内候鸟的觅食条件影响甚微。

本项目施工和营运期间将产生一定的船舶作业噪声，可能对邻近保护区内栖息或觅食的候鸟造成惊扰，导致其暂时回避施工区域。鉴于项目施工范围与保护区外缘尚有0.2km噪声衰减距离，船舶噪声在空气和水下传播时会显著衰减；且候鸟具有较强的飞行能力和环境适应性，会自主转移至其他未受干扰的潮滩区域觅食和停歇。整体而言，项目人为活动及船舶噪声对候鸟及栖息地的干扰很小，属于暂时性、间歇性、可恢复的影响。

因此，本项目建设对周边海洋自然保护地及其保护物种种群的影响甚微。

5.10.5 对特殊生境的影响分析

据有关资料和遥感影像显示，金屿岛附近分布有珊瑚礁生态群落，大致位于本项目西南侧12.4m处，相对距离较远。珊瑚礁是海洋生态系统的关键组成部分，在维持生物多样性、保护海岸线、促进全球碳循环等方面具有重要作用。

据悬浮泥沙扩散预测结果，项目施工所引起的悬浮泥沙浓度增量不会超出10mg/L，不会扩散至金屿岛珊瑚礁所在海域，不对珊瑚礁生态系统产生影响。

因此，本项目建设对评价范围内的特殊生境基本无影响。

5.10.6 对养殖用海和滨海浴场的影响分析

结合现场踏勘和权属资料，项目所在海域为渔业用海区，周边现存有较多海上养殖和滨海浴场用海项目。其中，本项目与陆丰市碣石湾金厢片区开放式养殖用海项目、陆丰蚝之发水产养殖项目海上养殖场、陆丰盛风蚝业水产养殖项目海上养殖场、陆丰金厢南海域国家级海洋牧场示范区人工鱼礁建设项目，以及陆丰市滨海金厢公共浴场项目等距离较近，最近为陆丰市碣石湾金厢片区开放式养殖

用海项目，约0.3km（对应养殖区3）。海水养殖和滨海浴场的保护目标为海水水质，重点关注项目建设对海水养殖和滨海浴场水质污染的影响。

根据5.5.1节悬沙扩散预测结果，因锚固施工所引起的悬浮泥沙浓度增量平均仅4mg/L，不会超出10mg/L，对区域海水水质产生的污染影响极小。悬浮泥沙基本不会扩散至上述海水养殖区和滨海浴场区，不会对其海水水质产生污染影响。且施工和营运期间有关船舶含油污水、人员生活污水和生活垃圾等废物将收集后统一处理，不排海，不会对周边海域的水质环境产生不利影响。

因此，本项目建设对养殖用海和滨海浴场基本无影响。

5.10.7 对海岛岛礁的影响分析

本项目施工可能影响到的海岛岛礁目标主要为黑大礁、鸟粪礁和旗杆夹礁，均位于项目东侧方位，而其他较远处海岛基本不在项目施工影响范围内。

项目用海不占用岛礁资源，且施工不涉及炸礁作业；施工期间将严格限制作业范围，不对周边海岛岛礁造成破坏。据海洋水文动力和地形冲淤环境预测结果，工程实施对所在海域海流流速的改变值极小，涨急和落急时刻流速影响变化不超过0.02m/s，对海区整体流场和水体携沙条件影响小，不改变岛屿及地形地貌冲淤现状环境。

综上，本项目建设不对周边海岛岛礁产生不利影响。

5.10.8 对国控监测站位的影响分析

近岸海域国控监测站位的布设是为了实时监控海域生态环境质量，防治海洋环境污染，其主要监测目标为海水水质。本项目评价范围内涉及的国控监测站位有GDN14004、GDN14012、GDN14013和GDN14015，与其中站位最近直线距离为1.7km。由于工程涉及养殖设施锚块固定施工，将导致底泥扰动，使得悬浮物短期入海量增加，导致海水浑浊度升高，影响水体透光性及溶解氧含量。

据5.5.1节悬沙扩散预测结果，本项目施工激起海底沉积物造成的悬浮物源强很小，施工期间不会形成悬浮物高浓度区，对国控监测站位所在海域不造成水质污染，与国控监测站位水质环境的管理保护目标不冲突。

建设单位应合理安排施工时段，避开雨季及涨潮期，降低泥沙迁移速率，尽可能减缓对周边国控监测站位产生的影响。此外，建设单位还应严格控制用海范

围，规范船舶航行路线，保证相关船舶活动不对国控监测站位造成损坏。

因此，本项目建设对国控监测站位的影响很小。

6 环境风险分析与评价

参照《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ169-2018)和《危险化学品重大危险源辨识》(GB18218-2018),本项目在建设及运营期主要涉及的有毒有害及易燃易爆危险物质为船舶燃油舱携带的燃料油。根据上文2.3.4环境风险评价等级,本项目环境风险潜势判定为III级,即环境风险评价等级为二级。

6.1 风险调查

6.1.1 风险源调查

本项目为海水养殖工程,工程建设内容为网箱养殖设施、筏式养殖设施、锚泊及固定系统、辅助生产配套设施及警示航标系统等,工程设施及养殖工艺本身不涉及危险物质,仅在施工期及运营期船舶作业过程中涉及船舶燃料油,属有毒有害、易燃易爆类危险物质,无其他非自然风险源。

6.1.2 环境敏感目标调查

根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》(HJ 1409-2025),海洋生态环境风险敏感目标调查应包括环境风险评价范围内的所有海洋生态环境保护目标,以及评价范围外可能受环境风险影响的重要生态敏感区。

由上文2.4.1节评价范围可知,本项目环境风险评价范围囊括海洋生态环境影响评价范围,环境风险评价范围内涉及的环境敏感目标与海洋生态环境保护目标一致,包括海洋生态保护红线、海洋自然保护地、水产种质资源保护区、水产增养殖区、岛礁等,详见2.6海洋生态环境保护目标。

6.2 环境风险识别

6.2.1 环境风险因子

环境风险是指突发性事故对环境造成的危害程度及可能性,环境风险事故的发生主要是由人类活动引起或由人类活动与自然界的运动过程共同作用造成的,由于人为或自然因素引起的、对海域资源环境或海域使用项目造成一定损害、破坏乃至毁灭性事件的发生概率及其损害的程度。

事故风险一般来自两个方面。一方面是用海项目自身引起的突发或缓发环境事件,如船舶溢油事故等对海域资源、环境造成的危害;另一方面是由于海洋灾

害（如热带气旋、风暴潮等）导致海域使用项目发生破坏、事故等造成的对海域的危害。

本项目发生风险事故的可能为项目自身引起的突发环境事件，如由于恶劣气象条件或操作不当引起的船舶碰撞引起的船舶溢油事故、养殖病害、有毒有害生物（病原体、外来物种入侵等）等对海域资源、环境造成的影响。根据经验和相关统计资料，本项目可能产生的风险如下：

- （1）热带气旋、风暴潮等海洋自然灾害风险；
- （2）船舶溢油风险；
- （3）养殖病害风险分析；
- （4）有毒有害生物（病原体、外来物种入侵等）风险。

6.2.2 物料危险性质

船舶燃料油是由各种烷烃，环烷烃和芳香烃组成的混合物，大部分为液态烃伴有气态烃和固态烃，所含基本元素是碳和氢，两种元素的总含量平均为 97~98%，同时含有少量的硫、氧、氮等，其化学组分因产地不同而有所差异燃料油的理化性质见下表 6.2.2-1。

溢油发生后，燃料油瞬间进入海洋环境，并迅速扩散在海面上形成一层厚厚的油层。受溢油影响的海域，油膜覆盖在海水表面，可溶性组分不断溶于水中，在风浪的冲击下，油膜不断破碎分散，并与水混合成为乳化油，增加了水中的石油浓度。油膜覆盖下，影响海-气之间的交换，致使溶解氧减小，使其下面的大面积海域严重缺氧，同时光照减弱，从而影响水的物理化学和生物化学过程，进而影响浮游生物的生长，导致浮游生物、鱼虾缺氧而死。

表 6.2.2-1 燃料油理化性质与危险有害特性识别表

	中文名称：燃料油	英文名：fuel oil	危险性类别：可燃液体
理化性质	外观与性状：有色透明液体，挥发。	主要用途：用于柴油机。	
	熔点（℃）：无资料	溶解性：不溶于水，溶于醇等溶剂。	
	沸点（℃）：360-460	相对密度（水）=1：0.87-0.88	
	燃烧热（kJ/l）：30000-46000	相对密度（空气）=1：1.59-4	
	闪点（℃）≥60	引燃温度（℃）：250	
燃烧爆炸危险性	稳定性：常温常压下稳定	燃烧分解产物：一氧化碳二氧化碳	
	混合物：由各族烃类和非烃类组成。	禁忌物：强氧化剂。	
	有害物成分：烷烃、环烷烃和芳香烃、含硫、氧、氮化合物。		
	危险特性：其蒸气与空气可形成爆炸性混合物，遇明火、高热能引起燃烧爆炸。与		

	氧化剂可发生反应。流速过快，容易产生和积聚静电。其蒸气比空气重，能在较低处扩散到相当远的地方，遇火源会着火回燃。若遇高热，容器内压增大，有开裂和爆炸的危险。
	灭火方法：尽可能将容器从火场移至空旷处。喷水保持火场容器冷却，直至灭火结束。处在火场中的容器若已变色或从安全泄压装置中产生声音，必须马上撤离。用雾状水、泡沫、干粉、二氧化碳、砂土灭火。
毒性	吸入高浓度蒸气，常先有兴奋，后转入抑制，表现为乏力、头痛、酩酊感、神志恍惚、肌肉震颤、共济运动失调；严重者出现定向力障碍、意识模糊等；蒸气可引起眼及呼吸道刺激症状，重者出现化学性肺炎。吸入液态煤油可引起吸入性肺炎，严重时可发生肺水肿。摄入引起口腔、咽喉和胃肠道刺激症状，可出现与吸入中毒相同的中枢神经系统症状。
环境危害	对环境有危害；对大气可造成污染。

6.3 环境风险事故情形分析

6.3.1 自然灾害风险分析

本项目所处区域是热带气旋、台风、风暴潮、暴雨等自然灾害多发区域，可能遭受热带气旋、海浪、暴雨等自然灾害的袭击。热带气旋活动过程中往往伴随着狂风、暴雨、巨浪和风暴潮，期间海水异常升高，风大浪急、潮位太高，损坏过往船舶，人民生命财产损失巨大。因此，对本工程直接造成不利影响的海洋灾害主要是热带气旋、灾害性波浪和风暴潮。

(1) 热带气旋

热带气旋是影响华南沿海地区最大的灾害性天气。影响南海沿岸海区的热带气旋的生成源主要有两个：①西北太平洋的马里亚纳群岛附近，即 $70^{\circ}\sim 15^{\circ}\text{N}$ ， $135^{\circ}\sim 150^{\circ}\text{E}$ 之间的洋面上；②南海中部，即 $130^{\circ}\sim 18^{\circ}\text{N}$ ， $111^{\circ}\sim 117^{\circ}\text{E}$ 之间的海面上。热带低压多数来自南海，而强热带风暴和台风则绝大多数在西太平洋生成。凡登陆珠江口附近地区和在南海北部活动的热带气旋对汕尾均可能有较大影响，特别是台风带来的狂风、暴雨和风暴潮，具有很大的破坏力，严重危及生命财产的安全。

热带气旋、风暴潮灾害突发性强。往往在几小时内就酿成巨大灾害。在汕尾沿海，尤其是近海突然加强、迅速登陆的台风，这类台风范围虽小，但强度大、发展猛、移动快、破坏性大。

(2) 台风

华南沿岸常常受到热带气旋的影响。每年 5~10 月是华南沿海遭受热带气旋的主要时期，尤以 8 月为高峰，广东沿岸平均每年约受 6.2 个热带气旋的影响，

早期以南海生成的居多，晚期则以西太平洋生成为主。在南海生成的热带气旋形成快，强度弱，距岸较近，加上引导气流复杂，因而其移动路径的规律性较差。在西太平洋形成的热带气旋在移动过程中能量不断积累，强度往往较大，多发展为台风。由于受到副热带高压的引导，太平洋热带气旋大多西移越过菲律宾进入南海，对广东沿岸影响很大。由于地理位置的原因，本项目易受热带气旋的吹袭，所以要时常做好防风抗风的准备。

（3）风暴潮

风暴潮是由强烈的大气扰动所引起的海面异常升高现象，其伴随着天文潮、短周期的海浪而来，常常使潮位暴涨，甚至令海水漫溢，酿成大灾，有人也称之为风暴增水。风暴潮灾害具有明显的季节性，主要出现在农历6、7、8月。台风风暴潮灾害与天文潮有密切关系，灾害大多在天文大潮期间发生。台风、低压及强烈的向岸风作用于海面，使海水大量堆积，特别是当风暴潮与高潮段耦合时，水位往往暴涨，有可能超过当地警戒线，引发风暴潮灾害。2022年~2024年，汕尾地区曾多次遭受风暴潮灾害，造成了一定的经济损失。

汕尾地区位于广东省东南沿海，因地理位置特殊，易受热带气旋和风暴潮影响，热带气旋、风暴潮灾害突发性强，往往在几小时内就酿成巨大灾害。对海水网箱养殖工程来说，热带气旋、风暴潮一旦发生，将带来严重的负面影响。首先，热带气旋和台风带来的强风会直接冲击网箱，可能导致网箱结构损坏、变形甚至冲走，使养殖的鱼类逃逸，造成巨大的经济损失。其次，热带气旋、风暴潮等会使沿海水位急剧上升，淹没网箱养殖区域，改变水体理化性质，如溶解氧降低、水质恶化、温度和盐度变化，从而引发海水网箱养殖鱼类发生强烈的应激反应，导致鱼类呼吸困难、免疫力下降、行为异常等，干扰养殖生物的正常生长和摄食。

海洋灾害具有突发性的，作用强，破坏性大的特点，不仅增加船舶作业难度，还危及船舶人员的人身安全。因此，施工及建设单位应做好防范措施，工程设计和施工时应当考虑台风、风暴潮、热带气旋等产生的灾害，制定相应的防范对策和应急预案，尽可能减小海洋灾害可能带来的损害。

6.3.2 赤潮、绿潮风险分析

（1）绿潮

海洋大型藻类大规模暴发或者聚集，称为绿潮。绿潮是世界性海洋灾害。近

些年来,包括我国在内的多个沿海国家近岸海域均发生过不同规模的绿潮灾害。绿潮在发生时间、地域、规模及持续时间等诸多方面均具有很大的不确定性。

(2) 赤潮

赤潮是海水中某些微型藻、原生动物或细菌在一定的环境条件下爆发性增殖或聚集导致水体变色的一种生态异常现象。赤潮生物的异常爆发性增殖,会导致海域生态平衡被打破,海洋浮游植物、浮游动物、底栖生物、游泳生物相互间的食物链关系和相互依存、相互制约的关系异常或者破裂,大大破坏了主要经济渔业种类的饵料基础,破坏了海洋生物食物链的正常循环,造成鱼、虾、蟹、贝类索饵场丧失,渔业产量锐减;赤潮生物的异常爆发性繁殖,可引起鱼、虾、贝等经济生物鳃机械堵塞,造成这些生物窒息而死;赤潮后期,赤潮生物大量死亡,在细菌分解作用下,可造成区域性海洋环境严重缺氧或者产生硫化氢等有害化学物质,使海洋生物缺氧或中毒死亡;另外,有些赤潮生物的体内或代谢产物中含有生物毒素,能直接毒死鱼、虾、贝类等生物。

根据相关研究,广东省2013~2022年共发生赤潮95次,其中汕尾市海域共发生8次。全省引发赤潮的生物共有26种,其中硅藻门13种,甲藻门10种,定鞭藻门、黄藻门和原生动物门各1种。引发赤潮次数最多的是夜光藻(*Noctiluca scintillans*)和红色赤潮藻(*Akashiwo sanguinea*),分别发生23次和22次。发生年份最多的是中肋骨条藻(*Skeletonema costatum*)和球形棕囊藻(*Phaeocystis globosa*)。在10年中的7年均均有发生。引发赤潮面积最大的是球形棕囊藻(*Phaeocystis globosa*),发生赤潮面积达1175.66km²,其次为红色赤潮藻(*Akashiwo sanguinea*),发生赤潮面积达1005.35km²。从地域分布来源,汕尾市海域引发赤潮的生物种类最多的是红色赤潮藻(*Akashiwo sanguinea*)。

红色赤潮藻(*Akashiwo sanguinea*)是一种混合营养型甲藻,其对水生生物有明显的致害作用,如对共存浮游植物的生长均具有明显的抑制效应。此外,红色赤潮藻对贝类、甲壳类及鱼类也有不同程度的致死效应。根据丁西飞等人研究,以海洋青鲙鱼仔鱼作为鱼类代表对象,红色赤潮藻毒素粗提物达到一定浓度时对其有明显的致死效应。添加藻毒素粗提物浓度为8%、1%和2%时对实验目标仔鱼并产生明显的毒害作用;添加藻毒素粗提物浓度为3%时实验目标仔鱼立即表现出急躁、游动加速的逃逸状态,随后逐渐缓慢至静止不动,呼吸急促,30min

后逐渐恢复正常游动状态，但在 12h 后出现陆续死亡的现象；添加藻毒素粗提物浓度为 4% 时实验目标仔鱼立即表现出毒害效应，先沿着孔板壁加速游动，随后游动逐渐缓慢至静止不动，身体开始失去平衡，侧身扭动抽搐，口呈张开状态，呼吸困难濒临死亡，在 24h 死亡率即达 100%；添加藻毒素粗提物浓度为 5% 时对实验目标仔鱼的毒害效应与毒素浓度为 4% 的毒性效应相似，但仔鱼发生毒害致死的作用时间更短，在 10~30min 内即显示出强烈的毒害作用，在 12h 的死亡率即达 100%。由上可知，汕尾地区典型赤潮生物毒素达到一定浓度后对鱼类有明显的损害效应，随着作用时间的延长，致死效应将逐渐升高，致死浓度随时间延长也将逐渐降低。

本项目养殖区总体布局形成鱼和贝类的开放式混养系统，实施基于生态平衡的综合生产模式，利用贝类滤食浮游生物和有机碎屑，利用藻类吸收水体中过剩的氮磷营养盐，实现养殖系统内物质的循环利用，显著降低养殖自身污染负荷，基本不会造成区域赤潮的发生，但附近海域赤潮灾害也会对贝类养殖造成一定的影响。赤潮一般分为有毒赤潮和无毒赤潮两类，无毒赤潮基本不产生毒害作用，而有毒赤潮的危害较大。海洋浮游藻中有 300 多种能够形成赤潮，其中有 70 多种能产生毒素。当无毒赤潮发生时，对本项目养殖基本无影响，当有毒赤潮发生时，可能对养殖产品造成一定的影响，本项目水产品可能会富集有害物质，对产品质量造成一定的影响。

6.3.3 溢油事故风险分析

本项目施工期施工船舶及营运期养殖工作船舶存在一定的溢油风险，项目附近航行船舶发生溢油也会对本项目养殖活动产生一定的风险。一旦发生溢油事故，将严重危害海洋生态环境及生物资源。

6.3.3.1 溢油事故统计

一、ITOPF 船舶污染事故统计与分析

据 ITOPF(International Tanker Owners Pollution Federation Ltd)1970 年~2020 年统计资料，50 年间发生油品船舶泄漏事故 1 万多次，其中泄漏量大于 700t 的事故次数为 466 次，7~700t 的事故次数 1381 次，泄漏量小于 7t 的事故大于 80%。

7~700t 溢油事故以碰撞导致的事故数量最多，占 26.5%；其次是搁浅，占 19.6%；大于 700t 的事故中，以搁浅和碰撞导致的居多，分别占 32.2%、29.8%。

表 6.3.3-1 7~700t 溢油事故原因统计(1970 年~2020 年)

事故原因	装货/卸货	加油	其他操作	未知	合计
碰撞	5	0	61	300	366
搁浅	0	0	27	244	271
船体受损	37	4	15	45	101
设备故障	148	7	18	39	212
火灾/爆炸	9	0	15	26	50
其他	98	13	39	28	178
未知	99	9	14	81	203
合计	396	33	189	763	1381
占比 (%)	28.7	2.4	13.7	55.2	100

表 6.3.3-2 大于 700t 溢油事故原因统计(1970 年~2020 年)

事故原因	抛锚(内陆/限制水域)	抛锚(开放水域)	在航(内陆/限制区域)	在航(开放水域)	装货/卸货	加油	其他操作事故/未知	合计
碰撞	7	5	35	67	2	0	23	139
搁浅	5	1	46	68	2	0	28	150
船体受损	2	1	0	49	0	0	8	60
设备故障	0	0	0	6	11	0	1	18
火灾/爆炸	2	2	1	25	13	1	9	53
其他	2	0	0	16	8	0	7	33
未知	0	0	0	1	6	0	6	13
合计	18	9	82	232	42	1	82	466
占比(%)	3.9	1.9	17.6	49.8	9.0	0.2	17.6	100

二、中国近海沿岸海洋溢油事故统计

根据《中国近海沿岸海洋溢油事故研究》(陈勤思胡松,海洋开发与管理 2020 年第 12 期 P49-53),1974 年~2018 年我国近海 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。

(1) 在溢油事故次数方面

1974 年~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 年~1994 年事故次数明显增加,1994 年~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 年~2018 年为事故低发期,其中 2014 年~2017 年事故次数为 0。

21974 年~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 年~1995 年和 2006 年~2018 年事故次数较少。

(2) 在溢油总量方面

①连续大规模溢油事故出现在 1996 年~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%。

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。

根据上述结果，将溢油事故的原因分为非船舶源溢油、船舶碰撞溢油和其他船舶事故溢油 3 个部分，进一步分析各种原因导致溢油事故次数的年际变化，并作阶段性统计。结果表明：

①船舶碰撞溢油和其他船舶事故溢油的发生次数均呈先增后减的态势，其中船舶碰撞溢油在 2000 年~2009 年发生次数最多（26 次），其他船舶事故溢油在 1990 年~1999 年发生次数最多（18 次）；

②船舶源溢油一直是海洋溢油事故发生的主要原因，但 2010 年后发生次数显著减少，态势得到有效控制；

③非船舶源溢油发生次数较少，1980 年~1989 年最高达到 7 次，之后保持在 4 次左右，且未见改善。

三、广东海域海洋溢油事故统计

收集广东省海事局 2007~2011 年度的溢油资料作类比分析，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 10 吨的居多，共 36 起，占 81.8%；10~50 吨、100~500 吨的各 3 起，各占 6.8%；500~1000 吨、1000~10000 吨的各 1 起，各占 2.3%。其中海损性事故（共 19 起），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，平均溢油量 142.5t。操作性事故溢油量为 0.006~3t，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 10 吨以下的事故发生概率为 7.2 次/年，10~50 吨、100~500 吨、500~1000 吨、1000~10000 吨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。

6.3.3.2 溢油事故影响过程

溢油在海面上的变化是极其复杂的，其中主要有动力学和非动力学过程。动力学过程初期为扩展过程：主要受惯性力、重力、粘性力和表面张力控制，形成一定面积的油膜，其后油膜在波浪、海流和风的作用下作漂移和扩散运动，油膜破碎分成多块，其过程要持续数天。非动力学过程指油膜发生质变的过程，主要包括蒸发、溶解、乳化、沉降和生物降解等过程。

(1) 扩展：由于油比水轻，将漂浮于水面。在初期阶段由于受重力和表面张力的作用而在水面上向四周散开，范围越扩越大。这个过程称为油的扩展。

(2) 漂移：油膜在海流、风、波浪、潮汐等因素的作用下引起的漂移。

(3) 分散：溢油在海面形成油膜以后，受到破碎波的作用使一部分油以油滴形式进入水中形成分散油。一部分油滴重新上升到水面，也有部分油滴从海面溢出挥发到大气中。

(4) 蒸发：油膜蒸发是指石油烃类从液态变为气态的过程，油膜与空气之间的物质交换与油膜表面积、溢油的组分及其物理特性有关，与风速、海面温度、海况以及太阳辐射的强度等也有关。实验表明，含量占 0%~40%的低烃类油膜在溢油后 24 小时内就会蒸发掉。

(5) 溶解：油膜溶解是指烃类物质由浮油体到水体的混合交换过程，溶解量和溶解速率取决于石油的组成及其物理性质、油膜扩展度、水温 and 水的湍流度以及油的乳化和分散程度。一般低烃类既有高蒸发率，又有高溶解度，它们的总效应导致油膜的密度和粘度增加，从而抑制扩展过程和湍流扩散过程。实验表明，溶解量仅为蒸发量的百分之几。

(6) 乳化：油膜乳化是一个油包水的过程，已有研究表明，发生乳化的内在因素是原油的沥青烯中含有乳化剂，当其含量达到一定程度时，即发生乳化现象，形成油包水颗粒。海况能影响乳化的速度，但最终的乳化总量与海面状况无关，仅取决于乳化剂的含量，当乳化颗粒与碎屑或生物残骸结合而变重时，油滴将沉降到海底。沉降主要发生在近岸，浅水浑油区较为显著。

(7) 吸附沉淀：油的部分重组分可自行沉降或黏附在海水中的悬浮颗粒上，并随之沉到海底。

(8) 生物降解：生物降解为海水中的某些生物通过对石油类物质的吸收来获取碳元素，生物降解过程是起作用较晚的过程。生物降解过程不仅对漂浮油膜起作用，对沉降的油滴也同样起作用。降解过程与油膜所处环境中微生物群的种类、数量有关，与海水温度、含氧量和无机营养的含量等因素也有关。

溢油在海洋环境中的归宿问题是个复杂的问题，由于受到各种环境条件（温度、盐度、风、波浪、悬浮物、地理位置和油本身的化学组成等）的影响，每一次溢油的归宿也不尽相同。其主要的影响因素有乳化、吸附沉淀和生物降解等。

油膜非动力学过程极其复杂，发生的时间尺度为1天到数周。

6.3.3.3 溢油风险预测评价

1、预测模型简介

采用“油粒子”方法（即把溢油分成许多离散的小油滴）来模拟泄漏物质在海水中的输运、扩散过程。在潮流场计算的基础上，采用拉格郎日法计算溢油对流、扩散影响范围，公式如下：

$$X = X_0 + (U_{oil} + r \cos B) \Delta t$$

$$Y = Y_0 + (V_{oil} + r \sin B) \Delta t$$

式中： X_0 、 Y_0 为某质点初始座标（m）； U_{oil} 、 V_{oil} 为油粒子运动速度的x、y向分量； r 为随机扩散项， $r = RE$ ， R 为0~1之间的随机数， E 为扩散系数； B 为随机扩散方向， $B = 2\pi R$ 。

(1) 油的溢出

油可以是瞬间溢出或连续溢出，瞬间溢油的初始半径可以自己定义，也可以由模型自动计算，采用Fay扩散公式计算（Fay and Hoult, 1971）：

$$R_o = \frac{k_2^2}{k_1^2} \left(\frac{V_0^2 g (\rho_w - \rho_o)}{v_w^2} \right)^{1/2}$$

其中： V_0 为溢油初始体积 (m^3)； ρ_o 为油的密度 (kg/m^3)； ρ_w 为水的密度 (kg/m^3)； g 为重力加速度； v_w 为水的运动粘度 (m^2/s)； k_1 ， k_2 为Fay常数。

该公式描述的是重力扩展阶段后油膜的半径，此时油膜的厚度通常小于1mm。在连续溢油模拟中一般不采用该公式计算油膜初始半径，而是根据已知信息定义油膜初始半径。

(2) 表层油膜的漂移

表层油膜的平流输运主要是由风引起的，风和波浪引起的流动通常采用经验公式，通过局地的风向和风速相关的偏移因子和偏转角来表示。漂移速度通常取为风速的2.5~4.4%，均值为3.5%；偏转角在北半球为风向的偏右侧，南半球偏左0~25°，均值为15°。对于表层漂浮的油，风对漂移的影响关系为：

$$U_{oil} = U_{current} + C_{wd} \times U_w \times \sin(\theta_w - 180 + \alpha)$$

$$V_{oil} = V_{current} + C_{wd} \times V_w \times \cos(\theta_w - 180 + \alpha)$$

其中： U_{oil} 、 V_{oil} 为油粒子运动速度的x、y向分量； $U_{current}$ 、 $V_{current}$ 为水流流速的x、y向分量； C_{wd} 为风拖曳系数； U_w 、 V_w 为风速的x、y向分量； θ_w 为风向； α 为风偏转角。该只适用于表层漂浮的油膜，而弥散到水体中的油膜主要受水体内动力过程影响，不会直接受风的影响。

(3) 油的蒸发

蒸发作为一级衰减过程考虑，衰减部分可以通过衰减常数来定义：

$$\frac{dm}{dt} = -k_e t$$

其中： k_e 为蒸发率 (1/d)；t为时间 (d)。

(4) 油的分散 (夹带)

油膜的分散或水包油夹带作为零级衰减过程考虑，分散速率与油的浓度无关，只与油膜消耗的波能量和油品有关：

$$Q = \int_{d_{\min}}^{d_{\max}} Q(d) dd$$

$$Q(d) = C^* D_e^{0.57} F_{wc} N(d) d^3$$

$$N(d) = N_0 d^{-2/3}$$

$$D_e = 0.0034 \rho_w g H_0 / \sqrt{2}$$

$$H_0 = \frac{0.243 U_w^2}{g}$$

$$F_{wc} = \frac{f_w}{t_p}$$

$$t_p = 8.13 U_w / g$$

$$f_w = \max(0.0; 0.32(U_w - 5.0))$$

其中： Q 为分散速率 ($\text{kg}/\text{m}^2/\text{s}$)； $Q(d)$ 为粒径为 d 的油滴单位粒径的分散速率 ($\text{kg}/\text{m}^2/\text{s}$)； d 油滴粒径 (m)； $d_{\min}$ 和 $d_{\max}$ 为最小和最大油滴粒径 (m)； C^* 为油常数 (标准系数，与油品有关)； $N(d)$ 为油粒子尺寸权重系数； N_0 为标准化常数； D_e 为单位表面积上消耗的波能量 (J/m^2)； F_{wc} 为单位波周期内破碎波的量； t_p 为波周期峰值 (s)； U_w 为风速 (m/s)； f_w 为海上白头浪覆盖的部分。

这里白头浪的形成是根据 Holthuijsen 和 Herbers (1986) 的理论，形成白头浪的最低风速为 $5\text{m}/\text{s}$ ，最小油滴粒径 $d_{\min}$ 可近似为 0；又根据 NOAA(1994)， $d_{\max}$ 可取 70 微米。

定义一个新的校准参数 C_0 ，得到 Q 的表达式如下：

$$Q = 5.08 \cdot 10^{-3} C_0 S_{\text{cov}} D_e^{0.57} F_{wc}$$

其中： S_{cov} 为考察区域海面被油覆盖的比例； D_e 为单位表面积上消耗的波能量 (J/m^2)； F_{wc} 为单位波周期内破碎波的量。

(5) 油的附着

油可能会附着在岸上或水底，每个油粒子随机取一个介于 0~1 之间的数，当这个数小于给定的数时，该油粒子则附着在岸上或水底。

2、预测方案

溢油位置：本项目发生溢油事故的可能位置选取在乌坎西线航道处。

溢油量：根据《水上溢油环境风险评估技术导则》(JT/T1143-2017)，新建水运工程建设项目的可能最大水上溢油事故溢油量，按照设计代表船型的 1 个货

油边舱或燃料油边舱的容积确定。参考《水上溢油环境风险评估技术导则》(JT/T1143-2017)表 C8, 集装箱船、滚装船、小汽车运输船或小吨位杂货船、冷藏船的单舱燃油量低于 39m^3 , 本次评价保守取单舱燃油量的最大值 39m^3 , 燃油密度取 $840\text{kg}/\text{m}^3$ 。则本次溢油风险源强按照单个油舱泄露时的源强计算, 即油量 32.76t 。

预测风况: 溢油时刻选取大潮涨急、落急时刻。溢油预测时间长度为溢油后 48 小时。溢油风险计算方案见表 6.3.3-3, 预测溢油发生后 48 小时油膜漂移扩散情况。

表 6.3.3-3 溢油事故的风险组合条件

序号	溢油量	预测风况		事故发生时刻
		风向	风速 (m/s)	
1	32.76t	NNW (冬季主导风向)	冬季平均风速 (2.5)	大潮涨急
2				大潮落急
3			6 级风速 (13.8)	大潮涨急
4				大潮落急
5		E (夏季主导风向及不利风向)	夏季平均风速 (2.4)	大潮涨急
6				大潮落急
7			6 级风速 (13.8)	大潮涨急
8				大潮落急
9		N (不利风向)	多年平均风速 (2.4)	大潮涨急
10				大潮落急
11			6 级风速 (13.8)	大潮涨急
12				大潮落急
13		NW (不利风向)	多年平均风速 (2.4)	大潮涨急
14				大潮落急
15			6 级风速 (13.8)	大潮涨急
16				大潮落急

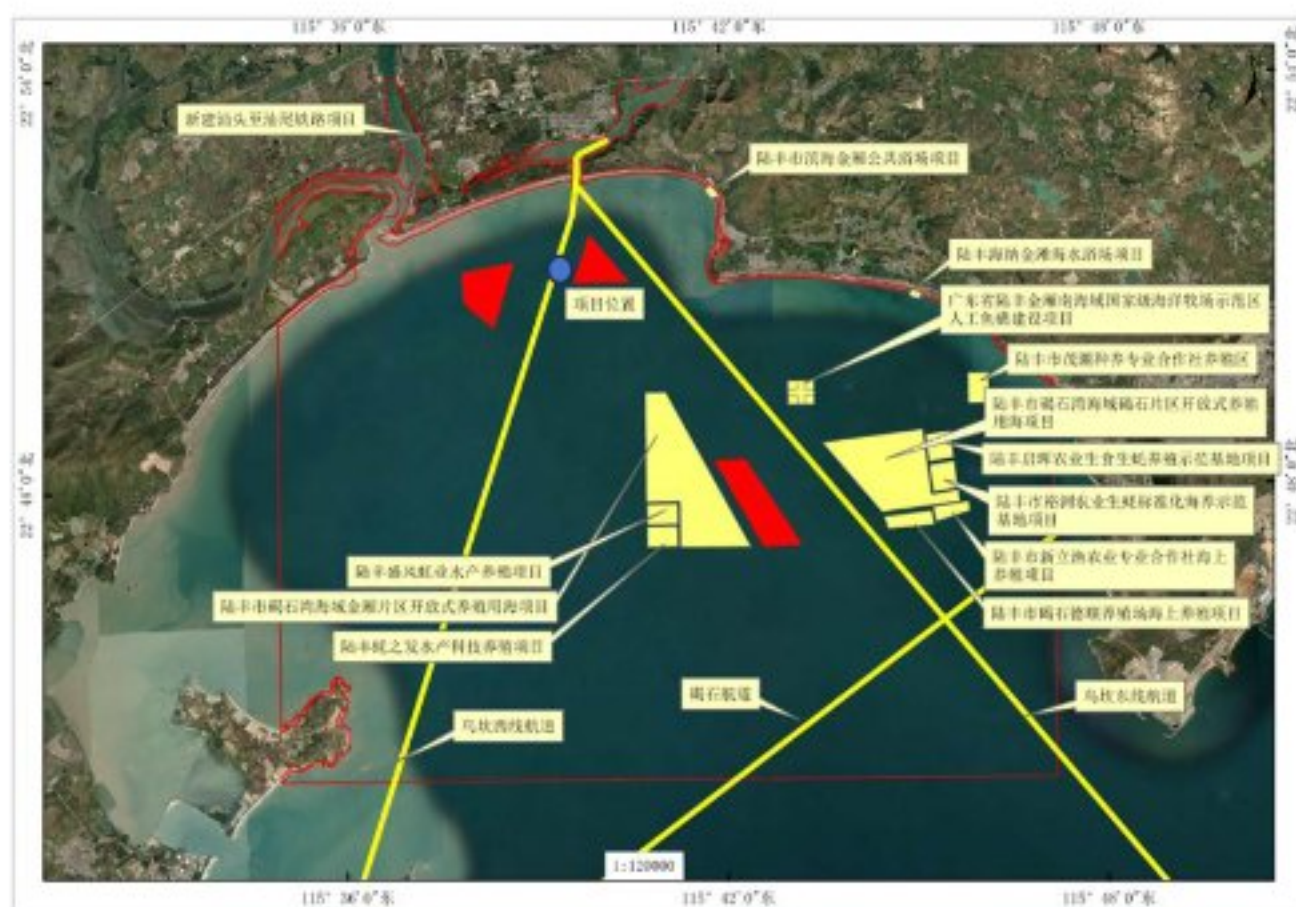


图6.3.3-1 事故溢油点位置示意图(蓝色点)

3、溢油事故预测结果及分析

泄漏事故时油膜的扩展轨迹受海流和风的共同影响。根据以上工况条件,船舶发生燃料油泄漏事故时,油膜扫海面积统计见表 6.3.3-4,油膜到达敏感地区和海岸线时间统计见表 6.3.3-5,油膜扩散范围见图图 6.3.3-2~图图 6.3.3-33。

表 6.3.3-4 油膜扫海面积统计表

序号	风况		溢油时刻	扫海面积 (km ²)		
	风向	风速(m/s)		12 小时后	24 小时后	48 小时后
1	NNW	2.5	大潮涨急	1.3551	6.5856	20.3942
2	NNW	2.5	大潮落急	5.4978	11.9518	29.3599
3	NNW	13.8	大潮涨急	5.3817	37.8792	181.0698
4	NNW	13.8	大潮落急	25.8516	70.8172	214.1169
5	E	2.4	大潮涨急	2.3539	6.7836	17.4692
6	E	2.4	大潮落急	5.4418	11.5379	17.7195
7	E	13.8	大潮涨急	5.3005	5.4106	6.7610
8	E	13.8	大潮落急	8.5384	8.6435	9.1779
9	N	2.4	大潮涨急	1.4354	6.4777	25.5117
10	N	2.4	大潮落急	5.8394	13.2017	31.9243
11	N	13.8	大潮涨急	5.3956	31.9309	175.6099
12	N	13.8	大潮落急	25.7034	80.0118	247.6858
13	NW	2.4	大潮涨急	1.3455	6.3517	20.4868
14	NW	2.4	大潮落急	5.6729	11.4962	30.1745
15	NW	13.8	大潮涨急	5.3831	35.3415	196.8128
16	NW	13.8	大潮落急	25.0429	69.9392	230.5215

表 6.3.3-5 油膜到达敏感地区和海岸线的时间统计表

序号	风况		溢油时刻	到达敏感区时间	到达岸线时间
	风向	风速(m/s)			
1	E	2.4	大潮涨急	11.8h 到达乌坎港上海村海岸防护物理防护极重要区	13.9h 到岸西北侧海岸线
				18.8h 到达汕尾海丰鸟类地方级自然保护区	
				22.4h 到达汕尾海丰鸟类地方级自然保护区	
				20.1 到达螺河重要河口	
2	E	2.4	大潮落急	7.8h 到达乌坎港上海村海岸防护物理防护极重要区	8.5h 到岸西北侧海岸线
				15.4h 到达汕尾海丰鸟类地方级自然保护区	
				12.6 到达螺河重要河口	
				25.1h 到达汕尾海丰鸟类地方级自然保护区	
5	E	13.8	大潮涨急	9.6h 到达乌坎港上海村海岸防护物理防护极重要区	9.8h 到岸西北侧海岸线
				9.9h 到达汕尾海丰鸟类地方级自然保护区	
				10.5h 到达汕尾海丰鸟类地方级自然保护区	
6	E	13.8	大潮落急	1.9 小时到达乌坎港上海村海岸防护物理防护极重要区	2.3h 到达西北侧海岸线
				2.4h 到达汕尾海丰鸟类地方级自然保护区	
				2.4h 到达汕尾海丰鸟类地方级自然保护区	
7	N	2.4	大潮涨急	18.8h 到达汕尾海丰鸟类地方级自然保护区	/
				23.8h 到达碣石湾长毛对虾重要渔业资源产卵场	
8	N	2.4	大潮落急	8.7h 到达汕尾海丰鸟类地方级自然保护区	43.3h 到达施公寮岛海岸线
				11.3h 到达碣石湾长毛对虾重要渔业资源产卵场	
9	N	13.8	大潮涨急	11.1h 到达碣石湾长毛对虾重要渔业资源产卵场	/
				21.3h 到达汕尾红海湾遮浪角东人工鱼礁地方级自然保护区	
				28.4h 到达遮浪南重要渔业资源产卵场	
10	N	13.8	大潮落急	2.6h 到达碣石湾长毛对虾重要渔业资源产卵场	/
				15.7h 到达汕尾红海湾遮浪角东人工鱼礁地方级自然保护区	
				19.6h 到达遮浪南重要渔业资源产卵场	
11	NNW	2.5	大潮涨急	21.7h 到达碣石湾长毛对虾重要渔业资源产卵场	/
12	NNW	2.5	大潮落急	11.1h 到达碣石湾长毛对虾重要渔业资源产卵场	/
13	NNW	13.8	大潮涨急	11.0h 到达碣石湾长毛对虾重要渔业资源产卵场	/
				23.8h 到达碣石湾海马珍稀濒危物种分布区	
14	NNW	13.8	大潮落急	2.5h 到达碣石湾长毛对虾重要渔业资源产卵场	/
				15.8h 到达碣石湾海马珍稀濒危物种分布区	
15	NW	2.4	大潮落急	22.9h 到达碣石湾长毛对虾重要渔业资源产卵场	/
16	NW	2.4	大潮落急	11.8h 到达碣石湾长毛对虾重要渔业资源产卵场	/
17	NW	13.8	大潮涨急	12.7h 到达金厢重要渔业资源产卵场	/
				30.3h 到达碣石湾海马珍稀濒危物种分布区	
18	NW	13.8	大潮落急	4.33h 到达金厢重要渔业资源产卵场	/
				22.1h 到达碣石湾海马珍稀濒危物种分布区	

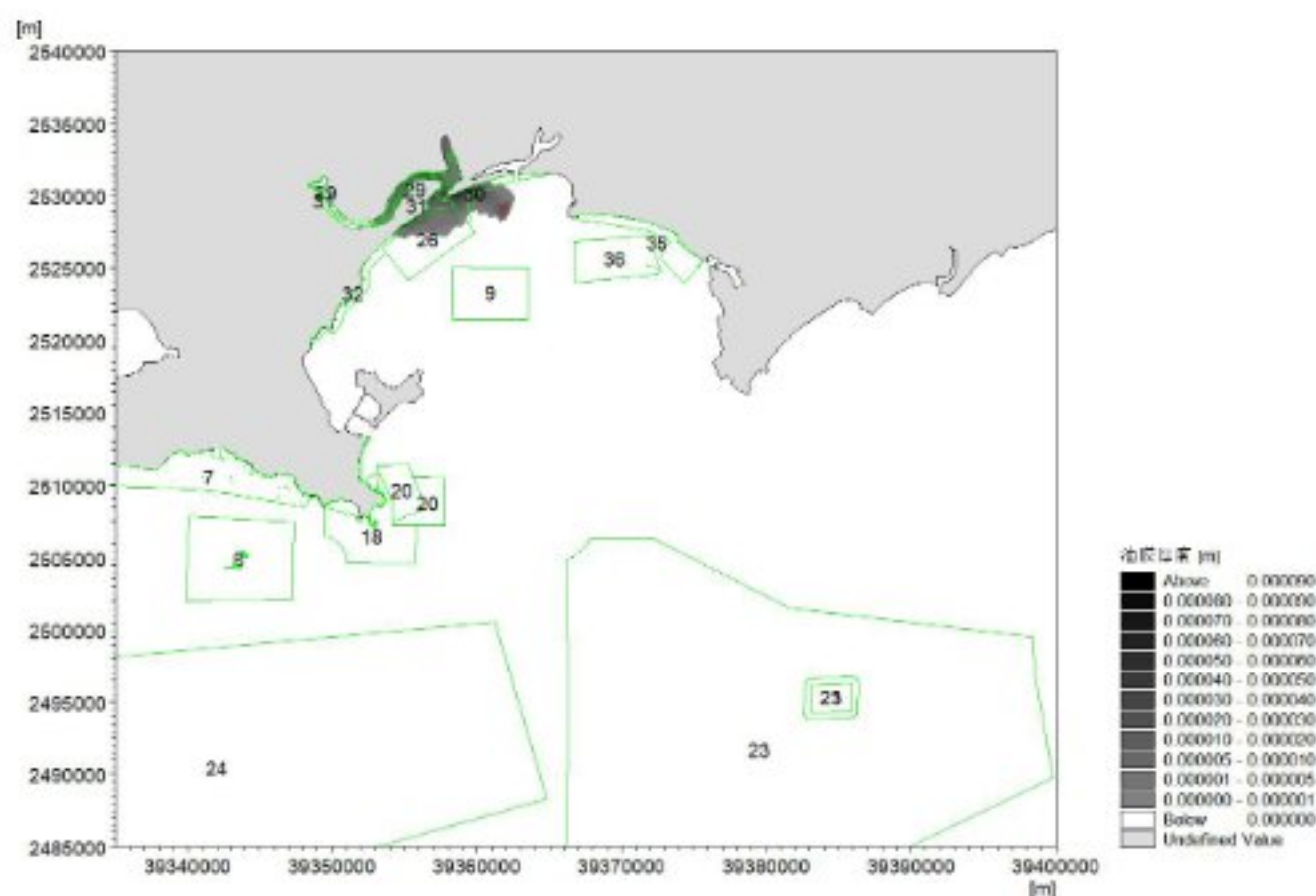


图 6.3.3-2 E 向 2.4m/s 风速涨急时刻燃油泄漏的油膜漂移扩散范围 (48h)

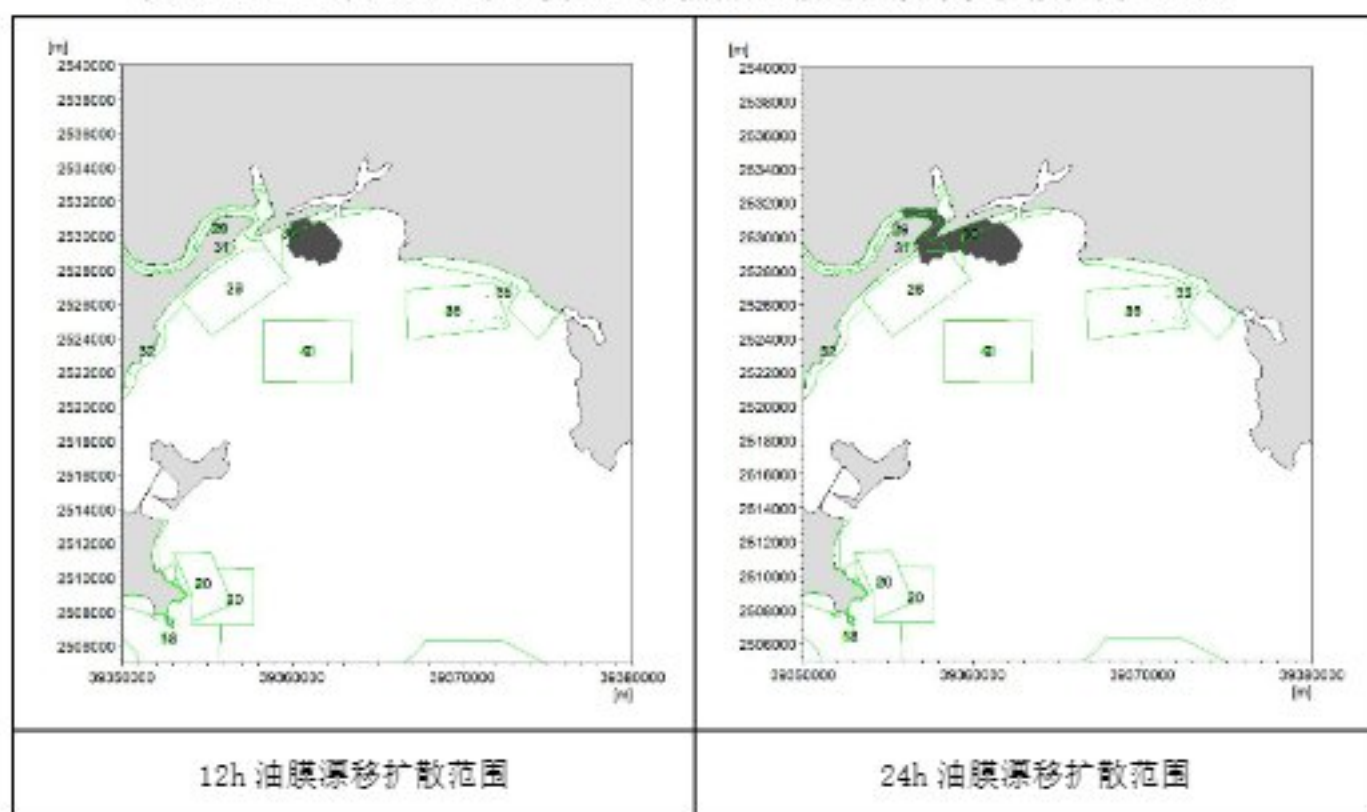


图 6.3.3-3 E 向 2.4m/s 风速涨急时刻燃油泄漏的油膜漂移 12h、24h 扩散范围

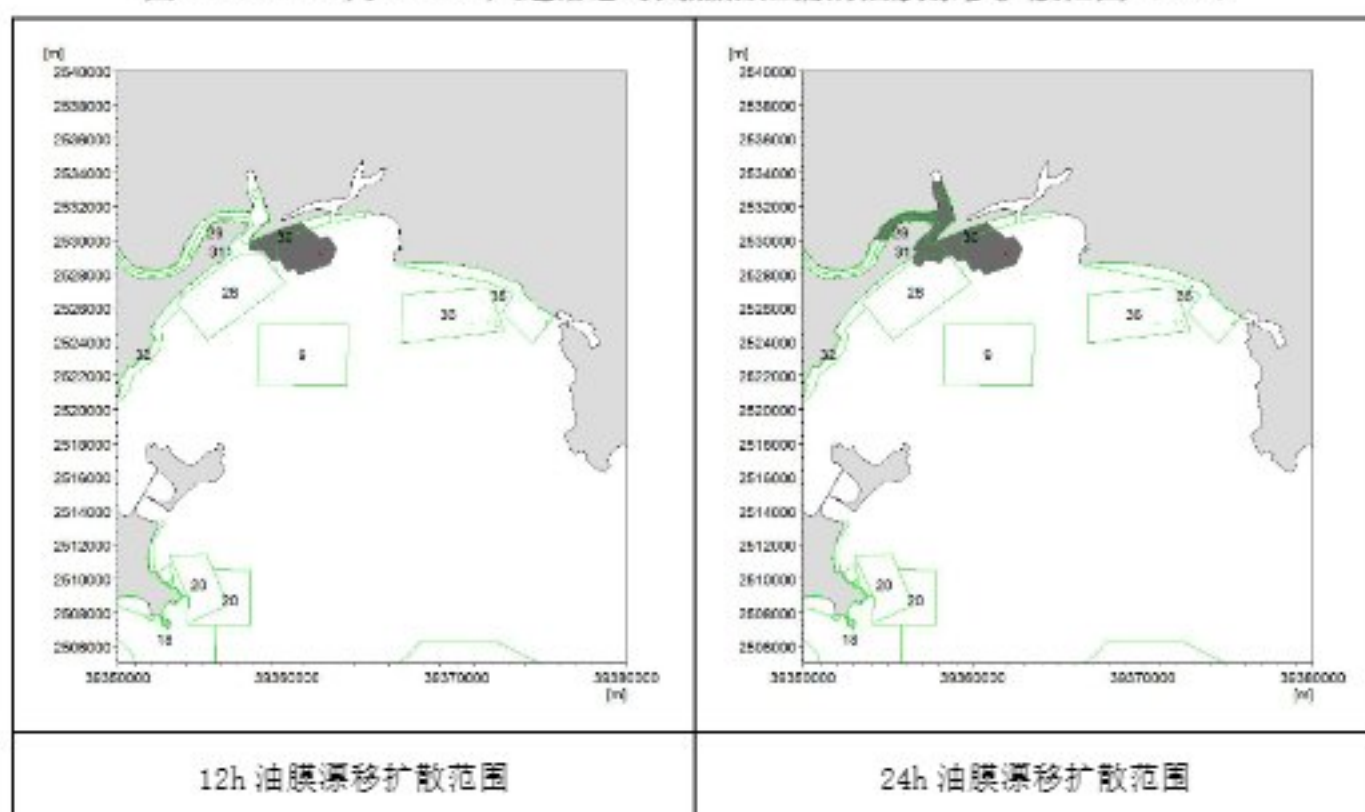
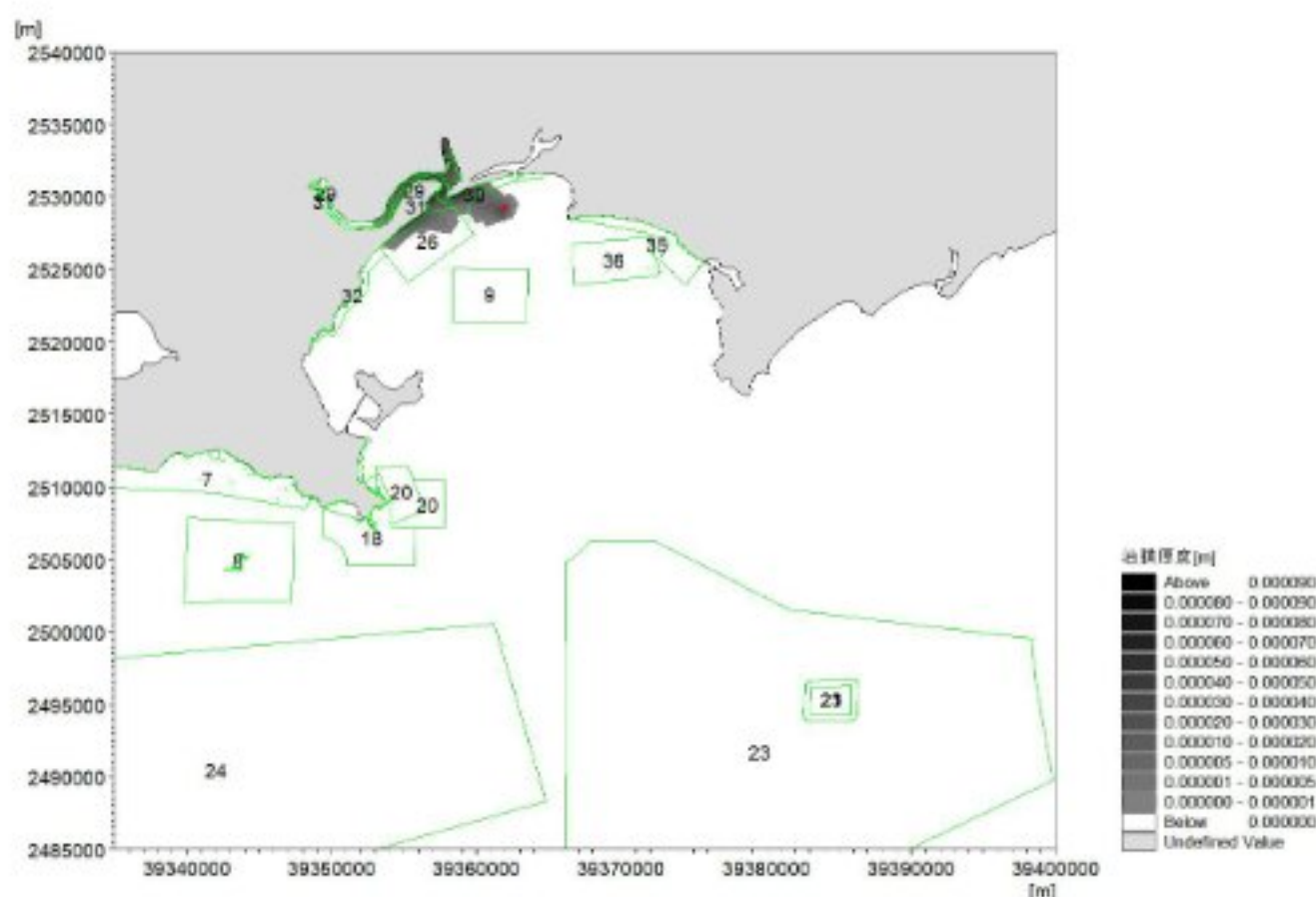


图 6.3.3-5 E 向 2.4m/s 风速落急时刻燃油泄漏的油膜漂移 12h、24h 扩散范围

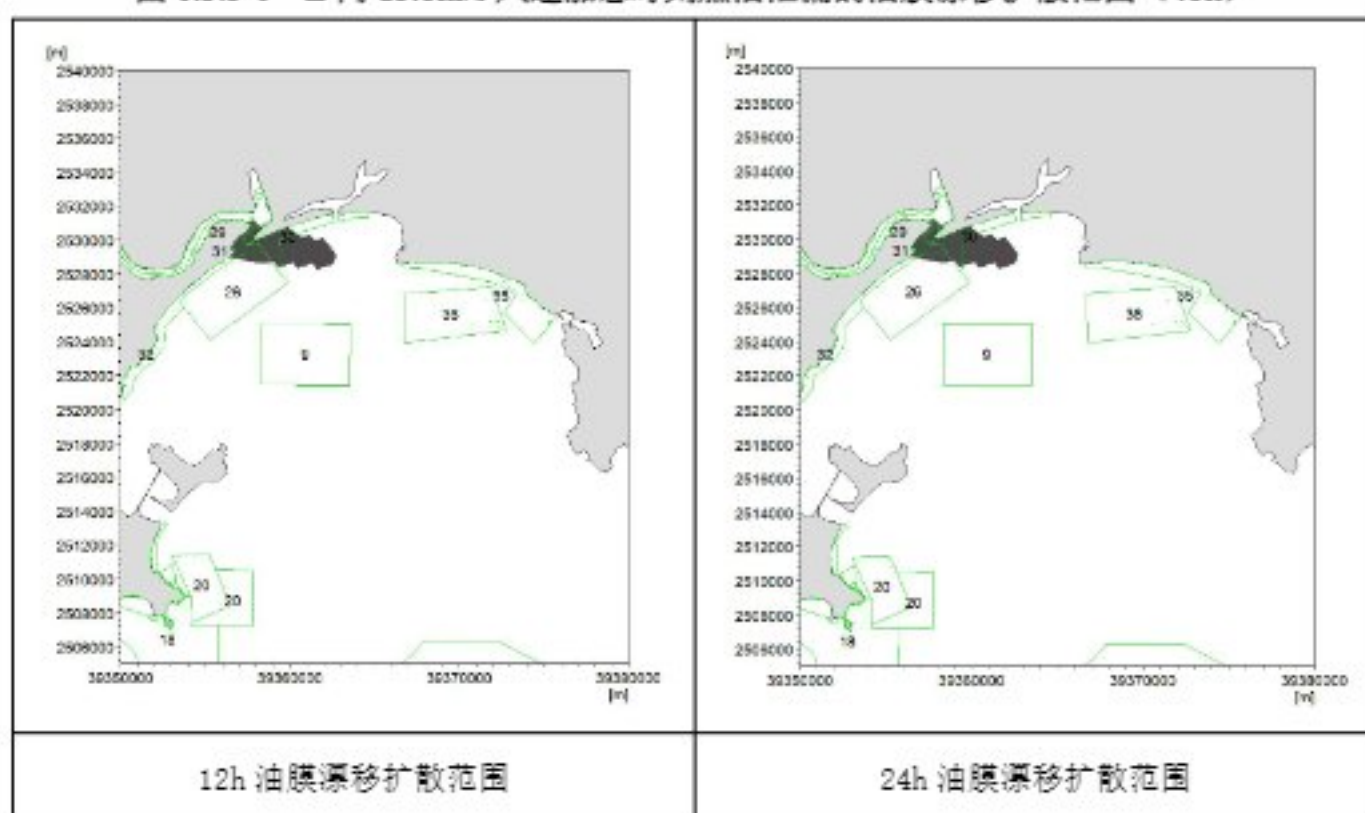
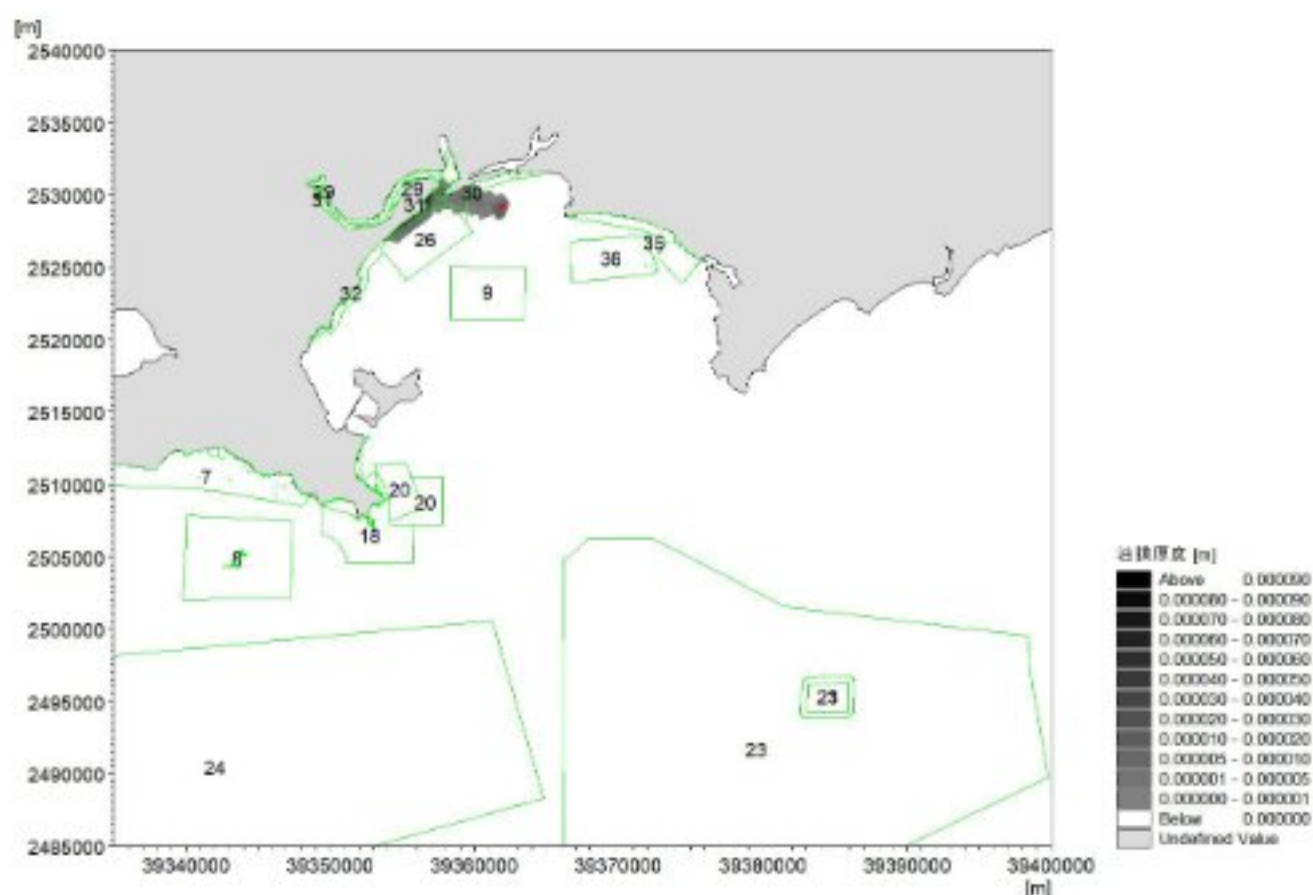


图 6.3.3-7 E 向 13.8m/s 风速涨急时刻燃油泄漏的油膜漂移 12h、24h 扩散范围

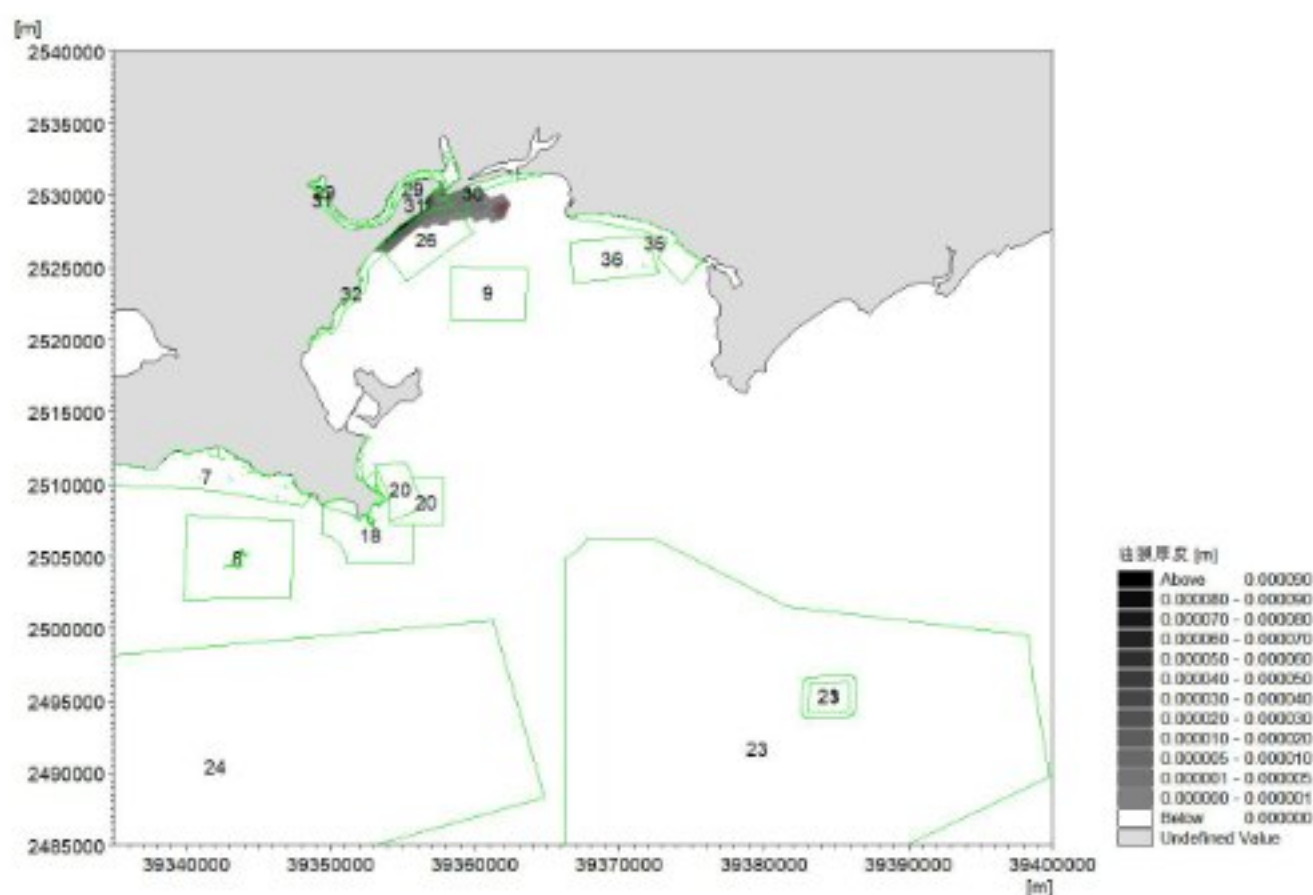


图 6.3.3-8 E 向 13.8m/s 风速落急时刻燃油泄漏的油膜漂移扩散范围 (48h)

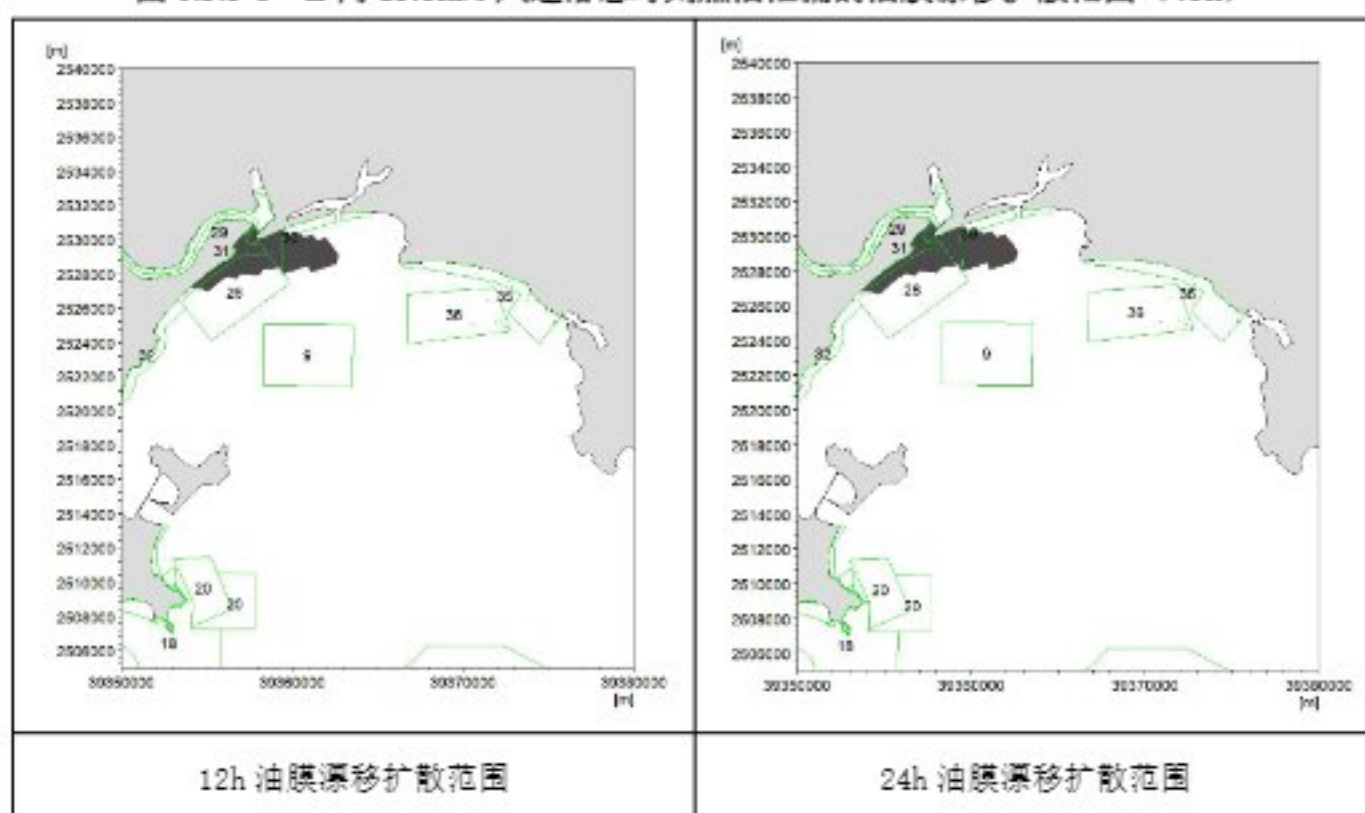


图 6.3.3-9 E 向 13.8m/s 风速落急时刻燃油泄漏的油膜漂移 12h、24h 扩散范围

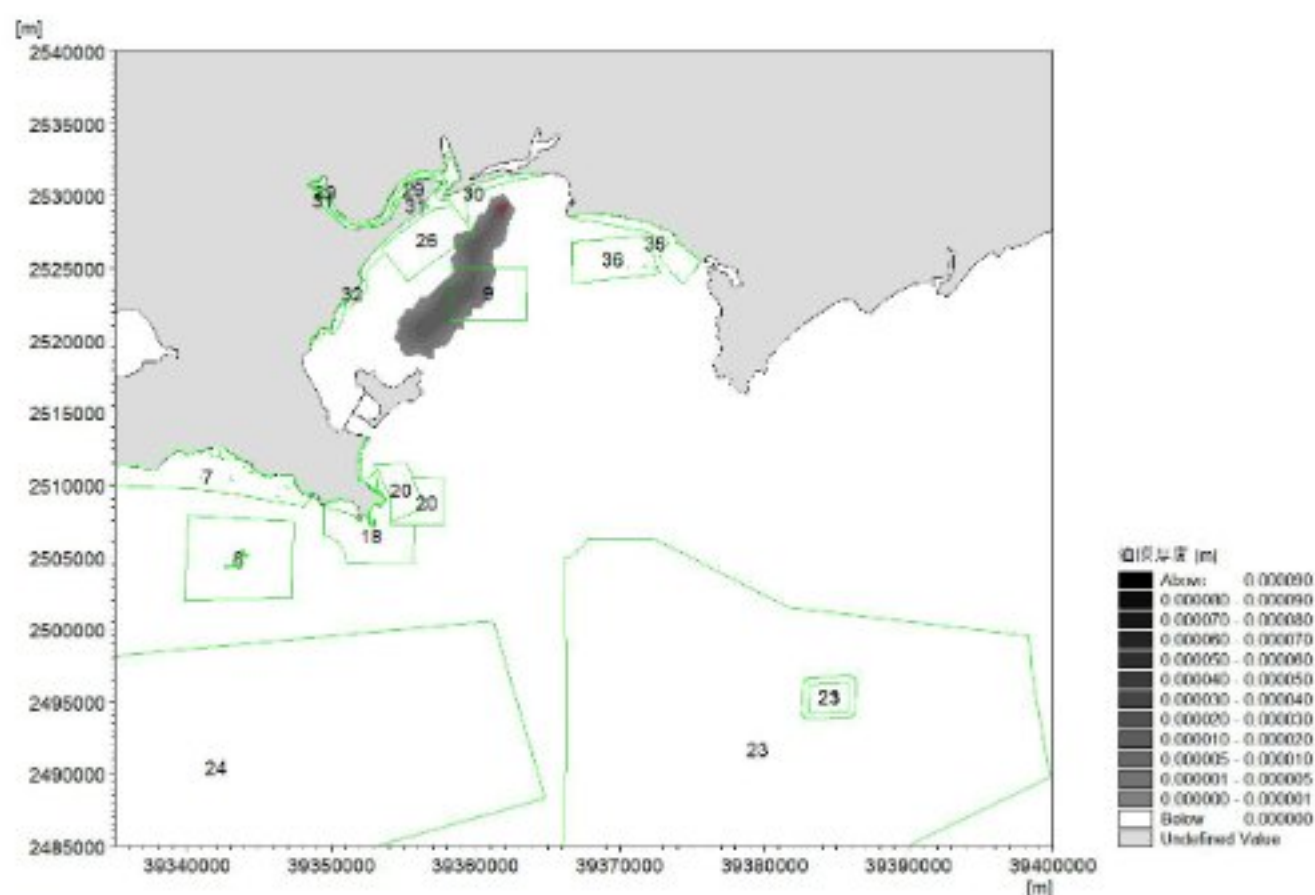


图 6.3.3-10 N 向 2.4m/s 风速涨急时刻燃油泄漏的油膜漂移扩散范围 (48h)

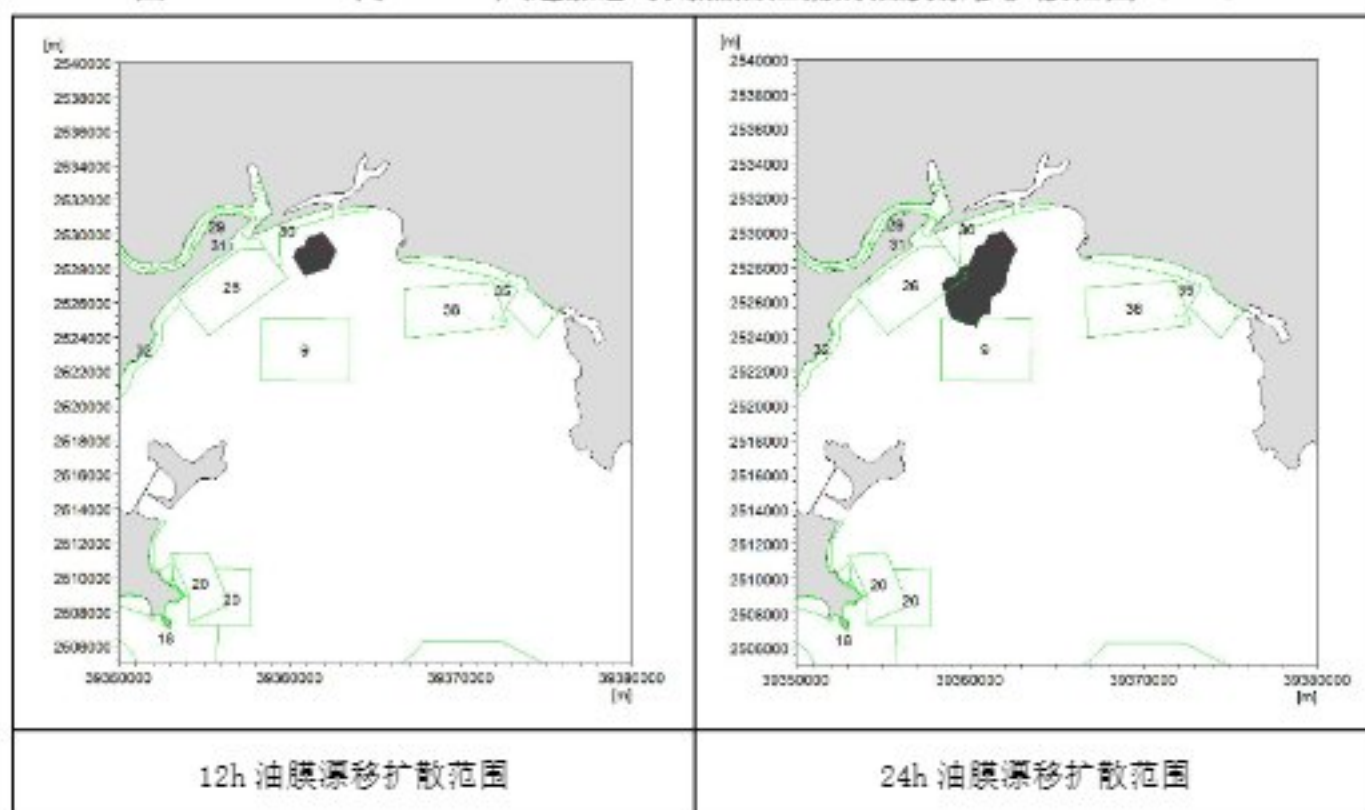


图 6.3.3-11 N 向 2.4m/s 风速涨急时刻燃油泄漏的油膜漂移 12h、24h 扩散范围

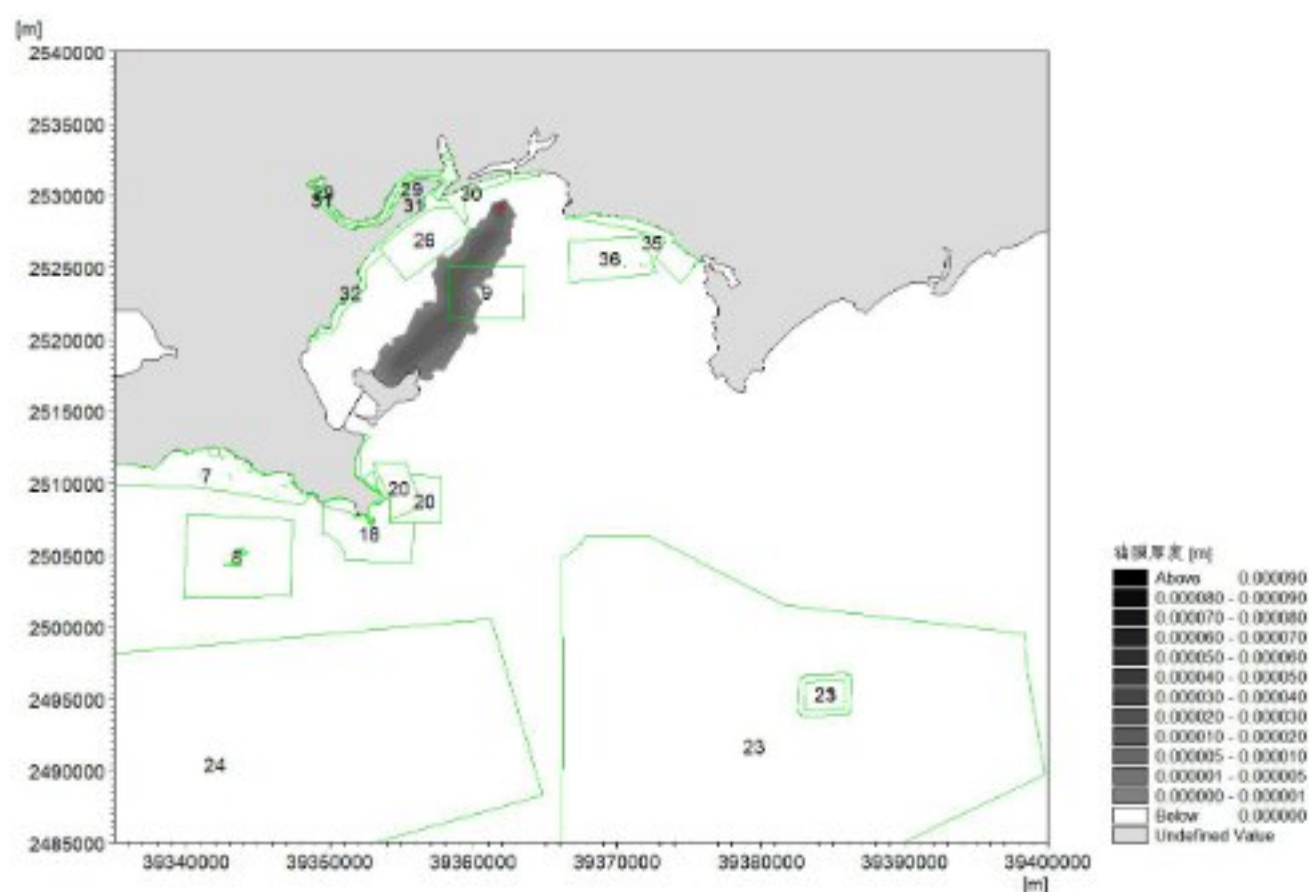


图 6.3.3-12 N 向 2.4m/s 风速落急时刻燃油泄漏的油膜漂移扩散范围 (48h)

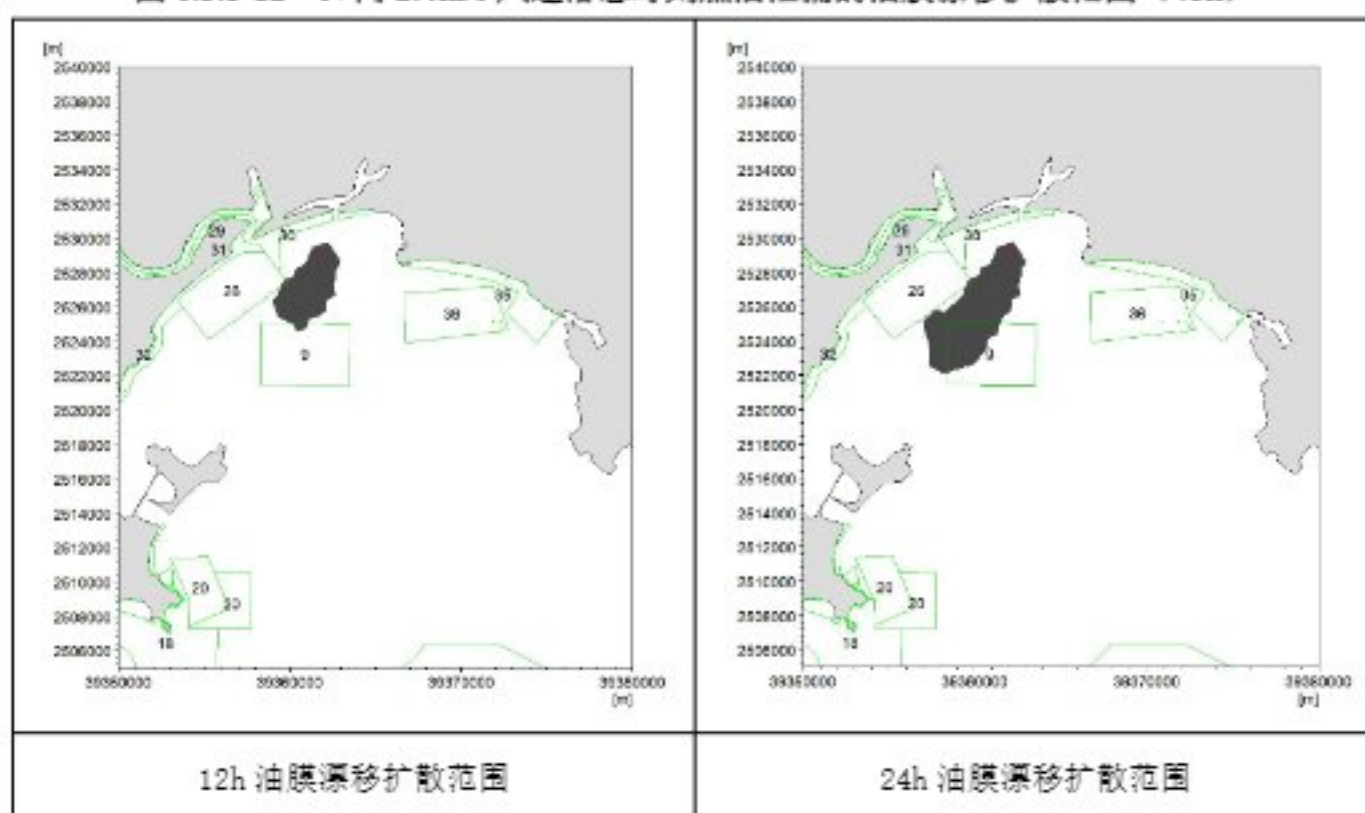


图 6.3.3-13 N 向 2.4m/s 风速落急时刻燃油泄漏的油膜漂移 12h、24h 扩散范围

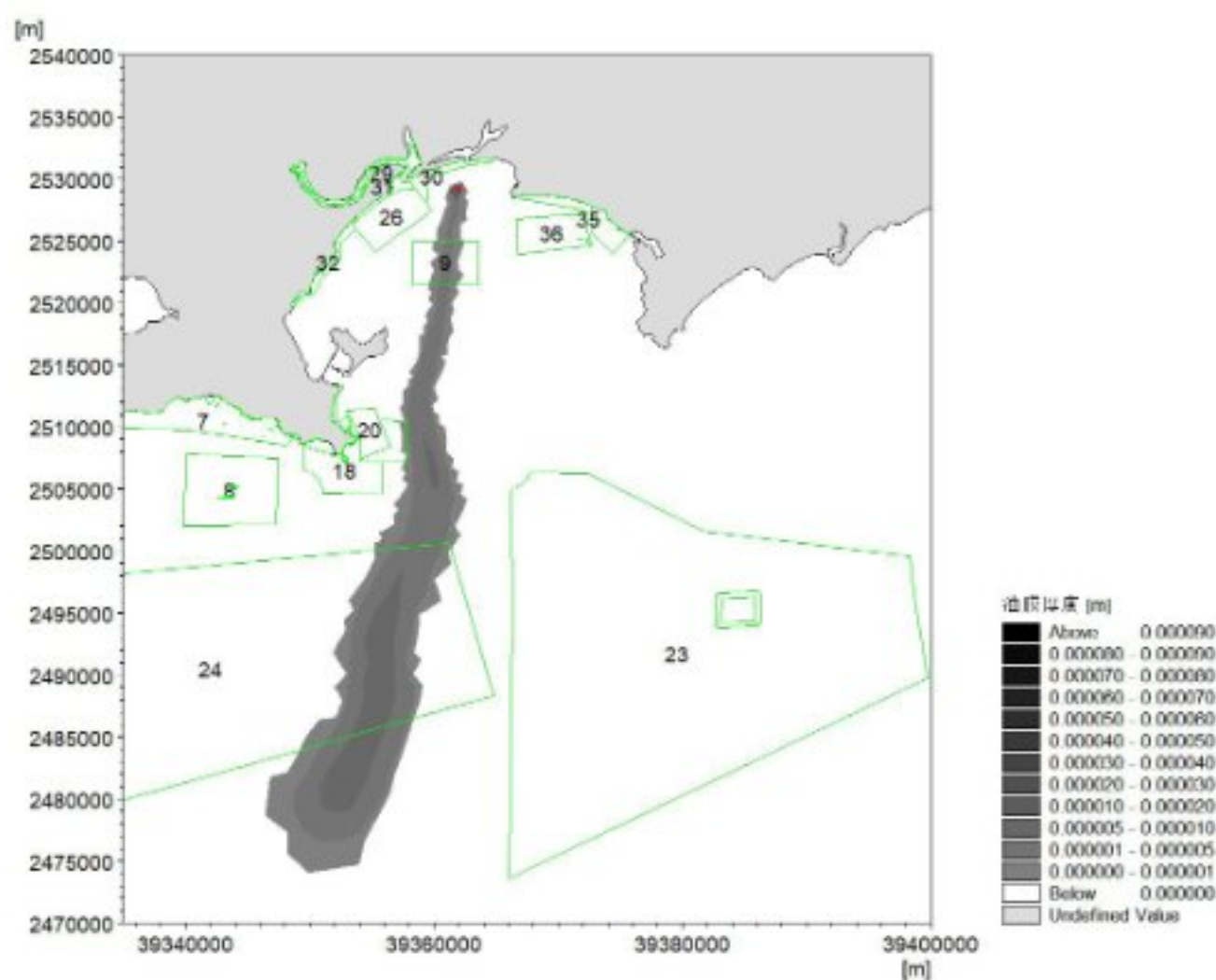


图 6.3.3-14 N 向 13.8m/s 风速涨急时刻燃油泄漏的油膜漂移扩散范围 (48h)

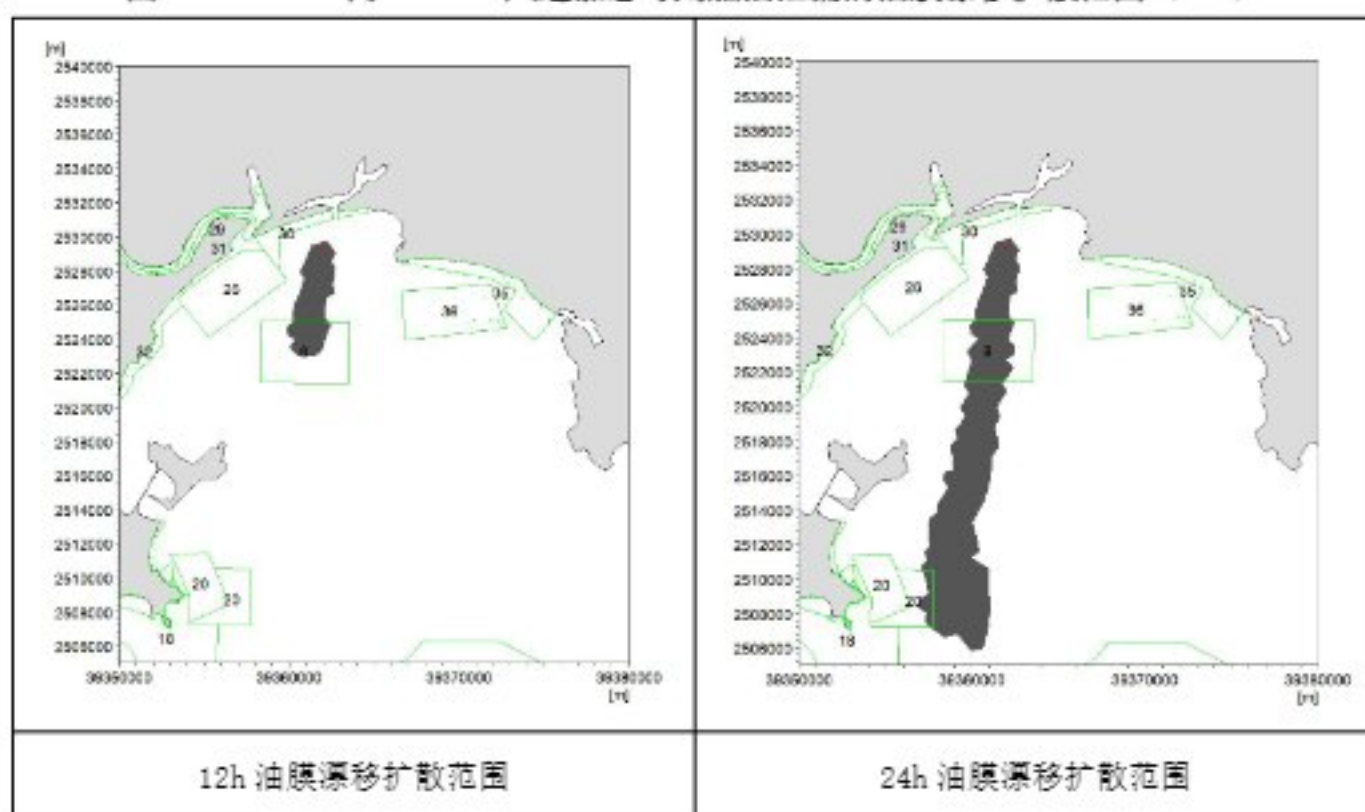


图 6.3.3-15 N 向 13.8m/s 风速涨急时刻燃油泄漏的油膜漂移 12h、24h 扩散范围

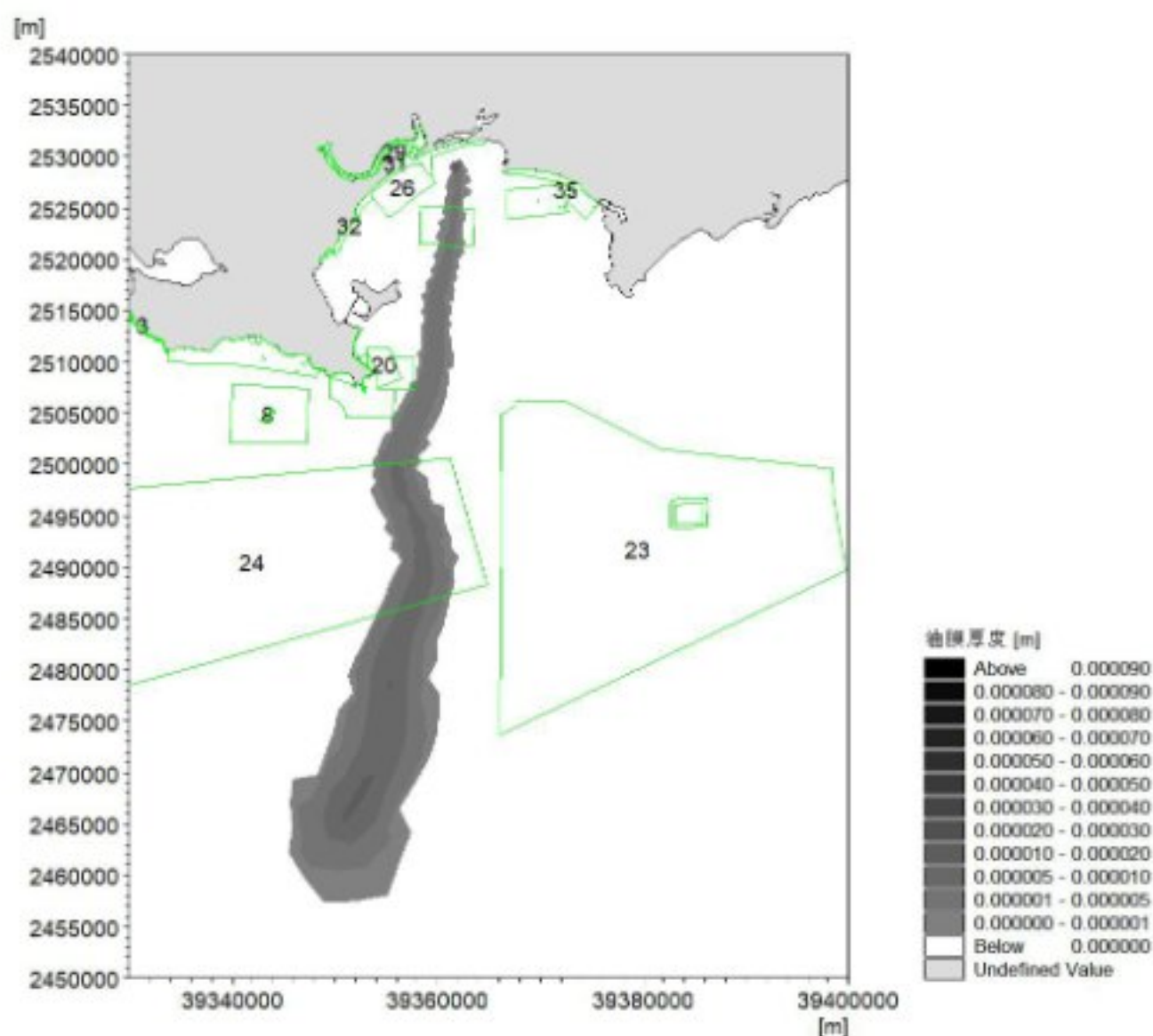


图 6.3.3-16 N 向 13.8m/s 风速落急时刻燃油泄漏的油膜漂移扩散范围 (48h)

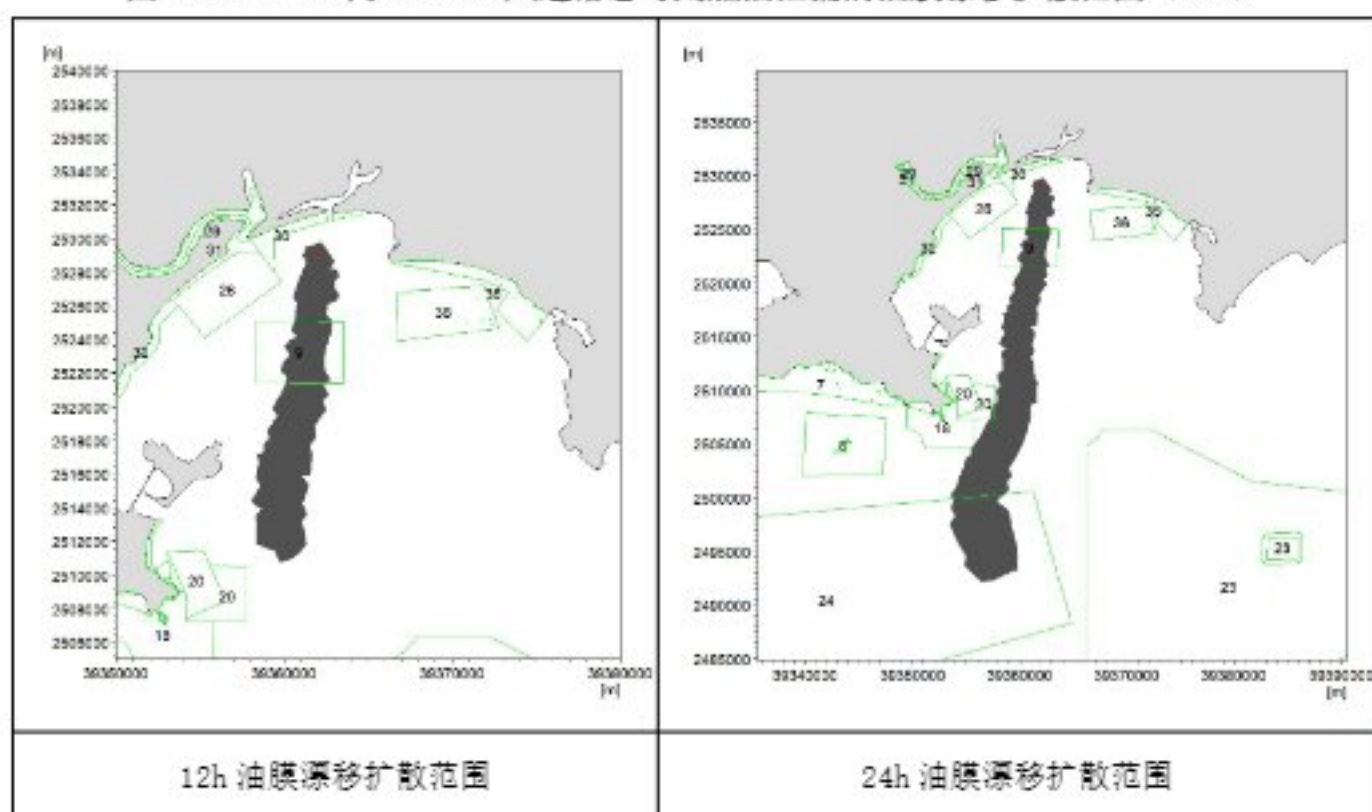


图 6.3.3-17 N 向 13.8m/s 风速落急时刻燃油泄漏的油膜漂移 12h、24h 扩散范围

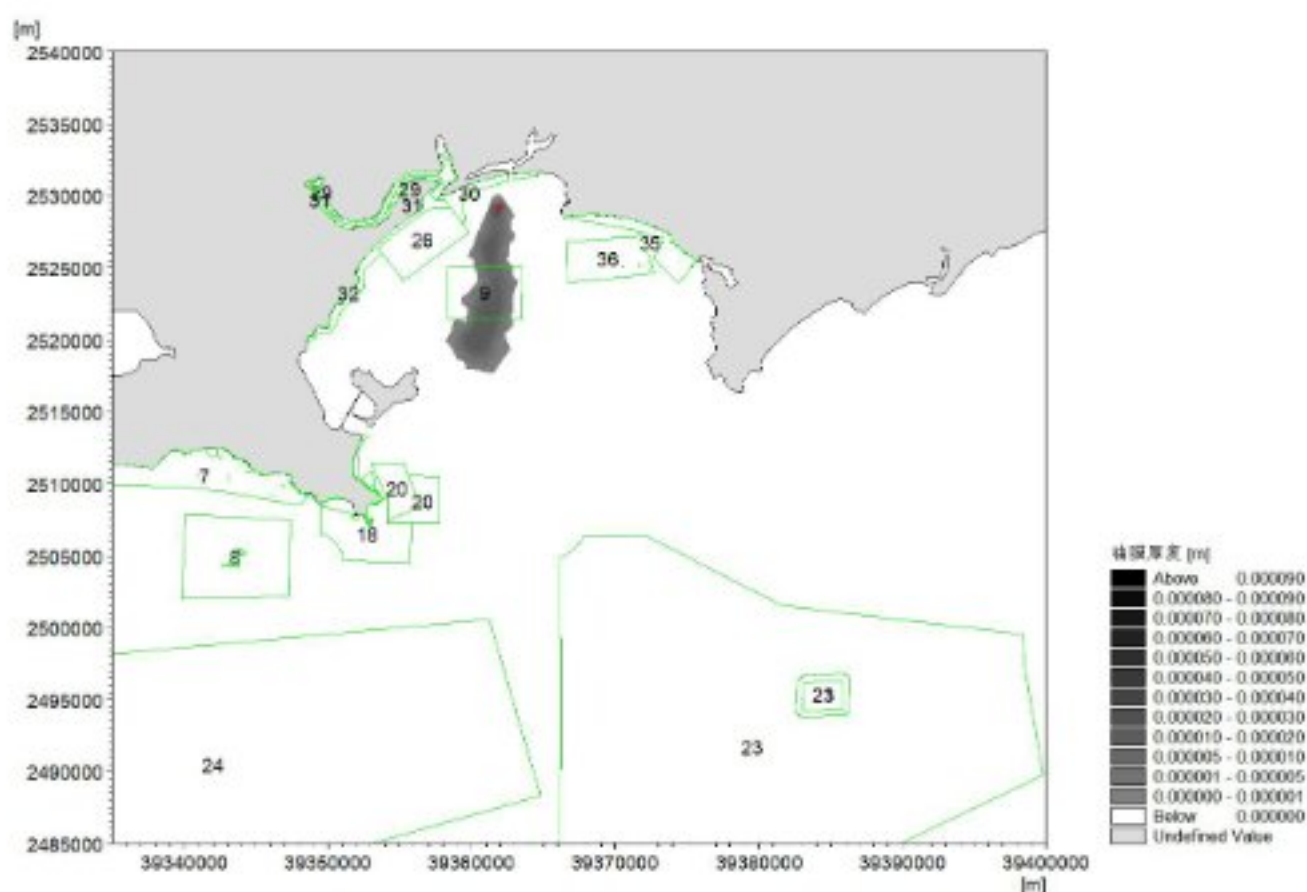


图 6.3.3-18 NNW 向 2.5m/s 风速涨急时刻燃油泄漏的油膜漂移扩散范围 (48h)

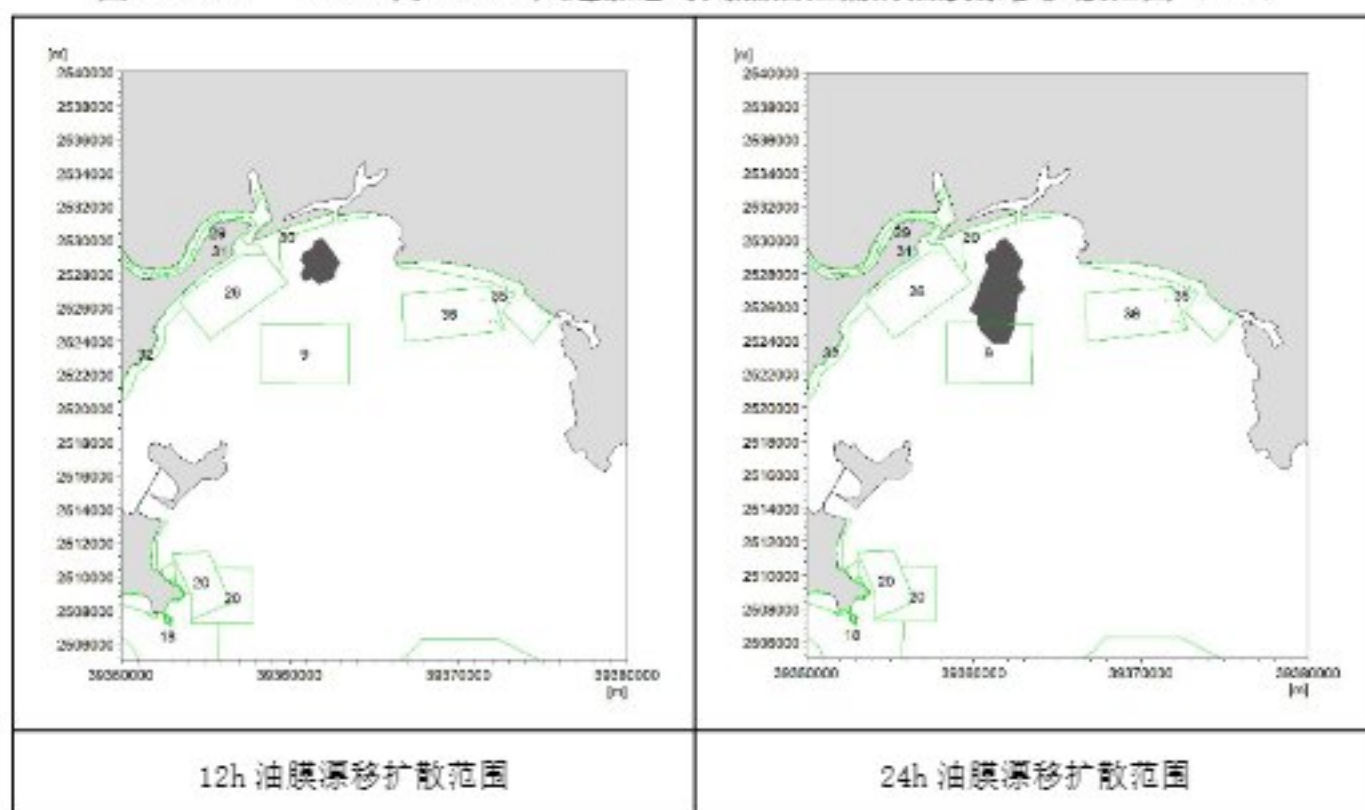


图 6.3.3-19 NNW 向 2.5m/s 风速涨急时刻燃油泄漏的油膜漂移 12h、24h 扩散范围

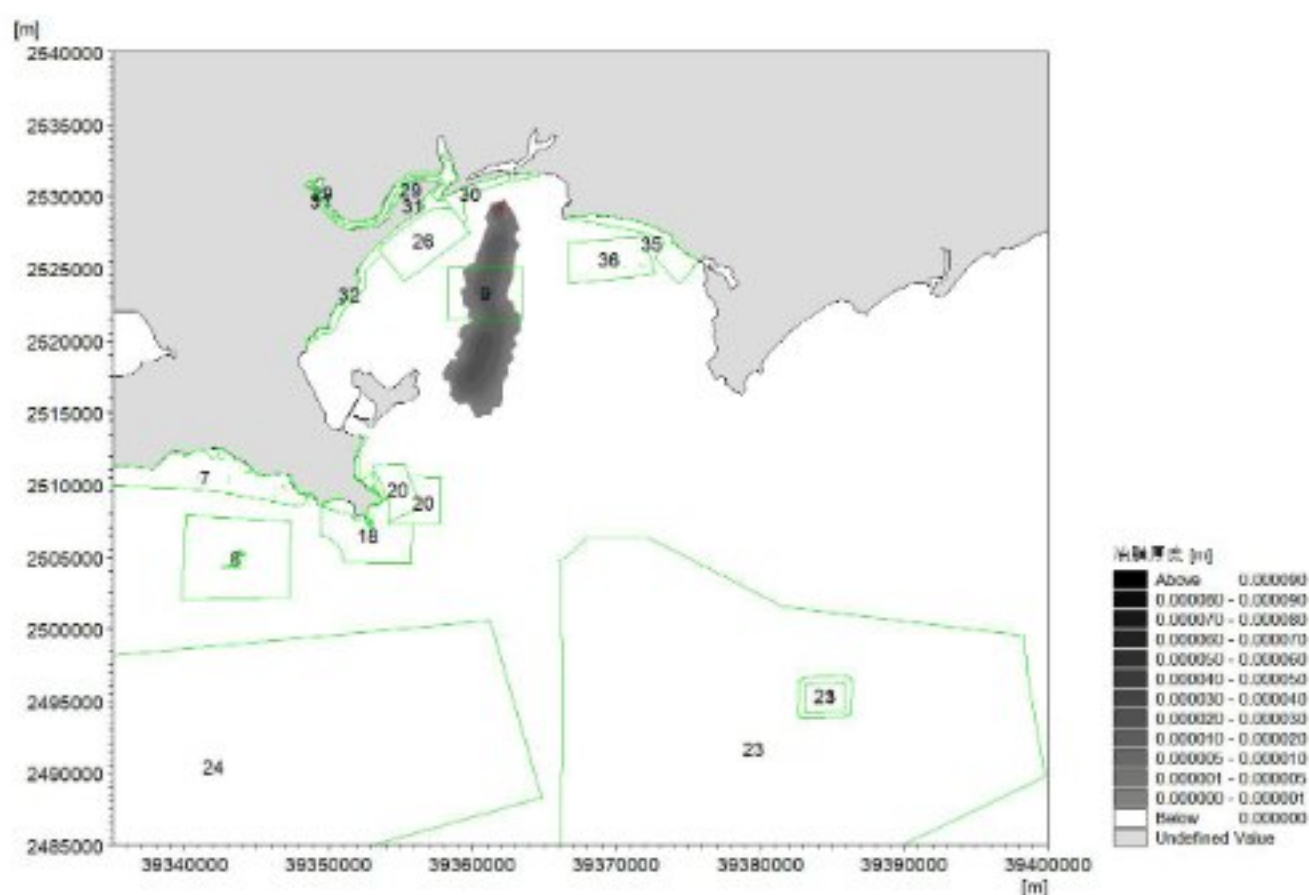


图 6.3.3-20 NNW 向 2.5m/s 风速落急时刻燃油泄漏的油膜漂移扩散范围 (48h)

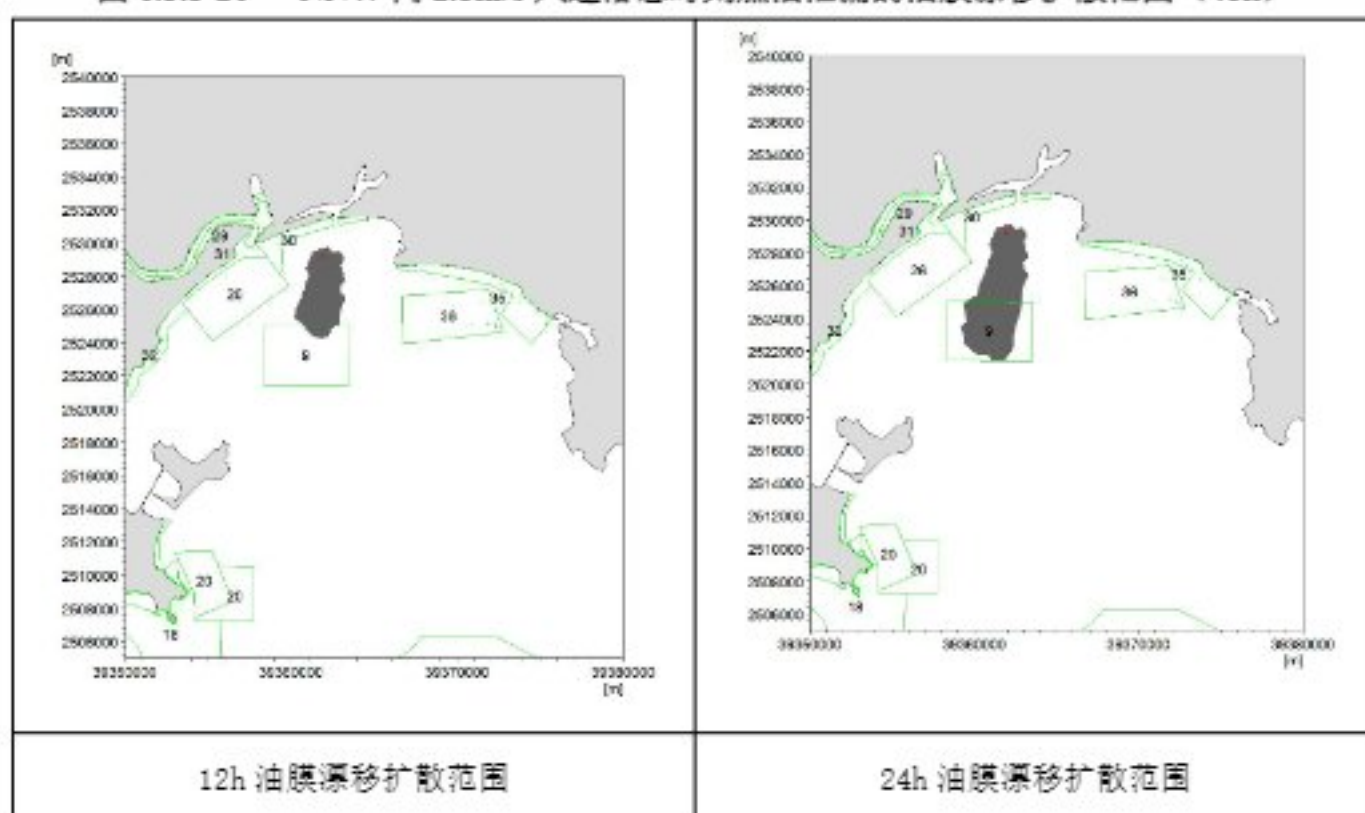


图 6.3.3-21 NNW 向 2.5m/s 风速落急时刻燃油泄漏的油膜漂移 12h、24h 扩散范围

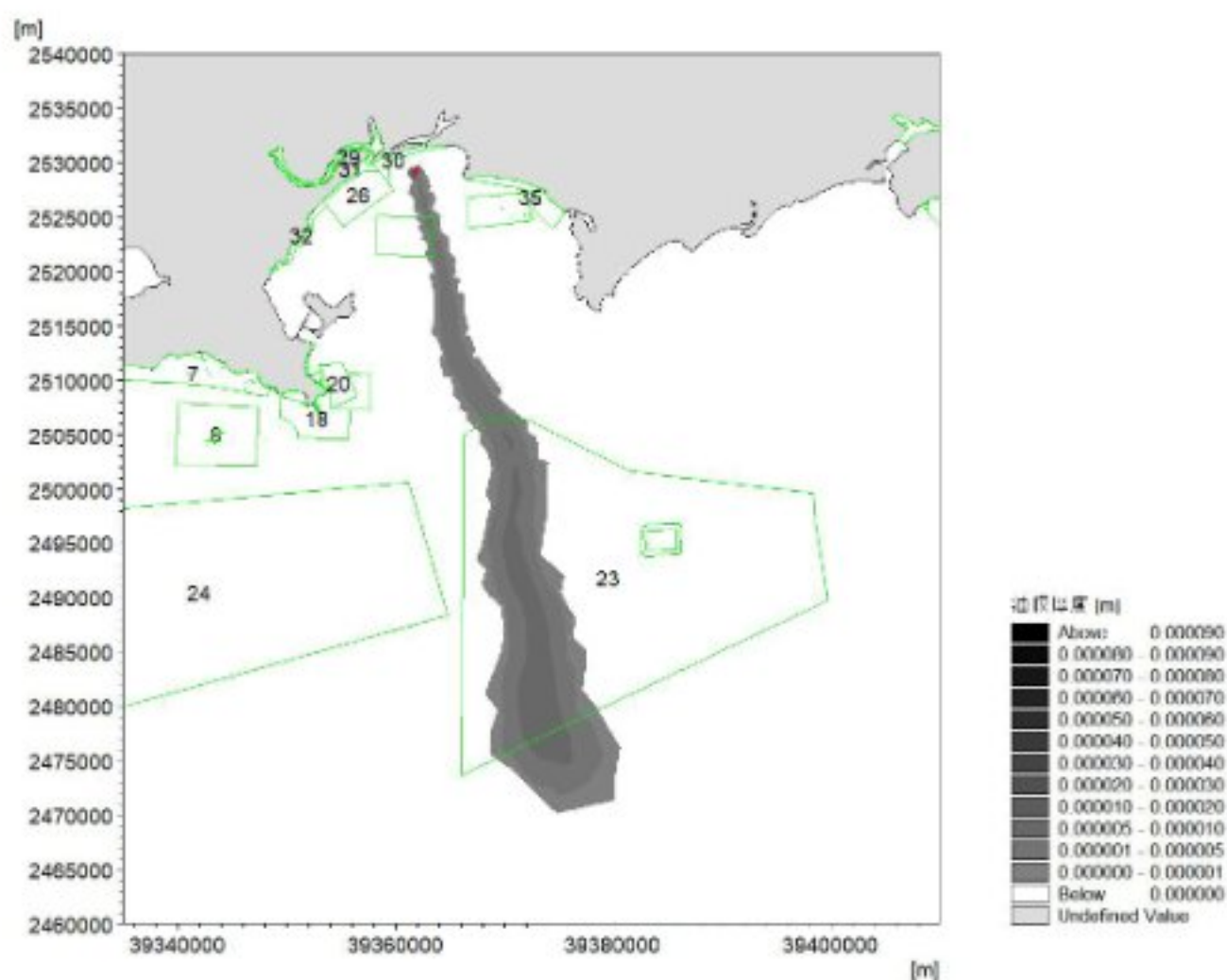


图 6.3.3-22 NNW 向 13.8m/s 风速涨急时刻燃油泄漏的油膜漂移扩散范围 (48h)

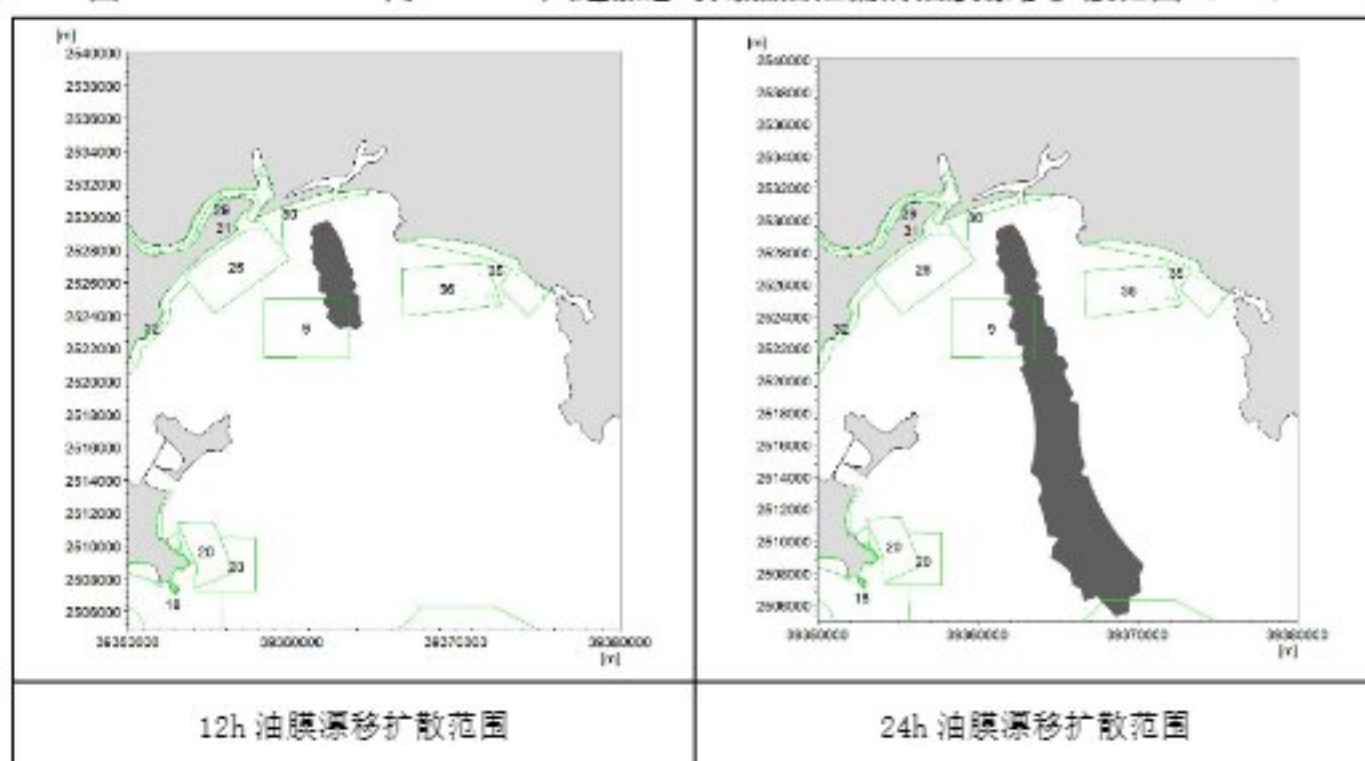


图 6.3.3-23 NNW 向 13.8m/s 风速涨急时刻燃油泄漏的油膜漂移 12h、24h 扩散范围

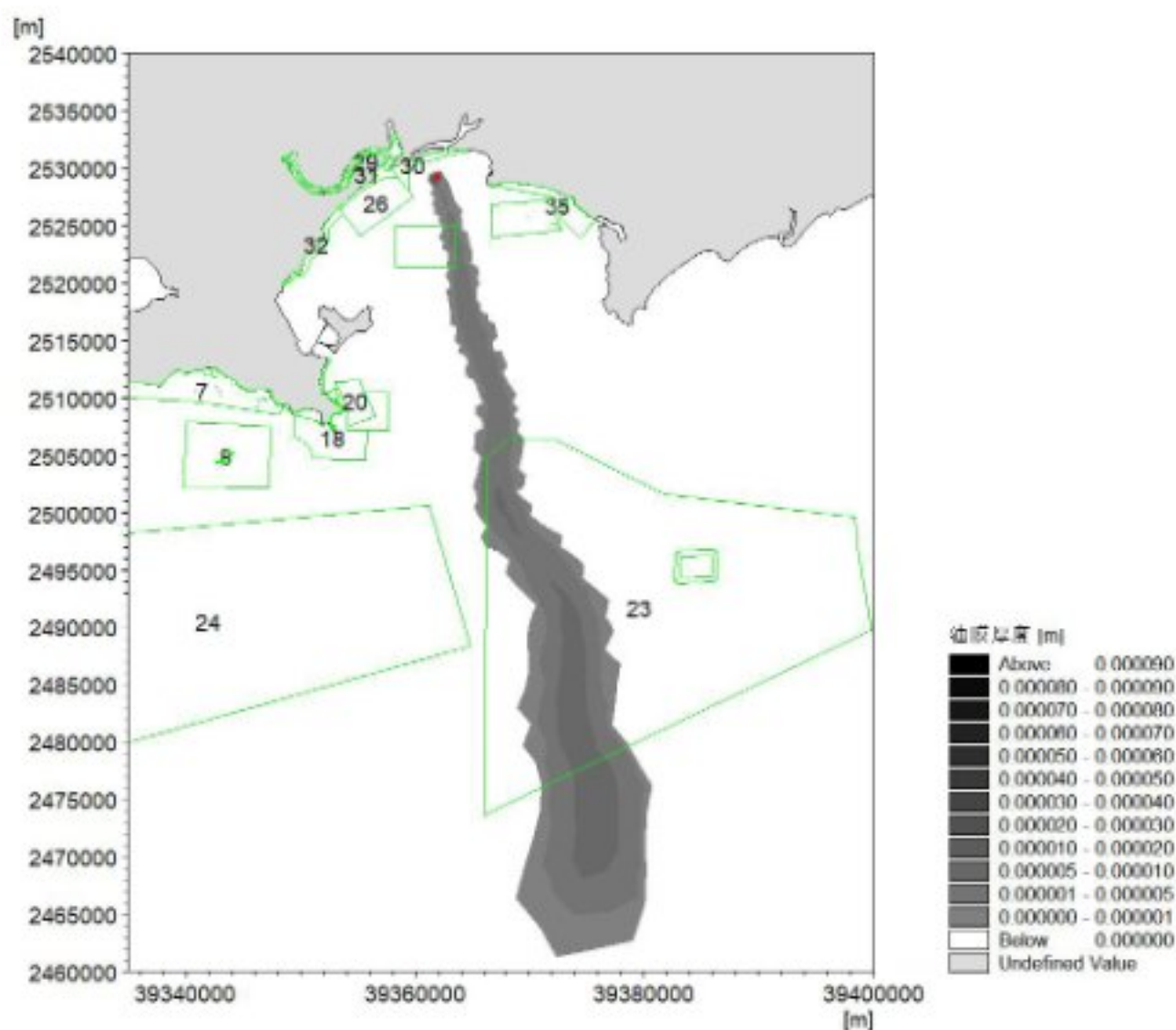


图 6.3.3-24 NNW 向 13.8m/s 风速落急时刻燃油泄漏的油膜漂移扩散范围 (48h)

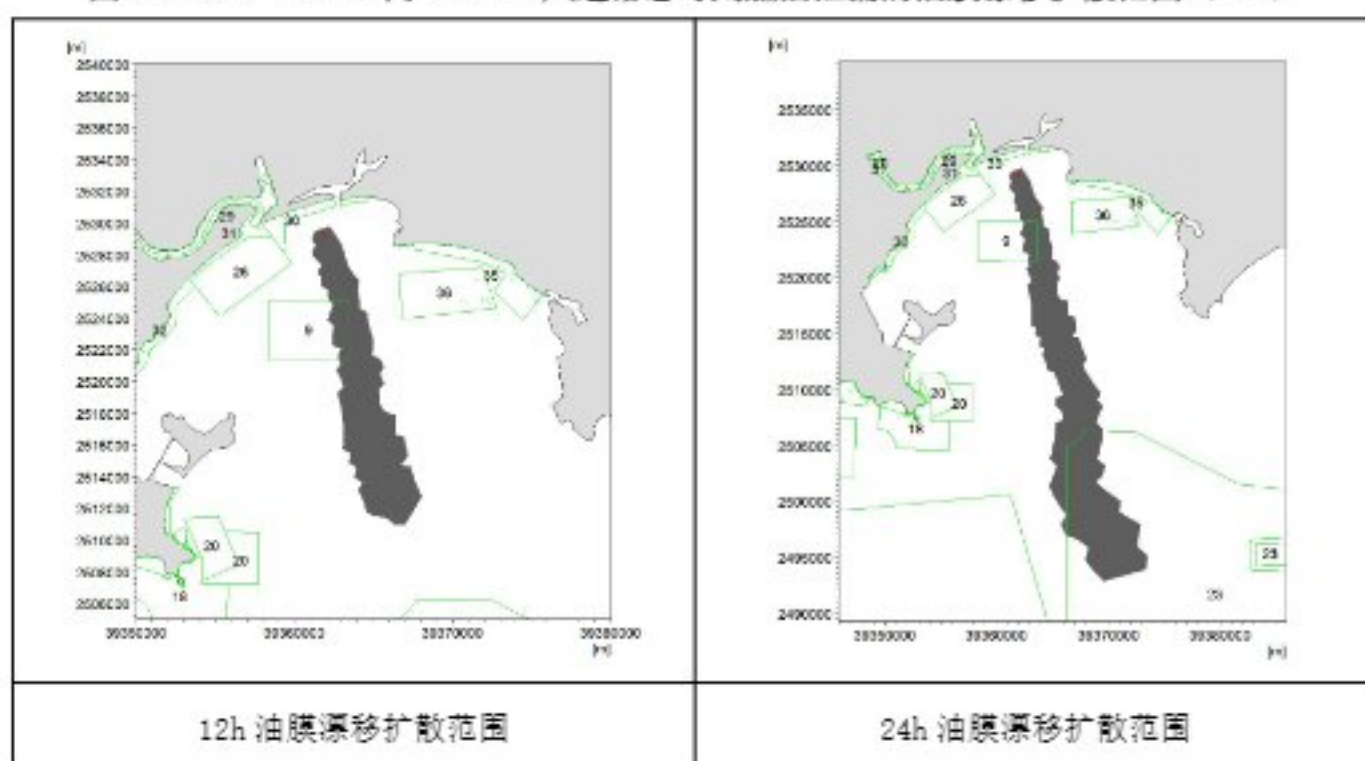


图 6.3.3-25 NNW 向 13.8m/s 风速落急时刻燃油泄漏的油膜漂移 12h、24h 扩散范围

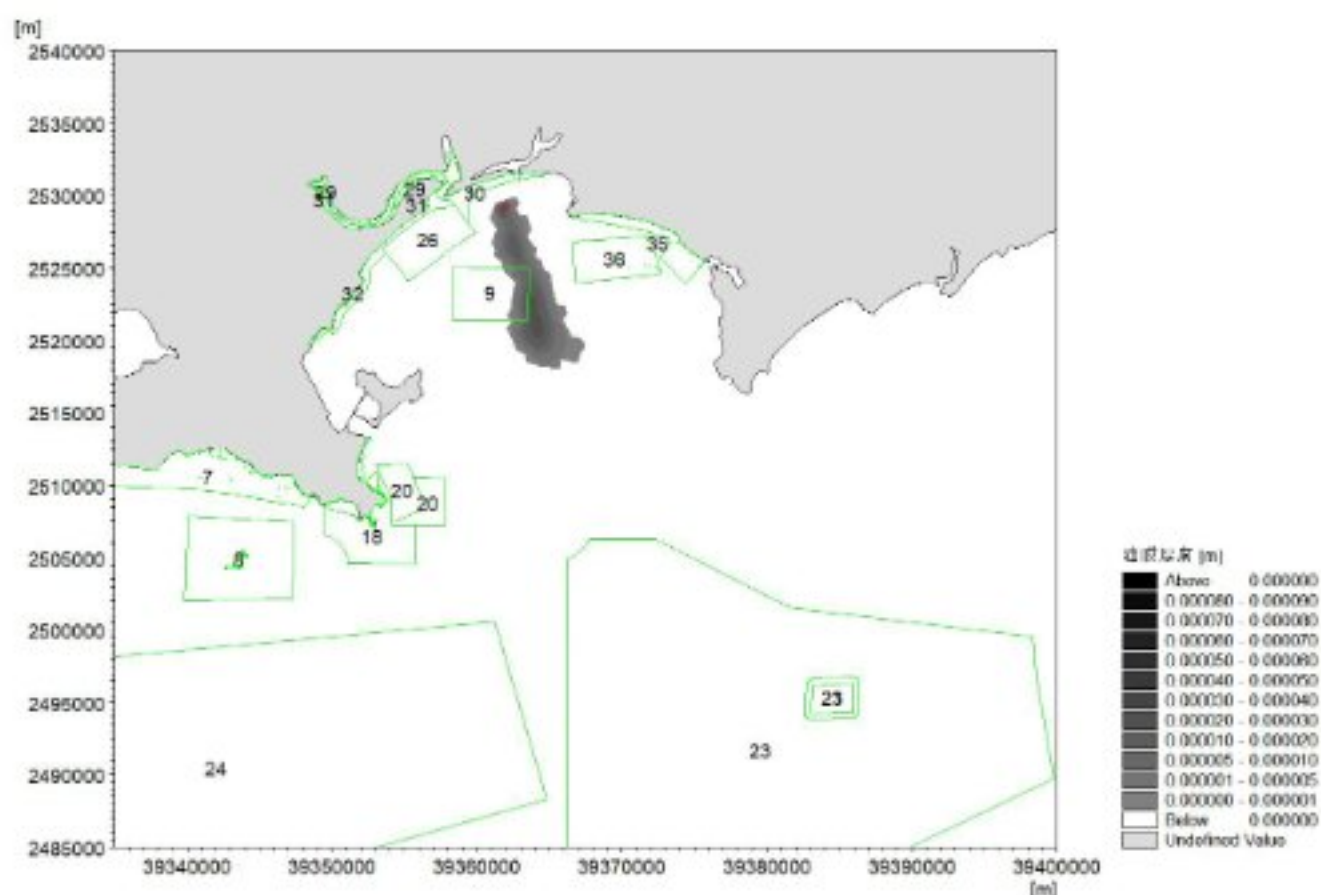


图 6.3.3-26 NW 向 2.4m/s 风速涨急时刻燃油泄漏的油膜漂移扩散范围 (48h)

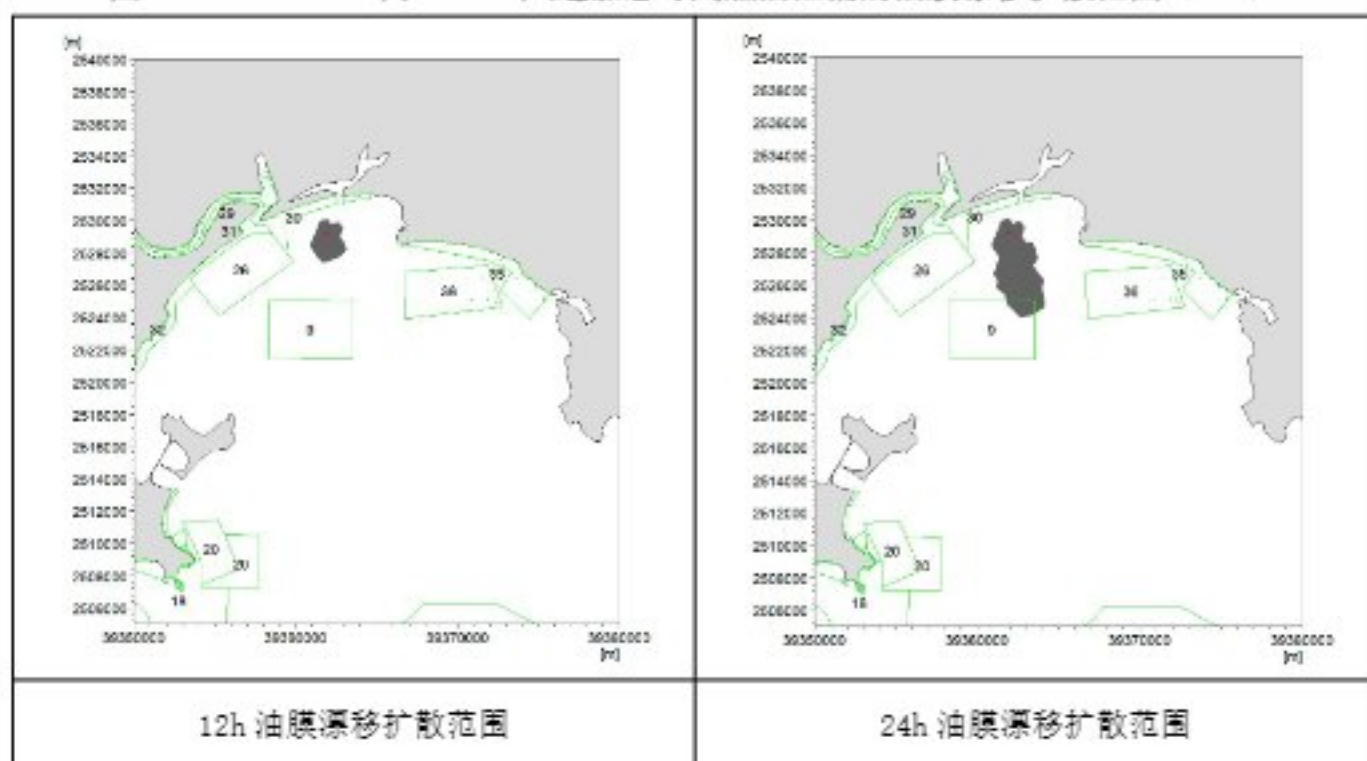


图 6.3.3-27 NW 向 2.4m/s 风速涨急时刻燃油泄漏的油膜漂移 12h、24h 扩散范围

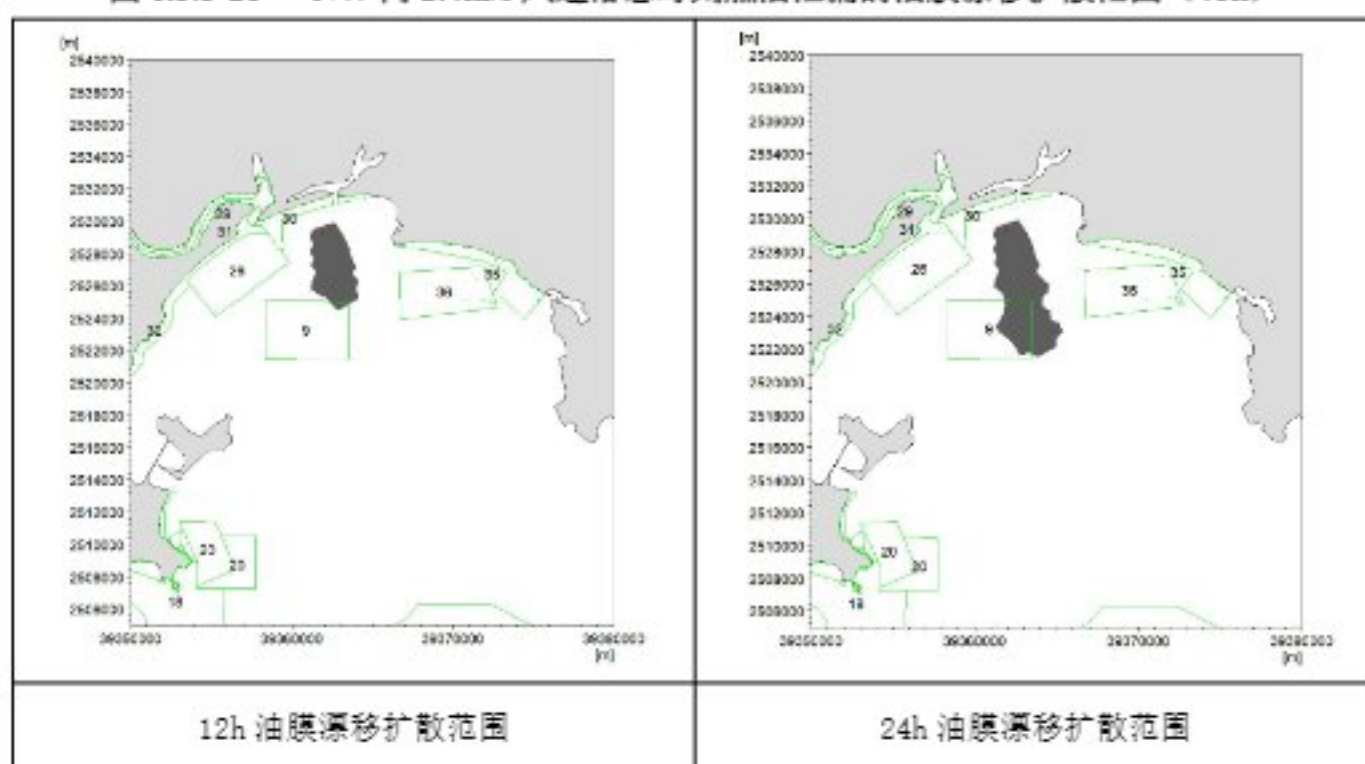
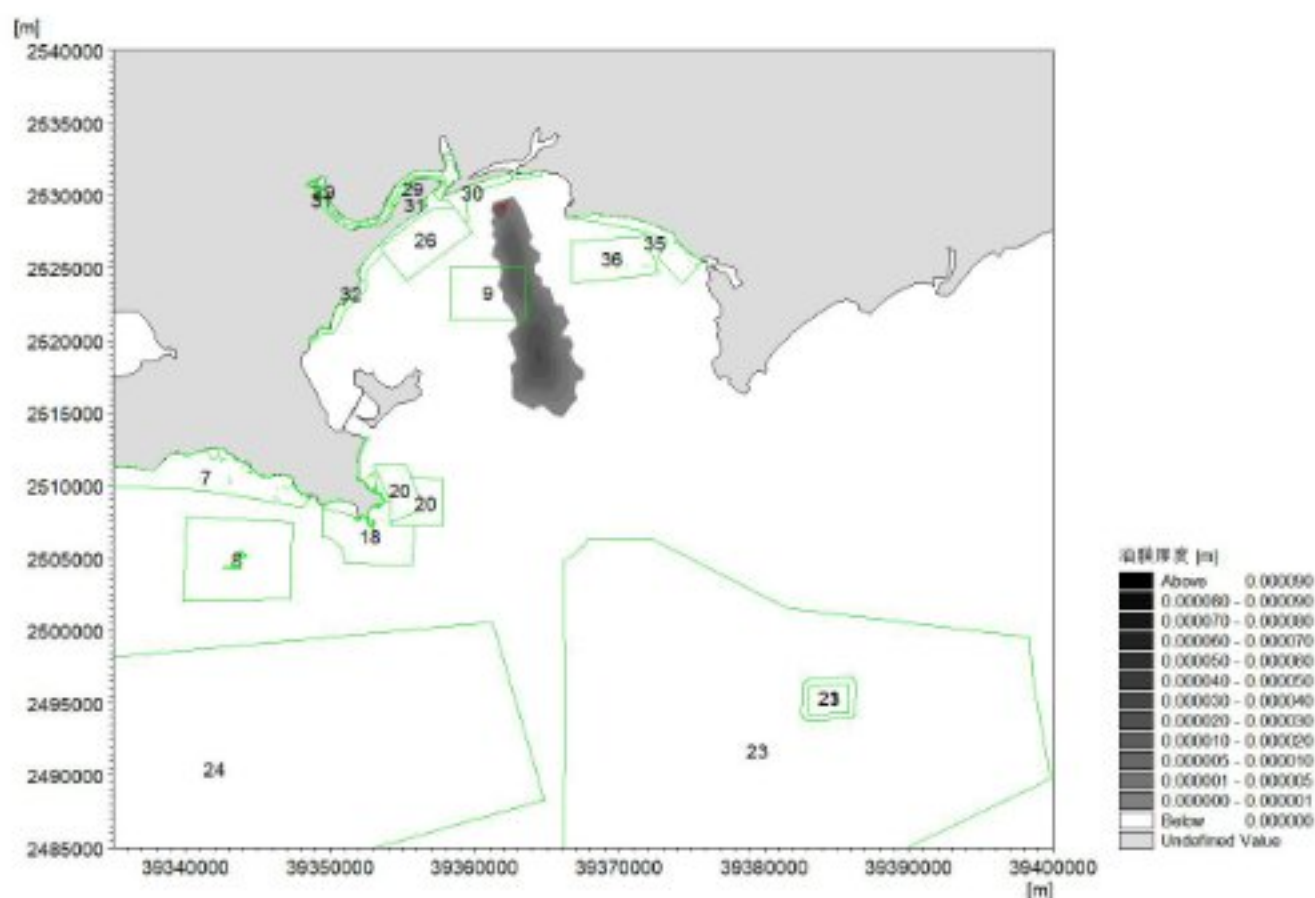


图 6.3.3-29 NW 向 2.4m/s 风速落急时刻燃油泄漏的油膜漂移 12h、24h 扩散范围

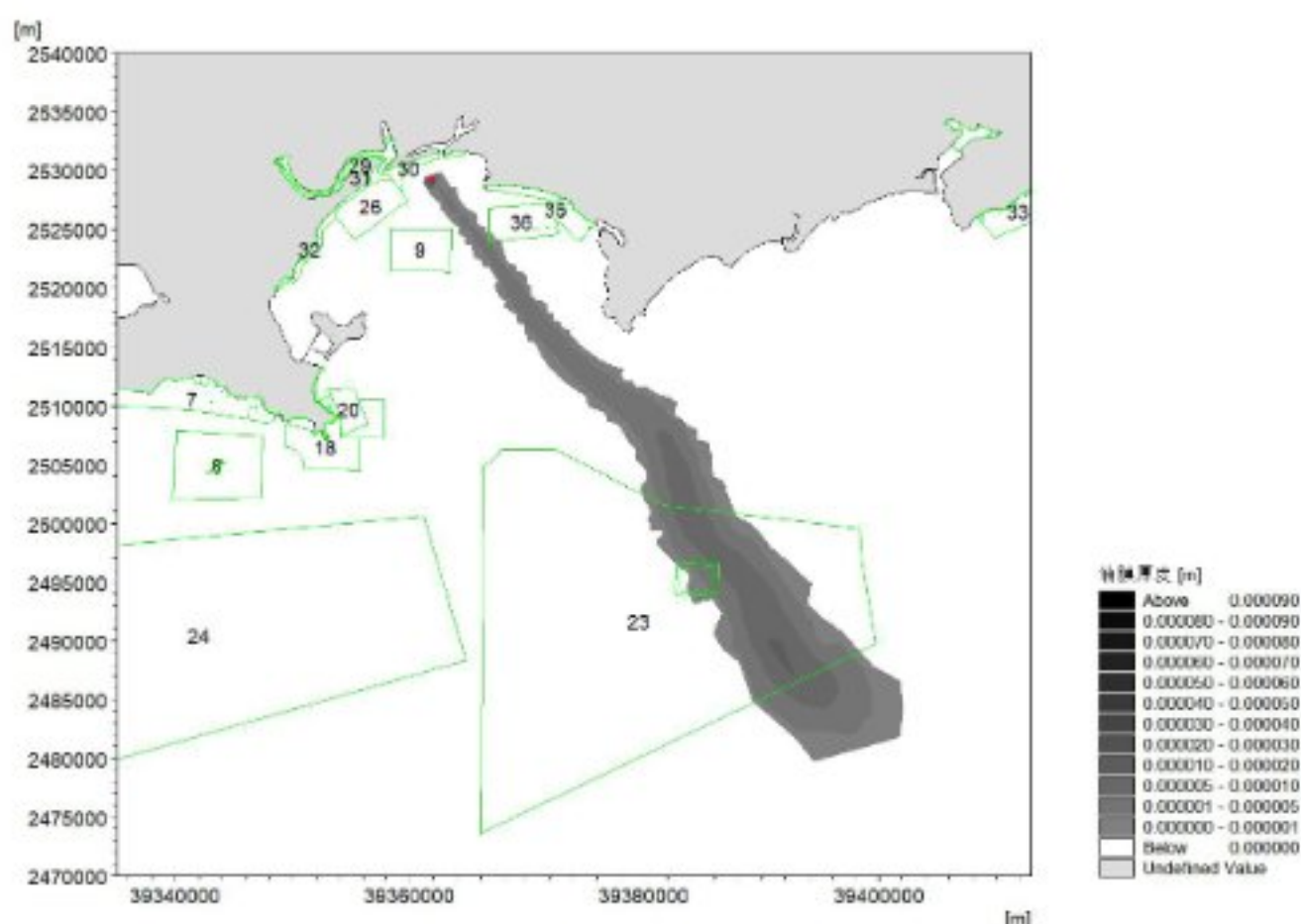


图 6.3.3-30 NW 向 13.8m/s 风速涨急时刻燃油泄漏的油膜漂移扩散范围 (48h)

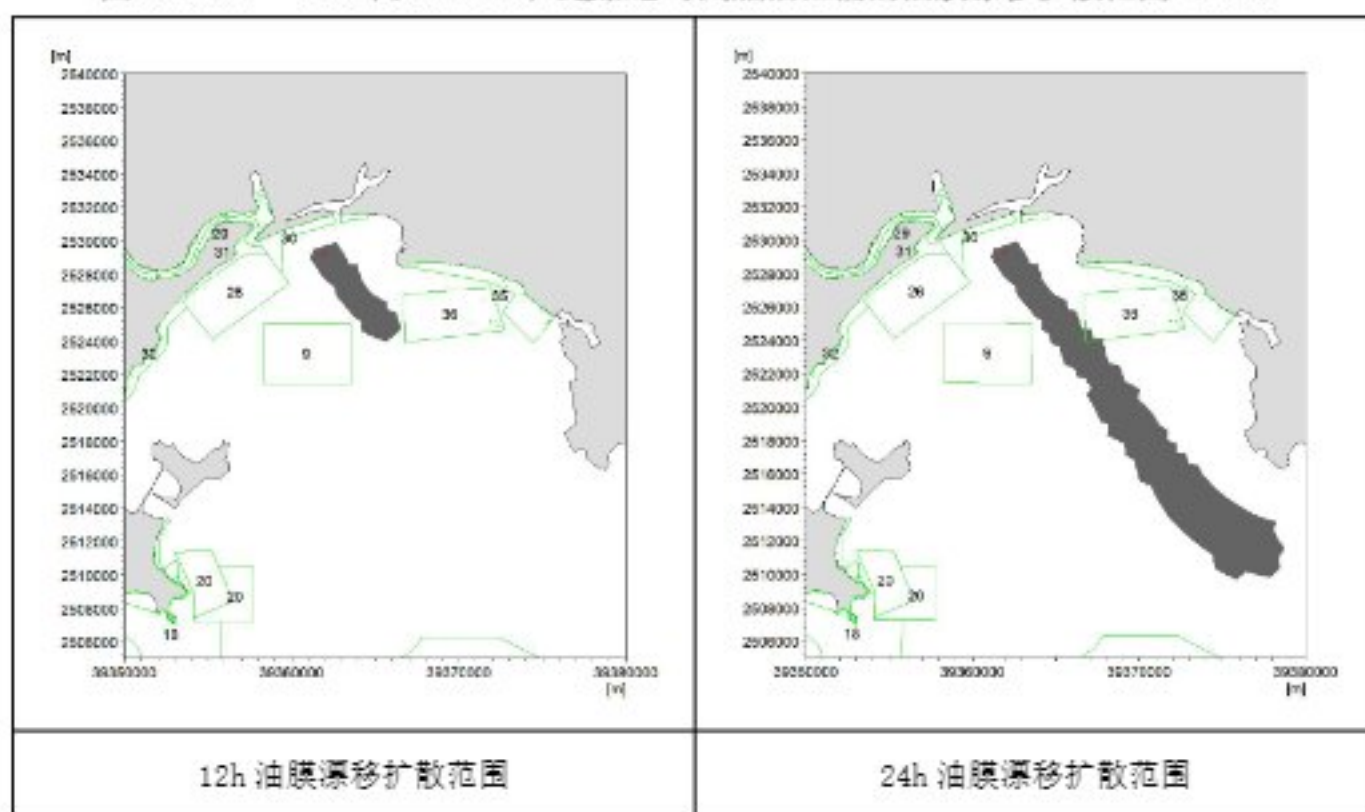


图 6.3.3-31 NW 向 13.8m/s 风速涨急时刻燃油泄漏的油膜漂移 12h、24h 扩散范围

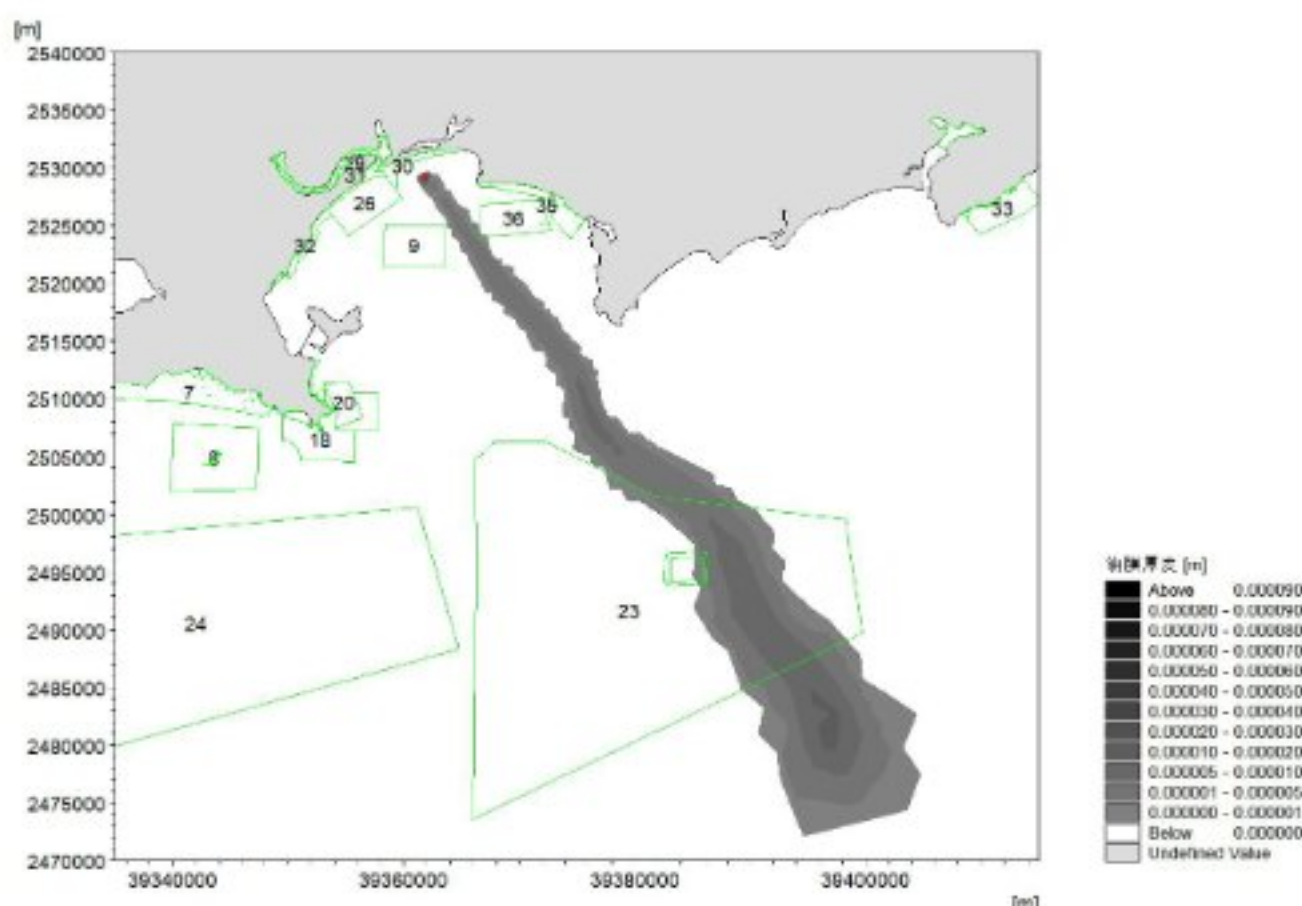


图 6.3.3-32 NW 向 13.8m/s 风速落急时刻燃油泄漏的油膜漂移扩散范围 (48h)

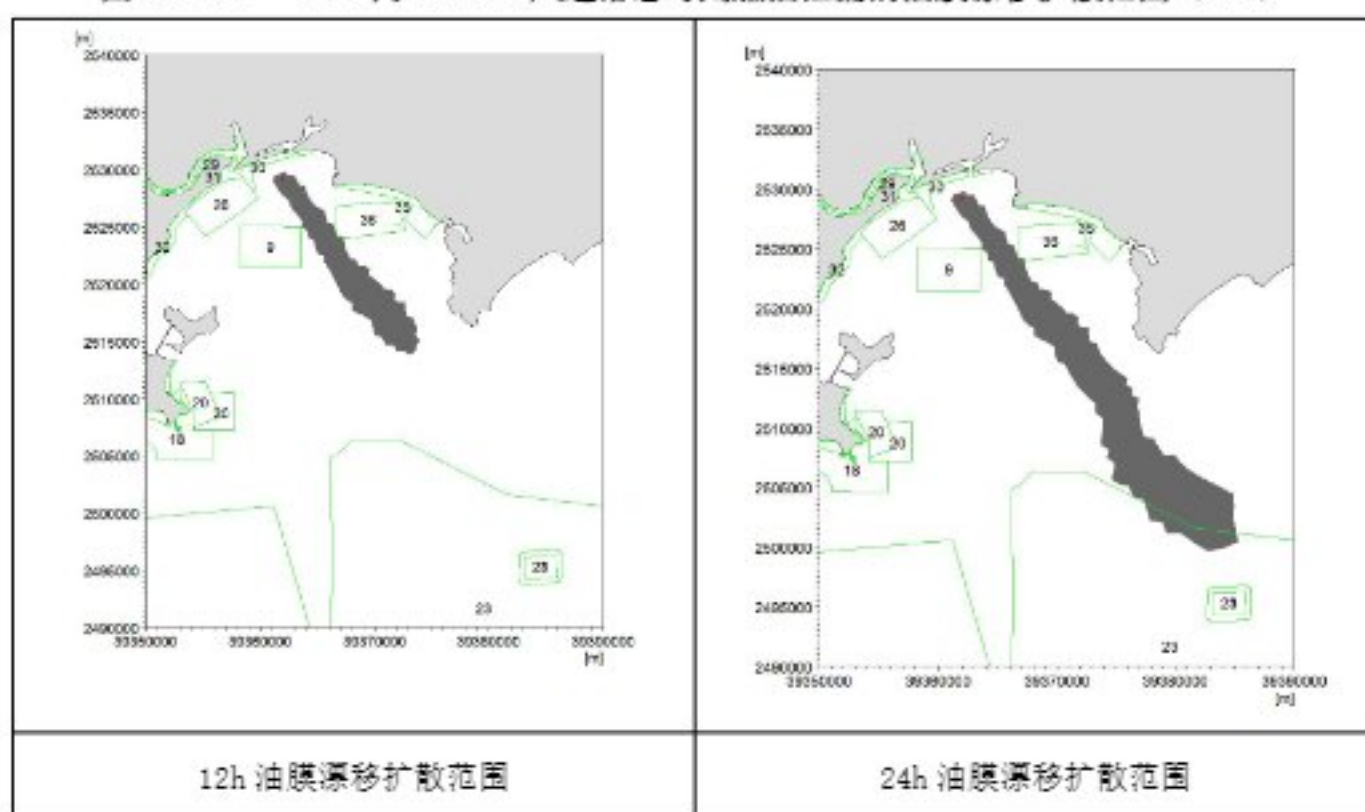


图 6.3.3-33 NW 向 13.8m/s 风速落急时刻燃油泄漏的油膜漂移 12h、24h 扩散范围

6.3.3.4 溢油事故影响分析

本项目施工需使用施工船舶，运营期需使用养殖辅助船。重大溢油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，造成轮船触礁、碰撞和搁浅而引起的重大溢油污染事故。在施工及运维作业中溢油风险的概率较低，

但有可能出现因管理不严、措施不当而引起的环境污染等事故，主要是船舶碰撞后出现的溢油和意外漏油事故。

(1) 对海洋生态环境的影响

①溢油对海域水质和沉积物环境的影响

受溢油影响的海域，油膜覆盖在海水表面，可溶性组分不断溶于水中，在风浪的冲击下，油膜不断破碎分散，并与水混合成为乳化油，增加了水中的石油浓度。油膜覆盖下，影响水—气之间的交换，致使溶解氧减小，从而影响水的物理化学和生物化学过程。溢油后，石油的重组分可自行沉积，或粘附在悬浮物颗粒中，沉积在沉积物表面。油块可在重力作用下沉降，从而影响沉积物表面物理性质和化学成分。

②溢油对海域生物资源的影响

油膜覆盖下，影响水-气之间的交换，致使溶解氧减小，光照减弱，从而影响浮游动物、浮游植物及底栖生物的生长。而溶解及乳化后的油会对水生生物资源造成一定危害，沉积到底质的油类将对底栖生物造成严重影响。因此，一旦发生事故溢油且处理不及时，将对油膜扫过海域的水生生物资源造成一定影响，主要体现在溢油突发时的急性致死影响及围油、回收油不彻底而产生的长期慢性污染影响。

(2) 对海洋生物的影响

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。

底栖生物的耐油污性通常很差，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 0.01~0.1ppm 时，对某些底栖甲壳类动物幼体有明显的毒效。

③对渔业资源的影响

石油泄漏入海后，以油包水或水包油的形式分散在水中，形成乳化油。乳化油颗粒小，可吸附于鱼类的鳃上，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应，其症状表现为急性、亚急性和慢性。急性和亚急性中毒是指大剂量、高浓度的中毒反应，其症状证据主要表现为致死性、神经性、对造血功能的损伤和酶活性的抑制；慢性中毒的影响，即使在小剂量、低浓度下，仍表现代谢毒性、生活毒性以及致癌、致畸、致突变等毒理效应。同时，发生溢油时，不仅表现在对渔业生物的伤害和发育生长的影响，当海水中石油浓度达到一定含量时，就会使渔业生物致臭，不仅使鱼类失去鲜美的味道，更主要的是石油类富集于鱼体内，通过食物链危害人体健康。

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避开和下沉的油块接触。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。

突发性溢油对渔业资源带来的损害是多方面的。首先，污染可能引起该海区的鱼虾回避，造成捕捞产量的直接减产；其次表现为由于品质的下降造成产值损失。另外，溢油对于渔业资源的影响程度还受海区的水文、气象以及地理位置的不同而不同，如果事故发生在产卵盛期和污染区正处于产卵场密集区，成鱼可以回避，但鱼卵和仔稚鱼难逃死亡的命运。

④对渔业生产的影响

溢油事故对渔业资源的中、长期累积影响主要是造成渔业资源种类、数量及组成的改变,从而使渔业长期逐渐减产。这种影响在水域环境中可持续数年至十几年,因溢油规模及溢油地点而异。一般在近岸、河口或盐沼地发生溢油的恢复时间相对要长些。根据对法国布列塔尼发生的 AmocoCadiz 溢油影响的研究表明,溢油后1年,在2个湾里有几种鱼类的幼体完全消失而其成体的生长则显著减少,并且出现病态及畸变,估计其资源恢复到平衡至少需几年时间。根据对美国马萨诸塞州 Buzzards 湾发生的佛罗时达号油驳轮溢油的研究发现,溢油后3~4年,大型底栖生物仍没有明显的恢复,而盐沼潮间带的某些蟹类在溢油7年后仍未完全恢复,估计溢油的影响最少持续10年。根据对加利福尼亚州附近发生的一次溢油观察也表明,大多数生物种群在溢油几年后才得到恢复,但水产资源鲍鱼在16年后仍未恢复,而且许多种类也没有达到溢油前的丰度。Barry 等(1975)曾报道了一次溢油的研究结果,溢油初期潮间带蛤类大量死亡,估计其资源最少要在5~6年后才有明显的恢复。Hiyama(1979)报道了日本 SetoInlandSea 一次溢油的观察,表明溢油初期沿岸渔业资源曾受严重损害,但一年后基本恢复正常,其主要归因于采取迅速而有力的恢复工作。考虑到本项目油品为易挥发油品,一定时间内大部分可以挥发至大气,而且本项目配备了必需的溢油应急设施,出现溢油立即启动应急预案,可有效减轻溢油对水生生态和渔业资源的影响程度。

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油油分(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,最终因胃中油积累过多不能排泄而死亡。据 Cilfillan 实验,当油浓度达到1.0mg/L时,可使贝类产生呼吸加快,捕食减少的致死效应。沉积在底质孔隙中的油浓度过高,会引起贝类大量死亡。此外,由于作为对虾饵料的贝类大量减少,对虾即便不直接中毒致死也会因缺乏饵料而影响生长发育,降低产量。值得注意的是,溢油对贝类的危害不是暂时性的。漫滩的污油会随潮汐涨落在附近周期性摆动,面积逐渐扩大,在波浪扰动下部分被掩埋进入沉积环境;潮间带溢油也会

由于风化和吸附沉降进入沉积环境。这些进入底泥中的油类靠化学降解作用去除需数月之久。使贝类幼体或中毒发育不良或窒息死亡，使急性污染变成沉积环境的长期污染。

（3）对岸线的影响

浮油如果扩散到海岸，将对岸线沙滩造成污染威胁，污染滨海旅游区，直接影响到旅游业。如果油污清理不及时，还极易引起爆炸和火灾，导致严重后果。

（4）对环境敏感保护目标的影响

根据溢油预测结果，本项目发生溢油事故可能涉及的环境敏感保护目标主要为碣石湾长毛对虾重要渔业资源产卵场、汕尾红海湾遮浪角东人工鱼礁地方级自然保护区、碣石湾海马珍稀濒危物种分布区、遮浪南重要渔业资源产卵场、汕尾海丰鸟类地方级自然保护区、螺河重要河口、乌坎港上海村海岸防护物理防护极重要区、汕尾海丰鸟类地方级自然保护区和金厢重要渔业资源产卵场等。

石油类对海洋生态红线中的海洋生物的影响是多方面的，其中最明显的是直接致死效应。不同种类的海洋生物及不同生命阶段对石油类的敏感性和耐受能力亦不尽相同。一般来讲，石油类对大部分成体海洋鱼、虾、贝类的致死浓度为1~100mg/L，对较敏感的仔、幼体阶段的致死浓度为0.1~1mg/L，大多数浮游藻类在0.1~1mg/L浓度中细胞死亡。

某些藻类在0.0001mg/L浓度中都会死亡。溢油产生的油膜进入生态红线区并污染区内的水质，油膜扫过海洋生物成体、幼体和浮游藻类及表面游泳生物都将受到影响，特别是在鱼类繁育期，幼鱼幼虾生产期发生的溢油事故，海域的生物资源损失将是较严重的。

对于鸟类等动物，它们虽能逃离污染区，但是如果是在生殖季节，油类污染了其正在栖息的生境，他们将极易受到伤害，它们的幼体有被窒息的危险，溢油还会污染它们的皮毛，甚至眼睛、鼻孔和嘴，造成不同程度的伤害，威胁其生命。此外，油类中的石油烃在某些不敏感的有机类动物体内的富集，使这些动物受到污染。

6.3.4 有毒有害生物风险分析

海水养殖项目的有毒有害生物风险主要包括：病原生物、天敌、外来物种入侵、赤潮的风险。

（1）病原生物

深水网箱养殖生物病害可能引发的生态系统风险主要来自两方面：首先是病死鱼类若因网箱破损进入自然水体，其携带的病原体（如病毒、细菌、寄生虫等）可能传播至野生鱼类种群，导致自然海域鱼类感染发病。其次，养殖过程中防治病害而使用的各类药物，会随养殖废水进入海洋环境，无选择地抑制或杀灭微生物，破坏海域生态系统。此外，若发生养殖鱼集体死亡且进入到自然海域中，其腐烂过程还可能消耗水体溶解氧，导致局部海域明显缺氧，引发藻类大量繁殖等生态问题。

（2）天敌

深水网箱养殖过程中，天敌生物可能对养殖生产及周边生态系统造成一定风险。本项目所在海域可能存在的天敌主要包括大型肉食性鱼类（如海鲈、麒麟、鲨鱼等）、海洋哺乳动物（如海豚、江豚等）以及海鸟等。这些天敌可能通过以下途径引发生态风险：一是直接捕食网箱内的养殖鱼类，造成养殖损失；二是天敌在攻击网箱或试图捕食过程中，可能导致网衣破损，进而引发养殖鱼类逃逸事故。一旦养殖鱼类逃逸至自然海域，不仅可能造成外来物种入侵（如前所述），还可能通过竞争或捕食关系干扰本地鱼类的种群结构。此外，天敌聚集于养殖区周边，可能改变局部海域的食物网动态，例如过度捕食小型野生鱼类，间接影响海域生物多样性和生态平衡。

（3）外来物种入侵

本项目适养鱼种包括石斑鱼、鲈鱼、金鲳鱼、军曹鱼、鲷鱼等，为汕尾海域常见的主要经济种，上述适养鱼种养殖区域主要集中在广东粤东地区、福建及海南等，项目所需养殖鱼苗拟从种业基地采购，存在一定的外来物种入侵风险。当所选养殖鱼种并非本地物种时，一旦发生网箱破损、极端天气导致鱼类逃逸，则这些外来物种将进入到项目海域，可能因缺乏天敌而在自然海域中逐渐适应并过度繁殖，争夺本地物种的食物和栖息地，破坏生态平衡，引起外来物种入侵风险。本项目所在海域生物多样性较好，生态环境属于正常状态，无外来物种入侵。本项目养殖所投放的苗种均应投放当地物种。因此，通过严格控制养殖项目苗种，杜绝投放外来物种，基本不存在外来物种入侵风险。

（4）生态灾害

养殖筏架可能聚集生长浒苔等藻类产生次生污染，可能对海洋生态环境产生生态灾害风险。

6.3.5 养殖病害风险分析

目前，海水养殖规模逐年扩大，已成为海洋渔业经济新的增长点，但多为内湾养殖，局部养殖密度过大，养殖物过多，造成水流不畅，海水交换差；陆岸各种污水、废油排入海中造成污染。加上养殖单位对养殖病害预防认识不足，及作业船只上的生活垃圾、死贝类等没有及时送到岸上处理或掩埋，过量投喂小杂鱼，残饵沉积，使海区内各种病原体大量繁殖，一到高温季节，即导致养殖病害蔓延。

本项目主要开展重力式深水网箱养殖和贝类筏式养殖，养殖品种为汕尾海域常见的主要经济种。项目用海方式为开放式养殖用海，总体而言，这种养殖方式是在接近自然或完全自然的条件下进行的。病害发生风险相对较小，但病害现象亦可能发生。

6.4 风险事故防范措施

尽管本项目风险事故发生的概率不高，但一旦发生，对环境将造成严重污染，并给国民经济带来巨大的损失。因此，建设单位应加强风险事故的防范。针对本项目风险特点和环境特征，提出一下风险事故防范措施。

6.4.1 自然灾害风险防范措施

6.4.1.1 热带气旋、风暴潮

因项目所在海域为台风多发地，台风对附近海域影响也较大。建议建设单位针对热带气旋灾害制定应急预案，本报告建议采取如下措施进行防范：

(1) 掌握天气实时情况，及时掌控台风动态信息及预警信息，随时注意台风中心位置、强度、移动方向等，及早做出防台风的对策措施。增强防灾减灾意识，充分准备抗台风物料，做好应急物资准备。减少养殖存量，对达到上市规格的养殖水产品提前收捕，尽量减少损失。及时检查锚碇系统松紧程度，避免走锚及养殖设施位移，做好养殖设施加固工作。

(2) 养殖作业期间应尽量选择避开台风季节，若台风季节进行放苗和采捕应做好各项防台、抗台预案和安全措施，以减轻灾害带来的损失。

(3) 建设单位需做好安全检查工作。经常检查网箱质量，如发现异常现象，

要及时更换或疏解。养殖期间应注意天气的变化，加强检查及时做好养殖设施检修、加固。可采取减漂、压石等办法对网箱进行防护。强风强流过后，要及时检查抢修受损设施，检查养殖设施偏离情况和是否存在跑锚问题，并进行修正。

(4) 台风期间，严禁人员、船只出海作业，直至台风警报解除，且海况条件符合海上作业要求。

(5) 台风过后进行网箱养殖安全检查，及时排除现场存在的安全隐患：检查网箱框架、网衣及锚泊系统有无损坏，确保现存鱼类安全。清捞养殖区内杂物，积极组织养殖现场复工及设备维修；无害化清除被掩埋的死鱼，减轻对养殖环境的影响；采用投饵采食量来估算存鱼数量，合理安排后续养殖投喂。

6.4.1.2 赤潮

赤潮的发生原因是多方面的，其中赤潮生物的存在及特性和水体富营养化是主要原因，此外还有发生海区的水文、气象、理化因子以及当地气候和海水动力状况等多种因素。赤潮会对海水养殖造成物理性危害、缺氧性危害、天然饵料危害、毒性危害等。

为减少赤潮对养殖区的危害，应在养殖区采取科学养殖，在赤潮发生时采取应急处理措施。

(1) 科学养殖，保护养殖区海水水质。养殖密度过大，也会对周边海洋环境造成影响，因此，为了减少海水养殖带来水体富营养化问题，必须根据自然环境对浅海进行合理开发，合理安排养殖方式和养殖规模，控制养殖密度，普及科学养殖。

(2) 及时关注赤潮信息，采取应对措施。加强养殖区水质监测工作，及时有效地开展养殖区赤潮灾害预防、控制和治理。密切关注赤潮发生情况，若发现需及时发布赤潮信息，以多样的信息传递方式，将赤潮监测信息发给养殖户，做好赤潮防范，减少损失。

(3) 定期做好环境现状监测，对赤潮的防治主要是通过加强海洋生态环境保护以防止养殖区海水的富营养化，防止赤潮的发生。

(4) 采取措施，减少赤潮危害。在赤潮发生时，可用围隔栅装置阻止赤潮生物涌入养殖区，或将网箱加盖并下沉至较深水层，避开赤潮生物密集的表层水体；赤潮期间停止或减少投饵，避免残饵加剧水体富营养化。

(5) 对于被有毒赤潮污染的养殖鱼类进行无害化处理，禁止上市；成品鱼类上岸应做产品质量检测，为保障食品安全，对赤潮发生区养殖的成品鱼类上市前必须进行安全检测，检测合格后方可上市销售，以确保商品鱼类的食品安全。

6.4.2 溢油事故风险防范措施

溢油事故的发生，有很大部分是由于人为因素造成的，这部分事故可通过严格质量控制和完善的管理予以防范。但是，由于存在多种不可预见因素，突发性事故是不可绝对避免的。溢油事故一旦发生，其影响程度很广，危害程度也很大，因此，建设单位应建立溢油事故应急预案，提出减少事故风险防范措施及应急计划。

本项目周边分布有航道，涉及较多过往船舶，应对施工、运营船舶管理采取以下措施：

(1) 建设单位施工前需向海事部门申请水上作业施工许可证，并向社会发布航行安全通告，应对作业船只进行安全检查，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。

(2) 施工时船舶管理人员需定期检查船舶状况，察看机械设备的磨损、漏油、漏水、漏气、漏电情况，查看监控设备、动力设备、锚泊设备是否正常运转，减少船舶自身存在的安全隐患，使船舶设备始终保持良好的工作状态，确保船舶能够安全地航行，减轻由于船舶设备老化损坏等因素所带来的潜在风险。

(3) 施工船舶应限定在批准的水域内进行作业，设置警戒区，工程区域设置醒目的安全标志；施工结束后要向海上交通安全管理部门通报施工船舶的航行情况，与施工单位保持联系，切实加强施工船舶进出施工水域航行的指导。

(4) 施工期合理安排施工进度和施工船舶，尽量将船舶密度控制在安全范围内。

(5) 施工期及营运期船舶及穿越乌坎东线航道时，应提前减速，并保持正规瞭望，综合考虑“人、机、环境”要素，灵活掌握安全航速，与他船保持足够的安全距离。使用 VHF 通信时，需谨慎对待，避免因沟通不畅导致避让行动不协调。

(6) 当风力、浪高和能见度超过规定时，应按有关规定进行施工、运营作业。

(7) 发生作业船舶碰撞事故时, 应尽可能关闭船上油舱管系统的阀门、堵塞油舱通气孔, 尽可能防止油舱漏油。

(8) 应加强对自身船舶和过往船舶的航行管理, 应对作业船只进行安全检查, 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, 并制定严格的海上作业制度和操作规程, 防止事故发生。

(9) 建设单位要制订海上突发事件应急预案和防灾、减灾应急措施, 一旦出现灾害能得到及时有效的处置, 减少灾害损失, 提高防灾能力。

6.4.3 养殖病害、有毒有害生物风险预防措施

1、养殖病害风险预防措施

养殖病害主要是微生物性病原体引起的, 感染原因多种, 主要是海区病原体繁殖导致养殖病害蔓延。具体防护措施如下:

(1) 控制养殖密度, 保障水体流通。

(2) 严格落实环境保护措施, 船舶固体废物及船舶污水应及时收集处置, 不得在海区随意排放。

(3) 选择健康苗种, 选购种质优良、体质健壮、规格整齐、无病害、无畸形的苗种, 进行健康监测, 以确认苗种的健康程度。严格筛选并认证 2-3 家具有国家级良种场资质的优质苗种繁育基地作为核心供应商, 签订排他性或优先供应协议。协议中强制要求供应商提供每批次苗种的第三方权威检测报告(关键指标如: 规格整齐度、健康状态、特定病原检测阴性证明, 确保入池成活率 $\geq 90\%$)。同时, 项目自建或合作建立应急苗种储备库, 按年度苗种预估需求总量的 15% 进行战略储备。

(4) 做好养殖病害预防, 加强日常监管, 及时、妥善处置病害鱼类, 一旦发现病、死鱼应及时隔离治疗或进行无害化(如深埋等)处理, 严禁随便将病、死鱼扔出网箱外, 使病害传播蔓延, 造成更大的损害。

养殖鱼类若出现死亡个体, 应按照国家农业农村部渔业渔政管理局发布的《关于印发<水产养殖动物疫病防控指南(试行)>的通知》(农渔养函(2022)116号)以及《病死水生动物及病害水生动物产品无害化处理规范》(SC/T7015-2022)等相关要求, 及时进行无害化处理。

(5) 加强养殖人员对养殖病害的知识教育, 科普鱼类养殖病害的主要种类、

诊断及防治方法，配备相关专业人员。

2、外来物种入侵风险防范措施

通过严格控制养殖项目鱼苗，养殖鱼苗投放前，严格检查、控制养殖品种，杜绝投放外来物种，以降低外来物种入侵风险。

6.4.4 牡蛎品质污染风险预防措施

由于牡蛎具有滤食和富集的生理特点，养殖水环境的好坏直接影响牡蛎的品质。重金属会对水生生物产生毒性作用，处于被金属污染水域的贝类有胚胎发育迟缓、成活率降低等现象。重金属在贝类体内富集，人类食用这些贝类时，有可能导致重金属中毒。针对本项目牡蛎养殖过程中的品质控制，本报告提出以下污染风险防范措施。

(1) 改善养殖环境条件，改进养殖方式，推行牡蛎健康养殖。改善养殖水域环境条件，保证养殖环境稳定。

(2) 改进传统养殖方式，推行生态健康养殖

合理规划养殖区域，制定浮筏养殖技术方案，加大筏距、吊距的调整，减少放养密度，避免出现养殖结构不合理、养殖密度过大、水流不畅等不利局面。在养殖方面，要坚持以防为主的原则，进一步优化养殖方式，推行生态健康型、质量安全型、生产效益型和预防有效型的健康养殖模式。

(3) 保持良好的生态养殖水域环境是进行海区牡蛎筏式养殖的关键。一方面，要保护好养殖水域的生态环境，同时，还要加强水质的定时监测。另一方面，要利用好养殖海区环境条件，首先要对养殖海区的水域环境进行养殖容量和初级生产力的调查分析，在此基础上，根据养殖海区的环境特点，注重合理的生产布局，加强宏观调控力度，计划配置，做到科学养殖。

(4) 当养殖环境中重金属浓度较高时，将会导致贝类体内的重金属浓度增加，因此需对环境中水质、沉积物及生物体质量中的重金属进行持续性跟踪监测。贝类重金属脱除，可以通过贝类暂养在洁净水体中，贝类体内高浓度的重金属离子通过被动转运，排出体外。通过相关生物工程技术对养殖水体及养殖对象的质量进行可持续性的调控，为牡蛎创造最佳的“净化工厂”，既达到快速育肥的目的也保证了牡蛎产品食品安全，是无公害绿色食品生产手段。

6.5 环境风险应急预案

本项目养殖区作为可能的风险事故发生地，应按《建设项目环境风险评价技术导则》的要求编制《环境风险应急预案》。

在制定预案时，应注意与《汕尾市处置船舶污染事故应急预案》（修订版）相衔接，针对可能发生的各类环境风险事故，明确应急组织机构、职责、应急启动及报告程序、污染事故先期处置方法，并配备一定的应急物资。

根据《建设项目环境风险评价技术导则》要求，本项目的环境风险应急预案编制内容包括但不限于预案适用范围、应急组织机构与职责、环境事件分类与分级响应条件、应急处置措施、应急救援保障、善后处置、预案管理与演练等内容。

本评价报告仅对应急预案提出原则性要求。

6.5.1 区域应急预案

（1）船舶污染事故应急预案

2021年汕尾市人民政府办公室印发实施《汕尾市处置船舶污染事故应急预案》（修订）（汕府办函〔2021〕90号）。该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。

预案建立了市处置船舶污染事故应急指挥部，明确了总指挥及成员单位。预案还明确了县（市、区）应急指挥机构、现场应急指挥机构、专家咨询组和应急救援队伍的职责。预案规定了监控预警、应急处置、信息发布和后期处置等运行机制。监控预警包括船舶污染监控、预警发布和预警行动。应急处置涵盖信息报告、预测评估、分级响应、处置措施、社会动员、区域协作和应急终止。后期处置包括事故调查、征用补偿、总结评估和污染物处置。

根据溢油事故的规模，船舶污染事故等级分为特别重大（溢油量1000吨以上）、重大（溢油量500吨以上不足1000吨）、较大（溢油量100吨以上不足500吨）、一般（溢油量不足100吨）污染事故。应急响应相应分为I级、II级、III级和IV级。结合本项目溢油事故分析，本节重点介绍预案中一般污染事故应急响应。根据预案，发生一般船舶污染事故，市应急指挥部立即组织成员单位及专家进行分析研判，对船舶污染事故影响及其发展趋势进行综合评估，由市应急指挥部总指挥启动相应应急响应。在市应急指挥部的指挥下，各有关单位按照职责开展应急处置和救援行动。

关于应急先期处置，预案提出，污染事故发生后，发生事故船舶应立即向市应急指挥部办公室报告，同时采取有效措施，组织现场应急力量实施应急处置，防止污染扩大。

综上，汕尾市已按照有关要求建立健全了船舶污染事故应急机制，能够快速、有序、高效地组织船舶污染事故应急行动，最大程度地控制、减轻、消除船舶污染事故对水域环境的危害。

（2）自然灾害应急预案

2022年6月10日，汕尾市人民政府印发《汕尾市气象灾害应急预案》（汕尾府函〔2022〕228号）。预案适用于影响汕尾行政区域和所辖海域的台风、暴雨、寒冷、干旱、高温、大雾、灰霾、道路结冰、海上大风、强对流（雷雨大风、冰雹、龙卷风）等气象灾害防范和应对工作。预案明确了市气象灾害应急指挥部的组织架构和职责分工，建立了从监测预警、应急响应到后期处置的全流程工作机制。通过分级响应机制，能够确保在不同级别气象灾害发生时，各相关部门能够迅速、有序地开展应急处置工作。

2021年4月16日，汕尾市人民政府印发《汕尾市海上险情应急预案》（汕尾府〔2021〕21号）。该预案适用于由汕尾市海上搜救分中心承担的海上搜救责任区内海上险情应急处置工作，以及发生在本搜救责任区以外的海上险情。预案旨在及时救助海上遇险人员，减少人员伤亡，规定了海上险情的分级标准，并对不同等级的险情制定了相应的应急响应措施，能够在发生海上人员遇险时快速响应。

6.5.2 自然灾害应急方案

贯彻“以防为主，安全第一”的避台方针，积极应对台风可能会带来的威胁，建设单位需落实责任，周密部署，切实做好防台工作，应依据《交通运输部海上突发公共事件应急响应程序》《广东省防汛抗旱防风应急预案》《广东海事局防热带气旋应急预案》《汕尾市气象灾害应急预案》等编制避台应急方案。

（1）避风措施

具体执行听从海事部门统一调度。必要时应对养殖水产品收集上岸。

（2）组织机构与职责

建设单位应成立防台应急指挥部，组建防台抢险救援队和防台后勤保障小组，由部门负责人担任组长。

①防台应急指挥部：下设总指挥、副总指挥、组员。

②防台小组：下设组长、副组长、组员。

③内部分工及职责。

依据当地气象部门和当地海事部门的台风预报信息情况，适时召开防台工作会议，决定防台应急方案的启动和关闭，发布防台指令，布置防台工作的具体措施，落实防台检查，组织防台抢险。根据应急情况需要，调配施工船舶防台力量和物资。及时向上级单位或部门汇报防台动态，对防台工作进行总结。

各防台工作小组职责落实防台指挥部发布的各项防台指令，组织船舶防台加固检查，落实防台工作措施，组织处理船舶防台过程发生的险情，定时向指挥部报告船舶动态情况，防台期间所有相关人员手机一直处于开机状态，保持通讯畅通。

（3）台风预警与应急响应行动

①防台季节，建设单位指定专人（专职安全管理员）关注天气预报，获取台风的最新情况；

②应急指挥部统筹安排应急职责及工作；

③专职安全员把防台指令发布到各防台小组成员的手机上；

④与当地海事部门保持密切联系，指挥部适时派出工作组，检查督促各工作船舶的防台风工作；

⑤必要时召开紧急会议，研究并处理突发情况或其他重大事项；

⑥每小时接收发布气象信息一次，每4小时通过手机短信或其他途径向各负责人发布台风信息。

6.5.3 溢油事故应急处置方案

6.5.3.1 溢油风险应急措施

目前，国际上采用较多的溢油处理方法主要有物理清除法和化学清除法两种。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-消除剂，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。

（1）海上溢油防止扩散措施

防止溢油扩散措施防止海上溢油的扩散措施见下表。

表 6.5.3-1 海上溢油防止扩散措施

措施类别	措施内容
拦油栅及撇油设备	帘式、围墙式
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
药剂反应捕捉	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

(2) 回收和处置

溢油的回收和处置方法很多，不同的溢油方式回收和处置方式也不同。下表列出了一部分水上溢油的回收和处置方法。

表 6.5.3-2 水上溢油回收处置措施

方法	回收设施	处置设施
加吸附剂	天然材料吸附植物：稻草、锯木屑矿物：黏土、石棉动物：羽毛、纺织废料	挤压吸附材料回收油
撇油	撇油器：浮动式、固定式、移动式	收集上岸处理
燃烧法	/	加燃烧剂把油燃烧
抽回分散剂	/	使油乳化并溶解于水
沉降	高密度材料作新脂肪的外壳处理，使其吸附油	沉降到水底，再掩埋

(3) 海上事故溢油的处理

当溢油发生后，应根据溢油量的大小，油的扩散方向、气象及海况条件，迅速用围油栏围住其扩散方向，进一步缩小围圈面积，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。海上溢油事故的处理方法和程序如下图所示。



图 6.5.3-1 海上事故溢油的处理程序

当溢油发生后，应根据溢油量的大小、溢油的扩散方向、气象及海况条件等，迅速围控溢油方向和面积，缩小围圈，用收油船最大限度地回收海上溢油，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。

6.5.3.2 溢油风险应急能力

项目当地海事局和海监等相关部门已配备相当的溢油应急设备,但由于本项目的实施将在一定程度上增加海域船舶溢油事故发生的可能,因此需进一步提高海域溢油防范的能力。建议建设单位可联合当地海事局等单位、企业共同构建溢油风险方法网络体系,在依托现有设施的基础上,进一步在本工程施工船舶、养殖辅助船配备围油栏、吸油毡、消油剂等防污器材提高溢油风险防范能力。

由于项目离岸较远,建议本项目参照《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:即建议本项目配备吸油毡 0.5t,溢油分散剂 0.2t,临时储存容器 0.4~1m,同时配备钩杆、轻便喷洒装置、人员防护装备等,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。建设单位可选择自行配置或向第三方应急单位购买服务。

建议本项目应该与有能力的溢油应急单位签订应急服务合同,确保项目发生溢油时,防治溢油污染工作船能在现场及时处理溢油事故。

具体应急设备配备如下表所示。

表 6.5.3-3 溢油应急设施、设备、物资配备要求

序号	设备名称	规格	单位	数量
1	吸油毡	/	吨	0.5
2	溢油分散剂	浓缩型	吨	0.2
3	钩杆	/	根	2
4	喷洒装置	0.1 t/h	套	1
5	储存装置	10 m ³	个	2
6	人员防护设备	/	套	6

6.5.4 鱼类养殖病害应急方案

海水网箱养殖鱼类中的鱼病多发生在夏秋交替及秋冬交换季节,致病的重要因素是天气变化引起的海水理化因子的变化。因此,在季节交替时节要特别做好鱼病的预防工作。海水鱼类网箱养殖中的鱼病防治应以预防为主,认真做好各项预防工作。当发生鱼病后,要及时隔离和治疗,应急方案如下:

(1) 应急响应流程

发现异常:养殖人员进行海洋牧场巡查时,若发现鱼类出现异常行为(如游动缓慢、离群、浮头、体表损伤等)、摄食减少或死亡现象,应立即记录时间、

地点、症状及死亡数量，并拍照留存。

初步判断：根据症状初步判断可能的病害类型，同时观察水质变化（如水色、透明度、溶氧、pH值等）。

报告与诊断：及时向养殖负责人或当地渔业技术部门报告，必要时采集病鱼样本送专业机构检测，明确病原体类型。

（2）应急处理措施

隔离与无害化处理：立即将病鱼与健康鱼隔离，避免病原传播。对死亡鱼体进行无害化处理，如深埋、焚烧或使用生石灰消毒后掩埋，防止病原扩散。

水质调控：必要时开启增氧设备，确保水体溶氧充足。

调整投喂：减少投喂量，避免残饵污染水体，加重病情。在饲料中添加维生素C、免疫多糖、保肝健等营养物质，增强鱼体免疫力。

（3）后续监测与防控

持续观察：治疗期间，每日观察鱼类症状变化、摄食情况及死亡数量，记录治疗效果。

环境监测：定期检测水质指标（如溶氧、pH、氨氮、亚硝酸盐等），确保水质稳定。

加强管理：保持网箱清洁，定期清洗网衣，防止污损物积累；合理控制养殖密度，避免过度投喂；加强苗种检疫，防止病原带入。记录与总结：详细记录病害发生时间、症状、治疗措施及效果，总结经验教训，为今后防控提供参考。小症状。

6.5.5 贝类养殖预警机制

为实现海水养殖快速、健康发展，构建有效的海水养殖贝类病害预警预报机制与预警预报模型至关重要。在病害预警预报模型的指导下，可实现对贝类养殖生产的有效管理，最大限度地规避不良因素的影响，降低病害发生概率，推动我国贝类养殖产业的健康、可持续发展。

（1）明确海水养殖贝类病原警兆

近年来，包括细菌、真菌、寄生虫等在内的病原感染是导致我国海水养殖贝类病害爆发的重要原因。贝类养殖区域通常在近海区域，海水具备较大的流动性，无法通过使用药物来对养殖区域的病原微生物进行有针对性地消灭。所以，明确

海水养殖贝类病原预警十分重要，可以通过检测海水养殖区域内的微生物群落，对病原物的生物变化情况进行监控，为构建高效、全面的病原预警系统提供保障。

可以选择常见的贝类病原菌作为病害预警预报体系构建的病原预警指标。牡蛎疱疹病毒是导致贝类死亡最为主要的病原之一，牡蛎疱疹病毒及其变异病毒可以造成多种贝类生物的疾病感染。在养殖过程中，通过实现加强微生物监测，构建贝类病害预警规范标准。

（2）海水养殖贝类健康状态指标评定

构建海水养殖贝类病害预警预防系统过程中，对贝类的健康指标进行评价是较为基础的内容。环境胁迫、细菌感染是影响贝类健康的重要指标因素。例如，在高温环境影响下，会降低贝类的能量储备与细胞能力，对贝类的正常代谢能量产生直接影响，削弱了贝类免疫能力，增加了贝类感染病原的概率，进而导致贝类大量死亡。一旦海水环境变得恶劣，贝类的细胞凋亡机制就会启动来保护自己不受伤害，维持贝类细胞内部状态的稳定。借助对海水养殖贝类相关免疫指标与健康之间进行关联性分析，实现对关键指标的合理筛选，以此来对贝类健康情况进行标志，实现对贝类健康情况而定长期实时跟踪。

（3）加强贝类病害与环境因素关系分析

环境风险预警是海水养殖贝类病害预警预报的主要方式之一，对于贝类生态养殖而言，环境风险预警也是较为重要的分析、判断因素。

目前，贝类养殖浮筏吊养方式，使得大部分养殖环境因子呈现出较为明显的季节性特征。同时，气候环境也会受到人类活动的较大影响。结合水文生态以及贝类养殖生长情况相关指标的长期跟踪、监测，以及环境因素的季节性变化对贝类养殖的影响，明确了海水水质、生态等环境因素对海水养殖贝类的影响情况。海水的温度、叶绿素含量等，都会对贝类的细菌群结构产生直接影响。通过对海水养殖贝类影响因素的季节性变化分析，明确了贝类病害发生的高危季节。结合对海水水质、生物体质量等病害预警因素，进行贝类病害预警预报，通过对各相关指标的连续性监测，以实现对病害发生的有效预警。

6.5.6 突发环境事件应急预案

根据《广东省企业事业单位突发环境应急预案编制指南（试行）》，本项目环境风险事故应急预案主要纲要见下表，供制订具体预案参考。

表 6.5.6-1 突发环境风险事故应急预案纲要

序号	项目	内容及要求
1	总则	/
2	适用范围	应能够适用于本项目施工现场和养殖活动所发生的各类污染事故（包括船舶碰撞溢油事故、海损性溢油事故、赤潮等自然灾害等）的应急工作。
3	应急计划区	养殖区及周边海域
4	应急组织机构与职责	建立本项目的应急反应组织机构，包括建立单位内的应急反应领导小组，明确各组织机构职责，落实各级上级主管部门
5	预案分级响应条件	将污染事故分成一般、较大、重大、特大污染事故。污染事故发生后，按照汕尾市有关船舶污染分级响应要求，报告并启动相应应急预案。 一般污染事故自行处理，较大、重大、特大污染事故启动上级预案，接受上级应急反应部门的领导
6	报警、通讯联络方式	规定应急状态下的报警通信方式、通知方式，明确相关信息报送方通讯联络方式
7	应急救援保障	主要依靠项目配备的应急设施和区域应急设备，同时施工期自备一定应急物资，运营期明确依托应急物资
8	应急处置措施	制订应对各种突发情况的一般处置措施与程序
9	事故应急救援关闭程序与恢复措施	规定应急状态终止程序 规定事故现场善后处理，恢复措施 规定邻近区域解除事故警戒及善后恢复措施
10	应急培训计划	制订培训与演练计划
11	附件	应急联络方式，包括本单位应急反应人员、专业应急救援队伍、敏感目标管理单位、上级应急主管部门等的有效联系方式、预案编制与更新等

（1）应急机构及职责

建设单位应成立专门的污染事故应急指挥领导小组，下设风险防范应急小组。当现场发生污染事故时，以指挥领导小组为领导核心，应急小组为救援骨干，负责污染事故的先期处置。

指挥领导小组的职责：负责应急预案的制订；组建风险防范应急小组，并组织培训、演练和实施；检查督促做好施工期环境风险事故的预防措施和应急救援的各项准备工作。

应急小组的职责：各小组全体人员都负有事故应急救援的责任；担负污染事故的现场救援以及尽最大努力防止污染扩散，将污染危害程度在最短时间里控制在最小范围内。

（2）应急通讯联络方式

为确保船舶突发性污染事故、海损事故或自然灾害事故的报告、报警和通报以及应急反应各种信息能及时、准确、可靠的传输，建设单位必须建立通畅有效、快速灵敏的报警系统和指挥通讯网络。包括与汕尾海事局、气象局、汕尾市海上搜救分中心等应急反应指挥系统的联络，以便建设单位、施工单位、汕尾海事局等部门采取相应的行动。

（3）应急处置措施

1) 污染事故现场先期处置控制措施

①作业期间施工船舶应防止溢油事故的发生。一旦发生漏油污染水域事故，应及时采取有效应急措施制止漏油，立即报告海事部门。同时及时采取措施，收集溢油，缩小溢油的污染范围。

②对漏油船舶立即查找泄漏污染源，关闭阀门，封堵甲板出水孔（缝），并投放吸油毡、棉胎、木屑等吸附材料，收集泄漏油污。

③迅速调集本项目其他作业船舶投入防污抢险，及时运送防污器材和救援队伍到达现场，在海事人员的组织下，进行协调作战，以最低限度地减少油污泄漏。并做好防火准备工作。

④对油污泄漏区域进行铺设围缆绳，投放吸油材料及消油剂，并及时回收泄漏的油污和已吸附的吸油材料，防止污染面积的扩展。

⑤因船舶碰撞引起的污染，应迅速控制当事船舶污染源，必要时应将泄漏船舶拖至岸边围清，并派潜水员封关油箱管道阀门，进行善后处理。

2) 事故发生后的污染清除、生态风险控制及恢复措施

①污染评估

在进行溢油泄漏应急事故的生态风险防控与污染清除工作之前，首先对事故做出以下评估：可能受到威胁的环境敏感区和易受损资源以及需要保护的优先次序；本地区应急反应的人力、设备、器材是否能满足应急反应的需要。

②应急响应行动

根据对应急事故的评估，应急指挥部应立即做出事故防控的应急对策：指挥机构在接到报警后，根据初步情况，对外通报、联系支援；如果船舶发生了溢出事故，根据溢出位置和原因，采取堵漏、拖浅等措施控制泄漏；派遣船艇对溢出物周围海域实行警戒或交通管制，监视溢出物的扩散。

3) 污染清除及恢复措施

溢出事故清除作业应在现场指挥部的统一指挥下,组织调动人力物力,投入清除作业。清除作业实际发生在两种场合,一是海上清除作业,一是岸线清除作业,根据具体情况选择清除作业方法和使用的设备。清除作业包括溢出物的围控、回收、分散、固化、沉降、焚烧和生物降解等处理方法。对于海上污染,通常采用机械围栏和回收、喷洒化学消油剂和现场焚烧为主要清除技术,吸附及其他处理技术为辅助清除技术。

对于岸线污染,主要采用人工清除、吸附回收和机械清除等物理清除方法。

(4) 应急救援保障

本项目运营期开展养殖活动,工程体量不大,海上污染事故应急主要依托海事、企业及社会的应急设备,为有效开展污染事故现场先期处置,施工船舶应配备少量吸油毡、围缆绳等必要的应急物资,并与当地船舶污染应急清污公司和应急设备库保持联络机制。当发生溢油事故时,应按应急预案要求利用自备应急物资开展初期清污,并迅速将事故信息上报有关海事部门;如自身应急能力不足,应请求海事等部门统一调配或周边应急力量开展事故应急处置工作,或要求协议船舶污染应急单位到达那个进行处置工作。

(5) 应急计划主要内容

- ①明确组织指挥机构;
- ②绘制该地区环境资源敏感图,确定重点优先保护区域;
- ③加强溢出物污染跟踪监测,建立科学的污染预报分析等应急决策支持系统,能够进行事故危害范围和程度的计算机动态模拟、评估与显示;
- ④了解区域清污设备器材储备,建立清污设备器材储备;
- ⑤加强清污人员训练;
- ⑥建立通畅有效的指挥通信网络。

(6) 事故应急反应措施

本项目事故应急反应措施应在以下几个方面做好工作:

- ①建立健全应急反应的组织指挥系统
- ②应急反应设施、设备的配备:了解区域应急反应设施、设备配备情况,建立畅通的联络通道。

③应急防治队伍及演习

根据本工程的特点，为减少人员及日常开支，除充分利用海事局系统原有应急防治力量外，可考虑充分利用本项目工作人员、消防人员共同参与形成应急防治队伍。对应急救援及清污队伍作定期强化培训和演练的计划，加强了解应急防治操作规程，掌握应急防治设备器材的操作使用，一旦发生应急事故，防治队伍能迅速投入防治活动，从而增强应付突发性溢油及化学品事故的处置能力。

④应急通信联络

为确保本工程船舶突发性溢油污染事故的报告、报警和通报，以及应急反应各种信息能及时、准确、可靠的传输，必须建立通畅有效、快速灵敏的报警系统和指挥通信网络，包括与海事局应急反应指挥系统、周围附近码头的联络，因为往往在应急反应过程中，能否及时对事故进行通报是决定整个反应过程和消除污染效果成败的关键。

⑤应急监视监测

事故的应急监视系统是通过监视手段，及时发现船舶溢油事故，迅速确定船舶事故发生的位置、性质、规模等，为应急反应对策措施及方案的选定提供依据。船舶监视和岸边、堆场监视费用相对较低。

此外针对工程特点，施工期和运营期除了海事局进行日常监视，还要充分依靠群众举报，及时发现事故险情。

当发生事故时，需启动应急监测方案，具体见下表。

表 6.5.6-2 应急监测计划

环境要素	监测项目	监测站位	监测频次
水质	pH、COD、DO、石油类或事故排放的其他物质	在事故发生点周围设 6 个站位	每 4 小时采样一次直至达标
海洋生态	浮游植物、浮游动物、底栖生物、鱼卵仔鱼、游泳生物	在事故发生点周围设 4 个站位	事故清除后

(7) 污染事故控制现场操作预案

污染事故控制现场围控操作预案见图 6.5.6-1。

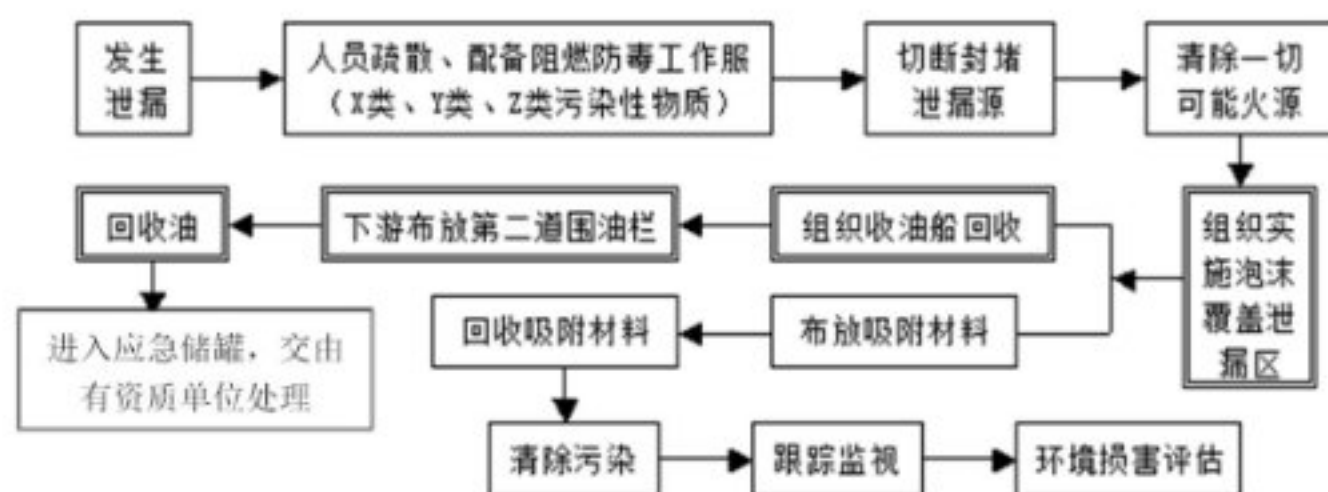


图 6.5.6-1 污染事故控制现场围控操作预案

(4) 事故后的污染清除、生态风险控制及恢复措施

① 污染评估

在进行溢油泄漏应急事故的生态风险防控与污染清除工作之前，首先对事故做出以下评估：

可能受到威胁的岛礁、海滩、岸线和渔业资源等环境敏感区和易受损资源以及需要保护的优先次序；

本地区应急反应的人力、设备、器材是否能满足应急反应的需要。

② 应急响应行动

根据对应急事故的评估，应急指挥部应立即做出事故防控的应急对策。

指挥机构在接到报警后，根据初步情况，对外通报、联系支援；

采取措施防止可能引发的火灾、爆炸事故，如果船舶发生了溢油事故，根据溢出位置和原因，采取堵漏、拖浅等措施控制泄漏；派遣船艇对溢出物周围海域实行警戒或交通管制，监视溢出物的扩散。

对可能受到污染威胁的高生态风险的环境敏感区和易受损资源采取优先保护措施，如在事故点周围、下风、下流向铺设围油栏，阻止溢出物扩散和向敏感点转移；如事故点控制无效，应在到达敏感目标前，在保护区的外围，再设第二套防护的围油栏，防止第一套围油栏未围住的泄漏物进入保护区。

对溢油事故水域和周围水域、沿岸进行监测，对危险品泄漏区域进行监测；

根据溢出物的性质和规模，迅速调动应急防治队伍、应急防治设备、器材等以及必要的后勤支援；

组织协调海事、救捞、环保、海洋、水产、军队、公安、消防、气象、医疗等部门投入应急活动；

根据溢出物的类型、规模、溢出物的种类、溢出物扩散的方向、周围海域、大气的环境，制定具体的应急清除作业方案。

③污染清除及恢复措施

溢油事故清除作业是应急反应的直接现场作业，在现场指挥部的统一指挥下，组织调动人力物力，投入清除作业。清除作业包括溢出物的围控、回收、分散、固化、沉降、焚烧和生物降解等处理方法。清除设备器材主要有围油栏、围油栏铺设船、浮油回收船、撇油器、油拖网、吸油材料、溢油分散剂及其喷洒装置、固化剂、浮动油囊、油驳、铲车高压冲洗机等。

对于海上污染，通常采用机械围栏和回收、喷洒化学分散剂和现场焚烧为主要清除技术，吸附及其他处理技术为辅助清除技术。

对于岸线污染，主要采用人工清除、吸附回收和机械清除等物理清除方法，可采取搜刮、高压水清洗，岸域沙土中污染渗入严重时应采用换土换沙等方法，以恢复岸边滩涂的清洁和自然生态的美观。

（5）制定区域溢油应急联动机制

因故发生较大规模泄漏事故时，或无法布设围油栏或布设无效时，必须启动区域溢油应急计划，依靠区域协调和外部社会援助才有可能减小损失。需及时通知可能受污染地区政府，根据区域应急计划向这些地区调集防范物资和装备。同时要充分调动水面和空中手段对浮油进行化学分散处理。

无法用一道围油栏实施溢油围控或围油栏失效时，宣布设两道或多道围油栏，逐渐减小围油栏失效影响。同时配合吸油拖缆和各种吸附材料，尽力回收浮油。此时必须有足够外援船舶和专用物资支持才可能控制事故。

如因天气、海况等因素，当无法布设设施或现场布设无效时，船舶和人员海上作业难度也非常大，此时海洋对溢油的扩散方向和形式很难预测，可能需要空中手段协助监视扩散状况。此时应把防护和救助重点放在按保护优先次序的敏感部位，尽力减小污染带来的损失。同时配合分散剂、聚油剂或凝油剂，使溢油分散、聚集或凝结，便于进一步处理，防止事态失控。

事故应急程序见图 6.5.6-2，事故应急反应工作流程见图 6.5.6-3。

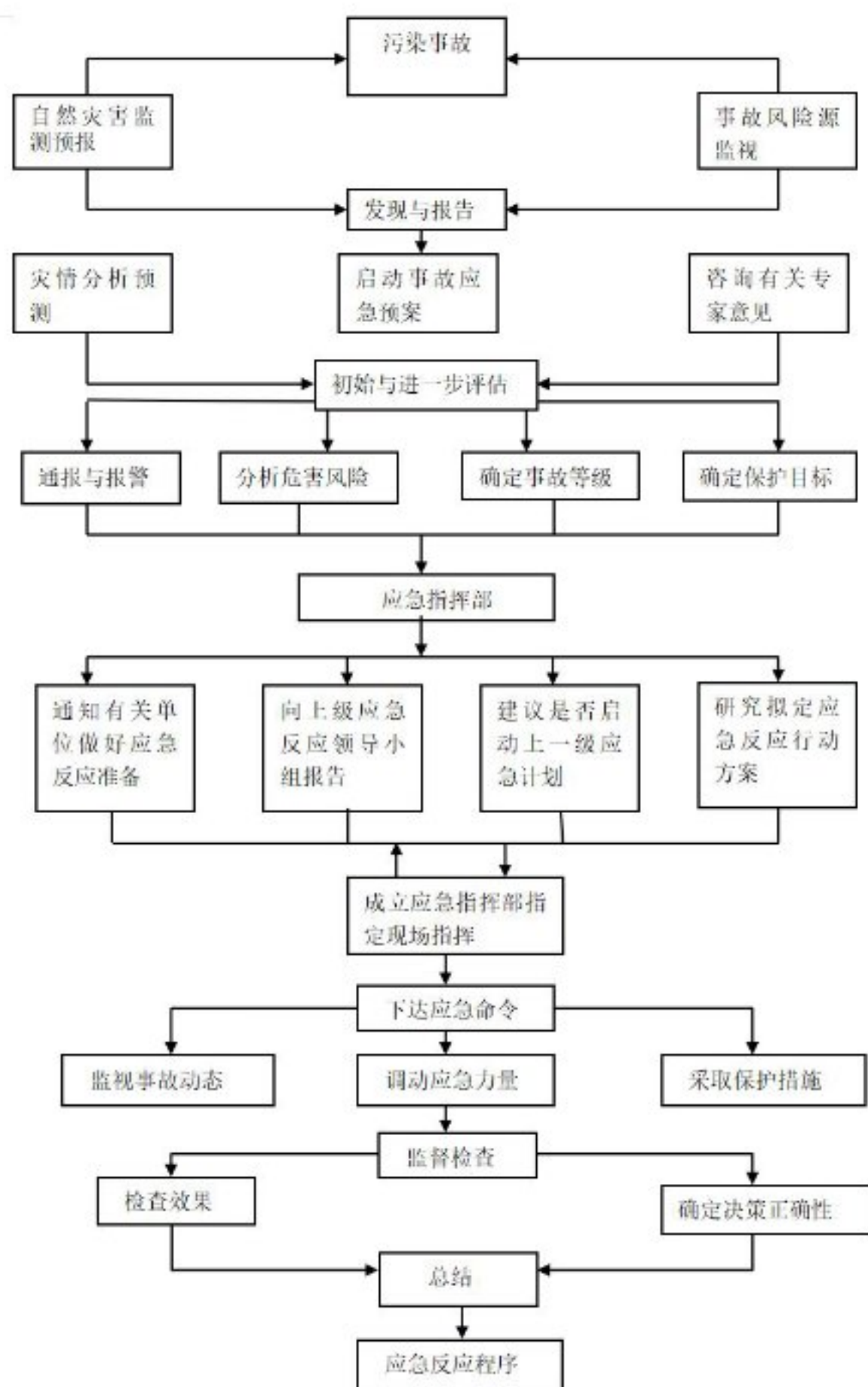


图 6.5.6-2 事故应急程序图

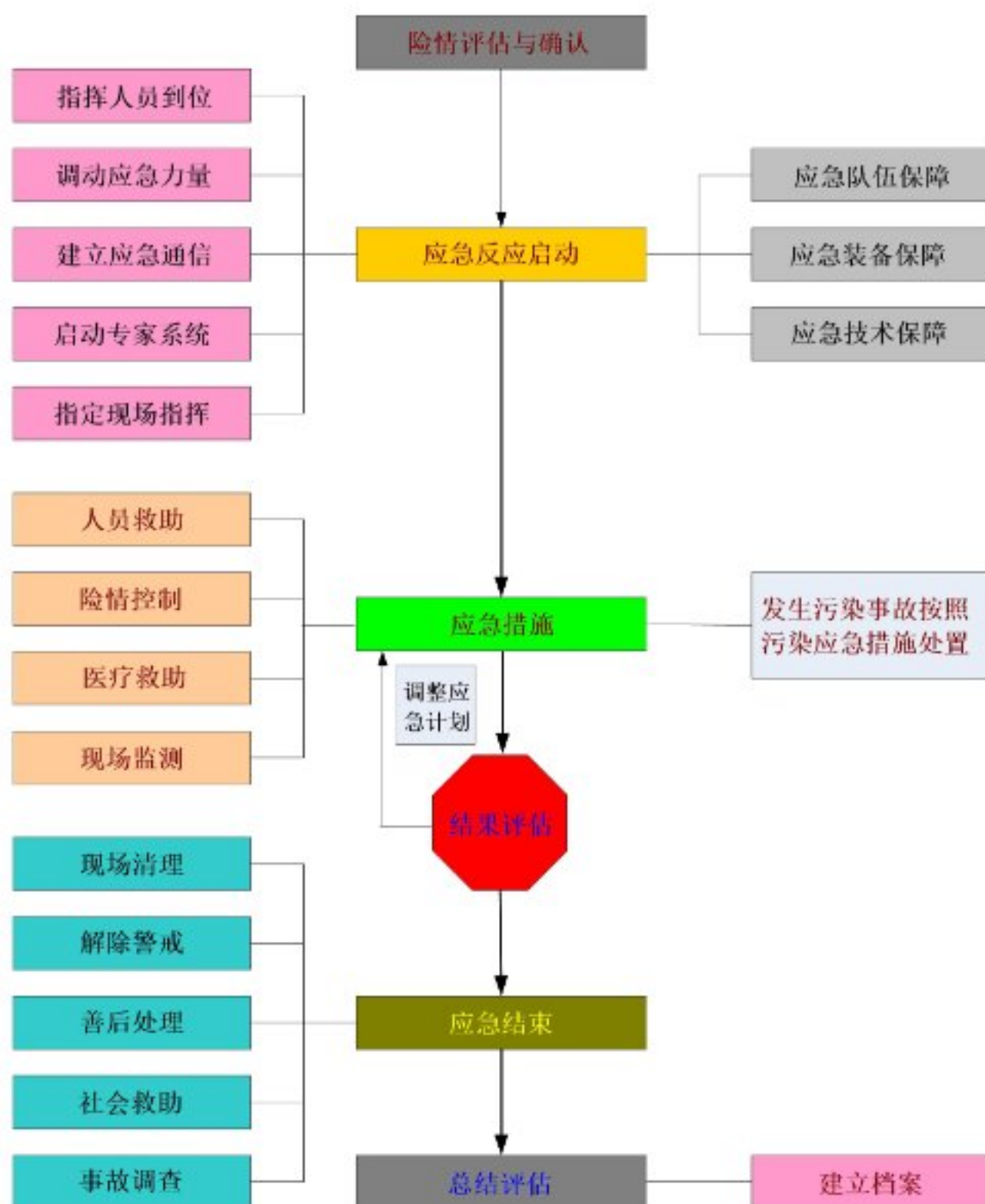


图 6.5.6-3 应急响应工作流程图

(8) 与上位应急预案衔接

预案的编制过程应充分考虑与地方相关上位应急预案的衔接，重点是与《汕尾市处置船舶污染事故应急预案》、《汕尾市气象灾害应急预案》以及《汕尾市海上险情应急预案》的衔接，建立应急联动机制。

6.6 小结

本项目为海洋牧场产业园，根据项目现场调查及项目特性分析，项目不属于高风险行业，不涉及高风险工艺和物品，不构成重大风险源。

本项目风险事故可能为项目自身引起的突发环境事件，如由于恶劣气象条件或操作不当引起的船舶碰撞引起的船舶溢油事故、养殖病害、有毒有害生物（病原体、外来物种入侵等）等对海域资源、环境造成的影响，发生于施工期和营运期。在切实采取有效的风险防范措施后，能够降低项目风险事故发生的概率。

综上，建设单位在认真、切实落实环境风险评价提出的各项风险防范措施的基础上，本项目的环境风险水平可接受。

7 环境保护措施及其可行性论证

7.1 项目污染环境保护对策措施

7.1.1 施工期污染防治对策措施

本项目施工期大气污染主要来源于施工船舶尾气；噪声污染主要为施工船舶噪声；废水主要为施工人员生活污水、施工船舶含油污水和施工产生的悬浮泥沙；固体废弃物主要为施工人员生活垃圾、施工产生的如废弃绳索、废弃浮子及废弃网衣等废弃养殖设施材料。

7.1.1.1 大气污染环境保护对策措施

(1) 施工船舶尾气执行《船舶大气污染物排放控制区实施方案》（交海发〔2018〕168号）和《船舶发动机排气污染物排放限值及测量方法（中国第一、二阶段）》（GB 15097-2016）中的相关要求。

(2) 根据《船舶大气污染物排放控制区实施方案》（交海发〔2018〕168号），船舶进入大气污染物排放控制区时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。本项目施工期应采用油耗低的船舶，并选用硫含量不大于0.5% m/m 的低硫船用清洁燃油，保持船舶燃油发动机的良好性能，确保尾气中硫氧化物和颗粒物排放控制达标。

(3) 禁止不符合国家废气排放标准的机械进入施工区，禁止以柴油为燃料的施工机械超负荷工作。

(4) 对施工船舶进行定期保养，保证船舶处于良好的运转工况，减少废气污染物的排放，施工船舶需经船舶检验机构检验合格。

本项目施工期采取的大气环境保护措施均是常规环保措施，在国内外类似工程中应用广泛，在经济、技术等方面可行。

7.1.1.2 噪声污染环境保护对策措施

(1) 施工单位必须选用符合国家有关标准的施工机械和船舶，尽量采用低噪声的施工机械和工艺，控制船舶鸣笛，同时应加强各类施工设备的维护和保养，

保持其良好的运转，以便从根本上降低噪声源强。

(2) 为保护施工人员的健康，对距辐射高强噪声源较近的施工人员，除采取戴保护耳塞或头盔等劳保措施外，还应适当缩短其劳动时间。

(3) 强噪声的施工机械夜间(22:00~6:00)应停止施工作业。必须连续施工的工点，施工单位应视具体情况向当地环保部门申领夜间施工证，同时发布施工公告。

(4) 施工过程中应在限定的范围作业，并控制施工强度，避免长时间高噪声作业，以减少噪声对生物栖息环境的扰动。

施工期采取的噪声环境保护措施均是常规环保措施，在国内外类似工程中应用广泛，在经济、技术等方面可行。

7.1.1.3 水污染环境保护对策措施

(1) 施工期间工作人员生活污水暂存至船舶生活污水收集舱，收集上岸后经槽车转运至陆丰第二污水处理厂处理排放；施工船舶含油污水暂存至船舶含油污水收集舱，收集上岸后由有处理能力的单位接收处理。

(2) 施工人员生活污水及施工船舶含油污水均应建立接收、转运、处置联单，船长和接收单位负责人应做好接收污染物记录，以备核查，建设单位应对其进行监督。接收、转运、处置联单可参照下文7.1.2.4节的船舶污染物接收联单。

(3) 本项目施工船舶含油污水收集舱及施工船舶生活污水收集舱容量应根据《国内航行海船法定检验技术规则(2020)》中相关要求设置，以确保船舶在航行期间具有足够储存全部生活污水及含油污水的容量，收集舱应设有观察污水液位的装置，如液位计、观测孔、手工或自动液位测量装置等。

(4) 严格管理施工船舶，采用先进的施工工艺和设备，严禁船舶带“病”作业，严禁油料泄漏或倾倒废油料，严禁所有施工船只含油污水在施工海域排放，施工船舶配备相应的防污设备和器材，并备油类记录簿，如实记录含油污水。

(5) 施工作业应选择海况好的时段施工，以减少悬浮物的产生量和扩散范围，严格控制施工范围，避免同一位置重复作业。

(6) 合理制定施工计划，尽量缩短工期，减少施工产生的悬浮物对水质影响，做好施工时间安排，项目施工应尽量避开保护动物繁殖期和幼鱼、幼虾生长期等生长繁育关键阶段。

本项目施工期采取的水环境保护措施均是常规环保措施，在国内外类似工程中应用广泛，在经济、技术等方面可行。

7.1.1.4 固体废物处置措施

(1) 施工人员产生的生活垃圾应参照《船舶水污染物排放控制标准》(GB3552-2018)中对船舶垃圾的排放控制要求进行分类管理，在船舶上设置固体废物收集箱，工作人员生活垃圾放入收集箱中，分类收集装箱运回陆地，严禁随意丢弃入海，上岸后交由环卫部门统一处理。

(2) 废弃绳索、废弃浮子及废弃网衣等废弃养殖设施材料可回收的尽量回收综合利用，不能回收的生活垃圾统一收集分类后交由物资回收公司回收，保证每天至少收集清理一次固体废弃物，不得随意抛弃或填埋。

(3) 加强对施工单位监督管理，禁止将施工垃圾倾倒入项目附近海域中或随意填埋。

(4) 建设单位应对固体废物收集处理工作进行监督。

经采取上述措施后，本项目施工期产生的各类固体废物均能得到有效处理处置，不会对周边环境产生二次污染影响，具有合理可行性。

7.1.1.5 施工期防污应急措施

(1) 施工期做好环境监测，密切注意施工区及其周边海域的水质变化，如发现因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。

(2) 增强防患意识，密切关注天气预报，在恶劣天气条件下应提前做好施工安全防护工作或停止施工作业。

(3) 施工期发生溢油事故时，应立即开展应急环境监测、抢险、救援和控制措施，进行应急检测，启动防护措施、清除泄漏措施，组织好应急救援配房的防污防泄漏、溢油应急物资等器材的使用及分配。

(4) 建设单位应加强与海事部门的联系，并配合海事部门做好安全通航工作，严格执行通航安全保障措施和建议，并在海事部门的指导下制定合理有效的措施，保证项目附近海域船舶的海上交通安全。

7.1.2 营运期污染防治对策措施

本项目营运期大气污染物主要为工作船舶尾气；噪声主要为工作船舶噪声；水污染物主要为工作人员生活污水、工作船舶含油污水、网衣冲洗水、养殖水产品产生的养殖污染物等；固体废物主要为工作人员生活垃圾，养殖区运营维护产生的废弃绳索、废弃浮子及废弃网衣等废弃养殖设施材料，网衣附着物以及病死水产品等。

7.1.2.1 大气污染环境保护对策措施

(1) 工作船舶尾气执行《船舶大气污染物排放控制区实施方案》(交海发〔2018〕168号)和《船舶发动机排气污染物排放限值及测量方法(中国第一、二阶段)》(GB 15097-2016)中的相关要求。

(2) 根据《船舶大气污染物排放控制区实施方案》(交海发〔2018〕168号)，船舶进入大气污染物排放控制区时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，本项目营运期应采用油耗低的船舶，并选用硫含量不大于0.5% m/m 的低硫船用清洁燃油，保持船舶燃油发动机的良好性能，确保尾气中硫氧化物和颗粒物排放控制达标。

(3) 对工作船舶和发电机进行定期保养，保证工作船舶及发电机处于良好的运转工况，减少废气污染物的排放。

(4) 由渔政部门委托第三方定期对工作船舶进行年检，保障船上发动机及有关设备经船舶检验机构检验合格，以确保船舶尾气排放控制达标。

本项目营运期采取的大气环境保护措施均是常规环保措施，在国内外类似工程中应用广泛，在经济、技术等方面可行。

7.1.2.2 噪声污染环境保护对策措施

(1) 选用低噪声设备、控制船舶鸣笛、加强各类设备维护保养，保持其良好运转，以便从根本上降低噪声源强。

(2) 工作时间选择在白天，避免夜间噪声对周边生物造成影响。

(3) 做好设备的日常检修工作，保障设备正常运转。

本项目营运期采取的声环境保护措施均是常规环保措施，在国内外类似工程中应用广泛，在经济、技术等方面可行。

7.1.2.3 水污染环境保护对策措施

(1) 养殖范围边界应设置警戒标示, 养殖区域不得超过申请养殖用海范围。合理控制本项目养殖规模、密度, 减少养殖活动对水环境的影响。

(2) 营运期生活污水收集暂存至生活污水收集舱, 定期收集上岸后经槽车转运至陆丰第二污水处理厂处理排放; 船舶含油污水暂存至船舶含油污水收集舱, 收集上岸后由有处理能力的单位接收处理。

(3) 工作船舶含油污水暂存的生活污水均应建立污水接收、转运、处置联单, 建设单位和接收单位负责人应做好接收污染物记录, 以备核查。接收、转运、处置联单可参照下文 7.1.2.4 节的船舶污染物接收联单。

(4) 本项目工作船舶含油污水收集舱容量应根据《国内航行海船法定检验技术规则(2020)》中相关要求设置, 以确保工作船舶在航行期间具有足够储存全部含油污水的容量, 收集舱应设有观察污水液位的装置, 如液位计、观测孔、手工或自动液位测量装置等。

(5) 做好海水水质监测工作, 密切注意养殖区及周边海域的水质变化, 及时清理病死水产品, 并转运至陆域进行无害化处理, 以保障区域海水水质环境。

(6) 做好恶劣天气条件下的防护准备, 6 级以上大风应停止作业, 必要时应对养殖水产品收集上岸, 并组织人员撤离。

(7) 防止船舶溢油事故发生, 溢油事故发生后应第一时间采取应急措施。

(8) 网衣冲洗水自然排海, 冲洗下来的海洋垃圾统一收集上岸后交由环卫部门处理, 冲洗下来的存活的附着生物重新回到海洋, 极少量死亡的附着生物收集至病死鱼收集箱收集上岸处理。

(9) 鼓励采用防污网衣, 定期清理网衣附着物和检查网衣受损状态, 以保持网箱内良好的水体交换。

(10) 由于网箱养殖的高密度、集约化方式, 在生产中病害也十分严重, 必须在养殖专业技术人员的指导下, 针对养殖鱼类确定合理的药剂和用量, 不得滥用药物。

(11) 选择合适的饵料及控制投喂量, 避免饲料浪费对水体造成污染。

(12) 运营期间, 养殖过程排放的污染物(总氮、总磷、氨氮、COD)对项目区附近海域水质环境的影响较小, 在养殖过程中优化饵料营养组成及投喂方

式，饲料中加入易消化的碳水化合物可提高蛋白质利用率，通过选择饲料中所含的能量值与蛋白质含量的最佳比，可以减少饲料中氮的排泄。

本项目营运期采取的水污染环境保护措施均是常规环保措施，在国内外类似工程中应用广泛，在经济、技术等方面可行。

7.1.2.4 污染物接收联单

船舶污染物接收联单

第一部分	
船舶名称 (Ship's Name):	国籍 (Nationality):
船长签字 (Signature of Master):	联系方式 (TEL):
接收单位 (Collecting Department):	
接收船舶/车辆 (Collecting Ship/Garbage truck):	
接收船舶船长签字 (Master):	联系方式 (TEL):
作业信息	
种类 (Category):	数量 (Quantity): Kg/m³
种类 (Category):	数量 (Quantity): Kg /m
种类 (Category):	数量 (Quantity): Kg /m
种类 (Category):	数量 (Quantity): Kg /m
种类 (Category):	数量 (Quantity): Kg
/m 作业地点:	
作业开始时间: 作业结束时间:	
安全与防污染措施:	
第二部分	
污染物运输单位: 运输车辆车牌号/船舶名称:	
运输车辆驾驶员/船长: 联系方式:	
发运人: 联系方式: 发运时间: 发运地点:	
污染物种类:	污染物数量:
污染物种类:	污染物数量:
污染物种类:	污染物数量:
污染物种类:	污染物数量:
备注:	

第三部分

处置单位:_____接收人员:_____联系方式:_____

接收时间:_____接收地点:_____

污染物种类:_____污染物数量:_____

污染物种类:_____污染物数量:_____

污染物种类:_____污染物数量:_____

污染物种类:_____污染物数量:_____

7.1.2.5 固体废物处置措施

(1) 营运期间,不得在海上随意抛弃废弃绳索、废弃浮子及废弃网衣等废弃养殖设施材料,应收集上岸交由物资回收公司回收利用。

(2) 养殖设备采用环保材质,禁止使用泡沫浮球,避免造成海上白色污染。

(3) 营运期分类收集工作人员生活垃圾,收集上岸后由环卫部门清运处理,严禁随意丢弃入海,依托码头处设置了生活垃圾收集设施,上岸收集后由当地环卫部门统一清运集中处理。

(4) 宣传垃圾袋装化,减少一次性餐具和塑料袋的使用,推行环保意识,保障养殖区的安全生产。

(5) 建设单位对养殖区进行日常维护管理时,应养成环保意识,随手对顺海流漂进来的海漂垃圾进行打捞清理,海漂垃圾收集上岸后交由环卫部门处理。

(6) 养殖过程中可能会产生病死水产品,在养殖区域设置病死水产品收集箱,妥善收集后按相关指南及处理规程,送至指定地点或相关处理单位进行无害化处理。

无公害处理方式包括焚烧法、化制法、高温法、深埋法等,本项目养殖死鱼死贝根据《病死及病害动物无害化处理技术规范》进行收集暂存,每个月集中送往政府指定填埋地点进行深埋或委托无害化处理单位进行处理。

收集转运过程主要如下:包装——暂存——转运——无害化处理,处理要求如下:

①收集运输要求

A.包装

包装材料应符合密闭、防水、防渗、防破损、耐腐蚀等要求。b.包装材料的容积、尺寸和数量应与需处理动物尸体及相关动物产品的体积、数量相匹配。c.

包装后应进行密封。d.使用后，一次性包装材料应作销毁处理，可循环使用的包装材料应进行清洗消毒。

B. 暂存

采用冷冻或冷藏方式进行暂存，防止无害化处理前动物尸体腐败。b.暂存场所应能防水、防渗、防鼠、防盗，易于清洗和消毒。c.暂存场所应设置明显警示标识。d.应定期对暂存场所及周边环境进行清洗消毒。

C. 运输

选择专用的运输车辆或封闭厢式运载工具，车厢四壁及底部应使用耐腐蚀材料，并采取防渗措施。b.车辆驶离暂存、养殖等场所前，应对车轮及车厢外部进行消毒。c.运载车辆应尽量避免进入人口密集区。d.若运输途中发生渗漏，应重新包装、消毒后运输。e.卸载后，应对运输车辆及相关工具等进行彻底清洗、消毒。

② 其他要求

A. 人员防护

动物尸体的收集、暂存、装运、无害化处理操作的工作人员应经过专门培训，掌握相应的动物防疫知识。工作人员在操作过程中应穿戴防护服、口罩、护目镜、胶鞋及手套等防护用具。b.工作人员应使用专用的收集工具、包装用品、运载工具、清洗工具、消毒器材等。c.工作完毕后，应对一次性防护用品作销毁处理，对循环使用的防护用品消毒处理。

B. 记录要求

a. 病死动物的收集、暂存、装运、无害化处理等环节应建有台账和记录。有条件的地方应保存运输车辆行车信息和相关环节视频记录。

b. 台账和记录

暂存环节：

接收台账和记录应包括病死动物及相关动物产品来源场（户）、种类、数量、动物标识号、死亡原因、消毒方法、收集时间、经手人员等。

运出台账和记录应包括运输人员、联系方式、运输时间、车牌号、病死动物及产品种类、数量、动物标识号、消毒方法、运输目的地以及经手人员等。

处理环节：

接收台账和记录应包括病死动物及相关动物产品来源、种类、数量、动物标识号、运输人员、联系方式、车牌号、接收时间及经手人员等。

处理台账和记录应包括处理时间、处理方式、处理数量及操作人员等。

涉及病死动物无害化处理的台账和记录至少保存两年。

本项目营运期采取的固体废物处置措施均是常规环保措施，所依托码头配置了生活垃圾收集设施，分类收集的生活垃圾及清理出的海洋垃圾等收集上岸后交由环卫部门清运处理，设置病死水产品收集箱，病死水产品妥善收集后按相关指南及处理规程送至指定地点或相关处理单位进行无害化处理，废弃绳索、废弃浮子及废弃网衣等废弃养殖设施材料收集上岸后交由物资回收公司回收利用，本项目固废上岸处理处置方式在经济、技术等方面均可行。

7.1.2.6 营运期防污应急措施

(1) 营运期应好海水水质监测工作，密切注意养殖区及周边海域的水质变化，严格控制养殖规模、密度。

(2) 做好恶劣天气条件下的防护准备，6级以上大风应停止作业，必要时应对养殖水产品收集上岸，并组织人员撤离。

(3) 定期检查并加固养殖设施的锚固件及中间支撑等关键结构部件，确保其能够承受台风带来的强大风力和海浪冲击。在台风天来前，应对关键设备、设施进行固定。

(4) 台风天结束后，应组织灾后处理和灾后复产工作，灾后处理和灾后复产工作，防止废弃养殖设施材料对海洋环境造成污染，保障周边通航安全。

(5) 防止船舶溢油事故发生，溢油事故发生后应第一时间采取应急措施。

7.2 项目非污染环境保护对策措施

建设单位应重视生产安全，认真落实既定的安全与防污染措施，充分考虑本报告的合理化建议，保障本项目建设与邻近水域船舶通航安全。应重点考虑、落实以下事项：

(1) 与海事等部门建立有效的联系机制，申请发布航行通（警）告，合理规划安全作业区，并设置临时警示、助航标志、警戒船；商定现场安全维护方案。

(2) 在贝类养殖区边界及网箱处布置40盏太阳能警示航标灯，并布置显眼

的警示标志，以警示白天及夜间过往船只和项目工作船，避免发生船舶碰撞事故。

(3) 进一步优化细化各类应急预案以及施工船舶的作业限制条件。

(4) 参与施工船舶应持有适合工程水域作业的适航证书；加强施工船舶管理，做好交通组织工作；作业中应按规定显示信号灯号型，控制在核定的安全作业区内作业，施工光源应有效遮蔽。

(5) 建立安全协调机构，施工、运营过程中适时召开协调会，及时解决施工、运营过程中涉及通航安全问题。

(6) 应认真落实雾、台风和寒潮大风等恶劣天气、海况的防范工作。

(7) 为减少对海域水体水动力的影响，浮筏养殖单体应尽量与涨落潮流主流向平行布设，网箱养殖期间应根据苗种生长情况分箱疏苗，保证养殖密度合理。

(8) 项目应严格按照批准范围方式进行施工，不得超出批准的用海海域。

(9) 项目在建设过程中应配合执法部门的监管。

7.3 项目海洋生态保护对策措施

7.3.1 海洋生态保护对策措施

(1) 项目施工应尽量避免避开保护动物繁殖期和幼鱼、幼虾生长期等生长繁育关键阶段。本项目占用“三场一通道”中的南海北部幼鱼繁育场保护区、南海区幼鱼幼虾保护区，建设过程中必须重视幼鱼、幼虾的保护，施工期和营运期严格执行休渔政策，同时应对整个施工进行合理规划，以减轻施工可能带来的水生生态环境影响。

(2) 施工单位在施工前期应充分做好生态环境保护的宣传教育工作，组织施工人员学习有关法律法规，增强施工人员对海洋珍稀动物保护的意识；建议施工单位制定有关海洋生态环境保护奖惩制度，落实岗位责任制。

(3) 施工过程中须密切注意施工区及其周边海域的水质变化。如发现因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。

(4) 本项目附近海域分布有珍稀水鸟等海洋保护动物，项目施工前应对附近海域情况进行瞭望，若发现有海洋保护动物，应采取无害的驱避措施，将其驱离施工水域附近，再进行施工，施工期间避免高强度长时间作业，以减少对水生

生物的影响。

(5) 项目建设期间若发生海洋保护动物碰撞事故，应及时判断海洋保护动物是否存活，并立即报告给当地的渔业行政主管部门或专门的野生动物救护中心，提供动物的位置和基本情况，如健康状况、是否有明显的外伤等。

(6) 施工期间和施工结束后，对项目附近的生态环境进行跟踪监测，掌握生态环境的发展变化趋势，以便及时采取调控措施。

(7) 施工及营运期间尽量避免船舶穿越附近海洋保护区，规划合理航线，控制船速，以尽量避免碰撞海洋保护动物。

(8) 坚持预防为主方针。实施病死养殖水生动物无害化处理。

(9) 加强养殖废弃物治理。推进贝壳、网衣、浮子等养殖生产副产物及废弃物集中收置和资源化利用。

(10) 通过实施工程、生物、技术措施，减少养殖贝类的污染影响。一旦贝类受到污染，则应调查原因和暂停养殖、严控受污染的水产品上市。

(11) 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，建设单位应根据相关要求对项目附近水域的生物资源恢复进行生态补偿。

7.3.2 生态环境补偿措施分析

项目施工对生态资源造成最直观的损失是因投锚沉入海底造成的底栖生物的直接损失，对项目所在海域的生态环境造成了事实上的负面影响。为了缓解和减轻工程对所在海域水生生物的不利影响，建设单位应根据农业部《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作出生态补偿。

《中国水生生物资源养护行动纲要》(国发〔2006〕9号)明确提出：建立健全水生生物资源有偿使用制度，完善资源与生态补偿机制。按照谁开发谁保护、谁受益谁补偿、谁损害谁修复的原则，开发利用者应依法交纳资源增殖保护费用，专项用于水生生物资源养护工作；对资源及生态造成损害的，应进行赔偿或补偿，并采取必要的修复措施。目前，海洋工程的生态补偿通常有以下三种方式：1) 经济补偿；2) 资源补偿：对重要生物资源(鱼类、底栖动物和鱼卵仔鱼)的损失应进行增殖放流补充；3) 生境补偿：对受到破坏的海洋生境(渔场、繁殖地、育幼场和索饵场)进行恢复与重建。4) 落实海洋生态补偿措施，有关具体的海

洋生物资源和渔业资源补偿方案，在项目核准后，由养殖企业与有关主管部门协商，明确补偿计划、具体实施单位等。

因项目建设主要引起底栖生物资源损失，相对损失量较少，本报告建议采用经济补偿的方式，根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007）、《关于发布广东省涉渔工程渔业资源损失生物价格核算技术指南的通知》等文件，建设单位按规定赔付年限核算有关生物损失赔偿金，弥补本项目建设对海洋生物资源造成的损失。

7.4 项目环境保护设施和对策一览表

建设项目环境保护设施和对策一览表见表 7.4-1。

表 7.4-1 建设项目环境保护设施和对策措施一览表

阶段	污染项目	影响因素	环保对策措施	预期效果
施工期	施工船舶尾气	大气环境	选用符合标准的燃料；采用油耗低的船舶，定期进行维护和保养；船舶需经船舶检验机构检验合格	不对周围大气环境造成明显不良影响
	施工船舶噪声	声环境	选用低噪声的船舶施工设备、控制船舶鸣笛	不对周围声环境造成明显不良影响
	施工人员生活污水	海水水质、沉积物	施工期生活污水暂存至船舶生活污水收集舱，收集上岸后经槽车转运至陆丰第二污水处理厂处理排放	对海水水质、沉积物环境基本不造成不良影响
	施工船舶含油污水		施工期船舶含油污水暂存至船舶含油污水收集舱，收集上岸后由有处理能力的单位接收处理	合理处置，不对外环境产生不良影响
	悬浮泥沙		控制施工强度	尽量减少悬浮泥沙影响
	施工人员生活垃圾	固体废物	船舶上设置固体废物收集箱，工作人员生活垃圾放入收集箱，集中装箱运回陆地，严禁随意丢弃入海，收集上岸后交由环卫部门统一处理	合理处置，不对外环境产生不良影响
	废弃养殖设施材料		收集上岸后交由物资回收公司回收利用	
营运期	船舶尾气	大气环境	选用符合标准的燃料；采用油耗低的船舶，并定期进行维护和保养；船舶需经船舶检验机构检验合格	尽量减少对周围大气环境造成明显不良影响
	船舶噪声	声环境	选用低噪声的设备、控制船舶鸣笛	不对周围声环境造成明显不良影响
	生活污水	海水水质、沉积物	营运期生活污水定期收集暂存，上岸后经槽车转运至陆丰第二污水处理厂处理排放	不对海水水质、沉积物环境造成不良影响
	船舶含油污水		船舶含油污水暂存至船舶含油污水	

阶段	污染项目	影响因素	环保对策措施	预期效果
			收集舱, 收集上岸后由有处理能力的单位接收处理	
	养殖产品排泄物及养殖残饵		合理控制养殖规模、密度; 选择合适饵料科学投喂; 清理附着物, 保持良好水体交换	
	网衣冲洗水		冲洗水自然排海, 分类收集冲洗废物	
	生活垃圾	固体废物	生活垃圾分类收集上岸后由环卫部门清运处理	合理处置, 不对外环境产生不良影响
	网衣附着物		清理出的附着生物回归海洋循环, 清理出的海洋垃圾收集后交由环卫部门统一清运处理	
	废弃养殖设施材料		收集上岸后交由物资回收公司回收利用	
	病死水产品		设置病死水产品收集箱, 按照相关指南及规程进行无害化处理	
全阶段	生态损失	生态环境	经济赔付	尽量对造成的生态损失进行补偿
	溢油风险、有毒有害生物(赤潮、病原体、天敌、外来物种入侵等)风险、热带气旋风险	环境风险	设置航标灯、配备常见的溢油物资、设置防污防漏设施; 做好养殖病害预防工作及有害生物防治工作; 做好热带气旋防范措施等	尽量降低发生风险事故的可能性

8 环境保护的技术经济合理性

8.1 环境保护设施和对策措施的费用估算

本项目建设总投资额为 7006.01 万元，环保投资费用主要包括海洋生态损失补偿费、环境保护措施、环境监测等费用，建设项目环保总投资约为 150 万元，约占总投资的 2.14%。

本项目环保投资费用主要包括环境保护临时措施、环境风险防范措施，环境监测、环境监理等费用。各项费用估算见表 8.1-1。

表 8.1-1 环保投资估算一览表

投资阶段	投资内容	投资额(万元人民币)	备注
施工期	固体废物收集设施	5	垃圾清运费
	污水处置措施	10	污水运输费、污水处理站排污费等
	大气污染防治	0.5	工作人员口罩等的购买
	声污染防治	0.5	防护耳塞购买
	环境监测及监理	30	海洋环境监测
	小计	46	
营运期	噪声、隔音、消声处理	0.5	防护耳塞购买
	大气污染防治	0.5	工作人员口罩等的购买
	固体废物	5	垃圾清运费
	污水处置措施	30	污水运输费、污水处理站排污费等
	环境监测及监理	50	海洋环境监测
	预留费用	18	其他不可预见环保设施费用
	小计	104	
合计		150	

8.2 环境保护的经济损益分析

8.2.1 环境影响经济损益分析

环境经济损失是指采取相应环保措施后，工程项目仍然可能造成的环境损失，本工程的环境经济损失主要包括生态破坏经济损失、水污染经济损失等。

一、生态破坏经济损失

本项目开展浮筏吊笼养殖、网箱养殖，项目建设过程及营运期对生物的原有

栖息环境影响较小。另外，施工期产生的悬浮泥沙量较少，产生悬浮泥沙的过程主要为浮筏和网箱固定抛锚过程，本项目工程量小，工期短，悬浮泥沙产生量较少。本项目对海洋生态环境的影响是短期、可恢复性的，不会产生长期、不可恢复的不良影响。施工结束后其影响基本消失。

整体而言，本项目对生态环境的影响较小。

二、水污染经济损失

水体污染通常是指受人为因素而引起的，即由于废污水的排放，使得起初为清洁的天然水体水质超标，导致水体功能减弱或丧失而遭受的经济损失。建设项目引起水质污染的原因是多方面的，从环境影响角度，本项目施工期对海水水质环境影响较小，施工期产生的悬浮泥沙量较少。

营运期对海水水质的影响主要为网箱养殖鱼类排泄物和残余饵料对海水水质环境造成影响，本项目养殖活动的主要污染因子为COD、N、P。然而，根据《第二次全国污染源普查产排污系数手册·农业源》，本项目贝类养殖对区域海水中的N、P及COD具有一定吸收效应，对海水水质环境是有利的。根据营运期养殖产品排泄物污染影响分析，本项目开展养殖活动后，养殖产品产生的排泄物基本不会使得原有水质的本底数值超标。

整体而言，本项目对海水水质环境的影响较小。

8.2.2 环境正效应分析

本项目环保投资约150万元，通过落实各项环境保护措施将工程对评价区域的环境质量的负面影响减至最低，在取得明显的经济效益、社会效益的前提下保证了“可持续发展”。

本项目虽然投入一定资金用于防治污染，但可为建设单位减少许多不必要的经济损失，以保证工程顺利实施。

环保措施的环境经济效益是指在采取环保措施后所得到的直接和间接的效益。直接效益为资源、能源和回收利用所产生的收益；间接效益为采取环保措施后海洋生物资源损害减少，或因减少水环境影响而使海洋生物资源受损降低。就本项目而言，环境经济效益主要由间接效益组成。

根据本报告前述章节的相关分析可知，项目施工期对海水水质环境的影响较小，其影响是暂时性的，将会随着项目建设完成而停止。营运期对海水水质环境

影响有限，通过采取必要的环保措施后，可有效减少本项目实施过程中对环境造成的影响。因此，本项目的环境影响和损失可以接受，项目的环境正效益明显。

8.2.3 环境保护的技术经济合理性

经计算，本项目环境保护投资费用约为150万元。从环境保护角度而言，该环境保护措施投资对建设单位是可接受的；从经济角度论证，该项目的环境保护措施是可行的。

项目建设有较大社会效益和经济效益，能够促进区域渔业的快速良性发展。项目投资对区域经济社会发展具有拉动作用，项目对促进当地经济和社会的可持续发展等都将起着十分积极的意义。同时，在项目施工建设和将来运营生产中，建设单位也将采取一定的环境保护措施来降低环境污染，实现清洁生产，努力将环境影响控制在最小范围和最低程度，并且这些环保措施是该类工程建设应用比较成熟的技术措施。因此，项目所采取的污染防治方法与环境保护措施在技术、经济上是合理的、可行的。

9 环保政策及规划符合性分析

9.1 产业政策符合性分析

根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，项目属于鼓励类“一、农林牧渔业 14. 现代畜牧业及水产生态健康养殖：畜禽标准化规模养殖技术开发与应用，农牧渔产品绿色生产技术开发与应用，畜禽养殖废弃物处理和资源化利用（畜禽粪污肥料化、能源化、基料化和垫料化利用，病死畜禽无害化处理），远洋渔业、人工鱼礁、渔政渔港工程、绿色环保功能性渔具示范与应用，新能源渔船，淡水与海水健康养殖及产品深加工，淡水与海水渔业资源增殖与保护，海洋牧场”中的海洋牧场。因此，项目属于鼓励类建设项目，项目的建设符合国家产业政策。

根据《市场准入负面清单（2025 年版）》，本项目建设不属于“禁止准入类”，项目属于“许可准入类”中 11 号（事项编码：201005），其禁止或许可事项为“未获得许可，不得从事特定渔业养殖、捕捞及相关生产经营活动”，本项目将依法依规办理相关许可之后，从事生产。因此，本项目建设符合《市场准入负面清单（2025 年版）》的要求。

9.2 与《广东省海岸带及海洋空间规划（2021—2035 年）》符合性分析

根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021—2035 年）》，为了严格海岸线管控和合理保障海岸带生态、生产、生活空间，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”为生态保护区、生态控制区和海洋发展区。

由图 9.2-1 可知，项目位于规划中的海洋发展区中的碣石湾近岸渔业用海区，渔业用海区管控要求有 3 个方面，空间准入：渔业用海区允许渔业基础设施建设、养殖和捕捞生产等渔业利用，可兼容不影响渔业用海区基本功能的用海类型，鼓励开放式养殖、捕捞生产等空间的立体利用。利用方式要求：除渔业基础设施和海岸防护工程外，严格限制改变海域自然属性。生态保护要求：积极防治海水污染，禁止在渔业用海区内进行有碍渔业生产或污染水域环境的活动。鼓励推广发

展生态养殖模式，合理规划养殖规模、密度和结构，保障渔业资源可持续发展。

项目与碣石湾近岸渔业用海区的符合性分析见表 9.2-1。

表 9.2-1 甲子港近岸渔业用海区管控符合性分析

管控要求	管控内容	用海分析	相符性
空间准入	1.允许渔业基础设施、增养殖、捕捞等用海；	项目开展增养殖活动，用海类型为渔业用海。项目的建设不影响军事用海及军事设施安全。	相符
	2.可兼容固体矿产用海、可再生能源、海底电缆管道、航运、路桥隧道、风景旅游、文体休闲娱乐、科研教育、海洋保护修复及海岸防护工程等用海；		
	3.探索推进海域立体分层设权，增养殖、捕捞、海底电缆管道、航运、路桥隧道等用海空间可立体利用；		
	4.优先保障军事用海及军事设施安全。		
利用方式	1.允许适度改变海域自然属性；	项目为海水养殖项目，养殖活动不改变海域自然属性，不占用海岸线、不侵占航道、渔港及锚地，项目的建设对河口防洪纳潮基本无影响。	相符
	2.优化渔港平面布局，鼓励构筑物采用透水方式建设，降低对周边海域水动力的影响；		相符
	3.禁止养殖活动侵占渔港进出港航道及影响渔港正常运营；		相符
	4.严格控制河口海域的围海养殖，维护河口防洪纳潮功能。		相符
保护要求	1.积极防治海水污染，禁止在渔业用海区内进行有碍渔业生产或污染水域环境的活动；鼓励推广	本项目营运期将合理投放饵料，优化养殖环境和投喂方式，积极防治海水污染，项目养殖品种属	相符

	发展生态养殖模式，合理规划养殖规模、密度和结构，保障渔业资源可持续发展；	于陆丰市养殖重点发展品种，项目按照相关养殖技术规范合理设置养殖密度。项目不占用自然岸线，严格保护岸线、不占用海岛资源、基岩岸滩、砂质海岸、盐沼和淤泥质岸滩等。	
	2.切实保护严格保护岸线；		
	3.严格保护岸线所在的潮间带区域，以保护修复目标为主，保障潮间带自然特征不改变、面积不减少、生态功能不降低；		
	4.保护和合理利用无居民海岛资源；		
	5.保护基岩岸滩、砂质海岸、盐沼、淤泥质岸滩及其生境。		

本项目属于开放式养殖活动，建设后开展深水网箱和筏架式养殖，是在推行的生态化海上养殖模式。本项目建设对项目施工期和营运期船舶污水、固废均定期收集上岸委托有资质单位统一收集处理，通过合理控制养殖规模和养殖密度控制营运期养殖污染，对周边环境的影响很小。因此，项目与《广东省海岸带及海洋空间规划（2021—2035年）》的规划要求相符。

名称		嵎山湾跨海渔业南港区		代码		610-001		功能区位置图	
分区类型		渔业用海区		位置		经度: 115° 41' 19.318" E 纬度: 22° 47' 35.382" N			
地理范围		站前市拖斗半风车岛至礁石湾海域							
空间资源 现状	岸线长度 (千米)	34.6885							
	潮间带面积 (公顷)	553.2049							
	陆域面积 (公顷)	13737.5297							
		海岛数量 (个)	无居民海岛	0	无居民海岛	9			
开发利用现状		1. 建有锚地; 2. 建有乌沈码头及养殖风车; 3. 海湾内存在现状养殖。							
岸线类型	严格保护区段	位置 (岸段序号)	44150153, 44150154, 44150155, 44150173, 44150188 44150110, 44150133, 44150138 44150172, 44150173, 44150169, 44150165, 44150164 44150163, 44150162, 44150161, 44150160, 4415015 9, 44150158, 44150157, 44150156, 44150152, 441501 50, 44150128, 44150127, 44150126, 44150125, 441501 24, 44150123, 44150122, 44150121, 44150115, 4415 0114, 44150113, 44150112, 44150111, 44150109 44150110, 44150108, 44150117, 44150116, 44150115 , 44150120				长度 (千米)	8.3189	
	限制开发岸段						23.9398		
	优先利用岸段						8.9298		
	有居民海岛主体功能		——						
无居民海岛 (名称)	主体保护区内	四方礁, 麒麟礁, 牛头礁, 铁钉可礁, 天干礁, 鱼骨礁, 蟹洞礁, 漂毛头, 漂毛礁							
	生态控制区内	——							
	海洋发展区内	——							
管控要求	空间准入	1. 允许渔业基础设施、避风港、锚碇等布局; 2. 可新建固体矿产用海, 可再生资源、海底电缆管道、航运、船舶避风、风景旅游、文体休闲娱乐、科研教育、海洋保护修复及海岸防护工程等用海; 3. 探索建设海域生态补偿机制, 将养殖、船舶、海底电缆管道、航运、船舶避风等用海空间可立体利用; 4. 优先保障军事用途及军事设施安全。							
	利用方式	1. 允许适度改变海域自然属性; 2. 优化渔港布局, 鼓励构筑物采用透水方式建设, 降低对周边海域水动力的影响; 3. 禁止养殖活动侵占渔港泊位航道及影响渔港正常运营; 4. 严格控制河口海域的围海养殖, 维护河口生态增殖功能。							
	保护要求	1. 积极防治海水污染, 禁止在渔业用海区内进行有损渔业生产或污染水城环境的活动; 鼓励推广发展生态养殖模式, 合理规划养殖规模、密度和结构, 保障渔业资源可持续发展; 2. 切实保护严格保护区段; 3. 严格保护应划定的潮间带区域, 以保护修复目标为主, 保障潮间带自然属性不改变, 面积不减少, 生态功能不降低; 4. 保护和合理利用无居民海岛资源; 5. 保护基岩岸滩、砂质岸滩、盐滩、泥质软岸滩及河土壤。							
	其他要求	——							
									

365

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》（粤办函〔2013〕127号）、《广东省生态环境厅关于同意调整汕尾东海岸、碣石局部海域近岸海域环境功能区划的函》（粤环函〔2024〕421号），项目位于“碣石湾浅海渔业功能区（标识号412）”和“乌坎工业、港口功能区（标识号408）”，主要功能为渔场作业区和工业、港口功能区，项目所在海域按照最高海水水质标准执行，执行《海水水质标准》（GB3097-1997）第一类标准，项目与功能区叠图见图9.3-1。

本项目为陆丰市碣石湾海域金厢片区3号海洋产业园，项目属于开放式养殖活动，建设后开展深水网箱和筏架式养殖，是在推行的生态化海上养殖模式。本项目建设对项目施工期和营运期船舶污水、固废均定期收集上岸委托有资质单位统一收集处理，通过合理控制养殖规模和养殖密度，控制营运期养殖污染，项目水质环境能维持现有良好水平，符合《广东省近岸海域环境功能区划》要求。



图 9.3-1 项目所在近岸海域环境功能区示意图

9.4 与国土空间规划分区符合性分析

9.4.1 与《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》符合性分析

《广东省国土空间规划（2021—2035 年）》提出：“按照耕地和永久基本农田、生态保护红线、城镇开发边界的优先序统筹划定落实三条控制线，把三条控

制线作为调整经济结构、规划产业发展、推进城镇化不可逾越的红线。以三条控制线分别围合的空间为重点管控区域，统筹发展和安全，统筹资源保护利用，优化农业、生态、城镇等各类空间布局”“广东省要充分发挥海洋作为高质量发展的战略要地作用，陆海统筹推进海洋空间保护与利用，加强海岸带综合管理，维护绿色安全海洋生态，打造现代化沿海经济带，全面建设海洋强省”。

根据《广东省国土空间规划（2021-2035）》的“三区三线”成果（图 9.4.1-1），项目选址不涉及城镇开发边界、永久基本农田及生态保护红线，项目建设与“三区三线”成果不冲突。项目建设后开展深水网箱和筏架式养殖，是在推行的生态化海上养殖模式，利用海域天然环境进行养殖，项目营运期将合理投放饵料，优化养殖环境和投喂方式，控制营运期养殖污染。项目施工期和营运期船舶污水、固废均定期收集上岸委托有资质单位统一收集处理。因此，项目建设所造成的海洋环境影响较小，对项目周边生态保护红线的影响可接受，不会引起周边生态保护红线的生态环境恶化，不会对生态保护红线的保护及管理造成阻碍，因此，项目建设符合《广东省国土空间规划（2021—2035 年）》中的强化底线约束和空间管控要求。项目建设有利于汕尾渔业增养殖发展，创造更多的就业机会，促进汕尾市现代渔业转型升级，助力汕尾市现代化海洋牧场高质量发展。

因此，项目与《广东省国土空间规划（2021—2035 年）》是相符合的。



图 9.4.1-1 项目位置与“三区三线”成果叠图

9.4.2 与《汕尾市国土空间总体规划（2021-2035 年）》符合性分析

项目位于陆丰市碣石湾，根据图 9.4.2-1 可知，项目位于《汕尾市国土空间总体规划（2021—2035 年）》规划中的渔业用海区。《汕尾市国土空间总体规划（2021—2035 年）》对海洋发展空间用海做出指引，其中渔业用海区的用海指引为：采用“分类管理+用海准入”的方式进行管理；集约节约利用岸线和海域空间，控制养殖密度和规模；保护重要渔业品种产卵场、索饵场、越冬场、洄游通道；防治海水养殖污染，防范外来物种侵害，保持海洋生态系统结构与功能的稳定。

本项目为陆丰市碣石湾海域金厢片区 3 号海洋产业园，项目主要养殖品种为太平洋牡蛎、石斑鱼等，均为汕尾市近岸海水养殖常见的养殖品种，因此，项目养殖品种对所在海域不会构成外来物种入侵的风险。项目为海上开放式养殖，不占用岸线，根据相关规范设计和控制养殖数量，做到集约节约利用海域且合理控制养殖密度和规模，符合指引要求。

因此，项目的建设与《汕尾市国土空间总体规划（2021—2035 年）》是相

符合的。

汕尾市国土空间总体规划（2021-2035年）

05 市域国土空间用地用海现状图

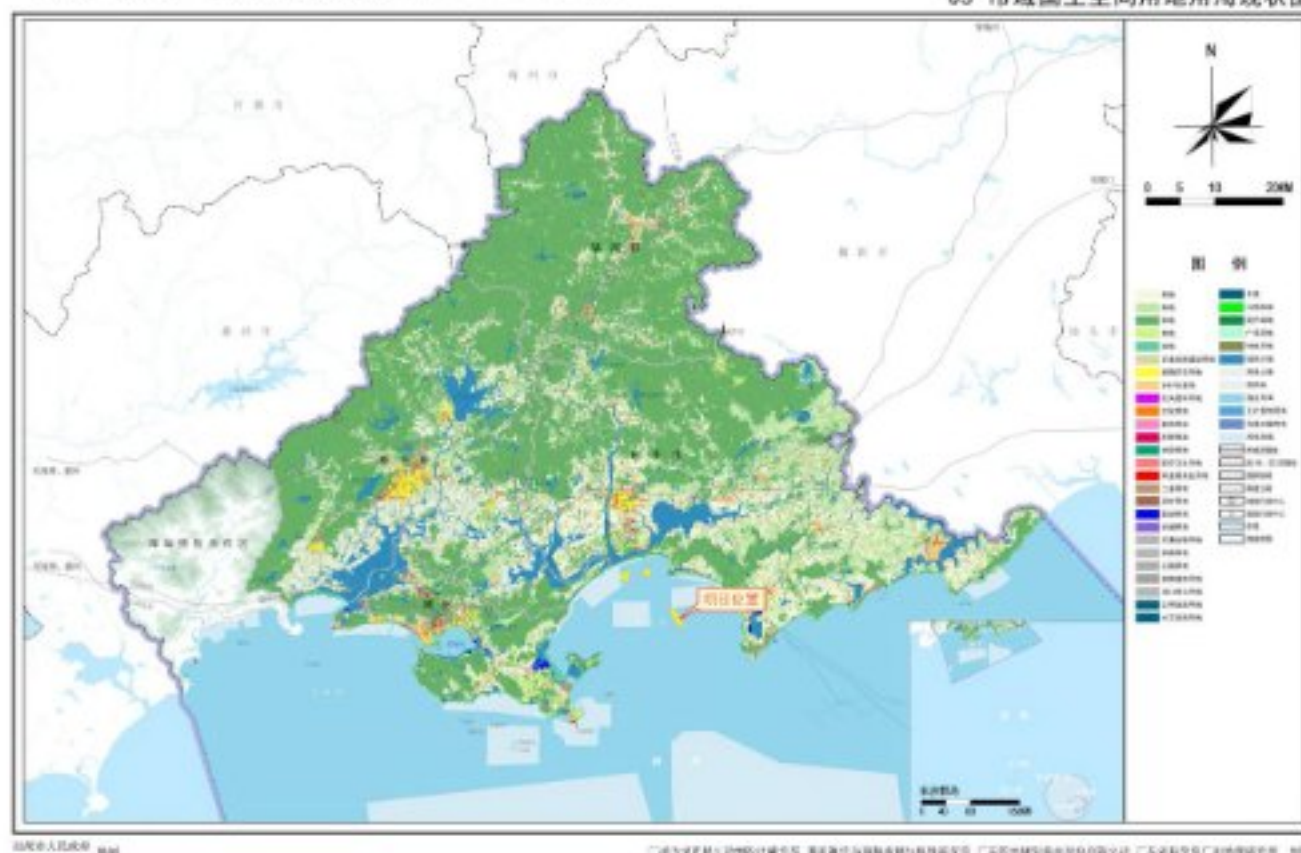


图 9.4.2-1 项目位置与《汕尾市国土空间总体规划（2021—2035 年）》叠图

9.4.3 与《陆丰市国土空间总体规划（2021-2035 年）》符合性分析

《陆丰市国土空间总体规划（2021—2035 年）》第 25 条提出建设“一带一心五区”的农业空间格局，其中“一带”为沿海渔业综合示范带：在碣石湾、三甲沿海城镇，结合现状已建的渔港，重点发展远洋捕捞、海水养殖、水产品深加工工业，大力发展“海洋渔业+旅游”，积极发展文化娱乐型、观光体验型、展示教育型等多元化现代休闲农业旅游。第 66 条提出“科学合理开发利用海洋”：依据海洋生态功能评价，结合用海需求，划定海域利用发展分区。按照合理开发、集约节约、高端发展、永续利用的原则，结合陆丰市海洋开发利用现状和发展需求，将海洋发展空间进一步划分为渔业用海区、工矿通信用海区、交通运输用海区、游憩用海区、特殊用海区。开发利用范围内采用“分区管理+用海准入”管理方式，严禁布局国家产业政策淘汰类、限制类项目，严格限制开展对海洋生态环境、海洋经济生物繁殖生长有较大影响的开发活动。海域利用区的污水和生活垃圾必须科学处置、达标排放，禁止直接排入海域，减少对海域环境的污染。

项目选址位于碣石湾，属于“一带一心五区”中的一带，项目建设内容为开放式养殖，属于重点发展的海水养殖业。根据图 9.4.3-1 可知，项目位于规划的渔业用海区，项目建设内容与规划功能相适宜；由前文分析可知，项目属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中的鼓励类项目；项目建设后开展深水网箱和筏架式养殖，是在推行的生态化海上养殖模式，利用海域天然环境进行养殖，项目营运期将合理投放饵料，优化养殖环境和投喂方式，控制营运期养殖污染。项目施工期和营运期船舶污水、固废均定期收集上岸委托有资质单位统一收集处理。

因此，项目与《陆丰市国土空间总体规划（2021—2035年）》对该区的功能定位、发展方向及布局要求相符。

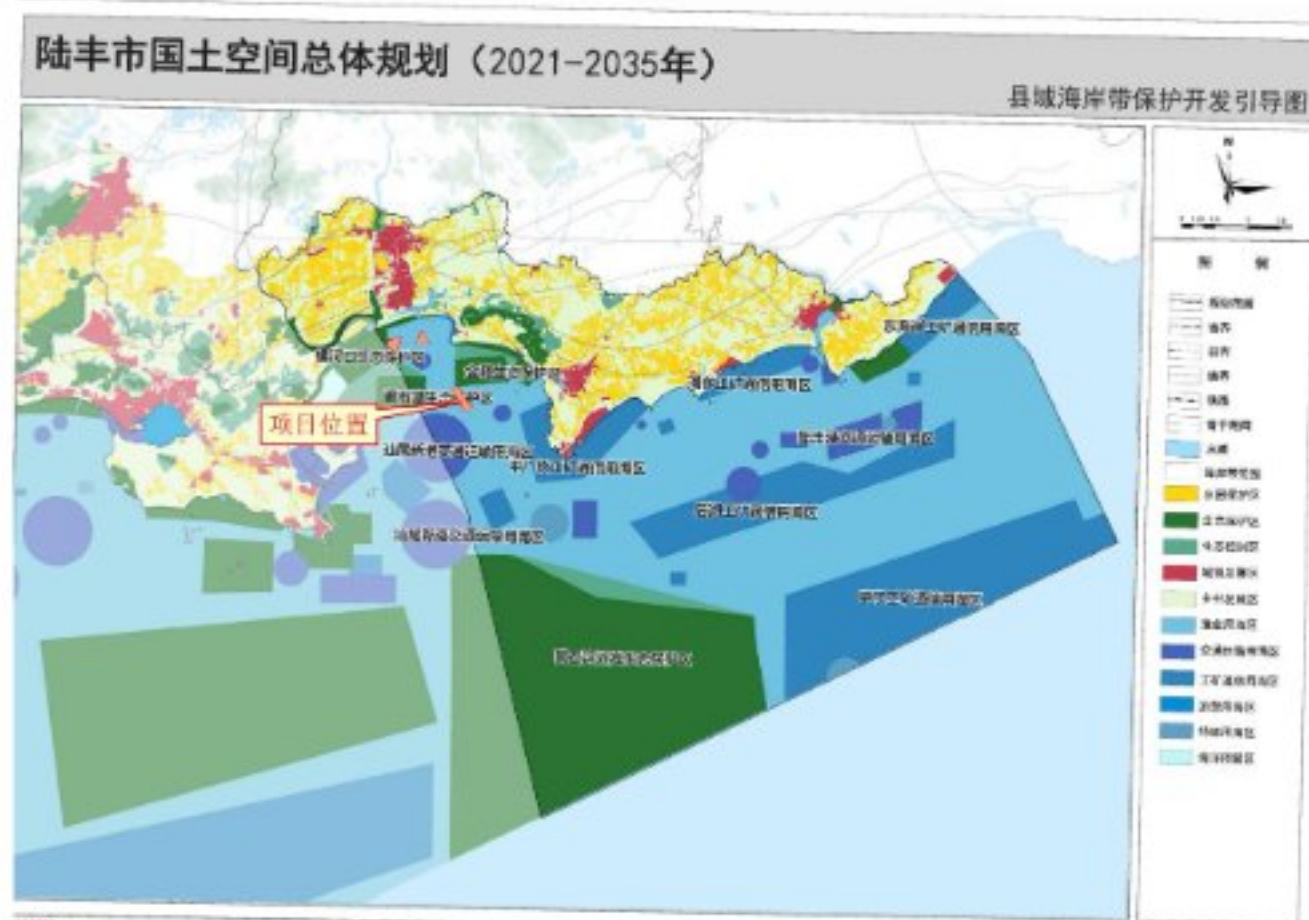


图 9.4.3-1 项目位置与陆丰市国土空间规划开发引导图叠图

9.5 与“三线一单”分区管控方案符合性分析

根据《广东省人民政府关于印发广东省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》（粤府〔2020〕71号）《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）《汕尾市“三线一单”生态环境分区管控方案（修订版）》（汕环〔2024〕154号）基本原则：生态优先，

绿色发展、分区施策，分类准入、统筹实施，动态管理；能源资源利用要求提出：保障自然岸线保有率。

因此市“三线一单”与省“三线一单”基本原则、能源资源利用要求对自然岸线保有率的要求基本一致，在此以省“三线一单”进行符合性分析：

生态优先，绿色发展。践行“绿水青山就是金山银山”理念，把保护生态环境摆在更加突出的位置，以资源环境承载力为先决条件，将生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线落实到区域空间，持续优化发展格局，促进经济社会绿色高质量发展。

分区施策，分类准入。强化空间引导和分区施策，推动珠三角优化发展、沿海经济带协调发展、北部生态发展区保护发展，构建与“一核一带一区”相适应的生态环境空间格局。针对不同环境管控单元特征，实行差异化环境准入。

统筹实施，动态管理。依据国家顶层设计，实行省为主体、地市落地、上下联动机制，构建共建共享、分级实施体系。结合经济社会发展和生态环境改善的新形势、新任务、新要求，定期评估、动态更新调整。

“能源资源利用要求”提出：保障自然岸线保有率，提高海岸线利用的生态门槛和产业准入门槛，优化岸线利用方式，提高岸线和海域的投资强度、利用效率。

1、生态保护红线

根据自然资源部办公厅发布的《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》，“三区三线”划定成果作为项目建设用地用海的依据。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）》，规范管控生态保护红线范围内对生态功能不造成破坏的有限人为活动。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。

项目用海范围不占用生态保护红线，项目周边海域的生态保护红线主要有：金厢重要渔业资源产卵场（项目养殖区3东北侧约0.24km）、乌坎港上海村海岸防护物理防护极重要区（项目养殖区1西北侧约0.09km）、汕尾海丰鸟类地方级自然保护区（项目养殖区1西侧约0.19km）、碣石湾长毛对虾重要渔业资源产卵

场（项目养殖区3西侧约2.79km）、金厢海岸防护物理防护极重要区（项目养殖区3东北侧约5.95km）。项目建设后开展深水网箱和筏架式养殖，是在推行的生态化海上养殖模式，利用海域天然环境进行养殖，项目营运期将合理投放饵料，优化养殖环境和投喂方式，控制营运期养殖污染。施工期产生的悬浮泥沙很少，主要集中于养殖区内，悬浮泥沙在施工结束后会逐渐消失；施工期及运营期产生的船舶污水（含油污水、工作人员生活污水）、船舶生活垃圾等均要求收集后上岸妥善处置，不排海。因此，项目建设在落实各类环保措施的前提下，对邻近的生态保护红线影响是可接受的。

综上，项目的建设生态保护红线相关规定及要求是相符的。

2、环境质量底线

项目养殖方式为筏式养殖和网箱养殖，属于开放海用海。项目施工产生的悬浮泥沙对项目所在海域的海洋环境产生一定的影响，但经采取措施后，可降低项目施工期可能产生的海洋环境影响，且施工期影响是暂时的，将随着施工期的结束而消失；施工期及营运期产生的船舶油污水、生活污水及固体废物分类收集待靠岸后定向处理，不排海；项目营运期将合理投放饵料，优化养殖环境和投喂方式，控制营运期养殖污染。因此，经采取一定的污染防治措施和生态环境保护措施后，项目的建设不会对水环境产生明显不良影响。

项目位于海域，距离最近陆域约1.9km，周边无声环境敏感区。施工水下噪声对生物生态的影响是暂时的，施工期间应加强对机械设备的维护保养和正确操作，保证在良好的条件下使用，减少运行噪声。营运期主要是船舶交通噪声，对周边环境影响较小。

项目施工期及运营期产生的废气主要为作业船只排放的尾气和养殖水产品上岸成圣臭气，经采用符合要求的燃料和合理防臭等措施，对周围大气环境产生影响较小。

综上，项目建设对环境的影响是可接受的，是符合环境质量底线要求的。

3、资源利用上线

资源利用上线要求：强化节约集约利用，持续提升资源能源利用效率，水资源、土地资源、岸线资源、能源消耗等达到或优于国家和省下发的总量和强度控制目标。按国家、省规定年限实现碳达峰。

项目为开放式养殖项目，主要利用海域的天然环境进行贝类和鱼类养殖，健康养殖、生态养殖是实现渔业可持续发展的有效途径，项目在用海批复范围内使用海域资源，不占用生态保护红线及自然岸线。因此，项目符合资源利用上线的要求。

4、与生态环境准入清单的符合性分析

根据《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》，项目位于海域一般管控单元中的“碣石湾农渔业区（编码：HY44150030001）”和“珠海-潮州近海农渔业区（汕尾范围）（编码：HY44150030007）”，见图 9.5-1~图 9.5-3 所示。项目与广东省环境管控单元图叠加示意图详见图 9.5-4。



图 9.5-1 项目养殖区 1 与广东省“三线一单”位置关系



图 9.5-2 项目养殖区 2 与广东省“三线一单”位置关系

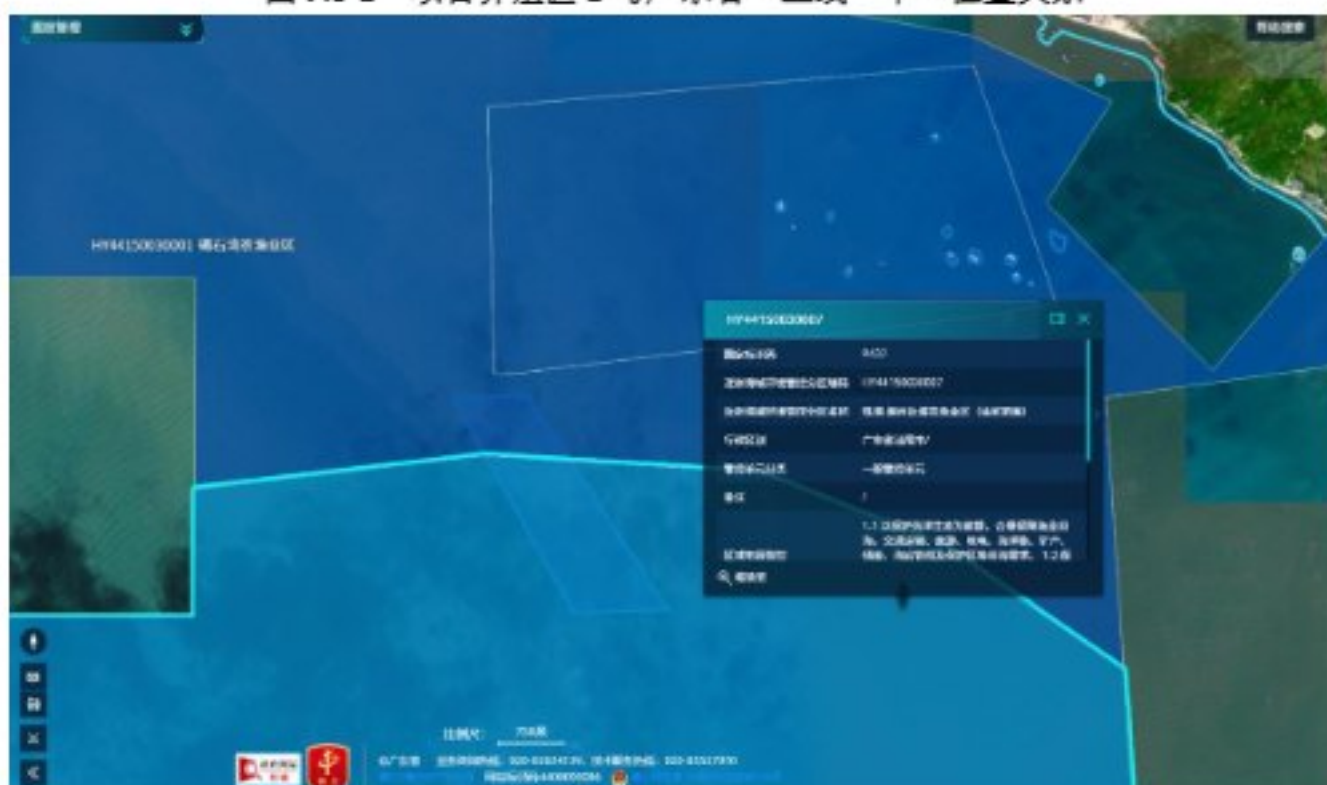


图 9.5-3 项目养殖区 3 与广东省“三线一单”位置关系

根据《汕尾市“三线一单”生态环境分区管控方案》，项目位于近岸海域一般管控单元中的“碣石湾农渔业区（编码：HY44150030001）”和“珠海-潮州近海农渔业区（汕尾范围）（编码：HY44150030007）”，见图 9.5-5 所示。

本项目与碣石湾农渔业区（编码：HY44150030001）和珠海-潮州近海农渔业区（汕尾范围）（编码：HY44150030007）的管控要求及项目符合性分析可见表 9.5-1 和表 9.5-2。综上，项目与《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》及《汕尾市“三线一单”生态环境分区管控方案（修订版）》是相符的。

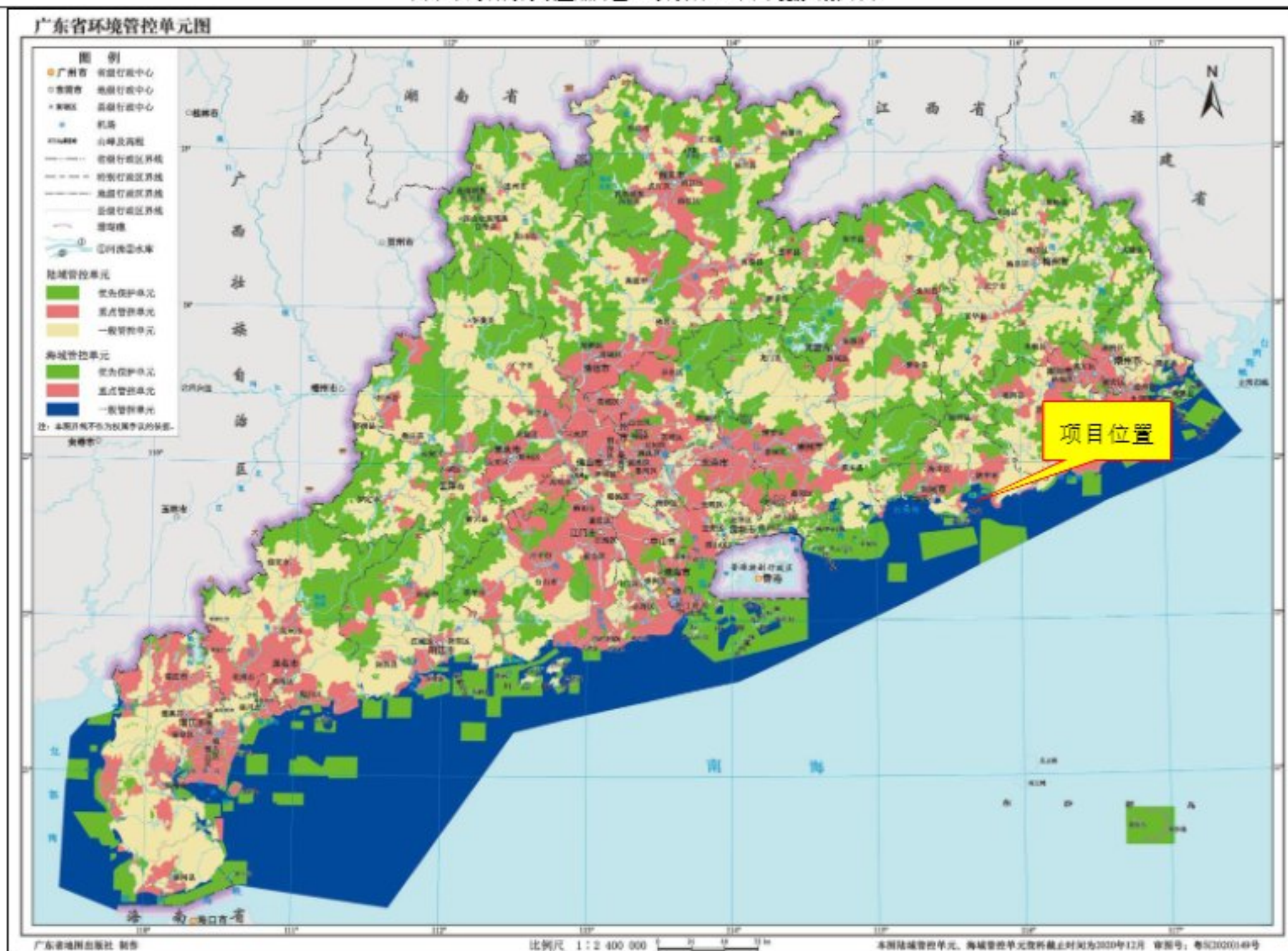


图 9.5-4 广东省环境管控单元图

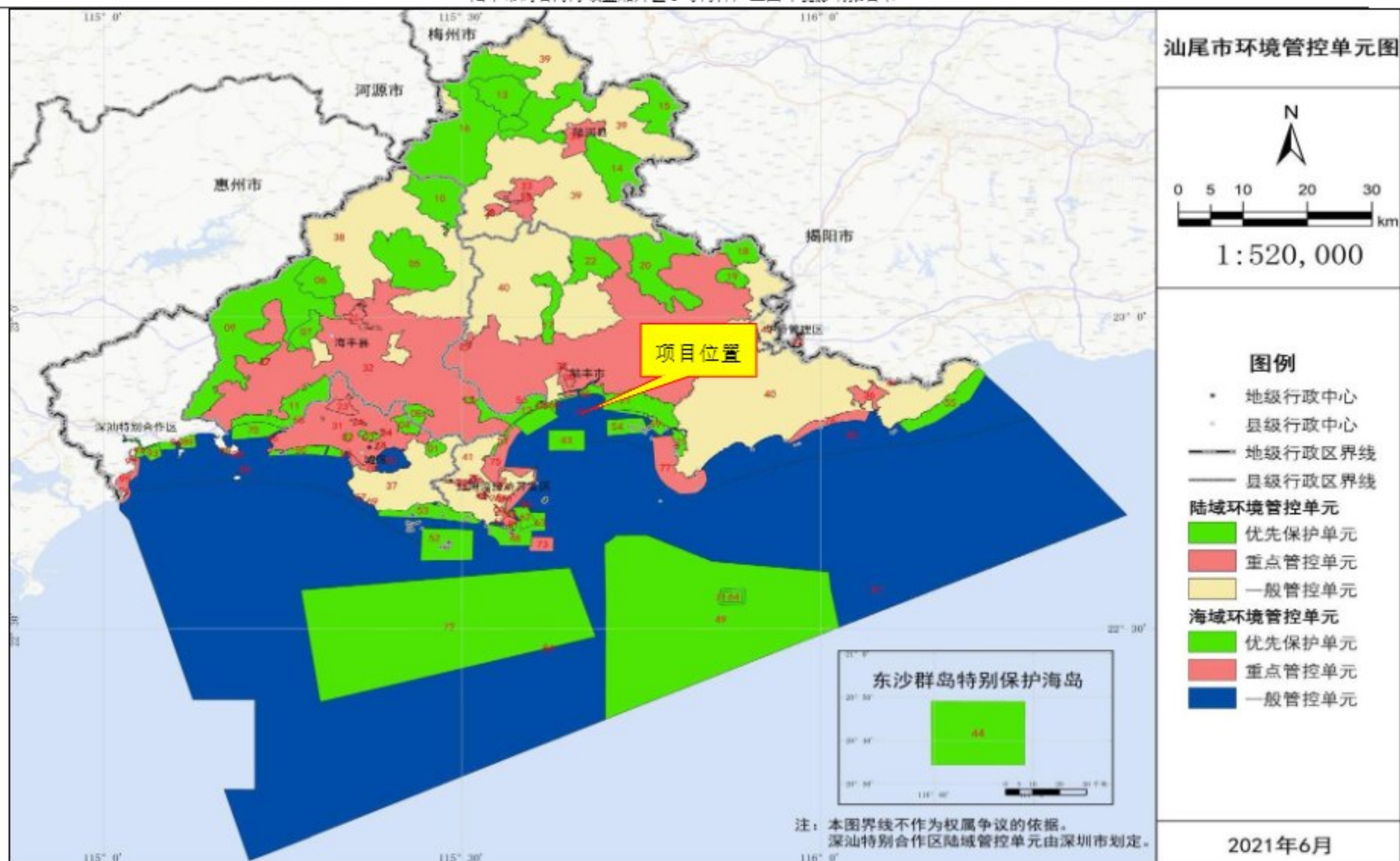


图 9.5-5 本项目与汕尾市“三线一单”生态保护红线叠加示意图

表 9.5-1 项目与汕尾市环境管控单元准入清单——碣石湾农渔业区一般管控单元相符性分析表

序号	环境管控单元编码	环境管控单元名称	行政区划		管控单元分类
			省	市	
79	HY44150030001	碣石湾农渔业区	广东省	汕尾市	一般管控单元
管控纬度	管控要求		符合性分析		符合性
区域布局管控	1-1.合理保障金厢渔港、碣石渔港、人工鱼礁用海需求。 1-2.通过科学论证，合理安排海马洲旅游区、乌坎港区、金厢港区、核电等工业发展的用海需求。1-3.保护碣石湾生态环境、保护鲍、海马等重要渔业品种。		本项目用海范围不占用金厢渔港、碣石渔港及人工鱼礁所在海域；项目为渔业用海，不属于工业发展用海；项目为开放式养殖用海，不对鲍、海马等重要渔业品种进行海洋捕捞。项目营运期将合理投放饵料，优化养殖环境和投喂方式，控制营运期养殖污染，基本不会对该类渔业品种产生不良影响。		符合
能源资源利用	2-1.严格控制近海捕捞强度，严格执行伏季休渔制度和捕捞业准入制度。		本项目不进行渔业捕捞。		符合
污染物排放管控	3-1.海水养殖应当科学确定养殖密度，并应当合理投饵、施肥，正确使用药物，防止造成海洋环境的污染。不得将海上养殖生产、生活废弃物弃置海域。 3-2.向海域排放陆源污染物，必须严格执行国家或者地方规定的标准和有关规定。		项目营运期将合理投放饵料，优化养殖环境和投喂方式，控制营运期养殖污染；海上养殖过程产生的固废、生活废水收集上岸妥善处置，不排海。		符合
环境风险防控	/		/		符合

表 9.5-2 项目与汕尾市环境管控单元准入清单——珠海-潮州近海农渔业区（汕尾范围）一般管控单元相符性分析表

序号	环境管控单元编码	环境管控单元名称	行政区划		管控单元分类
			省	市	
85	HY44150030007	珠海-潮州近海农渔业区（汕尾范围）	广东省	汕尾市	一般管控单元
管控纬度	管控要求		符合性分析		符合性
区域布局管控	1-1.以保护海洋生态为前提，合理保障渔业用海，交通运输、旅游、核电、海洋能、矿产、倾废、海底管线及保护区等用海需求。 1-2.保护重要渔业品种的产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道。		本项目为海水养殖项目，属于渔业用海；本项目施工期短，施工过程中产生的悬浮泥沙扩散影响是暂时的，施工结束后会逐渐恢复到原有水平，不会长期影响海洋环境质量。施工期间和营运期间主要采用少量小型船舶，其产生污水量较少，且均不排海，其间留意保护海域重要渔业品种的产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道。		符合
能源资源利用	2-1.严格控制近海捕捞强度，严格执行伏季休渔制度和捕捞业准入制度。		本项目不进行渔业捕捞。		符合
污染物排放管控	3-1.海水养殖应当科学确定养殖密度，并应当合理投饵、施肥，正确使用药物，防止造成海洋环境的污染。不得将海上养殖生产、生活废弃物弃置海域。		项目营运期将合理投放饵料，优化养殖环境和投喂方式，控制营运期养殖污染；海上养殖过程产生的固废、生活废水收集上岸妥善处置，不排海。		符合
环境风险防控	/		/		符合

9.6 项目与其他相关规划符合性分析

9.6.1 与《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》符合性分析

《广东省生态环境保护“十四五”规划》指出：推行生态养殖种植。结合各地养殖水域滩涂规划布局养殖生产，控制近海养殖网箱数量，大力发展外海深水抗风浪网箱和海洋牧场。积极发展大水面生态增养殖、工厂化循环水养殖、池塘工程化循环水养殖等健康养殖方式。推进种植产业模式生态化，创建一批农业可持续发展示范区，大力发展绿色、有机农产品。

该规划还提出：强化海域污染治理。深化港口船舶污染联防联控，推动港口、船舶修造厂加快船舶含油污水、洗舱水、生活污水和垃圾等污染物接收、转运及处置能力建设。推进船舶污染防治设施设备配备和改造升级，确保船舶水污染物达标排放。开展渔港环境综合整治，推进渔港污染防治能力建设，提高渔港污染防治监管水平。积极引导渔民减船转产和实施渔船更新改造项目，淘汰老旧渔船。优化海水养殖生产布局，鼓励发展深海养殖，推行海水养殖尾水集中生态化治理，严格管控海水养殖尾水排放。深化海洋垃圾污染防治，鼓励有条件的沿海地市率先构建海岸垃圾清理保洁和海上环卫机制，开展海洋微塑料监测、评估和防治技术研究。

项目建设后开展深水网箱和筏架式养殖，是在推行的生态化海上养殖模式，利用海域天然环境进行养殖，项目营运期将合理投放饵料，优化养殖环境和投喂方式，控制营运期养殖污染，顺应“积极发展大水面生态增养殖”的规划要求。施工期产生的悬浮泥沙很少，主要集中于养殖区内，悬浮泥沙在施工结束后会逐渐消失；施工期及运营期产生的船舶污水（含油污水、工作人员生活污水）、船舶生活垃圾等均要求收集后上岸妥善处置，不排海。综上，项目符合《广东省生态环境保护“十四五”规划》的要求。

9.6.2 与《汕尾市生态环境保护“十四五”规划》符合性分析

《汕尾市生态环境保护“十四五”规划》提出：加强海水养殖污染防控。根据《汕尾市养殖水域滩涂规划》（2018—2030年）及各县级养殖规划，完善水产养殖基础设施建设，支持水产养殖池塘标准化升级改造。合理控制近海集约化养

殖密度，鼓励深水抗风浪网箱等深远海养殖设施装备建设。研究推动养殖环境管理相关规定及排放标准制定，加强海水养殖尾水排放监控，防控排放量大的养殖单位养殖尾水直接排海。发展绿色健康养殖，组织水产健康养殖示范，强化养殖投入品管理，加强水产养殖环节用药的监督抽检。

本项目为陆丰市碣石湾海域金厢片区3号产业园项目。本项目养殖区1和养殖区2水深在4.7-6米之间，主要是采用浮筏式吊养进行牡蛎养殖，养殖区3在10米水深的位置采用网箱养殖和浮筏式吊养养殖相结合的方式进行鱼类和牡蛎的养殖。本项目形成鱼、贝、藻混养系统，通过科学规划养殖区域、配套安全管控设施，既能提高海域利用效率，也能保障港区通航安全与海域生态稳定，实现经济、社会、生态效益的有机统一，打造“蓝色粮仓”振兴示范模板。

综上，项目与《汕尾市生态环境保护“十四五”规划》要求相符。

9.6.3 与《广东省养殖水域滩涂规划（2021-2030年）》符合性分析

根据《广东省养殖水域滩涂规划（2021-2030年）》，将全省水域滩涂规划分为：禁养区、限养区、养殖区三个一级区。其中禁养区是指在一定范围内禁止任何单位和个人进行水产养殖的区域；限制养殖区指在一定区域内需要限制水产养殖规模、密度或需要限制水域滩涂养殖证发放的区域；养殖区是符合《广东省海洋功能区划》和生态保护红线等管控要求，根据水域滩涂承载力和经济社会发展状况可以开展养殖活动的备选空间。

根据《广东省养殖水域滩涂规划（2021-2030年）》中各基本功能区类型的分布，项目属于海域养殖区。

养殖区管制措施为：①优化养殖空间格局：以传统养殖区为依托，充分发挥各地水域养殖滩涂优势，优化海水和淡水养殖空间格局，形成全省现代养殖新格局。粤东特色养殖区，包括汕头、潮州、揭阳、汕尾等4个地市。实施减量增收，坚持绿色发展，建设集约生态养殖示范区，重点推进汕尾、南澳一饶平等海洋增养殖基地建设。②强化养殖生产管理。养殖区内符合规划的养殖项目，应当科学确定养殖密度，完善环保审批、验收、排污许可等手续，水产养殖用水应当符合《渔业水质标准》（GB11607-1989）要求，合理投饵和使用药物，配套排放水处

理设备设施，防止造成水域的环境污染，养殖生产应符合《水产养殖质量安全管理规定》的有关要求。执行国家和省有关水产品养殖饲料、药剂使用的规定，依法规范、限制抗生素、激素类化学药品的使用。必要时布设海上水产养殖区专用航标。③转变养殖方式。推广健康养殖模式，促进渔业发展由注重产量增长转向注重质量效益，由注重物质投入转向注重科技进步。④完善养殖审批管理。

符合性分析：①根据与《广东省养殖水域滩涂规划（2021—2030年）》叠图可知，项目位于广东省汕尾市碣石镇碣石湾，属于碣石湾养殖区，养殖区拟开展筏式养殖和网箱养殖，符合规划要求；②项目养殖密度合理，根据海水水质调查结果显示，项目所在海域水质均符合《渔业水质标准》要求，符合规划要求；③项目有利于促进养殖集约化、智能化，项目营运期间建设单位将对养殖区内养殖活动进行规范化管理，项目营运期将合理投放饵料，优化养殖环境和投喂方式，控制营运期养殖污染，项目养殖模式基本不会阻滞海域水流，符合健康养殖模式。④报告为完善相关环境影响审批手续。

综上，项目与《广东省养殖水域滩涂规划（2021—2030年）》是相符的。

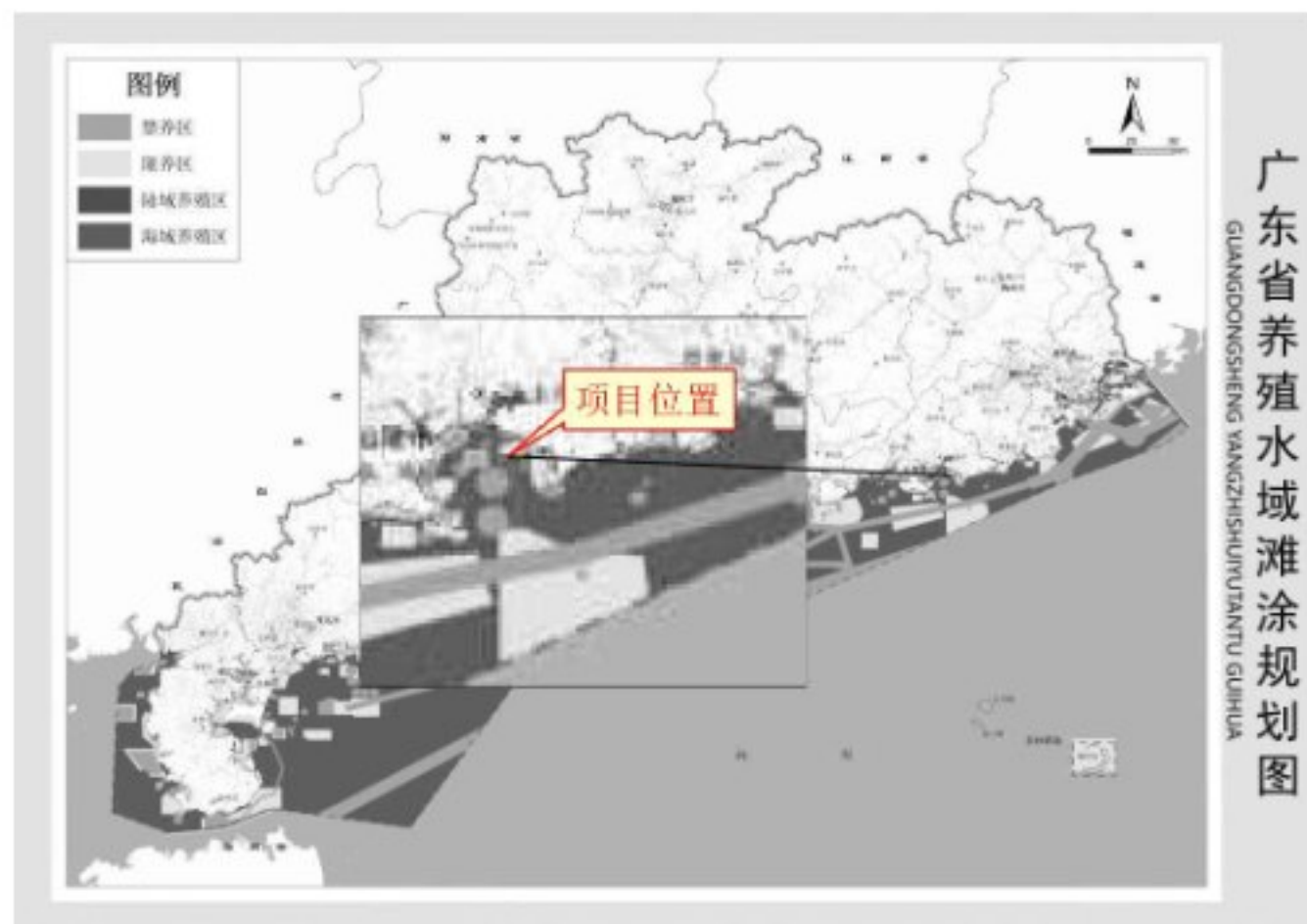


图 9.6.3-1 项目与《广东省养殖水域滩涂规划（2021—2030 年）》位置关系示意图

9.6.4 与《汕尾市海洋养殖发展规划（2021-2030 年）》符合性分

析

《汕尾市海洋养殖发展规划（2021—2030年）》的发展策略提出壮大牡蛎、饲料营养、藻类产业链，大力推广鲍鱼、牡蛎、蛭、石斑鱼、鲈鱼、对虾、青蟹、紫菜等优势特色品类养殖，重点任务包括依托汕尾市独特的海洋资源优势与丰富的渔业资源禀赋，构建以海水鱼类、藻类、牡蛎、对虾、青蟹、饲料营养为核心的6条特色产业链并实现全产业链全域创新融合发展，从渔业种业、养殖品系、养殖方式等多层结构上全面完善养殖产业基础建设内容。本规划海域划分为动态保护区、适宜利用区、养殖保留区，其中动态保护区是指离岸距离较近，水体交换能力较弱，需要控制养殖规模，防止高密度养殖，结合海洋生态环境修复，发展水产资源增养殖、休闲渔业等多产业融合的海域；

由图9.6.4-1可知，项目位于养殖区及动态保护区，其中养殖区1位于规划中的乌坎南海域增养殖用海区、养殖区3位于规划中的金厢南海域增养殖用海区。本项目为开放式养殖用海，拟开展的养殖活动为筏式养殖和网箱养殖，项目营运期将合理投放饵料，优化养殖环境和投喂方式，控制营运期养殖污染。因此，项目建设内容符合规划对项目所在海域的定位要求，属于规划构建的主导养殖品系之一，符合汕尾市海洋养殖发展策略。综上，项目建设符合《汕尾市海洋养殖发展规划（2021—2030年）》的要求。



图 9.6.4-1 项目位置与《汕尾市海洋养殖发展规划（2021—2030 年）》叠图

9.6.5 与《汕尾市现代化海洋牧场建设规划（2024-2035 年）》符合性分析

根据图 9.6.5-1，项目位于《汕尾市现代化海洋牧场建设规划（2024-2035 年）》推动高效联动区域分工中提到的碣石湾渔工旅联合发展区。

碣石湾渔工旅联合发展区总体定位是以碣石湾渔工旅联合发展区统筹陆丰西部沿海镇街，开展现代化海洋牧场建设。以碣石渔港为中心，协同乌坎、金厢等渔港，作为陆丰西岸海水养殖的陆基支撑。整合海域滩涂资源，联合种苗繁育、海工基地、滨海旅游等特色基础，打造碣石湾海工渔旅联合发展区。

发展路径为在碣石镇东南海域利用开阔的海洋空间着力发展重力式网箱养殖，结合金厢—碣石滨海旅游示范带建设，发展具有旅游功能的桁架类养殖平台，实现渔旅融合发展。以渔业生态环境管护、渔业生态资源保育为重点发展，加快建设金厢南海域国家级海洋牧场示范区人工鱼礁区，在近浅海适当开展底播式、投礁式等增殖活动，发展紫菜、鲍鱼、海马等品种增殖。

发展重点任务涉及建设石斑鱼、鲈鱼、三倍体牡蛎、小青龙、海马等特色海产品种苗基地和科研实验、科技培训等项目集产学研于一体的种业产业园，推进

建成陆丰现代海洋渔业种业产业园项目。建设碣石现代化海洋牧场加工基地，推动海产品初深加工产业转型升级。以碣石镇现有交易市场为基础，构建碣石渔原产仓综合服务基地，推动补齐港口流通加工、区域分拣分拨、城市配送等功能设施，提高鲜活交易、批发功能，构建与港口、铁路、高速等交通枢纽紧密连接的海产品物流网络。

本项目为开放式养殖用海，拟开展的养殖活动为筏式养殖和网箱养殖，属于规划构建的主导养殖品系之一，符合《汕尾市现代化海洋牧场建设规划（2024-2035年）》的发展任务。项目营运期将合理投放饵料，优化养殖环境和投喂方式，控制营运期养殖污染，项目施工期及运营期产生的生活污水、生活垃圾及固体废弃物等均统一收集，不排海，养殖期间按要求开展海洋环境监测，合理设置养殖密度，符合完善污染防治设施建设的要求。

综上所述，项目的建设符合《汕尾市现代化海洋牧场建设规划（2024-2035年）》发展要求。



图 9.6.5-1 项目位置与《汕尾市现代化海洋牧场建设规划(2024-2035 年)》叠图

9.6.6 与《汕尾市养殖水域滩涂规划（2018-2030 年）》符合性分析

《汕尾市海洋养殖发展规划（2021-2030年）》将全市水域滩涂划分为三类：禁止养殖区、限制养殖区和养殖区，其中养殖区分为海水养殖区和淡水养殖区。规划提出陆丰市重点发展品种如对虾、石斑鱼、卵形鲳鲹、牡蛎、珍珠贝、海胆等。规划要求各养殖功能区的常规管理措施包括：（一）严格管理养殖网箱。网箱设计、布局、经营模式等均按照统一规划布置，由各县（市、区）人民政府核发养殖许可证，予以规范管理。网箱生活污水、垃圾及废弃物品纳入管理范围，严格控制管理。（二）开展无公害养殖。从事水产养殖的单位或个人必须做好生产记录，养殖过程中所使用的饲料和药品必须符合无公害养殖标准，严禁施用对人体有害的鱼药和高毒、高残留的农药。（三）加强环境监控。定期监测水质、底质，养殖废水排放必须符合《淡水池塘养殖水排放要求》（SC/T 9101-2007）和《海水养殖水排放要求》（SC/T 9103-2007），根据环境的评估结果，调节养殖规模，实现养殖的动态控制……

本项目位于陆丰市碣石湾，由图 9.6.6-1 可知，项目选址位于规划的养殖区，项目营运期将合理投放饵料，优化养殖环境和投喂方式，控制营运期养殖污染，项目施工期及运营期产生的生活污水、生活垃圾及固体废弃物等均统一收集，不排海，养殖期间按要求开展海洋环境监测，合理设置养殖密度，符合养殖区常规管理措施要求。

综上，项目建设符合《汕尾市养殖水域滩涂规划（2018-2030年）》的要求。

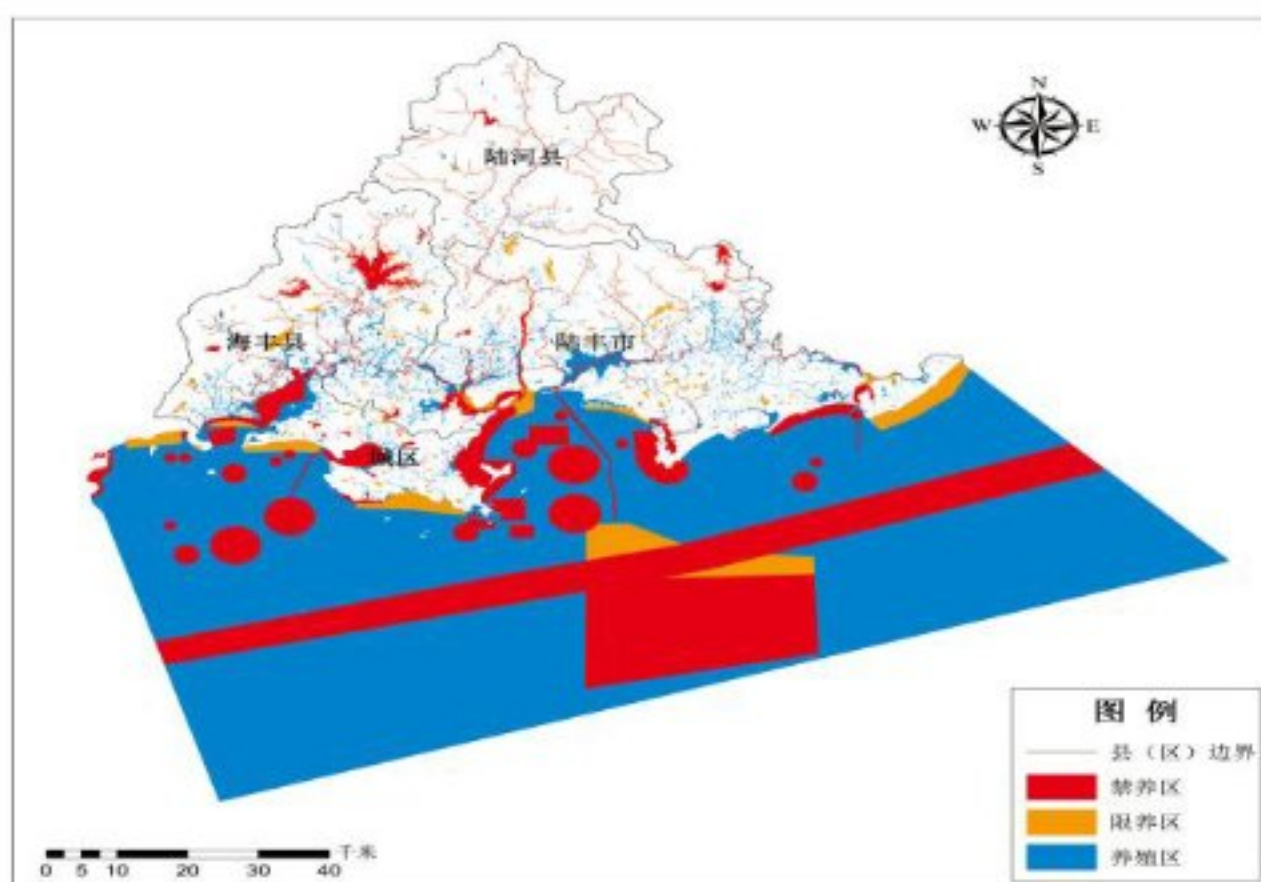


图 9.6.6-1 汕尾市水域滩涂规划图

9.6.7 与《陆丰市养殖水域滩涂规划（2018-2030 年）》符合性分析

《陆丰市养殖水域滩涂规划（2018—2030 年）》将养殖水域滩涂功能区分分为禁止养殖区、限制养殖区和养殖区，规划重点发展品种如对虾、石斑鱼、卵形鲳鲹、牡蛎、珍珠贝、海胆等，提出养殖功能区常规管理措施包括开展无公害养殖，即从事水产养殖的单位或个人必须做好生产记录，养殖过程中所使用的饲料和药品必须符合无公害养殖标准，严禁施用对人体有害的鱼药和高毒、高残留的农药；加强环境监控，包括定期监测水质、底质，根据环境的评估结果，调节养殖规模，实现养殖的动态控制。

项目选址不涉及规划划定的禁止养殖区和限制养殖区（见图 9.6.7-1）。项目养殖太平洋牡蛎、金鲳鱼、石斑鱼等品种属于陆丰市养殖重点发展品种，项目利用海水天然环境进行养殖，项目营运期将合理投放饵料，优化养殖环境和投喂方式，控制营运期养殖污染，养殖过程中所使用的饲料和药片符合无公害养殖标准，符合规划对于养殖区的管理要求相符。综上，项目建设符合《陆丰市养殖水域滩涂规划（2018—2030 年）》的要求。

陆丰市养殖水域滩涂规划（2018-2030年）- 总览图

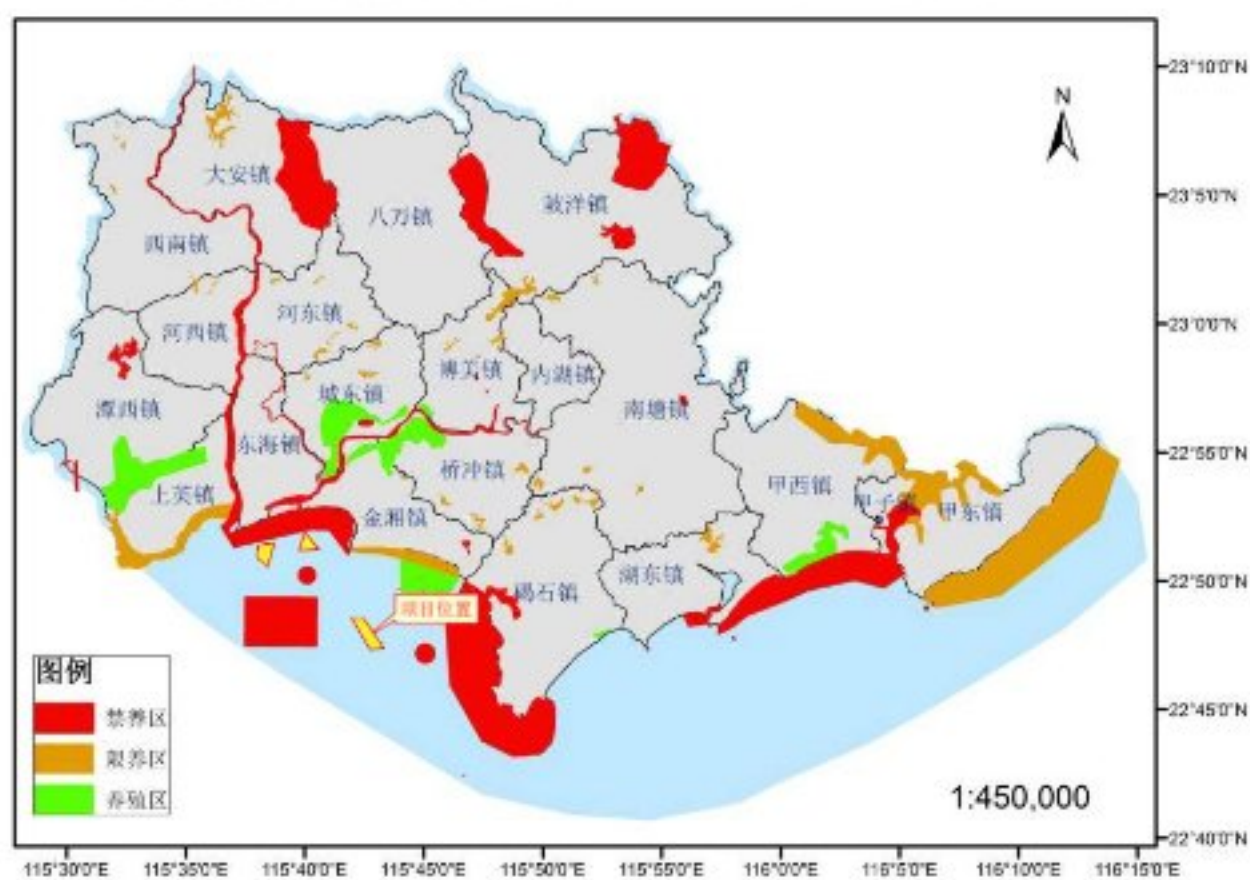


图 9.6.7-1 项目位置与《陆丰市养殖水域滩涂规划（2018—2030 年）》叠图

10 环境管理与环境监测

环境保护是一项基本国策，环境管理也应该是企业的重要组成部分。为了做好项目建设过程中的环境保护工作，减轻本项目外排污染物对环境的影响程度，建设单位及本项目施工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，建议成立相应机构进行环境保护管理。

10.1 环境保护管理计划

一、环境保护监督机构

本工程环境保护监督机构为汕尾市生态环境局陆丰分局，上级环境主管机构为汕尾市生态环境局。

二、环境监测机构

环境监测工作需要委托有相关资质的环境监测部门或环保监测站或通过招标由第三方承担，由建设单位的环保机构或专人监督执行，同时报送当地环境主管部门备案。

三、建设单位环境管理机构

为了有效保护项目所在海域环境质量，切实保证本报告提出各项施工期环境保护措施的落实，除了施工单位应设置环境保护管理机构外，针对本项目的建设施工，项目建设单位还应成立专门小组，负责环境管理和环境监测计划制定和实施。负责监督施工单位对各项环境保护措施的落实情况，并在选择施工单位前，将主要环境保护措施列入招标文件中，将各施工单位落实主要环境保护措施的能力作为项目施工单位中标考虑因素，将需落实的环保措施列入与施工中标单位签署的合同中，聘请有资质的施工监理机构对施工单位环境保护措施落实情况进行跟踪监理，并且配合环境保护相关行政主管部门对项目施工实施监督、管理和指导。具体措施如下：

(1) 制定出切实可行的环境污染防治办法和措施；

(2) 严格执行“三同时”规定，使环境保护工程与主体工程同时设计、同时施工、同时投产，以保证有效控制污染；

(3) 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；

(4) 加强建设项目的环境管理，严格执行本报告提出的污染防治措施和对策；

(5) 定期对环境保护设施进行维护和保养，确保环境保护设施的正常运行，防止污染事故的发生；

(6) 加强与环境保护管理部门的沟通和联系，主动接受主管部门的管理、监督和指导。

10.2 施工期环境监测计划

根据《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》要求，为了及时了解和掌握建设项目在其施工期对海洋水质、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实行制度性监测，使可能造成环境影响的因素得以及时发现，需要在项目施工期进行跟踪监测。

《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》中规定了建设项目海洋环境影响跟踪监测的原则、主要内容、方法和基本要求等。本报告针对本项目养殖区的规模、施工方式、生产工艺流程、施工期排放的污染物的种类、建设项目所处海域的自然环境特征等情况确定施工期跟踪监测的特征参数，并结合工程施工特点和项目周围的环境敏感目标，提出以下施工期间海洋环境监测方案。

一、监测范围及站位

为与评价中的现状调查具有可比性，施工期监测范围主要选择在项目用海附近海域进行监测，共设5个站（监测过程可视情况做适当的调整），包括水质、生态和沉积物，具体坐标见表10.2-1和图10.2-1。

表 10.2-1 施工期监测站位坐标及监测项目一览表（可根据实际情况调整）

编号	东经 E	北纬 N	监测项目
S1	115° 38'15.017"E	22° 50'51.767"N	水质、沉积物质量、海洋生态
S2	115° 40'1.236"E	22° 51'15.066"N	水质、沉积物质量、海洋生态
S3	115° 42'31.314"E	22° 47'46.740"N	水质、沉积物质量、海洋生态
S4	115° 39'11.211"E	22° 50'20.929"N	水质
S5	115° 42'40.908"E	22° 46'56.029"N	水质



图 10.2-1 本项目施工期跟踪监测站位分布图（可根据实际情况调整）

二、监测项目和方法

水质：pH、DO、COD、SS、石油类、Cu、Pb、Zn、Cd、Hg、无机氮、活性磷酸盐等 12 项；

沉积物：石油类、有机碳、硫化物、Cu、Pb、Zn、Cd、Hg 等 7 项；

生态：叶绿素 a 及初级生产力、浮游植物、浮游动物、底栖生物、鱼卵、仔稚鱼；

生物体质量：石油烃、Cu、Pb、Cd、Zn、Hg、As 和 Cr 共 8 项；

各监测项目的具体采样及监测分析按照《海洋调查规范》《海洋监测规范》的要求进行。

三、监测时间与频率

本项目施工期较短，监测频率为施工中期、施工结束后各监测一次。

四、监测资料建档及报告提交

承担监测的单位应认真分析监测数据，发现异常及时向上级主管部门汇报，以便采取相应的补充环保对策措施。并加强监测数据的管理，全部监测数据报项目建设部门存档备案，作为项目环境保护竣工验收的重要资料。

1、施工期向上级主管部门提交环境监察审核报告一份。报告书应对当次监

察与审核情况进行评估和总结，并做下一次的监察计划和监测程序。

2、日常委托监测分析按化验室质量控制技术进行，对原始记录及相关资料应完整保留备查。

3、及时整理汇总监测资料，反馈通报，建立良好的信息系统，定期总结。

4、环境管理与监测情况应随时接受生态环境主管部门的检查和监督。

10.3 营运期环境监测计划

根据《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》要求，为了及时了解和掌握建设项目在营运期对海洋水质、沉积物和生物的影响，以及项目营运过程中养殖贝类的生物体质量状况，需要在项目营运期进行跟踪监测。

一、监测范围及站位

营运期监测范围与施工期范围基本一致，主要选择在项目用海附近海域进行监测，共设5个站位，监测过程可视情况做适当的调整，包括水质、生态和沉积物、生物体质量。监测站位与施工期基本一致，具体见图10.3-1。

表 10.3-1 营运期监测站位坐标及监测项目一览表（可根据实际情况调整）

编号	东经 E	北纬 N	监测项目
S1	115° 38'15.017"E	22° 50'51.767"N	水质、沉积物、海洋生态
S2	115° 40'1.236"E	22° 51'15.066"N	水质、沉积物、海洋生态
S3	115° 42'31.314"E	22° 47'46.740"N	水质、沉积物、海洋生态
S4	115° 39'11.211"E	22° 50'20.929"N	水质
S5	115° 42'40.908"E	22° 46'56.029"N	水质

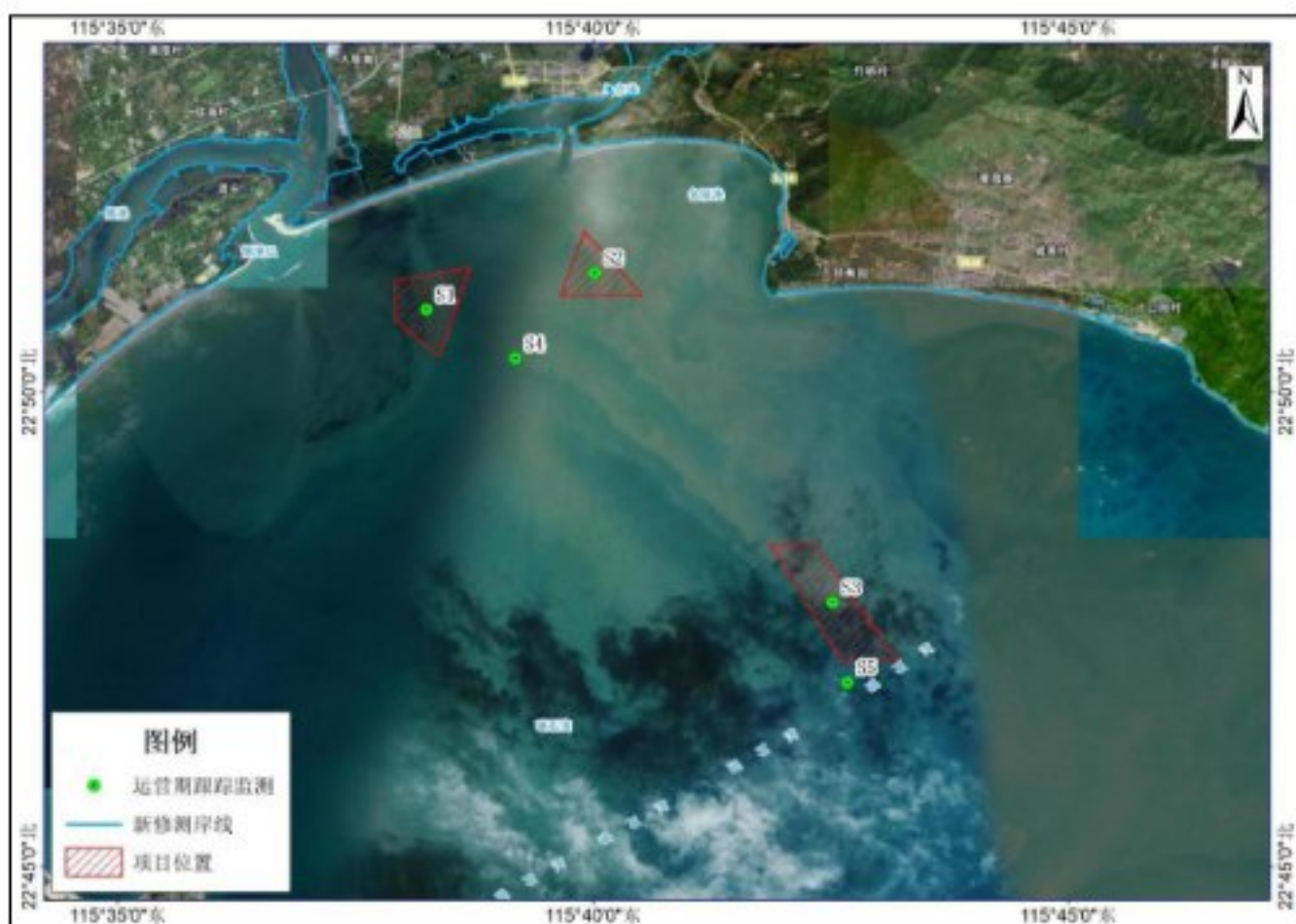


图 10.3-1 本项目运营期跟踪监测站位分布图（可根据实际情况调整）

二、监测项目及方法

水质：pH、DO、COD、SS、石油类、Cu、Pb、Zn、Cd、Hg、无机氮、活性磷酸盐、氨氮等 12 项；

沉积物：石油类、有机碳、Cu、Pb、Zn、Cd、Hg 等 7 项；

生态：叶绿素 a 及初级生产力、浮游植物、浮游动物、底栖生物、鱼卵、仔稚鱼；

生物体质量：石油烃、Cu、Pb、Cd、Zn、Hg、As 和 Cr 共 8 项。

如在养殖过程中出现贝类病害情况，应检测海水养殖区域内的微生物群落，对病原物的生物变化情况进行监控。

三、监测时间与频率

水质：养殖期间水质每年监测 2-3 次。以后可根据前几次的监测结果，适当加大和减小监测频率。

沉积物：在施工结束后每 2 年监测一次。以后可根据前几次的监测结果，适当加大和减小监测频率。

海洋生态：在施工结束后 2 年内每年监测一次。其后每两年监测一次。以后可根据前几次的监测结果，适当加大和减小监测频率。

生物体质量：对养殖区内的养殖贝类每年 11-12 月监测 1 次

10.4 环境管理和监测计划的可行性与实效性分析

完备的环境保护管理机构设置、完善的环境管理制度是落实各项环保措施的基本保证。监测计划可以基本反映工程区域海洋环境质量的变化趋势。

从监测站位布设、监测项目设置、监测时段和监测频率分析，工程区域水环境质量、海洋生态环境和水文动力与冲淤环境监测计划是可行的，且具有很强的实效性。

10.5 “三同时”环保设施验收一览表

环境保护措施必须与本工程同时设计、同时施工、同时投入使用。在工程完成后，应对环境保护设施进行验收。本项目环境保护措施及“三同时”验收要求见表 10.5-1。

表 10.5-1 “三同时”环保设施验收一览表

类型	验收类别	治理措施内容	验收内容
大气污染防治措施	船舶尾气	选用符合标准的燃料；采用油耗低的船舶，并定期进行维护和保养；船舶需经船舶检验机构检验合格	管理措施实施情况
噪声污染防治措施	船舶交通噪声	选用低噪声的设备、控制船舶鸣笛	管理措施实施情况
水污染防治措施	施工船舶和工作船舶产生的含油污水	船舶含油污水暂存至船舶含油污水收集舱，收集上岸后由有处理能力的单位接收处理	接收单位接收处置情况，接收、转运、处置联单建立情况
	施工产生的悬浮泥沙处理	维持施工船舶正常工作状态，做好施工区域环保措施，控制施工进度，合理安排施工计划	管理措施实施情况
	施工人员生活污水	施工期和营运期生活污水暂存至船舶生活污水收集舱，收集上岸后经槽车转运至陆丰第二污水处理厂处理排放	暂存设施设置情况，接收单位接收处置情况，接收、转运、处置联单建立情况
	养殖产品排泄物及养殖残饵	合理控制养殖规模、密度；选择合适饵料，科学投喂；及时清理附着物，保持良好水体交换	放养、处置情况
	网衣冲洗水	冲洗水自然排海，分类收集冲洗废物	管理措施实施情况
固体废物污染防治措施	生活垃圾	施工期船舶上设置固体废物收集箱，工作人员生活垃圾放入收集箱，集中装箱运回陆地，严禁随意丢弃入海，收集上岸后交由环卫部门统一处理；营运期生活垃圾分类收集上岸后由环卫部门清运处理	收集、处置情况
	废弃养殖设施材料	收集上岸后由物资回收公司回收利用	收集、处置情况

类型	验收类别	治理措施内容	验收内容
	病死水产品	设置病死水产品收集箱，按照相关指南及规程进行无害化处理	收集、处置情况
	网衣附着物	清理出的附着生物回归海洋循环，清理出的海洋垃圾收集后交由环卫部门统一清运处理	收集、处置情况
环境风险	溢油风险、有毒有害生物（赤潮、病原体、天敌、外来物种入侵等）风险、热带气旋风险	设置航标灯、配备常见的溢油物资、做好养殖病害预防工作及有害生物防治工作；做好热带气旋防范措施等	是否按要求设置航标灯；溢油应急物资情况；是否采取有效的养殖病害预防措施及有害生物防治措施；热带气旋防范措施落实情况
环境管理	开展情况	设立环境管理机构或由专人进行环境管理工作，开展施工期环境监理	是否落实相应措施
环境监测	开展情况	制定海洋环境跟踪监测计划	是否落实监测计划
生态补偿	开展情况	赔付生态补偿金	是否落实生态补偿

11 评价结论及建议

11.1 结论

11.1.1 工程概况

本工程为陆丰市碣石湾海域金厢片区 3 号海洋产业园项目，选址于陆丰市碣石湾金厢片区海域。工程主要采用浮筏式吊养和重力式网箱进行集约化养殖活动，养殖对象为牡蛎、石斑鱼、鲈鱼、金鲳鱼、军曹鱼、鲷鱼等。项目分为养殖区 1、养殖区 2 和养殖区 3 共三个养殖区，养殖总面积为 444.1454 公顷。

工程主要组成规模包括网箱养殖设施、筏式养殖设施、锚泊及固定系统、辅助生产配套设施等，并配备养殖辅助船若干艘、警示航标若干。工程总投资为 7006.01 万元，其中环保投资 150 万元。

11.1.2 占用（利用）海岸线、滩涂和海域状况

本项目用海类型为渔业用海（一级类）中的开放式养殖用海（二级类）用海方式为开放式（一级方式）中的开放式养殖（二级方式）。本项目申请海域使用总面积为 444.1454 公顷，其中养殖区 1 用海面积为 141.9932 公顷，养殖区 2 用海面积为 92.4257 公顷，养殖区 3 用海面积为 209.7265 公顷；其中除了养殖区 3 有 100 公顷面积用于重力式网箱养殖外，其余面积均用于浮筏式吊养。项目不占用岸线和滩涂资源，申请用海期限 10 年。

11.1.3 环境影响因素识别

一、施工期

本项目施工期大气污染主要来源于施工船舶燃油尾气；噪声污染主要为施工船舶噪声；废水主要为施工人员生活污水、施工船舶含油污水和施工期间产生的悬浮泥沙；固体废弃物主要为施工人员生活垃圾、施工时产生的废弃养殖设施材料如废弃绳索、废弃浮子及废弃网衣等。

二、营运期

本项目营运期大气污染物主要为船舶燃油尾气；噪声主要来自船舶产生的噪声；水污染物主要为工作人员生活污水、船舶含油污水、网衣冲洗水及养殖废水等；固体废物主要为工作人员生活垃圾、网衣附着物、日常维护产生的废弃

养殖设施材料及病死水产品等。

11.1.4 环境现状分析与评价结论

11.1.4.1 水文动力环境现状调查与评价

1、2023 年 1 月冬季

潮汐：2023 年 1 月冬季在工程海区域设置 3 个临时潮位站，位于 C1、C2 和 C3 站位，进行与海流观测同步的潮位观测，观测使用仪器为潮位仪，观测频次为每 10min 一次。根据对潮位测站 C1、C2 和 C3 站 2023 年 1 月 7 日 14:00 至 2023 年 1 月 8 日 15:00 的潮位数据进行特征值统计，其中 C1 站位最高潮位为 78.2cm，最低潮位为-73.8cm，最大潮差为 103cm，最小潮差为 83cm，平均潮差为 93cm；C2 站位最高潮位为 76.2cm，最低潮位为-73.8cm，最大潮差为 98cm，最小潮差为 69cm，平均潮差为 84cm；C3 站位最高潮位为 72.9cm，最低潮位为-66.1cm，最大潮差为 85cm，最小潮差为 57cm，平均潮差为 71cm。

海流：S1~S6 测站实测海流表现为往复性流动，S1~S4 站位海流主流向均为偏 W 为涨潮流向，偏 E 向为落潮流向，S5 和 S6 站位海流主流向均为偏 N 为涨潮流向，偏 S 向为落潮流向。本次观测期间，S1 站涨潮流平均流速最大为 10.5cm/s，出现在表层，流向为 294°，落潮流平均流速最大为 9.3cm/s，出现在表层，流向为 98°；S2 站涨潮流平均流速最大为 9.5cm/s，出现在表层，流向为 299°，落潮流平均流速最大为 8.9cm/s，出现在中层，流向为 110°；S3 站涨潮流平均流速最大为 9.7cm/s，出现在表层，流向为 309°，落潮流平均流速最大为 8.9cm/s，出现在中层，流向为 110°；S4 站涨潮流平均流速最大为 11.4cm/s，出现在中层，流向为 216°，落潮流平均流速最大为 16.0cm/s，出现在表层，流向为 146°；S5 站涨潮流平均流速最大为 20.4cm/s，出现在表层，流向为 329°，落潮流平均流速最大为 16.2cm/s，出现在中层，流向为 171°；S6 站涨潮流平均流速最大为 17.6cm/s，出现在中层，流向为 350°，落潮流平均流速最大为 19.2cm/s，出现在中层，流向为 182°。

本海域以不规则半日和全日潮流为主。本海域可能最大流速最大值为 S5 站表层的最大可能流速 50.6cm/s，流向 338°，最小值为 S3 站中层的最大可能流速 31.9cm/s，流向 119°。S5 站位表层水质点最大运移距离为 9289.9m，方向 345°，

其他各站位各层次水质点的运移距离基本均达 3.6km~9.2km 之间。大潮期各站各层余流均为 0.2~3.7cm/s 之间，最大余流流速发生在 S5 站，其中层最大余流流速 3.7cm/s；最小余流流速发生在 S1 站表层和中层，余流流速为 0.2cm/s。

含沙量：涨潮期最大含沙量最大为 23.82mg/L，出现在 S1 站底层；落潮期最大含沙量最大为 29.42mg/L，出现在 S6 站底层，观测期间各站位各层次含沙量在 1.22mg/L~29.42mg/L，平均含沙量在 2.89mg/L~17.18mg/L。在时间序列上，各站位三层含沙量的变化趋势规律不明显；在垂向上，各层含沙量量级大小接近，总的来说底层含沙量略大于表层和中层。

水温：观测期间各站位各层次水温在 17.01℃~17.91℃，平均水温在 17.13℃~17.71℃，从表层到底层水温呈现一定的降低趋势，落潮时 S1、S2、S3、S4、S5、S6 垂线平均水温分别为 17.56℃、17.55℃、17.59℃、17.17℃、17.89℃、17.57℃，涨潮时 S1、S2、S3、S4、S5、S6 垂线平均水温分别为 17.35℃、17.43℃、17.50℃、17.27℃、17.77℃、17.54℃。

盐度：观测期间各站位各层次盐度在 31.90~33.30，各层平均盐度在 32.52~33.16。涨潮时 S1、S2、S3、S4、S5、S6 垂线平均盐度分别为 32.85、32.82、32.71、32.75、33.26、33.05，落潮时 S1、S2、S3、S4、S5、S6 垂线平均盐度分别为 32.81、32.86、32.71、32.82、33.25、33.20。

气象：观测期间，风向以东风为主；S2 站风速范围为 3.3m/s~8.6m/s，平均风速 5.75m/s，风向以 ENE 向风为主，频率为 38.46%；S5 站风速范围为 1.9m/s~6.5m/s，平均风速 4.10m/s，风向以 ENE 和 E 向为主，频率均高达 42.31%。

2、2023 年 4 月春季

潮汐：2023 年 4 月春季在工程海区域设置 3 个临时潮位站，位于 C1、C3 和 C4 站位，进行与海流观测同步的潮位观测，观测使用仪器为潮位仪，观测频次为每 10min 一次。根据对潮位测站 C1、C3 站 2023 年 4 月 22 日 11:00 至 2023 年 4 月 23 日 12:00 和 C4 站 2023 年 4 月 23 日 18:00 至 2023 年 4 月 24 日 19:00 的潮位数据进行特征值统计，其中 C1 站位最高潮位为 69.6cm，最低潮位为 -79.4cm，最大潮差为 131cm，最小潮差为 103cm，平均潮差为 117cm；C3 站位最高潮位为 61.6cm，最低潮位为 -60.4cm，最大潮差为 100cm，最小潮差为 85cm，平均潮差为 93cm；C4 站位最高潮位为 54.2cm，最低潮位为 -46.8cm，最大潮差

为 96cm, 最小潮差为 93cm, 平均潮差为 95cm。

海流: 可以看出, S1~S6 测站实测海流表现为往复性流动, S1~S4 站位海流主流向均为偏 W 为涨潮流向, 偏 E 向为落潮流向, S5 和 S6 站位海流主流向均为偏 N 为涨潮流向, 偏 S 向为落潮流向。本次观测期间, S1 站涨潮流平均流速最大为 9.9cm/s, 出现在底层, 流向为 313° , 落潮流平均流速最大为 9.3cm/s, 出现在中层, 流向为 104° ; S2 站涨潮流平均流速最大为 10.9cm/s, 出现在表层, 流向为 291° , 落潮流平均流速最大为 8.8cm/s, 出现在表层, 流向为 137° ; S3 站涨潮流平均流速最大为 12.3cm/s, 出现在底层, 流向为 268° , 落潮流平均流速最大为 15.4cm/s, 出现在底层, 流向为 120° ; S4 站涨潮流平均流速最大为 10.3cm/s, 出现在中层, 流向为 316° , 落潮流平均流速最大为 8.3cm/s, 出现在底层, 流向为 111° ; S5 站涨潮流平均流速最大为 16.3cm/s, 出现在表层, 流向为 328° , 落潮流平均流速最大为 16.9cm/s, 出现在底层, 流向为 141° ; S6 站涨潮流平均流速最大为 13.0cm/s, 出现在表层, 流向为 342° , 落潮流平均流速最大为 14.5cm/s, 出现在中层, 流向为 157° 。最大涨落潮流均出现在 S5 站, 其中涨潮流最大流速最大为 36.0cm/s, 出现在表层, 流向为 340° , 落潮流最大流速最大为 33.0cm/s, 出现在底层, 流向为 156° 。

本海域主要为不正规半日潮和不正规日潮为主。本海域可能最大流速最大值为 S6 站中层的最大可能流速 50.4cm/s, 流向 338° , 最小值为 S3 站底层的最大可能流速 21.3cm/s, 流向 263° 。S6 站位表层水质点最大运移距离为 6169.9 m, 方向 355° , 其他各站位各层次水质点的运移距离基本均达 1.9~6.2km 之间。大潮期各站各层余流均为 0.2~3.8cm/s 之间, 最大余流流速发生在 S6 站, 其表层最大余流流速 3.8cm/s; 最小余流流速发生在 S5 站底层, 余流流速为 0.3cm/s。

含沙量: 涨潮期最大含沙量最大为 14.40mg/L, 出现在 S6 站底层; 落潮期最大含沙量最大为 14.00mg/L, 出现在 S2 站中层, 观测期间各站位各层次含沙量在 0.20~14.40mg/L, 平均含沙量在 2.40~7.67mg/L。在时间序列上, 各站位三层含沙量的变化趋势规律不明显; 在垂向上, 各层含沙量量级大小接近, 总的来说底层含沙量略大于表层和中层。

水温: 观测期间各站位各层次水温在 $22.15\sim 24.51^{\circ}\text{C}$, 平均水温在 $22.42\sim 24.26^{\circ}\text{C}$, 从表层到底层水温呈现一定的降低趋势, 涨潮时 S1、S2、S3、

S4、S5、S6 垂线平均水温分别为 23.67° C、22.76° C、23.76° C、22.59° C、23.06° C、22.49° C，落潮时 S1、S2、S3、S4、S5、S6 垂线平均水温分别为 23.52° C、22.82° C、23.60° C、22.61° C、23.17° C、22.45° C，近岸 S1、S3、S5 站位平均水温高于离岸较远的 S2、S4、S6。

盐度：观测期间各站位各层次盐度在 31.35~34.09，各层平均盐度在 31.90~33.98。涨潮时 S1、S2、S3、S4、S5、S6 垂线平均盐度分别为 31.98、33.62、33.10、33.90、33.37、33.75，落潮时 S1、S2、S3、S4、S5、S6 垂线平均盐度分别为 32.05、33.54、33.25、33.97、33.39、33.77。

气象：观测期间，S2 站风速范围为 3.3~7.6m/s，平均风速 5.45m/s，风向 E 向风为主，频率为 72.96%；S5 站风速范围为 4.1~9.5m/s，平均风速 6.70m/s，风向以 E 向为主，频率均高达 84.62%。

11.1.4.2 水质环境现状调查结论

1、2025 年 11 月秋季

2025 年 11 月执行《海水水质标准》(GB3097-1997) 第一类标准的站位 (S6、S11、S12、S13、S16、S17、S18、S19、S20、S21、S25、S27、S28、S29、S30、S31、S34、S35、S36) 各评价因子均满足第一类标准要求。

在执行《海水水质标准》(GB3097-1997) 第二类标准的站位 (S3、S4、S5、S9、S10) 中，无机氮和化学需氧量有不同程度的超标现象，其中无机氮超标的站位有 S3 和 S4，最大超标倍数为 1.41；化学需氧量超标的站位为 S5，最大超标倍数为 1.29，出现在底层。

在执行《海水水质标准》(GB3097-1997) 第三类标准的站位 (S1、S2、S7、S8、S14、S15、S22、S23、S24、S32) 中，无机氮有不同程度的超标现象，超标站位有 S1、S2、S23、S24，最大超标倍数为 1.90。

34 个水质调查站位各评价因子均未超过《渔业水质标准》(GB11607-89) 的标准限值。

2、2026 年 4 月春季

2026 年 4 月执行《海水水质标准》(GB3097-1997) 第一类标准的站位 (S6、S10、S11、S12、S13、S18、S19、S20、S21、S25、S27、S28、S29、S30、S31、S34、S35、S36) 各评价因子均满足第一类标准要求。

在执行《海水水质标准》(GB3097-1997)第二类标准的站位(S3、S4、S5、S9、S17)中,化学需氧量、无机盐和活性磷酸盐有不同程度的超标现象,其中无机盐超标的站位有S3、S4、S5,最大超标倍数为2.73;化学需氧量超标的站位为S3、S4、S5,最大超标倍数为1.55,出现在S5表层;活性磷酸盐超标的站位为S4和S5,最大超标倍数为4.33,出现在S5表层。

在执行《海水水质标准》(GB3097-1997)第三类标准的站位(S1、S2、S7、S8、S14、S15、S16、S22、S23、S24、S32)中,化学需氧量、无机盐和活性磷酸盐有不同程度的超标现象,其中无机盐超标的站位有S1、S2、S23和S24,最大超标倍数为2.75,出现在S2表层;化学需氧量超标的站位为S1和S24,最大超标倍数为1.22,出现在S1表层;活性磷酸盐超标的站位为S1、S15、S23和S24,最大超标倍数为4.27,出现在S24表层。

3、区域常规水质现状监测

本报告收集了广东省生态环境厅发布的2024年、2025年2个年度共6期广东省近岸海域水质监测结果进行分析。根据分析,项目所在近岸海域各时期的监测因子均能满足相应的海水水质执行标准。

11.1.4.3 海洋沉积物现状调查结论

根据评价结果,本次调查中超标的评价因子有硫化物(超标率4.35%)、有机碳(超标率4.35%)、油类(超标率8.70%)、铜(超标率4.35%)、铅(超标率4.35%)、镉(超标率4.35%)。

超标原因可能是:周边陆域分布的居民生活区、港口活动等多方面影响,同时存在定量的渔业船舶往来,陆源污染物和船舶临时排污等发生沉降,在沉积物中富集。

11.1.4.4 海洋生物质量现状调查结论

2025年11月秋季调查海域各调查断面生物体中石油烃、铜、铬、铅、镉、总汞锌含量水平均低于相应标准限值,没有出现超标现象,符合《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》(HJ 1409-2025)中规定。

2026年4月春季调查海域各调查断面生物体中石油烃、铜、铬、铅、镉、总汞锌含量水平均低于相应标准限值,没有出现超标现象,符合《海洋生物质量》

(GB18421-2001)、《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》(HJ 1409-2025)。

11.1.4.5 海洋生物资源与渔业资源现状调查与评价结论

1、2025 年 11 月

调查区域的叶绿素 a 含量为一般水平, 平均浓度为 $2.86\text{mg}/\text{m}^3$, 初级生产力为偏低水平, 平均初级生产力为 $169.15\text{mg}\cdot\text{C}/\text{m}^2\cdot\text{d}$, 总体空间差异一般。

浮游植物鉴定浮游植物 6 门 55 属 113 种 (含未定种的属)。以硅藻门种类为主, 硅藻门种类占 76.99%, 甲藻门种类占 11.50%, 其他种类占 11.51%。浮游植物个体数量范围 $(114.38\times 10\sim 6870.78)\times 10^3\text{ind}/\text{m}^3$, 平均为 $1766.07\times 10^3\text{cell}/\text{m}^3$ 。调查海域以硅藻门个体数量占优势, 占调查区域平均个体数量的 93.59%。本次调查浮游植物优势种共出现 6 种, 其中尖刺拟菱形藻为第一优势种, 其优势度为 0.320, 平均个体数量 $591.32\times 10^3\text{cell}/\text{m}^3$ 。浮游植物多样性指数平均为 2.99, 均匀度指数平均为 0.68, 丰富度指数平均为 2.20。整体而言, 调查站位浮游植物的多样性指数 (H') 和均匀度 (J) 均处于一般水平。

浮游动物鉴定出 55 种 (类), 分属 12 个类群, 以桡足类出现种类最多。调查区域出现优势种 5 种, 以桡足类幼体的优势度最高。浮游动物海域平均密度为 $201.62\text{ind}/\text{m}^3$, 总生物量平均值 $166.79\text{mg}/\text{m}^3$; 多样性指数、均匀度和丰富度指数均值分别为 2.55、0.80 和 1.16, 结合统计多样性水平, 显示该调查海域浮游动物的多样性指数和均匀度处于较高水平。

底栖生物共鉴定出 5 门 27 科 33 种。以软体动物出现种类最多为 15 种。优势种共有 1 种, 为纵肋织纹螺。底栖生物的总平均生物量为 $12.151\text{g}/\text{m}^2$, 平均栖息密度为 $33.18\text{ind}/\text{m}^2$ 。底栖生物多样性指数平均为 0.98; 均匀度平均为 0.88, 丰富度指数平均为 0.34。

潮间带生物共鉴定出潮间带生物 2 门 6 科 13 种。3 个断面的潮间带生物平均生物量为 $35.709\text{g}/\text{m}^2$, 平均栖息密度为 $61.33\text{ind}/\text{m}^2$ 。水平分布上, 生物量以 C2 为最高, 生物量高低排序为 $\text{C2}>\text{C3}>\text{C1}$; 栖息密度以 C2 为最高, 栖息密度高低排序为 $\text{C2}>\text{C1}>\text{C3}$ 。垂直分布上, 生物量高低排序为高潮带>中潮带>低潮带, 栖息密度高低排序为高潮带>中潮带=低潮带。多样性指数、均匀度和丰富度指数均值分别为 0.92、0.90 和 0.35。

游泳生物共捕获 47 种, 隶属于 3 大类群 27 科, 其中鱼类 23 种, 甲壳类 21

种, 头足类 3 种。调查海域平均重量渔获率和个体渔获率分别为 1.4643 kg/h 和 134.00ind/h; 渔业资源平均重量密度和个体密度分别为 316.26 kg/km² 和 28.94×10³ ind/km²。优势种为: 红星梭子蟹、中国明对虾、中华管鞭虾、黑斑沃氏虾蛄、口虾蛄、白姑鱼、龙头鱼。幼体群体占有游泳动物群体的平均比例 24.53%。多样性指数平均值为 3.46; Pielou 均匀度指数平均值为 0.82; 丰富度指数平均为 2.60, 多样性指数和均匀度处于较高水平。

鱼卵和仔稚鱼共鉴定出 8 个种类, 隶属于 2 目 7 科, 数量以鲈形目最多。调查海域鱼卵平均密度为 2.14 ind/m³, 处于较低水平, 仔稚鱼平均密度为 0.74 ind/m³, 处于较低水平。

2、2026 年 4 月

调查区域的叶绿素 a 含量偏低, 平均浓度为 2.24mg/m³, 初级生产力为偏低水平, 平均初级生产力为 136.16mg·C/m²·d, 总体空间差异一般。

浮游植物鉴定浮游植物 7 门 53 属 99 种 (含未定种的属)。以硅藻门种类为主, 硅藻门种类占 62.63%, 甲藻门种类占 16.16%, 其他种类占 21.21%。浮游植物个体数量范围 (129.37~30336.36) ×10³ind/m³, 平均为 6517.96×10³cell/m³。调查海域以硅藻门个体数量占优势, 占调查区域平均个体数量的 94.63%。本次调查浮游植物优势种共出现 6 种, 其中中肋骨条藻为第一优势种, 其优势度为 0.221, 平均个体数量 1585.28×10³cell/m³。浮游植物多样性指数平均为 2.78, 均匀度指数平均为 0.59, 丰富度指数平均为 2.42。整体而言, 调查站位浮游植物的多样性指数 (H') 和均匀度 (J) 均处于一般水平。

浮游动物鉴定出 59 种 (类), 分属 13 个类群, 以桡足类出现种类最多。调查区域出现优势种 5 种, 以桡足类幼体的优势度最高。浮游动物海域平均密度为 534.99ind/m³, 总生物量平均值 256.21mg/m³; 多样性指数、均匀度和丰富度指数均值分别为 2.78、0.75 和 1.16。

底栖生物共鉴定出 2 门 16 科 18 种。以环节动物出现种类最多为 11 种。优势种共有 2 种, 为丝异须虫和须鳃虫。底栖生物的总平均生物量为 1.338g/m², 平均栖息密度为 16.14ind/m²。底栖生物多样性指数平均为 0.42; 均匀度平均为 0.96, 丰富度指数平均为 0.11。

潮间带生物共鉴定出潮间带生物 3 门 8 科 12 种。3 个断面的潮间带生物平

均生物量为 58.753g/m^2 ，平均栖息密度为 56.00ind/m^2 。水平分布上，生物量高低排序为 $C2>C3>C1$ ；栖息密度高低排序为 $C2>C3>C1$ 。垂直分布上，生物量高低排序为低潮带>中潮带>高潮带，栖息密度高低排序为低潮带>高潮带>中潮带。多样性指数、均匀度和丰富度指数均值分别为 0.66、0.88 和 0.27。

游泳生物共捕获 58 种，隶属于 3 大类群 33 科，其中鱼类 34 种，甲壳类 21 种，头足类 3 种。调查海域平均重量渔获率和个体渔获率分别为 0.9234kg/h 和 53.14ind/h ；渔业资源平均重量密度和个体密度分别为 199.43kg/km^2 和 $11.48\times 10^3\text{ind/km}^2$ 。优势种为：隆线强蟹、双斑蟳、白姑鱼、鲳。幼体群体占有游泳动物群体的平均比例 23.33%。多样性指数平均值为 2.93；Pielou 均匀度指数平均值为 0.87；丰富度指数平均为 1.51。

鱼卵和仔稚鱼共鉴定出 7 个种类，隶属于 3 目 6 科，数量以鲈形目最多。调查海域鱼卵平均密度为 3.67ind/m^3 ，仔稚鱼平均密度为 2.18ind/m^3 ，处于较低水平。

11.1.4.6 环境空气质量现状调查结论

根据《2024 年汕尾市生态环境状况公报》，本项目所在区域 2024 年基本污染物(SO_2 、 NO_2 、 CO 、 O_3 、 PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$)均符合《环境空气质量标准》(GB3095-2012)二级标准，为环境空气质量达标区。

11.1.4.7 声环境质量现状调查结论

根据《2024 年汕尾市生态环境状况公报》，2024 年度汕尾市城市区域环境噪声昼间均值为 55.9 分贝，属于《声环境质量标准》(GB 3096-2008)中的一般水平，达到国家规定标准，与 2023 年相比下降 0.2 分贝。

11.1.5 环境影响预测分析与评价结论

(1) 大气环境影响

施工期大气污染主要为船舶燃油废气(CO 、 NO_x 、 SO_2 、 HC 和烟尘)。营运期大气环境污染主要为船舶燃油废气(CO 、 SO_2 、 NO_x 、 HC 和烟尘)。

在采取相应措施后，施工期及营运期大气污染物对环境的影响较小。

(2) 声环境影响

施工期实施过程中噪声主要为施工船舶噪声。单体设备声源声级均在

95dB(A)~105dB(A)之间，噪声影响范围较小，一般在 200m 范围内达到可接受范围。

营运期噪声污染主要为工作船舶噪声，噪声值在 95dB(A)~105dB(A)间，项目位于海域，附近无声环境敏感目标，其影响较小。

（3）水动力环境影响

本项目为海洋产业园建设，工程建成后对水文动力影响较小，对海域涨落潮流速、流向的影响可接受。

（4）地形地貌与冲淤环境影响

本项目为海洋产业园建设，基本不改变区域附近海域的流场，项目建设引起冲淤变化较轻。因此，本项目实施对地形地貌与冲淤环境影响较小。

（5）海水水质环境影响

施工期对海水水质环境的影响主要体现在船舶生活污水、船舶含油污水及少量施工产生的悬浮泥沙。施工期的生活污水、含油污水能得到妥善处置，不直接排海，对海水水质环境影响较小；悬浮泥沙产生过程主要为网箱和浮筏抛锚固定时产生的少量泥沙，产生量较小，对海水水质环境影响轻微。

营运期项目对海水水质的影响主要为贝类和鱼类排泄物，在合理养殖密度下，牡蛎养殖对区域 N、P 和 COD 表现为负排放，对水体中的 N、P、COD 具有吸收效应，对海水水质环境的影响是正向的，不会对周边海域环境造成不良影响。由于贝类的正向影响，网箱养殖产生的 COD 可以被贝类吸收，因此本项目养殖活动对海水水质的影响较小。营运期生活污水、船舶含油污水、固废等污染物均能得到妥善处置，对海水水质环境影响较小。

（6）海洋沉积物环境影响

本项目网箱养殖的残余饵料会对沉积物有一定影响，施工掀起的悬浮泥沙量很小，沉积物的环境质量基本仍将保持现有水平。整体而言，本项目对海洋沉积物影响较小，项目营运过程中应做好环境监测工作，避免养殖活动造成海水水质环境富营养化。

（7）海洋生态环境影响

本项目锚块占用较小的底质环境，利用海域现状环境进行海水养殖，对底栖生物影响较小，养殖生物排泄物可为底栖生物提供营养盐。整体而言，项目建设

对底栖生物的影响较小。本项目为开放式海水养殖，利用天然海域环境进行养殖，基本不改变海域自然环境，对浮游生物影响较小。

本项目通过海水养殖活动，减少了对渔业资源的捕捞，对渔业资源影响较小；另外，项目养殖过程掠食对浮游生物群落可能产生一定的影响，从而对渔业资源产生一定的影响。但本项目相对项目附近海域而言，项目范围较小，对项目附近海域影响较小，因此不会对渔业资源产生明显不良影响。

（8）环境敏感目标影响

本项目环境敏感目标主要有自然保护区、珍稀濒危物种分布区、渔业资源产卵场、重要滩涂及浅海水域、幼鱼幼虾保护区、幼鱼繁育场、岛礁、养殖用海、浴场用海、国控监测站位等。项目与大部分敏感目标保持一定距离，项目施工期和营运期船舶含油污水、生活污水、固废等均妥善处理，不直接排海，施工过程中产生的悬浮泥沙扩散主要集中在施工区域，营运期通过合理控制养殖规模和养殖密度来控制营运期养殖污染，对周边敏感目标影响较小。

（9）固体废物环境影响

本项目施工期和营运期生活垃圾分类收集上岸后交由当地环卫部门集中处理；施工期及营运期产生的无法修复的废弃绳索、废弃浮子、废弃网衣等均可回收利用，该类固体废物上岸后交由物资回收公司进行回收处理，禁止随意丢弃；营运期网衣上清理出的附着生物回归海洋循环，清理出的海洋垃圾统一收集后上岸交由环卫部门处理；养殖过程中产生的病死水产品设置病死水产品收集箱妥善收集，并按照《水产养殖动物疫病防控指南（试行）》（农渔养函〔2022〕116号）以及《染疫水生动物无害化处理规程》（SC/T7015-2011）等要求进行无害化处理。

本项目施工期和营运期产生的固体废物在采取以上处理处置方法后，对周围环境产生的影响较小，基本不会产生固废污染影响。

11.1.6 环境风险分析与评价结论

本项目主要环境风险为海洋自然灾害、有毒有害生物（赤潮、病原体、天敌、外来物种等）入侵风险、养殖病害风险和溢油事故风险。

事故发生对生态环境产生一定影响，需对事故风险严加防范杜绝发生，避免造成经济损失和环境污染，建设单位应严格执行风险防范措施。项目施工期和营运期通过积极采取本报告提出的环境风险防范措施和环境风险应急预案，并在发

生风险事故后及时按照事故应急措施和应急预案进行处理，其影响可以得到有效控制，项目的环境风险事故可以控制在可接受水平。

11.1.7 清洁生产和总量控制结论

本项目施工期按照清洁生产原则，采用成熟、先进的施工机械设备，采取合理的施工工艺进行施工，严格控制各类污染物的产生，合理处置各类污染物，并最大限度地减小工程建设对海洋环境的影响程度，达到节约能源、保护环境的目的。可见，项目从施工工艺、施工设备与能源消耗、污染物处理及节能各方面来看，均满足清洁生产的要求。

施工期及营运期船舶含油污水收集上岸后由有处理能力的单位接收处理，施工期及营运期生活污水收集上岸后经槽车转运至陆丰第二污水处理厂处理排放，施工期和营运期的固废污染物均妥善处理。

营运期养殖污染源主要来自鱼类排泄物，而贝类养殖整体而言不增加水域污染物浓度，具有吸收该区域总氮、总磷、COD 等作用。

综上，本项目不设置污染物排放总量控制指标。

11.1.8 环境保护对策措施的合理性、可行性结论

(1) 施工期环境保护对策措施

施工期间合理安排施工进度，施工应尽量避免避开保护动物繁殖期和幼鱼、幼虾生长期等生长繁育关键阶段，选用符合国家有关标准的施工机械、船舶和燃料，严格控制施工范围，避免同一位置重复作业，减少悬浮物的产生量和扩散范围。

施工期间工作人员生活污水暂存至船舶生活污水收集舱，收集上岸后经槽车转运至陆丰第二污水处理厂处理排放；施工船舶含油污水暂存至船舶含油污水收集舱，收集上岸后由有处理能力的单位接收处理。

施工期船舶生活垃圾应参照《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）中对船舶垃圾的排放控制要求进行分类管理，在船舶上设置固体废物收集箱，工作人员生活垃圾放入收集箱中，分类收集装箱运回陆地，严禁随意丢弃入海，上岸后交由环卫部门统一处理；废弃绳索、废弃浮子及废弃网衣等废弃养殖设施材料收集上岸后交由物资回收公司回收利用。

项目施工期采用油耗低的船舶，选用硫含量不大于 0.5% m/m 的船用燃油，

对施工船舶定期维护保养，禁止船舶设备等超负荷工作，船舶需经船舶检验机构检验合格。

施工期选用符合国家有关标准的施工机械和船舶，尽量采用低噪声的施工机械和工艺，控制船舶鸣笛，同时加强各类施工设备的维护和保养，并控制施工强度，避免长时间高噪声作业。

（2）营运期保护对策措施

营运期生活污水收集暂存，定期收集上岸后经槽车转运至陆丰第二污水处理厂处理排放；船舶含油污水暂存至船舶含油污水收集舱，收集上岸后由有处理能力的单位接收处理；工作人员生活污水及工作船舶含油污水均应建立接收、转运、处置联单，建设单位和接收单位负责人应做好接收污染物记录，以备核查；网衣冲洗水自然排海，鼓励采用防污网衣，减少海洋垃圾及贝类藻类等的附着量；合理控制养殖规模、密度，选择合适饵料科学投喂，保持良好水体交换，以减少养殖活动对水环境的影响。

营运期工作人员生活垃圾分类收集运回陆地，严禁随意丢弃入海；营运期间废弃绳索、废弃浮子及废弃网衣等废弃养殖设施材料等可回收杂物应收集上岸交由物资回收公司回收处理；病死水产品暂存在病死水产品收集箱，妥善收集后按相关指南及处理规程，送至指定地点或相关处理单位进行无害化处理。

营运期采用油耗低的船舶，选用硫含量不大于 0.5% m/m 的船用燃油，并对工作船舶发电机进行定期保养，船舶需经船舶检验机构检验合格。

营运期选用低噪声设备、控制船舶鸣笛、加强各类设备维护保养。

（3）海洋生态环境保护措施

对整个施工进行合理规划，施工期应避开保护动物繁殖期和幼鱼、幼虾生长期等生长繁育关键阶段，以减轻施工可能带来的水生生态环境影响。项目施工前应对附近海域情况进行瞭望，采取无害驱避措施。施工及营运期间尽量避免船舶穿越附近海洋保护区，规划合理航线，控制船速，以尽量避免碰撞海洋保护动物。

对于项目建设造成的生物损失，建议建设单位通过增殖放流方式弥补本项目建设对海洋渔业资源造成的损失。

本项目施工期、营运期采取的污染防治措施，海洋生态保护措施以及非污染环境保护对策措施有效、可行，在技术、经济上是合理的、可行的。在切实落实

各项海洋环境保护对策措施的前提下，项目建设产生的各项污染物均可得到有效处理。

11.1.9 区域规划和政策符合性结论

项目建设符合《产业结构调整指导目录（2024 年本）》《市场准入负面清单（2025 年版）》等国家产业政策；项目选址海洋空间为渔业用海区，不占用生态保护红线，符合《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》《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 年）》《陆丰市国土空间总体规划（2021-2035 年）》等国土空间规划；项目建设符合《广东省近岸海域环境功能规划》《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》《汕尾市生态环境保护“十四五”规划》《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》《汕尾市“三线一单”生态环境分区管控方案（修订版）》等环保规划。

此外，项目与《广东省养殖水域滩涂规划（2021-2030 年）》《汕尾市海洋养殖发展规划（2021-2030 年）》《汕尾市现代化海洋牧场建设规划（2024-2035 年）》《汕尾市养殖水域滩涂规划（2018-2030 年）》《陆丰市养殖水域滩涂规划（2018-2030 年）》等养殖产业规划吻合，养殖规模、布置和工艺符合《海洋牧场建设技术指南》。

11.1.10 公众参与调查结论

本项目按要求开展公众参与调查，通过网站、报纸和现场张贴形式进行，公示期间未收到公众反馈意见。

11.1.11 建设项目环境可行性结论

本工程区域自然条件较好，水文、气象等因素均能满足使用要求，本项目附近基础条件较为完善，原料充足，港口、码头等外部协作条件可行。本项目的建设符合海洋功能区划、相关区域及行业规划和当地政策环境要求，符合产业发展方向，选址科学，平面布局合理。施工期及营运期产生的生活污水、含油污水及生活垃圾等均可得到妥善处置，对环境的影响较小。营运期养殖活动利用天然海水进行养殖，养殖规模不超环境容量。网箱养殖排泄物和残余饵料污染物主要为 COD、N、P，而养殖贝类对区域水体中 COD、N、P 具有吸收效应，可缓解水

体富营养化程度。

综上，本项目在落实本报告书所提出的污染防治措施和风险防范对策的前提下，从环境保护的角度考虑，本项目建设是可行的。

11.2 建议

（1）本项目实施过程中，应严格落实环境保护措施，控制养殖范围、养殖密度和投饵量，科学用药。

（2）为避免影响周边船舶通航安全，安装前需制定引航方案，并与相关部门进行沟通协调，营运期间亦需加强船舶日常管理。

（3）建设单位需与所依托渔港管理方充分协调，严格按照要求落实办理码头使用相关手续。