

汕尾市 06 号碣石湾海域启动区一区现代化海洋牧场

项目环境影响报告书

(公示稿)

建设单位：汕尾市百千万农业投资发展有限公司

编制单位：北京地海环保科技有限公司

二〇二六年五月



目 录

1	概述	1
1.1	项目背景	1
1.2	建设项目特点	3
1.3	评价工作过程	4
1.4	分析判定相关情况	5
1.5	关注的主要环境问题及环境影响	7
1.6	环境影响评价的主要结论	8
2	总则	10
2.1	编制依据	10
2.2	环境影响识别与评价因子筛选	16
2.3	评价等级、评价范围及评价时段	18
2.4	环境功能区划	23
2.5	评价标准	28
2.6	生态环境保护目标	32
3	工程概况	44
3.1	项目基本情况	44
3.2	项目平面布置	46
3.3	结构和尺度	48
3.4	辅助工程	57
3.5	依托工程	58
3.6	养殖生产工艺	58
3.7	施工工艺与方法	65
3.8	占用海岸线和海域情况	70
4	工程分析	72
4.1	生产工艺过程与产污环节分析	72
4.2	污染源强分析	73
4.3	工程建设非污染因素分析	88
5	区域环境概况	91
5.1	自然环境概况	91
5.2	海域资源概况	100
5.3	养殖产业现状	103

5.4	环境保护目标概况.....	104
5.5	珍稀生物资源.....	109
5.6	开发利用现状.....	111
6	环境质量现状调查与评价.....	115
6.1	水文动力环境现状调查.....	115
6.2	地形地貌与冲淤环境现状.....	139
6.3	水质现状调查与评价.....	144
6.4	沉积物现状调查与评价.....	163
6.5	海洋生态现状调查与评价.....	172
6.6	渔业资源现状调查与评价.....	184
6.7	生物质量现状调查与评价.....	193
7	环境影响预测与评价.....	200
7.1	水文动力环境影响分析.....	200
7.2	地形地貌与冲淤环境影响分析.....	224
7.3	海水水质环境影响预测与评价.....	225
7.4	沉积物环境影响分析.....	241
7.5	海洋生态环境影响分析.....	243
7.6	对主要生态环境敏感目标的影响分析.....	252
7.7	对通航环境的影响.....	256
8	环境风险分析与评价.....	258
8.1	风险调查.....	258
8.2	风险识别.....	258
8.3	事故概率和源项分析.....	260
8.4	船舶溢油风险预测分析.....	262
8.5	自然灾害环境风险分析.....	273
8.6	养殖生态风险分析.....	274
8.7	环境风险防控方案.....	275
9	环境保护对策措施.....	284
9.1	海洋生态保护措施.....	284
9.2	污染防治措施及可行性分析.....	286
9.3	环境保护设施和对策措施一览表.....	290
10	环境保护的技术经济合理性.....	293

10.1	环境保护措施的费用估算	293
10.2	环境损益分析	294
10.3	经济效益分析	296
10.4	环境保护的技术经济合理性	296
11	工程规划符合性及选址合理性分析.....	298
11.1	与产业政策符合性	298
11.2	与国土空间规划符合性	299
11.3	与“三线一单”符合性分析.....	299
11.4	与区域水产养殖行业规划的符合性	303
11.5	与生态保护红线的符合性分析	307
11.6	与其他相关环保规划的符合性	308
11.7	工程选址合理性	312
12	环境管理与监测计划	316
12.1	环境管理	316
12.2	环境监测	318
13	环境影响评价结论	323
13.1	工程概况	323
13.2	工程分析结论	323
13.3	环境现状调查结论	324
13.4	环境影响及环保措施评价结论	326
13.5	生态环境风险结论	330
13.6	建设项目环境可行性总结论	330

1 概述

1.1 项目背景

海洋牧场是基于海洋生态系统原理，在特定海域，通过人工鱼礁、增殖放流等措施，构建或修复海洋生物繁殖、生长、索饵或避敌所需的场所，增殖养护渔业资源，改善海域生态环境，实现渔业资源可持续利用的渔业模式。我国的海洋牧场建设理念可以追溯到上世纪 40 年代，海洋生物学家首次提出“水是鱼的牧场”，倡导“种鱼与开发水上牧场”。1978 年，曾呈奎院士提出海洋农牧场构想，通过海水养殖实现农化，通过人工鱼礁和增殖放流实现牧化，使海洋成为藻类和贝类的农场、鱼虾的牧场，达到耕海的目的。随着海洋牧场概念的不断演化和完善，目前，根据不同的功能，我国的海洋牧场主要可划分为渔业增养殖型海洋牧场、生态修复型海洋牧场、休闲观光型海洋牧场、种质保护型海洋牧场、综合性海洋牧场五种主要类型。

现代化海洋牧场是基于海洋生态系统，利用现代科学技术支撑和运用现代化管理理念与方法进行管理，最终实现生态良好、资源丰富，产品安全的可持续发展的现代海洋渔业生产方式，是适合现代可持续发展战略的新型海洋生物资源开发模式。建设现代化海洋牧场，既能养护生物资源，又能修复生态环境，是实现我国近海渔业资源恢复，产业提质增效和可持续发展的重要方式，对促进海洋经济持续健康发展以及海洋强国战略的稳步实施有重要意义。

2017 年、2018 年、2019 年中央一号文件分别提到“发展现代化海洋牧场”、“建设现代化海洋牧场”和“推进海洋牧场建设”。2022 年，党的二十大报告中指出，发展海洋经济，保护海洋生态环境，加快建设海洋强国。2023 年中央一号文件再次指出，建设现代海洋牧场，发展深水网箱、养殖工船等深远海养殖。2023 年 6 月 3 日，农业农村部、工业和信息化部、国家发展改革委、科技部、自然资源部、生态环境部、交通运输部、中国海警局联合印发《关于加快推进深远海养殖发展的意见》。同年 9 月，广东省委农办、省农业农村厅印发《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》，推动全省海洋渔业转型升级，促进现代化海洋牧场高质量发展，积极建设现代化海洋牧场，打造“粤海粮仓”。

汕尾渔业生产历史悠久，海洋渔业资源丰富，品种繁多，是南海主要优良渔场之一，发展现代化海洋牧场潜力巨大。全市海域面积 2.39 万平方公里，海岸线长 455 公里位居全省第二、粤东首位。为系统性盘活汕尾海域、海岛、岸线、风场等资源，汕尾市坚持规划先行，编制了《汕尾市现代化海洋牧场建设规划（2024—2035 年）》，组织有关部门积极组织开展渔业资源调查、海洋生态环境调查等工作，做足现代化海洋牧场选址前期工作，并结合农业农村部等 8 部委《关于加快推进深远海养殖发展的意见》，最终初步规划 22 片海洋牧场选址，面积共计 739.16 平方公里。其中近期启动区 9 片，面积 35.1 平方公里；中期发展区 7 片，面积 55.27 平方公里；远期发展预留区 6 片，面积 648.79 平方公里。

根据《汕尾市现代化海洋牧场建设规划（2024—2035 年）》，碣石湾内近期规划了两个深海养殖区，分别为 06 号碣石湾海域启动区一区、07 号碣石湾海域启动区二区。06 区块与 07 区块用海区相距约 11.5 公里。

截至 2024 年底，06 号碣石湾海域启动区一区、07 号碣石湾海域启动区二区已批复共 4 个项目。其中 06 号碣石湾海域启动区一区批复项目包括：“陆丰市碣石湾海域金厢片区开放式养殖用海项目”、“陆丰盛风蚝业水产养殖项目”、“陆丰蚝之发水产科技养殖项目”、汕尾华电能源有限公司建设实施的“汕尾华电现代化海洋牧场项目（场址一）”。07 号碣石湾海域启动区二区批复项目包括：汕尾华电能源有限公司建设实施的“汕尾华电现代化海洋牧场项目（场址二）”。

2025 年，为进一步推进碣石湾海域现代化海洋牧场建设工作，汕尾市百千万农业投资发展有限公司作为市属国有企业，启动了汕尾市碣石湾现代化海洋牧场创新园项目的备案工作，于 2025 年 9 月底申报“汕尾市碣石湾现代化海洋牧场创新园项目”立项（项目代码 2405-441581-04-01-599335）。项目主要建设内容包括海洋牧场以及配套岸基设施，项目计划采取分期建设模式。项目一期计划在规划的 06 区块建设海洋牧场以及配套岸基配套设施，二期计划在规划的 07 区块建设海洋牧场。

受汕尾市百千万农业投资发展有限公司（以下简称“汕尾农投”）委托，我公司承担了本项目 06 区块、07 区块海上工程内容的环境影响评价工作。在项目推进过程中，受 06 区块相关前期工作进度制约，建设单位（即汕尾市百千万农业投资发展有限公司）决定先行建设 07 区块内工程内容。为此，汕尾市百千万农业投资发展有限公司委托我单位先行对 07 区块内工程内容开展了环境影响评估工作，我公司编制完成的《汕尾市 07 号碣石湾海域启动区二区现代化海洋牧场项目环境影响报告书》于 2025

年 8 月取得了环评批复文件（汕环审〔2025〕43 号）。同时，汕尾市自然资源局于 2025 年 8 月对 07 区块用海进行批复（汕自然资〔2025〕541 号）。

2025 年底，06 区块工程方案基本确定，我公司随即重启相关环评工作，本项目（即汕尾市 06 号碣石湾海域启动区一区现代化海洋牧场项目）建设内容为深水重力养殖网箱及大型养殖围栏，养殖品种为包括章红鱼、金鲳鱼、军曹鱼、石斑鱼等，用海面积约 102.0097 公顷（合计 1530.1455 亩）。根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国海洋环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》和《建设项目环境保护管理条例》（中华人民共和国国务院令 第 682 号）等法律的要求，本项目须执行环境影响评价制度。

本次评价仅针对一期海上工程开展环境影响评价，岸基工程内容根据管理部门要求另行办理相关环保许可手续，不在本次评价范围内。

根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 版），本项目属于“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）”，需编制环境影响报告书。

1.2 建设项目特点

本项目位于陆丰金厢镇虎尾山西南侧 5.4 公里海域，用海区水深约 10 m，总用海面积为 102.0097 公顷，为渔业用海中的开放式养殖用海。项目共布置 59 个重力式网箱和 1 个大型养殖围栏，养殖品种包括章红鱼、金鲳鱼、军曹鱼、石斑鱼等。预计养殖产品年产出量约 7860 吨。项目总施工期 12 个月。

综合分析项目实施方案、施工及养殖工艺、环境影响等方面，项目特点如下：

1、项目选址与建设内容符合区域水产养殖布局规划和发展方向，且区域外部配套条件完备，相关产业支撑要素有保障，能够保障项目后续顺利推进实施。

2、项目建设规模适中，施工方法简单，养殖生产工艺较为成熟。项目实施养殖规模在区域养殖容量范围内。从环境影响角度，施工期环境影响要素易识别，对海洋环境扰动时间比较短，主要发生在养殖围栏基础结构施工和重力网箱系泊锚投放过程；运营期养殖活动与周边海域环境交互作业机制集中在养殖过程营养物质的动态迁移和转化过程，需严格跟进监测措施，不断优化养殖方案。

3、区域配套环保、应急资源具备可依托性。区域船舶污染物接收及处理企业运

营多年，有完备的作业规程，后方金厢镇城市污水处理厂、垃圾中转站等设施距离项目拟依托港区较近，污染物能够得以妥善处理。

4、项目养殖活动区域在水上，虽然施工及运营期作业船舶以小型船机为主，但仍存在一定的船舶碰撞溢油风险事故。此外，对深水养殖项目，典型自然灾害等外环境要素对养殖活动亦有较大风险。目前汕尾市区域政府部门相关环境风险应急预案全面，能够覆盖项目可能发生的各类人为和自然风险事故，且用海区环境风险应急资源比较丰富，可依托性良好，建设单位需严格落实风险防范和应急防控措施，项目风险总体是可控的。

1.3 评价工作过程

2025 年 5 月，汕尾市百千万农业投资发展有限公司将“汕尾市碣石湾现代化海洋牧场创新园项目”中涉海工程（包括一期 06 区块工程、二期 07 区块工程）环境影响评价工作一并委托我公司（北京地海环保科技有限公司）开展。

在项目推进过程中，受相关专题前期工作进度制约，项目涉海工程一期工程环评工作进度相应滞缓，直至 2025 年底，06 区块工程方案方基本确定，我公司随即重启环评工作，并按照《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）要求，按三个工作阶段开展了本项目环境影响评估工作。

在评估工作的第一阶段，项目组首先对项目有关初步养殖方案和相关设计标准进行了研究，根据技术导则要求，同时结合项目实际情况确定了评价工作等级、范围。根据本项目行业特点并结合同类报告，识别出评价需重点关注的环境要素，开展了初步工程分析，同时识别了项目周边主要环境敏感目标，并收集了工程海域海洋环境质量现状调查成果以及与相关的养殖行业规划、国土空间规划等文件。

在评估工作的第二阶段，项目组依据细化的项目实施方案，重新核定了评价工作等级、范围，修正了工程分析相关内容。针对工程特点和区域海洋水质、生态环境现状及主要环境敏感目标等，对项目建设产生的环境影响开展了全过程预测、分析和评价工作。

在评估工作的第三阶段，根据项目环境影响预测结果提出了有针对性的污染防治措施、生态保护措施以及环境管理与监测措施要求，并在规划层面上论述了项目与产业政策、国空规划、区域养殖规划、环保规划的符合性，明确了建设项目可行与否的

结论，编制完成了《汕尾市 06 号碣石湾海域启动区一区现代化海洋牧场项目环境影响报告书》（送审稿）。

2026 年 3 月 31 日，汕尾市生态环境技术与数据中心组织召开了本项目环境影响报告书专家评审会。会后，我单位根据专家及各参会部门代表意见对报告进行了修改完善，形成了《汕尾市 06 号碣石湾海域启动区一区现代化海洋牧场项目环境影响报告书》（报批稿）。

1.4 分析判定相关情况

（1）与产业政策的符合性

本项目为“汕尾市 06 号碣石湾海域启动区一区现代化海洋牧场项目”，属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中“鼓励类”中的“一、农林牧渔业—14、现代畜牧业及水产生态健康养殖—海洋牧场”，符合国家产业政策。

根据《市场准入负面清单》（2025 年版）（发改体改规〔2025〕466 号），本项目不属于市场禁止准入行业，符合准入要求。

（2）与国土空间规划的符合性

《汕尾市国土空间总体规划（2021—2035 年）》将汕尾市海域（不含深汕特别合作区海）划定了生态保护区、生态控制区和海洋发展区。在海洋发展区内，进一步细化功能分区，将海洋发展区划分为工矿通信用海、交通运输用海、游憩用海、渔业用海、特殊用海等用海区和海洋预留区。规划提出，海洋发展区是以海域和海洋活动为主的地区，应对海洋资源和生态环境进行严格管控。除国家重大项目外，严禁围填海。

本项目位于二级规划的渔业用海区。本项目不占用海岸线，项目建设内容为海洋牧场，建设内容为深水养殖网箱和养殖围栏，符合项目所在渔业用海区以渔业基础设施建设、养殖和捕捞生产等为主要功能导向的要求，也符合所在的三级规划“碣石湾近岸渔业用海区”具体的空间准入、利用方式及保护要求。项目建设符合《汕尾市国土空间总体规划（2021-2035 年）》的要求。

（3）与“三线一单”分区管控方案的符合性

根据《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》中海域环境管控单元，本项目位于“碣石湾农渔业区”一般管控单元（环境管控单元编码：HY44150030001）。

根据《汕尾市“三线一单”生态环境分区管控方案（修订版）》，本项目选址区

位于“碣石湾农渔业区”一般管控单元（环境管控单元编码：HY44150030001）。

项目选址符合区域布局管控要求，养殖用海单元布置符合相关规范集约用海要求，满足海洋空间资源利用要求，通过落实各项环境保护措施及风险防范措施，能够落实污染物排放管控要求和环境风险防控要求。

因此，项目建设符合《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）》的要求。

（4）与生态保护红线管控要求的符合性

本项目用海范围未占用生态保护红线，距离项目最近的生态保护红线为“碣石湾长毛对虾重要渔业资源产卵场”生态保护红线，距离约为 0.37km。

本项目施工期悬浮沙源强很小，影响时间短，施工结束后即可消除。营运期内将科学确定投喂量，尽量提高饲料利用率，能够缓解养殖外源营养物质向周边海域输入带来的影响。少量残饵可能被野生水生生物摄食，随着养殖活动的进行，项目用海区周边海域会逐渐形成一个相对稳定的生态系统。此外，各类船舶污染物全部上岸处理，不排海。项目建设实施和养殖活动不会对周边生态保护红线区产生明显不利影响。

项目未占用生态保护红线，也不会对周边生态保护红线区产生明显不利影响，符合生态保护红线的管控要求。

（5）与区域养殖规划的符合性

《广东省现代化海洋牧场发展总体规划（2024-2035 年）》构建了“三带二十区”的总体发展格局，汕尾碣石湾海域地处粤东沿海，是该规划明确的重点发展区域之一。本项目选址区所在的汕尾市是规划中的现代化海洋牧场发展基地，项目选址符合规划对深远海养殖空间拓展的总体导向，与规划发展总体格局一致。

《汕尾市养殖水域滩涂规划（2018-2030年）》将汕尾市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，并对各类养殖区提出了常规管理措施。本项目选址区位于该规划中的碣石湾深海养殖开发区，本项目建设内容为养殖网箱和养殖围栏，养殖过程能够落实规划提出的管理措施要求，控制养殖规模和养殖密度，使用符合无公害养殖标准的饲料和药品等。项目建设符合养殖功能区布局规划要求和管理措施要求。

《汕尾市现代化海洋牧场建设规划（2024-2035 年）》通过综合国土、海洋、生态等各类规划，科学划定了海上养殖适宜区域，并规划了 22 片深远海养殖区，采用“标准园”模式进行统一规划和管理。项目是该规划中的深远海养殖区近期开发区中的“06

碣石湾海域启动区一区”，项目建设与规划发展总体布局一致。

综上，项目建设符合《广东省现代化海洋牧场发展总体规划（2024-2035 年）》、《汕尾市养殖水域滩涂规划（2018-2030 年）》、《汕尾市现代化海洋牧场建设规划（2024-2035 年）》。

1.5 关注的主要环境问题及环境影响

（1）施工期主要环境问题及影响

施工期主要环境影响为养殖围栏桩基施工和重力网箱固定系统锚泊构件投放扰动海床产生悬浮物对工程周边海域的水质、海洋生态环境产生的影响；养殖围栏桩施工噪声对周边水生生物生存活动的影响；水上作业产生的船舶垃圾、船舶污水对环境的影响；施工船舶溢油事故风险对海水水质和海洋生态的影响。

评价认为，施工期施工方法简单，悬浮沙源强较小，作业结束后影响即可消除，属于短期影响。打桩噪声在采取提前驱鱼、打桩缓启动等措施后可以降低噪声对水生生物损害；船舶污染物全部上岸处理，不排海，对海域环境无不利影响。施工期溢油事故发生概率较低，可通过常规防范措施予以减缓。

（2）运营期主要环境问题及影响

运营期主要环境影响为养殖过程多余饵料、鱼类排泄物对养殖区周边海域的水质、底质、海洋生态环境的长期累积影响；养殖围栏管理中心办公及作业人员活动产生的废水、废物影响；各类船舶（包括养殖船、交通船、接驳船等）往来通航产生的船舶垃圾、船舶污水对环境的影响；作业船舶溢油事故风险对海水水质和海洋生态的影响。

评价认为，项目本身为深水网箱养殖，属于生态养殖，相比对传统近海粗放养殖有利于区域水产养殖产业绿色转型发展。选址区水动力条件良好，养殖水污染物扩散条件好，养殖营养物质对底质和生态的累积性影响局限在用海区周边，一方面周边贝类养殖项目可吸收一部分营养盐，与本项目形成典型的“鱼—贝”多营养级综合养殖系统，实现养殖废物资源化，形成多营养级生态养殖模式。另一方面，通过提高饵料利用率、网箱交替休养、定期监测等措施也可以不断动态优化调整养殖方案，进一步缓解不利影响，将养殖活动对周边海域不利影响控制在可接受程度。大型养殖围栏管理中心废水、废物通过设置收集和处理系统，定期接驳上岸处理，污染物可得到妥善

处置。各类船舶污染物也具备上岸处理的条件，区域污染物接收、处理依托可行。

（3）污染防治措施及风险防控方案的可行性

重点关注船舶污废水、垃圾上岸接收处置的可行性。针对潜在溢油事故，重点关注风险应急措施的合理性、周边应急资源的可达性及风险影响的可接受性。

评价认为，项目依托港区后方船舶污染物和养殖废弃物接收处置有保障，能够实现污染物的规范交接，妥善处置。周边海域应急资源丰富，在短时间内可达项目海域参与应急，项目溢油事故风险总体可控。

（4）对周边环境保护目标的影响

项目所在碣石湾生态环境敏感，项目对周边环境保护目标的影响重点关注对生态保护红线、水产种质资源保护区以及附近养殖项目的影响。

针对项目周边生态保护红线、水产种质资源保护区保护，项目施工期较短，悬浮沙扩散范围较小，不会对生态保护红线、水产种质资源保护区造成不良影响。运营期养殖规模相对较小，养殖区周边海水水质仍可满足一类海水水质标准要求，不会对周边海域生态环境造成污染负荷影响。长期来看，在养殖规模和养殖密度等适宜条件下，随着本项目及周边贝类养殖活动的进行，项目用海区周边海域一定范围内会逐渐形成一个相对稳定的、与养殖活动和生态保护红线、水产种质资源保护区内保护对象生存栖息活动相适应的生态系统。

项目布局和建设内容符合区域养殖规划，与附近养殖项目同为规划的汕尾市 06 号碣石湾海域启动区一区内的养殖活动，目前周边养殖项目尚未建设，施工作业活动不会对其产生不利影响，但运营期项目实施对周边养殖项目的影响是相互的，需要协同控制总体养殖规模，防范养殖密度过高可能导致的水体富营养化等养殖生态风险，在管理部门统筹安排下开展跟踪监测，确保养殖活动互不影响且不恶化对区域海洋生态环境。

1.6 环境影响评价的主要结论

本项目建设符合国家产业政策，符合国土空间规划及相关环保规划要求；项目未占用生态保护红线，项目实施符合所在区域“三线一单”生态环境分区管控要求。

项目选址合理，满足深水养殖环境要求，施工方法简单，采用离岸生态养殖模式，拟采取的各项污染防治措施可操作性强，各类污废水及固废废物均能得到妥善处置；

汕尾市 06 号碣石湾海域启动区一区现代化海洋牧场项目环境影响报告书（公示稿）

通过采取合理控制养殖规模和养殖密度等措施后，项目实施对海洋生态环境影响能够控制在可接受水平，不会海域生态健康产生重大不利影响，不存在重大环境制约因素。

评价认为：在认真落实各项环保措施的前提下，本项目的建设和运营对外环境的影响处于可接受范围；在加强环境风险防范、落实风险防控方案的情况下，本项目环境风险也是可控的。从环境保护角度考虑，本项目的建设是可行的。

2 总则

2.1 编制依据

2.1.1 法律法规、部门规章与规范性文件

(1)《中华人民共和国环境保护法》，2014 年 4 月 24 日第十二届全国人民代表大会常务委员会第八次会议通过修订，2015 年 1 月 1 日起施行；

(2)《中华人民共和国海洋环境保护法》，2023 年 10 月 24 日第十四届全国人民代表大会常务委员会第六次会议第二次修订，2024 年 1 月 1 日起施行；

(3)《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日第十三届全国人民代表大会常务委员会第七次会议修正施行；

(4)《中华人民共和国海域使用管理法》，2001 年 10 月 27 日第九届全国人民代表大会常务委员会第二十四次会议通过，2002 年 1 月 1 日起施行；

(5)《中华人民共和国水污染防治法》，2017 年 6 月 27 日第十二届全国人民代表大会常务委员会第二十八次会议修正，2018 年 1 月 1 日起施行；

(6)《中华人民共和国大气污染防治法》，2018 年 10 月 26 日第十三届全国人民代表大会常务委员会第六次会议修改施行；

(7)《中华人民共和国噪声污染防治法》，2021 年 12 月 24 日第十三届全国人民代表大会常务委员会第三十二次会议通过，2022 年 6 月 5 日起施行；

(8)《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2020 年 4 月 29 日第十三届全国人民代表大会常务委员会第十七次会议第二次修订，2020 年 9 月 1 日起施行；

(9)《中华人民共和国渔业法》，2025 年 12 月 27 日第十四届全国人民代表大会常务委员会第十九次会议修订；

(10)《中华人民共和国海上交通安全法》，2021 年 4 月 29 日第十三届全国人民代表大会常务委员会第二十八次会议修订，2021 年 9 月 1 日起施行；

(11)《中华人民共和国海岛保护法》，2009 年 12 月 26 日第十一届全国人民代表大会常务委员会第十二次会议通过，2010 年 3 月 1 日施行；

(12)《中华人民共和国清洁生产促进法》，2012 年 2 月 29 日第十一届全国人民

代表大会常务委员会第二十五次会议修订，2012 年 7 月 1 日起施行；

（13）《中华人民共和国野生动物保护法》，2022 年 12 月 30 日修订，2023 年 5 月 1 日起施行；

（14）《中华人民共和国突发事件应对法》，2007 年 8 月 30 日第十届全国人民代表大会常务委员会第二十九次会议通过；

（15）《建设项目环境保护管理条例》，2017 年 7 月 16 日国务院令 682 号国务院修订，2017 年 10 月 1 日起施行；

（16）《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 日国务院令 698 号修改施行；

（17）《中华人民共和国防治船舶污染海洋环境管理条例》，2018 年 3 月 19 日国务院令 698 号修改施行；

（18）《中华人民共和国船舶和海上设施检验条例》，2019 年 3 月 2 日国务院令 709 号修订；

（19）《中华人民共和国自然保护区条例》，2026 年 1 月 9 日国务院第 77 次常务会议修订，2026 年 3 月 15 日起施行；

（20）《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；

（21）《建设项目环境影响评价分类管理名录》，2020 年 11 月 30 日生态环境部令 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行；

（22）《环境影响评价公众参与办法》，2018 年 7 月 16 日生态环境部令 4 号，2019 年 1 月 1 日起施行；

（23）《近岸海域环境功能区管理办法》，1999 年 12 月 10 日原国家环保总局第 8 号令公布施行；

（24）《中华人民共和国船舶及其有关作业活动污染海洋环境污染防治管理规定》交通运输部 2017 年第 15 号令修改，2017 年 5 月 23 日施行；

（25）《中华人民共和国水上水下作业和活动通航安全管理规定》，交通运输部 2021 年第 24 号令，2021 年 9 月 1 日起施行；

（26）《中华人民共和国船舶污染海洋环境应急防备和应急处置管理规定》交通运输部 2019 年第 40 号令修订，2019 年 11 月 28 日施行；

（27）《交通运输突发事件应急管理规定》，交通运输部 2011 年第 9 号令，2012 年 1 月 1 日起施行；

（28）《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，国家发展改革委令 7 号，2024 年 2 月 1 日起施行；

（29）《关于划定并严守生态保护红线的若干意见》（厅字〔2017〕2 号），2017 年 2 月 7 日印发；

（30）《关于在国土空间规划中统筹划定落实三条控制线的指导意见》（中办发〔2019〕48 号），2019 年 10 月 25 日印发；

（31）《国务院关于印发中国水生生物资源养护行动纲要的通知》（国发〔2006〕9 号），2006 年 2 月 14 日印发；

（32）《饲料和饲料添加剂管理条例》，2011 年 11 月 3 日国务院令 609 号，2012 年 5 月 1 日施行；

（33）《自然资源部生态环境部国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》，（自然资发〔2022〕142 号），2022 年 8 月 16 日印发；

（34）《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南（2023 年 11 月）》，（自然资发〔2023〕234 号），2023 年 11 月 22 日印发；

（35）《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），2012 年 7 月 3 日发布；

（36）《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），2012 年 8 月 7 日发布；

（37）《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），2013 年 8 月 5 日发布；

（38）《关于以改善环境质量为核心加强环境影响评价管理的通知》（环环评〔2016〕150 号），2016 年 10 月 26 日发布；

（39）《关于印发船舶大气污染物排放控制区实施方案的通知》（交海发〔2018〕168 号），2018 年 11 月 30 日发布；

（40）《交通运输部办公厅 生态环境部办公厅 住房和城乡建设部办公厅关于建立完善船舶水污染物转移处置联合监管制度的指导意见》（交办海〔2019〕15 号），2019 年 1 月 31 日发布；

（41）《中国海洋渔业水域图（第一批）》（农业部 2002 年第 189 号公告），2002 年 2 月发布；

（42）《农业农村部办公厅关于进一步明确涉渔工程水生生物资源保护和补偿有

关事项的通知》（农办渔〔2018〕50号），2018年6月29日发布；

（43）《农业农村部关于做好“十四五”水生生物增殖放流工作的指导意见》（农渔发〔2022〕1号），2022年1月13日发布；

（44）《农业农村部关于加强水生生物资源养护的指导意见》（农渔发〔2022〕23号），2022年11月22日发布；

（45）《农业农村部办公厅关于进一步做好水生生物增殖放流工作的通知》（农办渔〔2024〕5号），2024年05月12日；

（46）《农业农村部办公厅关于实施2020年水产绿色健康养殖“五大行动”的通知》（农办渔〔2020〕8号）；

（47）《生态环境部 农业农村部关于加强海水养殖生态环境监管的意见》（环海洋〔2022〕3号），2022年1月5日 生态环境部 农业农村部发布；

（48）《农业农村部 工业和信息化部 国家发展改革委 科技部 自然资源部 生态环境部 交通运输部 中国海警局关于加快推进深远海养殖发展的意见》（农渔发〔2023〕14号）。

2.1.2 地方法规与规范性文件

（1）《广东省环境保护条例》，2022年11月30日广东省第十三届人民代表大会常务委员会第四十七次会议第三次修正，2022年11月30日施行；

（2）《广东省实施〈中华人民共和国海洋环境保护法〉办法》，2018年11月29日广东省第十三届人民代表大会常务委员会第七次会议修改施行；

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

（4）《广东省水污染防治条例》，2021年9月29日广东省第十三届人民代表大会常务委员会第三十五次会议修正施行；

（5）《广东省固体废物污染环境防治条例》，2022年11月30日广东省第十三届人民代表大会常务委员会第四十七次会议修正；

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

（7）《广东省海域使用管理条例》，2021年9月29日广东省第十三届人民代表大会常务委员会第三十五次会议修正；

（8）《广东省自然资源厅关于印发广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）的通知》（粤自然资〔2025〕1 号），2025 年 1 月 23 日印发；

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

（10）《汕尾市生态环境局关于印发《汕尾市“三线一单”生态环境分区管控方案（修订版）》的通知》（汕环〔2024〕154 号），2024 年 12 月 12 日印发；

（11）《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），2022 年 4 月 29 日发布；

（12）《广东省生态环境厅 广东省农业农村厅 关于印发〈加强海水养殖生态环境监管实施方案〉的函》（粤环函〔2022〕404 号），2022 年 6 月 22 日印发；

（13）《广东省自然资源厅关于加强自然资源要素保障 助力实施“百县千镇万村高质量发展工程”的通知》（粤自然资规字〔2023〕4 号），2023 年 8 月 29 日发布；

（14）《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），2023 年 7 月 1 日发布；

（15）《广东省农业农村厅关于印发〈现代化海洋牧场生态健康养殖工作指引（试行）〉的通知》（粤农农函〔2023〕915 号），广东省农业农村厅，2023 年 8 月 22 日；

（16）《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》（粤农农函〔2024〕1318 号），2024 年 10 月 27 日发布。

2.1.3 功能区划与相关规划

（1）《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》（国函〔2023〕76 号）；

（2）《广东省近岸海域环境功能区划》（粤府办〔1999〕68 号）；

（3）《广东省人民政府关于同意调整汕尾市部分近岸海域环境功能区划的批复》（粤府函〔2013〕127 号）；

（4）《广东省生态环境厅关于同意调整广东陆丰核电近岸海域环境功能区划的函》（粤环函〔2021〕634 号）；

（5）《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）；

（6）《广东省生态环境保护“十四五”规划》（粤环〔2021〕10 号）；

（7）《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》（粤环〔2022〕7 号）；

- (8)《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》（粤自然资〔2025〕1 号）；
- (9)《广东省现代化海洋牧场发展总体规划（2024-2035 年）》，2024 年 11 月广东省农业农村厅印发；
- (10)《汕尾市国土空间总体规划（2021-2035 年）》；
- (11)《汕尾市海洋生态环境保护“十四五”规划》，2022 年 8 月 16 日汕尾市生态环境局印发；
- (12)《汕尾市沿海经济带综合发展规划（2021-2035 年）》，2022 年 10 月汕尾市人民政府办公室印发；
- (13)《汕尾市海洋养殖发展规划（2021-2030 年）》，2022 年 3 月汕尾市人民政府印发；
- (14)《汕尾市现代化海洋牧场建设规划（2024-2035 年）》，汕尾市农业农村局，2025 年 1 月。

2.1.4 技术规范与相关标准

- (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 海洋生态环境》（HJ 1409-2025）；
- (3)《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ 2.3-2018）；
- (4)《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ 2.2-2018）；
- (5)《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ 2.4-2021）；
- (6)《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2022）；
- (7)《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018）；
- (8)《水上溢油环境风险评估技术导则》（JT/T 1143-2017）；
- (9)《人为水下噪声对海洋生物影响评价指南》（HY/T 0341-2022）；
- (10)《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007）；
- (11)《船舶污染海洋环境风险评价技术规范（试行）》（海船舶〔2011〕588 号）；
- (12)《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》（2002 年 4 月）；
- (13)《海洋调查规范》（GB/T 12763-2007）；
- (14)《海洋监测规范》（GB 17378-2007）；
- (15)《海水水质标准》（GB 3097-1997）；
- (16)《渔业水质标准》（GB 11607-89）；

- (17) 《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）；
- (18) 《海洋生物质量》（GB18421-2001）；
- (19) 《船舶水污染物排放控制标准》（GB 3552-2018）；
- (20) 《海域使用分类》（HY/T-2009）；
- (21) 《深水网箱养殖技术规范》（DB44/T 742-2010）；
- (22) 《无公害食品 渔用药物使用准则》（NY 5071-2002）；
- (23) 《无公害食品渔用配合饲料安全限量》（NY5072 - 2002）。

2.1.5 工程资料

- (1) 委托单位提供的工程资料和矢量资料；
- (2) 《汕尾市 06 号碣石湾海域启动区一区现代海洋牧场项目浅地层探测技术报告》；
- (3) 汕尾市 06 号碣石湾海域启动区一区现代海洋牧场水深地形测量图。

2.2 环境影响识别与评价因子筛选

2.2.1 环境影响要素识别

海水养殖活动的环境影响评价可以分为三个主要阶段：施工阶段、运营阶段和废弃阶段。本次环境影响评价主要对施工阶段和运营阶段进行分析评价。

施工阶段，养殖围栏的建设和重力网箱的安装，尤其是养殖围栏的打桩以及重力网箱系泊锚的投放作业会搅动海底泥沙，导致悬浮物浓度增高，影响水质，进而扰动海洋生态环境，对海洋生物资源造成损失。水上施工船舶的柴油机废气排放还会对海上环境空气造成小范围、短时影响。

在运营阶段，重力式网箱采用浮式网箱养殖方案，网箱依靠浮力和重力的作用张紧网衣并距离海床以上一定深度处，对水文动力、地形地貌与冲淤环境基本无影响。大型养殖围栏桩基较密集，会对附近海域产生冲淤调整影响。此外，海水养殖过程中产生的残饵、粪便等有机物质会进入海水中造成水质污染，未利用和未溶解部分还会对底质造成累积影响。养殖船在养殖区、养殖围栏泊位以及岸侧港口码头时，船舶柴油机废气、噪声排放也会对海上环境空气和声环境造成小范围、短时影响。

此外，施工过程及养殖过程中作业船舶可能发生船舶碰撞溢油风险事故，一旦发生溢油事故将对事故周边水域海洋环境造成严重影响，油品挥发及处理过程还会对环

境空气造成一定影响。

2.2.2 评价因子筛选

根据本项目环境影响特征、工程建设特点，结合项目周边海域海洋环境功能区环境保护要求及相关评价标准，筛选本项目环境影响评价因子如下。

（1）污染影响评价因子

海水水质：pH、悬浮物、化学需氧量（COD）、溶解氧（DO）、无机氮（DIN）、活性磷酸盐（PO₄-P）、石油类、铜（Cu）、铅（Pb）、镉（Cd）、汞（Hg）、锌（Zn）、总铬（Cr）、砷（As）。

海洋沉积物：有机碳、石油类、硫化物、锌（Zn）、铜（Cu）、铅（Pb）、镉（Cd）、铬（Cr）、汞（Hg）、砷（As）。

环境空气：硫氧化物、氮氧化物、颗粒物。

噪声：声压级。

（2）生态环境评价因子

本项目海洋生态环境影响范围主要是项目用海区周边局部海域，可能受影响对象主要是用海区海洋生物生态环境以及周边生态保护红线（渔业资源产卵场生态保护红线）、重要水生生物“三场一通道”和水产种质资源保护区。参考《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）附录 A，同时结合项目情况，对本项目生态影响评价因子进行筛选，具体见下表。

表 2.2-1 本项目生态环境评价因子筛选表

受影响对象	评价因子	施工期		运营期	
		工程内容	影响方式/ 影响性质	工程内容	影响方式/ 影响性质
初级生产力	叶绿素 a	大型养殖围栏建设、锚泊构件投放和养殖设施的安装	间接/ 短期、可逆	养殖活动	累积生态影响、长期
浮游植物、浮游动物	种类组成、生物量、密度、优势种、群落特征指数等				
游泳动物、鱼卵仔稚鱼	种类组成、资源密度、优势种				
水产种质资源保护区	分布范围、保护对象				
生态保护红线	类型、分布范围				

重要渔业水域（幼鱼幼虾繁育场、幼鱼幼虾保护区）	分布范围、保护期				
底栖生物	种类组成、生物量、密度、优势种、群落特征指数等			桩基/铁锚占海	直接、长期
				养殖活动	累积生态影响、长期

2.3 评价等级、评价范围及评价时段

2.3.1 评价等级

（1）海洋生态环境

根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025），建设项目海洋生态环境影响评价工作等级根据海洋生态环境影响类型和影响程度确定。

本工程为“汕尾市碣石湾现代化海洋牧场创新园项目”（以下简称“创新园项目”）中的涉海工程的一部分，该项目涉海工程内容包括一期工程（即汕尾市 06 号碣石湾海域启动区一区现代化海洋牧场项目，用海面积 102.0096 hm²）和二期工程（即汕尾市 07 号碣石湾海域启动区二区现代化海洋牧场项目，用海面积 624.6308 hm²），涉海工程类别均为海水养殖，根据导则附录 B，项目影响类型为“其他用海”。

本工程是“创新园项目”涉海工程中的一期工程，考虑项目整体性，本次海洋生态环境评价工作等级判定时，以“创新园项目”总用海面积判定本工程评价工作等级。

“创新园项目”总用海面积为 726.6404 hm²，根据导则，本次对“汕尾市 06 号碣石湾海域启动区一区现代化海洋牧场项目”按照 1 级评价开展相关工作。

表 2.3-1 建设项目海洋生态环境影响评价等级判定表（节选）

判定依据		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 [§]	S≥200	100≤S<200	S<100

§：其他用海主要指海上风电、海上光伏发电、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）大气环境

根据《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018），大气环境影响评价工作等级根据项目污染源正常排放的主要废气污染物的最大浓度占标率确定。

本项目仅施工期作业船和运营期养殖工船航行时会产生少量的柴油机废气，对海

上环境空气造成短时影响。项目运营期大型养殖围栏采用光伏发电系统，重力式养殖网箱建成后本身无废气排放，故本次不对大气评价确定评价工作等级，仅对施工期和运营期大气环境影响进行简要分析。

（3）声环境

根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021），声环境影响评价工作等级划分依据包括 a) 建设项目所在区域的声环境功能区类别；b) 建设项目建设前后所在区域的声环境质量变化程度；c) 受建设项目影响人口的数量。

本项目施工期作业船舶在海上航行，船舶通航时将产生机械噪声、螺旋桨噪声和水动力噪声，考虑到施工区未划定声环境功能区，养殖设施布设后养殖过程中用海区声环境质量无明显变化，因此本次不对声环境评价确定评价工作等级。

（4）海洋生态环境风险

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）对于适用范围的规定，该导则适用于涉及有毒有害和易燃易爆危险物质生产、使用、储存的建设项目可能发生的突发性事故的环境风险评价。本工程建设实施对环境潜在风险主要是船舶作业过程中使用的船舶燃料油可能发生的泄露事故。故本次参照《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018），确定本项目施工期船舶溢油风险评价工作等级。

依据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018），建设项目环境风险评价等级划分按内容进行划分见表 2.3-2。

表 2.3-2 建设项目环境风险评价等级划分

环境风险潜势	IV、IV+	III	II	I
评价工作等级	一	二	三	简单分析 a

备注：a 是相对于详细评价工作内容而言，在描述危险物质、环境影响途径、环境危害后果、风险防范措施等方面给出定性的说明，见附录 A。

环境风险潜势划分依据见表 2.3-3。

表 2.3-3 建设项目环境风险潜势划分

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

注：IV+为极高环境风险。

①危险物质及工艺系统危险性 (P) 分级

根据《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ169-2018)，危险物质及工艺系统危险性分级时，应根据危险物质数量与临界量比值 (Q) 和行业及生产工艺 (M)，按照表 2.3-4 确定危险物质及工艺系统危险性等级 (P)。

表 2.3-4 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

根据《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ169-2018) 附表 C.1，本项目属于其他行业，以 M4 表示。本项目危险物质主要为作业船燃料油，参考《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》(HJ1409-2025) 附录 G，油类物质临界量均为 100t。施工阶段大型养殖围栏建设主要是桩基施打和上部结构建设施工，最大施工船为 3000t 打桩船；重力式网箱主要是锚件投放和网箱结构安装施工，最大施工船舶为 200t 运输船；运营阶段现阶段考虑使用以 200t~300t 小型养殖工船为主。经调查，本项目施工及运营阶段最大作业船舶打桩船最大可载油量约 300~500t。由此计算危险物质数量与临界量比值 Q 为 3.0~5.0。

由上表判断，本项目危险物质及工艺系统危险性等级为 P4。

②环境敏感程度 (E) 分级

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018），环境敏感程度（E）分级时，依据事故情况下危险物质泄漏可能影响生态敏感区的情况，分为三种类型，E1 为环境高度敏感区，E2 为环境中度敏感区，E3 为环境低度敏感区。

表 2.3-5 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

本项目作业船燃料油一旦泄露，危险物质即进入海水水质分类一类区域，属于环境高度敏感区，环境敏感程度分级为 E1。

③环境风险潜势

由前述可知，本项目环境敏感程度分级为 E1，危险物质及工艺系统危险性分级为 P4，根据表 2.3-3，判断本项目环境风险潜势为 III 级。

由表 2.3-2 确定本项目环境风险评价工作等级确定为二级。

2.3.2 评价范围

（1）海洋生态环境评价范围

根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025），海洋生态环境影响评价范围应覆盖建设项目整体实施后可能对海洋生态环境造成影响的范围。根据评价等级、工程特点、生态敏感区分布情况确定评价范围。评价范围以建设项目平面布置外缘线向外的扩展距离确定，1 级、2 级和 3 级评价项目在潮流主流向的扩展距离应不小于 15km~30km、5km~15km、1km~5km，垂直于潮流主流向的扩展距离以不小于主流向扩展距离的 1/2 为宜。对于涉及生态敏感区或水动力、水质影响范围比较大的项目，评价范围应根据污染因子扩散距离、水文动力条件、海域环境特征等情况，适当扩展。

本项目海洋生态环境评价工作等级确定为 1 级，项目所在碣石湾潮流方向以涨潮流主轴主要偏向 N，落潮流偏向 S、SE 为主，综合考虑确定本项目评价范围为：以项目用海区外缘线向东、西、南扩展 15km，北至法定海岸线所围合的 611.97km² 海域范围。

评价范围控制点坐标见表 2.3-6。

表 2.3-6 海洋生态环境评价范围控制点坐标

序号	经度 E	纬度 N
1#	██████████	██████████
█	██████████	██████████
█	██████████	██████████
█	██████████	██████████

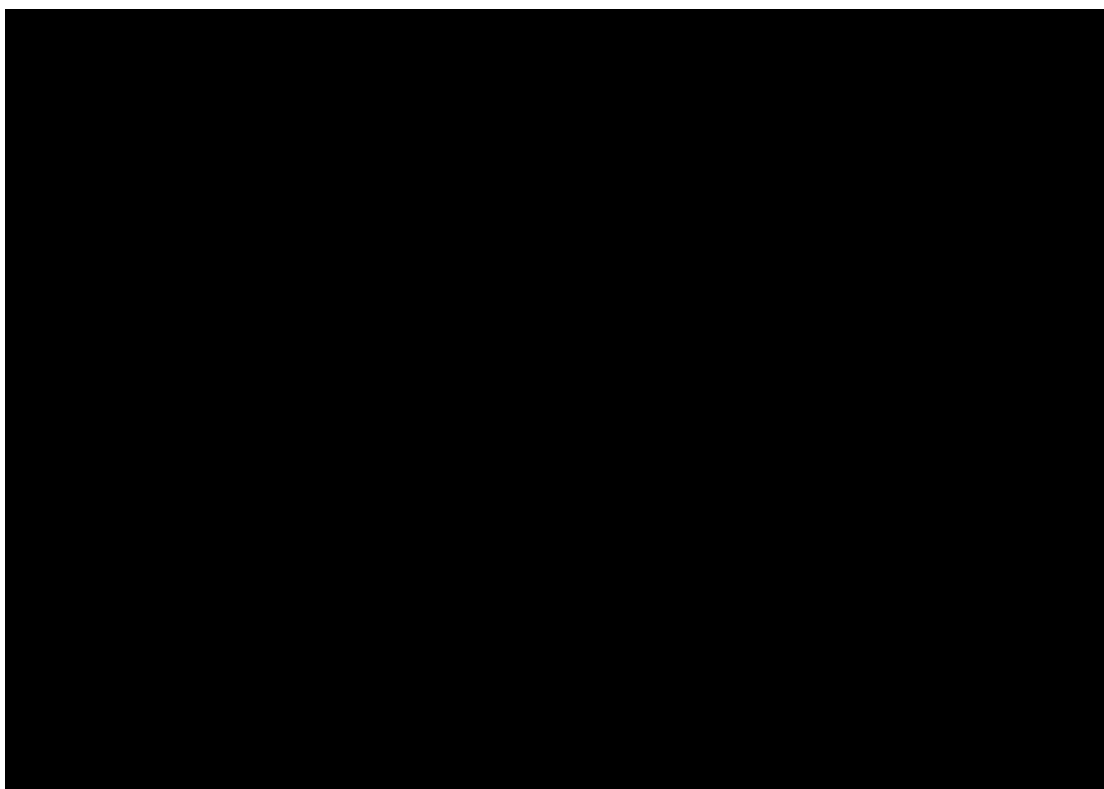


图 2.3-1 本项目海洋生态环境评价范围图

(2) 海洋生态环境风险评价范围

根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》(HJ1409-2025)，海洋生态环境风险评价范围根据评价等级合理确定，一般不小于相应评价等级的生态环境影响评价范围。一、二级评价项目的评价范围分别根据危险物质 72 h、48 h 扩散范围确定，并可根据海域特征、生态敏感区分布情况等做适当调整。

本项目海洋生态环境风险评价为二级，考虑碣石湾考虑到项目海域特征及周边生态敏感区分布情况，本次船舶溢油事故风险评价范围在确保不小于本项目海洋生态环境影响评价范围（项目用海外缘线外扩 15km 东、西、北侧至法定海岸线所围合的海域）基础上，按项目施工期发生船舶碰撞后溢油 72h 扩散范围确定。

2.3.3 评价时段

本项目位于碣石湾内，距离陆丰金厢镇虎尾山西南侧 5.4km，为沿岸海域范围。项目所在的碣石湾呈开敞的新月形海湾，海湾口门宽度自遮浪角至田尾角约 27km，碣石湾的水域面积约 345 km²，不小于以口门宽度（27km）为直径的半圆面积（约合 286.13km²），且为被陆地环绕的海域，属于典型的海湾。

项目海洋生态环境影响评价时等级为 1 级，根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）表 2，海湾、沿岸海域 1 级评价的评价时段为春季和秋季。本次选取项目所在海域春季和秋季作为评价时段。

2.4 环境功能区划

2.4.1 海洋环境功能区划

根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》，碣石湾海域海洋功能区类型有渔业用海区、生态保护区、生态控制区、工矿通信用海区、交通运输用海区等。本项目所在海域的海洋功能区为“碣石湾近岸渔业用海区”，不涉及其他海海洋功能区。具体分布情况见图 2.4-1。

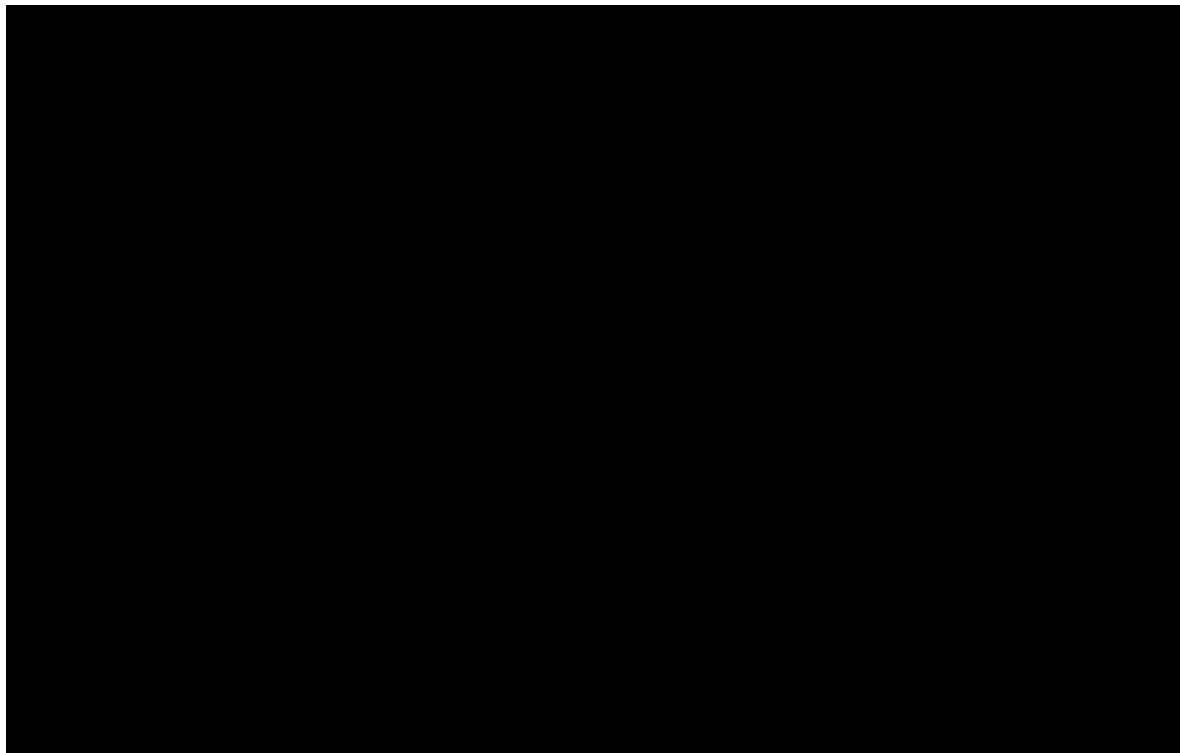


图 2.4-1 本项目附近海洋功能区划

项目所在的海洋功能分区的管控要求见表 2.4-1。

表 2.4-1 项目所在海洋功能分区的管控要求

序号: [676]

名称		碣石湾近岸渔业用海区		代码	610-082	
分区类型		渔业用海区		位置	经度: 115° 41' 19.518" E 纬度: 22° 47' 35.783" N	
地理范围		汕尾市陆丰市风车岛东部至碣石湾海域				
空间资源现状	岸线长度 (千米)	34.6885				
	潮间带面积 (公顷)	552.2949				
	海域面积 (公顷)	13737.5297				
	海岛数量 (个)	有居民海岛	0	无居民海岛	9	
开发利用现状		1. 建有锚地; 2. 建有乌坎码头及其避风港; 3. 海湾内存在现状养殖。				
岸线类型	严格保护岸段	位置 (岸段序号)	44150108, 44150110, 44150128, 44150131, 44150153, 44150154, 44150155, 44150173	长度 (千米)	6.3189	
	限制开发岸段		44150109, 44150111, 44150112, 44150113, 44150114, 44150115, 44150121, 44150122, 44150123, 44150124, 44150125, 44150126, 44150127, 44150129, 44150130, 44150132, 44150156, 44150157, 44150158, 44150159, 44150160, 44150161, 44150162, 44150163, 44150164, 44150165, 44150166, 44150171, 44150172		23.9398	
	优化利用岸段		44150116, 44150117, 44150118, 44150119, 44150120, 44150170		4.4298	
有居民海岛主体功能		—				
无居民海岛 (名称)	生态保护区内	四方礁、麒麟礁、牛头礁、新剑牙礁、头干岛、象石礁、候涌礁、滨毛头、滨毛礁				
	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、增殖养殖、捕捞等用海; 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, 增殖养殖、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; 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; 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; 4. 严格控制河口海域的围海养殖, 维护河口防洪纳潮功能。				
	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; 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。				
	其他要求	—				

2.4.2 近岸海域功能区划

根据《广东省近岸海域环境功能区划》（粤府办〔1999〕68号）、《广东省人民政府关于同意调整汕尾市部分近岸海域环境功能区划的批复》（粤府函〔2013〕127号）《广东省生态环境厅关于同意调整广东陆丰核电近岸海域环境功能区划的函》（粤环函〔2021〕634号）以及《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），本项目选址区位于“碣石湾浅海渔业功能区”（标识号412），水质保护目标为一类。

项目周边海域涉及的近岸海域功能区有“田尾山生态功能区”、“碣石港口工业功能区”、“碣石浅澳港口、工业功能区”、“碣石浅澳工业功能区”、“陆风核电厂冷却水排污稀释混合区”、“碣石湾东浅海渔业功能区”、“碣石湾东工矿用海区”。详见表2.4-2。

表 2.4-2 本项目周边近岸海域环境功能区划情况

标识号	环境功能区名称	主导功能	水质保护目标	与项目相对位置
405A	田尾山生态功能区	海洋生态保护	二类（水温指标执行三类标准）	东南侧
405B	碣石港口工业功能区	港口、工业	三类	东南侧
406A	碣石浅澳港口、工业功能区	港口、工业	三类	东南侧
406B	碣石浅澳工业功能区	工业	三类	东南侧
406C	陆风核电厂冷却水排污稀释混合区	排污稀释混合区	除水温不执行水质标准外，其他指标执行三类标准	东南侧
407	金厢盐业、养殖、旅游功能区	盐业、养殖、旅游	二类	东侧
408	乌坎工业、港口功能区	工业、港口	三类	北侧
409	乌坎养殖、盐业功能区	养殖、盐业	二类	北侧
410	大湖养殖功能区	养殖	二类	西北侧
411A	白沙湖养殖功能区	养殖、港口	二类	西北侧
412-1	碣石湾东工矿用海区	工业	一类（水温指标执行三类标准）	东南侧
412	碣石湾浅海渔业功能区	渔场作业区	一类	在其中

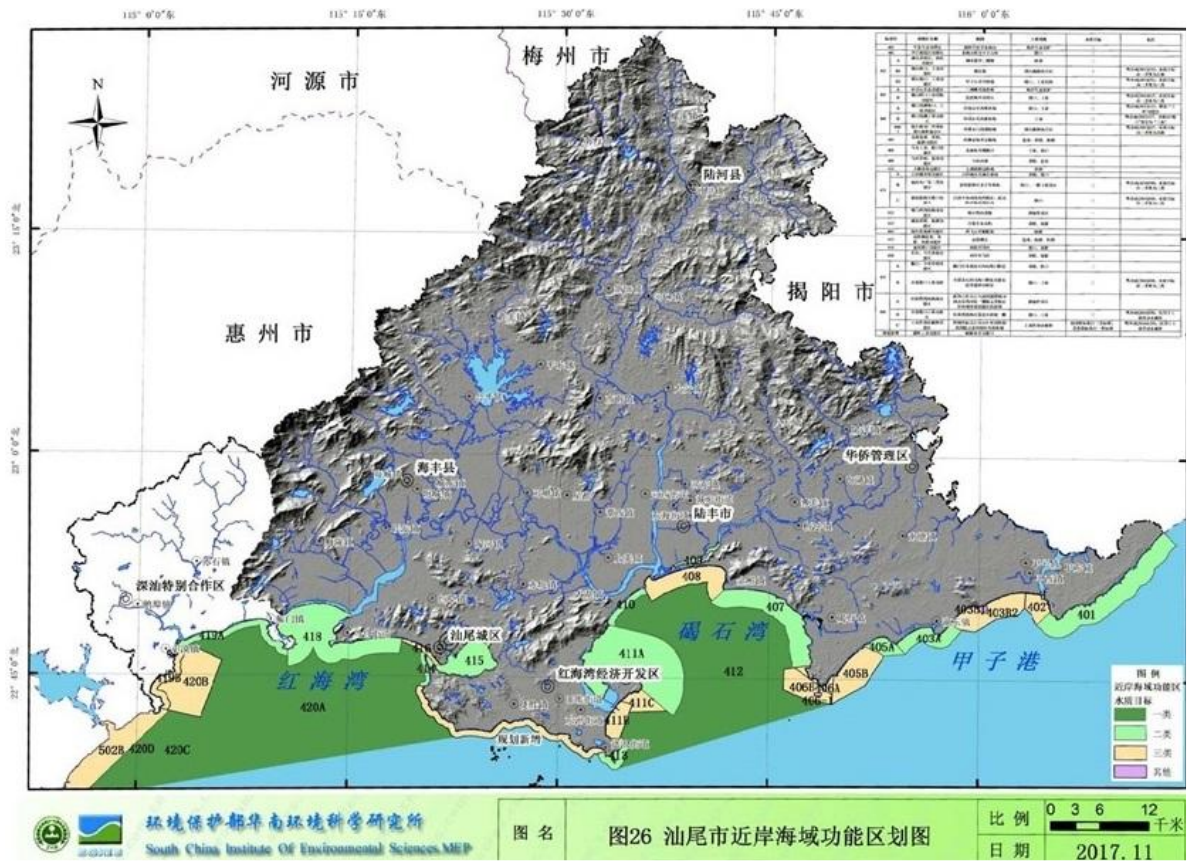


图 2.4-2 本项目所在海域近岸海域环境功能区划图（2013 年调整）

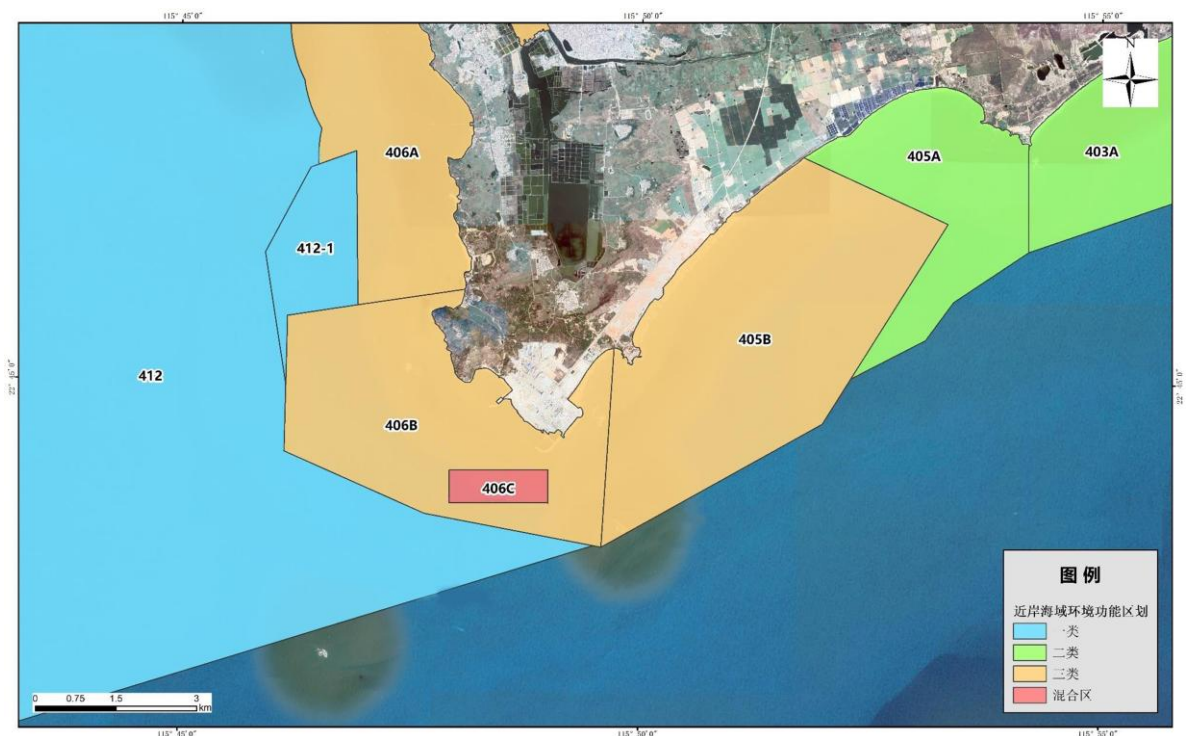


图 2.4-3 本项目所在海域近岸海域环境功能区划图（2021 年调整）

汕尾市 06 号碣石湾海域启动区一区现代化海洋牧场项目环境影响报告书（公示稿）

表 2.4-3 本项目所在海域近岸海域环境功能区划图（2024 年调整）

海域	标识号	功能区名称	所属地区	范围	面积 km ²	主要功能	水质目标	控制点坐标（CGCS2000）
碣石海域	406B	碣石浅澳工业功能区	汕尾市	海域 Q1-R1-S1-T1-V1-W1 所包络的区域除去 406C 部分	14.90	工业	三类	A1: 115°46'54.160"E、22°47'18.488"N B1: 115°46'38.518"E、22°47'18.298"N C1: 115°46'29.500"E、22°47'17.300"N D1: 115°45'46.994"E、22°47'09.006"N E1: 115°45'37.591"E、22°47'01.147"N F1: 115°45'31.644"E、22°46'53.285"N G1: 115°45'27.626"E、22°46'49.318"N H1: 115°45'24.199"E、22°46'39.940"N I1: 115°45'12.236"E、22°46'09.584"N J1: 115°45'01.303"E、22°45'14.036"N K1: 115°45'06.415"E、22°44'43.991"N L1: 115°45'14.875"E、22°44'19.331"N M1: 115°45'46.973"E、22°43'41.228"N N1: 115°46'35.184"E、22°43'11.723"N O1: 115°47'10.838"E、22°42'58.748"N
	406C	陆丰核电厂冷却水排污稀释混合区	汕尾市	陆丰核电厂温排水口周围海域 d1~d6 所包络的区域	3.17	排污稀释混合区	除水温不执行水质标准外，其他指标执行三类标准	
	412-1	碣石湾东工矿用海区	汕尾市	海域 A1~U1 所包络的区域	20.29	工业	一类(水温指标执行三类标准)	P1: 115°47'43.944"E、22°42'50.123"N Q1: 115°49'35.299"E、22°43'20.060"N R1: 115°47'39.959"E、22°43'39.810"N S1: 115°46'08.350"E、22°44'16.760"N T1: 115°46'09.880"E、22°45'38.660"N U1: 115°46'55.808"E、22°45'45.450"N V1: 115°48'05.429"E、22°45'55.300"N W1: 115°49'42.920"E、22°45'20.470"N d1: 115°47'35.110"E、22°44'09.244"N d2: 115°47'54.074"E、22°43'44.054"N d3: 115°49'05.891"E、22°43'31.580"N d4: 115°49'17.141"E、22°43'52.154"N d5: 115°48'38.311"E、22°44'21.235"N d6: 115°47'52.566"E、22°44'29.256"N
	412	碣石湾浅海渔业功能区	汕尾市	碣石湾内浅海	249.71	渔场作业区	一类	

2.5 评价标准

2.5.1 生态环境质量标准

（1）水质标准

本项目为海水养殖项目，从海域使用功能角度，项目用海区海水水质需满足相应海水水质标准和渔业水质标准。

1) 海水水质标准

各环境质量现状调查站位环境质量标准根据《广东省近岸海域环境功能区划》（粤府办〔1999〕68号）、《广东省人民政府关于同意调整汕尾市部分近岸海域环境功能区划的批复》（粤府函〔2013〕127号）、《广东省生态环境厅关于同意调整广东陆丰核电近岸海域环境功能区划的函》（粤环函〔2021〕634号）以及《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）确定。详见表 2.4-2。

具体标准值见表 2.5-1。

表 2.5-1 海水水质标准 单位：mg/L

项目	第一类	第二类	第三类	第四类
SS	人为增加的量≤10		人为增加的量≤100	人为增加的量≤150
pH（无量纲）	7.8~8.5		6.8~8.8	
溶解氧>	6	5	4	3
化学需氧量≤	2	3	4	5
无机氮（以 N 计）≤	0.20	0.30	0.40	0.50
非离子氨（以 N 计）≤	0.02			
活性磷酸盐（以 P 计）≤	0.015	0.030	0.030	0.045
汞≤	0.00005	0.0002	0.0002	0.0005
镉≤	0.001	0.005	0.01	0.01
铅≤	0.001	0.005	0.010	0.050
铜≤	0.005	0.010	0.050	0.050
锌≤	0.020	0.050	0.10	0.50
砷≤	0.020	0.030	0.050	
总铬≤	0.05	0.10	0.20	0.50
硫化物（以 S 计）≤	0.02	0.05	0.10	0.25
石油类	0.05		0.3	0.5

2) 渔业水质标准

本项目运营期从事鱼类养殖活动，养殖用海范围内的养殖水体水质应符合《渔业水质标准》（GB11607-89）中各因子的标准限值，具体详见表 2.5-2。

表 2.5-2 渔业水质标准 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，对于鲑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
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) 海洋沉积物

本次海洋沉积物质量评价标准类别参照近岸海域环境功能区中确定的目标水质类别，执行《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）中相应标准要求。

具体标准值见表 2.5-3。

表 2.5-3 海洋沉积物质量标准

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

(3) 生物质量

贝类生物（双壳类）：本次贝类生物（双壳类）质量评价标准类别参照近岸海域环境功能区中确定的目标水质类别，执行《海洋生物质量》（GB18421-2001）中相应标准要求。具体标准值见表 2.5-4。

其他海洋生物：其他海洋生物（包括软体动物、甲壳动物和定居性鱼类）体内的重金属、石油烃评价标准参考《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）

附录 C 中海洋生物质量参考值。具体标准值见表 2.5-5。

表 2.5-4 海洋贝类生物质量标准值（鲜重）单位：mg/kg

项目	第一类	第二类	第三类
总汞≤	0.05	0.10	0.30
镉≤	0.2	2.0	5.0
铅≤	0.1	2.0	6.0
铬≤	0.5	2.0	6.0
砷≤	1.0	5.0	8.0
铜≤	10	25	50（牡蛎 100）
锌≤	20	50	100（牡蛎 500）
石油烃≤	15	50	80

表 2.5-5 其他海洋生物质量参考值（鲜重）单位：mg/kg

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

2.5.2 污染物排放标准

（1）废水污染物

海上作业船舶废水主要是船舶机舱油污水和船舶作业人员生活污水。废水排放执行《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）中第 4.1 条、5.1.1 a）条要求，利用船载收集装置收集，排入岸上接收设施，不得直接排入环境水体。具体排放控制要求见表 2.5-6。

本项目施工期和运营期船舶污水（包括含油废水、生活污水）随船携带，严禁排海，全部交由具有船舶污染物接收处置能力的单位接收处理，不排海。施工船舶靠港后，将含油污水抽至罐车后，再汽运至具有船舶污染物接收处置能力的单位进行处理。

表 2.5-6 船舶水污染物排放控制要求

污染物	水域类别	船舶类别	排放控制要求
机器处所油污	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。

污染物	水域类别	船舶类别	排放控制要求	
水		400 总吨以下非渔业船舶		
船舶生活污水	距最近陆地 3 海里以内海域	400 总吨及以上的船舶，以及 400 总吨以下且经核定许可载运 15 人及以上的船舶	不得直接排入环境水体	利用船载收集装置收集，排入接收设施；

（2）废气污染物

作业船舶产生的废气污染物主要为硫氧化物、氮氧化物和颗粒物。废气污染物排放应满足《船舶大气污染物排放控制区实施方案》（交海发〔2018〕168 号）要求。本项目位于该实施方案沿海控制区范围。废气污染物排放控制要求如下：

1) 硫氧化物和颗粒物排放控制要求：

①海船进入排放控制区，应使用硫含量不大于 0.5% m/m 的船用燃油或使用硫氧化物和颗粒物污染控制装置等替代措施。

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 130kW 的，应满足《国际防止船舶造成污染公约》第二阶段 NO_x 排放限值要求。

（3）噪声

本项目施工及运营阶段作业船舶活动范围主要为碣石湾海域，周边为开阔海域。船舶噪声不做排放控制要求。

（4）固体废弃物

施工期固体废弃物主要为水上施工作业产生的船舶生活垃圾以及养殖围栏和网箱出运下水前在依托码头和沙滩处产生的拼装边角料废弃物；运营期固体废弃物主要为船舶生活垃圾和养殖废弃物。

船舶生活垃圾统一收集在随船携带的垃圾收集桶内，船舶靠岸后，用专业垃圾运输车转运至附近垃圾中转站接收处理，严禁随意丢弃入海。

大型养殖围栏出运码头区和重力式网箱拼装作业区作业废弃料主要是废弃的多余的、损坏的、不合理的结构件和边角料，尽量回收利用，不能回收的外售给废品收购站或交由环卫部门处理，严禁随意丢弃。

运营期海上养殖废弃物主要有废弃旧网衣、饲料包装袋、鱼药包装袋等，全部运

回陆地，船舶靠泊后外售给废品收购站或交由环卫部门汽运至附近垃圾中转站处理。此外，养殖过程中还会产生少量病死鱼，设收集容器，专人负责收集并带到陆地，按照《病死畜禽和病害畜禽产品无害化处理管理办法》（农业农村部令 2022 年第 3 号）要求进行无害化处置。

2.6 生态环境保护目标

本项目位于碣石湾内，经识别，评价范围内主要生态环境保护目标包括：生态保护红线、水产种质资源保护区、重要渔业水域、海岛。评价范围内还分布有多处确权及待确权养殖区。考虑养殖区主要是用于渔业资源增殖和水产品生产，具有一定的直接或间接生态系统服务功能，故本评价将确权和待确权养殖区作为生态空间要素纳入生态环境保护目标。具体海洋生态环境保护目标情况见表 2.6-1、表 2.6-2 及图 2.6-1。

此外，经识别，本项目海洋生态环境评价范围外风险关注点见表 2.6-3 及图 2.6-2。

表 2.6-1 本项目生态环境保护目标一览表

序号	生态环境保护目标		位置关系		备注（来源）
	类型	名称	方位	距离(km)	
1	生态保护红线	金厢重要渔业资源产卵场	东	2.72	广东省“三区三线”中海洋生态保护红线划定成果
2		碣石湾长毛对虾重要渔业资源产卵场	西	0.37	
3	水产种质资源保护区	汕尾碣石湾鲷鱼长毛对虾国家级水产种质资源保护区	西	0.07	原农业部第 1873 号公告-国家级水产种质资源保护区名单（第六批）
4	国家级海洋牧场	陆丰金厢南海域国家级海洋牧场示范区	东北	4.20	国家海域海岛动态监管系统
5	养殖区	陆丰盛风蚝业水产养殖项目	东	0.07	
6		陆丰蚝之发水产科技养殖项目	东	0.07	
7		陆丰市碣石湾海域碣石片区开放式养殖用海项目	东	4.80	
8		陆丰市碣石湾海域金厢片区开放式养殖用海项目	东	0.05	
9		汕尾华电现代化海洋牧场项目	北	0.10	拟申请用海
10	重要渔业水域	南海北部幼鱼繁育场保护区	在其中	/	原农业部，2002 年 2 月 189 号公告
11		南海区幼鱼幼虾保护区	在其中	/	
12	生态保护红线	汕尾海丰鸟类自然保护区	西北	5.44	广东省“三区三线”中海洋生态保护红线划定成果
13		广东遮浪半岛国家海洋自然公园	西南	15.83	广东省“三区三线”中海洋生态保护红线划定成果
14		汕尾红海湾遮浪角东人工鱼礁地方级自然保护区	西南	12.47	
15		金厢海岸防护物理防护极重要区	东北	5.17	

序号	生态环境保护目标		位置关系		备注（来源）
	类型	名称	方位	距离(km)	
16		金厢镇山门村海岸防护物理防护极重要区	北	7.32	
17		乌坎港上海村海岸防护物理防护极重要区	西北	7.33	
18	珍稀特色资源	金屿珊瑚礁	西南	10.25	现状调查
19	近岸海域国控监测站位	GDN14015	东南	10.95	生态环境部国控水站监测实时数据发布系统
20		GDN14013	西南	4.18	
21		GDN14004	西北	2.54	
22	养殖区	陆丰市茂潮种养专业合作社养殖区	东北	9.18	国家海域海岛动态监管系统
23		陆丰启晖农业生食生蚝养殖示范基地项目	东	7.93	
24		陆丰市裕洲农业生蚝标准化海养示范基地项目	东	8.00	
25		金厢南人工鱼礁区	东北	5.10	
26	海水浴场	海纳金滩海水浴场项目	东北	8.64	
27	无居民海岛 (见表 2.6-2)	西桔礁、金屿岛等海岛	东北~西南	5.90	

表 2.6-2 本项目生态环境保护目标海岛详细一览表

编号	岛屿名称	分类	方位	距离 (km)
1	狮头	微型岛	西南	15.24
2	东头屿	小岛	西南	19.49
3	大礁岛	小岛	西南	14.74
4	盐屿	小岛	西南	15.45
5	弯船路	小岛	西南	19.65

汕尾市 06 号碣石湾海域启动区一区现代化海洋牧场项目环境影响报告书（公示稿）

编号	岛屿名称	分类	方位	距离（km）
6	大堆屿	小岛	西南	14.62
7	水鸭石	小岛	西南	19.82
8	前屿	小岛	西南	13.47
9	石尾	小岛	西南	13.44
10	后屿	小岛	西南	13.28
11	白礁	小岛	西南	12.55
12	青鸟尾	小岛	西南	18.21
13	妈印	小岛	西南	17.91
14	剖狗	小岛	西南	18.02
15	尖石	小岛	西南	18.31
16	哈澎仔	小岛	西南	18.04
17	头滩	小岛	西南	14.97
18	石表东屿	小岛	西南	18.14
19	遮浪岩	小岛	西南	18.15
20	梨壁	小岛	西南	15.70
21	平滩	小岛	西南	17.68
22	冬瓜屿	小岛	西南	15.44
23	虎头	小岛	西南	17.45
24	内乌滩	小岛	西南	15.48
25	乌滩	小岛	西南	16.35
26	施公寮岛[暂名]	中岛	西南	8.40
27	后江石	小岛	西南	10.35
28	舢船屿	小岛	西南	8.83
29	西屿	小岛	西南	9.38
30	白岩	小岛	西南	9.22
31	金屿	小岛	西南	10.21
32	小金屿	小岛	西南	10.03
33	黑大礁	小岛	东北	5.80
34	乌礁	小岛	东北	7.63
35	新剑牙礁	小岛	东北	7.88

汕尾市 06 号碣石湾海域启动区一区现代化海洋牧场项目环境影响报告书（公示稿）

编号	岛屿名称	分类	方位	距离（km）
36	白礁	小岛	东北	8.01
37	东罗	小岛	东北	8.04
38	头礁	小岛	东北	8.54
39	头干岛	小岛	东北	8.73
40	西桔礁	小岛	东南	13.32
41	刺礁	小岛	东北	11.05
42	鸟头礁	小岛	东北	11.65
43	小鸟担	微型岛	西南	19.32
44	九合礁	微型岛	西南	18.80
45	三角虎	微型岛	西南	17.92
46	尖石仔	微型岛	西南	17.99
47	燕坞群滩	微型岛	西南	18.00
48	东头尖	微型岛	西南	18.07
49	拦门	微型岛	西南	18.18
50	担仔	微型岛	西南	17.47
51	大泵	微型岛	西南	16.31
52	海猪仔	微型岛	西南	15.38
53	北畔屿	微型岛	西南	15.44
54	卵石	微型岛	西南	15.90
55	三滩	微型岛	西南	15.52
56	二滩	微型岛	西南	15.32
57	酒瓶咀	微型岛	西南	15.55
58	石鼓门石	微型岛	西南	15.42
59	扁担头石	微型岛	西南	15.20
60	大担石	微型岛	西南	14.92
61	堆石	微型岛	西南	11.23
62	磊石	微型岛	西南	10.59
63	园石	微型岛	西南	10.05
64	张婆担	微型岛	西南	9.58
65	神牌石	微型岛	西南	9.03

汕尾市 06 号碣石湾海域启动区一区现代化海洋牧场项目环境影响报告书（公示稿）

编号	岛屿名称	分类	方位	距离（km）
66	刺担仔	微型岛	西南	8.64
67	炉担	微型岛	西南	11.71
68	六耳	微型岛	西南	11.93
69	女仔石	微型岛	西南	11.76
70	路头屿	微型岛	西南	12.14
71	[堂]仔屿	微型岛	西南	12.19
72	叠石	微型岛	西南	12.35
73	妈印仔	微型岛	西南	12.95
74	大鸟担	微型岛	西南	13.19
75	东圆石	微型岛	西南	13.38
76	南圆石	微型岛	西南	13.73
77	北园石仔	微型岛	西南	14.87
78	鸭石	微型岛	西南	15.34
79	坎石	微型岛	西南	14.60
80	狮地脚石	微型岛	西南	14.84
81	哈古石	微型岛	西南	14.23
82	观音娘石	微型岛	西南	13.99
83	犁壁石	微型岛	西南	13.60
84	三结义	微型岛	西南	13.56
85	东海咀石	微型岛	西南	12.77
86	鲨石磊	微型岛	西南	12.88
87	狼牙担	微型岛	西南	12.55
88	苍齿担	微型岛	西南	11.84
89	滨奴仔	微型岛	西南	11.83
90	鸟粪礁	微型岛	东北	5.87
91	小龟礁	微型岛	东北	5.00
92	棋杆夹礁	微型岛	东北	6.34
93	刺剑太礁	微型岛	东北	7.40
94	小白礁	微型岛	东北	8.20
95	晒网礁	微型岛	东北	8.58

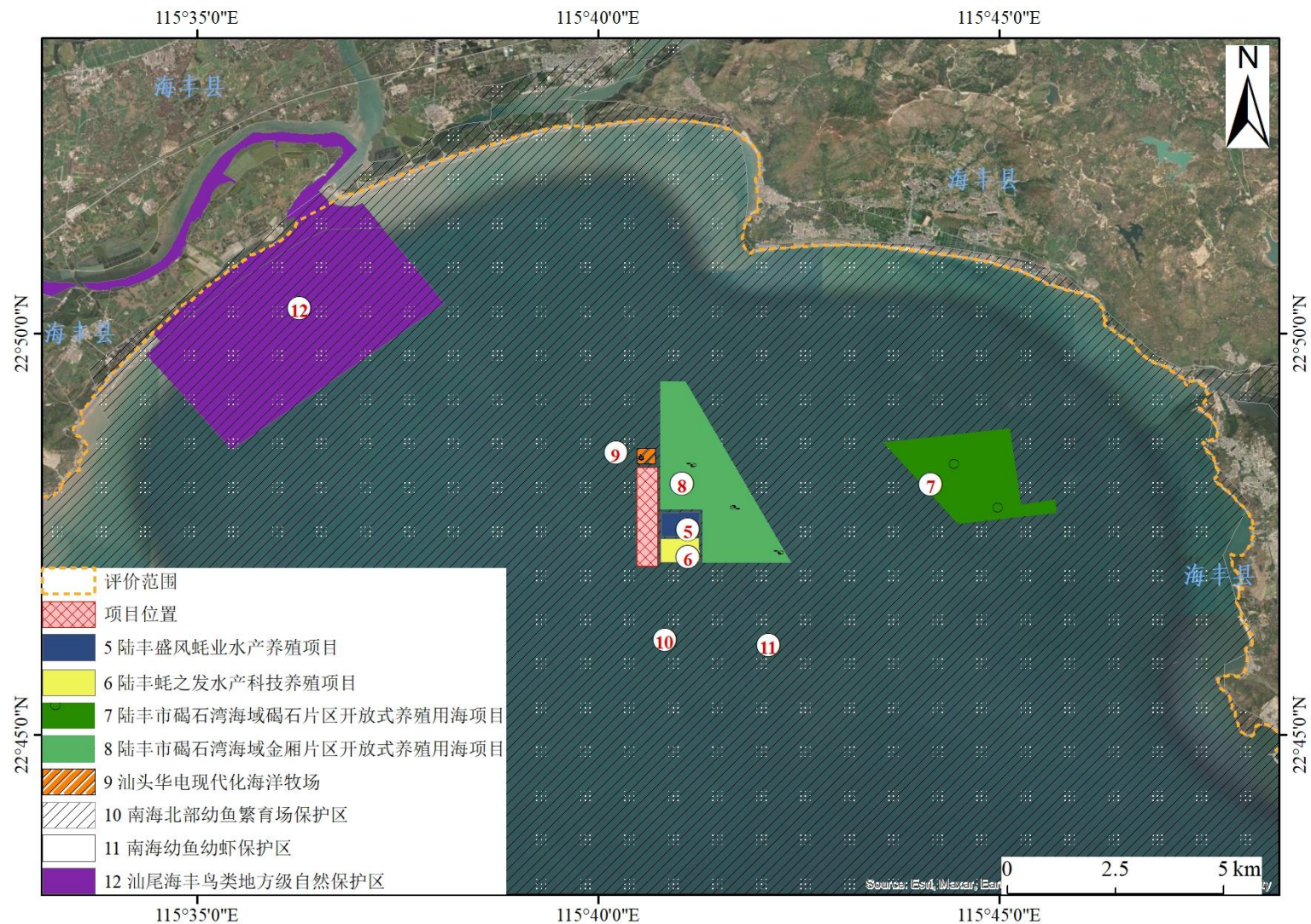
编号	岛屿名称	分类	方位	距离 (km)
96	脚桶礁	微型岛	东北	7.63
97	和尚礁	微型岛	东北	9.23
98	石城礁	微型岛	东北	9.01
99	公鸡礁	微型岛	东北	10.52
100	斧头礁	微型岛	东北	10.72
101	宰猪礁	微型岛	东北	11.43
102	三礁	微型岛	东北	11.00
103	麒麟礁	微型岛	东北	11.82
104	牛头礁	微型岛	东南	11.93
105	四方礁	微型岛	东南	11.41
106	滨毛头	微型岛	东南	12.23
107	过路礁	微型岛	东南	12.20
108	马屎礁	微型岛	东南	12.46
109	外鸟屎	微型岛	东南	12.30
110	沙毛礁	微型岛	东南	12.23
111	鸟咀礁	微型岛	东南	12.04
112	花园礁	微型岛	东南	12.18
113	纺车蓝	微型岛	东南	12.38
114	浪泡石	微型岛	东南	13.28
115	圆石仔	微型岛	西南	11.91
116	三姐妹石	微型岛	西南	17.93
117	鸡冠礁	微型岛	东南	14.90

表 2.6-3 海洋生态评价范围外风险关注点

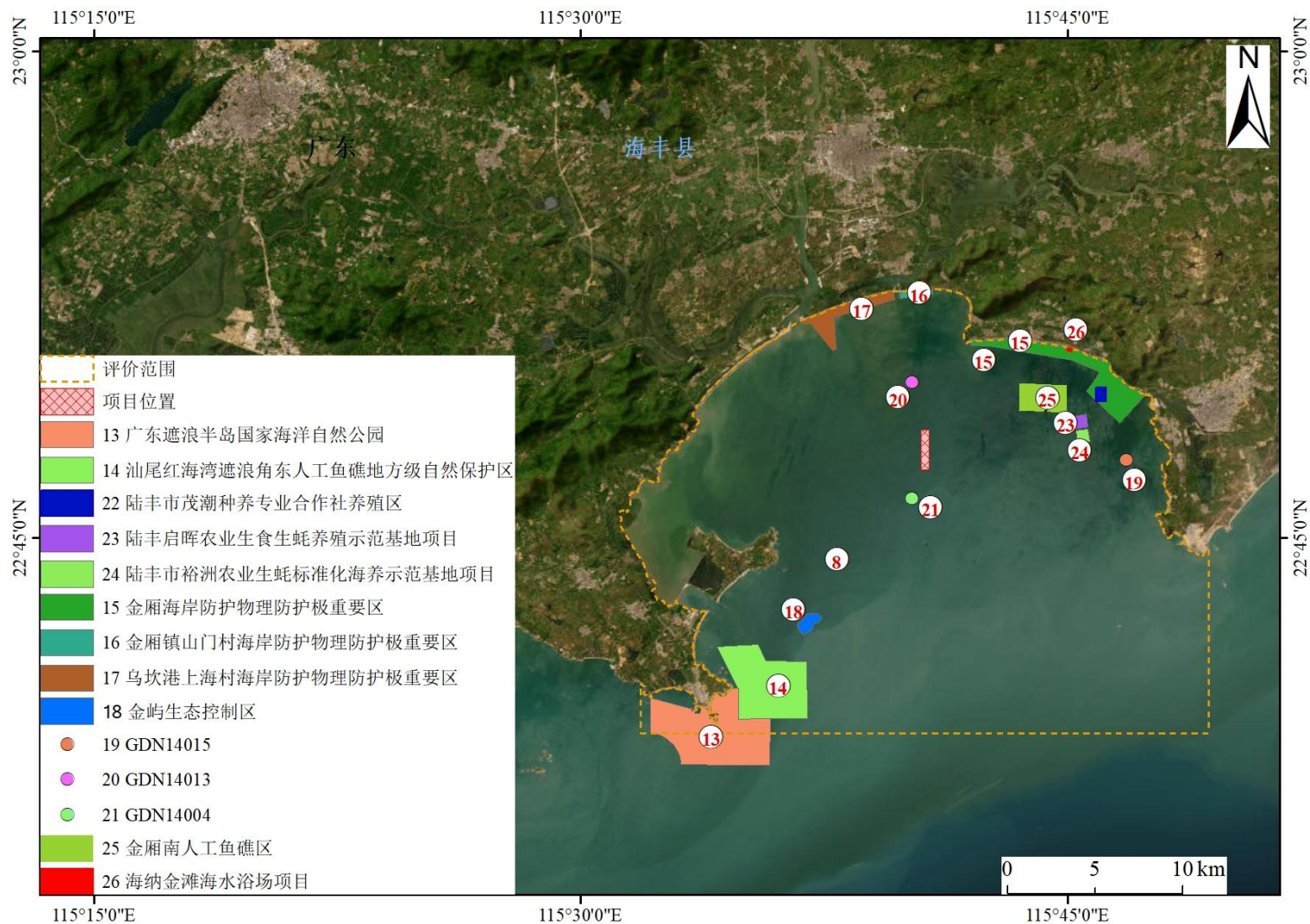
序号	生态环境保护目标		位置关系	
	类型	名称	方位	距离(km)
1	生态保护红线	遮浪南重要渔业资源产卵场	西南	20.91
2		碣石湾海马珍稀濒危物种分布区	南	17.9



图 2.6-1 本项目生态环境保护目标分布图（第 1~4 项）



(续) 图 2.6-1 本项目生态环境保护目标分布图 (第 5~12 项)



(续) 图 2.6-1 本项目生态环境保护目标分布图 (第 13~26 项)

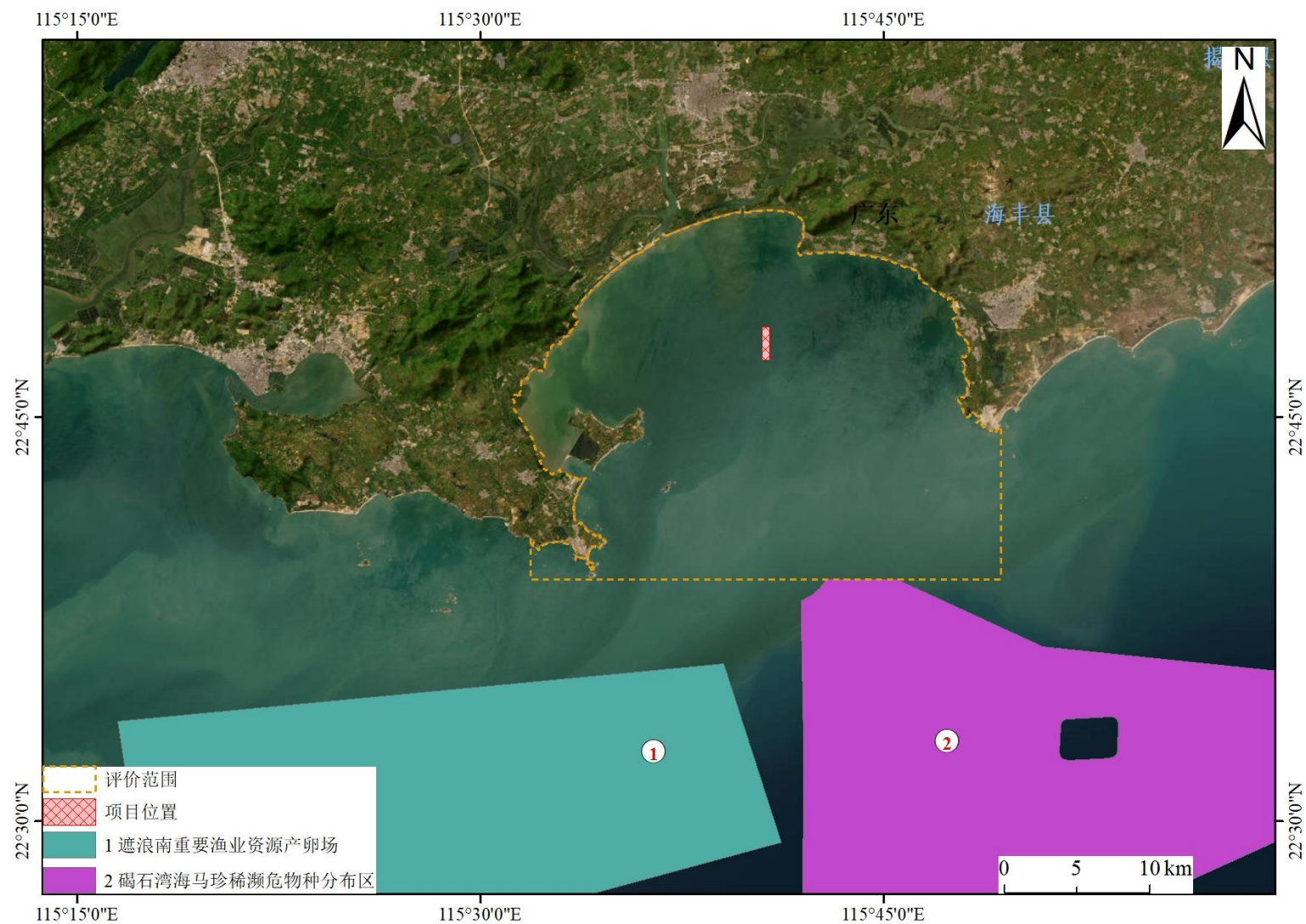


图 2.6-2 本项目海洋生态评价范围外风险关注点

3 工程概况

3.1 项目基本情况

项目名称：汕尾市 06 号碣石湾海域启动区一区现代化海洋牧场项目

项目性质：新建

建设单位：汕尾市百千万农业投资发展有限公司

建设地点：项目用海位于广东省汕尾市碣石湾内，位于陆丰市金厢镇虎尾山西南侧 5.4km 海域，用海区水深约 10 m，项目位置见图 3.1-1。

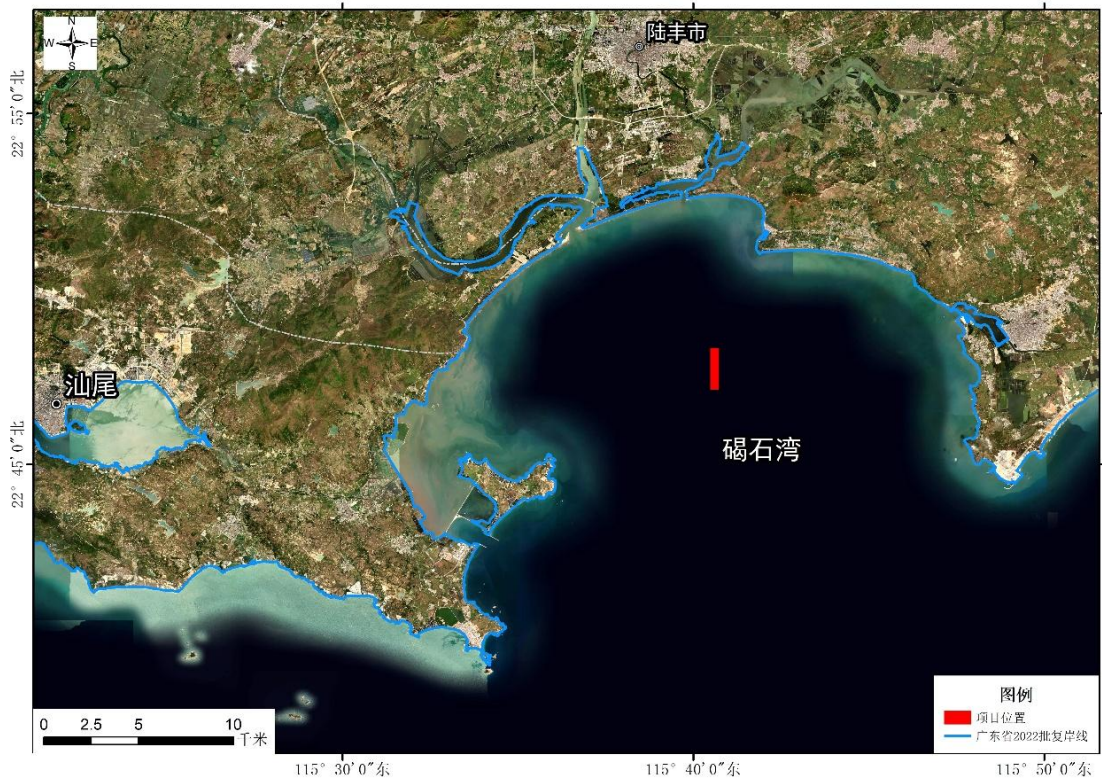


图 3.1-1 项目位置示意图

建设内容与建设规模：本项目申请用海总面积为 102.0097 公顷，用海区内拟布置 59 个重力式网箱和 1 个大型养殖围栏，养殖品种包括章红鱼、金鲳鱼、军曹鱼、石斑鱼等。预计养殖产品年产出量约 7860 吨。

总投资：项目总投资约 1.0 亿元，其中环保投资 148.15 万元，占比 1.48%。

劳动定员及生产作业制度：年运营 360 天，劳动定员 20 人。

施工工期：12 个月。

表 3.1-1 项目组成表

组成	项目	建设内容	
主体工程	海水养殖	重力网箱	59 个 C90 型 HDPE 浮式重力式网箱，网箱周长 90 m，直径 28.66 m，单口网箱面积 644 m ² ，重力网箱养殖总面积为 3.8 万 m ² ，网箱深度约 8m，养殖水体容量 30.4 万 m ³ 。
		养殖围栏	1 个大型养殖围栏，养殖面积约 22000m ² ，拟分隔为 8 个养殖区域，养殖水体 22 万 m ³ 。养殖围栏上设置生活办公区、养殖作业区、渔获物加工区及冷链存储区。生活办公区设置养殖管理中心，值守 20 人。
辅助工程	警示浮标	在养殖区的边界节点设置 4 座警示浮标，并配养殖区标牌及太阳能警示灯。	
依托工程	码头	项目施工期重力式网箱组装依托汕尾市 07 号碣石湾海域启动区二区现代化海洋牧场项目网箱拼装临时施工场地，大型养殖围栏结构件浮运依托乌坎港码头，由驳船直接运输至项目用海区。	
		项目运营期养殖产品运输、养殖维护船停靠依托乌坎港码头。	
配套工程	养殖区交通	项目租用或直接配置小型养殖工作船进行养殖区养殖生产作业及管理工作，以满足养殖过程管理、巡逻、运输饵料、换网等作业需求。 同时，大型养殖围栏管理中心租用或直接配置人员通勤公务船（兼物资运输）、污染物接收船。	
环保工程	废水处理	大型养殖围栏生活污水：设置污水收集系统，通过运输船接驳后运至码头，委托第三方采用槽罐车拉运至附近污水处理厂处理。	
		船舶污水：船舶生活污水由船舶自备的临时污水储存柜收集上岸后，生活污水委托第三方采用槽罐车拉运至附近污水处理厂处理；船舶含油污水经船舶含油污水收集舱集中收集，船舶靠岸后，交由有资质单位接收处理。	
		陆域施工场地生活污水经收集后委托有资质公司拉运至附近污水处理厂处理。	
	废气处理	大型养殖围栏：设置光伏发电系统，属于清洁能源，无废气产生。 船舶废气：施工期、运营期船舶燃料油采用低硫、轻质柴油，降低氮氧化物、硫氧化物、颗粒物排放量。	
噪声治理	强化施工船舶组织协调，对船舶航行进行合理的水上交通管理，做好船舶调度疏导工作，禁止船舶无故鸣笛。		
	陆域码头和网箱拼装施工场地内尽量采用低噪声的施工设备，加强设备的维护和保养。		
固体废物	船舶生活垃圾待船舶靠岸后，集中收集上岸，交由环卫部门接收处理。		
	网箱组装现场及码头区设置生活垃圾储存箱，生活垃圾统一收集后交环卫部门处理。		
	废弃养殖材料拆除更换后运回陆地，外售给废品收购站，不在海域丢弃。		
	病死鱼及时捞出，装船运往陆域交由有资质的单位进行无害化处置。		

3.2 项目平面布置

本项目申请用海总面积为 102.0097 公顷，用海范围宽约 448m，长约 2274m，水深 10 m，拟布置：

（1）59 个 C90 重力式网箱，用海边界与锚绳边界距离 20m（L1），网箱边界与锚绳边界距离 50m（L2），网箱纵向相距 68m（L3）、横向相距 110m（L4）；

（2）一个长约 280m（D1）、宽约 140m（D2）的大型围栏养殖。

项目平面布置示意图见图 3.2-1。

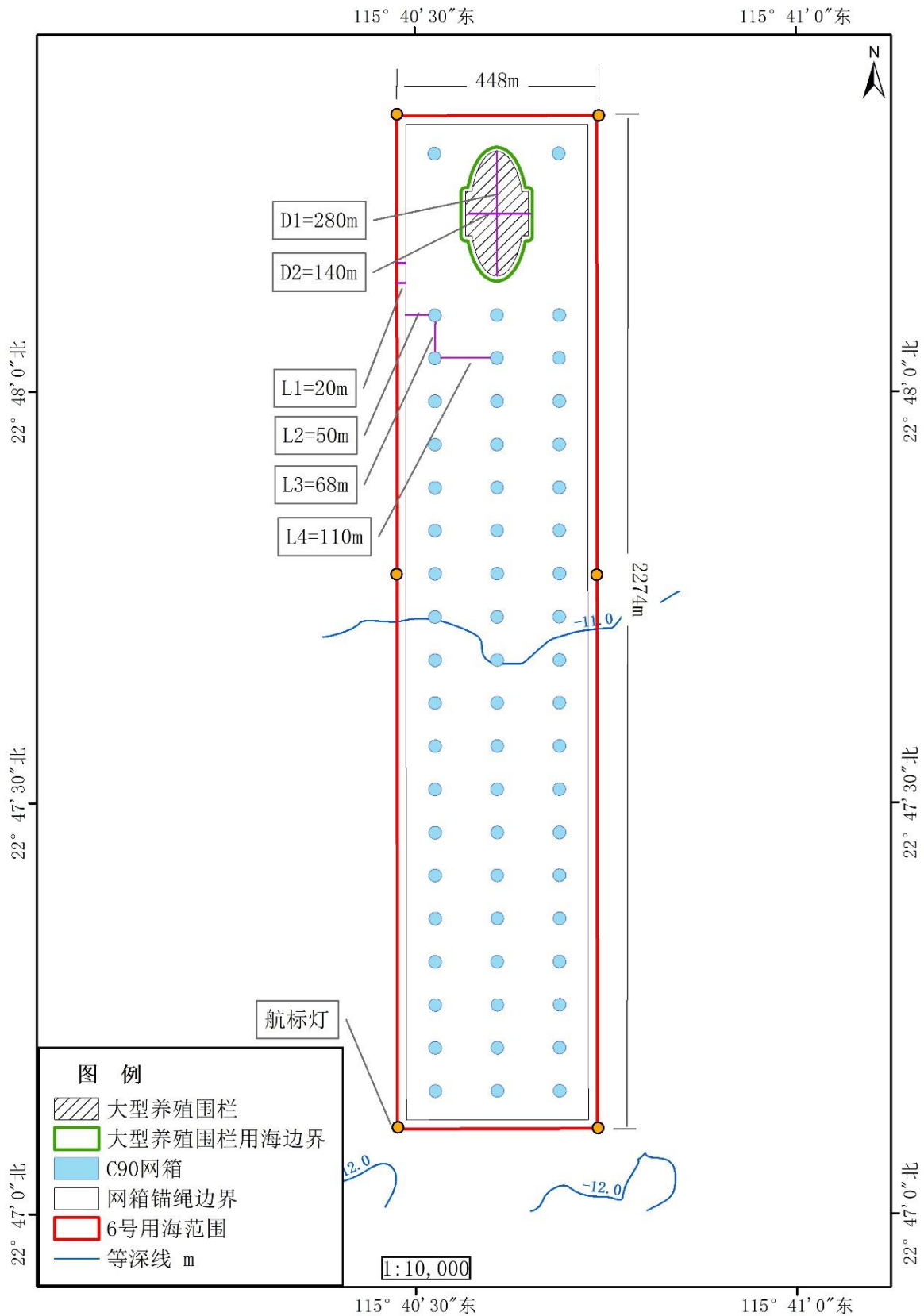


图 3.2-1 养殖区水深及平面布置示意图

3.3 结构和尺度

3.3.1 重力式网箱

项目设计的深水网箱采用目前较为成熟、常见的 HDPE 浮式圆形网箱。该类网箱规格较多，根据周长 80m、90m、100m 和 120m（简称 C80、C90、C100 和 C120）型深水网箱。本次根据用海区养殖水域情况，拟全部采用 C90 型深水网箱。

C90 型深水网箱采用单口一组。网箱系统由①网箱框架系统；②网衣系统；③系泊系统组成，形成了一个可以在水中固定并用于养殖鱼类或其他水生动物的封闭空间。网箱结构及主要尺度见图 3.3-1。

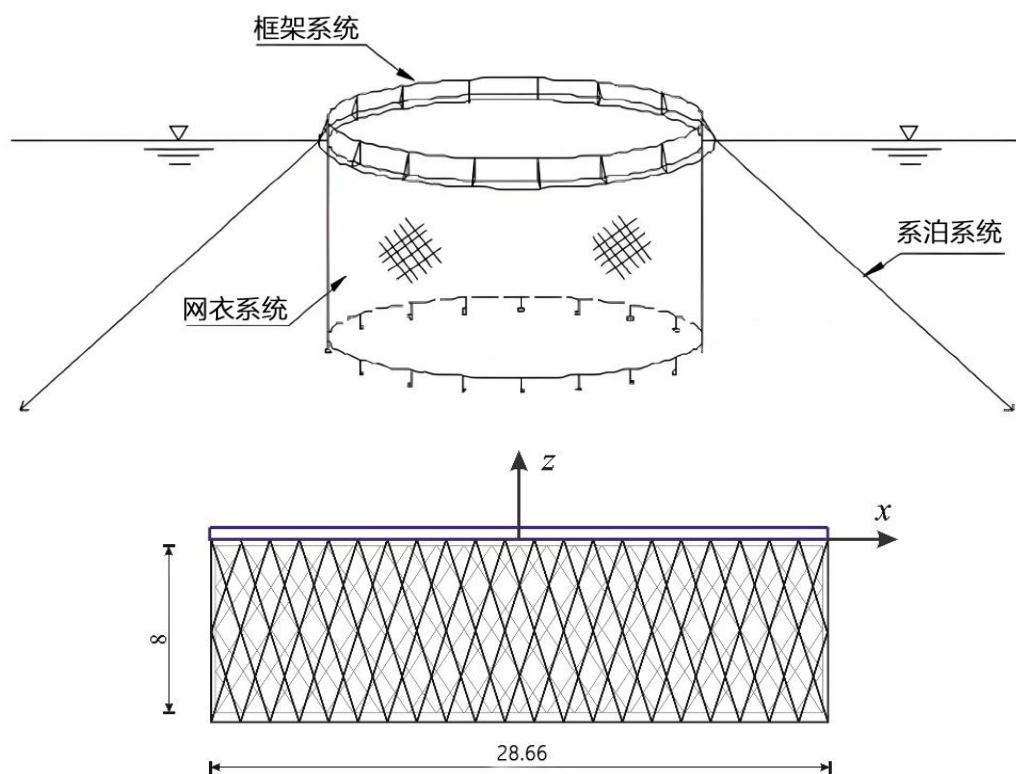


图 3.3-1 本项目采用的 C90 重力网箱结构示意图

①框架系统：在海面上所见到的就是框架系统，即浮架系统。它是由三条圆形（下面两条较粗、上面一条较细）、内空、全封闭的聚乙烯塑料管，通过“L”形支柱连接而构成的框架，具体上可分为扶手管、主浮管、支柱及相关配件。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；主浮管为圆柱状环形空心管，其大小可视网箱规模而定，管径一般为 250~400mm。支柱用于内外主浮管之间和内浮管与扶手管之间的连接。

由于该框架全部采用高密度、耐冲击、耐腐蚀、抗磨损工程塑料制成，充分把材

料的柔韧性和高强度有机结合起来使得网架不仅可以随波逐流，还具有抗击台风巨浪的能力；同时对网架材料进行了抗紫外线老化、抗海水腐蚀的工艺处理，使用寿命在 10 年以上。

框架系统示意图见图 3.3-2。

②网衣系统：抗风浪深水网箱的网衣系统主要由主体网衣、网盖等部件组成。主体网衣为双层式结构，网体层与层之间相互独立，其中内网体上网纲采用绳环连接在浮架内圈下部，下网纲采用绳环与底钢圈连接；外网体上网纲采用绳环连接在浮架外圈下部，下网纲采用绳环与配重块体连接。

外网体网绳线径 6mm，网目边长 20cm。内层网体为绞编网或有结编织网，网目边长 3.5cm，网绳线径 3mm；加强筋采用 $\phi 16\text{mm}$ 的超高分子量聚乙烯绳，间隔距离是 2m。网体上网盖和网体下网盖采用相同的规格尺寸，共有 8 条加强筋将网盖分成角度约为 45° 的扇形。所有的网衣材料均加有对鱼无害的防污损涂层，可以有效防污损和防生物附着保护。网衣经过抗紫外线工艺处理，可以有效地防止网衣的老化。

网衣系统示意图见图 3.3-3。



图 3.3-2 框架系统示意图



图 3.3-3 网衣系统示意图

②系泊系统：

水下系泊系统是为了保护网箱，防止风浪较大时的相撞损坏而专门设计的，可以使每个网箱都固定在各自的框架之内。

目前国内深水网箱锚碇系统主要有三种方式：铁锚，依靠动态锚抓力来平衡锚绳垂直与水平方向的拉力；水泥墩锚，依靠水泥墩的自重力来平衡锚绳垂直与水平方向的拉力；桩锚，依靠桩与海底底质的摩擦力来平衡锚绳垂直与水平方向的拉力。一般岩石底质需采用桩锚固定法，而泥沙底质采用铁锚或水泥墩锚固定法。根据本项目附近海域沉积物调查结果，项目用海区表层沉积物以泥沙和粉砂为主，结合项目用海区同类项目施工经验，本项目初步暂定选择铁锚（双齿犁锚）固定系统方案。

网箱系泊系统采用斜拉锚固定，总共 12 个斜拉锚(双齿犁锚)，每个锚重量 800 kg，锚绳采用尼龙材质，线径 $\phi 40$ mm。抛锚距离按实际水深的 5 倍计算，如水深为 10 米，即抛锚位置距离网箱框架 50 m。此结构可以确定固定系统的各点受力平衡，能够保证最大程度上把网箱所受到的力均匀分配到各支点上去，而不是集中在某一点受力，从而大大地减少了网箱损坏几率，这也为网箱的安全提供了重要保证。

系泊系统及锚件示意图见图 3.3-4。

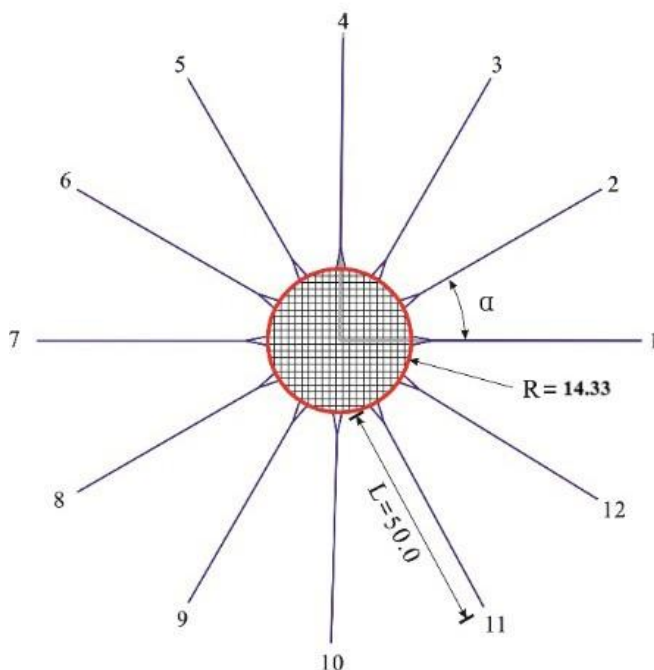


图 3.3-4 本项目网箱系泊系统布置示意图（单位：米）

3.3.2 大型养殖围栏

本项目拟建 1 个大型养殖围栏，围栏尺寸 280×140m，周长 653m，包围水体 25

万 m³，养殖水体 22 万 m³，水上高度（最低水位）10m，南、北两侧分别设置满足 300t 船舶靠泊设施。

养殖围栏主要尺度参数见表 3.3-1。

表 3.3-1 大型养殖围栏主要参数

序号	名称	单位	数量
1	围栏长	m	280
2	围栏宽	m	140
3	外圈包围水体	m ³	25 万
4	内圈养殖水体	m ³	22 万
5	水上高度	m	10
6	光伏装机	kW	500
8	应急电源	kW	500
9	靠泊宽度	/	100m×2

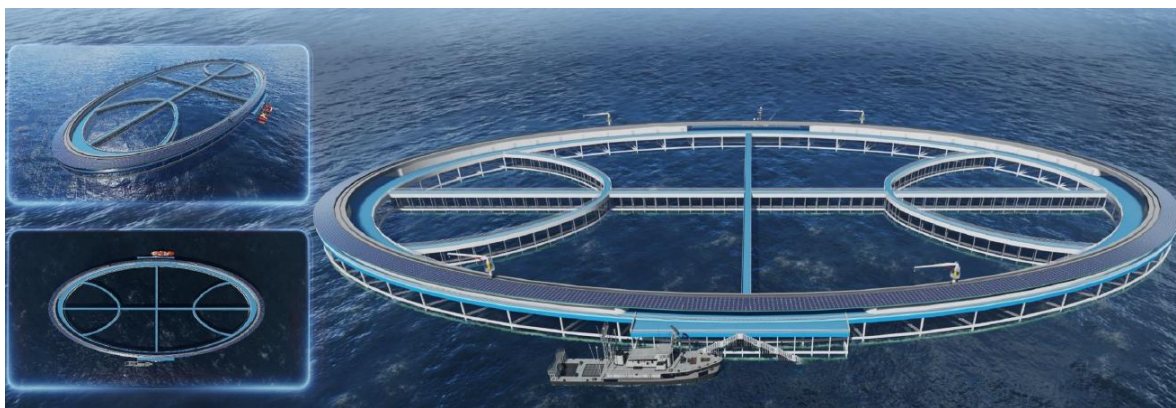


图 3.3-5 大型养殖围栏示意图

（1）养殖围栏功能特点

①网衣系统采用钢桩桩基，水上水下分层设网，水下铜网、水上绳网，保障网衣系统经久耐用；

②通过围栏式结构细化分养殖空间，多鱼种分区分期养殖。

③提供多点、多船型、不同水深靠泊。斜梯便于于潮汐变化时停靠，满足不同潮位下渔业辅助船、通勤船等安全停靠与登乘，保障人员登乘与物资转运安全便捷。

④水上设置运输通道，围栏通道平台宽度 5m，分隔走道 2m，满足运输车、叉车等机械化生产作用工具条件，具备物资鱼获快速转移能力。

⑤水下按需设置开闭活动门，活动门满足 20×4m 的船只通行，便于辅助作业船通行。

⑥能源系统设置 500kW 光伏发电系统，大面积光伏发电设施和大容量储能锂电池，满足围栏养殖生产长期稳定的绿色能源供给需求。既遮阳又发电，保证能源清洁和绿色环保。

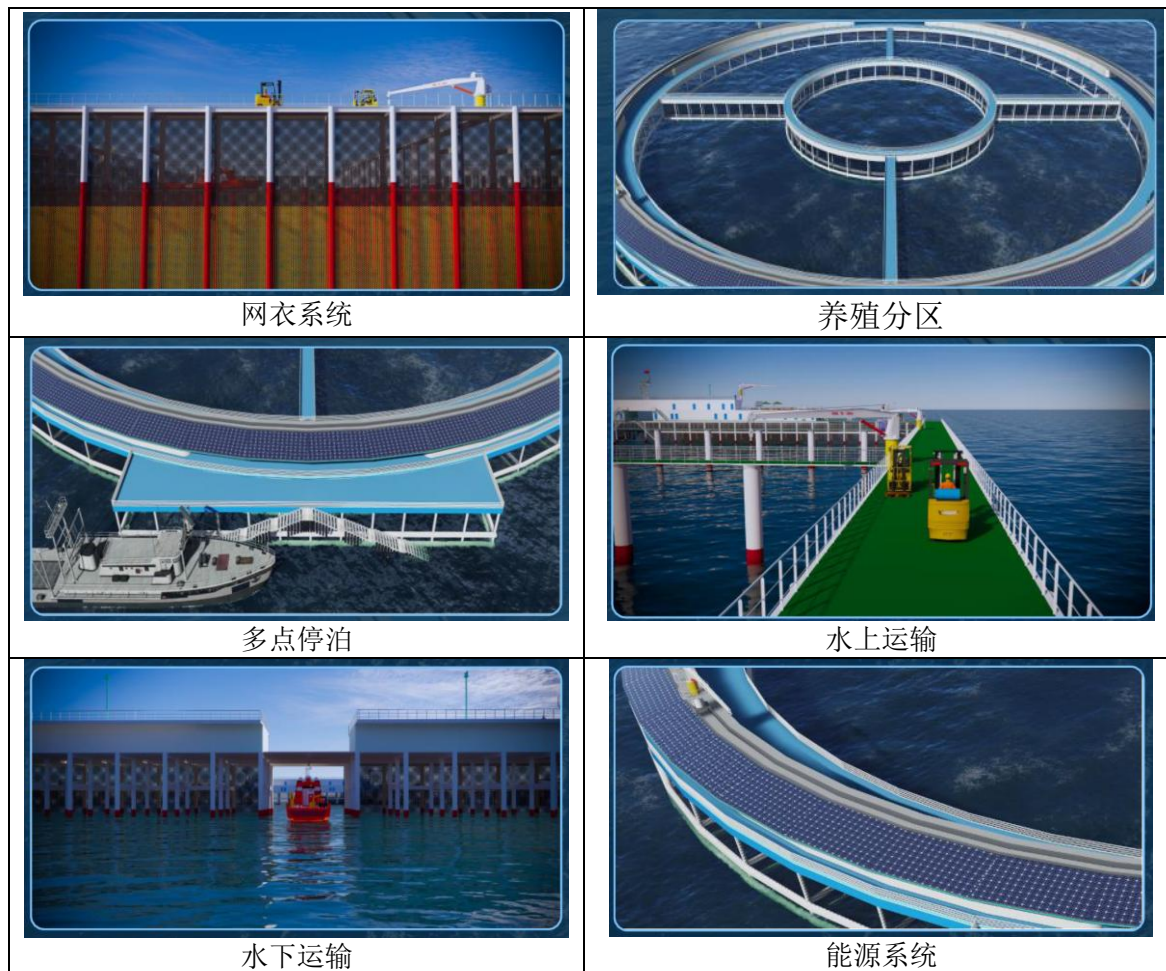


图 3.3-6 大型养殖围栏功能示意图

（2）上部结构

平台工作甲板使用工字梁和方管布设承载力较强的框架结构，框架结构上布设透水的镀锌格栅或者花钢板。根据养殖需求，平台划分为不同的功能区，包括生活办公区、养殖作业区、渔获物加工区及冷链存储区。

根据初步方案，各区主要功能及设备如下：

①生活办公区—设置养殖管理中心，按满足 20 人的值班值守需求，设置生活居住舱、工作间，并配套建设污水收集系统、供电系统、消防救生系统等。

②养殖作业区—设置渔机储存舱、渔网储存舱、饲料储存舱、冰鲜投料系统及多通道风送投料机等设施。

③渔获物加工区—设置制冰车间、渔获加工车间、实验室、淡水舱。

④冷链存储区—设置冰鲜饲料冷库、机房及成鱼冷库。

各功能区配置设备设施情况见表 3.3-2。

表 3.3-2 养殖围栏上部功能区设备配置情况一览表

功能区	设备设施	主要设备	效率
生活办公区	人员生活办公间	会议室、办公室、餐厅、宿舍等	/
	配套设备间	控制中心、配电间、控制中心、电池间等	
	冰鲜投料系统	粉碎机、造粒机、提升机、液压单元、高压风机、输送管道	投料量 12t/h
养殖作业区	饲料储存舱	制冷机组、库体、室外机、冷凝器等	存放量 144t
	多通道风送投料机	饲料仓、高压风机、分料机、输送管道	投料量 2t/h
	渔网储存舱	储存网衣、捕捞网具、吸鱼管	/
	渔机储存舱	离心吸鱼泵、移动式吊机、洗网机系统等	/
渔获物加工区	制冰车间	制冰机、贮冰桶	处理量 5000kg/d
	鱼获加工车间	提升机、拣选机、装袋工作台、真空包装机、微晶冻眠机等	处理量 500kg/h
	实验室	电子天平、显微镜、电子鼻等	/
	淡水舱	贮存淡水，用于人员、加工的用水	
冷链存储区	冰鲜饲料冷库	制冷机组、库体、室外机、冷凝器	存放量 180t
	机房	通风、排水、隔音	/
	成鱼冷库	制冷机组、库体、室外机、冷凝器	存放量 30t

(3) 下部结构

养殖围栏下部采用管桩结构，初步设计桩基共 436 根，桩基直径 1m，长度 35m，桩基水面以上 10m，水下 25m。

桩间设置网衣，水上水下分层设网，水面以上采用超高分子量纤维网衣，水下采用铜合金网衣，每片网衣宽度约 5m、高度约 10m。底部网衣与海底 L 型连接，防止鱼类逃逸。

养殖围栏两侧分设两处船舶停泊区，停泊水域长 50m，宽 15m，回旋水域直径约 150m。此外，不同养殖分区之间设置开闭活动门，活动门满足 20×4m 的船只通行，便于辅助作业船通行。

围栏顶部平台布置见图 3.3-7，下部桩基平面、剖面见图 3.3-8、图 3.3-9。

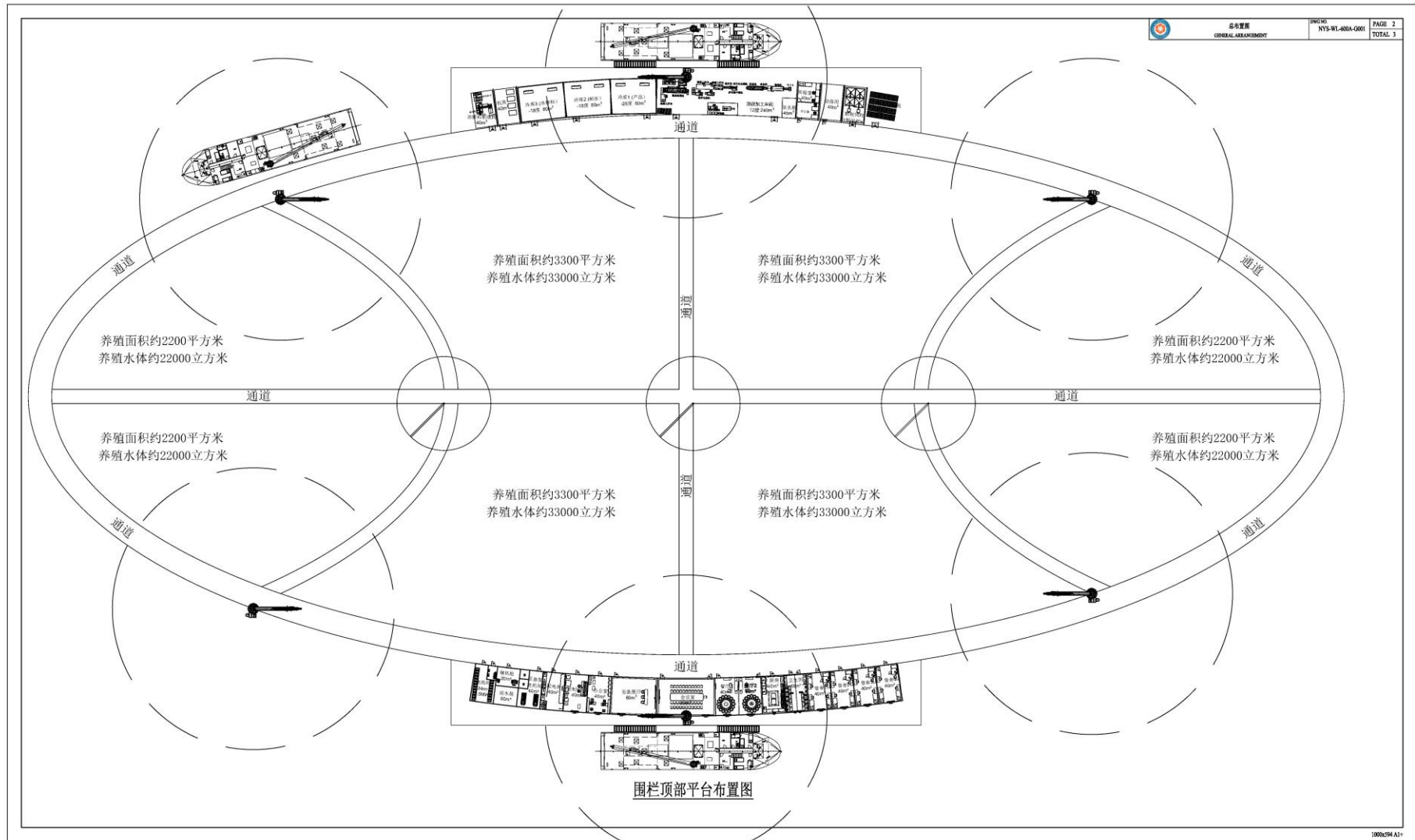


图 3.3-7 围栏上部平台布置图

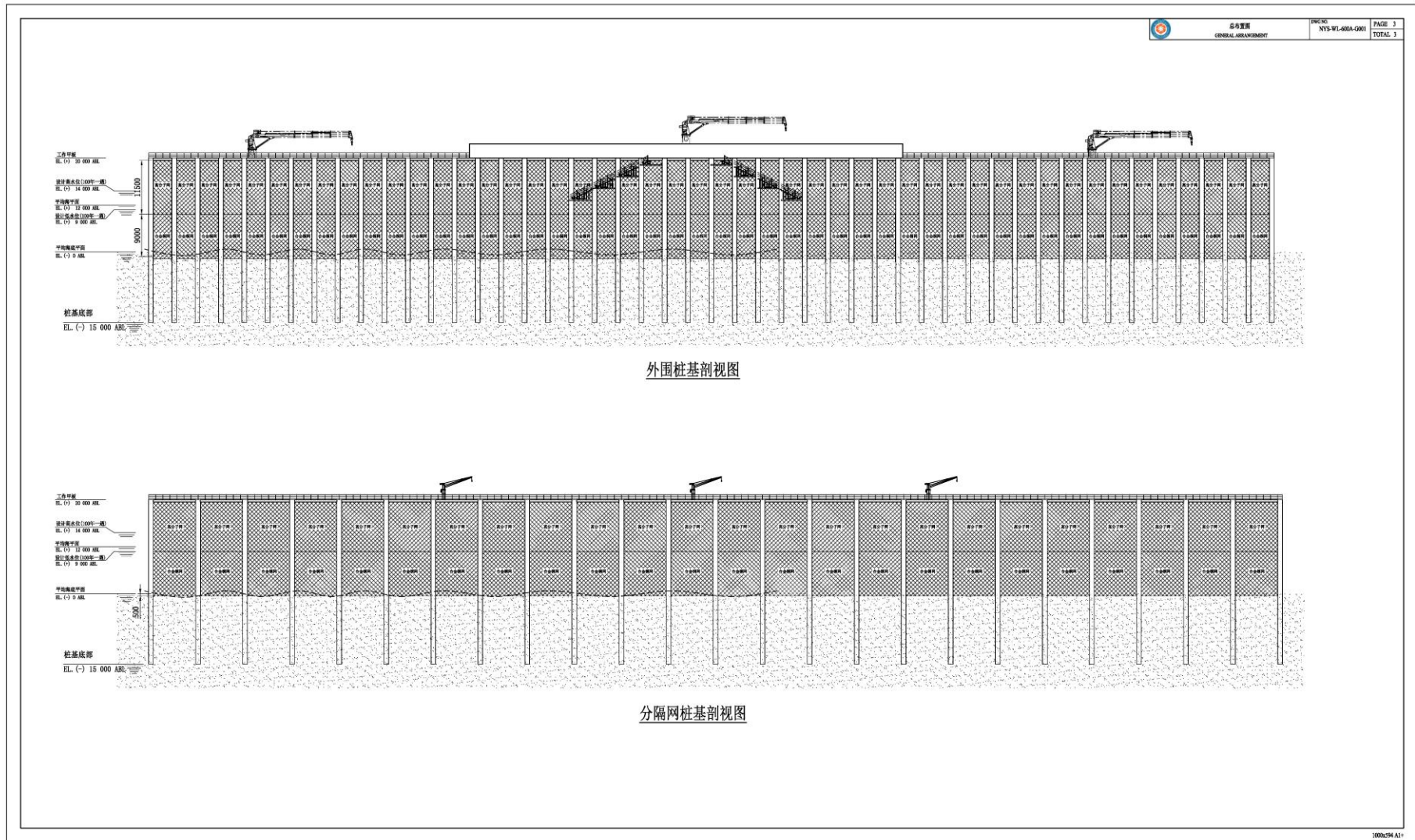


图 3.3-8 围栏下部桩基剖面图

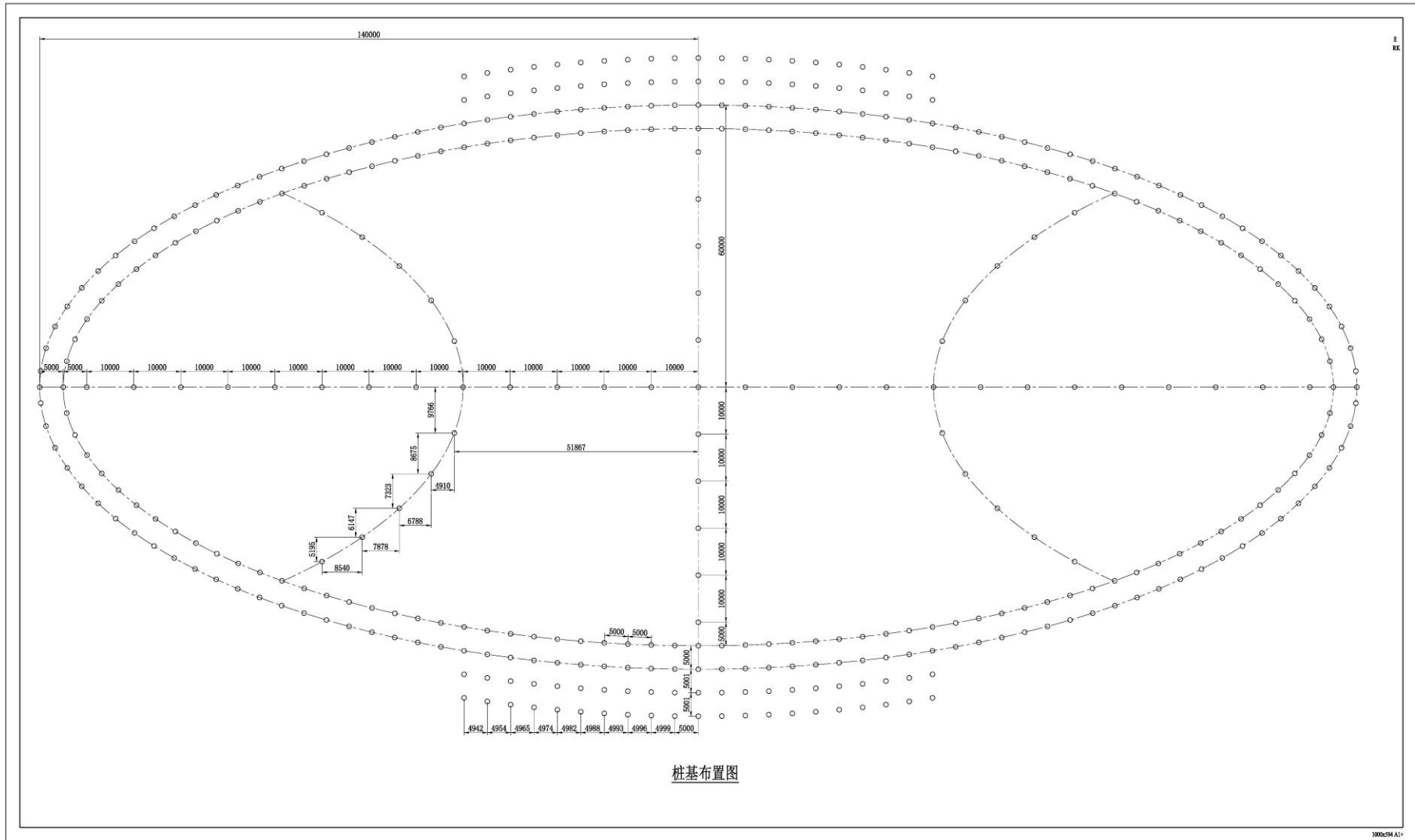
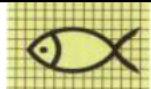


图 3.3-9 围栏下部桩基布置图

3.4 辅助工程

为标示本项目养殖用海区边界位置，便于管理以及对过往船只起到警示作用避免引发海上事故，按渔业行业相关标准，在养殖区的 4 个边界节点设置水上浮标 4 座，以提示或警告其他船只谨慎驶入。根据水上专用浮标位置的水深、水文、气象条件，浮标拟采用 HF2.4-D1 钢质浮标，安装 LED 航标灯、太阳能电源和顶标，标体为黄色。

表 3.4-1 浮标图形标志表

用途种类	标记		灯质			用途
	颜色	图形标志	光色	闪光节奏	周期(s)	
水产作业区	黑		黄色	莫尔斯信号“F”	12	标识养殖场范围

根据浮标所在位置自然条件和浮标规格，本工程锚链为直径 42mm 的钢质锚链。工程浮标设置水域水深约为 10m，锚链长度一般为水深的 2.5 倍，故锚链长度应 25m。沉块选用重 8t 的 C40 混凝土块。

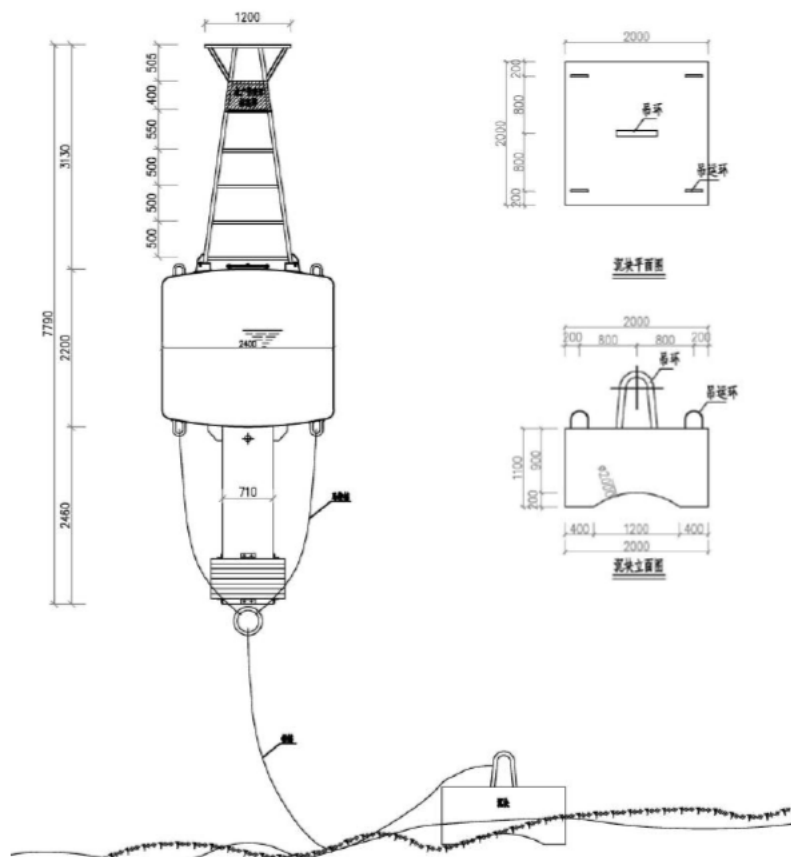


图 3.4-1 浮标配置标准图

3.5 依托工程

项目施工期重力式网箱浮运主要是从临时施工场地至项目用海区，临时施工场地依托汕尾市 07 号碣石湾海域启动区二区现代化海洋牧场项目网箱拼装临时施工场地。大型养殖围栏结构件浮运依托乌坎港码头，由驳船直接运输至项目用海区。

项目运营期养殖工作船需依托码头停靠，并进行养殖产品上岸作业。运营期船舶靠港拟依托乌坎港码头。



图 3.5-1 水上输运路线图

3.6 养殖生产工艺

本节仅为初步设计方案，具体养殖方案以渔业养殖运营商实际采用养殖方案为准。

(1) 生产工艺

高附加值鱼类品种选定→大规格健康苗种选购→苗种陆域海域运输→深水网箱养殖→投饵→日常管理→起捕销售。

(2) 养殖品种

养殖品种是实现深远海养殖效益的核心要素，深远海养殖品种选择既要考虑品种特性，同时要考虑消费市场和消费文化等因素，还要在苗种繁育、养殖生产、饲料、病害防控等方面具备完整的养殖产业链。综合考虑汕尾市海域资源条件、海水养殖产业成熟度、养殖品种生活习性、下游市场需求等，本项目可选品种有：高体鰺（章红鱼）、卵形鲳鲹（金鲳鱼）、军曹鱼、石斑鱼等鱼类。本节对高体鰺（章红鱼）、卵形鲳鲹（金鲳鱼）、军曹鱼、石斑鱼等海水鱼类品种特性及适养性进行详细阐述。

①高体鰺

高体鰺，俗名章红鱼，红甘鱼，红鲳，红甘鲳，杜氏鰺，勘八鱼，属鲹科、鰺属，是暖水性中上层鱼类，栖息水深 18-36 米之间，常结群活动于浅水域，摄食甲壳类、头足类和小鱼。一般体长在 35~50cm，大型的可达 1.5m，其腥味较淡，是上等的刺身食材，味道甘甜清爽，口感紧实弹压，比三文鱼更有嚼劲，深受消费者喜爱。高体鰺的生存的水温为 9-33℃，适温为 20-30℃。低温致死的水温界限为 9℃以下。摄食的水温范围为 14-31℃，水温为 11-12℃时，高体鰺可 1 个月左右不摄食，但不死亡。耐受养殖盐度范围为 7-40‰，其中最适盐度为 25-35‰。目前，高体鰺已突破了人工繁育技术，为其开展深远海养殖提供了可能。



图 3.6-1 高体鰺

②卵形鲳鲹（金鲳鱼）

卵形鲳鲹，俗称金鲳，为暖水性、广盐性中上层洄游性鱼类，适宜生长水温范围为 14~36℃，最适水温为 22~28℃，盐度适应范围为 3~33‰，盐度在 20‰以下生长快速。卵形鲳鲹具有肉质鲜美、生长速度快（半年可达上市规格）以及具有不断游泳特性，可充分利用养殖空间等特点，是开展深远海养殖的优选品种。自 2003 年实现了苗种规模化生产后，卵形鲳鲹在我国广东、广西、海南和福建等华南沿海省份和地区广泛养殖，2007~2008 年间初具规模。近年来，随着苗种繁育技术日趋成熟以及

人工配合饲料广泛应用，卵形鲳鲹养殖产业快速发展。



图 3.6-2 卵形鲳鲹

③军曹鱼

军曹鱼，又名海竺鱼、海鲷，属鲈形目、军曹鱼科、军曹鱼属。广泛分布于印度洋、太平洋和大西洋。我国产于南海、东海与黄海。为暖水性底层鱼类。栖息于热带及亚热带较深海区，以虾、蟹和小型鱼类为食，故生长速度极快，一年可生长 130 多毫米。军曹为热带海水鱼类，不耐低温。经试验，胚胎发育适宜水温在 24℃~31℃之间；仔鱼阶段(体重 10 克~15 克)，水温低至 20℃~21℃，摄食量明显降低，19℃不摄食，17℃~18℃活动减弱，静止于水底，16℃开始死亡，水温 22℃~34℃有明显的索饵活动，当水温升到 36℃时，虽有摄食行动，但开始死亡。军曹鱼为广盐性鱼类，适宜盐度 8‰~35‰，较大的军曹鱼对低盐度的忍受力较低，盐度低于 8‰，即没有摄食活动。作为食用鱼养殖，海水盐度以保持在 10‰以上为宜。



图 3.6-3 军曹鱼

④石斑鱼

石斑鱼为我国南海沿海养殖的重要经济品种，南海四面环海，地理位置具有独特的海洋资源优势，为海水养殖业的发展提供了丰富的资源保障，网箱鱼排养殖石斑鱼的越来越多，同时因石斑鱼价格持续看好，销路顺畅，石斑鱼养殖规模迅速壮大。养

殖条件为避风条件好，波浪不大，沙质底、砾质底、礁石质底为好，低潮时水深应在 4 米以上，冬季最低水温不低于 15℃，22℃~28℃水温天数不少于 200 天；水质清新，适宜盐度 25~32‰，pH=7~9，溶氧量在 5 毫克/升以上，无污染区域。



图 3.6-4 石斑鱼

（3）苗种来源

本项目适养鱼种养殖区域主要集中在广东粤东地区以及福建等，项目所需养殖鱼苗种均从种业基地采购，项目本身不涉及苗种存放、标粗。

（4）运输方法及密度

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。如运输距离在 8 小时距离内、鱼种规格在 50g/尾左右的鱼，一般活水船最大运输密度为 400~600 尾/m³。敞口容器汽车运输，具充气设备，最大运输密度可适当加大。大规格鱼种不宜采用小包装密封充氧运输。实际运输密度根据具体鱼种的放养规格确定。

（5）放养规格、放养密度、放养时间

放养规格：高体鰺放养规格为 500g/尾，金鲳放养规格为 150g/尾，军曹鱼放养规格为 500g/尾，石斑鱼放养规格为 300g/尾。

放养密度：根据鱼的种类、苗种及商品鱼出箱要求的规格、养殖条件及管理水平而定。本项目初定放养密度如下：

卵形鲳鲹：按平均重量 150 g/尾规格投放养殖。投放密度根据苗种规格、预期商品鱼规格、养殖条件及管理水平而定。一般放养密度 3000~5000g/m³。

石斑鱼：按平均重量 300 g/尾规格投放。考虑到其领地性和生长特性，放养密度较卵形鲳鲹低，一般放养密度 3000~5000 g/m³。

军曹鱼：按平均重量 500 g/尾规格投放。其活动能力强，生长速度快，放养密度一般为 2000~4000 g/m³。

高体鰺：按平均重量 500 g/尾投放。放养密度一般为 2000~4000 g/m³。

放养时间：投放选择潮流平缓时放养，以小潮汛为宜，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。苗种在离开育苗场前，按照《无公害食品渔用药物使用准则》（NY5071-2002），对苗种进行集中消毒。放养时，搬运工具应用柔软的网具，避免鱼体损伤。

（6）养殖模式

采用多品种生态互补与季节性接力养殖模式。项目拟根据各品种生长特性和海域环境条件，优化养殖周期：

卵形鲳鲹：可全年养殖，每年可实现 2 茬养殖，养殖周期 6 个月。

石斑鱼：可根据市场需求和水温情况，进行穿插养殖或作为常年养殖，养殖周期 12 个月。

军曹鱼：可全年安排养殖，其生长速度快，可实现较快的养殖周转，养殖周期 12 个月。

高体鰺：可全年安排养殖，生长速度快，养殖收益较高，养殖周期 12 个月。

（7）饲料投喂

①饲料类型

使用渔用饲料应当符合《饲料和饲料添加剂管理条例》和农业部《无公害食品渔用配合饲料安全限量》（NY5072 - 2002）。饲料以人工配合饵料为主，本地天然野杂鱼和鱼糜为辅。人工饵料有硬颗粒饲料、软颗粒饲料和膨化饲料。人工饵料应营养齐全，在水中稳定性较好。

②投喂方式

重力式网箱养殖区域采用传统的人工投喂方式进行；养殖围栏内采用多通道风送机投料。

③投饲要点

鱼种入箱 2~3 天后开始投饲；小潮汛在清晨和傍晚投饲，大潮汛应选择平潮或缓潮时投饲，阴雨天可隔日投喂。宜采取少量多次投饲；一般日投喂 1~3 次，投喂

采取“慢—快—慢”的方式，待鱼群抢食完再投。投喂时尽量撒开、撒匀，尽可能使鱼都有摄食的机会。每次投喂前可发出投喂信号，并逐渐形成习惯。投饵量应按照鱼体的规格而定，一般情况下 100g 以下为鱼体重的 4-6%；100-300g 为鱼体重的 3-4%；300g 以上为鱼体重的 2-3%，鱼类的饱食率控制在 70~80%。

（8）鱼病防治

①预防：对于病害的防治需要坚持预防为主、治疗为辅的原则。鱼种放养前，在种业基地内对鱼体进行药浴，可以有效预防疾病。鱼种放养后，不允许投放变质饵料，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。

②治疗：发现养殖鱼发生疾病，立即准确诊断，及时治疗，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。

网箱常见鱼病治疗方法及所涉及的渔药见下表。鱼药优先采用口服拌饵、药浴、挂袋等方式，并尽量错峰用药。

表 3.6-1 深水网箱常见鱼病的治疗方法

鱼病名称	发病季节	症状	治疗方法
肠炎病	5月~11月	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,肠壁发红变簿。	大蒜素 1.0~2.0g/kg 鱼体重;土霉素 50mg/kg 鱼体重。
溃疡病	4月~11月	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;五倍子粉 2~4mg/L,连续泼洒天;三氯异氰尿酸 0.3~0.6mg/L;二氧化氯 0.3~0.6 mg/L。
弧菌病	常年	感染初期,体色多呈斑块状褪色,食欲下振,缓慢地浮于水面,有时回旋状法永,随着病情发展,鳞片脱落,吻端、鳃膜烂掉,眼内出血,肛门红肿扩张,常有黏液流出。	聚维酮碘 0.1~0.3mg/L;二溴海因 0.2~0.3 mg/L。四烷基季铵盐络合碘 0.3 mgL。
病毒性疾病	常年	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;二典海因 0.2~0.3 mgL。四烷基季铵盐络合碘 0.3 mgL。

鱼病名称	发病季节	症状	治疗方法
寄生虫、真菌等引起的疾病	3月~11月	病鱼体表皮肤、鳃、眼角膜、口腔和养鱼的肝、脾等处，肉眼可见许多白色的点状囊泡，病鱼瘦弱、鳃部贫血、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、溃荡，腹部膨胀，眼球突出充血。	四烷基季铵盐络合碘 0.3 mg/L；硫酸铜 0.8~1.2 mg/L；硫酸铜+硫酸亚铁 0.8~1.2mg/L。

③死鱼处理：一旦发现死鱼，由专人负责收集在专用容器内，带到陆地，按照《病死畜禽和病害畜禽产品无害化处理管理办法》进行无害化（如深埋）处置。

（9）日常管理

①检查与记录

定期对水温、盐度、天气、风浪等环境因子；饲料投喂种类、数量；鱼类活动、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。

②换、洗网箱

在养殖过程中，随着鱼的生长需要更换网衣和清洗网箱附着物来保证网箱内的养殖环境。网箱置于海水中一段时间后，极易被一些生物所附着，不仅增加了网箱的重量，而且影响了网箱内水体的交换，故需定期清洗和更换。

换网时，必须防止养殖鱼卷入网角内造成擦伤和死亡，具体操作方法通常为以下两种：一是先将网坠撤除，把网箱的旧网衣提升至距水面 1m 左右，再将新（清洁无破损）网衣从底下套入，最后撤回旧网衣；二是先将网坠撤除，把养殖网的一边从网箱上解下来，然后把准备替换的网衣从旧网衣腾出的一边网箱依次栓好，再将两个网衣对接，并在新旧网衣对接处系两个坠石、放沉，最后把鱼赶入新网衣，最后拆除旧网衣。

本项目大型养殖围栏配置自动洗网机，养殖期可实现网衣原位自动清洗。重力网箱网衣清洗采用拉运至码头清洗方案，清洗时需设置临时过滤沉淀拦网，晒干后留待下次使用。

③安全生产

养殖过程中经常检查网箱的安全。在灾害性天气出现之前应采取在重力网箱上加盖网；检查和调整锚绳的拉力，加固重力网箱的拉绳和固定绳；检查框架、锚的牢固性；尽量清除网箱框架上的暴露物；养殖人员、船只迁移至避风港等措施。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。

（10）成鱼收获

项目鱼类养殖周期 6~8 个月，当鱼体达到商品规格时即可收获。起捕前停饵 2~3 天。起捕时将鱼群聚集于网箱一角，用活鱼起捕机或捞网进行收获。

（11）生产定员与船舶配置

本项目运营期养殖围栏上值守人员 20 人，配置 1 艘 300t 级公务船，负责保障人员登乘与值守人员生活物资转运。公务通勤船船型暂按 50m×8m（长×宽）配置。

项目养殖维护生产定员与船舶配置方案后续由运营方确定，现阶段暂按外包或合同雇佣 40 名养殖作业维护人员，租用或直接配置 6 条养殖工船考虑，以满足养殖过程巡逻、运输饵料、渔获起捕、换网等作业需求。

3.7 施工工艺与方法

3.7.1 施工条件

（1）自然条件

项目所在的碣石湾海域水域开阔，当地气候适宜，无严冬酷暑，项目水域位于陆丰金厢镇虎尾山西南侧 5.4 公里海域，水流状况稳定，海况条件较好，适合施工。

项目依托码头后方临近金厢镇城镇建成区，施工人员可租用当地民房，无需设置集宿营地。

（2）施工力量

工程所在区域有长期从事海洋工程建设的施工队伍，施工技术和设备先进，本项目施工工艺较为简单，当地海工施工队伍可承担本工程施工任务。

（3）材料供应、运输及存放

养殖设施由本项目建设单位就近购买，由汽运道路直达依托港口码头及网箱浮运下水点后，经简单组装后直接水上运输，目前区域陆路交通方便快捷，可满足运输需要。

重力式网箱组装依托建设单位拟实施的汕尾市 07 号碣石湾海域启动区二区现代化海洋牧场项目网箱拼装临时施工场地，可用于该项目网箱拼装使用。

（4）材料水上出运

养殖网箱由拼装场地浮运至项目用海区，大型养殖围栏结构件由乌坎港运输至项

目用海区。项目水上运输路线附近海域开阔，水深优良，可满足各种施工船舶的水上通行要求。

3.7.2 施工工艺流程

3.7.2.1 重力网箱安装施工

项目采用 C90 型重力式网箱，采用常规深水网箱安装作业流程，按照网箱组装→安装锚泊系统→箱体系统浮运投放→网箱位置调试流程作业。



图 3.7-1 本项目重力养殖网箱施工流程框图

（1）网箱组装

严格按照施工图纸进行安装，先进行主浮管的熔接，根据工序安排，同时完成支架定位、绑绳套筒定位及限位块的固定熔接，扶手管熔接同步安装于支架上，完成主浮管与扶手管所有接口后，开始放置踏板，利用踏板穿管固定踏板位置并打上销钉。网框完成组装后，待所有接口冷却完成，确认无误后，根据海域情况完成下水工作，下水后需要进行 12 个小时的观察及调试，确保主浮管接口无入水后，方可浮运至项目海区。

（2）水下施工准备

对安装海域进行勘查，了解海底地形、水流、风浪等自然条件，确定安装位置和施工方案。

（3）锚位固定

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，在辅助小艇上通过差分式定位仪（DGPS）或全球卫星定位仪（GPS）找出预先计算好的坐标锚位，投下沉子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 12 个沉子作为一组网箱的 12 个锚位点。依水面上定位浮球位置和 12 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。

（4）抛锚及锚位校正

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。顺序投放与风流合压差流（风）向平行的纵向、横向锚块及锚绳。

系统中相同部位的绳子长度相同，但锚位所处的水深可能不一样，因此投锚后系统中锚绳的绷紧程度也可能不同，加上投放时的锚位误差值，均可通过预先系在锚尾部的绳索进行拖拽校正，直至观察到连接网格锚泊系统在水面上的浮子分布方正，以及系统中各绳子绷紧程度适中为止，至此即整个锚泊系统安装调试完毕，下一步是将网箱系于网格锚泊系统上。

（5）网箱安装与固定

网箱安装：将在陆上组装好的网箱浮运至项目用海区固定系统区域内，运抵标记位置后经观察及调试，确保主浮管接口无入水后，方可进行网箱固定工作。用固定缆绳将网箱框架固定，并收紧绳索。安装完毕后，重复检查固定系统各部件情况，适当做出姿态调整，依框架在水面的状态，通过缆绳的松紧进行调节，使其在水面排列整齐。

（6）放置网衣

网衣的具体挂装方式取决于具体的施工条件和网箱设计要求，可以在浮运前或浮运后进行挂装。如采用水下挂网需利用工作船上的吊机进行。将网衣放入网箱框架内，围绕网箱按顺序拴好即可。在网衣的底部绑系沉子，沉子的数量根据网衣大小规格选用，沉子固定在网衣底部，使网箱下水后能充分展开，保证实际使用体积和不磨损网箱。沉子类型为水泥坠子。

（7）调试与验收

对电子设备进行调试，确保其正常运行并满足使用要求。根据设计要求和相关标准进行验收，合格后交付使用，验收过程需记录相关数据并出具验收报告。

3.7.2.2 大型养殖围栏安装施工

本项目大型养殖围栏采用钢管桩基基础，上部采用框架结构，框架结构上布设格栅或钢板形成工作平台。围栏施工时首先打设桩基，然后进行平台上部主体框架及附属设施安装施工，再安装桩基间网衣，最后完成设备安装及调试等工作。



图 3.7-2 本项目养殖围栏施工流程框图

（1）桩基施工

本项目大型养殖围栏采用桩基础，设计采用钢管桩，该类管桩在陆地和海工中有大量应用实例，本项目设计的此类管桩为常规系列，打入方式也是常规工艺，具体施工工艺如下：

1) 钢管桩制作与运输

厂家按照设计单位提供的每批钢管桩加工计划，采用水下区设计膜厚 800 μm ，水位变动区和浪溅区设计膜厚 1000 μm 的无溶剂环氧重防腐涂料进行钢管桩涂层防腐，加工完成并经验收合格后，运输至出运码头。

2) 打桩设备选择

本工程施工过程中，选择桩架高度 60m 的打桩船，采用重锤轻打，以二档主打，收锤可采用三或四档。

3) 吊桩

钢管桩装船利用码头上吊机直接吊装上船，采用 3 吊点。桩顶往下 5 米位置对称 2 个吊耳，桩底往上 2 米位置一个吊耳，穿卸扣的孔径不低于 5 公分。

4) 沉桩

钢管桩在码头装船后水上运输至施工现场，由打桩船进行打桩作业。

①施打钢管桩测量控制

沉桩测量控制分三个方面进行：平面位置的控制、桩基斜率的控制与高程控制。

平面位置的控制，采用 2 台全站仪及 1 台经纬仪前方交会的方法，其中一台布置于正面的基线上，另两台布置于侧面的测量平台上。垂直度的控制，通过经纬仪上下扫描桩的切边线以达到桩身垂直度的控制。高程控制，采用水准仪进行，测量时应注意水准仪的所在高程小于桩顶高程；对布设的永久性或临时性高程控制点应定期校核。

②锤击沉桩

打桩时锤击应确保桩锤、替打和桩处于同一直线，替打应保持平整，避免产生偏心锤击，锤击应连续，桩尖进入持力层后，每下沉 10cm 记录一次锤击数和锤的落距。打桩过程中加强观测，遇到严重偏位、断桩等异常情况，及时与设计代表联系解决。每根桩的位置控制，均由测量仪器和 GPS 定位完成。测量人员按预先计算好的每桩控制数据进行测控。

（3）围栏上部结构施工

围栏上部构筑物包括养殖生产用房、设备用房、办公用房、运输通道等。

均采用为钢框架结构，为了节省工作时间，增加工作效率，保证产品质量，钢构件在钢结构加工厂加工并涂刷底漆、中间漆，有条件的完成防火漆和面漆的涂刷，成品运至现场进行安装，钢结构安装必须保证精度。主要施工工序为：围栏钢框架结构施工→上部走道系统施工→附属构筑物及设施安装→开展试养殖试验正式投产。

设备用房、办公用房等均为单层的钢框架结构，建筑单体规模较小，可直接在水工平台上搭设脚手架和模板。主要施工工序为：脚手架、模板等措施搭设→立柱、墙板、屋面梁板钢筋绑扎→立柱、墙板、屋面安装→装修及机电安装→零星工程→验收。

附属设施安装主要包括：系船柱、橡胶护舷、橡胶舷梯等。系船柱、橡胶护舷等的安装待登平台设施主体的施工达到安装条件后进行施工，宜集中安装。安装时先通过水上运输到预定的适当位置后，再利用吊机进行安装，人工连接专用吊装锁具配合。

（3）网衣安装施工

网衣水面以上采用超高分子量纤维网衣，水下采用铜合金网衣，每片网衣宽度约 5m、高度约 10m。底部网衣与海底 L 型连接，防止鱼类逃逸。

3.7.2.3 浮标投放

在项目选址区边界投放水上专用浮标。浮标安装时，首先由作业船将符合设计和规范要求制作的浮标托运到现场后，用 DGPS 进行定位，潜水员水下探测地形后抛设标志和调整位置，当浮标坐标符合设计允许误差范围内，再进行灯器、电池等安装，每个浮标使用 2 m× 2 m × 1.1m 混凝土块海底固定。

3.7.3 船机设备配置

采用的施工船机及设备主要有：打桩船、起重船、运输船、拖轮、工作船、机动艇、GPS 定位仪、潜水设备等。

表 3.7-1 项目主要施工机械表

序号	机械设备名称	单位	数量	规格型号	用途
1	打桩船	艘	2	3000t	打桩船
2	起重船	艘	1	1000t	起重船
3	拖箱船	艘	2	100t	重力网箱拖航
4	挂网船	艘	1	100t, 带有吊臂	网衣运输与安装

5	驳船	艘	2	500 t、1000t 各 1 艘	运输钢管桩、网箱锚泊件等
6	指挥船	艘	2	0.5t	指挥作业
7	机动艇	艘	2	0.5t, 载重 400kg	应急、救援等
8	施工辅助船	艘	2	0.5t	养殖围栏施工协调
9	GPS 定位仪	台	2	定位仪	施工定位导航
10	潜水设备	套	2	/	投抛锚位前后校准

3.7.4 施工进度计划

工程总工期为 12 个月，包括施工前准备、网箱制作、网箱运输及安装、竣工验收等，施工进度计划见表 3.7-2。

表 3.7-2 施工进度表

序号	项目名称	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	施工准备	■	■										
2	重力式网箱制作		■	■	■	■	■	■	■				
3	重力式网箱运输、安装							■	■	■			
4	围栏桩施工			■	■	■	■						
5	走道、工作平台施工							■	■				
6	围栏网衣安装									■	■		
7	附属设施安装										■	■	
8	试运行、竣工验收												■

3.8 占用海岸线和海域情况

本项目不占用岸线。

海域使用类型：根据《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南（2023 年 11 月）》，本项目用海类型为渔业用海（一级类）中的增养殖用海（二级类）。

用海方式：根据《海域使用分类》（HY/T-2009）和《海域使用论证技术导则》（GB/T52361-2023），本项目网箱养殖区域用海方式为开放式（一级方式）中的开放式养殖（二级方式）；大型围栏养殖区域用海方式为构筑物（一级方式）中的透水构筑物（二级方式）。

申请用海面积。本项目申请用海面积 102.0097 公顷。**申请用海期限：**15 年。

本项目宗海位置图及界址图见图 3.8-1 和图 3.8-2。

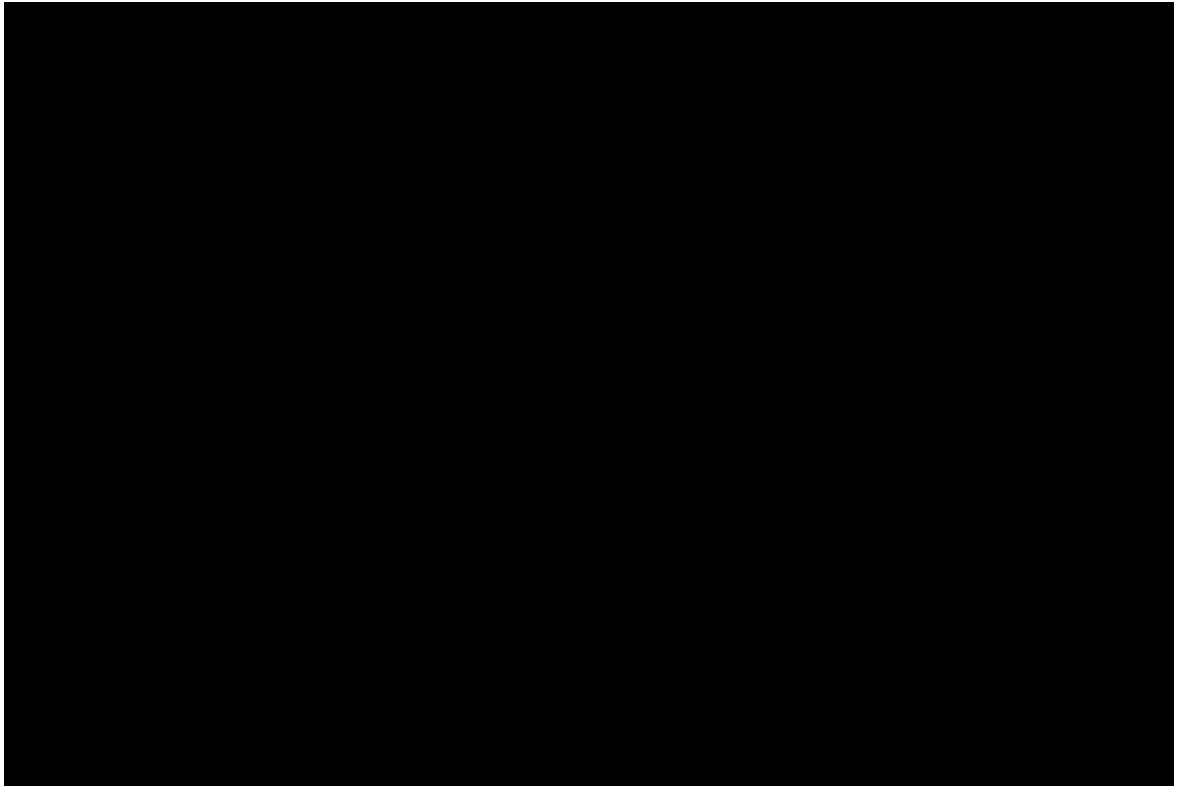


图 3.8-1 本项目宗海位置图

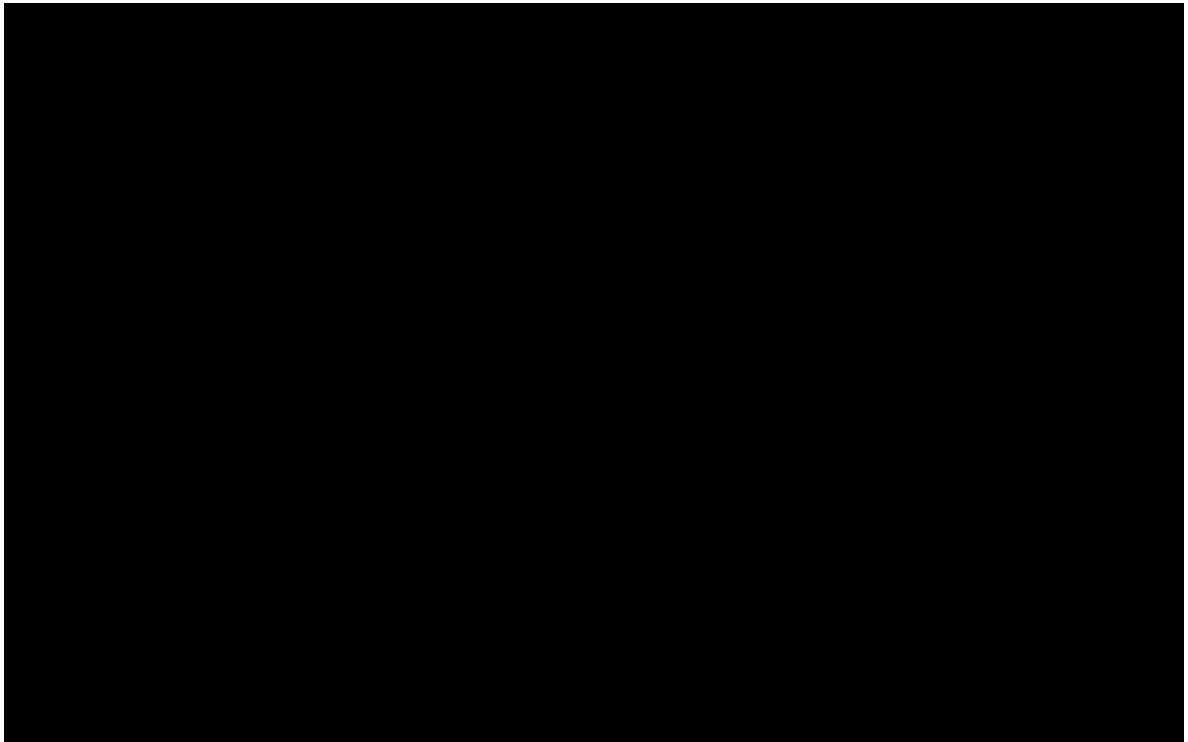


图 3.8-2 本项目宗海界址图

4 工程分析

4.1 生产工艺过程与产污环节分析

4.1.1 施工期

本项目主要施工内容为养殖围栏及重力网箱安装施工，工程施工主要污染源包括：养殖围栏桩基施打及重力网箱系泊锚构件投放环节会产生一定量的悬浮物（悬浮沙）；施工过程中作业船舶产生的噪声、废气、废水、船舶垃圾；重力网箱结构件拼装、准备过程产生的施工人员生活污水、生活垃圾及废弃边角料。

工程施工期主要产污环节如图 4.1-1 所示。

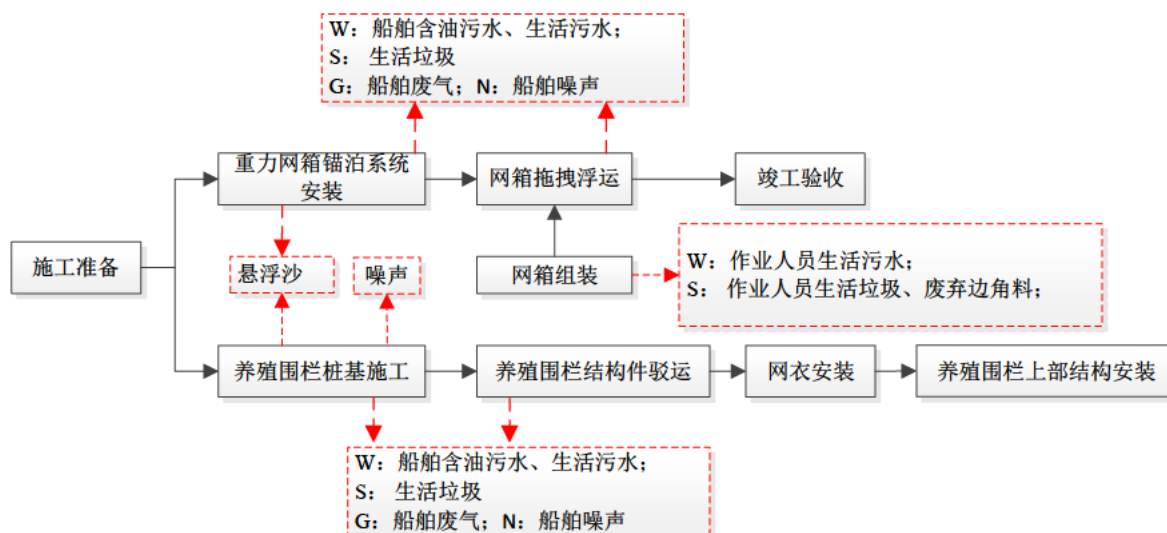


图 4.1-1 项目施工期产排污环节图

4.1.2 运营期

本项目运营期开展高值品种、经济品种的海水增殖，养殖生产过程较为简单，养殖活动主要污染源包括：养殖残饵、鱼类排泄物等引起的营养盐污染；养殖活动产生的各类废物（残饵、鱼类排泄物、病死鱼等）；养殖工作船污废水、噪声、垃圾及船舶废气。此外，养殖围栏上部管理中心工作人员日常生活办公还将产生少量生活污水。养殖围栏网衣清洗时也会产生少量悬浮沙。

项目运营期养殖活动产污环节示意图见图 4.1-2。

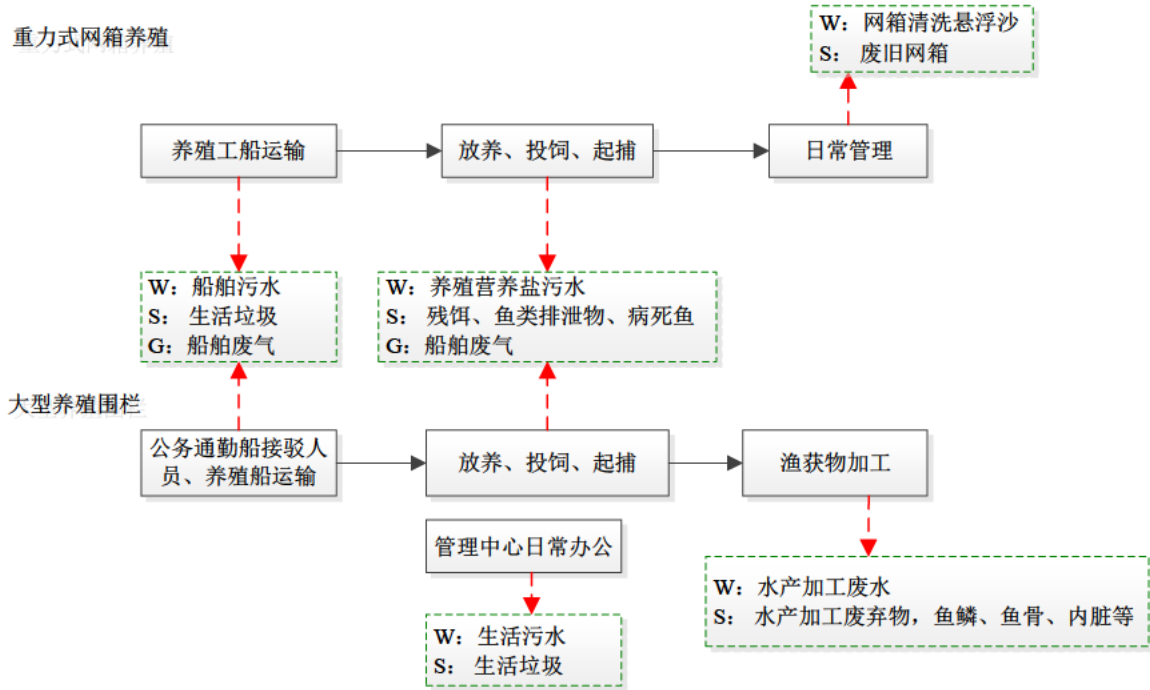


图 4.1-2 运营期养殖过程中产排污环节

4.2 污染源强分析

4.2.1 施工期污染源强分析

4.2.1.1 悬浮沙源强

①重力式网箱投放锚泊构件悬浮沙

每个重力式网箱周围均匀布置 12 根系泊缆绳，抛锚位置距离网箱框架 50 m。采用双齿犁锚固定，双齿犁锚重量约 800kg。双齿犁锚投放时，施工船航行至事先标记锚位的水面浮球处，然后作业人员在施工船上将锚用绳带绑扎牢固，然后吊机吊起至侧舷后，施工人员拉紧缓慢投放至海中，直至到达海床。

参考抛石挤淤引起的悬浮沙源强计算方法，计算悬浮沙源强如下：

$$S_1 = (1 - \theta_1) \times \rho_1 \times \alpha_1 \times P$$

式中：S1 为抛石挤淤的悬浮物源强 (kg/s)； θ_1 为海底沉积物天然含水率 (%)； ρ_1 为海底泥沙中颗粒物的天然湿密度 (kg/m^3)； α_1 为泥沙悬浮颗粒物所占百分率 (%)；P 为平均挤淤强度 (m^3/s)。

根据本工程用海区浅地层调查可知，项目区海床表层沉积物类型主要为淤泥混砂，天然含水率取 2023 年 5 月调查期间项目用海区附近表层沉积物含水率的平均值，

$\theta_1=50\%$ ，天然湿密度 ρ_1 取 1660 kg/m^3 。根据 2023 年 5 月沉积物粒度分析结果，细颗粒占比较高，约 80%，故 α_1 取 80%。平均挤淤量估算时将本项目重力式网箱所采用的 800kg 双齿犁锚首先折算为同质量的石块（石块密度一般在 $2.5\sim 3\text{g/cm}^3$ 之间，本次取 2.5 g/cm^3 ），再考虑到网箱锚泊件投放采用“人工吊绳、缓慢下放”的方式，锚体在吊机控制下缓慢入水，接近海床时速度非常低，锚件结构接触海床时冲击能量远小于抛石挤淤时石块对海床冲击，故再进行 50% 折算后作为计算挤淤量，单个网箱锚泊件入水后按半小时投放完成，则单个双齿犁锚投放悬浮沙源强估算值约为： $S_1=(1-50\%) \times 1660 \times 80\% \times (800/2500) \times 50\%/1800=0.06\text{kg/s}$ 。

单个网箱源强共 12 个锚泊件，故单个网箱锚泊件投放悬浮沙源强为： $0.06 \times 12=0.72\text{kg/s}$ 。

②养殖围栏桩基施打悬浮沙

本项目大型养殖围栏基础采用钢管桩，共 436 根。桩基直径 1m，长度 35m，桩间距不超过 5m，桩基在水面以上 10m，水下 25m（入泥深度 15m）。桩基施工过程中会扰动局部水域，产生一定量的悬浮泥沙，悬浮沙影响主要发生在沉桩过程中，沉桩时振动锤击打桩身会对作业点周边表层沉积物造成冲击扰动，造成悬浮泥沙浓度增大。该过程中产生的悬浮泥沙可按下式进行计算：

$$Q=\pi \times (\varphi-r)^2 \times h \times \rho \times \alpha / t$$

其中， Q 为悬浮泥沙发生量， kg/s ； r 为钢管桩半径，为 0.5m； h 为沉桩引起的桩基纵向方向表层沉积物细颗粒悬浮范围，取桩入泥深度的 10%，按本项目桩基入泥 15m 计算，取 1.5m； φ 为钢管桩外壁振动引起的细颗粒起悬距离桩心的距离，取约 2m； ρ 为附着泥层干密度，根据本工程用海区浅地层调查可知，项目区海床表层沉积物类型主要为淤泥混砂，根据 2023 年 5 月调查期间项目用海区附近表层沉积物天然湿密度，折算沉积物干密度为 1100 kg/m^3 ； α 为起悬率，无量纲，根据 2023 年 5 月沉积物粒度分析结果，取 80%； t 为打桩时间，根据施工进度，养殖围栏桩基施工 4 个月，共 436 根桩，单日打桩数量约 4 根。施工期拟配置 1 艘打桩船施工，单根桩施打时间约 2.0h。

经计算，养殖围栏单个钢管桩施打产生的悬浮物源强约为 1.40kg/s 。

4.2.1.2 废水源强分析

施工期废水主要在船舶水上作业时船舶污水，包括船舶含油污水、船舶生活污水。

（1）船舶含油污水

船舶含油污水主要来自施工船舶产生的机舱油污水，主要污染物为石油类，浓度取2000mg/L。项目施工期拟投入多种类型船舶，包括打桩船、起重船、运输船、指挥船等，总计10~12艘。根据《水运工程环境保护设计规范》（JTS 149 - 2018），500t级船舶机舱含油污水产生量为0.14t/d·艘，500~1000t级船舶机舱含油污水产生量为0.14~0.27t/d·艘，1000~3000t级船舶机舱含油污水产生量为0.27~0.81t/d·艘。本次500t以下小型指挥船、机动艇船油污水产生量按0.14 t/d·艘计，500~1000t及以下船舶机舱含油污水产生量按0.27 t/d·艘计，1000~3000t及以下船舶机舱含油污水产生量按0.81 t/d·艘计。重力网箱水上施工3个月，养殖围栏水上施工10个月（其中打桩船4个月、起重船6个月、驳船及辅助船10个月）。据此计算单日作业船舶产生的含油污水量为3.56 t/d，整个施工期各类船舶产生的含油污水总量为857.80t。

表 4.2-1 船舶油污水产生情况

序号	施工船舶	规格型号	数量	t/d·艘	施工时间（天）	油污水产生量（t）
1	打桩船	3000t	2	0.81	120	194.40
2	起重船	1000t	1	0.81	180	145.80
3	驳船	1000t	1	0.81	300	243.00
4	辅助船	500t	2	0.27		162.00
5	拖箱船	100t	2	0.14	90	25.20
6	挂网船	100t	1	0.14		12.60
7	驳船	500t	1	0.27		24.30
8	指挥船	0.5t	2	0.14		25.20
9	机动艇	0.5t	2	0.14		25.20
总计						857.80

船舶机舱含油污水严格按照《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）4.1条的要求执行，含油污水经船舶含油污水收集舱集中收集，待船舶靠港后，交由有资质单位进一步接收处理，严禁排放入海。

（2）船舶生活污水

本项目重力网箱水上施工3个月，养殖围栏水上施工10个月，高峰期船舶作业50人，参考《港口和船舶污染物接收转运及处置设施建设方案编制指南》附件2，取单位船员生活污水日产生量0.03t/d，按平均50人施工6个月估算施工期生活污水产生量约为270t。船舶生活污水的主要污染物为BOD₅、SS和大肠菌群，污染物浓度约为BOD₅: 200mg/L、SS: 250mg/L、大肠菌群2.4×10⁵ pcs/L。

生活污水由船舶自备的污水储存柜收集，待船舶靠港后，交由第三方有资质的公

司采用槽罐车拉运至附近污水处理厂处理，严禁排放入海。

4.2.1.3 噪声污染源强分析

施工期噪声源主要是养殖围栏打桩噪声和工程船舶噪声。

（1）打桩噪声

养殖围栏打桩时拟采用锤击沉桩施工工艺，该工法是利用桩锤落到桩顶上的冲击力来克服土对桩的阻力，使桩沉到预定的深度或达到持力层的一种打桩施工方法。桩基施打所产生的水下噪声源强主要取决于桩柱管径、重锤敲击能量、海域水深、海底底质等参量。目前国内外在进行打桩声源级估计时，大多利用声源级的定义，即利用在某点测得的声压数据以及该点和打桩声源的距离来反推声源级。由于目前公开的水下打桩噪声监测数据有限，且国内已知开展打桩噪声监测的海洋工程项目在监测环境、桩径等方面与本项目有所差异，本次拟采用相关数据拟合研究成果，根据本项目养殖围栏设计桩径估算打桩噪声源强。

国外于 20 世纪初既有研究学者开展了打桩噪声分析，Nedwell 和 Wyatt 等人根据收集的大量实测数据，提出了用桩径大致估算水下打桩噪声声源级的方法。我国亦有对此开展相关研究。Nedell 等人根据测量的多个海上风电场施工时的水下打桩噪声，并对数据进行拟合，提出了一个描述声源级和桩径之间关系的一次函数经验公式；Wyatt 等人结合 Nedell 以及 Popper 等人整理的测量数据，筛选并拟合出了另一种形式的声源级估算方法，为幂函数经验公式。国内张然等人在分析了 Nedell 等人和 Wyatt 等人经验公式存在过估计的情况后，分别针对 5m 以下桩径、5m 以上桩径进一步修正了打桩声源级和桩径之间关系的经验公式。如下：

①Nedell 等人（研究对象桩径 0~2m）

$$SL=24.3 \times D + 179$$

②Wyatt 等人（研究对象桩径 0~4m）

$$SL=230.25 \times D^{0.0774}$$

③张然等人（研究对象 0~6.5m）

其中 5m 以下

对 Nedell 等人一次函数经验公式修正： $SL=10.22 \times D + 214.4$

对 Wyatt 等人幂函数经验公式修正： $SL=228.8 \times D^{0.06802}$

5m 以上

对 Wyatt 等人幂函数经验公式修正： $SL=228.5 \times D^{0.0672}$

其中，D 为桩径尺寸，SL 为该桩径下施工噪声估测的峰值声源级，dB。

本项目大型养殖围栏桩径为 1.0m，属于小尺寸桩，采用张然等人修正公式分别计算，得到打桩噪声声源约为 230dB。

（2）船舶通航噪声

施工船水上通航噪声包括机械噪声、螺旋桨噪声和水动力噪声，其中机械噪声和螺旋桨噪声为主要噪声源。声源特性与船舶通航速度有关，鉴于水上运输路线与周边航道有交叉，出于安全考虑，作业时拖航速度控制在不超过 5.0 节，船舶噪声源强通常为 75~100dB 之间。

4.2.1.4 大气污染源强分析

水上作业区施工期产生的废气主要来源于参与作业船舶柴油发动机所排放的尾气，主要污染物为 NO_x 、 SO_2 和烃类物质。施工期参与作业船舶在施工期内相对集中，往来频繁，势必对增加船舶轮机废气排放量，但项目海域开阔，施工船舶尾气容易扩散，故基本不会对周围环境产生明显影响。

4.2.1.5 固体废弃物源强分析

施工期固体废弃物主要是船舶垃圾以及养殖设施建设废弃料。

（1）船舶垃圾

船舶垃圾主要是作业人员生活垃圾，包括废弃食品袋、塑料制品、废包装袋、废弃食物等。海上施工高峰期船舶作业 50 人，参考《港口和船舶污染物接收转运及处置设施建设方案编制指南》附件 2，取单位船员生活垃圾日产生量 1.0kg/d，则施工期生活垃圾产生量为 50kg/d，重力网箱水上施工 3 个月，养殖围栏水上施工 10 个月，按平均施工 6 个月估算施工期生活污水总产生量合计 9.0t，生活垃圾在各类施工船上分别收集后随船携带，船舶靠岸后交由环卫部门转运至附近垃圾中转站。

（2）生产废弃料

养殖设施建设废弃料包括网箱组装废弃料、养殖围栏安装废弃料。

重力网箱各部件包装材料，如塑料薄膜、木箱、泡沫等将在组装作业区拆除废弃，组装网箱框架时，环形浮管等管材需要根据设计尺寸进行切割，切割过程中会产生边角料，网衣也需要根据网箱尺寸进行裁剪，裁剪过程中会产生多余的网衣和纲绳，卡箍连接件和扶手栏杆等配件装配时会产生多余的连接件或损坏的部件；网箱安装过程

中借助吊机、浮球定位等材料，作业时会产生少量的吊绳、捆扎绳、废弃浮球等。

养殖围栏为框架结构，码头基本无需组装，大部分直接在海上吊装，但结构安装过程中，也会产生一些施工垃圾，包括断残钢筋头、包装袋等。钢结构焊接过程中，还会产生少量金属切割的边角料。

以上各类废弃料能回收的尽量回收利用，不能回收的外售给废品收购站或交由环卫部门处理，严禁随意丢弃。

4.2.2 运营期污染源强分析

本项目运营期主要是用海区内的养殖活动以及养殖设施定期维护作业。运营期噪声、大气主要来自养殖船航行噪声及柴油机废气，污染源强同施工期，影响较小，本节不再赘述。本节主要对运营期废水、固体废弃物、养殖营养盐引起的水污染物以及养殖围栏网箱冲洗悬浮沙情况开展分析。

4.2.2.1 养殖水污染物

本项目建设现代化海洋牧场，项目采用重力式网箱和大型养殖围栏进行鱼类的海水养殖，属于集约化养殖。养殖过程中饵料的投入、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，主要产生的污染物为氨氮、总氮、总磷、COD 等。

本项目网箱养殖水污染物采用《第二次全国污染源普查产排污系数手册（农业源）》中广东省相关数据，见下表。

表 4.2-2 水产养殖业产排污系数

省份	养殖水体	养殖模式	品种	总氮 (g/kg)	总磷 (g/kg)	氨氮 (g/kg)	COD (g/kg)
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	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

备注：表格中数据引自《第二次全国污染源普查产排污系数手册（农业源）》。

本项目计划选取卵形鲳鲹、石斑鱼、军曹、高体鲷等作为候选养鱼种。年渔获产出约 786 万公斤（其中重力式网箱产出 456 万公斤，养殖围栏产出 330 万公斤），按上述四种鱼种产出量占比均为 25% 计，则各鱼种重力式网箱年产出量均为 114 万 kg/a，养殖围栏年产出量均约为 82.5 万 kg/a，计算项目养殖活动养殖水污染物产生情况，见下表。

表 4.2-3 本项目养殖水污染物产生总量核算表

养殖设施	品种	总氮 (t/a)	总磷 (t/a)	氨氮 (t/a)	COD (t/a)
重力网箱	石斑鱼	20.05	1.63	0.05	0.52
	军曹鱼	36.55	3.11	0.11	2.12
	鯽鱼	20.05	1.63	0.05	0.52
	其他	26.27	5.34	0.78	6.69
小计		102.92	11.71	0.98	9.86
养殖围栏	石斑鱼	14.51	1.18	0.03	0.38
	军曹鱼	26.45	2.25	0.08	1.53
	鯽鱼	14.51	1.18	0.03	0.38
	其他	19.01	3.86	0.56	4.84
小计		74.48	8.47	0.71	7.14
总计		177.40	20.18	1.69	17.00

本次海水养殖选取石斑鱼、高体鲈、军曹鱼、卵形鲳鲹四个品种开展试养，四种鱼类在幼鱼、中鱼、成鱼不同生长阶段的摄食习性、生长速率及产污特征存在一定差异。海水鱼类养殖产污以鱼类代谢排泄物（粪便及溶解性营养盐）为主要来源，残饵仅为次要来源。幼鱼阶段鱼类摄食活跃，投饵率高，但因幼鱼消化系统尚未成熟，饵料利用转化效率相对较低，大部分以排泄物形式进入水体，总排泄物产生量为全养殖周期最高水平。进入中鱼阶段后，鱼类因消化系统良好，饲料转化率提高，同时摄食活跃强度有所下降，投饵率降低，故该阶段排泄物有所减少，同时因个体体重有所增加，故单位体重产污强度随之降低。至成鱼阶段，鱼体摄食趋于稳定，投饵率最低，饵料利用效率高，总排泄物产生量及单位体重产污强度处于全养殖周期最低水平。

根据《第二次全国污染源普查技术规定》（国污普〔2018〕16号）、《第二次全国污染源普查产排污系数手册·农业源》水产养殖相关规范，综合考虑海水肉食性鱼类不同生长阶段消化生理差异和产污特征，本次评价对养殖全过程产污权重进行分段取值，幼鱼阶段、中鱼阶段、成鱼阶段产污权重分别取 45%、30%、25%。此外，本项目养殖对象均为海水肉食性鱼类，整体养殖周期按 12 个月设计，其中由于阶段为前 3 个月，中鱼阶段为第 4~8 个月共 5 个月，成鱼阶段为第 9~12 个月共 4 个月，核算各养殖设施鱼类不同生长阶段污染物源强。

表 4.2-4 本项目各养殖阶段水污染物产生情况

养殖设施	生长阶段	总氮 (g/s)	总磷 (g/s)	氨氮 (g/s)	COD (g/s)
重力网箱	幼鱼	5.956	0.678	0.057	0.571
	中鱼	2.382	0.271	0.023	0.228

养殖设施	生长阶段	总氮 (g/s)	总磷 (g/s)	氨氮 (g/s)	COD (g/s)
	成鱼	2.482	0.282	0.024	0.238
养殖围栏	幼鱼	4.310	0.490	0.041	0.413
	中鱼	1.724	0.196	0.016	0.165
	成鱼	1.796	0.204	0.017	0.172

4.2.2.2 废水源强分析

通过对项目运营期产污过程分析可知，本项目养殖活动期间废水包括：船舶污水、养殖围栏管理中心工作人员生活污水、养殖围栏工作平台水产加工废水以及重力式网箱清洗废水。

(1) 船舶污水

运营期拟由运营方租用或直接配置 6 条养殖工船(兼作网箱起捕船、日常养护船)。按每 3 艘一组，交替工作；大型养殖围栏人员接驳轮班配备 1 艘交通船。船舶活动时将产生含油污水和生活污水。

船舶油污水产生量计算方法同施工期船舶油污水产生计算方法，即根据《水运工程环境保护设计规范》（JTS 149 - 2018）中船舶油污水产污系数核算。考虑到小型养殖工作船及公务通勤船即可满足需求，故本次船舶机舱含油污水按 500t 级及以下船舶油污水产生系数，即 0.14 t/d·艘核算。

根据网箱养殖经验，一艘养殖船每天能够负责网箱数量通常在 10~20 个左右，本项目共布设 59 个网箱，故本次养殖工船按每日出航 3 艘船计，养殖围栏内养殖活动包括投饵、日常管理由管理中心人员负责，日常生活污水由接驳船定期转运至岸上，接驳船定员按 10 人计，交通船（兼物资补给船）和污水接驳船通航周期按每半个月往来一次。据此计算单日作业船舶产生的含油污水量最高为 0.70 t/d，年船舶产生的含油污水总量约为 157.92t。

运营期养殖运营方暂按外包或合同雇佣 40 名管理和养殖维护人员，船舶生活污水计算方法同施工期船舶生活污水，估算运营期船舶生活污水日产生量约为 1.5t/d，年船舶生活污水产生量约为 237.60t。

表 4.2-5 运营期船舶污水产生情况

序号	施工船舶	船舶数量	污水产生负荷		活动时间 (天)	人员数量 (人)	油污水产生量 (t)	
			含油污水 t/ (d·艘)	生活污水 m ³ / (人·天)			含油污水	生活污水
1	养殖船	6	0.14	0.03	360	40	151.20	216.0

汕尾市 06 号碣石湾海域启动区一区现代化海洋牧场项目环境影响报告书（公示稿）

2	交通船	1	0.14	0.03	24	20	3.36	14.4
3	污水接驳船	1	0.14	0.03	24	10	3.36	7.20
总计							154.56	237.60

备注：养殖船 6 艘分为两组，共 40 人，养殖活动交替出海，故单日船舶数量按 3 艘计，人员数量按 20 人计。

船舶含油污水及生活污水处置方案同施工期船舶污水处置方案，即由船舶自带收集装置收集，船舶回港后，船舶含油污水定期抽至具有船舶污染物接收资质的单位接收设施，最终由有资质单位处理；生活污水定期交由环卫公司采用槽罐车拉运至附近污水处理厂处理，严禁排放入海。

（2）管理中心生活污水

养殖围栏管理中心定员 20 人，日用水量根据广东省《用水定额 第 3 部分：生活》（DB44/T 1461.3-2021）表 5 “居民生活用水定额表”中小城镇居民生活用水定额值，即 155 升/人·天，按全年 365 天养殖围栏管理中心均有人员值守，则运营期养殖管理中心人员生活污水产生量为 3.1m³/d，全年生活污水产生量为 1131.5m³。根据类比分析，生活污水的污染物产生浓度分别为：pH 值：5.5~8.5、COD_{Cr}：200mg/L、BOD₅：100 mg/L、SS：100mg/L。

大型养殖围栏办公生活区设置专门的污水收集与处理系统，处理后污水通过运输船定期接驳上岸后交由附近污水处理厂处理。

（3）养殖围栏水产加工废水

本项目大型养殖围栏上设置渔获物加工区，根据下游市场要求对新鲜鱼获进行速冻加工，水产原料在挑选好鲜度之后，首先进行冷冻前的预处理。一般情况下，前处理包括原料鱼的清洗、分类、冷却保存、速杀、放血、去鳃、去鳞、去内脏、漂洗、切割、挑选分级、过秤、装盘等操作。原料经前处理后，进入冻结工序。通常根据原料种类、特性等选择合适的冻结方式和冻结装置，当达到要求的冻结效果后，将冷冻品从冻结装置中取出，然后进入冻后处理工序，该工序包括脱盘、包冰衣和包装等操作。完成以上工序后，水产冷冻品应及时放入养殖围栏上设置的成鱼冷库进行冷藏，完成冷冻加工过程。

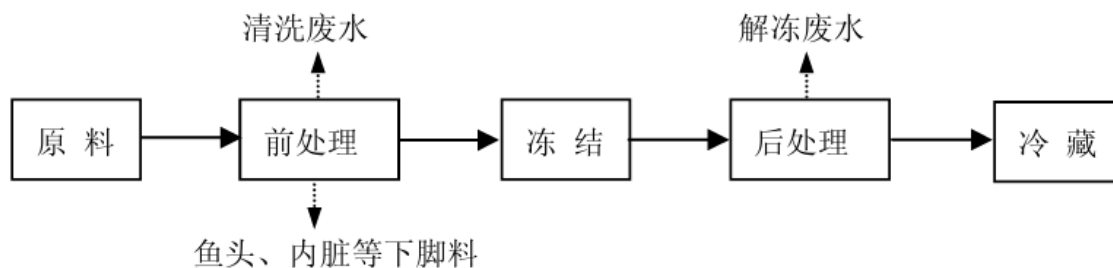


图 4.2-1 水产冷冻品加工工艺流程

水产加工处理过程废水主要是前处理过程中产生的清洗废水、设备冲洗水及冻结后处理解冻废水。污染物主要有色度、COD、BOD₅、SS、氨氮、动植物油等。根据类比分析，水产加工废水产生浓度分别为：SS：50~70 mg/L、BOD₅：≤30 mg/L、COD：≤100 mg/L、NH₃-N：≤15 mg/L。根据《水产品加工业水污染物排放标准》（征求意见稿）编制说明，参考国内生产企业的实际生产，本项目水产加工单位产品基准排水量取 12m³/t 产品，养殖围栏鱼获 3300 t/a，按 5% 鱼获需在养殖围栏进行加工处理，则养殖围栏水产废水产生量 1980 m³。根据现阶段设计方案，水产加工区处理量可达 500kg/h，按养殖收获季节 3 个月，单日处理量约 1.83t/d，日废水产生量约 22.0m³/d。

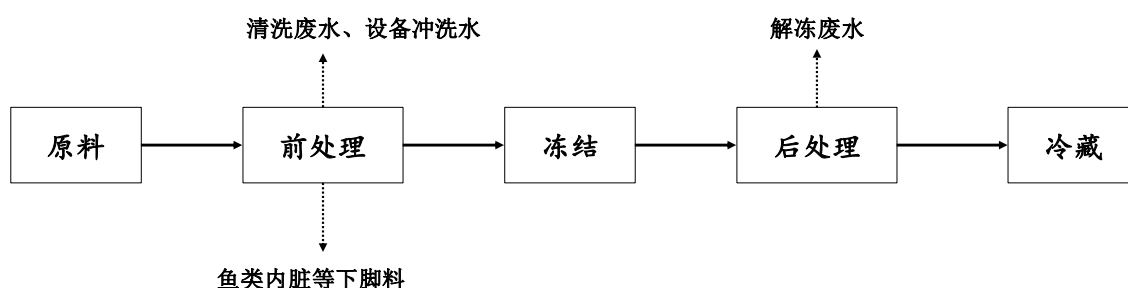


图 4.2-2 养殖围栏水产冷冻品加工工艺流程

（4）网箱清洗废水

1) 重力网箱清洗废水

本项目重力式网箱拉运至码头清洗，清洗时将会产生少量清洗废水。根据养殖经验，夏季水温高时至少平均每个月需进行 1 次人工清洗网衣，其他季节按 1 个季度 1 次，单次冲洗用水约 0.5m³。单条养殖工船配置 5~6 人，一天可以更换 3~4 张网，按单日 3 艘养殖维护船共更换 10 张网计，估算码头清洗网衣废水产生量最大约 5m³/d。清洗废水中含有从网衣上去除的污损生物、藻类、浮游生物、贝类等附着物，清洗时需设置临时过滤沉淀拦网拦截，清洗废水经过滤沉淀处理后回用于绿化或道路洒水抑尘，网衣晒干后留待下次使用。

本项目建设单位后期拟对乌坎码头实施改造提升，并配套建设饲料中转中心、配套厂房（包括装备库及维修中心、洗网晒网场、动保物资库、交易中心等）、活鱼暂养车间、工厂化育苗标粗基地等）作为本项目陆域支撑基地。

2) 养殖围栏网箱清洗废水

本项目大型养殖围栏网衣采用水下铜合金网衣和水上超高分子量聚乙烯网衣，其中水下的铜合金网衣具有抗污损生物附着的特性。养殖围栏配置自动洗网机，在附着物较多的月份（6~8月），采用配置的自动洗网机水下原位自动清洗，污损生物掉落在网衣外，本次仅对网衣清洗过程中产生的固体废弃物进行核算，并估算冲洗过程中的悬浮沙源强。见 4.2.2.3、4.2.2.4 小节。

4.2.2.3 固体废弃物源强分析

本项目运营期固体废物主要来自船舶生活垃圾、养殖围栏管理中心人员生活垃圾、养殖废弃物（包括养殖围栏水产加工废弃物、养殖过程中产生的残饵和鱼类排泄物、死鱼、废旧生产物资）以及养殖围栏清洗产生的固体废物等）。

（1）船舶生活垃圾

本项目运营期租用或直接配备养殖船 6 条，按每天最大船舶使用量 3 艘考虑，单条养殖工船配置 5~6 人。此外，为保障养殖围栏管理中心人员通勤和办公生活需要，配置往来交通船、污水接驳船各 1 艘，交通船（兼做物资补给船）定员按 20 人计，污水接驳船定员按 10 人计。参考《港口和船舶污染物接收转运及处置设施建设方案编制指南》附件 2，取单位船员生活垃圾日产生量 1.0kg/d，估算生活垃圾最大日产生量约为 50kg/d（合计 7.92t/a）。

生活垃圾处置方案同施工期船舶垃圾处置方案，即在船舶上收集后随船携带，船舶定期靠港后定期交由有资质的第三方单位转运至附近垃圾中转站。

表 4.2-6 运营期船舶垃圾产生情况

序号	施工船舶	船舶数量	生活垃圾 kg/（人·天）	活动时间 （天）	人员数量 （人）	生活垃圾产生量 （t）
1	养殖船	6	1.0	360	40	7.2
2	交通船	1	1.0	24	20	0.48
3	污水接驳船	1	1.0	24	10	0.24
总计						7.92

备注：养殖船 6 艘分为两组，共 40 人，养殖活动交替出海，故单日船舶数量按 3 艘计，人员数量按 20 人计。

（2）养殖围栏管理中心生活垃圾

养殖围栏管理中心定员20人，生活垃圾日产生量1.0kg/d，则运营期管理中心办公人员生活垃圾产生量为20kg/d。生活垃圾经统一收集打包处理后，定期由接驳船拉运回岸上，交由环卫部门处理。

（3）养殖废弃物

①养殖围栏水产加工废物

养殖围栏内水产加工过程中将产生鱼类内脏、鱼鳞等废弃物，废弃物重量大约占原料鱼的原料鱼的 20%，养殖围栏鱼获 3300 t/a，按 5%鱼获需在养殖围栏进行加工处理，按养殖收获季节 3 个月，单日处理量约 1.83t，则水产加工后废弃物产生量约为 0.37t/d。废弃物利用筛选设备去除较大杂质后，通过破碎机将废弃物破碎成小块，打包后收集，定期由接驳船运输至后续拟建设的乌坎港陆域保障基地，根据下游市场需求进行进一步加工处理或直接售卖，实现资源化利用。

②残饵和鱼类排泄物

养殖过程中，饵料的形态、投喂方式、风和水流的影响都会造成饲料的部分损失。在早期的网箱养殖中，饵料的利用率较低，只有 70%~85%，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。

据相关资料，目前在所投喂的 100%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，其排泄物以氮等形式进入水体；10.4%~12%的饲料未被鱼类消化吸收，以鱼粪的形式进入水体。

本项目养殖鱼种的养殖周期为 6~12 个月。根据设计单位提供数据，1 个网箱初期（幼鱼）饵料投放总量为 0.1~0.2 吨/月，中期饵料投放总量约为 1~2 吨/月，末期（成鱼）饵料投放总量约为 3~5 吨/月。由此可计算出，养殖污染物源强（饵料散失量+进入水体的鱼粪量，按 $15\%+85\%*12\%=25.2\%$ ）为：养殖初期（幼鱼）为 0.001680 吨/天，每天投放摄食时长为 2 小时，即每个网箱的残饵和鱼类排泄物源强为 0.000233kg/s；养殖中期为 0.01680 吨/天，每天投放摄食时长为 2 小时，即每个网箱的残饵和鱼类排泄物源强为 0.00233kg/s；养殖末期为 0.042 吨/天，每天投放摄食时长为 2 小时，即每个网箱的残饵和鱼类排泄物源强为 0.00583kg/s。

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。本项目采用人工饲料为主，本地天然野杂鱼

和鱼糜为辅。饲料向网箱周边下沉过程中会有大量野生鱼类被吸引到网箱附近对残饵进行摄食，实际溶解至水中及下沉的残饵量会有所减少。

③病死鱼

参考同类项目专家咨询结果，以幼鱼成活率 90%，死鱼平均体重 10g 作保守估计，估算本项目死鱼产生量约为 146.72t/a（其中重力网箱养殖区病死鱼 85.12t/a，大型养殖围栏养殖区病死鱼 61.6 t/a）。养殖工作船和养殖围栏上设收集容器，将病死鱼收集并带到陆地后，按照《病死畜禽和病害畜禽产品无害化处理管理办法》（农业农村部令 2022 年第 3 号）要求进行无害化处置。

④废弃生产物资

养殖废弃生产物资主要是废旧网衣、网绳等聚乙烯材料，以及投饲、用药过程产生的废弃包装袋等，废旧网衣、网绳全部由厂家回收或再利用，饲料和渔药包装袋直接运回靠泊渔港后，与船舶生活垃圾一同由第三方环卫部门转运至附近垃圾中转站。

（4）网衣清洗废物

网衣清洗固体废物产生的附着物量（湿重）采用以下公式计算：

$$M=A \times \rho \times \eta$$

式中：A 为单口网箱网衣浸没面积（ m^2 ）； ρ 为网衣附着物湿重密度（ kg/m^2 ），不同季节有一定波动，在 1.0~2.0 kg/m^2 之间，本次取平均值 1.5 kg/m^2 ； η 为清洗去除率（%）。

1) 重力网箱清洗废物

本项目重力网箱水下深度 8m，C90 网箱网衣浸没面积 $A=720m^2$ ，网衣在码头清洗时采用高压水枪清洗，清洗去除率取 90%，

故单口网箱每月附着物清理量： $M=720 \times 1.5 \times 0.90 \approx 972kg/口$ 。根据养殖经验，夏季水温高时至少平均每个月需进行 1 次人工清洗网衣，其他季节按 3 个月 1 次，则全年网箱网衣清洗固体废物总量为 $Q=972 kg/口 \times (3+3) \times 59=344.09t$ 。

网衣清洗废弃物中约 80% 为污损生物、藻类、浮游生物、贝类等附着物，约 275.3t/a 可作为饲料原料加工后外售；约 5% 为海洋垃圾（破损绳索、塑料袋等），约 17.2t/a，收集后委托环卫部门处理；约 15% 为悬浮颗粒物（泥沙、碎屑），进入网箱清洗废水，经过滤沉淀处理后回用于绿化或道路洒水抑尘。

2) 养殖围栏网箱清洗废物

本项养殖围栏外圈周长 653m，北部横向网衣长 280m，纵向网衣长 120m，内部

弧形分割网周长约 250m，网衣入水深度 10m，网衣浸没面积 13030m²，据此计算养殖围栏清洗产生的附着物量总量约为 15636kg/次。

考虑到本次养殖围栏网衣采用水下铜合金网衣和水上超高分子量聚乙烯网衣，其中水下的铜合金网衣具有抗污损生物附着的特性。故网衣清洗废弃物中污损生物等附着物按 60%核算，约 9.38t/次，海洋垃圾占比仍按 5%核算，估算 0.78t/次，污损生物掉落进入养殖围栏内部的打捞后打包，定期由接驳船运至后续拟建设的乌坎港陆域保障基地，根据下游市场需求进行进一步加工处理或直接售卖，实现资源化利用。海洋垃圾随养殖中心人员生活垃圾一同拉运至岸上交环卫部门处理。

4.2.2.4 养殖围栏网衣冲洗悬浮沙源强

本项目大型养殖围栏采用自动洗网机原位清洗，网衣清洗废弃物中约 35%为悬浮颗粒物（泥沙、碎屑），冲洗时随冲洗水流扩散至周边海域，形成悬浮沙。

经调研，水下自动洗网机每小时清洗面积在 1500~4000m²，本次按清洗效率 2000m²/h，据此计算本项目大型养殖围栏清洗一次约 6.5h，网衣清洗产生的悬浮物源强为 15636kg × 35% / (6.5 × 60 × 60) = 0.23kg/s。

4.2.3 污染物排放汇总

施工期污染源估算情况汇总见

表 4.2-7。

表 4.2-7 施工期污染物排放汇总表

污染项目	污染源	主要污染物	污染源强	排放方式
悬浮沙	铁锚投放	SS	0.72kg/s (单个网箱)	自然排放
	养殖围栏打桩	SS	1.40kg/s (单个钢管桩)	自然排放
废水	船舶含油污水	石油类	3.56 t/d	船舶油污水收集舱收集，船舶靠港后交由有船舶污染物接收资质的单位接收处理，严禁排海。
	船舶生活污水	COD、SS、大肠菌群	0.03t/d	经船载污水储存柜收集，船舶靠港后交由环卫公司或其他第三方公司拉运至附近污水处理厂接收处理，严禁排海。
噪声	船舶噪声	等效连续 A 声级	75~100dB	自然传播衰减
	打桩噪声		230dB	

污染项目	污染源	主要污染物	污染源强	排放方式
固体废物	船舶生活垃圾	废弃食品袋、塑料制品等	50kg/d	随船携带，船舶靠岸后交由环卫部门转运至附近垃圾中转站，严禁排海。
	生产垃圾	废弃包装材料、废弃绳索、废浮球等	少量	尽量回收利用，不能回收的外售给废品收购站或交由环卫部门处理
废气	施工船舶废气	SO ₂ 、NO _x 、颗粒物、CO	少量	无组织排放

运营期污染源估算情况汇总表 4.2-8。

表 4.2-8 运营期污染物排放汇总表

污染项目	污染源	主要污染物	污染源强	排放方式
废气	施工船舶废气	SO ₂ 、NO _x 、颗粒物、CO	少量	无组织排放
噪声	船舶噪声	等效连续 A 声级	75~100dB	自然传播衰减
废水	养殖水污染物	COD、氨氮、总氮、总磷	总氮:177.40 t/a 总磷:20.18t/a 氨氮:1.69 t/a COD:17.0 t/a	养殖海域自然扩散
	船舶含油污水	石油类	0.70t/d	船舶油污水收集舱收集，船舶靠港后交由有船舶污染物接收资质的单位接收，严禁排海。
	船舶生活污水	COD、SS、大肠菌群	1.5t/d	经船载污水储存柜收集，船舶靠港后交由环卫公司或其他第三方公司拉运至附近污水处理厂处理，严禁排海。
	管理中心生活污水	COD、SS、大肠菌群	3.1 t/d	经收集与处理后，由污水运输船定期拉运上岸后交由环卫公司或其他第三方公司拉运至附近污水处理厂处理。
	水产加工废水	色度、COD、BOD ₅ 、SS、氨氮、动植物油	22.0m ³ /d	定期拉运上岸后交由环卫公司或其他第三方公司拉运至附近污水处理厂处理。
	重力网箱冲洗废水	污损生物、附着物、SS	5m ³ /d（高峰期）	经处理后全部回用
固体废物	船舶生活垃圾	废弃食品袋、废弃食物等	50kg/d	随船携带，船舶靠岸后交由环卫部门处置。
	管理中心生活垃圾	废弃食品袋、废弃食物等	20kg/d	统一收集打包处理后，定期由接驳船拉运回岸上，交由环卫部门转运至附近垃圾中转站处理。

污染项目	污染源	主要污染物	污染源强	排放方式
	养殖废弃物	残饵	0.000233kg/s (幼鱼期) 0.00233kg/s (中鱼期) 0.00583kg/s (成鱼期)	自然消减
		病死鱼	146.72t/a	工作船收集上岸后,按照《病死畜禽和病害畜禽产品无害化处理管理办法》要求进行无害化处置。
		废弃生产物资(废旧网衣、网绳等)	少量	收集上岸,由环卫部门转运至附近垃圾中转站
		水产加工废物	0.37t/d	破碎、打包收集后,定期由接驳船运输至后续拟建设的乌坎港陆域保障基地进行进一步加工处理或直接售卖。
	网衣清洗废物	重力网箱	292.5t/a	附着生物在陆域基地作为饲料原料加工后外售,海洋垃圾收集后委托环卫部门处理。
		养殖围栏	10.16 t/a	附着物打捞后打包,定期由接驳船运至陆域保障基地,根据下游市场需求进行进一步加工处理,实现资源化利用。
悬浮沙	养殖围栏网衣清洗	SS	0.23kg/s	自然排放

4.3 工程建设非污染因素分析

(1) 对水文动力、地形地貌和冲淤环境的影响

本项目在海水中的养殖设施主要是重力网箱和大型养殖围栏。相对于自然状态,网箱设施建设后不可避免地会对用海区水流运动造成一定的阻滞作用,但项目选址区为较开阔的海湾,从现状潮流特征来看,主潮流方向较显著,且养殖网箱和养殖围栏均为透水结构,海流流通性良好,网箱之间有足够间距,不会对项目水域整体水动力流场造成显著的改变,但养殖围栏桩基附近因水流绕流会发生轻微的冲淤变化。

(2) 对海洋生态环境的影响

项目对海洋生态环境的影响一方面是施工期养殖围堰打桩及系泊锚投放悬浮沙对海洋生物生态的直接和间接影响,另一方面则是运营期养殖活动排污对用海区周边海洋生态的影响。

1) 施工期悬浮沙对海洋生物生态的影响

①对浮游生物的影响

施工期网箱锚固件投放及养殖围栏打桩引起的悬浮物会对施工水域浮游生物、游泳生物以及底栖生物栖息生境造成一定影响。施工会导致作业点周围形成一定范围的悬浮物高密度分布区域，降低水体透光率，从而造成水体浮游植物生产力下降，从水生生态系统食物链角度看，初级生产力下降将影响正常食物链的传递，造成浮游动物、游泳生物数量的减低。对鱼类而言，悬浮物还可能因粘附在其身体表面干扰其感觉功能发生损害。针对悬浮沙此种影响，由于施工作业是短期性的，其对水体透明度造成的影响是暂时的、局部的、可逆的，随着工程施工的结束，影响随即消除，浮游生物的生产力和浮游动物、游泳生物的数量将逐渐恢复，游泳生物将重新回到项目区域栖息活动。

②对底栖生物的影响

工程建设对底栖生物的影响主要是大型养殖围栏桩基、重力网箱锚固构件占用海域对底栖生物栖息环境的长期彻底侵占，以及作业引起的入海悬浮沙对周边底栖生物栖息生境的短期破坏。其中，大型养殖围栏桩基、重力网箱锚固构件占用海域对底栖生物栖息环境的破坏作用是永久性的、不可恢复的；作业引起的悬浮沙对底栖生物的影响主要是掩埋作用，悬浮沙在重力作用下会回落覆盖周边底栖生物生境，从而对活动较弱的底栖生物造成临时压占损害，使生物量减少，属于短期、可恢复的影响，施工结束后，悬浮沙影响即可消除，悬浮沙影响范围内底栖生物生境可恢复至施工前水平。

2) 运营期养殖活动对海洋生物生态的影响

海洋过程中，大量投喂的饵料不能完全被完全摄食，形成残饵。同时，养殖鱼类新陈代谢过程将排放排泄物（如粪便）。这些残饵和排泄物中的有机质在微生物的作用下会逐步降解，释放出溶解性有机质、氮、磷等化合物。这些物质不仅会增加水体的有机负荷，还会使得水中氮磷渐增，加速富营养化进程，导致周边局部海域营养盐条件改变，从而对浮游生物、游泳生物等群落特征（包括种类、分布、优势种等）产生影响；沉降到海底的残饵和鱼类粪便还会改变表层沉积物组分，进而对底栖生物造成累积性影响。此外，养殖过程中飘到网箱外的残饵会吸引天然鱼类来觅食，进而改变野生鱼类觅食行为。

（3）对通航环境的影响

本工程位于陆丰市金厢镇虎尾山西南侧 5.4km 海域，距离乌坎东线航道和乌坎西线航道分别为 3.1km、3.8km。项目施工作业船舶在金厢港和碣石港和项目用海区之间往来，将直接穿越乌坎东线航道，运营期养殖工作船在乌坎港和和项目用海区之间往来，会增加乌坎东线航道周边海域的通航密度，增加该航道通航繁忙程度。对该航道

通航船只的海上通航安全造成一定程度的干扰影响。但本项目水上输运路线与乌坎东线航道呈近乎 90 度的大角度交越，作业船可快速通过航道区，对该航道通航环境影响有限。可通过加强通航管理降低对其干扰影响，进而防范船舶碰撞风险事故。

5 区域环境概况

5.1 自然环境概况

5.1.1 气候气象

项目位于汕尾碣石湾海域，属广东省东部沿海，其气候属于典型的亚热带季风气候，海洋性气候明显。本次采用遮浪海洋站多年实测资料统计分析结果，遮浪海洋站位于广东省汕尾市红海湾遮浪半岛的南澳山上，地理坐标为东经 115°34′，北纬 22°39′。遮浪海洋站属于国家全球海洋立体观测网，拥有长期的水文气象观测资料，以下资料根据 2003-2022 年气象数据统计分析。

遮浪海洋站多年气象统计数据见表 5.1-1。

表 5.1-1 遮浪海洋站常规气象项目统计（2003-2022）

统计项目	数值	极值出现时间
多年平均气温（℃）	22.7	—
累年极端最高气温（℃）	36.8	2015-08-08
累年极端最低气温（℃）	1.1	2005-01-30
多年平均气压（hPa）	1011.8	—
多年平均相对湿度（%）	87.9	—
多年平均降雨量（mm）	1881.6	2020-06-08
多年实测极大风速（m/s）、相应风向	38.9、WSW	2013-09-22
多年平均风速（m/s）	6.4	—
多年主导风向	ENN	—

（1）气温

1) 月平均气温与极端气温

遮浪海洋站 7 月气温最高（28.4℃），1 月气温最低（15.3℃），近 20 年极端最高气温出现在 2015 年 8 月 8 日（36.8℃），近 20 年极端最低气温出现在 2005 年 1 月 30 日（1.1℃）。

2) 温度年际变化趋势与周期分析

遮浪海洋站近 20 年气温呈现上升趋势，2015 年年平均气温最高（23.4℃），2011 年年平均气温最低（21.2℃）

（2）降水

1) 月平均降水与极端降水

遮浪海洋站 6 月降水量最大（444.2 毫米），12 月降水量最小（25.3 毫米），近 20 年极端最大日降水出现在 2020 年 6 月 8 日（282.6 毫米）。

2) 降水年际变化趋势与周期分析

遮浪海洋站近 20 年年降水总量无明显变化趋势，2006 年年总降水量最大（2649 毫米），2009 年年总降水量最小（1111.5 毫米），无明显周期。

（3）相对湿度

1) 月相对湿度分析

遮浪海洋站 5 月平均相对湿度最大（94.0%），12 月平均相对湿度最小（72.9%）。

2) 相对湿度年际变化趋势与周期分析

遮浪海洋站 20 年年平均相对湿度呈现上升趋势，2016 年年平均相对湿度最大（84.5%），2009 年年平均相对湿度最小（79.7%）。

（4）风况

1) 月平均风速

遮浪海洋站 12 月平均风速最大（7.4 米/秒），5 月风最小（5.7 米/秒）。

2) 风向特征

遮浪海洋站主要风向为 NW、ENN 和 N，其中以 ENN 为主风向，风向玫瑰图见图 5.1-1。

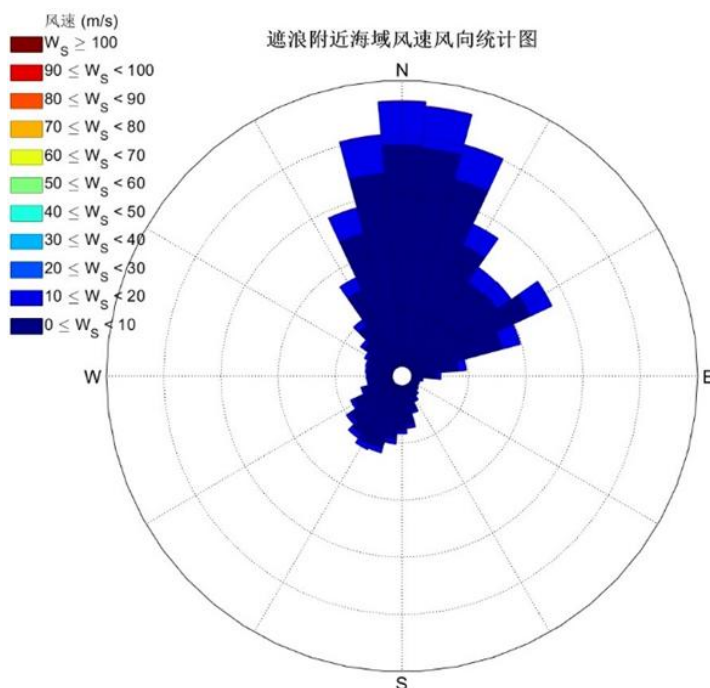


图 5.1-1 遮浪附近海域风向风速玫瑰图

3) 风速年际变化特征与周期分析

根据近 20 年资料分析，遮浪海洋站风速呈现下降趋势，2005 年年平均风速最大（8.8 米/秒），2016 年年平均风速最小（6.0 米/秒）。

5.1.2 地质地貌

(1) 区域地质构造

汕尾市处于华南褶皱系大地构造单元，地质构造和地层岩性较复杂。根据区域地质资料，陆丰的地层主要属新华夏和东西构造运动所形成。地质构造以北东走向断裂构造为主，褶皱次之，该区地层与岩石多变，区内主要分布花岗岩等岩浆岩及沉积岩，伴随断裂带分布有构造角砾岩、碎裂岩、硅化岩等动力变质岩，在平原谷地及南部沿海一带，分布有粘性土、淤泥质砂土等海陆相沉积物。

新构造运动，该区属于我国东南地洼区的东部，经历过加里东期、印支期、燕山期等多期次构造变动，新构造运动使老构造进一步复杂化。第三纪以来的地壳构造运动具有明显的继承性和一定的新生性。继承性主要表现在运动承袭燕山运动以来地壳的构造格局，以大面积抬升伴随频繁的断块差异运动，岩浆活动为主，构造线仍以属于老构造的北东东走向和近北西走向为主。

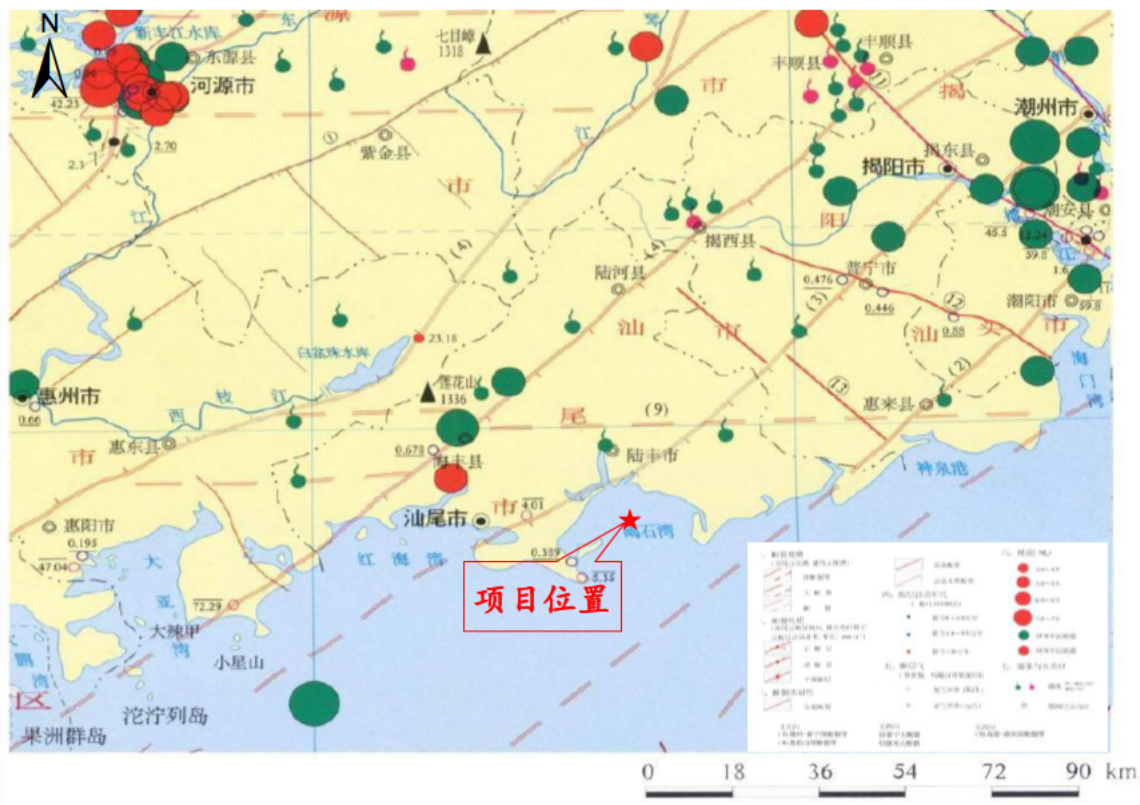


图 5.1-2 项目附近断裂分布图（广东省地震局，2000）

（2）区域地形地貌

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。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。

碣石湾海岸地貌呈现平直的沙坝泻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，岩石海岸与沙质海岸相间并存。

（3）场址区浅地层特征

本小节根据《汕尾市 06 号碣石湾海域启动区一区现代海洋牧场项目浅地层探测技术报告》编制。

技术单位在项目拟建区域内，面积约 1.01km² 的海域范围内，进行浅地层探测。布设主测线 47 条，垂直主测线间隔 100m 布设检查线 23 条，总计 70 条测线。

根据浅地层探测数据，该调查区内的浅地层自海底以下共划分了两个反射界面，两个沉积层。自海底开始，两个反射界面编号为：T0（海床反射面）、T1（沙层反射面），沉积层编号自上而下为：A、B。

A 层介于 T0、T1 反射面之间，其主要成分为淤泥混粉砂。总区域层内具有平行反射结构，同相轴连续性较好；B 层介于 T1 反射面之下，其主要成分为砂层，平行反射结构较差，见图 5.1-3。

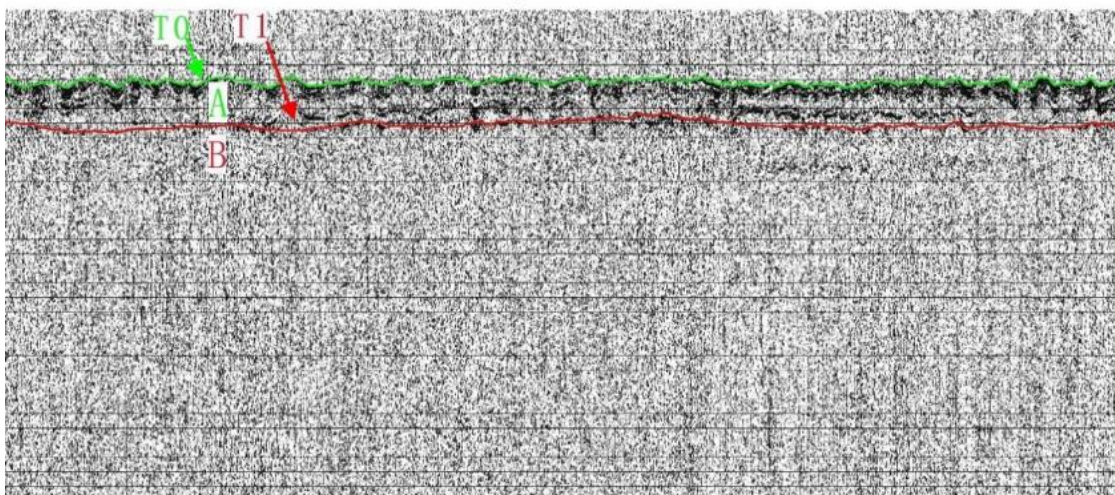


图 5.1-3 A、B、沉积层（测线 CX01 典型剖面影像图）

典型调查断面浅地层剖面图见图 5.1-4。

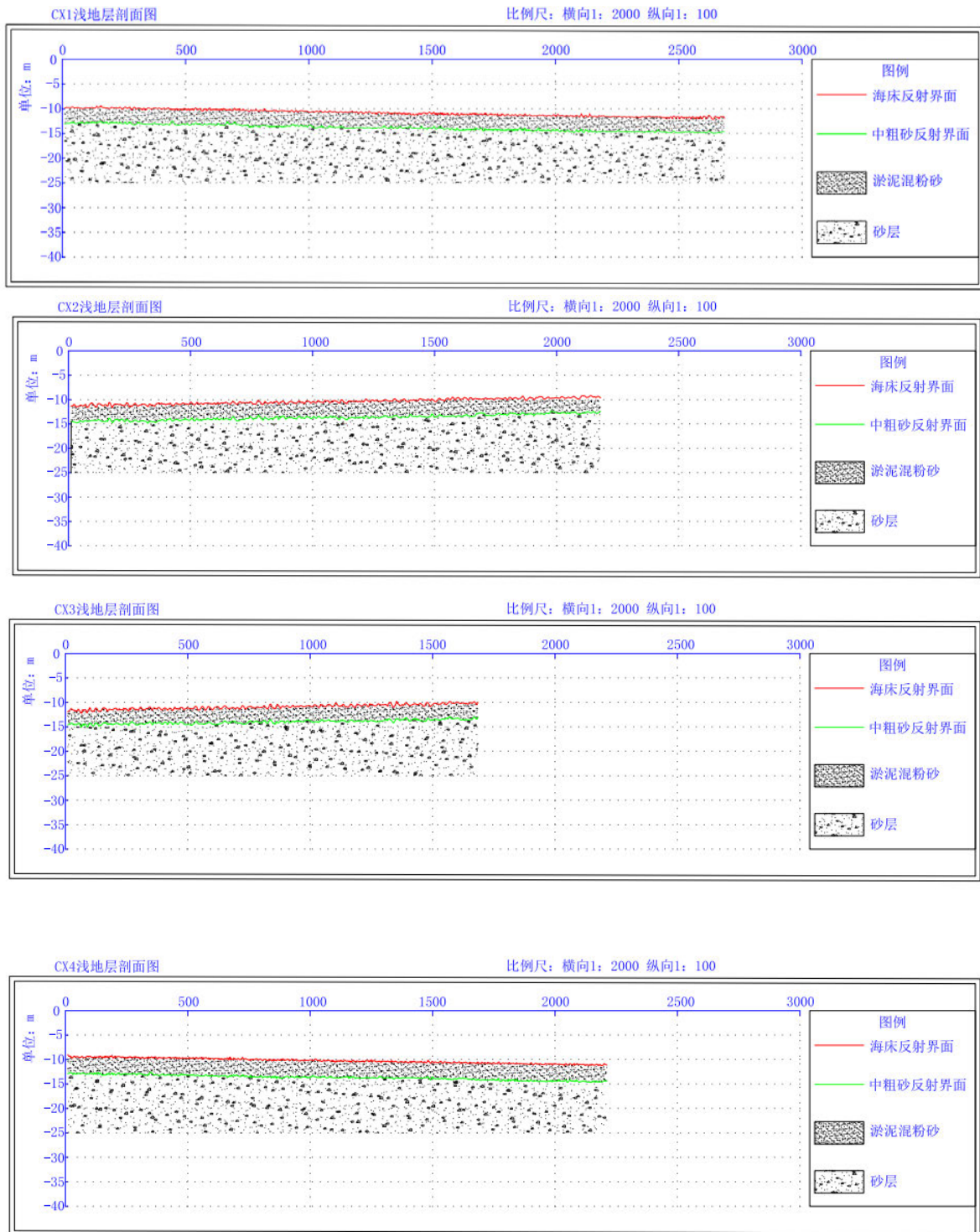


图 5.1-4 典型测线浅地层剖面图

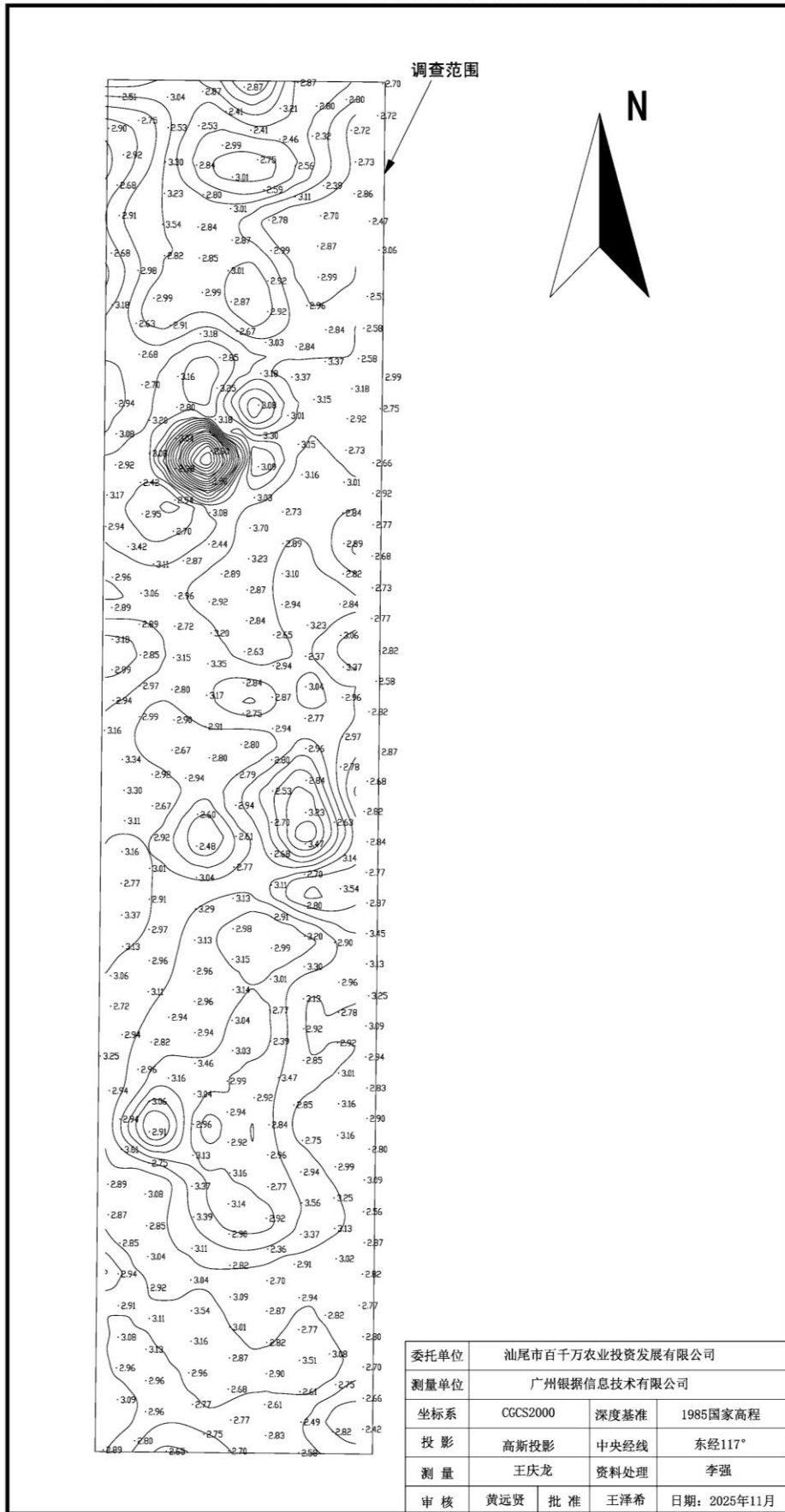


图 5.1-5 场址区海床面至砂层沉积物等厚度图

5.1.3 工程地质

本次引用项目用海区北侧约 0.1km 处“汕尾华电现代化海洋牧场项目”场址区场址勘察成果。由广东省岩土工程勘察院有限公司于 2024 年 8 月编制完成《汕尾市华电现代化海洋牧场项目岩土调查报告》，本次勘察在场址区完成 1 个钻孔的取样工作。

本次钻探揭露岩土层主要有第四系全新统海相沉积层（ Q^{mc} ）淤泥质细砂、中砂、淤泥、粉质黏土，白垩纪燕山期花岗岩（ $\gamma K1$ ），各土层岩性特征及分布特点分述如下：

1) 第四系全新统坡积层（ Q^{dl} ）

①淤泥质砂土<1-1>：灰黑色，饱和，松散，主要为石英质砂，分选性一般，含少量淤泥质土，具腥臭味。钻孔所在地段厚度较薄~较厚。钻孔揭露到层厚 4.00m，层顶埋深 11.50m（标高-7.70m），层底埋深 15.50m（标高-11.70m）。

②淤泥质土<1-3>：灰黑色，饱和，流塑状，含少量有机质及少量贝壳，具有腥臭味，局部含有少量砂。场内广泛分布，钻孔所在地段厚度较薄~较厚。钻孔揭露到层厚 6.80m，层顶埋深 15.50m（标高-11.70m），层底埋深 22.30m（标高-18.50m）。

③粉质黏土<1-4>：浅灰色，湿，可塑，主要成分为黏粒，含大量细中砂颗粒，土质不匀，韧性及干强度较差。场内广泛分布，钻孔所在地段厚度较薄~较厚。钻孔揭露到层厚 13.20m，层顶埋深 22.30m（标高-18.50m），层底埋深 35.50m（标高-1.70m）。

2) 白垩纪燕山期花岗岩（ $\gamma K1$ ）

强风化花岗岩<3-2>：褐黄、褐红色，岩芯呈半岩半土状，局部呈碎块状，原岩结构大部分已破坏，风化裂隙发育，遇水易软化。场内分布较广泛，钻孔所在地段厚度较薄~较厚。钻孔揭露到层厚 1.00m，层顶埋深 35.50m（标高-31.70m），层底埋深 36.50m（标高-32.70m）

中风化花岗岩<3-3>：褐红、灰色，岩芯呈块状~短柱状，原岩结构清晰，裂隙较发育，锤击声哑。RQD 约 78%。场内分布较广泛，钻孔所在地段厚度较薄~较厚。钻孔揭露到层厚 6.00m，层顶埋深 36.50m（标高-32.70m），层底埋深 42.50m（标高-38.70m）。取岩样 2 件。天然单轴抗压强度值为 27.6~33.6MPa，平均值为 30.6MPa。饱和单轴抗压强度值为 26.7~32.6MPa，平均值为 29.6MPa。

勘查场址区钻孔柱状图见图 5.1-6。

钻孔柱状图

第 1 页 共 1 页

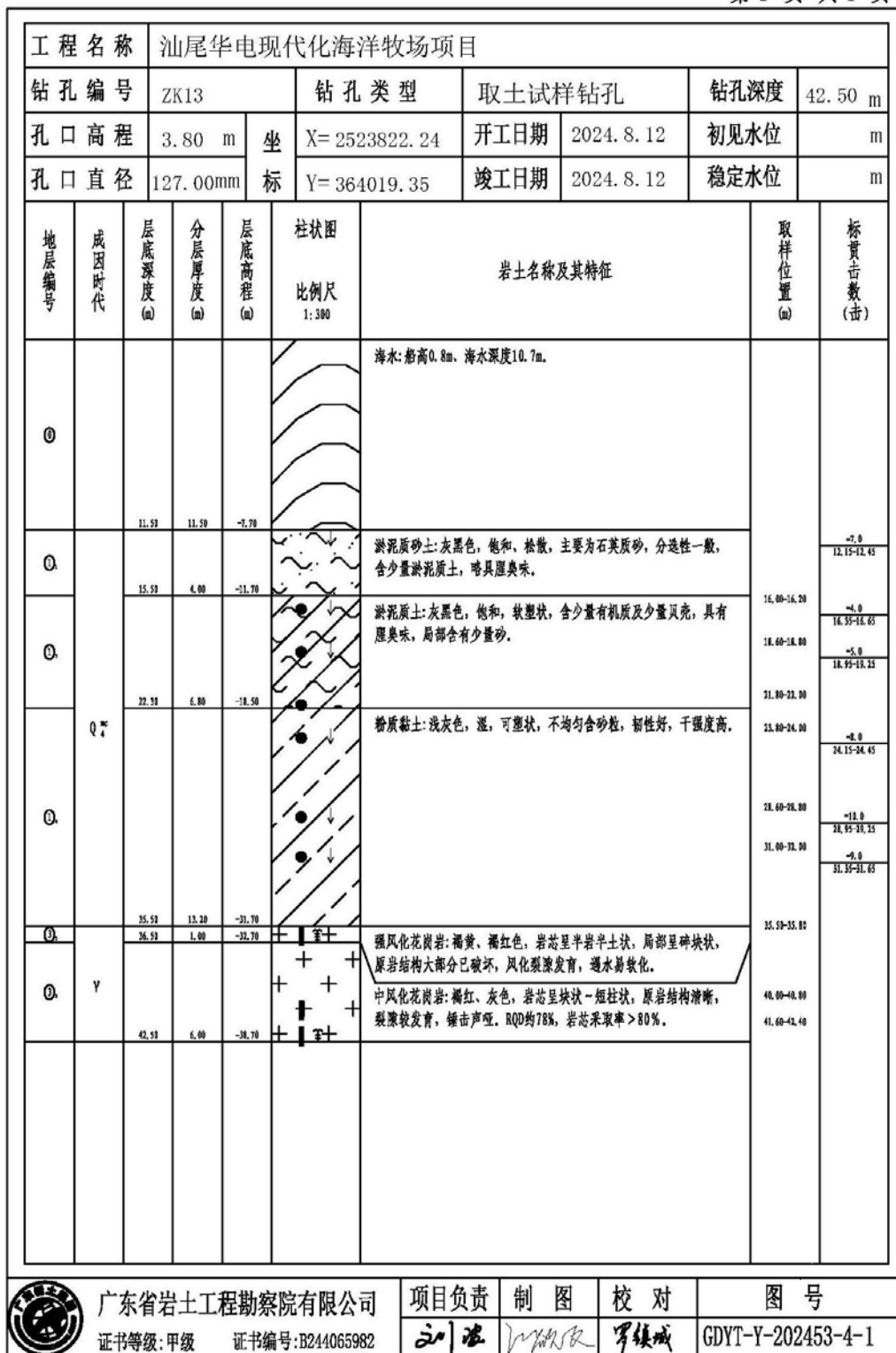


图 5.1-6 勘察场址区钻孔柱状图

5.1.4 主要海洋灾害

海洋灾害是指源于海洋的自然变异或异常现象，导致海上或沿岸发生财产损失、人员伤亡或环境破坏的事件。在《中国海洋灾害公报》及海洋学分类中，典型的海洋灾害包括：风暴潮、海浪、海冰、海啸、赤潮、海岸侵蚀、咸潮入侵等。

汕尾地区海洋灾害类型主要为风暴潮和海浪灾害，此外，今年偶有赤潮灾害发生。

（1）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。影响工程水域的台风平均每年出现 2 次左右，一般多出现于 7~9 月。

根据《2023 年广东省海洋灾害公报》统计，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。

2023 年，风暴潮灾害直接经济损失最严重的地市是珠海市，直接经济损失为 1.04 亿元，约占全省风暴潮灾害直接经济损失的 57%；其次分别为湛江市、阳江市、茂名市和汕尾市。其中汕尾市风暴潮灾害造成海洋观测设施直接经济损失为 5 万元，未造成海水养殖业、海岸防护工程等损失。

（2）海浪

灾害性海浪主要是指引起灾害的海浪，通常指海上波高高达 6m 以上的海浪。灾害性海浪往往伴随台风等出现，会对海洋工程、海岸工程、海上施工等造成严重的影响。

根据《2023 年广东省海洋灾害公报》统计，2023 年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，其中台风浪 5 次，冷空气浪 7 次。发生海浪灾害过程 **1 次，造成 1 人死亡。灾害性海浪过程中，台风浪主要发生在 7-10 月，冷空气浪主要发生在 1-2 月和 11-12 月。8 月 31 日 -9 月 2 日，受台风“苏拉”影响，广东近海海域出现了狂浪到狂涛，其余灾害性海浪过程级别均在狂浪及以下。

2023 年至 2025 年，汕尾碣石湾海域遭受了由台风引发的多次海浪灾害。其中，2023 年 9 月，超强台风“苏拉”导致汕尾近海出现 4.0 至 7.9m 的巨浪到狂浪，碣石镇浅澳村实施全村紧急转移；同月，台风“海葵”也引发了一次中浪到大浪过程，并

发布海浪蓝色警报。2025 年 9 月，超强台风“桦加沙”使邻近的红海湾海域监测到 7.5m 狂浪，最大浪高达到 11.4m 怒涛，汕尾全市采取了“五停”措施，碣石镇出现 10 级阵风。

（3）赤潮

赤潮：海洋浮游生物在一定环境条件下爆发性增殖或聚集达到某一密度，引起水体变色或对海洋中其他生物产生危害的一种生态异常现象，又称有害藻华。

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*）。

根据《2023 年广东省海洋灾害公报》，2023 年，广东省沿海共发生赤潮 6 次，累计面积 20.00 平方千米。其中，发现有害赤潮 3 次，未发现有毒赤潮。

5.2 海域资源概况

5.2.1 岸线与滩涂资源

汕尾拥有碣石湾、红海湾两大海湾，全市沿海岸线资源丰富，海岸线总长 455.2 公里，占全省岸线 11.06%，居全省第二位、粤东地区第一位。岸线分布范围广，对腹地经济发展起到良好促进作用，但是岸线集约化和开发利用程度不高，深水岸线资源没有充分发挥。本项目所在的碣石湾东起田尾角，西至遮浪岩，整体呈新月形，湾口宽 25 公里，纵深 21 公里，面积约 345 平方公里，岸线总长约 40.3 公里。湾内海滩以沙白、水清、浪小著称，是理想的天然游泳海滩。如观音岭下的海滩长达 8 公里，海中距岸 100 米处水深仅 1.5 米，距岸 200 米水深 2 米。

根据《汕尾市养殖水域滩涂规划（2018-2030 年）》（汕尾市农业农村局 2019 年 8 月），汕尾市大陆架内（即 200 米水深以内）海域 2.39 万 km²，相当于陆地面积的 4.5 倍。其中，80m~200m 水深的中外渔场 1.38 万 km²，40m~80m 水深的近海渔场 4800 km²，

40m 以内浅海的沿岸渔场 5300 km²。10m 等深线内浅海、滩涂 6.96 万公顷，其中浅海 6.66 万公顷，滩涂 3000 公顷，目前已开发利用的有 2.45 万公顷。另外，沿海岸还有 1600 公顷的沙荒地，可用于建设高标准池塘养殖鱼虾贝类。

5.2.2 岛礁资源

汕尾市濒临南海，海域辽阔，海岸线长，近海岛屿众多。根据《中国海岛志·广东卷》记载，汕尾市近海海域有岛（礁）311个，其中有居民岛2个，无居民岛（礁）309个。海岛总面积79.6km²，岛岸线长12.82km，面积大于或等于500m²的岛（礁）93个。根据2007年版《陆丰县志》记载，陆丰县共有岛屿17个，具体名称是：甲子屿岛、叠石岛、东白礁岛屿、大礁母岛、宫仔岛、赤礁东岛、大士岛、羊仔岛、北士岛、渔翁礁、眼礁岛、东桔礁岛、西桔礁岛、刺礁岛、头干岛、白礁岛、黑大礁岛。

碣石湾内的岛礁主要分布在湾的东、西两侧，本项目场址区周边距离最近的海岛约5km。

5.2.3 港航资源

（1）港口资源

汕尾港是广东沿海的地区性重要港口，是汕尾市发展现代物流和临港工业的重要基础，规划以能源物资、原材料及通用散杂货运输为主，兼顾集装箱喂给运输，发展为多功能的综合性港口。根据 2014 年 5 月广东省人民政府同意批复的《汕尾港总体规划》，汕尾港划分为海丰港区、汕尾港区、汕尾新港区、陆丰港区等 4 个港区。主要分布于红海湾和碣石湾内，本项目所在海域为汕尾港陆丰港区附近。

根据《汕尾港陆丰港区规划调整方案》（2020 年），陆丰港区位于螺河口至甲子角之间，原有泊位 5 个，集疏运的方式为公路。规划陆丰港区由乌坎、碣石、湖东三个作业区以及田尾山港点组成。

乌坎作业区现有码头为乌坎货运码头，码头长度 125m，共有 2 个 500 吨级泊位。

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

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

湖东作业区规划布置 2 个 100000~150000 吨级散货泊位和 1 个 3000 吨级重件泊位。

（2）航道资源

本项目附近的航道主要有乌坎西线航道、乌坎东线航道、碣石航道、甲子航道及大星山甲子航道。乌坎西线航道、乌坎东线航道、碣石航道、呈“三角形”分布。

乌坎东线航道、乌坎西线航道现状均为 500 吨级集装箱航道，主要是近海习惯航路航行的船舶转向进入碣石湾，沿东口或西口进入乌坎作业区。

碣石航道为 5000 吨级液化气船航路，该航道原为碣石湾油库码头成品油船舶运输习惯航路，后由于中国石化燃料油销售有限公司广东分公司碣石湾油库码头自 2001 年停产至今，码头钢引桥栈桥年久失修已损坏，且码头前沿回淤，航道已基本不使用。

甲子航道现状可通航 300 吨级杂货船舶。

表 5.2-1 本项目附近航道信息汇总表

航道名称	起点	终点	起点坐标	终点坐标	航道里程 (km)	航道保护范围宽度 (m)
大星山甲子航道	遮浪角	田尾角	N:22°35'40" E:115°33'00"	N:22°41'00" E:115°50'00"	31	2657
	田尾角	甲子林公礁	N:22°41'00" E:115°50'00"	N:22°47'25" E:116°10'00"	36	
碣石航道	遮浪	碣石油气码头	N:22°38'48" E:115°35'00"	N:22°47'34.5" E:115°47'39.1"	27.2	994
乌坎西线航道	遮浪	乌坎码头	N:22°38'48" E:115°35'00"	N:22°53'06.3" E:115°40'06.7"	34.8	837
乌坎东线航道	田尾角	新开河口灯桩	N:22°41'00" E:115°50'00"	N:22°52'25.5" E:115°39'43.4"	29.2	837
甲子航道	田尾角	甲子杂货码头	N:22°41'00" E:115°50'00"	N:22°52'45.1" E:116°04'37.5"	34.6	630

5.2.4 锚地资源

项目区域不涉及规划锚地和现存锚地。汕尾港总体规划现有锚地与规划锚地一致，共 15 个锚地。本项目位于陆丰市金厢镇虎尾山西南侧，工程附近有汕尾港 10#、11#、12#锚地。碣石湾内锚地信息列表见表 5.2-2。

表 5.2-2 汕尾港碣石湾内锚地信息表

序号	名称	中心地点	半径	用途
10	过驳锚地	115°41'00"E 22°45'00"N	2 海里	过驳、候泊、防台
11	引航检疫锚地	115°45'00"E 22°47'00"N	0.5 海里	引航、检疫、防台

序号	名称	中心地点	半径	用途
12	引航检疫锚地	115°40'00"E 22°50'00"N	0.5 海里	引航、检疫、防台

本施工期间不涉及特大型施工船舶，作业船防台可就近选择碣石渔港内避风港、金厢渔港内避风。

5.2.5 旅游资源

汕尾市海岸线上分布着众多沙滩、奇岩、岛礁、古迹等滨海迷人风光，“神、海、沙、石”兼备，具有“阳光、沙滩、海水、空气、绿色”5个旅游资源基本要素，历史、人文内容也十分丰富，适于开发观光旅游、购物旅游、宗教旅游。金厢、遮浪、捷胜等地海滩连绵，安全系数高、沙质细软，海水水质好，开发滨海旅游条件得天独厚，是海水浴场、日光浴场、水上运动场优良场所，其中以遮浪和金厢旅游资源开发潜力最大。本项目所在的碣石湾海滩素有“粤东黄金海岸”之称，以“神、海、沙、石”四者兼备而闻名遐迩。现有观音岭、玄武山两处旅游景点。

观音岭位于碣石镇北与金厢交界之处，因岭上有观音禅淙堂（水月宫）而得名。岭下海滩长达 8km，海中距岸 100m 处水深才 1.5m，距岸 200m 水深 2m。沙白、水清、浪小，是一个理想的天然游泳海滩。玄武山位于碣石镇，元山寺建在玄武山南麓，占地 15 公顷，是佛道两教合一的宗教活动场所；也是汕尾地区一处历史悠久、驰名海内外尤其是东南亚的名胜古迹。

5.3 养殖产业现状

（1）产业现状

目前，汕尾市海水养殖初具规模，养殖资源品种丰富。2023 年，汕尾水产品总产量 61.76 万吨，渔业经济总产值 168.61 亿元，其中海水养殖产品产量 37.63 万吨，海水养殖总产值 75.93 亿元。汕尾市为全省海水鱼类主产区之一，海水鱼类养殖产量 10.23 万吨，占全省产量 12.34%，主要养殖品种包括海鲈（花鲈）、石斑鱼、鲷鱼、大黄鱼、金鲳鱼（卵形鲳鲹）、鰺鱼等。海水甲壳类总产量 7.97 万吨，占全省产量 10.53%，主要养殖品种包括南美白对虾、斑节对虾、日本对虾、梭子蟹、青蟹等。海水贝类养殖产量 19.39 万吨，主要养殖品种包括牡蛎（生蚝）、鲍鱼、螺、蚶、贻贝、扇贝、蛤等。海水藻类养殖规模较少，以紫菜为主。

全市已建成多条配套完善的水产品深加工生产线，以冻鱼和鱼丸、鱼饺等鱼糜制

品加工为主。汕尾冷链骨干网建设起步，城区、海丰县、陆丰市、陆河县、华侨管理区等 5 个冷链骨干网投产运营，具备海产品产地商品化处理和加工流通能力。陆丰海洋工程基地是国内最大的海上风电母港之一，海工装备制造产业优势为深远海养殖设施装备制造与组装提供坚实的基础。

（2）养殖容量

根据《汕尾市现代化海洋牧场建设规划（2024—2035 年）》环境影响说明，根据《深水网箱养殖技术规范》（DB 44/T 742-2010）第 6.1.3 条“深水网箱养殖区的养殖面积不应超过可养殖海区面积的 5%”以 C100 型重力式深水网箱，按苗种放养密度 5—10 kg/m³，苗种重量 17 g/尾估算汕尾市适养海域总可养殖鱼苗数量约为 535.73 亿尾，可养成鱼 91.07 万吨。

5.4 环境保护目标概况

（1）生态保护红线

根据广东省 2021 版生态保护红线矢量，本项目用海区未占用生态保护红线。项目距离西侧碣石湾长毛对虾重要渔业资源产卵场生态保护红线最近，距离为 0.37km，项目周边生态保护红线情况见表 5.4-1。

表 5.4-1 项目海域生态保护红线一览表

序号	名称	红线类型	面积（m ² ）
1	金厢重要渔业资源产卵场	重要渔业资源产卵场	15490140.92
2	碣石湾长毛对虾重要渔业资源产卵场		18722576.72
3	金厢海岸防护物理防护极重要区	海岸防护物理防护极重要区	9029038.37
4	金厢镇山门村海岸防护物理防护极重要区		573799.60
5	乌坎港上海村海岸防护物理防护极重要区		3726314.48
6	汕尾海丰鸟类地方级自然保护区	重要滩涂及浅海水域	16588617.61
7	碣石湾海马珍稀濒危物种分布区	珍稀濒危物种分布区	678643315.67

（2）水产种质资源保护区

汕尾碣石湾鲮鱼长毛对虾国家级水产种质资源保护区是原农业部第 1873 号公告的第六批国家级水产种质资源保护区之一。

汕尾碣石湾鲮鱼长毛对虾国家级水产种质资源保护区总面积 1800 公顷，其中核心区面积 675 公顷，实验区面积 1125 公顷。核心区特别保护期为每年 2 月 1 日-4 月

30日和10月1日-12月31日。保护区位于广东省东部汕尾市碣石湾内，以界址点1、（22°49'08"N，115°37'22"E）；2、（22°47'13"N，115°37'22"E）；3、（22°47'13"N，115°40'26"E）；4、（22°49'08"N，115°40'26"E，）四点连线围成。核心区由以下四点连线范围内区域，经纬度坐标分别为：1、（22°48'39"N，115°37'55"E）；2、（22°47'34"N，115°37'55"E）；3、（22°47'34"N，115°40'00"E）；4、（22°48'39"N，115°40'00"E）。实验区为保护区内除核心区以外的区域。保护区主要保护对象为鲮、长毛对虾，其他保护对象包括海鳗、赤点石斑鱼、花鲈、三疣梭子蟹、锯缘青蟹等物种。

（3）海水浴场

陆丰海纳金滩海水浴场项目主要包含“海水浴场”及配套的“临时浮式水上平台”。海水浴场长300m，宽约176m；临时浮式水上平台是T型结构，采用高分子聚乙烯材料制作的水上浮筒拼接而成，T型水上平台尺寸为77m×24m×4m。救生瞭望台采用可移动钢构成品，均布在海水浴场岸滩。

（4）国家级海洋牧场示范区

广东省陆丰金厢南海域国家级海洋牧场示范区人工鱼礁建设项目在示范区内建设人工鱼礁区1座，布设4个人工鱼礁群，每个鱼礁群鱼布设礁单体个数为456个，共投放鱼礁单体1824个，礁型以钢筋混凝土和钢结构预制件为主，适当结合旧船等多种礁材、礁型，成礁体总空方量49248m³；建设礁区海上警示浮标4座，礁区陆地警示牌（标示牌和标示石碑）2座；建设礁区在线自动监控系统1套。

（5）重要渔业水域

南海北部幼鱼繁育场保护区：位于南海北部及北部湾沿岸40m等深线水域、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。

南海区幼鱼幼虾保护区：位于广东省沿岸由粤东的南澳岛至粤西的雷州半岛徐闻县外罗港沿海20米水深以内海域的保护区内，管理要求为禁止在保护区内进行底拖网作业。保护期为每年的3月1日至5月31日。

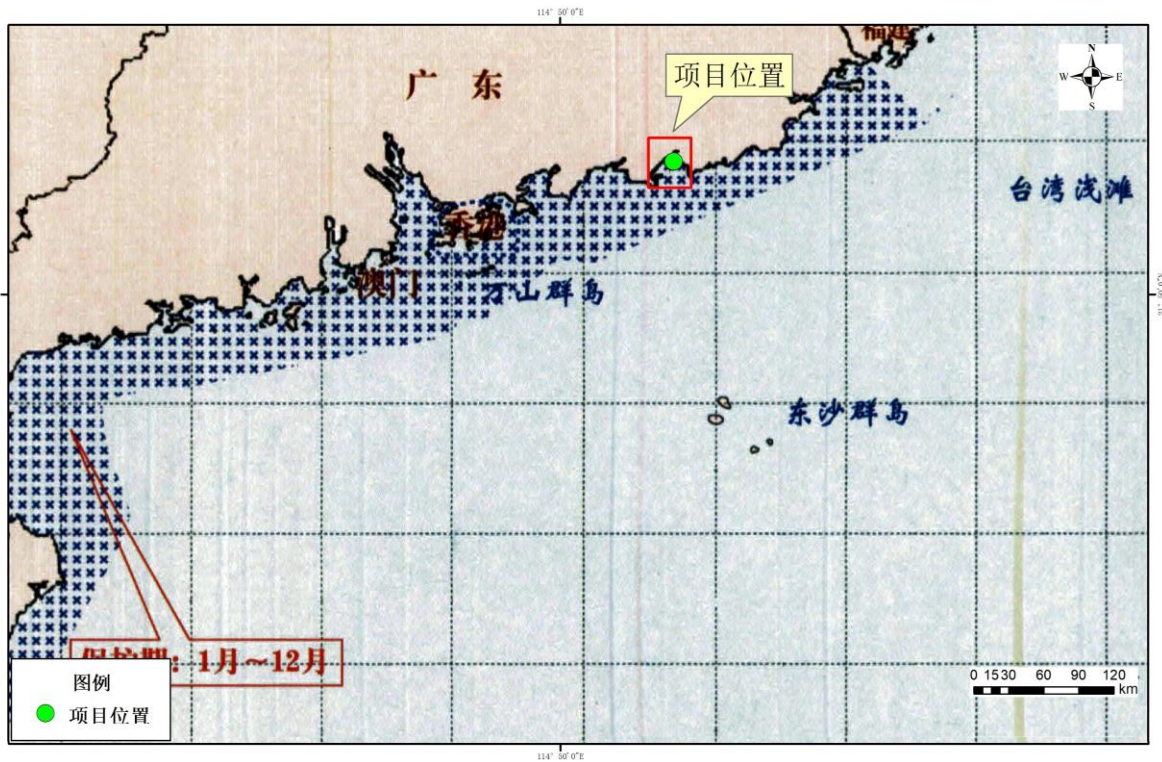


图 5.4-1 项目与南海北部幼鱼繁育场保护区位置关系示意图

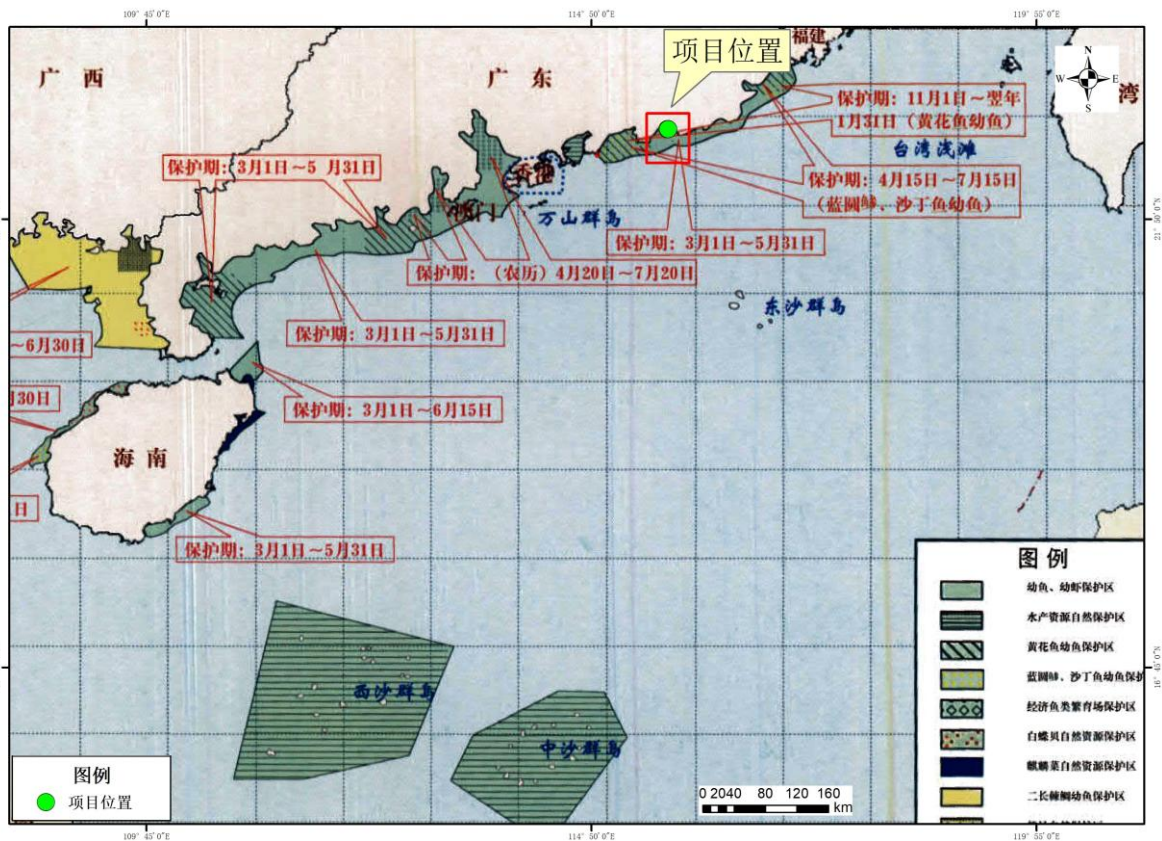


图 5.4-2 项目与幼鱼幼虾保护区位置关系示意图

(6) 金屿珊瑚礁

本次收集到 2023 年 2 月金屿岛附近珊瑚资源调查工作成果。该次调查依照国际

通用的截线样带法制定目标海域造礁石珊瑚调查。调查潜水员先对金屿岛周边海域情况进行了基本观测，下潜 1~2 次，游动 5~10 分钟通过目测的方式对指定海域进行估测。水下调查相关参数见表 5.4-2。

表 5.4-2 珊瑚资源水下调查数据

调查样带	经纬度(度, 分, 秒)	潜水时间(分, 秒)	最大深度(m)	平均深度(m)	水底温度(°C)
1#	经度: 东 115°37'5.96" 纬度: 北 22°42'5.24"	17'12"	6.6	5.4	16.3
2#	经度: 东 115°37'6.76" 纬度: 北 22°42'14.4"	18'22"	5.8	4.3	16.2
3#	经度: 东 115°37'27.94" 纬度: 北 22°42'23.78"	11'30"	6.1	5.2	16.4
4#	经度: 东 115°37'18.4" 纬度: 北 22°42'6.48"	6'06"	4.9	3.5	16.2

本次调查中，在预设的珊瑚调查 1#~4#点位下潜进行观察，其中在 1#和 2#点位发现较多水下生活态的珊瑚，在 3#位点的珊瑚分布明显减少，4#位点基本没有水下生活态珊瑚分布。

在对应位点取得的水下视频中，将具有代表性的造礁珊瑚及其珊瑚礁生态系统中的共生生物予以截图，见图 5.4-3。

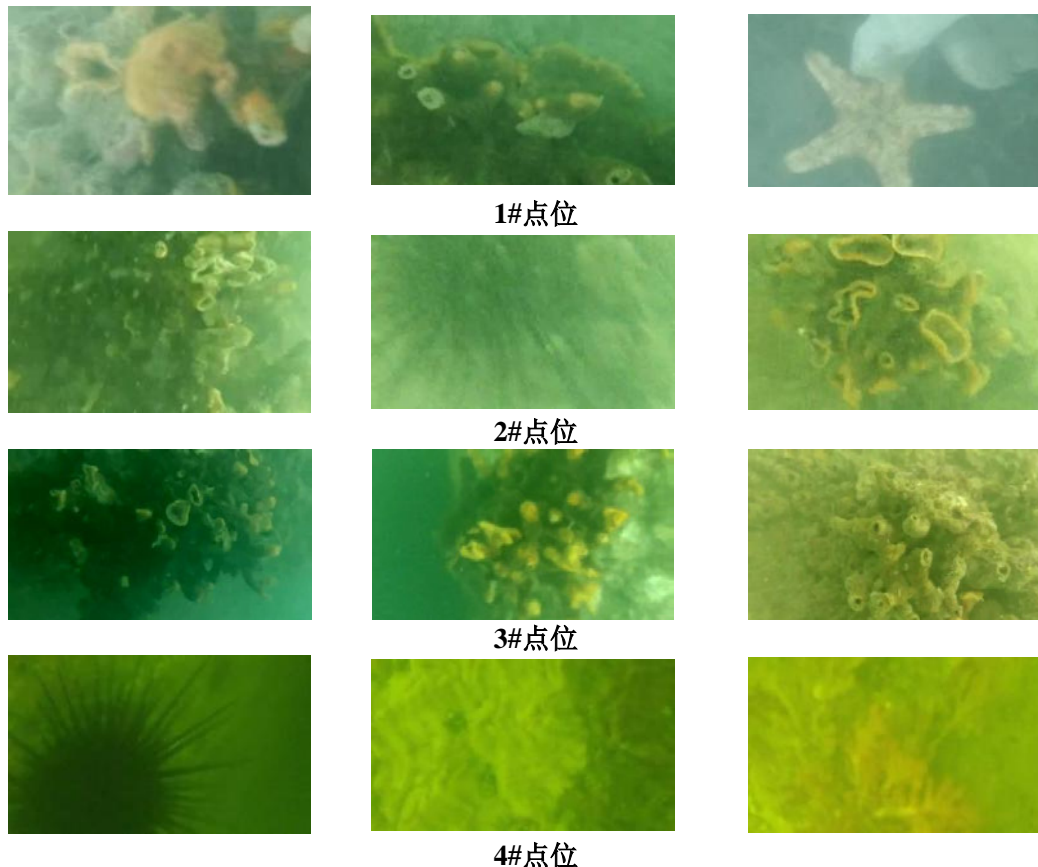


图 5.4-3 活体珊瑚资源水下视频截图

在金屿岛岛陆踏查中，调查团队在金屿岛三处海滩收集到了若干珊瑚白化骨骼作为标本带回实验室鉴定。根据鉴定结果，在金屿岛岛陆采集的珊瑚骨骼样本共涉及扁脑珊瑚属（*Platygyra* sp.）、刺星珊瑚属（*Cyphastrea* sp.）、角孔珊瑚属（*Goniopora* sp.）、盘星珊瑚属（*Dipsastraea* sp.）、邓肯沙珊瑚属（*Duncanopsammia* sp.）、刺叶珊瑚属（*Echinophyllia* sp.）、蔷薇珊瑚属（*Montipora* sp.）、鹿角珊瑚属（*Acropora* sp.）共计 8 属、10 种珊瑚白化骨骼，证明金屿岛附近海域分布的珊瑚种类包含以上几种。根据《近岸海洋生态健康评价指南》（HY/T 087-2005），调查区珊瑚礁等典型海洋生态系统的健康状况为“健康”。

本次调查在金屿岛西侧与北侧的 1 号、2 号样点发现较为丰富的活体珊瑚分布，在小金屿旁的 3 号样点中发现较为丰富的珊瑚生态系统共生动物。在金屿岛东侧的 4 号样点由于海浪较为湍急，珊瑚礁分布较少，综合以上所述推断金屿岛西侧北侧南侧珊瑚礁分布较为广泛，东侧珊瑚礁分布较少。根据珊瑚白化骨骼样本的鉴定结果，共鉴定出共计 8 属、10 种珊瑚白化骨骼类型。综合评价表明调查区珊瑚礁海洋生态系统的健康状况为“健康”。

（7）近岸海域国控监测站位

根据调查，碣石湾内设有 3 个近岸海域海水水质国控监测站位，分别为：

GDN14013（经度 115.67°，纬度 22.83°）；

GDN14004（经度 115.67°，纬度 22.77°）；

GDN14015（经度 115.78°，纬度 22.79°）。

根据生态环境部国控水站监测实时数据发布系统，本次收集了生态环境部海水水质国控站监测实时数据发布系统发布的 2024 年、2025 年 2 个年度共 6 期水质监测结果，监测结果见表 5.4-3。

表 5.4-3 2023~2024 年近海海域国控监测站监测结果表

点位编码	监测时间	pH (无量)	溶解氧 (mg/L)	化学需氧量 (mg/L)	无机氮 (ng/L)	活性磷酸盐 (mg/L)	石油类 (mg/L)	水质类别
GDN14004	2024-10	7.92	6.07	0.51	0.026	0.003	0.009	一类
GDN14013	2024-10	8.11	6.49	0.51	0.026	0.002	0.005	一类
GDN14015	2024-10	8.07	6.48	0.63	0.015	0.001	0.003	一类
GDN14004	2024-07	8.08	6.03	0.28	0.108	0.003	0.003	一类
GDN14013	2024-07	8.22	6.40	0.87	0.137	0.002	0.003	一类

点位编码	监测时间	pH (无量)	溶解氧 (mg/L)	化学需氧量 (mg/L)	无机氮 (ng/L)	活性磷酸盐 (mg/L)	石油类 (mg/L)	水质类别
GDN14015	2024-07	8.24	6.28	0.36	0.149	0.001	0.003	一类
GDN14004	2024-04	8.05	6.24	0.24	0.021	0.003	0.002	一类
GDN14013	2024-04	8.07	6.26	0.40	0.023	未检出	0.002	一类
GDN14004	2025-10	8.00	6.08	0.18	0.008	0.005	0.004	一类
GDN14013	2025-10	8.09	6.29	未检出	0.018	0.002	0.003	一类
GDN14015	2025-10	7.97	6.32	0.28	0.008	0.012	0.003	一类
GDN14004	2025-07	8.17	6.28	0.60	0.068	0.009	0.006	一类
GDN14013	2025-07	8.32	6.70	1.51	0.057	0.003	0.004	一类
GDN14015	2025-07	8.37	6.53	1.25	0.017	0.001	0.011	一类
GDN14004	2025-04	8.02	6.50	0.20	0.007	0.003	0.005	一类
GDN14013	2025-04	8.24	6.18	0.19	0.009	0.001	0.006	一类

由上表监测数据可见，2024~2025 年各国控水质监测站水质均能够稳定达一类海水水质标准。

5.5 珍稀生物资源

根据汕尾市野生动物本地资源调查，汕尾市碣石湾沿岸和近岸海域珍稀水生生物主要有黑脸琵鹭、东方白鹳以及海马等。

（1）黑脸琵鹭、东方白鹳

黑脸琵鹭与东方白鹳主要集中分布在碣石湾沿岸滩涂水域，核心栖息地为广东海丰鸟类省级自然保护区，该保护区总面积约 11590.5 公顷，地处东亚—澳大利西亚候鸟迁飞路线的关键节点，由公平、大湖、东关联安围三个分区组成。相关监测数据显示，2023 年该保护区记录到黑脸琵鹭 423 只，创历史新高；2026 年初在大湖分区更观测到 200~300 余只黑脸琵鹭与 56~100 只东方白鹳集群越冬，证实了该区域是黑脸琵鹭与东方白鹳主重要越冬地的生态功能。在迁飞行为方面，东亚—澳大利西亚路线上的多数水鸟（包括黑脸琵鹭、东方白鹳）主要选择沿岸飞行模式，利用海岸线、近海滩涂及东亚季风形成的“空中高速通道”完成南北迁徙，其中黄渤海沿岸湿地是关键性的停歇“加油站”。海丰鸟类省级自然保护区正处于这一沿海通道的南段终点区，每年

10月至次年3月为候鸟越冬期。目前相关观测多集中于碣石湾湾顶的河口滩涂区域，无明确记录显示滩涂活动区鸟类向碣石湾湾口（即外海方向）进行规律性飞行或觅食活动。

（2）海马

海马因其头部酷似马头而得名，是一种近陆浅海小型鱼类，隶属海龙目海龙科。海马属头侧扁，头每侧有2个鼻孔，头与躯干成直角形，胸腹部凸出，由10~12个骨头环组成，一般体长10cm左右，尾部细长，具四棱，常呈卷曲状，全身完全由膜骨片包裹，有一无刺的背鳍，无腹鳍和尾鳍。雄性海马腹面有一个育儿囊，卵产于其内进行孵化，一年可繁殖2~3代。

生活习性：海马因其拟态适应特性，习性也较特殊，喜栖于藻丛或海韭菜繁生的潮下带海区。性甚懒惰，常以卷曲的尾部缠附于海藻的茎枝之上，有时也倒挂于漂浮着的海藻或其他物体上，随波逐流。即使为了摄食或其他原因暂时离开缠附物，游泳一段距离之后，又找到其他物体附着之上。海马的游泳姿势十分优美，鱼体直立水中，完全赖以背鳍和胸鳍高频率地作波状摆动(每秒钟10次)而作缓慢的游动(每分钟仅达1~3m)。海马的活动一般多在白天(上午和下午),晚上则呈静止状态。海马在水质变劣、氧气不足或受敌害侵袭时，往往因咽肌收缩而发出咯咯的响声，这给养殖者发出“求救”的信号，但在摄食水面上的饵料时也会发声，应加以区别。

食性：海马是靠鳃盖和吻的伸张活动吞食食物，饵料的大小以不超过吻径为度。对饵料的种类和鲜度有一定选择性。海马的觅食视距仅为1m左右，所以饵料要投在经常群集处。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。在人工饲养条件下，以摄食糠虾和樱虾效果最好，其次为足类和端足类。淡水枝角类等也可为食，但要注意避免因在海水中迅速死亡以污染水质。

生活环境：在自然海域中，海马通常喜欢生活在珊瑚礁的缓流中，因为它们不善于游水，故而经常用它那适宜抓握的尾部紧紧勾勒住珊瑚的枝节、海藻的叶片上，将身体固定，以使不被激流冲走。

生育：每年的5月~8月是海马的繁殖期，8~9月为盛产期。

碣石湾海马珍稀濒危物种分布区位于碣石湾湾口以外，距离本项目用海区约18km，主要保护对象为海马资源及其生境。春秋季调查中未发现海马。早在2006年，汕尾市

政府即批准成立了“汕尾市碣石湾海马资源市级自然保护区”，主要保护对象为三斑海马、日本海马、克氏海马及其栖息环境。目前，碣石湾外已划定“碣石湾海马珍稀濒危物种分布区生态保护红线”和“汕尾陆丰碣石湾海马地方级自然保护区生态保护红线”。

5.6 开发利用现状

5.6.1 海域开发利用现状

本项目评价范围内开发利用现状主要有航道航路、锚地、生态保护红线、水产种质资源保护区、开放式养殖用海、人工渔礁等。周边项目所在海域周边开发利用现状及位置信息详见图 5.6-1 和表 5.6-1。

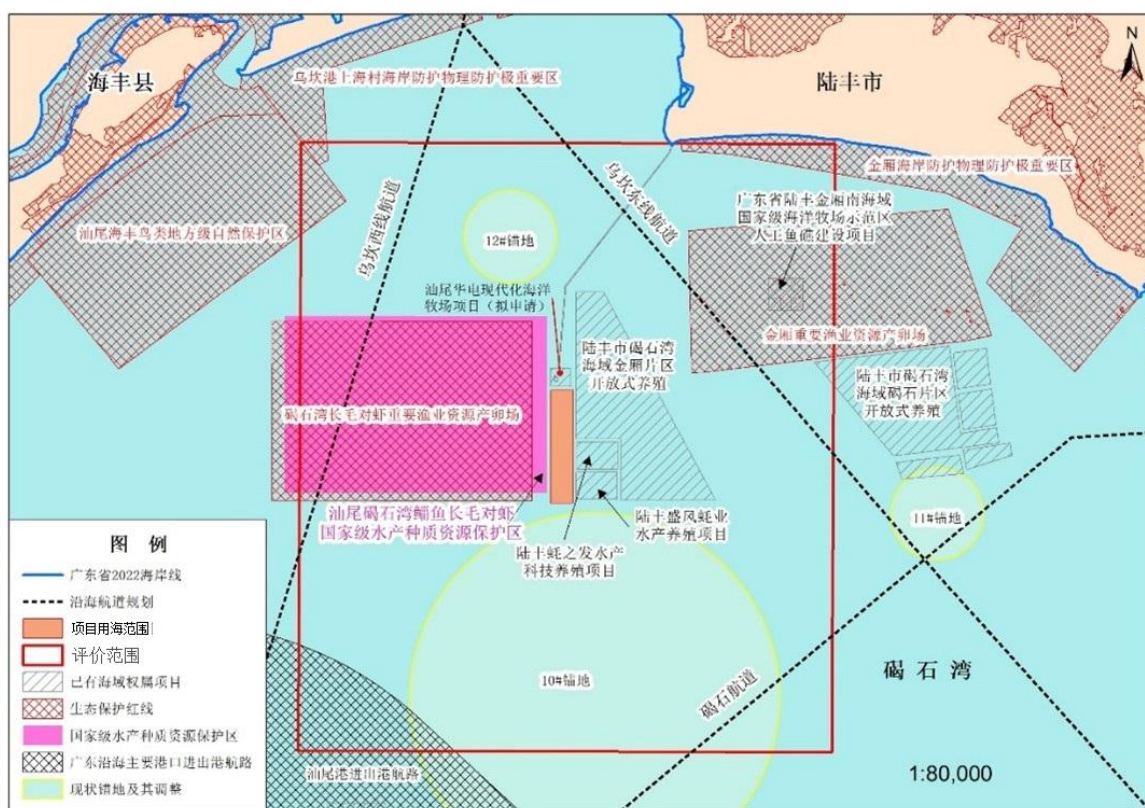


图 5.6-1 项目周边海域开发使用现状图

表 5.6-1 项目周边海域开发利用现状一览表

编号	海域开发活动	相对位置、距离
1	乌坎东线航道	项目东北侧，3.1km
2	乌坎西线航道	项目西侧，3.8km
3	碣石航道	项目东南侧，5.3km

编号	海域开发活动	相对位置、距离
4	10#锚地	项目南侧，0.2km
5	12#锚地	项目北侧，2.2km
6	汕尾碣石湾鲮鱼长毛对虾国家级水产种质资源保护区	项目西侧，0.07km
7	碣石湾长毛对虾重要渔业资源产卵场生态保护红线	项目西侧，0.37km
8	金厢重要渔业资源产卵场生态保护红线	项目东侧，2.4km
9	金厢海岸防护物理防护极重要区生态保护红线	项目东北侧，5.3km
10	汕尾海丰鸟类地方级自然保护区生态保护红线	项目西北侧，5.7km
11	乌坎港上海村海岸防护物理防护极重要区生态保护红线	项目西北侧，6.4km
12	广东省陆丰金厢南海域国家级海洋牧场示范区人工鱼礁建设项目	项目东侧，4.2km
13	陆丰盛风蚝业水产养殖项目	项目东侧，0.07km
14	陆丰蚝之发水产科技养殖项目	项目东侧，0.07km
15	汕尾华电现代化海洋牧场项目	项目北侧，0.1km
16	陆丰市碣石湾海域金厢片区开放式养殖用海项目	项目东侧，0.07km
17	陆丰市碣石湾海域碣石片区开放式养殖用海项目	项目东侧，4.8km

（1）航道航路

本项目附近的航道主要有乌坎东线航道、乌坎西线航道、碣石航道。本项目未占用航道。

（2）锚地

项目周边有 2 个锚区，分别为 10#锚地、12#锚地。其中，10#锚地距离本项目约 0.2km，12#锚地距离本项目约 2.2km。本项目未占用锚地。

（3）开放式养殖用海

项目周边 5 公里范围海域内存在 5 个开放式养殖用海项目，包括：陆丰盛风蚝业水产养殖项目、陆丰蚝之发水产科技养殖项目、汕尾华电现代化海洋牧场项目（拟申请）、陆丰市碣石湾海域金厢片区开放式养殖用海项目、陆丰市碣石湾海域碣石片区开放式养殖用海项目等多个开放式养殖用海项目。

经现场踏勘和卫星影像核查，截至 2025 年 4 月，项目用海区域内未发现养殖设施，周边邻近区域也没有无证养殖设施。

（4）人工渔礁

项目周边海域有广东省陆丰金厢南海域国家级海洋牧场示范区人工鱼礁建设项目，位于项目东侧，距离约 4.2km。

5.6.2 海域使用权属现状

根据本项目周边海域使用权属状况的资料收集情况及走访调查结果，本项目用海区边界外扩 5km 范围内已确权用海活动有：4 个养殖用海和 1 个人工渔礁项目，另外有 1 个正在申请用海的汕尾华电现代化海洋牧场项目，其位置示意图见图 5.6-1，相关权属信息见表 5.6-2。项目申请用海范围与周边用海项目不存在权属重叠。

表 5.6-2 项目周边海域使用权属信息一览表

序号	项目名称	使用权人	海域管理编号	用海类型	用海方式	宗海面积 /公顷	用海期限
1	陆丰市碣石湾海域金厢片区开放式养殖用海项目	陆丰市农业农村局	2024C44158101785	渔业用海	开放式养殖	587.6023	2024.3.4-2039.3.3
2	陆丰蚝之发水产科技养殖项目	陆丰市蚝之发水产养殖有限公司	2023D44158101778	渔业用海	开放式养殖	44.92	2023.8.11-2028.8.11
3	陆丰盛风蚝业水产养殖项目	陆丰市盛风蚝业水产养殖有限公司	2023D44158101787	渔业用海	开放式养殖	44.92	2023.8.11-2028.8.11
4	广东省陆丰金厢南海域国家级海洋牧场示范区人工鱼礁建设项目	陆丰市农业农村局	2022D44158102946	渔业用海	开放式养殖	20.7914	2022.7.13-2062.7.12
5	广东省陆丰金厢南海域国家级海洋牧场示范区人工鱼礁建设项目	陆丰市农业农村局	2022D44158102939	渔业用海	透水构筑物	23.99	2022.7.13-2062.7.12
6	陆丰市碣石湾海域碣石片区开放式养殖用海项目	陆丰市农业农村局	2024C44158101779	渔业用海	开放式养殖	443.4667	2024.2.3-2039.2.2
7	汕尾华电现代化海洋牧场项目（正在申请用海中）	汕尾华电能源有限公司	——	渔业用海、游憩用海	开放式养殖、海底电缆、游乐场、透水构筑物	17.0116	——

6 环境质量现状调查与评价

6.1 水文动力环境现状调查

本次水文动力现状调查采用广州海兰图检测技术有限公司在碣石湾海域开展的水文动力现场调查数据，调查时间为 2021 年 5 月 27~5 月 28 日，数据时效性符合技术导则要求。

6.1.1 调查概况

本次水动力调查在碣石湾海域设置了潮流测站 6 个，分别为 SW2-1~ SW2-6 号站；潮位站 2 个，分别为 SWC3 站和 SWC4 站，潮流、潮位站均在评价范围内。

潮位观测时间为 2021 年 5 月 27 日 1 时~2021 年 5 月 29 日 23 时，采样频率为 5 分钟一次。潮流观测时间为 2021 年 5 月 27 日 22 时~2021 年 5 月 28 日 23 时，观测频率为每小时一次。

潮流、潮位站具体位置见表 6.1-1 和图 6.1-1。

表 6.1-1 水文调查各测站坐标和观测项目

站位	东经 E (°)	北纬 N (°)	调查内容
SW2-1	115.51	23.31	潮流
SW2-2	115.51	23.31	潮流
SW2-3	115.51	23.31	潮流
SW2-4	115.51	23.31	潮流
SW2-5	115.51	23.31	潮流
SW2-6	115.51	23.31	潮流
SWC3	115.51	23.31	潮位
SWC4	115.51	23.31	潮位

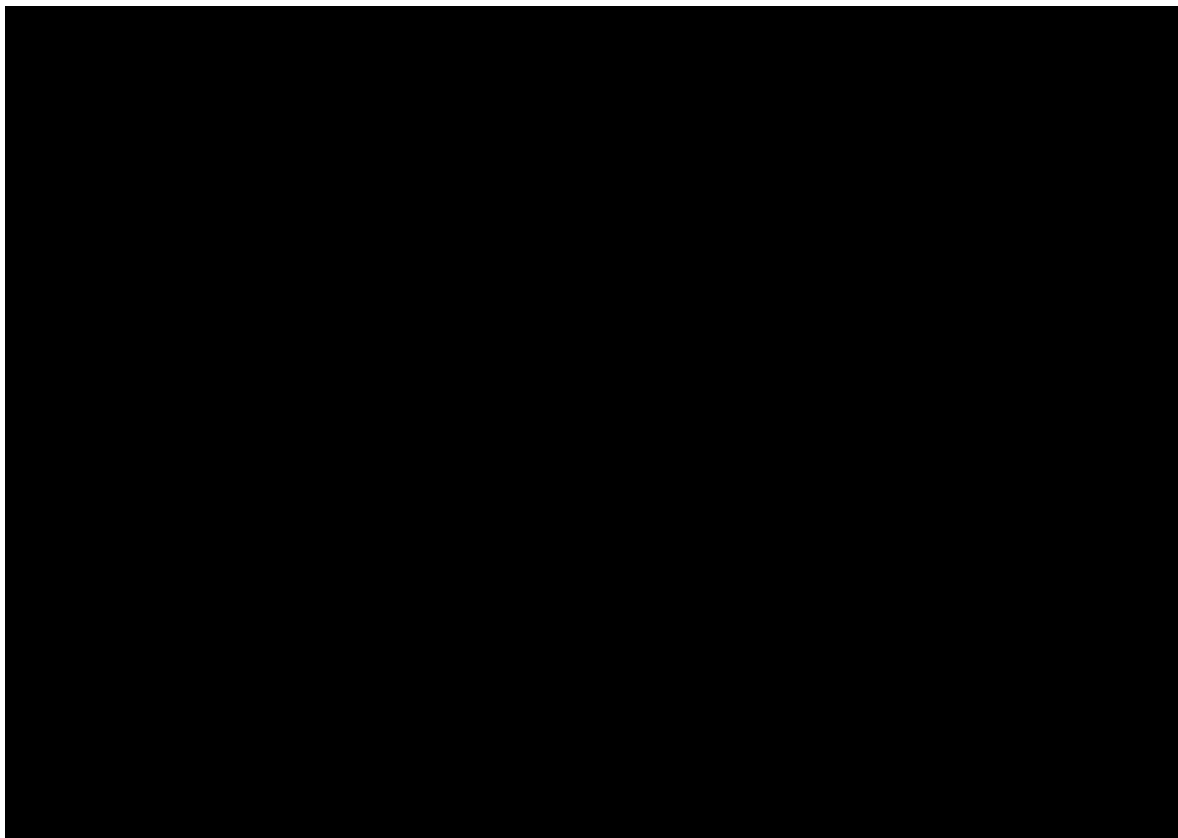


图 6.1-1 水文动力调查测站位置图

6.1.2 潮汐特征

地球上的海水，受到月球和太阳的作用产生的一种规律性的上升下降运动称为潮汐。南海的潮汐主要是由太平洋潮波传入引起的协振潮。由引潮力产生的潮汐振动不大。

（1）潮汐特征值

对SWC3和SWC4两个潮位站的观测潮位进行分析，并绘制潮位过程曲线，SWC3潮位站的最高潮位为0.84m，最低潮位为-0.77m，最大潮差1.58m；SWC4潮位站的最高潮位为0.79m，最低潮位为-0.72m，最大潮差1.48m；平均涨潮历时大于平均落潮历时。

表 6.1-2 各站实测潮汐特征值统计

项目			

项目			



图 6.1-2 短期潮位站逐时潮位过程曲线

(2) 潮汐调和分析

对SWC3站和SWC4站2021年5月27日1:00至5月29日23:00连续71小时的潮位资料进行准调和分析，得到6个主要分潮的振幅和迟角，见表 6.1-3。

表 6.1-3 潮位站主要分潮调和常数表

分潮	SWC3		SWC4	
	振幅(CM)	迟角(°)	振幅(CM)	迟角(°)
O1	31.8	266	30.0	266
K1	35.4	273	32.9	274
M2	19.8	274	18.7	274
S2	11.0	205	10.4	205
M4	9.3	208	9.0	207
MS4	1.7	136	1.7	126

6.1.3 海流特征

6.1.3.1 实测流场分析

海洋中由各种因素引起的海水运动称之为海流。通常又将海流分为由天体引潮力引起的潮流和由水文、气象等非天文因素引起的非潮流。它们在海洋中所占的成分因地而异。一般来说，大洋中的海流以非潮流为主，而我国近海的海流以潮流为主。海流是塑造海底地形演变的主要外动力，它对海洋工程基础设施影响较大。

本次水文观测各观测站不同层次海流平面分布矢量图如图 6.1-3~图 6.1-6所示，从海流的流态来看，观测期内除SW2-6测站外，其他五个测站海流的旋转流特性较为明显。其中SW2-1、SW2-2 和SW2-3 站离岸线较近，海流偏小，SW2-4、SW2-5 和SW2-6 站靠外，受到风和沿岸流的影响，流速较大，且流向指向东北方向。

从各站海流过程矢量图可以看出，（1）SW2-1 站表层、中层、底层涨潮流主轴主要偏向N，落潮流偏向S；（2）SW2-2 站表层、中层涨潮流主轴主要偏向N，底层则偏向SE，落潮流偏向S；（3）SW2-3 站表层、中层和底层涨潮流主轴主要偏向N，落潮流偏向SE；（4）SW2-4 站表层、中层、底层涨潮流主轴主要偏向N，落潮流偏向SW；（5）SW2-5 站表层、中、底层涨潮流主轴主要偏向N，落潮流偏向S；（6）SW2-6 站表层、中、底层涨潮流主轴主要偏向N，落潮流偏向S。

表 6.1-4、表 6.1-5为涨、落潮流统计表。从垂向平均流速来看，各站点的涨落潮流流速相差不大。观测期间最大涨潮流速为65.9m/s，最大落潮流速为58.2cm/s，分别为SW2-4 站表层（SW2-5站表层）和SW2-6 站表层。最大涨潮和落潮平均流速分别为36.9cm/s 和25.9cm/s，出现在SW2-6 站表层。在垂向上，SW2-4、SW2-5和SW2-6 站的中层流速均比表层和底层小，其他测站则是表层最大，中层次之，底层最小。在水平上，各站点的数值差异不是很大，在表层SW2-5 站流速最大，SW2-1站最小；在中层SW2-4 站流速最大，SW2-1 站最小；在底层SW2-5 站流速最大，SW2-6 站最小。

表 6.1-4 各站实测最大涨、落潮流（cm/s、°）

测站	涨、落潮	表 层		中 层		底 层		垂向平均	
		流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向
SW2-1	涨潮	15.2	N	12.8	N	10.5	N	12.8	N
	落潮	18.7	S	16.3	S	14.1	S	16.3	S
SW2-2	涨潮	22.5	N	18.9	N	15.6	N	18.9	N
	落潮	28.1	SE	24.7	SE	20.3	SE	24.7	SE
SW2-3	涨潮	19.8	N	16.4	N	13.2	N	16.4	N
	落潮	24.3	SE	20.9	SE	17.5	SE	20.9	SE
SW2-4	涨潮	65.9	N	45.2	N	36.9	N	45.2	N
	落潮	58.2	SW	41.5	SW	32.8	SW	41.5	SW
SW2-5	涨潮	36.9	N	28.5	N	22.1	N	28.5	N
	落潮	25.9	S	19.8	S	15.4	S	19.8	S
SW2-6	涨潮	36.9	N	28.5	N	22.1	N	28.5	N
	落潮	25.9	S	19.8	S	15.4	S	19.8	S

[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
		[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
		[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
		[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
		[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]

表 6.1-5 各站实测平均涨、落潮流 (m/s、°)

测站	涨、落潮	表 层		中 层		底 层		垂向平均	
		流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]

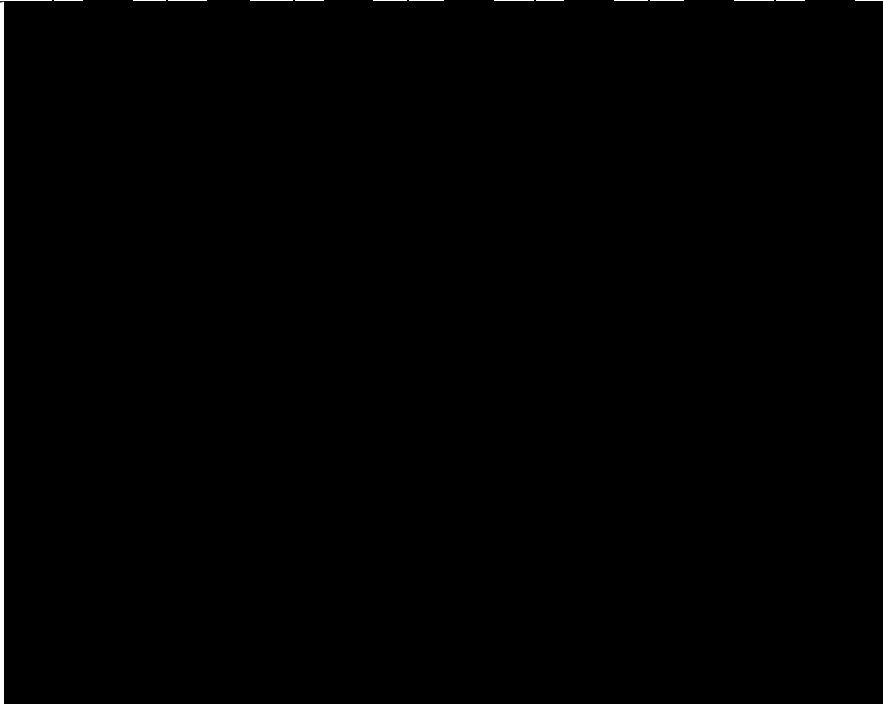


图 6.1-3 各站表层海流平面分布矢量图



图 6.1-4 各站中层海流平面分布矢量图

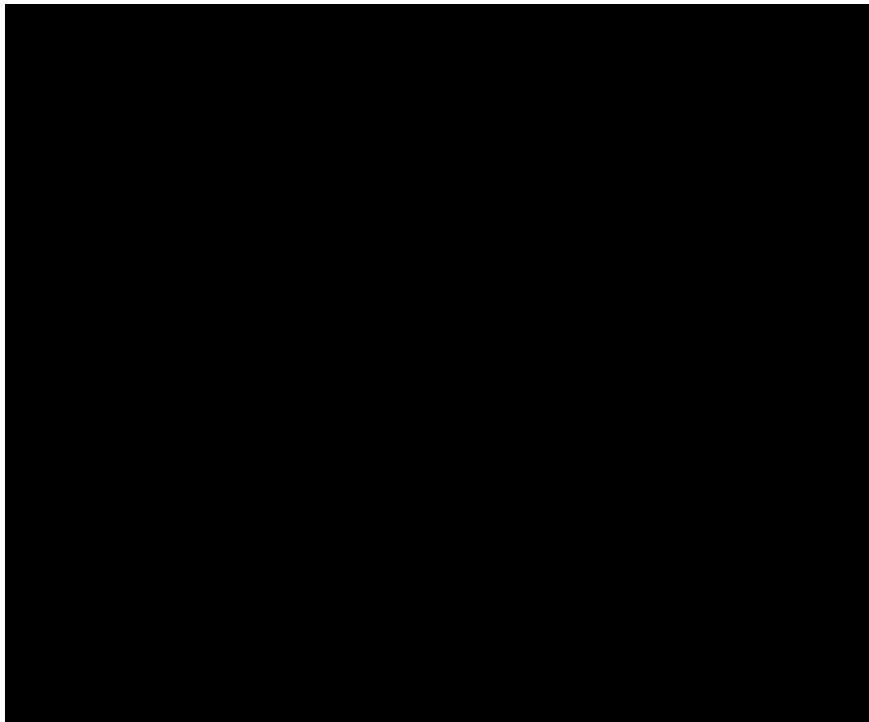


图 6.1-5 各站底层海流平面分布矢量图

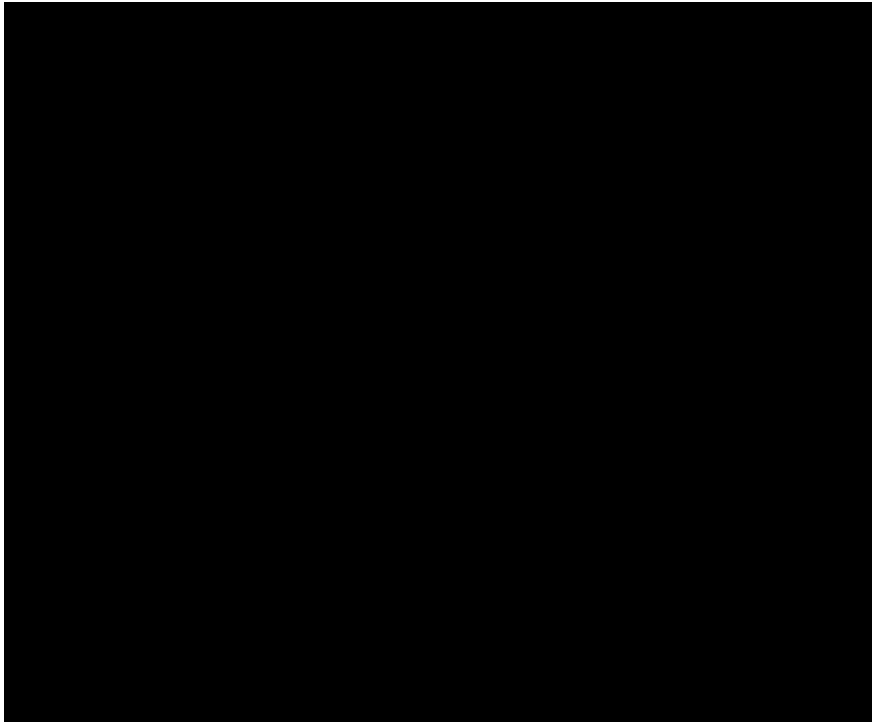


图 6.1-6 各站垂向平均海流平面分布矢量图

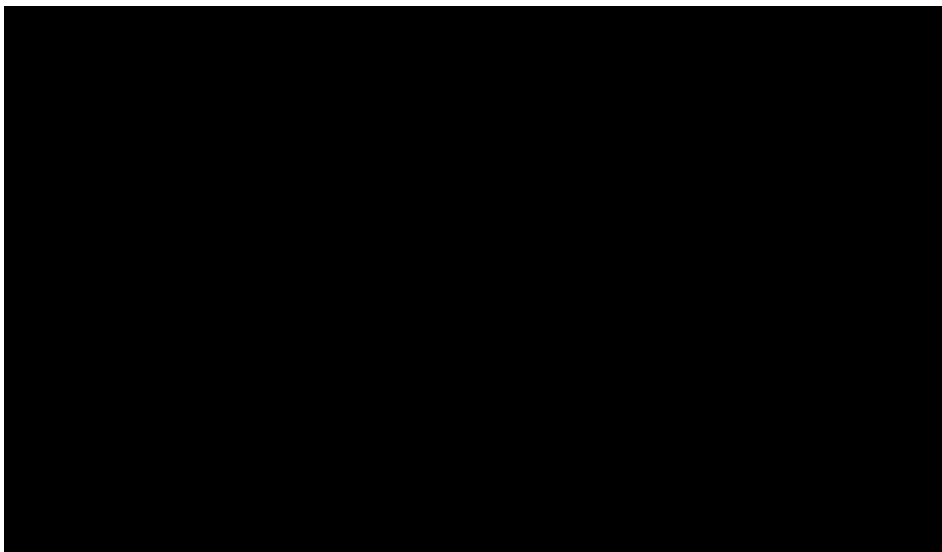


图 6.1-7 SW2-1 站海流矢量图

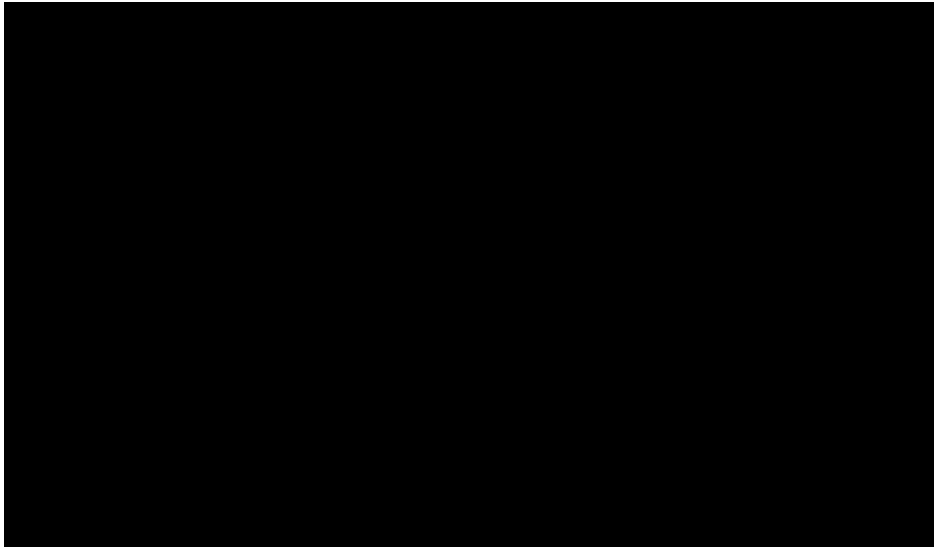


图 6.1-8 SW2-2 站海流矢量图

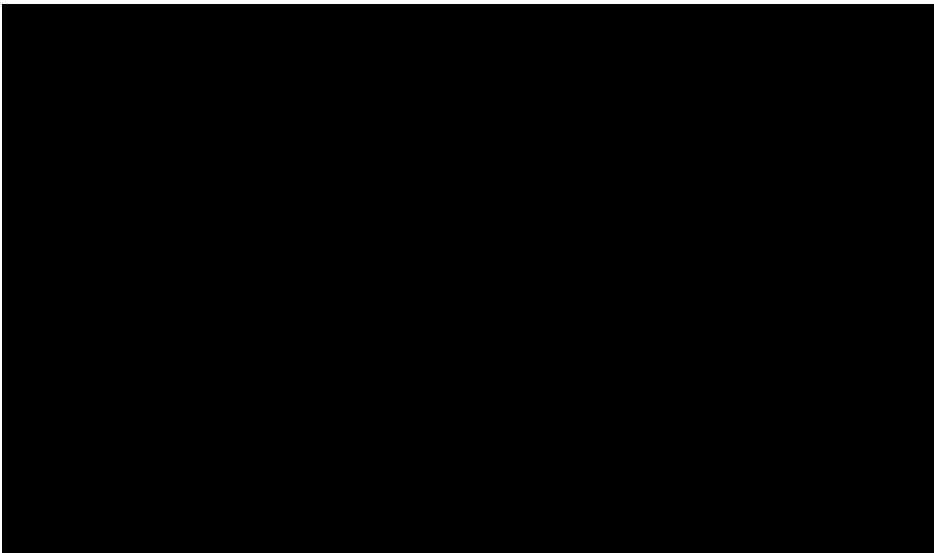


图 6.1-9 SW2-3 站海流矢量图

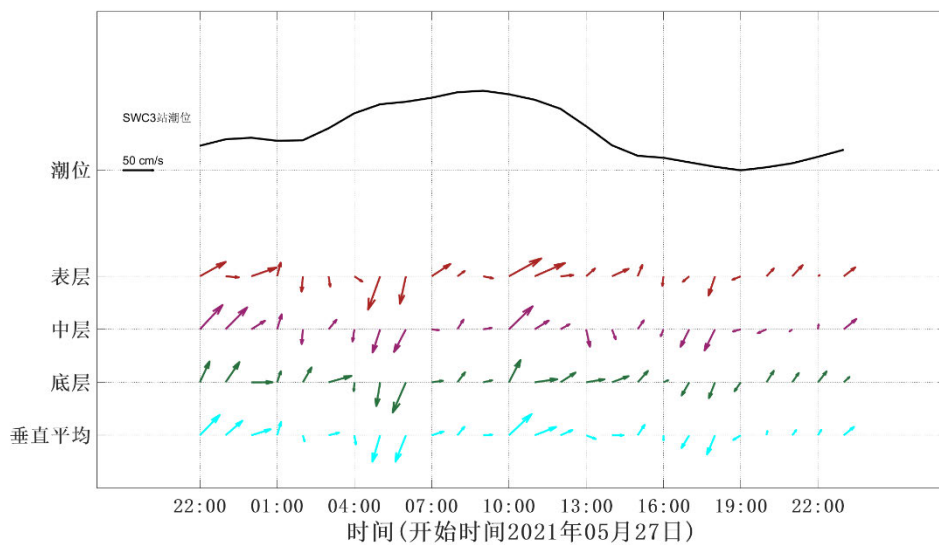


图 6.1-10 SW2-4 站海流矢量图

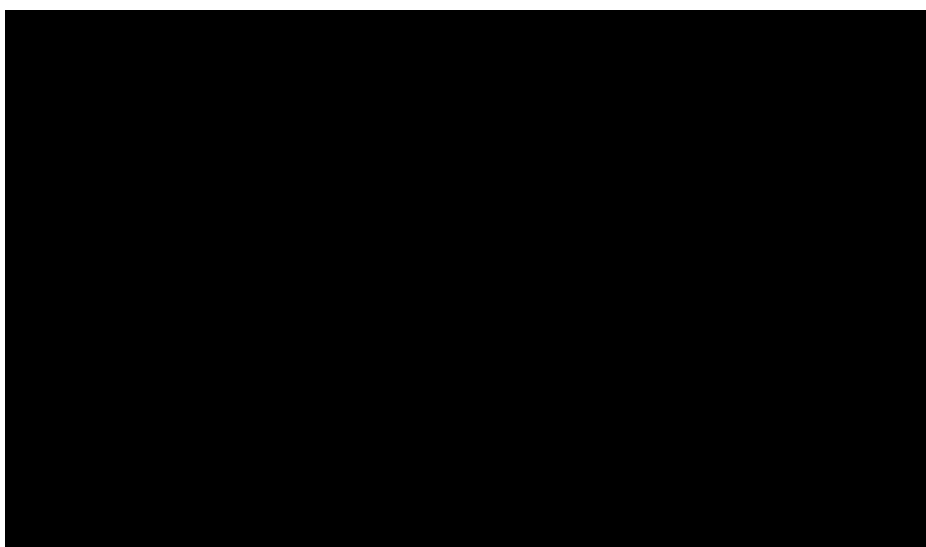


图 6.1-11 SW2-5 站海流矢量图

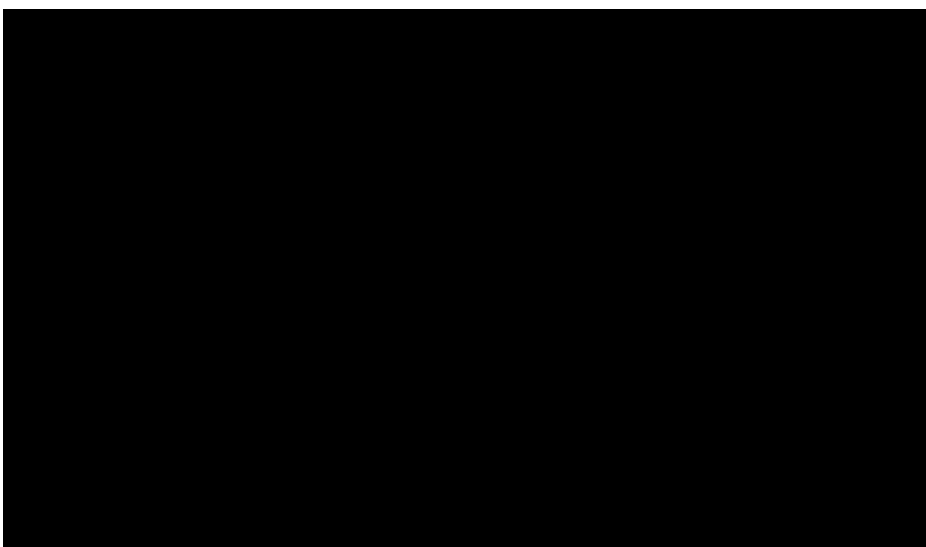


图 6.1-12 SW2-6 站海流矢量图

6.1.3.2 潮流的运动形式及椭圆要素

调查海区各站各层 M_2 、 S_2 、 K_1 和 O_1 的潮流椭圆要素见表 6.1-6所示。潮流运动可粗略分为往复流和旋转流，它可由潮流的椭圆旋转率 k 值来描述， k 值为潮流椭圆的短半轴与长半轴之比，其值介于-1~1 之间。 k 的绝对值越小越接近往复流，越大越接近于旋转流。 k 值的正、负号表示潮流旋转的方向，正号表示逆时针方向旋转，负号表示顺时针方向旋转。从结果可知：

本次观测所有站位各层次潮流均表现为 S_2 和 M_2 分潮流占优。最大 M_2 分潮流出现在SW2-4 站中层，流速为61.089cm/s。各站各层潮流均表现为 M_2 分潮流占优，大部

分测站的 M_2 分潮流的 k 值均较大，绝对值大于0.25，均表现为旋转流的特征；个别测站个别层次 M_2 分潮流 k 值绝对值小于0.25，表现为往复流的特征。

本海区的各分潮最大流速方向主要受附近地形的影响，各个分潮流流向几乎与岸线平行，个别测站分潮流流向与岸线存在一定的夹角，在各测站表中底层差异较小。

表 6.1-6 各站各层潮流椭圆要素

站名	层名	椭圆长轴方位角	椭圆短轴方位角	椭圆长轴流速	椭圆短轴流速	站名	层名	椭圆长轴方位角	椭圆短轴方位角	椭圆长轴流速	椭圆短轴流速
站名	层名	方位角	方位角	流速	流速	站名	层名	方位角	方位角	流速	流速
	层名	方位角	方位角	流速	流速		层名	方位角	方位角	流速	流速
	层名	方位角	方位角	流速	流速		层名	方位角	方位角	流速	流速
	层名	方位角	方位角	流速	流速		层名	方位角	方位角	流速	流速
	层名	方位角	方位角	流速	流速		层名	方位角	方位角	流速	流速
	层名	方位角	方位角	流速	流速		层名	方位角	方位角	流速	流速
站名	层名	方位角	方位角	流速	流速	站名	层名	方位角	方位角	流速	流速
	层名	方位角	方位角	流速	流速		层名	方位角	方位角	流速	流速
	层名	方位角	方位角	流速	流速		层名	方位角	方位角	流速	流速
	层名	方位角	方位角	流速	流速		层名	方位角	方位角	流速	流速
	层名	方位角	方位角	流速	流速		层名	方位角	方位角	流速	流速
	层名	方位角	方位角	流速	流速		层名	方位角	方位角	流速	流速
站名	层名	方位角	方位角	流速	流速	站名	层名	方位角	方位角	流速	流速
	层名	方位角	方位角	流速	流速		层名	方位角	方位角	流速	流速
	层名	方位角	方位角	流速	流速		层名	方位角	方位角	流速	流速
	层名	方位角	方位角	流速	流速		层名	方位角	方位角	流速	流速
	层名	方位角	方位角	流速	流速		层名	方位角	方位角	流速	流速
	层名	方位角	方位角	流速	流速		层名	方位角	方位角	流速	流速
站名	层名	方位角	方位角	流速	流速	站名	层名	方位角	方位角	流速	流速
	层名	方位角	方位角	流速	流速		层名	方位角	方位角	流速	流速
	层名	方位角	方位角	流速	流速		层名	方位角	方位角	流速	流速

汕尾市 06 号碣石湾海域启动区一区现代化海洋牧场项目环境影响报告书（公示稿）

项目	名称	位置	面积	水深	水深	水深	水深	水深	水深	水深	水深
项目一	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
项目二	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
项目三	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
项目四	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
项目五	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22

汕尾市 06 号碣石湾海域启动区一区现代化海洋牧场项目环境影响报告书（公示稿）

项目	名称	位置	面积	水深	水深	水深	水深	水深	水深	水深	水深

6.1.3.3 潮流性质

潮流性质的划分采用潮流性质系数 $F = (W_{O1} + W_{K1}) / W_{M2}$ 作为判别标准：

$F \leq 0.5$ 正规半日潮流

$0.5 < F \leq 2.0$ 不正规半日潮流

$2.0 < F \leq 4.0$ 不正规全日潮流

$4.0 < F$ 正规全日潮流

其中 W_{O1} 为主要太阴日分潮流 $O1$ 的最大流速， W_{K1} 为主要太阴太阳合成日分潮流 $K1$ 的最大流速， W_{M2} 为主要太阴半日分潮流 $M2$ 的最大流速。

各站各层潮流性质系数 F 值见表 6.1-7。根据潮流调和分析结果，调查海区潮流类型主要表现为正规全日潮流。

表 6.1-7 潮流性质系数表

站位	层位	特征值 F	潮型
■■■■	■■■	■■■	■■■■■■■■
	■■■	■■■	■■■■■■■■
	■■■	■■■	■■■■■■■■
■■■■	■■■	■■■	■■■■■■■■
	■■■	■■■	■■■■■■■■
	■■■	■■■	■■■■■■■■
■■■■	■■■	■■■	■■■■■■■■
	■■■	■■■	■■■■■■■■
	■■■	■■■	■■■■■■■■
■■■■	■■■	■■■	■■■■■■■■
	■■■	■■■	■■■■■■■■
	■■■	■■■	■■■■■■■■
■■■■	■■■	■■■	■■■■■■■■
	■■■	■■■	■■■■■■■■
	■■■	■■■	■■■■■■■■

6.1.3.4 理论最大可能潮流

根据《港口与航道水文规范》JTS 145-2-2015 的规定，对于不正规半日潮流和不正规全日潮的海区，最大可能潮流 V_{max} 取下列公式计算中的大值：

$$\vec{V}_{max} = 1.295\vec{W}_{M_2} + 1.245\vec{W}_{S_2} + \vec{W}_{K_1} + \vec{W}_{O_1} + \vec{W}_{M_4} + \vec{W}_{MS_4} \quad (\text{式 4-1})$$

$$\vec{V}_{max} = \vec{W}_{M_2} + \vec{W}_{S_2} + 1.600\vec{W}_{K_1} + 1.45\vec{W}_{O_1} \quad (\text{式 4-2})$$

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} 分别为M₂、S₂、K₁、O₁、M₄和MS₄这6个主要分潮潮流椭圆长半轴矢量，计算结果列于表 6.1-8中。

由表可知，理论最大可能潮流流速的最大值出现在SW2-5 站的中层，最大可达197.18cm/s，流向为东偏北方向。SW2-1、SW2-2和SW2-6底层大于表层，其余均是表层大于底层。SW2-5测站中层最大。

表 6.1-8 各站潮流可能最大流速及流向

站位	层位	可能最大流速 (cm/s)	流向 (°)
SW2-1	表层	10.5	105
	中层	10.5	105
	底层	10.5	105
SW2-2	表层	10.5	105
	中层	10.5	105
	底层	10.5	105
SW2-3	表层	10.5	105
	中层	10.5	105
	底层	10.5	105
SW2-4	表层	10.5	105
	中层	10.5	105
	底层	10.5	105
SW2-5	表层	10.5	105
	中层	197.18	98.6
	底层	10.5	105
SW2-6	表层	10.5	105
	中层	10.5	105
	底层	10.5	105

6.1.4 余流分析

余流通常指实测海流资料中除去周期性流动（天文潮）之后，剩余的部分流动。其中包括潮汐余流、风海流和密度流等非周期性流动。观测期间余流的分布图见图 6.1-13。

由图可知，调查海区观测期间余流主要介于3.04cm/s~30.61cm/s。最大余流为潮流SW2-6 站（表层，30.61cm/s，98.6°），最小余流为潮流SW2-2 站（底层，3.04cm/s，

310.6°)。各测站余流的方向基本都是与岸线平行，方向为东南或偏东方向，SW2-1 为西南偏南方向。

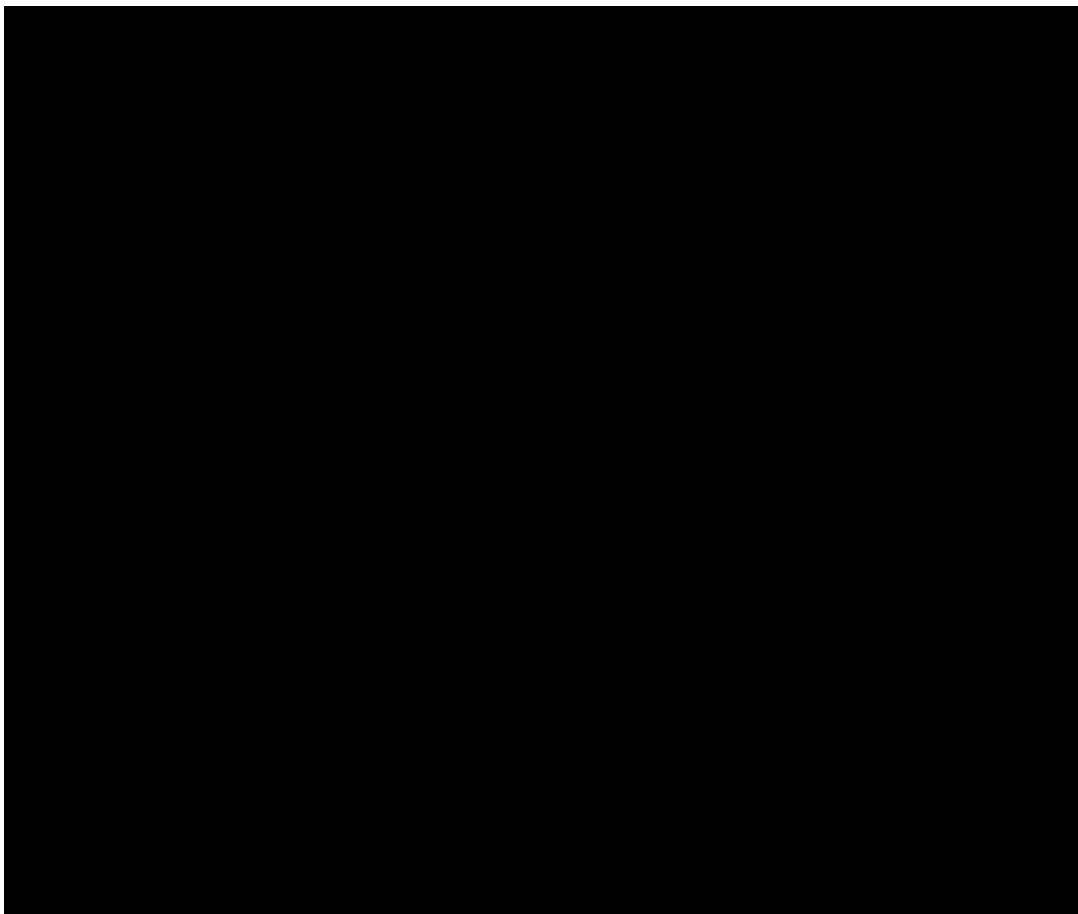


图 6.1-13 观测期间余流的分布图

表 6.1-9 观测期各站各层余流对比表

站位及层位		观测期间余流	
		流速 (cm/s)	流向 (°)
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]

6.1.5 悬浮沙

(1) 悬浮沙含量

本次水文观测期间，各站悬浮沙含量过程曲线如图 6.1-14 至图 6.1-19 所示，各站悬浮沙含量范围如表 6.1-10 所示。

由图表结果可知：观测期间（1）调查海区悬浮沙含量范围为 $0.022 \text{ kg/m}^3 \sim 0.054 \text{ kg/m}^3$ ，SW2-2 站表层悬浮沙含量最大 (0.054 kg/m^3)，其次是 SW2-3 站表层悬浮沙含量 (0.050 kg/m^3)，SW2-2 站底层悬浮沙含量最小 (0.022 kg/m^3)；（2）在空间分布上各个测站悬浮沙含量相差不大；（3）在垂向上，各站各层悬浮沙含量呈现底层含沙量大于中表层大于表层的趋势，SW2-2 除外。

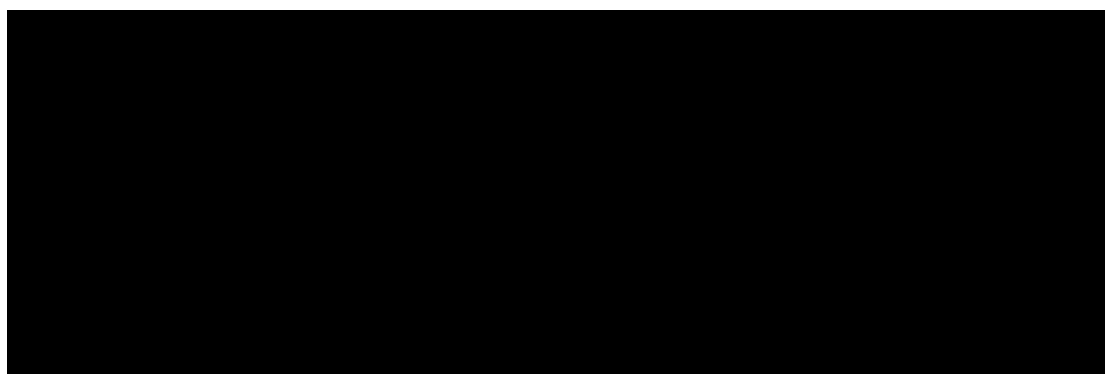


图 6.1-14 SW2-1 站悬浮沙含量过程曲线

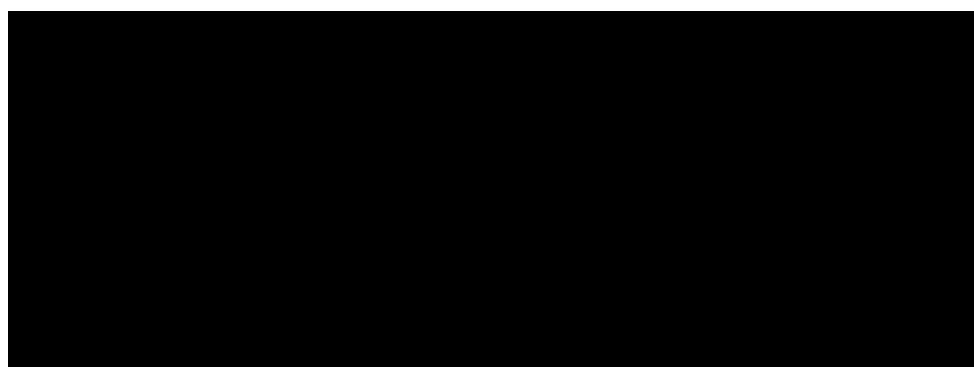


图 6.1-15 SW2-2 站悬浮沙含量过程曲线

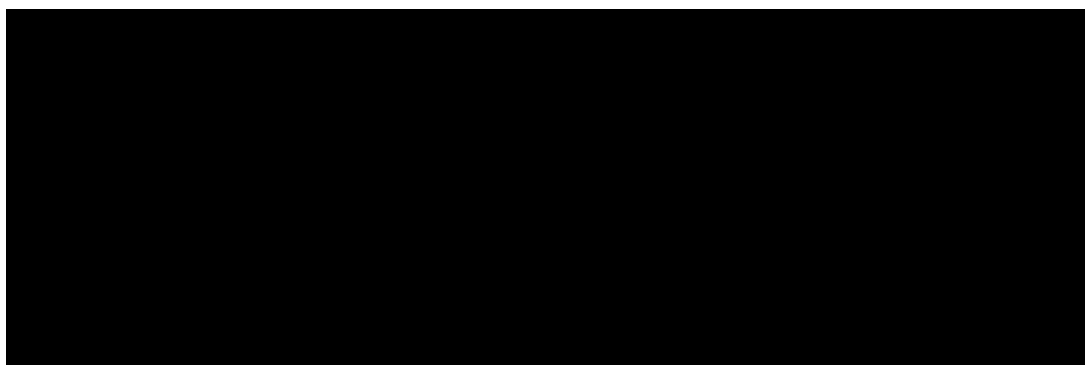


图 6.1-16 SW2-3 站悬浮沙含量过程曲线

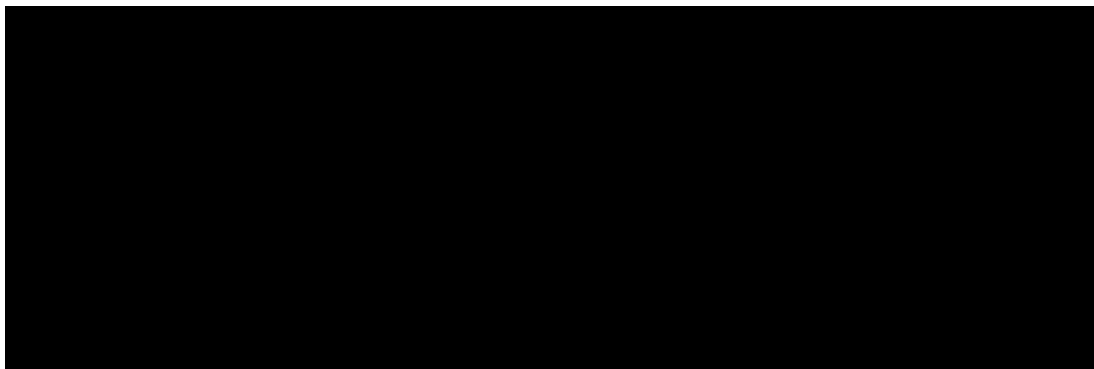


图 6.1-17 SW2-4 站悬浮沙含量过程曲线

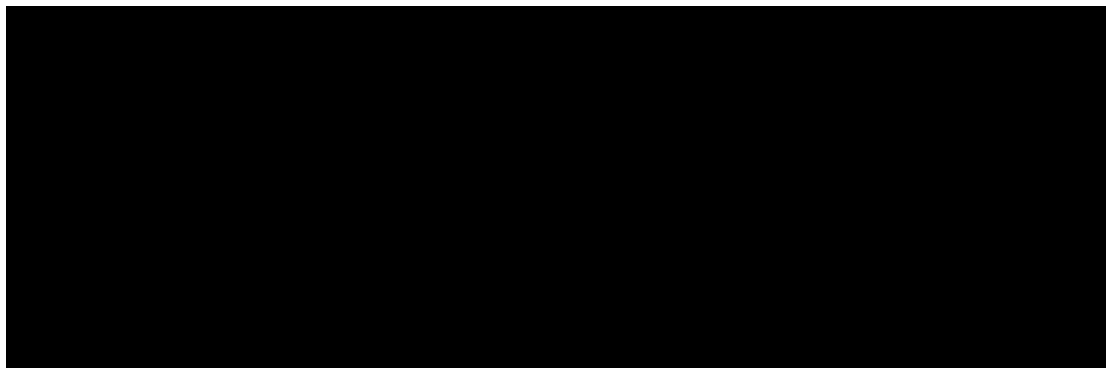


图 6.1-18 SW2-5 站悬浮沙含量过程曲线

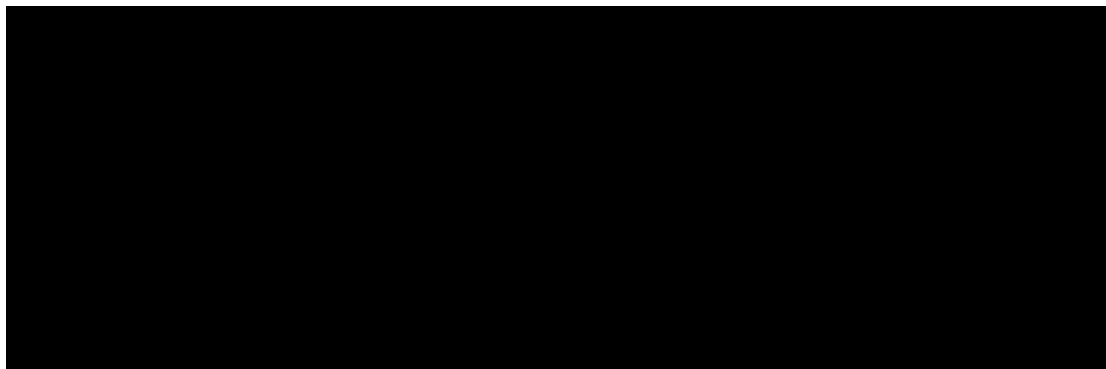


图 6.1-19 SW2-6 站悬浮沙含量过程曲线

表 6.1-10 各测站悬浮沙含量统计

站点	层	悬浮沙含量 (kg/m ³)			
		最大	最小	平均	垂向平均
SW2-1	表层	0.038	0.023	0.031	0.032
	中层	0.044	0.023	0.032	
	底层	0.046	0.026	0.035	
SW2-2	表层	0.054	0.03	0.038	0.038
	中层	0.046	0.031	0.038	
	底层	0.047	0.022	0.038	
SW2-3	表层	0.050	0.027	0.039	0.038
	中层	0.049	0.028	0.038	
	底层	0.049	0.024	0.037	
SW2-4	表层	0.046	0.03	0.036	0.038
	中层	0.047	0.029	0.040	
	底层	0.049	0.027	0.038	
SW2-5	表层	0.047	0.03	0.037	0.041
	中层	0.048	0.038	0.043	
	底层	0.049	0.029	0.042	
SW2-6	表层	0.042	0.024	0.033	0.036
	中层	0.046	0.024	0.036	
	底层	0.048	0.028	0.038	

(2) 输沙量

影响悬浮沙运动的因素众多，有波浪、潮流、风等动力条件，此外悬浮沙运动与水质点的运动也不一致，为便于问题简化，在此仅讨论悬浮沙质量浓度与流速之间的关系。表 6.1-11 列出了根据现场观测流速、水深、悬浮沙含量参数计算出的单日单宽输沙量统计结果。

涨潮期最大单日单宽输沙量为 10.06 t/m，方向 51.1°；落潮期最大单日单宽输沙量为 6.24t/m，方向 191.5°；均出现在 SW2-4 站。最大单日单宽净输沙量为 11.31 t/m，方向 91.9°，出现在 SW2-6 站。

表 6.1-11 各站单日单宽输沙量统计表

站位	涨潮		落潮		净输沙	
	输沙量	方向	输沙量	方向	输沙量	方向

	(t/m)	(°)	(t/m)	(°)	(t/m)	(°)
■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■

6.1.6 水温和盐度

海水温度的分布（包括平面和垂向）和变化主要受太阳辐射、风、海浪、海流等诸因素的影响。本次在设置的6个测流站上同时进行了水温观测。大潮期水温统计见表3.2-9。由表可见，调查期间调查海区测得的水温最大值为29.17℃，出现在SW2-3站表层；测得水温的最小值为22.78℃，在SW2-6底层测得。

海水盐度主要受蒸发、降水、潮流、沿岸流和海水混合等因素的影响。对本次全潮水文观测得到的盐度资料统计分析，结果如下：大潮期盐度统计见表3.2-9。由表可见，调查期间调查海区测得的盐度最大值为34.36，出现在SW2-6站底层；测得盐度的最小值为32.37，出现在SW2-4站表层。

图3.2-13系列图为表、中、底层温度、盐度的周日变化过程曲线，由图可以看出：各站海水温度曲线波动较小，垂向分层明显；各站层盐度曲线呈不规则波动状，盐度垂向分层不明显。

表 6.1-12 各站水温、盐度统计

站点	层	温度 (°C)			盐度 (psu)		
		最大	最小	平均	最大	最小	平均
■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	

站点	层	温度 (°C)			盐度 (psu)		
		最大	最小	平均	最大	最小	平均

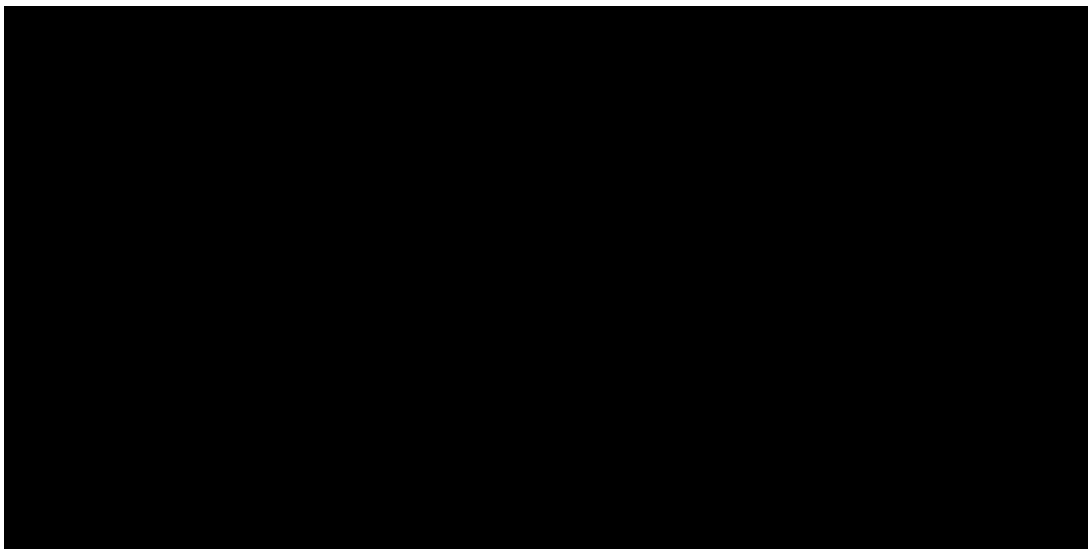


图 6.1-20a SW2-1 站水温与盐度过程曲线

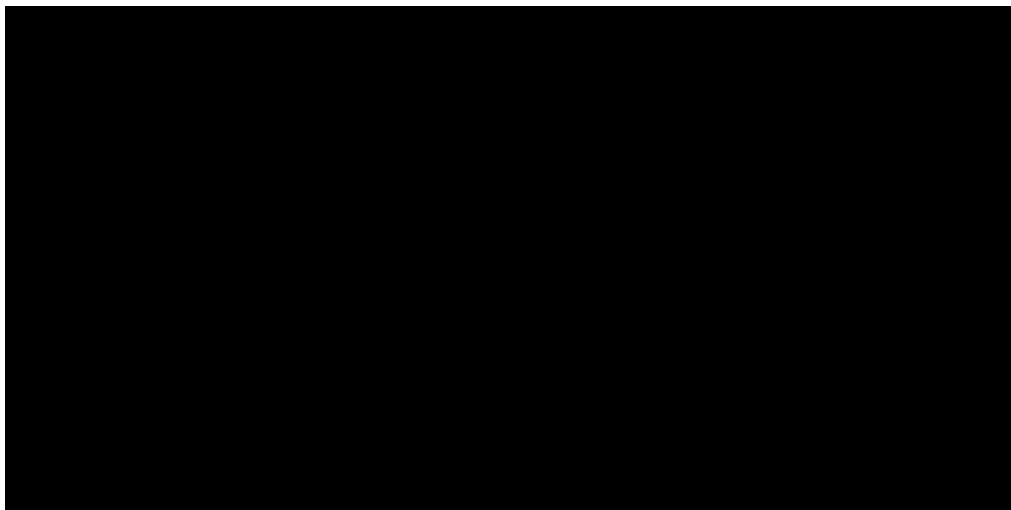


图 6.1-20b SW2-2 站水温与盐度过程曲线

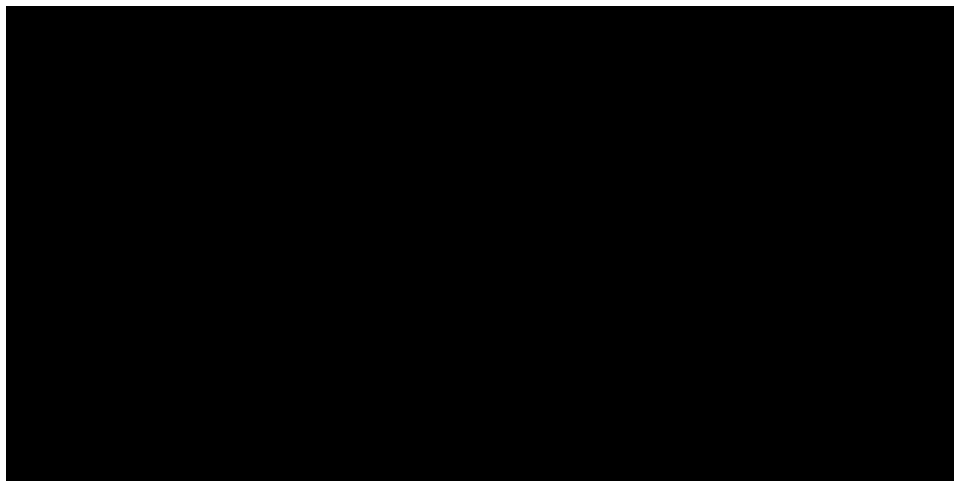


图 6.1-20c SW2-3 站水温与盐度过程曲线

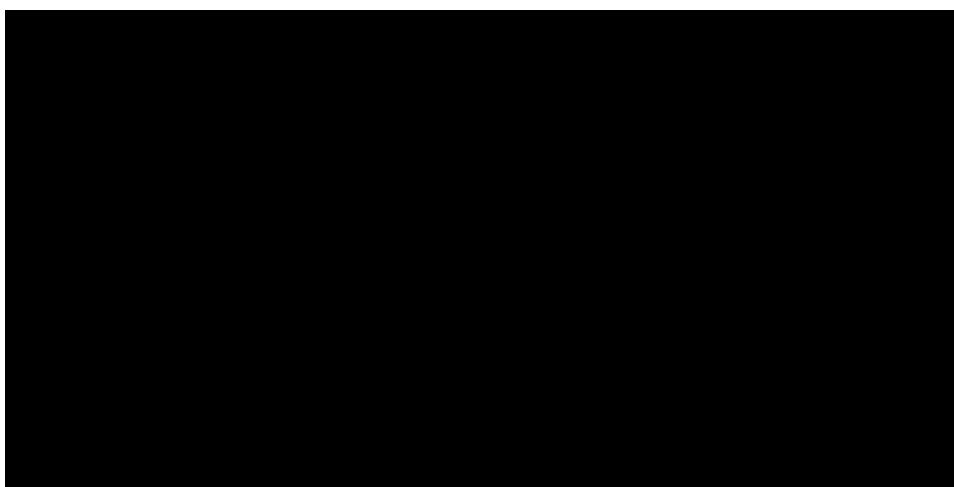


图 6.1-20d SW2-4 站水温与盐度过程曲线

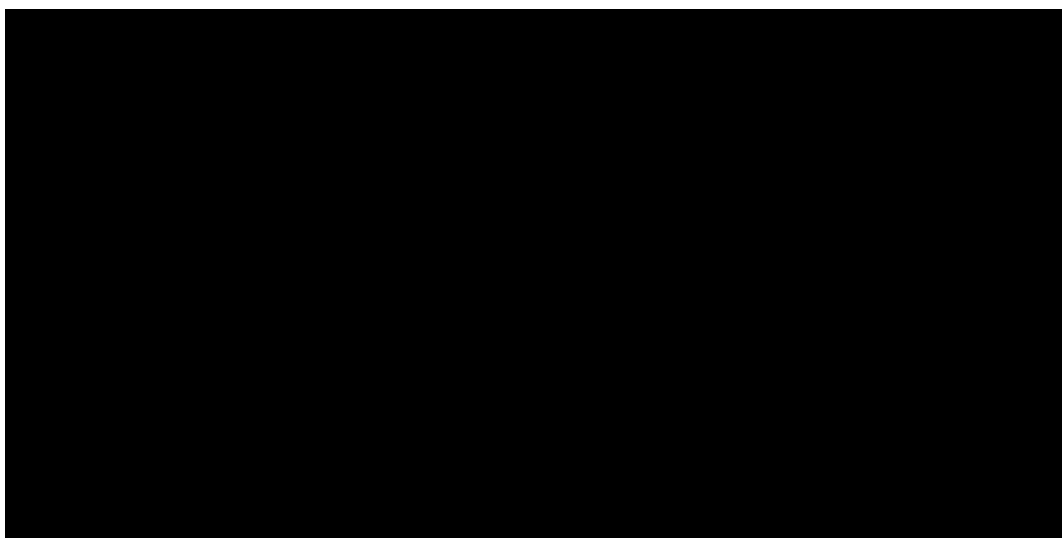


图 6.1-20e SW2-5 站水温与盐度过程曲线

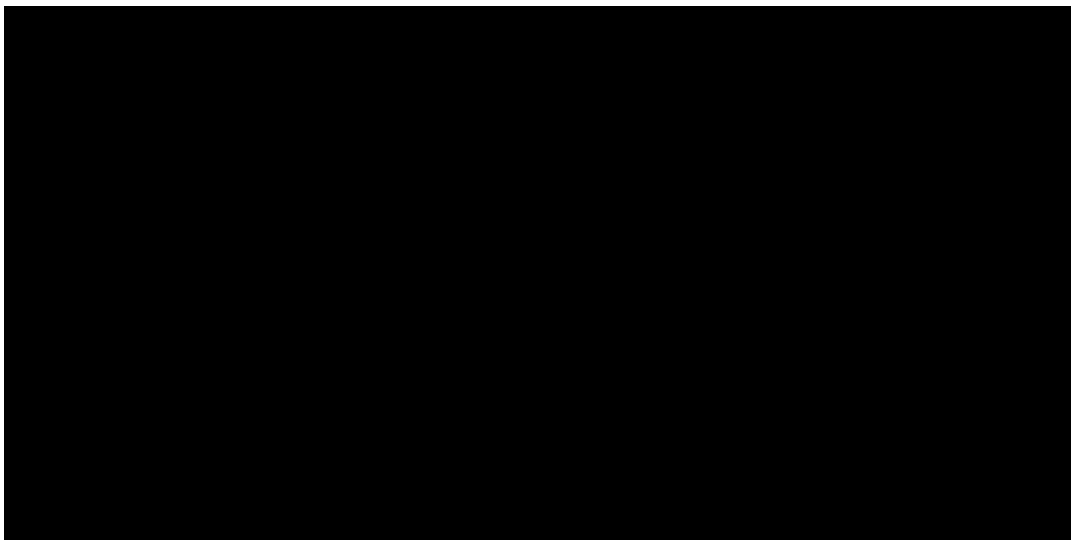


图 6.1-20f SW2-6 站水温与盐度过程曲线

6.1.7 波浪

项目附近海域波况采用项目西南侧遮浪海洋站（东经 115°34′，北纬 22°39′）2002 年~2024 年观测资料统计。

根据资料统计，多年各月平均波高值在 1.0m 到 1.3m 之间变化，其中 4 月至 8 月较低，均为 1.0m，10 月最大，为 1.3m。最大波高值在 4.1m 到 8.6m 之间变化，其中 9 月最高（8.6m），8 月次高（8.0m），11 月最低（4.1m）。

表 6.1-13 遮浪站各月（年）波高（单位：m）

项目	01 月	02 月	03 月	04 月	05 月	06 月	07 月	08 月	09 月	10 月	11 月	12 月
平均波高	1.2	1.2	1.2	1	1	1	1	1	1.1	1.3	1.3	1.2
最大波高	4.8	4.9	4.5	4.4	7	5.7	6.9	8	8.6	5.9	4.1	4.3

各年平均波高从 2002 年的 1.1 m 开始，在 2008 年之前保持相对稳定(1.1 m)，2009 年至 2012 年呈上升趋势（1.2 m、1.3 m、1.4 m、1.5 m），2013 年略降至 1.4 m，之后呈下降趋势。年最大波高值在各年份间波动较大，范围在 3.0 m（2020 年）到 8.6 m（2011 年）之间，见表 6.1-14。

表 6.1-14 遮浪站各年平均波高（单位：m）

年份	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
平均波高	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.4
最大波高	4	8	5.5	3.5	7	4	8	5.2	5.9	8.6	6.9	7.9
年份	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	
平均波高	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1	0.9	0.9	1	0.8	0.8	
最大波高	6.4	4.9	5.6	6	7	4	3	3.3	4.5	4.2	3.2	

6.2 地形地貌与冲淤环境现状

6.2.1 地形地貌

(1) 地貌特征

图 6.2-1 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，湾顶为滨岸沙坝泻湖平原和冲海积（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。

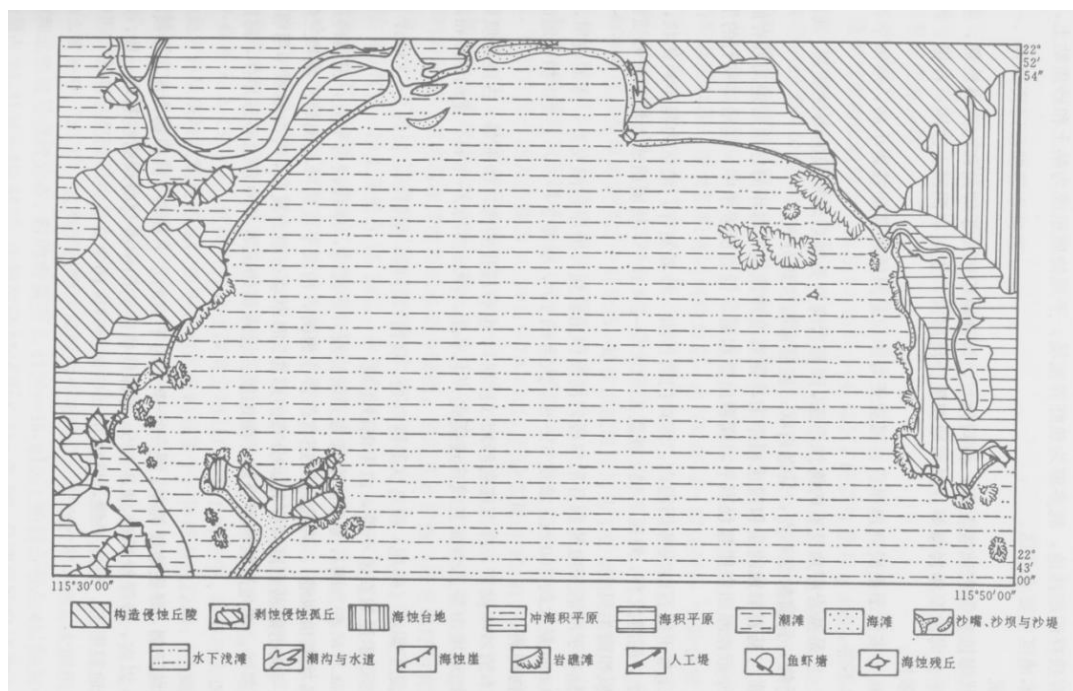
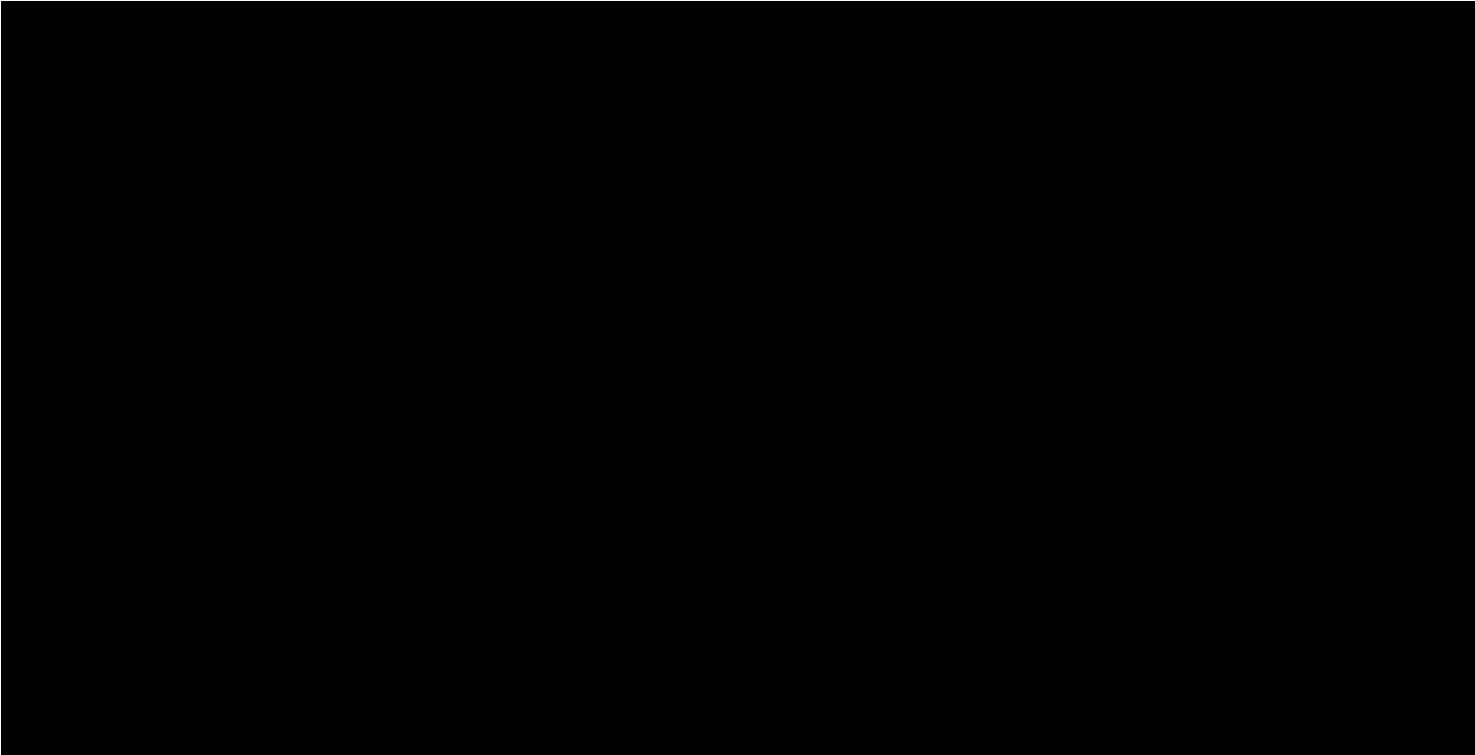


图 6.2-1 碣石湾地貌类型分布图

(2) 水下地形特征

图 6.2-2 为碣石湾水下地形图，湾内等深线稀疏，1m~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 $1 \times 10^{-3} \sim 2 \times 10^{-3}$ 。

本项目位于碣石湾内，距离陆丰金厢镇南侧虎尾山 5.4 公里海域，水深约 10 m。



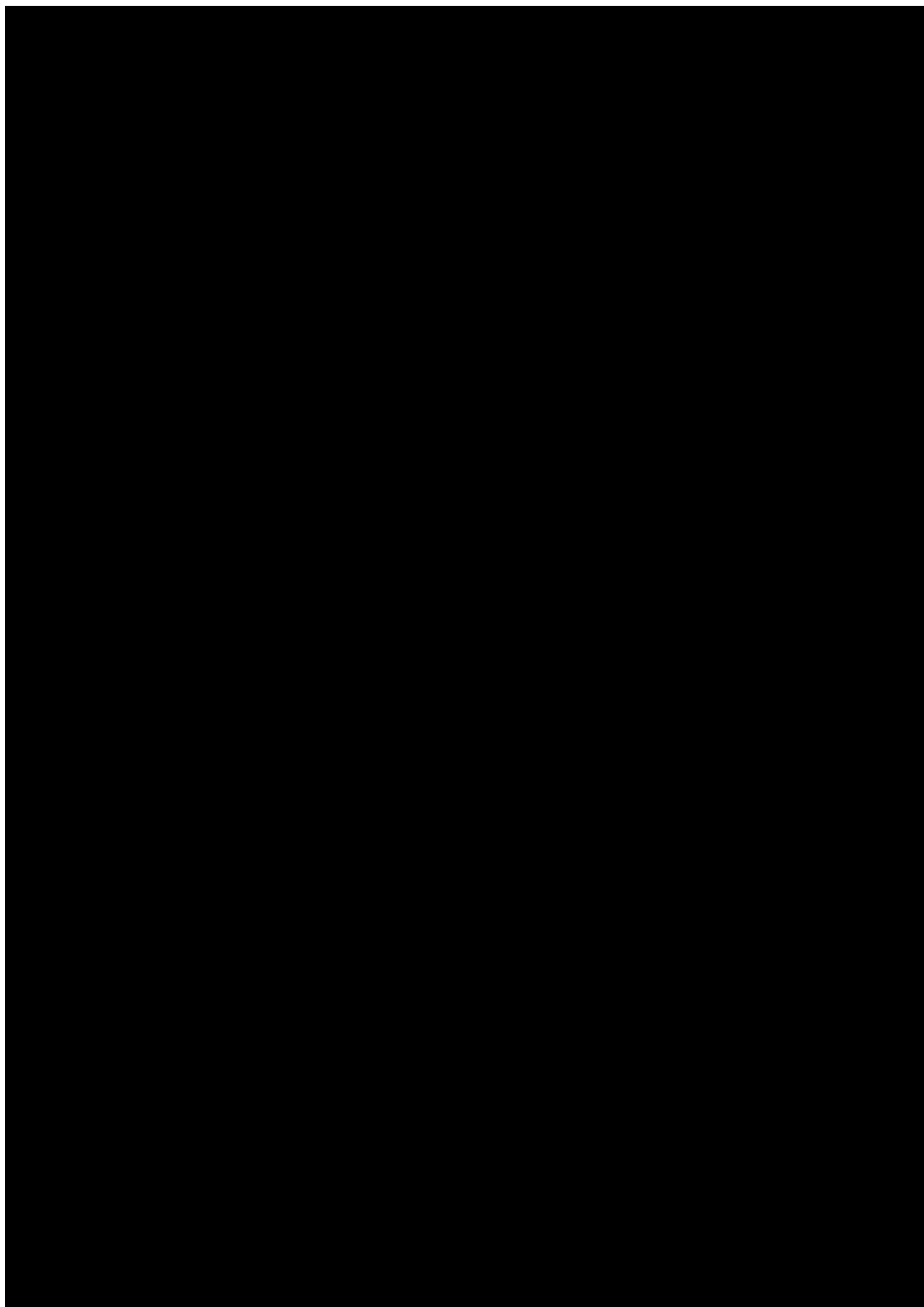


图 6.2-3 项目用海区水深图

6.2.2 沉积物类型

（1）区域沉积物的类型

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近口部，从该类沉积物粒度组分特征可知，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。

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，从该类沉积物粒度组分特征可知，该类沉积物分选良好，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。沉积物粒度组分反映出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，沉积物粒度组分特征显示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，沉积物粒度组分特征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，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。

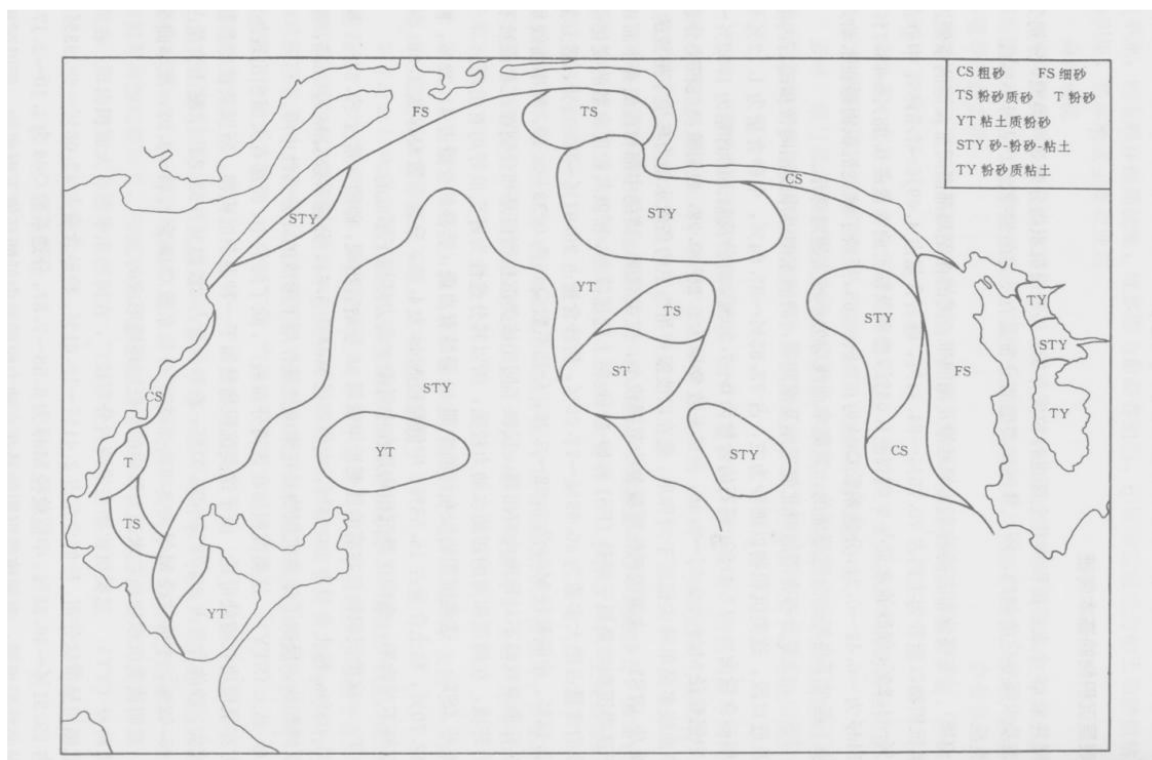


图 6.2-4 碣石湾沉积物类型图

(2) 项目区沉积物类型

根据国家海洋局汕尾海洋环境监测中心站于 2023 年春季在项目所在海域碣石湾开展的沉积物粒度调查资料，具体站位信息见表 6.3-1。各站位沉积物粒度调查结果见表 6.2-1。由该表可知，项目周边海域表层沉积物粒度类型以粘土质粉砂（YT）为主，部分站位表层沉积物粒度类型为砂质粉砂（ST），与历史对区域沉积物类型研究成果一致。

表 6.2-1 表层沉积物粒度调查结果

序号	站位	层次 (cm)	粒级含量 (%)				名称及代号
			砾 >2 mm	砂 0.063~2mm	粉砂 0.004~0.063mm	粘土 <0.004 mm	
1	J1	0~2	0.00	24.70	59.32	15.98	砂质粉砂 ST
2	J6	0~2	0.00	19.25	63.34	17.41	砂质粉砂 ST
3	J11	0~2	0.00	0.00	64.13	35.87	粘土质粉砂 YT
4	J12	0~2	0.00	1.33	71.04	27.63	粘土质粉砂 YT

6.2.3 冲淤环境

碣石湾海底地貌是平坦的水下浅滩。沉积物主要砂质泥。湾内等深线稀疏，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 $1 \times 10^{-3} \sim 2 \times 10^{-3}$ 。

整体来看，碣石湾内陆域来沙以乌坎河等中小河流为主，但年内分配不均，汛期集中，海域来沙整体属低含沙海域，总沙源有限，这也决定了湾内冲淤态势以“缓慢淤积”为主。从沿岸地貌来看，碣石湾沿岸沙堤等海积地貌发育，岬角处海蚀崖、岩滩并存，综合来看，海湾内呈现“岬角侵蚀—湾顶微淤积”的横向泥沙搬运模式。

本项目位于碣石湾中部，距离陆丰市金厢镇虎尾山西南侧约 5.4 公里。项目用海区为开放性海域，水体交换条件好，受大陆径流和来沙影响较小，含沙量较低。项目所在 10m 水深以浅海域的海底地形相对较为稳定，海床基本处于稳定状态，未见明显冲淤。

6.3 水质现状调查与评价

6.3.1 调查概况

本项目选址区位于碣石湾内，属沿岸海域范围，同时属于典型的海湾。本项目海洋生态环境影响评价时等级确定为 1 级，根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）表 2，海湾、沿岸海域 1 级评价的评价时段为春季和秋季。

本次采用自然资源部汕头海洋中心在项目所在海域碣石湾开展的海洋环境质量现状调查资料，调查时间为 2023 年 5 月和 2025 年 10 月。数据时效性符合技术导则要求。

2023 年 5 月调查共设水质调查站位 21 个，沉积物调查站位 12 个，海洋生物质量、生物生态与渔业资源（鱼卵、仔稚鱼）调查站位 12 个，潮间带生物调查断面 3 个，游泳动物断面 6 条。具体调查站位详见表 6.3-1 和图 6.3-1。

2025 年 10 月调查引用水质调查站位 16 个，沉积物调查站位 8 个，海洋生物质量、生物生态与渔业资源（鱼卵、仔稚鱼、游泳动物）调查站位 10 个，潮间带生物调查断面 4 个。具体调查站位详见表 6.3-1 和图 6.3-1。

表 6.3-1 2023 年 5 月监测站位经纬度及内容

序号	站位	东经 (E)	北纬 (N)	监测项目
1	1	116°15'00"	23°30'00"	水质、沉积物、海洋生物质量、生物生态与渔业资源、游泳动物
2	2	116°15'00"	23°30'00"	水质、沉积物、海洋生物质量、生物生态与渔业资源、游泳动物
3	3	116°15'00"	23°30'00"	水质、沉积物、海洋生物质量、生物生态与渔业资源、游泳动物
4	4	116°15'00"	23°30'00"	水质、沉积物、海洋生物质量、生物生态与渔业资源、游泳动物
5	5	116°15'00"	23°30'00"	水质、沉积物、海洋生物质量、生物生态与渔业资源、游泳动物
6	6	116°15'00"	23°30'00"	水质、沉积物、海洋生物质量、生物生态与渔业资源、游泳动物
7	7	116°15'00"	23°30'00"	水质、沉积物、海洋生物质量、生物生态与渔业资源、游泳动物
8	8	116°15'00"	23°30'00"	水质、沉积物、海洋生物质量、生物生态与渔业资源、游泳动物
9	9	116°15'00"	23°30'00"	水质、沉积物、海洋生物质量、生物生态与渔业资源、游泳动物
10	10	116°15'00"	23°30'00"	水质、沉积物、海洋生物质量、生物生态与渔业资源、游泳动物

汕尾市 06 号碣石湾海域启动区一区现代化海洋牧场项目环境影响报告书（公示稿）

序号	站位	东经 (E)	北纬 (N)	监测项目
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				
37				
38				
39				
40				
41				
42				
43				
44				
45				
46				
47				
48				
49				
50				
51				
52				
53				
54				
55				
56				
57				
58				
59				
60				
61				
62				
63				
64				
65				
66				
67				
68				
69				
70				
71				
72				
73				
74				
75				
76				
77				
78				
79				
80				
81				
82				
83				
84				
85				
86				
87				
88				
89				
90				
91				
92				
93				
94				
95				
96				
97				
98				
99				
100				

序号	站位	东经 (E)	北纬 (N)	监测项目
■	■	■	■	■
■	■	■	■	■
■	■	■	■	■
■	■	■	■	■
■	■	■	■	■
■	■	■	■	■
■	■	■	■	■
■	■	■	■	■
■	■	■	■	■
■	■	■	■	■
■	■	■	■	■
■	■	■	■	■
■	■	■	■	■

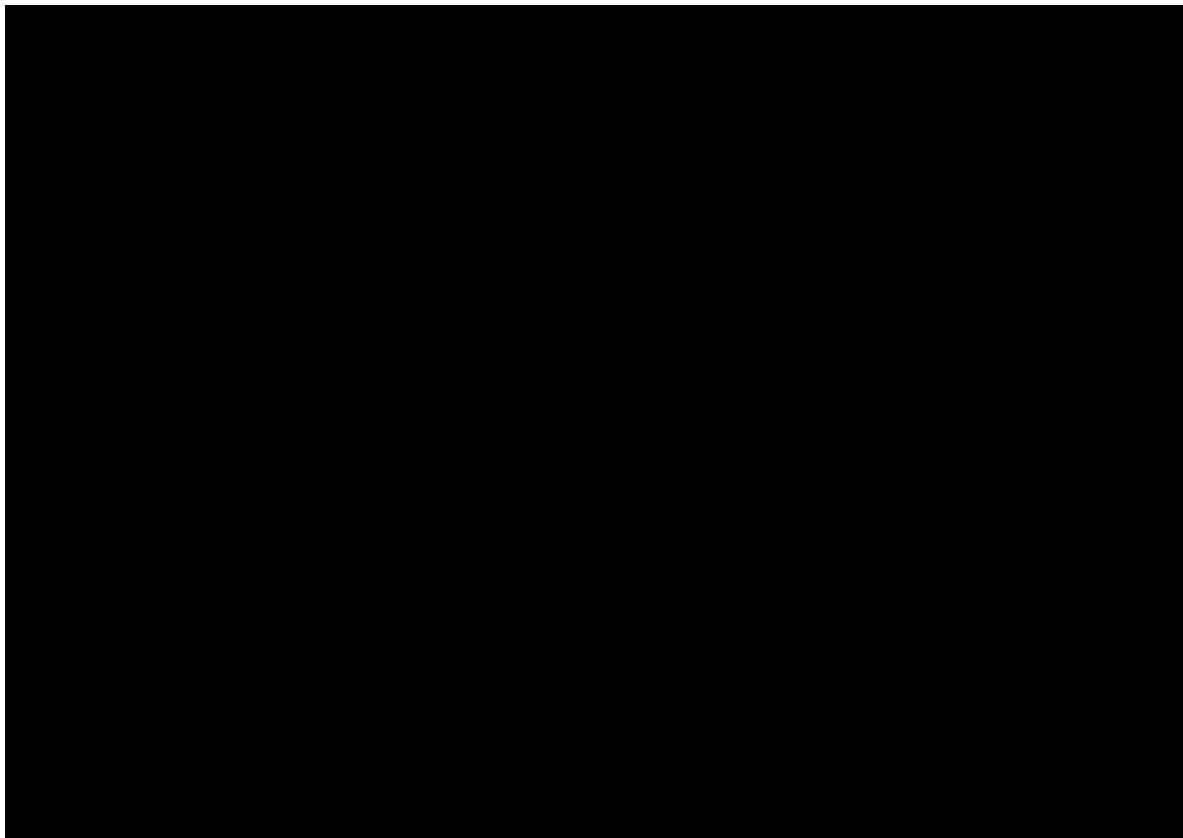


图 6.3-2 2025 年 10 月监测站位分布图

6.3.2 调查内容

海水水质调查内容包括：水温、盐度、水深、pH、悬浮物、溶解氧、化学需氧量、生化需氧量、石油类、亚硝酸盐、硝酸盐、氨、活性磷酸盐、锌、镉、铅、铜、汞、

砷。

6.3.3 采样与分析方法

（1）样品采集方法

水质的调查方法为现场监测法。调查中水质采集保存、运输和分析均按照《海洋监测规范》（GB17378-2007）和《海洋调查规范》（GB12763-2007）执行。

①样品的采集、贮存、运输、分析全过程必须严格按照《海洋监测规范》（GB 17378-2007）、《海洋调查规范》（GB/T 12763-2007）和《海洋观测规范 第2部分：海滨观测》（GB/T14914.2-2019）的有关要求进行；

②采样层次：当水深≤10m，采集表层；10m<水深≤25m，采集表、底两层；25m<水深≤50m，采集表、10m、底层共三层。表层为距表面0.5m，底层为离底2.0m。海水温度、海水盐度样品与水质样品同步采集。石油类样品采用表层油类采水器采集。

③对无法现场分析的样品，按《海洋监测规范》的要求加固定剂后带回实验室分析

（2）检测分析方法

海水监测项目分析方法具体见表 6.3-3。

表 6.3-3 海水水质分析方法

项目	分析方法	检出限	分析仪器
pH	26 pH 计法	/	PHS-3F 实验室 pH 计/ 600811N0015020115
溶解氧	31 碘量法	0.02 mg/L	数显滴定仪/17C27585
化学需氧量	32 碱性高锰酸钾法	0.1 mg/L	
生化需氧量	33.1 五日培养法	/	数显滴定仪/17C27585、霉菌培养箱 /150306395
活性磷酸盐	39.1 磷钼蓝分光光度法	1.4 μg/L	UV-2350
亚硝酸盐	37 萘乙二胺分光光度法	0.5 μg/L	紫外可见分光光度计/ KBT1610020
硝酸盐	38.1 镉柱还原法	5.0 μg/L	
氨	36.2 次溴酸盐氧化法	5.0 μg/L	
汞	5.1 原子荧光法	0.007 μg/L	AFS-8330 原子荧光光度计/ 8330-1304084Z9
锌	9.2 阳极溶出伏安法	1.0 μg/L	797 VA Computrace
铜	6.2 阳极溶出伏安法	0.5 μg/L	伏安极谱仪/1797001027124
铅	7.2 阳极溶出伏安法	0.5 μg/L	
镉	8.2 阳极溶出伏安法	0.05 μg/L	
石油类	13.2 紫外分光光度法	3.5 μg/L	UV-2800 紫外可见分光光度计/ SQU1411011

砷	11.1 原子荧光法	0.5 μg/L	AFS-8330 原子荧光光度计 /8330-1304084Z9
悬浮物	27 重量法	/	ES1035A 电子分析天平 DHG-9053A 电热恒温鼓风干燥箱

6.3.4 调查与评价结果

6.3.4.1 调查结果

6.3.4.1.1 2023 年 5 月调查结果

本次海水水质调查结果见表 6.3-4。

调查结果可知：该次调查共 21 个站位，各站水深变化范围为 10m~29.0m。各站水温变化范围为 25.87℃~29.70℃，平均水温为 26.62℃。

各调查项目的现状及分布特征如下：

① 盐度

本次调查，各站盐度变化范围为 31.05‰~33.86‰，平均盐度为 33.51‰。最低盐度出现在 J1 站表层，最高盐度出现在 J14 站底层。从空间分布上，湾内近岸区海水盐度明显低于湾外。

② pH

本次调查，各站 pH 值变化范围为 8.04~8.33，平均 pH 值为 8.14。最低 pH 值出现在 J21 站表层，最高 pH 值出现在 J1 站表层。从空间分布上，近岸区海水 pH 稍高于湾中部及外部。

③ 悬浮物质

本次调查，各站悬浮物的质量浓度变化范围是 1.90mg/L~12.04mg/L，平均值为 3.28mg/L。最低值出现在 J4 站表层，最高值出现在 J10 站底层。除 J10 站底层外，其他各站各层悬浮物质质量浓度差异不大。

④ 溶解氧（DO）

本次调查，各站 DO 的质量浓度变化范围为 5.46mg/L~7.25mg/L，平均值为 6.54mg/L。最低值出现在 J2 站底层，最高值出现在 J1 站表层。各站各层 DO 相差不大。

⑤ 化学需氧量（COD_{Mn}）

本次调查，各站 COD_{Mn} 的质量浓度变化范围为 0.63mg/L~1.66mg/L，平均值为 0.90mg/L。最低值出现在 J8 站表层，最高值出现在 J19 站底层。各站 COD 垂向上多表现为底层大于表层。

⑥生化需氧量（BOD₅）

本次调查，各站 BOD₅ 的质量浓度变化范围为 0.04mg/L~0.83mg/L，平均值为 0.28mg/L。最低值出现在 J2 站底层，最高值出现在 J4 站底层和 J9 站表层，最高值出现在 J5 站表层。从空间分布上看，BOD 质量浓度大于 0.5 mg/L 主要分布在近岸区域以及沿海航路一带，其他站位 BOD 质量浓度普遍小于 0.5 mg/L。

⑦石油类

本次调查，各站石油类的质量浓度变化范围为 5.30μg/L~35.40μg/L，平均值为 21.73μg/L。最低值出现在 J4 站，最高值出现在 J1 站。

⑧无机氮

本次调查，各站无机氮的质量浓度变化范围为 12.2μg/L ~135.4μg/L，平均值为 86.39μg/L。最低值出现在 J21 站底层，最高值出现在 J10 站底层。其中，各站亚硝酸盐的质量浓度变化范围为 0.60μg/L ~3.20μg/L，平均值为 1.23μg/L。最高值出现在 J6 站底层，最低值出现在 J18、J21 站底层，空间分布上近岸区域亚硝酸盐的质量浓度明显高于非近岸区域；各站铵盐的质量浓度变化范围为 6.40μg/L ~53.0μg/L，平均值为 22.26μg/L。最低值出现在 J21 底层，最高值出现在 J11 站表层，空间部分上，J10、J11、J12、J13 站位氨氮含量明显高于其他站位；各站硝酸盐的质量浓度变化范围为 5.20μg/L ~81.50μg/L，平均值为 32.22μg/L。最低值出现在 J4 站表层和底层、J9 站表层和 10m 层，J15 站 10m 层，J18 站底层、J21 站底层，最高值出现在 J10 站表层，空间分布可见低值区主要是湾外距岸较远的海域。

⑨活性磷酸盐

本次调查，各站磷酸盐的质量浓度变化范围为 4.0μg/L ~30.70μg/L，平均值为 10.45μmol/L。最低值出现在 J21 表层，最高值出现在 J16 底层。空间分布上，除 J19 站底层、J16 站表层和底层活性磷酸盐相对较高外，其他各站各层差异不大。

⑩砷

本次调查，各站砷的质量浓度变化范围为 0.40μg/L~2.23μg/L，平均值为 0.98μg/L。最高值出现在 J21 站表层，最低值出现在 J9 站 10m 层。

⑪铅

本次调查，各站铅的质量浓度变化范围为 $0.19\mu\text{g/L}$ ~ $2.13\mu\text{g/L}$ ，平均值为 $0.77\mu\text{g/L}$ 。最低值出现在 J6 站表层，最高值出现在 J4 站表层。

⑫镉

本次调查，47 个海水样品中 40 个样品镉的含量均低于检测限，检测样品中各站镉的质量浓度变化范围为 $0.05\mu\text{g/L}$ ~ $0.12\mu\text{g/L}$ ，平均值为 $0.08\mu\text{g/L}$ 。最高值出现在 J9 站 10m 层和 J14 站底层，最低值出现在 J2 站、J11 站表层。

⑬铜

本次调查，3 个样品铜的含量均低于检测限，其余各站铜的质量浓度变化范围为 $0.31\mu\text{g/L}$ ~ $2.90\mu\text{g/L}$ ，平均值为 $0.57\mu\text{g/L}$ 。最低值出现在 J21 站 10m 层，最高值出现在 J2 表层。

⑭锌

本次调查，各站锌的质量浓度变化范围为 $0.6\mu\text{g/L}$ ~ $6.3\mu\text{g/L}$ ，平均值为 $1.81\mu\text{g/L}$ 。最低值出现在 J17 站 10m 层以及 J19 表层，最高值出现在 J9 站表层。

⑮汞

本次调查，2 个样品汞的含量均低于检测限，其余各站汞的质量浓度变化范围为 $0.003\mu\text{g/L}$ ~ $0.024\mu\text{g/L}$ ，平均值为 $0.008\mu\text{g/L}$ 。最低值出现在 J14 站表层，最高值出现在 J18 底层。各站除 J18 底层外，其他各站各层无显著差异。

表 6.3-4 2023 年 5 月海水水质现状调查结果表

站号	层次	水温	盐度	pH	悬浮物	DO	COD	BOD ₅	石油类	亚硝酸盐	氨	硝酸盐	活性磷酸盐	锌	镉	铅	铜	汞	砷			
	(m)	(°C)																		(mg/L)		
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

6.3.4.1.2 2025 年 10 月调查结果

本次海水水质调查结果见表 6.3-5。

调查结果可知：该次引用调查站位共16个，各站水深变化范围为9m~21.0m。各站水温变化范围为27.1℃~30.2℃，平均水温为29.18℃。

各调查项目的现状及分布特征如下：

①盐度

本次调查，各站盐度变化范围为27.10‰~33.03‰，平均盐度为32.27‰。最低盐度出现在L21站表层，最高盐度出现在L19站底层。

②pH

本次调查，各站pH值变化范围为8.0~8.28，平均pH值为8.12。最高pH值出现在L21站表层，最高pH值出现在L13站表层。

③悬浮物质

本次调查，各站悬浮物含量变化范围为5.43mg/L~8.28 mg/L，平均含量为8.12 mg/L。最低值出现在L13站表层，最高值出现在L49站表层。

④溶解氧（DO）

本次调查，各站DO变化范围为5.36 mg/L~7.14 mg/L，平均值为6.48 mg/L。最低值出现在L13站表层，最高值出现在L43站表层。

⑤化学需氧量（COD）

本次调查，各站COD变化范围为0.30 mg/L~1.95 mg/L，平均值为0.59 mg/L。最低值出现在L31站底层，最高值出现在L18站底层。

⑥五日生化需氧量（BOD₅）

本次调查，各站BOD₅含量变化范围为0.03 mg/L~1.20 mg/L，平均值为0.49 mg/L。最低值出现在L39站底层，最高值出现在L43站表层。

⑦石油类

本次调查，各站石油类含量变化范围为3.40 μg/L ~36.30 μg/L，平均值为17.60 μg/L。最低值出现在L32站表层，最高值出现在L21站表层。

⑧无机氮

本次调查，各站亚硝酸盐含量变化范围为1.10 μg/L ~10.90 μg/L，平均值为3.26 μg/L。最低值出现在L14站底层，最高值出现在L9站表层；硝酸盐含量变化范围为41.30 μg/L ~96.80 μg/L，平均值为65.62 μg/L。最低值出现在L32站表层，最高值出现在L50

站底层；氨含量变化范围为 $5.0 \mu\text{g/L}$ ~ $95.00 \mu\text{g/L}$ ，平均值为 $44.10 \mu\text{g/L}$ 。最低值出现在L19站底层，最高值出现在L49站表层。

⑨活性磷酸盐

本次调查，各站活性磷酸盐含量变化范围为 $2.80 \mu\text{g/L}$ ~ $15.80 \mu\text{g/L}$ ，平均值为 $6.91 \mu\text{g/L}$ 。最低值出现在L32站表层，最高值出现在L41站底层。

⑩锌

本次调查，各站锌含量变化范围为 $1.20 \mu\text{g/L}$ ~ $32.80 \mu\text{g/L}$ ，平均值为 $5.11 \mu\text{g/L}$ 。最低值出现在L13站表层，最高值出现在L14站表层。

⑪镉

本次调查，各站铅含量仅一个样品检出，含量为 $0.05 \mu\text{g/L}$ ，其他样品均未检出。

⑫铅

本次调查，各站铅含量变化范围为 $0.38 \mu\text{g/L}$ ~ $8.50 \mu\text{g/L}$ ，平均值为 $0.57 \mu\text{g/L}$ 。最低值出现在L18站表层，最高值出现在L19站表层。

⑬铜

本次调查，各站铜含量变化范围为 $0.56 \mu\text{g/L}$ ~ $1.10 \mu\text{g/L}$ ，平均值为 $0.80 \mu\text{g/L}$ 。最低值出现在L50站底层，最高值出现在L19站表层。

⑭汞

本次调查，各站砷含量变化范围为 $0.003 \mu\text{g/L}$ ~ $0.012 \mu\text{g/L}$ ，平均值为 $0.006 \mu\text{g/L}$ 。最低值出现在L43站及L18站底层，最高值出现在L19站表层。

⑮砷

本次调查，各站砷含量变化范围为 $0.64 \mu\text{g/L}$ ~ $1.39 \mu\text{g/L}$ ，平均值为 $5.11 \mu\text{g/L}$ 。最低值出现在L13站表层，最高值出现在L14站表层。

表 6.3-5 2025 年 10 月海水水质现状调查结果表

站位	层次	水温	盐度	pH	悬浮物	DO	COD	BOD ₅	石油类	亚硝酸盐	硝酸盐	氨	活性磷酸盐	锌	镉	铅	铜	汞	砷
	m	°C																	
01	1	28.5	32.5	8.1	1.2	5.2	12.5	2.1	0.1	0.2	1.5	0.5	0.1	1.2	0.05	0.02	0.01	0.05	0.001
02	1	28.2	32.8	8.0	1.1	5.1	12.3	2.0	0.1	0.2	1.4	0.4	0.1	1.1	0.05	0.02	0.01	0.04	0.001
03	1	28.8	32.2	8.2	1.3	5.3	12.7	2.2	0.1	0.2	1.6	0.5	0.1	1.3	0.05	0.02	0.01	0.05	0.001
04	1	28.4	32.6	8.0	1.1	5.1	12.4	2.1	0.1	0.2	1.5	0.4	0.1	1.2	0.05	0.02	0.01	0.04	0.001
05	1	28.6	32.4	8.1	1.2	5.2	12.5	2.1	0.1	0.2	1.5	0.5	0.1	1.2	0.05	0.02	0.01	0.05	0.001
06	1	28.3	32.7	7.9	1.0	5.0	12.2	2.0	0.1	0.2	1.4	0.4	0.1	1.1	0.05	0.02	0.01	0.04	0.001
07	1	28.7	32.3	8.3	1.4	5.4	12.8	2.3	0.1	0.2	1.7	0.6	0.1	1.4	0.05	0.02	0.01	0.06	0.001
08	1	28.5	32.5	8.1	1.2	5.2	12.5	2.1	0.1	0.2	1.5	0.5	0.1	1.2	0.05	0.02	0.01	0.05	0.001
09	1	28.4	32.6	8.0	1.1	5.1	12.4	2.1	0.1	0.2	1.5	0.4	0.1	1.2	0.05	0.02	0.01	0.04	0.001
10	1	28.6	32.4	8.1	1.2	5.2	12.5	2.1	0.1	0.2	1.5	0.5	0.1	1.2	0.05	0.02	0.01	0.05	0.001
11	1	28.3	32.7	7.9	1.0	5.0	12.2	2.0	0.1	0.2	1.4	0.4	0.1	1.1	0.05	0.02	0.01	0.04	0.001
12	1	28.7	32.3	8.3	1.4	5.4	12.8	2.3	0.1	0.2	1.7	0.6	0.1	1.4	0.05	0.02	0.01	0.06	0.001
13	1	28.5	32.5	8.1	1.2	5.2	12.5	2.1	0.1	0.2	1.5	0.5	0.1	1.2	0.05	0.02	0.01	0.05	0.001
14	1	28.4	32.6	8.0	1.1	5.1	12.4	2.1	0.1	0.2	1.5	0.4	0.1	1.2	0.05	0.02	0.01	0.04	0.001
15	1	28.6	32.4	8.1	1.2	5.2	12.5	2.1	0.1	0.2	1.5	0.5	0.1	1.2	0.05	0.02	0.01	0.05	0.001
16	1	28.3	32.7	7.9	1.0	5.0	12.2	2.0	0.1	0.2	1.4	0.4	0.1	1.1	0.05	0.02	0.01	0.04	0.001
17	1	28.7	32.3	8.3	1.4	5.4	12.8	2.3	0.1	0.2	1.7	0.6	0.1	1.4	0.05	0.02	0.01	0.06	0.001
18	1	28.5	32.5	8.1	1.2	5.2	12.5	2.1	0.1	0.2	1.5	0.5	0.1	1.2	0.05	0.02	0.01	0.05	0.001
19	1	28.4	32.6	8.0	1.1	5.1	12.4	2.1	0.1	0.2	1.5	0.4	0.1	1.2	0.05	0.02	0.01	0.04	0.001
20	1	28.6	32.4	8.1	1.2	5.2	12.5	2.1	0.1	0.2	1.5	0.5	0.1	1.2	0.05	0.02	0.01	0.05	0.001

6.3.4.2 评价标准与评价方法

（1）评价因子

根据本项目特征，本次海水水质评价因子包括：pH、DO、COD、BOD₅、无机氮、活性磷酸盐、总汞、铜、锌、铅、镉、砷、石油类共13项等。

（2）评价标准

根据《广东省近岸海域环境功能区划》、《广东省人民政府关于同意调整汕尾市部分近岸海域环境功能区划的批复》（粤府函〔2013〕127号）、《关于同意调整广东陆丰核电近岸海域环境功能区划的函》（粤环函〔2021〕634号）以及《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），确定各站位的评价执行标准见表 6.3-6。

不在上述区划范围内的调查站位环境质量仅做水质标准符合性分析。

表 6.3-6 各调查站位水质执行标准

调查时间	站位	近岸海域功能区	执行标准
2023 年 5 月	J1、J6、J7、J11、J12	碣石湾浅海渔业功能区（412）	一类
	J5、J10	金厢盐业、养殖、旅游功能区（407）	二类
	J2	白沙湖养殖功能区（411A）	
	J3、J4、J8、J9、、J13、J14、J15、J16、J17、J18、J19、J20、J21	/	/
2025 年 10 月	L13、L17、L18、L21、L41	碣石湾浅海渔业功能区（412）	一类
	L31、L40	碣石湾东工矿用海区（412-1）	
	L43	白沙湖养殖功能区（411A）	二类
	L16	碣石浅澳工业功能区（406B）	三类
	L9、L49、L50	陆丰核电厂冷却水排污稀释混合区（406C）	
	L14、L19、L32、L39	/	

（3）评价方法

评价方法采用标准指数法，当标准指数 P_i 值大于 1 时，表示第 i 项因子超出了其相应的评价标准，即表明该因子不能满足评价海域水质标准要求。标准指数法的计算方法如下：

1) 一般污染物

$$P_i = \frac{C_i}{C_o}$$

式中： P_i —第 i 种污染物的污染指数； C_i —第 i 种污染物的实测浓度值（mg/L）； C_o —第 i 种污染物的评价标准限值（mg/L）。

2) pH

$$P_i = 7.0 - pH_i / 7.0 - pH_s \quad pH_i \leq 7.0$$

$$P_i = pH_i - 7.0 / pH_s - 7.0 \quad pH_i > 7.0$$

式中： P_i —pH 的污染指数； pH_i —pH 的实测浓度值； pH_s —评价标准中 pH 值下限； pH_s —评价标准中 pH 值上限。

3) DO

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

$$S_{DO,j} = (DO_f - DO_j) / (DO_f - DO_s) \quad DO_j > DO_f$$

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，对于河流， $DO_f = 468 / (31.6 + T)$ ，对于盐度比较高的湖泊、水库及入海河口、近岸海域， $DO_f = (491 - 2.65S) / (33.5 + T)$ ；

S ——实用盐度符号，量纲为 1；

T ——水温， $^{\circ}\text{C}$ 。

6.3.4.3 评价结果

根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025）6.2.3条，海水水质现状评价中分层采样的点位采用多层数据的平均值进行评价（石油类因仅采集表层，仅对表层进行评价）。

6.3.4.3.1 2023 年 5 月评价结果

本次海水水质评价结果见表 6.3-7。由评价结果可知：

J1、J6、J7、J11、J12执行一类水质标准，各站位pH、COD、BOD₅、石油类、无机氮、锌、镉、铜、汞、砷均符合一类水质标准要求，1个站位的DO、活性磷酸盐超标，1个站位铅超标。DO超标倍数0.56倍，活性磷酸盐超标倍数0.03倍，铅超标倍数0.39倍。

J2、J5、J10执行二类水质标准，各站位pH、DO、COD、BOD₅、石油类、无机氮、活性磷酸盐、锌、镉、铜、铅、汞、砷均符合二类水质目标要求。

不在近岸海域功能区划范围内的各调查站位，本次进行水质标准符合性分析。各调查站位中 pH、DO、COD、BOD₅、石油类、无机氮、锌、镉、铜、汞、砷能够达到一类水质标准，另有 2 个站位的活性磷酸盐和 1 个站位的铅能够达到二类水质标准。

6.3.4.3.1 2025 年 10 月评价结果

本次海水水质评价结果见表 6.3-8。由评价结果可知：

L13、L17、L21、L40、L41、L18、L31执行一类水质标准，各站位pH、COD、BOD₅、石油类、无机氮、锌、铅、镉、铜、汞、砷均符合一类水质标准要求，1个站位的DO超标，DO超标倍数0.12倍，但满足第二类海水质量标准。

L43执行二类水质标准，L9、L16、L49、L50执行三类水质标准，各站位pH、DO、COD、BOD₅、石油类、无机氮、活性磷酸盐、锌、镉、铜、铅、汞、砷均能够符合一类水质目标要求。

不在近岸海域功能区划范围内的各调查站位，本次进行水质标准符合性分析。各调查站位中 pH、DO、COD、BOD₅、石油类、无机氮、活性磷酸盐、锌、铅、镉、铜、汞、砷能够达到一类水质标准。

表 6.3-7 2023 年 5 月海水水质现状评价结果表

水质标准	站号	pH	DO	COD	BOD ₅	石油类	无机氮	活性磷酸盐		锌	镉	铅		一类	铜	汞	砷		
		一、二类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	二类	一类	一类	一类	二类	一类	一类	一类	一类	
/	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
■		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
■		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
■		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	

表 6.3-8 2025 年 10 月海水水质现状评价结果表

水质标准	站号	pH	DO	COD	BOD ₅	BOD ₅	石油类	无机氮	活性磷酸盐	锌	镉	铅	铜	汞	砷
		一类、二类	一类	一类	一类	一类	一、二类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
一类	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

6.3.4.4 超标情况及原因分析

根据水质评价结果，本次采用的2023年5月即2025年10月调查中，海水水质大部分因子能够符合所在近岸海域功能区海水水质标准要求，仅DO、活性磷酸盐及铅出现超标，具体超标情况见下表。

表 6.3-9 海水水质超标情况统计表

调查时间	功能区	超标因子	超标倍数
2023 年 5 月	碣石湾浅海渔业功能区	DO	0.56
		活性磷酸盐	0.03
	碣石湾浅海渔业功能区	铅	0.39
2025 年 10 月	碣石湾浅海渔业功能区	DO	0.12

调查海域为近岸海域，受沿岸陆源输入、海洋水文动力等因素影响。其中，DO春季调查中1个站位DO较高，超标站位位于碣石湾中部，可能与碣石湾内水域开阔，水体交换相对滩涂浅水区水域活跃，使DO维持在较高水平有关，秋季调查中1个站位DO较低，超标站位位于湾内东部浅水区，可能与该区域水动力条件有关；活性磷酸盐超标倍数很小，可能与长期陆域输入与近年近岸养殖有关，铅超标则可能是过往船舶排污所致，超标倍数较小，仍可满足《渔业水质标准》（GB11607-89）中铅含量标准要求。

6.4 沉积物现状调查与评价

6.4.1 调查概况

根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）6.3.1条，1级和2级项目应开展海洋沉积物现状调查。调查时段不受季节限制，至少进行1次现状调查。此外，评价范围内涉及海岸（岛岸）时，应进行潮间带沉积物调查。

本项目海洋生态环境影响评价时等级确定为1级，评价范围涉及海岸。

为了解项目海域沉积物质量现状，本次对收集到自然资源部汕头海洋中心于2023年5月在碣石湾海域海洋沉积物调查结果，调查站位及坐标见表6.3-1和图6.3-1。

此外，本次收集了自然资源部汕头海洋中心于2025年6月在碣石湾开展的潮间带沉积物调查结果，引用调查站位及坐标见表6.3-1和图6.3-1。

表 6.4-1 引用 2025 年 6 月潮间带沉积物调查站位坐标

序号	站位	东经 (E)	北纬 (N)	监测项目
1	■	■■■■■■■■	■■■■■■■■	■■■■■■
■	■	■■■■■■■■	■■■■■■■■	■■■■■■
■	■	■■■■■■■■	■■■■■■■■	■■■■■■
■	■	■■■■■■■■	■■■■■■■■	■■■■■■
■	■	■■■■■■■■	■■■■■■■■	■■■■■■
■	■	■■■■■■■■	■■■■■■■■	■■■■■■

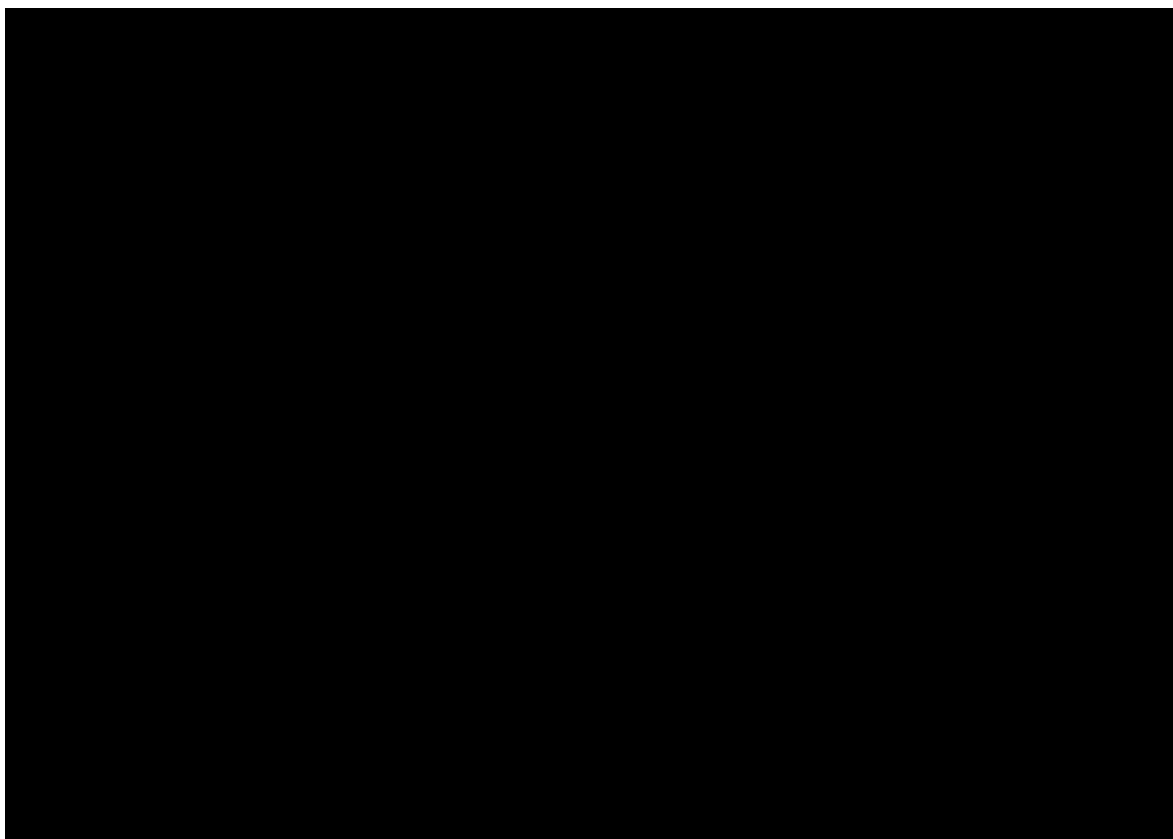


图 6.4-1 引用潮间带沉积物调查站位图

6.4.2 调查内容

沉积物监测项目包括：pH、含水率、有机碳、硫化物、汞、砷、铬、铜、锌、铅、镉、石油类。

6.4.3 采样与分析方法

(1) 样品采集方法

沉积物的调查方法为现场监测法。调查中沉积物的采集保存、运输和分析均按照

《海洋监测规范》（GB17378-2007）和《海洋调查规范》（GB12763-2007）执行。

①样品的采集、贮存、运输、分析全过程必须严格按照《海洋监测规范》（GB 17378-2007）、《海洋调查规范》（GB/T 12763-2007）的有关要求进行；

②表层沉积物表层样采（0~2）cm 沉积物，使用抓斗式采泥器采集；

③对无法现场分析的样品，按《海洋监测规范》的要求加固定剂后带回实验室分析。

（2）检测与分析方法

海洋沉积物监测项目分析方法具体见表 6.4-2。

表 6.4-2 海洋沉积物监测项目分析方法

项目	分析方法	检出限	分析仪器
pH	6.7.2 pH 值测定（电位法）	/	PHS-3F 实验室 pH 计/ 600811N0015020115
含水率	19 重量法	/	BS224S 电子天平/23590378
有机碳	18.1 重铬酸钾氧化—还原容量法	/	数显滴定仪/11L12768、BS224S 电子天平/23590378
硫化物	17.3 碘量法	4×10^{-6}	数显滴定仪/ 11L12768、BS224S 电子天平/ 23590378
总汞	5.1 原子荧光法	0.002×10^{-6}	AFS-8330 原子荧光光度计 /8330-1304084Z9
砷	11.1 原子荧光法	0.06×10^{-6}	
锌	9 火焰原子吸收分光光度法	6.0×10^{-6}	AAS ZEE nit 700P
铜	6.1 无火焰原子吸收分光光度法	2.0×10^{-6}	原子吸收分光光度计/150Z7P0379
铅	7.1 无火焰原子吸收分光光度法	1.0×10^{-6}	
镉	8.1 无火焰原子吸收分光光度法	0.04×10^{-6}	
铬	10.1 无火焰原子吸收分光光度法	2.0×10^{-6}	
石油类	13.2 紫外分光光度法	3	UV-2800 紫外可见分光光度计/ SQU1411011、BS224S 电子天平 /23590378

6.4.4 调查与评价结果

6.4.4.1 调查结果

6.4.4.1.1 2023 年 5 月沉积物调查结果

本次海洋沉积物调查结果见表 6.4-3。

各调查项目的现状及分布特征如下：

①石油类

本次调查，各站石油类变化范围为 $(7.4\sim 381)\times 10^{-6}$ ，平均值为 95.4×10^{-6} 。最低值出现在J1站，最高值出现在J16站。从空间分布上，高值站位主要分布在田尾山附近海域。

②硫化物

本次调查，各站硫化物变化范围为 $(11.7\sim 137)\times 10^{-6}$ ，平均值为 66.9×10^{-6} 。最低值出现在J9站，最高值出现在J13站。从空间分布上，除最高值和最低值外，其他各站位硫化物含量水平相差不大。

③锌

本次调查，各站表层沉积物中锌含量变化范围为 $(62.3\sim 107)\times 10^{-6}$ ，平均值为 81.7×10^{-6} 。最低值出现在J9站，最高值出现在J11站。

④铜

本次调查，各站表层沉积物中铜含量变化范围为 $(12.7\sim 20.8)\times 10^{-6}$ ，平均值为 16.2×10^{-6} 。最低值出现在J6站，最高值出现在J11站。

⑤铅

本次调查，各站表层沉积物中铅含量变化范围为 $(20.8\sim 47.2)\times 10^{-6}$ ，平均值为 32.6×10^{-6} 。最低值出现在J9站，最高值出现在J11站。

⑥镉

本次调查，各站表层沉积物中镉含量变化范围为 $(0.05\sim 0.12)\times 10^{-6}$ ，平均值为 0.07×10^{-6} 。最低值出现在J6、J17站，最高值出现在J11站。

⑦铬

本次调查，各站表层沉积物中铬含量变化范围为 $(17.5\sim 25.0)\times 10^{-6}$ ，平均值为 21.3×10^{-6} 。最低值出现在J6站，最高值出现在J16站。

⑧汞

本次调查，各站表层沉积物中汞含量变化范围为 $(0.029\sim 0.053)\times 10^{-6}$ ，平均值为 0.04×10^{-6} 。最低值出现在J9站，最高值出现在J11站。

⑨砷

本次调查，各站表层沉积物中砷含量变化范围为 $(3.98\sim 12.3)\times 10^{-6}$ ，平均值为 7.35×10^{-6} 。最低值出现在J9站，最高值出现在J12站。

⑩有机碳

本次调查，各站表层沉积物中有机碳变化范围为 0.51%~1.29%，平均值为 0.8%。最低值出现在 J9 站，最高值出现在 J11 站。

6.4.4.1.1 2025 年 6 月潮间带沉积物调查结果

本次海洋沉积物调查结果见表 6.4-4。

①有机碳

本次调查，各站潮间带表层沉积物中有机碳变化范围为 9%~15%，平均值为 12%。最低值出现在 C3 站，最高值出现在 C1 站。

②石油类

本次调查，各站潮间带表层沉积物中石油类变化范围为 $(4.3\sim 135)\times 10^{-6}$ ，平均值为 37.32×10^{-6} 。最低值出现在 C1 站，最高值出现在 C3 站。

③汞

本次调查，各站潮间带表层沉积物中汞变化范围为 $(0.001\sim 0.076)\times 10^{-6}$ ，平均值为 0.02×10^{-6} 。C6 站未检出，最高值出现在 C3 站。

④砷

本次调查，各站潮间带表层沉积物中砷变化范围为 $(1.77\sim 5.02)\times 10^{-6}$ ，平均值为 3.29×10^{-6} 。最低值出现在 C1 站，最高值出现在 C2 站。

⑤锌

本次调查，各站潮间带表层沉积物中锌变化范围为 $(3.0\sim 58.6)\times 10^{-6}$ ，平均值为 15.60×10^{-6} 。C1、C4、C6 站未检出，最高值出现在 C2 站。

⑥铜

本次调查，各站潮间带表层沉积物中铜变化范围为 $(1.3\sim 7.4)\times 10^{-6}$ ，平均值为 3.25×10^{-6} 。最低值出现在 C1 站，最高值出现在 C2 站。

⑦铅

本次调查，各站潮间带表层沉积物中铅变化范围为 $(1.0\sim 24.2)\times 10^{-6}$ ，平均值为 8.95×10^{-6} 。最低值出现在 C1 站，最高值出现在 C2 站。

⑧镉

本次调查，各站潮间带表层沉积物中镉均未检出。

⑨铬

本次调查，各站潮间带表层沉积物中铬变化范围为 $(5.4\sim 126)\times 10^{-6}$ ，平均值为 75.53×10^{-6} 。最低值出现在 C3 站，最高值出现在 C5 站。

表 6.4-4 2025 年 6 月潮间带沉积物现状调查结果表

序号	站位	层次	有机碳	石油类	汞	砷	锌	铜	铅	镉	铬
		(cm)	$\times 10^{-2}$	$\mu\text{g/g} (\times 10^{-6})$							
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■			■	■	■	■	■	■	■	■	■
■			■	■	■	■	■	■	■	■	■
■			■	■	■	■	■	■	■	■	■

备注：检出率占样品频数的1/2以上（包括1/2）或不足1/2时，未检出部分分别取检出限的1/2和1/4量参加统计运算。

。

6.4.4.2 评价标准与评价方法

（1）评价因子

沉积物质量评价因子包括：有机碳、汞、铜、锌、铅、镉、铬、砷、石油类、硫化物等10项。

（2）评价标准

因近岸海域环境功能区中未确定海洋沉积物质量评价标准，本次位于近岸海域环境功能区划中的调查站位沉积物质量统一按《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）中一类标准执行。不在近岸海域环境功能区划范围内的调查站位沉积物环境质量仅进行标准符合性分析。

（3）评价方法

沉积物评价采用单项标准指数法，计算公式与水质评价的一般污染物计算公式相同。

6.4.4.3 评价结果

6.4.4.3.1 2023 年 5 月评价结果

本次海洋沉积物质量现状评价结果见表 6.4-5。由评价结果可知：

J1、J6、J11、J12执行一类沉积物质量标准，各站位有机碳、石油类、硫化物、锌、铜、铅、镉、铬、汞、砷均符合一类沉积物质量标准要求。

不在近岸海域功能区划范围内的各调查站位（J3、J8、J9、、J13、J14、J16、J17、J20），本次进行沉积物质量标准符合性分析。各调查站位中有机碳、石油类、硫化物、锌、铜、铅、镉、铬、汞、砷均能够达到一类沉积物质量标准要求。

调查海域沉积物质量良好。

6.4.4.3.2 2025 年 6 月评价结果

本次潮间带海洋沉积物现状评价结果见表 6.4-6。由评价结果可知：

各站位全部执行一类沉积物质量标准，各站位有机碳、石油类、锌、铜、铅、镉、汞、砷均符合一类沉积物质量标准要求。铬有4个站位超标，最大超标倍数为0.58倍，推测可能与近岸河流排污和港口船舶活动有关。

表 6.4-5 2023 年 5 月海洋沉积物质量现状评价结果表

执行标准类别	站位	层次	有机碳	石油类	硫化物	锌	铜	铅	镉	铬	汞	砷
二类	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
一类	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

表 6.4-6 2025 年 6 月海洋沉积物质量现状评价结果表

执行标准类别	站位	层次	有机碳	石油类	汞	砷	锌	铜	铅	镉	铬
一类	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

6.5 海洋生态现状调查与评价

6.5.1 调查内容

海洋生态调查内容包括叶绿素和初级生产力、浮游植物、浮游动物、底栖生物、潮间带生物。

6.5.2 采样与分析统计方法

（1）样品采集方法

海洋生物的调查方法为现场监测法。调查中生物样品的采集保存、运输和分析均按照《海洋监测规范》（GB17378-2007）和《海洋调查规范》（GB12763-2007）执行。

①采样层次：叶绿素a站位采集与生物样品同步采集，采样层次与水质采样要求一致。

②浮游植物：样品采集采用浅水III型浮游生物网由底层至表层做一次垂直拖网的方法采集。采集到的样品按照《海洋调查规范》的规定，用5%的甲醛（福尔马林）固定后，带回实验室进行种类鉴定和计数。

③浮游动物：样品采用浅水I型浮游动物网采集，每站取自底层至表层做一次垂直拖网的方法采集浮游动物样品。采集到的样品用5%福尔马林溶液固定后，带回实验室进行湿重生物量称重，并用镜检分析法和个体计数法进行浮游动物的种类鉴定和计数。

④大型底栖生物（定量）：定量分析样品利用抓斗式采泥器（0.05 m²）采集，每站采集至少3斗沉积物样品后，泥样倒入孔径为1mm的套筛中用海水冲洗，拣出所有生物样品，用5%的甲醛溶液固定，分瓶编号登记，带回实验室种类鉴定、计数、称重。

⑤潮间带生物：本次潮间带生物调查断面主要分布在砂质岸滩上，在大潮期间开展样品采集。根据现场潮带划分，在各断面的高潮带、中潮带和低潮带分别采集1个定性样品，在各断面的高潮带布设2站，中潮带布设3站，低潮带布设2站，每站随机布设4个样方使用定量框（25cm×25cm×30cm）进行定量样品采集。采集样品用5%的甲醛固定，带回实验室进行种类分析、栖息密度、生物量计算并分析其分布特征。

（2）检测与分析方法

海洋生物生态分析方法见表 6.5-1。

表 6.5-1 海洋生物项目分析方法

项目	检测方法	仪器设备
叶绿素-a	8.2 分光光度法	UV-2800 紫外可见分光光度计/ SQU1411011
初级生产力	根据叶绿素 a 同化系数换算	/
浮游植物	5 浮游生物生态调查	Nikon AZ100 生物显微镜/2006789
浮游动物		LEICA M165C 荧光体视显微镜/5933696
		MP2002 电子天平/SHP0100278828
大型底栖生物	6 大型底栖生物调查	OLYMPUS SZ2-ILST 显微镜/7D11885
		MP2002 电子天平/ SHP0100278828
潮间带生物	7 潮间带生物调查	OLYMPUS SZ2-ILST 显微镜/7D11885
		MP2002 电子天平/ SHP0100278828

(3) 统计方法

初级生产力的估算采用叶绿素 a 法，根据联合国教科文组织（UNESCO）推荐的 cadée（1975）公式估算：

$$P = \frac{Chla \cdot Q \cdot D \cdot E}{2}$$

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

$Chla$ ——平均叶绿素 a 的含量（ mg/m^3 ）；

Q ——不同层次同化指数算术平均值，春季调查取 3.7；

D ——昼长时间（h），根据季节和海域情况取 12 小时；

E ——真光层深度（m），春季取透明度*2.7。若大于深度，则为站点深度。

多样性指数、均匀度、丰富度和单纯度是生物群落特征数值的研究指标。一般情况下，种类越丰富，种间数量分布越均匀，多样性指数值就越高，也就预示生物群落受外界干扰越少或生物群落较为稳定。一般来说，在水体交错区或稳定成熟发展的水体中，浮游植物的多样性高。计算公式如下：

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

$$P_i = n_i / N$$

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

$$d = (S-1) / \log_2 N;$$

$$C = \text{Sum} (n_i/N)^2$$

式中：S 为种类数；C 为单纯度；H' 为多样性指数；J' 为均匀度；d 为丰富度；n_i 是第 i 个物种的个体数；N 是全部物种的个体数。

6.5.3 叶绿素 a 和初级生产力

6.5.3.1.1 2023 年 5 月调查结果

本次调查共采集 12 个站位的叶绿素 a 样品。各站位表层海水中叶绿素 a 含量为（0.38~2.17）mg/m³，均值为 1.29 mg/m³；中层海水中叶绿素 a 含量为（0.41~1.38）mg/m³，均值为 0.93 mg/m³；底层海水中叶绿素 a 含量为（0.36~1.40）mg/m³，均值为 1.00 mg/m³。整体看来，海水中叶绿素 a 含量表现为：表层>底层>中层。

各站位初级生产力范围为（270.13~1353.89）mg·C/(m²·d)，均值为 798.59 mg·C/(m²·d)。见表 6.5-2。

表 6.5-2 各站位叶绿素 a 含量及初级生产力

站位	叶绿素 (mg/m ³)				透明度 (m)	初级生产力 (mg·C/(m ² ·d))
	表层	中层	底层	均值		
1	0.38	0.41	0.36	0.38	1.5	270.13
2	0.5	0.5	0.5	0.5	1.5	300
3	0.8	0.8	0.8	0.8	1.5	400
4	1.2	1.2	1.2	1.2	1.5	600
5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	750
6	1.8	1.8	1.8	1.8	1.5	900
7	2.1	2.1	2.1	2.1	1.5	1050
8	2.17	2.17	2.17	2.17	1.5	1353.89
9	0.4	0.4	0.4	0.4	1.5	240
10	0.5	0.5	0.5	0.5	1.5	300
11	0.6	0.6	0.6	0.6	1.5	360
12	0.7	0.7	0.7	0.7	1.5	420

6.5.3.1.2 2025 年 10 月调查结果

本次共引用 10 个调查站位的叶绿素 a 调查结果。各站位表层海水中叶绿素 a 含量为(0.773~4.00)mg/m³，均值为 1.59mg/m³；各站位底层海水中叶绿素 a 含量为(0.442~1.9) mg/m³，均值为 0.903 mg/m³；各站位叶绿素 a 含量详见表 6.5-3。各站位初级生产力范围为（86.59~719.28）mg·C/(m²·d)，均值为 292.42 mg·C/(m²·d)。最大值出现

本次共引用 10 个调查站位中，浮游植物单纯度的变化范围为 0.09~0.24，均值为 0.15；多样性指数的变化范围为 2.75~4.03，均值为 3.47；均匀度的变化范围为 0.60~0.79，均值为 0.72；丰富度的变化范围为 1.09~1.76，均值为 1.37，见表 6.5-5。

表 6.5-5 各站位浮游植物主要生态参数

站位	细胞密度 ($\times 10^3$ cell/m ³)	单纯度 <i>C</i>	多样性指数 <i>H'</i>	均匀度 <i>J'</i>	丰富度 <i>d</i>
■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■

6.5.5 浮游动物

6.5.5.1.1 2023 年 5 月调查结果

(1) 种类组成

浮游动物经鉴定共有 98 种（包括属以上），分类学上隶属于 12 个类群。此次调查中，桡足类最多，25 种，占总种类数的 25.51%；水母类 16 种，占总种类数的 16.33%；被囊类 10 种，多毛类、毛颚类、翼足类各 4 种，原生动物、介形类、樱虾类、枝角类、异足类各 2 种。此外，共鉴定浮游幼体（包括鱼卵仔稚鱼）25 种。调查中，各站位浮游动物种类数的变化范围为 40~73，最大值出现在 J12 站位，最小值出现在 J1 站位。

(2) 个体数量和生物量

调查中，各站位浮游动物个体数量的变化范围为 (63.04~368.57) ind/m³，平均每个站位的浮游动物个体数量为 165.00 ind/m³，最大值出现在 J12 站位，最小值出现

在 J9 站位。

调查中，各站位浮游动物生物量的变化范围为（101.94~1535.40）mg/m³，均值为 285.74 mg/m³。最大值出现在 J14 站位，最小值出现在 J16 站位。

表 6.5-6 各站位浮游动物主要生态参数

站位	个体数量	单纯度	多样性指数	均匀度	丰富度	生物量
	(ind/m ³)	C	H'	J'	d	(mg/m ³)
J1	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J2	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J3	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J4	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J5	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J6	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J7	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J8	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J9	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J10	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J11	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J12	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J13	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J14	1535.40	0.35	4.63	0.87	10.46	1535.40
J15	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J16	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J17	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J18	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J19	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J20	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J21	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J22	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J23	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J24	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J25	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J26	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J27	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J28	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J29	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J30	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J31	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J32	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J33	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J34	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J35	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J36	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J37	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J38	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J39	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J40	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J41	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J42	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J43	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J44	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J45	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J46	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J47	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J48	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J49	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J50	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J51	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J52	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J53	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J54	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J55	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J56	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J57	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J58	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J59	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J60	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J61	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J62	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J63	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J64	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J65	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J66	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J67	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J68	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J69	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J70	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J71	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J72	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J73	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J74	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J75	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J76	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J77	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J78	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J79	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J80	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J81	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J82	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J83	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J84	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J85	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J86	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J87	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J88	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J89	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J90	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J91	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J92	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J93	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J94	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J95	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J96	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J97	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J98	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J99	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94
J100	101.94	0.07	2.93	0.49	5.50	101.94

(3) 优势种

浮游动物优势种共 7 种（类）。其中，桡足类 3 种，原生动物、枝角类、毛颚类、浮游幼体各 1 种。鸟喙尖头蚤（*Penilia avirostris*）为调查海区第一优势种。

(4) 多样性指数

调查中，各站位浮游动物单纯度的变化范围为 0.07~0.35，均值为 0.15；多样性指数的变化范围为 2.93~4.63，均值为 4.09；均匀度的变化范围为 0.49~0.87，均值为 0.70；丰富度的变化范围为 5.50~10.46，均值为 8.33。

6.5.5.1.2 2025 年 10 月调查结果

(1) 种类组成

浮游动物经鉴定共有 102 种（包括属以上），分类学上隶属于 12 个类群。此次调查中，桡足类最多，30 种，占总种类数的 29%；水母类 29 种，占总种类数的 28%；被囊类 6 种，枝角类、毛颚类、介形类和多毛类各 2 种，原生动物、栉水母、樱虾类和翼足类各 1 种。共鉴定浮游幼体（包括鱼卵和仔、稚鱼）25 种。调查中，各站位浮游动物种类数的变化范围为（26~48）种，平均每个站位的种类数为 37 种，最大值出现在 L40 站位，最小值出现在 L21 站位。

6.5.6 底栖生物

6.5.6.1.1 2023 年 5 月调查结果

（1）种类组成

在定量样品分析中，调查海域共获底栖生物 8 大类 18 种。其中，环节动物 6 种，节肢动物 4 种，软体动物、棘皮动物各 2 种，动物 6 种，刺胞动物、纽形动物、星虫动物、蠕虫动物各 1 种。

（2）生物量与栖息密度

调查海域底栖生物各站位定量样品分析中，平均生物量为 8.68 g/m²，组成以棘皮动物为主，其中，棘皮动物>环节动物>蠕虫动物>节肢动物>软体动物>星虫动物>刺胞动物>纽形动物。平均栖息密度为 32.3 ind/m²，组成以棘皮动物为主，其中，棘皮动物>环节动物>节肢动物>星虫动物=软体动物=纽形动物=蠕虫动物>刺胞动物。

表 6.5-8 各站位底栖生物的生物量（g/m²）和栖息密度（ind/m²）

站位	J9	J20	J16	J17	J14	J13	均值
栖息密度	20	6.7	33.3	20.1	26.8	33.3	
生物量	3.8	0.13	3.93	3	9.94	7.6	
站位	J12	J8	J3	J11	J1	J6	32.3
栖息密度	26.7	13.3	53.4	53.5	66.8	33.4	
生物量	4.0	2.8	8.93	25.6	22.4	12	
							8.68

（3）优势种

底栖生物优势种共 2 种（类）。其中，棘皮动物、环节动物各 1 种。光滑倍棘蛇尾（*Amphioplus laevis*）为调查海区绝对优势种。

（4）多样性指数

调查海域底栖生物单纯度的变化范围为 0.14~1.00，均值为 0.55；多样性指数的变化范围为 0.54~2.92，均值为 1.60；均匀度的变化范围为 0.54~1.00，均值为 0.91；丰富度的变化范围为 0.17~1.15，均值为 0.50。

6.5.6.1.2 2025 年 10 月调查结果

（1）种类组成

在定量和定性样品分析中，调查海域共捕获底栖生物 7 大类 66 种。其中，节肢动物 24 种，占总种类数的 36%；软体动物 17 种，占总种类数的 26%；脊索动物 12 种，环节动物 8 种，腔肠动物和棘皮动物各 2 种，蠕虫动物 1 种。

（2）生物量和栖息密度

定量样品分析中，本次共引用 10 个调查站位中底栖生物各站位平均栖息密度为 35.10 ind./m²，组成以环节动物为主，其中，环节动物>蠕虫动物>脊索动物>棘皮动物>节肢动物>软体动物。平均生物量为 6.41 g/m²，组成以蠕虫动物为主，其中蠕虫动物>脊索动物>环节动物>节肢动物>棘皮动物>软体动物。

表 6.5-9 各站位底栖生物的生物量（g/m²）和栖息密度（ind/m²）

站位	L13	L14	L16	L17	L19	L21	L31
栖息密度	34	34	120	47	20	14	7
生物量	7.00	14.14	17.06	5.40	4.07	1.07	2.40
站位	L32	L40	L43	最小值	最大值	均值	
栖息密度	21	34	20	7	120	35.10	
生物量	3.33	5.13	4.47	1.07	48.33	6.41	

（3）优势种

定量样品分析中，监测海域底栖生物优势种共 4 种，其中棘皮动物 2 种，蠕虫动物和环节动物各 1 种。短吻铲荚蠕（*Listriolobus brevirostris*）为该调查区域的第一优势种。

（4）多样性指数

定性样品分析中，本次共引用 10 个调查站位中底栖生物单纯度的变化范围为 0.15~0.47，均值为 0.22；多样性指数的变化范围为 1.75~3.25，均值为 2.68；均匀度的变化范围为 0.61~1.00，均值为 0.82；丰富度的变化范围为 1.19~2.29，均值为 1.81。

6.5.7 潮间带生物

6.5.7.1.1 2023 年 5 月调查结果

（1）种类组成

本次潮间带生物监测定量样品经鉴定共有 3 门 11 种。种类组成以软体动物为主，6 种，节肢动物 3 种，环节动物 2 种。

（2）生物量和栖息密度

定量调查中，平均栖息密度为 45.3 ind/m²，软体动物最高，为 32.6 ind/m²，节肢动物为 11.4 ind/m²，环节动物为 1.3 ind/m²；平均生物量为 55.06 g/m²，软体动物最高，为 53.45 g/m²，节肢动物为 1.42 g/m²，环节动物为 0.19 g/m²。水平分布上，潮间带断面生物栖息密度、生物量均表现为 CJ2>CJ3>CJ1；垂直分布上，潮间带断面生物栖息

密度表现为高潮带>低潮带>中潮带，生物量表现为低潮带>中潮带>高潮带。

表 6.5-10 各断面潮间带生物栖息密度(ind/m²)和生物量(g/m²)的水平分布

断面	项目	软体动物	节肢动物	环节动物	合计
CJ1	栖息密度	19.8	1.3	2.2	23.3
	生物量	21.22	0.16	0.35	21.73
CJ2	栖息密度	74.7	10.7	0.9	86.2
	生物量	118.04	0.22	0.2	118.46
CJ3	栖息密度	3.3	22.2	0.7	26.2
	生物量	21.08	3.89	0.03	25
均值	栖息密度	32.6	11.4	1.3	45.3
	生物量	53.45	1.42	0.19	55.06

表 6.5-11 潮间带生物栖息密度(ind/m²)和生物量(g/m²)的垂直分布

潮带	项目	软体动物	节肢动物	环节动物	合计
高潮带	栖息密度	42.0	19.3	0.0	61.3
	生物量	22.15	3.45	0.00	25.60
中潮带	栖息密度	19.1	14.2	1.8	35.2
	生物量	61.95	0.01	0.37	62.33
低潮带	栖息密度	36.7	0.7	2.0	39.3
	生物量	76.25	0.81	0.20	77.26

(3) 优势种

定量调查中，监测区域潮间带生物的优势种共 8 种。其中，软体动物 5 种，节肢动物 2 种，环节动物 1 种。紫藤斧蛤 (*Donax semigranosus*) 为该调查区域第一优势种。

(4) 多样性指数

定量调查中，潮间带生物各断面种类数的变化范围为 5~9，均值为 7；单纯度的变化范围为 0.29~0.38，均值为 0.34；多样性指数的变化范围为 1.75~2.17，均值为 1.90；均匀度的变化范围为 0.68~0.76，均值为 0.71；丰富度的变化范围为 0.88~1.24，均值为 1.06。

表 6.5-12 潮间带生物主要生态参数

断面	种类数	单纯度	多样性指数	均匀度	丰富度
	S	C	H'	J'	d
CJ1	5	0.36	1.76	0.76	0.88
CJ2	9	0.29	2.17	0.69	1.24
CJ3	6	0.38	1.75	0.68	1.06
均值	/	0.34	1.90	0.71	1.06

6.5.7.1.2 2025 年 10 月调查结果

(1) 种类组成

本次潮间带生物监测定性和定量样品经鉴定共有 2 门 11 种，其中软体动物 6 种，

节肢动物 5 种。

(2) 生物量和栖息密度

定量调查中，本次引用的 4 个断面的潮间带生物平均栖息密度为 12.25 ind./m²，软体动物>节肢动物；平均生物量为 4.11 g/m²，节肢动物>软体动物。水平分布上，潮间带各断面生物栖息密度表现为 LFD6>LFD4>LFD5>LFD1，生物量表现为 LFD6>LFD4>LFD5>LFD1；垂直分布上，潮间带各断面生物栖息密度表现为低潮带>中潮带>高潮带，生物量表现为低潮带>中潮带>高潮带。

表 6.5-13 各断面潮间带生物栖息密度(ind./m²)和生物量(g/m²)的水平分布

断面	项目	软体动物	节肢动物	合计
LFD1	栖息密度	0	0	0
	生物量	0.00	2.38	2.38
LFD4	栖息密度	24	4	28
	生物量	6.51	0.69	7.20
LFD5	栖息密度	1	0	1
	生物量	3.93	0.00	3.93
LFD6	栖息密度	24	26	50
	生物量	6.00	18.63	24.63
均值	栖息密度	12.25	7.5	19.75
	生物量	4.11	5.43	9.54

表 6.5-14 潮间带生物栖息密度(ind./m²)和生物量(g/m²)的垂直分布

潮带	项目	软体动物	环节动物	合计
高潮带	栖息密度	0	0	0
	生物量	0.00	0.00	0.00
中潮带	栖息密度	15	3	18
	生物量	3.95	8.45	12.40
低潮带	栖息密度	10	14	24
	生物量	4.27	8.30	12.57

(3) 优势种

定量调查中，监测区域潮间带生物优势种共 2 种，软体动物和节肢动物各 1 种。紫藤斧蛤 (*Donax semigranosus*) 为该调查区域的第一优势种。

(4) 多样性指数

定性调查中，本次引用的 4 个断面的潮间带生物各断面单纯度的变化范围为

0.35~0.65，均值为 0.46；多样性指数的变化范围为 0.76~1.73，均值为 1.29；均匀度的变化范围为 0.76~0.99，均值为 0.86；丰富度的变化范围为 0.23~1.50，均值为 0.84。

表 6.5-15 潮间带生物主要生态参数

断面	种类数 <i>S</i>	单纯度 <i>C</i>	多样性 <i>H'</i>	均匀度 <i>J'</i>	丰富度 <i>d</i>
LFD1	4	0.35	1.69	0.84	1.29
LFD4	2	0.65	0.76	0.76	0.32
LFD5	4	0.35	1.73	0.86	1.50
LFD6	2	0.50	0.99	0.99	0.23
最小值	2	0.35	0.76	0.76	0.23
最大值	4	0.65	1.73	0.99	1.50
均值	/	0.46	1.29	0.86	0.84

6.6 渔业资源现状调查与评价

6.6.1 调查内容

渔业资源调查项目包括鱼卵仔稚鱼和游泳动物。

6.6.2 调查与统计方法

（1）调查方法

鱼类浮游生物（鱼卵、仔稚鱼）：定量分析样品采用浅水I型浮游动物网采集，每站取自底层至表层做一次垂直拖网的方法采集浮游动物样品。定性分析样品采用大型浮游生物网于表层水平拖曳10分钟取得，拖速约1.5节。采集到的样品用5%福尔马林溶液固定后，带回实验室进行湿重生物量称重，并用镜检分析法和个体计数法进行浮游动物的种类鉴定和计数。

游泳动物：采用单拖渔船进行捕获，拖网调查时间均于白天进行，每站拖曳时间为 1 小时，调查所用网具每张网的上纲长 6m，网衣长 9m，网口大 4.0m，网目大 40mm，扫海宽度按浮纲长度的 2/3 计约 4.0 m，按规定方向进行，拖网速度控制在 3kn 左右。收网后，把网囊里的全部渔获物倒在甲板上，准确记录该站位的渔获总质量（kg）。取样分析的样品带回实验室鉴定种类、测量长度、测定体重和统计个数。分析其种类组成、渔获物生物学特征、优势种分布、渔获量分布和资源密度（重量、尾数）。

（2）统计方法

①资源密度

调查采用扫海面积法（密度指数法），估算评价海区的资源密度，求算公式为：

$$D=C/Q \cdot A$$

其中：D——渔业资源密度，单位为 kg/km²；

C——平均每小时拖网渔获量，单位为 kg/网·h；

A——每小时网具取样面积，单位为 km²/网·h；

Q——网具渔获率（取 0.5）。

③相对重要性指数 IRI

利用相对重要性指数 IRI 分析渔获物在群体数量组成中的生态地位，依次确定优势种。公式如下：

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

式中：N——某一种类的尾数占渔获总尾数的百分比；

W——某一种类的重量占渔获总重量的百分比；

F——某一种类出现的频率。

6.6.3 游泳生物

6.6.3.1.1 2023 年 5 月调查结果

（1）种类组成

调查海区内共捕获游泳生物 21 种，其中鱼类隶属于 3 目 13 科 16 种，甲壳类隶属于 2 目 2 科 4 种，头足类隶属于 1 目 1 科 1 种。

甲壳类在渔获物中占优势，鱼类次之，头足类最少。调查海区出现的主要经济种类有口虾蛄 (*Oratosquilla oratoria*)、白姑鱼 (*Argyrosomus argentatus*)、长蛇鲻 (*Saurida elongata*)、中国枪乌贼 (*Loligo chinensis*)、拟矛尾虾虎鱼 (*Parachaeturichthys polynema*)、善泳螳 (*Charybdis natator*) 等。

（2）渔获率、资源密度

本次调查各站位游泳生物尾数渔获率范围为 (165~329) ind/h，平均尾数渔获率为 230 ind/h；各站位游泳生物重量渔获率为 (5.000~9.925) kg/h，平均重量渔获率为 7.184 kg/h。各站位尾数资源密度范围为 (3.300~6.580) ×10³ ind/km²，平均尾数资源密度为 4.603×10³ ind/km²；各站位重量资源密度范围为 (100.0~198.5) kg/km²，平均重量资源密度为 143.7 kg/km²。各站位重量资源密度组成见下表。

表 6.6-1 游泳生物渔获率分布

站位	尾数渔获率 (ind/h)	重量渔获率 (kg/h)	尾数资源密度($\times 10^3$ ind/km ²)	重量资源密度 (kg/km ²)
DJ1	329	9.925	6.580	198.5
DJ2	194	7.225	3.880	144.5
DJ3	301	9.050	6.020	181.0
DJ4	220	6.635	4.400	132.7
DJ5	165	5.000	3.300	100.0
DJ6	172	5.270	3.440	105.4
最小值	165	5.000	3.300	100.0
最大值	329	9.925	6.580	198.5
均值	230	7.184	4.603	143.7

表 6.6-2 各站位重量资源密度 (kg/km²) 组成

站位	甲壳类	鱼类	头足类	合计
DJ1	172.3	26.2	0	198.5
DJ2	66.1	56.4	22	144.5
DJ3	152.6	28.4	0	181
DJ4	63.8	49.9	19	132.7
DJ5	50	38	12	100
DJ6	58	37.2	10.2	105.4
最小值	50	26.2	0	100
最大值	172.3	56.4	22	198.5
均值	93.8	39.4	10.5	143.7

(3) 优势种

监测海区渔获物中 IRI 大于 0.02 的游泳动物共有 11 种，鱼类 7 种，甲壳类 3 种，头足类 1 种。口虾蛄为绝对优势种。

表 6.6-3 渔获重量和个体数量渔获率及组成

序号	中文名	拉丁名	平均个体 渔获率 (ind·h)	平均重 量渔获 率 (kg/h)	数量百 分比 (%)	重量百 分比 (%)	出现 频率	IRI
1	口虾蛄	<i>Oratosquilla oratoria</i>	148.3	3.850	64.44	53.59	100	1.18
2	锈斑蟊	<i>Charybdis feriatus</i>	2.2	0.099	0.94	1.38	66.67	0.02
3	善泳蟊	<i>Charybdis natator</i>	17.5	0.683	7.60	9.51	33.33	0.06
4	白姑鱼	<i>Argyrosomus argentatus</i>	7.7	0.339	3.33	4.72	100	0.08
5	长蛇鲻	<i>Saurida elongata</i>	7.0	0.497	3.04	6.91	83.33	0.08
6	颈斑鲻	<i>Leiognathus nuchalis</i>	5.8	0.143	2.53	2.00	33.33	0.02
7	褐蓝子鱼	<i>Siganus fuscescens</i>	4.2	0.185	1.81	2.58	66.67	0.03
8	沙带鱼	<i>Lepturacanthus savala</i>	4.5	0.278	1.95	3.87	66.67	0.04

序号	中文名	拉丁名	平均个体渔获率 (ind·/h)	平均重量渔获率 (kg/h)	数量百分比 (%)	重量百分比 (%)	出现频率	IRI
9	细鳞鲷	<i>Therapon jarbua</i>	4.8	0.234	2.10	3.26	66.67	0.04
10	拟矛尾虾虎鱼	<i>Parachaeturichthys polynema</i>	9.5	0.104	4.13	1.45	100	0.06
11	中国枪乌贼	<i>Loligo chinensis</i>	11.2	0.527	4.85	7.33	66.67	0.08

(4) 鱼类的资源状况

调查海区共捕获鱼类 16 种，分属于 3 目 13 科。以鲈形目的种类数最多，共捕获 13 种。鱼类的平均重量资源密度为 39.4 kg/km²。其中，DJ2 站位鱼类的重量资源密度最高，为 56.4 kg/km²；DJ1 站位鱼类重量资源密度最低，为 26.2 kg/km²。大部分站位主要由白姑鱼、长蛇鲻组成。

调查中，白姑鱼的平均重量渔获率为 0.339 kg/h，占总渔获量的 4.72%；其平均个体渔获率为 7.7 ind/h，占总渔获数量的 3.33%；长蛇鲻的平均重量渔获率为 0.497 kg/h，占总渔获量的 6.91%，渔获重量居第四位；其平均个体渔获率为 7.0 ind/h，占总渔获数量的 3.04%。

(5) 甲壳类的资源状况

调查海区共捕获甲壳类 4 种，分属于 2 目 2 科。十足目种类数最多，捕获 3 种。

甲壳类的平均重量资源密度为 93.8 kg/km²。其中，DJ1 站位甲壳类的重量资源密度最高，为 172.3 kg/km²；DJ5 站位甲壳类重量资源密度最低，为 50.0 kg/km²。大部分站位主要由口虾蛄组成。

调查中，口虾蛄为调查海区游泳动物绝对优势种。平均渔获率为 3.850 kg/h，占总渔获量的 53.59%，渔获重量居第一位。平均个体渔获率为 148.3 ind/h，占总渔获数量的 64.44%，渔获数量居第一位。

(6) 头足类的资源状况

海区共捕获头足类 1 种，为中国枪乌贼。

头足类的平均资源密度为 10.5 kg/km²。其中，DJ2 站位头足类资源密度最高，为 22.0 kg/km²，DJ1、DJ3 站位未捕获到头足类。

调查中，中国枪乌贼平均渔获率为 0.527 kg/h，占总渔获重量的 7.33%，渔获重量居第三位。平均个体渔获率为 11.2 ind/h，占总渔获数量的 4.85%，渔获数量居第三位。

6.6.3.1.2 2025 年 10 月调查结果

(1) 种类组成

调查海区内共捕获游泳生物 23 种，其中鱼类隶属于 4 目 12 科 14 种，甲壳类隶属于 2 目 3 科 8 种，头足类隶属于 1 目 1 科 1 种。

鱼类在捕获物中占优势，甲壳类次之，头足类最少。调查海区出现的主要经济种类有口虾蛄（*Oratosquilla oratoria*）、细鳞鲷（*Therapon jarbua*）、直额蜆（*Charybdis truncata*）和眼斑豹鲷（*Pardachirus pavoninus*）等。

(2) 渔获率、资源密度

本次调查各站位游泳生物尾数捕获率范围为（46~149）ind./h，平均尾数捕获率为 96.7ind./h；各站位游泳生物重量捕获率为（1.033~3.110）kg/h，平均重量捕获率为 2.048 kg/h。各站位尾数资源密度范围为（3.312~10.727） $\times 10^3$ ind./km²，平均尾数资源密度为 6.962 $\times 10^3$ ind./km²；各站位重量资源密度范围为（74.4~223.9）kg/km²，平均重量资源密度为 147.45 kg/km²。

表 6.6-4 游泳生物渔获率分布

站位	尾数捕获率 (ind./h)	重量捕获率 (kg/h)	尾数资源密度 ($\times 10^3$ ind./km ²)	重量资源密度 (kg/km ²)
L13	46	1.075	3.312	77.4
L14	124	2.712	8.927	195.2
L16	88	1.552	6.335	111.7
L17	87	1.914	6.263	137.8
L19	122	2.952	8.783	212.5
L21	75	1.370	5.400	98.6
L31	149	1.750	10.727	126.0
L32	103	3.110	7.415	223.9
L40	77	1.033	5.544	74.4
L43	96	3.014	6.911	217.0
最小值	46	1.033	3.312	74.4
最大值	149	3.110	10.727	223.9
均值	96.7	2.048	6.962	147.45

表 6.6-5 各站位重量资源密度（kg/km²）组成

站位	重量资源密度(kg/km ²)		
	鱼类	头足类	甲壳类
L13	11.5	10.8	55.1

站位	重量资源密度(kg/km ²)		
	鱼类	头足类	甲壳类
L14	116.9	30.5	47.9
L16	34.6	12.4	64.8
L17	91.5	0.0	46.3
L19	39.6	12.2	160.7
L21	62.8	0.0	35.9
L31	72.0	0.0	54.0
L32	180.0	0.0	43.9
L40	24.0	0.0	50.4
L43	118.5	0.0	98.5
最小值	11.5	0	35.9
最大值	180	30.5	160.7
均值	75.14	6.59	65.75

（3）优势种

监测海区捕获物中，IRI 大于 1000 的优势种仅 1 种，IRI 大于 100 小于 1000 的重要种有 10 种。IRI 大于 10 小于 100 的常见种有 7 种。其中，口虾蛄为第一优势种。

表 6.6-6 渔获重量和个体数量渔获率及组成

序号	中文名	拉丁名	平均个体 捕获率 (ind./h)	平均重量 捕获率 (kg/h)	数量 百分比 (%)	重量 百分比 (%)	出现 频率 (%)	IRI
1	口虾蛄	<i>Oratosquilla oratoria</i>	22.3	0.464	20.18	20.93	86.7	3562.5
2	细鳞鲷	<i>Therapon jarbua</i>	9.5	0.325	8.55	14.65	40.0	928.3
3	直额螯	<i>Charybdis truncata</i>	18.7	0.150	16.87	6.76	33.3	787.6
4	眼斑豹鲷	<i>Pardachirus pavoninus</i>	9.7	0.123	8.73	5.54	53.3	761.4
5	龙头鱼	<i>Harpodon nehereus</i>	3.5	0.254	3.19	11.46	46.7	683.6
6	二长棘鲷	<i>Parargyrops edita</i>	13.7	0.103	12.35	4.63	40.0	679.1
7	少鳞鱧	<i>Sillago japonica</i>	5.0	0.187	4.52	8.41	33.3	431.1
8	红星梭子蟹	<i>Portunus sanguinolentus</i>	3.6	0.136	3.25	6.12	26.7	249.8
9	中国枪乌贼	<i>Uroteuthis chinensis</i>	3.5	0.093	3.13	4.18	33.3	243.9
10	叫姑鱼	<i>Johnius grypotus</i>	3.4	0.112	3.07	5.07	26.7	217.0
11	拟矛尾虾虎鱼	<i>Parachaeturichthys polynema</i>	4.1	0.038	3.73	1.71	26.7	145.2
12	中华仿对虾	<i>Parapenaeopsis sinica</i>	2.6	0.022	2.35	0.97	26.7	88.5
13	异齿螯	<i>Charybdis anisodon</i>	5.3	0.032	4.82	1.46	13.3	83.7

序号	中文名	拉丁名	平均个体 捕获率 (ind./h)	平均重量 捕获率 (kg/h)	数量 百分比 (%)	重量 百分比 (%)	出现 频率 (%)	IRI
14	黑斑口虾蛄	<i>Oratosquilla kempii</i>	1.3	0.020	1.20	0.91	20.0	42.3
15	伍氏平虾蛄	<i>Erugosquilla woodmasoni</i>	1.3	0.025	1.20	1.11	13.3	30.9
16	沙带鱼	<i>Lepturacanthus savala</i>	0.9	0.031	0.78	1.38	13.3	28.9
17	长蛇鲻	<i>Saurida elongata</i>	0.5	0.015	0.42	0.69	13.3	14.8
18	金钱鱼	<i>Scatophagus argus</i>	0.2	0.044	0.18	1.97	6.7	14.3
19	日本竹荚鱼	<i>Trachurus japonicus</i>	0.5	0.014	0.48	0.61	6.7	7.3
20	中国对虾	<i>Penaeus chinensis</i>	0.5	0.011	0.48	0.48	6.7	6.4
21	千年笛鲷	<i>Lutjanus sebae</i>	0.3	0.011	0.30	0.48	6.7	5.2
22	斑鳍红娘鱼	<i>Lepidotrigla punctipectoralis</i>	0.2	0.011	0.18	0.48	6.7	4.4

（4）鱼类的资源状况

海区共捕获鱼类 14 种，隶属 4 目 12 科。其中鲈形目 10 种，虾虎鱼科 2 种，石首鱼科、鲹科、带鱼科、鲷科、鱧科、笛鲷科、鲷科和金钱鱼科各 1 种；仙女鱼目 2 种，均为狗母鱼科；鲈形目 1 种，为鲷科；鲈形目 1 种，为鲈科。

鱼类的平均捕获率为 1.266 kg/h，平均资源密度为 91.2 kg/km²。其中 L32 站位捕获率和资源密度最高，为 2.500 kg/h 和 180.0 kg/km²；L13 站位捕获率和资源密度最低，为 0.160 kg/h 和 11.5 kg/km²。主要由细鳞鲷、眼斑豹鲷、龙头鱼和二长棘鲷组成。

调查中，细鳞鲷的平均重量捕获率为 0.325 kg/h，捕获重量居第二位；其平均个体捕获率为 9.5 ind./h，捕获数量居第五位。

调查中，眼斑豹鲷的平均重量捕获率为 0.123 kg/h，捕获重量居第七位；其平均个体捕获率为 9.7 ind./h，捕获数量居第四位，

调查中，龙头鱼的平均重量捕获率为 0.254 kg/h，捕获重量居第三位；其平均个体捕获率为 3.5 ind./h。

调查中，二长棘鲷的平均重量捕获率为 0.103 kg/h；其平均个体捕获率为 13.7 ind./h，捕获数量居第三位。

（5）甲壳类的资源状况及密度分布

调查共捕获的甲壳类经鉴定共 8 种，隶属 2 目 3 科。其中，十足目 5 种，其中梭子蟹科 3 种，对虾科 2 种；口足目 3 种，均为虾蛄科。

甲壳类的平均捕获率为 0.859 kg/h，平均资源密度为 61.9 kg/km²。其中 L19 站位

捕获率和资源密度最高，为 2.232 kg/h 和 160.7 kg/km²；L10 站位未捕获甲壳类。主要由口虾蛄、直额螳组成。

调查中，口虾蛄的平均捕获率为 0.464 kg/h，捕获重量居第一位。平均个体捕获率为 22.3 ind./h，捕获数量居第一位。

调查中，直额螳的平均捕获率为 0.150 kg/h，捕获重量居第五位。平均个体捕获率为 18.7 ind./h，捕获数量居第二位。

（6）头足类的资源状况及密度分布

调查捕获的头足类经鉴定共 1 种，为枪形目枪乌贼科中国枪乌贼。

头足类的平均捕获率为 0.093 kg/h，平均资源密度为 6.7 kg/km²。其中 L10 站位捕获率和资源密度最高，为 0.477 kg/h 和 34.3 kg/km²；L17、L21、L31、L32、L40 和 L43 站位均未捕获头足类。

调查中，中国枪乌贼的平均捕获率为 0.093 kg/h，平均个体捕获率为 3.5 ind./h。

6.6.4 鱼卵仔鱼

6.6.4.1.1 2023 年 5 月调查结果

（1）鱼卵

本次调查水平拖网中采获鱼卵 4 种（包括属以上）376 粒。各站位鱼卵数量变化范围为（0~159）粒，均值为 31 粒。最大值出现在 J16 站位。垂直拖网中采获鱼卵 5 种（包括属以上）74 粒。各站位鱼卵密度变化范围为（0.536~5.000）ind./m³，均值为 2.027 ind./m³，最大值出现在 J11 站位。

（2）仔稚鱼

本次调查水平拖网中采获仔稚鱼 4 种（包括属以上）25 尾，均为鲱科仔稚鱼。各站位仔稚鱼数量变化范围为（0~10）尾，均值为 2 尾。最大值出现在 J16 站位。垂直拖网中采获仔稚鱼 4 种（包括属以上）16 尾。各站位仔稚鱼密度变化范围为（0.000~1.351）ind./m³，均值为 0.412 ind./m³，最大值出现在 J3 站位。

表 6.6-7 鱼类浮游生物各站位分布

站位	定量调查		定性调查	
	鱼卵	仔稚鱼	鱼卵	仔稚鱼
	(ind./m ³)	(ind./m ³)	(ind.)	(ind.)
J1	1.667	0	1	1
J3	4.054	1.351	71	2
J6	3.982	0.442	0	1

站位	定量调查		定性调查	
	鱼卵	仔稚鱼	鱼卵	仔稚鱼
	(ind./m ³)	(ind./m ³)	(ind.)	(ind.)
J8	1.282	0.256	76	1
J9	0.536	0	0	0
J11	5	1	7	1
J12	2.857	0.714	50	1
J13	1.225	0.49	2	2
J14	0.664	0	4	2
J16	1.457	0.485	159	10
J17	1.008	0.202	6	4
J20	0.588	0	0	0
均值	2.027	0.412	31	2

6.6.4.1.1 2025 年 10 月调查结果

(1) 鱼卵

调查中，水平拖网共采集到鱼卵 100 粒，仅 L16、L21 和 L43 站位采集到鱼卵，分别为鲷科和小沙丁鱼属。垂直拖网中，共采集到 3 种鱼卵（鲷科、鲷科、小沙丁鱼属），引用的 10 个站位鱼卵密度变化范围为（0.000~1.136）ind./m³，均值为 0.245 ind./m³。

(2) 仔稚鱼

调查中，水平拖网没有采获仔稚鱼。垂直拖网中，仅 L8 和 L17 站位采获仔稚鱼，均为鲷科，引用的 10 个站位平均仔稚鱼密度为 0.067 ind./m³。

表 6.6-8 鱼类浮游生物各站位分布

站位	定量调查		定性调查	
	鱼卵	仔稚鱼	鱼卵	仔稚鱼
	(ind./m ³)	(ind./m ³)	(ind.)	(ind.)
L13	0.000	0.000	0	0
L14	0.000	0.000	0	0
L16	1.136	0.000	41	0
L17	0.000	0.667	0	0
L19	0.488	0.000	0	0
L21	0.000	0.000	3	0
L31	0.000	0.000	0	0
L32	0.488	0.000	0	0
L40	0.342	0.000	0	0
L43	0.000	0.000	56	0
最小值	0	0	0	0
最大值	1.136	0.667	56	0
均值	0.245	0.067	10	0

6.7 生物质量现状调查与评价

6.7.1 调查内容

生物质量调查内容包括：海洋生物体内铜、铅、锌、镉、总汞、砷、石油烃含量。

6.7.2 采样与分析方法

（1）样品采集方法

使用阿氏拖网采集生物质量样品，每站选取该站重要经济生物中的1~2种进行生物体中的铜、铅、锌、镉、汞、砷和石油烃等8项的分析，尽量选择贝类样品；当分析样品量不够时，从游泳生物拖网样品中选取有代表性的种类替代分析。样品运输前根据采样记录和样品登记表清点样品，填好装箱单和送样单，由专人负责将样品送回实验室冷冻保存。样品放在聚乙烯袋中，压出袋内空气，将袋口打结，将此袋和样品标签一起放入另一聚乙烯袋中，封口、冷冻保存。

（2）检测与分析方法

海洋生物体质量监测项目分析方法具体见下表。

表 6.7-1 海洋生物体质量分析方法

调查项目	分析方法	检出限	执行标准	分析仪器/出厂编号
锌	9.1 火焰原子吸收分光光度法	0.4×10^{-6}	《海洋监测规范 第6部分：生物体分析》（GB 17378.6-2007）	AAS ZEE nit 700P 原子吸收分光光度计/150Z7P0379
铜	6.1 无火焰原子吸收分光光度法	0.4×10^{-6}		
铅	7.1 无火焰原子吸收分光光度法	0.04×10^{-6}		
镉	8.1 无火焰原子吸收分光光度法	0.005×10^{-6}		
总汞	5.1 原子荧光法	0.002×10^{-6}		AFS-8330 原子荧光光度计/8330-1304084Z9
砷	11.1 原子荧光法	0.06×10^{-6}		RF-5301PC 荧光分光光度计/A40194702535SA
石油烃	13 荧光分光光度法	0.2×10^{-6}		

6.7.3 调查与评价结果

6.7.3.1 调查结果

6.7.3.1.1 2023年5月调查结果

海洋生物质量调查结果见下表。调查结果显示：

①锌

本次调查,鱼类生物体中锌含量变化范围为(4.2~9.3)mg/kg,平均值为 6.78 mg/kg。最低值出现在 J3 站,最高值出现在 J12 站;甲壳类生物体中锌含量变化范围为(17.5~24.1) mg/kg,平均值为 21.84 mg/kg,最低值出现在 J13 站,最高值出现在 J20 站;软体类仅 1 个站位采集到,锌含量为 21.2×10^{-6} 。从空间分布上,各站位同类生物体锌含量差异不大。

②铜

本次调查,鱼类生物体中铜含量变化范围为(1.6~3.4)mg/kg,平均值为 2.4 mg/kg。最低值出现在 J6 站,最高值出现在 J14 站;甲壳类生物体中铜含量变化范围为(31.1~242) mg/kg,平均值为 75.9 mg/kg,最低值出现在 J13 站,最高值出现在 J9 站;软体类仅 1 个站位采集到,锌含量为 20.0×10^{-6} 。从空间分布上,除甲壳类 J9 站外,各站位同类生物体铜含量差异不大。

③铅

本次调查,仅J12站鱼类生物体内铅检出,铅含量为0.61 mg/kg。其他各站生物体内铅均未检出。

④镉

本次调查,鱼类、软体类生物体内镉均未检出;甲壳类生物体中镉含量变化范围为(0.037~0.183) mg/kg,平均值为 0.069 mg/kg,最低值出现在 J13 站,最高值出现在 J9 站,空间分布上各站位差异不大。

⑤总汞

本次调查,2 个站位鱼类生物体中总汞未检出,检出样品中总汞含量变化范围为(0.006~0.029) mg/kg,平均值为 0.018 mg/kg。最低值出现在 J3 站,最高值出现在 J6 站;甲壳类生物体中总汞含量变化范围为(0.011~0.02)×mg/kg,平均值为 0.016 mg/kg,最低值出现在 J9 站,最高值出现在 J13 站;软体类仅 1 个站位采集到,总汞含量为 0.012 mg/kg。

⑥砷

本次调查,各站鱼类生物体中砷含量变化范围为(0.25~1.56) mg/kg,平均值为 $1.0 \times \text{mg/kg}$ 。最低值出现在 J12 站,最高值出现在 J6 站;甲壳类生物体中砷含量变化范围为(2.89~4.96) mg/kg,平均值为 4.16 mg/kg,最低值出现在 J9 站,最高值出现在 J13 站;软体类仅 1 个站位采集到,砷含量为 6.44×10^{-6} 。

本次调查，鱼类生物体中铜含量均为未检出；甲壳类生物体中铜含量变化范围为（6.0~18.9）mg/kg，平均值为 10.30 mg/kg，最低值出现在 L19 站，最高值出现在 L14 站。

③铅

本次调查，鱼类生物体中铅仅在 1 个站位检出，为 L17 站，其他站位均未检出；甲壳类生物体中铅仅 2 个站位检出，为 L13、L14 站，铅含量分别为 0.07×10^{-6} 、 0.08×10^{-6} 。

④镉

本次调查，鱼类生物体中镉均未检出；甲壳类生物体中镉在 1 个站位中未检出，其他站位镉含量变化范围为（0.099~0.198）mg/kg，最低值出现在 L13 站，最高值出现在 L14 站。

⑤铬

本次调查，鱼类生物体中铬仅在 L40 站检出，为 0.24 mg/kg，其余站位未检出；甲壳类生物体中铬含量均为未检出。

⑥总汞

本次调查，鱼类生物体中总汞含量变化范围为（0.006~0.036）mg/kg，平均值为 0.010 mg/kg，最低值出现在 L17 站，最高值出现在 L40 站；甲壳类生物体中总汞含量变化范围为（0.018~0.094）mg/kg，平均值为 0.060 mg/kg，最低值出现在 L43 站，最高值出现在 L14 站。

⑦砷

本次调查，鱼类生物体中砷含量变化范围为（0.18~0.94）mg/kg，平均值为 0.35 mg/kg，最低值出现在 L21 站，最高值出现在 L40 站；甲壳类生物体中砷含量变化范围为（0.61~1.74）mg/kg，平均值为 1.05 mg/kg，最低值出现在 L43 站，最高值出现在 L19 站。

⑧石油烃

本次调查，鱼类生物体中石油烃含量变化范围为（1.00~1.83）mg/kg，平均值为 1.42 mg/kg，最低值出现在 L16 站，最高值出现在 L40 站；甲壳类生物体中石油烃含量变化范围为（2.05~4.57）mg/kg，平均值为 3.11 mg/kg，最低值出现在 L43 站，最高值出现在 L13 站。

表 4.4-1 海洋生物主要污染物含量（湿重：×10⁻⁶）

站位	名称	类别	锌	铜	铅	镉	铬	总汞	砷	石油烃
			（×10 ⁻⁶ ）							
L13	红星梭子蟹	甲壳类	22.8	9.3	0.07	0.099	未检出	0.068	0.83	4.57
L14	口虾蛄	甲壳类	29.9	18.9	0.08	0.198	未检出	0.094	1.01	2.60
L19	红星梭子蟹	甲壳类	19.5	6.0	未检出	0.124	未检出	0.044	1.74	3.20
L43	中国对虾	甲壳类	13.5	7.0	未检出	未检出	未检出	0.018	0.61	2.05
L16	少鳞鳢	鱼类	4.2	未检出	未检出	未检出	未检出	0.008	0.35	1.00
L17	少鳞鳢	鱼类	4.6	未检出	0.12	未检出	未检出	0.006	0.36	1.42
L21	龙头鱼	鱼类	3.2	未检出	未检出	未检出	未检出	0.011	0.18	1.70
L31	龙头鱼	鱼类	3.2	未检出	未检出	未检出	未检出	0.009	0.45	1.39
L32	龙头鱼	鱼类	3.4	未检出	未检出	未检出	未检出	0.010	0.35	1.19
L40	沙带鱼	鱼类	4.9	未检出	未检出	未检出	0.24	0.036	0.94	1.83
最大值（鱼类）			4.9	/	0.12	/	0.24	0.036	0.94	1.83
最小值（鱼类）			3.2	/	/	/	/	0.006	0.18	1.00
平均值（鱼类）			3.92	/	0.03	/	0.06	0.010	0.44	1.42
最大值（甲壳类）			29.9	18.9	0.08	0.198	/	0.094	1.74	4.57
最小值（甲壳类）			13.5	6	/	/	/	0.018	0.61	2.05
平均值（甲壳类）			21.43	10.30	0.05	0.140	/	0.060	1.05	3.11

6.7.3.2 评价标准与评价方法

（1）评价因子

海洋生物质量评价因子：铜、铅、锌、镉、总汞、砷、石油烃等 7 项。

（2）评价标准

非双壳类海洋生物体内污染物质（除石油烃外）含量评价标准采用《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）附录C中海洋生物质量参考值。

（3）评价方法

生物体质量评价采用单项标准指数法，计算公式与水质评价的一般污染物计算公式相同。

6.7.3.3 评价结果

6.7.3.3.1 2023 年 5 月调查结果

本次海洋生物质量现状评价结果见下表。

20%，最大超标倍数0.74倍。

6.7.3.4 超标原因分析

（1）2023 年 5 月生物体质量超标原因分析

为客观分析海洋生物体质量超标原因，本次收集到国家海洋环境监测中心于 2023 年 4 月在碣石湾海域生物质量调查数据成果。

该次调查共采集到鱼类生物体 12 个，甲壳类生物体 12 个，软体类生物体 1 个。调查结果中各类生物体铜、砷含量统计值见表 6.7-5。

表 6.7-5 2023 年 4 月生物体铜、砷平均含量（鲜重，单位： mg/kg）

类别 统计值	鱼类		甲壳类		软体类	
	砷	铜	砷	铜	砷	铜
最小值(鱼类)	0.057	0.200	0.109	0.700	0.071	4.0
最大值(鱼类)	0.117	0.500	0.239	7.500	0.071	4.0
平均值(鱼类)	0.078	0.409	0.178	3.850	0.071	4.0
评价标准	1.0	20	1.0	100	1.0	100

调查结果显示：鱼类生物体砷含量在（0.057~0.117）mg/kg 范围内，平均 0.078mg/kg；甲壳类生物体砷含量在（0.109~0.239）mg/kg 范围内，平均 0.178mg/kg；采集到的 1 个软体类生物体砷含量为 0.071 mg/kg，均明显小于本次引用的 2023 年 5 月生物体质量铜、砷调查结果。调查海域为开阔海域，本次采用的现状调查结果中砷超标站点集中在碣石湾湾口外，距离近岸入海河流较远，受陆源排污重金属污染影响小，且调查海域沉积物中砷含量未见明显异常高值，故因地质沉积导致砷背景值高的可能性不大。1 个站点铜超标，该站点生物体铜含量呈明显异常高值。推测本次引用的 2023 年 5 月生物体质量调查中砷、铜超标可能是采样污染所致。

（2）2025 年 10 月生物体质量超标原因分析

本次仅甲壳类生物体出现砷超标，虽超过 1.0 mg/kg 的参考限值，但超标倍数不大。相关研究表明，甲壳类多营底栖生活，主要以沉积物中的有机碎屑、小型底栖生物（如多毛类、小型甲壳类）为食。砷在沉积物中富集后，甲壳类可以通过摄食将这些砷摄入体内，这一途径是其体内砷积累的主要方式。据此推测本次甲壳类砷含量较高主要与其对砷的强生物富集能力有关。

7 环境影响预测与评价

7.1 水文动力环境影响分析

7.1.1 水动力模型简介

工程对水动力环境的影响采用平面三维数值模型来进行预测与分析。该模型采用非结构三角网格剖分计算域，三角网格能较好的拟合陆边界，网格设计灵活且可随意控制网格疏密，该软件具有算法可靠、计算稳定、界面友好、前后处理功能强大等优点。采用标准 Galerkin 有限元法进行水平空间离散，在时间上，采用显式迎风差分格式离散动量方程与输运方程。

(1) 控制方程

质量守恒方程：

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = S$$

动量方程：

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial u^2}{\partial x} + \frac{\partial vu}{\partial y} + \frac{\partial wu}{\partial z} = fv - g \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial x} - \\ \frac{g}{\rho_0} \int_z^\eta \frac{\partial \rho}{\partial x} dz - \frac{1}{\rho_0 h} \left(\frac{\partial s_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{xy}}{\partial y} \right) + F_u + \frac{\partial}{\partial z} \left(\nu_t \frac{\partial u}{\partial z} \right) + u_s S \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial v^2}{\partial y} + \frac{\partial uv}{\partial x} + \frac{\partial wv}{\partial z} = -fu - g \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial y} - \\ \frac{g}{\rho_0} \int_z^\eta \frac{\partial \rho}{\partial y} dz - \frac{1}{\rho_0 h} \left(\frac{\partial s_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{yy}}{\partial y} \right) + F_v + \frac{\partial}{\partial z} \left(\nu_t \frac{\partial v}{\partial z} \right) + v_s S \end{aligned}$$

式中：t——时间；

P——水压力；

h——水深， $h=\eta+d$ ；

u、v、w 分别为 x、y、z 方向垂向平均流速；

g——重力加速度；

f——科氏力参数（ $f = 2\omega \sin \varphi$ ， φ 为计算海域所处地理纬度）；

s_x 、 s_y ——x、y 方向水平涡动粘滞系数。

(2) 定解条件

初始条件：

$$\begin{cases} \zeta(x, y, t)|_{t=t_0} = \zeta(x, y, t_0) = 0 \\ u(x, y, t)|_{t=t_0} = v(x, y, t)|_{t=t_0} = 0 \end{cases}$$

边界条件

固定边界取法向流速为零，即 $\vec{V} \cdot \vec{n} = 0$ ；在潮滩区采用动边界处理；水边界采用

预报潮位控制： $\zeta = A_0 + \sum_{i=1}^{11} H_i F_i \cos[\sigma_i t - (v_0 + u)_i + g_i]$ ， A_0 为平均海面， F_i 、 $(v_0 + u)_i$ 为天文要素， H_i 、 g_i 为某分潮调和常数，即振幅与迟角。

7.1.2 计算域和网格设置

(1) 计算域设置

本项目所建立的海域数学模型计算域范围见图 7.1-1。模拟采用三角网格，用动边界的方法对干、湿网格进行处理。整个模拟区域内由 6487 个节点和 11865 个三角单元组成，最小空间步长约为 5m。数值模拟计算海域网格分布见图 7.1-1。为了能清楚了解本工程附近海域的潮流状况，将本工程附近海域进行局部多次加密，加密区域见图 7.1-2。

(2) 水深和岸界

水深：选取中国人民解放军海军航海保证部制作的海图以及工程附近海域水深地形测量资料。

岸界：采用以上海图中岸界及工程附近海岸线勘测资料。

(3) 大海域模型水边界输入

开边界：利用潮波模型求得的 M_2 、 S_2 、 K_1 和 O_1 四个主要分潮调和常数值输入计算。

$$\zeta = \sum_{i=1}^N \{f_i H_i \cos[\sigma_i t + (V_{oi} + V_i) - G_i]\}$$

式中：

f_i 、 σ_i —第 i 个分潮（这里共取四分潮： M_2 、 S_2 、 O_1 和 K_1 ）的交点因子和角速度；

H_i 和 G_i 是调和常数，分别为分潮的振幅和迟角；

$V_{oi} + V_i$ —分潮的幅角。

闭边界：以大海域和工程周边岸线作为闭边界。

（4）计算时间步长和底床糙率

模型计算时间步长根据 CFL 条件进行动态调整，确保模型计算稳定进行，最小时间步长 1s。底床糙率通过曼宁系数进行控制，曼宁系数 n 取 60~80m^{1/3}/s。

（5）水平涡动粘滞系数

采用考虑亚尺度网格效应的 Smagorinsky（1963）公式计算水平涡粘系数，表达式如下：

$$A = c_s^2 l^2 \sqrt{2S_{ij}S_{ij}}$$

式中：

c_s —常数；

l —特征混合长度，由 $S_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right)$ ($i, j = 1, 2$) 计算得到。

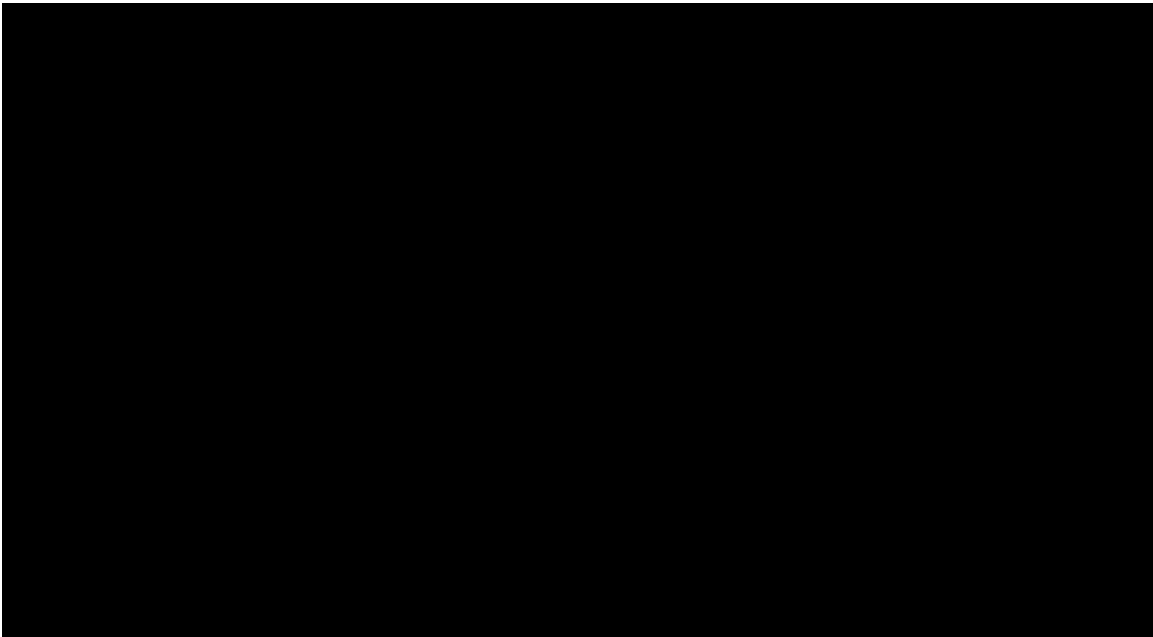


图 7.1-1 数值模拟计算域及网格

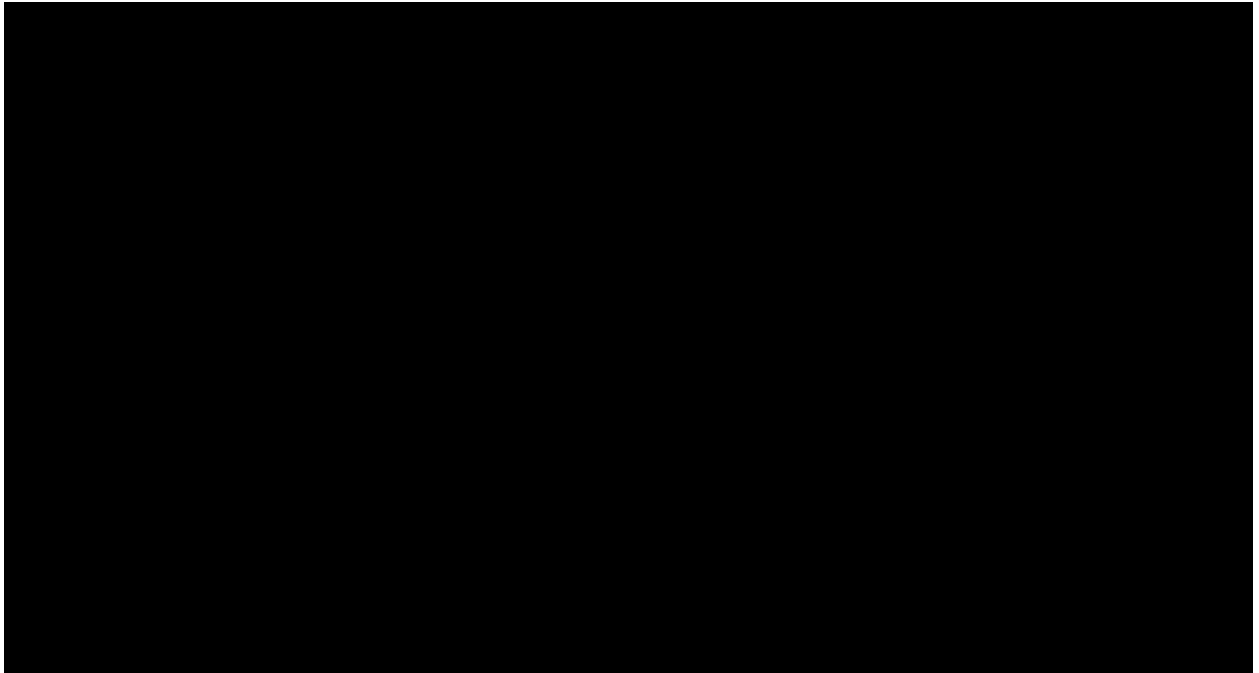


图 7.1-2 加密区域网格分布

7.1.3 潮流数值模型及验证

（1）潮位验证

潮位验证采用 2021 年 5 月 27 日~29 日（大潮）用海区周边海域 2 个站位同步连续观测数据。潮流验证采用广州海兰图检测技术有限公司于 2021 年 5 月 27 日~28 日（大潮）在用海区周边海域 6 个站位 25 小时单周日海流同步连续观测数据。

模拟区内潮位验证点表 7.1-1，潮位验证曲线见图 7.1-3。

表 7.1-1 潮位和潮流验证点坐标

测点	北纬	东经	观测项目
██████	██████	██████	██
██████	██████	██████	██
██████	██████	██████	██
██████	██████	██████	██
██████	██████	██████	██
██████	██████	██████	██
██████	██████	██████	██
██████	██████	██████	██

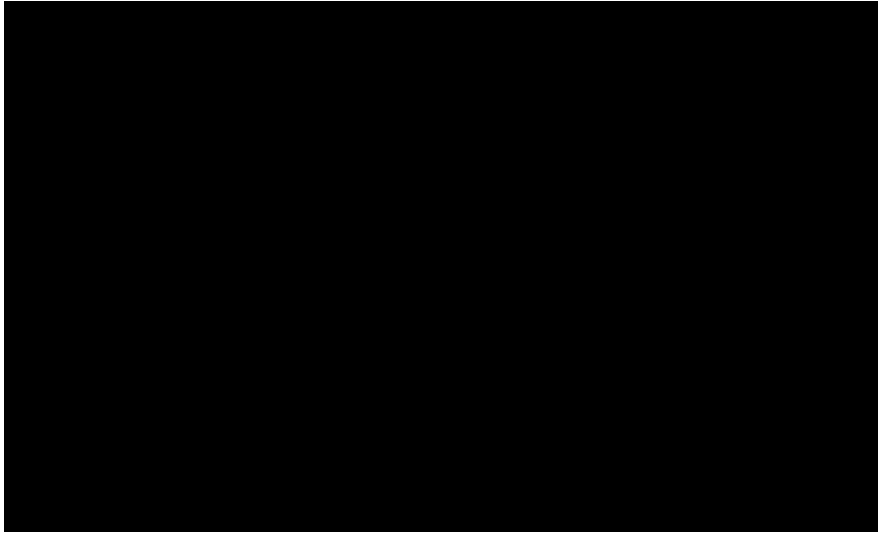


图 7.1-3a 潮位验证曲线（SWC3）

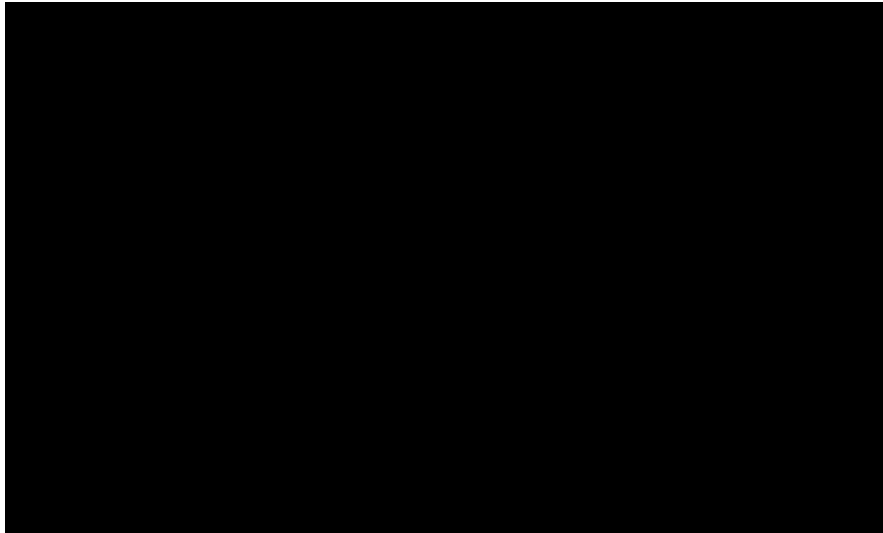


图 7.1-3b 潮位验证曲线（SWC4）

(2) 潮流验证

潮流验证采用广州海兰图检测技术有限公司于 2021 年 5 月 27 日~28 日（大潮）用海区周边海域 6 个站位 25 小时单周日海流同步连续观测数据，站位见图 7.1-4。潮流验证曲线见图 7.1-5~图 7.1-7。

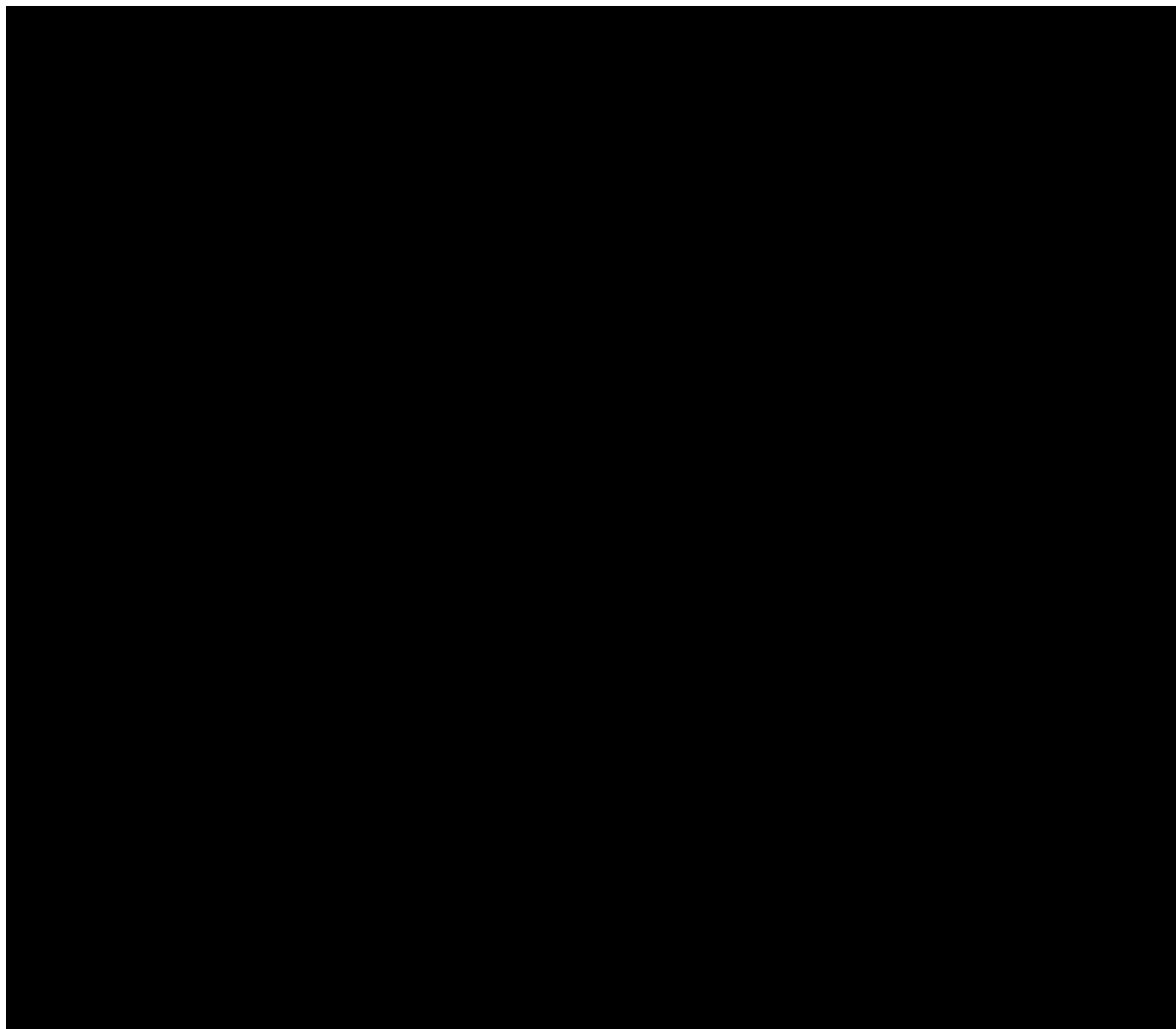


图 7.1-4 潮流验证点位置图



图 7.1-5a 潮流验证曲线（SW2-1、表层）

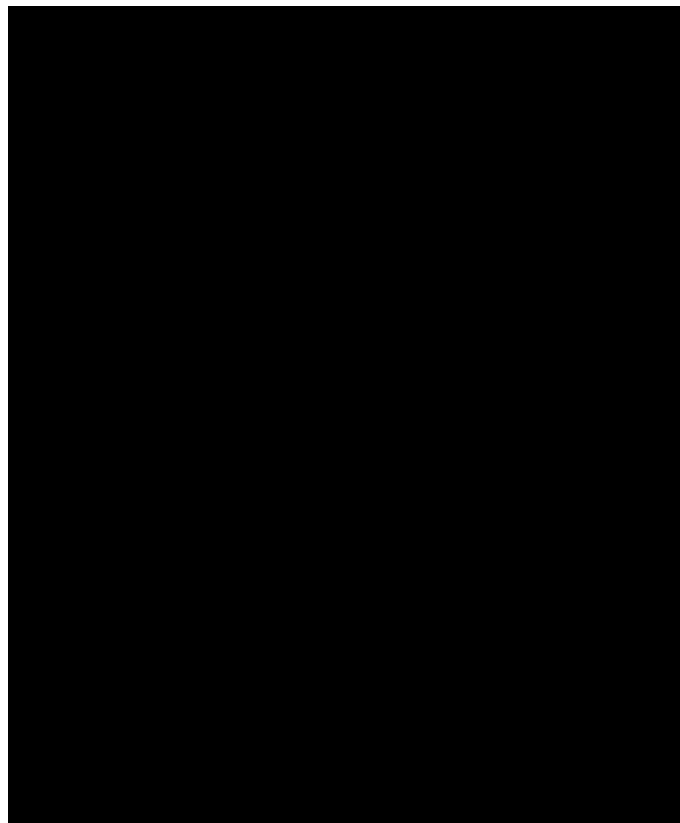


图 7.1-5b 潮流验证曲线（SW2-2、表层）

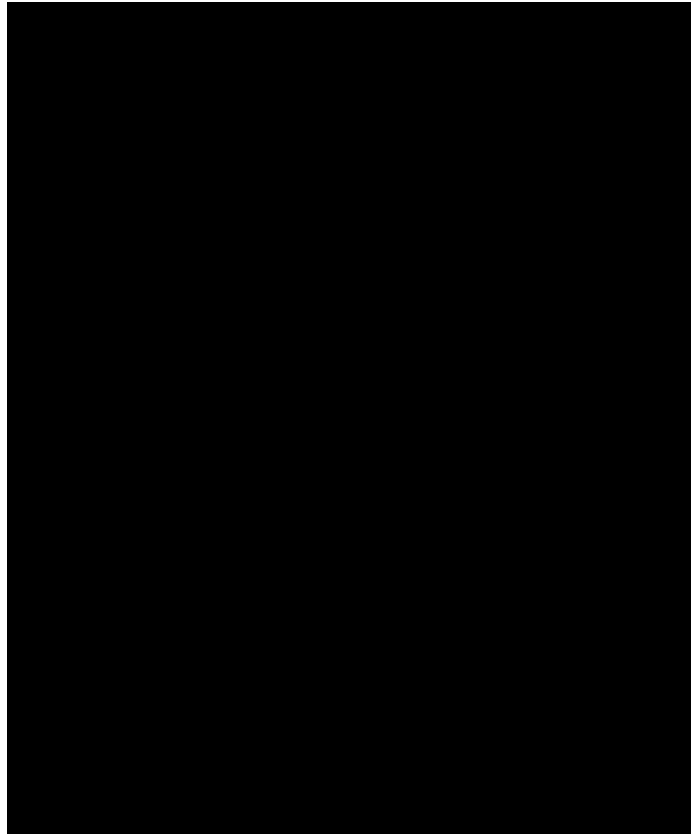


图 7.1-5c 潮流验证曲线（SW2-3、表层）



图 7.1-5d 潮流验证曲线（SW2-4、表层）



图 7.1-5e 潮流验证曲线（SW2-5、表层）



图 7.1-5f 潮流验证曲线（SW2-6、表层）

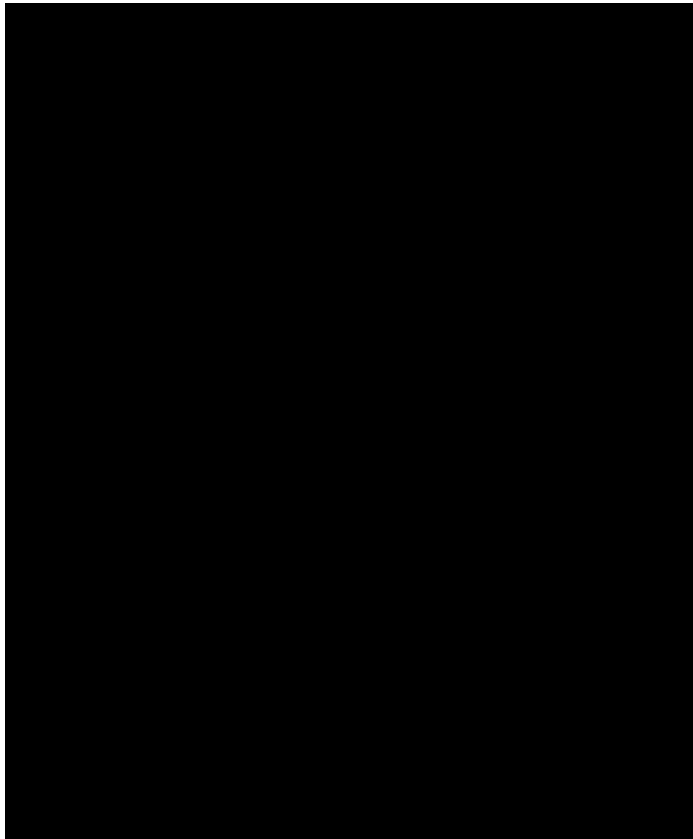


图 7.1-6a 潮流验证曲线（SW2-1、中层）

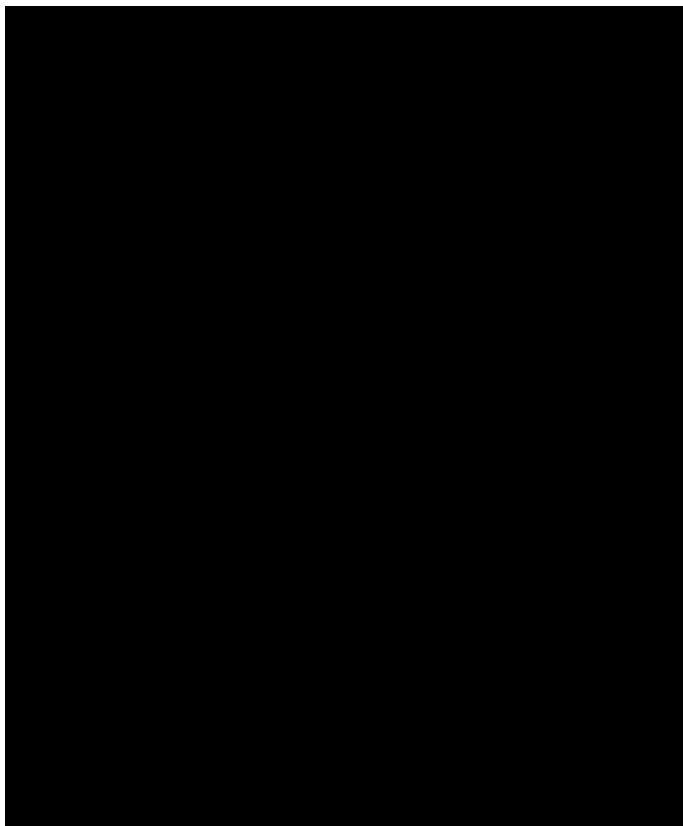


图 7.1-6b 潮流验证曲线（SW2-2、中层）



图 7.1-6c 潮流验证曲线（SW2-3、中层）

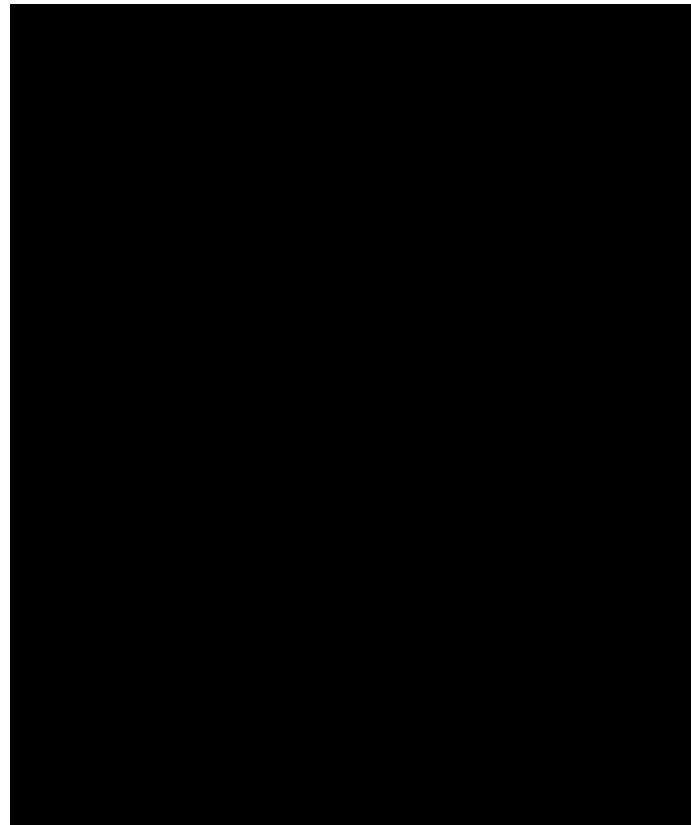


图 7.1-6d 潮流验证曲线（SW2-4、中层）

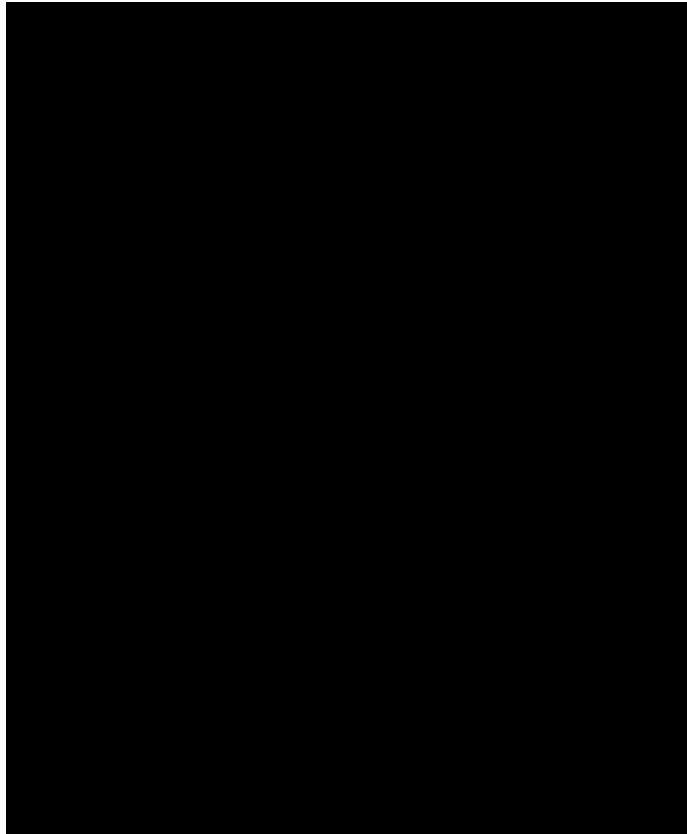


图 7.1-6e 潮流验证曲线（SW2-5、中层）

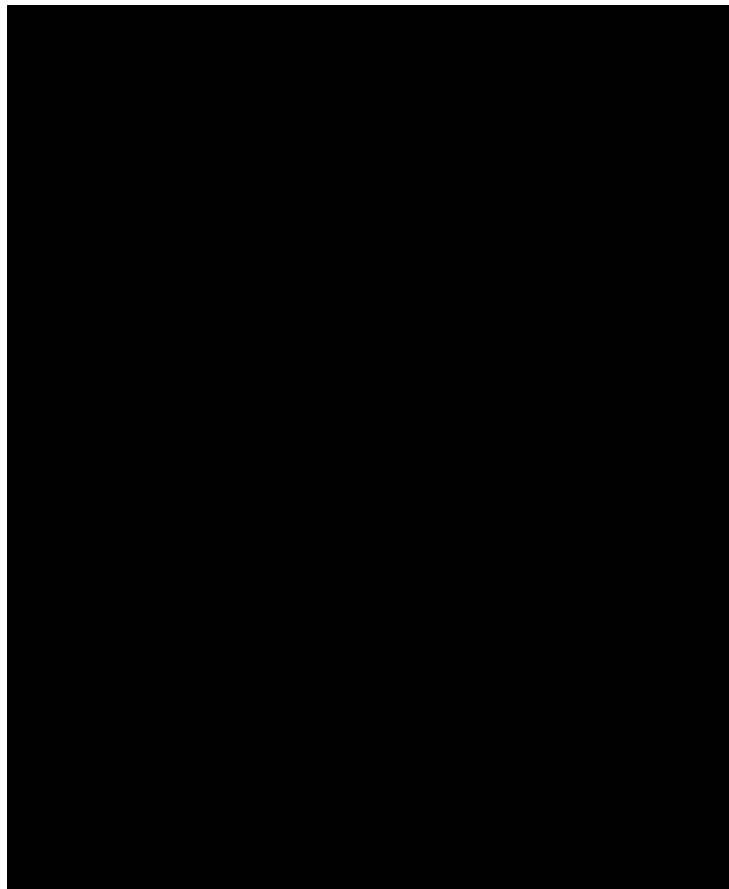


图 7.1-6f 潮流验证曲线（SW2-6、中层）

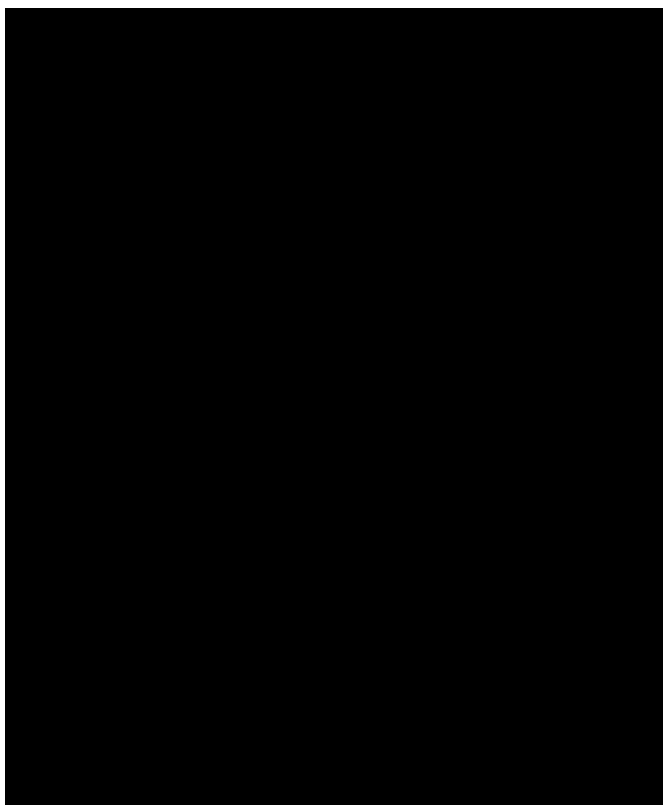


图 7.1-7a 潮流验证曲线（SW2-1、底层）

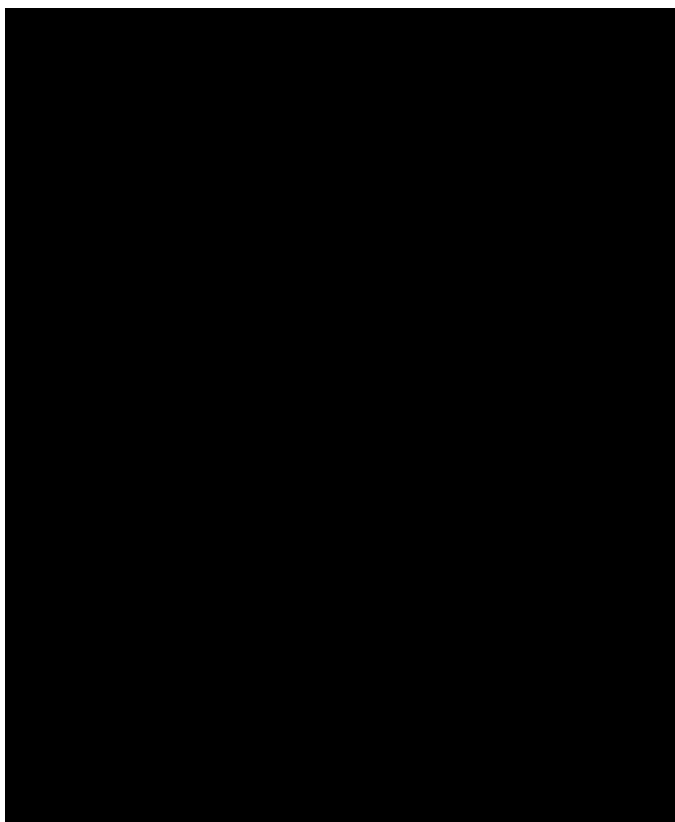


图 7.1-7b 潮流验证曲线（SW2-2、底层）

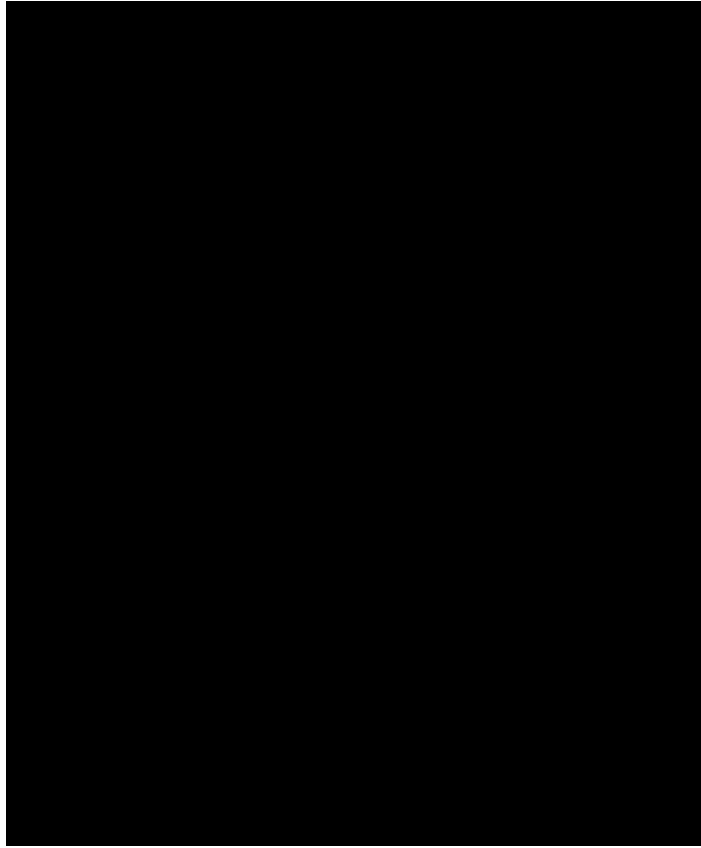


图 7.1-7c 潮流验证曲线（SW2-3、底层）

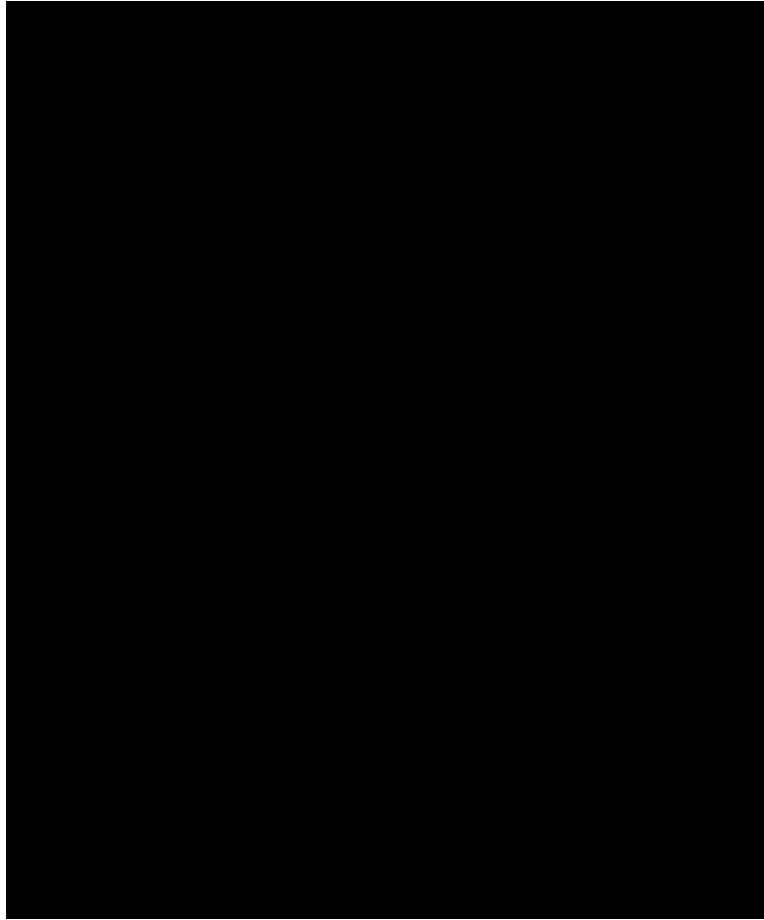


图 7.1-7d 潮流验证曲线（SW2-4、底层）

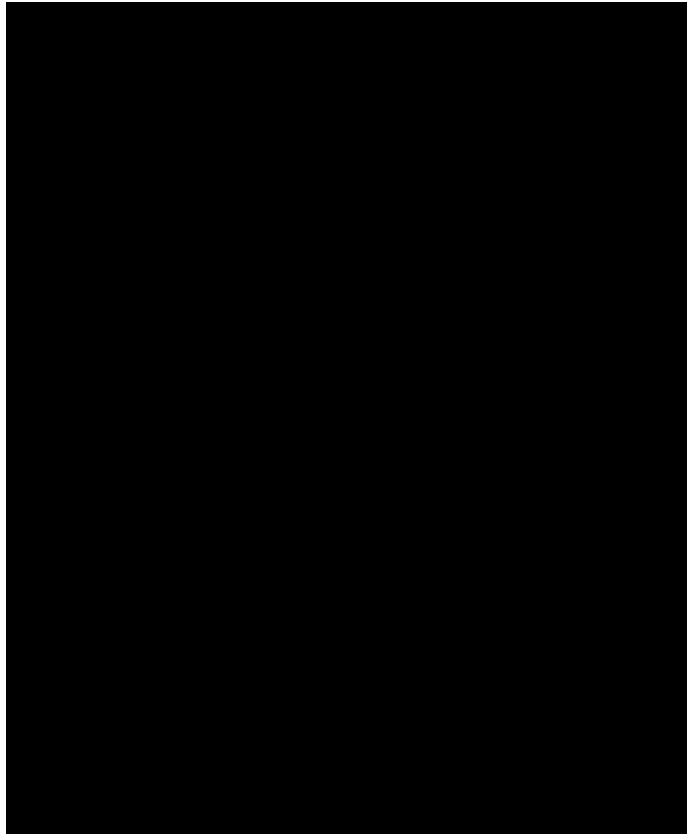


图 7.1-7e 潮流验证曲线（SW2-5、底层）



图 7.1-7f 潮流验证曲线（SW2-6、底层）

以上潮位和潮流验证结果表明，潮流实测值和模拟值流速平均误差为 0.02m/s，潮位平均误差为 0.049m。相应验证点上潮位和潮流模拟结果与实测潮位和潮流资料基本吻合，符合《海岸与河口潮流泥沙模拟技术规程》（JTS/T231-2-2010）和环境影响评价技术导则海洋生态环境》（HJ1409-2025）附录 D 的要求，能够较好地反映用海区周边海域潮流状况。

表 7.1-2 潮位验证误差分析

站位	最高潮位值			最低潮位值		
	实测值 (m)	计算值 (m)	误差 (m)	实测值 (m)	计算值 (m)	误差 (m)
SWC3	0.85	0.92	0.07	-0.72	-0.81	-0.09
SWC4	0.71	0.79	0.08	-0.77	-0.8	-0.03

表 7.1-3 潮流验证误差分析

站位	层	涨落潮潮段平均流速			
		实测值 (m/s)	计算值 (m/s)	差值 (m/s)	误差 (%)
SW2-1	表层	0.11	0.1	-0.01	-9.1%
	中层	0.12	0.11	-0.01	-8.3%
	底层	0.13	0.12	-0.01	-7.7%
SW2-2	表层	0.14	0.15	0.01	7.1%
	中层	0.18	0.17	-0.01	-5.6%
	底层	0.22	0.23	0.01	4.5%
SW2-3	表层	0.15	0.14	-0.01	-6.7%
	中层	0.16	0.17	0.01	6.3%
	底层	0.16	0.15	-0.01	-6.3%
SW2-4	表层	0.26	0.24	-0.02	-7.7%
	中层	0.28	0.29	0.01	3.6%
	底层	0.29	0.28	-0.01	-3.4%
SW2-5	表层	0.26	0.24	-0.02	-7.7%
	中层	0.27	0.25	-0.02	-7.4%
	底层	0.29	0.27	-0.02	-6.9%
SW2-6	表层	0.25	0.26	0.01	4.0%
	中层	0.2	0.21	0.01	5.0%
	底层	0.27	0.25	-0.02	-7.4%

7.1.4 工程海域现状水动力环境分析

大海域潮流场数值模拟分析结果如下，分析中潮位时刻采用工程附近海域潮位时刻。

(1) 大海域潮流场数值模拟

图 7.1-8 是大海域大潮期间涨潮中间时刻潮流场,计算域内潮流整体由 NE 向 SW 流,流速较小,基本在 40cm/s 以下,在湾内流速更小,基本在 15cm/s 以下。

图 7.1-9 是大海域大潮期间落潮中间时刻潮流场,计算域内潮流整体由 SW 向 NE 流,流速基本和涨潮基本一致,方向相反,基本在 40cm/s 以下,在湾内流速更小,基本在 15cm/s 以下。

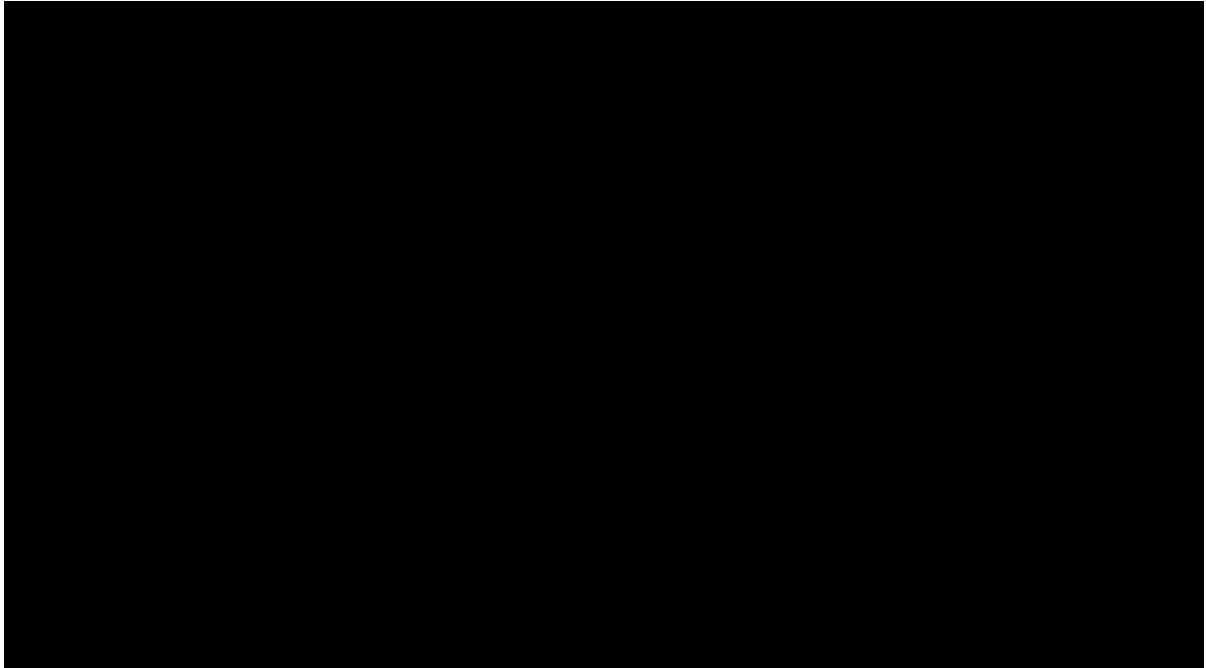


图 7.1-8a 大海域计算潮流场（涨潮中间时，表层）

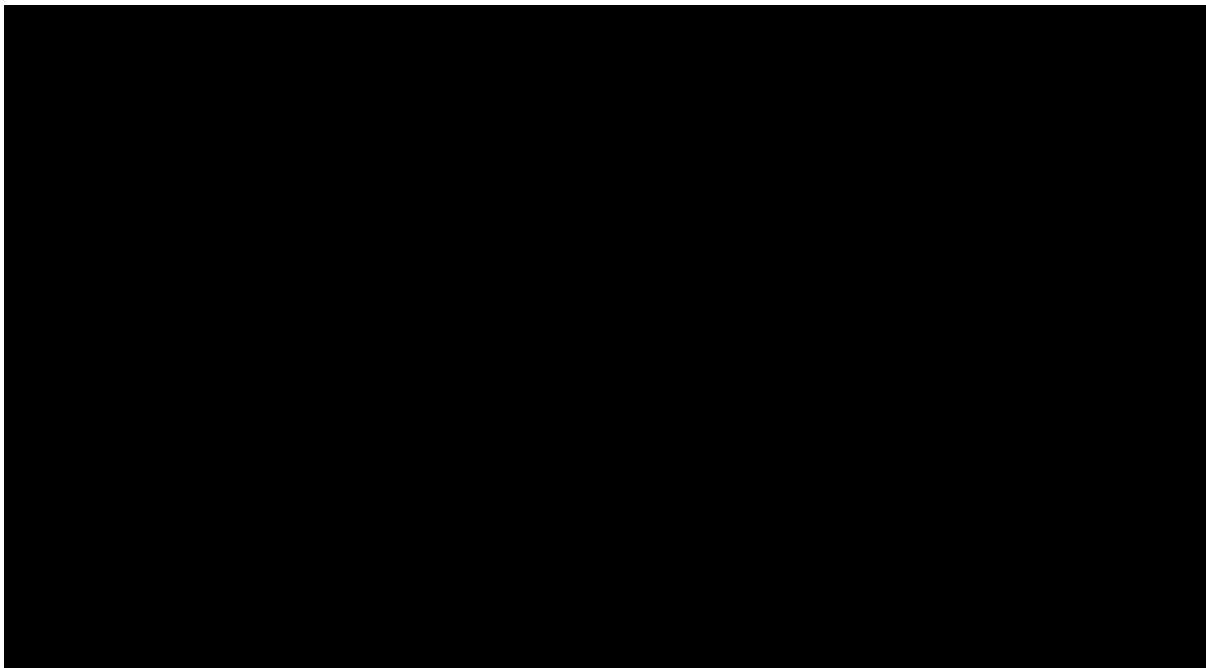


图 7.1-8b 大海域计算潮流场（涨潮中间时，中层）

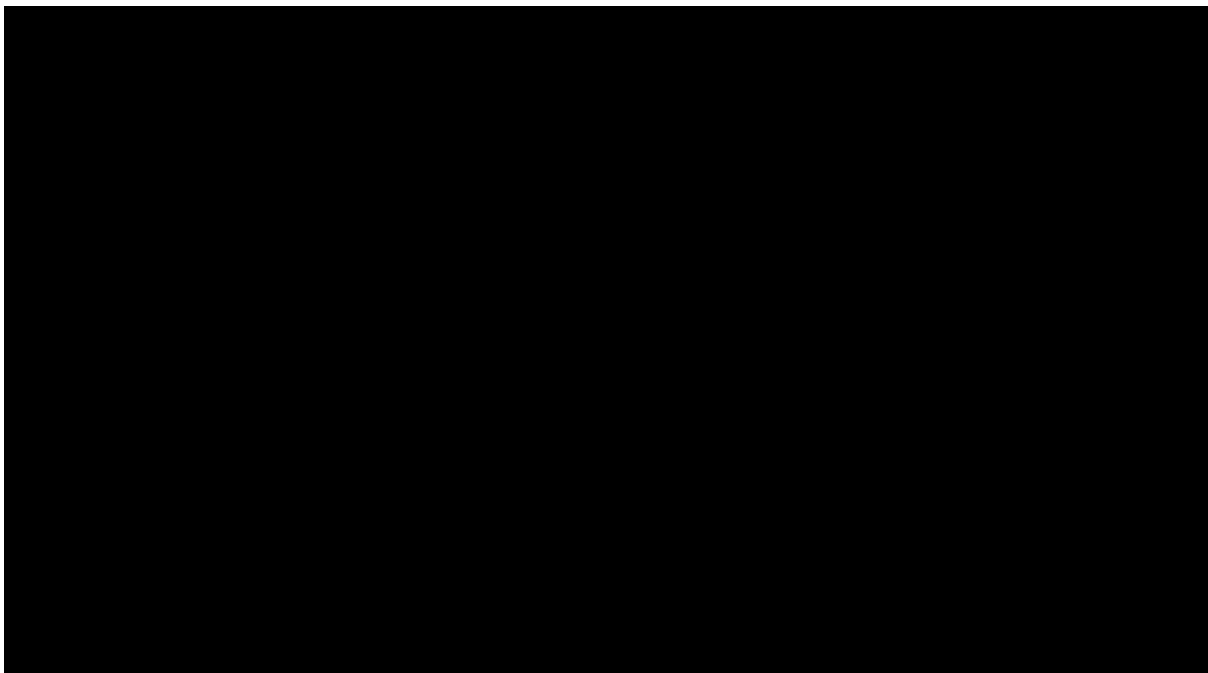


图 7.1-8c 大海域计算潮流场（涨潮中间时，底层）

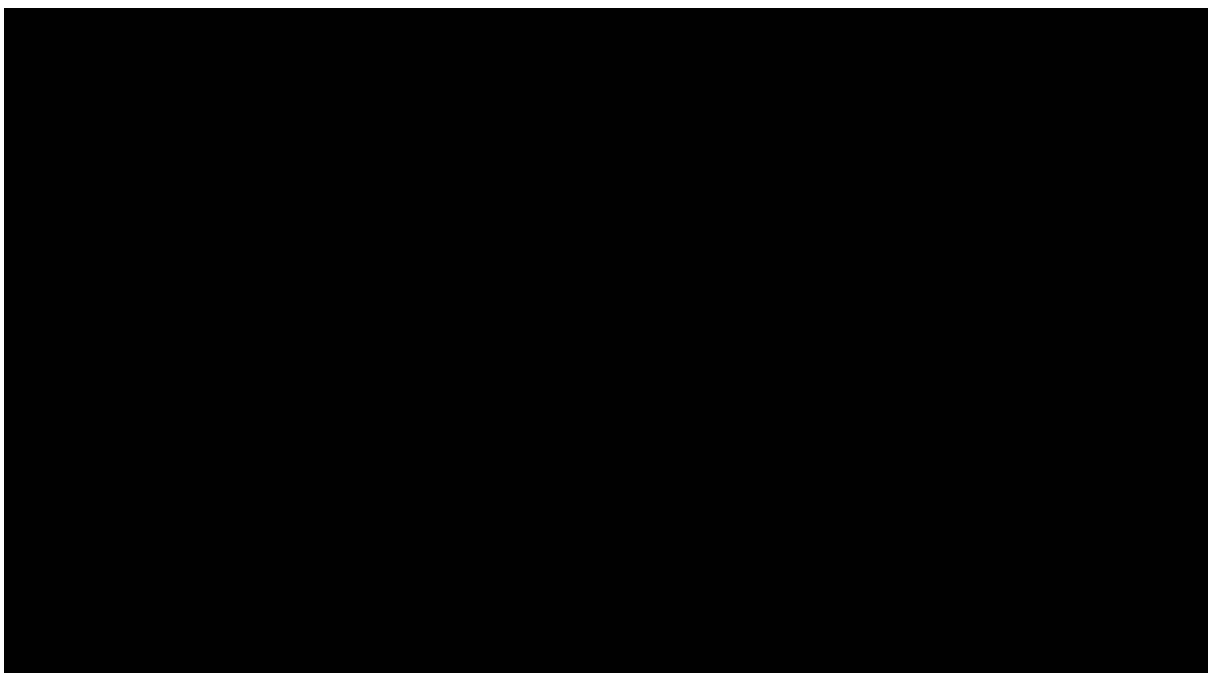


图 7.1-9a 大海域计算潮流场（落潮中间时，表层）

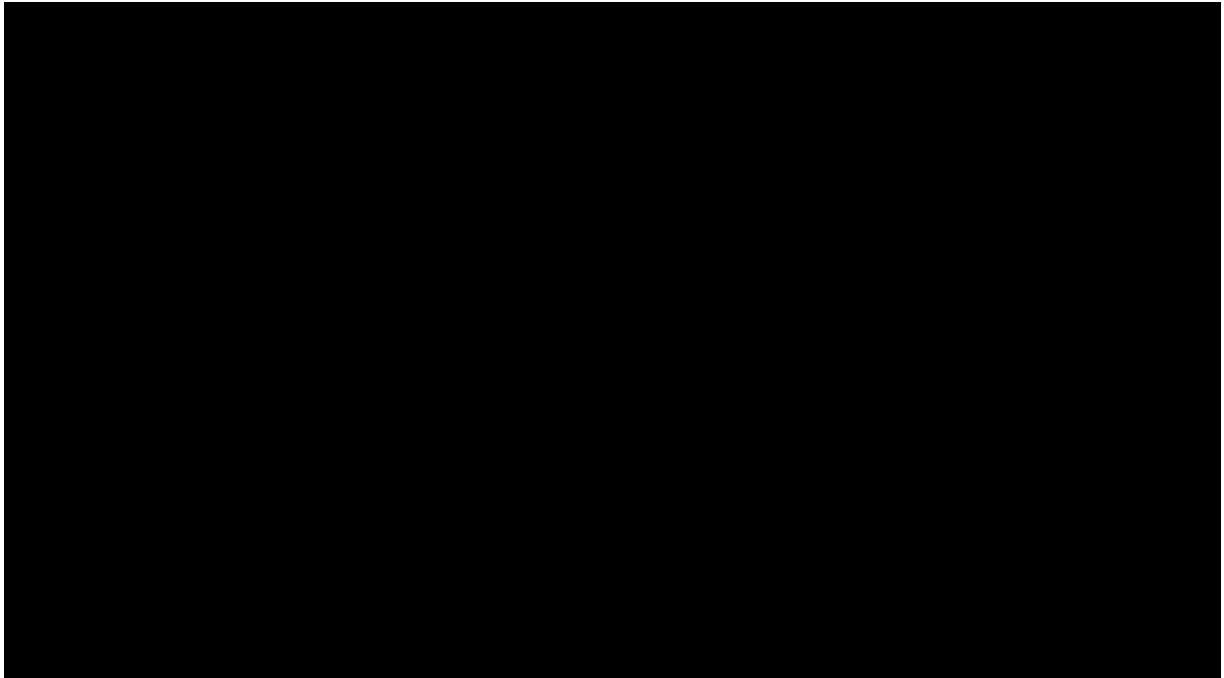


图 7.1-9b 大海域计算潮流场（落潮中间时，中层）

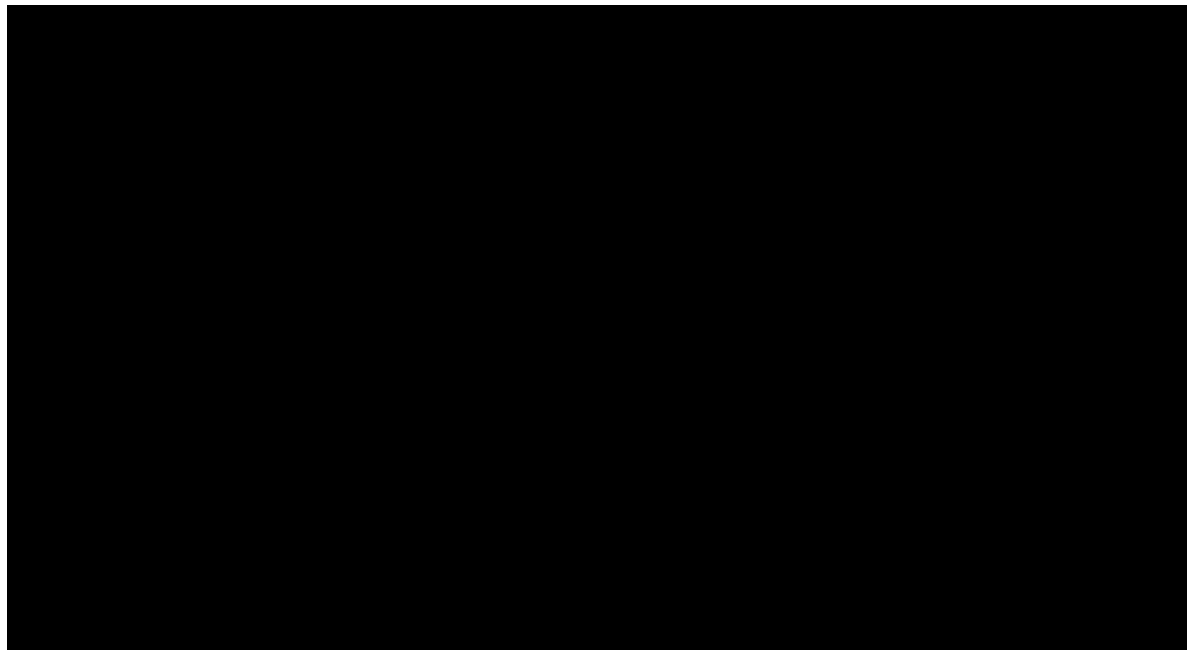


图 7.1-9c 大海域计算潮流场（落潮中间时，底层）

（2）工程海域潮流场现状数值模拟

图 7.1-10 是工程海域涨潮中间时潮流场，涨潮中间时,工程区流速在 0.08-0.15m/s 之间，模拟区内潮流基本上西北向流。

图 7.1-11 是工程海域落潮中间时潮流场，工程区流速在 0.12-0.20m/s 之间，模拟区内潮流整体东南向流。

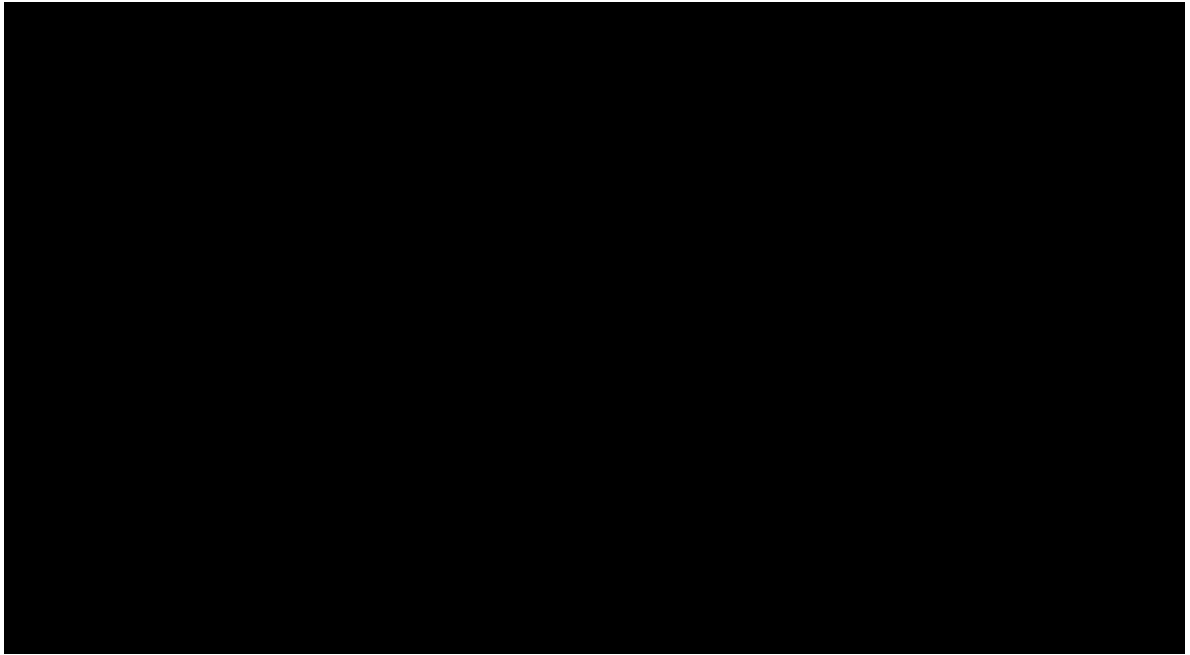


图 7.1-10a 工程海域现状潮流场（涨潮中间时、表层）

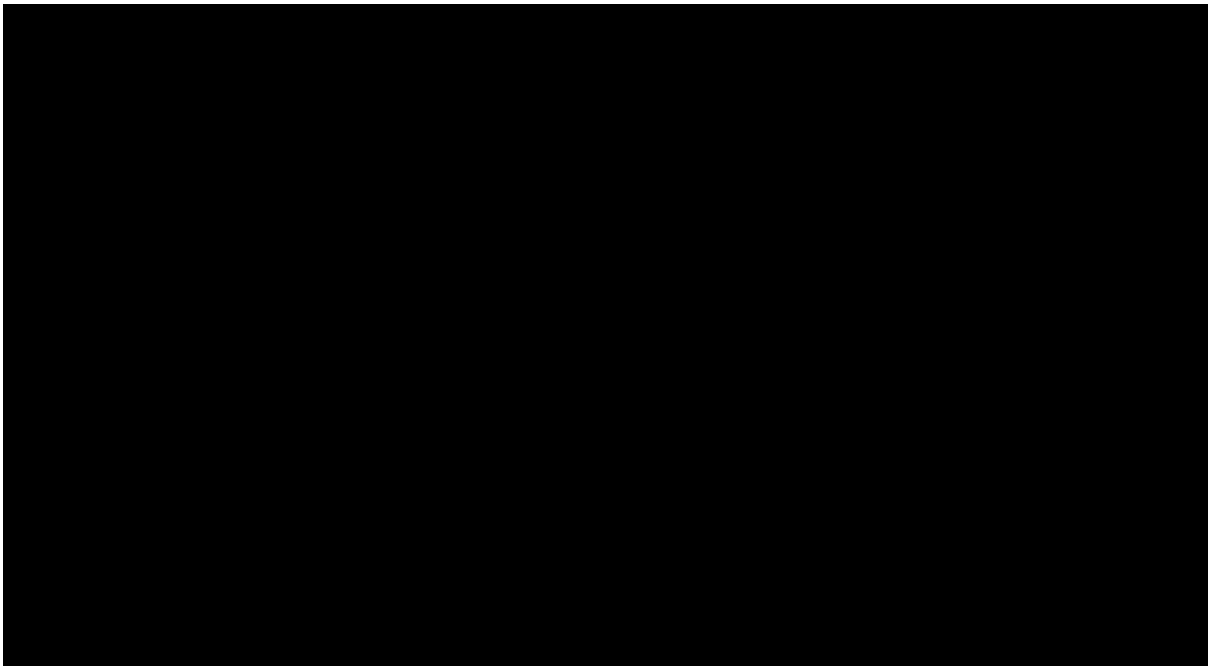


图 7.1-10b 工程海域现状潮流场（涨潮中间时、中层）

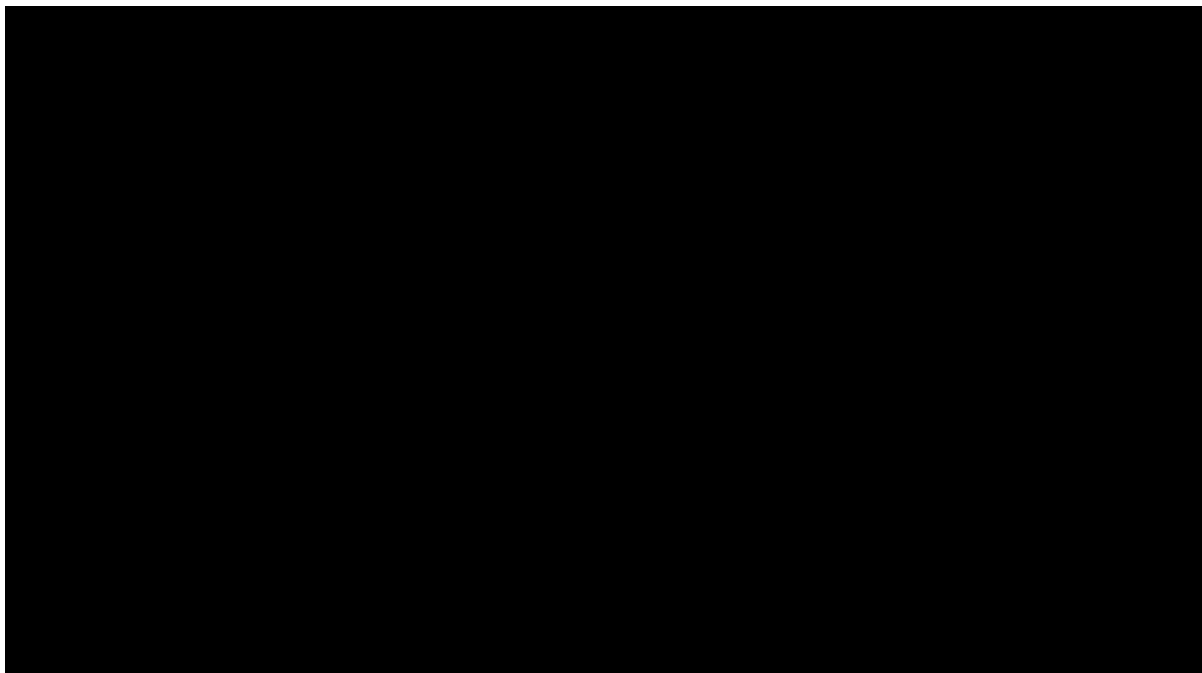


图 7.1-10c 工程海域现状潮流场（涨潮中间时、底层）

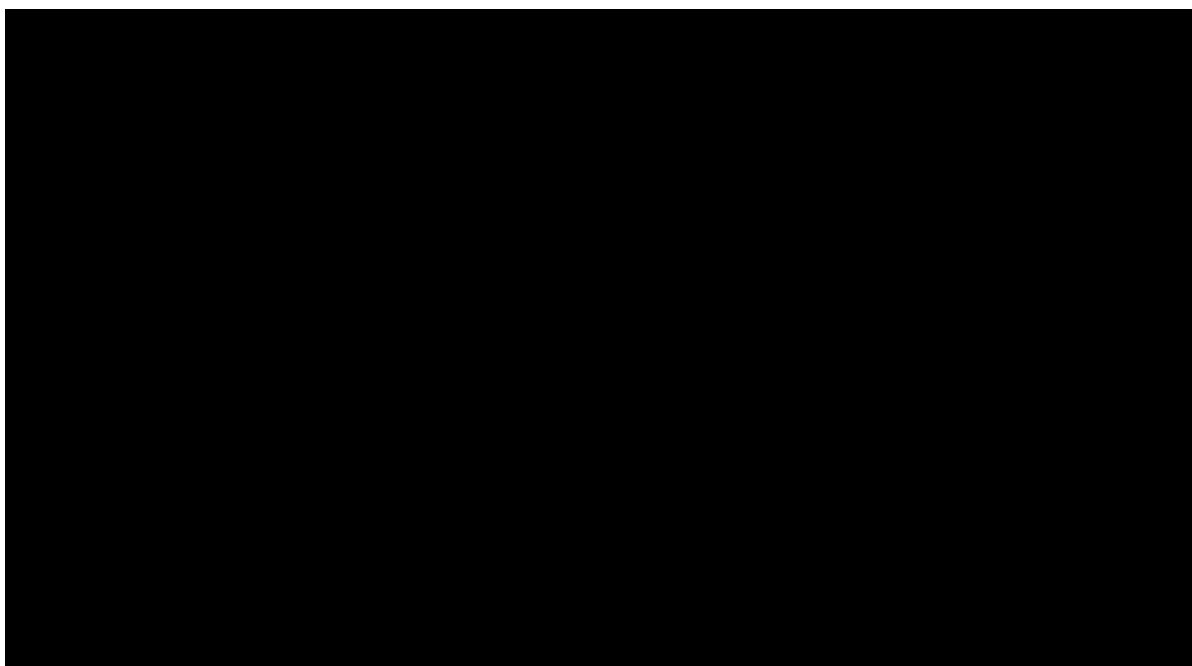


图 7.1-11a 工程海域现状潮流场（落潮中间时、表层）

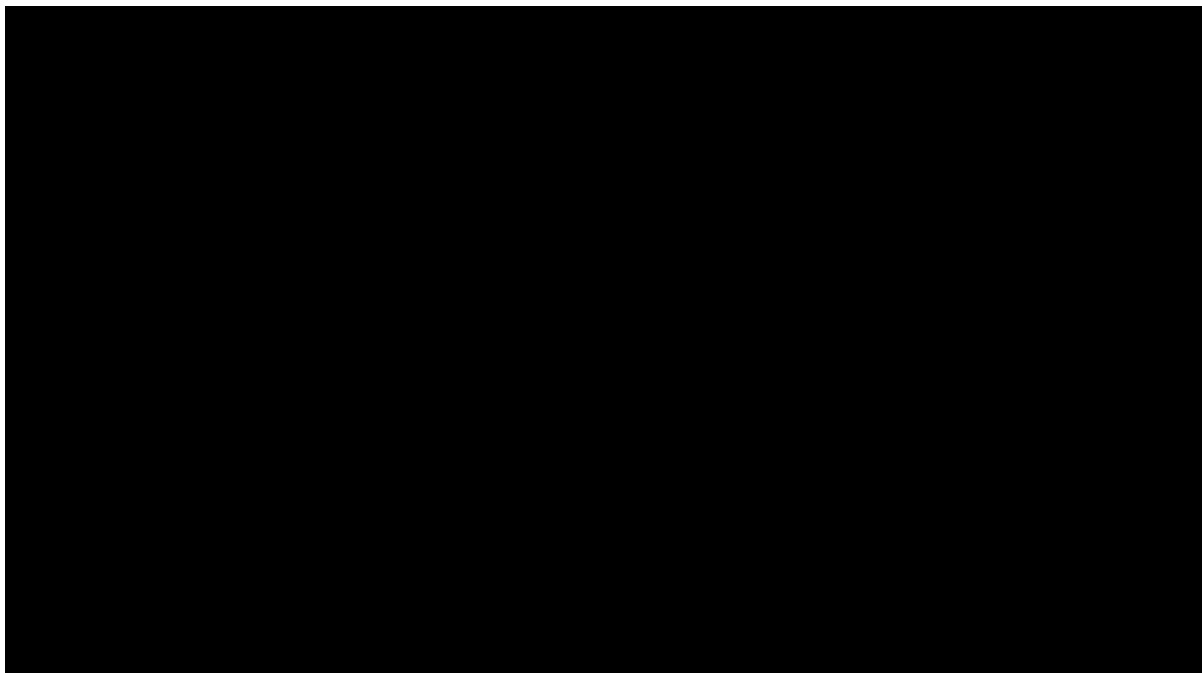


图 7.1-11b 工程海域现状潮流场（落潮中间时、中层）

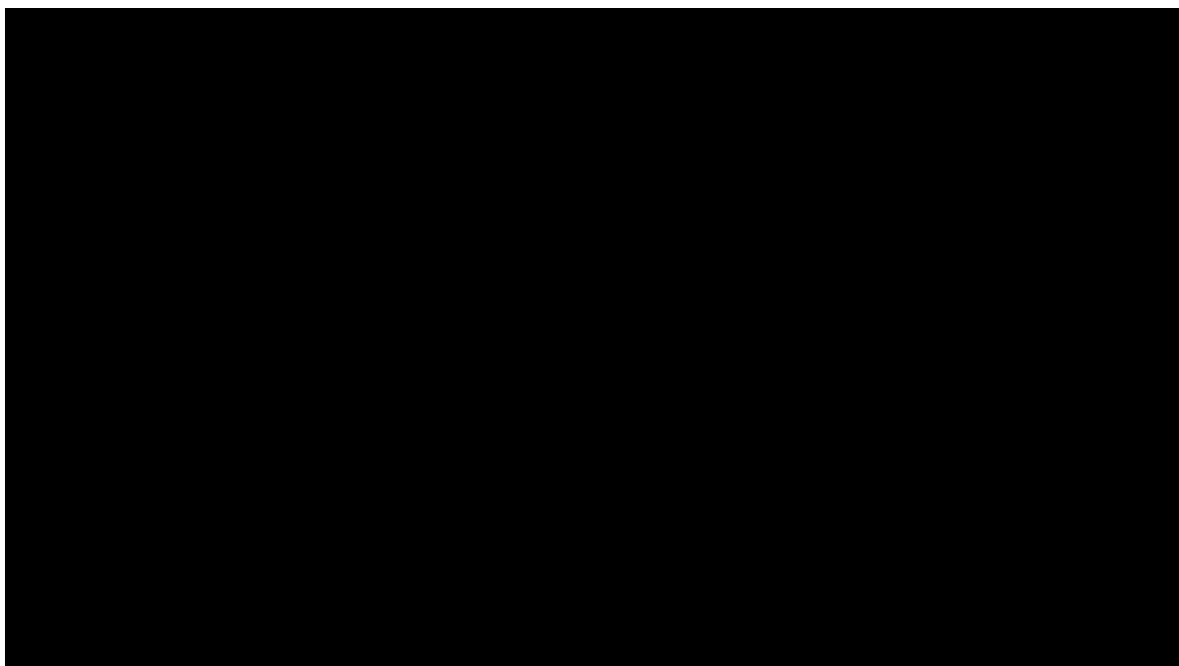


图 7.1-11c 工程海域现状潮流场（落潮中间时、底层）

7.1.5 工程后水动力与冲淤环境分析

为说明工程建设对工程附近流速的影响，选择工程前后涨急和落急时刻进行对比分析，流速变化曲线见图 7.1-12。由图可知，在工程海域 600 米外侧流速基本上没有变化；在工程区内最大流速变化幅度 2cm/s。涨急时刻，在工程区由于养殖设施的阻挡导致养殖区外部流速有所增加，在养殖用海内以及工程东西两侧流速略有减小，落

急时刻与涨急时刻基本一致。总体来看，工程建设对工程周边流场影响不大。

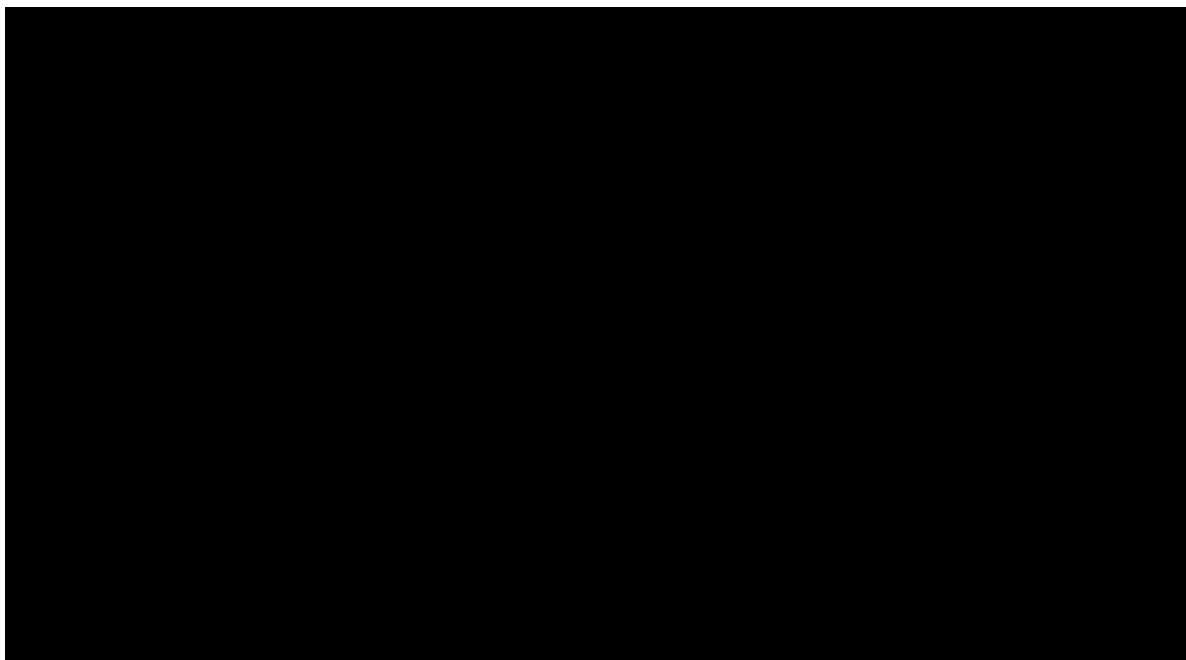


图 7.1-12a 涨急时刻工程前后流速变化曲线（单位 m/s）

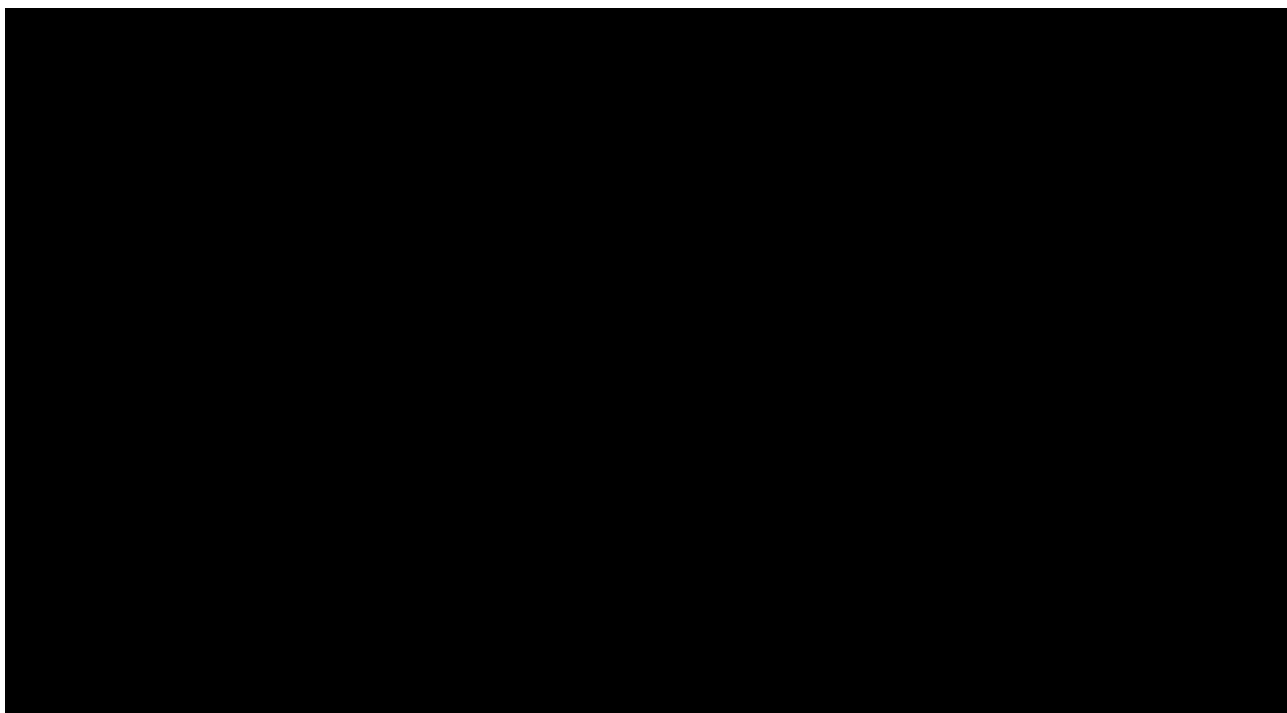


图 7.1-13b 落急时刻工程前后流速变化曲线（单位 m/s）

7.2 地形地貌与冲淤环境影响分析

工程建设后，改变了局部水流条件和含沙量分布，从而引起海床变化。虽然可以采用床面变形方程计算海床的冲淤量，但泥沙冲淤是个长历时的过程。若采用该方法计算，计算量非常大，而且由于资料有限，参数取值较为困难。因此对于工程后引起的海床最终冲淤面貌，目前较多的采用半经验半理论公式进行估算，本项目场区底质类型多为粘土质粉砂，适合经验公式的使用条件。

根据宾国仁悬沙输沙方程

$$\frac{\partial HS}{\partial t} + \frac{\partial qS}{\partial x} + a\omega(S - S^*) = 0 \quad (\text{式 1})$$

其中， H 为水深，m； S 为含沙量， kg/m^3 ； q 为单宽流量， m^2/s ； a 为泥沙沉降几率； ω 为悬沙沉降速度， m/s ； S^* 为挟沙量， kg/m^3

对上式在一个潮周期 T 内积分，并经差分变换后，可得到一个潮周期 T 内的海床冲淤强度

$$\Delta Z = \frac{a\omega TS_1^*}{\gamma_0} \left(1 - \frac{S_2^*}{S_1^*}\right) \quad (\text{式 2})$$

一年中冲淤强度为

$$p = n\Delta Z = \frac{na\omega TS_1^*}{\gamma_0} \left(1 - \frac{S_2^*}{S_1^*}\right) \quad (\text{式 3})$$

其中， T 为潮周期，s； n 为一年中的潮周期数。

将挟沙力公式 $S^* = k \frac{v^2}{gH}$ 代入式（3），得

$$p = n\Delta Z = \frac{na\omega TS_1^*}{\gamma_0} \left[1 - \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2 \frac{H_1}{H_2}\right] \quad (\text{式 4})$$

其中， H_1 为工程前水深，m； H_2 为工程后水深，m； v_1 为工程前流速， m/s ； v_2 为工程后流速， m/s 。

对式（4）求解得到 H_2 ，经推导可得 ΔH ：

$$\Delta H = H_1 - H_2 = 0.5 \left[(H_1 + \beta\Delta t) - \sqrt{(\beta\Delta t - H_1)^2 + 4\beta\Delta t K^2 H_1} \right] \quad (\text{式 5})$$

其中， $\beta = \frac{a\omega S_1^*}{\gamma_0}$ ， $K = \frac{v_2}{v_1}$ ， Δt 为计算时间，s。

水动力模型计算表明，本工程建设引起的局部流场变化主要表现为工程场区附近局部流速的减小和增大，由工程海域水体含沙量、悬沙粒度、底质粒度等分析结果并结合水动力模型得到的流场，可计算本工程建设引起的桩基附近滩面泥沙冲淤强度。下面计算的滩面泥沙冲淤强度指的冲刷坑范围之外。

下图是工程后附近海域的年冲淤量分布图。泥沙淤积分布局限于工程海域范围 150m 的海域内，且影响程度有限，不会引起工程海域滩面的整体性冲淤变化。由于项目所在海域水深相对较大，小幅度的淤积不会改变海域生境。

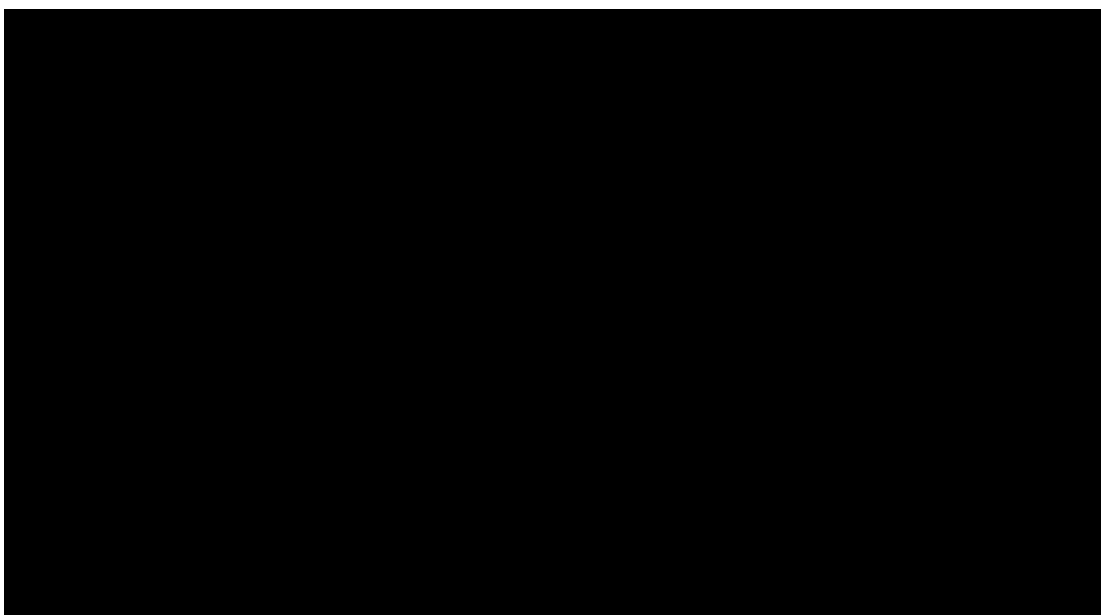


图 7.2-1 工程建设引起的泥沙冲淤强度示意图

7.3 海水水质环境影响预测与评价

7.3.1 水质预测模型

潮流是海域污染物进行稀释扩散的主要动力因素，在获得可靠的潮流场基础上，通过添加水质预测模块（平面二维非恒定的对流—扩散模型），可进行水质预测计算。

（1）三维对流扩散控制方程：

$$\frac{\partial c}{\partial t} + \frac{\partial uc}{\partial x} + \frac{\partial vc}{\partial y} + \frac{\partial wc}{\partial z} - \frac{\partial w_s c}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{u_{Tx}}{\sigma_{Tx}} \frac{\partial c}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{u_{Ty}}{\sigma_{Ty}} \frac{\partial c}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{u_{Tz}}{\sigma_{Tz}} \frac{\partial c}{\partial z} \right) + S$$

c 为悬浮物浓度， w_s 为泥沙沉速， u_{Tx}, u_{Ty}, u_{Tz} 为各向异性涡粘系数，海缆项目

取值为 0.01, $\sigma_{Tx}, \sigma_{Ty}, \sigma_{Tz}$ 为湍流 Schmidt 数, S 为源汇项。其余各项同水动力控制方程。

$S = S_m + S_v$, 其中 S_m 是悬浮物排入的源强, 而 S_v 是悬浮物的海底垂直通量, 表示由于沉降和再悬浮随机过程对源强的修正。

$$S_v = \alpha W (\beta S_* - \gamma C)$$

其中: $\beta = 1$, 当 $u, v \geq u_c$ 时; $\beta = 0$, 当 $u, v < u_c$ 时。

$\gamma = 1$ 当 $u, v \leq u_f$ 时; $\gamma = 0$ 当 $u, v > u_f$ 时。

α : 泥沙颗粒沉降几率, 决定于湍流强度和悬浮质点粒径;

u_f : 扬动流速;

u_c : 起动流速;

S_* : 水流挟沙能力;

W : 悬浮颗粒的沉降速度, 按下列公式求得:

$$W = \sqrt{(13.95 \frac{\eta}{d})^2 + 1.09 \frac{\rho_s - \rho_0}{\rho_0} gd} - 13.95 \frac{\eta}{d}$$

η 是海水分子运动粘性系数, 取 $1.007 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$, d 是 d_{50} , 为沙粒中径。

u_c 和 u_f 分别是起动流速和扬动流速。据窦国仁公式

$$u_c = 2.72 \sqrt{\frac{\rho_s - \rho}{\rho} gd + 0.19 \frac{\varepsilon_k + g\delta H}{d}}$$

ρ 为海水密度, ε_k 为粘结力系数, $\varepsilon_k = 2.56 \text{cm}^3/\text{L}^2$, δ 为薄膜水厚度, $\delta = 0.213 \times 10^{-4} \text{cm}$,

据海缆项目海域的 H 值、泥沙粒径和泥沙密度求得 u_c 。

悬浮物的淤落条件, 决定于水流速度和悬浮颗粒的扬动流速。利用扬动流速 u_f 的计算公式:

$$u_f = 12.76 \sqrt{\frac{\rho_s - \rho}{\rho} gd}$$

可求的颗粒的扬动速度 u_f 。

悬浮物造成底床变形方程:

$$\gamma_0 \frac{\partial \eta_s}{\partial t} = \alpha \omega (C - S_*)$$

式中， η_s 为悬浮沙引起的海底床面冲淤厚度， γ_0 为悬浮沙干容重， S_* 为挟沙能力，分别由以下两式计算：

$$\gamma_0 = 1750 d_{50}^{0.183}$$

$$S_* = \alpha_0 \frac{\rho_0 \rho_s}{\rho_s - \rho_0} \left(\frac{(\sqrt{u^2 + v^2})^3}{c^2 (h + \zeta) \omega} + \beta_0 \frac{H^2}{(h + \zeta) T \omega} \right)$$

d_{50} 为悬浮物中值粒径(mm)，本次计算悬浮物平均中值粒径取 0.018mm，因此， $\gamma_0 \approx 839 \text{ kg/m}^3$ 。 ρ_s 为泥沙容重， 2650 kg/m^3 ， ρ_0 为海水的容重， 1025 kg/m^3 ， $\alpha_0 = 0.016$ ， $\beta_0 = 4.65 \times 10^{-5} h^{-1.43}$ ， c 为 Chezy 系数， $c = h^{1/6} / n$ ， n 为 Maning 糙率系数，本文根据验证情况进行调整。

(2) 边界条件

岸边界条件：浓度通量为零；

开边界条件：

入流： $C|_{\Gamma} = P_0$ ，式中 Γ 为水边界， P_0 为边界浓度，模型仅计算增量影响，取 $P_0=0$ 。

出流： $\frac{\partial C}{\partial t} + U_n \frac{\partial C}{\partial n} = 0$ ，式中 U_n 边界法向流速， n 为法向。

(3) 初始条件

$$C(x, y)|_{t=0} = 0$$

7.3.2 施工期悬浮物质影响分析

7.3.2.1 源强计算

①重力式网箱投放锚泊构件悬浮沙

每个重力式网箱周围均匀布置 12 根系泊缆绳，抛锚位置距离网箱框架 50 m。采用双齿犁锚固定，双齿犁锚重量约 800kg。双齿犁锚投放时，施工船航行至事先标记锚位的水面浮球处，然后作业人员在施工船上将锚用绳带绑扎牢固，然后吊机吊起至侧舷后，施工人员拉紧缓慢投放至海中，直至到达海床。

参考抛石挤淤引起的悬浮沙源强计算方法，计算悬浮沙源强如下：

$$S_1 = (1 - \theta_1) \times \rho_1 \times \alpha_1 \times P$$

式中： S_1 为抛石挤淤的悬浮物源强（kg/s）； θ_1 为海底沉积物天然含水率（%）； ρ_1 为海底泥沙中颗粒物的天然湿密度（kg/m³）； α_1 为泥沙悬浮颗粒物所占百分率（%）； P 为平均挤淤强度（m³/s）。

根据本工程用海区浅地层调查可知，项目区海床表层沉积物类型主要为淤泥混砂，天然含水率取 2023 年 5 月调查期间项目用海区附近表层沉积物含水率的平均值， $\theta_1=50\%$ ，天然湿密度 ρ_1 取 1660 kg/m³。根据 2023 年 5 月沉积物粒度分析结果，细颗粒占比较高，约 80%，故 α_1 取 80%。

平均挤淤量估算时将本项目重力式网箱所采用的 800kg 双齿犁锚首先折算为同质量的石块（石块密度一般在 2.5~3g/cm³ 之间，本次取 2.5 g/cm³），再考虑到网箱锚泊件投放采用“人工吊绳、缓慢下放”的方式，锚体在吊机控制下缓慢入水，接近海床时速度非常低，锚件结构接触海床时冲击能量远小于抛石挤淤时石块对海床冲击，故再进行 50% 折算后作为计算挤淤量，单个网箱锚泊件入水后按半小时投放完成，则单个双齿犁锚投放悬浮沙源强估算值约为： $S_1 = (1-50\%) \times 1660 \times 80\% \times (800/2500) \times 50\% / 1800 = 0.06 \text{kg/s}$ 。

单个网箱源强共 12 个锚泊件，故单个网箱锚泊件投放悬浮沙源强为： $0.06 \times 12 = 0.72 \text{kg/s}$ 。

②养殖围栏桩基悬浮沙

本项目大型养殖围栏基础采用钢管桩，共 436 根。桩基直径 1m，长度 35m，桩间距不超过 5m，桩基在水面以上 10m，水下 25m（入泥深度 15m）。桩基施工过程中会扰动局部水域，产生一定量的悬浮泥沙，悬浮沙影响主要发生在沉桩过程中，沉桩时振动锤击打桩身会对作业点周边表层沉积物造成冲击扰动，造成悬浮泥沙浓度增大。该过程中产生的悬浮泥沙可按下式进行计算：

$$Q = \pi \times (\varphi - r)^2 \times h \times \rho \times \alpha / t$$

其中， Q 为悬浮泥沙发生量，kg/s； r 为钢管桩半径，为 0.5m； h 为沉桩引起的桩基纵向方向表层沉积物细颗粒悬浮范围，取桩入泥深度的 10%，按本项目桩基入泥 15m 计算，取 1.5m； φ 为钢管桩外壁振动引起的细颗粒起悬距离桩心的距离，取约 2m； ρ 为附着泥层干密度，根据本工程用海区浅地层调查可知，项目区海床表层沉积物类型主要为淤泥混砂，根据 2023 年 5 月调查期间项目用海区附近表层沉积物天然湿密度，折算沉积物干密度为 1100 kg/m³； α 为起悬率，无量纲，根据 2023 年 5 月沉积物粒度分析结果，取 80%； t 为打桩时间，根据施工进度，养殖围栏桩基施工 4 个月，共 436

根桩，单日打桩数量约 4 根。施工期拟配置 1 艘打桩船施工，单根桩施打时间约 2.0h。

经计算，养殖围栏单个钢管桩施打产生的悬浮物源强约为 1.40kg/s。

7.3.2.2 源强位置

针对重力式网箱投放锚泊构件悬浮沙预测，选择项目区块内外围各网箱中心点，同时在使用海区内由南至北均匀选择 4 个网箱中心点；针对围栏养殖桩基施工悬浮沙预测，选择围栏外围桩基中心点，源强设置见表 7.3-1、图 7.3-1。

表 7.3-1 预测工况设置一览表

项目	源强	源强性质	源强位置
网箱锚泊件投放	0.72kg/s	连续源	重力式养殖网箱区外围网箱中心点+内部网箱均匀布置 4 个点
养殖围栏桩基施打	1.40 kg/s	连续源	大型养殖围栏外围桩基四周分别布置 1 个点

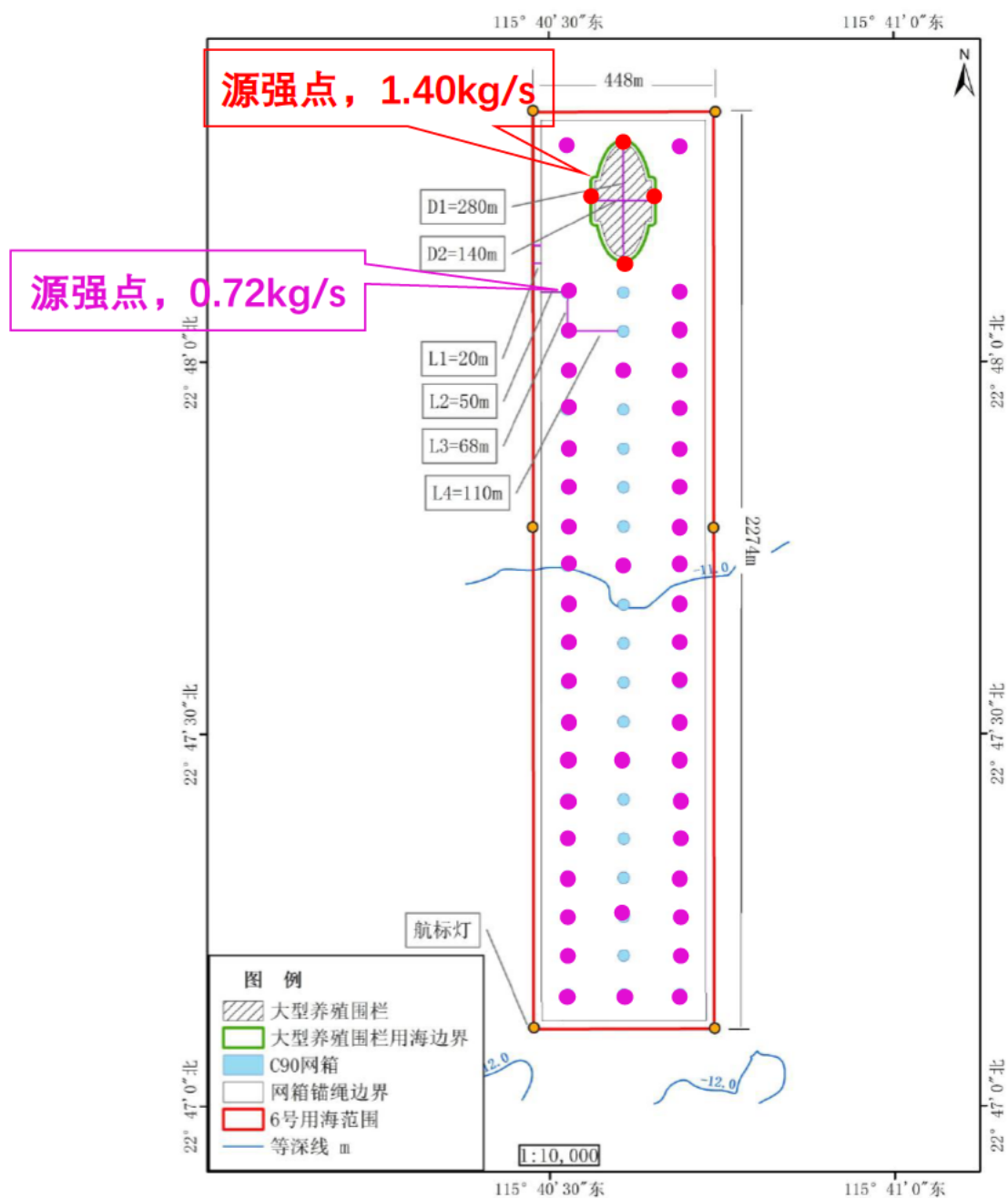


图 7.3-1 悬浮沙预测源强点位置图

7.3.2.3 预测结果

计算工况考虑大潮、小潮和全潮期，预测在不同潮期产生悬浮物的扩散范围和浓度，统计分析悬浮物的最大影响范围。

图 7.3-2 为施工期悬浮物预测结果绘制的悬浮物影响包络线，由最大包络范围图可知，悬浮物浓度增量大于 10mg/L 影响范围叠加约为 1.22km²，悬浮物浓度大于 20mg/L 影响范围叠加约为 0.23km²，不产生悬浮物浓度增量大于 50mg/L 的影响范围。

本节对悬浮物扩散范围预测为保守考虑，根据施工规划，悬浮物浓度增量可较短时间内减低至 10mg/L 以内。因此，施工产生的悬浮沙影响是暂时的，随着工程结束，悬浮物对水环境的影响也将消失。

表 7.3-2 悬浮物增量影响范围单位：km²

作业内容	≥10mg/L	≥20mg/L	≥50mg/L	≥100mg/L	≥150mg/L
网箱锚泊件投放+养殖围栏打桩	1.24	0.23	0	0	0

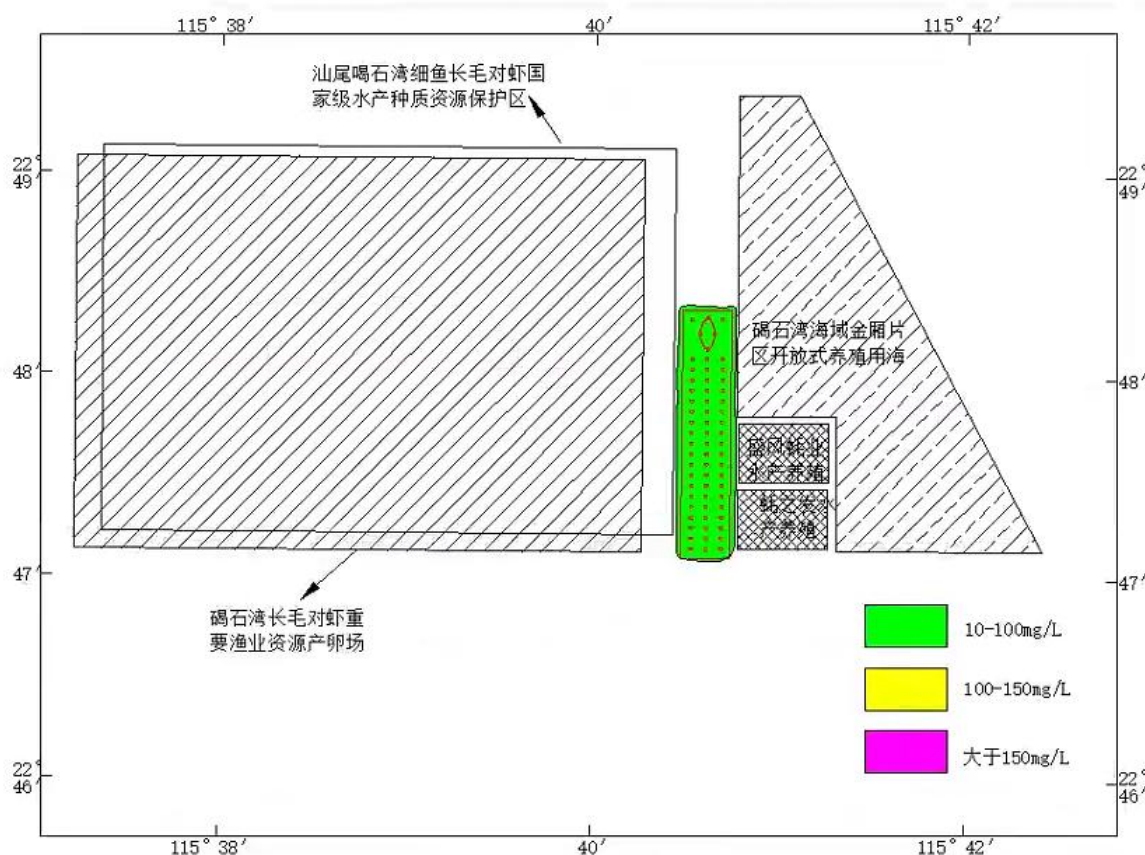


图 7.3-2 施工期悬浮物影响范围（全潮）

7.3.3 运营期悬浮物质影响分析

7.3.3.1 源强计算

本项目运营期重力式网箱网衣全部拉运至码头清洗。大型养殖围栏网衣采用水下铜合金网衣和水上超高分子量聚乙烯网衣，其中水下的铜合金网衣具有抗污损生物附着的特性，在附着物较多的月份（6~8月），采用配置的自动洗网机原位自动清洗。

网衣清洗产生的附着物量（湿重）采用以下公式计算：

$$M=A \times \rho \times \eta$$

式中： A 为网衣浸没面积 (m^2)； ρ 为网衣附着物湿重密度 (kg/m^2)，不同季节有一定波动，在 $1.0\sim 2.0 kg/m^2$ 之间，本次取平均值 $1.5 kg/m^2$ ； η 为清洗去除率 (%)，取 80%。

本项养殖围栏外圈周长 653m，北部横向网衣长 280m，纵向网衣长 120m，内部弧形分割网周长约 250m，网衣入水深度 10m，浸没面积 $13030m^2$ ，据此计算养殖围栏清洗产生的附着物量总量约为 15636kg。其中约 60%为污损生物等附着物，约 5%为海洋垃圾，约 35%为悬浮颗粒物。

经调研，水下自动洗网机每小时清洗面积在 $1500\sim 4000m^2$ ，本次按清洗效率 $2000m^2/h$ ，据此计算养殖围栏清洗一次约 6.5h，网衣清洗产生的悬浮物源强为 $15636kg \times 35\% / (6.5 \times 60 \times 60) = 0.23kg/s$ 。

7.3.3.2 源强位置

针对围栏养殖网衣清洗悬浮沙预测，选择围栏外围网衣中心点，源强设置见表 7.3-3、图 7.3-3。

表 7.3-3 预测工况设置一览表

作业内容	源强	源强性质	源强位置
养殖围栏网衣清洗	0.23 kg/s	连续源	大型养殖围栏外围桩基四周分别布置 1 个点

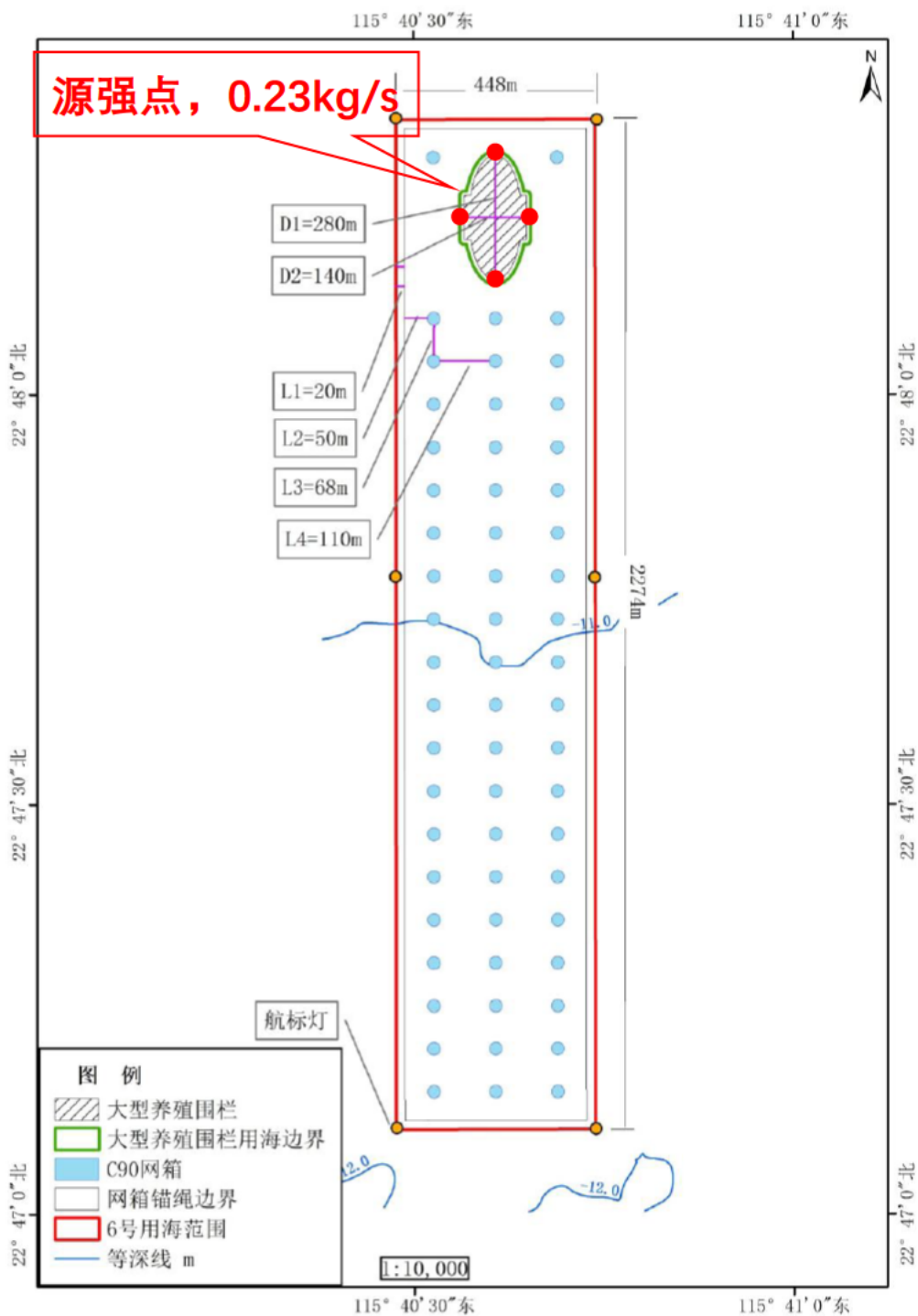


图 7.3-3 运营期悬浮沙预测源强点位置图

7.3.3.3 预测结果

计算工况考虑大潮、小潮和全潮期，预测在不同潮期产生悬浮物的扩散范围和浓度，统计分析悬浮物的最大影响范围。

图 7.3-4 为运营期网箱清洗悬浮物预测结果绘制的悬浮物影响包络线，由最大包

络范围图可知，悬浮物浓度增量大于 10mg/L 影响范围叠加约为 0.15km²，不产生悬浮物浓度大于 20mg/L 影响范围。

本节对悬浮物扩散范围预测为保守考虑，根据施工规划，悬浮物浓度增量可较短时间内减低至 10mg/L 以内。因此，施工产生的悬浮沙影响是暂时的，随着工程结束，悬浮物对水环境的影响也将消失。

表 7.3-4 悬浮物增量影响范围单位：km²

作业内容	≥10mg/L	≥20mg/L	≥50mg/L	≥100mg/L	≥150mg/L
网箱清洗	0.15	0	0	0	0

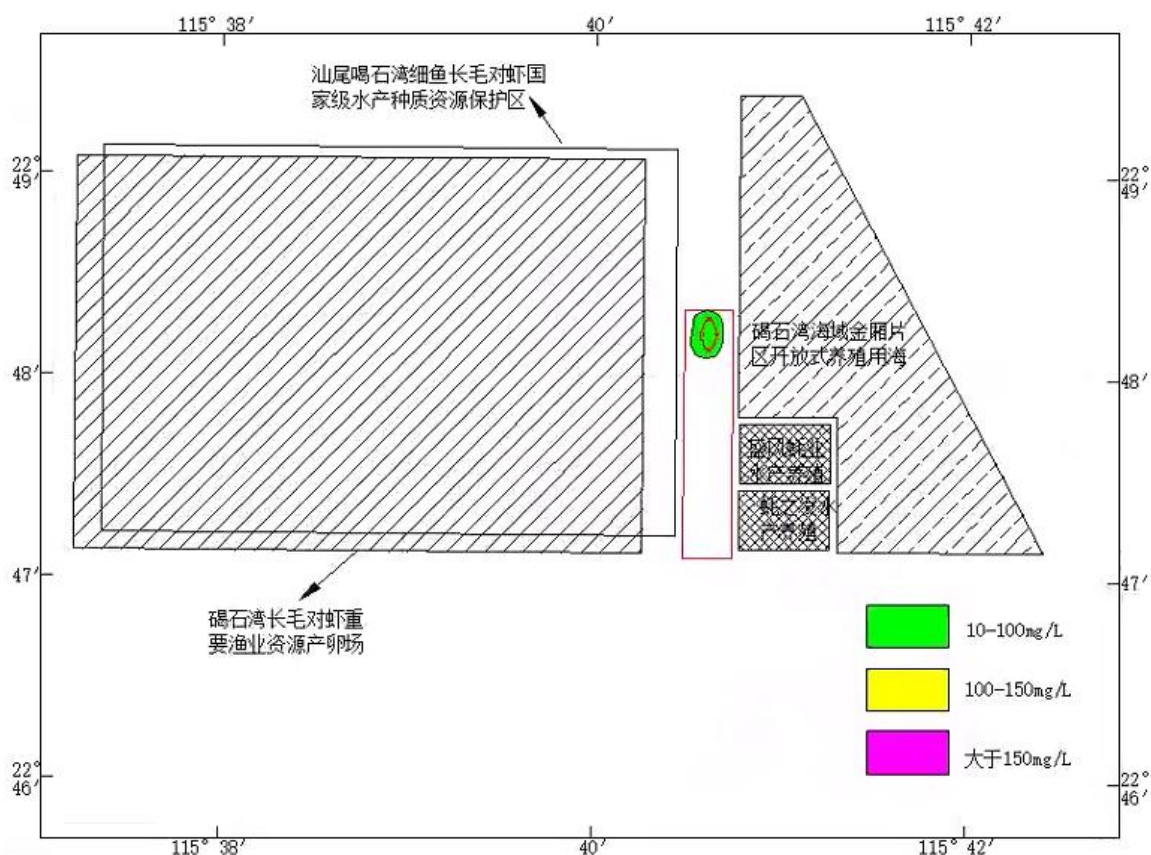


图 7.3-4 运营期网箱清洗悬浮物影响范围（全潮）

7.3.4 运营期养殖污染影响分析

7.3.4.1 本项目养殖污染影响分析

7.3.4.1.1 源强计算

选取 COD_{Mn}、氨氮、活性磷酸盐作为影响预测因子，预测本项目海水养殖污染物浓度分布。因《第二次全国污染源普查产排污系数手册》中给出的是养殖排污系数为 COD_{Cr}，而海水水质标准中为 COD_{Mn}，因此存在 COD_{Cr} 法和 COD_{Mn} 法之间的转换关

系，一般来说 $COD_{Cr} = (3.0\sim 4.0) COD_{Mn}$ 本次取 4.0；总磷中一部分沉降进入底泥，一部分进入水中。Kapsar 等的研究表明，饵料中有 3/4 的总磷排入了周围的环境水域中，其中 35% 溶解于水体中，65% 沉入了海底。Walain 等研究了养殖过程中磷的物质平衡，饵料中的磷被鱼类利用的仅占 15%~30%，溶于水中的占 16%~26%，以颗粒态形式存在的则占 50% 以上。本次进入水中的活性磷酸盐按占总磷的 20% 计，估算污染物入海量见下表。

表 7.3-5 养殖水污染源强表

养殖方式	活性磷酸盐 (t/a)	氨氮 (t/a)	COD _{Mn} (t/a)
重力网箱	2.34	0.98	2.47
养殖围栏	1.69	0.71	1.78

本次海水养殖选取石斑鱼、高体鲈、军曹鱼、卵形鲳鲹四个品种开展试养，四种鱼类在幼鱼、中鱼、成鱼不同生长阶段的摄食习性、生长速率及产污特征存在一定差异。海水鱼类养殖产污以鱼类代谢排泄物（粪便及溶解性营养盐）为主要来源，残饵仅为次要来源。幼鱼阶段鱼类摄食活跃，投饵率高，但因幼鱼消化系统尚未成熟，饵料利用转化效率相对较低，大部分以排泄物形式进入水体，总排泄物产生量为全养殖周期最高水平。进入中鱼阶段后，鱼类因消化系统良好，饲料转化率提高，同时摄食活跃强度有所下降，投饵率降低，故该阶段排泄物有所减少，同时因个体体重有所增加，故单位体重产污强度随之降低。至成鱼阶段，鱼体摄食趋于稳定，投饵率最低，饵料利用效率高，总排泄物产生量及单位体重产污强度处于全养殖周期最低水平。

根据《第二次全国污染源普查技术规定》（国污普〔2018〕16 号）、《第二次全国污染源普查产排污系数手册·农业源》水产养殖相关规范，综合考虑海水肉食性鱼类不同生长阶段消化生理差异和产污特征，本次评价对养殖全过程产污权重进行分段取值，幼鱼阶段、中鱼阶段、成鱼阶段产污权重分别取 45%、30%、25%。此外，本项目养殖对象均为海水肉食性鱼类，整体养殖周期按 12 个月设计，其中由于阶段为前 3 个月，中鱼阶段为第 4~8 个月共 5 个月，成鱼阶段为第 9~12 个月共 4 个月，核算各养殖设施鱼类不同生长阶段污染物源强。

表 7.3-6 本项目各养殖设施鱼类不同生长阶段养殖水污染源强表

养殖设施	生长阶段	活性磷酸盐 (g/s)	氨氮 (g/s)	COD (g/s)
重力网箱	幼鱼	0.136	0.057	0.143
	中鱼	0.054	0.023	0.057
	成鱼	0.056	0.024	0.059
养殖围栏	幼鱼	0.098	0.041	0.103

养殖设施	生长阶段	活性磷酸盐 (g/s)	氨氮 (g/s)	COD (g/s)
	中鱼	0.039	0.016	0.041
	成鱼	0.041	0.017	0.043

由计算结果可见，幼鱼阶段污染物产生速率最大，本次针对幼鱼阶段进行养殖水污染物预测。

表 7.3-7 本项目各养殖设施鱼类不同生长阶段养殖水污染物预测源强表

养殖设施	生长阶段	COD (g/s)	氨氮 (g/s)	活性磷酸盐 (g/s)
养殖围栏	幼鱼	0.103	0.041	0.098
单口重力网箱	幼鱼	0.002	0.001	0.002

7.3.4.1.2 源强位置

养殖水污染物预测时，以各重力式网箱和围栏养殖中心点作为源强发生位置，见下图。

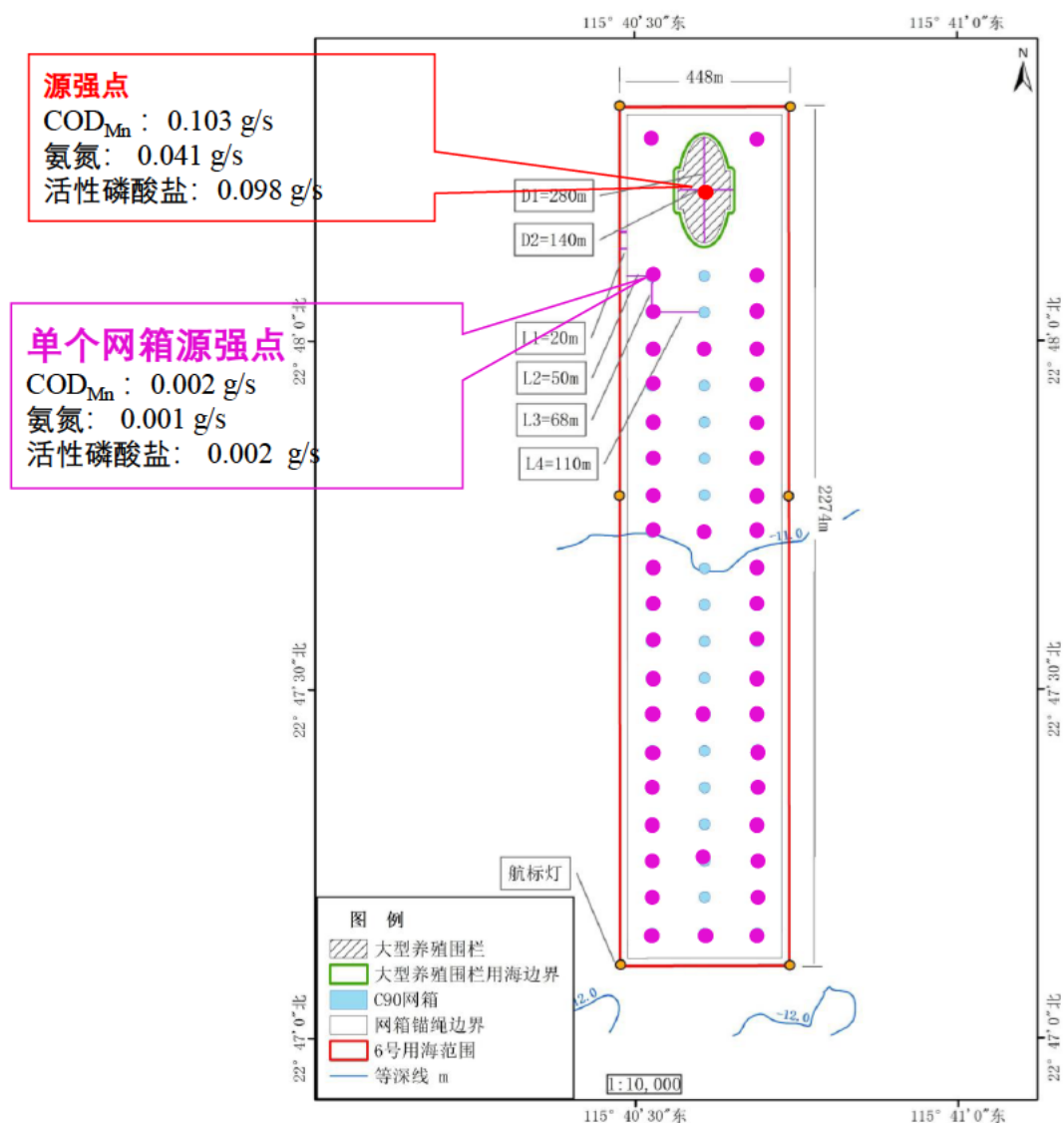


图 7.3-5 养殖污染物预测源强点位置图

7.3.4.1.3 预测结果

(1) COD 浓度分布情况

图 7.3-6 为连续排放时的 COD 浓度包络线。养殖活动排放的 COD 最大浓度为 0.007mg/L。根据项目用海区周边 2 个国控点（GDN14003、GDN14004）2024~2025 年季平均监测数据，本项目用海区 COD_{Mn} 背景值 0.46mg/L，因此水中 COD 叠加背景值后最大为 0.467mg/L，满足项目所在海域一类海水水质标准（2mg/L）要求。

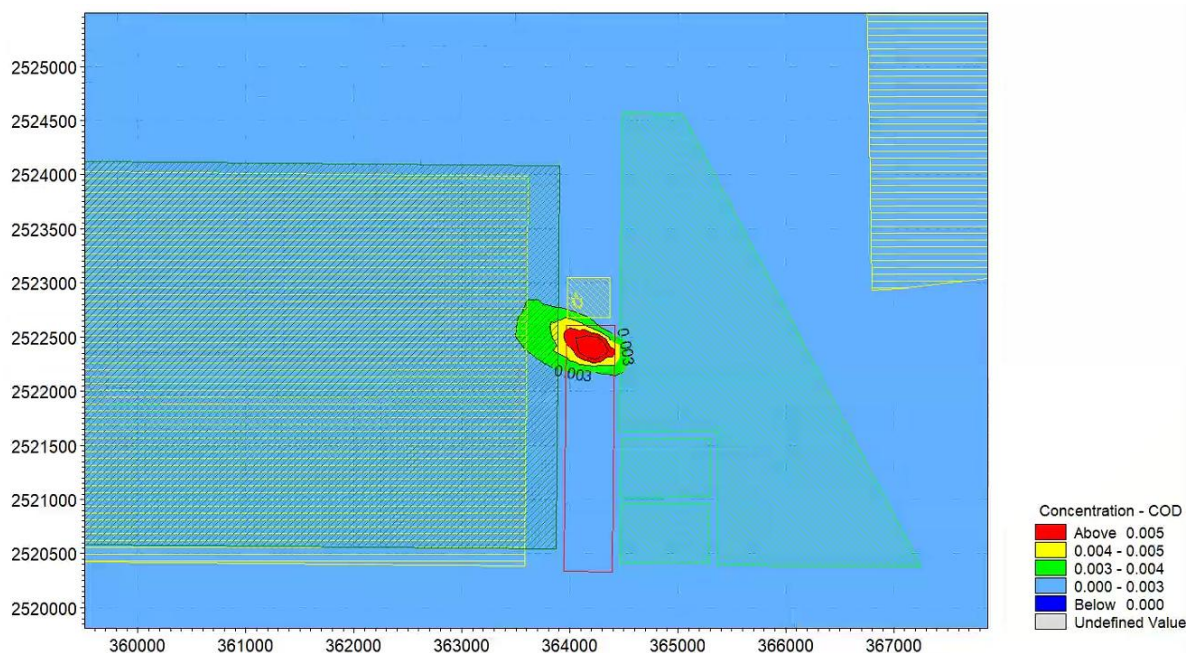


图 7.3-6 COD 影响范围（全潮）

(2) 氨氮浓度分布情况

图 7.3-7 为连续排放时的氨氮浓度包络线。养殖活动排放的氨氮最大浓度为 0.003mg/L。因项目用海区周边国控点无氨氮数据，本次选取 2023 年、2025 年调查期间附近站位氨氮平均值 0.048 mg/L（2023 年 5 月取 J1、J5、J6 平均值，32.2 mg/L；2025 年 10 月取 L21、L17、L18 平均值，63.95 mg/L），因此水中氨氮叠加背景值后最大为 0.051mg/L。根据《海水水质标准》（GB 3097-1997）中附录 A 中非离子氨换算方法，换算得到水中非离子氨浓度为 0.0036 mg/L，满足项目所在海域一类海水水质标准（0.02 mg/L）要求。

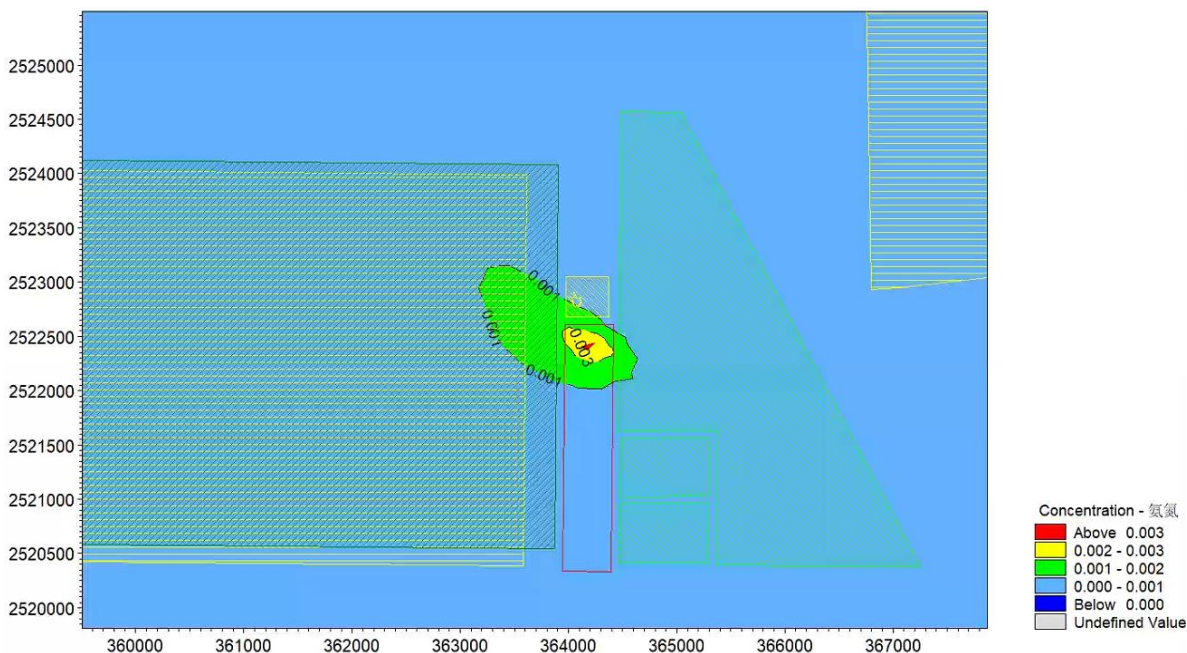


图 7.3-7 氨氮影响范围（全潮）

(4) 活性磷酸盐浓度分布情况

图 7.3-8 为连续排放时的活性磷酸盐浓度包络线。养殖活动排放的活性磷酸盐排放最大浓度为 0.006mg/L。根据项目用海区周边 2 个国控点（GDN14003、GDN14004）2024~2025 年季平均监测数据，本项目用海区活性磷酸盐背景值 0.003mg/L，因此水中活性磷酸盐排放叠加背景值后最大为 0.009mg/L，满足项目所在海域一类海水水质标准（0.015 mg/L）要求。

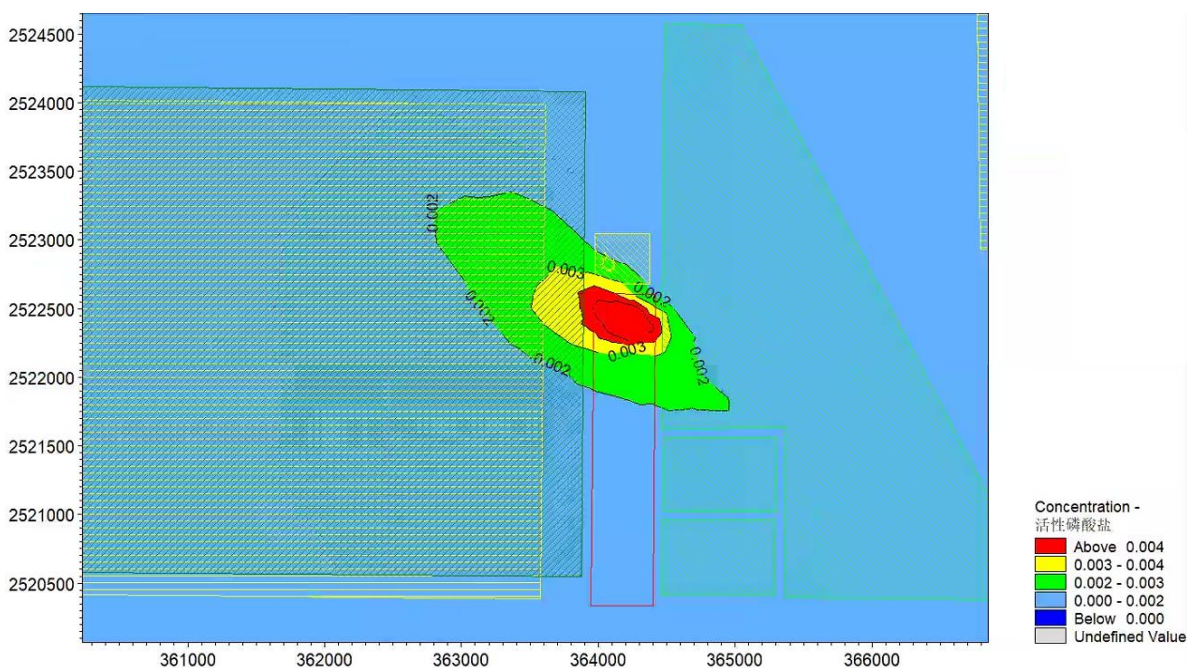


图 7.3-8 活性磷酸盐排放影响范围（全潮）

7.3.4.2 本项目与周边养殖项目叠加影响分析

（1）周边养殖项目情况

本项目用海区周边近距离养殖项目共 5 个，其中用海区东侧紧邻 3 个，分别为：陆丰盛风蚝业水产养殖项目（东侧，0.07km）、陆丰蚝之发水产科技养殖项目（东侧，0.07km）、陆丰市碣石湾海域金厢片区开放式养殖用海项目（东侧 0.05km）；用海区北侧紧邻 1 个，为汕尾华电现代化海洋牧场项目场址一（北测，0.10km）。各项目基本情况如下：

①陆丰盛风蚝业水产养殖项目：陆丰盛风蚝业水产养殖项目位于广东省陆丰市碣石湾、金厢港口南侧约 7.2 公里处海域。养殖区东西长约 830m，南北长约 540m，形状为矩形。项目申请用海总面积为 44.92 公顷，养殖区设置 21 个养殖单元。进行太平洋牡蛎延绳式垂下养殖，养殖区内均为透水构筑物，养殖期间不投喂饵料，属于生态养殖。

②陆丰蚝之发水产科技养殖项目：陆丰蚝之发水产科技养殖项目位于广东省陆丰市碣石湾、金厢港口南侧约 7.5 公里处海域。场址区水深在 10.7~11.2m 之间，养殖区东西宽约 830m，南北长约 540m，形状为矩形。项目申请用海总面积为 44.92 公顷。养殖区拟进行太平洋牡蛎延绳式垂下养殖，养殖区内均只布设养殖浮筏，养殖期间不投喂饵料，属于生态养殖。

③陆丰市碣石湾海域金厢片区开放式养殖用海项目位于陆丰市金厢角南侧 3.8 公里碣石湾海域。场址区水深在 8m~10m 之间，养殖区分为 5 个养殖区块，各个养殖区面积分别为 128 公顷、175 公顷、131 公顷、49 公顷、43 公顷，项目申请用海面积为 600.1777 公顷，养殖品种为太平洋牡蛎，养殖期间不投喂饵料，属于生态养殖。

④汕尾华电现代化海洋牧场项目场址一位于陆丰市金厢镇蕉园村西南侧约 5 公里处海域，场址区水深在 8m~10m 之间，场址内建设 1 座渔旅综合平台，包括中央平台和扩展平台，平台采用桩基基础型式。中央平台水下空间布置 1 个大型网箱，直径 34m；扩展平台水下空间布置 3 个大型网箱，直径分别为 20/15/12m。包容水体容积约 1.2 万 m³。场址一综合平台和游乐区申请用海 14.5934 公顷（其中 0.1620 公顷为综合平台下方兼容的养殖用海面积）。

（2）污染源叠加影响分析

采用《第二次全国污染源普查产排污系数手册》中广东省相关数据，对本项目及周边近距离养殖项目污染物排放情况进行叠加，见下表。

表 7.3-8 本项目及周边养殖项目污染物源强汇总表

序号	项目	申请用海面积 (hm ²)	品种	规模 (t/a)	总氮 (t/a)	总磷 (t/a)	氨氮 (t/a)	COD (t/a)
1	陆丰盛风蚝业水产养殖项目	44.92	太平洋牡蛎	1411.2	-0.24	-0.014	0	-10.217
2	陆丰蚝之发水产科技养殖项目	44.92		1411.2	-0.24	-0.014	0	-10.217
3	陆丰市碣石湾海域金厢片区开放式养殖用海项目	600.18		19725.0	-3.35	-0.20	0.00	-142.81
4	汕尾华电现代化海洋牧场项目场址一	14.5934	卵形鲳鲹、石斑鱼、军曹鱼、高体鲷等	180.0	4.06	0.46	0.04	0.39
5	本项目	102.01		7860.0	177.40	20.18	1.69	17.00
合计（第 1~5 项）					177.63	20.41	1.73	-145.85

注：汕尾华电现代化海洋牧场项目场址一申请用海面积为平台和游乐区申请用海（含平台下方养殖用海）。

由上表可见，本项目周边贝类养殖项目对总氮、总磷、COD 等关键水质指标具有显著的削减与缓冲作用。具体而言，与单独实施本项目相比，当周边各养殖项目全部投入运营后，总氮排放总量增加 0.13%，总磷增加 1.14%，氨氮增加 2.37%，增幅均控制在较低水平；而 COD 排放总量则呈现显著降低趋势，这主要得益于贝类滤食性生物对水体中有机颗粒物的有效摄食与生物沉降作用，以及多营养级生物间的生态互补效应。从生态系统层面分析，本项目及周边养殖项目的实施严格遵循生态型养殖理念，通过科学的空间布局与物种搭配，构建了典型的“鱼—贝”多营养级综合养殖系统。在该系统中，鱼类养殖产生的残饵和排泄物为滤食性贝类提供了天然的饵料来源，而贝类通过滤食活动不仅净化了养殖水体，还实现了营养物质的循环利用与生物资源化，形成了“废物资源化、污染减量化、生态效益最大化”的良性循环。综合来看，项目所在海域养殖项目全部实施后，区域整体环境影响与单独实施本项目的的环境影响基本相当。

7.3.5 船舶污染物影响分析

本项目施工、运营期船舶污染物严格控制，船舶污水（包括含油废水、生活污水）

随船携带，严禁排海，船舶生活污水由船舶自备的临时污水储存柜收集上岸后，委托第三方采用槽罐车拉运至附近污水处理厂处理；船舶含油污水经船舶含油污水收集舱集中收集上岸后，全部交由具有船舶污染物接收处置能力的单位接收处理。

船舶生活垃圾统一收集在随船携带的垃圾收集桶内，船舶靠岸后，用专业垃圾运输车转运至附近垃圾中转站接收处理，严禁随意丢弃入海。

综上，本项目施工、运营期船舶污染物严格管控，严禁排海，不会造成船舶污染物直接排海破坏海洋生态系统负面影响。

7.4 沉积物环境影响分析

7.4.1 施工期沉积物影响分析

施工期对海洋沉积物的影响主要是来自养殖围栏桩基施工及重力网箱固定铁锚对底质的扰动。打桩施工时，其冲击动能会使作业点表层沉积物瞬间悬浮，细颗粒泥沙将形成高浓度场，并呈羽状向四周扩散，导致作业区及周边局部范围海床表层沉积物密实度有所降低，粒径组成稍有改变；投放铁锚时，锚爪在重力与瞬时拖曳作用下对海床产生刮擦与轻微犁切作用，细颗粒泥沙受扰动后也会在周边小范围海域扩散，但锚泊构件尺寸较小，且彼此距离较远，不会形成大范围悬浮沙扩散区的叠加。另一方面是养殖围栏和重力网箱锚泊件占海影响。从本次开展的数值模型预测结果来看，项目施工时悬浮沙扩散范围有限，作业完成后悬浮物对水环境的影响也将消失。

此外，项目所在及周边海域的沉积物环境质量现状良好，均能够达到《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）一类标准要求，而施工过程中产生的悬浮沙均来自本海区，对底质的直接影响仅为物理性状（密实度、粒径组成等）的轻微改变，不会对沉积物质量产生不利影响，沉积物的环境质量仍可保持现有水平。

7.4.2 运营期沉积物影响分析

项目运营期对沉积物的影响包括两方面：一是养殖围栏桩基和重力网箱锚泊构件占海影响，二是养殖活动对沉积物的污染影响。

（1）桩基和锚泊件占海对沉积物的影响

本项目养殖围栏下部采用钢管桩，初步设计桩基共 436 根，桩基直径 1m，桩基占海面积约为 $S=3.14 \times 1.02 \times 0.25 \times 436=342.26 \text{ m}^2$ 。

重力式网箱单个犁锚正射投影面积为 $1.33\text{m} \times 2.18\text{m}=2.90\text{m}^2$ ，单个网箱共 12 个锚

泊件，用海区内共布置 59 个网箱，锚泊件共计 708 个，则锚泊构件占用海域面积为 $2.90 \times 12 \times 59 = 2053.2 \text{m}^2$ 。

桩基和锚泊件占海总面积为 $S = 342.26 + 2053.2 = 2395.46 \text{m}^2$ 。

（2）养殖活动对沉积物的污染影响

本项目主要养殖方式为网箱养殖，主要污染物为鱼类的排泄物及残余饵料，对沉积物环境的污染因素主要为有机质和营养盐等直接和间接影响。当进入沉积物中的污染物质超过了底栖生物及微生物分解能力或分解速率较低时，就会造成沉积物中总磷、总氮、总有机物、硫化物显著升高，碳氮比、氧化还原电位降低。

根据有关研究，残饵和粪便沉降导致的有机质、氮、磷、有机物、硫化物对沉积物环境影响特征如下。

有机质：在养殖过程中，大多数环境影响都起源于有机物质的过度排放。残饵、养殖生物的排泄物、死亡有机体的残骸分解物等不断的在沉积物中积累，并导致其物理、化学、生物特性的改变。

氮（N）：会在沉积物中积累，但仅有总输入氮的12%-20%在底泥中积累；N在沉积物中的污染也具有区域性，在离网箱200m处氮的沉积率仅为网箱下方的1/10；微生物的活动导致氨氮在沉积物中积累，而且是底质溶液中无机氮的主要存在形态。

磷（P）：在网箱养殖区沉积物中的磷随着沉积物的积累而浓度逐渐升高，这可作为网箱养殖中沉积物积累的最好的指标。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，两者相差两个数量级。瑞典的网箱养殖海区的调查也发现，网箱下面沉积物中平均净积累两相当于总输入P的51%~57%。但也有研究学者认为，由于养殖活动造成水体富营养化而导致沉积物出现无氧状况，经过一段时间的无氧状态后，沉积物溶解态P将重新释放到上覆水体中，该部分磷约占总磷的18%。

硫化物（S²⁻）：微生物的活动加强，造成沉积物层的缺氧。而沉积层的无氧或缺氧又促进了微生物的脱氮和硫还原反应，沉积物中硫酸盐还原菌作用使沉积物发黑、发臭。造成沉积物中硫化物含量升高；

溶解氧（DO）：残饵、粪便等有机物质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的迅速增长，导致沉积层中的耗氧大大增加，很多研究发现，网箱养殖及筏式养殖附近富含C、N、P的沉积物中存在着缺氧、无氧状态区。

从以上相关研究可见，养殖活动会底质环境会产生一定影响，需指出的是，养殖

活动对沉积物的此种累积效应普遍被认为与养殖数量、养殖密度密切相关。养殖数量越大、养殖密度越高，则残饵和鱼类排泄物就会越多，对底质环境影响也就越大。

本工程重力式网箱布置参照《深水网箱养殖技术规范》（DB44/T 742-2010）布置，养殖围栏参照《海上桩柱式养殖围网建造技术规范》（DB21/T 3803-2023）布置。经计算，重力式网箱养殖面积 3.8 公顷占网箱养殖面积 98 公顷的比例为 3.9%，符合《深水网箱养殖技术规范》（DB44 / T 742-2010）要求的“养殖面积不应超过可养殖海区面积的 5%”；项目养殖总面积（包括重力网箱养殖和围栏养殖）占申请用海面积的 5.9%，小于《现代化海洋牧场生态养殖工作指引（试行）》推荐的 10% 上限，养殖活动对生态和环境的影响可控，项目实施后养殖量仍在汕尾市海洋牧场养殖容量范围内。此外，养殖活动对底质的影响范围一般认为是从养殖区域中心向周围递减，约在 100m 左右消失。项目开展鱼类养殖过程中虽会释放氮、磷营养盐，但项目周边 100m 范围内已规划多处贝类养殖区，包括陆丰市碣石湾海域金厢片区开放式养殖用海项目、陆丰蚝之发水产科技养殖项目、陆丰盛风蚝业水产养殖项目。研究普遍认为，贝类通过滤食可高效吸收水体中的溶解态和颗粒态氮、磷，并转化为自身软组织，显著降低水体营养水平；由此削减的营养盐通量，可减少向底层沉积物沉降的外源负荷。综上，本项目开展鱼类网箱养殖可以与周边多个贝类养殖在空间上形成“营养盐内循环-负荷削减”双重效应，因此评价认为本工程建设对沉积物环境的影响范围有限，影响程度处于可接受水平。

7.5 海洋生态环境影响分析

7.5.1 施工期生态影响分析

（1）对浮游生物影响分析

本项目养殖围栏打桩及重力网箱固定系统双齿锚投放作业都会引起海底泥沙再悬浮，形成一定范围的悬浮物高密度分布区域，从而引起水体悬浮物浓度增加，降低水体透光率，造成水体浮游植物生产力下降。一般而言，悬浮物的浓度增加量 10 mg/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 10~50mg/L 时，浮游植物将会受到轻微的影响；而当悬浮物浓度增加量在 50 mg/L 以上时，浮游植物会受到较大的影响，特别是中心区域，悬浮物含量较高，海水透光性极差，浮游植物生长将受显著抑制。此外，据有关资料，水中悬浮物质含量的增加，对浮游桡足类动物

的存活和繁殖有明显的抑制作用。过量的悬浮物质会堵塞浮游桡足类动物的食物过滤系统和消化器官，尤其在悬浮物含量达到300mg/L以上时，这种危害特别明显。

本项目施工悬浮沙产生速率很小，单个网箱锚固件投放悬浮沙源强为 0.24kg/s。单个钢管桩施打产生的悬浮物源强约为 0.40kg/s。根据施工安排，所有 59 口网箱锚泊件在 60 天内即可全部投放完成，桩基施打采用 2 艘打桩船，单日单艘可打桩 2 个，约 110 天内可完成全部桩基工程。

根据数值模拟结果，项目施工期悬浮沙扩散距离有限，基本局限在项目用海区内，施工结束后悬浮沙影响即可彻底消除，不会产生持续性影响。可见，受悬浮沙影响的浮游植物及以其为食料的浮游动物影响范围有限，属于一次性损害影响，不会产生长期不利影响。

（2）对底栖生物影响分析

工程建设对底栖生物的影响主要是桩基、网箱锚泊件等构筑物对底栖生物栖息环境的长期彻底侵占，以及施工作业区周边受悬浮沙落淤影响造成的栖息生境的短期破坏。

其中，桩基插入海底所占用海域范围内的底栖生物将被管桩壁直接隔绝，网箱锚泊件压占范围内未及时迁移的底栖生物也将被覆盖死亡，因此这些水下结构物占用海域对底栖生物栖息环境的破坏作用是永久性的、不可恢复的。悬浮沙落淤属于短期的，可恢复的，且项目用海区底质主要为砂、粉砂，起悬量本身很小，沉降厚度一般不会超过2cm，即使是活动较弱的底栖生物，也不会因作业引起的悬浮沙而受到显著覆盖影响。

（3）对渔业资源影响分析

本项目建设实施对渔业资源的影响主要是施工悬浮沙影响以及打桩噪声影响。

1) 悬浮沙影响

悬浮物在许多方面对鱼类产生不同的影响。首先悬浮微粒中含有大小不同的矿质颗粒，悬浮微粒过多时将导致水体混浊度增大，透明度降低，不利于天然饵料的繁殖生长；其次悬浮物可以粘附在动物身体表面干扰动物的感觉功能，有些粘附甚至可引起动物表皮组织的溃烂。通过动物呼吸，悬浮物可以阻塞鱼类的鳃组织，造成呼吸困难。某些滤食性动物，只有分辨颗粒大小的能力，只要粒径合适就可吸入体内，如果吸入的是泥沙，那么动物会因饥饿而死亡。

一般说来，仔幼体对悬浮物浓度的忍受限度比成鱼低得多，施工过程中，大部分

成鱼可以回避，但幼体由于运动能力较弱无法及时有效躲避高浓度悬浮物水体，会出现一定比例的死亡。根据有关研究资料，水体中SS浓度大于100mg/L时，水体浑浊度将比较高，透明度明显降低，若高浓度持续时间较长，将影响水生动、植物的生长，尤其对幼鱼苗的生长有明显的阻碍，而且可导致死亡。悬浮物对鱼卵的影响也很大，水体中若含有过量的悬浮固体，细微颗粒会粘附在鱼卵的表面，妨碍鱼卵呼吸，不利于鱼卵的孵化，从而影响鱼类繁殖。

网箱系泊锚投放作业为点状施工，网箱和各锚泊件之间均有一定距离，作业导致施工水域悬浮沙浓度升高范围很小。由施工悬浮沙扩散预测结果来看，作业导致的入海悬浮沙未出现浓度大于100mg/L的水域范围。网箱施工区周边水域开阔，活动性较强的游泳生物可以暂时游至周边海域进行躲避。

养殖围栏桩基施工因桩基间距比较小，作业导致施工水域悬浮沙浓度升高范围相对更为集中，由施工悬浮沙扩散预测结果来看，桩基作业引起的入海悬浮沙增量出现了大于100mg/L的范围，约为0.05km²，如不采取任何措施，此范围内鱼类生物如未及时迁移则可能因悬浮沙浓度大于其忍受限度而受到损害。

施工时，通过合理安排施工期，尽量避开鱼类繁育季节，同时优化桩基施工组织方案和施工工艺，采用打桩缓启动方式，可以大大降低对渔业资源的损害程度。

2) 打桩噪声影响

根据前述工程分析章节，本项目大型养殖围栏桩基施打时噪声源强约为230dB。

①鱼类声学特征及听力阈值

鱼类的听觉敏感性及其可听频率范围在不同种类中有相当大的差异，在鱼类听力阈值研究方面，目前美国国家海洋渔业局现行采用的（过渡性）保护门限值针对鱼类相对宽松，可能与美国地区对声音较为敏感的石首科鱼类分布较少有关。我国目前尚未颁布海洋噪声对鱼类可承受的噪声声压级标准，参考自然资源部于2022年发布的《人为水下噪声对海洋生物影响评价指南》（HY/T 0341-2022）中资料性附录，人为水下噪声对鱼类影响阈值见表 7.5-1。

表 7.5-1 人为水下噪声对鱼类影响阈值（节选自 HY/T 0341-2022）

听力分组	致死或潜在致死	物理损伤
无鱼鳔	213 dB	213 dB
有鱼鳔，鱼鳔与听力无关	207 dB	207 dB
有鱼鳔，鱼鳔与听力相关	207 dB	207 dB
卵和幼体	207 dB	（近）中等

		(中)低
		(远)低

备注：表中阈值为人为水下噪声峰值声压级，单位为分贝（dB）。

从本项目所在碣石湾海域渔业资源调查结果来看，海区存在对噪声较敏感的石首科鱼类白姑鱼，根据上表，其成鱼致死或潜在致死听力阈值为 207 dB，此外，所有鱼类卵和幼体在该噪声水平也会发生致死或潜在致死，但中、远距离物理损失处于低水平，近距离属于中等水平。

此外，根据刘贞文等人开展的石首鱼科大黄鱼的声刺激研究，实验过程中，发射周期性有规律的单脉冲、多脉冲信号（1~10 个随机变化，周期为 0.5s）和单频正弦波信号。实验显示：大黄鱼幼苗的敏感频率在 800Hz，声压级约 140dB 时仔稚幼鱼对声波即有明显反应，当声压级达到 172dB 时有些幼苗直接死亡；大黄鱼小鱼的声敏感频率转移至 600Hz，当声强达到 150dB 以上小鱼有主动避开声源的行为，当声压级达到 187dB，在声源正上方的小鱼开始变得十分迟钝进而死亡；大黄鱼成鱼的声敏感频率也在 600Hz 附近，当声压级达到 192dB 时，鱼群受惊吓明显，反应迟钝，虽未产生直接死亡，但在其后行为发生明显变化，出现不进食等现象，并在后续的半个月时间中出现 90% 的死亡。

②噪声对鱼类影响的安全距离

根据参考国外文献资料，估算其打桩施工时对海洋生物的安全距离。由于施工打桩作业中产生的水下噪声具有不连续，持续时间较短，无多声源叠加等特点。采用的声衰减计算公式为：

$$TL=F \log (D/R)$$

式中：

TL 为传播损失，为声源级减去目标声级值（即听力阈值）的差，单位为 dB。根据前述分析，打桩声源以 230dB 计，受体目标声级值（即听力阈值）参照《人为水下噪声对海洋生物影响评价指南》（HY/T 0341-2022）中听力阈值，并考虑大黄鱼声刺激实验研究成果，取 185dB 作为鱼类听力阈值。故 TL 为 45；

D 为目标声级值所在的位置与声源的距离，单位为 m；

R 为计算传播损失时的参考距离，根据声源级计算点与声源本身的距离而定，本次声源点噪声级采用经验公式计算，故按 1m 计；

F 是衰减因子，其值会随着海况（如水深、底质状况、海面宽阔程度）和打桩的

工程参量（如桩的类型材质、以及桩机功率）而变化，一般的数值在 10~30 之间。考虑本项目海洋综合平台用海区海底地形平缓，海域宽阔，取中间值 20。

据此估算养殖围栏单个桩基在打桩施工时所对应的鱼类影响距离为 180m。

③打桩噪声对鱼类影响分析

本工程桩基打桩作业采用锤击沉桩，该工法噪声功率谱主要分布在低于 15kHz 的低频段，尤其集中在 4kHz 以下，为鱼类可以感知的声频段，会对鱼类的正常生存行为造成不利影响。影响方式有：（1）改变鱼的行为模式，包括：摄食、捕获，规避和离开某个区域；遮蔽效应和听力损失；行为模式改变；紧张等。（2）损害鱼类的听觉结构。施工期水下噪声当超过其听力阈值后，将会影响鱼类之间的交流。

根据设计方案，本项目大型养殖围栏桩基总数量约为 436 根，沉桩施工期约 110 天。考虑到项目附近有重要渔业资源产卵场分布，桩基施工应合理作业计划，尽可能的避开渔业敏感季节。其次，打桩作业前根据场址详勘成果，逐桩细化沉桩要求，并合理选择打击力度。打桩施工前，应首先对鱼类安全距离范围内实施驱鱼，或采取“软启动”方式，使打桩噪声源的强度缓慢增强，即前几桩使用小强度的打桩措施，以驱使鱼类离开施工水域至安全距离以外。作业尽量由经验丰富的施工队伍和操作人员进行，辅以精确的设备控制，提高打桩作业施工质量和作业效率，最大程度减少扰动时间和扰动强度。通过采取以上措施，可以缓解养殖围栏桩基作业噪声对渔业资源的不利影响。

7.5.2 运营期生态影响分析

运营期项目对海洋生态环境的影响主要是养殖饵料投放所致残饵和养殖鱼类排泄物的漂移、沉降、降解过程会引起海水和沉积物中有机物质和营养盐物质含量升高，从而对项目所在海域浮游生物、底栖生物、渔业资源等栖息生境、生存行为及生态群落结构产生一定的影响。

（1）对浮游生物影响分析

在养殖过程中需投放大量的饵料，饵料中含有氮、磷等营养元素，多余的饵料和鱼类排泄物进入水体后，以有机或无机态形式存在于水体中，增加了水体中的氮、磷等营养元素的含量。这种由于人为原因造成的水中营养元素含量的增加一方面会促进浮游植物的生长，增加水体初级生产力，另一方面当增加的营养物质一旦超过了水体的自净能力后则可能导致水体富营养化。从养殖阶段来看，表现为养殖初期浮游植物

开始大量繁殖，随着养殖时间的延伸和规模的不断扩大，输入到水体中的外源营养物质不断增多，若养殖密度、投饲量等控制不当则可能引发水体富营养化。当达到一定的条件时，水体由富营养化状态还可能转变成赤潮等灾害。

浮游动物是海洋次级生产力，是浮游食物网中承上启下的重要一环，受到海水和食物化学元素变化的影响。作为消费者角色，浮游动物主要以浮游植物为食，养殖初期浮游植物大量繁殖，浮游动物食物来源充分。但长期来看，浮游植物的数量往往并不是决定浮游动物生物量的关键因子，浮游动物会通过选择性摄食、调节自身代谢或空间迁移来保持自身稳态性，研究发现其营养结构特别是磷的含量对浮游动物才是至关重要的。饵料中磷含量的变化直接影响着浮游动物的生长速率，在低 C: N 和 C: P 的高质食物源区，往往出现高磷含量、高生长率的浮游动物。因此，饵料的成分和营养结构可在一定程度上改变浮游动物的种群动态和群落结构。同时，根据水生生物间的摄食粒径关系，当粒径大于 160 μm 的浮游动物穿过养殖区时，会被网箱养殖区内的鱼摄食。

此外，杜萍等人通过对象山港不同养殖方式对浮游动物群落的影响研究中指出，浮游动物群落结构与养殖规模、水交换条件以及季节性养殖行为等有关。该项研究中发现，除秋季浮游动物出现了优势种的改变外，网箱养殖方式对研究区内浮游动物的生物量、丰度和多样性均未产生明显影响。研究认为这可能与养殖规模小、水交换条件好、季节性养殖有关。当水动力条件较好、流速和水交换量较大时，污染物的迁移扩散能力较强，即使鱼类生长代谢率高，但只要养殖规模控制得当，污染物就可以及时扩散，不足以造成养殖区内外环境因子的较大差异。当低温季节时，网箱内鱼类生物代谢率较慢，此时养殖区内外各项环境因子也均无明显差异。

本项目位于碣石湾中部开放海域，从水动力现状调查来看，湾内水动力条件良好，项目进行养殖活动时，应尽量实施轮作养殖，使海域得以休养，同时可降低外源营养物质的过量输入，此外需定期对养殖区开展水质和对海洋生态环境监测，通过采取系列措施，能够有效避免水体富营养化，最大程度降低养殖活动对浮游生物的影响。

（2）对底栖生物影响分析

底栖生物在海洋生态环境中起着重要作用，如分解碎屑、参与物质循环等。养殖过程中过量的饵料及养殖生物的代谢物等固体颗粒物沉积于养殖区域的沉积物中，这些颗粒态有机物在沉积物中富集，使底泥中氮、磷、硫化物、有机质等大量富集，从而会促使分解有机物质的微生物群落的生长。耗氧微生物的活动加强，又会造成沉积

物层缺氧，而沉积物层的无氧或缺氧会促进微生物的脱氮和硫还原反应，使表层沉积物中硫化物含量趋于增高，影响了底栖生物的生存条件，影响底栖生物优势种及群落结构。

一般认为养殖活动对底栖生物的此种影响是局部的，在养殖区域周围 15m 的范围内，这种变化可能是永久性的。网箱附近（<3m）的底栖群落的多样性减少，优势生物都是一些机会种；3m~15m 的过渡区为底栖生物的生长提供了丰富的食物和良好的生境。一般来说，离网箱 15m 的地方生物多样性最高，生物量和丰度也最大，耐有机污染种类占优势；随着距离的进一步加大，底栖生物的种类组成、优势种等与非养殖区水域差异越来越小，因此网箱养殖对底栖生物的影响范围可以认为是有限的。

（3）对渔业资源影响分析

本项目养殖活动对渔业资源的影响是多方面的，既有消极的一面，也有积极的一面。

养殖过程中产生的残饵会飘散到养殖区外，这些残饵富含营养物质，能够吸引大量野生鱼类前来觅食。这种聚集效应使得野生鱼类的活动范围和觅食区域更加集中于养殖区周边，更多地依赖养殖残饵作为食物来源，而减少对其他天然食物的摄取，从而改变了它们原本的自然觅食行为，影响其在生态系统中的角色和功能。但随着养殖活动的进行，项目用海区周边海域一定范围内会逐渐形成一个相对稳定的生态系统。

本项目采用目前海水养殖中应用较普遍的 C90 型重力式网箱，另外示范性采用智能化水平较高的大型养殖围栏，养殖设施具有使用年限长、防污损生物附着能力和抗风浪能力均较强、养殖容量大、效率高等特点，能够使区域海洋渔业资源开发由粗放经营向集约化生产转变，达到增殖渔业资源的目的，从而减少对野生渔业资源的捕捞需求，促进渔业资源的可持续利用。

7.5.3 生物资源损失量估算

7.5.3.1 底栖生物损失量估算

本项目大型养殖围栏桩基和双齿锚施工完毕后将长期占压海域底质，永久性损害了底栖生物栖息生境。另外，重力网箱为非触底式重力网箱，网箱底部距离海床保持了约 2m 的间距，未与海床直接接触，但大型养殖围栏网衣埋入海床，围栏养殖范围内鱼类活动水域范围将长期侵占底栖生物生存空间，损害底栖生物栖息生境。此外，

桩基、重力网箱固定锚泊构件施工悬浮沙落淤也会对底栖生物栖息生境造成短期破坏，但施工悬浮沙源强较小，且项目海域底质主要为砂质，起悬率较低，悬浮沙落淤厚度有限，基本不会对底栖生物造成致死影响。

参照《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（简称《规程》），底栖生物资源受损量按下述公式进行计算：

$$W_i = D_i \times S_i$$

式中：

W_i ——第 i 种生物资源受损量，单位为尾或个或千克（kg），在这里指底栖生物资源受损量。

D_i ——评估区域内第 i 种生物资源密度，单位为尾（个）每平方千米[尾（个）/km²]、尾（个）每立方千米[尾（个）/km³]或千克每平方千米（kg/km²）。在此为底栖生物密度。

S_i ——第 i 种生物占用的水域面积或体积，单位为平方千米（km²）或立方千米（km³）。

根据设计方案：

①本项目大型养殖围栏下部采用钢管桩，初步设计桩基共 436 根，桩基直径 1m，桩基占海面积约为 $S = 3.14 \times 1.02 \times 0.25 \times 436 = 342.26 \text{ m}^2$ 。

②本项目重力式网箱单个犁锚正射投影面积为 $1.33\text{m} \times 2.18\text{m} = 2.90\text{m}^2$ ，锚链系统共有 $59 \times 12 = 708$ 个，则锚泊构件占用海域面积为 $2.90 \times 708 = 2053.2\text{m}^2$ 。

③大型养殖围栏分隔为 8 个养殖区域，中部 4 个养殖区各养殖水域面积为 3300m²，南北两侧 4 个养殖区各养殖水域面积为 2200m²，养殖水域总面积约为 22000m²。

结合项目污染影响范围及项目周边环境特点，底栖生物资源量选用项目附近站位（J1 站）的底栖生物平均生物量的平均值 22.4g/m²。则本项目桩基、锚泊件以及围栏养殖区占海造成的底栖生物永久性损失量为： $(342.26 + 2053.2 + 22000) \times 22.4 \times 10^{-6} = 0.55\text{t}$

7.5.3.2 渔业资源损失量估算

海上作业活动时，在施工悬浮物影响范围内，大部分成鱼可以回避，游泳能力相对较差的鱼类会受到一定损害，此外幼体由于运动能力较弱无法及时有效躲避高浓度悬浮物水体，也会出现一定比例的死亡。

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

源损害量采用污染物扩散范围内的海洋生物资源损害评估法。按如下公式计算：

$$M_i = W_i \times T$$

$$W_i = \sum_{j=1}^n D_{ij} \times S_j \times K_{ij}$$

式中：

M_i ——第 i 种类生物资源累计损害量，单位为尾、个或千克（kg）；

W_i ——第 i 种类生物资源一次性平均损失量，单位为尾或个或千克（kg）；

T ——污染物浓度增量影响的持续周期数（以年实际影响天数除以 15），单位为个。

D_{ij} ——某一污染物第 j 类浓度增量区第 i 种类生物资源密度，单位为尾平方千米、个平方千米或千克平方千米（kg/km²）；

S_j ——某以污染物第 j 类浓度增量区面积，单位为平方千米（km²）；

K_{ij} ——某一污染物第 j 类浓度增量区第 i 种类生物资源损失率，单位为百分之（%）；

n ——某一污染物浓度增量分区总数。

根据本次开展的悬浮沙扩散数值模拟预测，施工期桩基施工+网箱锚泊件投放引起的悬浮物浓度增量大于 10mg/L 影响范围为 1.24km² km²，悬浮物浓度大于 20mg/L 影响范围为 0.23km²，未出现悬浮物浓度增量大于 50mg/L 的影响范围。；运营期养殖围栏网衣清洗引起的悬浮物浓度增量大于 10mg/L 影响范围为 0.15km² km²，未出现悬浮物浓度大于 20mg/L 影响范围。

参照《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》中的“污染物对各类生物损失率”，施工过程中悬浮沙增量超标倍数、超标面积和在区内各类生物损失率如表 7.5-2 所示，生物损失率按《规程》中的数值进行内插，小于 10mg/L 增量浓度范围内的海域近似认为悬浮沙对海洋生物不产生影响。

表 7.5-2 本工程悬浮物对各类生物损失率参数

悬浮沙增值浓度 (mg/L)	污染物 i 的超标倍数 (Bi)	平均扩散面积 (km ²)		各类生物损失率 (%)	
		施工期 (系泊锚构件投放+养殖围栏打桩)	运营期 (养殖围栏网衣清洗作业)	鱼卵和仔稚鱼	游泳生物
10~20	Bi≤1 倍	1.01	0.15	5	1
20~50	1<Bi≤4 倍	0.23	/	17.5	5
50~100	4<Bi≤9 倍	/	/	40	15
>100	Bi≥9 倍	/	/	50	40

根据施工计划，系泊锚构件投放和养殖围栏打桩施工均约 4 个月，故污染物浓度增量影响持续周期数取 8。运营期网衣清洗为一次性作业，1~2 天即可完成，网衣清洗结束后短时间内水质即可恢复，故污染物浓度增量影响持续周期数取 1。

根据水深测量资料，悬浮沙扩散范围内的海域平均水深以 10m 计算。渔业资源密度根据 2023 年 5 月、2025 年 10 月在项目附近海域进行的海洋生态现状调查数据，取两季调查平均值，各期次取所有调查站位平均值。故本次游泳生物的平均重量密度取值为 $145.58\text{kg}/\text{km}^2$ 、鱼卵的平均密度为 $1.136\text{ind}/\text{m}^3$ 、仔稚鱼的平均密度为 $0.239\text{ind}/\text{m}^3$ ；

（1）施工期渔业资源损失量

系泊锚构件投放和养殖围栏打桩施工悬浮沙造成渔业资源损失量为：

$$\text{游泳生物} = 145.58 \times 8 \times (1.01 \times 1\% + 0.23 \times 5\%) = 45.07\text{kg}$$

$$\text{鱼卵} = 1.136 \times 10^6 \times 8 \times 10 \times (1.01 \times 5\% + 0.23 \times 17.5\%) = 7.61 \times 10^6 \text{粒}$$

$$\text{仔稚鱼} = 0.239 \times 10^6 \times 8 \times 10 \times (1.01 \times 5\% + 0.23 \times 17.5\%) = 1.60 \times 10^6 \text{尾}$$

因此，项目施工造成渔业资源直接损失量为：游泳生物 45.07kg 、鱼卵 7.61×10^6 粒、仔稚鱼 1.60×10^6 尾。

（2）运营期网衣清洗渔业资源损失量

$$\text{游泳生物} = 145.58 \times 1 \times 0.15 \times 1\% = 0.22\text{kg}$$

$$\text{鱼卵} = 1.136 \times 10^6 \times 8 \times 10 \times 0.15 \times 5\% = 8.52 \times 10^4 \text{粒}$$

$$\text{仔稚鱼} = 0.239 \times 10^6 \times 8 \times 10 \times 0.15 \times 5\% = 1.79 \times 10^4 \text{尾}$$

因此，项目施工造成渔业资源直接损失量为：游泳生物 0.22kg 、鱼卵 8.52×10^4 粒、仔稚鱼 1.79×10^4 尾。

综上，本项目施工及运营期造成渔业资源直接损失量为：游泳生物 45.29kg 、鱼卵 7.70×10^6 粒、仔稚鱼 1.62×10^6 尾。

7.6 对主要生态环境敏感目标的影响分析

本项目周边生态环境敏感目标主要包括生态保护红线、水产种质资源保护区、国家级海洋牧场、重要渔业水域以及养殖区。项目建设对以上环境敏感目标的影响如下：

（1）对生态保护红线的影响

本项目评价范围内有三处生态保护红线，分别为“碣石湾长毛对虾重要渔业资源产卵场生态保护红线”、“金厢重要渔业资源产卵场生态保护红线”、“汕尾海丰鸟类自

然保护区”。

其中，“汕尾海丰鸟类自然保护区”位于项目西北侧，距离较远，约为 5.44km。“金厢重要渔业资源产卵场生态保护红线”位于项目区东侧，距离较远，约为 2.72km。“碣石湾长毛对虾重要渔业资源产卵场生态保护红线”位于项目区东侧，紧邻项目用海区，最近距离仅 0.37km。

从本次开展的施工、运营期污染物扩散数值模拟结果可见：施工期系泊锚和桩基施工悬浮沙扩散范围基本局限在用海区周边，未扩散至周边生态保护红线。运营期养殖活动产生的营养盐将扩散至“碣石湾长毛对虾重要渔业资源产卵场生态保护红线”内，养殖过程中通过监控饵料摄入情况，科学确定投喂量，同时严格控制养殖规模和养殖密度，可进一步降低不利影响。养殖初始期残饵可能会被生态保护红线区内水生生物摄食，使其更倾向于在靠近项目用海区附近摄食活动，但目前碣石湾内拟建多个养殖项目，各养殖项目之间营养盐可相互利用，本项目海洋牧场养殖鱼类产生的氮、磷等营养物质能够被周边其他养殖生物（大型藻类、贝类等）吸收利用，形成区域性的多营养级综合养殖模式，使碣石湾海域逐渐形成一个相对稳定的生态系统。因此不会对项目周边生态保护红线区的水生生物生存活动和行为模式产生明显的影响，可以确保养殖活动对生态保护红线的影响在可接受范围内。

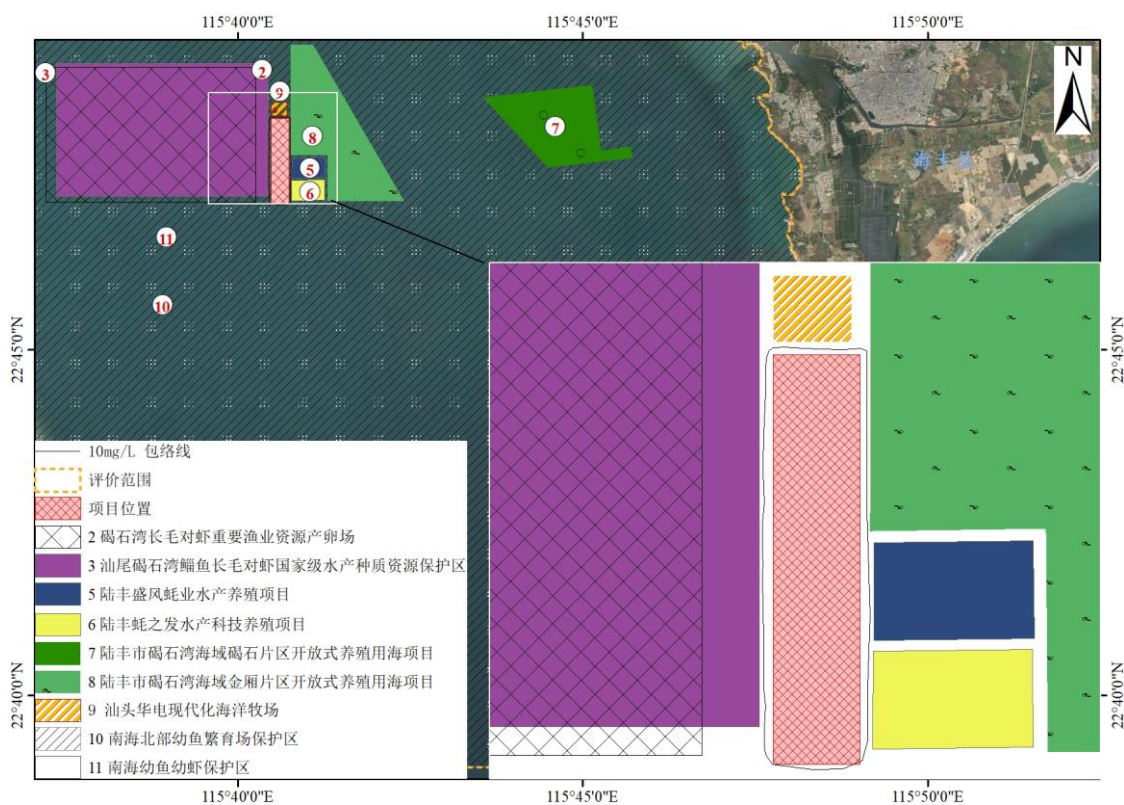


图 7.6-1 悬浮沙 10mg/L 扩散范围与周边环境敏感目标的位置关系

（2）对水产种质资源保护区的影响分析

本项目用海区临近“汕尾碣石湾鲮鱼长毛对虾国家级水产种质资源保护区”，保护区总面积 1800 公顷，划分为核心区和实验区。主要保护对象为鲮、长毛对虾，其他保护对象包括海鳗、赤点石斑鱼、花鲈、三疣梭子蟹、锯缘青蟹等物种。其中核心区特别保护期为每年 2 月 1 日-4 月 30 日和 10 月 1 日-12 月 31 日。

该水产种质资源保护区距离本项目用海区最近 0.07km，但核心区距离本项目用海区 0.82km。从本次开展的施工、运营期污染物扩散数值模拟结果可见：施工期系泊锚和桩基施工悬浮沙 10mg/L 扩散范围未进入水产种质资源保护区实验区，具体见图 7.6-1。

本节结合该水产种质区主要保护对象生态习性和保护要求，对施工期提出进一步缓解措施要求，要求项目养殖网箱锚泊系统结构件投放及养殖围栏桩基施工避开主要保护对象特别保护期（2月1日-4月30日和10月1日-12月31日），同时选择海况条件良好的作业期施工，密切监测悬浮沙向水产种质资源保护区扩散情况，根据监测结果及时调整施工方案调整，最大程度降低施工对种质资源保护区的不利影响。项目运营期落实科学投喂、严控规模、适度养殖等措施，则项目实施对水产种质资源保护区能够控制在可接受水平。

（3）对国家级海洋牧场示范区的影响分析

项目周边有一处国家级海洋牧场示范区，位于项目用海区东侧约4.20km海域处，从本次开展的养殖水污染物扩散模拟结果来看，施工期悬浮沙和运营期各类营养盐均未扩散至该海洋牧场示范区，不会对该海洋牧场示范区产生不利影响。

（4）对重要渔业水域的影响分析

根据农业部公告第189号《中国海洋渔业水域图》（第一批）南海区渔业水域图（第一批），本项目位于南海北部幼鱼繁育场保护区和南海区幼鱼、幼虾保护区内。

其中南海北部幼鱼繁育场保护区位于南海北部及北部湾沿岸40m等深线水域，全面均为保护期（1-12）月；南海区幼鱼幼虾保护区位于广东省沿海20米水深以内海域，保护期为每年的3月1日-5月31日。

项目施工过程中产生的少量悬浮沙将引起工程区及周边水域水质混浊，使海水光线透射率下降，溶解氧降低，影响浮游生物的生长，桩基施工还可能会对鱼类幼体听觉造成不利影响，进而对幼鱼、幼虾摄食等生长活动造成阻碍，造成一定的生物量损失。但本项目施工悬浮沙和打桩噪声影响范围面积占繁育场保护区和幼鱼、幼虾保护区的

面积比例非常小，随着施工期的结束不利影响将逐渐消失。

为降低施工对渔业资源影响，在制定施工计划时，应将主要网箱锚泊投放和打桩噪声的施工环节避开3~5月。此外，针对施工造成的渔业资源损失，建设单位应采取生态补偿措施，从而将项目施工过程中对南海北部幼鱼繁育场保护区内和南海区幼鱼、幼虾保护区的影响降至最低，采取以上措施后项目实施对所在渔业水域内幼鱼幼虾影响可以控制在可接受水平。

（5）对周边养殖项目的影响分析

本项目用海区周边评价范围 5km 内养殖项目共 5 个，其中用海区东侧紧邻 3 个，分别为：陆丰盛风蚝业水产养殖项目（东侧，0.07km）、陆丰蚝之发水产科技养殖项目（东侧，0.07km）、陆丰市碣石湾海域金厢片区开放式养殖用海项目（东侧 0.05km）；用海区北侧紧邻 1 个，为汕尾华电现代化海洋牧场项目（北侧，0.10km）；另有 1 处距离较远，为陆丰市碣石湾海域碣石片区开放式养殖用海项目，位于项目用海区东侧 4.8km 海域处。

本项目养殖规模相对较小，养殖活动重点分析对项目周边 1km 内养殖项目的影响。项目北侧汕尾华电现代化海洋牧场项目养殖活动为大型网箱养殖，养殖方式、养殖鱼类与本项目基本一致。养殖过程需进行投饵养殖，残饵及鱼类排泄物不可避免地会向养殖区周边水域输入外来营养盐，可能导致水体溶解氧降低，水体富营养化等。而项目东侧 3 个养殖项目（陆丰盛风蚝业水产养殖项目、陆丰蚝之发水产科技养殖项目以及陆丰市碣石湾海域金厢片区开放式养殖用海项目）养殖内容为太平洋牡蛎延绳式垂下养殖。据相关研究显示，贝类养殖整体不会增加养殖水域污染物浓度，且其能够通过摄食将水体中的氮、磷等营养盐转化为贝壳和软体组织，从而显示出吸收该区域总氮、总磷、COD 等作用。

综合来看，以上养殖项目的实施遵循生态型养殖理念，构成了典型的“鱼—贝”多营养级综合养殖系统。通过“鱼类养殖输出营养盐→牡蛎滤食净化水质→收获贝类产品移除营养盐→底栖生态再利用”的闭环循环，实现了养殖废物资源化、生态环境友好化、经济效益多元化的协同目标。

本项目及相邻 4 个养殖项目均位于《汕尾市现代化海洋牧场建设规划（2024—2035 年）》近期规划开发实施的“06 碣石湾海域启动区一区”，其空间集聚布局正是落实多营养级生态养殖模式的具体示范。该实践不仅提升了碣石湾海域的生态承载力和资源利用效率，也为汕尾市后续海洋牧场的规模化、生态化发展提供了可复制、可推广

的技术路径和管理经验，具有重要的区域引领意义。

（6）对周边岛礁的影响分析

本项目施工作业区周边无岛礁。本项目建设本身不涉及海岛资源占用，项目建设引起的海床冲淤调整变化幅度也仅局限在项目区周边，不会对项目评价范围内岛礁造成岛体破坏和岸线形态的变化。

但项目施工期重力式网箱拟从陆丰市金厢镇萧厝村海边沙滩下水，从识别到的项目周边岛礁分布情况来看，网箱浮运作业船水运路线南侧岛礁分布较多。海况不良或水面通航船较多时，容易发生因操控不当发生触礁事故，进而对岛礁本体造成破坏。

对此，建设单位作为本项目建设的责任主体，应严格要求施工方加强船舶通航安全监理，提高重视程度，着重强调并落实船舶航行过程中的风险防范措施，包括：临近岛礁分布密集区域航行时，注意风流压差影响，加强瞭望，充分利用导助航标志，船舶驾驶员与其他进出港经验丰富的船长和船员进行沟通交流，听取关于进出港避免搁浅触礁的经验和建议等，确保网箱浮运船舶通航对周边岛礁无不利影响。

（7）对金屿珊瑚礁的影响分析

金屿岛周边珊瑚分布区距离本项目场址约10.26km，本项目施工期水上施工强度不大，影响时间相对较短，运营养殖规模适中。从本次开展的污染物扩散定量预测分析结果来看，施工期悬浮沙及运营期养殖排污（包括COD、氨氮、活性磷酸盐）扩散范围局限在项目场址区周边，网箱和养殖平台建设导致的水动力流场变化调整也非常小，主要在用海区附近，影响范围远未到达金屿岛附近。施工期船舶和运营期养殖船、客船主要在乌坎港码头往来于场址区，对金屿岛附近海域基本无扰动。综上，项目建设不会对金屿岛周边海域生长的珊瑚造成不利影响。

7.7 对通航环境的影响

本工程位于陆丰金厢镇虎尾山西南侧 5.4km 海域，用海区本身不涉及规划航道、锚地和现存航道、锚地。周边海域有乌坎东线航道、乌坎西线航道、碣石航道以及汕尾港 10#、12#锚地。其中，项目用海区距离东北侧乌坎东线航道 3.1km，距离西侧乌坎西线航道 3.8km，距离东南侧碣石航道 5.3km，距离北侧 10#锚地较近，仅 0.2km，距离南侧 12#锚地 2.2km。

项目施工及运营期作业船舶在碣石湾内港口与用海区之间往返，因此项目施工及

养殖运营期往来船舶主要是对项目用海区北侧航道及锚地的影响。施工期，项目拟依托乌坎港作为养殖设施出运码头，水上输运路线均需穿越乌坎东线航道，呈近乎 90 度的大角度交越，作业船可快速通过航道区，对该航道通航环境影响有限；运营期拟依托乌坎港内码头，养殖船舶往来会直接增加乌坎东线航道的船舶通航流量，增加该航道通航繁忙程度。此外，项目周边养殖项目亦有养殖维护船在用海区附近作业，势必会造成 06 号规划养殖用海区范围内工作船舶的集中，在规划区内形成各项目养殖工作船通航之间相互影响的局面。

项目建设期间，建议施工单位强化作业船通航管理，船舶穿越航道时应加强瞭望，谨慎驾驶，并在指定的频道上守听，并尽可能与航道船舶总流向成大角度快速穿越；项目运营期在养殖边界设置相应的警示浮标，同时养殖工船应及时在船讯网等网站做好登记，养殖船在项目海区作业时注意防范临近养殖项目作业船，避免发生碰撞事件。

总体来看，本项目施工运营期间所用船舶规模较小，且目前项目周边区域出入较多的均为中小型渔船，通航流量不大。在做好各种相关防范措施的前提下，项目实施船舶对通航环境不会造成较大影响。

8 环境风险分析与评价

8.1 风险调查

8.1.1 项目风险源调查

本项目为海水养殖工程类别，工程建设内容为养殖网箱和养殖围栏，项目工程设施及养殖工艺本身不涉及危险物质，仅在施工期水上作业及运营期养殖活动涉及船舶燃料油，属易燃易爆类危险物质，无其他非自然风险源。

8.1.2 风险敏感目标调查

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。

经识别，本项目海洋生态环境风险敏感目标见表 2.6-1 和图 2.6-1~图 2.6-2。

8.2 风险识别

8.2.1 风险事故类型识别

项目用海风险一般来自两个方面。一方面是项目自身建设及运营过程中引起的环境风险事件，如船舶溢油事故；另一方面来源于热带气旋、风暴潮和赤潮等海洋灾害引发的风险事故。

8.2.2 物质危险性识别

根据《船用燃料油》（GB17411-2015），船用燃料油分为 D 组（馏分燃料）和 R 组（残渣燃料）。馏分燃料油根据密度和十六烷值等质量指标分为 DMX、DMA、DMZ、DMB 4 种，按照硫含量可细分为 I、II、III 3 个等级。根据质量和粘度分为 RMA、RMB、RMD、RME、RMG 和 RMK 6 种，RMA 和 RMB 按照硫含量可细分为 I、II、III 3 个等级，RMD、RME、RMG 和 RMK 按照硫含量可细分为 I 和 II 2 个等级。其中，馏分燃料油适用于中、高速柴油机，主要为短途航行的中小船舶如客运班轮、作业船、滚装船主机以及船用发动机组等提供燃料；残渣燃料油适用低速柴油机，主要为油船、干散货船、集装箱等 3 大主力远洋船舶以及航行于沿海沿江的大型船舶的燃料。本项

目施工船舶燃料油主要为 D 组（馏分燃料），属轻质燃油。

燃料油理化性质及其危险有害特性见表 8.2-1

表 8.2-1 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。		
毒性	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。		
	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。		

8.2.3 影响途径和危害识别

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。

（1）溢油对海洋浮游生物的影响

浮游生物是最容易受污染的海洋初级生物，一方面它们对油类的毒性特别敏感，即使在溢油浓度很低的情况下它们也会被污染；另一方面浮游生物与水体是连成一体的，海面浮油会被浮游生物大量吸收，并且它们又不可能像海洋动物那样避开污染区。

另外，海面油膜对阳光的遮蔽作用影响着浮游植物的光合作用，会使其腐败变质。一旦浮游生物受到污染，其他较高级的海洋生物也会由于可捕食物的污染而受到威胁。

（2）溢油对渔业的影响

鱼类是海洋中主要的游泳生物，成鱼有着非常敏感的器官，它们对油污染的抵抗能力比其他生物较强，一旦嗅到油味，会很快地游离溢油水域。但是对于幼小的鱼苗，它们的敏感程度比成鱼高，而且它们不能像成体那样避开被油污染的水域，因此当油类物质，尤其是高浓度油品进入到幼鱼分布的浅水区时，不论是自然原因还是使用消油剂，都会对该水域的幼鱼造成多方面的危害。

（3）溢油对鸟类的危害

对于鸟类等海洋脊椎动物，它们虽能逃离污染区，但是如果是在生殖季节，油类污染了正在栖息生殖的海滩，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。

（4）溢油对岸线的影响

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。

综上，一旦发生溢油事故后，未得到及时有效的处理，那么油膜扫过海域的海水水质、水生生物资源、岸线都将造成严重影响。

8.3 事故概率和源项分析

8.3.1 事故概率分析

（1）我国近海船舶溢油事故统计

据统计，1974年~2018年间，我国近海50t及以上海洋溢油事故共计117次，其中50t以上不足500t溢油事故92次，500t及以上溢油事故25次。

在溢油事故次数方面：1）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。1993~1994年事故次数明显增加。1994~1997年为事故高发期，其中1996年最高达到8次；2009年后事故次数明显减少，2010~2018年为事故低发期，其中2014~2017年事故次数为0。2）1974~2018年我国近海500t及以上海洋溢油事故中，1984年最高达3次，1985~1995年和2006~2018年事故次数较少。

在溢油总量方面：1）连续大规模溢油事故出现在1996~2005年；2）2018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）500t 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%。

在溢油事故原因方面，统计资料表明，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。

（2）广东省内船舶溢油事故统计

根据广东省海事局 2007~2011 年度的溢油事故资料进行分析，2007~2011 年，广东省共发生船舶污染事故 44 起，其中操作性事故 24 起，海损性事故 19 起。事故发生在港内的居多，占 63.6%；其次为近海，占 22.7%；发生在锚地和其他区域的各 3 起。溢油量以小于 10t 的居多，共 36 起，占 81.8%；10~50t、100~500t 的各 3 起，各占 6.8%；500~1000t、1000~10000t 的各 1 起，各占 2.3%。其中海损性事故（共 19 起）中，沉没 6 起，占 31.6%；碰撞 5 起，占 26.3%；触礁、触损和船体破损各 2 起，各占 10.5%；搁浅、火灾爆炸各 1 起，各占 5.3%。操作性事故中（24 起），由装卸作业导致的共 15 起，加油作业导致的 2 起，其他作业导致的 7 起，分别占 62.5%、8.3%、29.2%。

全省溢油污染事故为频率为 8.8 次/年，其中 10 吨以下频率为 7.2 次/年，10~50 吨，100~500 吨事故发生频率约为 0.6 次/年（约 1 年一遇）。

（3）项目区近海船舶溢油事故统计

本工程所在水域水上交通安全状况总体良好，近三年没有发生登记在册的船舶碰撞溢油事故。

因本次未收集到前述我国近海及广东省船舶溢油统计年份船舶艘次数据，无法计算溢油事故概率，从工程所在海域今年水上交通安全情况来看，项目施工及运营期发生船舶碰撞溢油的概率极低。

8.3.2 事故源强分析

本项目施工阶段主要是养殖围栏和重力网箱的拖放和安装施工，运营阶段主要是养殖船往来通航。施工阶段大型养殖围栏建设主要是桩基施打和上部结构建设施工，最大施工船为 3000 吨打桩船，最大可载油量约 300~500t；重力式网箱主要是锚件投放

和网箱结构安装施工，最大施工船舶为200t运输船；运营阶段主要使用以200t~300t小型养殖工船为主。

参考《水上溢油环境风险评估技术导则》（JT/T 1143-2017），水运工程建设项目的最大可能水上溢油事故溢油量，按照代表船型一个货油边仓或燃料油边仓的容积确定。因此，本次船舶溢油量取1个油舱油量，考虑到非油轮船舶一般设有8~10个油料油舱，本次按8个油舱计算溢油源强约为62.5t。

8.4 船舶溢油风险预测分析

8.4.1 预测模型

溢油在海洋水体中的运动主要表现为两种过程：在平流作用下的整体位移和在剪流、湍流作用下的扩散。溢油自身的表面扩散过程持续时间很短，而持续时间较长的运动形式主要表现为平流输运和湍流扩散。本报告采用“油粒子”方法来模拟溢油在海洋环境中的时空行为，用随机方法模拟扩散过程，用定性方法模拟平流过程。

（1）动力学过程

动力学过程包括平流过程和扩散过程，溢油在每一瞬时的三维空间位置和分布状态则是各种运动过程的综合作用结果。

① 漂移过程（平流运动）

漂移过程是油膜在外界动力场（如风应力，油水界面切应力等）驱动下的整体运动。海流的预测模式选择上述垂向积分的浅水方程组作为海流的控制方程。

② 扩展过程

扩展过程是油料溢出到海面上，受到惯性力、重力、粘性力和表面张力共同作用，使油与海水产生了不平衡的压力分布面向四周扩散，分为惯性—重力阶段、重力—粘性阶段和粘性—表面张力阶段。对实际溢油事件的观察发现，在溢油的最初数小时里，扩展过程占支配地位。

扩散速度分量可以通过用拉格朗日独立粒子（随机游动）算法来模拟粒子云团在水中扩散，在 Δt 时间内平均移动为：

$$S_{rmsL} = \sqrt{2 * D_L * \Delta t} \quad S_{rmsT} = \sqrt{2 * D_T * \Delta t} \quad (\text{式 } 8.4-1)$$

式中： S_{rmsL} 和 S_{rmsT} 分别是纵向和横向方向上的距离的平均平方根， D_L 和 D_T 是水

平扩散系数， Δt 为时间步长。

（2）非动力学过程

非动力学过程包括蒸发和乳化作用。

① 蒸发

蒸发是由于石油烃类从液态向气态的相变而造成的油膜与空气之间的物质交换。溢油的组份、表面积及其物理特征、风速、海气温度、海况以及太阳辐射的强度等都影响蒸发的速率。低烃类组份有较高的饱和蒸发压，因此有较高的蒸发速率，蒸发后溢油中的低沸点烃类迅速减少。

蒸发率随着溢油区域的厚度变化。

对于溢油厚的部分：

$$F = (1/C) [\ln P_0 + \ln(K_m A v t C / RTV + 1/P_0)] \quad (\text{式 8.4-2})$$

式中： F —蒸发部分； V —溢出体积（ m^3 ）； R —空气常数； C —常数；

A —溢油面积（厚部分）（ m^2 ）； T —海表温度（ K ）； v —摩尔体积；

t —时间；

K_m —质量输运系数，与 $U_{0.78}$ 成比例， U 为风速；

$$P_0 = C_r \cdot \exp\left(1 - \frac{T_0}{T}\right), \quad C_r \text{ 为常数, } T_0 \text{ 为油的沸点 (K)}。$$

对于溢油薄的部分：

$$R_{eva} = C_{eva} (t/t_{max}^c) \quad (\text{式 8.4-3})$$

式中： R_{eva} —蒸发率； C_{eva} —系数；

t_{max}^c —蒸发的最大时间，决定于溢油的组份。

② 乳化作用

溢油在海水中乳化，形成毫米量级的乳化物（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况无关，而仅取决于溢油中乳化剂的含量。形成的乳化物具有较高的密度和粘性，可以影响溢油的扩散过程。轻质的易挥发的油很少形成乳化物，重质燃料油或原油会形成相当大量的乳化物。当乳化颗粒与碎屑或生物残骸结合而重量增加时，将沉降到海底。

计算乳化物含水量的公式（Mackay 等 1980）为：

$$Y_w = \frac{1}{K_B} (1 - e^{-K_A K_B (1+U_w) 2t}) \quad (\text{式 8.4-4})$$

式中： Y_w 为乳化物的含水量（%）； $K_A=4.5 \times 10^{-6}$ ； U_w 为风速；

$$K_B = \frac{1}{Y_w^F} \approx 1.25; \quad Y_w^F \text{ 是最终含水量； } t \text{ 为时间。}$$

◆ 密度变化

乳化对油密度的影响表示为：

$$\rho_e = (1 - Y_w) \rho_0 + Y_w \rho_w \quad (\text{式 8.4-5})$$

式中： ρ_e 为乳化后油的密度； ρ_0 为乳化前油的初始密度； ρ_w 为海水密度； Y_w 为乳化物含水量。

蒸发对油密度的影响表示为：

$$\rho = (0.6 \rho_0 - 0.34) F + \rho_0 \quad (\text{式 8.4-6})$$

综合两者的影响，油的密度表达为：

$$\rho = (1 - Y_w) [(0.6 \rho_0 - 0.34) F + \rho_0] + Y_w \rho_w \quad (\text{式 8.4-7})$$

◆ 粘性变化

溢油在风化过程中粘性会增加，主要是由于蒸发和乳化，此外粘性很大程度上与油面温度有关。

用 Hossain and Mackay 提出的方程在实际温度和水含量下计算油面粘性。

$$\eta = \eta^{oil} \exp \frac{2.5 y_w}{1 - 0.654 y_w} \quad (\text{式 8.4-8})$$

式中： η 为乳化后油的运动粘性系数；

η^{oil} 为乳化前油的运动粘性系数；

y_w 为乳化物含水量。

蒸发也可以引起粘性的增加，计算为：

$$\eta^{oil} = \eta_0^{oil} \exp(C_4 F_e) \quad (\text{式 8.4-9})$$

式中： C_4 为油中无量纲量[wt%]；

F_e 为油蒸发的部分。

乳化和蒸发两种影响结合起来运算如下，它是两种影响不同形式的总和：

$$\frac{d\eta^{oil}}{dt} = C_4\eta_0^{oil} \frac{1}{V_{oil}^0} \frac{dV_e}{dt} + \frac{2.5\eta^{oil}}{(1 - y_w^{max} y_w)^2} \frac{dy_w}{dt} \quad (\text{式 8.4-10})$$

（3）模型参数设定

根据相关文献推荐值，模型中相关参数取值见表 8.4-1。

表 8.4-1 部分模型参数设置

参数	过程	系数过程取值
风漂移系数 cw	对流	0.035
油的最大含水率 y_w^{max}	乳化	0.85
油的最大含水率 (K1)	乳化	5×10^{-7}
释出系数 (K2)	乳化	1.2×10^{-5}
传质系数 KSi	溶解	2.36×10^{-6}
蒸发系数 k	蒸发	0.029
油辐射率 loil	热量迁移	0.82
水辐射率 lwater	热量迁移	0.95
大气辐射率 lair	热量迁移	0.82
漫射系数 (Albedo) α	热量迁移	0.1

模型中水平（横向和纵向）扩散系数 D_L 和 D_T 的取值非常重要，反映了油粒子在水体中的扩散强度和随机紊动强度，对模拟结果影响较大，而且不同的应用场合下取值范围很大，其中本次评价 D_L 和 D_T 取值为 $0.5\text{m}^2/\text{s}$ 。模型采用的是油粒子模型，其中的扩散系数概念与常规的对流扩散模型有所不同，体现在：1）油粒子只在水体表面运动；2）粒子不按水动力模型中设定的网格运移，而是按实际运移路径准确计算，扩散系数取值与模型网格布置方式和时间步长关系不大。

（4）溢油预测时长

由于选取的溢油位置周边溢油应急力量配备充足，船舶碰撞导致的泄漏溢油量有限，同时，参考《水上溢油环境风险评估技术导则》中要求，选择 72 小时作为溢油预测时长。

8.4.2 预测模型中有关参数的设定

（1）溢油位置

考虑各项目施工水运线路与周边航道交越情况，同时考虑各用海区周边环境敏感目标分布、开发活动情况，本次选择项目用海区中心（即 $115^\circ 40' 36''$ ， $22^\circ 47' 45''$ ）作

为溢油发生位置。

（2）溢油发生时刻

有研究表明，短期内（<24h）不同特征潮对溢油后油膜的运动有影响，涨憩时刻溢油油膜往下游漂移的距离最长，落憩时刻溢油油膜对上游影响距离最大，但不同特征潮对溢油油膜面积基本无影响。研究区域属于非正规半日潮，每天有两次高潮、两次低潮。本评价常规工况考虑溢油事故发生在高低潮时油膜随落潮流和涨潮流运动油膜输移的过程，不利工况根据溢油点与敏感目标的相对位置确定溢油发生时刻。

（3）风速取值

根据遮浪海洋站多年气象数据统计结果，累年平均风速6.6m/s，年主导风向为东和东北东向。秋、冬、春季盛行东和东北东向风，夏季盛行西南季风，西南风频率较大，达20%。本次选取E、SW 两个主导风向进行预测。

针对主要环境敏感目标的不利工况，其风向根据敏感目标与本工程的位置关系确定，选取N、SE两个主导风向进行预测。风速取施工船舶抗风等级，即六级风13.8m/s。

综合考虑风场、溢油时刻等影响因素，溢油预测最终设定的计算工况见表 8.4-2

表 8.4-2 溢油计算工况

工况	事故点	溢油量 (t)	风向	风速 (m/s)	选择原因	溢油开始时刻 潮流状况
1	项目区 中心点	7.5	E	6.6	年主导风向、冬季主导风向	涨潮
						落潮
2			SW	5.8	夏季主导风向	涨潮
						落潮
3			N	13.8	不利风向	落潮
4			SE	13.8	不利风向	涨潮

8.4.3 溢油预测结果

8.4.3.1 溢油预测结果

（1）E 向平均风情况下

E 向平均风（6.6m/s）落潮发生溢油 72 小时，在风和潮流的共同作用下油膜主体向西扩散，在西向最远扩散距离为 13.5km，最大扫海面积 20.3km²。溢油对碣石湾长毛对虾重要渔业资源产卵场造成影响。溢油扩散范围和油粒子运动轨迹见图 8.4-1。

E 向平均风（6.6m/s）涨潮发生溢油 72 小时，在风和潮流的共同作用下油膜主体向西扩散，在西向最远扩散距离为 14.2km，最大扫海面积 25.74km²。溢油对碣石湾长

毛对虾重要渔业资源产卵场造成影响。溢油扩散范围和油粒子运动轨迹见图 8.4-2。

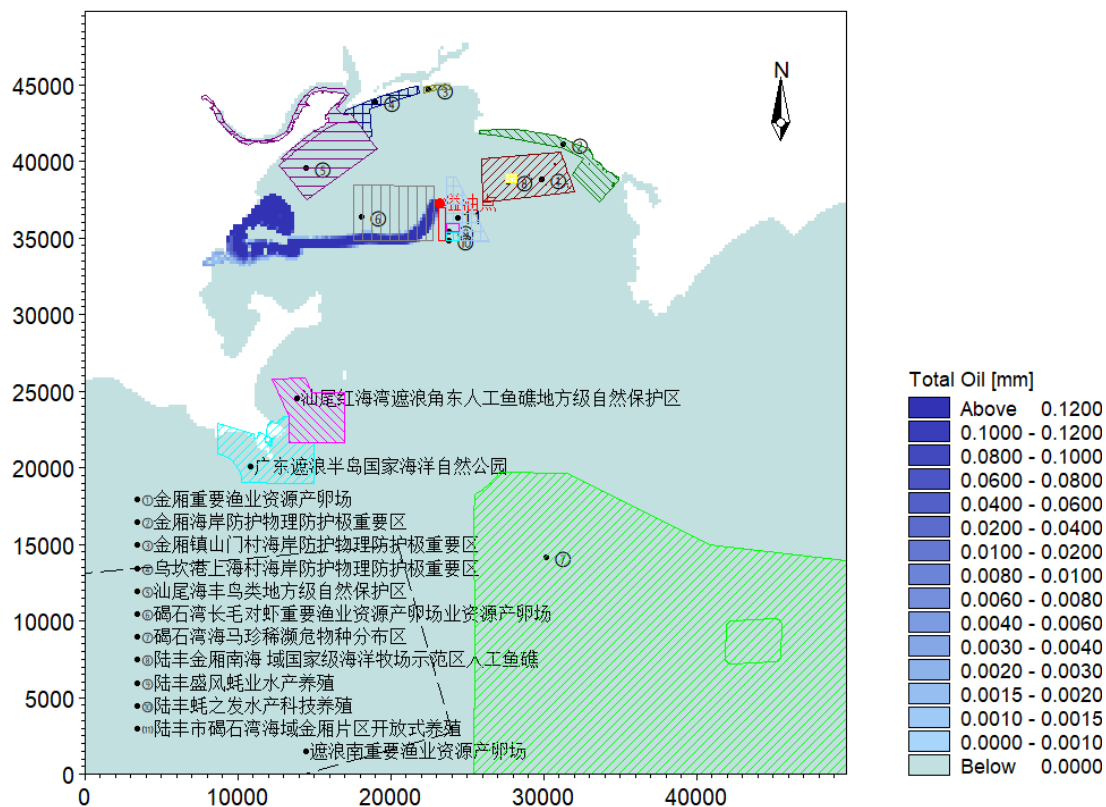


图 8.4-1 溢油 72 小时油膜扩散范围图（E 向平均风，落潮）

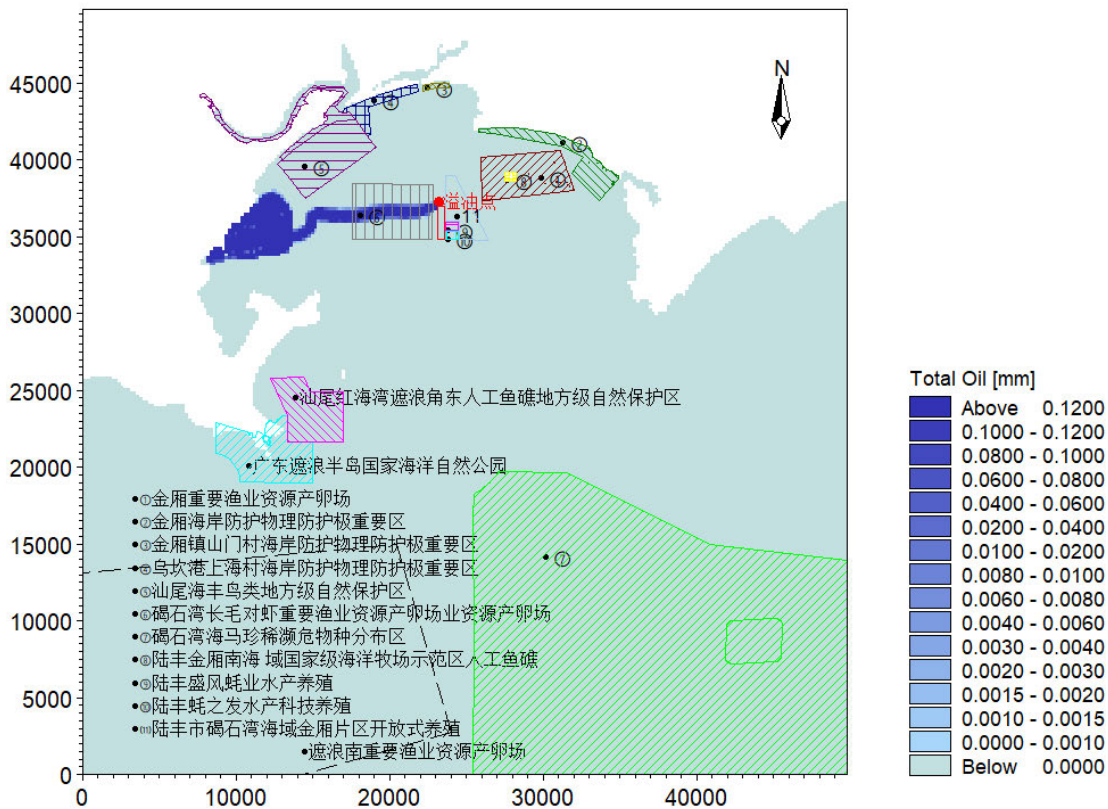


图 8.4-2 溢油 72 小时油膜扩散范围图（E 向平均风，涨潮）

(2) SW 向平均风情况下

SW 向平均风（5.8m/s）落潮发生溢油 72 小时，在风和潮流的共同作用下油膜主体向东北扩散，东北向最远扩散距离为 10.2km，最大扫海面积 17.7km²。溢油对金厢重要渔业资源产卵场、金厢海岸防护物理防护极重要区、陆丰市碣石湾海域金厢片区开放式养殖造成影响。溢油扩散范围和油粒子运动轨迹见图 8.4-3。

SW 向平均风（5.8m/s）涨潮发生溢油 72 小时，在风和潮流的共同作用下油膜主体向东北扩散，东北向最远扩散距离为 8.4km，最大扫海面积 6.3km²。溢油对金厢海岸防护物理防护极重要区、陆丰市碣石湾海域金厢片区开放式养殖造成影响。溢油扩散范围和油粒子运动轨迹见图 8.4-4。

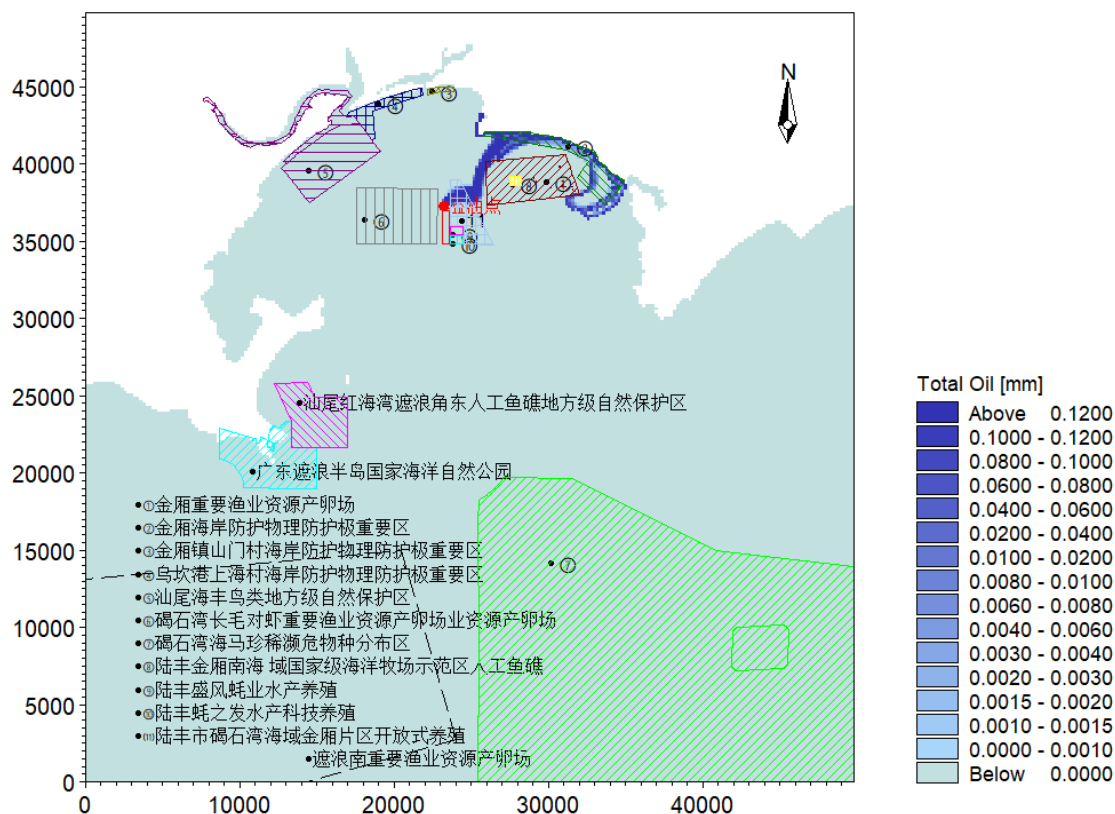


图 8.4-3 溢油 72 小时油膜扩散范围图（SW 向平均风，落潮）

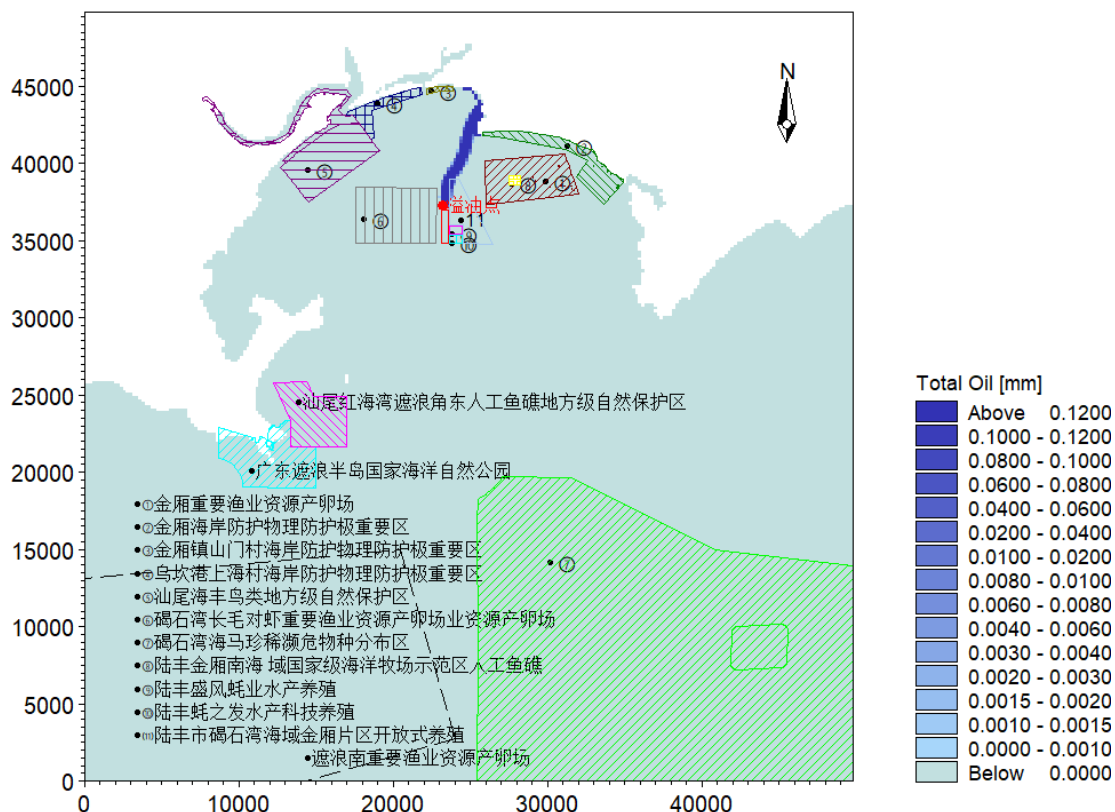


图 8.4-4 溢油 72 小时油膜扩散范围图 (SW 向平均风, 涨潮)

(3) N 向不利风情况下

N 向不利风 (13.8m/s) 涨潮发生溢油 72 小时, 在风和潮流的共同作用下油膜主体向南扩散, 南向最远扩散距离为 40.2km, 最大扫海面积 27.3km²。溢油对陆丰盛风蚝业水产养殖、陆丰蚝之发水产科技养殖、陆丰市碣石湾海域金厢片区开放式养殖、碣石湾海马珍稀濒危物种分布区造成影响。溢油扩散范围和油粒子运动轨迹见图 8.4-5。

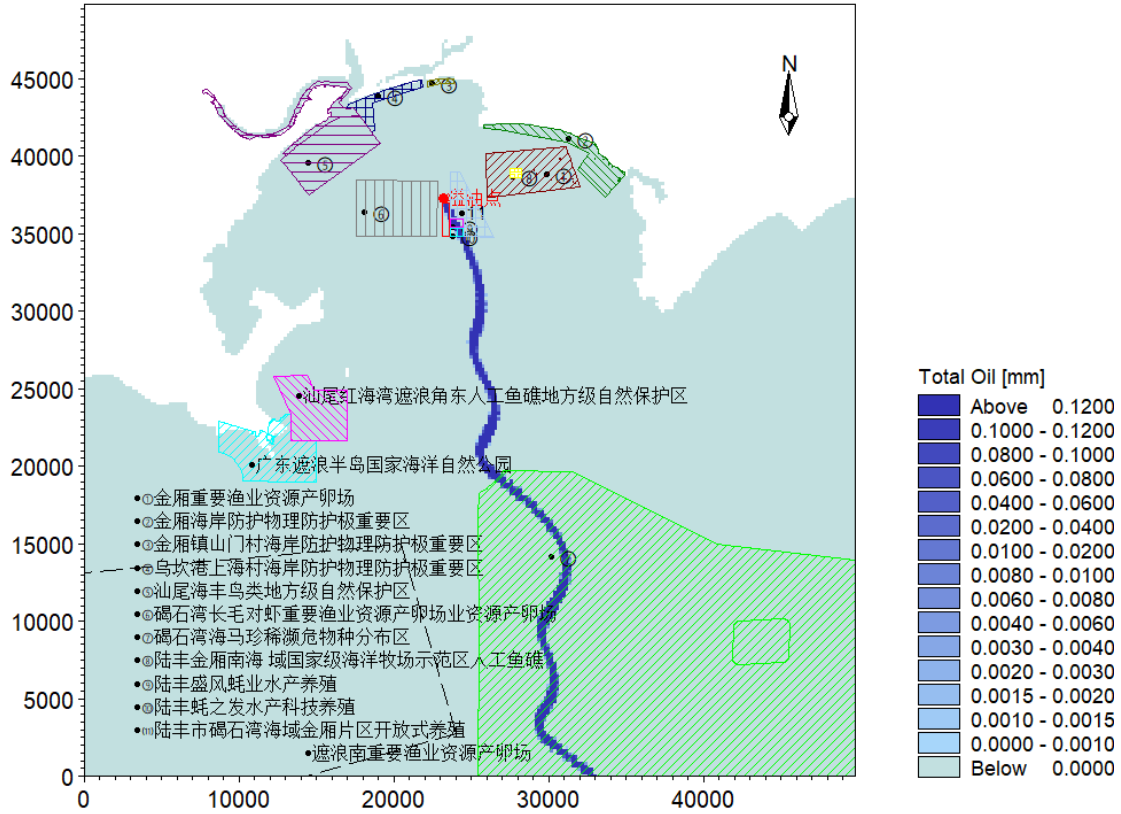


图 8.4-5 溢油 72 小时油膜扩散范围图（N 向不利风，涨潮）

(4) SE 向不利风情况下

SE 向不利风（13.8m/s）落潮发生溢油 72 小时，在风和潮流的共同作用下油膜主体向西北扩散，在西北向最远扩散距离为 12.5km，最大扫海面积 34.2km²。溢油对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造成影响。溢油扩散范围和油粒子运动轨迹见图 8.4-6。

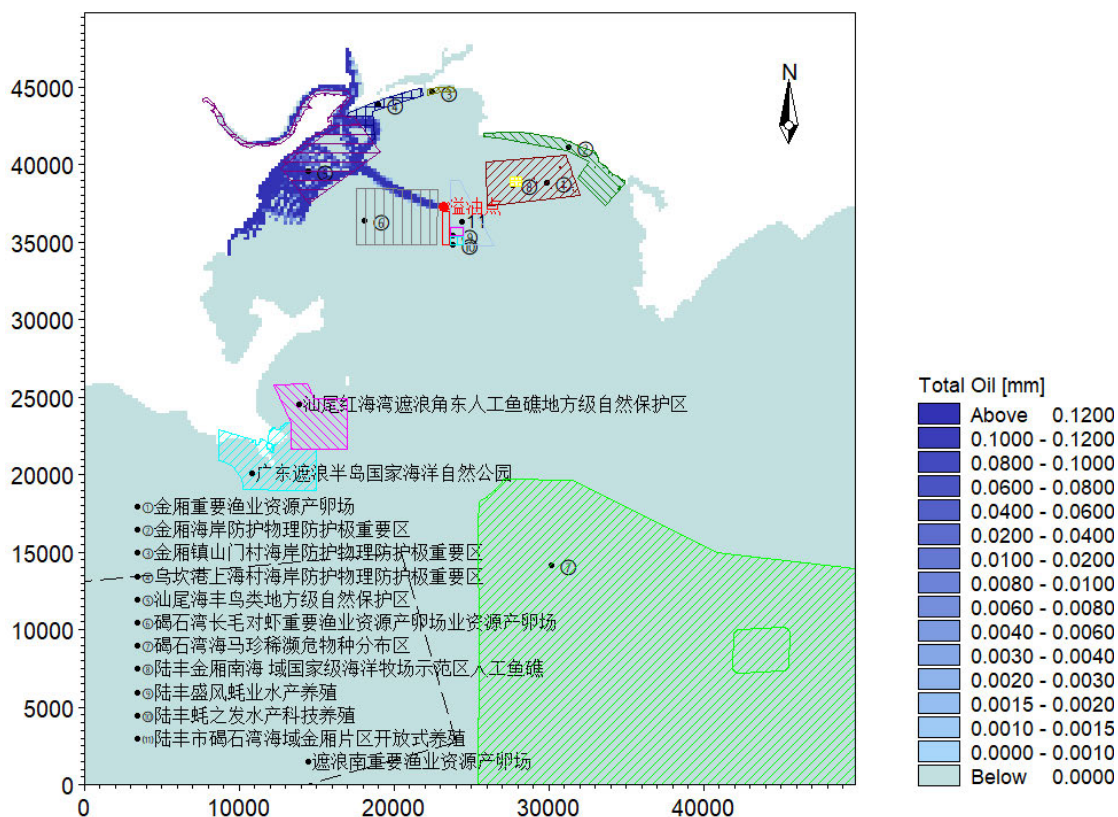


图 8.4-6 溢油 72 小时油膜扩散范围图（SE 向不利风，落潮）

表 8.4-3 不同风向、风速情况下溢油漂移距离（km）与扫海面积（km²）

风向	时刻	风速 (m/s)	漂移最大距离 km	扫海面积 km ²	残油量	影响的敏感区
E 向 平均风	落潮	6.6	13.5	20.3	4.6	溢油对碣石湾长毛对虾重要渔业资源产卵场造成影响
	涨潮	6.6	14.2	25.7	4.3	溢油对碣石湾长毛对虾重要渔业资源产卵场造成影响
SW 向 平均风	落潮	5.8	10.2	17.7	4.7	溢油对金厢重要渔业资源产卵场、金厢海岸防护物理防护极重要区、陆丰市碣石湾海域金厢片区开放式养殖造成影响
	涨潮	5.8	8.4	6.3	4.9	溢油对金厢海岸防护物理防护极重要区、陆丰市碣石湾海域金厢片区开放式养殖造成影响
N 向 不利风	涨潮	13.8	40.2	27.3	3.4	溢油对陆丰盛风蚝业水产养殖、陆丰蚝之发水产科技养殖、陆丰市碣石湾海域金厢片区开放式养殖、碣石湾海马珍稀濒危物种分布区造成影响
SE 向 不利风	落潮	13.8	12.5	34.2	2.9	溢油对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造成影响

8.4.3.2 溢油对敏感目标的影响

无论油膜是否抵达岸边，都会对海洋环境以及渔业产生污染损害，而溢油一旦抵岸将造成岸线的严重污染。研究表明，一旦溢油到达敏感区域会对敏感区域造成很大损害，敏感区域生态环境将历经几到十几年才能恢复：研究显示，砂质海滨生态的恢复需要约 3 年时间。

对于船舶溢油事故而言，在工程附近海域环境敏感区主要有金厢重要渔业资源产卵场、金厢海岸防护物理防护极重要区、金厢镇山门村海岸防护物理防护极重要区、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、碣石湾长毛对虾重要渔业资源产卵场、碣石湾海马珍稀濒危物种分布区、陆丰盛风蚝业水产养殖项目、陆丰蚝之发水产科技养殖项目、陆丰市碣石湾海域金厢片区开放式养殖用海项目等。一旦发生溢油事故而又没有任何应对措施，油膜在风和潮流的共同作用下将很快抵达敏感区并造成严重污染，需要项目建设单位予以足够重视并采取必要措施确保在环境安全的前提下进行海上施工活动。溢油预测分析显示，对项目周边主要生态环境风险敏感目标最短到达时间及残油量等见下表。

表 8.4-4 溢油对周围敏感目标的影响

敏感目标	不利条件	最短到达时间 (h)	最短到达残余油量 (t)
汕尾红海湾遮浪角东人工鱼礁地方级自然保护区		不影响	
广东遮浪半岛国家海洋自然公园		不影响	
金厢重要渔业资源产卵场		不影响	
金厢海岸防护物理防护极重要区	SW	6	52.7
金厢镇山门村海岸防护物理防护极重要区	SW	10	50.6
乌坎港上海村海岸防护物理防护极重要区	SE 不利风	4	55.3
汕尾海丰鸟类地方级自然保护区	SE 不利风	3	57.6
碣石湾长毛对虾重要渔业资源产卵场	E 平均、SE 不利风	1	60.4
碣石湾海马珍稀濒危物种分布区	N 不利风	15	48.1
陆丰盛风蚝业水产养殖	N 不利风	2	58.9
陆丰蚝之发水产科技养殖	N 不利风	2	58.2
陆丰市碣石湾海域金厢片区开放式养殖	SW	1	60.7

8.5 自然灾害环境风险分析

（1）热带气旋、风暴潮影响分析

热带气旋是一种在热带海洋上生成的强烈气旋性涡旋，是影响华南沿海地区最大的灾害性天气。汕尾海域的热带气旋来自西太平洋和南海，1949~2019 年期间，登陆或影响汕尾地区海域的热带气旋共有 195 个，年平均 2.7 个，年最多为 9 个。风暴潮则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，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。

（2）赤潮灾害影响识别

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 年均会发生。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，以海洋青鳞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，30 min 后逐渐恢复正常游动状态，但在 12 h 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 24 h 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 10~30 min 内即显示出强烈的毒害作用，在 12 h 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。

本项目用海区周边区域一旦发生赤潮现象，工程海域内的养殖生产会受到严重影响。建议建设单位将赤潮风险纳入本项目环境风险应急预案，指派专人持续关注相关部门发布的赤潮灾害预警信息，掌握赤潮灾害动态信息。

8.6 养殖生态风险分析

（1）外来物种入侵生态风险

本项目适养鱼种包括章红鱼、金鲳鱼、军曹鱼、石斑鱼等，上述适养鱼种养殖区域主要集中在广东粤东地区以及福建等，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。

（2）养殖生物病害生态风险

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鱼药等，会随养殖废水进入海洋环境，无选择的抑制或杀灭微生物，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。

8.7 环境风险防控方案

8.7.1 风险事故防范措施

8.7.1.1 船舶碰撞防范措施

（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）施工船舶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。

（5）船舶进出乌坎港，应当遵守渔港章程、避碰规则和渔业船舶进出渔港报告等规定，向海洋综合执法部门申请办理进出港报告手续，并接受安全检查。

（6）船舶在渔港内航行、作业、停泊，须按顺序进行，严禁船舶追越、争档抢位和在航道内锚泊。

（7）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。

8.7.1.2 自然灾害防范措施

（1）热带气旋、风暴潮灾害防范对策

1) 建立防台抗台应急管理制度，针对不同等级的台风制定应急预案，常态化、制度化开展防台抗台工作。

2) 加强与当地政府主管部门、气象和海洋预报部门、海事管理机构等的沟通联系，及时接收台风预报预警信息和防抗台风工作部署要求。

3) 养殖运营单位应密切关注台风动向和发展趋势，适时启动防台抗台预案，指导督促深远海养殖设施工作人员落实各项防台抗台要求和措施。

4) 养殖设施工作人员根据台风预警信息，提前开展相关工作。绑扎固定移动设备物资和养殖设施设备。并在饲料中适当添加抗细菌感染药物，连续投喂 3~5 天药物饲料进行预防，增强养殖鱼类体质与抗应激能力。

5) 热带气旋或风暴潮过后，根据气象条件或主管部门许可指令，及时组织工作人员安全前往查看养殖设施，开展设施设备的检查与维护。重点检查养殖设施网箱浮管、网衣、锚泊系统等；检查养殖鱼类健康状态，对死亡鱼类及时处理。

（2）赤潮灾害防范措施

1) 及时关注海洋环境预报部门发布的赤潮预警信息，赤潮灾害预警信息发布后，养殖运营单位应对工程海域进行连续的跟踪监测，掌握养殖海域的水质变化情况，特别是藻类密度，一旦发现异常，及时报告相关管理部门，为预报赤潮的发展动向提供信息。

2) 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；

3) 赤潮灾害结束后，及时清理网箱内的死亡鱼类，防止其腐烂后进一步污染水体，并需对养殖水产品进行抽样毒素检测，确认安全后方可上市。

8.7.2 风险事故应急预案

8.7.2.1 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〔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。

8.7.2.2 项目应急预案

海上溢油事故发生后，能否迅速而有效地做出事故应急反应，对于控制污染、减少污染损失、消除污染等均起到关键的作用，因此，制定快速有效科学的环境风险应急是非常重要的。

本项目施工区和养殖区作为可能的风险事故发生源本身应按《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。需指出的是，本评价报告仅对应急预案提出原则性要求，不代替业主单位的应急预案报告的编制内容。

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。

本项目环境风险事故应急预案主要纲要见表 8.7-1，供制订具体预案参考。

表 8.7-1 本项目应急预案纲要

序号	项目	内容及要求
1	总则	明确编制目的、编制依据、工作原则
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
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。
6	报警、通讯联络方式	规定应急状态下的报警通讯方式、通知方式，明确相关信息报送方通讯联络方式
7	应急处置措施	制订应对各种风险事故的一般处置措施与程序
8	应急救援保障	主要依靠汕尾市海事局、周边企业和社会应急力量，同时施工期自备一定应急物资，运营期明确依托应急物资
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	应急联动	提出应急预案与相关上位应急预案相衔接要求
11	应急培训计划	制订培训与演练计划
12	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

（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：1.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；2.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）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。

8.7.2.3 溢油处置方法

溢油处理方法很多。针对海上的溢油应急情况可选择一些溢油控制方案，但必须考虑到所需设备、环境因素以及应急响应的时效性，因此要注意优先权的选择。针对本项目，潜在溢油发生点位于碣石湾内，周边生态环境敏感目标较多，但作业船舶均为小型船舶，溢油发生源强一般较小，建议根据应急目标分别选择适宜的控制措施。

（1）事故发生海域

针对溢油海域，考虑到项目施工及运营期涉及船舶均为小型作业船，溢油发生源强不大，溢油处置措施优先级以吸油毡吸油>围控和机械回收原则确定。

①吸油毡吸油

使用吸油毡时，操作人员可以在船上向水面抛洒。最好能将吸油毡直接投放在溢油上，尽量向溢油多的地方投放，并且最好加以搅动以便吸收更多的溢油。投放吸油毡应适量，使吸油毡处于吸油饱和状态。吸油毡的吸油量达到饱和后，应尽快捞出水面，避免长时间停留在水中。使用吸油毡时，不能同时使用溢油分散剂，以免降低吸油毡的吸油能力。溢油事故发生后，应依据溢出油量、海况与气象，流速与流向、及时使用和及时回收吸油毡，少量吸油毡可乘小船人工捕捞。投放吸油毡数量大时，可用作业船拖带网袋进行回收。

②围控和机械回收

将溢油控制在较小范围并阻止其进一步扩散和漂移所采取的措施称为溢油围控。围油栏对溢油具有围控、导流和防范作用，需通过适当的布放形式来实现。在开阔水域布放围油栏，主要采用两船拖带和三船拖带方式，具体还要根据实际情况而定。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，必要时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。

（2）生态环境敏感区

针对周边环境风险敏感目标，应以溢油防控为目标，优先采用围油栏物理隔离进行防控。对可能受到污染威胁的高生态风险的环境敏感区采取优先保护措施，尤其是事故点发生海域溢油控制无效时，应在油膜到达敏感目标前，在敏感区外围设围油栏，防止油类泄漏物进入生态敏感区。

8.7.2.4 溢油应急资源及可达性分析

针对项目建设及运营期可能发生的溢油事故，周边可依托的社会应急资源较丰富，主要分布在碣石湾、红海湾、甲湖湾沿岸码头。考虑项目潜在溢油量较小，溢油应急以主要依托碣石湾内应急资源为主，主要有广东万聪船舶修造有限公司、广东红海湾发电有限公司以及金厢鱼港应急物质，见表 8.7-2。

表 8.7-2 项目可依托的溢油应急防备物资储备表

序号	设备名称	型号	单位	数量	存放地点
一	广东红海湾发电有限公司				
1	固体浮子 PVC 围油栏	WGV900	米	750	红海湾电厂码头仓库
2	吸油毡	PP-2	吨	1	
3	收油网	SW3	套	1	
4	环保型消油剂	GM2	吨	0.8	
5	喷洒装置	便携式 PS40	套	1	
6	轻便式储油罐	QG10	m ³	1	
二	广东万聪船舶修造有限公司				
1	围油栏	固体浮子式总高 900m	米	120	船厂仓库
2	吸油毡	PP-2	吨	0.15	
3	消油剂	GM2	吨	0.1	
三	金厢鱼港				
1	应急型围油栏		米	1000	金厢鱼港
2	油拖网	总容量 4m ³	套	2	
3	收油机	总能力 20m ³ /h	台	2	
4	吸油毡	/	吨	2.0	
5	储存装置	有效容积	m ³	40.0	
6	溢油分散剂	/	吨	1.2	
7	溢油分散剂喷洒装置	/	套	2	

备注：金厢鱼港应急物资为拟配置。

8.7.3 小结

本工程风险事故种类主要是：船舶碰撞导致的溢油事故以及突发性自然灾害风险事故。根据溢油数值模拟结果，在选定的典型情境下，溢油事故发生后，用海区周边

生态环境风险敏感目标很快就会受到溢油污染影响。建设单位应落实报告书提出的风险防范和应急措施，与用海区周边应急力量积极沟通，确保事故发生后能够降低污染后果，将溢油风险控制在环境可接受范围内。同时考虑到养殖设施常年在海上，需将用海区典型自然灾害一并纳入环境风险应急预案。

本评价认为，在切实落实各项风险防范措施，制定完善的应急措施和联动、互助机制或购买应急服务的前提下，本项目环境风险水平是可控的。

9 环境保护对策措施

9.1 海洋生态保护措施

9.1.1 生态保护措施

9.1.1.1 施工期海洋生态保护措施

（1）合理制定施工计划，目前本项目预计总施工期 12 个月，其中水下扰动影响集中在养殖围栏桩基作业过程和重力网箱系泊锚投放过程，考虑到项目位于南海北部幼鱼繁育场保护区和南海区幼鱼、幼虾保护区内，且项目距离汕尾碣石湾鲮鱼长毛对虾国家级水产种质资源保护区较近，在确保施工连续性不受影响的前提下，评价要求打桩和投放系泊锚施工尽量避开该水产种质资源保护区保护期（即 2 月 1 日-4 月 30 日和 10 月 1 日-12 月 31 日）和南海区幼鱼幼虾保护区保护期（3 月 1 日-5 月 31 日），同时尽量缩短作业期，最大限度减少扰动时间，以减轻施工可能带来的水生生态环境影响。

（2）严格落实悬浮沙影响缓解措施，考虑项目周边有多个已批复及拟申请用海待建养殖项目，施工前需详细了解周边项目建设情况，根据各项目建设情况优化具体的施工组织方案，包括水运路线、作业区划分、施工顺序等，确保悬浮沙对海洋生态环境的影响范围和影响程度控制。

（3）严格控制施工海域范围，在批准的用海范围内施工，不得任意扩大施工范围，防止超范围施工活动，以控制施工作业对底栖生物、游泳生物的影响范围。

（4）养殖围栏基础打桩前采取驱鱼措施，通过缓慢增加水下扬声器声音强度，驱赶施工区安全距离范围内的鱼类，以减小打桩影响范围。

（5）严格落实船舶污水上岸处理措施要求，确保船舶油污水和生活污水全部收集后交有资质单位处理，严禁各类固体废弃物向海丢弃。

（6）开展施工期环境监测，注意施工区及其周边海域的水质变化。对靠近汕尾碣石湾鲮鱼长毛对虾国家级水产种质资源保护区的作业区应保持密切关注，根据监测结果，及时通过调整施工强度或优化施工方案的措施，将悬浮沙影响范围控制在项目用海区范围内。

9.1.1.2 运营期海洋生态保护措施

（1）进一步优化养殖容量，通过量化研究确定水体的养殖规模和养殖密度。

（2）优化养殖环境，养殖过程中，保持养殖水域水质环境。优先选用防污网衣，勤洗网、换网，减少网衣附着生物量，同时保持网箱水流畅通。

（3）优化饵料营养结构组成。尽量使用人工配合饲料，积极应用“软颗粒饲料”、“膨化饲料”等能在水中暂时不沉并保持一定时间悬浮状态的系列配合饲料，提高饲料利用率，减少外源营养物质输入。

（4）监控饵料摄入情况，科学确定投喂方式和投喂量。结合鱼类物种习性、季节性生长特点动态确定适宜的投喂量，使投喂的饵料大部分都能被鱼摄入，减少饲料损失，减少残饵和散饵进入到水中和沉积在网箱底部的数量。

（5）禁止各种养殖废弃物直接向养殖水域丢弃，及时收集、清运各类废弃物并带回陆上处理。

（6）控制养殖容量，尽量交替使用网箱，实行交叉“休息”制度，连续几年进行养殖的水体可“休息”1年，使底质环境得到逐步恢复，同时各养殖网箱也交替进行不同养殖品种养殖使海域达到交替休养效果。

（7）利用养殖围栏智能化投喂及水质监控、鱼类生长状况监控信息，评估重力网箱人工养殖方案，包括饲料结构、投喂频率、饵料量等，以减少残饵产生量。

（8）开展养殖区及附近水域的生态环境跟踪监测工作，尤其应关注项目实施前后养殖区内浮游生物、底栖生物生物量、种类及群落结构变化情况，并对监测数据进行长期记录和分析，以评估养殖活动对生态环境的长期影响，并采取针对性调整策略；同时需加强对项目用海区域沉积物监测，尤其是养殖活动引起的沉积物特征指标（如活性磷酸盐、无机氮、氨氮、硫化物等）的变化情况，根据监测结果采取定期清理或者其它措施，减轻养殖过程中对沉积物环境的影响。

9.1.2 生态补偿措施

本项目养殖围栏桩基和网箱锚泊件将占用一定面积的底栖生境，且施工时扰动海床产生的悬浮物会减弱浮游植物光合作用能力，影响水域的初级生产能力，并导致作业水域浮游动物数量的减少，通过食物链效应造成渔业资源（包括鱼卵仔稚鱼及游泳生物）的损失。对此，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，对项目建设造成的生物资源的损失按照生态

补偿原则予以补偿。根据本报告生物资源损失量估算结果，本项目需进行生物资源损害赔偿额为 64.15 万元。

根据农办渔〔2018〕50 号文件要求，建设单位是涉渔工程水生生物资源保护和补偿的主体，应制定具体的实施方案，并组织落实水生生物资源保护和补偿措施。此外，各地渔业部门也可根据实际情况，对流域性的水生生物资源保护和补偿措施进行统筹。考虑到本工程实施对海洋生物资源损害量较小，且碣石湾内渔业增殖工程较多，本项目单独实施增殖放流生态补偿措施难以达到最佳修复效果。评价建议建设单位积极与渔业主管部门沟通商定具体的补偿方案，并积极落实缴纳生态补偿款事项。生态补偿方案制定过程中充分结合汕尾市沿岸海域实际情况和生态保护要求，采取多样化的生态补偿修复措施，包括资源增殖放流、人工鱼礁建设、底播增殖、岸滩清理整治、海洋环境监测、岸线生态修复、海草床生态系统修复、渔民退补、区域养殖容量评估以及执法监管能力建设等。渔业部门可根据实际情况和工作需要，进一步创新方式方法，开展探索性研究与实践，在确保补偿资金使用规范的前提下，对流域性的水生生物资源保护和补偿措施进行统筹，确保区域生态补偿工作取得切实效果。

9.2 污染防治措施及可行性分析

9.2.1 施工期污染防治措施

9.2.1.1 水污染防治措施

（1）施工悬浮沙影响缓解措施

①合理安排施工计划，根据季节性海流条件，优化施工计划，将打桩施工和网箱锚固构件投放作业环节尽量安排在风浪相对小、潮流相对弱等不利于悬浮沙扩散的潮期内；②养殖围栏桩基作业采用重锤轻打的方法，打桩初期阶段，采用较轻的打击力度，确保桩能够顺利进入土壤中，随后在土壤条件较好的区域，可以采用高档主打，在桩身大部分已经沉入土壤后，采用更高的打击力度进行最后的定位和固定，必要时采用挡污屏对周边红线区进行悬浮沙扩散保护，从而最大程度减少沉桩引起的入海悬浮沙浓度。③提高重力网箱锚件投放施工精度，锚件投放由经验丰富的操作人员进行，配合精确的定位控制，尽量减少铁锚刮擦海床行走距离和锚具对海床的刮擦强度，减少因投放偏差导致的海底底质的反复扰动。减少瞬间产生的悬浮沙量。

（2）船舶含油污水控制措施

施工船舶上设油污水收集罐，船舶油污水不得在工程海域内排放，含油污水在船上收集，待船舶靠岸后交由有船舶油污水接收资质的单位接收处理，严禁排海。对油污水接卸过程严格管控，确保连接的密封性，尽量选择内置式阀门，防止油污水泄露。

（3）船舶生活污水控制措施

施工人员生活污水由船舶自备的污水储存柜收集上岸后，由槽车直接拉运至附近污水处理厂处理。

（4）加强对施工人员的管理，禁止将养殖设施投放边角料、生活废弃物丢弃水域。

9.2.1.2 大气污染防治措施

（1）施工船投入作业前，检查作业船船舶相关型式检验参数文件，船舶燃料需选择低硫燃油，并留存供油单备查，确保船舶排放废气符合《船舶大气污染物排放控制区实施方案》（交海发〔2018〕168号）。

（2）加强施工船舶管理，提前规划好各参与作业船舶作业区及工程量，避免互相干扰，以防止施工区域船舶拥堵而加剧船舶废气污染物产生。

9.2.1.3 噪声污染防治措施

（1）本项目涉及的养殖设施较小，码头装船以人工搬运为主，码头作业区噪声控制目标主要是作业人员活动噪声，设施搬运时应轻拿轻放，严禁大力抛投，提倡文明施工，以便降低噪声源强。

（2）强化施工船舶组织协调，对船舶航行进行合理的水上交通管理，做好船舶调度疏导工作，及时维护施工区警示标识，提示过往船只严格遵守航行规则，减少鸣笛。禁止船舶无故鸣笛，特别是在对水产种质资源区等噪声敏感区域附近。

（3）项目用海区临近汕尾碣石湾鲮鱼长毛对虾国家级水产种质资源保护区，保护区主要保护对象为鲮、长毛对虾、海鳗、赤点石斑鱼、花鲈、三疣梭子蟹、锯缘青蟹等物种。虽然目前无证据表明此类物种对水下噪声有无明显回避反应，但鉴于对各物种声敏感性的认识可能存在不足，评价要求养殖围栏基础打桩选用噪声较低的打桩锤，并采用软启动施工方式，即采用强度渐增的打桩法，也可以采用在桩体周围包裹声学隔绝材料或在施工区域放置气泡幕等方式，降低水下施工噪音。同时控制每日打桩数量、打桩持续时间。作业区内禁止船舶无故鸣笛，最大程度降低作业噪声对水生

生物的干扰。

9.2.1.4 固体废弃物污染防治措施

（1）施工船舶上设置生活垃圾收集箱，施工人员生活垃圾经统一收集后运回陆地，严禁随意丢弃入海，待船舶靠岸后交由环卫部门，并最终运至附近垃圾中转站统一清运处理。

（2）养殖围栏和重力网箱安装时产生的各类废弃料尽量回收利用，不能回收的外售给废品收购站或交由环卫部门处理，严禁随意丢弃。

9.2.2 运营期污染防治措施

运营期主要生产过程主要为海水养殖活动，废气、噪声主要来自养殖船柴油机废气和通航噪声，废气、噪声污染防治措施同施工期。故本节重点对运营期废水及固体废物污染提出防治措施要求。

9.2.2.1 水污染防治措施

（1）加强各类船舶日常管理，严禁船舶带“病”作业，建立船舶维修保养制度，防止发生船舶污水跑、冒、滴、漏。

（2）船舶含油污水：养殖船上设油污水收集罐，船舶含油污水严禁在养殖海域内排放，待船舶靠岸后交由有船舶污水物接收资质的单位接收处理。

（3）船舶生活污水：施工人员生活污水由船舶自备的污水储存柜收集上岸后，委托有生活污水运输资质的单位接收转运至附近污水处理厂处理。

（4）大型养殖围栏办公生活区设置专门的污水收集与处理系统，并定期维护，保证其处于良好运行状态，处理后污水通过运输船定期接驳上岸后交由附近污水处理厂处理。水产加工区设置专门的污水收集系统，定期拉运上岸后交由附近污水处理厂处理。

（5）严禁向各类船舶（包括养殖船、公务船、污水接驳船等）停靠港内排放任何种类的船舶水污染物，强化船舶各类污染物接收作业规范性。

（6）控制养殖规模，优化饵料营养组成，科学选择投喂方式，提高饵料利用率，尽量避免饵料过剩和流失，同时科学用药，不滥用渔药，优先使用针对性强、存留期短、高效低毒的病害防治药物，保障养殖区及邻近海域水体环境处于良好状况。

（7）采用防污网衣，勤洗网、换网，保持网箱养殖区水流畅通。当采用陆上清

洗网衣时，清洗废水应经过滤沉淀处理后回用于绿化或道路洒水抑尘。

（8）开展养殖区及周边海域环境质量的跟踪监测，考虑到项目附近有多个同类养殖项目，监测方案制定时建议与相关主管部门积极沟通，在主管部门统筹协调下协同开展，以尽量反映区域养殖海域周边和各项目用海区内水环境质量变化为目标，并根据跟踪监测结果，动态优化养殖方案，必要时调整养殖密度，更换饵料类型，优化养殖环境，使水域保持良好环境。

9.2.2.2 固体废物污染防治措施

（1）所有养殖船上均应设置固体废物收集箱，工作人员生活垃圾放入收集箱中，集中装箱运回陆地，然后由当地环卫部门统一清运集中处理，严禁随意丢弃入海。

（2）加强养殖人员海上养殖活动过程中固体废物管理，严禁在海上随意抛弃网箱材料、旧料和其它杂物（如废旧网衣、网绳、鱼药包装袋、饵料包装袋等），养殖废弃料收集上岸后，能回收利用的（如废旧网衣、网绳）进行资源化再利用，不能回收利用的交环卫部门转运至附近垃圾中转站。

（3）对发现的病死鱼，及时捞出，放在船载专用密封容器中，装船运往陆域交由有资质的单位进行无害化处置。

（4）重力网箱拉运至码头清洗后产生的附着生物在陆域基地作为饲料原料加工后外售，海洋垃圾收集后委托环卫部门处理；养殖围栏网衣清洗产生的附着物经打捞后分类打包，定期由接驳船运至陆域保障基地，附着生物根据下游市场需求作为饲料原料进行进一步加工处理，实现资源化利用，海洋垃圾收集后委托环卫部门处理。

（5）大型养殖围栏管理中心设置垃圾收集间，各类垃圾分类收集，打包处理后，定期由接驳船拉运回岸上，交由有资质的第三方单位转运至附近垃圾中转站。

（6）大型养殖围栏水产加工废弃物利用筛选设备去除较大杂质后，通过破碎机将废弃物破碎成小块，打包后收集，定期由接驳船运输至后续拟建设的乌坎港陆域保障基地，根据下游市场需求进行进一步加工处理或直接售卖，实现资源化利用。

9.2.3 污染防治措施可行性分析

本项目采取的废水、废气、噪声及固体污染防治措施均是常规的环保措施，在同类工程中应用广泛，措施具备可行性。本节重点对水污染防治措施进行外委协议处理的可行性分析。

（1）船舶油污水污染防治措施

据调查，目前碣石湾附近水域从事船舶污染物接收服务的单位主要为汕尾晓光环保服务有限公司。公开资料显示，汕尾晓光环保服务有限公司是经汕尾市交通运输局备案，从事经营汕尾港及其附近水域码头船舶污染物接收等港口服务。公司于 2011 年 12 月取得经中华人民共和国广东海事局颁布的船舶污染清除单位资质证书二级能力等级，具备收集船舶含油污水、船舶垃圾、防污应急等服务能力。公司已制定船舶污染物接收方案处置方案。在按规范做好收集后，污染物处置去向总体策略为：

1.液体污染物交惠州 TCL 环境科技有限公司或其他有资质单位处置。惠州 TCL 环境科技有限公司是专业从事收集、处理船舶及港口废弃物的单位，是通过广东省环保局认可，并持有危险废弃物经营许可证（证书编号：441302191226）的环保企业，能够确保液体污染物得到合理合法的处理。

2.固体污染物交汕尾市城区新港街道经济发展服务中心指定的垃圾处理中心或汕尾三峰环保发电有限公司进行无害化处理，能保证回收的废弃物得以合法合规地进行各种减量化、无害化、资源化处理，能够避免固体污染物二次污染产生。

（2）生活污水污染防治措施

本项目施工期及运营期船舶靠泊港现阶段暂定为乌坎港，目前乌坎港附近有陆丰市第二污水处理厂，位于陆丰市东海镇上海村西北侧，距离乌坎港码头约 5.6 公里，一期工程设计处理规模为 3 万吨/天。目前，该污水处理厂一期工程及配套管网项目已进入通水调试阶段。预计至本项目运营期，该污水处理厂可实现正式运营。如项目运营时污水厂尚未实现正式商运，船舶生活污水可委托船舶污染物接收单位接收处理。

9.3 环境保护设施和对策措施一览表

本项目各阶段主要环境保护措施一览表见表 9.3-1、表 9.3-2。

表 9.3-1 施工期主要环保措施一览表

项目	环保措施
海洋生态	1.合理制定施工计划，目前本项目预计总施工期 12 个月，满足施工连续性前提下，尽量将水上打桩及养殖网箱锚泊件投放施工作业期安排避开 2~5 月和 10~12 月，同时尽量缩短网箱锚泊件投放作业期，最大限度减少扰动时间。 2.严格落实悬浮沙影响缓解措施，施工时详细了解周边项目建设情况，并据此优化施工组织方案，确保悬浮沙对海洋生态环境的影响范围和影响程度可控。 3.严格控制施工海域范围，在批准的用海范围内施工，防止超范围施工活动对底栖生物、游泳生物的不利影响。 4.严禁船舶污水排海，各类船舶污水全部收集后上岸处理，严禁各类固体废弃物向海丢弃。

项目	环保措施
	5.养殖围栏基础打桩前采取驱鱼措施，通过缓慢增加水下扬声器声音强度，驱赶施工区安全距离范围内的鱼类，以减小打桩影响范围。 6.开展施工期环境监测，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。
水环境	1.合理安排施工计划，打桩和锚固设施投放尽量选择不利于悬浮沙扩散的潮期施工。结合海流条件和网箱布局优化作业方案，分批投放，减少瞬间产生的悬浮沙量。 2.船舶含油污水由船载油污水收集罐收集，船舶靠港后交由有船舶含油污水接收资质的单位接收处理，严禁排海。 3.船舶生活污水由船舶自备的生活污水储存柜收集，船舶靠港后由槽车运输至附近污水处理厂处理，严禁排海。
环境空气	1.施工船舶应选用符合国家标准燃油，保持良好的工作状态，减少船舶废气排放量。 2.加强施工船舶管理，提前规划好各参与作业船舶作业区及工程量，避免互相干扰，防止船舶拥堵加剧船舶废气产生量。
噪声	1.养殖设施码头装船时，作业人员搬运时应轻拿轻放，严禁大力抛投。 2.加强船舶动力设备保养和维护，保持设备的良好运转，做好船舶调度疏导工作，对施工作业船舶开展水上交通管理。 3.水上作业靠近汕尾碣石湾鲷鱼长毛对虾国家级水产种质资源保护区区域，打桩施工时采用强度渐增的打桩法或其他降噪方式，降低水下施工噪音。同时控制每日打桩数量、打桩持续时间。作业区内禁止船舶无故鸣笛，降低作业噪声对水生生物的干扰。
固体废物	1.施工船舶上设置固体废物收集箱，施工人员生活垃圾经统一收集后运回陆地，严禁随意丢弃入海。 2.废弃养殖材料，能回收的回收利用，不能回收的外售给废品收购站不在海域丢弃。

表 9.3-2 运营期主要环保措施一览表

项目	环保措施
海洋生态	1.进一步优化养殖容量，通过量化研究确定水体的养殖规模和养殖密度。 2.优化饵料营养结构组成。尽量使用人工配合饲料，提高饲料利用率，减少外源营养物质输入。 3.监控饵料摄入情况，科学确定投喂方式和投喂量。结合鱼类物种习性、季节性生长特点动态确定适宜的投饵量，减少残饵和散饵进入到水中和沉积在网箱底部的数量。 4.充分利用养殖围栏智能化监控信息，评估重力网箱人工养殖方案，包括饲料结构、投喂频率、饵料量等，以减少残饵产生量。 5.禁止各种养殖废弃物直接向养殖水域丢弃，及时收集、清运各类废弃物并带回陆上处理。 6.控制养殖容量，交替使用网箱，实行交叉“休息”制度，连续几年进行养殖的水体可“休息”1年，使底质环境能得到逐步恢复，同时各养殖网箱也交替进行不同养殖品种养殖使海域达到交替休养效果。 7.开展养殖区及附近水域的生态环境跟踪监测工作，根据监测数据，及时调整养殖密度、投饵量等管理措施，并对监测数据进行长期记录和分析，以评估养殖活动对生态环境的长期影响，避免对环境造成负面影响。
水环境	1.控制养殖规模，优化饵料营养组成，科学选择投喂方式，提高饵料利用率，尽量避免饵料过剩和流失，同时科学用药，优先使用针对性强、存留期短、高效低毒的病害防治药物，保障养殖区及邻近海域水体环境处于良好状况。

项目	环保措施
	<p>2. 大型养殖围栏办公生活区设置专门的污水收集与处理系统，并定期维护，保证其处于良好运行状态，处理后污水通过运输船定期接驳上岸后交由附近污水处理厂处理。水产加工区设置专门的污水收集系统，定期拉运上岸后交由附近污水处理厂处理。</p> <p>3. 加强各类船舶的日常管理，严禁船舶带“病”作业，建立船舶维修保养制度，防止发生船舶污水跑、冒、滴、漏。</p> <p>4. 船舶含油污水由船载油污水收集罐收集，船舶靠港后交由有船舶含油污水接收资质的单位接收处理；</p> <p>5. 船舶生活污水由船舶自备的生活污水储存柜收集，船舶靠港后由槽车运输至附近污水处理厂处理。严禁向海域和停靠鱼港内排放任何种类的船舶水污染物。</p> <p>6. 开展养殖区及周边海域环境质量的跟踪监测，根据跟踪监测结果，动态优化养殖方案，优化养殖环境，使水域保持良好环境。</p>
<p>固体废物</p>	<p>1. 各类船舶上均应设置固体废物收集箱，工作人员生活垃圾放入收集箱中，集中装箱运回陆地交环卫部门处理。</p> <p>2. 加强养殖过程固体废弃物管理，严禁在海上随意抛弃养殖废料，养殖废弃料收集上岸后，优先进行资源化再利用，不能回收利用的交环卫部门转运至附近垃圾中转站。</p> <p>3. 病死鱼收集在养殖船载专用密封容器中运往陆域交由有资质的单位进行无害化处置。</p> <p>4. 大型养殖围栏管理中心设置垃圾收集间，各类垃圾分类收集，打包后统一拉运至岸上，能够资源化利用的进行售卖或再利用，无法利用的运往垃圾处理站处理。</p>

10 环境保护的技术经济合理性

环境保护的技术经济合理性分析是环境影响评价的一项重要工作内容，其主要任务是估算建设项目需要投入的环保投资和所能收到的环境保护效果。因此，在环境经济损益分析中除需计算用于控制污染所需投资的费用外，还要同时核算可能收到的环境与经济实效。

10.1 环境保护措施的费用估算

本报告提出的各项环保措施主要针对项目施工及运营对环境造成影响的水污染和固体废物污染的防治措施，以及非污染生态保护措施，较为清楚、具体，能够有效落实，以达到环境保护的要求。

以确保评价所提出的措施顺利实现为目的，对项目拟采取的污染防治和生态保护措施进行投资估算见表 10.1-1。

表 10.1-1 环境环保投资费用估算一览表

项目		费用（万元）	备注
施工期	船舶污水接收处理费	3.0	船舶含油污水交有资质单位处理费用
	固体废物处理费	2.0	船舶垃圾、网箱组装生产废料等交环卫处理费用
	生态资源补偿	64.15	
	溢油应急设备	4.0	作业船上配备吸油毡、消油剂等溢油应急物资费用
	环境监理	8.0	含人员培训
	环境监测	15.0	
运营期	环境跟踪监测	15.0	8.0 万元/次，1 年 2 次
	船舶污水处理费	12.0	船舶含油污水交有资质单位处理费用
	固体废物处理费	5.0	船舶垃圾、养殖废料等交环卫处理费用
不可预见费		20	考虑未预见的环保投资（如溢油应急服务）及各项环保投资费率变化
合计		148.15	

备注：运营期跟踪监测计算单个年度费用。

10.2 环境损益分析

10.2.1 环境损失分析

在海洋工程的建设过程中，不可避免地会对周边的海洋生态环境产生干扰和破坏。由于海洋生态系统极其复杂，作业过程造成的环境损失往往难以进行精确量化。考虑到施工活动对海洋生物资源造成的损害是环境损失中尤为突出的一部分，且定量货币化计算方法成熟，因此海洋工程环境损失中往往以海洋生物资源损失作为环境损失的重要一部分。

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007），估算本项目施工造成的生物资源损失经济价值。

（1）生物资源经济价值计算方法

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007），各类生物资源经济价值计算方法如下：

1) 鱼卵、仔稚鱼经济价值计算

鱼卵、仔稚鱼经济价值采用下式计算：

$$M=W \times P \times E$$

式中， M 为鱼卵和仔稚鱼经济损失金额，单位为元；

W 为鱼卵和仔稚鱼的损失量，单位为个（尾）；

P 为鱼卵和仔稚鱼折算为鱼苗的换算比例，鱼卵生长到商品鱼苗按 1%成活率计算，仔稚鱼生长到商品鱼苗按 5%成活率计算，单位为百分比（%）；

E 为鱼苗的商品价格，单位为元/尾。

2) 游泳生物/底栖生物经济价值计算

游泳生物/底栖生物经济价值采用下式计算：

$$M=W \times E$$

式中： M 为游泳生物资源/底栖生物的经济损失额，单位为元；

W 为游泳生物资源/底栖生物的损失量，单位为 kg；

E 为游泳生物资源/底栖生物资源的商品价格，单位为元/kg。

（2）生物资源价格核定方法

参考 2024 年 10 月广东省农业农村厅发布的《广东省涉渔工程渔业资源损失生物价格核算技术指南》（以下简称《指南》），生物资源商品价格核定采用基准数据法，

即根据现状调查和专家评估的价格为定价基准数据，最终由基准价格乘以居民消费价格指数（CPI）得出其生态补偿标准核定价格，采用以下公式计算：

$$P_{i+1} = P_i \times (1 + CPI_J)$$

式中， P_i 为指南发布后渔业资源第 i 年价格（评估报告评审年份），

当 $i=0$ 时价格为渔业资源基准价格（指南发布年份），鱼苗 1.0 元/尾、游泳动物 20 元/kg、底栖生物 15 元/kg；

CPI_J 为指南发布后 J 年的价格指数，以国家统计局年度统计数据确定的价格指数为参考依据。

考虑本项目评审时间自《指南》发布后未满一年，且自 2024 年 10 月~2025 年 8 月各月 CPI 变化较小，故本次取渔业资源价格取基准价格，即取鱼苗 1.0 元/尾、游泳动物 20 元/kg、底栖生物 15 元/kg。

（3）海洋生物资源补偿经济价值汇总

经计算，本工程施工期和运营期生物资源直接经济损失总计约为 16.71 万元。按照《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007），当进行生物资源损害赔偿时，应根据补偿年限对直接经济损失总额进行校正。本项目养殖围栏桩基和重力网箱锚固结构件用海破坏底质和渔业资源空间对生物造成了不可逆影响，生物资源损害的补偿年限应不低于 20 年，按 20 年进行赔偿。施工期网箱锚泊件投放和打桩以及运营期养殖围栏网衣清洗引起的悬浮沙对海洋生物损害按 3 年进行补偿。由此计算，本工程造成的生态损失总赔偿额为 64.15 万元。具体见表 10.2-1。

表 10.2-1 海洋生物资源损失汇总及生态赔偿额估算

影响因素	生物资源	直接损失量		单价	直接经济损失额(万元)	补偿年限	经济赔偿额(万元)
桩基、锚泊构件占海	底栖生物 (t)	0.55		1.5 万元/t	0.83	20	16.50
悬浮沙	鱼卵 (粒)	7.70E+06	1.58E+05	1.0 元/尾	15.79	3	47.65
	仔鱼 (尾)	1.62E+06	尾				
	游泳生物 (kg)	45.29	45.29	20 元/kg	0.091		
合计					16.71	/	64.15

10.2.2 环境效益分析

环境效益是由金融机构或企业的经济活动、项目建设运营所产生的对生态环境的降碳、减污、扩绿、防灾等改善与优化结果，包括直接环境效益、间接环境效益。直接环境效益为资源、能源的回收利用以及项目建设后本身产生的环境效益，间接环境效益为由于污染物的适当排出所削减的环境经济损失以及项目建设后产生的间接环境效益。

对本工程来说，环境经济效益主要是由间接效益组成的。根据本报告前述分析可知，在不采取任何环保措施的情况下，工程环境污染的范围和程度将增大，资源的损失和环境污染损失也同样会增加；在采取环境保护措施后，可以使建设工程产生的环境影响被控制在最小范围和最低程度，进而也能在一定程度上减少资源的损失。因此，建设工程污染防治措施的环境经济效益还是比较明显的。

10.3 经济效益分析

本项目选址于汕尾陆丰市，项目建设内容为深水网箱养殖，具有显著的社会经济效益。主要体现在以下几方面：一方面，深水网箱养殖能够充分利用海洋空间资源，提高渔业产量，为市场提供丰富的优质海产品，满足人们对高品质水产品的需求，促进渔业产业的升级和可持续发展。另一方面，该产业的发展能够为当地创造就业机会，包括网箱操作、饲料供应、产品加工与销售等多个环节，带动了渔民增收和农村经济发展。此外，深水网箱养殖还推动了相关产业的协同发展，如海洋工程设备制造、冷链物流等，促进了区域经济的多元化发展，综上，项目具有良好的经济和社会效益。

10.4 环境保护的技术经济合理性

本项目以采用 C90 浮式重力网箱为主，另在养殖区北侧设置大型养殖围栏。目前，重力式网箱已在深水养殖行业普遍采用，具备养殖容量大、抗风能力强、结构简单、操作方便等优势，适合深远海生态养殖。大型养殖围栏在国内外也有一定的养殖经验，具备智能化管控、超大养殖水体空间、模块化水产养殖加工等优势。报告提出的项目建设及养殖过程中的各类污染防治措施具备可行性，从工程经济和技术上是可行的。通过各项环保措施的落实，可以减小项目建设过程中各环境污染因子产生的强度，使养殖区附近海域水环境和生态环境得到有效保护，将项目建设可能产生的环境影响降到最低，从而有效的保护生态环境，

综上所述，本项目建设具有良好的经济效益和社会效益，在采取有效的环保措施和生态保护措施后，对环境的损失可得到有效的控制，项目建设可达到经济、社会和环境的协调发展。因此，该项目环境保护在技术经济方面是合理的。

11 工程规划符合性及选址合理性分析

11.1 与产业政策符合性

（1）与国家产业政策的符合性

本项目为海洋牧场项目，属于《产业结构调整指导目录（2024 年本》中“鼓励类”中的“一、农林牧渔业—14、现代畜牧业及水产生态健康养殖—海洋牧场”，项目本项目建设内容为重力网箱和养殖围栏，用海区平均水深约 10m，通过科学布局和合理控制养殖密度，能够减轻近海养殖环境压力，推动陆丰市水产养殖业的绿色可持续发展。因此，本项目建设符合国家产业政策要求。

（2）与《市场准入负面清单》（2025 年版）的符合性

根据《市场准入负面清单》（2025年版），项目不属于禁止准入类。本项目涉及的与市场准入相关的禁止性规定为：禁止在海洋生态红线区内实施围填海、采挖海砂、新增入海陆源工业直排口，以及其他可能对典型生态系统产生不利影响的开发利用活动。严格控制海洋生态红线区内河流入海污染物排放，控制渔业养殖规模。

本项目不占用海洋生态红线区，项目建设内容为养殖网箱和养殖围栏，不涉及围填海、采挖海砂，不新增入海陆源工业直排口。项目选址于碣石湾，该海湾开阔直面外海，海域水体交换能力总体较好。同时，本项目养殖规模较小，通过合理控制养殖密度，能够有效控制项目用海区外源营养输入，不会对周边产卵区、水产种质资源保护区造成不利影响。项目施工产生的悬浮沙也属于短期影响，施工结束后可以很快恢复至本底值。

表 11.1-1 与市场准入相关的禁止类规定（节选）

禁止措施	设立依据	管理部门
禁止在海洋生态红线区内实施围填海、采挖海砂、新增入海陆源工业直排口，以及其他可能对典型生态系统产生不利影响的开发利用活动。严格控制海洋生态红线区内河流入海污染物排放，控制渔业养殖规模。	《中共中央国务院关于加快推进生态文明建设的意见》	生态环境部、自然资源部

综上，本项目不属于《市场准入负面清单（2025 年版）》禁止类项目，为许可准入类项目，项目符合《市场准入负面清单》（2025 年版）。

(3)《汕尾市优先发展产业目录（2019 年版）》

根据《汕尾市优先发展产业目录（2019 年版）》，本项目属于汕尾市优先发展产业目录中的“（六）海洋经济”中的“1.现代海洋渔业”。因此，本项目的建设符合《汕尾市优先发展产业目录（2019 年版）》相符。

11.2 与国土空间规划符合性

2023 年 9 月，广东省人民政府批复《汕尾市国土空间总体规划（2021—2035 年）》（粤府函〔2023〕237 号）。规划坚持陆海统筹、生态优先协调发展，因地制宜在汕尾市海域（不含深汕特别合作区海）划定了生态保护区、生态控制区和海洋发展区。其中生态保护区海域面积 2554.9 平方千米，占总海域面积的 35.50%；生态控制区划定海域面积 327.50 平方千米，占总海域面积的 4.55%；海洋发展区划定海域面积 4313.58 平方千米，占总海域面积的 59.94%。在海洋发展区内，进一步细化功能分区，统筹安排工矿通信用海、交通运输用海、游憩用海、渔业用海、特殊用海等用海区和海洋预留区。

《规划》提出，实施海域分区管理。坚持生态用海、集约用海，陆海协同划定海洋“两空间内部一红线”。在海洋生态空间内划设海洋生态保护红线，加强海洋生态保护区和生态控制区的保护。在海洋开发利用空间内统筹安排渔业、工矿通信、交通运输、游憩、特殊用海区和海洋预留区，按分区明确空间准入、利用方式、生态保护等方面的管控要求。海洋预留区要保障规划期内国家重大用海需求，严格控制其他开发利用活动。合理布局海洋倾倒区，严格海洋倾废监管。

本项目选址区位于“红海湾-碣石湾渔业用海”内，建设内容为养殖网箱和养殖围栏，项目施工期产生的悬浮沙影响范围有限，主要集中于项目用海区周边局部范围，且影响时段较短；运营期海水养殖活动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较小，是可接受的，不会对周边生态保护区造成不良影响，因此项目建设符合《汕尾市国土空间总体规划（2021-2035 年）》的要求。

11.3 与“三线一单”符合性分析

11.3.1 与《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》的符合性

广东省人民政府于2020年12月29日，发布了《广东省“三线一单”生态环境分区管

控方案》（粤府〔2020〕71号）。方案提出将从区域布局管控、能源资源利用、污染物排放管控和环境风险防控等方面明确准入要求，建立“1+3+N”三级生态环境准入清单体系。“1”为全省总体管控要求，“3”为“一核一带一区”区域管控要求，“N”为1912个陆域环境管控单元和471个海域环境管控单元的管控要求。

根据《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》中海域环境管控单元，本项目位于“碣石湾农渔业区”一般管控单元（环境管控单元编码：HY44150030001）。

根据《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》，对照全省总体要求、“一核一带一区”区域管控要求、以及环境管控单元总体管控要求，

本项目符合性分析见表1.2-1。

表 11.3-1 项目与广东省“三线一单”符合性分析

类别		项目与“三线一单”管控要求相符性分析	是否相符
全省	区域布局管控要求	本项目选址于汕尾市陆丰市碣石湾规划海洋养殖先行利用发展区内，项目选址有利于区域传统渔业的产业升级。	是
	能源资源利用要求	项目选址未占用生态保护红线。 设计采用浮式重力式网箱和桩柱式养殖围栏，均属于透水结构，占用底栖生境面积有限，对用海区水动力、地形地貌与冲淤环境不会产生明显不良影响。 项目选址于金厢镇虎尾山西南侧 5.4km 海域，用海区水深约 10 m，有利于拓展深远海养殖产业发展。 项目网箱养殖面积未超过可养殖海区面积的 5%，符合集约用海要求，项目建设符合资源利用上线的要求。	是
	污染物排放管控要求	本项目施工和运营期污染物主要是船舶污染物和养殖污染物，包括各类污水（船舶含油污水、船舶生活污水、养殖水污染物、养殖管理中心生活污水和水产加工废水）、固体废物（包括船舶垃圾、养殖生产废料、死鱼等），船舶污染物和养殖生产废料全部由船舶拉运上岸处理，严禁向海排放。 鱼类养殖过程中饵料投放将结合适养鱼种的不同生长发育阶段科学搭配并投喂饲料，避免导致饵料一次性投入过量或投喂过多造成的饵料直接污染。饵料经鱼类代谢后产生的 COD、氨氮、活性磷酸盐污染影响很小，能够确保用海区海洋环境质量符合相应环境标准要求。	是
	环境风险防控要求	针对本项目施工期及营运期可能发生的船舶碰撞溢油事故，本次评价已提出采用风险防范措施，同时提出了相应风险应急预案要求，并与相关应急预案相衔接，能够有效防控环境风险。	是
“一核一带一区”区域管控要求	区域布局管控要求	本项目位于沿海经济带一东西两翼地区。项目选址区未占用滨海湿地，符合区域布局管控要求。	是
	能源资源利用要求	本项目重力式网箱养殖面积占网箱养殖面积的比例为 3.9%，符合《深水网箱养殖技术规范》（DB44 / T 742-2010）要求的“养殖面积不应超过可养殖海区面积的 5%”；项目养殖总面积（包括重力网箱养殖和围栏养殖）占申请用海面	是

类别	项目与“三线一单”管控要求相符性分析		是否相符
污染物排放管控要求		积的 5.9%，小于《现代化海洋牧场生态养殖工作指引（试行）》推荐的 10% 上限；项目后方拟建设的陆域基地能够为项目提供充分的保障，实现区域上下游资源的协同利用，符合能源资源利用要求。	
		本项目施工期、运营期各类作业船舶严格执行《船舶水污染物排放控制标准》（GB 3552-2018）“利用船载收集装置收集，排入上岸接收设施，不得直接排入环境水体”要求，严禁排海。 运营期鱼类养殖通过控制饵料投放和养殖密度控制污染物排放量，确保养殖区域水质符合《渔业水质标准》（GB 11607-89）要求。	是
	环境风险防控要求	本次不涉及饮用水水源地环境风险、石化园区环境风险，评价已提出建立相应风险应急预案要求，风险防控可依托当地船舶溢油应急资源。	是
环境管控单元总体管控要求	一般管控单元	本项目用海面积 102.0097 公顷。项目选址于规划的海洋养殖先行利用发展区内，运营期科学确定养殖密度，控制养殖规模，能够维持碣石湾海域海洋生态环境功能稳定。	是

11.3.2 与《汕尾市“三线一单”生态环境分区管控方案（修订版）》的符合性

2024年12月，汕尾市生态环境局印发《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）。按照《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）、《广东省生态环境厅关于印发〈广东省“三线一单”生态环境分区管控实施管理暂行规定〉的通知》（粤环函〔2022〕465号）要求，就落实汕尾市生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线，编制生态环境准入清单，实施生态环境分区管控。

根据《汕尾市“三线一单”生态环境分区管控方案（修订版）》，汕尾市共划定海域环境管控单元45个，其中海域优先保护单元30个，面积为2335.15平方公里，占海域面积的43.03%，主要分布在海洋生态保护红线所在的海域；海域重点管控单元6个，面积为119.15平方公里，占海域面积的2.20%，主要分布在用于拓展工业与城镇发展空间、开发利用港口航运资源、矿产能源资源的海域；海域一般管控单元9个，面积为2972.01平方公里，占海域面积的54.77%，为优先保护单元及重点管控单元以外的海域。

根据《汕尾市“三线一单”生态环境分区管控方案（修订版）》，本项目选址区位于“碣石湾农渔业区”一般管控单元（环境管控单元编码：HY44150030001），见图 11.3-1。

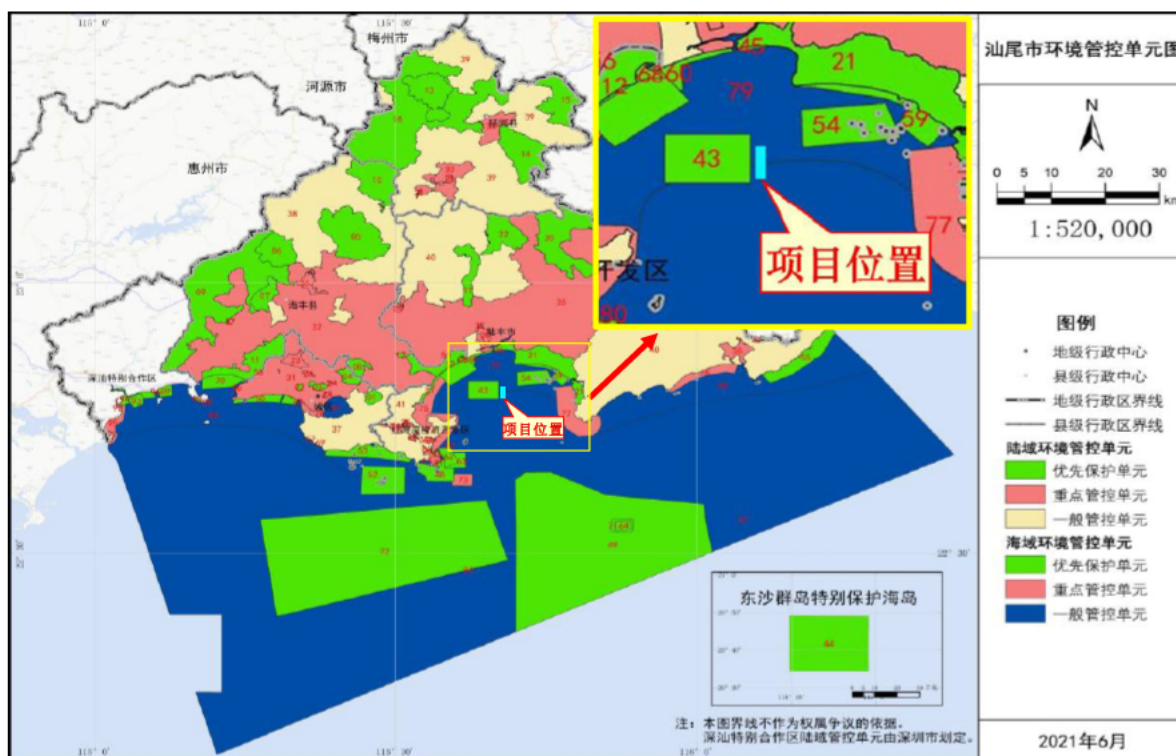


图 11.3-1 本项目与汕尾市“三线一单”位置关系图

根据《汕尾市“三线一单”生态环境分区管控方案（修订版）》，项目与所在生态环境管控单元的符合性分析见表 11.3-2。

表 11.3-2 项目与所在“三线一单”管控要求符合性分析

管控维度	管控要求	项目符合性
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。	本项目建设内容为海洋牧场，选址区远离金厢渔港、碣石渔港，也未占用人工鱼礁用海需求，未占用工业用海。项目建设运营对渔港用海、工业用海需求无影响。 项目施工期环境影响范围局限在项目用海区周边，项目采用生态养殖模式，有利于保护碣石湾生态环境。
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。	本项目仅对养殖区内养殖生物进行采收作业，不对非用海区实施渔业捕捞。
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。	本项目养殖单元布置符合相关养殖规范要求，运营期将进一步根据定期跟踪监测动态调整养殖规模和养殖密度。项目运营期养殖生产、生活废弃物全部拉运至陆上后回收或运至垃圾处理站处理，严禁向海排放。
	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。	本项目不向海域排放陆源污染物。

经分析，项目符合《汕尾市“三线一单”生态环境分区管控方案（修订版）》中项目所在对“碣石湾农渔业区”一般管控区的管控要求。

11.4 与区域水产养殖行业规划的符合性

11.4.1 与《广东省现代化海洋牧场发展总体规划（2024-2035 年）》符合性

《广东省现代化海洋牧场发展总体规划（2024-2035年）》（以下简称《规划》）构建了“三带二十区”的总体发展格局，即“陆基全链支撑带、近海生态转型带、深远海规模化养殖带”三大功能带，以及二十个岸海联动发展区。汕尾碣石湾海域地处粤东沿海，是《规划》明确的重点发展区域之一。汕尾市规划提出的“一带两湾四区”格局中，“碣石湾渔工旅联合发展区”的定位与《规划》关于推动陆基、渔港、海岛、近海和深远海空间资源优化配置、联动发展的要求相一致。

本项目选址区位于的总体规划中的“岸港岛海”联动圈中的第 13 个，项目选址符合《规划》对深远海养殖空间拓展的总体导向，与《规划》发展总体格局一致。因此，项目建设符合《广东省现代化海洋牧场发展总体规划（2024—2035 年）》。

11.4.2 与《汕尾市养殖水域滩涂规划（2018-2030 年）》的符合性

2019年8月，汕尾市农业农村局发布《关于印发〈汕尾市养殖水域滩涂规划（2018-2030年）〉的通知》（汕农农〔2019〕140号）。

规划将汕尾市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。养殖区分为海水养殖和淡水养殖功能区。其中海水养殖功能区分为深海养殖开发区、浅海滩涂养殖区和海水陆地池塘养殖区。浅海滩涂养殖指水深10m以内的潮下带，以传统近岸网箱鱼类养殖和浅海滩涂贝类养殖为主。主要开发区域有：马宫-红草、捷胜、金厢、湖东、甲子、大湖、红海湾开发区、碣石、遮浪角东、新港街道等地区；深海养殖通常是指等深线10米以外的深海水域养殖。深海养殖具有与其他产业在海域利用上的矛盾小、可利用海域广阔以及水交换能力强等优势，为各种功能区域中水质环境最佳且未来潜在污染程度最小和生产效益较好的功能区域。深海养殖的品种以鱼类为主，其次是贝类。养殖生产方式以发展深水网箱为主。主要开发区域有：碣石湾—遮浪角南邻近海域（龟龄岛）—江牡岛海域。

根据规划，各类养殖区常规管理措施包括：1.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。2.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。3.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《海水池塘养殖水排放要求》（SCT 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。4.强化安全监管。渔业行政主管部门要加强对流域内网箱的安全监管工作实行目标责任制，开展经常性的安全宣传教育，贯彻水上交通安全法规，开展安全监督检查工作。加强渔业执法，查处无证养殖，对非法侵占养殖水域及滩涂行为进行处理，规范开发利用秩序。引导网箱所有人、经营人按规定参加保险。5.建立制度保障。完善养殖水域使用审批制度，健全使用权的招、拍、挂等交易制度，推进养殖水域及滩涂承包经营权的确权工作，规范水域滩涂养殖发证登记工作。

本项目用海区水深约10m，属于规划的碣石湾深海养殖开发区，养殖方式为深水网箱养殖，符合规划中的养殖功能区布局。项目施工期及运营期产生的各类船舶污水、船舶垃圾及养殖固体废弃物均统一收集后上岸处理或由厂家回收，不排海；养殖过程中将严格控制养殖规模和养殖密度，使用符合无公害养殖标准的饲料和药品，严禁施用对人体有害、高毒、高残留的鱼药，属于无公害养殖，养殖活动对环境的影响不大。项目建成后定期开展环境跟踪监测，项目建设符合《汕尾市养殖水域滩涂规划（2018-2030年）》。

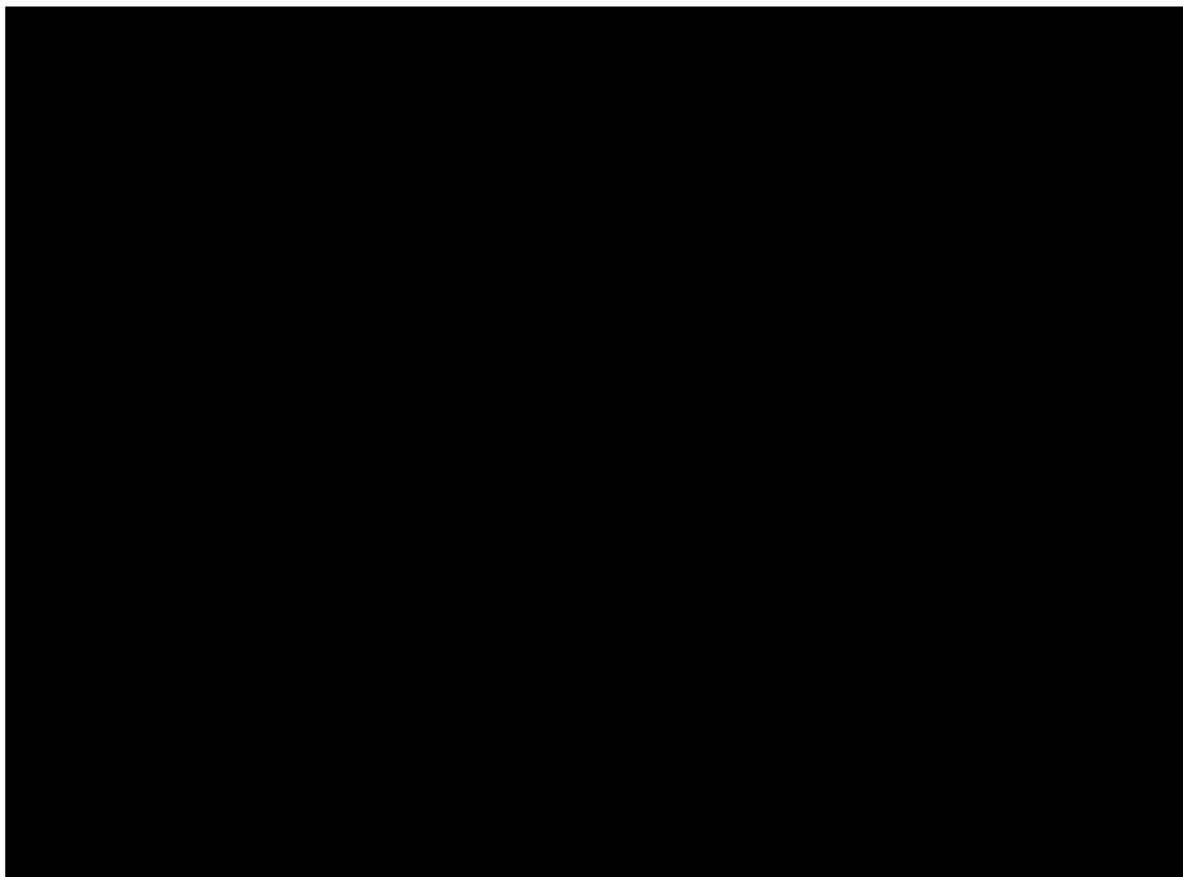


图 11.4-1 本项目与汕尾市水域滩涂规划叠置图

11.4.3 与《汕尾市现代化海洋牧场建设规划（2024—2035 年）》的符合性

2025 年 1 月 6 日，汕尾市人民政府批复《汕尾市现代化海洋牧场建设规划（2024-2035 年）》（以下简称《规划》）（汕府函〔2025〕4 号）。作为广东省全省首个市级海洋渔业全产业链发展规划，《规划》立足汕尾海域资源优势，提出“多规联动、全链联动、陆海联动”三大策略，明确以“一带两湾四区”为总体格局，构建“生态优先、创新驱动、三产融合”的现代化海洋牧场体系，着力打造“粤东海洋经济崛起示范区”。其中，“一带”为陆海接力创新发展带；“两湾”为红海湾与碣石湾两大海湾；“四区”为四个全链完备、陆海联动、分工协作的现代化海洋牧场高质量发展区，推动陆基、渔港、海岛、近海和深远海生产要素联动发展与空间资源优化配置。

《汕尾市现代化海洋牧场建设规划（2024—2035 年）》通过综合国土、海洋、生态等各类规划，科学划定了 2495 平方公里的海上养殖适宜区域，并规划了 22 片深远海养殖区，总面积达 743.79 平方公里，采用“标准园”模式进行统一规划和管理。

近期规划深远海养殖区约 40.06 平方千米，中期约 59.64 平方千米，远期约 644.09

平方千米，总用海面积约 743.79 平方千米。

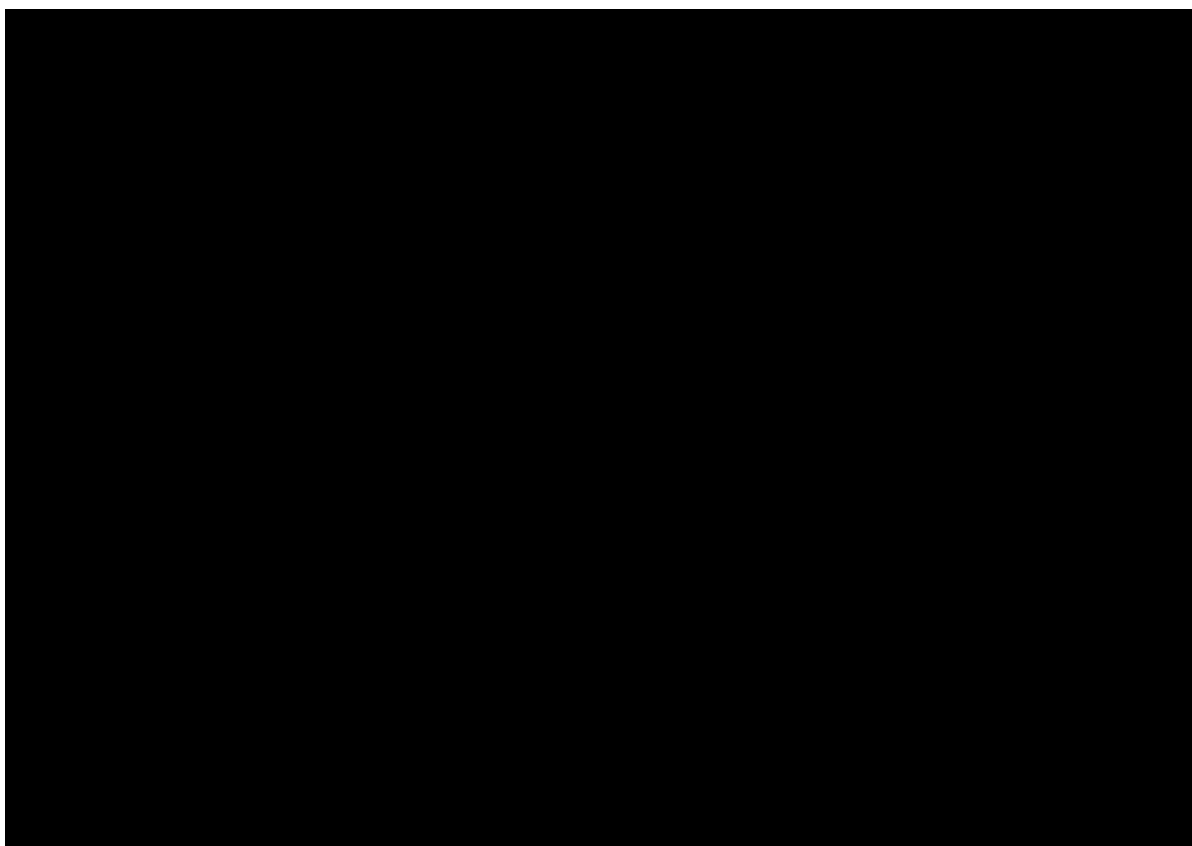


图 11.4-2 《规划》海上养殖区选址布局指引图

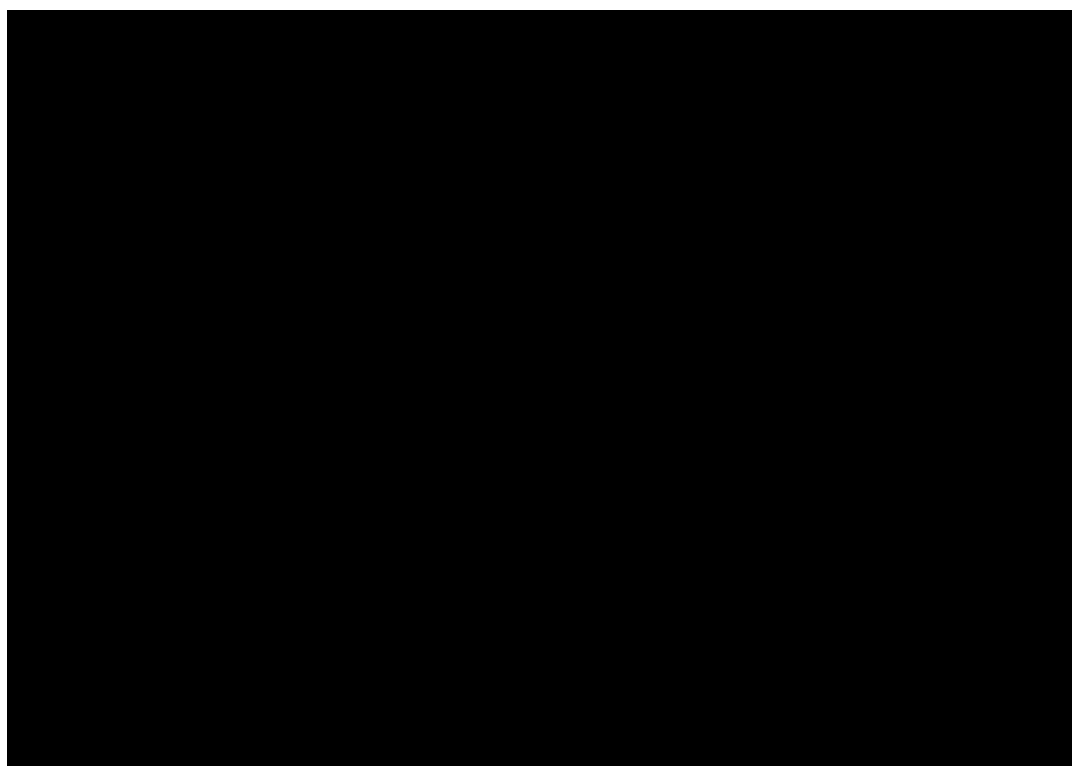


图 11.4-3 本项目申请用海区与规划区域叠置图

本项目位于《规划》中的深远海养殖区近期开发区中的“06 碣石湾海域启动区一区”，项目建设与规划发展总体布局一致。

综上，项目建设符合《汕尾市现代化海洋牧场建设规划（2024—2035 年）》。

11.5 与生态保护红线的符合性分析

（1）本项目与生态保护红线的位置关系

根据广东省“三区三线”中海域生态保护红线划定，本项目用海范围未占用生态保护红线，本项目与周边生态保护红线位置关系详见图 11.5-1。

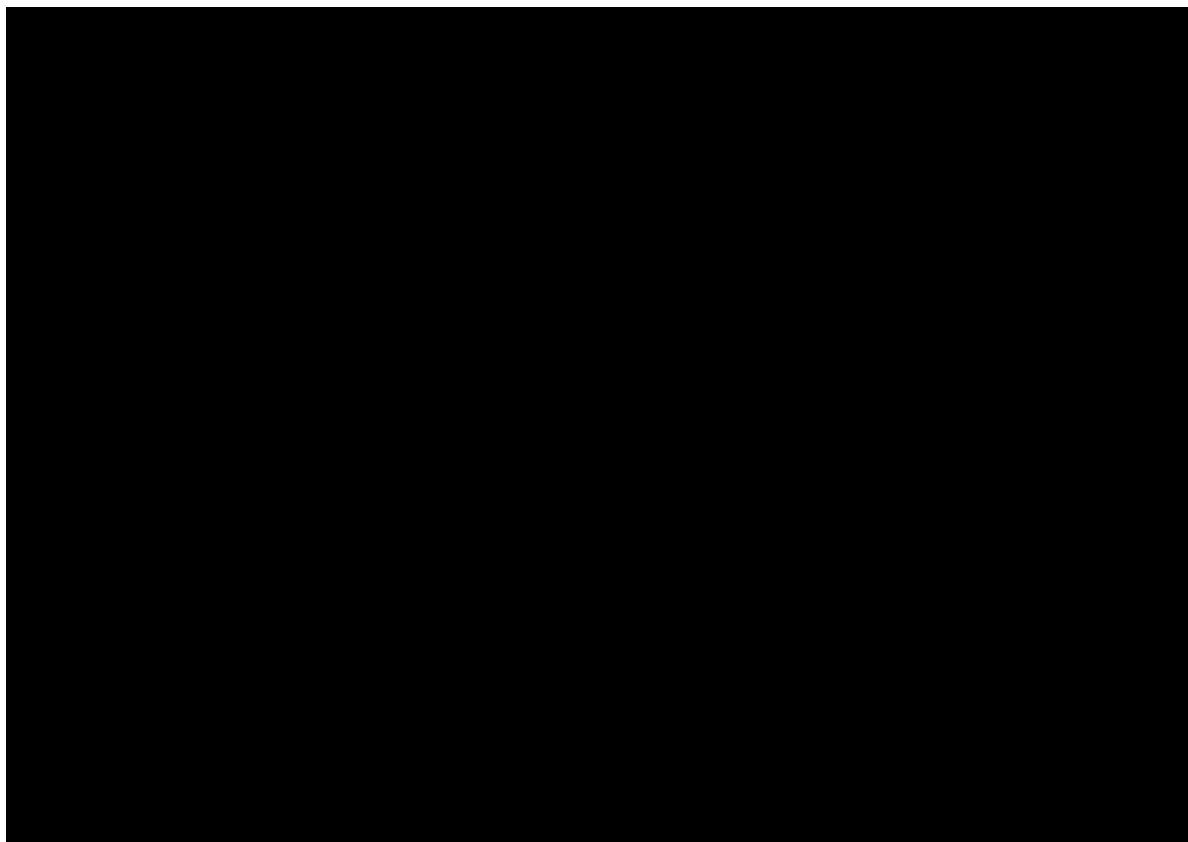


图 11.5-1 项目与周边海洋生态保护红线的位置关系图

（2）本项目对生态保护红线的影响分析

本项目不占用海洋生态保护红线，距离项目最近的生态保护红线为“碣石湾长毛对虾重要渔业资源产卵场”生态保护红线区，距离约为 0.37 km。根据本报告前述影响分析，本项目施工期悬浮沙源强很小，施工结束后作业区水质会逐渐恢复原有的水平。营运期内养殖带来的外源营养物质主要影响范围局限在项目用海范围周边，养殖过程中将定期监控养殖生物饵料摄入情况，以科学确定投喂量，可以提高饲料利用率，进一步降低不利影响。少量残饵可能被野生水生生物摄食，在一定范围内改变野生水

生生物觅食行为，但随着养殖活动的进行，项目用海区周边海域会逐渐形成一个相对稳定的生态系统。此外，施工和养殖期各类作业船舶各类污废水均收集岸上处理，不会对项目所在海域及附近海域的水质产生明显的影响。

综上，项目建设不占用生态保护红线，项目施工期悬浮沙和营运期养殖活动不会对生态保护红线内水质产生明显不利影响。通过定期开展生态环境跟踪监测、控制养殖规模和养殖密度、及时动态调整养殖密度等，可以确保养殖活动对生态保护红线的影响在可接受范围内。

11.6 与其他相关环保规划的符合性

11.6.1 与《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》的符合性

2025 年 1 月 23 日，广东省自然资源厅印发《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》，以下简称《规划》。《规划》承接《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》空间布局和沿海县（市、区）主体功能定位，依据海岸带资源禀赋、生态功能、环境现状和经济社会发展需求，细化海洋生态保护区、海洋生态控制区和海洋发展区，明确海洋功能区管理要求。

依据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》规划分区，本项目未占用海洋生态空间，项目位于规划的海洋发展区中的“渔业用海区”。

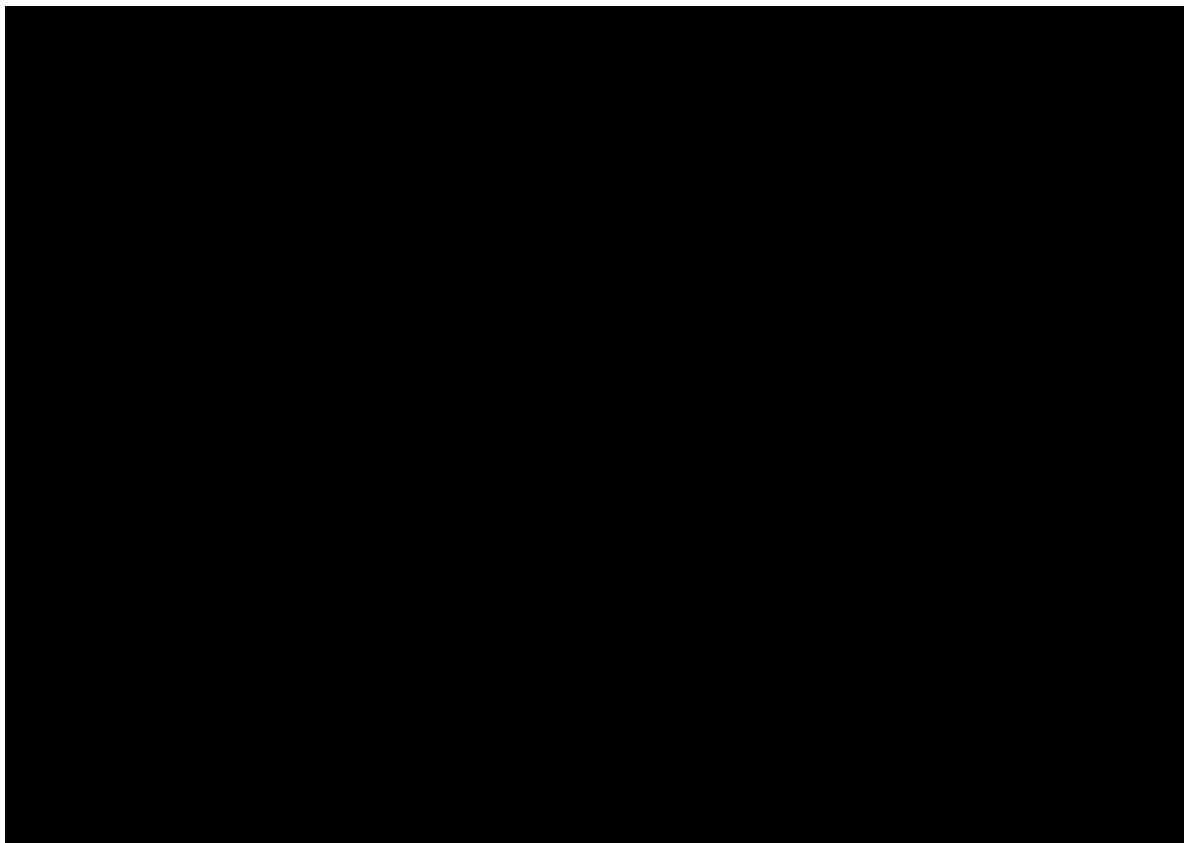


图 11.6-1 本项目与海岸带分区发展及管控规划叠置图

（1）总体管控要求符合性分析

根据《规划》“渔业用海区”空间准入要求如下：

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。

本项目建设内容为深水养殖网箱和养殖围栏，属于渔业增养殖设施，项目用海类型属于开放式养殖用海和透水构筑物用海，项目的建设不会影响海洋功能区主体功能的实施，符合《规划》对“渔业用海”提出的空间准入和利用方式要求。项目选址区水深约 10m，水动力条件良好，养殖过程可以充分利用自然水流的交换作用，同时该类网箱养殖空间较大，能够在一定程度上提高单位水域的养殖产量。通过合理控制养殖规模和养殖密度，可以将养殖活动对用海区海洋生态的影响控制在可接受水平，有

利于促进当地渔业生态养殖产业的发展。因此，项目符合对“渔业用海”提出的生态保护要求。

综上，项目建设符合《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》。

（2）与项目所在功能区管控要求的符合性

本项目未占用海洋生态空间，项目所在海域涉及规划的海洋发展区中“渔业用海区—碣石湾近岸渔业用海区”。

所在分区的具体管控要求见表 2.4-1。项目建设与功能分区管控要求的符合性分析见下表。

表 11.6-1 项目用海与海洋功能区划的符合性分析一览表

所在功能区	管控要求		符合性分析	符合性
碣石湾近岸渔业用海区	空间准入	1.允许渔业基础设施、增养殖、捕捞等用海。	本项目建设内容为重力式养殖网箱和桩柱式养殖围栏，均为渔业养殖设施。	符合
		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带防护工程等用海。	本项目用海类型为渔业用海（一级类）中的增养殖用海（二级类），基本不涉及其它兼容的空间准入用海方式。	符合
		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。	本项目为开放式养殖用海和透水构筑物用海，养殖设施分别占用底土和水体，充分利用用海立体空间，符合该空间准入要求。	符合
		4.优先保障军事用海及军事设施安全。	本项目拟在取得军方意见后实施，不会影响军事用海及军事设施安全。	符合
	利用方式	1.允许适度改变海域自然属性。	本项目为开放式养殖用海和透水构筑物用海，不会改变海域自然属性；	符合
		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。	本项目不涉及填海或非透水构筑物建设，项目建设对水动力的影响为局部、轻微影响，不会对周边海域水动力产生显著不利影响。	符合
		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。	本项目选址于碣石湾中部，避开了汕尾港区的现有锚地、规划锚地，以及广东沿海主要公共航路，未侵占渔港进出港航道，不影响渔港正常运营。	符合
		4.严格控制河口海域的围海养殖，维护河口防洪纳潮功能。	本项目选址位置位于碣石湾内，不涉及河口围海和养殖。	符合
	保护	1.积极防治海水污染，禁止在渔业	本项目施工建设过程中，严格施工船舶	符合

所在功能区	管控要求	符合性分析	符合性
	要求	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。	管理，强化各项船舶污染物收集上岸处理措施，能够有效防治海水污染。项目在离岸约10m水深处采用进行自然海水增养殖，属于生态养殖模式，养殖过程中将合理规划养殖规模、密度和结构，保障渔业资源可持续发展。
	2.切实保护严格保护岸线。	本项目不占用岸线，不会改变岸线的自然属性。	符合
	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。	本项目不占用海岸，不会改变潮间带的自然属性。	符合

综上，项目建设符合《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》。

11.6.2 与《汕尾市海洋生态环境保护“十四五”规划》

2022年8月，汕尾市生态环境局印发《汕尾市海洋生态环境保护“十四五”规划》。

规划以海洋生态环境整体改善为核心，从海洋环境质量改善、海洋生态保护修复和公众临海亲海空间3方面确定了可落地、可执行、可考核的9项规划指标，促进全市海洋生态环境保持优良。规划从坚持绿色引领、落实三个治污、整体保护修复、坚持系统治理、防范环境风险以及坚持陆海统筹六个方面提出了重点任务。

在落实三个治污中，规划明确以品清湖、入海河流、海水养殖为重点，分类实施污染源整治，加强海洋塑料垃圾防治，深入打好近岸海域污染防治攻坚战，持续改善近岸海域环境质量。在加强海水养殖污染防控方面，规划要求严格环评管理，优化空间布局；实施养殖排污口排查整治；强化监测监管。规划指出，针对网箱、筏式、底播等开放性海水养殖，依据环境承载力合理确定养殖规模和密度，督促养殖主体科学投放饵料和药物，鼓励在深远海、水动力扩散条件好的海域开展养殖。

本项目建设内容为现代化海洋牧场，主要发展网箱养殖。项目选址区位于10m水深以外水域，选址区水动力扩散条件好，养殖过程中将密切关注鱼类生长状态、合理控制养殖规模、科学确定投喂量、科学用药，同时养殖过程中产生的各类船舶废水和养殖废弃料全部运回陆地交由有资质单位接收处理或由厂家回收，严禁向海排放，

能够保障养殖区及邻近海域水体环境处于良好状况。此外，项目选址区符合国土空间规划布局要求及生态环境分区管控要求。综上，项目符合《汕尾市海洋生态环境保护“十四五”规划》。

11.7 工程选址合理性

针对本项目的用海特点，拟从自然资源环境条件、区位和社会条件、区域生态环境、与周边海洋开发活动的适宜性等方面分析本项目选址的合理性。

11.7.1 自然环境条件适宜性

（1）水文动力条件适宜性

潮汐、潮流、波浪、悬浮沙、海水温度、盐度等海洋水文和海水理化特点，决定了鱼、虾、贝、藻等海洋生物生存、栖息和活动情况，是开展海水养殖要考虑的重要因素。深水网箱拟养殖区需要一定的流速，以利于减少自身污染、改善水质、提高养殖品种的品质，但流速不能过大，以免损害养殖设施、减少有效养殖水体、损害养殖物种、影响养殖生产。对于圆形网箱而言，根据《深水网箱养殖技术规范》（DB44T742-2010）及经验数据，最大流速一般不超过 0.8m/s。本项目现场观测结果表明，观测期测得最大流速为 65.9 cm/s，项目附近海域流速整体较小，主流向呈 NW~SE，碣石湾外侧遮浪岬角外侧海域流速明显增强较大，主流向呈 NE~SW，海域整体流速适中，适合开展网箱养殖。同时，参考广东省农业农村厅《现代化海洋牧场生态养殖工作指引（试行）》（粤农农函〔2023〕915 号），重力式深水网箱布设海域水深宜大于 10m，项目所在海域水深约 10 m，满足生态健康养殖需要。

（2）水温、盐度和 pH 的适宜性

根据《深水网箱养殖技术规范》（DB44T742-2010），适宜开展深水网箱养殖海域的水环境因子要求为：水温 12~32℃，盐度表层为 13~32、pH 7.8~8.6。根据 2023 年 5 月项目周边海域海洋环境现状调查结果，水温变化范围为 25.4~29.7℃，盐度变化范围为 31.05~33.68，pH 变化范围为 7.8~8.6。

本项目养殖品种以高体鰺、军曹鱼、石斑鱼、卵形鲳鲹等鱼类为主，各适养品种水温、盐度和 pH 适宜性分析见表 11.7-1。

表 11.7-1 适养鱼种适宜性分析表

项目	适宜水温 (°C)	适宜盐度 (%)	pH 值
卵形鲳鲹	18-32	20-30	7.6-9.6
花鲈	16-27	13-32	7.8-8.6
石斑鱼	18-32	15-35	7.8-8.4
军曹	22-34	8-35	7.5-8.5
高体鲷	20-30	16-36	7.5-8.5
项目海域	25.4~29.7	31.05~33.68	8.04~8.33
《深水网箱养殖技术规范》 (DB44T742-2010)	12~32	13~32	7.8~8.6

由上表可见，项目所在海域整体上处于适宜高体鲷、军曹鱼、石斑鱼、卵形鲳鲹等等鱼类生长的水温、盐度和 pH 范围，因此项目的选址是适宜的。

（3）水质、生态环境条件的适宜性

水质对生物的生长和繁殖有重要影响。养殖区水质要求符合渔业水质标准，并在网箱养殖使用期内水质不易受到污染。《深水网箱养殖技术规范》（DB44T742-2010）中要求，水质环境应符合《无公害食品海水养殖用水水质》（NY5052）的规定，根据规定，石油类、铜、铅、镉、汞、砷、锌等项目的标准限值均宽松于国家海水二类水质标准的限值，水环境 pH 值应符合 7.8~8.6。根据 2023 年 5 月对项目周边海域海水水质的调查结果，本项目养殖区附近海域水质质量较好，适宜开展深水网箱养殖，本项目周边海域 pH 值为 8.04~8.33，满足海水养殖需求。

选址区域所在海域是传统的鱼类作业区。根据 2023 年 5 月海洋环境现状调查结果，本项目养殖区附近生物种类丰富，生态环境较好，适宜进行网箱养殖。

因此，选址区域水质环境及生物资源满足海水养殖需求。

11.7.2 区位和社会条件的适宜性

本项目所在地汕尾陆丰地处粤东沿海经济带重要节点，是深汕特别合作区的联动发展区，可依托粤港澳大湾区和深圳先行示范区的双重政策叠加优势，全面承接产业外溢资源，充分释放本区域的战略发展潜能。此外，本区的海鲜因质优品高而闻名，水产品市场尤其是干脯类发展良好，水产品物流体系建设日益完善。当前，海洋捕捞业处于下滑趋势，为水产养殖业的发展提供了机遇。项目用海选址的碣石湾海域拥有

良好的水热资源条件，丰富的水生生物资源，所处海域环境良好，无重大工农业污染源，水域滩涂承载能力较高，适宜大规模高质量的海水养殖。因此，本项目选址于碣石湾海域开展深水网箱养殖，且位于海洋牧场规划、养殖水域滩涂规划等划定的养殖区，是汕尾市建设现代化海洋牧场，打造海上粮仓的重要体现，与广东省、汕尾市社会经济发展方向相一致。

项目位于汕尾碣石湾海域，水域开阔，水上施工的水域面积较大，各类施工船舶干扰较少，有利开展多个作业面。水运可依托周边港口，交通便捷，建筑材料、设备等可以直接运到现场。因此，项目建设依托交通条件十分理想。

项目周边分布有金厢渔港、碣石渔港、乌坎渔港三大渔业基地，选址区域位于三大渔港核心辐射范围内，均可作为本项目海上养殖的物资补给、冷链物流及加工销售的重要陆基支撑。由此可见，项目选址兼具近岸配套便利性与离岸养殖适宜性，符合国家海洋牧场示范区关于“岸基支撑有力、海域空间优化”的选址标准，为项目可持续发展提供了坚实基础。

综上所述，本项目选址于规划的养殖区，与当地社会经济发展条件相适宜，所在地的外部协作条件较好，可以满足项目建设的需要。

11.7.3 与周边用海活动的适宜性

根据项目与周边开发利用活动的位置关系，与本项目最近海洋开发利用活动有汕尾华电现代化海洋牧场项目（拟申请）、陆丰市碣石湾海域金厢片区开放式养殖用海项目、陆丰盛风蚝业水产养殖项目、陆丰蚝之发水产科技养殖项目。此几个项目养殖用海均在《汕尾市现代化海洋牧场建设规划（2024—2035年）》中规划的“06 碣石湾海域启动区一区”用海范围内。

本项目属于开放式养殖用海，不改变海域自然属性，施工对周边水质的影响主要是施工过程造成局部水体悬浮物浓度增加的影响，但该影响是短期的、可恢复的，未扩散至周边养殖用海区，且周边养殖项目尚未建设，不会因施工活动对其养殖水域水质造成不利影响。

本项目为海洋鱼类养殖项目，项目运营期间，因临近项目均为贝类海水养殖项目，可与本项目形成养殖区“鱼-贝”空间耦合，即贝类滤食可高效截留鱼类排泄带来的溶解态与颗粒态氮、磷，转化为自身软组织，削减水体营养盐通量，减少有机物向底层沉降，相当于在鱼类养殖影响路径上设置系列“生态截留带”，使营养盐在水平流场中呈

阶梯式递减，实现“内循环-负荷削减”双重效应。因此，从海洋环境影响角度评价，本鱼类养殖项目与周边规划贝类养殖项目在空间布局、生态功能和环境承载力上高度匹配，可协同降低富营养化和沉积物污染风险，提升区域养殖容量与环境可持续性，符合生态优先、绿色低碳的海洋渔业发展方向，用海环境协调性良好。

项目施工期、营运期间往来陆地和养殖区船舶可能会对海上的通航环境产生一定程度的影响。因此，项目建设单位必须做好通航和安全保障措施，与海事部门做好协调，按照海事部门的要求做好通航保障工作。在此前提下，本项目的建设与周围的利益相关者具有可协调性，项目选址与周边海域开发利用活动相适宜。

综上所述，本项目所在海域自然条件良好，具备建设深水养殖区的条件；区域外部配套条件完备，相关产业支撑要素有保障，符合项目实施要求；项目与周边利益相关者及海域开发活动具有良好的协调性，项目选址是合理的、可行的。

12 环境管理与监测计划

12.1 环境管理

12.1.1 环境管理体系

本项目环境管理体系包括建设方内部及相关方环境管理体系及国家生态环境相关职能部门之间的管理体系。项目建设相关的环境管理机构包括：项目建设单位、施工单位的环境管理机构、施工期环境监理单位、环境监测机构。

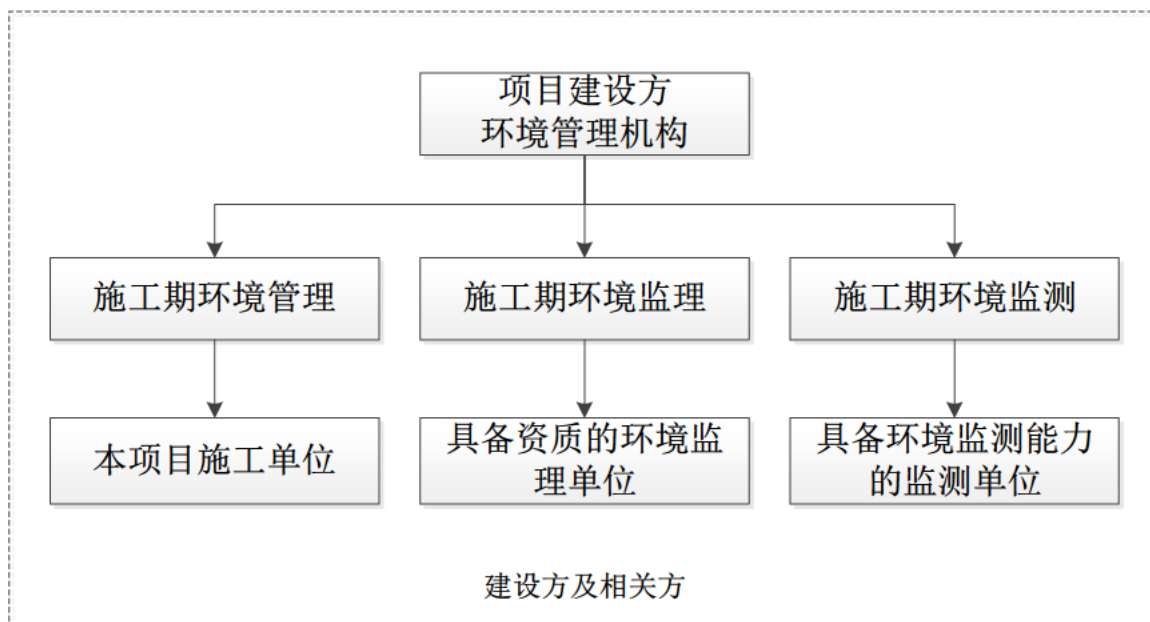


图 12.1-1 本项目环境管理体系图

12.1.2 环境管理机构

12.1.2.1 建设单位环境管理机构

本项目的环境保护工作由建设单位负责，建设单位应设立内部环境保护管理机构，专人负责环境保护工作，实行岗位责任制，负责项目建设及后期运营全程的全部环境管理工作。

建设单位环境管理机构的主要职责包括：

(1) 对项目范围内的环境保护实行统一管理，贯彻执行国家和地方的有关环境保护法规；

(2) 加强建设项目的环境管理，督导施工单位严格执行本报告提出的污染防治措施和对策；

(3) 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；

(4) 组织项目海域的环境监测工作，建立监控档案；

(5) 做好环境教育和宣传工作，提高各级管理人员和服务人员的环境保护意识，加强员工对环境污染防治的责任心。

12.1.2.2 施工单位环境管理机构

施工单位应设立内部环境保护管理机构，由施工单位各作业区主要负责人组成，负责落实建设单位提出的环境保护管理要求，确保各项环境保护措施得到切实有效的落实。

施工单位环境管理机构的主要职责包括：

(1) 根据建设单位环境管理制度要求，制定施工单位内部环境保护管理规章制度；

(2) 负责与建设单位环境管理机构对接，定期汇报与本项目施工有关的污染控制措施和风险防控措施的实施情况；

(3) 根据建设单位提出的环境保护措施要求，编制详细的施工期环境保护措施落实计划，并组织制定施工风险事故应急计划；

(4) 建立本项目施工过程环境管理工作台账，详细记录各项环境保护措施的落实情况是否到位，定期对作业船环境保护设施进行检查、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；

(5) 施工前组织对作业人员开展环境教育和宣传工作，提高各级施工管理人员和具体施工人员的环境保护意识，加强员工对环境污染防治的责任心。

12.1.2.3 环境监理单位

工程施工期建议实施环境监理制度，建议建设单位聘请有资质的施工监理单位承担，主要职责包括：

(1) 依照国家环境保护法律、法规及标准要求，以本项目环境影响评价文件及批复要求及施工合同中环境保护相关条款为依据，审查施工承包商采取的施工工艺和采用的船机设备是否满足相关要求。

（2）监督、检查施工承包商对施工期污染防治措施和生态保护措施的实施进度、质量及效果。结合本项目施工特点，建议环境监理重点工作应覆盖以下方面：①施工船舶污染物贮存设施的配备情况是否符合分类收集要求，是否应收尽收；②船舶污染物上岸接收时，接收单位是否具备相关污染物接收资质或能力要求，交接过程中操作是否规范，双方是否详细记录交接时间、地点、污染物种类和数量等信息；③海上施工是否按照环评文件批复要求，落实施工时段尽量避开敏感期、施工潮期尽量选择平潮等不利于悬浮沙扩散的海流条件作业。

（3）对在监理过程中发现的环境问题，及时与业主和施工单位沟通，并以书面形式通知施工单位进行限期处理改进，并监督监理整改情况。

（4）按照监理制编制监理月报、监理报告，定期向建设单位汇报监理工作情况。

12.1.2.4 环境监测机构

环境监测工作需要委托具备环境监测能力的单位承担，由建设单位的环境管理机构监督执行。

环境监测的技术要求按照有关环境监测规范的规定执行，并在施工完成后及时向生态环境主管部门提交符合要求的跟踪监测计量认证分析测试报告备案。

12.2 环境监测

根据《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》要求，为及时了解和掌握建设项目在施工期、营运期对海洋环境的影响程度，以便及时发现对可能产生明显环境影响的关键环节并反馈调整，使可能造成环境影响的因素得以控制，需要对建设项目施工和运营对海洋环境产生的影响进行跟踪监测。

12.2.1 施工期环境监测计划

项目施工环境影响主要是养殖围栏桩基施工和重力网箱锚泊件投放投放过程产生的悬浮物以及施工船舶污水排放对海洋环境产生的不利影响，根据施工期环境影响分析，本次环境监测重点是对施工引起的悬浮物对水质、生态环境的影响进行监测。

（1）监测站位

项目施工期环境监测主要是针对本项目施工水域以及周边环境敏感目标海域进行。施工期拟布设 4 个站位，分别为：项目施工水域南、北侧各 1 个，用海区西侧汕

尾碣石湾鲮鱼长毛对虾国家级水产种质资源保护区边界布设站位 1 个，考虑到周边养殖项目建设进度不确定，本次用海区东侧拟建设贝类养殖项目边界布设 1 个站位。具体见表 12.2-1 和图 12.2-1。

表 12.2-1 环境监测点位坐标

监测站位	经度 (E)	纬度 (N)
■	██████████	██████████
■	██████████	██████████
■	██████████	██████████
■	██████████	██████████

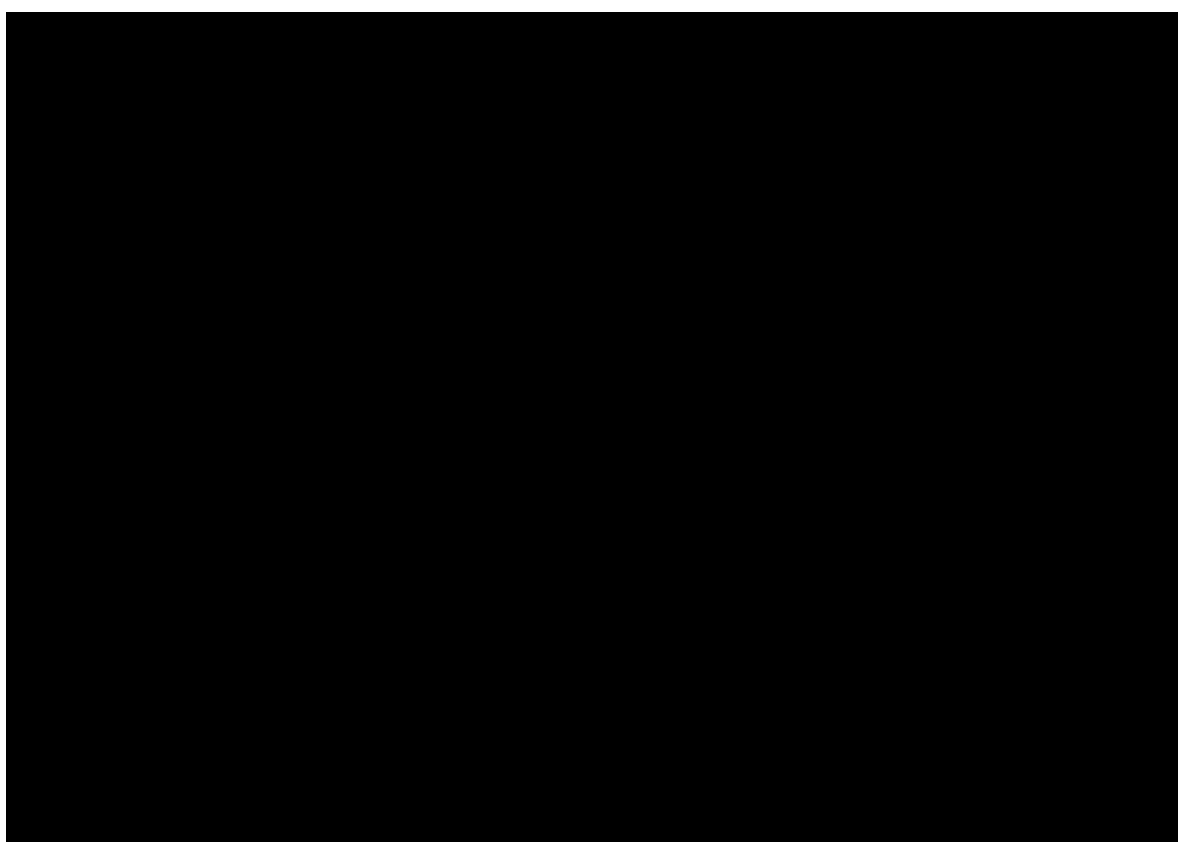


图 12.2-1 施工期环境监测点位图

(2) 监测项目

水质：pH、悬浮物、透明度、化学需氧量、石油类、DO、无机氮、活性磷酸盐；
海洋生态：叶绿素 a、浮游植物、浮游动物、底栖生物、游泳生物（含鱼卵、仔鱼）。

(3) 监测频率

考虑本项目规模较小且施工悬浮沙影响仅发生在打桩和投锚作业过程，工期较

短，施工期内监测一次即可，尽量在施工强度相对较高的作业期开展。

（4）监测方法

各监测项目的具体采样与监测方法参照《海洋调查规范》（GB/T 12763-2007）《海洋监测规范》（GB17378.4-2007）。

12.2.2 运营期环境监测计划

（1）监测站位

项目东侧临近陆丰市碣石湾海域金厢片区开放式养殖用海项目、陆丰盛风蚝业水产养殖项目、陆丰蚝之发水产科技养殖项目，项目北侧临近汕尾华电现代化海洋牧场项目，结合周边项目运营期环境跟踪监测计划，建议各养殖项目环境监测信息充分共享，避免重复工作，以尽可能对规划 06 号碣石湾海域启动区一区周边水域开展全面跟踪监测。

根据上述原则，评价建议运营期环境监测站位主要对养殖区西侧临近水产种质资源保护区处、养殖区内及南侧开展跟踪监测。具体见表 12.2-2 和图 12.2-2。

表 12.2-2 运营期环境监测点位坐标

监测站位	经度 (E)	纬度 (N)	监测内容
1#	115°40'6.84"	22°47'42.93"	海水水质、沉积物、海洋生态
2#	115°40'36.15"	22°47'40.62"	海水水质、沉积物、海洋生态、生物质量
3#	115°40'37.25"	22°46'26.37"	海水水质、沉积物、海洋生态

备注：2#站位海洋生态监测内容不含游泳生物（含鱼卵、仔鱼）。

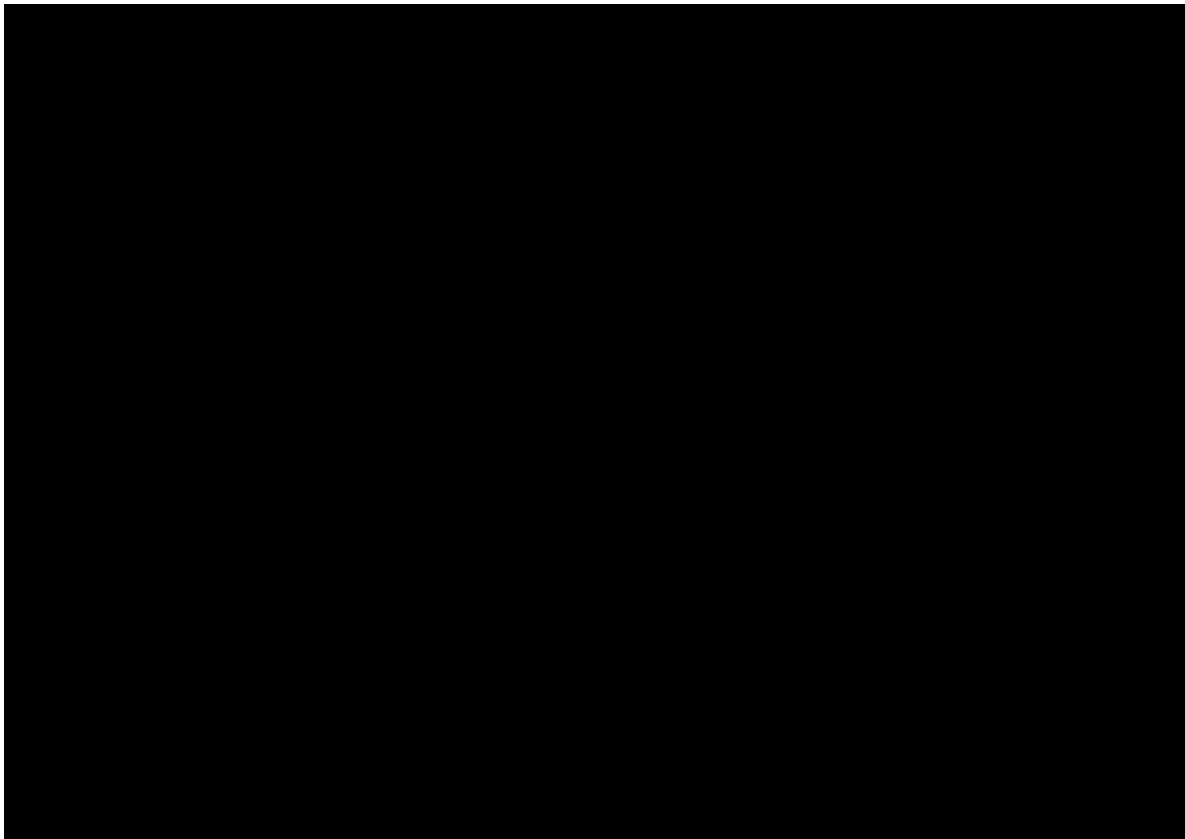


图 12.2-2 运营期环境监测点位图

(2) 监测项目

水质：水温、盐度、pH、溶解氧、COD、BOD、无机氮、氨氮、活性磷酸盐、石油类等 10 项；

沉积物：氧化还原电位、硫化物、有机碳和重金属（总汞、铜、铅、镉、锌、铬、砷）共 10 项；

海洋生态：叶绿素 a、浮游植物、浮游动物、底栖生物、游泳生物（含鱼卵、仔鱼）。

(3) 监测频次

每半年（春季、秋季）监测一次，如遇赤潮、污染事件等加密监测，若监测结果显示养殖海域周边海洋环境良好则可降低监测频率。

(4) 监测方法

各监测项目的具体采样与监测方法参照《海洋调查规范》（GB/T 12763-2007）、《海洋监测规范》（GB17378.4-2007）。

建议本项目建设单位与生态环境主管部门积极沟通，由管理部门统筹协调周边养殖区环境跟踪监测工作的协同实施，并根据监测结果动态调整监测站位，必要时增加

特定监测项目。

13 环境影响评价结论

13.1 工程概况

本项目（即“汕尾市 06 号碣石湾海域启动区一区现代化海洋牧场项目”）位于陆丰金厢镇虎尾山西南侧 5.4 公里海域，用海区水深约 10 m，总用海面积为 102.0097 公顷，为渔业用海中的开放式养殖用海。项目用海区共布置 59 个 C90 型重力式网箱和 1 个大型养殖围栏，网箱水体容量合计约 52.4 万 m^3 。适养鱼种包括章红鱼、金鲳鱼、军曹鱼、石斑鱼等。预计年渔获物产出量约 7860 吨。

本项目用海类型为渔业用海（一级类）中的增养殖用海（二级类）。本项目重力网箱养殖区域用海方式为开放式（一级方式）中的开放式养殖（二级方式）；大型围栏养殖区域用海方式为构筑物（一级方式）中的透水构筑物（二级方式）。

项目总投资约 1.0 亿元，年运营 360 天，施工期 12 个月。

13.2 工程分析结论

13.2.1 施工期

本项目施工期污染源主要来自养殖围栏桩基施工和重力网箱锚泊件投放过程产生的悬浮沙、船舶废水（包括含油污水和生活污水）、船舶垃圾、船舶轮机废气和噪声。其中，桩基施打作业悬浮沙产生率为 1.40kg/s，单个网箱源强锚泊件投放悬浮沙产生率为 0.72kg/s，船舶机舱含油污水产生量约为 3.56 t/d，船舶生活污水产生量约为 3.56 t/d，船舶垃圾产生量约 50kg/d。养殖围栏打桩噪声约为 230dB，施工船舶噪声在 75~100dB 之间，船舶废气为少量的 SO_2 、 NO_x 和烃类物质。

项目施工造成的非污染环境的影响主要为网箱锚固件投放及养殖围栏打桩引起的悬浮物产生的悬浮沙对海洋浮游生物、底栖生物和游泳生物栖息生境的影响。

13.2.2 运营期

本项目运营期污染源主要来自养殖活动产生的各类养殖污染物和养殖围栏管理中心工作人员办公及水产加工活动产生的污染物，其中养殖污染物包括残饵、鱼类排泄物等引起的水体营养盐污染以及各类固体废弃物、废水（包括养殖工船污废水、

噪声、船舶垃圾等）、废气船舶废气；管理中心人员活动污染物包括人员生活污水、生活垃圾、水产加工废水、废弃物以及往来交通船、污水接驳船船舶污染物（船舶污水、船舶垃圾、噪声等）。其中，养殖水污染物排放量为 COD_{Cr}: 17.0 t/a、氨氮: 1.69 t/a、总氮: 177.40 t/a、总磷: 20.18t/a；船舶机舱含油污水产生量约为 0.70t/d，船舶生活污水产生量约为 1.5 t/d；船舶垃圾产生总量约 7.2t/a，管理中心生活污水产生量约为 3.1 t/d，水产加工废水产生量约为 22.0m³/d。此外，重力网箱码头清洗网衣废水产生量高峰期 5m³/d，产生废弃物 292.5t/a，养殖围栏原位清洗产生悬浮沙 0.23kg/s，产生废弃物 10.16 t/a。养殖残饵、病死鱼年产生量分别约为 4442.4t/a、146.72t/a，养殖围栏上水产加工废物日产生量约为 0.37t/d。

项目养殖活动造成的非污染影响主要是养殖残饵及鱼类排泄物使得水体有机质、氮、磷含量增加引起的生物群落结构特征的变化，以及沉降的残饵和鱼类粪便对网箱底部沉积环境和底栖生境的改变。此外，还可能对网箱周边野生鱼觅食行为有一定的影响。

13.3 环境现状调查结论

13.3.1 海水水质

2023 年 5 月调查结果显示：执行一类水质标准的站位，各站位 pH、COD、BOD₅、石油类、无机氮、锌、镉、铜、汞、砷均达标，DO、活性磷酸盐、铅各有 1 个站位超标。DO 超标倍数 0.56 倍，活性磷酸盐超标倍数 0.03 倍，铅超标倍数 0.39 倍；执行二类水质标准的站位，所有水质因子均达标；不在近岸海域功能区划范围内的各调查站位，pH、DO、COD、BOD₅、石油类、无机氮、锌、镉、铜、汞、砷能够达到一类水质标准，另有 2 个站位的活性磷酸盐和 1 个站位的铅能够达到二类水质标准。

2025 年 10 月调查结果显示：执行一类水质标准的站位，各站位 pH、COD、BOD₅、石油类、无机氮、锌、铅、镉、铜、汞、砷均达标，DO 有 1 个站位超标，超标倍数 0.12 倍，但满足第二类海水质量标准。执行二类、三类水质标准的站位，所有水质因子均达标；不在近岸海域功能区划范围内的各调查站位，本次进行水质标准符合性分析。各调查站位所有水质因子均能够达到一类水质标准。

13.3.2 海洋沉积物

2023 年 5 月调查结果显示：执行一类沉积物质量标准的站位，各站位有机碳、石

油类、硫化物、锌、铜、铅、镉、铬、汞、砷均符合一类沉积物质量标准要求；不在近岸海域功能区划范围内的各调查站位，各站位沉积物中有机碳、石油类、硫化物、锌、铜、铅、镉、铬、汞、砷也均符合一类沉积物质量标准要求。调查海域沉积物质量总体良好。

2025年6月潮间带沉积物调查结果显示：各站位有机碳、石油类、锌、铜、铅、镉、汞、砷均符合一类沉积物质量标准要求。铬有4个站位超标，最大超标倍数为0.58倍。

13.3.3 海洋生态环境

（1）浮游植物

2023年5月调查结果表明，调查海域浮游植物种类较多，共鉴定出4门127种，硅藻门是主要的组成门类；浮游植物平均细胞密度为 $624.73 \times 10^3 \text{ ind/m}^3$ 。日本星杆藻（*Asterionella japonica*）为调查海区的第一优势种，调查海域浮游植物多样性指数均值为4.18；均匀度指数均值为0.75；丰富度指数均值为2.57。

2025年10月调查结果表明，调查海域浮游植物种类较多，共鉴定出2门84种，硅藻门是主要的组成门类；浮游植物平均细胞密度为 $926.932 \times 10^3 \text{ ind/m}^3$ 。柔弱菱形藻（*Nitzschia delicatissima*）为调查海区第一优势种，调查海域浮游植物多样性指数均值为3.47；均匀度指数均值为0.72；丰富度指数均值为1.37。

（2）浮游动物

2023年5月调查结果表明，调查海域浮游动物种类较多，鉴定共有98种，主要由桡足类、水母类、被囊类和浮游幼体组成；浮游动物平均个体数量为 165.00 ind/m^3 ，平均生物量为 285.74 mg/m^3 。浮游动物优势种共7种。鸟喙尖头蚤（*Penilia avirostris*）为调查海区第一优势种。调查海域浮游动物多样性指数均值为4.09，均匀度均值为0.70，丰富度均值为8.33。

2025年5月调查结果表明，调查海域浮游动物种类较多，鉴定共有102种，主要由桡足类、水母类、被囊类和浮游幼体组成；浮游动物平均个体数量为 300.23 ind./m^3 ，平均生物量为 341.93 mg/m^3 。浮游动物优势种共9种。微刺哲水蚤（*Canthocalanus pauper*）为调查海区第一优势种。调查海域浮游动物多样性指数均值为3.44，均匀度均值为0.66，丰富度均值为4.45。

（3）底栖生物

2023 年 5 月调查结果表明，调查海域底栖生物共鉴定有 18 种，底栖生物平均栖息密度为 32.3 ind/m^2 ，平均生物量为 8.68 g/m^2 ，组成以棘皮动物为主。优势种有 2 种，光滑倍棘蛇尾（*Amphioplus laevis*）为调查海区绝对优势种。调查海域底栖生物多样性指数平均值为 1.60，均匀度平均值为 0.91 丰富度指数平均值为 0.5。

2025 年 10 月调查结果表明，调查海域底栖生物共鉴定有 66 种，底栖生物平均栖息密度为 35.10 ind./m^2 ，平均生物量为 6.41 g/m^2 ，组成以蠕虫动物为主。优势种有 4 种，短吻铲荚蛭（*Listriolobus brevirostris*）为该调查区域的第一优势种。调查海域底栖生物多样性指数平均值为 2.68，均匀度平均值为 0.82；丰富度指数平均值为 1.81。

（4）生物质量

2023年5月调查结果表明，调查海域中鱼类、甲壳类及软体类中的砷90%超标，最大超标倍数5.44倍，另外1个站位的甲壳类的铜指标出现超标，超标率为10.0%，最大超标倍数1.42倍。其他各站位鱼类、甲壳类、软体类的锌、镉、铅、总汞、石油烃含量水平均符合相应标准限值。结合同期调查数据，推测生物体质量砷、铜超标可能是采样污染所致。

2025年10月调查结果表明，调查海域中甲壳类砷20%超标，最大超标倍数0.74倍，其他各站位鱼类、甲壳类的锌、镉、铅、总汞、铜、石油烃含量水平均符合相应标准限值，推测甲壳类砷超标主要与其强生物富集能力有关。

13.4 环境影响及环保措施评价结论

13.4.1 水文动力及地貌、冲淤影响

本工程主要建设内容为重力式网箱和养殖围栏，网箱均为透空式结构，锚泊系统结构件尺度很小，不会显著影响周边海域潮流场。桩柱式围栏为透空式结构，水流可以自由通过，但管桩和网箱网衣减小了海域水流水断面面积，会对周边的流场产生一定影响。但围栏桩基直径较小且项目所在的开放性海域水文动力条件较好，桩柱结构对水文动力影响较小。数值模拟结果显示，项目用海区内流速有所增加，最大流速变化幅度 2 cm/s ，用海区外约 600m 流速基本上没有变化。工程建设引起的泥沙淤积范围局限在工程海域范围 150m 的海域内，影响程度有限。总体上看，项目不会对所在海域水动力环境产生明显不利影响，也不会引起工程海域滩面的整体性冲淤变化。

13.4.2 水质影响及环保措施结论

13.4.2.1 施工期

本项目施工过程中对水质影响主要为养殖围栏桩基和重力网箱固定系统锚件投放产生的入海悬浮沙以及船舶污水。

采用三维潮流泥沙输运扩散模型预测结果显示：施工期养殖围栏桩基和重力网箱锚泊件投放产生的悬浮物浓度增量大于 10mg/L、20mg/L 影响范围分别为 1.24km²、0.23km²，未出现悬浮物浓度增量大于 50mg/L 的影响范围；运营期养殖围栏网衣清洗产生的悬浮物浓度增量大于 10mg/L 影响范围分别为 0.15km²，未出现悬浮物浓度增量大于 20mg/L 的影响范围。

针对悬浮沙水质影响，施工通过合理安排施工计划、优化打桩施工和网箱双齿锚投放方案、提高作业精度等措施，可以最大限度的减少悬浮物对海洋环境的影响程度。

施工过程中各类船舶污水严禁排海，船舶含油污水收集后上岸交由有船舶油污水接收资质的单位接收处理，船舶生活污水收集后，上岸由槽车直接拉运至附近污水处理厂处理。

经采取以上措施后，本项目施工建设对海水水质影响可接受。

13.4.2.2 运营期

本项目运营期养殖活动对水质影响主要为养殖活动产生的水污染物、围栏上管理中心水污染物以及各类船舶（包括养殖船、管理中心交通船、污水接驳船等）排污影响。

通过数值模拟分析，本项目运营期养殖活动排放的污染物 COD_{Mn}、氨氮、活性磷酸盐浓度均较小，叠加背景浓度后均能够符合一类水质标准要求。此外，项目选址区水域开阔，水动力交换条件较好，饵料残渣和鱼类排泄物能够较快地随海水扩散，并被网箱外的浮游生物和其他鱼、虾类所利用，总体来看项目养殖活动对周边海域海水水质影响较小。

本工程运营期养殖围栏上设置专门的污水收集与处理系统，管理中心办公和作业人员产生的生活污水、水产加工废水经收集与处理后，由污水运输船定期拉运上岸后交由附近污水处理厂处理。养殖人员生活污水由船舶自备的临时污水储存柜收集，船舶油污水经船舶含油污水收集舱集中收集，待船舶靠港后，各类污水均上岸处理，其中船舶含油污水交由有资质单位接收处理，生活污水上岸由槽车直接拉运至附近污水

处理厂处理。重力网箱清洗废水经沉淀处理后回用于绿化或抑尘。

综上，项目实施后工程海域产生的养殖污染物影响可接受，不会恶化区域海水水质，管理中心各类污废水和船舶污水能够得到妥善处置，不会对项目海域周边水质产生明显不良影响。

为进一步降低工程实施对区域海水水质影响，评价提出以下污染防治措施，主要有：加强各类船舶的日常管理，防止发生船舶污水跑、冒、滴、漏；严格落实船舶污水上岸处理措施，同时强化船舶污染物接收作业规范性；定期维护养殖围栏污水收集与处理系统，保证其处于良好运行状态；控制养殖规模，优化饵料营养组成，科学选择投喂方式、科学用药；开展养殖区及周边海域环境质量跟踪监测，根据跟踪监测结果，动态优化养殖方案，使水域保持良好环境。

经采取以上措施后，本项目养殖活动对海水水质影响可以控制在可接受水平。

13.4.3 沉积物影响分析结论

13.4.3.1 施工期

本项目养殖设施建设施工工程量总体较小，施工期短，施工期引起的悬浮沙量和影响范围较小，影响范围仅集中在项目附近。且工程施工过程产生的悬浮物主要来自本海区，不会对本海域沉积物的理化性质产生影响，且施工产生的悬浮物扩散对沉积物的影响是短暂的，施工完毕后影响将不再持续，能保持沉积物环境质量的原有水平。

13.4.3.2 运营期

项目养殖活动对沉积物环境的影响主要是养殖围栏桩基、重力网箱锚泊构件占海影响以及养殖活动对沉积物的污染影响。估算桩基和锚件占海总面积为 2395.46m²。养殖污染影响主要是养殖残饵和鱼类排泄物产生的有机质和氮、磷营养盐物质沉积对底质的长期影响，此种影响与养殖数量、养殖密度密切相关。本工程养殖密度、养殖面积符合相关养殖技术要求，项目实施后养殖量仍在汕尾市规划海洋牧场养殖容量范围内。且养殖活动对底质的影响范围一般自养殖区域中心向周围递减，约在 100m 左右消失。因此评价认为本工程建设对沉积物的影响是可以接受的。

13.4.4 生态环境影响及保护措施结论

13.4.4.1 施工期

项目施工期对海洋生物生态的影响主要是施工悬浮沙和网箱锚泊件、桩基及其圈

闭范围占海对作业水域浮游生物、游泳生物以及底栖生物栖息生境造成的影响。

施工过程中产生的悬浮沙源强比较小，造成渔业资源损失也比较小。经估算，项目施工悬浮沙造成渔业资源直接损失量为：项目施工和运营期悬浮沙造成渔业资源直接损失量为：游泳生物 45.29kg、鱼卵 7.70×10^6 粒、仔稚鱼 1.62×10^6 尾；桩基、锚泊件以及围栏养殖区占海造成的底栖生物损失量为 0.55t。

针对施工造成的生物生态影响，评价本着最大程度降低生态不利影响的原则，提出了以下生态保护措施和补偿措施，包括：结合项目周边生态环境敏感性优化制定施工计划，打桩和投放系泊锚施工避开 2 -4 月和 10 -12 月），同时尽量缩短作业期，最大限度减少扰动时间，以减轻施工可能带来的水生生态环境影响。结合周边养殖项目建设进度优化具体的施工组织方案，严格落实悬浮沙影响缓解措施以及船舶污水上岸处理措施要求，控制施工海域范围，防止超范围施工活动，开展施工期环境监测，根据监测结果，及时调整施工强度或优化施工方案；对施工作业造成的生物资源损失进行补偿。

综上，项目施工不可避免的会对海洋生物生态造成一定影响，应采取一定的措施后能够予以缓解，同时对项目施工造成的生物资源损失进行补偿，将其可能产生的生态环境影响降至最低。经采取措施后，项目施工对海洋生态影响较小。

13.4.4.2 运营期

运营期项目对海洋生态环境的影响主要是网箱养殖饵料投放所致残饵和网箱内鱼类排泄物的漂移、沉降、降解过程会引起海水和沉积物中有机物质和营养盐物质含量升高，从而对项目所在海域浮游生物、底栖生物、渔业资源等栖息生境、生存行为及生态群落结构产生一定的影响。

评价分析认为，项目运营期养殖活动对底栖生物的影响是局部性影响，在距离养殖区达到一定距离后养殖区与周边水域几乎无明显差异，且项目选址区水动力条件较好，养殖污染物能够较快稀释扩散，虽然对在一定范围内改变野生鱼觅食行为，但随着养殖活动的进行，项目用海区周边海域一定范围内会逐渐形成一个相对稳定的生态系统。此外，项目采用的养殖模式属于生态养殖，有利于区域海洋渔业资源由粗放经营向集约化生产转变，达到增殖渔业资源的目的，有利于减少对野生渔业资源的捕捞，促进渔业资源的可持续利用。

针对运营期养殖生态影响，评价提出以下生态保护措施，主要包括：通过量化研

究进一步优化养殖容量；优先选用防污网衣，勤洗网、换网，减少网衣附着生物量；优化饵料营养结构组成，监控饵料摄入情况，充分利用养殖围栏智能化监控信息，科学确定投喂方式和投喂量，提高饲料利用率；禁止各种养殖废弃物直接向养殖水域丢弃；控制养殖容量，尽量交替使用网箱，实行交叉“休息”制度；开展养殖区及附近水域的生态环境跟踪监测工作，根据监测数据动态调整优化养殖方案。

经采取措施后，能够将项目运营期养殖活动对海洋生态环境的影响控制在可接受水平。

13.5 生态环境风险结论

本项目的环境风险主要为船舶碰撞事故溢油风以及热带气旋、风暴潮、赤潮等自然灾害对本项目造成的风险。此外，还存在因养殖密度过高引起水体富营养化风险。

根据溢油数值模拟结果，在选定的典型情境下，溢油事故发生后，在不采取任何应对措施情况下，油膜在风和潮流的共同作用下将很快抵达生态敏感区并造成严重污染。项目周边海域应急资源相对充足，但项目仍应严格加强施工的安全管理，采取风险防范措施，制定环境风险应急预案，建立联动、互助机制，购买应急服务或自行配备足量的风险应急设施及设备，同时针对养殖生态风险，合理控制养殖规模，定期开展环境监测，则本项目环境风险可控。

13.6 建设项目环境可行性总结论

本项目建设符合国家产业政策，符合国土空间规划及相关环保规划要求；项目未占用生态保护红线区，项目实施符合所在区域“三线一单”生态环境分区管控要求。

项目选址合理，满足深水养殖环境要求，施工工艺简单，养殖工艺成熟，拟采取的各项污染防治措施可操作性强，各类污废水及固废废物均能得到妥善处置；项目实施对海洋生态环境影响程度可接受，不会海域生态健康产生重大不利影响，不存在重大环境制约因素。

评价认为：在认真落实各项环保措施的前提下，本项目的建设和运营对外环境的影响处于可接受范围；在加强环境风险防范、落实风险防控方案的情况下，本项目环境风险也是可控的。从环境保护角度考虑，本项目的建设是可行的。