

揭阳市投控农业海洋牧场产业园

环境影响报告书

(公示稿)

建设单位：揭阳市投控农业发展有限公司

编制单位：广州恒炜科技咨询有限公司

二〇二六年一月



编制单位和编制人员情况表

项目编号	6bwpq6		
建设项目名称	揭阳市投控农业海洋牧场产业园		
建设项目类别	03—004海水养殖		
环境影响评价文件类型	报告书		
一、建设单位情况			
单位名称（盖章）	揭阳市投控农业发展有限公司		
统一社会信用代码	91445200MAE7Q9HN18		
法定代表人（签章）	陈俊义		
主要负责人（签字）	陈俊义		
直接负责的主管人员（签字）	陈俊义		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	广州恒炜科技咨询有限公司		
统一社会信用代码	91440101MA5GLEJ19N		
三、编制人员情况			
1 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
郭勇	2016035420350000003512420020	BH022323	
2 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
林齐俊	6.环境风险分析与评价；8.环境经济损益分析；10.环境管理与监测计划；12.附录；13.附件	BH064269	
潘晓滢	2.总则；4.环境现状调查与评价；7.环境保护措施及其可行性论证；9.产业政策与规划相符性分析	BH062080	
郭勇	1.概述；3.建设项目工程分析；5.环境影响预测与评价；11.环境影响评价结论及建议	BH022323	

建设项目环境影响报告书（表） 编制情况承诺书

本单位广州恒炜科技咨询有限公司（统一社会信用代码91440101MA5CLEJ19N）郑重承诺：本单位符合《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》第九条第一款规定，无该条第三款所列情形，不属于（属于/不属于）该条第二款所列单位；本次在环境影响评价信用平台提交的由本单位主持编制的揭阳市投控农业海洋牧场产业园项目环境影响报告书（表）基本情况信息真实准确、完整有效，不涉及国家秘密；该项目环境影响报告书（表）的编制主持人为郭勇（环境影响评价工程师职业资格证书管理号2016035420350000003512420020，信用编号BH022323），主要编制人员包括郭勇（信用编号BH022323）、潘晓滢（信用编号BH062080）、林齐俊（信用编号BH064269）（依次全部列出）等3人，上述人员均为本单位全职人员；本单位和上述编制人员未被列入《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》规定的限期整改名单、环境影响评价失信“黑名单”。

承诺单位(公章)：广州恒炜科技咨询有限公司

2025 年 11 月 18 日



揭阳市投控农业海洋牧场产业园环境影响报告书

删除不宜公开信息的说明

揭阳市生态环境局：

揭阳市投控农业海洋牧场产业园环境影响报告书已委托广州恒炜科技咨询有限公司编制完成，文件中已删除涉及商业秘密、个人隐私等部分内容。根据相关法律法规，我司所上报的揭阳市投控农业海洋牧场产业园环境影响报告书不涉及国家秘密、商业秘密、个人隐私及国家安全、公共安全、经济安全和社会稳定等内容，全文均可公开，特此说明。

揭阳市投控农业发展有限公司

2025年12月17日



目 录

1 概述..... 1

1.1 项目背景及评价由来..... 1

1.2 环境影响评价工作过程..... 2

1.3 项目建设特点..... 3

1.4 分析判定相关情况..... 4

1.5 主要关注环境问题和影响特点..... 4

1.6 环评主要结论..... 5

2 总则..... 6

2.1 编制依据..... 6

2.2 功能区划..... 14

2.3 评价因子与评价标准..... 22

2.4 评价等级..... 28

2.5 评价范围..... 33

2.6 环境敏感目标和保护目标..... 36

3 建设项目工程分析..... 40

3.1 建设项目概况..... 40

3.2 建设项目影响因素分析..... 89

3.3 项目非污染环境影响..... 107

4 环境现状调查与评价..... 109

4.1 自然环境概况..... 109

4.2 自然资源概况..... 120

4.3 海域开发利用现状和周边养殖企业及排污口概况..... 135

4.4 海洋水文动力环境现状与评价..... 145

4.5 海洋环境质量现状调查与评价..... 175

4.6 地形地貌与冲淤环境现状调查与评价..... 243

4.7 环境空气质量现状调查与评价..... 253

4.8 声环境质量现状调查与评价..... 253

5 环境影响预测与评价..... 255

5.1 海洋水动力环境影响预测与评价	255
5.2 地形地貌与冲淤环境影响预测与评价	268
5.3 海水水质环境影响预测与评价	270
5.4 海洋沉积物质量环境预测与评价	281
5.5 海洋生态影响预测与评价	285
5.6 大气环境影响预测与评价	310
5.7 声环境影响预测与评价	312
5.8 固体废物环境影响分析	313
6 环境风险分析与评价	315
6.1 环境风险评价等级	315
6.2 环境敏感目标	315
6.3 环境风险事故识别	315
6.4 环境风险事故分析	316
6.5 溢油风险事故影响预测	320
6.6 环境风险防范方案	332
6.7 风险事故应急预案	338
6.8 环境风险小结	344
7 环境保护措施及其可行性论证	346
7.1 污染防治措施及环境保护对策	346
7.2 非污染环境保护措施	352
7.3 生态环境保护措施	353
7.4 环境保护设施和对策措施一览表	355
8 环境经济损益分析	359
8.1 环保投资估算	359
8.2 环境保护经济损益分析	359
8.3 社会经济影响分析	361
8.4 环境保护的技术经济合理性	362
9 产业政策与规划相符性分析	363
9.1 产业政策符合性分析	363

9.2 与“三线一单”生态环境分区管控的符合性分析 363

9.3 与国土空间的符合性分析 369

9.4 与《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》的符合性分析 374

9.5 与“三区三线”划定成果的符合性分析 377

9.6 与相关规划、法规符合性分析 379

10 环境管理与监测计划 393

10.1 环境管理 393

10.2 环境监理计划 396

10.3 生态环境跟踪监测计划 399

10.4 环境保护“三同时”验收 401

11 环境影响评价结论及建议 404

11.1 项目概况 404

11.2 工程分析结论 404

11.3 环境现状评价结论 405

11.4 环境影响预测分析与评价结论 412

11.5 环境风险分析与评价结论 416

11.6 产业政策与规划相符性分析结论 416

11.7 公众意见采纳情况 416

11.8 综合结论和建议 417

1 概述

1.1 项目背景及评价由来

国务院《关于促进海洋渔业持续健康发展的若干意见(国发〔2013〕11号)》，明确提出“科学发展海水养殖，大力推广生态健康养殖模式，拓展海洋离岸养殖和集约化养殖”，将海洋离岸养殖作为我国发展现代海洋农业的有效途径。广东省明确提出发展现代化海洋牧场，支持深远海养殖产业，并鼓励通过科技创新提升抗台风能力与生态效益。

揭阳（惠来）现代化海洋牧场建设将构建“一核一带，三区三港”的总体格局，其中，“一核”是指惠来临港产业园现代渔业核心，“一带”是指沿海渔业全链发展带；“三区”是指惠来鲍鱼养殖海洋牧场、“神泉一”风渔结合海域牧场、“神泉二”风渔结合海域牧场；“三港”指通过发展神泉渔港、靖海渔港、资深渔港经济，带动现代渔业经济发展。依托揭阳（惠来）“一核一带，三区三港”的总体格局，深海网箱养殖将在产业集聚、设施完善、技术支撑及市场对接等方面实现系统性保障。

高质量建设现代化海洋牧场，加强海产品稳产保供，扩大优质蛋白食物来源，是夯实粮食安全根基、助力实施健康中国战略的重要举措；推进海陆空间综合利用，优化海洋渔业生产要素配置，构建现代化海洋牧场全产业链体系，是推动海洋经济增长、促进区域协调发展、深入实施“百县千镇万村高质量发展工程”的有力抓手；为了充分利用揭阳市优质的海洋资源，改善海上养殖生态环境，提高养殖产品质量安全水平，有效地促进现代渔业与海洋经济的可持续发展，揭阳市投控农业发展有限公司拟在揭阳市神泉港区东侧海域建设揭阳市投控农业海洋牧场产业园。

本项目建设地点位于揭阳市惠来县神泉港东南侧海域，水深约 10~12 m，离岸最近距离约 1.5 千米，距神泉渔港最近距离约 2.7 千米。本项目申请用海约 196.3593 公顷，拟布设 C90 HDPE 重力式圆形网箱 66 个、矩形网箱 8 组和运维平台 1 个，在网箱养殖区 4 个边界点分别设置 1 座海上警示浮标，配套多功能辅助船 3 艘，养殖快艇 5 艘。项目主要开展马友鱼、鮰鱼等海水鱼类和鲍鱼养殖，项目海水鱼年产量约 2598.75 吨，鲍鱼年产量约 672 吨。

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》《建设项目环境保护管理条例》等法律法规，本项目须履行环境影响评价制度。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021年版），本项目属于“三、渔业 04”中“4、海水养殖 0411”的“用海面积 1000 亩及以上的海水养殖（不含底播、藻类养殖）；围海养殖”，需编制环境影响报告书。本项目申请养殖用海面积为 196.36 公顷（2945.39 亩），用海面积>1000 亩，应编制环境影响报告书。

受建设单位委托，广州恒炜科技咨询有限公司进行该项目的环境影响评价工作。评价单位在认真分析现有资料、类比调查的基础上，结合项目附近海域的环境特征，通过对项目施工过程和项目建成后的污染源分析，预测项目建设对环境的影响，提出污染防治和减缓影响的可行措施，编制完成了《揭阳市投控农业海洋牧场产业园环境影响报告书》。

1.2 环境影响评价工作过程

环境影响评价工作分三个阶段，即前期准备、调研和工作方案阶段；分析论证和预测评价阶段；环境影响评价文件编制阶段。

（1）前期准备、调研和工作方案阶段

接受环境影响评价委托后，我司首先研究国家和地方有关环境保护的法律法规、政策、标准及相关规划等文件，在此基础上进行初步的工程分析，同时开展初步的环境状况调查。结合初步工程分析结果和环境现状资料，识别建设项目的环境影响因素，筛选主要的环境影响评价因子，明确评价重点和环境保护目标，确定环境影响评价的范围、评价工作等级和评价标准，最后制订环评工作方案。

（2）分析论证和预测评价阶段

进行充分的环境现状调查、监测并开展环境质量现状评价，根据污染源和环境现状资料进行建设项目的环境影响预测，评价建设项目的环境影响，提出减少环境污染和生态影响的环境管理措施和工程措施，得出项目环境影响的初步结论。

（3）环境影响评价文件编制阶段

汇总、分析第二阶段工作所得的各种资料、数据，根据建设项目的环境影响、法律法规和标准等要求以及公众的意见，进一步完善减少环境污染和生态影响的工程措施和环境管理措施。从环境保护的角度确定项目建设的环境可行性，给出评价结论，并提出进一步减缓环境影响的建议，在此基础上编制完成本项目环境影响报告书。

具体工作流程见下图。

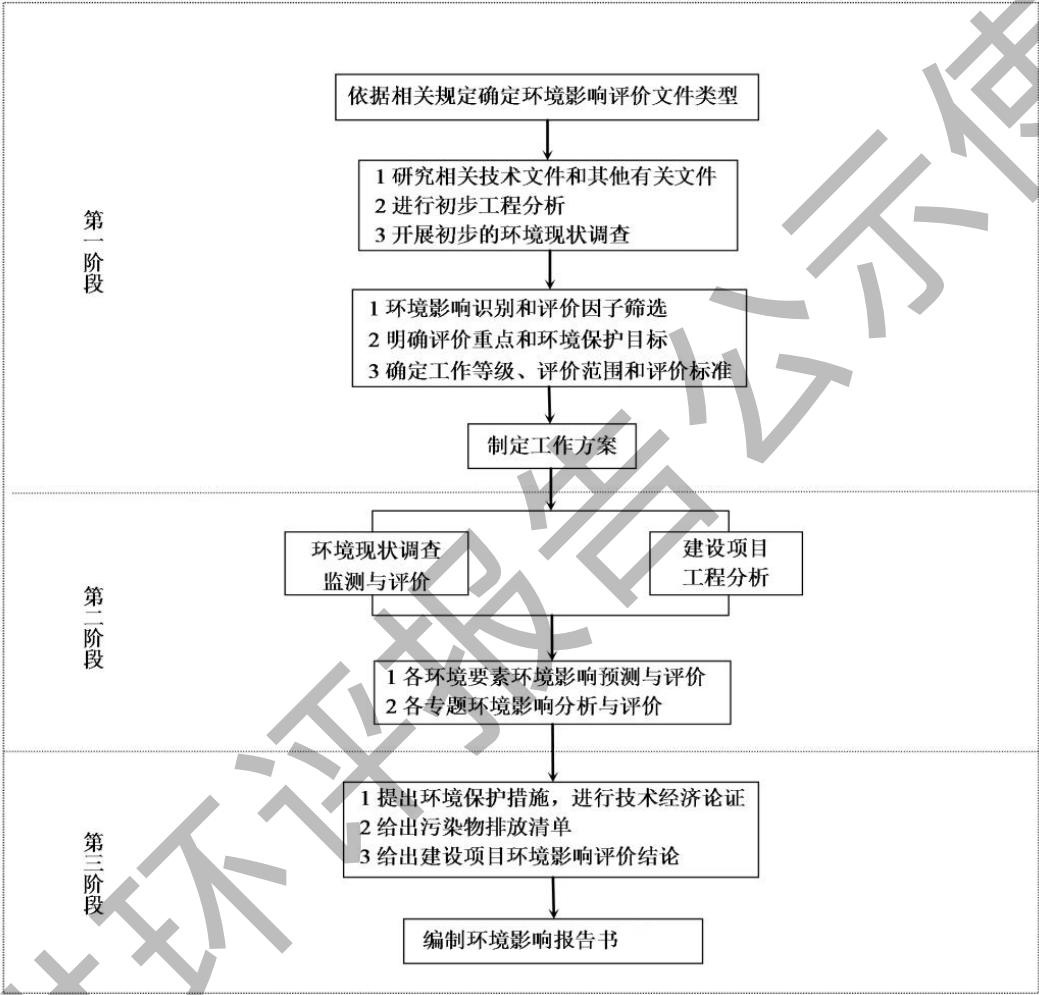


图 1.2-1 建设项目环境影响评价工作程序图

1.3 项目建设特点

本项目选址位于揭阳市惠来县神泉港东南侧海域，海洋牧场申请养殖用海面积 196.3593 公顷，拟布设 C90 HDPE 重力式圆形网箱 66 个、矩形网箱 8 组和运维平台 1 个，在网箱养殖区 4 个边界点分别设置 1 座海上警示浮标，配套多功能辅助船 3 艘，养殖快艇 5 艘。项目主要开展马友鱼、鮟鱼等海水鱼类和鲍鱼养殖，项目海水鱼年产量约 2598.75 吨，鲍鱼年产量为 672 吨。项目总投

资约 16982.59 万元，总工期为 24 个月。

本项目高质量建设现代化海洋牧场，加强海产品稳产保供，扩大优质蛋白质来源，是夯实粮食安全根基、助力实施健康中国战略的重要举措；推进海陆空间综合利用，优化海洋渔业生产要素配置，构建现代化海洋牧场全产业链体系，是推动海洋经济增长、促进区域协调发展、深入实施“百县千镇万村高质量发展工程”的有力抓手；为了充分利用揭阳市优质的海洋资源，改善海上养殖生态环境，提高养殖产品质量安全水平，有效地促进现代渔业与海洋经济的可持续发展。

1.4 分析判定相关情况

项目建设符合国家产业政策，项目选址位于《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》中的“神泉南部渔业用海区”，本项目建设与所占用的神泉南部渔业用海区管控要求相符合。项目所在海域不占用生态保护红线，与“三区三线”划定成果相符；项目建设符合《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》《揭阳市“三线一单”生态环境分区管控方案》等要求。

项目位于《惠来县养殖水域滩涂规划（2018-2030 年）（修订版）》中的“限养区”，经分析，项目养殖区建设符合限养区管控要求，根据现状水质调查资料，项目养殖区域水质符合《渔业水质标准》要求，可适当开展养殖。

1.5 主要关注环境问题和影响特点

本项目建设深水网箱，为开放式养殖，结合项目建设特点及区域环境特征，环境影响评价过程中主要关注如下几点：

（1）本项目施工期的主要污染为：施工产生的悬浮泥沙、船舶生活污水、含油污水，船舶燃油废气、施工船舶噪声、水下施工噪声、船舶生活垃圾、施工废弃物、废机油和含油抹布等。

（2）本项目营运期的主要污染为：船舶含油污水、船舶生活污水；网箱养殖污染物、网箱网衣清洗废水；船舶燃油废气、柴油发电机燃油废气；船舶及其鸣笛噪声、柴油发电机噪声；船舶生活垃圾、养殖废弃物、废饲料包装袋、病死鱼、网箱清洗的附着、污损生物、海洋垃圾等固体废物。

(3) 本项目潜在的主要环境风险事故为：船舶溢油风险、自然灾害风险、鱼病灾害风险。

(4) 本项目的非污染类环境影响因素主要是项目施工建设引起的水动力和冲淤环境的变化，以及悬浮泥沙、石油类对海水水质、海洋沉积物、海洋生态、渔业资源等产生的不利影响。

(5) 重点关注的环境问题：项目养殖期间，鱼类养殖产生的水污染物等对海洋环境的影响，结合海洋调查数据、分析评价结论等，提出减少对周边敏感目标所在海洋环境影响的措施和管理要求；关注本项目船舶溢油的环境风险，全面考虑项目发生环境风险事故时对大气环境、海洋环境等的影响，提出切实可行的环境风险防范措施和应急措施。

1.6 环评主要结论

项目建设符合国家产业政策、符合广东省、揭阳市相关环境规划。虽然项目在施工期和营运期会对周边的声环境、环境空气以及海域内的生态环境和水动力环境等产生一定的影响，经采取有效的环保措施后，污染物排放浓度和排放量可得到有效控制。在严格落实报告书提出的各项污染控制和补偿措施的情况下，本工程方案对海水水质、生态环境、海洋水动力和冲淤环境等的负面影响可接受。从环境保护的角度出发，揭阳市投控农业海洋牧场产业园的建设是可行的。

2 总则

2.1 编制依据

2.1.1 国家法律法规

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》（2014 年 4 月 24 日修订）；
- (2) 《中华人民共和国海洋环境保护法》（2023 年 10 月 24 日修订，2024 年 1 月 1 日施行）；
- (3) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年 12 月 29 日修正并施行）；
- (4) 《中华人民共和国海域使用管理法》（2002 年 1 月 1 日施行）；
- (5) 《中华人民共和国水污染防治法》（2017 年 6 月 27 日修正，2018 年 1 月 1 日施行）；
- (6) 《中华人民共和国大气污染防治法》（2018 年 10 月 26 日第二次修正并施行）；
- (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 日修订通过，2020 年 9 月 1 日施行）；
- (9) 《中华人民共和国动物防疫法》（2021 年 1 月 22 日修订，自 2021 年 5 月 1 日起施行）；
- (10) 《中华人民共和国渔业法》（2013 年 12 月 28 日第二次修正并施行）；
- (11) 《中华人民共和国农业法》（2012 年 12 月 28 日第二次修正，2013 年 1 月 1 日施行）；
- (12) 《中华人民共和国野生动物保护法》（2022 年 12 月 30 日修订通过，自 2023 年 5 月 1 日起施行）；
- (13) 《中华人民共和国海岛保护法》（2010 年 3 月 1 日施行）；
- (14) 《中华人民共和国湿地保护法》（2022 年 6 月 1 日施行）；
- (15) 《中华人民共和国海上交通安全法》（2021 年 4 月 29 日修订，2021 年 9 月 1 日施行）；

- (16) 《中华人民共和国航道法》（2016 年 7 月 2 日修正）；
- (17) 《中华人民共和国清洁生产促进法》（2012 年 2 月 29 日修正，2012 年 7 月 1 日施行）；
- (18) 《中华人民共和国循环经济促进法》（2018 年 10 月 26 日修正并施行）；
- (19) 《中华人民共和国节约能源法》（2018 年 10 月 26 日第二次修正并施行）；
- (20) 《中华人民共和国自然保护区条例》（2017 年 10 月 7 日修订并施行）；
- (21) 《中华人民共和国水生野生动物保护实施条例》（中华人民共和国农业部，2013 年 12 月 7 日修订并施行）；
- (22) 《中华人民共和国防治海岸工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》（2018 年 3 月第三次修订）；
- (23) 《建设项目环境保护管理条例》（国务院令 682 号，2017 年 10 月 1 日施行）；
- (24) 《防治海洋工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》（国务院令 475 号，2018 年 3 月 19 日修订）；
- (25) 《防治船舶污染海洋环境管理条例》（国务院令 561 号，2018 年 3 月 19 日修订）；
- (26) 《中华人民共和国水上水下作业和活动通航安全管理规定》（交通运输部令 2021 年第 24 号，2021 年 9 月 1 日施行）；
- (27) 《中华人民共和国船舶及其有关作业活动污染海洋环境防治管理规定》（交通运输部，2017 年第 15 号，2017 年 5 月 23 日）；
- (28) 《国家林业局关于修改〈湿地保护管理规定〉的决定》（2018 年 1 月 1 日施行）；
- (29) 《国家海洋局关于印发〈海岸线保护与利用管理办法〉的通知》（国海发〔2017〕2 号）；
- (30) 《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》（交通运输部令 2019 年第 40 号修订，2019 年 11 月 28 日）；

(31) 《国务院于进一步加强海洋管理工作若干问题的通知》(国务院, 国发〔2004〕24号);

(32) 《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》(环境保护部, 环发〔2013〕86号, 2013年8月);

(33) 《关于加强海水养殖生态环境监管的意见》(生态环境部、农业农村部, 环海洋〔2022〕3号);

(34) 《关于加强滨海湿地管理与保护工作的指导意见》(国海环字〔2016〕664号);

(35) 《关于划定并严守生态保护红线的若干意见》(中共中央办公厅、国务院办公厅, 2017年2月7日);

(36) 《关于加快推进渔业转方式调结构的指导意见》(农渔发〔2016〕1号);

(37) 《农业农村部 生态环境部 自然资源部 国家发展和改革委员会 财政部科学技术部工业和信息化部商务部国家市场监督管理总局中国银行保险监督管理委员会关于加快推进水产养殖业绿色发展的若干意见》(农渔发〔2019〕1号);

(38) 《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》(2020年10月29日中共第十九届中央委员会第五次全体会议通过);

(39) 《全国海洋经济发展规划纲要》(国务院, 国发〔2003〕13号);

(40) 《中国水生生物资源养护行动纲要》(国发〔2006〕9号, 2006年2月);

(41) 《农业农村部关于加强水生生物资源养护的指导意见》(农业农村部, 农渔发〔2022〕23号, 2022年11月20日);

(42) 《“十四五”全国渔业发展规划》(农渔发〔2021〕28号);

(43) 《交通运输部关于印发船舶大气污染物排放控制区实施方案的通知》(交海发〔2018〕168号, 2018年11月30日);

(44) 《关于发布<船舶水污染防治技术政策>的公告》(环境保护部公告2018年第8号, 2018年1月11日);

(45) 《国务院关于印发“十四五”推进农业农村现代化规划的通知》(国发〔2021〕25号)；

(46) 《中国海洋渔业水域图(第一批)》(农业部公告第189号,2002年2月8日)；

(47) 《建设项目环境影响评价分类管理名录(2021年版)》(生态环境部令第16号,自2021年1月1日起施行)；

(48) 《环境影响评价公众参与办法》(生态环境部 部令第4号,2019年1月1日施行)；

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

(50) 《产业结构调整指导目录(2024年本)》(中华人民共和国国家发展和改革委员会令第7号)。

2.1.2 地方性法规及规范性文件

(1) 《广东省环境保护条例》(2022年11月30日第三次修正)；

(2) 《广东省航道管理条例》(1996年1月1日施行)；

(3) 《广东省海域使用管理条例》(粤人常〔2021〕92号,2021年9月29日修正)；

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

(5) 《广东省湿地保护条例》(2022年11月30日第三次修正)；

(6) 《广东省渔港和渔业船舶管理条例》(广东省人民代表大会常务委员会,2020年9月29日第二次修正)；

(7) 《广东省水污染防治条例》(广东省第十三届人民代表大会常务委员会第二十六次会议于2020年11月27日通过,自2021年1月1日起施行)；

(8) 《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)；

(9) 《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改)；

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

(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）；

(12) 《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）；

(13) 《广东省生态环境厅关于优化环境影响评价管理促进现代化海洋牧场高质量发展的通知》（粤环函〔2023〕418号，2023年8月4日）；

(14) 《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）；

(15) 《广东省自然资源厅广东省农业农村厅广东省生态环境厅广东省海洋综合执法总队关于加强养殖用海管理工作的通知》（粤自然资函〔2021〕960号）；

(16) 《广东省环境保护厅关于进一步加强危险废物处理处置管理工作的通知》（粤环〔2013〕85号）

(17) 《关于加强海水养殖业环境影响评价管理工作的通知》（粤环函〔2021〕406号）；

(18) 《关于加强海水养殖污染防治有关工作的通知》（粤环办函〔2020〕26号）；

(19) 《关于印发<广东省海洋工程建设项目环境保护监督管理办法（试行）>的通知》（粤海渔函〔2017〕1252号，广东省海洋与渔业厅，2017年11月9日）；

(20) 《广东省现代化海洋牧场发展总体规划（2023-2035年）》（粤府函〔2024〕237号）；

(21) 《广东省养殖水域滩涂规划（2021-2030年）》（广东省农业农村厅，粤农农〔2021〕354号）；

(22) 《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》（广东省自然资源厅，粤自然资发〔2025〕1号）；

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

(24) 《广东省生态环境保护“十四五”规划》（粤环〔2021〕10号）；

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

- (26) 《广东省国土空间生态修复规划(2021-2035年)》(2023年5月);
- (27) 《广东省人民政府办公厅关于印发广东省自然资源保护与开发“十四五”规划的通知》(粤府办〔2021〕31号);
- (28) 《广东省人民政府办公厅关于印发广东省海洋经济发展“十四五”规划的通知》(粤府办〔2021〕33号);
- (29) 《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》(广东省生态环境厅, 2022年4月27日);
- (30) 《广东省人民政府关于印发广东省生态文明建设“十四五”规划的通知》(粤府〔2021〕61号, 广东省人民政府, 2021年10月9日);
- (31) 《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);
- (32) 《广东省海洋防灾减灾规划(2018-2025)》(广东省自然资源厅, 2019年5月28日);
- (33) 《广东省人民政府关于印发<广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要>的通知》(粤府〔2021〕28号, 2021年4月6日);
- (34) 《广东省沿海经济带综合发展规划(2017-2030年)》(广东省人民政府, 2017年10月27日);
- (35) 《广东省近岸海域环境功能区划》(粤府办〔1999〕68号文, 广东省人民政府办公厅);
- (36) 《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);
- (37) 《广东省实施〈中华人民共和国土壤污染防治法〉办法》(广东省第十三届人民代表大会常务委员会第七次会议于2018年11月29日通过, 自2019年3月1日起施行);
- (38) 《水生生物增殖放流管理规定》(广东省人民政府, 2009年5月1日起施行);
- (39) 《现代化海洋牧场生态健康养殖工作指引(试行)》(广东省农业农村厅);

(40) 《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，广东省农业农村厅，2024年10月27日）；

(41) 《关于撤销桑浦双麓市级自然保护区等各类市级园区的通知》（揭府〔2007〕74号，揭阳市人民政府，2007年5月30日）；

(42) 《揭阳市人民政府办公室关于印发揭阳市“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》（揭府办〔2021〕25号，揭阳市人民政府办公室，2021年6月24日）；

(43) 《揭阳市国土空间总体规划（2021-2035年）》，揭阳市人民政府，2024年7月11日；

(44) 《揭阳市国土空间生态修复规划（2021-2035年）》（草案），揭阳市自然资源局，2025年3月25日；

(45) 《惠来县国土空间总体规划（2021-2035年）》，惠来县人民政府，2023年6月；

(46) 《惠来县养殖水域滩涂规划（2018-2030年）（修订版）》，惠来县农业农村局，2021年10月；

(47) 《揭阳（惠来）现代化海洋牧场规划（2024-2035年）》，惠来县农业农村局 广东省城乡规划设计研究院科技集团股份有限公司，2024年12月；

(48) 《揭阳港总体规划（2035年）》，广东省交通运输规划研究中心 中交第四航务工程勘察设计院有限公司，2023年4月；

(49) 《揭阳市生态环境局关于印发〈揭阳市声环境功能区划（修编）〉的通知》，揭阳市生态环境局，2025年7月4日。

2.1.3 行业标准和技术规范

- (1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）；
- (2) 《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）；
- (3) 《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ2.3-2018）；
- (4) 《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ610-2016）；
- (5) 《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018）；
- (6) 《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2022）；

- (7) 《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021）；
- (8) 《环境影响评价技术导则 土壤环境（试行）》（HJ964-2018）；
- (9) 《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）；
- (10) 《水运工程建设项目环境影响评价指南》（JTS/T105-2021）；
- (11) 《农业固体废物污染控制技术导则》（HJ588-2010）；
- (12) 《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》（国家海洋局，2002年4月）；
- (13) 《海洋监测规范》（GB17378-2007）；
- (14) 《海洋调查规范》（GB/T12763-2007）；
- (15) 《海水水质标准》（GB3097-1997）；
- (16) 《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）；
- (17) 《海洋生物质量》（GB18421-2001）；
- (18) 《海洋生物质量监测技术规程》（HY/T078-2005）；
- (19) 《海洋生态损害评估技术指南（试行）》（国海环字〔2013〕583号）；
- (20) 《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007）；
- (21) 《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）；
- (22) 《用水定额第3部分：生活》（DB44/T1461.3-2021）；
- (23) 《环境空气质量标准》（GB3095-2012）
- (24) 《关于发布〈环境空气质量标准〉（GB3095-2012）修改单的公告》（2018年9月1日起实施）；
- (25) 《声环境质量标准》（GB3096-2008）；
- (26) 《水污染物排放限值》（DB44/26-2001）；
- (27) 《大气污染物排放限值》（DB44/27-2001）；
- (28) 《船舶发动机排气污染物排放限值及测量方法（中国第一、二阶段）》（GB15097-2016）；
- (29) 《建筑施工噪声排放标准》（GB 12523-2025）；
- (30) 《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）；
- (31) 《水上溢油环境风险评估技术导则》（JT/T1143-2017）；

- (32) 《水运工程环境保护设计规范》（JTS149-2018）；
- (33) 《人为水下噪声对海洋生物影响评价指南》（自然资源部，2022 年 8 月）；
- (34) 《第二次全国污染源普查产排污系统手册农业源》；
- (35) 《广东省海洋产业园（海洋牧场类）用海选址及控制标准（试行）》，粤自然资函〔2024〕663 号，2024 年 7 月 11 日；
- (36) 《抗风浪深水网箱养殖技术规程》（DB46/T 131-2008）；
- (37) 《卵形鲳鲹抗风浪深水网箱养殖技术规程》（DB46/T95-2010）；
- (38) 《深水网箱养殖技术规范》（DB44/T 742-2010）；
- (39) 《海水增养殖区环境监测与评价技术规程（试行）》，国家海洋局，2015 年 10 月；
- (40) 《水产养殖质量安全管理规范》（SC/T 0004-2006）；
- (41) 《无公害食品 海水养殖用水水质》（NY 5052-2001）；
- (42) 《无公害食品 海水养殖产地环境条件》（NY 5362-2010）；
- (43) 《无公害食品 皱纹盘鲍养殖技术规范》（DB37/T 457-2010）；
- (44) 《海水重力式网箱设计技术规范》（GB/T40749-2021）；
- (45) 《海湾网箱养殖技术规范》（DB44/T 912-2011）。

2.1.4 相关技术资料

- (1) 《揭阳市投控农业海洋牧场产业园可行性研究报告》，暨南大学，2025 年 7 月；
- (2) 《揭阳市投控农业海洋牧场产业园项目浅地层探测技术总结》，广州地质勘察基础工程有限公司，2025 年 8 月；
- (3) 《揭阳市投控农业海洋牧场产业园海域使用论证报告表（报批稿）》，广州恒炜科技咨询有限公司，2025 年 8 月；
- (4) 建设单位提供的有关项目资料。

2.2 功能区划

2.2.1 环境空气功能区划

根据《揭阳市生态环境保护“十四五”规划》（揭府〔2021〕57 号）、《揭

阳市环境保护规划（2007-2020）》及《关于<揭阳市环境保护规划（2007-2020）>的批复》（揭府函〔2008〕103号）等相关文件要求，项目建设区域全部位于海域范围，未划定大气环境功能区。项目大气环境功能区划参考周边陆域区域大气环境功能区划，为环境空气质量二类功能区，参照执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及其2018年修改单的二级标准。

2.2.2 声环境功能区划

根据《揭阳市生态环境局关于印发〈揭阳市声环境功能区划（修编）〉的通知》（揭阳市生态环境局，2025年7月4日），本项目位于海域，项目选址范围未规定声环境功能区划。

参考《声环境质量标准》（GB3096-2008）和《揭阳市声环境功能区划（修编）》关于声环境功能区适用区域分类，3类声环境功能区：以工业生产、仓储物流为主要功能，需要防治工业噪声对周围环境产生严重影响的区域。本项目建设海洋牧场产业园，进行海水养殖，且周围不涉及声环境敏感目标，项目所在区域可按3类声环境功能区管理，执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的3类标准。

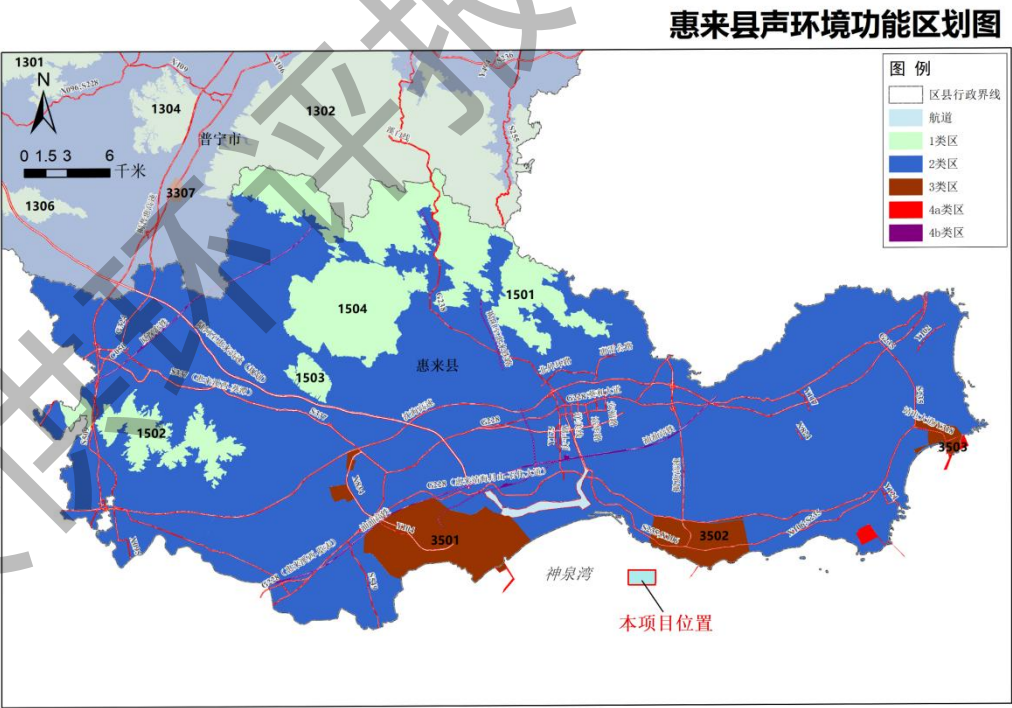


图 2.2.2-1 本项目所在惠来县声环境功能区划关系图

2.2.3 “三线一单”环境功能分区

根据《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》（粤府〔2020〕71号）《揭阳市“三线一单”生态环境分区管控方案》（揭府办〔2021〕25号），本项目选址位于“三线一单”生态环境分区中的一般管控单元“田尾山-石碑山农渔业区”（编号：HY44520030005），详见图 2.2.3-1。

2.2.4 近岸海域环境功能区划

根据《广东省近岸海域环境功能区划》（粤府办〔1999〕68号）《关于调整揭阳市近岸海域环境功能区划的复函》（粤办函〔2010〕473号），本项目选址位于“306A 浅海渔业区”，主要功能为渔业、水质目标为一类。

本项目所在海域的近岸海域环境功能区划见表 2.2.4-1；本项目与近岸海域环境功能区划位置关系图见图 2.2.4-1。

表 2.2.4-1 本项目周边海域的近岸海域环境功能区划

标识号	行政区	功能区名称	范围	平均宽度	长度	主要功能	水质目标	备注
306	揭阳市	浅海渔业功能区	其余-15 米等深线内浅海	3.8		渔业	一	

2.2.5 海岸带及海洋空间规划

根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》的功能区分，本项目用海范围占用的海洋空间功能区为神泉南部渔业用海区。项目用海占用功能区情况如下图 2.2.5-1 所示，所在功能区登记表见下表 2.2.5-1。

2.2.6 小结

本项目所在地的环境功能区划详见下表 2.2.6-1。

表 2.2.6-1 环境功能区划汇总一览表

序号	环境功能区划	功能区和执行标准
1	环境空气功能区划	参考二类大气环境功能区，参照执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及 2018 年修改单二级标准
2	声环境功能区划	参考附近陆域 3 类声环境功能区，参照执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 3 类标准
3	近岸海域环境功能分区	位于 306A 浅海渔业区，水质目标为一类
4	海洋空间规划	神泉南部渔业用海区
5	广东省“三线一单”生态环境分区管控	位于一般管控单元“田尾山-石碑山农渔业区”（编号：HY44520030005）
6	是否污水处理厂集水范围	否

序号	环境功能区划	功能区和执行标准
7	是否饮用水源保护区	否
8	是否基本农田保护区	否
9	是否自然保护区和风景名胜区	否
10	是否水库库区	否
11	是否文物保护单位	否
12	是否属于生态敏感与脆弱区	否
13	是否属于生态保护红线	否

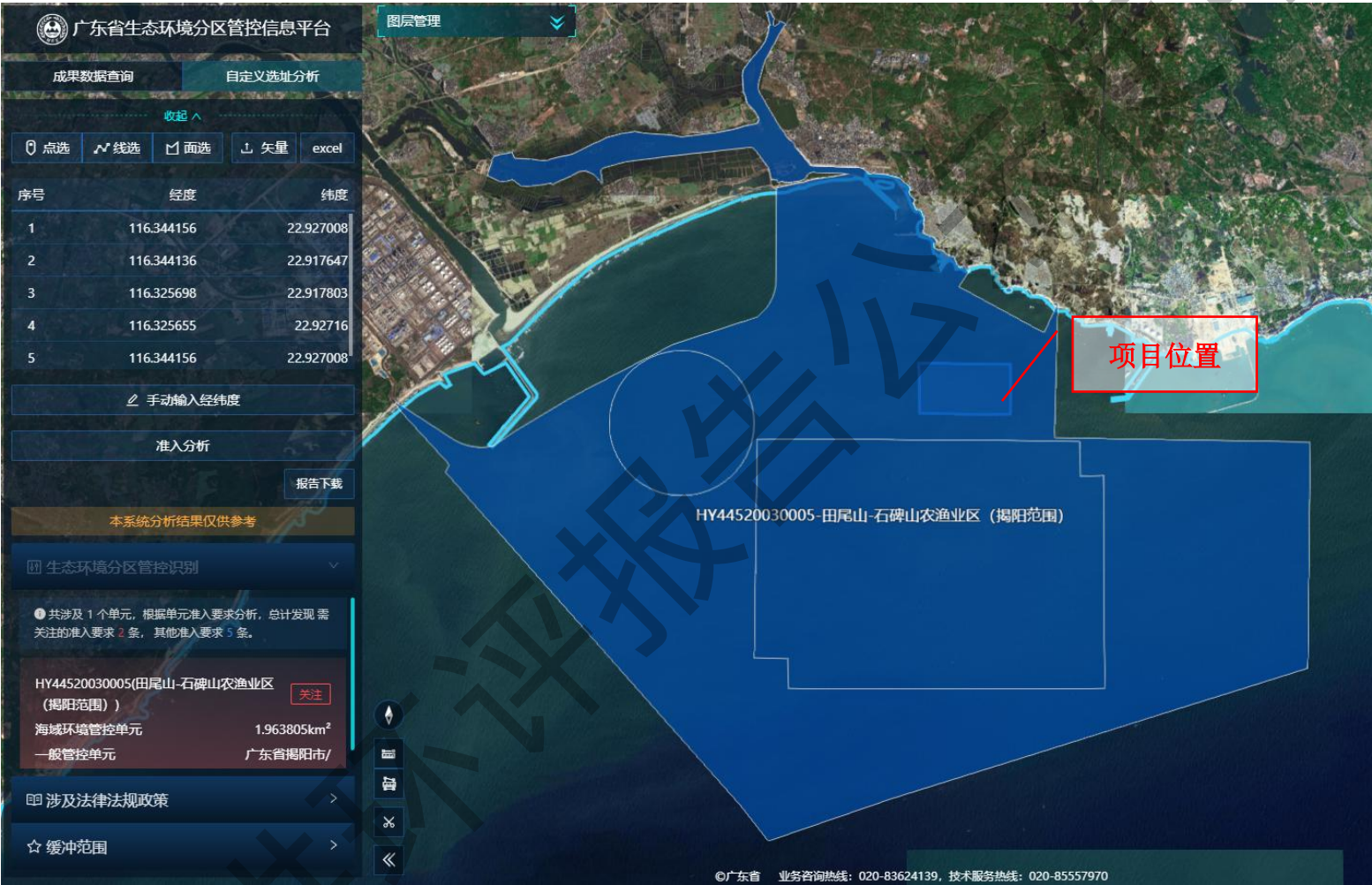


图 2.2.3-1 本项目与“三线一单”环境管控单元位置示意图

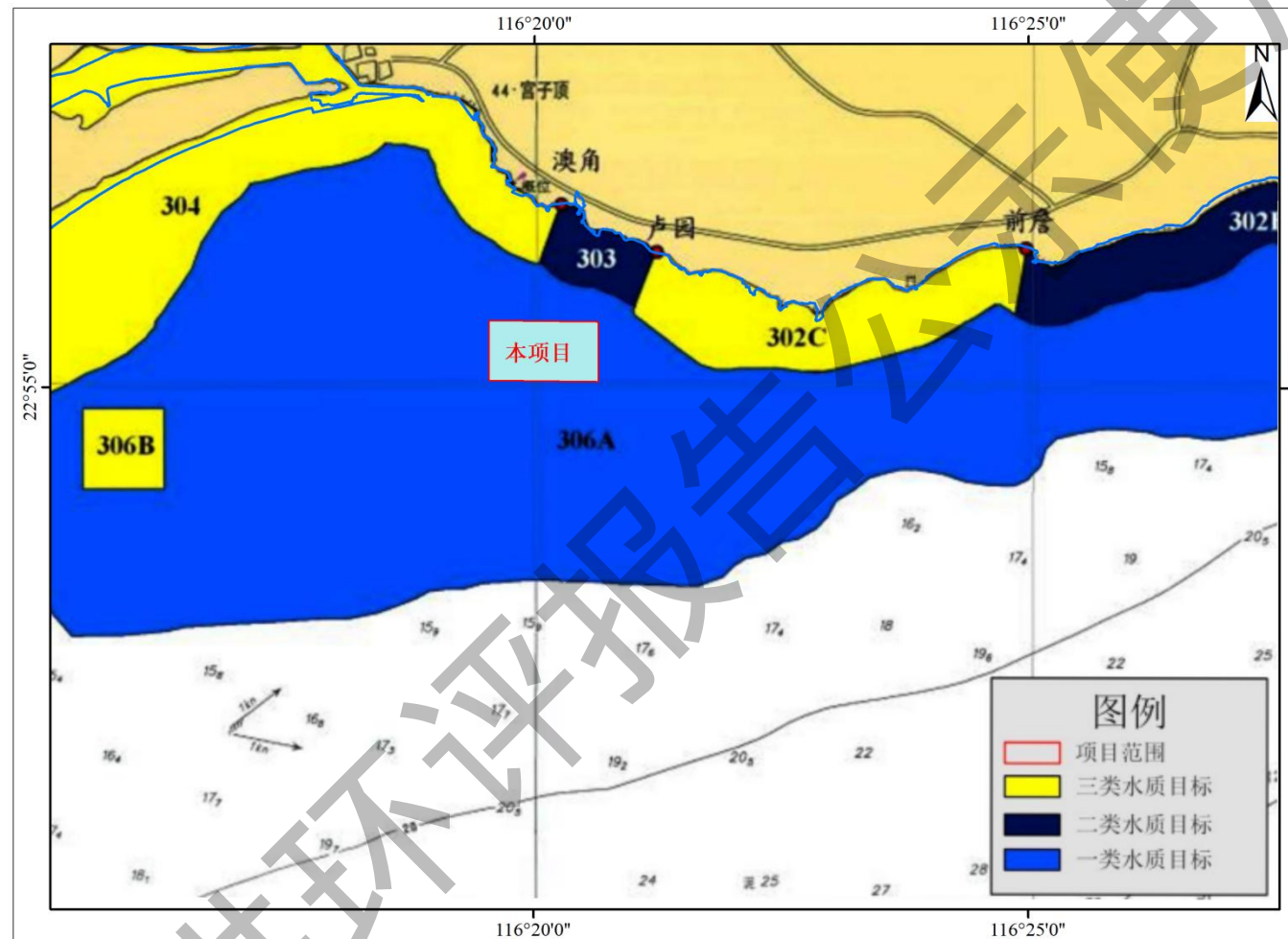


图 2.2.4-1 项目所在海域近岸海域功能区划图

表 2.2.5-1 功能区登记表（神泉南部渔业用海区）

序号: [699]

名称		神泉南部渔业用海区		代码	610-086	
分区类型		渔业用海区		位置	经度:116° 18' 1.105" E 纬度:22° 54' 33.727" N	
地理范围		惠来县神泉湾南部近岸海域				
空间资源现状	岸线长度 (千米)	4.7619				
	潮间带面积 (公顷)	16.6034				
	海域面积 (公顷)	3540.0535				
	海岛数量 (个)	有居民海岛	0	无居民海岛	3	
开发利用现状		有惠来县神泉示范性渔港建设项目。				
岸线类型	严格保护岸段	位置 (岸段序号)	44520150, 44520151, 44520153, 44520152		长度 (千米)	0.5339
	限制开发岸段		44520179			1.0553
	优化利用岸段		44520148, 44520149, 44520154, 44520155, 44520156, 44520157			3.1728
有居民海岛主体功能		——				
无居民海岛 (名称)	生态保护区内	——				
	生态控制区内	——				
	海洋发展区内	香黄石 (农林牧渔业用岛)、东西湖礁 (农林牧渔业用岛)、香黄石北岛 (农林牧渔业用岛)				
管控要求	空间准入	1. 允许渔业基础设施、增殖、捕捞等用海; 2. 可兼容海底电缆管道、航运、路桥隧道、海洋保护修复及海岸防护工程用海; 3. 探索推进海域立体分层设权, 增殖、捕捞、海底电缆管道、航运、路桥隧道等用海空间可立体利用。				
	利用方式	1. 允许适度改变海域自然属性; 2. 增殖活动应避开航道, 不得妨碍海上交通及海底电缆管道的安全; 3. 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。				
	其他要求	重点防范风暴潮和海平面上升灾害风险。				

功能区位置图

功能区空间范围图

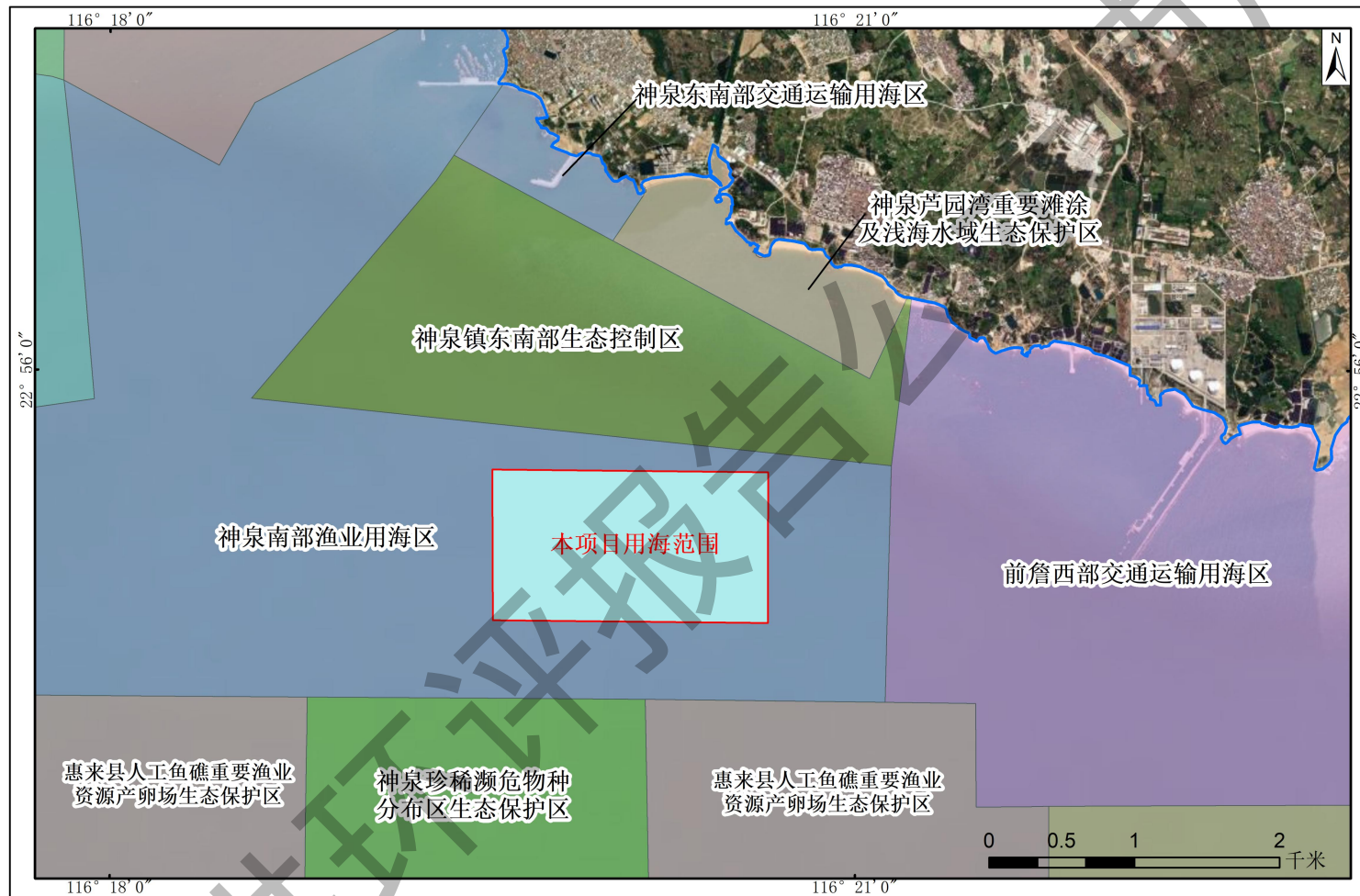


图 2.2.5-1 项目所在海域海洋空间规划示意图

2.3 评价因子与评价标准

2.3.1 环境影响因素识别

根据本项目污染物排放特征、所在海域环境特点和《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》(HJ 1409-2025)的要求,确定本项目评价因子见下表 2.3.1-1。

表 2.3.1-1 环境影响要素和评价因子分析一览表

环境要素	现状评价因子	影响评价或分析因子
水文动力环境	盐度、海流、泥沙、温度、风	潮流流速、流向变化
地形地貌与冲淤环境	冲淤现状	冲淤强度变化
海水水质环境	pH、水温、盐度、悬浮泥沙、化学需氧量、溶解氧、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、氨氮、活性磷酸盐、硫化物、挥发酚、石油类、汞、铜、铅、锌、铬、镉、砷	悬浮泥沙(SS)、COD、无机氮、活性磷酸盐
海洋沉积物环境	有机碳、硫化物、石油类、铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷	定性分析:施工作业产生的悬浮泥沙再沉降;营运期养殖污染物、养殖残余饵料
海洋生物质量	总汞、铜、铅、镉、锌、铬、砷和石油烃	定性分析:施工作业产生的悬浮泥沙;营运期饵料和药物投加;船舶作业等对海洋生物质量的影响
海洋生态环境和生物渔业资源	叶绿素 a 和初级生产力、浮游植物、浮游动物、底栖生物、潮间带生物、渔业资源(鱼卵仔鱼、游泳生物)	生态损失量
大气环境	SO ₂ 、CO、NO ₂ 、O ₃ 、PM ₁₀ 、PM _{2.5}	SO ₂ 、NO _x 和烟尘
声环境	等效连续 A 声级(Leq)	等效连续 A 声级(Leq)
固体废物	/	船舶生活垃圾;施工人员生活垃圾;施工废弃物;废机油、含油抹布;养殖设施废弃物;废饲料包装袋;病死鱼
环境风险	/	溢油风险

2.3.2 评价标准

2.3.2.1 环境质量评价标准

1.海洋环境质量标准

本项目位于《广东省近岸海域环境功能区划》(粤府办〔1999〕68 号)和《关于调整揭阳市近岸海域环境功能区划的复函》(粤办函〔2010〕473 号)中的“306A 浅海渔业区”,水质目标为一类,本项目海洋牧场范围内水质执行

《海水水质标准》（GB3097—1997）第一类水质标准。周边海域的近岸海域环境功能区有 303 澳角浴场区、304 神泉港区，水质目标分别为二类、三类，其余未划定近岸海域环境功能区划的海域维持现状。《海水水质标准》（GB3097—1997）各类水质标准见表 2.3.2-1。

海洋沉积物和海洋生物质量标准按照维持现状要求，标准值见表 2.3.2-2~表 2.3.2-4。

表 2.3.2-1 海水水质标准（GB3097—1997） 单位：mg/L（pH 除外）

污染物名称	第一类	第二类	第三类	第四类
pH	7.8~8.5		6.8~8.8	
SS	人为增加的量≤10		人为增加的量≤100	人为增加的量≤150
DO>	6	5	4	3
COD≤	2	3	4	5
无机氮≤	0.20	0.30	0.40	0.50
活性磷酸盐≤	0.015	0.030		0.045
Pb≤	0.001	0.005	0.010	0.050
Cu≤	0.005	0.010	0.050	
Hg≤	0.00005	0.0002	0.0002	0.0005
Zn≤	0.020	0.050	0.10	0.50
Cd≤	0.001	0.005	0.010	
硫化物（以 S 计）≤	0.02	0.05	0.10	0.25
石油类≤	0.05	0.05	0.30	0.50

表 2.3.2-2 海洋沉积物质量（GB18668—2002）

污染因子	石油类 (×10 ⁻⁶)	Pb (×10 ⁻⁶)	Zn (×10 ⁻⁶)	Cu (×10 ⁻⁶)	Cd (×10 ⁻⁶)	Hg (×10 ⁻⁶)	硫化物 (×10 ⁻⁶)	TOC (×10 ⁻²)
一类标准≤	500	60.0	150.0	35.0	0.50	0.20	300.00	2.0
二类标准≤	1000	130.0	350.0	100.0	1.50	0.50	500.00	3.0
三类标准≤	1500	250.0	600.0	200.0	5.00	1.0	600.00	4.0
注：第一类 适用于海洋渔业海域，海洋自然保护区，珍稀与濒危生物自然保护区，海水养殖区，海水浴场，人体直接接触沉积物的海上运动或娱乐区，与人类食用直接有关的工业用水区。 第二类 适用于一般工业用水区，滨海风景旅游区。 第三类 适用于海洋港口海域，特殊用途的海洋开发作业区。								

表 2.3.2-3 海洋生物质量评价标准 (×10⁻⁶湿重)

生物类别	铜	铅	镉	锌	砷	总汞	石油烃	引用标准
鱼类	20	2.0	0.6	40	1	0.3	20	《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》(HJ 1409-2025)附录 C.1 其他海洋质量参考值
甲壳类	100	2.0	2.0	150	1	0.2	20	
软体类	100	10.0	5.5	250	1	0.3	20	

表 2.3.2-4 海洋生物(贝类)质量标准 (GB18421—2001) (鲜重, ×10⁻⁶kg)

项目	第一类	第二类	第三类
总汞≤	0.05	0.1	0.3
砷≤	1.0	5.0	8.0
镉≤	0.2	2	5
铬≤	0.5	2.0	6.0
铅≤	0.1	2	6
铜≤	10	25	50 (牡蛎 100)
锌≤	20	50	100 (牡蛎 500)
石油烃≤	15	50	80

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

2.渔业水质标准

本项目利用天然海水养殖，不设置养殖排放口等相关内容。本项目营运期通过控制饵料投放和养殖密度，控制养殖水污染物排放量，养殖区域水质同样需符合《渔业水质标准》(GB11607-89)的要求。

表 2.3.2-5 《渔业水质标准》(GB11607-89) 单位：mg/L

序号	项目	标准值
1	悬浮泥沙质	人为增加的量不得超过 10，而且悬浮泥沙质沉积于底部后，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

序号	项目	标准值
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

3.环境空气质量标准

根据《揭阳市生态环境局惠来分局〈关于确认揭阳市投控农业海洋牧场产业园项目环境影响评价执行标准的请示〉的复函》，本项目执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及其 2018 年修改单的二级标准，具体见下表 2.3.2-6。

表 2.3.2-6 环境空气质量标准

污染因子	取值时间	浓度限制
SO ₂	年平均	60μg/m ³
	24 小时平均	150μg/m ³
	1 小时平均	500μg/m ³
NO ₂	年平均	40μg/m ³
	24 小时平均	80μg/m ³
	1 小时平均	200μg/m ³
CO	24 小时平均	4mg/m ³
	1 小时平均	10mg/m ³
O ₃	日最大 8 小时平均	160μg/m ³
	1 小时平均	200μg/m ³
PM ₁₀	年平均	70μg/m ³
	24 小时平均	150μg/m ³
PM _{2.5}	年平均	35μg/m ³
	24 小时平均	75μg/m ³

4.声环境质量标准

本项目建设海洋牧场产业园，进行海水养殖，周围不涉及声环境敏感目标。根据《揭阳市生态环境局惠来分局〈关于确认揭阳市投控农业海洋牧场产业园项目环境影响评价执行标准的请示〉的复函》，本项目运营期执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的 3 类标准，具体见下表 2.3.2-7。

表 2.3.2-7 环境噪声限值 单位：dB（A）

声环境功能区类别	时段	
	昼间	夜间
3 类	65	55

2.3.2.2 污染物排放标准

1.大气污染物排放标准

(1) 施工期

本项目施工期施工船舶和运输车辆产生的尾气，主要污染物为 SO₂、NO_x 和烟尘等。施工船舶废气排放执行《船舶发动机排气污染物排放限值及测量方法（第一、二阶段）》（GB15097-2016）第二阶段第 1 类标准。

(2) 营运期

项目船舶燃油废气中的二氧化硫、氮氧化物应满足《船舶大气污染物排放控制区实施方案》，2022 年 1 月 1 日起，应使用含量不大于 0.5%_{m/m} 的船用燃油。项目营运期产生的船舶燃油废气，执行《船舶发动机排气污染物排放限值及测量方法（中国第一、二阶段）》（GB15097-2016）第二阶段第 1 类标准。

项目营运期柴油发电机燃油尾气排放参考广东省地方标准《大气污染物排放限值》（DB44/27-2001）中第二时段二级标准。

表 2.3.2-8 《船舶发动机排气污染物排放限值及测量方法(第一、二阶段)》(GB15097-2016)
第二阶段

船机类型	单缸排量	额定净功率 (kw)	CO (g/kWh)	HC+NO _x (g/kWh)	CH ₄ (g/kWh)	PM (g/kWh)
第 1 类	SV<0.9	P≥37	5.0	5.8	1.0	0.3

表 2.3.2-9 《大气污染物排放限值》（DB44/27-2001）

污染物	无组织排放监测浓度限值		第二时段二级标准最高允许排放	
	监测点	浓度（mg/m ³ ）	浓度（mg/m ³ ）	排放速率（kg/h）
SO ₂	周界外浓度最高点	0.40	500	0.23
NO _x		0.12	120	0.07
颗粒物		1.0	120	0.32

2.水污染物排放标准

本项目海洋牧场不设置排放口，施工期及营运期船舶生活污水收集上岸后，收集上岸后由接收单位处置，船舶含油污水收集后交由有处理能力的单位清运处置，不直接在本项目海域排放。

施工期和营运期作业船舶含油污水和生活污水执行《船舶水污染物排放控

制标准》（GB3552-2018）和《关于发布<船舶水污染防治技术政策>的公告》。

表 2.3.2-10 船舶水污染物排放控制标准（GB3552-2018）

污染类别	船舶类别/排放水域	排放控制要求		
机器处所含油污水	400 总吨及以上的船舶	2018 年 7 月 1 日起，达标排放（油污水处理装置出水口处石油类≤15mg，排放在船舶航行中进行）或收集并排入接收设施。		
	400 总吨以下渔业船舶	自 2018 年 7 月 1 日起，达标排放（油污水处理装置出水口处石油类≤15mg/L，排放在船舶航行中进行）或收集并排入接收设施。		
含货油残余物的油污水	150 总吨及以上油船	自 2018 年 7 月 1 日起，收集并接入接收设施，或在船舶航行中排放，并同时满足下列条件：（1）油船距最近陆地 50 海里以上；（2）排入海中油污水含油量瞬间排放率不超过 30 升/海里；（3）排入海中油污水含油量不得超过货油含量的 1/30000；（4）排油监控系统运转正常。		
	150 总吨以下油船	自 2018 年 7 月 1 日起，收集并接入接收设施。		
船舶生活污水	距最近陆地 3 海里以内（含）的海域： A.利用船载收集装置收集，排接收设施； B.利用船载生活污水处理装置处理，达到右边所列要求后在航行中排放。	BOD ₅	<50mg/L	在 2012 年 1 月 1 日以前安装（含更换）生活污水处理装置的船舶，向环境水体排放生活污水
		SS	≤150mg/L	
		耐热大肠菌群	≤2500 个/L	
		BOD ₅	<25mg/L	在 2012 年 1 月 1 日以后安装（含更换）生活污水处理装置的船舶，向环境水体排放生活污水
		SS	<35mg/L	
		耐热大肠菌群	≤1000 个/L	
		COD _{cr}	≤125mg/L	
		pH	6~8.5	
		总氯	<0.5mg/L	
	3 海里<与最近陆地间距离<12 海里的海域	自 2018 年 7 月 1 日起，同时满足下列条件：（1）使用设备打碎固形物和消毒后排放；（2）船速不低于 4 节，且生活污水排放速率不超过相应船速下的允许排放速率。		
与最近陆地间距离>12 海里的海域	自 2018 年 7 月 1 日起，船速不低于 4 节，且生活污水排放速率不超过相应船速下的允许排放速率。			

3.噪声排放标准

（1）施工期

项目施工期施工场界噪声排放执行《建筑施工噪声排放标准》（GB 12523-2025）规定的排放限值，即昼间≤70dB（A），夜间≤55dB（A）。

（2）运营期

本项目海洋牧场整体位于海域，附近陆域声功能区主要为 3 类区，运营期噪声环境参考执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中 3 类标准，即昼间≤65dB（A），夜间≤55dB（A）。

4.固体废物

养殖设施废弃物作为一般固体废物贮存、处置，执行《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）及原环保部 2013 年第 36 号公告污染控制标准修改单。船舶维修过程中产生的废机油及含油抹布按《建设项目危险废物环境影响评价指南》《危险废物贮存污染控制标准》要求处理，由维修单位收集后交由有危险废物处理资质的单位处置，均不在项目范围暂存和处理。船舶产生的固体废物（船舶生活垃圾等）排放执行《船舶水污染物排放控制标准》（GB 3552-2018）相关规定。

养殖过程死亡的养殖鱼类收集上岸后交由有无害化处理能力的单位处置。养殖病死水产品的处理处置执行《病死畜禽和病害畜禽产品无害化处理管理办法》（中华人民共和国农业农村部令 2022 年第 3 号）、《病死及病害动物无害化处理技术规范》（农医发〔2017〕25 号）、《水产养殖动物疫病防控指南(试行)》（农渔养函〔2022〕116 号）以及《染疫水生动物无害化处理规程》（SC/T7015-2011）的相关要求。本项目各类固体废物需分类收集至岸上后交相关单位处理，不得倾倒入海。

表 2.3.2-11 船舶垃圾排放控制要求

项目	内容	排放控制要求	备注
船舶垃圾排放	塑料、废弃食用油、生活废弃物等	禁止投入水域	收集并排入接收设施
	食品废弃物	在距最近陆地 3 海里以内（含）的海域，应收集并排入接收设施；在距最近陆地 3 海里至 12 海里（含）的海域，粉碎或磨碎至直径不大于 25 毫米后方可排放；在距最近陆地 12 海里以外的海域可以排放	
	对于货物残留物	在距最近陆地 12 海里以内（含）的海域，应收集并排入接收设施；在距最近陆地 12 海里以外的海域，不含危害海洋环境物质的方可排放	
	动物尸体	在距最近陆地 12 海里以内（含）的海域，应收集并排入接收设施；在距最近陆地 12 海里以外的海域方可排放	
	货舱、甲板和外表面积清洗水	其含有的清洁剂或添加剂不属于危害海洋环境物质的方可排放，其他操作废弃物应收集并排入接收设施	

2.4 评价等级

2.4.1 海洋环境影响评价等级

海洋工程环境影响评价工作等级依据建设项目的工程特点、工程规模和所

在海域的环境特征划分。本项目用海面积 196.3593 公顷，根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025），判定本项目海洋环境影响评价等级为 2 级，如下表 2.4.1-1 所示。

表 2.4.1-1 建设项目海洋生态环境影响评价判定表（节选）

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

2.4.2 大气环境影响评价等级

施工期废气主要施工船燃油废气，属于无组织排放，施工期废气对大气的影 响是暂时的，会随着施工期的结束而逐渐消失。

营运期大气污染物主要为船舶燃油废气，废气排放量小且难以定量，根据《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018），本项目环境空气的评价等级为三级，不需设置大气环境影响评价范围。

2.4.3 声环境影响评价等级

本项目所在位置未划分声环境功能区划，项目为深水网箱养殖项目，网箱养殖过程基本不会产生噪声，项目区域建设前后厂界噪声没有增加；且项目建设区域周边 200m 范围内没有声环境保护目标，根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021），声环境影响评价工作等级确定为三级。

2.4.4 地表水环境影响评价等级

本项目为离岸大型海水养殖场项目，属于海洋工程类型，按照《环境影响评价技术导则 海洋生态环境(HJ 1409—2025)》开展海洋生态环境影响评价，不再单独进行地表水环境影响评价。

2.4.5 地下水环境影响评价等级

本项目为开放式养殖项目，根据《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ610-2016），本项目属于导则中的IV类项目，因此，本次评价不开展地下水环境影响评价。

2.4.6 土壤环境评价等级

本项目为开放式养殖项目，根据《环境影响评价技术导则土壤环境（试行）》（HJ964-2018），本项目属于导则中的IV类项目，不开展土壤环境影响评价。

2.4.7 生态影响评价等级

根据《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2022），“涉海工程评价等级判定参照 GB/T19485”。本项目位于海域，不涉及陆域工程，根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025），本项目海洋生态环境影响评价等级定为2级。（分析判定详见2.4.1章节）

2.4.8 环境风险评价等级

2.4.8.1 危险物质及工艺系统危险性（P）分级

①危险物质数量与临界量比值（Q）

环境风险等级根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ/T169-2018）、《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）和《水上溢油环境风险评估技术导则（JT-T1143-2017）》确定。本工程环境风险主要来自施工期船舶、营运期养殖用船舶因碰撞而导致的溢油风险，主要风险物质为船舶燃油。

根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025），计算所涉及的油类物质的最大存在总量与其在附录G中对应临界量的比值Q。当存在多种危险物质时，则按下式计算：

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

式中： q_1 、 q_2 、 q_n —每种危险物质的最大存在总量，t；

Q_1 、 Q_2 、 Q_n —每种危险物质的临界量，t。

当 $Q < 1$ 时，项目环境风险潜势为I。

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

本项目为海洋牧场产业园建设，不涉及危险化学品的储运，项目船舶涉及使用的燃油，其主要环境风险为船舶漏油、溢油对水体产生的影响。参考类似项目，本项目施工期主要有500t的网箱安装船（带吊臂）、锚艇、多功能辅

助船等。营运期拟投入 3 艘 300t 的多功能辅助船和 5 艘养殖快艇。

项目施工期作业船舶数量及最大载油量与临界量比值（Q）如下表所示：

表 2.4.8-1 施工期船舶最大载油量估算

船型	单艘最大载油量（t）	数量/艘	危险物质最大存在总量 q_n/t	危险物质名称	临界值 Q_n/t	危险物质 Q 值
网箱安装船（带吊臂）	50	2	100	油类	100	1
多功能辅助船	30	3	90	油类	100	0.9
锚艇	0.5	2	1	油类	100	0.01
ΣQ 施工期						1.91
注：根据《水上溢油环境风险评估技术导则》(JT/T 1143-2017)、《船舶污染海洋环境风险评价技术规范(试行)》附录 4.1 中的规定，非油轮船舶燃油最大携带量也可用船舶总吨推算，根据船型不同，一般取船舶总吨的 8%~12%，本评价取各艘船吨位的 10%核算船舶最大载油量。						

项目营运期作业设备和船舶数量及最大载油量与临界量比值（Q）如下表所示：

表 2.4.8-2 营运期船舶和作业设备最大载油量估算

船型	单艘最大载油量（t）	数量/艘、个	危险物质最大存在总量 q_n/t	危险物质名称	临界值 Q_n/t	危险物质 Q 值
300t 多功能船舶	30	3	90	油类	100	0.9
养殖快艇	0.5	5	2.5	油类	100	0.025
ΣQ 营运期						0.925
注：根据《水上溢油环境风险评估技术导则》(JT/T 1143-2017)、《船舶污染海洋环境风险评价技术规范(试行)》附录 4.1 中的规定，非油轮船舶燃油最大携带量也可用船舶总吨推算，根据船型不同，一般取船舶总吨的 8%~12%，本评价取各艘船吨位的 10%核算船舶最大载油量。						

由上表可知，本项目 ΣQ 施工期=1.91， ΣQ 营运期=0.925。

②行业及生产工艺（M）

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

表 2.4.8-3 行业及生产工艺（M）

行业	评估依据	分值
石化、化工、医药、轻工、	涉及光气及光气化工艺、电解工艺（氯碱）、氯化工艺、硝化工艺、合成氨工艺、裂解（裂化）工艺、氟化工艺、加氢工艺、重	10/套

行业	评估依据	分值
化纤、有色冶炼等	氮化工艺、氧化工艺、过氧化工艺、胺基化工艺、磺化工艺、聚合工艺、烷基化工艺、新型煤化工工艺、电石生产工艺、偶氮化工艺	
	无机酸制酸工艺、焦化工艺	5/套
	其他高温或高压，且涉及危险物质的工艺过程 a、危险物质贮存罐区	5/套（罐区）
管道、港口/码头等	涉及危险物质管道运输项目、港口/码头等	10
石油天然气	石油、天然气、页岩气开采(含净化)，气库(不含加气站的气库)，油库(不含加气站的油库)、油气管线 b(不含城镇燃气管线)	10
其他	涉及危险物质使用、贮存的项目	5
a 高温指工艺温度>300° ℃，高压指压力容器的设计压力（P）210.0MPa； b 长输管道运输项目应按站场、管线分段进行评价。		

本项目为海洋牧场，属于上表中的“其他”行业，M=5，则行业及生产工艺分级为 M4。

③危险物质及工艺系统危险性（P）分级

根据危险物质数量与临界量比值（Q）和行业及生产工艺（M），按照下表确定危险物质及工艺系统危险性等级（P）。本项目施工期 Q=1.91，营运期 Q=0.925，行业及生产工艺为 M4，根据下表可知，本项目危险物质及工艺系统危险性为 P4。

表 2.4.8-4 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

2.4.8.2 环境敏感程度（E）的分级判定

由于本项目涉及的环境风险物质仅包括燃料油，其发生泄漏事故时，仅对海水环境产生影响，对大气环境和地下水环境无明显影响，因此根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）附录 G 的环境敏感程度进行风险等级判定，环境敏感程度分级方法见下表：

表 2.4.8-5 环境敏感目标分级

分级	环境敏感目标
----	--------

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

由于本项目位于广东省近岸海域功能区划中的“306A 浅海渔业区”，水质目标为一类，且项目周边分布有神泉珍稀濒危物种分布区、惠来县人工鱼礁重要渔业资源产卵场等重要敏感区，因此根据上表本项目环境敏感目标分级为E1。

2.4.8.3 环境风险潜势划分

根据以上分析，本项目环境敏感性属于 E1 类，建设项目涉及的物质和工艺系统的危险性为 P4，按照下表确定本项目环境风险潜势为III。

表 2.4.8-6 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）
E1	IV+	IV	III	III
E2	IV	III	III	II
E3	III	III	II	I

2.4.8.4 评价工作等级

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

表 2.4.8-7 评价工作等级划分

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

2.5 评价范围

结合本工程特点和建设规模，以及所在区域的自然环境条件、敏感目标分布情况，综合各环境要素的环境影响评价等级，确定具体评价范围如下表所示：

表 2.5-1 各环境要素评价范围汇总表

序号	环境要素	评价等级	评价范围要求	评价范围
----	------	------	--------	------

序号	环境要素	评价等级	评价范围要求	评价范围
1	海洋生态环境	2 级	潮流主流向的扩展距离应不小于 5km~15km，垂直于潮流主流向的扩展距离不小于主流向扩展距离的 1/2 为宜	综合确定为项目所在位置向海侧外扩 10km 范围，评价范围面积为 285.6862 平方千米
2	地表水环境	/	无需设置	
3	大气环境	三级	无需设置	
4	声环境	三级	项目范围外扩 200m	
5	地下水环境	/	无需设置	
6	土壤环境	/	无需设置	
7	生态	二级	同海洋生态环境评价范围	
8	环境风险	二级	同海洋生态环境评价范围	

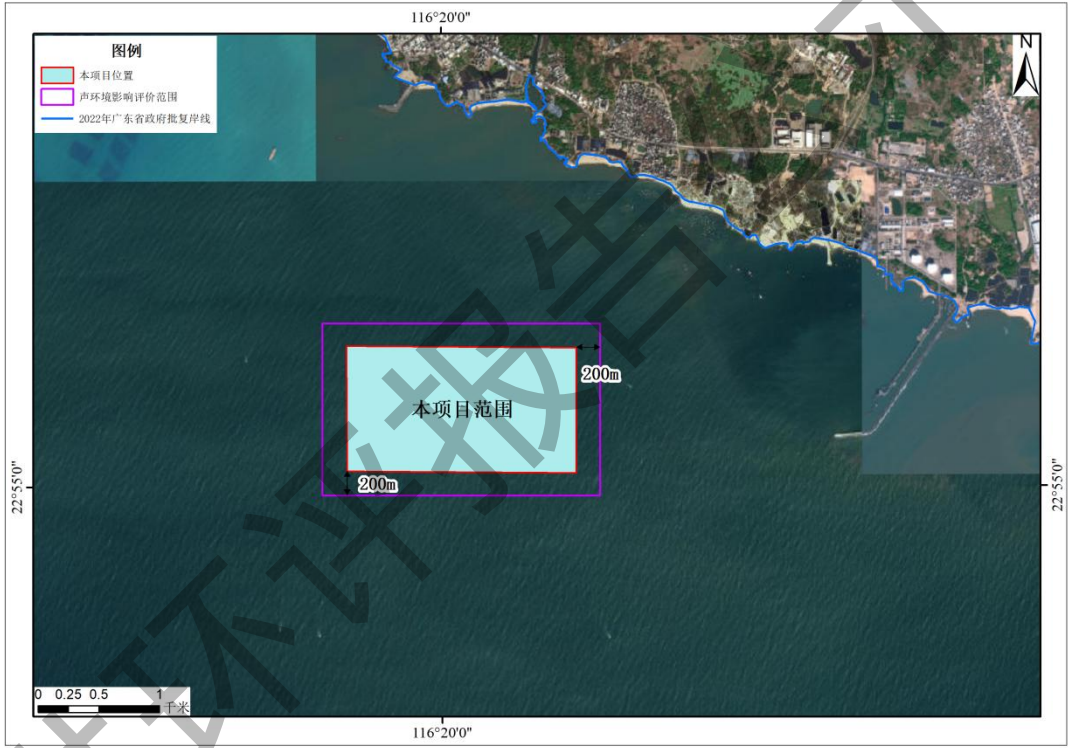


图 2.5-1 声环境影响评价范围



图 2.5-2 海洋环境影响评价范围

2.6 环境敏感目标和保护目标

本项目评价范围内无珊瑚礁、海草床典型生态系统。本项目周边环境保护目标基本情况见下表 2.6-1 和下图 2.6-1。

表 2.6-1 项目附近环境敏感区分布汇总表

类型	环境敏感区	保护对象	与项目相对位置
生态保护红线	惠来县人工鱼礁重要渔业资源产卵场	渔业资源及海域生态环境	南侧约 534m
	神泉珍稀濒危物种分布区	西施舌及海域生态环境、渔业资源	南侧约 534m
	神泉芦园湾重要滩涂及浅海水域	砂质岸线及海域生态环境	东北侧约 900m
	前詹海岸防护物理防护极重要区	砂质自然岸线	东侧约 6.3km
	前詹珍稀濒危物种分布区	珍稀濒危物种及其生境、渔业资源	东侧约 6.2km
生态控制区	粤东新城南部生态控制区	海洋生态系统质量和稳定性	西北侧约 2.8km
	神泉镇东南部生态控制区	海洋生态系统质量和稳定性	东北侧约 134m
国控点	GDN22004	水质	西北侧约 2.0km
	GDN22001	水质	西南侧约 7.1km
省控点	HWXZ081	水质	西南侧约 757m
开放式养殖区	惠来县惠前水产养殖专业合作社海上养殖项目	水质、渔业资源	东侧约 277m
	惠来县鹏业海水养殖专业合作社筏式吊养项目		西北侧约 2.7km
	惠来县宏鑫水产销售有限公司筏式吊养项目		西北侧约 2.2km
	惠来县鸿泰水产养殖有限公司神泉港附近海域底播养殖项目		西北侧约 4.0km
	惠来县昌豪海水养殖有限公司吊养项目		西侧约 2.6km
浴场	惠来县华家海滨度假村浴场用海	水质	北侧约 1.8km
三场一通道	南海北部幼鱼繁育场保护区	渔业资源、幼鱼及其生境等	0m
	南海国家级及省级幼鱼、幼虾保护区	渔业资源、幼鱼幼虾及其生境等	0m
	鲷类、鲹类繁育场	渔业资源、鲷类、鲹类资源及其生境等	0m

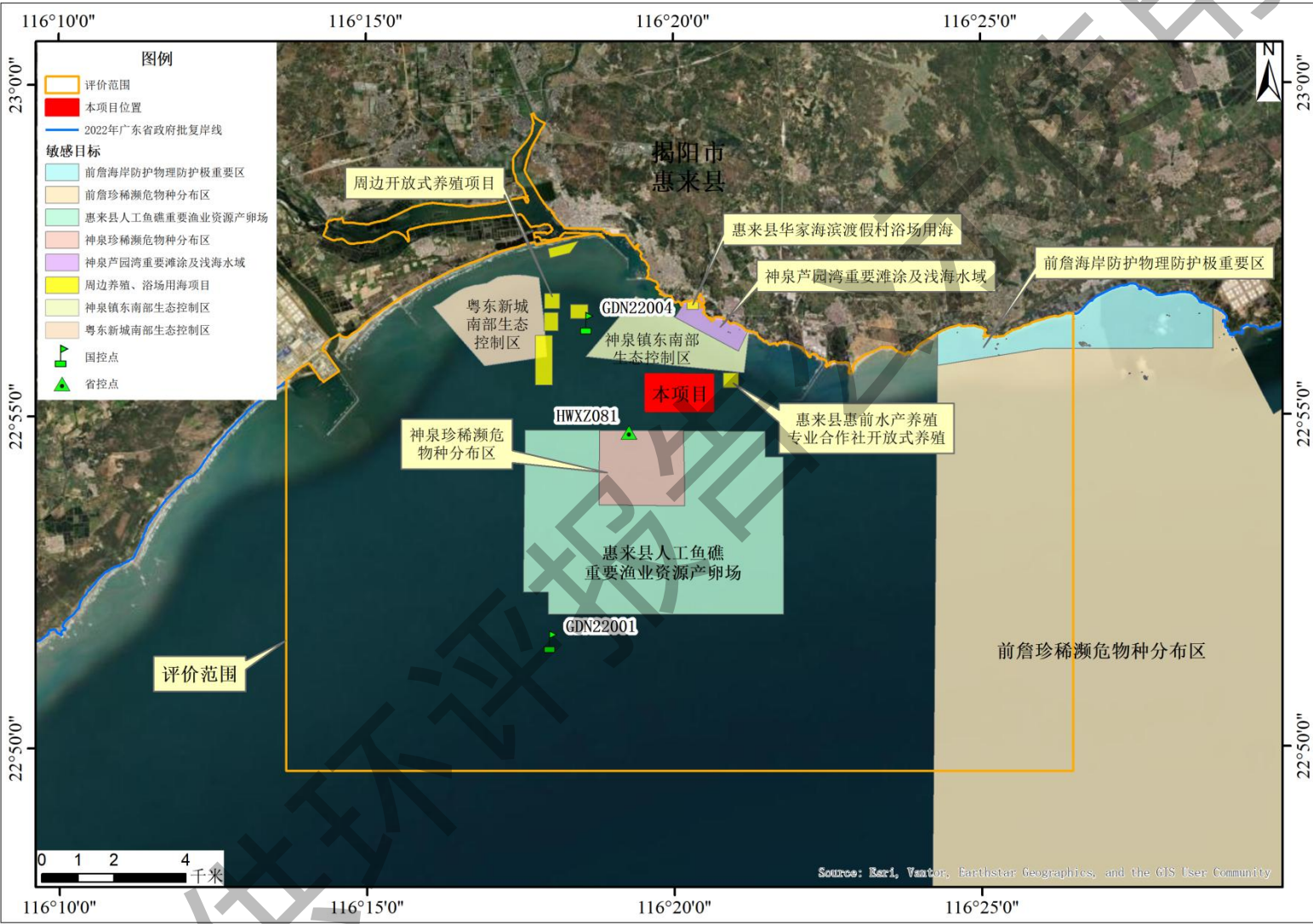


图 2.6-1a 项目评价范围内环境保护目标分布图（1）

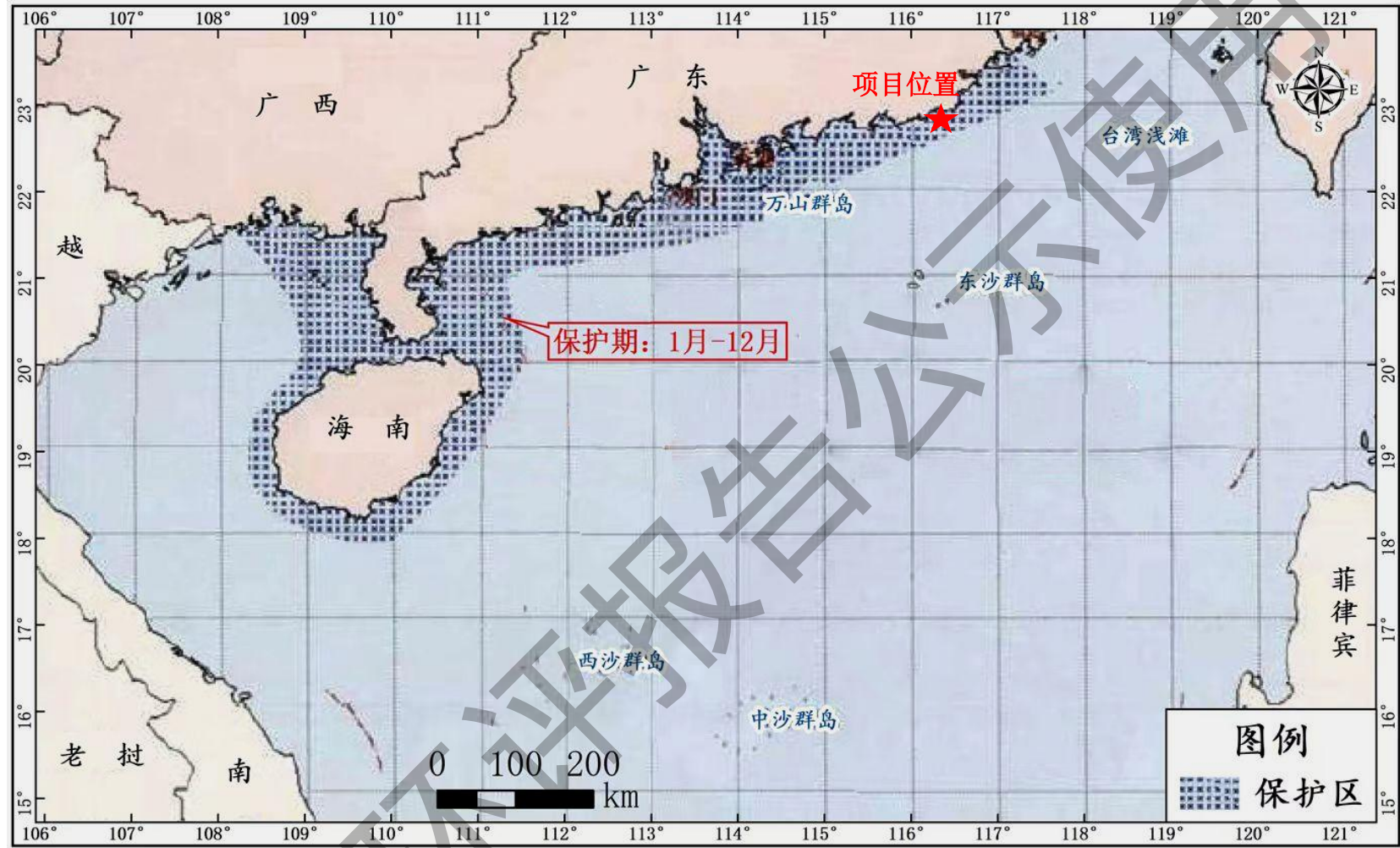


图 2.6-1b 项目评价范围内环境保护目标分布图 (2)

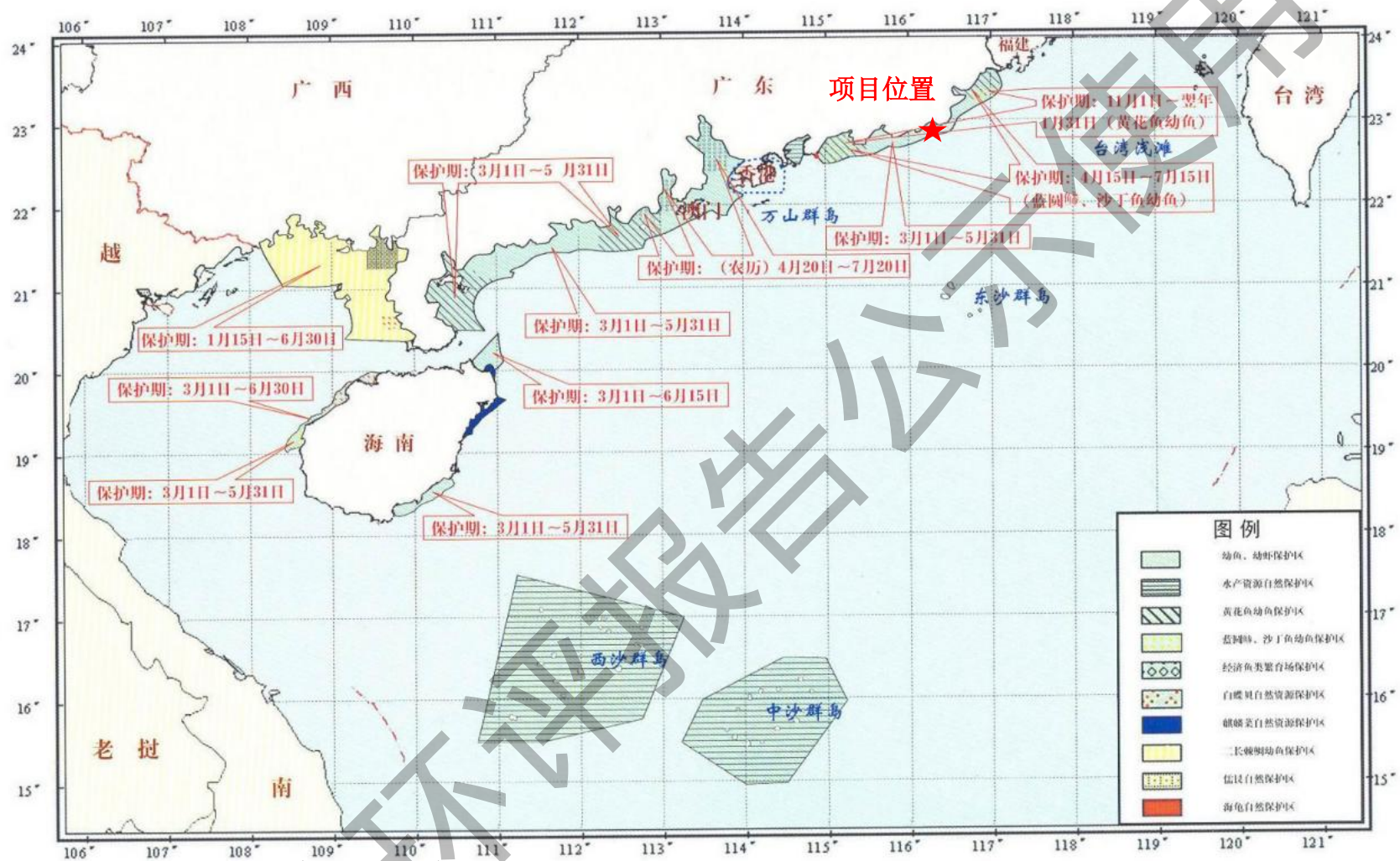


图 2.6-1c 项目评价范围内环境保护目标分布图 (3)

3 建设项目工程分析

3.1 建设项目概况

3.1.1 建设项目名称、性质、规模及地理位置

项目名称：揭阳市投控农业海洋牧场产业园

建设单位：揭阳市投控农业发展有限公司

项目性质：新建

建设地点：项目选址位于揭阳市惠来县神泉港东南侧海域，中心坐标：116°20′ 5.683″ E，22° 48′ 51.016″ N。本项目地理位置图见图 3.1.1-1。

建设规模：项目用海总面积 196.3593 公顷，拟布设 C90 HDPE 重力式圆形网箱 66 个、矩形网箱 8 组和运维平台 1 个，在网箱养殖区 4 个边界点分别设置 1 座海上警示浮标，配套多功能辅助船 3 艘，养殖快艇 5 艘。项目主要开展马友鱼、鮰鱼等海水鱼类和鲍鱼养殖，项目海水鱼年产量约 2598.75 吨，鲍鱼年产量约为 672 吨。

行业类别：A 0411 海水养殖

养殖品种及方式：圆形网箱以马友鱼、鮰鱼作为海水鱼类养殖物种，矩形网箱养殖鲍鱼。

养殖方式：重力式深水网箱养殖，使用 C90 圆形网箱养殖马友鱼、鮰鱼；使用重力式矩形网箱（鲍鱼排）养殖鲍鱼。

用海概况：项目拟申请用海面积共 196.3593 公顷，海域使用类型为渔业用海中的开放式养殖用海，用海方式为开放式养殖。

建设工期：24 个月。

投资金额：项目总投资约 16982.59 万元。

项目四至：本项目拟建海洋牧场产业园选址位于揭阳市惠来县神泉港东南侧海域，离岸最近距离约 1.5 千米处海域。项目东侧距离约 277m 处海域为惠来县惠前水产养殖专业合作社开放式养殖项目；项目南侧约 534m 处海域为神泉珍稀濒危物种分布区（生态保护红线）；项目西侧约 2.6km 处海域为惠来县昌豪海水养殖有限公司吊养项目；项目北侧约 900m 处为神泉芦园湾重要滩涂及浅海水域（生态保护红线）。

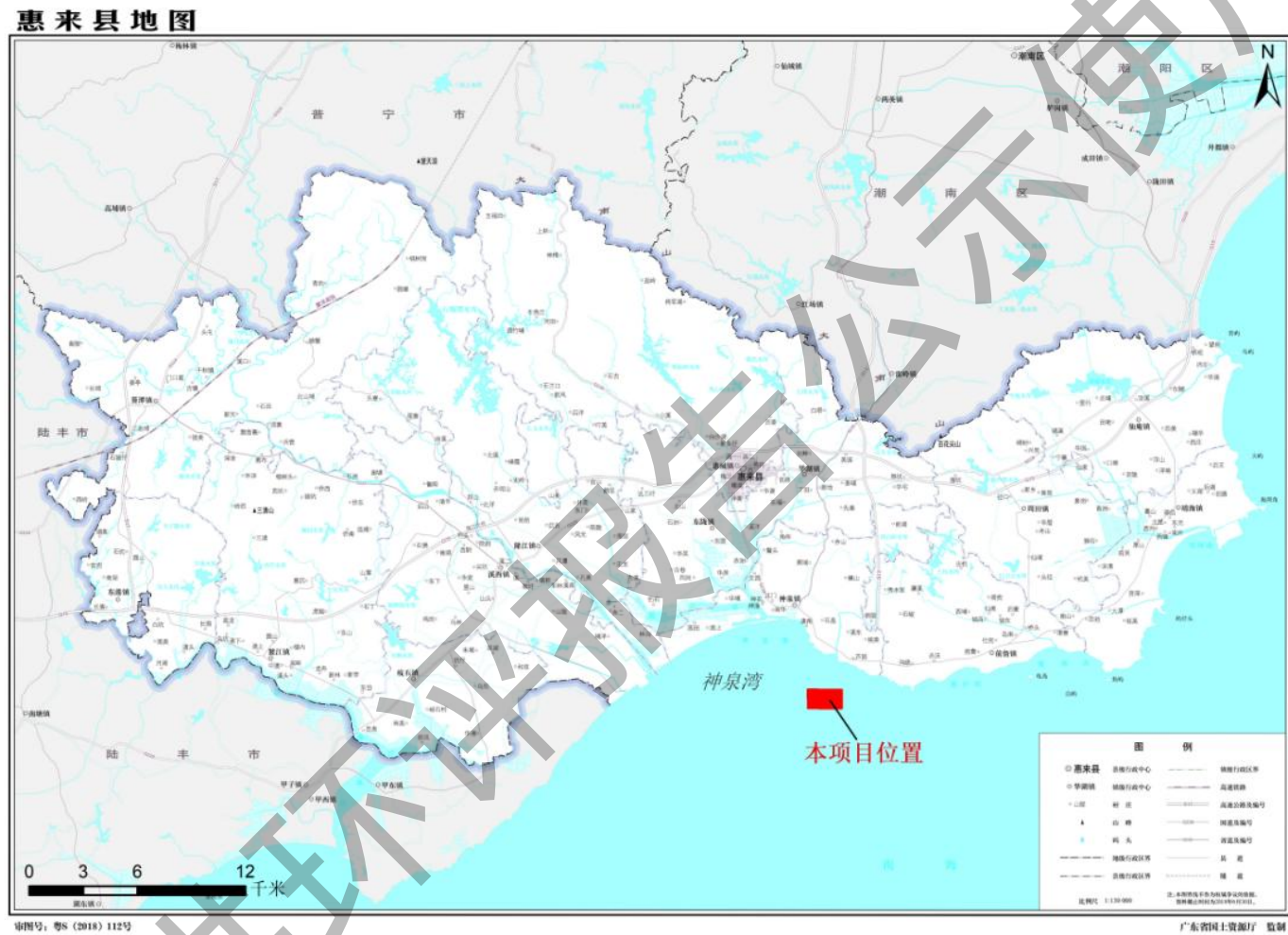


图 3.1.1-1 项目位置示意图

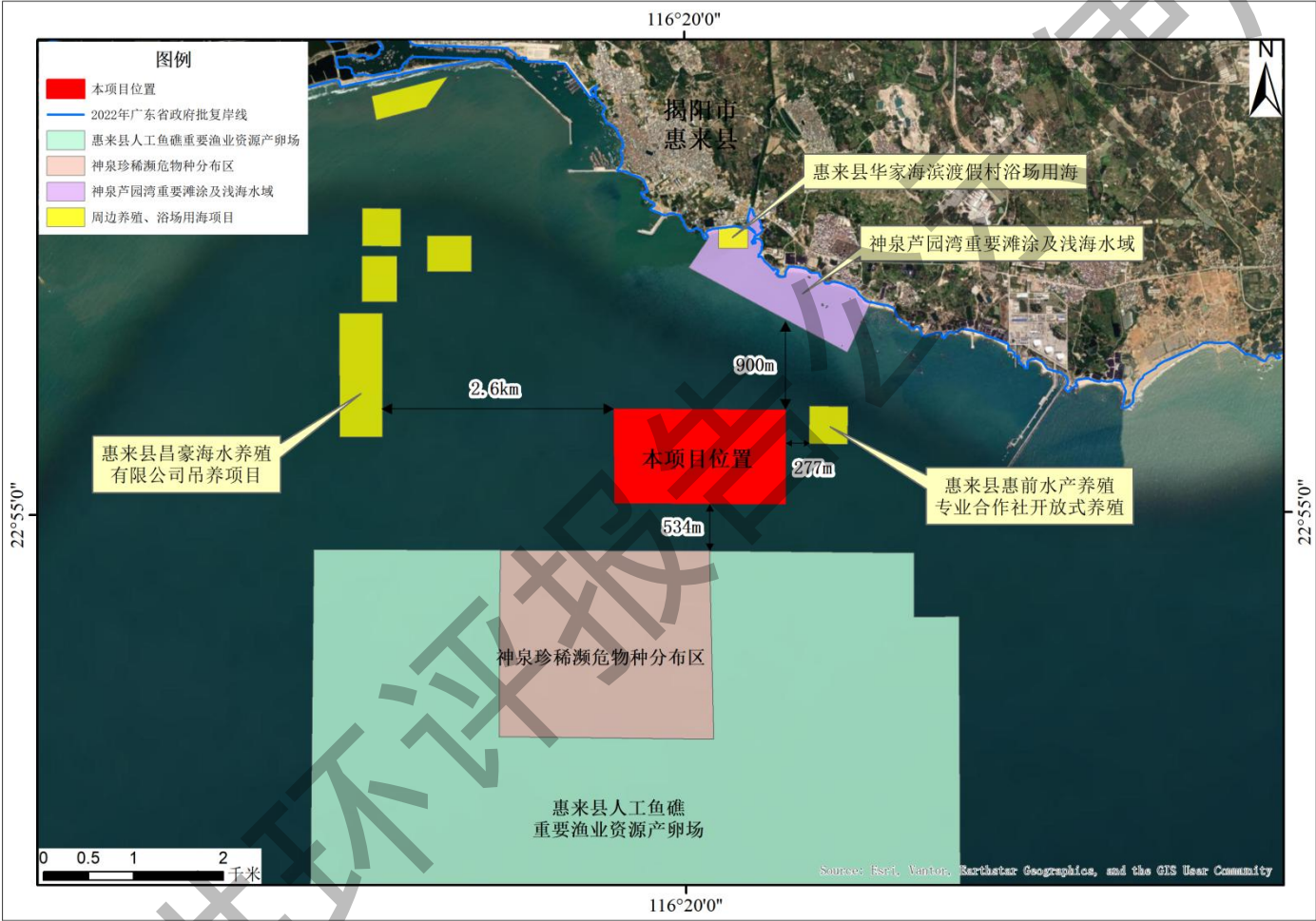


图 3.1.1-2 项目四至图（项目所在海域）

3.1.2 建设方案及主要工程量

3.1.2.1 项目建设方案

本项目建设地点位于揭阳市惠来县神泉港东南侧海域，水深约 10~12 m，离岸约 1.5 公里。

项目选址合计布设 C90 HDPE 重力式圆形网箱 66 个、矩形网箱 8 组和运维平台 1 个，配套多功能辅助船 3 艘，采购养殖快艇 5 艘。

每个 C90 网箱主体结构用海面积约 645m²，网衣深度 7 m，单体养殖水体约 4515 m³。66 个 C90 网箱合计主体结构用海面积约 4.26 万 m²，养殖水体约 29.8 万 m³。

每组矩形网箱由 5 行×2 列共 10 个矩形网箱组成,8 组网箱合计 80 个矩形网箱。每个矩形网箱有 24 个 5 m×5 m 的内隔。80 个矩形网箱共有 1920 个内隔，养殖水体面积为 4.8 万 m²。每组矩形网箱主体结构用海面积为 0.99 万 m²，8 组矩形网箱主体结构用海面积共计为 7.92 万 m²。

运维平台主体结构用海面积为 1500 m²，采用海工平台半潜式结构设计，四角抛锚定位，具有良好的抗风浪能力。平台规格 50 m×30 m，拟采用悬链式多点系泊系统，共有 8 根相同的系泊链，分为 4 组，每组 2 根，呈对称布置。锚的选型为铁锚。

根据本项目的用海面积、养殖水体、运输距离等综合因素，本项目需配套多功能辅助船 3 艘，采购养殖快艇 5 艘。

为标示本养殖网箱建设区域的工程边界位置，方便海洋渔业部门对示范区行使管理职能，同时对过往船只起到警示作用，按海事部门的要求，在网箱养殖区的 4 个边界节点分别设置 1 座海上警示浮标。

本项目组成一览表见下表 3.1.2-1 所示。

表 3.1.2-1 项目组成一览表

工程类别	项目内容	备注
主体工程	圆形网箱养殖	布置 66 个 C90 圆形网箱，单体养殖水体约 4515 m ³ ，养殖水体合计约 29.8 万 m ³ 。C90 圆形网箱合计主体结构用海面积约 4.26 万 m ² ，养殖品种为马友鱼、鳒鱼。
	矩形网箱养殖	8 组网箱合计 80 个矩形网箱，共有 1920 个内隔，养殖水体面积为 4.8 万 m ² 。矩形网箱主体结构用海面积共计为 7.92

		万 m ² ，养殖品种为鲍鱼。
	运维平台	采用海工平台半潜式结构设计，用海面积为 1500 m ² 。海洋牧场运维平台长 50m、宽 30m，整体划分为功能用房区与作业场地区。平台作业场地区设置：起重机、物料暂存及操作场地；功能区设置：环境监测和视频监控系统、太阳能电力系统和储能系统、维修车间、柴油发电机供电系统、工作人员休息间和物资仓库。
	海上警示浮标	在网箱养殖区的 4 个边界节点分别设置 1 座海上警示浮标。
辅助工程	多功能辅助船	配套多功能辅助船 3 艘，可进行饵料运输与投喂、网衣更换与储运、活鱼吸捕与载运、人员长久居住等。
	养殖快艇	采购养殖快艇 5 艘，应用于投喂管理、水质巡检、设备维护、人员运输等多个环节。
环保工程	水污染物	船舶生活污水经收集上岸后，运输至污水处理厂处理。
		船舶含油污水统一收集后，交有能力处理单位处置。
		施工悬浮泥沙、养殖污染物、残饵、网衣清洗废水自然排海。
	大气污染物	机械、船舶燃油废气、柴油发电机燃油废气、网箱安装管道热熔连接产生的 VOCs 均无组织排放。
	噪声	施工机械噪声、水下施工噪声、船舶鸣笛声、船舶及柴油发电机噪声无组织排放。
	固体废物	船舶生活垃圾收集上岸后，交由环卫部门统一处置。
		施工废弃物、养殖设施废弃物、废饲料包装袋分类收集，可回收的尽量回收综合利用，不能回收的生活垃圾交环卫部门。
		废机油、含油抹布分类收集，交有资质单位处理。
		病死鱼放在干净、密封的容器中，装船运往陆域交由有资质的单位进行无害化处置。
		网箱清洗清理出的海洋垃圾（绳子、塑料等）收集上岸后，交由环卫部门统一处置。
依托工程	近期：神泉镇柯料石现有的简易渔业码头；远期：揭阳港惠来沿海港区南海作业区通用码头	进行苗种、饲料和鱼货装卸运输。

3.1.2.2 主要指标及工程量

项目主要技术指标见下表 3.1.2-2。

表 3.1.2-2 主要技术指标表

序号	名称	单位	数量	备注
1	海域使用面积	公顷	196.3593	
2	C90 HDPE 重力式圆形网箱	个	66	
3	矩形网箱（鲍鱼排）	组	8	

4	运维平台	个	1	
5	多功能辅助船	艘	3	
6	养殖快艇	艘	5	
7	海上警示浮标	座	4	

3.1.3 平面布置及主要结构尺度

3.1.3.1 项目平面布置方案

总平面布置图如图 3.1.3-1 所示。

一、养殖网箱、运维平台布置方案

本项目选址于揭阳市惠来县神泉港海域，整体规划呈南北纵向布局，场区以养殖功能分区为核心，设置标准化养殖网箱与辅助作业平台，养殖设施在场区东西两侧均衡布设，中间预留作业通道，形成“南北展开、功能分区、通道贯穿”的平面结构。

养殖设施主要包括 66 个 C90 圆形网箱和 8 组矩形网箱，具体布设如下：

C90 圆形网箱共布设 66 个，集中布置于养殖场北部，构成项目的海水鱼养殖区域。其中，自北向南布设的 5 行 13 列，布设 65 个网箱。第 6 行单独布设 1 个圆形网箱，位于运维平台北面。每个 C90 网箱主体结构用海面积约 645m²，网衣深度 7 m，单体养殖水体约 4515 m³。66 个 C90 网箱合计主体结构用海面积约 4.26 万 m²，养殖水体约 29.8 万 m³。

项目选址南部布设 8 组矩形网箱（鲍鱼排）。每组矩形网箱由 5 行×2 列共 10 个矩形网箱组成，8 组网箱合计 80 个矩形网箱。每个矩形网箱有 24 个 5 m×5 m 的内隔。80 个矩形网箱共有 1920 个内隔，养殖水体面积为 4.8 万 m²。每组矩形网箱主体结构用海面积为 0.99 万 m²，8 组矩形网箱主体结构用海面积共计为 7.92 万 m²。

运维平台位于整个海洋牧场南部，具体布置于矩形网箱养殖区的中部位置。运维平台采用海工平台半潜式结构设计，四角抛锚定位，具有良好的抗风浪能力。平台规格 50 m×30 m，拟采用悬链式多点系泊系统，共有 8 根相同的系泊链，分为 4 组，每组 2 根，呈对称布置。

海洋牧场运维平台整体划分为功能用房区与作业场地区。平台作业场地区设置：起重机、物料暂存及操作场地；功能区设置：环境监测和视频监控系统、

太阳能电力系统和储能系统、维修车间、柴油发电机供电系统、工作人员休息间和物资仓库。运维平台主体结构用海面积为 1500 m²。

综上，各类设施主体结构用海面积约为 12.33 万 m²。

二、生产辅助船

《关于加强现代化海洋牧场养殖船管理的通知》（粤农农函〔2024〕891号）规定“原则上按照本地区重力式网箱、桁架类网箱及养殖平台每 100 公顷养殖水域面积（养殖证核准养殖方式为网箱）或每 30 万立方米养殖水体对应 2 艘（含）以内现代化海洋牧场养殖船进行合理引导，具体养殖船主机功率以保障生产安全、符合技术规范和经济性为原则确定，不设具体限制。”

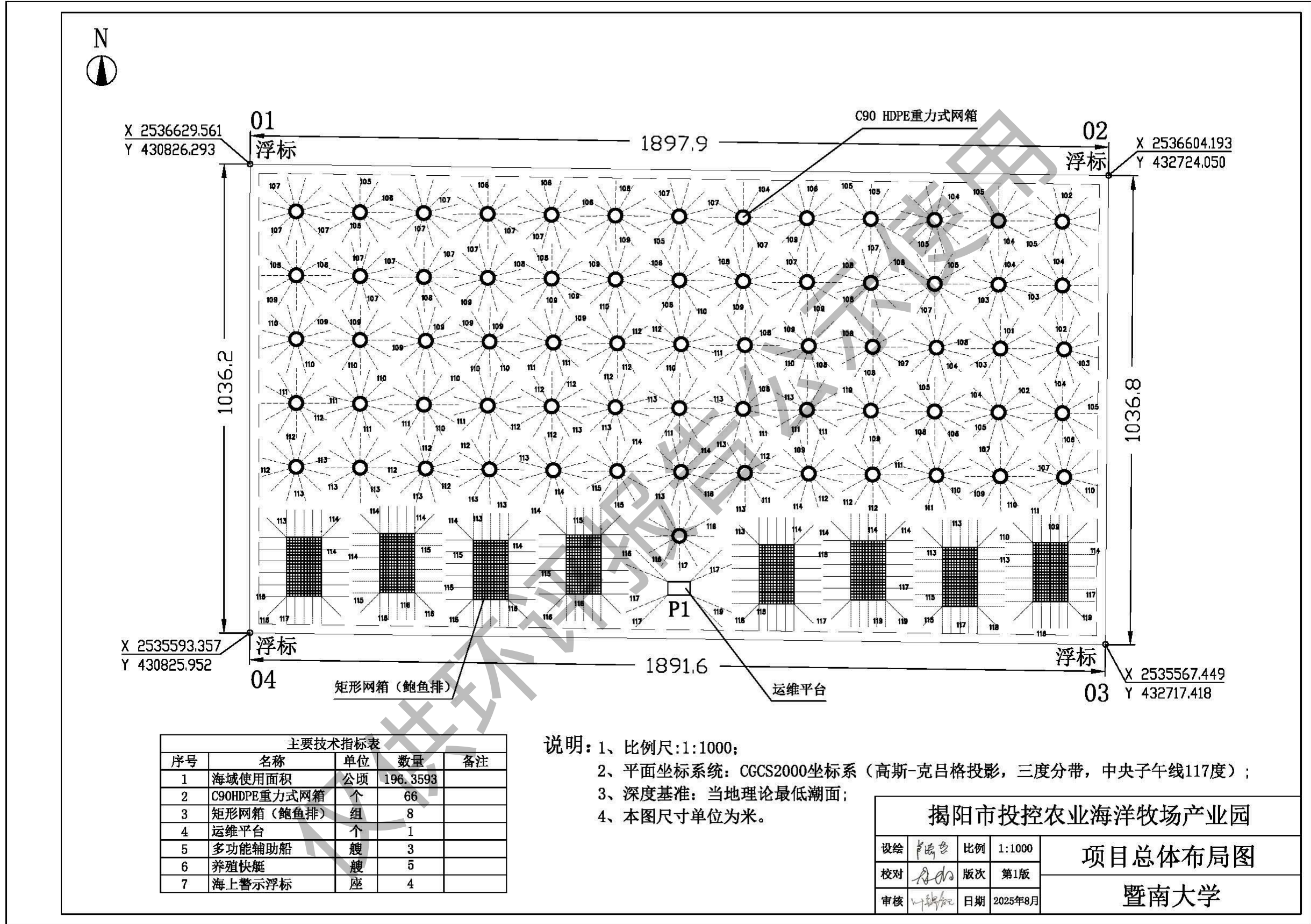
参考该通知的有关规定，根据本项目的用海面积、养殖水体、运输距离等综合因素，本项目需配套多功能辅助船 3 艘，养殖快艇 5 艘。

三、海上警示浮标布设方案

为标示本养殖网箱建设区域的工程边界位置，方便海洋渔业部门对示范区行使管理职能，同时对过往船只起到警示作用，按海事部门的要求，在网箱养殖区的 4 个边界节点分别设置 1 座海上警示浮标。海上警示浮标直径为 2.4 m，塔顶配渔业网箱养殖区标牌及太阳能警示灯。浮标标身根据航标规定为黄色。海上警示浮标按要求成套购买并安装，浮鼓配备相应锚链和锚块。

表 3.1.3-1 警示浮标坐标统计表（国家大地 2000 坐标系）

警示浮标	X	Y
01	2535593.357	430825.952
02	2535567.449	432717.418
03	2536629.561	430826.293
04	2536604.193	432724.05



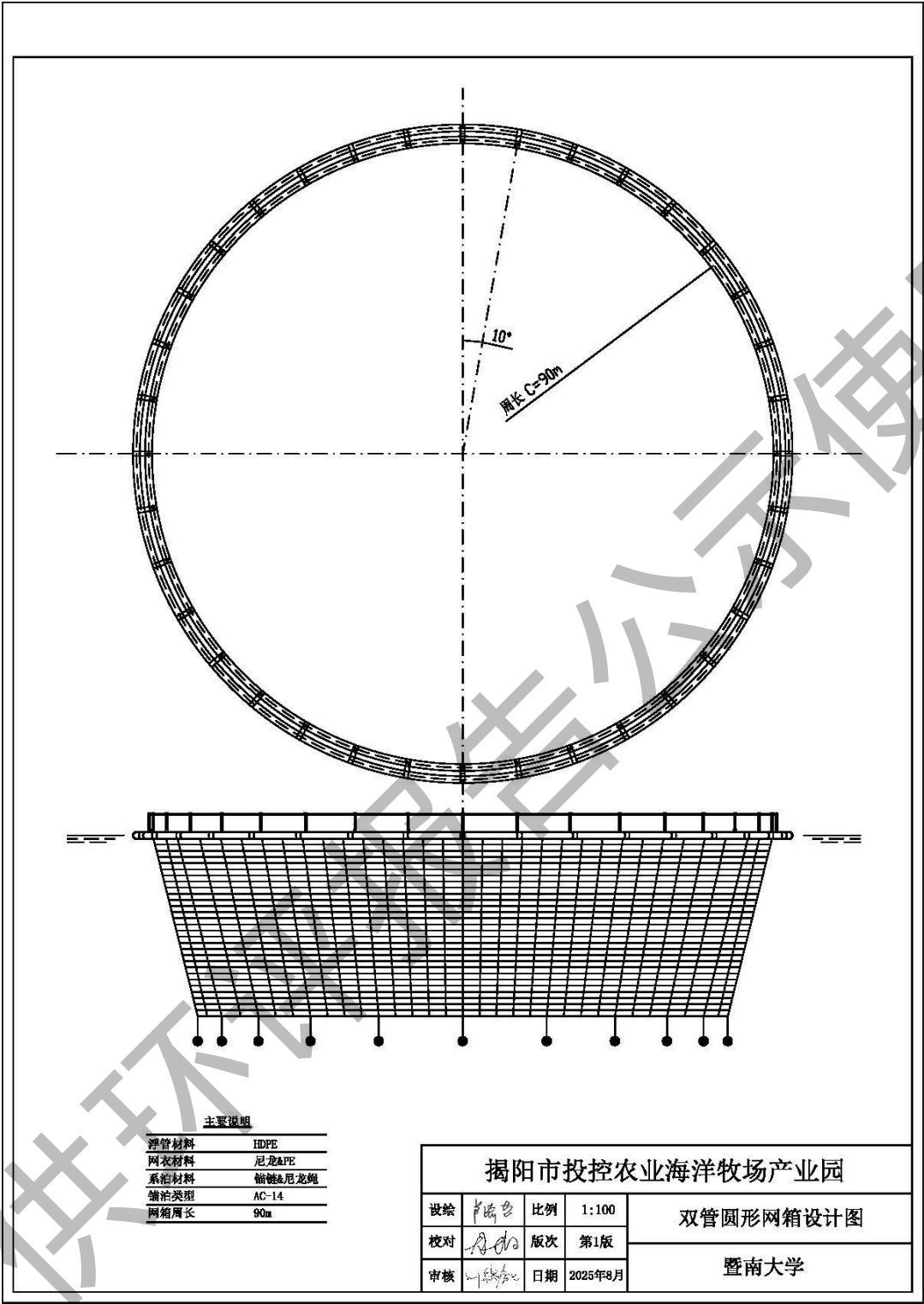


图 3.1.3-2 C90 HDPE 重力式圆形网箱设计图

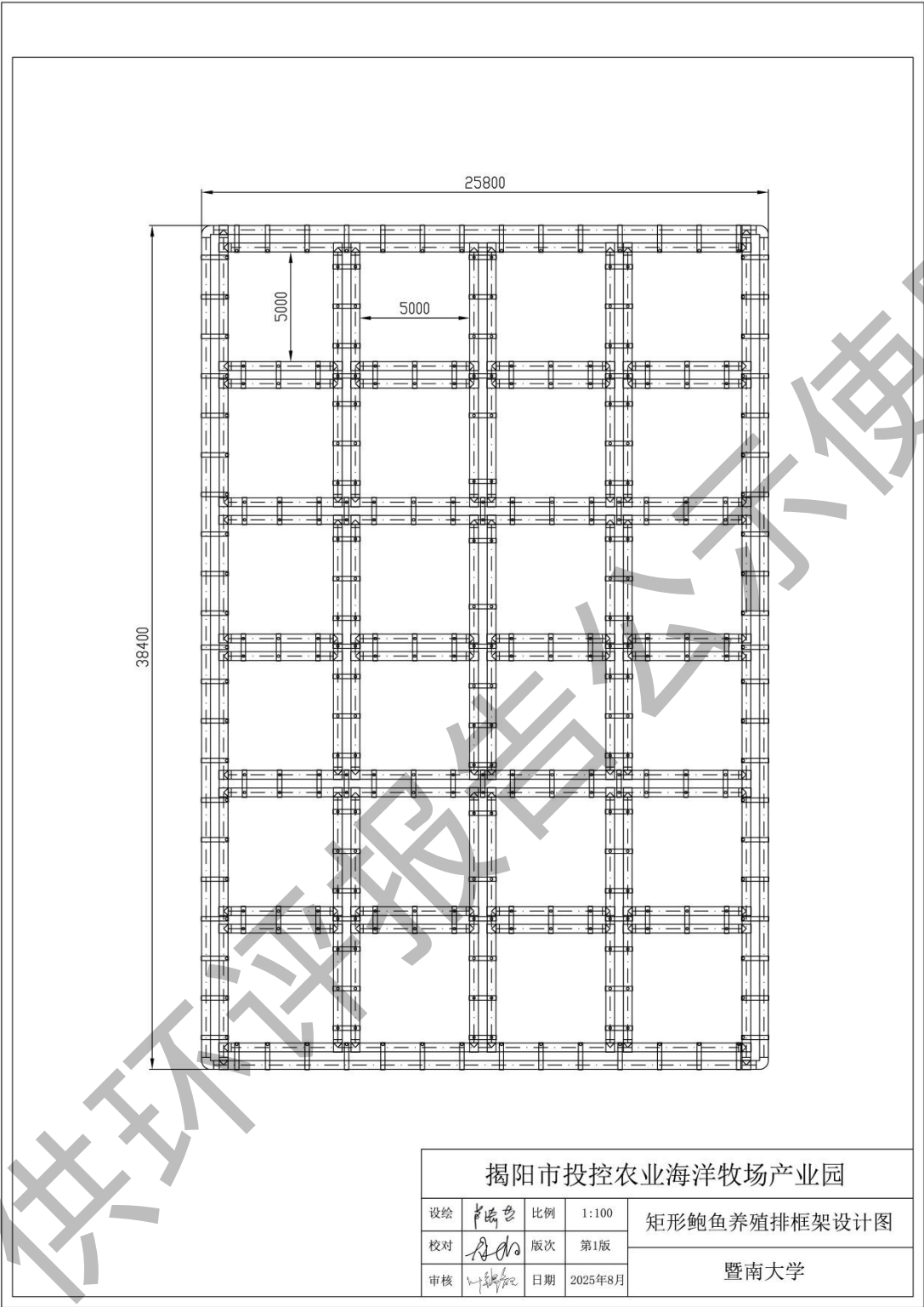


图 3.1.3-3 单个矩形网箱（含 24 个 5 m×5 m 分隔）设计图

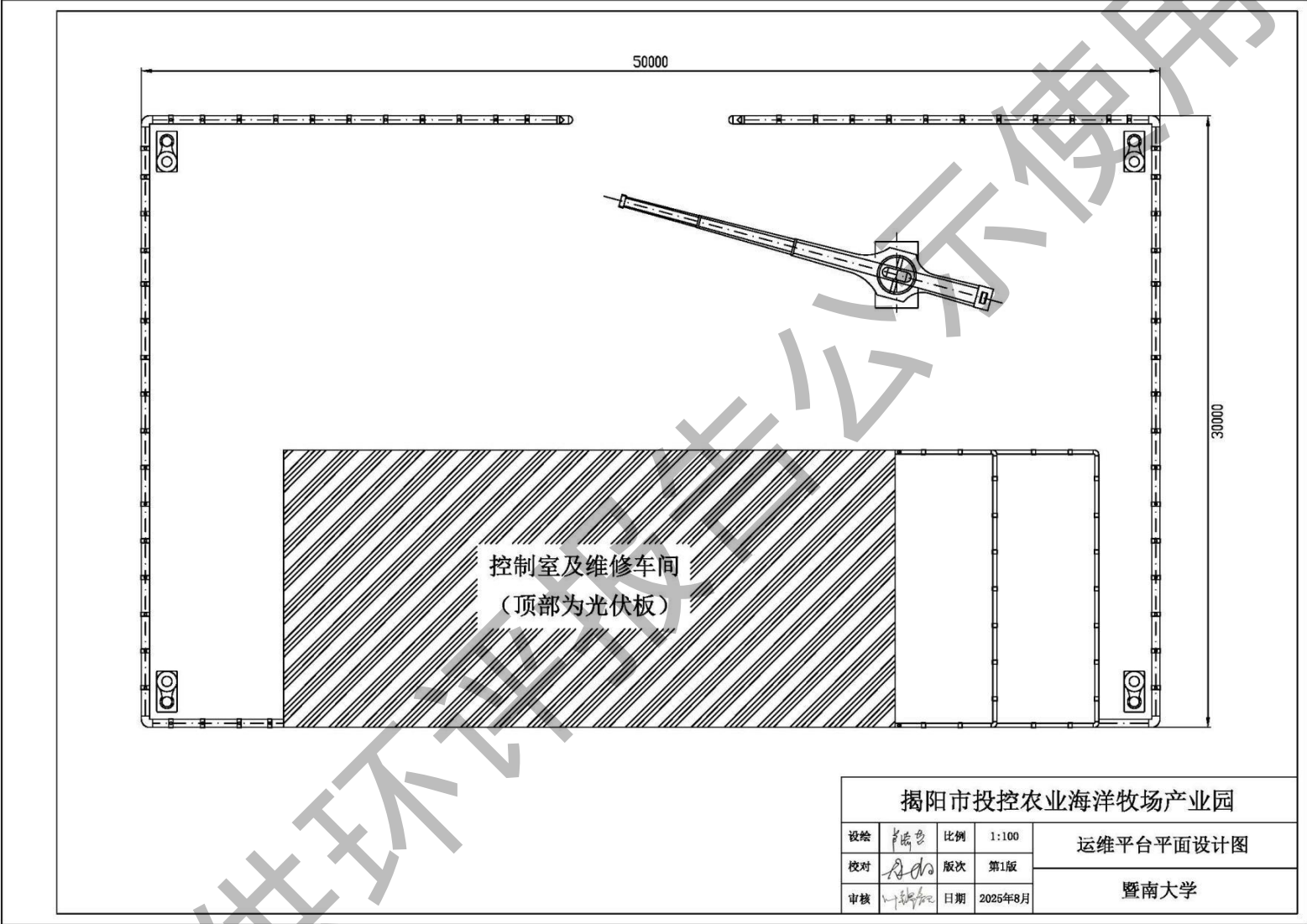


图 3.1.3-4 运维平台平面设计图

3.1.3.2 项目主要结构、尺度

3.1.3.2.1 C90 HDPE 重力式圆形网箱

HDPE 重力式圆形网箱配置设施包括网箱浮力装置、网箱网衣、网衣稳定装置、网箱固定装置等组成，单体网箱结构示意图如下所示：



图 3.1.3-5 HDPE 重力式圆形网箱示意图

(1) 浮力装置（框架）

材料均为 HDPE（高密度聚乙烯），有主浮管、扶手管、支架及相关配件。

主浮管抗风浪装置：主浮管外径 $\geq 355\text{ mm}$ ，主浮管为圆柱状环形空心管，环形圈数量为内外各 1 圈；对主浮管圆柱状环形管材进行多分区域隔离密封，并对每个隔离区域设置进排气管路及进排水管路控制系统。

扶手管：外径 $\geq 125\text{ mm}$ ，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。

支架：支架用于内外主浮管之间和内浮管与扶手管之间的连接。

(2) 网箱网衣

网箱、网衣、网边选用了高强度优质聚乙烯材料。框架是高密度聚乙烯材料；网衣经过了防腐处理，规格为 PE400D/50 股 $\times 5.0\text{ cm}$ ，无结节；网边采用 PE280D/8 纱 $\times 0.7\text{ cm} \times 500$ 目，沿箱体横向均匀分布，纵向结扎，以承受箱的沉浮力，沉降圈是由直径 3cm 柔韧性较强的钢丝绳外缠防水油布制成的大圆环，

系结网边的下端，离网底缘 1m，以使网箱在水中保持垂直形态，维持箱体有效容积。但由于在清洗、更换网箱时比较麻烦，沉降圈可更换为配重物体，可在网筋下拴水泥块或者其他重物，配重物体每个重量为 10-30 kg。

（3）抗风能力

根据广东省《深水网箱养殖技术规范》（DB44/T 742-2010）、广东省农业农村厅推荐的“深水网箱养殖技术”（https://dara.gd.gov.cn/ztzx/nyjstgzt/nyjs/content/post_4652098.html）以及网箱配套商现有配套水平，重力式网箱建议按 50 年一遇台风等级设计制造，抗风浪性能达 14 级台风、6 级波浪、耐流能力、抗流能力 1 m/s，其使用寿命达 15 年以上。

（4）系泊系统

广东省为台风多发区域，台风灾害是导致深远海养殖损失的主因。根据深海网箱现有地方及行业标准，以及行业现状，C90 网箱一般采用 8~10 个锚链系泊，每年铁锚重量为 300~500 kg。因粤东海域风浪流均高于粤西海域，为了保证养殖装备的安全性，本项目将增加 2 条锚链，并把每个铁锚重量增至 700 kg。总体上，增加的制造与安装成本约为 2 万元，但对价值超百万的养殖装备与养殖体的安全性更有保障。

单个网箱所占养殖区水域半径等于网箱半径加系泊缆水平投影长度；为便于计算，系泊缆水平投影长度至少应是养殖区域水深的 4~5 倍，这是因为当锚和系泊缆之间的夹角为 9° ~ 12° 时，锚的负载力可以达到最大水平力。因此，本项目系泊缆水平投影长度可取约 50 m。

（5）配套设施

根据网箱养殖规模进行配套生产管理平台、饲料加工机组、投饵设备、水质监测设备、高压洗网机、小型发电机组、测量、称量、捕鱼等工具、水下安全监控设备、通讯设备等，所有配套设施应符合相关的标准和确保对养殖种类安全和对水环境不会造成危害或污染。

表 3.1.3-2 C90 HDPE 重力式圆形网箱主要参数指标统计表

配置设施	材料名称	单位	数量	规格型号
框架材料	PE 管材	米	125.5	DN400, SDR13.6, 壁厚 29.4mm
	支架	个	40	DN400 型
	护套管件	个	16	DN400 型
	挡块	个	80	DN400 型
	销钉	个	160	DN400 型
	立柱	根	40	支架配套立柱, 790mm
	PE 管材	米	120	扶手管, 125mm
	泡沫柱	米	125.5	DN400 型
锚固材料	锚	口	12	700 kg
	锚链	根	12	200kg
	缆绳	米	600	PPφ50mm, 60m/根
	锚点绳	米	240	PPφ24mm, 20m/根
	锚点球	个	12	280mm
	卸扣	个	12	13/8

注：以上为参考值，具体数据根据海域实测数据与网箱设计参数为准。

3.1.3.2.2 矩形网箱

网箱框架材质采用 HDPE 高密度聚乙烯，用于鲍鱼精细化养殖。相关配置设施包括网箱浮力装置、网箱网衣、网衣稳定装置、网箱固定装置等。矩形网箱（鲍鱼排）效果图如下：



图 3.1.3-6a 矩形网箱示意图（1）



图 3.1.3-6b 矩形网箱示意图 (2)

布设 8 组矩形网箱（鲍鱼排）。每组网箱由 10 个矩形网箱组成，矩形网箱合计 80 个。每个矩形网箱的尺寸为 $38.4\text{ m} \times 25.8\text{ m}$ ，内设 24 个 $5\text{ m} \times 5\text{ m}$ 养殖分隔。每组矩形网箱由 24 个 1000-1500 kg 的铁锚固定（具体数量与规格由配套商设计确定）。

矩形网箱采用分格管理设计，每个网箱通过 24 个独立单元实现鲍鱼分级、分品种；框架集成扶手管与平顶结构，保障作业安全与投饵观察便捷性。

（1）浮力装置（框架）

材料均为 HDPE，有扶手管、主浮管、支架及相关配件。

主浮管：HDPE 材质海洋专用抗腐蚀抗紫外线，对主浮管圆柱状环形管材进行多分区域隔离密封，并对每个隔离区域设置进排气管路及进排水管路控制系统。

扶手管：为圆柱状环形空心管，用于内挂网衣与生产操作安全防护，材质抗紫外线耐腐蚀。

支架：支架用于内外主浮管之间和内浮管与扶手管之间的连接。

（2）网箱网衣

网箱、网衣、网边选用了高强度优质聚乙烯材料。框架是高密度聚乙烯材料；网衣经过了防腐处理，规格为 PE400D/50 股 \times 5.0 cm，无结节；网边采用 PE280D/8 纱 \times 0.7cm \times 500 目，沿箱体横向均匀分布，纵向结。网筋下拴水泥块或者其他重物，配重物每个重量为 10-30 kg。

(3) 抗风能力

根据广东省《深水网箱养殖技术规范》（DB44/T 742-2010）、广东省农业农村厅推荐的“深水网箱养殖技术”（https://dara.gd.gov.cn/ztzx/nyjstgzt/nyjs/content/post_4652098.html）以及网箱配套商现有配套水平，网箱建议按 50 年一遇台风等级设计制造，抗风浪性能达 14 级台风、6 级波浪、耐流能力、抗流能力 1 m/s，其使用寿命达 15 年以上。

(4) 系泊系统

每组矩形网箱由 24 个 1000-1500 kg 的铁锚固定，通过直径 4~8 cm 系泊缆连接；锚绳水平投影长度为水深 4~5 倍。

(5) 配套设施

根据网箱养殖规模进行配套生产管理平台、饲料加工机组、投饵设备、水质监测设备、高压洗网机、小型发电机组、测量、称量、捕鱼等工具、水下安全监控设备、通讯设备等，所有配套设施应符合相关的标准和确保对养殖种类安全和对水环境不会造成危害或污染。

表 3.1.3-3 矩形网箱材料清单

序号	项目名称	项目特征	数量	单位
一	网箱浮架			
1	主浮管	Φ400，厚度 28.5mm，HDPE 材质海洋专用抗腐蚀抗紫外线	238.10	m
2	扶手管	110mm×8.1mm，黄色，抗紫外线耐腐蚀	115.8	m
3	扶手管弯头	DN110，抗紫外线耐腐蚀	6	个
4	立柱	160mm×160mm×60mm，抗紫外线耐腐蚀	75	根
5	单立柱网箱支架	HDPE 材质双层支架（转角加强）	90	个
6	塑胶踏板	400mm 宽，75mm 厚，HDPE 防滑踏板，抗紫外线耐腐蚀	280	m
7	踏板盖帽	400mm，HDPE 盖帽	10	个
8	大三通	DN400，厚度 28.5mm，HDPE 海洋专用耐腐蚀抗紫外线	10	个
9	大弯头	DN400，HDPE 海洋专用材质，抗紫外线耐腐蚀	6	个
10	内隔舱	DN400 HDPE 材质，海洋网箱专用	20	块
11	转角加强板	160mm×160mm×34.2mmHDPE 板	16	块
12	挡块	115mm×55mm×38mm，HDPE 材质	180	个
13	配件五金件	含 270*270 热镀锌四方垫片，热镀锌长垫片，316 不锈钢螺栓，316 不锈钢螺母	95	套

序号	项目名称	项目特征	数量	单位
二	内隔渔排			
1	橡胶轮胎	Φ 550	35	个
2	轮胎绳	Φ 4.2PE 绳×6.5m	35	根
3	浮球	Φ 600mm×1300mm×4mm，HDPE 材质，养殖专用浮球	95	个
4	绑浮球绳	Ø6mm PE 绳×6.5m（加强型）	190	根
5	踏板	400mm 宽×75mm 厚 HDPE 防滑踏板，抗腐蚀抗紫外线	325	m
三	系泊系统			
1	铁锚	1000-1500 kg	192	个
2	锚链	200kg	192	根
3	缆绳	PPφ50mm，60m/根	9600	米
4	锚点绳	PPφ24mm，20m/根	3840	米
5	锚点球	280mm	192	个
6	卸扣	13/8	192	个

注：以上为参考值，具体数据根据海域实测数据与网箱设计参数为准。

3.1.3.2.3 运维平台

运维平台采用海工平台半潜式结构设计，四角抛锚定位，具有良好的抗风浪能力。运维平台位于整个海洋牧场南部，具体布置于矩形网箱养殖区的中部位置，运维平台搭载太阳能电力系统和储能系统实现绿色能源的自给自足。

海洋牧场运维平台长 50m、宽 30m，整体划分为功能用房区与作业场地区。平台作业场地区设置：起重机、物料暂存及操作场地；功能区设置：环境监测和视频监控系统、太阳能电力系统和储能系统、维修车间、柴油发电机供电系统、工作人员休息间和物资仓库。

各区域功能及布局如下：

一、作业场地区

- 1.起重机作业区：配备一台起重机，承担重型设备、物资的吊装与转运任务。
- 2.物料暂存及操作场地：用于临时堆放物资（如更换后的网衣等养殖设施）和开展各类室外操作。

二、功能用房区

- 1.环境监测和视频监控系统：负责海洋牧场的环境数据采集、视频监控与预警，保障平台与牧场的安全运行。运维平台通过融合卫星遥感技术和水下传

感器网络，实时采集包括水温、盐度、溶解氧、流速等多项关键水质参数。这些数据能够精准反映养殖环境的动态变化，并结合大数据分析，实现对赤潮、缺氧等海洋环境异常的早期预警，帮助养殖者及时采取应对措施，保障养殖生物的安全和健康。

2.太阳能电力系统和储能系统：为平台提供清洁的可再生能源，并通过储能设备实现各项设备所需电力的平稳供应。

3.维修车间：配备专业维修设备、潜水仓，用于平台设备、养殖设施的日常维护与故障检修。

4.柴油发电机供电系统：作为备用电源，在太阳能供电不足或应急时保障平台核心设备的电力供应。本项目的运维平台供电以光伏发电为主。在临时停电情况下，采用柴油发电机供电，燃油通过船舶从岸上运输至所需地点。工作人员休息间：为海洋牧场工作人员提供生活与休息空间。

物资仓库：用于存放备品备件、工具、耗材等物资，并可存放饲料。

运维平台承担着海洋牧场环境监测和视频监控、设备专业维修、工作人员休息和物资储存、物料暂存和临时操作等多重功能，致力于实现海洋牧场的智能化和高效化管理。平台预留了相应的纵向通道、横向通道，用于人员通行与设备转运。各功能房间之间通过合理的间距设计，兼顾了功能独立性与操作便利性，满足海洋牧场长期运维的实际需求。

运维平台示意效果图如下：

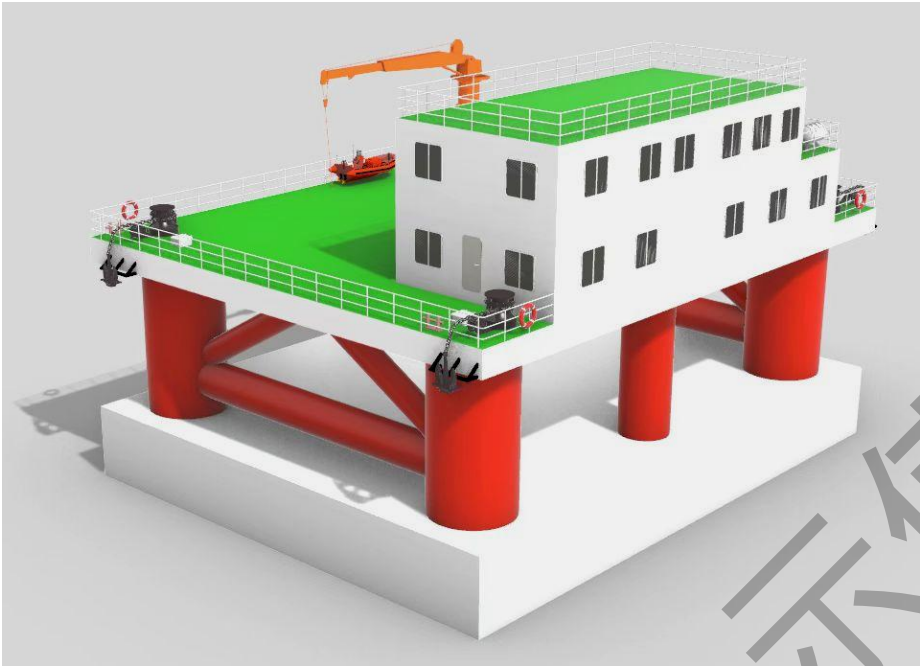


图 3.1.3-7 运维平台示意图

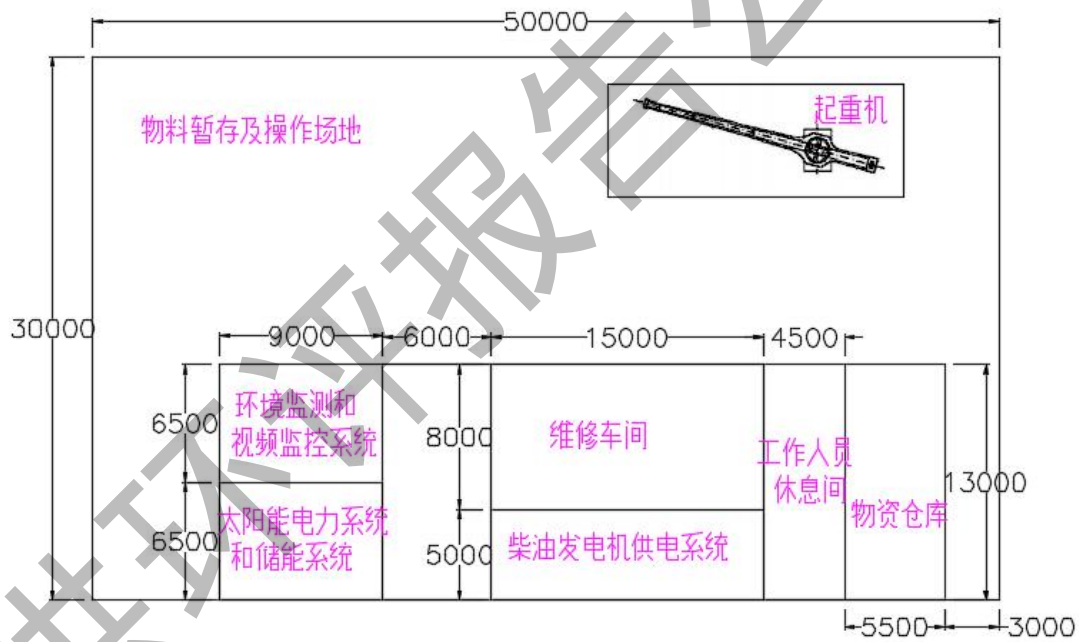


图 3.1.3-8 运维平台功能及布局示意图

平台规格 50 m×30 m，拟采用悬链式多点系泊系统，共有 8 根相同的系泊链，分为 4 组，每组 2 根，呈对称布置。锚的选型为铁锚，重量按 1000kg 计。

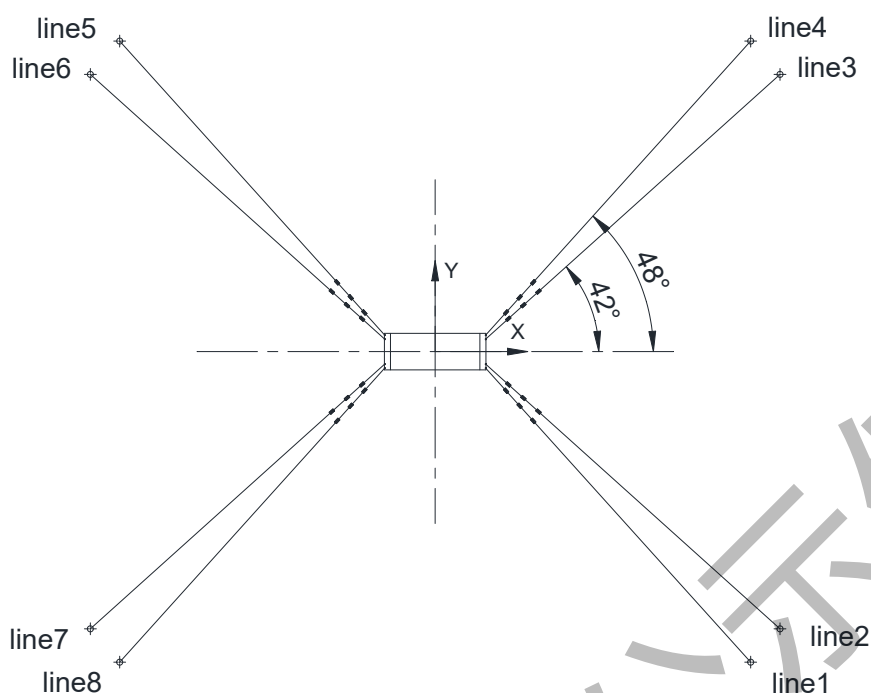


图 3.1.3-9a 锚布置角度

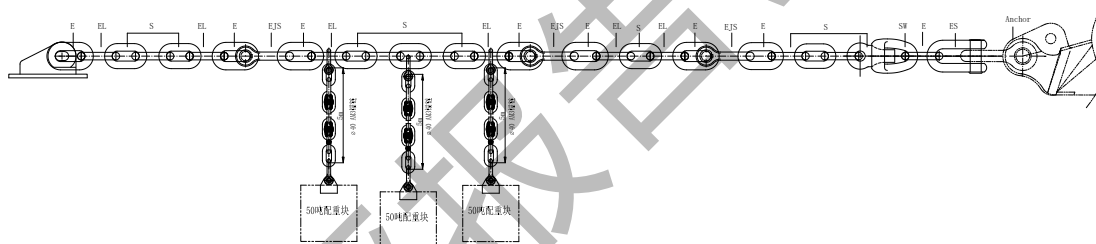


图 3.1.3-9b 锚链配套示意

3.1.3.2.4 多功能辅助船船舶

全船船长约 35 米，型宽约 9.8 米，吃水约 1.7 米，航速约 10 节，主要满足饵料运输与投喂、网衣更换与储运、苗种起捕与转运、人员长久居住 4 大需求，并可兼顾塑料网箱制造与维修、海上锚固施工与人员通勤等额外功能。本船针对养殖几大主要辅助工程，有效规划了船舶甲板面和舱室划分工作，满足多性状、干湿兼具生产资料的运送以及相关作业要求，在高性能船型的支撑下拥有更优的耐波性和操纵性，具备更高海况下的常规航行与基本作业能力。

(1) 饵料运输与投喂

单航次可装载 50 吨、最大可装载 80 吨，于船上布置投饵设备，投饵管系出口布置于船中左舷或者右舷，实现投饵作业；特定供料方式可减少饵料破损概率降低饵料损失量，具备显著的经济性；投饵机由船上供电，于指定位置事

先预留有电源接口。

(2) 网衣更换与储运

利用布置于任一舷侧的船用吊，可将重力式网箱的网衣整体吊装至甲板；甲板面积约 180 平方米，按甲板面积换算单航次可堆放并储运新网衣 30 张以上，按全船载重能力可堆放 5-10 张旧网，也可依据实际生产需求于中部甲板放新网衣、尾部甲板放旧网衣，实现灵活应用。随着高性能水下洗网机的研制成功，可以灵便方式对网衣进行水下冲洗，避免高频次与高难度的换网。洗网机通过船上阀门与海水连接，机舱专用高压泵为动力源，持续高压供水实施作业。

(3) 活鱼吸捕与载运

设置 2 个冰鲜鱼舱，容积约 160 立方，最大收冰鲜鱼约 110 吨，具备单航次收获 3~5 个网箱渔获的能力；同时，活鱼水体约 60 立方，单航次可运活鱼近 10000 公斤。

(4) 人员长久居住

采用艙楼型布置将船舶操控和人居生活区远离机舱，提升船舶操控视野和人员生活环境，配备风光互补的基础日用供电供能，依据条件可增设中央水冷空调和提升装潢水平，有效体现以人为本，保障海洋养殖人力资源可持续化供给支撑。

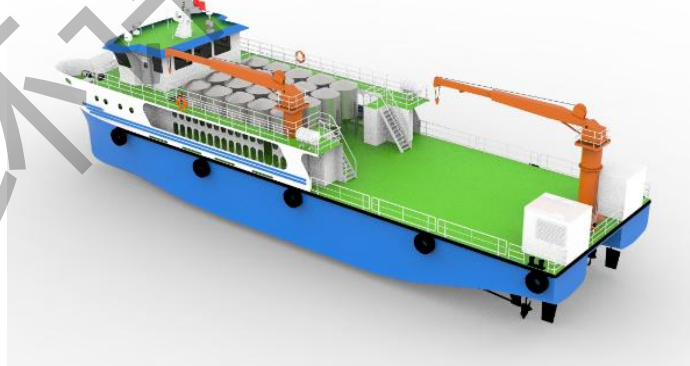




图 3.1.3-10 多功能辅助船作业效果图

3.1.3.2.5 养殖快艇

养殖快艇是海洋牧场日常作业与管理的重要支撑单元，具备快速机动、多功能作业和智能协同等特点，广泛应用于投喂管理、水质巡检、设备维护、人员运输等多个环节，是连接人、海与设备的“移动工作站”。

（1）快速响应

养殖快艇设计具备高速航行能力，最大航速可达 20 节以上，支持在 10 公里范围内快速穿梭，大幅缩短人员、物资在牧场内的流转时间。其优异的航速和机动性，确保在突发事件（如设备故障、恶劣天气、突发疾病等）发生时，能够第一时间抵达现场开展应急处理。

（2）多功能作业平台

艇体集成多项功能模块，可独立执行投喂、水质检测、轻型设备维护与转运等任务。一艇多能，有效提升日常运营效率，减少人力成本。

（3）智能协同系统

搭载 GPS/北斗导航模块和 5G 通信终端，可与管维基站平台、边缘数据中心无缝连接，实现作业轨迹实时上传、任务调度智能接收，形成水上协同作业网络。部分快艇配有自动驾驶辅助系统，可预设航线进行巡航作业，提高操作精度和安全性。

（4）绿色节能动力

采用新能源动力系统（如电动推进、太阳能辅助充电），大幅降低碳排放，适用于封闭海湾或生态敏感区作业。部分型号支持岸基或管维基站平台的无线充电桩补能，保障全天候作业能力。

（5）作业安全保障

船体采用高强度防腐材质，配有自稳系统与抗浪设计，适应复杂海况。快艇还配备救生设施、通信求救信号系统、AIS 自动识别系统等，确保作业人员在高风险海况下的安全保障。

(6) 数据采集与上传

快艇集成便携式数据采集终端，可在航行过程中采集水体参数、拍摄海况图像，并实时回传至数据平台。结合 AI 系统分析，实现动态水质预警、病害追踪等智能服务。

3.1.3.2.6 辅助设施

海上警示浮标：

根据《中国海区水上助航标志》（GB 4696-2016），专用标志按用途划分，主要用于标示锚地、禁航区、海上作业区、分道通航、水中构筑物、娱乐区、水产作业区、横越区等 8 类水域。

为标示本项目网箱养殖区的边界位置，方便海洋渔业部门对示范区行使管理职能，同时对过往船只起到警示作用。在网箱养殖区的 4 个边界节点分别设置 1 座海上警示浮标。

本项目海上警示浮标采用 HF2.4-D1，塔顶配渔业礁区标牌及太阳能警示灯。浮标标身根据航标规定为黄色，灯质为黄光，莫尔斯信号“F”，周期 12s。海上警示浮标按设计图纸的要求成套购买并安装。浮鼓配备相应锚链和锚块。

3.1.4 养殖工艺和养殖技术

3.1.4.1 养殖品种介绍

本项目主要养殖的品种有：马友鱼、鮰鱼、鲍鱼。各品种的放养密度应根据海区水质环境条件、养殖技术和日常管理水平、饵料来源和产量及规格要求指标等情况灵活把握。

一、马友鱼（四指马鲛）

马友鱼学名是四指马鲛，是广盐性鱼类，盐度从 3‰~30‰都可以适应。四指马鲛脂肪含量较高，肉质鲜美口感细腻，是广东省很受消费者喜爱的名贵鱼种之一。自 2013 年起，广东省各地开始进行四指马鲛的种苗培育研究，经过这么多年的研究，四指马鲛的种苗培育技术成熟，为本工程批量养殖本鱼种提供

了依据。

四指马鲛体延长而侧扁，头中大，前端圆钝。吻短而圆。眼较大，位于头的前部；脂性眼睑发达，呈长椭圆形。口大，下位，口裂近水平；下颌唇不发达，只有近口角部分保留唇之构造；上下颌两侧均有牙齿，其外侧有小齿；锄骨及腭骨亦具齿。四指马鲛为热带及温带的海产鱼类，较不耐寒，如果低温的气候连续超过 3~4 天，水温下降到 18℃以下就停止摄食，14℃以下会冻死。马友鱼养殖适宜水温 20-32℃（最适 25-30℃），盐度 15-30‰，溶解氧≥5 mg/L。



二、鮟鱼

鮟鱼是鲈形目石首鱼科鮟属暖温性中下层鱼类。身体延长而侧扁，有 4 个须孔；耳石椭圆形，背面有许多颗粒状突起，腹面有蝌蚪形印迹。常栖息于水深 15~70 米、底质为泥或泥沙海区，或栖息于近岸礁石、岛屿附近和河口。鮟为肉食性鱼类，食量大，以鱼、虾为主要饵料，大量捕食黄鲫、青鳞鱼、小公鱼、龙头鱼、鳗、小黄鱼、白姑鱼、蓝圆鲹等鱼类，以及对虾、毛虾和鼓虾等。鮟鱼生长迅速，每年 1~5 月为生长休止期，6~12 月为快速生长期。1 龄鱼全长 330mm，2 龄鱼 430 mm，3 龄鱼 510 mm，4 龄鱼 560 mm，5 龄鱼 600mm，渔获物体长组成为 450~550 mm，体重为 1.5~2.0 kg，最大年龄为 12~13 龄。

其盐度适应范围为 14~32‰，适宜温度为 7~32℃，其中最适温度为 18~28℃，要求水体透明度在 50~80 厘米、流速每秒 20 厘米以下。



三、鲍鱼

鲍鱼，属于腹足纲，鲍科的单壳海生贝类，属海洋软体动物。鲍鱼呈椭圆

形，肉紫红色，螺旋部只留有痕迹，占全壳的极小部分。壳的边缘有 9 个孔，海水从这里流进，排出，连鲍的呼吸、排泄和生育。鲍鱼的生长在贝类家族中属于比较慢的种类，从受精卵开始，长到商品规格 6-8 厘米，通常需要 1-4 年甚至更长时间。以中国的皱纹鲍为例，大约需要近 3 年的生长才能达到 7 厘米左右。鲍鱼的生长速度随年龄的增长呈下降趋势。

鲍鱼适宜生活在水温 16~22℃、盐度 28~33‰的清洁海水中，对溶氧要求较高 ($\geq 5 \text{ mg/L}$)，喜欢附着在岩石、网箱等粗糙表面，适合在水流缓慢、光照柔和的环境中生长。其主要以褐藻类海藻为食，适宜的饲养环境应具备良好的水质、稳定的 pH 值 (7.8~8.5)、充足的溶氧和适当遮光条件，以保障其正常摄食、生长和健康。



3.1.4.2 养殖品种适宜性分析

本项目养殖海域位于揭阳市惠来县神泉镇神泉湾海域，北部有龙江河流汇入，具备天然的地理优势，使得所在养殖海域水温、盐度适宜，适宜进行海水养殖。

根据《深水网箱养殖技术规范》(DB44/T 742-2010)，养殖海区水环境条件应符合以下要求：

- 水质：应符合 NY 5052 的规定；
- 水温：12℃~32℃；
- 盐度：13~32；
- pH 值：7.8~8.6。

马友鱼、鲷鱼和鲍鱼是揭阳市常见经济品种，地理分布广。深海网箱养殖资金投入大，此次选取较高附加值养殖品种，经济价值较高，投资回报率高。

根据环境调查结论，项目所在海区测得的水温为 20.8℃~23.1℃、盐度 27.7~32.2‰、pH 值为 8.24~8.32，符合《深水网箱养殖技术规范》（DB44/T 742-2010）对水质的要求，同时也是养殖品种适宜的水质条件。养殖海水鱼类以冰鲜虾片、小鱼等为主，可通过投放饵料饲养。项目区海域水动力条件较好，接近于纯天然的养殖环境，能较好的提高鱼类肉质，提高收益。

惠来海域属于亚热带季风气候，全年水温较为稳定，冬季水温一般在 15℃ 以上，夏季水温不超过 30℃，符合鲷鱼生长所需的水温范围（18-28℃）、马友鱼适宜生长的水温（20-30℃），惠来海域的水温条件能为其提供良好的生长环境。惠来海域水质清澈，盐度适中（一般在 25-32‰），且受陆源污染影响较小，符合鲷鱼对水质的要求。鲷鱼偏好清洁、溶氧充足的海水环境，惠来海域的水质条件有利于鲷鱼的健康生长。外，惠来的气候相对稳定，台风等极端天气对养殖的影响相对较小，有利于马友鱼的养殖管理。

马友鱼主要以浮游生物、小型甲壳类动物为食，惠来海域浮游生物资源丰富，能够为马友鱼提供充足的食物来源。同时，当地可利用周边的渔业资源，开发适合马友鱼的配合饲料，保障饲料供应。马友鱼属于中上层鱼类，对养殖设施的抗风浪能力要求较高。本项目建设的深水网箱，具备较强的抗风浪能力，能够为马友鱼养殖提供安全的环境。

鲍鱼对水温敏感，惠来海域因季节性冷水团流经，夏季水温稳定在 22-26℃，成为鲍鱼的“避暑山庄”，有效解决了鲍鱼夏季高温生长受限的问题。此外，惠来县鲍鱼产业规模庞大，鲍鱼作为惠来县的农业主导产业之一，惠来县鲍鱼养殖业经过近三十年发展，已育有惠来宏鲍、御鲍、荣鲍等优秀品牌，是全国最大的度夏鲍鱼苗种基地。本项目海洋牧场鲍鱼可依靠惠来鲍鱼品牌效应有效供应。

项目所在海域水深较深，离岸距离适中、流速流动适宜且水体交换条件好环境因素符合养殖条件。且金鲳鱼、石斑鱼、军曹鱼、马友鱼、高体鰺、蓝圆鲹、鲷鱼、鲍鱼均为适合广东深远海养殖的高价值优良品，蛋白含量高，鱼类肉质较好，对广东省周边海域均具有较强的适应性，因此养殖品种较为适宜。

项目所在地的自然资源和海洋生态条件适宜本项目用海，且不会对海洋环境产生明显不良影响。因此，本项目的用海与自然资源和海洋生态是相适宜的。

综上所述，揭阳惠来海域在水温、水质、海域空间、饲料资源等方面具备良好的条件，适合鳐鱼、马友鱼和鲍鱼的养殖。

3.1.4.3 养殖工艺技术

一、马友鱼（四指马鲛）网箱养殖技术

（1）养殖环境条件：养殖海区水深建议 10-30 米，网箱底部距海底至少 5 米以上，保证水流畅通。水流流速 0.2-0.8 米/秒为宜，利于溶氧供应和污染物扩散。海水水温 20-32℃（最适 25-30℃），盐度 15-30‰，溶解氧 ≥ 5 mg/L。

（2）投苗管理：选择体长 5 cm 以上、健康无病的优质苗种，优先选用人工繁育苗。鱼苗期网目 0.5-1.0 cm（防逃逸），鱼苗期放养密度 50-80 尾/m³。

（3）投喂管理：饲料类型主要选择高蛋白配合饲料，可补充冰鲜杂鱼（约 7%）。养殖饲料的主要成分有蛋白质（鱼粉、豆粕、膨化大豆、玉米蛋白粉等）、脂肪（鱼油、豆油、玉米油等）、碳水化合物（玉米、小麦、大米、麦麸、次粉等）、复合维生素、矿物质（磷酸二氢钙、碳酸钙、硫酸锌、硫酸亚铁等）、添加剂（抗氧化剂、防霉剂、诱食剂、益生菌等）。

马友鱼不同生长阶段的饲料配比有所不同，苗期饲料配比：进口鱼粉 55%、豆粕 3%、膨化大豆 3.4%、玉米蛋白粉 2%、鱿鱼膏 4%、磷虾粉 6%、冰鲜卤虫 2.5%、鱼油 4%、豆油 4%、面粉 8%、谷朊粉 2%、磷酸二氢钙 2%、复合维生素 1%、多矿 1%、抗氧化剂 0.2%、抗脂肪肝添加剂 0.1%、氯化钠 0.1%、中草药提取液 0.2%、粘合剂 1.5%。中后期饲料配比：鱼粉 30%、鸡肉粉 11.2%、面粉 25%、大豆蛋白 19%、鱿鱼膏 4.5%、鱼油豆油 8%、磷酸二氢钙 2%、高维 0.1%、多矿 0.1%、复合益生菌 0.1%。

网箱内养殖鱼类对饲料的采食率为 90%，随鱼类不同生长阶段、体重和水温及季节变化等适当调整日投饵率及配合饲料种类，并决定日投饵次数和投饵时间。投喂频率为鱼苗期 4-6 次/天，成鱼期 2-3 次/天，遵循“少量多次”原则。日投饵量为鱼体重的 3-5%，根据摄食情况调整。

（4）注意事项：运输时控温、增氧，入箱前用 5‰盐水或聚维酮碘浸泡消毒 5-10 分钟。养殖期间每月抽样测量体长、体重，调整投喂策略，养殖周期通常 8-12 个月达上市规格（500-800 g/尾）。

二、鮰鱼网箱养殖技术

(1) 养殖环境条件：利用网箱养殖成鱼，应选择避风条件好，海陆交通方便，水质清新，水流畅通，流向平直而稳定的海区；水深 5 米以上，网箱箱底在最低潮位时距离海底 1.5 米以上；海区表层水温为 8~29℃；盐度为 13~32‰；透明度为 1 米左右；流速以 1 米/秒以下为宜（网箱内的流速在 0.2 米/秒以下）；底质最好为泥沙底。

(2) 投苗管理：放养鱼种，应选择体型匀称、体质健壮、活力好、鳞片完整、无病无伤、无畸形的优良健康鱼种。在同一网箱中放养鱼种，要求规格整齐一致；计划当年达到每尾体重 400 克以上的商品鱼规格者，放养鱼种规格要求在 100 克左右。

在投放鱼种之前，要预先做好网箱及鱼种的消毒工作，其方法一般是，采用 20 毫克/升浓度的高锰酸钾溶液浸泡。投放鱼种的时间，宜选择在小潮汛平潮缓流期间。在低温季节，应选择晴天或无风的午后投苗。在高温季节，选择气候凉爽的早晚投苗。投苗的密度，一般为 1000 尾/m³。

目前，养殖户购买人工培育的鮰鱼，一般要经过海区网箱培育，全长达 25~30 毫米。随着苗种的生长，其所需要的活动空间，也要相应地增大。因此，应及时进行筛选、分级，并调整放养密度。全长 50~70 毫米的鱼种，每立方米水体放养 20~33 尾，最佳为 25~28 尾；全长 90~120 毫米的鱼种，每立方米水体放养 20~25 尾，最佳为 20~22 尾。在正常的情况下，每隔 15~20 天，调整一次鱼种的放养密度，并根据鱼种个体的大小，调换网箱的网目规格。当全长达 230 毫米以上时，根据鱼的个体大小的不同，进行分箱疏养。

(4) 投喂管理：刚入箱的鱼种，可投喂适口的鱼糜、粉末饲料、糠虾和冷冻的大型桡足类。在海区养成时，夜间可在网箱上方开灯诱集。25 克以上的鱼种，可投喂湿性颗粒饲料。其方法是把冰冻鱼搅成肉糜，并拌成黏性强的团状饲料，用手挤压成大小不同的块状物而投入网箱中。采用这种方法，可以掺入部分粉状配合饲料，或其他鱼、贝肉等饲料，也便于添加维生素等药物，使之营养全面。另外，鮰鱼的人工配合饲料，其成分为鱼粉 40%，配以花生饼、豆饼、面粉、麸皮、无机盐和添加剂等。慢沉膨化饲料，近段时间才出现在市场上，由于它比较适合鮰鱼底层生活习性和较高的营养水平，因此值得推广使用。

但绝不能使用冰冻鲜小杂鱼直接投喂，不仅污染环境，且营养不全面，容易发生疾病。

鳊鱼养殖饲料的配比需根据鳊鱼的生长阶段、养殖环境等因素进行调整。以下是一般参考配比：蛋白质：幼鱼阶段可控制在 40%-45%，成鱼阶段可适当降低至 30%-35%；脂肪：一般控制在 8%-12%；碳水化合物：控制在 20%-30%；维生素和矿物质：一般占饲料总量的 1%-2%；抗氧化剂、防霉剂等添加剂：一般为饲料总量的 0.1%-0.5%，益生菌的添加量可根据产品说明进行调整。

网箱内养殖鱼类对饲料的采食率约 90%，随鱼类不同生长阶段、体重和水温及季节变化等适当调整日投饵率及配合饲料种类，并决定日投饵次数和投饵时间。在鳊鱼的养成期间，一般每天早、晚各投喂一次饲料。当天的投喂量，主要是根据前一天鱼种的摄食情况，以及当天天气、水色、潮流的变化，有无移箱等情况来决定。全长 30 毫米以下的鱼苗，在水温 20℃以上时，日投饵率为鱼体重的 100%。一天分为 3~5 次投喂。随着苗种个体的长大，应逐渐降低投饵率。160 毫米的鱼种，在 12 个月底，当水温为 14℃左右时，日投饵率为 4%左右。慢沉饲料的日投饵率一般为 1.5%。

全长 50 毫米的鱼种，投喂鱼肉饲料，要求去除鳞片及骨、刺，用绞肉机加工成鱼糜状，孔径为 5 毫米，并加少量幼鳊饲料拌匀，每 2 小时投喂一次；全长 90~120 毫米的鱼种，在饲料加工之前，不用去鳞及骨、刺，仍用 5 毫米孔径绞肉机加工，投喂次数改为早上 6 时、上午 10 时和下午 3 时及傍晚 6 时，分别各投喂一次，投喂量为体重的 16%~18%；当鱼体全长达 170 毫米时，用 15 毫米孔径绞肉机加工，投喂次数改为早、晚各一次，投喂量为体重的 12%~16%；当鱼体全长达 230 毫米以上时，可投喂块状和整条的小鱼和小虾，早晚各投喂一次，投喂量为体重的 7%~10%。

(4) 注意事项：①鳊鱼厌强光，怕打击声的刺激。在投饵时，投喂人员不要在周围随意走动，网箱上应设置遮阳黑色网。②注意观察鱼体流动情况，检查鱼的体表是否有寄生虫或有其他病症，以便及时发现和防治。观察鱼的摄食情况，并根据天气和潮水等情况增减投饵量。③鳊鱼在饥饿状态下会发生弱肉强食、大鱼吃小鱼的现象。应采用规格和网目不同的网箱，对大小不均匀的鳊鱼个体，进行定期筛选分养，以促使均匀生长。分养操作，最好在早晨水温偏

低时进行。④实行混养。在养殖鮰鱼的网箱内，可混养石斑鱼、蓝子鱼、卵形鲳鲹和黑鲷等鱼类。混养的比例要合理，否则将会影响到鮰鱼的生长发育。⑤实行分级饲养。由于鮰状鮰鱼个体大小不等，生活习性也不同，特别是在饥饿的情况下，大鱼吃小鱼和咬尾现象时有发生，尤其是在幼鱼阶段，表现更为突出。

三、鲍鱼（贝类）养殖方法

项目选择养殖海域离岸远，养殖区海水交换能力强，养殖设施采用透水性好利于集约化管理的养殖，根据《无公害食品 皱纹盘鲍养殖技术规范》（DB37T 457-2010）养殖关键工艺要点如下：

（1）放养环境

养殖区水质应符合《渔业水质标准》（GB11607-89）和《无公害食品 海水养殖用水水质》（NY 5052-2001）规定，温度不低于 10℃，最高不超过 32℃，盐度不低于 28，pH 值 7.9~8.4，溶解不低于 5 mg/L。

（2）放养规格

苗种规格较为均匀，且以达到 2 厘米以上为佳，壳的边缘无缺口。

（3）网箱选择

网箱中间套聚乙烯网衣，网目规格为 0.5~1.0 厘米，同时配备有聚乙烯多孔方形鲍鱼养殖塑料笼，规格一般为 60 厘米×40 厘米×15 厘米。

（4）放养密度

鲍鱼的生长速度受密度的影响很大，因此要随时调整，小于 3 厘米的鲍苗可以在 1 立方米水体中投放 1600 粒，超过 3 厘米时，1 立方米水体中要不大于 1000 粒的投放量。

（5）饵料投喂

工作人员将网箱勾起后，打开网箱门投喂海带和龙须菜等海藻，日投饵量为鲍体重 15%~20%。

（6）日常管理

①清除敌害生物

定期清除附着的贻贝、牡蛎、藤壶、海鞘、海葵等；定期洗刷附着生物等。

②调节养殖水层

附着生物大量繁殖季节，可以适当增加吊养水层。

③预防措施

通过保持良好的养殖环境、水质、投喂新鲜饵料并定期检查、及时将病鲍隔离等办法，提高鲍的体质，以达到防病抗病的目的。当毗连或养殖海区发生有害赤潮、溢油、台风或者其他污染事件时，应该及时采取有力措施，避免鲍鱼受到污染和损失。

④监测

日常要做好水质的监测工作，经常巡视检查水色、水质等，根据季节气候的变化调节网箱的放养水层。夏季水温较高可以用遮阳网等。

⑤网箱清理

网箱的清理在养殖过程中，网箱在海区中固定一段时间应进行清理，时间一般选择在最低潮位的几天进行。清理的主要工作如下：**a.**清除附着在网箱上的藻类及其他的附着生物（如牡蛎等），使网箱内的水流通畅。**b.**清除沉积在网箱底部的残饵、有机碎屑及泥沙等。**c.**注意网箱的完整性，及时修复破损的网箱。**d.**清除鱼虾的幼体等，鱼虾的幼体在箱内生长，对鲍鱼的生长存在威胁，必须及时清除。

在清理网箱的时候将网箱连同鲍鱼一起提出水面，将鲍鱼转移到另一个准备好的网箱内，放入海中，再来清理网箱。

（7）养殖日记：每日做好环境因子与生产操作记录，主要包括：数量、患病及死亡情况、天气情况、水温、盐度、透明度、溶解氧安全状况和工作情况等，以及定期测量记录贝类体重或体长数据，供制订下一步养殖计划提供科学依据。一般每隔 15~20 天随机抽取 25~35 头测量 1 次。

（8）采收

在三月至六月采收，采收方式主要是工作人员乘坐工作船到达区块后，使用勾棒将母绳勾起后将挂于绳上成熟的网箱采收。



图 3.1.4-1 鲍鱼吊养照片

3.1.4.4 养殖区运作和管理

本项目海域水体交换速度快，且养殖密度适宜，养殖环境的水温、盐度等相对稳定，鱼类受外界干扰较小，得病率较低。且深远海网箱养殖用药难、可操作性不强。因此，本项目养殖过程中不使用鱼药，以预防为主，通过改良养殖品种种质、加强养殖管理、提高养殖品种自身抗病力，进行生态健康养殖，以期达到健康养殖之目的。

一、C90 圆形网箱的管理与维护

(1) 鱼苗分箱：从鱼苗养到成鱼，根据苗种生长情况需分箱疏苗，以保证养殖密度合理，规格平均，避免相互蚕食和损伤。分箱时可结合换网进行，操作需仔细，勿损伤鱼体。

(2) 洗网和换网：

在养殖过程中，网衣因为长时间处于水下，与水环境直接接触，且随着鱼类的生长，饵料或排泄物附着在网衣上会吸引水体中的藤壶、藻类等污损生物附着在网衣表面，如果不定期对网衣进行清理，网衣内水体交换条件会变差，久而久之会造成养殖海区底质与水质恶化，导致鱼类生长缓慢、病害频发的风险。

因此，网箱养殖期间需要定期对网衣进行清洗，本项目计划每 2 个月进行 1 次网衣清洗，以维持网箱内良好的水体交换和鱼类健康。通常网衣的清洗分

为换网和不换网两种情况。

1) 不换网情况下的网衣清洗

一般每季度对养殖区的网衣进行检查和清洗，由潜水员水下清理网衣上较大的附着物，如贝类、藻类和海洋垃圾（如废弃绳子），通过人工或借助工具对网衣上的顽固附着物进行清理。其中，附着生物自然排海回归海洋循环，清理出的海洋垃圾作为一般固废统一收集上岸，交由环卫部门处理。

2) 换网情况下的网衣清洗

收获期利用吊机船吊起网衣，将网箱内的水产品转移到渔船后，卸下旧网衣更换新的网衣。卸下的旧网衣将在海上完成清洗过程，先清理出的海洋垃圾作为一般固废统一收集上岸，交由环卫部门处理；通过高压水枪对海水加压，冲洗网衣表面其他残留物，清理废水及网衣附着的海洋生物自然排海。清洗干净的旧网衣暂存运维平台晒干，检查网衣是否需要修补，过破旧不堪的网衣则上岸交由物资回收公司回收处理。

(3) 水下检查：网箱养殖需配置潜水员，检查工作从表面现状开始，网箱水面部分是否正常，特别是锚泊系统上的浮筒位置有否变异，一旦发现异常应立即潜水查明原因，及时采取适当维护措施。潜水员定期进行必要的养殖系统检查，特别是台风或热带风暴发出预报信息时的检查，包括网箱有无破损、盖网、固定装置、通道等，确保网箱在任何情况下是安全可靠的。

(4) 框架的维护

网箱框架的主要材料为聚乙烯（HDPE）高分子材料，具有良好的柔弹性，能较好地适应海洋工况。网箱使用时必须采取防冲撞措施，在网箱区域要有区域分割线及夜间警示装置，防止航行的船只误入网箱区域。其次在对网箱进行作业时，比如挂网、卸网、投饵等，注意不要使工作船和框架发生强烈碰撞，尤其不要撞击网箱关键部位（系绳点等）。

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

(5) 固定系统的维护

水下固定系统主要组成是水泥墩、绳索、连接环扣等。固定系统的维护主

要是检查绳和连接环扣、水泥墩等连接部件是否松动，绳索的受损情况等。一般易出现的情况是与环连接的绳子磨断，连接绳子和环的卸扣脱落等。检查时间间隔为 6 个月。

(6) 养殖日记

做好环境因子与生产操作记录，主要包括：饵料类别、数量、摄食情况、患病及死亡情况、天气情况、水温、盐度、透明度、溶氧、网箱安全状况和工作情况等，以及定期测量记录鱼类体重或体长数据，供制定下一步养殖计划提供科学依据。一般每隔 15~20 天随机抽取 25~35 尾测量次，据此调整投饵量。

二、矩形网箱鲍鱼养殖管理与维护

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

(2) 养殖日记：每日做好环境因子与生产操作记录，主要包括：数量、患病及死亡情况、天气情况、水温、盐度、透明度、溶氧、养殖笼安全状况和工作情况等，以及定期测量记录贝类体重或体长数据，供制定下一步养殖计划提供科学依据。一般每隔 15~20 天随机抽取 25~35 头测量 1 次。

三、养殖轮休

《现代化海洋牧场生态健康养殖工作指引（试行）》（粤农农函〔2023〕915 号）中提出：根据养殖海域环境质量状况进行休养。鱼类养殖网箱在同一海域连续养殖 3 年的，应开展强制性环境质量检测，如环境质量不符合相关环境质量标准要求，应休养至少 1 年，待环境质量符合相关标准后才能继续养殖，或转场养殖距原场址大于 1000m。

四、营运主要机械设备情况

本项目运营期主要投入配套的多功能辅助船 3 艘，养殖快艇 5 艘

表 3.1.4-1 本项目主要营运机械设备一览表

序号	名称	型号	数量
1	多功能辅助船	300t	3 艘
2	养殖快艇	/	5 艘

五、病害防治

项目养殖鱼苗在苗场养殖达到投苗标准后才可以转移到网箱养殖，运输前应使用 3%-5% 的食盐水浸泡鱼苗 5-10 分钟，杀灭体表寄生虫和细菌；运输途中还需采取泼洒葡萄糖+VC 的方式，避免鱼苗产生应激反应。

本项目海域水体交换速度快，且养殖密度合理，养殖环境的水温、盐度等相对稳定，鱼类受外界干扰较小，得病率较低。且深远海网箱养殖用药难、可操作性不强。因此，本项目养殖过程中不额外使用鱼药，以预防为主，通过改良养殖品种种质、加强养殖管理、提高养殖品种自身抗病力，进行生态健康养殖，以期达到健康养殖之目的。同时在病害流行季节做好疾病预防工作，每天早、中、晚观测水温、盐度等理化因子和鱼的活力、摄食、病害与死亡情况，如发现病死鱼及时打捞上岸，防止病情扩散。

3.1.4.5 用海期限到期后养殖设施处置及拆除工艺

一、项目退役准备阶段

退役计划制定：制定退役计划书。

环境影响评估：评估拆除活动对周边海洋环境（水质、底栖生物、渔业资源、海洋哺乳动物等）的潜在影响，制定减缓措施和应急预案。

法规许可申请：向相关政府部门申请必要的许可证，例如，水上水下施工许可。

场地评估与清理：（1）生物清理：提前停止投喂，完成养殖鱼的捕捞。（2）污染物清除：清理网箱和平台可能存在的垃圾、废弃渔具、油污等。

设备与船舶准备：准备所需的工程船舶（起重船、拖轮、驳船、工作艇）、潜水设备、水下机器人、切割工具（液压剪、水下割枪、金刚石绳锯）、起吊索具、防污设备（围油栏、吸油毡）等。

应急预案制定：针对可能发生的意外（如恶劣天气、设备故障、人员受伤、油泄漏、结构失稳等）制定详细的应急响应预案。

二、现场拆卸与回收阶段

现场部署与警戒：工程船舶抵达现场，设立安全作业区，布设警戒浮标或警戒船，发布航行通告。

结构分离与拆卸：①拆除网衣：潜水员或水下机器人使用专用工具（切割钩刀、液压剪）将网衣从框架上分离、切割成便于处理的片状或卷状。②拆除附属设施：移除投饵系统、监控设备、工作平台、系泊连接件等。③拆卸框架结构：根据网箱框架，进行框架分解成可吊装运输的单元。大型 HDPE 浮筒通常需要整体或切割后回收。④处理系泊系统。锚链/锚缆：由工作船起锚回收。锚块：大型混凝土锚块有时会被选择性回收（若经济可行且环保要求允许），但更多情况下在评估环境影响后，经批准可原地留置（需确保不构成航行障碍和长期环境风险）。重力锚通常回收。浮筒/浮标：回收。

浮力控制与起吊：对于需要吊离水面的部件（尤其是切割后的框架单元、大型浮筒），需仔细计算和控制其浮力/重量，确保起吊过程安全稳定。

起吊与装载：使用起重船将拆卸下来的部件（网衣卷/片、框架分段、浮筒、锚链、回收的锚块等）吊装到运输驳船或甲板上。装载时注意固定和配载平衡。

水下清理检查：拆卸完成后，潜水员或水下机器人对海底作业区域进行巡查，清理可能遗留的碎片、小件物品，确保无残留物构成污染或航行风险。记录检查结果。

三、运输与岸上处理阶段

海上运输：装载退役材料的船舶安全运输至指定的接收港口或处理场地。

岸上卸载与分类：在指定场地卸载，对材料进行详细分类。

金属材料：钢管框架、锚链、金属构件等送往金属回收厂。

HDPE 材料：浮筒、框架管材可作为再生塑料原料利用。

尼龙/聚烯烃网衣、绳索：清洗、去除杂质后回收造粒用于生产塑料制品或进行能量回收（焚烧发电）。

电子设备/油污废弃物：按危险废弃物规定处理。

3.1.5 依托码头

本项目海洋牧场经营期间水产品上岸近期依托惠来县神泉镇柯料石现有的简易渔业码头，建设单位已与当地养殖户合作并利用其 20 亩简易码头作为近期船舶停靠码头。运营期使用的船舶主要为小型船舶，船舶尺寸较小，靠泊条件简单，现有码头可满足本项目船舶临时停靠需求。

同时本项目建设单位与母公司（揭阳市投控集团）的合资公司揭阳大南海

港务公司（集团占股 35%）洽谈揭阳港惠来沿海港区南海作业区通用码头工程中海洋牧场泊位的开发与利用。该通用码头规划建设 1 个 7 万吨通用泊位和 3 个 5 万吨多用途泊位，码头水工结构按 10 万吨级设计。远期拟利用该通用码头作为本项目海洋牧场工作船舶靠泊及水产品上岸码头。



图 3.1.5-1 本项目依托码头位置示意图



图 3.1.5-2 本项目近期拟依托码头现状照片

3.1.6 项目主要施工工艺

3.1.6.1 主要施工工艺和方法

一、运维平台

1.配套与运输

① 配套

本项目运维平台制作严格按照船舶及海工装备的配套标准进行施工配套、检验，主要步骤为：钢材预处理—材料加工—零、部件装配—分段装焊—分段合拢—网箱下水—设备调试试验—完工交付等。

② 运输

运维平台配套完成后，由专用拖船将其拖航至预定养殖海域。

2.安装方案

① 锚位预定

根据现场勘测数据，计算出每个锚位的经纬坐标，用浮标标示出每个锚位的预定位置。

② 锚泊系统预连接

锚泊系统的各部位连接应在工作船上预先完成，并检查无误后，方按顺序逐个投放。

③ 锚位调整

锚位投放完毕后，对锚位进行调整。锚位调整可使用工作船拖曳技术完成，并通过锚泊系统上的浮标来观察锚位是否正确。

④ 系挂平台框架

将平台框架置于升降平台中央，以平台框架的进排水阀向外，排水阀向内为安装点，将其固定在升降平台上。

⑤ 挂网整体调试

平台框架挂网后，可通过升降方法来调试，并确定平台外加重力参数，使平台整体达到最佳稳定状态。

二、C90 HDPE 圆形网箱（重力式）

1.网箱浮架组装

组装地点与运输路径:组装地点为揭阳市惠来县神泉镇料坳石山附近陆地，距本项目直线距离约 1.8km，使用带吊臂的网箱安装船舶将组装好的重力式网箱装运至目标安装区域，进行锚泊系统的布放，安装地点及运输路线见下图。



根据本项目组装场地位置与《惠来县国土空间总体规划（2021-2035 年）》

中心城区土地使用规划图叠加分析，组装场地位于土地使用规划中的其他土地及城镇道路用地，属于城镇集中建设区。该处土地不涉及永久基本农田和耕地保护目标，本项目在此处进行岸上网箱及平台组装，为临时性，不影响土地规划用途，不会对该处土地功能造成破坏及改变。

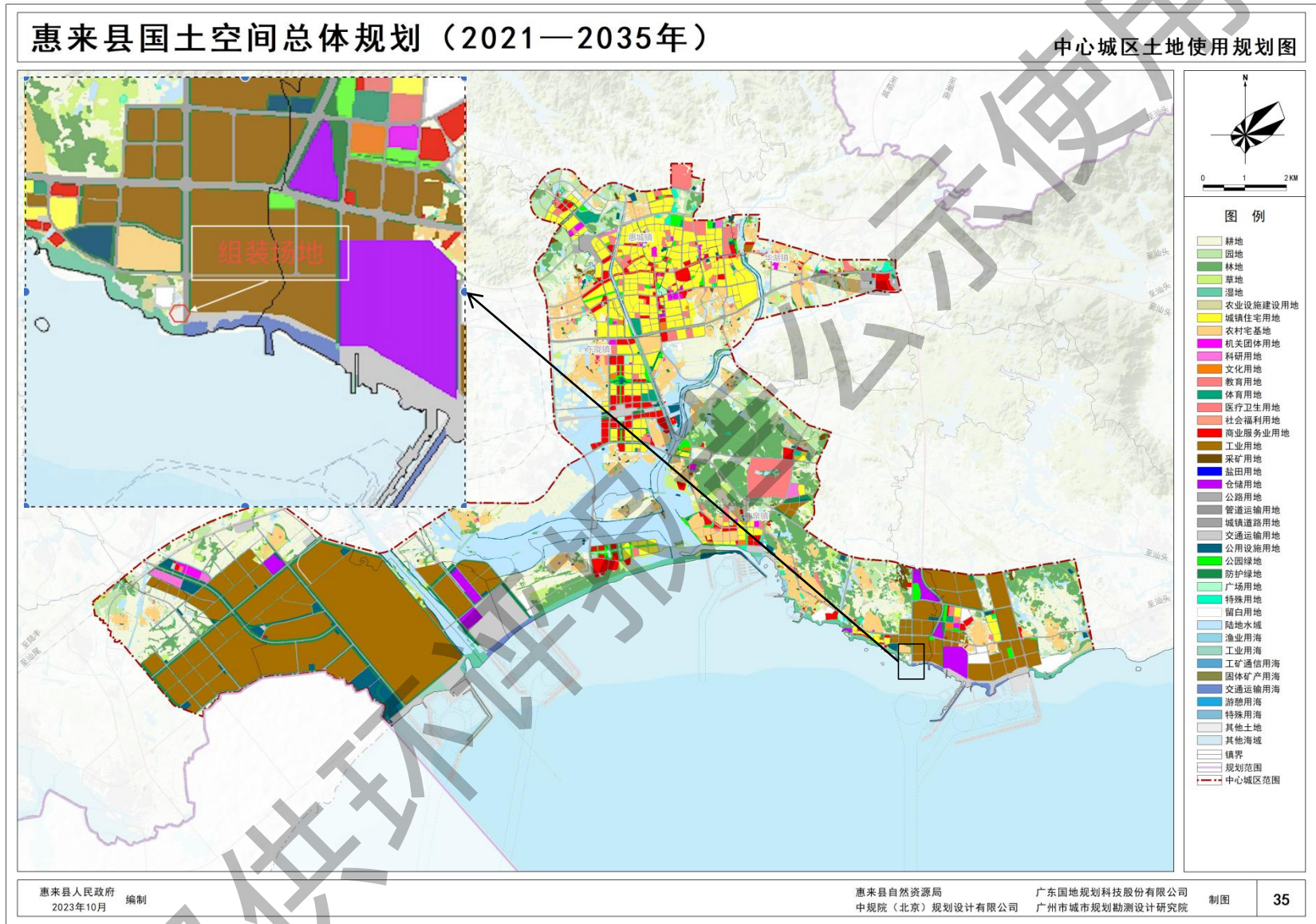


图 3.1.6-3 本项目组装场地与《惠来县国土空间总体规划（2021-2035 年）》中心城区土地使用规划图叠加示意图

施工前准备：确认 HDPE 浮管规格符合设计要求（如外径、壁厚）。清理浮管连接端面，去除毛刺、污渍。将待连接的两段浮管水平固定在连接工位上，两端面对齐。

浮管固定与端面铣削：使用铣刀对浮管端面进行铣削，直至端面平整、无毛刺，且与管轴线垂直。铣削后清除碎屑，避免残留物影响连接质量。

加热板预热与参数设定：将加热板置于两浮管端面之间，与端面紧密贴合。设定连接过程的压力与时间等工艺参数。

加热与熔融阶段：启动加热板，施加吸热压力，使两端面均匀熔融，形成熔融环。待熔融环的高度达到要求高度后，连接端面的施加压力降低到只保留拖动压力，同时开始第二阶段计时。

冷却：加热完成后，迅速移出加热板，避免熔融材料氧化。冷却完成后缓慢卸压，拆除夹具，检查连接接头外观。

支架与系泊套管安装：将内浮管和外浮管并排放置，两端对齐。根据设计图纸，使用卷尺在内浮管上标出支架和系泊套管的安装位置。支架和系泊套管的位置均匀分布，符合设计要求。



图 3.1.6-4 支架安装示意图

安装系泊套管：将系泊套管套在浮管上对应位置。

扶手安装：将扶手穿入支架上的孔位。

踏板安装：将踏板放置在浮架上，对准安装位置。使用销钉踏板固定在浮架上，安装牢固。

2.网箱下水及浮运

网箱陆上组装完成后，采用起吊机、故障排除修理车等重型机械装备把抗

风浪网箱吊放至水中；抗风浪网箱组装完毕后置于沙滩，网箱装配完成后，用铲车或吊机将网箱吊下水，再用船舶曳航至锚泊场所。

网箱的拖拽：有网时<0.5 米/秒，无网时<1.5 米/秒；在浮管上系绳子，其中一根在拖拽绳的延长线上。

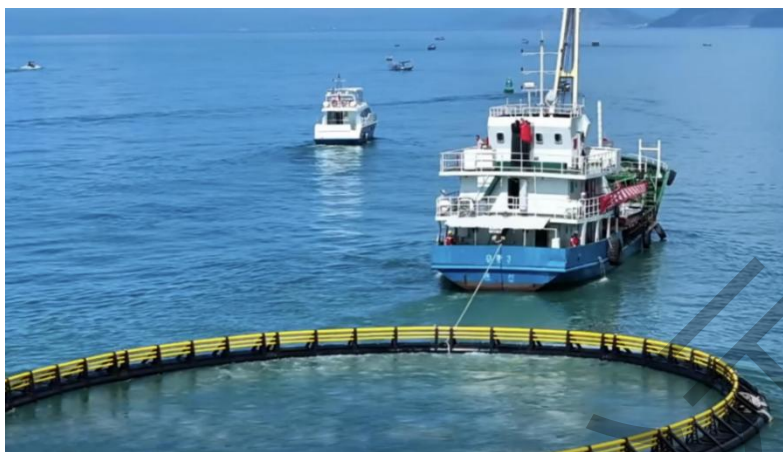


图 3.1.6-5 网箱拖拽示意图

3.抛锚作业

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

本项目采用大型铁锚锚泊系统，通过犁式锚与锚链连接。

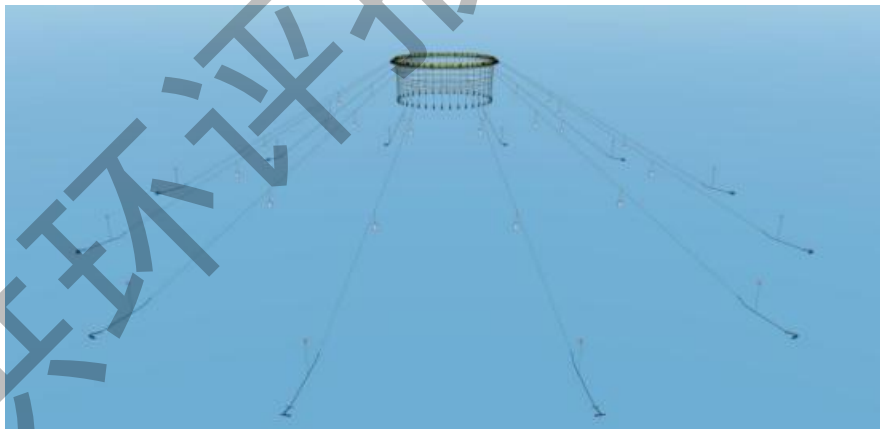


图 3.1.6-6a 锚固示意图（1）

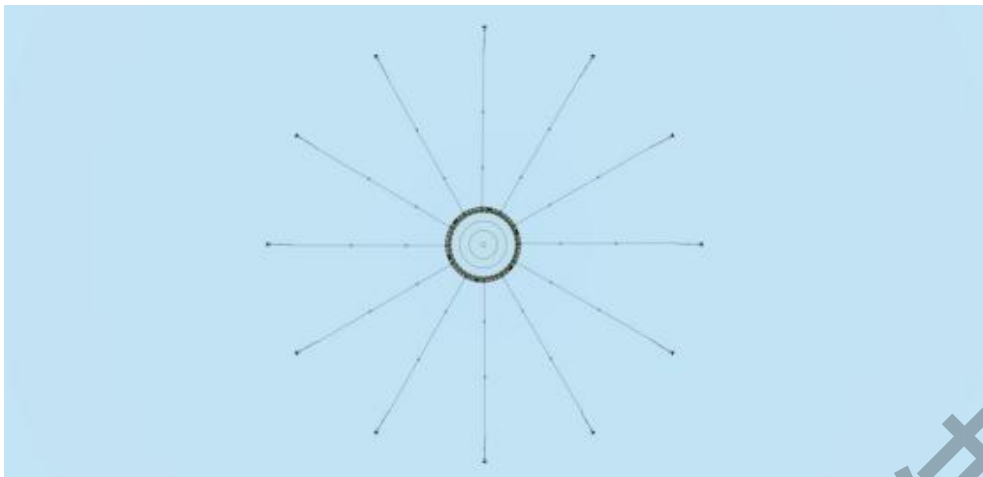


图 3.1.6-6b 锚固示意图 (2)

(4) 网衣系统安装

将网衣的挂绳连接到内浮管上，连接牢固。在网衣的底部沿圆周竖纲位置处绑系沉子。网衣垂向（高度方向）每隔约 2.1 m 布置 1 根加强钢索，横向在网衣上缘、主浮管、腰部、底部各布置加强横向钢索，加强钢索为直径不小于 16 mm 的聚乙烯绳。网衣在每根垂向加强钢索的上方设置挂绳，挂绳分别与浮管连接件连接，网衣上缘设有和扶手进行连接的绳索。

三、矩形网箱（重力式）

矩形网箱框架材质采用 HDPE 高密度聚乙烯，用于鲍鱼精细化养殖。相关配置设施包括网箱浮力装置、网箱网衣、网衣稳定装置、网箱固定装置等。矩形网箱与圆形网箱装置材料一致，其施工步骤基本是一样的。

(1) 材料与组件准备

浮力装置（框架）：材料均为 HDPE，有扶手管、主浮管、支架及相关配件。

网箱网衣：网箱、网衣、网边选用了高强度优质聚乙烯材料。网筋下拴水泥块或者其他重物，配重物体每个重量为 10-30 kg。

系泊系统：每组矩形网箱由 24 个 1000-1500 kg 的铁锚固定，通过直径 4~8 cm 系泊缆连接。

(2) 选择与安装锚：

锚的选择：每组矩形网箱由 24 个 1000-1500 kg 的铁锚固定（具体数量与规格由配套商设计确定）。

锚的安装：通过工作船将锚运输至预定锚点。使用起吊设备将锚缓慢下沉

至海底，确保锚以正确姿态着底并能有效抓握。

连接与绷紧：使用锚绳连接锚和网箱框架或浮筒。通过调整锚绳的长度和张 力，使网箱系统在潮汐和风浪变化中能保持在预定位置，并有适当的运动余量。水面可用浮球指示锚点并辅助锚绳保持角度。

(3) 网箱组装与安装

岸上组装：先在岸上将框架（HDPE 管）组装成设计规格的矩形单元，并在其下捆绑好浮筒。矩形网箱组装地点与 C90 圆形网箱相同，位于揭阳市惠来县神泉镇料垌石山附近陆地，见上文图 3.1.6-1~图 3.1.6-2。

网衣安装：将网衣上端开口四周捆绑在矩形方阵框架的内侧。

(4) 下水与定位

使用工作船将组装好的网箱单元拖曳至预定养殖区。通过预先铺设的锚固系统（锚、锚绳、浮球）对网箱进行定位和固定。将网箱框架的角部或侧边与锚绳连接。

网箱整体调试：检查网衣是否充分展开成立方体形。调整锚绳的松紧度，确保整个网箱系统在水流和波浪中保持稳定，且网衣变形在允许范围内。

(5) 调试与验收

网箱安装完成后，需进行全面的调试与验收：

检查网箱形态：确保网衣在配重作用下充分展开，无明显扭曲或塌陷。

测试锚固牢固度：通过船舶牵引等方式测试锚固系统的稳定性和可靠性。

检查整体密封性与安全性：确认所有连接点牢固，无松动或脱落风险。

3.1.6.2 主要施工机械

本项目施工拟投入的主要机械设备见表 3.1.6-1。

表 3.1.6-1 本项目主要施工机械设备一览表

序号	名称	型号	数量
1	网箱安装船（带吊臂）	500t	2 艘
2	锚艇	/	2 艘
3	多功能辅助船	300t	3 艘
4	GPS 定位仪	/	2 台

3.1.6.3 施工进度计划

根据工程的设计要求、配套和施工特点、工程数量及现场条件等，项目建设工期约为 24 个月，配套和施工进度详见下表。

表 3.1.6-2 项目施工进度表

项目名称	时间（月）							
	3	6	9	12	15	18	21	24
招标投标、采购	■							
海洋调查		■						
勘察、测量		■						
网箱分批配套与安装		■		■		■		■
运维平台设计、配套与安装		■	■	■	■	■		
多功能养殖辅助船设计		■	■					
多功能养殖辅助船配套				■	■	■		
养殖快艇采购				■	■	■		
竣工验收								■

3.1.7 项目用海情况

根据《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（自然资发〔2023〕234 号），本项目海域使用类型为渔业用海（一级类）中的增养殖用海（二级类）；按照《海域使用分类》（HYT 123-2009），本项目海域使用类型为渔业用海（一级类）中的开放式养殖用海（二级类），用海方式为开放式（一级方式）中的开放式养殖（二级方式）。

本项目拟申请用海面积为 196.3593 公顷，拟申请用海年限为 15 年。本项目位于开放海域，离岸最近距离约 1.5km，不占用岸线。本项目申请用海宗海图见图 3.1.7-1 至图 3.1.7-3。

揭阳市投控农业海洋牧场产业园宗海位置图

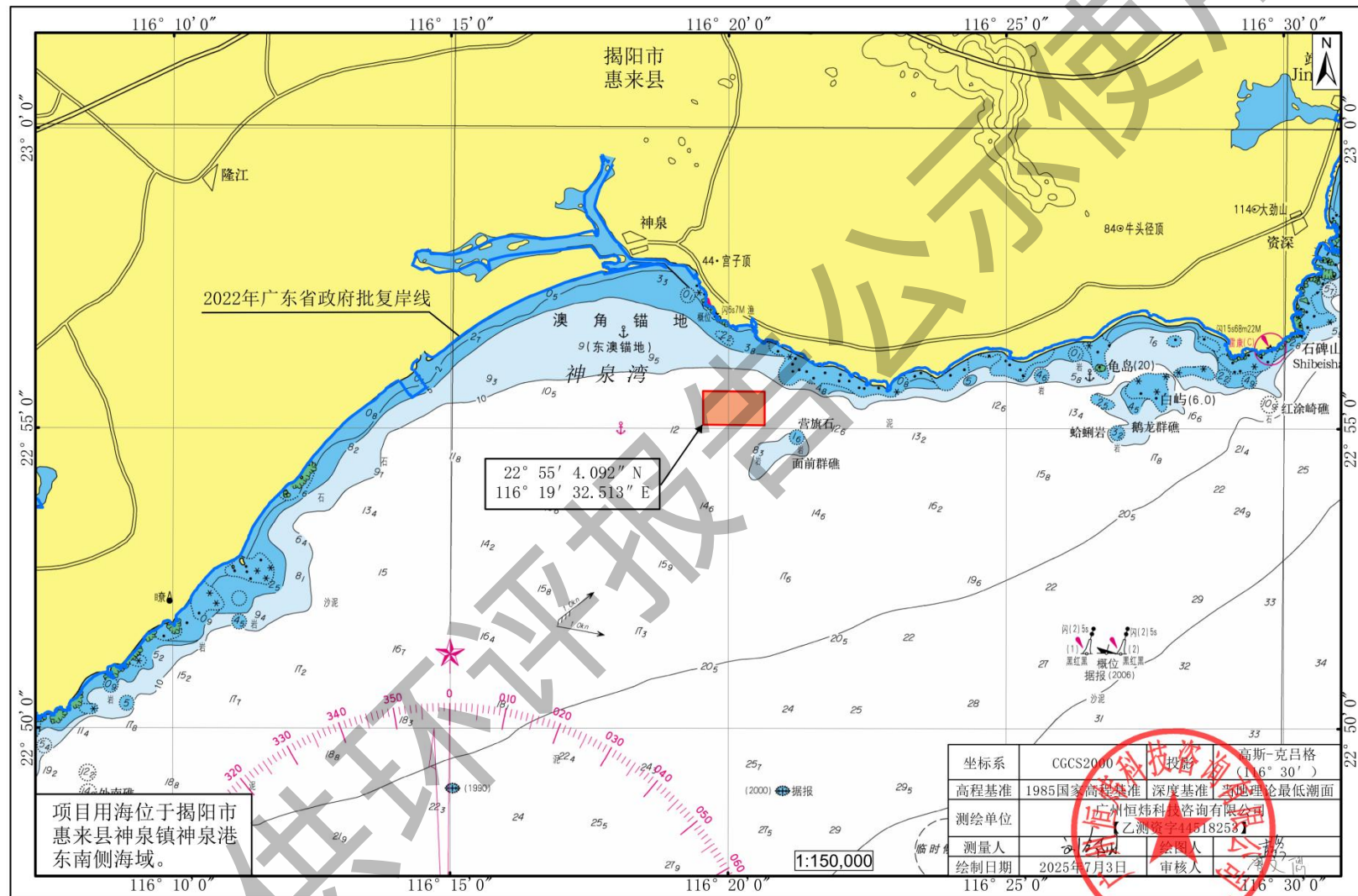


图 3.1.7-1 项目宗海位置图

揭阳市投控农业海洋牧场产业园宗海界址图

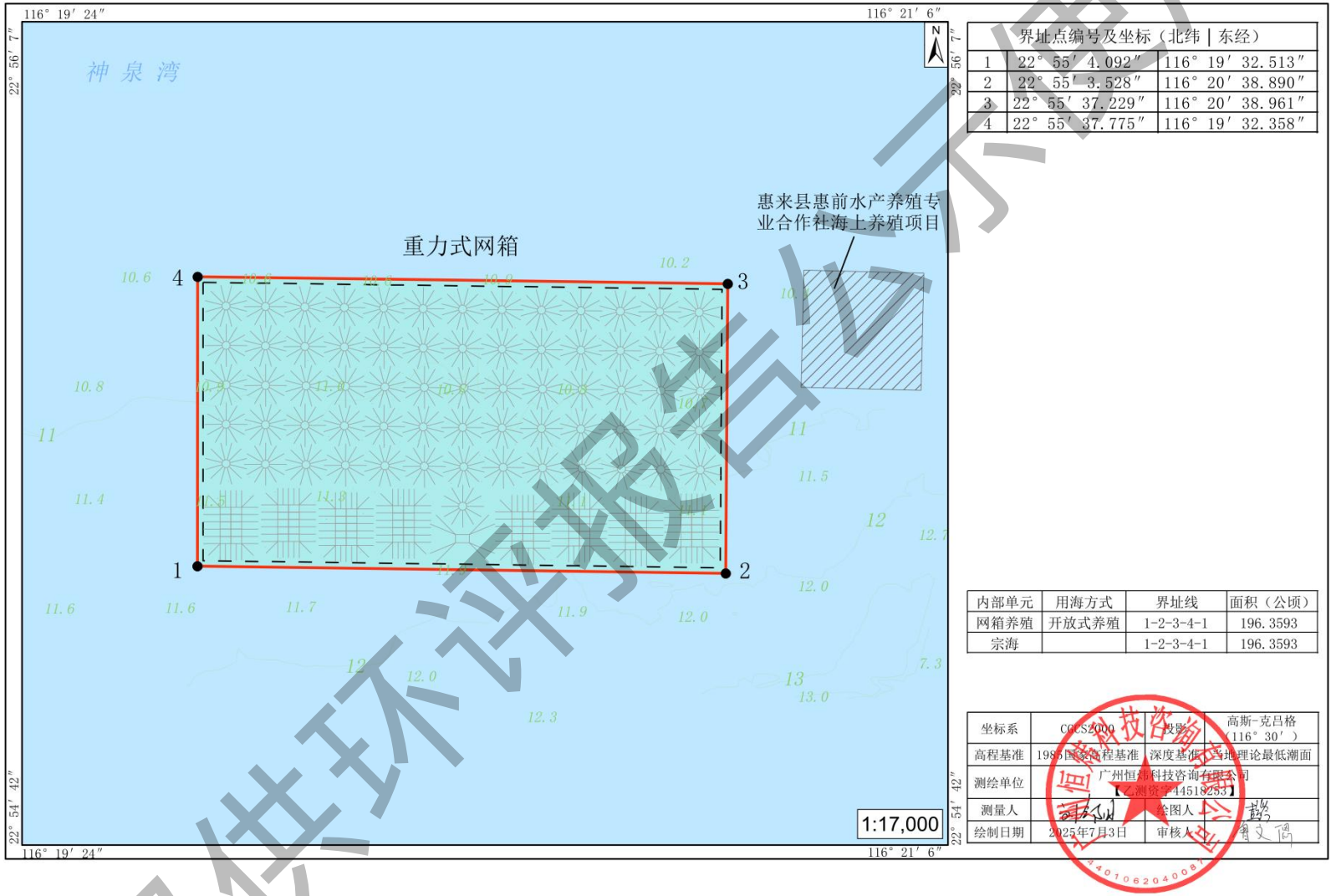


图 3.1.7-2 项目宗海界址图

揭阳市投控农业海洋牧场产业园宗海平面布置图

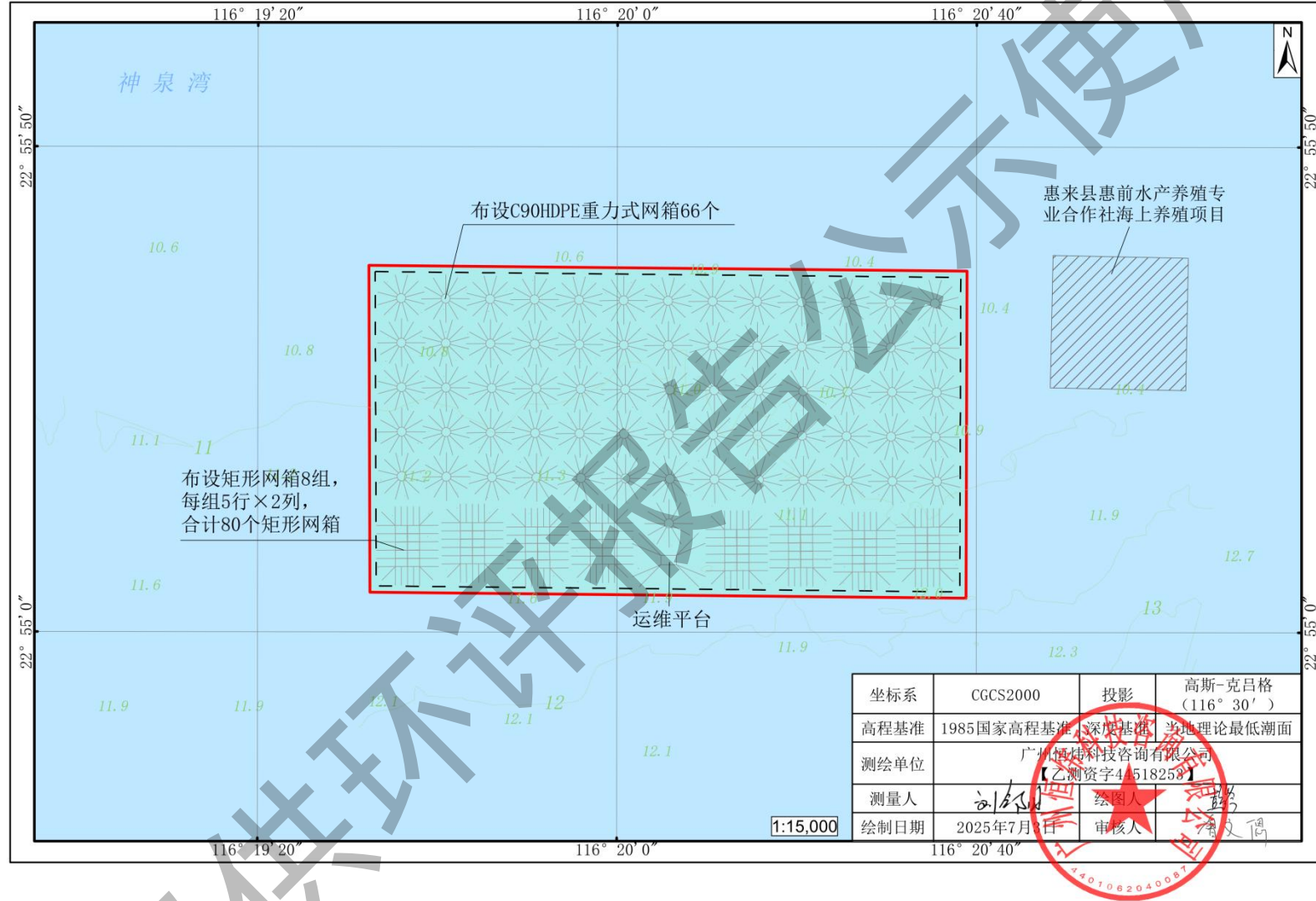


图 3.1.7-3 项目宗海平面布置图

3.2 建设项目影响因素分析

3.2.1 工艺流程及产污环节

3.2.1.1 施工期工艺流程及产污环节

本项目主要施工工艺流程主要为：材料购买→网箱岸边组装→网箱海上运输→网箱、平台主体定位安装投放→附属设施安装调试

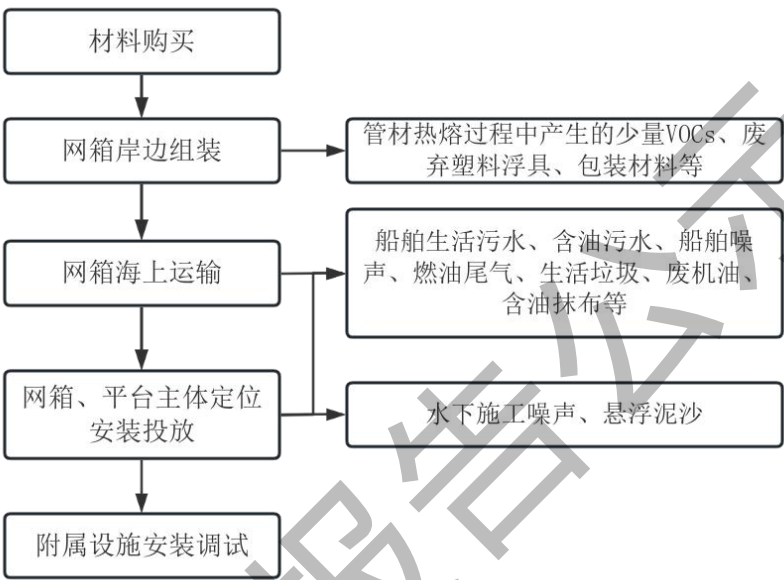


图 3.2.1-1 养殖网箱的施工工艺及产污环节

综上所述，本项目施工期各类污染物产生环节详见下表。

表 3.2.1-1 本项目施工期产污环节汇总表

阶段	环境要素	污染来源	产污环节	主要污染物	治理措施	去向
施工期	水环境	网箱安装	锚泊系统投放入海	悬浮泥沙	自然沉降	自然排海
		施工船舶	含油污水	石油类	统一收集	委托有能力处理的单位定期接收处理
			生活污水	氨氮、BOD ₅ 、总氮、总磷等		
	大气环境	施工船舶	船舶尾气	氮氧化物、硫氧化物和颗粒物	按相关要求使用合格船用燃油	无组织
		网箱安装	管材热熔	VOCs	加强施工作业管理	无组织
	声环境	施工机械设备	施工作业期间	等效 A 声级	加强施工作业管理	/

阶段	环境要素	污染来源	产污环节	主要污染物	治理措施	去向
		水下施工 噪声	锚固系统投 放安装	等效 A 声级	控制施工 强度、加强 施工作业 管理	/
	固体废物	施工船舶	生活垃圾	生活垃圾	生活垃圾 箱	上岸后交 环卫部门 接收
		网箱岸边 组装	施工废弃物	塑料浮具、 包装材料等	统一收集	回收再利 用
		施工船舶、 机械设备	检修、保养	废机油、含 油抹布	统一收集	交由有危 险废物处 理资质的 单位处置

3.2.1.2 运营期产污环节

本项目运营期主要为苗种放养、看护、养护、日常养殖管理（包括投饵、鱼体检查）、网箱维护（网箱清洗及更换等），捕捞收获等过程。多功能养殖辅助船主要用于巡察管护、换网、分鱼、收鱼等工作。

项目营运期对环境的影响主要为网箱养殖投放的多余饵料及养殖生物的代谢废物对海洋环境和生态的影响，以及作业船舶工作人员的日常管理活动和养殖活动产生的少量废气、废水、噪声、生活垃圾、养殖设施废弃物、废饲料包装袋等。

项目运营期工艺流程及产污环节如下图所示。

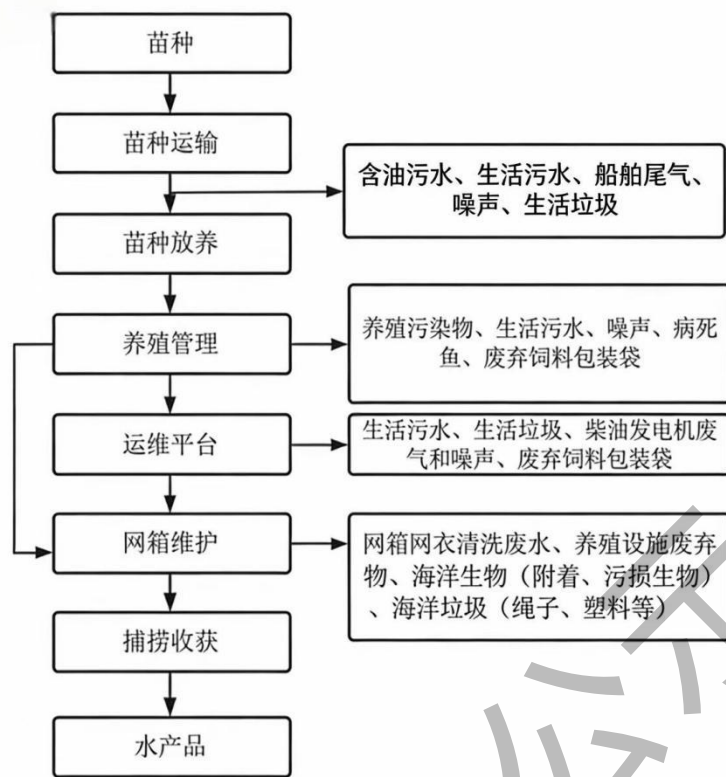


图 3.2.1-2 本项目运营期工艺流程图

综上所述，本项目运营期各类污染物产生环节详见下表。

表 3.2.1-2 本项目运营期产污环节汇总表

阶段	环境要素	污染来源	产污环节	主要污染物	治理措施	去向
运营期	水环境	网箱养殖	养殖污染物	总氮、总磷、COD	控制养殖密度,科学投喂	自然排海
		网箱维护	清洗废水	SS	/	自然排海
		运维平台	生活污水	氨氮、COD、SS 等	统一收集	委托有能力处理的单位定期接收处理
		养殖工作船	含油污水	石油类	统一收集	
	生活污水		氨氮、COD、SS 等			
	大气环境	养殖工作船	船舶尾气	氮氧化物、硫氧化物和颗粒物（TSP）	按相关要求使用合格船用燃油	无组织排放
		运维平台	柴油发电机尾气	氮氧化物、二氧化硫和颗粒物（TSP）	选用合格柴油	无组织排放
	声环境	工作船舶、运维平台	整个运营期	等效 A 声级	加强管理	无组织排放
	固体废物	养殖工作船、运维平台	生活垃圾	生活垃圾	生活垃圾箱	上岸后交环卫部门接收

阶段	环境要素	污染来源	产污环节	主要污染物	治理措施	去向
		运维平台、养殖过程	养殖设施废弃物	废弃浮子、网衣	统一收集暂存	回收利用
			废饲料包装袋	聚乙烯（PE）塑料材质	统一收集暂存	回收利用
		养殖过程	病死鱼	病死鱼	统一收集暂存	上岸后交由有处理能力单位处置
		网箱清洗	清理海洋生物	附着生物、污损生物	分批清洗，控制强度	自然排海
			清理海洋垃圾	绳子、塑料等		上岸后交环卫部门接收

3.2.2 施工期污染源强分析

3.2.2.1 水污染物

本项目施工期产生的水污染物主要是网箱安装时锚块投放入海时产生的悬浮泥沙、施工船舶产生的含油污水和施工人员产生的生活污水。

1.悬浮泥沙

本项目产生悬浮泥沙的施工环节主要是重力式网箱和运维平台锚固系统安装时铁锚与底质接触产生的悬浮泥沙，根据本项目建设内容及施工进度安排，建设过程中锚固结构逐个投放，悬浮泥沙产生量采取以下公式进行计算：

$$Q=M\omega\rho/T$$

式中：

Q--工程施工产生的悬浮泥沙源强，kg/s；

M--垢工量，m³；

ω--可悬浮泥沙的比例，取 5%；

ρ--为泥土密度，kg/m³，根据神泉湾海域地质状况取值 1.3×10³kg/m³；

T--施工时间，s。

（1）C90 HDPE 圆形网箱

本项目共布设 C90 圆形网箱 66 个，每个网箱使用 12 个铁锚，单个铁锚重 700kg，铁锚密度按 7850kg/m 计，按锚全部沉入泥底、投放时间（按锚接触泥面到安放完成计）约 2min 计，则单个铁锚施工悬浮泥沙源强为：

$$700\div7860\times5\%\times1.3\times10^3\div2\div60=0.048\text{kg/s}。$$

(2) 矩形网箱（鲍鱼排）

每组矩形网箱由 24 个 1000-1500 kg 的铁锚固定，单个铁锚取中值 1250kg 计算，铁锚密度按 7850kg/m 计，按锚全部沉入泥底、投放时间（按锚接触泥面到安放完成计）约 4min 计，则单个铁锚施工悬浮泥沙源强为：

$$1250 \div 7860 \times 5\% \times 1.3 \times 10^3 \div 4 \div 60 = 0.043 \text{kg/s}。$$

(3) 运维平台

平台共有 8 根相同的系泊链，锚的选型为铁锚，每个铁锚按 1000kg 计算，铁锚密度按 7850kg/m 计，按锚全部沉入泥底、投放时间（按锚接触泥面到安放完成计）约 3min 计，则单个铁锚施工悬浮泥沙源强为：

$$1000 \div 7860 \times 5\% \times 1.3 \times 10^3 \div 3 \div 60 = 0.046 \text{kg/s}。$$

由于建设过程中锚固结构逐个投放，因此养殖区的锚泊系统施工产生的悬浮物源强最大值为 C90 HDPE 圆形网箱时产生的 0.048kg/s。

2.船舶含油污水

施工船舶施工过程中将产生一定量的含油污水，本项目工程量较小，预计施工投入船舶数量按 4 艘计算，参照《水运工程环境保护设计规范》（JTS149-2018），小型船舶的舱底含油污水产生量按 0.14 t/d · 艘计，则项目施工过程中工作船舶舱底含油污水产生量最大约为 0.56 t/d，船舶舱底含油污水中石油类的浓度约为 2000~20000mg/L，本评价按 10000mg/L 进行计算，则项目施工工作船舶舱底含油污水中石油类的产生量约为 5.6 kg/d。

船舶必须执行《防治船舶污染海洋环境管理条例》（国务院令 第 561 号）要求，禁止向沿海海域排放油类污染物，船舶油类污染物须委托有能力处理的单位定期接收处理。本项目船舶含油污水拟经收集后交由有能力处理的单位统一接收处理。

3.船舶生活污水

本工程施工高峰期时施工人员按 30 人计算，根据《用水定额第 3 部分：生活》（DB44/T691461.3-2021）的农村居民 II 区，施工人员用水量按每人每天 130L 计，排污系数按 90%计，则施工人员生活污水产生量约 3.51m³/d。根据《排水工程》（下册）中典型生活污水中常浓度水质进行估算，污水中主要污染因子特征浓度：COD：250mg/L，BOD₅：150mg/L，SS：220mg/L，氨氮 40mg/L，

动植物油 30mg/L，则各污染物产生情况如下表所示。

表 3.2.2-1 施工期船舶生活污水产生情况一览表

类型	污水产生量 (m³/d)	主要污染物	产生浓度 (mg/L)	产生量 (kg/d)
施工期船舶生活污水	3.51	COD	250	0.878
		BOD ₅	150	0.527
		SS	220	0.772
		氨氮	40	0.140
		动植物油	30	0.105

施工期的船舶生活污水统一收集后，需由施工单位需自行委托有处理能力的单位接收处理，不得直接排放入海。

3.2.2.2 大气污染物

本项目施工期间产生的大气污染物为施工机械设备和船舶燃油尾气、网箱组装过程中管道（聚乙烯管）热熔产生的少量 CO 等气体。

项目施工期间产生的大气污染物主要为施工机械及船舶排放的尾气，主要污染物为氮氧化物、硫氧化物和颗粒物（TSP）。施工期机械及船舶尾气为间断排放，同时施工作业时间相对有限，燃油量少，施工机械及船舶使用符合标准的燃料油，其烟气产生量相对较少，经由开放空间的大气扩散作用，将随着施工的结束而消失，对周边大气环境影响有限。

网箱在陆上组装需热熔连接，管材（聚乙烯管）热熔过程中可能会释放少量 VOCs，其工程量较小，且组装场地位于开阔岸边，对大气环境的影响较小。

本项目大气污染物产生量少，对大气环境影响较小，对其仅进行定性分析。

3.2.2.3 声环境污染物

1.施工机械设备噪声

本项目噪声主要来自船舶施工作业，噪声值为 80~90dB（A），具有噪声低和流动性的特点，工程处于开放海域，且远离陆域居民区，噪声对周边环境无污染影响。

2.水下施工噪声

听觉和声交流是海洋生物在海中赖以生存的能力，海洋工程所产生的水下噪声会对某些海洋生物的听力和声交流造成干扰。本项目水下工程涉及锚碇等

施工作业，其产生的噪声属于中低频噪声，会对工程区域的海洋生物造成一定程度的噪声污染影响。但由于项目施工期较短，随着施工期结束而影响消失。

3.2.2.4 固体废物

项目施工期产生的固体废物主要有施工船舶生活垃圾、施工废弃物、废机油、含油抹布等。

1.施工船舶生活垃圾

本项目水上施工人员按 30 人计，参照《水运工程环境保护设计规范》（JTS149-2018）（2019 年修订），船舶作业人员生活垃圾产生量按 1.5kg/d·人计，则本项目船舶生活垃圾产生量为 45kg/d。船舶人员船舶生活垃圾拟经分类收集上岸后，由环卫部门清运处理，不得排放入海。

2.施工废弃塑料浮具、包装材料

本项目施工过程产生的施工废弃物主要为塑料浮具、包装材料等，主要产生于网箱陆地组装过程，由于项目生产材料均按养殖规模购置成品，因此废弃物产生量较少。施工产生的废弃塑料浮具、包装材料等废弃物应回收利用或分类收集后交由环卫部门清运处置。网箱聚乙烯管道热熔连接过程中会产生少量固体废弃物，如铣削下来的管材边角料、废弃的管件等废弃塑料浮具，分类收集后交由环卫部门清运。施工期产生的废弃物严禁投入海域中。

3.废机油、含油抹布

施工期间，设备及船舶可能会出现维修情况，会产生少量的废机油、含油抹布等危险废物，施工单位收集上岸后由维修单位交由有危险废物处理资质的单位处置，不得在施工范围内进行暂存及处置。

3.2.2.5 施工期主要污染物汇总

项目施工期主要环境污染物的产生及排放情况见下表。

表 3.2.2-2 施工期主要污染物排放情况汇总表

类型	污染源	主要污染物	产生量	环保措施
废水	网箱锚固安装	悬浮泥沙	0.048kg/s（最大值）	加强施工管理
	施工船舶含油污水	石油类	5.6 kg/d	船舶收集后，交有能力处理的单位处理，不得向海域排放。
	施工船舶生活污水	COD	0.878 kg/d	污水储存柜（船舶）收集上岸后，经市政污水运输车运输至污水处理厂处理。
		BOD ₅	0.527 kg/d	
		SS	0.772 kg/d	
		氨氮	0.140 kg/d	
		动植物油	0.105 kg/d	
废气	施工船舶尾气	氮氧化物、硫氧化物和颗粒物（TSP）	少量	采用合格的船用燃油
	网箱安装热熔连接	CO 等气体	少量	加强施工作业管理
噪声	施工机械设备噪声	等效 A 声级	80~90dB（A）	加强施工作业管理
	水下施工噪声			
固体废物	施工船舶生活垃圾	生活垃圾	45kg/d	交环卫部门接收处理
	施工废弃物	塑料浮具、包装材料等	少量	统一收集后回收再利用或分类收集后交由环卫部门清运处置
	废机油、含油抹布	危险废物	少量	交由有危险废物处理资质的单位处置

3.2.3 运营期污染源强分析

3.2.3.1 水污染物

项目运营期产生的水污染物主要为船舶含油污水、船舶生活污水、网箱养殖污染物和网箱网衣清洗废水、网衣附着生物和污损生物、网衣清理产生的海洋垃圾等。

1.船舶含油污水

本项目运营期拟投入多功能辅助船 3 艘和养殖快艇 5 艘，工作船舶进行日常维护会产生少量的船舶油污水，参照《水运工程环境保护设计规范》（JTS149-2018），小型船舶的船舶含油污水产生量按 0.14 t/d·艘计，则项目营运期日常维护的工作船舶含油污水产生量最大约为 1.12 t/d，船舶含油污水中石油类的浓度约为 2000~20000mg/L，本评价按 10000mg/L 进行计算，则项目

营运期日常维护的工作船舶含油污水中石油类的产生量约为 11.2 kg/d。

船舶必须执行《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）中相关要求，禁止向沿海海域直接排放油类污染物。本项目营运期船舶含油污水暂存至船舶含油污水收集舱，经污染物运输船舶运输上岸后，交由有处理能力的单位接收处置。

2.船舶生活污水

根据本项目工可资料，运营期高峰期工作人员有 63 人。根据《用水定额第 3 部分：生活》（DB44/T1461.3-2021），项目船舶人员用水定额按 150L/（人·d）计算，排水系数取 0.90，则废水产生量为 8.505 m³/d。根据《排水工程》（下册）中典型生活污水中常浓度水质进行估算，污水中主要污染因子特征浓度：COD：400mg/L，BOD₅：200mg/L，动植物油：200mg/L，SS：220mg/L，氨氮：25mg/L，总磷：8mg/L。则本项目船舶生活污水各污染物产排情况如下表所示。

营运期船舶配备专门的生活污水储水柜 收集，经污染物运输船舶运输上岸后，由接收单位收运处理，不得向海排放。

表 3.2.3-1 营运期作业船舶污水源强

污水量	污染物	COD	BOD ₅	氨氮	SS	动植物油	总磷	石油类
船舶含油污水 (1.12 m³/d)	排放浓度 (mg/L)	/	/	/	/	/	/	10000
	排放量 (kg/d)	/	/	/	/	/	/	11.2
船舶生活污水 (8.505 m³/d)	排放浓度 (mg/L)	400	200	25	220	200	8	/
	排放量 (kg/d)	3.402	1.701	0.213	1.871	1.701	0.068	/

3.网箱养殖污染物

本项目网箱养鱼产生的养殖污染物对水环境产生不利影响的主要为未食饲料、粪便和排泄物中含有的营养物质，如氮、磷、有机物等。网箱鱼类放养密度越大，所排泄和产生的营养物质越多。这些营养物质大量进入水体，使藻类及其他水生生物多量繁殖，水体透明度下降，溶解氧降低。其中未食饲料以悬浮物表征，粪便、排泄物等污染物以化学需氧量、氨氮、总氮以及总磷表征，同时根据海洋水质标准要求，将总氮、总磷换算成无机氮、活性磷酸盐预测评价其对海洋环境的影响。

(1) 残饵

饵料投入网箱喂食鱼类，多余的饲料将沉淀于网箱底部，在水流作用下，

不断自网箱析出，造成水体污染。

由于局部投饵的结果，网箱内营养物质的含量明显高于网箱外，然而所投的营养物质并不能被鱼类完全消化吸收，从而对水体造成局部乃至大面积影响。据相关文献，在所投喂的饲料中，有 13%~15%的饲料直接散失于水体中，85%~87%的饲料被鱼摄食。在摄食的饲料中，有 25%-35%饲料被鱼体用于增加体重；41.6%~48%的饲料被鱼体用于维持生命，其排泄物以氮的形式进入水体；10.4%~12%的饲料未被鱼类消化吸收，以鱼粪的形式进入水体。

参考马友鱼、鮰鱼网箱养殖技术，马友鱼养殖饵料系数约为 2.3、鮰鱼养殖饵料系数约为 2.0，则马友鱼每年需要投喂的饵料量为 3415.5t、鮰鱼每年需要投喂的饵料量为 2227.5t，则海水鱼类网箱养殖每年共需投喂 5643t 饵料。

根据相关海水鱼养殖技术，投喂饵料中参杂冰鲜杂鱼一般为 7%~10%，本项目主要投喂配合饲料，冰鲜杂鱼占比按 7%、配合饲料占比按 93%进行计算。因此，本项目需投喂配合饲料量为 5248 t/a、投喂冰鲜杂鱼饵料量为 395t/a。

以本项目网箱内养殖鱼类对饲料的采食率为 90%计，箱外鱼类对饲料的采食率为 5%，则投喂饲料沉入海底的残饵量约为 5%。

由于本项目采用配合饲料投喂，加上大量野生鱼类被吸引到网箱附近对残饵进行摄食，因此实际残饵量会有所减少。残饵中通常含有氨、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。

1) 饵料散失悬浮物源强

表 3.2.3-2 深水网箱饵料散失量源强（单个网箱）

养殖区域	投饵量 (t/a)	饵料直接散 失率 (%)	残饵量 (t/a)	每日摄食 时长 (h)	网箱数量 (个)	单个网箱残 饵源强 (kg/s)
圆形网箱 养殖区	5643	5	282.15	2	66	0.002

注：按每年养殖 12 个月（365d）计算。

2) 饵料散失进入海水中的氮、磷瞬时源强

投喂饵料散失在海洋中的残饵量约为 5%，根据上述投喂配合饲料量和冰鲜杂鱼量分析，本项目散失的配合饲料量为 262.4 t/a，散失的冰鲜杂鱼饵料量为 19.75 t/a。参考梁庆洋. 大亚湾深水网箱养殖碳氮磷负荷及环境影响初步研究

[D]. 上海海洋大学, 2017.: 鲜杂鱼饵料中 N、P 含量参考卵形鲳鲹成鱼的含量数据, 分别为: TN 含量 3.28% (湿重)、TP 含量 0.67% (湿重); 浮性膨化配合饲料测定的饵料含氮量为 6.72%、含磷量为 1.34%。据此数据计算本项目残饵进入海洋环境中的 TN、TP, 见下表 3.2.3-3。

表 3.2.3-3 饵料散失进入海水中的总氮、总磷源强

污染因子	饵料类型	散失饵料量 t/a	污染系数	污染量 t/a	合计污染量 t/a
TN	配合饲料	262.4	6.72%	17.63	19.28
	冰鲜饵料	19.75	3.28%	0.65	
TP	配合饲料	262.4	1.34%	3.52	3.65
	冰鲜饵料	19.75	0.67%	0.13	

取相关研究成果换算结果按保守计算, 无机氮: 总氮 (TN)=0.77: 1, 活性磷酸盐: 总磷=0.67: 1。转换后的养殖污染物排放量如下表所示。

表 3.2.3-4 饵料散失进入海水中的无机氮、活性磷酸盐产生情况一览表

养殖区域	主要污染物	产生量 (t/a)	主要污染物	产生量 (t/a)	排放时间 (h)
圆形网箱	总氮	19.28	无机氮	14.85	730
养殖区	总磷	3.65	活性磷酸盐	2.45	

注: 海水鱼类按每年养殖 12 个月 (365d) 计算, 投喂时间按 2 h/d 计。

表 3.2.3-5 饵料散失单个网箱产生的瞬时污染源强

养殖区域	主要污染物	产生量 (t/a)	排放时间 (h)	网箱数量	排放源强 (kg/s)
圆形网箱	无机氮	14.85	730	66 个	0.000086
养殖区	活性磷酸盐	2.45			0.000014

(2) 养殖的代谢废物 (整体)

本项目以马友鱼、鮰鱼作为海水鱼类养殖物种, 矩形网箱养殖鲍鱼 (黄金鲍)。根据工可资料对项目水产品产能测算, 本项目养殖马友鱼年产量为 1485 吨、鮰鱼年产量为 1113.75 吨, 海水鱼类年产量为 2598.75 吨, 鲍鱼年产量为 672 吨。

本文基于《第二次全国污染源普查产排污系数手册 (农业源)》 (生态环境部第二次全国污染源普查工作办公室, 2020 年), 估算本项目运营期养殖产排污情况。

表 3.2.3-6 运营期养殖污染物产生系数一览表

养殖区域	养殖水体	养殖形式	养殖品种	产污系数 (kg/t)		
				总氮	总磷	COD
广东	海水养殖	网箱养殖	马友鱼	23.04	4.68	5.87
			鮰鱼	23.04	4.68	5.87
			鲍	1.24	-0.08	-0.01

注：马友鱼、鮰鱼参考海水养殖-网箱养殖-其他；鲍鱼参考海水养殖-浅海筏式-鲍。

表 3.2.3-7 运营期养殖污染物产生情况一览表

养殖区域	养殖品种	年产量 (t)	产生量 (t/a)		
			总氮	总磷	COD
圆形网箱养殖区	马友鱼	1485	34.214	6.950	8.720
	鮰鱼	1113.75	25.661	5.212	6.538
	合计	2598.75	59.875	12.162	15.258
矩形网箱	鲍鱼	672	0.833	-0.053	-0.007

参考广东珠海重点海域入海通量评估报告入海河涌和入海排污口调查结果看无机氮/总氮的浓度均值比 74%~77%；有关海域调查结果总磷/活性磷酸盐约为 1.5。取上述研究成果换算结果按保守计算，即无机氮：总氮（TN）=0.77：1，活性磷酸盐：总磷=0.67：1。转换后的养殖污染物排放量如下表所示。

表 3.2.3-8 运营期养殖污染物产生情况一览表

养殖区域	主要污染物	产生量 (t/a)	主要污染物	产生量 (t/a)	排放时间 (h)
圆形网箱养殖区	总氮	59.875	无机氮	46.104	5840
	总磷	12.162	活性磷酸盐	8.149	
	COD	15.258	COD	15.258	
矩形网箱	总氮	0.833	无机氮	0.641	4320
	总磷	-0.053	活性磷酸盐	-0.036	
	COD	-0.007	COD	-0.007	

注：海水鱼类按每年养殖 12 个月（365d）计算；鲍鱼每年养殖周期 9 个月。排泄时间按 16 h/d 计。

表 3.2.3-9 运营期单个网箱污染物排放源强

养殖区域	主要污染物	产生量 (t/a)	排放时间 (h)	网箱数量	排放源强 (kg/s)
圆形网箱养殖区	无机氮	46.104	5840	66 个	0.0000332
	活性磷酸盐	8.149			0.0000059
	COD	15.258			0.0000110
矩形网箱	无机氮	0.641	4320	80 个	0.00000038
	活性磷酸盐	-0.036			-0.00000002
	COD	-0.007			-0.000000004

根据《第二次全国污染源普查产排污系数手册（农业源）》（生态环境部第二次全国污染源普查工作办公室，2020 年）产排污系数的确定方法，手册的产污系数间接包含饵料的影响，水产养殖业的产污系数是基于整个养殖过程的实测数据（如水质监测）制定的，这些数据已将饵料等投入品的使用纳入考量，而是反映饵料等投入品共同作用下的综合污染物产生量。因此，养殖过程计算的产排污包含了饵料部分，不作叠加计算。

4.网箱网衣清洗废水

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

本项目一般每季度及收获期对养殖区的网衣进行检查和清理，一般每隔 2 个月进行洗网换网。工作人员先将网囊拉上工作船舶，在远离养殖区域外海进行清洗，清洗时采用高压水枪对海水加压，冲洗网衣表面附着物，网箱网衣清洗废水自然排海。

本项目养殖设施主要包括 66 个 C90 圆形网箱，2 个月间轮流冲洗，即每口网箱网衣一年可清洗 6 次。冲洗一只网箱约 60 分钟，高压水枪加压海水流量约为 $1.6 \text{ m}^3/\text{min}$ ，则每个网衣冲洗废水量约为 96 m^3 ，即本项目年网衣清洗废水的产生量最大约为 $38016 \text{ m}^3/\text{a}$ 。

本项目网衣冲洗废水主要是冲洗网箱上的附着物，冲洗下来的海洋垃圾统一收集上岸后交由环卫部门处理，冲洗下来的附着生物仍将存活，重新回到海洋。由于本项目清洗废水主要是冲洗网箱上的附着物，它们来自海洋，冲洗回海里，主要污染物为 SS。

网箱清洗产生的悬浮物（SS）源强计算，常用物料衡算法，计算从网衣上被清除并进入水体的附着物量。单次清洗活动中悬浮物产生总量按以下公式进行计算：

$$M_{ss} = A \times N \times \rho \times \eta \times f_{ss}$$

其中：A——单口网箱网衣浸没面积， m^2 ；本项目 C90 圆形网箱网衣深度

7 m，单口 c90 网箱网衣浸没面积为 630m²。

N——一次性清洗的网箱数量，口；本项目网箱网衣逐个进行清洗，按 1 口计算。

ρ ——网衣附着物湿度，kg/m²；参考周家丽.雷州湾海域聚乙烯和涤纶网衣污损生物多样性及环境因子研究[D]. 广东海洋大学, 2023.：PE 网衣污损生物月份生物量范围为 0.0135~ 0.4600 g/cm²、月均生物量为 0.1821 g/cm²。参考该研究结论，本项目网衣附着物湿度保守按照 1.82 kg/m² 计。

η ——清洗去除率，%；使用高压水枪的清洗效率一般为 85%~95%，本次计算取中值 90%进行计算。

f_{ss} ——附着物中悬浮物占比，%；类比同项目经验，网衣附着物中悬浮物的占比一般为 8%~15%，本次计算取中值 12%进行计算。

按照上述公式及参数取值，本项目 C90 网箱网衣单次清洗时悬浮物产总量 $M_{ss} = 630m^2 \times 1 \times 1.82 \text{ kg/m}^2 \times 90\% \times 12\% = 123.8328 \text{ kg}$

单次网箱清洗活动时悬浮物源强可按以下公式进行计算：

$$Q_{ss} = M_{ss} / T$$

其中： M_{ss} ——悬浮物产生总量，经上文计算为 123.8328 kg。

T——有效清洗总时间，h；本项目清洗时间约为 1h。

则 $Q_{ss} = 123.8328 \text{ kg} \div 1h = 123.8328 \text{ kg/h} = 0.0344 \text{ kg/s}$

3.2.3.2 大气污染物

1.船舶燃油废气

运营期主要为作业船只作业过程排放的少量船舶尾气，其产生的主要决定因素为燃料油种类、机械性能、作业方式和风力等，其中机械性能、作业方式的影响最大排出的各类燃油废气主要污染物为氮氧化物、硫氧化物和颗粒物（TSP）等。船舶进入排放控制区，应使用符合《船舶大气污染物排放控制区实施方案》（交通运输部，交海发〔2018〕168 号）船用燃油，燃油燃烧废气产生量不大，影响范围、时间有限，且项目位置处于相对开阔的海域，距离岸线较远，有利于污染物的扩散，评价范围内没有大气敏感点，对周边环境的影响有限。因此，对其仅进行定性分析。

(2) 运维平台柴油发电机燃油尾气

本项目的运维平台供电以光伏发电为主，在临时停电情况下，采用柴油发电机供电。项目运维平台上柴油发电机运行年耗油量不超过 1500t。

根据《大气污染工程师手册》，当空气过剩系数为 1 时，1kg 柴油产生的烟气量约为 11Nm³。一般柴油发电机空气过剩系数为 1.8，则发电机每燃烧 1kg 柴油产生的烟气量为 11×1.8=20Nm³，排烟量约为 3000 万 Nm³。柴油发电机燃油废气污染物以 SO₂、NO_x、烟尘、烟气黑度为表征，污染物排放量参考《燃料燃烧排放大气污染物物料衡算办法（暂行）》和《环境统计手册》计算：

①G（SO₂）=2×B×S

G（SO₂）：二氧化硫排放量，t；

B:消耗的燃料量，t；

S：燃料中的全硫分含量，%；本项目柴油含硫量为 10mg/kg，即 0.001%。

②G（NO_x）=1.63×B×（N×β+0.000938）

G（NO_x）：氮氧化物排放量，t；

B：消耗的燃料量，t；

N：燃料中的含氮量，%；本项目取值 0.02%；

β：燃料中氮的转化率，%；本项目选 40%。

③G（烟尘）=B×A。

G（烟尘）：烟尘排放量，t；

B：消耗的燃料量，t；

A：灰分含量，%；本项目取 0.01%。

表 3.2.3-10 柴油发电机尾气污染物产生及排放情况一览表

污染源	废气量	污染物	SO ₂	NO _x	烟尘	林格曼黑度
耗油量 1500t/a	3000 万 m ³ /a	产生量(t/a)	0.03	2.49	0.15	<1 级
		产生浓度(mg/m3)	1	83	5	

由于柴油发电机为间歇排放，且使用时间很短，对环境空气的影响很小。

3.2.3.3 噪声污染物

营运期噪声主要是船舶发动机及其鸣笛噪声、柴油发电机噪声，将产生一定的噪声污染，噪声值为 95~105dB（A）。项目运营期噪声具有噪声低和流动

性的特点，养殖区处于开放海域，且远离陆域居民区，噪声对周边环境无污染影响。

运营期主要设备噪声级见下表。

表 3.2.3-11 运营期主要设备噪声源

设备名称	距离（m）	噪声级（db（A））
船舶鸣笛声	1	105
船舶发动机	1	95
柴油发电机	1	95

3.2.3.4 固体废物

本项目运营期产生的固体废物主要有船舶生活垃圾、养殖设施废弃物、废饲料包装袋、病死鱼、网箱清洗产生的附着生物和污损生物、海洋垃圾等。

1.船舶生活垃圾

根据《水运工程环境保护设计规范》（JTS149-1-2018），船舶生活垃圾发生系数平均按 1.5kg/人·日计，营运期间最多有约 63 名船舶工作人员在海上进行作业，则运营期船舶生活垃圾产生量约为 0.0945 t/d。船舶生活垃圾主要是食物残渣、卫生清扫物、废旧包装袋、瓶、罐等，分类收集上岸后，交由环卫部门统一处置。

2.养殖设施废弃物

本项目运营期养殖设施废弃物包括废弃子及网衣等。浮子及网衣等有损毁时，优先缝补修复后使用，不能修复的作为一般固废，因浮子采用 HDPE（高密度聚乙烯），网衣采用高强度优质聚乙烯材料，类比同类型养殖项目及本项目养殖规模，不能修复的废弃浮子为 500 个/年，折算废弃浮子产生量约为 0.6t/a，破损无法再利用的网衣约为 0.5t/a，共产生养殖设施废弃物 1.1t/a。无法修复的废弃浮子及网衣等统一收集，经污染物运输船舶运输上岸后，交由相关单位进行回收利用。

3.废饲料包装袋

项目养殖期间投放饲料时会产生废饲料包装袋，以 1 个可重复使用的吨袋重约 2 公斤估算，年产生废弃饲料包装袋约 10.5t。废饲料包装袋经收集上岸后，交由物资回收单位进行回收利用，不在海域丢弃。

4.病死鱼

本项目在养殖过程中，由于气候、养殖条件等的变化不可避免产生一定的病死鱼。从内湾传统养殖转移到湾外深水抗风浪网箱，由于水质好、空间大，鱼类存活率显著提高。根据国内海洋牧场养殖经验，通过采用适宜的现代化技术和管理，养殖存活率可达 95%。本项目养殖过程中海水鱼类死亡率保守按 5% 进行计算，估算公式：病死鱼量 \approx 总产量 \div （1-死亡率） \times 死亡率。

项目海水鱼类年产量为 2598.75 吨，病死鱼量约为 136.8 吨/年。

项目需在病害流行季节做好疾病预防工作，每天早、中、晚观测水温、盐度等理化因子和鱼的活力、摄食、病害与死亡情况。养殖期间需对养殖区域内定期排查，网箱内一旦出现死鱼，要立刻打捞死鱼，严禁死鱼外溢出网箱，对环境造成污染。如发生大面积死鱼，要及时上报环保部门，进行环境监测和鱼情分析，及时对死鱼打捞进行无害化处理。打捞出的死鱼放在干净、密封的容器中，装船运往陆域交由有资质的单位进行无害化处置。严禁海抛、食用、做养鱼饲料。

5.网箱清洗固体废物

计算从单个网箱每季度网衣上被清除并进入水体的附着物量，常用下列公式：

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

其中：A——单口网箱网衣浸没面积， m^2 ；本项目 C90 圆形网箱网衣深度 7 m，单口 C90 网箱网衣浸没面积为 $630m^2$ 。

ρ ——网衣附着物湿度， kg/m^2 ；参考周家丽.雷州湾海域聚乙烯和涤纶网衣污损生物多样性及环境因子研究[D]. 广东海洋大学, 2023.：PE 网衣污损生物月份生物量范围为 $0.0135\sim 0.4600 g/cm^2$ 、月均生物量为 $0.1821 g/cm^2$ 。参考该研究结论，本项目网衣附着物湿度保守按照 $1.82 kg/m^2$ 计。

η ——清洗去除率，%；使用高压水枪的清洗效率一般为 85%~95%，本次计算取中值 90%进行计算。

按照上述公式及参数取值，本项目 C90 网箱网衣每季度附着物清理量为：

$$M=630m^2 \times 1.82 kg/m^2 \times 90\% = 1031.94 kg$$

本项目布置 66 个 C90 网箱，则附着物清理量为 272.43t/a。

网衣附着物中悬浮物占比约 12%，海洋垃圾（绳子、塑料袋等）约 5%，经济附着生物（海带、贻贝等）和其他污损生物占比约 83%。即本项目附着生物和污损生物产生量为 226.12 t/a，海洋垃圾产生量为 13.62 t/a。

其中，附着生物和污损生物均随清洗废水自然排海，回归海洋循环，清理出的海洋垃圾作为一般固废统一收集上岸，交由环卫部门处理。

3.2.3.5 运营期主要污染物汇总

运营期污染源源强汇总见下表。

表 3.2.3-12 运营期污染源源强汇总表

污染项目	污染物名称	主要污染因子	产污环节	污染物产生量	处理方式/排放去向
水污染物	船舶含油污水	石油类	作业船舶	11.2 kg/d	收集上岸后，交由有处理能力的单位接收处置
	船舶生活污水	COD、BOD ₅ 、SS、氨氮、总磷、动植物油	作业船舶	COD: 3.402 kg/d BOD ₅ : 1.701 kg/d 氨氮: 0.213 kg/d SS: 1.871 kg/d 总磷: 1.701 kg/d 动植物油: 0.068 kg/d	收集上岸后由接收单位收运处理
	圆形网箱养殖区	总氮、总磷、COD	养殖过程	总氮: 59.875 t/a 总磷: 2.162 t/a COD: 15.258 t/a	自然排海
	矩形网箱养殖区			总氮: 0.833 t/a 总磷: -0.053 t/a COD: -0.007 t/a	
	网箱养殖鱼类			0.002 kg/s	
	网箱网衣清洗悬浮物及废水	SS	清洗网衣	SS:0.0344 kg/s 废水量: 38016 m ³ /a	自然排海
废气	船舶燃油废气	SO ₂ 、NO _x 、烟尘	作业船舶	少量	大气无组织排放
	柴油发电机燃油废气	SO ₂ 、NO _x 、烟尘	运维平台	3000 万 m ³ /a	间歇排放
噪声	船舶及其鸣笛噪声、柴油发电机噪声	等效 A 级声	作业机械	95~105dB（A）	自然排放
固废	生活垃圾	固废	作业船舶、运维平台	0.0945 t/d	分类收集上岸后，交由环卫部门统一处置
	养殖设施废弃物	废弃浮子、网衣	养殖废弃物	废弃浮子: 0.6t/a 废弃网衣约: 0.5t/a	收集上岸后，交由相关单位进行回收利用

污染项目	污染物名称	主要污染因子	产污环节	污染物产生量	处理方式/排放去向
	废饲料包装袋	废饲料包装袋	养殖过程	10.5 t/a	收集上岸后，交由相关单位进行回收综合利用
	病死鱼	病死鱼体	养殖过程	136.8 t/a	放在干净、密封的容器中，装船运往陆域交由有资质的单位进行无害化处置
	海洋生物	附着生物、污损生物	网衣清洗	226.12 t/a	随清洗废水自然排海，回归海洋循环
	海洋垃圾	绳子、塑料等	网衣清洗	13.62 t/a	作为一般固废统一收集上岸，交由环卫部门处理

3.3 项目非污染环境影响

3.3.1 对海洋水动力环境、冲淤环境的影响

网箱养殖对潮流具有一定阻碍作用。影响最大的时期是网箱鱼类、鲍鱼在成熟期，网箱内鱼类、鲍鱼密度较大，会对所在水域的水动力产生一定的阻滞作用。在合理控制养殖区养殖密度的情况下，不会对区域水动力造成长期持续性的影响，建设完成后对海域水动力的影响是可接受的。

工程实施后，由于锚块及网箱网架减小了海域内水流过水面积，将会导致附近水流流速变化。由于工程区内含沙量不大，产生的底床冲淤幅度变化不大，项目的实施产生的影响有限，不会明显改变周边海域底床冲淤变化环境。

3.3.2 对海洋生态环境的影响

本项目施工期不涉及疏浚等污染严重的施工项目，对区域水质环境、沉积物环境影响较小，基本不改变海域生态环境，施工期对海域生态环境影响较小，施工结束后，其影响基本消失。

本项目养殖设施需占用一定海域空间，锚块将会损耗其占用的海底表面的底栖生物。本项目占用海域空间较小，基本不破坏底质环境，利用海域现状环境进行海水养殖，对底栖生物的影响有限。

3.3.3 对渔业资源的影响

本项目施工作业区域附近水体在施工期将受到一定程度扰动，浮游生物、游泳生物等将有所减少，水生环境及饵料生物的改变，将使鱼类密度有所降低。

在施工结束后，各类网箱水泥锚碇占用海域的渔业资源环境不可恢复，但由于锚碇的面积较小，影响范围仅存在于项目用海范围内，且项目本身作为养殖行业，因此对渔业资源的影响有限。此外，本项目养殖生物排泄物可为底栖生物提供营养盐。

3.3.4 对通航环境的影响

施工过程中将增加区域内船舶密度，对过往的渔船和货船的航行将产生一定的影响。但施工水域开阔，只要正确显示施工信号，主动与过往船舶联系，注意避让，其影响是可控的。

项目营运期间，日常管护和采收活动采用工作船舶，对通航环境产生一定影响，建设单位需加强通航安全管理工作，保障通航安全。

4 环境现状调查与评价

4.1 自然环境概况

4.1.1 地理位置

本项目选址位于揭阳市惠来县神泉港东南侧海域，水深约 10~12 m，离岸最近距离约 1.5 千米，距神泉渔港最近距离约 2.7 千米。

揭阳市位于广东省东南部潮汕平原，地跨东经 115° 36′ 至 116° 37′ 39″，北纬 22° 53′ 至 23° 46′ 27″，地处粤港澳大湾区与海西经济区的地理轴线中心。北靠兴梅，南濒南海，东邻汕头、潮州，西接汕尾，1991 年设立为地级市，辖榕城、揭东 2 区，揭西、惠来 2 县，代管普宁市，并设揭阳产业园、空港经济区、大南海石化工业区、粤东新城等经济功能区，构建揭阳中心城区、普宁主城区、揭阳滨海新区（惠来）三个粤东城市群城市中心和揭西生态发展示范区“三中心一示范区”区域协调发展布局。全市陆地面积 5240 平方公里，海域面积 9300 平方公里，现有常住人口 705 万人，海外侨胞、港澳台同胞和外出乡贤近 600 万人，是粤东地区面积最大、人口最多的地级市。

惠来县地处广东省东南部，位于东经北纬 22° 53′ 30″ ~23° 11′ 10″，115° 54′ 55″ ~116° 34′ 10″ 之间，东连潮阳，西接陆丰，北邻普宁，南濒南海。县境东西相距 67 公里，南北相距 33.5 公里，全县陆地面积 1253 平方公里。惠来县地处大南山南麓，枕山面海。东西直线距离 67 公里，以县治惠城为界，东部南北直线距离在 11 公里~17 公里之间，西部南北直线距离在 18 公里~33 公里之间。北部为山区，东南部和西南部为丘陵地带，中南部多为平原台地，中部至东部沿海多为沙滩地，西南部沿海多为海、河塭地。海岸线岬角发育，曲折多湾。

4.1.2 气候气象

揭阳市惠来全境地处北回归线以南，属南亚热带季风气候，高温湿润，雨量充沛，日照充足，根据惠来气象站（116.3014° E，22.9836° N）2004~2023 年连续 20 年的统计资料，本项目所在区域的气候与气象情况概述如下：

惠来县年平均气温 21.9℃，最热月份为 7 月，最冷月份为 1 月。境内雨量

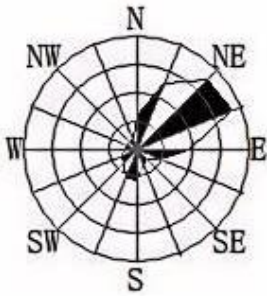
充沛，年降水量达 1800 毫米左右，但往往分布不均，每年 5 月至 8 月为多雨期，占全年降水总量的 80%以上，常在春夏之交发生洪涝。时有台风和冷空气袭击，严重影响农业生产。

表 4.1.2-1 惠来气象站近 20 年（2004-2023 年）的气象资料统计表

项目	数值
年平均风速（m/s）	2.57
最大风速（m/s）及出现时间	37.1，相应风向：NE 出现时间：2013 年 9 月 22 日
年平均气温（℃）	22.59
极端最高气温（℃）及出现的时间	38.4 出现时间：2005 年 7 月 18 日
极端最低气温（℃）及出现的时间	1.5 出现时间：2016 年 1 月 25 日
年平均相对湿度（%）	79.11
年均降水量（mm）	1744.99
年均降水量日数（d）≥0.1mm）	115.4
年最大降水量（mm）及出现的时间	最大值：2762.0mm 出现时间：2016 年
年最小降水量（mm）及出现的时间	最小值：1038.2mm 出现时间：2009 年
年平均日照时数（h）	2119.33
近五年平均风速（m/s）（2019-2023 年）	3.2

表 4.1.2-2 惠来 2004-2023 年各月平均风速（m/s）、各月平均气温（C）、降水（mm）

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
风速	2.7	2.73	2.55	2.43	2.49	2.52	2.49	2.34	2.34	2.76	2.71	2.81
气温	15.07	15.86	18.14	21.67	25.16	27.54	28.68	28.33	27.66	24.79	21.36	16.83
降水	30.5	37.18	60.03	255.64	408.68	253.48	46.53	34.44	144.07	280.55	130.27	55.69



全年、静风2.61%

图 4.1.2-1 惠来气象站风向玫瑰图（统计年限：2004-2023 年）

4.1.3 水文特征

4.1.3.1 基面关系

根据项目附近靖海湾的验潮资料，并按照我国长期沿用的弗拉基米尔法推算了靖海湾的理论最低潮面。本项目用海位置距离靖海湾北炮台角验潮站的距离约 18km，因此上述推算结果可以参考引用到本项目的设计中，由此得到当地理论最低潮面、黄海基准面及平均海平面之间的关系如下图 4.1.3-1 所示。

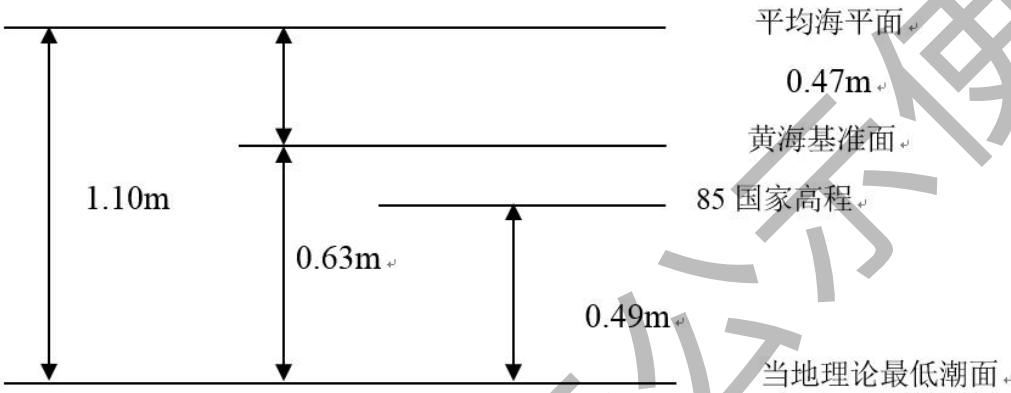


图 4.1.3-1 基面关系图



图 4.1.3-2 靖海湾验潮站与本项目位置关系示意图

4.1.3.2 潮流和余流

根据实测资料，根据潮流调和分析结果，各观测点各层次主要表现出不正

规全日潮流特征，调查海区潮流类型主要表现为不正规全日潮流。神泉港附近海域潮流可能最大流速为 81.6cm/s，各站层可能最大流速介于 4.2cm/s-81.6cm/s 之间，各站潮流的可能最大流速方向以西北方向和东方向为主；水质点可能最大运移距离为 22686.90m，各站层水质点可能最大运移距离介于 1150.81m~22686.90m 之间。

根据实测资料，调查海区观测期间余流流速主要介于 1.6cm/s~21.1cm/s。最大余流为潮流 HLL5 站（表层，21.1cm/s，118°），最小余流为潮流 HLL1 站（0.2H 层，1.6cm/s，49°）。HLL3、HLL4、HLL5 站点的余流方向主要为东方向，HLL2 站的余流方向为南偏东方向，HLL1 和 HLL6 以北偏西方向为主。该海域受夏季风的影响，海流主要为 NWN 方向，而海水有着沿等深线运动的特点，故靠近外海的站点 HLL3~5 站表现出以东方向为主的余流，而靠近岸边的 HLL1、HLL2 以及 HLL6 站表现出受海区的洋流以及潮汐影响下变化的余流流向。

4.1.3.3 波浪

项目附近主要有粤东 LNG 沟疏海域沟疏测波站 2008 年 7 月~2009 年 8 月波浪观测资料。

粤东沟疏海域波浪站点的观测位置为广东惠来县沟疏村附近海域，离岸约 7km 处水深约 20m 位置，波浪观测期间为 2008 年 7 月 27 日至 2009 年 7 月 27 日，波浪仪采用波浪骑士 II 型，测量记录方式为逐时，波浪数据记录是每整点前 18min 开始记录。

根据沟疏测波站 2008 年 8 月~2009 年 7 月，在工程海域 20m 水深处（22°52.222'N，116°22.394'E）的波浪观测资料统计，常浪向为 ESE，频率为 31.5%；次常浪向为 E，频率为 24.5%。波向主要分布在 E~SE 之间，约占 75.84%，强浪向为 SSE、SE、S，最大有效波高均超过 5.0m。S 向 $H_{1/10}$ 大于 1.5m 的频率为 2.53%，出现天数为 29 天；SSW 向 $H_{1/10}$ 大于 1.5m 的频率为 2.53%，出现天数为 14 天；SW 向 $H_{1/10}$ 大于 1.5m 的频率为 0.1%，出现天数为 3 天。平均周期的平均值为 4.9s，最大平均周期为 10.5s。平均周期 ≥ 7 s 的频率为 2.05%，出现天数为 23 天（其中包括 S~SW 向 $H_{1/10}$ 大于 1.5m 的 7 天）。从波向分布来看，

常浪向为 E 和 ESE 向，强浪向为 S 向基本一致。

表 4.1.3-1 粤东沟疏海域 2008 年 8 月~2009 年 7 月各级各向有效波高 $H_{1/10}$ 频率分布(%)

	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	W	NW	NNW	Total
0 ~ 0.5m				0.44	1.72	1.16	0.74	0.61	0.72	0.24				5.65
0.5 ~ 1m	0.02		0.17	2.37	5.88	6.90	3.84	3.24	3.26	0.50				26.18
1.0 ~ 1.5m		0.01	0.15	6.78	11.06	6.86	0.86	2.17	2.52	0.51		0.01	0.05	30.98
1.5 ~ 2.0m			0.05	10.15	11.57	3.56	0.27	0.96	0.34	0.05			0.01	26.94
2.0 ~ 2.5m			0.01	3.61	1.92	0.59	0.35	0.72	0.27	0.05				7.50
2.5 ~ 3.0m				0.34	0.03	0.22	0.16	0.32	0.16					1.24
3.0 ~ 3.5m				0.01		0.09	0.08	0.07	0.03					0.29
3.5 ~ 4.0m						0.05	0.06	0.13	0.05					0.28
4.0 ~ 4.5m						0.12	0.07	0.10	0.01					0.30
4.5 ~ 5.0m						0.06	0.05	0.05	0.00					0.15
5.0 ~ 5.5m						0.08	0.03	0.05	0.01					0.17
5.5 ~ 6.0m						0.03	0.10	0.00						0.14
6.0 ~ 6.5m						0.02	0.01	0.03			0.01			0.08
6.5 ~ 7.0m							0.02	0.03						0.06
7.0 ~ 7.5m								0.05						0.05
7.5 ~ 8.0m								0.01						0.01
8.0 ~ 8.5m							0.01							0.01
Total	0.02	0.01	0.38	23.69	32.19	19.74	6.65	8.54	7.36	1.34	0.01	0.01	0.06	100.0

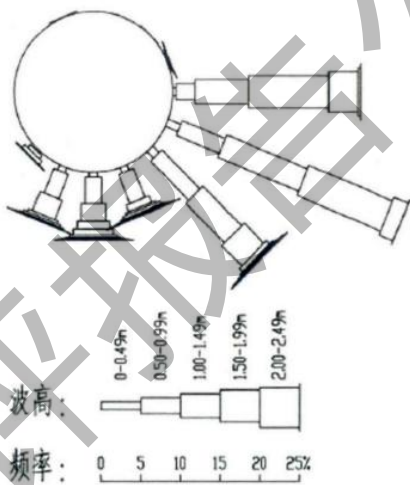


图 4.1.3-1 粤东沟疏海域 2008 年 8 月~2009 年 7 月有效波高 $H_{1/10}$ 波浪玫瑰图

4.1.4 自然灾害

本项目附近海域主要自然灾害是热带气旋、风暴潮、雷暴、海浪灾害、赤潮和地震等。

4.1.4.1 热带气旋

根据《台风年鉴》《热带气旋年鉴》及相关统计资料，1949~2017 年期间，登陆广东沿海的台风达 238 次，其中在惠来县登陆的有 14 个。热带气旋 8、9 月出现最多，1 月至 3 月没有热带气旋影响本海域，1949 年~2014 年期间，热带气旋登陆时达到超强台风的有 29 个，强台风 29 个，台风 37 个，强热带风暴

36 个。1949~2017 年期间，对项目附近海域最具影响的热带气旋有 12 个。

7908 号台风是新中国成立以来登陆广东省台风中较强的一次西太平洋台风，其特点是：风力强、范围广、移速快。1979 年 8 月 2 日 13~14 时，7908 号台风在广东省深圳市沿海登陆，登陆时中心风速达 55m/s，中心气压 925hPa（资料来自上海台风研究所），1979 年 8 月 1 日 24 时~2 日 12 时，神泉镇渔港海域平均风力 12 级以上（遮浪海洋站 1979 年 8 月 2 日实测风速 61m/s，风向东北），8 级以上大风时间持续 24 个小时，12 级大风时间持续 12 个小时。

0104 尤特（Utor），于北京时间 2001 年 7 月 1 日 14 时生成于北纬 7.2 度，东经 138.5 度，生成时的中心风速 15 米/秒，中心气压 1000hPa；3 日 8 时加强为强热带风暴，20 时加强为台风。该台风以较稳定的西北方向穿过巴林塘海峡进入南海北部，最后于 7 月 6 日早上 7:50 在广东海丰至惠东之间沿海登陆。

1319 超强台风天兔（Usagi）是 2013 年全球最强热带气旋，气象部门均评定天兔接近中心最高持续风速达每小时 200 公里或以上；9 月 15 日，一个低压区在菲律宾东北部海面上形成。9 月 17 日早上升格为热带风暴，9 月 18 日，天兔将东南方的云带卷入中心附近，使得中心得以巩固。早上 8 时 45 分升格为强热带风暴。晚上 8 时升格为中度台风。9 月 19 日，天兔急剧增强，下午 1 时开始，天兔发展出一个完整而细小的风眼。下午 9 时 25 分把天兔进一步升为超强台风。9 月 20 日，天兔采取西北偏西路径，并加速至每小时 18 公里。天兔强度在上午达到巅峰，中午时分开始发展“双重眼壁”现象，导致天兔稍作减弱。9 月 21 日，天兔向西或西北偏西移动，穿越吕宋海峡，并进入南海东北部。22 日 19 时 40 分登陆广东汕尾。

1622 号强台风“海马”，2016 年 10 月 16 日下午 2 时由强热带风暴级加强为台风级，10 月 21 日 5 时台风海马位于惠东县南偏东方大约 230 公里的南海东北部海面上，21 日 12 时 40 分在汕尾市鲘门镇沿海地区登陆，登陆时中心附近最大风力 14 级（42m/s），受其影响广东全省倒塌房屋 327 间，严重损坏房屋 2749 间，农作物受灾面积 17.8 万公顷，惠州市渔业养殖场受损面积 6069 亩；汕尾市损坏堤防 59 处 8160 米，损坏护岸 51 处，损坏水闸 21 座，损坏水利设施 179 处。

1713 号超强台风“天鸽”，2017 年 8 月 20 日 14 时，在西北太平洋洋面上

生成。之后强度不断加强，8月22日8时加强为强热带风暴，15时加强为台风。8月23日7时加强为强台风，一天连跳两级，最强达15级（48m/s，年鉴中修改为16级，52m/s），12时50分前后以强台风级（14级，45m/s）在中国广东省揭阳市登陆。为2017年以来登陆中国的最强台风。

2018年第22号台风“山竹”的中心16日17时前后在广东省江门市台山沿海登陆，是2018年来登陆我国最强台风，给惠来县带来暴雨。

2019年有影响的台风有2个，1907号台风“韦帕”和1911号台风“白鹿”，给惠来县带来强降水，但未造成直接经济损失，台风“韦帕”影响期间，惠来沿海出现6-7级、阵风9-10级的大风。

2020年有影响的台风有2个，06号台风“米克拉”和07号台风“海高斯”，给惠来县带来暴雨，但未造成直接经济损失。

2021年10月13日15时40分前后，台风“圆规”在海南省琼海市沿海登陆，登陆时中心附近最大风力12级（33米/秒），中心最低气压为975hPa。粤东沿岸各海洋站观测到70~125厘米的最大风暴增水，其中汕尾站、遮浪站、惠州站达到当地橙色警戒潮位，饶平站、南澳站达到当地黄色警戒潮位。受“圆规”台风风暴潮和近岸浪的共同影响，揭阳市、阳江市、惠州市、珠海市等地直接经济损失合计0.10亿元。

2022年，广东省沿海共发生风暴潮过程5次，其中2次造成灾害，分别为“暹芭”台风风暴潮和“马鞍”台风风暴潮。2022年7月2日15时前后，台风“暹芭”在茂名市电白区沿海登陆，登陆时中心附近最大风力12级（35米/秒），中心最低气压为965hPa。2022年8月25日10时30分前后，台风“马鞍”在茂名市电白区沿海登陆，登陆时中心附近最大风力12级（33米/秒），中心最低气压为975hPa。上述两次台风未对揭阳海域造成直接经济损失和人员伤亡。

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。2023年7月17日22时20分前后，“泰利”以台风级强度在广东省湛江市南三岛沿海登陆，登陆时中心附近最大风力13级（38米/秒），中心最低气压965hPa。2023年9月2日3时30分前后，“苏拉”以强台风级强度登陆广东省珠海市金湾区沿海，登陆时中心

附近最大风力 14 级（45 米/秒），中心最低气压 950hPa；当天 13 时 50 分前后，“苏拉”以强热带风暴级强度再次登陆广东省阳江市海陵岛，登陆时中心附近最大风力 10 级（28 米/秒），中心最低气压 982hPa。上述两次台风灾害未对揭阳海域造成直接经济损失和人员伤亡。

2024 年 9 月 6 日，超强台风“摩羯”在徐闻登陆，登陆时中心风力 17 级（58 米/秒），成为有气象记录以来登陆我国的第二强台风（仅次于 2014 年“威马逊”）。“摩羯”给揭阳海域带来强风、强降雨等影响，但未造成直接经济损失。

4.1.4.2 风暴潮

风暴潮灾害是由台风强烈扰动造成的潮水位急剧升降，是一种严重的海洋灾害，主要危害沿海地区。沿岸暴雨日数累年平均 4.8 天，6 月出现最多，其次是 7 月，大暴雨日数平均 0.8 天，暴雨和大暴雨主要是热带气旋和西南夏季风过程引起，暴雨的发生对当地海域网箱养殖业造成了较为严重的经济损失。

据 1979~2018 年间登陆粤东沿海的台风风暴潮资料统计，产生显著的风暴潮增水共 33 次，平均每年约 1 次。随着社会经济日益发展繁荣，虽然预警预报和防灾措施在不断加强和完善，死亡人数大大减少，但风暴潮、洪涝灾害造成的经济损失却越来越大。比较典型的风暴潮、洪涝灾害有如下几次：

（1）1969 年 7 月 28 日的 6903 号台风，最大风速 52.1m/s，适逢农历十五大潮期，妈屿站出现实测最高潮位 3.02m，降雨量约 200~300mm，造成交通瘫痪、通讯中断，农作物受灾严重，其他损失不计其数。

（2）1986 年 7 月 11 日的 8607 号强台风在陆丰至惠来登陆，本地风力 8~9 级，阵风 12 级，由于台风持续时间达 36 小时，带来特大暴雨，又恰逢暴雨，造成内涝等灾害发生，使民居、工业设施、水利工程、农作物损失严重。

（3）1988 年 7 月 19 日的太平洋第 5 号强台风袭击汕头（惠来登陆），这次台风雨量少、风力大，有“火台风”的俗称，因台风袭击时正值早稻成熟期和水果挂果期，造成农作物损失十分严重，供电和交通、通讯方面遭到严重破坏，水利工程也受到很大的破坏，堤围多处决口。

（4）1997 年 8 月 2 日 9710 号台风在香港登陆，由于受台风外围影响，给

本地带来罕见的暴雨至大暴雨，降雨量超过 200mm，造成农田受淹严重。

(5) 2001 年 7 月 6 日的 0104 号台风“尤特”在汕尾市登陆，受台风影响，本地最大风力达 12 级以上，最大风速 53m/s，台风登陆正逢大潮期，海潮暴涨，妈屿站最高潮 2.61m，堤围多处被冲毁，造成农工商各业遭受严重损失。

(6) 2001 年 9 月 20 日第 16 号强热带风暴“百合”在潮阳至惠来登陆，最大风力 11 级，受其影响，造成部分农作物受损，堤防、涵闸等损失严重。

(7) 2005 年的“珊瑚”，2006 年的“碧丽斯”等台风带来的强降水，造成内涝严重，居民受灾严重，堤围多处被冲毁。

(8) 2006 年 5 月的“珍珠”台风正面袭击汕头，最大风速 46m/s，各地普降大暴雨和特大暴雨，大部分区域受到严重水浸，有的城市居民区水深高达 2 米，部分工矿企业停产，大片农田、水产养殖更是损失惨重，堤围多处损坏严重。

(9) 2013 年 9 月 22 日，“天兔”台风在汕尾市登陆，中心附近最大风力达 14 级（45m/s），台风登陆正逢大潮期，海潮暴涨，损失严重。

(10) 2016 年 10 月 21 日，“海马”台风在汕尾市海丰县鲘门镇登陆，中心附近最大风力达 14 级（42m/s），汕头附表站录得最大阵风 39m/秒（13 级），汕头市受灾人口 60.76 万人，房屋倒塌 86 间，直接损失 9.74 亿元。该项目所使用海域受风暴潮影响较大，在工程的建设施工和日后的作业中，风暴潮的影响是不容忽视的。

4.1.4.3 雷暴

暴雨是指日量 ≥ 50 毫米的强降水过程，日雨量 ≥ 100 毫米为大暴雨；日雨量 ≥ 250 毫米为特大暴雨。近年来惠来县雷击灾害时有发生，对供电设施（变压器）、家用电器（电脑、电视机）、人畜等造成过危害。根据惠来县气象站多年统计成果，1956~2012 年，惠来年平均雷暴日数 54d。本区累年平均雷暴为 56.7 天，霜冻日数 0.6 天。

4.1.4.4 海浪灾害

海浪是由风引起的海面波动现象，主要包括风浪和涌浪。按照诱发海浪的

大气扰动特征来分类，由热带气旋引起的海浪称为台风浪；由温带气旋引起的海浪称为气旋浪；由冷空气引起的海浪称为冷空气浪。

本报告根据近三年广东省自然资源厅发布的《广东省海洋灾害公报》，广东省近岸海域 2021~2023 年发生的海浪灾害概况如下：

2021 年，广东省近岸海域共发生有效波高 4.0 米（含）以上的灾害性海浪过程 7 次，未造成直接经济损失和人员死亡失踪。上述海浪过程主要发生在 7~12 月，级别均在巨浪及以下，其中 2 次受台风过程的影响，2 次受冷空气过程的影响，3 次受台风和冷空气过程共同影响。

2022 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 10 次，未造成直接经济损失和人员死亡失踪。上述海浪过程主要发生在 2~12 月，级别均在狂浪及以下，其中 5 次受台风过程的影响，4 次受冷空气过程的影响，1 次受台风和冷空气过程共同影响。

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。发生直接经济损失或人员死亡失踪的海浪灾害过程 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。

4.1.4.5 赤潮

赤潮海洋中一些微藻、原生动物或细菌在一定环境条件下爆发性增殖或聚集达到某一水平，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。

据统计，在 2001~2020 年，广东近岸海域共发生赤潮 202 次，其中，影响面积小于 50km² 的有 157 次，50~100km² 之间的有 17 次，100~500km² 之间的有 26 次，超过 500km² 的有 2 次。赤潮面积大范围影响的区域也多发生在珠江口、大鹏湾大亚湾、粤东潮汕、粤西湛江四个海域。2001~2020 年赤潮发生累计面积 9602km²。近 10 年出现的赤潮优势种有 17 种，出现次数最多的藻种是红色赤潮藻、夜光藻和球形棕囊藻。

表 4.1.4-1 2011~2020 年广东近岸海域赤潮暴发情况统计

年份	次数	总面积/km²	优势种及次数
2011	9	179	红色赤潮藻 3、短角弯角藻、微小原甲藻、球形棕囊藻 2、 丹麦细柱藻、双胞胎沟藻 2
2012	16	746	红色赤潮藻、长角弯角藻、脆根管藻、夜光藻 2、中肋 骨条藻 4、丹麦细柱藻、锥状斯克里普藻 4、米氏凯伦藻、 双胞胎沟藻 2
2013	6	167	夜光藻、米氏凯伦藻、中肋骨条藻 2、柔弱伪菱形藻、 双胞胎沟藻、球形棕囊藻
2014	15	684	球形棕囊藻、赤潮异弯藻、红色赤潮藻 4、多纹膝沟藻 4、 中肋骨条藻 2、条纹环沟藻、夜光藻 3
2015	6	39	夜光藻 2、球形棕囊藻、中肋骨条藻 2、锥状斯克里普藻、 多环旋沟藻
2016	13	944	红色赤潮藻 8、夜光藻 7、中肋骨条藻
2017	10	1017	球形棕囊藻 5、锥状斯克里普藻 5
2018	7	202	球形棕囊藻 2、红色赤潮藻 2、夜光藻、丹麦细柱藻、斯 氏根管藻、双胞胎沟藻
2019	2	12	赤潮异弯藻、丹麦细柱藻
2020	6	112	赤潮异弯藻、中肋骨条藻 3、双胞胎沟藻 2、球形棕囊藻

注：种类后面的数字为该种类赤潮发生的次数。

根据广东省自然资源厅发布的 2021~2023 年《广东省海洋灾害公报》，揭
阳海域近三年未发生过赤潮现象。

4.1.4.6 地震

根据《中国地震动参数区划图》（GB18306-2001）（2008 年第 1 号修改单）
和《建筑抗震设计规范》（GB 50011-2010），本区域地震动峰值加速度为 0.10g，
相应的地震基本烈度为Ⅶ度，设计分组为第一组，地震动反应谱特征周期值为
0.35s，根据《中国地震烈度区划图》，惠来县为Ⅶ度区，设计时可据此设防。

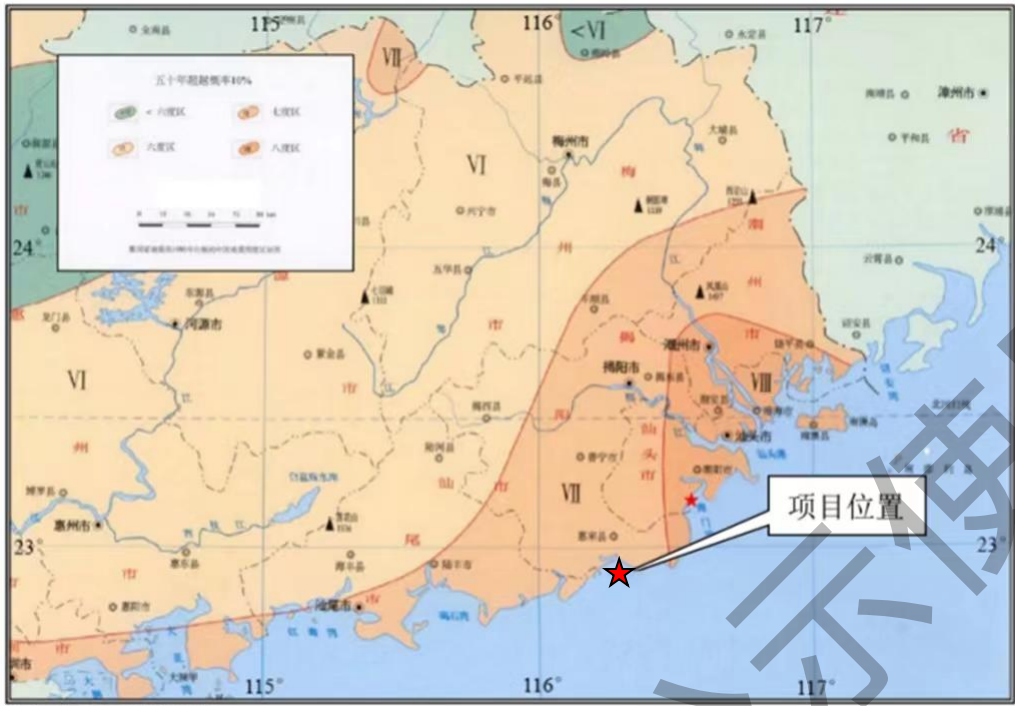


图 4.1.4-1 项目区地震烈度分布图（摘自广东省地震烈度区划图）

4.2 自然资源概况

4.2.1 海岸线资源

揭阳市大陆海岸线长 142.17 千米，占全省大陆海岸线的 3.48%。其中，自然岸线长 63.30 千米，占比 44.52%，主要分布在惠来县东陇镇、前詹镇、靖海镇、仙庵镇、甲子港、神泉湾、港寮湾和靖海港；人工岸线长 77.47 千米，占比 54.49%，主要分布在惠来县神泉镇、靖海港北部；其他岸线长 1.4 千米，占比 0.99%，主要分布在隆江新河口、神泉湾北部、岐石镇和靖海镇。自然岸线中，基岩岸线 15.91 千米，泥质岸线 0.10 千米，砂质岸线 47.28 千米；人工岸线中，构筑物岸线 49.27 千米，填海造地岸线 11.65 千米，围海岸线 16.55 千米；其他岸线中，河口岸线 0.17 千米，生态恢复岸线 1.23 千米。

表 4.2.1-1 揭阳市大陆海岸线类型统计表（单位：米）

岸线类型			岸线长度	小计	占比	总计
岸线类型一级类	岸线类型二级类	岸线类型三级类				
自然岸线	基岩岸线	-	15914.63	63297.36	44.52%	142170.45
	泥质岸线	-	102.40			
	砂质岸线	-	47280.33			
	生物岸线	红树林岸线	0			

岸线类型			岸线长度	小计	占比	总计
岸线类型一级类	岸线类型二级类	岸线类型三级类				
人工岸线	构筑物	顺岸非透	46047.04	77470.13	54.49%	
		顺岸透水	2624.70			
		相交非透	601.07			
	填海造地	-	11650.44			
	围海	-	16546.88			
其他岸线	河口岸线	封闭式河口连接线（防潮闸/坝等）	169.69	1402.96	0.99%	
	生态恢复岸线	整治修复的泥质岸线	0			
		整治修复的砂质岸线	0			
		整治修复的生物岸线	0			
		自然恢复的泥质岸线	183.52			
		自然恢复的砂质岸线	0			
		自然恢复的生物岸线	1049.75			

4.2.2 滩涂资源

根据《惠来县养殖水域滩涂规划（2018-2030 年）》（修订版）（惠来县海洋与渔业局，2021 年 10 月），惠来县水域和滩涂资源现状如下：

惠来县拥有丰富的水域滩涂资源，其中内陆水域滩涂面积 12389 公顷，领海海域面积 131813 公顷，海岸线长 111.53 公里。惠来县境内河流多，大小河流 18 条，总长 273 公里。县内流域面积 100 平方公里以上有 5 条，分别是龙江、螺溪、雷岭河、鳌江、狮石湖；100 平方公里以下河流有铭湖溪、溪东溪、大潭水、赤澳水、东铺水。

惠来县的陆域水域滩涂类型主要包括河流、水库、坑塘和内陆滩涂、沿海滩涂。其中河流水面 2569 公顷，水库 2695 公顷，坑塘水面积 6319 公顷，内陆滩涂面积 146 公顷，沿海滩涂 660 公顷。惠来县海域已开发浅海滩涂主要分布于鳌江河流出海口和沿海近岸浅滩。

4.2.3 岛礁资源

根据《揭阳市国土空间总体规划（2021-2035 年）》：揭阳市共管辖 155 个海岛，均为无居民海岛，在维护海岛自然属性、保护海岛原有生态的基础上实施空间功能分区分类，划分为生态保护区海岛 142 个、海洋发展区海岛 13 个，其中海洋发展区海岛按照具体功能可进一步分为农林牧渔业用岛 3 个、交

通运输用岛 2 个、其他用岛 8 个。

距离本项目最近的无居民海岛为龟岛，位于项目东侧约 10.3km，项目所在海域附近的无居民海岛名单见下表 4.2.3-1。

表 4.2.3-1 项目所在海域附近的无居民海岛一览表（单位：平方米）

序号	名称	行政辖区	面积	主导用途	备注
1	龟岛	惠来县	32607.7	生态保护区海岛	

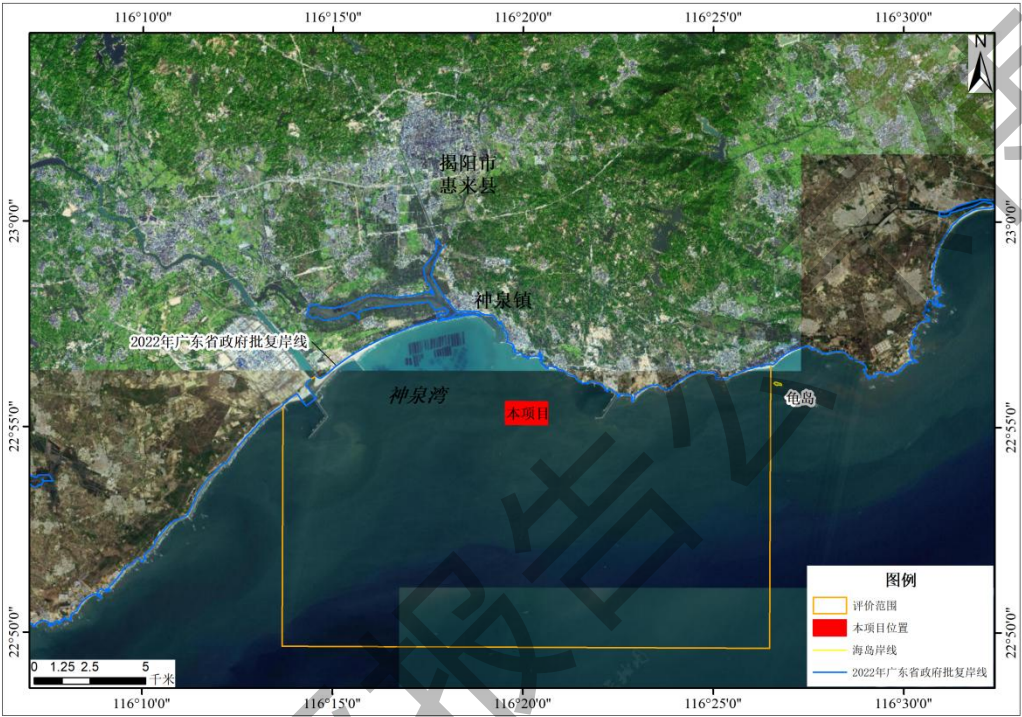


图 4.2.3-1 项目附近海域岛礁分布图

4.2.4 港口资源

根据《揭阳港总体规划（2035 年）》，揭阳港维持“两港（港区）十区（作业区）”的总体格局，即揭阳港划分为惠来沿海港区和榕江港区：（1）惠来沿海港区：南海作业区、神泉作业区、前詹作业区、资深作业区、靖海作业区等 5 个作业区；（2）榕江港区：仙桥作业区、炮台作业区、石头作业区、青屿作业区、地都作业区等 5 个作业区和光大枫口作业点。

本项目位置位于惠来沿海港区，本报告对惠来沿海港区港口资源进行介绍：
惠来沿海港区：

1.南海作业区。规划南海作业区主要为大南海石化产业服务，以油品、石化产品等能源类货物运输为主，兼顾部分散杂货、汽车滚装和集装箱运输，大力发展公共物流服务。

2.神泉作业区。在维持现状码头（1 个 500 吨级件杂货码头）的基础上，结合粤东新城规划布置，依托现有防波堤，新增一个客运泊位港池，主要作为惠来新城的对外客运口岸和游艇中心。

3.前詹作业区。规划前詹作业区主要服务惠来临港产业园的临港产业，以多用途泊位、散货泊位和液体散货泊位为主。

4.资深作业区。规划资深作业区作为超大型原油船运输装卸储存的专业化港区。

5.靖海作业区。规划靖海作业区以散货运输为主、适度发展件杂货等运输。

4.2.5 航道和锚地资源

根据项目用海位置与《揭阳港总体规划（2035 年）》中“JYG-06 惠来沿海港区总体布局规划图”叠加分析可知（详见图 4.2.5-1），本项目建设不占用航道及锚地资源。

一、航道资源

本项目位于揭阳市惠来县神泉湾海域，揭阳港惠来沿海港区规划有 7 条航道，分别是：

（一）南海作业区

南海作业区第一作业区进港航道规划为 10 万吨级航道，满足 100,000DWT 油船乘潮通航和 50,000DWT 级油船满载通航要求。航道通航宽度为 293m，设计底高程为-16.1 m，轴线方位角 $10^{\circ} 0'0'' \sim 190^{\circ} 0'0''$ 。

南海作业区第二作业区进港航道规划为 10 万吨级航道，满足 70,000DWT 散货船、100,000DWT 油船满载乘潮通航要求。航道通航宽度为 265m，设计底高程为-16.1m，轴线方位角 $10^{\circ} 0'0'' \sim 190^{\circ} 0'0''$ 。

（二）神泉作业区

神泉作业区进港航道规划为 10 万吨级航道，满足 80,000GT 客轮满载乘潮通航要求。航道通航宽度为 180m，设计底高程为-9.8m，轴线方位角 $30^{\circ} 0'0'' \sim 210^{\circ} 0'0''$ 。

（三）前詹作业区

前詹作业区第一作业区进港航道规划为 15 万吨级航道，满足 26.6 万 m^3 LNG 船满载全潮通航。航道通航宽度为 345m，设计底高程为-14.7m，轴线方

位角 0° 0'0" ~180° 0'0" 。

前詹作业区第二作业区进港航道规划为 20 万吨级航道，满足 20,000DWT 散货船满载乘潮通航。航道通航宽度为 242m，设计底高程为-20.2m，轴线方位角 35° 00'00" ~215° 00'00" 。

（四）资深作业区

资深作业区进港航道规划为 30 万吨级航道，满足 300,000DWT 油船满载乘潮通航要求。航道通航宽度为 320m，设计底高程为-24.0m，轴线方位角 65° 0'0" ~245° 0'0" 。

（五）靖海作业区

靖海作业区进港航道规划为 15 万吨级航道，满足 150,000DWT 散货船满载乘潮通航要求。航道通航宽度为 242m，设计底高程为-19.4m，轴线方位角 168° 0'0" ~348° 0'0" 。

二、锚地资源

揭阳港惠来沿海港区锚地资源包括：

1.南海作业区和神泉作业区

南海作业区与神泉作业区共用#1~#3 锚地，总面积约 3060 公顷，即为广东石化产品码头利用锚地。

表 4.2.5-1 南海作业区和神泉作业区锚地一览表

锚地 编号	控制点 编号	国家 2000 大地坐标系		锚地面积 (公顷)	锚地功能
		X 坐标	Y 坐标		
#1 锚地	M01	2531724.594	421672.506	225.0	5 千吨级危险品船待泊、引航及候潮锚地
	M02	2531594.358	422411.112		
	M03	2528639.935	421890.167		
	M04	2528770.171	421151.562		
#2 锚地	M05	2528037.487	423649.421	576.0	5 千~8 万吨级普通船待泊、引航及候潮锚地
	M06	2529679.184	428159.945		
	M07	2528551.553	428570.370		
	M08	2526909.856	424059.845		
#3 锚地	M09	2524359.470	423338.897	2258.8	1 万~10 万吨级危险品候潮、待泊、引航锚地
	M10	2526526.837	429293.688		
	M11	2522802.215	429293.688		
	M12	2520634.848	423338.897		

2.前詹作业区和资深作业区

前詹作业区、资深作业区利用规划#4~#5 锚地，其中#锚地为 2 万~20 万吨级普通船舶锚地，5#锚地为 30 万吨级危险品船锚地（包含 2 个 15 万吨级 LNG 船舶锚位），锚地总面积约 1917 公顷，为广东石化原油码头利用锚地。前詹作业区已有 15 万吨级解 LNG 船舶待泊引航及候潮锚地。

表 4.2.5-2 前詹作业区和资深作业区锚地表

锚地编号	控制点编号	国家 2000 大地坐标系		锚地面积 (公顷)	锚地功能
		X 坐标	Y 坐标		
#4 锚地	M13	2525773.420	430293.688	717.1	2 万~20 万吨级普通船待泊、引航及候潮锚地
	M14	2526691.208	432815.288		
	M15	2523847.392	432815.288		
	M16	2522929.604	430293.688		
#5 锚地	M17	2513185.114	459847.134	1200	15 万~40 万吨级危险品船待泊、引航、候潮及应急锚地
	M18	2515144.039	465518.343		
	M19	2513253.636	466171.318		
	M20	2511294.711	460500.109		

3.靖海作业区

靖海作业区利用规划#6~#7 锚地，锚地面积约 472 公顷。

表 4.2.5-3 靖海作业区锚地表

锚地编号	控制点编号	国家 2000 大地坐标系		锚地面积 (公顷)	锚地功能
		X 坐标	Y 坐标		
#6 锚地	M21	2542110.397	453592.907	160	1 万~5 万吨级普通船待泊、引航及候潮锚地
	M22	2542276.727	454375.426		
	M23	2540320.432	454791.249		
	M24	2540154.102	454008.731		
#7 锚地	M25	2540696.386	458080.729	312	5 万~15 万吨级普通船待泊、引航及候潮锚地
	M26	2539921.248	458996.787		
	M27	2537936.456	457317.323		
	M28	2538711.593	456401.265		



图 4.2.5-1 惠来沿海港区航道、锚地分布图（引自《揭阳港总体规划（2035 年）》）

4.2.6 渔业资源

惠来县地处粤东沿海，是揭阳市唯一的海洋渔业县，全县海域面积 1328.6 平方公里，海岸线长达 115.45 公里。

惠来县地区海洋鱼类有 3 个纲，30 个科 50 多个品种，海域底栖生物种类，呈现明显的亚热带沿岸种群区系特征，以适应高盐性种及广盐性分布种为主。种类组成以软体动物和甲壳类为主。全县海域出现 53 科 81 种，其中有：环节动物、蠕虫动物、软体动物、节肢动物、棘皮动物、鱼类等。鱼类已知有 680 多种，其中经济价值较高有 100 多种。惠来县主要有石斑鱼、鳗鱼、带鱼、鲢鱼、鲈鱼、乌鲳、马鲛鱼、乌贼、鱿鱼、金枪鱼、鲨鱼、银鱼、海鳗等。贝壳类有经济价值较高的鲍鱼、海胆、响螺、西施舌、牡蛎、蚶、日月蚝、红螺、花蛤、泥螺等。海藻类以紫菜、赤菜、海带产量居多，并为县名优特产。县内保护区及附近海域生物群落丰富，其中主要包括浮游植物群落、浮游动物群落、底栖生物群落。

惠来县 2024 年全县渔业总产量 90834 吨，其中海洋捕捞 43544 吨、海水养殖 26646 吨、淡水捕捞 893 吨、淡水养殖 19751 吨。

4.2.7 旅游资源

揭阳既是粤东古邑，又是一个新兴城市，市域内人文、自然景观等旅游资源十分丰富，素有“海滨邹鲁”之美誉。揭阳建市以来，充分利用侨乡优势，加大招商引资力度，大力发展滨海旅游业，涌现了一大批上规模、高档次、高品位，以生态环境开发、改善和保护为主题的综合旅游景区。

惠来县靖海镇拥有亚洲第一航标塔、海湾石风电场以及客鸟尾石笋奇观旅游区；神泉镇是我国三处能看到海市蜃楼景观的海滨城镇之一；海角甘泉的独角联每年吸引大批文人墨客；仙庵镇的金海湾沙滩高尔夫球场拥有绵延 7 千米的洁净细软的优良海滩。位于惠来县仙庵镇的粤东金海湾国际乡村俱乐部，充分利用沿海荒滩，大面积营造自然生态林，建成集科研、科普、生态环境保护、高档运动娱乐、海滨度假于一体的综合型度假旅游区。历史文化游、绿色生态游、滨海风情游、田园风光游、温泉度假游五大特色产品，构成了揭阳旅游的亮点。

揭阳市海域的滨海旅游资源包括金海滩娱乐旅游区、客鸟风景旅游区、绿

洲娱乐旅游区和澳角娱乐旅游区。

4.2.8 三场一通道

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

根据中华人民共和国农业部 2002 年 2 月编制的《中国海洋渔业水域图（第一批）》（农业农村部第 189 号公告），本项目用海位置不在中上层鱼类产卵场（见图 4.2.8-1）和底层鱼类产卵场见图（4.2.8-2），项目用海位于南海北部幼鱼繁育场保护区（见图 4.2.8-3）和南海国家级及省级幼鱼、幼虾保护区（见图 4.2.8-4）：

1) 南海北部幼鱼繁育场保护区：位于南海北部及北部湾沿岸 40m 等深线、17 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、拖虾船等捕捞幼鱼、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。

2) 幼鱼、幼虾保护区：粤东的南澳岛至粤西的雷州半岛徐闻县外罗港沿海 20 米水深以内的海域，保护期为每年的 3 月 1 日~5 月 31 日；保护期间禁止拖网船、拖虾船等捕捞幼鱼、幼虾为主的作业船只进入上述海域内生产，防止或

减少对渔业资源的损害。

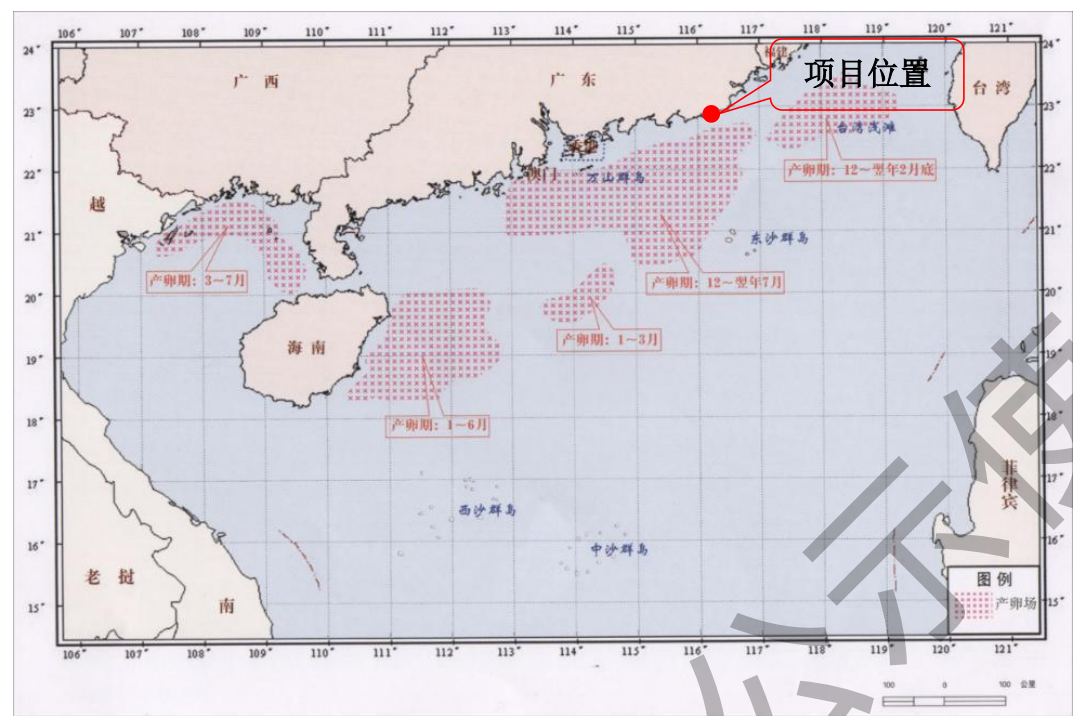


图 4.2.8-1 中上层鱼类产卵场范围示意图

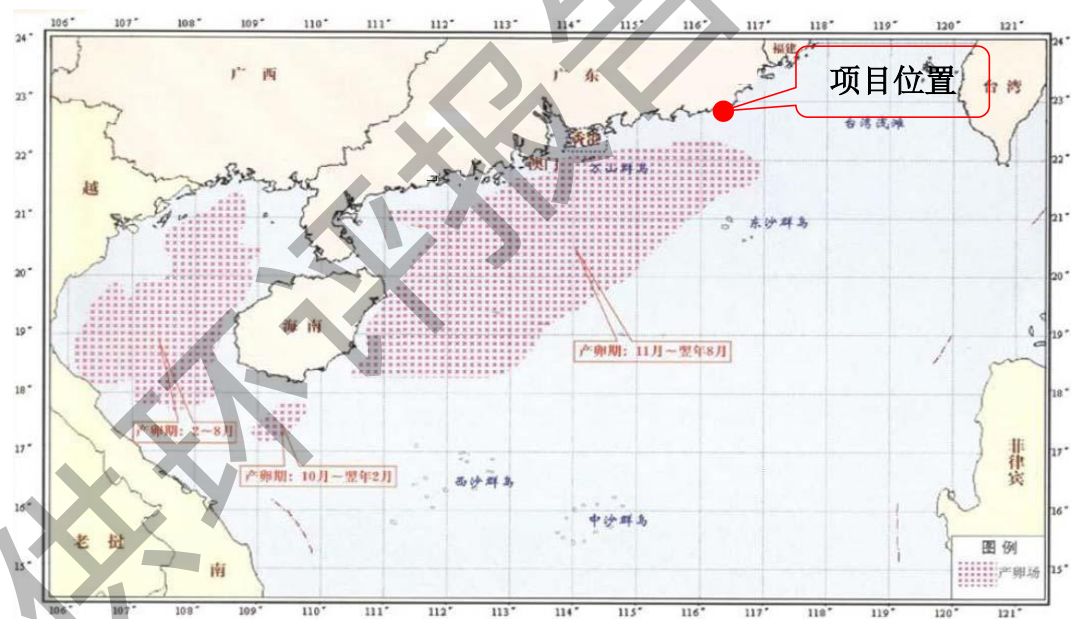


图 4.2.8-2 底层鱼类产卵场范围示意图

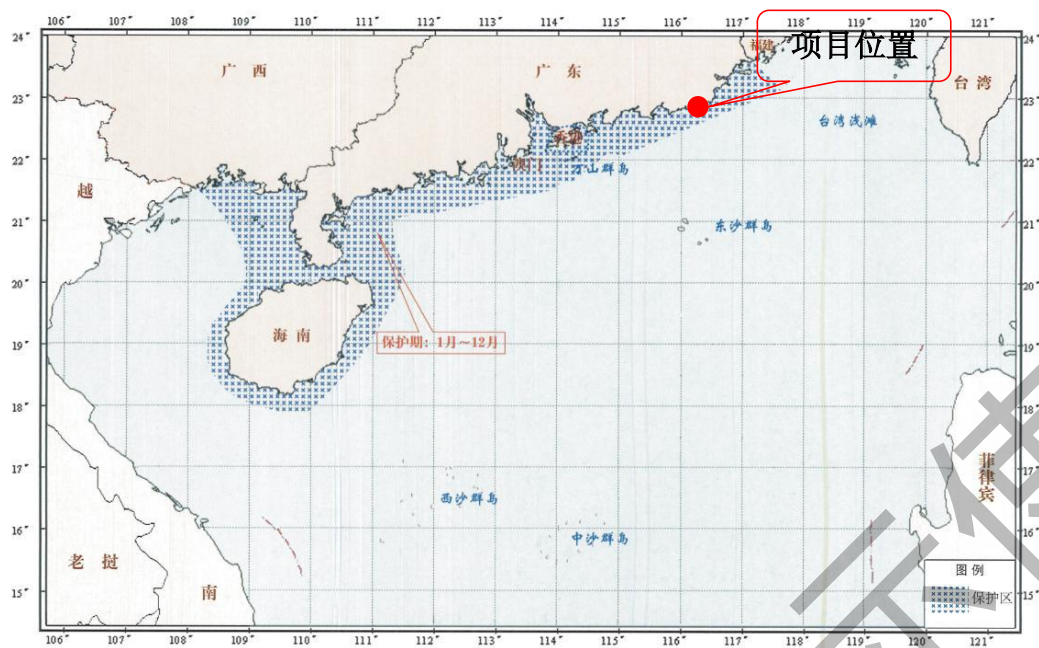


图 4.2.8-3 南海北部幼鱼繁育场保护区范围示意图

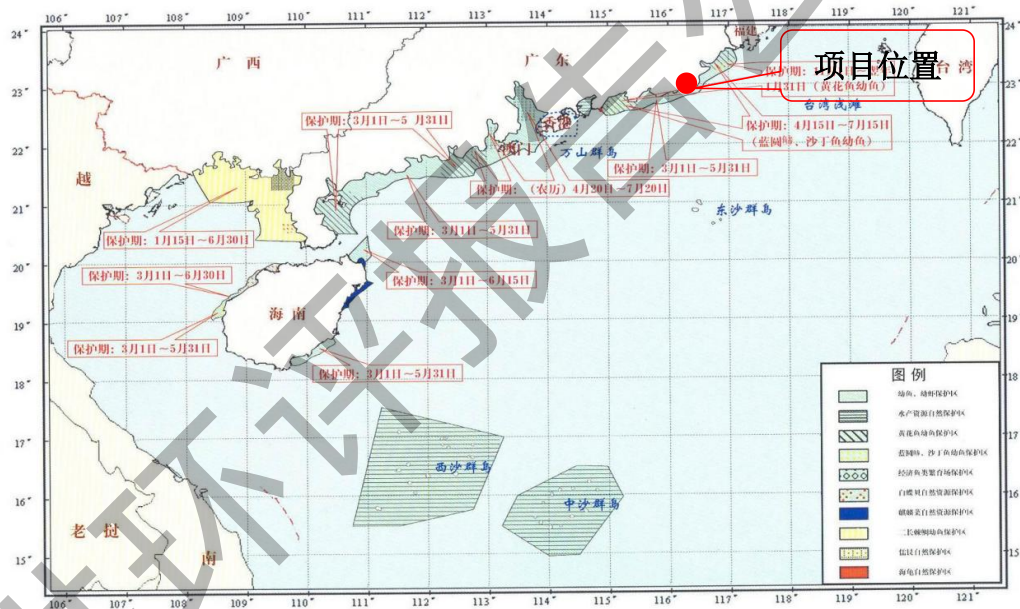


图 4.2.8-4 南海国家级及省级渔业品种保护区分布图

4.2.9 自然保护区

根据《关于撤销桑浦双麓市级自然保护区等各类市级园区的通知》（揭府〔2007〕74号，揭阳市人民政府，2007年5月30日）（http://www.jieyang.gov.cn/zwgk/jcxxgk/zfgb/2007nian/zfgbdsiq/szfwj/content/post_731216.html），揭阳市龙虾市级自然保护区、揭阳市海龟、蜆市级自然保护区、揭阳市神泉渔业市级自然保护区已予以撤销。

根据《揭阳市国土空间总体规划（2021—2035 年）》《惠来县国土空间总体规划（2021—2035 年）》中的自然保护区数据，本项目评价海域内不涉及自然保护区。

4.2.10 珍稀海洋生物资源

揭阳市海域属亚热带浅海区，具有咸淡水交汇、营养物质丰富的优良条件，生物资源特别是鱼类资源、浮游动植物十分丰富，是多种经济鱼、虾、贝、藻类的繁育场，是许多经济鱼虾产卵、越冬场所和洄游的必经之地。前詹、神泉近岸分布有西施舌、蜆、海龟、龙虾等珍稀海洋生物。

1. 西施舌

西施舌（*Coelomactra antiquata*），俗称贵妃螺（广东）、贵妃蚌（香港）、海蚌（福建、江苏、浙江），隶属于软体动物门（Mollusca）、瓣鳃纲（Bivalvia）、帘蛤目（Veneroida）、蛤蜊科（Mactridae）、腔蛤蜊属（*Coelomactra*），是浅海埋栖型双壳贝类。西施舌分布地域广阔，在日本、韩国、朝鲜、印度半岛和西太平洋地区均有分布，我国沿海也有丰富的西施舌资源，如山东沿岸、江苏南部沿海、福建沿海以及广东东部等。其外形近似于三角形，壳质薄而脆，壳表光滑，具有薄而细致的黄褐色发亮壳皮，壳顶淡紫色，呈磨蚀状，生长线细腻而均匀，无放射肋，外表美丽，斧足肥厚，颜色乳白，上尖下阔，呈舌状，风平浪静之际，开壳伸出白嫩的斧足，犹如西施之美，故而得名。西施舌的营养价值较高，肉质鲜嫩爽口，口感鲜美，在餐桌上常作为珍品佳肴，与鲍鱼、海参并称为“海中三珍”。西施舌除了是久负盛名的筵席珍品佳肴外，还有极高的医疗保健价值。

2. 海龟

在中国，绿海龟、红海龟、玳瑁、太平洋丽龟和棱皮龟被列为国家一级重点保护动物（《中国国家重点保护野生动物名录（2021 年）》）。

海龟为国际性保护组织的保护对象，是海洋龟类的总称，属爬行纲（REPTILA）、龟鳖目（TESTUDOFORMES）。海龟分为 2 科 5 属 8 种，分别是绿海龟（*Chelonia mydas*），蠐龟（*Caretta caretta*），玳瑁（*Eretmochelys imbrica*），太平洋丽龟（*Lepidochelys olivacea*），大西洋丽龟（*Lepidochelys kempii*），平背龟（*Natator depressus*）和棱皮龟（*Dermochelys coriacea*），以

及目前仍存在争议的黑海龟 (*C.agassizii*)。其中,有 5 种海龟在我国沿海均有分布,分别是绿海龟,玳瑁,太平洋丽龟和棱皮龟(引自《中国沿海海龟的种类和分布的初步调查及惠东国家级海龟保护区的综合评价》,牟剑锋,2013)。为加强我国海龟保护管理,有效应对海龟保护面临的新问题、新挑战,在全国范围内对海龟保护管理工作进行统一部署,农业农村部印发了《海龟保护行动计划(2019—2033 年)》。

海龟生活于近海上层。以鱼类、头足纲动物、甲壳动物以及海藻等为食。每年 4~10 月为繁殖季节,常在礁盘附近水面交尾,需 3~4 小时。雌性在夜间爬到岸边沙滩上,先用前肢挖一深度与体高相当的大坑,伏在坑内,再以后肢交替挖一口径 20cm、深 50cm 左右的“卵坑”,在坑内产卵。产毕以砂覆盖,然后回到海中。每年产卵多次,每产 91~157 枚。卵白色,圆形,径 41~43mm,壳革质,韧软。孵化期 50~100 天。

大多数的海龟生存在比较浅的沿海水域、海湾、潟湖、珊瑚礁和流入大海的河口。不同种类和同一种类内部不同群体的海龟有着各自的迁徙习惯。

我国海龟主要分布于西沙群岛、海南岛、广东、广西、台湾、福建、浙江、江苏和山东沿海地区。根据《广东省海洋环境保护规划》研究成果,以及南海水产研究所调查资料,海龟在广东省的主要活动地区为大亚湾、红海湾、汕头。我国已于 1985 年在广东惠东县港口镇海龟湾建立了国家级海龟自然保护区。惠来县曾有海龟的分布,但近三十年没有发现本海域有海龟产卵。

3. 鲎

2021 年 2 月,我国将中国鲎和圆尾蝎鲎(即圆尾鲎)列为国家二级保护动物,具有重要的学术研究价值,有“活化石”之称,同时还具有较高的药用价值。我国主要分布于浙江、福建、台湾、广东、广西沿海。惠来海区有鲎分布的记录。鲎,广东沿岸仅存在,是古老的大型海洋底栖节肢动物,隶属于肢口纲(Merostomata)剑尾目(Xiphosura)。肢口纲现存种类很少,仅有 4 种鲎。我国常见种为中国鲎(*Tachypleus tridentatus*)。鲎形似螃蟹,身体分成头胸与腹部;身体呈青褐色或暗褐色,包被硬质甲壳;无触角,头胸部的第一对附肢成螯状;有四只眼睛,其中两只是复眼。

鲎栖息于沙质海底,昼伏夜出,大部分时间营底栖潜居生活,通常小个体

生活在岸边沙滩中，随着年龄的增长，个体大的逐渐移向浅海。鲎不作长距离洄游，每年 11 月随着水温下降由浅海游向较深水域越冬，翌年 4~5 月又从深水游向浅海，繁衍后代，繁殖期 5~8 月。春夏之交繁殖，雄体爬在雌体上游泳，被称为“海底鸳鸯”。

鲎为雌雄异体，雌体比雄体大，成年雌体重约 4kg，雄体重约 1.8kg。雌体背负雄体，成对栖息、爬行、游动，称为海中鸳鸯。受精卵经过 5~6 周孵化成为幼虫，初孵幼虫长 7~8cm，称为三叶幼虫，幼虫经第一次蜕皮后长成幼鲎，从幼鲎到达性成熟，约需 4~5 年，蜕皮 13~14 次。

中国鲎：体呈瓢状，由头胸部、腹部和尾剑三部分组成，头胸甲长 30~40 厘米，甲面凹凸，青褐色。尾刺能自由运动，当背部贴地时常用此尾使身体翻转。头胸甲隆起线的中央突起外侧各有一个复眼。头胸甲与体后部背甲交接处有关节，可使腹部向前屈曲。头胸甲腹面有 6 对胸肢，雌性前 5 对肢端为钳状，雄性的第二、三对为钩爪形。腹部腹面有 6 对腹肢。我国沿岸均有分布。浙江以南的近岸浅海中较多。生活在近海多藻类的砂质海底。尤其在舟山海域繁殖季节（5~8 月）常呈双结对雌雄两个体爬行于沿岸沙滩上，极易捕捉。

南方鲎：是一种节肢动物，全身褐色，外形像个瓢，尾部长有一条细长的剑状尾巴，一般雌体身长约 43cm，雄体 33cm，头胸甲隆起较低，呈圆弧形，背面平滑无小刺，缘刺和东方鲎相似，不同的是雌体的第四、五、六缘刺并无明显退化。生活在海底。产卵期是 6 月下旬到 8 月下旬，大潮前后几天的满潮时。小潮原则上不产卵。卵产在砂中。大多数鲎在最高满潮前一个小时到砂地开始产卵行动。先是雌鲎用足挖穴，在深约 10 至 15cm 的地方产卵，这时背上的雄鲎排精。第一次产卵后，它们前进 10 至 15cm，重复前面的动作，这样产卵几次至十几次。雌鲎前进时挖的沙，刚好埋上身后的洞穴。满潮一小时后，大多数鲎夫妇停止产卵游归大海。砂中的卵 6 至 8 周后孵化，孵出后留在原地过冬，第二年初夏，由砂中走出，经蜕皮，变为第二龄。南方鲎在医学上有药用功能，以尾状刺及其腹内鲎珠入药。李晓梅），中国鲎分布于长江口以南的东海和南海海域，南方鲎分布于广东湛江东海岛以南的南海海域。中国鲎的活动区域较为分散，实地走访的当地渔民和调查问卷表明在沿海和海岛沙滩上很少观察到有中国鲎出现，由于沿海地区的逐渐工业化，以及人们对海洋的开

发利用，沙滩面积逐渐减少，沙质退化，且仅剩下不多的沙滩也受到严重污染，使鲎的生殖繁衍后代的场所受到严重污染，直接威胁着鲎的生存。相比 20 世纪，中国鲎在沙滩上发现以及产卵的频率明显下降，目前主要在等深线 3~10m 近海海域多有发现。

4.龙虾

2021 年 2 月 1 日，国家林业和草原局、农业农村部联合公布新调整的《国家重点保护野生动物名录》，将“锦绣龙虾”（仅限野外种群）列为国家二级保护动物。

龙虾具有较高的经济价值，在礁区周围有分布，主要产于惠来县靖海镇。龙虾是节肢动物门甲壳纲十足目龙虾科 4 个属 19 种龙虾的通称。又名大虾、龙头虾、虾魁、海虾等。它头胸部较粗大，外壳坚硬，色彩斑斓，腹部短小，体长一般在 20~40cm 之间，重 0.5kg 上下，是虾类中最大的一类。最重的能达到 5kg 以上，人称龙虾虎。体呈粗圆筒状，背腹稍平扁，头胸甲发达，坚厚多棘，前缘中央有一对强大的眼上棘，具封闭的鲍室。主要分布于热带海域，是名贵海产品。中国已发现 8 种，以中国龙虾产量较大。

中国龙虾，呈橄榄色，产于广东沿海一带，体形较大，产量也较大；锦绣龙虾，有美丽五彩花纹，最大可达 4~5kg，产于浙江舟山群岛一带，产量不大。

龙虾主要生活于热带沿岸浅海的礁岩间，白昼潜伏于岩缝间或石下，夜间觅食活动，行动缓慢，多为杂食性。龙虾有很强的趋水流性，喜新水活水，逆水上溯，且喜集群生活。龙虾生长适宜水温为 24~30℃，当温度低于 20 或高于 32℃ 时，生长率下降，水温 15℃ 以下时幼体成活率极低。龙虾适宜 pH 值范围为 5.8~9，但在繁殖孵化期要求 pH 值为 7.0 左右，溶氧量 3mg/L 以上。

繁殖：龙虾 9~12 月龄成熟，交配季节一般在 4 月下旬~7 月，群体交配的高峰期在 5 月。交配时雌虾仰卧水面，雄虾位其上以龙足钳住雌虾前足，步足抱住雌虾将交接器插入雌体，交配时间 10~30 分钟。交配后 3~10 小时，雌虾开始产卵，为一次性产卵，产出的卵黏附在腹足的刚毛上。抱卵量约 500~1500 粒，随个体大小而异。胚胎发育长短与水温高低密切相关，水温较高孵化时间短，水温较低则孵化时间延长。孵化出的稚虾仍附于亲虾的游泳足上，在母体的保护下生长一段时间。在母体的腹部泳足上都附有生长到不同阶段的龙虾幼

虾，最大的龙虾幼体体长达 1.0~1.1cm。从第一年初秋龙虾稚虾孵出后，龙虾幼体的生长、发育和越冬过程都是附生于母体腹部，到第二年春季才离开母体生活。龙虾这种繁育后代的方式，保证了后代很高的成活率。

产卵：龙虾属一年多次产卵类型。水温升至 20℃ 以上时，亲虾便开始产卵，产卵季节在粤东地区可持续 6 个月之久，一年可产卵 3~4 次。产卵量随个体大小和性腺发育程度而异，一般每次产卵 300~1000 粒，个体较大的雌虾怀卵量多些。

4.3 海域开发利用现状和周边养殖企业及排污口概况

4.3.1 海域使用现状

通过收集的资料和卫星影像图，对项目附近海域进行了现场踏勘。项目附近海域开发利用活动主要有海上养殖、底播养殖、渔港建设项目、度假村用海、码头工程、航道疏浚用海、海上风电场项目等，此外，项目周边还分布有航道和生态保护红线。

项目所在海域开发利用现状详见表 4.3.1-1；分布图见图 4.3.1-1。

1. 惠来县神泉示范性渔港建设项目

惠来县神泉示范性渔港建设项目是广东省重点民生工程，建设单位为惠来县渔业发展公司，于 2017 年正式开工。项目主要建设内容包括：新建西防波堤 240 米、南防波堤 542 米、码头 678 米，加固南岸防波堤 1744 米，疏浚港池航道 100 万立方米，配套建设渔港综合管理中心（2040 平方米）、卸鱼场（1.06 万平方米）、分拨库（4000 平方米）及 663 米滨海大道，并完善供电、消防、监控指挥系统等设施。

2. 惠来县鹏业海水养殖专业合作社筏式吊养项目

惠来县鹏业海水养殖专业合作社筏式吊养项目申请用海面积 37.5956 公顷，用海单位为惠来县鹏业海水养殖专业合作社，位于 7~9m 深线以内的浅海区域，进行吊养养殖，主要吊养对象为藻类。

3. 粤东液化天然气项目一期工程

粤东液化天然气项目一期工程国家管网粤东 LNG 接收站（惠来县）位于揭阳市惠来县神泉镇以东、前詹镇以西沿海。建设内容为：3 座 16 万立方米

LNG 储罐，1 个靠泊 8 万~26.7 万方 LNG 船舶的泊位及配套设施。2018 年正式投产后，2020 年核定年接卸能力 504 万吨。

4.惠来县宏鑫水产销售有限公司筏式吊养项目

惠来县宏鑫水产销售有限公司筏式吊养项目用海单位为惠来县宏鑫水产销售有限公司，申请用海面积 19.5977 公顷，位于 7~8m 等深线以内的浅海区域，进行吊养养殖，主要养殖对象为青口贝和牡蛎。

5.揭阳港前詹作业区通用码头一期工程

揭阳港前詹作业区通用码头一期工程主要建设 1 个 7 万吨级通用泊位、1 个 3000 吨级通用泊位及 1 个工作船舶泊位，近期计划吞吐量为散杂货 325.6 万吨/年。

项目分为多个标段推进，其中一标段包括 1988 米东南防波堤、555 米东护岸等配套设施，采用斜坡式结构，于 2024 年 8 月通过交工验收；二标段沉箱安装于 2023 年 12 月全部完成，主泊位沉箱最大重量达 3487 吨。2025 年 1 月，项目完成通航安全技术参数备案，明确 7 万吨级泊位长度 290.4 米、前沿底高程-15.4 米，配套建设 6 座灯浮标、5 座灯桩及 1 座 AIS 航标。

该项目用海类型为交通运输用海，用海方式为建设填海造地、非透水构筑物物和港池、蓄水等用海。

该项目 2025 年 12 月 29 日获得用海变更批复，申请用海总面积为 134.4514 公顷，其中建设填海造地用海 27.4115 公顷，非透水构筑物用海 20.5078 公顷，港池、蓄水用海 86.5321 公顷，用海终止日期为 2063 年 3 月 25 日。

6.国家电投揭阳神泉一 400MW 海上风电场项目

国家电投揭阳神泉一 400MW 海上风电场项目位于揭阳市神泉镇南面海域，场址中心离岸距离约 26-27 千米，水深范围 33 米~39 米，涉海面积约 64 平方千米。项目总装机容量 400MW，包括神泉一（一期）315MW 和神泉一（二期）91MW，共布设 37 台 5.5 兆瓦、29 台 7 兆瓦风电机组，配套建设 1 座 220kV 海上升压站及 2 回 220kV 海底电缆（总长约 35 千米）连接陆上集控中心。

2025 年 3 月申请用海变更，调整后用海总面积 472.4452 公顷（含透水构筑物 72.2067 公顷、海底电缆管道 400.2385 公顷），用海期限延长至 2047 年 9 月 6 日。

7.惠来县鸿泰水产养殖有限公司神泉港附近海域底播养殖项目

该项目用海单位为惠来县鸿泰水产养殖有限公司，项目申请用海面积 19.6094 公顷，位于 1~3m 等深线以内的浅海区域，进行开放式底播养殖，主要养殖对象为沙白贝和西施舌等贝类，养殖密度约为 50 粒/m²，项目内不建设用海设施及构筑物。

8.国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电项目增容项目

国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电项目增容项目位于揭阳市神泉镇南面海域，原核准容量 350MW，2022 年 5 月变更为 502MW。项目采用 16 台 8MW 及 34 台 11MW 风机，配套建设海上升压站及海底电缆，单桩基础最大直径 10 米、长度 110 米、重达 2218 吨，为国内当时最大规格风电单桩。

2025 年 6 月进行用海变更申请，调整后用海总面积 441.3935 公顷（含透水构筑物 162.7050 公顷、海底电缆管道 278.6885 公顷），海域使用权人变更，用海期限至 2049 年 5 月 31 日。

9.广东省海源达水产养殖有限公司海上养殖项目

广东省海源达水产养殖有限公司海上养殖项目位于揭阳市惠来县神泉港区东侧海域，是当地推进现代化海洋牧场建设的重点项目。项目总投资 3100 万元，用海面积 540.681 亩，计划建设 46 个圆形重力式网箱，单个网箱周长 96 米、养殖水体 4720 立方米，总养殖水体达 21.7120 万立方米，可抗 14 级台风。

10.惠来县华家海滨度假村用海续期及变更用海

惠来县华家海滨度假村位于广东省惠来县神泉镇华家村至溪东村一带海滨，浴场用海面积 7.5447 公顷，沙滩总长约 3 公里。度假村依山面海，海滩宽广无垠，沙质洁白细腻，海浪适中平缓，是粤东地区优质的天然海滨浴场之一。

11.揭阳港惠来沿海港区前詹作业区蓝水深远海通用码头工程

该工程建设单位为广东蓝水深远海装备科技有限公司，于 2023 年 12 月 5 日正式开工建设，总投资 5.71 亿元，将新建 4 万吨级、2 万吨级通用泊位各 1 个，采用垂向岸线的突堤式港池布置，占用自然岸线 334 米，利用港口岸线 505 米，主要装卸货种包括深远海漂浮式风电基础、大型 LNG 模块、海洋牧场装备等，预测年吞吐量 118 万吨，设计年通过能力 133 万吨。

12.揭阳港前詹作业区通用码头一期工程项目公用航道疏浚工程

该项目建设单位为中电投前詹港电有限公司，项目开展航道疏浚，航道按满足 7 万吨级散货船单向进出港进行设计，航道总长度 3590.1m，有效宽度为 151m，设计底宽 146m，设计疏浚区域边坡 1:7，设计底标高为-15.4m。航道疏浚土为 2 级土（淤泥），航道疏浚工程量约 148.77 万 m³。

13.惠来县昌豪海水养殖有限公司吊养项目

该项目用海单位为惠来县昌豪海水养殖有限公司，项目申请用海面积 66.2400 公顷，位于 9~11m 等深线以内的浅海区域，进行吊养养殖，主要养殖对象为鲍鱼和牡蛎。

14.惠来县惠前水产养殖专业合作社海上养殖项目

该项目用海单位为惠来县惠前水产养殖专业合作社，项目用海面积 18.0220 公顷，位于 10~11m 等深线以内的浅海区域，拟进行吊养养殖和网箱养殖，主要吊养对象为鲍鱼、牡蛎和藻类；网箱养殖对象为石斑鱼。

15.航道

本项目所在海域分布有神泉作业区进港航道、前詹作业区进港航道及神泉港进港习惯性航道。

神泉作业区进港航道距本项目西北侧约 2.2km，规划为 10 万吨级航道，满足 80,000GT 客轮满载乘潮通航要求。

前詹作业区进港航道距本项目东南侧约 1.9km，规划为 15 万吨级航道，满足 26.6 万 m³ LNG 船满载全潮通航。

据调查神泉港渔民实际出海路线，神泉渔港进港习惯性航道距本项目西侧约 600m，该航线上通行的船舶主要为该神泉港进出港作业的小型渔船。

16.生态保护红线

根据“三区三线”划定成果，本项目附近海域分布有惠来县人工鱼礁重要渔业资源产卵场、神泉芦园湾重要滩涂及浅海水域等生态保护红线。

惠来县人工鱼礁重要渔业资源产卵场距本项目南侧约 534m，其生态保护类型为重要渔业资源产卵场。神泉芦园湾重要滩涂及浅海水域距本项目东北侧约 900m，其生态保护类型为重要滩涂及浅海水域。

表 4.3.1-1 项目附近海域开发利用现状表

序号	开发利用活动名称		用海人	与项目相对位置和最近距离	备注
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15	航道	神泉作业区进港航道	/	距项目西北侧约 2.2km	港口规划资料
		前詹作业区进港航道	/	距项目东南侧约 1.9km	
		神泉港进港习惯性航道	/	距项目西侧约 600m	广东省航道资料
16	生态保护红线	惠来县人工鱼礁重要渔业资源产卵场	/	距项目南侧约 534m	“三区三线”划定成果
		神泉珍稀濒危物种分布区	/	距项目南侧约 534m	
		神泉芦园湾重要滩涂及浅海水域	/	距项目东北侧约 900m	

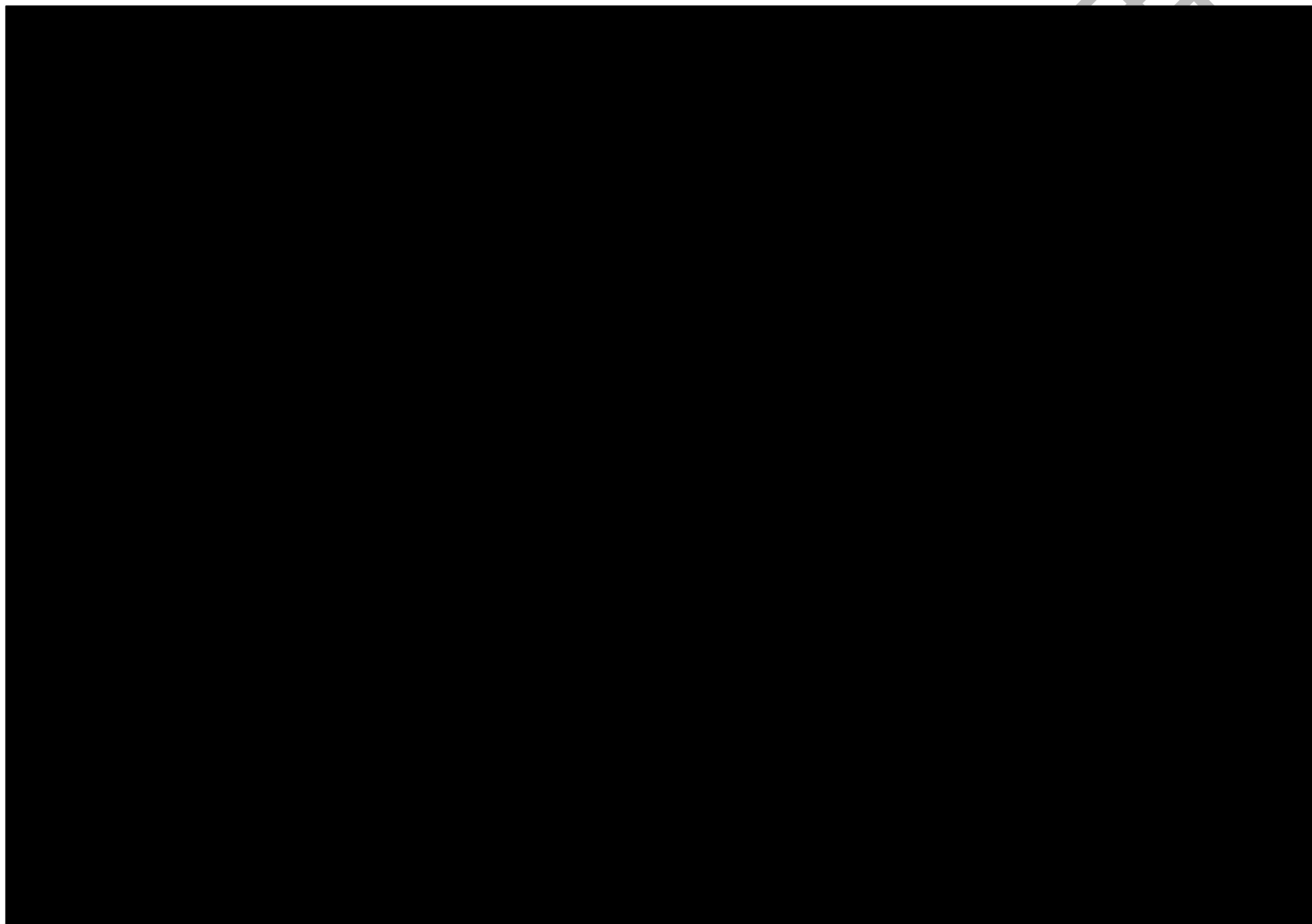


图 4.3.1-1 项目周边海域开发利用现状图

4.3.2 海域使用权属现状

根据本项目周边海域使用权属的资料收集情况，项目附近海域已确权的项目有 14 宗，本项目申请用海范围与周边其他用海活动均无权属重叠，详情见表 4.3.2-1。项目周边确权项目位置示意图见图 4.3.2-1。

表 4.3.2-1 周边海域使用权属现状信息表

序号	项目名称	海域使用权人	海域使用类型	用海方式	用海面积（公顷）	用海起始日期	用海终止日期
1	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
				[REDACTED]	[REDACTED]		
2	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
3	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
				[REDACTED]			
				[REDACTED]			
				[REDACTED]			
				[REDACTED]			
				[REDACTED]			
				[REDACTED]			
4	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
5	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
				[REDACTED]			
6	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]

序号	项目名称	海域使用权人	海域使用类型	用海方式	用海面积（公顷）	用海起始日期	用海终止日期
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							

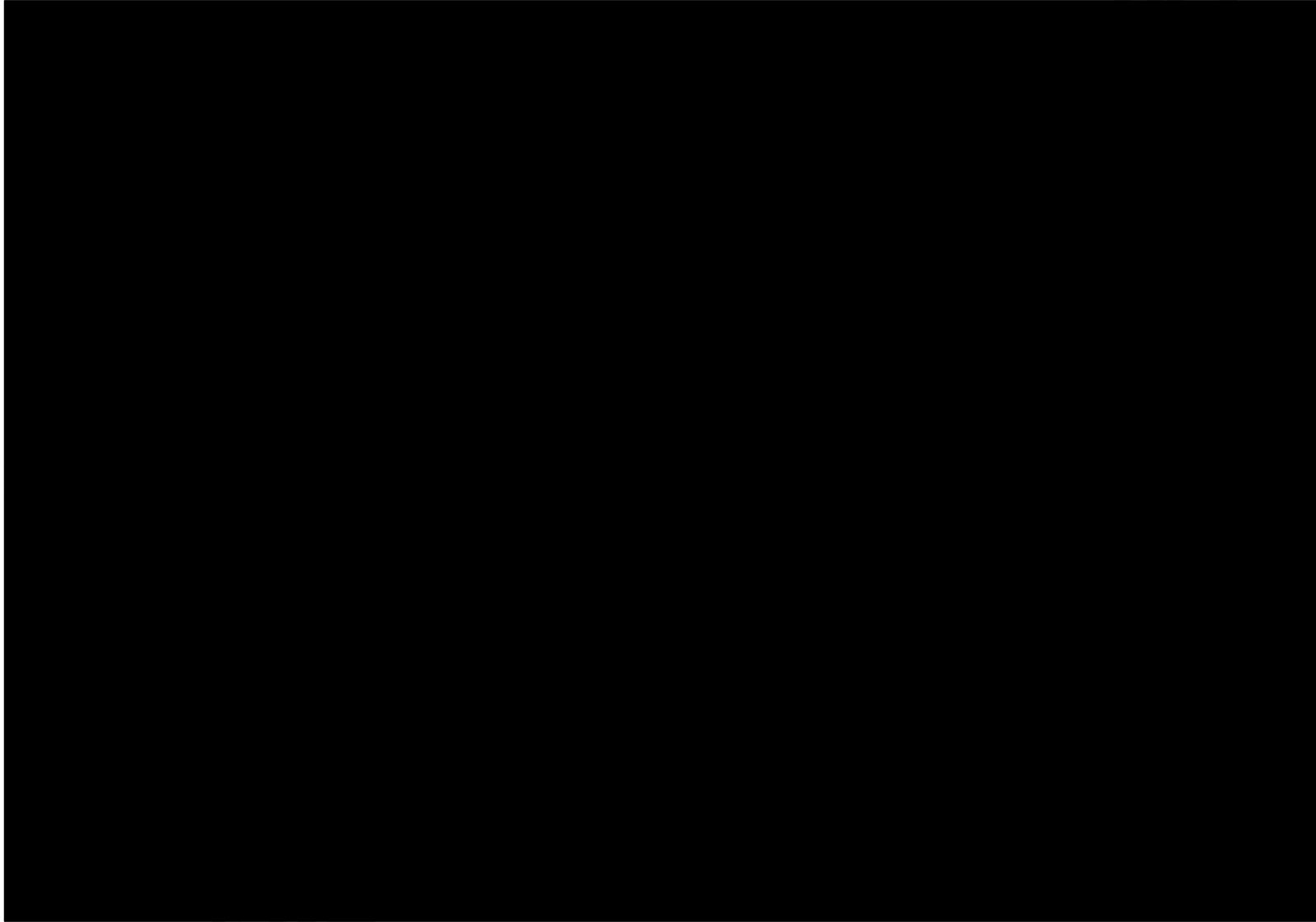


图 4.3.2-1 周边海域权属现状分布图

4.3.3 周边养殖企业及排污口概况

经调查,周边建成的养殖项目为广东省海源达水产养殖有限公司海上养殖项目、惠来县惠前水产养殖专业合作社海上养殖项目。据调查,海源达和惠前重力式网箱项目建设 46 个重力式网箱,主要养殖马友鱼和鲍鱼。

经核实,本评价范围内的入海排污口为粤东液化天然气项目一期工程循环冷却水排水口、国家电投揭阳前詹电厂 2×1000MW 燃煤发电工程温排水排放口,上述 2 个排放口距离本项目距离分别为 3.2km、5.1km,对本项目养殖无影响。排放口位置见下图:



图 4.3.3-1 项目评价范围内的入海排污口分布示意图

4.4 海洋水文动力环境现状与评价

4.4.1 调查概况

4.4.1.1 调查站位及内容

本报告水文调查资料引用广州海兰图检测技术有限公司于 2022 年 6 月在揭阳市神泉湾进行的水文观测,该次监测布设周日同步连续水文观测站 6 个,站位

号为 HLL1~HLL6，观测内容包括温度、盐度、深度、海流（流速、流向）、含沙量、风速和风向、海况等，同时布设临时潮位观测站 2 个（72 小时）。

根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）中 6.5.1.2 内容对水文动力环境调查的要求：2 级评价项目一般应不少于 2 条，每条断面应布设 2~3 个站位；项目评价范围内宜布置不少于 2 个潮位观测站位。

本报告引用的水文动力调查资料布设水文观测站 6 个，潮位观测站 2 个。其中位于评价范围内的水文观测站 4 个，潮位观测站 2 个，符合《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）中对 2 级评价项目的要求。

该次水文观测站位位置分布如图 4.4.1-1 所示，坐标信息如表 4.4.1-1 所示。

表 4.4.1-1 2022 年 6 月揭阳市神泉湾海域水文调查站位信息表

序号	站位号	经度	纬度	观测要素
1				海流、悬沙、温度、盐度、风速风向
2				海流、悬沙、温度、盐度
3				海流、悬沙、温度、盐度、风速风向
4				海流、悬沙、温度、盐度
5				海流、悬沙、温度、盐度
6				海流、悬沙、温度、盐度
7				潮位
8				潮位

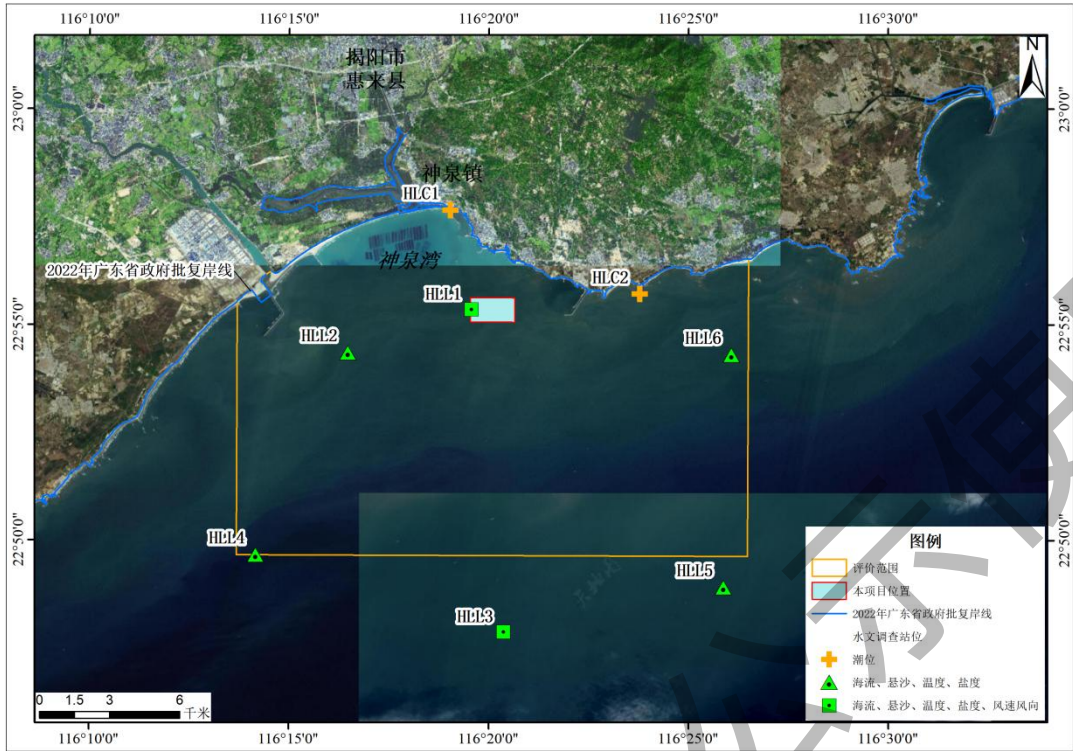


图 4.4.1-1 2022 年 6 月揭阳市神泉湾海域水文调查站位分布图

4.4.1.2 调查方法与层次

采用安德拉单点海流计、道万 CTD 和自动风速风向仪进行流速、流向、水温、盐度、深度、风速、风向的调查。根据《水运工程水文观测规范》(JTS 132-2015) 要求, 观测时间长度为 26h, 27 时次逐时连续观测, 每时次观测前先测量实时水深。测流垂线定位误差不应超过测流垂线水深的 5 倍, 在船上观测时, 宜每 3 小时观测一次船位; 船只移位超过定位误差范围时, 应移回原位继续观测。观测仪器不得安装在船头或船尾, 流向观测时不应使用铁船, 使用铁船时, 观测点距离船体应大于 1.5m。

1.海流观测包括流速和流向, 使用安德拉单点海流计观测。根据《水运工程水文观测规范》(JTS 132-2015) 要求, 调查层次由测站垂线水深 H 决定, 对于沿海垂线流速流向观测, 层次按表 4.4.1-2 要求进行观测:

表 4.4.1-2 垂线测点分布

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

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

2.水温、盐度观测使用道万 CTD 观测，观测时间与层次与海流观测一致。

3.含沙量观测每 2 小时采集 1 次水样，每次采集表层（水面下 0.5m~1.0m）、0.6H（H 为水深）、底层（离海底 0.5m~1.0m），每层次采大于 1L 水样，测试悬沙含量。

4.风向、风速使用三杯风速风向仪观测。分别在 HLL1、HLL3 号站间隔 6 小时各观测一次风向、风速。

5.悬沙粒径在观测期间涨急、涨憩、落急、落憩这 4 个时段各采集大于 1L 中层（0.6H）水样，进行悬沙粒径分析。

表 4.4.1-3 分析方法

序号	分析项目	分析方法	分析仪器	引用标准
01	悬沙	重量法	电子天平	《海洋调查规范 第 8 部分：海洋地质地球物理调查》GB/T 12763.8-2007
02	流速、流向	船只锚碇测流法	安德拉海流计	《海洋调查规范 第 2 部分：海洋水文》（GB12763.2-2007）
03	温、盐、深	温盐深仪（CTD）定点测量法	道万 CTD	《海洋调查规范 第 2 部分：海洋水文观测》（GB12763.2-2007）
04	风速、风向	仪器测量法	三杯风速风向仪	《海洋调查规范 第 3 部分：海洋气象观测》（GB12763.3-2020）
05	悬沙粒度	激光法	激光粒度分布仪	《海洋调查规范 第 8 部分：海洋地质地球物理调查》GB/T 12763.8-2007

4.4.2 风速风向、海况

本次水文观测期间，风向以南偏西风为主，风速在 1.1m/s~5.6m/s。各站点风速以及风向变化不大。HLL2、HLL3、HLL4 海况均为 3 级，HLL1、HLL5、HLL6 海况均为 2 级。

4.4.3 潮位

一、实测潮位统计分析

根据 HLC1、HLC2 潮位观测站的潮位资料绘制潮位过程曲线，其中 HLC 站资料时间为 2022 年 6 月 13 日 0 时至 6 月 15 日 23 时（72 小时），如图 4.4.3-1 至 4.4.3-2 所示（黑色线段表示潮位观测时间，红色线段表示流速、温度和盐度等的观测时间）。为了验证潮位资料的真实有效性，同时展示观测海域附近的两个潮位观测点：甲子港和海门港（广东），其中黑色的线表示甲子港和海门港（广东），红色表示 HLC1 站的潮位，蓝色表示 HLC2 站的潮位，绘制时间为 2022 年 5 月 16 日 0 时至 6 月 16 日 23 时（一个月），其数据来自国家海洋信息中心，如图 4.4.3-3 至图 4.4.3-4 所示。

由图表可知，两个站位的潮汐基本一样，在一天之中出现一次高潮和一次低潮，且相邻两个高（低）潮存在潮高不等，潮汐不等现象。

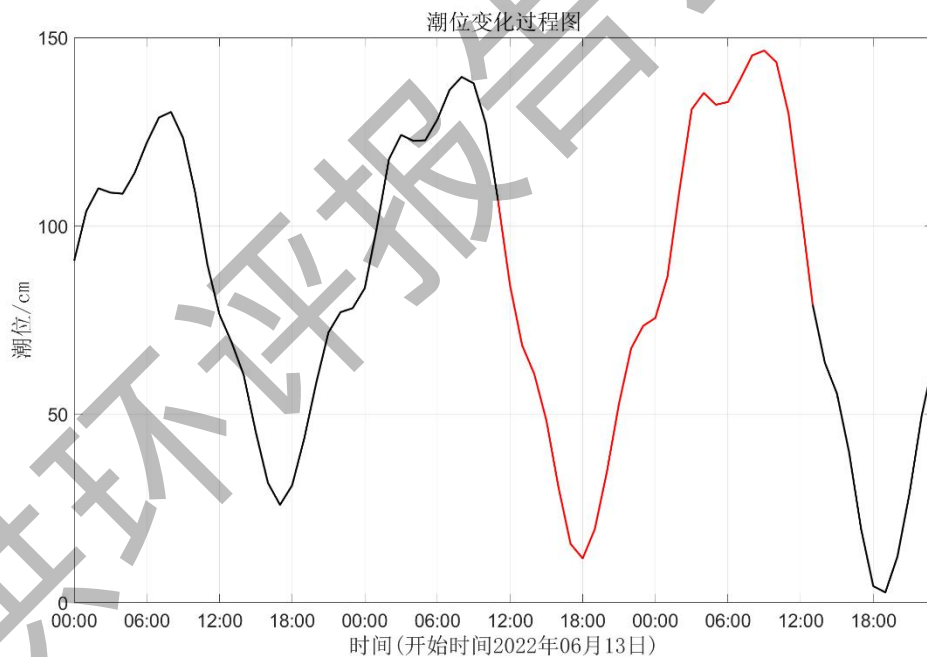


图 4.4.3-1 HLC1 站潮位过程曲线

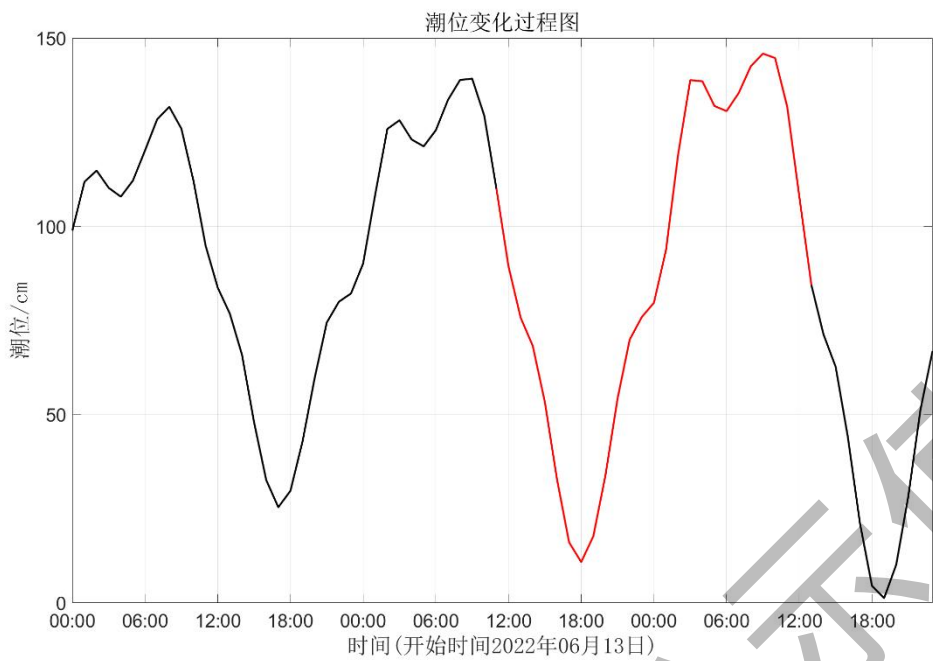


图 4.4.3-2 HLC2 站潮位过程曲线

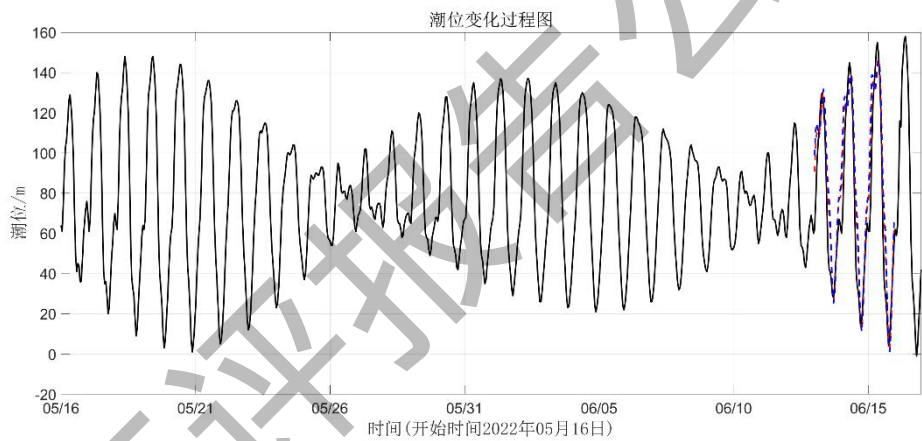


图 4.4.3-3 甲子港站潮位过程曲线

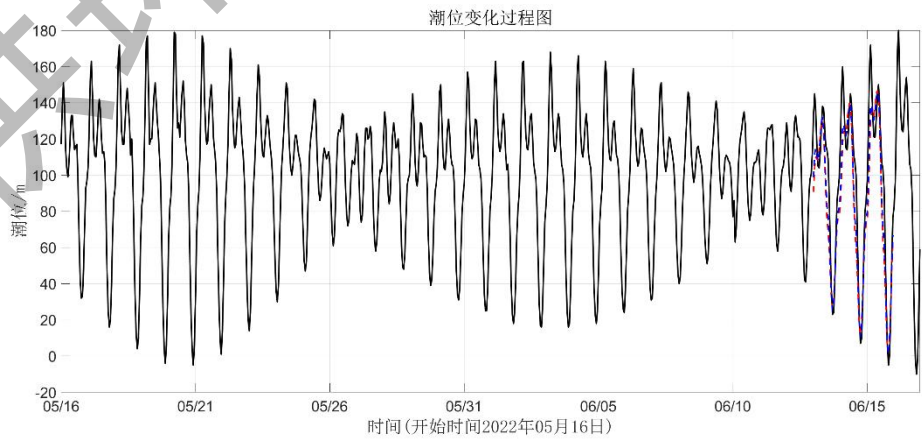


图 4.4.3-4 海门港（广东）潮位过程曲线

二、潮汐调和分析

潮汐调和常数是进行潮汐预报和潮汐特性分析的基本参数，它的准确性十分重要。本报告根据收集的 HLC1、HLC2 连续 72 小时潮位资料，为了获得较准确的潮汐调和常数，我们采用引入差比数（采用了甲子港的差比关系）的最小二乘法对潮位进行调和分析，分析之前潮位进行了气压订正。采用最小二乘法原理计算得到各站各分潮的调和常数，表 4.4.3-1 列出了各站六个主要分潮的振幅和迟角。

表 4.4.3-1 神泉区域调和常数统计分析（基于 72 小时）

分潮	HLC1		HLC2	
	振幅 (cm)	迟角 (°)	振幅 (cm)	迟角 (°)
O1	31.15	236	30.78	236
K1	37.45	296	37.27	296
M2	11.42	307	13.76	327
S2	1.71	145	2.20	143
M4	8.66	153	9.81	149
MS4	2.18	257	2.12	260

由表可知，两个站位的分潮中 K₁ 分潮振幅皆最大，其中 HLC1 的 K₁ 分潮振幅为约为 37.45 cm，迟角为 296°；HLC2 的 K₁ 分潮振幅约为 37.27 cm，迟角为 296°。

三、潮汐性质和潮汐特征值

采用主要日分潮振幅与主要半日分潮振幅的比值 $F = (H_{O_1} + H_{K_1}) / H_{M_2}$ 作为划分潮汐性质的依据：

$F < 0.5$ 正规半日潮

$0.5 \leq F < 2.0$ 不正规半日潮

$2.0 \leq F < 4.0$ 不正规全日潮

$4.0 \leq F$ 正规全日潮

对 HLC1、HLC2 潮位站实测潮位资料进行统计和潮汐调和分析，结果如表 4.4.3-2 所示，两个临时潮位观测站的潮汐性质系数 F 值分别为 6.01 和 4.94，说明观测期间调查海区的潮汐类型为正规全日潮。同时，通过甲子港和海门港（广东）的一个月的潮位数据，计算两个潮位观测站的潮汐性质系数，其结果分别为

6.43 和 2.03。而 HLC1 和 HLC2 站距离甲子港距离更近，其潮汐性质更接近甲子港，因此 HLC1 和 HLC2 站为正规全日潮的结果可信。观测期间调查海区最高潮位为 1.47m，最低潮位为 0.01m，最大涨潮潮差为 1.28m，最大落潮潮差为 0.99m。

表 4.4.3-2 神泉港潮位站潮汐特征值统计

特征值	HLC1	HLC2
最高潮位 (m)	1.47	1.46
最低潮位 (m)	0.03	0.01
平均潮位 (m)	0.84	0.87
最大涨潮潮差 (m)	1.24	1.28
最大落潮潮差 (m)	0.95	0.99
平均涨潮历时 (h)	14	14
平均落潮历时 (h)	13	13
潮汐性质系数 F	6.01	4.94
潮汐类型	正规全日潮流	正规全日潮流

4.4.4 实测海流

潮流性质的划分采用潮流性质系数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 4.4.4-1 至图 4.4.4-6 所示，图 4.4.4-7 至图 4.4.4-12 为各海流观测站不同层次海流过程矢量图。表 4.4.4-1 为涨、落潮流统计表。

从海流的流态来看，观测期内各站点海流的整体组成了一个逆时针方向的旋转流，表明该海域主要受旋转潮流的控制。

从各站海流过程矢量图可以看出，各观测站各层潮流方向基本一致，表现为涨潮流主轴主要偏向 ENE，落潮流偏向 WSW；在垂向结构上看，流速整体分布均匀，各层次的流速差异不大。

观测期间最大涨潮流速为 70.8cm/s，最大落潮流速为 74.3cm/s，分别出现在 HLL6 站 0.4H 层和 HLL4 站表层。最大涨潮和落潮平均流速分别为 33.6cm/s 和

37.4cm/s，分别出现在 HLL5 站底层和 HLL5 站表层。在垂向结构上，各站点流速从上向下比较稳定，表现为流速大小从表层到底层依次减小；在水平上，海流的方向形成了以逆时针旋转方向为主的旋转环流，HLL6 站流速最大，HLL5 站流速次之。除此之外，近岸的 HLL1 站和 HLL2 站流速较小，而远海站点流速更大。其中，在退潮时流向为南向，涨潮时流向主要为东北方向或者是北向，符合潮涨潮落影响下的潮流特征。

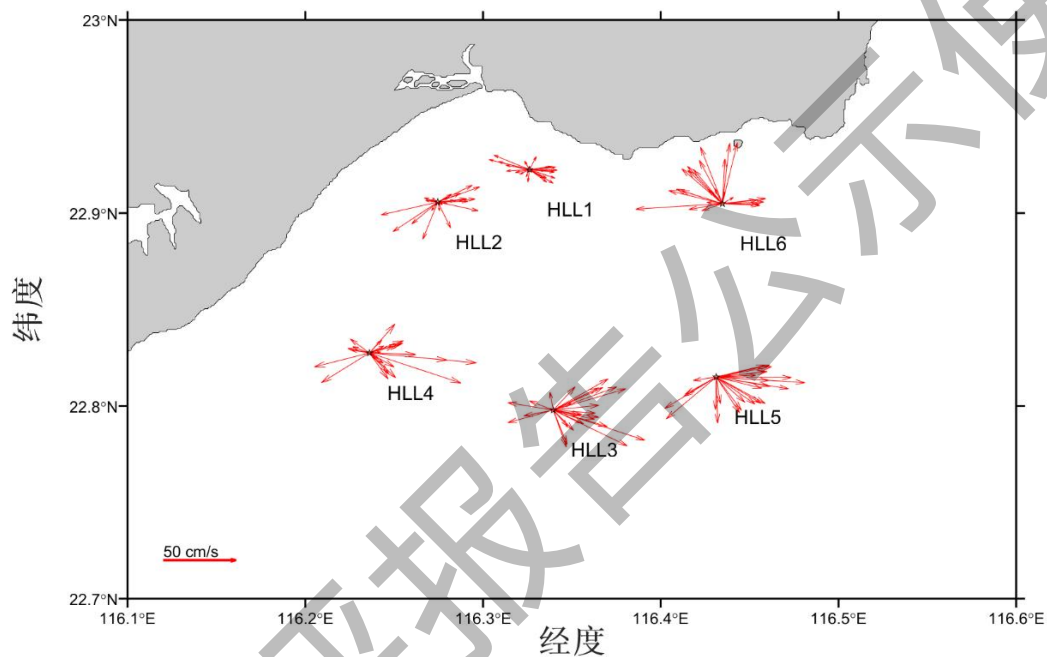


图 4.4.4-1 表层海流平面分布矢量图

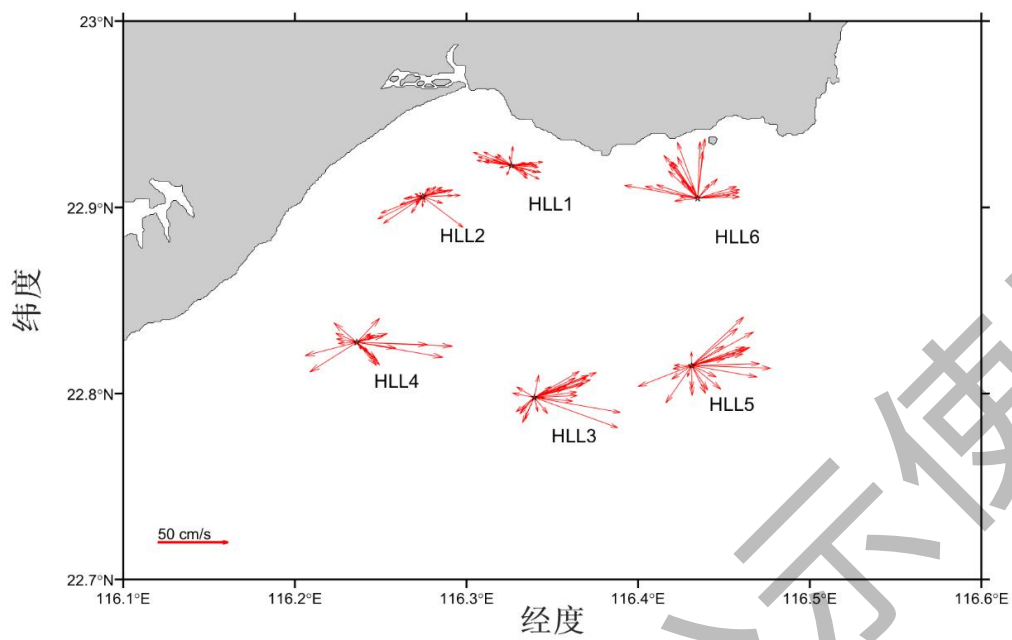


图 4.4.4-2 0.2H 层海流平面分布矢量图

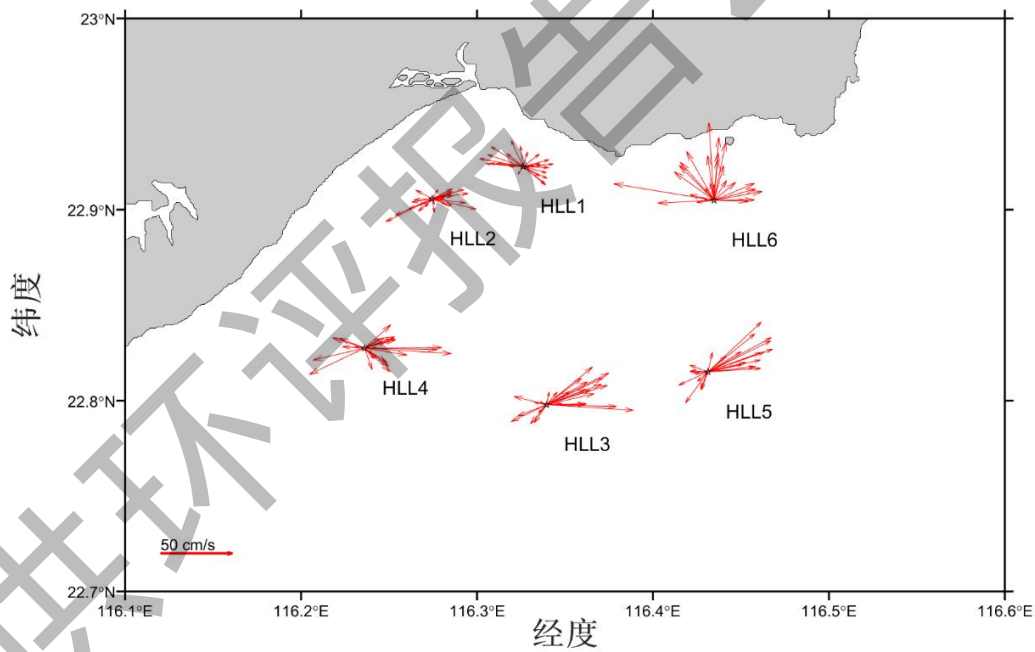


图 4.4.4-3 0.4H 层海流平面分布矢量图

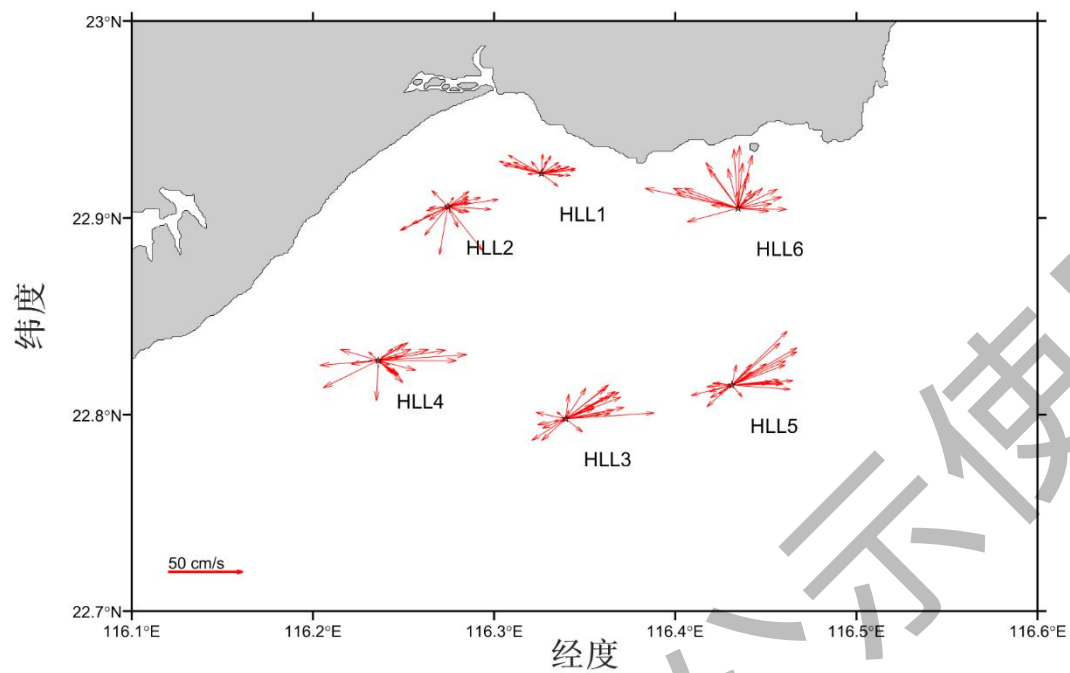


图 4.4.4-4 0.6H 层海流平面分布矢量图

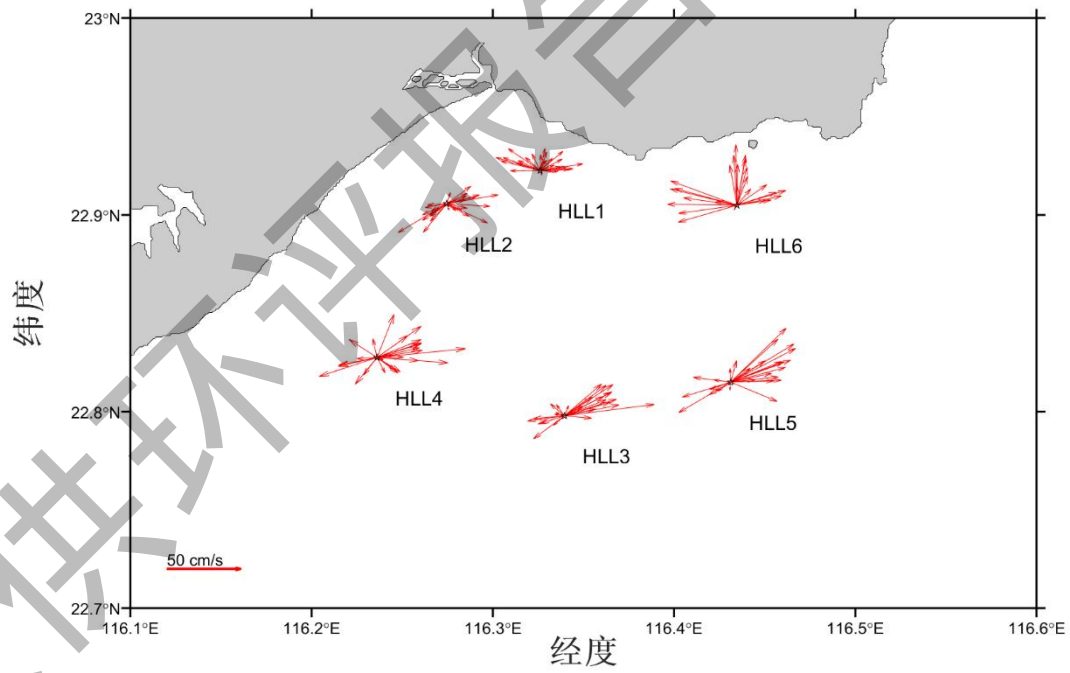


图 4.4.4-5 0.8H 层海流平面分布矢量图

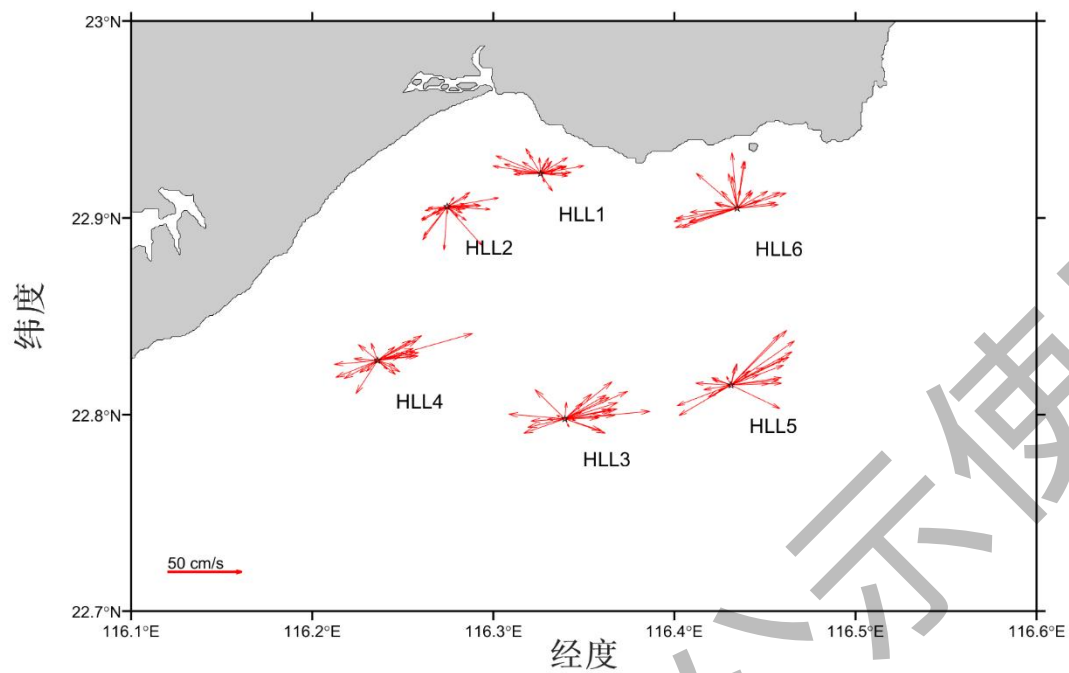


图 4.4.4-6 底层海流平面分布矢量图

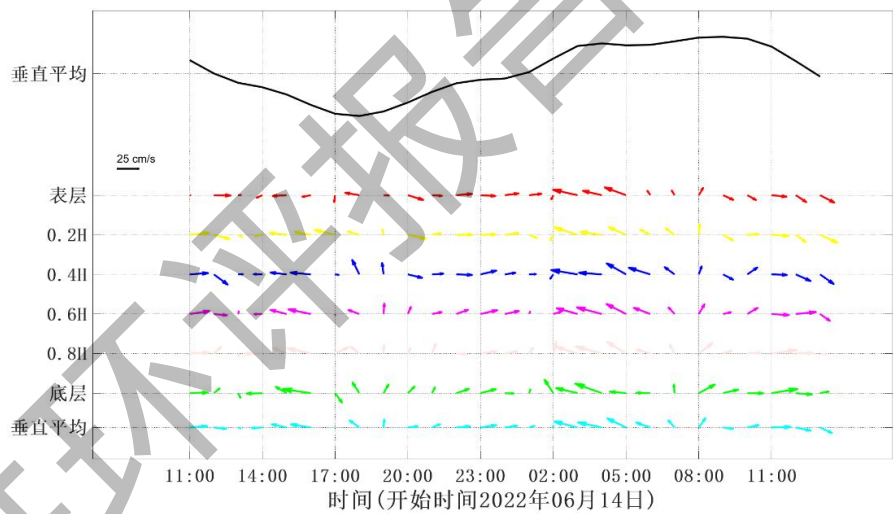


图 4.4.4-7 HLL1 站海流矢量图

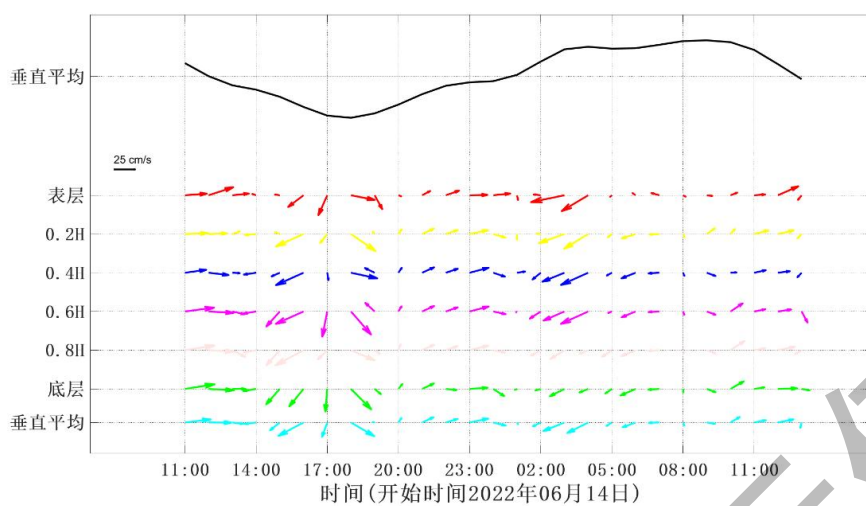


图 4.4.4-8 HLL2 站海流矢量图

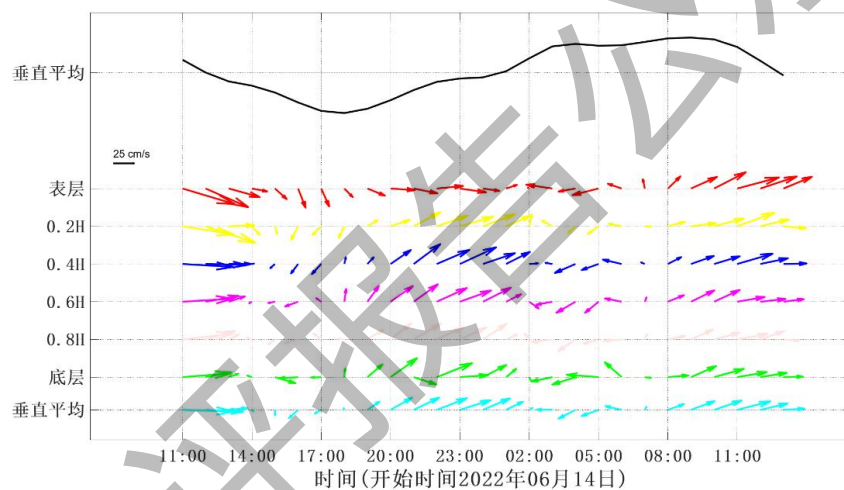


图 4.4.4-9 HLL3 站海流矢量图

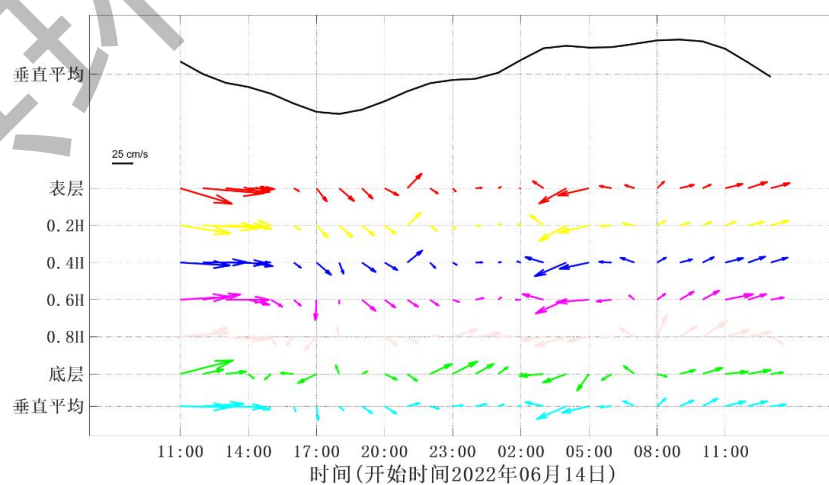


图 4.4.4-10 HLL4 站海流矢量图

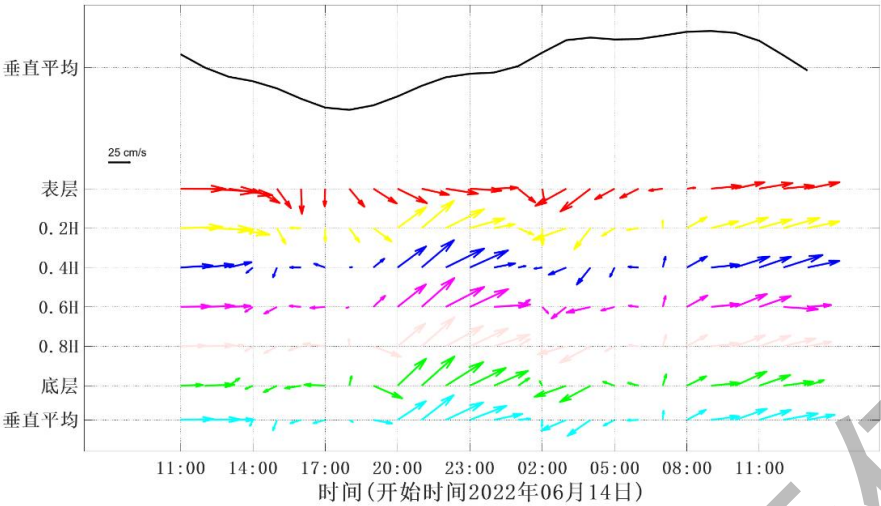


图 4.4.4-11 HLL5 站海流矢量图

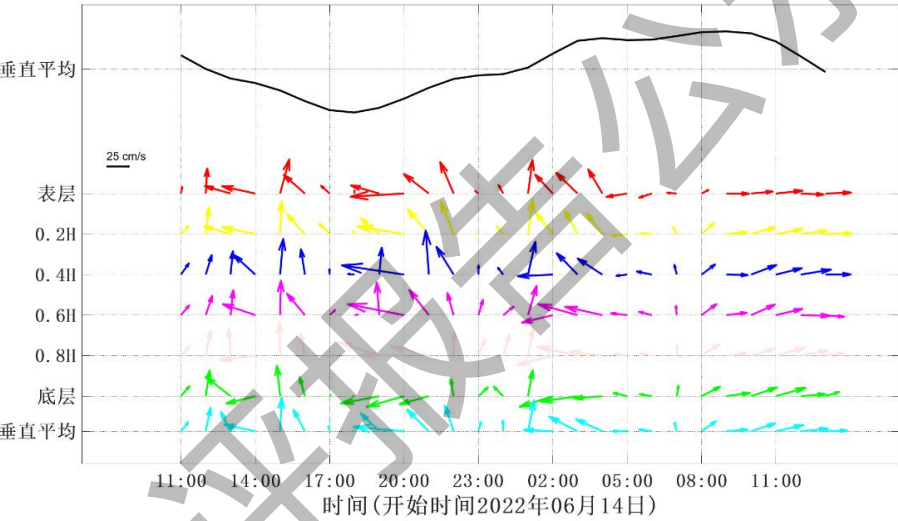


图 4.4.4-12 HLL6 站海流矢量图

表 4.4.4-1 大潮期涨、落潮流对比统计表

站位	层次	流速 (cm/s)、流向 (°)							
		涨潮最大流速	对应时刻流向	涨潮平均流速	平均流向	落潮最大流速	对应时刻流向	落潮平均流速	平均流向
HLL1	表层	28.9	93	13.9	158	26.4	93	13.1	174
	0.2H 层	28.8	93	15.5	172	24.6	187	17.2	186
	0.4H 层	30.7	93	16.4	170	26.3	93	17.0	173
	0.6H 层	29.9	108	14.8	122	26.4	258	16.1	166
	0.8H 层	31.5	108	15.6	119	29.2	94	17.8	167
	底层	32.8	108	16.1	144	32.7	258	17.5	172
	垂线平均	30.4	101	15.4	148	27.6	164	16.5	173
HLL2	表层	40.2	154	14.9	166	30.8	70	17.3	154
	0.2H 层	34.1	112	14.5	168	36.4	102	17.2	156
	0.4H 层	35.5	112	15.9	159	36.1	230	16.2	154
	0.6H 层	35.8	112	15.6	171	37.9	102	22.6	150
	0.8H 层	23.0	280	12.7	157	38.3	230	21.9	156
	底层	21.3	280	12.3	166	35.5	102	22.0	142
	垂线平均	31.6	175	14.3	164	35.8	139	19.5	152
HLL3	表层	34.9	99	23.0	161	66.7	108	37.1	119
	0.2H 层	42.3	135	25.2	109	63.7	116	30.9	137
	0.4H 层	48.9	135	26.7	123	60.9	108	26.9	122
	0.6H 层	40.6	102	27.0	103	60.3	108	24.7	141
	0.8H 层	39.3	107	25.6	118	61.4	108	23.3	165
	底层	46.5	102	27.2	121	58.1	108	26.8	136
	垂线平均	42.1	113	25.8	123	61.8	109	28.3	137
HLL4	表层	39.2	120	15.0	158	74.3	95	32.1	124
	0.2H 层	39.9	120	14.9	162	68.6	95	30.0	124
	0.4H 层	43.0	120	16.2	160	60.9	108	28.8	124
	0.6H 层	41.9	120	16.3	160	60.3	108	29.8	118
	0.8H 层	41.3	120	21.2	140	60.3	108	28.9	143
	底层	34.6	279	19.4	130	67.1	108	24.4	152
	垂线平均	40.0	146	17.2	152	65.2	104	29.0	131
HLL5	表层	45.1	118	30.2	148	61.5	94	37.4	124
	0.2H 层	51.0	99	31.2	139	56.7	94	31.8	136
	0.4H 层	51.0	99	27.7	113	47.9	100	25.4	139
	0.6H 层	52.5	99	30.2	104	40.3	118	24.6	161
	0.8H 层	52.5	99	32.7	112	38.6	104	24.2	165
	底层	53.1	99	33.6	122	40.5	118	23.6	141

站位	层次	流速 (cm/s)、流向 (°)							
		涨潮最大流速	对应时刻流向	涨潮平均流速	平均流向	落潮最大流速	对应时刻流向	落潮平均流速	平均流向
	垂线平均	50.9	103	30.9	123	47.6	105	27.8	144
HLL6	表层	60.0	3	28.0	250	43.4	14	25.8	169
	0.2H 层	53.4	3	27.5	256	40.6	14	26.7	168
	0.4H 层	70.8	3	31.7	212	44.1	14	25.5	149
	0.6H 层	64.5	3	31.5	213	42.5	14	25.5	108
	0.8H 层	47.8	10	32.0	152	41.2	14	25.1	171
	底层	43.9	10	28.5	192	37.9	14	23.9	169
	垂线平均	56.7	5	29.9	213	41.6	14	25.4	156

4.4.5 潮流

$F = (W_{O_1} + W_{K_1}) / W_{M_2}$ 作为判别标准:

$F \leq 0.5$ 正规半日潮流

$0.5 < F \leq 2.0$ 不正规半日潮流

$2.0 < F \leq 4.0$ 不正规全日潮流

$4.0 < F$ 正规全日潮流

其中 W_{O_1} 为主要太阴日分潮流 O_1 的最大流速, W_{K_1} 为主要太阴太阳合成日分潮流 K_1 的最大流速, W_{M_2} 为主要太阴半日分潮流 M_2 的最大流速。

各站各层潮流性质系数 F 值见表 4.4.5-1。根据潮流调和分析结果, 各观测点各层次主要表现出不正规全日潮流特征。由此可见, 调查海区潮流类型主要表现为不正规全日潮流。

表 4.4.5-1 潮流性质系数表

站位	层位	特征值 F	潮型
HLL1	表层	4.27	正规全日潮流
	0.2H 层	4.42	正规全日潮流
	0.4H 层	3.82	不正规全日潮流
	0.6H 层	3.72	不正规全日潮流
	0.8H 层	3.95	不正规全日潮流
	底层	3.61	不正规全日潮流
HLL2	表层	4.06	正规全日潮流
	0.2H 层	2.96	不正规全日潮流

站位	层位	特征值 F	潮型
	0.4H 层	4.49	正规全日潮流
	0.6H 层	4.99	正规全日潮流
	0.8H 层	3.30	不正规全日潮流
	底层	3.73	不正规全日潮流
HLL3	表层	3.77	不正规全日潮流
	0.2H 层	3.04	不正规全日潮流
	0.4H 层	2.79	不正规全日潮流
	0.6H 层	3.90	不正规全日潮流
	0.8H 层	4.53	正规全日潮流
	底层	3.89	不正规全日潮流
HLL4	表层	3.90	不正规全日潮流
	0.2H 层	3.85	不正规全日潮流
	0.4H 层	3.99	不正规全日潮流
	0.6H 层	3.13	不正规全日潮流

一、潮流的运动形式及潮流椭圆要素

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

本次观测所有站位各层次潮流中，其中 K_1 分潮和 O_1 分潮占分潮优， M_2 分潮和 S_2 分潮次之；观测站各层主要表现为 K_1 分潮流占优；椭圆旋转率 k 绝对值小于 0.5，主要表现为往复流的特征。各站位的 M_4 和 MS_4 主要表现出旋转流的特征（椭圆旋转率 k 绝对值大于 0.5）。最大 K_1 分潮流出现在 HLL6 站 0.2H 层，流速为 54.5cm/s。

二、理论最大可能潮流和水质点可能最大运移距离

根据《港口与航道水文规范》（JTS145-2015）规定，可利用分潮流椭圆要素计算全潮观测期间各站层的潮流可能最大流速。

潮流和风海流为主的近岸海区，海流可能最大流速可取潮流可能最大流速与风海流可能最大流速的矢量和。潮流的可能最大流速可按下列规定计算。

1) 对规则半日潮流海区可按下列式计算：

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

2) 对规则全日潮流海区可按下式计算

$$\vec{V}_{\max} = \vec{W}_{M_2} + \vec{W}_{S_2} + 1.600\vec{W}_{K_1} + 1.450\vec{W}_{O_1} \quad (\text{式 2})$$

式中 \vec{V}_{\max} ——潮流的可能最大流速 (流速: cm/s, 流向: °)

\vec{W}_{M_2} ——主太阴半日分潮流的椭圆长半轴矢量 (流速: cm/s, 流向: °)

\vec{W}_{S_2} ——主太阳半日分潮流的椭圆长半轴矢量 (流速: cm/s, 流向: °)

\vec{W}_{K_1} ——太阴太阳赤纬日分潮流的椭圆长半轴矢量 (流速: cm/s, 流向: °)

\vec{W}_{O_1} ——主太阴日分潮流的椭圆长半轴矢量 (流速: cm/s, 流向: °)

\vec{W}_{M_4} ——太阴四分之一日分潮流的椭圆长半轴矢量 (流速: cm/s, 流向: °)

\vec{W}_{MS_4} ——太阴一太阳四分之一日分潮流的椭圆长半轴矢量 (流速: cm/s, 流向: °)

3) 对于不规则半日潮流海区和不规则全日潮流海区, 采用式 1 和式 2 中的大值。

潮流水质点的可能最大运移距离可按下述方法计算:

1) 规则半日潮流海区按下式计算:

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

2) 规则全日潮流海区按下式计算:

$$\vec{L}_{\max} = 142.3\vec{W}_{M_2} + 137.5\vec{W}_{S_2} + 438.9\vec{W}_{K_1} + 429.1\vec{W}_{O_1} \quad (\text{式 4})$$

式中 \vec{L}_{\max} ——潮流水质点的可能最大运移距离 (距离: m, 方向: °)

\vec{W}_{M_2} ——主太阴半日分潮流的椭圆长半轴矢量 (流速: cm/s, 流向: °)

\vec{W}_{S_2} ——主太阳半日分潮流的椭圆长半轴矢量 (流速: cm/s, 流向: °)

\vec{W}_{K_1} ——太阴太阳赤纬日分潮流的椭圆长半轴矢量 (流速: cm/s, 流向: °)

\vec{W}_{O_1} ——主太阴日分潮流的椭圆长半轴矢量（流速：cm/s，流向：°）

\vec{W}_{M_4} ——太阴四分之一日分潮流的椭圆长半轴矢量（流速：cm/s，流向：°）

\vec{W}_{MS_4} ——太阴一太阳四分之一日分潮流的椭圆长半轴矢量（流速：cm/s，流向：°）

3) 对于不规则半日潮流海区和不规则全日潮流海区，采用（式3）和（式4）中的大值。

根据各站层的潮流性质（表4.4.5-1），按（式1）-（式4）及相关规定，计算了各层潮流可能最大流速及水质点可能最大运移距离，计算结果列入表4.4.5-2中，由表4.4.5-2可见，神泉港附近海域潮流可能最大流速为81.6cm/s，出现在XLL6站0.2H层，各站层可能最大流速介于4.2cm/s-81.6cm/s之间，各站潮流的可能最大流速方向以西北方向和东方向为主；水质点可能最大运移距离为22686.90m，出现在XLL6站表层，各站层水质点可能最大运移距离介于1150.81m~22686.90m之间。

据表4.4.5-2可见，揭阳神泉湾附近潮流可能最大流速为81.6cm/s，出现在HLL6站0.2H层，各站层可能最大流速介于4.2cm/s-81.6cm/s之间，各站潮流的可能最大流速方向以北偏西向为主。

表4.4.5-2 各站层潮流可能最大流速

站位	测层	可能最大流速		可能最大运移距离	
		流速（cm/s）	方向(度)	距离（m）	方向(度)
XLL1	表层	16.8	5	4535.72	4
	0.2H层	23.2	17	6438.12	16
	0.4H层	41.9	275	11672.89	96
	0.6H层	17.5	356	4911.23	175
	0.8H层	28.1	61	7808.14	61
	底层	15.9	297	4326.99	115
XLL2	表层	26.5	275	7228.60	96
	0.2H层	4.2	28	1150.81	40
	0.4H层	10.5	302	3078.70	117
	0.6H层	12.1	57	3675.97	62
	0.8H层	11.9	341	3006.08	156

站位	测层	可能最大流速		可能最大运移距离	
		流速 (cm/s)	方向(度)	距离 (m)	方向(度)
	底层	15.2	325	4252.53	140
XLL3	表层	19.8	274	5481.92	93
	0.2H 层	7.1	8	1656.42	32
	0.4H 层	8.6	329	2212.11	147
	0.6H 层	16.1	57	4310.65	61
	0.8H 层	22.7	307	6196.01	126
	底层	41.7	59	11477.99	61
XLL4	表层	61.2	35	16945.46	35
	0.2H 层	48.7	37	13566.66	38
	0.4H 层	29.1	65	8222.14	65
	0.6H 层	11.0	345	2978.98	161
	0.8H 层	72.1	358	10782.06	174
	底层	58.6	17	15776.10	16
XLL5	表层	32.2	34	8988.38	33
	0.2H 层	42.6	63	11579.00	63
	0.4H 层	46.8	76	12857.97	77
	0.6H 层	21.6	19	5857.86	17
	0.8H 层	29.2	277	8117.95	100
	底层	12.5	280	3249.01	103
XLL6	表层	66.5	288	18422.82	105
	0.2H 层	81.6	278	22686.90	96
	0.4H 层	45.1	288	12322.69	106
	0.6H 层	28.2	348	7269.94	167
	0.8H 层	32.9	288	9063.28	102
	底层	19.1	270	5439.94	88

4.4.6 余流

余流通常指实测海流资料中除去周期性流动（天文潮）之后，剩余的部分流动。其中包括潮汐余流、风海流和密度流等非周期性流动。大潮期水文观测各站各层余流对比见表 4.4.6-1，大潮期余流的分布图见图 3.2.2-20。

由图表可知，调查海区观测期间余流流速主要介于 1.6cm/s~21.1cm/s。最大余流为潮流 HLL5 站（表层，21.1cm/s，118°），最小余流为潮流 HLL1 站（0.2H 层，1.6cm/s，49°）。HLL3、HLL4、HLL5 站点的余流方向主要为东方向，HLL2 站的余流方向为南偏东方向，HLL1 和 HLL6 以北偏西方向为主。该海域受夏季

风的影响，海流主要为 NWN 方向，而海水有着沿等深线运动的特点，故靠近外海的站点 HLL3~5 站表现出以东方向为主的余流，而靠近岸边的 HLL1、HLL2 以及 HLL6 站表现出受海区的洋流以及潮汐影响下变化的余流流向。

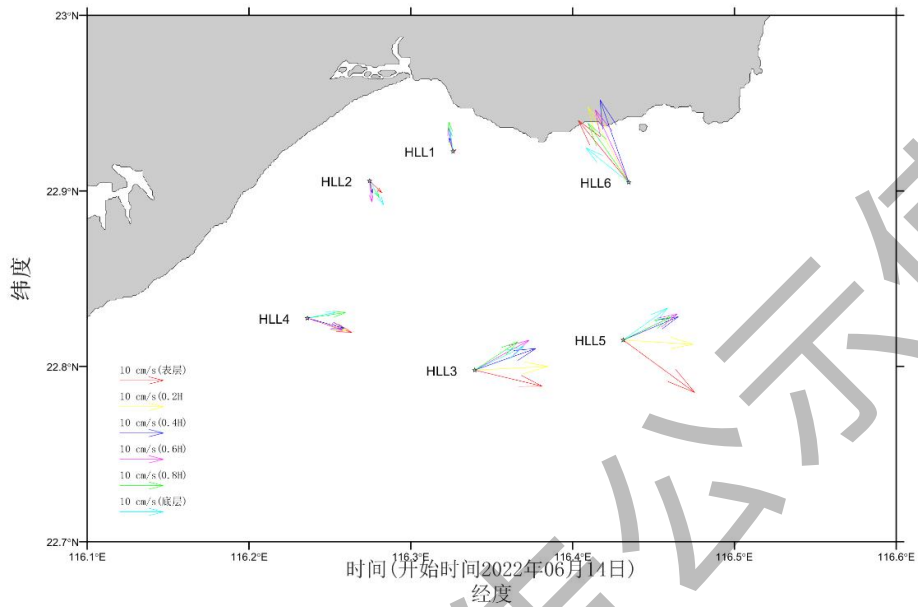


图 4.4.6-1 观测期各站余流图

表 4.4.6-1 观测期各站各层余流对比表

站位及层次	观测期间余流	
	流速 (cm/s)	流向 (°)
HLL1-表	2.3	98
HLL 1-0.2H	1.6	49
HLL 1-0.4H	2.2	28
HLL 1-0.6H	4.7	13
HLL 1-0.8H	6.2	12
HLL1-底	4.9	17
HLL2-表	4.2	120
HLL2-0.2H	2.6	143
HLL2-0.4H	2.9	151
HLL2-0.6H	4.9	159
HLL2-0.8H	4.4	139
HLL2-底	6.6	137
HLL3-表	18.5	95
HLL3-0.2H	18.8	85
HLL3-0.4H	17.0	72
HLL3-0.6H	15.7	65
HLL3-0.8H	13.5	62

站位及层次	观测期间余流	
	流速 (cm/s)	流向 (°)
HLL3-底	14.4	68
HLL4-表	11.7	101
HLL4-0.2H	10.1	101
HLL4-0.4H	9.9	98
HLL4-0.6H	10.0	100
HLL4-0.8H	10.6	82
HLL4-底	8.5	79
HLL5-表	21.1	118
HLL5-0.2H	18.5	89
HLL5-0.4H	16.7	69
HLL5-0.6H	15.9	69
HLL5-0.8H	14.6	67
HLL5-底	14.4	59
HLL6-表	14.5	331
HLL6-0.2H	16.4	343
HLL6-0.4H	17.4	352
HLL6-0.6H	15.3	346
HLL6-0.8H	13.7	338
HLL6-底	9.6	323

4.4.7 温度、盐度

温度结果：调查期间调查海区测得的水温最大值为 30.18℃，出现在 HLL1 表层；测得水温的最小值为 23.25℃，出现在 HLL3 站 0.6H 层和 0.8H 层；各个调查站位垂向结构，温度从上到下逐渐减小；外海的温度更低，近岸的站位温度更高，但两者的温差很小。此次观测的温度主要受昼夜和降雨的影响。

盐度结果：调查期间调查海区测得的盐度最大值为 34.48，出现在 HLL6 的 0.4H 层；测得盐度的最小值为 3.18，出现在 HLL1 站表层。统计结果表明，观测海区从表到底盐度逐渐增加，并且外海的盐度高于近岸的盐度。同时，受暴雨的影响，HLL1 和 HLL4 站的盐度变化剧烈，HLL1 站受陆地水输入的影响，其盐度最低，HLL4 站则是在降雨区。近岸的盐度混合均匀，外海的盐度有分层的现象。近岸的水体和外海的表层水体受局部天气过程影响，其盐度变化剧烈。此次测量提供了在暴雨时盐度变化的宝贵样本，具有很大的科研意义。

4.4.8 悬沙泥沙

悬浮泥沙浓度是一种随机性很强的变量，在时间与空间上变化很大。其变化与分布特征主要受泥沙来源、潮流、波浪、底质等诸多因素控制。通常近海泥沙来源主要有：河流入海泥沙、海岸海滩和岛屿侵蚀泥沙以及海洋生物残骸形成的泥沙。

一、悬浮泥沙浓度

本次水文观测期间，各站悬沙浓度过程曲线如图 4.4.8-1 至图 4.4.8-5 所示，各站悬沙浓度范围如表 4.4.8-1 所示。

由图表结果可知：观测期间（1）调查海区悬沙浓度范围为 $0.010\text{kg/m}^3 \sim 0.046\text{kg/m}^3$ ，HLL6 站底层悬沙浓度最大（ 0.046kg/m^3 ），HLL6 站底层悬沙浓度最小（ 0.010kg/m^3 ）；（2）在垂向上，各站表层和底层悬沙浓度较为接近。（3）空间上，远离岸边的站位悬沙浓度比近岸的小。

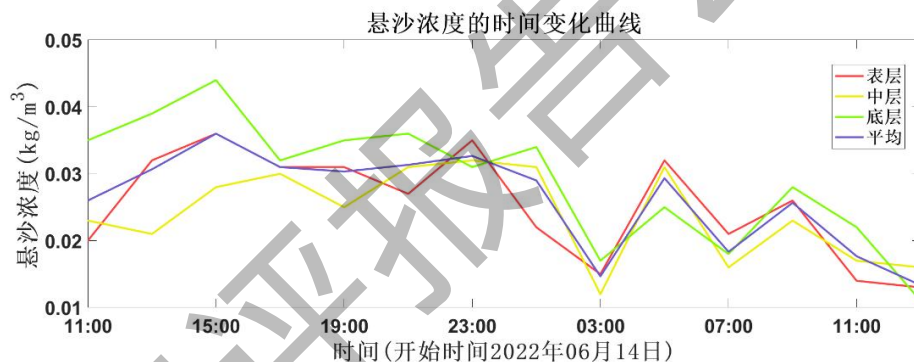


图 4.4.8-1 HLL1 站悬沙浓度时间过程曲线图

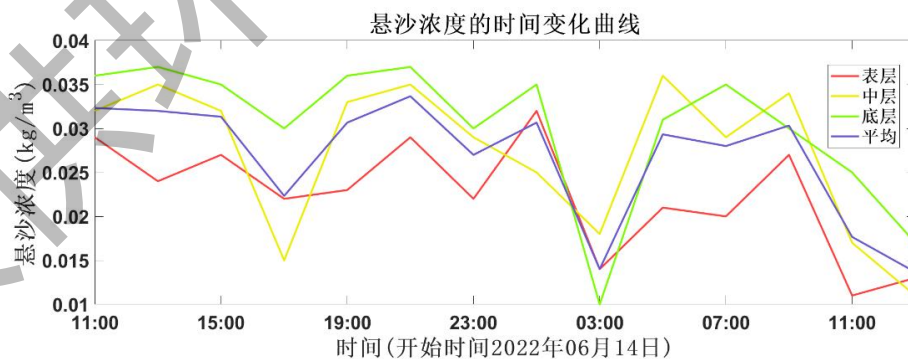


图 4.4.8-2 HLL2 站悬沙浓度时间过程曲线图

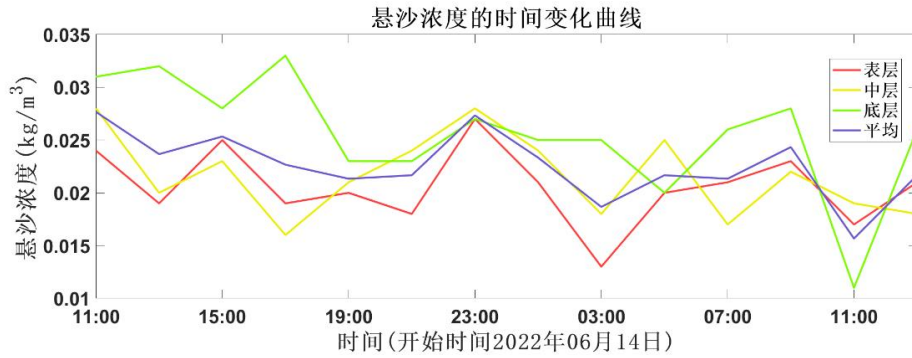


图 4.4.8-3 HLL3 站悬沙浓度时间过程曲线图

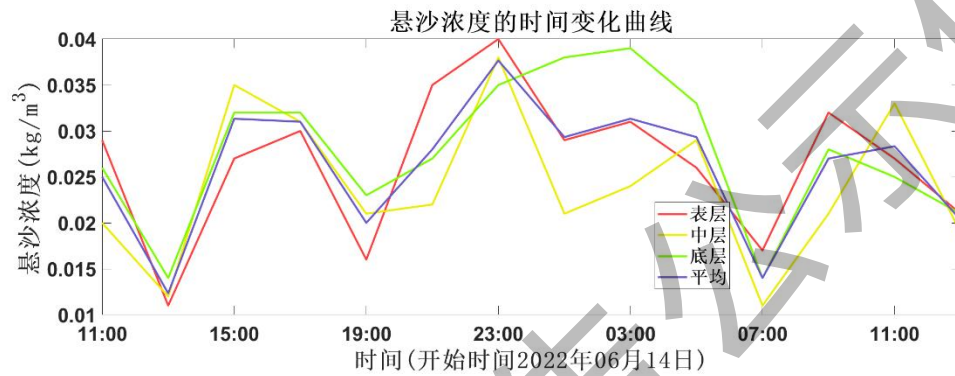


图 4.4.8-4 HLL4 站悬沙浓度时间过程曲线图

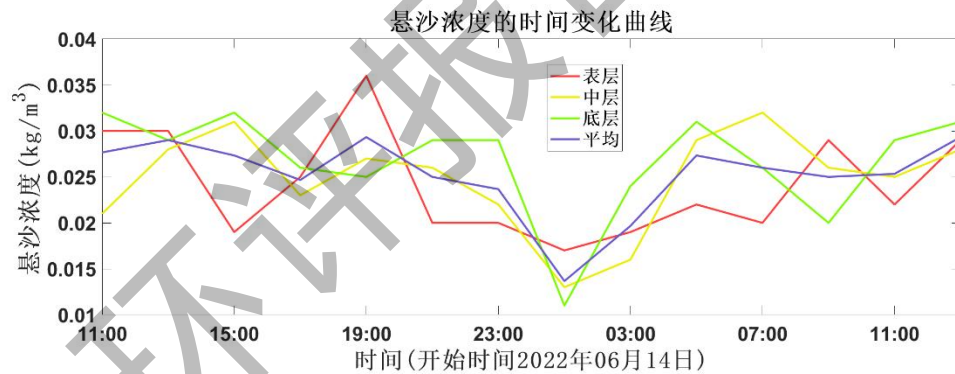


图 4.4.8-5 HLL5 站悬沙浓度时间过程曲线图

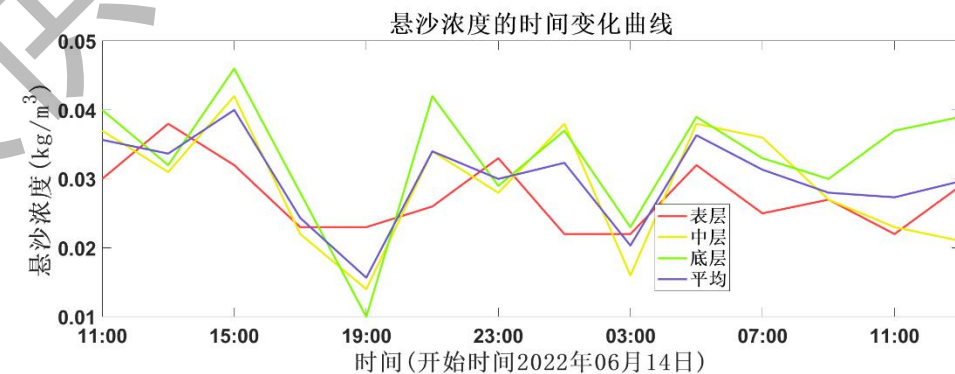


图 4.4.8-6 HLL6 站悬沙浓度时间过程曲线图

表 4.4.8-1 各站悬沙浓度范围

项目		悬沙浓度 (kg/m ³)			
站位	层次	最大	最小	平均	全站平均
HLL1	表层	0.036	0.013	0.025	0.026
	中层	0.032	0.012	0.024	
	底层	0.044	0.011	0.029	
HLL2	表层	0.032	0.011	0.022	0.027
	中层	0.036	0.011	0.027	
	底层	0.037	0.010	0.030	
HLL3	表层	0.027	0.013	0.021	0.023
	中层	0.028	0.016	0.022	
	底层	0.033	0.011	0.026	
HLL4	表层	0.040	0.011	0.027	0.026
	中层	0.038	0.011	0.024	
	底层	0.039	0.014	0.028	
HLL5	表层	0.036	0.017	0.024	0.025
	中层	0.032	0.013	0.025	
	底层	0.032	0.011	0.027	
HLL6	表层	0.038	0.022	0.027	0.030
	中层	0.042	0.014	0.029	
	底层	0.046	0.010	0.033	

二、输沙量

影响悬沙运动的因素众多，有波浪、潮流、风等动力条件，此外悬沙运动与水质点的运动也不一致，为便于问题简化，在此仅讨论悬沙质量浓度与流速之间的关系。表 3.2.2-11 列出了根据现场观测流速、水深、含沙量参数计算出的大潮单宽输沙量统计结果，图 3.2.2-27 为各站净输沙示意图。

涨潮期最大单宽输沙量为 6.43 t/m，方向 74°，出现在 HLL5 站；落潮期最大单宽输沙量为 6.73t/m，方向 91°，出现在 HLL5 站；最大单宽净输沙量为 13.01t/m，方向 83°，出现在 HLL5 站。净输沙的主要方向为东向。

表 4.4.8-2 各站大潮单宽输沙量统计表

站位	涨潮		落潮		净输沙	
	输沙量	方向	输沙量	方向	输沙量	方向
	(t/m)	(°)	(t/m)	(°)	(t/m)	(°)
HLL1	1.03	59	0.10	333	1.04	54
HLL2	0.45	103	0.91	123	1.34	117
HLL3	6.02	66	6.04	99	11.56	82
HLL4	1.45	52	3.19	108	4.18	92
HLL5	6.43	74	6.73	91	13.01	83
HLL6	4.05	349	3.83	13	7.71	1

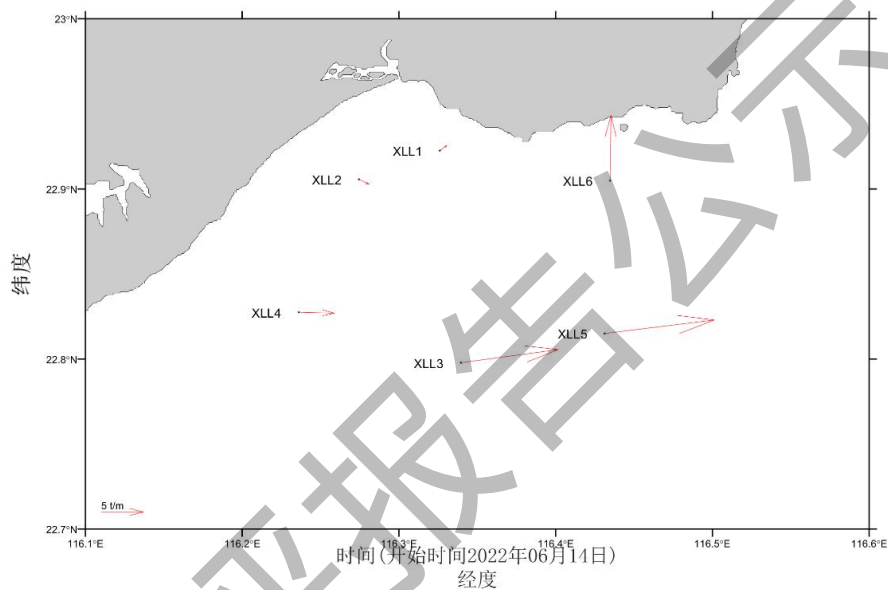


图 4.4.8-7 净输沙示意图

三、悬沙粒度分析

1. 悬沙类型、粒级组成及含量

按《海洋调查规范（GB/T12763.8—2007）》粒级间隔为 1，粒级组成为 1~11。悬沙样的分析统计结果及粒级组成见表 3.2.2-12 和表 3.2.2-13。

由表可知调查水域各站悬沙从组成成分类别来看，粉砂是悬沙主体，其次是粘土，砂含量较少。

各站大潮期间砂含量在 0.00~7.29%，平均值为 0.95%，粉砂含量在 59.23~84.07%之间，平均值为 71.99%，粘土含量在 13.86%~40.77%之间，平均值为 27.06%；大部分悬沙样品类型为粘土质粉砂（17/24），小部分样品为粉砂（5/24）、细粉砂（2/24），共 3 种样品。

表 4.4.8-3 夏季悬沙粒度参数以及砂、粉砂、粘土含量 (N=24)

潮次	变化范围	砂含量 (%)	粉砂含量 (%)	粘土含量 (%)	平均粒径 $M_z(\Phi)$	分选系数 $\sigma_i(\Phi)$	偏态 S_{ki}	峰态 K_g	中值粒径 $M_d(\mu m)$
大潮 (N=24)	最大值	7.29	84.07	40.77	7.34	0.02	0.65	1.52	7.64
	最小值	0.00	59.23	13.86	5.63	0.00	0.30	0.92	5.92
	平均值	0.95	71.99	27.06	6.67	0.01	0.43	1.07	6.99

表 4.4.8-4 冬季悬沙粒级组成和各粒级含量 (N=24)

潮次	粒级	砂					粉砂				粘土		
	(粒径, mm)	2~1	1~0.5	0.5~0.25	0.25~0.125	0.125~0.063	0.063~0.032	0.032~0.016	0.016~0.008	0.008~0.004	0.004~0.002	0.002~0.001	<0.001
	(粒径, ϕ)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
大潮 (N=24)	最大值 (%)	0.00	0.00	0.00	0.67	6.62	19.39	30.16	32.55	32.96	26.59	12.20	5.05
	最小值 (%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.51	20.70	13.22	7.31	4.18	0.13
	平均值 (%)	0.00	0.00	0.00	0.03	0.93	5.18	15.47	25.78	26.08	16.23	7.82	3.01
	累计 (%)	0.00	0.00	0.00	0.03	0.96	6.14	21.61	47.39	73.46	89.69	97.51	100.00

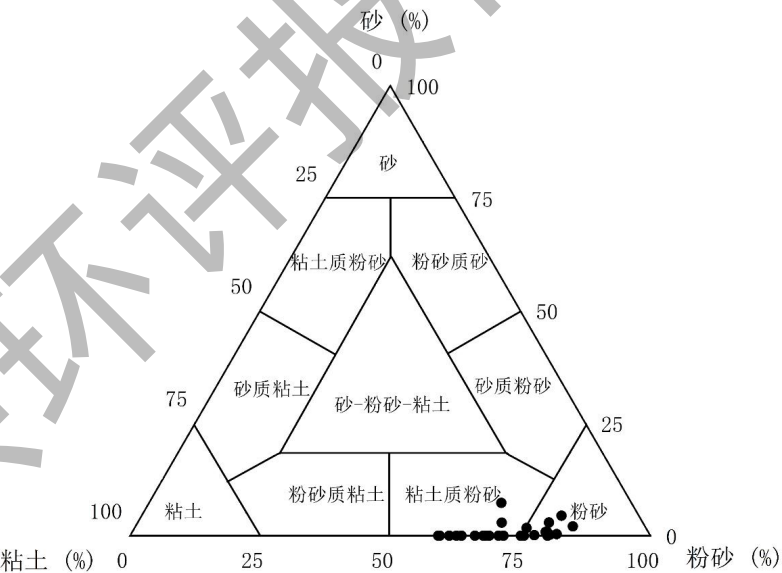


图 4.4.8-8 悬沙所有样品谢帕德三角图分布 (N=24)

四、中值粒径 ($M_d, \mu m$)

中值粒径 ($M_d, \mu m$)是在绘制颗粒粒径分布概率累积曲线图中读取含量 50% 的对应粒径值，各站大潮各个时刻（涨急、涨憩、落急、落憩）中值粒径情况详

见表 4.4.8-5。由表可知,夏季航次测区悬沙中值粒径变化范围在 $5.92\mu\text{m}\sim 7.64\mu\text{m}$ 之间,平均值为 $6.99\mu\text{m}$ 。夏季航次 HLL1 测站落憩最粗 ($7.64\mu\text{m}$), HLL1 测站落急最细 ($5.92\mu\text{m}$)。

表 4.4.8-5 悬沙中值粒径 (M_d , μm) 统计

季节	站点	潮汛	涨憩	落急	落憩	涨急	平均
冬季	HLL1	大潮	7.59	5.92	7.64	7.37	7.13
	HLL2	大潮	6.67	6.61	6.49	6.82	6.65
	HLL3	大潮	7.25	6.99	7.43	7.22	7.22
	HLL4	大潮	7.50	7.64	7.54	7.26	7.49
	HLL5	大潮	7.15	6.26	7.10	5.96	6.62
	HLL6	大潮	7.37	6.66	6.54	6.81	6.85

由于测区地形、来沙、水流、波浪等因素的复合作用,泥沙颗粒起、落情况复杂,本次调查中悬沙粒径变化与潮流急、憩的相关性不明显。夏季航次,涨憩、落急、落憩、涨急时中值粒径的平均值分别为 $7.26\mu\text{m}$ 、 $6.68\mu\text{m}$ 、 $7.13\mu\text{m}$ 、 $6.91\mu\text{m}$ 。

平均粒径 (M_z , ϕ)

采用福克—沃德公式计算出悬沙平均粒径。

测量期间测区平均粒径在 $5.63\phi\sim 7.34\phi$ 之间,平均值为 6.67ϕ 。平均粒径的空间分布为: HLL4 落急最大,为 7.34ϕ ; HLL1 落急最小,为 5.63ϕ 。

分选系数 (σ_i , ϕ)

测区测量期间悬沙分选系数变化范围为 $0.004\phi\sim 0.020\phi$,平均值为 0.009ϕ 。

偏态 (S_{ki})

测区悬沙偏态系数变化范围为 $0.30\sim 0.65$,平均值为 0.43 。

峰态 (k_g)

测区悬沙峰态系数的变化范围为 $0.92\sim 1.52$,平均值为 1.07 。

4.4.9 小结

综上所述,观测期间项目附近海域水文特征如下:

1.本次水文观测期间,风向以东北风为主,风速在 $1.1\text{m/s}\sim 5.6\text{m/s}$ 。各站点风速以及风向变化不大。HLL2、HLL3、HLL4 海况均为 3 级, HLL1、HLL5、HLL6 海况均为 2 级。

2.调查海区的潮汐性质系数 F 值为 6.01 和 4.94,说明调查海区的潮汐类型为正规全日潮。各分潮中全日分潮占主导地位,由表可知,观测期间调查海区最高潮位为 1.47m,最低潮位为 0.01m,最大涨潮潮差为 1.28m,最大落潮潮差为 0.99m。距离调查海区最近的甲子港的潮汐性质系数 F 值为 6.43,佐证调查海区的潮汐类型为正规全日潮。

3.观测期间最大涨潮流速为 70.8cm/s,最大落潮流速为 74.3cm/s,分别出现在 HLL6 站 0.4H 层和 HLL4 站表层。最大涨潮和落潮平均流速分别为 33.6cm/s 和 37.4cm/s,分别出现在 HLL5 站底层和 HLL5 站表层。在垂向结构上,各站点流速从上向下比较稳定,表现为流速大小从表层到底层依次减小;在水平上,海流的方向形成了以逆时针旋转方向为主的旋转环流,HLL6 站流速最大,HLL5 站流速次之。除此之外,近岸的 HLL1 站和 HLL2 站流速较小,而远海站点流速更大。其中,在退潮时流向为南向,涨潮时流向主要为东北方向或者是北向,符合潮涨潮落影响下的潮流特征。

4.本次观测所有站位各层次潮流中,其中 K_1 分潮和 O_1 分潮占分潮优, M_2 分潮和 S_2 分潮次之;观测站各层主要表现为 K_1 分潮流占优;椭圆旋转率 k 绝对值小于 0.5,主要表现为往复流的特征。各站位的 M_4 和 MS_4 主要表现出旋转流的特征(椭圆旋转率 k 绝对值大于 0.5)。最大 K_1 分潮流出现在 HLL6 站 0.2H 层,流速为 54.5cm/s。根据各站层潮流性质,计算了各层潮流可能最大流速及水质点可能最大运移距离,根据计算,神泉港附近海域潮流可能最大流速为 81.6cm/s,出现在 XLL6 站 0.2H 层,各站层可能最大流速介于 4.2cm/s-81.6cm/s 之间,各站潮流的可能最大流速方向以西北方向和东方向为主;水质点可能最大运移距离为 22686.90m,出现在 XLL6 站表层,各站层水质点可能最大运移距离介于 1150.81m~22686.90m 之间。

5.调查海区观测期间余流流速主要介于 1.6cm/s~21.1cm/s。最大余流为潮流 HLL5 站(表层,21.1cm/s,118°),最小余流为潮流 HLL1 站(0.2H 层,1.6cm/s,49°)。HLL3、HLL4、HLL5 站点的余流方向主要为东方向,HLL2 站的余流方向为南偏东方向,HLL1 和 HLL6 以北偏西方向为主。该海域受夏季风的影响,海流主要为 NWN 方向,而海水有着沿等深线运动的特点,故靠近外海的站点

HLL3~5 站表现出以东方向为主的余流，而靠近岸边的 HLL1、HLL2 以及 HLL6 站表现出受海区的洋流以及潮汐影响下变化的余流流向。

6.温度结果：调查期间调查海区测得的水温最大值为 30.18°C ，出现在 HLL1 表层；测得水温的最小值为 23.25°C ，出现在 HLL3 站 0.6H 层和 0.8H 层；各个调查站位垂向结构，温度从上到下逐渐减小；外海的温度更低，近岸的站位温度更高，但两者的温差很小。

7.盐度结果：调查期间调查海区测得的盐度最大值为 34.48，出现在 HLL6 的 0.4H 层；测得盐度的最小值为 3.18，出现在 HLL1 站表层。统计结果表明，观测海区从表到底盐度逐渐增加，并且外海的盐度高于近岸的盐度。同时，受暴雨的影响，HLL1 和 HLL4 站的盐度变化剧烈，HLL1 站受陆地水输入的影响，其盐度最低，HLL4 站则是在降雨区。

8.悬沙浓度分析结果：观测期间（1）调查海区悬沙浓度范围为 $0.010\text{kg}/\text{m}^3 \sim 0.046\text{kg}/\text{m}^3$ ，HLL6 站底层悬沙浓度最大（ $0.046\text{kg}/\text{m}^3$ ），HLL6 站底层悬沙浓度最小（ $0.010\text{kg}/\text{m}^3$ ）；（2）在垂向上，各站表层和底层悬沙浓度较为接近。（3）空间上，远离岸边的站位悬沙浓度比近岸的小。涨潮期最大单宽输沙量为 $6.43\text{ t}/\text{m}$ ，方向 74° ，出现在 HLL5 站；落潮期最大单宽输沙量为 $6.73\text{ t}/\text{m}$ ，方向 91° ，出现在 HLL5 站；最大单宽净输沙量为 $13.01\text{ t}/\text{m}$ ，方向 83° ，出现在 HLL5 站。净输沙的主要方向为东向。

9.测区悬沙类型，粉砂是悬沙主体，其次是粘土，砂含量较少。各站大潮期间砂含量在 $0.00 \sim 7.29\%$ ，平均值为 0.95% ，粉砂含量在 $59.23 \sim 84.07\%$ 之间，平均值为 71.99% ，粘土含量在 $13.86\% \sim 40.77\%$ 之间，平均值为 27.06% ；大部分悬沙样品类型为粘土质粉砂（17/24），小部分样品为粉砂（5/24）、细粉砂（2/24），共 3 种样品。夏季航次测区悬沙中值粒径变化范围在 $5.92\mu\text{m} \sim 7.64\mu\text{m}$ 之间，平均值为 $6.99\mu\text{m}$ 。夏季航次 HLL1 测站落憩最粗（ $7.64\mu\text{m}$ ），HLL1 测站落急最细（ $5.92\mu\text{m}$ ）。涨憩、落急、落憩、涨急时中值粒径的平均值分别为 $7.26\mu\text{m}$ 、 $6.68\mu\text{m}$ 、 $7.13\mu\text{m}$ 、 $6.91\mu\text{m}$ 。测量期间测区平均粒径在 $5.63\phi \sim 7.34\phi$ 之间，平均值为 6.67ϕ 。平均粒径的空间分布为：HLL4 落急最大，为 7.34ϕ ；HLL1 落急最小，为 5.63ϕ 。悬沙分选系数变化范围为 $0.004\phi \sim 0.020\phi$ ，平均值为 0.009ϕ 。测

区悬沙偏态系数变化范围为 0.30~0.65，平均值为 0.43。测区悬沙峰态系数的变化范围为 0.92~1.52，平均值为 1.07。

4.5 海洋环境质量现状调查与评价

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应选择有代表性的季节和月份开展，评价时段见下表 4.5-1。

表 4.5-1 海洋生态环境影响评价时段

海域	评价等级		
	1 级	2 级	3 级
河口	丰水期、枯水期	枯水期	任何一季
海湾、沿岸海域	春季和秋季	春季或秋季	
除沿岸海域外的近岸海域	春季或秋季	任何一季	
其他海域	任何一季		
注：温（冷）排水建设项目的的评价时段宜选择夏季和冬季。			

根据上文 2.4.1 章节海洋环境影响评价等级判定，本项目海洋环境影响评价等级为 2 级，项目离岸最近距离约 1.5 公里，距海岸线 10 公里以内，属于 HJ1409-2025 中定义的沿海海域，可选择春季或秋季进行海洋生态环境影响评价。

本报告引用广东智环创新环境科技有限公司于 2023 年 11 月（秋季）在揭阳惠来县前詹、神泉海域开展的海水水质、海洋沉积物质量现状调查资料、中国科学院南海海洋研究所于 2023 年 11 月（秋季）在揭阳惠来县前詹、神泉海域开展的海洋生物质量、海洋生态、渔业资源现状调查资料进行评价，符合《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）中对海洋生态环境影响评价时段的要求。

4.5.1 海水水质质量现状调查与评价

4.5.1.1 调查概况

一、调查站位

本报告海水水质现状调查资料引用广东智环创新环境科技有限公司于 2023 年 11 月 13 日~2023 年 11 月 15 日在惠来县前詹、神泉海域开展的海水水质现状调查结果。

该次调查共设水质调查站位 35 个，本次水质评价选取 Z1、Z2、Z3、Z4、Z7、Z8、Z9、Z10、Z11、Z12、Z16、Z18，共 12 个站位的水质现状调查结果，对项目附近海域水质环境现状进行评价。

根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）中 6.2.2 海水水质现状调查要求：调查断面一般与主潮流方向或海岸垂直。调查站位数量须满足下表要求。

表 4.5.1-1 海水水质现状调查站位数量

评价等级	现状调查站位数量（个）		
	河口、海湾和沿海海域	除沿岸海域的近岸海域	其他海域
1	≥16	≥12	≥8
2	≥10	≥8	≥4
3	≥2		

注：跨越不同海域类型的建设项目，调查站位按数量最多的海域要求进行设置。

本报告选取评价范围内的 12 个站位的水质现状调查结果进行评价，符合《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）中沿岸海域 2 级评价的水质现状调查站位数量≥10 个的要求。

调查站位具体信息见表 4.5.1-2 及图 4.5.1-1。

表 4.5.1-2 调查站位坐标及监测项目

序号	站位	经度	纬度	调查项目
1	■	■	■	水质、沉积物
2	■	■	■	水质、沉积物
3	■	■	■	水质、沉积物
4	■	■	■	水质、沉积物
5	■	■	■	水质
6	■	■	■	水质
7	■	■	■	水质、沉积物
8	■	■	■	水质
9	■	■	■	水质、沉积物
10	■	■	■	水质、沉积物
11	■	■	■	水质、沉积物
12	■	■	■	水质

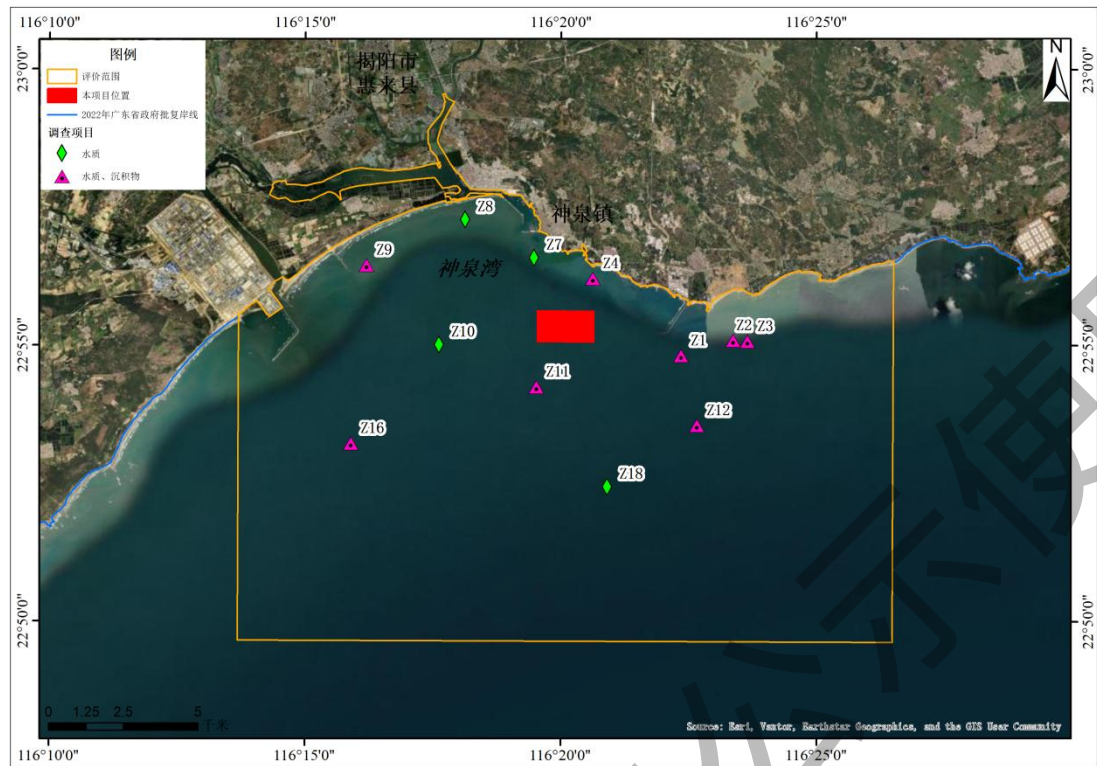


图 4.5.1-1 水质、沉积物调查站位分布示意图

二、监测项目

海水水质调查内容：水深、pH、盐度、水温（℃）、悬浮物、COD、溶解氧、BOD₅、无机氮（硝酸盐氮、亚硝酸盐氮和氨氮）、活性磷酸盐、汞、镉、铅、六价铬、总铬、砷、铜、锌、镍、氰化物、硫化物、氟化物、挥发性酚、石油类、阴离子表面活性剂，共 27 项。

4.5.1.2 采样与分析方法

1.采样方法

现场调查按照《海洋监测规范 第 3 部分：样品采集、贮存与运输》GB 17378.3-2007、《近岸海域环境监测技术规范第三部分近岸海域水质监测》HJ 422.3-2020 的要求进行。

2.分析方法

海水调查各项的分析方法如下表所示。

表 4.5.1-3 海水调查项目及分析方法

序号	检测项目	依据的标准（方法）名称及编号	仪器设备	检出限
1	pH 值	《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》GB17378.4-2007 pH 计法 26	便携式 PH 计 PHB-5	——
2	盐度	《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》GB17378.4-2007 盐度计法 29.1	笔式盐度计 AS-ST10	——
3	溶解氧	《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》GB17378.4-2007 碘量法 31	滴定管	0.10mg/L
4	悬浮物	《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》GB17378.4-2007 重量法 27	电子天平 AUW120D	0.1mg/L
5	生化需氧量	《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》GB17378.4-2007 五日培养法 33.1	滴定管	0.10mg/L
6	油类	《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》GB17378.4-2007 紫外分光光度法 13.2	紫外可见分光光度计 UV3660	0.0035mg/L
7	挥发酚	《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》GB17378.4-2007 4-氨基安替比林分光光度法 19	紫外可见分光光度计 UV3660	0.0011mg/L
8	化学需氧量	《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》GB17378.4-2007 碱性高锰酸钾法 32	滴定管	0.15mg/L
9	硫化物	《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》GB17378.4-2007 亚甲基蓝分光光度法 18.1	紫外可见分光光度计 UV3660	0.0002mg/L
10	氰化物	《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》GB17378.4-2007 异烟酸-吡啶酮分光光度法 20.1	紫外可见分光光度计 UV3660	0.0005mg/L
11	阴离子洗涤剂	《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》GB17378.4-2007 亚甲基蓝分光光度法 23	紫外可见分光光度计 UV3660	0.010mg/L
12	无机氮	《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》GB17378.4-2007 靛酚蓝分光光度法 36.1	紫外可见分光光度计 UV3660	0.005mg/L
13		《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》GB17378.4-2007 镉柱还原法 38.1	紫外可见分光光度计 UV3660	0.003mg/L
14		《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》GB17378.4-2007 萘乙二胺分光光度法 37	紫外可见分光光度计 UV3660	0.001mg/L
15	活性磷酸盐	《海洋调查规范第 4 部分：海水化学要素调查》GB/T12763.4-2007 抗坏血酸还原磷钼蓝法 9	紫外可见分光光度计 UV3660	0.0001mg/L
16	总铬	《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》GB17378.4-2007 无火焰原子吸收分光光度法 10.1	原子吸收光谱仪 iCE3500	0.0004mg/L

序号	检测项目	依据的标准（方法）名称及编号	仪器设备	检出限
17	汞	《海洋监测规范第4部分：海水分析》GB17378.4-2007 原子荧光法 5.1	原子荧光光度计 AFS-8520	0.000007mg/L
18	砷	《海洋监测规范第4部分：海水分析》GB17378.4-2007 原子荧光法 11.1	原子荧光光度计 AFS-8520	0.0005mg/L
19	铜	《海洋监测规范第4部分：海水分析》GB17378.4-2007 无火焰原子吸收分光光度法（连续测定铜、铅和镉）6.1	原子吸收分光光度计 ICE3500	0.0002mg/L
20	铅	《海洋监测规范第4部分：海水分析》GB17378.4-2007 无火焰原子吸收分光光度法 7.1	原子吸收分光光度计 ICE3500	0.00003mg/L
21	锌	《海洋监测规范第4部分：海水分析》GB17378.4-2007 火焰原子吸收分光光度法 9.1	原子吸收分光光度计 TAS-990AFG	0.0031mg/L
22	镉	《海洋监测规范第4部分：海水分析》GB17378.4-2007 无火焰原子吸收分光光度法 8.1	原子吸收分光光度计 ICE3500	0.00001mg/L
23	镍	《海洋监测规范第4部分海水分析》GB17378.4-2007 无火焰原子吸收分光光度法 42	原子吸收分光光度计 ICE3500	0.0005mg/L
24	水温	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》GB 17378.4-2007 表层水温表法 25.1	水温计	——
25	氟化物	《水质 氟化物的测定 离子选择电极法》GB/T 7484-1987	离子计 PXSJ-216F	0.05mg/L
26	六价铬	《水质 六价铬的测定 二苯碳酰二肼分光光度法》GB/T 7467-1987	紫外可见分光光度计 UV3660	0.004mg/L

4.5.1.3 评价方法与评价标准

1.评价方法

根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025），海水水质现状评价采用单一站位的单因子标准指数法，分层采样的点位采用多层数据的平均值进行评价。

采用单因子标准指数（ P_i ）法，评价模式如下：

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

式中： $S_{i,j}$ ——评价因子 i 的水质指数，大于 1 表明该水质因子超标；

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

C_{si}——评价因子 i 的水质评价标准限值，mg/L。

溶解氧（DO）的标准指数计算公式：

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

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

式中：S_{DO,f}——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值，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，量纲一；

T——水温，℃。

pH 的指数计算公式：

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

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

式中：S_{pH,j}——pH 值的指数，大于 1 表明该水质因子超标；

pH_j——pH 值实测统计代表值；

pH_{sd}——评价标准中 pH 值的下限值；

pH_{su}——评价标准中 pH 值的上限值。

2.评价标准

按照《广东省近岸海域环境功能区划》（粤府办〔1999〕68 号）和《关于调整揭阳市近岸海域环境功能区划的复函》（粤办函〔2010〕473 号），Z1、Z2、Z3、Z10、Z11、Z16 站位执行《海水水质标准》（GB3097-1997）的第一类标准，Z4 站位执行《海水水质标准》（GB3097-1997）的第二类标准，Z7、Z8、Z9 站位执行《海水水质标准》（GB3097-1997）的第三类标准。除此外，Z12、Z18

站位所在海域未划定近岸海域环境功能区划。各监测站位执行的水质标准见表 4.5.1-4。

表 4.5.1-4 调查站位在广东省近岸海域环境功能区执行的标准要求一览表

监测站位	功能区名称	水质目标
Z1、Z2、Z3、Z10、Z11、Z16	306A 浅海渔业区	执行海水水质第一类标准
Z7、Z8、Z9	304 神泉港区	执行海水水质第三类标准
Z4	303 澳角浴场区	执行海水水质第二类标准
Z12、Z18	无划分	维持现状

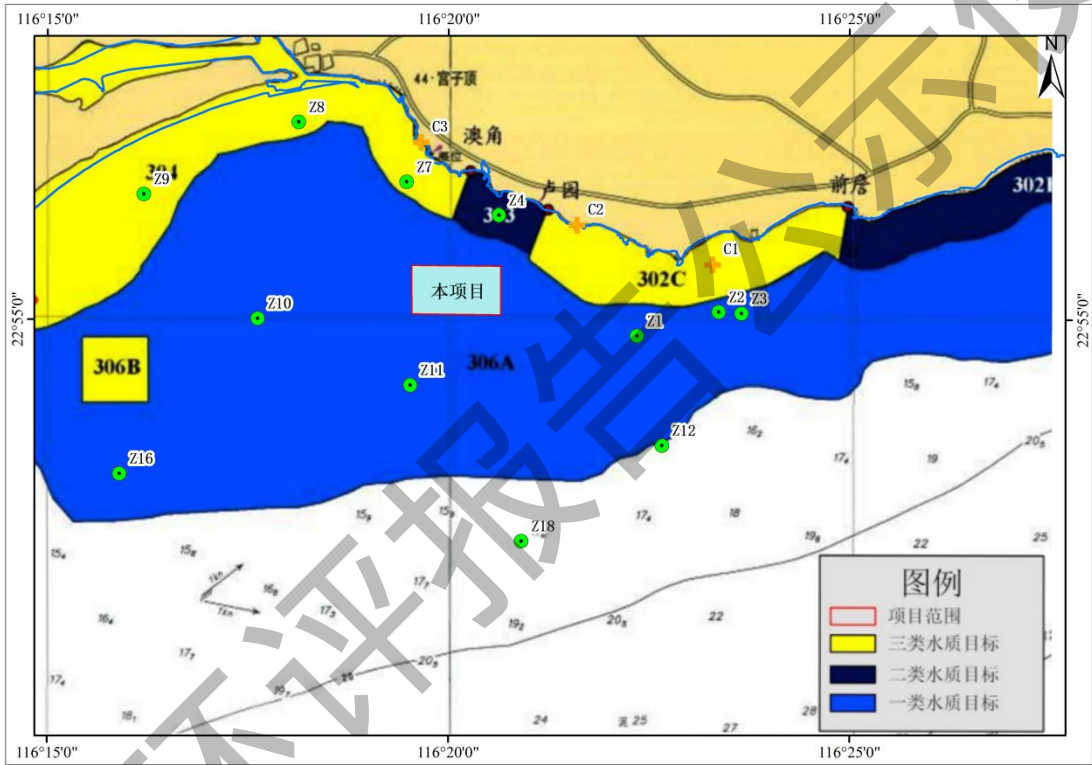


图 4.5.1-2 调查站位在广东省近岸海域环境功能区叠加示意图

根据《海水水质标准》（GB 3097-1997），海水评价标准如下表所示。

表 4.5.1-5 海水水质标准（单位：除 pH 为无量纲外，其他为 mg/L）

序号	项目	第一类	第二类	第三类	第四类
1	漂浮物质	海面不得出现膜、浮沫和其他漂浮物质			海面无明显油膜、浮沫和其他漂浮物质
2	色、臭、味	海水不得有异色、异臭、异味			海水不得有令人厌恶和感到不快的色、臭、味。
3	悬浮物质	人为增加的量≤10		人为增加的量≤100	人为增加的≤150

序号	项目	第一类	第二类	第三类	第四类
4	大肠菌群≤（个 / L）	10000			—
		供人生食的贝类增养殖水质≤700			
5	粪大肠菌群≤（个 / L）	2000			—
		供人生食的贝类增养殖水质≤140			
6	病原体	供人生食的贝类养殖水质不得含有病原体			
7	水温（℃）	人为造成的海水温升夏季不超过当时当地 1℃，其他季节不超过 2℃		人为造成的海水温升不超过当时当地 4℃	
8	pH	7.8~8.5		6.8~8.8	
		同时不超出该海域正常变动范围的 0.2 pH 单位		同时不超出该海域正常变动范围的 0.5 pH 单位	
9	溶解氧>	6	5	4	3
10	化学需氧量≤（COD）	2	3	4	5
11	生化需氧量≤（BOD5）	1	3	4	5
12	无机氮≤（以 N 计）	0.2	0.3	0.4	0.5
13	非离子氨≤（以 N 计）	0.02			
14	活性磷酸盐≤（以 P 计）	0.015	0.03		0.045
15	汞≤	0.00005	0.0002		0.0005
16	镉≤	0.001	0.005	0.01	
17	铅≤	0.001	0.005	0.01	0.05
18	六价铬≤	0.005	0.01	0.02	0.05
19	总铬≤	0.05	0.1	0.2	0.5
20	砷≤	0.02	0.03	0.05	
21	铜≤	0.005	0.01	0.05	
22	锌≤	0.02	0.05	0.1	0.5
23	硒≤	0.01	0.02		0.05
24	镍≤	0.005	0.01	0.02	0.05
25	氰化物≤	0.005		0.1	0.2
26	硫化物≤（以 S 计）	0.02	0.05	0.1	0.25
27	挥发性酚≤	0.005		0.01	0.05
28	石油类≤	0.05		0.3	0.5

4.5.1.4 调查结果与评价

水质监测结果见表 4.5.1-6，评价结果见表 4.5.1-7。

Z1、Z2、Z3、Z10、Z11、Z16 位于近岸海域功能区中的浅海渔业区，执行海水水质第一类标准；Z12、Z18 所在海域无划分近岸海域功能区划，按照维持现状要求，从海水水质第一类标准起进行评价。Z1、Z2、Z3、Z10、Z11、Z12、Z16、Z18 站位调查结果中，除 Z1、Z2、Z3 站位的活性磷酸盐、无机氮外，其余站位的其他调查因子均符合海水水质第一类标准要求。Z1、Z2、Z3 站位的活性磷酸盐、无机氮的调查结果超出海水水质第一类标准要求，均满足海水水质第二类标准限值要求。活性磷酸盐、无机氮的超标率均为 25%。

Z4 站位位于近岸海域功能区中的澳角浴场区，执行海水水质第二类标准，Z4 站位调查结果中所有评价因子均符合海水水质第二类标准限值要求。

Z7、Z8、Z9 站位位于近岸海域功能区中的神泉港区，执行海水水质第三类标准，Z7、Z8、Z9 站位调查结果中所有评价因子均符合海水水质第三类标准限值要求。

出现活性磷酸盐、无机氮超标的 Z1、Z2、Z3 站位均位于前詹西部交通运输用海区，船舶往来频繁，加上所在神泉湾海域海水养殖活动较多，同时伴随有径流输入，活性磷酸盐、无机氮的超标现象与船舶通行、海水养殖活动、陆域污染输入相关。本项目海洋牧场选址位于渔业用海区，根据项目养殖范围附近的现状调查站位及国控点监测数据，均可符合渔业水质要求，上述 Z1、Z2、Z3 站位的超标现象对本项目海洋牧场的选址及养殖品种的影响有限。

根据《渔业水质标准》（GB11607-89）进行现状水质评价（表 3.2.4-8），评价海域水质调查中除 Z4、Z7、Z8、Z9 的非离子氨外，其余站位的其余调查因子均符合《渔业水质标准》（GB11607-89）中的水质标准限值要求。根据站位分布图可知，Z4、Z7、Z8、Z9 均位于近岸海域，非离子氨的超标现象推测跟近岸工业、农业、生活污水等陆源污染排放及近海养殖活动有关。

总体上看，出现水质因子超标现象的站位与项目养殖区有一定距离，对本项目深水网箱养殖的影响较小。

表 4.5.1-6a 海洋环境水质调查结果 (I)

采样点位	检测结果 (mg/L)																
	水温 (°C)	pH 值 (无量纲)	盐度 (‰)	溶解 氧	悬浮 物	生化需 氧量	化学需 氧量	油类	挥发 酚	硫化物	氰化 物	阴离子 洗涤剂	活性磷 酸盐	氨	硝酸 盐	亚硝 酸盐	无机氮
Z1 表层	22.7	8.25	29.4	6.23	12.2	0.3	0.46	0.0187	ND	0.0014	ND	ND	0.0201	0.022	0.178	0.019	0.219
Z1 底层	22.3	8.25	29.4	6.2	13.6	0.35	0.5	0.0206	ND	0.0014	ND	ND	0.0186	0.023	0.181	0.019	0.223
Z2 表层	22.8	8.25	29.7	6.13	14.3	0.39	0.58	0.0381	ND	0.0010	ND	ND	0.0213	0.024	0.186	0.024	0.234
Z2 底层	22.4	8.25	29.7	6.20	14.4	0.34	0.56	0.0312	ND	0.0011	ND	ND	0.0191	0.018	0.182	0.018	0.218
Z3 表层	23	8.26	30.1	6.18	14.5	0.33	0.44	0.0278	ND	0.0014	ND	ND	0.0233	0.03	0.19	0.02	0.24
Z3 底层	22.5	8.26	30.1	6.23	12.5	0.29	0.42	0.0355	ND	0.0012	ND	ND	0.0227	0.019	0.195	0.02	0.234
Z4	22.9	8.24	28.6	6.35	15.4	0.42	0.68	0.0352	ND	0.0013	ND	0.014	0.0282	0.026	0.219	0.018	0.264
Z7	22.7	8.26	29.5	6.37	12.2	0.39	0.75	0.032	ND	0.0013	ND	0.02	0.0287	0.017	0.23	0.012	0.259
Z8	22.4	8.31	27.7	6.16	13.1	0.51	0.79	0.0327	ND	0.0018	ND	0.02	0.03	0.038	0.264	0.018	0.32
Z9	21.8	8.26	27.9	6.05	14.7	0.56	0.95	0.0371	ND	0.0012	ND	ND	0.0292	0.038	0.256	0.016	0.312
Z10 表层	22.9	8.29	29.9	6.79	13.8	0.35	0.62	0.0378	ND	0.0011	ND	ND	0.0145	0.025	0.139	0.011	0.175
Z10 底层	22.6	8.29	29.9	6.65	15.4	0.4	0.58	0.0283	ND	0.0014	ND	ND	0.0137	0.039	0.137	0.008	0.184
Z11 表层	21.4	8.32	30.2	6.84	18.3	0.32	0.59	0.0171	ND	0.002	ND	ND	0.0122	0.017	0.14	0.012	0.169
Z11 底层	21.1	8.32	30.2	6.79	17.2	0.35	0.55	0.0221	ND	0.0017	ND	ND	0.0118	0.023	0.152	0.013	0.188
Z12 表层	21.9	8.32	30.1	6.33	14.4	0.29	0.5	0.0159	ND	0.0012	ND	ND	0.0113	0.022	0.137	0.018	0.177
Z12 底层	21.5	8.32	30.1	6.41	15.7	0.33	0.49	0.0237	ND	0.0012	ND	ND	0.0107	0.032	0.125	0.02	0.177
Z16 表层	23.1	8.30	29.3	7.06	13.6	0.42	0.61	0.0234	ND	0.0012	ND	ND	0.0124	0.015	0.075	0.025	0.115
Z16 底层	22.7	8.30	29.3	7.02	13.2	0.47	0.58	0.0268	ND	0.0012	ND	ND	0.0123	0.018	0.079	0.018	0.115
Z18 表层	21.1	8.31	27.9	6.87	15.4	0.3	0.5	0.0283	ND	0.0012	ND	ND	0.0102	0.023	0.063	0.034	0.12
Z18 底层	20.8	8.31	27.9	6.85	12.2	0.26	0.46	0.0268	ND	0.0014	ND	ND	0.0109	0.016	0.068	0.038	0.122

备注：1. “ND”表示未检出或低于方法检出限，方法检出限见表 4.5.1-2。

表 4.5.1-6b 海洋环境水质调查结果 (II)

采样点位	检测结果 (mg/L)									
	总铬	汞	砷	铜	铅	锌	镉	镍	氟化物	六价铬
Z1 表层	0.0009	0.000012	0.0008	0.0012	0.00024	0.0039	0.00002	0.0008	0.9	ND
Z1 底层	0.0011	0.000017	0.0008	0.0021	0.00038	0.0046	0.00002	0.0008	0.89	ND
Z2 表层	0.0005	0.000011	0.0007	0.0015	0.00031	0.0052	0.00002	0.0006	0.90	ND
Z2 底层	0.0006	0.000012	0.0007	0.0014	0.00030	0.0045	0.00003	0.0008	0.90	ND
Z3 表层	0.0009	0.000012	0.0008	0.0023	0.00047	0.0073	0.00004	0.0008	0.92	ND
Z3 底层	0.0006	0.000011	0.0009	0.0021	0.00032	0.006	0.00003	0.0009	0.93	ND
Z4	0.0007	0.000013	0.0008	0.0014	0.00037	0.0039	0.00003	0.0007	0.9	ND
Z7	0.0008	0.000011	0.0009	0.0014	0.00081	0.0153	0.00003	0.0005	0.92	ND
Z8	0.0016	0.000022	0.0012	0.0021	0.00074	0.0063	0.0004	0.0006	0.78	ND
Z9	0.0016	0.000020	0.0008	0.0022	0.00036	0.0044	0.00026	0.0008	0.85	ND
Z10 表层	0.0005	0.000019	0.0007	0.0016	0.00024	0.0038	0.00005	0.0009	0.9	ND
Z10 底层	0.0008	0.000021	0.0008	0.0019	0.00021	0.0031	0.00002	0.001	0.9	ND
Z11 表层	0.0008	0.000012	0.0008	0.0019	0.00057	0.0043	0.00006	0.0008	0.92	ND
Z11 底层	0.001	0.000022	0.0009	0.0014	0.00043	0.0037	0.00004	0.0007	0.91	ND
Z12 表层	0.001	0.00002	0.0008	0.0017	0.00037	0.0111	0.00001	0.0009	0.91	ND
Z12 底层	0.0005	0.000023	0.0008	0.0016	0.00027	0.0097	0.00001	0.001	0.89	ND
Z16 表层	0.0010	0.000025	0.0007	0.0017	0.00022	0.0137	0.00007	0.0007	0.87	ND
Z16 底层	0.0007	0.000020	0.0008	0.0020	0.00031	0.0108	0.00004	0.0010	0.93	ND
Z18 表层	0.0007	0.000039	0.0008	0.0013	0.00027	0.0046	0.00003	0.0008	0.92	ND
Z18 底层	0.0008	0.000024	0.0007	0.0015	0.00044	0.0041	0.00004	0.0009	0.91	ND

备注：1. “ND”表示未检出或低于方法检出限，方法检出限见表 4.5.1-2。

表 4.5.1-7a 监测海域水质评价指数表（执行第一类水质标准）

采样点位	评价标准	pH 值(无量纲)	溶解氧	生化需氧量	化学需氧量	油类	硫化物	活性磷酸盐	无机氮	总铬	汞	砷	铜	铅	锌	镉	镍
Z1	一类标准	0.833	0.966	0.325	0.240	0.393	0.070	1.290	1.105	0.020	0.290	0.040	0.330	0.310	0.213	0.020	0.160
	二类标准	0.833	0.805	0.109	0.160	0.393	0.028	0.645	0.737	0.010	0.073	0.027	0.165	0.062	0.085	0.004	0.080
Z2	一类标准	0.833	0.974	0.365	0.285	0.693	0.053	1.347	1.130	0.011	0.230	0.035	0.290	0.305	0.243	0.025	0.140
	二类标准	0.833	0.811	0.122	0.190	0.693	0.021	0.674	0.754	0.006	0.058	0.023	0.145	0.061	0.097	0.005	0.070
Z3	一类标准	0.840	0.967	0.310	0.215	0.633	0.065	1.533	1.185	0.015	0.230	0.043	0.440	0.395	0.333	0.035	0.170
	二类标准	0.840	0.806	0.104	0.144	0.633	0.026	0.767	0.790	0.008	0.058	0.029	0.220	0.079	0.133	0.007	0.085
Z10	一类标准	0.860	0.893	0.375	0.300	0.661	0.063	0.940	0.898	0.013	0.400	0.038	0.350	0.225	0.173	0.035	0.190
Z11	一类标准	0.880	0.881	0.335	0.285	0.392	0.093	0.800	0.893	0.018	0.340	0.043	0.330	0.500	0.200	0.050	0.150
Z12	一类标准	0.880	0.942	0.310	0.248	0.396	0.060	0.733	0.885	0.015	0.430	0.040	0.330	0.320	0.520	0.010	0.190
Z16	一类标准	0.976	0.853	0.445	0.298	0.502	0.060	0.824	0.575	0.017	0.450	0.038	0.370	0.265	0.613	0.055	0.170
Z18	一类标准	0.873	0.875	0.280	0.240	0.551	0.065	0.704	0.605	0.015	0.630	0.038	0.280	0.355	0.218	0.035	0.170

表 4.5.1-7b 监测海域水质评价指数表（执行第二类水质标准）

采样点位	评价标准	pH 值(无量纲)	溶解氧	生化需氧量	化学需氧量	油类	硫化物	活性磷酸盐	无机氮	总铬	汞	砷	铜	铅	锌	镉	镍
Z4	二类标准	0.827	0.787	0.140	0.227	0.704	0.026	0.940	0.880	0.007	0.065	0.027	0.140	0.074	0.078	0.006	0.070

表 4.5.1-7c 监测海域水质评价指数表（执行第三类水质标准）

采样 点位	评价 标准	pH 值 (无量 纲)	溶解氧	生化需 氧量	化学需 氧量	油类	硫化物	活性磷 酸盐	无机氮	总铬	汞	砷	铜	铅	锌	镉	镍
Z7	三类 标准	0.700	0.628	0.098	0.188	0.107	0.013	0.957	0.648	0.004	0.022	0.018	0.028	0.081	0.153	0.003	0.025
Z8	三类 标准	0.728	0.649	0.128	0.198	0.109	0.018	1.000	0.800	0.008	0.044	0.024	0.042	0.074	0.063	0.040	0.030
Z9	三类 标准	0.939	0.661	0.140	0.238	0.124	0.012	0.973	0.780	0.008	0.100	0.016	0.044	0.036	0.044	0.026	0.040

注：1. “■”表示超出该类标准限值；

表 4.5.1-8 监测海域水质调查结果与《渔业水质标准（GB11607-89）》评价指数表

站位	pH	溶解氧	非离子氨	生化需氧量	石油类	铜	铅	镉	铬	锌	砷	总汞	挥发酚	硫化物
Z1	0.97	0.805	0.885	0.065	0.39	0.165	0.01	0	0.01	0.045	0.02	0.025	--	0.01
Z2	0.97	0.815	0.905	0.075	0.69	0.145	0.01	0.005	0.01	0.05	0.01	0.02	--	0.01
Z3	0.97	0.805	0.95	0.065	0.635	0.22	0.01	0.01	0.01	0.065	0.02	0.02	--	0.01
Z4	0.97	0.79	1.05	0.08	0.70	0.14	0.01	0.01	0.01	0.04	0.02	0.03	--	0.01
Z7	0.97	0.78	1.04	0.08	0.64	0.14	0.02	0.01	0.01	0.15	0.02	0.02	--	0.01
Z8	0.98	0.81	1.28	0.10	0.65	0.21	0.02	0.08	0.02	0.06	0.02	0.04	--	0.01
Z9	0.97	0.83	1.24	0.11	0.74	0.22	0.01	0.05	0.02	0.04	0.02	0.04	--	0.01
Z10	0.98	0.745	0.72	0.075	0.665	0.175	0.005	0.005	0.01	0.035	0.015	0.04	--	0.01
Z11	0.98	0.735	0.715	0.065	0.39	0.165	0.01	0.01	0.01	0.04	0.02	0.03	--	0.01
Z12	0.98	0.785	0.71	0.065	0.395	0.165	0.01	0	0.01	0.105	0.02	0.045	--	0.01
Z16	0.98	0.71	0.46	0.085	0.505	0.185	0.005	0.01	0.01	0.125	0.015	0.045	--	0.01
Z18	0.98	0.73	0.485	0.055	0.555	0.14	0.01	0.01	0.01	0.045	0.015	0.065	--	0.01

注：“--”表示未检出或低于方法检出限，方法检出限见表 4.5.1-3。

4.5.2 海洋沉积物环境质量概况

4.5.2.1 调查概况

一、调查站位

本报告海洋沉积物质量现状调查资料引用广东智环创新环境科技有限公司于2023年11月13日~2023年11月15日在惠来县前詹、神泉海域开展的海洋沉积物现状调查结果。

海洋沉积物选取Z1、Z2、Z3、Z4、Z9、Z11、Z12、Z16，共8个站位的海洋沉积物调查结果，对项目附近海域的海洋沉积物现状进行评价。

根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）6.3 海洋沉积物现状调查站位布设要求：2级评价项目应开展海洋沉积物现状调查，调查站位宜与海水水质站位相同，数量不少于水质站位的50%。沿岸海域2级评价的水质现状调查站位数量 ≥ 10 个，即海洋沉积物数量不少于5个。

本报告对评价范围内8个站位的海洋沉积物调查结果进行评价，符合《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）中对海洋沉积物现状调查站位的要求。

站位信息表见上文表4.5.1-1、站位分布图见上文图4.5.1-1。

二、调查内容

海洋沉积物调查内容：含水率（风干样含水率、湿样含水率）、pH、粒度、汞、镉、铅、锌、铜、铬、砷、石油类、有机碳、硫化物，共13项。

4.5.2.2 采样与分析方法

1. 采样方法

现场调查按照《海洋监测规范 第3部分：样品采集、贮存与运输》GB 17378.3-2007的要求进行。

2. 分析方法

各项监测因子的采集与分析均按照《海洋监测规范》进行。

表 4.5.2-1 检测方法及其仪器

检测项目	依据的标准（方法）名称及编号	仪器设备	检出限
水分（含水率）	《海洋监测规范 第 5 部分：沉积物分析》 GB 17378.5-2007 重量法 19	电子天平 ATY124 JJ224BF	0.1%
粒度	《海洋调查规范 第 8 部分 海洋地质地球物理调查》GB/T 12763.8-2007 沉积物粒度分析 6.3	电子天平 JJ224BF	——
油类	《海洋监测规范 第 5 部分：沉积物分析》 GB 17378.5-2007 紫外分光光度法 13.2	紫外可见分光光度计 UV3660	3.0mg/kg
硫化物	《海洋监测规范 第 5 部分：沉积物分析》 GB 17378.5-2007 亚甲基蓝分光光度法 17.1	紫外可见分光光度计 UV3660	0.3mg/kg
有机碳	《海洋监测规范 第 5 部分：沉积物分析》 GB 17378.5-2007 重铬酸钾氧化-还原容量法 18.1	滴定管	0.1%
砷	《海洋监测规范 第 5 部分：沉积物分析》 GB 17378.5-2007 原子荧光法 11.1	原子荧光光度计 AFS-8520	0.06mg/kg
总汞	《海洋监测规范 第 5 部分：沉积物分析》 GB 17378.5-2007 总汞 原子荧光法 5.1	原子荧光光度计 AFS-8520	0.002mg/kg
铜	《海洋监测规范 第 5 部分：沉积物分析》 GB 17378.5-2007 火焰原子吸收分光光度法 6.2	原子吸收分光光度计 TAS-990AFG	2.0mg/kg
锌	《海洋监测规范 第 5 部分：沉积物分析》 GB 17378.5-2007 火焰原子吸收分光光度法 9	原子吸收分光光度计 TAS-990AFG	6.0mg/kg
铬	《海洋监测规范 第 5 部分：沉积物分析》 GB 17378.5-2007 无火焰原子吸收分光光度法 10.1	原子吸收分光光度计 ICE3500	2.0mg/kg
铅	《海洋监测规范 第 5 部分：沉积物分析》 GB 17378.5-2007 无火焰原子吸收分光光度法 7.1	原子吸收分光光度计 ICE3500	1.0mg/kg
镉	《海洋监测规范 第 5 部分：沉积物分析》 GB 17378.5-2007 无火焰原子吸收分光光度法 8.1	原子吸收分光光度计 ICE3500	0.04mg/kg
pH 值	《土壤 pH 值的测定 电位法》 HJ 962-2018	PH 计 PHS-3C	——

4.5.2.3 评价方法与评价标准

一、评价方法

采用单项参数标准指数法计算沉积物的质量指数，即应用公式：

$$P_i = C_i / C_{si}$$

式中： P_i 为第 i 种评价因子的质量指数；

C_i 为第 i 种评价因子的实测值；

Csi 为第 i 种评价因子的标准值。

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

二、评价标准

根据《海洋沉积物质量标准》（GB18668-2002）中“3.1 海洋沉积物质量分类”，按照海域的不同使用功能和环境保护目标，海洋沉积物质量分为三类：

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

第二类 适用于一般工业用水区，滨海风景旅游区。

第三类 适用于海洋港口水域，特殊用途的海洋开发作业区。

根据各站位调查站位与《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》海洋空间规划分区叠图（见图 4.5.2-1），结合《海洋沉积物质量标准》（GB18668-2002）中的分类要求，综合判明各调查站位的海洋沉积物环境质量执行标准见下表 4.5.2-2。

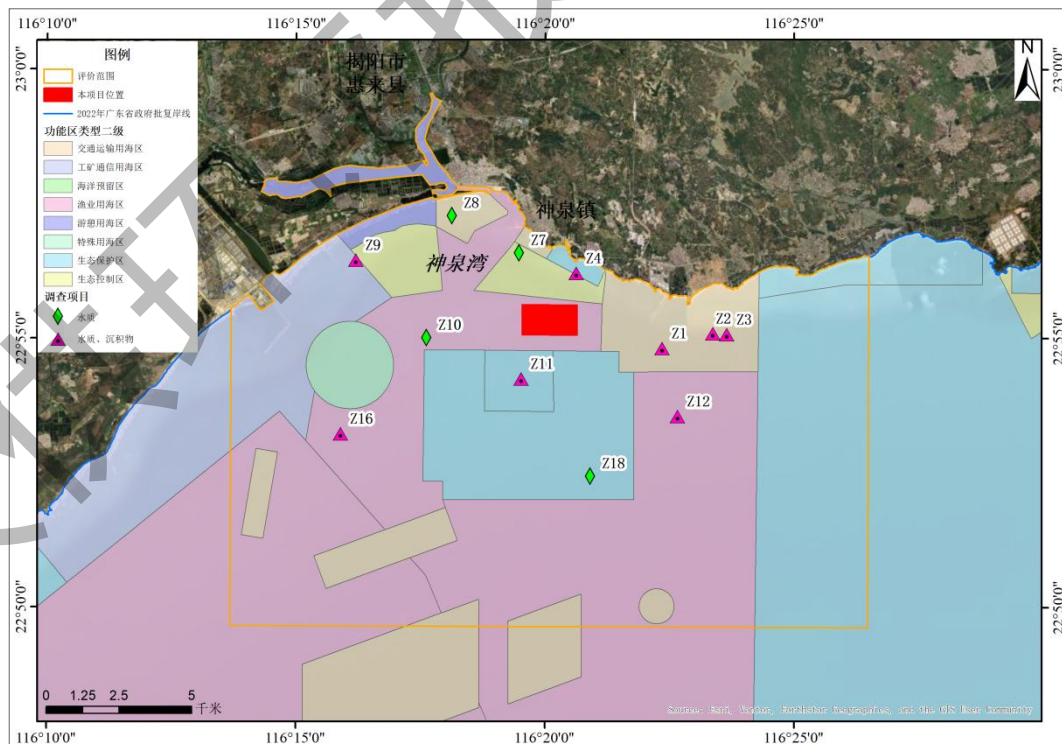


图 4.5.2-1 各站位调查站位与海洋空间规划分区叠图

表 4.5.2-2 沉积物调查站位及执行标准情况

站位	所在海洋空间规划	执行标准
Z1	前詹西部交通运输用海区	第三类
Z2	前詹西部交通运输用海区	第三类
Z3	前詹西部交通运输用海区	第三类
Z4	神泉镇东南部生态控制区	第一类
Z9	汕尾-揭阳大南海工矿通信用海区	第三类
Z11	神泉珍稀濒危物种分布区生态保护区	第一类
Z12	惠来近海渔业用海区	第一类
Z16	神泉南部渔业用海区	第一类

采用《海洋沉积物质量标准》（GB18668-2002）进行评定，评价标准见表 4.5.2-3。

表 4.5.2-3 海洋沉积物质量[《海洋沉积物质量标准》（GB18668-2002）]

序号	项目	第一类	第二类	第三类
1	废弃物及其他	海底无工业、生活废弃物，无大型植物碎屑和动物尸体等		海都无明显工业、生活废弃物，无明显大型植物碎屑和动物尸体等
2	色、臭、结构	沉积物无异色、异臭，自然结构		/
3	大肠菌群/（个/g 湿重） ≤	2001）		/
4	粪大肠菌群/（个/g 湿重）≤	402）		/
5	病原体	供人生食的贝类增殖养殖底质不得含有病原体		/
6	汞（ $\times 10^{-6}$ ）≤	0.20	0.50	1.00
7	镉（ $\times 10^{-6}$ ）≤	0.50	1.50	5.00
8	铅（ $\times 10^{-6}$ ）≤	60.0	130.0	250.0
9	锌（ $\times 10^{-6}$ ）≤	150.0	350.0	600.0
10	铜（ $\times 10^{-6}$ ）≤	35.0	100.0	200.0
11	铬（ $\times 10^{-6}$ ）≤	80.0	150.0	270.0
12	砷（ $\times 10^{-6}$ ）≤	20.0	65.0	93.0
13	有机碳（ $\times 10^{-2}$ ）≤	2.0	3.0	4.0
14	硫化物（ $\times 10^{-6}$ ）≤	300.0	500.0	600.0
15	石油类（ $\times 10^{-6}$ ）≤	500.0	1000.0	1500.0
16	六六六（ $\times 10^{-6}$ ）≤	0.50	1.00	1.50
17	滴滴涕（ $\times 10^{-6}$ ）≤	0.02	0.05	0.10
18	多氯联苯（ $\times 10^{-6}$ ）≤	0.02	0.20	0.60
1）除大肠菌群、粪大肠菌群、病原体外，其余数值测定项目（序号 6~18）均以干重计。				
2）对供人生食的贝类增殖养殖底质，大肠菌群（个/g 湿重）要求≤14。				
3）对供人生食的贝类增殖养殖底质，粪大肠菌群（个/g 湿重）要求≤3。				

4.5.2.4 调查结果与评价

本项目引用的海洋沉积物监测结果见表 4.5.2-4~表 4.5.2-5，各站位主要污染因子标准指数评价结果见表 4.5.2-6。

海洋沉积物评价共选取 8 个站位，其中 Z1、Z2、Z3、Z4、Z9、Z11、Z16 站位各项调查因子均能满足所在海洋空间规划分区的沉积物质量标准要求。

Z12 站位调查结果中，除油类、硫化物外，其余调查因子均能满足海洋沉积物第一类标准。Z12 站位的油类超出海洋沉积物第一类标准，超标倍数为 1.21，符合海洋沉积物第三类标准限值要求。Z12 站位的硫化物调查结果超出海洋沉积物第一类标准，超标倍数为 0.817，符合海洋沉积物第三类标准限值要求。

海洋沉积物出现超标现象的 Z12 站位位于揭阳港惠来沿海港区前詹作业区码头及航道附近，石油类的超标现象可能与海区作业船舶通行密集有关。

根据沉积物调查结果数据观察，Z12 站位的有机碳亦比其他站位有机碳的含量稍高，沉积物中硫化物的含量与有机碳含量呈正相关，推测与神泉湾沿岸工农业生产、生活污水、养殖业及河流带来的有机质有关，使得沉积物中有机质含量较高。在海洋环境中随着沉积物中有机质含量的增加，硫酸盐还原反应的相对重要性也会随之增加。在有机质较高的环境下，径流及工业生产输入的重金属生成难溶的金属硫化物对沉积物中硫化物的分布具有重要影响。

表 4.5.2-4 海洋环境沉积物调查结果（沉积物粒度）

采样点位	检测项目		检测结果	粒度分类
Z1	粒度	砂（0.063-2.000mm）（%）	17.78	粘土质粉砂
		粉砂（0.004-0.063mm）（%）	45.8	
		粘土（0.000-0.004mm）（%）	36.42	
Z2	粒度	砂（0.063-2.000mm）（%）	21.02	粘土质粉砂
		粉砂（0.004-0.063mm）（%）	41.91	
		粘土（0.000-0.004mm）（%）	37.07	
Z3	粒度	砂（0.063-2.000mm）（%）	17.26	粘土质粉砂
		粉砂（0.004-0.063mm）（%）	43.3	
		粘土（0.000-0.004mm）（%）	39.44	
Z4	粒度	砂（0.063-2.000mm）（%）	22.57	粘土质粉砂
		粉砂（0.004-0.063mm）（%）	41.17	
		粘土（0.000-0.004mm）（%）	36.26	
Z9	粒度	砂（0.063-2.000mm）（%）	11.74	粘土质粉砂
		粉砂（0.004-0.063mm）（%）	47.34	
		粘土（0.000-0.004mm）（%）	40.92	
Z11	粒度	砂（0.063-2.000mm）（%）	18.58	粘土质粉砂
		粉砂（0.004-0.063mm）（%）	45.1	
		粘土（0.000-0.004mm）（%）	36.32	
Z12	粒度	砂（0.063-2.000mm）（%）	14.31	粘土质粉砂
		粉砂（0.004-0.063mm）（%）	45.18	
		粘土（0.000-0.004mm）（%）	40.51	
Z16	粒度	砂（0.063-2.000mm）（%）	13.88	粘土质粉砂
		粉砂（0.004-0.063mm）（%）	51.53	
		粘土（0.000-0.004mm）（%）	34.59	

表 4.5.2-5 海洋环境沉积物质量现状调查结果

采样 点位	检测结果 (mg/kg)												
	风干样水分 (含水率) (%)	湿样水分 (含水率) (%)	油类	硫化物	有机碳(%)	砷	总汞	铜	锌	铬	铅	镉	pH 值 (无量纲)
Z1	1.4	43.8	149	43	0.9	10	0.074	7.2	64.9	39.7	42.9	ND	8.4
Z2	1.2	50.2	320	86.5	1.0	9.23	0.095	8.8	68.3	58.9	45.0	ND	8.44
Z3	1.5	40.4	139	320	0.6	7.74	0.052	6.4	59.7	36.5	48.2	ND	8.44
Z4	1.4	41.1	146	250	0.8	10.3	0.057	6.2	59.5	35.7	41.8	ND	8.45
Z9	1.4	48.1	138	34.9	1.0	8.61	0.072	9.1	77.6	50.6	40.0	0.04	8.37
Z11	1.4	46.8	160	52.7	0.8	8.32	0.058	8.1	62.8	37.7	54.2	ND	8.35
Z12	1.4	55.2	1105	545	1.3	10.5	0.078	12.2	80.1	52.7	55.2	ND	8.27
Z16	1.5	43.0	125	11.3	0.7	9.97	0.062	7.3	61.5	37.2	25.1	ND	8.38

注：1. “ND”表示未检出或低于方法检出限，方法检出限见表 4.5.2-1。

表 4.5.2-6 海洋环境沉积物结果评价指数表

站位	评价标准	油类	硫化物	有机碳	砷	总汞	铜	锌	铬	铅	镉
Z1	三类标准	0.099	0.072	0.225	0.108	0.074	0.036	0.108	0.147	0.172	0.004
Z2	三类标准	0.213	0.144	0.250	0.099	0.095	0.044	0.114	0.218	0.180	0.004
Z3	三类标准	0.093	0.533	0.150	0.083	0.052	0.032	0.100	0.135	0.193	0.004
Z4	一类标准	0.29	0.83	0.40	0.52	0.29	0.18	0.40	0.45	0.70	0.04
Z9	三类标准	0.092	0.058	0.250	0.093	0.072	0.046	0.129	0.187	0.160	0.008
Z11	一类标准	0.32	0.18	0.40	0.42	0.29	0.23	0.42	0.47	0.90	0.04
Z12	一类标准	2.21	1.82	0.65	0.53	0.39	0.35	0.53	0.66	0.92	0.04
	二类标准	1.11	1.09	0.43	0.16	0.16	0.12	0.23	0.35	0.43	0.04
	三类标准	0.74	0.91	0.33	0.11	0.08	0.06	0.13	0.20	0.22	0.04
Z16	一类标准	0.25	0.04	0.35	0.50	0.31	0.21	0.41	0.47	0.42	0.04

注：1. “■”表示超出该类标准限值；2.未检出/低于检出限的按照检出限一半值进行计算。

4.5.2.5 潮间带断面沉积物调查

一、调查概况

本报告引用广东宇南检测技术有限公司于 2025 年 11 月（秋季）开展的潮间带断面沉积物调查资料，共布设潮间带沉积物调查断面 3 条，分别高、中、低潮区设置站位，调查项目为：有机碳、硫化物、石油类、铜、铅、锌、镉、铬、总汞、砷。该次调查站位具体信息见下表 4.5.2-7，站位分布图见下图 4.5.2-2。

表 4.5.2-7 潮间带沉积物调查站位信息表

站位号	经度 E	纬度 N	调查内容
C1	116° 16' 27.728"	22° 57' 11.765"	有机碳、硫化物、石油类、铜、铅、锌、镉、铬、总汞、砷
C2	116° 21' 24.132"	22° 56' 9.676"	
C3	116° 27' 48.955"	22° 56' 48.561"	

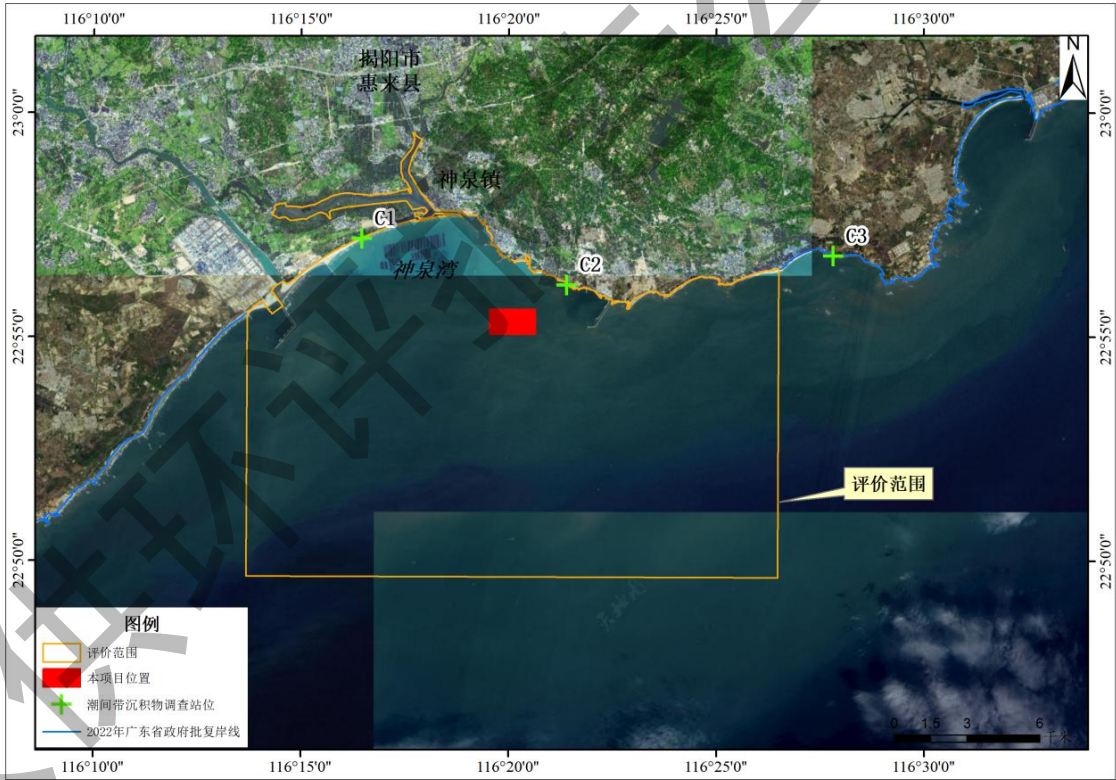


图 4.5.2-2 潮间带沉积物调查断面分布图

根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）中 6.3 海洋沉积物现状调查站位布设要求：评价范围内涉及海岸（岛岸）时，增加潮间带沉积物调查，2 级评价项目不少于 2 条断面。本项目海洋环境影响评价等级为 2 级，

潮间带沉积物调查中 C1、C2 两条断面位于本项目评价范围内，符合《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）要求。

二、调查结果与评价

本次潮间带沉积物调查结果见下表 4.5.2-8；各站位沉积物样品评价因子标准指数评价结果见表 4.5.2-9。

根据潮间带沉积物各样品评价因子标准指数表，该次潮间带沉积物调查断面采集的各样品石油类、硫化物、有机碳、总汞、砷、铜、铅、锌、镉、铬均符合《海洋沉积物质量》（GB 18668-2002）第一类标准限值要求，无出现超标现象，表明项目附近的潮间带沉积物环境质量较好。

表 4.5.2-8 潮间带沉积物监测结果表

站号	样品序号	潮区	采样层次(m)	样品性状	检测结果										
					含水率	石油类	硫化物	有机碳	总汞	砷	铜	铅	锌	镉	铬
					(%)	($\times 10^{-6}$)	($\times 10^{-6}$)	(%)	(×10 ⁻⁶)						
C1	C2101	高	表	棕色、沙、无异味	1.9	9.6	0.4	0.16	0.005	2.70	2.6	27.8	26.1	ND	44.5
	C2102	中	表	棕色、沙、无异味	4.1	11.4	0.3	0.25	0.019	2.34	4.3	43.2	29.7	ND	53.3
	C2103	低	表	棕色、沙、无异味	17.5	11.8	0.5	0.14	0.005	3.69	4.1	9.4	19.6	0.06	35.7
C2	C2201	高	表	棕色、沙、无异味	1.1	10.2	0.4	0.37	0.006	4.28	18.1	9.7	83.3	ND	70.4
	C2202	中	表	棕色、沙、无异味	4.6	6.6	0.3	0.29	0.004	5.17	9.2	24.7	64.2	ND	34.8
	C2203	低	表	棕色、沙、无异味	14.4	10.8	0.5	0.30	0.005	5.24	15.0	5.4	55.3	0.18	33.5
C3	C2301	高	表	棕色、沙、无异味	2.2	14.3	0.4	0.12	0.004	2.70	3.1	10.5	12.8	ND	36.8
	C2302	中	表	棕色、沙、无异味	15.8	12.8	0.7	0.19	0.004	2.33	1.1	9.1	8.2	ND	33.7
	C2303	低	表	棕色、沙、无异味	17.6	11.8	0.4	0.23	0.004	2.49	1.6	7.5	10.7	ND	33.3

注：1. “ND”表示未检出或低于方法检出限，方法检出限见表 4.5.2-1。

表 4.5.2-9 潮间带断面沉积物监测结果评价指数表

站号	样品序列号	评价标准	石油类	硫化物	有机碳	总汞	砷	铜	铅	锌	镉	铬
C1	C2101	一类标准	0.019	0.001	0.080	0.025	0.135	0.074	0.463	0.174	0.040	0.556
	C2102	一类标准	0.023	0.001	0.125	0.095	0.117	0.123	0.720	0.198	0.040	0.666
	C2103	一类标准	0.024	0.002	0.070	0.025	0.185	0.117	0.157	0.131	0.120	0.446
C2	C2201	一类标准	0.020	0.001	0.185	0.030	0.214	0.517	0.162	0.555	0.040	0.880
	C2202	一类标准	0.013	0.001	0.145	0.020	0.259	0.263	0.412	0.428	0.040	0.435
	C2203	一类标准	0.022	0.002	0.150	0.025	0.262	0.429	0.090	0.369	0.360	0.419
C3	C2301	一类标准	0.029	0.001	0.060	0.020	0.135	0.089	0.175	0.085	0.040	0.460
	C2302	一类标准	0.026	0.002	0.095	0.020	0.117	0.031	0.152	0.055	0.040	0.421
	C2303	一类标准	0.024	0.001	0.115	0.020	0.125	0.046	0.125	0.071	0.040	0.416

注：未检出/低于检出限的按照检出限一半值进行计算。

4.5.3 海洋生物质量概况

4.5.3.1 调查概况

一、调查站位

本章节引用中国科学院南海海洋研究所于2023年11月在对项目所在海域海洋生物质量、海洋生态、渔业资源进行调查与评价，该次调查共设生态与渔业资源调查站位20个，潮间带生物调查断面3个；具体调查站位详见下文表4.5.4-1、站位图见下文图4.5.4-1。

根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）6.4.2.2生物质量调查要求：2级评价项目不少于3个样品（生物类型原则上不少于2类）。

本报告选取位于评价范围内的Z1、Z3、Z4、Z5、Z10、Z11、Z12、Z13、Z18、Z19共10个站位的生物样品进行评价，符合《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）中对2级评价项目生物质量调查样品数量的要求。

二、调查项目

分析海洋生物体：铜、铅、锌、镉、铬、总汞、砷、石油烃，共8项。

4.5.3.2 采样与分析方法

一、采样方法

根据《海洋监测规范》（GB17378-2007）和《海洋调查规范》（GB/T12763-2007）中的要求，在项目海域指定站点使用拖网等方式采集生物体后，选取具有代表性的样品进行分析检测。

（1）贝类

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

（2）虾与中小型鱼类

按要求选取足够数量的完好生物样，放入干净的聚乙烯袋中，应防止袋子被刺破。挤出袋内空气，将袋口打结或热封，将此袋和样品标签一起放入另一聚乙

烯袋中，封口，于低温冰箱中贮存。若保存时间不太长（热天不超过 48h），可用冰箱或冷冻箱贮放样品。

（3）大型鱼类

测量并记下鱼样的体长、体重。用清洁的刀切下至少 100g 肌肉组织，厚度至少 5cm，样品处理时，切除玷污或内脏部分。存于清洁的聚乙烯袋中，挤出空气并封口，将此袋和样品标签一起放入另一聚乙烯袋中，封口，于低温冰箱中贮存。若保存时间不太长（热天不超过 48h），可用冰箱或冷冻箱贮放样品。

二、分析方法

生物体样品的预处理和分析方法遵照《海洋监测规范 第 6 部分：生物体分析》（GB 17378.6-2007）进行，各项目的分析方法如表 4.5.3-1。

表 4.5.3-1 海洋生物质量调查项目及分析方法

序号	检测指标	检测依据	主要检测仪器	检出限
1	总汞	GB 17378.6-2007/5.2 冷原子吸收光度法	F732-V 型测录仪 180002	0.01×10^{-6}
2	铜	GB17378.6-2007//6.3 火焰原子吸收分光光度法	iCE3500 原子吸收分光光度计 AA350066	2.0×10^{-6}
3	铅	GB17378.6-2007/7.1 无火焰原子吸收分光光度法	iCE3500 原子吸收分光光度计 AA350066	0.04×10^{-6}
4	锌	GB17378.6-2007/9.1 火焰原子吸收分光光度法	iCE3500 原子吸收分光光度计 AA350066	0.4×10^{-6}
5	镉	GB17378.6-2007/8.1 无火焰原子吸收分光光度法	iCE3500 原子吸收分光光度计 AA350066	0.005×10^{-6}
6	砷	GB17378.6-2007/11.1 原子荧光法	AFS-930 原子荧光光度计 930-0409139	0.2×10^{-6}
7	铬	GB17378.6-2007/10.1 无火焰原子吸收分光光度法	iCE3500 原子吸收分光光度计 AA350066	0.04×10^{-6}
8	石油烃	GB17378.6-2007/13 荧光分光光度法	F732-V 型测录仪 180002	0.01×10^{-6}

4.5.3.3 评价方法及评价标准

一、评价方法

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

式中： P_i 为第 i 种评价因子的质量指数；

C_i 为第 i 种评价因子的实测值；

Csi 为第 i 种评价因子的标准值。

生物评价因子的标准指数 >1 ，则表明该项指标已超过了规定的生物质量标准。

二、评价标准

双壳类贝类生物体内污染物质含量相应执行《海洋生物质量》（GB18421-2001）标准，见表 4.5.3-2；结合本项目海洋生物体监测结果（表 4.5.3-4），本次监测采样中海洋生物的类型均为甲壳类、鱼类，未出现海洋贝类（双壳类）生物，无需使用《海洋生物质量》（GB18421-2001）进行分类评价。

鱼类、甲壳类、软体类生物内污染物质含量评价标准执行《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025）附录 C 相应标准限值，其中铬没有相应的评价标准，因此只做本底监测，不做评价。各指标具体限值如表 4.5.3-3 所示。

4.5.3-2 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 \leq	0.05	0.10	0.30
镉 \leq	0.2	2.0	5.0
铅 \leq	0.1	2.0	6.0
铬 \leq	0.5	2.0	6.0
砷 \leq	1.0	5.0	8.0
铜 \leq	10	25	50（牡蛎 100）
锌 \leq	20	50	100（牡蛎 500）
石油烃 \leq	15	50	80

表 4.5.3-3 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

4.5.3.4 监测结果与评价

本项目引用的海洋生物质量监测结果见表 4.5.3-4,各站位主要污染因子标准指数评价结果见表 4.5.3-5。

本次评价的 10 个生物站位样品中,Z1、Z4、Z11、Z12、Z13、Z19 站位生物样品的总汞超过《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》(HJ 1409-2025)附录 C 的标准限值要求,汞的超标率为 60%;Z1、Z3、Z4 站位生物样品的砷超出《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》(HJ 1409-2025)附录 C 的标准限值要求,砷的超标率为 30%;Z1、Z4、Z5、Z12 站位生物样品的石油烃超出《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》(HJ 1409-2025)附录 C 的标准限值要求,石油烃的超标率为 40%。

Z10、Z18 站位生物样品中的总汞、铜、铅、锌、镉、砷、石油烃均符合《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》(HJ 1409-2025)附录 C 相应的标准限值要求。

石油烃出现超标的 Z1、Z4、Z5、Z12 站位主要位于沿岸海域,沿岸港口活动频繁,船舶来往较多,生物样品的石油烃超标现象与船舶通航密集相关。

参考义家吉等粤东近岸海域表层沉积物重金属污染评价及来源解析(2023 年),粤东近岸海域(涵盖惠来周边海域)沉积物重金属污染主要源于煤炭、石油等化石燃料燃烧、化工、冶炼等企业排放的废水、废气、电子垃圾拆解、船舶排污、农业生产活动。

建议本项目在加强养殖期间环境跟踪监测及水产品生物体质量监测,加强对养殖海域的日常监督检查,定期对养殖生物体质量、水质、养殖投入品使用等情况进行抽检,符合国家或地方的食品安全标准,不符合标准的产品禁止出售。

表 4.5.3-4 海洋生物体监测数据表

序号	站位	物种名称	类型	总汞	铜	铅	锌	镉	砷	铬	石油烃
				(10^{-6})	(10^{-6})	(10^{-6})	(10^{-6})	(10^{-6})	(10^{-6})	(10^{-6})	(10^{-6})
1	Z1	中华管鞭虾	甲壳类	0.22	6.5	0.07	47.6	0.059	1.1	0.45	24
2	Z3	红星梭子蟹	甲壳类	0.02	53.9	<0.04	102.9	0.456	1.1	0.27	17.9
3	Z4	断脊小口虾蛄	甲壳类	0.27	47.1	<0.04	93.1	0.138	1.3	0.25	21
4	Z5	孔虾虎鱼	鱼类	0.28	3.1	<0.04	37.9	0.067	0.3	0.23	20.8
5	Z10	多鳞鳢	鱼类	0.27	<2.0	<0.04	18.2	0.018	<0.2	0.22	8.9
6	Z11	皮氏叫姑鱼	鱼类	0.48	2.2	<0.04	14.8	0.041	<0.2	0.19	10.1
7	Z12	中华管鞭虾	甲壳类	0.21	6.5	<0.04	45.6	0.068	0.8	0.45	23.1
8	Z13	远海梭子蟹	甲壳类	0.41	14.2	0.06	131.6	0.496	1	0.45	10.1
9	Z18	黄鲫	鱼类	0.05	2.3	<0.04	14.7	0.045	0.6	0.09	10.5
10	Z19	白姑鱼	鱼类	0.4	2.1	<0.04	12.7	0.053	<0.2	0.14	4.1

单位: mg/kg

表 4.5.3-5 海洋生物质量评价结果

序号	站位	物种名称	类型	总汞	铜	铅	锌	镉	砷	石油烃
1	Z1	中华管鞭虾	甲壳类	1.10	0.07	0.04	0.32	0.03	1.10	1.20
2	Z3	红星梭子蟹	甲壳类	0.10	0.54	0.01	0.69	0.23	1.10	0.90
3	Z4	断脊小口虾蛄	甲壳类	1.35	0.47	0.01	0.62	0.07	1.30	1.05
4	Z5	孔虾虎鱼	鱼类	0.93	0.16	0.01	0.95	0.11	0.30	1.04
5	Z10	多鳞鳢	鱼类	0.90	0.05	0.01	0.46	0.03	0.10	0.45
6	Z11	皮氏叫姑鱼	鱼类	1.60	0.11	0.01	0.37	0.07	0.10	0.51
7	Z12	中华管鞭虾	甲壳类	1.05	0.07	0.01	0.30	0.03	0.80	1.16
8	Z13	远海梭子蟹	甲壳类	2.05	0.14	0.03	0.88	0.25	1.00	0.51
9	Z18	黄鲫	鱼类	0.17	0.12	0.01	0.37	0.08	0.60	0.53
10	Z19	白姑鱼	鱼类	1.33	0.11	0.01	0.32	0.09	0.10	0.21

注：1. “■”表示超出该类标准限值；2.未检出/低于检出限的按照检出限一半值进行计算。

4.5.4 海洋生态环境质量现状

4.5.4.1 调查概况

一、调查站位

本章节引用中国科学院南海海洋研究所于 2023 年 11 月在对项目所在海域海洋生物质量、海洋生态、渔业资源进行调查与评价，该次调查共设生态与渔业资源调查站位 20 个，潮间带生物调查断面 3 个。

根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）6.4.2 海洋生态现状调查站位要求：调查站位可与水质站位相同，站位数量不少于水质站位的 60%。沿岸海域 2 级评价的水质现状调查站位数量应≥10 个，即海洋生态现状调查站位不少于 6 个。

本报告引用海洋生态调查资料共布置海洋生态调查站位 20 个,其中位于评价范围内的站位有 Z1、Z2、Z3、Z4、Z5、Z9、Z10、Z11、Z12、Z13、Z16、Z18、Z19、Z22 共 14 个站位，符合《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）对 2 级评价项目海洋生态现状调查的要求。

具体调查站位详见表 4.5.4-1、站位图见图 4.5.4-1。

表 4.5.4-1 海洋生态环境现状调查站位

序号	站位	经度	纬度	调查项目
1	■	■	■	生物生态、渔业资源
2	■	■	■	生物生态、渔业资源
3	■	■	■	生物生态、渔业资源
4	■	■	■	生物生态、渔业资源
5	■	■	■	生物生态、渔业资源
6	■	■	■	生物生态、渔业资源
7	■	■	■	生物生态、渔业资源
8	■	■	■	生物生态、渔业资源
9	■	■	■	生物生态、渔业资源
10	■	■	■	生物生态、渔业资源
11	■	■	■	生物生态、渔业资源
12	■	■	■	生物生态、渔业资源
13	■	■	■	生物生态、渔业资源
14	■	■	■	生物生态、渔业资源
15	■	■	■	生物生态、渔业资源
16	■	■	■	生物生态、渔业资源

序号	站位	经度	纬度	调查项目
18	■	■	■	生物生态、渔业资源
19	■	■	■	生物生态、渔业资源
20	■	■	■	生物生态、渔业资源
21	■	■	■	生物生态、渔业资源
22	■	■	■	潮间带
23	■	■	■	潮间带
24	■	■	■	潮间带

注：潮间带垂直于岸线，布设高、中低区采样断面。

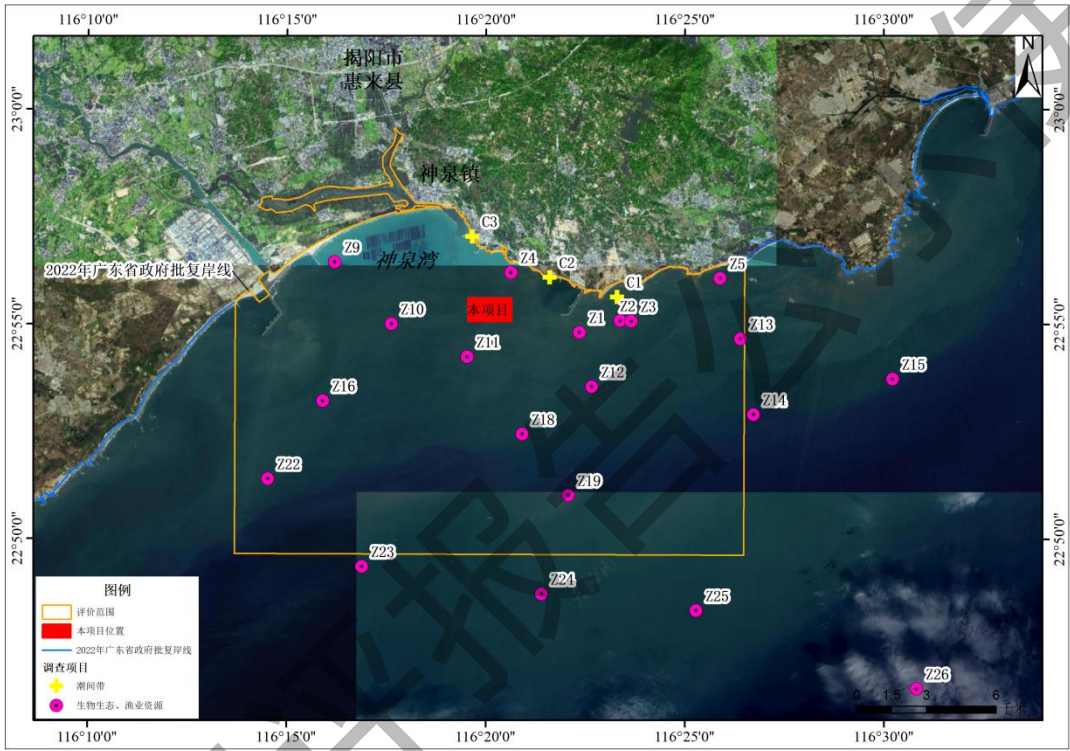


图 4.5.4-1 2023 年 11 月（秋季）生态调查站位分布图

二、调查内容

调查项目主要包括叶绿素 a 和初级生产力、浮游植物、浮游动物、大型底栖动物、潮间带生物和游泳生物（含鱼卵仔稚鱼）。

4.5.4.2 采样、分析及评价方法

一、海洋生物采集、处理和分析方法

1.叶绿素 a 和初级生产力

用容积为 5L 的有机玻璃采水器采集表层 0.5 m 的水样，现场过滤，滤膜用保温壶冷藏，带回实验室分析，采用分光光度法测定叶绿素 a 的含量（引用标准：《海洋调查规范》（GB/T 12763-2007））。

初级生产力采用叶绿素 *a* 法，按照 CaXee 和 Hegeman (1974) 提出的简化公式估算。

2.浮游植物

浮游植物的采集和分析均按《海洋监测规范》(GB17378-2007) 和《海洋调查规范—海洋生物调查》(GB/T 12763.6-2007) 中规定的方法进行。

采用垂直拖网法。样品现场用 5% 甲醛溶液固定，带回实验室，进行种类鉴定和定量分析。定量计数用计数框，视野法计数，取其平均密度，通过过滤的水柱，测算出每个调查站位浮游植物的密度，单位以每立方米多少个细胞数表示 (cells/m³)。

3.浮游动物

浮游动物的采集和分析均按《海洋监测规范》(GB17378-2007) 和《海洋调查规范-海洋生物调查》(GB/T 12763.6-2007) 中规定的方法进行。

每个调查站从底至表垂直拖曳网，样品现场用 5% 甲醛溶液固定保存，带回实验室进行种类鉴定，总生物量及栖息密度分布等分析。总生物量的研究采用湿重法，栖息密度分布采用个体计数法，然后根据滤水量换算为每 m³ 水体的浮游动物数量。

4.底栖生物

底栖生物调查方法按照《海洋监测规范》(GB17378.1-2007) 和《海洋调查规范》(GB/T 12763.1-2007) 中有关底栖生物的规定执行。

采泥底栖生物调查方法是采用抓斗式采泥器进行定量取样，每个站采样 3 次。样品用 5% 甲醛溶液固定后带回室内分析鉴定，生物量和栖息密度分别以 g/m² 和栖息密度 ind/m² 为单位。

5.潮间带生物

分别在项目区周边设 3 处潮间带代表断面，以 C1~C3 表示，C1 断面、C2 断面为岩石砂质混合底质，C3 断面为砂质底质。调查方法按照《海洋监测规范》(GB17378.1-2007) 和《海洋调查规范》(GB/T 12763.1-2007) 进行。生物量和栖息密度分别以 g/m² 和 ind/m² 为计算单位。

6.鱼卵仔稚鱼

采用拖网法，每个调查站采用水平拖网和垂直拖网两种方法，网具采用浅

海浮游生物 I 型网。水平拖网于表层水平拖曳 10 分钟取得，拖速保持在 2~3 节左右，共获得 20 个鱼卵仔稚鱼样品，此样品为定性样品。垂直拖网每个调查站从底至表垂直拖曳浮游生物网，获得 20 个鱼卵仔稚鱼样品，此样品为定量样品。海上采得的浮游生物样品按体积 5% 的量加入福尔马林溶液固定，带回实验室后将鱼卵仔稚鱼样品单独挑出，在解剖镜下计数和鉴定。定性样品以 ind/net 为计量单位进行统计，定量样品以 ind/m³ 为计量单位进行统计分析。

7.海洋渔业资源（游泳动物）

渔业资源调查均按《海洋调查规范》及中华人民共和国农业部 2008 年 3 月颁布的《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》进行，采样均于白天进行，每次放网 1 张。

对渔获物的渔获重量和尾数进行统计，记录网产量。根据调查海域的物种分布特征和经济种类等情况，将本次调查海域的渔获物分为鱼类、甲壳类和头足类 3 个类群，并分别从渔获率、资源密度、优势种、幼体比例、主要物种的生物学特征等方面统计分析。

二、评价计算方法

1.初级生产力

初级生产力采用叶绿素 *a* 法，按照 Cadee 和 Hegeman（1974）提出的简化公式估算：

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

P——初级生产力（mg·C/m²·d）；

C_a——表层叶绿素 *a* 含量（mg/m³）；

Q——同化系数[mg·C/（mgChl-*a*·h）]，根据南海海洋研究所以往调查结果，这里取 3.7；

L——真光层的深度（m）；

t——白昼时间（h），11h。

2.优势度

优势度（*Y*）应用以下公式计算：

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

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

3.多样性指数

Shannon-Wiener 指数计算公式为：

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

式中： H' ——种类多样性指数；

S ——样品中的种类总数；

P_i ——第 i 种的个体数与总个体数的比值。

4.均匀度

Pielou 均匀度公式为：

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

式中： J ——均匀度；

H' ——种类多样性指数；

S ——样品中的种类总数。

5.丰富度

马卡列夫 (Margalef, 1958) 的丰富度公式：

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

式中： D ——丰富度；

S ——样品中的种类总数；

N ——某站总生物数量 (ind/m³)。

6.鱼卵仔稚鱼

鱼卵仔稚鱼的密度计算方法根据面积、拖网距离和鉴定的鱼卵仔稚鱼数量，按以下公式计算单位体积内鱼卵仔稚鱼的分布密度：

$$V = N / (S \times L)$$

式中： V ——鱼卵仔稚鱼的分布密度，单位为个/m³、尾/m³；

N ——每网鱼卵仔稚鱼数量，单位为 (个，尾)；

S ——网口面积，单位为 m²；

L ——拖网距离，单位为 m。

7.渔业资源（游泳动物）

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

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

式中：S—重量密度（kg/km²）或个体密度（ind/km²）；

a—底拖网每小时的扫海面积（扫海宽度取浮网长度的 2/3）；

y—平均渔获率（kg/h）或平均生物个体密度（ind/h）；

E—逃逸率（取 0.5）。

确定优势种的方法：根据渔获物中个体大小悬殊的特点，选用 Pinkas 等提出的相对重要性指数 IRI，来分析渔获物在群体数量组成中其生态的地位，依此确定优势种。IRI 计算公式为：

$$IRI=（N+W）F$$

式中：N—某一种类的尾数占渔获总尾数的百分比；

W—某一种类的重量占渔获总重量的百分比；

F—某一种类的出现的站位数占调查总站位数的百分比。

4.5.4.3 海洋生态现状调查结果

一、叶绿素 a 和初级生产力

1.叶绿素 a

本次调查海区表层水体叶绿素 a 含量的变化范围为 0.21~1.60 mg/m³，平均值为 0.56 mg/m³，其中 Z19 和 Z24 号站叶绿素 a 含量最高，调查海域的叶绿素 a 含量水平均较低。

2.初级生产力

调查海域初级生产力的变化范围为 6.29~204.59 mg·C/（m²·d），平均值为 47.33 mg·C/（m²·d），其中 Z24 号站初级生产力水平最高，其次为 Z19 号站位，为 194.85 mg·C/（m²·d），调查海域的初级生产力整体水平较低。

表 4.5.4-2 叶绿素a和初级生产力测定结果

站位	透明度	表层叶绿素 a（mg/m ³ ）	初级生产力（mg·C/（m ² ·d））
Z1	0.5	0.47	20.26
Z2	0.4	0.24	8.68
Z3	0.4	0.24	8.68

站位	透明度	表层叶绿素 a (mg/m ³)	初级生产力 (mg·C/ (m ² ·d))
Z4	0.5	0.47	23.15
Z5	0.4	0.24	8.68
Z9	0.2	0.92	22.36
Z10	0.5	0.68	33.14
Z11	0.3	0.21	6.29
Z12	0.5	0.24	11.58
Z13	0.3	0.68	20.76
Z14	0.6	0.71	43.41
Z15	1.3	0.24	30.38
Z16	0.5	0.47	26.04
Z18	0.4	0.21	8.81
Z19	1.2	1.60	194.85
Z22	0.6	0.24	14.47
Z23	1.1	0.44	48.70
Z24	1.3	1.60	204.59
Z25	1.5	1.12	171.21
Z26	1.7	0.24	40.51
平均值	0.7	0.56	47.33
范围	0.2~1.7	0.21~1.60	6.29~204.59

二、浮游植物

1.种类组成和优势种

本次调查共记录浮游植物 3 门 44 属 102 种。其中以硅藻门出现的种类为最多，为 36 属 76 种，占总种数的 74.51%；甲藻门出现 7 属 25 种，占总种数的 24.51%，蓝藻门出现 1 属 1 种，占总种数的 0.98%。硅藻门的根管藻属（*Rhizosolenia*）和甲藻门的角藻属（*Ceratium*）出现种类数最多，均为 12 种，其他属出现的种类见附录 I。

表 4.5.4-3 浮游植物种类组成

类群	属数	种类数	种类组成比例 (%)
硅藻门	36	76	74.51%
甲藻门	7	25	24.51%
蓝藻门	1	1	0.98%
合计	44	102	100.00

以优势度 Y 大于 0.02 为判断标准，本次调查的浮游植物优势种仅出现 2 种优势种，第一优势种为硅藻门的假微型海链藻（*Thalassiosira pseudonana*），优势度为 0.680，丰度占调查海区总丰度的 85.00%，该优势种在 20 个调查站位在 16 个站位出现，出现率为 80%；第二优势种为蓝藻门的束毛藻（*Trichodesmium*

sp.)。

表 4.5.4-4 浮游植物优势种及优势度

中文名	拉丁种名	类群	优势度	占总丰度的百分比(%)
假微型海链藻	<i>Thalassiosira pseudonana</i>	硅藻	0.680	85.00
束毛藻	<i>Trichodesmium sp.</i>	蓝藻	0.096	9.56

2.丰度组成

本次调查结果表明，调查海区浮游植物丰度变化范围为 10.89×10⁴~1149.92×10⁴ cells/m³，平均值为 275.46×10⁴ cells/m³。最高丰度出现在 Z12 号站，Z13 号站次之，其丰度为 1052.00×10⁴ cells/m³，最低丰度则出现在 Z4 号站。

浮游植物丰度组成以硅藻门占首位，其丰度占各站总丰度的 4.50~98.82%，平均为 74.24%，硅藻门在 20 个测站中均有出现；蓝藻门次之，其丰度占各站总丰度的 1.12~92.90%，平均为 24.78%，蓝藻门在全部站位均有出现；甲藻门在各站丰度中的所占比例为 0.03~6.01%，平均为 1.03%，在全部调查站位均有出现。

表 4.5.4-5 浮游植物丰度（×10⁴cells/m³）及其百分比值（%）

站位	总丰度	硅藻门		甲藻门		蓝藻门	
		丰度	%	丰度	%	丰度	%
Z1	49.48	47.18	95.35%	0.10	0.20%	2.20	4.45%
Z2	97.25	75.55	77.69%	0.51	0.53%	21.19	21.79%
Z3	67.55	48.09	71.20%	0.31	0.46%	19.14	28.34%
Z4	10.89	2.60	23.92%	0.65	6.01%	7.63	70.07%
Z5	144.36	119.27	82.62%	0.60	0.42%	24.49	16.96%
Z9	117.31	114.86	97.91%	0.92	0.79%	1.52	1.30%
Z10	20.08	0.90	4.50%	0.52	2.60%	18.65	92.90%
Z11	30.38	2.65	8.72%	0.23	0.77%	27.50	90.51%
Z12	1149.92	1136.33	98.82%	0.65	0.06%	12.94	1.12%
Z13	1052.00	1036.44	98.52%	0.36	0.03%	15.20	1.44%
Z14	457.43	432.36	94.52%	0.31	0.07%	24.76	5.41%
Z15	40.92	35.65	87.12%	0.32	0.79%	4.95	12.09%
Z16	164.02	50.49	30.78%	6.35	3.87%	107.18	65.34%
Z18	300.59	209.18	69.59%	1.41	0.47%	90.00	29.94%
Z19	467.84	424.28	90.69%	2.01	0.43%	41.56	8.88%
Z22	268.91	213.13	79.26%	1.59	0.59%	54.19	20.15%
Z23	426.77	411.16	96.34%	1.81	0.42%	13.80	3.23%
Z24	331.82	318.55	96.00%	0.72	0.22%	12.55	3.78%
Z25	231.12	210.74	91.18%	0.71	0.31%	19.67	8.51%
Z26	80.57	72.51	89.99%	0.57	0.70%	7.50	9.31%

平均	275.46	248.10	74.24%	1.03	0.99%	26.33	24.78%
变化范围	10.89~1149.92	0.90~1136.33	4.50~98.82	0.10~6.35	0.03~6.01	1.52~107.18	1.12~92.90

3.多样性水平

本次调查，各站位浮游植物种数变化范围 24~59 种。Shannon-wiener 多样性指数 (H') 范围为 0.15~2.79，平均为 1.03，多样性指数以 Z9 号站位最高，Z12 号站最低，多样性属于中等较低水平；Pielou 均匀度指数 (J') 范围为 0.03~0.52，平均为 0.20，Z9 号站均匀度指数最高，Z12 号站最低，各站物种间分布非常不均匀。丰富度指数范围在 (1.75~3.78) 之间，平均值为 2.79，最高值出现在 Z19 号站位，为 3.78，最低在 Z1 号站位，为 1.75。

表 4.5.4-6 浮游植物的多样性及均匀度指数

站位	种类数	多样性指数 (H')	均匀度 (J')	丰富度 (D)
Z1	24	0.55	0.12	1.75
Z2	36	1.25	0.24	2.54
Z3	28	1.24	0.26	2.01
Z4	31	2.09	0.42	2.59
Z5	35	0.98	0.19	2.40
Z9	42	2.79	0.52	2.93
Z10	29	0.65	0.13	2.29
Z11	34	0.78	0.15	2.61
Z12	40	0.15	0.03	2.40
Z13	40	0.20	0.04	2.41
Z14	37	0.38	0.07	2.35
Z15	33	0.84	0.17	2.48
Z16	38	1.58	0.30	2.59
Z18	28	1.06	0.22	1.81
Z19	59	0.91	0.16	3.78
Z22	39	0.95	0.18	2.57
Z23	48	0.67	0.12	3.08
Z24	57	0.95	0.16	3.73
Z25	50	1.32	0.23	3.34
Z26	44	1.25	0.23	3.16
平均	39	1.03	0.20	2.79
范围	24~59	0.15~2.79	0.03~0.52	1.75~3.78

三、浮游动物

1.种类组成

本次调查共记录浮游动物 11 个生物类群 68 种（见附录 II—浮游动物种类

名录），其中桡足类 32 种，浮游幼体类 15 种，水母类 8 种，毛颚类 4 种，十足类和有尾类各 2 种，枝角类、介形类、海樽类、端足类和原生动物类各 1 种。

2.浮游动物生物量、密度及其分布

本次调查结果显示，各采样站浮游动物湿重生物量变化幅度为 41.02~284.62 mg/m³，平均生物量为 114.77 mg/m³。在整个调查区中，生物量最高出现在 Z9 号采样站，最低出现在 Z3 号采样站。在个体数量分布方面，浮游动物密度变化幅度为 365.38~5934.21 ind/m³，平均密度 1331.97 ind/m³。浮游生物最高密度出现在 Z1 号采样站，最低密度则出现在 Z9 号采样站。

表 4.5.4-7 浮游动物生物量及密度

站位	密度 (ind/m ³)	生物量 (mg/m ³)
Z1	5934.21	76.13
Z2	1338.54	101.04
Z3	780.27	41.02
Z4	515.43	67.90
Z5	977.04	167.09
Z9	365.38	284.62
Z10	1560.87	80.43
Z11	1297.92	108.33
Z12	1454.84	98.39
Z13	1166.39	191.23
Z14	1073.81	142.86
Z15	849.12	104.82
Z16	2339.69	128.82
Z18	1151.56	45.31
Z19	895.56	80.63
Z22	1537.10	170.16
Z23	1346.24	147.30
Z24	898.64	125.45
Z25	584.43	54.51
Z26	572.27	79.30
平均值	1331.97	114.77
范围	365.38~5934.21	41.02~284.62

3.浮游动物主要类群分布

(1) 桡足类

桡足类在 20 个调查站位中均有分布，其密度变化范围为 192.31~4180.45 ind/m³，平均密度为 799.38 ind/m³，占浮游动物总密度的 60.02%。其中最高密度出现在 Z1 号采样站，其次为 Z12 号采样站，密度为 1006.45 ind/m³，Z9 号站

位密度最低。

(2) 浮游幼体类

浮游幼体类在全部 20 个调查站位均有出现，平均密度为 503.52 ind/m³，占浮游动物总密度的 37.80%，其密度变化范围为 118.85~1729.32 ind/m³。其中最高密度分布于 Z1 号采样站，其次是 Z16 号采样站，密度为 1385.50 ind/m³，Z25 号站位密度最低。

(3) 其他种类

浮游动物的其他类群有水母类、枝角类、毛颚类、有尾类等，它们大部分属于我国沿岸和近岸区系的广分布种，虽然出现的数量不多，但在调查的海域内也较为广泛分布。

4.优势种及其分布

以优势度 ≥ 0.02 为判断标准，本调查海域在调查期间浮游动物的优势有 9 种，为浮游幼体类的桡足类无节幼虫（*Nauplius larvae (Copepoda)*）、桡足类幼体（*Copepodid larvae*）和桡足类的强额拟哲水蚤（*Paracalanus crassirostris*）、亚强次真哲水蚤（*Subeucalanus subcrassus*）、红小毛猛水蚤（*Microsetella rosea*）、克氏大眼水蚤（*Corycaeus clausi*）、短角长腹剑水蚤（*Oithona brevicornis*）、微刺哲水蚤（*Canthocalanus pauper*）、小拟哲水蚤（*Paracalanus parvus*）。调查海区的第一优势种桡足类无节幼虫平均密度为 220.18 ind/m³，占浮游动物总密度的 16.53%，在 20 个调查站位全部有出现，其中在 Z16 号站位密度最高，为 1167.94 ind/m³；桡足类幼体为第二优势种，平均密度为 197.09 ind/m³，占浮游动物总密度的 14.80%，在 20 个调查站位均有出现，其中在 Z1 号站位密度最高，为 1233.08 ind/m³。

表 4.5.4-8 浮游动物的优势种及优势度

中文名	拉丁种名	类群	优势度	出现频率(%)	平均密度(ind/m ³)	占总丰度百分比(%)
桡足类无节幼虫	Nauplius larvae (Copepoda)	浮游幼体	0.165	100%	220.18	16.53%
桡足类幼体	Copepodid larvae	浮游幼体	0.148	100%	197.09	14.80%
强额拟哲水蚤	Paracalanus crassirostris	桡足类	0.118	85%	184.42	13.85%

亚强次真哲水蚤	<i>Subeucalanus subcrassus</i>	桡足类	0.045	95%	62.90	4.72%
红小毛猛水蚤	<i>Microsetella rosea</i>	桡足类	0.042	85%	65.14	4.89%
克氏大眼水蚤	<i>Corycaeus clausi</i>	桡足类	0.025	70%	47.18	3.54%
短角长腹剑水蚤	<i>Oithona brevicornis</i>	桡足类	0.024	70%	44.93	3.37%
微刺哲水蚤	<i>Canthocalanus pauper</i>	桡足类	0.021	75%	36.75	2.76%
小拟哲水蚤	<i>Paracalanus parvus</i>	桡足类	0.018	85%	28.32	2.13%

5.生物多样性指数、均匀度及丰富度

本次调查海域各调查站位的浮游动物种数变化范围为 13~32 种；种类多样性指数范围 (H') 为 2.70~4.05 之间，平均为 3.51，多样性指数最高出现在 Z13 号采样站，其次为 Z22 号采样站，最低则出现在 Z1 号采样站，多样性属于中等偏高水平；种类均匀度 (J') 变化范围在 0.61~0.87 之间，平均为 0.77，最高出现在 Z22 号采样站，最低出现在 Z1 号采样站，各站物种间分布较均匀。丰富度指数范围在 (2.20~5.02) 之间，平均值为 3.53，最高值出现在 Z25 号站位，为 5.02，最低在 Z9 号站位，为 2.20。

表 4.5.4-9 浮游动物的多样性指数、均匀度及丰富度

站位	种类数	多样性指数 (H')	均匀度 (J')	丰富度 (D)
Z1	22	2.70	0.61	2.53
Z2	24	3.05	0.66	3.33
Z3	26	3.66	0.78	3.90
Z4	15	3.10	0.79	2.40
Z5	25	3.59	0.77	3.63
Z9	13	2.70	0.73	2.20
Z10	25	3.11	0.67	3.40
Z11	29	3.79	0.78	4.05
Z12	25	3.72	0.80	3.43
Z13	30	4.05	0.83	4.25
Z14	23	3.75	0.83	3.30
Z15	28	3.75	0.78	4.15
Z16	22	2.86	0.64	2.84
Z18	22	3.61	0.81	3.12
Z19	24	3.77	0.82	3.53
Z22	24	4.00	0.87	3.27
Z23	23	3.86	0.85	3.19
Z24	32	3.72	0.74	4.71
Z25	32	3.84	0.77	5.02

站位	种类数	多样性指数 (H')	均匀度 (J')	丰富度 (D)
Z26	27	3.60	0.76	4.25
平均值	25	3.51	0.77	3.53
范围	13~32	2.70~4.05	0.61~0.87	2.20~5.02

四、大型底栖生物

1.种类组成

本次调查记录的大型底栖动物种类共计 47 种，其中环节动物 22 种、软体动物 14 种和节肢动物 5 种、刺胞动物 2 种，以及棘皮动物、纽形动物、星虫动物、螯虫动物各 1 种（附录 III）。环节动物和软体动物是构成本次调查海区大型底栖生物的主要类群。

2.大型底栖生物栖息密度和生物量

大型底栖生物定量采泥样品分析结果表明，调查海区大型底栖生物平均栖息密度为 44.00 ind/m²，以环节动物的平均栖息密度最高，为 23.33 ind/m²，占总平均密度的 53.03%；其次为其他动物（为方便计算，本报告中刺胞动物、棘皮动物、纽形动物、星虫动物、螯虫动物合计为其他动物），其平均栖息密度为 11.00 ind/m²，占总平均密度的 25.00%；软体动物的平均栖息密度为 8.00 ind/m²，占总平均密度的 18.18%；节肢动物的平均栖息密度为 1.67 ind/m²，占总平均密度的 3.79%。

大型底栖生物的平均生物量为 4.57 g/m²，以软体动物的平均生物量为主，为 2.50 g/m²，占总平均生物量的 54.64%；其次为其他动物，其平均生物量为 1.36 g/m²，占总平均生物量的 29.85%；环节动物平均生物量为 0.59 g/m²，占总平均生物量的 12.91%；节肢动物平均生物量较少，为 0.12 g/m²，占总平均生物量的 2.60%。

表 4.5.4-10 大型底栖生物各类群的栖息密度和生物量

站位	项目	合计	环节动物	软体动物	节肢动物	其他动物
Z1	栖息密度 (ind/m ²)	33.33	13.33	6.67	0.00	13.33
	生物量 (g/m ²)	1.13	0.04	0.49	0.00	0.60
Z2	栖息密度 (ind/m ²)	46.67	20.00	13.33	0.00	13.33
	生物量 (g/m ²)	2.31	0.24	1.88	0.00	0.19
Z3	栖息密度 (ind/m ²)	26.67	6.67	6.67	0.00	13.33
	生物量 (g/m ²)	2.34	0.80	0.07	0.00	1.48
Z4	栖息密度 (ind/m ²)	40.00	26.67	13.33	0.00	0.00

站位	项目	合计	环节动物	软体动物	节肢动物	其他动物
	生物量 (g/m ²)	1.40	0.51	0.89	0.00	0.00
Z5	栖息密度 (ind/m ²)	53.33	20.00	0.00	6.67	26.67
	生物量 (g/m ²)	1.71	0.43	0.00	0.37	0.91
Z9	栖息密度 (ind/m ²)	206.67	180.00	20.00	0.00	6.67
	生物量 (g/m ²)	5.36	4.74	0.54	0.00	0.08
Z10	栖息密度 (ind/m ²)	26.67	26.67	0.00	0.00	0.00
	生物量 (g/m ²)	0.41	0.41	0.00	0.00	0.00
Z11	栖息密度 (ind/m ²)	26.67	6.67	6.67	0.00	13.33
	生物量 (g/m ²)	0.69	0.07	0.09	0.00	0.53
Z12	栖息密度 (ind/m ²)	53.33	20.00	20.00	0.00	13.33
	生物量 (g/m ²)	28.02	0.18	26.85	0.00	0.99
Z13	栖息密度 (ind/m ²)	46.67	0.00	6.67	0.00	40.00
	生物量 (g/m ²)	13.66	0.00	2.75	0.00	10.90
Z14	栖息密度 (ind/m ²)	13.33	6.67	0.00	6.67	0.00
	生物量 (g/m ²)	0.09	0.07	0.00	0.02	0.00
Z15	栖息密度 (ind/m ²)	53.33	33.33	6.67	0.00	13.33
	生物量 (g/m ²)	2.58	0.84	0.09	0.00	1.65
Z16	栖息密度 (ind/m ²)	20.00	6.67	13.33	0.00	0.00
	生物量 (g/m ²)	3.14	0.01	3.13	0.00	0.00
Z18	栖息密度 (ind/m ²)	80.00	33.33	20.00	0.00	26.67
	生物量 (g/m ²)	15.63	0.68	11.26	0.00	3.70
Z19	栖息密度 (ind/m ²)	26.67	6.67	0.00	6.67	13.33
	生物量 (g/m ²)	4.84	0.02	0.00	0.06	4.75
Z22	栖息密度 (ind/m ²)	26.67	13.33	6.67	0.00	6.67
	生物量 (g/m ²)	1.00	0.36	0.11	0.00	0.53
Z23	栖息密度 (ind/m ²)	13.33	0.00	6.67	0.00	6.67
	生物量 (g/m ²)	1.34	0.00	1.10	0.00	0.24
Z24	栖息密度 (ind/m ²)	26.67	20.00	6.67	0.00	0.00
	生物量 (g/m ²)	2.35	1.81	0.54	0.00	0.00
Z25	栖息密度 (ind/m ²)	33.33	20.00	0.00	6.67	6.67
	生物量 (g/m ²)	0.51	0.41	0.00	0.01	0.10
Z26	栖息密度 (ind/m ²)	26.67	6.67	6.67	6.67	6.67
	生物量 (g/m ²)	2.81	0.18	0.12	1.91	0.60
平均值	栖息密度 (ind/m ²)	44.00	23.33	8.00	1.67	11.00
	生物量 (g/m ²)	4.57	0.59	2.50	0.12	1.36

本次调查结果表明，各采样站位的大型底栖生物栖息密度分布不均匀，变化范围从 13.33~206.67 ind/m²，其中 Z9 号站位栖息密度最高，该站位密度最高

的原因在于记录到数量多的环节动物奇异稚齿虫（*Paraprionospio pinnata*），它们在站位的栖息密度为 126.67 ind/m²；最低的站位为 Z14 和 Z23 号站，该站位仅采集到 1 个生物体。

本次调查海域的底栖生物的生物量平面分布也不均匀，变化范围从 0.09~28.02 g/m²，最高出现在 Z12 号站位，高生物量的原因在于出现重量较大的软体动物棒锥螺（*Turritella bacillum*），生物量为 0.56 g/m²。

环节动物在调查海区的平均密度为 23.33 ind/m²，在 20 个站位中 18 个站有出现，出现频率为 90.00%。密度分布范围为 0.00~180.00 ind/m²；平均生物量为 0.59 g/m²，生物量分布范围为 0.00~4.74 g/m²。

软体动物在调查海区 20 个站位中 15 个站出现，出现频率为 75.00%，平均密度为 8.00 ind/m²，密度分布范围为 0.00~20.00 ind/m²；平均生物量为 2.50 g/m²，生物量分布范围为 0.00~26.85 g/m²。

节肢动物在调查海区 20 个站位中 5 个站有出现，出现频率为 25.00%，平均密度为 1.67 ind/m²，密度分布范围为 0.00~6.67 ind/m²；平均生物量为 0.12 g/m²，生物量分布范围为 0.00~1.91 g/m²。

其他动物在调查海区 20 个站位中 15 个站有出现，出现频率为 75.00%，平均密度为 11.00 ind/m²，密度分布范围为 0.00~40.00 ind/m²；平均生物量为 1.36 g/m²，生物量分布范围为 0.00~4.75 g/m²。

3.大型底栖生物种类优势种和经济种类

大型底栖动物种类若按其优势度 $Y \geq 0.02$ 时即被认定为优势种，本次调查海区的底栖生物仅有 1 个优势种，为棘皮动物的光滑倍棘蛇尾（*Amphiopholis laevis*），优势度分别为 0.083。光滑倍棘蛇尾在 20 个站位中的 11 个站出现，其平均栖息密度为 6.67 ind/m²，占调查海区底栖生物总平均密度的 15.15%。

表 4.5.4-11 大型底栖动物优势种及优势度

优势种	类群	优势度（Y）	平均密度（ind/m ² ）	占总生物栖息密度的百分比（%）
光滑倍棘蛇尾	棘皮动物	0.083	6.67	15.15

4.大型底栖生物物种多样性指数、均匀度及丰富度

调查海域的各定量采样站位大型底栖生物出现种数变化的范围在 2~6 种/站。多样性指数（ H' ）变化范围 0.92~2.52 之间，平均值为 1.83，调查海域底

栖生物多样性指数属于较低水平;均匀度范围在 0.68~1.00 之间,平均值为 0.95,各站位之间物种分布均非常均匀。丰富度指数范围在 (0.67~1.56) 之间,平均值为 1.13,最高值出现在 Z2 号站位,为 1.56,最低在 Z16 号站位,为 0.67。

表 4.5.4-12 各调查站位大型底栖生物出现种数、多样性指数、均匀度及丰富度

站位	种类数	多样性指数 (H')	均匀度 (J')	丰富度 (D)
Z1	5	2.32	1.00	1.43
Z2	6	2.52	0.98	1.56
Z3	3	1.50	0.95	0.91
Z4	5	2.25	0.97	1.36
Z5	5	2.16	0.93	1.26
Z9	6	1.76	0.68	1.13
Z10	3	1.50	0.95	0.91
Z11	4	2.00	1.00	1.22
Z12	6	2.50	0.97	1.51
Z13	3	1.38	0.87	0.78
Z14	2	1.00	1.00	0.77
Z15	6	2.50	0.97	1.51
Z16	2	0.92	0.92	0.67
Z18	5	1.95	0.84	1.14
Z19	3	1.50	0.95	0.91
Z22	3	1.50	0.95	0.91
Z23	2	1.00	1.00	0.77
Z24	4	2.00	1.00	1.22
Z25	5	2.32	1.00	1.43
Z26	4	2.00	1.00	1.22
平均	4	1.83	0.95	1.13
范围	2~6	0.92~2.52	0.68~1.00	0.67~1.56

五、潮间带生物

1.种类构成

本次调查共布设 3 条潮间带生物调查断面,包括岩相、砂相和岩石砂质混合 3 种生境类型断面;共记录到潮间带生物 27 种,其中环节动物 1 种、节肢动物 6 种和软体动物 20 种 (附录IV)。其中软体动物占总种数的 74.07%、环节动物占总种数的 3.70%、节肢动物占总种数的 22.22%,软体动物是构成本次调查海区潮间带生物的主要类群。

(1) C1 调查断面为砂相和岩相混合底质,生物组成如下:

高潮区: 共 2 种生物,生物为豆斧蛤 (*Donax faba*) 和狭氏斧蛤 (*Donax*

Dysoni)

中潮区：本区共有生物 5 种；主要生物为变化短齿蛤 (*Brachidontes variabilis*)、斗嫁蛾 (*Cellana grata*)、疣荔枝螺 (*Thais clavigera*)。

低潮区：本区生物出现了 7 种，包括从高、中潮带延续下来的生物斗嫁蛾 (*Cellana grata*)、独齿围沙蚕 (*Perinereis cultrifera*)、塔结节滨螺 (*Nodilittorina trochoides*)、小结节滨螺 (*Nodilittorina exigua*) 和大量的变化短齿蛤。

(2) C2 调查断面为砂相和岩相混合底质，生物组成如下：

高潮区：共 5 种生物，生物群落组成以耐干燥动物为主，主要有塔结节滨螺、斗嫁蛾以及节肢动物龟足 (*Capitulum mitella*) 和双齿相手蟹 (*Sesarma (Chiromantes) bidens*)；

中潮区：本区的生物群落组成最为丰富，共有生物 12 种；包括斗嫁蛾、疣荔枝螺、黄口荔枝螺 (*Thais luteostoma*)、翡翠贻贝 (*Perna viridis*)，以及缪氏哲蟹 (*Menippe rumphii*)、平背蜆 (*Gaetice depressus*)、平额石扇蟹 (*Epixanthus frontalis*)、日本笠藤壶 (*Teraclita japonica*)。

低潮区：本区生物出现了 8 种，基本上和中潮带的生物组成相同。

(3) C3 调查断面为泥沙相底质，生物组成描述如下：

高潮区：共采集到 2 种生物，为变异篮蛤 (*Varicobula* sp.) 和须蚶 (*Barbatia* sp.)；

中潮区：共采集到 3 种生物，本区的生物群落组成最为丰富，以饼干镜蛤 (*Dosinia biscocta*)、带荚蛭 (*Siliqua fasciata*) 和狭氏斧蛤；

低潮区：共采集到 2 种生物，本区生物出现了凸加夫蛤 (*Gafrarium tumidum*) 和拟蚶 (*Arcopsi* sp.)。

2. 平均生物量及平均栖息密度的组成

调查断面潮间带生物平均栖息密度为 588.44 ind/m²，平均生物量为 290.85 g/m²。

在潮间带平均栖息密度方面，以软体动物占首位，为 552.89 ind/m²，占总平均栖息密度的 93.96%；节肢动物的平均栖息密度为 26.67 ind/m²，占总平均栖息密度的 4.53%；环节动物的平均栖息密度为 8.89 ind/m²。

在潮间带平均生物量的组成中，以软体动物占首位，平均生物量为 261.52

g/m²，占总平均生物量的 89.92%；其次为节肢动物，其平均生物量为 28.06 g/m²，占总平均生物量的 9.65%；环节动物的平均生物量为 1.26 g/m²。

表 4.5.4-13 潮间带平均生物量及平均栖息密度的组成

类 别	合 计	环节动物	软体动物	节肢动物
栖息密度（ind/m ² ）占比（%）	588.44	8.89	552.89	26.67
		1.51%	93.96%	4.53%
生物量（g/m ² ）占比（%）	290.85	1.26	261.52	28.06
		0.43%	89.92%	9.65%

（1）平均生物量及平均栖息密度的水平分布

调查断面的潮间带生物平均栖息密度和平均生物量的水平分布方面，平均栖息密度和生物量的断面间分布均为：C1 断面>C2 断面>C3 断面。

表 4.5.4-14 潮间带平均生物量及平均栖息密度的水平分布

断面名称	项 目	合 计	环节动物	软体动物	节肢动物
C1	栖息密度（ind/m ² ）	1000.00	26.67	965.33	8.00
	生物量（g/m ² ）	499.29	3.79	493.93	1.56
C2	栖息密度（ind/m ² ）	729.33	0.00	657.33	72.00
	生物量（g/m ² ）	370.77	0.00	288.14	82.63
C3	栖息密度（ind/m ² ）	36.00	0.00	36.00	0.00
	生物量（g/m ² ）	2.48	0.00	2.48	0.00

（2）平均生物量及平均栖息密度的垂直分布

在垂直分布上，潮间带生物的平均生物量表现为低潮区最高，中潮区居中，高潮带最低，其低潮区的平均生物量主要由软体动物变化短齿蛤组成。平均栖息密度的垂直分布，同样表现为高潮区>低潮区>中潮区。

表 4.5.4-15 潮间带平均生物量及平均栖息密度的垂直分布

潮 带	项 目	合计	环节动物	软体动物	节肢动物
高	栖息密度（ind/m ² ）	360.00	0.00	336.00	24.00
	生物量（g/m ² ）	94.18	0.00	51.26	42.92
中	栖息密度（ind/m ² ）	485.33	2.67	458.67	24.00
	生物量（g/m ² ）	224.81	0.05	201.19	23.57
低	栖息密度（ind/m ² ）	920.00	24.00	864.00	32.00
	生物量（g/m ² ）	553.55	3.74	532.10	17.71

3.潮间带生物多样性指数、均匀度及丰富度

计算结果显示，3 条调查断面出现的种类数在 7~16 种/断面，多样性指数和均匀度指数平均值分别为 2.36 和 0.72，多样性指数属于中等较低水平，各断

面物种间分布不均匀。丰富度指数范围在（1.45~2.43）之间，平均值为 1.94。

表 4.5.4-16 调查海区潮间带生物多样性指数、均匀度及丰富度

断面名称	样方内出现的种类数	多样性指数(H')	均匀度 (J')	丰富度 (D)
C1	10	2.03	0.61	1.45
C2	16	2.41	0.60	2.43
C3	7	2.63	0.94	1.95
平均	11	2.36	0.72	1.94
范围	7~16	2.03~2.63	0.60~0.94	1.45~2.43

六、鱼类浮游生物

1.种类组成

在水平拖网和垂直拖网两种方法采集的 40 个样品中，经鉴定，至少共出现了鱼卵仔稚鱼 9 种，其中鲈形目鉴定出 4 种，鲱形目鉴定出 2 种，鲻形目、鲾形目和未定种各鉴定出 1 种。

表 3.2.7-17 调查海区鱼卵、仔稚鱼种类组成

种类		拉丁种名	鱼卵	仔稚鱼
鲱形目	小沙丁鱼	<i>Shardinella sp.</i>	+	+
	小公鱼	<i>Stolephorus sp.</i>	+	+
鲈形目	鲷科	<i>Sparidae</i>	+	+
	鳎科	<i>Leiognathidae</i>	+	+
	石首鱼科	<i>Sciaenidae</i>		+
	鰕科	<i>Blenniidae</i>		+
鲻形目	鲻科	<i>Mugilidae</i>		+
鲾形目	舌鰻科	<i>Cynoglossidae</i>	+	
/	未定种	<i>Unidentified</i>	+	

2.数量分布

(1) 水平拖网定性调查

本次水平拖网定性调查共采到鱼卵 424 粒，仔稚鱼 82 尾。调查海区 20 个站位中全部采集到鱼卵，鱼卵出现率为 100.00%，各站平均捕获鱼卵数量为 21 ind/net。捕获鱼卵数最大是 Z18 号站，为 54 ind/net，各站捕获鱼卵数变化范围在 7~54 ind/net。

仔稚鱼在 20 个监测站 16 个站有出现，出现率为 80.00%，仔稚鱼的各站平均捕获数量平均为 4 ind/net，捕获仔稚鱼数最大是 Z11 号站，为 15 ind/net，各站捕获仔稚鱼数变化范围在 0~15 ind/net。

表 4.5.4-18 鱼类浮游生物水平拖网捕获数量及其分布

站位	鱼卵发育期	
	鱼卵（ind/net）	仔稚鱼（ind/net）
Z1	19	5
Z2	24	4
Z3	21	1
Z4	12	2
Z5	11	2
Z9	7	0
Z10	12	2
Z11	32	15
Z12	22	3
Z13	39	6
Z14	32	7
Z15	14	1
Z16	11	0
Z18	54	14
Z19	12	2
Z22	19	4
Z23	38	12
Z24	17	2
Z25	13	0
Z26	15	0
平均值	21	4

（2）垂直拖网定量调查

本次垂直拖网定量调查共采到鱼卵 12 粒，仔稚鱼 23 尾。调查期间 20 个测站中 10 个站采集到鱼卵，鱼卵出现率为 50.00%，调查海区的鱼卵平均密度为 0.43 ind/m³，捕获鱼卵数量密度最高的是 Z11 号站，为 1.88 ind/m³；仔稚鱼在 20 个站位中共出现 9 次，出现率为 45.00%，仔稚鱼平均密度为 0.83 ind/m³，捕获仔稚鱼数量密度最高的是 Z18 号站，为 2.73 ind/m³。

表 4.5.4-19 鱼类浮游生物垂直拖网密度及其分布

站位	鱼卵发育期	
	鱼卵（ind/m ³ ）	仔稚鱼（ind/m ³ ）
Z1	0.00	1.67
Z2	0.00	2.05
Z3	0.00	1.58
Z4	0.00	0.94
Z5	0.00	0.83

站位	鱼卵发育期	
	鱼卵（ind/m ³ ）	仔稚鱼（ind/m ³ ）
Z9	0.65	0.00
Z10	0.00	0.79
Z11	1.88	0.00
Z12	0.00	1.76
Z13	0.75	1.50
Z14	0.54	0.54
Z15	0.00	0.00
Z16	1.36	0.00
Z18	0.68	2.73
Z19	0.52	0.00
Z22	0.60	0.00
Z23	0.00	2.14
Z24	1.11	0.00
Z25	0.56	0.00
Z26	0.00	0.00
平均值	0.43	0.83

3.主要种类及数量分布

（1）水平拖网定性调查主要种类及数量占比

鲷科是本次水平拖网定性调查中的主要鱼卵种类。鲷科鱼卵数量共 221 粒，占本次定性调查鱼卵总数的 52.12%。鳊科鱼卵和鲢科鱼卵分别为 71 粒和 63 粒，分别占本次定性调查鱼卵总数的 16.75%和 14.86%；鲷科同样是本次水平拖网定性调查中的主要仔稚鱼种类，共采集到 51 尾，占本次调查仔稚鱼总数的 62.20%。

（2）垂直拖网定量调查主要种类及数量分布

鲷科是本次垂直拖网定量调查中的主要鱼卵和仔稚鱼种类。鲷科鱼卵在 20 个调查站中 5 个站有出现，出现频率为 25.00%，鱼卵密度在 0.00~1.88 ind/m³ 之间，其中鱼卵密度最高出现在 Z11 号站；鲷科仔稚鱼在 20 个调查站中 13 个站有出现，出现频率为 65.00%，仔稚鱼密度在 0.00~2.05 ind/m³ 之间，其仔稚鱼密度最高出现在 Z18 号站。

七、游泳动物

1.种类组成

本次调查拖网采样共捕获游泳动物 52 种，其中：鱼类 25 种，甲壳类 25 种，头足类 2 种。鱼类隶属于 6 目 15 科，甲壳类隶属于 2 目 7 科，以及头足类

2 目 2 科。

物种最丰富的断面是 Z2 号、Z4 号、Z26 号断面，均为 22 种，物种最少的断面是 Z14 站断面，种数为 11 种。

表 4.5.4-20 各断面出现种类统计结果

断面	鱼类	甲壳类	头足类	总计
Z1	6	9	0	15
Z2	9	12	1	22
Z3	7	10	1	18
Z4	10	11	1	22
Z5	7	13	1	21
Z9	8	11	1	20
Z10	5	8	1	14
Z11	6	13	1	20
Z12	8	11	1	20
Z13	5	12	1	18
Z14	3	7	1	11
Z15	7	8	1	16
Z16	7	8	1	16
Z18	7	11	1	19
Z19	8	10	1	19
Z22	8	10	1	19
Z23	10	9	1	20
Z24	5	8	1	14
Z25	3	9	1	13
Z26	10	12	0	22
合计	25	25	2	52

2.渔获率

渔业资源的平均总个体渔获率和平均总重量渔获率分别为 461.60 ind/h 和 4.82 kg/h。其中：鱼类平均个体渔获率和重量渔获率分别为 124.80 ind/h 和 1.86 kg/h，分别占平均总个体渔获率和平均总重量渔获率 27.37%和 36.59%；甲壳类的平均个体渔获率和平均重量渔获率分别为 327.60 ind/h 和 2.83 kg/h，分别占比 70.43%和 60.45%；头足类的平均个体渔获率和平均重量渔获率分别为 9.20 ind/h 和 0.13 kg/h，分别占比 2.20%和 2.96%。

表 4.5.4-21 各断面重量渔获率和个体渔获率及各类群百分比

断面	总个体 渔获率 ind/h	总重量 渔获率 kg/h	鱼类	甲壳类	头足类	鱼类	甲壳类	头足类
			个体渔获率（ind/h）			重量渔获率（kg/h）		
			个体渔获比例（%）			重量渔获比例（%）		
Z1	480.0	3.42	128.0	1.16	352.00	2.26	0.00	0.00
			26.67%	33.98%	73.33%	66.02%	0.00%	0.00%
Z2	656.0	5.45	160.0	2.23	488.00	3.17	8.00	0.05
			24.39%	41.01%	74.39%	58.14%	1.22%	0.85%
Z3	288.0	3.81	72.0	1.14	208.00	2.60	8.00	0.08
			25.00%	29.81%	72.22%	68.15%	2.78%	2.04%
Z4	592.0	4.55	200.0	1.85	384.00	2.67	8.00	0.02
			33.78%	40.79%	64.86%	58.74%	1.35%	0.47%
Z5	736.0	5.06	176.0	1.53	552.00	3.47	8.00	0.06
			23.91%	30.18%	75.00%	68.64%	1.09%	1.18%
Z9	712.0	5.52	216.0	2.07	472.00	3.26	24.00	0.18
			30.34%	37.61%	66.29%	59.10%	3.37%	3.29%
Z10	344.0	4.37	48.0	0.82	280.00	3.33	16.00	0.22
			13.95%	18.74%	81.40%	76.20%	4.65%	5.06%
Z11	488.0	3.98	104.0	1.17	376.00	2.63	8.00	0.17
			21.31%	29.40%	77.05%	66.22%	1.64%	4.37%
Z12	696.0	5.59	176.0	0.98	512.00	4.54	8.00	0.07
			25.29%	17.53%	73.56%	81.28%	1.15%	1.19%
Z13	344.0	4.47	80.0	1.05	256.00	3.38	8.00	0.04
			23.26%	23.55%	74.42%	75.53%	2.33%	0.92%
Z14	240.0	3.57	56.0	0.91	176.00	2.39	8.00	0.27
			23.33%	25.46%	73.33%	66.90%	3.33%	7.64%
Z15	336.0	3.93	120.0	2.03	208.00	1.63	8.00	0.28
			35.71%	51.64%	61.90%	41.36%	2.38%	7.00%
Z16	400.0	4.10	136.0	2.04	256.00	1.93	8.00	0.14
			34.00%	49.61%	64.00%	47.01%	2.00%	3.37%
Z18	488.0	4.88	112.0	1.21	368.00	3.62	8.00	0.05
			22.95%	24.70%	75.41%	74.24%	1.64%	1.06%
Z19	448.0	5.37	112.0	2.35	320.00	2.67	16.00	0.35
			25.00%	43.77%	71.43%	49.66%	3.57%	6.58%
Z22	304.0	5.70	120.0	3.88	176.00	1.79	8.00	0.03
			39.47%	68.11%	57.89%	31.39%	2.63%	0.50%
Z23	392.0	8.19	128.0	6.48	256.00	1.62	8.00	0.09
			32.65%	79.14%	65.31%	19.76%	2.04%	1.10%
Z24	240.0	4.53	96.0	1.46	136.00	2.86	8.00	0.21
			40.00%	32.22%	56.67%	63.14%	3.33%	4.64%
Z25	448.0	4.07	64.0	0.72	368.00	3.02	16.00	0.32

断面	总个体 渔获率 ind/h	总重量 渔获率 kg/h	鱼类	甲壳类	头足类	鱼类	甲壳类	头足类
			个体渔获率（ind/h）			重量渔获率（kg/h）		
			个体渔获比例（%）			重量渔获比例（%）		
			14.29%	17.81%	82.14%	74.23%	3.57%	7.96%
Z26	600.0	5.86	192.0	2.15	408.00	3.71	0.00	0.00
			32.00%	36.68%	68.00%	63.32%	0.00%	0.00%
平均值	461.60	4.82	124.80	1.86	327.60	2.83	9.20	0.13
			27.37%	36.59%	70.43%	60.45%	2.20%	2.96%

3.资源密度

本次调查各断面渔业资源密度分布见表 4.5.4-22。平均个体密度为 44.38×10^3 ind/km²，个体密度最高的断面为 Z5 号站断面，其值为 70.77×10^3 ind/km²，其次为 Z9 号站断面，其个体密度均为 68.46×10^3 ind/km²，最低值出现在 Z14 号站断面，个体密度为 23.08×10^3 ind/km²；平均重量密度为 463.56 kg/km²，其中 Z23 号站断面最高，Z1 号站断面最低，范围为 $328.69\sim787.79$ kg/km²。

表 4.5.4-22 调查断面的渔业资源密度

断面	个体密度（ $\times10^3$ ind/km ² ）	重量密度（kg/km ² ）
Z1	46.15	328.69
Z2	63.08	523.79
Z3	27.69	366.23
Z4	56.92	437.03
Z5	70.77	486.58
Z9	68.46	530.35
Z10	33.08	420.10
Z11	46.92	382.58
Z12	66.92	537.42
Z13	33.08	430.22
Z14	23.08	343.09
Z15	32.31	378.32
Z16	38.46	394.52
Z18	46.92	469.41
Z19	43.08	516.74
Z22	29.23	547.64
Z23	37.69	787.79
Z24	23.08	435.98
Z25	43.08	391.22
Z26	57.69	563.57
平均值	44.38	463.56

4.鱼类资源状况

(1) 鱼类种类组成

本次调查共捕获鱼类 25 种。鱼类中大多数种类为我国沿岸、浅海渔业的兼捕对象。大多属于印度洋、太平洋区系，并以栖息于底层、近底层的暖水性的种类占优势。

(2) 鱼类资源密度估算

本次调查，鱼类的资源密度见表 4.5.4-23。鱼类平均个体密度和平均重量密度分别为 $12.00\times10^3\text{ ind/km}^2$ 和 179.04 kg/km^2 。鱼类个体密度分布中，Z9 号站断面最高为 $20.77\times10^3\text{ ind/km}^2$ ，Z10 号站断面最低为 $4.62\times10^3\text{ ind/km}^2$ ；鱼类重量密度分布中，Z23 号站断面最高为 623.44 kg/km^2 ，Z25 号站断面最低为 69.67 kg/km^2 。

表 4.5.4-23 鱼类资源密度

断面	个体密度 ($\times10^3\text{ ind/km}^2$)	重量密度 (kg/km^2)
Z1	12.31	111.68
Z2	15.38	214.82
Z3	6.92	109.18
Z4	19.23	178.27
Z5	16.92	146.85
Z9	20.77	199.45
Z10	4.62	78.72
Z11	10.00	112.49
Z12	16.92	94.22
Z13	7.69	101.30
Z14	5.38	87.35
Z15	11.54	195.35
Z16	13.08	195.73
Z18	10.77	115.94
Z19	10.77	226.15
Z22	11.54	373.02
Z23	12.31	623.44
Z24	9.23	140.49
Z25	6.15	69.67
Z26	18.46	206.69
平均值	12.00	179.04

(3) 鱼类优势种

鱼类 IRI 值在 1000 以上的优势种有 3 种，分别为：白姑鱼（*Pennahia*

argentata)、尖尾鳎(*Uroconger lepturus*)和麦氏犀鳐(*Bregmaceros maclellandi*)。这 3 种鱼的个体渔获率之和为 1536.00 ind/h，占鱼类总个体渔获率 (2496 ind/h) 的 61.54%。这 3 种鱼的重量渔获率之和为 13.39 kg/h，占鱼类总重量渔获率 (37.24 kg/h) 的 35.96%，详见表 4.5.4-24。

表 4.5.4-24 鱼类的 IRI 指数

种类	出现频率 (%)	个体渔获率		重量渔获率		IRI
		(ind/h)	(%)	(kg/h)	(%)	
白姑鱼	95.00	912.00	9.00	36.54	24.17	5767
尖尾鳎	75.00	264.00	3.63	10.58	9.75	1525
麦氏犀鳐	85.00	360.00	0.76	14.42	2.05	1400

5.甲壳类资源状况

(1) 种类组成

本次调查共捕获甲壳类 25 种，其中：蟹类 10 种，虾类 9 种，虾蛄类 6 种。甲壳类渔获种类名录见附录 V。

(2) 甲壳类资源密度评估

本次调查中甲壳类平均个体密度和平均重量密度分别为 31.50×10^3 ind/km² 和 271.86 kg/km²。其中，个体密度分布范围为 $13.08\times10^3\sim53.08\times10^3$ ind/km²，Z5 号站断面最高，Z24 号站断面最低；重量密度范围为 155.67~436.79 kg/km²，Z12 号站断面最高，Z23 号站断面最低。

表 4.5.4-25 甲壳类资源密度

断面	个体密度 ($\times10^3$ ind/km ²)	重量密度 (kg/km ²)
Z1	33.85	217.01
Z2	46.92	304.51
Z3	20.00	249.58
Z4	36.92	256.72
Z5	53.08	334.00
Z9	45.38	313.45
Z10	26.92	320.11
Z11	36.15	253.36
Z12	49.23	436.79
Z13	24.62	324.96
Z14	16.92	229.52
Z15	20.00	156.48
Z16	24.62	185.48
Z18	35.38	348.48

断面	个体密度 (×10 ³ ind/km ²)	重量密度 (kg/km ²)
Z19	30.77	256.61
Z22	16.92	171.89
Z23	24.62	155.67
Z24	13.08	275.27
Z25	35.38	290.40
Z26	39.23	356.88
平均值	31.50	271.86

(3) 优势种

甲壳类 IRI 值在 1000 以上的优势种有 5 种，分别为：红星梭子蟹 (*Portunus sanguinolentus*)、中华管鞭虾 (*Solenocera crassicornis*)、断脊小口虾蛄 (*Oratosquilla interrupta*)、矛形梭子蟹 (*Portunus hastatoides*)、哈氏仿对虾 (*Parapenaeopsis hardwickii*)。这 5 种甲壳类的个体渔获率之和为 5208.00 ind/h，占甲壳类总个体渔获率 (6552.00 ind/h) 的 79.49%。这 5 种甲壳类的重量渔获率之和为 43.31 kg/h，占甲壳类总重量渔获率 (56.55 kg/h) 的 76.60%，详见表 4.5.4-26。

表 4.5.4-26 甲壳类的 IRI 指数

种类	出现频率 (%)	个体渔获率		重量渔获率		IRI
		(ind/h)	(%)	(kg/h)	(%)	
红星梭子蟹	100.00	640.00	22.46	9.77	39.72	4949
中华管鞭虾	100.00	1816.00	7.11	27.72	12.58	4030
断脊小口虾蛄	100.00	1128.00	8.31	17.22	14.69	3190
矛形梭子蟹	95.00	1128.00	3.69	17.22	6.52	2255
哈氏仿对虾	100.00	496.00	1.74	7.57	3.08	1065

6.头足类资源状况

(1) 种类组成

本次调查共捕获头足类 2 种，曼氏无针乌贼 (*Sepiella maindroni*) 和杜氏枪乌贼 (*Loligo duvauceli*)。

(2) 头足类资源密度评估

本次调查，头足类的资源密度见表 4.5.4-27，其平均个体密度和平均重量密度分别为 0.88×10³ ind/km² 和 12.66 kg/km²。其中，个体密度分布范围为 0.00×10³ ~2.31×10³ind/km²，Z9 号站断面最高；重量密度范围为 0.00~33.98 kg/km²，Z19 号站断面最高。

表 4.5.4-27 头足类资源密度

断面	个体密度 (×10 ³ ind/km ²)	重量密度 (kg/km ²)
Z1	0.00	0.00
Z2	0.77	4.47
Z3	0.77	7.46
Z4	0.77	2.05
Z5	0.77	5.73
Z9	2.31	17.45
Z10	1.54	21.27
Z11	0.77	16.73
Z12	0.77	6.41
Z13	0.77	3.96
Z14	0.77	26.22
Z15	0.77	26.48
Z16	0.77	13.31
Z18	0.77	4.99
Z19	1.54	33.98
Z22	0.77	2.73
Z23	0.77	8.68
Z24	0.77	20.22
Z25	1.54	31.15
Z26	0.00	0.00
平均值	0.88	12.66

7.幼体比例

本调查中鱼类整体幼体比例很高，包括白姑鱼、真鲷、日本绯鲤、六指马鲛等在内的大部分经济种鱼类的捕捞群体均以幼体群体为主。本调查中甲壳动物经济种的幼体比例同样较高，如猛虾蛄、断脊小口虾蛄、红星梭子蟹等渔获中的大部分由亚成体和幼体组成。

表 4.5.4-28 拖网采样物种的生物学特征和幼体比例

类群	物种名	体长范围 mm		体重范围 g		幼体比例
		min.	max.	min.	max.	个数比%
鱼类	白姑鱼	40	165	1.27	103.55	96.49
	皮氏叫姑鱼	100	146	18.58	59.22	5.26
	沙带鱼	125	150	35.24	55.19	0.00
	小带鱼	95	140	26.82	52.27	16.67
	多鳞鱚	105	143	14.43	30.37	33.33
	日本绯鲤	80	\	9.90	\	100.00
	真鲷	65	\	7.45	\	100.00

类群	物种名	体长范围 mm		体重范围 g		幼体比例
		min.	max.	min.	max.	个数比%
	六指马鲛	62	\	0.22	\	100.00
	黄鲫	75	140	3.71	27.32	75.00
	赤鼻棱鲷	72	105	5.67	13.05	25.00
	中颌棱鲷	80	82	4.92	5.01	100.00
	高体棱鲷	90	\	7.67	\	100.00
	裘氏小沙丁鱼	90	93	12.50	15.45	100.00
	龙头鱼	135	195	16.97	43.25	0.00
	尖尾鳎	35	106	1.13	45.52	78.79
	麦氏犀鳕	40	85	0.65	4.16	55.56
甲壳类	中华管鞭虾	38	98	0.57	10.43	42.73
	刀额新对虾	60	113	2.63	13.19	28.57
	近缘新对虾	67	103	3.20	10.46	21.43
	沙栖新对虾	60	90	2.25	9.88	0.00
	哈氏仿对虾	46	100	1.25	11.75	56.45
	亨氏仿对虾	72	73	5.19	5.93	0.00
	角突仿对虾	62	75	2.06	5.65	0.00
	须赤虾	50	\	1.04	\	0.00
	红星梭子蟹	38	130	5.34	110.11	77.50
	远海梭子蟹	125	\	111.51	\	0.00
	锈斑蟊	26	95	3.93	74.95	75.00
	口虾蛄	88	140	9.60	28.08	9.52
	长叉口虾蛄	100	165	10.31	46.98	0.00
	断脊小口虾蛄	41	110	0.70	17.10	97.16
	猛虾蛄	115	135	10.18	21.48	100.00
头足类	曼氏无针乌贼	25	32	3.55	9.70	100.00
	杜氏枪乌贼	28	86	2.43	34.43	64.71

8.主要经济物种的生物学特征

本次调查中,游泳动物经济种的主要组成为广东省近岸常见的中小型鱼类、梭子蟹科、对虾科及虾蛄类。鱼类经济种主要有白姑鱼、真鲷、皮氏叫姑鱼、黄鲫等；甲壳动物中出现较多的是常见对虾科和虾蛄类物种。以上鱼类和甲壳动物物种经济价值较高，生长迅速，是优良的渔业经济种。综合考虑各品种出现站数、优势度、平均渔获率、经济价值和生物类型代表性，选定以下几种分述生物学特征如下：

(1) 白姑鱼

白姑鱼 (*Pennahia argentata*)，也叫银姑鱼，为鲈形目 (Perciformes)、石首鱼科 (Sciaenidae)、银姑鱼属 (*Pennahia*)，白姑鱼属暖温性近底层鱼类，广泛分布于印度洋和太平洋西部海域，我国沿岸均有分布，一般栖息在水深 40~100 m 泥沙底海区。主要以底栖十足类、小型鱼类和头足类为食。产卵期为 5~9 月，6~7 月盛期。初次性成熟年龄为 1 龄，大量性成熟年龄为 2 龄左右。白姑鱼具有年龄结构较为简单、生殖期长、产卵场较广而分散等特点。

本次调查 20 个站位断面中出现了 19 个断面，占总调查断面数的 95.00%，总渔获共 1125.09 g、114 尾，体长区间 40~165 mm，体重区间 1.27~103.55 g，平均体重 9.87 g，捕捞群体基本全为幼体。各断面平均渔获率为 45.60 ind/h 和 0.45 kg/h；个体渔获率最高的是 Z9 号站断面，为 80.00 ind/h；重量渔获率最高的是 Z19 号站断面，为 1.09 kg/h。

(2) 黄鲫

黄鲫 (*Setipinna tenuifilis*) 为鲱形目 (Clupeiformes)、鲱科 (Engraulidae)、黄鲫属，广泛分布于印度洋和太平洋西部，我国南海、东海、黄海和渤海均有分布。我国沿海可常年作业，春、秋渔汛旺季，渔具可流网、定置网、张网和拖网等。幼鱼主要捕食桡足类，成鱼主要捕食糠虾类和中国毛虾。黄鲫生长迅速、性成熟速度快、资源恢复能力较强的特点，逐渐成为重要的渔业捕捞对象。

本次调查 20 个站位断面中出现 10 个断面，占总调查断面数的 50.00%。总渔获共 133.02 g、12 尾，体长区间 75~140 mm，体重区间 3.71~27.32 g，平均体重 11.09 g，幼体 9 尾，捕捞群体以幼体和亚成体为主。各断面平均渔获率为 4.80 ind/h 和 0.05 kg/h，个体渔获率最高的是 Z2 号、Z18 号站断面，均为 16.00 ind/h；重量渔获率最高的是 Z18 号站断面，为 0.30 kg/h。

(3) 断脊小口虾蛄

断脊小口虾蛄 (*Oratosquilla interrupta*) 属于十足目 (Stomatopoda)，虾蛄科 (Squillidae)。广泛分布于我国沿海及日本、朝鲜、东南亚各国附近海域。南海近岸海域虾蛄类资源相当丰富，其中虾蛄科的口虾蛄、长叉口虾蛄、断脊小口虾蛄和猛虾蛄科的猛虾蛄等均是重要的渔业经济物种。

断脊小口虾蛄在本次调查 20 个站位断面中全部都有出现。总渔获共 1038.32 g、141 尾，体长在 41~110 mm 之间，体重在 0.70~17.10 g 之间，平均

体重为 7.36 g, 渔获基本上为幼体。各断面平均渔获率为 56.40 ind/h、0.42 kg/h, 个体渔获率最高的是 Z2 号站断面, 为 136.00 ind/h, 重量渔获率最高的是 Z5 号站断面, 为 1.03 kg/h。

(4) 哈氏仿对虾

哈氏仿对虾 (*Parapenaeopsis hardwickii*) 隶属十足目 (Decapoda)、对虾科 (Penaeidae)、仿对虾属 (*Parapenaeopsis*), 体粗壮, 体长在 100mm 以内, 雌大于雄。生活于沿岸水深 70m 以内, 可栖息于各种不同底质的海底。我国自江苏省以南海区均有分布, 以广东雷州半岛及北部湾中产量较大, 是重要经济种。

本次调查 20 个站位断面均有出现。总渔获共 217.89 g、62 尾, 体长区间 46~100 mm, 体重区间 1.25~11.75 g, 平均体重 3.51 g; 其中幼体 35 尾, 捕捞群体为成体和幼体混栖群体。各断面平均渔获率为 24.80 ind/h、0.09 kg/h, 个体和重量渔获率最高的均为 Z10 号站断面, 分别为 104.00 ind/h 和 0.32 kg/h。

(5) 杜氏枪乌贼

杜氏枪乌贼 (*Loligo duvauceli*) 隶属枪形目 (Teuthoidea) 枪乌贼科 (Loliginidae)。杜氏枪乌贼为热带浅海性种, 栖息于印度洋—太平洋暖水区大陆架以内的 30~170 m 水层, 产卵季节大规模集群于中国东海南部、南海南部等海域。南海北部的杜氏枪乌贼主要分布在沿岸河口和海南岛周围水深 40m 以浅海域, 在 40 m 以深海域极少分布。通常夏、秋季由深水区向浅水区移动, 进行集群产卵繁殖, 此时群体密度增大, 成为拖网的主要捕捞对象。杜氏枪乌贼在北部湾常年有分布, 夏、秋季集群产卵, 分布较多, 群体栖居于底质粗糙的礁石或海岛周围海域。

本次调查 20 个站位断面中, 杜氏枪乌贼在 12 个有出现, 占总调查断面数的 60.00%。总渔获共 290.25 g、17 尾, 体长区间 28~86 mm, 体重区间 2.43~34.43 g, 平均体重 17.07 g; 其中幼体 11 尾, 捕捞群体为成体和幼体混栖群体。各断面平均渔获率为 6.80 ind/h、0.12 kg/h, 个体渔获率最高的为 Z9 号站断面, 为 24.00 ind/h, 重量渔获率最高的为 Z19 号站断面 0.35 kg/h。

9.生物多样性指数、均匀度及丰富度

本次调查海域各调查站位的游泳动物种数变化范围为 11~22 种; 种类多样

性指数 (H') 范围为 3.10~3.82 之间, 平均为 3.60, 多样性指数最高出现在 26 号采样站, 最低则出现在 10 号采样站, 多样性属于中等水平; 种类均匀度 (J') 变化范围在 0.81~0.93 之间, 平均为 0.87, 最高出现在 Z15 号采样站, 最低出现在 Z5 号采样站, 各站物种间分布较均匀。丰富度指数范围在 (3.45~5.63) 之间, 平均值为 4.79, 最高值出现在 Z22 号站位, 为 5.63, 最低在 Z25 号站位, 为 3.450。

表 4.5.4-29 游泳动物的多样性、均匀度指数及丰富度

站位	种类数	多样性指数 (H')	均匀度 (J')	丰富度 (D)
Z1	15	3.31	0.85	3.91
Z2	22	3.81	0.85	5.31
Z3	18	3.80	0.91	5.42
Z4	22	3.81	0.85	5.44
Z5	21	3.57	0.81	4.93
Z9	20	3.65	0.84	4.73
Z10	14	3.10	0.81	4.00
Z11	20	3.81	0.88	5.20
Z12	20	3.67	0.85	4.76
Z13	18	3.78	0.91	5.14
Z14	11	3.20	0.92	3.50
Z15	16	3.71	0.93	4.60
Z16	16	3.68	0.92	4.38
Z18	19	3.69	0.87	4.94
Z19	19	3.59	0.84	5.05
Z22	19	3.81	0.90	5.63
Z23	20	3.78	0.88	5.51
Z24	14	3.32	0.87	4.46
Z25	13	3.15	0.85	3.45
Z26	22	3.82	0.86	5.43
平均	18	3.60	0.87	4.79
范围	11~22	3.10~3.82	0.81~0.93	3.45~5.63.

八、结论

1.叶绿素 a 和初级生产力

本次调查海区表层水体叶绿素 a 含量的变化范围为 0.21~1.60 mg/m^3 , 平均值为 0.56 mg/m^3 ; 初级生产力的变化范围为 6.29~204.59 $\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$, 平均值为 47.33 $\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 。

2.浮游植物

本次调查共记录浮游植物 3 门 44 属 102 种。其中以硅藻门出现的种类为最多，占总种数的 74.51%；甲藻门占总种数的 24.51%，蓝藻门占总种数的 0.98%；本次调查的浮游植物优势种为硅藻门的假微型海链藻（优势度 0.680）和蓝藻门的束毛藻（优势度 0.096）；调查海区浮游植物丰度变化范围为 $10.89 \times 10^4 \sim 1149.92 \times 10^4$ cells/m³，平均为 275.46×10^4 cells/m³；浮游植物丰度组成以硅藻门占首位。浮游植物种数变化范围 24~59 种；多样性指数（ H' ）平均值为 1.03，多样性属于较低水平；均匀度指数（ J' ）平均值为 0.20，各站物种间分布非常不均匀；丰富度指数平均值为 2.79。

3.浮游动物

本次调查共记录浮游动物 11 个生物类群 68 种。各采样站浮游动物湿重生物量变化幅度为 41.02~284.62 mg/m³，平均生物量为 114.77 mg/m³；浮游动物密度变化幅度为 365.38~5934.21 ind/m³，平均密度 1331.97 ind/m³。浮游动物的优势有 9 种，为桡足类无节幼虫、桡足类幼体，强额拟哲水蚤、亚强次真哲水蚤、红小毛猛水蚤、克氏大眼水蚤、短角长腹剑水蚤、微刺哲水蚤、小拟哲水蚤；浮游动物种数变化范围为 13~32 种；种类多样性指数范围（ H' ）平均值为 3.51，多样性属于较高水平；种类均匀度（ J' ）平均值为 0.77，各站物种间分布较均匀；丰富度指数平均值为 3.53。

4.大型底栖生物

本次调查记录的大型底栖动物种类共计 47 种，调查海区大型底栖生物平均栖息密度为 44.00 ind/m²，大型底栖生物的平均生物量为 4.57 g/m²；各采样站位的大型底栖生物栖息密度变化范围在 13.33~206.67 ind/m² 之间，生物量变化范围在 0.09~28.02 g/m² 之间；本次调查海区的底栖生物优势种为棘皮动物的光滑倍棘蛇尾；大型底栖生物出现种数变化的范围在 2~6 种/站。多样性指数（ H' ）平均值为 1.83，多样性指数属于较低水平；均匀度（ J' ）平均值为 0.95，各站位之间物种分布均非常均匀；丰富度指数平均值为 1.13。

5.潮间带生物

本次调查共记录到潮间带生物 27 种，其中环节动物 1 种、节肢动物 6 种和软体动物 20 种。调查断面潮间带生物平均栖息密度为 588.44 ind/m²，平均生物量为 290.85 g/m²。调查断面平均栖息密度和生物量的断面间分布均为：C1 断

面>C2 断面>C3 断面；在垂直分布上，平均生物量和平均栖息密度均表现为高潮区>低潮区>中潮区。3 条调查断面出现的种类数范围为 7~16 种/断面，多样性指数和均匀度指数平均值分别为 2.36 和 0.72，多样性指数属于中等较低水平，各断面物种间分布不均匀；丰富度指数平均值为 1.94。

6. 鱼类浮游生物

在水平拖网和垂直拖网两种方法采集的 40 个样品中，经鉴定，至少共出现了鱼卵仔稚鱼 9 种，其中鲈形目鉴定出 4 种，鲱形目鉴定出 2 种，鲻形目、鲾形目和未定种各鉴定出 1 种；本次水平拖网定性调查共采到鱼卵 424 粒，仔稚鱼 82 尾；鱼卵出现率为 100.00%，各站平均捕获鱼卵数量为 21 ind/net；仔稚鱼出现率为 80.00%，仔稚鱼的各站平均捕获数量平均为 4 ind/net。本次垂直拖网定量调查共采到鱼卵 12 粒，仔稚鱼 23 尾。鱼卵出现率为 50.00%，鱼卵平均密度为 0.43 ind/m³；仔稚鱼出现率为 45.00%，平均密度为 0.83 ind/m³。鲷科是本调查中水平定性拖网和垂直拖网中的主要鱼卵和仔稚鱼种类。

7. 游泳动物

本次调查拖网采样共捕获游泳动物 52 种，其中：鱼类 25 种，甲壳类 25 种，头足类 2 种。渔业资源的平均总个体渔获率和平均总重量渔获率分别为 461.60 ind/h 和 4.82 kg/h；各断面平均个体密度为 44.38×10^3 ind/km²，平均重量密度为 463.56 kg/km²；鱼类优势种有 3 种：白姑鱼、尖尾鳎和麦氏犀鳎；甲壳类优势种有 5 种：红星梭子蟹、中华管鞭虾、断脊小口虾蛄、矛形梭子蟹、哈氏仿对虾。游泳动物种数变化范围为 11~22 种；种类多样性指数 (H') 平均值为 3.60，多样性属于中等水平；种类均匀度 (J') 平均值为 0.87，各站物种间分布较均匀；丰富度指数平均值为 4.79。

4.5.5 近岸海域水质监测结果

本项目附近海域分布有国控水质监测站位 GDN22004、GDN22001，其中 GDN22004 距项目西北侧约 2.0km，GDN22001 距项目西南侧约 7.1km。

本报告收集了广东省生态环境厅发布的 2023 年、2024 年 2 个年度共 6 期广东省近岸海域水质监测结果进行分析。

根据 2023-2024 年广东省近岸海域水质监测结果，GDN22004、GDN220012 个国控点的 6 期监测结果均无出现监测因子超标现象，水质类别为一类/二类。

表 4.5.5-1a 广东省近岸海域水质监测信息（2023 年第一期）

站位编码	经纬度	监测时间	监测指标						主要超标项目	水质类别
			pH	无机氮 (mg/L)	活性磷酸 盐 (mg/L)	石油类 (mg/L)	溶解氧 (mg/L)	化学需氧 量 (mg/L)		
GDN22004	E: 116.3044, N: 22.9399	2023-04-18	7.98	0.093	0.006	0.012	5.90	0.80	/	二类
GDN22001	E: 116.2999, N: 22.8591	2023-04-17	8.12	0.062	0.007	0.012	5.85	0.52	/	二类

表 4.4.2-11b 广东省近岸海域水质监测信息（2023 年第二期）

站位编码	经纬度	监测时间	监测指标												主要超标项目	水质类别
			pH	无机氮	活性磷酸盐	石油类	溶解氧	化学需氧量	铜	汞	镉	铅	总氮	总磷		
			(mg/L)													
GDN22004	E: 116.3044, N: 22.9389	2023-07-12	8.01	0.082	0.004	0.011	7.20	0.45	0.00006	0.000004	0.000015	0.00004	0.331	0.027	/	一类
GDN22001	E: 116.3033, N: 22.8590	2023-07-12	7.97	0.051	0.011	0.010	6.00	0.35	0.00077	0.000023	0.000015	0.00004	0.209	0.026	/	二类

表 4.4.2-11c 广东省近岸海域水质监测信息（2023 年第三期）

站位编码	经纬度	监测时间	监测指标						主要超标项目	水质类别
			pH	无机氮 (mg/L)	活性磷酸盐 (mg/L)	石油类 (mg/L)	溶解氧 (mg/L)	化学需氧量 (mg/L)		
GDN22004	E: 116.3043, N: 22.9402	2023-10-27	8.15	0.176	0.018	0.021	6.60	0.41	/	第二类
GDN22001	E: 116.3001, N: 22.8589	2023-10-27	8.08	0.157	0.012	0.035	6.60	0.41	/	第一类

表 4.4.2-12a 广东省近岸海域水质监测信息（2024 年第一期）

站位编码	经纬度	监测时间	监测指标						主要超标项目	水质类别
			pH	无机氮 (mg/L)	活性磷酸盐 (mg/L)	石油类 (mg/L)	溶解氧 (mg/L)	化学需氧量 (mg/L)		
GDN22004	E: 116.3100, N: 22.9400	2024-04-18	7.91	0.018	0.004	0.012	6.70	0.63	/	第一类
GDN22001	E: 116.3000, N: 22.8600	2024-04-18	7.91	0.010	0.004	0.008	6.73	0.49	/	第一类

表 4.4.2-12b 广东省近岸海域水质监测信息（2024 年第二期）

站位编码	经纬度	监测时间	监测指标										主要超标项目	水质类别
			pH	无机氮	活性磷酸盐	石油类	溶解氧	化学需氧量	铜	汞	镉	铅		
				(mg/L)										
GDN22004	E: 116.3100, N: 22.9400	2024-08-06	8.13	0.032	0.008	0.010	6.76	0.56	0.00090	0.000018	0.00005	0.00012	/	第一类
GDN22001	E: 116.3000, N: 22.8600	2024-08-05	8.17	0.053	0.010	0.005	6.74	0.39	0.00085	0.000015	0.00004	0.00019	/	第一类

表 4.4.2-12c 广东省近岸海域水质监测信息（2024 年第三期）

站位编码	经纬度	监测时间	监测指标						主要超标项目	水质类别
			pH	无机氮 (mg/L)	活性磷酸盐 (mg/L)	石油类 (mg/L)	溶解氧 (mg/L)	化学需氧量 (mg/L)		
GDN22004	E: 116.3100, N: 22.9400	2024-11-15	7.95	0.166	0.012	0.007	6.83	0.53	/	一类
GDN22001	E: 116.3000, N: 22.8600	2024-11-14	8.02	0.129	0.011	0.013	6.68	0.44	/	一类

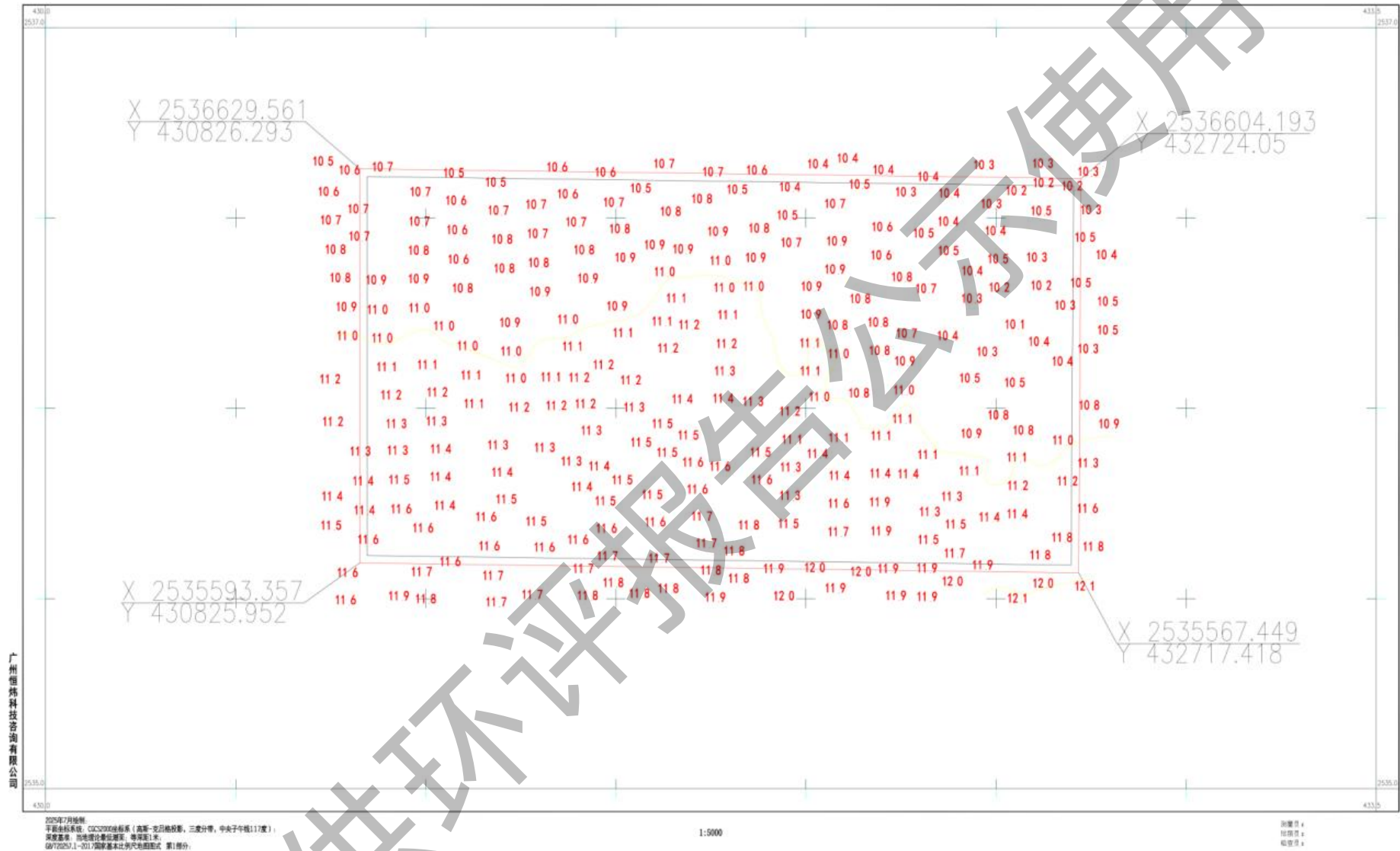
4.6 地形地貌与冲淤环境现状调查与评价

4.6.1 区域地形地貌

本项目位于揭阳市惠来县神泉湾海域，神泉湾是介于东经 $116^{\circ} 06'$ ~ $116^{\circ} 22'$ 、北纬 $22^{\circ} 47'$ ~ $22^{\circ} 58'$ 之间一个弧形海湾，大部分岸段地处粤东地区揭阳市惠来县，靠近下岬角的局部岸段属陆丰市管辖岸段。隆江原入海潮汐通道口（神泉港）居于神泉湾东侧，距离弧形湾顶约 1km，隆江新开入海河口距湾顶的岸线距离约 8.8km。

神泉湾向南开敞，海湾开口宽度超过 20km，上岬角（澳角至屿头角）岸线走向呈 ES 向，对神泉湾的屏障和掩护效果不佳，岸滩坡度较为平缓，约为 1/700。

根据本项目用海范围的水深地形测量结果，项目范围内的水深介于 10~12m 之间，水深呈由近岸向外海逐渐加深的趋势。项目水深地形测量图见图 4.6.1-1。



4.6.2 区域地质

根据《中国海岸带和海涂资源综合调查图集》，该区域以北东向构造断裂带发育为主，东西向和北西向构造断裂带为次。

(1) 北东向构造体系

汕头—惠来断裂带（Ⅱ18）：发育于饶平、汕头、惠来一带，于陆丰甲子镇潜入南海，总体走向北东 45-60°。东北段大部分为第四系覆盖，断裂形迹断续出露；西南段的潮阳、惠来一带，断裂形迹连续性较好。惠来—碣石一带的海岸线及滨海第四系沉积均与断裂带走向平行，对海岸地貌有控制作用。温泉沿断裂带呈线性排列。该带在历史上重复发生过多地破坏地震。该断裂带形成于燕山运动第三幕，并控制燕山期岩体的分布，直到现在，活动仍未停息，距离本项目超过 5 公里，对项目区域地质稳定基本没有影响。

(2) 北西向构造体系

华山断裂（Ⅳ2）：位于陆丰市的南塘镇和湖东镇一带，在陆丰市甲子港附近注入南海，穿行于不同时代的地层中并控制了该区燕山期花岗岩、火山岩的发育，复又切割了，早期具张剪性、晚期具压剪性特征。该断裂在燕山运动以来活动强烈，导致了燕山期岩体的侵入和构造盆地的发育，距离本项目位置超过 10 公里，对项目区域地质稳定没有影响。

4.6.3 冲淤环境

海域冲淤环境参考《粤东神泉湾顶表层沉积分布特征及运移趋势研究》（黄广灵等）对神泉湾海域近岸表层沉积物的粒度分布特征及表层泥沙运移趋势研究结果。

神泉湾是冰后期于澳角-神泉花岗岩台地西南侧发育起来的砂质海岸，有龙江和雷岭水系在此汇流入海。龙江和雷岭水系均发育于中生代花岗岩和石英砂岩分布区，地面风化比较强烈。自 6000 年前海平面相对稳定后，河流和原陆坡带来的大量泥沙在河流和海洋（潮流、海流、波浪）两类动力因素的共同作用下将古神泉湾逐步填塞，并发育成现今的海岸轮廓。神泉湾海域内没有大的岛屿对海域整体流况产生明显干扰，因此，该海域与南侧外海海水的交换顺畅。

1. 沉积物分布特征

海区海底表层沉积物类型主要有砾砂（GS）、粉砂质粘土（TY）、粘土

质粉砂（YT）、砂质粉砂（ST）和粉砂质砂（TS），其中以粘土质粉砂（YT）和砂质粉砂（ST）为主。粘土质粉砂（YT）和砂质粉砂（ST）各占总采样点数的 56%和 34%，也同时说明整个海区的水动力作用较弱。各类型分布如下图所示。

靠近河流入海口位置，表层沉积物中值粒径相对较粗（ $M_d\Phi<4.0\Phi$ ）；研究区中部多数采样站位的沉积物中值粒径相对较小（ $M_d\Phi>5.0\Phi$ ）。平均粒径与中值粒径相差不大，且分布规律相同。因此，研究海区受到来自靖海湾和神泉港的陆源物质和河流径流等的影响，还受来自外海潮汐潮流作用的影响，沉积物分选较差，沉积物颗粒频率分布较散乱，多数站位的沉积物粒度峰型分布接近正态峰的低平峰。

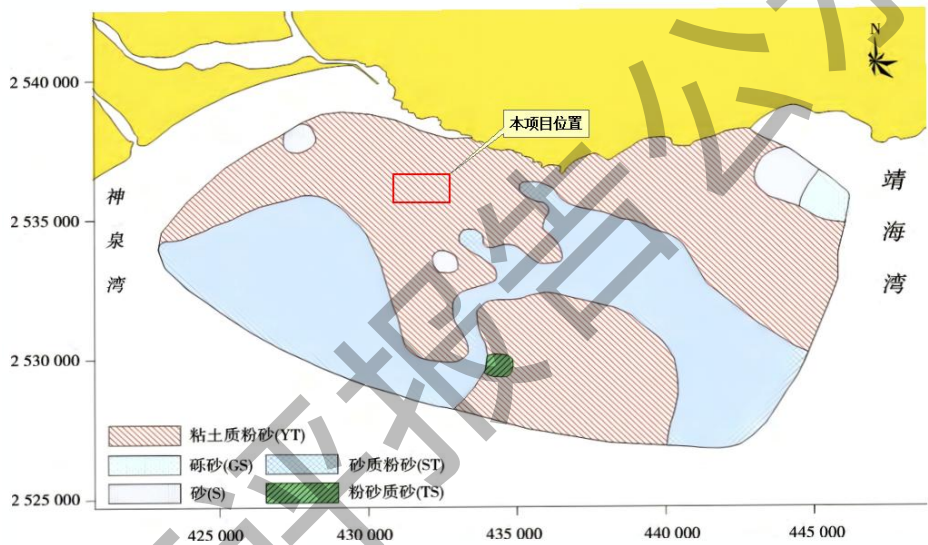


图 4.6.3-1 表层沉积物类型分布示意图

2.沉积物运移趋势

海区表层沉积物输移趋势为自外海向岸输运，表明本海域表层沉积物以海域来沙为主。神泉湾顶位置由于岸线外凸，形成本海域泥沙输运趋势的一个节点，湾顶以西海域泥沙输移趋势是由海向岸再转向西，而湾顶以东海域泥沙输移趋势则是由海向岸再转向东，海域来沙向岸输移过程中刚好以湾顶为节点分别向东、西两侧沿岸输运，但输运强度较弱。从表层沉积物输移的总体趋势来看，其驱动动力可考虑系波浪动力，但海域水深较大，10m 等深线距岸仅 1km 左右，根据本海区的波浪观测，其有效波高主要分布在 0.5~2m 之间，对应破波水深较浅，对照海域的水深，波浪难以对海域的表层沉积物产生作用，因此，

本海区的表层沉积物向岸搬运动力应该是由深层陆架水入侵（即近岸上升流）所提供。

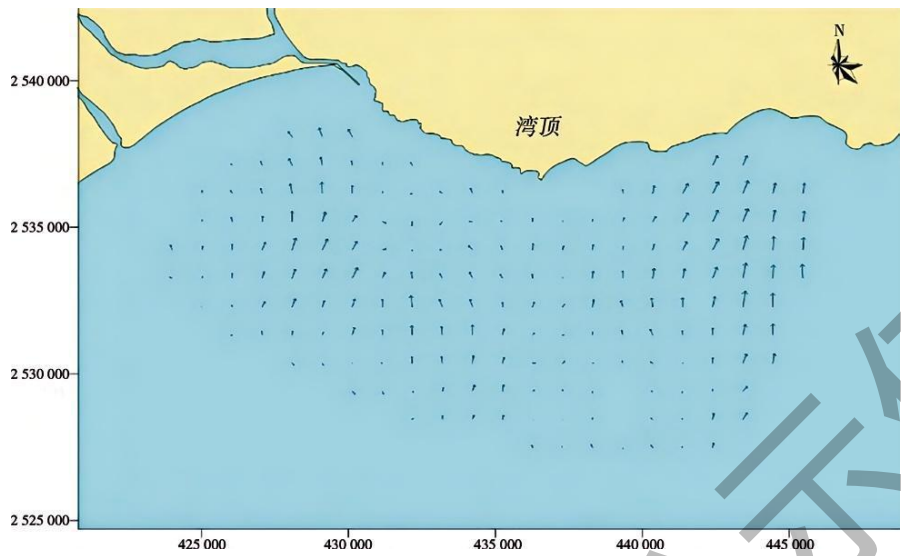


图 4.6.3-2 海域泥沙输运趋势示意图

4.6.4 工程地质

广州地质勘察基础工程有限公司于2025年8月对项目范围内的海底浅地层进行剖面测量工作，主要了解查探区域内地层情况，了解区域各覆盖层各自分别厚度。浅地层剖面探测结果较典型的特征分析如下：

1.反射界面特征

①T0 界面

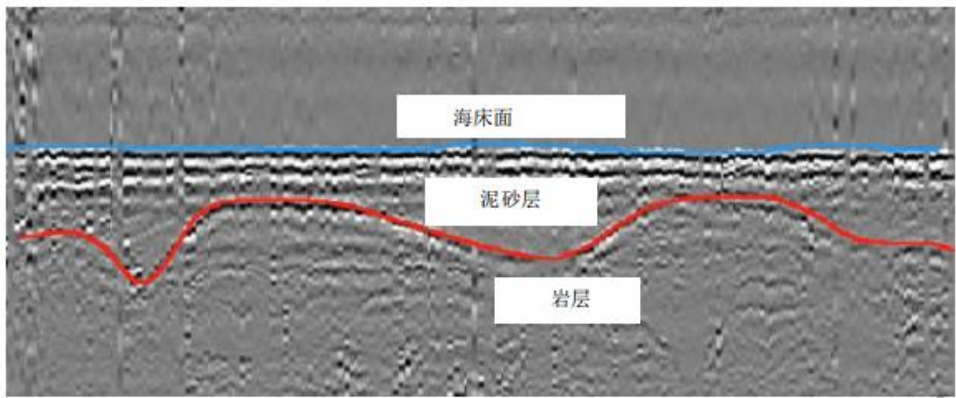
反射特征明显，振幅较强，易于识别，可连续自动追踪，为海水与海底沉积物的分界面。其起伏形态主要为数据采集船行涌浪导致，总体落差可以反映了海底地形的变化。

②T1 界面

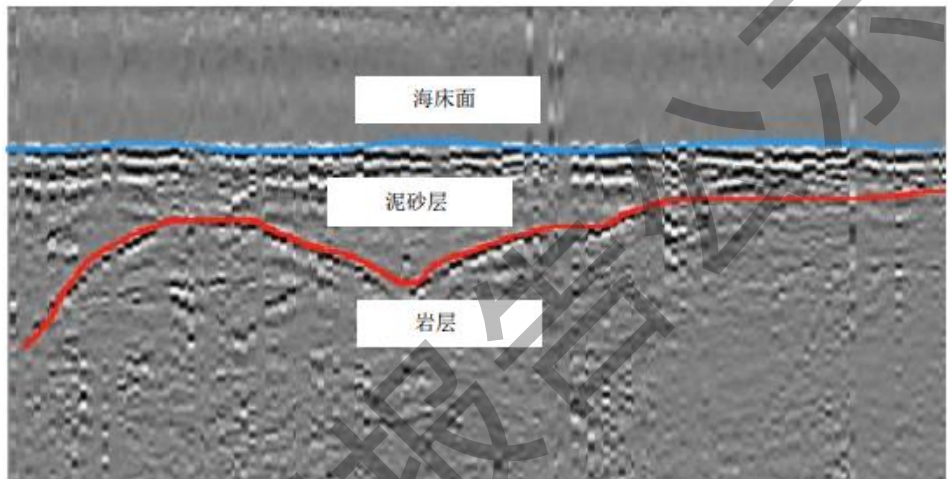
界面上为泥沙层，界面下层为硬质岩层，反射特征明显，局部界线稀薄，总体易于识别，可连续追踪。

2.地层特征

①泥沙层反射特征平滑度较好，带状特征明显，穿透深度在 2-8m 左右，如图所示：



②岩层的表层能量轴细薄、反射图像匀质细腻的反特征，区域内可见其厚度较深未击穿。如下图所示：



经浅地层探测成果显示：该调查区域泥沙层厚度主要集中在 2.5-5m 区间，岩层面标高主要在集中-13.5m--16.5m（当地理论最低潮面）区间。

项目浅地层探测实际航轨图及典型剖面图如图 4.6.4-1~图 4.6.4-3 所示。

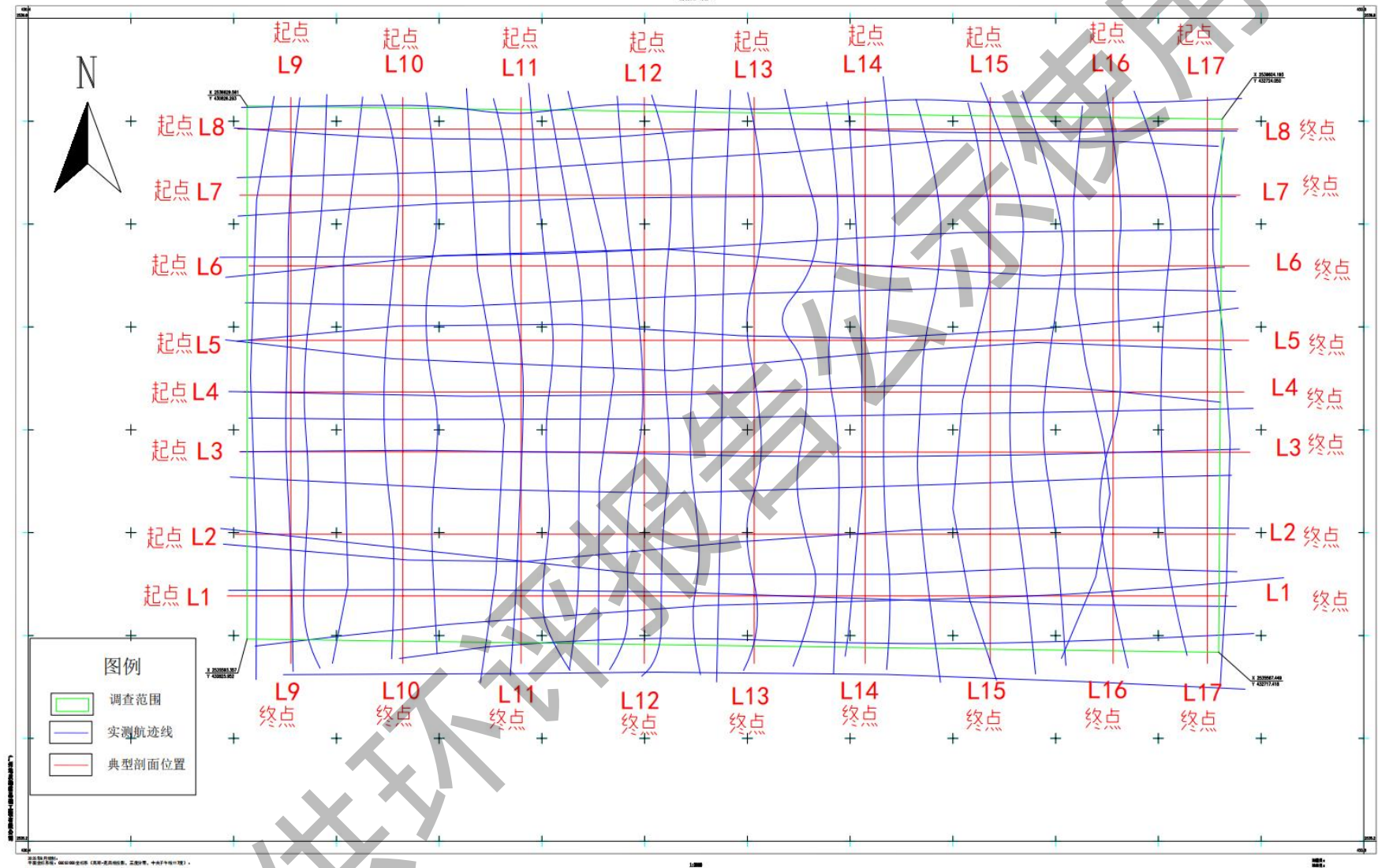
揭阳市投控农业海洋牧场产业园项目-实际航迹图及典型剖面图
图 4.6.4-1

图 4.6.4-1 项目浅地层探测实际航轨图

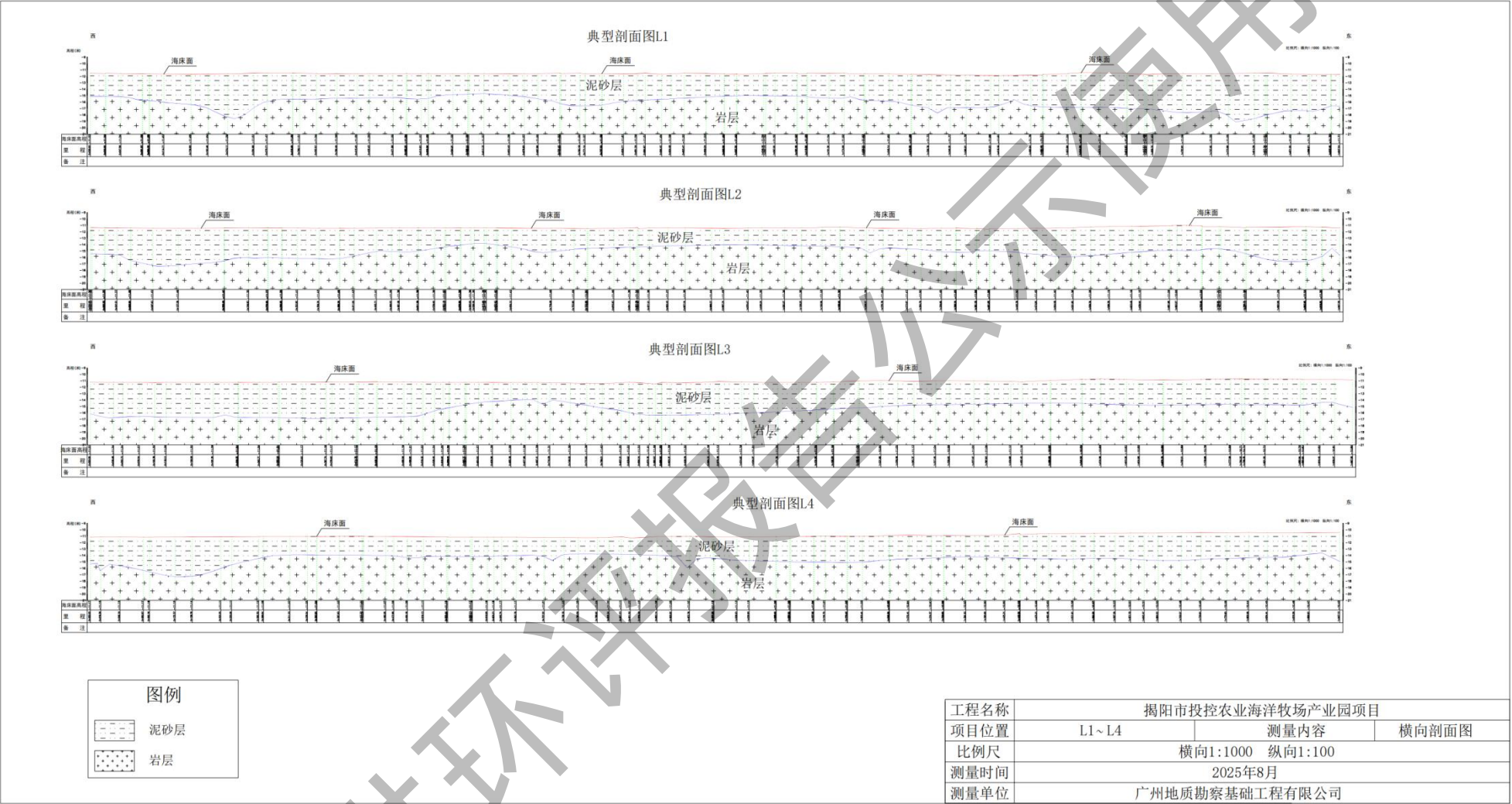


图 4.6.4-2a 项目浅地层探测横向剖面图（1）

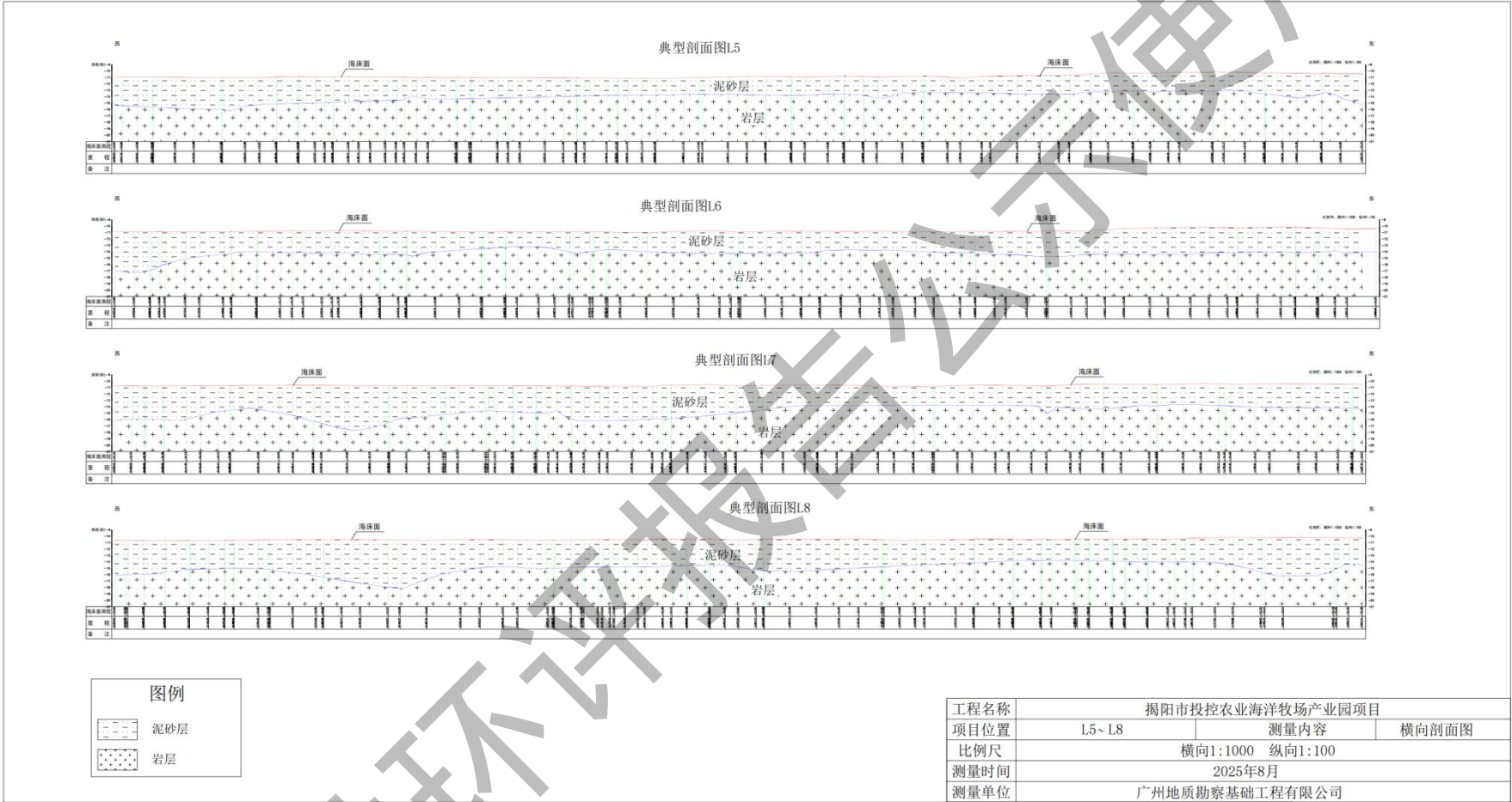


图 4.6.4-2b 项目浅地层探测横向剖面图（2）

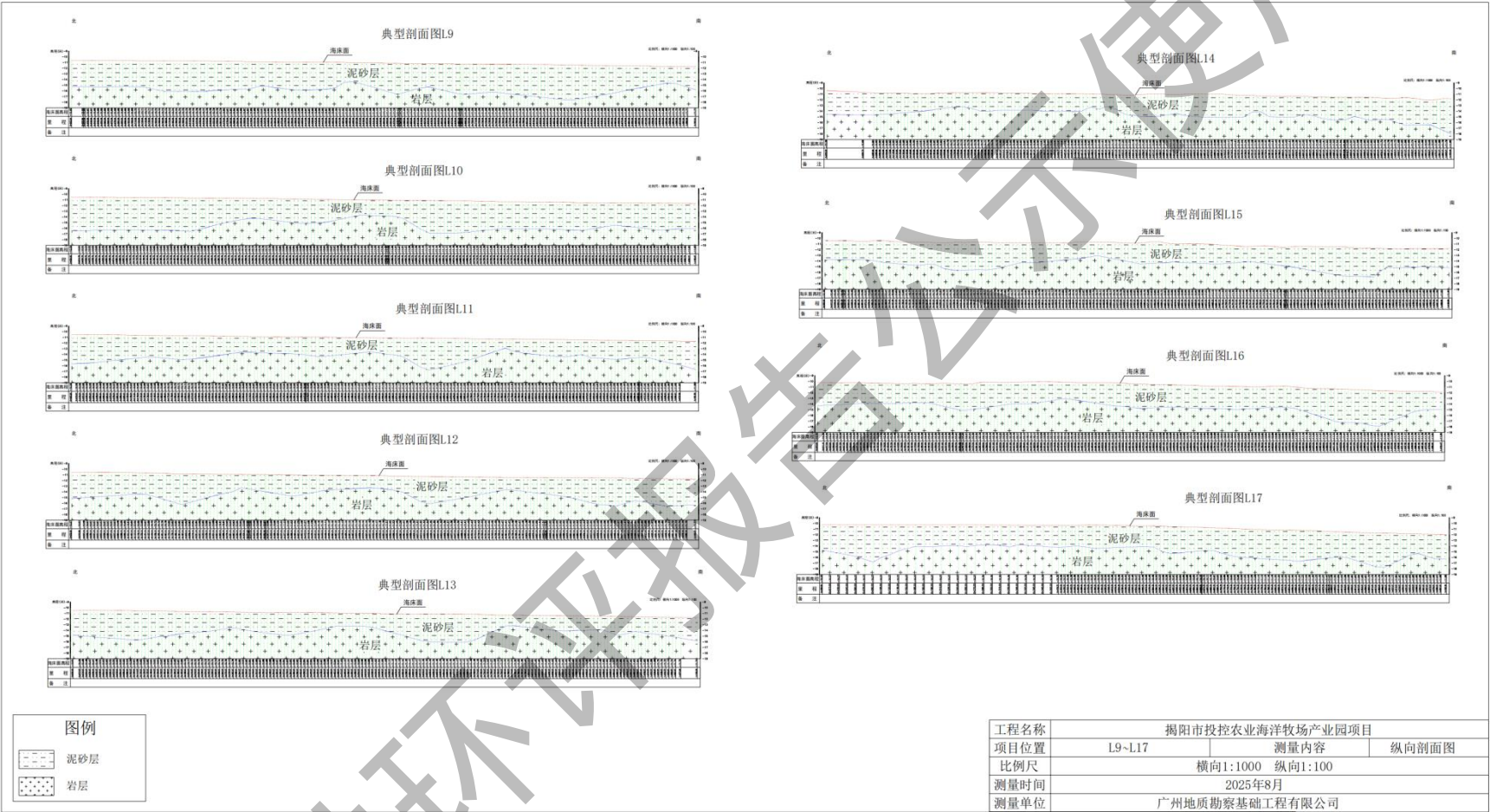


图 4.6.4-3 项目浅地层探测纵向剖面图

4.7 环境空气质量现状调查与评价

根据上文 2.4.2 章节大气环境影响评价等级判定,本项目大气环境影响评价等级为三级。根据《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ2.2-2018)中 6.1 对环境空气质量现状调查内容的要求,三级评价项目只调查项目所在区域环境质量达标情况。

为了解项目周围的环境空气质量现状,根据《环境影响评价技术导则大气环境》(HJ2.2-2018)中 6.2.1.1 项目所在区域达标判定,基本污染物环境质量现状数据优先采用国家或地方生态环境主管部门公开发布的评价基准年环境质量公告或环境质量报告中的数据或结论。

根据揭阳市生态环境局发布的《2024 年广东省揭阳市生态环境质量公报》,2024 年环境空气有效监测天数为 366 天,达标天数为 353 天,达标率为 96.4%;环境空气质量综合指数 I_{sum} 为 3.02 (以六项污染物计),比上年下降 3.2%;空气质量指数类别优 182 天,良 171 天,轻度污染 12 天,中度污染 1 天,空气中首要污染物为 O_3 与 $PM_{2.5}$ 。

根据《2024 年广东省揭阳市生态环境质量公报》,揭阳市 2024 年 SO_2 、 NO_2 、 $PM_{2.5}$ 、 PM_{10} 、 CO 、 O_3 年评价指标均达到《环境空气质量标准》(GB3095-2012)及其修改单中的二级标准。项目所在地属环境空气达标区域。

4.8 声环境质量现状调查与评价

根据上文 2.4.3 章节声环境影响评价工作等级判定结果,本项目声环境影响评价工作等级确定为三级。《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ2.4-2021)对三级评价项目声环境现状调查要求为:对评价范围内具有代表性的声环境保护目标的声环境质量现状进行调查,可利用已有的监测资料。根据第二章评价范围及环境敏感目标分析结论,项目位于开阔海域,项目范围外扩 200m 不涉及声环境保护目标。因此,本报告采用地方生态环境主管部门公开发布的生态环境质量公报对区域声环境质量现状进行评价。

根据揭阳市生态环境局发布的《2024 年广东省揭阳市生态环境质量公报》,声环境质量稳中趋好,昼间达标率高于夜间。市区功能区噪声环境质量昼间点

次达标率为 100.0%，比上年上升 1.9 个百分点，夜间点次达标率为 88.5%，比上年上升 3.9 个百分点。揭阳市道路交通噪声总平均值为 67.3 分贝，总体评价为好，与上年持平；大于 70 分贝的超标路段占总监测路长 24.6%，比上年增加 8.7 个百分点。揭阳市区域环境噪声等效声级平均值为 54.7 分贝，符合二级，总体评价为较好，与上年持平；超标率为 12.0%，比上年增加 5.2 个百分点。

根据《2023 年揭阳市生态环境质量公报》，2023 年，揭阳市区域环境噪声（昼间）等效声级平均值为 53.5 分贝，符合二级，总体评价为较好，与上年持平；超标率为 6.8%，比上年下降 6.4 个百分点。

市区区域环境噪声（昼间）平均等效声级为 52.6 分贝，区域环境噪声总体水平达到二级，声环境质量为较好，比上年上升一级；超标率为 3.9%，比上年下降 6.3 个百分点。辖区中，惠来县道路交通噪声（昼间）强度为一级，声环境质量为好，超标率为 0.0。辖区中，全市五个辖区（榕城区、揭东区、普宁市、揭西县、惠来县）区域环境噪声质量（昼间）均为较好，总体水平达到二级，超标率在 3.9%~9.8%之间。

综上，本项目所属惠来县区域声环境质量现状良好。

5 环境影响预测与评价

5.1 海洋水动力环境影响预测与评价

本项目建设对海洋水动力环境的影响主要是深水网箱布设后对该区域海流产生一定的阻挡作用，导致该水域流场发生变化。

5.1.1 潮流泥沙数学模型

本项研究采用 Mike21 模型。

一、控制方程

潮流计算采用二维垂向平均水动力模型，本项目所在海域水深较浅，属于宽浅型水域且潮混合较强烈，垂向流速分布均匀，采用二维垂向平均水动力模型（Mike21）可较好地反映区域潮流运动特征，且计算效率高，适用于大范围海域的水动力模拟与工程影响预测。其控制方程为：

$$\begin{aligned} \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}}{\partial y} &= 0 \\ \frac{\partial h\bar{u}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}^2}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}\bar{u}}{\partial y} &= f\bar{v}h - gh\frac{\partial\eta}{\partial x} - \frac{gh^2}{2\rho_0}\frac{\partial\rho}{\partial x} - \frac{\tau_{bx}}{\rho_0} + \frac{\partial}{\partial x}(hT_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y}(hT_{xy}) \\ \frac{\partial h\bar{v}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}\bar{v}}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}^2}{\partial y} &= -f\bar{u}h - gh\frac{\partial\eta}{\partial y} - \frac{gh^2}{2\rho_0}\frac{\partial\rho}{\partial y} - \frac{\tau_{by}}{\rho_0} + \frac{\partial}{\partial x}(hT_{xy}) + \frac{\partial}{\partial y}(hT_{yy}) \\ T_{xx} &= 2A\frac{\partial\bar{u}}{\partial x}, \quad T_{xy} = A\left(\frac{\partial\bar{u}}{\partial y} + \frac{\partial\bar{v}}{\partial x}\right), \quad T_{yy} = 2A\frac{\partial\bar{v}}{\partial y} \end{aligned}$$

式中：

h ——总水深， $h = d + \eta$ ， d 为给定基面下水深， η 为基面起算水位；

\bar{u} 、 \bar{v} —— x 、 y 方向垂向平均流速；

f ——科氏参数；

g ——重力加速度；

ρ_0 ——参考密度；

ρ ——水体密度；

A ——涡动粘性系数，采用 Smagorinsky 公式计算， $A = C_s^2 l^2 \sqrt{S_{ij}S_{ij}}$ ，

C_s 为可调系数， l 为网格面积， S_{ij} 与速度梯度相关，即 $S_{ij} = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i}\right)$ ， $(i,$

$j=1, 2$);

τ_{bx} 、 τ_{by} ——底切应力 $\vec{\tau}_b$ 在 x 、 y 方向的分量, $\vec{\tau}_b = \rho_0 C_f |\vec{U}_b| \vec{U}_b$, \vec{U}_b 为

底流速, C_f 为底拖曳系数, $C_f = \frac{g}{C^2}$, C 为 Chezy 数。

二、定解条件

初始条件:

$$\left. \begin{aligned} \zeta(x, y, t)|_{t=t_0} &= \zeta_0(x, y, t_0) \\ u(x, y, t)|_{t=t_0} &= u_0(x, y, t_0) \\ v(x, y, t)|_{t=t_0} &= v_0(x, y, t_0) \end{aligned} \right\}$$

式中: $\delta_0(x, y, t_0)$ 、 $u_0(x, y, t_0)$ 和 $v_0(x, y, t_0)$ 为初始时刻的已知值。潮流模型初始水位为 0, 初始流速 0。

固边界条件:

$$\vec{U} \cdot \vec{n}|_{\Gamma_2} = 0$$

式中: \vec{n} 为固边界法向, \vec{U} 为流速矢量 ($|\vec{U}| = \sqrt{u^2 + v^2}$), 其物理意义为流速矢量沿固边界的法向分量为零, 陆地边界作为固壁边界模拟水流遇陆地的反射、绕流等边界效应。

开边界条件:

本报告计算域外海大网格开边界条件由全球模型 T_tide 提取本次模拟时段的潮位时间序列, 并根据潮汐预报和实测水位进行调整, 不考虑河流开边界条件。根据模拟期间的风况实测数据, 采用风速 2.8m/s 的 E 向风作为驱动力。

三、模型范围及参数

1. 计算范围及网格划分

本项目采用二维垂向平均水动力模型模拟工程所在海域的水动力状况, 模拟工程建设前后水动力的变化情况和对环境的影响。模型计算范围西南至汕尾碣石湾东侧田尾角附近, 东北至汕头广澳湾东侧马耳角附近, 外边界抵达外海 40m 等深线附近。为拟合复杂的岸线、岛屿和地形特征, 采用不规则三角形网格划分计算域, 模型计算范围及网格见图 5.1.1-1, 工程海区局部网格见图 5.1.1-2。整个计算域网格最大空间步 3000m, 最小空间步长 5m; 网格单元数

393929 个，节点数 200833 个。

建立好模型网格后，为了得到模拟区域的精确水深，本报告收集并数字化了该区域的几个不同来源的水深数据（海图：15110 表角至田尾角 2023，1:120000、15151 靖海湾至神泉港 2023，1:30000、15152 神泉港 2023，1:20000），以及工程区附近海区的实测水深数据。将不同来源的水深数据统一至以平均海平面为基准面后，再通过三角插值法得到模拟区域所有网格节点处的水深。最终的水深如图 5.1.1-3 所示。

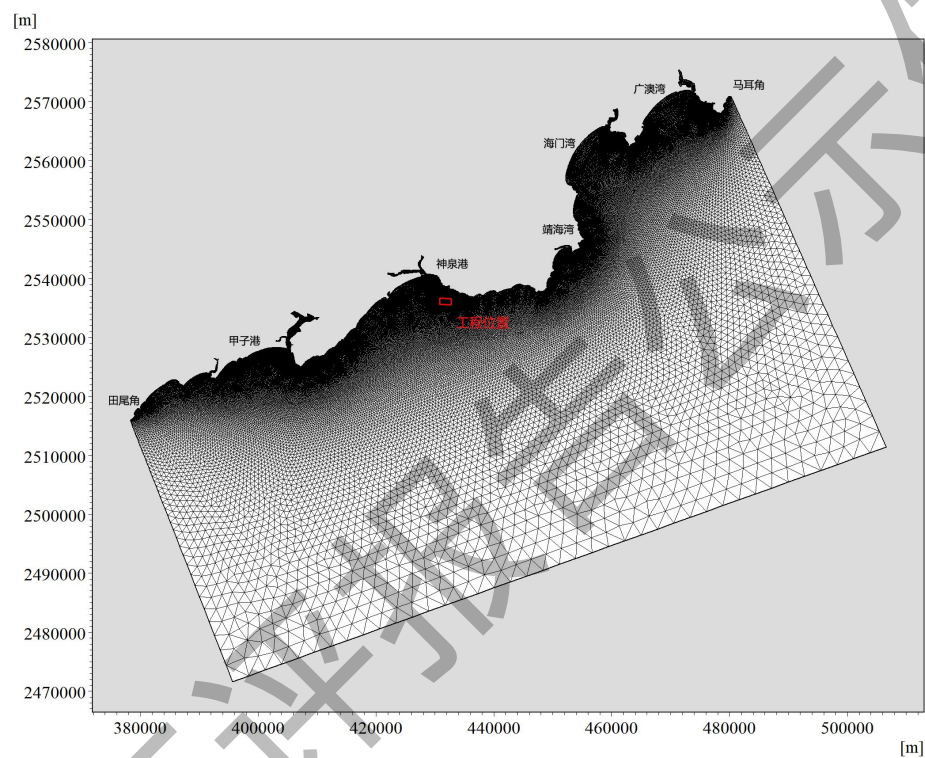


图 5.1.1-1 模型计算范围及网格示意图

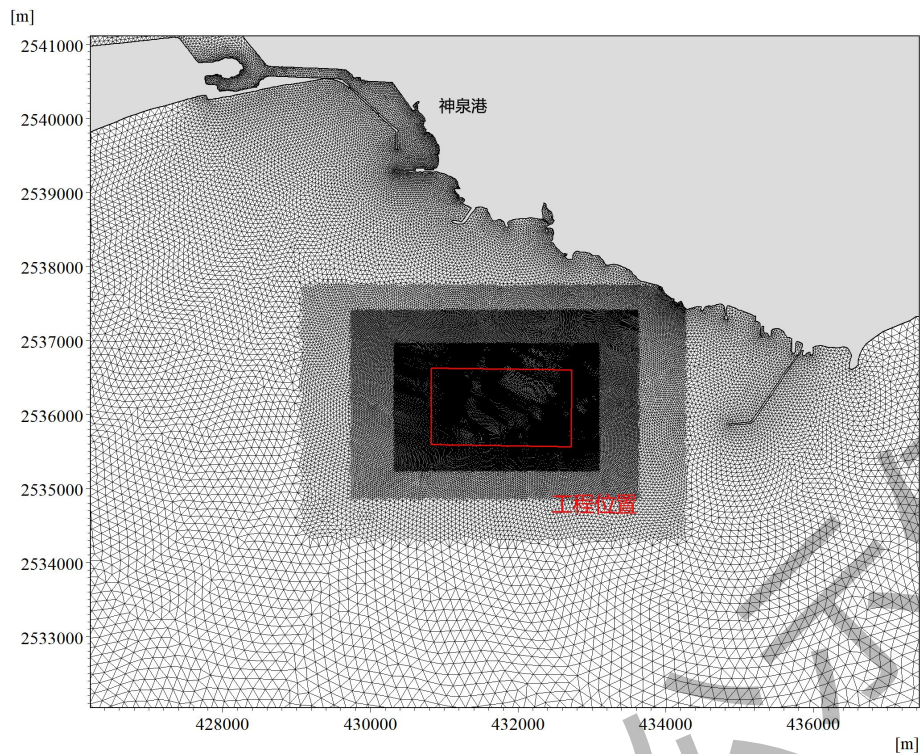


图 5.1.1-2 模型计算网格示意图（工程区附近海域）

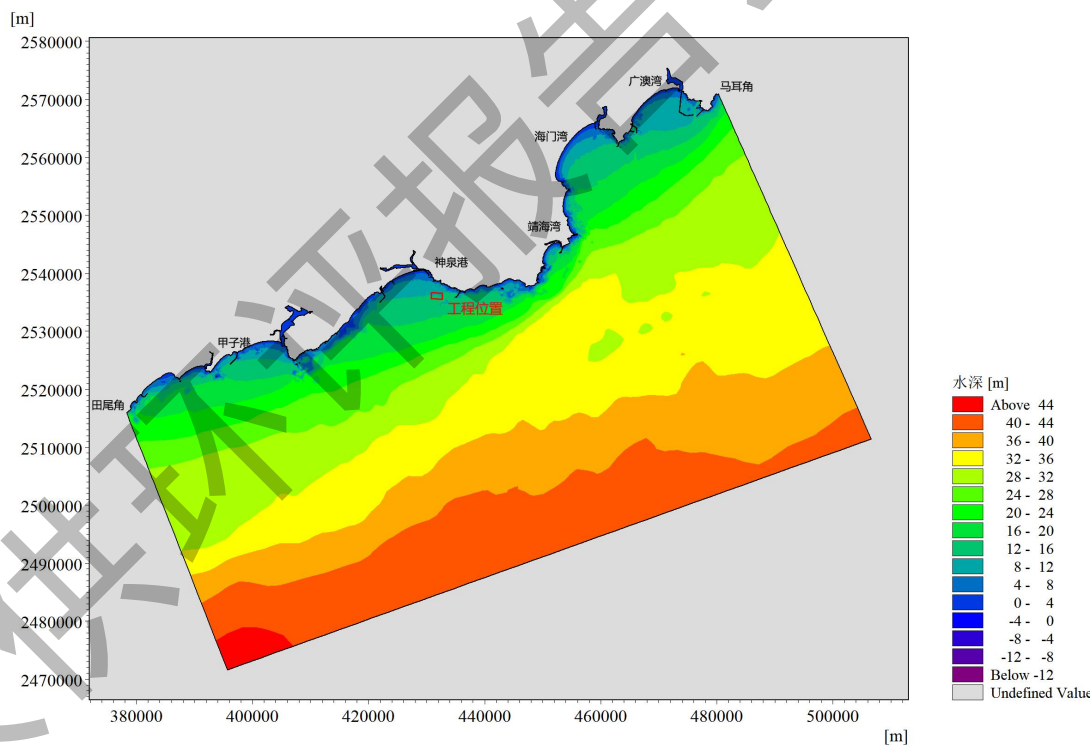


图 5.1.1-3 模型计算区域水深示意图

2.动边界处理

在一些近岸海域附近普遍存在浅滩在高潮位时被淹没，低潮位时出露的现象。计算过程中为能够正确反映潮滩的干湿特征，则需要采用适当的动边界处理技术。动边界处理方法有多种，本研究中采用冻结法，根据节点水深判断是

否露滩。当水深小于某一控制水深时，节点潮位“冻结”不变，进行下一时刻计算前，被冻结的节点水深由周边节点水深修正；若水深大于控制水深则参与计算。为避免水量和动量的过分“冻结”引起失真，动边界控制水深采用 0.1m。

3.水动力阻力系数或拖曳系数选取依据说明

工程后影响水动力的因素包括网箱和成熟期鱼群密度。

(1) 圆形网箱养殖区域

①考虑 C90 圆形网箱结构阻力：

网衣规格为 PE400D/50 股×5.0 cm，无结节，其等效直径 d 约为 1.72 mm，网衣的实度约为 6.9%。C90 圆形网箱直径取值 28.65m。

②考虑成鱼期鱼群密度

海水鱼类年产量为 2598.75 吨，圆形网箱养殖水体 29.8 万 m^3 ，圆形网箱成鱼期平均养殖密度约 8.72 kg/m^3 。

(2) 矩形网箱鲍鱼养殖区

只需考虑矩形网箱结构阻力：网衣规格为 PE400D/50 股×5.0 cm，无结节，其等效直径 d 约为 1.72 mm，网衣的实度约为 6.9%。每个矩形网箱的尺寸为 38.4 m×25.8 m，内设 24 个 5 m×5 m 养殖分隔。

与游泳性鱼类不同，鲍鱼作为附着生物，其活体本身对水流的直接阻碍作用微乎其微。阻力系数应完全或绝大部分基于矩形网箱的物理结构来选取，无需考虑生物附加阻力。

四、模型验证

1.验证资料

潮流模型选择 2022 年 6 月 13 日 00:00 至 6 月 15 日 23:00 期间实测潮位和 2022 年 6 月 14 日 11:00 至 6 月 15 日 13:00 大潮期间流速、流向验证，验证站位分布如图 5.1.1-4 所示，其中潮流验证站位分别为 HLL1~HLL6 站位；潮位验证站位为 HLC1、HLC2 站位。

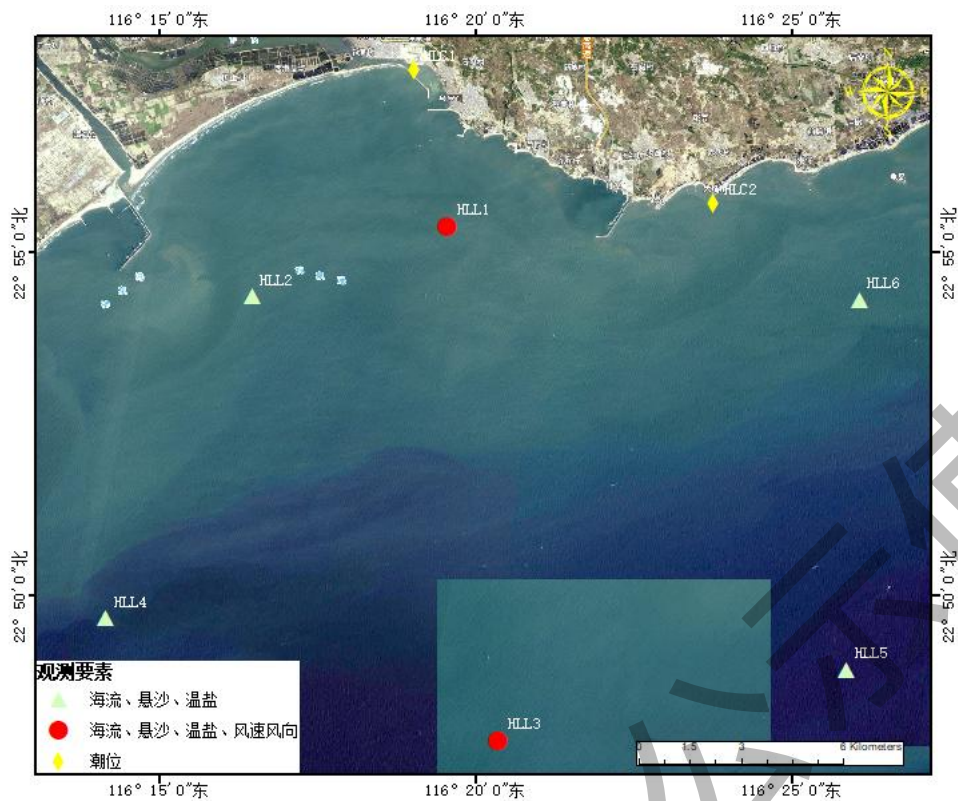


图 5.1.1-4 验证站位布设图

2.潮位验证

HLC1、HLC2 站潮位验证过程线如图 5.1.1-5 所示。从潮位验证过程线图可以看出，计算潮位过程与实测潮位过程能较好地吻合，计算潮位与实测潮位大体一致。潮位验证计算表明通过数学模型模拟的该海域潮波传播过程与天然潮波过程基本相似，数学模型采用的边界控制条件合适，模型参数选取恰当，能够反映海域内潮波传递和潮波变形。

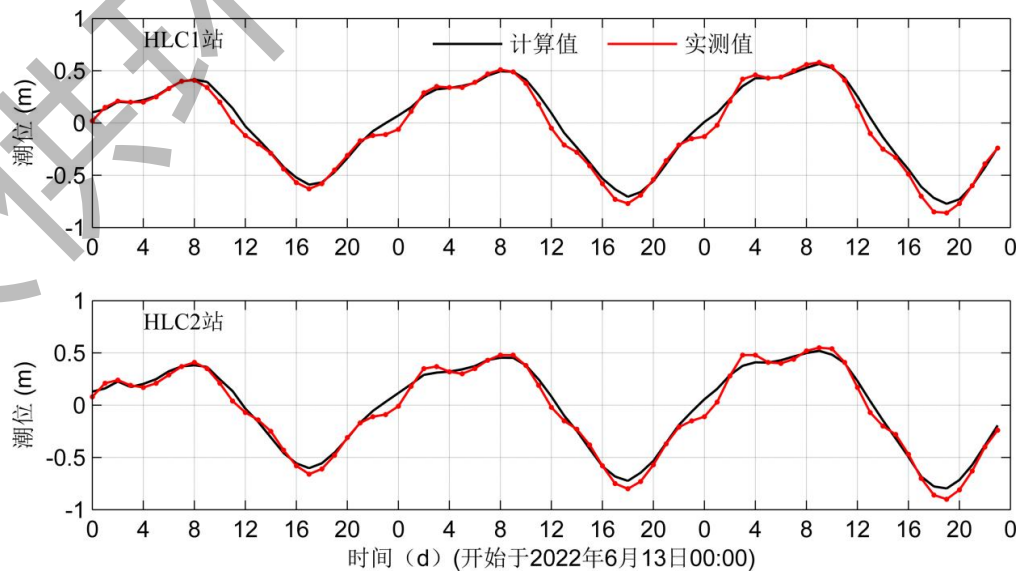


图 5.1.1-5 HLC1、HLC2 站位潮位验证过程线图

3.潮流验证

HLL1~HLL6 站流速和流向过程线如图 5.1.1-6 所示。验证结果表明，计算流速、流向与实测流速、流向变化趋势较为一致。计算流速、流向总体上与实测流速、流向较为吻合，说明数学模型采用的开边界控制条件合适，模型参数选用恰当，能够反映模拟海域内的潮流运动特征。部分站位个别点的流速、流向与实测值有一定偏差，这可能与岸线概化、地形等因素有关。总体上说，模型模拟结果基本反映了工程周边海域的潮流流态及潮汐特征，可用于工程水文动力影响的预测。

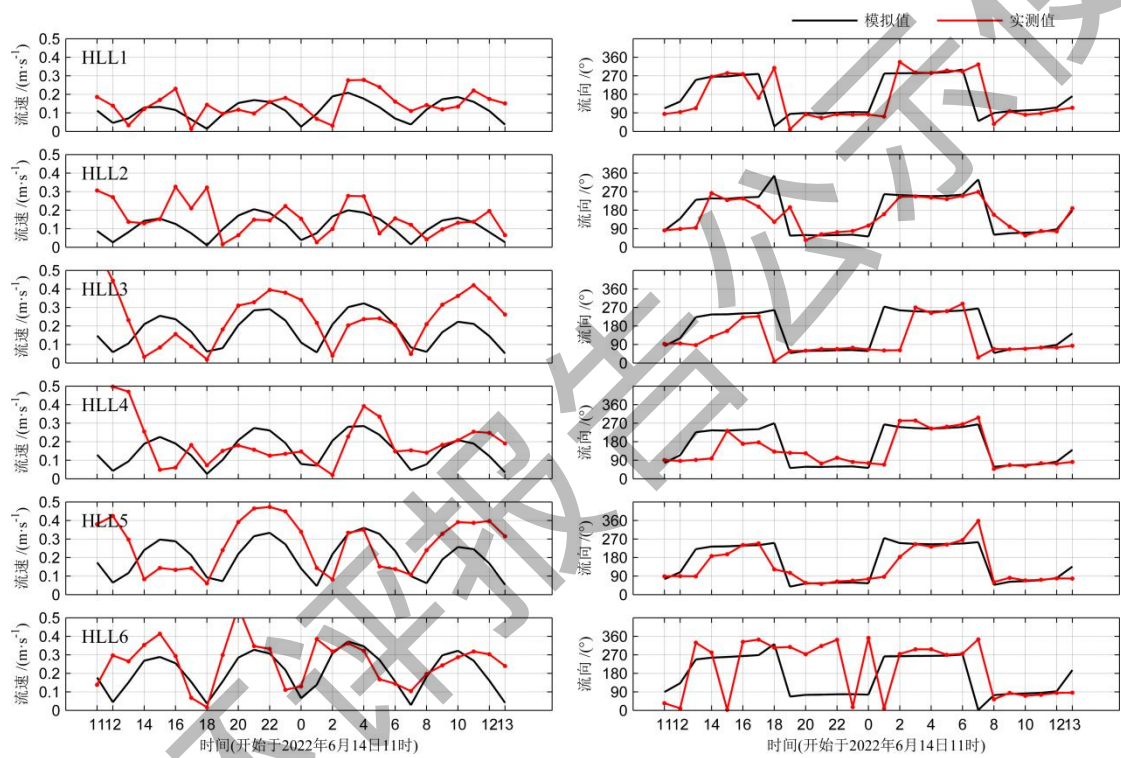


图 5.1.1-6 HLL1-HLL6 站位计算潮流和实测潮流对比图

从潮位验证过程线图可以看出，计算潮位过程与实测潮位过程能较好地吻合，计算潮位与实测潮位大体一致。流速和流向过程线验证结果表明，计算流速、流向与实测流速、流向变化趋势较为一致。对照 HJ 1409—2025 附录 D 要求，符合精度控制中对潮位、流速、流向的要求。

- (1) 潮位，高低潮时间的相位允许偏差为±0.5h，最高、最低潮位值允许偏差为±0.1m；
- (2) 流速，过程线的形态基本一致，涨落潮段平均流速允许偏差为±10%；
- (3) 流向，往复流时测点主流流向允许偏差为±10°，平均流向允许偏差为±10°；旋转流时测点流向允许偏差为±15°。

5.1.2 项目前后潮流场的变化和分析

5.1.2.1 项目附近海域潮流特征分析

本研究分别选取大潮涨急、大潮落急特征时刻对神泉湾附近大范围海域和工程区附近局部海域进行潮流特征分析，神泉湾附近大范围海域各特征时刻流场和流速等值线图如图 5.1.2-1 和图 5.1.2-2 所示，工程区附近局部海域各特征时刻流场和流速等值线图如图 5.1.2-3 和图 5.1.2-4 所示。

由图分析可知，神泉湾附近海域近岸区潮流基本为沿岸走向，外海海域涨急潮流主要为偏 NE 方向，落急潮流主要为偏 SW 方向，涨急流速略大于落急流速，外海大部分区域流速范围在 0.2m/s~0.4m/s，在神泉渔港口门附近潮流最大可达 0.5m/s 左右。

工程所在海域潮流运动主要呈往复流形式，涨急时刻工程区域流速范围普遍在 0.15m/s~0.20m/s，流向主要为偏 E 向；落急时刻工程区流速范围普遍在 0.10~0.20m/s，流向主要为 W 向，涨急时刻流速略大于落急时刻流速。

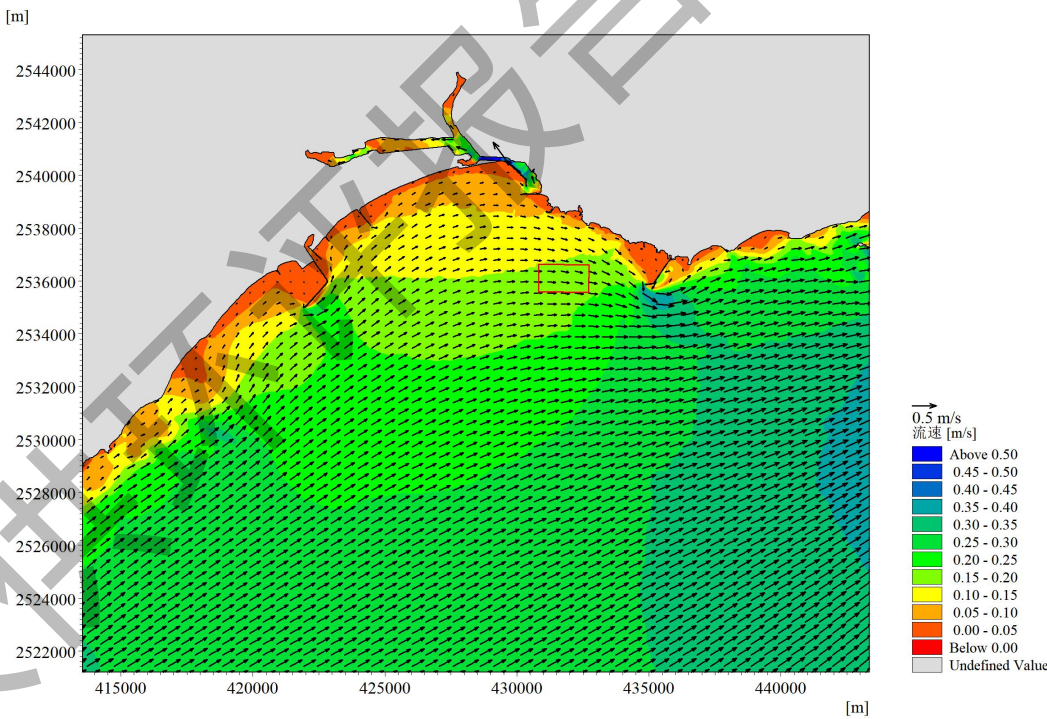


图 5.1.2-1 神泉湾附近大范围海域大潮涨急时刻流场图

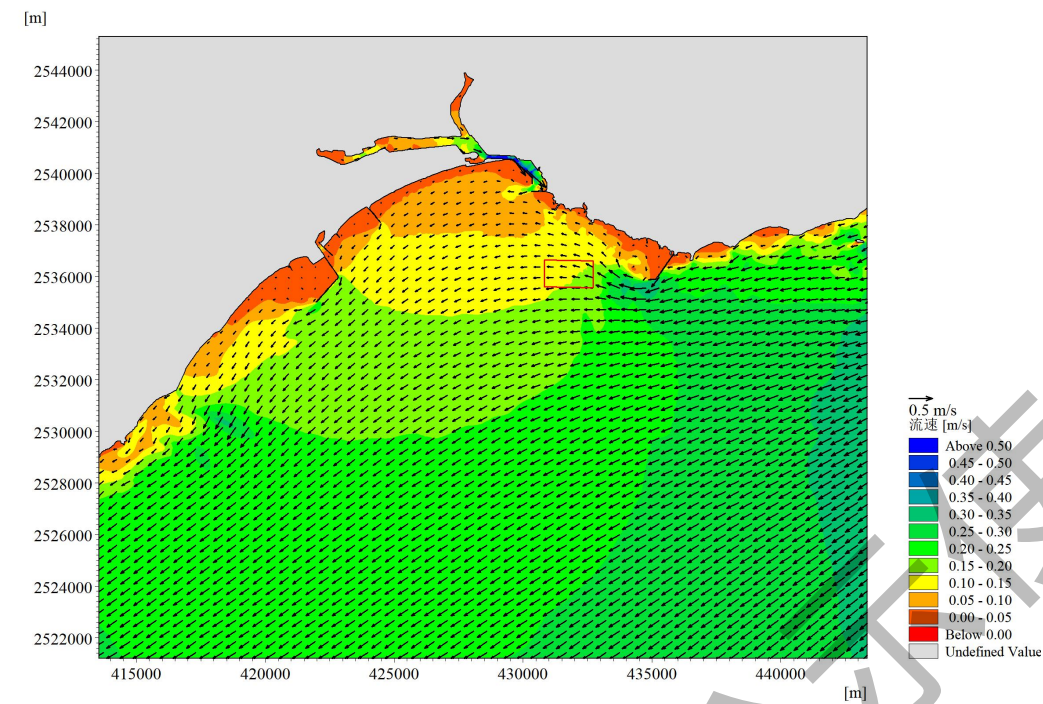


图 5.1.2-2 神泉湾附近大范围海域大潮落急时刻流场图

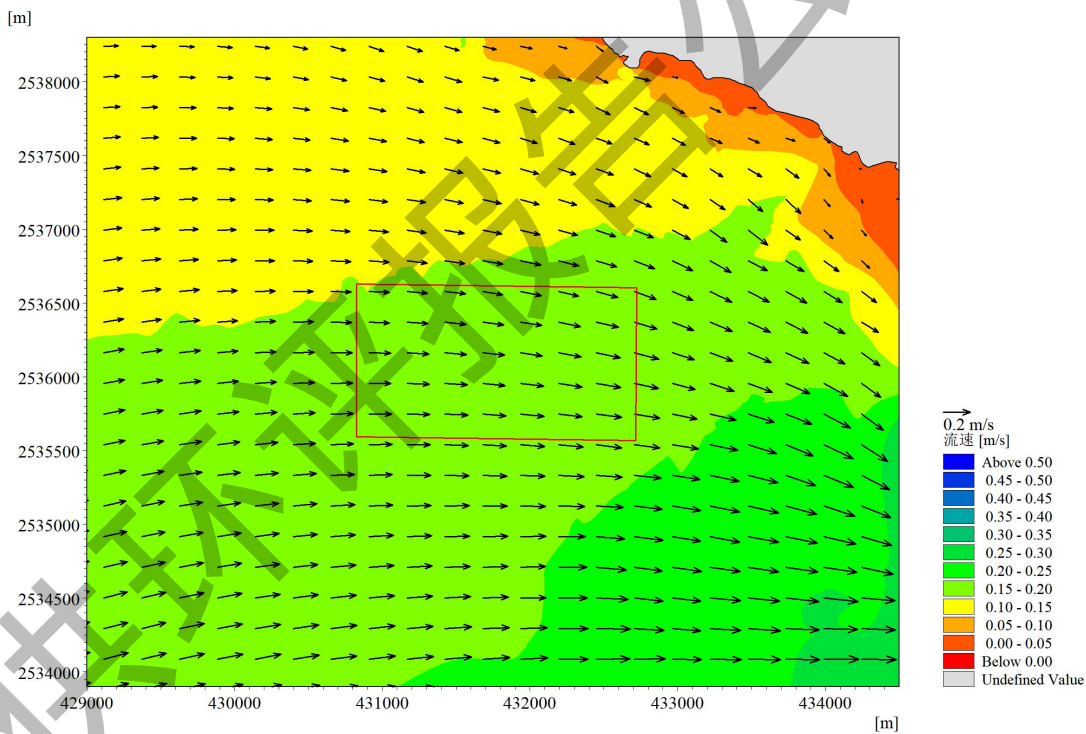


图 5.1.2-3 工程区附近局部海域大潮涨急时刻流场图

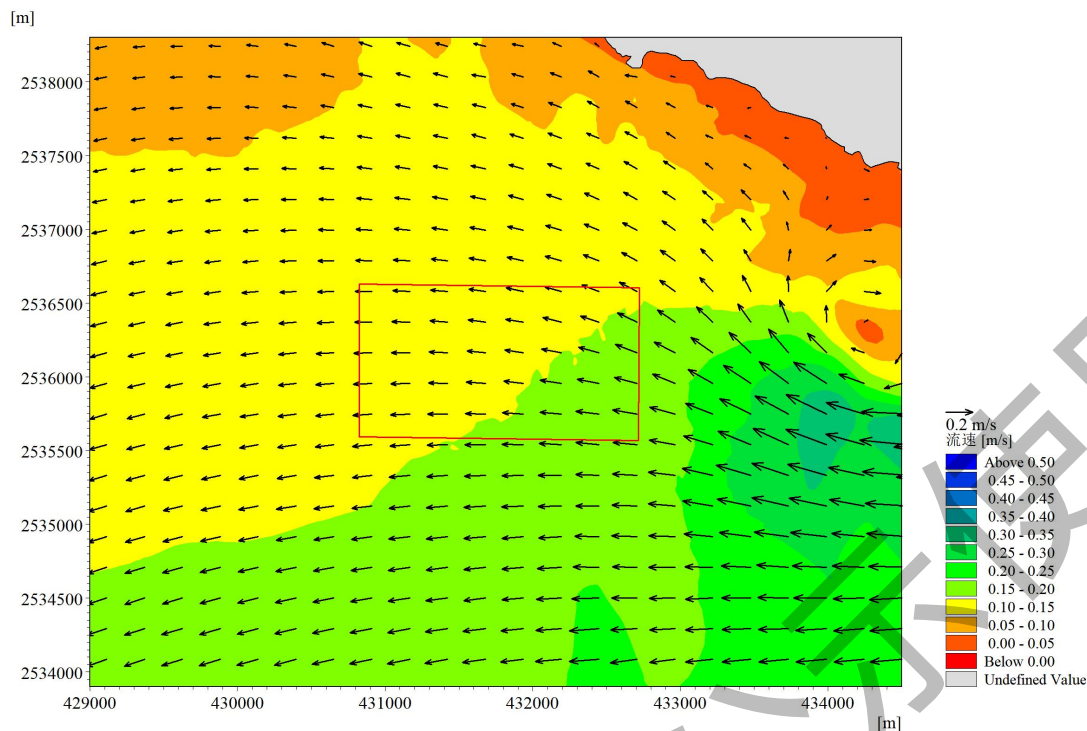


图 5.1.2-4 工程区附近局部海域大潮落急时刻流场图

5.1.2.2 项目建设引起的潮流变化分析

本项目计划投入深水网箱，虽然深水网箱是透水结构，但大量网箱布设后依然会对该区域海流产生一定的阻挡作用，从而引起该区域流场的变化。本报告通过加大项目区域底摩擦系数来体现网箱的阻水作用；为更真实反映网箱及成鱼期鱼群对水流的阻碍作用，网箱阻力系数设置依据网箱结构参数与鱼群密度，设置差异化的拖曳系数：在 C90 圆形网箱区域，网衣实度约 6.9%，成鱼期平均养殖密度约 8.72 kg/m³，综合设置拖曳系数为 0.35；在矩形网箱（鲍鱼）区：仅考虑网衣结构阻力（实度 6.9%），忽略鲍鱼附着影响，拖曳系数设为 0.25。阻力通过修改底摩擦系数实现，并在网格中按网箱实际布设位置赋值。为了更好的分析工程后流场的变化，输出一个潮周期内涨急与落急流场分布对比进行分析。工程前后各特征时刻流速变化等值线如图 5.1.2-5 至图 5.1.2-6 所示。

由于项目附近海域涨潮流向由偏西向向偏东向流动，受网箱阻挡，项目区域及东西两侧区域流速呈减少趋势，在网箱范围流速减小，网箱之间局部区域流速略微增大。项目区域流速减少最大值位于用海范围的南侧（矩形网箱区域），量值最大可达-0.13m/s；项目用海南北两侧局部区域流速增大，量值最大可达 0.03m/s。落急时刻同样由于项目附近海域落潮流向由东向西流动，受网箱阻挡，

项目区域及东西两侧流速呈减少趋势，项目区域流速减少最大值位于用海范围的南侧（矩形网箱区域），量值可达-0.12m/s；项目用海南北两侧局部区域流速增大，量值最大可达 0.05m/s。整体而言，工程前后水动力场的变化区域主要局限于工程区域以及附近小范围海域，涨落急流速变化基本小于±0.13m/s，流向变化幅度较小。工程区域以外的水域流场分布与工程前基本一致。

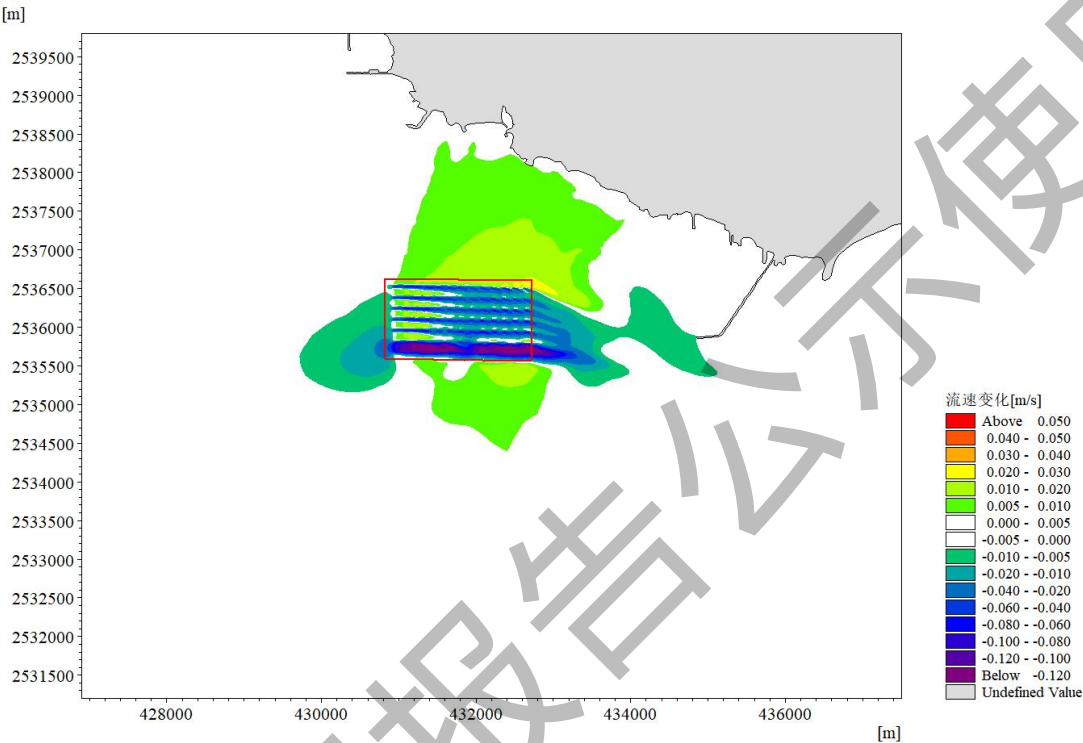


图 5.1.2-5 工程附近海域工程前后大潮涨急流速变化等值线图

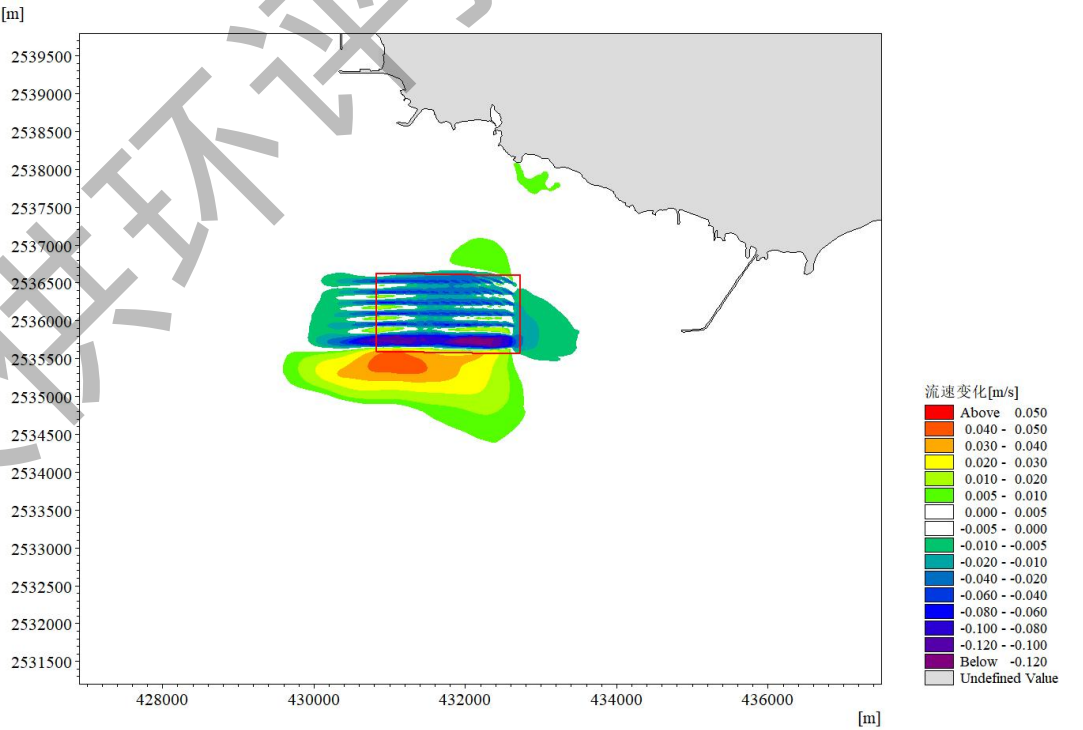


图 5.1.2-6 工程附近海域工程前后大潮落急流速变化等值线图

另外，本研究分别选取大潮涨急和落急特征时刻在工程范围附近选取 37 个特征点（t1~t37）进行潮流流速、流向变化分析，特征点位置如图 5.1.2-7 所示，各特征点潮流变化如表 5.1.2-1 所示。涨急时工程区域以及工程周边水域特征点流速有所变化，变化范围在-0.12m/s~0.02m/s，流向特征点变化范围在±4°；落急时各特征点流速变化范围在-0.10m/s~0.03m/s，流向变化范围在±8°；各特征点的流速变化幅度很小，工程区域流速总体减小，工程附近迎流面和背流面流速有所减小，两侧区域流速有所增加，流向变化幅度也很小。综上可知，工程建设产生的潮流影响主要集中在工程附近海域，流场变化的范围和程度较小，对外海的潮流基本不影响。

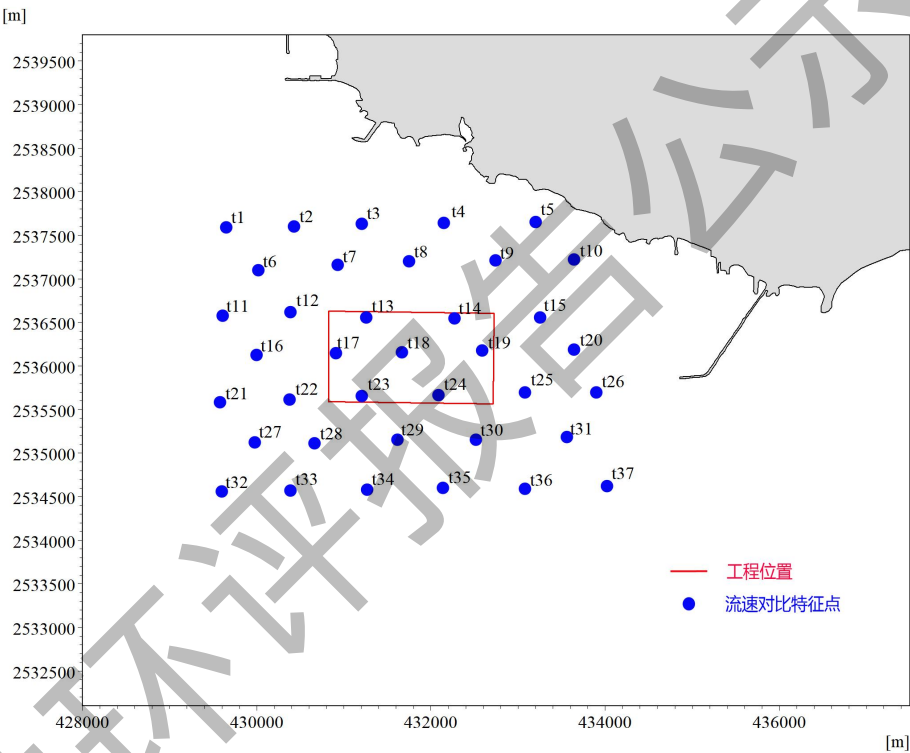


图 5.1.2-7 潮流对比特征点示意图

表 5.1.2-1 特征点工程前后大潮涨急、落急潮流对比表

特征点 位	涨急						落急					
	流速（m/s）			流向（°）			流速（m/s）			流向（°）		
	工程前	工程后	变化量	工程前	工程后	变化量	工程前	工程后	变化量	工程前	工程后	变化量
t1	0.13	0.13	0.00	86	85	-1	0.10	0.10	0.00	265	265	0
t2	0.13	0.14	0.00	93	92	-1	0.10	0.10	0.00	274	273	-1

特征 点位	涨急						落急					
	流速（m/s）			流向（°）			流速（m/s）			流向（°）		
	工程 前	工程 后	变化 量	工程 前	工程 后	变化 量	工程 前	工程 后	变化 量	工程 前	工程 后	变化 量
t3	0.14	0.14	0.00	100	99	-1	0.11	0.11	0.00	281	280	-1
t4	0.14	0.15	0.01	108	108	0	0.11	0.11	0.00	292	291	0
t5	0.10	0.11	0.01	109	109	0	0.06	0.06	0.00	291	292	0
t6	0.14	0.14	0.00	86	85	-1	0.11	0.11	0.00	266	265	0
t7	0.15	0.15	0.00	94	92	-2	0.12	0.12	0.00	275	273	-2
t8	0.15	0.16	0.01	101	100	-1	0.11	0.12	0.00	283	281	-1
t9	0.14	0.15	0.01	113	113	1	0.11	0.11	0.00	299	299	0
t10	0.17	0.18	0.01	133	134	1	0.09	0.09	0.00	325	324	0
t11	0.16	0.16	0.00	81	80	-1	0.12	0.12	0.00	259	260	1
t12	0.16	0.15	0.00	87	85	-2	0.12	0.12	0.00	266	265	-2
t13	0.16	0.17	0.01	93	90	-3	0.13	0.10	-0.02	274	272	-1
t14	0.18	0.19	0.02	101	101	0	0.14	0.12	-0.02	285	287	2
t15	0.19	0.20	0.01	114	117	3	0.14	0.14	0.00	319	321	2
t16	0.17	0.16	0.00	82	81	-1	0.13	0.12	0.00	261	263	2
t17	0.17	0.16	-0.01	88	85	-3	0.13	0.14	0.01	267	268	0
t18	0.17	0.17	0.00	94	94	0	0.14	0.12	-0.02	275	273	-2
t19	0.19	0.16	-0.03	101	101	0	0.16	0.16	0.00	287	288	0
t20	0.19	0.20	0.00	111	114	4	0.22	0.22	0.00	319	320	1
t21	0.18	0.17	0.00	78	78	0	0.14	0.14	0.00	256	258	2
t22	0.18	0.16	-0.01	83	83	0	0.14	0.14	0.00	261	269	8
t23	0.18	0.08	-0.10	88	86	-2	0.14	0.09	-0.06	267	270	2
t24	0.19	0.07	-0.12	93	93	0	0.16	0.06	-0.10	273	270	-4
t25	0.20	0.18	-0.03	99	100	1	0.21	0.20	-0.01	287	287	-1
t26	0.24	0.24	0.00	110	111	0	0.33	0.33	0.00	294	294	0
t27	0.19	0.18	0.00	79	80	1	0.15	0.15	0.01	257	257	0
t28	0.19	0.19	0.00	82	84	2	0.15	0.17	0.02	261	264	3
t29	0.19	0.20	0.01	87	88	1	0.16	0.19	0.03	265	269	3
t30	0.21	0.22	0.01	91	90	-1	0.18	0.19	0.01	270	266	-4
t31	0.25	0.24	0.00	99	98	-2	0.26	0.26	0.00	283	283	0
t32	0.20	0.20	0.00	75	76	1	0.16	0.16	0.00	253	252	-1

特征 点位	涨急						落急					
	流速（m/s）			流向（°）			流速（m/s）			流向（°）		
	工程 前	工程 后	变化 量	工程 前	工程 后	变化 量	工程 前	工程 后	变化 量	工程 前	工程 后	变化 量
t33	0.20	0.20	0.00	79	80	1	0.16	0.15	0.00	257	257	0
t34	0.20	0.21	0.00	83	84	1	0.16	0.16	0.00	261	263	2
t35	0.22	0.23	0.01	86	86	0	0.18	0.19	0.01	265	266	0
t36	0.24	0.24	0.00	92	91	-1	0.20	0.20	0.00	267	267	0
t37	0.27	0.27	0.00	93	92	-1	0.25	0.25	0.00	271	271	0

5.2 地形地貌与冲淤环境影响预测与评价

海床的变化主要动力是波浪、潮流对海床的冲刷以及水体本身所挟带的悬浮泥沙的沉积作用。工程影响和改变了当地的水动力条件和含沙量分布，为了定量地研究本项目完成以后周边近岸区的泥沙回淤情况，在完成潮流数值计算以后，对于泥沙的淤积影响进行计算分析。回淤强度的计算采用文献提出的公式进行计算：

$$p = \frac{\alpha swt}{\gamma_d} [1 - (\frac{V_2}{V_1})^{2m}]$$

5.2.1 计算参数的确定

上式中，w为泥沙沉速，单位 m/s，根据有关试验和珠江口海区的实践经验沿程航道泥沙沉速的取值：0.00035m/s~0.0005m/s，这里取 0.0005m/s；

α为沉降几率，取 0.54；

t为年淤积历时，单位取秒（S），一年即为 31536000 秒；

s为水体平均悬沙含量，单位：kg/m³；根据前述观测资料，工程海区实测平均含沙量约为 0.026kg/m³。

γ_d为泥沙干容重，按照公式γ_d = 1750 × D₅₀^{0.183} 计算，单位为 kg/m³，D₅₀为泥沙中值粒径，为 0.008mm，计算得到泥沙干容重为 723kg/m³。

V1，V2 分别为数值计算工程前、工程后全潮平均流速，单位为 m/s，全潮平均流速的取值采用流速大小绝对值的平均值。

M 根据当地的流速与含沙量的关系近似取作 1。

根据以上的设定和潮流数值模拟计算的结果，计算得到工程后每年回淤强度情况，绘制出冲淤强度等值线图（图 5.2.1-1）。

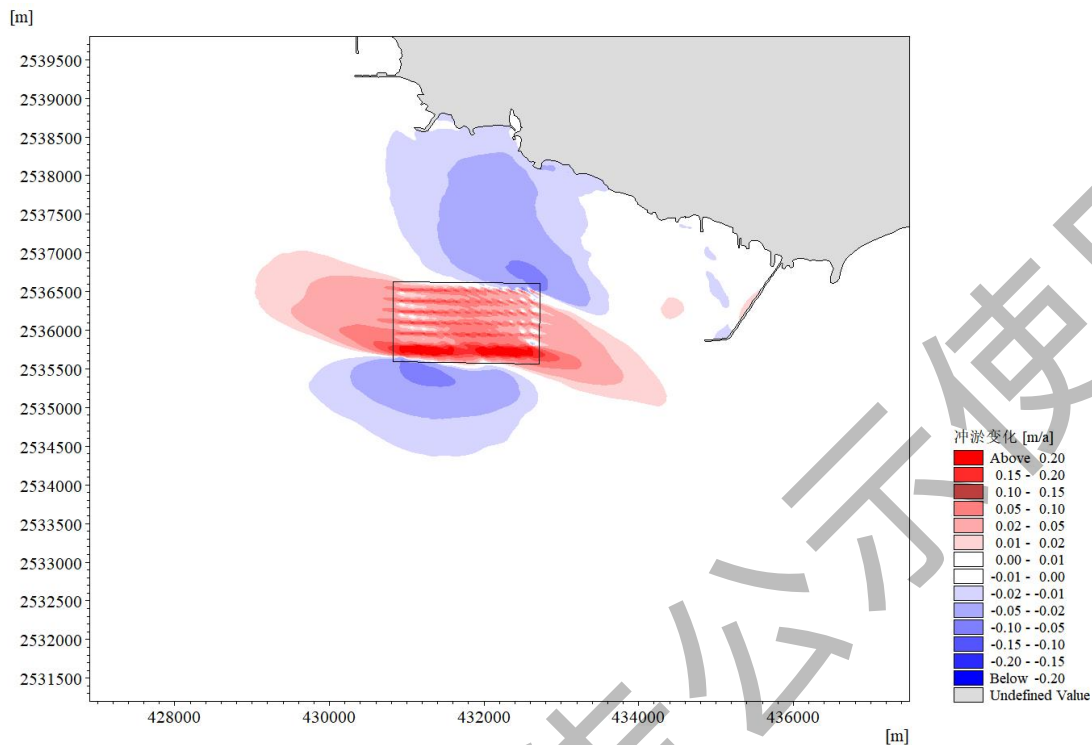


图 5.2.1-1 工程后项目工程附近海区冲淤图（+表示淤积，-表示冲刷）

5.2.2 计算结果分析

由图 5.2.1-1 可知，本工程完成以后，工程区水域局部水动力条件发生改变，水流挟沙力发生相应变化，引起海床发生相应的调整。冲淤环境影响范围主要集中于工程附近的局部水域，在工程区域主要表现为淤积，其中最大淤积强度出现在工程区域南侧矩形网箱区域，量值可达 0.21m/a；工程范围外侧南北局部水域表现为冲刷，冲刷强度最大可达-0.07m/a。总体而言，冲淤环境的变化主要集中在工程附近局部水域，变化强度较小。

海岸地貌是在河流、海洋动力作用下，在既定地质基础上所产生的侵蚀或堆积作用的产物。根据沉积物特征、海岸剖面形态、沉积物来源、岸线走向、开敞程度以及水流等动力条件来分析判断海岸线、海域地形演变规律。工程的建设若改变原有的岸线形态，引起潮流等水动力改变，会导致海底产生淤蚀变化。

本项目位于开阔海域，海区水动力条件较好，本项目养殖区距离大陆海岸约 1.5km，不会对所在海域的输沙特征、泥沙运移规律和冲淤行为造成改变，

不会造成岸滩的冲淤变化。

项目进入运营期后，由于海流往复作用，可能会在网箱水泥锚块处形成冲刷坑，另外排泄物和残余饵料常年在网箱下方沉积，可能造成养殖区域“海底上升”，这些因素都可能对养殖区域小范围的地形地貌有一定的影响。本项目实际占用海域面积较小，网箱、锚泊系统等设施均是透空式结构，项目所在海域开阔，水深良好，水流可以自由通过，网箱锚泊系统根部直径较小。因此，从整个环境来看，网箱养殖用海对水文动力和地形地貌冲淤环境影响很小。项目建设对海流和涨落潮携带的泥沙影响不大，基本上不会影响所在海域的泥沙冲淤环境。

5.3 海水水质环境影响预测与评价

本项目对水质产生影响的主要时期有施工期和运营期，施工期主要污染物为投放网箱时锚碇投放施工作业，运营期主要污染物为养殖导致的 COD_{Mn} 、活性磷酸盐、无机氮、饵料等污染以及和网箱清洗产生的悬浮物扩散影响。本节将以施工期产生的悬沙和运营期产生的 COD_{Mn} 、活性磷酸盐、无机氮、饵料为对象，分析项目用海对水质产生的环境影响。

5.3.1 悬浮物扩散对水质的影响

5.3.1.1 基本方程

采用二维悬沙输运方程预测施工期产生的悬浮物对水质的影响，平面二维悬沙运动方程如下：

$$\frac{\partial dC}{\partial t} + \frac{\partial duC}{\partial x} + \frac{\partial dvC}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\varepsilon d \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\varepsilon d \frac{\partial C}{\partial y} \right) + F_C$$

式中， C 为垂向平均含沙量， ε 为垂向平均的扩散系数， F_C 为：

$$F_C = S_c + \begin{cases} a\omega C(\tau_b / \tau_d - 1) & \tau_b \leq \tau_d \\ 0 & \tau_d < \tau_b < \tau_e \\ M(\tau_b / \tau_e - 1) & \tau_b \geq \tau_e \end{cases}$$

式中， S_c 为输入源强， a 为沉积系数， M 为冲刷系数， τ_b 为底部切应力， τ_e 为临界冲刷切应力， τ_d 为临界淤积切应力。通过联立水动力方程数值求解悬

浮物扩散方程。

5.3.1.2 悬浮物源强和计算工况

根据工程概况，产生悬浮泥沙的环节为施工投放网箱时锚碇投放施工作业和运营期网箱清洗作业。

根据施工进度计划，悬浮物源强计算工况如下表 5.3.1-1：

表 5.3.1-1 悬浮物源强计算工况

预测类型	算例名称	模拟条件	源强取值	源强释放总时长
模拟工况影响范围	模拟工况 1	C90 HDPE 重力式圆形网箱，锚碇投放施工，每口网箱中心点为点源，以锚碇结构设计位置布置源强点	单点源强：0.048kg/s	2min
		矩形网箱（鲍鱼排），锚碇投放施工，每口网箱中心点为点源，以锚碇结构设计位置布置源强点	单点源强：0.043kg/s	4min
		运维平台，锚碇投放施工，平台 4 个端点为点源，以锚碇结构设计位置布置源强点	单点源强：0.046kg/s	3min
	模拟工况 2	网箱清洗：C90 HDPE 重力式圆形网箱，每口网箱中心点为点源	单点源强：0.0344kg/s	1h
注：仅考虑施工过程中产生的悬浮泥沙增量的影响，潮流对底床作用产生的泥沙不计算。				

计算悬沙影响工况为：以 C90 HDPE 重力式圆形网箱（66 口）、矩形网箱（鲍鱼排）（80 口）、运维平台（4 个端点）为源强点分别进行模拟计算，简化为连续点源排放，预测施工过程中产生的悬浮泥沙对水质环境的影响范围与程度，源强点具体位置见图 5.3.1-1。悬浮泥沙的扩散范围和方向受水动力的影响，不同的水动力条件下其扩散范围和方向不同。为了考虑施工期对悬沙扩散的最不利影响，悬浮泥沙扩散预测采用工程建设前的水动力情况作为背景流场，在此选取一个完整的全潮周期（15 天）进行模拟。另外，在此仅考虑施工产生的悬浮泥沙增量的影响，潮流对底床作用产生的泥沙将不计算。

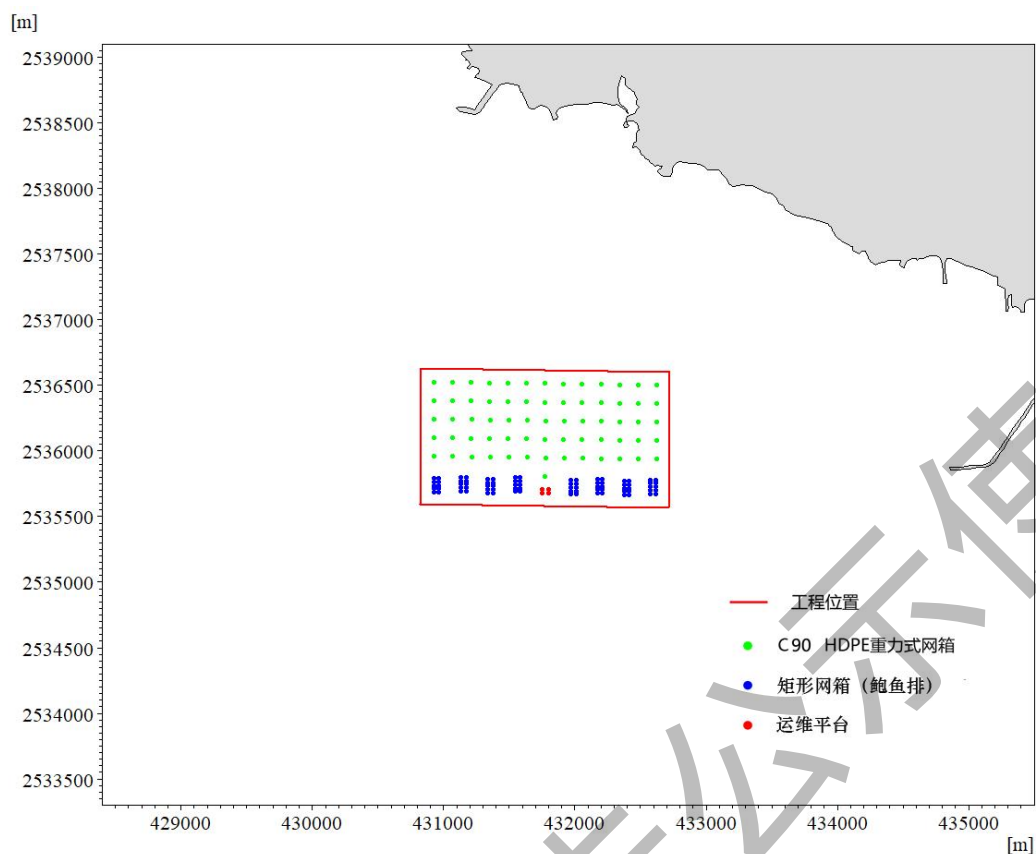


图 5.3.1-1 源强点位置示意图

5.3.1.3 悬浮物扩散计算结果及影响范围分析

根据悬浮物扩散预测结果，统计各计算网格点在模拟期间内的悬浮物增量最大值，并绘制悬浮物增量浓度包络线图。泥沙的扩散除了自身的沉降外，主要受到潮流输运作用的影响，因此泥沙的扩散方向基本与潮流方向相同，随着涨落潮向工程周围发生扩散。整个施工期间悬沙的总包络范围见图 5.3.1-2、网箱清洗时产生的悬浮物扩散范围见下图 5.3.1-3，悬浮泥沙增量影响的水域面积统计见表 5.3.1-2。

悬浮泥沙扩散预测结果显示，悬浮泥沙主要分布在工程区，所以悬浮物扩散核心区基本位于工程附近区域，所有模型源点周围都为高浓度悬浮物区，悬沙随着涨落潮流主要向偏西北侧和偏东南侧方向扩散。单个网箱锚碇施工和网箱清洗引起悬浮泥沙扩散的最大浓度超过 10mg/L（人为增量）的面积分为 0.09km² 和 0.02km²，限制在工程范围内且集中在源强点附近小范围，对周围海水水质的影响微小。

表 5.3.1-2 悬浮物（SS）增量包络面积（km²）

浓度 工况	>1mg/L	>2mg/L	>5mg/L	>10mg/L (超I、II类水质)	>20mg/L	>50mg/L	>100mg/L (超III类水质)
工况 1 (单个网箱)	2.59	1.52	0.37	0.09	0.01	0.00	0.00
工况 2 (单个网箱)	1.64	0.69	0.12	0.02	0.00	0.00	0.00

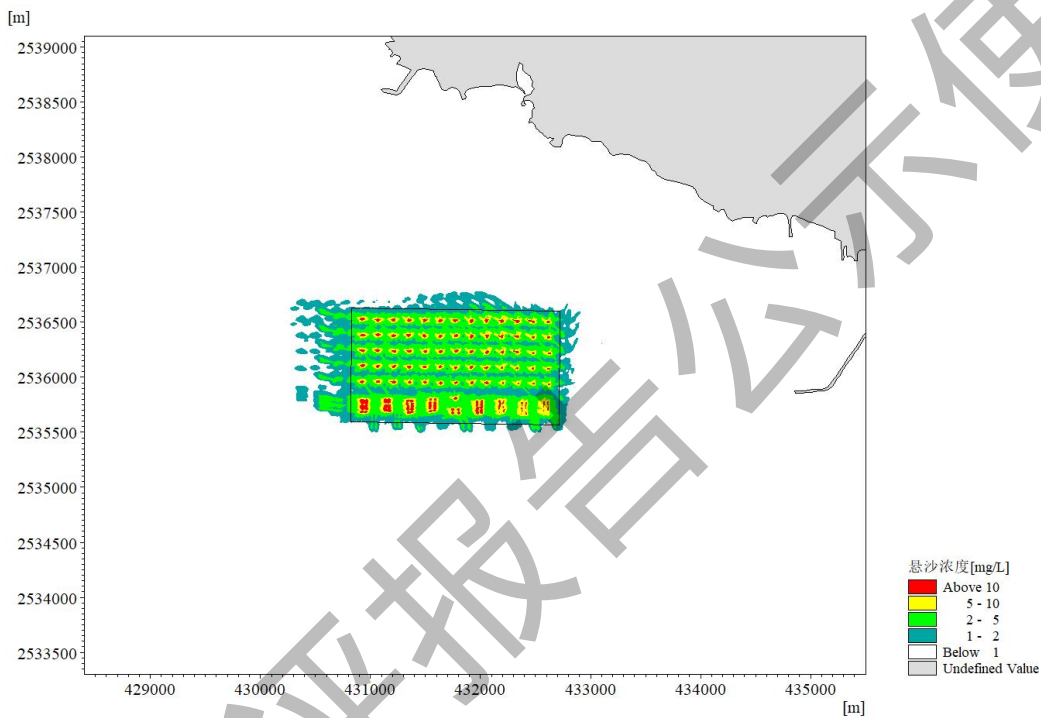


图 5.3.1-2 锚碇投放施工悬浮物扩散包络范围

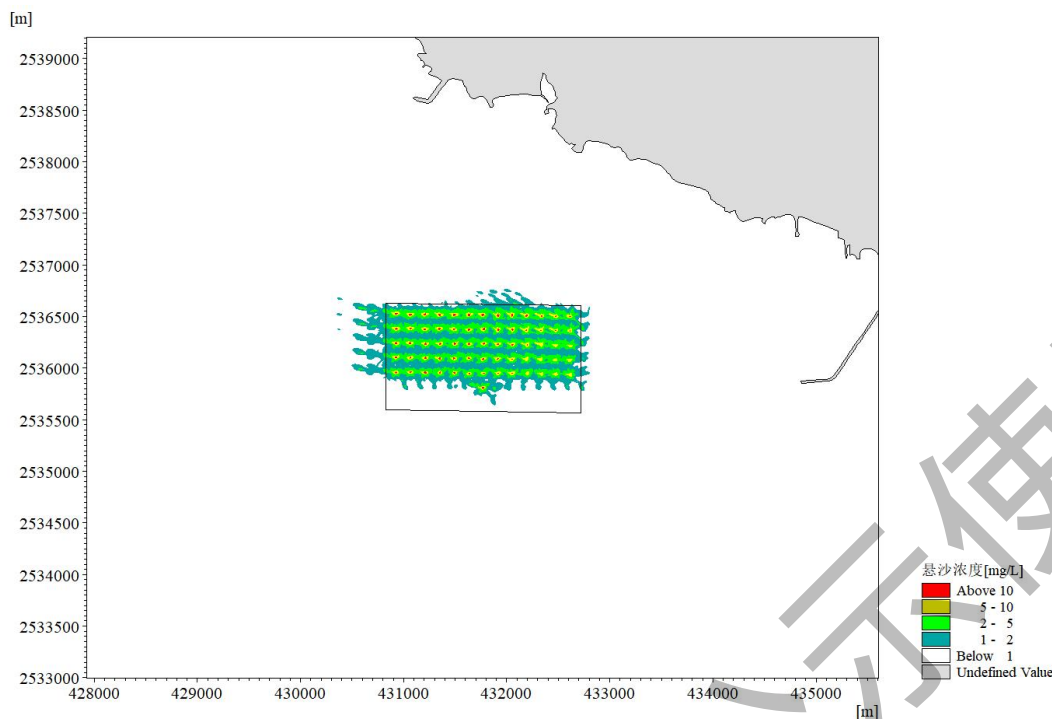


图 5.3.1-3 网箱清洗悬浮物扩散包络范围

5.3.2 营运期养殖污染物排海对水质的影响

网箱养殖除利用自然海水进行养殖外，还依靠饲料喂养，投料时均匀从水面投放，所投喂的饲料大部分为箱体内养殖的鱼类采食，少部分饲料在网外沉降过程中也会被网箱以外的鱼类采食，剩余的饲料将会在网箱附近海底沉积。饲料被鱼摄食后，不能完全被消化吸收的成分被排泄到水体中，将使区域水体中的 COD、总氮、总磷等含量增加，本次评价对网箱养殖污染物（COD_{Mn}、活性磷酸盐、无机氮、饵料）的产生进行模拟预测分析。

5.3.2.1 基本方程

采用二维垂向平均污染物输运扩散数值模式预测分析养殖污染物排放对海域水质环境的影响。平面二维污染物输运与扩散方程如下：

$$\frac{\partial HC}{\partial t} + \frac{\partial uHC}{\partial x} + \frac{\partial vHC}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left(HA_h \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(HA_h \frac{\partial C}{\partial y} \right) + F_s$$

式（1）中，H=D+η，D 为海平面起算水深，η 潮位高度，C 为水体污染物含量，F_s 为排放源强，A_h 为水平扩散系数，采用欧拉公式：

$$A_{hx} = 5.93\sqrt{gH}|u|/C_z$$

$$A_{hy} = 5.93\sqrt{gH|v|}/C_z$$

不考虑本底污染物浓度，采用网箱投放后水动力场模拟 15 天连续排放情景。

5.3.2.2 水环境本底浓度、排放源强与降解系数

根据项目附近海域水质因子调查结果进行统计分析，确定项目附近区域本底值情况：COD_{Mn}0.53mg/L、无机氮 0.176mg/L 和活性磷酸盐 0.018mg/L 作为其本底值浓度。本项目根据网箱大小将每一个养殖网箱中心点概化为 1 个点源，146 个网箱概化为 146 个点源，概化后的排污位置见图 5.3.1-1。根据报告前述 3.2.3.1 章节计算结果设定营运期各污染物源强计算工况如下表 5.3.2-1。

表 5.3.2-1 营运期污染物预测工况

预测类型	算例名称	模拟条件	源强取值	模拟计算时间	源强释放时间	源强释放总时长
模拟工况影响范围	模拟工况 1	66 个圆形网箱和 80 个矩形网箱为点源，以网箱的中心布置源强点	单口圆形网箱源强： 无机氮：0.0332g/s 活性磷酸盐：0.0059g/s CODMn：0.011g/s 单口矩形网箱源强： 无机氮：0.00038g/s	一个全潮周期 15 天	24h/天	1 年
	模拟工况 2	66 个圆形网箱为点源，以网箱的中心布置源强点	饵料：0.002kg/s	一个全潮周期 15 天	2h/天	1 年
	模拟工况 3	66 个圆形网箱为点源，以网箱的中心布置源强点	饵料散失进入海水： 无机氮：0.000086g/s 活性磷酸盐：0.000014g/s	一个全潮周期 15 天	2h/天	1 年

另外，预测过程中应考虑降解系数，本报告参考广东省各流域规划和相关报告、文献研究成果，选取 COD_{Mn}、无机氮、活性磷酸盐的降解系数取值分别为 0.08d⁻¹、0.07d⁻¹、0.02d⁻¹。

5.3.2.3 营运期污染物计算结果及影响范围分析

一、本底值的取值依据

根据《环境影响评价技术导则海洋生态环境》（HJ1409-2025），“环境质量现状值的选取应具有代表性。评价范围内有常规调查站位的，原则上以离排

放口最近的调查站位、近 2 年常规监测数据的季节平均最大值作为环境质量现状值”。

距离本项目最近的常规国控监测点为 GDN22004。根据国控点 GDN22004 近 2 年（2023-2024 年）监测数据汇总情况，选取秋季平均最大值作为本项目环境质量现状本底值浓度，统计见下表 5.3.2-2。（水质国控监测点监测数据可参见上文 4.5.5 章节）

表 5.3.2-2 国控监测点监测结果汇总表（单位：mg/L）

站位	监测时间	无机氮	活性磷酸盐	COD
GDN22004 (揭阳市)	2023-04-18	0.093	0.006	0.80
	2024-04-18	0.018	0.004	0.63
	春季平均最大值	0.093	0.006	0.80
	2023-07-12	0.082	0.004	0.45
	2024-08-06	0.032	0.008	0.56
	夏季平均最大值	0.082	0.008	0.56
	2023-10-27	0.176	0.018	0.41
	2024-11-15	0.166	0.012	0.53
	秋季平均最大值	0.176	0.018	0.53

二、营运期污染物计算结果及影响范围分析

1.营运期养殖污染物扩散范围

本项目以网箱投放后 15 天潮流场作为污染物扩散的背景场，模拟各污染物连续排放后浓度增量，统计逐时浓度场，获取包络线浓度场。扩散范围面积统计结果见表 5.3.2-3，各污染物全潮浓度增量最大包络范围分别见图 5.3.2-1~5.3.2-4。由图表分析可知，本项目 COD_{Mn} 浓度增量最大值为 0.01809mg/L，>0.005mg/L 的扩散面积约 5.401km²，沿主要扩散方向的最远扩散距离为向西北扩散约 1.1km，向东南扩散约 2.5km；无机氮浓度增量最大值为 0.05339mg/L，>0.01mg/L 的扩散面积约 8.234km²，沿主要扩散方向的最远扩散距离为向西北扩散约 1.6km，向东南扩散约 3.3km；活性磷酸盐浓度增量最大值为 0.00964mg/L，>0.002mg/L 的扩散面积约 8.169km²，沿主要扩散方向的最远扩散距离为向西北扩散约 1.3km，向南扩散约 3.3km；饵料投放 SS 浓度增量最大值为 2.67521mg/L，>0.1mg/L 的扩散面积约 2.952km²，沿主要扩散方向的最远扩散距离为向西北扩散约 1.0km，向东南扩散约 2.0km。

《第二次全国污染源普查产排污系数手册（农业源）》的产污系数间接包

含饵料的影响，水产养殖业的产污系数是基于整个养殖过程的实测数据（如水质监测）制定的，饵料散失进入海水释放的无机氮和活性磷酸盐浓度量级远小于总体养殖污染物释放的无机氮和活性磷酸盐浓度量级，表明养殖过程中由于饵料散失进入海水释放的无机氮和活性磷酸盐占总体比例很小。由此可见，投饵时因饵料散失进入海水中的氮、磷瞬时扩散影响十分微小。

表 5.3.2-3 运营期各污染物增量包络面积（km²）

COD _{Mn}	浓度	>0.005mg/L	>0.0075mg/L	>0.01mg/L	>0.0125mg/L
	面积	5.401	0.022	0.003	0.002
无机氮	浓度	>0.01mg/L	>0.02mg/L	>0.03mg/L	>0.04mg/L
	面积	8.234	0.035	0.003	0.002
活性磷酸盐	浓度	>0.002mg/L	>0.004mg/L	>0.006mg/L	>0.008mg/L
	面积	8.169	0.020	0.002	0.001
饵料 SS	浓度	>0.1mg/L	>0.2mg/L	>0.5mg/L	>1mg/L
	面积	2.952	0.519	0.049	0.007
饵料释放无机氮	浓度	>0.00002mg/L	>0.0004mg/L	>0.00006mg/L	>0.00008mg/L
	面积	18.737	5.115	0.022	0.004
饵料释放活性磷酸盐	浓度	>0.000005mg/L	>0.00001mg/L	>0.000015mg/L	>0.00002mg/L
	面积	9.116	0.020	0.002	0.001

2.养殖污染物增量叠加本底值的影响分析

根据上文本底值选取依据，本次选取秋季平均最大值作为本项目环境质量现状本底值浓度，所在海域各污染物本底值为 COD_{Mn}0.53mg/L、无机氮 0.176mg/L 和活性磷酸盐 0.018mg/L。所在海域的 COD、无机氮常规监测结果均符合《海水水质标准》（GB3097-1997）第一类水质标准限值要求；活性磷酸盐常规监测结果符合第二类水质标准限值要求。

叠加本底值后的 COD_{Mn} 浓度最大值为 0.54809mg/L<2mg/L，满足第一类水质标准；无机氮浓度最大值为 0.22939mg/L<0.30mg/L，满足第二类水质标准，叠加本底值后超一类水质标准的包络面积为 0.035km²；活性磷酸盐浓度最大值为 0.02764mg/L<0.030mg/L，满足第二类水质标准。

根据下图 5.3.2-1~图 5.3.2-4 可知，项目运营期养殖污染物最大增量浓度的扩散范围均在网箱周边，养殖期间扩散至周边海域的养殖污染物增量很小，且

项目所处海域较为开阔，水动力条件较好，运营期间，网箱养殖排放的污染物（COD_{Mn}、无机氮、活性磷酸盐和饵料）对项目区附近海域水质环境的影响相对较小。

运营期间本项目养殖水污染物排放基本不会明显改变所在海域水质状况，在严格落实各项环保措施的情况下，本项目基本不会对周边海域产生明显不利影响。

表 5.3.2-4 项目区域和周边敏感目标污染物排放影响情况统计

区域名称	污染物	所在海域本底值浓度 (mg/L)	本底符合水质标准类别	最大增量浓度 (mg/L)	叠加本底值最大浓度 (mg/L)	叠加后符合水质标准类别
本项目范围	COD _{Mn}	0.53	第一类	0.01809	0.54809	第一类
	无机氮	0.176	第一类	0.05339	0.22939	第二类
	活性磷酸盐	0.018	第二类	0.00964	0.02764	第二类

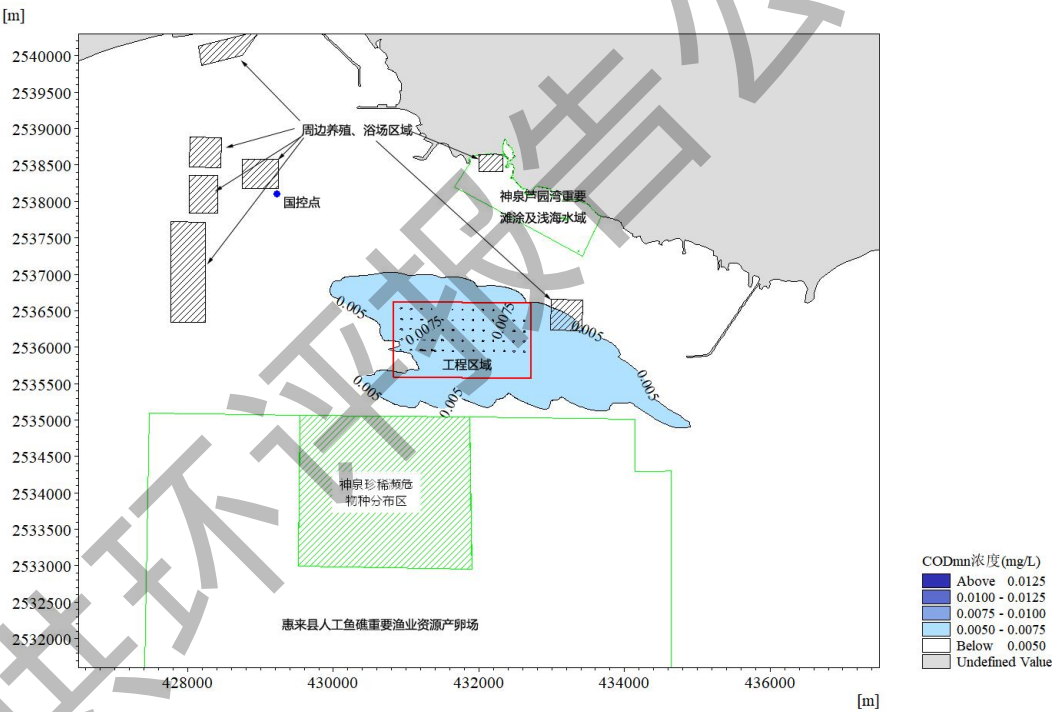
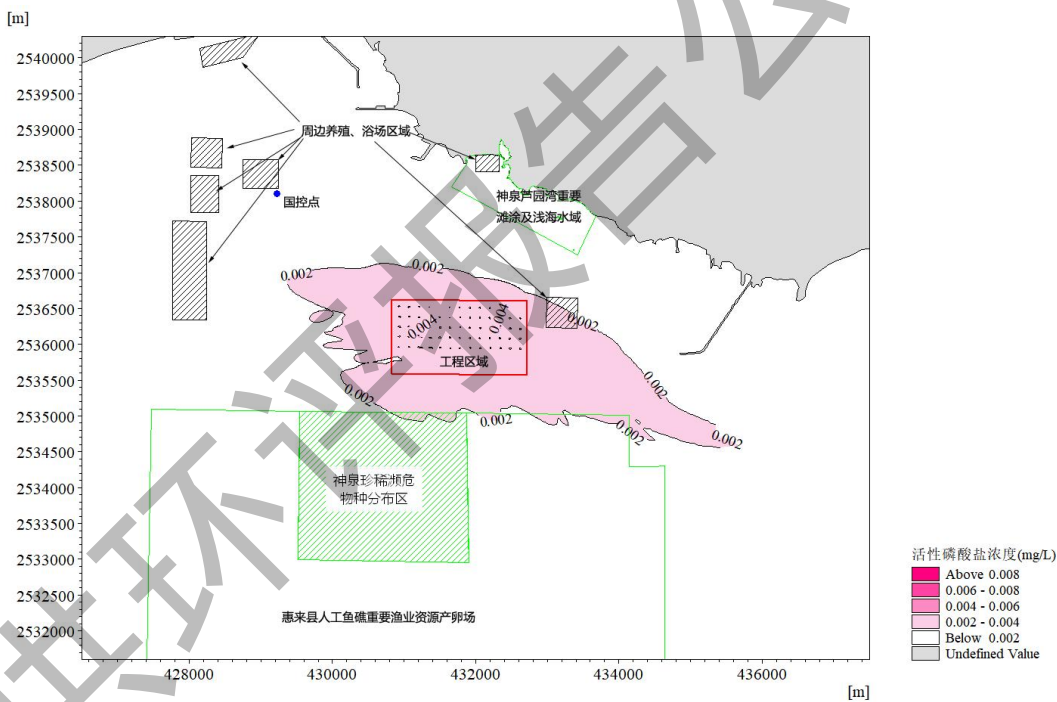
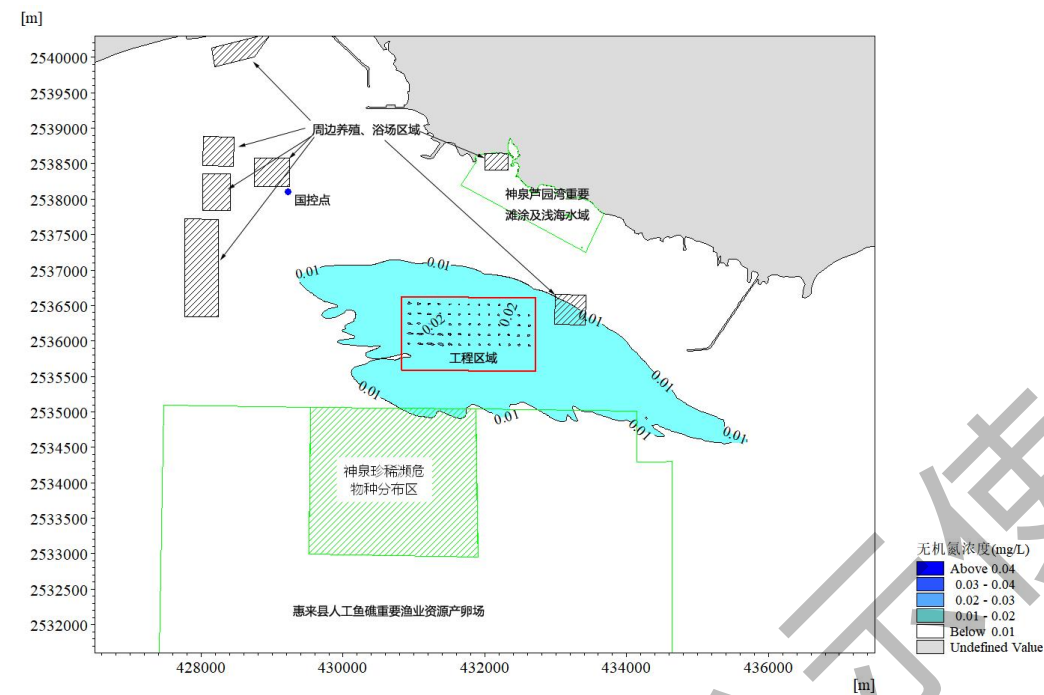
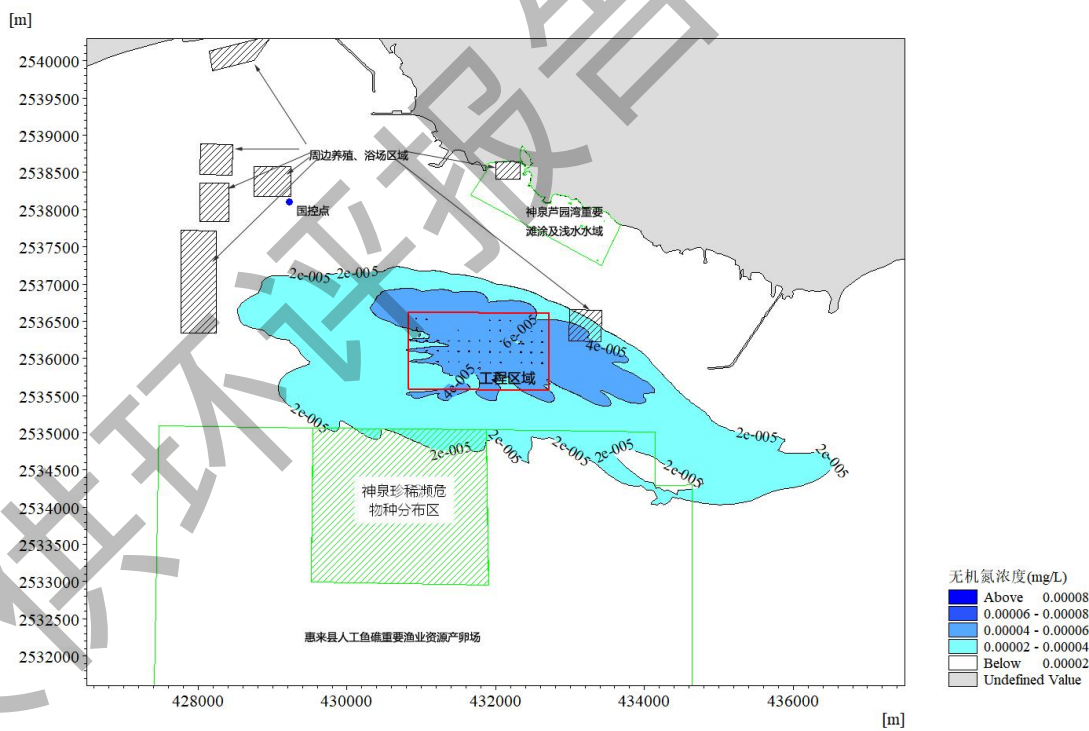
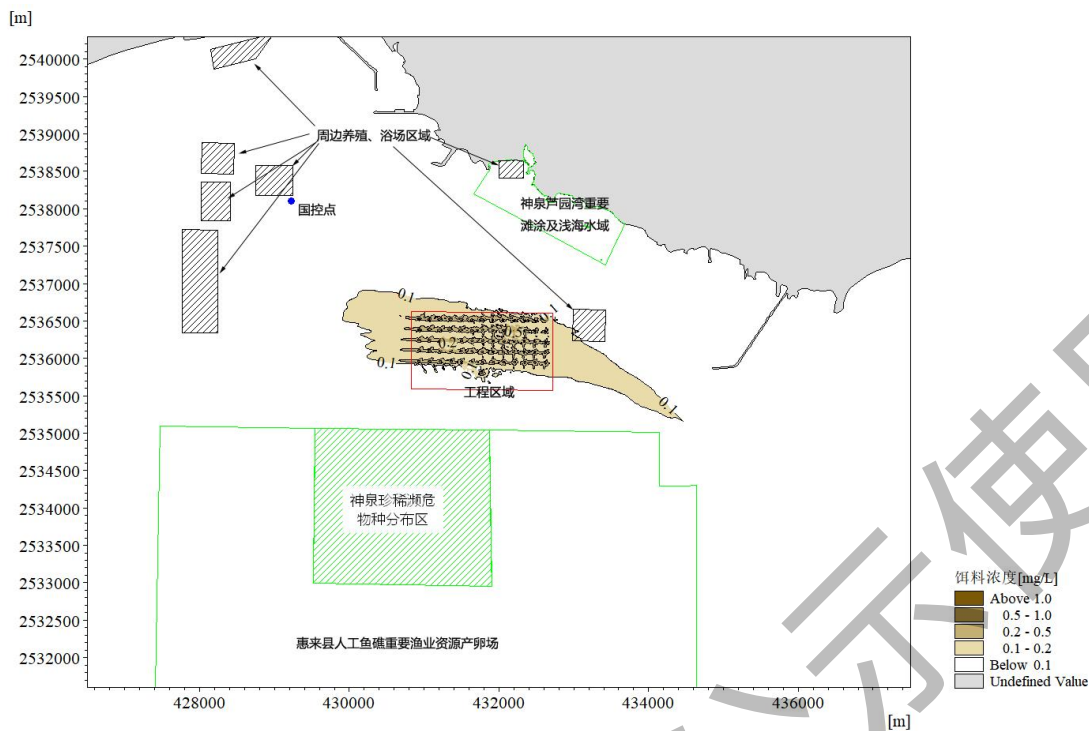


图 5.3.2-1 养殖污染物 COD_{Mn} 浓度增量包络范围





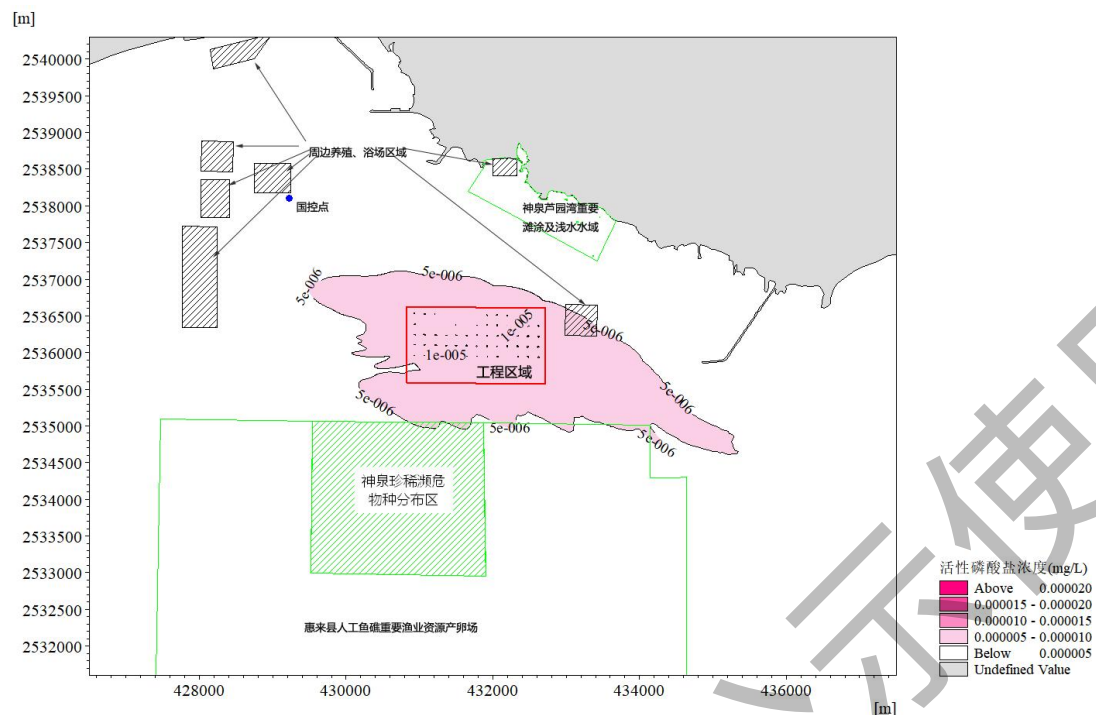


图 5.3.2-6 饵料散失进入海水释放活性磷酸盐浓度增量包络范围

5.4 海洋沉积物质量环境预测与评价

5.4.1 施工期对沉积物环境影响

本项目在施工期对沉积物环境影响主要为网箱锚固等水下施工产生的悬浮泥沙在水流和重力的作用下，在施工区域附近扩散和沉淀，并可能使海底沉积物中污染物（包括有机污染和重金属）的二次释放对周边海域造成影响。

项目施工所产生的悬浮泥沙在水流和重力的作用下，往施工点周围扩散、沉淀造成泥沙沉积在施工点附近的底基上，改变附近底基沉积物的理化性质。施工悬浮泥沙对水质影响包括两个方面：一是粒度较大的泥沙被扰动悬浮到上覆水体后，经过较短距离的扩散即沉降，其沉降范围位于项目区域附近，这部分泥沙对施工区外的沉积物基本没有影响；二是粒度较小的颗粒物进入水体而影响海水水质，并长时间悬浮于水体中，经过相对较长距离的扩散后再沉降。随着粒度较小的悬浮物的扩散及沉淀，从项目施工区域漂移的悬浮物将成为其所覆盖区域的新的表层沉积物，工程施工除对海底局部沉积物产生部分分选、位移、重组和松动外，并没有混入其他污染物，重新沉积的物质与原海域沉积物成分类似。

网箱安装、锚块投放等的水下施工作业将改变项目周围区域的沉积物环境，

锚泊固定的锚块、平台下部基础占用海域的沉积物环境也将在施工期间被彻底破坏，原沉积物中的污染物可能随悬浮泥沙扩散造成二次释放。但由于无外来污染物，且本项目所在海区沉积物质量环境较好，由施工扰动海区产生的悬浮物再次沉降对本海区表层沉积物环境质量不会产生明显的影响，一旦施工完毕，这种影响将不再持续，沉积物质量仍将基本保持现有水平。

5.4.2 运营期对沉积物环境影响

5.4.2.1 网箱养殖鱼类对沉积物环境的影响

本项目鲍鱼养殖投喂海带和龙须菜等天然海藻，不投放饲料和药物，因此不会影响海域沉积物质量，不会对海域的海洋沉积物产生不利影响。运营期对沉积物环境的影响主要是网箱养殖鱼类对沉积物环境的影响。

《海水网箱养殖对环境的影响》（徐永健）综述了近 20 年来国内外关于网箱养殖对环境影响的研究动态和成果，养殖过程中碳、氮、磷和悬浮物的输出对沉积物的影响如下：

1.对溶解氧的影响

残饵、粪便等有机物在沉积物中的堆积促使底栖生物和分解有机物质的微生物群落迅速增长，导致沉积层中耗氧大大增加，网箱下部沉积物中其耗氧率比网箱外要高 2~5 倍。很多研究发现，养鱼网箱附近富碳、氮、磷的沉积物中存在着缺氧、无氧状态区。

2.对磷酸盐的影响

网箱养殖区沉积物中的磷酸盐，随着沉积物的积累，浓度逐渐升高，这可作为网箱底部沉积物积累的最好指标之一（Holmer&Krisensen，1992）。据调查，珠江口牛头岛深湾网箱养殖区的上覆水与底质中磷酸盐含量相差很大，水体磷酸盐含量为 $0.094\ \mu\text{mol/L}$ ，沉积物磷酸盐含量为 $126.52\ \mu\text{mol/L}$ （王小平，1998）。由网箱养殖导致底质环境缺氧，微生物的活动可加速磷酸盐从底质向上覆水释放，加快了水体营养盐的循环速度（计新丽等，2000）。颗粒磷重新悬浮的比例还要高一些，尤其在污染严重的养殖区，经过一段时间的无氧状态后，沉积物溶解态磷的释放可以提高上覆水中 18% 的磷水平（Axleretal，1996）。通过网箱底部沉积物与对照区沉积物释放磷的比较，养殖区底质释放磷的速率

比对照区高一个数量级,大部分释放的磷都是生物可利用的形式(Kelly, 1992)。

3.对其他营养盐的影响

氮也会积累在沉积物中, 12%~20%的输入氮积累在沉积物中(Halletal, 1992)。氮在沉积物中的污染具有区域性, 距网箱 200m 处氮的沉积速率仅为网箱养殖区底部的 10%, (Halletal, 1992; Wu, 1995), 微生物的活动导致氨氮在沉积物间隙水中积累, 是无机氮的主要存在状态(王小平, 1998)。对间隙水的氨氮浓度分析表明, 网箱底部大大高于其他区域(Halletal, 1992)。

4.对硫化物的影响

网箱养殖产生的残饵和粪便沉积到网箱底部, 被微生物降解, 消耗底层水中的溶解氧, 生成硫化物, 并造成沉积物缺氧(李晓敏等, 2005)。而沉积层的缺氧或无氧又促成了微生物的脱氮和硫还原反应(计新丽等, 2000), 沉积物中的硫酸盐还原菌的作用使得沉积物发黑, 产生硫化氢, 具有毒性(Brownetal, 1987; Holmer&Krisensen, 1992)。有些养殖区沉积物中硫化物含量比自然海区中的高 10 倍多(何国民等, 1997), 粤东柘林湾网箱养殖区表层沉积物的硫化物比对照区高 6.7 倍, 其含量分别为我国海岸带底质背景参考标准和日本渔业底质标准的 1.6 倍和 2.4 倍; 表层沉积物硫化物含量高是养殖区底质环境老化的主要表现(甘居利等, 2001)。

5.对有机碳的影响

据统计, 约 18%~23%的总输入碳积聚在沉积物中(Halletal, 1990) 有机碳是沉积环境中的重要物质, 沉积物表层 3cm 内含有有机碳 21%~30%。Wu (1995) 发现, 饲料中 23%的碳沉积在底泥中, 也有报道仅是其中一半(Gowen&Brdbury, 1987)。碳的分布存在区域性, 离网箱养殖区 3m 处沉积物的碳含量为 9.35%, 离网箱养殖区处减少到 3.99%(Halletal, 1990)。由于有机碳被微生物不断降解, 生成硫化物。所以, 底质有机碳含量与硫化物含量有关。甘居利等(2006)研究发现夏季大鹏澳网箱养殖海域底质有机碳与硫化物相关性显著。但是底质有机碳含量通常与底质的性质有关。一般情况下, 泥质底比砂质底更易积累有机碳, 有机碳随沉积物变细而增高(王小平, 1998)。部分金属常与有机物形成配位化合物, 在受重金属污染的区域重金属含量与有机碳含量正相关(甘居利, 2006)。

6. 悬浮颗粒

网箱养殖的残饵和鱼类的粪便将增加水柱中悬浮物的量，Sobletsl 估计，每生产 1t 鱼将产生 1.36t 的颗粒物，悬浮颗粒物一般都沉积在离网不远处（一般为 100m 左右）。长期性的沉积物造成养殖渔场“海底上升”。调查发现，瑞典网箱养殖中产生的沉积物覆盖面积已达 3.8 个养殖场大小的区域，大部分悬浮颗粒都沉积在网箱 1km 的范围内。

总体来说，网箱养殖使底质总磷、总氮、总有机物显著升高，碳氮比、氧化还原电位降低，养殖区范围内底质都会受到影响，但网箱养殖区底质的污染物含量是从网箱养殖区域中心向周围递减（Pearson&Rosenberg, 1987）有关研究认为这种影响在 100—200m 左右消失（徐永健和钱鲁闽）。长期养殖情况下，大部分的悬浮颗粒都沉积在离网箱 1km 的范围内。

鱼类尸骸如果没有及时处理，腐烂变质后对海洋环境影响较大。项目运营过程中应将鱼类尸骸及时打捞，并收集至岸上进行统一进行无害化处理。

残饵量、鱼类排泄物主要引起水中的 N、P 负荷均有所增加。且鱼类排泄物和饵料沉入海底会对养殖海域的底栖生物生境造成一定影响，但是由于本项目及其周边海域养殖密度较低，且项目区位于较为开阔的深远海域，海区水文动力条件较好，养殖鱼类排放的 N、P 将很快得到扩散和稀释，对海区环境影响较小。

就本项目而言，深水网箱养殖抗风浪能力较大，深水网箱所在位置远离岸边，且海水较深，因此在自净性能相对较强的水域环境进行布局设置，海域稀释扩散能力较强，对沉积物环境影响相对减小；同时通过调整海洋牧场的养殖规模和养殖搭配，降低残饵量。深水网箱养殖过程中多为投喂浮性膨化配合饲料，且采取科学投放饵料等措施，养殖鱼类在摄食过程中吞食饲料，饵料系数低，产生的有机碎屑较少，随着水流会稀释和扩散。因此，本项目可以有效地减少对海洋沉积物的影响。

由于沉积物受影响程度与网箱养殖密度有一定关系，因此合理确定养殖密度有利于降低对沉积物的影响。本项目养殖密度维持在 $10\text{kg}/\text{m}^3$ 以内，各类设施主体结构用海面积约占申请用海面积的 4.4% 以内，养殖密度、养殖面积等符合《深水网箱养殖技术规范》（DB44/T 742-2010），在养殖区域的环境容量范

围内，则本项目建设对沉积物环境的影响是可以接受的。

5.4.2.2 网箱网衣清洗对沉积物环境的影响

本项目网箱网衣采用高压水射流在原位进行清洗，网箱网衣清洗对海洋沉积物可能产生以下几方面影响：

清洗过程中，使用高压水射流的水流冲击和机械作用可能使海底沉积物颗粒重新悬浮于水中。这会增加水体中的悬浮物浓度，改变沉积物的分布状态，可能导致局部海域沉积物的搬运和再沉积。清洗活动可能破坏海底沉积物的原始结构，使原本分层或压实的沉积物变得松散，影响沉积物的孔隙度和渗透性，进而影响海底生态系统的物理环境。

网衣上附着的污损生物（如藤壶、贻贝等）在清洗过程中可能被破坏或死亡，其体内储存的营养物质（如氮、磷等）以及代谢产物会释放到周围海水中。这些物质可能沉降到海底，成为海洋沉积物的一部分，改变沉积物的化学组成。

沉积物中的微生物在物质循环和能量转换中起重要作用。清洗活动带来的营养物质输入或化学物质干扰可能改变微生物的活性和群落结构，影响沉积物中的生物地球化学过程，如有机物分解、氮循环等。

网箱网衣清洗对海洋沉积物的影响程度取决于清洗频率，本项目网箱网衣计划两个月进行一次清洗，进行分批清洗，每次单独作业。通过合理规划清洗作业强度和频率，采用环保的清洗技术和方法，有助于减少对海洋沉积物和生态环境的负面影响。

5.4.3 养殖工作船舶及养殖人员

运营期养殖工作船舶的舱底油污水以及养殖人员的生活污水可能对海洋环境造成污染。本项目养殖人员生活污水、工作船舶舱底油污水经收集上岸后交由有资质的单位进行处理，均不排入海域，不会对周围沉积物环境造成污染。

综上，本项目对沉积物环境的影响是可以接受的。

5.5 海洋生态影响预测与评价

5.5.1 施工期海洋生态影响

本项目施工期对生态环境的影响主要体现在抛投锚体、网箱安装和固定锚

碇等产生的悬浮泥沙。锚固建设改变了海域的栖息环境，占用了底栖生物和鱼卵、仔稚鱼生活空间。根据现状调查资料及历史资料，工程附近海域未发现典型海洋生态系统以及珍稀濒危物种，没有主要经济鱼类集中分布及重要经济鱼类的游路线、索饵场、产卵场或育幼场所等。

本项目施工期内局部悬浮物增加量较小，且这种小量的悬浮物扩散是暂时的、局部的，海洋的自净能力强，基本不会增加水体的浑浊度及对水体透明度产生影响，对浮游植物的光合作用基本无影响，对浮游动物和鱼卵仔稚鱼影响较小。由于本工程施工期间悬浮泥沙影响范围较小和时限较短，工程所在海域鱼类的规避空间大，因此工程施工对游泳生物影响较小；而虾蟹类因其本身的生活习性，大多对悬浮泥沙有较强的适应性，因此施工悬浮泥沙对该海域底栖生物、游泳生物的影响较小。

施工期间网箱及平台的锚泊系统锚块占用海洋底栖空间将会造成一定量的底栖生物损失影响。本项目网箱及平台锚泊系统采用铁锚，铁锚施工导致底栖生物损失是由于铁锚块直接放置在海床上，其底部及周边区域的海底底质被永久性压占。生活在该区域的底栖生物（如贝类、多毛类、棘皮动物等）可能会被直接压死或掩埋致死。锚泊系统锚块投放在所在海域海底，原有海底的软底质（泥、沙）或硬底质（礁石）被锚泊系统锚块的硬质结构所替代，从而导致栖息地物理性质的改变，破坏了底栖生物赖以生存的稳定基底。这会导致依赖于原有底质类型的特有种群消失，取而代之的是一些能够附着在硬质表面（如锚链、锚块）上的附着生物（如藤壶、贻贝、海鞘、藻类等）。虽然这创造了新的人工栖息地，但生物多样性和群落结构与原生状态通常有显著差异，往往是物种更单一、更具入侵性的机会种。

其次，在海流和风浪作用下，锚泊系统中的锚链和沉于海底的缆绳会不断地在海床上拖曳、摩擦。这种持续的物理扰动可能会刮伤、碾碎或卷走附着的和底表活动的生物。

本项目在揭阳市惠来县神泉镇料坳石山附近陆地进行网箱组装，组装完成后使用带吊臂的网箱安装船舶将组装好的重力式网箱装运至目标安装区域，进行布放。过程中产生的污染物主要为废弃的塑料浮具、包装材料等，废弃物及时清理和回收利用处置，不堆积在岸边，严禁将其投入海域中。组装结束后，

对临时组装场地进行垃圾清理，恢复原状。网箱岸上组装过程中产生的污染物均禁止直接排海入海，组装周期较短，且分批进行，对海洋生态环境的影响较小。

5.5.2 运营期海洋生态影响

1.项目对底栖生物的影响分析

本项目网箱养殖对下面大型底栖生物群落结构将产生一定的影响，在网箱周围几十米内耐有机污染种类占优势，随着距离向外扩散，底栖生物种类逐渐恢复正常，将会达到新的生态平衡。

海水养殖中，底栖生物群落随着沉积物中有机物质和营养盐含量的变化而发生变化。初期，底栖群落的丰度和生物量有所增加，随后超负荷的反应表现出来，多样性也可能改变。

网箱养殖对底栖群落的改变是局部的，根据养殖操作的不同，在网箱周围15m的范围内，这种变化可能是永久性的。在一个连续使用的养殖场中，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的过渡区为生物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，生物量和丰度也是最大，在网箱周围30m的范围内，耐有机污染种类占优势；随着距离的向外扩散，底栖生物的种类组成会逐渐恢复到正常的状况，离网箱25m~150m地方的生物群落与无养殖区域的海域没有什么不同，因此网箱对底栖生物的影响范围不大。

养殖期间，随着网箱残饵和养殖生物排泄物在底质中的累积，会产生一定量的有机质沉积，从而会促使分解有机物质的微生物群落的增长。耗氧微生物的活动加强，会造成沉积物层缺氧，而沉积物层的无氧或缺氧又促进了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，对底栖生物的长期生存是一个较大的考验。

网箱养殖会对网箱下面及附近海域的大型底栖生物群落结构产生影响。在网箱下方，几乎没有大型底栖生物。在网箱周围30m的范围内，耐有机污染种类占优势。随着距离的向外扩散，底栖生物的种类组成会逐渐恢复到正常水域的状况。

本项目位于开放性海区，海区水动力条件较好，水深条件较好，沉降的残

饵和粪便能够得到较好地扩散。因此，本项目沉降的饵料和粪便对于养殖区底部底栖生物生态环境会有一定的影响，但是对于项目周边的底栖生物生态环境影响较小。

总的来说，项目建设对于周边海区底栖生物生态环境的影响是可以接受的。

2.对浮游生物的影响

项目实施对浮游植物的影响有两个方面：一是网箱养殖产生的残饵和养殖生物的排泄物，导致水体的悬浮物增加，影响浮游生物的生长环境；二是养殖残饵和养殖生物的排泄物，主要含有 N、P 元素，带入的外源营养物质增加了水体的营养物质输入，导致浮游植物的大量生长。

网箱养殖过程产生的残饵，随着水流等扩散，导致悬浮物浓度增加，进而影响了浮游植物的光合作用，一般而言，悬浮物的浓度增加在 10mg/L 以下时，水体中的浮游植物不会受到影响；当悬浮物的浓度增加量在 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 50mg/L 以上时，浮游植物会受到较大的影响。由于项目用海区离岸较远，水深较大，悬浮物扩散能力强，深水网箱悬浮物浓度增量普遍小于 10mg/L，且投饵是间歇作业，不会对周边海域中浮游生物产生明显影响。

由于局部大量投饵，带入的外源营养物质增加了水体的营养物质输入，导致浮游植物开始大量繁殖，研究表明，浮游植物数量与总氮、总磷、氮磷比都呈显著相关，水中的总磷每增加 0.01mg/L，浮游植物数量就要增加 3.53×10^5 个/L。随着营养物质富集，光照下降，浮游植物数量逐渐减少；另一方面由于被网箱内鱼摄食所致。

项目投放饵料经过严格的判断和决策，合理制定投饵量，同时深水网箱远离近岸，缓解了高水平的氮磷浓度，尽可能降低了对浮游生物的影响。总体来说，尽管海水中悬浮物的增加对浮游生物产生了一定程度的影响，但这种影响是局部的。根据资料表明，浮游生物的重新建立所需时间较短，一般只需几周时间，因此对浮游生物的影响是可以在短时间内消失的。综上，本项目对周边海域浮游生物的影响不大。

3.对渔业资源的影响

由于本项目网箱活动提供了丰富的食物，导致附近野生鱼群种类也会发生

相应变化，平均个体大小增加。

网箱养殖对养殖区周边游泳生物的影响存在着三个方面：

一方面，本项目养殖活动可增加水体中营养物质的积累，有利于浮游生物生物量的增加，从而为网箱外其他鱼类提供更多的饵料生物，野生鱼类的生长速度与养殖鱼类相差不大，养殖场附近鱼类的平均大小比其他海域的鱼类要大。

另一方面，本项目养殖可能造成养殖区及邻近海域水体富营养化，致病性微生物大量繁殖；同时，养殖污染物的扩散也会对海域游泳生物的正常生长产生一定的影响，尤其是对鱼卵、仔稚鱼造成一定的损害。

此外，在养殖过程（如换网、收获等），可能会有养殖鱼类逃逸。鱼类逃逸有两方面的影响：逃逸鱼与土著鱼竞争食物和生境，影响土著鱼类，同时可能会将地方流行病传给野生种群；养殖鱼类通常具有高生产率、低繁殖习性、低游泳能力的特点，逃逸鱼类与土著鱼类交配产生的后代会破坏原有的基因库，可能造成基因组成的均一化，导致一些土著鱼类的抗性等基因转变，使土著鱼类对细菌、病毒及环境突变抵抗力减弱。在项目正常养殖过程中，通过加强管理和严格规范操作等，在换网及收获等过程中减少鱼类逃逸的情况。

本项目位于深远海域，海域稀释扩散能力较强，通过海洋的自净能力，水体中悬浮物扩散后将逐渐消失；项目主要使用网箱养殖，安全性高，发生破网养殖鱼大规模外逃的可能性较小且养殖品种为南海地区常见种类，因此不存在基因污染问题。

项目建设单位要加强养殖设施日常安全巡查，特别是台风季节应该全面检查，做好防台预案，保证养殖设施安全，防止养殖鱼外逃。项目所在海区水质优良，水动力条件较好，病死鱼能得到及时清理，养殖区发生大规模鱼类疫病的可能性较小。

本项目采用开放式养殖模式，有助于区域内渔业资源的恢复，从而实现当地海洋资源开发的规范化，达到海洋经济增长目标，解决开发与保护海洋环境的矛盾。通过生态养殖，项目有利于维护海域生态环境，显著减少富营养化和海水养殖自身污染环境，多营养层次的养殖使海洋生态效益显著。

综上，项目实施对渔业资源的影响较小。

5.5.3 对珍稀海洋生物的影响分析

根据“三区三线”划定成果，在项目用海南侧约 534m 处分布有生态保护红线“神泉珍稀濒危物种分布区”，该红线区主要保护的海洋珍稀生物为西施舌。此外，据调查，本项目所在神泉湾海域分布的海洋珍稀生物还有海龟、鲎、龙虾。

本项目为海洋牧场产业园建设，主要建设深水养殖网箱和运维平台。项目施工期间污染主要来源于锚固设施投放入海时产生的悬浮泥沙。

根据上文第四章悬浮泥沙扩散影响预测结果，施工引起悬浮泥沙扩散的最大浓度 $>10\text{mg/L}$ 的面积为 0.09km^2 ， $>20\text{mg/L}$ 的面积为 0.01km^2 ， $>50\text{mg/L}$ 的面积为 0.00km^2 。由此可知，施工期悬浮物扩散核心区基本位于施工点附近区域，对海洋生物的影响较小，造成的生物损失量较少。西施舌通常生活在潮间带至浅海的沙质或泥沙质海底，本项目悬沙影响程度较小，不会导致海底沉积物环境明显改变，对西施舌的埋栖行为和栖息地环境影响较小。同时考虑项目实际施工期较短，且西施舌、海龟、鲎、龙虾等海洋珍稀生物自身也具有遇到危险具有逃避恶劣环境、寻找适宜生存场所的本能，因此，在采取一定的合理的施工工艺的前提下，项目施工期对海洋珍稀生物活动的影响较小。

根据上文水质影响分析，运营期产生的废污水均得到有效的处置，养殖过程中会产生一定的污染物会对项目区及周边区域的海洋环境造成一定的影响，但影响是有限的。从物种保护的角度来看，项目用海区位于“神泉珍稀濒危物种分布区”约 534m 处，项目建设不会对珍稀濒危海洋生物造成损害，不会隔断海洋生物的洄游通道，对项目海区珍稀海洋生物的洄游、产卵、索饵基本没有影响。同时，养殖网箱散落的饵料还可吸引周边野生海洋生物的觅食，导致野生海洋生物的聚集。

综上所述，本项目建设对所在海域珍稀海洋生物的影响是可接受的。

5.5.4 对环境敏感目标的影响分析

本项目周边环境敏感目标主要有生态保护红线、国控点、省控点、开放式养殖项目、三场一通道等，详见 2.6 小节。

(1) 对生态保护红线的影响分析

本项目开放式养殖用海范围内不涉及生态保护红线。根据“三区三线”划

定成果，在项目用海南侧约 534m 处分布有生态保护红线“惠来县人工鱼礁重要渔业资源产卵场”和“神泉珍稀濒危物种分布区”、在项目用海东北侧约 900m 处分布有生态保护红线“神泉芦园湾重要滩涂及浅海水域”。

本项目开放式的养殖方式有利于维持海域自然属性，对周边海域的水文动力环境、地形地貌与冲淤环境影响不大；在合理进行科学养殖的前提下，本项目的建设对周边海洋水质环境不会造成明显不良影响；基本不会对周边海域的沉积物环境产生明显不良影响。

根据悬浮泥沙扩散预测结果，本项目施工期网箱和平台锚固系统施工引起悬浮泥沙扩散的最大浓度超过 10mg/L 的面积为 0.09km²，局限在工程范围内且集中在源强点附近小范围。距离本项目最近的生态保护红线为南侧约 534m 的“惠来县人工鱼礁重要渔业资源产卵场”和“神泉珍稀濒危物种分布区”，本项目施工引起的 >10mg/L 的悬浮泥沙包络范围不会扩散至上述生态保护红线处，施工悬沙对生态保护红线的影响较小。

根据营运期养殖污染物排海对水质影响的预测分析，叠加本底值后的 COD_{Mn} 浓度最大值为 0.54809mg/L < 2mg/L，满足第一类水质标准；无机氮浓度最大值为 0.22939mg/L < 0.30mg/L，满足第二类水质标准；活性磷酸盐浓度最大值为 0.02764mg/L < 0.030mg/L，满足第二类水质标准。项目运营期养殖污染物最大增量浓度的扩散范围均在网箱周边，养殖期间扩散至周边海域的养殖污染物增量很小，且项目所处海域较为开阔，水动力条件较好，对周边生态保护红线的影响是可接受的。

本项目用海位置东侧约 277m 处海域分布有惠来县惠前水产养殖专业合作社海上养殖项目。惠前养殖项目主要进行吊养养殖和网箱养殖，主要吊养对象为鲍鱼、牡蛎和藻类；网箱养殖对象为石斑鱼。该项目影响程度与本项目相似，均集中在养殖区内，两个养殖项目同时实施时对海域水质的叠加影响有限，对生态保护红线的影响也是有限的。

养殖活动产生的鱼类代谢物（如氨氮、磷酸盐等）可作为水体的天然“肥料”，还有投饵的饵料，促进浮游植物的适度繁殖，进而带动浮游动物数量增长，形成“浮游植物-浮游动物-幼鱼”的食物链循环，为产卵场构建更丰富的饵料基础，缓解自然水域饵料不足对幼鱼存活的限制。因此，其对“惠来县人

工鱼礁重要渔业资源产卵场”生态保护红线具有一定的积极影响。

项目养殖品种均为当地常见经济鱼类，不会对海域原有渔业资源造成物种侵害。此外，海洋牧场中养殖的贝类（鲍鱼）能过滤水体中的悬浮颗粒物，滤食水中的浮游生物和有机颗粒，有助于降低富营养化风险，保持水质清洁。

综上，本项目建设对所在海域生态保护红线的影响是可以接受的。

（2）对国控点和省控点的影响

项目评价范围内的国控点有 GDN22004 和 GDN22001，主要保护目标为海水水质。其中，与本项目距离较近的为 GDN22004，距项目西北侧约 2.0km。项目附近的省控点为项目西南侧约 757m 的 HWXZ081。

本项目开放式的养殖方式有利于维持海域自然属性，对周边海域的水文动力环境、地形地貌与冲淤环境影响不大；本项目施工期网箱锚固产生的悬浮泥沙扩散范围仅在项目附近；运营期间本项目养殖水污染物排放基本不会明显改变所在海域水质状况，项目建设前后海水水质类别仍保持不变。

本项目国控点的距离较远，施工期和运营期的各类污染物不会扩散到该处，不会对国控点、省控点及其周边的海水水质造成不良影响。

（3）对渔业“三场一通道”的影响分析

根据中华人民共和国农业农村部《中国海洋渔业水域图》（第一批）（农业农村部公告第 189 号），本项目位于南海北部幼鱼繁育场保护区及幼鱼幼虾保护区。根据《中国近海渔业资源状况报告（2020）》，惠来海域为鲷类和鲈类的繁育场。

本项目不涉及底拖网作业等捕捞活动，项目建设对所处海域的影响主要为网箱占海以及产生悬浮物、N、P 等污染物的影响。本工程网箱占海导致此范围的海域海洋生物生存和繁育功能有所改变，幼鱼幼虾的生存空间减少。

本项目施工期内局部悬浮物增加量较小，且这种小量的悬浮物扩散是暂时的、局部的，施工作业时间短。运营期产生的悬浮物影响范围有限。

由于本项目邻近海域生境与项目所在海域具有极大的相似性，海区主要经济种类生物具有一定的活动能力，且部分对不利环境具有趋避能力；本项目在施工期和运营期产生的影响范围有限，本项目建设对海区游泳生物的产卵繁殖索饵产生的影响处于可接受的水平。

本项目作为深远海养殖项目，从渔业经济发展的角度，能够减轻捕捞对渔业资源带来的巨大压力，使渔民转产转业，更加有利于渔业资源的恢复，因此，本项目的实施不会对鱼类“三场一通道”产生影响，有利于渔业资源的恢复。

(4) 对附近开放式养殖项目的影响

海水网箱养殖施工期及运营期对周边海域养殖活动的影响主要体现在以下几个方面：

1) 施工期影响

施工过程中，网箱锚块投放、养殖平台建设等作业会产生悬浮泥沙，使局部海域水体浑浊度增加，影响水质透明度。若施工船舶管理不善，含油废水、生活污水排放也可能导致水质污染，从而影响养殖水质。

网箱设施及锚固系统的安装会改变局部海域的水文动力条件，使流速、流向发生变化。虽然网箱多为透水结构，但大量网箱集中布置仍可能对水流产生一定阻碍，影响周边养殖海域的水体交换和物质输运。

施工时锚固系统与底质接触，可能破坏海底底质的稳定性，使底栖生物的栖息环境受到干扰，影响底栖生物的生存和繁衍。施工产生的噪音、悬浮物等可能对周边海域的养殖品种造成惊扰，影响其正常的发育。

2) 运营期影响

运营期投喂饵料，残饵和鱼类排泄物会使水体中的氮、磷等营养物质含量增加，可能随水流扩散到周边养殖区域，影响养殖生物的生存，影响周边养殖生物的生长和品质。此外，洗网废水等也可能对水质产生污染。养殖船舶的往来、网箱的维护等作业活动也可能对周边养殖活动造成干扰，影响养殖生产的正常进行。

网箱养殖鱼类若发生疾病和寄生虫感染，可能通过水体传播给周边海域的养殖鱼类，引发大规模的疾病爆发，造成养殖损失和生态破坏。

本项目附近海域的海水养殖活动有：惠来县鹏业海水养殖专业合作社筏式吊养项目、惠来县宏鑫水产销售有限公司筏式吊养项目、惠来县鸿泰水产养殖有限公司神泉港附近海域底播养殖项目、广东省海源达水产养殖有限公司海上养殖项目、惠来县昌豪海水养殖有限公司吊养项目、惠来县惠前水产养殖专业合作社海上养殖项目。其中，与本项目距离最近的是位于项目东侧海域的惠来

县惠前水产养殖专业合作社海上养殖项目，最近距离约 277m。周边养殖项目分布见下图。

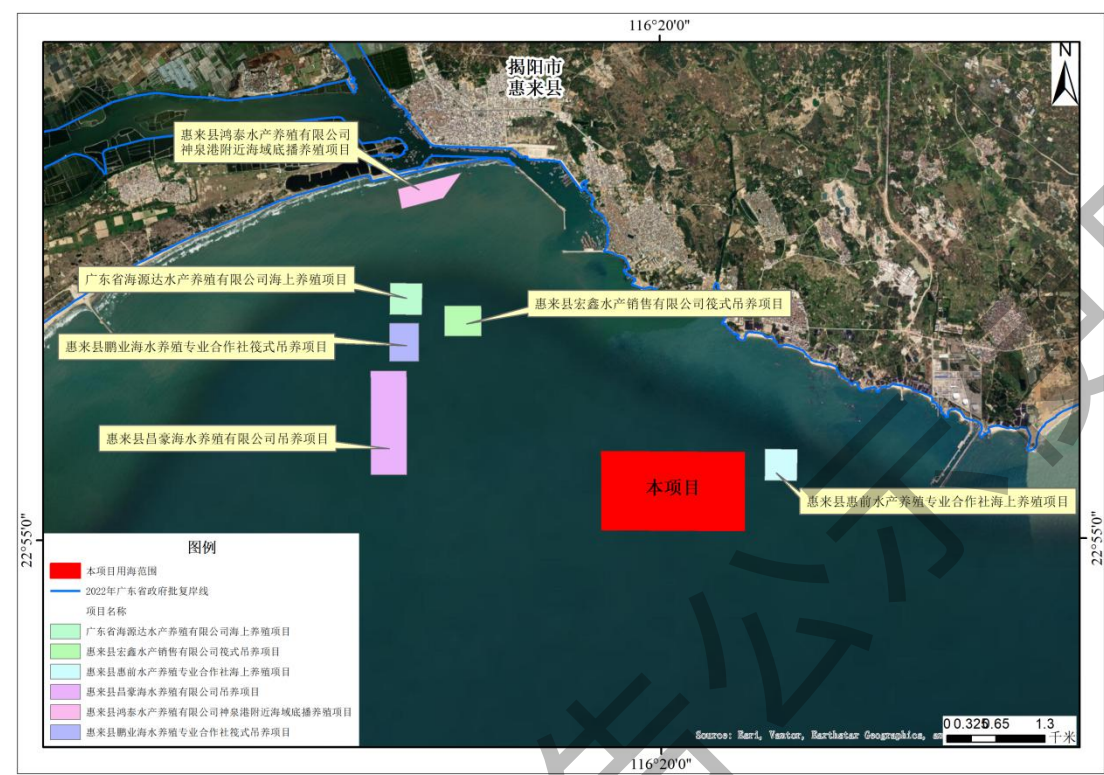


图 5.5.4-1 项目所在海域周边养殖分布情况

本项目养殖设施施工过程中产生的悬浮泥沙对项目附近区域海洋生态环境造成一定的影响，但施工过程中产生的悬浮物主要来自本海区，不会对沉积物的环境质量和底栖生境产生明显改变，且该项目规模较小、施工时间较短，悬沙扩散范围有限，待施工结束后逐渐恢复，在采取相关施工悬浮物污染防治措施下，本项目的施工悬浮泥沙对海水养殖项目影响很小。

此外，项目施工生活污水采用移动式接收装置收集至岸上处理，船舶含油污水严格按照相关规定进行收集，上岸处理，不直接外排至海域。因此，项目产生的污染物均进行收集处理，不在海域排放。在施工期禁止超范围施工，优化施工布局、加强管理，尽量缩短作业工期的前提下，项目施工对周边养殖项目影响很小。

本项目用海位置东侧约 277m 处海域分布有惠来县惠前水产养殖专业合作社海上养殖项目。惠前养殖项目主要进行吊养养殖和网箱养殖，主要吊养对象为鲍鱼、牡蛎和藻类；网箱养殖对象为石斑鱼。经上文生态环境影响分析，项目施工时锚块投入海时产生的悬沙源强均 $<0.05\text{kg/s}$ ，其悬沙最大扩散浓度基

本不会超出 10mg/L，施工悬浮泥沙的影响主要集中在施工点附近，对养殖区外的水质环境影响很小。项目位于开阔海域，水动力条件良好，运营期投放饵料、鱼类排泄物等水污染物可经过海水稀释和分解，且可被本项目养殖鲍鱼所滤食，运营期间本项目养殖水污染物排放基本不会明显改变所在海域水质状况。在合理的养殖密度下，本项目运营期养殖饲料不会对周边海域环境造成明显影响，不会对东侧距离约 277m 的惠来县惠前水产养殖专业合作社海上养殖项目的正常养殖活动造成不良影响。两个养殖项目需加强海上交通沟通协调，避免船只作业相互干扰。

本项目位于开阔的近海水域，水体交换条件好、水流流速平稳，项目养殖密度适中，鲍鱼属贝类，自身可利用海域重金属，对于区域水质有一定的净化作用。贝类结合鱼类养殖，在一定程度上降低了养殖对水质的影响。

本项目施工期可通过合理规划施工时间、优化施工工艺，采用先进的施工设备和技术，减少网箱安装、锚固等作业过程中产生的悬浮泥沙。同时加强施工船舶管理，施工船舶的生活污水、含油废水、生活垃圾等应全部收集上岸处理，施工产生的各类污染物严禁直接排放入海，避免对周围养殖品种造成损害。

运营期应合理确定养殖密度，根据海域的环境容量和养殖品种的生态需求，科学确定养殖密度，避免过度养殖导致环境压力过大。合理调整投喂时间和频率，提高饵料利用率，避免因饵料残留和鱼类排泄物增加导致水质恶化，从而影响周边海域养殖活动。项目工作船生活污水收集至岸上处理，工作船含油污水严格按照相关规定进行收集，交由有资质的单位处理。因此，本项目养殖用海不会对周边海域养殖活动水质产生污染影响。

养殖期间应定期观察鱼类的摄食、活动、体表等情况，定期对鱼类进行健康检查，必要时可进行病原体检测，提前做好疾病预防准备。

本项目养殖期间应注意天气的变化，强风来临前应注意设施安全，加强检查及时做好养殖设施检修、加固。可采取减漂压石等办法对养殖设施进行防护，防止因为出现强台风、强风暴潮的时候出现打入海底的锚链力度不够而导致抛锚。在做好防台措施的前提下，养殖设施对周边养殖区的影响较小。

综上，在采取相应的防治对策措施下，项目对周边养殖活动对影响是可接受的。

(5) 对生态控制区的影响分析

根据敏感目标分析，距本项目西北侧约 2.8km 分布有粤东新城南部生态控制区、东北侧约 134m 分布有神泉镇东南部生态控制区。

鱼类养殖过程中，过量投喂的饲料和鱼类排泄物可能导致局部海域氮、磷等营养物质富集，引发水体富营养化，增加赤潮等生态灾害的发生风险。鱼类养殖的残饵和排泄物沉积可能使底栖环境缺氧，影响底栖生物的生存和群落结构。

根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》，上述 2 处生态控制区的空间准入要求均为：实行科学合理保护与适度开发相结合的原则，可开展生态保护红线允许的用海活动，允许生态养殖用海，以及开发利用后生态功能可自然恢复的必要用海活动。

悬浮物污染影响主要为施工锚块投放产生的悬浮泥沙影响和网箱清洗时产生的悬浮物影响。根据悬浮物扩散预测，2 个工况下的悬浮物质扩散影响基本集中在范围内，扩散至周边海域的浓度量级很小，对周边海域的水质环境影响有限。

营运期主要污染物是网箱养殖产生的残饵料、鱼类排泄物，根据预测结果，网箱投放后污染物的扩散速度相对减慢，但离开养殖区之后还是会迅速扩散并降低浓度，养殖期间产生的污染物浓度增量整体上较小。

总体而言，本项目养殖水污染物排放基本不会明显改变所在海域水质状况，可见，项目运营期对上述生态控制区的影响较小。本项目养殖过程中不使用鱼药，以预防为主，通过改良养殖品种种质、加强养殖管理、提高养殖品种自身抗病力，进行生态健康养殖，以达到健康养殖的目的。

综上所述，本项目养殖对周边的生态控制区影响是可接受的。

5.5.5 海洋生物资源影响分析

5.5.5.1 施工期悬浮泥沙对海洋生物资源影响分析

本项目施工期间产生的悬浮泥沙增量较小，根据同类型项目施工经验，网箱锚块投放时产生的施工悬浮泥沙最大浓度一般不超出 10mg/L，且所在海域开阔、施工期较短，悬沙扩散对海洋生物资源的损耗很少，因此本报告不再对施

工悬浮泥沙造成的生物资源损失进行定量分析，仅做定性分析。

1.直接导致鱼类和其他水生生物死亡

水中大量存在的悬浮物对生物的毒理危害首先表现为堵塞或破坏海洋生物的呼吸器官，严重损害鳃部的滤水和呼吸功能，从而造成窒息死亡。室内毒性实验表明，前鳞鲷幼鱼在香港维多利亚港疏浚淤泥悬浮液中的中毒症状主要为缺氧窒息，镜检发现幼鱼鳃部不同程度地分布着悬浮微粒从而阻碍其正常呼吸。大颗粒悬浮物在沉降过程中还将直接覆盖底栖生物，如贝类、甲壳类，尤其是它们的稚幼体。长时期的累积覆盖影响将导致底栖生物的减产或死亡。悬浮颗粒粘附在动物体表面，也会干扰其正常的生理功能，滤食性游泳动物及鱼类会吞食适当粒径的悬浮颗粒，造成内部消化系统紊乱。

不同的鱼类对悬浮物质含量高低的耐受范围有所区别。据有关的实验数据，悬浮物质的含量水平为 80000mg/L 时，鱼类最多只能存活一天；含量水平为 6000mg/L 时，最多能存活一周；含量水平为 300mg/L 时，若每天作短时间搅拌，使沉淀的淤泥泛起，保持悬浮物质含量达到 2300mg/L，则鱼类能存活 3~4 周。通常认为，悬浮物质的含量在 200mg/L 以下及影响较短时期时，不会导致鱼类直接死亡。但在作业点中心区域附近的鱼类，即使高浓度的悬浮物质未能引起死亡，但其鳃部会严重受损，从而影响鱼类后的存活和生长。

2.对鱼类行为的影响分析

鱼类和其他水生生物较易适应水环境的缓慢变化，对环境的急剧变化敏感。水体悬浮物含量增加，水体的浑浊度起了变化，从而导致鱼类和其他游泳动物的行为变化，多数鱼类喜爱清水环境而规避浑浊水域，此外还有作业产生的挠动、噪声等干扰因素，施工对这些鱼类动物产生“驱赶效应”。繁殖群体的局部产卵通道同样可能受阻，导致产卵亲鱼受到干扰、阻碍，从而产生回避反应。群体向外海的洄游也同样可能受到一定影响。

3.对鱼类繁殖（鱼卵仔稚鱼）的影响分析

水体中过高的和细小的悬浮物颗粒会粘附于鱼卵表面，妨碍鱼卵的呼吸，不利于鱼卵的成活、孵化，从而影响鱼类繁殖。

施工期悬浮泥沙来源是网箱安装固定系统锚块施工过程中产生的悬浮泥沙。锚块所占面积较小，且该海域水体交换能力较好，单个锚施工时悬浮物产

生量很小，且间断排放，悬浮泥沙的浓度会在短时间内降低，施工结束后可以很快恢复至本底值。

本项目网箱安装施工时会造成一定范围的悬浮物浓度增加，影响范围较小，一般集中于网箱附近。养殖设施安装完成后，悬浮物的影响也将逐渐消失，这种影响持续时间比较短，一般不会对该水域的海洋生物资源造成长期的不良影响。

5.5.5.2 运营期养殖活动对海洋生物资源影响分析

本项目养殖活动对养殖区自然鱼群的影响存在正反两个方面。由于有丰富的食物，养殖网箱附近有大量的捕食性和非捕食性的鱼类存在，海区野生鱼类的种群结构及生物量也发生了相应的改变。首先是提高了鱼类的补充率，其次野生鱼类的生长速度与养殖鱼类相差不大，养殖场附近的鱼类的平均大小也比其他沿海区的鱼类要大。另外，大量的营养物质输入引起低营养级生物的生物量的变化，改变了种群的生物多样性。网箱养殖可能造成养殖区及邻近海域水体富营养化，致病性微生物大量繁殖，加上网箱养殖的高密度放养，致使养殖鱼、虾病大幅度增加，甚至可能感染野生种群，造成这些种类数量的减少。

本项目网箱中饲料的投放，会吸引周围鱼类过来进食，而鱼类产生的排泄物及过剩饲料的腐烂势必会引发浮游生物的群集。由于网箱设置在离岸海域，潮流较大，潮流会把投喂过程中产生的剩余饲料冲出网箱外，吸引其他鱼类前来摄食；此外，潮流还将网箱中养殖鱼类排泄的粪便冲出箱外并顺潮流扩散，被其他浮游生物和小型鱼、虾所利用，浮游生物和小型鱼、虾又被大型鱼类捕食。

本项目每天定期观测水温、盐度等理化因子和鱼的活力、摄食、病害鱼死亡情况，巡箱检查网箱设施安全情况，发现问题及时采取相应措施。因此，项目对海洋生物的生存与生长影响不大。从国内外深水网箱养殖的经验来看，深水网箱养殖相比于传统网箱养殖对海洋环境的不利影响很小。

5.5.5.3 海洋生物资源损失分析

5.5.5.3.1 生物资源损失计算方法

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007）进行生态损失量及生态补偿计算。

1.污染物扩散造成的生物资源损失

污染物扩散范围内对海洋生物资源的损害评估，分一次性损害和持续性损害。

持续性损害：污染物浓度增量区域存在时间超过 15 天。

本项目工期共 24 个月，网箱和平台的施工时间约为 12 个月，养殖申请用海 15 年，施工期及运营期产生的污染物浓度增量在区域存在时间超过 15 天，按持续性受损量评估，以下式计算：

$$M_i = W_i \times T$$

$$W_i = \sum_{j=1}^n D_{ij} \times S_j \times K_{ij}$$

式中：

M_i ——第 i 种生物资源累计损害量，尾、个或千克（kg）；

W_i ——第 i 种类生物资源一次平均损失量，单位为（尾）、个（个）、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）；

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（尾/km²）、个平方千米（个/km²）、千克平方千米（kg/km²）；

S_j ——某一污染物第 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（%）；生物资源损失率取值参见下表。

N ——某一污染物浓度增量分区总数。

表 5.5.5-1 污染物对各类生物损失率

污染物 i 的超标 倍数（ B_i ）	各类生物损失率（%）			
	鱼卵和仔稚鱼	成体	浮游动物	浮游植物
$B \leq 1$ 倍	5	<1	5	5

$1 < B_i \leq 4$ 倍	5~30	1~10	10~30	10~30
$4 < B_i \leq 9$ 倍	30~50	10~20	30~50	30~50
$B_i \geq 9$ 倍	≥ 50	≥ 20	≥ 50	≥ 50

- 注：
- 1.本表列出污染物*i*的超标倍数(*B_i*)，指超《渔业水质标准》或超Ⅱ类《海水水质标准》的倍数，
- 对标准中未列的污染物，可参考相关标准或按实际污染物种类的毒性试验数据确定；当多种污染物同时存在，以超标准倍数最大的污染物为评价依据。
- 2.损失率是指考虑污染物对生物繁殖、生长或造成死亡，以及生物质量下降等影响因素的综合系数。
- 3.本表列出的对各类生物损失率作为工程对海洋生物损害评估的参考值。工程产生各类污染物对海洋生物的损失率可按实际污染物种类，毒性试验数据做相应调整。
- 4.本表对 pH、溶解氧参数不适用。

2.工程占用水域造成的生物资源损失

项目使用重力式深水网箱进行养殖，施工过程中网箱安装时设置锚固等施工作业会直接破坏作业区域底栖生物生境，但网箱安装时设置锚固所占面积较小，对底栖生物生境影响较小，当施工结束后，底栖生物生境将得到很快的恢复和改善。

本项目主要对海洋生物资源产生影响的是锚块投放施工对底栖生物栖息环境的占用，导致底栖生物的损失。

参照《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程（SC/T 9110-2007）》（以下简称《规程》），生物的资源损失按以下公式进行计算：

$$Wi = Di \times Si$$

式中：

- Wi*——第*i*种类生物资源受损量，单位为尾、个、千克（kg）；
- Di*——评估区域内第*i*种类生物资源密度，单位为尾（个）/平方千米[尾（个）/km²]；
- 尾（个）/立方千米[尾（个）/km³]、千克/平方千米（kg/km²）；
- Si*——第*i*种类生物占用的渔业水域面积或体积，单位为平方千米（km²）或立方千米（km³）。

5.5.5.3.2 底栖生物损失量计算

养殖设施主要包括 66 个 C90 圆形网箱、8 组矩形网箱和运维平台。

HDPE 重力式圆形网箱：每口网箱用 12 个锚，每口网箱用 12 个 700 kg 的

铁锚固定。

布设 8 组矩形网箱（鲍鱼排）：每组网箱由 10 个矩形网箱组成，矩形网箱合计 80 个。每组矩形网箱由 24 个 1000-1500 kg 的铁锚固定。

运维平台共有 8 根相同的系泊链，锚的选型为铁锚，每个铁锚按 1000kg 计算，共配置 8 个铁锚。

重力式网箱锚固系统铁锚一般为正方体型，铁锚密度按 $7850\text{kg}/\text{m}^3$ 计。

本项目 66 个 C90 圆形网箱共投放 792 块铁锚，铁锚为 700kg，单个 700kg 铁锚体积约 0.09m^3 、底面积 $S=a^2=(\sqrt[3]{0.09})^2\approx(0.448)^2\approx0.2\text{m}^2$ 。则 C90 圆形网箱锚块占用海域底栖空间面积为 $792\times0.2=158.4\text{m}^2$ 。

80 个矩形网箱共投放 1920 个铁锚，每个铁锚按 1250kg 计算，单个 1250kg 铁锚体积约 0.16m^3 、底面积 $S=a^2=(\sqrt[3]{0.16})^2\approx(0.543)^2\approx0.3\text{m}^2$ 。即 1250kg 铁锚占海面积约 0.3m^2 ，则矩形网箱锚块占用海域底栖空间面积为 $1920\times0.3=576\text{m}^2$ 。

运维平面共配置 8 个 1000kg 铁锚，单个 1000kg 铁锚体积约 0.13m^3 、底面积 $S=a^2=(\sqrt[3]{0.13})^2\approx(0.5065)^2\approx0.26\text{m}^2$ 。即 1000kg 铁锚占海面积约 0.26m^2 ，则运维平面锚块占用海域底栖空间面积为 2.08m^2 。

项目锚块投放共占用底栖生物生存空间约 736.48m^2 。

根据 2023 年 11 月（秋季）调查的成果，调查海域底栖生物平均生物量为 $4.57\text{g}/\text{m}^2$ ，则本项目对底栖生物资源损失约为 $736.48\text{m}^2\times4.57\text{g}/\text{m}^2=3.36\text{kg}$ 。

5.5.5.3.3 鱼卵、仔稚鱼、游泳生物损失计算

根据 2023 年 11 月（秋季）调查海域海洋生态现状调查结果，鱼卵平均生物量 $0.43\text{粒}/\text{m}^3$ ，仔稚鱼平均生物量 $0.83\text{尾}/\text{m}^3$ ，游泳生物生物量 $463.56\text{kg}/\text{km}^2$ 。

一、施工悬浮泥沙扩散损失

根据水质环境影响预测分析，施工时产生的悬浮泥沙增量大于 $10\text{mg}/\text{L}$ （超 I、II 类海水水质）、大于 $20\text{mg}/\text{L}$ 、大于 $50\text{mg}/\text{L}$ 、大于 $100\text{mg}/\text{L}$ （超 III 类水质）的海域面积最大值分别为 0.09km^2 、 0.01km^2 、 0.00km^2 、 0.00km^2 。

根据项目施工进度计划表，本项目工期共 24 个月，网箱和平台的施工时间约为 12 个月，则悬浮泥沙浓度增量影响的持续周期为 24。根据项目实测水深地形图，用海区水深为 10~12m，平均水深取值 11m。悬浮泥沙扩散所造成的

鱼卵、仔稚鱼、游泳生物损失量计算参数及结果见下表。

表 5.5.5-2 施工悬浮泥沙扩散造成的鱼卵、仔稚鱼、游泳生物损失计算表

生物种类	悬沙增值浓度 mg/L	污染物超标 倍数 (Bi)	面积 km²	水深 m	损失率 %	污染物影响周 期数 T	生物密度	损失量	损失量合 计
鱼卵	10~20	Bi≤1 倍	0.08	11	5	24	0.43 粒/m³	454080	652740
	20~50	1<Bi≤4 倍	0.01		17.5			198660	
	50~100	4<Bi≤9 倍	0		40			0	
	≥100	≥9 倍	0		50			0	
仔稚鱼	10~20	Bi≤1 倍	0.08	11	5		0.83 尾/m³	876480	1259940
	20~50	1<Bi≤4 倍	0.01		17.5			383460	
	50~100	4<Bi≤9 倍	0		40			0	
	≥100	≥9 倍	0		50			0	
游泳生物	10~20	Bi≤1 倍	0.08	/	0.5		463.56kg/km²	4.45	10.57
	20~50	1<Bi≤4 倍	0.01		5.5			6.12	
	50~100	4<Bi≤9 倍	0		15			0	
	≥100	≥9 倍	0		20			0	

二、运营期网箱清洗悬浮物扩散损失

根据水质环境影响预测分析，运营期网箱清洗产生的悬浮物人为增量大于 10mg/L（超 I、II 类海水水质）、大于 20mg/L、大于 50mg/L、大于 100mg/L（超 III 类水质）的海域面积最大值分别为 0.02 km²、0.00 km²、0.00 km²、0.00 km²。本项目申请养殖用海 15 年，网箱 2 个月进行一次清洗，即 1 年清洗 6 次，养殖期内共清洗 90 次，则悬浮泥沙浓度增量影响的持续周期为 90。悬浮物扩散所造成的鱼卵、仔稚鱼、游泳生物损失量计算参数及结果见下表。

表 5.5.5-3 网箱清洗悬浮物扩散造成的鱼卵、仔稚鱼、游泳生物损失计算表

生物种类	悬沙增值浓度 mg/L	污染物超标 倍数 (Bi)	面积 km²	损失率 %	污染物影响周 期数 T	生物密度	损失量	损失量合 计
鱼卵	10~20	Bi≤1 倍	0.02	5	90	0.43 粒/m³	154800	38700 粒
	20~50	1<Bi≤4 倍	0	17.5			0	
	50~100	4<Bi≤9 倍	0	40			0	
	≥100	≥9 倍	0	50			0	
仔稚鱼	10~20	Bi≤1 倍	0.02	5		0.83 尾/m³	298800	74700 尾
	20~50	1<Bi≤4 倍	0	17.5			0	
	50~100	4<Bi≤9 倍	0	40			0	

生物种类	悬沙增值浓度 mg/L	污染物超标倍数（Bi）	面积 km ²	损失率%	污染物影响周期数 T	生物密度	损失量	损失量合计
游泳生物	≥100	≥9 倍	0	50			0	4.17 kg
	10~20	Bi≤1 倍	0.02	0.5		463.56 kg/km ²	16.69	
	20~50	1<Bi ≤4 倍	0	5.5			0	
	50~100	4<Bi ≤9 倍	0	15			0	
	≥100	≥9 倍	0	20			0	

三、运营期网箱养殖污染物（无机氮）扩散损失

根据水质环境影响预测分析，叠加本底值后，无机氮浓度超第一类水质标准的包络面积为 0.035km²，符合第二类水质标准。本项目申请养殖用海 15 年，污染物浓度增量区域存在时间超过 15 天，以 15 天为 1 个周期，则污染物浓度增量影响的持续周期为 360。

表 5.5.5-4 无机氮污染物扩散造成的鱼卵、仔稚鱼、游泳生物损失计算表

生物种类	污染物超标倍数（Bi）	面积 km ²	损失率%	污染物影响周期数 T	生物密度	损失量
鱼卵	Bi≤1 倍	0.035	5	360	0.43 粒/m ³	270900
仔稚鱼	Bi≤1 倍	0.035	5		0.83 尾/m ³	522900
游泳生物	Bi≤1 倍	0.035	0.5		463.56kg/km ²	29.20

5.5.5.3.4 生物损失总量统计

综合统计前两小节所计算的生物损失量，该项目各生物（底栖生物、鱼卵、仔稚鱼、游泳生物、浮游植物、浮游动物）损失总量如下表所示。底栖生物损失量为 3.36kg，鱼卵损失量为 962340 粒，仔稚鱼损失量为 1857540 尾，游泳生物损失量为 43.94 kg。

表 5.5.5-5 各生物损失总量统计表

生物种类	损失原因	损失量	合计
底栖生物	锚块占用	3.36kg	3.36kg
鱼卵	施工悬沙扩散	652740 粒	962340 粒
	网箱清洗悬浮物扩散	38700 粒	
	养殖污染扩散	270900 粒	
仔稚鱼	悬沙扩散	1259940 尾	1857540 尾
	网箱清洗悬浮物扩散	74700 尾	

生物种类	损失原因	损失量	合计
	养殖污染扩散	522900 尾	
游泳生物	悬沙扩散	10.57 kg	43.94 kg
	网箱清洗悬浮物扩散	4.17 kg	
	养殖污染扩散	29.20kg	

5.5.5.4 渔业资源生态补偿经济计算

根据《广东省涉渔工程渔业资源损失生物价格核算技术指南》（广东省农业农村厅，2024 年 10 月）核算本项目渔业资源生态补偿价格。

《指南》根据现状调查、专家评估将鱼苗 1.0 元/尾、游泳动物 20 元/kg、底栖生物（潮间带生物）15 元/kg 作为基准价格数据，鱼卵仔稚鱼价格按孵化率参考鱼苗价格核定。

一、海洋生物资源损失经济估算

1.直接经济损失计算方法

根据《规程》的要求，考虑到海洋生物资源调查的内容，各类生物资源的经济损失额的计算方法如下：

①底栖生物、游泳生物

底栖生物、游泳生物均按成体生物处理，计算公式为：

$$M = W \times E$$

式中：

M 为经济损失额，元；

W 为生物资源一次性损失总量，千克（kg）；

E 为生物资源的价格，元/kg；游泳动物 20 元/kg、底栖生物 15 元/kg。

②鱼卵和仔稚鱼

鱼卵仔鱼的经济价值应折算成鱼苗进行计算，按下述公式进行计算：

$$M=W\times P\times V$$

式中：

M——鱼卵和仔稚鱼经济损失金额，单位为元；

W——鱼卵和仔稚鱼损失量，单位为个和尾；

P——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（%）；

V——鱼苗的商品价格，鱼苗 1.0 元/尾。

2.直接经济损失量

根据以上方法和参数计算各类海洋生物资源的直接经济损失，见下表

5.5.5-4。

表 5.5.5-6 本项目各类海洋生物资源的直接经济损失

海洋生物资源	损失量	折成鱼苗系数	单价	损失金额(万元)
底栖生物	3.36kg	/	15 元/kg	0.005
鱼卵	962340 粒	1%	1 元/粒	0.9623
仔稚鱼	1857540 尾	5%	1 元/尾	9.2877
游泳生物	43.94 kg	/	20 元/kg	0.0879
合计				10.3429

二、海洋生物资源损害赔偿额

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》，生物资源损害补偿年限（倍数）的确定按如下原则：

占用渔业水域的生物资源损害补偿，占用年限低于 3 年的，按 3 年补偿；占用年限 3 年~20 年的，按实际占用年限补偿；占用年限 20 年以上的，按不低于 20 年补偿。

施工悬沙对鱼卵、仔稚鱼、游泳动物的影响为施工期悬沙扩散影响，网箱和平台的施工时间约为 12 个月，故鱼卵、仔稚鱼及游泳动物的生物损害按 3 年补偿。项目申请用海期限为 15 年，锚固设施铁锚实际占用底栖海域 15 年，造成的底栖生物损害按实际占用年限补偿。

1.底栖生物

底栖生物损害赔偿额=底栖生物损失量×15 年×价格

底栖生物价格按 15 元/kg 计算，底栖生物损失量为 3.36 kg，则项目占海共造成底栖生物损失经济估算约 0.0756 万元。

2.鱼卵、仔稚鱼、游泳动物

（1）施工期造成的生物损失赔偿：

鱼卵损害赔偿额=鱼卵损失量×鱼苗系数×3 年×价格=652740×1%×3×1= 1.9582 万元

仔稚鱼损害赔偿额=鱼卵损失量×鱼苗系数×3 年×价格=1259940×5%×

$3 \times 1 = 18.8991$ 万元

游泳动物赔偿额=游泳动物损失量×3 年×价格=10.57×3×20= 0.0634 万元

施工期的生物损失赔偿额为：20.9207 万元

(2) 运营期造成的生物损失赔偿：

鱼卵损害赔偿额=鱼卵损失量×鱼苗系数×15 年×价格=(38700+270900)×1%×15×1= 4.6440 万元

仔稚鱼损害赔偿额=鱼卵损失量×鱼苗系数×15 年×价格=(74700+522900)×5%×15×1= 44.8200 万元

游泳动物赔偿额=游泳动物损失量×15 年×价格=（4.17+29.20）×15×20=1.0011 万元

运营期的生物损失赔偿额为：50.4651 万元

综上，本项目海洋生物资源损害赔偿额总额为 71.3858 万元。

5.5.6 退役后拆除活动对周边海洋环境

项目完成退役后拆除活动会对海洋环境产生短期的负面影响。

拆除过程中，可能会对海底沉积物、底栖生物等造成短暂的扰动。例如，网箱的移除可能导致海底沉积物的翻动，影响底栖生物的生存环境。但这种影响通常是短期的，随着海洋环境的自我修复，生态系统会逐渐恢复。

如果网箱及相关养殖设施拆除后，废弃物（如网衣、浮球等）未得到妥善处理，可能会成为海洋垃圾，对海洋环境造成新的污染。因此，需要确保拆除后的废弃物进行分类回收和无害化处理。

海水网箱等养殖设施拆除对海洋环境的整体影响通常是积极的，有助于改善水质、恢复生态平衡和减少物理干扰。但在拆除过程中，需要采取科学合理的措施，尽量减少短期扰动，并妥善处理养殖废弃物，以确保海洋环境的长期健康和可持续发展。

5.5.7 海洋生态环境影响评价自查表

综上所述，本项目的海洋生态环境影响评价自查表如下所示。

表 5.5.7-1 海洋生态环境影响评价自查表

工作内容	自查项目
------	------

影响识别	影响类型	直接向海洋排放废水□；短期内产生大量悬浮物□；改变入海河口（湾口）宽度束窄比例□；直接占用海域面积☑；线性水工构筑物□；投放固体物☑		
	生态敏感区	生态敏感区（神泉珍稀濒危物种分布区），相对位置（南侧约 534m） 生态敏感区（惠来县人工鱼礁重要渔业资源产卵场），相对位置（南侧约 534m）		
	影响因子	海水水质☑；海洋沉积物☑；海洋生态☑；环境风险☑		
评价等级		一级□；二级☑；三级□		
评价范围		主流向（10）km，垂直主流向（10）km；管缆类（）km		
评价时期		春季□；夏季□；秋季☑；冬季□		
现状调查及评价				
海水水质	区域污染源	调查项目	数据来源	
		已建☑；在建☑；拟建☑；其他□	环评□；环保验收□；既有实测□；现场监测☑；入海排污口数据□；其他□	
	调查时期		调查因子	调查断面或点位
	春季□；夏季□；秋季☑；冬季□		水深、pH、盐度、水温（℃）、悬浮物、COD、溶解氧、BOD5、无机氮（硝酸盐氮、亚硝酸盐氮和氨氮）、活性磷酸盐、汞、镉、铅、六价铬、总铬、砷、铜、锌、镍、氰化物、硫化物、氟化物、挥发性酚、石油类、阴离子表面活性剂	（27）个
	评价因子	（pH 值（无量纲）、溶解氧、生化需氧量、化学需氧量、油类、硫化物、活性磷酸盐、无机氮、总铬 汞、砷、铜、铅、锌、镉、镍）		
	评价标准	第一类☑；第二类☑；第三类☑；第四类□		
	评价结论	海洋环境功能区水质达标状况：达标☑；不达标□；超标因子（/） 功能区外海域环境质量现状：符合第（二）类		
	调查站位	（8）个		
	海洋沉积物	调查因子	（沉积物粒度、含水率、pH、有机碳、硫化物、石油类、铜、铅、锌、镉、铬、总汞、砷）	
评价标准		第一类☑；第二类□；第三类□		
评价结论		符合第（二）类，超标因子（油类、硫化物）		
海洋生态	调查断面或点位	（23）个		
	调查因子	（叶绿素 a 及初级生产力、浮游植物、浮游动物、底栖生物、鱼卵仔鱼、渔业资源、潮间带生物以及海洋生物体质量）		
	评价标准	第一类□；第二类□；第三类□；附录 C☑		
	评价结论	符合（HJ 1409-2025 附录 C），超标因子（总汞、砷和石油烃）		
影响预测及评价				

预测时期		春季 <input type="checkbox"/> ；夏季 <input type="checkbox"/> ；秋季 <input checked="" type="checkbox"/> ；冬季 <input type="checkbox"/>			
预测情景		建设期 <input checked="" type="checkbox"/> ；生产运行期 <input checked="" type="checkbox"/> ；服务期满后 <input type="checkbox"/>			
海水水质影响预测与评价	预测方法	数值模拟 <input checked="" type="checkbox"/> ；类比分析 <input type="checkbox"/> ；近似估算 <input type="checkbox"/> ；物理模型 <input type="checkbox"/> ；其他 <input type="checkbox"/>			
	影响评价	污染控制措施及入海排污口排放浓度限值应满足国家和地方排放标准 <input checked="" type="checkbox"/> ； 达标区的建设项目，选择废水处理措施或方案应满足行业污染防治可行技术指南的要求，环境影响可接受 <input checked="" type="checkbox"/> ； 不达标区的建设项目，选择废水处理措施或方案时，应满足海域环境质量达标规划和污染物削减替代要求、海域环境改善目标要求及行业污染防治可行技术指南中污染防治先进技术要求，确保废水污染物达到最低排放强度和浓度，且环境影响可接受 <input type="checkbox"/> ； 新设或调整入海排污口的建设项目，入海排污口位置、排放方式、排放规模具有环境合理性 <input type="checkbox"/> ； 对海水水质产生重大不利影响 <input type="checkbox"/> 。			
海洋沉积物影响评价	评价方法	定量预测 <input checked="" type="checkbox"/> ；半定量分析 <input type="checkbox"/> ；定性分析 <input type="checkbox"/> ；其他 <input type="checkbox"/>			
	影响评价	海洋沉积物质量的影响范围、影响程度可接受 <input checked="" type="checkbox"/> ； 海洋沉积物对海洋生态环境敏感区和海洋生态环境保护目标的影响可接受 <input checked="" type="checkbox"/> 。			
海洋生态影响预测与评价	预测方法	类比分析法 <input checked="" type="checkbox"/> ；图形叠置法 <input type="checkbox"/> ；生态机理分析法 <input type="checkbox"/> ；海洋生物资源影响评价法 <input type="checkbox"/> ；其他 <input type="checkbox"/>			
	影响评价	造成的生物资源损失量可接受 <input checked="" type="checkbox"/> ； 对评价海域生物多样性的影响可接受 <input checked="" type="checkbox"/> ； 对重要水生生物“三场一通道”、水产种质资源保护区的占用、损害、阻隔和干扰等影响可接受 <input checked="" type="checkbox"/> ； 对珍稀濒危海洋生物种群和数量的影响，以及对其生境的占用、损害、阻隔和干扰等影响可接受 <input checked="" type="checkbox"/> ； 对重要湿地、特殊生境（红树林、珊瑚礁、海草床、海藻场）等的占用、损害、阻隔和干扰等影响可接受 <input type="checkbox"/> ； 对自然保护地、生态保护红线的占用、损害、阻隔和干扰等影响可接受 <input checked="" type="checkbox"/> ； 造成的冲淤变化对岸滩长度、宽度、生态功能和景观等影响可接受 <input type="checkbox"/> ； 产生重大的海洋生态和生物资源损害，造成或加剧区域的重大生态环境问题，存在不可承受的损害或潜在损害 <input type="checkbox"/> 。			
环境风险					
危险物质	名称	燃油			
	存在总量	191t			
物质及工艺系统危险性 1	Q 值	Q<1 <input type="checkbox"/> ；1≤Q<10 <input checked="" type="checkbox"/> ；10≤Q<100 <input type="checkbox"/> ；Q≥100 <input type="checkbox"/>			
	M 值	M1 <input type="checkbox"/> ；M2 <input type="checkbox"/> ；M3 <input type="checkbox"/> ；M4 <input checked="" type="checkbox"/>			
	P 值	P1 <input type="checkbox"/> ；P2 <input type="checkbox"/> ；P3 <input type="checkbox"/> ；P4 <input checked="" type="checkbox"/>			
环境敏感程度		E1 <input checked="" type="checkbox"/> ；E2 <input type="checkbox"/> ；E3 <input type="checkbox"/>			
环境风险潜势		IV+ <input type="checkbox"/> ；IV <input type="checkbox"/> ；III <input checked="" type="checkbox"/> ；II <input type="checkbox"/> ；I <input type="checkbox"/>			
评价等级		一级 <input type="checkbox"/> ；二级 <input checked="" type="checkbox"/> ；三级 <input type="checkbox"/> ；简单分析 <input type="checkbox"/>			
风险识别	物质危险性	有毒有害 <input type="checkbox"/> ；易燃易爆 <input checked="" type="checkbox"/>			
	环境风险类型	泄漏 <input checked="" type="checkbox"/> ；火灾爆炸引起的伴生/次生污染物排放 <input type="checkbox"/>			

事故情形 分析	源强设定方法	计算法 <input checked="" type="checkbox"/> ；类比估算法 <input type="checkbox"/> ；其他 <input type="checkbox"/>		
	预测模型	溢油粒子模型 <input checked="" type="checkbox"/> ；污染物扩散的数值模拟 <input type="checkbox"/>		
风险预测与评价		最近敏感目标（0.5）km，抵达时间（1）h		
重点风险防范措施		应做好各项风险防范措施及应急预案、在设计及施工过程中采取措施，尽量避免人为活动及自然环境对本项目船舶安全的影响		
评价结论		本项目的总体环境风险可接受		
主要污染物排放总量核算	污染物名称	排放量	排放浓度	
	/	/	/	
污染物削减替代	污染物名称	削减量	来源	
	/	/	/	
污染防治和生态修复措施		污水处理设施 <input type="checkbox"/> ；生态修复措施 <input checked="" type="checkbox"/> ；区域削减 <input type="checkbox"/> ； 依托其他工程措施 <input type="checkbox"/> ；其他 <input type="checkbox"/>		
监测计划	内容	环境质量		污染源
	监测方式	手动 <input checked="" type="checkbox"/> ；自动 <input type="checkbox"/> ；无监测 <input type="checkbox"/>		手动 <input type="checkbox"/> ；自动 <input type="checkbox"/> ；无监测 <input checked="" type="checkbox"/>
	监测点位	S1：22° 55′ 20.312″，116° 19′ 5.686″ S2：22° 54′ 40.384″，116° 20′ 6.785″ S3：22° 55′ 59.723″，116° 20′ 2.278″ S4：22° 55′ 13.047″，116° 19′ 47.247″ S5：22° 55′ 29.213″，116° 20′ 24.833″		/
	监测因子	水质：pH 值、悬浮物、溶解氧、盐度、化学需氧量、生化需氧量硫化物、油类、无机氮（硝酸盐、亚硝酸盐、氨）、活性磷酸盐、重金属（汞、砷、铜、铅、锌、镉、总铬）。 沉积物：总汞、铜、铅、锌、镉、总铬、砷、硫化物、有机碳石油类。 生态：叶绿素 a、初级生产力、浮游动物、浮游植物、鱼卵仔稚鱼等。		/
	监测频次	施工期：施工后进行一次监测。 运营期： 水质：3 年内每年监测一次。其后每两年监测一次。以后可根据前几次的监测结果，适当加大和减小监测频率。 沉积物：每两年监测一次。以后可根据前几次的监测结果，适当加大和减小监测频率。 海洋生物：3 年内每年监测一次。其后每两年监测一次。以后可根据前几次的监测结果，适当加大和减小监测频率。 上述监测报告的电子版和纸质版资料均需保留 3 年。		/
总体评价结论		可接受 <input checked="" type="checkbox"/> ；不可接受 <input type="checkbox"/>		

注 1：M、P 的确定参照 HJ169。

5.6 大气环境影响预测与评价

5.6.1 施工期大气环境影响分析

本项目施工期间产生的大气污染物为施工机械设备和船舶燃油尾气、网箱组装过程中管道（聚乙烯管）热熔产生的少量 VOCs。

施工期间机械设备、船舶燃油尾气的主要污染物为 CO、SO₂、NO_x 和烟尘，此类废气为间断排放。根据王伟松《港口作业船舶排污量测算方法》（交通环保，1991 年）中统计的数据，船舶燃油污染物排放系数分别为：CO 0.238kg/m³ 油，NO_x 8.57kg/m³ 油，SO₂ 3.74kg/m³ 油，烟尘 2.75kg/m³ 油。为了减少施工机械设备和船舶燃油尾气对环境的影响，施工期间需加强施工机械、船舶的维修和保养，采用合格的燃料油，确保尾气排放符合排放要求。

本项目施工作业时间的相对有限，施工机械和船舶尾气的影响是临时的，燃油消耗量少，烟气产生量相应较少，并将随着施工的结束而消失。

管道热熔连接本身是一种相对环保的连接方式，本项目网箱分批安装投放，故热熔释放的少量 VOCs 是间歇性的，且产生量较小，对大气环境的影响较小。

本项目施工期大气环境影响可通过加强施工机械、船舶的维修和保养，采用合格的燃料油，网箱分批安装连接等措施进一步降低，项目施工期对大气环境的影响均随施工结束而消失，影响较小。

5.6.2 运营期大气环境影响分析

运营期产生的大气污染源主要来自于工作船舶尾气和运维平台柴油发电机燃油尾气，主要污染物为 CO、SO₂、NO_x 和烟尘等。

项目运营期配套 3 艘 300t 的多功能辅助船和 5 艘养殖快艇，工作船舶船型较小，燃油燃烧废气产生量不大，影响范围、时间有限，且项目位置处于相对开阔的海域，距离岸线较远，有利于污染物的扩散，评价范围内没有大气敏感点，对周边大气环境影响有限。

本项目的运维平台供电以光伏发电为主，在临时停电情况下，采用柴油发电机供电。项目运维平台上柴油发电机运行年耗油量不超过 1500t，柴油发电机燃油尾气产生量较小。由于柴油发电机为间歇排放，且使用时间很短，对环

境空气的影响很小。

综上，本项目运营期对大气环境的影响是可接受的。

表 5.6.2-1 环境空气影响自查表

工作内容		自查项目							
评价等级与范围	评价等级	一级 <input type="checkbox"/>		二级 <input type="checkbox"/>			三级 <input checked="" type="checkbox"/>		
	评价范围	边长=50km <input type="checkbox"/>		边长 5~50km <input type="checkbox"/>			边长=5km <input type="checkbox"/>		
评价因子	SO ₂ +NO ₂ 排放量	≥2000t/a <input type="checkbox"/>		500~2000t/a <input type="checkbox"/>			≤500 t/a <input type="checkbox"/>		
	评价因子	基本污染物：（CO、SO ₂ 、NO ₂ 、PM ₁₀ 、PM _{2.5} ） 其他污染物：（ / ）			包括二次 PM _{2.5} <input type="checkbox"/> 不包括二次 PM _{2.5} <input checked="" type="checkbox"/>				
评价标准	评价标准	国家标准 <input type="checkbox"/>		地方标准 <input type="checkbox"/>		附录 D <input type="checkbox"/>		其他标准 <input type="checkbox"/>	
现状评价	环境功能区	一类区 <input type="checkbox"/>		二类区 <input checked="" type="checkbox"/>			一类区和二类区 <input type="checkbox"/>		
	评价基准年	（2024） 年							
	环境空气质量现状调查数据来源	长期例行监测数据 <input type="checkbox"/>			主管部门发布的数据 <input checked="" type="checkbox"/>			现状补充监测 <input type="checkbox"/>	
	现状评价	达标区 <input checked="" type="checkbox"/>			不达标区 <input type="checkbox"/>				
污染源调查	调查内容	本项目正常排放源 <input checked="" type="checkbox"/> 本项目非正常排放源 放源 <input type="checkbox"/> 现有污染源 <input type="checkbox"/>		拟替代的污染源 <input type="checkbox"/>		其他在建、拟建项目污染源 <input type="checkbox"/>		区域污染源 <input type="checkbox"/>	
大气环境影响预测与评价	预测模型	AERMOD <input type="checkbox"/>	ADMS <input type="checkbox"/>	AUSTAL2000 <input type="checkbox"/>	EDMS/AEDT <input type="checkbox"/>	CALPUFF <input type="checkbox"/>	网格模型 <input type="checkbox"/>	其他 <input type="checkbox"/>	
	预测范围	边长≥50km <input type="checkbox"/>		边长 5~50km <input type="checkbox"/>			边长= 5 km <input type="checkbox"/>		
	预测因子	预测因子（ / ）			包括二次 PM _{2.5} <input type="checkbox"/> 不包括二次 PM _{2.5} <input checked="" type="checkbox"/>				
	正常排放短期浓度贡献值	C 本项目最大占标率≤100% <input checked="" type="checkbox"/>			本项目最大占标率>100% <input type="checkbox"/>				
	正常排放年均浓度贡献值	一类区	C 本项目最大占标率≤10% <input type="checkbox"/>			C 本项目最大标率>10% <input type="checkbox"/>			
		二类区	C 本项目最大占标率≤30% <input type="checkbox"/>			C 本项目最大标率>30% <input type="checkbox"/>			
	非正常排放 1h 浓度贡献值	非正常持续时间（/） h		C 非正常占标率≤100% <input type="checkbox"/>			C 非正常占标率>100% <input type="checkbox"/>		
	保证率日平均浓度和年平均浓度叠加值	C 叠加达标 <input type="checkbox"/>			C 叠加不达标 <input type="checkbox"/>				
	区域环境质量的整体变化情况	k≤-20% <input type="checkbox"/>			k>-20% <input type="checkbox"/>				
环境监测计划	污染源监测	监测因子：（ ）			有组织废气监测 <input type="checkbox"/> 无组织废气监测 <input type="checkbox"/>		无监测 <input checked="" type="checkbox"/>		
	环境质量监测	监测因子：（ ）			监测点位数（ ）		无监测 <input checked="" type="checkbox"/>		

评价结论	环境影响	可以接受 <input checked="" type="checkbox"/> 不可以接受 <input type="checkbox"/>			
	大气环境保护距离	距 (/) 厂 界 最 远 (/) m			
	污染源年排放量	SO ₂ : (/)t/a	NO ₃ : (/)ta	颗粒物: (/)t/a	VOC.:(/)ta
注: “□”为勾选项, 填“√”; “()”为内容填写项					

5.7 声环境影响预测与评价

5.7.1 施工期声环境影响分析

施工期对周边声环境的主要影响是施工机械设备、施工船舶对周边环境的影响，以及锚固系统投放时水下施工噪声的影响。

根据工程经验，施工单体设备声源声级均在 80dB(A)~90dB(A)之间，噪声影响范围较小，一般在 200m 范围内达到可接受范围。

由于项目施工位于海上，项目位置周边没有声环境敏感目标，故项目施工时基本不会对周边声环境造成明显影响。项目施工过程中，应采取加强施工作业强度控制与管理、选用低噪声设备和船舶、加强施工设备和船舶的维修和保养等措施，尽量降低施工噪声的影响。

本项目网箱分批投放，锚固系统投放时逐个投放，水下作业噪声的影响较小。锚固系统安装投放时水下施工可通过优化施工工艺，如采用静压式或缓慢插入法等方式，降低水下撞击噪声；避免在鱼类繁殖期等敏感时期进行高噪声作业。

综上，本项目施工期声环境影响是可接受的。

5.7.2 运营期声环境影响分析

本项目运营期噪声主要为工作船舶噪声和柴油发电机组噪声。运营期噪声的噪声值在 95~105dB（A）之间，在不采取措施的情况下，主要噪声污染源衰减预测结果见表 5.7.2-1 所示。

表 5.7.2-1 主要噪声污染源衰减预测结果

机械类型	5m 处的最大 噪声级 Lmax[dB(A)]	距离声源噪声级（dB(A)）						
		10m	20m	50m	100m	150m	200m	250m
船舶噪声	105	76.95	70.99	63.05	57.03	53.51	51.01	49.07

根据预测结果，噪声在 150m 范围能达到昼间声环境功能区 1 类标准，100m

范围达到昼间声环境功能区 2 类标准，50m 范围能达到昼间声环境功能区 3 类标准。

运营期噪声影响主要集中在项目周边海域，项目附近无声环境敏感目标，在加强管理、保持船舶和柴油发电机良好运转的前提下，可避免船舶和机器不良运行产生的噪声影响。

综上，本项目营运期对声环境影响较小。

表 5.7.2-2 声环境影响评价自查表

工作内容		自查项目						
评价等级 与范围	评价等级	一级 <input type="checkbox"/>		二级 <input type="checkbox"/>		三级 <input checked="" type="checkbox"/>		
	评价范围	200m <input checked="" type="checkbox"/>		大于 200m <input type="checkbox"/>		小于 200m <input type="checkbox"/>		
评价因子	评价因子	等效连续 A 声级 <input checked="" type="checkbox"/>		最大 A 声级 <input type="checkbox"/>		计权等效连续感觉噪声级 <input type="checkbox"/>		
评价标准	评价标准	国家标准 <input checked="" type="checkbox"/>		地方标准 <input type="checkbox"/>		国外标准 <input type="checkbox"/>		
现状评价	环境功能区	0 类区 <input type="checkbox"/>	1 类区 <input type="checkbox"/>	2 类区 <input checked="" type="checkbox"/>	3 类区 <input type="checkbox"/>	4a 类区 <input type="checkbox"/>	4b 类区 <input type="checkbox"/>	
	评价年度	初期 <input type="checkbox"/>		近期 <input checked="" type="checkbox"/>		中期 <input type="checkbox"/>		远期 <input type="checkbox"/>
	现状调查方法	现场实测法 <input type="checkbox"/>		现场实测加模型计算法 <input type="checkbox"/> 收集资料 <input checked="" type="checkbox"/>				
	现状评价	达标百分比						
噪声源 调查	噪声源调查方法	现场实测 <input type="checkbox"/>		已有资料 <input type="checkbox"/>		研究成果 <input checked="" type="checkbox"/>		
声环境影 响预测与 评价	预测模型	导则推荐模型 <input type="checkbox"/> 其他 <input type="checkbox"/>						
	预测范围	200m <input type="checkbox"/> 大于 200m <input type="checkbox"/> 小于 200m <input type="checkbox"/>						
	预测因子	等效连续 A 声级 <input type="checkbox"/> 最大 A 声级 <input type="checkbox"/> 计权等效连续感觉噪声级 <input type="checkbox"/>						
	厂界噪声贡献 值	达标 <input type="checkbox"/>			不达标 <input type="checkbox"/>			
	声环境保护目 标处噪声值	达标 <input type="checkbox"/>			不达标 <input type="checkbox"/>			
环境监测 计划	排放监测	厂界监测 <input type="checkbox"/> 固定位置监测 <input type="checkbox"/>		自动监测 <input type="checkbox"/> 手动监测 <input type="checkbox"/>		无监测 <input checked="" type="checkbox"/>		
	声环境保护目 标处噪声监测	监测因子：()			监测点位数()		无监测 <input checked="" type="checkbox"/>	
评价结论	环境影响	可行 <input checked="" type="checkbox"/> 不可行 <input type="checkbox"/>						
注：“ <input type="checkbox"/> ”为勾选项，可√：“()”为内容填写项。								

5.8 固体废物环境影响分析

5.8.1 施工期固体废物环境影响分析

本项目施工期产生的固体废物主要为施工船舶生活垃圾、废弃塑料浮具、包装材料等施工废弃物及废机油、含油抹布等危险废物。

项目施工期船舶生活垃圾待施工船舶靠岸后，收集上岸交由市政环卫部门

处理；施工废弃浮具、包装材料等废弃物回收利用或分类收集后交由环卫部门清运处置；废机油、含油抹布等危险废物经收集上岸后交由有危险废物处理资质的单位处置。

项目施工期间各类固体废物均按照相关规定收集处理，不随意丢弃入海，经采用相应环保措施后，施工期固体废物对周边环境的影响较小。

5.8.2 运营期固体废物环境影响分析

本项目运营期产生的固体废物主要有船舶生活垃圾、养殖设施废弃物、废饲料包装袋、病死鱼、网箱清洗产生的附着生物和污损生物、海洋垃圾等。

运营期作业船舶需配备有盖、不渗漏、不外溢的垃圾储存容器或垃圾袋收集生活垃圾，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。养殖过程产生的养殖设施废弃物，主要为废旧网衣、废旧塑料管、聚乙烯绳索、废旧浮球等，拆除更换后运回陆地，外售给废品收购站，不在海域丢弃。网箱养殖过程产生的病死鱼应从网箱中转移出来，并放在干净、密封的容器中，避免病死鱼在暂存、运输过程中掉落或溢出，装船运往陆域交由有资质的单位进行无害化处置。项目海域水体交换速度快，在控制网箱养殖规模的情况下，鱼类得病率较低，基本不使用鱼药，以预防为主。在病害流行季节做好疾病预防工作，加强监测和投喂管理，但发现病情时需要及时诊治。废饲料包装袋应回收利用，不随意丢弃。网箱清洗时产生的附着生物和污损生物均随清洗废水自然排海，回归海洋循环，清理出的海洋垃圾作为一般固废统一收集上岸，交由环卫部门处理。

因此，项目运营期产生的各类固体废物有效处置，运营期基本不会对海洋环境产生不良的影响。

6 环境风险分析与评价

6.1 环境风险评价等级

根据环境风险评价等级判定分析，本项目风险潜势为III，环境风险评级工作等级为二级，应进行风险识别、环境风险分析，并从风险源、环境影响途径、环境敏感目标等方面分析应采取的风险防范措施和应急措施。

6.2 环境敏感目标

本项目周边环境敏感目标有生态保护红线、国控点、开放式养殖项目、三场一通道等，详见 2.6 小节。

6.3 环境风险事故识别

6.3.1 环境风险因子

本项目发生风险事故的可能为项目自身引起的突发环境事件，如由于恶劣气象条件或操作不当引起的船舶碰撞引起的船舶溢油事故、养殖鱼类病害、柴油发电机泄漏事故等对海域资源、环境造成的影响。

6.3.2 风险因子的危险性识别

环境风险是指突发性事故对环境造成的危害程度及可能性，环境风险事故的发生主要是由人类活动引起或由人类活动与自然界的运动过程共同作用造成的，由于人为或自然因素引起的、对海域资源环境或海域使用项目造成一定损害、破坏乃至毁灭性事件的发生概率及其损害的程度。

根据经验和相关统计资料，本项目可能产生的风险如下：

（1）自然环境对项目用海带来的风险主要为热带气旋、风暴潮、暴雨等自然灾害所产生，自然灾害会给工程施工期及营运期带来船舶碰撞等风险。

（2）本项目施工船舶和营运期进出港和养殖区工作船舶若突遇恶劣天气，风大、流急、浪高、加之轮机失控，造成船舶触礁、搁浅或与其他过往船舶发生碰撞事故，有可能发生单方或双方船体的燃料油舱破损导致燃油溢出事故。

（3）赤潮爆发对养殖区造成的风险。

(4) 在海水养殖过程中，鱼药的使用能起到预防和治疗鱼类疾病的功能。然而，一些鱼药可能含有有毒有害的持续性物质，这些物质进入海洋生态系统后，可能对环境 and 生物多样性产生负面影响。

(5) 柴油发电机泄漏事故对海洋环境造成的影响。

船舶燃料油是由各种烷烃，环烷烃和芳香烃组成的混合物，大部分为液态烃伴有气态烃和固态烃，所含基本元素是碳和氢，两种元素的总含量平均为97~98%，同时含有少量的硫、氧、氮等，其化学组分因产地不同而有所差异。燃料油的理化性质见下表。

表 6.3.2-1 燃料油的理化性质

项目	特性	项目	特性
外观及气味	黑色黏稠有气味的液体	凝固点(℃)	<26
液体相对密度	0.92~1.07	粘度(pas)	<180
沸点(℃)	>398.9	水溶性	微溶
20℃时蒸汽压(kpa)	很低	自燃温度(℃)	407.2
雷德蒸汽压(kpa)	0.3(50℃时)	挥发性	挥发
闪点(℃)	65.6~221.1	灭火方法	二氧化碳、干粉、泡沫
易燃性	不易燃	危险性	必须加热才能持续燃烧
爆炸极限	1%~5%	主要用途	船用燃料

基于 GESAMP（海洋污染专家组）的研究报告，燃料油的污染特性分类为石油类，执行 MARPOL73/78 公约附则 1。燃料油一旦溢漏入海，海域水环境、生态环境等将受到严重影响和破坏。燃料油为微溶性物质，发生事故性泄漏后，主要漂浮于海面，短期内进入水体的量一般较少。其环境影响主要是隔绝了水体和空气之间的正常水气交换，限制了日光向水体的透入，使水质和水体自净化功能变差，破坏了水生生态系统的光合作用及其物质和能量流，对于海洋哺乳类动物、海鸟等动物的生理功能均有很大的伤害；随着溢出物在海面的漂移扩散，溶解或分散于水体中的溢出物量会逐渐增多，其环境影响主要体现在污染水质并毒害水生生物；当溢出物上岸，可造成对岸线及其环境资源的严重污染损害。

6.4 环境风险事故分析

6.4.1 自然灾害风险

本项目所处海域是热带气旋、风暴潮、暴雨多发海域，可能遭受热带气旋、

海浪、暴雨等自然灾害的袭击。在热带气旋活动过程中往往伴随着狂风、暴雨、巨浪和暴潮，导致海堤被毁、房屋倒塌、农田被淹、通讯和电力设施被毁，人民生命财产损失巨大。因此，对本工程直接造成不利影响的海洋灾害主要是热带气旋、灾害性波浪和风暴潮。强台风导致的海域超高潮位、巨浪正面袭击养殖区均会造成重大损失。本项目施工和运营期应做好防台风、雷暴雨及风暴潮工作，如遇恶劣天气及海况，应停止养殖作业，则不会对养殖人员和养殖设施产生较大的风险。

运营期养殖过程中台风等恶劣天气对浮标等养殖设施可能造成一定影响。虽然养殖设施按照高标准建设，但是也存在发生特大台风的风险，或者其他风险，如果不能提前准备，可能存在一定的台风损失风险。因此养殖期间应注意天气的变化，强风来临前应注意架的浮力不要过大，加强检查及时做好养殖设施检修、加固。强风强流过后，要及时检查抢修，扶植被埋没的固着器材，修整受损设施，检查养殖设施偏离情况并进行修正。

根据近3年的广东省海洋灾害公报，未在项目周边发现赤潮。本项目为开放式养殖项目，项目所在水域开阔，养殖规模和养殖密度均较小，发生赤潮的风险很小。当地有关政府部门及渔业、养殖等管理单位应向当地养殖户宣传、推广科学养殖方法，推行生态养殖，减少海水养殖业污染，并对周边渔民进行环保意识宣传，禁止乱排乱放行为，有效控制因海水养殖、渔船作业排放的各类污染物而导致赤潮生物增殖，减少赤潮发生。若项目所在海域发生赤潮时，将会导致藻类缺氧而大量死亡，造成产量下降，经济受损，需要及时清理动植物残体，减少对养殖水质的影响。

6.4.2 鱼传染病风险

网箱养殖易造成水体的富营养化，增加水体中有机质的含量，降低透明度和溶氧量，从而影响鱼类生长和食用品质，易导致鱼传染病。

深水网箱常见鱼病如下：

(1) 肠炎病 发病季节：5~11月份。症状：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，鳍基部出血等。

(2) 溃疡病 发病季节：4~11月份。症状：病鱼体表皮肤褪色，鳃盖出血，鳍腐烂等。

(3) 弧菌病 发病季节：常年。

(4) 病毒性疾病 发病季节：6~12 月份。

(5) 寄生虫、真菌等引起的疾病 发病季节：3-11 月份。

6.4.3 柴油发电机燃油泄漏事故风险

项目柴油发电机仅起网和投饲时开启，为间歇运行。运维平台供电以光伏发电为主，采用柴油发电机作为备用电源，在太阳能供电不足或应急时保障平台核心设备的电力供应。柴油发电机储油罐主要泄漏风险因素如下：

(1) 腐蚀泄漏：储油罐长期使用，受到柴油中含有的硫化物、水分等物质的腐蚀，以及外界环境因素的影响，罐壁会逐渐变薄、穿孔，导致柴油泄漏。同时，连接储油罐的管道、阀门等部件也会因腐蚀而出现泄漏。

(2) 操作失误：在向储油罐内加注柴油时，如果操作人员疏忽，未控制好加注量，可能导致柴油溢出。另外，在进行油罐检修等作业时，若操作不当，也可能损坏油罐或相关设备，造成柴油泄漏。

(3) 外力破坏：储油罐可能会受到自然灾害如地震、洪水、雷击等的影响，导致罐体破裂、移位等，引发柴油泄漏。此外，周边的施工活动、交通事故等也可能对储油罐造成碰撞、挤压等外力破坏，从而导致泄漏。

(4) 设备故障：储油罐的呼吸阀、安全阀等安全装置如果发生故障，可能导致罐内压力异常升高，引发油品泄漏。

6.4.4 船舶溢油事故风险

工程项目施工船舶和营运期船舶的增加，提高了该海域海上交通安全事故可能发生的频率，船只碰撞是溢油事故的主要原因之一。溢油事故对海洋环境影响极大，而且污染物难以清除。

根据国内外溢油事故统计资料表明，船舶发生事故性溢油的原因主要有：船舶加装燃油、船舶触碰养殖网箱、船舶触礁搁浅、船与码头相撞、失火、爆炸、船体破损及机舱事故等。船舶碰撞是我国海洋溢油事故发生的主要原因，触礁和沉没也是船舶溢油事故发生的常见原因，事故发生地点主要在河口、港湾、沿海等近岸水域。尽管溢油事故发生概率不大，但一旦发生，油膜漂浮在海面上，阻止海气交换，将对周围环境会造成很大的影响。类比我国近岸海域溢油污染事故的发生状况，分析本项船舶碰撞最大可信事故确定依据。

(1) 广东省内船舶溢油事故统计

根据广东海事局对广东水域船舶交通事故的统计分析，2020 年，广东局辖区列入统计范围的一般等级以上水上交通事故 40 起，死亡失踪 65 人，沉船 19 艘，直接经济损失 8176.9 万元，40 起事故中，一般事故 34 起，较大事故 5 起，重大事故 1 起。事故类型统计见下表 6.4.5-1。

表 6.4.5-1 2020 年船舶安全事故统计表

年份	事故类型及数量										
	碰撞	搁浅	触礁	触损	浪损	火灾	风灾	机损	自沉	其他	合计
2020	18	/	1	2	/	1	1	/	8	9	40

2020 年广东辖区发生的 40 起一般及以上等级水上交通中，碰撞 18 起，其他 9 起，自沉 8 起，触碰 2 起，风灾 1 起，触礁 1 起，火灾/爆炸 1 起（死亡 0 人）。碰撞、其他、自沉等事故占事故总数的 87.5%，其中，碰撞事故就占了 45.0%。区 2020 年广东辖区一般及以上等级事故总共涉及 61 艘船舶，其中散货船 8 艘，渔船 9 艘，干货船 8 艘，砂石船 7 艘（6 艘自卸砂船、1 艘采砂船），酒 3 艘，集装箱船、起重船各 2 艘，旅游客船、多用途船、甲板货船、挖泥船、半潜船、拖船驳船、农自用船、游艇、快艇、摩托艇、帆船各 1 艘。

2021 年广东辖区水上交通事故“四项指标”（水上交通事故起数、死亡失踪人数、沉船艘数、直接经济损失）比 2020 年分别下降 15.0%、35.4%、36.8%、10.4%，水上交通安全形势总体稳定，并且有所改善。

2022 年，广东海事局辖区列入统计范围的一般等级以上水上交通事故 28 起，死亡失踪 27 人，沉船 8 艘，直接经济损失 7176.92 万元，事故四项指标同比全面下降，分别下降了 17.6%、35.7%、333%、2.0%；与过去 3 年同期平均数相比较，事故四项指标三降一升，分别是，事故起数下降 24.3%，死亡失踪人数下降 42.6%，沉船艘数下降 35.1%，直接经济损失上升了 9.6%。

2023 年广东辖区水上交通事故“四项指标”（水上交通事故起数、死亡失踪人数、沉船艘数、直接经济损失）比 2022 年分别下降了 31.0%、64.2%、55.6%、85.7%，水上交通安全形势总体稳定。

2024 年广东辖区未发生重特大险情事故，事故四项指标较往期全面下降，水上安全形势持续稳定。2024 年 2 月 22 日，“良辉 688”轮因船员操作失当触

碰沥心沙大桥桥墩，导致 5 人死亡、2 人受伤，直接经济损失约 1122 万元。该事件被认定为较大等级水上交通事故。

从上面统计可以看出，发生在船舶安全事故的类型主要是碰撞。

6.4.5 最大可信事故分析

按照《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ169-2018)中的定义，“最大可信事故”系指“基于经验统计分析，在一定可能性区间内发生的事故中，造成环境危害最严重的事故”。参照《水上溢油环境风险评估技术导则》(JT/T1143-2017)中的定义，“最大可信水上溢油事故”系指“在所有预测的概率不为零的事故中，溢油量最大的水上溢油事故”。根据风险识别，施工船舶碰撞溢油为本项目主要的风险，本次评价采用施工船舶碰撞后单舱燃料油全部泄漏为本项目的最大可信事故。

6.5 溢油风险事故影响预测

6.5.1 溢油过程及方程

溢油数值模型能够预测溢油在漂移过程中的行为状态和归宿，为应急决策评估提供依据。溢油事故的模拟一般采用拉格朗日示踪粒子法模型。其原理如下：溢油的运动可以描述为服从水流所引起的对流的有限多数量的离散油粒子及其水平和垂直扩散，因此油粒子的运动包括两项，对于每一个时间步长，第一项是水流（底部）和风（表面）的剪切压力引起的对流；第二项是一个随机走动步长，其运动的尺寸和方向是一个与水平和垂直扩散有关的随机过程。本评价利用拉格朗日示踪粒子法模型对工程可能发生的溢油事故进行预测。

发生溢油后，油在水中的行为和归宿是一个非常复杂的过程。受到风、浪、流等动力因素、非动力环境因素以及油品特性等多种因素的支配，包括在重力、表面张力、惯性力和粘性力作用下的物理扩展，蒸发、溶解、乳化、光氧化和生物降解等风化过程引起的化学变化，流场、风场等动力因素作用下的漂移运动以及包含在其中的随机性。

一、油膜初始半径

油膜初始半径可根据 Fay and Hoult(1971)公式进行计算：

$$R_0 = \frac{k_2^2}{k_1^2} \left(\frac{V_0^5 g \left(\frac{\rho_w - \rho_0}{\rho_w} \right)}{v_w^2} \right)^{1/12}$$

其中： V_0 为溢油的初始体积（ m^3 ）， ρ_0 为油的密度（ kg/m^3 ）， ρ_w 为水的密度（ kg/m^3 ）， g 为重力常数， v_w 为水的运动粘度（ m^2/s ）， k_1 、 k_2 为Fay常数。

二、风引起的表面油的漂移

对于表面漂浮的油，风对漂移的影响关系为：

$$C_{wd}(V_w - V_f)$$

式中， C_{wd} 为风拖曳系数， V_w 为风速， V_f 为流速。

三、油的蒸发

$$\frac{dm}{dt} = -k_E t$$

其中 k_E 为蒸发率（ $1/\text{d}$ ）， t 为时间（ d ）。

四、油的分散（夹带）

$$\begin{cases} Q = \int_{d_{\min}}^{d_{\max}} Q(d) dd \\ Q(d) = C^n D_e^{0.57} F_{wc} N(d) d^3 \\ N(d) = N_0 d^{-2.3} \\ D_e = 0.0034 \rho_w g H_0 / \sqrt{2} \\ H_0 = \frac{0.243 U_w^2}{g} \\ F_{wc} = \frac{f_w}{t_p} \\ t_p = 8.13 U_w / g \\ f_w = \max(0; 0.032 (U_w - 5.0)) \end{cases}$$

式中， Q 为分散速率（ $\text{kg}/\text{m}^2/\text{s}$ ）， $Q(d)$ 为粒径为 d 的油滴单位粒径的分散速率（ $\text{kg}/\text{m}^2/\text{s}$ ）， C^n 为与油品有关的常数， $N(d)$ 为油粒子尺寸权重函数， N_0 为标准化常数， D_e 为单位表面积上消耗的波能量（ J/m^2 ）， F_{wc} 为单位波周

期内破碎波的量， t_p 为波周期峰值（s）， U_w 为风速（m/s）， f_w 为海上白帽浪覆盖的部分。

另外，油还可能粘附在岸上或水底，或者随水中的颗粒沉降或由于发生应变成比水中的物质而沉降，还会发生蒸发、风化、乳化等过程。

6.5.2 预测因子及计算源强

本项目存在由于船舶操作不当或航行碰撞等，发生溢油入海的可能性，对海洋生态环境存在潜在的事故风险。

根据《水上溢油环境风险评估技术导则》（JT/T1143-2017）、《船舶污染海洋环境风险评价技术规范（试行）》附录 4.1 中的规定，非油轮船舶燃油最大携带量也可用船舶总吨推算，根据船型不同，一般取船舶总吨的 8%~12%，本评价取各艘船吨位的 10%核算船舶最大载油量。本项目设计最大船型为网箱安装船（带吊臂），船舶总吨数约 500t，则燃油总舱容约 50t，考虑 80%载油率，燃油总量约为 40t，单舱燃油量最大按 10t 计。为方便预测计算，假设一个油粒子代表 10kg 的油料，1000 个油粒子代表 10t 溢油量。

6.5.3 预测方案

本评价根据潮流状况、不利风向、环境敏感目标分布等条件组合确定溢油事故的风险组合。根据《水上溢油环境风险评估技术导则》（JT/T1143-2017）中典型水上溢油事故情形模拟参数，给出本次溢油事故工况组合（见表 6.5.3-1）；发生溢油事故的可能位置选取养殖区与神泉港进港习惯性航道衔接处，坐标为 116° 19' 27.548" E，22° 55' 24.182" N，溢油事故位置图见图 6.5.3-1。



图 6.5.3-1 溢油点位置示意图

表 6.5.3-1 溢油泄漏事故风险组合

溢油量	溢油位置	工况	溢油时刻	风向	风速 m/s
10t	养殖区与神泉港进港习惯性航道衔接处	1	大潮涨初	冬季主导风向 ENE	3.3
		2	大潮落初		
		3	大潮涨初	夏季主导风向 S	3.4
		4	大潮落初		
		5	大潮涨初	最不利风向 NW	13.8
		6	大潮落初		

6.5.4 预测结果

根据模型结果，计算统计了在不同工况下，溢油事故发生 12、24、48、72 小时的溢油扫海面积、最远漂移距离和残油量等，并绘制溢油 72 小时扫海范围图，统计结果如表 6.5.4-1 所示，扫海范围如图 6.5.4-1 至图 6.5.4-6 所示。

由图表可知，在 ENE-3.5m/s 风向涨潮条件下油膜主要先向东而后向西南方向漂移，溢油后 8h~9.5h 对惠来县人工鱼礁重要资源产卵场产生影响，溢油后 47.5h 开始对东海海岸防护物理防护极重要区产生影响，而后在 53h 后开始在附近岸线登陆；在 ENE 风向落潮条件下油膜主要随落潮流先向西南方向漂移，影响范围与涨潮条件相近；在 S-3.4m/s 风向涨潮条件下油膜主要向东北方向漂移，溢油后 6h 开始影响神泉芦园湾重要滩涂及浅海海域，6.5h 后油膜开始抵达附近

岸线；在 S 风向落潮条件下油膜主要随落潮流向北方向漂移，4.5h~8.5h 内陆续影响西北侧养殖区域，12.5h 后开始抵达神泉渔港西北侧防波堤附近岸线；在 NW 不利风向涨潮和落潮条件下，油膜运动轨迹相似，主要向东南方向漂移，此过程先后会影响神泉珍稀濒危物种分布区、惠来县人工鱼礁重要资源产卵场和前詹珍稀濒危物种分布区，而后继续向东南方向漂移。

溢油预测结果显示，不同工况下的溢油漂移扩散路径不同，油膜主要随涨落潮流和风速、风向往不同方向扩展。随着时间的推移，油膜不断扩散，污染面积逐渐变大，因此，一旦发生溢油事故，最好在 3 小时内采取行动，使溢油造成的危害降到最低。事故一旦发生，可以采取立即铺设围油栏的措施，防止扩散。同时要注意如果有火灾危险，应先用凝油剂固化溢油，再用网式回收法回收。没有火灾危险时，则应尽量以回收为主，并使用吸油材料、简易的撇油器或小型的集油器等进行人工回收。如果允许的话，应该考虑用喷洒分散剂的方法迅速分散溢油。机械回收后海面上剩余的残油用溢油分散剂做海面清洁净化处理。总之，要做好溢油事故的预防和应急工作，尽量避免溢油事故的发生，而一旦发生后，能够采取及时有效的措施，尽力使事故危害性降到最低。

表 6.5.4-1 溢油事故分析表

工况		时间 (h)	扫海面积 (km ²)	最远漂移 距离 (km)	残油 量(t)	抵达敏感目标或 抵岸位置	抵达敏感目标 及影响时间或 抵岸时间
1	ENE- 3.3m/s 涨初	12	1.44	6.00	7.70	惠来县人工鱼礁重 要资源产卵场	溢油后 8h~9.5h
		24	5.15	9.19	7.28	东海海岸防护物理 防护极重要区	溢油后 47.5h
		48	13.59	18.31	6.63		
		72	16.27	25.01	6.14	东海海岸防护物理 防护极重要区附近 岸线	溢油后 53h
2	ENE- 3.3m/s 落初	12	1.21	4.91	7.66	惠来县人工鱼礁重 要资源产卵场	溢油后 2.5h~4h
		24	5.13	10.87	7.25	东海海岸防护物理 防护极重要区	溢油后 40.5h
		48	15.14	18.85	6.61		
		72	15.23	20.24	6.12	东海海岸防护物理 防护极重要区附近 岸线	溢油后 43.5h
3	S- 3.4m/s	12	0.17	3.49	7.70	神泉芦园湾重要滩 涂及浅海海域	溢油后 6h
		24	0.17	3.49	7.27		

工况		时间 (h)	扫海面积 (km ²)	最远漂移 距离 (km)	残油 量(t)	抵达敏感目标或 抵岸位置	抵达敏感目标 及影响时间或 抵岸时间
	涨初	48	0.17	3.49	6.62	神泉芦园湾重要滩涂及浅海海域附近岸线	溢油后 6.5h
		72	0.17	3.49	6.13		
4	S-3.4m/s落初	12	0.94	4.08	7.66	工程区域西北侧养殖区域	溢油后 4.5h~8.5h
		24	1.00	4.38	7.23		
		48	1.00	4.38	6.58	神泉渔港西北侧防波堤附近岸线	溢油后 12.5h
		72	1.00	4.38	6.12		
5	NW-13.8m/s 涨初	12	12.26	18.75	7.58	神泉珍稀濒危物种分布区	溢油后 1h~1.5h
		24	74.64	43.37	7.07	惠来县人工鱼礁重要资源产卵场	溢油后 1h~3h
		48	158.98	54.67	/	前詹珍稀濒危物种分布区	溢油后 4.5h~14h
		72	158.98	54.67	/	模型东南侧边界线	溢油后 37h
6	NW-13.8m/s 落初	12	11.21	18.52	7.53	神泉珍稀濒危物种分布区	溢油后 45min~3h
		24	57.60	37.46	7.03	惠来县人工鱼礁重要资源产卵场	溢油后 45min~5h
		48	147.11	56.36	/	前詹珍稀濒危物种分布区	溢油后 9h~15.5h
		72	147.11	56.36	/	模型东南侧边界线	溢油后 39h

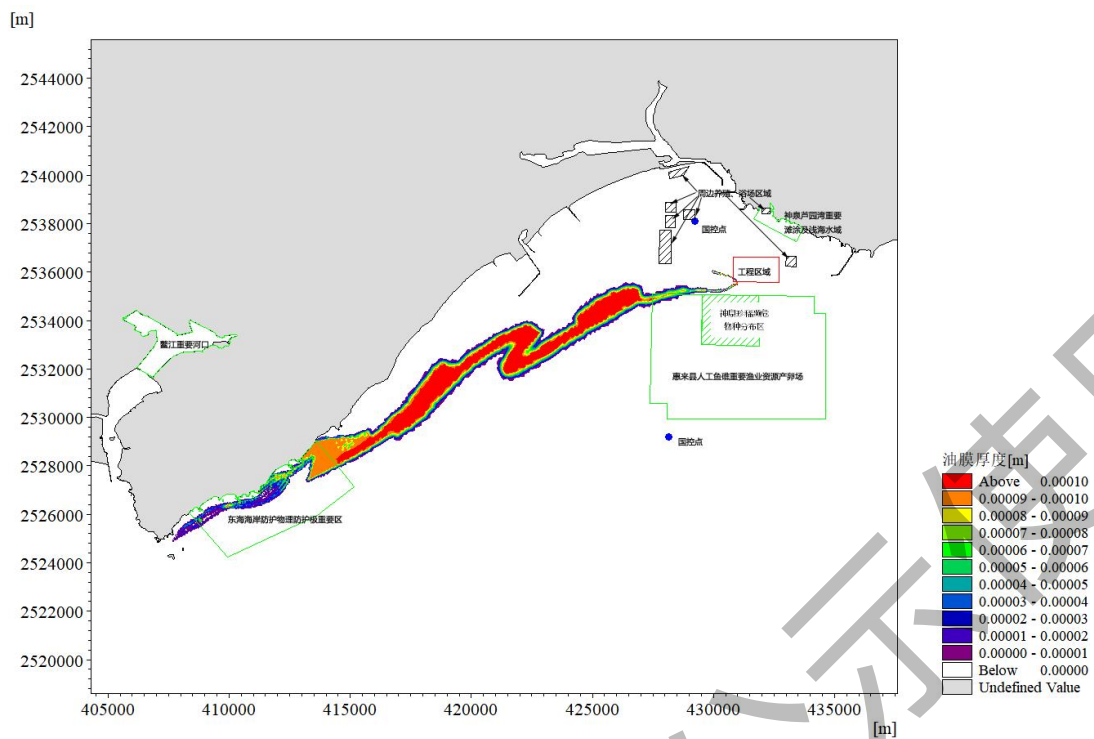


图 6.5.4-1 工况 1 条件下（ENE-3.3m/s，涨初）溢油发生后 72 小时扫海范围

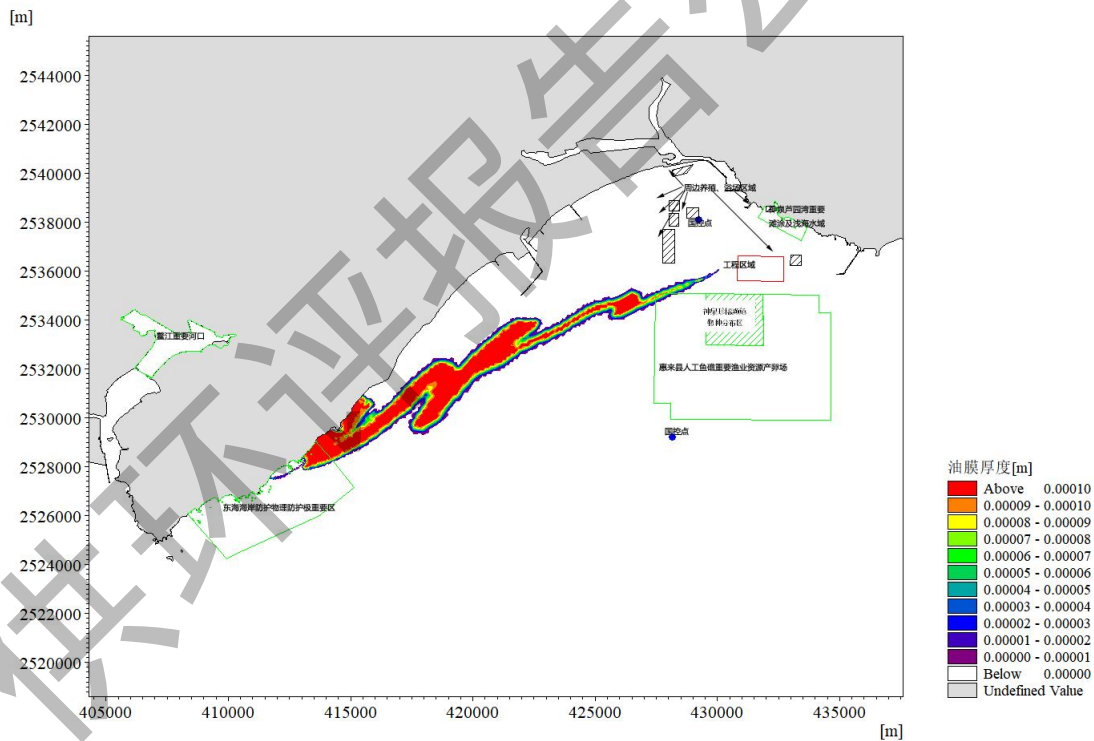


图 6.5.4-2 工况 2 条件下（ENE-3.3m/s，落初）溢油发生后 72 小时扫海范围

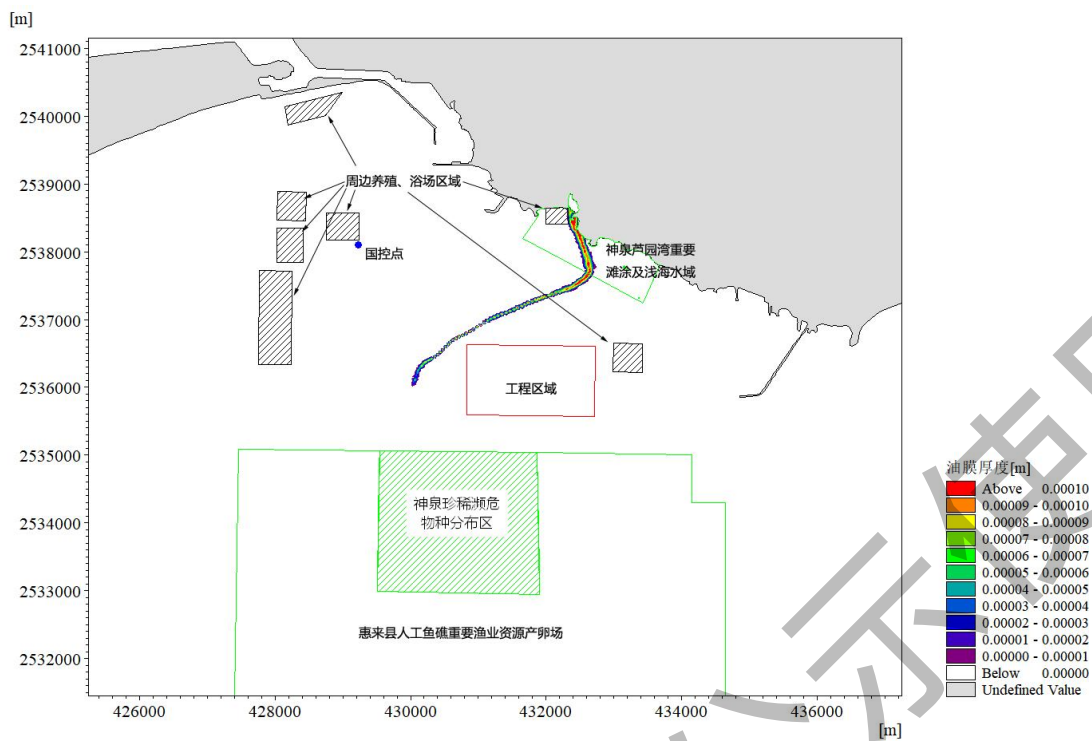


图 6.5.4-3 工况 3 条件下（S-3.4m/s，涨初）溢油发生后 72 小时扫海范围

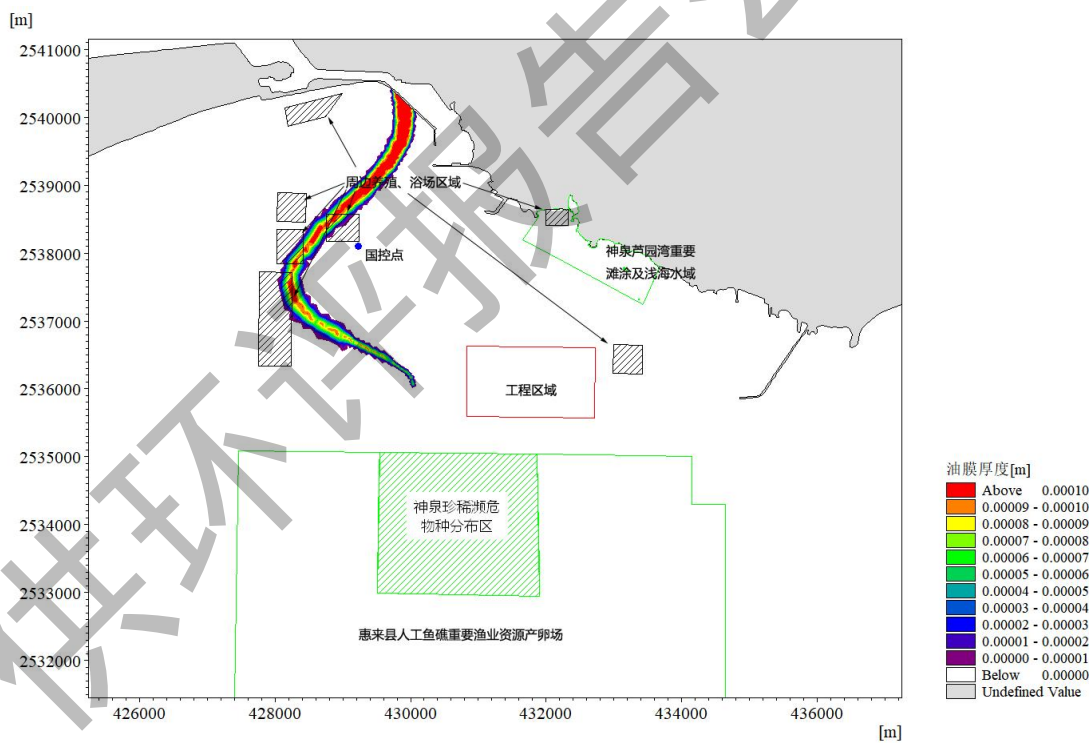


图 6.5.4-4 工况 4 条件下（S-3.4m/s，落初）溢油发生后 72 小时扫海范围

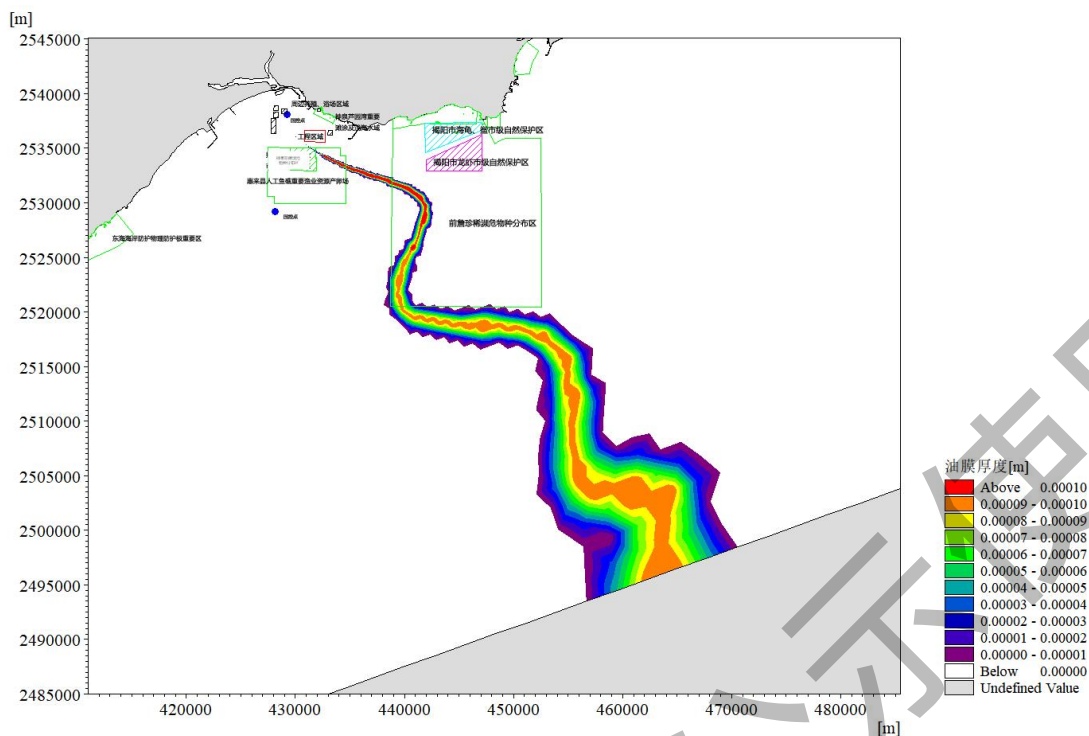


图 6.5.4-5 工况 5 条件下（NW-13.8m/s，涨初）溢油发生后 72 小时扫海范围

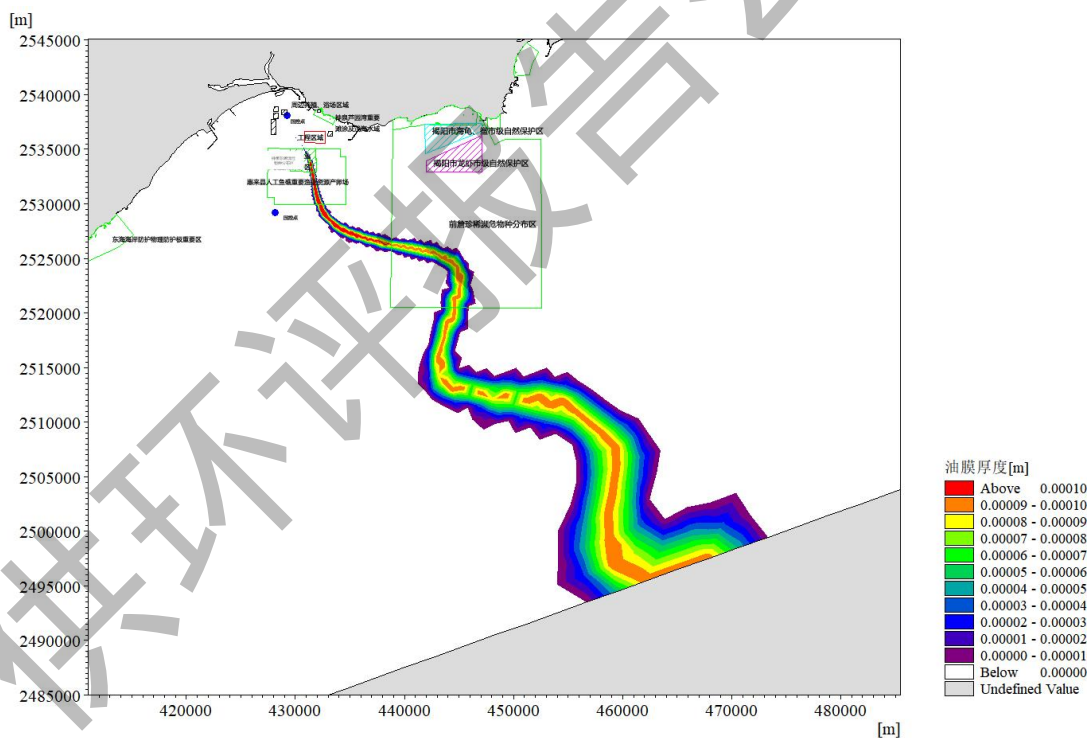


图 6.5.4-6 工况 6 条件下（NW-13.8m/s，落初）溢油发生后 72 小时扫海范围

6.5.5 溢油影响分析评价

1.对海洋生态环境的影响

(1) 溢油对海域水质和沉积物环境的影响

受溢油影响的海域，油膜覆盖在海水表面，可溶解组分不断溶于水中，在

风浪的冲击下，油膜不断破碎分散，并与水混合成为乳化油，增加了水中的石油浓度。油膜覆盖下，影响水一气之间的交换，致使溶解氧减少，从而影响水的物理化学和生物化学过程。

溢油后，石油的重组分可自行沉淀，或粘附在悬浮泥沙颗粒中，沉积在沉积物表面。油块可在重力作用下沉降，进而影响沉积物表面物理性质和化学成分。

（2）溢油对海域生物资源的影响

油膜覆盖下，影响水一气之间的交换，致使溶解氧减少，光照减弱，从而影响浮游动物、浮游植物及旅栖生物的生长。而溶解及乳化后的油会对水生生物资源造成一定危害，沉积到底质的油类将对底栖生物造成严重影响。因此，一旦发生事故溢油且处理不当时，将对油膜扫过海域的水生生物资源造成一定影响，主要体现在溢油突发时的急性致死影响及围油、回收油不彻底而产生的长期慢性污染影响。

2.对海洋生物的影响

发生溢油时，大部分溢油浮于水面并扩散成油膜，油膜在海面的停留将影响海水与大气之间的物质交流和热交换，使海水中的含氧量、温度等因素发生较大的变化，促使浮游动物窒息死亡，并降低透光率，影响浮游植物的光合作用。当油污染较轻时，许多海洋生物虽不会立即被伤害，但它们的正常生理功能受到影响，使其捕食能力和生长速度下降，那些对污染抵抗性弱的种类将会减少或消失，从而破坏生态平衡。

（1）对浮游植物的影响

实验证明石油会破坏浮游植物细胞，损坏叶绿素及干扰气体交换，从而妨碍它们的光合作用。这种破坏作用程度取决于石油的类型、浓度及浮游植物的种类。国内外许多毒性实验结果表明，浮游植物作为鱼虾类饵料的基础，其对各类油类的耐受能力均很低，浮游植物石油急性中毒致死浓度为 0.1~10mg/L，一般为 1mg/L。对于更敏感的生物种类，即使油浓度低于 0.1mg/L 也会妨碍其细胞的分裂和生长的速率。

（2）对底栖生物的影响

不同种类底栖生物对石油浓度的适应性具有差异，多数底栖生物石油急性

中毒致死浓度范围在 2.0~15mg/L，其幼体的致死浓度范围更小。

软体动物双壳类能吸收水中含量很低的石油，如 0.01ppm 的石油可能使牡蛎受石油污染的牡蛎会引起因纤毛鳃呈明显的油味，严重的油味可持续达半年之久。上皮细胞麻痹而破坏其摄食机制，进而导致死亡。

底栖生物的耐油污性通常很差，即使水体内石油含量只有 0.01ppm，也会导致其死亡。当水体中石油浓度在 0.01~0.01ppm 时，对某些底栖甲壳类动物幼体有明显的毒效。

(3) 对渔业资源的影响

以油包水或水包油的形式分散在水中，形成乳化油。乳化油石油溢漏入海后，颗粒小，可吸附于鱼类的鳃上，形成“黑腮”，导致鱼虾呼吸障碍而死亡。石油类对鱼类的化学毒害方面主要表现在通过鱼鳃呼吸、代谢、体表渗透和生物链传递逐渐富集于生物体内，导致对鱼类的毒性和中毒反应。同时，发生溢油时，不仅表现在对渔业生物的伤害和发育生长的影响，当海水中石油浓度达到一定含量时，就会使渔业生物致臭，不仅使鱼类失去鲜美的味道，更主要的是石油类富集于鱼体内，通过食物链危害人体健康。

相对于鱼卵和仔稚鱼而言，溢油事故对成体鱼类的影响相对较小，主要是由于大量油在海水表面以漂浮形态存在，而大多数鱼类是在中层和底层水中生活。另外，许多上层和中层鱼能逃避黑色油块，底层鱼凭视觉和嗅觉尽量避开和下沉的油块接触。一般来说，如果溢油事故发生在开阔水域，鱼类伤害程度轻；若发生在半封闭或水体交换不良的水域，鱼类受损害程度重。

突发性溢油对渔业资源带来的损害是多方面的。首先，污染可能引起该海区的鱼虾回避，造成捕捞产量的直接减产，其次表现为由于品质的下降造成产值损失。另外，溢油对于渔业资源的影响程度还受海区的水文、气象以及地理位置的不同而不同，如果事故发生在产卵盛期和污染区正处于产卵场密集区，成鱼可以回避，但卵子和仔稚鱼难逃死亡的命运。

若施工过程中一旦出现船舶溢油事故，将大大影响工程的生态环境修复功能。因此项目应着重预防溢油事故发生。但就本项目施工工艺与工程量而言，运输船舶数量较少，船舶吨位有限，油舱较小，运输及养殖海域离港口航道较远，船舶航行水域较为开阔，发生碰撞、搁浅等可能造成溢油事故的概率较低，此

溢油事故风险程度较低。

3.对敏感目标的影响

根据溢油扩散预测结果，当溢油事故发生时，在相应风况条件下，油污将在短时间内扩散至各敏感目标处。在 S-3.4m/s-涨初工况下，溢油 6 小时后抵达神泉芦园湾重要滩涂及浅海海域。在 S-3.4m/s-落初工况下，溢油 4.5h - 8.5h 影响工程区域西北侧养殖区。工况 5：在 NW-13.8m/s-涨初工况下，溢油 1 - 1.5 小时后威胁神泉珍稀濒危物种分布区；1 - 3 小时后影响惠来县人工鱼礁重要渔业资源产卵场。在 NW-13.8m/s-落初工况下，溢油扩散更快，45 分钟 - 3 小时后威胁神泉珍稀濒危物种分布区；45 分钟 - 5 小时后影响惠来县人工鱼礁重要渔业资源产卵场。

溢油将会破坏重要渔业产卵场、经济鱼类养殖场等水产种质资源及其生境，损害海洋生物的生态系统，对海岸及其生态造成破坏。同时，溢油同样地会影响到项目周边其他的环境敏感目标，如会影响到现有周边养殖区，会使渔业资源产生一定的经济损益；影响到“三场一通道”内南海幼鱼幼虾保护区、南海北部幼鱼繁育场保护区，对幼鱼、幼虾及其生境造成损害。

神泉珍稀濒危物种分布区、惠来县人工鱼礁重要渔业资源产卵场在溢油预测下，两类敏感目标均受强风工况（45min - 3h 内抵达）直接威胁，且中等风工况下亦持续受影响。溢油会直接破坏繁殖生境，导致生物卵苗死亡、种群衰退，对生态系统完整性和渔业资源补充能力造成不可逆损害。在强风工况下 9 - 15 小时内受污染，溢油导致珍稀物种栖息生境恶化，种群数量骤减，加剧濒危风险。东海海岸防护物理防护极重要区、神泉芦园湾重要滩涂及浅海海域、工程区域西北侧养殖区三类目标主要受中等风或弱风工况影响（6 - 47.5 小时内抵达），溢油导致海岸防护功能减弱、底栖生态系统破坏、养殖经济直接损失（鱼类死亡、水产品质量安全受威胁），影响近岸生态与经济功能。

溢油从近岸到远海形成多层级污染，直接威胁水生生物（从浮游生物到珍稀物种），间接引发食物链断裂、生态功能退化，长期残留还会导致生境修复周期延长至数年甚至数十年。

在溢油事故发生后，应第一时间采取紧急应对措施，减少油污扩散，一般在数小时内可处理完毕。及时采取相应应急措施的情况下，可控制油污扩散至

各敏感目标，在此前提下，溢油事故对敏感目标的影响有限。

6.6 环境风险防范方案

鉴于事故性溢油危害较大且大多由人为因素所致，因此杜绝溢油事故主要是从管理方面着手，制定并采取切实可行的管理、防范措施。另外，一旦发生溢油事故必须立即采取有效措施，以减轻其所产生的危害，切实做到“预防为主，管治结合”。本项目管理运营单位应根据相关规范，加强对到港离港船只的管理，杜绝事故隐患，避免船舶发生碰撞、事故溢油的污染影响。

6.6.1 自然灾害预防措施

(1) 施工前制定科学合理的施工工艺，各养殖构筑物设计应符合抗风等相关规范的要求。

(2) 合理安排施工时间，避开台风多发期施工，使工程安全度汛。6~10月为热带气旋影响季节，项目施工期间，应对工程的各类设备设施都要作好防台风的安全措施，切实加强监管。

(3) 业主单位应积极配合相关政府职能部门做好应对台风、暴雨等气象灾害的措施，当台风来临时，需按照防台要求对施工船舶进行妥善安置，避免热带气旋等恶劣天气带来的损失。

(4) 业主单位应加强对灾害性天气条件下水上交通安全监管，不超过安全适航抗风等级开航，避免在恶劣天气及危及航行安全的情况下航行。

(5) 本项目网箱具有较强的抗风、抗浪、抗海流能力。在热带风暴来临影响养殖海区前应做好网箱加固、连结等预防措施，可以避免或降低台风等热带风暴的影响。

(6) 在本项目的营运期，对海洋自然灾害的防范尤为重要。主要是风暴潮会对网箱及其养殖鱼类产生极大的破坏性，如若不做好防范措施，将产生巨大的经济损失及生态破坏。本项目采用的网箱属于深水抗风浪型网箱，能在风暴潮中保证网箱中养殖对象的安全。但为保证安全，仍需做好以下防灾工作：

- ①关注天气预警信息，抓紧收捕成品上市；
- ②检查加固养殖设施，检修供电供氧设备；
- ③及时下沉网箱，降低养殖密度，使用营养物质强化养殖对象抗应激能力；

④及时将养殖人员撤离，严禁留守，确保人员安全。做好灾后抢救工作：抢救留存养殖生物，抢修养殖设施，做好疾病防治防控；

⑤加强养殖生产管理，防止被风暴潮破坏的养殖设施对海洋环境造成污染。

6.6.2 海水鱼病防治措施

网箱养殖易造成水体的富营养化，增加水体中有机质的含量，降低度和溶氧量，从而影响鱼类生长和食用品质。针对上述问题，提出以下几点污染防治对策：

(1) 合理布设网箱

进行网箱养殖，首先要选取合理的水域，禁止在旅游区、主航路和锚地区投放网箱，并尽可能在自净能力强的水域布设，而且要考虑底质类型、水位变化、水流等方面的因素。底质类型不同，对污染物的吸附和释放能力也不同，砂质底质在释放污染物方面大于粉砂和粘土，所以应为首选。并且要选择水流畅通的水域。另外水位变化不宜过于剧烈，一般为 1-2m。水不能太浅，要保证箱底始终不接触底泥以便箱内残饵及鱼的粪便随时排出箱外。项目所在海域水体交换自净能力较好。

(2) 控制网箱养殖规模

网箱养殖密度过高，不仅达不到高产的目的，而且有时候甚至会限制养鱼的经济效益。因为养殖密度太高，鱼的摄食量超过了浮游植物的繁殖，使浮游植物数量偏低，供应不了所增加鱼类的食物需求，致使单产下降。本津田勉等研究指出：投饵网箱所占水面面积以 3%为极限，超过此限，鱼类排泄物中的氮成为富营养化的控制因素，同时水生态系统也将发生变化。从海湾养殖承载力上来看，一般认为 20hm² 水面不超过 666m² 网箱。所以不论是从养殖的可持续发展方面来说，还是从养殖的经济效益来看，都必须在大力发展网箱养殖的同时，严格控制网箱养殖规模，定期对水质进行监测。本项目实际网箱养殖用海面积与占可养殖海域面积的比例均小于 5%，满足《深水网箱养殖技术规范》（DB 44/T 742-2010）要求，可使养殖水域保持相对可行的自净能力。

(3) 选择合适的饵料，正确进行投喂，避免饲料浪费对水体造成污染根据养殖的鱼种、密度、鱼类的生长情况、季节水温以及网箱的规格等因素，在饲料选择上，尽量选用粉料较少、保水时间长的饲料或膨化颗粒饲料，提高饵料

利用率，尽量避免饵料过剩和流失；在投饵技术上，一方面改进投饵设备，避免过量投喂，另外箱底最好要设置收集残饵和粪便的装置。

（4）以预防为主，加强监测和投喂管理

本项目各期实际网箱养殖用海面积满足深水网箱养殖技术规范的要求，可使养殖水域保持相对可行的自净能力，项目海域水体交换速度快，在控制网箱养殖规模的情况下，鱼类得病率较低，基本不使用鱼药，以预防为主。在病害流行季节做好疾病预防工作，加强监测和投喂管理。

（5）加强风控管理，对死鱼进行及时无害化处置

网箱养殖不可能完全杜绝不发生死鱼现象，网箱内一旦出现死鱼，要立刻查找原因，及时打捞死鱼，严禁死鱼外溢出网箱，对环境造成污染。打捞出的死鱼要尽快装船运往陆域，进行无害化处置，并做好病死鱼类无害化处理档案和记录，严禁海抛、食用、做养鱼饲料。如发生大面积死鱼，要及时上报环保部门，进行环境监测和鱼情分析，及时对死鱼进行无害化处理；采取打捞、围网等措施，防治死鱼对海洋生态环境的影响。

（6）加强日常巡视，开展强制性环境质量监测

加强日常巡视，注意观察网箱内鱼群活动状况和网箱可能触底的情况，如发现异常，要立即检查原因。根据养殖海域环境质量状况进行休养。鱼类养殖网箱在同一海域连续养殖3年的，应开展强制性环境质量检测，如环境质量不符合相关环境质量标准要求，应休养至少1年，待环境质量符合相关标准后才能继续养殖，或在申请用海的范围内转场养殖，距原场址大于1000m。

（7）加强渔政管理，建设养殖区域生态平衡

除了上述技术上的一些环节，政策上的引导、宣传和管理也是必不可少的。当地的渔业管理部门应按照渔业法规及管理条例，认真落实水体网箱养殖规划，防止无证围网及过度捕捞。另外，要加大对网箱养殖水域水化因子的监督检查力度，严格控制污染源的排放。

6.6.3 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《中华人民共和国海上交通安全法》和《海上避碰章程》的规定航行和作业，防止事故发生，包括

对重要机械、装备和有关资质的检查和确认。

(2) 施工船舶限定在批准的水域内进行作业，按海事部门要求，在施工海域设置水上警示浮标和红色警示灯，工程区域设置醒目的安全标志；施工单位和施工船舶合理安排施工作业面，在有船舶通过时，提前采取避让的措施，作业船舶在施工期间加强值班瞭望，施工作业人员应严格按照操作规程进行操作，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，与施工及船运单位保持联系，切实加强施工船舶进出施工水域航行的指导。

(3) 建设单位要制定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。

(4) 加强航海人员培训教育，提高操作技能和安全意识。海难性事故的原因除恶劣天气为不可控制外，多数与操作人员的管理密切相关。减少事故的发生，就是要加强操作人员的安全意识及操作技能。施工单位要经常组织海上安全意识教育和海上安全技能训练，做好施工船舶的定期检查和养护工作，确保各种设备安全有效、性能良好，普及安全知识提高船员素质，加强船员对安全生产知识的了解和对安全技术的熟练掌握。科学合理安排作息时间，避免船员疲劳造成反应迟缓、注意力不集中等现象，减少人为海难因素。

(5) 成立环境安全管理机构，配备专职人员，负责检查和落实各项安全、环保措施。船舶在水域内定点作业、停泊等，均应选择合理的环保措施，以保证不发生船的污染物污染水域的事故。

(6) 船舶上必须配备和使用救生设备和消防设备，做好船舶维护和管理工

6.6.4 溢油风险事故的防范措施

6.6.4.1 施工期溢油风险防范措施

溢油事故的发生，有很大部分是由人为因素造成的，这部分事故可通过严格的质量控制和完善的管理加以防范。但是，由于存在着多种不可预见因素，突发性事故是不可避免的。溢油事故一旦发生，将对海洋环境造成严重影响，必须制定相应的事故防范措施、控制措施。如下：

(1) 根据施工区周围的水域布置及安全要求，加强施工面的规划布置，从

施工方案设计上避免溢油风险事故的发生。

- (2) 选择有相应施工资质、有相关工程经验的施工单位进行现场施工。
- (3) 建设单位应加强对施工单位的管理和要求，根据海域船舶动态，合理安排施工船舶的作业面，在有船舶通过时，提前采取避让的措施。
- (4) 加强施工人员的业务培训和安全教育，树立良好的风险防范和安全生产意识，避免人为事故，或把人为因素导致的溢油事故的发生概率降至最低程度。
- (5) 严禁施工单位擅自扩大施工作业安全区，禁止与施工无关的船舶进入事先设定的施工作业区，及时申请发布航行公告。
- (6) 施工作业船舶在发生紧急事件时，应立即采取必要的措施，同时向海上交管中心报告。
- (7) 网箱养殖需用船舶运至项目施工区，施工单位和用海单位应根据施工方案，结合施工期间天气、水动力情况，制定施工区及附近海域通航环境安全管理措施，提出加强施工期通航安全秩序管理的对策和措施，确保通航安全。
- (8) 所有施工船舶和营运期工作船舶须按照国际信号管理规定显示信号。
- (9) 遇到风暴潮、台风、大雾等恶劣天气时，应停止施工作业，提前做好安全防护工作，避免发生船只碰撞、翻船等事故。

项目施工过程中拟采取的船舶溢油环境风险防范措施详见表 6.6.4-1。

表 6.6.4-1 施工期船舶溢油风险防范措施一览表

风险来源	对策措施	管理者	责任主体
管理疏忽、操作违反规程或失误等原因引起油类跑、冒、滴、漏事故	做好设备的日常维修检查，保持设备的良好运行和密闭性，发生故障后应及时予以修复。	建设单位	施工单位
	施工船舶配备适量的溢油应急设备和器材等物资。	建设单位	施工单位
	发生跑、冒、滴、漏事故，及时用围油栏拦截，收集溢油。	建设单位	施工单位
船舶本身出现设施损废，受海上风浪影响，或者发生船舶碰撞	施工船舶需经过严格船检，达到作业现场的抗风浪能力，并保持良好工况，以防范台风和大雾等恶劣天气对航船的不利影响。	揭阳海事局	施工单位
	密切关注天气和海况变化，制定防范恶劣天气和海况措施，保证船舶航行和海上施工作业在适航的天气条件下进行，一旦有恶劣天气来袭，应停止施工，船舶回港。	建设单位	施工单位
	制定防台、防强风应急预案，施工期间要重点防范台风、强风的袭击或影响。工程施工期间当预	揭阳海事局	施工单位

风险来源	对策措施	管理者	责任主体
	报有台风、强风影响本海区时，立即启动应急预案，提前部署、认真做好各项防范工作，减少台风、强风对工程可能带来的损失；施工船应严格遵守施工作业风力限定条件，当风力超过本船的抗风等级时，施工船应停止作业，及时进入避风场地。施工船舶可到港内附近小型船舶锚地抛锚防台避风。		
项目所在海域船舶通行流量、密度增加	施工单位要与当地海事部门、渔业生产部门有效沟通和协作，随时向上海事部门通报施工船舶航行与作业情况，切实加强作业船舶航行和作业的指导。	揭阳海事局、渔业部门	施工单位
	施工单位应在施工区域设置明显的标志，同时也应和附近其它海上施工单位等企业加强沟通。	揭阳海事局	施工单位
	严禁无关船舶进入施工作业海域，并提前、定时发布航行公告。	揭阳海事局	施工单位
	严格项目设计和设施质量，满足防范风暴潮的要求。	建设单位	设计单位、施工单位、设施供应商

6.6.4.2 运营期溢油风险防范措施

项目运营期溢油风险防范责任主体为建设单位，海洋牧场运营过程中的溢油风险防范措施主要包括以下几个方面：

一、设备维护与管理

（1）定期检查与保养：对海洋牧场中的船舶、养殖设备、输油管道等关键设施进行定期检查和维修，确保设备处于良好运行状态，及时发现并修复潜在的泄漏隐患。

（2）使用合格设备：选用符合国家标准和行业规范的设备和材料，避免因设备质量问题导致溢油事故。

二、操作规范与培训

（1）制定严格操作规程：建立完善的海洋牧场操作规程，明确船舶航行、养殖作业等环节的操作流程和安全要求，确保工作人员严格按照规程操作，避免因操作失误引发溢油事故。

（2）加强人员培训：对海洋牧场工作人员进行溢油风险防范培训，包括设备操作、应急处置、环保意识等方面的内容，提高工作人员的安全意识和应急处理能力。

三、气象与海况预警

关注气象预报和海况信息，提前做好防范措施。在恶劣天气（如大风、暴雨、海浪等）条件下，加强对海洋牧场设施的巡查和防护，避免因天气原因导致设备损坏或溢油事故。

四、柴油发电机的溢油风险防范措施

（1）选用质量可靠、密封性能好的柴油发电机及配套燃油系统，确保设备在设计和制造阶段就具备良好的防溢油能力。

（2）严格按照设备制造商的安装要求和相关标准进行安装，确保燃油管路、接头、阀门等部件安装牢固，避免因安装不当导致的泄漏。

（3）在多台柴油发电机共用燃油源的情况下，按照相关规范要求设置独立的燃油隔离阀，确保在单台发电机发生溢油时，能够及时切断燃油供应，防止溢油扩散。

（4）建立发电机燃油系统的定期检查制度，对燃油管路、接头、阀门、油箱等部件进行检查，及时发现并处理潜在的泄漏隐患。检查内容包括管路的磨损、腐蚀、接头的松动、阀门的密封性能等。

（5）定期清理燃油系统中的杂质、水分和沉淀物，防止这些物质堵塞管路或损坏设备，引发溢油事故。

（6）制定柴油发电机的操作规程，要求操作人员严格按照规程进行操作，避免因操作不当导致的溢油事故。例如，在启动和停止发电机时，应按照规定的程序进行，避免燃油系统的压力突变。

（7）对操作人员进行溢油风险防范知识培训，使其了解溢油的危害、预防措施和应急处置方法，提高操作人员的安全意识和应急处置能力。

6.7 风险事故应急预案

6.7.1 自然灾害应急方案

本项目主要的自然灾害风险为台风风险，贯彻“以防为主，安全第一”的避台方针，积极应对台风可能会带来的威胁，建设单位需落实主体责任，周密部署，切实做好防台工作，应依据《交通运输部海上突发公共事件应急响应程序》《广东省防汛抗旱防风应急预案》《广东海事局防热带气旋应急预案》《揭

阳市防汛防旱防风防冻应急预案》等编制避台应急方案。

（1）避风措施

具体执行听从海事及渔业主管部门统一调度。必要时应对养殖水产品收集上岸。

（2）组织机构与职责

建设单位应成立防台应急指挥部，组建防台抢险救援队和防台后期保障小组，由部门负责人担任组长。

①防台应急指挥部：下设总指挥、副总指挥、组员。

②防台小组：下设组长、副组长、组员。

③内部分工及职责。

依据当地气象部门和当地海事部门的台风预报信息情况，适时召开防台工作会议，决定防台应急方案的启动和关闭，发布防台指令，布置防台工作的具体措施，落实防台检查，组织防台抢险。根据应急情况需要，调配船舶防台力量和物资。及时向上级单位或部门汇报防台动态，对防台工作进行总结。

各防台工作小组职责落实防台指挥部发布的各项防台指令，组织船舶防台加固检查，落实防台工作措施，组织处理船舶防台过程发生的险情，定时向指挥部报告船舶动态情况，防台期间所有相关人员手机一直处于开机状态，保持通讯畅通。

（3）台风预警与应急响应行动

①防台季节，建设单位指定专人（专职安全管理员）关注天气预报，获取台风的最新情况；

②应急指挥部统筹安排应急职责及工作；

③专职安全员把防台指令发布到各防台小组成员的手机上；

④与当地海事部门保持密切联系，指挥部适时派出工作组，检查督促各工作船舶的防台风工作；

⑤必要时召开紧急会议，研究并处理突发情况或其他重大事项；

⑥每小时接收发布气象信息一次，每4小时通过手机短信或其他途径向各负责人发布台风信息。

6.7.2 海水鱼病应急方案

海水网箱养殖鱼类中的鱼病多发生在夏秋交替及秋冬交换季节，致病的重要因素是天气变化引起的海水理化因子的变化。因此，在季节交替时节要特别做好鱼病的预防工作。海水鱼类网箱养殖中的鱼病防治应以预防为主，认真做好各项预防工作。当发生鱼病后，要及时隔离和治疗，应急方案如下：

一、应急响应流程

发现异常：养殖人员进行海洋牧场巡查时，若发现鱼类出现异常行为（如游动缓慢、离群、浮头、体表损伤等）、摄食减少或死亡现象，应立即记录时间、地点、症状及死亡数量，并拍照留存。

初步判断：根据症状初步判断可能的病害类型（，同时观察水质变化（如水色、透明度、溶氧、pH 值等）。

报告与诊断：及时向养殖负责人或当地渔业技术部门报告，必要时采集病鱼样本送专业机构检测，明确病原体类型。

二、应急处理措施

隔离与无害化处理：立即将病鱼与健康鱼隔离，避免病原传播。对死亡鱼体进行无害化处理，如深埋、焚烧或使用生石灰消毒后掩埋，防止病原扩散。

水质调控：必要时开启增氧设备，确保水体溶氧充足。

调整投喂：减少投喂量，避免残饵污染水体，加重病情。在饲料中添加维生素 C、免疫多糖、保肝健等营养物质，增强鱼体免疫力。

三、后续监测与防控

持续观察：治疗期间，每日观察鱼类症状变化、摄食情况及死亡数量，记录治疗效果。

环境监测：定期检测水质指标（如溶氧、pH、氨氮、亚硝酸盐等），确保水质稳定。

加强管理：保持网箱清洁，定期清洗网衣，防止污损物积累；合理控制养殖密度，避免过度投喂；加强苗种检疫，防止病原带入。

记录与总结：详细记录病害发生时间、症状、治疗措施及效果，总结经验教训，为今后防控提供参考。

6.7.3 溢油事故应急方案

6.7.3.1 溢油风险应急措施

目前，国际上采用较多的溢油处理方法主要有物理清除法和化学清除法两种物理清除法主要机械设备是围油栏和回收设备，首先是利用围油栏将溢油围在一定的区域内，然后采用回收装置回收溢油；化学清除法则是向浮油喷洒化学药剂-消除剂，使溢油分解消散，一般是在物理清除法不能使用的情况下使用。

①防止溢油扩散措施防止海上溢油的扩散措施见下表。

表 6.7.3-1 海上溢油防止扩散措施

措施类别	措施内容
拦油栅及撇油设备	帘式、围墙式
活塞膜化学药剂	化学药剂迅速扩散围住漏油周边，把油推向集油设备
喷洒油聚集剂硫磺	直升机喷洒
药剂反应捕捉	喷洒聚异氰酸酯和聚酰胺，与油产生聚合物，形成胶冻，防止油扩散
空气帘	空气通入穿孔水龙带或管道，组成气泡屏障

②回收和处置

溢油的回收和处置方法很多，不同的溢油方式回收和处置方式也不同。下表列出了一部分水上溢油的回收和处置方法。

表 6.7.3-2 水上溢油回收处置措施

方法	回收设施	处置设施
加吸附剂	天然材料吸附植物：稻草、锯木屑 矿物：黏土、石棉 动物：羽毛、纺织废料	挤压吸附材料回收油
撇油	撇油器：浮动式、固定式、移动式	收集上岸处理
燃烧法	/	加燃烧剂把油燃烧
抽回分散剂	/	使油乳化并溶解于水
沉降	高密度材料作新脂肪的外壳处理，使其吸附油	沉降到水底，再掩埋

③海上事故溢油的处理

当溢油发生后，应根据溢油量的大小，油的扩散方向、气象及海况条件，迅速用围油栏围住其扩散方向，进一步缩小围圈面积，用吸油船最大限度地回收流失的油，然后加消油剂进行分散乳化处理，破坏油膜，减轻其对海域的污染。海上溢油事故的处理方法和程序如下图所示。

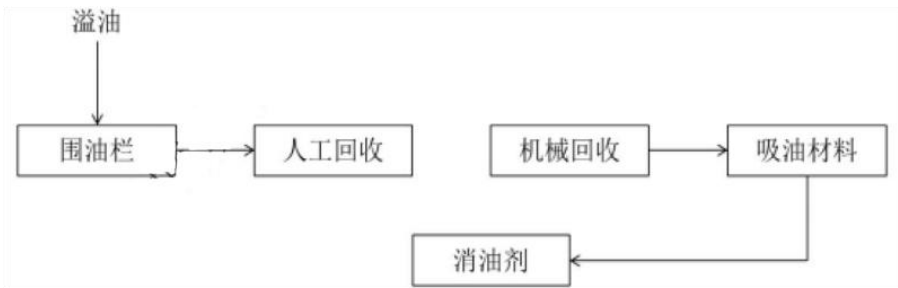


图 6.7.3-1 海上溢油事故处理程序

6.7.3.2 溢油风险应急能力

由于项目离岸较远，建议本项目参照《港口码头水上溢油污染事故应急防备能力要求》（JT/T451-2017）从事非散货液体污染危害性货物作业水上污染事故基本应急防备的要求配备溢油应急设施和器材：即建议本项目配备吸油毡 0.5t，溢油分散剂 0.2t，临时储存容器 0.4~1m³，同时配备钩杆、轻便喷洒装置、人员防护装备等，以便能够及时应对溢油风险以及跑、冒、滴、漏油等大概率事件发生。建设单位可选择自行配置或向第三方应急单位购买服务。

建议本项目应该与有能力的溢油应急单位签订应急服务合同，确保项目发生溢油时，防治溢油污染工作船能在现场及时处理溢油事故。

具体应急设备配备如下表所示。

表 6.7.3-3 溢油应急设施、设备、物资配备要求

序号	设备名称	规格	单位	数量
1	吸油毡	/	吨	0.5
2	溢油分散剂	浓缩型	吨	0.2
3	钩杆	/	根	2
4	喷洒装置	0.1 t/h	套	1
5	储存装置	10 m³	个	2
6	人员防护设备	/	套	6

目前，揭阳辖区内有 1 家船舶污染清污单位（惠来县安泰船舶服务有限公司）提供船舶管理业务、船舶污染物接收以及船舶污染清除等服务，应急物资数量见下表 6.7.3-4。建设单位可选择向该清污单位购买服务，为项目提供所需的溢油应急防污处理设备、作业船舶及专业队伍，及时有效地开展溢油清除工作。

表 6.7.3-4 惠来县安泰船舶服务有限公司溢油应急物资数量

序号	名称	型号/规格	储备量	主要功能	存放地点
1	围油栏	开阔水域 WGS1500	2000m	污染物控制	靖海电厂
2	围油栏	非开阔水域 WGS900	2000m	污染物控制	靖海电厂
3	围油栏	岸线防护 WGS600	4000m	污染物控制	靖海电厂
4	围油栏	防火 WGS9010H	400m	污染物控制	靖海电厂
5	吸油毡	PP-2	12t	污染物控制	靖海电厂、应急船
6	化学吸附材料	EPS	3t	污染物控制	靖海电厂、应急船
7	吸油拖栏	XTL-220	4000m	污染物控制	靖海电厂、应急船
8	溢油分散剂	PP-2	20t	污染物控制	靖海电厂、应急船
9	喷洒装置	船上固定式 PS140	5 台	污染物清理	靖海电厂、应急船
10	喷洒装置	便携式 PSC40	8 台	污染物清理	靖海电厂、应急船
11	卸载装置	XZB150	300t/h	污染物卸载	靖海电厂、应急船
12	清洁装置	热水 JYCH2016D	4 台	污染物清理	靖海电厂、应急船
13	清洁装置	冷水 JYCH2016D	2 台	污染物清理	靖海电厂、应急船
14	收油机	高粘度 DXS150	450m ³ /h, 3 台	收油	应急船
15	收油机	中、低粘度 DXS150	100m ³ /h, 3 台	收油	应急船
16	溢油应急处置船	回收能力 100m ³ /h	2 艘	清污	神泉港
17	辅助船舶	GW900	10 艘	清污	神泉港

6.7.4 突发环境事件应急预案

建设单位应按照国家、地方和相关部门要求对企业突发环境事件应急预案进行修编。根据《广东省企业事业单位突发环境应急预案编制指南（试行）》，应急预案主要编制内容要求如下：

表 6.7.4-1 突发环境应急预案主要编制内容要求

序号	项目		主要内容要求
1	总则	编制目的	说明企业编制应急预案的目的、作用等。
		编制依据	列明企业应急预案编制所依据的法律法规、规章、上位预案，以及有关行业管理规定、技术规范和标准等。
		适用范围	说明预案适用的主体、范围，以及事件类型、工作内容。
		事件分级	根据企业的实际情况，按照突发环境事件的性质、严重程度、可控性、影响范围等，采用定量与定性相结合的分级标准，进行事件分级。

序号	项目		主要内容要求
		工作原则	说明企业开展环境应急处置工作应遵循的总体原则。
		应急预案体系	说明企业应急预案体系的构成情况，明确综合预案、专项预案、应急处置卡片等预案的名称、数量，以及采用专章或专篇的形式。
2	基本情况		简要说明企业基本信息和环境风险现状，可包含以下内容：基本信息、装置及工艺、“三废”情况、批复及实施情况、环境功能区划情况、周边环境风险受体、环境风险物质、环境风险单元、历史事故分析、环境风险防范措施等。
3	组织体系和职责		明确企业内部应急组织机构的构成。
4	预防与预警机制	预防	明确企业突发环境事件预防措施。
		预警	指示企业内部相关部门和人员做好突发环境事件防范和应对准备的响应机制。
5	应急响应	分级响应程序	按照分级响应的原则，确定不同级别的现场组织机构和负责人。明确应急指挥机构应急启动、应急资源调配、应急救援、扩大应急等响应程序和步骤。
		信息报告	明确信息报告责任人、时限和发布的程序、内容和方式
		应急处置措施	制定相应的应急处置措施，明确处置原则和具体要求
		应急监测	明确应急监测方案。
6	应急终止		明确应急终止责任人、终止的条件和应急终止的程序；同时在明确应急状态终止后，应继续进行环境跟踪监测和评估。
7	善后处置		明确现场污染物的后续处置措施以及环境应急相关设施、设备、场所的维护。必要时配合有关部门对环境污染事件的中长期环境影响进行评估。
8	保障措施	应急通讯	明确与应急工作相关的单位和人员联系方式及方法，并提供备用方案。
		应急队伍保障	明确环境应急响应的人力资源，包括环境应急专家、专业环境应急队伍、兼职环境应急队伍等人员的组织与保障方案。
		应急装备保障	明确企业应急处置过程中需要使用的应急物资和装备的类型、数量、性能、存放位置、管理责任人及其联系方式等内容。
		其他保障	根据环境应急工作需求，确定其他相关保障措施。
9	预案管理	预案培训	明确对员工开展的应急培训计划、方式和要求。
		预案演练	明确不同类型环境应急预案演练的形式、范围、频次、内容及演练评估、总结等要求。
		预案修订	明确预案评估、修订、变更、改进的基本要求、时限及采取的方式等。
10	附则	预案的签署和解释	明确预案签署人，预案解释部门。
		预案实施	明确预案实施时间。

6.8 环境风险小结

本项目为海洋牧场产业园，根据项目现场调查及项目特性分析，项目不属

于高风险行业，不涉及高风险工艺和物品，不构成重大风险源。

本项目发生风险事故的可能为项目自身引起的突发环境事件，如由于恶劣气象条件或操作不当引起的船舶碰撞引起的船舶溢油事故、养殖鱼类病害、柴油发电机泄漏事故等对海域资源、环境造成的影响，发生于施工期和营运期。在切实采取有效的风险防范措施后，能够降低项目风险事故发生的概率。

综上，建设单位在认真、切实落实环境风险评价提出的各项风险防范措施的基础上，本项目的环境风险水平可接受。

7 环境保护措施及其可行性论证

7.1 污染防治措施及环境保护对策

7.1.1 施工期污染防治措施

7.1.1.1 施工期水污染防治对策措施

施工期水污染环境保护措施主要分为 3 个部分，即悬浮泥沙防控、船舶生活污水处理、船舶含油污水处理。

(1) 悬浮泥沙

①应采用先进的施工工艺和设备，合理安排施工顺序和进度，选择中、小潮、海况好的时间，文明施工，以减小底泥扰动的影响范围。

②建立严格的施工操作制度，开工前应对施工设备，做好施工设备的日常维修检查工作。

③提高防患意识，密切关注天气预报，在恶劣天气条件下应提前做好施工安全防护工作或停止施工作业。

(2) 施工船舶生活污水

船舶生活污水经收集上岸后由接收单位收运处理，不排海。施工单位应加强对施工人员的生活用水管理，教育施工人员节约用水，减少生活污水产生量。

(3) 施工船舶含油污水

本项目含油污水主要有施工船舶机舱含油污水，含油污水经船舶含油污水收集舱集中收集，定期上岸交由有处理能力的单位接收处理，禁止直接排入海水中。

表 7.1.1-1 船舶生活污水及含油污水处理措施

污水类型	主要来源	船舶储存要求	上岸转移主要方式	最终处置去向
船舶生活污水	船员日常生活	生活污水储存舱（柜）	与有资质的污染物接收单位签订服务协议，由专业接收船（“船-船-岸”模式）接收后转运。	进入城镇污水处理厂
含油污水	机舱舱底水、油类泄漏	油污水舱（柜）	与有资质的污染物接收单位签订服务协议，由专业接收船接收转运后，交由有资质的危废单位处置。	经预处理（如油水分离）后，废油作为危险废物处置，水相达标排放。

施工期采取的水环境保护措施均是常规环保措施，在国内外类似工程中应用广泛，在经济、技术等方面可行。

7.1.1.2 施工期大气污染防治措施

(1) 采用油耗低的机械设备，保证施工船舶正常运行，采用低硫柴油。对进入施工区域的机械进行管理，检查合格的机械才可进场作业，尽量减少施工机械产生的燃油废气。

(2) 加强施工船只管理，避免施工区域船舶拥堵，加剧噪声和废气等污染物产生。加强对施工机械的维修保养，禁止不符合国家废气排放标准的机械进入施工区，禁止以柴油为燃料的施工机械超负荷工作，减少烟度和颗粒物排放。

(3) 根据《交通运输部关于印发船舶大气污染物排放控制区实施方案的通知》（交海发〔2018〕168号），①本项目位于沿海控制区范围，该区域执行“2019年1月1日起，海船进入排放控制区，应使用含量不大于0.5% m/m 的船用燃油”的要求。本项目施工期船舶应使用硫含量不大于0.5% m/m 的船用燃油，保持船舶燃油发动机的良好性能，确保尾气中硫氧化物和颗粒物排放控制达标。②若施工船未使用硫含量不大于0.5% m/m 的船用燃油，则施工船舶需安装硫氧化物和颗粒物污染控制装置等替代措施，以确保尾气中硫氧化物和颗粒物排放控制达标。

(4) 网箱安装过程中管道热熔连接产生的少量VOCs通过分批操作降低其对大气环境的影响，在热熔过程中可严格控制热熔温度在聚乙烯材料的合理加工范围内避免温度过高导致聚合物过度分解。

施工期采取的大气环境保护措施均是常规环保措施，在国内外类似工程中应用广泛，在经济、技术等方面可行。

7.1.1.3 施工期噪声污染防治措施

(1) 施工单位必须选用符合国家有关标准的施工机械，尽量采用低噪声的施工机械和工艺，同时应加强各类施工设备的维护和保养，保持其良好的运转，以便从根本上降低噪声源强。

(2) 为保护施工人员的健康，施工单位要合理安排人员轮流操作高噪声的

施工机械，减少接触高噪声的时间，对距高强噪声源较近的施工人员，除采取戴保护耳塞或头盔等劳保措施外，还应适当缩短其劳动时间。

(3) 在作业过程中加强对各种机械的管理、维护和保养，使施工机械保持良好的运行状态，减少因机械磨损而增加的噪声。

(4) 锚固系统安装投放时水下施工可通过优化施工工艺，如采用静压式等方式，降低水下撞击噪声；避免在鱼类繁殖期等敏感时期进行高噪声作业。

施工期采取的噪声环境保护措施均是常规环保措施，在国内外类似工程中应用广泛，在经济、技术等方面可行。

7.1.1.4 施工期固废处置措施

(1) 施工船舶垃圾应做好日常的收集、分类与储存工作，上岸后交由环卫部门统一处置，严禁将船舶垃圾倾倒入海污染水域。

(2) 施工废弃物中可利用的物料较多，施工单位应分类收集后，交由相关单位进行回收综合利用，严禁随意抛弃。

(3) 施工船舶维修产生的废机油、含油抹布等危险废物，由施工单位收集上岸后由维修单位交由有危险废物处理资质的单位处理，不得在施工范围内进行暂存及处置。

(4) 网箱岸上组装过程中产生的废弃塑料浮具、包装材料等，及时清理和回收利用处置，不堆积在岸边，严禁将其投入海域中。网箱聚乙烯管道热熔连接过程中铣削下来的管材边角料、废弃的管件等少量固体废弃物均收集后回收利用处置。组装结束后，对临时组装场地进行垃圾清理，恢复原状。

施工期采取的固废处置措施均是常规环保措施，在国内外类似工程中应用广泛，在经济、技术等方面可行。

7.1.2 营运期污染防治措施

7.1.2.1 营运期水污染防治措施

(1) 船舶含油污水处理

船舶含油污水暂存于船舶含油污水收集舱，上岸后交由有处理能力的单位清运处置。严格管理，对跑、冒、漏严重的船只严禁参加作业；并加强船舶的

管理与养护，杜绝石油类物质泄漏，减少海水受污染的可能性。

（2）船舶生活污水处理

运维人员生活污水主要产生于工作船舶上，船舶生活污水由船舶配备专门的生活污水储水柜集中收集后，运输上岸后由接收单位收运处理，不得直接排放入海。

运营期船舶生活污水和含油污水处置方式一致，均与有资质的污染物接收单位签订服务协议，由专业接收船（“船-船-岸”模式）接收后转运，详见上文表 7.1.1-1。

（3）网箱养殖污染物和网箱清洗废水

网箱养殖污染物随着养殖进程自然排海，可通过合理控制投饵和养殖规模、优化养殖密度、加强环境监测与管理等措施降低网箱养殖污染物等影响。

本项目在原位进行网箱清洗，禁止在神泉珍稀濒危物种分布区、惠来县人工鱼礁重要渔业资源产卵场等海洋生态保护红线敏感区域及附近清洗网衣，应严格控制网衣清洗方式，且清洗时应多批次小批量的方式进行，将清洗网箱产生的污染控制在本项目养殖范围内，减小对海水水质的影响。

7.1.2.2 营运期大气污染防治措施

本项目营运期对大气环境影响主要体现在作业船舶、柴油发电机燃油废气。

（1）加强对作业船舶和发电机的维修保养，对作业船舶和发电机进行定期保养，保证其处于良好的运转工况，可减少废气污染物的排放。

（2）根据《交通运输部关于印发船舶大气污染物排放控制区实施方案的通知》（交海发〔2018〕168 号），①本项目位于沿海控制区范围，该区域执行“2019 年 1 月 1 日起，海船进入排放控制区，应使用含量不大于 0.5% m/m 的船用燃油”的要求。本项目营运期的作业船舶应使用硫含量不大于 0.5% m/m 的船用燃油，保持船舶燃油发动机的良好性能，确保尾气中硫氧化物和颗粒物排放控制达标。②若作业船舶未使用硫含量不大于 0.5% m/m 的船用燃油，则作业船舶需安装硫氧化物和颗粒物污染控制装置等替代措施，以确保尾气中硫氧化物和颗粒物排放控制达标。

（3）柴油发电机使用低硫燃料，进一步降低废气排放对大气环境的影响。

营运期采取的大气环境保护措施均是常规环保措施，在经济、技术等方面可行。

7.1.2.3 营运期噪声污染防治

本项目营运期的噪声主要为船舶及其鸣笛噪声、柴油发电机噪声。拟采取以下防治措施如下：

(1) 将低噪声作为船舶和发电机选型参数之一，尽可能选择低噪声设备，从源头控制机械、动力设备噪声影响。

(2) 对船舶和发电机进行定期检修，保持其正常运行、正常运转，减少因不良运行产生的噪声。

(3) 合理疏导船舶，加强船岸协调，尽量减少船舶鸣笛次数，建议夜间禁止船舶鸣笛。

营运期采取的噪声环境保护措施均是常规环保措施，在经济、技术等方面可行。

7.1.2.4 营运期固废处置措施

本项目运营期产生的固体废物主要有船舶生活垃圾、养殖设施废弃物、废饲料包装袋、病死鱼、网箱清洗产生的附着生物和污损生物、海洋垃圾等。

(1) 作业船舶应配备有盖、不渗漏、不外溢的垃圾储存容器或垃圾袋收集生活垃圾，生活垃圾集中收集上岸后交由环卫部门统一处理，严禁将作业船舶生活垃圾投入海域中。

(2) 养殖期间投放饲料产生的废饲料包装袋和养殖设施废弃物（如废弃浮子、网衣等）收集后运回陆地，交由物资回收公司回收利用，不在海域丢弃。

(3) 网箱养殖过程产生的病死鱼应从网箱中转移出来，并放在干净、密封的容器中，避免病死鱼在暂存、运输过程中掉落或溢出，装船运往陆域交由有资质的单位进行无害化处置。

(4) 项目海域水体交换速度快，在控制网箱养殖规模的情况下，鱼类得病率较低，基本不使用鱼药，以预防为主。在病害流行季节做好疾病预防工作，加强监测和投喂管理，当发现病情时需要及时诊治。

(5) 网箱清洗产生的附着生物和污损生物均随清洗废水自然排海，回归海洋循环，清理出的海洋垃圾作为一般固废统一收集上岸，交由环卫部门处理。

(6) 网箱进行分批清洗，清洗时可精准定位污损严重的区域进行清洗，避免对整个网衣进行过度清洗，减少清洗废水和污损生物残骸的排放。

7.1.2.5 饲料及投放污染防治措施

(1) 选择以配合饲料为主作为养殖饲料。

(2) 按照有关技术规范 and 标准，根据鱼类不同的成长时期和水温，合理控制饵料投放量，尽量减少饵料的损失。

(3) 选择和平潮期或潮流流速较小时段投放饵料，尽量避免或减少饵料被强流带出网箱外。

7.1.2.6 退役后养殖设施拆除的污染防治措施

一、污染防治及减缓措施

1.科学规划拆除顺序和范围

在拆除前，对养殖区域进行详细调查和评估，合理规划拆除范围，避免过度拆除导致生态系统的突然变化。

2.采用环保拆除技术

使用低噪音、低振动的拆除设备，减少对海洋生物的惊扰。对于网箱等设施，可采用切割、分解等方式进行拆除，避免使用爆炸等可能对海洋环境造成严重破坏的方法。

3.及时清理拆除废弃物

拆除过程中产生的废弃物，如网箱材料、浮球、绳索等，应及时收集并运至指定地点进行无害化处理或回收利用，防止其成为海洋垃圾，污染海洋环境。

二、应急措施

1.制定应急预案

针对拆除过程中可能出现的突发环境事件，如废弃物泄漏、海洋生物受伤等，制定详细的应急预案，明确应急处置流程、责任分工和救援措施。

2.建立应急响应机制

成立应急响应小组，配备必要的应急设备和物资，如围油栏、吸油毡、防护用品等。一旦发生突发环境事件，能够迅速启动应急响应，采取有效措施控制事态发展，减少对海洋环境的影响。

3.加强与相关部门的协作

与生态环境、交通、渔业等相关部门建立密切的协作机制，及时通报拆除工作进展和突发环境事件情况，共同开展应急处置工作。

通过以上减缓措施和应急措施，可以在一定程度上降低网箱等养殖设施拆除对海洋环境的影响，保护海洋生态系统的平衡和稳定。

7.2 非污染环境保护措施

7.2.1 施工期非污染环境保护措施

(1) 施工期将投入多艘施工船舶，施工海区船流密度将有所增加，对过往船舶的航行将产生一定的影响。

(2) 通过发布航海通告等手段及时公布本项目所在位置和相应标志，提醒过往船舶注意避让本项目作业范围。施工方应将施工进展情况与海事部门保持沟通。如施工期间发生突发事件，立即启动和执行紧急预案，并及时向海事主管部门报告。

(3) 施工水域应正确显示施工信号，主动与过往船只联系，注意避让，保证通航安全。建设单位应加强对施工作业和船舶航行的管理，应对作业船只进行安全检查，严格按照《中华人民共和国海上交通安全法》和《海上避碰章程》的规定航行和作业，防止事故发生，包括对重要机械、装备和有关资质的检查和确认。

7.2.2 运营期非污染环境保护措施

运营期非污染环境保护措施主要针对通航环境。项目选址未占用现状航道、航路，但网箱养殖占用海面空间，应在用海范围的四角布设警示浮标，防止小型船舶航经或接近养殖区。

7.3 生态环境保护措施

7.3.1 施工期海洋生态环境保护措施

(1) 优化施工方案，加强科学管理，在保证施工质量的前提下尽可能缩短水下作业时间。严格限制施工区域和用海范围，在划定的施工作业海域范围，禁止非施工船舶驶入，避免任意扩大施工范围，以减小施工作业对底栖生物等海洋生物的影响范围。

(2) 施工应避免恶劣天气，保障施工安全并避免悬浮泥沙剧烈扩散。

(3) 施工单位在施工前期应充分做好生态环境保护的宣传教育工作，组织施工人员学习有关法律法规，增强施工人员对海洋珍稀动物保护的意识；建议施工单位制定有关海洋生态环境保护奖惩制度，落实岗位责任制。

(4) 加强施工期废水和固体废弃物的监管力度，禁止废水和固体废弃物直接排放入海，从而对海洋生态环境产生影响，

(5) 本项目施工期应委托具有相应监测能力的环境监测单位对项目周围海域进行海洋环境的跟踪监测，针对跟踪监测发现的具体环境问题，及时反馈给施工单位，施工单位应根据跟踪监测结果及时调整和优化施工作业安排和生态保护措施。此外，施工过程中也须密切注意施工区及其周边海域的水质变化，如发现因施工引起水质明显变化而对周围海域海洋生物产生明显不良影响，应立即停工并检查、调整相应的污染防治设施。

(6) 网箱过程中产生的废弃塑料浮具、包装材料等，及时清理和回收利用处置，不堆积在岸边，严禁将其投入海域中。组装结束后，对临时组装场地进行垃圾清理，恢复原状。网箱岸上组装过程中产生的污染物均禁止直接排海入海。

7.3.2 营运期海洋生态环境保护措施

(1) 合理控制养殖规模，避免养殖对区域生态环境产生明显不利影响。

(2) 病害防控遵循“以预防为主，防治结合”的原则，对水质、鱼群健康及病原定期监测，早发现、早应对。

(3) 加强营运期废水和固体废弃物的监管力度，禁止废水和固体废弃物直接排放入海，从而对海洋生态环境产生影响，

(4)本项目营运期应委托具有相应监测能力的环境监测单位对项目周围海域进行海洋环境的跟踪监测，掌握海洋环境的发展变化趋势，及时采取调控措施。

(5)根据《现代化海洋牧场生态养殖工作指引（试行）》（粤农农函〔2023〕915号）养殖环境监测要求，海洋牧场应进行养殖轮休，具体要求内容如下：根据养殖海域环境质量状况进行休养。鱼类养殖网箱在同一海域连续养殖3年的，应开展强制性环境质量检测，如环境质量不符合相关环境质量标准要求，应休养至少1年，待环境质量符合相关标准后才能继续养殖。

(6)养殖过程应优化饵料营养组成及投喂方式，饲料中加入易消化的碳水化合物可提高蛋白质利用率，通过选择饲料中所含的能量值与蛋白质含量的最佳比，可以减少饲料中氮的排泄。对于投喂来讲，确定适宜的投饵量，减少残饵和散饵的数量，减少饲料损失，仔细地监控食物摄入是非常重要的。购买能在水中暂时不沉并保持一定时间悬浮状态的颗粒饵料，使投喂的饵料大部分都能被鱼吃掉，不至于浪费和沉到水底淤积。

7.3.3 珍稀水生生物保护措施

此外，据调查，前詹、神泉近岸分布有鲎、海龟、龙虾等珍稀濒危物种。

本项目施工期及运营期可能对海域珍稀水生生物造成一定程度的影响，关于珍稀水生生物保护，本报告提出以下措施：

1.加强施工监督与管理，严格落实各项水污染防治措施，营造良好水生生物生境条件。施工进场前需开展施工人员环保培训，提高其生态环境保护意识，禁止以任何形式捕杀、伤害鲎、海龟、龙虾等珍稀水生生物。

2.项目可选择小潮期进行施工作业，并应尽量避让鱼类繁殖期（每年3月～6月）。禁止向水生动物自然保护地直接排放施工期和运营期废水、固体废弃物等污染物。

3.项目养殖区域严禁投放外来水生生物，尤其是入侵物种，降低生物入侵造成的生态风险事故。

4.落实报告中提出的环境风险防范措施及环境应急预案，建立与当地政府相关部门环境风险应急联动机制，并开展海洋生态监测，以避免、减缓和控制对珍稀水生生物的不良影响。

5.对于项目建设造成的生物资源损失，应根据农业农村主管部门要求，开展人工增殖放流、鱼类栖息地恢复等措施进行生物资源恢复。

7.3.4 海洋生态补偿方案

《中国水生生物资源养护行动纲要》（国发〔2006〕9号）明确提出：建立健全水生生物资源有偿使用制度，完善资源与生态补偿机制。按照谁开发谁保护、谁受益谁补偿、谁损害谁修复的原则，开发利用者应依法交纳资源增殖保护费用，专项用于水生生物资源养护工作；对资源及生态造成损害的，应进行赔偿或补偿，并采取必要的修复措施。目前，海洋工程的生态补偿通常有以下三种方式：

（1）经济补偿；

（2）资源补偿：对重要生物资源（鱼类、底栖动物和鱼卵仔鱼）的损失应进行人工增殖放流补充；

（3）生境补偿：对受到破坏的海洋生境（自然产卵场、繁殖地、育幼场和索饵场）进行恢复与重建。

根据国务院《关于印发中国水生生态资源养护保护行动纲要的通知》精神，建设单位应当按照有关法律规定，制定项目对生态资源损失的生态补偿方案，采取增殖放流等修复措施，改善水域生态环境，实现渔业资源可持续发展，促进人与自然的和谐发展，维护水生生物多样性。本项目按照“损失多少，补偿多少”的生态补偿原则，对工程造成的生态资源损失予以补偿。

为了缓解和减轻工程对所在海洋生态环境的不利影响，建设单位应根据农业部《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007）的有关规定，对项目附近水域的生物资源恢复作出经济补偿。结合本项目海域周边实际情况，主要采取海洋生物资源补偿与生态环境修复等方式进行生态补偿。建设单位实施生态补偿措施之前应编制具体的实施方案报农业农村主管部门审定，并接受监督。

7.4 环境保护设施和对策措施一览表

本项目施工设备的选择合理，所采用的施工工艺是相对清洁的生产工艺。针对施工期和营运期中可能出现的污染提出环境保护措施，对可能造成的生态

影响提出针对性措施进行生态环境保护措施和生态补偿方案，将可有效防止本项目建设对环境造成的影响。从可持续发展角度考虑，本工程环保投资产生的环境效益将远大于环保投资费用本身。因此，本文所提出的环境保护措施在技术上和经济上都是切实可行的，并将收到显著的效果，具有技术、经济可行性，应在项目的施工全过程加以落实。

表 7.4-1 项目环境保护设施和对策措施一览表

实施时间	污染源	影响因素	环境保护措施	预期效果
施工期	悬浮泥沙	海水水质、沉积物	合理安排施工顺序和进度，选择中、小潮、海况好的时间，文明施工，以减小底泥扰动的影响范围	对海水水质、沉积物环境基本不造成不良影响
	船舶生活污水		经收集上岸后由接收单位收运处理	
	船舶含油污水		经收集上岸后由接收单位收运处理	
	船舶生活垃圾	固体废物	收集上岸后交由环卫部门统一处置	
	施工废弃物		分类收集后，交由相关单位进行回收综合利用或交由环卫部门清运	
	废机油、含油抹布		收集上岸后交由有处理资质的单位处理	
	施工机械、船舶燃油废气	大气环境	选用符合国家标准清洁燃油，定期维护和保养发动机	不对周围大气环境造成明显不良影响
	网箱安装过程中管道热熔产生的 VOCs		分批进行热熔连接操作，控制热熔温度的合理加工范围	
	施工机械及船舶噪声	噪声	严格控制施工机械及船舶的噪声限值，禁止超过国家规定的噪声排放标准	不对周围声环境造成明显不良影响
	水下施工噪声		优化施工工艺，避免在鱼类繁殖期等敏感时期进行高噪声作业	
	生态环境保护措施	海洋生态	尽可能避开主要经济鱼类产卵期和繁殖期，制定生态补偿措施等	使受到破坏的生态环境尽快恢复
营运期	船舶生活污水	海水水质、沉积物	经收集上岸后由接收单位收运处理	对海水水质、沉积物环境基本不造成不良影响
	船舶含油污水		经收集上岸后由接收单位收运处理	
	网箱养殖污染物		合理控制养殖规模、密度；选择合适饵料科学投喂	
	网箱网衣清洗废水	固体废物	自然排海	
	船舶生活垃圾		收集上岸后交由环卫部门统一处理	
	养殖设施废弃物		分类收集后，交由相关单位进行回收综合利用	

实施时间	污染源	影响因素	环境保护措施	预期效果
	废饲料包装袋		收集上岸后，交由相关单位进行回收综合利用	
	病死鱼		放在干净、密封的容器中，装船运往陆域交由有资质的单位进行无害化处置	
	附着生物、污损生物		自然排海	
	海洋垃圾（绳子、塑料等）		收集上岸后交由环卫部门统一处理	
	作业船舶、柴油发电机燃油废气	大气环境	加强对作业船舶和发电机的维修保养；使用低硫燃料	不对周围大气环境造成明显不良影响
	船舶及其鸣笛噪声、柴油发电机噪声	噪声	选用低噪声的设备、控制船舶鸣笛	不对周围声环境造成明显不良影响
	生态环境保护措施	海洋生态	加强营运期废水和固体废弃物的监管力度，禁止废水和固体废弃物直接排放入海；根据养殖海域环境质量状况进行休养等	不对周围海洋生态环境造成明显不良影响
溢油风险		环境风险	风险防控措施，制定溢油风险事故应急预案。	尽量降低发生风险事故的可能性
跟踪监测		/	对项目周围海域进行海洋环境的跟踪监测	掌握海洋环境的发展变化趋势，及时采取调控措施

8 环境经济损益分析

8.1 环保投资估算

本报告拟采取的清洁生产和污染防治措施主要针对会对海洋环境造成影响的水污染和固体废物污染，并提出了生态保护措施，比较清楚、具体，可以有效执行，能够达到环境保护的要求。

根据当前的市场经济价格估算，本次评价所提出各项污染防治措施费用约为 300 万元，项目总投资 16982.59 万元，环保投资占总投资的 1.77%。

表 8.1-1 本环保投资估算表

阶段	环保措施		环保投资概算(万元)
施工期	废水污染治理	污水运输费、污水处理站排污费等	10
	噪声污染治理	机械船舶保养	5
	固体废物处理	船舶生活垃圾处理、施工废弃物处理	5
	环境风险应急	溢油处理设施等	10
	环境监理	环境监理费用	36
	环境跟踪监测	水质、沉积物、生态等	50
营运期	废水污染治理	污水暂存设施、污水运输费、污水委托处理费等	20
	固体废物处理	固废收集、暂存以及委外处理	10
	环境跟踪监测	海水水质、沉积物、海洋生态等	50
	环境风险应急	溢油处理设施	10
全阶段	生态损失补偿费	生态恢复	72
	预留费用	其他不可预见环保设施费用	22
合计			300

8.2 环境保护经济损益分析

8.2.1 正面效益

海洋牧场作为新型的海洋渔业生产方式，是一种利用现代科学技术支撑，运用现代管理方法进行管理，实现生态健康、环境优良、资源丰富、产品安全的现代渔业生产方式。建设现代化海洋牧场，一方面保护和恢复遭到破坏的渔

业资源，另一方面科学合理的养殖、采捕计划，实现渔业资源的可持续开发利用。海洋牧场综合体建设能够修复和优化水域生态环境，使海域的生态、环境、资源与生产处于平衡良好状态，为海洋生物提供良好的环境，保障该海域优质海产品的可持续生产，有利于促进现代化新型渔业的发展。

本项目建成后可以有效推动海洋牧场相关技术和装备的发展，实现深海养殖装备技术自主可控，推动工农业融合发展，推动传统养殖产业转型升级。通过落实本项目海洋牧场建设，逐步引导近海养殖向深远海迁移，有效扩大广东省海水养殖空间，提高海洋资源利用率，实现海洋环保与绿色生态养殖，保障人民健康高蛋白供给，助力我国海洋生态文明建设，满足人民对美好生活的不断追求。大型深海渔场是海上民用基础经济设施，是具备常态化生存能力的海上国土。

项目建设有利于促进渔民转产转业，将给当地渔业、建筑业、运输业、加工制造业、旅游业等带来良好的社会效益，网箱建设所需的大量管材、钢材将给建筑业、运输业带来发展机遇，所需的大量人力将带动当地就业。项目将为渔民从事海水养殖、水产品加工、流通和餐饮服务业创造条件和就业机会，提高渔民收入和生活质量，推动渔业村镇的振兴。

本项目的建设对惠来县经济发展的推动起到了不可或缺的作用。以现代化养殖技术、智慧农业管理等为核心的海洋牧场的建设，可以带动产业升级和转型，提高产出效益和经济增长水平，创造更多的就业机会和增长模式，推动当地现代化海洋牧场建设和高质量发展。

8.2.2 环境负面效益估算

(1) 生态破坏经济损失

项目建设网箱投放锚碇等占用海域会对底栖生物造成一定影响，另外，施工产生的悬浮泥沙会减弱阳光的穿透度及降低海水水质，也造成海洋生物一定的损失。工程施工引起的悬浮泥沙浓度增加具有短暂性特点，且施工期较短，不会产生长期的、不可恢复性的不良影响。

以上生态环境损失，可以通过适当的环保措施来减缓直至消除。有些是阶段性的，如施工水域附近局部海域水体悬浮泥沙增加导致浮游生物受到损害，施工期的扰动影响将随施工结束而逐渐消失。

(2) 水污染经济损失

水体污染通常是指受人为因素而引起的，即由于废污水的排放，使得起初为清洁的天然水体水质超标，导致水体功能减弱或丧失而遭受的经济损失。据水质预测结果，SS 污染经济损失已计入生态损失中。

(3) 沉积物环境损失

工程施工对海域沉积物环境的扰动主要表现在施工引起的悬浮泥沙在随潮流涨落运移过程中，其粗颗粒部分将迅速沉降在工程区附近海底，而细颗粒部分在潮流向边滩运移过程中慢慢沉降于海底，引起局部海域表层沉积物环境的变化。由于工程施工产生的悬浮泥沙来源于附近海域表层沉积物本身，所以施工不会对沉积物环境产生较大影响。

8.3 社会经济影响分析

海洋牧场建设模式对传统产业链的延伸起到了巨大的引领作用，带动了传统渔业产业的转型升级。海洋牧场的发展带动了水产品精深加工、冷链物流、休闲旅游、装备研发制造等产业的快速发展，满足了群众对优质水产品和渔业服务的需求，促进了海洋一二三产业的融合发展。

(1) 经济增长

本项目的建设能够促进当地经济的发展，增加地区生产总值。通过海洋牧场网箱养殖，可以带动渔民增产增收，推动经济增长。本项目的实施直接增加海水鱼产量约 2600 吨/年、鲍鱼 672 吨/年，产值 21039 万元/年。

(2) 产业升级

本项目的建设有助于推动惠来县海洋经济的转型升级。通过引入现代科技和管理方法，提高海洋养殖的效率和产品质量，形成多元化的产业结构，增强经济的可持续发展能力。

(3) 社会就业

本项目的建设和运营将新增大量的工作岗位，这为当地居民提供了新增就业机会。有效缓解就业压力，提高社会就业率。

本项目每艘多功能辅助船一个班组 5 人，小计 15 人；每艘养殖快艇一个班组 3 人，小计 15 人；管维基站平台 1 座，配置 8 人；物资采购、仓储、产品销

售等人员 20 人，管理人员 5 人；合计增加工作人员 63 人；增加生产高峰期临时用工和产业链相关人员数量数百人。

8.4 环境保护的技术经济合理性

项目施工期间对水生生态、底栖生物资源等会产生一定程度的影响，但影响范围有限，时间短，随着施工期结束，其影响也随之消失。

根据前述章节分析，项目对生态环境的负面影响较小，项目施工、营运各阶段产生的污染物均能得到有效控制，对周围生态环境基本不会造成明显不利影响。施工期及营运期拟采取的环境保护措施具有针对性，污染防治技术成熟可行，环保建设投资比例适中，经济合理，采取措施后项目各阶段污染物均能得到有效治理与控制，基本不会对环境产生较大影响。根据本项目设计方案，在建设范围内布置网箱养殖，使规划海区局部水域生态系统得到修复海洋捕捞作业方式明显优化，捕捞产量资源再生量相协调。综合分析项目的建设经济损失，项目建设带来的环境资源损失和负面影响有限，项目建设带来的社会经济效益和生态效益明显。因此，从环境保护的经济技术合理性分析，本项目是可行的。

9 产业政策与规划相符性分析

9.1 产业政策符合性分析

根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（国家发展和改革委员会令 第 7 号），本项目为养殖项目，属于该指导目录中鼓励类的“一、农林牧渔业”中“14、现代畜牧业及水产生态健康养殖”中的“淡水与海水健康养殖及产品深加工，淡水与海水渔业资源增殖与保护，海洋牧场”为鼓励类建设项目，不属于淘汰类和限制类，本项目与国家产业政策相符。

对照国家《市场准入负面清单（2025 年版）》，本项目不属于禁止准入类项目。

2019 年 1 月，中共中央、国务院发布了《关于坚持农业农村优先发展做好“三农”工作的若干意见》（中发〔2019〕1 号），文件提出调整优化农业结构“推进海洋牧场建设，规范有序发展远洋渔业”。同年 2 月，《关于加快推进水产养殖业绿色发展的若干意见》（农渔发〔2019〕1 号），提出了水产养殖业绿色发展的总体要求，加强科学布局，转变养殖方式，改善养殖环境等重要措施。同年 10 月，农业农村部办公厅颁发了《关于修订深水抗风浪网箱补贴标准有关内容的通知》（农办渔〔2019〕31 号），明确了发展深水网箱、深远海养殖装备的补贴范围和标准，鼓励产学研发展深远海养殖产业。本项目为深水网箱养殖项目，符合以上相关政策。

9.2 与“三线一单”生态环境分区管控的符合性分析

9.2.1 与《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》的符合性分析

广东省人民政府于 2020 年 12 月 29 日发布《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）。该方案适用于广东省行政区域，作为各地、各部门规划资源开发、产业布局和结构调整、城镇建设以及重大项目选址的重要依据，并在政策制定、规划编制、执法监管过程中实施应用。“三线一单”的基本原则是：

生态优先，绿色发展。深刻践行“绿水青山就是金山银山”的发展理念，把生态环境保护摆在战略突出位置，以资源环境承载力为先决条件，将生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线落实到区域空间，持续优化发展格局，促进经济社会绿色高质量发展。

分区施策，分类准入。强化空间引导和分区施策，推动珠三角优化发展、沿海经济带环境经济协调发展、粤北生态发展区在保护中发展，构建与“一核一带一区”相适应的生态环境空间格局。针对不同环境管控单元特征，实行差异化环境准入，突出精细化、精准化管理。

统筹实施，动态管理。坚持省级统筹、上下联动、区域协同，构建共建共享、分级实施体系；结合经济社会发展和生态环境改善的新形势、新任务、新要求，定期评估、动态更新调整。

根据《广东省人民政府关于印发广东省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》（粤府〔2020〕71号），本项目位于“田尾山-石碑山农渔业区（揭阳范围）”一般管控单元（见图9.2.1-1）。

本项目建设符合“田尾山-石碑山农渔业区（揭阳范围）”一般管控单元的管控要求。项目建设符合《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》。

表 9.2.1-1 与广东省“三线一单”符合性分析

管控类别		管控要求	项目相符性分析
田尾山-石碑山农渔业区（揭阳范围）	区域布局管控	1.开发利用海洋资源，应当根据国土空间规划合理布局，不得造成海洋生态环境破坏。	本项目为海洋牧场项目，本项目污染较小，不会对海洋生态环境造成破坏，项目建设符合要求。
	能源资源利用	1.规范渔业生产环保要求，防范渔业污染风险。 2.引进海洋动植物物种，应当进行科学论证，避免对海洋生态系统造成危害。	本项目实施工程中将严格按照相关规定开展养殖，严控养殖风险；项目养殖品种为当地常见经济鱼类和鲍鱼，不涉及新物种引进，不会对海洋生态系统造成危害，项目符合要求。
	污染物排放管控	1.合理控制渔业养殖规模和密度，推广生态养殖模式。 2.严格控制近海捕捞强度，实行近海捕捞产量负增长政策，严格执行伏季休渔制度和捕捞业准入制度。	本项目合理安排养殖密度，科学养殖，不属于近海捕捞项目，本项目符合要求。
	环境风险防控	1.污水和生活垃圾必须科学处置、达标排放，禁止直接排入海域。 2.海水养殖应当科学确定养殖密度，并应当合理投饵、施肥，正确使用药物，防止造成海洋环境的污染。	项目产生的污水和生活垃圾均收集上岸处置，不直接外排入海；本项目合理安排养殖密度，并在养殖过程中合理投饵和控制鱼药使用，对海洋环境的污染可接受，项目符合要求。

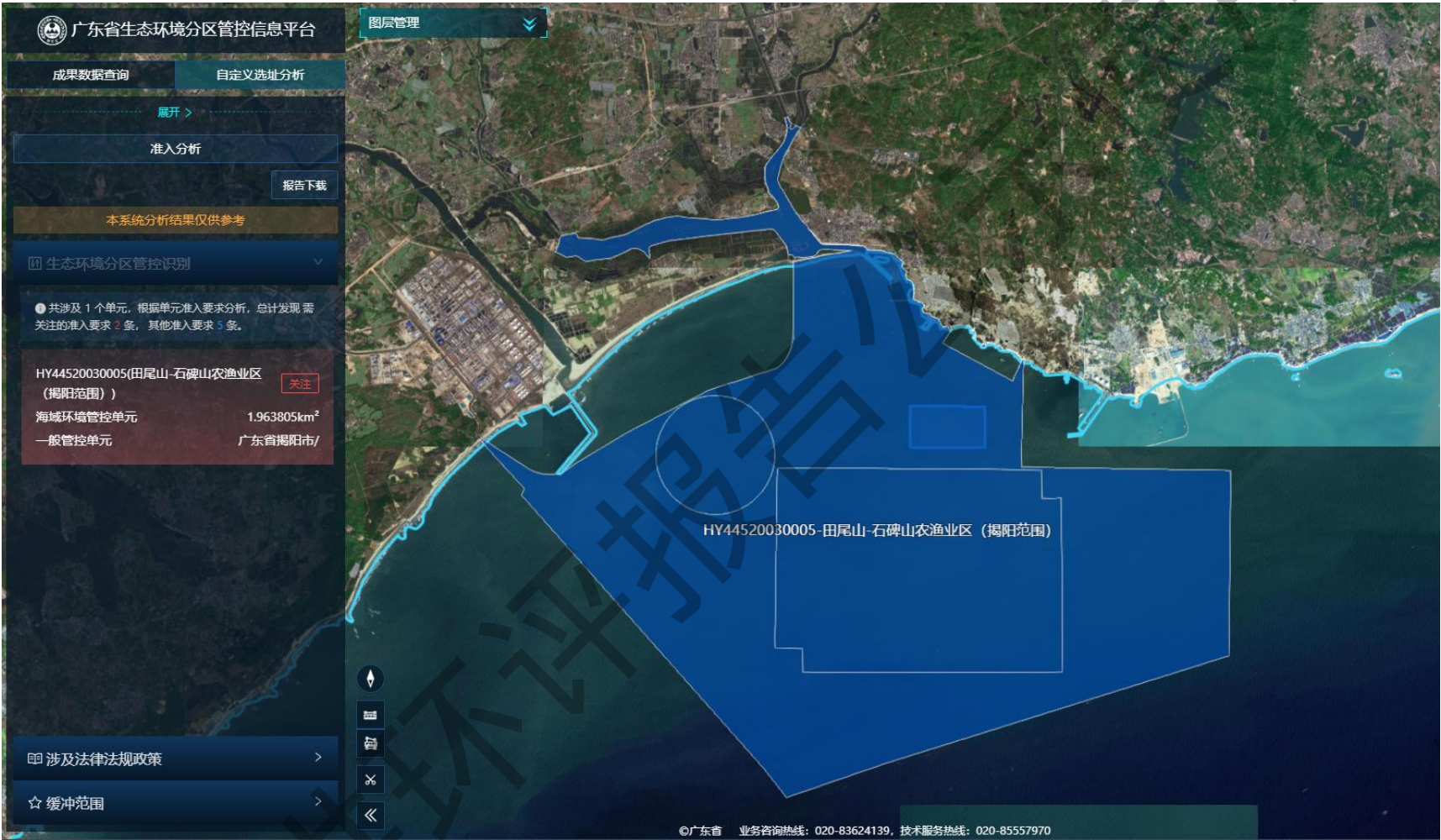


图 9.2.1-1 本项目与广东省“三线一单”生态环境分区位置关系示意图

9.2.2 与《揭阳市“三线一单”生态环境分区管控方案》的符合性分析

根据《揭阳市“三线一单”生态环境分区管控方案》，本项目占用“田尾山-石碑山农渔业区一般管控单元”，属于一般管控单元，环境管控单元编码为HY44520030005。

该管控单元管控要求与《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》中的管控单元要求一致，因此，本项目建设也符合《揭阳市“三线一单”生态环境分区管控方案》。

表 9.2.2-1 近岸海域一般管控单元准入清单（田尾山-石碑山农渔业区一般管控单元）

序号	环境管控单元编码	环境管控单元名称	行政区划		管控单元分类	区域布局管控	能源资源利用	污染物排放管控	环境风险防控
			省	市					
1	HY44520030005	田尾山-石碑山农渔业区一般管控单元	广东省	揭阳市	一般管控单元	1.开发利用海洋资源，应当根据国土空间规划合理布局，不得造成海洋生态环境破坏。	1.合理控制渔业养殖规模和密度，推广生态养殖模式。 2.严格控制近海捕捞强度，实行近海捕捞产量负增长政策，严格执行伏季休渔制度和捕捞业准入制度。	1.污水和生活垃圾必须科学处置、达标排放，禁止直接排入海域。 2.海水养殖应当科学确定养殖密度，并应当合理投饵、施肥，正确使用药物，防止造成海洋环境的污染。	1.规范渔业生产环保要求，防范渔业污染风险。 2.引进海洋动植物物种，应当进行科学论证，避免对海洋生态系统造成危害。

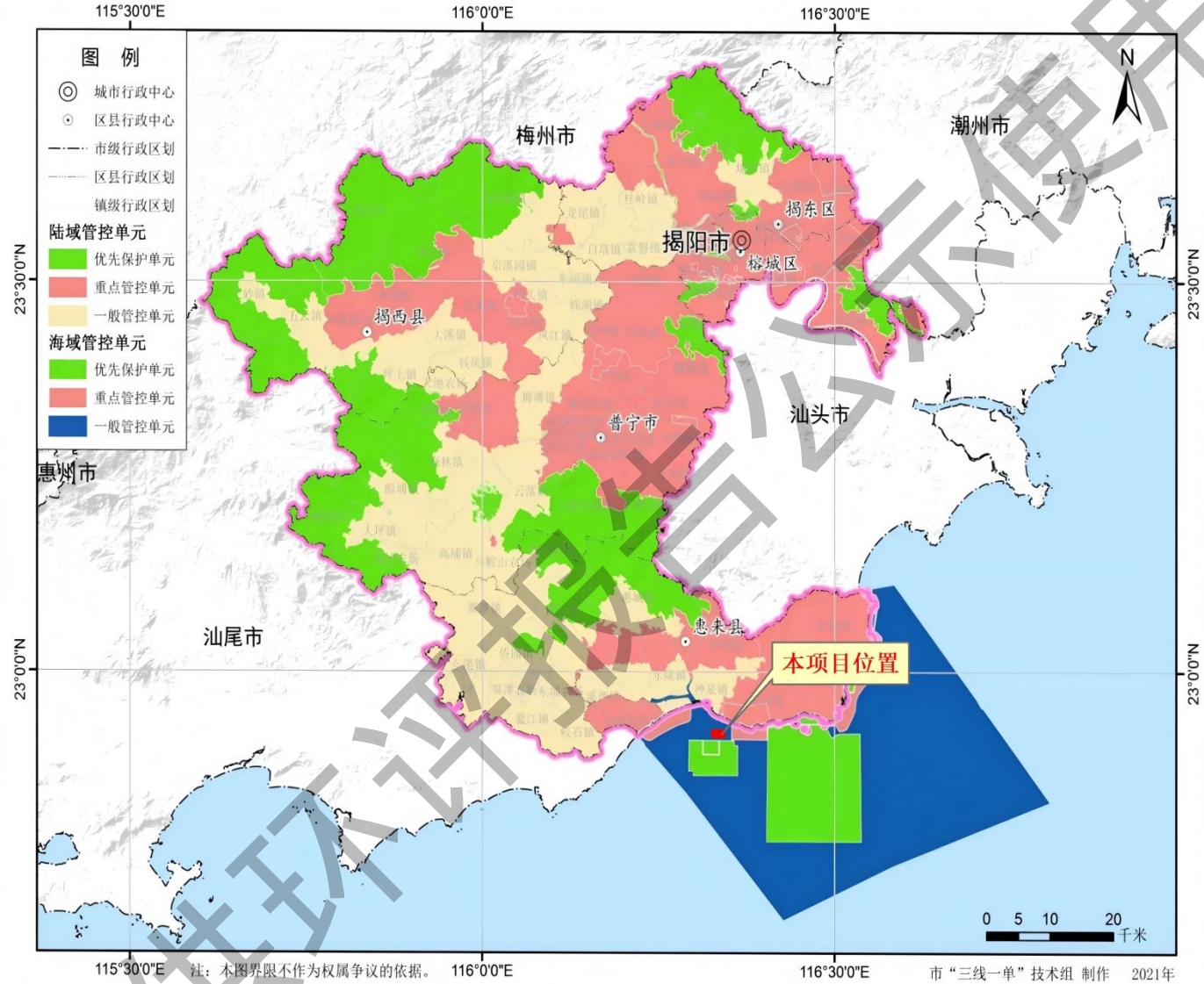


图 9.2.2-1 项目位置与揭阳市环境管控单元位置关系图

9.3 与国土空间的符合性分析

9.3.1 与《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》的符合性分析

根据《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》，其提出“打造开放活力的海洋空间”，“推进海洋生态修复和环境治理，构建通山达海、城海相融的滨海景观体系，统筹航运交通、能源矿产、**渔业养殖**、基础设施布局，增强海岸带综合承载力，推动海岸带高质量发展”，“拓展蓝色发展空间……**发展深远海养殖，推动海洋牧场规模化发展**”，“优近用远完善用海布局。统筹各类用海布局，优先保障国防安全、航运交通、能源矿产等资源开发利用的用海需求和安全，严格执行建设项目用海控制标准。推动海上风电项目、**海洋养殖向深水区布局**，促进海上风电与海洋油气开发、深水养殖综合开发利用”，“海洋开发利用空间重点布局引导：**渔业用海**。合理安排珠江口渔场、汕头渔场、抱虎渔场、万山底渔场、放鸡-海陵渔场、湛江硇洲渔场等 18 个传统渔场及稔平半岛、镇海湾等 9 个近岸海水增养殖基地等渔业用海布局，**拓展深远海养殖空间**，满足渔港及渔业设施建设用海需求”。

根据项目所在海洋开发利用空间分布，本项目位于“渔业用海区”。项目主要用海内容为深水网箱养殖，用海方式为开放式养殖用海，与其所在“渔业用海区”主导功能一致。项目采用科学的养殖方式，对网箱养殖进行合理、科学布置，严格控制养殖密度，合理安排养殖规模结构。海洋牧场建设有助于发挥区域海洋资源效益优势助力海洋经济发展，筑造开放活力的海洋空间，与国土空间开发利用格局是相符的。本项目有利于推动揭阳市海洋经济发展、保护和修复海洋渔业资源环境、转变传统海洋渔业生产方式、发展海洋新兴经济产业、是推进海洋综合管理的重要举措。

综上，项目用海与《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》是相符的。

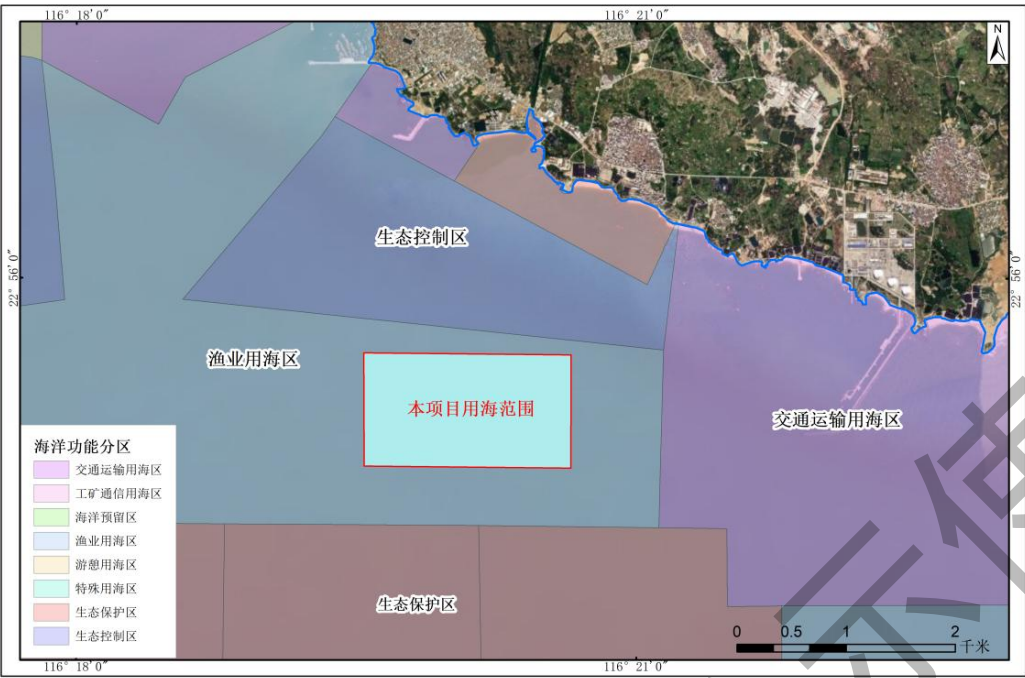


图 9.3.1-1 项目所在海洋开发利用空间分布图

9.3.2 与《揭阳市国土空间总体规划（2021-2035 年）》的符合性分析

2023 年 8 月 26 日，广东省人民政府批复了《揭阳市国土空间总体规划（2021—2035 年）》（以下简称《规划》）。

《规划》第五章 支撑城乡高质量融合，塑造精品农业空间 第一节 营造美丽集约的农业空间 第 23 条 构建“三区三带”农业空间总体格局 提出：滨海特色渔业示范带主要包括惠来沿海地区，结合渔港建设，重点发展远洋捕捞、海水养殖、水产品深加工业，加快建设现代化海洋牧场，推动海洋渔业转型升级，大力发展“海洋渔业+旅游”。

第十三章 加强陆海协调统筹，打造绿色活力海洋空间 第 144 条 优化陆海统筹发展格局 指出：坚持陆海统筹、港产城联动发展，优化形成“一廊两核，三湾四区”陆海融合开发保护新格局。……海洋绿色发展区重点推动海洋牧场、人工鱼礁建设及海洋渔业发展，打造“粤海粮仓”，推动海上风电建设，在保护中发展，打造“海上揭阳”。

通过本项目位置与揭阳市市域国土空间控制线规划图叠加图（图 9.3.2-1）可知，项目用海位置位于“滨海特色渔业发展示范带”，本项目用海不涉及生

态保护红线，不占用基本保护农田、城镇开发边界。

本项目为海洋牧场产业园建设，有助于有效配置渔业发展空间，优化海洋渔业产业布局，推动以海洋牧场建设为主要形式的区域性综合开发，促进渔民转产转业和渔业转型升级，形成生态、经济和社会效益协调发展的局面，与所在“滨海特色渔业发展示范带”发展指引要求相符。

综上所述，本项目与《揭阳市国土空间总体规划（2021-2035 年）》相符的。

揭阳市国土空间总体规划（2021—2035年）

市域农业空间规划图

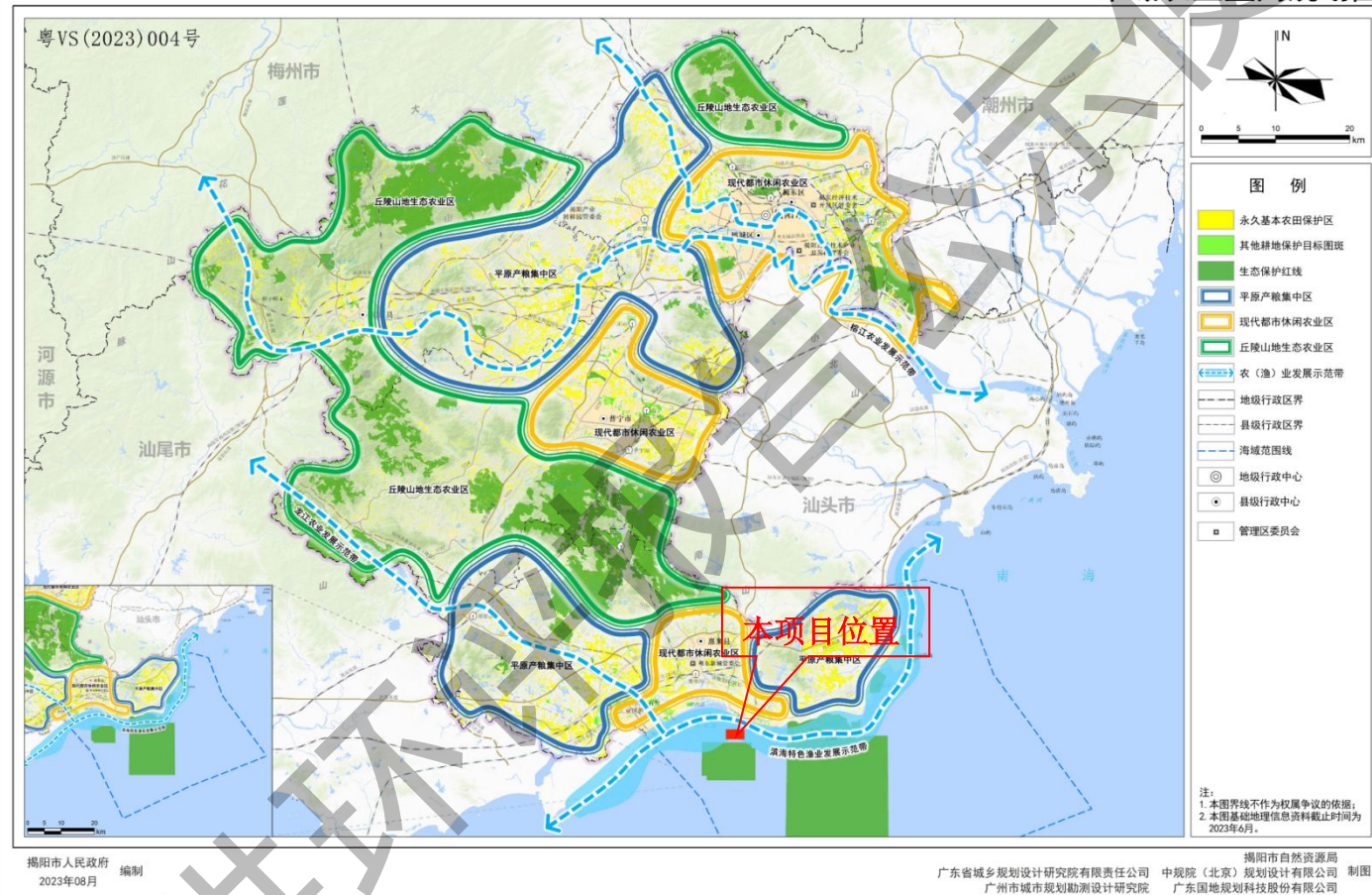


图 9.3.2-1 本项目位置与《揭阳市国土空间总体规划（2021-2035 年）》市域农业空间规划图叠加示意图

9.3.3 与《惠来县国土空间总体规划（2021-2035 年）》的符合性分析

2023 年 12 月 8 日，广东省人民政府批复了《惠来县国土空间总体规划（2021—2035 年）》（以下简称《规划》）（粤府函〔2023〕284 号）。《规划》是惠来县空间发展的指南、可持续发展的空间蓝图，是各类开发保护建设活动的基本依据，请认真组织实施。《规划》实施要坚持以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，全面贯彻党的二十大精神，深入贯彻习近平总书记对广东系列重要讲话、重要指示精神，围绕高质量发展首要任务和构建新发展格局战略任务，支撑惠来县打造沿海经济带上的产业强县，建设宜居宜业宜游的滨海新城。

《规划》第十三章 各镇发展指引 第五节 神泉镇 第 152 条 发展指引 提出：神泉镇以建设海丝文化特色小镇为目标，重点发展现代渔业、渔产品加工业、商贸物流业、滨海文化休闲旅游业等产业，打造揭阳滨海新区黄金海岸。

第十四章 陆海统筹 第一节 海洋空间格局 第 174 条 优化海洋空间格局 提出：坚持陆海统筹、港产城联动发展，优化形成“一廊四湾区、一核两空间”陆海融合开发保护新格局。……海洋发展空间是全县集中开发海洋资源、发展海洋经济的重要海域。海洋发展空间按照开发类型细分二级分类，细分为渔业用海区、交通运输用海区、工矿通信用海区、游憩用海区、特殊用海区和海洋预留区六类。加快推进海域使用权立体分层设权，在保障海域基本功能且用海活动互不排斥的前提下，支持渔业用海功能区内适度兼容旅游娱乐、电力工业等用海，发展休闲观光、渔光互补等新型海洋牧场项目；支持在游憩用海、工矿通信用海功能区内合理兼容渔业用海。

项目位于《规划》中的渔业用海区，本项目为海洋牧场产业园项目，用海方式为开放式养殖用海，在基本不影响海洋生态环境和交通运输的基础上，实现渔民增收、渔业增效的需要，项目的实施有利于带动闲置渔民就业，助力地区水产养殖产业结构调整及海洋经济发展，满足加快深海养殖业等新型农业的发展，对推动惠来县海洋经济持续增长有积极作用。本项目建设与《惠来县国土空间总体规划（2021-2035 年）》对该区的功能定位和发展方向及布局相符。

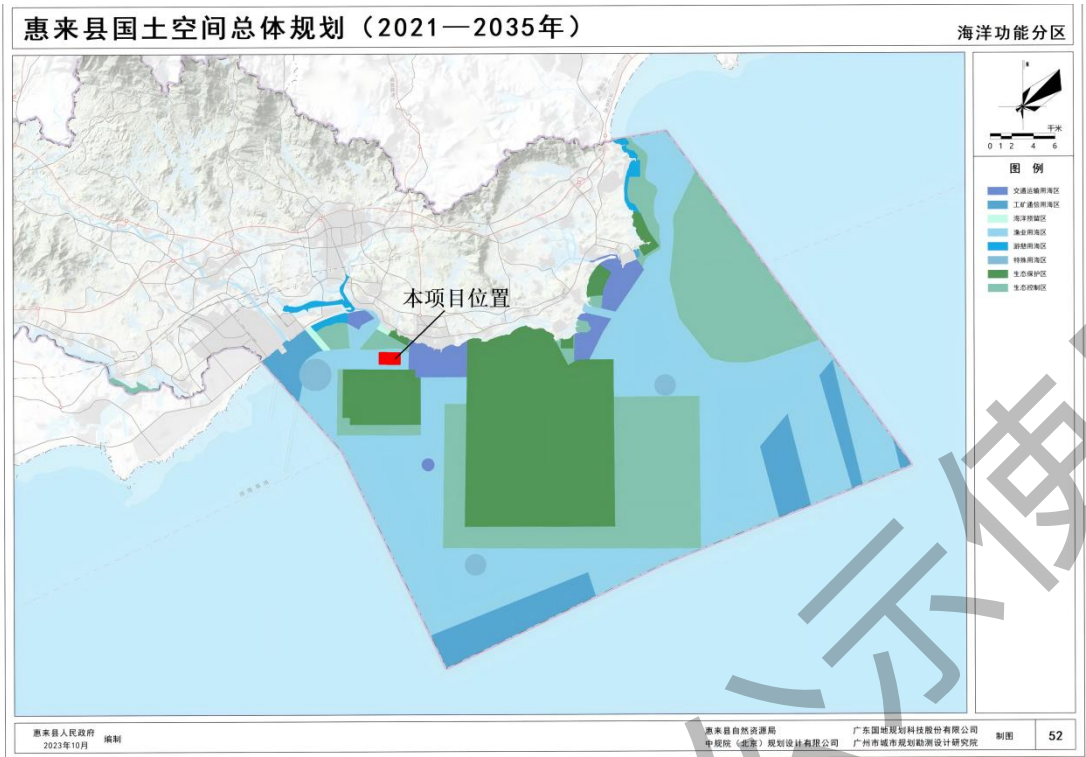


图 9.3.3-1 本项目与《惠来县国土空间总体规划（2021-2035 年）》海洋功能分区叠置图

9.4 与《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》的符合性分析

9.4.1 项目所在海洋空间分区情况

《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》经广东省人民政府同意并由广东省自然资源厅于 2025 年 1 月 23 日印发实施。

2021 年，根据国家部署，广东省自然资源厅（省海洋局）牵头组织对《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》进行修编，后规划名调整为《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》。本规划细化落实了《全国国土空间规划纲要（2021-2035 年）》确定的国土空间开发保护总体安排，衔接落实了《海岸带及近岸海域空间规划》的有关要求，是《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》在海岸带及海洋空间的细化和补充，是一定时期内广东省海岸带及海洋空间开发保护的政策总纲。

根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》的功能区分，本项目用海范围占用的海洋空间功能区为神泉南部渔业用海区。项目用海占用功能区情况如下图 9.4.1-1 所示，所在功能区登记表见下表 9.4.1-1。

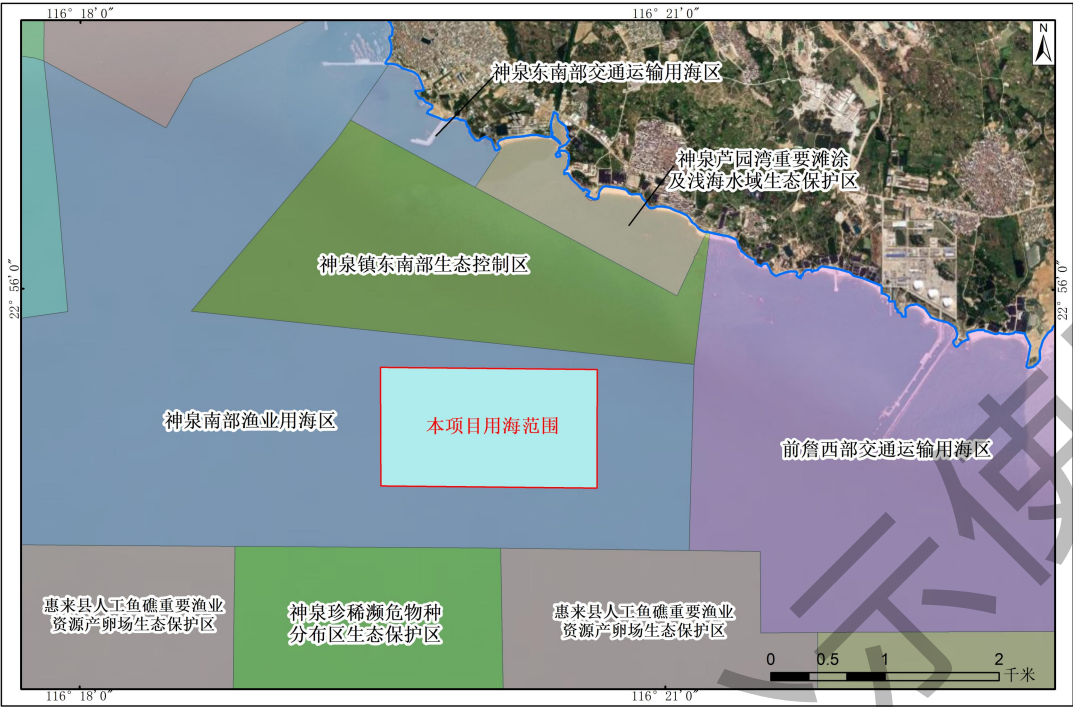



图 9.4.1-1 本项目用海范围与广东省海岸带与海洋空间规划功能区叠置图

表 9.4.1-1 广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）功能区登记表（神泉南部渔业用海区）

序号：[699]

名称		神泉南部渔业用海区		代码	610-086		<div>功能区位置图</div> 
分区类型		渔业用海区		位置	经度:116° 18' 1.105" E 纬度:22° 54' 33.727" N		
地理范围		惠来县神泉湾南部近岸海域					
空间资源现状	岸线长度（千米）	4.7619					
	潮间带面积（公顷）	16.6034					
	海域面积（公顷）	3540.0535					
	海岛数量（个）	有居民海岛	0		无居民海岛	3	
开发利用现状		有惠来县神泉示范性渔港建设项目。					
岸线类型	严格保护岸段	位置 (岸段序号)	44520150, 44520151, 44520153, 44520152			长度	0.5339
	限制开发岸段		44520179			(千米)	1.0553
	优化利用岸段		44520148, 44520149, 44520154, 44520155, 44520156, 44520157				3.1728
有居民海岛主体功能		——					
无居民海岛 (名称)	生态保护区内	——					
	生态控制区内	——					
	海洋发展区内	香黄石（农林牧渔业用岛）、东西湖礁（农林牧渔业用岛）、香黄石北岛（农林牧渔业用岛）					
管控要求	空间准入	1. 允许渔业基础设施、增养殖、捕捞等用海； 2. 可兼容海底电缆管道、航运、路桥隧道、海洋保护修复及海岸防护工程用海； 3. 探索推进海域立体分层设权，增养殖、捕捞、海底电缆管道、航运、路桥隧道等用海空间可立体利用。					
	利用方式	1. 允许适度改变海域自然属性； 2. 增养殖活动应避开航道，不得妨碍海上交通及海底电缆管道的安全； 3. 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。					
	其他要求	重点防范风暴潮和海平面上升灾害风险。					

功能区空间范围图



9.4.2 项目用海与所在海洋空间规划的符合性分析

项目用海与所在功能区管控要求符合性分析见下表 9.4.2-1。

经分析，本项目建设与所占用的神泉南部渔业用海区管控要求相符合。

表 9.4.2-1 项目用海与神泉南部渔业用海区管控要求符合性分析

序号	管控要求		符合性分析	是否 符合
1	空间 准入	1.允许渔业基础设施、增养殖、捕捞等用海； 2.可兼容海底电缆管道、航运、路桥隧道、海洋保护修复及海岸防护工程等用海； 3.探索推进海域立体分层设权，增养殖、捕捞、海底电缆管道、航运、路桥隧道等用海空间可立体利用。	1.本项目用海方式为开放式养殖用海，与用海区主导功能相符合； 2.项目用海方式与该功能区主导用海方式一致； 3.项目网箱需占用海面及海域空间，锚链固定需占用海底空间，不涉及立体确权。	符合
2	利用 方式	1.允许适度改变海域自然属性；增养殖活动应避开航道，不得妨碍海上交通及海底电缆管道的安全； 2.严格控制河口海域的围海养殖，维护河口防洪纳潮功能。	1.养殖网箱为透水构筑物，对海域自然属性的影响较小； 2.本项目养殖范围不占用航道，与所在海域海底电缆用海距离较远，不会影响其安全性； 3.本项目不占用河口海域，不会影响河口防洪纳潮功能。	符合
3	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。	1.本项目对海水水质的污染影响较小；通过严格控制养殖密度，合理安排养殖规模结构，加强养殖日常管理，可保障渔业资源可持续发展； 2.本项目用海位置处于开阔海域，离岸建设，不占用岸线，对严格保护岸线无不良影响； 3.本项目建设不涉及潮间带，不会对潮间带自然特征、面积、生态功能造成不良影响； 4.本项目不涉及无居民海岛。	符合
4	其他 要求	重点防范风暴潮和海平面上升灾害风险。	建设单位应在施工和运营中加强自然灾害防御工作，避免造成生态影响及损失。	符合

9.5 与“三区三线”划定成果的符合性分析

根据《关于北京等省（区、市）启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》，广东省已经完成“三区三线”划定工作，正式启用，作为建设项目用地用海报批的依据。

“三区”是指城镇空间、农业空间、生态空间三种类型的国土空间。“三线”分别对应在城镇空间、农业空间、生态空间划定的城镇开发边界、永久基本农田、生态保护红线三条控制线。

生态保护红线包括陆域生态保护红线和海洋生态保护红线，是生态空间范围内具有特殊重要生态功能、必须强制性严格保护的区域。将整合优化后的自然保护地，生态功能极重要、生态极脆弱区域及具有潜在重要生态价值的生态空间划入生态保护红线。

根据“三区三线”划定成果，本项目用海范围不涉及生态保护红线。项目与生态保护红线的位置关系图如下图 9.5-1 所示。



图 9.5-1 本项目与生态保护红线位置关系示意图

本项目周边海域的生态保护红线主要为：神泉珍稀濒危物种分布区、惠来县人工鱼礁重要渔业资源产卵场、神泉芦园湾重要滩涂及浅海水域、前詹珍稀濒危物种分布区、前詹海岸防护物理防护极重要区。

本项目不占用上述 5 个生态保护红线。项目用海方式为开放式养殖，深水网箱结构将对海流造成一定程度的阻碍，使流速有所降低，因项目所处海域较为开阔，网箱布置密度合理，不会对区域的水域形成阻断，整体上，本项目建设对该海域的水动力环境影响较小，可维持并保护海域自然属性。

根据“三区三线”划定成果，在项目用海南侧约 534m 处分布有生态保护

红线“惠来县人工鱼礁重要渔业资源产卵场”和“神泉珍稀濒危物种分布区”、在项目用海东北侧约 900m 处分布有生态保护红线“神泉芦园湾重要滩涂及浅海水域”。本项目施工悬沙主要来源于网箱安装时锚块投放激起的悬沙扩散，总体上看，项目所在海域开阔，由网箱锚块产生的悬沙扩散影响主要集中在项目区周边，不会对距离 >500m 外的神泉珍稀濒危物种分布区、前詹珍稀濒危物种分布区产生明显影响。且施工悬浮泥沙对水质影响是暂时的，会随着施工结束而逐渐消失。本项目建设海洋牧场，对海洋渔业资源的影响是有利的，不会对海洋生态环境及渔业资源造成永久破坏。本项目养殖的海水鱼类、鲍鱼等均为所在海域的常见物种，不存在外来物种入侵风险，不会对海域珍稀濒危物种造成威胁。

项目建设主要的污染物是施工期间船舶的生活污水及固体废弃物，以及运营期间鱼类网箱养殖投放的饵料、鱼类排放的粪便等物质，主要的污染因子为 COD、氨氮和活性磷酸盐等。施工期间船舶的生活污水及固体废弃物送至陆上处理，不会对区域海水水质造成恶化，而运营期间投放的饵料大部分被养殖鱼吸收，残饵、鱼类粪便及未吸收的氮、磷一般会被海流冲出网箱外，经过海流扩散稀释，被平台与网箱外的其他鱼类和浮游生物所利用，会降低对海域环境的污染程度，且影响扩散范围较小，不会对本项目周边生态保护红线的海洋环境造成明显影响。本项目开放式的养殖方式有利于维持海域自然属性，养殖作业期间严格遵守相关污染控制措施，对周边生态保护红线的影响较小。

本项目用海不涉及生态保护红线，项目建设对周边海域生态保护红线的影响可接受，因此，项目用海与“三区三线”划定成果要求相符。

9.6 与相关规划、法规符合性分析

9.6.1 与海洋牧场选址相关规划的符合性分析

9.6.1.1 与《广东省海洋产业园（海洋牧场类）用海选址及控制标准（试行）》的符合性分析

《广东省海洋产业园（海洋牧场类）用海选址及控制标准（试行）》对广东省海洋产业园（海洋牧场类）选址提出控制性指标和推荐性指标两种类型。

一、与控制性指标的符合性分析

用海选址参数见下表 9.6.1-1。本项目海洋牧场选址与控制性指标的符合性分析如下：

1.离岸距离与水深

项目用海区离岸最近距离约 1.5 km；根据项目实测水深地形图，用海区水深为 10~12m。项目选址离岸距离与水深条件不满足《广东省海洋产业园（海洋牧场类）用海选址及控制标准（试行）》中的要求。

2.已开发利用海域

根据现场踏勘调查情况和收集到的相关资料，项目选址海域属于未开发利用海域，与周边海域的开发利用活动相距一定距离，满足要求。

3.规划符合性

（1）国土空间规划

根据第六章分析结论，项目用海与《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》《揭阳市国土空间总体规划（2021-2035 年）》《惠来县国土空间总体规划（2021-2035 年）》均相符。

（2）海岸带及海洋空间规划

根据上文 6.4 章节分析，项目用海位于《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》中的“神泉南部渔业用海区”，项目用海与所占用海洋功能区的管控要求相符合。

（3）养殖水域滩涂规划

项目用海位于《广东省养殖水域滩涂规划（2021-2030 年）》中的养殖区、位于《惠来县养殖水域滩涂规划（2018-2030 年）（修订版）》中的限制养殖区。据上文 6.7 章节分析，本项目用海符合上述 2 个养殖水域滩涂规划的分区分区管控要求，且不位于禁止养殖区海域内。

表 9.6.1-1 海洋产业园（海洋牧场类）用海选址控制性指标参数表

A1 控制性指标

控制性指标		类型			要求
		重力式深水网箱型	桁架类网箱及养殖平台型	投礁型	
离岸距离和水深		原则上布设在 15 米等深线以深或离岸（大陆海岸线）3 公里以上的海域	原则上布设在 20 米等深线以深或离岸（大陆海岸线）10 公里以上的海域	原则上布设在 15 米等深线以深，或离岸（大陆海岸线）3 公里以上且 6 米等深线以深的海域	需严格执行，当一个海洋产业园（海洋牧场类）出现多种海洋牧场类型时，单项指标按照最高标准执行，当不满足任一指标条件时，实行“一票否决”
已开发利用海域		不位于已开发利用海域内（养殖用海除外）			
规划符合性	国土空间规划	应符合国土空间规划分区的用途管制和生态保护红线管控要求			
	海岸带及海洋空间规划	应符合海岸带规划分区的管控要求			
	养殖水域滩涂规划	应符合养殖水域滩涂功能分区的管控要求，不位于禁止养殖区海域内			

二、与推荐性指标的符合性分析

海洋牧场的推荐性指标及评分标准见表 9.6.1-2。本项目海洋牧场选址与推荐性指标的符合性分析如下：

1.海洋物理环境

（1）水质：根据《渔业水质标准》（GB11607-89）进行现状水质评价（表 4.5.1-7），评价海域水质调查中除 Z4、Z7、Z8、Z9 的非离子氨外，其余站位的其余调查因子均符合《渔业水质标准》（GB11607-89）中的水质标准限值要求，得 4 分。

（2）底质：海域底质为泥沙质，以粘土质粉砂和砂质粉砂为主，得 4 分。

（3）流速：观测期间最大涨潮和落潮平均流速分别为 33.6cm/s 和 37.4cm/s，得 1 分。

（4）坡度：根据区域地形地貌资料，神泉湾岸滩坡度较为平缓，约为 1/700，<4°，得 4 分。

2.海洋生物生态环境

（1）浮游植物：调查海区浮游植物丰度平均值为 275.46×10⁴ cells/m³，得 4 分。

（2）浮游动物：调查海域浮游动物平均生物量为 114.77 mg/m³，得 2 分。

（3）底栖生物：调查海域大型底栖生物的平均生物量为 4.57 g/m²，得 1 分。

3.海洋资源因素

- (1) 渔港资源：距神泉渔港最近距离约 2.7km，得 2 分。
- (2) 海岛资源：距本项目最近的无居民海岛为龟岛，最近距离约 10km，得 3 分。
- (3) 渔业资源：根据 2023 年 11 月现状调查结果，渔业资源平均重量密度为 463.56 kg/km²，得 3 分。

4.海洋自然灾害

- (1) 台风灾害：二十年一遇台风中心区风速最大一次为 2013 年的第 19 号超强台风“天兔”，登陆时中心附近最大风力 14 级（45m/s），得 1 分。
- (2) 海浪灾害：根据波浪资料，海域二十年一遇有效波高达 8m，得 1 分。
- (3) 赤潮灾害：根据广东省海洋灾害公报，近十年来惠来海域未发生过赤潮灾害，得 4 分。

表 9.6.1-2 海洋产业园（海洋牧场类）用海选址推荐性指标参数表

A2 推荐性指标

推荐性指标		得分值					权重值
		重力式深水网箱型	桁架类网箱及养殖平台型		投礁型		
			坐底式	升降式、浮式	底鱼礁	中层鱼礁、浮鱼礁	
海洋物理环境	水质	水质达到《渔业水质标准》（GB 11607）中规定的水质标准得 4 分					0.1781
	底质	泥质、泥砂质海域得 4 分	硬质底质，海底淤泥厚度小于 0.6m 得 4 分	泥质、泥砂质海域得 4 分	硬质底质，海底淤泥厚度小于 0.6m 得 4 分	泥质、泥砂质海域得 4 分	0.1568
	流速	0.6-0.8m/s 得 4 分； 0.5-0.6m/s、0.8-0.9m/s 得 3 分； 0.4-0.5m/s、0.9-1.0m/s 得 2 分； 0.3-0.4m/s、1.0-1.1m/s 得 1 分；			0.6-0.8m/s 得 4 分； 0.5-0.6m/s、0.8-0.9m/s 得 3 分； 0.4-0.5m/s、0.9-1.1m/s 得 2 分； 0.3-0.4m/s、1.1-1.5m/s 得 1 分；		0.0349
	坡度	<4°得 4 分； 4-6°得 3 分； 6-8°得 2 分； 8-10°得 1 分	<2°得 4 分； 2-3°得 3 分； 3-4°得 2 分； 4-5°得 1 分	<4°得 4 分； 4-6°得 3 分； 6-8°得 2 分； 8-10°得 1 分	<2°得 4 分； 2-3°得 3 分； 3-4°得 2 分； 4-5°得 1 分	<4°得 4 分； 4-6°得 3 分； 6-8°得 2 分； 8-10°得 1 分	0.0688

海洋生物生态环境	浮游植物	浮游植物年均丰度>120×10 ⁴ cells/m ³ 得 4 分; 80×10 ⁴ -120×10 ⁴ cells/m ³ 得 3 分; 50×10 ⁴ -80×10 ⁴ cells/m ³ 得 2 分; <50×10 ⁴ cells/m ³ 得 1 分	0.1280
	浮游动物	浮游动物年均生物量>250 mg/m ³ 得 4 分; 150-250 mg/m ³ 得 3 分; 50-150 mg/m ³ 得 2 分; <50 mg/m ³ 得 1 分	0.1118
	底栖生物	底栖生物年均生物量>50 g/m ² 得 4 分; 25-50 g/m ² 得 3 分; 10-25 g/m ² 得 2 分; <10 g/m ² 得 1 分	0.0488
海洋资源因素	渔港资源	与渔港距离 5-15km 得 4 分; 15-25km 得 3 分; <5km 或 25-35km 得 2 分; >35km 得 1 分	0.0750
	海岛资源	与海岛距离 1-5km 得 4 分; 5-10km 得 3 分; <1km 或 10-15km 得 2 分; 15-20km 得 1 分	0.0304
	渔业资源	游泳生物平均资源密度>1000kg/km ² 得 4 分; 400-1000kg/km ² 得 3 分; 200-400kg/km ² 得 2 分; <200kg/km ² 得 1 分	0.0123
海洋自然灾害	台风灾害	二十年一遇台风中心区风速<30m/s 得 4 分; 30-35m/s 得 3 分; 35-40m/s 得 2 分; 40-45m/s 得 1 分	0.0902
	海浪灾害	二十年一遇有效波高< 5m 得 4 分; 5-6m 得 3 分; 6-7m 得 2 分; 7-8m 得 1 分	0.0479
	赤潮灾害	近十年赤潮发生次数 0 次 得 4 分; 1-3 次 得 3 分; 4-6 次 得 2 分; 7-9 次 得 1 分	0.0170

广东省海洋产业园（海洋牧场类）选址综合得分 EI 为：

$$EI = \frac{1}{4} \sum_{q=1}^{13} w_q \times M_q$$

式中， w_q 为第 q 个指标的权重值， M_q 为第 q 个指标的得分值。

参照综合得分 EI ，将广东省海洋产业园（海洋牧场类）选址适宜性分为 5 个等级，见表 9.6.1-3。

表 9.6.1-3 广东省海洋产业园（海洋牧场类）选址适宜性分等定级标准

等级	优	良	中	差	劣
EI	1-0.85	0.85-0.7	0.7-0.55	0.55-0.4	<0.4

根据项目现状条件及《广东省海洋产业园（海洋牧场类）用海选址及控制标准（试行）》的推荐性指标评分及定级标准，评定项目选址适宜性等级为良。项目的最终得分情况见表 9.6.1-4。

表 9.6.1-4 广东省海洋产业园（海洋牧场类）选址适宜性评估表

序号	项目	得分	权重	加权得分
1	水质	4	0.1781	0.7124
2	底质	4	0.1568	0.6272
3	流速	1	0.0349	0.0349
4	坡度	4	0.0688	0.2752
5	浮游植物	4	0.1280	0.512
6	浮游动物	2	0.1118	0.2236
7	底栖生物	1	0.0488	0.0488
8	渔港资源	2	0.0750	0.15

序号	项目	得分	权重	加权得分
9	海岛资源	3	0.0304	0.0912
10	渔业资源	3	0.0123	0.0369
11	台风灾害	1	0.0902	0.0902
12	海浪灾害	1	0.0479	0.0479
13	赤潮灾害	4	0.0170	0.068
加权总分		2.9183		
综合得分		0.73		
等级		良		

广东省自然资源厅《关于加快推进海洋产业园建设的通知》指出：海洋产业园是由**政府指定机构**统筹实施海域一级开发的深远海开放式养殖**集聚区**。通过集中规划、整体论证和标准化供海模式，实现海洋资源集约节约利用和海洋产业高质量发展的特定区域。本项目为揭阳市投控农业发展有限公司所投资的单个海洋牧场项目，非该文件所指的海洋产业园区，项目产业园为农业农村主管部门所定义的现代农业产业园，与自然资源部门所提出的“海洋产业园”的定义有所区别。

本项目在用海选址阶段已经过严格论证，根据自然资源主管部门指导意见，并结合论证专家意见，项目选址水深条件虽与于2024年7月11日发布《广东省海洋产业园（海洋牧场类）用海选址及控制标准（试行）》中控制性指标的“离岸距离和水深”要求不相符，但与其后2024年11月印发的《广东省现代化海洋牧场发展总体规划（2024-2035年）》中“深远海规模化养殖带以10米等深线以深或离岸（大陆及有居民海岛岸线）3千米以上的深远海养殖区为主体”要求相符，可结合惠来海域实际情况适当调整。项目位于揭阳（惠来）现代化海洋牧场建设规划（2024-2035年）》中的“深海养殖适宜区”。

本项目已取得用海批复（详见附件3），并已核发不动产权证（详见附件4）。因此，本项目选址可满足海洋牧场建设。

9.6.1.2 与《广东省现代化海洋牧场发展总体规划（2024—2035年）》的符合性分析

2024年11月19日，广东省农业农村厅根据《广东省人民政府关于〈广东省现代化海洋牧场发展总体规划（2024-2035年）〉的批复》（粤府函〔2024〕

237号)要求,印发了《广东省现代化海洋牧场发展总体规划(2024-2035年)》。

《广东省现代化海洋牧场发展总体规划(2024-2035年)》“第三章 构建高效联动的陆海空间格局”提出:以推进现代渔业转型升级和实现高质量发展为核心,优化陆海接力的现代化海洋牧场全产业链空间布局,构建“三带二十区”总体发展格局,实现陆基、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。

“三带”:即陆基全链支撑带、近海生态转型带和深远海规模化养殖带。其中,陆基全链支撑带重点完善全产业链设施配套,优化产业空间布局;近海生态转型带以10米等深线以浅且离岸(大陆及有居民海岛岸线)3千米以内的近海养殖区为依托,主要开展生态健康养殖、亲本保育、苗种标粗等养殖活动,推动近岸养殖优化转型;深远海规模化养殖带以**10米等深线**以深或离岸(大陆及有居民海岛岸线)3千米以上的深远海养殖区为主体,重点布局重力式网箱、桁架类网箱及养殖平台等大型渔业装备,以园区化管理和标准化服务为特点,是集中开展规模化养殖活动的海域空间和产业载体。

根据本项目水深测量图,项目开放式养殖用海范围内的水深介于10~12m,项目用海区均位于10米等深线以深海域。本项目主要布设重力式网箱,项目选址水深条件符合《广东省现代化海洋牧场发展总体规划(2024-2035年)》中“深远海规模化养殖带以**10米等深线**以深或离岸(大陆及有居民海岛岸线)3千米以上的深远海养殖区为主体”的要求。

本项目在揭阳神泉港海域开展海洋牧场建设,通过建设重力式网箱发展深远海养殖。项目建设拓展了深远海养殖空间,推动了绿色生态养殖的发展,符合《规划》中“拓展深远海养殖空间,大力推进深远海规模化养殖,实现海洋渔业绿色可持续发展”的基本原则。

综上,本项目建设与《广东省现代化海洋牧场发展总体规划(2024—2035年)》相符。

9.6.1.3 与《揭阳(惠来)现代化海洋牧场建设规划(2024-2035年)》的符合性分析

惠来县,位于中国南海之滨的小城,拥有国家一级渔港—神泉渔港,渔业

生产历史悠久，可追溯到隋唐，神泉港、靖海港历代也是潮汕地区重要港口。海域生态环境良好，渔业资源丰富，是广东省重要的鲍鱼产区，具备建设现代化海洋牧场的优良条件和坚实产业基础。为科学指导惠来县现代化海洋牧场建设工作，2023年3月按照揭阳市、惠来县相关工作部署，惠来县农业农村局组织开展编制《揭阳（惠来）现代化海洋牧场建设规划（2024—2035年）》（以下简称《规划》）。《规划》立足揭阳（惠来）海洋渔业转型升级的发展新阶段，依据和衔接国民经济和社会发展规划、国土空间总体规划、养殖水域滩涂规划、揭阳（惠来）渔港经济区规划、港口规划、沿海航道航路规划、海上风电规划等相关规划和文件，科学指导揭阳（惠来）现代化海洋牧场建设发展。

《规划》第三章空间布局 第二节高标准建设海上养殖区 指出：科学布局海上养殖区。根据惠来县国土空间总体规划等相关规划的管控要求，避让海域的航线、航道及锚地等限制要素，采取历史资料、实际观测资料等方式，结合现状情况采用层次分析法建立海上养殖区适宜性评价体系并得出结论。在10米等深线以浅或离岸（大陆及有居民海岛岸线）3千米以内的海域划示近海适宜区面积约33.96平方公里，在10米等深线以深或离岸（大陆及有居民海岛岸线）3千米以上的海域划示深远海适宜区面积约476.30平方公里。加强对近岸养殖的管理，合理控制养殖密度，推广立体综合养殖模式，减少对滨海生态环境的影响。加强前期论证，充分考虑养殖物种筛选、设备选型、养殖设施布局、养殖容量确定、环境容量分析、运营方案确定、风险管制措施等要素对海洋牧场项目选址的影响。

根据本项目用海位置与《规划》“养殖区适宜性评价图”叠加示意图（图9.6.6-1），本项目位于深海养殖适宜区。本项目建设海洋牧场产业园，与《揭阳（惠来）现代化海洋牧场建设规划（2024-2035年）》相关要求是相符的。

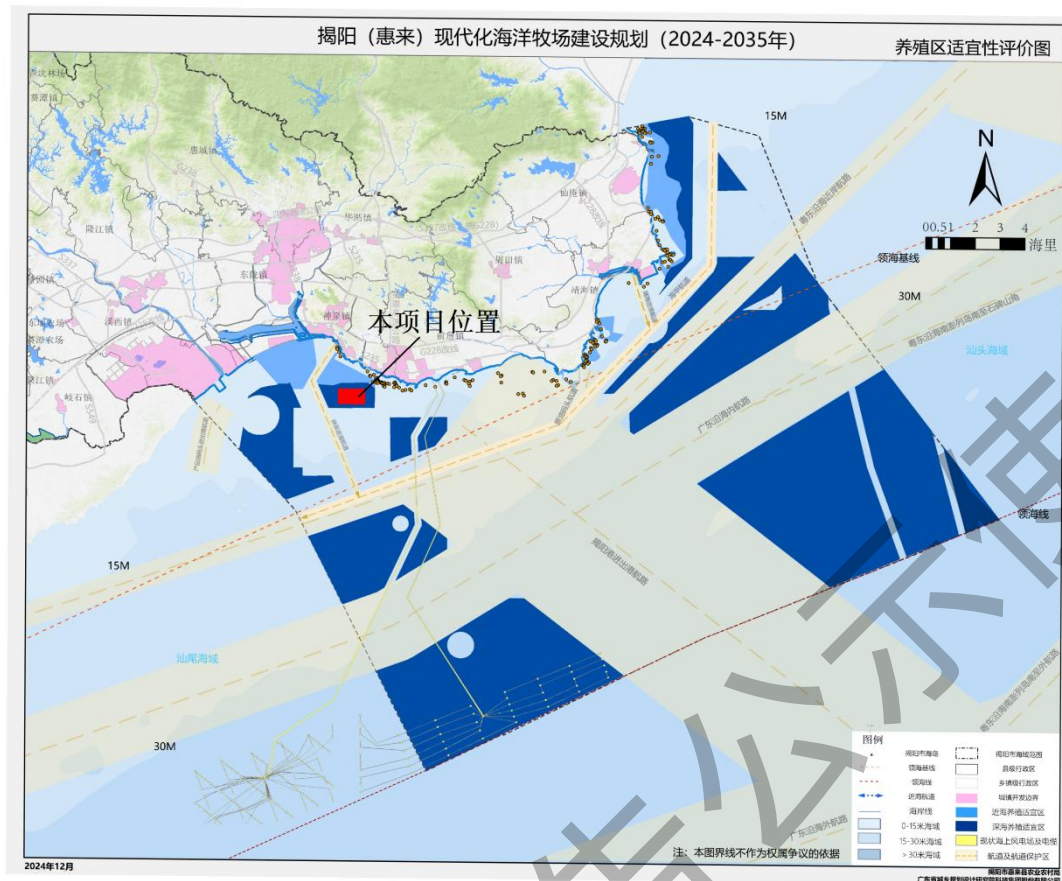


图 9.6.1-1 本项目位置与“养殖区适宜性评价图”叠加示意图

9.6.1.4 与《深水网箱养殖技术规范》（DB44/T 742—2010）的适宜性分析

广东省地方标准《深水网箱养殖技术规范》（DB44/T 742—2010）适用于浮式、升降式深水网箱进行卵形鲳鲹、军曹鱼、鲷鱼等经济鱼类的养殖，其他海水鱼类的养殖可参照执行。

根据《深水网箱养殖技术规范》，养殖海区的选择条件为：宜选择有岛礁屏障，海底地势平缓，坡度小，底质为泥质或泥沙质，浮式深水网箱要求水深10m以上，升降式深水网箱要求水深15m以上，潮流通畅，海区流速小于1.0m/s，流向平直而稳定，采用挡流、分流等措施后网箱内流速小于0.8m/s的海区。养殖区周围无直接工业“三废”及农业、生活等污染源，有用于生活和生产的淡水。养殖海区应符合GB/T 18407.4的规定和广东省深水网箱养殖规划布局。

根据第四章项目所在海域环境现状介绍，所在海域海底地势平缓，坡度小，底质为泥沙质；项目用海区水深均 $\geq 10\text{m}$ ，最大涨潮和落潮平均流速分别为

33.6cm/s 和 37.4cm/s，小于 1.0m/s。项目选址周围无直接工业“三废”及农业、生活等污染源，用于生活和生产的淡水可由神泉渔港供应。根据第三章中“养殖海区 and 品种适宜性分析”，养殖海区符合相关产地环境规定；根据上文分析，项目用海位于《揭阳（惠来）现代化海洋牧场建设规划（2024-2035 年）》中的“深海养殖适宜区”，与规划要求相符。

综上，项目选址适宜。

9.6.1.5 小结

由上述分析可知，本项目选址水深条件虽与《广东省海洋产业园（海洋牧场类）用海选址及控制标准（试行）》中控制性指标的“离岸距离和水深”要求不相符，但与广东省地方标准《深水网箱养殖技术规范》（DB44/T 742—2010）中所要求的“浮式深水网箱要求水深 10m 以上”是相符的，并且与 2024 年 11 月印发的《广东省现代化海洋牧场发展总体规划（2024-2035 年）》中“深远海规模化养殖带以 10 米等深线以深或离岸（大陆及有居民海岛岸线）3 千米以上的深远海养殖区为主体”要求相符。

根据广东省农业农村厅于 2024 年 12 月发布推广的“深水网箱养殖技术”（https://dara.gd.gov.cn/ztzx/nyjstgzt/nyjs/content/post_4652098.html）：考虑深水网箱的设置，水深要求：以最低潮位计，网箱底部距离海底以 2 米左右为宜。本项目养殖区域水深为 10~12m，重力式网箱网衣深度 7 m，满足推广技术中“网箱底部距离海底以 2 米左右为宜”的要求。

据上述分析，项目用海区水深条件是适宜建设深水网箱的。

本项目选址充分考虑了惠来海域海洋功能区划情况，项目选址位于《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》中的“神泉南部渔业用海区”，项目选址不在生态保护区、生态控制区、交通运输用海区、工矿通信用海区、特殊用海区内。根据所在海域海洋功能分区及海域开发利用情况，项目东约 277m 处为惠来县惠前水产养殖专业合作社海上养殖项目、西侧约 600m 处为神泉港进港习惯性航道、南侧约 534m 处为生态保护红线“神泉珍稀濒危物种分布区”、北侧约 135m 处为生态控制区。根据中国航海图书出版社出版的海图，神泉湾海域 15 米等深线以深的未规划、未开发海域为生态保护红线，属于禁止

养殖区，禁止开展养殖活动，且海域风浪较大，离渔港较远，不利于网箱养殖安全。

项目用海选址满足生态和产业规划，项目与神泉渔港距离近，渔港各项设施配套较齐全，可依托该渔港进行苗种、饲料和鱼货运输，从海陆交通运输、水文环境、产业链等方面均具有保障。

根据海水现状调查结论，出现活性磷酸盐、无机氮超标的 Z1、Z2、Z3 站位均位于前詹西部交通运输用海区，船舶往来频繁，加上所在神泉湾海域海水养殖活动较多，同时伴随有径流输入，活性磷酸盐、无机氮的超标现象与船舶通行、海水养殖活动、陆域污染输入相关。上述站位的超标现象对本项目海洋牧场的选址及养殖品种的影响有限。本项目海洋牧场选址位于渔业用海区，根据项目养殖范围附近的现状调查站位及国控点监测数据，均可符合渔业水质要求。总体上看，本项目所在海域的水质状况是良好的，基本符合《渔业水质标准》（GB11607-89）要求，适宜进行深水网箱养殖。

综上所述，项目选址总体是适宜的。

9.6.2 与《广东省养殖水域滩涂规划（2021-2030 年）》的符合性

根据《广东省养殖水域滩涂规划（2021-2030 年）》，本规划的养殖专指水产养殖，是人为控制下增殖、培育和收获水产动植物的生产活动，一般包括在人工饲养管理下从苗种培育水产品的全过程。养殖方式主要包括池塘、普通网箱、深水网箱、筏式、吊笼、底播、工厂化和养殖工船、大水面生态养殖、珍稀濒危野生动物繁殖等，不包括渔业资源增殖放流。本规划的总体目标是促进渔业可持续发展，维护养殖水域滩涂空间，强化养殖与其他生产建设活动的空间协调，为科学开发和合理利用，水域滩涂、保护区域生态环境、维护养殖者的合法权益、加强渔业行业规范化管理提供制度化保障，同时为全省构建现代渔业产业体系、建设海洋强省提供科学依据和行动指导。

本项目位于广东省揭阳市惠来县神泉港海域，属于养殖区，《规划》提出：粤东特色养殖区，包括汕头、潮州、揭阳、汕尾等 4 个地市。实施减量增收，坚持绿色发展，建设集约生态养殖示范区，重点推进汕尾、南澳-饶平等海洋增

养殖基地建设。重点推进海水优质鱼类及名优品种集约化高效清洁养殖，发展壮大地方生态水产品牌，推进名优海水鱼类、名贵经济贝类和海藻等养殖高质量发展。整合滨海旅游资源，建设滨海休闲渔业带，促进渔村振兴。根据广东省水域滩涂养殖承载能力，发展顺应自然规律的增殖业，保护水域生态环境，优化水产养殖的产业结构，实行生态循环养殖。发展不投饵滤食性、草食性鱼类增养殖，以渔净水，修复水域生态环境。推动传统水产养殖场生态化、景观化、休闲化改造，打造以生态养殖为依托，旅游观光、休闲垂钓、餐饮服务为一体的现代渔业产业园区。

本项目主要为网箱养殖，养殖品种除鱼类外，还有贝类，在一定程度上降低了养殖对水质的影响，且项目所在海域水动力条件和污染扩散自净能力强，环境容量大，严格控制养殖规模和养殖密度，本项目的养殖方式对环境影响不大，符合《广东省养殖水域滩涂规划（2021-2030 年）》的要求。



图 9.6.2-1 项目所在广东省养殖水域滩涂规划图

9.6.3 与《惠来县养殖水域滩涂规划（2018-2030 年）（修订版）》的符合性

由《惠来县养殖水域滩涂规划（2018-2030 年）（修订版）》第三章第十

一节中惠来县海域限制养殖区分布图（见图 9.6.3-1）可知，本项目属于限养区。根据限制养殖区管理措施：1.限制养殖区内的水产养殖，不再办理登记养殖证；2.土地利用总体规划确定的建设用地和基本农田保护区涉及水域，海洋功能区划确定的港口、旅游、工业与城镇用海等水域，现状养殖功能，可暂时保留，待其规划功能开发时必须关停；3.污染物排放超过国家和地方规定的污染物排放标准的，限期整改。在 2021 年 10 月 18 日，惠来县人民政府关于修订《惠来县养殖水域滩涂规划（2018-2030 年）》有关条款内容的批复。《惠来县养殖水域滩涂规划（2018-2030 年）》第三章第十一节有关条款修订内容，将限制养殖区管理措施中的“1.限制养殖区内的水产养殖，不再办理登记养殖证”改为“1.在限制养殖区进行水产养殖应采取污染防治措施，污染物排放不得超过国家和地方规定的污染物排放标准”，将“3.污染物排放超过国家和地方规定的污染物排放标准的，限期整改”改为“3.重点湖泊水库饲养滤食性鱼类的网箱围栏总面积不超过水域面积的 1%，饲养吃食性鱼类的围栏网箱总面积不超过水域面积的 0.25%；重点近岸海域浮动式网箱面积不超过海区宜养面积 10%。”

根据《惠来县养殖水域滩涂规划（2018-2030 年）（修订版）》中“在限制养殖区进行水产养殖应采取污染防治措施，污染物排放不得超过国家和地方规定的污染物排放标准”，本项目为网箱养殖，养殖模式均为透空式网箱，不会对海域水流形成阻断，不会改变海域的自然属性。本项目贝类结合鱼类养殖，在一定程度上降低了养殖对水质的影响，且项目所在海域水动力条件和污染扩散自净能力强，环境容量大，严格控制养殖规模和养殖密度，本项目的养殖方式对环境影响不大。项目施工期船舶污染物和运营期工作船污染物均运回陆域处理，不排海；项目建成后定期进行跟踪监测和制定应急体系保障项目运行的期间不会影响到项目所在海域的环境。项目用海与符合该项要求。

“3.重点湖泊水库饲养滤食性鱼类的网箱围栏总面积不超过水域面积的 1%，饲养吃食性鱼类的围栏网箱总面积不超过水域面积的 0.25%；重点近岸海域浮动式网箱面积不超过海区宜养面积 10%。” 本项目申请养殖用海总面积 196.3593 公顷，网箱养殖面积为 8.69 公顷，实际养殖面积约占总用海面积 4.4%，符合“重点近岸海域浮动式网箱面积不超过海区宜养面积 10%”的要求。

因此，本项目的建设符合《惠来县养殖水域滩涂规划（2018-2030 年）（修订版）》中限养区的要求。

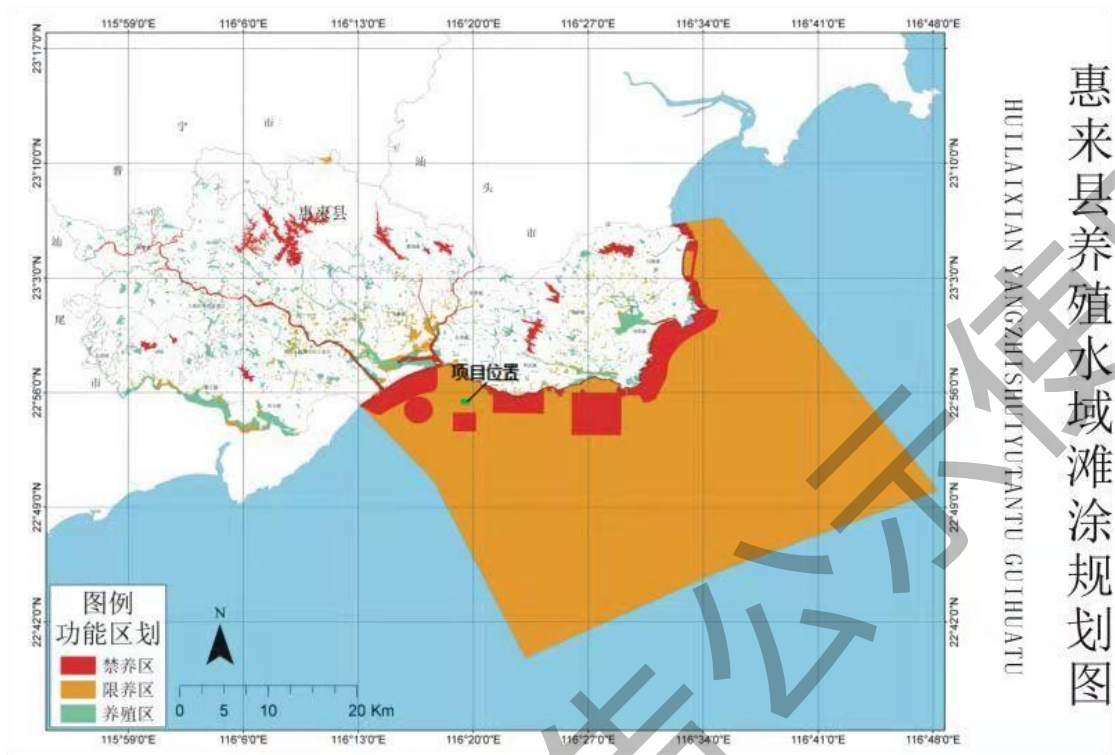


图 9.6.3-1 项目位置与惠来县养殖水域滩涂规划图叠加示意图

9.6.4 与《关于加强养殖用海管理工作的通知》符合性分析

广东省自然资源厅、广东省农业农村厅、广东省生态环境厅、广东省海洋综合执法总队发布了关于加强养殖用海管理工作的通知，通知指出（二）要严格落实养殖水域分区管控。地级以上市、县（市、区）应当严格按照各级养殖水域滩涂规划要求，实行禁养区、限养区和养殖区分类管理，依法依规办理《水域滩涂养殖证》（以下称“养殖证”）。对位于禁养区的，依法退出养殖，不得核发养殖证；对位于限养区的，合理控制养殖规模和养殖方式，对位于养殖区的做到应发尽发。

通知还指出：加强养殖用海批后监管。地级以上市、县（市、区）自然资源主管部门应依托海域使用动态监测监管系统，加强养殖用海全过程监管，提高养殖用海精细化管理水平。对已取得海域使用权、颁发不动产权属证书的养殖用海，会同有关部门开展动态监测监管：对养殖用海海域使用权即将到期且符合续期条件的，及时通知相关权利人办理续期手续；对海域使用权已经到期但未提出续期申请或申请未获批准的，依法办理海域使用权注销登记，并及时

在海域动态监视监测管理系统中进行更新。

本项目为开放式的海域网箱养殖，符合相关养殖规划要求，严格落实养殖水域分区管控要求。本项目依法办理海域使用权证及水域滩涂养殖证，配合养殖用海批后监管。

综上，本项目符合《关于加强养殖用海管理工作的通知》的相关要求。

10 环境管理与监测计划

10.1 环境管理

10.1.1 环境保护管理的目的

环境保护管理计划可划分成施工期环境管理计划和营运期环境管理计划，相应的管理机构一般包括管理机构、监督执行机构和监测机构。该计划用于组织实施由本报告中所提出的环境影响减缓措施，计划中指出了责任方、拟定了操作方案以及监控项目。通过环境保护管理，以达到如下目的：

（1）使拟建项目的建设和运营符合国家经济建设和环境建设同步规划、同步发展和同步实施的三同时原则，为环保措施的落实及监督、为项目环境保护审批及环境保护竣工验收提供依据。

（2）通过本管理计划的实施，将拟建项目对环境带来的不利影响减少至最低程度使该项目的经济效益和环境效益得以协调发展。

10.1.2 施工单位管理机构设置

施工单位应设立内部环境保护管理机构，由施工单位主要负责人及专业技术人员组成，专门负责环境保护工作。施工单位环境管理机构实行定岗定员，岗位责任制，负责各施工工序的环境保护管理，保证施工期环保设施的正常运行，各项环境保护措施的落实。

施工单位的管理内容主要为：

（1）负责制定、监督、落实有关环境保护管理规章制度，应建立完善的环境管理体系，健全内部环境管理制度，加强日常环境管理工作，对整个施工过程实施全程环境管理，杜绝施工过程中的污染工序和污染事故的发生；

（2）负责实施环境保护控制措施、管理污染治理措施，并进行详细的记录，

以备检查；

(3)及时向环境保护主管机构或向单位负责人汇报与本项目施工有关的污染因素存在问题、采取的污染控制对策、实施情况等，提出改进建议；

(4)按本报告中提出的各项环境保护措施和对策，编制施工期环境保护措施落实计划，明确各施工工序的场地位置、环境影响、环境保护措施、落实责任机构（人）等，并将该环境计划以书面形式发放给相关人员，以便于各项措施的有效落实。

10.1.3 建设单位管理机构设置

为了有效保护项目拟建所在区域环境质量，切实保证本报告提出各项施工期环境保护措施的落实，针对本项目的建设施工，项目建设单位应成立专门小组，定员为3~4人（包括施工期和营运期），负责环境管理和环境监测计划制定和实施。

本项目的环境保护工作由建设单位负责，其工作内容包括制定相应的污染防治和保护措施，明确环境管理程序，建立环境监督机制，成立专门机构进行环境保护管理，负责监督施工单位对各项环境保护措施的落实情况。在选择施工单位前，将主要环境保护措施列入招标文件中，将各施工单位落实主要环境保护措施的能力作为项目施工单位中标考虑因素，将需落实的环保措施列入与施工中标单位签署的合同中，聘请有资质的施工监理单位对施工单位环境保护措施落实情况进行跟踪监理，并且配合环境保护主管部门对项目施工实施监督、管理和指导。

建设单位的环境管理机构职责为：

(1)与生态环境主管部门保持密切联系，及时了解国家、地方与本工程项目的有关的环境保护法律法规和其他要求，及时向生态环境主管部门反映与项目施工有关的污染因素、存在的问题、采取的污染控制对策等，听取生态环境主管部门的意见和建议，配合环保部门贯彻各项环保政策和法规。

(2)及时将国家、地方与本项目环境保护有关的法律法规和其他要求向施工单位负责人汇报，及时向施工单位有关机构、人员进行通报，组织施工人员进行环保教育和技术培训，增强施工及环保人员的环境意识和专业水平。

(3)根据本报告提出的各项环保措施，编制详细的施工期环保措施落实计

划，明确各责任机构（人）等，并将该环境保护计划以书面形式发放给相关人员，以便于各项措施的落实，制定并组织实施环境监测计划。

（4）负责制定、落实和监督执行有关环保管理规章制度，负责实施环境保护控制措施，管理污染防治设施；对施工期配备的防污设施进行检查，建立资料档案，为今后改进防污设施的工艺技术提供依据；对水上工程等加强施工监督。

（5）除执行建设及施工单位主管领导的各项有关环保工作的指令外，还应接受当地环境主管部门的检查监督，定期和不定期地上报各项环保管理工作的执行情况，为区域环境整体控制服务。

（6）协调工程及周边区域内有关部门和区外有关单位在环境保护方面的工作。

10.1.4 环境管理计划

10.1.4.1 施工期环境管理计划

施工期的环境管理主要由施工单位具体实施，其在环境管理、污染控制及防治措施实施等方面将起到关键作用，因此，选择正规、有经验的施工单位，并将施工期的环境管理工作纳入合同内容中是确保环境管理计划实施的前提除此之外，委托有资质的监理单位进行施工期的环境监理，环境监理是实现项目全过程环境管理的手段。

施工期环境管理的具体要求如下：

①施工单位和监理单位施工之前对相关人员开展环境保护的宣传教育培训；

②施工单位需严格落实环评报告提出的环保措施，监理单位应做好施工现场的巡视检查、发现存在的环境问题并及时提出，对环保措施的落实情况进行监督。该工程施工期拟落实的主要污染防治措施包括：

（1）抛锚等施工作业是否采取降低悬浮泥沙的浓度和控制悬浮泥沙扩散的措施；

（2）施工过程中使用的各类机械设备是否依据有关法规控制噪声污染；

（3）施工期各类废水和垃圾是否进行妥善处置；

(4) 落实施工期环境监理制度是否落实；

(5) 施工期监测制度是否落实等。

③监理单位编制环境监理报告(环境监理月报、季度报告及监理总结报告)，报送建设单位、施工单位和环境保护行政主管部门，反映施工期环境保护措施的落实情况，这既是施工期环境管理的重要成果，又是工程竣工环境保护验收的重要材料；

④严格执行环保设施的“三同时制度”。

10.1.4.2 营运期环境管理计划

(1) 建立和完善各项工作制度，包括环境管理规程、巡护工作人员岗位责任制、分岗操作规程等，协助环境主管部门进行生产过程的环境监督和管理工作；

(2) 协助有关部门搞好项目区域内的环境教育和技术培训，提高营运期间管理人员的素质和环境意识；

(3) 宣传、贯彻保护养殖行业海洋环境的法规、条例和标准，并经常监督有关部门的执行的情况；

(4) 本项目的环境监测工作建议交由当地的环境监测机构承担；

(5) 监督该工程生态影响防治措施和生态影响补偿措施的落实，包括措施的落实及落实后的跟踪监测等内容。

10.2 环境监理计划

本项目在建设和营运过程中，应接受各相关主管部门的监控监视。当发现有超出用地用海使用范围、改变土地、海域使用用途和性质，或建设和使用对环境、资源造成不良影响时，应采取相应措施对违规行为及时纠正，对出现问题及时加以解决。

(一) 实施环境监理的目的：是使施工现场的环境监督、管理责任分明，目标明确，并贯穿于整个工程实施过程中，从而保证环境保护设计中各项环境保护措施能够顺利实施，保证施工合同中有关环境保护的合同条款切实得到落实。施工过程中做好台账记录、拍照记录等工作，作为施工期的环保设施、措

施完成情况的验收证明。

（二）环境监理单位职责：应按照合同条款，独立、公正地开展工作。工程环境监理单位接受委托并签订委托环境监理合同后，根据国家和地方有关环境保护法律法规、技术规范、环境影响评价文件和批复，结合项目具体情况和项目特点，制定建设项目工程环境监理工作目标、工作范围、工作程序、工作内容、工作方法、工作制度、工作要点、组织机构和人员配置、突发事件处理方法等的具体方案。

环境监理实行环境监理工程师负责制，监理人员应具备环境方面的专业知识。业主和承包商就环保方面的联系必须通过环境监理工程师，以保证命令依据的唯一性。

（三）监理工作流程：如下图所示。

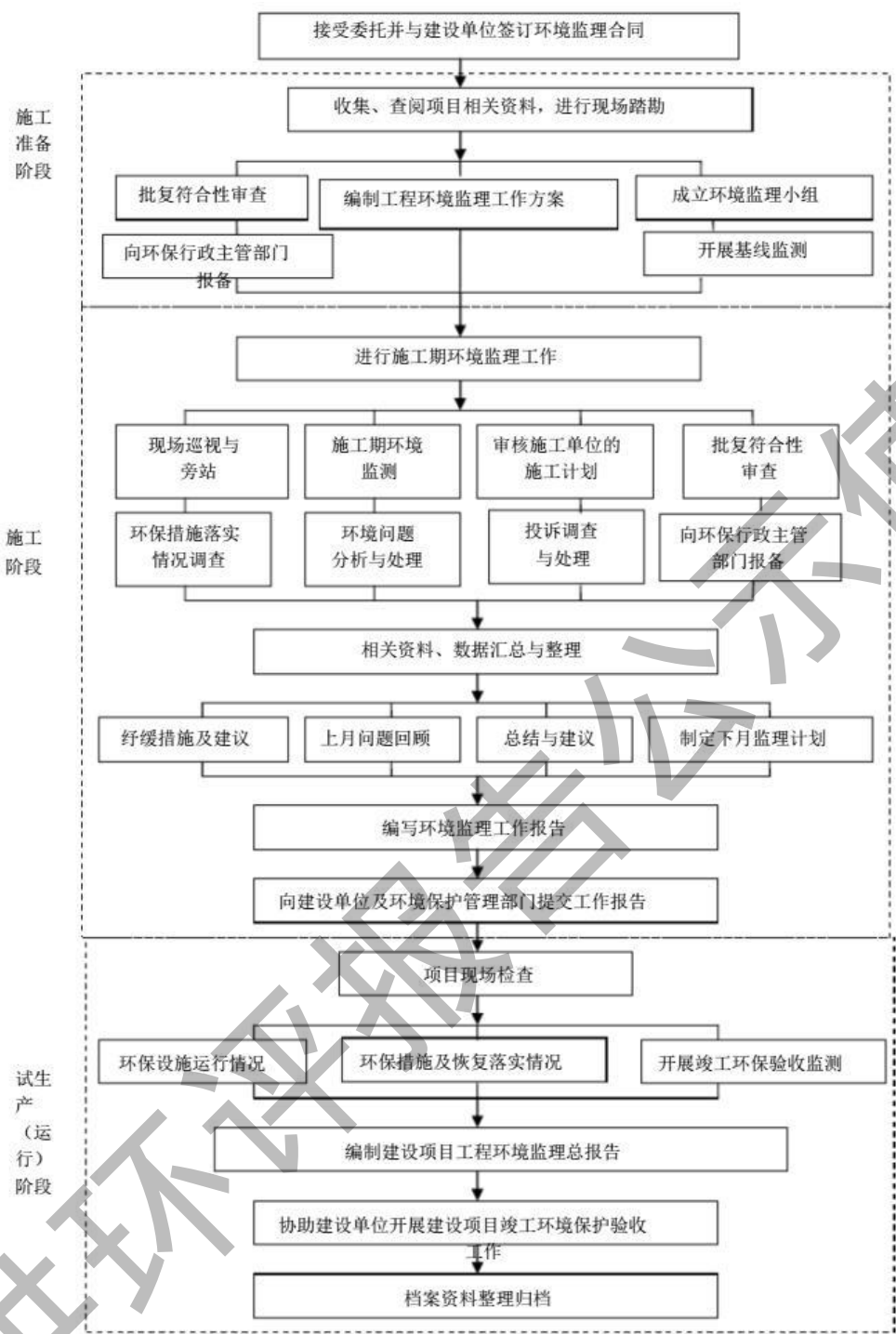


图 10.2-1 环境监理工作流程图

（四）环境监理应由具有环境监理资质的单位完成，本项目施工期环境监理计划为：

（1）施工过程中环保措施的落实主要包括：①对工程进度进行监理，在当地经济生物繁殖期尽量少施工，其他时间加快施工进度；②对工程安全进行监理，如施工船舶是否在预定区域内施工、操作是否符合相关规定的要求；③对环保工程费用监理，保证环保设施的配备和环保措施得到执行；④收集各种有

关信息，包括工程区周围利益相关者的投诉意见和建议，施工人员的环保经验等；⑤召开会议，对各阶段的各种环保措施执行情况进行审核，根据环境监测结果是否达标，及时调整施工进度和计划，总结和改进环保措施等；⑥加强船舶的维修和保养，保持船舶的较低噪声水平；⑦在施工场地应设置垃圾箱和卫生处理设施。

(2) 受委托的监测单位是否按环境监测计划实施日常监测，污染事故发生的临时环境监测和污染事故的处理工作。根据施工期环境监测结果是否达标，及时调整施工进度和计划，加强环保措施的落实等。

10.3 生态环境跟踪监测计划

根据《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》要求，为了及时了解和掌握建设项目施工期对海洋水质、沉积物和生物的影响，以便对可能产生明显环境影响的关键环节实行制度性监测，使可能造成环境影响的因素得以及时发现，需对项目进行跟踪监测。本项目施工期和营运期海洋环境监测均由建设单位负责。

根据《现代化海洋牧场生态养殖工作指引（试行）》（粤农农函〔2023〕915号）对养殖环境监测的要求：每年对养殖区和毗连自然海域的环境质量进行跟踪监测，掌握海洋牧场水域的环境质量变化情况，并参照《海水水质标准》（GB 3097-1997）和《海洋沉积物质量》（GB 18668-2002）的第一类标准评价养殖区海水和沉积物质量是否满足养殖需求。

根据本项目的工程特征和区域环境现状、环境规划要求，制定本项目的环境监测计划，包括环境监测的项目、频次、监测实施机构、监督机构等具体内容。

1. 站位布设：

根据养殖范围海域布局，在养殖范围内布设 5 个站位。监测站位分布见表 10.3-1 和图 10.3-1。

表 10.3-1 监测站位坐标

编号	纬度 N	经度 E	监测项目
S1	22° 55′ 20.312″	116° 19′ 5.686″	水质、生态、生物体质量
S2	22° 54′ 40.384″	116° 20′ 6.785″	水质、沉积物、生态、生物

编号	纬度 N	经度 E	监测项目
			体质量
S3	22° 55′ 59.723″	116° 20′ 2.278″	水质、沉积物、生态、生物 体质量
S4	22° 55′ 13.047″	116° 19′ 47.247″	水质、沉积物、生态
S5	22° 55′ 29.213″	116° 20′ 24.833″	水质、生态

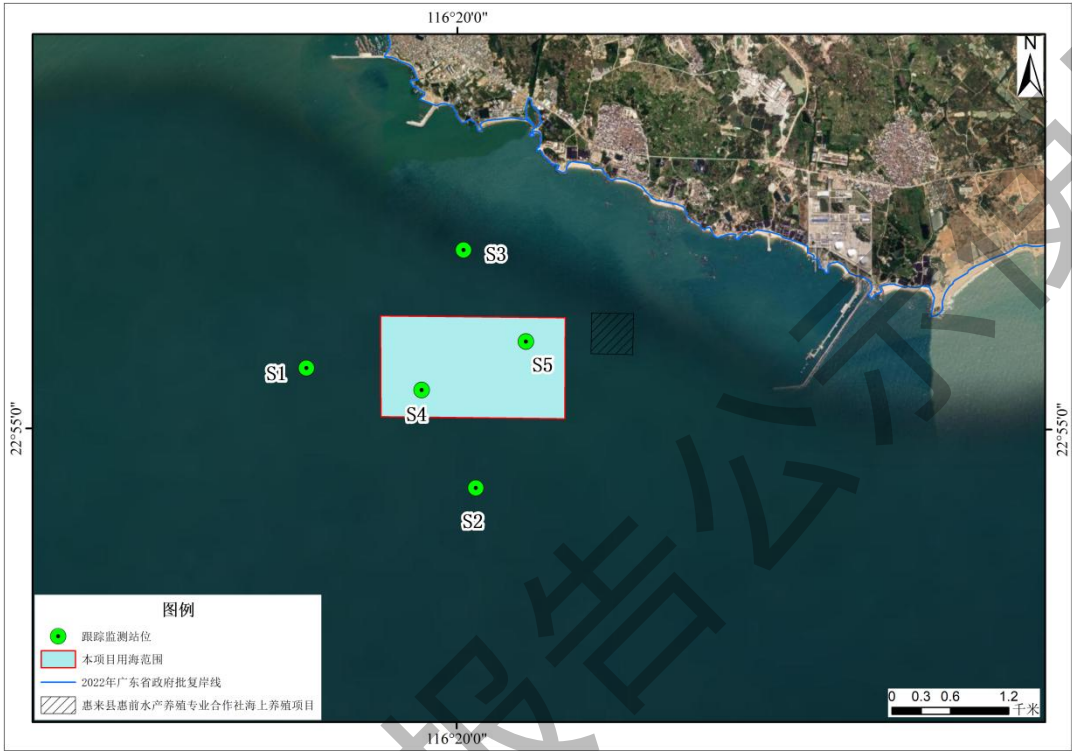


图 10.3-1 监测站位示意图

2.监测内容

水质：水温、透明度、pH 值、悬浮物、溶解氧、盐度、化学需氧量、硫化物、油类、无机氮（硝酸盐、亚硝酸盐、氨）、活性磷酸盐、重金属（汞、砷、铜、铅、锌、镉、总铬）。

沉积物：总汞、铜、铅、锌、镉、总铬、砷、硫化物、有机碳、石油类。

生态：叶绿素 a、初级生产力、浮游动物、浮游植物、鱼卵仔稚鱼等。

生物体质量：石油烃、Cu、Pb、Cd、Zn、Hg、As 和 Cr 共 8 项。

各监测项目的具体采样及监测分析按照《海洋调查规范》和《海洋监测规范》的要求进行。

3.监测频率

施工期：

施工期进行 1 次、施工结束后进行 1 次监测。

运营期：

水质：3年内每年监测一次，其后每两年监测一次。以后可根据前几次的监测结果，适当加大和减小监测频率。

沉积物：3年内每年监测一次，其后每两年监测一次。以后可根据前几次的监测结果，适当加大和减小监测频率。

海洋生物：3年内每年监测一次，其后每两年监测一次。以后可根据前几次的监测结果，适当加大和减小监测频率。

4.监测资料建档及报告提交

建设单位应委托第三方监测单位负责所属海域的海洋生态环境的监测，承担监测的单位应认真分析监测数据，发现异常及时向上级主管部门汇报，以便采取相应的补充环保对策措施，并加强监测数据的管理。全部监测数据报项目建设部门存档备案，作为项目环境保护竣工验收的重要资料。

①施工期每半年向上级主管部门提交环境监察审核报告一份。报告书应对当次监察与审核情况进行评估和总结，并做好下一次的监察计划和监测程序。

②日常委托监测分析按化验室质量控制技术进行，对原始记录及相关资料应完整保留备查。

③及时整理汇总监测资料，反馈通报，建立良好的信息系统，定期总结。

④环境管理与监测情况应随时接受海洋生态环境主管部门的检查和监督。

（5）质量控制

生态跟踪监测承担单位应具备中国计量认证（CMA）资质或中国合格评定国家认可委员会（CNAS）资质，并对各类监测数据的全过程质量控制作出说明，明确数据形成过程中采集、分析、审核的人员、仪器设备和方法等的要求。

10.4 环境保护“三同时”验收

根据《防治海洋工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》，工程建成后应及时向审批该环评报告书的海洋主管部门申请环保验收，对各项环保工程措施“三同时”的落实情况、效果及工程建设对环境影响进行调查。

表 10.4-1 项目环境保护设施“三同时”验收一览表

验收阶段	污染类型	污染源	主要污染防治措施	验收内容
施工期	水污染	船舶生活污水	签署协议，委托接收处置	经收集上岸后由接收单位收运处理
		船舶含油污水	签署协议，委托接收处置	经收集上岸后由接收单位收运处理
	固体废物	船舶生活垃圾	船舶配备有盖、不渗漏、不外溢的垃圾储存容器或垃圾袋	收集上岸后交由环卫部门统一处置
		施工废弃物	收集上岸回收处置	分类收集后，交由相关单位进行回收综合利用
		废机油、含油抹布	签署协议，委托接收处置	收集上岸后交由有处理资质的单位处理
	大气污染物	船舶燃油废气	选用符合国家标准清洁燃油，定期维护和保养发动机	不对大气环境造成明显不良影响
		网箱安装中管道热熔连接产生的 VOCs	分批操作，控制热熔温度在合理操作范围内	不对大气环境造成明显不良影响
	噪声污染物	施工机械、船舶噪声	严格控制施工机械的噪声限值，禁止超过国家规定的噪声排放标准	不对声环境造成明显不良影响
		水下施工噪声	优化施工工艺，避免在鱼类繁殖期等敏感时期进行高噪声作业	不对声环境及海洋生物造成明显不良影响
	海洋生态环境	/	制定生态补偿措施	落实生态补偿措施，区域生态得到恢复
营运期	水污染防治	船舶生活污水	签署协议，委托接收处置	经收集上岸后由接收单位收运处理
		船舶含油污水	签署协议，委托接收处置	经收集上岸后由接收单位收运处理
		网箱养殖污染物	合理控制养殖规模、密度；选择合适饵料科学投喂	不对水质环境造成明显不良影响
		网箱网衣清洗废水	自然排海	不对水质环境造成明显不良影响
	固体废物	船舶生活垃圾	船舶配备有盖、不渗漏、不外溢的垃圾储存容器或垃圾袋	收集上岸后交由环卫部门统一处理
		养殖设施废弃物	收集上岸回收处置	交由相关单位进行回收综合利用
		废饲料包装袋	收集上岸回收处置	交由相关单位进行回收综合利用
		病死鱼	放在干净、密封的容器中，装船运往陆域	交由有资质的单位进行无害化处置
		附着生物、污损生物	自然排海	不对海洋环境造成明显不良影响

验收阶段	污染类型	污染源	主要污染防治措施	验收内容
		海洋垃圾（绳子、塑料等）	不渗漏、不外溢的垃圾储存容器或垃圾袋暂存	收集上岸后交由环卫部门统一处理
	噪声	船舶及其鸣笛噪声、柴油发电机噪声	选用低噪声的设备、控制船舶鸣笛	不对声环境造成明显不良影响
	大气环境	作业船舶、柴油发电机燃油废气	使用低硫燃料	不对大气环境造成明显不良影响
环境风险		溢油风险	制定应急预案，设置警示灯等	落实应急预案
跟踪监测		/	制定海洋环境跟踪监测计划	落实海洋环境跟踪监测计划

11 环境影响评价结论及建议

11.1 项目概况

揭阳市投控农业海洋牧场产业园建设单位为揭阳市投控农业发展有限公司，建设地点位于揭阳市惠来县神泉港东南侧海域，水深约 10~12 m，离岸最近距离约 1.5 千米，距神泉渔港最近距离约 2.7 千米。项目用海总面积 196.3593 公顷，拟布设 C90 HDPE 重力式圆形网箱 66 个、矩形网箱 8 组和运维平台 1 个，在网箱养殖区 4 个边界点分别设置 1 座海上警示浮标，配套多功能辅助船 3 艘，养殖快艇 5 艘。项目主要开展马友鱼、鮰鱼等海水鱼类和鲍鱼养殖，海水鱼年产量约 2598.75 吨，鲍鱼年产量约 672 吨。

项目总投资约 16982.59 万元，总工期为 24 个月。

11.2 工程分析结论

（1）施工期

施工期，水污染主要来自网箱和平台安装时锚碇与底质接触产生的悬浮泥沙，施工船舶施工人员产生的生活污水和施工船舶的舱底含油污水；大气污染主要来源于施工船舶产生一定量的燃油废气；噪声污染主要为施工船舶噪声；固体废物污染主要包括施工船舶施工人员产生的生活垃圾，网箱组装、施工产生的废弃物和维修机械产生的废机油、含油抹布。此外，网箱安装投放安装施工时的海洋生态环境遭到破坏，产生的悬浮泥沙也会使渔业资源等受损，造成一定的生物量损失。

（2）营运期

本项目营运期多功能辅助船和养殖快艇主要用于巡察管护、换网、分鱼、收鱼等工作，对环境的影响主要为网箱养殖投放的多余饵料及鱼类、鲍鱼养殖过程产生的排泄物、网箱清洗悬浮物对海洋环境和生态的影响，以及养殖辅助船舶工作人员的日常管理活动、养殖活动和收成运输产生的少量废气、废水、噪声、生活垃圾、养殖设施废弃物、废饲料包装袋；网箱清洗产生的附着、污损生物和海洋垃圾等。

11.3 环境现状评价结论

11.3.1 水文动力现状调查结论

1.本次水文观测期间，风向以东北风为主，风速在 $1.1\text{m/s}\sim 5.6\text{m/s}$ 。各站点风速以及风向变化不大。HLL2、HLL3、HLL4 海况均为 3 级，HLL1、HLL5、HLL6 海况均为 2 级。

2.调查海区的潮汐性质系数 F 值为 6.01 和 4.94，说明调查海区的潮汐类型为正规全日潮。各分潮中全日分潮占主导地位，由表可知，观测期间调查海区最高潮位为 1.47m ，最低潮位为 0.01m ，最大涨潮潮差为 1.28m ，最大落潮潮差为 0.99m 。距离调查海区最近的甲子港的潮汐性质系数 F 值为 6.43，佐证调查海区的潮汐类型为正规全日潮。

3.观测期间最大涨潮流速为 70.8cm/s ，最大落潮流速为 74.3cm/s ，分别出现在 HLL6 站 0.4H 层和 HLL4 站表层。最大涨潮和落潮平均流速分别为 33.6cm/s 和 37.4cm/s ，分别出现在 HLL5 站底层和 HLL5 站表层。在垂向结构上，各站点流速从上向下比较稳定，表现为流速大小从表层到底层依次减小；在水平上，海流的方向形成了以逆时针旋转方向为主的旋转环流，HLL6 站流速最大，HLL5 站流速次之。除此之外，近岸的 HLL1 站和 HLL2 站流速较小，而远海站点流速更大。其中，在退潮时流向为南向，涨潮时流向主要为东北方向或者是北向，符合潮涨潮落影响下的潮流特征。

4.本次观测所有站位各层次潮流中，其中 K_1 分潮和 O_1 分潮占分潮优， M_2 分潮和 S_2 分潮次之；观测站各层主要表现为 K_1 分潮流占优；椭圆旋转率 k 绝对值小于 0.5，主要表现为往复流的特征。各站位的 M_4 和 MS_4 主要表现出旋转流的特征（椭圆旋转率 k 绝对值大于 0.5）。最大 K_1 分潮流出现在 HLL6 站 0.2H 层，流速为 54.5cm/s 。根据各站层潮流性质，计算了各层潮流可能最大流速及水质点可能最大运移距离，根据计算，神泉港附近海域潮流可能最大流速为 81.6cm/s ，出现在 XLL6 站 0.2H 层，各站层可能最大流速介于 $4.2\text{cm/s}\sim 81.6\text{cm/s}$ 之间，各站潮流的可能最大流速方向以西北方向和东方向为主；水质点可能最大运移距离为 22686.90m ，出现在 XLL6 站表层，各站层水质点可能最大运移

距离介于 1150.81m~22686.90m 之间。

5.调查海区观测期间余流流速主要介于 1.6cm/s~21.1cm/s。最大余流为潮流 HLL5 站（表层，21.1cm/s，118°），最小余流为潮流 HLL1 站（0.2H 层，1.6cm/s，49°）。HLL3、HLL4、HLL5 站点的余流方向主要为东方向，HLL2 站的余流方向为南偏东方向，HLL1 和 HLL6 以北偏西方向为主。该海域受夏季季风的影响，海流主要为 NWN 方向，而海水有着沿等深线运动的特点，故靠近外海的站点 HLL3~5 站表现出以东方向为主的余流，而靠近岸边的 HLL1、HLL2 以及 HLL6 站表现出受海区的洋流以及潮汐影响下变化的余流流向。

6.温度结果：调查期间调查海区测得的水温最大值为 30.18℃，出现在 HLL1 表层；测得水温的最小值为 23.25℃，出现在 HLL3 站 0.6H 层和 0.8H 层；各个调查站位垂向结构，温度从上到下逐渐减小；外海的温度更低，近岸的站位温度更高，但两者的温差很小。

7.盐度结果：调查期间调查海区测得的盐度最大值为 34.48，出现在 HLL6 的 0.4H 层；测得盐度的最小值为 3.18，出现在 HLL1 站表层。统计结果表明，观测海区从表到底盐度逐渐增加，并且外海的盐度高于近岸的盐度。同时，受暴雨的影响，HLL1 和 HLL4 站的盐度变化剧烈，HLL1 站受陆地水输入的影响，其盐度最低，HLL4 站则是在降雨区。

8.悬沙浓度分析结果：观测期间（1）调查海区悬沙浓度范围为 0.010kg/m³~0.046kg/m³，HLL6 站底层悬沙浓度最大（0.046kg/m³），HLL6 站底层悬沙浓度最小（0.010kg/m³）；（2）在垂向上，各站表层和底层悬沙浓度较为接近。（3）空间上，远离岸边的站位悬沙浓度比近岸的小。涨潮期最大单宽输沙量为 6.43 t/m，方向 74°，出现在 HLL5 站；落潮期最大单宽输沙量为 6.73t/m，方向 91°，出现在 HLL5 站；最大单宽净输沙量为 13.01t/m，方向 83°，出现在 HLL5 站。净输沙的主要方向为东向。

9.测区悬沙类型，粉砂是悬沙主体，其次是粘土，砂含量较少。各站大潮期间砂含量在 0.00~7.29%，平均值为 0.95%，粉砂含量在 59.23~84.07%之间，平均值为 71.99%，粘土含量在 13.86%~40.77%之间，平均值为 27.06%；大部分悬沙样品类型为粘土质粉砂（17/24），小部分样品为粉砂（5/24）、细粉砂

(2/24), 共 3 种样品。夏季航次测区悬沙中值粒径变化范围在 $5.92\mu\text{m}$ ~ $7.64\mu\text{m}$ 之间, 平均值为 $6.99\mu\text{m}$ 。夏季航次 HLL1 测站落憩最粗 ($7.64\mu\text{m}$), HLL1 测站落急最细 ($5.92\mu\text{m}$)。涨憩、落急、落憩、涨急时中值粒径的平均值分别为 $7.26\mu\text{m}$ 、 $6.68\mu\text{m}$ 、 $7.13\mu\text{m}$ 、 $6.91\mu\text{m}$ 。测量期间测区平均粒径在 5.63ϕ ~ 7.34ϕ 之间, 平均值为 6.67ϕ 。平均粒径的空间分布为: HLL4 落急最大, 为 7.34ϕ ; HLL1 落急最小, 为 5.63ϕ 。悬沙分选系数变化范围为 0.004ϕ ~ 0.020ϕ , 平均值为 0.009ϕ 。测区悬沙偏态系数变化范围为 0.30 ~ 0.65 , 平均值为 0.43 。测区悬沙峰态系数的变化范围为 0.92 ~ 1.52 , 平均值为 1.07 。

11.3.2 海水水质现状调查结论

Z1、Z2、Z3、Z10、Z11、Z16 位于近岸海域功能区中的浅海渔业区, 执行海水水质第一类标准; Z12、Z18 所在海域无划分近岸海域功能区划, 按照维持现状要求, 从海水水质第一类标准起进行评价。Z1、Z2、Z3、Z10、Z11、Z12、Z16、Z18 站位调查结果中, 除 Z1、Z2、Z3 站位的活性磷酸盐、无机氮外, 其余站位的其他调查因子均符合海水水质第一类标准要求。Z1、Z2、Z3 站位的活性磷酸盐、无机氮的调查结果超出海水水质第一类标准要求, 均满足海水水质第二类标准限值要求。活性磷酸盐、无机氮的超标率均为 25%。

Z4 站位位于近岸海域功能区中的澳角浴场区, 执行海水水质第二类标准, Z4 站位调查结果中所有评价因子均符合海水水质第二类标准限值要求。

Z7、Z8、Z9 站位位于近岸海域功能区中的神泉港区, 执行海水水质第三类标准, Z7、Z8、Z9 站位调查结果中所有评价因子均符合海水水质第三类标准限值要求。

根据《渔业水质标准》(GB11607-89) 进行现状水质评价 (表 3.2.4-8), 评价海域水质调查中除 Z4、Z7、Z8、Z9 的非离子氨外, 其余站位的其余调查因子均符合《渔业水质标准》(GB11607-89) 中的水质标准限值要求。

11.3.3 海洋沉积物现状调查结论

海洋沉积物评价共选取 8 个站位, 其中 Z1、Z2、Z3、Z4、Z9、Z11、Z16 站位各项调查因子均能满足所在海洋空间规划分区的沉积物质量标准要求。

Z12 站位调查结果中，除油类、硫化物外，其余调查因子均能满足海洋沉积物第一类标准。Z12 站位的油类超出海洋沉积物第一类标准，超标倍数为 1.21，符合海洋沉积物第三类标准限值要求。Z12 站位的硫化物调查结果超出海洋沉积物第一类标准，超标倍数为 0.817，符合海洋沉积物第三类标准限值要求。

根据潮间带沉积物各样品评价因子标准指数表，该次潮间带沉积物调查断面采集的各样品石油类、硫化物、有机碳、总汞、砷、铜、铅、锌、镉、铬均符合《海洋沉积物质量》（GB 18668-2002）第一类标准限值要求，无出现超标现象，表明项目附近的潮间带沉积物环境质量较好。

11.3.4 海洋生物质量现状调查结论

本次评价的 10 个生物站位样品中，Z1、Z4、Z11、Z12、Z13、Z19 站位生物样品的总汞超过《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025）附录 C 的标准限值要求，汞的超标率为 60%；Z1、Z3、Z4 站位生物样品的砷超出《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025）附录 C 的标准限值要求，砷的超标率为 30%；Z1、Z4、Z5、Z12 站位生物样品的石油烃超出《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025）附录 C 的标准限值要求，石油烃的超标率为 40%。

Z10、Z18 站位生物样品中的总汞、铜、铅、锌、镉、砷、石油烃均符合《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025）附录 C 相应的标准限值要求。

11.3.5 海洋生态现状调查结论

1. 叶绿素 *a* 和初级生产力

本次调查海区表层水体叶绿素 *a* 含量的变化范围为 0.21~1.60 mg/m³，平均值为 0.56 mg/m³；初级生产力的变化范围为 6.29~204.59 mg·C/（m²·d），平均值为 47.33 mg·C/（m²·d）。

2. 浮游植物

本次调查共记录浮游植物 3 门 44 属 102 种。其中以硅藻门出现的种类为最多，占总种数的 74.51%；甲藻门占总种数的 24.51%，蓝藻门占总种数的 0.98%；

本次调查的浮游植物优势种为硅藻门的假微型海链藻（优势度 0.680）和蓝藻门的束毛藻（优势度 0.096）；调查海区浮游植物丰度变化范围为 $10.89 \times 10^4 \sim 1149.92 \times 10^4$ cells/m³，平均为 275.46×10^4 cells/m³；浮游植物丰度组成以硅藻门占首位。浮游植物种数变化范围 24~59 种；多样性指数（ H' ）平均值为 1.03，多样性属于较低水平；均匀度指数（ J' ）平均值为 0.20，各站物种间分布非常不均匀；丰富度指数平均值为 2.79。

3. 浮游动物

本次调查共记录浮游动物 11 个生物类群 68 种。各采样站浮游动物湿重生物量变化幅度为 41.02~284.62 mg/m³，平均生物量为 114.77 mg/m³；浮游动物密度变化幅度为 365.38~5934.21 ind/m³，平均密度 1331.97 ind/m³。浮游动物的优势有 9 种，为桡足类无节幼虫、桡足类幼体，强额拟哲水蚤、亚强次真哲水蚤、红小毛猛水蚤、克氏大眼水蚤、短角长腹剑水蚤、微刺哲水蚤、小拟哲水蚤；浮游动物种数变化范围为 13~32 种；种类多样性指数范围（ H' ）平均值为 3.51，多样性属于较高水平；种类均匀度（ J' ）平均值为 0.77，各站物种间分布较均匀；丰富度指数平均值为 3.53。

4. 大型底栖生物

本次调查记录的大型底栖动物种类共计 47 种，调查海区大型底栖生物平均栖息密度为 44.00 ind/m²，大型底栖生物的平均生物量为 4.57 g/m²；各采样站位的大型底栖生物栖息密度变化范围在 13.33~206.67 ind/m² 之间，生物量变化范围在 0.09~28.02 g/m² 之间；本次调查海区的底栖生物优势种为棘皮动物的光滑倍棘蛇尾；大型底栖生物出现种数变化的范围在 2~6 种/站。多样性指数（ H' ）平均值为 1.83，多样性指数属于较低水平；均匀度（ J' ）平均值为 0.95，各站位之间物种分布均非常均匀；丰富度指数平均值为 1.13。

5. 潮间带生物

本次调查共记录到潮间带生物 27 种，其中环节动物 1 种、节肢动物 6 种和软体动物 20 种。调查断面潮间带生物平均栖息密度为 588.44 ind/m²，平均生物量为 290.85 g/m²。调查断面平均栖息密度和生物量的断面间分布均为：C1 断面 > C2 断面 > C3 断面；在垂直分布上，平均生物量和平均栖息密度均表现为高

潮区>低潮区>中潮区。3条调查断面出现的种类数范围为7~16种/断面，多样性指数和均匀度指数平均值分别为2.36和0.72，多样性指数属于中等较低水平，各断面物种间分布不均匀；丰富度指数平均值为1.94。

6. 鱼类浮游生物

在水平拖网和垂直拖网两种方法采集的40个样品中，经鉴定，至少共出现了鱼卵仔稚鱼9种，其中鲈形目鉴定出4种，鲱形目鉴定出2种，鲻形目、鰕形目和未定种各鉴定出1种；本次水平拖网定性调查共采到鱼卵424粒，仔稚鱼82尾；鱼卵出现率为100.00%，各站平均捕获鱼卵数量为21 ind/net；仔稚鱼出现率为80.00%，仔稚鱼的各站平均捕获数量平均为4 ind/net。本次垂直拖网定量调查共采到鱼卵12粒，仔稚鱼23尾。鱼卵出现率为50.00%，鱼卵平均密度为0.43 ind/m³；仔稚鱼出现率为45.00%，平均密度为0.83 ind/m³。鲷科是本调查中水平定性拖网和垂直拖网中的主要鱼卵和仔稚鱼种类。

7. 游泳动物

本次调查拖网采样共捕获游泳动物52种，其中：鱼类25种，甲壳类25种，头足类2种。渔业资源的平均总个体渔获率和平均总重量渔获率分别为461.60 ind/h和4.82 kg/h；各断面平均个体密度为44.38×10³ ind/km²，平均重量密度为463.56 kg/km²；鱼类优势种有3种：白姑鱼、尖尾鳎和麦氏犀鳎；甲壳类优势种有5种：红星梭子蟹、中华管鞭虾、断脊小口虾蛄、矛形梭子蟹、哈氏仿对虾。游泳动物种数变化范围为11~22种；种类多样性指数(H')平均值为3.60，多样性属于中等水平；种类均匀度(J')平均值为0.87，各站物种间分布较均匀；丰富度指数平均值为4.79。

11.3.6 环境空气质量调查结论

根据揭阳市生态环境局发布的《2024年广东省揭阳市生态环境质量公报》，2024年环境空气有效监测天数为366天，达标天数为353天，达标率为96.4%；环境空气质量综合指数 I_{aion} 为3.02（以六项污染物计），比上年下降3.2%；空气质量指数类别优182天，良171天，轻度污染12天，中度污染1天，空气中首要污染物为O₃与PM_{2.5}。

本报告收集了揭阳市城市空气质量监测点位惠来站（经度：116.3°，纬度：

22.98°) 2022 年的环境空气例行监测数据, SO₂ 年平均质量浓度及第 98 百分位数日平均质量浓度、NO₂ 年平均质量浓度及第 98 百分位数日平均质量浓度、PM₁₀ 年平均质量浓度及第 95 百分位数日平均质量浓度、PM_{2.5} 年平均质量浓度及第 95 百分位数日平均质量浓度、CO 第 95 百分位数日平均质量浓度、O₃ 第 90 百分位数日最大 8 小时平均质量浓度均满足《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 及其 2018 年修改单的二级标准限值。

项目所在惠来县区域环境空气质量良好, 为达标区。

11.3.7 声环境质量调查结论

根据揭阳市生态环境局发布的《2024 年广东省揭阳市生态环境质量公报》, 声环境质量稳中趋好, 昼间达标率高于夜间。市区功能区噪声环境质量昼间点次达标率为 100.0%, 比上年上升 1.9 个百分点, 夜间点次达标率为 88.5%, 比上年上升 3.9 个百分点。揭阳市道路交通噪声总平均值为 67.3 分贝, 总体评价为好, 与上年持平; 大于 70 分贝的超标路段占总监测路长 24.6%, 比上年增加 8.7 个百分点。揭阳市区域环境噪声等效声级平均值为 54.7 分贝, 符合二级, 总体评价为较好, 与上年持平; 超标率为 12.0%, 比上年增加 5.2 个百分点。

根据《2023 年揭阳市生态环境质量公报》, 2023 年, 揭阳市区域环境噪声(昼间)等效声级平均值为 53.5 分贝, 符合二级, 总体评价为较好, 与上年持平; 超标率为 6.8%, 比上年下降 6.4 个百分点。

市区区域环境噪声(昼间)平均等效声级为 52.6 分贝, 区域环境噪声总体水平达到二级, 声环境质量为较好, 比上年上升一级; 超标率为 3.9%, 比上年下降 6.3 个百分点。辖区中, 惠来县道路交通噪声(昼间)强度为一级, 声环境质量为好, 超标率为 0.0。辖区中, 全市五个辖区(榕城区、揭东区、普宁市、揭西县、惠来县)区域环境噪声质量(昼间)均为较好, 总体水平达到二级, 超标率在 3.9%~9.8%之间。

综上, 本项目所属惠来县区域声环境质量现状良好。

11.4 环境影响预测分析与评价结论

11.4.1 海洋环境影响预测与评价

11.4.1.1 水动力环境影响预测与评价

本项目用海内容为深水网箱养殖。养殖设施主要是重力式网箱，均为透空式构筑物，水流可自由通过，锚泊系统的锚链较细，不会对海域水流形成新的阻断，不会改变海域的自然属性，且项目位于开阔海域，水深约为 10~12m 海域水深条件良好。

根据水动力环境影响预测结果，整体而言，工程前后水动力场的变化区域主要局限于工程区域以及附近小范围海域，涨落急流速变化基本小于 $\pm 0.13\text{cm/s}$ ，流向变化幅度较小。工程区域以外的水域流场分布与工程前基本一致。

涨急时工程区域以及工程周边水域特征点流速有所变化，变化范围在 $-0.12\text{m/s}\sim 0.02\text{m/s}$ ，流向特征点变化范围在 $\pm 4^\circ$ ；落急时各特征点流速变化范围在 $-0.10\text{m/s}\sim 0.03\text{m/s}$ ，流向变化范围在 $\pm 8^\circ$ ；各特征点的流速变化幅度很小，工程区域流速总体减小，工程附近迎流面和背流面流速有所减小，两侧区域流速有所增加，流向变化幅度也很小。

工程建设产生的潮流影响主要集中在工程附近海域，流场变化的范围和程度较小，对外海的潮流基本不影响。

11.4.1.2 地形地貌与冲淤环境影响预测与评价

本项目位于开阔海域，海区水动力条件较好，本项目养殖区距离大陆海岸约 1.5km，不会对所在海域的输沙特征、泥沙运移规律和冲淤行为造成改变，不会造成岸滩的冲淤变化。

根据冲淤环境影响预测结果，项目建成后，工程区水域局部水动力条件发生改变，水流挟沙力发生相应变化，引起海床发生相应的调整。冲淤环境影响范围主要集中于工程附近的局部水域，在工程区域主要表现为淤积，其中最大淤积强度出现在工程区域南侧（矩形网箱区域），量值可达 0.21m/a ；工程范围

外侧南北局部水域表现为冲刷，冲刷强度最大可达-0.07m/a。总体而言，冲淤环境的变化主要集中在工程附近局部水域，变化强度较小。

11.4.1.3 水质环境影响预测与评价

本项目施工过程不涉及土石方作业，无外来沉积物混入，网箱养殖施工期锚固结构安装会有少量悬浮泥沙产生。悬浮泥沙扩散预测结果显示，悬浮泥沙主要分布在工程区，所以悬浮物扩散核心区基本位于工程附近区域，所有模型源点周围都为高浓度悬浮物区，悬沙随着涨落潮流主要向偏西北侧和偏东南侧方向扩散。施工引起悬浮泥沙扩散的最大浓度超过 10mg/L 的面积为 0.09km²，网箱清洗引起悬浮泥沙扩散的最大浓度超过 10mg/L 的面积分为 0.09km² 和 0.02km²，限制在工程范围内且集中在源强点附近小范围，对周围海水水质的影响微小。

本项目所处海域较为开阔，水动力条件较好。养殖污染物扩散预测结果显示：叠加本底值后的 COD_{Mn} 浓度最大值为 0.54809mg/L < 2mg/L，满足一类水质标准；无机氮浓度最大值为 0.22939mg/L < 0.30mg/L，满足二类水质标准；活性磷酸盐浓度最大值为 0.02764mg/L < 0.030mg/L，满足二类水质标准。运营期间，网箱养殖排放的污染物（COD_{Mn}、无机氮、活性磷酸盐和残饵）对项目区附近海域水质环境的影响相对较小。

饵料散失进入海水释放的无机氮和活性磷酸盐浓度量级远小于总体养殖污染物释放的无机氮和活性磷酸盐浓度量级，表明养殖过程中由于饵料散失进入海水释放的无机氮和活性磷酸盐占总体比例很小。由此可见，投饵时因饵料散失进入海水中的氮、磷瞬时扩散影响十分微小。

另外，营运期的船舶油污水和生活污水统一收集上岸，交由有资质单位接收处理，不得直接排放入海。采取上述措施后船舶废水基本不会对周边海水水质产生影响。

综上，本项目的实施对海水水质环境产生的影响可接受。

11.4.1.4 沉积物环境影响预测与评价

施工产生的悬浮泥沙来源于本海域，基本不会对本海域沉积物的理化性质产生影响。此外，锚块投放对沉积物的影响时间是短暂的，一旦施工完毕，这种影响在较短的时间内也就结束。因此，工程施工过程产生的悬浮泥沙扩散和沉降后，沉积物的环境质量不会产生较大变化，仍将基本保持现有水平。营运期对沉积物环境的影响主要是网箱养殖对沉积物环境的影响。养殖排泄物及残饵可能会对所在区域的海洋沉积物环境中的溶解氮、氮磷等营养盐、硫化物和有机碳等产生一定影响。项目区位于较为开阔的深远海域，海区水文动力条件较好养殖鱼类排放的 N、P 将很快得到扩散和稀释，同时项目科学喂养，控制饵料用量，尽量减少残饵数量，根据实际情况不断优化饵料营养组成及投喂方式。通过采取以上措施后，可有效地减轻项目实施对区域沉积物的影响。综上，本项目的实施对海洋沉积物环境产生的影响可接受。

网箱网衣清洗对海洋沉积物的影响程度取决于清洗频率，本项目网箱网衣计划两个月进行一次清洗，进行分批清洗，每次单独作业。通过合理规划清洗作业强度和频率，采用环保的清洗技术和方法，有助于减少对海洋沉积物和生态环境的负面影响。

11.4.2 生态环境影响分析

本项目建设对生态环境的影响主要体现在施工期深水网箱建设等产生的悬浮泥沙对海洋生态环境的影响，以及项目建设占用一定面积的海域，将对占用海域内的生态资源造成直接影响。但这些影响主要存在于用海范围内且短期是可恢复的。

营运期，网箱养殖过程中残饵、排泄分泌物等可能造成海域 COD、氮、磷的含量增加，可能引发富营养化，对浮游生物产生一定的影响。养殖污染物沉积于养殖区内海底中，对底质环境造成改变，从而影响底栖生物的生存与分布、随着距离的向外扩散，底栖生物的种类组成会逐渐恢复到正常水域的状况。

项目区位于较为开阔的深远海域，海域水文动力条件较好，在合理设置网箱密度和投放苗种密度的前提下，本项目建设对周边海域及周边生态保护红线

的影响是可以接受的。

且本项目作为海洋牧场，从渔业经济发展的角度，能够减轻捕捞对渔业资源带来的巨大压力，使渔民转产转业，更加有利于渔业资源的恢复，因此，本项目的实施不会对鱼类“三场一通道”产生影响，有利于渔业资源的恢复。

11.4.3 大气环境影响分析

本项目主要为施工期施工机械、船舶燃油废气和营运期工作船舶及柴油发电机产生的尾气对周边环境的影响，主要污染物为 CO、NO_x、SO₂ 和烃类物质。由于项目施工及养殖均位于开阔海上，扩散面积大，发电机间歇运行，在时间和空间上均较零散排放，污染物总量小，对周边环境产生影响甚微。

施工期网箱组装过程中管道（聚乙烯管）热熔产生的少量 VOCs。管道热熔连接本身是一种相对环保的连接方式，本项目网箱分批安装投放，故热熔释放的少量 VOCs 是间歇性的，且产生量较小，对大气环境的影响较小。

11.4.4 声环境影响分析

施工期对周边声环境的主要影响是施工机械设备、施工船舶噪声以及锚固系统投放时水下施工噪声。由于项目施工位于海上，周边无声环境敏感目标，因此，项目施工时基本不会对周边声环境产生大的影响，施工期采取加强施工作业管理、选用低噪声设备和船舶、加强设备和船舶的维护管理、优化施工工艺、避免在鱼类繁殖期等敏感时期进行高噪声作业等措施降低噪声影响。本项目营运期主要为柴油发电机使用噪声及作业船舶及其鸣笛噪声，周边无声环境敏感目标，加强船舶和发电机的检修和维护，保持其良好的运转，避免因不良运行产生的噪声。因此，项目建设基本不会对周边声环境产生大的影响。

11.4.5 固体废物影响分析

本项目施工期船舶生活垃圾交由环卫部门统一处置；施工废弃物交由相关单位进行回收综合利用或分类收集后交由环卫部门清运；废机油、含油抹布交由有危险废物处理资质的单位处置，不得在施工范围内进行暂存及处置。

营运期船舶生活垃圾交由环卫部门统一处置；养殖设施废弃物和废饲料包装交由相关单位回收综合利用；病死鱼收集后交由无害化处理能力的单位处

置；网箱清洗产生的附着生物和污损生物均随清洗废水自然排海，回归海洋循环，清理出的海洋垃圾作为一般固废统一收集上岸，交由环卫部门处理。

经过上述处理措施后，项目产生的固体废物不会对环境造成明显影响。

11.5 环境风险分析与评价结论

本项目为现代化海洋牧场建设项目，根据项目现场调查及工程特性分析，项目不属于高风险行业，不涉及高风险工艺和物品，不构成重大风险源。

本项目发生风险事故的可能为项目自身引起的突发环境事件，如由于恶劣气象条件或操作不当引起的船舶碰撞引起的船舶溢油事故、养殖鱼类病害、柴油发电机泄漏事故等对海域资源、环境造成的影响，发生于施工期和营运期。在切实采取有效的风险防范措施后，能够降低项目风险事故发生的概率。

综上，建设单位在认真、切实落实环境风险评价提出的各项风险防范措施的基础上，本项目的环境风险水平可接受。

11.6 产业政策与规划相符性分析结论

项目建设符合产业政策，项目符合《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》《揭阳市“三线一单”生态环境分区管控方案》《广东省国土空间规划（2021-2035年）》《揭阳市国土空间总体规划（2021-2035年）》《惠来县国土空间总体规划（2021-2035年）》，同时符合《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》《广东省养殖水域滩涂规划（2021-2030年）》《广东省现代化海洋牧场发展总体规划（2024-2035年）》《惠来县养殖水域滩涂规划（2018-2030年）（修订版）》《揭阳（惠来）现代化海洋牧场建设规划（2024-2035年）》《关于加强养殖用海管理工作的通知》及“三区三线”划定成果等。

11.7 公众意见采纳情况

根据《环境影响评价公众参与办法》（生态环境部令 2018 年第 4 号）等有关规定，本项目确定环评单位后 7 日内，建设单位于 2025 年 9 月 2 日在揭阳市投资控股集团有限公司网站上首次公开本项目环境影响评价信息情况。

建设单位于 2025 年 9 月 25 日在其公司网站上进行环境影响报告书征求意见

见稿信息网络公示，并在建设单位公告栏及附近的神泉渔港公告栏这些易于知悉的场所张贴公告；分别于 2025 年 9 月 26 日、9 月 29 日在《南方都市报》上进行环境影响报告书征求意见稿信息登报公示。

本项目于 2025 年 10 月 20 日在建设单位门户网站上公开拟报批的环境影响报告书全文和公众参与说明，符合《环境影响评价公众参与办法》要求。

公示期间，未收到公众反馈意见。

11.8 综合结论和建议

11.8.1 结论

本项目的建设符合产业政策要求，与各类规划、环境功能区划相协调。建设单位在采取相应的生态补偿及环保措施后，各项不利环境影响程度能够得到削减或者减弱，基本能够满足工程所在地相应环境功能区划的要求。建设单位需切实执行国家有关法律法规、落实报告书提出的各项环保措施、生态补偿措施和风险防范措施，在正式投入使用前，应按照“三同时”制度尽快完成环保验收。从保护环境的角度考虑，项目建设是可行的。

11.8.2 建议

- (1) 本项目实施过程中，应严格落实环境保护，控制养殖范围；
- (2) 做好台风天等恶劣天气的风险防范预防措施，减少损失；
- (3) 加强日常管理，避免影响周边船舶通航安全。
- (4) 加强养殖环境监测和水产品质量检测。