

湛江市流沙湾 1 号海域现代化海洋牧场
建设项目（重大变更）环境影响报
告书

（公示稿）

广州长海海洋工程咨询服务有限公司

二〇二六年五月



编号: S0512014022688G(1-1)

统一社会信用代码

91440101304460153A

营业执照

(副本)



扫描二维码登录
“国家企业信用
信息公示系统”
了解更多登记、
备案、许可、监
管信息。

名称 广州长海海洋工程咨询服务有限公司

注册资本 壹佰万元(人民币)

类型 有限责任公司(自然人投资或控股)

成立日期 2014年05月21日

法定代表人 陈艳芳

住所 广州市海珠区黄埔村北码头28号之五整栋自编5号楼202单元(仅限办公)

经营范围 专业技术服务业(具体经营项目请登录国家企业信用信息公示系统查询,网址: <http://www.gsxt.gov.cn/>。依法须经批准的项目,经相关部门批准后方可开展经营活动。)

此件仅供《湛江市流沙湾1号海域现代化海洋牧场建设项目(重大变更)环境影响评价报告书》

登记机关



2024年06月28日

国家企业信用信息公示系统网址: <http://www.gsxt.gov.cn>

市场主体应当于每年1月1日至6月30日通过
国家企业信用信息公示系统报送公示年度报告

国家市场监督管理总局监制

目录

1. 概述	1
1.1. 建设项目由来	1
1.2. 建设项目概况及特点	1
1.3. 环境影响评价的工作过程	2
1.4. 分析判定相关情况	3
1.5. 关注的主要问题及环境影响	4
1.6. 环境影响报告书的主要结论	4
2. 总则	5
2.1. 编制依据	5
2.1.1. 全国性法律法规	5
2.1.2. 地方性法规及规范性文件	7
2.1.3. 技术导则依据	9
2.1.4. 其他评价依据	10
2.2. 项目所在环境功能区划	10
2.2.1. 项目所在的海洋空间规划	10
2.2.2. 项目所在近岸海域环境功能区划	11
2.2.3. 地表水环境功能区划	11
2.2.4. 大气环境功能区划	11
2.2.5. 声环境功能区划	12
2.2.6. 生态环境管控分区	12
2.3. 环境影响识别与评价因子筛选	16
2.3.1. 环境影响因素识别	16
2.3.2. 评价因子筛选	17
2.4. 评价目的和重点	18
2.4.1. 评价目的	18
2.4.2. 评价重点	18
2.5. 环境质量标准	18
2.5.1. 海洋环境质量标准	18
2.5.2. 污染物排放标准	22
2.6. 评价等级	26
2.6.1. 海洋环境影响评价等级	26
2.6.2. 地表水环境影响评价工作等级	27
2.6.3. 环境空气评价工作等级	27
2.6.4. 声环境评价等级	27
2.6.5. 地下水评价等级	28
2.6.6. 土壤评价等级	28
2.6.7. 环境风险评价工作等级	28
2.6.8. 总结	29
2.7. 评价范围	30
2.7.1. 海洋评价范围	30
2.7.2. 其他评价范围	31
2.7.3. 评价范围小结	31

2.8. 环境保护目标	32
3. 工程概况	34
3.1. 项目基本情况	34
3.2. 平面布置	35
3.2.1. 总平面布置	35
3.2.2. 重力式深水网箱	42
3.2.3. 桁架类深水网箱	43
3.2.4. 大型生态养殖围栏布置	46
3.2.5. 养殖筏架平面布局	49
3.2.6. 人工鱼礁平面布局	50
3.2.7. 水下实时监测系统布置	53
3.3. 主要结构、尺度	54
3.3.1. 重力式深水网箱结构、尺度	54
3.3.2. 桁架类深水网箱结构、尺度	58
3.3.3. 大型生态养殖围栏结构、尺度	64
3.3.4. 筏架结构、尺寸	68
3.3.5. 人工鱼礁结构、尺度	69
3.4. 项目主要施工工艺和方法	72
3.4.1. 施工组织原则	72
3.4.2. 基础设施施工工艺和方法	72
3.4.3. 养殖工艺和方法	81
3.4.4. 主要施工船舶和机具	92
3.4.5. 土石方平衡	93
3.4.6. 施工进度计划和当前建设进度	93
3.5. 项目建设必要性	95
3.6. 项目用海情况	98
4. 建设项目工程分析	99
4.1. 工艺与产污分析	99
4.1.1. 施工期工艺及产污环节	99
4.1.2. 运营期工艺及产污环节	101
4.2. 施工期污染物排放状况	102
4.2.1. 施工期废气	102
4.2.2. 施工悬浮泥沙	102
4.2.3. 施工废水	105
4.2.4. 施工噪声	107
4.2.5. 固体废物	107
4.2.6. 施工期主要污染物汇总	108
4.3. 运营期污染物排放状况	108
4.3.1. 养殖污染物	108
4.3.2. 废水	114
4.3.3. 废气	115
4.3.4. 噪声	116
4.3.5. 固体废物	116
4.3.6. 运营期污染物汇总	117

4.4.	工程各阶段非污染环节分析	119
4.4.1.	施工期非污染源生态环境影响分析	119
4.4.2.	营运期非污染源生态环境影响分析	120
4.5.	清洁生产与总量控制	120
4.5.1.	总量控制	120
4.5.2.	清洁生产	121
5.	区域自然和社会环境现状	122
5.1.	自然环境概况	122
5.1.1.	气候特征	122
5.1.2.	地形地貌	123
5.1.3.	工程地质	126
5.1.4.	水下地形测量	127
5.1.5.	主要海洋灾害	128
5.2.	海洋资源概况	131
5.2.1.	港口资源	131
5.2.2.	岸线资源	131
5.2.3.	旅游资源	132
5.2.4.	湿地资源	132
5.2.5.	红树林自然保护区	133
5.2.6.	水鸟资源	134
5.2.7.	自然保护区	134
5.2.8.	珍稀海洋生物	138
5.2.9.	“三场一通道”分布	139
5.2.10.	矿产资源	140
5.2.11.	海床冲淤	142
5.3.	海域开发利用现状	142
5.3.1.	社会经济发展概况	142
5.3.2.	海域开发利用现状	145
5.3.3.	海域使用权属现状	146
5.4.	区域污染源调查	146
5.5.	水文动力环境现状调查与评价	146
5.5.1.	基面关系	146
5.5.2.	水文动力环境现状调查与评价	147
5.5.3.	水文环境现状综合分析与评价结论	156
5.6.	海洋水质、沉积物与生物质量现状调查与评价	158
5.6.1.	调查与评价内容、方法	159
5.6.2.	海水水质监测与评价结果	178
5.6.3.	海洋沉积物质量调查结果与评价	185
5.6.4.	海洋生物质量调查结果与评价	186
5.7.	海洋生态现状调查结果与评价	188
5.7.1.	夏季调查与评价结果	188
5.7.2.	冬季海洋生态与渔业资源现状调查结果	193
5.8.	渔业资源现状调查结果与评价	199
5.8.1.	夏季调查与评价结果	199

5.8.2. 冬季调查与评价结果	204
5.9. 海洋生态环境与渔业资源调查小结	208
5.9.1. 夏季调查小结	208
5.9.2. 冬季调查小结	210
5.10. 近岸海域国控站位海水水质调查与评价	211
5.10.1. 近岸海域国控站位概况	211
5.10.2. 评价标准	212
5.10.3. 调查结果与评价	213
5.11. 大气环境质量现状调查与评价	213
5.12. 声环境质量现状调查与评价	214
6. 环境影响预测与评价	216
6.1. 水文动力环境影响分析	216
6.1.1. 潮流场数学模型	216
6.1.2. 潮流场分析	220
6.2. 地形地貌与冲淤环境影响分析	222
6.2.1. 入海泥沙冲淤	222
6.2.2. 项目建设后泥沙冲淤影响	223
6.3. 水质影响分析	224
6.3.1. 建设施工悬浮物水质环境影响预测与评价	224
6.3.2. 营运期残余饵料和鱼粪悬浮物水质环境影响预测与评价	226
6.3.3. 其它污染对水质环境影响预测与评价	229
6.3.4. 铜、锌对水质环境的影响分析	232
6.4. 沉积物环境影响分析	233
6.5. 海洋生态环境影响分析	235
6.5.1. 对浮游生物的影响	235
6.5.2. 对底栖生物的影响	237
6.5.3. “三场一通道”的影响分析	238
6.5.4. 自然保护区、生态红线影响分析	238
6.5.5. 对珍稀海洋生物的影响	240
6.6. 通航环境影响分析	243
6.7. 对渔业资源影响分析	245
6.7.1. 占用渔业水域的生物资源损失量	245
6.7.2. 补偿年限	247
6.7.3. 海洋生态损失价值估算	247
6.8. 对周边岛屿及候鸟的影响	249
6.9. 声环境影响分析	249
6.10. 固体废物影响分析	250
6.10.1. 施工期固体废物环境影响分析	250
6.10.2. 运营期固体废物环境影响分析	250
6.11. 大气环境影响分析	250
7. 污染防治措施及可行性分析	251
7.1. 海洋生态环境保护措施、生态补偿及可行性分析	251
7.1.1. 海洋生态环境保护措施	251
7.1.2. 生态补偿措施	253

7.2.	水污染防治环境保护措施及可行性分析	255
7.2.1.	施工期水污染防治措施	255
7.2.2.	营运期水污染防治措施	256
7.3.	噪声污染防治措施及可行性分析	257
7.3.1.	施工期噪声污染防治措施	257
7.3.2.	营运期噪声污染防治措施	258
7.4.	固体废物污染防治措施及可行性分析	258
7.4.1.	施工期固体废物污染防治措施	258
7.4.2.	运营期固体废物污染防治措施	259
7.5.	大气污染防治措施及可行性分析	260
7.5.1.	施工期大气污染防治措施	260
7.6	环境保护对策措施一览表	260
8.	环境风险评价	264
8.1.	风险识别	264
8.1.1.	风险物质调查	264
8.1.2.	环境敏感目标识别	264
8.1.3.	风险等级判断	264
8.1.4.	环境风险识别	264
8.2.	事故溢油概率分析	264
8.2.1.	国内船舶溢油事故统计	265
8.2.2.	湛江辖区船舶事故统计	267
8.3.	环境风险影响分析	267
8.3.1.	自然灾害风险分析	267
8.3.2.	船舶溢油风险分析	269
8.4.	环境风险防范措施	279
8.4.1.	自然灾害风险防范措施	279
8.4.2.	通航风险防范措施	280
8.4.3.	溢油风险事故的防范措施	281
8.4.4.	鱼药使用不当风险事故防范措施	283
8.4.5.	赤潮防范措施	283
8.5.	环境风险应急预案	284
8.5.1.	自然灾害应急预案	284
8.5.2.	事故应急救援预案	284
8.5.3.	溢油事故应急预案	287
8.5.4.	防台应急方案	293
8.5.5.	对赤潮的应急措施	294
8.6.	环境风险评价小结	295
9.	项目建设的合理合法性分析	296
9.1.	产业政策相符性分析	296
9.2.	与海域相关规划相符性分析	296
9.2.1.	与《广东省国土空间规划（2021-2035年）》符合性分析	296
9.2.2.	与《湛江市国土空间总体规划（2021-2035年）》符合性分析	298
9.2.3.	与《雷州市国土空间总体规划（2021-2035年）》的相符性分析	300
9.2.4.	与《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》的相符性	

分析	301
9.2.5. 与《广东省近岸海域环境功能区划》的相符性分析	304
9.2.6. 与《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》符合性分析	304
9.2.7. 与《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》的符合性分析	305
9.2.8. 与《广东省养殖水域滩涂规划（2021-2030 年）》的符合性分析	306
9.2.9. 与《湛江市养殖水域滩涂规划（2018-2030 年）》相符性分析	307
9.3. 与相关规划、环保法规政策的相符性分析	307
9.3.1. 与《“十四五”全国渔业发展规划》的符合性分析	308
9.3.2. 与《广东省海洋经济发展“十四五”规划》的符合性分析	308
9.3.3. 与广东省人工鱼礁相关管理规定的符合性分析	308
9.3.4. 与《广东省海洋生态保护实施方案》的符合性分析	309
9.3.5. 与《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》的符合性分析	310
9.3.6. 与《湛江市国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》的符合性分析	310
9.3.7. 与《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》的符合性分析	311
9.4. 与“生态环境分区管控方案”相符性分析	312
9.4.1. 与广东省生态环境分区管控方案的符合性分析	312
9.4.2. 与湛江市生态环境分区管控方案的符合性分析	313
10. 环境影响经济损益分析	315
10.1. 环境保护设施和对策措施的费用估算	315
10.2. 环境保护的经济损益分析	315
10.2.1. 项目施工对附近海域生态环境的影响	315
10.2.2. 营运期对环境的影响	316
10.2.3. 环境直接、间接经济收益分析	316
10.3. 环境保护的技术经济合理性	316
10.3.1. 环境保护技术可行性分析	316
10.3.2. 环境保护经济可行性分析	317
10.4. “三同时”环保设施验收一览表	317
11. 环境管理与监测计划	320
11.1. 环境管理	320
11.1.1. 管理机构及职责	320
11.1.2. 环境管理计划	320
11.2. 环境监测计划	322
11.2.1. 施工期环境监测计划	323
11.2.2. 运营期环境监测计划	324
11.3. 污染物排放清单	325
11.4. 小结	331
12. 结论与建议	331
12.1. 工程概况	331
12.2. 区域规划和政策符合性结论	331
12.3. 环境现状调查结果与评价结论	332

12.3.1. 海洋水文动力现状调查结论	332
12.3.2. 海洋水质现状调查结论	332
12.3.3. 海洋沉积物现状调查结论	333
12.3.4. 海洋生物体质量现状调查结论	333
12.3.5. 海洋生态现状调查结论	334
12.3.6. 区域环境空气质量现状调查结论	337
12.3.7. 区域声环境质量现状调查结论	337
12.4. 环境影响预测分析与评价结论	337
12.4.1. 水动力环境影响与评价结论	338
12.4.2. 地形地貌与冲淤环境影响	338
12.4.3. 海水水质环境影响	338
12.4.4. 海洋沉积物环境影响	339
12.4.5. 海洋生态环境影响	339
12.4.6. 大气环境影响	340
12.4.7. 声环境影响	341
12.4.8. 固体废物环境影响分析	341
12.5. 环境风险分析与评价结论	341
12.6. 清洁生产和总量控制结论	342
12.7. 环境保护对策措施的合理性、可行性结论	342
12.8. 公众参与调查结论	343
12.9. 建设项目环境可行性结论	343
12.10. 建议	343

1. 概述

1.1. 建设项目由来

湛江市流沙湾 1 号海域现代化海洋牧场项目位于湛江市雷州市覃斗镇西侧、流沙湾西北侧海域，离岸约 5.7km，中心坐标为 20°31'20.1599"N，109°44'25.7954"E，项目建设单位为湛江市蓝色海洋产业发展有限公司，该公司是经湛江市委市政府批准成立的大型国有企业，定位为现代化海洋牧场一级开发平台，承担着湛江现代化海洋牧场重点建设任务。

该项目原计划建设内容包括：重力式深水网箱、桁架类深水网箱、筏式养殖和人工鱼礁，共布置深水网箱养殖组团 5 个，布置桁架式深水网箱 5 个、重力式深水网箱 195 个。建设高密度聚乙烯（高分子材料 HDPE）抗风浪筏式养殖筏架 450 台，吊养牡蛎 9000 万个。建设人工鱼礁 3.9 万空方和自动监测系统 1 套。项目按原计划建设内容申请用海，2023 年 10 月 23 日取得用海批复（见附件 4），2023 年 10 月 27 日取得了人工鱼礁用海的海域使用权证和开放式养殖用海的海域使用权证（见附件 3）。批准用海总面积为 694.7995 公顷，其中人工鱼礁用海面积为 37.6857 公顷，用海期限 40 年；网箱和筏式用海面积为 657.1138 公顷，用海期限 15 年。2025 年 1 月 3 日取得湛江市生态环境局环评批复（见附件 5），批复总用海面积 694.7995 公顷，用海类型为人工鱼礁用海和开放式养殖用海，建设内容主要为建设 5 个深水网箱养殖组团、450 台筏式养殖筏架、3.9 万空方人工鱼礁，1 个座底式桁架养殖试验平台、1 套监测系统以及其他辅助设施等，其中，深水网箱养殖组团包括 5 个桁架类深水网箱及 195 个重力式深水网箱，主要养殖金鲳鱼、军曹鱼等，分三期实施。项目总投资 7.74 亿元，其中环保投资 140.88 万元。

湛江市流沙湾 1 号海域现代化海洋牧场项目进入施工设计阶段后，随着设计深入、建设单位降本增效、产业布局与可持续发展的实际需求，拟对建设内容进行优化调整，以契合用海实际需求，确保经济、生态和社会效益。为符合在本项目原论证报告提交评审后颁布的《现代化海洋牧场生态健康养殖工作指引(试行)》中“鱼类近岸普通网箱养殖、重力式深水网箱养殖、桁架类深水网箱、养殖工船养殖距海洋生态环境敏感区应大于 1000m；贝藻类筏式养殖，距海洋生态环境敏感区应大于 500m”的要求，本项目原用海范围的北部边界线需往南压缩约 200

米。基于企业降本增效与可持续发展的实际需求，同时契合广东省及湛江市关于现代化海洋牧场向深远海布局、推动开放式养殖的政策导向，以及广东省及湛江市以现代渔业装备为主要特色，打造生态化、高效化养殖的装备型海洋牧场的产业布局。本项目调整后的建设内容为：重力式深水网箱 60 个、桁架类深水网箱 3 个、大型生态养殖围栏 2 个、简易钢质网箱 18 个、大型多功能养殖网箱 1 个、座底式桁架养殖网箱“湛农 1 号”1 个、抗风浪筏式养殖筏架 154 台、人工鱼礁 3.501 万空方和自动监测系统 1 套。调整后，用海面积由原来的 694.7995 公顷调整为 604.7994 公顷，优化了布局，提高了海域利用效率。

项目方案调整后，按照调整后的建设方案申请了用海，项目海域使用论证报告书通过了 2025 年 9 月 12 日湛江市海洋与渔业局在湛江市主持召开的《湛江市流沙湾 1 号海域现代化海洋牧场建设项目海域使用补充论证报告书》（以下简称《报告书》）专家评审会（见附件 6），项目调整后的用海批复正在办理中。

根据《中华人民共和国环境影响评价法》《建设项目环境保护管理条例》的有关规定，“建设项目环境影响报告书、环境影响报告表经批准后，建设项目的性质、规模、地点、采用的生产工艺或者防治污染、防止生态破坏的措施发生重大变动的，建设单位应当重新报批建设项目环境影响报告书、环境影响报告表。”

根据《国家海洋局关于印发〈海洋工程环境影响评价管理规定〉的通知》（2017 年 4 月），“第四章 监督管理 第十九条 海洋工程的环境影响报告书（表）经批准后，发生以下改变，且可能导致不利环境影响加重的，建设单位应当在变更内容实施前，重新编制、报批环境影响报告书（表）：（一）工程的选址（选线）、性质、规模、布局发生改变的；（二）工程的生产工艺、建设方案发生改变的；（三）防治污染、防止生态破坏的措施发生改变的。海洋工程发生上述改变后，对环境的影响明显小于改变前或不发生改变的，建设单位应当向原批准部门提交专题评估报告，经原批准部门同意后，可不重新编制报告书（表）。”

本项目环境影响报告书经批准后，项目的选址（选线）、性质未发生改变，但项目规模、布局发生了改变。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），本项目的类别属于三、渔业海水养殖。参考《建设项目环境影响报告表编制技术指南（生态影响类）（试行）》中的适用范围，本项目属于生态影响类项目，不属于污染影响类。迄今为止，生态环境部（含原环境保护部）共 6 次发

布了重大变动清单，涉及 30 个具体行业和一个大类行业，主要包括《污染影响类建设项目重大变动清单（试行）》及水电、水利（枢纽类和引调水工程）、火电、煤炭、油气管道、铁路、高速公路、港口、石油炼制与石油化工、制浆造纸、制药、农药、化肥（氮肥）、纺织印染、制革、制糖、电镀、钢铁、炼焦化学、平板玻璃、水泥、铜铅锌冶炼、铝冶炼、输变电、淀粉、水处理、肥料制造、镁、钛冶炼、镍、钴、锡、锑、汞冶炼、铀矿冶、海洋油气开发建设项目等其他 24 个行业建设项目重大变动清单，尚未发布《生态影响类建设项目重大变动清单》或海水养殖行业相关的重大变动清单。项目所属的海水养殖行业不适用于上述已发布的建设项目重大变动清单条款。

本项目关于是否属于重大变动清单的判定暂时参考其他省份发布的《生态影响类建设项目重大变动清单》文件。根据《上海市生态环境局关于印发修订后的〈关于规范本市建设项目环境影响评价调整变更工作的通知〉的通知》（沪环规〔2023〕1 号）、《安徽省生态环境厅关于规范建设项目环境影响评价调整变更工作的通知》（皖环函〔2023〕997 号）、《江苏省生态环境厅关于加强涉变动项目环评与排污许可管理衔接的通知》（苏环办〔2021〕122 号），上海市、安徽省、江苏省等省市相关文件均把“设计运营能力增加 30%及以上”列入了生态影响类建设项目重大变动清单中，参照前述 3 省市的生态影响类建设项目重大变动清单，本项目网箱养殖容量增加 49.70%、网箱养殖产量增加 32.86%，均超过 30%，按重大变动重新开展环评工作。本项目变动情况具体如表 1.1-1 所示。

湛江市蓝色海洋产业发展有限公司委托广州长海海洋工程咨询服务有限公司对湛江市流沙湾 1 号海域现代化海洋牧场建设项目（重大变更）进行环境影响评价工作。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），本项目的类别属于三、渔业海水养殖 0411，养殖面积大于 1000 亩，应当编制环境影响报告书。评价单位接受委托后，经现场调研和收集资料、数值模拟等工作，根据环境影响评价相关技术导则、规范的要求，完成了《湛江市流沙湾 1 号海域现代化海洋牧场建设项目（重大变更）环境影响报告书》，由业主单位提请湛江市生态环境局进行审查。

表 1.1-1 项目建设内容调整前后对比表

	调整前		调整后		差异	是否重大变动
	数量	面积 (公顷)	数量	面积 (公顷)		
重力式深水网箱 (个)	195	657.1138	60	591.2996	-135	否
桁架类网箱 (个)	5		3		-2	否
坐底式桁架类网箱 (个)	1		1		不变	否
简易钢制网箱 (个)	\		18		+18	否
大型多功能养殖网箱 (个)	\		1		+1	否
大型生态养殖围栏 (个)	\		2		+2	
抗风浪筏式养殖栅架筏 (台方)	450		154		-296	否
人工鱼礁 (万空)	3.9	37.6857	3.501	11.4814	人工鱼礁数量减少 10.23%约 0.399 万方, 面积减少 69.53% 约 26.2043 公顷	否
用海面积	694.7995		604.7994		面积减少 12.95%	否
养殖品种	金鲳鱼、军曹鱼 (网箱养殖)、牡蛎 (筏式养殖)		卵形鲳鲹、军曹鱼、紫红笛鲷、红笛鲷、硃洲族大黄鱼、高体鰺、石斑鱼等 (网箱养殖)、牡蛎 (筏式养殖)		增加 6 种鱼类	/
养殖容量	网箱养殖 101 万立方米 浮子延绳筏养殖 51.77 万平方米、 人工鱼礁 37.6857 公顷		网箱养殖 151.2 万立方米 筏式栅架筏养殖 20.79 万平方米 人工鱼礁 11.4814 公顷		网箱养殖容量增加 49.70% 筏式养殖减少 59.84% 人工鱼礁面积减少 69.53%	是
养殖产量	鱼类 6247.5t/a 牡蛎 1941.51t/a		鱼类 8300.25t/a 牡蛎 10266.67t/a		鱼类产量增加 32.86% 牡蛎产量增加 428.8%	是

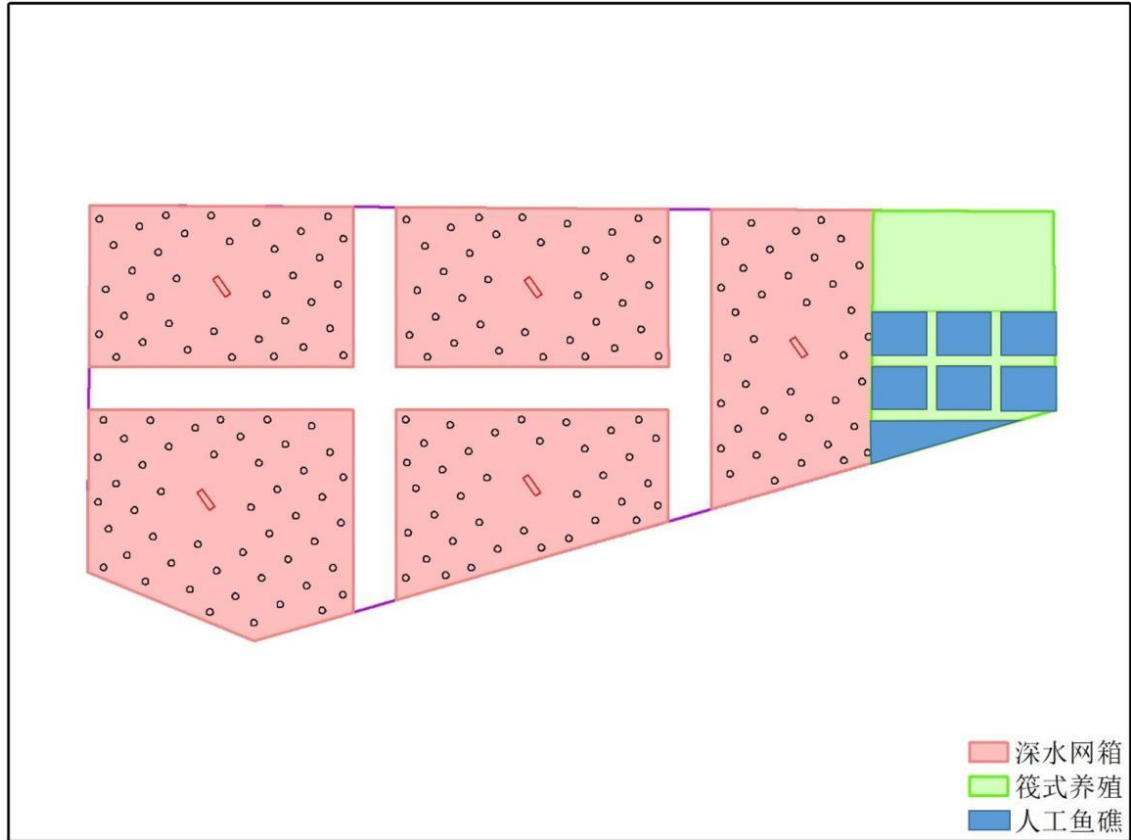


图 1.1-1A 湛江市流沙湾 1 号海域现代化海洋牧场规划布局（调整前）

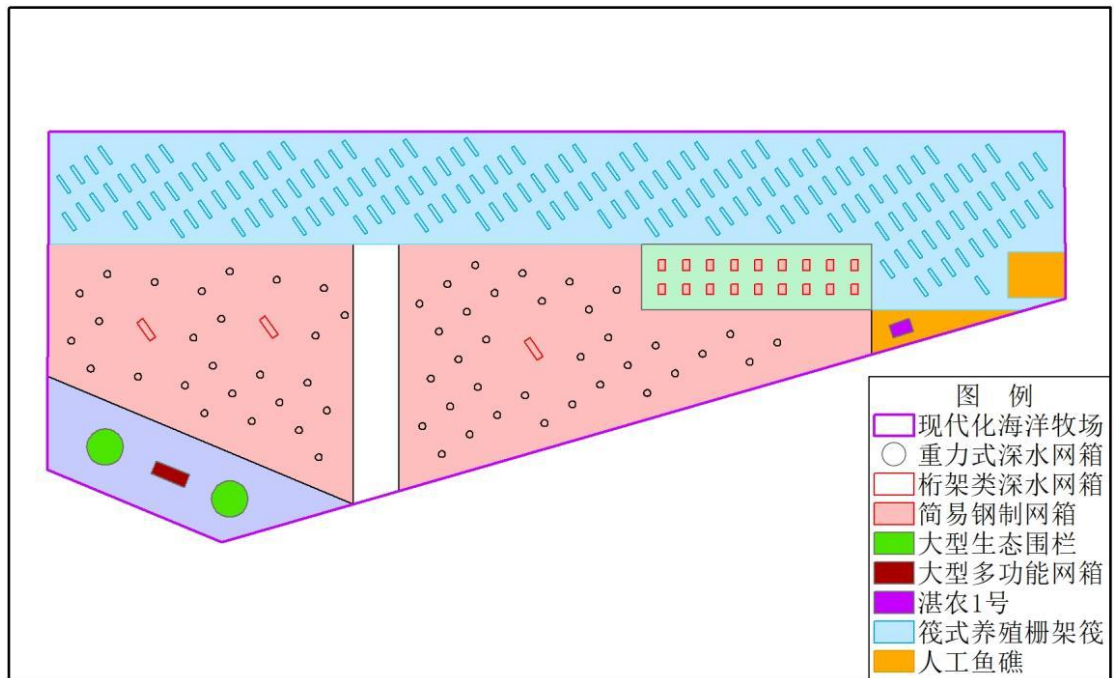


图 1.1-1B 湛江市流沙湾 1 号海域现代化海洋牧场规划布局（调整后）

1.2. 建设项目概况及特点

湛江市流沙湾 1 号海域现代化海洋牧场建设项目为非污染型生态类项目，项

目位于湛江市雷州市覃斗镇西侧、流沙湾西北侧海域，中心坐标为：20°31'20.15 99"N，109°44'25.7954"E。项目主要建设内容包括重力式深水网箱 60 个、半潜式桁架式深水网箱 3 个、简易钢质网箱 18 个、座底式桁架养殖网箱“湛农 1 号”1 个、大型多功能养殖网箱 1 个、大型生态养殖围栏 2 个、高密度聚乙烯（高分子材料 HDPE）抗风浪筏式养殖筏架 154 台（吊养牡蛎 3080 万个）、人工鱼礁 3.501 万空方和自动监测系统 1 套。拟申请海域使用总面积为 604.7994 公顷，其中养殖用海 591.2996 公顷，人工鱼礁用海 11.4814 公顷、生态养殖围栏桩柱透水构筑物用海 2.0184 公顷。网箱养殖申请用海期限为 15 年，人工鱼礁申请用海年限为 40 年。

（1）本项目包括人工鱼礁、开放式网箱养殖，是兼具海洋资源养护、增殖功能的生态友好型项目，项目建成后可修复和改善海洋生态环境、增殖和优化渔业资源、提高海区的生物多样性和生物资源的生产力，促进海区生态结构完善和生态功能发挥，逐渐形成良性循环的海洋生态环境。

（2）项目拟投放的人工鱼礁全部采用购买成品的方式获得，不进行石料开采、构件预制等工作，本次环境影响评价不包括石料开采、鱼礁制作及陆上运输过程，仅对鱼礁海上运输和投放的施工过程以及运营期工作进行评价。

（3）本项目带来的环境影响主要表现在施工期人工鱼礁投礁、深水网箱锚泊系统投放锚产生的悬浮泥沙对所在区域环境的影响，运营期人工鱼礁投放后对海洋水文动力影响、对地形地貌和冲淤环境影响以及网箱养殖对海水水质、海洋沉积物、海洋生态和生物资源影响，以及施工期和运营期使用船舶上产生的生活污水、含油废水和船舶垃圾可能会对海域环境造成不良影响等方面。本环评针对项目施工期和运营期的影响进行分析、预测和评价，并提出相应的环保措施。

1.3.环境影响评价的工作过程

根据《建设项目环境影响评价技术导则总纲》（HJ2.1-2016）、《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）等相关技术规范的要求，本项目环境影响评价工作分为三个阶段，即资料收集、调查分析和工作方案制定阶段，分析论证和预测评价阶段，环境影响报告书编制阶段，具体流程见下图 1 建设项目环境影响评价工作程序图。

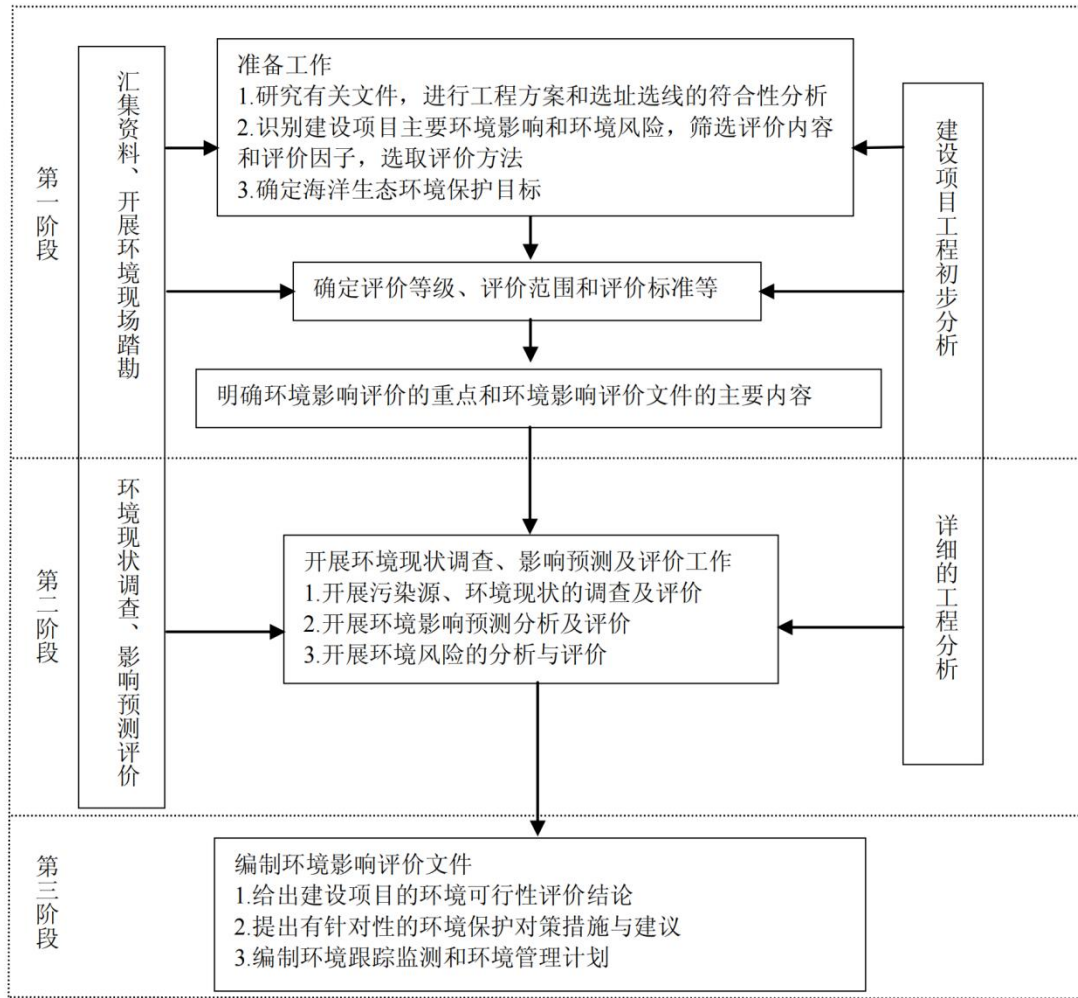


图 1.3-1 环境影响评价工作程序图

1.4. 分析判定相关情况

本项目选址方案和建设内容符合国家产业政策，符合《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）》《湛江市国土空间总体规划（2021-2035 年）》《雷州市国土空间总体规划（2021-2035 年）》《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）》《湛江市养殖水域滩涂规划（2018-2030 年）》的管控要求。与《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通知》《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》《湛江市国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》《“十四五”全国渔业发展规划》《广东省海洋经济发展“十四五”规划》《广东省海洋生态保护实施方案》等省、市相关规划文件的要求相符。

1.5.关注的主要问题及环境影响

本项目为现代化海洋牧场建设项目，具体建设内容为深水网箱、筏式养殖和人工鱼礁，主要环境问题为上述工程施工和营运对海域水质、海洋生态、渔业资源、水动力及地形地貌冲淤的影响。

根据本项目特点，确定本评价将重点关注以下环境问题：

（1）人工鱼礁投放、网箱锚固定等施工产生的悬浮物对周边的水质、海洋生态、渔业资源产生一定的影响；

（2）施工期和营运期船舶产生的含油污水，船舶工作人员产生的生活污水、生活垃圾以及废弃养殖材料、病死鱼、废弃防疫药物和废包装袋分类等，若直接排海将对海洋环境产生明显不利影响，需妥善处理；

（3）营运期项目产生的污染物包括网箱养殖污染物，主要来自养殖残留的饵料、养殖生物体的粪便、排泄物等，对周边的水质产生一定的影响；

（4）项目建设后，对项目所在海域的海洋水文动力条件、地形地貌和冲淤环境产生一定的影响；

（5）环境风险事故主要来自船舶、柴油机发电机燃油泄漏风险，考虑项目发生环境风险事故时对海洋环境的影响，提出切实可行的环境风险防范和应急措施。

1.6.环境影响报告书的主要结论

本项目建设符合国家产业政策，符合广东省、湛江市相关规划要求。项目施工过程中产生的悬浮泥沙对水环境的影响是暂时的，产生的污废水和固体废物会得到妥善处理。同时，针对本项目的工程特点和环境特征，提出了相应的环境保护和污染防治对策措施、风险防范对策措施。在严格执行“三同时”，落实本报告书所提出的污染防治措施和风险防范对策的前提下，项目建设对海水水质、生态环境等因素的负面影响可以控制在可接受程度内。从环境保护的角度出发，湛江市流沙湾1号海域现代化海洋牧场项目的建设是可行的。

2. 总则

2.1. 编制依据

2.1.1. 全国性法律法规

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》（2014年4月24日修订）；
- (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年12月29日修订）；
- (3) 《中华人民共和国海岛保护法》（2010年3月1日起施行）；
- (4) 《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）；
- (5) 《中华人民共和国环境噪声污染防治法》（2021年12月24日修改）；
- (6) 《中华人民共和国大气污染防治法》（2018年10月修订并实施）；
- (7) 《中华人民共和国水污染防治法》（2017年6月27日修订）；
- (8) 《中华人民共和国海洋环境保护法》（2023年10月24日修正）；
- (9) 《中华人民共和国渔业法》（2026年5月1日修订）；
- (10) 《中华人民共和国海上交通安全法》（2021年4月29日修订）；
- (11) 《中华人民共和国野生动物保护法》（2022年12月30日第三次修订）；
- (12) 《中华人民共和国湿地保护法》（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）；
- (13) 《中华人民共和国海域使用管理法》（2002年1月1日起施行）；
- (14) 《中华人民共和国航道管理条例》（2008年12月27日修订）；
- (15) 《中华人民共和国自然保护区条例》（2017年10月7日第二次修订）；
- (16) 《中华人民共和国水生野生动物保护实施条例》（2013年12月7日修订）；
- (17) 《国内水路运输管理条例》（2017年3月1日修订）；
- (18) 《防治船舶污染海洋环境管理条例》（2018年3月19日第六次修订）；
- (19) 《近岸海域环境功能区管理办法》（中华人民共和国环境保护部令第16号，2010年12月22日修改）；
- (20) 《海岸线保护与利用管理办法》（国家海洋局，2017年3月31日）；

- (21) 《中华人民共和国水上水下活动通航安全管理规定》（中华人民共和国交通运输部令 2019 年第 2 号，2019 年 1 月 28 日）；
- (22) 《国务院关于印发中国水生生物资源养护行动纲要的通知》（国发〔2006〕9 号）；
- (23) 《关于进一步加强水产生物资源保护严格环境影响评价管理的通知》（环发〔2013〕86 号）；
- (24) 《环境影响评价公众参与办法》（2018 年，生态环境部令第 4 号）；
- (25) 《海洋工程环境影响评价管理规定》（国家海洋局，2017 年 6 月修订）；
- (26) 《突发环境事件应急管理办法》（中华人民共和国环境保护部令第 34 号）；
- (27) 《关于印发<企业事业单位突发环境事件应急预案备案管理办法（试行）>的通知》，（环发〔2015〕4 号）；
- (28) 《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》（环发〔2012〕77 号）；
- (29) 《产业结构调整指导目录（2024 年本）》自 2024 年 2 月 1 日起施行；
- (30) 《防治海洋工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》（2018 年修正，2018 年 3 月 19 日起施行）
- (31) 《建设项目环境保护管理条例》（2017 年 6 月修改，自 2017 年 10 月 1 日起施行）；
- (32) 《生态环境部农业农村部关于加强海水养殖生态环境监管的意见》（环海洋〔2022〕3 号）；
- (33) 《“十四五”全国渔业发展规划》（农业农村部，农渔发〔2021〕28 号，2021 年 12 月）；
- (34) 《“十四五”海洋经济发展规划》（国函〔2021〕131 号）；
- (35) 《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）；
- (36) 《自然资源部关于积极做好用地用海要素保障的通知》（自然资发〔2

022) 129 号)；

(37) 《中国海洋渔业水域图（第一批）》（中华人民共和国农业部第 189 号公告，2002 年）；

(38) 《关于加快推进水产养殖业绿色发展的若干意见》（2019 年 1 月 11 日）；

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

(40) 《自然资源部办公厅关于北京等省（区、市）启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》（自然资办函〔2022〕2207 号）；

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

(42) 《自然资源部生态环境部国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》（自然资发〔2022〕142 号）。

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) 《广东省实施<中华人民共和国海洋环境保护法>办法》（2018 年 11 月 29 日修改）；

(3) 《广东省大气污染防治条例》（2022 年 11 月 30 日修正）；

(4) 《广东省港口管理条例》（2017 年 7 月 27 日修正）；

(5) 《广东省海域使用管理条例》（2021 年 9 月 29 日修正）；

(6) 《广东省节约能源条例》（2010 年 3 月 31 日广东省第十一届人民代表大会常务委员会第十八次会议第一次修订）；

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

(8) 《广东省渔业管理条例》（2019 年 9 月 25 日修正）；

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

(10) 《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》（粤府〔2021〕28 号）；

(11) 《广东省生态环境保护“十四五”规划》（粤环〔2021〕10 号）；

(12) 《广东省生态文明建设“十四五”规划》；

- (13) 《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》（粤环〔2022〕7号）；
- (14) 《广东省水生态环境保护“十四五”规划》（粤环函〔2021〕652号）；
- (15) 《广东省主体功能区规划》（粤府〔2012〕120号）；
- (16) 《广东省水生生物资源养护行动实施方案》（广东省海洋渔业局，2010）；
- (17) 《广东省实施<中华人民共和国水法>办法》（广东省第十二届人民代表大会常务委员会第25号公告，2015年1月1日起施行）；
- (18) 《广东省近岸海域环境功能区划》（粤府办〔1999〕68号）；
- (19) 《广东省海洋经济综合试验区发展规划》（国函〔2011〕81号）；
- (20) 《广东省港口布局规划（2020-2035年）》（广东省交通运输厅，2021年7月）；
- (21) 《广东省航道发展规划（2020-2035年）》（粤交规〔2020〕786号）；
- (22) 《广东省国土空间规划（2021-2035年）》；
- (23) 《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）；
- (24) 《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）；
- (25) 《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）；
- (26) 《关于加快海洋渔业转型升级促进现代化海洋牧场高质量发展的若干措施》；
- (27) 《湛江市国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》（湛府〔2021〕36号）；
- (28) 《湛江市生态环境保护“十四五”规划》；
- (29) 《湛江市海洋生态环境保护“十四五”规划》；
- (30) 《湛江市养殖水域滩涂规划（2018-2030年）》；
- (31) 《湛江市人民政府办公室关于印发湛江市支持现代化海洋牧场高质量发展十五条措施的通知》（湛府办〔2023〕14号）；
- (32) 《湛江港总体规划》（交规划发〔2013〕258号）；

- (33) 《湛江市现代化海洋牧场建设规划（2023-2035年）》；
- (34) 《广东省人民政府关于延长《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》有效期的通知》（粤府函〔2025〕248号）（广东省人民政府，2025年1月23日）；
- (35) 《广东省生态环境厅审批环境影响报告书（表）的建设项目名录（2024年本）》；
- (36) 《湛江市2023年“三线一单”生态环境分区管控成果更新调整成果》，2024年2月8日；
- (37) 《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》；
- (38) 《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035年）》；
- (39) 《湛江市国土空间总体规划（2021-2035年）》；
- (40) 《雷州市国土空间总体规划（2021-2035年）》；
- (41) 《现代化海洋牧场生态健康养殖工作指引（试行）》。

2.1.3. 技术导则依据

- (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 大气环境》（HJ2.2-2018）；
- (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 声环境》（HJ2.4-2021）；
- (5) 《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2022）；
- (6) 《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ610-2016）；
- (7) 《环境影响评价技术导则 土壤环境（试行）》（HJ964-2018）；
- (8) 《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）；
- (9) 《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）；
- (10) 《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SCT9110-2007）；
- (11) 《水上溢油环境风险评估技术导则》（JT/T1143-2017）；
- (12) 《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）；
- (13) 《水运工程建设项目环境影响评价指南》（JTS/T105-2021）；
- (14) 《近岸海域海洋生物多样性评价技术指南》（HY/T215-2017）；

- (15) 《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）；
- (16) 《人工鱼礁建设技术规范》（SC/T9416-2014）；
- (17) 《溢油应急处置船应急装备物资配备要求》（JT/T1144-2017）；
- (18) 《船舶污染海洋环境风险评价技术规范（试行）》（海船舶〔2011〕588号）；
- (19) 《海洋调查规范》（GB/T12763-2007）；
- (20) 《海洋监测规范》（GB17378-2007）；
- (21) 《海水水质标准》（GB3097-1997）；
- (22) 《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）；
- (23) 《海洋生物质量》（GB18421-2001）
- (24) 《船舶溢油应急能力评估导则》（JT/T877-2013）；
- (25) 《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》；
- (26) 《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）；
- (27) 《海洋生态损害评估技术指南（试行）》（国海环字〔2013〕583号）
- (28) 《固体废物分类与代码目录》（2024年）；
- (29) 《危险废物收集贮存运输技术规范》（HJ2025-2012）；
- (30) 《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）；
- (31) 《环境空气质量标准》（GB3095-2026）。

2.1.4. 其他评价依据

- (1) 《湛江市流沙湾1号海域现代化海洋牧场建设项目可行性研究报告》，（中国水产科学研究院南海水产研究所，2025年10月）；
- (2) 《湛江市流沙湾1号海域现代化海洋牧场建设项目海域使用补充论证报告书》，（报批稿）（中国水产科学研究院南海水产研究所，2025年11月）；
- (3) 建设单位提供的与项目相关其他资料。

2.2. 项目所在环境功能区划

2.2.1. 项目所在的海洋空间规划

根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》（见图 2.2.1-1），本项目用海选址位于湛江西侧渔业用海区，未涉及其他海洋功能分区。项目所在及邻近海域（评价范围内）的“海域功能分区登记表”见表 2.2.1-1。

项目周围相邻的海域功能分区分布主要有：广东雷州珍稀海洋生物国家级自然保护区生态保护区、乌石油田群工矿通信用海区、乌石人工鱼礁重要渔业资源产卵场生态保护区、雷州市经济开发区 C 区特殊用海区、乌石港-流沙港交通运输用海区。

（不公开）

图 2.2.1-1 《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》（项目所在及邻近海域）

（不公开）

图 2.2.1-2 项目所在的《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》位置关系示意图

表 2.2.1-1 项目所在及周边海域海洋功能区登记表（摘自《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》）（不公开）

2.2.2. 项目所在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）和《关于调整湛江市近岸海域环境功能区划有关问题的复函》（粤办函〔2007〕344 号），本项目所在海域的近岸海域环境功能区划为“G99 湛江近岸海域环境保护留用区”，为一类近岸海域环境功能区，该功能区主导功能为“航道、增殖、度假旅游、海洋和海岸自然生态保护、预留、保留”，海水水质执行第一类标准。详见图 2.2.2-1。

（不公开）

图 2.2.2-1 《广东省近岸海域环境功能区划》（本项目所在海域）

2.2.3. 地表水环境功能区划

本项目全部位于海域，项目区域及评价范围不涉及河流、湖泊等地表水体，也不涉及饮用水水源保护区。

2.2.4. 大气环境功能区划

根据《环境空气质量标准》（GB3095-2026），环境空气功能区分为两类：一类区为国家公园、自然保护区、自然公园和其他需要特殊保护的区域；二类区

为居住区、商业交通居民混合区、文化区、工业区和农村地区。本项目全部位于海域，与陆域直线距离为 5.708km，项目所在区域未划分大气环境功能区划。

2.2.5. 声环境功能区划

本项目全部位于海域，与陆域直线距离为 5.708km，未纳入《湛江市城市声环境功能区划分（2020 年修订）》和《湛江市生态环境局关于〈湛江市城市声环境功能区划分（2020 年修订）〉的补充说明》中的区划范围，故项目海域所在区域未划分声环境功能区划。

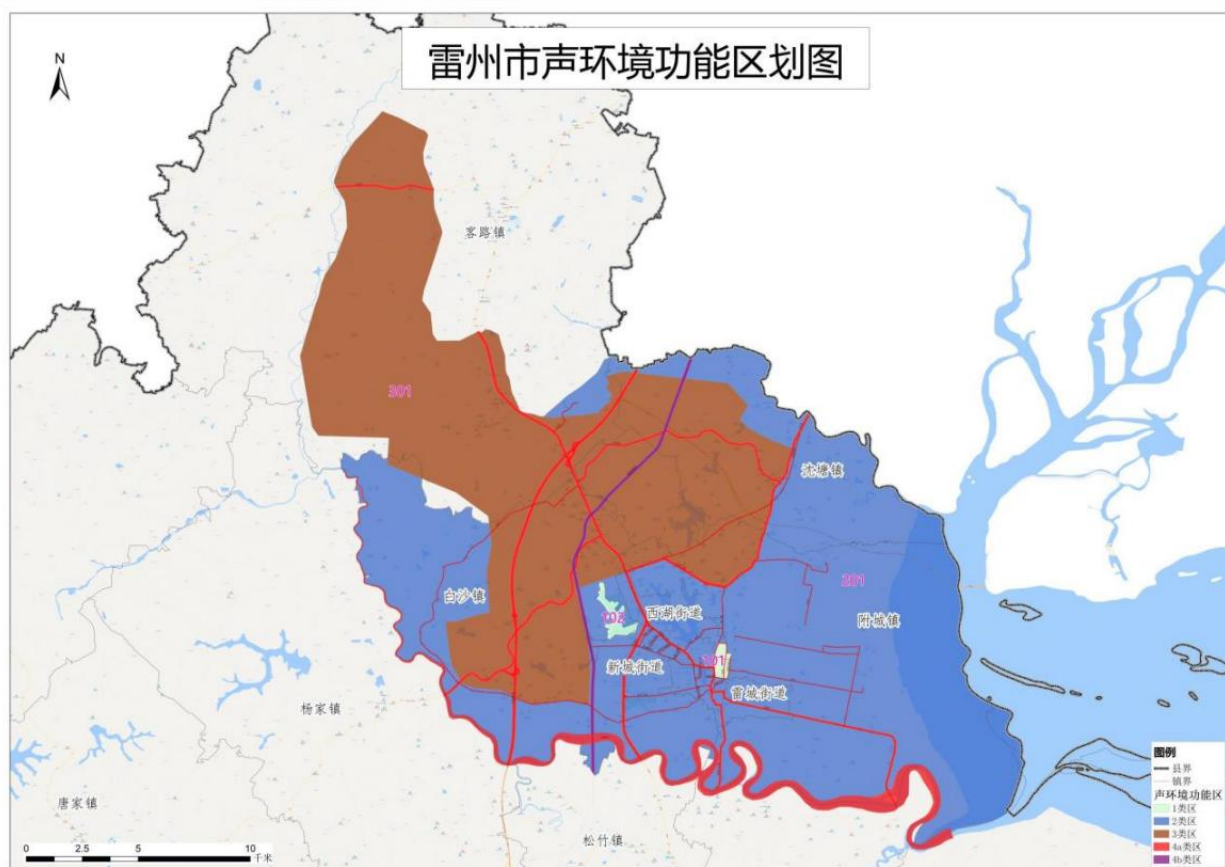


图 2.2.5-1 雷州市声环境功能区划图

2.2.6. 生态环境管控分区

虽然国家层面已逐步以“生态环境分区管控”体系替代“三线一单”的技术名称和部分操作指南（如《生态环境分区管控技术指南总纲（HJ1430-2025）》于 2026 年 3 月 1 日正式实施），但这属于制度升级和名称调整，并不等于广东省“三线一单”文件本身被废止。广东省仍依据该方案开展相关管理工作，直至新体系全面衔接。

《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》（粤府〔2020〕71 号）原

印发日期为 2020 年 12 月 29 日，自 2021 年 1 月 1 日起施行，初始有效期为 5 年。广东省人民政府于 2025 年 11 月 23 日发布通知（粤府函〔2025〕248 号），决定将《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》（粤府〔2020〕71 号）的有效期延长至 2028 年 6 月 30 日。

根据广东省人民政府关于延长《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》有效期的通知（粤府函〔2025〕248 号），以及《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），《湛江市人民政府关于印发湛江市“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》（湛府〔2021〕30 号），《湛江市生态环境局关于印发湛江市 2022 年“三线一单”生态环境分区管控成果更新调整成果的通知》（湛环函〔2023〕7 号），本项目选址用海属于海域环境管控单元的“乌石-西连农渔业区（HY44080030022）”，为“一般管控单元”。本项目不涉及陆域施工营地，不涉及陆域环境管控单元。具体见下图。



图 2.2.6-1 本项目与所在海域管控分区叠加图

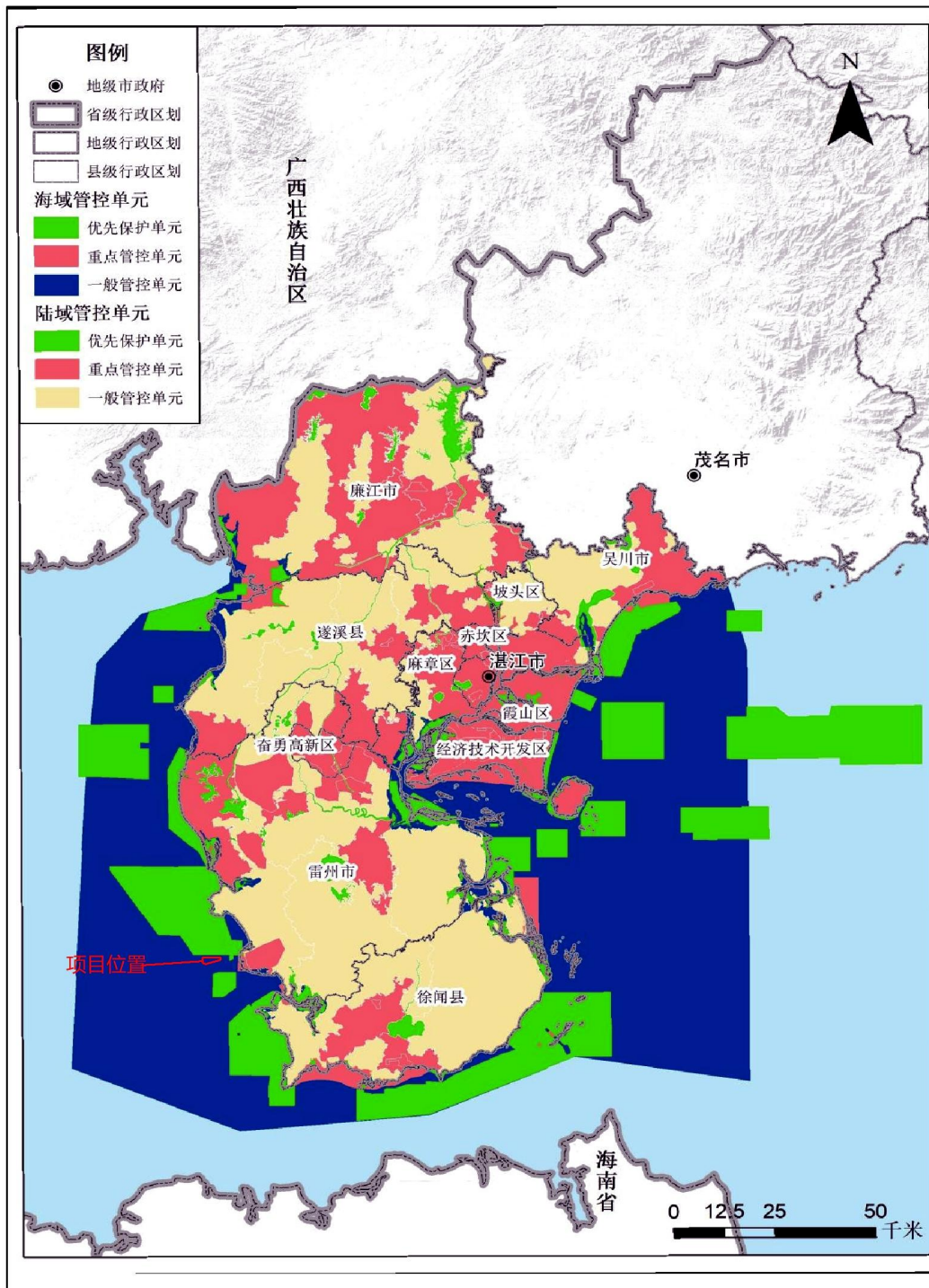


图 2.2.6-2a 项目与湛江市“三线一单”生态环境分区管控方案叠图总图

图 2.2.6-2b 项目与湛江市“三线一单”生态环境分区管控方案叠加图（局部放大图）（不公开）

2022年10月14日自然资源部办公厅下发《自然资源部办公厅关于北京等省(区、市)启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》（自然资办函

(2022) 2207 号), 根据广东省“三区三线”划定成果, 本项目用海范围不占用生态保护红线。项目与周边最近的海洋生态保护红线距离为 0.52km。具体见下图。

图 2.2.6-3 项目与湛江市海洋生态保护红线叠置分析图 (不公开)

2.3.环境影响识别与评价因子筛选

2.3.1. 环境影响因素识别

按照工程分析识别施工期和建成后对环境影响的污染和非污染要素, 见表 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

评价时段	环境影响要素	评价因子	工程内容及其表征	影响程度与分析评价深度
施工期	海洋水文动力	潮流	人工鱼礁、网箱布置阻碍水流动力	++
	海洋地形地貌淤与冲淤	海底地形和冲淤变化	地形地貌改变、水动力改变引起泥沙场的重新分布	++
	海水水质、沉积物	悬浮物	人工鱼礁投放、网箱安装过程	++
		生活污水	施工人员	+
		船舶舱底油污水	施工船舶	+
	海洋生物生态	底栖生物	人工鱼礁投放、网箱安装投放过程中产生的悬浮泥沙	++
		浮游植物		+
		浮游动物		+
		游泳生物		++
		鱼卵仔鱼		++
	环境空气	SO ₂ 、NO _x 、CO、TSP	施工船舶和施工机械废气、粉尘	+
	环境噪声	Leq (A)	施工船舶、施工机械	+
	固体废物	生活垃圾	施工人员	+
		环境风险	通航	船舶碰撞
石油类	溢油事故		++	
营运期	海水水质、沉积物	养殖污染	养殖区及养殖活动	++
		网箱清洗废水	网衣清洗环节由养殖企业上岸处理	-
		生活污水	养殖辅助船舶	+
		含油污水	养殖辅助船舶	+
	海洋生态	底栖生物	养殖污染影响底质状况	+
		游泳生物	养殖活动改变海洋生物多样性	+
		鱼卵仔鱼		+

大气环境	SO ₂ 、CO、TSP	养殖辅助船舶、柴油发电机	+
固体废物	生活垃圾	工作人员	+
	废弃养殖材料	废旧网衣、废旧塑料管、聚乙烯绳索、废旧浮球等	++
环境风险	通航	船舶碰撞	++
	石油类	船舶和柴油发电机燃料油泄漏	++

注：+表示环境影响要素和评价因子所受到的影响程度为较小或轻微，需要进行简要分析与影响预测；++表示环境影响要素和评价因子所受到的影响程度为中等，需要进行常规影响分析与影响预测；+++表示环境影响要素和评价因子所受到的影响程度为较大或敏感，需要进行重点影响分析与影响预测。“-”表示不涉及。

2.3.2. 评价因子筛选

污染类环境影响因子：悬浮物、生活污水、船舶含油污水、生活垃圾等对海洋水质、沉积物和海洋生态的影响。

非污染类环境影响因子：对海洋水动力环境、地形地貌与冲淤环境、海洋生态环境等影响以及环境事故风险等。

根据项目污染物排放特征、所在海域环境污染特点和《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）的要求，确定本项目评价因子见表 2.3.2-1。

表 2.3.2-1 评价因子筛选结果

类别	现状评价因子	影响评价或分析因子
水动力环境	流速、流向、地形地貌与冲淤	潮流流速、流向变化、地形地貌与冲淤环境变化
海水水质	pH、水温、盐度、悬浮物、化学需氧量、溶解氧、氨、亚硝酸盐、硝酸盐、活性磷酸盐、硫化物、石油类、挥发性酚、铜、铅、镉、铬、锌、汞	悬浮泥沙扩散、养殖投饵、海水富营养化分析
海洋沉积物质量	有机碳、硫化物、石油类、钢、铅、锌、镉、铬、汞、砷	养殖饵料沉积的累积环境效应
海洋生物质量	总汞，砷，铜，铅，镉，锌，铬和石油烃	/
海洋生态	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	生物量、密度、分布等
渔业资源	鱼卵仔鱼、游泳生物	生物量、密度、分布等
大气环境	SO ₂ 、CO、NO ₂ 、O ₃ 、PM ₁₀ 、PM _{2.5}	/
环境风险	/	溢油
固体废物	/	生活垃圾

2.4. 评价目的和重点

2.4.1. 评价目的

根据项目附近海域的环境特点和环境质量控制目标,对项目施工期各类施工行为和项目运营后存在的环境影响进行全面、科学的论证,以期达到如下的目的:

(1) 通过环境调查掌握拟建项目所在区域的环境质量现状和自然、社会环境基本情况;

(2) 通过工程分析,查清工程实施的主要污染源、污染物及主要污染物的排放量;

(3) 对项目实施的环境影响和污染事故环境风险进行预测和评价,提出切实可行的环保措施和应急对策,反馈于项目工程设计与施工管理、运营期污染防治和生态保护与修复,使项目对生态环境造成的不利影响降至最小程度,达到项目建设、运营与生态环境保护协调发展的目的;

(4) 通过公众参与,引导公众参与到项目的生态环境保护工作的管理和监督中,起到宣传国家有关环保法规和政策的作用;

(5) 从环境保护角度出发,对本项目的环境可行性以及应采取的生态环保对策做出结论。

2.4.2. 评价重点

根据建设项目所在海域海洋功能区划、近岸海域环境功能区划、生态环境管控分区、工程建设内容及规模、工程建设和运营过程的环境影响因素及环境影响特点,本次环境影响评价的重点为:

(1) 工程建设前后对附近海域水动力环境、地形地貌和冲淤环境、海洋环境的影响;

(2) 工程施工活动对海洋环境、海洋生态及渔业资源的影响;

(3) 工程建设和运营对周边生态环境保护目标的影响;

(4) 环境风险影响分析与评价;

(5) 施工期和运营期采取的环境保护对策措施及海洋生态补偿与恢复措施。

2.5. 环境质量标准

2.5.1. 海洋环境质量标准

2.5.1.1. 海水水质标准

本项目在确定相关海域的海水水质执行标准时，根据《环境影响评价技术导则海洋生态环境》（HJ1409-2025），要求同时满足近岸海域环境功能区划、海洋生态环境保护规划的海水水质保护目标要求，海水水质评价按照要求严格的海水水质执行标准要求为准。

根据《关于调整湛江市近岸海域环境功能区划有关问题的复函》（粤办函〔2007〕344号），项目所在海域位于“G99湛江近岸海域环境保护留用区”，为一类近岸海域环境功能区，执行《海水水质标准》（GB3097-1997）第一类海水水质标准。

根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》，项目所在海域的海洋功能分区为“610-001湛江西侧渔业用海区”，按照《海水水质标准（GB3097-1997）》对水质的分类标准，项目所在海域执行海水水质一类标准。

综上所述，本项目所在海域执行《海水水质标准》（GB3097-1997）第一类水质标准。

表 2.5.1-1 《海水水质标准》（GB3097-1997）（摘录）单位：mg/L（pH 除外）

序号	项目	第一类	第二类
1	SS	人为增加的量≤10	
2	pH	7.8~8.5, 同时不超出该海域正常变动范围的 0.2pH 单位	
3	DO>	6	5
4	COD _{Mn} ≤	2	3
5	BOD ₅ ≤	1	3
6	无机氮 (以 N 计) ≤	0.2	0.3
7	活性磷酸盐 (以 P 计) ≤	0.015	0.03
8	汞≤	0.00005	0.0002
9	镉≤	0.001	0.005
10	铅≤	0.001	0.005
11	铜≤	0.005	0.01
12	锌≤	0.02	0.05
13	总铬≤	0.05	0.10
14	砷≤	0.020	0.030
15	石油类≤	0.05	0.05

2.5.1.2. 海洋沉积物质量

根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》，项目所在海域的海洋功能分区为“610-001湛江西侧渔业用海区”，按照《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）对沉积物质量的分类标准，海洋渔业水域执行沉积物质量一类标准。因此，项目所在海域的海洋沉积物质量执行《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）第一类标准。

表 2.5.1-2 《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）单位：mg/kg

项目	第一类	第二类	第三类
石油类($\times 10^{-6}$) \leq	500.0	1000.0	1500.0
铅($\times 10^{-6}$) \leq	60.0	130.0	250.0
锌($\times 10^{-6}$) \leq	150.0	350.0	600.0
铜($\times 10^{-6}$) \leq	35.0	100.0	200.0
镉($\times 10^{-6}$) \leq	0.50	1.50	5.0
汞($\times 10^{-6}$) \leq	0.20	0.50	1.0
砷($\times 10^{-6}$) \leq	20.0	65.0	93.0
铬($\times 10^{-6}$) \leq	80.0	150.0	270.0
有机碳($\times 10^{-2}$) \leq	2.0	3.0	4.0
硫化物($\times 10^{-6}$) \leq	300.0	500.0	600.0

2.5.1.3. 海洋生物质量

根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》，项目所在海域的海洋功能分区为“610-001湛江西侧渔业用海区”，按照《海洋生物质量》（GB18421-2001）对海洋生物质量的分类标准，海洋渔业水域执行海洋生物质量一类标准。《海洋生物质量》（GB18421-2001）以海洋贝类（双壳类生物）为环境监测生物。因此，项目所在海域的海洋贝类（双壳类）生物质量执行《海洋生物质量》（GB18421-2001）第一类标准。

鱼类、甲壳类和头足类（含非双壳类贝类）的生物质量执行《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》中规定的生物质量标准，石油烃含量的评价标准采用《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中规定的生物质量标准，砷、铬没有相应的标准以及甲壳类无石油烃评价标准，因此只做本底监测，不做评价。

表 2.5.1-3 海洋贝类（双壳类）生物质量标准值（鲜重）单位：mg/kg

项目	第一类
总汞 \leq	0.05

镉≤	0.2
铅≤	0.1
砷≤	1.0
铜≤	10
锌≤	20
石油烃≤	15

备注：引用《海洋生物质量》（GB18421-2001）海洋贝类（双壳类）生物质量标准限制。

表 2.5.1-4 海洋生物体质量评价标准（湿重）单位：mg/kg

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

备注：甲壳类无石油烃评价标准。

2.5.1.4. 环境空气质量标准

本项目全部位于海域，不涉及陆域，项目与陆域最近直线距离约5.7km。本项目所在区域未划分大气环境功能区划，与本项目最近的陆域所在区域的大气环境功能区划为二类区，执行《环境空气质量标准》（GB3095-2026）二级标准。

表 2.5.1-5 环境空气质量现状评价标准摘录

项目	取值时间	单位	浓度限值	选用标准
SO ₂	年平均	μg/m ³	20	《环境空气质量标准》（GB3095-2026）
	日平均	μg/m ³	50	
	1小时平均	μg/m ³	150	
NO ₂	年平均	μg/m ³	30	
	日平均	μg/m ³	50	
	1小时平均	μg/m ³	200	
PM ₁₀	年平均	μg/m ³	50	
	日平均	μg/m ³	100	
PM _{2.5}	年平均	μg/m ³	25	
	日平均	μg/m ³	50	
O ₃	日最大8小时平均	μg/m ³	160	
	1小时平均	μg/m ³	200	
CO	日平均	mg/m ³	4	
	1小时平均	mg/m ³	10	
NO _x	年平均	μg/m ³	40 ^a	
	日平均	μg/m ³	70 ^b	

(以NO ₂ 计)	1小时平均	μg/m ³	250	
TSP	日平均	μg/m ³	300	
	年平均	μg/m ³	200	
a自本标准实施之日起至2030年12月31日止，过渡阶段浓度限值为50ug/m ² 。				
b自本标准实施之日起至2030年12月31日止，过渡阶段浓度限值为100ug/m ³ 。				

2.5.1.5. 声环境质量标准

本项目全部位于海域，与陆域最近直线距离为5.25km，项目所在区域未纳入《湛江市城市声环境功能区划分（2020年修订）》《湛江市生态环境局关于〈湛江市城市声环境功能区划分（2020年修订）〉的补充说明》中的区划范围，故项目海域所在区域未划分声环境功能区划。参照《声环境质量标准》（GB3096-2008）、《声环境功能区划分技术规范》（GB/T15190-2014），本项目所在海域声环境质量参照执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）3类标准。

表 2.5.1-6 声环境质量标准单位：dB（A）

声环境功能区类别	时段	
	昼间	夜间
3类	65	55

2.5.2. 污染物排放标准

2.5.2.1. 水污染物排放标准

（1）施工期

本项目施工期施工船舶舱底油污水和施工船舶生活污水应严格按照《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的要求，其中施工船舶舱底油污水按照《沿海海域船舶排污设备铅封管理规定》（交通部交海发（2007）165号）要求对船舶排污设备进行铅封管理，禁止直接向沿海海域排放油类污染物，施工船舶舱底油污水和船舶生活污水定期收集上岸后交由有资质的单位处理。

（2）运营期

本项目运营期主要为海洋牧场日常生产过程中的工作人员产生少量的生活污水。本项目运营期产生的生活污水均统一收集后交由有资质的单位进行处理。运营期船舶产生的舱底含油污水和生活污水应严格执行《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的要求，禁止直接向沿海海域排放油类污染物。船舶生活污

水和船舶含油污水统一收集上岸后交给有资质的单位进行处理，不得直接排放入海。

表 2.5.2-1 船舶水污染物排放控制标准

污水类别	水域类别		船舶类别		排放控制要求
机器处所含油污水	沿海		400 总吨及以上船舶		自 2018 年 7 月 1 日起，按本标准 4.2 执行（油污水处理装置出水口石油类 $\leq 15\text{mg/L}$ ）或收集并排入接收设施。
			400 总吨以下非渔业船舶	非渔业船舶	自 2018 年 7 月 1 日起，按本标准 4.2 执行（油污水处理装置出水口石油类 $\leq 15\text{mg/L}$ ）或收集并排入接收设施。
				渔业船舶	自 2021 年 1 月 1 日起，按本标准 4.2 执行（油污水处理装置出水口石油类 $\leq 15\text{mg/L}$ ）或收集并排入接收设施。
船舶生活污水	自 2018 年 7 月 1 日起，400 总吨及以上的船舶，以及 400 总吨以下且经核定许可载运 15 人及以上的船舶	3 海里以内	/	/	在 2012 年 1 月 1 日以前安装(含更换)生活污水处理装置的船舶，向环境水体排放生活污水，其污染物排放控制按表 4 规定（生活污水处理装置出水口五日生化需氧量 $\leq 50\text{mg/L}$ ，SS $\leq 150\text{mg/L}$ ，耐热大肠菌群数 $\leq 2500\text{mg/L}$ ）执行。
			/	/	在 2012 年 1 月 1 日及以后安装(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，其污染物排放控制按表 5（生活污水处理装置出水口五日生化需氧量 $\leq 25\text{mg/L}$ ，SS $\leq 35\text{mg/L}$ ，耐热大肠菌群数 $\leq 1000\text{mg/L}$ ，CODCr $\leq 125\text{mg/L}$ ，pH $\leq 6\sim 8.5$ ，总氯 $< 0.5\text{mg/L}$ ）规定执行，应执行 5.2.3 排放控制要求的船舶除外。
			/	/	5.2.3 在 2021 年 1 月 1 日及以后安装(含更换)生活污水处理装置的客运船舶，向内河排放生活污水，其污染物排放控制按表 6（生活污水处理装置出水口五日生化需氧量 $\leq 20\text{mg/L}$ ，SS $\leq 20\text{mg/L}$ ，耐热大肠菌群数 $\leq 1000\text{mg/L}$ ，CODCr $\leq 60\text{mg/L}$ ，pH $\leq 6\sim 8.5$ ，总氯 $< 0.5\text{mg/L}$ 、总氮 $\leq 20\text{mg/L}$ ，氨氮 $\leq 15\text{mg/L}$ ，总磷 $\leq 1.0\text{mg/L}$ ）规定执行。
		/	/	在 2016 年 1 月 1 日及以后安装（含更换）生活污水处理装置的船舶，若生活污水处理过程中由于工艺需求等被稀释，五日生化需氧量、悬浮物、化学需氧量、总氮、氨氮、总磷的水污染物排放浓度按下式换算，耐热大肠菌群数、H 值和总氯（总余氯）仍以实测浓度作为水污染物排放浓度	
		大于 3 海里 小于等于 12 海里的海域	/	/	同时满足下列条件： （1）使用设备打碎固形物和消毒后排放； （2）船速不低于 4 节，且生活污水排放速率不超过相应船速下的最大允许排放速率。

		大于 12 海里的海域	/	/	船速不低于 4 节，且生活污水排放速率不超过相应船速下的最大允许排放速率。
--	--	-------------	---	---	---------------------------------------

2.5.2.2. 大气污染物排放标准

本项目的大气污染物主要来源于施工期施工船舶燃油废气、施工机械燃油废气，以及运营期运输船舶、工作船舶的燃油废气和网箱能源系统的柴油发电机。相关船舶和施工机械的燃油废气产生量较少，主要污染物为SO₂、NO_x和烟尘，均为无组织排放。

1、燃油废气执行《船舶大气污染物排放控制区实施方案》（交海发〔2018〕168号）硫氧化物和颗粒物排放控制要求。具体如下：

①硫氧化物和颗粒物排放控制要求

1) 2019年1月1日起，海船进入排放控制区，应使用硫含量不大于0.5%_{m/m}的船用燃油，大型内河船和江海直达船舶应使用符合新修订的船用燃料油国家标准要求的燃油；其他内河船应使用符合国家标准的柴油。

2) 2020年3月1日起，未使用硫化物和颗粒物污染控制装置等替代措施的船舶进入排放控制区只能装载和使用按照本方案规定应当使用的船用燃油。

3) 2022年1月1日起，海船进入沿海控制区海南水域，应使用硫含量不大于0.1%_{m/m}的船用燃油。

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

②氮氧化物排放控制要求

1) 2000年1月1日及以后建造(以铺设龙骨日期为准，下同)或进行船用柴油发动机重大改装的国际航行船舶，所使用的单台船用柴油发动机输出功率超过130千瓦的，应满足《国际防止船舶造成污染公约》第一阶段氮氧化物排放限值要求。

2) 2011年1月1日及以后建造或进行船用柴油发动机重大改装的国际航行船舶，所使用的单台船用柴油发动机输出功率超过130千瓦的，应满足《国际防止船舶造成污染公约》第二阶段氮氧化物排放限值要求。

3) 2015年3月1日及以后建造或进行船用柴油发动机重大改装的中国籍国内航行船舶,所使用的单台船用柴油发动机输出功率超过130千瓦的,应满足《国际防止船舶造成污染公约》第二阶段氮氧化物排放限值要求。

4) 2022年1月1日及以后建造或进行船用柴油发动机重大改装的、进入沿海控制区海南水域和内河控制区的中国籍国内航行船舶,所使用的单缸排量大于或等于30升的船用柴油发动机应满足《国际防止船舶造成污染公约》第三阶段氮氧化物排放限值要求。

5) 适时评估船舶执行《国际防止船舶造成污染公约》第三阶段氮氧化物排放限值要求的可行性,确定是否要求2025年1月1日及以后建造或进行船用柴油发动机重大改装的中国籍国内航行船舶,所使用的单缸排量大于或等于30升的船用柴油发动机满足《国际防止船舶造成污染公约》第三阶段氮氧化物排放限值要求。

2、施工机械燃油废气

施工机械燃油废气执行广东省地方标准《大气污染物排放限制》(DB44/27-2001)第二时段排放监控浓度限值。

3、柴油发电机废气

柴油发电机废气执行广东省地方标准《大气污染物排放限值》(DB44/27-2001)第二时段排放监控浓度限值。

表 2.5.2-2 广东省地方标准《大气污染物排放限值》(DB44/27-2001)第二时段标准

污染物	浓度 (mg/m ³)
SO ₂	500
NO _x	120
颗粒物	120

注:根据国家环境保护部信箱2017年1月11日《关于GB16297-1996的适用范围的回复》,柴油发电机对排气筒高度和速率不作要求。

2.5.2.3. 噪声排放标准

本项目施工期噪声排放执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)中的环境噪声排放限值,见下表。

表 2.5.2-3 建筑施工场界环境噪声排放限值单位: dB (A)

标准	昼间	夜间
《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)	70	55

2.5.2.4. 固体废物污染控制要求

本项目施工期及运营期的船舶垃圾执行《船舶水污染物排放控制标准》(GB3552-2018)的船舶垃圾排放控制要求,应统一收集上岸后交由有资质的单位统一处理;固体废物应严格《中华人民共和国海洋环境保护法》《防治海洋工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》的有关要求,不得违法向海洋排放船舶垃圾;塑料制品、残油、废油、含油垃圾和其他有毒有害残液残渣,不得直接排放或者弃置入海,应当集中储存在专门容器中,运回陆地处理。固体废物在收集、贮存、运输过程中,应当采取防扬散、防流失、防渗漏或者其他防止污染环境的措施,不得擅自倾倒、堆放、丢弃、遗撒固体废物,建设单位应当加强对相关设施、设备和场所的管理和维护,保证其正常运行和使用。

2.6. 评价等级

2.6.1. 海洋环境影响评价等级

根据《环境影响评价技术导则海洋生态环境》(HJ1409-2025),结合本项目的特点、规模及所在区域的环境状况,确定评价等级。

本项目养殖用海总面积为604.7994公顷,其中养殖用海591.2996公顷(开放式养殖用海面积大于200hm²),人工鱼礁用海11.4814公顷(建设人工鱼礁3.501万空方,小于5万空方10⁴m³)、生态养殖围栏桩柱透水构筑物用海2.0184公顷。项目所处海岛及其周围海域属于海洋生态环境敏感区,根据《环境影响评价技术导则海洋生态环境》(HJ1409-2025)表1《建设项目海洋生态环境影响评价等级判定表》,面积大于200hm²的其他用海中的开放式养殖用海海洋生态环境影响评价等级为1级,固体投放量小于5万空方10⁴m³人工鱼礁海洋生态环境影响评价等级为3级,项目网箱养殖区等区域需投加饵料,综合判定本项目海洋生态环境影响评价等级为1级。见下表2.6.1-1。

表 2.6.1-1 项目海洋生态环境影响评价等级判定表

(摘自《环境影响评价技术导则海洋生态环境》(HJ1409-2025))

影响类型		评价等级		
		1	2	3
用海面积 S (hm ²)	围海	S≥100	S<100	/
	填海	S≥50	S<50	/

	其他用海 ^e	$S \geq 200$	$100 \leq S < 200$	$S < 100$
线性水工构筑物轴线长度 L (km)	透水	$L \geq 5$	$1 \leq L < 5$	$L < 1$
	非透水	$L \geq 2$	$0.5 \leq L < 2$	$L < 0.5$
人工鱼礁固体投放量 Q (空方 $10^4 m^3$)		$Q \geq 10$	$5 \leq Q < 10$	$Q < 5$
<p>a: 排放口位于近岸海域以外海域的评价等级降低一级（最低为 3 级）；建设项目排放的污染物为受纳水体超标因子，评价等级应不低于 2 级。</p> <p>b: 海底隧道按水下开挖（回填）量划分评价等级，采用盾构、钻爆方式施工的海底隧道，评价等级降低一级（最低为 3 级）。</p> <p>c: 挖沟埋设管缆总长度以挖沟累积长度计。</p> <p>d: 爆破挤淤工程量以挤出淤泥量计。</p> <p>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。</p>				

2.6.2. 地表水环境影响评价工作等级

本项目为深水网箱养殖项目，属于海洋工程，本项目地表水评价参照海洋环境影响评价，不再单独进行地表水环境影响评价。

2.6.3. 环境空气评价工作等级

本项目为海水养殖，项目施工期废气主要为施工船舶和施工机械的燃油废气，工程运行期间，运输船舶、工作船舶的燃油废气和网箱能源系统的柴油发电机的燃油废气，属于无组织排放，排放的污染物主要有 SO_2 、 NO_x 等，无其他连续排放的大气污染源，对环境空气质量影响较小。根据《环境影响评价技术导则一大气环境》（HJ2.2-2018），依据项目的主要污染物及排放量、项目建设内容以及当地执行的环境空气质量标准，环境空气评价等级定为三级，不需设置大气环境评价范围，只调查项目所在区域环境质量达标情况，不需进一步预测与评价。

2.6.4. 声环境评价等级

本项目选址全部位于海域，与陆域最近直线距离约5.7km。项目区周围200m范围内无声环境保护目标。根据《湛江市生态环境局关于印发<湛江市城市声环境功能区划分（2020年修订）>的通知》（2020年7月7日）中的区划范围，项目海域所在区域未划分声环境功能区划。根据《环境影响评价技术导则声环境》（HJ2.4-2021），“建设项目所处的声环境功能区为GB3096规定的3类、4类地区，或建设项目建设前后评价范围内声环境保护目标噪声级增量在3dB(A)以下（不含3dB(A)），且受影响人口数量变化不大时，按三级评价。”本项目周边200m范围内无声环境敏感目标，

噪声增高量在3dB(A)以下，且受影响人口数量变化不大，确定本次噪声评价等级为三级。因此，本项目声环境影响评价工作等级确定为三级，可进行简要分析。

2.6.5. 地下水评价等级

根据《环境影响评价技术导则地下水环境》(HJ610-2016)附录A，本项目的行业类别属于“16、海水养殖工程”中的“用海面积300亩及以上；涉及环境敏感区的”，“17、海洋人工鱼礁工程”中的“固体物质投放量5000立方米及以上；涉及环境敏感区的”，地下水环境影响评价项目类别均为IV类，可不开展地下水环境影响评价。本项目全部位于海域，不涉及陆域，不会对地下水造成不良影响，因此不开展地下水环境影响评价。

2.6.6. 土壤评价等级

根据《环境影响评价技术导则土壤环境》(HJ964-2018)附录A，本项目的行业类别属于行业类别“农林牧渔业”中的“其他”项目类别，土壤环境影响评价项目类别为IV类，本项目可不开展土壤环境影响评价。本项目全部位于海域，不涉及陆域，不会对陆域土壤环境造成不良影响，不开展土壤环境影响评价。

2.6.7. 环境风险评价工作等级

根据《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ169-2018)有关要求，判定环境风险评价等级前首先进行风险潜势判断。

根据导则要求分析建设项目生产、使用、储存过程中涉及的有毒有害、易燃易爆物质，确定危险物质的临界量。定量分析危险物质数量与临界量的比值(Q)和所属行业及生产工艺特点(M)，然后对危险物质及工艺系统危险性(P)等级进行判断。本项目不属于《建设项目环境风险评价技术导则》附录C表C.1规定的行业及生产工艺，因此，仅进行危险物质数量与临界量的比值分析。

根据《建设项目环境影响风险评价技术导则》(HJ169-2018)，本项目为网箱养殖、海洋牧场和海洋人工鱼礁建设项目，不涉及危险化学品的储运，主要环境风险为施工期施工船舶和运营期运输船舶、工作船舶的燃料油泄漏、溢油对水体环境的影响。

根据《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ169-2018)附录表B.1突发环境事件风险物质及临界量中381油类物质(矿物油类，如石油、汽油、柴油等；生物柴油等)临界量为2500t。根据建设单位提供的信息，本项目施工期同一时

段施工船舶最大载油量情况估算见表2.6.7-1，项目运营期运输船舶最大载油量情况估算见表2.6.7-2。

表 2.6.7-1 本项目施工船舶最大载油量情况估算表

序号	名称	规格型号	数量	数量	最大载油量 (t)
1	锚碇块投放船	500t	t	4	240
2	网箱安装船(带有吊臂)	100t	t	6	72
3	辅助小艇	0.4t	t	6	0.288
4	拖船	5000t	t	2	1200
5	机动艇	0.4t	t	1	0.048
6	起重船	100t	t	1	12
7	施工运输船	3000t	t	1	360
8	驳船	1000t	t	1	120
9	潜水工作船	100t	t	1	12
合计					2016.336

表 2.6.7-2 本项目运营期船舶最大载油量情况估算表

序号	名称	规格型号	单位	数量	最大载油量 (t)
1	柴油发电机	100kw	t	15	1.8
2	养殖辅助船	500t	t	5	300
合计					301.8

考虑到项目分期建设，施工期和运营期会同时存在，项目最大载油量按照施工期与运营期总和考虑，即最大载油量为2318.136t。

根据《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ169-2018)附录表B.1突发环境事件风险物质及临界量中381油类物质(矿物油类，如石油、汽油、柴油等；生物柴油等)临界量为2500t，则 $Q=2318.136/2500=0.93<1$ 。根据《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ169-2018)，项目风险潜势为I，项目风险评价等级为简单分析。

表 2.6.7-3 环境风险评价等级结果表

环境风险潜势	VI、VI+	III	II	I
评价工作等级	一级	二级	三级	简单分析

2.6.8. 总结

综上，项目的水文动力环境评价等级为1级、海洋生态环境影响评价等级为1级，地形地貌与冲淤环境评价等级为3级，环境空气评价等级定为三级，声环境影响评价工作等级为三级，环境风险评价工作等级为简单分析。

表 2.6.8-1 项目各单项环境影响评价工作等级汇总表

环境因素	依据	等级
地表水（水文动力）	《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ2.3-2018）	1 级
海洋生态环境	《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）	1 级
声环境	《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021）	3 级
环境空气	《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018）	3 级
地下水	《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ610-2016）	不开展
土壤环境	《环境影响评价技术导则 土壤环境（试行）》（HJ964-2018）	不开展
环境风险	《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）	简单分析

2.7. 评价范围

2.7.1. 海洋评价范围

根据《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ2.3-2018），本项目水污染影响评价等级为三级B，水文要素影响评价等级为一级。

另HJ2.3-2018的5.3.2.1点要求，“d.受纳水体为入海河口和近岸海域时，评价范围按照GB/T19485执行”。目前《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T19485-2014）已更新为《环境影响评价技术导则海洋生态环境》（HJ1409-2025），因此本项目地表水环境影响评价范围根据HJ1409-2025确定。

根据HJ1409-2025的5.2点，一级评价项目“在潮流主流向的扩展距离应不小于15km~30km，垂直于潮流主流向的扩展距离以不小于主流向扩展距离的1/2为宜。对于涉及生态敏感区或水动力条件较好的项目，评价范围应根据海域环境特征、污染因子扩散等情况，适当扩展”。考虑本项目所在海域较敏感，项目所在海域北侧约520m为广东雷州珍稀海洋生物国家级自然保护区，并根据项目用海情况、所在海域特征及周边海域开发利用现状，经实地调查，结合各项评价因子评价范围的要求，本项目的评价范围为建设地及可能受其建设影响的周边区域，确定本项目评价范围为以项目工程边缘线为起点整体向外扩展30km的海域范围，评价海域面积约2764.4km²，评价范围控制点坐标详见2.7.1-2所示。

表 2.7.1-2 评价范围四至坐标

名称	经度	纬度
1	109°25'45.5566"	20°15'23.4450"
2	110°01'26.2427"	20°14'36.6559"
3	109°45'41.2596"	20°48'00.2664"

4	109°26'02.8106"	20°48'01.4793"
---	-----------------	----------------

(不公开)

图 2.7.1-1 项目评价范围

2.7.2. 其他评价范围

(1) 大气环境评价范围

根据《环境影响评价技术导则大气环境》(HJ2.2-2018)，大气环境影响三级评价无需设置评价范围。

(2) 声环境评价范围

根据《环境影响评价技术导则声环境》(HJ2.4-2021)：一级评价一般以建设项目边界向外200m为评价范围；二级、三级评价范围可根据建设项目所在区域和相邻区域的声环境功能区类别及敏感目标等实际情况适当缩小。项目位于海岸线向海一侧，声环境影响评价工作等级确定为三级，声环境影响评价范围为工程边界外扩200m包络线范围。

(3) 环境风险评价范围

本工程建设环境风险评价等级为简单分析，根据《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ169-2018)，由于本项目涉及的环境风险物质仅包括船舶燃料油，其发生泄事故时，仅对海洋环境产生影响，基本不会对大气环境产生影响，因此，本项目环境风险影响评价范围应依据海洋环境风险评价范围，即覆盖环境风险影响范围所及的水环境保护目标水域，与海洋环境影响评价范围一致。

2.7.3. 评价范围小结

本项目各要素评价等级和评价范围见下表2.7.3-1。

表 2.7.3-1 项目评价等级和评价范围一览表

序号	环境要素	评价等级	评价范围
1	地表水环境 (水文动力环境)	1 级	以项目工程边缘线为起点向外扩展 30km 的海域范围，评价海域面积约 2764.4km ² 。
2	海洋生态环境	1 级	
3	环境空气	3 级	不需设置环境空气影响评价范围
4	声环境	3 级	项目海域工边界外 200m 范围以内的区域
5	地下水环境	不开展地下水环境影响评价	不设置地下水环境评价范围
6	土壤环境	不开展土壤环境影响评价	不设置土壤环境评价范围

7	环境风险	简单分析	同海洋环境影响评价范围
---	------	------	-------------

2.8.环境保护目标

本项目海洋牧场区位于海域，根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》和《环境影响评价技术导则海洋生态环境》（HJ1409-2025）中对环境敏感区的定义，通过资料收集和查阅《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》《中国海洋渔业水域图》（第一批）、《南海区渔业水域图（第一批）》等附近海洋环境敏感目标主要有：广东雷州珍稀海洋生物国家级自然保护区、湛江雷州海草地方级自然保护区、生态保护红线、二长棘鲷幼鱼保护区、水质国控监测点、养殖区等各环境敏感目标的基本情况。

项目环境影响评价范围内具体敏感保护目标见表2.8-1和图2.8-1~2。

表 2.8-1 本项目与环境敏感目标的位置关系

（不公开）

(不公开)

图 2.8-1 项目周边生态保护红线位置关系示意图

(不公开)

图 2.8-2 广东省沿岸幼鱼幼虾保护区分布示意图

(不公开)

图 2.8-3 南海北部幼鱼繁育场保护区分布示意图

(不公开)

图 2.8-4 项目所在海域周边养殖区、人工鱼礁分布图

(不公开)

图 2.8-5 项目与周围海域岸线和国控监测站位位置关系图

3. 工程概况

3.1. 项目基本情况

(1) 项目名称：湛江市流沙湾1号海域现代化海洋牧场建设项目（变更）

(2) 项目用海性质：新建

(3) 项目建设单位：湛江市蓝色海洋产业发展有限公司

(4) 用海位置：本项目选址在湛江市雷州市覃斗镇西侧、流沙湾西北侧海域，离岸约5.7km，中心坐标为20°31'20.1599"N，109°44'25.7954"E（图3.1-1），根据宗海图，本项目用海面积604.7994公顷，水深范围为14.7~17.1m，水流畅通，不属强流区或弱流区，透明度大于1.3m，受强风大浪影响小。



图 3.1-1 项目用海地理位置图

(5) 涉海工程建设内容和规模

本项目建设重力式深水网箱60个、半潜式桁架式深水网箱3个、简易钢质网箱18个、座底式桁架养殖网箱“湛农1号”1个、大型多功能养殖网箱1个、大型生态养殖围栏2个、高密度聚乙烯（高分子材料HDPE）抗风浪筏式养殖筏架154台（吊养牡蛎3080万个）、人工鱼礁3.501万空方和自动监测系统1套。

拟申请海域使用总面积为604.7994公顷，其中养殖用海591.2996公顷，人工鱼礁用海11.4814公顷、生态养殖围栏桩柱透水构筑物用海2.0184公顷。相较于原批复深水网箱养殖605.3402公顷、筏式养殖51.7736公顷，人工鱼礁用海37.6857公顷的建设内容，现申请内容更符合以现代渔业装备为主要特色，打造生态化、高效化养殖的装备型海洋牧场的产业布局。

(6) 项目投资额

项目投资估算为7.3173亿元。其中，项目直接费7.063亿元、项目其他费1883万元、项目预备费660万元。计划采用申请银行贷款资金及灵活运用政策性开发性金融工具资金方式进行筹措，计划银行贷款资金与财政资金比例约为8: 2。

表 3.1-1 本项目用海建设内容一览表

序号	建设内容	数量	备注
1	重力式深水网箱	60 个	直径约 30m、周长为 100m 的 C90 型深水网箱，养殖水体 8000m ³
2	桁架类网箱	3 个	型长 100m、型宽 30m、型深 6.5m 的桁架类网箱，养殖水体 3 万 m ³
3	坐底式桁架类网箱 (湛农 1 号)	1 个	长 90m、宽 58m、高 12m、柱腿高 47m，由三组“日”字形坐底式桁架网箱结构组合而成，养殖水体 6 万 m ³
4	大型多功能养殖网箱	1 个	总长 160m、总宽 60m，型深 12m、作业吃水 10m，养殖水体 10 万 m ³
5	简易钢制网箱	18 个	项目拟投资建设的简易钢质网箱长 46.5m，宽 31.5m，高 10.5m，作业吃水 9.4m，钢质网养殖水体 1 万 m ³
6	抗风浪筏式养殖筏架	154 台	吊养牡蛎 3080 万个
7	人工鱼礁群	3.501 万空方	钢筋混凝土结构
8	自动监控系统	1 套	建设在人工鱼礁区，与人工鱼礁区用海面积重叠
9	大型生态养殖围栏	2 个	外栏周长约 500m，沿内外环均布（钢管）直桩，桩上挂高性能网衣，形成养殖水域。

3.2. 平面布置

3.2.1. 总平面布置

本项目计划在湛江市雷州市覃斗镇西侧、流沙湾西北侧海域，建设重力式深水网箱60个、半潜式桁架式深水网箱3个、简易钢质网箱18个、座底式桁架养殖网箱“湛农1号”1个、大型多功能养殖网箱1个、大型生态养殖围栏2个、高密度聚乙烯（高分子材料HDPE）抗风浪筏式养殖筏架154台（吊养牡蛎3080万个）、人工鱼

礁3.501万空方和自动监测系统1套。项目总平面布置图见附图3，项目平面布置规划布局示意图见下图3.2.1-1。

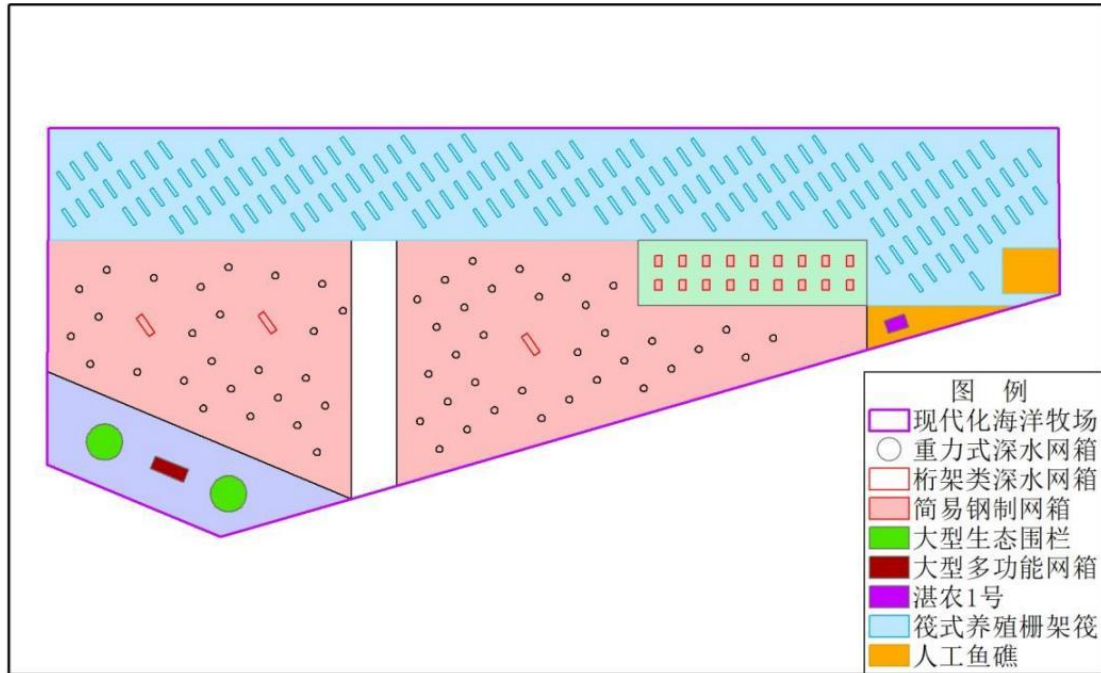


图 3.2.1-1 湛江市流沙湾 1 号海域现代化海洋牧场规划布局示意图

根据项目建设资金投入和预算安排，本项目建设内容分三期建设。

第一期用海面积为255.9849公顷（筏式养殖栅架用海243.9397公顷、人工鱼礁用海11.4814公顷、坐底式桁架类网箱“湛农1号”用海0.5638公顷），计划建设筏式养殖栅架154台，坐底式桁架类网箱1个（湛农1号），人工鱼礁3.5010万方和在线实时监测系统1套，配备养殖辅助船1艘、养殖管理平台1个、其它配套设施装备25套（其中养殖辅助船、养殖管理平台及其它配套设施装备均为另配内容，非本项目建设内容）。

第二期用海面积为176.3218公顷（重力式深水网箱用海135.8230公顷、航道用海11.0500公顷、简易钢制网箱用海29.4488公顷），建设深水网箱养殖组团1个，包括重力式深水网箱34个、桁架类深水网箱1个、简易钢制网箱18个。

第三期用海面积为172.4927公顷（重力式深水网箱用海117.2909公顷、航道用海11.3400公顷、生态养殖围栏用海49.9022公顷、大型多功能养殖网箱0.9596公顷），深水网箱养殖组团1个，包括重力式深水网箱26个、桁架类深水网箱2个、大型生态养殖围栏2个、大型多功能养殖网箱1个（表3.2.1-1，图3.2.1-2）。

表 3.2.1-1 流沙湾 1 号海域现代化海洋牧场建设用海统计

序号	分期	用海编号	建设用海面积(公顷)	航道用海面积(公顷)	合计(公顷)
1	第一期	LSW1-1	255.9849	0.0000	255.9849
2	第二期	LSW1-2	165.2718	11.0500	176.3218
3	第三期	LSW1-3	161.1527	11.3400	172.4927
	合计		582.4094	22.3900	604.7994

表 3.2.1-2 流沙湾 1 号海域现代化海洋牧场建设内容统计

分期	用海编号	重力式深水网箱(个)	桁架类深水网箱(个)	抗风浪笼式养殖筏架(台)	人工鱼礁(万空方)	在线监控系统(套)	简易钢制网箱	大型多功能网箱	大型生态养殖围栏(个)	湛农 1 号
第一期	LSW1-1	/	/	154	3.501	1	/	/	/	1
第二期	LSW1-2	34	1	/	/	/	18	/	/	/
第三期	LSW1-3	26	2	/	/	/	/	1	2	/
合计		60	3	154	3.501	1	18	1	2	1

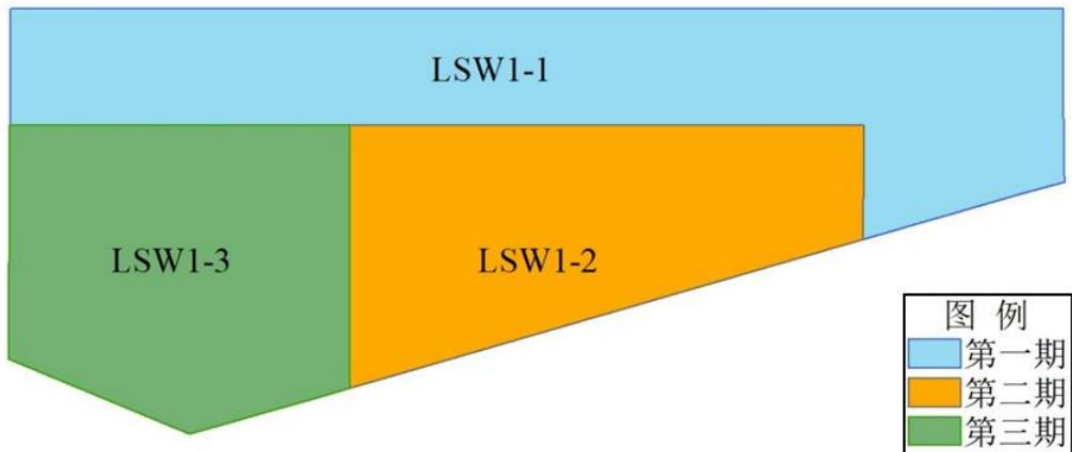
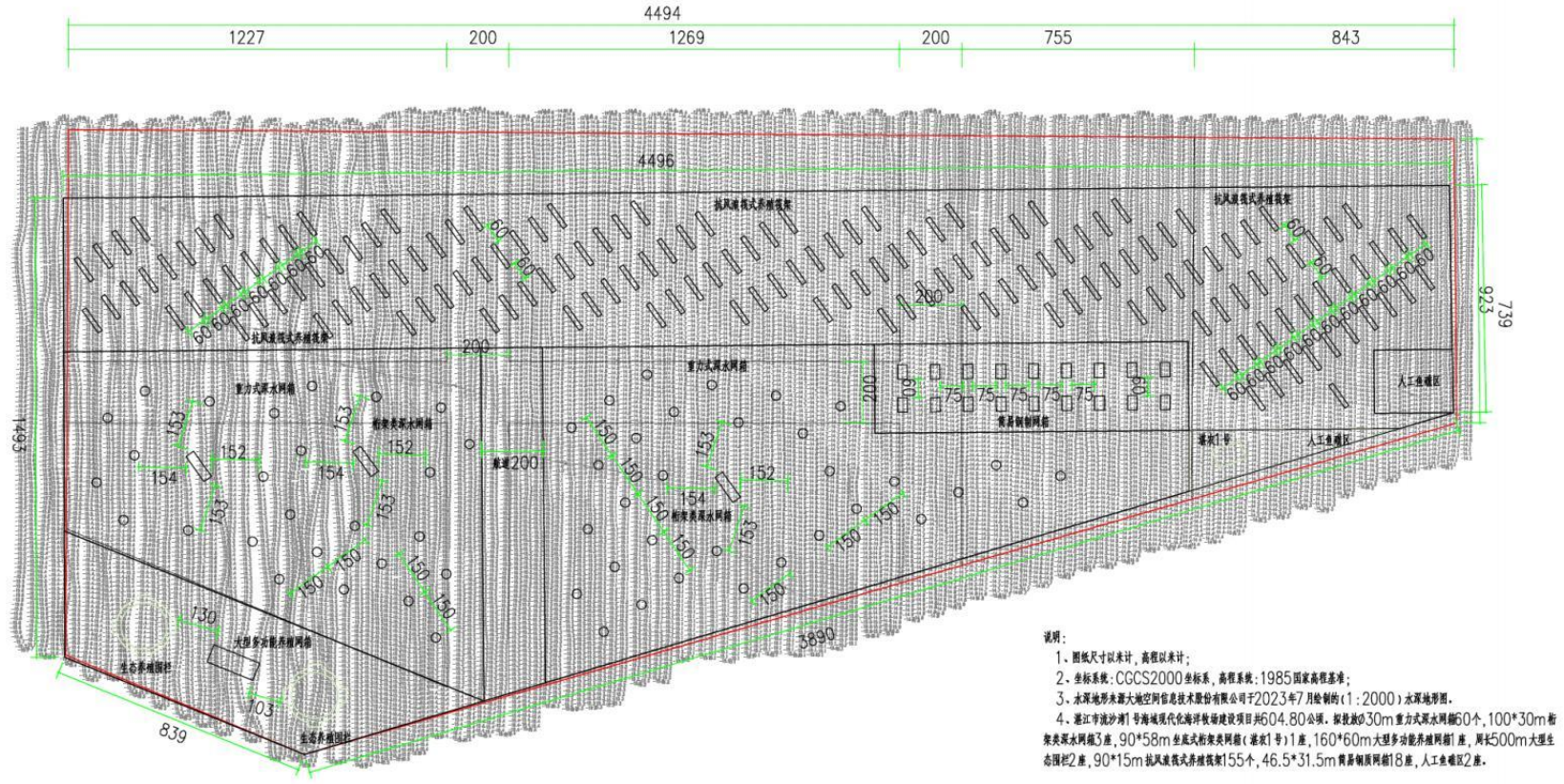


图 3.2.1-2 流沙湾 1 号海域现代化海洋牧场建设分期图



浙江市流沙湾1号海域现代化海洋牧场建设项目平面布置图 1:10000

图 3.2.1-3a 流沙湾 1 号海域现代化海洋牧场总体布置图

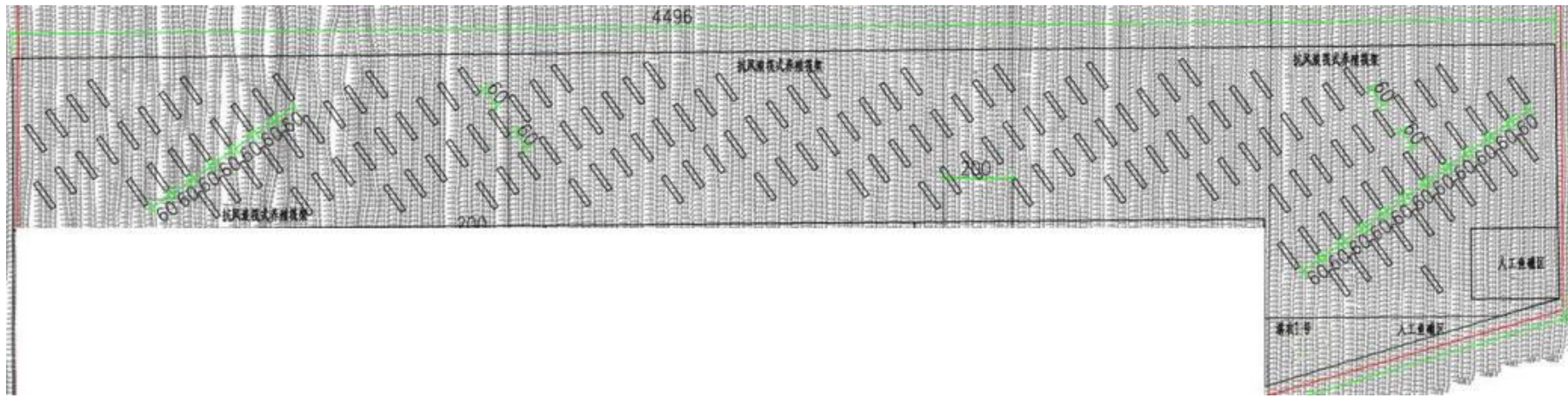


图 3.2.1-3b LSW1-1 区域平面布置示意图

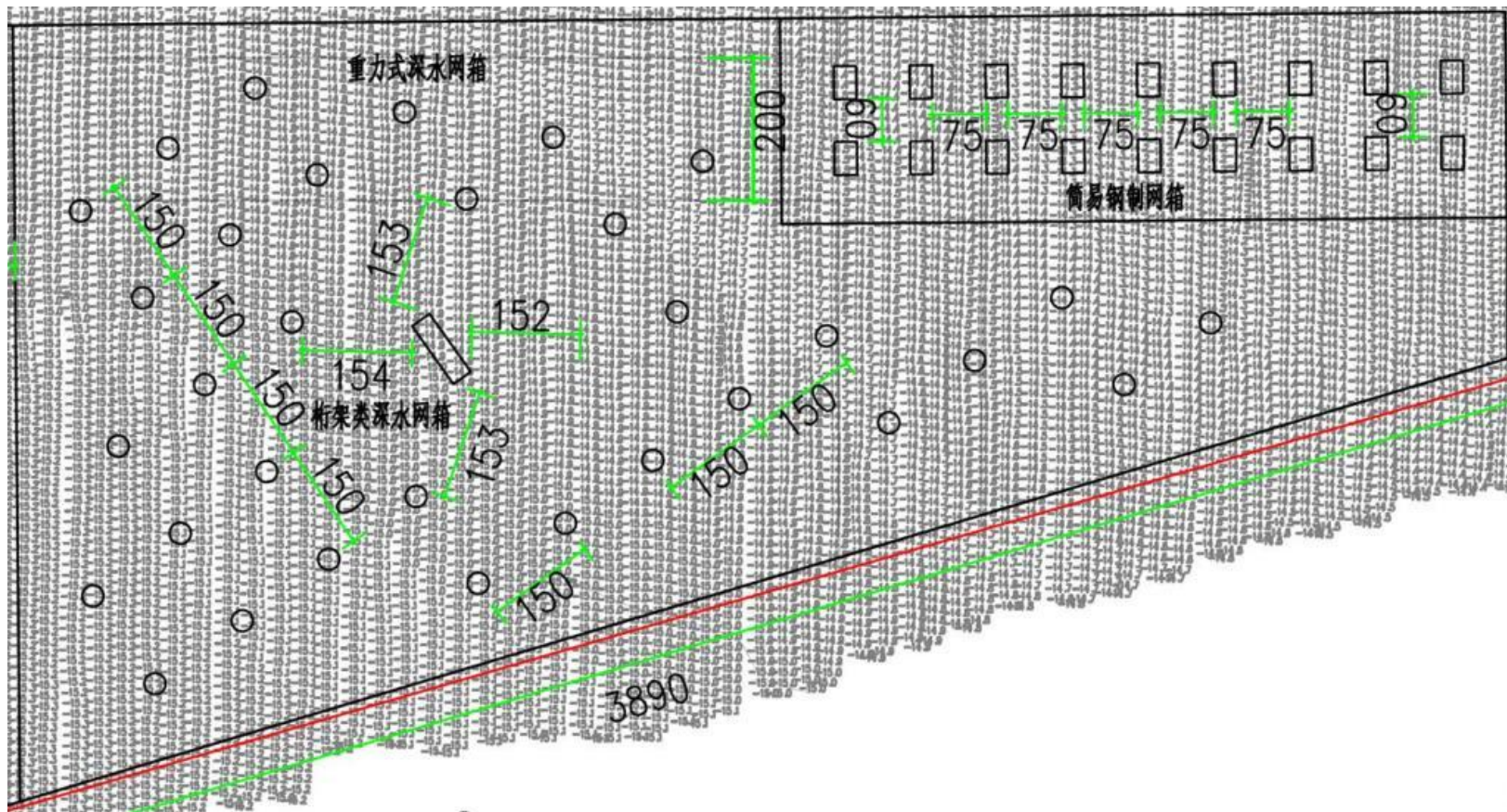


图 3.2.1-3c LSW1-2 区域平面布置示意图

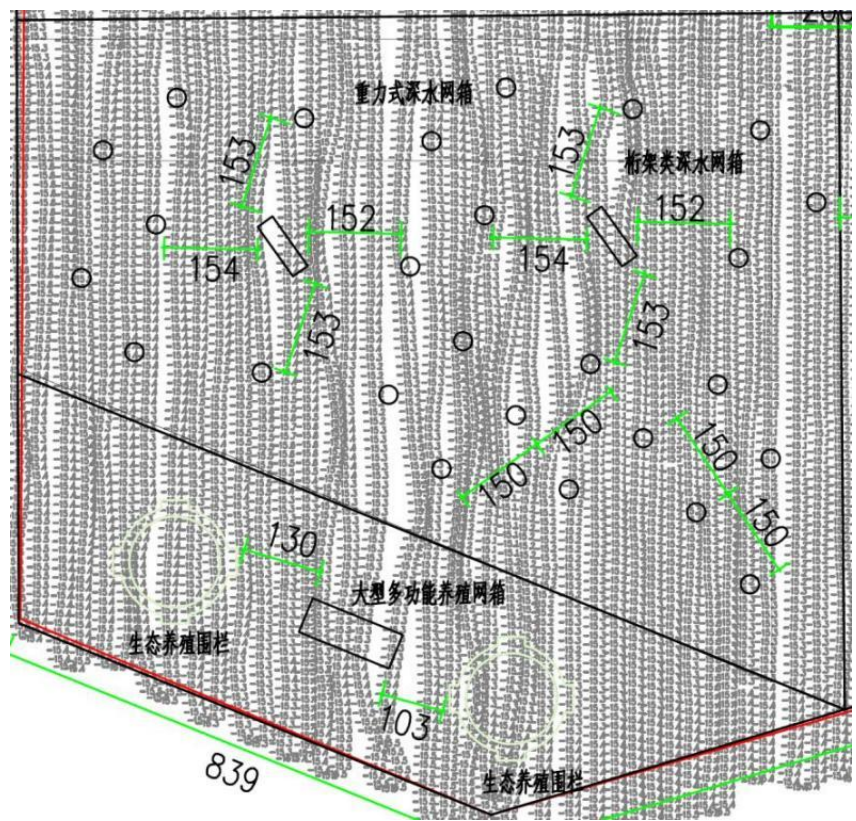


图 3.2.1-3d LSW1-3 区域平面布置示意图

3.2.2. 重力式深水网箱

项目规划建设重力式深水网箱 60 个。布置C90型重力式浮式圆形深水网箱，单个网箱周长100m，深10m，养殖容量约8000立方水体。采用单网箱锚定方式布设，网箱受力均具有相对的独立性，不易产生群体性破坏。每个网箱采用12个锚固定，主缆长度约为100m。

为了保障网箱之间安全距离，水道畅通，工作船只通航安全等，进一步降低养殖区总体密度和满足公共航道区需要，在区域内设置宽度为200m左右的通道。

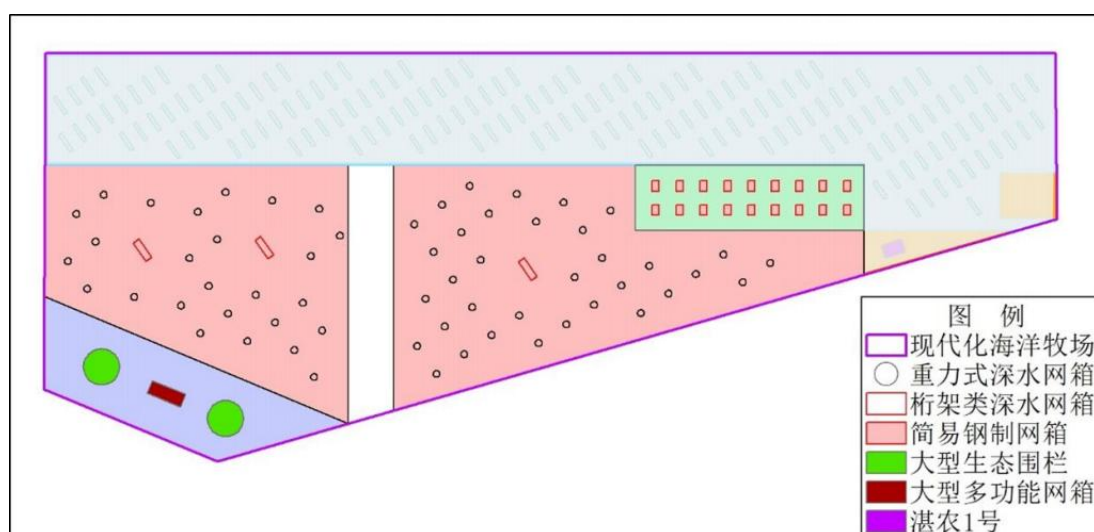


图 3.2.2-2 重力式深水网箱平面布置示意图

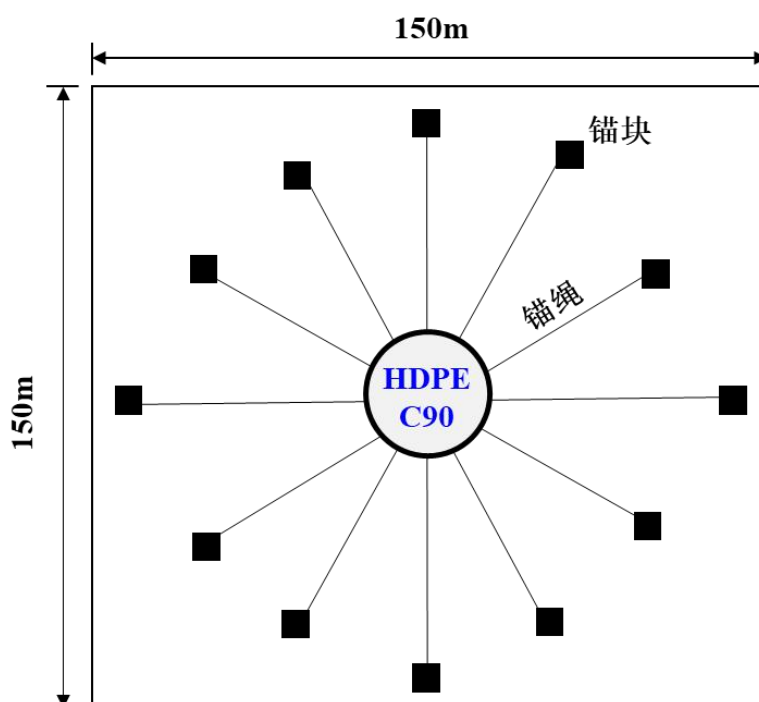


图 3.2.2-3 重力式深水网箱锚固系统示意图

3.2.3. 桁架类深水网箱

计划建设以下桁架类深水网箱：半潜式桁架类深水网箱 3 个、简易钢质网箱 18 个、座底式桁架类养殖网箱“湛农 1 号”1 个、大型多功能养殖网箱 1 个。其中座底式桁架类养殖网箱“湛农 1 号”已建成投产。

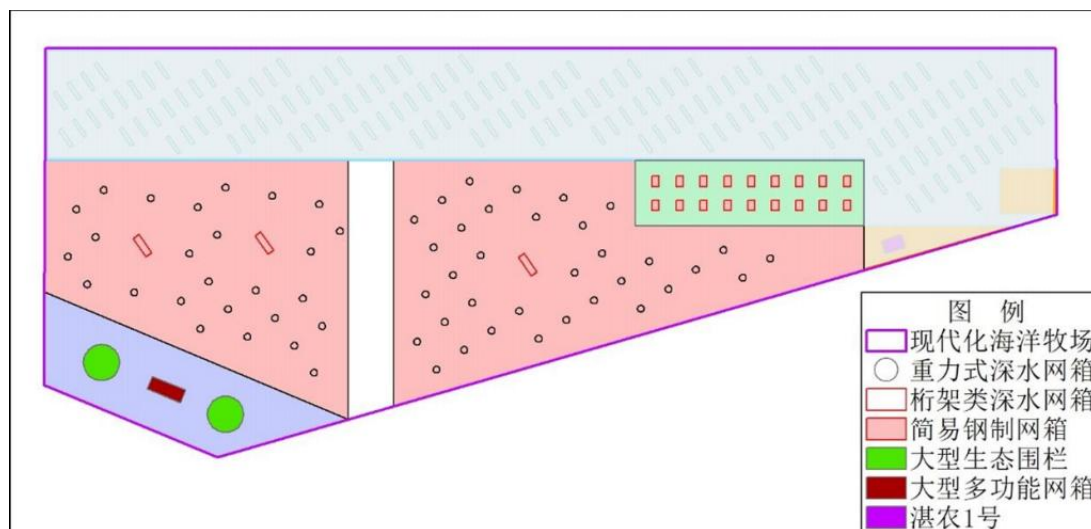


图 3.2.3-1 重力式深水网箱平面布置示意图

3.2.3.1. 半潜式桁架类深水网箱

本项目拟建设的3个半潜式桁架类深水网箱布置在重力式深水网箱养殖区中部（如图3.2.3-1所示），参考“海威2号”设计，包括桁架式养殖平台及相应的养殖配套设施。2023年6月20日在流沙湾海域下水的大型海上智能养殖平台-“海威2号”，长86m、宽32m、高16.5m，有效养殖水体3万m³以上，其宽阔的平台空间还能搭载太阳能电力系统，日均发电量约200度，实现绿色能源的自给自足，环保低碳，实现100%清洁能源供给，是一种半潜桁架式渔业智能养殖平台，使用寿命20年以上，并配备了自动投饵、工作吊机、海水淡化机、污水处理器、渔场监控等现代化生产生活设备，可节省人工成本60%。1个周期可养100万斤~150万斤鱼，年产值有望达到7000万元。

本项目拟建设的半潜式桁架类网箱尺寸约为100m×30m×10m，养殖容量约3万立方水体；采用四点锚泊系统，锚链长100m。区域内预留宽度为200m的航行通道（同重力式深水网箱通道布置）。

表 3.2.3-1 半潜式桁架类深水网箱主要建设内容及性能

名称	内容	规格	数量
----	----	----	----

平台主体	平台可通过浮力压载舱实现有限度升降；内置3口独立网箱（可按照不同养殖要求进行分割），配置投喂、起捕、监控、水质监测、养殖废弃物收集等设施设备。	养殖水体 30000 m ³	1
能源系统	半潜式深海养殖平台搭载光伏（太阳能）发电和储能模块实现绿色能源供电系统；同时配置柴油发电机，可长期稳定为平台生产生活 and 开展休闲旅游提供能源支撑。	太阳能板发电量 100KW，柴油发电机 2 台，配备 500kWh 的蓄电池 2 套	/

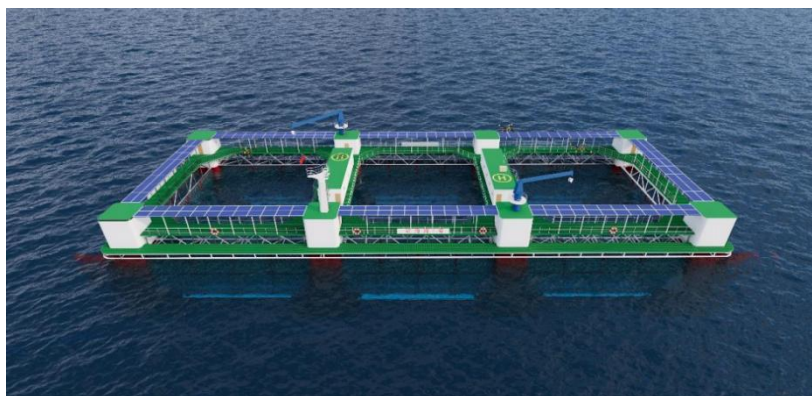


图 3.2.3-2 半潜式桁架类深水网箱示意图

3.2.3.2. 简易钢制网箱、湛农 1 号和多功能养殖网箱布置

本项目布设18个简易钢制网箱，1个坐底式桁架类网箱和1个多功能养殖网箱，分别布设于第二分区、第一分区和第三分区（如图3.2.3-3所示）。大型多功能养殖网箱布设在2个大型生态围栏之间，坐底式桁架类网箱布设在人工鱼礁区。18个简易钢制网箱，水平布置2行，纵向布置9列，网箱之间的间距60m。

简易钢质网箱长46.5m，宽31.5m，高10.5m，作业吃水9.4m，空船重量约400吨，作业吃水排水量约800吨（如图3.2.3-4所示）。简易钢质网箱养殖水体约1万立方，作为试点试验项目建成后将根据运营情况开展规模化应用。

坐底式桁架类网箱“湛农1号”是全国首个自主升降海洋牧场平台，长90米、宽58米、高12米、柱腿高达47米，由三组“日”字形坐底式桁架网箱结构组合而成6.2万m³的养殖水体平台，单个网箱长60m，宽38m，深12m（如图3.2.3-5所示）。

多功能养殖网箱平台总长约160m，宽度约60m，主体结构高度26m，工作吃水10m，适用于水深>15m的海域（如图3.2.3-6所示）。

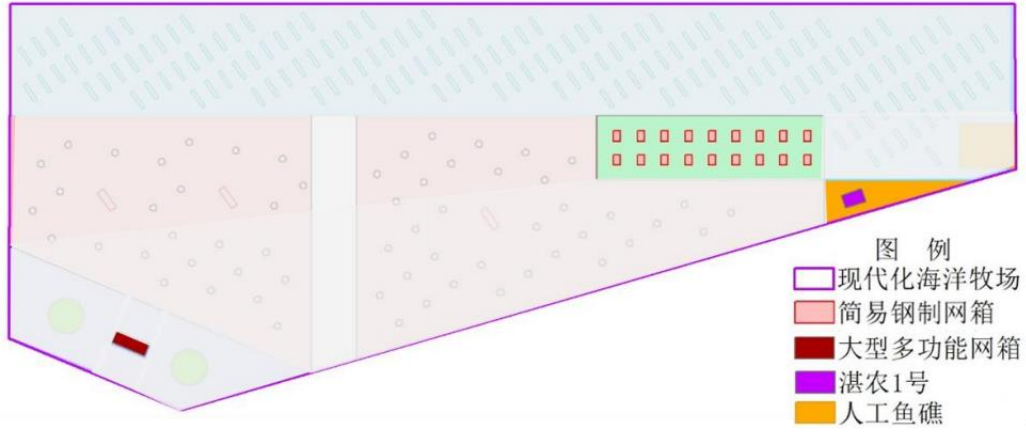


图 3.2.3-3 简易钢制网箱、湛农 1 号和多功能养殖网箱布置示意图

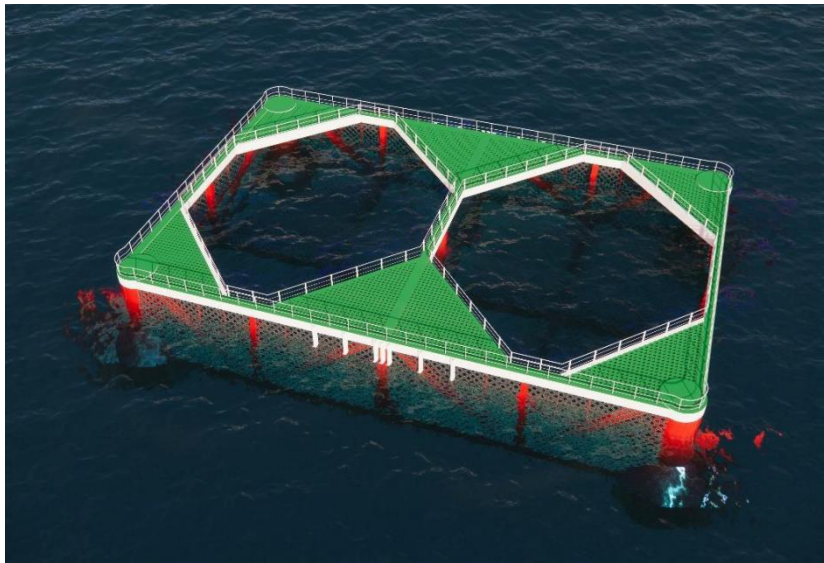


图 3.2.3-4 简易钢制网箱示意图



图 3.2.3-5 座底式桁架类养殖网箱“湛农 1 号”

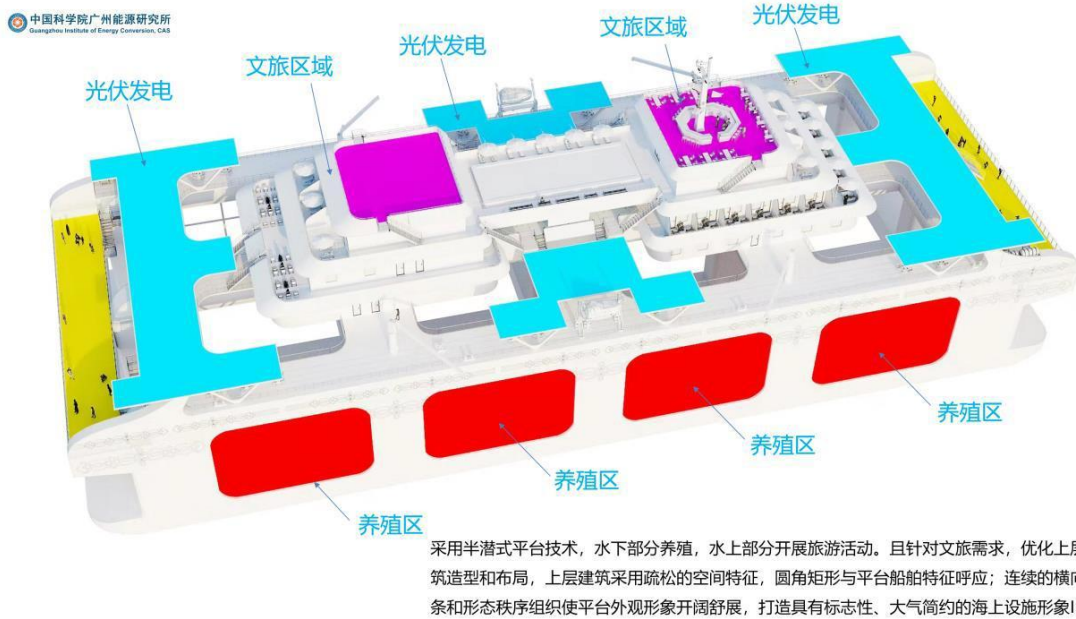
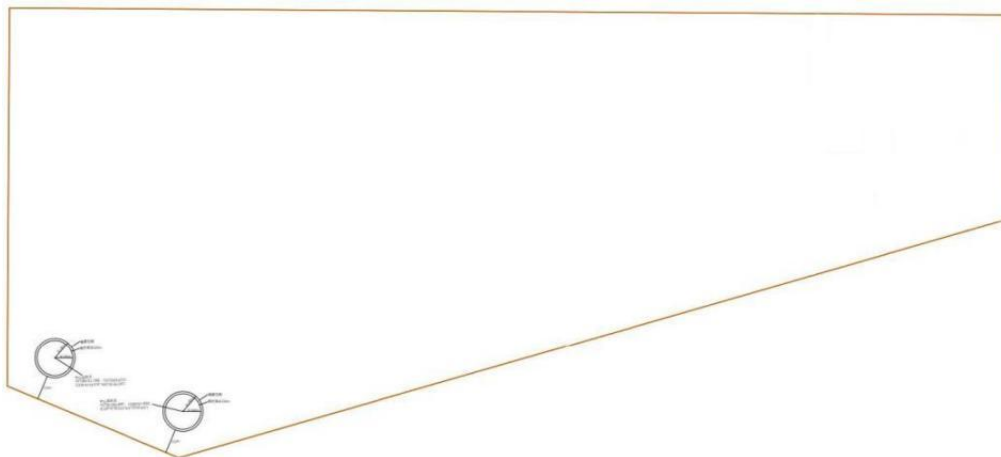


图 3.2.3-6 多功能养殖网箱结构图

3.2.4. 大型生态养殖围栏布置

拟建设周长约 500m 的大型生态围栏2个，布设在项目用海范围的西南侧海域。养殖围栏距离用海边界110m，2个网箱间距离440m。养殖围栏外环直径160m、周长约500m，内环直径148m、周长约465m，沿内外环均布（钢管）直桩，桩上挂高性能网衣，形成养殖水域。



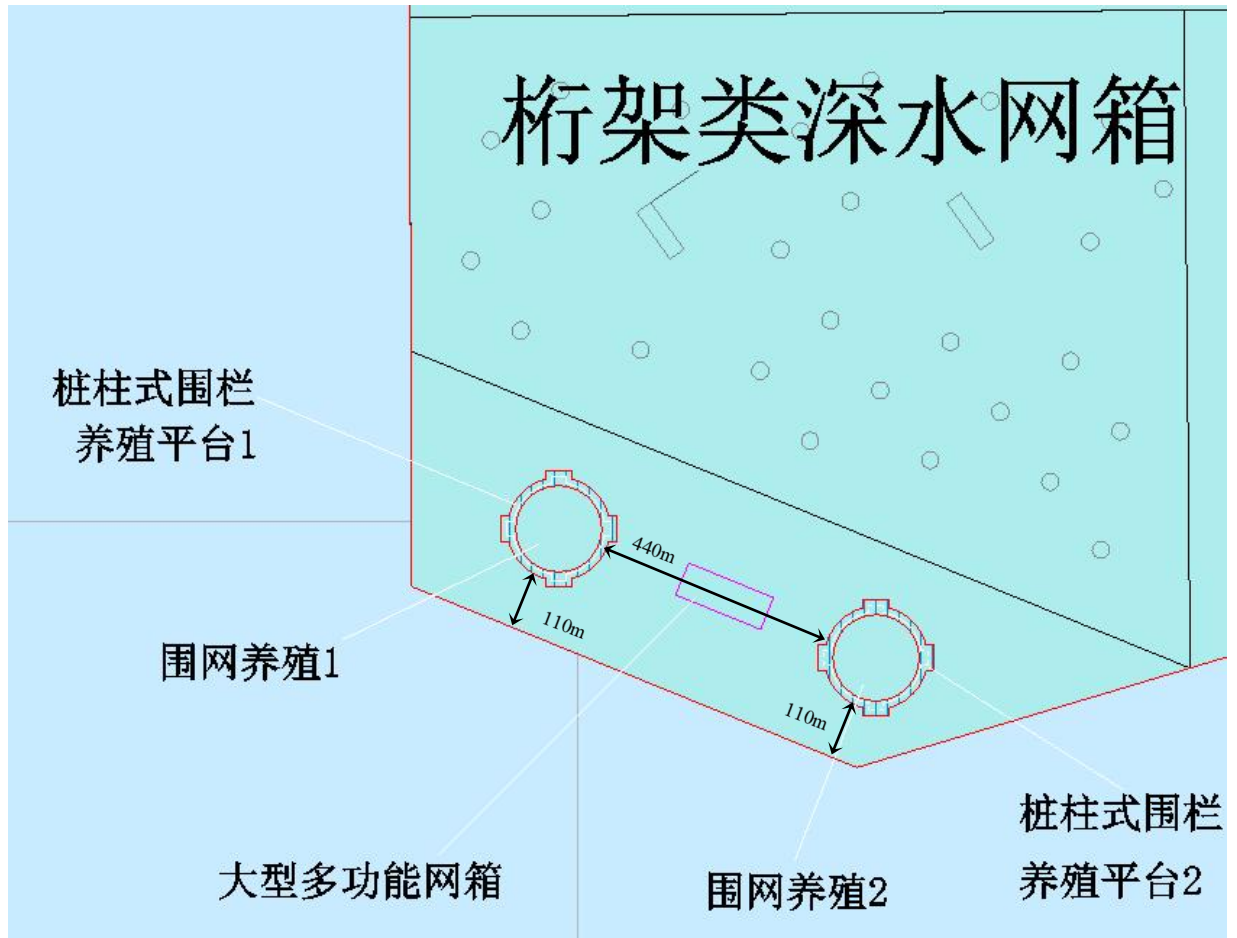


图 3.2.4-1 大型生态围栏布置示意图



图 3.2.4-2 大型生态养殖围栏效果图

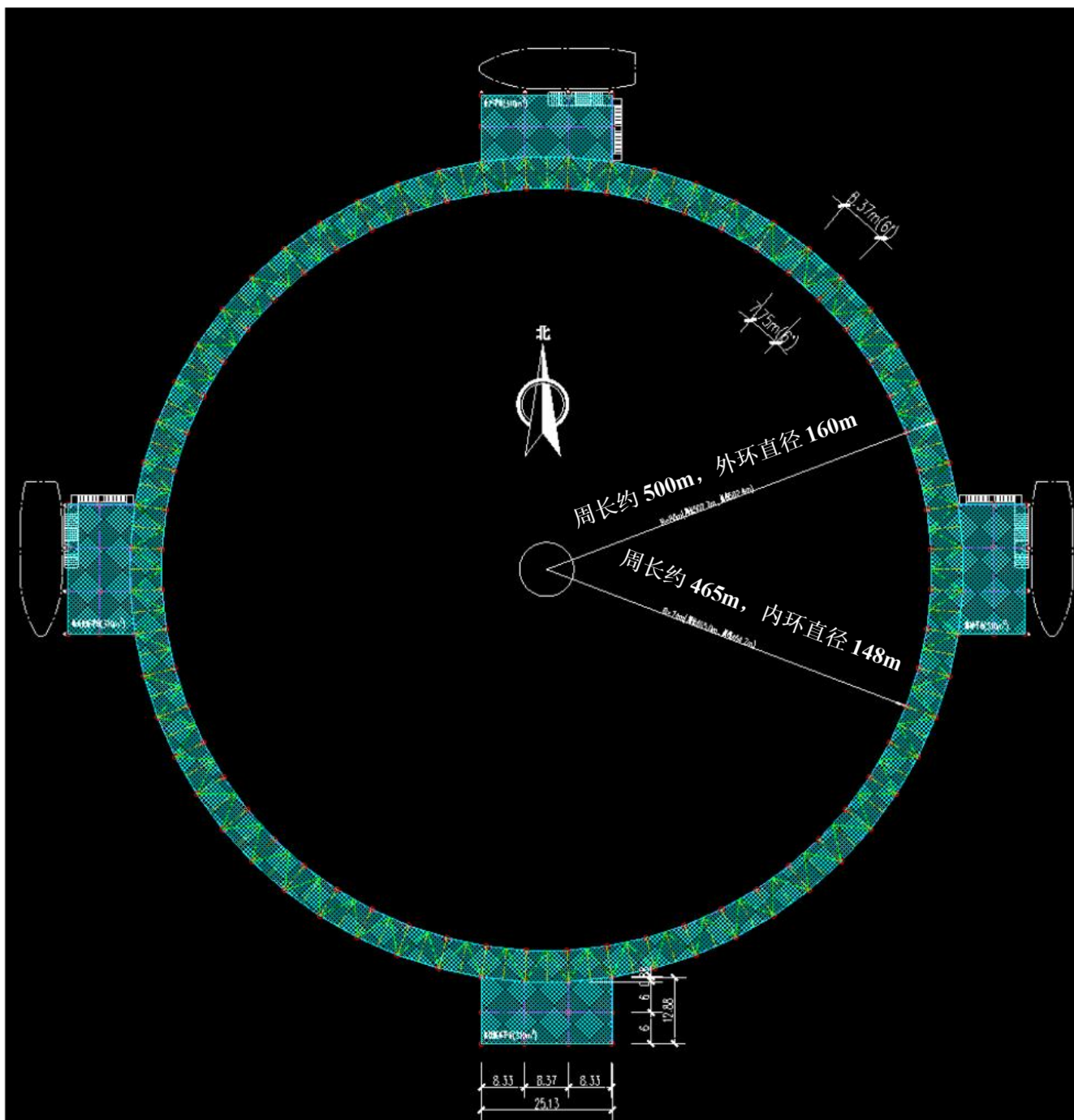


图 3.2.4-3 大型生态养殖围栏平面尺度图

3.2.5. 养殖筏架平面布局

养殖筏架布局走向与流场基本一致，按照东南-西北方向布设，整个养殖区共设新型HDPE（高密度聚乙烯）抗风浪栅架筏154台，形成19行，第1行有4台，第2~第3行、第8~第11行、第14~第15行均为8台，第4~第7行、第12~第13行、第16行均为9行，第17行、18行、19行分别为12台、10台、1台；每台长宽分别为90m、15m；每组筏架间距横向间距60m，纵向间距60m；人工鱼礁上方不建设筏架（图3.2.5-1~图3.2.5-2）。

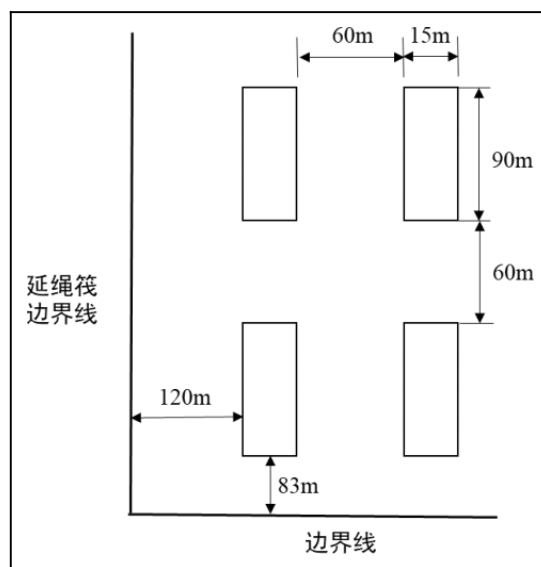


图 3.2.5-1 抗风浪筏式养殖栅架筏投放控制边线示意图

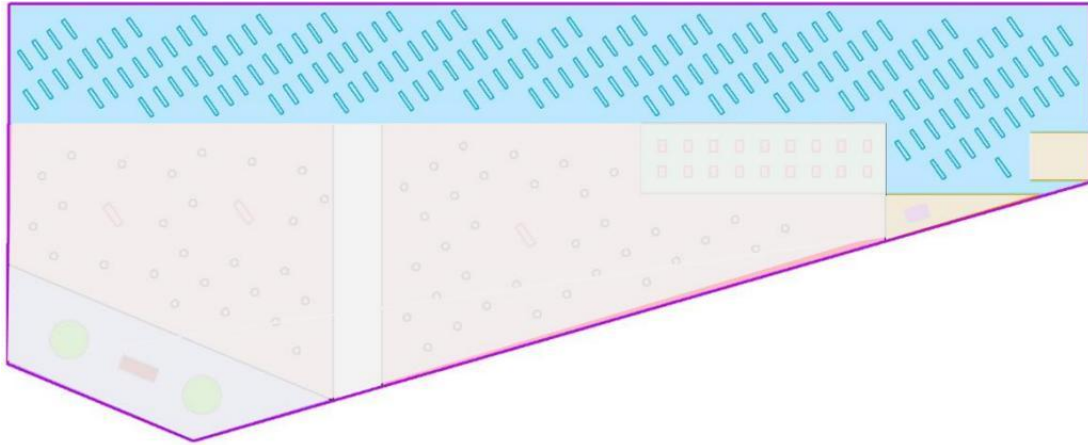


图 3.2.5-2 抗风浪筏式养殖栅架筏平面布局图

3.2.6. 人工鱼礁平面布局

参照农业农村部有关文件及《人工鱼礁建设项目管理细则》《人工鱼礁建设技术规范》等有关规定，在本次人工鱼礁工程区域内分散布置鱼礁群，采用单一尺寸矩形鱼礁群进行布置，鱼礁群长轴与海流涨落潮方向平行。人工鱼礁区的布局设计，采用疏密结合的方式投放。投放时每20~30个单体礁为一个单位礁，单位礁内单体礁间距应控制在1~1.5倍礁宽之间，呈“品”字形布置。单位礁的排列方向与水流方向垂直，单位礁之间距离4~5倍礁宽，呈“品”字形布置，即单位礁间的横向（与水流方向垂直）距离6~10倍礁宽、纵向（与水流方向平行）距离15~35倍礁宽，以便于游钓、延绳钓作业。多个单位礁形成一个礁群，礁群间距离50~100倍礁宽，呈“品”字形布置。多个鱼礁群形成一个或一期人工鱼礁区。

本项目布置鱼礁群2个，鱼礁群间距约为100m（图3.2.6-3）。建造投放礁体1040个、35010空方，其中GDS07长方体九孔钢混养护礁（3m×3m×4m）500个、18000空方，GDC014立方体品字形钢混饵料礁（3m×3m×3.5m）540个、17010空方。人工鱼礁礁体结构图如图3.2.6-4所示。

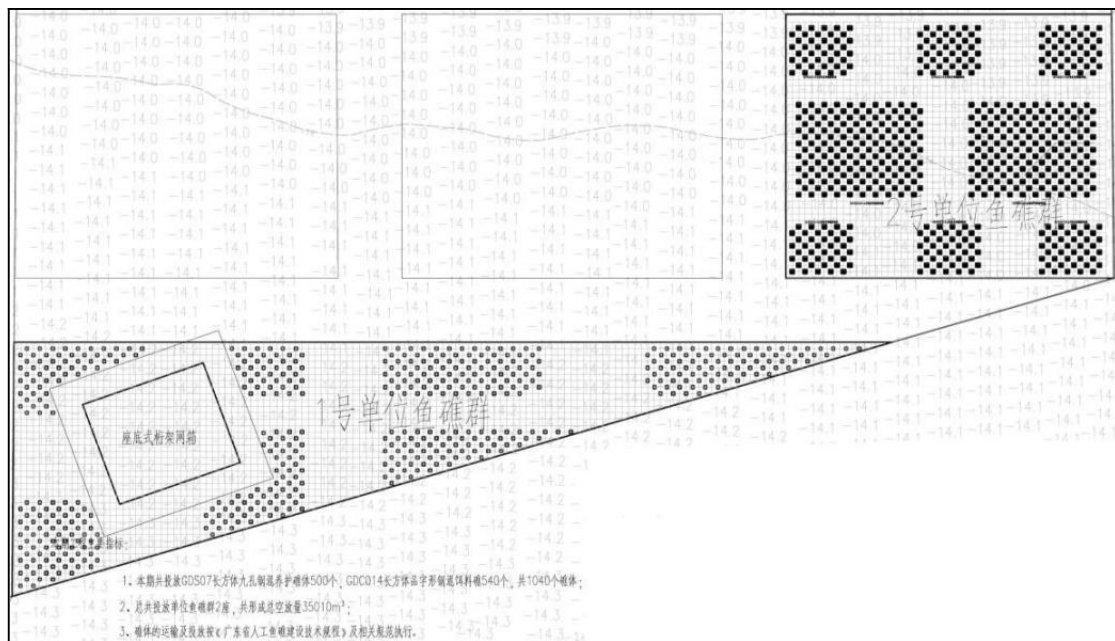


图 3.2.6-1 人工鱼礁区的单体礁和单位礁布局设计示意图

1) 1号鱼礁群

1号鱼礁群1个，礁群总体呈直角三角形，直角边长分别为685m、198m，鱼礁群由7个单位鱼礁组成，单位鱼礁横向间距25~65m。在单位鱼礁型号的具体选择上着重考虑所放置位置的地形和地质条件，设计了较高的礁体来投放，且预留出一定的沉降高度。43~99个鱼礁单体间隔错落布置组成单位鱼礁，既有利于形成多样性的涡流，又能达到庇护中部鱼礁的繁育效果。鱼礁群布置顺应海流通过障碍物时的流态规律，使海流进入鱼礁群后马上形成上升流，同时在礁群范围内产生多种形态的涡流，激起沉淀海床的养料，吸引鱼类的群聚。

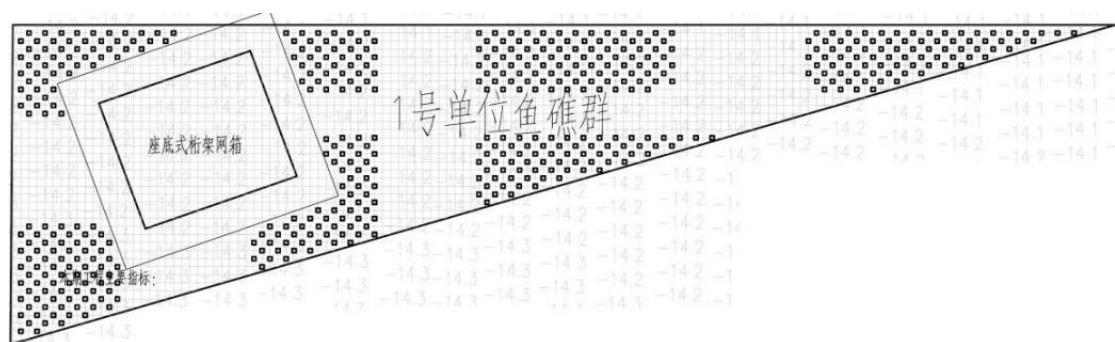


图 3.2.6-2 人工鱼礁区 1 号鱼礁群布置图

2) 2号鱼礁群

2号鱼礁群1个，礁群呈矩形，平面尺寸为250m×200m，鱼礁群由8个单位鱼礁组成，单位鱼礁横向间距25~40m。单座鱼礁群鱼礁单体个数为40~150个，

在单位鱼礁型号的具体选择上着重考虑所放置位置的地形和地质条件，设计了较高的鱼礁来投放，且预留出一定的沉降高度。

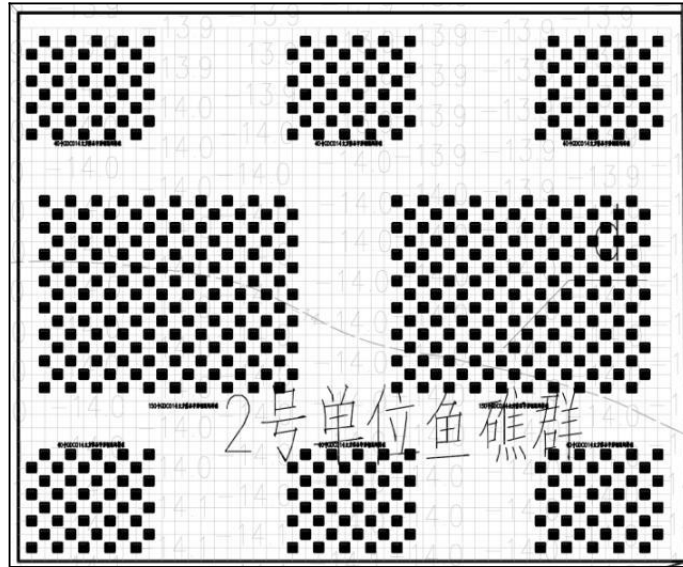
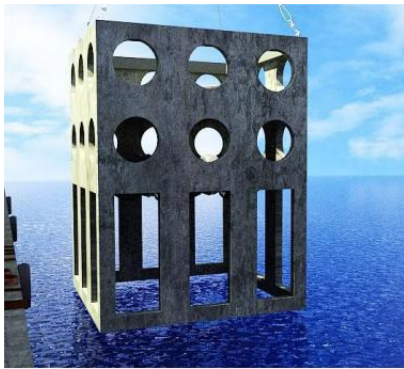


图 3.2.6-3 人工鱼礁区 2 号鱼礁群布置图



GDS07 长方体九孔钢混养护礁礁体



GDC014 立方体品字形钢混饵料礁礁体

图 3.2.6-4 人工鱼礁礁体结构图

本项目用海东侧部分海域（人工鱼礁区、“湛农1号”养殖区、筏架养殖区）与雷州乌石人工鱼礁区重叠。雷州乌石人工鱼礁区礁体投放在重叠区域的北部，本项目人工鱼礁区和“湛农1号”位于重叠区的南侧，与乌石人工鱼礁区投礁位置不重叠，且具有生态互补效应，即各礁群资源养护和增殖的效应起到叠加的作用，共同作用下，资源增殖范围会增大。本项目筏架养殖区使用海域空间为海表面及海水上层，与雷州乌石人工鱼礁礁体用海空间不冲突。本项目筏架养殖主要用于吊养牡蛎，在养殖过程中不需要投喂饵料，且牡蛎的虑食作用具有净化水质的功能。

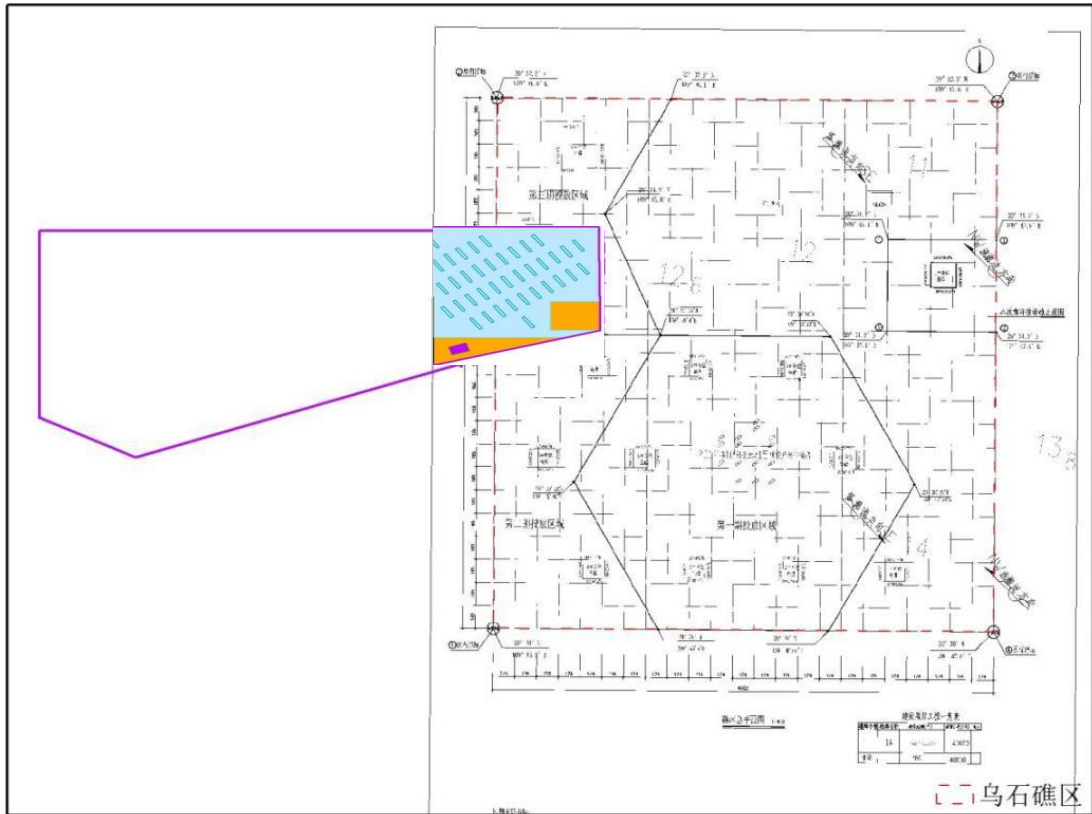


图 3.2.6-4 本人工鱼礁群布局与乌石人工鱼礁区位置关系

3.2.7. 水下实时监测系统布置

本项目海底实时在线监测系统搭载在海洋牧场辅助船上，实现对海洋牧场生态环境和资源状况的跟踪监测。海洋牧场辅助船由海洋牧场建设单位湛江市蓝色海洋产业发展有限公司自筹资金建造，玻璃钢质，船长约28.6m、型宽约5.3m。

水下实时监测系统实现海洋牧场海底温度、盐度、深度、溶解氧、叶绿素、pH值、浊度等参数实时在线监测，以及水下人工渔礁周围环境和生物生活习性的实况视频监控，同时对观测数据和视频进行网络同步展示发布、备份存储及统计分析，真正意义上实现对海洋牧场生态环境的可视、可测、可报。

海底实时在线监测系统包括水下观测平台、电源保障系统、信息采集系统、岸基控制系统和数据分析展示系统。水下观测平台通过分布式控制技术实现多传感器的管控以及数据采集，并通过电力、信息传输系统将观测数据传输至海洋牧场辅助船搭载平台再传输至岸基控制系统，实现观测数据的长距离高带宽传输；在完成质量控制后经由地面网络将数据传输至云服务器数据展示分析系统进行网络展示发布，系统建设总体指标如下：

最大离岸距离：30km；最大布放深度：50m；最大可提供功率：300W；最大传输速率：5.6Mbps；最大可集成仪器数量：16个，目前集成4台仪器，并具备2个备用仪器接口；观测要素及频次：温盐深、溶解氧、叶绿素、PH值、浊度（1min）、水下视频（高清）；系统维护周期：6个月。

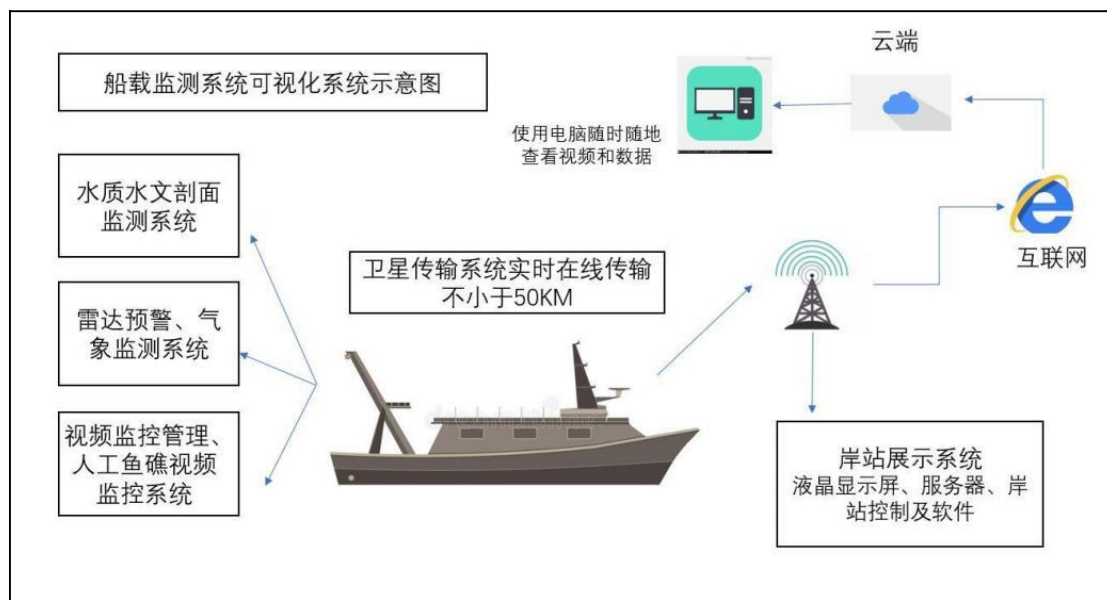


图 3.2.7-1 海洋牧场辅助船搭载海底实时在线监测系统参考图

3.3.主要结构、尺度

3.3.1. 重力式深水网箱结构、尺度

根据本项目所在海域水深情况和湛江市实际养殖情况，拟选用C90型重力式深水网箱，该类型网箱系统一般由①网箱框架系统；②网衣系统；③固定系统；④配套系统，包括水下洗网设备、水下自动远程投饵设备、水下监视系统、收鱼、起网设备等。在台风季节，网箱顶部加盖网盖，使网箱形成封闭状态防止鱼群逃逸。深水网箱抗风能力为17级以上，能抗击5m以上的大浪冲击，能有效避免台风带来的危害。重力式深水网箱结构及主要尺度见图3.3.1-1和表3.3.1-2。

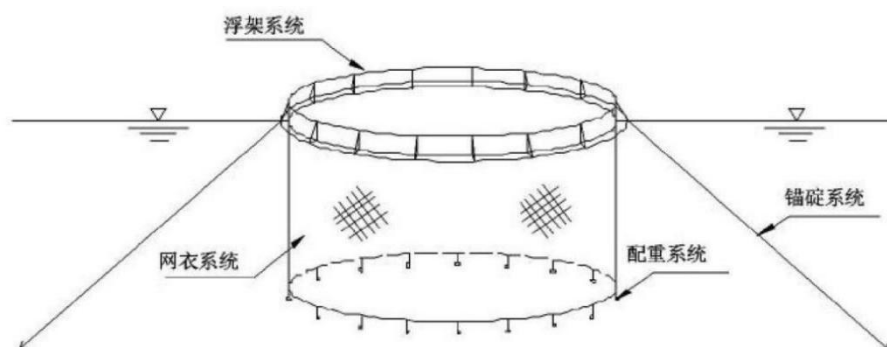


图 3.3.1-a 重力式深水网箱结构示意图

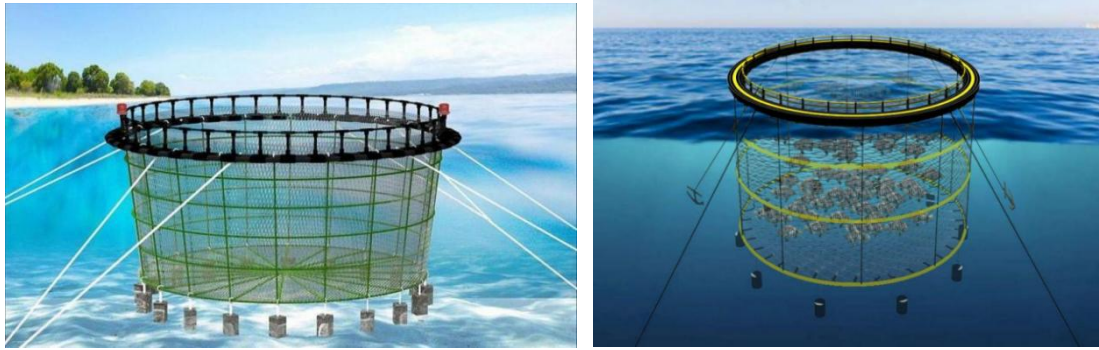


图 3.3.1-b 单口 HDPE 浮式圆形重力式深水网箱立体结构示意图

表 3.3.1-1 HDPE 浮式圆形重力式深水网箱主要尺寸和性能

序号	项目	主要参数
1	网箱型号	HDPE/C90
2	网箱浮管径 (mm)	250~400
3	网箱周长 (m)	90
4	网箱直径 (m)	28.6
5	双浮管中心距 (cm)	85
6	HDPE 注塑工字架	是
7	支架标距 (m)	2.5
8	工字架立柱管径 (mm)	125
9	扶手直径 (mm)	110
10	网衣挂钩	选配
11	浮管泡沫填充	可选、内管
12	加强链	可选、两浮管间
13	HDPE 强度	80~100
14	产品认证	ISO9001:2000
15	浮管数量	2
16	踏板	标配、可选配
17	抗台风等级	14 级、可依设计
18	正常使用年限	15 年以上
19	适宜水深	8~25m
20	养殖包围水体 (m ³)	4000~8000

(1) 框架系统

重力式深水网箱在海面上所见到的就是框架系统，即浮架系统。它是由三条圆形（下面两条较粗、上面一条较细）、内空、全封闭的聚乙烯塑料管，通过“L”形支柱连接而构成的框架，具体上可分为扶手管、主浮管、支柱及相关配件。

扶手管为圆柱状环形空心管，周长与内主浮管相同，用于内挂网衣与生产操作安全防护；主浮管为圆柱状环形空心管，管径一般为250~400mm，其大小可视网箱规模而定。环形圈数量为内外各1圈，周长根据不同网箱大小可分为60m~120m不等，本项目主要采用周长100m网箱。支柱用于内外主浮管之间和内浮管与扶手管之间的连接。由于该框架全部采用高密度、耐冲击、耐腐蚀、抗磨损工程塑料制成，充分把材料的柔韧性和高强度有机结合起来使得网架不仅可以随波逐流，还具有抗击台风巨浪的能力；对网架材料进行了抗紫外线老化、抗海水腐蚀的高科技工艺处理。



图 3.3.1-2 深水网箱框架系统示意图

(2) 网衣系统

抗风浪深水网箱的网衣系统主要由主体网衣、死鱼收集器、网盖等部件组成，材质通常有聚乙烯（PE）和尼龙（PA）两种。为了减少对鱼类损伤和网的磨损，常将网衣编织成无节结形式。网衣使用的网目形状为矩形或菱形，其大小可在满足养殖鱼类规格的基础上选择。所有的网衣材料均加有对鱼无害的防污损涂层，可以提高6个月的防污损和防生物附着保护；网衣经过抗紫外线工艺处理，可以有效地防止网衣的老化；网衣附有死鱼搜集系统及防鸟、防逃网罩。

当养殖海域的海鸟较多时，可以使用网罩来防止海鸟捕食所养殖的鱼类。另外，当风浪较大时，可考虑应加上网罩，防止养殖鱼类随着海浪冲击而逃出网箱。网衣采用规格2cm×2cm到8cm×8cm不等，网墙高出水面0.8m，网墙顶层斜向内伸出0.2m防逃。



图 3.3.1-3 网衣系统示意图

(3) 固定系统

根据不同海域条件，采用计算机模拟设计柔性固定系统，以确保网箱安全，在大规模养殖时还可以有效地防止网箱之间的相撞损坏。水下固定系统是为了保护网箱，防止风浪较大时的相撞损坏而专门设计的，可以使每个网箱都固定在各自的框架之内。网箱的固定一般采用方型的框架固定结构。此结构可以确定固定系统的各点受力平衡，能够保证最大程度上把网箱所受到的力均匀分配到各支点上，而不是集中在某一点受力，从而大大地减少了网箱损坏几率，这也为网箱的安全提供了重要保证。目前国内深水网箱锚定系统主要有三种方式：铁锚，依靠动态锚抓力来平衡锚绳垂直与水平方向的拉力；水泥墩锚，依靠水泥墩的自重来平衡锚绳垂直与水平方向的拉力；桩锚，依靠桩与海底底质的摩擦力来平衡锚绳垂直与水平方向的拉力。

本项目重力式深水网箱的固定，采用单个网箱锚定的方式，网箱受力均具有相对的独立性，不易产生群体性破坏。

表 3.3.1-1 单口重力式深水网箱锚泊系统材料

序号	材料名称	规格、材料	单位	数量	备注
1	水泥锚	3.2t、4.2m ³ ，方台梯型	个	12	
2	锚绳	φ42mm，高密度聚乙烯三股绳	m	1200	100m/根，12根
3	水泥块	φ400mm，高350mm	个	12	每个锚绳1个

表 3.3.3-2 深水网箱不同锚固方式的安全要求

网箱类型	海况条件	铁锚	水泥墩锚	桩锚
单组网箱	17级台风，5m浪高，1m/s流速	锄头锚重量800kg	体积1.5m ³ ，重量3.75吨	桩长4.5m，桩直径40cm，垂直楔入

根据本项目附近海域沉积物调查结果，项目用海区表层沉积物为泥沙和粉砂。因此本项目选用水泥墩锚作为深水网箱固定系统。

根据本项目设计，C90型浮式圆形网箱采用单网箱锚定方式，每个网箱采用12个水泥墩（方台梯型）作为锚碇，每个水泥墩重约3.2吨，体积为1.35m³，规格为0.75m（上顶）×1.5m（下底）×1.2m（高）。

锚块采用陆上制做，根据设计要求预制重力式锚块，一般锚块为钢筋混凝土结构，预制时需注意锚块的尺寸、重量、强度等参数应符合设计标准，同时在锚块上预留好吊装位置和锚固点。

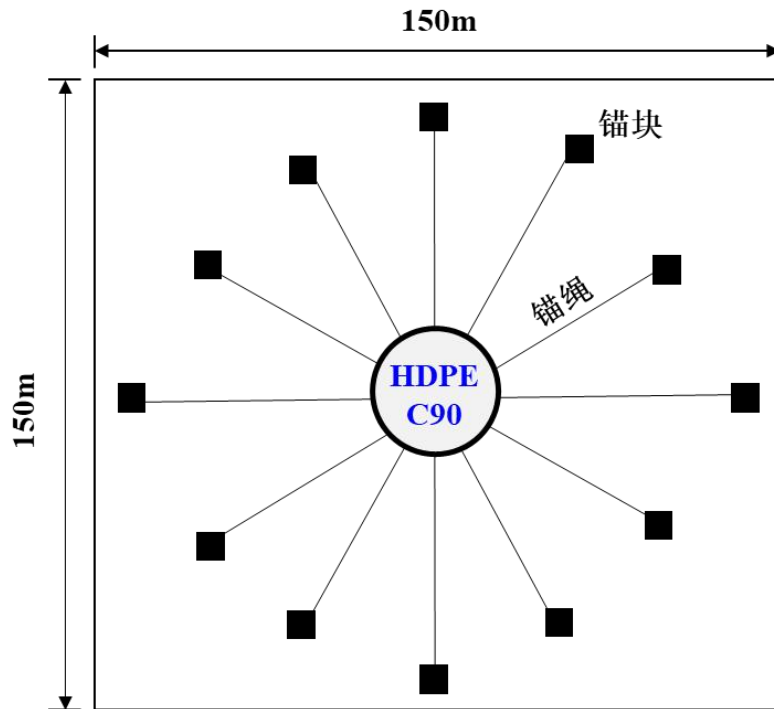


图 3.3.1-4 深水网箱锚固方式示意图

（4）配套系统

为了保证深水网箱养殖系统的正常运转，需要提供养殖工作所需要的各种工作作为附件系统。附件系统分为日常劳动附件、管理附件、海上定位附件与养殖监测附件等。活鱼处理机运输箱、网耙、捕鱼网、浮绳、投饵瓢、捉鱼用的捞机、高压洗网机、内带水温计的取水器、测量溶解氧与水温的自动测量仪以及全自动投饵系统、水下监测系统、自动收鱼系统等器具设备。

3.3.2. 桁架类深水网箱结构、尺度

3.3.2.1. 半潜式桁架类深水网箱

桁架类深水网箱是一种新型抗风浪绿色智能化养殖旅游综合装备，采用海工平台半潜式结构设计，四角锚泊定位，具有良好的抗风浪能力。

桁架类深水网箱使用高强度的钢板和型材构建箱型结构，分隔出压载舱、设备舱、饲料舱、淡水舱、燃油舱等满足不同功能要求的舱室。可搭载自动投喂、捕捞设施，同时配置视频监控、水质监测、海流气象监测、5G通信基站等监控传输设施，实现自动化、智能化渔业养殖。具有充足的基本养殖水体，可采用上浮下潜方式完成收鱼作业、网衣清洗等工作。同时可与传统网箱合理布局，作为整个海洋牧场的支撑基地，满足人员居住、渔场监控、物资供给、休闲渔业扩展等功能。

表 3.3.2-1 桁架类深水网箱性能参数

设计寿命	20 年
总长	100m
总宽	30m
型深	10m
作业吃水	7m
抗风能力	最大风速 60m/s（以第三方报告为准）
抗浪能力	最大浪高 9m（以第三方报告为准）
抗流能力	最大流速 1.5m/s（以第三方报告为准）
养殖水体	3 万 m ³

（1）网衣结构

桁架类网箱网衣采用超高分子量聚乙烯纤维新材料制作，并经过防腐处理，规格为PE400D/50股×5.0cm，无结节，与常规化纤材料相比，具有强度高、重量轻、耐腐蚀、抗老化、使用安全等特点，经过多功能水性聚氨酯蓝色涂层工艺的网片，还具有减少微生物生长速率，提高网衣耐磨性的优异性能，是目前国际大型养殖设备上优先采用的网具新材料。网衣固定在主体结构上，牢固可靠，即便是在强流作用下，也基本无养殖容积损失。

（2）锚泊系统

桁架类网箱采用四点锚泊系统，由阔鳍式德尔泰大抓力锚、锚链、拖力眼板、导缆孔组成，其中阔鳍式德尔泰大抓力锚重力为10t，采用AM3锚链，链径为52mm，锚链长为100m，锚链破断负载为2110kN，同时锚链末端处增加1个10t的锚块进行固定。四点锚泊的网箱活动范围相对较小，一般在锚链长度的一定比例内，可能在数米之间。其安全保护措施主要有：选择合适的锚链、锚块等材料和设备，确保其质量符合标准，且锚链的连接牢固可靠；在安装过程中，严格按照设计要求进行施工，确保锚固系统的稳定性和可靠性。定期对锚固系统进行检查，包括

锚链的磨损、腐蚀情况，锚块的埋深和位置变化等，及时发现并处理问题，如更换磨损严重的锚链等。制定完善的应急预案，明确在遭遇恶劣天气、海况等紧急情况时的应对措施。有条件的，可考虑安装监测设备，如GPS定位系统、水位计、风向风速仪等，实时监测网箱的位置、水位变化、风力风向等信息，当出现异常情况时，及时发出预警信号，以便采取相应的措施。

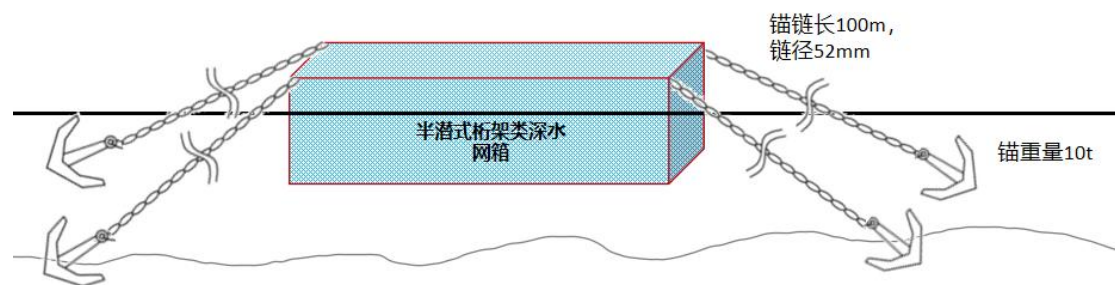


图 3.3.2-1 半潜式桁架类深水网箱锚固方式示意图

(3) 配套系统

养殖配套系统主要包含能源系统、自动投饵系统、网衣清洗系统及监控系统等，配套设施主要设于艏艉箱体的上部甲板室内，其中艏部设有员工休息室、控制室、厨房餐厅、卫生间及蓄电池等舱室，艉部设有发电机室、投饵舱。

①网箱能源系统

网箱电气系统采用柴油发电和风光互补发电相结合的方式。柴油发电机与风光发电装置互为补充，为网箱的员工休息室、投饵、压载及监控等用电设施供电。柴油发电机及风光互补装置的供电切换是通过逆控一体机实现的，该系统设置为优先使用风光发电装置。生活及监控等小功率设备，基本可以通过风光发电装置满足供电需求。柴油发电机主要在投喂和压载时使用。

②自动投饵系统

网箱设有一套自动投饵系统。自动投饵系统是一套远程智能分配气力输送系统，它包括储料舱、上料系统、输送系统、喂料系统、控制系统、分配器和抛投机构。

③网衣清洗系统

网箱设有一套便捷移动式的高压射流式水下洗网机。网衣清洁率最大为93.7%（平均值85.2%），最大射流压力5.5MPa，转盘转速为2229r/min，射流速度达64.53m/s。整套洗网装备体积小，重量轻，操作简单方便，整个网衣清洗作

业仅需1~2名工人就可实现。网箱设有多个网衣起网装备。该网衣起网系统利用多个起网机同步匀速提升网衣,特有设计的偏心轮脱网机构能实现便捷的网衣脱离,将网衣平均提升网速率在0.73m/min,为工人留有足够的时间为顺利起网完成辅助性工作。

④监控系统

网箱设有一套监控系统,提供水面及水下视频监控,水质监测,海区风速等参数的实时显示。采集数据经处理后,集中显示在监控画面上。显示装置安装于控制室,为渔场的安防及养殖维护提供了便利条件。另外,该系统还配置了远程查看功能,通过手机客户端可以实时查看渔场的状态。



图 3.3.2-3 半潜式桁架类网箱养殖示意图

3.3.2.2. 简易钢制网箱、湛农 1 号和多功能养殖网箱结构、尺寸

(1) 简易钢制网箱

项目拟投资建设的简易钢质网箱长46.5m,宽31.5m,高10.5m,作业吃水9.4m,空船重量约400吨,作业吃水排水量约800吨。钢质网箱养殖水体约1万立方,作为试点试验项目建成后将根据运营情况开展规模化应用。

简易钢质网箱具备以下功能特征:(1)采用半潜式结构,四角锚泊定位;(2)作业时无人值守;(3)以养殖功能为主,不配备机电设施,日常通过外部支持船来实现平台的下潜、上浮、饲料投喂等功能;(4)网箱建造完成安装布放后,作业和自存工况保持相同吃水,作业转自存无需调载,仅在投喂、收鱼、洗网等作业工况下才会临时登乘操作,同时有辅助船守护;(5)作为首个试验验证项目,以成本低、作业便利和现状重力式网箱替代为主要目标。

简易钢质网箱采用四点锚泊系统,参考多功能养殖网箱锚固系统由锚块和锚链组成,锚块采用15t 阔鳍式德尔泰大抓力锚,AM3 锚链,链径为52mm,单根锚链长350m。(如图3.3.2-4b所示)。

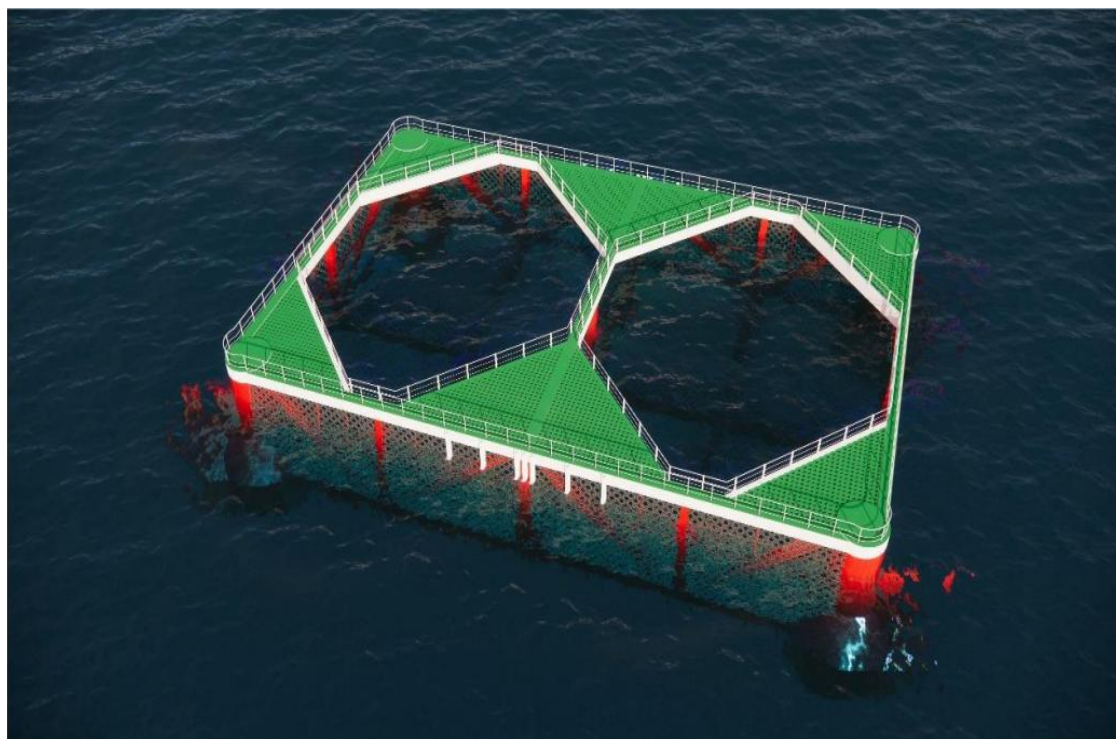


图 3.3.2-4a 简易钢架网箱示意图

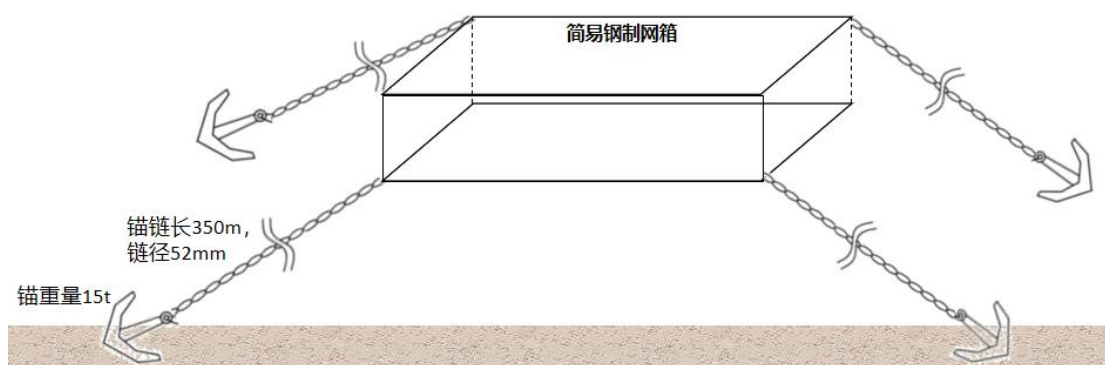


图 3.3.2-4b 简易钢架网箱锚固系统示意图

(2) “湛农1号”

“湛农1号”是全国首个自主升降海洋牧场平台,长90米、宽58米、高12米、柱腿高达47米,由三组“日”字形座底式桁架网箱结构组合而成6.2万 m^3 的养殖水体平台,单个网箱长60m,宽38m,深12m。

“湛农1号”利用支腿伸入海床下方土体提供抗压及抗拔承载力，具有强承载能力等特点，通过升降控制装置自由控制海洋平台的离水间距，不会因波浪、水流、潮汐的影响产生浮动及位移，保证其安全稳定。网箱搭载了自动投饵机、洗网机、独立升降系统、光伏系统、物联网信息系统等多种现代化、自动化设施，可有效满足当地养殖户对不同水层养殖品种的养殖需求，极大提升养殖生产效率和质量安全水平。“湛农1号”创新应用了抗台风、耐腐蚀的新技术，使得此网箱最大抗风等级达17级，使用寿命可达25年。相对于常规重力式网箱，抗风浪能力提升100%以上。为满足多品种多批次生产要求，在不减少养殖水体总量的前提下，“湛农1号”通过分区养殖、分区升降，同时采用双层网衣结构，降低了破网跑鱼的可能性。



图 3.3.2-5 湛农 1 号桁架类网箱结构图

(3) 多功能养殖网箱

项目拟投资建设一座集深远海养殖、清洁能源供电及通讯观测等多功能于一体的大型半潜式深远海应用示范平台——多功能养殖网箱平台，多功能养殖网箱平台养殖水体约10万立方，可同时容纳150人登乘，由光伏和储能构建多能互补清洁能源供电系统，同时搭载海洋通讯观测仪器。

多功能养殖网箱平台总长约160m，宽度约60m，主体结构高度26m，工作吃水10m，适用于水深>15m的海域。

平台通过8套锚固系统固定，锚固系统由锚块和锚链组成，锚块采用15t 阔鳍式德尔泰大抓力锚，AM3 锚链，链径为52mm，单根锚链长350m。

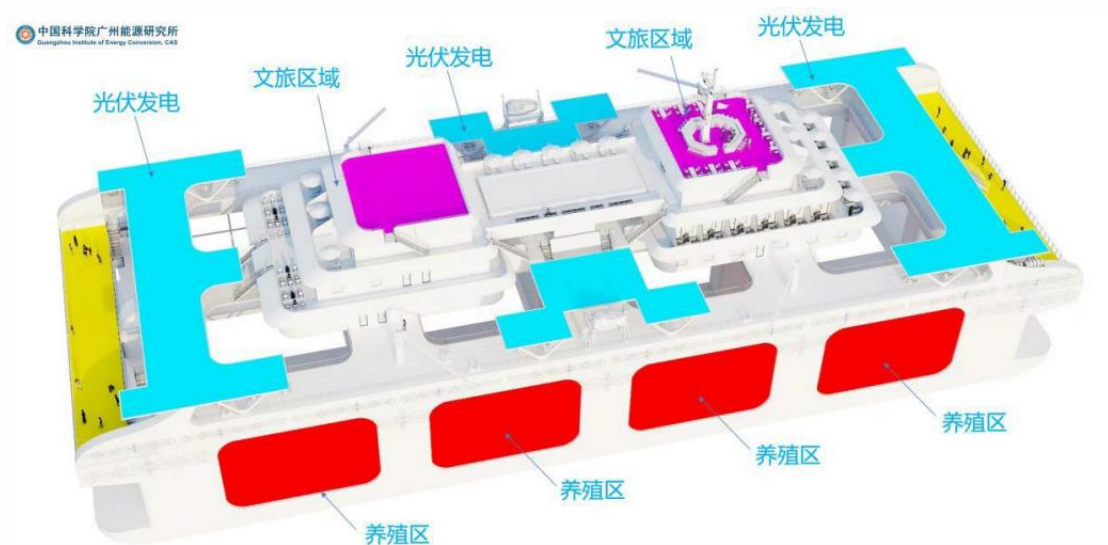


图 3.3.2-6 多功能养殖网箱结构图

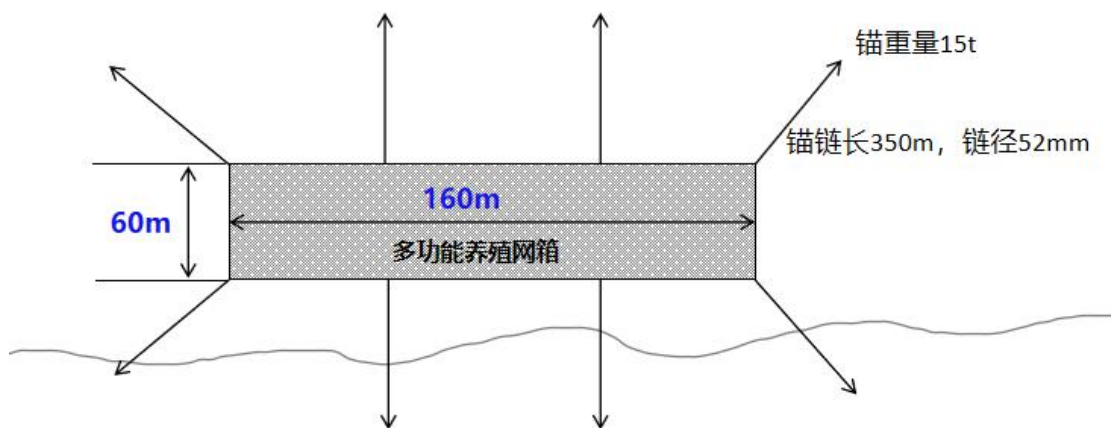


图 3.3.2-7 多功能养殖网箱锚固系统示意图

3.3.3. 大型生态养殖围栏结构、尺度

本项目拟建设两个大型生态养殖围栏，圆环形布置。养殖围栏设计和质量控制执行交通部水运（港口）工程规范标准。当项目建设单位需要将大型生态养殖围栏入级时，还需遵守CCS等入级规范。大型生态养殖围栏设施由网衣系统、柱桩系统、走道系统和平台等部分组成（养殖围栏效果图如图3.3.3-1所示）。养殖围栏沿内外环均布（钢管）直桩，桩上挂高性能网衣，形成养殖水域。网衣系统涵盖主体网衣系统部分、防逃系统等。主体网衣系统部分系缚于柱桩上形成桩网结构，柱桩作为网衣系统固定的支撑结构，大型生态养殖围栏设计图如图3.3.3-2所示。

(1) 围栏结构尺度

养殖围栏外环与内环之间的跨距为6.0m；围栏外环直径160m、周长约500m，内环直径148m、周长约465m，沿内外环均布60根（钢管）直桩，桩上挂高性能网衣，形成养殖水域。单个养殖围栏外环面积约20109m²，内环17206m²，两个养殖围栏总面积约40218m²；单个大型生态养殖围栏养殖水体约25.81万m³，养殖围栏内环养殖总水体约52万m³，外环内总水体约为60万m³。养殖围栏抗风能力设计为50年或百年一遇台风情况。养殖区水深约15m。

围栏顶满铺6.0m宽通道(走道)，沿外环设东西北四个平台（平台总面积约1240m²），分别为生产辅助平台、游客接待平台、观光住宿平台和餐饮娱乐平台，平台设钢梯式简易码头一座，供交通船和生产船靠泊，生产平台设固定吊。大型生态养殖围栏生产平台配套设备设施，发电机组：120kW；吊机：最大起吊重量10t，伸缩臂，臂长18m；自动投饵机：安装投饵管道，对围栏进行多点投喂；根据要求，增加其他功能。



图 3.3.3-1 流沙湾 1 号大型生态养殖围栏效果图

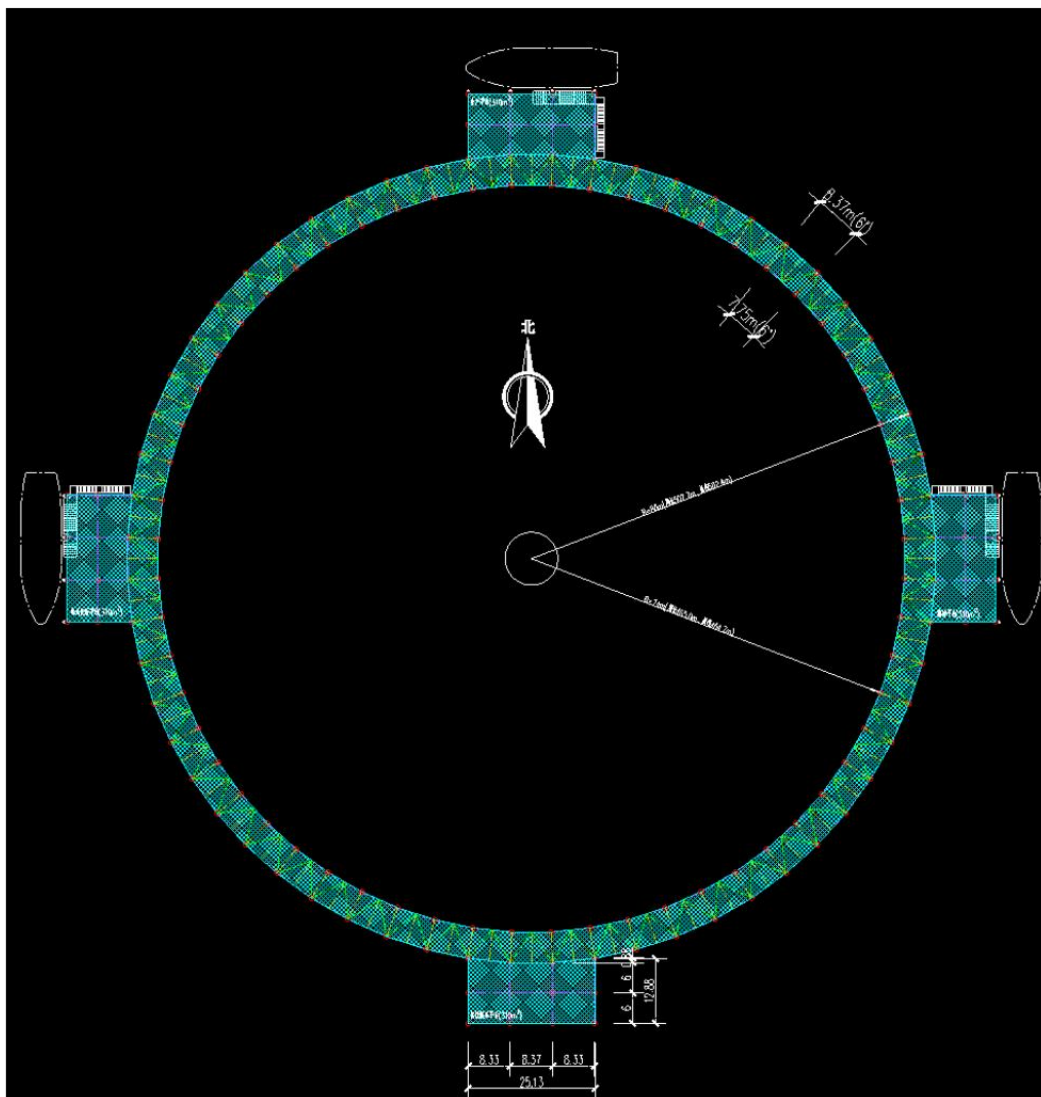
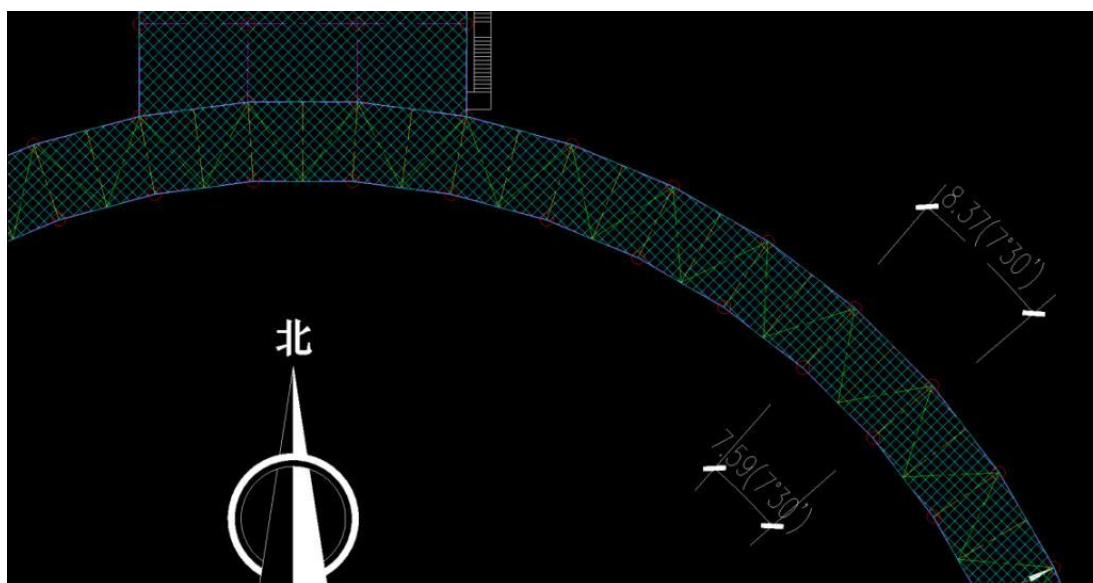


图 3.3.3-2 流沙湾 1 号大型生态养殖围栏初设图



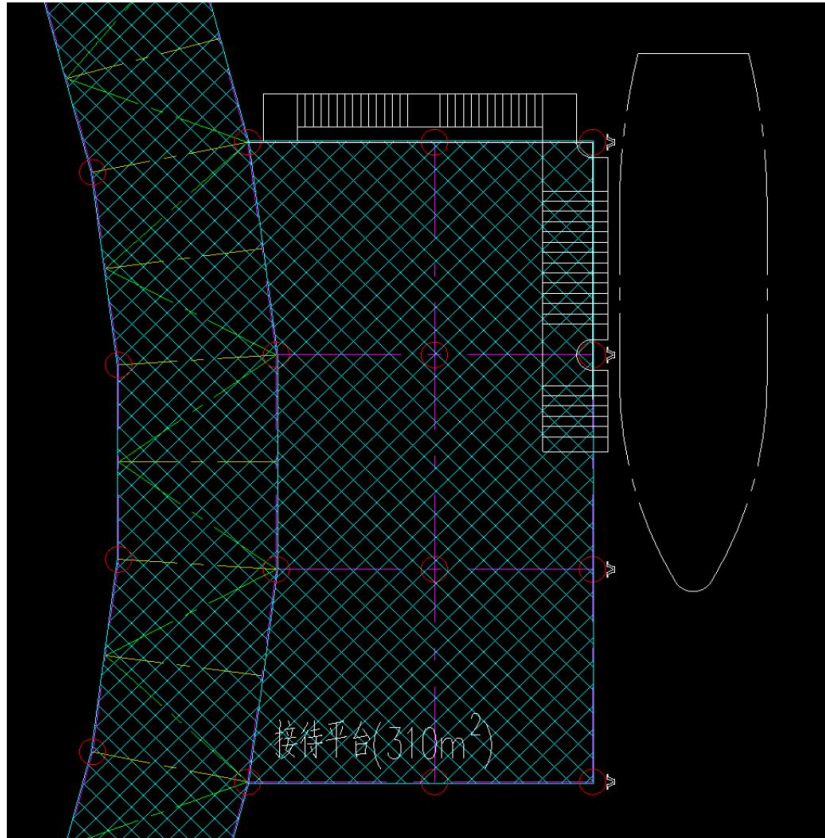


图 3.3.3-3 生态养殖围栏初设局部区域放大图

(2) 桩柱系统

养殖围栏桩柱系统全部采用（钢管）直桩，分围栏外环柱桩和围栏内环柱桩（内外环均布设60根直桩）。围栏桩径初设尺寸为1000mm。每根围栏柱桩长约45m。（钢管）直桩打入覆盖层深度初设尺寸为20m左右。空间桁(刚)架钢结构，打入式（钢管）直桩，顶与桩顶环梁形成环向刚架、顶与桩顶横梁形成径向刚架，桩顶次梁+分配梁+钢格板形成通道(走道)，通道下设平联。沿内外环各均匀布置60根（钢管）直桩。围栏构件连接采用焊接固定。围栏断面图、平面立面图如图3.3.3-4~图3.3.3-5所示。

(3) 网衣结构

网衣采用内外双层高性能网衣结构设计，网衣模块安装采用抱箍、H连接架、UHMWPE纤维纲绳、链环铁链、防逃网、高性能网衣等部件（项目建设单位也可选用其他技术方案，但要保证网衣系统的安全）。项目运营期根据养殖需要，配养殖装备设施（智能化或机械化），如养殖作业船、工作船、饵料运输船、自动投喂活鱼转运、环境观测、洗网机等。

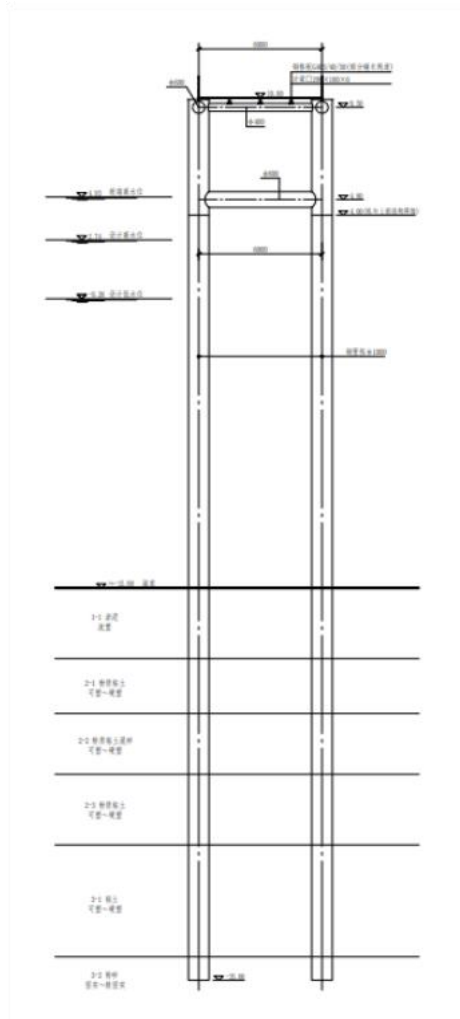


图 3.3.3-4 大型生态养殖围栏断面图
(比例 1:100)

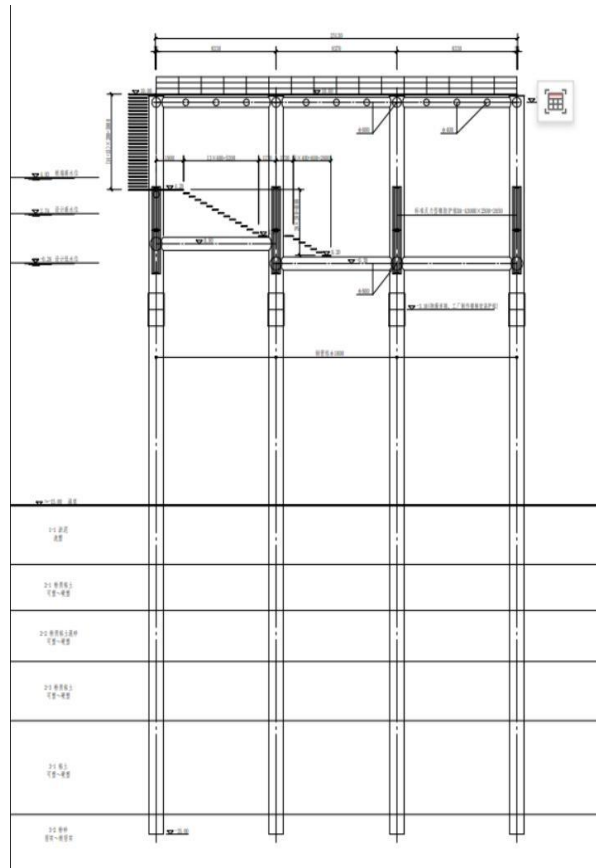


图 3.3.3-5 大型生态养殖围栏平台立面图
(比例 1:100)

3.3.4. 筏架结构、尺寸

筏式养殖栅架选用新型HDPE（高密度聚乙烯）抗风浪筏式养殖装备，使用寿命达15年，新型筏式养殖装备能抵御12级以上台风，相比传统浮筏产量提高3倍以上。筏式栅架筏养殖区按照南北方向布设，整个养殖区共设新型HDPE（高密度聚乙烯）抗风浪栅架筏154台，每台长宽分别为90m、15m；每组筏架间距横向间距60m，纵向间距60m。

养殖浮筏主体由HDPE浮筒、HDPE面管、HDPE支撑管、HDPE加固管组装而成，用面管、支撑管捆扎成矩形，中间纵向用支撑管加固，横向用面管加固并做挂苗载体。筏架顺风浪、潮流设置，筏架两端用铁锚（250kg）固定。



图 3.3.4-1 筏式养殖栅架（新型抗风浪筏式养殖装备）结构

3.3.5. 人工鱼礁结构、尺度

3.3.5.1. 鱼礁单体建造

本项目人工鱼礁礁体选型在满足高度要求情况下，选择礁体稳定性，结构复杂的礁体，既要有多层复杂结构，通透性好，礁体有充分复杂的、适宜趋礁性鱼类潜伏定居的洞穴及空隙，礁体选用采取加挂附件等方式增加生物附着的表面积，吸引鱼类聚集，让鱼类幼体可以在洞穴和空隙中潜伏、停留和自由穿梭，也要有相当数量的平面让鱼类在其上休息睡眠，还要有坑槽、缝隙等接近于天然礁的复杂化结构。此外还应注重鱼礁的阴影效应，以诱集喜欢不同类型的鱼类群聚，同时为海洋生物的幼体和成体提供充足的食物。

本项目人工鱼礁区投放的礁体，以增殖名贵鱼虾蟹类、优质贝类等物种为主，增殖保护目标以海洋牧场海域优质的多种鲷科鱼类、石斑鱼和其它礁栖性鱼类和经济底栖生物为主，重点保护近江牡蛎、泥蚶和文蛤等种质资源，保护二长棘鲷、蓝圆鲀、长毛对虾和墨吉对虾等重要的经济渔业品种及其产卵场、越冬场、索饵场和洄游路线等栖息繁衍生境。人工鱼礁礁体以钢筋混凝土礁体或锰钢结构为主。礁体的外型要能较有效防止刺网挂牵和缠绕，尽可能选用圆柱形、半球形、梯形、塔形的多洞穴、坑槽、缝隙结构。

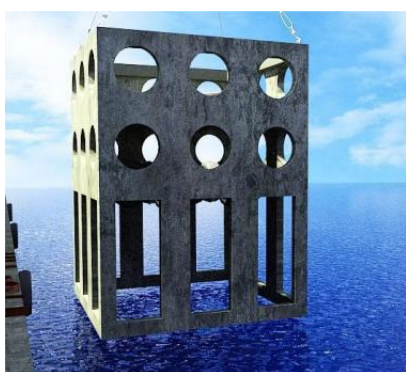
(1) 礁体规格

据南海水产研究所研究，当礁高水深比 $r=0.25$ 时，人工鱼礁礁体在均匀来流条件下的上升流面积最大，能最大限度地发挥人工鱼礁的流场效应，更易吸引海

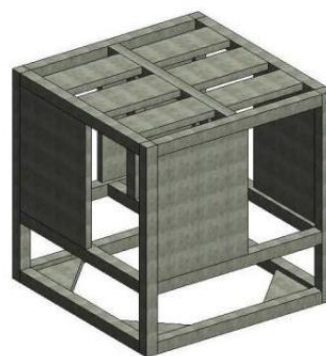
洋生物栖息。本项目海域的水深为14.7~17.1m，礁体高度以3~5m为宜，礁体宽度应与高度相适应，以3~4m为宜。

(2) 鱼礁单体设计

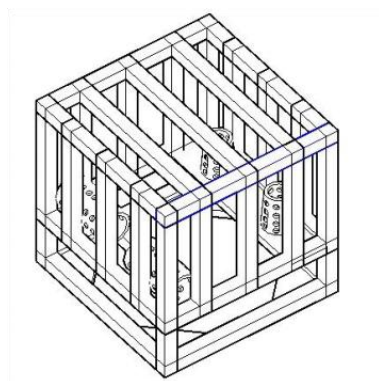
本次工程设计了2类、共4种礁体：GDS07长方体九孔钢混养护礁、GDC014立方体品字形钢混饵料礁、GDC006养护礁、JT-002a饵料礁。在项目实施阶段，根据调查和勘察测量情况，设计适合植入珊瑚苗种的礁型，提供海洋牧场的初级生产力，营造复合型生态礁区。



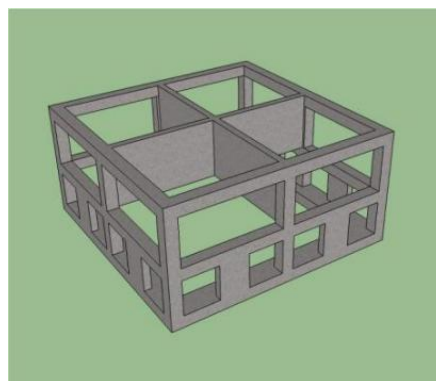
GDS07 长方体九孔钢混养护礁礁体



GDC014 立方体品字形钢混饵料礁礁体



GDC006 礁体礁体



JT-002a 礁体

图 3.3.5-1 本次工程设计的 2 类共 4 种礁体

1) GDS07长方体九孔钢混养护礁

GDS07长方体九孔钢混养护礁礁体，为3.0m×3.0m×4.0m钢筋混凝土框架结构，底面加设了混凝土翼板，空方量为36m³。

GDS07长方体九孔钢混养护礁礁体为庇护型鱼礁单体。鱼礁具有保护鱼类的本能，鱼礁区的存在可以使得大型渔具不敢靠近，鱼礁区自然而然地成了禁渔区和鱼类避难所，从而保护了礁区的鱼类和各种生物资源。鱼类具有避敌的本能。

鱼类在幼体阶段，随时都有被吞食的可能，因此鱼类除了摄食的行动以外还需时刻注意着栖息避敌环境。庇护型鱼礁为鱼类营造了安全、良好的居室和庇护所。

2) GDC014立方体品字形钢混饵料礁

GDC014立方体品字形钢混饵料礁礁体，为 $3.0\text{m} \times 3.0\text{m} \times 3.5\text{m}$ 钢筋混凝土框架结构，底面加设了混凝土翼板，空方量为 31.5m^3 。

为庇护型鱼礁单体。鱼礁具有保护鱼类的本能，鱼礁区的存在可以使得大型渔具不敢靠近，鱼礁区自然而然地成了禁渔区和鱼类避难所，从而保护了礁区的鱼类和各种生物资源。鱼类具有避敌的本能。鱼类在幼体阶段，随时都有被吞食的可能，因此鱼类除了摄食的行动以外还需时刻注意着栖息避敌环境。庇护型鱼礁为鱼类营造了安全、良好的居室和庇护所。

3) GDC006养护礁

GDC006礁体，为 $3.0\text{m} \times 3.0\text{m} \times 3.0\text{m}$ 钢筋混凝土框架结构，中间隔梁之间增设混凝土管，底面加设了混凝土翼板，空方量为 27m^3 。

礁体是繁育型的人工鱼礁单体，利用圆形管营造出自然的生态环境，达到吸引、诱集周边鱼类聚集，同时自然形成空洞效应，可使穴居鱼种来此聚集并成幼鱼庇护场所。在结构尺寸基本不变的情况下，在礁体的外型上增加了圆形和柱体，进一步丰富礁体内部复杂程度。

4) JT-002a饵料礁

JT-002a礁体主框架为 $3.0\text{m} \times 3.0\text{m} \times 2.0\text{m}$ 钢筋混凝土框架结构。礁体空方量为 18m^3 ，框架采用 $0.2\text{m} \times 0.2\text{m}$ 的框柱，混凝土强度等级为C25。礁体的四周均有大块开孔混凝土板，内部设置隔板，有利于在礁体内部形成相对平稳的水域，使得礁体更加容易吸引鱼类繁殖。礁体的侧板和内部隔板厚度为 0.12m ，每个侧板分别设置3个边长为 0.6m 的方孔和2个 $1.2\text{m} \times 0.8\text{m}$ 的矩形孔，以增强礁体的透空性和透水性。同时对于个体较小的鱼类，该礁体是比较理想的庇护所，有利于大量幼鱼逃过被捕食的厄运，从而提高了幼鱼的存活率，使鱼类资源得以安全、健康繁殖。

3.3.5.2. 鱼礁单体选型

鱼礁单体比较重点考虑以下几个方面：

(1) 鱼礁投放区域存在一定厚度的淤泥层，需考虑给礁体预留一定的沉降量；

- (2) 礁区周围宜布置体积较大、重量较大的礁体，形成庇护圈；
- (3) 礁区内部宜布置内部结构较复杂的礁体，形成复杂紊动水体，吸引、诱集周边鱼类聚集；
- (4) 礁体的选型还要考虑人工鱼礁区所处海域的生物资源状况，生物习性等因素，以达到鱼礁适应鱼类的不同需要；
- (5) 人工鱼礁区内应布置繁育型、饵料型和庇护型三种功能的礁体，在功能和作用上形成互补；
- (6) 礁体的设计应考虑节能、环保、经济。

综上所述，所以本次设计主要选用2种鱼礁单体：GDS07-1长方体九孔钢混养护礁、GDC014-1长方体品字形钢混饵料礁。

表 3.3.5-1 人工鱼礁单体结构经济指标对比表

项目 \ 型号	GDS07 长方体九孔钢混养护礁	GDC014 立方体品字形钢混饵料礁	GDC006 养护礁	JT-002A 饵料礁
混凝土量 (m ³)	2.690	3.639	4.493	2.690
钢筋量 (t)	0.252	0.359	0.392	0.324
空方量 (m ³)	36	27	27	18
性价比	0.296	0.308	0.272	0.237
方案选定	√	√		

注：性价比=（空方量/造价之比）×100。

3.4. 项目主要施工工艺和方法

3.4.1. 施工组织原则

- ①组建一只经验丰富和管理能力较强的施工队伍，配备性能优越的施工设备。
- ②为确保施工质量和施工工期，应加强施工管理，建立完善的质量、安全和进度保证体系。
- ③根据工程进展情况进行动态管理，及时对施工资源进行优化配置。
- ④施工中采用先进可靠的施工工艺，保证施工质量和施工安全，提高工效，确保工期。

3.4.2. 基础设施施工工艺和方法

3.4.2.1. 施工条件

本项目位于湛江市雷州市覃斗镇西侧、流沙湾西北侧海域，雷州市沿岸上建设有较多的码头。项目所需的网箱设备可在市场采购，网箱框架先在附近码头安装好后，通过拖船拖拽或是驳船运输至项目区，项目区附近码头有乌石渔港、流沙湾渔港等港口可供施工期临时使用，且公路连接湛江市和雷州市，交通便利。

(1) 水电、通信条件

项目施工期水、电由施工船舶自备，拖船和驳船均配备发电机组，用水、用电可以得到保障。移动通讯设备在工程所在地均可正常使用。

(2) 施工场地和依托码头

本项目建设所需的网箱、网衣、固定锚块、锚绳等在当地采购，网箱框架在陆上安装，拟采用项目区沿岸的乌石渔港、流沙湾渔港等作为出运码头。重力式深水网箱的网箱、网衣、固定锚块、锚绳等根据需要当天运至码头，当天安装。桁架类网箱在陆上制做完成后，整体拖运到项目海域。

图 3.4.2-1 运输路线示意图（不公开）

3.4.2.2. 重力式深水网箱施工工艺

(1) 主要材料

表 3.4.2-1 重力式深水网箱工程量表

序号	材料名称	规格	壁厚	单位	数量
1	主浮管	HDPE90/Φ400、SDR13.6、纯黑	29.4mm	m	200
2	扶手管	HDPE90/Φ125、SDR11、橙色	11.4mm	m	100
3	三通竖管	HDPE90/Φ140、SDR11、纯黑	12.7mm	m	30
4	圆头三通	HDPEΦ125 注塑	13mm	个	46
5	平头三通	HDPEΦ125 注塑	13mm	个	4
6	工字架	HDPEΦ400 中心距 69cm 注塑	22mm	个	50
7	套管	HDPEΦ450、SDR21、50cm	21mm	个	24
8	限位块	HDPE100/120mm×55mm×35mm	/	块	196
9	销钉	HDPE100/Φ16mm 注塑	/	支	166
10	踏板	PE660×475×450mm	/	个	16
11	穿踏板管材	HDPEΦ50mm×9.2m	/	支	2
12	泡沫	334m×800m20kg/m ³	/	条	125
13	太阳能警示灯	Φ12 太阳能自动发光	/	盏	2
14	锚锭	1050mm×2100mm×1700mm	/	块	12

15	锚链	/	/	m	1800
16	沉石	/	/	块	12

(2) 主要施工机械

主要采用的施工机械有：GPS定位仪、工作船、运输平台、运输船、安装船。

表 3.4.2-2 项目主要施工机械表

序号	名称	数量	用途
1	锚碇块投放船	4	锚碇块施工
2	网箱安装船（带有吊臂）	6	/
3	辅助小艇	6	/
4	GPS 定位仪	4	网箱安装及固定点定位

(3) 施工流程

①网箱施工流程：网箱采购→网箱陆域装配→锚碇系统投放→网箱投放→安装配套设施→竣工验收。

②锚位固定

在辅助小艇上用绳子将沉子与浮球连接，连接绳的长度与锚投放处水深相近，投下沉子作为第一个网箱锚位点。根据网箱固定锚泊系统的布局及锚位间距，依次重复以上步骤，按顺序投放12个沉子作为一组网箱的12个锚位点。依水面上定位浮球位置和12个锚位点位置坐标进行校正，使浮球在纵、横向均排列整齐。最后可将定位浮球在水面的位置作为投锚时的参考投放位置。

③抛锚作业

纵向锚泊投放，即在风流合压差的上方顺风流合压差（风）向顺序投放，依据风向或流向，从风流合压差的上方，顺序投放与风流合压差流（风）向平行的三组锚。横向锚泊投放，即与纵向锚泊绳垂直连接后顺序投放。

④锚位校正

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

⑤网箱绑系

用安装船将网箱框架（框架连接绳可提前连接）拖至固定系统的区域内，用锚绳将网箱框架固定，并收紧绳索。每投放完单个网箱的12个锚后，即用安装船将网箱框架拖至固定系统的区域内，用锚绳将网箱框架固定，并收紧绳索。锚泊系统安装完毕后，适时挂网，网箱整体负荷允许30d，重复检查固定系统各部件情况，适当做出姿态调整，依框架在水面的状态，通过锚绳的松紧进行调节，使其在水面排列整齐。

⑥调试

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

3.4.2.3. 桁架类网箱施工工艺

本项目计划建设桁架类深水网箱 3 类：半潜式桁架类深水网箱 3 个、简易钢质网箱 18 个、座底式桁架类养殖网箱“湛农 1 号”1 个、大型多功能养殖网箱 1 个。其中座底式桁架类养殖网箱“湛农 1 号”已建成投产。半潜式桁架类深水网箱、简易钢质网箱和大型多功能养殖网箱施工工艺如下：

(1) 主要施工机械

主要采用的施工机械有：拖船、机动艇、起重船、GPS定位仪、浮标、潜水设备。

表 3.4.2-3 桁架类网箱主要施工机械表

序号	名机械设备	单位	数量	规格型号	用途
1	拖船	艘	2	5000 马力	网箱拖航
2	机动艇	艘	1	载重 400kg	应急、救援等
3	起重船	艘	1	全回转式，100t	抛锚作业
4	GPS 定位仪	台	1	定位仪	施工定位导航
5	浮标	个	4	/	边界定位、警示
6	潜水设备	套	2	/	投抛锚位前后校准

(2) 网箱建造、运输、抛锚作业

①网箱建造

桁架类网箱将在船厂内严格按照船舶及海工装备的建造标准进行施工建造、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—平台下水—设备调试试验—完工交付等。

②网箱运输

网箱在船厂建造完成后，由专用拖船将其从船厂码头拖航至预定养殖海域。

③网箱海域抛锚作业

根据现场勘测数据，严格按照计划投放的锚定经纬度坐标，由专用起重船进行抛锚作业。

④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。

⑤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。

⑥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。

3.4.2.4. 大型生态养殖围栏施工工艺

(1) 主要施工机械

本项目重力式深水网箱和桁架类深水网箱施工采用的GPS定位仪、工作船、运输平台、运输船、安装船等施工机械同时应用于大型生态养殖围栏施工，此外，大型生态养殖围栏施工还需采用打桩船进行桩柱施工，具体施工阶段根据实际需要进行统筹安排。

表3.4.2-4 大型生态养殖围栏主要施工机械表

序号	名机械设备	单位	数量	规格型号	用途
1	运输驳船	艘	2	5000t 级	运输施工材料
2	机动艇	艘	1	载重 400kg	应急、救援等
3	起重船	艘	1	全回转式, 100t	抛锚作业
4	GPS 定位仪	台	1	定位仪	施工定位导航
5	浮标	个	4	/	边界定位、警示
6	潜水设备	套	2	/	投抛锚位前后校准
7	打桩船	艘	2		配备 300t 液压锤，最大打击能量 4000kJ，锤击频率 30 次/min

(2) 施工工艺

大型生态养殖围栏海上施工阶段的施工流程如下：钢桩海上安装→钢结构安装→主体结构完工→网衣系统安装→围栏配套装备安装→围栏整体系统完工→

围栏试养试验→围栏正式生产。大型生态养殖围栏项目建设施工工艺需结合项目（建设）实施条件（如海况、水深、打桩船配置、桩长、底质等）进行优化设计。在进行大型生态养殖围栏海上建设施工建设前，项目承建单位需做好前期准备工作，包括：

1) 海上建设施工许可申请（根据围栏设计要求及其施工计划与辖区管理要求，与海事、渔政、交通、消防、边防等相关部门做好海上建设施工许可申请）；

2) 项目建设材料采购（根据项目施工预算，采购项目建设所需的钢桩、网衣、连接梁、平台及走道用踏板等建设材料，并运输到建设地附近码头或船厂等场所）；

3) 打桩船、运输保障船租赁与调遣（根据项目施工计划，租赁项目建设所需的打桩船、运输保障船，并按施工计划要求，将船调遣到建设工地）；

4) 陆上接桩加工处理（根据项目设计报告，在建设地附近码头或船厂等做好围栏用特定长度钢桩的连接加工处理）；

5) 围栏钢桩防腐处理（根据水深、波高、水质等参数，在建设地附近码头或船厂等做好钢桩特殊部位的防腐处理）；

6) 围栏走道与平台结构预制处理（根据项目设计报告，在建设地附近码头或船厂等做好特定尺寸的走道结构与平台结构的预制处理，提高施工进度、精度与效率）；

在大型生态养殖围栏海上施工阶段，项目承建单位需做好以下工作：

1) 钢桩海上安装（根据围栏设计要求及其施工计划，通过打桩船、运输保障船等完成钢桩海上安装。在做好沉桩施工准备后，使用RTK-GPS等高精度定位系统，在施工船上对每一个桩位进行精确定位，误差通常要求控制在厘米级。打桩船利用其主钩和副钩，采用“两点吊”法将巨大的桩基从驳船上缓缓吊起，由水平转为垂直状态。通过船载GPS和测量人员的指挥，将桩基精确地插入预先标记的桩位，并依靠桩的自重初步贯入海床淤泥层。桩在自重下稳定后，使用打桩架上的夹具抱紧桩身，通过液压系统或缆绳调整，确保桩的垂直度符合规范，通常要求倾斜度小于1%。启动打桩锤，开始以较小能量锤击，待桩身稳定并方向无误后，逐渐加大能量。全程记录贯入度，通过对比实际贯入度与地质勘察报告中的预测值，可以判断桩基是否到达了设计的持力层。当桩基达到设计标高，

且最后一阵锤击的平均贯入度小于设计要求的值时，即可停止锤击。打桩完成后，按设计标高切除桩顶多余部分，以备后续与走道板等构件连接）；

2) 围栏钢结构安装（根据围栏设计要求及其施工计划，通过打工船、运输保障船等完成走道、平台、管桩间连接梁等钢结构的吊装、固定、连接与安装）；

3) 围栏主体结构完工（根据围栏设计要求及其施工计划，铺设围栏走道踏板等，完成围栏主体结构的固定、连接、安装、涂装等工序）；

4) 围栏网衣系统安装（根据围栏设计要求及其施工计划，由潜水员等完成主体网衣、防逃网衣等网衣系统的海上安装）；

5) 围栏配套装备安装（根据围栏设计要求及其施工计划，通过打工船等完成物联网、平台吊机、投饵机、作业人员工作间等配套装备的固定安装）；

6) 围栏整体系统完工（根据围栏设计要求及其施工计划，做好围栏整体系统的施工建设）；

7) 围栏试养试验与安全检查（根据围栏项目实施计划，开展围栏试养试验、安全验证检查试验）；

8) 围栏正式生产运营（根据项目实施计划，开展围栏正式投苗、养殖、维保、营销、品牌建设等产供销工作，项目进入正式运营阶段）。

用海结束后的桩基处理：必须将桩基及所有养殖设施全部拆除并运送上岸；可回收利用材料（如钢结构）妥善处理；不可利用的废弃物运至指定地点集中处理；最后恢复海域原貌。

3.4.2.5. 浮筏养殖施工工艺

（1）施工设备

本项目重力式深水网箱和桁架类深水网箱施工采用的GPS定位仪、工作船、运输船、安装船等施工机械同时应用于浮筏施工。

（2）浮筏制备工艺

用抗风浪新型筏架材料做成筏式浮架，两边用桩或锚固定。苗绳制备使用目大2mm的聚乙烯网片缝制成贝苗暂养笼和1.5~2.0cm的聚乙烯网片缝制成贝类养成笼。暂养笼的熟料盘孔大0.5cm，养成笼的熟料盘孔大1.0cm。暂养分为7层，养成分为10层。

（3）苗种投放

在潮流畅通、饵料丰富的海区，设置固定的筏架，将牡蛎苗用绳索串联成串，或夹在聚乙烯绳中，或装入网笼中，吊挂在筏架上进行养殖。这种方法可以避免牡蛎苗与底质接触，减少敌害和污染，促进牡蛎苗的生长和品质。

(4) 日常管理

本项目筏式养殖的附着型及固着型贝类为滤食性，因此不需要进行投饵。日常检查筏架桩绳、吊绳、浮梗绳等。发现有缠绳现象需及时解决，尤其是台风来临之前需对绑架进行加固等措施，防止吊绳断裂。

3.4.2.6. 人工鱼礁施工工艺

(1) 施工设备

本项目重力式深水网箱和桁架类深水网箱施工采用的GPS定位仪、工作船、运输船、安装船等施工机械同时应用于人工鱼礁施工。

(2) 人工鱼礁施工方案

本项目人工鱼礁礁体在陆域场地制作，制作完成后运送至礁区海域进行投放。运输码头拟定在周边码头，海上运输采用1条工程驳船，将礁体运抵投礁区，海上施工采用工程船，由专业人员进行礁体投放。

礁体采购→礁体陆运至码头→船舶选用及吊装→海上运输至指定海域→抛投至指定海域→警示浮标安装→场地清理→竣工验收

1) 礁体制作

本项目所用人工鱼礁均由专业厂家在陆域制作，故其制作过程不作为本报告评价内容。

2) 礁体陆运至码头

本项目不设专用码头，拟使用乌石港作为施工船只的停靠点，礁体制作厂商配备运输车将礁体送至乌石港，由运输船运至本项目人工鱼礁投放海域。

3) 船舶选用及吊装

工程船选择为海上大型工程船，使用起重船吊装。

4) 海上运输与投放

鱼礁的运输与投放，应有2艘或2艘以上的船舶协同完成。其中1艘为投放船，配备载重大于50吨的船用吊车，配备较为精确的GPS定位系统，在鱼礁投放高峰期间，可长期锚泊于鱼礁投放区。另外1艘或多艘为运输船，负责鱼礁体的运输，要求机动灵活，甲板开阔平坦，便于鱼礁的摆放。

鱼礁投放的步骤为：船舶定位抛锚→安设解钩装置→礁体定位→安放鱼礁→检查调整船舶定位抛锚：船舶到达现场后在施工范围内先进行锚泊，使用GPS卫星定位仪，小艇配合，再定点投放锚，系上浮标，基本圈定投放范围。在每一投点，按施工图标示的坐标投放，投放时再由施工人员利用手动GPS定位仪定位，投放误差不大于5m，礁体下落到水底接触海底表面才能脱钩。

安设解钩装置：为加快投放速度，在陆地装驳时，可以安装自动解钩装置，提高投放速度；

礁体定位：按图纸设计要求，逐个定位投放，起锚时先起锚头，避免锚缆扫到已安放好的人工鱼礁；

安放鱼礁：注意安全措施，慢起轻放，严防人工鱼礁碰撞，六级以上风力停止作业，严格按照拖轮作业技术要求，确保航行安全；

检查调整：礁体投放后，潜水检查，发现倾斜、倒置、移位等情况要及时调整处理。

为了保证鱼礁投放位置的准确度，应尽量选择小潮期的憩流时段以及风浪小的天气，可利用适宜的天气、潮流等，按单位鱼礁特点分批投放。

以下投放的具体步骤：

步骤1：利用投礁船GPS定位仪和辅助渔船手持GPS协助，找到单位鱼礁单位鱼礁位置，用临时浮标标记。

步骤2：将投礁船驶至临时浮标处，以船所在位置为圆心，在圆心处投放鱼礁。

步骤3：操作完成后，投放浮标标识。

步骤4：按照同样的方法，以就近的原则，找到其他单位鱼礁位置进行铺设，依次用临时浮标进行标识。

步骤5：所有单位鱼礁铺设完后，收回临时浮标，换以正规浮标。

3.4.2.7. 水下实施监测系统施工工艺

(1) 监测系统施工建设

由专业团队完成海洋牧场辅助船搭载平台组装调试。

组织专业施工队，完成海洋牧场辅助船搭载平台现场组装调试，利用专门布放工具进行无线传输装备等设施及海洋牧场辅助船搭载平台安装监测；

利用无线传输等方式，接入岸基控制系统及数据展示分析系统，进行全系统全链路联调测试，并投入试运行。

(2) 系统调试、验收及业务化运行

系统经过1个月正常试运行期，达到功能规格需求书进行最终验收。由业主组建验收小组，对项目进行验收，验收测试合格后，双方签署初验合格协议，系统进入业务化运行期。

3.4.3. 养殖工艺和方法

3.4.3.1. 深水网箱和大型围栏养殖方法

(1) 养殖鱼种及其生物学特征

适宜在湛江海域开展网箱养殖的鱼种主要有卵形鲳鲹、军曹鱼、紫红笛鲷、红笛鲷、硃洲族大黄鱼、高体鰺、石斑鱼等。



卵形鲳鲹



军曹鱼



紫红笛鲷



红笛鲷



硃洲族大黄鱼

高体鰺



石斑鱼

1) 卵形鲳鲹

卵形鲳鲹（学名：*Trachinotus ovatus*）是鲹科、鲳鲹属鱼类。体高而侧扁；尾柄细短，侧扁。头小，高大于长。具有生长速度快、养殖周期短的特点，养殖5个月即可上市，目前是我省深远海养殖量最大的品种，占了我省深远海养殖产量的70%，其适宜水温范围为14~36℃，在广东海域均适合养殖，最适合的生长水温为22~28℃，目前在广东海域均有养殖，主产区是湛江和阳江，其中湛江有“中国金鲳鱼之都”之美誉。广东、广西、海南、福建沿岸均有一定的资源量。

卵形鲳鲹是一种暖水性中上层洄游鱼类，在幼鱼阶段，每年春节后常栖息在河口海湾，群聚性较强，成鱼时向外海深水移动。其适温范围为16~36℃，生长的最适水温为22~28℃，该鱼属广盐性鱼类，适盐范围3~33‰，盐度20‰以下生长快速，在高盐度的海水中生长较慢。该鱼耐低温能力差，昼夜不停地快速游泳，每年12月下旬至次年3月上旬为其越冬期。通常当水温下降至16℃以下时，卵形鲳鲹停止摄食，存活的最低临界温度为14℃，2天的14℃以下温度累积出现死亡。该鱼的最低临界溶氧量为2.5毫克/升，主要是活跃的游泳行为导致。

卵形鲳鲹为肉食性鱼类，仔、稚鱼摄食各种浮游生物和底栖动物，以桡足类幼体为主；稚、幼鱼取食水蚤、多毛类、小型双壳类和端足类；幼、成鱼以端足类、双壳类、软体动物、蟹类幼体和小虾、小鱼等为食。

2) 军曹鱼

军曹鱼（学名：*Rachycentron canadum*）是军曹鱼科、军曹鱼属鱼类，俗名海鲷。体延长而近于圆柱状。头部平扁而宽。个体大、生长快、在适宜的环境条件下，半年可以长至3.5kg，1周年可达6~8kg，具有不停游泳的习性，可以利用网箱大空间，但不耐低温，海水温度为19℃时停止摄食，水温低于16℃时，就会

冻死，其最适生长温度为23-30℃。主要适合在粤西海域养殖，目前主产区是湛江、茂名、阳江等地。

军曹鱼为暖水性中下层鱼类，常栖于外海深水区，有时为追索食饵游至上层，游泳速度快，但不结群洄游。军曹鱼活动之水域极广，栖地多样性。军曹鱼不耐低温，胚胎发育期间适宜水温24~31℃。军曹鱼为广盐性鱼类，盐度4-35‰时有明显的索饵活动。肉食性，摄食猛，摄食量大。在自然海区，较小的军曹鱼主要以虾、蟹、头足类为食，约占食物总量的80%，其次为鱼类。较大个体的鱼以食鱼为主，也摄食头足类、三疣梭子蟹、虾类等，鱼类约占食物总量的80%。在人工养殖条件下，可完全驯化摄食人工颗粒饲料。

网箱养殖的军曹鱼性成熟年龄在南海约为2龄，性成熟最小体重雄鱼约7千克，雌鱼约8千克。该鱼卵粒较小，相对繁殖力为160粒/克。

3) 紫红笛鲷

紫红笛鲷（学名：*Lutjanus argentimaculatus*）是笛鲷科、笛鲷属鱼类。俗称：红友鱼、银纹笛鲷、红槽、红厚唇、丁斑。分布于南海、东海南部。是一种热带、亚热带近海近底层的鱼类，主要栖息于贝壳、泥沙底质的海区，或岩礁、珊瑚礁附近的水深80米以内的海区。适宜的水温为20.0~26.3℃，底层盐度33.85~34.60。摄食鱼类及甲壳类。

繁殖习性：红笛鲷个体发育过程具有部分先雄后雌的性别转化现象，3龄亲鱼部分出现性别转化，生殖季节能够产精的均为雄鱼，其精巢无性别转化现象。3龄鱼雌、雄性别比为1:4。4龄亲鱼性别转化基本确定。紫红笛鲷为多次性产卵类型，在一个繁殖季节中能多次产卵，其卵巢的体积显著小于同一亲体性腺中的精巢。每年4~7月，在我国首先从低纬度的海南开始进入产卵期。通常在水温20℃以上之春、夏季为主要产卵期。

洄游特性：幼鱼和稚鱼栖息于河口、红树林区以及潮汐所及之河川下游，成鱼后则迁移至珊瑚礁区形成群体，最后会向外海移动至较深的礁区。

4) 红笛鲷

红笛鲷（*Lutjanus erythropterus*）属鲈形目、笛鲷科、笛鲷属。俗称：红鱼、红曹鱼。红笛鲷属暖水性近底层鱼类。栖息底层水温范围为17.6~27.2℃，适宜水温为20~26.3℃，水温低于12℃的时间过长，会被冻死。底层盐度范围为32~35。属肉食性鱼类，以鱼类及甲壳类为主食。

繁殖习性：每年3~5月份集群繁殖，盛期四月份，个体怀卵量可达100万粒~170万粒。红笛鲷属分批产卵类型。

洄游特性：每当繁殖季节，由深海向浅海产卵，产卵后又返回深海觅食生活。

5) 碣洲族大黄鱼

与岱衢族大黄鱼、闽-粤东族大黄鱼共同组成大黄鱼三大种群，碣洲族大黄鱼是广东特有的大黄鱼种群，自然分布在广东惠州到湛江海域，同岱衢族和闽-粤东族大黄鱼相比，碣洲族大黄鱼更具有野生大黄鱼特有的性状品质，体色、体型、鳞片外观等特征非常优良，遗传多样性也更加丰富；其显著特点是能耐高温，适宜生长水温为10~32℃，最适宜生长水温为18~28℃，主要适合在珠三角和粤西海域养殖。碣洲族大黄鱼习惯于深海环境，常栖息于水深60米左右的中下层，在夏季会游到深水区域躲避高温，能顺利度过广东高温季节。相对于闽-粤东族，碣洲族大黄鱼因长期处于温热环境中而形成的更好的高温耐受性和免疫适应性，能应对开放养殖环境中（如海水网箱）多种病原体。

6) 高体鰺

高体鰺（学名：*Seriola dumerili*）隶属于鲹科鰺属，别名红甘鱼、章红鱼、高体鰺、红甘鲹。整体呈长圆形、侧扁，体长可达1米以上，大者近2米，为体高的2.8~3.4倍，为头长的3.2~3.5倍。是一种典型的洄游性鱼类，从春季至夏季从南向北索饵洄游，自秋季至冬季从北向南产卵洄游。其产卵场位于南沙、中沙和西沙群岛；受精卵在产卵场孵化，然后发育成仔稚鱼；幼鱼开始从产卵场向海南岛、香港、台湾、福建以北洄游，然后成鱼从日本南下返回热带海域。

高体鰺为暖水性海洋鱼类，对温度的适应范围比较高，其生存的水温为9~33℃，适温为20~30℃，最适温为23~25℃。低温致死的水温界限为9℃以下。摄食的水温范围14~30℃。适宜的盐度范围为16~36，其中最适宜盐度20~28。在仔鱼体长50mm以前，主要捕食桡足类和枝角类；仔鱼体长50~80mm阶段，以大型浮游动物为主，同时也捕食一些小幼鱼；当仔鱼体长超过80mm以后，可以小型鱼类为主要食物，此后为肉食性。两足龄即可性成熟，属分批成熟、多次产卵型鱼类。繁殖季节自北向南逐渐提前，福建一带的繁殖期为4~7月份，盛产期为5月中旬至6月中旬；广东为3~4月份；海南岛为1~2月份。随着鱼龄的增大，成鱼的怀卵量也随之增加，一般可达100万~180万粒。不耐高温，当水温高于28℃时，摄食量明显减少，最适合在粤东海域养殖，目前主产区是潮州饶平。养殖周期一般在2~3年，

可发展粤东-粤西接力养殖模式，秋冬季在粤西养殖，夏季在粤东养殖，充分利用其最适生长温度。

7) 石斑鱼

青石斑鱼，（学名：*Epinephelus awoara*）是石斑鱼科、石斑鱼属鱼类。青石斑鱼常栖息于沿海各地岛屿岩礁附近。一般不结成大群。性凶猛，是肉食性鱼类，有互相残食现象，尤其在稚、幼鱼阶段，个体小的常被个体大的吞食；食物以虾、蟹等甲壳类为主。

体长椭圆形；头较大，大于体高，标准体长为体高之2.7~3.3倍。头背部弧形；眶间区窄，中央微凸。眼较小，短于吻长。石斑鱼适宜水温范围为15~35℃，在全省海域均适合养殖，最适合的生长水温为24~30℃，目前在全省海域都有养殖，主产区是湛江、茂名、阳江等地。

青石斑鱼常栖息于沿海各地岛屿岩礁附近。在珊瑚礁石砾底质、海水流畅的海区较多，喜栖息在光线较弱的区域，栖息水层随着水温的升降而有深浅的变化，春、夏、秋分布在10-30米深处，盛夏在2-3米处也有分布，秋冬季节水温下降，迁移到较深水域，一般幼鱼栖息的水层比成鱼浅，高龄鱼则较少移动。青石斑鱼是广盐性鱼类，在盐度11~41‰的海水中都可以生存，最适盐度在30‰左右。

(2) 运输方法和密度

运输方法：采用塑料袋密封充氧、敞口容器充氧和活水仓等多种方法。

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

运输密度：视鱼种规格而定，体重1.3g~1.7g的小规格鱼种一般采用充气+纯氧的敞口容器汽车和充气运输船结合运输模式，充气+纯氧的敞口容器汽车运输密度宜为 $2.0 \times 10^4 \text{ ind/m}^3$ ；充气运输船的运输密度宜为 650 ind/m^3 。大规格鱼苗宜采用活水船运输，运输密度为 500 ind/m^3 。

(3) 投苗放养

参照广东省地方标准《卵形鲳鲹养殖技术规程深水网箱养殖》(DB4408/T16-2022),深水网箱养殖的鱼种需从具有水产苗种生产许可证的苗种场购进，要求鱼种体格健康、规格整齐、无病无伤、无畸形。需经过当地检疫部门检疫，需检疫合格。规格：鱼种体重1.3g以上，体色正常，鳍条、鳞被完整，活动有力，反应灵敏，伤残率

≤2%。放养密度：根据水源、水质和水流条件，鱼种体重1.3g~1.7g放120ind/m³~160ind/m³，鱼种体重100g以上放40ind/m³。本项目深水网箱主要养殖品种为湛江海域常见的主要经济种，主要包括鲆科（卵形鲳鲹、高体鲷）、鲷科、石首鱼科、军曹鱼科、硃洲族大黄鱼等。投放的苗种应种质优良、体质健壮、规格整齐、无病害、无畸形。应当经过检疫部门检疫。

选择潮流平缓时放养。鲳鲹科鱼类放养密度为10~20尾/m³。

放养时间：低温季节选择在晴好天气的午后，高温季节宜选择阴凉的早晚进行。鱼种运输抵达目的地以后，保留连续充气，按NY5071使用准则对鱼体进行消毒处理。

放养时，搬运工具应用柔软的网具。养殖期9个月，成活率按85%计。

(4) 投喂

根据广东省地方标准《卵形鲳鲹养殖技术规程深水网箱养殖》（DB4408/T16-2022），根据鱼体大小确定饲料粒径，鱼体重18g~100g，选用饲料粒径为1.5mm，鱼体重100g~300g，选用饲料粒径为2mm，鱼体重300g以上，选用饲料粒径为3mm。放养即可喂食，日投喂3次~4次，日投喂量为鱼体总重的2%~6%，根据水温、水质、天气、鱼的摄食情况灵活掌握。

(5) 网箱清洗

根据网箱上附着生物量及鱼类养殖情况，宜3~6个月换一次网衣，换网时必须防止养殖鱼卷入网衣角内造成擦伤和死亡。网衣清洗可采用高压水枪喷洗、淡水浸泡、暴晒等方法。在养殖过程中，随着鱼的生长需要更换网衣和清洗网箱附着物来保证网箱内的养殖环境。网箱置于海水中一段时间后，极易被一些生物所附着。不仅增加了网箱的重量，而且影响了网箱内水体的交换，故需定期更换和清洗。换网时，应首先将旧网衣解下拉向一边，然后把准备替换的网衣从旧网衣腾出的一边网箱依次栓好，再将两个网衣对接，并将鱼移入替换的网衣，最后拆除旧网衣。

(6) 分箱

鱼苗时期宜15d左右分疏一次，当网箱内鱼苗重量超过2kg/m³时，可进行分箱养殖，规格相近的鱼苗可分在同一网箱。

(7) 日常管理

定期检查鱼体生长情况，定期网箱清洗及更换时进行安全检查，做好网箱养殖管理日记。网箱养殖的日常管理要做到“五勤一细”，即勤观察、勤检查、勤检测、

勤洗箱和勤防病，耐心细致投饵，以及防患大风、污染、人为等意外事故发生。要经常对养殖金鲷进行巡视，注意观察鱼群活动情况及水色、水质等情况。一般每天早、中、晚都应该测量水温、气温，每周应该测1次pH值，测2次透明度。每隔15~20天左右抽样测量体长和体重，以掌握其生长速度、规律等情况，便于确定饲料的投喂量，同时检查鱼体是否有病害发生。

(8) 深水网箱回收、维护工艺

1) 网箱收鱼

深水网箱回收工艺与投放工艺基本相反，但稍有不同。

通过回收部分网衣，将养殖鱼类驱赶至深水网箱表面，然后通过渔船的吊机用大小适合的网将鱼转移至船上。



图 3.4-1 深水网箱收鱼

2) 网箱、网衣和固定系统维护

由于网箱的箱体部分主要是由HDPE材料所制成的，所以一般基本上是不需要任何维护的。网箱的箱体在海水中使用一段时间以后，在网箱的主管上生长附着一些生物，随着时间的积累，生物量会越来越多，造成整个网箱重量增加，这时就必须对网箱的主管进行清洗。

因为所有的鱼均养殖在网衣内，所以网衣的维护工作就显得特别重要。主要包括网衣的更换与保存。换网主要有三道工序：挂新网、移鱼、拆旧网。换网工作需要选择海流较小时进行。另外，因为网衣中添加抗紫外线老化物质与防污损物质，当有一段时间不使用网衣时，需要保存好网衣，以免对网衣结构有损伤或使防污剂、防紫外线物质分解。保存之前必须把网衣清洗干净、晾干，然后折叠好，这是确保网衣不发霉、不腐烂的前提条件，在避光、避热、通风、干燥、防鼠、防虫条件下保存。

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。

解开从固定系统引出并缚在网箱上的绳索，提起网衣上的重物，提起网衣。用工作船舶将网箱拖至码头，进行维护处理。

(9) 安全生产

养殖过程中经常检查网箱的安全。在灾害性天气出现之前应采取在网箱上加盖网；检查和调整锚、桩索的拉力，加固网箱的拉绳和固定绳；检查框架、锚、桩的牢固性；尽量清除网箱框架上的暴露物；沉降网箱；养殖人员、船只迁移至避风港等措施。在强风暴过后应及时检查网箱有无损坏，发现问题及时修复。在网箱养殖区安装警视标志和灯具，防止鸟类和水生动物对养殖鱼类的危害，及时清除垃圾和大型漂浮物。

(10) 鱼病防治

卵形鲳鲹的病害相对较少，其病害防治要坚持“以防为主，防治结合”的原则。放养时苗种要经过杀菌消毒，具体的，苗种投放前可以应该用淡水或每升0.1mg高锰酸钾的溶液浸洗鱼体10~15分钟。此外，要坚持巡视，特别留意观察卵形鲳鲹鱼群的游动、摄食情况，一旦发现病、死鱼应及时隔离治疗或进行无害化处理，切勿随意将其丢弃，使病害传播蔓延，造成更大的危害。

3.4.3.2. 筏式养殖

(1) 养殖种类

项目海域已有筏式养殖基础的贝类种类，主要有三倍体牡蛎、扇贝等。

1) 三倍体牡蛎

太平洋牡蛎 (*Crassostrea gigas*) 隶属于软体动物门、瓣鳃纲、珍珠贝目、牡蛎科、巨蛎属，俗称真牡蛎，是牡蛎类中个体较大的一种贝类。20世纪80年代从日本、澳大利亚和台湾地区引入中国。太平洋牡蛎具有左右两扇贝壳，右壳较小而扁平，壳面具有水波状的环生鳞片，排列稀疏。壳形变化大，呈长圆形或长三角形，左壳凹陷较深，鳞片排列紧密，利用壳顶固着在岩礁石块等坚硬的物体上生长，壳内面白色，内有宽大的韧带槽。闭壳肌痕大，外套膜边缘呈黑色。



图 3.4-2 太平洋牡蛎



图 3.4-3 太平洋牡蛎三倍体

太平洋牡蛎主要分布于低潮线至水深20m的浅海区，在盐度10~37的海区均能栖息，生长最适盐度范围是20~31，但盐度降至6.5以下时仅能生存40小时左右。其对水温的适应性也较强，一般在水温-3~32°C范围内均能生存，适宜水温为8~32°C，最适水温为15~25°C，当水温超过28°C时生长速度缓慢或停止生长。

我国于1999年8月获得太平洋三倍体牡蛎育苗成功。

2) 扇贝

扇贝（英文名：**Scallop**），属软体动物门、双壳纲、珍珠贝目、扇贝科。扇贝壳较大，近圆形、背缘直、壳顶近背缘中部。贝壳表面常有各种形状的放射肋，肋上具有鳞片或小棘。贝壳内面色浅而略具光泽，常有与壳表对应的内肋；内韧带褐色，位于三角形的韧带槽中。外套缘厚，有发达的外套眼和触手，无水管。

扇贝全部为海产，广布于世界各大洋。扇贝通常生活在潮下带至百米左右的浅海区，但也少数种（拟日月贝亚科）生活在较深的海底。属滤食性动物，被动摄食，主要以浮游生物、细菌和有机碎屑为食。扇贝的游泳方式是用其上下两边的贝壳，通过贝壳的一开一合产生动力，喷出水流，之后用其反作用力推动自身前行。中国沿海分布的扇贝约有45种，其中，最常见的重要经济扇贝品种主要包括栉孔扇贝 (*Chlamys farre*)、海湾扇贝、虾夷扇贝 和华贵栉孔扇贝。扇贝长期以来是中国海水养殖的重要品种之一。产量主要来源于养殖，捕捞产量极少。经过多年的示范养殖和推广，华贵栉孔扇贝“南澳金贝”每亩（这里指每亩养殖150笼、每笼10层、每层养殖15~30个）产量在1500kg~2300kg，从规格（壳长）1.3cm的稚贝养殖到7~8cm的商品贝约需9~10个月，扣除苗种、网笼、人工及其他费用，亩产利润过2万元。



图 3.4-4 扇贝

(2) 养成方式

1) 筏式吊绳养殖

养殖绳的长度可根据设置浮筏的海区深度而定，一般2~4m。一般选用直径0.6~0.8cm的聚乙烯绳或直径1.2~1.5cm的聚丙烯绳做夹苗绳。将附有10~20个稚贝的扇贝壳夹在苗绳中间，间距20~30cm，牡蛎长到一定大小时互相挤插形成朵后，可较牢地固定在夹苗绳上。养殖绳也可以采用14号半碳钢线或8号镀锌铁线，将采苗时的贝壳串采苗器拆开，重新把各个贝壳附苗器的间距扩大到20厘米，串在养成绳上。养殖绳制成后，即可垂挂在浮筏上。养殖绳上的第一个附苗器在水面下约20cm，各串养殖绳之间的距离应大于50cm。

2) 筏式网笼养殖

扇贝常采用网笼养殖的方法，吊挂到筏架上进行养成。每层网笼一般养殖40粒左右，每亩可放养12~15万粒。山东、辽宁等地的筏式养殖牡蛎，常采用类似扇贝养殖的方法，即将附在贝壳上的蛎苗连同贝壳一起装在扇贝网笼内养殖。

筏式养殖的最大特点是把平面养殖改为立体垂养，牡蛎生长环境从潮间带滩涂改为水流畅通的潮下带深水海区，这对加快牡蛎的生长，提高单位面积产量，都有着积极意义。但筏式网笼养殖容易造成污损生物大量附着，而且养殖的器材设施一次性投资大，成本高；在深水外海养殖，还必须提高抗风浪能力，以防台风侵袭。

(3) 日常管理

保证浮筏安全：每隔3天~5天到海区巡查，检查浮纜、撇缆与吊绳，发现问题及时修复，风浪过后要及时出海检查。

调整浮力：平时水层保持在0.5m~1.5m，在高温期及海洋生物大量附着季节，应适当调至1.5m~4m深水层。大风浪来临前，应将整个筏架下沉或进行吊漂养殖。要随着贝类的生长，浮筏负荷量的增加而及时调整浮子数量，避免浮力下沉，增强抗御风浪能力。

防止吊绳绞缠：吊绳要挂得均匀，防止吊绳绞缠在一起，造成脱落影响产量。

病虫害防控：牡蛎遇到微孢子虫寄生就会导致大批量死亡，而且还有弧菌病、牛普吸虫病、六鞭毛虫病等都会影响牡蛎的品质，所以在养殖的牡蛎的时候，要加强管理工作，注意清理废水污染区，保证牡蛎免受病虫害干扰。

（4）采收方案

从次年的7月开始，单体三倍体牡蛎陆续达到上市标准，即规格达到100g以上，出肉率达到15%以上，壳型规则、美观，形似“元宝”。根据牡蛎的生长情况及市场行情，收获可持续至12月。

探索开发牡蛎机收平台，提高采收效率。2021年8月，中国水产科学研究院渔业机械仪器研究所完成的“牡蛎海上自动收获与清洗系统研发及产业化示范”成果通过山东省水产学会组织的专家验收，该成果设计研制了牡蛎吊养筏架牵引、水下提升输送、脱料、主筏架导向、高压喷淋清洗等设备，集成研发了牡蛎机械化采收作业平台，构建了筏式吊养牡蛎机械化采收与清洗一体化作业系统。牡蛎机械化采收设备2~3人即可完成原来需要30个人完成的采收生产，作业速度8~10m/min，产能6~8t/h，较人工采收提高效率6~10倍，采收率提高到99%。评价专家组组长中国海洋大学水产学院教授李琪表示，与传统人工作业方式相比，该系统生产效率提高10倍，节省人工90%，采收率从91%提高到99%以上，有效解决了目前牡蛎养殖收获生产中劳动力严重紧缺问题；同时，与传统陆基清洗相比，该采收设备减少了陆地污水排放，避免了清洗用水的抽取、原料运输以及清洗后废水的排放，实现了节能减排清洁生产；通过降低养殖密度、采用延绳养殖新技术，构建了牡蛎筏式宜机养殖模式；并设计建造了牡蛎收获和清洗集成系统，实现了牡蛎筏式养殖的机械化采捕，推动了海水养殖机械化进程。



图 3.4-5 牡蛎筏式养殖的机械化采收

3.4.3.3. 养殖容量

本项目建成正常运营后，深水网箱养殖水体总容量为 130.2 万m³，以养殖金鲷鱼为例、年可产鱼类 8300 吨/年；筏式养殖牡蛎年可产牡蛎 1.03 万吨/年（表3.4.3-1）

表 3.4.3-1 湛江市流沙湾 1 号海域现代化海洋牧场产出目标

序号	养殖设施名称	单位	数量	单体养殖水体容量(万 m ³)或(万 m ²)	养殖水体容量小计(万 m ³)或(万 m ²)	养殖产量小计(t/年)	单个设施养殖产量(t/年)
1	重力式深水网箱	个	60	0.8	48	1721.25	28.69
2	简易钢制网箱	个	18	1	18	1147.5	63.75
3	半潜式桁架类深水网箱	个	3	3	9	573.75	191.25
4	大型多功能养殖网箱	个	1	10	10	637.5	637.50
5	座底式桁架类养殖网箱	个	1	6.2	6.2	395.25	395.25
6	大型生态养殖围栏	个	2	30	60	3825	1912.50
合计			85	51	151.2	8300.25	97.65
7	筏式养殖栅架	台	154	/	/	10266.67	66.67

3.4.4. 主要施工船舶和机具

本项目施工拟投入的主要的施工船舶和机械如表3.4.4-1和表3.4.4-2。

表 3.4.4-1 本项目拟投入的主要施工船机设备

序号	设备名称	单位	型号/规格	数量	用途
1	锚碇块投放船	/	/	4	锚碇块施工
2	网箱安装船（带有吊臂）	/	/	6	/
3	辅助小艇	/	/	6	/
4	拖船	艘	5000 马力	2	网箱拖航、拖驳船
5	机动艇	艘	载重 400kg	1	应急、救援等
6	起重船	艘	全回转式，100t	1	抛锚作业、布放礁体
7	GPS 定位仪	台	定位仪	1	施工定位导航
8	浮标	个	/	52	边界定位、警示
9	潜水设备	套	/	2	投抛锚位前后校准
10	驳船	艘	平板型，500t	1	非机动船，靠泊，接驳

11	机动艇	艘	载重 400kg	1	应急、救援等
12	潜水工作船	艘	动力 2000kW	1	搭运潜水人员、设备
13	GPS	台	定位仪	1	施工定位导航
14	打桩船	艘	/	2	配备 300t 液压锤，最大打击能量 4000kJ，锤击频率 30 次/min

表 3.4.4-2 本运营期使用的机具设备一览表

序号	设备名称	单位	型号/规格	数量	用途
1	浮球	个	/	8	标识位置
2	辅助船	艘	/	1	
3	配置养殖管理平台	个	/	1	用于投苗、分苗、投喂、采收、清洗等养殖管理
4	养殖配套装备	套	/	25	投苗、分苗、投喂、采收、清洗等配套装备

3.4.5. 土石方平衡

本项目的养殖平台和网箱、人工鱼礁均有厂家生产，生产完成之后运至指定海域安装即可投入生产，不涉及土石方开挖，无疏浚土外运。

3.4.6. 施工进度计划和当前建设进度

3.4.6.1. 施工进度计划

项目建设年限为3年，2026、2027、2028年。具体进度计划见表3.4.6-1。

表 3.4.6-1 项目实施进度计划表

工作内容	2026 年	2027 年	2028 年
工可、规划编制			
项目申报立项			
地质勘探			
资源环境本底调查			
通航安全论证			
环境影响报告			
人工鱼礁工程设计			
招投标			
人工鱼礁工程建设			
人工鱼礁工程监理			
重力式深水网箱			
桁架类深水网箱			
大型生态养殖围栏			

智能深海网箱监控系统			
养殖辅助船			
养殖管理平台			
其它配套设施装备			
建设效果本底和跟踪调查			
项目审计			
项目验收			

3.4.6.2. 当前建设进度

(一) “湛农1号”座底式桁架智能养殖平台

1.项目建设已完成；

2.交工验收工作已完成，受台风“麦德姆”影响“湛农1号”桁架智能养殖平台预估损失约800万元。经人保公司现场复核决定先行预赔付150万元，该笔款项已到账。已沟通协调施工队进场开展修复工作。平台过道栏杆部分倾斜需整改，目前整改工作正在进行中。

3.以湛江农发海威海洋科技有限公司为运营主体开展金鲳鱼养殖，累计放苗3批：7月7日投苗233880尾，7月12日投苗150426尾，8月12日投苗156736尾，总计541042尾。

(二) 广东省雷州流沙湾海域农发海洋牧场建设项目

1.累计完成礁体预制工程量：586件（GDS07长方体九孔钢混养护礁300件；GDC014立方体品字形钢混饵料礁286件）。

2.已取得水上水下施工许可证。

3.其他配套设施包括4个渔业警示浮标、石碑及标识牌已开始制作，监测系统也在同步推进中。

4.已完成第一批礁体阶段验收工作。

(三) 1万立方米桁架网箱采购项目

1.湛江湾实验室1万立方米桁架网箱设计图应送审49份，目前设计图已送审32份，其中9份已过审（标注为：IFC）；未送审17份。

2.9月29日开始围井材料和设备到场，目前工作人数为40人，预计后续增加至60人。

3.网箱胎架完成4/5。

(四) 海洋牧场信息化建设项目

目前项目正在进行前期方案设计。

（五）围栏式生态环保网箱项目

1.2025年5月13日通过广东省中介服务超市机构确定水文波浪分析和建设海域地形勘探工作中选机构，开展前期水文勘探准备工作

2.2025年6月6日施工完成招标工作并确定施工单位，6月13日签订施工合同，开展施工方案设计和施工工作。

3.截至2025年10月围栏式网箱前期准备工作已完成，已完成下部结构施工设计工作，正在准备施工材料进行施工建设。

3.5.项目建设必要性

（1）是建设“蓝色粮仓”的需要

2023年习近平总书记在湛江市考察时提出，要树立大食物观，既向陆地要食物，也向海洋要食物，耕海牧渔，建设海上牧场、“蓝色粮仓”。2023年的中央一号文件提到“建设现代海洋牧场，发展深水网箱、养殖工船等深远海养殖”。2017~2023年中央一号文件都提到建设和发展现代化海洋牧场。

农业农村部积极引导和扶持养殖经营主体将海水养殖向深水远岸布局，稳步发展深远海养殖。从2016年开始，中央财政每年安排专项资金，重点支持在国家级海洋牧场示范区开展人工鱼礁和海藻场、海草床等建设。今后，相关政策支持力度将进一步加大。《意见》要求，加强深远海养殖用海等制度保障，重点在设施装备建造、水产种业振兴、重大疫病防控、饲料兽药研发和全产业链培育等方面增加投入，并在信贷、保险等方面给予政策扶持。

湛江是海洋大市、渔业大市，水产总产量和总产值连续20多年居全省首位。建设湛江市流沙湾1号海域现代化海洋牧场，是深入贯彻习近平总书记视察湛江的重要讲话、重要指示精神，是落实习近平总书记关于立足大食物观建设“蓝色粮仓”的客观需要。

（2）是推进广东省高标准现代化海洋牧场建设的需要

建设现代化海洋牧场离不开养殖装备支撑，广东最早开启我国深水网箱养殖先河，并最早实现深水网箱装备国产化研制推广应用，养殖装备总体水平国内领先。如中国水产科学院南海水产研究所、南方海洋科学与工程广东省实验室（湛江）、中国科学院广州能源研究所、中国船舶集团有限公司605研究院（广州船舶及海洋工程设计研究院）、中国船舶集团广船国际有限公司等高端科研单位集聚，突破了抗风浪等技术

难题。2023年3月10日召开的广东省现代化海洋牧场建设推进会强调，现代化海洋牧场建设是落实粮食安全战略、践行大食物观的重要举措，是推动经济高质量发展的重要突破口，是推进“百县千镇万村高质量发展工程”促进城乡区域协调发展的有力抓手，要从战略和全局的高度深刻认识建设现代化海洋牧场的重大意义，切实把思想和行动统一到党中央决策部署和省委工作安排上来。2023年9月，广东省委农办、广东省农业农村厅联合印发《关于加快海洋渔业转型升级促进现代化海洋牧场高质量发展的若干措施》，提出17条具体政策措施，全力推动全省海洋渔业转型升级，促进现代化海洋牧场高质量发展。要高标准谋划推进现代化海洋牧场建设，突出规划引领，明确发展目标、发展理念、发展路径，以顶层设计引领产业发展；突出产业融合，树立全产业链理念，围绕“养殖—加工—物流—销售”补链延链强链，不断拓展产业增值增效空间；突出龙头带动，坚持培育扶持和招大引强并重，以“大渔带小渔”组建联合体，带动形成产业集聚效应；突出项目落地，坚持工业化思维，抓好筑巢引凤，实施滚动推进，推动模式创新，形成热火朝天干起来的良好氛围；突出科技创新，加强品种培育、设备研发、科研平台建设，提供有力的科技支撑；突出要素保障，千方百计保用地、强投入、降风险，助推现代化海洋牧场建设高质量发展。要加强领导、压实责任，坚持高位推动，强化真抓实干，抓好督促考核，确保现代化海洋牧场建设取得扎实成效。建设湛江市流沙湾1号海域现代化海洋牧场，是推进广东省高标准现代化海洋牧场建设的需要。

（3）是湛江市打造现代化海洋牧场先行示范市的必要措施

发展现代化海洋牧场，其作用可不仅仅局限于可持续提供优质水海产品。“牧场”的环境好了，鱼虾贝蟹们就有更多饵料可吃，有安全繁殖下一代的场所，久久为功，海域生物多样性就展示出来了。另外，根据联合国《蓝碳》报告，地球上超过一半（55%）的生物碳或绿色碳捕获是由海洋生物完成的，这些海洋生物包括浮游生物、细菌、海藻、盐沼植物和红树林。而这些生物资源的恢复，正是现代化海洋牧场建设的重要一环。建设现代化海洋牧场是发展“碳汇渔业”的重要途径，将是湛江的又一片“蓝海”。建设湛江市流沙湾1号海域现代化海洋牧场，是向海图强，打造现代化海洋牧场先行示范市，闯出一条具有湛江特色的现代化海洋牧场发展之路的必然选择。

湛江市委领导指出，湛江发展现代化海洋牧场条件得天独厚，水产产业正迎来加快发展的黄金机遇期。湛江将以习近平总书记在本地考察时提出建设“蓝色粮仓”要求为新的起点，进一步坚定向海图强的信心和决心，加快推进现代化海洋牧场建设，

持续深耕海上粮仓，唱响海洋牧歌，奋力打造全国现代化海洋牧场先行示范市。湛江市委领导真诚期待更多企业、专家学者关注湛江、建设湛江。湛江市委、市政府将一如既往地做好服务保障工作，持续优化营商环境，全力为企业保驾护航，厚植人才创新创业沃土，打造最优人才发展生态，努力让大家投资放心、发展安心、干事顺心、生活舒心。2023年湛江市委、市政府印发了《湛江市现代化海洋牧场建设行动方案（2023-2035年）》，提出“把湛江打造成区域代表性强、生态功能突出、具有典型示范和辐射带动作用的全国现代化海洋牧场示范市”的总体目标。该方案还发布了《湛江市现代化海洋牧场建设行动任务清单（2023-2028）》，包括重点实施推进海洋牧场绿色养殖行动、水产种业提升行动、深远海装备制造及升级改造行动、“海洋牧场+”建设行动、渔港经济区建设行动、海洋牧场精深加工产业提升行动、海洋牧场冷链物流建设行动、海洋牧场科技人才培育行动、海洋牧场经营主体培育行动、智慧渔业实施行动等“十大行动”。本项目属农业现代化海洋牧场，已纳入《湛江市现代化海洋牧场建设规划（2023-2035年）》。向海图强，深耕现代化海洋牧场，对于湛江而言意义非凡，也是广东海洋经济高质量发展的题中应有之义。

（4）是优化海洋养殖产业结构和生产布局的需要

早在2013年，国务院便明确海洋渔业发展需秉持“生态优先”原则，正式提出“发展海洋牧场”的重要理念。2015年，国务院印发的《中国制造2025》明确指出，要大力推动深海探测、资源开发利用、海上作业保障装备及其关键系统和专用设备的发展，积极促进大型浮式结构物的开发与工程化进程，全面提升我国海洋开发利用的整体水平。

当前，现代渔业发展亦面临前所未有的挑战。一是随着经济社会的快速发展，港口、码头、航道、城市发展等建设大量占用湿地滩涂、近岸海域等资源，养殖空间与建设空间冲突日益加剧，养殖空间不断压缩；二是部分工业、城市生活污水排放等导致局部水域环境恶化，适宜养殖空间不断减少；三是供给侧改革需进一步深化，养殖品种和养殖模式亟需转型升级，水产品无法满足人民群众对丰富、优质水产品的强烈需求；四是渔业管理和公共服务水平有待进一步加强，渔业科技创新和推广服务体系尚需完善。

2019年《关于加快推进水产养殖业绿色发展的若干意见》明确未来我国将积极支持发展深远海绿色养殖，鼓励深远海大型智能化养殖渔场建设，以满足人民群众对优质水产品和海洋生态环境保护的需求；同年，农业农村部等十部委联合发布《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），其中明确提出“支持发展深远海绿色养殖，鼓励深远海大型智能化养殖渔场建设”。2021年，财政部与农业农村部联合印发《关于实施渔业发展支持政策推动渔业高质量发展的通知》（财农〔2021〕41号），重点聚焦“支持深水网箱和大型智能养殖装备等深远海养殖设施装备建设”。2022年《关于加强海水养殖生态环境监管的意见》提出规范部分近岸海域的海水养殖活动，进一步优化海水养殖空间布局，推进海水养殖业绿色发展。因此，推动海水养殖从近海向深远海拓展是当前缓解近海养殖压力、改善近海生态环境、优化海水养殖空间布局和促进海水养殖业转型升级的必然选择。为“深蓝渔业”的重要组成部分，发展深远海养殖对于保障国家食品安全、实现海洋渔业经济可持续发展、推进“蓝碳计划”和建设海洋生态文明具有重要的战略意义。

3.6. 项目用海情况

根据本项目海域使用论证报告，本项目中人工鱼礁和大型生态养殖围栏桩柱的一级用海方式为“构筑物”，二级用海方式为“透水构筑物”；深水网箱、桁架类网箱、简易钢制网箱、生态养殖围栏、抗风浪筏架的用海的一级用海方式为“开放式”，二级用海方式为“开放式养殖”。

项目用海总面积为604.7994公顷，其中养殖用海591.2996公顷，人工鱼礁用海11.4814公顷、生态养殖围栏桩柱透水构筑物用海2.0184公顷。项目用海均不占用大陆岸线 and 海岛岸线。项目人工鱼礁礁体设计寿命按50年标准，申请用海年限为40年；网箱养殖、筏架吊养属于开放式养殖，申请用海年限为15年。

《湛江市流沙湾1号海域现代化海洋牧场建设项目海域使用补充论证报告书》已通过了2025年9月12日湛江市海洋与渔业局在湛江市主持召开了的专家评审会（见附件6），会后论证单位根据专家意见对论证报告书进行了修改，并形成了《湛江市流沙湾1号海域现代化海洋牧场建设项目海域使用补充论证报告书》（报批稿），该项目的用海批复正在办理中。

4. 建设项目工程分析

4.1. 工艺与产污分析

4.1.1. 施工期工艺及产污环节

4.1.1.1. 施工期工艺

本项目为湛江市流沙湾1号海域现代化海洋牧场建设项目，施工总体可分为4个方面的内容：网箱安装施工、养殖围栏施工、养殖筏架施工、人工鱼礁施工。本项目重力式深水网箱、半潜式桁架网箱、简易钢制网箱、多功能养殖网箱、养殖围栏等网箱和围栏在船厂建造出运前不在本次评价范围内。

根据施工进度计划，各大块总体的施工流程可按如下顺序开展：

网箱安装施工：安放准备工作→抗风浪深水网箱运输→深水网箱投放→管理平台设施安装→竣工验收

养殖围栏施工：安放准备工作→养殖围栏材料运输→养殖围栏安装→竣工验收

养殖筏架施工：安放准备工作→吊养养殖材料运输→养殖设施安装→竣工验收

人工鱼礁施工：项目人工鱼礁礁体在正规、合法经营的预制场进行制作，制作完成后在预制场存放，因此，礁体出运前不在本次评价范围内。人工鱼礁主要施工工艺流程：施工准备→礁体预制→鱼礁运输→鱼礁投放、浮标安装→竣工验收。

项目施工期工艺流程及产污环节见下图。

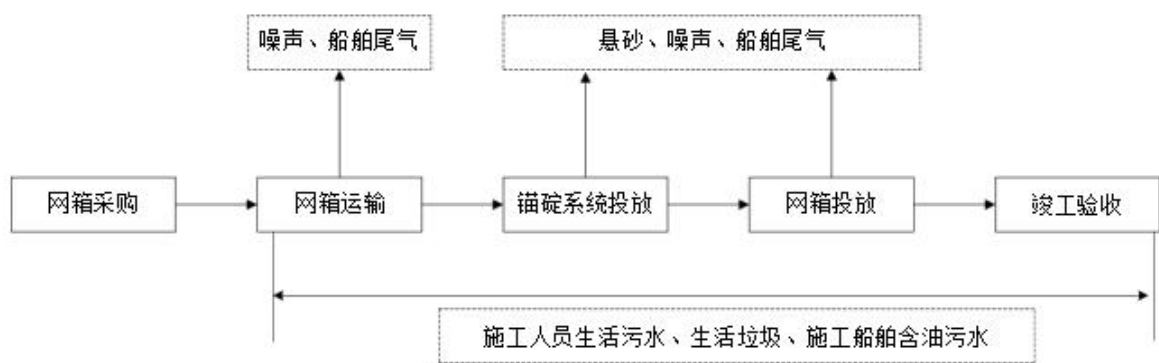


图 4.1.1-1 网箱安装施工图

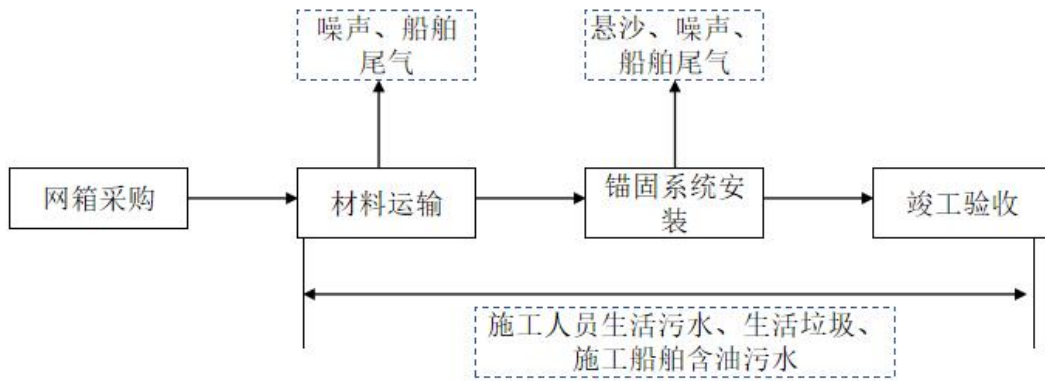


图 4.1.1-2 半潜式桁架平台安装施工流程及产污环节图

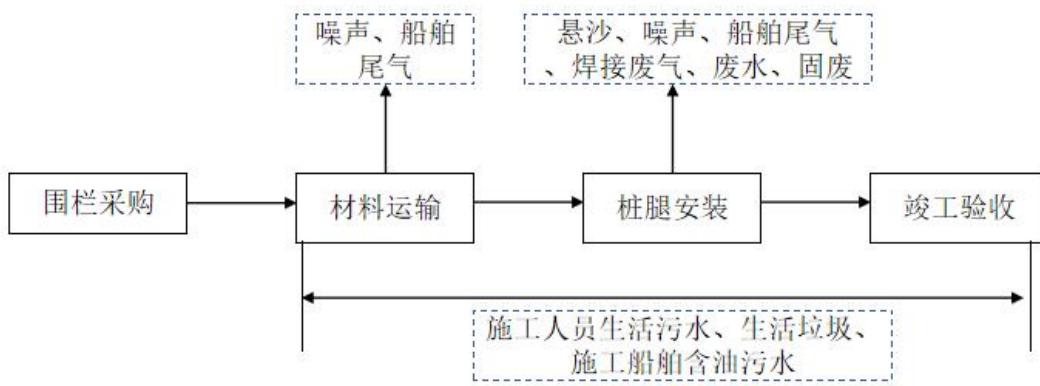


图 4.1.1-3 养殖围栏施工图

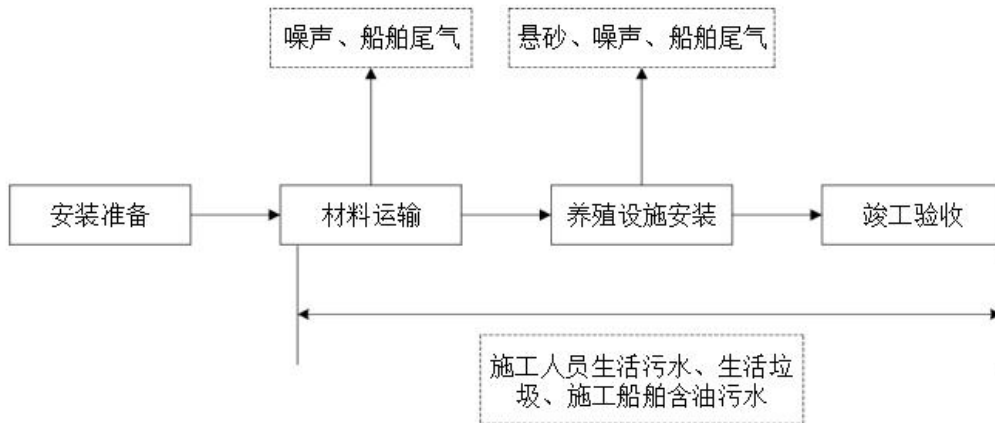


图 4.1.1-4 养殖筏架施工图

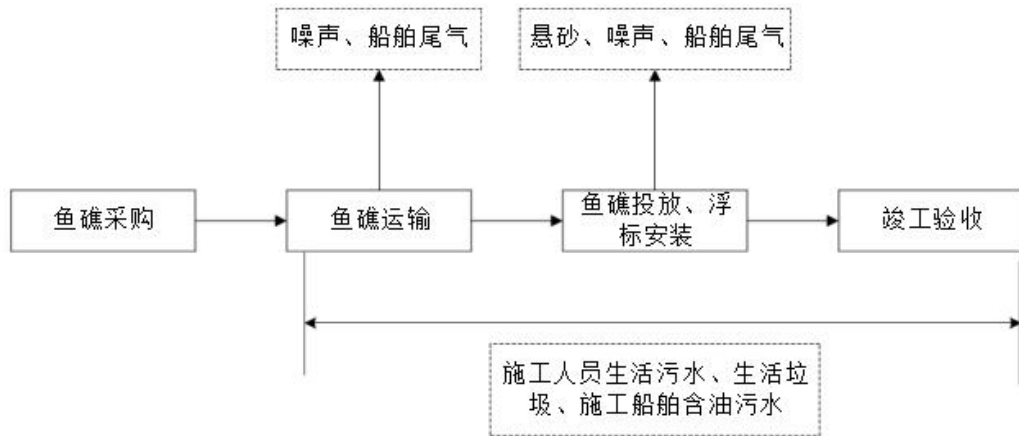


图 4.1.1-5 人工鱼礁施工图

4.1.1.2. 施工期产污环节

本项目施工期主要是网箱安装施工、养殖围栏施工、吊养养殖施工、人工鱼礁施工，施工期间环境污染因素主要有：

(1) 废气

施工船舶产生的尾气，主要污染物为SO₂、NO_x和烟尘。

(2) 悬浮物

鱼礁投放、网箱安装投放和吊养养殖设施安装过程中产生的悬浮泥沙。

(3) 废水

施工人员产生的生活污水和施工船舶含油废水。

(4) 噪声

施工船舶、施工设备产生的噪声。

(5) 固体废物

海上工作平台上部结构施工产生的少量建筑垃圾、施工人员产生的生活垃圾。

4.1.2. 运营期工艺及产污环节

4.1.2.1. 运营期工艺

本项目运营期主要养殖前准备工作，鱼苗、贝苗运输，网箱投放饲料，养殖设施维护，收成运输等过程。

项目运营期工艺流程及产污环节见下图：

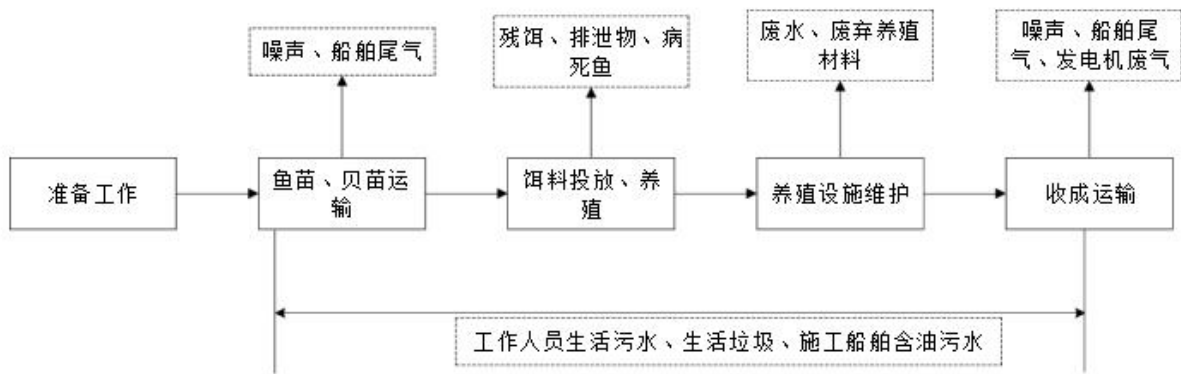


图 4.1.2-1 项目养殖过程主要产污环节示意图

4.1.2.2. 运营期产污环节

项目运营期对环境的影响主要为网箱和围栏养殖投放的多余饵料以及鱼类排泄物对海洋环境和生态的影响。以及养殖运输船舶和海上工作平台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、废弃养殖材料，环境污染因素主要有：

- (1) 废气：运输船舶、工作船舶产生的少量船舶尾气、柴油发电机尾气。
- (2) 网箱养殖残留饵料、养殖生物代谢排泄物；影响因子主要是有机物（COD、氮、磷等）；
- (3) 废水：主要有运输船舶、工作船舶产生的含油污水以及海上工作平台工作人员产生的生活污水；
- (4) 噪声：运输船舶、工作船舶行驶过程产生的船舶噪声；
- (5) 固体废物：工作人员生活垃圾、废弃养殖材料、病死鱼、废弃防疫药物和废包装袋等。

4.2. 施工期污染物排放状况

4.2.1. 施工期废气

本项目施工船舶使用会产生尾气对环境空气有一定的污染。施工船舶和施工机械均以柴油作为动力燃料，会产生一定量的废气，主要污染物为SO₂、NO_x和烟尘。

4.2.2. 施工悬浮泥沙

本项目施工期悬浮泥沙主要产生在人工鱼礁投放施工、网箱固定系统施工、座底式桁架养殖试验平台升降桩腿和养殖围栏桩腿固定施工时产生。吊养养殖采用铁锚固定，铁锚固定所占面积较小，项目施工产生的悬浮泥沙也比较少，且该

海域水体交换能力较好，悬浮泥沙的浓度会在短时间内沉降，施工结束后可以很快恢复至本底值。因此吊养筏架安装产生的悬浮泥沙仅做简单定性分析，施工期悬沙分析主要针对人工鱼礁投放、网箱固定系统施工、座底式桁架养殖试验平台升降桩腿和养殖围栏桩腿固定施工。座底式桁架养殖网箱“湛农1号”已建成投产，但仍属于本次评价内容，因此，一并进行分析。

4.2.2.1. 人工鱼礁投放产生的悬浮物

人工鱼礁投放会过程会产生悬浮物。礁体投放产生的悬浮物包括两部分，一部分为礁体自身携带的泥土进入水体形成的悬浮物，另一部分为礁体投放时扰动海底产生的悬浮物。

(1) 礁体带入水中的悬浮物

礁体投放作业悬浮泥沙的产生量按照下式计算（仅考虑石料中所含泥土）：

$$Q=E \times c \times \alpha \times \rho \quad (\text{公式 4.2-1})$$

式中，

Q——礁体投放作业悬浮物产生量（kg/h）；

E——作业效率（m³/h）；

c——礁体中泥土含量（%），以2%计；

α——泥土进海水后悬浮泥沙产生系数，以80%计；

ρ——泥土湿密度（kg/m³），根据《座底式桁架养殖试验平台建设工程勘察报告》（中交广州水运工程设计研究院有限公司2024年1月），本项目所在地淤泥层泥土湿密度为取1520kg/m³。

本项目礁体为混凝土预制件，礁体中的含泥量很低（含泥、砂<5%），随礁体入海泥沙有限，以礁体体积的1%计，该部分泥沙进入海水后形成悬浮泥沙的比率以80%计，本项目人工鱼礁投放量为3.501万空方，人工鱼礁投放工期为7个月，避开海洋生物主要繁殖期，有效投放时间约为150天，每天施工时间9小时，效率E约为=35010m³÷150d÷9h=32.4m³/h，则礁体投放产生的悬浮物约为=32.4m³/h×1%×80%×1520kg/m³÷3600=0.11kg/s。

(2) 礁体投放激起的海底沉积物产生的悬浮物

参考类似工程及《海岸工程中悬浮物泥沙源强选取研究概述》（王时悦，2016年），礁体投放激起的海底沉积物产生的悬浮物源强按下式计算：

$$S=\rho'\cdot\alpha\cdot E \text{ (公式 4.2-2)}$$

式中:

S——抛石挤淤形成的悬浮物源强 (kg/s);

ρ' ——沉积物中颗粒物干密度 (kg/m^3), 本项目为 $900\text{kg}/\text{m}^3$;

α ——沉积物中悬浮物颗粒所占百分率 (%), 5~10%, 本项目取8%;

E——平均挤淤强度

参考类似工程《海岸工程中悬浮泥沙源强选取研究概述》(王时悦, 2016年)中挤淤强度, 平均挤淤强度按照施工强度的20%取值, 则 $E=32.4\text{m}^3/\text{h}\cdot 20\%\div 3600=1.8\times 10^{-3}\text{m}^3/\text{s}$ 。

根据计算, 礁体投放激起的海底沉积物产生的悬浮物源强约为 $=900\text{kg}/\text{m}^3\times 8\%\times 1.8\times 10^{-3}\text{m}^3/\text{s}=0.13\text{kg}/\text{s}$ 。

因此, 礁体投放产生的悬浮物源强 $=0.11\text{kg}/\text{s}+0.13\text{kg}/\text{s}=0.24\text{kg}/\text{s}$ 。

4.2.2.2. 网箱锚定固定产生的悬浮泥沙

本工程产生悬浮泥沙的施工环节主要是重力式深水网箱、桁架类网箱安装时锚碇与底质接触产生的悬浮泥沙。由于工程所处海域水深较大, 抛锚时锚碇主要与底质表层接触, 故施工过程中对泥沙扰动较小, 悬浮泥沙主要在底部扩散, 因此产生的悬浮泥沙浓度小。目前几乎无抛锚固定作业带来的悬沙扩散源强的相关文献资料研究, 根据其作业方式与抛石施工接近, 因此借鉴抛石过程的源强进行悬浮泥沙扩散分析。

水泥墩锚块投放产生的水体悬浮物包括两部分, 一部分为水泥锚块自身携带的泥土进入水体形成的悬浮物, 一部分为投放锚块时扰动底床产生的悬浮物。项目水泥墩锚块携带的泥土含量很低, 可忽略不计; 根据《座底式桁架养殖试验平台建设工程勘察报告》(中交广州水运工程设计研究院有限公司2024年1月), 工程区底质主要为淤泥等, 锚块触底后脱钩投放, 投放过程中搅动产生少量悬浮泥沙量。

项目投放锚定为方台型水泥墩锚, 每个水泥墩重约3.2吨, 体积为 1.35m^3 , 规格为 0.75m (上顶) $\times 1.5\text{m}$ (下底) $\times 1.2\text{m}$ (高), 其中重力式深水网箱每个网箱配备12个锚块, 桁架类网箱每个网箱配备4个锚块, 每个锚块投放时间约3min(180s)。

单个锚块投放时悬沙产生量按下式计算:

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

式中：

S——沉石挤淤形成的悬浮物源强（kg/s）；

θ ——沉积物天然含水率（%），取40%；

ρ ——沉积物中颗粒物湿密度（kg/m³），本项目所在地淤泥层泥土湿密度为取1520kg/m³；

α ——沉积物中悬浮物颗粒所占百分率（%），取8%；

P——平均挤淤强度；

参考类似工程《海岸工程中悬浮泥沙源强选取研究概述》（王时悦，2016年）中挤淤强度，平均挤淤强度按照施工强度的20%取值，则单个锚块投放平均挤淤强度 $1.35\text{m}^3 \div 180\text{s} \times 20\% = 1.5 \times 10^{-3}\text{m}^3/\text{s}$ 。单个锚块投放时悬沙产生量为 $(1-40\%) \times 1520\text{kg}/\text{m}^3 \times 8\% \times 1.5 \times 10^{-3}\text{m}^3/\text{s} = 0.11\text{kg}/\text{s}$ 。

4.2.2.3. 桩腿固定产生的悬浮泥沙

本工程产生悬浮泥沙的施工环节主要是大型生态养殖围栏、简易钢制网箱、湛农 1 号打桩和人工鱼礁投放底质接触产生的悬浮泥沙。

本项目建设大型生态养殖围栏2个，大型生态围栏柱桩系统选择双排桩（内外环均布设60根直桩），直桩打到海床下，桩基采用 $\Phi 1000\text{mm}$ 钢管。采用打桩船进行桩基施打过程中均会扰动海底周边底泥，使部分悬浮泥沙再次悬浮，产生的悬浮泥沙量采取如下公式进行计算：

$$M = 0.25 \cdot \pi d^2 h \rho$$

其中：M——为打桩作业悬浮物发生量；

d——桩基直径，钢管 $\Phi 1000\text{mm}$ ；

h——桩基深度约20m；

ρ ——覆盖层泥沙浓度，根据本工程地质勘察资料，取1520 kg/m³。

计算得，本项目钢管($\Phi 1000\text{mm}$)打桩作业悬浮物发生量 $M = 0.25 \times \pi \times 1 \times 20 \times 1520 = 23864\text{kg}$ 。每个桩基施工时间约 2h，按起沙量10%计，则入海泥沙源强为 $23864 \div 2 \div 3600 = 0.33 \text{ kg}/\text{s}$ 。因此打桩时的瞬时源强按 0.33 kg/s计算。

4.2.3. 施工废水

本工程施工期间的废水主要有生活污水、船舶含油废水。

(1) 生活污水

生活污水主要来源于船舶施工人员产生的生活污水。

本工程施工高峰期时，水上施工人员高峰期可达120人（含船员40人），根据《水运工程环境保护设计规范》（JTS149-2018）及2019年修订，类比沿海施工船舶船员生活用水量按100L/d·人，生活污水产生量85%计，则施工人员生活污水产生量约10.2m³/d。参考《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。施工船舶生活污水收集上岸后交由有资质单位清运处理，不得直接排放入海。

(2) 含油污水

本项目海上施工主要施工船舶为网箱安装船、辅助小艇、拖船、起重船等。根据《水运工程环境保护设计规范》（JTS149-2018），载重500吨以下的船舶舱底油污水产生量按0.14 m³/d·艘计，载重500~1000吨之间的船舶舱底油污水产生量按0.27m³/d·艘计。本项目工作船、指挥船、打桩船、吊船、运输船、起重船、拖轮、供水船、机动艇和辅助船各船只总载重均低于等于500t，驳船总载重介于1000~3000吨之间；拖船总载重5000吨。本项目含油污水每天产生量为6.88m³/d，计算过程见表4.2.3-2，处理前油污水含油浓度约，按5000mg/L计算，则船舶含油污水中石油类产生量为34.4kg/d。含油污水经船舶含油污水收集舱集中收集上岸后，交由有资质处理单位接收处置。船舶舱底油污水水量详见下表。

表 4.2.3-1 船舶舱底油污水水量表

船舶载重吨 (t)	舱底油污水产生量 (m ³ /d 艘)	船舶载重吨 (t)	舱底油污水产生量 (m ³ /d 艘)
500	0.14	3000-7000	0.81-1.96
500-1000	0.14-0.27	7000-15000	1.96-4.20
1000-3000	0.27-0.81	15000-25000	4.20-7.00

表 4.2.3-2 项目船舶含油废水计算表

序号	船舶类型	船舶载重吨 (t)	船舶人员配备 (人)	数量 (艘)	计算系数 (m ³ /d 艘)	舱底油污水产生量 (m ³ /d 艘)
1	锚碇块投放船	500	5	4	0.14	0.56
2	网箱安装船（带有吊臂）	100	3	6	0.14	0.84
3	辅助小艇	0.4	2	6	0.14	0.84

4	拖船	5000	7	2	1.5	3
5	机动艇	0.4	2	2	0.14	0.28
6	起重船	100	4	1	0.14	0.14
7	施工运输船	3000	7	1	0.81	0.81
8	驳船	1000	6	1	0.27	0.27
9	潜水工作船	100	4	1	0.14	0.14
合计		/	40	24	3.42	6.88

因此，项目含油废水经上述措施处理后对海洋环境影响较小。但应加强施工船舶、设备保养与维护，杜绝跑、冒、滴、漏。

4.2.4. 施工噪声

施工期噪声主要来自各类施工船舶、施工机械产生的噪声，噪声最大可达90dB(A)，类比同类型项目，不同的施工船舶、施工机械产生的噪声声压级见下表。

表 4.2.4-1 施工机械 5m 处声级值

施工设备	距离 (m)	噪声级 dB(A)
锚碇块投放船	5	85
网箱安装船 (带有吊臂)	5	85
施工运输船	5	85
起重船	5	90
驳船	5	85
拖船	5	85
辅助小艇	5	80
机动艇	5	80
潜水工作船	5	80

4.2.5. 固体废物

项目施工过程中产生的固体废物主要为生活垃圾和建筑垃圾。

(1) 生活垃圾

参照《水运工程环境保护设计规范》(JTS149-2018)，施工船舶生活垃圾以人均1.5kg/d产生量计算，本工程船舶施工人员最多为120人计算，则施工船舶工作人员每天产生约180kg的生活垃圾。船舶生活垃圾经收集装置收集后上岸交由具有接收处理能力的环保服务公司处理。

(2) 建筑垃圾

项目结构施工过程中会产生少量建筑垃圾，如断残钢筋头、包装袋、废旧设备等，上岸后交由有资质的单位处置利用。

4.2.6. 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 4.2.6-1 项目施工期主要污染物排放情况

种类	污染源	产生量	主要污染物	环保措施及排污去向
废气	施工船舶	少量	SO ₂ 、NO _x 和烟尘	自然排放
悬浮物	鱼礁投放	0.24kg/s	SS	自然沉降
	座底式桁架养殖试验平台桩腿固定	0.33kg/s	SS	自然沉降
	网箱安装固定、吊养养殖固定	0.11kg/s	SS	自然沉降
废水	生活污水	10.2m ³ /d	COD、BOD、SS、氨氮、动植物油等	污水储存柜（船舶）收集上岸后交由有资质的单位进行处理。
	船舶舱底油污水	6.88t/d	石油类：34.4kg/d	船舶收集后，交由有资质的单位进行处理，不得向海域排放。
噪声	施工船舶、施工机械	80~90dB(A)	等效连续 A 声级	加强施工作业管理，杜绝夜间施工
固废	生活垃圾	180kg/d	生活垃圾	交由有资质的单位接收处理
	建筑垃圾	少量	建筑垃圾	运至政府部门指定的位置处置或综合利用

4.3. 营运期污染物排放状况

4.3.1. 养殖污染物

4.3.1.1. 饵料及鱼类排泄物

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。据刘潇波等相关文献，在所投喂的 100% 饲料中，有 13%~15% 的饲料直接散失于水体中，85%~87% 的饲料被鱼摄食。在摄食的饲料中，有 25%~35% 饲料被鱼体用于增加体重，41.6%~48% 的饲料被鱼体用于维持生命，其排泄物以氮的形式进入水体，10.4%~12% 的饲料未被鱼类消化吸收，以鱼粪的形式进入水体。

在养殖过程中，产生悬浮物污染的主要来源有残余饵料和鱼粪。网箱养殖分为初期（幼鱼）、中期和末期（成鱼）共三期，不同养殖期网箱养殖的污染物源强是不同的。养殖前期（体重<150g/ind）日投喂量为鱼体总重的 5%~6%；养殖中、后

期（体重>150g/ind）日投喂量为鱼体总重的 2%~3%，一般每天早、晚各投喂一次，每天投放摄食时长共为 3 小时。

网箱养鱼输出的众多废物中对水环境产生富营养化的影响主要来自于未食饲料、粪便和排泄物中含有的营养物质：氮、磷、有机物。而且鱼类放养密度越大，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，采用物料衡算法计算，不同养殖期饵料散失量源强如下：

表 4.3.1-1 单个网箱养殖饵料散失量源强

序号	养殖设施名称	养殖周期	鱼体重	养殖密度	网箱容积	鱼体重	日投喂量	饵料日投放量	饵料直接散失率	饵料直接损失量	摄食时长	饵料直接损失量
			kg/条	条/m ³	(m ³)	(t)	(t)	(t)	(t/d)	(h/d)	(kg/s)	
1	重力式深水网箱	前期	0.1	60	8000	48	6%	2.88	15%	0.432	3	0.04
		中期	0.3	60	8000	144	3%	4.32	14%	0.6048	3	0.06
		后期	0.5	60	8000	240	3%	7.2	13%	0.936	3	0.09
2	简易钢制网箱	前期	0.1	60	10000	60	6%	3.6	15%	0.54	3	0.05
		中期	0.3	60	10000	180	3%	5.4	14%	0.756	3	0.07
		后期	0.5	60	10000	300	3%	9	13%	1.17	3	0.11
3	半潜式桁架类深水网箱	前期	0.1	60	30000	180	6%	10.8	15%	1.62	3	0.15
		中期	0.3	60	30000	540	3%	16.2	14%	2.268	3	0.21
		后期	0.5	60	30000	900	3%	27	13%	3.51	3	0.33
4	大型多功能养殖网箱	前期	0.1	60	100000	600	6%	36	15%	5.4	3	0.50
		中期	0.3	60	100000	1800	3%	54	14%	7.56	3	0.70
		后期	0.5	60	100000	3000	3%	90	13%	11.7	3	1.08
5	座底式桁架类养殖网箱	前期	0.1	60	62000	372	6%	22.32	15%	3.348	3	0.31
		中期	0.3	60	62000	1116	3%	33.48	14%	4.6872	3	0.43
		后期	0.5	60	62000	1860	3%	55.8	13%	7.254	3	0.67
6	大型生态养殖围栏	前期	0.1	60	300000	1800	6%	108	15%	16.2	3	1.50
		中期	0.3	60	300000	5400	3%	162	14%	22.68	3	2.10
		后期	0.5	60	300000	9000	3%	270	13%	35.1	3	3.25

注：根据项目最大设计产能，按养殖密度最大的金鲳鱼计算。

根据《卵形鲳鲹对饲料原料的体外消化率研究》（刘锡强）、《卵形鲳鲹摄食、耗氧节律和胃肠排空时间的研究》（孙莘溢、黄小林等）等文献资料相关研究，卵形鲳鲹在摄食第 19h 胃内含物为 0，综合考虑排粪时间为 16h。

表 4.3.1-2 项目单个网箱饵料及鱼类排泄物产生情况

序号	养殖设施名称	养殖周期	饵料日投放量 (t)	鱼类摄食率 (%)	鱼粪量入水率 (%)	进入水体的鱼粪量 (t/d)	排粪时间 (h)	源强 (kg/s)
1	重力式深水网箱	前期	2.88	85%	12%	0.294	16	0.005
		中期	4.32	86%	12%	0.446	16	0.008
		后期	7.2	87%	12%	0.752	16	0.013
2	简易钢制网箱	前期	3.6	85%	12%	0.367	16	0.006
		中期	5.4	86%	12%	0.557	16	0.010
		后期	9	87%	12%	0.940	16	0.016
3	半潜式桁架类深水网箱	前期	10.8	85%	12%	1.102	16	0.019
		中期	16.2	86%	12%	1.672	16	0.029
		后期	27	87%	12%	2.819	16	0.049
4	大型多功能养殖网箱	前期	36	85%	12%	3.672	16	0.064
		中期	54	86%	12%	5.573	16	0.097
		后期	90	87%	12%	9.396	16	0.163
5	座底式桁架类养殖网箱	前期	22.32	85%	12%	2.277	16	0.040
		中期	33.48	86%	12%	3.455	16	0.060
		后期	55.8	87%	12%	5.826	16	0.101
6	大型生态养殖围栏	前期	108	85%	12%	11.016	16	0.191
		中期	162	86%	12%	16.718	16	0.290
		后期	270	87%	12%	28.188	16	0.489

在严格控制网箱养殖密度、合理控制养殖结构的前提下，严格控制投喂饵料、养殖密度，减少有机质的输入，探索立体生态养殖，充分利用饵料，提高养殖产量，减小因投饵对水质造成的影响。

4.3.1.2. 网箱养殖污染物

● 无机氮、活性磷酸盐、有机物产生源强分析

根据《关于发布〈排放源统计调查产排污核算方法和系数手册〉的公告》（公告 2021 年第 24 号）中“农业污染源产排污系数手册”，网箱养殖对水环境的主要污染负荷为化学需氧量、氨氮、总氮、总磷，本项目养殖排污系数参考其“表 6 水产养殖业排污系数-广东省”系数。如下表。

表 4.3.1-3 广东省排水产养殖业排污系数表

使用区域	排污系数 (kg/t)			
	总氮	总磷	化学需氧量 (COD _{Mn})	氨氮
广东	2.689	0.522	5.387	0.462

注：为使水产养殖业 COD（锰法）测算结果同农业其他源 COD（铬法）计算结果一致，须将水产养殖业 COD（锰法）产排污量×2.5 倍，COD（锰法）=13.468/2.5=5.387。

水产养殖业水污染物（化学需氧量、氨氮、总氮、总磷）排放量采用产排污

系数法核算，某项污染物排放量计算公式如下：

$$Q_j = q \times e_j \times 10^{-3}$$

其中：

Q_j ——指某省水产养殖第 j 项污染物排放量（单位：吨）；

q ——指某省水产养殖的水产品产量（单位：吨）；

e_j ——指某省水产养殖第 j 项污染物排放系数（单位：千克/吨）。

项目年产鱼类 8300t/a（以金鲳鱼计），金鲳鱼养殖周期约 5~6 个月（按 5 个月约 150 天取值），每年养殖 2 个批次，考虑排粪时间 16h，则本项目网箱养殖排污情况如下表。

表 4.3.1-4 项目单个网箱养殖污染物排放量

序号	养殖设施名称	污染物	产污系数	网箱数量	养殖产量小计	单个设施养殖产量	单个网箱污染物产生量		网箱污染物产生总量
			kg/t-产品	个	t/a	t/a	t/a	kg/s	t/a
1	重力式深水网箱	化学需氧量	5.387	60	1721.25	28.6875	0.15	0.0000023	9.272
		氨氮	0.462	60	1721.25	28.6875	0.01	0.0000002	0.795
		总氮	2.689	60	1721.25	28.6875	0.08	0.0000011	4.628
		总磷	0.522	60	1721.25	28.6875	0.01	0.0000002	0.898
2	筒易钢制网箱	化学需氧量	5.387	18	1147.5	63.75	0.34	0.0000051	6.182
		氨氮	0.462	18	1147.5	63.75	0.03	0.0000004	0.530
		总氮	2.689	18	1147.5	63.75	0.17	0.0000025	3.086
		总磷	0.522	18	1147.5	63.75	0.03	0.0000005	0.599
3	半潜式桁架类深水网箱	化学需氧量	5.387	3	573.75	191.25	1.03	0.0000153	3.091
		氨氮	0.462	3	573.75	191.25	0.09	0.0000013	0.265
		总氮	2.689	3	573.75	191.25	0.51	0.0000076	1.543
		总磷	0.522	3	573.75	191.25	0.10	0.0000015	0.299
4	大型多功能养殖网箱	化学需氧量	5.387	1	637.5	637.5	3.43	0.0000509	3.434
		氨氮	0.462	1	637.5	637.5	0.29	0.0000044	0.295
		总氮	2.689	1	637.5	637.5	1.71	0.0000254	1.714
		总磷	0.522	1	637.5	637.5	0.33	0.0000049	0.333
5	座底式桁架类养殖网箱	化学需氧量	5.387	1	395.25	395.25	2.13	0.0000315	2.129
		氨氮	0.462	1	395.25	395.25	0.18	0.0000027	0.183
		总氮	2.689	1	395.25	395.25	1.06	0.0000157	1.063
		总磷	0.522	1	395.25	395.25	0.21	0.0000031	0.206
6	大型生态养殖围栏	化学需氧量	5.387	2	3825	1912.5	10.30	0.0001526	20.605
		氨氮	0.462	2	3825	1912.5	0.88	0.0000131	1.767
		总氮	2.689	2	3825	1912.5	5.14	0.0000762	10.285
		总磷	0.522	2	3825	1912.5	1.00	0.0000148	1.997

将总氮、总磷换算成无机氮、活性磷酸盐计算，根据经验数据，无机氮占总氮的比例 0.77:1，即无机氮=0.77×总氮；总磷与活性磷酸盐的转换关系为 1:0.8，即活性磷酸盐=0.8×总磷。转换后的养殖污染物排放量如下表：

表 4.3.1-5 项目单个网箱养殖污染物排放量

序号	养殖设施名称	污染物	单个网箱污染物产生量		网箱污染物产生总量 t/a
			t/a	kg/s	
1	重力式深水网箱	化学需氧量	0.15	0.0000023	9.272
		无机氮	0.06	0.0000009	3.564
		活性磷酸盐	0.01	0.0000002	0.719
2	简易钢制网箱	化学需氧量	0.34	0.0000051	6.182
		无机氮	0.13	0.0000020	2.376
		活性磷酸盐	0.03	0.0000004	0.479
3	半潜式桁架类深水网箱	化学需氧量	1.03	0.0000153	3.091
		无机氮	0.40	0.0000059	1.188
		活性磷酸盐	0.08	0.0000012	0.240
4	大型多功能养殖网箱	化学需氧量	3.43	0.0000509	3.434
		无机氮	1.32	0.0000196	1.320
		活性磷酸盐	0.27	0.0000039	0.266
5	座底式桁架类养殖网箱	化学需氧量	2.13	0.0000315	2.129
		无机氮	0.82	0.0000121	0.818
		活性磷酸盐	0.17	0.0000024	0.165
6	大型生态养殖围栏	化学需氧量	10.30	0.0001526	20.605
		无机氮	3.96	0.0000587	7.920
		活性磷酸盐	0.80	0.0000118	1.597
合计		化学需氧量	17.39428631	0.000258	44.7134
		无机氮	6.685611962	0.000099	17.1859
		活性磷酸盐	1.3484043	0.000020	3.4662

由于残饵和排泄物一般会被海流冲出网箱外，经过海流扩散稀释、溶化分解，氮、磷等污染物排放到海水中，网箱周边局部水域污染物浓度增加，对海水水质造成一定的影响。在采取生态养殖措施、控制网箱养殖规模的情况下，残饵和排泄物排放对海水水质的影响是有限的，不会造成水质明显恶化变质。另外，残饵和排泄物也可以被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。

4.3.1.3. 铜、锌产生源强分析

本项目网箱等钢结构的防腐蚀措施采用阴极保护，可能涉及锌块对海水水质的影响。根据《关于发布〈排放源统计调查产排污核算方法和系数手册〉的公告》

(公告 2021 年第 24 号) 中“农业污染源产排污系数手册”，网箱养殖对水环境的主要污染负荷为化学需氧量、氨氮、总氮、总磷，未对铜、锌进行控制，本次参考《第一次全国污染源普查水产养殖业污染源产排污系数手册》，本项目养殖金鲳鱼为主，排污系数手册中无金鲳鱼产污系数，因此，本次铜、锌排污系数参照石斑鱼海水网箱养殖业排污系数，如下表。

表 4.3.1-6 石斑鱼海水网箱养殖业排污系数表

品种代码	养殖品种	使用区域	排污系数 (g/kg)	
			铜	锌
S39	石斑鱼	广东	0.0012	0.0410

铜、锌主要考虑饵料及鱼类排泄物带出，根据前文分析，项目各个养殖周期内铜、锌产生源强情况如下表。

表 4.3.1-7 项目网箱养殖污染物排放量 (吨/年)

序号	养殖设施名称	养殖周期	饵料直接损量	排泄物产生量	Cu 产生量	Zn 产生量
			(kg/s)	(kg/s)	(g/s)	(g/s)
1	重力式深水网箱	前期	0.04	0.005	0.00003	0.0009
		中期	0.06	0.008	0.00004	0.0013
		后期	0.09	0.013	0.00006	0.0020
2	简易钢制网箱	前期	0.05	0.006	0.00003	0.0011
		中期	0.07	0.01	0.00005	0.0016
		后期	0.11	0.016	0.00007	0.0025
3	半潜式桁架类深水网箱	前期	0.15	0.019	0.00010	0.0035
		中期	0.21	0.029	0.00014	0.0049
		后期	0.33	0.049	0.00022	0.0077
4	大型多功能养殖网箱	前期	0.50	0.064	0.00034	0.0116
		中期	0.70	0.097	0.00048	0.0163
		后期	1.08	0.163	0.00075	0.0255
5	座底式桁架类养殖网箱	前期	0.31	0.04	0.00021	0.0072
		中期	0.43	0.06	0.00030	0.0101
		后期	0.67	0.101	0.00046	0.0158
6	大型生态养殖围栏	前期	1.50	0.191	0.00101	0.0347
		中期	2.10	0.29	0.00143	0.0490
		后期	3.25	0.489	0.00224	0.0766
合计		前期	2.55	0.325	0.00173	0.0589
		中期	3.57	0.494	0.00244	0.0833
		后期	5.525	0.831	0.00381	0.1303

由于项目养殖区域地处开阔海域，溶解出的铜、锌会随着海水的运动较快扩散，按照风机海域水深平均 15.5m，项目使用海域面积为 604.7994 公顷，进入海水中的锌平均浓度仅 $5.6 \times 10^{-4} \text{mg/L}$ ，远不会引起工程海域海水水质的超标，对工程海域海水水质影响有限。

4.3.1.4. 吊养养殖污染物

本项目牡蛎养殖过程中无需投喂任何人工饵料和药物，养殖产品完全依靠所在海域天然环境生长，是一种原生态的养殖生产模式，养殖污染主要为牡蛎生长过程中产生的分泌排泄物。

海上牡蛎养殖对水环境的主要污染负荷为氮、磷、化学需氧量等，《关于发布〈排放源统计调查产排污核算方法和系数手册〉的公告》（公告2021年第24号）无相关参数，因此，本次计算参考《第二次全国污染源普查产排污系数手册》（农业源）中第二篇水产养殖业产排污系数对牡蛎排污进行核算。

根据《第二次全国污染源普查产排污系数手册》（农业源）中第二篇水产养殖业产排污系数，牡蛎海水筏式养殖业排污系数详见下表。

表 4.3.1-8 牡蛎海水筏式养殖业排污系数表

养殖水体	养殖品种	养殖方式	排污系数 (g/kg)			
			总氮	总磷	氨氮	化学需氧量
海水养殖	牡蛎	浅海筏式	-0.17	-0.01	0.00	-7.24

牡蛎主要以依靠海洋中的微型海藻和有机碎屑为食，无需投放人工饵料，养殖过程中对氮、磷有一定的吸附作用，因此总氮、总磷、化学需氧量成负增长状态，对水体可起到净化作用。项目养殖牡蛎产能为10266.67t/a，则根据系数计算的各项污染物产生量如下表：

表 4.3.1-9 项目牡蛎养殖污染物排放量（吨/年）

污染物	总氮	总磷	氨氮	化学需氧量
排放量	-1.745	-0.103	0	-74.331

4.3.2. 废水

(1) 网箱清洗废水

在网箱养殖中，网箱的清洗和更换是非常重要的工作。在海水中浸泡了一定时间的网箱系统，会或多或少地附着藤壶、牡蛎等贝类和各种藻类，这在一定程度上阻碍了水流的畅通和水体的交换，从而影响了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，要根据网箱上附着生物量及养殖鱼类情况进行换网和清洗。一般3个月~6个月换一次网，换网时必须防止养殖鱼卷入网角内造成擦伤和死亡，操作要细致。

本项目采用工作船上的吊机将网箱吊起后存放在工作船上进行换网，网衣清洗环节由养殖企业上岸处理，不在本次评价范围内。

(2) 生活污水

本工程运营期间约有20名工作人员在海上工作平台进行日常管理，根据《水运工程环境保护设计规范》（JTS149-2018）及2019年修订，类比沿海施工船舶船员生活用水量按100L/d·人，生活污水产生量85%计，则管理人员生活污水产生量约1.7m³/d。参考《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。营运期生活污水收集上岸后交由有资质单位清运处理，不得直接排放入海。

(3) 船舶含油污水

营运期船舶污水主要为船舶舱底含油污水。本项目运营期共配备有5艘500吨的养殖辅助船，按每天最大船舶使用量5艘考虑，根据《水运工程环境保护设计规范》（JTS149-2018），船舶舱底油污水发生量为0.14t/d·艘，项目营运期含油污水产生量为0.7m³/d，处理前油污水含油浓度约，按5000mg/L计算，则船舶含油污水中石油类产生量为3.5kg/d。

本项目营运期工作船舶含油污水经船舶含油污水收集舱集中收集上岸后，交由有资质处理单位接收处置。

4.3.3. 废气

营运期主要为工作船运输过程排放的少量船舶尾气和柴油发电机尾气。船舶所排放的主要污染物为NO_x、SO₂和烟尘等。

另外，升降、起网和投饲时主要依靠太阳能板发电，项目配备2台80kWh柴油发电机备用，备用柴油发电机按每月开机时间4小时计算，年使用时间约48小时。发电机耗油率取0.228kg/（kW·h），则本项目柴油发电机组全年共耗油约3.50吨（=2×0.228×48×80/1000=1.75t/a），项目现场最大储存2个月的柴油量，即0.3t。柴油发电机发电运行时会产生废气污染，污染物主要为SO₂、NO_x和烟尘。

项目运营期船舶尾气和发电机废气产生量不大，影响范围、时间有限，且项目所在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，且评价范围内没有敏感点，对周边环境的影响有限。

4.3.4. 噪声

项目运营过程中，噪声污染源主要来源于柴油发电机、工作船行驶产生的噪声，噪声源值范围约85dB(A)。运营期主要噪声源见下表。

表 4.3.4-1 运营期主要噪声源

序号	噪声源	距离 (m)	噪声级, dB (A)
1	工作船	5	85
2	柴油发电机	5	80

4.3.5. 固体废物

本项目运营期间产生的固体废物主要有生活垃圾、废弃养殖材料、病死鱼、废弃防疫药物和废包装袋等。

(1) 生活垃圾

本项目日常管理工作人员为20人，参照《水运工程环境保护设计规范》(JTS149-2018)，船舶生活垃圾以人均1.5kg/d产生量计算，生活垃圾产生量约为30kg/d，生活垃圾待船舶靠岸后交由具有接收处理能力的环保服务公司处理。

(2) 废弃养殖材料

网箱养殖和吊养养殖过程中，网箱和吊养设施常年浸泡在海水中，受海水腐蚀、海浪冲击，长期养殖过程会产生废弃的养殖材料，主要为废旧网衣、废旧塑料管、聚乙烯绳索、废旧浮球、废旧浮筏和养殖笼等。根据建设单位预估，产生量约5.0t/a，拆除更换后运回陆地，交由有资质的单位接收处置，不在海域丢弃，基本不会对海洋环境产生影响。

(3) 病死鱼

网箱养殖过程产生少量的病死鱼，出现病死鱼时应及时从网箱中转移出来，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) 废弃防疫药物，废包装袋

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,主要以预防为主。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。若涉及防治防疫药物药品的使用,产生的废弃防疫药物,废包装袋需妥善收集后运往陆域处置,交给具有接收处理能力的环保服务公司处理,不得随意抛到海域。

4.3.6. 营运期污染物汇总

项目营运期主要环境污染物的产生及排放情况见下表。

表 4.3.6-1 营运期污染物发生及处置状况

种类	产污环节	发生量	主要污染物		治理措施及排放方式
			名称	产生量	
养殖污 染物	重力式 深水网 箱	-	饲料	0.04~0.09kg/s	控制养殖密度,科学投喂, 自然排海
			鱼粪	0.005~0.013kg/s	
			铜	0.0003~0.0006g/s	
			锌	0.0009~0.0020g/s	
			化学需氧量	9.272t/a	
			无机氮	3.564t/a	
			活性磷酸盐	0.719t/a	
	简易钢制网 箱	-	饲料	0.05~0.11kg/s	控制养殖密度,科学投喂, 自然排海
			鱼粪	0.006~0.016kg/s	
			铜	0.00003~0.00007g/s	
			锌	0.0011~0.0025g/s	
			化学需氧量	6.182t/a	
			无机氮	2.376t/a	
			活性磷酸盐	0.479t/a	
	半潜式桁架 类深水网箱	-	饲料	0.15~0.33kg/s	控制养殖密度,科学投喂, 自然排海
			鱼粪	0.019~0.049kg/s	
			铜	0.0001~0.00022g/s	
			锌	0.0035~0.0077g/s	
			化学需氧量	3.091t/a	
			无机氮	1.188t/a	
			活性磷酸盐	0.240t/a	
	大型多功能 养殖网箱	-	饲料	0.50~1.08kg/s	控制养殖密度,科学投喂, 自然排海
			鱼粪	0.064~0.163kg/s	
			铜	0.00034~0.00075g/s	
锌			0.0116~0.0255g/s		
化学需氧量			3.434t/a		

			无机氮	1.320t/a	
			活性磷酸盐	0.266t/a	
座底式桁架类养殖网箱	-		饲料	0.31~0.67kg/s	控制养殖密度，科学投喂，自然排海
			鱼粪	0.04~0.101kg/s	
			铜	0.00021~0.00046g/s	
			锌	0.0072~0.0158g/s	
			化学需氧量	2.129t/a	
			无机氮	0.818t/a	
			活性磷酸盐	0.165t/a	
大型生态养殖围栏	-		饲料	1.5~3.25kg/s	控制养殖密度，科学投喂，自然排海
			鱼粪	0.191~0.489kg/s	
			铜	0.0010~0.00224g/s	
			锌	0.0347~0.0766g/s	
			化学需氧量	20.605t/a	
			无机氮	7.920t/a	
			活性磷酸盐	1.597t/a	
吊养养殖	-		总氮 (t/a)	-1.745	控制养殖密度，优化养殖环境
			总磷 (t/a)	-0.103	
			化学需氧量 (t/a)	-74.331	
废水	网箱清洗废水	-	网衣清洗环节由养殖企业上岸处理		/
	生活污水	1.70m ³ /d	COD、BOD ₅ 、氨氮、SS 等		集中收集后，上岸后交有资质的单位进一步进行处理
	含油污水	0.7m ³ /d	石油类	3.5kg/d	船舶靠岸后，交有资质的单位进一步进行处理
废气	船舶行驶、柴油发电机	少量	SO ₂ 、NO 和烟尘		自然排放
固废	生活垃圾	30kg/d	生活垃圾		集中收集上岸，交由有资质的单位处理
	病死鱼	少量	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
	废弃养殖材料	5.0t/a	废旧网衣、废旧塑料管等		上岸后交由有资质的单位进行处理
种类	产污环节	发生量	主要污染物		治理措施及排放方式
			名称	产生量	
	废弃防疫药物，废包装袋	少量	废弃防疫药物、废包装等		交由有资质的单位进行处理

噪声	船舶行驶	85dB(A)	等效连续 A 声级	海上自然排放
----	------	---------	-----------	--------

4.4.工程各阶段非污染环节分析

4.4.1. 施工期非污染源生态环境影响分析

4.4.1.1. 对海洋水动力环境、冲淤环境分析

本项目人工鱼礁区运输投放人工鱼礁礁体3.501万空方,人工鱼礁被投放到海底后,会显著改变海底地形地貌,产生局部隆起。这些人造的局部隆起能够改变海水流向,在其迎流面产生上升流,从而带动海水内的营养物质产生由下而上的循环,提高了表层海水的营养物质丰度,为主要生活在表层海水的浮游生物提供了更多的养分。由于工程规模相对较小,仅对项目附近的地形地貌产生影响,但影响不大。

网箱养殖和吊养养殖的布置和日常的养殖活动,将会对海流造成一定程度的阻碍,引起养殖区内海域水动力条件的改变,对工程附近海域水动力环境、地形地貌与冲淤环境可能产生一定的影响。由于网箱养殖和吊养养殖设施均为透空式结构,水流可以自由通过,固定铁锚及锚泊系统根部直径都较小,因此对水动力和地形地貌环境的影响很小。

项目海上工作平台为高桩梁板结构,管桩采用预应力PHC管桩。项目水工建筑物桩柱导致水流绕流,在背流面产生多涡旋的紊乱复杂局部流场,根据相关研究结果,圆柱桩群对泥沙冲淤的影响与桩直径、间距、迎水角度、水深、流速、涨落潮动力强弱差别等因素均有关系。一般而言,桩群迎流面易出现冲刷而背流面易出现淤积。由于本项目海上工作平台的锚定数量有限,且占用海床底土面积较小,对附近海域水动力环境和冲淤环境影响不大。

4.4.1.2. 施工期对海域生态环境的影响

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。

4.4.1.3. 项目建设对通航环境影响

根据《广东省粤西航道事务中心关于湛江市现代化海洋牧场近期建设海城选址方案(征求意见稿三稿)意见的复函》(粤西航道函〔2023〕187号),本项目不

占用现状航道和沿海船舶公共航道，符合航道保护管理相关规定。流沙湾1号海域避让交通运输航道，与现状航道安全距离大于1800米，选址不与航道相冲突。

项目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，本项目不占用习惯航路和航道，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。

4.4.1.4. 项目建设对海上设施的影响

项目建设海域避让海上设施，与湛江湾乌石港区进出港航道和海上锚地安全距离大于2500米，选址不与海上设施相冲突。避让海底电缆管道，与海底输油管道安全距离大于1200米，与海底电缆安全距离大于8000米，与海上油气开采平台安全距离大于5000米，选址不与海底电缆管道相冲突。对项目周围海上设施影响较小。

(不公开)

图 4.4.1-1 项目用海与海上设施叠置图

(不公开)

图 4.4.2-2 项目用海与海底电缆管道叠置图

4.4.2. 营运期非污染源生态环境影响分析

本项目营运期主要开展养殖活动，营运期对海域水动力环境、地形地貌与冲淤环境等影响较小，将对通航环境产生一定影响，主要为营运维护等增加海域船舶流量。

4.5. 清洁生产与总量控制

4.5.1. 总量控制

为全面贯彻落实国家、自治区、市生态环境保护工作会议的精神和国务院《关于加强环境保护若干问题的决定》，湛江市“十四五”期间的生态环境保护目标，实施可持续发展的战略，需认真履行环境影响评价和“三同时”审批制度，大力倡导和推行清洁生产，对污染物排放量要从浓度控制转向总量控制，将污染物的排放总量控制作为建设项目防止污染、施工竣工验收和核发污染物排放许可证的依据。

本项目大气污染物主要为船舶尾气和柴油发电机尾气，主要污染因子为 SO₂、NO_x、烟尘，产生量较少且不连续，因此，不设置大气总量控制指标。

本工程营运期船舶含油污水由有资质的单位接收处理，工作人员生活污水总量指标纳入接收方的总量指标，不再申请总量控制指标。

根据工程分析，网箱养殖过程产生污染物排放总量约 COD111.78 t/a，总氮 13.39t/a，总磷 3.90t/a。根据有关规定，国家对已做出总量控制规定的海域需实施总量控制，本项目拟建海域目前还不是总量控制海域，因此项目不做污染物排放总量控制。

4.5.2. 清洁生产

在施工过程中，本项目采用了合适的施工方案，使用先进的工艺装备及合适的养殖材料和鱼礁礁体，降低了项目建设对周边环境的不利影响；同时，在施工作业中严格遵守技术规范，以环境保护意识贯穿于整个建设过程中，文明施工，爱护环境，营运期间采用优质的养殖饲料，严格控制好养殖密度和养殖期限，污染物经妥善处理，采用科学的投喂方法和加强日常管理，推行健康养殖等，这些都是清洁生产原则在本项目建设过程中的体现。总体来看，本项目清洁生产水平较高。

本评价建议建设单位制订相应的管理规章制度、安全生产指引、职业培训等，实行岗位责任制，并加强质量管理和环保管理水平，减少污染排放，达到清洁生产的目的。

(1) 严格控制操作条件，按操作规程操作，加强岗位责任制。建立清洁生产组织机构，明确职责，确保清洁生产工作的落实。

(2) 为使清洁生产工作得到落实，应加强管理，建立清洁生产管理体系制定相应规章制度，及时发现问题、解决问题，最大限度地做好清洁生产工作。

5. 区域自然和社会环境现状

5.1. 自然环境概况

5.1.1. 气候特征

项目所处海域属热带季风气候，日光充足，气候温暖，冬季干燥少雨，夏季湿润多雨。本报告主要采用徐闻气象站的气象统计资料，该气象站坐标为东经 110° 10，北纬 20° 20，气象资料采用徐闻县气象观测站统计资料《湛江市气象公共服务白皮书（2023 年）》进行分析。

（1）气温

2023 年湛江市气温整体接近常年水平，但年内波动显著。年平均气温为 23.5°C，与常年值（23.6°C）基本持平。年内冷空气活动频繁，春运期间出现 5 次冷空气过程，气温起伏较大，最低气温降至 6~8°C；2 月及 12 月均记录到冷空气导致的降温。高温方面，年最高气温达 36.7°C，5 月及 12 月部分时段最高气温仍维持在 27°C 左右。

（2）相对湿度

本项目区域年均相对湿度为 83%，各年都在 80~85% 之间，各月平均相对湿度都在 80% 以上，季节差异不明显。2023 年相对湿度常年维持较高水平，雨雾高发期湿度尤为突出：2 月受暖湿气流影响，市区相对湿度持续达 90~98%；12 月雾天时湿度同样高达 98%。这与湛江作为沿海城市的气候背景一致，雨季湿度普遍偏高。

（3）降水

2023 年湛江市年平均降雨量为 2033.4 毫米，较常年偏多 25.5%。降雨时空分布不均，北多南少；年平均日照时数为 1780.6 小时，较常年偏少 8.6%。汛期（4 月至 10 月）平均降水量的具体数据未在搜索结果中提供，但根据年平均降雨量推算，汛期降水量较常年偏多。主要降水出现在 8 至 10 月，其降雨量占全年的具体比例未提供，但可以推断各地出现了不同程度的气象干旱。年内有 5 个热带气旋影响湛江，较历史平均偏多 1.5 个，其中有 3 个台风严重影响湛江；强对流天气活动频繁，局地出现了强降水、强雷电、雷雨大风、冰雹等强对流天气；大雾天数较常年偏多；冬季冷空气活动较频繁。

（4）雾

项目所在海域以平流雾为主，也有锋面雾，雾日较多，主要出现在冬、春季（12

月至翌年4月），夏季和秋季极少有雾。据湛江市气象站1969~2007年间数据统计，累年平均雾日为16.0天。雾日的年际变化较大，年最多雾日数为46天（发生在1983年）。

项目所在海域年平均雾日数为25.2d，从全年分布来看，雾日主要出现在11月至翌年4月。历年最多雾日数为43d，历年最少雾日数14d。2023年湛江多次出现大雾天气，主要集中于1月至4月。典型事件包括：2月受东南暖湿气流影响，连续三天出现雾和零星小雨；5月1日以“雾~多云”天气开场；12月11日再次记录到“雾~多云”天气，这与湛江年均雾日25.2天、83%雾日集中于1-4月的气候规律吻合。

(5) 风

项目区域地处热带季风区，冬季盛行东北风，其风向大都在NNE~ENE之间；强冷空气南下时，沿海风力可达7-8级，平均风力也在5级以上。常向风向为NE和ENE向，强风向则为NNE向。徐闻气象站1987~2006年（共20年）长年测风资料的统计分析结果表明，徐闻气象站多年平均风速2.8m/s。徐闻县的常风向是E、ENE向，其中最多风向为E，其次为ENE向；近年新观测环境下，风向与长年的风向基本一致，风向主要来自于ENE和E向，其中ENE扇区来风频率最多。风向具有明显的季节性变化，秋季和冬季盛行风向为ENE向，春季盛行风向为ENE和E向，夏季盛行风向为E、ESE和SE向，见图5.1.1-1。

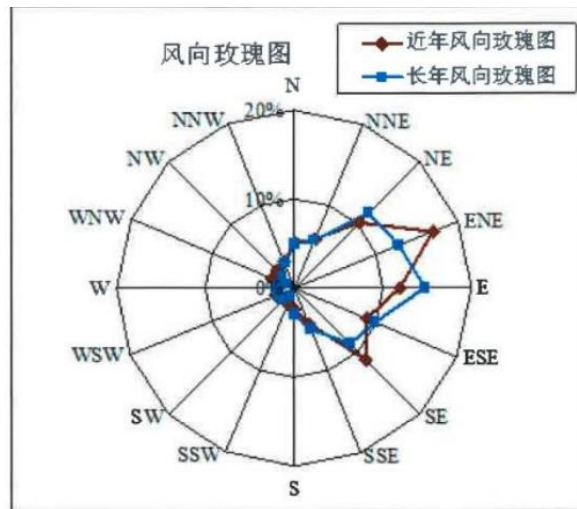


图 5.1.1-1 徐闻气象站长年及近年风向玫瑰图

5.1.2. 地形地貌

5.1.2.1. 海底地形地貌

雷州半岛西部近岸地貌多属于侵蚀-堆积岸坡，是水下堆积岸坡与侵蚀岸坡之间的过渡型岸坡。沉积物除部分源于大河补给外，主要来自近岸中、小河流和沿岸侵蚀物质。岸坡堆积作用和侵蚀作用之强弱，与沉积物供给状况和波浪作用强度相关。一般在沿岸流途经范围堆积作用发育，其余则大多以侵蚀作用为主，坡面底质相应出现细（泥质粉砂）和粗（砂、泥质砂）的变化。雷州半岛及海南岛周边的水下侵蚀-堆积岸坡主要分布在环海南岛近岸海域，以及琼州海峡沿岸海域、雷州半岛西部近岸海域。水下岸坡相对较陡，呈斜坡状，受波浪和近岸水流影响较大，海洋动力的改造作用较强，海底面常见中小型波痕存在。

受雷州半岛陆域掩护，由 NNE、E、SE、S 向等风向和台风作用引起的波浪甚弱，沿岸输沙活动不剧烈，湾口海积地貌不甚发育。各海湾间有岬角存在，潮间带有巨砾堆积，对岸线起了保护作用，使得岸线没有大规模的蚀退现象而处于相对稳定状况。因此该段海岸具有台地溺谷型海岸地貌的特征，属于台地溺谷型海岸地貌，岸段陆域均由玄武岩构成。

内陆架平原属于现代海底沉积地貌单元，其范围为水下岸坡下界到 50m 等深线范围，其宽度在 10.0km~120.0km 之间，比降 2.35%~0.3%。大多数内陆平原比较平坦，个别地段稍陡。由于内陆架平原陆源物质比较丰富，因此，现代沉积作用比较强盛，主要沉积物类型为粘土质粉砂和细砂，有砂砾沉积。由于海面变化和动力影响，在该地貌单元内形成了繁多的地貌形态。包括海底沙波、潮流沙脊、水下三角洲等。

5.1.2.2. 海底底质特征

北部湾的沉积物主要是陆源碎屑物质，陆源碎屑主要由广西沿岸、雷州半岛西岸和海南岛北岸的入海河流贡献。沿华南大陆的粤西沿岸流携珠江流域物质终年自 NE 流向 WS，一部分进入北部湾，与红河流域的泥沙一起加入到全年逆时针流动的北部湾环流，影响到北部湾海域的物质沉积；此外，沿海南岛西岸向北的南海水团以及北部湾的沿岸水系也会对该区域的物质沉积产生一定作用。

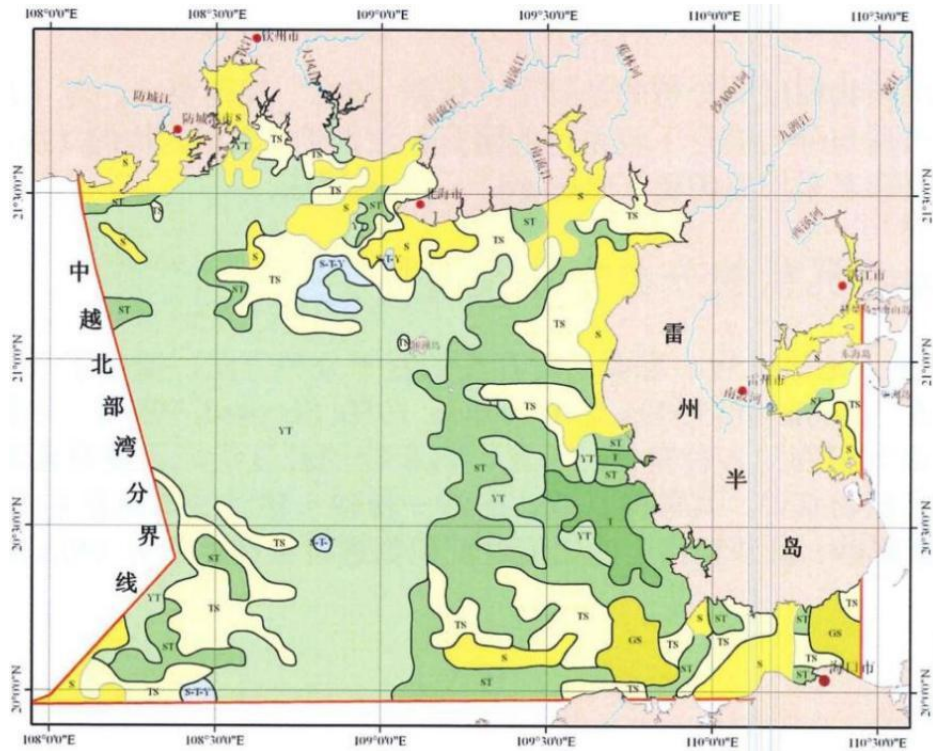


图 5.1.2-1 北部湾海底地质分布图

结合海底地形和沉积物平均粒径的分布来看，沉积物类型从粒径最大的砾石到粒径最小的粘土质软泥均有分布，但以粉砂为主，大范围的砂质沉积物，粗砂、中沙、粉砂和细砂均有分布，具有岸边粒度较细，中央海域粒度较粗的特征。在湾内的不同海区，表层沉积物也存在很大差异。北部湾中部为古滨岸浅滩沉积，主要是细砂分布区，是一个底部平坦的-40m~-50m 的水下阶地，这片砂质沉积物分布区在陆架折处消失，并在出口处形成小型陆架扇；在环绕雷州半岛西侧为在波浪作用形成的水下岸坡砂砾质沉积带，在该带外侧为粘土质粉砂沉积的狭窄泥质沉积带。

5.1.2.3. 地质构造

雷州半岛南部主要由喜马拉雅期晚、中更新世玄武岩、玄武质火山碎屑岩组成，近海边处多由第四系地层覆盖，第四系地层中常夹有火山喷发堆积的玄武岩。

雷州半岛北部多为第四系覆盖层，根据区域地质资料，其第四系地层厚达数百米。根据区域地质构造资料，距离场地较近的区域断裂主要有：湖仔断裂、和家——前山断裂、琼州海峡断裂、石峁岭断裂。

①湖仔断裂：从场地东北面约 11.0 公里处通过。走向 335 度，据第四系底板等高线研究，它切断了湖仔短轴背斜，在湖仔附近，断裂南西盘与北东盘地层发生错动，南西盘明显下降，断距达 100m 左右，向南断距逐渐减小为 15m。有向南

断距越来越小的趋势，推测该断裂经徐闻而延入琼州海峡。沿断裂有茅膏、加山岭等火山锥分布，结合深部重力等资料推测断面可能倾向南西，属于正断层。

②和家——前山断裂：从场地东南约 13.5 公里处通过。呈东西走向，规模较小，该断裂带现今活动还很强烈，表现为温泉沿断裂带分布；地层中有大面积的层状中~高温承压水存在，地热温率高达 10.50℃/100m，水量较丰富，水温在 35℃ 上。

③琼州海峡断裂：从场地南面约 30.0km 处通过，该断裂带的主体位于雷州半岛与海南岛之间的琼州海峡，呈东西方向展布的海槽将海南岛与广东大陆分开。断裂带的北界是遂西大断裂，南界是王五——文教大断裂，中间还有一系列东西向展布的断裂，共同控制雷琼断陷盆地的基性——超基性火山喷溢和沉积。从渐新世开始雷琼断陷的玄武岩具多期次多中心喷溢的特点，其中以更新世活动的规模最大。第三纪火山活动中心，早期在雷南，晚期迁移至琼北。第四系活动规模稍次。

④石岭岭断裂：该断裂呈东西方向弧形展布，起于徐闻县城内村，经石岭岭至流沙港，直指本项目场地，在场地东侧约 1.3km 处隐没，推测该断裂没入流沙湾，断裂沿线有两处火山锥分布。该断裂对本项目具直接影响。

根据本次勘察结果，场地范围本次勘察深度内虽未发现有活动性断裂带。

图 5.1.2-2 项目区域地质构造图（不公开）

5.1.2.4. 地震

雷州半岛属于雷琼地震带，是东南沿海地震带西端一个多震地区，徐闻至流沙港沿岸近年时有小震及有感地震发生。据相关资料，近五十年来发生的主要地震有：徐闻曲界地震（1975 年 12 月 21 日，3.0 级）；流沙湾地震（1982 年 7 月 31 日 2.6 级）；雷州湾近海地震（2008 年 1 月 31 日，3.0 级）；徐闻新寮岛地震（2007 年 7 月 13 日，3.2 级）；雷州企水地震（2009 年 7 月 9 日，1.8 级）；湛江雷州（北纬 20° 43'，东经 109° 52'）于 2009 年 9 月 12 日发生 1.9 级地震；湛江雷州（北纬 20° 50'，东经 109° 45'）于 2009 年 10 月 6 日发生 2.4 级地震；徐闻（北纬 20.5°，东经 110.2°）于 2010 年 4 月 22 日发生 2.1 级地震；湛江雷州（北纬 20.6°，东经 110.2°）于 2010 年 11 月 23 日发生 1.8 级地震。

5.1.3. 工程地质

本节工程地质资料主要引用自《2011年中央海洋牧场雷州乌石示范区人工鱼礁工程初步设计》（广州正见建筑工程设计有限公司，2011年）。勘察结果如下：

（1）勘察区海域场地地形平缓，地层简单，据揭露均为第四纪全新统海相冲洪积层，主要以淤泥质土及细砂和风化残积层的粉质粘土组成。未发现断裂构造及其他不良的工程地质现象，场地地层相对稳定。

（2）细砂和风化残积粉质粘土，其厚度大及稳定，而且遍布整个场地，可作为人工鱼礁的持力层。

（3）根据广东省地震烈度区划图，场地属于地震烈度VII度区。粉质粘土层上部是淤泥质砂层，且整个礁区范围内均现该层，层厚0.6~2.4米。因此，拟建人工鱼礁采用天然地基，以粉质粘土层作为地基持力层。

其中ZK3孔礁区淤泥最浅处（0.6米），而且钻孔附近海域相对较深，因此鱼礁投放时选择靠近ZK3孔海域区投放。

图 5.1.3-1 人工鱼礁区钻孔布置平面图（不公开）

5.1.4. 水下地形测量

2023年7月5日~7日，中通大地空间信息技术股份有限公司针对本项目用海海域利用单波束进行了水深地形的测量工作。测量结果见图5.1.4-1，海域水深范围为14.7~17.1m。水深自东向西逐渐增大。

图 5.1.4-1 项目所在海域水深地形图（不公开）

图 5.1.4-2 项目海域使用范围内水深地形图（不公开）

5.1.5. 主要海洋灾害

2024、2025 年广东省海洋灾害公报尚未公布，本节引用《2023 年广东省海洋灾害公报》数据。

2023 年，广东省海洋灾害以风暴潮、海浪灾害为主，赤潮、海平面变化、海岸侵蚀、咸潮入侵和海水入侵等均有不同程度发生，各类海洋灾害共造成直接经济损失 1.83 亿元，死亡失踪 1 人。

与近十年（2014-2023 年，下同）平均状况相比，2023 年海洋灾害直接经济损失、死亡失踪人口均低于平均值，分别为平均值的 10%和 25%。与 2022 年相比，2023 年海洋灾害直接经济损失减少 5.82 亿元。

2023 年，广东省共发生风暴潮过程 4 次，其中 2 次造成损失；近海发生灾害性海浪过程 12 次，海浪灾害过程 1 次；沿海发现赤潮 6 次，累计面积 20.00 平方千米；沿海海平面较常年高 54 毫米；沿海区域部分岸段存在海岸侵蚀，其中惠州市、江门市、湛江市部分监测岸段海岸侵蚀程度较 2022 年有所增加；珠江口区域出现咸潮入侵，其中全禄水厂监测到 7 次咸潮入侵，入侵程度较 2022 年总体减轻；湛江市和汕尾市监测到海水入侵现象。

2023 年，广东省海洋灾害直接经济损失主要集中在珠海、湛江、阳江、茂名等市。因灾损失最严重的地区是珠海市，直接经济损失 1.04 亿元，约占全省海洋灾害直接经济损失的 57%。其次是湛江市，经济损失 6282.7 万元，约占全省海洋灾害直接经济损失的 34.42%。

5.1.5.1. 热带气旋

由于雷州市地处北纬 $20^{\circ} 26' \sim 21^{\circ} 11'$ ，东经 $109^{\circ} 44' \sim 110^{\circ} 23'$ ，所以经常受到产生于菲律宾附近的西太平洋台风和产生于西沙、中沙群岛附近的南海台风的袭击。一般始于 5 月，11 月份结束。7、8、9 月台风最多，风力也最大。湛江市是受热带气旋影响最多和最严重的地区之一，年均有 3.7 个热带气旋登陆或影响湛江市。

根据中国气象局编气象出版社出版的台风年鉴 1949~2012 年的资料统计，平均每年有 1.9 个热带气旋影响湛江地区；年最多为 5 个（1965、1973 和 1974 年）；没有热带气旋影响的有 7 年。热带气旋 8 月出现最多，占 27%，其次是 9 月，占 24%，且特别严重危害湛江的台风多数也发生在 7~9 月份。每年的 5~11 月均有热带气旋影响湛江地区，1949~2012 年间，热带气旋达到超强台风的有 16 个，强台

风 21 个，台风 35 个。据中国天气台风网统计，2013 至 2017 年 5 年间共有 7 个台风造成粤西海域或陆地 10 级以上风力，见表 4.1-1，其中影响最为严重的是 2014 年湛江沿海登陆的台风“威马逊”，造成 16 级大风；以及 2015 年湛江沿海登陆的台风“彩虹”，造成 15 级大风。

2018 年 8 月 15 日，第 16 号台风“贝碧嘉”的中心在广东省雷州市沿海附近登陆，登陆时中心风力达 9 级（23 米/秒），登陆时由强热带风暴级减弱为热带风暴级，中心最低气压 985 百帕。“韦帕”于 2019 年 8 月 1 日 17 时 40 分许在广东省湛江市坡头区沿海再次登陆，登陆时中心附近最大风力仍有 9 级（23m/s）。

2020 年共有“鹦鹉”、“森拉克”、“海高斯”、“红霞”、“浪卡”等 5 个台风先后影响湛江市；2021 年 8 月，热带低压在距离湛江市区偏东 40 公里的海面上生成，2021 第 22 号台风“雷伊”是历史上 12 月进入南海最强台风，也是最晚影响湛江的台风。2022 年，共有 5 个台风严重影响湛江市，较历史平均偏多 1.5 个。2023 年，第 4 号台风“泰利”已于 7 月 17 日 22 时 20 分前后在湛江市南三岛沿海登陆，成为今年登陆我国的首个台风。

5.1.5.2. 风暴潮

雷州西海岸台风风暴潮增水比较严重，1982 年 9 月 15 日，17 号强台风在徐闻登陆，影响雷州的风力 11 级；乌石港北面约 21km 的企水堵海风暴潮水位 3.79m。在湛江附近登陆的台风，引起的台风增水超过警戒水位，解放后台风风暴潮增水超过警戒水位的也发生过多，如 5413、6508、7013、7421 号台风等。2010 年 3 号台风“灿都”、2012 年 13 号台风“启德”、2014 年第 15 号台风“海鸥”均在湛江引发了风暴潮。2018 年 9 月 13 日，受第 23 号台风“百里嘉”（强热带风暴级）的影响，广东阳江到雷州半岛东岸沿海将出现 60 到 140 厘米的风暴增水，海南岛北部和西部沿海将出现 30 到 60 厘米的风暴增水，广西和雷州半岛西岸沿海将出现 30 到 50 厘米的风暴增水。风暴潮预警级别为蓝色。

根据《2023 年广东省海洋灾害公报》，2023 年，广东省沿海共发生风暴潮过程 4 次，其中 2 次造成灾害，分别为“泰利”台风风暴潮和“苏拉”台风风暴潮，共造成直接经济损失 1.83 亿元，未造成人员死亡失踪。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 950 百帕；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 982 百帕。珠江口沿岸潮（水）位站观测到 55-125 厘米的最大风暴增水，其中赤湾站出现了达到当地黄色警戒潮位的高潮位，惠州站、盐田站、黄埔站、珠海站和台山站等出现了达到当地蓝色警戒潮位的高潮位；粤东沿岸潮（水）位站观测到 65-95 厘米的最大风暴增水，其中遮浪站和汕尾站等出现了达到当地黄色警戒潮位的高潮位，饶平站、云澳站和汕头站等出现了达到当地蓝色警戒潮位的高潮位；粤西沿岸潮（水）位站观测到 45-85 厘米的最大风暴增水，其中水东站出现了达到当地黄色警戒潮位的高潮位，北津站、闸坡站、湛江站和硃洲站出现了达到当地蓝色警戒潮位的高潮位。受“苏拉”台风风暴潮和近岸浪的共同影响，珠海市海水养殖和海岸防护工程等受损，汕尾红海湾海域 MF14167 浮标受损，直接经济损失合计 1.04 亿元，约占全年风暴潮灾害直接经济损失的 57%。

湛江海域风暴潮发生次数多、强度大、连续性明显，影响范围广，突发性强，灾害损失大。工程水域的风暴增水年均约 3.9 次（其中台风增水约 2 次），风暴增水多出现于 4~12 月，8 月份和 9 月份是发生次数最多的月份。台风在湛江港及其西南方向登陆时，主要造成正的风暴增水：台风在湛江港东面登陆时，造成的正增水比较小，通常情况下，台风登陆后，湛江港出现负增水。2021 年汛期强对流频发，共有 64 次强对流天气过程影响湛江市，年内全市共发布暴雨红色预警信号 17 次。

5.1.5.3. 赤潮

赤潮又名红潮，是一种水华现象。它是海洋灾害的一种，是指在特定的环境条件下，海水中某些浮游植物、原生动物或细菌爆发性增殖或高度聚集而引起水体变色的一种有害生态现象。赤潮是一个历史沿用名，它并不一直都是红色，而是许多赤潮的统称；发生赤潮时，通常根据引发赤潮的生物的数量、种类而使得海洋水体呈红、黄、绿和褐色等。2022 年，广东省沿海共发现赤潮 14 次，累计面积 252.00km²，低于近十年平均值（362.50km²）；发现有毒赤潮 1 次、有害赤潮 2 次。9 月 20~27 日期间湛江市东海岛附近海域的赤潮过程，发现少量野生鱼类和螃蟹死亡。

从区域分布来看，湛江市海域发现赤潮次数最多、累计面积最大，为 6 次和 132.00km²，分别占全省全年赤潮发现次数、累计面积的 43%和 52%。从时间分布看，3~4 月发现赤潮次数最多，为 9 次；6~8 月发现赤潮累计面积最大，为 201.7km²。

2020年10月，湛江徐闻等海域爆发了赤潮，受此影响，徐闻石马港和流沙湾内网箱养殖鱼类陆续出现死亡，每个网箱投苗卵形鲳鲹鱼苗约10万尾，在此处赤潮中均死亡。总的来说，近几年赤潮预警事件时有发生，以对此加以重视。

5.2. 海洋资源概况

5.2.1. 港口资源

北部湾是广东雷州半岛、海南岛和广西壮族自治区及越南之间的海湾。其面积接近13万 km^2 ，平均水深42m，最深达100m。北部湾是我国大西南地区出海口最近的通路，是中国大陆通往东南亚、非洲、欧洲和大洋洲航程最短的港口，是中国大西南和华南地区货物的出海主通道，现已与世界100多个国家和地区通航。

本项目附近水域的港口主要有企水港、乌石港、海康港、流沙港以及江洪港等。

企水渔港位于广东省雷州市企水镇，地理位置为东经 $109^{\circ} 46'$ ，北纬 $20^{\circ} 49'$ 。渔港北距江洪港32km，南距乌石港26km，距雷城54km。工程主要建设内容与规模为：渔业码头500m、护岸240m、渔港管理中心、临时预制场、水电、消防、通讯导航等设施。

广东省雷州市乌石国家级中心渔港一期工程位于雷州半岛西海岸，渔港面向南海北部湾海域，与二级公路及207国道相连，离雷州市仅70km。地理坐标东经 $109^{\circ} 50' 34''$ 、北纬 $22^{\circ} 33' 45''$ 。主体工程项目为拦沙堤1300m，大功率渔业码头300m，小功率渔业码头100m，休闲渔业码头100m，护岸720m；配套工程项目为执法办证中心一幢，指挥中心一座，灯塔三座，以及环保、给排水及消防设施。

5.2.2. 岸线资源

根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》，湛江市大陆海岸线长1195.3千米，岸线总长占广东省总岸线的29.26%，居全省14个沿海城市岸线长度第一位，共有严格保护岸线、限制开发岸线、优化利用岸线三种岸线类型。

湛江市乌石镇的海岸线资源非常丰富，全长约28公里，国家级中心渔港乌石渔港不仅是广东、广西、海南作业渔船重要的避风港、补给站和渔货集散地，而且渔业是乌石镇的支柱产业，全镇有约4万人从事渔业相关工作。

5.2.3. 旅游资源

湛江市作为中国大陆最南端的海港城市，历来以环境优美而著称，1959年就获得了花园城市的称号。湛江市是全国光、热、水、绿最丰富的海岸带。有104个岛屿、暗沙。沿海防护林带长达1300公里，面积32万亩，享有“绿色长城”之称；拥有全国最大的红树林保护区。海岸线绵长曲折，水清浪静，大海与沙滩、岩石、林带构成美丽的南亚热带海滨风光，具有成为全国最优良的滨海旅游度假基地的发展潜质。

湛江市海岸线漫长，有13段优质沙滩（王村港、吉兆湾、吴阳、南三岛、东海岛、硃洲岛东岸、笏斗沙岛、海安白沙湾、乌石北拳半岛、企水赤豆寮岛、纪家盘龙湾、江洪仙群岛、草潭角头沙）可供旅游开发，总长达150多公里。其中，王村港-吉兆湾、南三岛东岸和东海岛东岸均是长度超过20公里的特大型沙滩，最长的东海岛东岸沙滩达28公里。这些海滩介乎北纬20°15'至21°25'之间，有着适于长年开展滨海度假活动的南亚热带海洋气候和优美独特的绿色生态景观。

湛江市珍珠、对虾、鲍鱼、珍贵鱼类等连片养殖基地具有旅游开发价值。广东海洋大学标本室有水生物标本3000多种，是全国品类最齐全的水生生物博物馆。湛江市雷州古城是国家级历史文化名城之一；湖光岩风景区更是全国著名的火山口湖泊，还是全国唯一在海平面以下的特殊的火山口湖泊，地质学上称为“玛珥湖”。这些景观大大丰富了湛江市场滨海旅游的内涵，凸现滨海和南亚热带特色。

乌石镇水产品丰富，主要盛产鳊鱼、红鱼、黄花鱼、石斑鱼、沙丁鱼、赤鱼、鱿鱼等优质海产品。北拳海滩上的天成台度假村是国家3A级旅游景区。这里的沙滩沙层深厚，沙质柔软，洁白无瑕，被专家评价为世界一流沙滩。海水清洁，波平浪静，无暗流，无鲨鱼，一年四季水温适宜，是一个适合全年性游泳的海滨浴场。乌石镇被誉为“中国唯一一个可在西海岸线看日落的地方”。在乌石港或天成台，能看到红彤彤的落日映照北部湾海面的壮观景象。

5.2.4. 湿地资源

湛江沿海泥质滩涂是中国红树林的主要分布区之一。湛江市分布有广东湛江红树林国家级自然保护区，是我国北回归线以南热带红树林生态分布带中面积最大的红树林保护区，区内红树林种类较多，浮游生物丰富，栖息着大量鸟类及鱼、虾、蟹、贝类，构成了湛江红树林分布区独特的自然景观和丰富的动植物资源。据调查，区内红树植物有15科25种、鸟类194种、贝类3纲41科76属130种、鱼类15目60科

100 属 127 种（其中有重要经济价值的种类中贝类有 28 种、鱼类有 32 种）、昆虫类 133 种。在保护区分布的鸟类中，属于国家一级保护有 1 种，属于国家二级保护有 32 种（王燕等，2008 年）。

5.2.5. 红树林自然保护区

根据湛江红树林自然保护区内红树林资源及其它保护对象的分布状况，结合区内道路、沟渠、居民点及其生产生活需要等情况，根据国务院批复，保护区总面积 202.7881km²，划分为核心区、缓冲区和实验区，其中核心区面积 66.13km²，缓冲区面积 17.1195km²，实验区面积 119.5386km²，分别占保护区面积的 32.61%，8.44%，58.95%。

湛江红树林国家级自然保护区的保护对象：①热带红树林湿地生态系统及其生物多样性，包括红树林资源、邻近滩涂、水面和栖息于此的野生动物。②海岸和红树林的典型自然景观。

保护区呈带状散式分布在广东省西南的雷州半岛沿海滩涂上，跨湛江市的徐闻、雷州、遂溪、廉江四县市及麻章、坡头、东海、霞山四区，地理坐标为 109°40'-110°35'E、20°14'-21°35'N，1990 年经广东省人民政府批准建立，1997 年晋升为国家级自然保护区，主要保护对象为红树林生态系统。

保护区分为 72 个保护小区，保护区西北以高桥片（高桥红树林）为主，地理坐标为 109°49'9"-109°56'10"E、21°9'19"-21°34'15"N；东北以官渡片为主，地理坐标为 110°21'51"-110°38'19"E、21°6'29"-21°27'27"N；最东以湖光片为主，地理坐标为 110°6'35"-110°30'19"E、20°48'5"-21°7'53"N；东南以和安片为主，地理坐标为 110°17'49"-110°27'40"E、20°34'11"-20°43'48"N；西南片以角尾片为主，地理坐标为 109°41'20"-110°12'15"E、20°14'6"-20°52'19"N。

保护区有红树林 15 科 25 种，是中国大陆海岸红树林种类最多的地区，主要的伴生植物 14 科 21 种，其中分布最广数量最多的为白骨壤、红海榄、秋茄和木榄；鸟类有 194 种，列入国家重点保护名录的 7 种，广东省重点保护名录的 34 种，国家“三有”保护名录的 149 种，中日候鸟条广东湛江红树林国家级自然保护区的 80 种，濒危野生动植物国际贸易公约附录 I 的 1 种，附录 III 的 7 种，列入国际自然和自然资源保护联盟红色名录易危鸟类的 4 种；贝类有 3 纲 41 科 76 属 130 种，以帘蛤科种类最多，达 20 种，发现我国大陆沿海为首次记录的有皱纹文蛤、绿螂、

帽无序织纹螺、鼬耳螺 4 种；有鱼类 15 目 60 科 100 属，以鲈形目占绝对优势，有 27 科 49 属 65 种。

5.2.6. 水鸟资源

项目位于中国大陆最南端的雷州半岛，是亚洲东北部与东南亚、南洋群岛和澳大利亚之间候鸟迁徙的必经之地和重要驿站，与项目紧邻的湛江红树林国家级自然保护区尤其会有大量的水鸟栖息和越冬，保护区的红树林为它们提供了大量的食物和良好的自然环境。

2002 年 1 月，保护区被列入“拉姆萨尔公约”国际重要湿地名录，成为我国生物多样性保护的关键性地区和国际湿地生态系统就地保护的重要基地。2005 年保护区被确定为国家级野生动物（鸟类）疫源疫病监测点、国家级沿海防护林监测点。

2002-2003 年，保护区与广东省濒危动物研究所合作，进行了首次湛江红树林地区的鸟类本底资源清查，直至 2012 年，保护区每年于候鸟迁徙至湛江的时间（一月份）进行专项水鸟监测调查，结果表明高桥、西湾、北潭、附城、南山五个监测站位调查种类数量趋于稳定，变化幅度不大。

保护区内除了众多的鸥形目、雀形目等留鸟外，每年秋冬季，有大量的（包括鹤类、鸕类、鹭类、猛禽类等）从日本、西伯利亚或中国的北方地区飞往澳大利亚的途中在保护区停留的候鸟，使保护区成为中日、中澳国际候鸟的通道。根据广东省湛江红树林国家自然保护区管理局的调查，2010 年至 2014 年的 5 年冬季，共记录到水鸟 61 种，48297 只，隶属于 8 目 11 科 35 属。红嘴鸥、小白鹭、黑腹滨鹬为优势种。在记录的鸟类中，有 1 种被列入 IUCN 红色名录，且是易危种，即黑嘴鸥，7 种鸟类被列入 Cites 保护名录（其中 3 种为附录 II、4 种为附录 III），31 种鸟类被列入中日候鸟保护协定名录，23 种鸟类被列入中澳候鸟保护协定名录，19 种鸟类被列入国家三有名录，20 种属于 IUCN 红色名录中的无危种。

5.2.7. 自然保护区

5.2.7.1. 湛江红树林国家级自然保护区

本项目位于湛江红树林国家级自然保护区西北侧，距离核心区、缓冲区 21.68km，距离实验区 18.58km，见图 5.2.7-1。根据湛江红树林自然保护区内红树林资源及其它保护对象的分布状况，结合区内道路、沟渠、居民点及其生产生活需要等情况，根据国务院批复，保护区总面积 202.7881km²，划分为核心区、缓冲区和实验区，

其中核心区面积 66.13km²，缓冲区面积 17.1195km²，实验区面积 119.5386km²，分别占保护区面积的 32.61%，8.44%，58.95%。湛江红树林国家级自然保护区的保护对象：①热带红树林湿地生态系统及其生物多样性，包括红树林资源、邻近滩涂、水面和栖息于此的野生动物。②海岸和红树林的典型自然景观。

保护区呈带状散式分布在广东省西南的雷州半岛沿海滩涂上，跨湛江市的徐闻、雷州、遂溪、廉江四县市及麻章、坡头、东海、霞山四区，地理坐标为 109°40'-110°35'E、20°14'-21°35'N，1990 年经广东省人民政府批准建立，1997 年晋升为国家级自然保护区，主要保护对象为红树林生态系统。

保护区分为 72 个保护小区，保护区西北以高桥片（高桥红树林）为主，地理坐标为 109°49'9"-109°56'10"E、21°9'19"-21°34'15"N；东北以官渡片为主，地理坐标为 110°21'51"-110°38'19"E、21°6'29"-21°27'27"N；最东以湖光片为主，地理坐标为 110°6'35"-110°30'19"E、20°48'5"-21°7'53"N；东南以和安片为主，地理坐标为 110°17'49"-110°27'40"E、20°34'11"-20°43'48"N；西南片以角尾片为主，地理坐标为 109°41'20"-110°12'15"E、20°14'6"-20°52'19"N。

保护区有红树林 15 科 25 种，是中国大陆海岸红树林种类最多的地区，主要的伴生植物 14 科 21 种，其中分布最广数量最多的为白骨壤、红海榄、秋茄和木榄；鸟类有 194 种，列入国家重点保护名录的 7 种，广东省重点保护名录的 34 种，国家“三有”保护名录的 149 种，中日候鸟条广东湛江红树林国家级自然保护区的 80 种，濒危野生动植物国际贸易公约附录 I 的 1 种，附录 III 的 7 种，列入国际自然和自然资源保护联盟红色名录易危鸟类的 4 种；贝类有 3 纲 41 科 76 属 130 种，以帘蛤科种类最多，达 20 种，发现我国大陆沿海为首次记录的有皱纹文蛤、绿螂、帽无序织纹螺、鼬耳螺 4 种；有鱼类 15 目 60 科 100 属，以鲈形目占绝对优势，有 27 科 49 属 65 种。

（不公开）

图 5.2.7-1 项目与湛江红树林国家级自然保护区位置关系

5.2.7.2. 徐闻珊瑚礁国家级自然保护区

徐闻珊瑚礁国家级自然保护区位于广东省雷州半岛的西南部，分布在角尾、迈陈、西连的西部海区， $20^{\circ}10'36''\sim 20^{\circ}27'00''N$ ， $109^{\circ}50'12''\sim 109^{\circ}56'24''E$ 之间。保护区总面积 14378.5 公顷。

本项目位于徐闻珊瑚礁国家级自然保护区西北侧，距离保护区核心区、缓冲区 18.72km，距离实验区 13.65km，见图 5.2.7-2。

该保护区最早由徐闻县人民政府于 1999 年 8 月批准建立，2002 年 7 月，由湛江市人民政府批准升级为市级珊瑚礁保护区，2003 年 6 月由广东省人民政府升级为省级保护区，2007 年 4 月由国务院升级为国家级自然保护区。

保护区内已经发现腔肠动物门珊瑚虫纲共 3 目 19 科 82 种，其中，软珊瑚目 7 科 27 种，群体海葵 1 科 1 属 1 种，石珊瑚木 11 科 54 种，这 54 种石珊瑚全部为国家 II 级重点保护动物，并列入世界《濒危野生动植物种国际贸易公约》（CITES）公约。

保护区的渔业资源种类包括经济鱼类、头足类、甲壳类、贝类等共 43 科 84 种，其中青石斑鱼、方纹石斑鱼、赤点石斑鱼、长吻若鲹、五带笛鲷、弓纹盖鱼、黄斑篮子鱼、花斑裸胸鳝、康氏小公鱼、美蝴蝶鱼、朴蝴蝶鱼等是在珊瑚礁中观察识别的鱼类。紫红笛鲷、高体若鲹等其他鱼类是刺网或者其他渔具捕到的鱼类；所有贝类都是在珊瑚礁中采集到的种类；头足类和甲壳类均是刺网、拖网或其他渔具捕到的种类。在保护区海域还先后发现了白蝶贝、儒艮、海龟、海豚等珍稀濒危海洋动物。

图 5.2.7-2 项目与徐闻珊瑚礁国家级自然保护区位置关系（不公开）

5.2.7.3. 广东雷州珍稀海洋生物国家级自然保护区

广东雷州珍稀海洋生物国家级自然保护区位于广东湛江雷州市西部海域，即国家一级渔港企水港和国家级中心渔港乌石港之间，地理坐标介于东经 $109^{\circ}31'\sim 109^{\circ}48'$ ，北纬 $20^{\circ}32'\sim 20^{\circ}44'$ 之间，总面积 46864.67 公顷。

本项目位于广东雷州珍稀海洋生物国家级自然保护区南侧，距离保护区实验区 0.52km，距离核心区、缓冲区 2.17km，详见图 5.2.7-3。

1983 年，广东省人民政府批准建立雷州白蝶贝省级自然保护区（即保护区前身）。

2002年4月，由广东省机构编制委员会批准成立雷州白蝶贝省级自然保护区管理处。2003年1月，保护区正式成立了雷州白蝶贝省级自然保护区管理处（为广东省海洋与渔业局直属事业单位）。2007年，保护区成为“广东海洋大学海洋生物教习基地”，并于2010年正式挂牌。2008年，经国务院办公厅批准，升格为国家级保护区，并更名为“雷州珍稀海洋生物国家级自然保护区”，原保护区管理处晋升为管理局，并加入了“中国生物圈保护区网络（CAB）”。2009年，保护区成立“广东省渔政总队雷州珍稀海洋生物国家级自然保护区支队”和“中国海监广东省总队雷州珍稀海洋生物国家级自然保护区支队”，与保护区管理局形成了三位一体的管理格局。并加入“全国水生野生动物保护分会”和“广东省水生野生动物救护网络”，成为“广东省水生野生动物救护基地”。2012年，经广东省机构编制委员会批准，保护区更名为广东雷州珍稀海洋生物国家级自然保护区，同时，管护机构更名为“广东雷州珍稀海洋生物国家级自然保护区管理局”。

广东雷州珍稀海洋生物国家级自然保护区的主要保护对象为珍稀海洋生物及其栖息地，以及珊瑚礁、海藻场与红树林等典型海洋生态系统。自然保护区记录的各类水生动物物种总数为601种，分别列入7门、18纲、57目、209科，其中，鱼类247种，软体动物206种，节肢动物79种。包括儒艮、中华白海豚、大珠母贝（白蝶贝）、文昌鱼、绿海龟、棱皮龟、玳瑁、江豚、宽吻海豚、热带点斑原海豚、真海豚、灰海豚、斑海豹、布氏鲸等国家I、II级重点保护动物。在区内记录的物种中，有6种被列入CITES公约附录I，20种被列入CITES公约附录II；有近40种被列入中国濒危物种红皮书和IUCN红皮书中的极危、濒危、易危物种名录。保护区海域的珍珠贝类有8种，其中，大珠母贝（白蝶贝）、珠母贝（黑蝶贝）、马氏珠母贝、长耳珠母贝、企鹅珍珠贝是重要的珠母贝资源，特别是白蝶贝所产的黑珍珠和黑蝶贝所产的黑珍珠是国际珠宝市场上最名贵的珍珠。

广东雷州珍稀海洋生物国家级自然保护区砂砾海底与成片的珊瑚礁、海藻场等，为许多鱼类提供了栖息环境，是鱼类的重要繁殖、生活场所。鱼类超过200种，初步评价出可列为主要种质资源的有20种左右，主要为石斑鱼类、鲷鱼类等名贵鱼类或经济类。

图 5.2.7-3 项目与广东雷州珍稀海洋生物国家级自然保护区位置关系图（不公开）

5.2.7.4. 湛江雷州海草地方级自然保护区

2003年8月,雷州市政府以《关于设立雷州海草自然保护区的批复》(雷府函(2003)69号)批准在在流沙海域建立雷州海草自然保护区。该保护区位于雷州半岛的西部滨海地区流沙镇流沙海域,为县级自然保护区,主要保护海草资源及其生态环境。保护区面积为3633ha,其中,核心区面积约865ha,占保护区总面积的23.81% 缓冲区面积约692ha,占保护区总面积的19.05%;实验区面积约2076ha,占保护区总面积的57.14%。

本项目位于湛江雷州海草地方级自然保护区西北侧,距离保护区实验区3.91km,距离核心区、缓冲区2.85km,详见图5.2.7-3。

海草生长在海岸泥沙上,是惟一淹没在浅海水下的被子植物,其花在水下结果,然后发芽。全世界的海草包括12个属,约50多种。南中国海分布有20多种海草。海草广泛分布于温带和热带的海岸带水域,它们偏爱的生境主要是水流速度较小的沿海潟湖、河口和海湾。在热带和亚热带地区,海草床、红树林和珊瑚礁是三大典型海洋生态系统。海草床是生物圈中最具生产力的水生生态系统之一。一方面,海草可为不同类型的生物提供庇护及觅食场所,如海葵、细小的贝类、藻类,都喜欢生长在海草的叶面上,它们更是鱼、虾及蟹的养育场。另一方面,海草能为不同的海洋生物提供食物。直接食用海草的生物包括海鱼、海胆、儒艮、马蹄蟹、绿海龟、海马等。海草上的浮游动物,更是它们的主要食粮。至于海草的枯叶,可能漂浮至数千米外,给各类生物提供食物。海草亦能改变水流,并留住漂流的生物、养分及食物。

保护区内整个海草床基本上呈连续分布;主要种类为喜盐草和二药藻,优势种为喜盐草,分布面积占98%以上。在海草床中生存有海星、海参、海胆、虾和鱼、螺等多种生物。

5.2.8. 珍稀海洋生物

中华白海豚,属国家一级保护动物。中华白海豚(*Sousa chinensis*)是种沿岸定居性的小型齿鲸类,属海洋哺乳动物。

通过文献调查,项目所在的雷州半岛附近有2处中华白海豚密集活动区域,分别为湛江东部海域的湛江湾、雷州湾一带,以及广西北部湾东北部的沙田水域至广西合浦儒艮国家级自然保护区海域附近,其中后者更靠近本项目选址。

根据文献《湛江东部海域中华白海豚的社会结构和分布格局》，南京师范大学在2005~2014年上半年对湛江东部海域中华白海豚种群调查的基础上，于2014年7月至2015年6月对湛江雷州湾南部新寮、外罗海域进行了照片识别考察，并整合十年的考察数据，对湛江中华白海豚种群的分布格局进行了研究。

根据《湛江东部海域中华白海豚的社会结构和分布格局》，周开亚课题组得出结论，2005-2015年间中华白海豚湛江种群分布在雷州湾和湛江湾，以雷州湾为主，有3个栖息地利用率比较高的水域，分别是东里镇附近海域、南屏岛海域和南三岛南部海域，见图5.2.8-1。估计这3个海域食物资源比较丰富，是中华白海豚的重要觅食区。

本项目位于雷州半岛西岸，不占用湛江东部海域的中华白海豚保护区栖息地，且对东部的雷州湾、湛江湾海域的中华白海豚栖息地基本无直接影响。

根据文献《广西北海水域中华白海豚种群数量、分布动态及保护对策研究》，吴孝兵、杨光课题组于2003-2004年在广西合浦儒艮国家自然保护区内及邻近水域（以下简称沙田水域）共设置了4条调查路线，并发现11群中华白海豚，另外8群在大风江口一带水域发现。在沙田水域的11群中华白海豚中，只有2群的发现位置处于保护区的范围内（见图5.2.8-2），而另外9个豚群都主要集中位于西沙尾、高沙头这2条沙洲的附近水域。

综上，本项目选址不占用中华白海豚栖息地，且本项目所在的北部湾海域东北侧的广西合浦儒艮国家自然保护区周边分布有中华白海豚，而本项目选址位于该自然保护区南侧8.5公里开外，对中华白海豚的栖息影响较小。

图 5.2.8-1 湛江东部海域中华白海豚的分布（不公开）

图 5.2.8-2 北海沿岸水域白海豚的发现位置及中华白海豚可能的迁移路线（不公开）

5.2.9. “三场一通道”分布

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

（1）南海鱼类产卵场

南海鱼类产卵场分布见图5.2.9-1和图5.2.9-2。

本项目不位于南海中上层鱼类产卵场内，也不位于南海底层、近底层鱼类产卵场内。

(2) 南海北部幼鱼繁育场保护区

南海北部幼鱼繁育场保护区位于南海北部及北部湾沿岸 40m 等深线水域（图 5.2.9-3），保护期为 1-12 月。管理要求为禁止在保护区内进行底拖网作业。

本项目位于南海北部幼鱼繁育场保护区内。

(3) 幼鱼幼虾保护区

根据《南海区水产资源保护示意图》（1985 年 8 月）确定、2002 年农业部发布 189 号文公布的幼鱼幼虾保护区范围，北部湾海域主要为二长棘鲷幼鱼保护区，保护区时间为每年的 1 月 15 日至 3 月 1 日。在禁渔期间，禁止底拖网渔船、拖虾渔船进入上述海域内生产。

本项目位于二长棘鲷幼鱼保护区内。

图 5.2.9-1 南海中上层鱼类产卵场示意图（不公开）

图 5.2.9-2 南海底层、近底层鱼类产卵场示意图（不公开）

图 5.2.9-3 南海北部幼鱼繁育场保护区范围示意图（不公开）

图 5.2.9-4 幼鱼幼虾保护区范围示意图（不公开）

5.2.10. 矿产资源

湛江市矿产资源比较丰富，其中滨海稀有稀土砂矿、玻璃用砂、银矿、水晶、高岭土、硅藻土、泥炭土、玄武岩、矿泉水、地下热水、南海石油及天然气等资源储量较丰富，开发利用程度高，质量较好。发现的矿种，按工业用途分类叙述如下：

能源矿产：地下热水、煤、油页岩、地下热水，主要分布于雷州半岛，另北部廉江市石角镇有一温泉出露（水温 48~57℃）。湛江地热田是省内最大的地热田，经详查评价的范围达 4245km³，北到岭北一麻章，南到东海岛，可采水量达到 106 万立方米/日，水温 40.5~57℃，平均 42.76℃，可采热能 3.1 万千瓦，共有三个热储层，埋深 120~460m，600m 以下未作地质评价，远景还可扩大。有煤产地 8 处，主要分布在遂溪界炮、大塘一带，多为第三、第四系褐煤，储量规模均为小型，总资源量 3240 万吨，煤质差，煤层薄，开采价值不大，遂溪大塘煤矿储量为 1837 万吨，含油率 8.48%，可用以提炼石油。油页岩有产地 1 处，油页岩产于遂溪县大塘煤矿顶部，厚约 7.56m，分布面积约 2km³，焦油率 4.2~7.2%。因该区产于第四系松散岩层复盖之下，水文地质和工程地质条件十分复杂，开采困难。

金属矿产：有铁矿、金矿、银矿及稀有稀土滨海砂矿等。铁矿主要分布在廉江、遂溪一带，有矿产地 24 处，规模均为小型，多为坡积或残积褐铁矿，一般含铁品位较低，工业利用价值不大。金银矿是优势矿产，有矿产地 10 处，其中银矿产地 1 处，金矿产地 9 处。廉江庞西银金矿，银储量可达中型，含银品位较高，开采后经济效益显著。现深部尚有 75 吨（金属量），金矿均为小型，个别含金品位较高，开采技术条件简单，适于地方小型开采。钛铁矿、独居石、磷钇矿和锆英石主要以海滨冲积砂矿形式产出，分布在吴川市吴阳至雷州半岛东海岸一带，沿海岸带呈带状断续延伸 130 千米，储量丰富，总储量 572 万吨，规模可达到大型，有用矿物含量高，可选性能良好，开采技术条件简单，适于组建大型矿山开采。

非金属矿产：高岭土、玻璃用砂、泥炭、硅藻土、水泥用灰岩和海砂等。高岭土经地质评价的矿产地 14 处，资源总量达到 1.3 亿吨，远景储量可超过 2.5 亿吨。如遂溪燕子窝、遂溪中间岭高岭土矿床、湛江市山岱高岭土及龙头、岭头高岭土矿床。玻璃用砂产地 2 处，储量接近 4623 万吨，其中雷州市企水玻璃用砂储量规模达大型，储量 3151 万吨，为滨海沉积石英砂矿，原矿二氧化硅含量一般在 96% 以上，最高可达 98.6%，达到平板玻璃原料 I 级品标准。湛江市乾塘玻璃砂矿储量 1472 万吨，原矿质量较好。泥炭有矿产地 38 处，主要分布在遂溪、廉江及湛江市郊等地，总资源储量 8883 万吨，储量达大、中型规模的矿产地 15 处，如湛江市郊屋山一调塾泥炭、遂溪下录一协和泥炭储量均超过 1000 万吨，质量较好，腐植酸含量大于 11%，发热量 2100~6700 千焦年/千克，其用途广泛，可用作饮料添加剂、燃料和提取化学工业原料胡敏酸。硅藻土已评价的地质储量接近 7000 万吨，主要分布在雷州半岛一带，经地质评价的矿产地 4 处，其中雷州市九斗洋硅藻土和徐闻县田洋硅藻土储量规模达大型，矿层厚度 20~80 米，呈层状，单个矿床分布面积 0.2~3 平方千米，埋深 15~30 米，赋存在火山口第四系内陆湖相沉积层中，上部为近代冲洪积粘土和耕植土覆盖。水泥用灰岩矿产地 5 处，主要分布在廉江市石城至新民一带，总储量约 12000 万吨，矿石质量较好，氧化钙含量在 48~52% 之间，矿层厚度大，多数埋藏在当地侵蚀基准面以下，开采条件较差。海砂也是本区重要的矿产资源，但资源量不明。

水气矿产：矿泉水、地下水。有全省规模最大的矿泉水田，由东往西自吴川市的中山镇，经遂溪县城到廉江市安铺镇一线以南包括湛江市区及整个雷州半岛均属

矿泉水田范围，面积达 6000 平方千米。雷州市地下水天然资源量 75.7 亿立方米/年；可开采资源量 49 亿立方米/年，超过全省地下水可采资源总量的 10%。

5.2.11. 海床冲淤

根据 1970 年出版的含岸线水深标注的图、1973 年海图、2007 年海图和 2023 年水深测量，各级水深位置基本稳定。从水深断面变化比较看出，项目附近海域冲淤变化较小，各断面基本维持稳定。工程附近海域岬角岸线及其水域受潮流和 SSW、SW 向波浪直接作用，长期以来一直处于较稳定的状态，冲淤变化较小，保持了冲淤变化的基本平衡。

5.3. 海域开发利用现状

5.3.1. 社会经济发展概况

(1) 湛江市发展概况

根据《2025 年湛江市国民经济和社会发展统计公报》，经广东省统计局统一核算，2025 年湛江实现地区生产总值（初步核算数）3952.94 亿元，比上年增长 4.5%。其中，第一产业增加值 734.62 亿元，增长 3.5%，对地区生产总值增长的贡献率为 15.4%；第二产业增加值 1287.53 亿元，增长 4.7%，对地区生产总值增长的贡献率为 33.0%；第三产业增加值 1930.79 亿元，增长 4.8%，对地区生产总值增长的贡献率为 51.6%。三次产业结构比重为 18.6：32.6：48.8。人均地区生产总值 55504 元（按年平均汇率折算为 7771 美元），增长 4.2%。

2025 年末，全市常住人口 712.29 万人，比上年末增加 0.21 万人，其中，城镇常住人口 353.50 万人，占常住人口比重（常住人口城镇化率）49.63%，比上年末提高 1.04 个百分点。全年出生人口 7.48 万人，出生率 10.50‰；死亡人口 4.68 万人，死亡率 6.57‰；自然增长人口 2.80 万人，自然增长率 3.93‰。

全年水产品产量 137.42 万吨，比上年增长 4.4%。其中，海水产品 117.38 万吨，增长 4.2%；淡水产品 20.04 万吨，增长 5.4%。

全年全部工业增加值比上年增长 8.7%。全年规模以上工业增加值增长 10.7%。分经济类型看，外商及港澳台投资企业增长 19.4%，国有及国有控股企业增长 8.8%，股份制企业下降 0.7%。分轻重工业看，重工业增长 14.1%，轻工业下降 8.7%。分企业规模看，大型企业增长 12.0%，中型企业下降 1.5%，小型企业增长 13.2%，微型企业

增长 6.9%。分门类看，采矿业增加值增长 32.3%，制造业增加值增长 3.7%，电力、热力、燃气及水生产和供应业增加值下降 3.5%。分主要行业看，化学原料和化学制品制造业增长 24.9%，石油、煤炭及其他燃料加工业增长 10.6%，黑色金属冶炼及压延加工业增长 3.7%。六大高耗能行业增加值增长 6.0%。

先进制造业增加值比上年增长 8.6%，占规模以上工业增加值的比重 41.8%。其中，高端电子信息制造业增长 136.1%，先进装备制造业增长 13.0%，石油化工业增长 11.6%，生物医药及高性能医疗器械业增长 8.6%，新材料制造业增长 1.7%，先进轻纺制造业下降 6.6%。

全年社会消费品零售总额 1620.06 亿元，比上年增长 2.8%。按经营地分，城镇消费品零售额 1305.76 亿元，增长 3.0%；乡村消费品零售额 314.30 亿元，增长 2.3%。按消费类型分，商品零售 1422.31 亿元，增长 3.1%；餐饮收入 197.75 亿元，增长 0.9%。

全年全市全体居民人均可支配收入 32336 元，比上年增长 5.0%。分城乡看，城镇居民人均可支配收入 39943 元，增长 3.9%，农村人均可支配收入 25145 元，增长 5.9%。

全年全市全体居民人均消费支出为 21483 元，比上年增长 5.2%。分城乡看，城镇居民人均生活消费支出 25280 元，增长 4.1%；农村居民人均生活消费支出 17894 元，增长 6.2%。2025 年全市居民恩格尔系数为 42.8%，下降 0.1 个百分点，其中，城镇为 40.6%，农村为 45.7%。

全市近岸海域海水质量达到一类海水水质标准的海域面积占 83.2%，二类海水占 11.9%，三类海水占 1.5%，四类海水占 1.2%，劣四类海水占 2.2%。

（2）雷州市发展概况

截至 2026 年 5 月，雷州市尚未公布 2025 年雷州市国民经济和社会发展统计公报，因此，本评价雷州市社会经济发展状况引用《2024 年雷州市国民经济和社会发展统计公报》。根据《2024 年雷州市国民经济和社会发展统计公报》，经湛江市统计局统一核算，2024 年雷州实现地区生产总值（初步核算数）390.36 亿元，比上年增长 5.0%。其中，第一产业增加值 165.85 亿元，增长 3.7%，对地区生产总值增长的贡献率为 30.5%；第二产业增加值 58.50 亿元，增长 15.6%，对地区生产总值增长的贡献率为 38.8%；第三产业增加值 166.01 亿元，增长 3.3%，对地区生产总值增长的贡献率为 30.7%。三次产业结构比重为 42.5：15.0：42.5，第二产业比重比上年提高 1.7 个百分点。人均

地区生产总值 29345 元，增长 4.7%。

全年水产品产量 23.65 万吨，比上年增长 3.7%。其中，海水产品 21.12 万吨，比上年增长 3.9%；淡水产品 2.52 万吨，比上年增长 2.1%。

2024 年全年全部工业增加值比上年增长 24.9%。规模以上工业增加值比上年增长 31.5%，其中，股份制企业增长 47.6%，外商及港澳台企业增长 19.7%，其他经济类型企业下降 10.0%；分轻重工业看，轻工业增长 3.4%，重工业增长 64.0%；分企业规模看，中型企业下降 0.1%，小型企业增长 81.2%，微型企业增长 8.6%。

全年全市居民人均可支配收入 23169 元，比上年增长 5.7%。分城乡看，城镇居民人均可支配收入 29868 元，增长 4.8%；农村居民人均可支配收入 19730 元，增长 5.7%。全市森林面积 8.06 万公顷，与上年持平；森林覆盖率 21.71%。

（3）徐闻县发展概况

根据《2024 年徐闻县经济和社会发展统计公报》，根据湛江市地区生产总值统一核算反馈，2024 年实现地区生产总值（GDP）2631436 万元，同比增长 2.0%。其中，第一产业增加值 1204140 万元，同比增长 1.7%；第二产业增加值 347526 万元，同比增长 6.1%，其中工业增加值为 320659 万元，同比增长 11.2%；建筑业增加值 30188 万元，同比下降 29.1%；第三产业增加值 1079770 万元，同比增长 1.0%。人均生产总值 40864 元，同比增长 1.2%。三次产业结构为 45.8:13.2:41.0。2024 年农林牧渔业总产值 1869537 万元，比上年增长 1.9%。其中，农业产值 1350591 万元，同比增长 0.2%；林业产值 18555 万元，同比增长 61.5%；牧业产值 158836 万元，同比增长 9.5%；渔业产值 261469 万元，同比增长 1.2%。2024 年全县规模以上工业总产值 330987 万元，同比增长 6.3%。规模以上工业增加值同比增长 13.3%，分门类看，规模以上采矿业增加值下降 83.6%，规模以上制造业增加值增长 4.6%，规模以上电力、热力、燃气及水生产和供应业增加值增长 17.5%。全县规模以上工业企业 42 家。2024 年全县规模以上工业主要产品：成品糖 64762 吨，原盐 1626 吨，人造板 3084 立方米，罐头 924 吨，冷冻水产品加工 307 吨。

2024 年全社会固定资产投资比上年下降 31.0%。房地产开发投资比上年下降 54.8%。全年商品房销售面积 61194 平方米，同比下降 49.9%；商品房销售额 35309 万元，同比下降 51.5%。2024 年一般公共预算收入 85249 万元，同比下降 2.8%；其中税收收入 43336 万元，同比增长 23.0%；非税收入 41913 万元，同比下降 20.1%。

5.3.2. 海域开发利用现状

根据搜集的历史资料、遥感影像资料和现场勘察资料成果，本项目周边海洋开发利用活动主要为养殖、乌石人工鱼礁区、广东大唐国际雷州电厂 2×1000MW “上大压小”工程。本项目所在海域开发利用活动现状见下图 5.3.2-1。

根据《湛江市流沙湾 1 号海域现代化海洋牧场建设项目海域使用补充论证报告书（报批稿）》，本项目周围共分布现有养殖项目 35 宗，主要分布在本项目用海东侧沿岸海域，主要用海为鱼类深水网箱养殖。35 宗养殖用海中有 3 宗办理了海域使用确权证，有 18 宗具有养殖许可证。

表 5.3.2-1 项目周围养殖现状分布表

（不公开）

本项目不占用现状航道和沿海船舶公共航道，符合航道保护管理相关规定。流沙湾 1 号海域避让交通运输航道，与广西北部湾沿海船舶航路安全距离大于 12 公里，与现状航道安全距离大于 1800 米，选址不与航道相冲突。流沙湾 1 号海域避让海上设施，与湛江湾乌石港区进出港航道和海上锚地安全距离大于 2500 米，选址不与海上设施相冲突。避让海底电缆管道，与海底输油管道安全距离大于 1200 米，与海底电缆安全距离大于 8000 米，与海上油气开采平台安全距离大于 5000 米，选址不与海底电缆管道相冲突。

本项目用海东侧部分海域与雷州乌石人工鱼礁区重叠，雷州乌石人工鱼礁区礁体投放在重叠区域的北部，在该区域本项目进行筏架养殖，使用海域空间为海表面及海水上层，与雷州乌石人工鱼礁礁体用海空间不冲突。本项目在重叠区域的南侧进行人工鱼礁建设，共计划投放礁体 3.501 万空方。雷州乌石人工鱼礁区建设时间为 2004 年 11 月-2012 年 9 月，建设单位为原雷州市海洋与渔业局，现划归雷州市农业农村局管理，乌石礁区所占海域面积为 1702.8 公顷，地理坐标为 ①109°45.3'E，20°32.3'N；②109°47.6'E, 20°32.3'N；③109°47.6'E, 20°30'N；④109°45.3'E, 20°30'N。雷州乌石礁区类型为省级生态公益型，礁体类型为钢筋混凝土结构，人工鱼礁区建设规模为投放礁体 5.2155 万空方，投放鱼礁数量 1786 个，投资总额 1600 万元。乌石人工鱼礁区为实际用海，无权属。

图 5.3.2-1b 项目用海与海上设施叠置图（不公开）

图 5.3.2-1c 项目用海与海底电缆管道叠置图（不公开）

图 5.3.2-1d 项目用海与乌石人工鱼礁区叠置图（不公开）

5.3.3. 海域使用权属现状

根据本项目海域使用权属状况的资料收集情况及调访结果，本项目评价范围内已确权的项目有 19 宗，其中工业用海 7 宗、渔业用海 10 宗，其他用海 2 宗，详情见表 5.3.3-1、图 5.3.3-1。

表 5.3.3-1 本项目评价范围内权属信息表（不公开）

图 5.3.3-1 本项目周围用海权属现状（不公开）

5.4. 区域污染源调查

本项目周边污染源主要为养殖等。根据调查，其中项目周边共分布现有养殖 35 宗，主要分布在本项目东侧沿岸海域，主要用海为鱼类深水网箱养殖。

表 5.4-1 项目评价范围内养殖现状分布表（不公开）

5.5. 水文动力环境现状调查与评价

5.5.1. 基面关系

本工程以当地理论最低潮面起算，当地理论最低潮面在当地平均海平面下 1.94m，黄海基面在当地理论最低潮面上 1.77m，85 国家高程在理论最低潮面上 1.61m。

本项目潮位和地形基面均为 1985 国家基准面，各基准面关系如图 5.5.1-1。

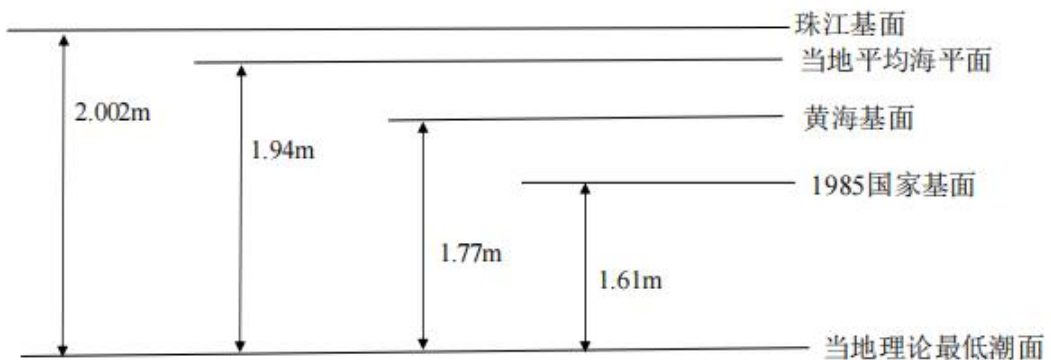


图 5.5.1-1 基面关系示意图

5.5.2. 水文动力环境现状调查与评价

本节水文动力环境现状数据引用由浙江华东测绘与工程安全技术有限公司于2022年7月（夏季）和2022年10月（秋季）在项目附近海域进行的水文动力观测数据。夏、秋两次调查均布设9个水文站位，包括7个定点潮流测站（H1~H7 站位）和2个临时潮位观测站位（L1~L2 站位），夏季观测时间为2022年7月上、中旬，秋季观测时间为2022年10月中上旬，水文观测站位坐标以及观测内容见表5.5.2-1，位置分布如图5.5.2-2所示。

表 5.5.2-1 水文观测站位坐标表

（不公开）

图 5.5.2-2 水文观测站点分布示意图（不公开）

5.5.2.1. 气象

夏季水文测验于2022年7月中、上旬进行，最大风力为5~6级，风向主要分布在ENE~SSE范围内。大、小潮最大风速分别为7.9m/s、7.5m/s、6.8m/s。

秋季水文测验于2022年10月上、中旬进行，最大风力为4~5级，风向主要分布在ENE~SSE范围内。

各观测日的平均风速、最大风速和主导风向频率等，详见表5.5.2-2~表5.5.2-5。

表 5.5.2-2 夏季水文测验期间平均风速与最大风速（风向）

（不公开）

表 5.5.2-3 秋季水文测验期间平均风速与最大风速（风向）

（不公开）

表 5.5.2-4 夏季水文测验期间的主导风向及其频率

（不公开）

表 5.5.2-5 秋季水文测验期间的主导风向及其频率

（不公开）

5.5.2.2. 潮汐

（1）潮汐类型

北部湾地处我国南海的西北部，是三面靠陆、一面接海的浅海封闭性海湾，琼州海峡与南部的湾口是北部湾同外部进行水交换的主要通道。潮汐类型通常是以全日分潮K1、O1的振幅之和与主要半日分潮M2振幅之比，即潮汐类型指标值 $(H_{K1}+H_{O1})$

/H_{M2} 进行判断:

即当 $\frac{H_{K1}+H_0}{H_{M2}} < 0.5$ 者, 属于正规半日潮;

$0.5 < \frac{H_{K1}+H_{O1}}{H_{M2}} < 2.0$ 者, 属于不正规半日潮;

$2.0 < \frac{H_{K1}+H_{O1}}{H_{M2}} < 4.0$ 者, 属于不正规日潮;

$\frac{H_{K3}+H_{O1}}{H_{M2}} > 4.0$ 者, 属于正正规日潮。

对临时潮位站 L1、L2 的潮位资料进行准调和分析, 得到主要分潮之比见表 5.5.2-6 所示。由表可见, 夏季 L1、L2 站潮汐类型指标值均大于 4.0, 为规则全日潮; 另外, 分析结果显示 L1、L2 潮位站浅海影响系数 H_{M4}/H_{M2} 分别为 0.04、0.07, 主要浅海分潮振幅 (H_{M4}+H_{MS4}+H_{M6}) 之和分别为 0.06、0.11m, 因此场区周边水域浅海效应明显。

秋季测次潮位观测时间较短, 因此准调和结果只代表短期观测的特征, L1、L2 站潮汐类型指标值均小于 4.0, 大于 2.0, 为不规则全日潮; L1、L2 潮位站浅海影响系数 H_{M4}/H_{M2} 分别为 0.08、0.10, 主要浅海分潮振幅 (H_{M4}+H_{MS4}+H_{M6}) 之和分别为 0.12、0.23m, 因此场区周边水域浅海效应明显。

表 5.5.2-6 各潮位站的潮汐特性一览表

季节	类型判据 站名	潮汐类型	主要浅海与主要半日分	主要浅海分潮振幅和
		$\frac{H_{K1} + H_{O1}}{H_{M2}}$	潮振幅比 $\frac{H_{M4}}{H_{M2}}$	$H_{m4} + H_{ms4} + H_{M6}$ (m)
夏季	L1 临时潮位站	5.68	0.04	0.06
	L2 临时潮位站	5.42	0.07	0.11
秋季	L1 临时潮位站	3.76	0.08	0.12
	L2 临时潮位站	3.85	0.10	0.23

(2) 潮汐特征

观测水域潮汐变化较为规律, 即潮位在一太阴日中有规则地出现一次高潮和一次低潮, 并具有明显的潮汐不等现象。

夏季水文测验期间, L1 临时潮位站、L2 临时潮位站平均潮差分别为 2.14m、1.65m, 最大潮差分别为 3.97m、2.75m。L1 临时潮位站、L2 临时潮位站平均高潮位分别为 1.63m、1.21m, 平均低潮位分别为 -0.54m、-0.45m。L1 临时潮位站和 L2 临时潮位站平均涨潮历时分别为 11h33min、12h29min, 平均落潮历时分别为 8h46min、8h45min,

平均涨落潮历时差分别为 2h47min 和 3h44min。

秋季水文测验期间,L1 临时潮位站、L2 临时潮位站平均潮差分别为 1.51m、1.20m,最大潮差分别为 3.22m、2.25m。L1 临时潮位站、L2 临时潮位站平均高潮位分别为 1.09m、0.87m,平均低潮位分别为-0.45m、-0.22m。L1 临时潮位站和 L2 临时潮位站平均涨潮历时分别为 7h30min、7h24min,平均落潮历时分别为 7h21min、8h32min,平均涨落潮历时差分别为 9min 和-1h8min。

各站特征潮位值如表 5.5.2-7 所示,2 个潮位站同步观测期间的潮位过程曲线详见图 5.5.2-3 和图 5.5.2-4。

表 5.5.2-7 潮位站潮汐特征值统计 (1985 国家高程基准, 单位: m)

(不公开)

(不公开)

图 5.5.2-3 夏季各临时潮位站潮位过程线图 (1985 国家高程基准)

(不公开)

图 5.5.2-4 秋季各临时潮位站潮位过程线图 (1985 国家高程基准)

5.5.2.3. 潮流

(1) 实测流场数据

夏季各测站,落潮最大流速明显大于涨潮流速;秋季各测站,大潮期间,落潮最大流速略大于涨潮流速,小潮期间,涨潮流速略大于落潮流速;总体上,大潮汛流速大于小潮汛,各测站垂线表层流速大于中、底层流速。

①夏季 (2022 年 7 月)

夏季水文测验期间,位于琼州海峡西出口的 S5、S6 测站实测最大涨潮流速为 1.60m/s (326°),出现于 S6 测站的面层、0.2H 层,最大落潮流速为 2.05m/s(161°),出现于 S6 测站的 0.2H 层;位于流沙湾内的 S1、S2 测站,实测最大涨潮流速为 0.98m/s (134°),出现于 S2 测站的 0.2H 层,最大落潮流速为 1.15m/s(323°),出现于 S2 测站的 0.2H 层;S3、S4、S7 测站,实测最大涨潮流速为 0.87m/s (328°、342°),出现于 S3 测站的面层、0.2H 层,最大落潮流速为 1.12m/s(147°),出现于 S3 测站的 0.2H 层。

流沙湾内的 S1、S2 测站实测最大涨潮流速分别为 0.46m/s、0.98m/s,实测最大落潮流速分别为 0.60m/s、1.15m/s。北部湾内的 S3、S4、S7 测站实测最大涨潮流速分别为 0.87m/s、0.69m/s 和 0.75m/s,实测最大落潮流速分别为 1.12m/s、0.92m/s 和 0.93m/s;琼州海峡西出口的 S5、S6 测站实测最大涨潮流速分别为 1.33m/s、1.60m/s,实测最大

落潮流速分别为 1.58m/s、2.05m/s。

琼州海峡西出口的 S5 测站大、小潮最大流速分别为 1.58m/s, 0.84m/s, 琼州海峡西出口的 S6 测站大、小潮最大流速分别为 2.05m/s, 1.00m/s, 流沙湾内的 S1 测站大、小潮最大流速分别为 0.60m/s, 0.35m/s, 流沙湾内的 S2 测站大、小潮最大流速分别为 1.15m/s, 0.44m/s, S3 测站大、小潮最大流速分别为 1.12m/s, 0.54m/s, S4 测站大、小潮最大流速分别为 0.92m/s, 0.70m/s, S7 测站大、小潮最大流速分别为 0.93m/s, 0.76m/s。详见图 5.5.2-5。

(不公开)

图 5.5.2-5 夏季水文测验期间各测站垂线平均流速对比情况

夏季大潮期间, 近岸的 S1 测站涨、落潮流主流向大致为 40° - 234° , S2 测站涨、落潮流主流向大致为 148° - 324° , S3 测站涨、落潮流主流向大致为 337° - 149° 。S4 测站涨、落潮流主流向大致为 339° - 162° , S5 测站涨、落潮流主流向大致为 306° - 130° , S6 测站涨、落潮流主流向大致为 328° - 158° , S7 测站涨、落潮流主流向大致为 343° - 164° 。

(不公开)

图 5.5.2-6 夏季大潮测验期间流矢图(垂线平均)

(不公开)

图 5.5.2-7 夏季小潮测验期间流矢图(垂线平均)

②秋季(2022 年 10 月)

秋季水文测验期间, 位于琼州海峡西出口的 S5、S6 测站实测最大涨潮流速为 1.72m/s (332°), 出现于 S6 测站的面层, 最大落潮流速为 1.71m/s (159°), 出现于 S6 测站的面层; 位于流沙湾内的 S1、S2 测站, 实测最大涨潮流速为 1.00m/s (133°), 出现于 S2 测站的面层, 最大落潮流速为 1.04m/s (314°), 出现于 S2 测站的面层; S3、S4、S7 测站, 实测最大涨潮流速为 1.00m/s (342°), 出现于 S4 测站的 0.4H 层, 最大落潮流速为 1.13m/s (177°), 出现于 S4 测站的面层、0.2H 层。

秋季测次期间, 流沙湾内的 S1、S2 测站实测最大涨潮流速分别为 0.50m/s、1.00m/s, 实测最大落潮流速分别为 0.50m/s、1.04m/s。北部湾内的 S3、S4、S7 测站实测最大涨潮流速分别为 0.81m/s、1.00m/s 和 0.90m/s, 实测最大落潮流速分别为 0.91m/s、1.13m/s 和 1.12m/s; 琼州海峡西出口的 S5、S6 测站实测最大涨潮流速分别为 1.10m/s、1.72m/s, 实测最大落潮流速分别为 1.18m/s、1.71m/s。

琼州海峡西出口的 S5 测站大、小潮最大流速分别为 1.18m/s, 1.12m/s, 琼州海峡

西出口的 S6 测站大、小潮最大流速分别为 1.72m/s, 1.51m/s, 流沙湾内的 S1 测站大、小潮最大流速分别为 0.50m/s, 0.40m/s, 流沙湾内的 S2 测站大、小潮最大流速分别为 1.04m/s, 0.73m/s, S3 测站大、小潮最大流速分别为 0.91m/s, 0.82m/s, S4 测站大、小潮最大流速分别为 1.13m/s, 0.88m/s, S7 测站大、小潮最大流速分别为 1.12m/s, 0.90m/s。

秋季大潮期间, 近岸的 S1 测站涨、落潮流主流向大致为 $57^{\circ}\sim 233^{\circ}$, S2 测站涨、落潮流主流向大致为 $135^{\circ}\sim 344^{\circ}$, S3 测站涨、落潮流主流向大致为 $314^{\circ}\sim 150^{\circ}$ 。S4 测站涨、落潮流主流向大致为 $342^{\circ}\sim 169^{\circ}$, S5 测站涨、落潮流主流向大致为 $310^{\circ}\sim 127^{\circ}$, S6 测站涨、落潮流主流向大致为 $337^{\circ}\sim 156^{\circ}$, S7 测站涨、落潮流主流向大致为 $345^{\circ}\sim 164^{\circ}$ 。

(不公开)

图 5.5.2-8 秋季水文测验期间各测站垂线平均流速对比情况

(不公开)

图 5.5.2-9 秋季大潮测验期间流矢图(垂线平均)

(不公开)

图 5.5.2-10 秋季小潮测验期间流矢图(垂线平均)

(2) 潮流分析

潮流性质可以由 K_1 、 O_1 分潮流的椭圆长半轴与 M_2 分潮流的椭圆长半轴之比(潮流性质系数)即 $F = (W_{K_1} + W_{O_1}) / W_{M_2}$ 来判别。当 $F \leq 0.5$ 时为规则半日潮流, 当 $0.5 < F \leq 2.0$ 时为不规则半日潮。潮流运动形式可从实测流矢图及 M_2 分潮流的椭圆率 K 来判定。如 $|K|$ 值小, 则潮流运动的往复流形式显著; 反之, 则旋转流特征强烈。按规定, 当 K 值为正时, 潮流呈逆时针向旋转; K 为负时, 呈顺时针向旋转。

根据潮流实测资料进行调和与分析, 夏季水文测验期间各垂线 $(W_{K_1} + W_{O_1}) / W_{M_2}$ 比值均小于 2.85~6.66, 秋季测验期间各测站各层 $(W_{K_1} + W_{O_1}) / W_{M_2}$ 比值介于 1.60~3.00, 夏秋两季各站表征浅水效应强弱的垂线平均 W_{M_4} / W_{M_2} 在 0.05~0.80 和 0.04~0.23 之间, 总体来看, 工程区潮流类型为非正规全日浅海潮流。

夏季、秋季工程场区及其附近水域各垂线潮流以往复流为主, 各垂线 M_2 分潮流的垂线平均 $|K|$ 在 0.00~0.57 之间。

(3) 潮流可能最大流速

根据潮流调和与分析结果, 夏季场区内的 S1、S2 测站潮流最大可能流速分别为

0.67m/s 和 1.19m/s，琼州海峡西出口的 S5、S6 测站潮流最大可能流速分别为 1.92m/s 和 2.31m/s，其余 S3、S4、S7 测站潮流最大可能流速分别为 1.14m/s、1.28m/s、1.36m/s，详见表 5.5.2-8。

表 5.5.2-8 夏季潮流可能最大流速 (m/s) 及流向 (°) 统计

(不公开)

秋季流沙湾内的 S1、S2 测站潮流最大可能流速分别为 0.59m/s 和 1.25m/s，琼州海峡西出口的 S5、S6 测站潮流最大可能流速分别为 1.76m/s 和 2.41m/s，其余 S3、S4、S7 测站潮流最大可能流速分别为 1.29m/s、1.51m/s、1.43m/s，详见表 5.5.2-9。

表 5.5.2-9 秋季潮流可能最大流速 (m/s) 及流向 (°) 统计

(不公开)

5.5.2.4. 余流

(1) 夏季 (2022 年 7 月)

夏季测次期间，各测站余流指向多为涨、落潮方向，尤其表层余流，基本指向涨潮方向。流沙湾内 S1、S2 测站，大潮期间余流介于 0.01~0.10m/s，小潮期间余流介于 0.02~0.07m/s；琼州海峡西出口的 S5、S6 测站，大潮期间余流介于 0.04~0.19m/s，小潮期间余流介于 0.01~0.12m/s；其余 S3、S4、S7 测站，大潮期间余流介于 0.03~0.17m/s，小潮期间余流介于 0.03~0.17m/s，总体大潮余流大于小潮余流。

表 5.5.2-10 夏季余流值 (m/s) 及方向 (°) 统计

(不公开)

(2) 秋季 (2022 年 10 月)

秋季测次期间，各测站余流基本指向多为涨潮流方向。流沙湾内 S1、S2 测站，大潮期间余流介于 0.03~0.10m/s，小潮期间余流介于 0.01~0.07m/s；琼州海峡西出口的 S5、S6 测站，大潮期间余流介于 0.05~0.14m/s，小潮期间余流介于 0.04~0.11m/s；其余 S3、S4、S7 测站，大潮期间余流介于 0.02~0.10m/s，小潮期间余流介于 0.01~0.10m/s，总体大潮余流大于小潮余流。

表 5.5.2-11 秋季余流值 (m/s) 及方向 (°) 统计

(不公开)

5.5.2.5. 盐度

观测海域盐度年变化较小，主要受南海来水的影响，其次是上游径流影响。是测验期各测站的平均盐度与潮位同步变化过程曲线。由图 5.3-11 和 5.3-12 可见，观测期

间盐度变化较为规律，盐度随涨、落潮变化显著，大潮汛随涨潮盐度增加，落潮盐度变低，小潮汛期间盐度变化较小，且滞后于潮汛的变化。

(不公开)

图 5.5.2-11 夏季大潮各测站平均盐度与潮位过程线

(不公开)

图 5.5.2-12 夏季小潮各测站平均盐度与潮位过程线

(不公开)

图 5.5.2-13 秋季大潮各测站平均盐度与潮位过程线

(不公开)

图 5.5.2-14 秋季小潮各测站平均盐度与潮位过程线

(1) 夏季 (2022 年 7 月)

夏季水文测验期间，流沙湾内的 S1、S2 测站盐度最小，位于琼州海峡西出口的 S5、S6 测站盐度最大，其余各站相差不大，大潮期间，各测站平均盐度分别为 31.995‰、32.006‰、32.902‰、32.899‰、32.915‰、33.062‰、32.911‰，小潮期间，各测站平均盐度分别为 31.670‰、31.674‰、32.139‰、32.143‰、32.169‰、32.022‰、32.150‰。

各测站盐度总体表现出随水深增加盐度变大的趋势，各测站，大潮期间，表底层差值介于 0.014~0.179‰，小潮期间表底层差值介于 0.056~0.121‰。

表 5.5.2-12 夏季大潮盐度特征值统计(‰) (不公开)

表 5.5.2-13 夏季小潮盐度特征值统计(‰) (不公开)

表 5.5.2-14 夏季各测站分层盐度特征值统计(‰) (不公开)

(2) 秋季 (2022 年 10 月)

秋季观测期间，流沙湾内的 S1、S2 测站盐度最小，北部湾较里面的 S4、S7 测站盐度最大，其余各站相差不大，大潮期间，各测站平均盐度分别为 31.689‰、31.621‰、32.761‰、33.140‰、32.665‰、32.562‰、33.066‰，小潮期间，各测站平均盐度分别为 30.147‰、30.086‰、32.223‰、32.143‰、32.380‰、32.260‰、32.031‰。

盐度随水深变化不大，总体表现出随水深增加盐度变大的趋势，各测站，大潮期间，表底层差值介于 0.004~0.086‰，小潮期间表底层差值介于 0.000~0.049‰。

表 5.5.2-15 秋季大潮盐度特征值统计(‰) (不公开)

表 5.5.2-16 秋季小潮盐度特征值统计(‰) (不公开)

表 5.5.2-17 秋季各测站分层盐度特征值统计(‰) (不公开)

5.5.2.6. 悬浮泥沙

(1) 夏季 (2022 年 7 月)

①含沙量

夏季观测期间, 全水域平均含沙量为 $0.120\text{kg}/\text{m}^3$, 大潮期, 流沙湾内 S1、S2 测站平均含沙量分别为 $0.177\text{kg}/\text{m}^3$ 、 $0.177\text{kg}/\text{m}^3$, 琼州海峡西出口 S5、S6 测站平均含沙量分别为 $0.123\text{kg}/\text{m}^3$ 、 $0.127\text{kg}/\text{m}^3$, 其余 S3、S4、S7 测站平均含沙量分别为 $0.131\text{kg}/\text{m}^3$ 、 $0.137\text{kg}/\text{m}^3$ 和 $0.109\text{kg}/\text{m}^3$; 小潮期, 流沙湾内 S1、S2 测站平均含沙量分别为 $0.092\text{kg}/\text{m}^3$ 、 $0.102\text{kg}/\text{m}^3$, 琼州海峡西出口 S5、S6 测站平均含沙量分别为 $0.069\text{kg}/\text{m}^3$ 、 $0.111\text{kg}/\text{m}^3$, 其余 S3、S4、S7 测站平均含沙量分别为 $0.113\text{kg}/\text{m}^3$ 、 $0.117\text{kg}/\text{m}^3$ 和 $0.087\text{kg}/\text{m}^3$ 。

(不公开)

图 5.5.2-15 夏季水文测验期间各测站平均含沙量对比图

②空间变化

夏季流沙湾内的 S1、S2 测站含沙量较大, 琼州海峡西出口 S5、S6 的测站受潮汛影响, 大潮汛期间含沙量明显较大, 其余各站均相差不大。流沙湾内平均含沙量为 $0.137\text{kg}/\text{m}^3$, 琼州海峡西出口的平均含沙量为 $0.137\text{kg}/\text{m}^3$, 其余各站的平均含沙量为 $0.116\text{kg}/\text{m}^3$ 。

夏季大潮期间表、中、底层平均含沙量分别 $0.125\text{kg}/\text{m}^3$ 、 $0.143\text{kg}/\text{m}^3$ 、 $0.162\text{kg}/\text{m}^3$, 其中流沙湾内的 S1、S2 测站表、中、底层平均含沙量分别 $0.157\text{kg}/\text{m}^3$ 、 $0.177\text{kg}/\text{m}^3$ 、 $0.202\text{kg}/\text{m}^3$ 。

夏季小潮期间表、中、底层平均含沙量分别 $0.080\text{kg}/\text{m}^3$ 、 $0.100\text{kg}/\text{m}^3$ 、 $0.120\text{kg}/\text{m}^3$, 其中流沙湾内的 S1、S2 测站表、中、底层平均含沙量分别 $0.061\text{kg}/\text{m}^3$ 、 $0.095\text{kg}/\text{m}^3$ 、 $0.129\text{kg}/\text{m}^3$ 。全水域表、中、底层平均含沙量之比约为 1.0: 1.2: 1.4。

表 5.5.2-18 夏季各垂线含沙量特征值的分层统计 (kg/m^3) (不公开)

表 5.5.2-19 夏季大潮期间各垂线含沙量 (kg/m^3) 特征值 (不公开)

表 5.5.2-20 夏季小潮期间各垂线含沙量 (kg/m^3) 特征值 (不公开)

③输沙量

夏季大潮期间, 流沙湾内 S1、S2 单宽净输沙量分别为 $11.2\text{t}/\text{m}\cdot\text{d}$ (255°)、 $30.6\text{t}/\text{m}\cdot\text{d}$ (300°), 琼州海峡西出口的 S5、S6 测站单宽净输沙量分别为 $41.6\text{t}/\text{m}\cdot\text{d}$ (233°)、

72.6t/m·d (190°), 其余 S3、S4、S7 测站单宽净输沙量分别为 20.8t/m·d (116°)、11.9t/m·d (215°)、6.9t/m·d (177°)。

夏季小潮期间, 流沙湾内 S1、S2 单宽净输沙量分别为 3.5t/m·d (164°)、7.7t/m·d (151°), 琼州海峡西出口的 S5、S6 测站单宽净输沙量分别为 21.5t/m·d (242°)、27.6t/m·d (344°), 其余 S3、S4、S7 测站单宽净输沙量分别为 8.5t/m·d (1°)、8.8t/m·d (3°)、5.8t/m·d (354°)。

表 5.5.2-21 夏季各站周日单宽输沙量 (t/m·d) 与方向 (°) (不公开)

④悬沙粒度

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, 砂只占极少部分。悬沙中值粒径变化范围在 5.94~12.17 μm 之间, 平均值为 8.88 μm 。悬沙分选系数变化范围为 1.50~13.73 ϕ , 平均值为 8.08 ϕ 。悬沙偏态系数变化范围为 0.04~0.64, 平均值为 0.41。悬沙峰态系数的变化范围为 0.94~1.78, 平均值为 1.08。

(2) 秋季 (2022 年 10 月)

①含沙量

秋季全水域平均含沙量为 0.093kg/m³, 大潮期, 流沙湾内 S1、S2 测站平均含沙量分别为 0.164kg/m³、0.106kg/m³, 琼州海峡西出口 S5、S6 测站平均含沙量分别为 0.068kg/m³、0.091kg/m³, 其余 S3、S4、S7 测站平均含沙量分别为 0.114kg/m³、0.084kg/m³ 和 0.079kg/m³。

小潮期, 流沙湾内 S1、S2 测站平均含沙量分别为 0.139kg/m³、0.094kg/m³, 琼州海峡西出口 S5、S6 测站平均含沙量分别为 0.062kg/m³、0.078kg/m³, 其余 S3、S4、S7 测站平均含沙量分别为 0.069kg/m³、0.077kg/m³ 和 0.077kg/m³。

(不公开)

图 5.5.2-16 秋季水文测验期间各测站平均含沙量对比图

②空间变化

秋季总体含沙量较小, 流沙湾内的 S1、S2 测站含沙量略大于其余各站, 其余各站含沙量均相差不大。流沙湾内平均含沙量为 0.126kg/m³, 琼州海峡西出口的平均含沙量为 0.075kg/m³, 其余各站的平均含沙量为 0.083kg/m³。

秋季水域含沙量垂向分布表现为自上而下渐增的特征。

大潮期间表、中、底层平均含沙量分别 0.065kg/m³、0.099kg/m³、0.140kg/m³, 其中流沙湾内的 S1、S2 测站表、中、底层平均含沙量分别 0.092kg/m³、0.136kg/m³、

0.178kg/m³，琼州海峡西出口的 S5、S6 测站表、中、底层平均含沙量分别 0.050kg/m³、0.077kg/m³、0.113kg/m³，其余各测站表、中、底层平均含沙量分别 0.056kg/m³、0.088kg/m³、0.133kg/m³。

小潮期间表、中、底层平均含沙量分别 0.056kg/m³、0.083kg/m³、0.116kg/m³，其中流沙湾内的 S1、S2 测站表、中、底层平均含沙量分别 0.080kg/m³、0.118kg/m³、0.152kg/m³，琼州海峡西出口的 S5、S6 测站表、中、底层平均含沙量分别 0.047kg/m³、0.067kg/m³、0.097kg/m³，其余各测站表、中、底层平均含沙量分别 0.047kg/m³、0.070kg/m³、0.106kg/m³。全水域表、中、底层平均含沙量之比约为 1.0: 1.5: 2.1。

表 5.5.2-22 秋季各垂线含沙量特征值的分层统计 (kg/m³) (不公开)

表 5.5.2-23 秋季大潮期间各垂线含沙量 (kg/m³) 特征值 (不公开)

表 5.5.2-24 秋季小潮期间各垂线含沙量 (kg/m³) 特征值 (不公开)

③输沙量

秋季大潮期间，流沙湾内 S1、S2 单宽净输沙量分别为 10.3t/m·d(208°)、47.3t/m·d (1°)，琼州海峡西出口的 S5、S6 测站单宽净输沙量分别为 21.7t/m·d (253°)、37.0t/m·d(259°)，其余 S3、S4、S7 测站单宽净输沙量分别为 19.3t/m·d(189°)、28.0t/m·d (254°)、22.1t/m·d (208°)。

秋季小潮期间，流沙湾内 S1、S2 单宽净输沙量分别为 5.7t/m·d (119°)、7.3t/m·d (70°)，琼州海峡西出口的 S5、S6 测站单宽净输沙量分别为 10.9t/m·d (305°)、56.6t/m·d (226°)，其余 S3、S4、S7 测站单宽净输沙量分别为 3.6t/m·d (81°)、8.5t/m·d (266°)、20.5t/m·d (254°)。

表 5.5.2-25 秋季各站周日单宽输沙量 (t/m·d) 与方向(°) (不公开)

④悬沙粒度

秋季水文测验期间，悬沙中值粒径变化范围在 6.72~14.46μm 之间，平均值为 9.06μm。悬沙分选系数变化范围为 2.02~15.70φ，平均值为 8.62φ，悬沙偏态系数变化范围为 0.39~0.75，平均值为 0.55，悬沙峰态系数的变化范围为 1.09~1.85，平均值为 1.39。

5.5.3. 水文环境现状综合分析评价结论

5.5.3.1. 夏季水文

(1) 本次水文观测期间, 最大风力为 5~6 级, 风向主要分布在 ENE~SSE 范围内, 大、小潮最大风速分别为 7.9m/s、7.5m/s、6.8m/s。

(2) 临时潮位观测站的潮汐类型指标值均大于 4.0, 为规则全日潮。观测期间临时潮位站 L1 站, 平均海面为 0.50m, 最大潮差为 3.97m, 平均潮差为 2.14m; 月最高潮位为 2.68m, 最低潮位为-1.30m; 临时潮位站 L2 站, 平均海面为 0.47m, 最大潮差为 2.75m, 平均潮差为 1.65m; 月最高潮位为 1.62m, 最低潮位为-1.13m。

(3) 北部湾内的测站 (S1、S2、S3、S4、S7) 夏季实测最大流速分别为 0.60m/s、1.15m/s、1.12m/s、0.92m/s、0.93m/s, 位于琼州海峡西出口的测站 (S5、S6) 实测最大流速 1.58m/s、2.05m/s。大潮期间涨、落潮流速差异平均为 0.18m/s, 小潮期间为 0.07m/s。实测最大流速大潮在 0.50~2.05m/s, 小潮在 0.23~1.00m/s, 大、小潮最大流速比约为 2.11:1.00。各测站全潮表、中、底层流速平均比为 1.43: 1.27: 1.00。

(4) 夏季测验期间平均盐度介于 31.995~33.062‰, 最高盐度介于 31.756~33.284‰, 最低盐度介于 30.636~32.972‰。流沙湾内的 S1、S2 测站盐度最小, 位于琼州海峡西出口的 S5、S6 测站盐度最大, 其余各站相差不大, 大潮期间, 各测站平均盐度分别为 31.995‰、32.006‰、32.902‰、32.899‰、32.915‰、33.062‰、32.911‰, 小潮期间, 各测站平均盐度分别为 31.670‰、31.674‰、32.139‰、32.143‰、32.169‰、32.022‰、32.150‰。

(5) 夏季大、小潮平均含沙量分别为 0.141kg/m³、0.099kg/m³。含沙量垂向分布表现为自上而下渐增的特征, 夏季表、中、底层平均含沙量之比约为 1.0: 1.2: 1.4。大潮期间, 平均涨潮输沙基本小于平均落潮输沙, 大潮期间平均涨、落潮输沙差值为 19.5t/m·d; 小潮期间, 平均涨潮输沙基本大于平均落潮输沙, 平均涨、落潮输沙差值为 9.7t/m·d。

(6) 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, 砂只占极少部分。夏季悬沙中值粒径变化范围在 5.94~12.17μm 之间, 平均值为 8.88μm。悬沙分选系数变化范围为 1.50~13.73φ, 平均值为 8.08φ。

5.5.3.2. 秋季水文

(1) 本次水文观测期间, 最大风力为 4~5 级, 风向主要分布在 ENE~SSE

范围内。

(2) 临时潮位观测站的潮汐类型指标值均小于 4.0, 为不规则全日潮。观测期间临时潮位站 L1 站, 平均海面为 0.46m, 最大潮差为 3.22m, 平均潮差为 1.51m; 月最高潮位为 2.09m, 最低潮位为-1.17m; 临时潮位站 L2 站, 平均海面为 0.43m, 最大潮差为 2.25, 平均潮差为 1.20m; 月最高潮位为 1.52m, 最低潮位为-0.74m。

(3) 北部湾内的测站 (S1、S2、S3、S4、S7) 秋季实测最大流速分别为 0.50m/s、1.04m/s、0.91m/s、1.13m/s、1.12m/s, 位于琼州海峡西出口的测站 (S5、S6) 实测最大流速 1.18m/s、1.72m/s。大潮期间涨、落潮流速差异平均为 0.07m/s, 小潮期间为 0.03m/s。实测最大流速, 大潮在 0.37~1.72m/s, 小潮在 0.32~1.51m/s, 大、小潮最大流速比约为 1.15:1.00, 各测站全潮表、中、底层流速平均比为 1.36: 1.24: 1.00。

(4) 秋季测验期间平均盐度介于 30.060~33.142‰, 最高盐度介于 31.080~33.305‰, 最低盐度介于 29.124~32.921‰。流沙湾内的 S1、S2 测站盐度最小, 北部湾较里面的 S4、S7 测站盐度最大, 其余各站相差不大, 大潮期间, 各测站平均盐度分别为 31.689‰、31.621‰、32.761‰、33.140‰、32.665‰、32.562‰、33.066‰, 小潮期间, 各测站平均盐度分别为 30.147‰、30.086‰、32.223‰、32.143‰、32.380‰、32.260‰、32.031‰。

(5) 秋季全水域实测平均含沙量为 0.093kg/m³; 秋季大、小潮平均含沙量分别为 0.164kg/m³、0.106kg/m³。大潮期间全水域平均涨、落潮含沙量分别为 0.108kg/m³ 和 0.113kg/m³, 小潮期间, 全水域平均涨、落潮含沙量分别为 0.075kg/m³ 和 0.076kg/m³。大潮期间, 平均涨潮输沙基本小于平均落潮输沙, 大潮期间平均涨、落潮输沙差值为 6.8t/m·d; 小潮期间, 平均落潮输沙基本大于平均涨潮输沙, 平均涨、落潮输沙差值为 3.3t/m·d。

(6) 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, 砂只占极少部分。秋季悬沙中值粒径变化范围在 6.72~14.46μm 之间, 平均值为 9.06μm。悬沙分选系数变化范围为 2.02~15.70φ, 平均值为 8.62φ。

5.6. 海洋水质、沉积物与生物质量现状调查与评价

本节引用广州海兰图检测技术有限公司于 2024 年 04 月 28 日~05 月 11 日、11 月 01 日~11 月 18 日在湛江流沙湾海域的海洋环境质量现状调查数据。沉积物调查数据广州海兰图检测技术有限公司于 2022 年 5 月在湛江流沙湾海域进行的海洋沉积物

质量现状调查结果。

5.6.1. 调查与评价内容、方法

5.6.1.1. 调查范围与站位

本次调查共设水质调查站位 48 个，沉积物调查站位 24 个，海洋生物生态、生物体质量和渔业资源调查站位 31 个，潮间带断面 6 条，具体调查站位详见表 5.6.1-1 和图 5.6.1-1，具体监测项目见表 5.6.1-2。

表 5.6.1-1 海洋环境现状调查站位（不公开）

表 5.6.1-2 监测项目

类别	监测项目	项数
海水水质	pH、水温、盐度、溶解氧、悬浮物、化学需氧量、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、氨氮、无机氮、无机磷、油类、汞、砷、铜、锌、铅、镉、铬、硫化物、挥发酚、氰化物、氟化物、粪大肠菌群、六六六、滴滴涕、多氯联苯、多环芳烃	28
海洋沉积物	pH、含水率、粒度、有机碳、石油类、硫化物、铜、铅、镉、锌、总汞、铬、砷、六六六、滴滴涕、多氯联苯、硒、氧化还原电位	18
海洋生物体	铜、铅、锌、镉、铬、总汞、砷、石油烃	8
海洋生态	1、叶绿素 a、初级生产力； 2、浮游植物（种类及组成、个体数量、分布、多样性、均匀度、丰富度、优势种）； 3、浮游动物（生物量、种类及组成、个体数量、分布、多样性、均匀度、丰富度、优势种）； 4、底栖生物（种类及组成、优势种、生物量、栖息密度和分布、多样性、均匀度、丰富度）； 5、潮间带生物（种类及组成、优势种、生物量、栖息密度和分布、多样性、均匀度、丰富度）。	5
渔业资源	1、鱼卵仔稚鱼（种类数、数量分布、主要种类）； 2、游泳生物（种类及组成、优势种、渔获率、资源密度、多样性、均匀度、丰富度）。	2

(不公开)

图 5.6.1-1 本项目海洋环境与生态现状调查站位布置图

5.6.1.2. 调查方法

(1) 水样采集通用方法

①按照《海洋监测规范》(GB17378-2007)和《海洋调查规范》(GB/T12763-2007)中的要求执行;

②使用 GPS 定位导航调查船只进入预定站位后开始测量水深。根据实测水深,进行透明度、水色等现场观测,当站位水深浅于 10m 时(以现场水深为准,下同),仅采集表层水样一个;当站位水深在 10m~25m 时,分别采集表层和底层水样各一个;其中表层为距表面 0.1m~1m,底层为离底 2m,具体如表 5.6.1-3;

表 5.6.1-3 采样层次表

水深范围/m	标准层次	底层与相邻标准层最小距离/m
小于 10	表层	/
10~25	表层、底层	/
25~50	表层、10m、底层	/
50~100	表层、10m、50m、底层	5
100 以上	表层、10m、50m、以下水层的酌情加层、底层	10

注 1: 表层系指海面以下 0.1m~1m;
注 2: 底层,对河口及港湾海域最好取离海底 2m 的水层,深海或大风浪时可酌情增大离底层的距离。

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

④对无法现场分析的样品,按《海洋监测规范》(GB17378-2007)加固定剂后带回实验室分析;

⑤水文气象观测执行《海洋调查规范第 3 部分:海洋气象观测》(GB/T12763.3-2020)、《海洋调查规范第 2 部分:海洋水文观测》(GB/T12763.2-2007)和《海洋观测规范第 2 部分:海滨观测》(GB/T14914.2-2019)。

(2) 特殊指标水样采集方法

①溶解氧、生化需氧量样品的采集:应用碘量法测定水中溶解氧,水样需直接采集到样品瓶中。采样时,要注意不使水样曝气或残存气体。如使用有机玻璃采水器、

球阀式采水器、颠倒采水器等则必须防止搅动水体，溶解氧样品需最先采集。将乳胶管的一端接上玻璃管，另一端套在采水器的出水口，放出少量水样荡洗水样瓶两次；将玻璃管插到分析瓶底部，慢慢注入水样，待水样装满并溢出约为瓶子体积的 1/2 时，将玻璃管慢慢抽出；立即用自动加液器（管尖靠近液面）依次注入 1.0ml 氯化锰溶液和 1.0m 碱性碘化钾溶液；塞紧瓶塞并用手抓住瓶塞和瓶底，并把瓶缓慢地上下颠倒 20 次，使样品与固定液充分混匀。等样品瓶内沉积物降至瓶体 2/3 以下时方可进行分析。如样品瓶泡在水中，允许存放 24h。避免阳光直射和温度剧烈变化，如温差较大，应在 12h 内测定。

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

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

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

⑤重金属样品的采集：水样采集后，要有防止现场大气降尘带来的污染措施，并尽快从采样器中放出样品；防止采样器内样品中所含污染物随悬浮物的下沉而降低含量，灌装样品时必须边摇动采水器边灌装，立即用 0.45 μ m 滤膜过滤处理，过滤水样用 HNO₃ 酸化至 pH 值小于 2，塞上塞子，存放在洁净环境中。

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

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

的环境中。

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

（3）海洋沉积物样品采集

根据《海洋监测规范》（GB17378-2007）和《近岸海域环境监测技术规范第四部分：近岸海域沉积物监测》（HJ442.4-2020）中的要求，进行沉积物样品的采集、保存与运输。

①到达指定站位后，将绞车的钢丝绳与 0.05m^2 抓斗式采泥器连接，同时测量站位水深，开动绞车将采泥器下放至离海底 $3\text{m}\sim 5\text{m}$ 时，全速开动绞车使其降至海底。然后将采泥器提至接样板上，打开采泥器上部耳盖，轻轻倾斜使上部积水缓慢流出后，用塑料刀或勺从采泥器耳盖中仔细取上部 $0\text{cm}\sim 1\text{cm}$ 的沉积物。如遇砂砾层，可在 $0\text{cm}\sim 3\text{cm}$ 层内混合取样；

②样品从海底至船甲板，应立即进行现场样品状态描述（颜色、气味、厚度）；

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

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

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

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

⑦采样完毕，打开采泥器，弃去残留沉积物，用海水冲洗。

（4）海洋生物体样品采集

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。

(5) 海洋生态类样品采集

①叶绿素 a 和初级生产力

采样层次与水质采样层次相同，用采水器采集水样，采集 2L~5L 海水样品后，加入 3mL 碳酸镁悬浮液，混匀，并现场抽滤至 0.45 μ m 孔径的纤维素酯微孔滤膜，过滤负压不超过 50kPa，冷藏保存，上岸后立即运回室内检测，采用分光光度法测定叶绿素 a 的含量。初级生产力采用叶绿素 a 法，按照 Cadee 和 Hegeman (1974) 提出的简化公式估算。

②浮游植物：浮游植物定量分析样品用浅水 III 型浮游生物网（加重锤）自底至表层作垂直拖网进行采集。垂直拖网时，落网速度不超过 1m/s，起网为 0.5m/s。样品用鲁哥氏碘液固定，加入量为每升水加入 6mL~8mL。样品带回实验室经浓缩后镜检、观察、鉴定和计数。分析其种类组成、数量分布、主要优势种及其多样性分析。

③浮游动物：浮游动物样品用浅水 I 型浮游生物网（加重锤）从底层至表层垂直拖曳采集。采得的样品在现场用 5% 的甲醛溶液固定。在室内挑去杂物后以湿重法称取浮游动物的生物量，然后在体视显微镜下对标本进行鉴定和计数。

分析其种类组成、数量分布、主要优势种及其多样性分析，并提供其种类名录。

④大型底栖生物

定量样品采用 0.05m² 采泥器，在每站位连续采集平行样品 4 次，经孔径为 0.50mm 的筛网筛洗干净后，放入 500mL 样品瓶中，加入体积分数为 5%~7% 的中

性甲醛溶液暂时性保存，便于室内鉴定。样品在实验室内进行计数、称重及种类鉴定，分析其种类组成、数量分布、主要优势种及其多样性分析，并提供其种类名录。

⑤鱼卵仔稚鱼

调查选择适于在调查海区作业且设备条件良好的渔船承担，按照《海洋调查规范》（GB/T12763-2007）的相关规定进行样品的采集、保存和运输。定量采样：网具使用浅水 I 型浮游生物网（水深 $<30\text{m}$ ）垂直采样，由海底至海面垂直拖网。定性采样：采用水平拖网法，网具采用大型浮游生物网，于表层水平拖曳 10min 取得，拖速保持在 1kn~2kn。海上采得的浮游生物样品按体积 5% 的量加入福尔马林溶液固定，带回实验室后将鱼卵仔鱼样品单独挑出，在解剖镜下计数和鉴定。

⑥潮间带生物

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

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

应在宏观观察基础上选取能代表该水平高度上生物分布特点的位置。取样时，应先将框内的易碎生物（如：牡蛎、藤壶等）加以计数，并观察记录优势种的覆盖面积。然后再用小铁铲、凿子或刮刀将框内所有生物刮取干净；

③用筛网孔目为 1.0mm 和 0.5mm 的过筛器进行生物样品筛选；

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

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

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

⑦游泳动物

游泳生物调查按照《海洋调查规范》(GB/T12763-2007)的相关规定进行样品的采集、保存和运输。

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

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

③样品处理：将囊网里全部渔获物收集，记录估计的网次总质量 (kg)。渔获物总质量在 40kg 以下时，全部取样分析；渔获物大于 40kg 时，从中挑出大型的和稀有

的标本后，从渔获物中随机取出渔获物分析样品 20kg 左右，然后把余下的渔获物按品种和不同规格装箱，记录该站位准确渔获物总质量（kg）。

④本次调查，由于调查海域水下地形复杂且存在较多的筏式养殖，故根据各站位的区域特征，有针对性地选用了适用的船只和网具进行游泳动物调查。

5.6.1.3. 分析方法

(1) 海水水质指标分析方法

水质样品的分析按照《海洋调查规范》（GB/T12763-2007）和《海洋监测规范》（GB17378-2007）进行，各项目的分析方法如表 5.6.1-4。

表 5.6.1-4 海水调查项目及分析方法

序号	检测指标	检测依据	分析方法	检出限
1	水温	《海洋调查规范第 2 部分：海洋水文观测》GB/T12763.2-2007/5.2.1	CTD 法	/
2	pH	《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》GB17378.4-2007/26	pH 计法	/
3	盐度	《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》GB17378.4-2007/29.1	盐度计法	2
4	溶解氧	《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》GB17378.4-2007/31	碘量法	0.11mg/L
5	悬浮物	《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》GB17378.4-2007/27	重量法	/
6	化学需氧量	《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》GB17378.4-2007/32	碱性高锰酸钾法	0.15mg/L
7	硝酸盐氮	《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》GB17378.4-2007/38.1	镉柱还原法	0.0010mg/L
8	亚硝酸盐氮	《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》GB17378.4-2007/37	萘乙二胺分光光度法	0.0002mg/L
9	氨氮	《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》GB17378.4-2007/36.1	靛酚蓝分光光度法	0.0004mg/L
10	无机氮	《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》GB17378.4-2007/35	/	/
11	无机磷	《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》GB17378.4-2007/39.1	磷钼蓝分光光度法	0.0006mg/L

序号	检测指标	检测依据	分析方法	检出限
12	挥发酚	《海洋监测规范第4部分：海水分析》 GB17378.4-2007/19	4-氨基安替比林 分光光度法	1.1μg/L
13	油类	《海洋监测规范第4部分：海水分析》 GB17378.4-2007/13.2	紫外分光光度法	0.0035mg/L
14	汞	《海洋监测规范第4部分：海水分析》 GB17378.4-2007/5.1	原子荧光法	0.007μg/L
15	砷	《海洋监测规范第4部分：海水分析》 GB17378.4-2007/11.1	原子荧光法	0.5μg/L
16	铜	《海洋监测规范第4部分：海水分析》 GB17378.4-2007/6.1	无火焰原子吸收 分光光度法	0.2μg/L
17	铅	《海洋监测规范第4部分：海水分析》 GB17378.4-2007/7.1	无火焰原子吸收 分光光度法	0.03μg/L
18	镉	《海洋监测规范第4部分：海水分析》 GB17378.4-2007/8.1	无火焰原子吸收 分光光度法	0.01μg/L
19	锌	《海洋监测规范第4部分：海水分析》 GB17378.4-2007/9.1	火焰原子吸收分 光光度法	0.0031mg/L
20	铬	《海洋监测规范第4部分：海水分析》 GB17378.4-2007/10.1	无火焰原子吸收 分光光度法	0.4μg/L
21	硫化物	《海洋监测规范第4部分：海水分析》 GB17378.4-2007/18.1	亚甲基蓝分光光 度法	0.2μg/L
22	氰化物	《海洋监测规范第4部分：海水分析》 GB17378.4-2007/20.1	异烟酸-吡唑 啉酮分光光度 法	0.0005mg/L
23	氟化物	《水质氟化物的测定离子选择电极法》 GB/T7484-1987	离子选择电极法	0.05mg/L
24	粪大肠杆菌 群	《海洋监测规范第7部分：近海污染生 态调查和生物监测》 GB17378.7-2007/9	粪大肠菌群检测	/
25	六六六	《海洋监测规范第4部分：海水分析》 GB17378.4-2007/14	气相色谱法	0.001μg/L
26	滴滴涕	《海洋监测规范第4部分：海水分析》 GB17378.4-2007/14	气相色谱法	0.0038μg/L

序号	检测指标	检测依据	分析方法	检出限
27	多氯联苯	《海洋监测规范第4部分：海水分析》 GB17378.4-2007/15	气相色谱法	0.01μg/L
28	多环芳烃	《海水中16种多环芳烃的测定气相色谱-质谱法》GB/T26411-2010	气相色谱法	/

(2) 海洋沉积物指标分析方法

样品的分析按照《海洋监测规范第5部分：沉积物分析》（GB17378.5-2007）和《海洋调查规范第8部分海洋地质地球物理调查》（GB/T12763.8-2007）进行，各项目的分析方法如表5.6.1-5。

表 5.6.1-5 沉积物项目及分析方法

序号	检测指标	检测依据	分析方法	检出限
1	含水率	《海洋监测规范第5部分：沉积物分析》 GB17378.5-2007/19	重量法	/
2	有机碳	《海洋监测规范第5部分：沉积物分析》 GB17378.5-2007/18.1	重铬酸钾氧化-还原容量法	0.02%
3	石油类	《海洋监测规范第5部分：沉积物分析》 GB17378.5-2007/13.1	荧光分光光度法	1.0mg/kg
4	硫化物	《海洋监测规范第5部分：沉积物分析》 GB17378.5-2007/17.1	亚甲基蓝分光光度法	0.3mg/kg
5	铜	《海洋监测规范第5部分：沉积物分析》 GB17378.5-2007/6.2	火焰原子吸收分光光度法	2.0mg/kg
6	铅	《海洋监测规范第5部分：沉积物分析》 GB17378.5-2007/7.2	火焰原子吸收分光光度法	3.0mg/kg
7	镉	《海洋监测规范第5部分：沉积物分析》 GB17378.5-2007/8.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.04mg/kg
8	锌	《海洋监测规范第5部分：沉积物分析》 GB17378.5-2007/9.1	火焰原子吸收分光光度法	6.0mg/kg
9	总汞	《海洋监测规范第5部分：沉积物分析》 GB17378.5-2007/5.1	原子荧光法	0.002mg/kg
10	铬	《海洋监测规范第5部分：沉积物分析》 GB17378.5-2007/10.1	无火焰原子吸收分光光度法	2.0mg/kg

11	砷	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》 GB17378.5-2007/11.1	原子荧光法	0.06mg/kg
12	pH	《海洋调查规范第 8 部分：海洋地质地球 物理调查》GB/T12763.8-2007/6.7.2	pH 计法	/
13	粒度	《海洋调查规范第 8 部分海洋地质地球物 理调查》GB/T12763.8-2007/6.3	激光粒度分布仪 法	/
14	六六六	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》 GB17378.5-2007/14	气相色谱法	0.015μg/kg
15	滴滴涕	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》 GB17378.5-2007/14	气相色谱法	0.039μg/kg
16	多氯联苯	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》 GB17378.5-2007/15	气相色谱法	0.059μg/kg
17	硒	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》 GB17378.5-2007/12.1	荧光分光光度法	0.1mg/kg
18	氧化还原电 位	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》 GB17378.5-2007/20	电位计法	/

(3) 海洋生物体指标分析方法

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》(GB17378.6-2007) 进行，各项的分析方法如表 5.6.1-6。

表 5.6.1-6 海洋生物质量调查项目及分析方法

序号	检测指标	检测依据	分析方法	检出限
1	石油烃	《海洋监测规范第 6 部分：生物体分 析》GB17378.6-2007/13	荧光分光光度法	0.2mg/kg
2	铜	《海洋监测规范第 6 部分：生物体分 析》GB17378.6-2007/6.1	无火焰原子吸收分 光光度法	0.4mg/kg
3	铅	《海洋监测规范第 6 部分：生物体分 析》GB17378.6-2007/7.1	无火焰原子吸收分 光光度法	0.04mg/kg
4	镉	《海洋监测规范第 6 部分：生物体分 析》GB17378.6-2007/8.1	无火焰原子吸收分 光光度法	0.005mg/kg
5	总汞	《海洋监测规范第 6 部分：生物体分 析》GB17378.6-2007/5.1	原子荧光法	0.002mg/kg
6	砷	《海洋监测规范第 6 部分：生物体分 析》GB17378.6-2007/11.1	原子荧光法	0.2mg/kg

7	锌	《海洋监测规范第6部分：生物体分析》GB17378.6-2007/9.1	火焰原子吸收分光光度法	0.4mg/kg
8	铬	《海洋监测规范第6部分：生物体分析》GB17378.6-2007/10.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.04mg/kg

(4) 海洋生态类指标分析方法

样品的分析采用《海洋监测规范第7部分：近海污染生态调查和生物监测》(GB17378.7-2007)和《海洋调查规范第6部分：海洋生物调查》(GB/T12763.6-2007)进行，各项的分析方法如表 5.6.1-7。

表 5.6.1-7 海洋生态调查项目及分析方法

序号	检测指标	检测依据	分析方法
1	浮游植物	《海洋监测规范第7部分：近海污染生态调查和生物监测》GB17378.7-2007/5	浓缩计数法
2	浮游动物	《海洋监测规范第7部分：近海污染生态调查和生物监测》GB17378.7-2007/5	镜检法
3	大型底栖生物	《海洋监测规范第7部分：近海污染生态调查和生物监测》GB17378.7-2007/6	镜检法
4	潮间带生物	《海洋监测规范第7部分：近海污染生态调查和生物监测》GB17378.7-2007/7	镜检法
5	游泳动物	《海洋调查规范第6部分：海洋生物调查》GB/T12763.6-2007/14	目测法
6	鱼类浮游生物(鱼卵仔稚鱼)	《海洋调查规范第6部分：海洋生物调查》GB/T12763.6-2007/9	镜检法
7	叶绿素 a	《海洋监测规范第7部分：近海污染生态调查和生物监测》GB17378.7-2007/8.2	分光光度法

5.6.1.4. 评价方法

(1) 海水水质评价

海域水质现状评价依据标准《海水水质标准》(GB3097-1997),见表 5.6.1-8。

表 5.6.1-8 海水水质标准 单位: mg/L (pH 除外)

水质指标	第一类	第二类	第三类	第四类
pH	7.8~8.5		6.8~8.8	
溶解氧>	6	5	4	3
化学需氧量≤ (COD)	2	3	4	5

生化需氧量≤(BOD5)	1	3	4	5
无机氮≤(以N计)	0.200	0.300	0.400	0.500
活性磷酸盐≤(以P计)	0.015	0.030	0.030	0.045
汞(Hg)≤	0.00005	0.0002	0.0002	0.0005
镉(Cd)≤	0.001	0.005	0.010	0.010
铅(Pb)≤	0.001	0.005	0.010	0.050
总铬(Cr)≤	0.050	0.100	0.200	0.500
砷(As)≤	0.020	0.030	0.050	0.050
铜(Cu)≤	0.005	0.010	0.050	0.050
锌(Zn)≤	0.020	0.050	0.100	0.500
硒(Se)≤	0.010	0.020	0.020	0.050
镍(Ni)≤	0.005	0.010	0.020	0.050
硫化物≤(以硫计)	0.020	0.050	0.100	0.250
挥发性酚≤	0.005	0.005	0.010	0.050
石油类≤	0.05	0.05	0.30	0.50
氰化物	0.005		0.10	0.20
六六六≤	0.001	0.002	0.003	0.005
滴滴涕≤	0.00005	0.0001		
粪大肠杆菌群≤(个/L)	2000			

根据《广东省海岸带及海洋空间规划(2021-2035年)》中的海洋功能分区参照《海水水质标准》(GB 3097-1997)水质分类标准确定执行相应的海水水质标准。各监测站位执行的水质标准见表 5.6.1-9。

表 5.6.1-9 各站位执行的水质标准要求一览表

功能区	功能区名称	调查站位	标准要求
生态保护区	广东雷州珍稀海洋生物国家级自然保护区生态保护区	WS01、WS02、WS03、WS05、WS08、C1	执行海水水质一类标准
	湛江雷州海草地方级自然保护区	WS15、WS20、WS21	
	广东徐闻珊瑚礁国家级自然保护区生态保护区	WS42、WS45	
	徐闻南部重要渔业资源产卵场生态保护区(东场湾)	WS46、WS47、WS48	
	流沙湾海草床生态保护区	WS31、WS43、WS44	
	广东湛江红树林国家级自然保护区及地方红树林生态保护区(流沙港)	WS37	
渔业用海区	湛江西侧渔业用海区	WS07、WS09、WS10、WS12、WS17、WS18、WS23、WS24、WS30、WS40、WS41、	
生态控制区	西连-角尾生态控制区	C6	执行海水水质二类
游憩用海区	乌石游憩用海区	WS04	

特殊用海区	雷州市经济开发区 C 区 特殊用海区	WS11	标准
工矿通信用海区	乌石油田群工矿通信用海区	WS06	执行海水 水质三类 标准
	乌石工矿通信用海区	WS13、WS19、WS25、 WS32、WS33、C3、 C4、C5	
交通运输用海区	乌石港-流沙港交通运输用海区	WS14、WS16、WS22、 WS26、WS27、WS28、 WS29、WS34、WS35、 WS36、WS38、WS39、 C2	

(不公开)

图 5.6.1-3 各调查站位与《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》位置关系图

●评价方法

采用单项参数标准指数法计算质量指数 (S_j), 水质评价因子 i 在第 j 站位的标准指数计算公式为: $S_{i,j}=C_{i,j}/C_{si}$ 。

式中: $S_{i,j}$ ——评价因子 i 的标准指数;

$C_{i,j}$ ——评价因子 i 在 j 站位的实测统计代表值; C_{si} ——评价因子 i 的水质评价标准限值。

溶解氧 (DO) 的标准指数计算公式为:

$$WS_{O,j}=DO_s/DO_j \quad DO_j \leq DO_f$$

$$WS_{O,j}=|DO_f-DO_j|/(DO_f-DO_s) \quad DO_j > DO_f$$

式中: $WS_{O,j}$ ——溶解氧的标准指数;

DO_j ——溶解氧在 j 站位的实测统计代表值, 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, 量纲为 1;

T ——水温, °C。

pH 的标准指数计算公式为:

$$S_{pH,j}=(7.0-pH_j)/(7.0-pH_{ws}) \quad pH_j \leq 7.0$$

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

式中： $S_{pH, j}$ ——pH 值的标准指数；

pH_j ——pH 值在 j 站位的实测统计代表值；

pH_{ws} ——水质评价标准规定的 pH 下限值；

pH_{su} ——水质评价标准规定的 pH 上限值。

水质评价因子的标准指数 > 1，则表明该项水质已超过了规定的水质标准。

(2) 海洋沉积物质量评价

●评价标准

采用现状评价依据标准《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）进行评价，见表 5.6.1-10。

表 5.6.1-10 海洋沉积物质量标准

沉积物质量指标	第一类	第二类	第三类
有机碳 ($\times 10^{-2}$) \leq	2.0	3.0	4.0
硫化物 ($\times 10^{-6}$) \leq	300.0	500.0	600.0
石油类 ($\times 10^{-6}$) \leq	500.0	1000.0	1500.0
铜 ($\times 10^{-6}$) \leq	35.0	100.0	200.0
铅 ($\times 10^{-6}$) \leq	60.0	130.0	250.0
锌 ($\times 10^{-6}$) \leq	150.0	350.0	600.0
镉 ($\times 10^{-6}$) \leq	0.50	1.50	5.00
汞 ($\times 10^{-6}$) \leq	0.20	0.50	1.00
砷 ($\times 10^{-6}$) \leq	20.0	65.0	93.0
铬 ($\times 10^{-6}$) \leq	80.0	150.0	270.0
六六六 ($\times 10^{-6}$) \leq	0.50	1.00	1.50
滴滴涕 ($\times 10^{-6}$) \leq	0.02	0.05	0.10
多氯联苯 ($\times 10^{-6}$) \leq	0.02	0.20	0.60

评价标准应采用《海洋沉积物质量》（GB 18668-2002）中的相应指标，《海洋沉积物质量》（GB 18668-2002）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。参照《广东省海岸带及海洋空间规划(2021-2035年)》中的海洋功能分区执行相应的海洋沉积物质量标准。各监测站位执行的沉积物质量标准见表 5.6.1-11。

表 5.6.1-11 各站位执行的沉积物质量标准要求一览表

功能区	功能区名称	调查站位	标准要求
生态保护区	广东雷州珍稀海洋生物国家级自然保护区生态保护区	WS03、WS05、WS08	执行沉积物质量一类标准
	湛江雷州海草地方级自然保护区	WS15	
	广东徐闻珊瑚礁国家级自然保护区生态保护区	WS42	
	徐闻南部重要渔业资源产卵场生态保护区（东场湾）	WS47、WS48	
	流沙湾海草床生态保护区	WS31	
渔业用海区	湛江西侧渔业用海区	WS07、WS18、WS24	执行沉积物质量二类标准
游憩用海区	乌石游憩用海区	WS04	
特殊用海区	雷州市经济开发区 C 区特殊用海区	WS11	
工矿通信用海区	乌石工矿通信用海区	WS13、WS19、WS25、WS32、WS33	执行沉积物质量三类标准
港口航运区	流沙湾港口航运区	WS38	
交通运输用海区	乌石港-流沙港交通运输用海区	WS26、WS27、WS29、WS36、WS38、WS39	

●评价方法

采用单项参数标准指数法计算沉积物的质量指数，即应用公式 $P_i=C_i/C_{si}$ 。式中：
 P_i 为第 i 种评价因子的质量指数；
 C_i 为第 i 种评价因子的实测值；
 C_{si} 为第 i 种评价因子的标准值。

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

(3) 海洋生物体质量评价

●评价标准

海洋生物中贝类质量标准参照《海洋生物质量》（GB18421-2001）。《海洋生物质量》（GB18421-2001）按照海域的使用功能和环境保护的目标划分为三类：第一类：适用于海洋渔业水域、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：适用于港口水域和海洋开发作业区。其他鱼类、甲壳类、软体动物（非双壳贝类）等海洋生物质量评价标准采用《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025）中的标准。见表 5.6.1-12。

表 5.6.1-12 海洋贝类生物质量标准值（鲜重，mg/kg）

序号	项目	第一类	第二类	第三类
1	总汞 \leq	0.05	0.10	0.30
2	镉 \leq	0.2	2.0	5.0
3	铅 \leq	0.1	2.0	6.0
4	锌 \leq	20	50	100（牡蛎 500）
5	铜 \leq	10	25	50（牡蛎 100）
6	铬 \leq	0.5	2.0	6.0
7	砷 \leq	1.0	5.0	8.0
8	石油烃 \leq	15	50	80

表 5.6.1-13 海洋生物质量标准值（鲜重，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
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

注：引自《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）附录 C

根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》和《海洋生物质量》（GB18421-2001），各监测站位执行的生物质量标准见表 5.6.1-14。

表 5.6.1-14 各站位执行的生物质量标准要求一览表

功能区	功能区名称	调查站位	标准要求
生态保护区	广东雷州珍稀海洋生物国家级自然保护区生态保护区	WS01、WS02、WS03、WS05、WS08	执行一类标准
	湛江雷州海草地方级自然保护区	WS15、WS20、WS21	
	广东徐闻珊瑚礁国家级自然保护区生态保护区	WS45	
	徐闻南部重要渔业资源产卵场生态保护区（东场湾）	WS46、WS47、WS48	
	广东湛江红树林国家级自然保护区及地方红树林生态保护区（流沙港）	WS37	
渔业用海区	湛江西侧渔业用海区	WS07、WS10、WS12、WS17、WS18、WS23、WS24、WS40、WS41、	
特殊用海区	雷州市经济开发区C区特殊用海区	WS11	执行二类标准
工矿通信用海区	乌石油田群工矿通信用海区	WS06	
交通运输用海区	乌石港-流沙港交通运输用海区	WS16、WS22、WS26、WS27、WS29、WS34、WS36、WS39	执行三类标准

●评价方法

采用单项参数标准指数法计算生物的质量指数，即应用公式 $P_i=C_i/C_{si}$ 。式中：
 P_i 为第 i 种评价因子的质量指数；

C_i 为第 i 种评价因子的实测值；

C_{si} 为第 i 种评价因子的标准值。

生物评价因子的标准指数 >1 ，则表明该项指标已超过规定的生物质量标准。

5.6.1.5. 海洋生态与渔业资源现状分析与评价方法

(1) 初级生产力

采用叶绿素 a 法，按照 Cadee 和 Hegeman（1974）提出的简化公式估算：

$$P=C_aQLt/2$$

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

C_a ——叶绿素 a 含量（ mg/m^3 ）；

Q ——同化系数（ $\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{mgChl-a}\cdot\text{h})$ ），根据南海水产研究所以往调查结果取值，见表 5.6.1-14；

L ——真光层的深度（ m ），按透明度的 3 倍计算，超过水深时按水深计算；

t ——白昼时间(h), 根据南海水产研究所以往调查结果取值, 见表 5.6.1-14。

表 5.6.1-14 南海北部海域初级生产力估算系数

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

(2) 优势度(Y):

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

(3) Shannon-Weaver 多样性指数(H'):

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

(4) Pielou 均匀度指数(J):

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

(5) Margalef 丰富度指数(D):

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

上述 (2) ~ (5) 式中:

n_i ——第 i 种的个体数量 (ind);

N ——某站总生物数量 (ind);

f_i ——某种生物的出现频率 (%);

P_i ——第 i 种的个体数与总个体数的比值;

S ——出现生物总种数。

(6) 多样性阈值(Dv):

$$Dv = H' \times J$$

H , ——Shannon-Weaver 多样性指数;

J ——Pielou 均匀度指数。

(7) 鱼卵仔稚鱼密度:

垂直拖网密度计算:

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

式中：N——鱼卵仔稚鱼密度（ind/m³）；

n——每网鱼卵仔稚鱼数量，单位为（ind）；

S——网口面积（m²），S_{浅水I型网}=0.2m²；

L——采样绳长（m），垂直拖网 L=水深-2m。

(8) 渔业资源：

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

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

式中：S——重量密度（kg/km²）或个体密度（ind/km²）；

A——底拖网每小时的扫海面积（扫海宽度取浮纲长度的 2/3）；

Y——平均重量渔获率（kg/h）或平均个体渔获率（ind/h）；

E——逃逸率（取 0.5）。

(9) 游泳生物优势种

根据渔获物中个体大小悬殊的特点，选用 Pinkas 等提出的相对重要性指数 IRI，来分析渔获物在群体数量组成中其生态的地位，依此确定优势种。

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

式中：N——某一种类的 ind 数占渔获总 ind 数的百分比；

W——某一种类的重量占渔获总重量的百分比；

F——某一种类的出现的断面数占调查总断面数的百分比。

5.6.2. 海水水质监测与评价结果

5.6.2.1. 夏季海水水质监测结果

调查海域中 48 个站位的水质监测结果分别见表 5.6.2-1。

海水的 pH 变化范围为 8.15~8.26，平均为 8.22，其中 WS18 站位表层海水的 pH 值最高，WS38 站位表层和 WS43 站位表层等海水的 pH 值最低。

海水的盐度值变化范围为 27.912‰~33.124‰，平均为 32.003‰，其中 WS12 站位底层海水的盐度值最高，WS43 站位表层海水的盐度值最低。

海水的溶解氧含量变化范围为 6.37mg/L~7.42mg/L，平均为 6.92mg/L，其中

WS24 站位表层海水的溶解氧含量值最高，WS16 站位底层海水的溶解氧含量值最低。

海水的悬浮物含量变化范围为 7.8mg/L~43.2mg/L，平均为 12.2mg/L，其中 WS26 站位表层海水的悬浮物含量值最高，WS04 站位表层海水的悬浮物含量值最低。

海水的化学需氧量含量变化范围为 0.32mg/L~2.14mg/L，平均为 1.20mg/L，其中 WS43 站位表层海水的化学需氧量含量值最高，WS16 站位底层海水的化学需氧量含量值最低。

海水的无机氮含量变化范围为 0.0690mg/L~0.284mg/L，平均为 0.130mg/L，其中 WS43 站位表层海水的无机氮含量值最高，WS24 站位表层海水的无机氮含量值最低。

海水的无机磷含量变化范围为 0.0025mg/L~0.0281mg/L，平均为 0.0097mg/L，其中 WS44 站位表层海水的无机磷含量值最高，WS24 站位底层海水的无机磷含量值最低。

海水的氟化物含量变化范围为 0.50mg/L~0.56mg/L，平均为 0.53mg/L，其中 WS13 站位表层海水的氟化物含量值最高，WS27 站位表层和 WS39 站位底层海水的氟化物含量值最低。

海水的氰化物含量变化范围为 0.0005mg/L~0.0011mg/L，平均为 0.0002mg/L，其中 WS31 站位表层海水的氰化物含量值最高。

海水的油类含量变化范围为 0.0045mg/L~0.0241mg/L，平均为 0.0121mg/L，其中 WS23 站位表层海水的油类含量值最高，WS09 站位表层海水的油类含量值最低。

海水的锌含量变化范围为 0.0032mg/L~0.0170mg/L，平均为 0.0086mg/L，其中 WS15 站位底层和 WS28 站位表层等海水的锌含量值最高，WS36 站位底层和 WS39 站位底层等海水的锌含量值最低。

海水的挥发酚含量变化范围为 1.1 μ g/L~2.0 μ g/L，平均为 0.8 μ g/L，其中 WS31 站位表层海水的挥发酚含量值最高。

海水的硫化物含量变化范围为 0.2 μ g/L~1.0 μ g/L，平均为 0.3 μ g/L，其中 WS37 站位表层和 WS38 站位表层海水的硫化物含量值最高。

海水的汞含量变化范围为 0.007L μ g/L~0.022 μ g/L，平均为 0.008 μ g/L，其中 WS32 站位表层海水的汞含量值最高。

海水的砷含量变化范围为 0.6 μ g/L~1.0 μ g/L，平均为 0.7 μ g/L，其中 WS11 站位底层海水的砷含量值最高，WS06 站位表层和 WS07 站位表层等海水的砷含量值最低。

海水的铜含量变化范围为 0.7 μ g/L~4.7 μ g/L，平均为 2.2 μ g/L，其中 WS03 站位表层和 WS13 站位表层海水的铜含量值最高，WS26 站位底层和 WS30 站位底层等海水的铜含量值最低。

海水的铅含量变化范围为 0.30 μ g/L~0.97 μ g/L，平均为 0.59 μ g/L，其中 WS04 站位表层和 WS10 站位表层海水的铅含量值最高，WS29 站位底层和 WS36 站位底层海水的铅含量值最低。

海水的镉含量变化范围为 0.12 μ g/L~0.70 μ g/L，平均为 0.37 μ g/L，其中 WS30 站位底层海水的镉含量值最高，WS36 站位底层海水的镉含量值最低。

海水的铬含量变化范围为 0.4L μ g/L~2.2 μ g/L，平均为 0.9 μ g/L，其中 WS39 站位表层海水的铬含量值最高。

海水的六六六含量变化范围为 0.001L μ g/L~0.001 μ g/L，平均为 0.0003 μ g/L，其中 WS36 站位底层和 WS26 站位底层等海水的六六六含量值最高。

海水的滴滴涕含量变化范围为 0.0038L μ g/L~0.0038L μ g/L，平均为 0.001 μ g/L。海水的多氯联苯含量变化范围为 0.01L μ g/L~0.01L μ g/L，平均为 0.0025 μ g/L。

海水的粪大肠杆菌群含量变化范围为 <20MPN/L~20MPN/L，平均为 6MPN/L，其中 WS14 站位表层和 WS26 站位底层等海水的粪大肠杆菌群含量值最高。

海水的多环芳烃含量变化范围为 NDng/L~5ng/L，其中 WS22 站位表层和 WS43 站位表层海水的多环芳烃含量值最高。

表 5.6.2-1 海水水质监测结果（不公开）

（2）海水水质评价结果

采用上述单项指数法，对现状监测结果进行标准指数计算，各监测点水质评价因子的标准指数见表 5.6.2-2、表 5.6.2-3、表 5.6.2-4。

调查海域执行海水水质第一类标准要求的站位共 28 个，广东雷州珍稀海洋生物国家级自然保护区生态保护区有 5 个站位：WS01、WS02、WS03、WS05、

WS08；湛江雷州海草地方级自然保护区有 3 个站位：WS15、WS20、WS21；广东徐闻珊瑚礁国家级自然保护区生态保护区有 2 个站位：WS42、WS45；徐闻南部重要渔业资源产卵场生态保护区（东场湾）有 3 个站位：WS46、WS47、WS48；流沙湾海草床生态保护区有 3 个站位：WS31、WS43、WS44；广东湛江红树林国家级自然保护区及地方红树林生态保护区（流沙港）有 1 个站位：WS37；湛江西侧渔业用海区有 11 个站位：WS07、WS09、WS10、WS12、WS17、WS18、WS23、WS24、WS30、WS40、WS41。由监测结果及标准指数表结果可知：主要超标因子为活性磷酸盐，最大超标倍数为 0.23，超标率为 7.14%，WS07、WS08 站位海水的活性磷酸盐含量不符合海水水质第一类标准要求，但符合海水水质第二类标准要求；WS23、WS24 站位海水表层溶解氧处于过饱和状态，其余水质监测因子均符合海水水质第一类标准要求。

调查海域执行海水水质第二类标准要求的站位共 2 个，分别乌石游憩用海区 WS04 站位和雷州市经济开发区 C 区特殊用海区 WS11 站位。由监测结果及标准指数表结果可知：所有水质监测因子均符合海水水质第二类标准要求。

调查海域执行海水水质第三类标准要求的站位有 6 个，分别为乌石油田群工矿通信用海区 WS06 站位、乌石工矿通信用海区 WS13、WS19、WS25、WS32、WS33 站位。由监测结果及标准指数表结果可知：所有水质监测因子均符合海水水质第三类标准要求。

调查海域执行海水水质第四类标准要求的站位有 13 个，分别为流沙湾港口航运区 WS38 站位和乌石港-流沙港交通运输用海区 WS14、WS16、WS22、WS26、WS27、WS28、WS29、WS34、WS35、WS36、WS38、WS39 站位。由监测结果及标准指数表结果可知：所有水质监测因子均符合海水水质第四类标准要求。

表 5.6.2-2 海水水质监测站位各要素的标准指数（不公开）

5.6.2.2. 冬季海水水质调查结果与评价

（1）海水水质监测结果

调查海域中 48 个站位的水质监测结果分别见表 5.6.2-3。

海水的 pH 变化范围为 7.94~8.16，平均为 8.12，其中 WS07 站位底层和 WS09 站位表层等海水的 pH 值最高，WS31 站位表层海水的 pH 值最低。

海水的盐度值变化范围为 28.123‰~32.375‰，平均为 31.584‰，其中 WS07 站位底层海水的盐度值最高，WS37 站位表层海水的盐度值最低。

海水的溶解氧含量变化范围为 6.41mg/L~7.07mg/L，平均为 6.72mg/L，其中 WS03 站位表层海水的溶解氧含量值最高，WS36 站位底层海水的溶解氧含量值最低。

海水的悬浮物含量变化范围为 7.9mg/L~47.1mg/L，平均为 18.9mg/L，其中 WS26 站位表层海水的悬浮物含量值最高，WS10 站位底层海水的悬浮物含量值最低。

海水的化学需氧量含量变化范围为 0.55mg/L~1.96mg/L，平均为 1.12mg/L，其中 WS17 站位底层海水的化学需氧量含量值最高，WS47 站位表层海水的化学需氧量含量值最低。

海水的无机氮含量变化范围为 0.103mg/L~0.395mg/L，平均为 0.185mg/L，其中 WS44 站位表层海水的无机氮含量值最高，WS23 站位底层海水的无机氮含量值最低。

海水的无机磷含量变化范围为 0.0035mg/L~0.0431mg/L，平均为 0.0111mg/L，其中 WS44 站位表层海水的无机磷含量值最高，WS18 站位底层海水的无机磷含量值最低。

海水的氟化物含量变化范围为 0.43mg/L~0.55mg/L，平均为 0.50mg/L，其中 WS13 站位底层海水的氟化物含量值最高，WS43 站位表层海水的氟化物含量值最低。

海水的氰化物含量变化范围为 0.0005mg/L~0.0005mg/L，平均为 0.0001mg/L。

海水的油类含量变化范围为 0.0049mg/L~0.0401mg/L，平均为 0.0183mg/L，其中 WS44 站位表层海水的油类含量值最高，WS16 站位表层和 WS18 站位底层海水的油类含量值最低。

海水的锌含量变化范围为 0.0032mg/L~0.0173mg/L，平均为 0.0087mg/L，其中 WS27 站位表层等海水的锌含量值最高，WS05 站位表层和 WS12 站位表层等海水的锌含量值最低。

海水的挥发酚含量变化范围为 1.1μg/L~2.0μg/L，平均为 0.7μg/L，其中 WS03

站位表层和 WS05 站位表层海水的挥发酚含量值最高。

海水的硫化物含量变化范围为 0.2L $\mu\text{g/L}$ ~0.6 $\mu\text{g/L}$, 平均为 0.2 $\mu\text{g/L}$, 其中 WS43 站位表层海水的硫化物含量值最高。

海水的汞含量变化范围为 0.007L $\mu\text{g/L}$ ~0.032 $\mu\text{g/L}$, 平均为 0.008 $\mu\text{g/L}$, 其中 WS41 站位底层海水的汞含量值最高。

海水的砷含量变化范围为 0.8 $\mu\text{g/L}$ ~2.4 $\mu\text{g/L}$, 平均为 1.0 $\mu\text{g/L}$, 其中 WS36 站位表层海水的砷含量值最高, WS05 站位底层和 WS06 站位底层等海水的砷含量值最低。

海水的铜含量变化范围为 0.5 $\mu\text{g/L}$ ~4.0 $\mu\text{g/L}$, 平均为 1.9 $\mu\text{g/L}$, 其中 WS33 站位表层海水的铜含量值最高, WS15 站位表层海水的铜含量值最低。

海水的铅含量变化范围为 0.25 $\mu\text{g/L}$ ~0.98 $\mu\text{g/L}$, 平均为 0.62 $\mu\text{g/L}$, 其中 WS24 站位底层海水的铅含量值最高, WS26 站位表层海水的铅含量值最低。

海水的镉含量变化范围为 0.19 $\mu\text{g/L}$ ~0.77 $\mu\text{g/L}$, 平均为 0.42 $\mu\text{g/L}$, 其中 WS10 站位底层海水的镉含量值最高, WS26 站位底层海水的镉含量值最低。

海水的铬含量变化范围为 0.4 $\mu\text{g/L}$ ~2.4 $\mu\text{g/L}$, 平均为 1.1 $\mu\text{g/L}$, 其中 WS03 站位底层海水的铬含量值最高, WS05 站位表层和 WS21 表层等海水的铬含量值最低。

海水的六六六含量变化范围为 0.001L $\mu\text{g/L}$ ~0.001L $\mu\text{g/L}$, 平均为 0.0003 $\mu\text{g/L}$ 。

海水的滴滴涕含量变化范围为 0.0038L $\mu\text{g/L}$ ~0.0038L $\mu\text{g/L}$, 平均为 0.001 $\mu\text{g/L}$ 。

海水的多氯联苯含量变化范围为 0.01L $\mu\text{g/L}$ ~0.01L $\mu\text{g/L}$, 平均为 0.0025 $\mu\text{g/L}$ 。

海水的粪大肠菌群含量变化范围为 <20MPN/L~1.7 $\times 10^3$ MPN/L, 平均为 71MPN/L, 其中 WS37 站位表层海水的粪大肠菌群含量值最高。

表 5.6.2-5 海水水质监测结果 (不公开)

(1) 海水水质评价结果

采用上述单项指数法，对现状监测结果进行标准指数计算，各监测点水质评价因子的标准指数见表 5.6.2-6。

调查海域执行海水水质第一类标准要求的站位共 28 个，广东雷州珍稀海洋生物国家级自然保护区生态保护区有 5 个站位：WS01、WS02、WS03、WS05、WS08；湛江雷州海草地方级自然保护区有 3 个站位：WS15、WS20、WS21；广东徐闻珊瑚礁国家级自然保护区生态保护区有 2 个站位：WS42、WS45；徐闻南部重要渔业资源产卵场生态保护区（东场湾）有 3 个站位：WS46、WS47、WS48；流沙湾海草床生态保护区有 3 个站位：WS31、WS43、WS44；广东湛江红树林国家级自然保护区及地方红树林生态保护区（流沙港）有 1 个站位：WS37；湛江西侧渔业用海区有 11 个站位：WS07、WS09、WS10、WS12、WS17、WS18、WS23、WS24、WS30、WS40、WS41。由监测结果及标准指数表结果可知：主要超标因子为无机氮，其次为活性磷酸盐，无机氮最大超标倍数为 0.32，超标率为 16.33%；活性磷酸盐含量最大超标倍数为 0.44，超标率为 6.12%；其余水质监测因子均符合海水水质第一类标准要求。

调查海域执行海水水质第二类标准要求的站位共 2 个，分别乌石游憩用海区 WS04 站位和雷州市经济开发区 C 区特殊用海区 WS11 站位。由监测结果及标准指数表结果可知：所有水质监测因子均符合海水水质第二类标准要求。

调查海域执行海水水质第三类标准要求的站位有 6 个，分别为乌石油田群工矿通信用海区 WS06 站位、乌石工矿通信用海区 WS13、WS19、WS25、WS32、WS33 站位。由监测结果及标准指数表结果可知：所有水质监测因子均符合海水水质第三类标准要求。

调查海域执行海水水质第四类标准要求的站位有 13 个，分别为流沙湾港口航运区 WS38 站位和乌石港-流沙港交通运输用海区 WS14、WS16、WS22、WS26、WS27、WS28、WS29、WS34、WS35、WS36、WS38、WS39 站位。由监测结果及标准指数表结果可知：所有水质监测因子均符合海水水质第四类标准要求。

表 5.6.2-6 海水水质监测站位（执行第一类海水水质标准）各要素的标准指数（不公开）

5.6.3. 海洋沉积物质量调查结果与评价

5.6.3.1. 沉积物监测结果

24 个站位的海洋沉积物监测结果见表 5.6.3-1。

表 5.6.3-1 海洋沉积物质量监测结果（不公开）

5.6.3.2. 海洋沉积物评价结果

采用上述单项指数法，对现状监测结果进行标准指数计算，各监测点沉积物评价因子的标准指数见表 5.6.3-2、表 5.6.3-3。

调查海域执行海洋沉积物质量第一类标准的有 11 个站位，分别为广东雷州珍稀海洋生物国家级自然保护区生态保护区 WS03、WS05、WS08 站位、湛江雷州海草地方级自然保护区 WS15 站位、广东徐闻珊瑚礁国家级自然保护区生态保护区 WS42 站位、徐闻南部重要渔业资源产卵场生态保护区（东场湾）WS47、WS48 站位、流沙湾海草床生态保护区 WS31 站位、湛江西侧渔业用海区 WS07、WS18、WS24 站位。由监测结果及标准指数表结果可知：所有调查站位的沉积物监测因子均符合海洋沉积物质量第一类标准要求。

调查海域执行海洋沉积物质量第二类标准的有 6 个站位，分别为乌石游憩用海区 WS04 站位、雷州市经济开发区 C 区特殊用海区 WS11 站位、乌石工矿通信用海区 WS13、WS19、WS25、WS32、WS33 站位。由监测结果及标准指数表结果可知：所有调查站位的沉积物监测因子均符合海洋沉积物质量第二类标准要求。

调查海域执行海洋沉积物质量第三类标准的有 7 个站位，分别为流沙湾港口航运区 WS38 站位、乌石港-流沙港交通运输用海区 WS26、WS27、WS29、WS36、WS38、WS39 站位。由监测结果及标准指数表结果可知：所有调查站位的沉积物监测因子均符合海洋沉积物质量第三类标准要求。

表 5.6.3-2 海洋沉积物监测站位各要素标准指数（不公开）

5.6.3.3. 海洋沉积物粒度监测结果

按《海洋调查规范第 8 部分：海洋地质地球物理调查》（GB/T12763.8-2007）粒级间隔为 1ϕ ，粒级组成为 $1\sim 11\phi$ 。沉积物样品的分析统计结果及粒级组成见表 5.6.3-4。

该项目海域海洋沉积物砂含量在 0%~78.93%，平均值为 26.09%，粉砂含量在 14.99%~66.73%，平均值为 48.23%，粘土含量在 6.08%~47.80%，平均值为 25.68%。

调查站位沉积物样品类型为粘土质粉砂 YT 粉砂质砂 TS 的有：WS13、WS18、WS19、WS26、WS38、WS42；调查站位沉积物样品类型为砂 S 的有：WS15、WS24；调查站位沉积物样品类型为砂-粉砂-粘土 S-T-Y 的有：WS04；调查站位沉积物样品类型为粘土质粉砂 YT 的有：WS03、WS05、WS07、WS08、WS11、WS25、WS27、WS29、WS31、WS32、WS33、WS36、WS39、WS47、WS48。

表 5.6.3-4 海洋沉积物粒度参数以及砂、粉砂、粘土含量（不公开）

5.6.4. 海洋生物质量调查结果与评价

5.6.4.1. 夏季海洋生物体监测结果

海洋生物体样品来源于游泳动物底拖网统一采集，31 个调查站位的海洋生物体监测结果见表 5.6.4-1。

表 5.6.4-1 海洋生物质量监测结果（湿重，单位：mg/kg）（不公开）

（2）海洋生物体评价结果

采用上述单项指数法，对现状监测结果进行标准指数计算，各监测点生物体评价因子的标准指数见表 5.6.4-2。

执行海洋生物质量标准一类标准的站位有 22 个，分别为广东雷州珍稀海洋生物国家级自然保护区生态保护区 WS01、WS02、WS03、WS05、WS08 站位，湛江雷州海草地方级自然保护区 WS15、WS20、WS21 站位，广东徐闻珊瑚礁国家级自然保护区生态保护区 WS45 站位，徐闻南部重要渔业资源产卵场生态保护区（东场湾）WS46、WS47、WS48 站位，广东湛江红树林国家级自然保护区及地方红树林生态保护区（流沙港）WS37 站位，湛江西侧渔业用海区 WS07、WS10、WS12、WS17、WS18、WS23、WS24、WS40、WS41 站位。由监测结果及标准指数表结果可知：鱼类和甲壳类海洋生物质量整体超标率为 0；WS18 站位软体类海洋生物质量的石油烃含量不符合生物质量标准，超标率为 4.5%，其余监测因子整体超标率为 0。

执行海洋生物质量标准二类标准的站位有 2 个，分别为雷州市经济开发区 C

区特殊用海区 WS11 站位、乌石油田群工矿通信用海区 WS06 站位。由监测结果及标准指数表结果可知：海洋生物质量整体超标率为 0，没有出现超标现象。

执行海洋生物质量标准三类标准的站位有 8 个，分别为乌石港-流沙港交通运输用海区 WS16、WS22、WS26、WS27、WS29、WS34、WS36、WS39 站位。由监测结果及标准指数表结果可知：海洋生物质量整体超标率为 0，没有出现超标现象。

表 5.6.4-2 海洋生物监测站位各要素标准指数（不公开）

5.6.4.2. 冬季海洋生物质量调查结果与评价

（1）海洋生物体监测结果

海洋生物体样品来源于游泳动物底拖网统一采集，31 个调查站位的海洋生物体监测结果见表 5.6.4-3。

表 5.6.4-3 海洋生物质量监测结果（湿重，单位：mg/kg）（不公开）

（2）海洋生物体评价结果

采用上述单项指数法，对现状监测结果进行标准指数计算，各监测点生物体评价因子的标准指数见表 5.6.4-4。

执行海洋生物质量标准一类标准的站位有 22 个，分别为广东雷州珍稀海洋生物国家级自然保护区生态保护区 WS01、WS02、WS03、WS05、WS08 站位，湛江雷州海草地方级自然保护区 WS15、WS20、WS21 站位，广东徐闻珊瑚礁国家级自然保护区生态保护区 WS45 站位，徐闻南部重要渔业资源产卵场生态保护区（东场湾）WS46、WS47、WS48 站位，广东湛江红树林国家级自然保护区及地方红树林生态保护区（流沙港）WS37 站位，湛江西侧渔业用海区 WS07、WS10、WS12、WS17、WS18、WS23、WS24、WS40、WS41 站位。由监测结果及标准指数表结果可知：鱼类和甲壳类海洋生物质量整体超标率为 0；WS18 站位软体类海洋生物质量的石油烃含量不符合生物质量标准，其余监测因子整体超标率为 0。

执行海洋生物质量标准二类标准的站位有 2 个，分别为雷州市经济开发区 C 区特殊用海区 WS11 站位、乌石油田群工矿通信用海区 WS06 站位。由监测结果及标准指数表结果可知：海洋生物质量整体超标率为 0，没有出现超标现象。

执行海洋生物质量标准三类标准的站位有 8 个，分别为乌石港-流沙港交通

运输用海区 WS16、WS22、WS26、WS27、WS29、WS34、WS36、WS39 站位。由监测结果及标准指数表结果可知：WS34 站位铅超标，超标率为 12.5%，其他站位海洋生物质量超标率为 0。

表 5.6.4-4 海洋生物监测站位各要素标准指数（不公开）

5.7. 海洋生态现状调查结果与评价

5.7.1. 夏季调查与评价结果

5.7.1.1. 初级生产力

(1) 叶绿素 *a*

本次调查结果显示，各站表层叶绿素 *a* 变化范围在 (1.94~22.03) mg/m³，平均为 8.18mg/m³；底层叶绿素 *a* 含量变化范围在 (0.84~11.70) mg/m³，平均为 4.56mg/m³。以各站各层水样的平均值作为该站叶绿素 *a* 的浓度，各站叶绿素 *a* 浓度的变化范围为 (1.94~22.03) mg/m³，平均为 7.75mg/m³，WS31 站位叶绿素 *a* 平均值最高，WS13 站位叶绿素 *a* 平均值最低（表 5.7.1-1）。

(2) 初级生产力

本次调查海域的初级生产力变化范围在 (191.292~2530.836) mg·C/(m²·d) 之间，平均值为 967.007mg·C/(m²·d)，其中 WS06 站位初级生产力值最高，WS13 站位初级生产力值最低（表 5.7.1-1）。

表 5.7.1-1 叶绿素 *a* 和初级生产力测定结果（不公开）

5.7.1.2. 浮游植物

(1) 种类组成和优势种

本次调查共记录浮游植物 4 门 5 纲 13 目 27 科 117 种。硅藻门种类最多，共 16 科 86 种，占总种类数的 73.50%；甲藻门种类次之，出现 9 科 27 种，占总种类数的 23.08%；蓝藻门出现 1 科 2 种，占总种类数的 1.71%；金藻门出现 1 科 2 种，占总种类数的 1.71%（图 5.7.1-1）。

（不公开）

图 5.7.1-1 浮游植物种类组成占比

以优势度 $Y \geq 0.02$ 为判断标准，本次调查浮游植物优势种共出现 6 种，分别为中肋骨条藻 (*Skeletonema costatum*)、柔弱伪菱形藻 (*Pseudo-nitzschia delicatissima*)、

旋链角毛藻 (*Chaetoceros curvisetus*)、菱形海线藻 (*Thalassionema nitzschioides*)等,其中中肋骨条藻和柔弱伪菱形藻为第一优势种,优势度为 0.277,中肋骨条藻平均密度为 $1432.642 \times 10^3 \text{cells/m}^3$, 占各站位平均密度的 28.96%; 柔弱伪菱形藻平均密度为 $1639.031 \times 10^3 \text{cells/m}^3$, 占各站位平均密度的 33.13% (表 5.7.1-2)。

表 5.7.1-2 浮游植物优势度及其密度 (不公开)

(2) 类群密度及占比

调查区域内各站位浮游植物密度变化范围在 (80.091~46193.938) $\times 10^3 \text{cells/m}^3$ 之间,平均值为 $4947.344 \times 10^3 \text{cells/m}^3$, 最高密度出现在 WS31 站位,最低密度出现在 WS24 站位 (表 5.7.1-3)。

从门类来看,31 个调查站位中均采集到硅藻门,硅藻门密度范围在 (76.690~46176.931) $\times 10^3 \text{cells/m}^3$ 之间,平均值为 $4941.682 \times 10^3 \text{cells/m}^3$; 硅藻门各站位密度的占比在 95.75%~99.98% 之间,各站位占比平均值为 99.32%。甲藻门密度范围在 (0.520~17.355) $\times 10^3 \text{cells/m}^3$ 之间,平均值为 $4.561 \times 10^3 \text{cells/m}^3$; 各站位密度百分比在 0.01%~3.37% 之间,占比平均值为 0.48%; 其他类群 (包括金藻门和蓝藻门) 密度范围在 (0~5.466) $\times 10^3 \text{cells/m}^3$ 之间,平均值为 $1.100 \times 10^3 \text{cells/m}^3$; 各站位密度百分比在 0~2.36% 之间,占比平均值为 0.20%。

表 5.7.1-3 浮游植物各类群密度 (不公开)

(3) 浮游植物多样性、均匀度指数及丰富度指数

各调查区站位浮游植物种数范围为 30~56 种。多样性指数范围在 1.794~3.648 之间,平均值为 2.704,多样性指数以 WS24 站位最高,WS38 站位最低;均匀度指数范围在 0.339~0.634 之间,平均值为 0.495,均匀度指数以 WS24 站位最高,WS10 站位最低;丰富度指数范围在 1.531~3.032 之间,平均值为 2.109,丰富度指数以 WS24 站位最高,WS38 站位最低 (表 5.7.1-4)。

表 5.7.1-4 浮游植物多样性、均匀度指数及丰富度指数 (不公开)

5.7.1.3. 浮游动物

(1) 种类组成和优势种

本次调查共记录浮游动物 7 门 11 纲 20 目 32 科 70 种 (包括浮游幼体 14 种)。分属 11 个不同类群,即栉水母、水母类、有尾类、腹足类、毛颚类、介形类、

桡足类、樱虾类、枝角类、多毛类和浮游幼体。其中，以桡足类最多，为 26 种，占总种类数的 37.14%；水母类次之，出现 17 种，占总种类数的 24.29%；浮游幼体出现 14 种，占总种类数的 20.00%；其他类群出现种类较少（图 5.7.1-2）。

（不公开）

图 5.7.1-2 浮游动物种类组成占比

以优势度 $Y \geq 0.02$ 为判断标准，本次调查浮游动物优势种共 10 种。分别为桡足幼体（Copepoda larvae）、微刺哲水蚤（*Canthocalanus pauper*）、针刺真浮萤（*Euconchoecia aculeata*）、肥胖箭虫（*Sagitta enflata*）等，其中桡足幼体为第一优势种，优势度为 0.127，平均密度为 12.871 ind/m^3 ，占各站位平均密度的 12.42%，出现频率 93.55%（表 5.7.1-5）。

表 5.7.1-5 浮游动物优势种组成（不公开）

（2）密度与生物量

31 个调查站位浮游动物生物量变化范围在（6.63~214.12） mg/m^3 之间，平均值为 58.19 mg/m^3 ，其中 WS18 站位生物量最高，WS36 站位生物量最低；浮游动物密度变化范围在（11.111~257.748） ind/m^3 之间，平均值为 103.656 ind/m^3 ，其中 WS27 站位密度最高，WS42 站位密度最低。从类群密度分布来看，本次调查浮游幼体平均密度最高，为 46.607 ind/m^3 ，占比为 44.96%；其次是桡足类，平均密度为 24.625 ind/m^3 ，占比为 23.76%（表 5.7.1-6、表 5.7.1-7）。

表 5.7.1-6 浮游动物生物量统计（不公开）

表 5.7.1-7 浮游动物各类群分布（不公开）

（3）浮游动物多样性指数、均匀度指数及丰富度指数

本次调查，各调查区站位浮游动物种数范围为 9~26 种。浮游动物多样性指数变化范围在 1.982~3.821 之间，平均值为 3.243，其中 WS47 站位最高，WS31 站位最低；均匀度指数变化范围在 0.625~0.948 之间，平均值为 0.813，其中 WS42 站位最高，WS31 站位最低；丰富度指数范围在 1.349~2.864 之间，平均值为 2.127，丰富度指数以 WS26 站位最高，WS46 站位最低（表 5.7.1-8）。

表 5.7.1-8 浮游动物多样性指数、均匀度指数及丰富度指数（不公开）

5.7.1.4. 大型底栖生物

(1) 种类组成和优势种

本次大型底栖生物调查共记录大型底栖生物 7 门 9 纲 19 目 39 科 47 种，分属 7 个不同类群，即环节动物、棘皮动物、脊索动物、节肢动物、软体动物、纽形动物和星虫动物。其中环节动物种类数最多，为 18 种，占种类总数的 38.30%（图 5.7.1-3）。

（不公开）

图 5.7.1-3 大型底栖生物种类组成占比

以优势度指数 $Y \geq 0.02$ 为判断标准，本次调查的优势种共 2 种，分别为模糊新短眼蟹（*Neoxenophthalmus obscurus*）和光滑倍棘蛇尾（*Amphioplus laevis*），其中模糊新短眼蟹为第一优势种，优势度为 0.042（表 5.7.1-9）。

表 5.7.1-9 大型底栖生物优势种组成（不公开）

(2) 生物量和栖息密度

① 生物量及栖息密度的站位分布

本次调查海域 31 个站位大型底栖生物的生物量范围在 (0~28.705)g/m² 之间，平均生物量为 4.325g/m²，其中 WS36 站位的生物量最高，WS06 站位生物量最低；栖息密度范围在 (0~95.000) ind/m² 之间，平均栖息密度为 23.387ind/m²，其中 WS26 和 WS38 站位的栖息密度最高，WS06 站位栖息密度最低。（表 5.7.1-10、表 5.7.1-11）

② 类群生物量和栖息密度分布

从类群分布来看，本次大型底栖生物调查中环节动物平均生物量最高，平均生物量为 1.697g/m²，占比为 39.24%；其次为节肢动物，平均生物量为 1.547g/m²，占比为 35.77%，最低为纽形动物，平均生物量为 0.010g/m²，占比为 0.22%。

节肢动物平均栖息密度最高，为 8.387ind/m²，占比为 35.86%；其次为环节动物，平均栖息密度为 7.581ind/m²，占比为 32.41%，最低为纽形动物，平均栖息密度为 0.161ind/m²，占比为 0.69%。

表 5.7.1-10 大型底栖生物生物量分布（不公开）

表 5.7.1-11 大型底栖生物栖息密度分布（不公开）

(3) 大型底栖生物多样性指数、均匀度指数及丰富度指数

本次调查海域的大型底栖生物种类数范围在 0~11 种，多样性指数变化范围在 0~3.247 之间，平均值为 1.152，其中 WS26 站位最高；均匀度指数变化范围在 0.387~1.000 之间，平均值为 0.927；丰富度指数范围在 0~2.354 之间，平均值为 1.082，其中 WS26 站位最高（表 5.7.1-12）。

表 5.7.1-12 大型底栖生物多样性指数、均匀度指数及丰富度指数（不公开）

5.7.1.5. 潮间带生物

(1) 潮间带岸相和生物种类组成

潮间带 6 个调查断面岸相分布情况：C1、C2、C3 和 C6 断面均为礁滩断面，C5 断面为沙滩断面，C4 断面为沙滩-礁滩断面。本次潮间带生物定性定量调查，共记录潮间带生物 6 门 8 纲 17 目 36 科 62 种，其中包括软体动物 26 种、节肢动物 22 种、环节动物 11 种、刺胞动物、纽形动物和星虫动物各 1 种，分别占种类总数的 41.94%、35.48%、17.74%及 1.61%（图 5.7.1-4）。

（不公开）

图 5.7.1-4 潮间带生物种类组成占比

(2) 潮间带各断面优势种

以优势度指数 $Y \geq 0.02$ 为判断标准，本次调查区域潮间带生物优势种共有 6 种，分别为单齿螺（*Monodonta labio*）、独齿围沙蚕（*Perinereis cultrifera*）、纵带滩栖螺（*Batillaria zonalis*）、平轴螺（*Planaxis sulcatus*）等。其中单齿螺为第一优势种，优势度为 0.081（表 5.7.1-13）。

表 5.7.1-13 潮间带生物优势种（不公开）

(3) 潮间带各断面的生物量及栖息密度分布

6 个断面定量调查的平均生物量为 108.973g/m^2 ，平均栖息密度为 80.148ind/m^2 。C4 断面的生物量最大，为 160.970g/m^2 ；C6 断面的栖息密度最大，为 128.888ind/m^2 （表 5.7.1-14）。

从类群分布来看，6 个断面中软体动物的平均生物量和平均栖息密度最高，其次是节肢动物。

表 5.7.1-14 潮间带各断面生物量和栖息密度分布（不公开）

(4) 潮间带各站位生物量及栖息密度分布

6 个调查断面中, C4 断面的低潮带生物量最高, 为 $370.524\text{g}/\text{m}^2$; 其次是 C1 断面的低潮带, 生物量为 $347.872\text{g}/\text{m}^2$; C5 断面的高潮带生物量为最低, 为 $3.142\text{g}/\text{m}^2$ 。C4 断面低潮带的栖息密度最高, 为 $204.000\text{ind}/\text{m}^2$; 其次是 C3 断面的低潮带, 栖息密度为 $172.000\text{ind}/\text{m}^2$; C3 断面的高潮带的栖息密度最低, 为 $10.000\text{ind}/\text{m}^2$ (表 5.7.1-15)。

表 5.7.1-15 潮间带各站位生物量和栖息密度分布 (不公开)

(5) 潮间带断面水平分布和垂直分布

本次潮间带生物调查从水平分布上看, 生物量由高到低排序为 $C4 > C1 > C3 > C6 > C5 > C2$, 栖息密度由高到低排序为 $C6 > C4 > C3 > C1 > C2 > C5$ (表 5.7.1-16)。

表 5.7.1-16 潮间带生物水平分布 (不公开)

本次潮间带生物调查从垂直分布上看, 生物量由高到低排序为低潮带 $>$ 中潮带 $>$ 高潮带, 栖息密度由高到低排序为低潮带 $>$ 中潮带 $>$ 高潮带 (表 5.7.1-17)。

表 5.7.1-17 潮间带生物垂直分布 (不公开)

(6) 潮间带生物多样性指数、均匀度指数及丰富度指数

本次调查海区潮间带生物多样性指数的变化范围在 2.782~4.029 之间, 平均值为 3.381; 均匀度指数的变化范围在 0.746~0.879 之间, 平均值为 0.814; 丰富度指数范围在 1.503~3.728 之间, 平均值为 2.696 (表 5.7.1-18)。

表 5.7.1-18 潮间带生物多样性指数、均匀度指数及丰富度指数 (不公开)

5.7.2. 冬季海洋生态与渔业资源现状调查结果

5.7.2.1. 叶绿素 a 和初级生产力

(1) 叶绿素 a

本次调查结果显示, 各站表层叶绿素 a 变化范围在 $(0.74\sim 6.69)\text{mg}/\text{m}^3$, 平均为 $1.87\text{mg}/\text{m}^3$; 底层叶绿素 a 含量变化范围在 $(0.58\sim 2.60)\text{mg}/\text{m}^3$, 平均为 $1.22\text{mg}/\text{m}^3$ 。以各站各层水样的平均值作为该站叶绿素 a 的浓度, 各站叶绿素 a 浓度的变化范围为 $(0.66\sim 6.69)\text{mg}/\text{m}^3$, 平均为 $1.18\text{mg}/\text{m}^3$, WS38 站位叶绿素 a 平均值最高, WS18 站位叶绿素 a 平均值最低 (表 5.7.1-1)。

(2) 初级生产力

本次调查海域的初级生产力变化范围在 (20.038~360.357) $\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 之间, 平均值为 $94.187\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$, 其中 WS38 站位初级生产力值最高, WS36 站位初级生产力值最低 (表 5.7.2-1)。

表 5.7.2-1 叶绿素 a 和初级生产力测定结果 (不公开)

5.7.2.2. 浮游植物

(1) 种类组成和优势种

本次调查共记录浮游植物 4 门 5 纲 13 目 25 科 152 种。硅藻门种类最多, 共 16 科 125 种, 占总种类数的 82.24%; 甲藻门种类次之, 出现 7 科 22 种, 占总种类数的 14.47%; 蓝藻门出现 1 科 4 种, 占总种类数的 2.63%; 金藻门出现 1 科 1 种, 占总种类数的 0.66% (图 5.7.2-1)。

(不公开)

图 5.7.2-1 浮游植物种类组成占比

以优势度 $Y \geq 0.02$ 为判断标准, 本次调查浮游植物优势种共出现 8 种, 分别为中肋骨条藻 (*Skeletonema costatum*)、尖刺伪菱形藻 (*Pseudo-nitzschia pungens*)、海链藻属 (*Thalassiosira* sp.)、菱形海线藻 (*Thalassionema nitzschioides*) 等, 其中中肋骨条藻为第一优势种, 优势度为 0.528, 中肋骨条藻平均密度为 $2444.996 \times 10^3 \text{ cells}/\text{m}^3$, 占各站位平均密度的 56.03% (表 5.7.2-2)。

表 5.7.2-2 浮游植物优势度及其密度 (不公开)

(2) 类群密度及占比

调查区域内各站位浮游植物密度变化范围在 (103.978~24710.769) $\times 10^3 \text{ cells}/\text{m}^3$ 之间, 平均值为 $4363.832 \times 10^3 \text{ cells}/\text{m}^3$, 最高密度出现在 WS01 站位, 最低密度出现在 WS24 站位 (表 5.7.2-3)。

从门类来看, 31 个调查站位中均采集到硅藻门, 硅藻门密度范围在 (75.026~24663.450) $\times 10^3 \text{ cells}/\text{m}^3$ 之间, 平均值为 $4346.742 \times 10^3 \text{ cells}/\text{m}^3$; 硅藻门各站位密度的占比在 72.16%~99.96% 之间, 各站位占比平均值为 96.51%。蓝藻门密度范围在 (0.418~26.000) $\times 10^3 \text{ cells}/\text{m}^3$ 之间, 平均值为 $8.542 \times 10^3 \text{ cells}/\text{m}^3$; 各站位密度百分比在 0.02%~9.77% 之间, 占比平均值为 1.44%; 其他类群 (包括金藻门和甲藻门) 密度范围在 (1.100~21.5099) $\times 10^3 \text{ cells}/\text{m}^3$ 之间, 平均值为

$8.548 \times 10^3 \text{ cells/m}^3$ ；各站位密度百分比在 0.01%~18.07%之间，占比平均值为 2.05%。

表 5.7.2-3 浮游植物各类群密度（不公开）

（3）浮游植物多样性、均匀度指数及丰富度指数

各调查区站位浮游植物种数范围为 43~67 种。多样性指数范围在 1.934~4.471 之间，平均值为 3.409，多样性指数以 WS29 站位最高，WS26 站位最低；均匀度指数范围在 0.335~0.780 之间，平均值为 0.589，均匀度指数以 WS29 站位最高，WS26 站位最低；丰富度指数范围在 1.802~3.298 之间，平均值为 2.663，丰富度指数以 WS15 站位最高，WS38 站位最低（表 5.7.2-4）。

表 5.7.2-4 浮游植物多样性、均匀度指数及丰富度指数（不公开）

5.7.2.3. 浮游动物

（1）种类组成和优势种

本次调查共记录浮游动物 6 门 9 纲 15 目 27 科 77 种（包括浮游幼体 14 种）。分属 11 个不同类群，即水母类、栉水母、被囊类、有尾类、毛颚类、介形类、桡足类、十足类、樱虾类、多毛类和浮游幼体。其中，以桡足类最多，为 40 种，占总种类数的 51.95%；浮游幼体次之，出现 14 种，占总种类数的 18.18%；水母类出现 9 种，占总种类数的 11.69%；其他类群出现种类较少（图 5.7.2-2）。

（不公开）

图 5.7.2-2 浮游动物种类组成占比

以优势度 $Y \geq 0.02$ 为判断标准，本次调查浮游动物优势种共 6 种。分别为桡足幼体（Copepoda larvae）、毛颚类幼体（Chaetognatha larva）、亚强次真哲水蚤（*Subeucalanus subcrassus*）、肥胖箭虫（*Sagitta enflata*）等，其中桡足幼体为第一优势种，优势度为 0.388，平均密度为 51.484 ind/m^3 ，占各站位平均密度的 37.46%，出现频率 96.77%（表 5.7.2-5）。

表 5.7.2-5 浮游动物优势种组成（不公开）

（2）密度与生物量

31 个调查站位浮游动物生物量变化范围在 $(16.54 \sim 302.91) \text{ mg/m}^3$ 之间，平均值为 86.89 mg/m^3 ，其中 WS11 站位生物量最高，WS19 站位生物量最低；浮游动物密度变化范围在 $(27.557 \sim 431.421) \text{ ind/m}^3$ 之间，平均值为 137.435 ind/m^3 ，其

中 WS06 站位密度最高，WS19 站位密度最低。从类群密度分布来看，本次调查浮游幼体平均密度最高，为 80.276ind/m³，占比为 58.41%；其次是桡足类，平均密度为 38.019ind/m³，占比为 27.66%（表 5.7.2-6、表 5.7.2-7）。

表 5.7.2-6 浮游动物生物量统计（不公开）

表 5.7.2-7 浮游动物各类群分布（不公开）

（3）浮游动物多样性指数、均匀度指数及丰富度指数

本次调查，各调查区站位浮游动物种数范围为 10~34 种。浮游动物多样性指数变化范围在 2.360~3.856 之间，平均值为 3.113，其中 WS48 站位最高，WS06 站位最低；均匀度指数变化范围在 0.537~0.883 之间，平均值为 0.719，其中 WS32 站位最高，WS06 站位最低；丰富度指数范围在 1.680~3.461 之间，平均值为 2.633，丰富度指数以 WS46 站位最高，WS38 站位最低（表 5.7.2-8）。

表 5.7.2-8 浮游动物多样性指数、均匀度指数及丰富度指数（不公开）

5.7.2.4. 大型底栖生物

（1）种类组成和优势种

本次大型底栖生物调查共记录大型底栖生物 8 门 9 纲 15 目 29 科 41 种，分属 8 个不同类群，即环节动物、棘皮动物、脊索动物、节肢动物、软体动物、纽形动物、刺胞动物和腕足动物。其中环节动物种类数最多，为 19 种，占种类总数的 46.34%。（图 5.7.2-3）

（不公开）

图 5.7.2-3 大型底栖生物种类组成占比

以优势度指数 $Y \geq 0.02$ 为判断标准，本次调查的优势种共 2 种，分别为模糊新短眼蟹（*Neoxenophthalmus obscurus*）和背蚓虫（*Notomastus latericeus*），其中模糊新短眼蟹为第一优势种，优势度为 0.069（表 5.7.2-9）。

表 5.7.2-9 大型底栖生物优势种组成（不公开）

（2）生物量和栖息密度

①生物量及栖息密度的站位分布

本次调查海域 31 个站位大型底栖生物的生物量范围在 (0~10.325)g/m² 之间，平均生物量为 2.223g/m²，其中 WS27 站位的生物量最高；栖息密度范围在

(0~55.000) ind/m²之间, 平均栖息密度为 20.000ind/m², 其中 WS18 和 WS27 站位的栖息密度最高(表 5.7.2-10、表 5.7.2-11)。

②类群生物量和栖息密度分布

从类群分布来看, 本次大型底栖生物调查中节肢动物平均生物量最高, 平均生物量为 1.366g/m², 占比为 61.45%; 其次为环节动物, 平均生物量为 0.429g/m², 占比为 19.31%, 最低为纽形动物, 平均生物量 0.009g/m², 占比为 0.39%。

节肢动物平均栖息密度最高, 为 10.000ind/m², 占比为 50.00%; 其次为环节动物, 平均栖息密度为 6.774ind/m², 占比为 33.87%, 最低为腕足动物和刺胞动物, 平均栖息密度为 0.161ind/m², 占比为 0.81%。

表 5.7.2-10 大型底栖生物生物量分布 (不公开)

表 5.7.2-11 大型底栖生物栖息密度分布 (不公开)

(3) 大型底栖生物多样性指数、均匀度指数及丰富度指数

本次调查海域的大型底栖生物种类数范围在 0~7 种, 多样性指数变化范围在 0~2.725 之间, 平均值为 1.224; 均匀度指数变化范围在 0.669~1.000 之间, 平均值为 0.899; 丰富度指数范围在 0.289~1.893 之间, 平均值为 1.165(表 5.7.2-12)。

表 5.7.2-12 大型底栖生物多样性指数、均匀度指数及丰富度指数 (不公开)

(4) 文昌鱼资源分布

文昌鱼(*Branchiostoma* sp.)属于脊椎动物门的头索动物亚门、文昌鱼纲, 为国家二级保护动物, 也是世界珍稀濒危动物。文昌鱼是无脊椎动物演化至脊椎动物过渡类型中典型的活标本。它不仅是头索动物中的代表物种, 而且在进化上是脊椎动物祖先的模式生物。

文昌鱼主要分布在世界热带亚热带的 0~20m 且具有干净的粗沙质潮间带或浅海海区, 而淤泥或含泥较多的砂中较少有发现, 特别在北纬 48°至南纬 40°之间的环形地区内较多, 在我国厦门、青岛、广东等沿海分布广泛, 其它如地中海、马来西亚、日本、北美洲海洋边岸都有分布, 但数量并不多。

本次底栖生物调查中, 在 WS02 站位采集到白氏文昌鱼(*Branchiostoma belcheri*), 数量为 3ind; 白氏文昌鱼在 WS02 站位的栖息密度为 15.000ind/m², 生物量为 0.490g/m²。

5.7.2.5. 潮间带生物

(1) 潮间带岸相和生物种类组成

潮间带 6 个调查断面岸相分布情况：C1、C2、C3 和 C6 断面均为礁滩断面，C5 断面为沙滩断面，C4 断面为沙滩-礁滩断面。本次潮间带生物定性定量调查，共记录潮间带生物 7 门 8 纲 20 目 41 科 78 种，其中包括软体动物 35 种、节肢动物 26 种、环节动物 13 种，刺胞动物、棘皮动物、脊索动物和星虫动物各 1 种，分别占种类总数的 44.87%、33.33%、16.67%及 1.28%（图 5.7.2-4）。

（不公开）

图 5.7.2-4 潮间带生物种类组成占比

(2) 潮间带各断面优势种

以优势度指数 $Y \geq 0.02$ 为判断标准，本次调查区域潮间带生物优势种共有 7 种，分别为纹藤壶（*Amphibalanus amphitrite*）、纵条矾海葵（*Haliplanella kuciae*）、凸加夫蛤（*Gafrarium tumidum*）等。其中纹藤壶为第一优势种，优势度为 0.073（表 5.7.2-13）。

表 5.7.2-13 潮间带生物优势种（不公开）

(3) 潮间带各断面的生物量及栖息密度分布

6 个断面定量调查的平均生物量为 146.885g/m^2 ，平均栖息密度为 76.889ind/m^2 。C6 断面的生物量最大，为 282.520g/m^2 ；C1 断面的栖息密度最大，为 108.444ind/m^2 （表 5.7.2-14）。

从类群分布来看，6 个断面中软体动物的平均生物量和平均栖息密度最高，其次是节肢动物。

表 5.7.2-14 潮间带各断面生物量和栖息密度分布（不公开）

(4) 潮间带各站位生物量及栖息密度分布

6 个调查断面中，C6 断面的低潮带生物量最高，为 545.560g/m^2 ；其次是 C2 断面的低潮带，生物量为 399.064g/m^2 ；C5 断面的高潮带生物量为最低，为 0.176g/m^2 。C3 断面低潮带的栖息密度最高，为 280.000ind/m^2 ；其次是 C1 断面的低潮带，栖息密度为 232.000ind/m^2 ；C5 断面的高潮带的栖息密度最低，为 4.000ind/m^2 （表 5.7.2-15）。

表 5.7.2-15 潮间带各站位生物量和栖息密度分布（不公开）

(5) 潮间带断面水平分布和垂直分布

本次潮间带生物调查从水平分布上看, 生物量由高到低排序为 $C6 > C2 > C1 > C3 > C5 > C4$, 栖息密度由高到低排序为 $C1 > C3 > C6 > C2 > C5 > C4$ (表 5.7.2-16)。

表 5.7.2-16 潮间带生物水平分布 (不公开)

本次潮间带生物调查从垂直分布上看, 生物量由高到低排序为低潮带 $>$ 高潮带 $>$ 中潮带, 栖息密度由高到低排序为低潮带 $>$ 高潮带 $>$ 中潮带 (表 5.7.2-17)。

表 5.7.2-17 潮间带生物垂直分布 (不公开)

(6) 潮间带生物多样性指数、均匀度指数及丰富度指数

本次调查海区潮间带生物多样性指数的变化范围在 1.936~4.331 之间, 平均值为 3.340; 均匀度指数的变化范围在 0.658~0.859 之间, 平均值为 0.779; 丰富度指数范围在 1.262~4.692 之间, 平均值为 3.118 (表 5.7.2-18)。

表 5.7.2-18 潮间带生物多样性指数、均匀度指数及丰富度指数 (不公开)

5.8. 渔业资源现状调查结果与评价

5.8.1. 夏季调查与评价结果

5.8.1.1. 鱼卵仔稚鱼

(1) 种类组成

本次鱼卵仔稚鱼调查中, 定性调查捕获鱼卵 27044 ind, 仔稚鱼 80 ind; 定量调查捕获鱼卵 347 ind, 仔稚鱼 22 ind。经鉴定隶属于 5 目, 分别为鲽形目、鲱形目、鲈形目、鲉形目和银汉鱼目, 捕获的鱼卵和仔稚鱼基本上属于沿岸浅海性鱼类。

捕获鱼卵共 27391 ind, 分属于 3 目 13 科, 分别为鲚科 26 ind、舌鳎科 39 ind、鳎科 19 ind、鲱科 275 ind、鳀科 294 ind、鲷科 10882 ind、笛鲷科 1758 ind、鲷科 202 ind、鲈科 6387 ind、石首鱼科 2771 ind、鱈科 4694 ind、鱚科 7 ind、银鲈科 17 ind。

捕获仔稚鱼共 102 ind, 分属于 4 目 13 科, 分别为鳀科 10 ind、鳀科半棱鳀属 1 ind、带鱼科 1 ind、鲷科 31 ind、金线鱼科 3 ind、鲱科 1 ind、鲈科 3 ind、石首

鱼科 6 ind、鰺科肩鰺属 2 ind、鱈科 13 ind、虾虎鱼科 2 ind、银鲈科 21 ind、单角鲀科 1 ind、银汉鱼科 7 ind。（表 5.8.1-1、图 5.8.1-1、图 5.8.1-2）。

（不公开）

图 5.8.1-2 调查海区鱼卵种类组成占比

（不公开）

图 5.8.1-2 调查海区仔稚鱼种类组成占比

表 5.8.1-1 鱼卵、仔稚鱼种类组成（不公开）

（2）数量分布

调查 31 个站位的鱼卵仔稚鱼垂直拖网共采到鱼卵 347ind，仔稚鱼 22ind；鱼卵平均密度为 5.416ind/m³，仔稚鱼平均密度为 0.513ind/m³。WS04 站位鱼卵密度最高，密度为 28.037ind/m³，其次是 WS39 站位，密度为 17.379ind/m³，共 30 个站位采获到鱼卵；WS31 站位仔稚鱼密度最高，密度为 5.714ind/m³，其次是 WS32 站位，密度为 2.609ind/m³，共 12 个站位采获到仔稚鱼（表 5.8.1-2）。

表 5.8.1-2 鱼卵、仔稚鱼密度及其分布（垂直拖网）（不公开）

（3）主要种类的数量分布（水平拖网）

① 鰻科（Leiognathidae）

鰻科鱼类分布于红海、印度洋、南洋群岛、澳大利亚北部、中国台湾岛以及中国南海等海域，主要栖息于热带海洋的近岸或稍碱的水域。主要栖息于沿岸砂泥底质水域，大多栖息于浅水域，水深约在 1-40 公尺之间，有时会进入深水域，有时会进入河口区。一般在底层活动觅食，肉食性，以底栖生物为食。

以流刺网或岸边滩钓均有可能捕获。鰻科鱼种味美且肉较多，红烧、煮汤皆宜。本次水平拖网调查出现的鰻科鱼卵共有 10839 粒，出现在 25 个站位，鰻科鱼卵在调查海域中 WS36 站位数量最多。

② 鲹科（Carangidae）

鲹科鱼类分布于印度洋、太平洋、大西洋热带和亚热带水域，在世界海洋渔业中占有重要地位，是世界重要暖水性和暖温性海洋经济鱼类，在渔业生产上有重要经济价值。本次调查出现的鲹科鱼卵共有 6357 粒，出现在 27 个站位，鲹科鱼卵在调查海域中 WS36 站位数量最多。

③ 鱈科（Sillaginidae）

鱈科鱼类在中国分布于渤海（河北、天津沿海从北到南均有）、黄海、东海、

南海。为高级食用鱼，具有经济价值，常为底拖网、流刺网捕获，也是滩钓的重要对象之一。肉白味美，主要作鲜销，少量制成咸干品。一般都沾粉油炸而食，味道鲜美。肉性平、味甘，功能健脾、利水消肿，富含脂肪酸，可作提制 EPA 和 DHA 的较好原料。本次水平拖网调查出现的鱈科鱼卵共有 4593 粒，出现在 16 个站位，鱈科在调查海域中 WS36 站位数量最多，鱈科仔稚鱼共有 5 尾，出现在 2 个站位。

5.8.1.2. 游泳动物

(1) 种类组成和优势种

本次游泳动物调查共捕获 3 门 4 纲 20 目 73 科 214 种，其中：鱼类 132 种，占总种类数的 61.68%，虾类 29 种（其中虾蛄类 9 种），占总种类数的 13.55%，蟹类 42 种，占总种类数的 19.63%，头足类 11 种，占总种类数的 5.14%（图 4.5.2-3）；属于经济物种的有 154 种，占总种类数的 71.96%。

（不公开）

图 5.8.1-3 调查海区游泳动物种类组成占比

相对重要性指数显示，本次调查游泳动物优势种（ $IRI \geq 1000$ ）共 1 种，别为须赤虾 (*Metapenaeopsis barbata*)，其总渔获重量为 6.252 kg，占游泳动物总渔获重量的 5.11%；须赤虾的总尾数渔获量为 1336 个，占游泳动物总渔获尾数数的 16.47%（表 5.8.1-3）。

5.8.1-3 游泳动物 IRI 指数（不公开）

(2) 渔获率

①尾数渔获率

本次调查使用了雷覃流沙 186（拖网网口宽 3m）和粤湛渔 01260（拖网网口宽 5m）两条渔船进行作业，其尾数渔获率分别讨论。

使用雷覃流沙 186 作业站位的游泳动物平均尾数渔获率为 263 ind/h。其中，鱼类平均尾数渔获率为 106 ind/h，占游泳动物平均尾数渔获率的 39.73%；虾类平均尾数渔获率为 83 ind/h，占游泳动物平均尾数渔获率的 30.98%；蟹类平均尾数渔获率为 69 ind/h，占游泳动物平均尾数渔获率的 27.57%；头足类的平均尾数渔获率为 4 ind/h，占游泳动物平均尾数渔获率的 1.72%（表 5.8.1-4）。

使用粤湛渔 01260 作业站位的游泳动物平均尾数渔获率为 261 ind/h。其中，

鱼类平均尾数渔获率为 104 ind/h，占游泳动物平均尾数渔获率的 42.82%；虾类平均尾数渔获率为 84 ind/h，占游泳动物平均尾数渔获率的 30.53%；蟹类平均尾数渔获率为 63 ind/h，占游泳动物平均尾数渔获率的 23.47%；头足类的平均尾数渔获率为 9 ind/h，占游泳动物平均尾数渔获率的 3.18%（表 5.8.1-5）。

表 5.8.1-4 雷覃流沙 186 调查站位尾数渔获率及类群所占比例（不公开）

表 5.8.1-5 粤湛渔 01260 调查站位尾数渔获率及类群所占比例（不公开）

②重量渔获率

使用雷覃流沙 186 作业站位的平均重量渔获率为 3.777kg/h。其中，鱼类平均重量渔获率为 2.443kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 62.05%；虾类平均重量渔获率为 0.574kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 15.37%；蟹类平均重量渔获率为 0.630kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 19.2%；头足类的平均重量渔获率为 0.130kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 3.38%（表 5.8.1-6）。

使用粤湛渔 01260 作业站位的平均重量渔获率为 4.110kg/h。其中，鱼类平均重量渔获率为 2.698kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 63.85%；虾类平均重量渔获率为 0.612kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 14.96%；蟹类平均重量渔获率为 0.517kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 13.17%；头足类的平均重量渔获率为 0.283kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 8.01%（表 5.8.1-7）。

表 5.8.1-6 雷覃流沙 186 调查站位重量渔获率及类群所占比例（不公开）

表 5.8.1-7 粤湛渔 01260 调查站位重量渔获率及类群所占比例（不公开）

(3) 渔业资源密度

①尾数资源密度

本次调查 31 个站位尾数资源密度范围在 $(10.475\sim 88.279)\times 10^3\text{ind}/\text{km}^2$ 之间，平均值为 $36.843\times 10^3\text{ind}/\text{km}^2$ ，尾数资源密度最高的站位为 WS16 站位，最低为 WS41 站位（表 5.8.1-6）。

其中，鱼类尾数资源密度分布范围在 $(4.320\sim 61.538)\times 10^3\text{ind}/\text{km}^2$ 之间，平均值为 $14.811\times 10^3\text{ind}/\text{km}^2$ ，其中 WS16 站位最高，WS23 站位最低；虾类尾数资源密度分布范围在 $(0.648\sim 37.257)\times 10^3\text{ind}/\text{km}^2$ 之间，平均值为 $11.798\times 10^3\text{ind}/\text{km}^2$ ，其中 WS10 站位最高，WS41 站位最低；蟹类尾数资源密度分布范围在 $(1.296\sim 28.618)\times 10^3\text{ind}/\text{km}^2$ 之间，平均值为 $9.359\times 10^3\text{ind}/\text{km}^2$ ，其中 WS20

站位最高，WS41 站位最低；头足类尾数资源密度分布范围在（0~2.983） $\times 10^3$ ind/km²之间，平均值为 0.875×10^3 ind/km²，其中 WS40 站位最高。

表 5.8.1-6 各站位尾数资源密度（不公开）

②重量资源密度

本次调查 31 个站位渔业资源重量资源密度范围在（219.655~1681.580）kg/km²之间，平均值为 549.408kg/km²，WS16 站位最高，WS22 站位最低（表 5.8.1-7）。

其中，鱼类重量资源密度变化范围在（105.616~1405.773）kg/km²之间，平均值为 357.235kg/km²，其中 WS16 站位最高，WS22 站位最低；虾类重量资源密度变化范围在（4.320~256.299）kg/km²之间，平均值为 83.009kg/km²，其中 WS46 站位最高，WS41 站位最低；蟹类重量资源密度变化范围在（6.479~178.726）kg/km²之间，平均值为 82.487kg/km²，其中 WS10 站位最高，WS34 站位最低；头足类重量资源密度变化范围在（0~87.905）kg/km²之间，平均值为 26.677kg/km²，其中 WS17 站位最高。

表 5.8.1-7 各站位重量资源密度（不公开）

（4）经济种资源状况

本次调查经济种尾数资源密度范围在（8.963~77.651） $\times 10^3$ ind/km²之间，平均值为 26.985×10^3 ind/km²，经济种尾数资源密度最高的站位为 WS16 站位，最低为 WS41 站位；经济种尾数资源密度占比变化范围在 33.19%~94.74%之间，平均值为 72.80%，最高为 WS34 站位，最低为 WS08 站位。经济种重量资源密度范围在（105.616~1405.773）kg/km²之间，平均值为 357.235kg/km²，经济种重量资源密度最高的为 WS16 站位，最低为 WS22 站位；经济种重量资源密度占比变化范围在 32.49%~83.60%之间，平均值为 62.98%，最高为 WS16 站位，最低为 WS39 站位（表 5.8.1-8）。

表 5.8.1-8 各站位经济种资源密度及所占比例（不公开）

（6）游泳动物多样性指数、均匀度指数及丰富度指数

本次调查区域游泳动物生物种类数范围在 17~57 种，多样性指数变化范围在 1.894~5.028 之间，平均值为 3.959，其中 WS48 站位最高，WS08 站位最低；均匀度指数变化范围在 0.398~0.905 之间，平均值为 0.753，其中 WS41 站位最高，WS08 站位最低；丰富度指数范围在 2.019~6.444 之间，平均值为 4.728，丰富度

指数以 WS18 站位最高，WS20 站位最低（见表 5.8.1-10）。

表 5.8.1-10 游泳动物生物多样性指数、均匀度指数及丰富度指数（不公开）

5.8.2. 冬季调查与评价结果

5.8.2.1. 鱼卵仔稚鱼

(1) 种类组成

本次鱼卵仔稚鱼调查中，定性调查捕获鱼卵 3495ind，仔稚鱼 143ind；定量调查捕获鱼卵 36ind，仔稚鱼 4ind。经鉴定隶属于 5 目，分别为鲽形目、鲱形目、鲈形目、鲉形目和鲷形目，捕获的鱼卵和仔稚鱼基本上属于沿岸浅海性鱼类。

捕获鱼卵共 3531ind，分属于 5 目 14 科，分别为鲷科 233ind、鳀科 457ind、鳊科 379ind、鲳科 8ind、带鱼科 3ind、笛鲷科 64ind、鲷科 84ind、鲹科 782ind、石首鱼科 372ind、天竺鲷科 1ind、鱈科 115ind、鲆科 207ind、鲈科 1ind、鲷科 248ind。

捕获仔稚鱼共 147ind，分属于 3 目 7 科，分别为鳀科 3ind、鳀科半棱鳀属 10ind、鳀科小公鱼属 4ind、鲷科 15ind、石首鱼科 13ind、鲷科肩鳃鲷属 5ind、鱈科 3ind、鱈科多鳞鱈 30ind、银鲈科 63ind、鲷科龟鲛属 1ind（表 5.8.2-1、图 5.8.2-1、图 5.8.2-2）。

（不公开）

图 5.8.2-1 调查海区鱼卵种类组成占比

（不公开）

图 5.8.2-2 调查海区仔稚鱼种类组成占比

表 5.8.2-1 鱼卵仔稚鱼种类组成（不公开）

(2) 数量分布

调查 31 个站位的鱼卵仔稚鱼垂直拖网共采到鱼卵 36ind，仔稚鱼 4ind；鱼卵平均密度为 0.544ind/m³，仔稚鱼平均密度为 0.112ind/m³。WS31 站位鱼卵密度最高，密度为 1.887ind/m³，其次是 WS03 站位，密度为 1.740ind/m³，共 22 个站位捕获到鱼卵；WS31 站位仔稚鱼密度最高，密度为 1.887ind/m³，其次是 WS32 站位，密度为 0.752ind/m³，共 4 个站位捕获到仔稚鱼（表 5.8.2-2）。

表 5.8.2-2 鱼卵仔稚鱼密度及其分布（垂直拖网）（不公开）

(3) 主要种类的数量分布（水平拖网）

① 鰻科 (Leiognathidae)

鰻科鱼类分布于红海、印度洋、南洋群岛、澳大利亚北部、中国台湾岛以及中国南海等海域，主要栖息于热带海洋的近岸或稍碱的水域。主要栖息于沿岸砂泥底质水域，大多栖息于浅水域，水深约在 1-40 公尺之间，有时会进入深水域，有时会进入河口区。一般在底层活动觅食，肉食性，以底栖生物为食。

以流刺网或岸边滩钓均有可能捕获。鰻科鱼种味美且肉较多，红烧、煮汤皆宜。本次水平拖网调查出现的鰻科鱼卵共有 376 粒，出现在 12 个站位，鰻科鱼卵在调查海域中 WS24 站位数量最多。

② 鲹科 (Carangidae)

鲹科鱼类分布于印度洋、太平洋、大西洋热带和亚热带水域，在世界海洋渔业中占有重要地位，是世界重要暖水性和暖温性海洋经济鱼类，在渔业生产上有重要经济价值。本次调查出现的鲹科鱼卵共有 777 粒，出现在 28 个站位，鲹科鱼卵在调查海域中 WS45 站位数量最多。

③ 笛鲷科 (Lutjanidae)

广泛分布于世界三大洋之热带及亚热带海域，少数可生活于淡水。笛鲷由于习惯在礁区附近活动，并具有领域性，因此体型大的笛鲷常无法以底拖网或围网大量渔获，多半只能在沿岸利用传统的渔具、渔法，如一支钓、笼具、刺网、小型网具，或潜水镖射等方法来采捕。不过因其肉多、味美、数量少，所以在所有笛鲷分布的国家都是十分重要的当地消费鱼种。本次水平拖网调查出现的笛鲷科鱼卵共有 634 粒，出现在 26 个站位，笛鲷科鱼卵在调查海域中 WS26 站位数量最多。

5.8.2.2. 游泳动物

(1) 种类组成和优势种

本次游泳动物调查共捕获 3 门 4 纲 19 目 69 科 198 种，其中：鱼类 122 种，占总种类数的 61.62%，虾类 33 种（其中虾蛄类 10 种），占总种类数的 16.67%，蟹类 32 种，占总种类数的 16.16%，头足类 11 种，占总种类数的 5.56%（图 5.8.2-3）；属于经济物种的有 122 种，占总种类数的 61.61%。

（不公开）

图 5.8.2-3 调查海区游泳动物种类组成占比

相对重要性指数显示，本次调查游泳动物优势种 ($IRI \geq 1000$) 共 1 种，为须赤虾 (*Metapenaeopsis barbata*)，其总渔获重量为 6.895kg，占游泳动物总渔获重量的 3.98%；须赤虾的总尾数渔获量为 1159 个，占游泳动物总渔获尾数数的 13.81% (表 5.8.2-3)。

表 5.8.2-3 游泳动物 IRI 指数 (不公开)

(2) 渔获率

①尾数渔获率

本次调查使用了雷覃流沙 186 (拖网网口宽 3m) 和粤湛渔 01260 (拖网网口宽 5m) 两条渔船进行作业，其尾数渔获率分别讨论。

使用雷覃流沙 186 作业站位的游泳动物平均尾数渔获率为 219ind/h。其中，鱼类平均尾数渔获率为 86ind/h，占游泳动物平均尾数渔获率的 40.88%；虾类平均尾数渔获率为 97ind/h，占游泳动物平均尾数渔获率的 42.4%；蟹类平均尾数渔获率为 30ind/h，占游泳动物平均尾数渔获率的 14.27%；头足类的平均尾数渔获率为 5ind/h，占游泳动物平均尾数渔获率的 2.46% (表 5.8.2-4)。

使用粤湛渔 01260 作业站位的游泳动物平均尾数渔获率为 320ind/h。其中，鱼类平均尾数渔获率为 145ind/h，占游泳动物平均尾数渔获率的 46.6%；虾类平均尾数渔获率为 147ind/h，占游泳动物平均尾数渔获率的 45.13%；蟹类平均尾数渔获率为 23ind/h，占游泳动物平均尾数渔获率的 6.78%；头足类的平均尾数渔获率为 4ind/h，占游泳动物平均尾数渔获率的 1.5% (表 5.8.2-5)。

表 5.8.2-4 雷覃流沙 186 调查站位尾数渔获率及类群所占比例 (不公开)

表 5.8.2-5 粤湛渔 01260 调查站位尾数渔获率及类群所占比例 (不公开)

②重量渔获率

使用雷覃流沙 186 作业站位的平均重量渔获率为 4.690kg/h。其中，鱼类平均重量渔获率为 3.263kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 68.34%；虾类平均重量渔获率为 0.644kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 13.77%；蟹类平均重量渔获率为 0.477kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 10.94%；头足类的平均重量渔获率为 0.306kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 6.95% (表 5.8.2-6)。

使用粤湛渔 01260 作业站位的平均重量渔获率为 6.434kg/h。其中，鱼类平均

重量渔获率为 4.846kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 73.01%；虾类平均重量渔获率为 0.978kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 16.26%；蟹类平均重量渔获率为 0.227kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 3.7%；头足类的平均重量渔获率为 0.383kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 7.03%（表 5.8.2-7）。

表 5.8.2-6 雷覃流沙 186 调查站位重量渔获率及类群所占比例（不公开）

表 5.8.2-7 粤湛渔 01260 调查站位重量渔获率及类群所占比例（不公开）

（3）渔业资源密度

①尾数资源密度

本次调查 31 个站位尾数资源密度范围在 $(11.843\sim 91.073)\times 10^3\text{ind}/\text{km}^2$ 之间，平均值为 $30.404\times 10^3\text{ind}/\text{km}^2$ ，尾数资源密度最高的站位为 WS05 站位，最低为 WS24 站位（表 5.8.2-6）。

其中，鱼类尾数资源密度分布范围在 $(4.536\sim 34.917)\times 10^3\text{ind}/\text{km}^2$ 之间，平均值为 $12.685\times 10^3\text{ind}/\text{km}^2$ ，其中 WS0 站位最高，WS03 站位最低；虾类尾数资源密度分布范围在 $(4.598\sim 42.477)\times 10^3\text{ind}/\text{km}^2$ 之间，平均值为 $13.725\times 10^3\text{ind}/\text{km}^2$ ，其中 WS05 站位最高，WS02 站位最低；蟹类尾数资源密度分布范围在 $(0.216\sim 11.879)\times 10^3\text{ind}/\text{km}^2$ 之间，平均值为 $3.436\times 10^3\text{ind}/\text{km}^2$ ，其中 WS05 站位最高，WS11 站位最低；头足类尾数资源密度分布范围在 $(0\sim 2.880)\times 10^3\text{ind}/\text{km}^2$ 之间，平均值为 $0.558\times 10^3\text{ind}/\text{km}^2$ ，其中 WS21 站位最高。

表 5.8.2-6 各站位尾数资源密度（不公开）

②重量资源密度

本次调查 31 个站位渔业资源重量资源密度范围在 $(174.180\sim 1609.612)\text{kg}/\text{km}^2$ 之间，平均值为 $635.736\text{kg}/\text{km}^2$ ，WS46 站位最高，WS02 站位最低（表 5.8.2-7）。

其中，鱼类重量资源密度变化范围在 $(116.352\sim 1426.746)\text{kg}/\text{km}^2$ 之间，平均值为 $455.312\text{kg}/\text{km}^2$ ，其中 WS46 站位最高，WS02 站位最低；虾类重量资源密度变化范围在 $(23.758\sim 309.035)\text{kg}/\text{km}^2$ 之间，平均值为 $91.112\text{kg}/\text{km}^2$ ，其中 WS05 站位最高，WS34 站位最低；蟹类重量资源密度变化范围在 $(1.080\sim 182.145)\text{kg}/\text{km}^2$ 之间，平均值为 $49.187\text{kg}/\text{km}^2$ ，其中 WS45 站位最高，WS11 站位最低；头足类重量资源密度变化范围在 $(0\sim 167.027)\text{kg}/\text{km}^2$ 之间，平均值为 $40.125\text{kg}/\text{km}^2$ ，其中 WS45 站位最高。

表 5.8.2-7 各站位重量资源密度（不公开）

(4) 经济种资源状况

本次调查经济种尾数资源密度范围在 $(9.791\sim 76.134) \times 10^3 \text{ind}/\text{km}^2$ 之间，平均值为 $25.795 \times 10^3 \text{ind}/\text{km}^2$ ，经济种尾数资源密度最高的站位为 WS05 站位，最低为 WS07 站位；经济种尾数资源密度占比变化范围在 62.39%~98.71% 之间，平均值为 86.07%，最高为 WS29 站位，最低为 WS34 站位。经济种重量资源密度范围在 $(166.167\sim 1258.998) \text{kg}/\text{km}^2$ 之间，平均值为 $521.884 \text{kg}/\text{km}^2$ ，经济种重量资源密度最高的为 WS05 站位，最低为 WS02 站位；经济种重量资源密度占比变化范围在 23.87%~99.06% 之间，平均值为 87.17%，最高为 WS11 站位，最低为 WS46 站位（表 5.8.2-8）。

表 5.8.2-8 各站位经济种资源密度及相对占比（不公开）

(6) 游泳动物多样性指数、均匀度指数及丰富度指数

本次调查区域游泳动物生物种类数范围在 19~57 种，多样性指数变化范围在 2.803~4.617 之间，平均值为 3.838，其中 WS06 站位最高，WS46 站位最低；均匀度指数变化范围在 0.604~0.889 之间，平均值为 0.744，其中 WS08 站位最高，WS39 站位最低；丰富度指数范围在 2.371~5.900 之间，平均值为 4.445，丰富度指数以 WS05 站位最高，WS46 站位最低（见表 5.8.2-10）。

表 5.8.2-10 游泳动物生物多样性指数、均匀度指数及丰富度指数（不公开）

5.9. 海洋生态环境与渔业资源调查小结

5.9.1. 夏季调查小结

叶绿素 *a* 柱状含量平均值为 $7.75 \text{mg}/\text{m}^3$ 。表层平均值为 $8.18 \text{mg}/\text{m}^3$ ，底层平均值为 $4.56 \text{mg}/\text{m}^3$ 。

初级生产力平均值为 $967.007 \text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ，变化范围在 $(191.292\sim 2530.836) \text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 之间。

浮游植物在本次调查中共记录 4 门 5 纲 13 目 27 科 117 种。硅藻门种类最多，共 16 科 86 种，占总种类数的 73.50%；甲藻门种类次之，出现 9 科 27 种，占总种类数的 23.08%；蓝藻门出现 1 科 2 种，占总种类数的 1.71%；金藻门出现 1 科 2 种，占总种类数的 1.71%。浮游植物优势种共出现 6 种，分别为中肋骨条藻、柔弱

伪菱形藻、旋链角毛藻、菱形海线藻等，其中中肋骨条藻和柔弱伪菱形藻为第一优势种。浮游植物密度平均值为 $4947.344 \times 10^3 \text{cells/m}^3$ ，浮游植物的多样性指数平均值为 2.704，均匀度指数平均值为 0.495，丰富度指数平均值为 2.109。

浮游动物在本次调查中共记录 7 门 11 纲 20 目 32 科 70 种(包括浮游幼体 14 种)。分属栉水母、水母类、有尾类、腹足类、毛颚类、介形类、桡足类、樱虾类、枝角类、多毛类和浮游幼体 11 个类群。浮游动物优势种 10 种。分别为桡足幼体、微刺哲水蚤、针刺真浮萤、肥胖箭虫等，其中桡足幼体为第一优势种。浮游动物生物量平均值为 58.19mg/m^3 ，密度平均值为 103.656ind/m^3 。浮游动物多样性指数平均值为 3.243，均匀度指数平均值为 0.813，丰富度指数平均值为 2.127。

大型底栖生物在本次调查中共记录 7 门 9 纲 19 目 39 科 47 种。其中环节动物为主要生物群，为 18 种，占种类总数的 38.30%。大型底栖生物优势种共有 2 种，分别为模糊新短眼蟹和光滑倍棘蛇尾。大型底栖生物的平均生物量为 4.325g/m^2 ，平均栖息密度为 23.387ind/m^2 。节肢动物平均栖息密度最高，为 8.387ind/m^2 ，占比为 35.86%。环节动物平均生物量最高，平均生物量为 1.697g/m^2 ，占比为 39.24%。大型底栖生物多样性指数平均值为 1.152，均匀度指数平均值为 0.927，丰富度指数平均值为 1.082。

潮间带 6 个调查断面岸相分布情况：C1、C2、C3 和 C6 断面均为礁滩断面，C5 断面为沙滩断面，C4 断面为沙滩-礁滩断面。潮间带生物共记录 6 门 8 纲 17 目 36 科 62 种，其中包括软体动物 26 种、节肢动物 22 种、环节动物 11 种、刺胞动物、纽形动物和星虫动物各 1 种。潮间带生物优势种共有 6 种，分别为单齿螺、独齿围沙蚕、纵带滩栖螺、平轴螺等，其中单齿螺为第一优势种。潮间带生物定量调查 6 个断面的平均生物量为 108.973g/m^2 ，平均栖息密度为 80.148ind/m^2 ，软体动物的平均生物量和平均栖息密度最高。从水平分布来看 C4 断面生物量最高，C6 断面栖息密度最高；从垂直分布来看低潮带的生物量和栖息密度最高。潮间带 6 个断面的多样性指数平均值为 3.381，均匀度指数平均值为 0.814，丰富度指数平均值为 2.696。

鱼卵仔稚鱼在本次调查中共记录鱼卵 13 种，其中包括鲈形目 8 种，鲾形目 3 种，鲱形目 2 种，；仔稚鱼 14 种，其中包括鲈形目 10 种，鲱形目 2 种，鲉形目和银汉鱼目各 1 种。调查区域垂直拖网的鱼卵平均密度为 5.416ind/m^3 ；仔稚鱼平

均密度为 $0.513\text{ind}/\text{m}^3$ 。常见鱼卵仔稚鱼为鳊科、鱊科和鲃科等。

游泳动物共记录 3 门 4 纲 20 目 73 科 214 种, 其中: 鱼类 132 种, 虾类 29 种(其中虾蛄类 9 种), 蟹类 42 种, 头足类 11 种。游泳动物优势种共 1 种, 为须赤虾。平均总尾数渔获率为 $262\text{ind}/\text{h}$, 平均总重量渔获率为 $3.949\text{kg}/\text{h}$ 。平均尾数资源密度为 $36.843\times 10^3\text{ind}/\text{km}^2$; 平均重量资源密度为 $549.408\text{kg}/\text{km}^2$ 。经济种平均尾数资源密度为 $26.985\times 10^3\text{ind}/\text{km}^2$, 平均重量资源密度为 $357.235\text{kg}/\text{km}^2$, 主要经济种类为黑口鳊、短吻鳊和远海梭子蟹等。游泳动物的多样性指数平均值为 3.959, 均匀度指数平均值为 0.753, 丰富度指数平均值为 4.728。

5.9.2. 冬季调查小结

冬季调查结果表明:

叶绿素 *a* 柱状含量平均值为 $1.18\text{mg}/\text{m}^3$ 。表层平均值为 $1.87\text{mg}/\text{m}^3$, 底层平均值为 $1.22\text{mg}/\text{m}^3$ 。

初级生产力平均值为 $94.187\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$, 变化范围在 ($20.038\sim 360.357$) $\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 之间。

浮游植物在本次调查中共记录 4 门 5 纲 13 目 25 科 152 种。硅藻门种类最多, 共 16 科 125 种, 占总种类数的 82.24%; 甲藻门种类次之, 出现 7 科 22 种, 占总种类数的 14.47%; 蓝藻门出现 1 科 4 种, 占总种类数的 2.63%; 金藻门出现 1 科 1 种, 占总种类数的 0.66%。浮游植物优势种共出现 8 种, 分别为中肋骨条藻、尖刺伪菱形藻、海链藻属、菱形海线藻等, 其中中肋骨条藻为第一优势种。浮游植物密度平均值为 $4363.832\times 10^3\text{cells}/\text{m}^3$, 浮游植物的多样性指数平均值为 3.409, 均匀度指数平均值为 0.589, 丰富度指数平均值为 2.663。

浮游动物在本次调查中共记录 6 门 9 纲 15 目 27 科 77 种(包括浮游幼体 14 种)。分属水母类、栉水母、被囊类、有尾类、毛颚类、介形类、桡足类、十足类、樱虾类、多毛类和浮游幼体 11 个类群。浮游动物优势种 6 种。分别为桡足幼体、毛颚类幼体、亚强次真哲水蚤、肥胖箭虫等, 其中桡足幼体为第一优势种。浮游动物生物量平均值为 $86.89\text{mg}/\text{m}^3$, 密度平均值为 $137.435\text{ind}/\text{m}^3$ 。浮游动物多样性指数平均值为 3.113, 均匀度指数平均值为 0.719, 丰富度指数平均值为 2.633。

大型底栖生物在本次调查中共记录 8 门 9 纲 15 目 29 科 41 种。其中环节动物为主要生物群, 为 19 种, 占种类总数的 46.34%。大型底栖生物优势种共有 2 种,

分别为模糊新短眼蟹和背蚓虫，其中模糊新短眼蟹为第一优势种。大型底栖生物的平均生物量为 $2.223\text{g}/\text{m}^2$ ，平均栖息密度为 $20.000\text{ind}/\text{m}^2$ 。节肢动物平均栖息密度最高，为 $10.000\text{ind}/\text{m}^2$ ，占比为 50.00%。节肢动物平均生物量最高，平均生物量为 $1.366\text{g}/\text{m}^2$ ，占比为 61.45%。大型底栖生物多样性指数平均值为 1.224，均匀度指数平均值为 0.899，丰富度指数平均值为 1.165。

潮间带 6 个调查断面岸相分布情况：C1、C2、C3 和 C6 断面均为礁滩断面，C5 断面为沙滩断面，C4 断面为沙滩-礁滩断面。潮间带生物共记录 7 门 8 纲 20 目 41 科 78 种，其中包括软体动物 35 种、节肢动物 26 种、环节动物 13 种，刺胞动物、棘皮动物、脊索动物和星虫动物各 1 种。潮间带生物优势种共有 7 种，分别为纹藤壶、纵条矾海葵、凸加夫蛤等。其中纹藤壶为第一优势种。潮间带生物定量调查 6 个断面的平均生物量为 $146.885\text{g}/\text{m}^2$ ，平均栖息密度为 $76.889\text{ind}/\text{m}^2$ ，软体动物的平均生物量和平均栖息密度最高。从水平分布来看 C6 断面生物量最高，C1 断面栖息密度最高；从垂直分布来看低潮带的生物量和栖息密度最高。潮间带 3 个断面的多样性指数平均值为 3.340，均匀度指数平均值为 0.779，丰富度指数平均值为 3.118。

鱼卵仔稚鱼 在本次调查中共记录鱼卵 14 种，其中包括鲈形目 10 种，鲾形目、鲱形目、鲑形目和鲱形目各 1 种；仔稚鱼 10 种，其中包括鲈形目 6 种，鲱形目 3 种和鲱形目 1 种。调查区域垂直拖网的鱼卵平均密度为 $0.544\text{ind}/\text{m}^3$ ；仔稚鱼平均密度为 $0.112\text{ind}/\text{m}^3$ 。常见鱼卵仔稚鱼为鲷科、笛鲷科和鲈科等。

游泳动物 共记录 3 门 4 纲 19 目 69 科 198 种，其中：鱼类 122 种，虾类 33 种（其中虾蛄类 10 种），蟹类 32 种，头足类 11 种。游泳动物优势种共 1 种，为须赤虾。平均总尾数渔获率为 $271\text{ind}/\text{h}$ ，平均总重量渔获率为 $5.590\text{kg}/\text{h}$ 。平均尾数资源密度为 $30.404 \times 10^3\text{ind}/\text{km}^2$ ；平均重量资源密度为 $635.736\text{kg}/\text{km}^2$ 。游泳动物的多样性指数平均值为 3.838，均匀度指数平均值为 0.744，丰富度指数平均值为 4.445。主要经济种类为尖嘴魮、丝鳍海鲇、须赤虾、鹰爪虾、长蛸等。

5.10. 近岸海域国控站位海水水质调查与评价

5.10.1. 近岸海域国控站位概况

根据广东省生态环境厅公布的近三年（2023-2025 年）近岸海域水质检测信息，可得出本项目评价范围内的国控点位有 5 个，国控站位监测信息见表 5.10.1-1，

国控站位分布图见图 5.10.1-1。

表 5.10.1-1 近岸海域国控站位监测信息

序号	点位	经度	纬度
1	GDN07009	109.7453	20.702
2	GDN07011	109.5149	20.3796
3	GDN07014	109.8915	20.4487
4	GDN07024	109.9055	20.2849
5	GDN07025	109.6876	20.4032

图 5.10.1-1 国控站位分布图（不公开）

5.10.2. 评价标准

根据《广东省近岸海域环境功能区划》，确定海水调查站位所在环境功能区类型，依据各站位所在功能区的环境管理目标要求，执行相应的水质标准，对其未覆盖的监测点位按照《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》确定对应的海洋功能区海水水质执行标准进行评价。

根据《广东省近岸海域环境功能区划》（粤府办〔1999〕68 号）、《关于对湛江市近岸海域环境功能区划意见的函》（粤环函〔2007〕551 号），近岸海域国控站位执行的标准见表 5.10.1-2、图 5.10.1-2。

表 5.10.1-2 近岸海域国控站位所处近岸海域水质执行标准

监测站位	海水水质标准
GDN7024	执行海水水质第一类标准
GDN7009*、GDN7014	执行海水水质第二类标准
GDN7011、GDN7025	无水质标准限制

*注：GDN7009 位于企水-乌石海洋保护区外

（不公开）

图 5.10.1-2 项目评价范围内近岸海域国控站位所在近岸海域海洋功能区划示意图

按照《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》与《海水水质标准》（GB 3097-1997）水质分类标准，近岸海域国控站位执行的水质标准见表 5.10.1-3、图 5.10.1-3。

表 5.10.1-3 近岸海域国控站位所处广东省海岸带及海洋空间规划及水质执行标准

功能区名称	监测站位	海水水质标准
赤豆寮生态保护区	GDN07009	执行海水水质第一类标准

湛江西侧渔业用海区	GDN07011	执行海水水质第一类标准
广东徐闻珊瑚礁国家级自然保护区生态保护区	GDN07024	执行海水水质第一类标准
乌石港-流沙港交通运输用海区	GDN07014	执行海水水质第三类标准
乌石港-流沙港交通运输用海区	GDN07025	执行海水水质第三类标准

(不公开)

图 5.10.1-3 项目评价范围内近岸海域国控站位所在广东省海岸带及海洋空间规划示意图

综上所述，项目评价范围内近岸海域国控站位按照《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》《海水水质标准》（GB 3097-1997）《广东省近岸海域环境功能区划》（粤府办〔1999〕68 号）、《关于对湛江市近岸海域环境功能区划意见的函》（粤环函〔2007〕551 号）管理规定，所执行的海水水质标准详见表 5.10.1-4。

表 5.10.1-4 近岸海域国控站位执行水质标准一览表

监测站位	海水水质标准
GDN07009、GDN07011、GDN07024	执行海水水质第一类标准
GDN07014	执行海水水质第二类标准
GDN07025	执行海水水质第三类标准

5.10.3. 调查结果与评价

项目评价范围 5 个近岸海域国控站 2023 年至 2025 年的监测和统计结果见表 5.10.1-5。

调查海域执行海水水质第一类标准要求的站位有 GDN07009、GDN07011、GDN07024，由监测结果可知：主要超标监测因子为活性磷酸盐、石油类、溶解氧，在 27 个样本中超标率均为 11.1%。

执行海水水质第二类标准要求的站位有 GDN07014，由监测结果及标准指数表可知：2023 年至 2025 年该站位主要超标监测因子为无机氮、溶解氧，在 9 个样本中超标率均为 11.11%。

执行海水水质第三类标准要求的站位有 GDN07025，由监测结果及标准指数表可知：2023 年至 2025 年该站位所有监测因子均符合海水水质第三类标准要求。

表 5.10.1-5 2022 年~2024 年项目评价范围内近岸海域国控站位监测数据（单位：pH 无量纲，其余为 mg/L）（不公开）

5.11. 大气环境质量现状调查与评价

项目所在区域不属于大气环境功能区划划定范围，只对项目所在湛江市环境空气质量达标情况进行判定。

本报告引用《2024年湛江市环境质量年报简报》（湛江环境保护监测站）的数据或结论对项目是否为达标区进行判断。2024年湛江市空气质量为优的天数有234天，良的天数124天，轻度污染天数，8天，优良率97.8%。

2024年，湛江市二氧化硫、二氧化氮年浓度值分别为9g/m、12 μ g/m³，PM₁₀年浓度值为33 μ g/m，一氧化碳（24小时平均）全年第95百分位数浓度值为0.8mg/m³，均低于《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中一级标准限值；PM_{2.5}年浓度值为21 μ g/m³，臭氧（日最大8小时平均）全年第90百分位数为134 μ g/m³，均低于《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准限值。环境空气质量综合指数为2.56。

因此，湛江市属于大气环境质量达标区。与上年相比，城市空气质量保持稳定，级别水平不变。通过空气污染指数分析显示，全年影响城市空气质量的首要污染物是臭氧，其次为PM_{2.5}。

5.12. 声环境质量现状调查与评价

按《湛江市城市声环境功能区划分》（2020年修订），文件中没有对项目所在海域声环境进行功能区划分，且本项目评价范围内无声环境保护目标，只对项目所在湛江市声环境质量达标情况进行判定。

根据《2024年湛江市生态环境状况公报》（来源：湛江市生态环境局官网，链接：<https://www.zhanjiang.gov.cn/>），区域声环境质量现状如下：

（1）声环境功能区达标情况

2024年，湛江市区声功能区15个监测点位达标率分别为：1类区昼间为66.7%，夜间为58.3%；2类区昼间为100%，夜间为98.3%；3类区昼间为100%，夜间为100%；4类区昼间为100%，夜间为37.5%。2024年，湛江市区声功能区昼间监测达标率为93.3%，夜间监测达标率为81.7%，城市功能区声环境质量保持稳定。

（2）区域环境噪声

湛江市区共有198个区域环境噪声监测点位。2024年，市区昼间区域环境噪声等效声级为54.7分贝，符合《环境噪声监测技术规范城市声环境常规监测》（HJ6402012）中“城市区域环境噪声总体水平等级”昼间二级标准，市区区域环境噪声总体水平为“较好”级别。

与上年相比，昼间等效声级上升了0.3分贝，区域声环境质量状况变化不大。

(3) 道路交通噪声

湛江市区共有82个道路环境噪声监测点位。2024年，市区昼间道路交通噪声等效声级为68.7分贝，符合《环境噪声监测技术规范城市声环境常规监测》(HJ640-2012)中“道路交通噪声强度等级”昼间二级标准，市区道路交通噪声强度为“较好”级别。

与上年相比，昼间等效声级下降了0.8分贝，昼间道路交通噪声质量状况变化不大。

6. 环境影响预测与评价

6.1. 水文动力环境影响分析

6.1.1. 潮流场数学模型

选用三维海洋水动力模型，采用有限元网格，构建潮流模型作为重建和预测工程前、后潮流场的数学模型。模型水平方向可采用无结构三角网格，垂向上采用 z 坐标或 σ 坐标的结构网格。

(1) 基本方程

三维潮流模型在笛卡尔坐标系下的连续方程为：

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

动量方程为：

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial u^2}{\partial x} + \frac{\partial uv}{\partial y} + \frac{\partial uw}{\partial z} \\ = fv - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial q}{\partial x} - g \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p_A}{\partial x} - \frac{g}{\rho_0} \int_z^\eta \frac{\partial \rho}{\partial x} + F_u + \frac{\partial}{\partial z} \left(v_t^v \frac{\partial u}{\partial z} \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial uv}{\partial x} + \frac{\partial v^2}{\partial y} + \frac{\partial vw}{\partial z} \\ = -fu - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial q}{\partial y} - g \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p_A}{\partial y} - \frac{g}{\rho_0} \int_z^\eta \frac{\partial \rho}{\partial y} + F_v + \frac{\partial}{\partial z} \left(v_t^v \frac{\partial v}{\partial z} \right) \end{aligned}$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} + \frac{\partial uw}{\partial x} + \frac{\partial vw}{\partial y} + \frac{\partial w^2}{\partial z} = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial q}{\partial z} + F_w + \frac{\partial}{\partial z} \left(v_t^v \frac{\partial w}{\partial z} \right)$$

其中， t 为时间； x 、 y 、 z 为笛卡尔坐标； η 为水位变化； u 、 v 、 w 分别为 x 、 y 、 z 方向上的流速分量； q 为非静力压力项； f 为科氏参数； v_t^v 为垂向涡粘系数； g 为重力加速度； p_A 为大气压； ρ 、 ρ_0 为海水密度及密度参考项；水平扩散项利用水平涡粘系数 v_t^h 计算：

$$F_u = \frac{\partial}{\partial x} \left(2v_t^h \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(v_t^h \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right)$$

$$F_v = \frac{\partial}{\partial x} \left(v_t^h \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(2v_t^h \frac{\partial v}{\partial y} \right)$$

$$F_w = \frac{\partial}{\partial x} \left(v_t^h \frac{\partial w}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(v_t^h \frac{\partial w}{\partial y} \right)$$

方程在海表面满足边界条件:

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + u \frac{\partial \eta}{\partial x} + v \frac{\partial \eta}{\partial y} - w = 0, \quad \left(\frac{\partial u}{\partial z}, \frac{\partial v}{\partial z} \right) = \frac{1}{\rho_0 v_t^v} (\tau_{sx}, \tau_{sy})$$

在海底满足边界条件:

$$u \frac{\partial d}{\partial x} + v \frac{\partial d}{\partial y} + w = 0, \quad \left(\frac{\partial u}{\partial z}, \frac{\partial v}{\partial z} \right) = \frac{1}{\rho_0 v_t^v} (\tau_{bx}, \tau_{by})$$

其中, d 为静水深, 总水深 $h=d+\eta$, (τ_{bx}, τ_{by}) 为海底摩擦应力项的 x 、 y 分量, (τ_{sx}, τ_{sy}) 为海表面风应力项的 x 、 y 分量。

当模型控制方程采用 σ 坐标时, 与笛卡尔坐标有如下坐标变换关系:

$$t' = t, \quad x' = x, \quad y' = y, \quad \sigma = \frac{z+d}{h}$$

经坐标变换后, 连续方程和动量方程分别为:

$$\begin{aligned} \frac{\partial h}{\partial t'} + \frac{\partial hu}{\partial x'} + \frac{\partial hv}{\partial y'} + \frac{\partial h\omega}{\partial \sigma} &= 0 \\ \frac{\partial hu}{\partial t'} + \frac{\partial hu^2}{\partial x'} + \frac{\partial hvu}{\partial y'} + \frac{\partial h\omega u}{\partial \sigma} &= \\ fhv - \frac{h}{\rho_0} \left(\frac{\partial q}{\partial x'} + \frac{\partial q}{\partial \sigma} \frac{\partial \sigma}{\partial x} \right) - gh \frac{\partial \eta}{\partial x'} + hF_u + \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(\frac{v_t^v}{h} \frac{\partial u}{\partial \sigma} \right) \\ \frac{\partial hv}{\partial t'} + \frac{\partial huv}{\partial x'} + \frac{\partial hv^2}{\partial y'} + \frac{\partial h\omega v}{\partial \sigma} &= \\ -fhu - \frac{h}{\rho_0} \left(\frac{\partial q}{\partial y'} + \frac{\partial q}{\partial \sigma} \frac{\partial \sigma}{\partial y} \right) - gh \frac{\partial \eta}{\partial y'} + hF_v + \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(\frac{v_t^v}{h} \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right) \\ \frac{\partial h\omega}{\partial t'} + \frac{\partial hu\omega}{\partial x'} + \frac{\partial hv\omega}{\partial y'} + \frac{\partial h\omega\omega}{\partial \sigma} &= -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial q}{\partial \sigma} + hF_w + \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(\frac{v_t^v}{h} \frac{\partial \omega}{\partial \sigma} \right) \end{aligned}$$

其中 ω 为修正流速项:

$$\omega = \frac{1}{h} \left(w + u \frac{\partial d}{\partial x} + v \frac{\partial d}{\partial y} - \sigma \left(\frac{\partial h}{\partial t} + u \frac{\partial h}{\partial x} + v \frac{\partial h}{\partial y} \right) \right)$$

水平扩散项近似为:

$$hF_u \approx \frac{\partial}{\partial x} \left(2hv_t^h \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(hv_t^h \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right)$$

$$hF_v \approx \frac{\partial}{\partial x} \left(hv_t^h \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(2hv_t^h \frac{\partial v}{\partial y} \right)$$

$$hF_w \approx \frac{\partial}{\partial x} \left(hv_t^h \frac{\partial w}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(hv_t^h \frac{\partial w}{\partial y} \right)$$

海表面满足边界条件:

$$\omega = 0, \quad \left(\frac{\partial u}{\partial \sigma}, \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right) = \frac{h}{\rho_0 v_t^v} (\tau_{sx}, \tau_{sy})$$

海底满足边界条件:

$$\omega = 0, \quad \left(\frac{\partial u}{\partial \sigma}, \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right) = \frac{h}{\rho_0 v_t^v} (\tau_{bx}, \tau_{by})$$

(3) 初始条件与边界条件

根据相关规范, 三维潮流模式的初始条件按以下公式确定:

$$\eta(x, y, t)|_{t=0} = \eta_0(x, y)$$

$$u(x, y, z, t)|_{t=0} = u_0(x, y, z)$$

$$v(x, y, z, t)|_{t=0} = v_0(x, y, z)$$

$$w(x, y, z, t)|_{t=0} = w_0(x, y, z)$$

式中 η_0 、 u_0 、 v_0 、 w_0 分别为 η 、 u 、 v 、 w 初始条件下的已知值, 模拟区域边界分固边界与开边界, 固边界通常为陆地边界, 边界上流速的法向分量为零; 开边界为海洋边界, 选取主要天文分潮: K1、O1、P1、Q1、S1、M2、S2、N2、K2、M4 作为潮位驱动。

(4) 计算范围与网格划分

本项目所在海域水动力特征受外海潮汐动力和雷州半岛地形的共同影响, 为充分反映潮汐与地形的影响且兼顾工程近区的精度, 本次计算模型覆盖整个琼州海峡及其东、西两侧海域。模型水平采用三角网格进行离散, 计算范围和网格分布见图 6.1.1-1, 为了更准确的模拟项目附近的海水动力场, 模型网格由外海区域向项目附近区域逐级加密, 外海区域的空间分辨率约 3000m, 养殖区域分辨率约 10m。模型垂向上采用 σ 坐标, 均匀分为 5 层。项目及附近区域的网格及水下地形见图 6.1.1-2。

图 6.1.1-1 模型计算范围和网格剖分示意图（不公开）

图 6.1.1-2 项目附近海域网格剖分示意图（不公开）

（5）地形数据

模型岸线数据来源于 2022 年批复的广东省海岸线数据，并根据最新遥感影像修正。

模型水深来源于海图提取数据以及工程区域实测水深数据，所用海图主要包括：

- 1、龙门港至江洪港，比例尺 1:150,000，2018 年 1 月版，图号 16570
- 2、琼州海峡，比例尺 1:150,000，2020 年 6 月版，图号 15770
- 3、流沙湾至东兴港，比例尺 1:250,000，2017 年 3 月版，图号 16700
- 4、八所港至流沙湾，比例尺 1:250,000，2020 年 1 月版，图号 16500
- 5、香港至海防，比例尺 1:1,000,000，2017 年 3 月版，图号 10016

地形数据统一换算至平均海平面，模型计算海域地形如图 6.1.1-3 所示。

图 6.1.1-3 模型计算海域地形（不公开）

（6）模型验证

为了验证模型计算结果的准确性，本文的模拟结果与现场观测结果进行了比对验证。模型计算时间为 2022 年 7 月 1 日 00:00~2022 年 7 月 31 日 00:00，设定每小时输出水位、流速用于模型验证，模型的验证分两个部分：潮位验证和潮流验证，选取潮位观测站 2 个（L1、L2）、潮流观测站 4 个（S2、S3、S4、S6）进行模型验证，具体位置分布见表 6.1.1-1 和图 6.1.1-4。

图 6.1.1-4 潮位、潮流验证站点分布图（不公开）

表 6.1.1-1 潮位、潮流站位及监测内容（不公开）

图 6.1.1-5 至图 6.1.1-6 是 L1、L2 测站实测水位与模拟值得对比图，从图中可以发现模拟值与实测值吻合较好，模型能够准确的模拟出项目区域的潮位；图 6.1.1-7 为 S2、S3、S4、S6 四个测站在大潮期间表底层流速实测与模拟值的对比图，从验证图可以发现除部分时刻的流速、流向与实测潮流有一定偏差外，模拟的流速、流向整体与实测潮流较为吻合，流速大小的变化过程与各潮流特

征时刻对应，流向的变化把握了监测站位往复潮流的流态特征，模型能较好的反应实际情况、较为准确的预测项目区域及附近海域的水动力特征。

图 6.1.1-5 L1 站位实测潮位与模拟值验证对比图（不公开）

图 6.1.1-6 L2 测站实测潮位与模拟值验证对比图（不公开）

图 6.1.1-7 S2、S3、S4、S6 测站夏季大潮垂线平均流速流向（不公开）

6.1.2. 潮流场分析

(1) 现状潮流场

项目区域位于雷州半岛西侧，在北部湾东部，其东南侧紧邻琼州海峡。受地貌要素的影响，动力环境多变，潮汐性质和潮流呈现显著的差异。雷州半岛的西部的北部湾海域为典型的正规全日潮，琼州海峡沿岸自东向西潮汐类型分别为不正规半日潮、不正规全日潮和正规全日潮三种，半岛东部为不正规半日潮。调查海域位于雷州半岛的西部北部湾海域，其潮汐性质为典型的正规全日潮。琼州海峡附近的潮流受潮汐与地形影响，运动分布较为复杂。琼州海峡潮流场大致以东-西向往复流为主，流速较大，落潮流速略强于涨潮流速，近岸潮流的方向与岸线基本保持一致。受自然地形的影响作用，北部湾内潮流基本是沿海岸线方向呈现往复流，湾外则呈旋转流性质，与琼州海峡流速相比相对较小。本项目养殖区位于琼州海峡西口北侧，潮流呈现沿岸线方向的往复流，涨潮流偏西北向，由模型计算所得的涨潮急流场表、中、底层分布见图 6.1.2-1，最大流速约 1.2m/s；落潮流偏东南向，落潮急流场表、中、底层分布见图 6.1.2-2，最大流速约 1.4m/s，总体表现为表层流速最大，中层流速次之，底层流速最小，落潮流速略强于涨潮流速。

图 6.1.2-1a 项目所在海域现状涨急流场图（表层）（不公开）

图 6.1.2-1b 项目所在海域现状涨急流场图（中层）（不公开）

图 6.1.2-1c 项目所在海域现状涨急流场图（底层）（不公开）

图 6.1.2-2a 项目所在海域现状落急流场图（表层）（不公开）

图 6.1.2-2b 项目所在海域现状落急流场图（中层）（不公开）

图 6.1.2-2c 项目所在海域现状落急流场图（底层）（不公开）

(2) 工程前后流场变化分析

本项目在养殖区域建设重力式深水网箱、桁架类深水网箱、筏式养殖、生态养殖围栏养殖和人工鱼礁，共布置深水网箱养殖组团 2 个，布置桁架式深水网箱 3 个、重力式深水网箱 60 个。这种养殖方式会增加水体阻力，从而对水动力环境产生影响。养殖项目概化，关键技术是要合理概化，概化要符合实际情况，则计算成果才能较精确地反映工程的实际情况。本项目主要是养殖设施增加水体阻力，因此对本项目养殖活动海域采用相应位置加糙处理。将养殖水域的糙率分成两部分：一是基本糙率，即现状海域的底床糙率 n ；二是等效糙率 nt ，即考虑了养殖设施影响的等效糙率。基本糙率由模型在无工程条件下率定所得。

在模型验证的基础上对养殖区及其附近海域潮流场进行了三维流场计算，计算结果表明，养殖项目开展后项目附近海域涨、落急时刻流场变化很小。输出本项目养殖区域附近 18 个代表点的流速和流向，用于描述工程前、后水动力的变化，流速和流向代表点示意图 6.1.2-3。工程前、后代表点流速和流向对比结果见表 6.1.2-1。流速特征点对比分析表明，养殖区项目开展后海域海流流速的改变非常小，所选取的 18 个代表点处各层水体涨、落急流速增大与减小均不超过 0.07m/s，流向变化不大于 2.5°。总体而言，本项目养殖活动对海流流速流向的影响很小。

为了更直观地观察养殖区项目开展后附近海域的流速、流向变化，绘制工程前后流场变化图进行分析。本项目养殖活动开展后涨、落急时刻表、中、底层水体的流场对比分别见图 6.1.2-4、图 6.1.2-5，可以看出，本项目对海域表、中、底层水体潮流场的影响很小。本项目实施后，对海域流速的影响范围不大，仅在顺流向（西北-东南）的局部海域流速略有减小，在养殖区东西两侧小范围局部海域流速略有增大；对流向的影响则非常小。总体而言，本项目养殖活动对海域流场的影响不大。

图 6.1.2-3 潮流流速、流向特征代表点位置示意图（不公开）

表 6.1.2-1a 代表点表层流速和流向对比（工程后-工程前）（流速：m/s，流向：°）
（不公开）

表 6.1.2-1b 代表点中层流速和流向对比（工程后-工程前）（流速：m/s，流向：°）
（不公开）

表 6.1.2-1c 代表点底层流速和流向对比（工程后-工程前）（流速：m/s，流向：°）
（不公开）

图 6.1.2-4a 工程前、后涨急时刻的流场对比图（表层）（不公开）

图 6.1.2-4b 工程前、后涨急时刻的流场对比图（中层）（不公开）

图 6.1.2-4c 工程前、后涨急时刻的流场对比图（底层）（不公开）

图 6.1.2-5a 工程前、后落急时刻的流场对比图（表层）（不公开）

图 6.1.2-5b 工程前、后落急时刻的流场对比图（中层）（不公开）

图6.1.2-5c 工程前、后落急时刻的流场对比图（底层）（不公开）

6.2. 地形地貌与冲淤环境影响分析

6.2.1. 入海泥沙冲淤

本区沉积物粗细相间，表现出近岸粗、远岸细的明显特征。各断面平均中值粒径在0.0152mm~0.2027mm之间变化，平均为0.0069mm。

本区沉积物分选系数在0.18~2.51之间变化，近岸东西两侧，分选系数均小于0.6，属分选程度很好的区域，中间部分分选系数小于1.4为分选程度好的区域；深水区分选系数小于2.2，为分选程度中常的区域；仅在中部南北两处面积不大的区域分选系数大于2.2，属分选程度差的区域。

本区沉积物由粗到细为粗砂、粗中砂、中细砂、细砂、砂-粉砂-粘土、粉砂质粘土和粘土质粉砂七种物质。本区沉积物以粘土质粉砂分布为主，占60.39%，其次为粉砂质粘土，占16.83%，两种物质之和占77.22%，其余物质总和不足23%。近海沿岸物质以粗颗粒分布为主，两侧为粗中砂-细砂，东侧为粗砂-粗中砂。远岸深水区基本上为粘土质粉砂和粉砂质粘土所覆盖，砂-粉砂-粘土呈另散状分布。本区沉积物，以细砂为主，占47.22%，其次是中细砂。

实测垂线平均沙量为0.008kg/m³；大潮为0.009kg/m³，中潮为0.006kg/m³，小潮为0.010kg/m³，小潮最大，中潮最小。水文测验期间垂线平均含沙量，大潮介于0.007~0.010kg/m³之间，中潮介于0.003~0.012kg/m³之间，小潮介于0.005~0.015kg/m³之间。水体含沙浓度平面分布，从近岸向外海处含沙量逐渐减小，东侧含沙量略高于西侧。

项目所在海域无直接注入河流，泥沙来源主要是间接受到丰头河和沙扒港海域河流入海泥沙影响。但由于这些河流多为小河流，集水面积小，加之工程海域离岸有三十多公里，因此场区内接受河流输沙的量较少。工程海域的泥沙处于相对稳定的状态。

6.2.2. 项目建设后泥沙冲淤影响

本项目网箱仅有固定锚块和锚钩与海底接触，面积较小，基本对冲淤环境无影响，本节分析人工鱼礁和生态围栏养殖桩柱建设对海底地貌和泥沙冲淤环境的影响。

工程位于湛江市流沙湾西北侧海域，沿海岸线稳定，水土保持较好，且人工鱼礁区域和生态围栏区域的水域开阔，水清沙少。项目实施后，当地局部水动力环境发生了改变，原先的动态平衡的动力格局需要重新调整，引发泥沙的冲淤过程，根据模型结果所得的关于泥沙冲淤的预测结论如下：

养殖设施建设后改变了项目海域水动力条件和含沙量分布，引起海床冲淤变化。海床的冲淤理论上可以采用悬沙方程计算，但由于泥沙冲淤是个长历时过程，若采用该方法计算，计算量非常大，而且由于资料有限，参数取值较为困难，因此对于工程后引起的海床最终冲淤地貌，目前较多的采用半经验半理论公式进行估算。

本次基于流场的变化以及经验公式分析本项目建设引起的冲淤变化，本项目工程实施后海床的冲淤变化公式见式(6.2.2-1)。

$$p = \frac{\alpha swt}{\gamma_d} \left[1 - \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^2 \left(\frac{H_1}{H_2} \right) \right] \quad (6.2.2-1)$$

上式中， w 为泥沙沉速，单位 m/s ，根据调查结果，项目周边海区所含悬沙主要为粘土质粉砂，在此取粘土质粉砂的沉速为 $0.05mm/s$ 。 α 为沉降几率，取 0.67 ；

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/m^3 ；

γ_d 为泥沙干容重，按照公式 $\gamma_d = 1750 \times D_{50}^{0.183}$ 计算，单位为 kg/m^3 ， D_{50} 为泥沙中值粒径。

V_1 ， V_2 分别为数值计算工程前、工程后全潮垂向平均流速，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；

H_1 、 H_2 分别是工程前后的水深。

水动力计算结果表明,工程建设对项目海域流场影响主要在工程附近海域对远处海域流态影响较小。依据本工程所在海域的地形地貌,以及本项目建设工程前、后的海流变化,计算本项目完成后,正常气象条件下其所在海域的年冲淤强度,结果见图 6.2.2-1(正值表示淤积,负值表示冲刷)。本项目建设后,相当时间段内,1号海洋牧场区顺流向两端海床表现为轻微淤积态势,年淤积速率 0.005~0.02 m/a,影响范围约为顺流向(西北-东南)1km 范围内;1号海洋牧场区东西两侧海域则出现轻微冲刷态势,年冲刷速率 0.005~0.01 m/a,影响范围约为 0.7km 范围内。随着海床变化,冲淤态势会逐渐达到一个新的平衡。整体而言,1号海洋牧场建设后,主要对牧场区周边小范围海床的地形地貌与冲淤环境产生轻微冲淤影响,而不会对流沙湾海域的整体地形地貌与冲淤环境产生明显不利影响,项目建设后相当时段内的海床冲淤变化特征与项目建设导致该海域流场变化特征基本吻合。

图 6.2.2-1 流沙湾 1 号海洋牧场建设后附近海床冲淤态势图(不公开)

6.3.水质影响分析

6.3.1. 建设施工悬浮物水质环境影响预测与评价

本项目养殖设施投放过程将引起泥沙悬浮,在重力、波浪、潮流、风海流等动力因素作用下运动并混合、输运和扩散,形成“远场”浓度场(悬沙物含量分布)。此外,根据《第二次全国污染源普查产排污系数手册(农业源)》,水产养殖还会向水体排放 COD、氮、磷等污染物。根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》(HJ 1409-2025),本节在水动力计算的基础上,对本项目养殖活动产生的污染物进行计算,预测悬浮泥沙,残余饵料和鱼粪产生的悬浮物和养殖活动排放的 COD、无机氮和活性磷酸盐对水质环境的影响。

6.3.1.1. 悬浮物预测模型

(1) 悬浮物输运扩散方程

三维潮流泥沙输运扩散方程为:

$$\frac{\partial c}{\partial t} + \frac{\partial(uc)}{\partial x} + \frac{\partial(vc)}{\partial y} + \frac{\partial(wc)}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\epsilon_x \frac{\partial c}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\epsilon_y \frac{\partial c}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\epsilon_z \frac{\partial c}{\partial z} \right) + \omega \frac{\partial c}{\partial z} + Q$$

其中： c 是为积分体积元内的悬浮泥沙浓度；

t 是时间；

x 、 y 、 z 分别为三维笛卡尔空间坐标；

u 、 v 、 w 分别为 x 、 y 、 z 方向上的流速；

ε 为湍流扩散系数；

Q 为源汇项；

ω 为悬浮泥沙沉降速度，根据《淤泥质、粉沙质及沙质海岸航道回淤统一计算方法》（刘家驹，2012），当悬浮泥沙粒径小于 0.03mm 时颗粒絮凝作用较强，絮团沉速取 0.0005m/s，当悬浮泥沙粒径大于 0.03mm 时，采用张瑞瑾统一公式计算沉速：

$$\omega = \sqrt{\left(13.95 \frac{\nu}{D}\right)^2 + 1.09\alpha g D} - 13.95 \frac{\nu}{D}$$

其中 ν 为海水的运动粘性系数，取 0.01cm²/s， D 为泥沙粒径， α 为泥沙有效容重系数，取 1.65， g 为重力加速度，取 9.8m/s²。

模型初始条件给出初始时刻计算区域悬沙浓度的已知值：

$$C(x, y, z, t)|_{t=0} = C_0(x, y, z)$$

计算中考虑悬沙浓度增量， C_0 取为 0。

边界条件给出初始时刻计算区域固边界（闭边界）与水边界（开边界）的悬沙浓度值，其中固边界法向悬沙通量为零：

$$\frac{\partial c}{\partial \vec{n}} = 0$$

水边界入流时：

$$C(x, y, z, t)|_{\Gamma} = C^*(x, y, z, t)$$

水边界出流时：

$$\frac{\partial c}{\partial t} + u_n \frac{\partial c}{\partial \vec{n}} = 0$$

计算中 C^* 取为 0。

6.3.1.2. 计算工况与源强选取

根据本项目建设内容，建设情况，本项目施工期悬沙源强及计算方式见表

6.3.1-1, 悬沙源强点位置分布见图 6.3.1-1。为底层悬沙。

表 6.3.1-1 施工期悬沙预测源强及计算方式

施工作业方式	点位数量	单个点位源强 (kg/s)	备注
深水网箱、桁架网箱、 简易钢制网箱、 多功能养殖网箱固定	60+3+18+1=82	0.11	重力式深水网箱按 36min 释放计算，桁架类深水网箱按 12min 释放计算，每次同时释放点位为 4 个。
湛农 1 号座底式桁架养殖 试验平台、大型养殖围栏 桩腿固定	1+1=2	0.33	按 30min 施工进行释放计算。
鱼礁投放	1#区 3 个+2#区 2 个=5 个	0.24	按 8 小时施工进行释放单独计算。

图 6.3.1-1 悬浮泥沙预测源强点示意图（不公开）

6.3.1.3. 悬浮物分布计算及结果分析

悬浮物的扩散范围和方向主要受水动力的影响，不同的水动力条件下其扩散范围和方向不同。本次计算选取一个完整的全潮周期进行模拟，输出每 10min 的悬浮泥沙浓度场，统计各计算网格点在模拟期间内的悬浮物浓度增量最大值，利用各网格点的最大值绘制悬浮物增量浓度包络线图。另外，本预测仅计算本项目产生的悬浮物增量的影响，潮流对底床作用产生的再悬浮将不计算。

图 6.3.1-2 为大、中、小潮全潮周期内本项目施工过程中底层水体的悬浮物扩散达到平衡后的最大浓度增值包络线分布图。项目海域水深较大，水动力较强，施工悬沙源强较小，施工期各层水体的悬沙增量基本均小于 10mg/L。由图 6.3.1-2 可知，施工作业产生的悬浮物扩散核心区仅限于本项目用海区。由于养殖设备投放施工时长是短暂的，且悬浮泥沙具有一定的沉降性能，随着施工作业的结束，悬浮泥沙将慢慢沉降，工程海区的水质会逐渐恢复原有的水平。

图 6.3.1-2a 项目施工期表层悬浮物增量包络线（不公开）

图 6.3.1-2b 项目施工期中层悬浮物增量包络线（不公开）

图 6.3.1-2c 项目施工期底层悬浮物增量包络线（不公开）

6.3.2. 营运期残余饵料和鱼粪悬浮物水质环境影响预测与评价

6.3.2.1. 悬浮物预测模型

本项目残余饵料和鱼粪悬浮物预测参考悬浮泥沙计算过程，详见 6.3.1.1。

6.3.2.2. 计算工况与源强选取

根据工程分析，养殖污染物主要为鱼类过程养殖产生，主要污染物为 SS、化学需氧量、无机氮和活性磷酸盐，牡蛎养殖过程中总氮、总磷、化学需氧量成负增长状态，对水体可起到净化作用。

根据工程分析，养殖末期（成鱼期）投饵量最大，饵料散失量和进入水体的鱼粪量源强均比养殖初期、中期源强大，因此采用养殖末期（成鱼期）饵料散失量和进入水体的鱼粪量源强进行预测。

(1) 污染物源强

由于项目养殖区域地处开阔海域，溶解出的铜、锌会随着海水的运动较快扩散，按照风机海域水深平均 15.5m，项目使用海域面积为 604.7994 公顷，进入海水中的锌平均浓度仅 $5.6 \times 10^{-4} \text{mg/L}$ ，远不会引起工程海域海水水质的超标，对工程海域海水水质影响有限，因此，本次预测仅选取项目养殖末期（成鱼期）网箱养殖无机氮、活性磷酸盐、 COD_{Mn} 、悬浮物作为源强进行分析，各污染物排放量如下：

表 6.3.2-1 项目单个网箱养殖污染物排放源强 (kg/s)

养殖设施名称	污染物排放源强 (kg/s)			
	SS	化学需氧量	无机氮	活性磷酸盐
重力式深水网箱	0.013	0.0000023	0.0000009	0.0000002
简易钢制网箱	0.016	0.0000051	0.0000020	0.0000004
半潜式桁架类深水网箱	0.049	0.0000153	0.0000059	0.0000012
大型多功能养殖网箱	0.163	0.0000509	0.0000196	0.0000039
座底式桁架类养殖网箱	0.101	0.0000315	0.0000121	0.0000024
大型生态养殖围栏	0.489	0.0001526	0.0000587	0.0000118

(2) 降解系数

预测过程中应考降解系数，污染物降解系数对预测因子及周边海域影响的计算至关重要， COD_{Cr} 降解系数参考广东省各流域的规划、报告研究成果如下表所示。

表 6.3.2-2 广东省重点研究成果采用的衰减系数 单位：1/d

项目名称	承担单位	COD_{Cr} 降解系数
珠江三角洲水环境容量与水质规	华南环境科学研究所	0.08~0.45

划		
韩江流域水质保护规划	华南环境科学研究所	0.15
东江流域水污染综合防治研究	华南环境科学研究所	0.1~0.4
北江流域水质保护规划	华南环境科学研究所	0.08~0.1
珠江流域水环境管理对策研究	华南环境科学研究所	0.07~0.60
鉴江水质保护规划	中山大学	0.2
练江流域水质保护规划	广东省环境监测中心站	0.3~0.55
珠江三角洲环境保护规划研究	中国环境规划院	0.2

另外，查找相关文献对海洋污染物降解系数的研究：

杭州湾海域无机氮和活性磷酸盐的实际降解系数分别为 $0.21d^{-1}$ ， $0.05d^{-1}$ ；渤海湾 COD_{Mn} 的降解系数在 $0.023\sim 0.076d^{-1}$ 之间，活性磷酸盐的降解系数一般在 $0.005d^{-1}\sim 0.243d^{-1}$ 范围内，均值为 $0.062d^{-1}$ ；乐清湾在悬浮物浓度较高情况下的活性磷酸盐降解系数为 $0.0075d^{-1}$ ，无机氮降解系数为 $0.005d^{-1}$ ；上海金山区近岸海域无机氮的生物降解系数在 $0.121\sim 0.269d^{-1}$ ，均值为 $0.225 d^{-1}$ ，活性磷酸盐的降解系数在 $0.031\sim 0.179d^{-1}$ ，均值为 $0.08d^{-1}$ 。

综上，本项目模型对 COD_{Mn} 、无机氮、活性磷酸盐进行率定基础上，选取的降解系数值分别为： $0.08d^{-1}$ ， $0.07d^{-1}$ ， $0.02d^{-1}$ 。

(3) 源强点设置

项目运营期建成后，运营期布置桁架式深水网箱 3 个、重力式深水网箱 60 个。大型生态养殖围栏 2 个、简易钢质网箱 18 个、座底式桁架养殖网箱“湛农 1 号” 1 个、大型多功能养殖网箱 1 个，模型在计算过程中将每个重力式网箱和桁架类网箱分别概化为 1 个源强点，座底式桁架养殖试验平台单独概化为 1 个源强点，因此，本次在项目范围内对应网箱所在位置共布设 85 个源强点。

为了考虑养殖的最大影响，模型考虑垂向分层使用 Sigma 坐标，模型层数分为 5 层，考虑饵料匀速沉降、污染物垂向均匀分布，重力式网箱养殖深度为 10m、桁架式网箱养殖深度为 6~12m，座底式桁架养殖试验平台养殖深度为 10m，结合项目各类网箱养殖深度和养殖区水深（15.5m 左右），因此，源强设置为表、中层释放，表、中层源强分配比例设置为 0.5、0.5。

根据每天投饵次数和时间、投饵持续时间，饵料散失产生的 SS 考虑每天释放 2 次，每次 1.5 小时，释放间隔 12 小时进行预测。根据鱼粪相关研究综合考虑鱼类投喂后排粪时间为 16h，考虑养成期间一般每天早、晚各投喂一次，粪便产生的

SS 连续释放进行预测。由于氮、磷、有机物等污染物来源于饵料及鱼类排泄物，因此污染物考虑连续释放进行预测。

图 6.3.2-1 营运期悬浮物及污染物预测源强点示意图（不公开）

6.3.2.3. 悬浮物分布计算及结果分析

图 6.3.2-2~图 6.3.2-4 是大中小潮全潮周期内本项目养殖过程中产生的悬浮物扩散达到平衡后的表、中、底层水体的悬浮物浓度增量包络线分布图。由图可知，表层水体饵料及鱼粪悬浮物增量（图 6.3.2-2）与中层水体（图 6.3.2-3）相近，底层水体（图 6.3.2-4）较小。由表层水体悬浮物浓度增量包络线图（图 6.3.2-2）可知，本项目养殖活动人为悬浮物浓度增量影响范围不大，大于 10mg/L 的浓度增量范围仅出现在本项目海域个别网箱区，基本不会影响到邻近网箱及周边海域。总体而言，本项目养殖活动产生的水体饵料与鱼粪悬浮物浓度增量影响很小，影响范围局限在项目用海区，基本不会对项目周边敏感目标和用海活动产生明显不利影响。

本项目养殖活动人工悬浮物浓度增量在大部分区域小于 10mg/L，符合第一类海水水质标准（GB 3097-1997）。

图 6.3.2-2 网箱养殖表层水体悬浮物增量包络线（不公开）

图 6.3.2-3 网箱养殖中层水体悬浮物增量包络线（不公开）

图 6.3.2-4 网箱养殖底层水体悬浮物增量包络线（不公开）

6.3.3. 其它污染对水质环境影响预测与评价

针对本工程所在海域的水动力及污染物迁移-扩散特性，本节在已建立的水动力数学模型基础上，采用三维水质模型进行网箱养殖对水体 COD、无机氮、活性磷酸盐含量的水质环境影响预测计算。

6.3.3.1. 预测模型

(1) 污染物输运扩散方程

$$\frac{\partial c}{\partial t} + \frac{\partial uc}{\partial x} + \frac{\partial vc}{\partial y} + \frac{\partial wc}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_x \frac{\partial c}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_y \frac{\partial c}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(D_z \frac{\partial c}{\partial z} \right) - kc$$

其中： c 为污染物浓度；

u 、 v 、 w 分别为 x 、 y 、 z 方向上的流速分量；

D_x 、 D_y 、 D_z 分别为 x 、 y 、 z 方向上的扩散系数；

k 为污染物线性降解系数，可表征污染物降解过程：

$$\frac{dc}{dt} = -kc$$

(2) 参数取值

对于 COD、无机氮、活性磷酸盐按一级动力学反应考虑，本次计算中考虑最保守情况，将污染物作为保守物质处理，即 COD、无机氮、活性磷酸盐降解系数 k 取为 0。

(3) 初始条件与边界条件

水质模型的水动力场由水动力模型的计算结果提供，水质模型中污染物的初始条件按以下公式确定：

$$c(x, y, z, t)|_{t=0} = c_0(x, y, z)$$

其中 C_0 为 C 初始时刻的已知值，计算中取为 0。边界条件给出计算区域固边界（闭边界）与水边界（开边界）的污染物浓度值，其中固边界法向污染物通量为零：

$$\frac{\partial c}{\partial \vec{n}} = 0$$

水边界入流时：

$$c(x, y, z, t)|_{\Gamma} = c^*(x, y, z)$$

水边界出流时：

$$\frac{\partial c}{\partial t} + u_n \frac{\partial c}{\partial \vec{n}} = 0$$

计算中 C^* 取为 0。

6.3.3.2. 计算条件

详见章节 6.3.2-2.

源强点位置分布与悬浮物源强点位置分布一致，详见图 6.3.2-1。

6.3.3.3. 水环境预测结果

(1) 无机氮

本项目网箱养殖区表、中、底层水体污染物无机氮全潮浓度增量包络线范围见图 6.3.3-1~6.3.3-3。由数值计算结果可知：项目养殖对水体无机氮的影响表层和中层相近，底层相对较小。箱养殖区表层水体无机氮浓度增量最大值小于 0.05mg/L，影响范围仅限于网箱周边很小范围内，不会影响相邻近网箱处水体的无机氮含量；网箱养殖对局地海域无机氮浓度增量大于 0.002mg/L 的区域主要在本项目用海区。因此，本项目养殖引起的无机氮浓度增量不会影响到本项目用海区周边的广东雷州珍稀海洋生物国家自然保护区、乌石人工鱼礁重要渔业资源产卵场和湛江雷州海草地方级自然保护区，基本不会对项目周边敏感目标和用海活动产生明显不利影响。

根据《海水水质标准（GB3097-1997）》，海水中无机氮浓度小于 0.2mg/L 的水体符合一类水质标准，本项目养殖引起海水无机氮浓度增量远小于 0.2mg/L，且无机氮浓度增量大于 0.002mg/L 的影响范围主要局限在本项目用海海域，对周边海域水质环境的影响很小。

图 6.3.3-1 表层水体无机氮浓度增量影响范围分布（不公开）

图 6.3.3-2 中层水体无机氮浓度增量影响范围分布（不公开）

图 6.3.3-3 底层水体无机氮浓度增量影响范围分布（不公开）

(2) 活性磷酸盐

本项目网箱养殖区表、中、底层水体污染物活性磷酸盐全潮浓度增量包络线范围见图 6.3.3-4~6.3.3-6。由数值计算结果可知：项目养殖对水体活性磷酸盐的影响从表层向底层逐渐减小。网箱养殖区表层水体活性磷酸盐浓度增量最大值小于 0.005mg/L，影响范围仅限于网箱周边很小范围内，不会影响相邻近网箱处的水质；网箱养殖引起的活性磷酸盐浓度增量大于 0.0002mg/L 区域主要在本项目养殖用海区域。因此，本项目养殖引起的活性磷酸盐浓度增量不会影响到本项目用海区周边的广东雷州珍稀海洋生物国家自然保护区、乌石人工鱼礁重要渔业资源产卵场和湛江雷州海草地方级自然保护区，基本不会对项目周边敏感目标和用海活动产生明显不利影响。

根据《海水水质标准（GB3097-1997）》，海水中活性磷酸盐浓度小于 0.015mg/L 的水体符合一类水质标准，本项目引起海水活性磷酸盐浓度增量远小于 0.015mg/L，且浓度增量大于 0.0002mg/L 的影响范围主要局限在本项目用海海域，对周边海域水质环境的影响很小。

图 6.3.3-4 表层水体活性磷酸盐浓度增量影响范围分布（不公开）

图 6.3.3-5 中层水体活性磷酸盐浓度增量影响范围分布（不公开）

图 6.3.3-6 底层水体活性磷酸盐浓度增量影响范围分布（不公开）

（3）COD

本项目网箱养殖区表、中、底层水体污染物 COD 全潮浓度增量包络线范围见图 6.3.3-7~6.3.3-9。由数值计算结果可知：项目养殖对水体 COD 的影响从表层向底层逐渐减小。网箱养殖区表层水体 COD 浓度增量最大值小于 0.05mg/L，影响范围仅限于网箱周边很小范围内，不会影响相邻近网箱处的水质；网箱养殖引起的 COD 浓度增量大于 0.005mg/L 区域主要在本项目养殖用海范围内。因此，本项目养殖引起的 COD 浓度增量不会影响到本项目用海区周边的广东雷州珍稀海洋生物国家自然保护区、乌石人工鱼礁重要渔业资源产卵场和湛江雷州海草地方级自然保护区，基本不会对项目周边敏感目标和用海活动产生明显不利影响。

根据《海水水质标准（GB3097-1997）》，海水中 COD 浓度小于 2mg/L 的水体符合一类水质标准，本项目引起海水 COD 浓度增量远小于 2mg/L，且浓度增量大于 0.005mg/L 的影响范围主要局限在本项目用海海域，对周边海域水质环境的影响很小。

图 6.3.3-7 表层水体 COD 浓度增量影响范围分布（不公开）

图 6.3.3-8 中层水体 COD 浓度增量影响范围分布（不公开）

图 6.3.3-9 底层水体 COD 浓度增量影响范围分布（不公开）

6.3.4. 铜、锌对水质环境的影响分析

项目养殖区域地处开阔海域，溶解出的铜、锌会随着海水的运动较快扩散，按照风机海域水深平均 15.5m，项目使用海域面积为 604.7994 公顷，进入海水中

的锌平均浓度仅 $5.6 \times 10^{-4} \text{mg/L}$ ，进入海水中的铜平均浓度远远低于锌平均浓度，均远不会引起工程海域海水水质的超标，对工程海域海水水质影响有限。

6.4. 沉积物环境影响分析

(1) 施工入海泥沙对沉积物环境的影响分析

现状调查结果表明，工程海区沉积物质量均符合一类沉积物质量标准。本人工鱼礁是通过钢筋混凝土建造，建造过程所用岛的石料、预制件等为商业购买合格产品，无毒无害、不含放射性等污染物。

施工过程中礁体投放会使施工海域内悬浮泥沙含量增大，悬浮泥沙粒径小、粘度大，沉降到海底后使海底表层沉积物粒径变小，粘性变大，但礁体投放根据要求采用 100~200kg 的块石，且施工时间短，其导致悬浮物发生速率低、悬浮物影响范围小，悬沙沉降对沉积物底质粒径影响较小，因此，本项目对沉积物环境影响较小。

泥沙的扩散除了自身的沉降外，主要受到潮流的输运作用影响。根据悬浮泥沙扩散模拟计算结果，由于项目工程用海区域水深较深，潮流流速较大，并且悬浮泥沙源强较小悬浮泥沙稀释扩散较快，故而悬浮泥沙浓度低于 10mg/L，没有水质超标。

本项目调查数据显示，沉积物调查分析资料表明各评价因子基本未超过所在海域的沉积物质量标准，表明规划区附近海域沉积物环境良好。养殖项目施工过程不涉及土石方作业，无外来沉积物混入；网箱放施工过程中锚链等的投放会使海底泥沙发生悬浮，搅动海底沉积物在两天内沉积海底，除对海底沉积物产生部分分选、位移、重组和松动外，没有其它污染物混入，不会影响海底沉积物质量。

施工产生的沉积物来源于本海域，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物扩散和沉降后，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。

(2) 运营期对沉积物环境的影响分析

网箱养殖产生的残饵、粪便等有机物质在沉积物中的堆积促使底栖生物和分解有机物质的微生物群落的迅速增长，导致沉积层中的耗氧大大增加，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，养鱼网箱附近富含碳、氮、磷的沉积物中存在着缺氧、无氧状态区。网箱区域的沉积物微生物的活动加强造成沉积物层的缺氧。而沉积层的无氧或缺氧又促进了微生物的脱氮和硫还原反应，沉积物中硫酸盐还原菌作用使沉积物发黑、发臭鸡蛋味，并具有毒性。有些养殖区沉积物中硫化物含量比自然海区中的含量要高 10 倍多，表层沉积物中硫化物含量高是渔场老化的主要表现。在网箱养殖区沉积物中的磷随着沉积物的积累而浓度逐渐升高，这可作为网箱养殖中沉积物积累的最好的指标，据调查，珠江口牛头岛深湾网箱养殖区的上覆水与底质中磷酸盐含量相差很大，两者相差两个数量级。瑞典的网箱养殖海区的调查也发现，每 1000m² 的网箱下面沉积物中平均净积累 1300kg 磷，相当于总输入磷的 51%~57%，由于养殖活动造成水体富营养化而导致沉积物无氧状况，微生物的活动可加速无机盐从底质向上覆水的释放，加快了水体营养盐的循环速度，颗粒瞬重新悬浮的比例还要高一些，尤其在污染严重的养殖区。

氮也会在沉积物中积累，但仅有运输入氮的 12%~20% 底泥中积累；氮在沉积物中的污染也具有区域性，在离网箱 200m 处氮的沉积率仅为网箱下方的 1/10；微生物的活动导致氨氮在沉积物中积累，而且是底质溶液中无机氮的主要存在形态。对间隙水的氨氮浓度分析表明，网箱下面大大高于其它区域。

沉积物还积聚约 18%~23% 的总输入的碳。在沉积物表层 3cm 内含有有机碳 21%~30%，随着深度的增加略有增加。有研究发现，饲料中 23% 的碳沉积在底泥中。与氮、磷相似，碳的污染也存在着区域性，沉积物中的碳含量从 3m 处的 9.35% 减少到 15m 处的 3.99%。此外，经微生物的活动，沉积物中微量元素如铁、锰等将进一步释放到水域。这些微量金属元素含量的增加是导致养殖海区形成赤潮的重要原因。

项目运营期，在投饵网箱养殖中，本项目网箱养殖将投喂天然饵料和人工饵料，其中，天然饵料以海洋捕捞的低值渔获物为主；人工饲料有硬颗粒饲料、软颗粒饲料和膨化饲料，饵料一般不会被养殖鱼类完全摄食。由于饵料不可能完全被养殖鱼类摄食，相当一部分必然会由于重力的作用沉积于网箱底部；另外，养殖鱼类的排泄物除了一部分溶于水中，相当一部分被水流带走外，其余的也会在底泥里富积。有研究表明，水产养殖过程中，输入水体的总 N、总 P

和颗粒物分别有 24%、84%和 93%沉积在底泥里，而富集在底泥里的这些污染物，在一定条件下又会重新释放出来，污染水体，成为水体污染的最重要的内源。残饵和排泄物在底质堆积，形成污染物堆积体，促使了微生物活动的加强，也加速了营养盐的再生。在底层海流的作用下，沉积物会向四周迁移扩散，范围不断扩大，形成以养殖网箱为中心的底层沉积物扩散区。悬浮颗粒物一般都沉积在离网箱不远处，故受影响的水质和沉积物较为有限。

本项目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。使用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，不致于浪费和沉到水底淤积。通过采取以上措施后，可有效的减轻项目实施对区域沉积物的影响。

6.5. 海洋生态环境影响分析

6.5.1. 对浮游生物的影响

(1) 施工期对浮游生物的影响分析

本项目人工鱼礁投放、网箱布设、筏架建设期产生的悬浮泥沙会引起项目海区及周边海域的局部水域水质混浊，透明度降低，使海水的光线透射率下降，溶解氧降低，对浮游动物和浮游植物产生不同程度的影响。

项目施工对浮游植物最主要的影响是水体中增加的悬浮物质影响了水体的透光性，进而影响了浮游植物的光合作用。已有很多国内外学者对光照强度与浮游植物的光合作用之间的关系进行了研究，并且证明光强对浮游植物的光合作用有很强的促进作用。建设过程中造成悬浮物浓度增加，水体透光性减弱，光强减少，将对浮游植物的光合作用起阻碍作用。对浮游动物最主要的影响是水体中增加的悬浮物质增加了水体的浑浊度。悬浮物对浮游动物的影响与悬浮物的粒径、浓度等有关。具体影响反映在浮游动物的生长率、存活率、摄食率、丰度、生产量及群落结构等方面。浮游动物受影响程度和范围与浮游植物相似。

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。

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，特别是中心区域，悬浮物含量极高，海水透光性极差，浮游植物基本上无法生存。

总体来说，尽管海水中悬浮物的增加对浮游生物产生了不利影响，但这种影响是暂时的、局部的，海洋的自净能力强，水体浑浊现象将逐渐消失，水质将逐渐恢复，随之而来的便是生物的重新植入，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，又由于本项目人工鱼礁投放、网箱布设、筏架建设期较短，施工结束后影响可在短时间内消失，因此对该海域浮游生物的影响不大。

（2）营运期对浮游生物的影响分析

人工鱼礁礁体以“品”字形布置在海底，在流场作用下，人工鱼礁区会产生上升流，海底营养盐随上升流扩散在水体中，促进了水体中浮游藻类的生长，进而通过食物链作用增加浮游动物、游泳生物的数量。

筏式养殖过程中不需要投喂饵料，是通过藻类、贝类的滤食功能进行摄食，对项目所在海域及周边的浮游生物的栖息环境基本无影响。

网箱养殖的饲料被鱼摄食后，不能完全被消化吸收的蛋白成分被排泄到水体中，残饵中的蛋白也会被遗留在水体中，从而造成水体中氮含量的累积，而氮是生物所必需的元素，是海洋生态系统所必需的元素，也是海洋生态系或富营养生态系的限制性元素之一。水体中有丰富的无机氮，能促进浮游植物生长旺盛。

同时，饲料被鱼摄食后，不能完全被消化吸收的磷也被排泄到水体中，另外，残饵中的磷也会遗留到水体中，从而造成水体中磷含量的累积。在水生生态系统中，磷以颗粒态及溶解态两种方式存在。生物一般只利用溶解态的磷酸盐，但其在水体中的浓度很低。在网箱养殖中，磷的来源主要是饲料及粪便，高密度的鱼类养殖常造成环境中磷浓度的增加。其中颗粒态形式的大部分磷最终会沉积到海底。磷在沉积物中可以被底栖生物利用或重新悬浮进入水体中而再被生物利用，但所占比例很少，剩下大部分的磷积累于海底。项目网箱养殖的排污量并不算大，但由于磷是浮游植物生长的限制因子，其对浮游植物的影响不容忽视。网箱养殖过程中产生的氮、磷、悬浮物、碳含量的增加，对水域生态系统直接的影响就是导致水体中溶解氧含量的下降，能够间接影响并诱发赤潮的发生。

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。由于网箱布置海域为开阔海域，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，吸引其它鱼类前来摄食；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，被其它浮游生物和小型鱼、虾所利用，浮游生物和小型鱼、虾又被大型鱼类捕食。因此，在合理设置网箱密度和投放鱼苗密度的前提下，项目对海区生物的生存与生长是有利的。

6.5.2. 对底栖生物的影响

(1) 施工期对底栖生物的影响分析

本工程投放的人工鱼礁礁体、用于固定网箱筏架的锚块将占用一定的海底，占用的底栖生物栖息环境将被破坏，栖息于之上的底栖生物将彻底被掩埋、覆盖。但由于用于固定网箱的锚块和筏架锚定面积均较小，占用底栖生境面积小，对底栖生物的影响有限。人工鱼礁投放后礁体下部有利于底栖生物栖息生长、将形成新的底栖生物群落，礁体上附着生物的增加量远远大于底栖生物损失量，人工鱼礁建设对底栖生物的影响是积极的。从长远来看，人工鱼礁建设对于整个海域的生态环境和渔业资源均具有积极作用。

(2) 营运期对底栖生物的影响分析

项目营运期对底栖生物的影响主要为网箱养殖对底栖生物的影响。网箱养殖过程中使用的鱼饲料成分中粗蛋白、脂肪、纤维等碳的含量均较高，会造成水体中碳含量的累积。一般情况下，碳不是水生生物生长的限制性因素，水体中碳的负荷大小与水体的碳输入、输出过程有关，如沉积、再悬浮、生物扰动、细菌降解及摄食等。水体中碳增加的影响有正负两方面，初期将会促进底栖生物群落的发展，但长期的高碳负荷会引起高的细菌丰度，即养殖区水体中的大量有机物质的存在会造成生物分解的加剧，导致水体中溶解氧含量下降，不管养殖时间长短，养殖区水体中的溶解氧及化学需氧量都会受到一定程度的影响。当水体中溶解氧达到临界浓度（ $<4\text{mg/L}$ ）以下时，会抑制生物的生长。

养殖期间，随着残饵和鱼类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生长。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，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。

6.5.3. “三场一通道”的影响分析

根据农业部公告第 189 号《中国海洋渔业水域图》（第一批）南海区渔业水域图（第一批），本项目不在南海中上层鱼类产卵场内，也不在南海底层、近底层鱼类产卵场内，项目施工过程中产生的悬浮泥沙不会扩散至南海中上层鱼类产卵场和底层、近底层鱼类产卵场内，不会对其产生影响。

本项目位于南海北部幼鱼繁育场保护区和幼鱼幼虾保护区范围以及二长棘鲷幼鱼保护区内，其中南海北部幼鱼繁育场保护区的保护期为 1-12 月，管理要求为禁止在保护区内进行底拖网作业；二长棘鲷幼鱼保护区内保护区时间为每年的 1 月 15 日至 6 月 30 日，在禁渔期间，禁止底拖网渔船、拖虾渔船进入上述海域内生产。

本项目为开放式养殖项目，施工期及运营期均不进行底拖网作业等渔业限制行为，符合保护区的管理要求。项目施工期产生的悬浮泥沙将不可避免地对幼鱼幼虾成长造成影响，从而造成一定的海洋生物量损失，但项目施工过程中投放人工鱼礁和水泥墩锚块的时间很短暂，投放结束后，悬浮泥沙将很快恢复至原来水平。运营期主要是深水网箱养殖产生的剩余饵料及鱼类排泄物会对幼鱼幼虾成长造成影响，本项目海域海水交换比较活跃，通过优化养殖环境、饵料营养组成及投喂方式，使水域保持良好环境，通过采取上述措施，项目建设对南海北部幼鱼繁育场保护区和幼鱼幼虾保护区的影响较小。

同时本项目建设的人工鱼礁具有修复海洋生物栖息地和保护海洋生态、增殖和恢复渔业资源的功能，有利于南海北部幼鱼繁育场保护区和幼鱼幼虾保护区生态环境的改善。

6.5.4. 自然保护区、生态红线影响分析

本项目评价范围内自然保护区主要有广东雷州珍稀海洋生物国家级自然保护区（北侧，约 0.52km）、湛江雷州海草地方级自然保护区（东南侧，约 3.91km）、徐闻珊瑚礁国家级自然保护区（东南侧，约 13.65km）、湛江红树林国家级自然保

护区(东侧,约 18.58km);生态红线主要有乌石人工鱼礁重要渔业资源产卵场(东侧,约 2.1km)、流沙湾海草床(东南侧,约 17.9km)、赤豆寮重要滩涂及浅海水域(北侧,约 16.3km)、徐闻南部重要渔业资源产卵场(南侧,约 13.3km)。

(1) 施工期影响分析

施工期的主要污染源主要包括:人工鱼礁礁体投放、网箱安装产生的悬浮物、以及施工船舶废水和固体废弃物等。根据模拟结果分析,施工作业产生的悬浮物扩散核心区仅限于本项目用海区。由于养殖设备投放施工时长是短暂的,且悬浮泥沙具有一定的沉降性能,随着施工作业的结束,悬浮泥沙将慢慢沉降,工程海区的水质会逐渐恢复原有的水平。

本项目施工不会对项目北侧的广东雷州珍稀海洋生物国家级自然保护区、项目东南侧的湛江雷州海草地方级自然保护区及周边其它环境敏感目标造成显著不利影响。此外,施工期产生的船舶生活污水、船舶含油污水等统一收集上岸交由有资质单位进行收运处理,不得直接排放入海。采取上述措施后船舶废水基本不会对周边海水水质产生不良影响。因此,工程施工期间基本不会对周边自然保护区和生态红线区造成不良影响。

(2) 营运期影响分析

营运期主要污染物是网箱养殖产生的鱼类排泄物,根据预测结果,本项目养殖活动人为悬浮物浓度增量影响范围不大,大于 10mg/L 的浓度增量范围仅出现在本项目海域个别网箱区,基本不会影响到邻近网箱及周边海域。总体而言,本项目养殖活动产生的水体饵料与鱼粪悬浮物浓度增量影响很小,影响范围局限在项目用海区,基本不会对项目周边敏感目标和用海活动产生明显不利影响。项目养殖期间产生的污染物浓度最大增量本身就很小(无机氮小于 0.05 mg/L,活性磷酸盐浓度小于 0.01 mg/L, COD 浓度小于 0.35 mg/L),最大污染物增量浓度很小且影响范围小,叠加背景场后的最大值也在原来的水质标准范围内,对养殖区及周围海域几乎没有影响。本项目营运期对项目北侧的广东雷州珍稀海洋生物国家级自然保护区叠加本底值后的无机氮、活性磷酸盐、COD 浓度最大值仍满足第一类水质标准(0.2mg/L、0.015mg/L、2mg/L)要求。

综上所述,本项目养殖期间产生的污染物增量较低,仅在网箱附近有较大增量,且扩散方向与潮流方向基本一致,并且很快就恢复到之前水平,对养殖区及周

围海域几乎没有影响。

可见，项目运营期对周边自然保护区及生态红线区影响较小。

6.5.5. 对珍稀海洋生物的影响

6.5.5.1. 对白蝶贝等珍稀海洋生物的影响

白蝶贝等珍稀海洋生物保护区位于广东雷州珍稀海洋生物国家级自然保护区，该自然保护区位于项目北侧 0.52km 处。本项目船舶含油污水和生活污水统一收集上岸后交给有资质的单位进行处理。船舶生活垃圾、废弃养殖材料、病死鱼、废弃防疫药物和废包装袋分类收集上岸后由有资质的单位处理。因此，本项目可能对白蝶贝等珍稀海洋生物产生影响的主要为施工期产生悬浮泥沙。

根据模拟结果分析，锚定施工、投放人工鱼礁会短期改变养殖区及附近底层的悬浮物浓度，但是养殖期间产生的悬浮物浓度最大增量本身就很小（小于 2.5mg/L），最大悬浮物增量浓度很小且影响范围也很小，对养殖区及周围海域几乎没有影响。对白蝶贝等珍稀海洋生物保护区和周边其它环境敏感目标影响也较小。

白蝶贝为滤食性动物，主要以藻类为食，也吃有机碎屑、双壳类幼虫、腹面类面盘幼虫和其他原生动物等，养殖期间产生的饵料残渣及鱼类粪便污染物浓度增量整体上很小，可以作为白蝶贝食物来源，因此，对白蝶贝等珍稀海洋生物的影响较小。

6.5.5.2. 对二长棘鲷幼鱼的影响

本次项目所在海域位于二长棘鲷幼鱼保护区范围，保护区期为每年的 1 月 15 日至 6 月 30 日。本项目船舶含油污水和生活污水统一收集上岸后交给有资质的单位进行处理。船舶生活垃圾、废弃养殖材料、病死鱼、废弃防疫药物和废包装袋分类收集上岸后由有资质的单位处理。因此，本项目可能对白蝶贝等珍稀海洋生物产生影响的主要为施工期产生悬浮泥沙和噪声。

(1) 悬沙对二长棘鲷幼鱼的影响

根据模拟结果分析，根据模拟结果分析，项目建成后悬浮物的扩散速度明显减慢了（减慢的主要是养殖区，出了养殖区之后还是会迅速扩散并降低浓度），但是养殖期间产生的悬浮物浓度最大增量本身就很小（小于 2.5mg/L），最大

悬浮物增量浓度很小且影响范围也很小，对养殖区及周围海域几乎没有影响。

由此可见，项目实施后工程海域产生的污染物非常小，基本不会对项目海域二长棘鲷幼鱼产生大的影响。

（2）噪声对二长棘鲷幼鱼的影响分析

噪声对二长棘鲷幼鱼的影响与伤害主要包括行为与听觉两个方面。在二长棘鲷幼鱼行为方面，水下强噪声会导致二长棘鲷幼鱼的声行为变化、捕食行为变化、以及回避和迁移行为等。在声行为方面，二长棘鲷幼鱼可以通过增大声信号的幅值或持续时长，克服水下噪声对声信号的屏蔽效应。

本项目作业船舶噪声主要会对二长棘鲷幼鱼的行为产生影响，基本不会对其听觉系统造成伤害，而且工程施工产生的频率不在二长棘鲷幼鱼觅食及沟通的频率之内，因此，工程水下施工的影响范围是比较有限的，另外，二长棘鲷幼鱼通常可在喧闹的海洋环境噪声下嬉戏、生存，具有一定的抗水下环境噪声干扰的能力。项目采取采用低噪声船舶、同时定期对船舶进行维护维修等措施，尽量减小船舶噪声影响。船舶航行时应注意观察周边海域的二长棘鲷幼鱼的活动情况。若发现有二长棘鲷幼鱼活动，则应注意避让，以免对二长棘鲷幼鱼造成伤害。同时，项目施工应尽量避免避开二长棘鲷幼鱼保护区期（每年的1月15日至6月30日）。

综上，项目施工对二长棘鲷幼鱼活动水域的影响在可接受范围内。

（3）项目占用海域对二长棘鲷幼鱼栖息活动影响分析

二长棘鲷为暖温性近底层鱼类。喜结群生活，产卵鱼群和幼鱼时期的群体尤为密集。二长棘鲷分布广泛，从水深3~4米的浅海、海湾至水深188米的大陆架外缘都有出现，但分布水深一般不超过120米。成鱼较多地分布在水深60~90米的近海区，幼鱼多出现在近岸浅水区。

项目建成后，海域使用总面积为604.7994公顷，占用二长棘鲷幼鱼保护区面积比例很小，且人工鱼礁工程的建设，是海洋牧场建设的一部分，有助于养护周边海域水生生物资源修复水域生态环境，增强生物多样性的生态保障能力，增加二长棘鲷幼鱼的食物来源。另外，本项目建设高标准智能深水网箱养殖基地，打造现代海洋渔业产业集群，在有效提高养殖效益的同时，有利于有效保护和改善海域生态环境。

综上，本项目建设不会对二长棘鲷幼鱼的活动空间造成大的影响。

6.5.5.3. 对中华白海豚的影响分析

本项目船舶含油污水和生活污水统一收集上岸后交给有资质的单位进行处理。船舶生活垃圾、废弃养殖材料、病死鱼、废弃防疫药物和废包装袋分类收集上岸后由有资质的单位处理。因此，本项目可能对中华白海豚产生影响的主要为悬浮泥沙和噪声。

(1) 悬浮泥沙、养殖污染物对中华白海豚的影响分析

根据模拟结果分析，桩腿下放、投放人工鱼礁和水泥墩锚块会短期改变养殖区及附近底层的悬浮物浓度，项目建成后悬浮物的扩散速度明显减慢了（减慢的主要是养殖区，出了养殖区之后还是会迅速扩散并降低浓度），但是养殖期间产生的悬浮物浓度最大增量本身就很很小（小于 2.5mg/L），最大悬浮物增量浓度很小且影响范围也很小，对养殖区及周围海域几乎没有影响。养殖期间产生的污染物浓度增量整体上很小，无机氮小于 0.05 mg/L，活性磷酸盐浓度小于 0.015 mg/L，COD 浓度小于 2 mg/L，最大污染物增量浓度很小且影响范围小，叠加背景场后的最大值也在原来的水质标准范围内，对养殖区及周围海域几乎没有影响。项目周边无集中的中华白海豚栖息地，且中华白海豚长期的进化也使其对外界环境变化具有一定的趋避能力，因此，本项目的建设和运营对中华白海豚的影响较小。

(2) 噪声对中华白海豚的影响分析

噪声对中华白海豚的影响与伤害主要包括行为与听觉两个方面。在中华白海豚行为方面，水下强噪声会导致中华白海豚的声行为变化、捕食行为变化、以及回避和迁移行为等。在声行为方面，中华白海豚可以通过增大声信号的幅值或持续时长，克服水下噪声对声信号的屏蔽效应。

(3) 项目占用海域对中华白海豚栖息活动影响分析

根据《中国水域中华白海豚适宜栖息预测及人类活动影响评价》中华白海豚对相同环境因子的响应曲线比较相似：中华白海豚的出现率与水深、离岸距离、离主河口距离呈负相关，而与叶绿素 a 含量呈正相关。中华白海豚在水深小于 20m、离岸距离小于 10km 及较高的叶绿素 a 含量 ($>4\text{mg}/\text{m}^3$) 的水域出现的概率比较高。但是，在不同水域，影响中华白海豚分布的主要环境因子有所差异。全国范围来看，叶绿素 a 是影响其分布的最重要的环境变量。根据《中国水域中华白海

豚适宜栖息预测及人类活动影响评价》对广东水域中华白海豚适宜栖息地预测：湛江水域适宜栖息地面积为 1641.5km²，包括了雷州湾湛江港、鉴江流域及周边地区。

根据《湛江东部海域中华白海豚的社会结构和分布格局》，南京师范大学周开亚课题组在 2005-2014 年上半年对湛江东部海域中华白海豚种群调查的基础上，于 2014 年 7 月至 2015 年 6 月对湛江雷州湾南部新寮、外罗海域进行了照片识别考察，并整合十年的考察数据，对湛江中华白海豚种群的分布格局进行了研究。得出：中华白海豚湛江种群分布在雷州湾和湛江湾，以雷州湾为主，有 3 个栖息地利用率比较高的水域，分别是东里镇附近海域、南屏岛海域和南三岛南部海域。估计这 3 个海域食物资源比较丰富，是中华白海豚的重要的觅食区。本项目不占湛江海域中华白海豚适宜栖息地，且人工鱼礁工程的建设，是海洋牧场建设的一部分，有助于养护周边海域水生生物资源修复水域生态环境，增强生物多样性的生态保障能力，增加中华白海豚的食物来源。

综上，本项目建设不会对中华白海豚的活动空间造成大的影响。项目施工及运营期间，通过以下措施，尽量降低对中华白海豚的影响。

①对项目施工区及附近海域进行观察监测，确保施工区内没有中华白海豚活动后方可开始施工。施工过程中在施工船舶上配备专人进行瞭望，如施工区内发现中华白海豚应立即停止施工，采用无害声驱的方法将中华白海豚驱逐出作业海域，待中华白海豚离去后再施工，并上报有关部门。

②运营期应注意观察周边海域的中华白海豚的活动情况。辅助船舶作业时若发现有中华白海豚活动，则应注意避让，以免对中华白海豚造成伤害。大力宣传保护中华白海豚的相关规定和奖惩机制，进行中华白海豚保护及救助方面的宣传和培训，提高工作人员对中华白海豚的关注度、责任感和法律意识。

6.6.通航环境影响分析

本项目不占用现状航道和沿海船舶公共航道，符合航道保护管理相关规定。流沙湾 1 号海域避让交通运输航道，与广西北部湾沿海船舶航路安全距离大于 12 公里，与现状航道安全距离大于 1800 米（图 6.6-1），选址不与航道相冲突。

施工期，本项目施工船舶通行附近航道客观上会增加航道的通航密度，使可航宽度变窄，增加了过往船舶的航行与避让难度，将过往船舶通航安全产生一定

临时性影响；项目建设产生的悬浮泥沙增量较低，一般不会对附近航道产生影响。以上影响仅局限于施工期，待施工结束，影响将随之消失。

营运期，根据数模结果，本项目产生的水文动力影响仅局限于工程海域附近，不会对附近航道的水深地形条件产生明显影响；本项目水深在 14.7~17.1m 左右，水流畅通，不属强流区或弱流区，本项目鱼礁高度约 5m，鱼礁投放后的净水深约为 9.7~12.1m，能够满足中小型船舶通行需求，但对大型船舶吃水有一定要求，人工鱼礁的建设会占用海域一定的空间，使得礁区海域可通航水深减小。

对此，本报告建议建设单位与航道管理部门进行沟通协调，同时建议施工单位加强对施工船只的管理，做到以下几点：（1）施工期间严格按照《船舶海上安全航行规则》等的要求航行，正确使用灯号、声号，谨慎行驶，文明行船；（2）划定施工海域，在施工海域设置相应的警示标志，以防渔船误入施工区，同时建议施工船舶不随意进出施工范围；（3）配合相关部门做好施工地点及施工时间的通告。

本项目建设的人工鱼礁用于休闲渔业、增加渔业资源，有利于当地渔业的长远利益，只要建设单位配合相关部门落实相应的对策措施，是可以将影响降到最低的。



图 6.6-1 流沙湾 1 号海域与航道叠置图

6.7.对渔业资源影响分析

项目建设造成的生态损失主要在两方面：一是人工鱼礁底座、网箱固定水泥锚块和养殖围栏固定用的桩基所占用海域的部分底质环境，使位于工程区水域的生物资源永久性受损；二是投礁和锚块施工作业产生的悬浮泥沙不同程度影响施工区周围的生物，附近的游泳生物被驱散，鱼卵、仔稚鱼的生长受到一定影响。

根据本项目施工过程中底层水体的悬浮物扩散达到平衡后的最大浓度增值包络线分布图，项目海域水深较大，水动力较强，施工悬沙源强较小，施工期各层水体的悬沙增量基本均小于 10mg/L。

因此，本项目对渔业资源造成的损失主要为人工鱼礁底座、网箱固定水泥锚块和养殖围栏固定用的桩基占用渔业水域产生的生物损失。

6.7.1. 占用渔业水域的生物资源损失量

本项目半潜式桁架网箱及多功能养殖网箱采用 10~15t 阔鳍式德尔泰大抓力锚进行固定，筏架采用 250kg 铁锚固定，大抓力锚和铁锚形状均不规则，占用海底面积很小，可忽略不计。本节主要对重力式网箱固定所用的锚碇块占用造成的渔业资源损失进行估算。

根据设计，不同规格网箱锚碇块的规格、使用数量和占用海域面积统计见表 6.7.1-1。由表 6.7.1-1 可知，项目区网箱锚碇设施占用以重力式深水网箱等数量较多的设施为主，当项目用海区域规划的网箱全部养满的情况下，网箱锚碇块将直接占用海底面积约为 0.1808 公顷，该区域内的底栖生物将被直接损害。该影响是直接的、长期的。

网箱锚碇块投放海中后，形成新的生态环境，其周围流速变化，产生“冲淤”现象，即锚碇块根部流速较快区域的海底地质变粗，流速减弱处细沙堆积引起局部海底形态的改变，由于许多底栖生物的分布对泥沙粒径有选择性，所以底泥粒径的变化对底栖生物，特别是环节动物的分布产生了影响。

表 6.7.1-1 网箱锚碇块占用海底面积统计表

网箱规格	锚碇块/桩基规格	锚碇块/桩基数量	占用海底面积
C90 浮式圆形重力式深水网箱	0.75m（上顶）×1.5m（下底）×1.2m（高）	12 个/网箱×60 网箱=720 个	2.25m ² /个×720 个=1620m ²

生态养殖围栏	直径 1m	120 根*2 个=240 根	$240 \times \pi \times (1/2)^2 = 188.4\text{m}^2$
合计		/	1808.4m ²

本项目拟建设人工鱼礁区 1 个，建造投放礁体 1040 个、35010 空方，其中 GDS07 长方体九孔钢混养护礁（3m×3m×4m）500 个、18000 空方，GDC014 立方体品字形钢混饵料礁（3m×3m×3.5m）540 个、17010 空方。人工鱼礁单体形成的实体底面积分别为 2.24m²、4.24m²，1040 个礁体合计占用海底面积为 2.24m²/个×500 个+4.24m²/个×540 个=3409.6m²，即 0.3410 公顷。

表 6.7.1-2 人工鱼礁礁体占用海底面积统计表

礁体型号	单个礁体占用海底面积 (m ²)	数量 (个)	占用海底面积
GDS07 长方体九孔钢混养护礁	2.24	500	2.24m ² /个×500 个 =1120m ²
GDC014 立方体品字形钢混饵料礁	4.24	540	4.24m ² /个×540 个 =2289.6m ²
合计		1040	3409.6m ²

综上所述，本项目建设共占用海底资源为 0.1808+0.3410=0.5218 公顷。

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007）及海洋生态环境调查结果，由于本项目全部位于海域，按照全面覆盖、均匀分布的原则，取广州海兰图检测技术有限公司于 2024 年 4 月、11 月在项目附近 WS8、WS10、WS15 调查站位的海洋生物现状调查结果的春秋两季平均值，确定生物量取值见下表。

表 6.7.1-3 生物量取值一览表

季节	鱼卵 (ind./m ³)	仔稚鱼 (ind./ m ³)	底栖生物 (g/m ²)	游泳生物 (kg/km ²)
春季	6.12	0.46	3.46	538.39
秋季	0.37	0.11	2.89	721.02
平均值	3.245	0.285	3.175	721.02

占用渔业水域的生物资源损失损失量评估方法按照《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007）进行计算，占用渔业水域的海洋生物资源量损害评估公式为：

$$W_i = D_i \times S_i$$

式中：

W_i——第 i 种类生物资源受损量，单位为尾、个、千克 (kg)；

D_i ——评估区域内第 i 种类生物资源密度，单位为：尾（个）/km²、尾（个）/km³、kg/km²；

S_i ——第 i 种类生物占用的渔业水域面积或体积，单位为km² 或km³。

本项目建设共占用海底资源为0.5218公顷。根据项目水深地形勘查资料，项目养殖区海域平均水深为15m，该面积内海洋生物资源的损失率按100%计算，本项目人工鱼礁底座、网箱固定水泥锚块占用海域造成底栖生物损失16.57kg，鱼卵损失 2.54×10^5 粒，仔稚鱼损失 2.23×10^4 尾，游泳生物损失3.76kg，具体估算如表6.7.1-4所示。

本项目人工鱼礁建设有益于海域渔业资源养护和增殖，施工期人工鱼礁投放造成的生物资源损失可通过后期人工鱼礁资源增殖生态效益进行补偿，因此实际造成的生物资源损失是低于此计算结果的。

表 6.7.1-4 占用海域造成的生物资源损害评估

生物种类	资源密度	占用海域情况		损失量
		占用面积（公顷）	水深（m）	
底栖生物	3.175g/m ²	0.5218	--	16.57kg
鱼卵	3.245ind./m ³		15	2.54×10^5 粒
仔稚鱼	0.285ind./m ³		15	2.23×10^4 尾
游泳动物	721.02kg/km ²		--	3.76kg

6.7.2. 补偿年限

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007）：

①占用渔业水域的生物资源损害补偿，占用年限低于3a的，按3a补偿；占用年限3~20a的，按实际占用年限补偿；占用年限20a以上的，按不低于20a补偿。

②持续性生物资源损害补偿，实际影响年限低于3a的，按3a补偿；实际影响年限3~20a的，按实际占用年限补偿；实际影响年限20a以上的，按不低于20a补偿。

③各类工程施工对水域生态系统造成不可逆影响的，其生物资源损害的补偿年限均按不低于20a计算。

6.7.3. 海洋生态损失价值估算

①鱼卵、仔稚鱼经济价值的计算

鱼卵、仔稚鱼的经济价值应折算成鱼苗进行计算，计算公式如下：

$$M= W \times P \times E$$

式中:

M——鱼卵和仔稚鱼经济损失金额, 单位为元 (元);

W——鱼卵和仔稚鱼损失量, 单位为 (个)、(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。

E——鱼苗的商品价格。按湛江市主要鱼类苗种的平均价格计算, 1.0 元/尾。

②游泳动物的经济价值计算

游泳动物为成体生物, 其按照成体生物资源经济价值进行计算, 计算公式如下:

$$M_i = W_i \times E_i$$

式中:

M——第 i 种类生物成体生物资源的经济损失额, 单位为元 (元);

W——第 i 种类生物成体生物资源损失的资源量, 单位为千克 (kg);

E——第 i 种类生物的商品价格。按照湛江市市场平均海鱼价格 20 元/kg 计算。

③底栖生物的经济价值计算

$$M = W \times E$$

式中:

M——经济损失额, 单位为元 (元);

W——生物资源损失量, 单位为千克 (kg);

E——生物资源的价格, 按主要经济种类当地当年的市场平均价计算, 底栖生物按照湛江市经济贝类市场价格 15 元/kg 计算。

④海洋生物资源损害经济价值评估

按照《规程》规定, 各类工程施工对水域生态系统造成不可逆影响的, 其生物资源损害的补偿年限均按不低于 20 年计算。由于本项目占海对工程水域生态系统造成了不可逆影响, 因此人工鱼礁底座、网箱固定水泥锚块占海造成的生物资源损害按照 20 年进行补偿; 投礁和锚块施工作业产生的悬浮泥沙对海洋生物产生持续性影响的年限低于 3 年, 按 3 年进行补偿。由此计算出本项目海洋生物资源补偿额为 7.39 万元, 具体计算见下表。

表 6.6-6 海洋生物资源损失补偿额汇总

工况情景	生物资源	直接损失量	单价	生长到商品鱼苗成活率	直接经济损失额（元）	补偿年限（年）	经济补偿额（万元）
海域占用	底栖生物（kg）	16.57kg	15 元/kg	/	248.55	20	0.5
	鱼卵（粒）	2.54×10 ⁵ 粒	1 元/粒	1%	2254		4.51
	仔稚鱼（尾）	2.23×10 ⁴ 尾	1 元/尾	5%	1115		2.23
	游泳动物（kg）	3.76kg	20 元/kg	/	75.2		0.15
总计					3692.75		7.39

6.8.对周边岛屿及候鸟的影响

本项目 10km 范围内未有岛屿分布，距离项目最近的陆地点位于项目西北侧约5.7km，项目周边无鸟内栖息地。

本项目网箱养殖、筏式养殖均为开放式养殖用海，项目养殖用海不改变海域自然属性，项目所在海区水动力条件较好，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。项目养殖用海对周边海域的地形地貌与冲淤环境影响很小。

人工鱼礁区域水域开阔，水清沙少。人工鱼礁项目实施后，人工鱼礁建成区仅局部主要呈现冲刷的趋势，并且冲刷的主要区域位于礁体顶部，并不会对海底地形造成明显的影响。

6.9.声环境影响分析

施工期噪声主要来自各类施工船舶、施工机械产生的噪声，噪声最大可达90 dB。施工期所产生的机械噪声为暂时性影响，当工程完工后，噪声对水生生物影响都将消除，对环境的影响很小，且在建设过程中将会进一步加强管理，进一步减小影响。营运期噪声主要来源于工作船舶行驶过程产生的船舶噪声以及柴油发电机产生的噪声，养殖项目使用船舶以小型渔船为主，不产生高分贝噪声，噪声源值范围约85dB(A)，噪声级较小。

由于项目施工位于海上，周边无声环境敏感目标，因此，项目施工时不会对周边声环境产生大的影响。

6.10. 固体废物影响分析

6.10.1. 施工期固体废物环境影响分析

施工期的固体污染物为生活垃圾和少量建筑垃圾，经集中分类收集上岸交由有资质的单位处理，通过采取上述措施后本项目施工期固体废物对周围环境影响较小。

6.10.2. 运营期固体废物环境影响分析

本项目运营期间产生的固体污染物主要有生活垃圾、废弃养殖材料、病死鱼、废弃防疫药物，废包装袋等。

运营期生活垃圾待船舶靠岸后，集中收集上岸，交由有资质的单位接收处理。养殖过程产生的废弃养殖材料，主要为废旧网衣、废旧塑料管、聚乙烯绳索、废旧浮球、废旧浮筏、养殖笼、废弃防疫药物，废包装袋等，集中分类收集上岸后交由有资质的单位进行处理，网箱养殖过程产生少量的病死鱼，出现病死鱼时应及时从网箱中转移出来，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。项目运营期固废基本不会对海洋环境产生影响。

6.11. 大气环境影响分析

本项目主要为施工期施工船舶、施工机械和运营期工作船舶产生的尾气对周边环境的影响，主要污染物为SO₂、NO_x和烟尘等，另外，升降、起网和投饲时需要使用柴油发电机发电，柴油发电机发电运行时会产生废气污染，污染物主要为SO₂、NO_x和烟尘。

项目运营期船舶尾气和发电机废气产生量不大，影响范围、时间有限，且项目所在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，且评价范围内没有敏感点，对周边环境影响有限。

建议施工单位和建设单位选优质燃油，加强船舶的检修和维护，使船舶运行良好，尽量减少运行过程对项目周围大气环境的影响。

7. 污染防治措施及可行性分析

7.1. 海洋生态环境保护措施、生态补偿及可行性分析

7.1.1. 海洋生态环境保护措施

7.1.1.1. 施工期保护措施

(1) 海上施工应尽量避免在底栖生物的繁殖期、鱼类的产卵期、浮游动物的快速生长期及鱼卵、仔鱼、幼鱼的高密度季节等敏感期（3月至6月）进行作业。同时，应对整个施工进行合理规划，尽量缩短工期，以减轻海上施工可能带来的水生生态环境影响。

(2) 施工单位在施工前期应充分做好生态环境保护的宣传教育工作，组织施工人员学习有关法律法规，增强施工人员对海洋珍稀动物保护的意识；建议施工单位制定有关海洋生态环境保护奖惩制度，落实岗位责任制。

(3) 加强施工期、营运期废水和固体废物的监管力度，防止废水和固体废物直接排放入海，从而对海洋生态环境产生影响。

(4) 合理规划施工工期，在满足施工质量要求的前提下，尽量缩短施工时间。

(5) 严格限制工程方的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、鱼类、游泳生物的影响范围。

(6) 委托具有监测资质的环境监测单位对项目区及其周围海域进行海洋生态环境的跟踪监测，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。

(7) 施工期间，施工单位应确保施工船舶设备齐全，状态良好，并按照规定作业报备相关单位，船舶行驶中按规定配备定位系统并显示位置，以便于与其他船舶进行沟通。

综上可知，施工期采取的海洋生态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. 营运期保护措施

(1) 营运期海上工作平台进行日常管理作业人员生活污水经配备的生活污水收集设施集中收集上岸后交由有资质的单位接收处理，不允许污水直接排放入海。

(2) 营运期工作船舶含油污水经船舶含油污水收集舱集中收集，船舶靠岸后，含油污水用泵抽到专用运污船上交由有资质的单位进一步进行处理。

(3) 工作人员生活垃圾、废弃养殖材料、病死鱼、废弃防疫药物、废包装袋等集中分类收集上岸后交由有资质的单位进行收集处置，严禁直接丢弃进入海域。

(4) 对项目附近的海洋生态环境和海洋生物资源进行跟踪监测，掌握海洋生态环境的发展变化趋势，及时采取调控措施。

(5) 根据《卵形鲳鲹养殖技术规程深水网箱养殖》(DB4408/T16-2022)相关要求，加强日常养殖管理，合理控制网箱养殖密度和规模，宜15d左右将鱼苗进行分疏，将规格相近的鱼苗分在同一网箱，便于开展日常饲料投喂工作；在投饵方面，应在箱底设置收集残饵和粪便的装置，避免过量投喂，根据金鲳鱼、军曹鱼等鱼类的生长情况，合理确定各网箱的饲料投喂量；保持网箱内水流畅通，定期洗网换网，减少养殖污染物对周边水质的影响。

综上可知，运营期采取的海洋生态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. 对广东雷州珍稀海洋生物国家级自然保护区的保护措施

临近项目北侧的广东雷州珍稀海洋生物国家级自然保护区主要保护对象为白蝶贝等珍稀海洋生物及其生境，施工单位应做好施工前的宣传教育活动，组织施工人员学习白蝶贝生物知识，严禁施工人员偷捕白蝶贝，增强施工人员的海洋生物保护意识。应合理制定施工计划，在临近广东雷州珍稀海洋生物国家级自然保护区区域布设网箱及筏式养殖筏时，尽量缩短工期，并选择中、小潮等水动力交换条件好的时间施工，尽量减少固定锚块产生的悬浮物对海域水质的影响。施工过程中注意对项目北侧临近自然保护区的海域加密跟踪监测，密切关注海域水

温、pH、SS等影响白蝶贝生境环境的参数，根据跟踪监测结果及时调整和优化施工作业安排。

综上可知，项目采取的对广东雷州珍稀海洋生物国家级自然保护区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. 对乌石人工鱼礁重要渔业资源产卵场的保护措施

合理规划安排施工计划，需留意安排项目东侧投放人工鱼礁、筏式养殖筏的施工计划，应尽量缩短工期，尽量避开在底栖生物的繁殖期、鱼类的产卵期及鱼卵、仔鱼、幼鱼的高密度季节等敏感期（3月至6月）进行施工。人工鱼礁礁石和预制件在投放时，投放船上的GPS应先定好方位，投放时由施工人员利用手动GPS定位仪定位，尽量保证投放误差不大于5m，礁体下落到水底才能脱钩施工，减少人工鱼礁的移动，从而减少悬浮物对水质的影响。在项目施工结束后实施海洋生物增殖放流，投放产卵场内主要鱼种，及时弥补项目所造成的渔业资源量损失。

综上可知，项目采取的对乌石人工鱼礁重要渔业资源产卵场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。

7.1.1.5. 对二长棘鲷幼鱼保护区的保护措施

本项目位于二长棘鲷幼鱼保护区内，项目在施工期应合理制定施工计划，尽量避开在二长棘鲷产卵期及其鱼卵、仔鱼、幼鱼的高密度季节等敏感期（1月15日至6月30日）进行施工。在投放人工鱼礁和固定锚块时，应选择中、小潮等水动力交换条件好的时间施工，减少项目施工过程中悬浮泥沙产生的影响。项目营运期通过采取严格控制网箱养殖规模、优化养殖环境、强化养殖管理等措施，使水域保持良好环境，以减少深水网箱养殖污染物的影响。

综上可知，项目采取的对二长棘鲷幼鱼保护区环境保护措施均是常规环保措施，在国内外类似工程中应用广泛，在经济、技术等方面可行。

7.1.2. 生态补偿措施

本项目海上工程施工和营运将对海洋生物资源造成一定程度的损失，业主应予以一定的生态补偿。

(1) 生态补偿金额

根据前文6.6.1小节金额的估算，本项目施工期海洋生态损失补偿总额估算为7.39万元。

（2）生态补偿措施

对于建设项目施工及营运期间对海洋生物资源造成的损失，项目建设单位应与海洋渔业主管部门协商，就工程建设造成生物资源损失制定合理的补偿计划。补偿金专款用于海洋渔业资源与生态环境的恢复。主要生态补偿措施包括：资源增殖放流、人工鱼礁建设、底播增殖、保护区建设等。生态补偿方案应明确优先保障和统筹安排项目所在海域关键物种和渔业资源退化种类的种质资源增殖、提升该海域典型生态系统质量和稳定性的海洋生态修复项目，以及该海域生态环境质量改善与治理项目，落实建设单位环境保护责任，纳入本项目“三同时”生态保护措施的环保投资。

本项目造成的生态资源损失主要包括底栖生物、游泳生物和渔业资源的损失，造成的生态损失总赔偿额约为7.39万元。在渔业资源衰退或受损的情况下，除了降低捕捞强度和减少海洋环境污染及生境破坏之外，从根本上恢复渔业资源、改良资源结构、增加渔业生产，人工增殖放流是重要、快捷的有效措施，因此本项目建议通过增殖放流来进行生态补偿。

（3）增殖放流

1) 增殖放流品种选择原则

本地原种或子一代的苗种或亲体；能大批量人工育苗；品质优良（属优质经济鱼、虾类、贝类）；适应工程附近海域生态环境且生势良好；鱼类品种以恋礁性鱼类、适合转产转业和发展游钓休闲渔业品种为主，或在资源结构中明显低于自然生态状况中的比例，资源衰退难以自然恢复；禁止使用外来种、杂交种、转基因种以及其他不符合生态要求的水生生物物种进行增殖放流。

2) 增殖放流备选品种

根据《农业农村部关于做好“十四五”水生生物增殖放流工作的指导意见》，项目附近海区适宜增殖放流的备选品种如下：花鲈、青石斑鱼、斜带石斑鱼、紫红笛鲷、红笛鲷、真鲷、平鲷、黑鲷、黄鳍鲷、花尾胡椒鲷、斑节对虾、日本对虾、长毛对虾、墨吉对虾、克氏海马、大珠母贝、布氏鲳鲈、绿海龟、二长棘鲷、三线矶鲈、点斑篮子鱼、金钱鱼等。

3) 增殖放流苗种规格质量

鱼苗体长应在5cm以上；虾苗体长应在1cm左右。放流苗种应当来自有资质的生产单位、检验机构认可。

4) 增殖放流计划

在项目施工结束根据实际情况开始实施海洋生物增殖放流，每年的增殖放流工作安排在南海区伏季休渔期间，具体时间为5月1日至8月16日，以避免高强度捕捞压力时间，提高增殖放流效果，增殖放流1次完成。

5) 增殖流放前后的管理

放流前清理放流区域的作业，并划出一定范围的临时保护区，放流后加强巡逻管理。

7.2. 水污染防治环境保护措施及可行性分析

7.2.1. 施工期水污染防治措施

(1) 船舶施工人员生活污水：船舶施工人员生活污水由船舶自备的临时污水收集设施收集上岸后交有资质的单位进一步进行处理。由于施工时间短，源强小，只要加强生活污水控制收集处理，对流沙湾海域水环境的影响不大。

(2) 施工期含油污水：严格管理和维修保养施工船舶、施工机械，严禁机械、船舶带“病”作业。本项目含油废水主要有施工船舶机舱含油废水，含油污水经船舶含油污水收集舱集中收集，施工船舶靠岸后，含油污水用泵抽到专用运污船上交有资质的单位进一步进行处理。

(3) 施工产生的悬浮泥沙降低措施

1) 合理制定施工计划，特别是项目北侧临近自然保护区区域的网箱及筏式养殖筏在布设时，应尽量缩短工期，减少网箱、吊养锚固定沉桩时施工产生的悬浮物对水质的影响。人工鱼礁礁石和预制件的投放时在投放船上的GPS定好方位，投放时再由施工人员利用手动GPS定位仪定位，尽量保证投放误差不大于5m，礁体下落到水底才能脱钩施工，减少人工鱼礁的移动，从而减少悬浮物对水质的影响。项目施工必须避开繁殖期和幼鱼、幼虾生长期等生长繁育关键阶段，因此需做好施工时间安排。

2) 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、小潮等海况好的时间，文明施工，以减小底泥扰动的影响范围。

3) 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。

综上可知, 项目施工期采取的水污染防治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。

7.2.2. 营运期水污染防治措施

(1) 网箱清洗废水

本项目网衣清洗环节由养殖企业上岸处理, 不纳入到本次评价中。

(2) 网箱养殖污染防治措施

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, 降低透明度和溶氧量, 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, 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, 流速达0.5m/s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(>8m), 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。本项目网箱养殖区水域水深大于14.7m, 位于流沙湾开阔海域, 水体交换自净能力较好, 水流畅通, 箱底距离海底大于2m, 有利于养殖污染的净化, 可满足养殖要求。

2) 控制网箱养殖规模。本项目网箱布设是严格按照《深水网箱养殖技术规范》有关要求合理规划养殖密度和规模, 每个重力式深水网箱边缘之间间隔105米, 宜15d左右将鱼苗进行分疏, 将规格相近的鱼苗分在同一网箱, 便于饲料投喂等日常管理, 网箱内养殖鱼的总重量, 一般不超过10kg/m³。并根据《卵形鲳鲹养殖技术规范深水网箱养殖》(DB4408/T16-2022)相关要求, 选择与鱼体大小适配的饲料粒径, 依据鱼体重量严格控制日投喂饵料量, 探索立体生态养殖, 尽量控制养殖污染。

3) 优化养殖环境。在养殖过程中, 必须保持养殖海域的良好环境, 如使用防污网衣, 洗网换网, 宜3~6个月换一次网衣, 以减少网衣附着生物的危害; 保持网箱内水流畅通, 营造良好的养殖环境。

4) 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, 并根据养殖的鱼种、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浮性颗粒饲料, 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。在投喂方式上, 尽量避免一次投放大量饵料的情况, 采用多次少量投料的方法, 投料后观察海上漂浮饵料的情况和鱼类捕食情况, 使投放的饵料基本上能全部被鱼类捕食, 减小饵料浪费带来的养殖污染。同时按照《卵形鲳鲹养殖技术规程深水网箱养殖》(DB4408/T16-2022) 相关要求, 根据金鲳鱼、军曹鱼等鱼类的生长情况, 合理确定饲料投喂量。

5) 加强水质监测和养殖管理。定期网箱清洗及更换时进行安全检查, 做好网箱养殖管理日记。本项目拟在海上工作平台安装智能深海网箱监控系统, 密切关注养殖区域及周边水域的水质变化, 注意观察鱼群活动情况及水色、水质等情况。一般每天早、中、晚都会测量水温、气温, 每周测1次pH值, 测2次透明度。做好日常养殖巡查、监视监测工作, 一旦发生异常, 应立即通知相关主管部门和技术单位进行相应的处理。

(3) 生活污水

海上工作平台作业人员生活污水应配备专门的生活污水收集设施集中收集上岸后经交由有资质的单位进行处理, 不允许污水直接排入海。

(4) 船舶污水

本项目运营期工作船舶含油污水经船舶含油污水收集舱集中收集, 船舶靠岸后含油污水用泵抽到专用运污船上交有资质的单位进一步进行处理。

综上所述, 项目运营期采取的水污染防治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。

7.3. 噪声污染防治措施及可行性分析

7.3.1. 施工期噪声污染防治措施

本项目施工噪声主要污染环节是施工作业机械的机械噪声和船舶的交通噪声。拟采取的环保措施和建议如下:

(1) 优先选取低噪声、低振动的施工机械和施工船舶, 对于高噪声设备使用消声器, 消声管、减震部件等方法降低噪声。

(2) 改进施工工艺和方法，防止产生高噪声、高振动。

(3) 做好施工机械和施工船舶的调度和交通疏导工作，严格控制船鸣笛，降低交通噪声。

(4) 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。闲置的机械设备等应该予以关闭或者减速。

(5) 施工单位应合理安排施工计划和施工机械设备组合以及施工时间，尽量减少同时运行动力机械设备的数量，尽可能使动力机械设备均匀地使用，并避免在同一时间使用大量高噪音设备。

(6) 加强员工环境保护意识教育，做到文明施工，杜绝因人为因素导致噪声扰民纠纷。

(7) 加强施工船舶的管理，尽量避免鸣笛。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。

综上可知，项目施工期采取的噪声污染防治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。

7.3.2. 营运期噪声污染防治措施

项目营运期噪声源主要来自于柴油发电机、工作船行驶，拟采取以下污染防治措施：

(1) 加强柴油发电机采取减震措施、定期保养维护；工作船的维护与保养，避免因不良运行产生的噪声。

(2) 工作船安装有效的消声器，靠泊停泊时，禁止使用高音喇叭，不得乱鸣。

综上可知，项目运营期采取的噪声污染防治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。

7.4. 固体废物污染防治措施及可行性分析

7.4.1. 施工期固体废物污染防治措施

施工期产生的固体废物主要由施工人员产生的生活垃圾及施工过程中的建筑材料构成。

固体废物作为一种累积性污染物，若不加以妥善处理处置或随意堆放，将会对周围大气、土壤、水体环境造成污染，因此对固体废物的处置是重要的环保措施。

(1) 强化施工期的环境管理，倡导文明施工。施工期间产生的建筑、生活垃圾不得随意堆放和抛弃，应定点堆放收集、及时清运。禁止向海域随意倾倒垃圾和废弃材料。

(2) 废弃模板、塑料、渔网、包装材料、断残钢筋头、包装袋、废旧设备等经分类收集，上岸后交由有资质的单位接收处置。

(3) 船舶生活垃圾待船舶靠岸后，集中收集上岸后交由有资质的单位接收处理。

经采取前述措施后，本项目施工期产生的各类固体废物均能得到有效处理处置，不会对周边环境产生二次污染影响，具有合理可行性。

7.4.2. 运营期固体废物污染防治措施

根据工程分析，运营期间的固体废弃物污染源主要为生活垃圾、废弃养殖材料及病死鱼。建议采取以下措施降低污染物对海洋环境的影响。

(1) 在工作船舶上的工作人员产生的生活垃圾集中收集上岸后交由有资质的单位处置。

(2) 废弃养殖材料拆除更换后运回陆地交由有资质的单位处置，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，主要以预防为主。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。若涉及防治防疫药物药品的使用，产生的废弃防疫药物，废包装袋需妥善收集后运往陆域交由有资质的单位进行处置，不得随意抛到海域。

综上所述，项目运营期产生的各类固体废物均能得到有效处理处置，不会对周边环境产生二次污染影响，具有合理可行性。

7.5.大气污染防治措施及可行性分析

7.5.1. 施工期大气污染防治措施

施工期主要大气污染为施工船舶尾气，施工单位必须加强施工区的规划管理；施工期废气主要为养殖工作船产生的船舶废气，船舶马力较小、工作时间短暂，废气产生量较小。

(1) 选用符合标准，排污量少的工作船。施工机械及船舶应选用耗油低、污染物排放量少的发动机，并使用低硫油，减少废气的排放。加强施工机械和船舶的日常维护保养，确保设备正常运行，避免不正常运行产生的废气。

(2) 在施工机械设备排气口加装废气过滤器，同时保持有关设备化油器、空气滤清器等部位的清洁。

综上可知，本项目施工期采取的大气环境保护措施均是常规环保措施，在国内外类似工程中应用广泛，在经济、技术等方面可行。

7.5.2 运营期大气污染防治措施

项目大气污染源主要为柴油发电机、工作船运输过程排放的少量船舶尾气。

(1) 选用符合标准，排污量少的工作船。选用污染物排放量少的环保型高效柴油发电机、工作船运输，同时做好相关保养工作，使其保持正常运行，减少污染物的排放。

(2) 工作船选用清洁型燃料。工作船舶动力燃料应使用硫含量不大于0.5%的船用燃油。项目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。

综上可知，本项目运营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。

7.6 环境保护对策措施一览表

本项目环境影响主要来自项目施工、运行期产生的废水、固废、废气和噪声，拟采取的环境保护对策措施一览表见表7.6-1。

表 7.6-1 项目环境保护对策措施一览表

时期	环境要素	污染源	主要污染物	主要污染防治措施	预期效果
施工期	水环境	船舶舱底油污水	石油类	船舶收集后，交有资质的单位进行处理，不得向海域排放。	收集后交有资质的单位进行处理，不得向海域排放。
		船舶生活污水	COD、BOD、SS、氨氮、动植物油	污水储存柜（船舶）收集上岸后，交有资质的单位进一步进行处理	收集上岸后交有资质的单位进一步进行处理
		人工鱼礁、网箱安装固定、吊养养殖固定产生悬浮物	SS	加强施工管理，间断自然排海	尽量降低悬浮物造成的环境影响
	海洋生态	—	—	生态补偿措施	减缓对海洋生态的影响
	大气环境	施工船舶	SO ₂ 、NO _x 和烟尘	—	船舶尾气二氧化硫、颗粒物、氮氧化物应满足《船舶大气污染物排放控制区实施方案》中相关污染物排放控制要求
	声环境	施工船舶、施工机械	等效连续 A 声级	加强施工作业管理，杜绝夜间施工	符合《建筑施工场界噪声限值》（GB12523-2011）
	固体废物	生活垃圾	生活垃圾	交有资质的单位接收处理	交有资质的单位接收处理
		建筑垃圾	建筑垃圾	运至政府部门指定的位置处置或综合利用	运至政府部门指定的位置处置或综合利用
	风险	溢油风险	石油类	应急预案	增强施工期船舶溢油风险应急能力
	运营期	水环境	网箱清洗废水	海洋生物等附着物	网衣清洗环节由养殖企业上岸处理
生活污水			COD 等	集中收集后，上岸后交有资质的单位进一步进行处理	收集上岸后交有资质的单位进一步进行处理
含油污水			石油类	船舶靠岸后，交有资质的单位进一步进行处理	船舶靠岸后，交有资质的单位进一步进行处理
养殖污染物			总氮、总磷、COD、氨氮等	控制养殖密度，优化养殖环境，科学投喂，自然排海	减少养殖污染造成的环境影响
海洋生态		—	—	生态补偿措施	减缓对海洋生态的影响

时期	环境要素	污染源	主要污染物	主要污染防治措施	预期效果
	大气环境	船舶行驶、柴油发电机	SO ₂ 、NO _x 和烟尘	低硫燃料	船舶尾气二氧化硫、颗粒物、氮氧化物应满足《船舶大气污染物排放控制区实施方案》中相关污染物排放控制要求
	声环境	船舶行驶	等效连续 A 声级	加强船舶维护与保养，安装有效的消声器	减少工作船噪声对海洋生物活动的影响
	固体废物	生活垃圾	生活垃圾	集中收集上岸，交由有资质的单位处理	集中收集上岸，交由有资质的单位处理
		病死鱼	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	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
		废弃养殖材料	废弃养殖材料	交由有资质的单位处置	交由有资质的单位处置
	风险	溢油风险	石油类	应急预案	增强营运期船舶溢油风险应急能力

图 7.6-1 “三同时”污染防治措施一览表

要素	阶段	污染物排放	环保措施	预期效果
海洋生态	施工期	锚块投放、鱼礁投放	1.避开海洋生物生长繁殖的敏感期，缩短工期	减轻海上施工可能带来的水生生态环境影响
			2.增强施工队伍海洋生态环境保护意识	
			3.委托监测单位，密切关注海洋变化情况	
	营运期	船舶工作人员生活污水	1.收集并交由有资质的单位进一步进行处理	减轻海上作业可能带来的水生生态环境影响
		作业船舶含油污水	2.严格管理和维修保养工作船舶，施工船舶靠岸，含油污水用泵抽到专用运污船上交由有资质的单位进一步进行处理	
固废		废弃养殖材料、病死鱼、废弃防疫药物和废包装袋分类收集后上岸后交由有资质的单位		
	饵料投放	3.海洋生态环境和海洋生物资源进行跟踪监测		
水污染	施工期	船舶施工人员生活污水	1.收集并交由有资质的单位进一步进行处理	减轻海上施工可能带来的水环境影响
		施工船舶含油污水	2.严格管理和维修保养施工船舶、施工机械，严禁机械、船舶带“病”作业。施工船舶靠岸后，含油污水用泵抽到专用运污船上交由有资质的单位进一步进行处理	
		施工产生的悬浮泥沙	3.合理制定施工计划，避开海洋生物生长繁育关键阶段，尽量缩短工期	

	营运期	网箱清洗废水	网衣清洗环节由养殖企业上岸处理，不纳入本次评价	减轻海上作业可能带来的水环境影响
		网箱养殖污染物	1.合理布设网箱进行网箱养殖，选取自净能力强、水流畅通的水域	
			2.控制网箱养殖规模	
			3.优化养殖环境，保持网箱内水流畅通	
			4.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，尽量避免饵料过剩和流失	
5.加强水质监测和养殖管理				
海上工作平台作业人员生活污水	收集并交有资质的单位进一步进行处理			
工作船舶含油污水	严格管理和维修保养施工船舶、施工机械，严禁机械、船舶带“病”作业。施工船舶靠岸后，含油污水用泵抽到专用运污船上交有资质的单位进一步进行处理。			
噪声	施工期	施工作业机械的机械噪声和船舶的交通噪声	1.优先选取低噪声、低振动的施工机械和施工船舶	减少突发噪声及强噪声源对声环境的影响
			2.改进施工工艺和方法，防止产生高噪声、高振动	
			3.做好施工机械和施工船舶的调度和交通疏导工作	
			4.在作业过程中加强对各种机械的管理、维护和保养。	
			5.加强员工环境保护意识教育。	
营运期	工作船行驶	1.加强工作船的维护与保养 2.工作船安装有效的消声器，禁止鸣笛		
	柴油发电机	3、柴油发电机采取减震措施		
固体废物	施工期	建筑垃圾	1.强化施工期的环境管理，倡导文明施工 2.垃圾分类收集，实现综合利用	避免固废直接丢弃在海域
		生活垃圾	船舶生活垃圾统一收集，上岸后交由有资质的单位	
	营运期	废弃养殖材料、病死鱼、废弃防疫药物和废包装袋	废弃养殖材料、病死鱼、废弃防疫药物和废包装袋分类收集上岸后交由有资质的单位处置，不在海域丢弃	
		生活垃圾	船舶生活垃圾收集上岸后，交由有资质的单位处理	
大气	施工期	施工船舶尾气	1.选用符合标准，排污量少的工作船	降低船只尾气排放
			2.在施工机械设备排气口加装废气过滤器	
	营运期	工作船尾气	1.选用符合标准，排污量少的工作船	
			2.工作船选用清洁型燃料	
土壤	项目位于海上，不涉及土壤，不会产生土壤环境污染			
地下水	项目位于海上，不涉及地下水，不会产生地下水环境污染			

8. 环境风险评价

8.1. 风险识别

8.1.1. 风险物质调查

本项目为湛江市流沙湾1号海域现代化海洋牧场建设项目,不涉及危险化学品的储运,风险物质来源于项目船舶燃料油。

8.1.2. 环境敏感目标识别

本项目环境敏感目标主要为有广东雷州珍稀海洋生物国家级自然保护区、湛江雷州海草地方级自然保护区等,详见2.8节。

8.1.3. 风险等级判断

根据《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ169-2018),建设项目环境风险潜势划分为I、II、III、IV/IV+级,根据建设项目涉及的物质和工艺系统的危险性及其所在地的环境敏感程度,结合事故情形下环境影响途径,对建设项目潜在环境危害程度进行概化分析。

根据2.6.7节,项目 $Q=0.93 < 1$,风险评价等级为简单分析。

8.1.4. 环境风险识别

本项目建设的风险主要来自两个方面。一方面是由于自然灾害对海域使用项目造成的危害。另一方面是用海项目自身引起的突发或缓发事件导致对海域资源、环境造成的危害,发生于施工期和运营期。针对本项目的建设内容和所在海区的自然条件,可能存在的风险主要有:

(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、暴雨和地震等自然灾害所产生,自然灾害会给工程施工期及运营期带来船舶碰撞等风险。

(2) 本项目施工船舶和运营期进出码头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。

8.2. 事故溢油概率分析

本项目所在海域附近，项目距离航道东航路距离约12.6km，距离较远，有一定的安全距离，距离其他航路则更远。但《中国航路指南》中航路仅为推荐航路，实际中船舶不一定按推荐航路航行，不排除有小型船舶航经或接近网箱养殖和人工鱼礁区的可能。网箱养殖占用海面空间，对附近水域过往船舶的正常航行有一定影响。工程施工期吃水量最大的船舶为施工运输船，当遇上较大风浪，可能会发生船底与礁体顶部碰撞的事故或与过往船舶发生碰撞，一旦发生船舶碰撞事故，可能造成船舶燃料油泄露的可能。

类比我国近岸海域溢油污染事故的发生状况，分析本项目船舶碰撞最大可信事故确定依据。

8.2.1. 国内船舶溢油事故统计

从1974~2018年近30年以来，我国近海50t及以上海洋溢油事故共计117次，其中50t及以上溢油事故92次、500t及以上溢油事故21次、3.1万t及以上溢油事故1次；共造成油品损失186105t。3类溢油事故的年际变化如图8.2-1所示。

(1) 在溢油事故次数方面：

①1974~2018年我国近海50t及以上海洋溢油事故次数总体呈先增后减的态势。1993~1994年事故次数明显增加，1994~1997年为事故高发期，其中1996年最高达到8次；2009年后事故次数明显减少，2010~2018年为事故低发期，其中2014~2017年事故次数为0。

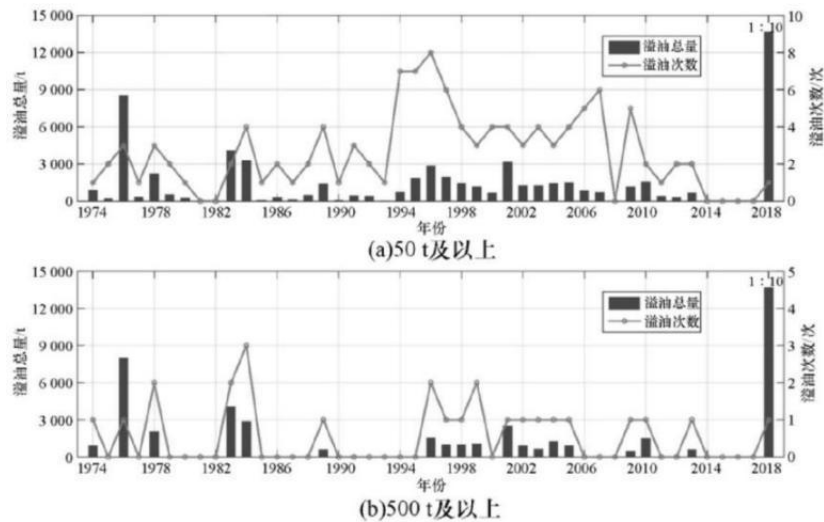
②1974~2018年我国近海500t及以上海洋溢油事故中，1984年最高达到3次，1985~1995年和2006~2018年事故次数较少。

(2) 在溢油总量方面：

①连续大规模溢油事故出现在1996~2005年；

②2018年“桑吉”号溢油事故以高达137000t的溢油总量占历年溢油总量的74%，成为我国历史上首次也是唯一一次灾难性海洋溢油污染事故（3.4万t以上）；

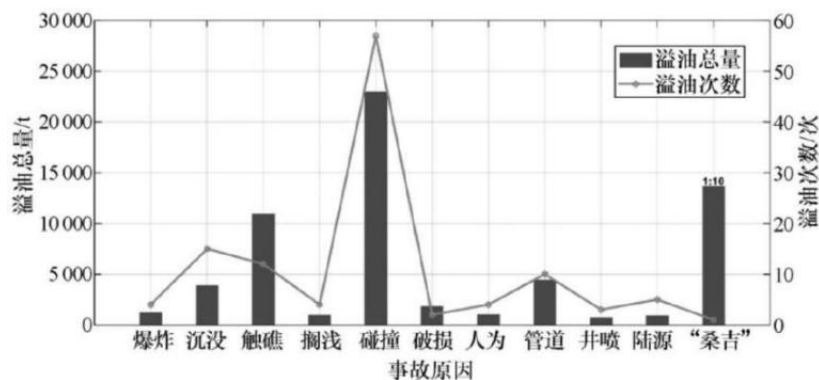
③500t及以上溢油事故的溢油总量占比为17%，50t及以上溢油事故的溢油总量占比仅为9%。



注:2018年的溢油总量已按 1:10 的比例缩减展示

图 8.2-1 1974~2018 年我国海洋溢油事故次数与溢油总量的年际变化

发生海洋溢油事故的原因多种多样,1974~2018年我国50t及以上海洋溢油事故发生原因主要是船舶在航行、靠离码头时,由于碰撞、触礁、搁浅、爆炸、船体破损、管道断裂、井喷等事故造成溢油。



注:“桑吉”号溢油事故属于碰撞事故,溢油总量已按 1:10 的比例缩减单独展示。

图 8.2-2 1974~2018 年我国 50t 及以上海洋溢油事故的原因

经统计分析,我国海域发生的重溢油事故中,船舶碰撞是我国海洋溢油事故发生的主要原因,触礁和沉没也是船舶溢油事故发生的常见原因,其中碰撞事故导致的溢油总量最大,触礁次之。其中,碰撞是导致海洋溢油事故次数最多(58次)和溢油总量最大(15987t)的因素;触导致海洋溢油事故的溢油总量达到10967t,仅次于碰撞;沉没和管道导致海洋溢油事故次数分别达到15次和10次,但溢油总量较小,分别为3903t和4465t。

据国内外溢油事故统计资料表明,船舶碰撞发生溢油事故最主要的原因是船舶突遇恶劣天气,风大、流急、浪高,加之轮机失控,造成船舶触礁和搁浅引发重大溢油事故发生,事故发生地点主要在河口、港湾、沿海等近岸水域。

8.2.2. 湛江辖区船舶事故统计

湛江港从1994~2021年一共发生溢油事故48次,平均1.7次/年;28年间共发生大规模(50吨以上)溢油事故2起,中等规模(10~50吨)溢油事故2起,小规模(10吨以下)溢油事故44起。操作性事故溢油约占81.3%;溢油量最大的事故为火灾爆炸和船舶碰撞。

由此可见,船舶碰撞事故是海上事故的主要风险,其可受人为因素和自然因素共同影响,一旦发生船舶碰撞事故,则很有可能导致燃料油入海,从而可能导致溢油泄漏和火灾等事故发生。本报告主要针对溢油事故进行风险分析。

8.3. 环境风险影响分析

8.3.1. 自然灾害风险分析

8.3.1.1. 赤潮灾害

1、广东沿海赤潮灾害发生情况

据不完全统计,1980~2007年间广东沿海共发生赤潮232起。1980~1989年10年间,每年赤潮发生次数较少,均小于10次。1990-1992年,赤潮发生次数显著增加,1991年出现一个赤潮高峰期;1995-1999年,赤潮发生次数23次,1998年又出现一个高峰期。2000年以后,赤潮发生次数再次呈现上升趋势,共发生132起,其中每年发生次数均超过10次,而2003年高达25次。

从季节分布上看,前20年(1980~1999年)广东沿海赤潮主要发生在春季(季风转换期3-6月),春季发生次数占赤潮总数的60%以上。而从2000年到2007年,每个季节赤潮发生都很频繁。春、夏、秋、冬四个季节赤潮发生次数分别占全年赤潮总数的28%、24%、17%和19%,其中每个月赤潮发生次数均多于5次。

从赤潮发生区域看,大鹏湾、大亚湾、珠江口是广东沿海赤潮多发区。

1990-2017年广东沿海各海区不同时期赤潮发生变化情况见表8.3-1。近年,粤西海域赤潮出现次数逐渐增多。

表 8.3-1 1990-2017 年广东沿海各海区不同时期赤潮发生次数的变化情况

海域	1990-1994	1995-1999	2000-2007	2014	2015	2016	2017
粤西海域	1	1	12	4	2	2	4
珠江口	2	5	16	2	2	2	0
深圳湾	1	5	21	1	2	0	0
大亚湾	7	6	23	2	1	1	2
大鹏湾	43	6	25	4	1	3	0
粤东海域	0	9	22	1	0	5	4
合计	54	32	119	15	8	13	10

从区域分布来看,湛江市海域发现赤潮次数最多、累计面积最大,为6次和132.00km²,分别占全省全年赤潮发现次数、累计面积的43%和52%。从时间分布来看,3~4月发现赤潮次数最多,为9次;6~8月发现赤潮累计面积最大,为201.70km²。

2020年10月,湛江徐闻等海域爆发了赤潮,受此影响,徐闻石马港和流沙湾内网箱养殖鱼类陆续出现死亡,每个网箱投苗卵形鲳鲹鱼苗约10万尾,在此处赤潮中均死亡。总的来说,近几年赤潮预警事件时有发生,以对此加以重视。

2、广东沿海赤潮生物

广东沿海赤潮生物种类繁多,已记录的有170种(包括抱囊种类),约占全国赤潮生物种类的90%以上,主要包括多纹膝沟藻(*Gonyaulax polygramma*)、球形棕囊藻(*Phaeocystis globosa*)、红色赤潮藻(*Pseudo-nitzschia pungens*)、中肋骨条藻(*Hngulodinium polyedrum*)、夜光藻(*Karenia breve*)等。

3、广东沿海赤潮的危害

赤潮的发生不仅造成海洋渔业、水产养殖业、海上娱乐活动与体育运动、旅游业的经济损失和危害水体生态环境,还会通过食物链传递影响人体健康甚至造成死亡。有害赤潮主要有三种危害形式:①有些赤潮藻能产生毒素,危害人体健康;②有些赤潮藻能产生毒素危害鱼类等海洋生物;③另外一些赤潮藻虽然无毒,但能对鱼鲤造成堵塞或机械操作,使海洋生物窒息死亡,这些危害往往可能同时发生的。

根据历年来广东沿海赤潮灾害的统计,赤潮对广东沿海最大的危害是致养殖业鱼、虾、贝类死亡。也有因为误食含有赤潮毒素的海产品而发生人类中毒、死亡的事件,如2001年3月,大亚湾附近居民因食用含有赤潮毒素的药翠贻贝造成4人中毒,其中2人死亡。2004年9月份,在汕头和深圳,因误食染有西加鱼毒的珊瑚鱼类,分别造成了50多人和39人的中毒事件。

8.3.1.2. 热带风暴

自然环境对项目用海带来的风险主要为热带气旋、风暴潮、暴雨和地震等自然灾害所产生。

根据历史资料统计，登陆粤西沿海地区的热带气旋平均每年1.6个，登陆吴川至徐闻的热带气旋约占粤西的60%，平均每年0.96个。造成湛江市 ≥ 6 级大风或暴雨天气的热带气旋，占总数的68%。经统计自1951~2019年，经过湛江湾方圆200km的台风，共157个，其中台风从湛江以北过境的居多，近10年来，经过湛江湾附近的台风次数基本不超过3次，除了2018年经过湛江湾附近的台风有5次。1951年以来，经过湛江湾的台风最多次数亦为5次，分别为1965年和1974年。

热带气旋的破坏力主要由强风、暴雨和风暴潮三个因素引起。

(1) 强风台风是一个巨大的能量库，其风速都在17m/s以上，甚至在60m/s以上。据测，当风力达到12级时，垂直于风向平面上每平方米风压可达230公斤。

(2) 暴雨台风是非常强的降雨系统。一次台风登陆，降雨中心一天之中可降下100mm~300mm的大暴雨，甚至可达500mm~800mm。台风暴雨造成的洪涝灾害，是最具危险性的灾害。台风暴雨强度大，洪水出现频率高，波及范围广，来势凶猛，破坏性极大。

(3) 风暴潮就是当热带气旋移向陆地时，由于台风的强风和低气压的作用，使海水向海岸方向强力堆积，潮位猛涨，水浪排山倒海般向海岸压去。强台风的风暴潮能使沿海水位上升5m~6m。风暴潮与天文大潮高潮位相遇，产生高频率的潮位，导致潮水漫溢，海堤溃决，冲毁房屋和各类建筑设施，淹没城镇和农田，造成大量人员伤亡和财产损失。风暴潮还会造成海岸侵蚀，海水倒灌造成土地盐渍化等环境问题。

施工期如遇恶劣天气及海况，施工单位应停止施工，则不会对施工人员及设施产生较大的风险，亦不会发生船舶碰撞溢油事故。从防患于未然的角度出发，对其可能发生的风险影响应引起建设单位的重视，并提前采取有效的灾害防范措施。

8.3.2. 船舶溢油风险分析

8.3.2.1. 溢油模型

溢油是由于人类活动导致的液态石油碳氢化合物向环境的释放，是污染的一种形式。这通常指海上溢油，油释放到海洋或者河口，油有很多的组分，包括原油，轻质油（如汽油或燃油）以及副产品。DHI的溢油模型用来预测在海洋溢出的油的归宿，包括传输扩散和化学组分的变化。本评价选用了MIKE溢油模型中的SpillAnalysis模块对油品泄漏事故进行模拟，该溢油模块可与MIKE3中的水动力模块进行联动耦合计算。溢油模型模拟泄漏事故时，难溶于水的油类飘浮于水面，主要表现为漂移、扩散过程。

(1) 输移过程

油粒子的输移包括扩展、漂移、扩散等过程，这些过程是油粒子位置发生变化的主要原因，而油粒子的组分在这些过程中不发生变化。

①扩展运动

采用修正的Fay重力-粘力公式计算油膜扩展过程：

$$\left(\frac{dA_{oil}}{dt}\right) = K_a A_{oil}^{1/3} \left(\frac{V_{oil}}{A_{oil}}\right)^{4/3}$$

式中：

A_{oil} 为油膜面积， $A_{oil}=\pi R_{oil}^2$ ， R_{oil} 为油膜直径； K_a 为系数； t 为时间；油膜体积为

$$V_{oil}=\pi R_{oil}^2 h_s; h_s \text{为初始油膜厚度，取} 10\text{cm}。$$

②漂移运动

油粒子漂移的作用力主要为水流和风力，油粒子总漂移速度计算公式如下：

$$U_{oil}=C_w \cdot U_w + U_s$$

式中： U_{oil} 为油粒子总漂移速度； C_w 为风漂移系数，取值一般为0.03~0.04之间； U_w 为水面上10米处的风速； U_s 为表面流速。

③紊动扩散

假定水平扩散各向同性，一个时间步长内 α 方向上可能的扩散距离 S_α 可表示为：

$$S_\alpha = [R]_{-1}^1 \cdot \sqrt{6D_\alpha \cdot \Delta t_p}$$

式中： $[R]_{-1}^1$ 为-1 到 1 的随机数， D_α 为 α 方向上的扩散系数。

(2) 风化过程

油粒子的风化包括蒸发、溶解和形成乳化物等过程，在这些过程中油粒子的组分发生改变，但油粒子水平位置没有变化。

①蒸发

油膜蒸发受油分、气温和水温、溢油面积、风速、太阳辐射和油膜厚度等因素的影响。假定：

在油膜内部扩散不受限制（气温高于0°C以及油膜厚度低于5~10cm时基本如此）；

油膜完全混合；

油组分在大气中的分压与蒸汽压相比可忽略不计。

蒸发率可由下式表示：

$$N_i^e = k_{ei} \cdot P_i^{SAT} / RT \cdot \frac{M_i}{\rho_i} \cdot X \cdot [m^3 / m^2 s]$$

式中

N 为蒸发率； k_e 为物质输移系数； P^{SAT} 为蒸汽压； R 为气体常数； T 为温度； M 为分子量； ρ 为油组分的密度； i 为各种油组分。

②乳化

形成水包油乳化物过程

油向水体中的运动机理包括溶解、扩散、沉淀等。扩散是溢油发生后最初几周内最重要的过程。扩散是一种机械过程，水流的紊动能量将油膜撕裂成油滴，形成水包油的乳化。这些乳化物可以被表面活性剂稳定，防止油滴返回到油膜。在恶劣天气状况下最主要的扩散作用力是波浪破碎，而在平静的天气状况下最主要的扩散作用力是油膜的伸展压缩运动。从油膜扩散到水体中的油分损失量计算公式如下：

$$D = D_a \cdot D_b$$

式中： D_a 是进入到水体的分量； D_b 是进入到水体后没有返回的分量。

油滴返回油膜的速率为 $\frac{dV_{oil}}{dt} = D_a \cdot (1 - D_b)$

形成油包水乳化物过程：

油中含水率变化可由下式平衡方程表示：

$$\frac{dy_w}{d_t} = R_1 - R_2$$

R1、R2分别为水的吸收速率和释出速率。

溶解：

溶解率用下式表示：

$$\frac{dV_{dsi}}{d_t} = Ks_i \cdot C_i^{sat} \cdot X_{moli} \cdot \frac{M_i}{\rho_i} A_{oil}$$

式中： C_i^{sat} 为组分*i*的溶解度； X_{moli} 为组分*i*的摩尔分数； M_i 为组分*i*的摩尔重量， Ks_i 为溶解传质系数。

8.3.2.2. 预测范围与计算参数

溢油模型的预测范围、边界条件与上文水动力模型一致，即采用非结构网格。溢油模型中水动力计算参数与上文水动力模型参数一致。燃料油以连续点源的形式泄漏，模型忽略油膜的初始重力扩展阶段。

8.3.2.3. 预测情景确定

本项目为开放式养殖项目，不涉及危险化学品的储运，项目主要环境风险为船舶漏油、溢油对水体的影响，溢油量按照设计代表船型的船用燃料油全部泄露的数量确定。根据项目可研报告，本项目施工期吨位最大为5000t的施工运输船，根据《水上溢油环境风险评估技术导则》（JT/T1143-2017），水运工程建设项目的最大可能水上溢油事故溢油量，按照代表船型一个货油边仓或燃料油边仓的容积确定。《船舶污染海洋环境风险评价技术规范》（试行），非油轮船舶燃油最大携带量可以用船舶总吨位推算，根据船型不同，一般取总吨位的8~12%，考虑最不利影响状况，本报告按照船型总吨位的12%，选取施工期最大施工船舶5000t进行计算，则5000吨级船舶满载油量约为600t，单舱燃油量不超过60t，因此，最大可信事故溢油源强为60t。

8.3.2.4. 溢油工况

(1) 事故地点：发生溢油事故的可能位置选取养殖区中心。

(2) 溢油发生时刻：考虑到大潮期间潮流流速较大，油膜在大潮期扩散范围最大，分别模拟大潮期涨潮、落潮两种工况。

(3) 代表危险物质：不可溶性油品。

(4) 气象参数：项目区域地处热带季风区，风向具有明显的季节性变化，冬季盛行东北风，风向为ENE向，夏季盛行东南风，主要风向为ESE向。另外考虑在不利风条件的溢油事故对周边环境敏感目标的影响以及在不利风条件下溢油可能对流沙湾外海的影响，本次预测中根据不同位置的溢油点选取不同的不利风进行预测，得出在不利风条件下的油膜漂移轨迹和扫海范围。不利风向为SE，风速取为六级风的最大值，约为13.8m/s。

(5) 计算工况：结合本工程实际情况，预测以燃料油作为油品的主要代表，考虑连续1h溢油的情况，以大潮作为主要的潮流形式，溢油发生时刻分涨初和落初两种时刻。溢油计算条件组合见表8.3-2。

表 8.3-2 各种风险条件组合表

事故类型	泄漏点	泄漏种类	泄漏规模	风向	风速	潮期
溢油事故	养殖区中心 (20°31'24.065"N, 109°44'28.626"E)	燃料油	60t	冬季主导风向 ENE	3.4m/s	大潮涨急
						大潮落急
				夏季主导风向 ESE	2.8m/s	大潮涨急
						大潮落急
				不利风向 SE	13.8m/s	大潮涨急
						大潮落急
静风	0.2m/s	大潮涨急				
静风	0.2m/s	大潮落急				

8.3.2.5. 溢油结果

表8.3-3列出了不同工况组合下溢油影响范围统计结果。图8.3-1~图8.3-6给出了不同工况组合下油膜的扫海范围图。

表 8.3-3 不同工况组合下溢油影响范围

序号	溢油时刻	风速 (m/s)	风向	时间 (h)	扫海面积 (km ²)	漂移距离 (km)
1	大潮涨初	3.4	ENE	2	溢油事故发生后约 1 小时后抵达广东雷州珍稀海洋生物国家级自然保护区, 扫海面积约 1.2km ² 。	0.4
				12	22.05	30
				24	56.32	58
				48	96.64	69
				72	96.64	69
2	大潮落初	3.4	ENE	2	0.76	0.17
				12	9.34	19
				24	20.35	50
				48	49.06	76
				72	49.06	76
3	大潮涨初	2.8	ESE	2	溢油事故发生后约 1h50min 后抵达广东雷州珍稀海洋生物国家级自然保护区, 扫海面积约 2.16km ² 。	0.4
				12	40.25	31
				24	71.54	47
				48	211.36	80
				72	238.44	91
4	大潮落初	2.8	ESE	2	0.98	0.2
				12	溢油事故发生后约 3h30min 后抵达湛江雷州海草地方级自然保护区, 扫海面积约 3.86km ² 。	16
				24	溢油事故发生后约 15h 后抵达广东雷州珍稀海洋生物国家级自然保护区, 扫海面积约 12.55km ² 。	50
				48	60.24	112
				72	77.51	136
5	大潮涨初	13.8	SE	2	溢油事故发生后约 1h20min 后抵达广东雷州珍稀海洋生物国家级自然保护区, 扫海面积约 0.86km ² 。	0.4
				12	62.48	76
				24	85.43	80
				48	125.34	81
				72	125.34	81
6	大潮落初	13.8	SE	2	溢油事故发生后约 50min 后	0.4
					抵达广东雷州珍稀海洋生物国家级自然保护区, 扫海面积约 0.86km ² 。	

				12	46.53	53
				24	93.98	75
				48	93.98	75
				72	93.98	75
7	大潮涨初	0.2	/	2	溢油事故发生后约 1h40min 后抵达广东雷州珍稀海洋生物国家级自然保护区，扫海面积约 0.95km ² 。	0.6
				12	68.53	7
				24	92.16	19
				48	145.28	28
				72	145.28	28
8	大潮落初	0.2	/	2	0.96	0.2
				12	溢油事故发生后约 3h30min 后抵达湛江雷州海草地方级自然保护区，扫海面积约 3.84km ² 。	15
				24	溢油事故发生后约 15h 后抵达广东雷州珍稀海洋生物国家级自然保护区，扫海面积约 12.46km ² 。	48
				48	60.18	110
				72	77.47	133

(不公开)

图 8.3-1 冬季大潮涨潮 72 小时扫海面积 (ENE 风向, 3.4m/s)

(不公开)

图 8.3-2 冬季大潮落潮 72 小时扫海面积 (ENE 风向, 3.4m/s)

(不公开)

图 8.3-3 夏季大潮涨潮 72 小时扫海面积 (ESE 风向, 2.8m/s)

(不公开)

图 8.3-4 夏季大潮落潮 72 小时扫海面积 (ESE 风向, 2.8m/s)

(不公开)

图 8.3-5 不利状况下大潮涨潮 72 小时扫海面积 (SE 风向, 13.8m/s)

(不公开)

图 8.3-6 不利状况下大潮落潮 72 小时扫海面积 (SE 风向, 13.8m/s)

(不公开)

图 8.3-7 静风状况下大潮涨潮 72 小时扫海面积 (静风, 0.2m/s)

(不公开)

图 8.3-8 静风状况下大潮落潮 72 小时扫海面积 (静风, 0.2m/s)

8.3.2.6. 溢油环境影响分析

(1) 对海洋生态环境的影响

1) 溢油对海域水质和沉积物环境的影响

受溢油影响的海域，油膜覆盖在海水表面，可溶性组分不断溶于水中，在风浪的冲击下，油膜不断破碎分散，并与水混合成为乳化油，增加了水中的石油浓度。油膜覆盖下，影响水-气之间的交换，致使溶解氧减小，从而影响水的物理化学和生物化学过程。

溢油后，石油的重组分可自行沉积，或粘附在悬浮物颗粒中，沉积在沉积物表面。油块可在重力作用下沉降，从而影响沉积物表面物理性质和化学成分。

2) 溢油对海域生物资源的影响

油膜覆盖下，影响水-气之间的交换，致使溶解氧减小，光照减弱，从而影响浮游动物、浮游植物及底栖生物的生长。而溶解及乳化后的油会对水生生物资源造成一定危害，沉积到底质的油类将对底栖生物造成严重影响。因此，一旦发生事故溢油且处理不及时，将对油膜扫过海域的水生生物资源造成一定影响，主要体现在溢油突发时的急性致死影响及围油、回收油不彻底而产生的长期慢性污染影响。

(2) 对海洋生物的影响

发生溢油时，大部分溢油浮于水面并扩散成油膜，油膜在海面的停留将影响海水与大气之间的物质交流和热交换，使海水中的含氧量、温度等因素发生较大的变化，促使浮游动物窒息死亡，并降低透光率，影响浮游植物的光合作用。当油污染较轻时，许多海洋生物虽不会立即被伤害，但它们的正常生理功能受到影响，使其捕食能力和生长速度下降，那些对污染抵抗力弱的种类将会减少或消失，从而破坏生态平衡。

1) 对浮游植物的影响

实验证明石油会破坏浮游植物细胞，损坏叶绿素及干扰气体交换，从而妨碍它们的光合作用。这种破坏作用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的石油可能使牡蛎呈明显的油味，严重的油味可持续达半年之久。受石油污染的牡蛎会引起因纤毛鳃上皮细胞麻痹而破坏其摄食机制，进而导致死亡。

底栖生物的耐油污性通常很差，即使水体中石油含量只有0.0ppm，也会导致其死亡。当水体中石油浓度在0.01~0.1 ppm时，对某些底栖甲壳类动物幼体有明显的毒效。

3) 对渔业资源的影响

石油溢漏入海后，以油包水或水包油的形式分散在水中，形成乳化油。乳化油颗粒小，可吸附于鱼类的腮上，形成“黑腮”，导致鱼虾呼吸障碍而死亡石油类对鱼类的化学毒害方面主要表现在通过鱼鳃呼吸、代谢、体表渗透和食物链传递逐渐富集于生物体内，导致对鱼类的毒性和中毒反映。同时，发生溢油时，不仅表现在对渔业生物的危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。

本项目将开展人工鱼礁工程建设，其自身具有较好的生态修复功能，有助于恢复渔业资源，修复海域生态，提供海洋生物栖息地，促进增长经济生物资源量。如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，因此溢油事故风险程度较低。

(3) 溢油事故对环境敏感点的分析

溢油预测结果表明，施工船舶在发生溢油事故后，油膜主要随涨落潮流向事故点附近海域扩散。

溢油预测结果表明，施工船舶在发生溢油事故后，油膜主要随涨落潮流向事故点附近海域扩散。在ENE向风，3.4m/s条件下，受涨潮潮汐动力作用，泄漏的油品随潮流在事故点附近海域往西北向迁移，敏感点广东雷州珍稀海洋生物国家级自然保护区受影响，到达敏感点的时间为1h。

在ESE向风，2.8m/s条件下，受涨潮潮汐动力作用，泄漏的油品随潮流在事故点附近海域往西北向迁移，敏感点广东雷州珍稀海洋生物国家级自然保护区受影响，到达敏感点的时间为1h50min。受落潮潮汐动力作用，泄漏的油品随潮流在事故点附近海域往东南向往复迁移，湛江雷州海草地方级自然保护区、广东雷州珍稀海洋生物国家级自然保护区敏感点受影响，油品到达敏感点的时间分别为3h30min、15h。

在SE向风，13.8m/s条件下，受涨潮潮汐动力作用，泄漏的油品随潮流在事故点附近海域往西北向迁移，敏感点广东雷州珍稀海洋生物国家级自然保护区受影响，到达敏感点的时间为1h20min。受涨潮潮汐动力作用，泄漏的油品随潮流在事故点附近海域往西北向迁移，敏感点广东雷州珍稀海洋生物国家级自然保护区受影响，到达敏感点的时间为50min。

静风状态时（0.2m/s），受涨潮潮汐动力作用，泄漏的油品随潮流在事故点附近海域往西北向迁移，敏感点广东雷州珍稀海洋生物国家级自然保护区受影响，到达敏感点的时间为1h40min。受涨潮潮汐动力作用，泄漏的油品随潮流在事故点附近海域往西北向迁移，敏感点广东雷州珍稀海洋生物国家级自然保护区受影响，到达敏感点的时间为3h30min。

表 8.3-4 溢油泄露到达主要敏感目标的时间统计表

敏感目标		涨初	落初	涨初	落初	涨初	落初	涨初	落初
		ENE		ESE		SE		静风	
时间(h)	广东雷州珍稀海洋生物国家级自然保护区	1h	/	1h50min	15h	1h20min	50min	1h40min	3h30min
	湛江雷州海草地方级自然保护区	/	/	/	3h30min	/	/	/	15h

8.4. 环境风险防范措施

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“以防为主，管治结合”。本项目管理运营单位应根据相关规范，加强对航道锚地及养殖海域船只的管理，杜绝事故隐患，避免船舶发生碰撞、事故溢油的污染影响。

8.4.1. 自然灾害风险防范措施

(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，是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，将会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。

8.4.2. 通航风险防范措施

施工期作业船舶将增加所在海域的船舶流量，但采取相应的安全保障措施后影响可控，主要措施包括：

(1) 施工作业前应向当地海事局申请办理《水上水下施工作业许可证》，划定施工水域，设立警示标，并向过往船只发出公告。除在施工安全作业区设置警戒灯浮和警戒船守护外，还要求施工船舶按规定在明显易见处显示相应的信号，尤其在锚链入水处显示灯光信号并用探照灯提示。另外，要求所有施工船舶在专用频道 24 小时值守。

(2) 参与施工的各种船舶（包括配合施工作业的交通船、运输船等）必须符合安全要求，同时还必须持有各种有效证书，按规定配齐各类合格船员。船机、通讯、消防、救生、防污等各类设备必须安全有效，并通过当地海事局的安全检查。

(3) 施工船舶应严格按照施工组织设计和划定的施工作业区进行施工，每天定时向项目部及局指挥部报告工程进展情况和安全情况，通报作业区施工船舶分布及动态情况，禁止施工船舶随意调换作业区和随意穿越其他作业区；禁止施工船舶将锚位抛出作业区；禁止施工船舶不按计划施工。

(4) 施工项目部调度室应随时与当地气象、水文站等部门保持联系，每日收听气象预报，并做好记录，随时了解和掌握天气变化和水情动态，尤其是台风和热带气旋出现时，以便及时采取应对措施。

(5) 严格执行《水上水下施工作业通航安全管理规定》及水上航运安全管理规定，谨慎操作，确保安全。水上施工应设专用救生船，并有专人值班，各施工作业点应配备救生圈、救生衣等救生设备。

(6) 施工船舶要与调度室昼夜保持通讯畅通，并按规定显示有效的航行、停泊和作业信号。在各施工作业点，夜间应按规定显示警戒灯标或采用灯光照明，避免航行船舶碰撞水中桩墩。在显示灯光照明时应注意避免光直射水面，影响船舶人员的瞭望。施工船舶应加强值班制度，保持 24 小时 VHF 高频电话收听和对周围情况的观察了解。船上应有夜间照明设备，设有发电设备的船只，应备有防风灯和电池灯具。

(7) 对未按推荐航道航行擅自进入安全作业区的船舶，应立即报告有关人员及现场警戒船，进行及时纠正。

(8) 编制适宜的应急安全预案，应至少包含：施工船舶碰撞事故应急处置措施和施工船舶泄漏应急处置措施等。

(9) 施工期间应结合施工船舶尺寸，合理安排施工时序，保障施工船舶顺利进出施工区域。

(10) 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
作；后方要配备足够的溢油应急设备和消防器材。

8.4.3. 溢油风险事故的防范措施

8.4.3.1. 施工期溢油风险事故的防范措施

(1) 根据施工区周围的水布置及安全要求，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) 疏浚施工时，施工船舶占用一定的航行水域，将会影响该海域的航行。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。施工船舶必须遵守交通管理规则，施工时应有小拖轮监护。

(3) 项目施工期间，相关主管部门应加强航道区的船舶秩序管理；引航站在引航时加强与疏浚船舶的联系；在导助航设施中增加 DGPS 定位系统，保证引航安全和可靠。

(4) 合理安排施工期内船舶的作业，使船舶间的间距尽可能大，应根据船舶

装载状态、水文、气象和航道作业状况，合理安排船期，以保证作业安全。

(5) 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。

(6) 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。

(7) 施工期间所有施工船舶须按照国际信号管理规定显示信号。

(8) 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。

(9) 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。

(10) 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。

(11) 施工期间应建立反应机制，明确责任主体。

(12) 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。

8.4.3.2. 营运期溢油风险事故的防范措施

营运期船舶交通事故是导致溢油事故的主要原因，溢油事故的发生多与船舶航行和停泊的地理条件、气象海况、运输装载的货种、船舶密度、导助航条件以及船舶驾驶和管理人员的素质有关。因此，需要从以下几个方面对溢油事故进行防范。

(1) 建立健全的船舶交通管制系统和海上安全保障系统，为船舶创造必要的适航条件，辅以安全的助导航设施，避免船舶事故的发生。

(2) 加强对作业人员操作技能和环保意识的培训，确保按照规范进行操作，树立良好的风险安全意识，减小因人为因素导致的溢油事故的发生几率。

(3) 应对航道及锚地水域水深定期监测。

(4) 经常对船舶进行检查，进行必要的维修保养，避免由于机械故障或者出现跑、冒、滴、漏等情况所造成的对海域的污染。

(5) 应根据船舶装载人数、货物、状态、水文、气象等状况，合理安排船期，来保证作业安全。

(6) 完善海上安全保障系统，建立海上安全监督机构，如港务监督、配置海

上安全保障设施，如海上通讯联络、船舶导航、助航、引航、航道航标指示、海难救助、海事警报、气象、海况预报等设施。

(7) 建立溢油应急系统和应急计划，设置定点和船舶巡回监视系统，并组织协调各作业区人员，事故船舶及当事方共同承担附近海域溢油事故的监测监视及报警。对有关的作业人员进行培训作为兼职应急队伍，平时由管理部门统一组织应急业务培训，熟悉应急设施的操作使用。

(8) 建立营运期应急反应机制，明确责任主体。

8.4.4. 鱼药使用不当风险事故防范措施

(1) 养殖过程中及时监控鱼类情况，鱼类病害以预防为主，尽可能减少鱼药的投放使用。

(2) 开展对养殖户的药物使用培训，确保养殖户了解药物的使用范围、剂量和停药期，并普及药物的正确投放方法和风险意识。

(3) 合理规划养殖规模，确保水体交换自净能力，降低养殖发生鱼病概率，避免大规模鱼病爆发。

8.4.5. 赤潮防范措施

针对项目用海特性及赤潮特点，建议建设单位采取如下措施：

(1) 养殖单位与当地监测部门合作，并定期监测，关注海水水质变化情况，一旦发现有赤潮发生的可能性立即采取措施，分析赤潮品种如为无毒赤潮，且小规模爆发，应想办法确保养殖鱼类的安全和正常生长。如出现大规模赤潮影响养殖区域和有毒赤潮时，可能会导致养殖的鱼类死亡。在这种情况下建议对养殖鱼类采取抢救性捕捞，并将鱼类样品送到有资质的单位检测，如无毒，可在市场销售。如有毒，采取有效措施将这批鱼类销毁，禁止流向市场。

(2) 加强对养殖区水质和赤潮生物的监测工作，及时有效地开展养殖区赤潮灾害预防、控制和治理。监测部门要深入开展养殖区赤潮灾害监测，及时发布赤潮信息，以多样的信息专递方式，将赤潮监测信息发给养殖户，做好赤潮防范，减少损失。

(3) 当海域发生面积较小的赤潮时，将养殖网箱拖曳至赤潮区域以外，或把网箱下沉，待赤潮消退以后再移至原来位置。对不能移动的养殖网箱，为防止赤潮发生时养殖生物因缺氧死亡，可通过曝气的方式向养殖网箱内增氧。

(4) 对赤潮发生区养殖的水产品，产品上市以前必须进行安全检测，检测合格后方可上市销售，以确保食品安全。

(5) 如爆发赤潮对项目可能造成时，建议养殖单位在养殖海区外围布设围栏，将赤潮阻隔开来，并增设打氧机，保证养殖海域水体含氧量，避免鱼类窒息死亡。

(6) 鱼种放苗前应做好提前的水质、生态等要素的监测工作，避免在赤潮期间放养。

(7) 提高养殖技术，改进饵料成分及投饵技术，使其有利于养殖生物的摄食，减少残饵，减轻水质和底质的污染。

(8) 在养殖过程中，保持养殖水域的良好环境。如使用防污网衣，勤洗网、换网，以减少网衣附着生物的危害，保持网箱为水流畅通良好的环境。生活污水、生活垃圾及时收集、清运，禁止排海。

8.5. 环境风险应急预案

8.5.1. 自然灾害应急预案

自然灾害应急预案包括以下内容：

(1) 在防台抗台指挥部的领导下开展工作；

(2) 由专门人员负责掌握热带气旋或台风动态，并将情况及时通报有关领导和作业人员；

(3) 及时通知船舶进入相关港口避风，并将船舶进港情况及时进行通报；

(4) 工作船只及时疏通航道，调度指挥，维护航道秩序，检查各船舶防风抗台措施的落实；

(5) 有关应急措施：①在台风季节期间，落实专人负责收听天气预报，及时掌握热带气旋警报信息；②在台风蓝色预警时，领导小组落实相关人员通知各靠港船舶避风抗灾安排，并调度清理、疏通航道，以免大量船舶进港时造成混乱或产生争占泊位矛盾；③对热带气旋或台风将在 24 小时内可能登陆本地的，抢险应急队和救助队要加强对安全状况的巡视、检查，保障人员生命安全，各抢险救助队进入角色，完全处于备战状态，当出现安全事故时，必须全力实施救助，但由于风浪太大不能实施的暂缓救援；④热带气旋或台风过后，必须立即检查受灾情况，并及时向上级和相关部门报告，并协调、沟通、处理善后工作。

8.5.2. 事故应急救援预案

事故应急救援预案是事故应急救援工作的重要组成部分，对防止事故和发生事故后的有效控制，最大限度的减少事故伤亡和经济损失以及避免环境灾害的发生，均有重要的意义。建议项目建设方的事故应急救援预案应具备如下内容：

8.5.2.1. 成立组织机构

为了对突发的紧急事故于第一时间作出反应并采取相应的措施，使突发事故得以消除或控制在尽可能小的范围内，有必要建立一个高效率、强有力的应急小组来对紧急情况做出反应、进行处理。

应急小组的组建原则是：所有的应急事故都属于现场管理的责任范围，并根据事故的级别和区域有应急小组响应进行处理。应急机构成员包括应急指挥、对外联络人、法律顾问、人力调配主管、作业主管等等多方面的责任主管人员。

8.5.2.2. 预案的主要内容

(1) 应急组织

应急指挥中心：该项目经理任应急指挥总指挥，主管安全项目副经理任副总指挥，成员由相关部门责任人担任。

应急救护队：该项目经理部成立应急救护队，并配备救护用的有关医疗器材。办公室主任担任救护队队长，救护队副队长由项目经理部医生担任，队员由项目经理部有关人员组成。

船上应急组织：船长任船上应急总指挥，船长应根据本船突发的实际情况制定具体应急措施，并注意培养船员的应变能力。船上应贴"应变布置表"，明确各船员的编号、职务和职责。

(2) 信号联络

当发生紧急状态时，分项工程负责人应立即发出应急警报信号，启动程序。听到警报后，现场人员应按应变部署进行应急行动，行动中要服从指挥，防止混乱。所有应急行动现场总指挥应确保与本工程安全调度室保持联系，并根据情势请求必要的援助。紧急状态过后，主管安全项目经理应及时组织事故调查，进行事故处理，并将结果报有关部门。

(3) 工程抢险

专职、兼职抢险队员名单，常规排险、消防措施，各类事故的抢险方案，工具、器材以及个人防护用品，抢险队的日常值班、训练和培训，事故时与现场指

挥部的联络方式。

(4) 现场急救

各类事故相应的急救方案和程序、职工自救、互救方法、伤员转送过程中的医护技术要求、医务人员的常规值班表，详细联系方式、现场急救点的选择和标志。

(5) 外部应急单位

①湛江海上搜救分中心

湛江海上搜救分中心设在湛江海事局，负责统一组织、指挥和协调辖区范围内海上险情的应急工作；

按省海上搜救中心的要求，组织力量积极参与跨区的重大海上险情的应急工作；

湛江海上搜救分中心、湛江海事局指挥中心保持全天候 24 小时值班，并通过短信息平台、AIS 终端向船舶、船员发布安全信息，船舶、船员和相关单位可以通过有线电话（020-34283886、34283889）专线电话 12395 或 AIS 联系、报告安全信息。

②交通运输部南海救助局

交通运输部南海救助局下辖广州救助基地、深圳救助基地、汕头救助基地、湛江救助基地、北海救助基地、海口救助基地、三亚救助基地。值班船舶分别安排在汕头海区、珠江口海区、湛江海区、琼州海峡海区、广西北海海区、三亚海区和南海水域值班待命：

在责任海区部署 EC-225 大型救助直升机 2 架、S-76D 中型救助直升机 3 架，分别在珠海、三亚 2 个救助飞机值班站点值守。按交通运输部救助打捞局动态待命值班制度规定，南海救助局责任海区共设有 30 个值班待命点，其中重点待命点 7 个，机动待命点 2 个，全年安排在主机功率 6000kw 及以上大功率救助船值守，其余待命点安排小型船艇值守。

(3) 预案的实施

①措施落实：确定指挥部、抢救队、急救队、指挥部成员定期研讨会制度、各专业队伍的培训演练制度、各部门值班制度、各类器材及药品的保养、监督、检查制度、各类器材装置配套齐全、定期检验淘汰过期、失效的药品和器材。

②训练和演习：各专业队伍必须进行的常规培训，形成一种演练制度定期的进行模拟演习。

③事故中应用事故后委托施工的单位 and 施工方必须进行认真的总结经验和教训，进一步完善预案。

8.5.3. 溢油事故应急预案

当发生海上溢油时，溢油流入海面，对海洋生物将产生严重影响，为将溢油环境风险造成的危害降低到最小，本工程根据《中国海上船舶溢油应急计划》《国家突发公共事件总体应急预案》和《广东省突发公共事件总体应急预案》相关要求和说明，制定本工程应急预案。

本工程应参照相关规定建立相关应急反应部门的应急通讯联络机制，制订本单位对突发污染事故的应急反应对策。本项目突发事故应急预案纲要见表 8.5-1，供制订预案参考。

表 8.5-1 应急预案纲要一览表

序号	项目	内容及要求
1	总则	/
2	应急计划区	作业区
3	应急组织	建立本项目的应急反应组织机构，包括建立单位内的应急反应领导小组，落实各级上级主管部门
4	预案分级响应条件	将污染事故分成一般、较大、重大、特大污染事故一般污染事故自行处理，较大、重大、特大污染事故启动上级预案，接受上级应急反应部门的领导
5	报警、通讯联络方式	规定应急状态下的报警通讯方式、通知方式
6	应急救援保障	主要依靠项目配备的应急设施和区域应急设备
7	紧急处置措施	制订应对各种突发情况的一般处置措施与程序
8	事故应急救援关闭程序与恢复措施	规定应急状态终止程序；规定事故现场善后处理，恢复措施；规定邻近区域解除事故警戒及善后恢复措施
9	应急培训计划	制订培训与演练计划
10	公众教育和信息	对邻近地区开展公众教育、培训和发布有关信息
11	附件	应急联络方式，包括本单位应急反应人员、专业应急救援队伍、敏感目标管理单位、上级应急主管部门等的有效联系方式、预案编制与更新等

8.5.3.1. 应急计划区

本工程应急计划区主要为项目使用海域内，应急事件包括船舶碰撞、倾翻等突发性海上溢油事故。

8.5.3.2. 应急组织机构、人员

(1) 应急领导机构

应急总领导机构由当地海事部门承担，统一领导突发公共事件的应急处置工作，其他各相关部分负责协助工作。现场应急领导机构由建设单位分管环保的领导、环境保护管理办公室负责人、施工商单位分管环保的领导组成。

(2) 现场指挥

由应急领导机构指定现场指挥，各类事故应急行动由安全科科长负责指挥。

(3) 溢油应急救援小组

应急指挥部按各自职责设立溢油应急救援小组：清污组、通信组、工艺组、警戒组、物资供应组、现场救护组、设备保障组、防火组、油污处理组。各小组部门主管和主要职责见下表。

表 8.5-2 应急小组主要职责

序号	应急小组	部门主管	主要职责
1	清污组	安全环保组	做好溢油围控工作；做好溢油清除作业
2	通信组	技术组	负责应急指挥与事故现场的通信联络，确保作战命令的下达和现场各种信息的反馈及通信的畅通
3	工艺组	储运调度科	及时关闭相关阀门，控制溢油源，防止事故进一步扩大
4	警戒组	安全环保科	保持交通畅通，注意现场警戒，实行隔离，注意溢油漂移动向，并及时向指挥部报告
5	物资供应组	综合科	提供运输防污所需的器材、材料
6	现场救护组	综合科	负责处置（运输、焚烧）油污物的工作，防止二次污染
7	设备保障组	工务科	保障电力能源共给，负责应急设备的维修
8	防火组	安全环保科	防止火灾发生，一旦发生火灾立即实施灭火应急计划
9	油污处理组	油品检验科	负责处置油污物的工作，防止二次污染

8.5.3.3. 预案分级响应

响应等级以对公共安全、社会秩序和生态环境可能造成的危害与威胁程度作为优先考虑原则。参考《中国海上船舶溢油应急计划》和《南海海区溢油应急预案》，海域发生船舶污染事故，其事故及相应应急响应等级分为三级：一般事故(III级响应)、较大事故(II级响应)、重大事故(I级响应)，依次分别用蓝色、黄色和红色表示。项目疏浚范围内船舶发生的污染事故，及时报搜救中心，由搜救中心办公室根据专家的意见，进行综合分析，确定应急等级。

(1) 一般污染事故：溢油量不足 10t，且事故发生在非敏感区域，水面溢油

不威胁环境敏感区和岸线，动用本工程预案溢油应急反应队伍和设备能够控制溢油源，并能围控和清除海面溢油。

(2) 较大污染事故：溢油量大于 10t 不足 50t，或满足以下条件之一的：

①溢油事故发生在敏感区内或距离敏感区有一定距离但极有可能对敏感区域或岸线造成污染损害；

②围控和清除水面溢油所需资源超出所在地应急清污能力，需调用本辖区内其他应急资源。

(3) 重（特）大污染事故：溢油量在 50t 以上，或满足下列条件之一的：

①溢油对环境敏感区及岸线构成一般或严重威胁，动用本辖区资源较难防护敏感区和清除溢油；

②溢油源不能控制，围控和清除水面溢油所需资源明显超出本辖区应急清污能力，需请求政府部门启动相应预案的应急行动。

本工程发生溢油事故发生时，应立即启动并实施本部门应急预案，I级响应：现场指挥在事故应急领导机构的统一领导下，具体安排组织重大事故应急救援预案的组织和实施；组织所有应急力量按照应急救援预案迅速开展抢险救援工作；根据事故，对应急工作中发生的争议采取紧急处理措施。根据预案实施过程中存在的问题和险情的变化，及时对预案进行调整、修订、补充和完善，确保人员各尽其职、应急工作灵活开展；现场应急指挥与应急领导机构要保持密切联系，定期通报事故现场的态势，配合上级部门进行事故调查处理工作，做好稳定社会秩序的善后及安抚工作，适时发布公告，将危机的原因责任及处理决定公布于众，接受社会的监督。III级、II级响应：各相关职能部门按照各自职责开展应急处置工作，防止事故扩大、蔓延，保证信息渠道畅通，及时向领导机构通报情况。

因环境污染事故存在不可预见、作用时间较长、容易衍生发展的特点，现场指挥可根据现场实际情况随时将响应等级升级或降级。

8.5.3.4. 溢油应急救援保障

(1) 应急防治队伍：原则上由工程全体工作人员组成，一旦发生溢油事故，指挥部可根据情况的需要，动员、调配储备的人力资源投入行动。

(2) 应急防治设备：施工期，为应对施工船舶的跑、冒、滴、漏油情况，施工船舶应备有围油栏、吸油棉体等。

8.5.3.5. 事故应急反应措施

本项目事故应急反应措施应在以下几个方面做好工作：

①建立健全的应急反应组织指挥系统。

②应急反应设施、设备的配备：了解湛江市海事局及项目周边单位的溢油应急反应设施、设备配备情况，建立畅通的联络通道。

③应急防治队伍及演习

根据本工程的特点，为减少人员及日常开支，除充分利用湛江市海事局系统原有应急防治力量外，可考虑充分利用本项目工作人员、消防人员共同参与形成应急防治队伍。对应急救援及清污队伍作定期强化培训和演练的计划，加强了解应急防治操作规程，掌握应急防治设备器材的操作使用，一旦发生应急事故，防治队伍能迅速投入防治活动，从而增强应付突发性溢油及化学品事故的处置能力。

④应急通讯联络

为确保本项目船舶突发性溢油污染事故的报告、报警和通报，以及应急反应各种信息能及时、准确、可靠的传输，必须建立通畅有效、快速灵敏的报警系统和指挥通讯网络，包括与湛江市海事局应急反应指挥系统、周围附近码头的联络，因为往往在应急反应过程中，能否及时对事故进行通报是决定整个反应过程和消除污染效果成败的关键。

⑤应急监视监测

事故的应急监视系统是通过监视手段，及时发现船舶溢油事故，迅速确定船舶事故发生的位置、性质、规模等，为应急反应对策措施及方案的选定提供依据。船舶监视和岸边、堆场监视费用相对较低。

此外针对工程特点，施工期和运营期除了湛江市海事局进行日常监视，还要充分依靠群众举报，及时发现事故险情。

当发生事故时，需启动应急监测方案，建议应急方案见表 8.5-3。

表 8.5-3 应急监测计划

环境要素	监测项目	监测站位	监测频次
水质	pH、COD、DO、石油类或事故排放的其他物质	在事故发生点周围设 4 个站位	每 4 小时采样一次直至达标
海洋生态	浮游植物、浮游动物、底栖生物、鱼卵仔鱼、游泳生物	在事故发生点周围设 4 个站位	事故清除后

8.5.3.6. 污染事故控制现场操作预案

污染事故控制现场围控操作预案见图 8.5-1。

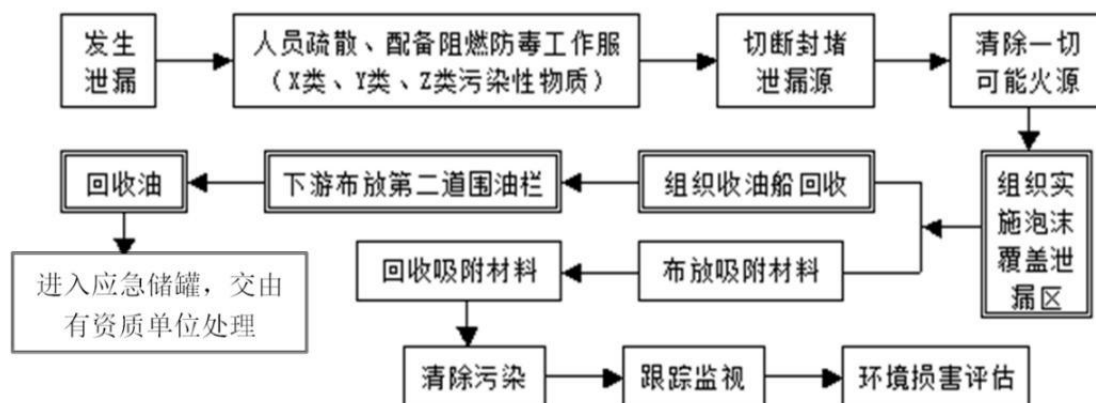


图 8.5-1 污染事故控制现场围控操作预案

8.5.3.7. 应急措施处置

(1) 对施工船舶在施工作业过程中，发生漏油污染水域事故，应及时采取有效应急措施制止漏油，并向项目部和海事部门报告。

(2) 对漏油船舶立即查找泄漏污染源，关闭阀门，封堵甲板出水孔(缝)，并投放吸油毡、棉胎、木屑等吸附材料，收集泄漏油污。

(3) 及时运送防污器材和救援队伍到达现场，在海事人员的组织下，进行协调作战，最低限度地减少油污泄漏。并做好防火准备工作。

(4) 对油污泄漏区域进行铺设围缆绳，投放吸油材料及消油剂，并及时回收泄漏的油污和已吸附的吸油材料，防止污染面积的扩展。

(5) 因船舶碰撞引起的污染，则应迅速控制当事船舶污染源，必要时应将泄漏船舶拖至岸边围清，并封关油箱管道阀门，进行善后处理。

事故应急程序见图 8.5-2。

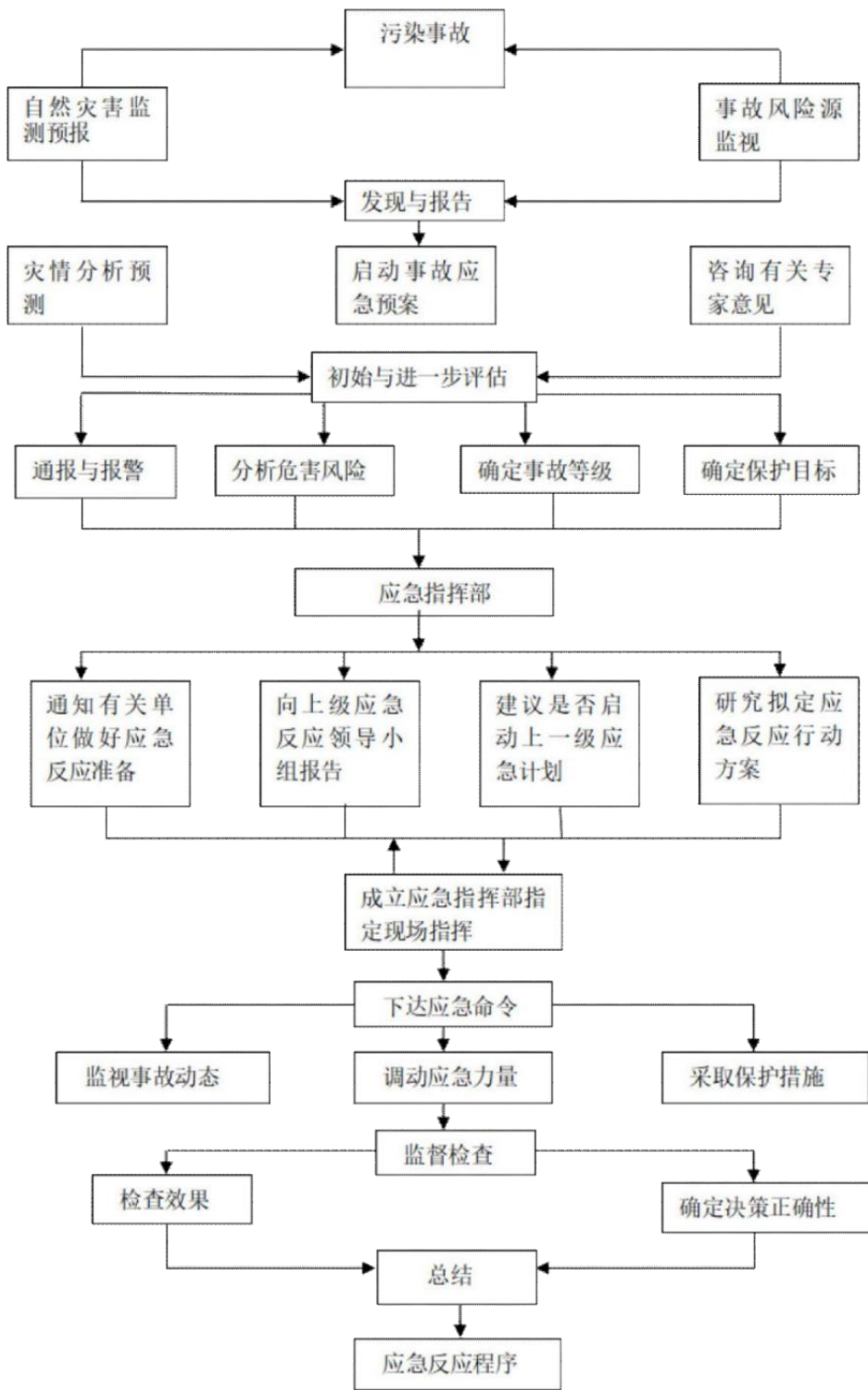


图 8.5-2 事故应急程序图

8.5.4. 防台应急方案

贯彻“以防为主，安全第一”的避台方针，积极响应对台风可能会带来的威胁，建设单位需落实责任，周密部署，切实做好防台工作，保障现场船舶及人员安全。建设单位应依据《交通运输部海上突发公共事件应急反应程序》、《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》、《湛江市防风工作预案》等编制防台应急方案。

1、防台工作的组织

应当加强设施预防和抵御台风的管理工作，建立防台应急小组；具体应做到以下几点：

(1) 掌握台风信息，注意台风动态，及时通报台风动向，发布防风防台状态命令；

(2) 台风来临前，事先与海事主管部门联系，做好防台的组织工作，做到：

①挂白色风球后，及时通知做好避风准备。检查防台情况，包括基础设施、动力设备、水密设备、通讯设备、锚设备、系缆设备的工作情况，并做好记录。相关机构开始实行 24 小时昼夜值班，并保持与海事局联系。

②挂绿色风球时，尽快组织施工船舶前往指定位置避风。

③挂黄色风球时，施工船舶应已在避风位置就位。

④船舶在疏散过程中要服从海事部门的统一指挥，在就位后，应立即向海事部门报告就位时间和位置，无特殊情况，不得随意移泊。

⑤项目运营后，台风来临前各养殖单位应做好养殖网箱的合理安置，拖移上岸或移至安全区域，工作船前往避风锚地避风。

(3) 进行防阵风防台风的部署；

(4) 负责与相关部门的沟通与协调；

(5) 监督、检查工程各基础设施防风防台措施的落实；

(6) 为基础设施配备和设置防阵风和防台风装置；

(7) 台风季节来临前，组织进行一次应急演练，并检验有关应用工具；

(8) 对有关防台的设备和工具应于台风季节来临前一个月组织一次系统的检查；

(9) 对每年的防风防台工作进行总结。

2、台风过后的工作

(1) 台风袭击过后，应即检查遭受损失情况，特别注意检查养殖网箱有否在风浪中遭受潜在的损伤。

(2) 台风过后，应检查维修受损部分并确认安全无误的前提下才能恢复正常施工与运营。

8.5.5. 对赤潮的应急措施

赤潮灾害的预警与防灾减灾工作涉及海洋、渔业、环保、旅游、外事、卫生防疫和动植物检疫等各部门，根据上述赤潮分型分级标准，提出如下应急措施：

1、一级应急措施（红色预警色）

当对大众生命有强致害致死作用的有毒赤潮爆发时，启动一级应急措施：

①赤潮发生区域内的成立行政领导小组，协调各相关职能部门对赤潮毒素危害的监控和相关信息的及时准确发布；②成立一支由专业人员组成的赤潮监测队伍。对有毒赤潮进行跟踪监测和毒素的分析测定；③严格禁止赤潮海域的海产品捕捞和上市销售，做好养殖工作人员的宣传教育工作，确定养殖区的关闭和重新开放时间；④对赤潮造成的鱼类死亡，要及时打捞、装船清运至陆域，采取相应措施，进行有效处置。严禁出售病死鱼。

2、二级应急措施（橙色预警色）

当对养殖鱼类有强致死作用的鱼毒赤潮爆发时，启动二级应急措施：

①成立区域协调小组，对鱼毒赤潮可能的移动方向进行及时通报；②成立专业的赤潮监测队伍，进行赤潮的跟踪监测，并向养殖工作人员传授相应的减少养殖损失的技术；③做好赤潮灾害损失的评估工作，以利灾后渔业生产的恢复；④建设单位要根据赤潮预报，采用有效防范措施，提前收网打捞，尽量减少养殖损失。

3、三级应急措施（黄色预警色）

当对近岸养殖生物有一定的致死致害作用的赤潮爆发时，启动三级应急措施：

①政府组建专业的赤潮监测队伍进行赤潮的跟踪监测，及时通报赤潮生物种类的变化，注意赤潮水体中溶解氧的变化，②向养殖工作人员传授相应的减轻赤潮危害技术；③建设单位要密切注意赤潮变化，收听、收看赤潮舆情预报。必要时提前收网打捞，减少养殖损失。

4、四级应急措施（绿色预警色）

当爆发赤潮的生物种类是对大众和养殖的水产品无毒无害时，启动四级应急措施：

①政府组建专业的赤潮监测队伍进行赤潮的跟踪监测，及时通报赤潮生物种类的变化；

②建设单位要密切注意赤潮变化，收听、收看赤潮舆情预报。

8.6.环境风险评价小结

本项目建设的风险来自四个方面：（1）鱼药使用不当导致海洋生态环境破坏（2）由于自然灾害对海域使用项目造成的危害；（3）船舶碰撞的危险性；（4）运营期赤潮危害。

本项目在施工过程中，必须严格管理，加强防范，杜绝溢油事故的发生。建设单位应针对项目的特点制定溢油事故风险防范措施，落实应急设备、器材的配备。一旦发生溢油事故，建设单位应立即第一时间通知当地海事部门、生态环境部门和渔业部门做好相关应急工作，控制和减少事故造成的危害。此外，本项目溢油应急预案应纳入当地的地级市海港溢油应急预案当中。运营期加强对养殖管理，正确使用鱼药，减少投放过度导致有毒有害持久性物质破坏海洋生态环境的风险。

本评价认为，在切实落实各项风险防范措施，并按《突发环境事件应急管理办法》等规定，做好突发环境事件应急预案修编等工作，并做好与区域应急预案的衔接工作的前提下，本项目环境风险水平是可以接受的。

9. 项目建设的合理合法性分析

9.1. 产业政策相符性分析

拟建项目为开放式养殖用海项目，属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中第一类鼓励类中的“一、农林牧渔业—14、现代畜牧业及水产生态健康养殖：人工鱼礁、海洋牧场”，符合国家产业政策。

9.2. 与海域相关规划相符性分析

9.2.1. 与《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》符合性分析

2023 年 8 月 18 日，国务院关于《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》的批复通过并发布了《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》（本节简称《规划》）。该《规划》是广东省空间发展的指南、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。该《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，全面贯彻落实党的二十大精神，完整、准确、全面贯彻新发展理念，坚持以人民为中心，统筹发展和安全，促进人与自然和谐共生，为扎实推进中国式现代化提供广东实践。

9.2.1.1. 与国土空间开发保护总体格局相符性

该《规划》的基础为以珠三角为核心发展引擎，以粤东、粤西沿海经济带为发展主战场，以北部生态发展区为重要生态安全屏障的“一核一带一区”区域发展格局。本项目即位于“一核一带一区”区域发展格局中的“一带”——粤西沿海经济带。

同时，该《规划》立足资源环境禀赋和社会经济发展水平，以“三区三线”和主体功能区战略格局为基础，构建“一核两极多支点、一链两屏多廊道”的网络对流型国土空间开发保护总体格局。“一核”即强化珠三角核心引领带动作用，深化珠江口东西两岸融合发展，支撑广州、深圳都市圈和珠中江一体化发展，携手港澳共建国际一流湾区和世界一流城市群，形成带动全省发展的主动力源。“两极”即支持汕头、湛江建设省域副中心城市，支撑汕潮揭同城化和湛茂一体化发展，提升沿海经济带东西两翼发展能级，与珠三角沿海地区共同打造世界级沿海

经济带。构建“一链两屏多廊道”的国土空间保护格局。其中“一链”即构建以沿海防护林、滨海湿地、河口海湾、海岛等要素为主体的南部海洋生态保护链。

本项目位于湛江市雷州市覃斗镇西侧、流沙湾西北侧海域，处于该《规划》“一核两极多支点、一链两屏多廊道”国土空间开发保护总体格局中的“两极”之一湛江，“一链”——以沿海防护林、滨海湿地、河口海湾、海岛等要素为主体的南部海洋生态保护链。本项目为现代化海洋牧场建设项目，建设内容包括深水网箱养殖、桁架网箱养殖、筏式养殖和人工鱼礁，拟采用先进的养殖技术和设备，以机械化、自动化、智能化装备技术为支撑，高标准地开展海洋牧场、深水网箱养殖建设，有利于提升所处海域的渔业基础能力，有利于湛江建设省域副中心城市。项目人工鱼礁建设具有保护当地海域重要渔业品种的产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道，修复海洋生物栖息地和保护海洋生态、增殖和恢复渔业资源的功能，能有效加强流沙湾海域的海洋生态保护，有利于流沙湾附近海域构建以河口海湾要素为主体的南部海洋生态保护链。

（不公开）

图 9.2.1-1 项目与《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》区域发展格局位置关系示意图

（不公开）

图 9.2.1-2 项目与《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》国土空间开发保护总体格局位置关系示意图

9.2.1.2. 与“三区三线”相符性分析

根据《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》，本项目用海选址位于渔业用海区，未涉及其他海域功能分区。本项目用海类型属于渔业用海，项目用海方式为开放式养殖和人工鱼礁用海，不会改变海域自然属性，符合《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》对渔业用海区的分区方案和管控要求。

根据《广东省自然资源厅广东省生态环境厅广东省林业局关于严格生态保护红线管理的通知（试行）》（粤自然资发〔2023〕11号）规定：“生态保护红线内，自然保护地核心保护区原则上禁止人为活动；生态保护红线内自然保护地核心保护区外，禁止开发性、生产性建设活动，在符合现行法律法规前提下，仅允许《通知》中明确的10类允许有限人为活动。”根据“三区三线”划定成果中《广东省生态保护红线》，本项目不占用生态保护红线，距离项目最近的生态保护红线区

为项目北侧0.52km的广东雷州珍稀海洋生物国家级自然保护区，海洋牧场的选址与建设与通知要求不冲突。

本项目施工期产生的悬浮泥沙将给周边水域带来一定的污染，但所产生的影响是暂时和局部的，加之悬浮泥沙具有一定的沉降性能，随着施工作业结束，悬浮泥沙将慢慢沉降，工程海区的水质会逐渐恢复原有的水平。本项目实施内容主要为深水网箱养殖，不涉及影响渔业资源育幼、索饵、产卵的开发活动；养殖过程中，无有毒、有害物质的排放，网箱布设符合《深水网箱养殖技术规范》有关要求，项目设置的网箱养殖数量在可养网箱数之内，确保养殖水域保持相对可自净能力，海域水质和沉积物环境可以满足海区水环境控制要求。其规划规模、密度及结构是合理的。且项目实施后对生态保护红线区周边潮流场、水动力条件等基本无影响，不会导致淤积，不会破坏生物洄游区和索饵场的完整性，不会对上述生态保护红线区有明显的影响。因此，项目建设符合广东省生态保护红线管控有关要求。

综上所述，项目建设符合《广东省国土空间规划（2021-2035年）》国土空间开发保护总体格局、符合国土空间规划分区方案和管控要求。

（不公开）

图 9.2.1-3 本项目用海位置与广东省国土空间规划叠加图

9.2.2. 与《湛江市国土空间总体规划（2021-2035年）》符合性分析

2023年9月，湛江市人民政府发布了《湛江市国土空间总体规划（2021-2035年）》（以下简称《规划》）。《规划》全面贯彻落实了《中共中央 国务院关于建立国土空间规划体系并监督实施的若干意见》和《全国国土空间规划纲要（2021-2035年）》《广东省国土空间规划（2021-2035年）》，对湛江市域范围内国土空间开发保护作出了总体安排和综合部署，合理保护与利用了全市国土空间资源，为实施“与海南相向而行”，加快建设省域副中心城市、打造现代化沿海经济带重要发展极提供空间保障，支撑湛江市高质量发展。

《规划》中提出，构建“两核三带多片”的海洋空间格局。依托湛江海湾、海岸带和海岛资源，统筹沿海城镇、港口、产业园区建设与海洋资源开发保护，构建“两核三带多片”的海洋空间格局。重点打造湛江湾海域、徐闻南侧海域

两大海洋功能核心区，建设高效活力的东部海岸带、开放创新的南部海岸带和绿色韧性的西部海岸带，完善多个海洋功能片区。细化海洋功能分区。依据资源环境承载能力和国土空间开发适宜性评价、生态保护红线划定成果，结合社会经济发展需求，划定海洋生态保护区、生态控制区和海洋发展区三类一级分区。海洋发展区可细化为二级分区，包括渔业用海区、交通运输用海区、工矿通信用海区、游憩用海区、特殊利用区和海洋预留区。各类分区按相关规定制定用海指引，明确空间准入、利用方式和保护要求。

根据《湛江市国土空间总体规划（2021-2035 年）》，本项目用海选址位于市域国土空间规划分区的湛江西侧渔业用海区，未涉及其他海域功能分区。渔业用海区是以渔业基础设施建设、养殖和捕捞生产等渔业利用为主要功能导向的海域。本项目用海类型为渔业用海，符合《湛江市国土空间总体规划（2021-2035 年）》划定的海洋功能区类型。项目周边海域的海洋功能分区为生态保护区、交通运输用海区、特殊用海区等，与本项目最近距离为北侧 520m，其他分区与本项目距离均在 860m 以上。

本项目用海类型属于渔业用海，项目用海方式为开放式养殖和人工鱼礁用海，不会改变海域自然属性。项目施工期产生的悬浮泥沙将给周边水域带来一定的污染，但所产生的影响是暂时和局部的，加之悬浮泥沙具有一定的沉降性能，随着施工作业结束，悬浮泥沙将慢慢沉降，工程海区的水质会逐渐恢复原有的水平。项目实施后对周边海洋功能分区潮流场、水动力条件等基本无影响，不会导致淤积，不会破坏生物洄游区和索饵场的完整性，不会对项目周边生态保护区、交通运输用海区、特殊用海区产生显著不利影响。

因此，项目建设与《湛江市国土空间总体规划（2021-2035 年）》相关管控要求。

表 9.2.2-1 本项目所在海域及周围海域国土空间规划分区分布状况

序号	国土空间规划分区名称	与本项目位置关系及距离	功能区类型
1	湛江西侧渔业用海区	本项目所在	农渔业区
2	广东雷州珍稀海洋生物国家级自然保护区生态保护区	北侧 520m	生态保护区
3	乌石港-流沙港交通运输用海区	东南侧 860m	交通运输
4	乌石人工鱼礁重要渔业资源产卵场生态保护区	东侧 2095m	生态保护区
5	雷州市经济开发区 C 区特殊用海	西南侧 3948m	特殊用海区

	区	
--	---	--

（不公开）

图 9.2.2-1 项目用海与国土空间规划叠置图

9.2.3. 与《雷州市国土空间总体规划（2021-2035 年）》的相符性分析

2025 年 2 月 27 日，雷州市人民政府发布了《雷州市国土空间总体规划（2021-2035 年）》（以下简称《规划》）。《规划》为全面贯彻落实《中共中央国务院关于建立国土空间规划体系并监督实施的若干意见》（中发〔2019〕18 号）、《中共广东省委广东省人民政府印发〈关于建立国土空间规划体系并监督实施的若干措施〉的通知》（粤发〔2021〕5 号），对雷州市域范围内国土空间开发保护作出总体安排和综合部署，合理保护与利用全市国土空间资源，为实施建设国家历史文化名城，广东与海南相向发展重要腹地，沿海经济带西翼重要增长极提供空间保障，支撑雷州市高质量发展。

根据《雷州市国土空间总体规划（2021-2035 年）》海洋空间格局内容，要坚持生态保护优先、陆海统筹的原则，保障重点区域产业发展需求，海洋功能分区由以传统渔业用海为主向多元化用海类型转变。构建东、西两侧海洋生态保护屏障。优先保障海洋生态保护需求，统筹布局海洋生态空间，重点保护沙源流失极脆弱区、重要河口、红树林、珍稀濒危物种等重要生态系统及生物资源。建设绿色低碳的东部海洋发展区。夯实传统渔业基础，加强现代渔业布局和基础设施建设，引领传统养殖活动转型升级。开发海砂资源，推动海洋资源综合利用。打造韧性活力的西部海洋发展区。依托雷州西海岸的滨海沙滩、渔港、海岛、珍稀海洋生物等资源禀赋，打造以生态观光、休闲度假为主的北部滨海旅游功能片区。南部依托雷州港乌石作业区和乌石油田群，谋划布局临港产业园，充分发挥港口物流、海洋装备制造等功能，深入推动海洋油气等能源开采，积极带动上下游产业发展。依托海洋渔业资源优势，推动谋划中远海海洋牧场建设，积极打造“海上粮仓”。

本项目用海选址位于《雷州市国土空间总体规划（2021-2035 年）》县域国土空间规划格局中的海洋发展板块，不涉及雷州市生态保护红线。项目周边海域的生态保护红线区与本项目最近的为北侧 520m 广东雷州珍稀海洋生物国家级自然保护区生态保护区，其他生态保护红线区与本项目距离均在 2km 以上。

本项目用海类型属于渔业用海，项目建设有利于依托海洋渔业资源优势，推动谋划中远海海洋牧场建设，积极打造“海上粮仓”。项目用海方式为开放式养殖和人工鱼礁用海，不会改变海域自然属性。项目施工期产生的悬浮泥沙将给周边水域带来一定的污染，但所产生的影响是暂时和局部的，加之悬浮泥沙具有一定的沉降性能，随着施工作业结束，悬浮泥沙将慢慢沉降，工程海区的水质会逐渐恢复原有的水平。项目实施后对周边海洋功能分区潮流场、水动力条件等基本无影响，不会导致淤积，不会破坏生物洄游区和索饵场的完整性，不会对项目周边生态保护区产生显著不利影响。

因此，项目建设与《雷州市国土空间总体规划（2021-2035年）》是相符合的。

表 9.2.3-1 本项目与周围生态保护红线位置关系

序号	生态保护红线名称	与本项目位置关系及距离
1	广东雷州珍稀海洋生物国家级自然保护区	北侧 520m
2	乌石人工鱼礁重要渔业资源产卵场	东侧 2095m
3	湛江雷州海草地方级自然保护区	东南侧 2850m

（不公开）

图 9.2.3-1 项目与雷州市国土空间规划县域生态保护红线叠置图

9.2.4. 与《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》的相符性分析

根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》，本项目所在的海洋功能分区为湛江西侧渔业用海区，本项目为现代化海洋牧场建设项目，建设内容为建设内容为深水网箱养殖、桁架网箱养殖、筏式养殖和人工鱼礁，符合所在的海洋功能分区的用海类型及管控要求，项目与所在海洋功能分区的海域管理和海洋环境保护相符性情况详见表 9.2.3-1。

表 9.2.3-1 与《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》相符性情况

名称	管控要求	符合性分析
湛江西侧渔业用海区	空间准入 1.允许渔业基础设施、增养殖、捕捞等用海； 2.可兼容固体矿产用海、海底电缆管道、航运、海洋保护修复及海岸防护工程等用海； 3.优先保障军事用海及军事设施安全；保障乌石油田群项目的用海需求。	符合。本项目主要建设内容包括深水网箱、筏式养殖和人工鱼礁，属于渔业基础设施、增养殖等用海。

名称	管控要求		符合性分析
	利用方式	1.允许适度改变海域自然属性； 2.渔业基础设施用海要优化渔港平面布局，鼓励建设透水式构筑物；增养殖活动应避免航道，不得妨碍海上交通及海底电缆管道的安全；捕捞海域禁止炸鱼等破坏性活动； 3.禁止养殖活动侵占渔港进出港航道及影响渔港正常运营；严格控制河口海域的围海养殖，维护河口防洪纳潮功能。	符合。本项目用海类型为开放式养殖用海、人工鱼礁用海，用海方式为透水构筑物、开放式养殖。项目不占用现状航道和沿海船舶公共航道，符合航道保护管理相关规定。不影响海底电缆管道的安全，无破坏性活动，不影响河口防洪纳潮功能。
	保护要求	1.积极防治海水污染，禁止在渔业用海区内进行有碍渔业生产或污染水域环境的活动；鼓励推广发展生态养殖模式，合理规划养殖规模、密度和结构，保障渔业资源可持续发展； 2.切实保护严格保护岸线； 3.严格保护岸线所在的潮间带区域，以保护修复目标为主，保障潮间带自然特征不改变、面积不减少、生态功能不降低； 4.保护和合理利用无居民海岛资源； 5.保护红树林、砂质海岸、淤泥质岸滩及其生境。	符合。本项目用海方式为透水构筑物、开放式养殖；项目建设和运营对海水环境影响较小且影响可控，对渔业生产活动无影响，筏架养殖区采用生态养殖模式，养殖密度和结构均符合渔业相关规范和标准；不涉及严格保护岸线，不影响潮间带结构和功能；不涉及无居民海岛；不影响红树林、海岸等区域。
	其他要求	——	
广东雷州珍稀海洋生物国家级自然保护区生态保护区	空间准入	1.自然保护地核心区原则上禁止人为活动；生态保护红线内自然保护地核心区外的区域禁止开发性、生产性建设活动，可在有效实施用途管制、不影响生态系统功能的前提下，开展适度的生态旅游、科普宣教，经依法批准的标本采集，生态修复等有限人为活动； 2.生态保护红线外的区域强化生态保育和生态建设，可开展生态保护红线允许的用海活动以及开发利用后生态功能可自然恢复的必要用海活动。	符合。本项目位于生态保护红线外，建设人工鱼礁有利于工程区附近海域海洋保护修复，符合空间准入要求。
	利用方式	自然保护地核心保护区禁止改变海域自然属性，其他区域严格限制改变海域自然属性。	符合。本项目位于生态保护红线外，项目建设和运营不改变海域自然属性。
	保护要求	1.重点保护珍稀濒危物种及其生境，保护红树林、珊瑚礁及其生境； 2.切实保护严格保护岸线； 3.保护潮间带。	符合。本项目位于渔业用海区，不影响珍稀濒危物种及其生境，不影响红树林、珊瑚礁及其生境。项目不占用岸线，不影响潮间带。
	其他要求	加强生态保护红线内人为活动对生态环境影响的监督。	符合。本项目位于生态保护红线外，项目建设和运营对生态环境影响较小。
乌石人工鱼礁	空间准入	禁止开发性、生产性建设活动，可在有效实施用途管制、不影响生态系统功能的前提下，	符合。本项目位于生态保护红线外，建设人工鱼礁有利于工程区附近海

名称	管控要求		符合性分析
重要渔业资源产卵场生态保护区		开展适度的生态旅游、科普宣教，经依法批准的标本采集、生态修复等有限人为活动。	域海洋保护修复，符合空间准入要求。
	利用方式	严格限制改变海域自然属性。	符合。本项目位于生态保护红线外，项目建设和运营不改变海域自然属性。
	保护要求	重点保护重要渔业资源产卵场。	符合。本项目位于生态保护红线外，项目建设和运营不影响重要渔业资源产卵场。
	其他要求	加强生态保护红线内人为活动对生态环境影响的监督。	符合。本项目位于生态保护红线外，项目建设和运营对生态环境影响较小。
乌石港-流沙港交通运输用海区	空间准入	1.允许港口、航运等用海； 2.可兼容工业、海底电缆管道等用海； 3.在未开发利用之前可兼容开放式养殖等增养殖用海； 4.探索推进海域立体分层设权，交通运输与海底电缆管道等用海空间可立体利用。	符合。本项目用海类型为开放式养殖用海、人工鱼礁用海，用海方式为透水构筑物、开放式养殖。项目不占用现状航道和沿海船舶公共航道，符合航道保护管理相关规定。不影响海底电缆管道的安全，无破坏性活动，不影响河口防洪纳潮功能。
	利用方式	1.允许适度改变海域自然属性； 2.优化港区平面布置，节约集约利用海域资源； 3.保障进出港航道畅通； 4.严禁在航道、锚地内进行增养殖、捕捞，以及建设构筑物等； 5.改善区域水动力条件和泥沙冲淤环境。	符合。本项目用海类型为开放式养殖用海、人工鱼礁用海，用海方式为透水构筑物、开放式养殖。项目不占用现状航道和沿海船舶公共航道，符合航道保护管理相关规定。对区域水动力条件和泥沙冲淤环境影响较小。
	保护要求	1.加强港口综合治理，减少对周边功能区环境影响；维护和改善港口用海区和航运用海区原有的水动力和泥沙冲淤环境； 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.保护红树林、淤泥质海滩及其生境。	符合。本项目用海类型为开放式养殖用海、人工鱼礁用海，用海方式为透水构筑物、开放式养殖。项目不占用现状航道和沿海船舶公共航道，符合航道保护管理相关规定。对区域水动力条件和泥沙冲淤环境影响较小。项目不占用岸线。不影响潮间带区域，不影响红树林、淤泥质海滩及其生境。
	其他要求	——	

(不公开)

图 9.2.1-1 项目与《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》位置关系示意图

9.2.5. 与《广东省近岸海域环境功能区划》的相符性分析

根据《广东省近岸海域环境功能区划》（粤府办〔1999〕68号）和《关于调整湛江市近岸海域环境功能区划有关问题的复函》（粤办函〔2007〕344号），项目所在近岸海域环境功能区划为“G99 湛江近岸海域环境保护留用区”，属于一类功能区。《近岸海域环境功能区管理办法》要求“一类近岸海域环境功能区执行一类海水水质标准；在一、二类近岸海域环境功能区内，禁止兴建污染环境、破坏景观的海岸工程建设项目。”

本项目不涉及陆域，不属于海岸工程，建设内容包括深水网箱养殖、桁架网箱养殖、生态养殖围栏、筏式养殖和人工鱼礁，人工鱼礁具有保护当地海域重要渔业品种的产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道，修复海洋生物栖息地和保护海洋生态、增殖和恢复渔业资源的功能；深水网箱、生态围栏养殖和筏式养殖是推进湛江开展现代化海洋牧场建设，打造“粤海粮仓”的重要举措，对修复保护渔场、维护海洋生态环境稳定、带动现代渔业发展具有重要意义。

根据模型数值模拟结果，工程施工对工程区海域的环境质量不会产生明显影响，项目营运期通过加强环境管理及开展海洋环境的跟踪监测，对周边海域的海洋生态环境影响较小。因此本项目建设符合《广东省近岸海域环境功能区划》相关管控要求。

9.2.6. 与《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035年）》符合性分析

《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035年）》（以下简称《规划》）是国土空间规划的重要专项规划，是一定时期省域国土空间生态修复任务的总纲和空间指引，是实施国土空间生态保护修复的重要依据。《规划》以筑牢生态安全屏障，构建具有全球意义的生物多样性保护网络和支撑高质量发展为愿景，着力将广东建设成为“全球生物多样性保护实践区，我国山水林田湖草沙系统治理示范区，人与自然和谐共生现代化先行区”，推进国土空间的生态保护、修复与价值转换。

通过将项目位置与《规划》的附图叠加分析，项目位于《规划》蓝色海洋生态屏障生态保护修复单元中的重要海湾生态系统保护修复区——雷州半岛西部

滨海湿地和热带季雨林保护修复区。《规划》提出，雷州半岛西部滨海湿地和热带季雨林保护修复要加强雷州半岛西部现有红树林生态系统保护修复，提升红树林生态系统质量，推进互花米草防治，在适合红树林生长的区域营造红树林。完善沿海防护林体系，提升海岸带安全防护能力。加强流沙湾海草床、徐闻珊瑚礁等生态系统的保护修复，加强鸟类栖息地的保护，开展岸线生态修复与海堤生态化建设。

项目选址在雷州市覃斗镇西侧、流沙湾西北侧海域，依托重力式深水网箱养殖、筏式养殖、生态养殖围栏养殖等养殖模式，投放人工鱼礁。人工鱼礁具有保护当地海域重要渔业品种的产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道，修复海洋生物栖息地和保护海洋生态、增殖和恢复渔业资源的功能；深水网箱、生态围栏养殖和筏式养殖是推进湛江开展现代化海洋牧场建设，打造“粤海粮仓”的重要举措，对修复保护渔场、维护海洋生态环境稳定、带动现代渔业发展具有重要意义。项目实施后对雷州半岛西部现有红树林生态系统、沿海防护林体系、流沙湾海草床、徐闻珊瑚礁等生态系统保护和修复影响较小。不涉及鸟类栖息地，对岸线无影响。项目开放式养殖方式能够有效利用海域空间，减少对海洋生态环境的干扰，同时通过科学合理的投喂量和饵料管理，降低养殖污染，符合规划中关于海洋环境保护和生态修复的目标。

综上，本项目建设符合《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035年）》要求。

图 9.2.5-1 项目与广东省国土空间生态修复规划叠加示意图（不公开）

9.2.7. 与《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》的符合性分析

根据《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》（粤环〔2022〕7号）要求，加强海洋生物多样性保护。……加快海洋牧场高质量建设，大力支持生态公益性人工鱼礁建设，充分发挥养护型海洋牧场海洋生态环境修复和渔业资源养护功能……2025年底前，整体推进湛江雷州半岛海域、阳江—茂名—南鹏列岛海域、珠江口海域、惠州—汕尾海域和潮汕—南澎列岛海域五大海洋生物多样性保护优先区建设。

本项目位于湛江雷州半岛西部近岸海域，是现代化海洋牧场建设项目，建设内容包括深水网箱养殖、生态围栏养殖、筏式养殖和人工鱼礁，人工鱼礁具有保护当地海域重要渔业品种的产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道，修复海洋生物栖息地和渔业资源养护功能，能有效改善修复流沙湾海域的海洋生态环境，项目建设有利于加强湛江雷州半岛海域海洋生物多样性保护。。因此项目建设符合《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》的相关要求。

9.2.8. 与《广东省养殖水域滩涂规划（2021-2030年）》的符合性分析

根据《广东省养殖水域滩涂规划（2021-2030年）》（粤农农〔2021〕354号），将全省水域滩涂划分禁止养殖区、限制养殖区、养殖区等三类一级区。经叠图分析（图9.2.7-1），本项目选址位于养殖区，距离最近的限养区为320m，禁养区为2165m，符合该规划的用海布局。

《广东省养殖水域滩涂规划（2021-2030年）》指出：“养殖区中的粤西深蓝渔业区，包括湛江、茂名、阳江等3个地市。提升养殖效益，促进养殖高质量发展，重点建设海陵湾增养殖基地、博贺增养殖基地、雷州半岛东增养殖基地、雷州半岛西增养殖基地建设，大力发展对虾、湛江南珠、阳江蝇、罗非鱼生产、热带特色贝类养殖等。促进养殖与捕捞协调发展，发展水产品精深加工和综合利用，发展休闲渔业，建立现代渔业产业体系。”“养殖区内符合规划的养殖项目，应当科学确定养殖密度，完善环保审批、验收、排污许可证等手续，合理投饵和使用药物，配套排放水处理设备设施，防止造成水域的环境污染，养殖生产应符合《水产养殖质量安全管理规定》的有关要求。”

本项目是现代化海洋牧场建设项目，运营期间不投鱼药，建设内容包括深水网箱养殖、桁架网箱养殖、筏式养殖和人工鱼礁，拟采用先进的养殖技术和设备，以机械化、自动化、智能化装备技术为支撑，高标准地开展海洋牧场建设，能促进雷州半岛西养殖高质量发展。项目网箱布设是按照《深水网箱养殖技术规范》有关要求合理规划养殖密度和规模，正在开展环保相关手续办理。

综上所述，项目建设符合《广东省养殖水域滩涂规划（2021-2030年）》。

（不公开）

图 9.2.7-1 本项目与《广东省养殖水域滩涂规划（2021-2030年）》协调性示意图

9.2.9. 与《湛江市养殖水域滩涂规划（2018-2030年）》相符性分析

根据《湛江市养殖水域滩涂规划（2018-2030年）》（湛府办函〔2019〕32号），本项目选址位于养殖区（见图 9.2.8-1），距离最近的限养区为 320m，禁养区为 2165m，符合该规划的用海布局。

《湛江市养殖水域滩涂规划（2018-2030年）》文件中养殖区的管理要求如下：

1) 完善养殖审批管理。规范水域滩涂养殖发证登记工作。完善全民所有养殖水域、滩涂使用审批，健全使用权的招、拍、挂等交易制度；推进集体所有养殖水域、滩涂承包经营权的确权工作。2) 强化养殖生产管理。养殖区内符合规划的养殖项目，应当完成环保审批、验收等手续，科学确定养殖密度、合理投饵和使用药物，配套排放水处理设备设施，防止造成水域的环境污染，养殖生产应符合《水产养殖质量安全管理规定》的有关要求，依法规范、限制抗生素、激素类化学药品的使用。3) 加强渔政执法查处无证养殖，对非法侵占养殖水域滩涂行为进行处理，规范养殖水域滩涂开发利用秩序，强化社会监督。4) 加强水产品质量安全管理以“最严谨的标准、最严格的监管、最严厉的处罚、最严肃的问责”作为水产品质量安全体系建设的总体思路，建立健全层级负责的水产品质量安全管理体系，完善市、县（市、区）、镇二级水产品质量安全官方检测和企业自检的监测体系，建立健全水产品质量安全信息监管平台，强化执法监督。

本项目为现代化海洋牧场建设项目，建设内容包括深水网箱养殖、桁架网箱养殖、筏式养殖和人工鱼礁，营运期间科学投喂深水网箱养殖的人工饵料，深水网箱养殖的网箱布设是按照《深水网箱养殖技术规范》有关要求科学确定养殖密度，对所在海域的海水水质、沉积物及生物质量影响不大，同时筏式养殖过程中不需要投喂饵料，是通过藻类、贝类的滤食功能进行摄食，可有利于降低海水中总氮、总磷含量，人工鱼礁建设具有保护海域渔业资源和生态环境的效益，其建设将有利于流沙湾海域海洋生态环境的改善。因此项目建设符合《湛江市养殖水域滩涂规划（2018-2030年）》的相关要求。

（不公开）

图 9.2.8-1 本项目与《湛江市养殖水域滩涂规划（2018-2030年）》叠加分析示意图

9.3. 与相关规划、环保法规政策的相符性分析

9.3.1. 与《“十四五”全国渔业发展规划》的符合性分析

根据《“十四五”全国渔业发展规划》（农渔发〔2021〕28号）要求，高标准建设现代化海洋牧场。严格落实《国家级海洋牧场示范区建设规划（2017-2025年）》，分批创建国家级海洋牧场示范区。支持山东、海南开展现代化海洋牧场建设试点，在南北方建立具有代表性的海洋牧场示范点，发挥典型示范和辐射带动作用。推进海洋牧场可视化、信息化、智能化建设，开展海洋牧场渔业碳汇研究，创新海洋牧场管护模式，加强效果监测评估，促进海洋牧场建设持续健康发展。

本项目为现代化海洋牧场建设项目，是湛江市打造现代化海洋牧场先行示范市的重要项目，项目建设拟采用先进的养殖技术和设备，以机械化、自动化、智能化装备技术为支撑，高标准地开展海洋牧场、深水网箱养殖建设，因此项目建设符合《“十四五”全国渔业发展规划》相关要求。

9.3.2. 与《广东省海洋经济发展“十四五”规划》的符合性分析

《广东省海洋经济发展“十四五”规划》第四章第三节指出：“**打造现代海洋渔业产业集群**。高质量建设“粤海粮仓”，布局珠三角沿海和粤东粤西两翼深水网箱产业集聚区、海洋牧场示范区建设，加快形成产值超千亿元的海洋渔业产业集群。……持续推进深水网箱养殖，以抗风浪网箱养殖为纽带形成深水网箱制造、安置、苗种繁育、大规格鱼种培育、成鱼养殖、饲料营养、设施配套等环节的产业链条，实现规模化、集约化、产业化经营。支持建设一批深水网箱养殖基地、现代化海洋牧场、水产特色养殖示范基地、休闲渔业示范基地等，重点建设海洋牧场14个。”

本项目为现代化海洋牧场建设项目，建设内容包括深水网箱养殖、桁架网箱养殖、筏式养殖和人工鱼礁，深水网箱养殖拟采用重力式深水网箱、桁架类深水网箱等抗风浪网箱类型进行养殖，其建设有利于粤东地区深水网箱产业集聚、海洋牧场示范区的建设，因此项目建设符合《广东省海洋经济发展“十四五”规划》的相关要求。

9.3.3. 与广东省人工鱼礁相关管理规定的符合性分析

《广东省人工鱼礁管理规定》要求：“各级人民政府应当加强生态公益型、准生态公益型人工鱼礁建设，采取措施鼓励公民、法人和其他组织投资建设开放型人工鱼礁。”“人工鱼礁建造前应当委托具有海洋工程环境影响评估资质的单位进行海洋工程环境影响评估。”“人工鱼礁建设应当符合国家和省人工鱼礁建设技术规范。”

《广东省海洋与渔业局开放型人工鱼礁管理规定》（粤海渔〔2008〕128号）指出：“第九条建设开放型人工鱼礁，应当向县级以上海洋与渔业行政主管部门提出申请，提交海洋工程环境影响评估报告等申请材料。”“第十四条开放型人工鱼礁应当按照《人工鱼礁建设技术规范》进行设计、投放礁体。其他配套设施按照建设利用方案和保护方行建设。”“第二十二条严禁在开放型人工鱼礁区内排放油污、生活污水、固体废弃物等。”

本项目是现代化海洋牧场建设项目，拟在项目东南侧建设人工鱼礁，人工鱼礁建设是按照《人工鱼礁建设技术规范》（SCT9416-2014）和《人工鱼礁建设项目管理细则》（2018年）进行布局设计，且项目正在按规定开展人工鱼礁建造前的海洋工程环境影响评估，项目人工鱼礁建设具有保护当地海域重要渔业品种的产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道，修复海洋生物栖息地和渔业资源养护功能。在项目施工期、运营期，船舶含油废水由船舶含油污水收集设施统一收集上岸后，用泵抽到专用运污船上交由有资质的单位接收处理。船舶生活污水经生活污水收集设施收集上岸后交由有资质的单位进一步进行处理。船舶生活垃圾、废弃养殖材料、病死鱼、废弃防疫药物和废包装袋分类收集上岸后由有资质的单位处理，不会直接排放至人工鱼礁区内。

因此，项目建设符合《广东省人工鱼礁管理规定》《广东省海洋与渔业局开放型人工鱼礁管理规定》的相关要求。

9.3.4. 与《广东省海洋生态保护实施方案》的符合性分析

《广东省海洋生态保护实施方案》指出：“海洋生态保护工程包括海洋保护区建设、增殖放流、海洋牧场建设、人工鱼礁建设工程等。”“推进人工鱼礁区建设，扩大已建人工鱼礁区建设规模，加强人工鱼礁区的养护、管理和效果监测与评估；推动建立海洋牧场示范区，推进增殖放流和海洋牧场效果评估工作。”

本项目是现代化海洋牧场建设项目，建设内容包括深水网箱养殖、桁架网箱养殖、筏式养殖和人工鱼礁，属于方案中推荐建设的海洋生态保护工程，项目人工鱼礁建设具有保护当地海域重要渔业品种的产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道，修复海洋生物栖息地和保护海洋生态、增殖和恢复渔业资源的功能，能有效加强流沙湾海域的海洋生态保护，因此项目建设符合《广东省海洋生态保护实施方案》相关要求。

9.3.5. 与《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》的符合性分析

根据《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》（粤府〔2021〕28号）要求，坚持陆海统筹、综合开发，优化海洋空间功能布局，提升海洋资源开发利用水平，积极拓展蓝色经济发展空间。……实施海洋渔业基础能力提升工程，建设一批现代渔港经济区，**优化海水养殖结构和布局，高标准建设智能渔场、海洋牧场、深水网箱养殖基地**；扶持远洋渔业发展，支持建设海外渔业基地，提高海产品加工能力，积极打造“粤海粮仓”。

本项目为现代化海洋牧场建设项目，建设内容包括深水网箱养殖、桁架网箱养殖、筏式养殖和人工鱼礁，拟采用先进的养殖技术和设备，以机械化、自动化、智能化装备技术为支撑，高标准地开展海洋牧场、深水网箱养殖建设，有利于提升所处海域的渔业基础能力，因此项目建设符合《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》的相关要求。

9.3.6. 与《湛江市国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》的符合性分析

根据《湛江市国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》（湛府〔2021〕36号）指出：“加快发展现代渔业。**把海洋牧场作为现代渔业发展的核心**，推动传统渔业向现代渔业转型、近海滩涂养殖向**深海网箱养殖转变**。加快建设**国家级海洋牧场人工鱼礁示范区**和湛江硇洲、遂溪江洪**国家级海洋牧场示范区**，推进建设遂溪盐灶、吴川博茂、徐闻外罗海洋牧场项目，规划建设通明湾等现代渔业产业园、深水网箱产业园，**打造深海网箱养殖优势产业带……。**”

相符性分析：本项目是现代化海洋牧场建设项目，建设内容包括深水网箱养殖、桁架网箱养殖、筏式养殖和人工鱼礁，项目建设有利于湛江市加快发展现代渔业，打造深海网箱养殖优势产业带。因此项目建设符合《湛江市国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》的相关要求。

9.3.14 与《湛江市生态环境保护“十四五”规划》的符合性分析

根据《湛江市生态环境保护“十四五”规划》第 59 条要求，加强海岸、海洋生态修复……提升红树林等海洋自然保护地管护水平，加大重要渔业水域和候鸟迁徙路线、栖息地保护力度，**建设海洋牧场和人工鱼礁工程**。严格控制海洋捕捞强度，大力增殖和养护海洋生物资源。

相符性分析：本项目是现代化海洋牧场建设项目，建设内容包括深水网箱养殖、桁架网箱养殖、筏式养殖和人工鱼礁，人工鱼礁具有保护当地海域重要渔业品种的产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道，修复海洋生物栖息地和保护海洋生态、增殖和恢复渔业资源的功能，能有效加强流沙湾海域的海洋生态修复。因此项目建设符合《湛江市生态环境保护“十四五”规划》的相关要求。

9.3.7. 与《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》的符合性分析

为加快推动我省现代化海洋牧场高质量发展，广东省自然资源厅 2023 年 7 月颁布的《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》，该通知提出：统筹优化省管海域内现代化海洋牧场空间布局，科学规划 10 米等深线以深至领海线的“中海”养殖空间，逐步推动现代化海洋牧场向“深远海”发展，保障现代化海洋牧场高质量发展的海域空间需求；在保障海域基本功能且用海活动互不排斥的前提下，支持渔业用海与游憩用海、工矿通信用海等用海适度兼容，探索休闲渔业、风渔融合、渔光互补等新型现代化海洋牧场项目。在不违反法律法规规定和养殖水域滩涂规划等规划管控要求的前提下，规划拟建的港口、航道、锚地等公共基础设施实施前，其海域空间可安排用于重力式网箱、桁架类网箱及养殖平台等装备型现代化海洋牧场用海活动。本项目为现代化海洋牧场建设，建设内容为人工鱼礁、深水网箱、桁架类网箱、生态养殖围栏和筏架吊样，建设湛江市流沙湾 1 号海域现代化海洋牧场，是向海图强，打造现

代化海洋牧场先行示范市，建设具有湛江特色的现代化海洋牧场发展之路的选择。

因此，本项目建设与《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》相符合。

9.4.与“生态环境分区管控方案”相符性分析

9.4.1.与广东省生态环境分区管控方案的符合性分析

虽然国家层面已逐步以“生态环境分区管控”体系替代“三线一单”的技术名称和部分操作指南（如《生态环境分区管控技术指南总纲（HJ1430-2025）》于2026年3月1日正式实施），但这属于制度升级和名称调整，并不等于广东省“三线一单”文件本身被废止。广东省仍依据该方案开展相关管理工作，直至新体系全面衔接。

《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》（粤府〔2020〕71号）原印发日期为2020年12月29日，自2021年1月1日起施行，初始有效期为5年。广东省人民政府于2025年11月23日发布通知（粤府函〔2025〕248号），决定将《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》（粤府〔2020〕71号）的有效期延长至2028年6月30日。

根据广东省人民政府关于延长《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》有效期的通知（粤府函〔2025〕248号），以及《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），以及项目与广东省“三线一单”生态环境分区图叠图分析结果，本项目选址用海属于海域环境管控单元的“乌石-西连农渔业区（HY44080030022）”，为“一般管控单元”。本项目不涉及陆域施工营地，不涉及陆域环境管控单元。

本项目为现代化海洋牧场建设项目，不涉及生态保护红线，建设内容包括深水网箱养殖、生态围栏养殖、筏式养殖和人工鱼礁，人工鱼礁具有保护当地海域重要渔业品种的产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道，修复海洋生物栖息地和保护海洋生态、增殖和恢复渔业资源的功能，能有效改善流沙湾海域的海洋生态环境。同时本项目不占用岸线，也不属于高能耗、高污染项目，因此符合生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线要求。项目建设符合广东省生态环境分区管控方案及相关管控要求。

9.4.2. 与湛江市生态环境分区管控方案的符合性分析

根据《湛江市人民政府关于印发湛江市“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》（湛府〔2021〕30号），《湛江市生态环境局关于印发湛江市2022年“三线一单”生态环境分区管控成果更新调整成果的通知》（湛环函〔2023〕7号），本项目建设不涉及陆域，全部位于海域，仅涉及海域管控分区，不涉及水环境管控分区、大气环境管控分区。项目所在位置海域管控分区为乌石-西连农渔业区（HY44080030022），属于一般管控单元。

本项目与管控单元管控要求的相符性分析见表9.4.2-1所示，乌石-西连农渔业区的区域布局管控要求为：1-1.开发利用海洋资源，应当根据海洋功能区划合理布局，不得造成海洋生态环境破坏。本项目为现代化海洋牧场建设项目，所在的海洋功能区为乌石-西连农渔业区，项目用海属于“农渔业区”用海。污染物排放管控要求为：3-1.海水养殖应当科学确定养殖密度，并应当合理投饵、施肥，正确使用药物，防止造成海洋环境的污染。本项目建设内容包括深水网箱养殖、筏式养殖和人工鱼礁，深水网箱养殖的网箱布设是按照《深水网箱养殖技术规范》有关要求合理规划养殖密度和规模，项目运营期间将选择合适的饵料，正确进行投喂，项目不使用鱼药，且所处海域海水交换能力比较强，养殖活动对周边海洋环境基本不产生影响。项目建设符合该管控单元的区域布局管控、污染物排放管控要求。

因此，项目建设符合湛江市生态环境分区管控方案及相关管控要求。

表 9.4.2-1 本项目与“三线一单”管控要求相符性分析

管控维度	管控要求（摘选与本项目建设相关的内容）	本项目	相符性
海域环境管控单元：乌石-西连农渔业区（HY44080030022）			
区域布局管控	1-1.开发利用海洋资源，应当根据海洋功能区划合理布局，不得造成海洋生态环境破坏。	本项目为现代化海洋牧场建设项目，所在的海洋功能区为乌石-西连农渔业区，项目用海属于“农渔业区”用海。	相符
污染物排放管控	3-1.海水养殖应当科学确定养殖密度，并应当合理投饵、施肥，正确使用药物，防止造成海洋环境的污染。	本项目建设内容包括深水网箱养殖、筏式养殖和人工鱼礁，深水网箱养殖的网箱布设是按照《深水网箱养殖技术规范》有关要求合理规划养殖密度和规模，项目运营期间将选择合适的饵料，正确进行投喂，项目不使用鱼药，且所处海域海水交换能	相符

		力比较强，养殖活动对周边海洋环境基本不产生影响。
--	--	--------------------------

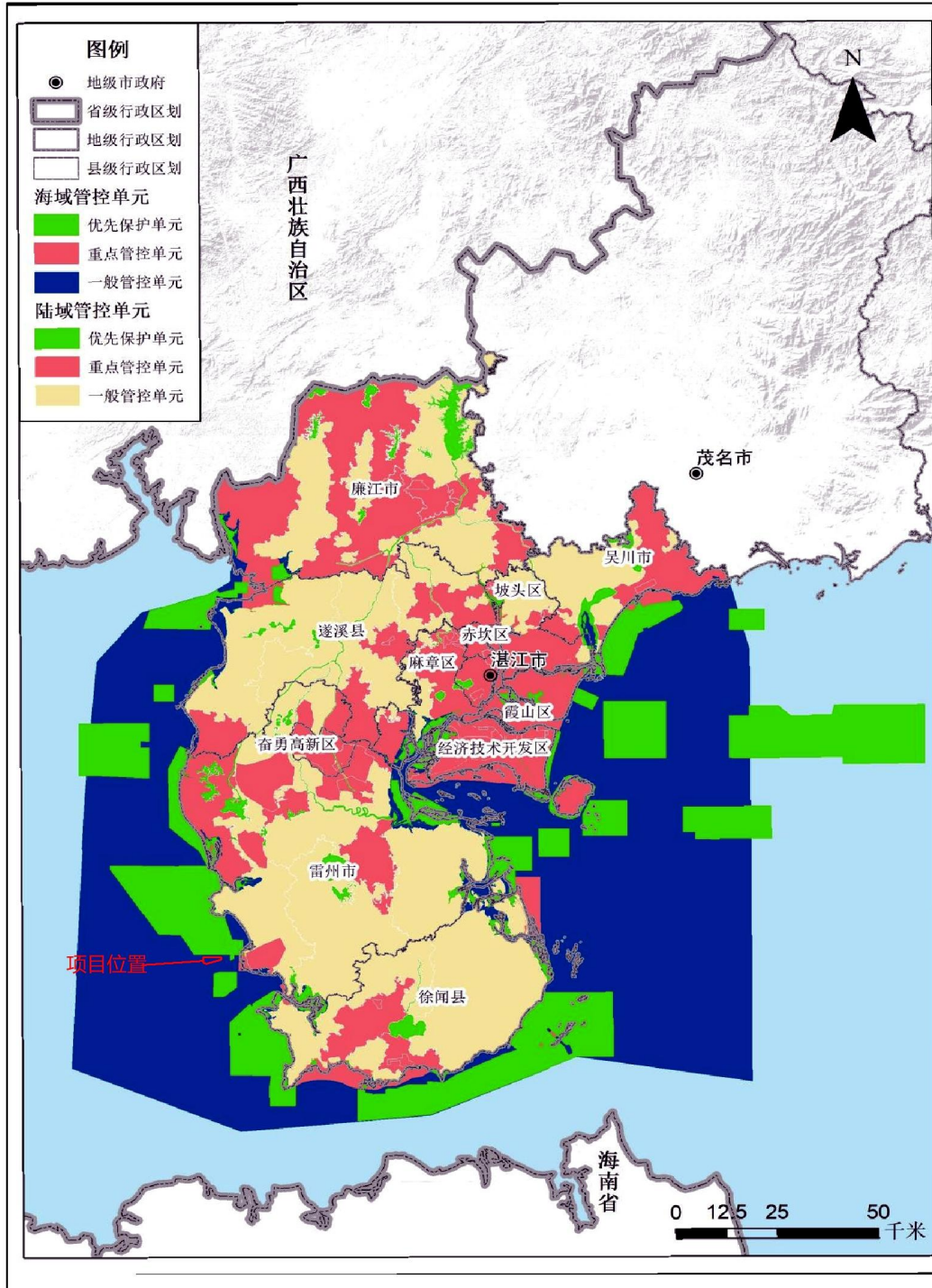


图 9.4.2-1 项目与湛江市“三线一单”生态环境分区管控方案位置关系图

10. 环境影响经济损益分析

10.1. 环境保护设施和对策措施的费用估算

本报告拟采取的污染防治措施主要针对会对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。

根据本评价以上提出的各项环境保护措施，以确保施工期和运营期所制定的环境保护目标顺利实现为前提，对建设项目拟采取的污染防治和生态保护措施进行投资估算，本次评价所提出各项污染措施费用约为 172.39 万元，项目总投资约 7.3173 亿元，占总投资的 0.24%，详见下表所示。环保投资比例合理，从经济角度论证，该环境保护措施投资对建设单位来讲是可接受的。

表 10.1-1 项目环保投资概算一览表

阶段	项目	单价(万元)	数量	金额(万元)
施工期	施工期环境监测（3 年）	20 万元/次	3 次	60
	固体废物收集设施	5	1 套	5
	污水处置措施	5	1 套	5
运营期	船舶污水收集设施	20	1 套	20
	溢油回收设施（含围油栏、撇油器、吸油材、消油剂及消油剂喷洒装置等）	30	1 套	30
	固体废物收集设施	5	1 套	5
	运营期跟踪监测（2 年）	20 万元/次	2 次	40
	海洋生物资源补偿	/	/	7.39
合计		/	/	172.39

10.2. 环境保护的经济损益分析

10.2.1. 项目施工对附近海域生态环境的影响

项目施工期间，网箱安装、网箱固定施工作业时选择中、小潮、海况好的时间施工，减少施工期悬浮泥沙扩散；含油污水经船舶含油污水收集舱集中收集，施工船舶靠岸后，含油污水用泵抽到专用运污船上交有资质的单位进一步进行处理。施施工人员生活污水由施工船舶自备的临时污水储存柜收集上岸后交有资质的单位进一步进行处理；施工人员的生活垃圾经收集打包交由有资质的单位处理，不向海洋排放，对海域水生态环境及底质环境不会产生影响，也不会对生

物带来危害。

10.2.2. 营运期对环境的影响

项目运营期间网箱养殖投饵料和鱼类排泄物对生态环境产生一定影响，可通过控制养殖密度，采用优质的浮性饲料，减少饲料的投喂量，来降低对水域水质的影响。工作船舶含油经船舶含油污水收集舱集中收集，船舶靠岸后，含油污水用泵抽到专用运污船上交有资质的单位进一步进行处理，生活污水应配备专门的容器集中收集上岸后交有资质的单位进一步进行处理，生活垃圾、废弃养殖材料、病死鱼、废弃防疫药物和废包装袋分类收集后交由有资质的单位进行收集处置。本项目产生的污水不直接排放入海，固体废弃物禁止入海，因此对海洋生态环境的影响不大。

10.2.3. 环境直接、间接经济收益分析

环境经济收益是指在采取环境保护措施后所得到的直接和间接效益。直接效益为资源、能源的回收利用所产生的收益；间接效益为由于污染物的适当排出所削减的环境经济损失。对本建设工程来说，环境经济效益只由间接效益组成。

根据本报告前述章节的相关分析可知，在不采取任何环保措施的情况下，工程环境污染的范围和程度将成倍增大，资源的损失和环境污染损失也同样以倍数增加；在采取环境保护措施后，可以使建设工程产生的环境影响被控制在最小范围和最低程度，进而也能在一定程度上减少资源的损失。因此，建设工程污染防治措施的环境经济效益还是比较明显的。

本工程的实施，能产生较大的社会效益和经济效益，项目建设是充分利用湛江海洋资源优势，打造湛江市深海养殖基地，推进海洋综合开发示范区建设，以科技创新能力促进传统海洋渔业向现代海洋渔业升级。项目通过基地化、健康化、集约化的海水养殖基地以及国家级标准化健康养殖示范基地示范推广，带动湛江近岸海水网箱养殖产业集群逐步向深水海区转移，形成健康、安全、高效，科技含量高、经济价值高的深水网箱养殖产业集群，加快湛江市海洋经济发展，推进海洋经济强市建设，增加就业。本项目具有良好的社会效益。

10.3. 环境保护的技术经济合理性

10.3.1. 环境保护技术可行性分析

本项目拟采取的施工工艺和环保措施均为技术上较成熟的工艺和措施，技术上是可行的。目前湛江已有多家具有船舶含油污水和船舶垃圾接收处置的资质单位。本工程施工船舶污染物可与这些资质单位签定协议，实行有偿服务。因此，本项目施工船舶污染物的防治措施是可行的。

有关施工期大气污染防治和噪声防治及管理的措施，均是按照当地环境管理要求和项目特点提出的，具有较好的操作性。

报告提出的工程设计和管理中各类的措施，简单成熟，可操作性较强，从工程经济和技术上是可行的。

生态补偿方案由当地自然资源行政主管部门统一监督，委托有资质的单位进行增殖方案制定、论证和资源研究，有利于科学合理的制定增殖放流方案，可操作性较强。

10.3.2. 环境保护经济可行性分析

本工程建成后，能产生较大的社会效益和经济效益。通过与项目涉及利益相关者的协调，本项目对利益相关者的影响较小，项目建设受到各方的支持；项目投资对区域经济社会发展具有拉动作用，对本地居民生活水平、就业、基础设施、城市容量及城镇化进程产生的正面影响。

同时，本工程的施工建设和营运会给项目所在海域环境带来一定负面的影响，将不可避免的对海洋生物资源造成一定的损失，并由此带来一定的经济损失，但是，与本工程带来社会效益比较而言，这些由环境影响造成的经济损失是可以接受的。同时，在项目施工建设和将来运营生产中，建设单位也将采取一定的环境保护措施来降低环境污染，实现清洁生产，努力将环境影响控制在最小范围和最低程度，并且这些环保措施是该类工程建设应用比较成熟的技术措施。因此，项目所采取的污染防治方法与环境保护措施在技术、经济上是合理的、可行的。

10.4. “三同时”环保设施验收一览表

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。本项目环保验收内容见下表。

表 10.4-1 项目“三同时”环保验收内容一览表

时期	环境要素	污染源	主要污染物	验收内容		责任主体
				主要污染防治措施	验收标准	
施工期	水环境	船舶舱底油污水	石油类	船舶收集后，交由资质的单位进行处理，不得向海域排放。	收集后交由资质的单位进行处理，不得向海域排放。	建设单位和施工单位
		船舶生活污水	COD、BOD、SS、氨氮、动植物油	污水储存柜（船舶）收集上岸后交由资质的单位进行处理	污水储存柜（船舶）收集上岸后交由资质的单位进行处理	
		鱼礁投放、座底式桁架养殖试验平台桩腿固定、网箱安装固定、吊养养殖固定	SS	加强施工管理，自然沉降	/	
	海洋生态	/	/	与主管部门协商制定生态补偿方案	/	
	大气环境	施工船舶	SO ₂ 、烟尘和 NO _x	采用低硫燃料	/	
	声环境	施工船舶、施工机械	等效连续 A 声级	加强施工作业管理，杜绝夜间施工	/	
	固体废物	生活垃圾	生活垃圾	交由资质的单位接收处理	交由资质的单位接收处理	
		建筑垃圾	建筑垃圾	交由资质的单位处置利用	交由资质的单位处置利用	
	环境风险	/	/	编制应急预案，配置应急设施、物资，有效防范环境风险，对突发事件进行有效的应急处置		
	环境监测	/	/	按监测计划开展施工期监测，提供施工期监测报告		
营运期	水环境	网箱清洗废水	海洋生物等附着物	网衣清洗环节由养殖企业上岸处理	网衣清洗环节由养殖企业上岸处理	建设单位
		生活污水	COD、BOD、SS、氨氮	集中收集后，上岸后经市政污水运输车运输至污水处理厂处理	集中收集后，上岸后经市政污水运输车运输至污水处理厂处理	

时期	环境要素	污染源	主要污染物	验收内容		责任主体
				主要污染防治措施	验收标准	
		含油污水	石油类	船舶靠岸后，交由有资质的单位进一步进行处理	船舶靠岸后，交由有资质的单位进一步进行处理	
		养殖污染物	饲料、鱼粪、化学需氧量、无机氮、活性磷酸盐、总氮、总磷等	控制养殖密度，优化养殖环境，科学投喂，自然排海	/	
	海洋生态	/	/	与主管部门协商制定生态补偿方案	/	
	大气环境	船舶行驶、柴油发电机	SO ₂ 、烟尘和 NO _x	采用低硫燃料	/	
	声环境	船舶行驶	等效连续 A 声级	加强船舶维护与保养	/	
	固体废物	生活垃圾	生活垃圾	集中收集上岸，交由有资质的单位处理	集中收集上岸，交由有资质的单位处理	
		病死鱼	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	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	
		废弃养殖材料	废旧网衣、废旧塑料管等	交由有资质的单位进行处理	交由有资质的单位进行处理	
		废弃防疫药物，废包装袋	废弃防疫药物，废包装袋	交由有资质的单位进行处理	交由有资质的单位进行处理	
	环境风险	/	/	编制应急预案，配置应急设施、物资，有效防范环境风险，对突发事件进行有效的应急处置		
	环境监测	/	/	按监测计划开展运营期监测，提供运营期监测报告		

11. 环境管理与监测计划

11.1. 环境管理

11.1.1. 管理机构及职责

本工程环境管理由建设单位设立的环境管理机构负责，建设单位业务上接受生态环境部门的指导和监督。环保管理机构承担以下环境管理职责：

①在建设单位与施工单位签订的工程承包合同中，应包括有关环境保护的条款，建立明确的环境保护责任制，如施工队伍临时生活设施产生的污水、生活垃圾的管理；施工时产生的各种固体废弃物的处置等；施工期间建设单位可在当地环保部门的指导和授权下对上述问题进行严格管理。

②因地制宜利用各种形式向施工人员宣传国家的有关环保法规、条例，增强广大施工人员的环境保护意识，使大家都能自觉参与各项环保活动，认真执行各项环保法规。

③根据施工期存在的主要环境问题，制定《施工期环境保护管理条例细则》，并在施工场地张贴公告，告知施工负责人和施工人员。环境管理人员应经常到施工现场检查，发现问题要及时纠正。对那些违反管理条例的人员要进行宣传教育，对严重违犯者，除进行严肃的批评外，必要时可进行经济处罚。

④各施工地点应有环保管理人员在施工现场跟踪监控管理，检查环保措施的实施情况。例如检查施工时间安排是否合理，施工噪声是否超标；施工废水和生活污水的是否做到集中统一收集等。一旦发现问题，应立即采取必要措施加以纠正，同时对责任人进行批评教育，并按制定的施工期环境保护管理条例进行相应的经济处罚。

⑤环境管理人员要与施工质量监理工程师密切配合，对建设项目各项环保设施的施工质量和进度要跟踪检查，确保符合环保主管部门对项目进行“三同时”验收的各项要求。

⑥加强与环保主管部门的沟通和联系，主动接受主管部门的管理、监督和指导，同时还应接受公众的监督和指导。

11.1.2. 环境管理计划

(1) 初步设计和施工前期环境管理

①环境监理根据具体项目的工艺设计，审核施工工艺中的“三废”排放环节，排放

的主要污染物及设计中采用的治理技术是否先进，治理措施是否可行。污染物的最终处置方法和去向，应在工程前期按有关文件规定和处理要求，做好计划，审核整个工艺是否具有清洁生产的特点，并提出合理建议。

②签订施工承包合同中应包括环境保护的专项条款。在施工招标发包时，应对施工单位的文明施工素质及施工期环境管理水平进行审核，在与中标单位签订施工委托合同时，应将施工期承包单位必须遵循的环境保护有关要求以专项条款方法写入合同文本中，并在施工过程中据此加强监督、检查、减少施工期对环境的污染影响。

（2）施工期环境管理

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到合同内容中是确保环境管理计划实施的前提。除此之外，委托有能力的监理单位进行施工期的环境监理，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和教育培训工作；

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) 人工鱼礁投放、网箱养殖、筏式养殖水泥墩锚块是否采取降低悬浮物的浓度和控制悬浮物扩散的措施；

2) 施工物料堆放、装卸、运输是否按对策措施要求落实；

3) 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；

4) 施工粉尘、噪声是否得到有效防治；

5) 施工期各类废水和垃圾是否进行妥善处理；

6) 落实施工期环境监理制度是否落实；

7) 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、施工单位和生态环境主管部门，反映施工期环境保护措施的落实情况，这即是施工期环境管理的重要成果，也是工程竣工环境保护验收的重要材料。

（3）验收阶段环境管理

①落实环保投资，确保治理措施执行“三同时”和各项环保治理措施达到设计要求；
②组织开展该工程环保设施的竣工验收手续，开展竣工验收监测、编制环保竣工验收报告等工作。

(4) 运营期环境管理

①监督环保设施的正常运行

本工程建设单位应监督各项环保设施的正常运营，杜绝违法向环境排放污染物，对于事故情况下的污染物超标排放，采取及时有效的措施加以控制，同时上报生态环境主管部门。

②监督生态影响防治措施和生态影响补偿措施

监督项目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，是项目环境管理最重要内容之一。

③制订和实施环境监测计划

组织环境监测计划的制订，并做好日常的监测记录工作和定期监测上报工作，通过污染物排放的环境监测来检测环保设施的运行效果，将环保工作落到实处。

④污染事故应急防范

对于突发性污染事故的应急防范，建设单位应成立应急反应指挥小组，制定和实施应急反应计划，配备适当数量的应急设备，将本工程的突发事故应急防范工作与地方的突发事故应急防范工作相衔接，充分利用区域的应急资源，做好污染事故应急防范工作。

⑤宣传、教育和培训

对职工进行环境保护方面的宣传和培训，培养职工保护环境、防止污染的意识。对于环保设施管理与维护人员，定期参加上级主管机构和各级生态环境主管部门组织的职业技术培训，提高其环境管理和技术水平。

11.2. 环境监测计划

为了及时了解和掌握规划养殖区施工和营运期间主要污染源污染物的排放状况，跟踪了解项目所在海域规划区的环境质量变化情况，根据规划实施的实际情况，在施工阶段主要针对养殖项目施工所产生的环境污染进行监测；在规划实施后的营运阶段，对受规划养殖项目影响的环境开展全面监测。本次评价主要根据《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》和《排污单位自行监测技

术指南总则》（HJ819-2017）中的相关要求，提出本项目的施工期和营运期环境监测计划。

11.2.1. 施工期环境监测计划

为及时了解和掌握建设项目施工期主要污染源污染物的排放状况，项目建设单位应定期委托有 CMA 资质的环境监测单位对施工期主要污染源排放的污染物进行监测。

11.2.1.1. 监测点位

监测点位主要选择在工程区及其附近海域进行监测，监测站位主要选择在施工区等所在海域进行监测，在施工期工程区附近海域设置监测点，共设 6 个点（监测过程中可视情况做适当的调整），施工期主要对附近海域海洋环境的变化进行监测。具体见图 11.2-1 和表 11.2-1。

表 11.2-1 监测点位一览表

监测点位	经度	纬度	监测内容
S1	109.735264°E	20.522250°N	水质、沉积物、海洋生态
S2	109.760649°E	20.525523°N	水质、沉积物、海洋生态
S3	109.700138°E	20.521574°N	水质、沉积物、海洋生态
S4	109.742220°E	20.547565°N	水质、沉积物、海洋生态
S5	109.782028°E	20.526013°N	水质、沉积物、海洋生态
S6	109.743341°E	20.494027°N	水质、沉积物、海洋生态

（不公开）

图 11.2-1 监测点位位置示意图

11.2.1.2. 监测项目

（1）水质：水温、pH、COD、SS、石油类、盐度、硫化物、无机氮、磷酸盐、重金属（铜、铅、锌、镉等）、石油类。

（2）海洋沉积物：有机质、硫化物、铜、铅、总汞、石油类、重金属（铜、铅、锌、镉等）。

（3）生物质量监测项目：石油烃、铜、铅、镉、锌、总汞、砷和铬等；

（4）海洋生态：叶绿素 a 及初级生产力、浮游植物、浮游动物、鱼卵和仔鱼、底栖生物、渔业资源。

11.2.1.3. 监测频次

施工期至少每季度监测一次，在施工结束后、项目正式运营前需开展一次监测。

在施工初期，可根据工程规模、工程所处海域自然环境状况、污染物排放量等情况，适当增加特征污染物的监测频次。

11.2.1.4. 监测方法

按照《海洋调查规范》和《海洋监测规范》的要求进行。其中，应重点监测施工区由人工鱼礁投放引起的水质变化，以便及时采取相应措施。

11.2.2. 运营期环境监测计划

11.2.2.1. 监测范围与监测点位

施工结束后及运营期需进行评估监测，监测站位同施工期（监测过程中可根据具体情况进行调整）。监测内容为水质、沉积物、海洋生物和水下地形地貌，主要监测工程建成后项目附近海域环境的变化和水下地形地貌的变化。

11.2.2.2. 监测内容

- (1) 水质、沉积物、海洋生态等，与施工期监测项目一致。
- (2) 鱼礁监测：监测鱼礁是否发生移位、下陷、损坏。
- (3) 水下地形地貌监测因子：水深测量，并给出工程建设前后的地形定量变化数据情况等。

11.2.2.3. 监测时间与频率

(1) 水质：施工结束后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。

(2) 沉积物：在施工结束后3年内每年监测一次，其后每两年监测一次。若发现海底地形发生明显改变，应适当加大监测频率。

(3) 海洋生物：在施工结束后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) 地貌冲淤：在施工结束后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。

(5) 鱼礁监测：施工结束后3年内每年监测一次，之后可根据监测结果，适当减少监测频率。

此外，养殖区营运期根据《现代化海洋牧场生态健康养殖工作指引（试行）》须

开展每年一次的水质、沉积物和底栖生物的监测。具体要求如下。

表 11.2-2 养殖区营运期监测要求

序号	监测项目	监测指标	监测方法
1	水质	水温、透明度、pH 值、溶解氧、化学耗氧量、氨氮、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、活性磷酸盐	按 GB/T12763.4-2007 和 GB/T17378-2007 中的规定进行
2	沉积物	有机质、硫化物、重金属	按 GB/T12763-2007 和 GB/T17378-2007 中的规定进行
3	底栖生物	种类组成、密度、生物量和多样性变化	按 GB/T17378-2007 和 SC/T9102.2-2007 中的规定进行

11.2.2.4. 实施单位

委托有 CMA 资质的监测单位进行监测。

建议将营运期环境监测计划纳入海域常规跟踪监测计划和养殖区自身养殖环境指标的日常监测计划中。

11.3. 污染物排放清单

项目施工期、运营期污染物排放清单见表 11.4-1。

表 11.4-1 项目施工期、运营期污染物排放清单

时期	环境要素	污染源	污染因子	主要污染防治措施	排放浓度	排放量	排放标准	
							标准来源	标准限值
施工期	水环境	船舶舱底油污水	石油类	船舶收集后，交有资质的单位进行处理，不得向海域排放。	—	0	—	—
		船舶生活污水	COD、BOD、SS、氨氮	污水储存柜（船舶）收集上岸后交有资质的单位进一步进行处理	—	0	—	—
		鱼礁投放	SS	加强施工管理，间断自然排海	—	0.24kg/s	—	—
		湛农1号座底式桁架养殖试验平台、大型养殖围栏桩腿固定	SS	加强施工管理，间断自然排海	—	0.33kg/s	—	—
		网箱安装固定、吊养养殖固定	SS	加强施工管理，间断自然排海	—	0.11kg/s	—	—
	大气环境	施工船舶	SO ₂ 、烟尘	—	—	—	《船舶大气污染物排放控制区实施方案》（交海发〔2018〕168号）	应使用硫含量不大于0.5% _{m/m} 的船用燃油
			NO _x	—	—	—	《船舶大气污染物排放控制区实施方案》（交海发〔2018〕168号）	所使用的单台船用柴油发动机输出功率超过130千瓦的，应满足《国际防止船舶造成污染公约》第二阶段氮氧化物排放限值要求；所使用的单缸排量大于或等

时期	环境要素	污染源	污染因子	主要污染防治措施	排放浓度	排放量	排放标准	
							标准来源	标准限值
	声环境	施工船舶、施工机械	等效连续 A 声级	加强施工作业管理，杜绝夜间施工	距施工机械 5m 处约 80~90dB (A)		《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)	昼间≤70dB (A), 夜间≤55dB (A)
	固体废物	生活垃圾	生活垃圾	交有资质的单位接收处理	—	0	—	
		建筑垃圾	建筑垃圾	运至政府部门指定的位置处置或综合利用	—		—	
运营期	水环境	网箱清洗废水	海洋生物等附着物	网衣清洗环节由养殖企业上岸处理	—	—	—	—
		生活污水	COD	集中收集后，上岸后，交有资质的单位进一步进行处理	—	0	—	—
		含油污水	石油类	船舶靠岸后，交有资质的单位进一步进行处理	—	0	—	—
		重力式深水网箱	饲料	控制养殖密度，优化养殖环境，科学投喂，自然排海	—	0.04~0.09kg/s	—	—
			鱼粪		—	0.005~0.013kg/s	—	—
			铜		—	0.0003~0.0006g/s	—	—
			锌		—	0.0009~0.0020g/s	—	—
			化学需氧量		—	9.272t/a	—	—
			无机氮		—	3.564t/a	—	—
		简易钢制网箱	饲料	控制养殖密度，优化养殖	—	0.05~0.11kg/s	—	—

时期	环境要素	污染源	污染因子	主要污染防治措施	排放浓度	排放量	排放标准			
							标准来源	标准限值		
			鱼粪	环境, 科学投喂, 自然排海	—	0.006~0.016kg/s	—	—		
			铜		—	0.00003~0.00007g/s	—	—		
			锌		—	0.0011~0.0025g/s	—	—		
			化学需氧量		—	6.182t/a	—	—		
			无机氮		—	2.376t/a	—	—		
			活性磷酸盐		—	0.479t/a	—	—		
		半潜式桁架类深水网箱	饲料	控制养殖密度, 优化养殖环境, 科学投喂, 自然排海	—	0.400~0.867kg/s	—	—		
			鱼粪		—	0.051~0.131kg/s	—	—		
			铜		—	0.00054~0.00120g/s	—	—		
			锌		—	0.01849~0.04088g/s	—	—		
			化学需氧量		—	2.747t/a	—	—		
			无机氮		—	5.280t/a	—	—		
		大型多功能养殖网箱	活性磷酸盐	控制养殖密度, 优化养殖环境, 科学投喂, 自然排海	—	0.213t/a	—	—		
			饲料		—	0.50~1.08kg/s	—	—		
			鱼粪		—	0.064~0.163kg/s	—	—		
			铜		—	0.00034~0.00075g/s	—	—		
			锌		—	0.0116~0.0255g/s	—	—		
			化学需氧量		—	3.434t/a	—	—		
		座底式桁架类养殖网箱	无机氮	控制养殖密度, 优化养殖环境, 科学投喂, 自然排海	—	1.320t/a	—	—		
			活性磷酸盐		—	0.266t/a	—	—		
			饲料		—	0.31~0.67kg/s	—	—		
					鱼粪		—	0.04~0.101kg/s	—	—
					铜		—	0.00021~0.00046g/s	—	—

时期	环境要素	污染源	污染因子	主要污染防治措施	排放浓度	排放量	排放标准	
							标准来源	标准限值
大气环境			锌		—	0.0072~0.0158g/s	—	—
			化学需氧量		—	2.129t/a	—	—
			无机氮		—	0.818t/a	—	—
			活性磷酸盐		—	0.165t/a	—	—
		大型生态养殖围栏	饲料	控制养殖密度，优化养殖环境，科学投喂，自然排海	—	1.5~3.25kg/s	—	—
			鱼粪		—	0.191~0.489kg/s	—	—
			铜		—	0.0010~0.00224g/s	—	—
			锌		—	0.0347~0.0766g/s	—	—
			化学需氧量		—	20.605t/a	—	—
			无机氮		—	7.920t/a	—	—
			活性磷酸盐		—	1.597t/a	—	—
		吊养养殖	总氮 (t/a)	控制养殖密度，优化养殖环境	—	-0.330t/a	—	—
			总磷 (t/a)		—	-0.019t/a	—	—
			化学需氧量 (t/a)		—	-74.331	—	—
		船舶行驶	SO ₂ 、烟尘	—	—	少量	《船舶大气污染物排放控制区实施方案》(交海发〔2018〕168号)	应使用硫含量不大于 0.5% _{m/m} 的船用燃油
NO _x	—		—	少量	《船舶大气污染物排放控制区实施方案》(交海发〔2018〕168号)	所使用的单台船用柴油发动机输出功率超过 130 千瓦的，应满足《国际防止船舶造成污染公约》第二阶段氮氧化物排放限值要求；所使用的单缸排量大于或等		

时期	环境要素	污染源	污染因子	主要污染防治措施	排放浓度	排放量	排放标准	
							标准来源	标准限值
								于 30 升的船用柴油发动机应满足《国际防止船舶造成污染公约》第三阶段氮氧化物排放限值要求。
		柴油发电机	SO ₂ 、烟尘、NO _x	—	—	少量	—	—
	声环境	柴油发电机	等效连续 A 声级	减震、加强维护与保养	距施工机械 5m 处约 80dB(A)		—	—
		船舶行驶	等效连续 A 声级	加强船舶维护与保养，安装有效的消声器	距施工机械 5m 处约 85dB(A)		—	
	固体废物	生活垃圾	生活垃圾	集中收集上岸，交由有资质的单位处理	—	0	—	
		病死鱼	病死鱼	集中收集上岸，交由有资质的单位处理	—	0	—	
		废弃养殖材料	废旧网衣、废旧塑料管等	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	—	0	—	
		废弃防疫药物，废包装袋	废弃防疫药物、废包装等	集中收集上岸，交由有资质的单位处理	—	0	—	
		船舶行驶	等效连续 A 声级	海上自然排放	—	0	—	

11.4. 小结

本项目环保管理机构应设置合理、完善相应管理制度；通过委托有监测资质的单位进行监测，为建设单位决策提供可靠的环保监测数据。本项目建成后，应有针对性地进一步完善现有监测体系。企业应严格实施日常环境监测计划，确保各类污染物达标排放，环境质量满足相应功能区划要求。

项目竣工后，建设单位应严格按照生态环境部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护设施进行验收，配套建设的环境保护设施经验收合格后方可投入生产或者使用。

12. 结论与建议

12.1. 工程概况

湛江市流沙湾 1 号海域现代化海洋牧场建设项目位于湛江市雷州市覃斗镇西侧、流沙湾西北侧海域，离岸约 5.7km，中心坐标为 20°31'20.1599"N，109°44'25.7954"E。项目总投资 7.3173 亿元，其中环保投资 172.39 万元，占总投资的 0.24%。

本项目计划项目建设重力式深水网箱 60 个、半潜式桁架式深水网箱 3 个、简易钢质网箱 18 个、座底式桁架养殖网箱“湛农 1 号”1 个、大型多功能养殖网箱 1 个、大型生态养殖围栏 2 个、高密度聚乙烯（高分子材料 HDPE）抗风浪筏式养殖筏架 154 台（吊养牡蛎 3080 万个）、人工鱼礁 3.501 万空方和自动监测系统 1 套。

拟申请海域使用总面积为 604.7994 公顷，其中养殖用海 591.2996 公顷，人工鱼礁用海 11.4814 公顷、生态养殖围栏桩柱透水构筑物用海 2.0184 公顷。分三期建设。

本项目不占用海岸线。根据《海域使用分类》（HYT123-2009），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“开放式用海”中的“开放式养殖用海”。

项目人工鱼礁礁体设计寿命按 50 年标准，申请用海年限为 40 年；网箱养殖、筏架吊养属于开放式养殖，申请用海年限为 15 年。

12.2. 区域规划和政策符合性结论

项目建设符合国家产业政策，选址符合相关规划要求，符合《广东省国土空间规划（2021-2035年）》《湛江市国土空间总体规划（2021-2035年）》《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》《广东省近岸海域环境功能区划》《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035年）》《广东省养殖水域滩涂规划（2021-2030年）》《湛江市养殖水域滩涂规划（2018-2030年）》的管控要求，与《“十四五”全国渔业发展规划》《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》《广东省海洋经济发展“十四五规划”》《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》《湛江市“三线一单”生态环境分区管控方案》等相关规划。

12.3. 环境现状调查结果与评价结论

12.3.1. 海洋水文动力现状调查结论

根据对项目附近海域2022年7月~10月的调查结果：

2022年7月（夏季）：L1、L2站潮汐类型指标值均大于4.0，为规则全日潮，平均潮差分别为2.14m、1.65m，最大潮差分别为3.97m、2.75m。S1、S2测站实测最大涨潮流速分别为0.46m/s、0.98m/s，实测最大落潮流速分别为0.60m/s、1.15m/s。S3、S4、S7测站实测最大涨潮流速分别为0.87m/s、0.69m/s和0.75m/s，实测最大落潮流速分别为1.12m/s、0.92m/s和0.93m/s；S5、S6测站实测最大涨潮流速分别为1.33m/s、1.60m/s，实测最大落潮流速分别为1.58m/s、2.05m/s。

2022年10月（秋季）：L1、L2站潮汐类型指标值均小于4.0，大于2.0，为不规则全日潮，平均潮差分别为1.51m、1.20m，最大潮差分别为3.22m、2.25m。S1、S2测站实测最大涨潮流速分别为0.50m/s、1.00m/s，实测最大落潮流速分别为0.50m/s、1.04m/s。S3、S4、S7测站实测最大涨潮流速分别为0.81m/s、1.00m/s和0.90m/s，实测最大落潮流速分别为0.91m/s、1.13m/s和1.12m/s；S5、S6测站实测最大涨潮流速分别为1.10m/s、1.72m/s，实测最大落潮流速分别为1.18m/s、1.71m/s。

12.3.2. 海洋水质现状调查结论

项目评价范围5个近岸海域国控站2022年至2024年的监测和统计结果表明：调查海域执行海水水质第一类标准要求的站位主要超标监测因子为活性磷酸盐、石油类、溶解氧，在27个样本中超标率均为3.7%。执行海水水质第二类标准要求的站位主要超标监测因子为无机氮、溶解氧，在9个样本中超标率分别为22.22%、

11.11%。执行海水水质第三类标准要求的站位所有监测因子均符合海水水质第三类标准要求。

2024年夏季调查海域执行海水水质第一类标准要求的站位共28个，主要超标因子为活性磷酸盐，最大超标倍数为0.23，超标率为7.14%，WS07、WS08站位海水的活性磷酸盐含量不符合海水水质第一类标准要求，但符合海水水质第二类标准要求；WS23、WS24站位海水表层溶解氧处于过饱和状态，其余水质监测因子均符合海水水质第一类标准要求。调查海域执行海水水质第二类标准要求的站位共2个，执行海水水质第三类标准要求的站位有6个，执行海水水质第四类标准要求的站位有13个，上述站位所有水质监测因子均符合海水水质相应类别的标准要求。

2024年冬季调查海域执行海水水质第一类标准要求的站位共28个，主要超标因子为无机氮，其次为活性磷酸盐，无机氮最大超标倍数为0.32，超标率为16.33%；活性磷酸盐含量最大超标倍数为0.44，超标率为6.12%；其余水质监测因子均符合海水水质第一类标准要求。执行海水水质第二类标准要求的站位共2个，所有水质监测因子均符合海水水质第二类标准要求。调查海域执行海水水质第三类标准要求的站位有6个，所有水质监测因子均符合海水水质第三类标准要求。执行海水水质第四类标准要求的站位有13个，所有水质监测因子均符合海水水质第四类标准要求。

12.3.3. 海洋沉积物现状调查结论

调查海域执行海洋沉积物质量第一类标准的有11个站位，所有调查站位的沉积物监测因子均符合海洋沉积物质量第一类标准要求。调查海域执行海洋沉积物质量第二类标准的有6个站位，所有调查站位的沉积物监测因子均符合海洋沉积物质量第二类标准要求。调查海域执行海洋沉积物质量第三类标准的有7个站位，所有调查站位的沉积物监测因子均符合海洋沉积物质量第三类标准要求。

该项目海域海洋沉积物砂含量在0%~78.93%，平均值为26.09%，粉砂含量在14.99%~66.73%，平均值为48.23%，粘土含量在6.08%~47.80%，平均值为25.68%。

12.3.4. 海洋生物体质量现状调查结论

2024年夏季执行海洋生物质量标准一类标准的站位有22个，鱼类和甲壳类

海洋生物质量整体超标率为 0；WS18 站位软体类海洋生物质量的石油烃含量不符合生物质量标准，超标率为 4.5%，其余监测因子整体超标率为 0。执行海洋生物质量标准二类标准的站位有 2 个，海洋生物质量整体超标率为 0，没有出现超标现象。执行海洋生物质量标准三类标准的站位有 8 个，海洋生物质量整体超标率为 0，没有出现超标现象。

2024 年冬季执行海洋生物质量标准一类标准的站位有 22 个，鱼类和甲壳类海洋生物质量整体超标率为 0；WS18 站位软体类海洋生物质量的石油烃含量不符合生物质量标准，其余监测因子整体超标率为 0。执行海洋生物质量标准二类标准的站位有 2 个，海洋生物质量整体超标率为 0，没有出现超标现象。执行海洋生物质量标准三类标准的站位有 8 个，WS34 站位铅超标，超标率为 12.5%，其他站位海洋生物质量超标率为 0。

12.3.5. 海洋生态现状调查结论

根据 2024 年 7 月~11 月对项目附近海域海洋生态资源的调查结果：

(1) 夏季调查结果

叶绿素 a 柱状含量平均值为 $7.75\text{mg}/\text{m}^3$ 。表层平均值为 $8.18\text{mg}/\text{m}^3$ ，底层平均值为 $4.56\text{mg}/\text{m}^3$ 。

初级生产力平均值为 $967.007\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ，变化范围在 $(191.292\sim 2530.836)\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 之间。

浮游植物在本次调查中共记录 4 门 5 纲 13 目 27 科 117 种。硅藻门种类最多，共 16 科 86 种，占总种类数的 73.50%；甲藻门种类次之，出现 9 科 27 种，占总种类数的 23.08%；蓝藻门出现 1 科 2 种，占总种类数的 1.71%；金藻门出现 1 科 2 种，占总种类数的 1.71%。浮游植物优势种共出现 6 种，分别为中肋骨条藻、柔弱伪菱形藻、旋链角毛藻、菱形海线藻等，其中中肋骨条藻和柔弱伪菱形藻为第一优势种。浮游植物密度平均值为 $4947.344\times 10^3\text{cells}/\text{m}^3$ ，浮游植物的多样性指数平均值为 2.704，均匀度指数平均值为 0.495，丰富度指数平均值为 2.109。

浮游动物在本次调查中共记录 7 门 11 纲 20 目 32 科 70 种(包括浮游幼体 14 种)。分属栉水母、水母类、有尾类、腹足类、毛颚类、介形类、桡足类、樱虾类、枝角类、多毛类和浮游幼体 11 个类群。浮游动物优势种 10 种。分别为桡足幼体、微刺哲水蚤、针刺真浮萤、肥胖箭虫等，其中桡足幼体为第一优势种。浮游动

物生物量平均值为 $58.19\text{mg}/\text{m}^3$ ，密度平均值为 $103.656\text{ind}/\text{m}^3$ 。浮游动物多样性指数平均值为 3.243，均匀度指数平均值为 0.813，丰富度指数平均值为 2.127。

大型底栖生物在本次调查中共记录 7 门 9 纲 19 目 39 科 47 种。其中环节动物为主要生物群，为 18 种，占种类总数的 38.30%。大型底栖生物优势种共有 2 种，分别为模糊新短眼蟹和光滑倍棘蛇尾。大型底栖生物的平均生物量为 $4.325\text{g}/\text{m}^2$ ，平均栖息密度为 $23.387\text{ind}/\text{m}^2$ 。节肢动物平均栖息密度最高，为 $8.387\text{ind}/\text{m}^2$ ，占比为 35.86%。环节动物平均生物量最高，平均生物量为 $1.697\text{g}/\text{m}^2$ ，占比为 39.24%。大型底栖生物多样性指数平均值为 1.152，均匀度指数平均值为 0.927，丰富度指数平均值为 1.082。

潮间带 6 个调查断面岸相分布情况：C1、C2、C3 和 C6 断面均为礁滩断面，C5 断面为沙滩断面，C4 断面为沙滩-礁滩断面。潮间带生物共记录 6 门 8 纲 17 目 36 科 62 种，其中包括软体动物 26 种、节肢动物 22 种、环节动物 11 种、刺胞动物、纽形动物和星虫动物各 1 种。潮间带生物优势种共有 6 种，分别为单齿螺、独齿围沙蚕、纵带滩栖螺、平轴螺等，其中单齿螺为第一优势种。潮间带生物定量调查 6 个断面的平均生物量为 $108.973\text{g}/\text{m}^2$ ，平均栖息密度为 $80.148\text{ind}/\text{m}^2$ ，软体动物的平均生物量和平均栖息密度最高。从水平分布来看 C4 断面生物量最高，C6 断面栖息密度最高；从垂直分布来看低潮带的生物量和栖息密度最高。潮间带 6 个断面的多样性指数平均值为 3.381，均匀度指数平均值为 0.814，丰富度指数平均值为 2.696。

鱼卵仔稚鱼在本次调查中共记录鱼卵 13 种，其中包括鲈形目 8 种，鲱形目 3 种，鲱形目 2 种；仔稚鱼 14 种，其中包括鲈形目 10 种，鲱形目 2 种，鲀形目和银汉鱼目各 1 种。调查区域垂直拖网的鱼卵平均密度为 $5.416\text{ind}/\text{m}^3$ ；仔稚鱼平均密度为 $0.513\text{ind}/\text{m}^3$ 。常见鱼卵仔稚鱼为鳮科、鱈科和鲹科等。

游泳动物共记录 3 门 4 纲 20 目 73 科 214 种，其中：鱼类 132 种，虾类 29 种（其中虾蛄类 9 种），蟹类 42 种，头足类 11 种。游泳动物优势种共 1 种，为须赤虾。平均总尾数渔获率为 $262\text{ind}/\text{h}$ ，平均总重量渔获率为 $3.949\text{kg}/\text{h}$ 。平均尾数资源密度为 $36.843 \times 10^3\text{ind}/\text{km}^2$ ；平均重量资源密度为 $549.408\text{kg}/\text{km}^2$ 。经济种平均尾数资源密度为 $26.985 \times 10^3\text{ind}/\text{km}^2$ ，平均重量资源密度为 $357.235\text{kg}/\text{km}^2$ ，主要经济种类为黑口鱮、短吻鳐和远海梭子蟹等。游泳动物的多样性指数平均值为

3.959, 均匀度指数平均值为 0.753, 丰富度指数平均值为 4.728。

(2) 冬季调查结果

叶绿素 *a* 柱状含量平均值为 1.18mg/m³。表层平均值为 1.87mg/m³, 底层平均值为 1.22mg/m³。

初级生产力平均值为 94.187mg·C/(m²·d), 变化范围在 (20.038~360.357) mg·C/(m²·d) 之间。

浮游植物在本次调查中共记录 4 门 5 纲 13 目 25 科 152 种。硅藻门种类最多, 共 16 科 125 种, 占总种类数的 82.24%; 甲藻门种类次之, 出现 7 科 22 种, 占总种类数的 14.47%; 蓝藻门出现 1 科 4 种, 占总种类数的 2.63%; 金藻门出现 1 科 1 种, 占总种类数的 0.66%。浮游植物优势种共出现 8 种, 分别为中肋骨条藻、尖刺伪菱形藻、海链藻属、菱形海线藻等, 其中中肋骨条藻为第一优势种。浮游植物密度平均值为 4363.832×10³cells/m³, 浮游植物的多样性指数平均值为 3.409, 均匀度指数平均值为 0.589, 丰富度指数平均值为 2.663。

浮游动物在本次调查中共记录 6 门 9 纲 15 目 27 科 77 种(包括浮游幼体 14 种)。分属水母类、栉水母、被囊类、有尾类、毛颚类、介形类、桡足类、十足类、樱虾类、多毛类和浮游幼体 11 个类群。浮游动物优势种 6 种。分别为桡足幼体、毛颚类幼体、亚强次真哲水蚤、肥胖箭虫等, 其中桡足幼体为第一优势种。浮游动物生物量平均值为 86.89mg/m³, 密度平均值为 137.435ind/m³。浮游动物多样性指数平均值为 3.113, 均匀度指数平均值为 0.719, 丰富度指数平均值为 2.633。

大型底栖生物在本次调查中共记录 8 门 9 纲 15 目 29 科 41 种。其中环节动物为主要生物群, 为 19 种, 占种类总数的 46.34%。大型底栖生物优势种共有 2 种, 分别为模糊新短眼蟹和背蚓虫, 其中模糊新短眼蟹为第一优势种。大型底栖生物的平均生物量为 2.223g/m², 平均栖息密度为 20.000ind/m²。节肢动物平均栖息密度最高, 为 10.000ind/m², 占比为 50.00%。节肢动物平均生物量最高, 平均生物量为 1.366g/m², 占比为 61.45%。大型底栖生物多样性指数平均值为 1.224, 均匀度指数平均值为 0.899, 丰富度指数平均值为 1.165。

潮间带 6 个调查断面岸相分布情况: C1、C2、C3 和 C6 断面均为礁滩断面, C5 断面为沙滩断面, C4 断面为沙滩-礁滩断面。潮间带生物共记录 7 门 8 纲 20 目 41 科 78 种, 其中包括软体动物 35 种、节肢动物 26 种、环节动物 13 种, 刺胞动

物、棘皮动物、脊索动物和星虫动物各 1 种。潮间带生物优势种共有 7 种，分别为纹藤壶、纵条矾海葵、凸加夫蛤等。其中纹藤壶为第一优势种。潮间带生物定量调查 6 个断面的平均生物量为 146.885g/m²，平均栖息密度为 76.889ind/m²，软体动物的平均生物量和平均栖息密度最高。从水平分布来看 C6 断面生物量最高，C1 断面栖息密度最高；从垂直分布来看低潮带的生物量和栖息密度最高。潮间带 3 个断面的多样性指数平均值为 3.340，均匀度指数平均值为 0.779，丰富度指数平均值为 3.118。

鱼卵仔稚鱼在本次调查中共记录鱼卵 14 种，其中包括鲈形目 10 种，鲹形目、鲱形目、鲑形目和鲷形目各 1 种；仔稚鱼 10 种，其中包括鲈形目 6 种，鲱形目 3 种和鲷形目 1 种。调查区域垂直拖网的鱼卵平均密度为 0.544ind/m³；仔稚鱼平均密度为 0.112ind/m³。常见鱼卵仔稚鱼为鲷科、笛鲷科和鲈科等。

游泳动物共记录 3 门 4 纲 19 目 69 科 198 种，其中：鱼类 122 种，虾类 33 种（其中虾蛄类 10 种），蟹类 32 种，头足类 11 种。游泳动物优势种共 1 种，为须赤虾。平均总尾数渔获率为 271ind/h，平均总重量渔获率为 5.590kg/h。平均尾数资源密度为 30.404×10³ind/km²；平均重量资源密度为 635.736kg/km²。游泳动物的多样性指数平均值为 3.838，均匀度指数平均值为 0.744，丰富度指数平均值为 4.445。主要经济种类为尖嘴鲷、丝鳍海鲇、须赤虾、鹰爪虾、长蛸等。

12.3.6. 区域环境空气质量现状调查结论

根据本报告引用《2024 年湛江市生态环境质量年报简报》的数据或结论分析，本项目所在区域为大气环境质量达标区。

12.3.7. 区域声环境质量现状调查结论

根据本报告引用《2024 年湛江市生态环境质量年报简报》的数据或结论分析，湛江市区共有 198 个区域环境噪声监测点位。2024 年，市区昼间区域环境噪声等效声级为 54.7 分贝，符合《环境噪声监测技术规范城市声环境常规监测》(HJ6402012)中“城市区域环境噪声总体水平等级”昼间二级标准，市区区域环境噪声总体水平为“较好”级别。与上年相比，昼间等效声级上升了 0.3 分贝，区域声环境质量状况变化不大。

12.4. 环境影响预测分析与评价结论

12.4.1. 水动力环境影响与评价结论

本工程主要建设内容为网箱养殖、生态围栏养殖、吊养养殖、人工鱼礁和海上工作平台，海上工作平台为透水式的高桩梁板结构，为透水构筑物，对水动力环境影响很小，网箱养殖、吊养养殖等锚碇设施布设于底层，数量有限，占用海域面积较小。

根据上文水文动力环境影响预测模型分析结果，本项目对海域表、中、底层水体潮流场的影响很小。本项目实施后，对海域流速的影响范围不大，仅在顺流向（西北-东南）的局部海域流速略有减小，在养殖区东西两侧小范围局部海域流速略有增大；对流向的影响则非常小。总体而言，本项目养殖活动对海域流场的影响不大。

12.4.2. 地形地貌与冲淤环境影响

本项目网箱养殖、围栏养殖、吊养养殖均为开放式养殖用海，对地形地貌冲淤环境环境影响很小。

本项目建设后，相当时间段内，1号海洋牧场区顺流向两端海床表现为轻微淤积态势，年淤积速率 $0.005\sim 0.02\text{ m/a}$ ，影响范围约为顺流向（西北-东南） 1 km 范围内；1号海洋牧场区东西两侧海域则出现轻微冲刷态势，年冲刷速率 $0.005\sim 0.01\text{ m/a}$ ，影响范围约为 0.7 km 范围内。随着海床变化，冲淤态势会逐渐达到一个新的平衡。整体而言，1号海洋牧场建设后，主要对牧场区周边小范围海床的地形地貌与冲淤环境产生轻微冲淤影响，而不会对流沙湾海域的整体地形地貌与冲淤环境产生明显不利影响。

12.4.3. 海水水质环境影响

12.4.3.1. 施工期

项目海域水深较大，水动力较强，施工悬沙源强较小，施工期各层水体的悬沙增量基本均小于 10 mg/L 。施工作业产生的悬浮物扩散核心区仅限于本项目用海区。由于养殖设备投放施工时长是短暂的，且悬浮泥沙具有一定的沉降性能，随着施工作业的结束，悬浮泥沙将慢慢沉降，工程海区的水质会逐渐恢复原有的水平。

施工人员生活污水由船舶自备的临时污水储存柜收集上岸后交有资质的单

位进一步进行处理。含油污水经船舶含油污水收集舱集中收集，船舶靠岸后，含油污水用泵抽到专用运污船上交有资质的单位进一步进行处理。

12.4.3.2. 运营期

本项目养殖活动人为悬浮物浓度增量影响范围不大，大于 10mg/L 的浓度增量范围仅出现在本项目海域个别网箱区，基本不会影响到邻近网箱及周边海域。总体而言，本项目养殖活动产生的水体饵料与鱼粪悬浮物浓度增量影响很小，影响范围局限在项目用海区，基本不会对项目周边敏感目标和用海活动产生明显不利影响。

12.4.4. 海洋沉积物环境影响

但由于工程施工过程产生的悬浮物主要来自本海区，因此，经扩散和沉降后，项目附近海域的沉积物环境不会发生明显变化，且施工产生的悬浮物扩散对沉积物的影响是短暂的，一旦施工完毕，这种影响将不再持续。

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。本项目网箱间的距离较大，养殖密度较小，且所在海域开阔，扩散稀释能力强，对沉积物质量的影响很小。项目营运期养殖工作人员产生的船舶含油废水、生活污水、生活垃圾、废弃养殖材料、病死鱼、废弃防疫药物和废包装袋等分类收集上岸后交有资质的单位进一步进行处理，项目营运期对周边海洋沉积物环境基本没有影响。

12.4.5. 海洋生态环境影响

项目施工期海水中悬浮物的增加对浮游生物产生不利影响，但这种影响是暂时的、局部的，可以在短时间内消失的，又由于本项目人工鱼礁投放、网箱布设、筏架建设期较短，施工结束后影响可在短时间内消失，因此对该海域浮游生物的影响不大。运营期在合理设置网箱密度和投放鱼苗密度的前提下，项目对海区生物体的生存与生长是有利的。

工程投放的人工鱼礁礁体、用于固定网箱筏架的锚块将占用一定的海底，占用的底栖生物栖息环境将被破坏。项目建设造成的生态损失主要在两方面：一是人工鱼礁底座、网箱固定水泥锚块所占用海域的部分底质环境，使位于工程区水域的生物资源永久性受损；二是投礁和锚块施工作业产生的悬浮泥沙不同程

度影响施工区周围的生物，附近的游泳生物被驱散，鱼卵、仔稚鱼的生长受到一定影响。海洋生物资源损失额约为7.39万元。人工鱼礁投放后礁体下部有利于底栖生物栖息生长、将形成新的底栖生物群落，从长远来看，人工鱼礁建设对于整个海域的生态环境和渔业资源均具有积极作用。

项目施工过程中产生的悬浮泥沙不会扩散至南海中上层鱼类产卵场和底层、近底层鱼类产卵场内，不会对“三场一通道”产生影响。本项目建设的人工鱼礁具有修复海洋生物栖息地和保护海洋生态、增殖和恢复渔业资源的功能，有利于南海北部幼鱼繁育场保护区和幼鱼幼虾保护区生态环境的改善。

项目运营期产生的废水、固体废物等污染物均拟采取有效的污染防治措施，不排入海域中，因此，项目运营期污染物排放基本不会对项目所在及附近海域的生态环境产生影响，对周边自然保护区及生态红线区以及珍稀海洋生物影响较小。

本项目人工鱼礁建设是一项修复海洋生态环境、保护海洋渔业资源建设，本工程建设初期可能是因为部分海洋生境的扰动，以及人为干扰因素的影响，会在短期内影响海洋渔业资源，但是随着工程的竣工，这一影响就会消失，由于海流变缓、生物附着面积进一步增大，海洋生物的种类与密度将有显著增大。为鱼类生存提供更多的食物，有益于海洋鱼类的生长、单位面积海域鱼类的产量将显著提高。

总的来说，项目养殖污染物排放基本不会对项目所在及附近海域的生态环境产生影响。

12.4.6. 大气环境影响

本项目施工期产生的大气污染物主要来源于施工船舶产生一定量的尾气，营运期废气主要为工作船舶废气和柴油发电机废气。

施工单位应通过选用污染物排放量少的船舶和机械，做好相关保养工作等减少施工船舶和机械的尾气排放量。营运期采用环保型高效柴油发电机、工作船运输，动力燃料选优质燃油，加强船舶的检修和维护，使船舶运行良好，尽量减少运行过程对项目周围大气环境的影响。

营运期大气环境污染主要为船舶和柴油发电机产生的燃油废气，主要污染物为SO₂、NO_x和烟尘等。在采取相应措施后，施工期及营运期大气污染物对环境的影响较小。

12.4.7. 声环境影响

项目施工期噪声源主要来自于施工机械和施工船舶噪声。营运期噪声污染主要为工作船和柴油发电机产生的噪声。

本项目施工单位优先选取低噪声、低振动的施工机械、施工船舶，改进施工工艺和方法，防止产生高噪声、高振动，加强机械和船舶的维修保养工作，加强施工船舶的管理，尽量避免鸣笛，将本项目施工噪声可能产生的影响降至最低。营运期加强柴油发电机、工作船的维护与保养，避免因不良运行产生的噪声，安装有效的消声器，靠泊停泊时，禁止使用高音喇叭。

12.4.8. 固体废物环境影响分析

项目施工期产生的固体废物主要为施工人员生活垃圾、建筑垃圾等。营运期产生的固体废物主要为生活垃圾、废弃养殖材料。

项目施工人员生活垃圾、建筑垃圾均分类收集后待船舶靠岸后交由有资质的单位处理，本项目施工期固体废物不会对周边环境产生不良影响。营运期生活垃圾废弃养殖材料、病死鱼、废弃防疫药物和废包装袋分类收集后交由有资质的单位接收处理，不在海域丢弃，基本不会对海洋环境产生影响。

12.5. 环境风险分析与评价结论

本项目主要环境风险为船舶溢油风险对本项目养殖造成的风险以及对周边敏感点造成的风险。

溢油预测结果表明，施工船舶在发生溢油事故后，油膜主要随涨落潮流向事故点附近海域扩散。在 ENE 向风，3.4m/s 条件下，受涨潮潮汐动力作用，泄漏的油品随潮流在事故点附近海域往西北向迁移，敏感点广东雷州珍稀海洋生物国家级自然保护区受影响，到达敏感点的时间为 1h。

在 ESE 向风，2.8m/s 条件下，受涨潮潮汐动力作用，泄漏的油品随潮流在事故点附近海域往西北向迁移，敏感点广东雷州珍稀海洋生物国家级自然保护区受影响，到达敏感点的时间为 1h50min。受落潮潮汐动力作用，泄漏的油品随潮流在事故点附近海域往东南向往复迁移，湛江雷州海草地方级自然保护区、广东雷州珍稀海洋生物国家级自然保护区敏感点受影响，油品到达敏感点的时间分别为 3h30min、15h。

在 SE 向风，13.8m/s 条件下，受涨潮潮汐动力作用，泄漏的油品随潮流在事故点

附近海域往西北向迁移，敏感点广东雷州珍稀海洋生物国家级自然保护区受影响，到达敏感点的时间为 1h20min。受涨潮潮汐动力作用，泄漏的油品随潮流在事故点附近海域往西北向迁移，敏感点广东雷州珍稀海洋生物国家级自然保护区受影响，到达敏感点的时间为 50min。

静风状态时（0.2m/s），受涨潮潮汐动力作用，泄漏的油品随潮流在事故点附近海域往西北向迁移，敏感点广东雷州珍稀海洋生物国家级自然保护区受影响，到达敏感点的时间为 1h40min。受涨潮潮汐动力作用，泄漏的油品随潮流在事故点附近海域往西北向迁移，敏感点广东雷州珍稀海洋生物国家级自然保护区受影响，到达敏感点的时间为 3h30min。

项目施工期和运营期通过积极采取本报告提出的环境风险防范措施和环境风险应急预案，并在发生风险事故后及时按照事故应急措施和应急预案进行处理，其影响可以得到有效控制，项目的环境风险事故可以控制在可接受水平。

12.6. 清洁生产 and 总量控制结论

本项目施工期按照清洁生产原则，采用成熟、先进的施工机械设备，采取合理的施工工艺进行施工，严格控制各类污染物的发生，合理处置各类污染物，并最大限度地减小工程建设对海洋环境的影响程度，达到节约能源、保护环境的目的。可见，项目从施工工艺、施工设备与能源消耗、污染物处理及节能各方面来看，均满足清洁生产的要求。

本项目大气污染物主要为船舶尾气和柴油发电机尾气，主要污染因子为 SO₂、NO_x、烟尘，产生量较少且不连续，因此，不设置大气总量控制指标。

本工程运营期船舶含油污水由有资质的单位接收处理，工作人员生活污水总量指标纳入接收单位的总量指标，不再申请总量控制指标。

根据工程分析，网箱养殖过程产生污染物排放总量约 COD44.71 t/a，总氮 22.32t/a，总磷 4.33t/a。根据有关规定，国家对已做出总量控制规定的海域需实施总量控制，本项目拟建海域目前还不是总量控制海域，因此项目不做污染物排放总量控制。

12.7. 环境保护对策措施的合理性、可行性结论

本项目施工期、运营期采取的污染防治措施，海洋生态保护措施以及非污染环境保护对策措施有效、可行，在技术、经济上是合理的、可行的。

12.8. 公众参与调查结论

本项目按要求开展的公众参与调查，通过网站、报纸和现场张贴形式进行，公示期间未收到公众反馈意见。

12.9. 建设项目环境可行性结论

本工程区域自然条件较好，水文、气象等因素均能满足使用要求，本项目附近基础条件较为完善，原料充足，水、电、道路等外部协作条件可行。本项目的建设符合海洋功能区划、相关区域及行业规划和当地政策环境要求，符合产业发展方向，选址科学，平面布局合理。施工期及营运期产生的生活污水、含油污水及生活垃圾等均可得到妥善处置，对环境影响较小。营运期养殖活动利用天然海水进行养殖，养殖规模不超环境容量。网箱养殖养殖排泄物和残余饵料污染物主要为 COD、N、P，而养殖贝类对区域水体中 COD、N、P 具有吸收效应，可缓解水体富营养化程度，因此，本项目基本不增加区域污染物浓度。

综上，本项目在落实本报告书所提出的污染防治措施和风险防范对策的前提下，从环境保护的角度考虑，本项目建设是可行的。

12.10. 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) 认真贯彻执行有关建设项目环境保护管理文件的精神，建立健全各项环保规章制度，严格执行“三同时”制度，并按照环保、海事、防疫等部门的要求，严格监视船舶的污水、固废处理处置；
- (5) 加强生产设施及污染防治措施的运行管理和职工安全生产、环境保护知识的教育，定期对设备设施进行保养检修，切实做好环境事故风险防范措施和应急预案，杜绝事故发生。