

广东揭阳520万方原油商业储备库建设工程
(库区工程) 雨水排海管道改造工程

海域使用论证报告书

(公示稿)

编制单位：广东海兰图环境技术研究有限公司

统一社会信用代码：91440101MA59KQLF0D

二〇二六年八月

关于《广东揭阳 520 万方原油商业储备库建设工程（库区工程）雨水排海管道改造工程海域使用论证报告书》公示删减

内容及理由的说明

根据《自然资源部关于规范海域使用论证材料编制的通知》（自然资规〔2021〕1号）相关要求，我司对《广东揭阳 520 万方原油商业储备库建设工程（库区工程）雨水排海管道改造工程海域使用论证报告书》予以公示。

在报告中，部分相关水文环境现状调查资料、海洋环境现状调查资料、所在海域水深资料、地质勘察资料等涉及第三方技术秘密及商业秘密，信息不能全文公开，制作去除上述信息的论证报告公开版，进行公示。现将删除处理内容说明如下：

1.删除处理相关基础材料的编制单位信息。

原因：影响第三方商业秘密。

2.删除处理部分水文环境现状调查资料、海洋环境现状调查资料及生物种类名录、现场踏勘记录。

原因：此部分内容涉及监测单位和委托单位的商业秘密。

3.删除项目工程地质勘察、地形地貌的部分图件及数据。

原因：此部分内容属于项目建设的涉密部分。

4.删除周边用海项目权属信息。

原因：此部分内容涉及第三方商业秘密。

5.删除资料来源说明及附件、附图内容。

原因：此部分内容涉及用海单位、利益相关者及有关管理部门的管理要求，未经同意不允许公开。

广东海兰图环境技术研究有限公司

2026年8月6日



论证报告编制信用信息表

论证报告编号	4452242026001496		
论证报告所属项目名称	广东揭阳 520 万方原油商业储备库建设工程（库区工程）雨水排海管道改造工程		
一、编制单位基本情况			
单位名称	广东海兰图环境技术研究有限公司		
统一社会信用代码	91440101MA59KQLF0D		
法定代表人	吕建海		
联系人	麦晓敏		
联系人手机	13682240015		
二、编制人员有关情况			
姓名	信用编号	本项论证职责	签字
		论证项目负责人	
		1. 概述	
		2. 项目用海基本情况	
		3. 项目所在海域概况	
		9. 结论	
		10. 报告其他内容	
		7. 项目用海合理性分析	
		4. 资源生态影响分析	
		6. 国土空间规划符合性分析	
		5. 海域开发利用协调分析	
		8. 生态用海对策措施	
本单位符合海域使用论证有关管理规定对编制主体的要求，相关信息真实准确、完整有效，不涉及国家秘密，如隐瞒有关情况或者提供虚假材料的，愿意承担相应的法律责任。愿意接受相应的信用监管，如发生相关失信行为，愿意接受相应的失信行为约束措施。 承诺主体(公章)  2026 年 8 月 6 日			

项目基本情况表

项目名称	广东揭阳 520 万方原油商业储备库建设工程（库区工程）雨水排海管道改造工程			
项目地址	广东省揭阳市惠来县靖海镇西南侧附近海域			
项目性质	公益性（）		经营性（√）	
用海面积	2.7855 公顷		投资金额	■ 万元
用海期限	30 年		预计就业人数	/
占用岸线	总长度	22.2m （底土穿越）	邻近土地平均价格	/
	自然岸线	22.2m （底土穿越）	预计拉动区域经 济产值	/
	人工岸线	0m	填海成本	/
	其他岸线	0m		
海域使用 类型	工矿通信用海中的海底电缆 管道用海/海底工程用海中的 电缆管道用海		新增岸线	0m
用海方式	面积/公顷			具体用途
海底电缆 管道	0.2257			雨水排海管道
取、排水口	2.5598			排水口
注：邻近土地平均价格是指用海项目周边土地的价格平均值。				

摘要

1.项目用海基本情况

目前广东揭阳 520 万方商储库整个库区收集的清净雨水，从库区北侧雨水监测池以重力流方式、经埋地敷设的管道排放至西南侧，经跌水井+消力池消能后再溢流散排入南海。

因现状库区陆域雨水排水口所在区域位于海岸线严格保护岸段附近，洁净雨水虽经消力池消能后有效减小了对海岸线的冲刷，但消力池至海边还有一定的距离，消力池外长期排水下对沙滩还是会有一定的影响。基于远期考虑，需在消力池末端采用跌水井将水头标高降至-1m，再采用管道全埋于沙滩面以下外排入海，从而达到消除外排口排水对沙滩影响的目的。因此需启动广东揭阳 520 万方原油商业储备库建设工程（库区工程）雨水排海管道改造工程（项目代码：2606-445224-04-05-209146），建设单位为中石油（北京）商业储备油有限公司揭阳分公司。

本次建设内容为广东揭阳 520 万方原油商业储备库洁净雨水外排管道，项目位于广东省揭阳市惠来县靖海镇西南侧附近海域。项目起点接一期已建消力池出口，项目终点至排海管道末端。新建 DN2200 排海管道，长度 182m，设计规模为 13.04m³/s，设计管道按 30 年使用寿命设计。

根据《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（自然资发〔2023〕234 号），项目用海类型为工矿通信用海（一级类）中的海底电缆管道用海（二级类）。根据《海域使用分类》（HY/T 123-2009），项目用海类型为海底工程用海（一级类）中的电缆管道用海（二级类）。项目雨水排海管道用海方式为其他方式（一级方式）中的海底电缆管道（二级方式）；排水口用海方式为其他方式（一级方式）中的取、排水口（二级方式）。

本项目申请用海面积共 2.7855 公顷。雨水排海管道申请用海面积 0.2257 公顷，排水口申请用海面积 2.5598 公顷。

本项目拟采取立体分层设权，雨水排海管道立体设权空间层为底土，用海空间确权范围为管道下缘高程至管道实际使用顶高程，立体设权高程范围为-3.6m~

-1.4m（1985 国家高程基准）；排水口立体设权空间层为海床和水体，立体设权高程范围为现状海床高程至平均海平面（1985 国家高程基准）。

本项目底土穿越自然岸线长度 22.2m，不改变岸线自然形态与生态功能。

本项目结合雨水排海管道设计使用寿命申请用海期限为 30 年。

2.项目用海必要性结论

本项目为广东揭阳 520 万方原油商业储备库建设工程（库区工程）雨水排海管道改造工程，项目起点接一期已建消力池出口，项目终点至排海管道末端。新建 DN2200 排海管道，长度 182m，设计规模为 $13.04\text{m}^3/\text{s}$ ，设计管道按 30 年使用寿命设计，可消除现状陆域外排口排水对严格保护岸段影响。本项目雨水经统一收集后通过管道输送至海域排放，排海管道的建设需要占用一定的海域，用海方式是取、排水口和海底电缆管道，因此本项目用海是必要的。

3.项目用海资源生态影响分析结论

（1）对水动力影响

根据数值模拟结果，本项目建设完成后，涨急时刻，项目附近流速变化量为 $-0.065\sim 0.017\text{m/s}$ ，流向变化量为 $-99.89\sim 9.40^\circ$ ；落急时刻，项目附近流速变化量为 $-0.066\sim 0.012\text{m/s}$ ，流向变化量为 $-133.02\sim 10.29^\circ$ 。总体上，项目对水动力环境的影响主要集中在工程所在区域附近 500m 范围内的水域，对 500m 范围外的水动力的影响较小。

（2）对地形地貌和冲淤影响

根据数值模拟结果，项目建设后排海管道末端雨水排出时会导致平行于潮流方向的两侧流速减小，从而产生 $0.01\sim 0.20\text{m/a}$ 左右的淤积。同时，雨水排出时会导致垂直于潮流方向的两侧流速增大，从而产生 $0.01\sim 0.10\text{m/a}$ 左右冲刷。

（3）对水质和沉积物的影响

根据数值模拟结果，施工期悬沙扩散浓度大于 10mg/L 包络面积为 0.042km^2 ；大于 20mg/L 包络面积为 0.017km^2 ；大于 50mg/L 包络面积为 0.007km^2 ；大于 100mg/L 包络面积为 0.004km^2 。总体上，悬浮泥沙的影响是暂时的，悬沙影响时间基本为施工期间，施工结束后其影响也逐渐消失，不会对水质和沉积物产生较大的不利影响。

（4）对海洋生态的影响

项目生态影响包括直接影响和间接影响两个方面，直接影响主要是施工直接对底栖生物生境造成了破坏，改变底栖生物栖息地；间接影响是施工产生的悬浮泥沙使工程附近海域的悬浮物浓度增加对海洋生态环境造成一定影响。

根据本报告第4章分析，项目施工期造成的底栖生物损失量为2.74kg，施工产生的悬浮泥沙扩散造成渔业资源直接损失量为：游泳生物0.94kg、鱼卵 1.88×10^4 粒、仔稚鱼 1.04×10^4 尾。本项目建设对海洋生态环境的影响小。

4.海域开发利用协调分析结论

本项目所在及周边海域开发利用活动主要为现状养殖取水及排水管、其他工业用海、港口用海、渔业基础设施用海、航路、锚地等。本项目利益相关者为项目建设涉及的现状养殖取水及排水管的所属人，协调部门为揭阳海事局。项目建设前做好利益相关者协调沟通，并听从协调部门的协调安排，与周边其他用海活动可协调。

本项目用海不涉及国防安全和军事活动的开展；项目建设不涉及国家领海基点，不涉及国家秘密，本项目不会对国防安全和国家海洋权益产生影响。

5.国土空间规划符合性分析结论

本项目位于《广东省国土空间规划（2021-2035年）》《揭阳市国土空间总体规划（2021-2035年）》《惠来县国土空间总体规划（2021-2035年）》的生态保护红线或生态保护区，项目属于《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）明确的、允许对生态功能不造成破坏的有限人为活动之一（“6.必须且无法避让、符合县级以上国土空间规划的线性基础设施、通讯和防洪、供水设施建设，以及船舶航行、航道疏浚清淤等活动；已有的合法水利、交通运输等设施的运行维护改造”）。

项目位于《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035年）》的靖海湾砂质海岸-防护林保护修复单元，对“靖海湾砂质海岸-防护林保护修复”单元范围内各项生态修复任务的实施没有影响。

项目位于《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》的“前詹海岸防护物理防护极重要区生态保护区”和“前詹珍稀濒危物种分布区生态保护区”，项目建设符合所在功能区的管控要求。

6.项目用海合理性分析结论

本工程位于揭阳市惠来县靖海镇西南侧附近海域。各项外部条件均能满足本项目的需要，项目所处区位和社会经济条件可以满足项目建设和运营的要求。项目选址区的地质条件、水动力条件、水深条件、地形地貌与冲淤环境等均适宜项目建设的需要。项目选址与周边海域开发活动具有较好的协调性。

本项目用海平面布置能最大程度降低对水文动力环境的影响，通过合理布置体现了节约、集约用海，从而降低了对生态环境的影响，用海平面布置合理。

本项目用海方式充分考虑了工程的特点和工程建设的特殊要求、工程区域内的自然资源与环境条件、地质、地形条件、建设目标，是与区域自然条件及项目建设要求相适应的。在此自然环境条件和社会经济条件下，结合项目所在海域的开发利用现状和发展规划，确定了本项目的用海方式。因此，本项目采用的用海方式是合理的。

项目申请用海面积满足项目用海需求，符合有关行业的设计规范，宗海界址点的界定和宗海面积的量算符合《海籍调查规范》（HY/T 124-2009）等相关规范要求。

本项目主要建设内容为雨水排海管道，《中华人民共和国海域使用管理法》规定建设工程用海期限不超过 50 年。本项目的雨水排海管道设计使用寿命为 30 年，综上，本项目申请用海期限为 30 年是合理的，符合《中华人民共和国海域使用管理法》的要求。

综合考虑项目所在地的海域自然条件、环境、资源情况，区域社会、经济等各种因素，本项目选址合理，平面布置、用海方式、用海面积和用海期限合理。

7.项目用海可行性分析结论

项目的建设可满足库区雨水排放需求是完善库区基础设施的需要，可消除目前陆域消力池外排口排水对严格保护岸段的影响，落实环境保护、灾害预防等多个方面均有提升。不仅是对当前环境问题的有效应对，更是对未来可持续发展的有力保障。

项目选址、用海方式、用海面积和用海期限是合理的。严格按照批准的用海位置、面积、方式等进行工程建设，严格落实本报告书提出的生态用海措施，在做好海域环境保护工作的前提下，从海域使用角度出发，本项目用海是可行的。

目 录

1. 概述	1
1.1 论证工作由来	1
1.2 论证依据	2
1.2.1 法律法规	2
1.2.2 相关规划	5
1.2.3 标准规范	5
1.2.4 项目基础资料	6
1.3 论证等级和范围	7
1.3.1 论证等级	7
1.3.2 论证范围	8
1.4 论证重点	8
2. 项目用海基本情况	10
2.1 用海项目建设内容	10
2.1.1 项目基本情况	10
2.1.2 项目陆域现状情况	10
2.2 平面布置和主要结构、尺度	11
2.2.1 总平面布置	11
2.2.2 主要结构和尺度、设计参数	16
2.3 项目主要施工工艺与方法	18
2.3.1 施工工艺及方法	18
2.3.2 施工设备	19
2.3.3 施工进度计划	20
2.3.4 土石方平衡	22
2.4 项目用海需求	22
2.4.1 项目用海需求情况	22
2.4.2 项目申请用海情况	23
2.5 项目用海必要性	30
2.5.1 项目建设必要性分析	30

2.5.2 项目用海必要性分析	32
3. 项目所在海域概况	33
3.1 海洋资源概况	33
3.1.1 海岸线资源	33
3.1.2 滩涂资源	33
3.1.3 岛礁资源	33
3.1.4 渔业资源	33
3.1.5 港口资源	41
3.1.6 矿产资源	41
3.1.7 旅游资源	41
3.2 海洋生态概况	42
3.2.1 区域气候与气象	42
3.2.2 水文动力	43
3.2.3 海域地形地貌与冲淤状况	73
3.2.4 工程地质	75
3.2.5 海洋自然灾害	84
3.2.6 海洋水质现状调查与评价	86
3.2.7 海洋沉积物现状调查与评价	96
3.2.8 海洋生物质量现状调查与评价	103
3.2.9 海洋生态现状调查与评价	106
3.2.10 珍稀濒危海洋动物	115
3.2.11 “三场一通道”分布情况	118
4. 资源生态影响分析	124
4.1 生态影响分析	124
4.1.1 水动力影响预测分析	124
4.1.2 地形地貌与冲淤影响预测分析	136
4.1.3 水质影响预测分析	138
4.1.4 沉积物环境影响分析	144
4.1.5 对海洋生物的影响分析	144

4.1.6 对“三场一通道”的影响	146
4.1.7 生态跟踪监测指标合理影响范围	146
4.2 资源影响分析	148
4.2.1 对海洋空间资源的影响	148
4.2.2 对海洋生物资源的影响	148
5. 海域开发利用协调分析	151
5.1 海域开发利用现状	151
5.1.1 社会经济概况	151
5.1.2 海域使用现状	154
5.1.3 海域使用权属	158
5.2 项目用海对海域开发活动的影响	162
5.2.1 对现状养殖取水及排水管的影响分析	162
5.2.2 对通航环境的影响分析	162
5.2.3 对其他项目的影响分析	163
5.3 利益相关者界定	163
5.4 需协调部门界定	163
5.5 相关利益协调分析	163
5.6 项目用海与国防安全与国家海洋权益的协调性分析	164
5.6.1 与国防安全和军事活动的协调性分析	164
5.6.2 与国家海洋权益的协调性分析	164
6. 国土空间规划符合性分析	165
7. 项目用海合理性分析	165
7.1 用海选址合理性分析	165
7.1.1 项目选址与自然资源和海洋生态的适宜性分析	166
7.1.2 项目选址与周边其他用海活动的适宜性分析	168
7.1.3 项目用海是否有利于海洋产业协调发展	168
7.1.4 用海选址唯一性分析	169
7.2 用海平面布置合理性分析	169
7.2.1 是否体现节约集约用海的原则	170

7.2.2	是否有利于生态保护，并已避让生态敏感目标	170
7.2.3	能否最大程度地减少对水文动力环境和冲淤环境的影响	171
7.2.4	能否最大程度地减少对周边其他用海活动的影响	171
7.3	用海方式合理性分析	172
7.3.1	是否遵循尽最大可能不填海和少填海、不采用非透水构筑物，尽可能采用透水式、开放式的用海原则	172
7.3.2	能否最大程度地减少对海域自然属性的影响，是否有利于维护海域基本功能	172
7.3.3	能否最大程度地减少对区域海洋生态系统的影响	173
7.3.4	能否最大程度地减少对水文动力环境和冲淤环境的影响	174
7.4	占用岸线合理性分析	174
7.5	用海面积合理性分析	175
7.5.1	申请用海面积	175
7.5.2	宗海图绘制	177
7.5.3	项目用海面积量算	179
7.6	立体设权合理性分析	186
7.6.1	立体设权范围	186
7.6.2	立体设权必要性分析	186
7.6.3	立体设权可行性分析	186
7.6.4	立体空间布置的合理性	188
7.7	用海期限合理性分析	188
8.	生态用海对策措施	189
8.1	生态用海对策	189
8.1.1	生态保护对策	189
8.1.2	生态跟踪监测	190
8.2	生态保护修复措施	192
9.	结论	193
9.1	结论	193
9.1.1	项目用海基本情况	193

9.1.2 项目用海必要性结论	194
9.1.3 项目用海资源生态影响分析结论	194
9.1.4 海域开发利用协调分析结论	195
9.1.5 国土空间规划符合性分析结论	195
9.1.6 项目用海合理性分析结论	196
9.2 项目用海可行性分析结论	197

1. 概述

1.1 论证工作由来

中委广东石化 2000 万吨/年重油加工工程于 2011 年取得环评批复（环审〔2011〕22 号），因工程主体内容发生变动，建设单位开展了变更环评工作，于 2019 年取得了批复（环审〔2019〕76 号）。批复工程内容为：主体工程包括 22 套炼油装置和 8 套化工装置，配套工程包括原油和产品两座码头、厂外管线工程和原油库区工程。其中原油库区工程位于惠来县靖海镇石碑山灯塔北侧，建设规模为合计 120 万立方米的原油储罐和配套设施。

2021 年，广东揭阳 520 万方原油商业储备库建设工程（库区工程）新增 10 个罐组共 40 座储罐，扩建 400 万立方米原油储备库，并整合优化广东石化在建的 120 万立方米原油库区，形成规模达到 520 万立方米的原油商业储备库。2021 年 9 月，揭阳市生态环境局批复了广东揭阳 520 万方原油商业储备库建设工程（库区工程）环境影响报告书（揭市环审〔2021〕29 号，可见附件 6-3），其中针对库区雨水处理，批复提出：严格落实各项水污染防治措施，按照“清污分流、雨污分流、循环用水”的原则建设给排水系统。广东揭阳 520 万方原油商业储备库建设工程（库区工程）200 万立方米部分于 2022 年建成投产，320 万立方米部分于 2025 年底建成投产。其中洁净雨水管道工程与主体工程同步建设并投入使用。2025 年 5 月，揭阳市生态环境局为中石油（北京）商业储备油有限公司揭阳分公司颁发了雨水排放口许可证。

目前广东揭阳 520 万方商储库整个库区收集的洁净雨水，从库区北侧雨水监测池以重力流方式、经埋地敷设的管道排放至西南侧，经跌水井+消力池消能后再溢流散排入南海。

因现状库区陆域雨水排水口所在区域，位于海岸线严格保护岸段附近，洁净雨水虽经消力池消能后有效减小了对海岸线的冲刷，但消力池至海边还有一定的距离，消力池外长期排水对沙滩还是会有一定的影响。基于远期考虑，需在消力池末端采用跌水井将水头标高降至-1m，再采用管道全埋于沙滩面以下外排入海，从而达到消除外排口排水对沙滩影响的目的。因此，需启动广东揭阳 520

万方原油商业储备库建设工程（库区工程）雨水排海管道改造工程（项目代码：2606-445224-04-05-209146）。

本次建设内容为项目起点接一期已建消力池出口，项目终点至排海管道末端。新建 3.3m×2.9m 箱涵与一期消力池出口衔接；新建跌水井 1 座；新建 DN2200 排海管道，长度 182m，设计规模为 13.04m³/s，设计管道按 30 年使用寿命设计。

根据《中华人民共和国海域使用管理法》《广东省海域使用管理条例》等的规定，在中华人民共和国内水、领海持续使用特定海域三个月以上的排他性用海活动，必须依法取得海域使用权。受中石油（北京）商业储备油有限公司揭阳分公司委托，广东海兰图环境技术研究有限公司（以下简称“我公司”）承担本项目的海域使用论证工作。我公司接受委托后，根据有关法律法规和相应的技术规范，针对工程项目的性质、规模和特点，通过资料收集分析等工作，结合工程具体情况和所在海区的国土空间规划以及海洋环境特征，根据《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361-2023）等要求编制完成《广东揭阳 520 万方原油商业储备库建设工程（库区工程）雨水排海管道改造工程海域使用论证报告书》（送审稿）。

1.2 论证依据

1.2.1 法律法规

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

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

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

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

（5）《中华人民共和国防洪法》（2016 年 7 月 2 日第十二届全国人民代表大会常务委员会第二十一次会议修正）；

（6）《中华人民共和国港口法》（2018 年 12 月 29 日第十三届全国人民

代表大会常务委员会第七次会议修正)；

(7) 《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，2022年6月1日起施行)；

(8) 《中华人民共和国海岛保护法》(2009年12月26日第十一届全国人民代表大会常务委员会第二十次会议通过，2010年3月1日起施行)；

(9) 《中华人民共和国航道法》(2016年7月2日第十二届全国人民代表大会常务委员会第二十一会议修正)；

(10) 《防治海洋工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》(2018年3月19日《国务院关于修改和废止部分行政法规的决定》修订)；

(11) 《中华人民共和国防治海岸工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》(2018年3月19日《国务院关于修改和废止部分行政法规的决定》修订)；

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

(13) 《中华人民共和国国家发展和改革委员会令第7号〈产业结构调整指导目录(2024年本)〉》(2023年12月1日第6次委务会议审议通过)；

(14) 《自然资源部关于进一步做好用地用海要素保障的通知》(自然资发〔2023〕89号，2023年6月13日)；

(15) 《自然资源部 国家林业和草原局关于进一步做好自然资源要素保障的通知》(自然资发〔2026〕38号，2026年3月5日)；

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

(17) 《自然资源部关于规范海域使用论证材料编制的通知》(自然资规〔2021〕1号，2021年1月8日)；

(18) 《自然资源部办公厅关于进一步做好海域使用论证报告评审工作的通知》(自然资办函〔2021〕2073号)；

(19) 《自然资源部办公厅关于进一步做好用地用海用岛国土空间规划符合性审查的通知》(自然资办发〔2024〕21号，2024年5月6日)；

(20) 《自然资源部 国家林业和草原局关于进一步做好自然资源要素保障工作的通知》(自然资发〔2025〕79号，自然资源部 国家林业和草原局，2025

年4月16日)；

(21) 《生态环境部关于印发<生态保护红线生态环境监督办法(试行)>的通知》(中华人民共和国生态环境部, 2022年12月27日)；

(22) 《交通运输部 国家发展改革委 自然资源部 生态环境部 国家林业和草原局<关于加强沿海和内河港口航道规划建设 进一步规范和强化资源要素保障>的通知》(交规划发〔2022〕79号, 2022年8月2日)；

(23) 《市场准入负面清单(2025年版)》(发改体改规〔2025〕466号, 2025年4月16日)；

(24) 《自然资源部关于探索推进海域立体分层设权工作的通知》(自然资规〔2023〕8号, 2023年11月13日)；

(25) 《广东省自然资源厅关于推进海域使用权立体分层设权的通知》(粤自然资规字〔2023〕5号, 2023年9月18日)；

(26) 《广东省财政厅 广东省自然资源厅关于印发<广东省海域使用金征收标准(2022年修订)>的通知》(粤财规〔2022〕4号)；

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

(28) 《广东省湿地保护条例》(2022年11月30日广东省第十三届人民代表大会常务委员会第四十七次会议修正)；

(29) 《广东省自然资源厅办公室关于启用我省新修测海岸线成果的通知》(广东省自然资源厅, 2022年2月22日)；

(30) 《广东省自然资源厅关于印发〈广东省项目用海政策实施工作指引〉的通知》(粤自然资函〔2020〕88号, 2020年2月28日)；

(31) 《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)；

(32) 《广东省人民政府办公厅关于推动我省海域和无居民海岛使用“放管服”改革工作的意见》(粤府办〔2017〕62号, 广东省人民政府办公厅, 2017年10月15日)。

1.2.2 相关规划

- (1) 《广东省国土空间规划(2021-2035年)》(国函〔2023〕76号,2023年8月);
- (2) 《广东省国土空间生态修复规划(2021-2035年)》(2023年5月10日,粤自然资发〔2023〕2号);
- (3) 《广东省海岸带及海洋空间规划(2021-2035年)》(粤自然资发〔2025〕1号),2025年1月23日;
- (4) 《广东省近岸海域环境功能区划》(粤府办〔1999〕68号),1999年7月27日;
- (5) 《广东省国民经济和社会发展第十五个五年规划纲要》(粤府〔2026〕24号,2026年3月26日);
- (6) 《揭阳市国土空间总体规划(2021-2035年)》(揭阳市人民政府,2023年8月);
- (7) 《揭阳市国民经济和社会发展第十五个五年规划纲要》(揭府〔2026〕5号,2026年4月);
- (8) 《惠来县国土空间总体规划(2021-2035年)》(2023年10月);
- (9) 《揭阳市人民政府关于印发揭阳市重点产业园区发展“十四五”规划的通知》(揭府〔2022〕14号,2022年1月28日)。

1.2.3 标准规范

- (1) 《海域使用论证技术导则》(GB/T 42361-2023);
- (2) 《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》(HJ 1409-2025,2025年2月1日实施);
- (3) 《海域使用分类》(HY/T 123-2009);
- (4) 《海水水质标准》(GB 3097-1997);
- (5) 《中国海图图式》(GB 12319-2022);
- (6) 《海洋监测规范》(GB 17378-2007);
- (7) 《海洋生物质量》(GB 18421-2001);

- (8) 《海洋沉积物质量》(GB 18668-2002)；
- (9) 《海洋调查规范》(GB/T 12763-2007)；
- (10) 《海洋工程地形测量规范》(GB/T 17501-2017)；
- (11) 《全球导航卫星系统(GNSS)测量规范》(GB/T 18314-2024)；
- (12) 《海域使用面积测量规范》(HY/T 070-2022)；
- (13) 《海籍调查规范》(HY/T 124-2009)；
- (14) 《宗海图编绘技术规范》(HY/T 251-2018)；
- (15) 《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(SC/T 9110-2007, 中华人民共和国农业部)；
- (16) 《海域立体分层设权宗海范围界定指南(试行)》(自然资源部, 2023 年 11 月)；
- (17) 《广东省海域使用权立体分层设权宗海范围界定及宗海图编绘技术规范(试行)》(广东省自然资源厅, 2024 年 6 月)
- (18) 《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》(自然资发〔2023〕234 号, 自然资源部, 2023 年 11 月 22 日)；
- (19) 《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》(2002 年 4 月)。

1.2.4 项目基础资料

- (1) 《广东揭阳 520 万方原油商业储备库建设工程(库区工程)雨水排海管道改造工程可行性研究报告(报批版)》(科设工程设计有限公司, 2026 年 3 月)；
- (2) 《广东省揭阳市海洋生态保护修复工程海洋环境现状调查监测报告(神泉湾区域、石碑山角区域)》(广州海兰图检测技术有限公司, 2026 年 5 月)；
- (3) 《广东省揭阳市海洋生态保护修复工程项目附近海域海洋水文测验技术报告(神泉湾区域、石碑山角区域)》(广州海兰图检测技术有限公司, 2026 年 4 月)；
- (4) 《广东揭阳 520 万方排海管道项目工程地质勘察报告(详细勘察)》(广州南科海洋工程有限公司, 2024 年 4 月)；

- (5) 《广东揭阳 520 万方原油商业储备库建设工程雨水排海管道项目海域测量及路由勘察技术报告》（广州南科海洋工程有限公司，2024 年 1 月）；
- (6) 《广东揭阳 520 万方原油商业储备库建设工程（库区工程）雨水排海管道改造工程项目符合生态保护红线内允许有限人为活动说明报告（送审稿）》（中国科学院南海海洋研究所，2026 年 7 月）；
- (7) 建设单位提供的其他资料。

1.3 论证等级和范围

1.3.1 论证等级

根据《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（自然资发〔2023〕234 号），项目用海类型为工矿通信用海（一级类）中的海底电缆管道用海（二级类）。根据《海域使用分类》（HY/T 123-2009），项目用海类型为海底工程用海（一级类）中的电缆管道用海（二级类）。

根据《海域使用分类》（HY/T 123-2009），项目排海管道用海方式为其他方式（一级方式）中的海底电缆管道（二级方式），排水口用海方式为其他方式（一级方式）中的取、排水口（二级方式）。

根据《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361-2023），本项目海底电缆管道为雨水排海管道，长度约为 182m，判定海底电缆管道的论证等级为三级。

项目取、排水口为雨水排水口，该排水口为广东揭阳 520 万方原油商业储备库建设工程（库区工程）雨水排海设施配套排水口，判定取、排水口的论证等级为二级。本项目底土穿越自然岸线长度 22.2m，不改变岸线自然形态与生态功能。

同一项目用海按不同用海方式、用海规模和海域特征判定的等级不一致时，采用就高不就低的原则确定论证等级，因此确定本项目海域使用论证等级为二级。

表 1.3.1-1 海域使用论证等级判定标准

一级用海方式	二级用海方式		用海规模	所在海域特征	论证等级
其他方式	海底电缆管道	海底输水管道、无毒无害物质输送管道等	长度大于（含）10km	敏感海域	一
				所有海域	二
			长度小于 10km	所有海域	三
	取、排水口	工业取、排水口	所有规模	所有海域	二

		其他取、排水口	所有规模	所有海域	三
本项目论证等级					二级
注 1：敏感海域是指海洋生态保护红线区，重要河口、海湾、红树林、珊瑚礁、海草床等重要生态系统所在海域，特别保护海岛所在海域等。 注 2：构筑物总长度按照构筑物中心线长度界定，并行铺设的海底电缆、海底管道等的长度，按最长的管线长度计。 注 3：扩建工程温冷排水量和污水达标排放量包含原排放量。 注 4：项目占用自然岸线并且改变海岸自然形态和影响海岸生态功能的，占用长度大于（含）50m 的论证等级为一级，占用长度小于 50m 的论证等级为二级。					

注：引自《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361-2023）的表 1。

1.3.2 论证范围

根据《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361-2023），论证范围应依据项目用海情况、所在海域特征及周边海域开发利用现状等确定，应覆盖项目用海可能影响到的全部区域。一般情况下，论证范围以项目用海外缘线为起点进行划定，一级论证向外扩展 15km，二级论证 8km，三级论证 5km。跨海桥梁、海底管线、航道等线性工程项目用海的论证范围划定，一级论证每侧向外扩展 5km，二级论证 3km，三级论证 1.5km。

本项目论证等级为二级，位于“前詹海岸防护物理防护极重要区生态保护区”和“前詹珍稀濒危物种分布区生态保护区”生态保护红线内，为全面、客观评估项目对周边海域生态系统、地形地貌及水文动力的累积性与区域性影响，本次论证范围以项目用海外缘线为起点向外扩展 15km，论证范围面积约 592.0385km²。具体论证范围拐点坐标详见表 1.3.2-1，论证范围图见图 1.3.2-1。

（涉密不公开）

图 1.3.2-1 论证范围图

表 1.3.2-1 论证范围顶点坐标

（涉密不公开）

1.4 论证重点

通过对本项目所在海域及附近海域海洋自然条件、资源和环境的调查，根据《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361-2023）的要求，结合项目海域使用类型和用海方式、所在海域特征和对资源生态影响程度等因素，确定本项目海域使

用论证工作的重点内容如下：

- (1) 选址合理性；
- (2) 海域开发利用协调分析；
- (3) 用海面积合理性；
- (4) 资源生态影响；
- (5) 国土空间规划符合性分析。

2. 项目用海基本情况

2.1 用海项目建设内容

2.1.1 项目基本情况

(1) 项目名称：广东揭阳 520 万方原油商业储备库建设工程（库区工程）
雨水排海管道改造工程

(2) 建设单位：中石油（北京）商业储备油有限公司揭阳分公司

(3) 项目性质：新建

(4) 投资金额：■ 万元

(5) 地理位置：广东省揭阳市惠来县靖海镇西南侧附近海域

(6) 建设内容和规模：本次建设内容为广东揭阳 520 万方原油商业储备库洁净雨水外排管道，项目起点接一期已建消力池出口，项目终点至排海管道末端。新建 3.3m×2.9m 箱涵与一期消力池出口衔接；新建跌水井 1 座；新建 DN2200 排海管道，长度 182 米，设计规模为 13.04m³/s，设计管道按 30 年使用寿命设计。

（涉密不公开）

图 2.1-1 项目地理位置图

2.1.2 项目陆域现状情况

2021 年 9 月，揭阳市生态环境局以揭市审（2021）29 号文批复了广东揭阳 520 万方原油商业储备库建设工程（库区工程）环境影响报告书，其中针对库区雨水处理，批复提出：**严格落实各项水污染防治措施，按照“清污分流、雨污分流、循环用水”的原则建设给排水系统**，清罐废水、地面冲洗废水、初期雨水、生活污水等废水依托中委广东石化 2000 万吨/年重油加工工程污水处理系统处理，做好废水收集等日常管理，建立健全废水收集、转运及处理台账。加强废水收集、排放管网的运行维护。

广东揭阳 520 万方原油商业储备库建设工程（库区工程）200 万立方米部分于 2022 年建成投产，320 万立方米部分于 2025 年底建成投产。其中洁净雨水管

道工程与主体工程同步建设并投入使用。2025 年 5 月，揭阳市生态环境局为中石油（北京）商业储备油有限公司揭阳分公司颁发了雨水排放口许可证（证书编号 91445224MAEAA8AW3R001V），批复的雨水排放口基本情况可见表 2.1.2-1。

根据近期 3、4 月的现状雨水排放口日常监测数据显示化学需氧量、石油类和氨氮均合格，可见附件 6-5。

表 2.1.2-1 雨水排放口基本情况表

（涉密不公开）

图 2.1.2-1 现状消力池排水口和附近环境示意图

（涉密不公开）

图 2.1.2-2 现状海岸线放样分界示意图

2.2 平面布置和主要结构、尺度

2.2.1 总平面布置

广东揭阳 520 万方原油商业储备库建设工程（库区工程）雨水排海管道改造工程位于揭阳市惠来县靖海镇西南侧附近海域，整体呈自东北向西南走向，项目起点接一期已建消力池出口，目前广东揭阳 520 万方原油商业储备库整个库区收集的清净雨水，从库区北侧雨水监测池以重力流方式、经埋地敷设的管道排放至西南侧，经跌水井+消力池消能后再溢流散排入南海，项目终点至排海管道末端。新建 3.3m×2.9m 箱涵与一期消力池出口衔接；新建跌水井 1 座；新建 DN2200 排海管道，长度 182m，设计规模为 13.04m³/s，设计管道按 30 年使用寿命设计，采用顶管下穿法施工，把洁净雨水排入海域，平面布置图可见图 2.2.1-1。

本项目新建的跌水井及 3.3m×2.9m 箱涵，均位于海岸线向陆一侧，属于陆域施工配套设施，不纳入本次海域使用论证范围。

(涉密不公开)

图 2.2.1-1a 项目平面布置图

(涉密不公开)

图 2.2.1-1b 项目平面布置图

(涉密不公开)

图 2.2.1-2 项目平面布置用海示意图

(涉密不公开)

图 2.2.1-3 项目剖面图

2.2.2 主要结构和尺度、设计参数

本排海管道按重要结构工程来设计，设计使用寿命为 30 年，环境荷载按 80-90%保证率做设计，并按 50 年一遇重现期来校核。

排海管道设计满足排放规模的需要，保证任何时候雨水均能顺利排放，长度为 182 米。

根据《广东省海堤工程设计导则（试行）》（DB 44/T182-2004）广东省海门设计年最高潮（水）位成果表（85 国家高程基准）：

100 年一遇最高潮（水）位 2.76m；

50 年一遇最高潮（水）位 2.42m；

20 年一遇最高潮（水）位 1.98m；

多年平均高潮位（水）位 0.32m；

多年平均低潮位（水）位 -0.51m。

1. 设计参数

（1）排水范围

本次设计排水范围为广东揭阳 520 万方原油商业储备库全部库区，库区占地面积约为 113.84 公顷。

（2）暴雨强度公式：

$$q = \frac{1248.85 \times (1 + 0.62 \cdot \log P)}{(t + 3.5)^{0.561}}$$

（3）设计重现期（年）：

生产区取 $P=2$ ；

储罐区防火堤内取 $P=0.5$ ；

辅助生产设施取 $P=1$ ；

重要道路以及厂前区等取 $P=5$ 。

（4）雨水量计算公式：

$$Q = \Psi \cdot q \cdot F$$

式中：Q—雨水设计流量（l/s）；

Ψ —径流系数，取 0.9；

F—汇水面积（公顷）。

2. 雨水量计算

（1）罐组雨水量：

单个罐组单个隔堤内面积为 12400m^2 ，降雨历时 20min。

单个罐组单个隔堤计算雨水量： $Q_s=243.8\text{L/s}$ ；

为减小雨水设计流量，适当加大雨水在罐区地面的停留时间，单个隔堤雨水排放量按 100L/s 计算，罐组同时排水总量为 $5.2\text{m}^3/\text{s}$ 。

（2）生产区雨水量：

降雨历时 10min，雨水量为 $0.34\text{m}^3/\text{s}$ 。

（3）重要道路以及厂前区雨水量：

降雨历时 20min，雨水量为 $3.09\text{m}^3/\text{s}$ 。

（4）辅助生产区雨水量：

降雨历时 25min，雨水量为 $4.41\text{m}^3/\text{s}$ 。

（5）库区总雨水量： $13.04\text{m}^3/\text{s}$ 。

3. 排海管道工艺直径的选择主要是依据管道流速来确定。

根据相关规范《给排水常用规范手册》等的要求，放流管道为了防止淤泥沉积的最小流速应为 0.6m/s ，对于倒虹吸管要求设计流速应大于 0.9m/s 。从经济因素考虑，规范还规定了经济流速，其值为 $1-1.5\text{m/s}$ 。

（1）设计条件

雨水排放量 $Q=13.04\text{m}^3/\text{s}$ ；

（2）管道工艺直径的选择

对应本工程雨水排放量，同时考虑与一期工程雨水管径保持一致，本次选用直径为 2200mm 的管道。

4. 放流管（扩散器）

3 根竖向放流管在管道末端进行安装，长度约为 4.5m 。

2.3 项目主要施工工艺与方法

2.3.1 施工工艺及方法

(1) DN2200 顶管施工工艺

始发控制：顶管机就位后缓慢破除洞门，初始顶进速度控制在 $5\text{mm}/\text{min}$ ，同步注入改性水玻璃浆液加固洞门周边土体，避免土体流失。

掘进参数管控：采用泥水平衡模式，土仓压力设定为 1.2 倍静止土压力，正常顶进速度控制在 $20\text{-}30\text{mm}/\text{min}$ ，每顶进 50cm 复核一次轴线与高程，偏差超 10mm 时通过调整千斤顶行程分步纠偏，严禁急纠。

同步注浆减阻：沿管节外壁预留注浆孔，持续注入膨润土+CMC 调配的触变泥浆，泥浆压力略高于土仓压力，形成完整泥浆套，将管壁摩阻力控制在 $5\text{kN}/\text{m}^2$ 以内。

管节防水处理：每节管对接前在钢承口位置粘贴 2 道遇水膨胀橡胶止水条，对接后做 0.1MPa 水压试验，确保接口零渗漏。

(2) 海域端机头开挖取出施工工艺

作业前置准备：采用 GPS RTK 定位开挖范围约 32 米×50 米位于管道末端（不超出排水口申请用海范围），用挖泥船提前清除表层海床淤泥。

分层开挖作业：采用两栖挖掘机+水下吸泥设备组合施工，分层开挖厚度控制在 1.5m，开挖至机头底部 1.5m 位置时，改用人工配合潜水员清底，避免磕碰顶管机壳体。

机头回收作业：潜水员水下拆除机头与管节的连接螺栓，用 100t 起重船挂设专用吊具平稳起吊，全程保持机身水平，防止结构变形。

(3) 水下扩散器（放流管）安装精细化施工工艺

安装前置准备：提前在陆上完成扩散器（放流管）整体预拼装，做 1.5 倍设计压力的水压试验，确认无渗漏后吊装至作业驳船。

水下对接作业：由潜水员水下定位，将扩散器（放流管）法兰与顶管出口精准对位，均匀紧固 8.8 级不锈钢连接螺栓，全程用测深仪监控安装高程，偏差控制在 $\pm 5\text{cm}$ 以内。

验收：对接完成后做水下气密性检测。检测合格后回填覆盖扩散器。本项目

施工期应避开雨季。

2.3.2 施工设备

项目施工设备如下：

表 2.3.2-1 施工设备一览表

序号	机械设备名称	型号规格	数量	用于施工部位	备注
1	挖掘机（带炮头）	1m ³	2 台	管道末端取机头	
2	插入式振动器	CZ-30	12 台	砼浇筑振捣	
3	钢筋切割机	GJ32-13	4 台	钢筋加工	
4	钢筋弯曲机	WJ40-1	4 台	钢筋加工	
5	电焊机	A×500,26kW	4 台	钢筋加工	
6	木工加工设备		4 套	模板加工	
8	氧割设备	CG1-30	4 套	加工器械	
9	自吸泵		4 台	封底抽水	
10	潜水泵	HW100-10	8 台	抽水设备	
11	高压旋喷桩机		2 台	土体加固	
12	空气压缩机	W-0.36/8	4 台	土体加固	
13	电动空气压缩机	3m ³ /min	4 台	破除石头	
14	风镐		8 把	破除石头	
15	土压平衡顶管掘进机	TYD2200	1 套	顶管施工	
16	主顶动力站	400t×4	1 套	顶管施工	
17	中继间	200t×5	1 套	顶管施工	
18	顶进操作台		2 套	顶管施工	
18	触变泥浆泵站		2 套	顶管施工	
19	泥浆泵	S150	4 台	顶管施工	
20	汽车吊	25T	2 台	顶管下管、卸管	
21	平板车	80T	1 辆	顶管机头运输	
22	汽车吊	100T	1 辆	DN2200mm 管材 吊装	
23	汽车吊	350T	1 辆	顶管机头吊装	卸载机头 78T
24	平板车	32T	1 辆	顶管其他辅助件	
25	电瓶车	1.5 吨	2 辆	管道出土	
26	通风机		2 台套	管内通风	
27	有毒气体检测仪		2 台	管内气体检测	
28	氧割设备		2 套	加工器械	
29	潜水泵		4 台	抽水设备	
30	柴油发电机	600kW	2 台	停电应急	抽水、照明
31	微型反铲式钩机	TX60C	4 台	井内出土	

32	长臂反铲挖掘机		4 台	井内出土	
33	挖泥船	3m³,19*8.5*2.3	1 艘	管道末端取机头 作业前置准备	
34	运泥驳	200m³	3 艘	运泥	
35	淡水船	500t	1 艘	供水	
36	交通艇	150t,8*5.5*2.1	1 艘	交通、测量	
37	油料船	300t	1 艘	油料供应	
38	起锚船	200t,12.4*6.6*2.5	2 艘	船舶定位	
39	运料船	400t,36*8.4*4.8	1 艘	运管	

2.3.3 施工进度计划

项目计划工期为 6 个月。

表 2.3.3-1 项目进度计划表

序号	工序名称	工期（天）	15 日	25 日	40 日	70 日	75 日	80 日	145 日	150 日	163 日	170 日	177 日	180 日
1	施工准备	15	■											
2	工作井围护施工	10		■										
3	工作井土方开挖	15			■									
4	井体浇筑+养护	30				■								
5	顶进系统安装调试	5					■							
6	顶管机组装始发	5						■						
7	管道连续顶进	65							■					
8	贯通准备	5								■				
9	取机头	13									■			
10	扩散器（放流管）安装	7										■		
11	检测+洞口封堵	7											■	
12	竣工验收	3												■

2.3.4 土石方平衡

本项目末端开挖取机头挖方 1456m^3 。海域段弃方由抓斗挖泥船、自航式泥驳转运至指定海洋倾倒区（现阶段暂无法确定）。根据《广东揭阳 520 万方排海管道项目工程地质勘察报告（详细勘察）》（广州南科海洋工程有限公司，2024 年 4 月）可知海域中表层地层为细砂。后续将根据土石方总量、运距、倾倒区剩余容量等要求，与相关主管部门沟通选择符合资质的法定海洋倾倒区，依法办理海洋倾倒许可证，含砂部分建议回填自用或进行拍卖。

2.4 项目用海需求

2.4.1 项目用海需求情况

目前广东揭阳 520 万方原油商业储备库整个库区收集的清净雨水，从库区北侧雨水监测池以重力流方式、经埋地敷设的管道排放至西南侧，经跌水井+消力池消能后再溢流散排入南海。

因现状库区陆域雨水排水口所在区域位于海岸线严格保护岸段附近，洁净雨水虽经消力池消能后有效减小了对海岸线的冲刷，但消力池至海边还有一定的距离，消力池外长期排水下对沙滩面还是会有一定的影响。基于远期考虑，需在消力池末端增设一座跌水井，再采用管道全埋于沙滩面以下外排入海，从而达到消除外排口排水对沙滩影响的目的。综上所述，广东揭阳 520 万方原油商业储备库建设工程（库区工程）雨水排海管道改造工程的建设，对环境保护、灾害预防等多个方面均有提升。不仅是对当前环境问题的有效应对，更是对未来可持续发展的有力保障。

（1）雨水排海管道用海需求

本项目雨水排海管道采用 DN2200 钢筋混凝土管，从库区北侧雨水监测池以重力流方式、经埋地敷设的管道，到跌水井+消力池，再通过排海管道进入海域，雨水排放量 $Q=13.04\text{m}^3/\text{s}$ ，最大流速为 $1-1.5\text{m/s}$ ，同时考虑与一期工程雨水管径保持一致，管径 2.2m 管道能够满足排水需求。根据排水口附近的海底标高和管道底高程，在此高程下管道布置可以顺利排水，无需再延长。在此条件下，依据

《海籍调查规范》（HY/T124-2009）“以电缆管道外缘线向两侧外扩 10m 距离为界”，结合雨水排海管道用海的布置，本项目雨水排海管道与取、排水口用海范围部分重叠，按照海域使用金征收标准的不同，采取就高不就低的原则：即取、排水口用海优先，雨水排海管道用海范围需避让排水口用海范围，因此，得出雨水排海管道用海需求为 0.2257 公顷。

（2）排水口用海需求

本项目在管道末端采用竖状放流管形式进行排水，依据《海籍调查规范》（HY/T124-2009）“工业取排水口用海，岸边以海岸线为界，水中以取排水设施外缘线外扩 80m 的矩形范围为界”，因此，本项目水中以雨水排海管道末端排水口外缘线外扩 80m 的矩形范围为界，因此，排水口用海需求为 2.5598 公顷。

2.4.2 项目申请用海情况

1.用海类型和用海方式

根据《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（自然资发〔2023〕234 号），项目用海类型为工矿通信用海（一级类）中的海底电缆管道用海（二级类）。根据《海域使用分类》（HY/T 123-2009），项目用海类型为海底工程用海（一级类）中的电缆管道用海（二级类）。

根据《海域使用分类》（HY/T 123-2009），项目雨水排海管道用海方式为其他方式（一级方式）中的海底电缆管道（二级方式）；排水口用海方式为其他方式（一级方式）中的取、排水口（二级方式）。

2.用海面积

本项目用海包括雨水排海管道和排水口，其中申请用海面积共 2.7855 公顷。雨水排海管道申请用海面积 0.2257 公顷，排水口申请用海面积 2.5598 公顷。

3.立体确权情况

根据《广东省海域使用权立体分层设权宗海范围界定及宗海图编绘技术规范（试行）》相关要求，本项目拟采取立体分层设权，雨水排海管道立体设权空间层为底土，用海空间确权范围为管道下缘高程至管道实际使用顶高程，立体设权高程范围为-3.6m~-1.4m（1985 国家高程基准）；排水口立体设权空间层为海床和水体，立体设权高程范围为现状海床高程至平均海平面（1985 国家高程基准）。

4.占用岸线情况

本项目申请用海范围涉及自然岸线 22.2m，项目采用顶管施工工艺底土穿越岸线，在不改变岸线自然形态与生态功能的前提下实现管道敷设，不属于对岸线的实际占用，无需岸线占补。

5.用海期限

本项目主要建设内容为雨水排海管道，《中华人民共和国海域使用管理法》规定建设工程用海期限不超过 50 年。本项目的雨水排海管道设计使用寿命为 30 年，综上，本项目申请用海期限为 30 年。

项目宗海图可见图 2.4.2-1 至图 2.4.2-5。

广东揭阳520万方原油商业储备库建设工程（库区工程）雨水排海管道改造工程宗海位置图

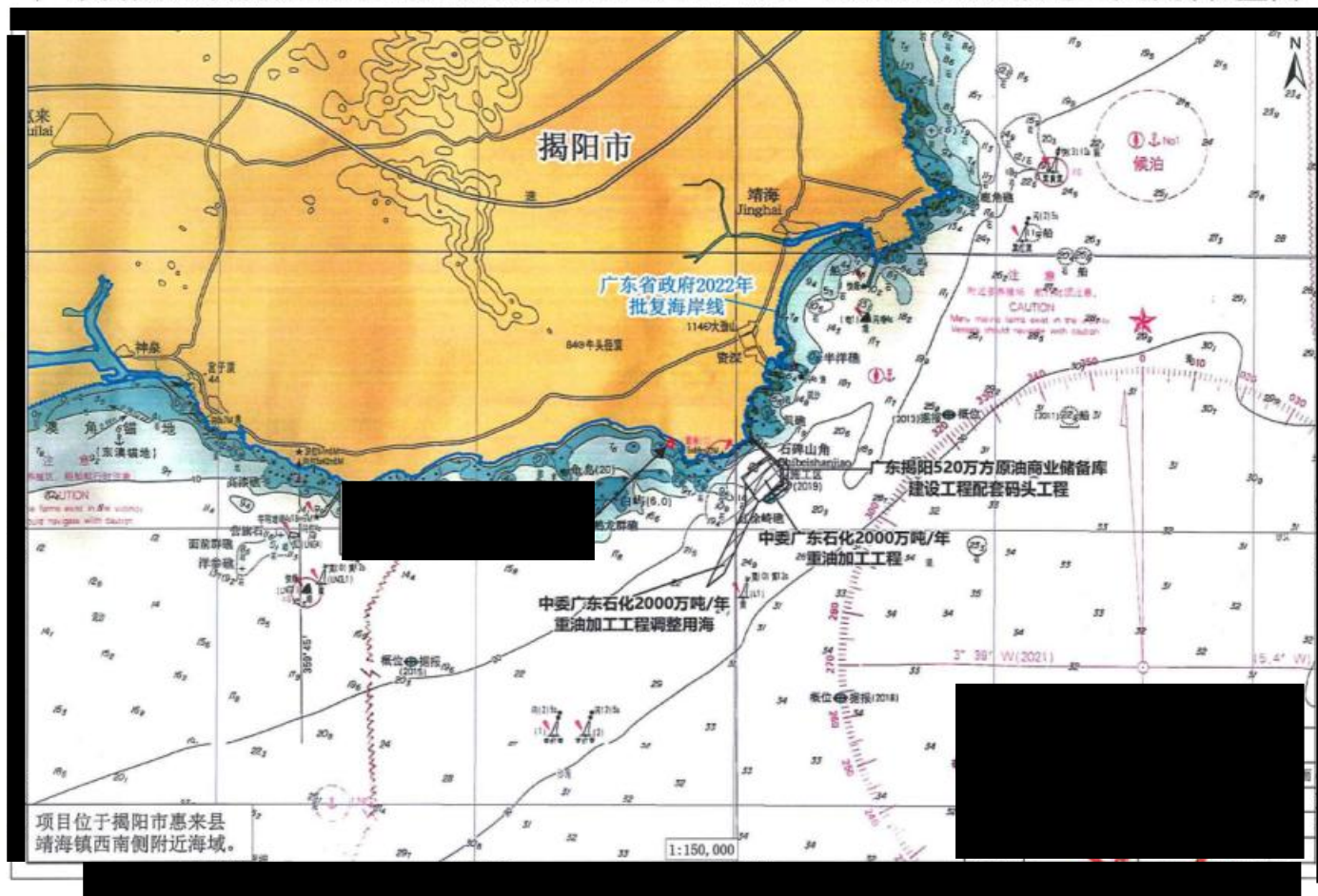


图 2.4.2-1 项目宗海位置图

广东揭阳520万方原油商业储备库建设工程（库区工程）雨水排海管道改造工程宗海平面布置图

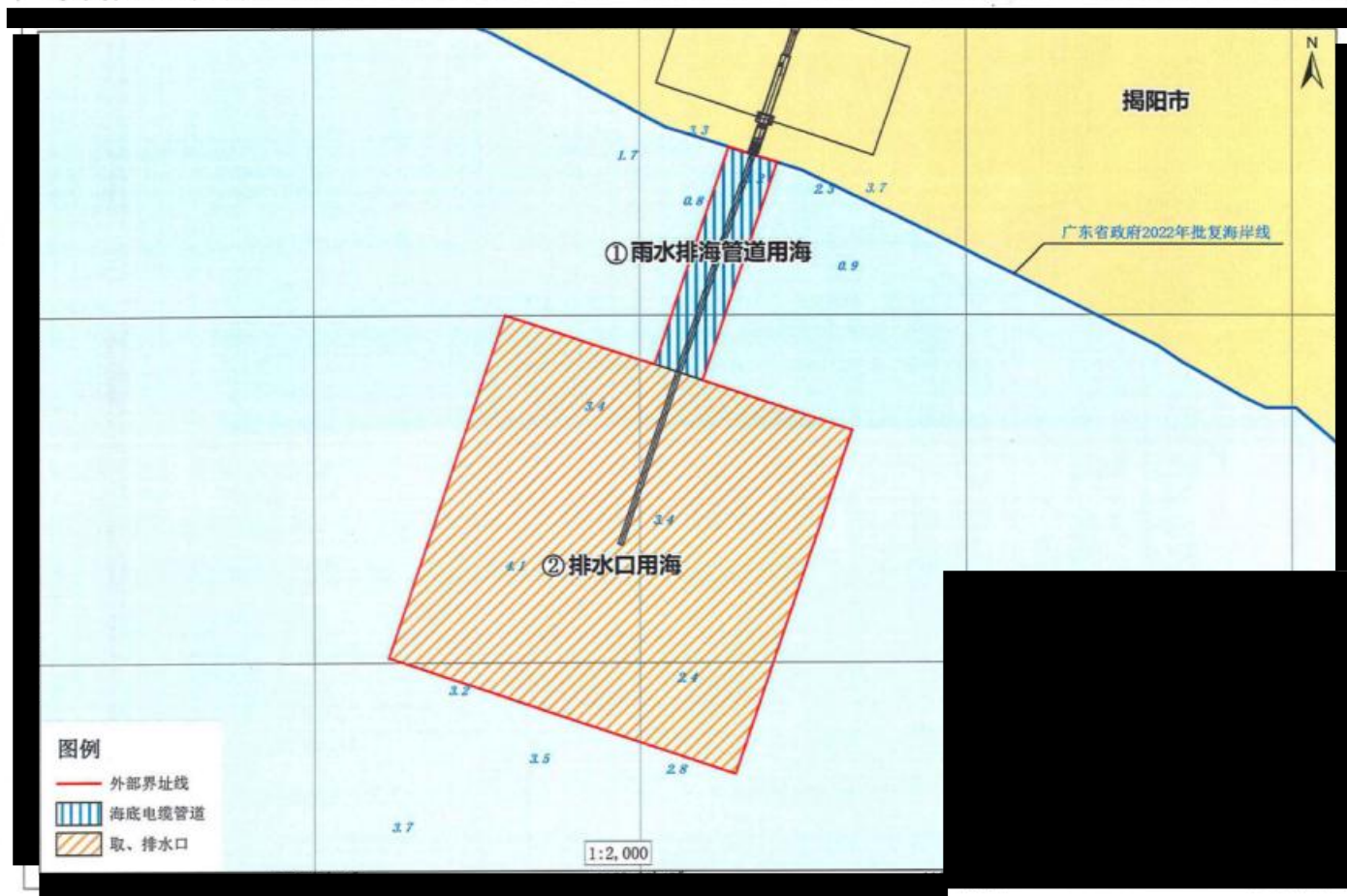


图 2.4.2-2 项目宗海平面布置图

广东揭阳520万方原油商业储备库建设工程（库区工程）雨水排海管道改造工程宗海界址图

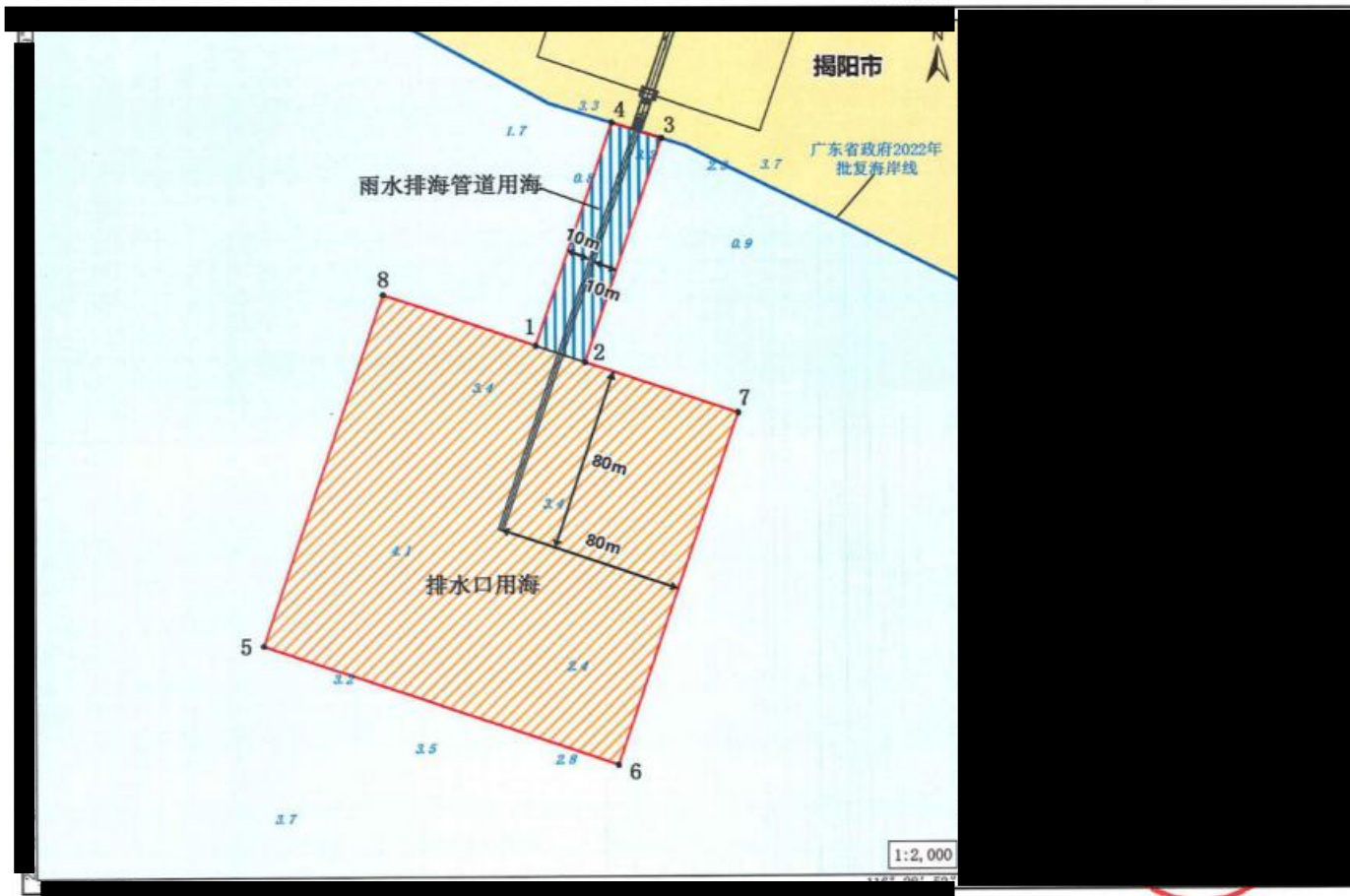


图 2.4.2-3 项目宗海界址图

广东揭阳520万方原油商业储备库建设工程（库区工程）雨水排海管道改造工程（雨水排海管道用海）宗海立体空间范围示意图

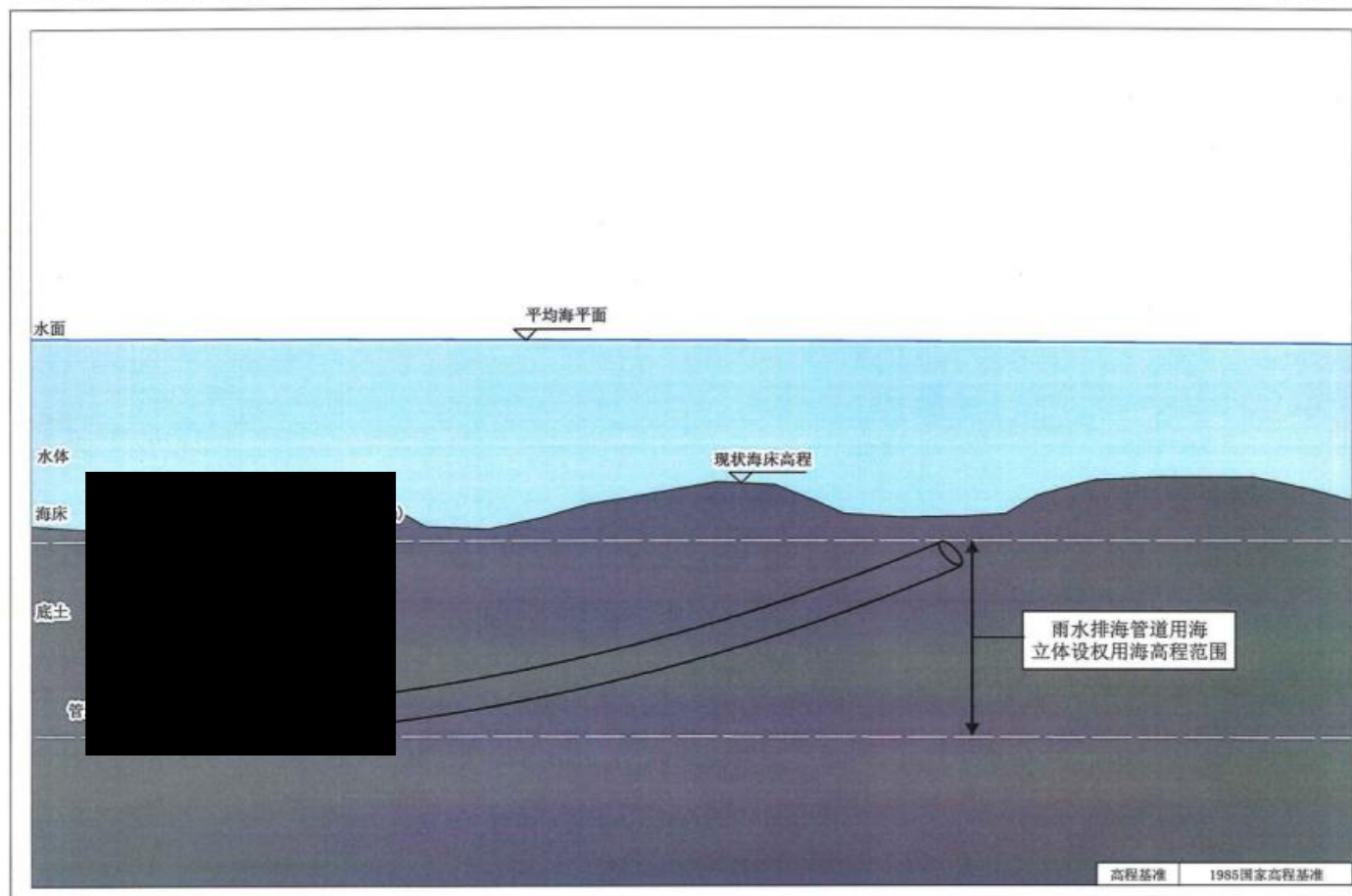


图 2.4.2-4 项目（雨水排海管道用海）宗海立体空间范围示意图

广东揭阳520万方原油商业储备库建设工程（库区工程）雨水排海管道改造工程（排水口用海）宗海立体空间范围示意图

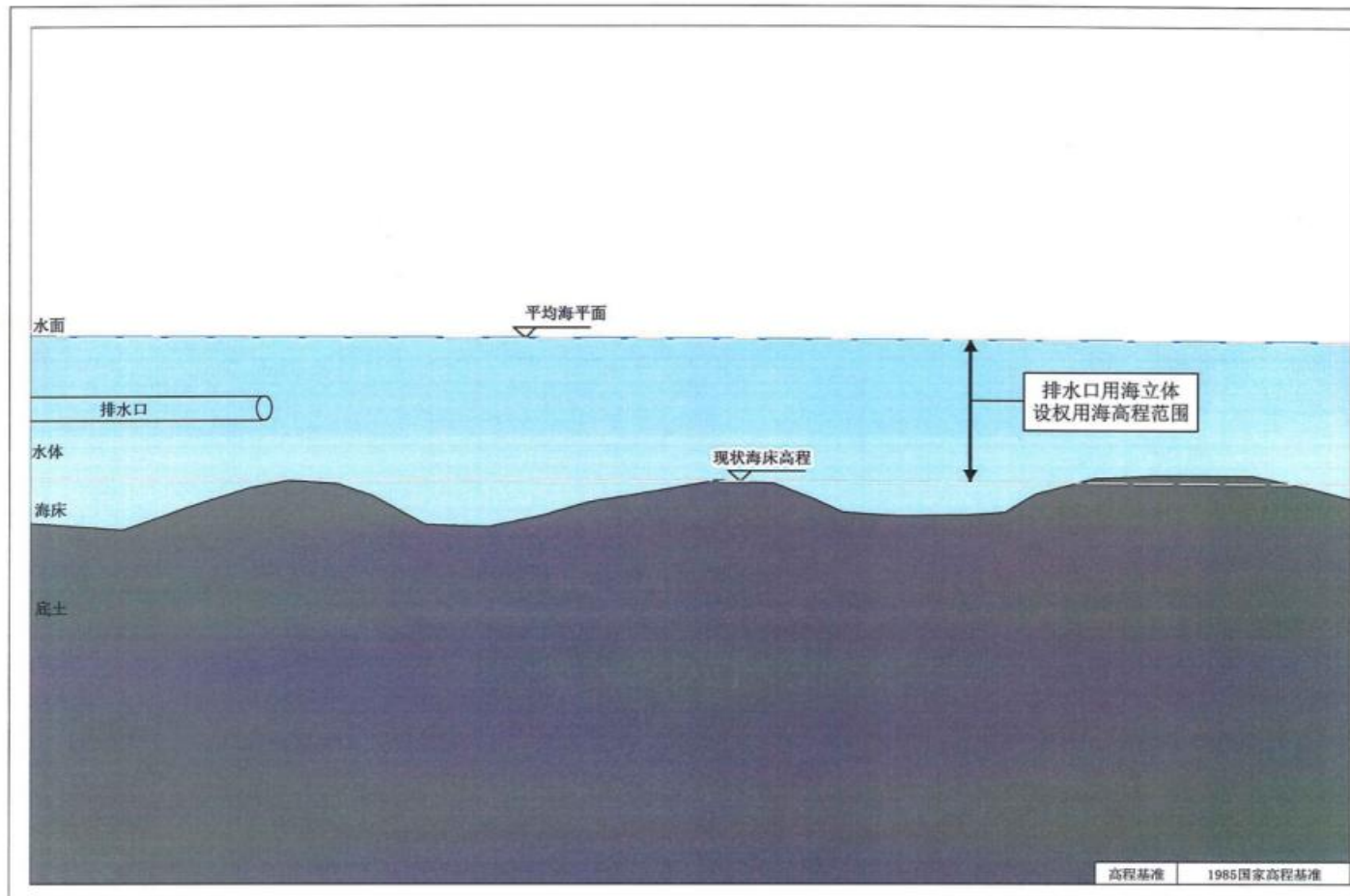


图 2.4.2-5 项目（排水口用海）宗海立体空间范围示意图

2.5 项目用海必要性

2.5.1 项目建设必要性分析

2.5.1.1 现状及存在的问题

目前广东揭阳 520 万方原油商业储备库整个库区收集的清净雨水，从库区北侧雨水监测池以重力流方式、经埋地敷设的管道排放至西南侧，经跌水井+消力池消能后再溢流散排入南海。

因现状库区陆域雨水排水口所在区域位于海岸线严格保护岸段附近，洁净雨水虽经消力池消能后有效减小了对海岸线的冲刷，但消力池至海边还有一定的距离，消力池外长期排水对沙滩还是会有一定的影响。基于远期考虑，需在消力池末端采用跌水井将水头标高降至-1m，再采用管道全埋于沙滩面以下外排入海，从而达到消除外排口排水对沙滩影响的目的。因此，需建设广东揭阳 520 万方原油商业储备库建设工程（库区工程）雨水排海管道改造工程。

项目的建设可满足库区雨水排放需求是完善库区基础设施的需要，可消除目前陆域消力池外排口排水对严格保护岸段的影响，落实环境保护、灾害预防等多个方面均有提升。不仅是对当前环境问题的有效应对，更是对未来可持续发展的有力保障，因此项目的建设是十分必要的。

2.5.1.2 项目与国家产业政策及相关产业规划的符合性

（1）与国家产业政策的符合性分析

本项目属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》第一类鼓励类，对应“二十二、城镇基础设施”范畴，项目属于广东揭阳 520 万方原油商业储备库区体系重要配套工程，保障能源安全、完善临港石化仓储体系，属于国家鼓励建设项目。本项目仅排放清净雨水，属于厂区防洪排涝、水环境风险防控的环保配套设施，无生产废水、无污染物增量，属于国家鼓励的生态环境基础设施建设内容。符合国家产业政策鼓励方向，不属于限制类、淘汰类项目。

根据《市场准入负面清单（2025 年版）》中的相关规定，本项目不属于禁

止类、限制类产业，因此，项目符合产业政策的要求。

(2) 《广东省国民经济和社会发展第十五个五年规划纲要》

根据《广东省国民经济和社会发展第十五个五年规划纲要》第三章第一节提及：“巩固提升传统产业地位。推进重点产业全链条系统创新，积极扩大健康、时尚、绿色轻工产品和智能家居、优特钢、高性能合成材料、高端工业母机等高端产品供给，打造国家优精品钢材基地、一流石化基地、高技术船舶基地，争创更多先进制造业集群。”

本项目为广东揭阳 520 万方原油商业储备库配套雨水排海设施，属于库区基础设施的重要组成部分，项目的建设可推动库区设施的完善，保障库区的营运发展。因此，本项目符合《广东省国民经济和社会发展第十五个五年规划纲要》的要求。

(3) 《揭阳市重点产业园区发展“十四五”规划》符合性分析

《揭阳市重点产业园区发展“十四五”规划》明确：大南海石化工业区重点发展绿色石化、原油储备、仓储物流、临港能源产业，打造国家级绿色石化产业基地，鼓励布局大型原油商业储备、能源仓储配套项目，完善区域能源储备保障体系。完善重点产业园区防洪排涝、环保排放、安全防控等基础设施体系，补齐临港工业区配套短板，提升园区承载能力与安全运行水平。坚持陆海统筹、生态优先，严控污染物入海，推行园区清洁化生产、绿色排放，实现临港产业与海洋生态协调发展。

本项目建设符合《揭阳市重点产业园区发展“十四五”规划》的产业定位、基础设施建设、绿色低碳发展、集约用海等各项要求，是大南海石化工业区完善能源储备体系、提升园区安全环保水平、推动临港绿色石化产业高质量发展的重要配套工程，与《揭阳市重点产业园区发展“十四五”规划》相符合。

(4) 《揭阳市国民经济和社会发展第十五个五年规划纲要》符合性分析

《揭阳市国民经济和社会发展第十五个五年规划纲要》明确：明确全市坚持“陆海统筹、产业强市”发展思路，重点壮大“一化一海五优特”产业集群，全力打造全球绿色石化产业基地、区域能源储备保障基地，持续补强临港石化、能源仓储等核心支柱产业，推动重大能源储备项目安全规范运营。

本次新建排海管道是保障广东揭阳 520 万方原油商业储备库安全稳定运行、

防范汛期积水内涝的配套基础设施。项目通过完善库区排水体系，夯实重大能源产业项目安全运营基础，与《揭阳市国民经济和社会发展第十五个五年规划纲要》相符合。

2.5.2 项目用海必要性分析

本项目为广东揭阳 520 万方原油商业储备库建设工程（库区工程）雨水排海管道改造工程，项目起点接一期已建消力池出口，项目终点至排海管道末端。新建 DN2200 排海管道。

其中，排海管道的建设需要占用一定的海域，本项目的用海方式是取、排水口和海底电缆管道。雨水经统一收集后需通过管道输送至一定水深的海域排放，项目采用顶管施工工艺底土穿越岸线，在不改变岸线自然形态与生态功能的前提下实现管道敷设，故需要用海；雨水经过管道输送至海域后排出，故雨排口也需要用海。因此，项目用海是必要的。

3. 项目所在海域概况

3.1 海洋资源概况

3.1.1 海岸线资源

根据广东省政府 2022 年批复海岸线统计，本项目论证范围内的大陆岸线共长 63.17km，包括人工岸线 15.4km、基岩岸线 13.26km，砂质岸线 34.26km 和生态恢复岸线 0.25km。

(涉密不公开)

图 3.1.1-1 论证范围内岸线资源示意图

3.1.2 滩涂资源

根据海图《东山岛至石碑山角》(81001) 水深资料，统计项目论证范围内的滩涂面积约 336.3765 公顷。

3.1.3 岛礁资源

根据《中国海域海岛地名志 广东省第二册》，本项目论证范围内包含 129 个岛礁，距离最近的为东圆礁，为未开发无居民海岛，距离本项目约 0.2km。

(涉密不公开)

图 3.1.3-1 项目周边岛礁分布图

3.1.4 渔业资源

3.1.4.1 调查概况

本节引用《广东省揭阳市海洋生态保护修复工程海洋环境现状调查监测报告(神泉湾区域、石碑山角区域)》(广州海兰图检测技术有限公司，2026 年 5 月)，由广州海兰图检测技术有限公司于 2026 年 3 月在项目附近海域进行的渔

业资源现状调查数据。具体站位详见 3.2.6.1 节。

3.1.4.2 调查方法

(1) 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/T 12763-2007)的相关规定进行样品的采集、保存和运输。定量采样:网具使用浅水 I 型浮游生物网(水深<30m)垂直采样,由海底至海面垂直拖网,水深较浅时采用水平拖网的方式采集样品。定性采样:采用水平拖网法,网具采用大型浮游生物网,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。

(2) 游泳动物

游泳生物调查按照《海洋调查规范》(GB/T 12763-2007)的相关规定进行样品的采集、保存和运输。

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

②调查工作流程:采用单船有翼单囊拖网进行作业。调查时间选择在白天进行,综合拖速、拖向、流向、流速、风向和风速等多种因素,在距离站位位置 2n mile~3n mile 处放网,拖速控制在 2kn~3kn 左右,经 0.5~1h 后正好到达站位位置或附近。临放网前准确测定船位,放网时间以停止曳网投放,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）。

3.1.4.3 计算方法

（1）鱼卵仔稚鱼密度：

垂直拖网密度计算：

$$N = \frac{n}{v}$$

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）；

v—滤水量（m³）。

（2）渔业资源：

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

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

式中：S—重量密度（kg/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）。

（3）游泳生物优势种

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

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

式中：N—某一种类的 ind 数占渔获总 ind 数的百分比；

W—某一种类的重量占渔获总重量的百分比；

F—某一种类出现的断面数占调查总断面数的百分比。

3.1.4.4 渔业资源调查结果

（1）鱼卵仔稚鱼

1) 种类组成

本次鱼卵仔稚鱼调查中,共出现了鱼卵 10 种,其中包括鲈形目 6 种,鲷形目 2 种,鲱形目和仙女鱼目各 1 种;仔稚鱼 13 种,其中包括鲈形目 7 种,鲷形目和鲱形目各 2 种,仙女鱼目和鲱形目各 1 种。

2) 数量分布

调查站位的鱼卵仔稚鱼垂直拖网共采到鱼卵 48 ind, 仔稚鱼 15 ind; 鱼卵平均密度为 0.905 ind/m³, 仔稚鱼平均密度为 0.499 ind/m³。SQ07 站位鱼卵密度最高,密度为 6.667 ind/m³, 其次是 SQ09 站位,密度为 2.410 ind/m³, 共 15 个站位采获到鱼卵; SQ07 站位仔稚鱼密度最高,密度为 6.667 ind/m³, 其次是 SQ11 站位,密度为 1.030 ind/m³, 共 10 个站位采获到仔稚鱼。

表 3.1.4-1 鱼卵仔稚鱼密度及其分布(垂直拖网)

站位	鱼卵仔稚鱼发育期	
	鱼卵	仔稚鱼
SB02	1.263	0.253
SB05	0.642	0
SB07	0.458	0.229
SB08	0.270	0.269
SQ01	0	0
SQ04	0	0
SQ05	0	0
SQ07	6.667	6.667
SQ09	2.410	0
SQ10	0	0.840
SQ11	1.030	1.030
SQ12	1.443	0
SQ14	0.814	0
SQ15	0	0
SQ16	0.730	0
SQ18	0.724	0.362
均值	0.905	0.499

注: 鱼卵密度单位 ind/m³, 仔稚鱼密度单位为 ind/m³。

3) 主要种类的数量分布(水平拖网)

①石首鱼科(Sciaenidae)

石首鱼科鱼类广泛分布在热带和亚热带海域中,本科鱼类洄游至沿岸河口地区产卵,是我国重要的经济鱼类,为我国海洋渔业主要的捕捞对象。石首鱼,尤其是大黄鱼、小黄鱼,是中国沿海大陆棚最重要的近海经济渔获,产质与产量都

相当高。本次水平拖网调查出现的石首鱼科鱼卵共有 1537 粒；石首鱼科仔稚鱼共发现 2 尾，出现在 SB08 和 SB10 站位。

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 1850 粒，出现在站位，鲹科鱼卵在调查海域中 SB02 站位数量最多。

(2) 游泳动物

1) 种类组成和优势种

此次项目船号为粤惠来渔 22015，使用的网具为网口宽 3.8m、网衣长 15.0 m、网口目 20 mm、网囊目 10 mm 的底拖网，平均拖网船速为 2.9 kn。

本次游泳动物调查共捕获 3 门 4 纲 15 目 54 科 126 种，其中：鱼类 68 种，占总种类数的 53.97%，虾类 25 种（其中虾蛄类 7 种），占总种类数的 19.84%，蟹类 27 种，占总种类数的 21.43%；头足类 6 种，占总种类数的 4.76%。

相对重要性指数显示，本次调查游泳动物优势种 ($IRI \geq 1000$) 共 2 种，分别为双斑螳 (*Charybdis bimaculata*) 和龙头鱼 (*Harpodon nehereus*)，其中双斑螳为第一优势种，其总渔获重量为 31.296 kg，占游泳动物总渔获重量的 34.93%；双斑螳的总尾数渔获量为 12656 个，占游泳动物总渔获尾数的 70.54%。

2) 渔获率

①尾数渔获率

本次调查该海区站位的游泳动物平均尾数渔获率为 926 ind/h。其中，鱼类平均尾数渔获率为 135 ind/h，占游泳动物平均尾数渔获率的 14.55%；虾类平均尾数渔获率为 140 ind/h，占游泳动物平均尾数渔获率的 15.11%；蟹类平均尾数渔获率为 648 ind/h，占游泳动物平均尾数渔获率的 69.91%；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 0.43%。

②重量渔获率

本次调查该海区站位的平均重量渔获率为 4.710 kg/h。其中，鱼类平均重量渔获率为 1.956 kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 41.53%；虾类平均重量渔获率为 0.760 kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 16.14%；蟹类平均重量渔获率为

1.876 kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 39.83%；头足类的平均重量渔获率为 0.117 kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 2.49%。

③幼体比例

游泳动物幼体渔获总体占比为 53.32%，其中鱼类幼体比例最高，为 76.12%；其次是蟹类，幼体比例为 50.93%；虾类幼体比例为 45.56%；头足类为 0。

3) 渔业资源密度

①尾数资源密度

本次调查站位尾数资源密度范围在 $(7.294\sim823.482) \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ 之间，平均值为 $95.244 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ ，尾数资源密度最高的站位为 SQ14 站位，最低为 SB06 站位。

其中，鱼类尾数资源密度分布范围在 $(5.305\sim36.435) \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ 之间，平均值为 $15.624 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ ，其中 SQ07 站位最高，SB10 站位最低；虾类尾数资源密度分布范围在 $(0\sim42.439) \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ 之间，平均值为 $16.143 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ ；蟹类尾数资源密度分布范围在 $(0\sim795.726) \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ 之间，平均值为 $63.097 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ ，其中 SQ14 站位最高，SQ05 站位最低；头足类尾数资源密度分布范围在 $(0\sim1.800) \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ 之间，平均值为 $0.381 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ 。

表 3.1.4-2 各站位尾数资源密度

站位	尾数资源密度	尾数资源密度			
		鱼类	虾类	蟹类	头足类
SB02	37.135	8.431	21.125	6.821	0.758
SB05	30.030	10.989	13.357	5.684	0
SB07	87.435	17.809	12.125	57.406	0.095
SB08	36.660	16.199	14.115	6.157	0.189
SQ01	52.195	19.798	31.317	1.080	0
SQ04	67.150	27.881	37.306	1.963	0
SQ05	50.108	23.499	26.609	0	0
SQ07	47.328	36.435	7.888	3.005	0
SQ09	37.819	5.793	3.279	28.747	0
SQ10	66.476	10.750	11.368	44.358	0
SQ11	85.662	12.687	18.675	54.300	0
SQ12	178.933	5.789	31.997	140.831	0.316
SQ14	823.482	16.199	11.557	795.726	0
SQ15	33.819	5.684	10.610	17.525	0
SQ16	63.090	11.652	13.452	37.986	0
SQ18	117.275	25.009	42.439	48.596	1.231

站位	尾数资源密度	尾数资源密度			
		鱼类	虾类	蟹类	头足类
平均值	95.244	15.624	16.143	63.097	0.381

注：尾数资源密度单位为 $\times 10^3 \text{ ind/km}^2$ 。

②重量资源密度

本次调查站位渔业资源重量资源密度范围在（172.501~2246.788） kg/km^2 之间，平均值为 500.327 kg/km^2 。

其中，鱼类重量资源密度变化范围在（64.890~379.344） kg/km^2 之间，平均值为 220.214 kg/km^2 ，其中 SQ04 站位最高，SB02 站位最低；虾类重量资源密度变化范围在（0~230.718） kg/km^2 之间，平均值为 83.947 kg/km^2 ；蟹类重量资源密度变化范围在（0~1882.649） kg/km^2 之间，平均值为 185.001 kg/km^2 ；头足类重量资源密度变化范围在（0~58.543） kg/km^2 之间，平均值为 11.165 kg/km^2 。

表 3.1.4-2 各站位重量资源密度

站位	重量资源密度	重量资源密度			
		鱼类	虾类	蟹类	头足类
SB02	233.887	64.890	109.981	30.029	28.987
SB05	280.967	172.502	79.099	29.366	0
SB07	610.341	368.781	63.469	176.481	1.610
SB08	250.180	145.599	69.437	33.534	1.610
SQ01	469.403	368.251	58.675	42.477	0
SQ04	499.509	379.344	64.402	55.763	0
SQ05	436.803	310.324	126.479	0	0
SQ07	294.487	175.791	105.174	13.522	0
SQ09	331.298	206.255	30.496	94.547	0
SQ10	426.405	177.926	136.039	112.440	0
SQ11	521.485	204.006	139.557	177.922	0
SQ12	796.041	170.092	230.718	387.337	7.894
SQ14	2246.788	298.681	65.458	1882.649	0
SQ15	299.818	110.265	65.079	124.474	0
SQ16	454.890	165.871	96.719	192.300	0
SQ18	616.592	260.505	156.872	180.459	18.756
平均值	500.327	220.214	83.947	185.001	11.165

注：重量资源密度单位为 kg/km^2 。

4) 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 9~42 种，多样性指数变化范围在 0.349~4.364 之间，平均值为 2.655，其中 SB05 站位最高，SQ14 站位最低；均匀度指数变化范围在 0.074~0.862 之间，平均值为 0.612，其中 SQ05 站位最高，

SQ14 站位最低；丰富度指数范围在 1.147~4.694 之间，平均值为 2.549，丰富度指数以 SB05 站位最高，SQ07 站位最低。

5) 主要经济种类规格和分布

主要经济鱼类

a. 龙头鱼

地理分布：分布于我国黄海南部、东海、南海的河口海域，以及日本本州中部以南海域、韩国海域、马来西亚海域、印度-西太平洋暖水域。

生活习性：为中小型底栖鱼类，主要栖息于大陆架之深水域，深度上下限：50 米以下，但常至河口区域觅食；主要以鱼类及甲壳类为食。

本次调查的龙头鱼体长范围为 83~235mm，体重范围为 2.85~112.85g，平均体重为 28.01g。

b. 多齿蛇鲭

地理分布：多齿蛇鲭分布于东海、台湾（南部东西两岸沿海）、南海；以及西起非洲东部，东到美国夏威夷，北至朝鲜、日本、菲律宾，南至澳大利亚等印度西太平洋海区。

生活习性：多齿蛇鲭为肉食性底层鱼类，主要栖息于泥沙底质的海域。栖息水深 10~60 m。

本次调查的多齿蛇鲭体长范围为 105~167mm，体重范围为 4.41~60.78g，平均体重为 35.13g。

② 主要经济虾类

a. 口虾蛄

地理分布：口虾蛄分布范围极广，从俄罗斯的大彼得海湾到日本及中国沿海、菲律宾、马来半岛、夏威夷群岛均有分布。

生活习性：口虾蛄多穴居，常在浅海沙底或泥沙底掘穴。性情凶猛，视力十分锐利。由于善于游泳，因此其猎物大部分为底栖性不善于游泳的生物，包括各种贝类、螃蟹、海胆等。

本次调查的口虾蛄体长范围为 14~40mm，体重范围为 0.67~34.54g，平均体重为 11.38g。

b. 哈氏仿对虾

地理分布：哈氏仿对虾中国黄海南部和东海北部均有分布，国外分布于巴基斯坦、印度、新加坡、马来西亚等国。

生活习性：为亚热带、热带暖水种。栖息于水深 70m 以内不同地质的海底，30m 以内的沿岸水域分布较密集，摄食虾类、桡足类、硅藻类、小型鱼类、多毛类、双壳类等类群。

本次调查的哈氏仿对虾体长范围为 11~40mm，体重范围为 0.30~16.07g，平均体重为 4.17g。

③主要经济头足类

a.杜氏尾枪乌贼

地理分布：分布在印度洋沿岸海域，南海至中国台湾北部附近海域，以及菲律宾群岛海域。

生活习性：浅海性种类。有明显的趋光性，主食甲壳类（糠虾、磷虾和介形类）、小鱼和头足类，同类残食现象普遍。

本次调查的杜氏尾枪乌贼体长范围为 21~126mm，体重范围为 1.40~84.79g，平均体重为 25.75g。

3.1.5 港口资源

本项目没有位于港口作业区，论证范围内有前詹作业区。

前詹作业区现有 1 个 15 万总吨的 LNG 接卸泊位，通过能力 600 万吨。在建 1 个 7 万吨级通用泊位（水工结构按靠泊 15 万吨级船舶设计），1 个 3 千吨级通用泊位（水工结构按靠泊 7 万吨级船舶设计）及 1 个工作船舶泊位。

3.1.6 矿产资源

本项目论证范围内不涉及海砂开采区。

3.1.7 旅游资源

惠来县的旅游资源非常丰富，例如：石碑山角领海基点主题公园（含石碑山灯塔）：位于靖海镇坂美村，2023 年 4 月开放，是全国唯一领海基点主题公园。

核心亮点包括：距岸不足 300 米、大陆唯一肉眼可见且界碑设在陆地的“鸡椒礁”领海基点；有“亚洲第一航标塔”之称的石碑山灯塔（1882 年初建，现塔 1989 年重建，高 68 米，灯光视距 24.5 海里）；配套滨海绿道、观海平台、海洋科普广场与爱国主义教育展区。免费开放，适合观日出日落与风车海景同框。

客鸟尾石笋区：位于靖海湾东部，距离石碑山角约 10 公里，是粤东规模最大的海蚀石林群。历经千万年海浪侵蚀，火山岩形成林立的石笋、海蚀柱，形态似飞禽走兽，岩石呈红白相间的梦幻色彩，退潮后可漫步礁石间或赶海。是摄影与地质科普的好去处。

靖海绿洲沙滩：位于靖海镇附近，拥有平缓开阔的沙滩与清澈海水，适合沙滩休闲、踏浪戏水。沙滩周边有防风林带，部分区域提供沙滩摩托等简易游乐设施，免费开放，适合家庭游或傍晚散步看海。

3.2 海洋生态概况

3.2.1 区域气候与气象

3.2.1.1 气温

根据惠来气象站（116.3014°E，22.9836°N）2004 年~2023 年观测数据，惠来气象站 7 月气温最高（28.68℃），1 月气温最低（15.07℃），年平均气温为 22.59℃。极端最高气温出现在 2005 年 7 月 18 日（38.4℃），极端最低气温出现在 2016 年 1 月 25 日（1.5℃）。

3.2.1.2 降水

根据惠来气象站（116.3014°E，22.9836°N）2004 年~2023 年观测数据，惠来气象站多年平均降雨量为 1744.99mm，年均降水量日数为 115.4d。年最大降水量为 2762.0mm，出现在 2016 年，年最小降水量为 1038.2mm，出现在 2009 年。

3.2.1.3 相对湿度

根据惠来气象站（116.3014°E，22.9836°N）2004 年~2023 年观测数据，惠来气象站多年平均相对湿度为 79.11%。

3.2.1.4 风况

根据惠来气象站（116.3014°E，22.9836°N）2004 年~2023 年观测数据，惠来气象站多年平均风速为 2.57m/s，12 月平均风速最大（2.81m/s），8、9 月风最小（2.34m/s）。主要风向为 ENE，占 18.06%。

表 3.2.1-1 惠来累年各月平均风速（m/s）

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
风速	2.7	2.73	2.55	2.43	2.49	2.52	2.49	2.34	2.34	2.76	2.71	2.81

表 3.2.1-2 惠来累年各风向频率（%）

风向	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S
风频（%）	6.1	12.48	17.15	18.06	9.1	4.46	2.18	2.83	5.21
风向	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C	最多风向
风频（%）	5.35	3.45	2.88	2.32	1.67	1.83	2.13	2.61	ENE

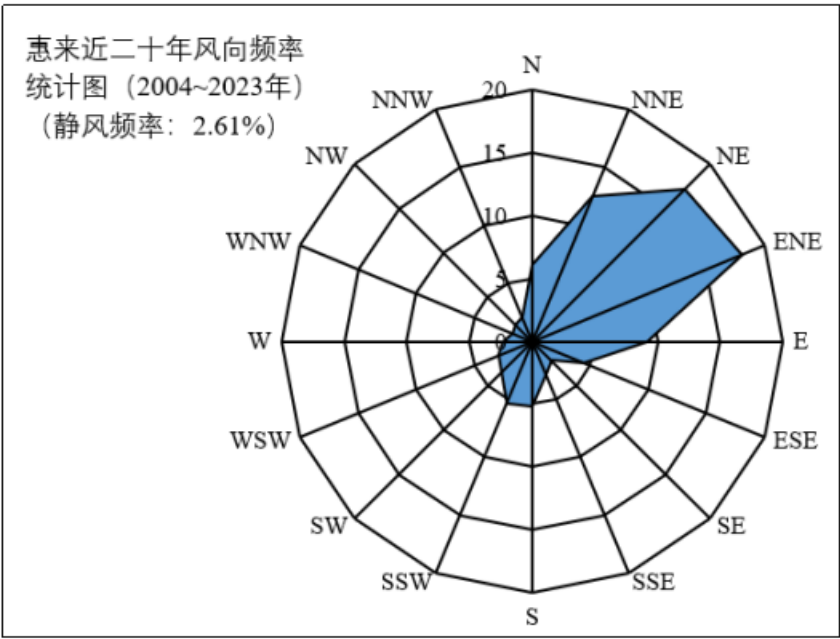


图 3.2.1-1 惠来气象站风向玫瑰图（统计年限：2004 年~2023 年）

3.2.2 水文动力

本节引用《广东省揭阳市海洋生态保护修复工程项目附近海域海洋水文测验

技术报告（神泉湾区域、石碑山角区域）》（广州海兰图检测技术有限公司，2026年4月），由广州海兰图检测技术有限公司于2026年3月在项目附近海域开展的水文观测调查。

3.2.2.1 调查概况

本次调查共布设 10 个水文站位（SQL1、SQL2、SQL3、SQL4、SQL5、SQL6、SQL7、SQL8、SQL9 和 SQL10 站）和 4 个潮位观测站位（SQC1、SQC2、SQC3 和 SQC4 站位），具体站位可见表 3.2.2-1 和图 3.2.2-1。

表 3.2.2-1 水文观测站坐标和观测内容

序号	站号	经度 (E)	纬度 (N)	观测要素
1	SQL1			海流、悬沙、粒径、温盐
2	SQL2			海流、悬沙、粒径、温盐
3	SQL3			海流、悬沙、粒径、温盐、风速风向
4	SQL4			海流、悬沙、粒径、温盐
5	SQL5			海流、悬沙、粒径、温盐、风速风向
6	SQL6			海流、悬沙、粒径、温盐
7	SQL7			海流、悬沙、粒径、温盐、风速风向
8	SQL8			海流、悬沙、粒径、温盐
9	SQL9			海流、悬沙、粒径、温盐、风速风向
10	SQL10			海流、悬沙、粒径、温盐
11	SQC1			潮位
12	SQC2			潮位
13	SQC3			潮位
14	SQC4			潮位

(涉密不公开)

图 3.2.2-1 水文观测站位图

3.2.2.2 基面关系

项目基面关系参考惠来靖海站数据，并按照弗拉基米尔法推算了靖海湾的理论最低潮面。由此得到当地理论最低潮面及平均海平面之间的关系如下图 3.2.2-2 所示。

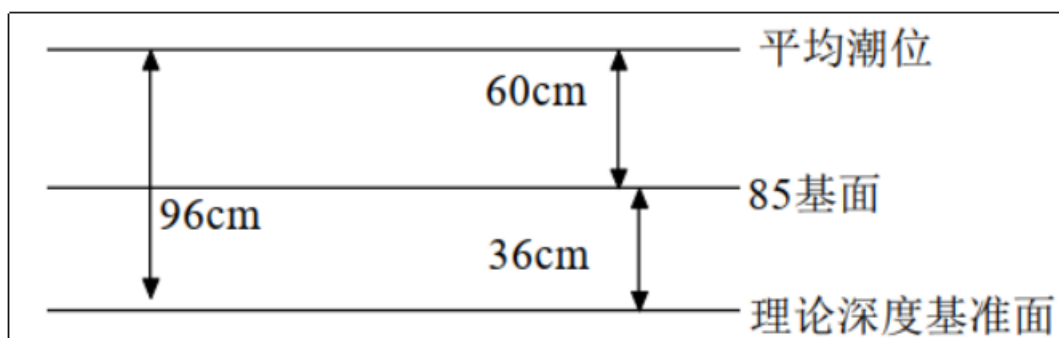


图3.2.2-2 基面关系图

3.2.2.3 风速风向、海况

本次水文观测期间，风向以东北风为主，风速在 3.5m/s ~ 8.3m/s 。观测海域的平均风速大小为 6.3m/s 。观测期间调查海域风场总体表现为风向集中、风速中等、空间变化不大的特征。由于调查站位主要分布于揭阳近岸至外海海域，海面开阔，周边遮挡条件较弱，各站位风速、风向差异总体不明显。风向以 NE—ENE 向为主，说明观测期间偏东北风对调查海域水动力条件具有一定控制作用，对近岸表层流场、波浪传播方向及悬浮泥沙输运产生影响。SQL1、SQL2 和 SQL3 站位海况为 1 级，其余站位海况均为 2 级。

3.2.2.4 潮位

(1) 实测潮位统计分析

根据 SQC1、SQC2、SQC3、SQC4 潮位观测站的潮位资料绘制潮位过程曲线，其中观测得到的潮位资料时间为 2026 年 03 月 19 日 00 时至 2026 年 04 月 02 日 23 时（15 天）（黑色线段表示 15 天的观测潮位数据，红色线段表示海流观测时间段的潮位数据）。为了验证潮位资料的真实有效性，同时展示观测海域附近的两个潮位观测点：惠来站和甲子港站，其中黑色的线表示惠来站和甲子港站，红色表示 SQC1 站的潮位，黄色表示 SQC2 站的潮位，紫色表示 SQC3 站的潮位，绿色表示 SQC4 站的潮位，绘制时间为 2026 年 03 月 11 日 0 时至 2026 年 04 月 10 日 23 时（一个月），其数据来自国家海洋信息中心。

由图表可知，各个站位的潮汐基本一样，在一个朔望月中的大多数日子里具有全日潮特征，但有少数日子则具有半日潮特征。

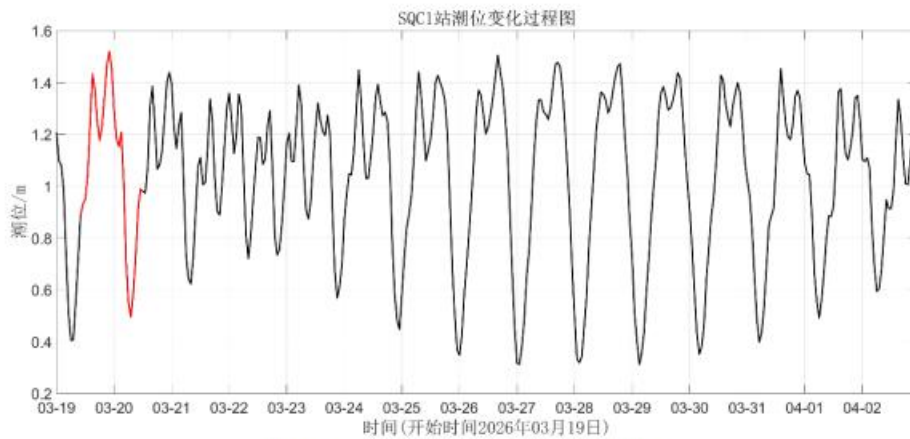


图 3.2.2-3 SQC1 站潮位过程曲线

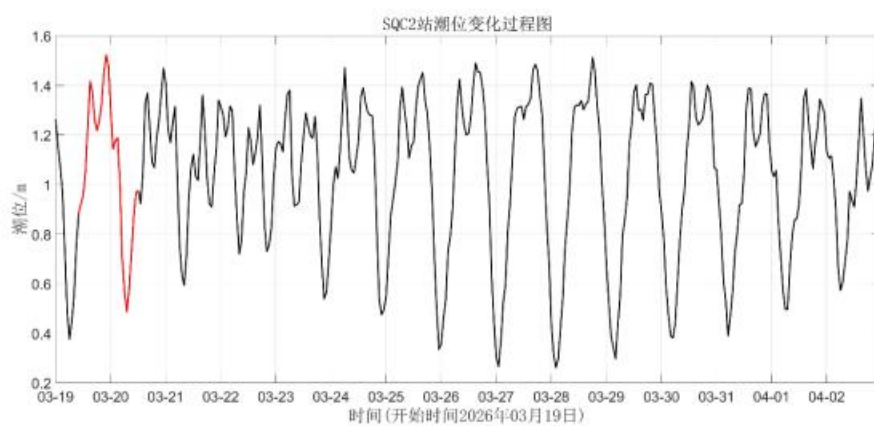


图 3.2.2-4 SQC2 站潮位过程曲线

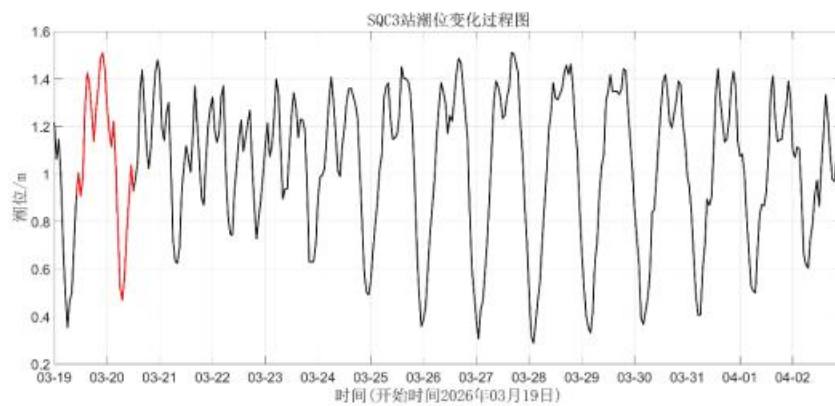


图 3.2.2-5 SQC3 站潮位过程曲线

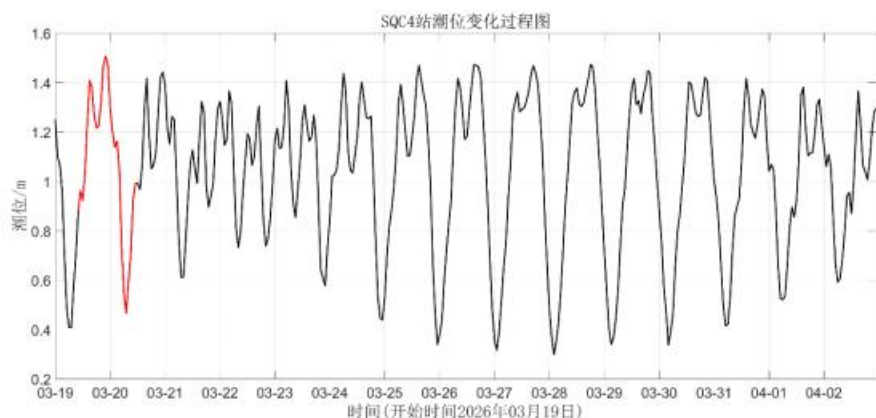


图 3.2.2-6 SQC4 站潮位过程曲线

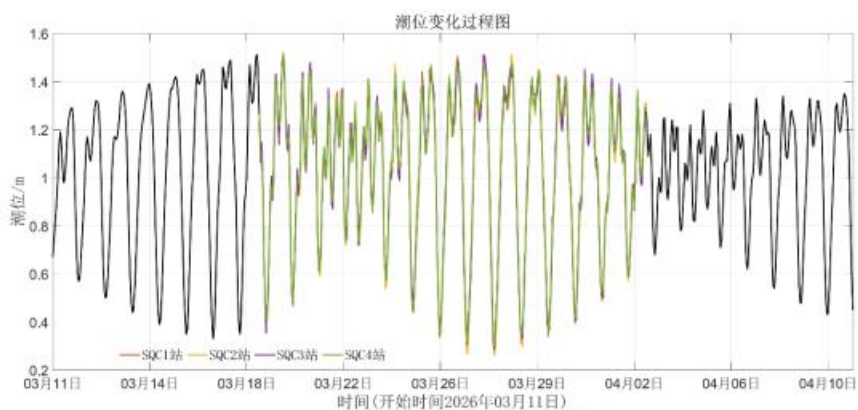


图 3.2.2-7 惠来站潮位过程曲线

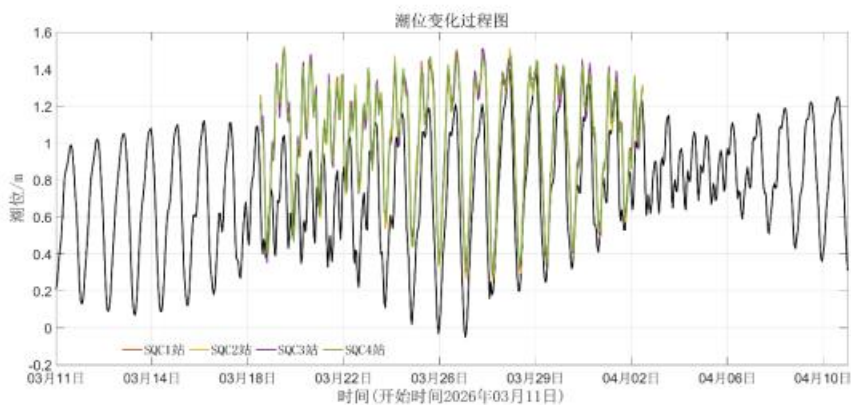


图 3.2.2-8 甲子站潮位过程曲线

(2) 潮汐调和分析

潮汐调和常数是进行潮汐预报和潮汐特性分析的基本参数,它的准确性十分重要。本报告根据收集的 SQC1、SQC2、SQC3 和 SQC4 连续 15 天潮位资料,为了获得较准确的潮汐调和常数,我们采用引入最小二乘法对潮位进行调和分析,分析之前潮位进行了气压订正。采用最小二乘法原理计算得到各站各分潮的调和常数。

表 3.2.2-2 调查海区调和常数统计分析 (基于 15 天)

分潮	SQC1		SQC2		SQC3		SQC4	
	振幅 (cm)	迟角 (°)	振幅 (cm)	迟角 (°)	振幅 (cm)	迟角 (°)	振幅 (cm)	迟角 (°)
O ₁	23.97	232	24.32	231	23.87	231	24.05	231
K ₁	22.50	333	22.40	333	22.63	333	22.39	333
M ₂	17.84	360	18.14	359	17.92	0	17.85	359
S ₂	2.93	81	3.18	81	2.88	80	3.02	78
M ₄	7.02	150	6.50	149	6.87	150	6.76	148
MS ₄	7.08	205	6.87	207	7.29	204	7.21	207

由表可知, 临时潮位站的分潮中 O₁ 分潮振幅皆最大, 其中 SQC1 的 O₁ 分潮振幅约为 23.97cm, 迟角为 232°; SQC2 的 O₁ 分潮振幅约为 24.32cm, 迟角为 231°; SQC3 的 O₁ 分潮振幅约为 23.87cm, 迟角为 231°; SQC4 的 O₁ 分潮振幅约为 24.05cm, 迟角为 231°。

(3) 潮汐性质和潮汐特征值

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

$F < 0.5$ 正规半日潮

$0.5 \leq F < 2.0$ 不正规半日潮

$2.0 \leq F < 4.0$ 不正规全日潮

$4.0 \leq F$ 正规全日潮

对 SQC1、SQC2、SQC3 和 SQC4 潮位站实测潮位资料进行统计和潮汐调和分析, 结果如表所示, 本次测验期间 SQC1~SQC4 四个临时潮位站潮汐性质系数 F 分别为 2.60、2.58、2.59 和 2.60, 均大于 2.0 且小于 4.0, 表明调查海区潮汐类型为不正规全日潮。四个站位 F 值变化范围较小, 仅为 2.58~2.60, 说明测区内各潮位站潮汐性质基本一致, 潮汐类型空间差异不明显。

观测期间, 调查海区最高潮位出现在 SQC1 和 SQC2 站, 均为 1.52 m; SQC3 和 SQC4 站最高潮位均为 1.51m。最低潮位以 SQC2 站最低, 为 0.26m; 其余站位最低潮位为 0.29~0.31m。各站平均潮位为 1.03~1.04m, 其中 SQC1、SQC3 和 SQC4 站均为 1.04m, SQC2 站为 1.03m。总体来看, 四个临时潮位站平均潮位接近, 反映出测验期间调查海区潮位变化具有较好一致性。

从潮差特征看,调查海区最大涨潮潮差为 1.08~1.10 m,其中 SQC2 和 SQC3 站最大涨潮潮差较大,均为 1.10 m; SQC1 和 SQC4 站为 1.08 m。最大落潮潮差为 1.17~1.22 m,其中 SQC2 和 SQC3 站最大落潮潮差均为 1.22 m, SQC1 站为 1.19 m, SQC4 站为 1.17 m。平均涨潮潮差为 0.42~0.45 m,平均落潮潮差为 0.42~0.43 m,平均潮差为 0.42~0.44 m。总体上,测区潮差较小,涨、落潮潮差接近,但最大落潮潮差略大于最大涨潮潮差。

从历时特征看,平均涨潮历时为 4h03min~4h32min,平均落潮历时为 3h37min~3h58min。各站均表现为平均涨潮历时长于平均落潮历时,说明观测期间调查海区涨潮过程相对较缓,落潮过程相对较短。综合潮位、潮差和历时特征可知,本次观测期间揭阳调查海区潮汐变化整体较为一致,潮差较小,潮汐类型明确表现为不正规全日潮。

表 3.2.2-3 测验所设潮位站潮汐特征值统计

特征值	SQC1	SQC2	SQC3	SQC4
最高潮位 (m)	1.52	1.52	1.51	1.51
最低潮位 (m)	0.31	0.26	0.29	0.30
平均潮位 (m)	1.04	1.03	1.04	1.04
平均高潮位 (m)	1.32	1.32	1.31	1.31
平均低潮位 (m)	0.88	0.89	0.90	0.89
最大涨潮潮差 (m)	1.08	1.10	1.10	1.08
最大落潮潮差 (m)	1.19	1.22	1.22	1.17
平均涨潮潮差 (m)	0.45	0.44	0.42	0.43
平均落潮潮差 (m)	0.43	0.42	0.42	0.42
平均潮差 (m)	0.44	0.44	0.42	0.43
平均涨潮历时 (h)	4 h 32 min	4 h 29 min	4 h 03 min	4 h 26 min
平均落潮历时 (h)	3 h 58 min	3 h 47 min	3 h 37 min	3 h 40 min
潮汐性质系数 F	2.60	2.58	2.59	2.60
潮汐类型	不正规全日潮	不正规全日潮	不正规全日潮	不正规全日潮

3.2.2.5 实测海流

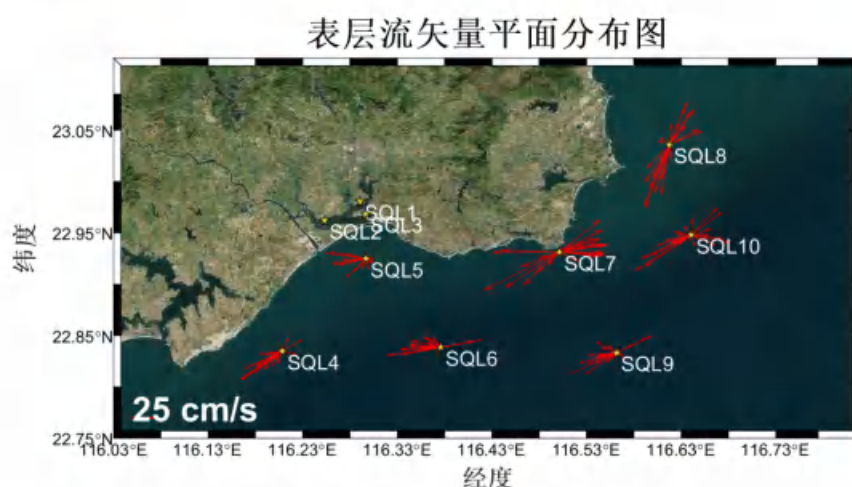
观测期间最大涨潮流速为 106.7cm/s (方向为 230°),出现在 SQL7 站底层;最大落潮流速为 98.0cm/s (方向为 234°),出现在 SQL7 站 0.4H 层;最大涨潮平均流速为 43.7cm/s (方向为 73°),出现在 SQL7 站 0.4H 层;最大落潮平均流速为 53.9cm/s (方向为 102°),出现在 SQL7 站 0.8H 层。

从垂向分布看,各站不同层次流速总体差异不大,但部分外海站位表现出中、

底层流速偏大的特征。SQL7 站涨潮最大流速由表层的 71.7cm/s 增大至底层的 106.7cm/s，落潮平均流速在 0.8H 层达到 53.9cm/s，显示该站垂向流速变化较为明显。SQL8 站各层流速相对均匀，垂向平均涨潮平均流速为 28.6cm/s，落潮平均流速为 38.0cm/s，表明其落潮过程水动力较强。SQL10 站各层流速也较为稳定，涨潮平均流速多在 23.0~32.0cm/s 之间，落潮平均流速多在 30.6cm/s 左右，说明该站水体垂向混合较充分。

从流向特征看，调查海区潮流方向与岸线走向和近岸等深线分布关系较为密切。近岸站位流向变化相对复杂，外海站位流向较为集中。SQL7 站垂向平均涨潮平均流向为 88° ，落潮平均流向为 113° ；SQL8 站垂向平均涨潮平均流向为 48° ，落潮平均流向为 193° ；SQL10 站垂向平均涨潮平均流向为 65° ，落潮平均流向为 160° 。总体来看，外侧海域潮流具有较明显的沿岸及斜向离岸、向岸分量，反映出该海区潮流运动受地形、岸线形态及外海水动力共同影响。

综合来看，本次观测期间调查海区潮流空间分布差异明显，近岸站位流速相对较小，外侧海域流速明显增强，其中 SQL7 站为水动力最强区域。涨、落潮流速对比显示，落潮流整体略强于涨潮流；垂向结构上多数站位各层流速差异相对有限，但 SQL7 等外海站位中、底层流速较大。整体而言，调查海区潮流受岸线走向、等深线分布及外海动力影响较明显，潮流运动具有一定的方向性和空间分异特征。



0. 2H层流矢量平面分布图

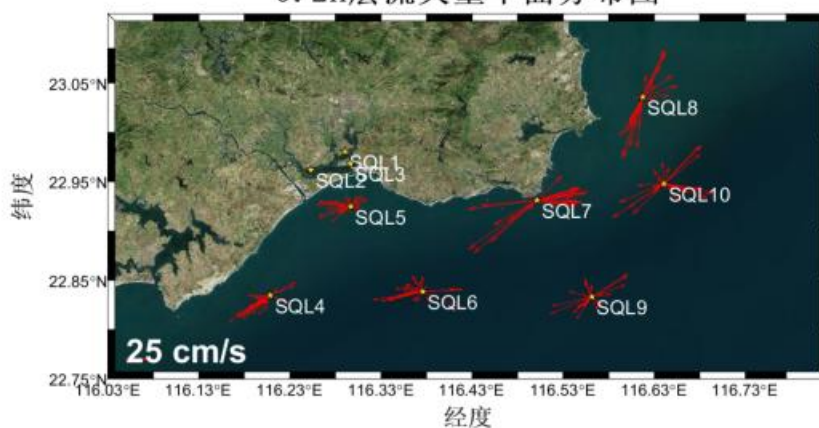


图 3.2.2-10 0.2H 层海流平面分布矢量图

0. 4H层流矢量平面分布图

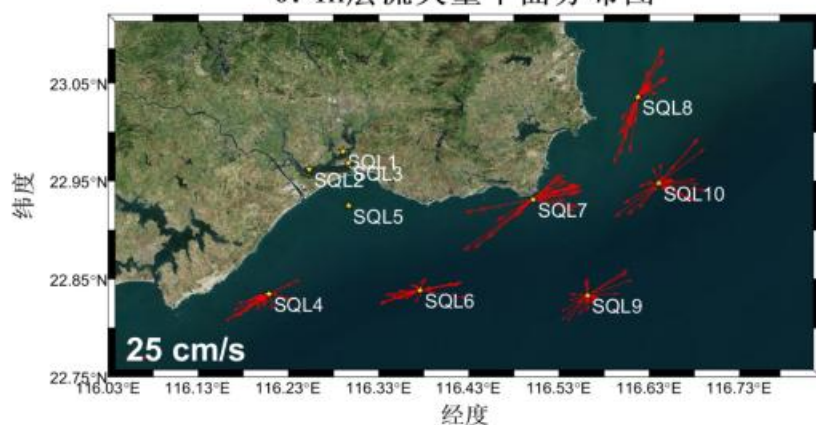


图 3.2.2-11 0.4H 层海流平面分布矢量图

0. 6H层流矢量平面分布图

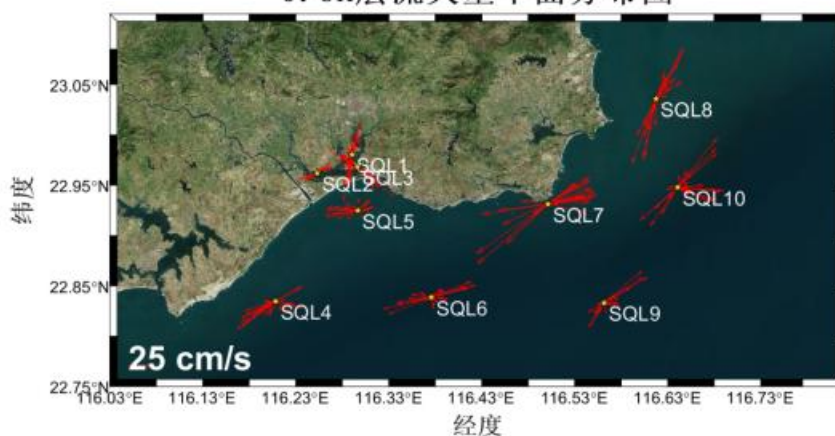


图 3.2.2-12 0.6H 层海流平面分布矢量图

0.8H层流矢量平面分布图

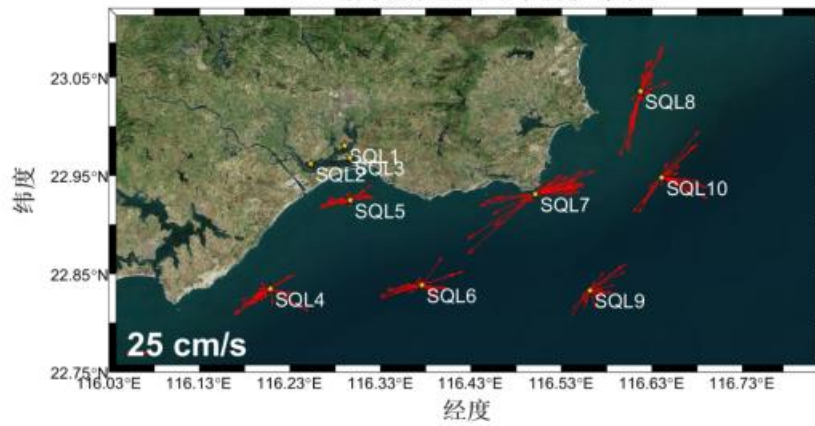


图 3.2.2-13 0.8H 层海流平面分布矢量图

底层流矢量平面分布图

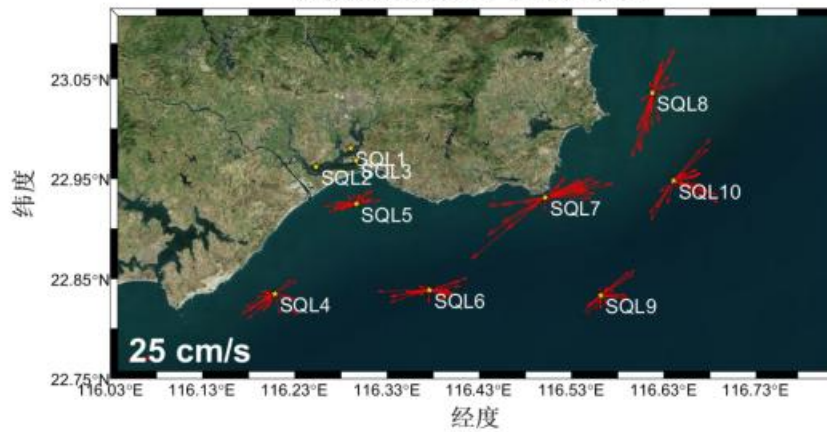


图 3.2.2-14 底层海流平面分布矢量图

垂向平均流矢量平面分布图

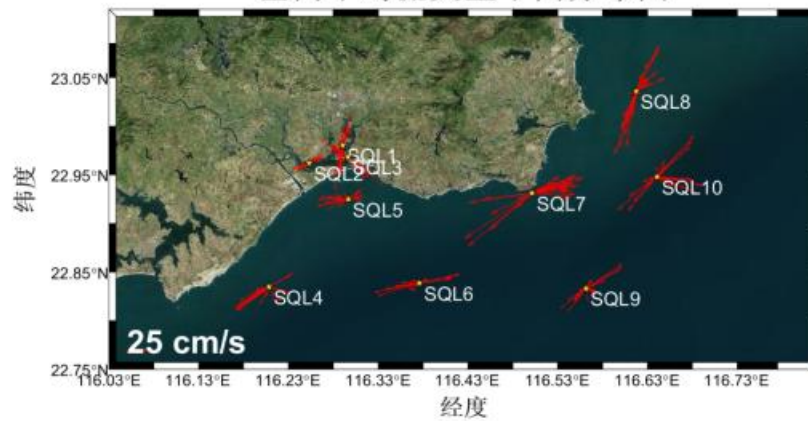


图 3.2.2-15 垂向平均海流平面分布矢量图

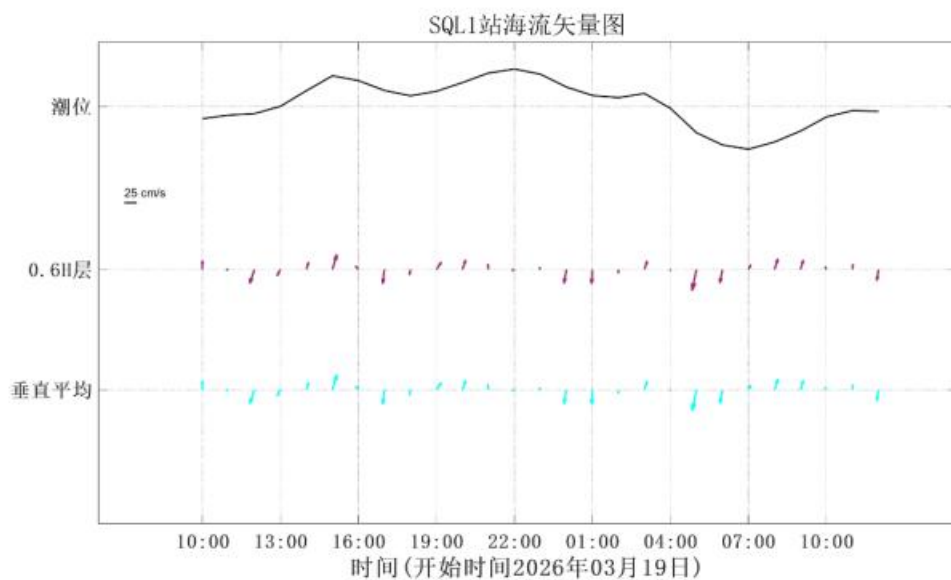


图 3.2.2-16 SQL1 站海流矢量图

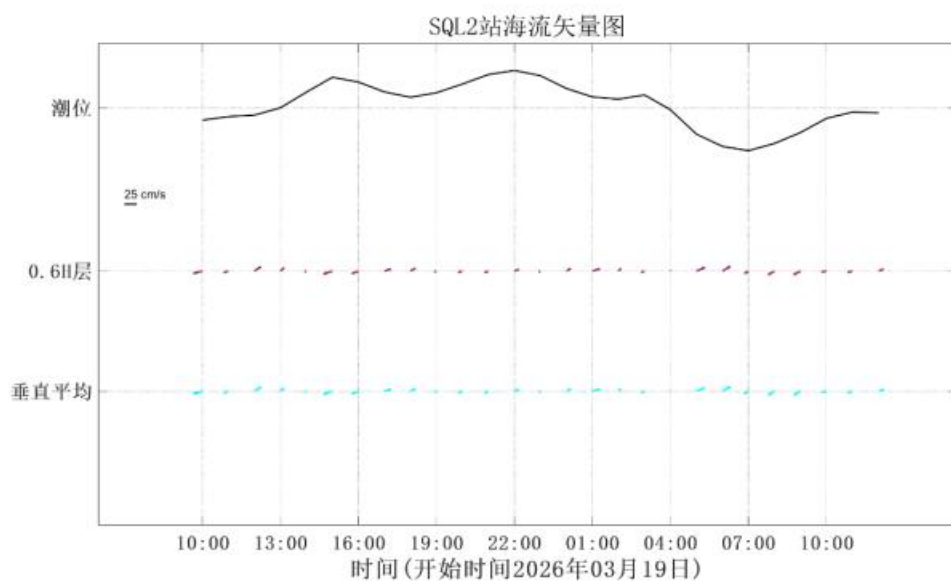


图 3.2.2-17 SQL2 站海流矢量图

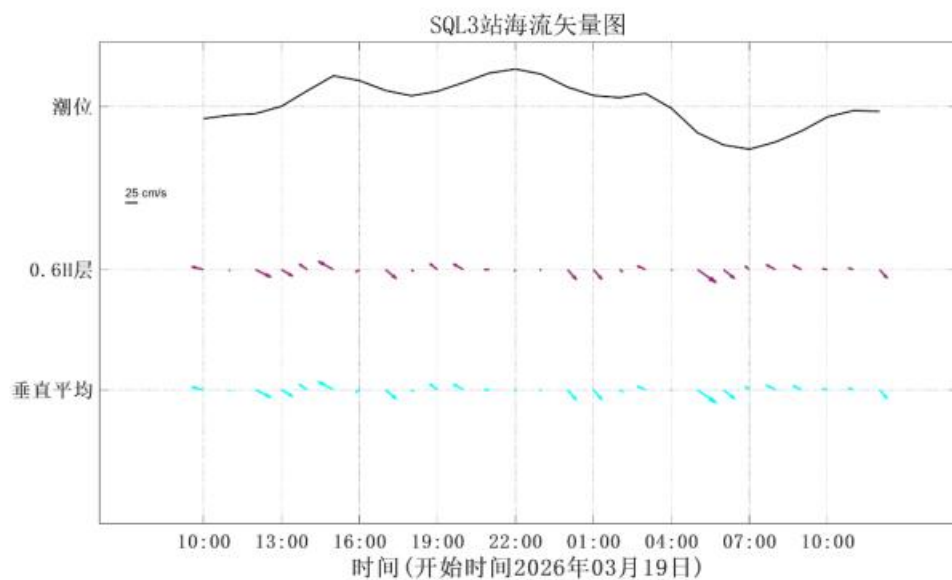


图 3.2.2-18 SQL3 站海流矢量图

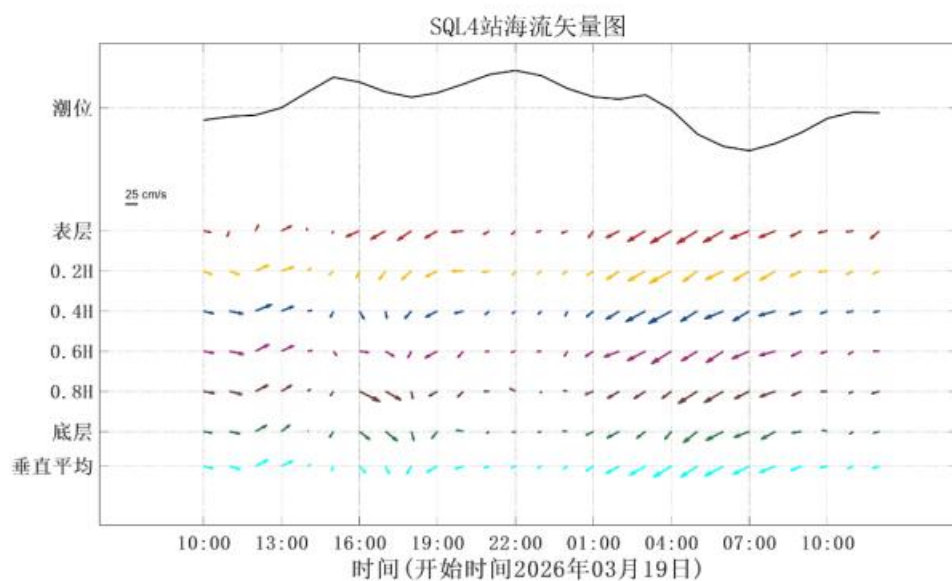


图 3.2.2-19 SQL4 站海流矢量图

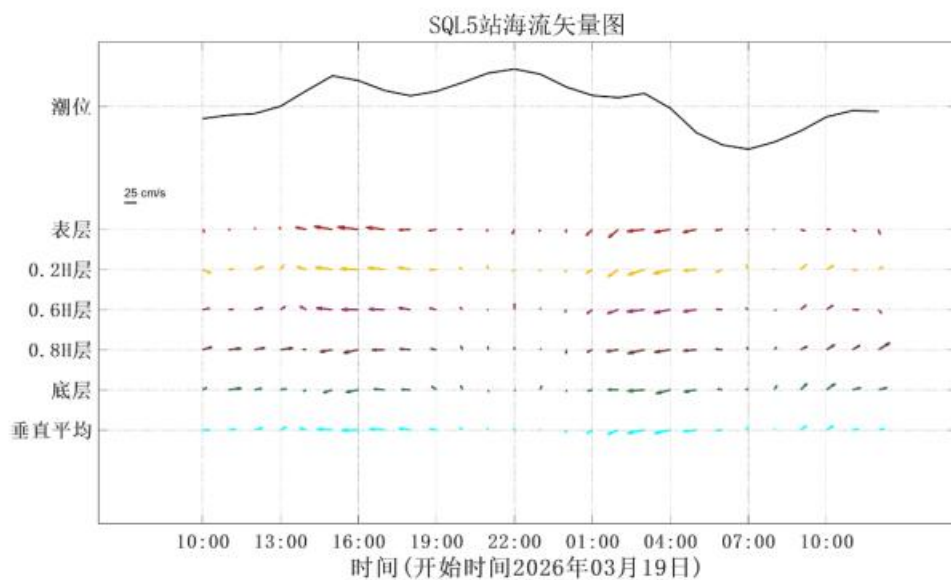


图 3.2.2-20 SQL5 站海流矢量图

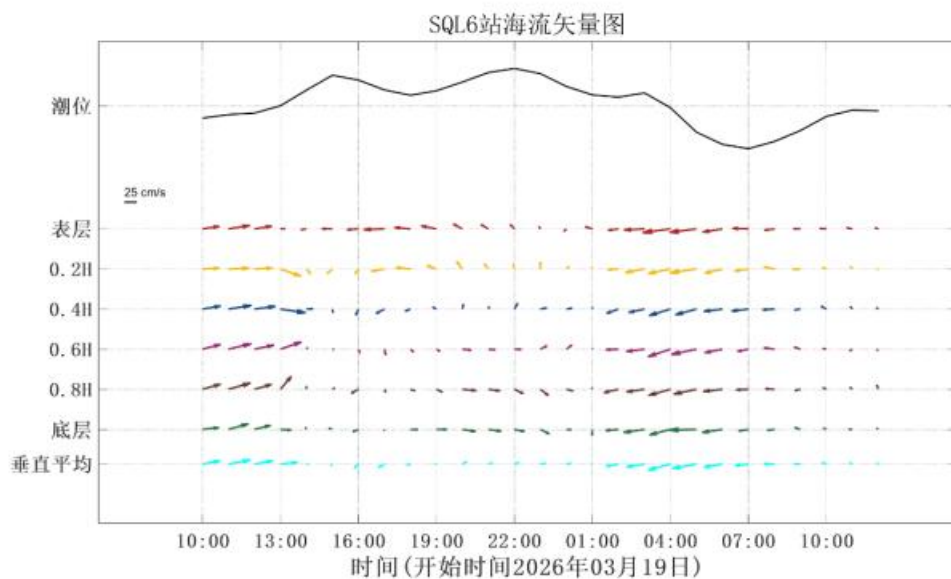


图 3.2.2-21 SQL6 站海流矢量图

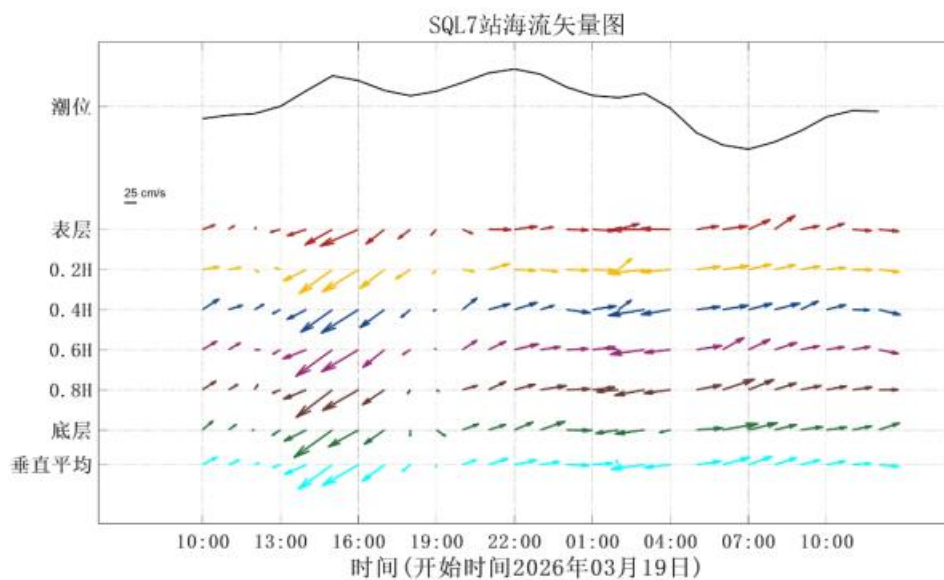


图 3.2.2-22 SQL7 站海流矢量图

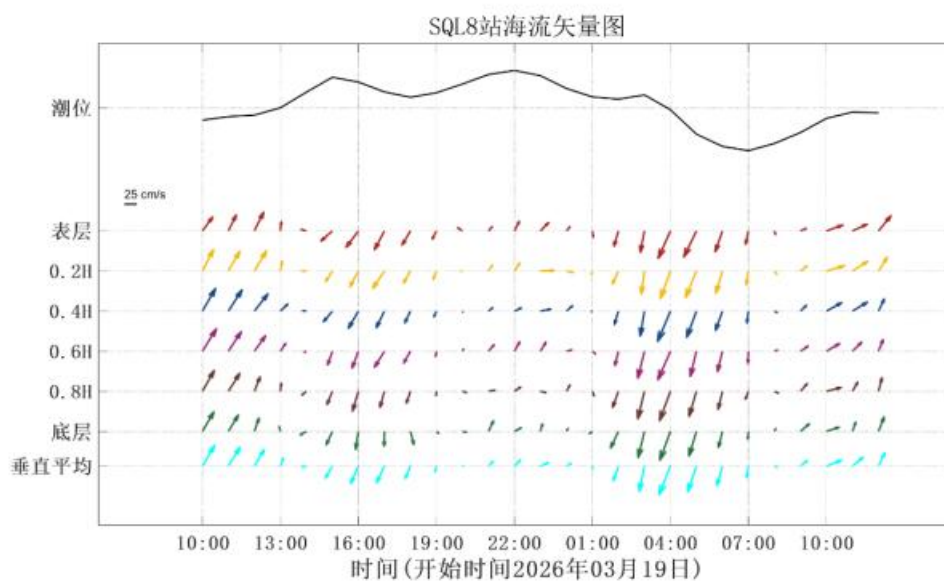


图 3.2.2-23 SQL8 站海流矢量图

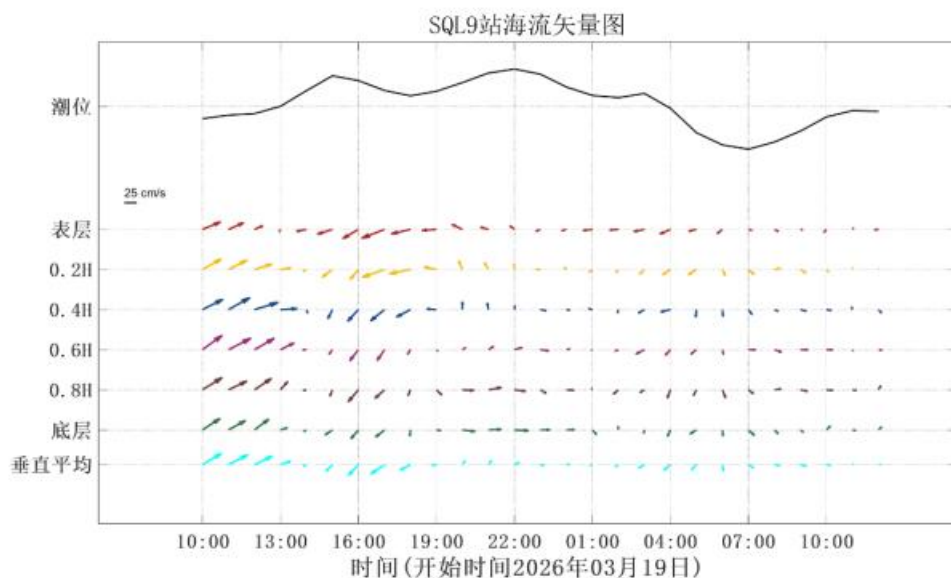


图 3.2.2-24 SQL9 站海流矢量图

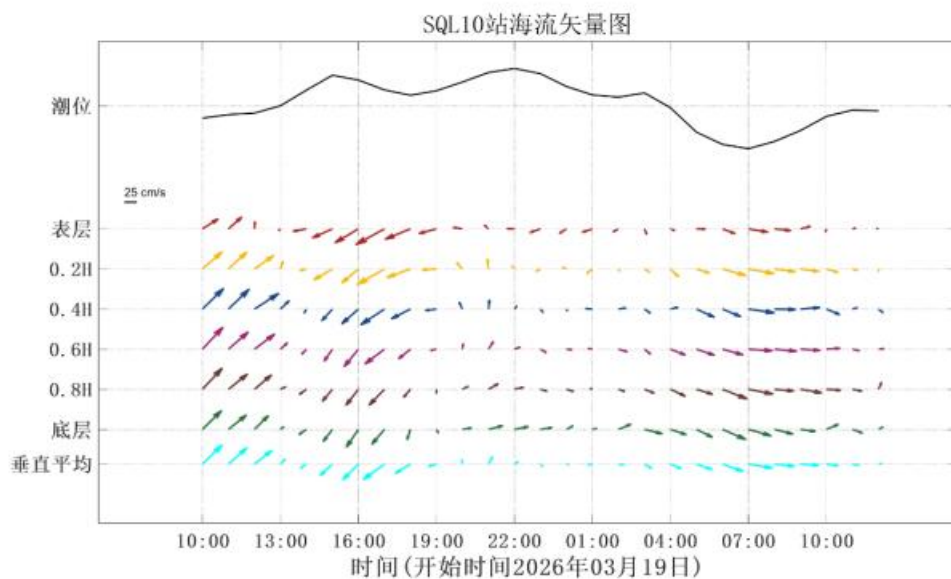


图 3.2.2-25 SQL10 站海流矢量图

表 3.2.2-4 大潮期涨、落潮流对比统计表

站位	层次	流速 (cm/s)、流向 (°)							
		涨潮最大 流速	对应时刻 流向	涨潮平均 流速	平均流 向	落潮最大 流速	对应时刻 流向	落潮平均 流速	平均流 向
SQL1	0.6H 层	37.5	14	18.6	7	51.7	190	21.6	189
	垂线平 均	37.5	14	18.6	7	51.7	190	21.6	189
SQL2	0.6H 层	19.0	248	10.8	250	19.1	55	11.0	62
	垂线平 均	19.0	248	10.8	250	19.1	55	11.0	62
SQL3	0.6H 层	37.3	119	19.4	295	50.8	129	20.0	140
	垂线平	37.3	119	19.4	295	50.8	129	20.0	140

站 位	层 次	流速 (cm/s)、流向 (°)							
		涨潮最大 流速	对应时刻 流向	涨潮平均 流速	平均流 向	落潮最大 流速	对应时刻 流向	落潮平均 流速	平均流 向
	均								
SQL4	表层	45.7	236	20.6	241	53.5	236	34.0	236
	0.2H 层	44.0	236	23.4	228	54.8	237	28.4	231
	0.4H 层	48.9	238	23.4	221	57.3	238	28.1	227
	0.6H 层	44.5	239	22.3	211	52.0	234	27.4	229
	0.8H 层	35.2	248	20.0	226	49.9	234	28.7	213
	底层	35.2	237	17.4	221	42.6	239	25.4	216
	垂线平 均	40.4	236	21.0	225	45.6	238	26.8	227
SQL5	表层	38.6	281	12.1	262	44.1	278	21.6	254
	0.2H 层	37.4	249	15.9	325	37.4	273	21.0	263
	0.6H 层	36.6	262	14.9	350	34.9	257	19.2	261
	0.8H 层	36.3	255	17.1	43	33.8	260	19.8	268
	底层	35.3	265	15.0	37	31.4	253	16.8	269
	垂线平 均	36.4	257	14.4	353	34.7	257	19.0	263
SQL6	表层	45.6	80	23.1	305	58.9	261	28.9	266
	0.2H 层	46.4	112	23.8	49	56.3	260	24.5	264
	0.4H 层	53.3	100	22.3	69	47.3	251	22.8	251
	0.6H 层	49.9	74	21.7	72	54.4	256	21.5	250
	0.8H 层	48.7	72	23.0	70	48.9	256	23.0	248
	底层	44.0	72	21.9	83	57.1	268	22.5	250
	垂线平 均	47.0	78	18.9	66	52.3	258	21.1	256
SQL7	表层	71.7	270	38.0	89	91.3	243	50.4	108
	0.2H 层	92.5	230	41.0	116	95.0	234	53.7	123
	0.4H 层	87.3	230	43.7	73	98.0	234	52.6	119
	0.6H 层	101.8	230	42.1	77	95.6	235	50.4	113
	0.8H 层	103.0	228	41.3	83	92.2	236	53.9	102
	底层	106.7	230	41.8	97	76.8	78	48.3	103
	垂线平 均	94.5	230	40.7	88	92.8	236	49.2	113
SQL8	表层	54.0	190	28.4	39	73.0	201	42.5	197
	0.2H 层	58.4	24	31.0	45	71.9	197	40.6	192
	0.4H 层	62.6	27	30.0	51	80.0	200	38.5	194
	0.6H 层	68.5	192	30.0	47	75.9	201	38.1	192
	0.8H 层	69.7	192	28.3	55	76.7	198	37.2	192
	底层	66.3	192	27.5	43	75.0	198	35.9	190
	垂线平 均	63.7	190	28.6	48	75.7	199	38.0	193

站 位	层 次	流速 (cm/s)、流向 (°)							
		涨潮最大 流速	对应时刻 流向	涨潮平均 流速	平均流 向	落潮最大 流速	对应时刻 流向	落潮平均 流速	平均流 向
SQL9	表层	42.2	64	19.2	299	52.8	246	21.7	247
	0.2H 层	47.7	57	21.3	46	50.5	248	19.4	234
	0.4H 层	53.8	57	22.4	64	40.0	226	18.3	210
	0.6H 层	55.0	59	21.2	65	32.0	214	14.2	192
	0.8H 层	50.9	54	22.4	76	35.9	216	17.1	190
	底层	46.4	53	20.4	77	26.2	216	16.3	175
	垂线平 均	49.2	56	18.6	65	36.4	232	15.5	213
SQL10	表层	47.3	242	23.0	314	71.8	237	30.6	222
	0.2H 层	59.6	45	30.9	53	69.5	236	31.6	187
	0.4H 层	67.4	41	32.0	59	62.8	232	30.8	166
	0.6H 层	69.3	39	30.7	66	54.8	229	31.3	146
	0.8H 层	66.6	39	30.9	76	57.0	114	30.6	139
	底层	61.5	41	31.3	78	54.9	117	32.4	128
	垂线平 均	62.7	42	28.8	65	58.7	230	28.8	160

3.2.2.6 潮流

1.潮流性质

潮流性质的划分采用潮流性质系数 $F = (W_{O_1} + W_{K_1}) / W_{M_2}$ 作为判别标准:

$F \leq 0.5$ 正规半日潮流

$0.5 < F \leq 2.0$ 不正规半日潮流

$2.0 < F \leq 4.0$ 不正规全日潮流

$4.0 < F$ 正规全日潮流

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

各站各层潮流性质系数 F 值见表 3.2.2-5。根据潮流调和分析结果, 基于连续 27 小时观测资料的潮流调和分析结果显示, 各观测点各层次主要表现出不正规半日潮流特征。需要说明的是, 由于观测时长仅为 27 小时, 在分潮分辨能力上存在一定局限, 因此结果反映的是在现有观测条件下对调查海区潮流类型的最

优判定。

表 3.2.2-5 潮流性质系数表

站位	层位	特征值 F	潮型
SQL1	0.6H 层	1.68	不正规半日潮流
SQL2	0.6H 层	1.08	不正规半日潮流
SQL3	0.6H 层	0.89	不正规半日潮流
SQL4	表层	1.79	不正规半日潮流
	0.2H 层	0.54	不正规半日潮流
	0.4H 层	1.98	不正规半日潮流
	0.6H 层	0.65	不正规半日潮流
	0.8H 层	1.23	不正规半日潮流
	底层	0.62	不正规半日潮流
SQL5	表层	1.58	不正规半日潮流
	0.2H 层	0.85	不正规半日潮流
	0.6H 层	0.88	不正规半日潮流
	0.8H 层	1.34	不正规半日潮流
	底层	0.97	不正规半日潮流
SQL6	表层	0.64	不正规半日潮流
	0.2H 层	0.58	不正规半日潮流
	0.4H 层	0.70	不正规半日潮流
	0.6H 层	1.93	不正规半日潮流
	0.8H 层	1.80	不正规半日潮流
	底层	0.62	不正规半日潮流
SQL7	表层	0.78	不正规半日潮流
	0.2H 层	0.93	不正规半日潮流
	0.4H 层	1.24	不正规半日潮流
	0.6H 层	1.47	不正规半日潮流
	0.8H 层	1.76	不正规半日潮流
	底层	1.43	不正规半日潮流
SQL8	表层	1.92	不正规半日潮流
	0.2H 层	1.66	不正规半日潮流
	0.4H 层	0.64	不正规半日潮流
	0.6H 层	1.15	不正规半日潮流
	0.8H 层	0.79	不正规半日潮流
	底层	1.09	不正规半日潮流
SQL9	表层	0.52	不正规半日潮流
	0.2H 层	1.46	不正规半日潮流
	0.4H 层	1.33	不正规半日潮流
	0.6H 层	1.30	不正规半日潮流
	0.8H 层	1.84	不正规半日潮流
	底层	0.84	不正规半日潮流
SQL10	表层	1.27	不正规半日潮流

站位	层位	特征值 F	潮型
	0.2H 层	0.99	不正规半日潮流
	0.4H 层	0.77	不正规半日潮流
	0.6H 层	1.66	不正规半日潮流
	0.8H 层	1.38	不正规半日潮流
	底层	0.73	不正规半日潮流

2.潮流的运动形式及潮流椭圆要素

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

本次观测所有站位各层次潮流中，其中 M_2 分潮和 S_2 分潮占优， K_1 分潮和 O_1 分潮次之；绝大部分的椭圆旋转率 k 绝对值小于 0.5，主要表现为往复流的特征。最大 M_2 分潮流出现在 SQL7 站底层，流速为 41.7cm/s。

各站各层 O_1 分潮潮流椭圆图

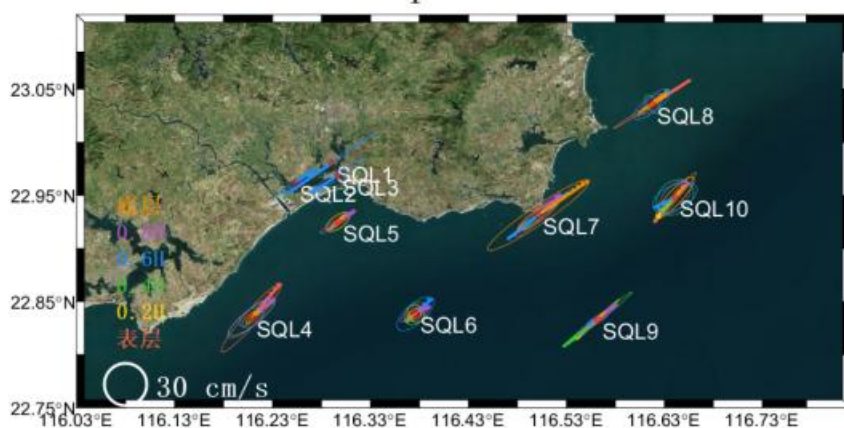


图 3.2.2-26 各站各层 O_1 分潮椭圆图

各站各层M₂分潮潮流椭圆图

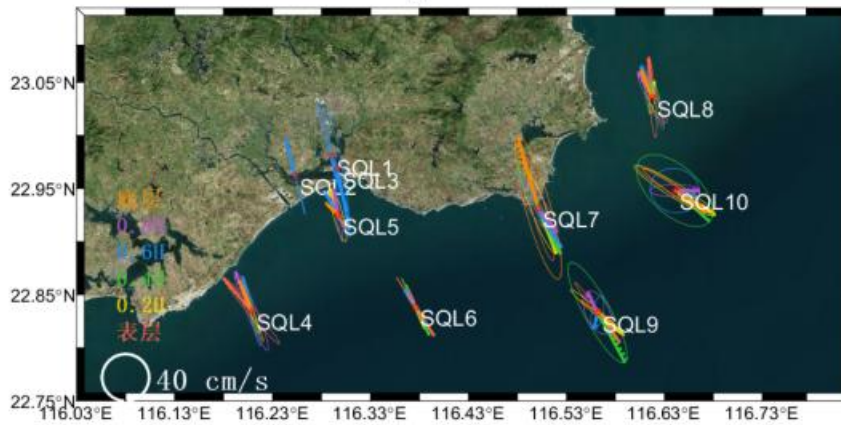


图3.2.2-27 各站各层M₂分潮椭圆图

各站各层M₄分潮潮流椭圆图

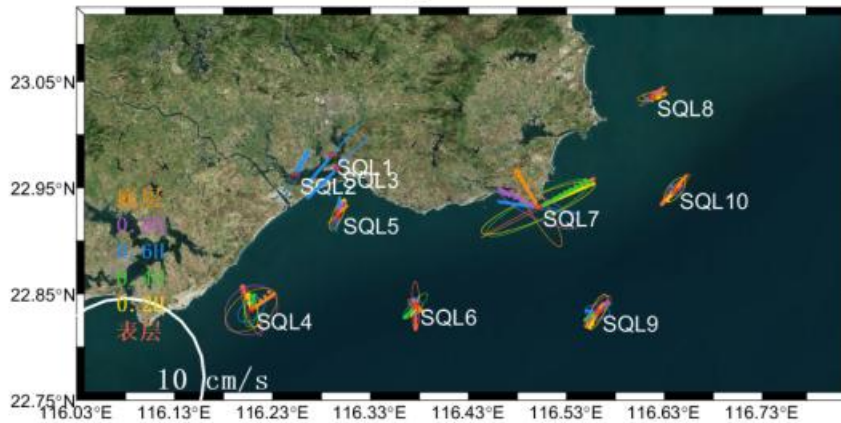


图3.2.2-28 各站各层M₄分潮椭圆图

3.理论最大可能潮流和水质点可能最大运移距离

海域潮流可能最大流速为 56.3cm/s（方向为 320°），出现在 SQL3 站 0.6H 层，各站层可能最大流速介于 13.1cm/s-56.3cm/s 之间，各站潮流的可能最大流速方向以西北为主；水质点可能最大运移距离为 18126.20m，出现在 SQL3 站 0.6H 层，各站层水质点可能最大运移距离介于 2337.24m~ 18126.20m 之间。

表 3.2.2-5 各站层潮流可能最大流速

站位	测层	可能最大流速		可能最大运移距离	
		流速 (cm/s)	方向 (度)	距离 (m)	方向 (度)
SQL1	0.6H 层	51.9	80	16895.04	80
SQL2	0.6H 层	37.0	22	11977.05	22
SQL3	0.6H 层	56.3	320	18126.20	140
SQL4	表层	39.2	8	12518.63	8

站 位	测 层	可能最大流速		可能最大运移距离	
		流速 (cm/s)	方向 (度)	距离 (m)	方向 (度)
	0.2H 层	21.0	26	6635.14	25
	0.4H 层	21.3	83	6723.67	81
	0.6H 层	31.6	275	10020.80	95
	0.8H 层	38.6	77	12434.25	77
	底层	29.9	57	9875.54	55
SQL5	表层	13.9	349	3932.16	165
	0.2H 层	24.7	38	7830.36	36
	0.6H 层	21.7	44	6905.08	44
	0.8H 层	25.6	24	8061.92	23
	底层	17.1	307	5516.75	126
SQL6	表层	31.3	37	10129.20	36
	0.2H 层	22.0	72	7041.61	70
	0.4H 层	29.2	305	9337.90	126
	0.6H 层	18.3	288	5738.55	109
	0.8H 层	13.8	354	4378.31	174
	底层	13.2	65	4093.22	66
SQL7	表层	50.2	347	17169.58	167
	0.2H 层	46.2	12	15625.48	9
	0.4H 层	48.2	17	16033.71	15
	0.6H 层	40.8	289	12548.98	107
	0.8H 层	26.6	8	6084.56	9
	底层	55.8	20	16944.91	21
SQL8	表层	38.0	88	11903.92	87
	0.2H 层	16.7	306	5347.38	125
	0.4H 层	14.0	339	4266.18	160
	0.6H 层	33.7	298	10718.17	119
	0.8H 层	30.7	282	9741.38	102
	底层	31.0	66	9754.80	64
SQL9	表层	32.1	63	10211.31	62
	0.2H 层	29.4	38	9236.65	35
	0.4H 层	50.6	287	15759.87	107
	0.6H 层	13.1	2	2337.24	178
	0.8H 层	24.0	297	7950.33	116
	底层	16.5	3	3322.18	170
SQL10	表层	35.5	46	10628.92	45
	0.2H 层	38.6	43	11635.37	42
	0.4H 层	36.8	87	11025.06	89
	0.6H 层	16.7	279	4472.43	104
	0.8H 层	15.7	351	3953.96	128
	底层	33.0	348	7241.71	156

3.2.2.7 余流

调查海区观测期间余流流速总体介于 $0.5\sim 23.1\text{cm/s}$ 之间, 余流强度整体不大, 但不同站位之间存在一定差异。最大余流出现在 SQL4 站表层, 流速为 23.1cm/s , 流向为 240° ; 最小余流出现在 SQL2 站 0.6H 层, 流速为 0.5cm/s , 流向为 313° 。从平面分布上看, SQL4、SQL5、SQL6 等近岸外侧站位余流相对较明显, SQL1、SQL2、SQL3 等近岸浅水站位余流较弱, 其中 SQL2 站余流最小, 说明近岸局部水域余流输运能力相对较弱。

从各站垂向分布看, SQL4 站余流由表层的 23.1cm/s 逐渐减小至底层的 11.7cm/s , 整体表现为表层余流较强、向下逐渐减弱的特征, 余流方向主要集中在 $218^\circ\sim 240^\circ$ 之间, 整体指向西南方向。SQL5 站余流流速为 $5.5\sim 13.3\text{cm/s}$, 也表现为表层较大、底层较小, 流向集中在 $260^\circ\sim 288^\circ$ 之间, 主要为偏西至西南西方向。SQL6 站余流表层为 18.0cm/s , 向下减小至 0.6H 层附近的 2.0cm/s , 底层为 3.1cm/s , 流向由 274° 逐渐转为 229° , 整体以偏西至西南方向为主。

SQL7 站余流流速为 $6.2\sim 10.1\text{cm/s}$, 各层差异较小, 最大值出现在 0.2H 层, 为 10.1cm/s , 流向主要集中在 $98^\circ\sim 129^\circ$ 之间, 表现为偏东至东南向余流。SQL8 站余流流速为 $10.2\sim 12.8\text{cm/s}$, 各层分布较均匀, 流向集中在 $169^\circ\sim 190^\circ$ 之间, 整体以偏南向为主。SQL9 站余流流速为 $3.3\sim 12.9\text{cm/s}$, 最大值出现在表层, 流向在 $107^\circ\sim 256^\circ$ 之间变化, 表明该站不同层次余流方向存在一定差异。SQL10 站余流流速为 $5.2\sim 18.6\text{cm/s}$, 底层余流最大, 为 18.6cm/s , 流向为 106° , 整体表现为中下层余流较强, 方向以东南向为主。

近岸 SQL1、SQL2 和 SQL3 站均仅统计 0.6H 层余流, 流速分别为 1.7cm/s 、 0.5cm/s 和 3.1cm/s , 流向分别为 193° 、 313° 和 179° 。其中 SQL2 站余流最弱, SQL3 站略大, 整体反映近岸潮位站附近余流较小, 水体净输运较弱。

总体来看, 本次观测期间调查海区余流强度以弱至中等为主, 最大余流出现在 SQL4 站表层, 外侧站位及部分近岸外侧站位余流相对明显。余流方向具有一定空间差异, SQL4、SQL5、SQL6 站主要表现为西南向至偏西向余流, SQL7 和 SQL10 站主要表现为偏东至东南向余流, SQL8 站以偏南向余流为主。余流垂向结构上, 多数站位表层余流相对较强, 向下有所减弱, 但 SQL10 站表现为底层余流较强。综合判断, 调查海区余流分布受岸线形态、地形变化、潮流不对称

性及风场共同影响，近岸外侧水域存在一定的净输运特征。

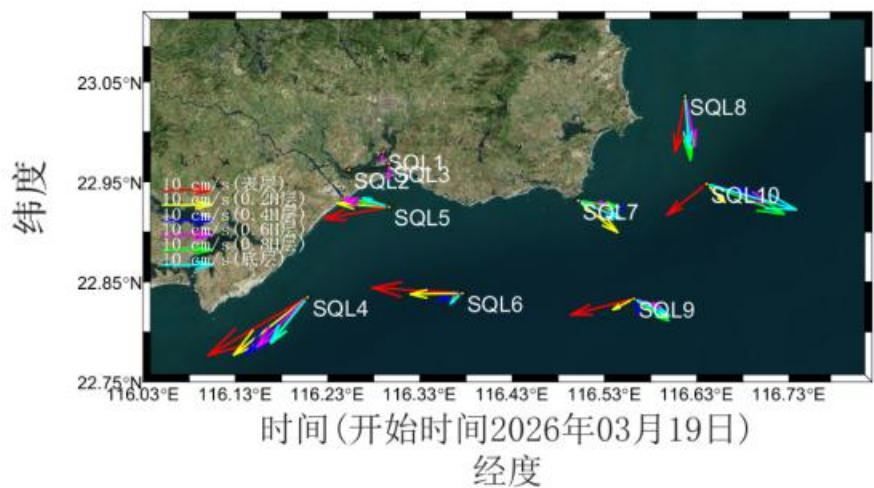


图 3.2.2-29 观测期各站余流图

表 3.2.2-6 观测期各站各层余流对比表

站位及层次		观测期间余流	
		流速 (cm/s)	流向 (°)
SQL1	0.6H 层	1.7	193
SQL2	0.6H 层	0.5	313
SQL3	0.6H 层	3.1	179
SQL4	表层	23.1	240
	0.2H 层	18.8	232
	0.4H 层	16.9	227
	0.6H 层	14.3	226
	0.8H 层	11.7	218
	底层	11.7	219
SQL5	表层	13.3	260
	0.2H 层	10.4	274
	0.6H 层	9.4	279
	0.8H 层	6.2	282
	底层	5.5	288
SQL6	表层	18.0	274
	0.2H 层	10.4	269
	0.4H 层	4.9	254
	0.6H 层	2.0	248
	0.8H 层	2.4	236
	底层	3.1	229
SQL7	表层	7.9	105
	0.2H 层	10.1	129
	0.4H 层	9.5	100
	0.6H 层	6.2	98
	0.8H 层	8.4	99

站位及层次		观测期间余流	
		流速 (cm/s)	流向 (°)
	底层	9.3	113
SQL8	表层	11.4	190
	0.2H 层	11.5	174
	0.4H 层	10.9	170
	0.6H 层	10.2	169
	0.8H 层	12.8	175
	底层	10.4	176
SQL9	表层	12.9	256
	0.2H 层	4.7	242
	0.4H 层	3.3	158
	0.6H 层	5.6	107
	0.8H 层	8.2	122
	底层	7.9	115
SQL10	表层	10.0	232
	0.2H 层	5.2	135
	0.4H 层	9.3	103
	0.6H 层	13.5	107
	0.8H 层	16.6	111
	底层	18.6	106

3.2.2.8 温度、盐度

温度结果：调查期间调查海区测得的水温最大值为 25.24℃，出现在 SQL2 站 0.6H 层；测得水温的最小值为 18.03℃，出现在 SQL5 站底层；从空间分布看，近岸 SQL1、SQL2 和 SQL3 站水温整体偏高，平均水温分别为 21.72℃、23.92℃和 21.81℃，其中 SQL2 站平均水温最高，反映近岸浅水区受陆源径流、近岸水体交换及局地环境影响较明显。外侧站位 SQL4～SQL10 各层平均水温主要集中在 18.41～19.20℃之间，整体变化幅度较小，说明外海侧水温相对稳定。

从垂向分布看，SQL4～SQL10 站各层水温差异总体较小，未表现出明显温度分层。SQL4 站平均水温由表层 18.58℃逐渐降低至底层 18.41℃，表底平均温差仅为 0.17℃；SQL8 站平均水温由表层 18.98℃降低至底层 18.88℃，表底平均温差为 0.10℃；SQL10 站平均水温由表层 19.20℃降低至底层 19.00℃，表底平均温差为 0.20℃。各外侧站位表底温差普遍较小，表明观测期间调查海区垂向混合作用较强，水体温度结构较为均匀。综合来看，本次观测期间调查海区水温整

体表现为近岸偏高、外侧海域较稳定、垂向分层不明显的特征。

盐度结果：调查期间调查海区测得的盐度最大值为 34.46，出现在 SQL9 站底层；测得盐度的最小值为 14.73，出现在 SQL2 站 0.6H 层。近岸 SQL1、SQL2 和 SQL3 站盐度明显低于外侧海域，其中 SQL2 站平均盐度仅为 18.90，为各站最低；SQL1 和 SQL3 站平均盐度分别为 27.92 和 27.10，也低于外侧站位。上述特征表明近岸水域受低盐水体影响显著，盐度变化幅度较大，尤其 SQL2 站受近岸淡水输入或沿岸低盐水影响最为明显。

外侧站位 SQL4~SQL10 盐度整体较高，平均盐度多在 33.5 以上，表现出较明显的外海高盐水特征。其中 SQL8、SQL9 和 SQL10 站盐度相对较高，各层平均盐度大多在 33.8~34.2 之间，SQL9 站底层平均盐度达到 34.19，SQL10 站底层平均盐度为 34.10，说明调查海区由近岸向外海盐度逐渐升高。从垂向分布看，外侧站位盐度多表现为底层略高于表层，但层间差异总体不大。例如 SQL4 站平均盐度由表层 33.72 增加至底层 33.85，SQL8 站由表层 33.90 增加至底层 34.17，SQL10 站由表层 33.86 增加至底层 34.10，均显示出弱的垂向盐度梯度。

综合温盐统计结果可见，本次调查期间调查海区温度垂向差异较小，整体混合较充分；盐度空间差异较温度更为显著，表现为近岸低盐、外海高盐的分布格局。近岸 SQL1~SQL3 站受低盐水体影响较强，盐度明显偏低且波动较大；外侧 SQL4~SQL10 站盐度较高且层间变化较小，反映该区域水体主要受外海高盐水控制。总体而言，调查海区温盐结构表现为水温垂向均匀、盐度由近岸向外海升高、外侧海域弱分层的特征。

3.2.2.9 悬浮泥沙

1. 悬浮泥沙浓度

由图表结果可知：观测期间，调查海区悬沙浓度总体变化范围为 10~42mg/L。其中，最大悬沙浓度出现在 SQL5 站底层，为 42mg/L；最小悬沙浓度出现在 SQL10 站表层、中层和底层，均为 10mg/L。整体来看，本次观测期间调查海区悬沙浓度总体不高，变化幅度相对有限，但不同站位之间仍表现出一定空间差异。

从各站平均悬沙浓度看，近岸站位悬沙浓度整体高于外海站位。SQL1、SQL2 和 SQL3 站全站平均悬沙浓度分别为 21mg/L、23mg/L 和 27mg/L，其中 SQL3

站平均值最高,表明近岸水域受浅水地形、岸滩再悬浮及近岸泥沙输入影响较明显。SQL4 和 SQL5 站全站平均悬沙浓度分别为 19mg/L 和 22mg/L,也相对较高,其中 SQL5 站底层悬沙浓度最大值达到 42mg/L,说明该站局部底层可能受到潮流扰动或底质再悬浮影响。

外海站位 SQL6~SQL10 悬沙浓度相对较低,全站平均值主要为 15~17mg/L。其中 SQL6 和 SQL8 站全站平均悬沙浓度均为 16mg/L,SQL7 和 SQL10 站均为 15mg/L,SQL9 站为 17mg/L。与近岸站位相比,外海站位悬沙浓度明显降低,表明随着离岸距离增加,陆源泥沙和近岸再悬浮影响逐渐减弱,水体含沙量整体下降。

从垂向分布看,各站表层、中层和底层悬沙浓度整体差异不大,未表现出明显的垂向分层特征。SQL4 站表层、中层和底层平均悬沙浓度分别为 20mg/L、18mg/L 和 20mg/L,SQL6 站三层平均值均为 16mg/L,SQL8 站分别为 17mg/L、16mg/L 和 17mg/L,SQL10 站分别为 16mg/L、12mg/L 和 16mg/L。总体上,多数站位表层和底层悬沙浓度较为接近,说明观测期间水体垂向混合较充分,悬沙在垂向上的分布较为均匀。

综合来看,本次观测期间调查海区悬沙浓度表现为近岸较高、外海较低的空间分布特征,垂向上各层差异较小。近岸站位较高的悬沙浓度可能与浅水区底泥再悬浮、潮流扰动以及近岸陆源泥沙输入有关;外海站位水深较大、离岸较远,悬沙浓度相对较低,水体透明度和稳定性相对较好。

2.输沙量

大潮期调查海区各站单宽输沙量差异较为明显,涨潮期单宽输沙量为 0.09~5.06t/m,落潮期单宽输沙量为 0.11~5.86t/m,净输沙量为 0.04~6.08t/m。总体来看,近岸 SQL1、SQL2 和 SQL3 站单宽输沙量较小,外侧站位及部分近岸外侧站位输沙量明显增大,说明调查海区泥沙输运强度具有较明显的空间差异。

涨潮期最大单宽输沙量出现在 SQL10 站,为 5.06t/m,方向为 57°;其次为 SQL9 站和 SQL7 站,分别为 4.23t/m 和 3.97t/m,方向分别为 59° 和 70°。SQL8 站涨潮期单宽输沙量为 3.54t/m,方向为 33°。上述外海站位涨潮期输沙方向总体以东北向为主,反映涨潮期间泥沙主要随涨潮流向东北向输运。近岸 SQL1、SQL2 和 SQL3 站涨潮期单宽输沙量仅为 0.09~0.14t/m,输沙强度较弱。

落潮期最大单宽输沙量出现在 SQL8 站, 为 5.86t/m, 方向为 195° ; 其次为 SQL4 站和 SQL6 站, 分别为 5.01t/m 和 4.09t/m, 方向分别为 231° 和 257° 。SQL9 站落潮期单宽输沙量为 3.99t/m, 方向为 225° , SQL10 站为 2.80t/m, 方向为 165° 。总体来看, 落潮期多数站位输沙方向以偏南至西南向为主, 说明落潮期间泥沙主要随落潮流向近岸外侧或西南方向输运。与涨潮期相比, 落潮期部分站位输沙量较大, 表明大潮期间落潮输沙作用较为显著。

净输沙方面, 最大单宽净输沙量出现在 SQL4 站, 为 6.08t/m, 方向为 233° ; SQL10 站次之, 为 4.93t/m, 方向为 89° ; SQL7 站为 4.43t/m, 方向为 82° ; SQL8 站为 2.71t/m, 方向为 171° ; SQL6 站为 2.16t/m, 方向为 265° 。近岸 SQL1、SQL2 和 SQL3 站净输沙量较小, 分别为 0.07t/m、0.04t/m 和 0.18t/m, 说明近岸浅水站位泥沙净输运能力较弱。总体上, 大潮期调查海区净输沙量在外侧站位及 SQL4 站表现较强, 近岸站位较弱。

从净输沙方向看, 各站方向存在一定差异。SQL4、SQL5 和 SQL6 站净输沙方向分别为 233° 、269° 和 265° , 总体表现为西南至偏西向输运; SQL7 和 SQL10 站净输沙方向分别为 82° 和 89° , 表现为偏东向输运; SQL8 站净输沙方向为 171° , 表现为偏南向输运; SQL9 站净输沙方向为 129° , 表现为东南向输运。SQL1 站净输沙方向为 235° , SQL2 站为 353° , SQL3 站为 170° , 但由于三站净输沙量较小, 其方向代表性相对有限。

综合来看, 大潮期调查海区单宽输沙量总体表现为近岸小、外侧大的空间分布特征。涨潮期外海站位输沙方向多指向东北向, 落潮期输沙方向多转为偏南至西南向, 体现出涨、落潮输沙方向的往复性。净输沙结果表明, SQL4 站为大潮期泥沙净输运最强站位, 净输沙方向为西南向; 外侧 SQL7、SQL8、SQL9 和 SQL10 站净输沙方向分异明显, 说明该海区泥沙输运受潮流动力、岸线形态及局地水深地形共同影响, 空间变化较为复杂。

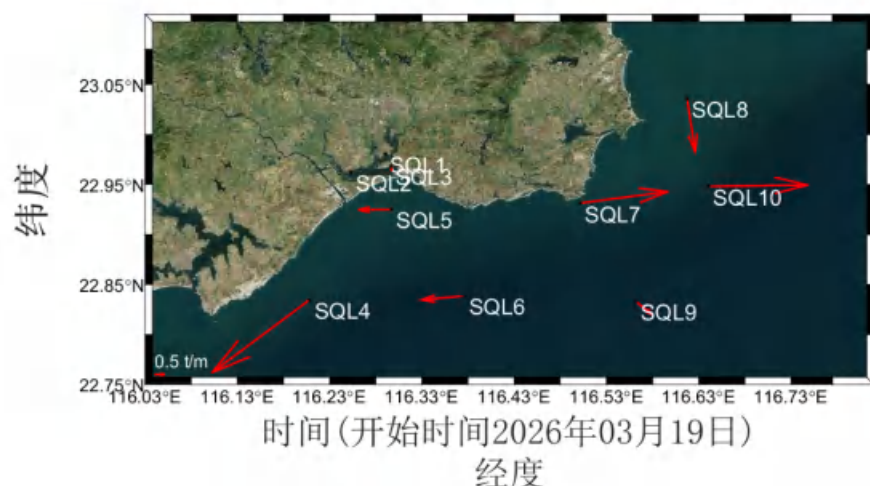


图 3.2.2-30 净输沙示意图

3.悬沙粒度分析

(1) 悬沙类型、粒级组成及含量

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

各站大潮期间砂含量为 0.00%~9.85%，平均值为 0.40%，粉砂含量在 53.63%~81.29%之间，平均值为 69.89%，粘土含量在 12.78%~46.37%之间，平均值为 29.71%；悬沙样品类型为粘土质粉砂（30/40），粉砂（10/40），共 2 种样品类型。

表 3.2.2-7 悬沙粒度参数以及砂、粉砂、粘土含量（N=40）

潮次	变化范围	砂含量 (%)	粉砂含量 (%)	粘土含量 (%)	平均粒径 M_z (Φ)	分选系数 σ_i (Φ)	偏态 S_{ki}	峰态 K_g	中值粒径 M_d (μm)
大潮 (N=40)	最大值	9.85	81.29	46.37	7.50	0.023	0.57	1.23	18.42
	最小值	0.00	53.63	12.78	5.39	0.004	0.31	0.83	4.34
	平均值	0.40	69.89	29.71	6.83	0.008	0.44	1.04	7.33

表 3.2.2-8 悬沙粒级组成和各粒级含量（N=40）

潮次	粒级	砂					粉砂				粘土		
	(粒径, mm)	2~1	1~0.5	0.5~0.25	0.25~0.125	0.125~0.063	0.063~0.032	0.032~0.016	0.016~0.008	0.008~0.004	0.004~0.002	0.002~0.001	<0.001
	(粒径, ϕ)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
大潮 (N=40)	最大值 (%)	0.00	0.00	0.00	0.92	8.93	19.54	25.56	34.13	32.44	27.78	13.46	5.13
	最小值	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	5.42	19.09	13.18	8.11	3.38	1.29

(%)													
平均值 (%)	0.00	0.00	0.00	0.03	0.37	2.54	15.27	26.09	25.99	18.46	8.23	3.02	
累 计 (%)	0.00	0.00	0.00	0.03	0.40	2.94	18.21	44.30	70.29	88.75	96.98	100.00	

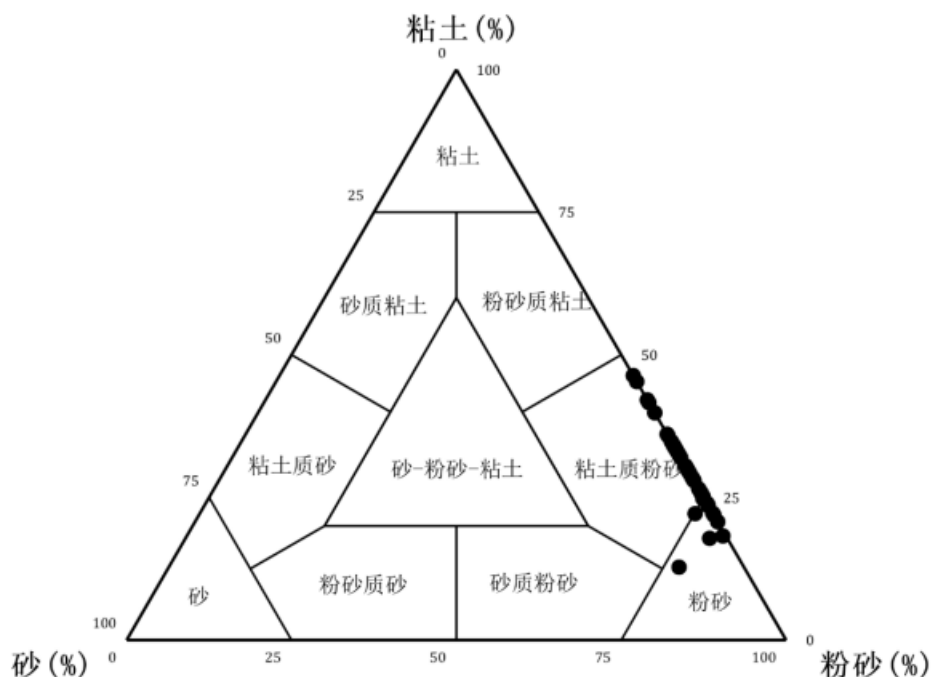


图 3.2.2-31 悬沙所有样品谢帕德三角图分布 (N=40)

中值粒径 (M_d , μm) 是在绘制颗粒粒径分布概率累积曲线图中读取含量 50% 的对应粒径值。航次测区悬沙中值粒径变化范围在 $4.34\mu\text{m} \sim 18.42\mu\text{m}$ 之间，平均值为 $7.33\mu\text{m}$ 。SQL6 测站落憩最粗 ($18.42\mu\text{m}$)，SQL5 测站落憩最细 ($4.34\mu\text{m}$)。

由于测区地形、来沙、水流、波浪等因素的复合作用，泥沙颗粒起、落情况复杂，本次调查中悬沙粒径变化与潮流急、憩的相关性不明显。本航次落憩、涨急、涨憩、落急时中值粒径的平均值分别为 $8.19\mu\text{m}$ 、 $7.16\mu\text{m}$ 、 $6.91\mu\text{m}$ 、 $7.06\mu\text{m}$ 。

平均粒径 (M_z , ϕ)

采用福克—沃德公式计算出悬沙平均粒径。

测量期间测区平均粒径在 $5.39\phi \sim 7.50\phi$ 之间，平均值为 6.83ϕ 。平均粒径的空间分布为：SQL5 站的落憩最大，为 7.50ϕ ；SQL6 站的落憩最小，为 5.39ϕ 。

分选系数 (σ_i , ϕ)

测区测量期间悬沙分选系数变化范围为 $0.004\phi \sim 0.023\phi$ ，平均值为 0.008ϕ 。分选系数的最大值都小于 1.5，表明悬沙颗粒粒度分布较为集中，粒径差异较小，

整体分选性较好。

偏态 (S_{ki})

测区悬沙偏态系数变化范围为 0.31~0.57, 平均值为 0.44。观测区域的偏态均为正偏, 表示颗粒分布向粗粒方向偏移, 在快速沉积环境中, 较重的颗粒通常会较早沉积, 而较轻的颗粒可能被搬运更长距离。

峰态 (K_g)

测区悬沙峰态系数的变化范围为 0.83~1.23, 平均值为 1.04。表明观测海区的颗粒的尺寸分布较为分散, 没有明显的聚集。

3.2.2.10 波浪

本节引用沟疏测波站 ($116^{\circ} 22.394'E$, $22^{\circ} 52.222'N$) 2008 年 7 月~2009 年 7 月的波浪资料。

工程外海的主要浪向为 E、ESE 和 SE 向, 此三个方位内波浪的年出现频率高达 75.6%, 其中常浪向为 ESE 向, 年出现频率为 32.2%。SSE、S 和 SSW 方位内波浪的出现频率总体相当, 此三方位内波浪出现的年频率合计 22.6%。其它方向 (除 SW 向波浪频率略高, 为 1.34%) 波浪出现频率甚低, 一般不足 0.4%。

从各级波浪出现的频率上看, 1.0m 级以上有效波高波浪的年频率高达 54.5%; 1.5m 级以上有效波高波浪的年频率为 15.5%, 3.0m 级以上波浪的年频率为 1.1%。全年实测最大有效波高为 6.82m, 对应的平均波周期为 9.7s, 平均波向 SSE, 发生在 2008 年 8 月 22 日 16 时。

从各向波浪平均波周期的强度上看, 6.0s 以上平均波周期波浪的年频率为 7.6%, 8.0s 以上的年频率为 0.8%。全年实测最大平均波周期为 10.5s, 对应的有效波高为 6.73m, 平均波向 SSE, 发生在 2008 年 8 月 22 日 08 时。

从整年实测数据统计上看, 年最大有效波高为 6.82m, 平均有效波高为 1.08m。附近海域常浪向为 ESE 向, 年出现频率为 32.2%, 次常浪向为 E 和 SE 向, 年出现的频率分别为 23.95%和 19.45%。强浪向为 S 向, 有效波高大于 2.0m 的年出现频率为 0.82%, 次强浪向为 SE 向, 有效波高大于 2.0m 的年出现频率为 0.64%, 多出现于 6、7、8、9 月份。年内几次大浪多由台风引起的, 如 2008 年 8 月 6 日出现的 0809 号台风“KAMMURI”、8 月 22 日出现的 0812 号台风“鸚鵡(NURI)”、

9月24日出现的0814号台风“HAGUPIT”以及2009年7月12日出现的0905号台风“SOUDELOR”、7月19日出现的0914号台风“MOLAVE”等，可见进行分析工程区域波浪时，台风浪的影响是不容忽视的。

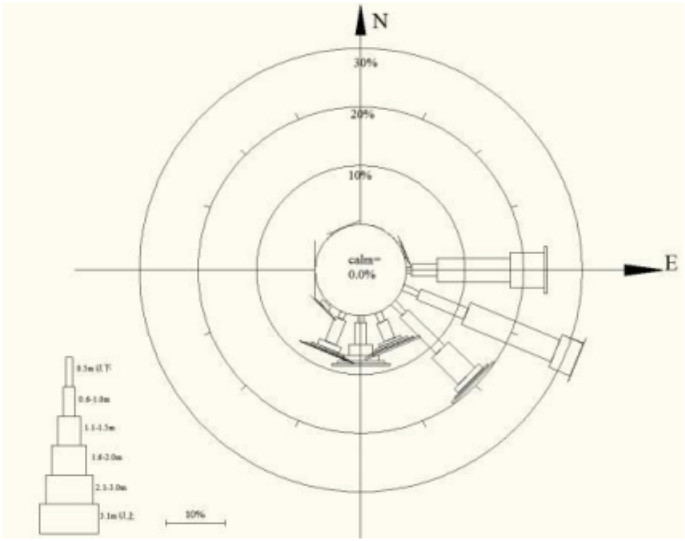


图 3.2.2-32 波浪玫瑰图

3.2.3 海域地形地貌与冲淤状况

3.2.3.1 地形地貌

本工程位于揭阳市惠来县地处大南山南麓，枕山面海。县域形态呈长条状东西向展布，地势北高南低，自西北向东南倾斜。位于县城西北侧的犁头冻，海拔822.7m，是全县的最高峰，最低地带为神泉镇，平均海拔不足3m，全县基本属滨海丘陵类型，地貌由山地、丘陵、平原和沙滩塼地与海岛构成。海岸线曲折多弯，岬角发育。

本项目选址于石碑山角海岸，该区域属基岩海岸，其靠岸区域水深较好，多年来岸滩稳定。海域水深条件优越，-20m等深线距岸距离不足2km。

广州南科海洋工程有限公司2024年1月测图，见图3.2.3-1，高程采用1985国家高程基准。根据测图绘制出本项目周边海域水深地形示意图，见图3.2.3-2。项目区域水深约0.8m~4.7m。

(涉密不公开)

图 3.2.3-1 水深地形测图

(涉密不公开)

图 3.2.3-2 项目周边海域水深示意图

3.2.3.2 冲淤现状和冲淤变化特征

收集 2009 年 4 月出版的石碑山角至遮浪角的海图和 2021 年 12 月出版的石碑山角至红海湾的海图进行补充分析。

为揭示项目所在海区水下岸滩演变规律,分别对 2009 年版海图和 2021 年版海图工程附近海域测量的海图进行数字化,并将地图投影、坐标系、水深基准面变换统一后,进行叠加分析,获得水下岸滩演变结果,如下图 3.2.3-1 所示。其中,水下地形资料来源:①2009 年 4 月出版的石碑山角至遮浪角 1:15 万比例尺海图,坐标系统为 2000 国家大地坐标系。项目附近水深测量时间 2007 年,其深度基准面为理论最低潮面。②2021 年 12 月出版的石碑山角至红海湾 1:15 万比例尺海图,坐标系统为 2000 国家大地坐标系。项目附近水深测量时间 2015 年,其深度基准面为理论最低潮面。

2007 年~2015 年期间,工程所在海域-5m、-10m、-20m、-30m 等深线均发生不同程度的变化。项目附近的-5m 水深基本无变化,反映出海床的淤积情况较低,多年来岸滩稳定。

(涉密不公开)

图 3.2.3-1 2007 年-2021 年水深对比图

3.2.4 工程地质

本节引自《广东揭阳 520 万方排海管道项目工程地质勘察报告(详细勘察)》(广州南科海洋工程有限公司,2024 年 4 月)相关内容。

3.2.4.1 岩土层特征

根据钻探揭示地层情况,拟建场区自上而下分为第四系海相沉积层(Q_4^m)、第四系残积层(Q_4^s)和燕山期花岗岩(γ_53)。

1.第四系海相沉积层(Q_4^m)

(1) 细砂:该层分布较广泛,在 ZK1~ZK3、ZK5~ZK8、ZK10~ZK13、

ZK15~ZK16 共 13 个钻孔见揭露。层顶标高: -3.90~2.80m, 层厚: 0.60~2.70m, 平均层厚 1.69m。

灰黄色, 饱和, 松散, 颗粒成分主要为石英, 颗粒磨圆度一般, 级配一般, 分选性较好。

(2) 第四系残积层 (Q^{el})

砾质黏性土: 该层局部分布, 在 ZK1、ZK5~ZK7、ZK10~ZK11、ZK15~ZK16 共 8 个钻孔见揭露。层顶标高: -5.20~0.60m, 层顶埋深 1.10~2.50m, 层厚: 1.10~6.10m, 平均层厚 5.09m。

褐黄色、红褐色, 硬塑, 局部可塑状, 粘性差, 干强度低, 低韧性, 土质不均, 砂粒含量约 40%~60%, 为花岗岩风化残积土。

(3) 燕山期花岗岩 (γ₅₃)

全风化花岗岩: 该层局部分布, 在 ZK1、ZK2、ZK5~ZK7、ZK10~ZK11、ZK15~ZK16 共 9 个钻孔见揭露。层顶标高: -11.1~-2.8m, 层顶埋深 2.7~7.9m, 层厚: 1.50~5.50m, 平均层厚 4.01m。

灰白色、灰黄色、青灰色, 岩石风化剧烈, 原岩结构基本破坏, 矿物成分难辨认, 岩芯呈坚硬土柱状, 岩质极软, 岩芯用手捏可散碎, 遇水易软化、崩解。

强风化花岗岩: 该层局部分布, 在 ZK3、ZK7、ZK8、ZK12、ZK13 共 5 个钻孔见揭露。层顶标高: -5.30~-1.40m, 层顶埋深 0.60~5.20m, 层厚 0.30~2.60m。

褐灰色, 岩石风化强烈, 岩石结构大部分破坏, 矿物成分尚可辨认, 岩芯呈半岩半土状或半岩半土夹碎块状, 岩质极软, 多数岩块用手能掰碎, 遇水易软化、崩解。

中风化花岗岩: 该层局部分布, 在 ZK1~ZK4、ZK7~ZK9、ZK12~ZK14 共 10 个钻孔见揭露。层顶标高: -7.7~-2.0m, 层顶埋深 0.00~9.50m, 层厚未揭穿, 揭露厚度 2.30~3.50m。

麻灰色, 褐黄色, 中粗粒结构, 块状构造, 矿物成分主要为石英、长石等, 节理裂隙较发育, 岩体较破碎, 岩芯呈碎块状或短柱状, 节长一般 5~33cm, 岩质较硬~坚硬, 锤击声较脆, 不易碎, 岩体基本质量等级为Ⅲ类。

根据钻探揭示地层情况, 本场地基底岩石为燕山期花岗岩 (γ₅₃) 风化基岩, 不是灰岩地区, 不存在土洞、溶洞等岩溶现象; 不存在滑坡、崩塌、泥石流等自

然地质灾害；亦不存在采空区等人为地质灾害；未发现埋藏的河道、沟浜、墓穴、防空洞、孤石等对工程不利的埋藏物；未发现全新活动断裂等不良地质作用。

3.2.4.2 工程地质稳定性和适宜性评价

场地稳定性与适宜性评价：根据《建筑抗震设计规范》（GB50011-2010），场地抗震设防烈度为7度，设计基本地震加速度值为0.10g，设计地震分组为第2组。本工程场区属建筑抗震的一般地段，但可进行工程建设。场地内未发现断裂构造迹象，区域构造稳定性一般，场地及其附近未发现不良地质作用，场地稳定性良好，适宜进行本工程建设。

各岩土层均匀性及对拟建物管道的适宜性评价：（1）第①层细砂，呈饱和、松散状，属一般地基土，承载力低，不宜直接作明挖管道天然地基浅基础持力层，但可作复合地基基础持力层。属不均匀性土层。土石开挖等级为Ⅰ级，类别为松土，适宜顶管或牵引管施工。

（2）砾质黏性土②：硬塑，具中等偏低压缩性，承载力中等，该层局部分布，埋藏深度一般，土石开挖等级为Ⅱ级，类别为普通土，可作明挖管道天然地基浅基础持力层和稳定下卧层。

（3）全风化花岗岩③：承载力中等，该层局部分布，土石开挖等级为Ⅲ级，类别为硬土，可作明挖管道天然地基浅基础持力层和稳定下卧层。

（4）强风化花岗岩③：承载力较高，该层局部分布，土石开挖等级为Ⅳ级，类别为软石，可作明挖管道天然地基浅基础持力层和稳定下卧层。

（5）中风化花岗岩③：承载力高，该层局部分布，土石开挖等级为Ⅵ级，类别为坚石，可作明挖管道天然地基浅基础持力层和稳定下卧层。

地基稳定性及均匀性评价：

（1）稳定性评价：在钻探深度范围内，本场地地基由细砂、砂质黏性土、全风化花岗岩、强风化花岗岩、中风化花岗岩组成。其中松散状为主的第①层细砂具有中等压缩性，性质相对稳定，属一般地基土，属相对稳定地基。总体评价本场地地基为相对稳定地基。

（2）均匀性评价：在钻探深度范围内，本场地地基土第四系土层主要为细砂，层位不稳定，土层的状态、埋深和厚度在水平和垂直方向局部变化较大，土

层力学性质较离散，压缩模量差异较大，故地基的均匀性差，在荷载作用下易发生应力集中或应力扩散，从而导致工后产生不均匀沉降，影响稳定性。

综上所述，本场地地基存在残积土和风化岩等特殊性岩土，土层分布不均匀，特殊性岩土较发育，综合评价本场地地基为不均匀地基。在采取针对性的地基形式和施工措施的情况下，适宜本工程建设。

3.2.4.3 场地地震效应

按国家标准《建筑抗震设计规范》（GB50011-2010，2016 年版）附录 A.0.19 广东省揭阳市惠来县，本建设工程场地位于抗震设防烈度 7 度区，设计地震分组属第二组，设计基本地震加速度值为 0.10g，本场地地震动峰值加速度值为 0.125g，反应谱特征周期为 0.45s，根据国标《建筑工程抗震设防分类标准》（GB50223-2008）3.0.2，本项目工程抗震设防类别属标准设防类（丙类）。按建筑场地按国家标准《建筑抗震设计规范》（GB 50011-2010，2016 年版）第 4.1.1 条文规定，场地处于对建筑抗震一般地段。

3.2.5 海洋自然灾害

1. 热带气旋

根据《台风年鉴》《热带气旋年鉴》及相关统计资料：2019 年有影响的台风有 2 个，1907 号台风“韦帕”和 1911 号台风“白鹿”，给惠来县带来强降水，但未造成直接经济损失，台风“韦帕”影响期间，惠来沿海出现 6-7 级、阵风 9-10 级的大风。

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

2021 年有影响的台风有 2 个，07 号台风“查帕卡”和 09 号台风“卢碧”，给惠来县带来暴雨。

2022 年有 5 个台风（“暹芭”“木兰”“马鞍”“尼格”和一个热带低压）登陆广东省，登陆台风数较多年平均值（3.7 个）偏多 1.3 个。其中，8 月份连续有三个台风登陆：8 月 4 日 9 时热带低压在惠州惠东沿海登陆，登陆时中心附近最大风力 6 级（13 米/秒），中心最低气压 1002 百帕。

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”台风和“苏拉”台风。给惠来县带来暴雨，但未造成直接经济损失。

2024 年，以台风“格美”（7 月）、“摩羯”（9 月）影响最明显，惠来沿海阵风 8~9 级、局部暴雨，全县启动多轮防风Ⅳ级响应，完成渔船回港、海上作业人员撤离、病险水库腾空等防御。

2025 年，台风“桦加沙”（9 月）惠来沿海阵风 12 级（35.4m/s），台风“风神”（11 月）致沿海阵风 8~9 级、启动防风Ⅳ级响应。

2. 风暴潮

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

2013 年 9 月 22 日，“天兔”台风在汕尾市登陆，中心附近最大风力达 14

级(45m/s)。广东省沿海最大风暴增水出现在海门站,于9月22日17时出现最大风暴潮增水201cm。增水超过100cm的还有遮浪站(163cm)、汕头站(160cm)、汕尾站(150cm)、惠州站(137cm)和南澳站(125cm)。“天兔”造成汕尾、潮州、汕头、揭阳、惠州等地严重损失。

2015年7月9日,第10号台风“莲花”在广东陆丰市甲东镇沿海登陆,受台风“莲花”影响,粤东沿岸出现了一次较弱风暴潮增水过程,过程最大增水出现在汕头站(79cm)。汕尾、汕头、揭阳、潮州等地遭受一定程度的损失。

2016年10月21日,第22号强台风“海马”在汕尾市海丰县鲘门镇登陆,粤东至珠江口沿岸出现了一次明显的风暴潮增水过程,最大增水出现在海门站(206cm)。汕头站、汕尾站出现最大增水分别为152cm、144cm,珠江口沿岸出现30~60cm的风暴增水。汕尾、汕头、惠州、揭阳等地遭受一定程度的损失。

2017年9月3日,第16号台风“玛娃”在汕尾市陆丰沿海登陆,粤东、珠江口沿岸出现一次风暴潮过程,珠江口沿岸最大增水出现在赤湾站(44cm);粤东沿岸最大增水出现在惠州站(58cm)。揭阳市水产养殖受灾面积2400公顷,水产养殖损失产量700吨,养殖设备、设施损失320个,防波堤损毁0.22千米,直接经济损失2550万元。

2018年9月16日,第22号超强台风“山竹”在广东省台山海宴镇登陆,广东省沿岸出现一次风暴潮过程,粤东沿岸最大增水出现在惠州站(278cm)。广州、珠海、深圳、中山、江门、惠州、汕尾、揭阳、汕头、潮州、茂名、湛江遭受一定程度的损失。

2020年8月19日,台风“海高斯”在广东省珠海市金湾区沿海登陆,粤东沿岸各海洋站观测到30-60cm的最大风暴增水,各站最高潮位均在当地蓝色警戒潮位以下。

2021年10月13日,台风“圆规”在海南省琼海市沿海登陆,粤东沿岸各海洋站观测到70-125cm的最大风暴增水。受“圆规”台风风暴潮和近岸浪的共同影响,揭阳市、阳江市、惠州市、珠海市等地直接经济损失合计0.10亿元。

2023年,广东省沿海共发生风暴潮过程4次,其中2次造成灾害,分别为“泰利”台风风暴潮和“苏拉”台风风暴潮。2023年7月17日22时20分前后,“泰利”以台风级强度在广东省湛江市南三岛沿海登陆粤东沿岸潮(水)位站观

测到 35-55 厘米的最大风暴增水。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，粤东沿岸潮（水）位站观测到 65-95 厘米的最大风暴增水。

2025 年，台风“桦加沙”（9 月），致惠来沿海阵风 12 级（35.4m/s），台风“风神”（11 月）致沿海阵风 8~9 级、启动防风Ⅳ级响应。

3.2.6 海洋水质现状调查与评价

本节引用《广东省揭阳市海洋生态保护修复工程海洋环境现状调查监测报告（神泉湾区域、石碑山角区域）》（广州海兰图检测技术有限公司，2026 年 5 月），由广州海兰图检测技术有限公司于 2026 年 3 月在项目附近海域进行的海洋水质现状调查数据。

3.2.6.1 调查概况

本次调查共布设水质调查站位 32 个，沉积物调查站位 16 个，生物生态调查站位 20 个，渔业资源调查站位 20 个，生物质量调查站位 16 个，潮间带生物和沉积物调查断面 5 条，具体调查站位详见表 3.2.6-1 和图 3.2.6-1。

表 3.2.6-1 海洋环境现状调查站位表

站位	经度（E）	纬度（N）	调查要素
SQ01			水质、生物生态、渔业资源
SQ02			水质、沉积物
SQ03			水质
SQ04			水质、生物生态、渔业资源
SQ05			水质、沉积物、生物生态、渔业资源
SQ06			水质、沉积物
SQ07			水质、沉积物、生物生态、渔业资源
SQ08			水质
SQ09			水质、生物生态、渔业资源
SQ10			水质、沉积物、生物生态、渔业资源
SQ11			水质、沉积物、生物生态、渔业资源
SQ12			水质、沉积物、生物生态、渔业资源
SQ13			水质
SQ14			水质、沉积物、生物生态、渔业资源
SQ15			水质、沉积物、生物生态、渔业资源
SQ16			水质、生物生态、渔业资源

站位	经度 (E)	纬度 (N)	调查要素
SQ17			水质
SQ18			水质、沉积物、生物生态、渔业资源
SQ19			水质
SQ20			水质
SQ21			水质、沉积物、生物生态、渔业资源
SQ22			水质、沉积物、生物生态、渔业资源
SB01			水质
SB02			水质、生物生态、渔业资源
SB03			水质
SB04			水质
SB05			水质、沉积物、生物生态、渔业资源
SB06			水质、沉积物、生物生态、渔业资源
SB07			水质、沉积物、生物生态、渔业资源
SB08			水质、生物生态、渔业资源
SB09			水质
SB10			水质、沉积物、生物生态、渔业资源
SQC01			潮间带生物、沉积物
SQC02			潮间带生物、沉积物
SQC03			潮间带生物、沉积物
SBC01			潮间带生物、沉积物
SBC02			潮间带生物、沉积物

(涉密不公开)

图 3.2.6-1 海洋环境现状调查站位分布图

3.2.6.2 调查项目

调查项目包括水温、水深、pH、盐度、悬浮物、化学需氧量、溶解氧、无机氮、氨、硝酸盐、亚硝酸盐、无机磷（活性磷酸盐）、油类（石油类）、硫化物、挥发酚（挥发性酚）、铜、铅、锌、汞、砷、镉、总铬。

3.2.6.3 采样与分析方法

1. 采样方法

(1) 水样采集通用方法

①执行《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》《海洋监测规范》和《海洋调查规范》；

②执行《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》《海洋监测规范》和《海

洋调查规范》。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，当站位水深小于等于 10m 时（以现场水深为准，下同），仅采表层水样一个；当站位水深大于 10m 小于等于 50m 时，分别采集表层和底层水样各一个；当站位水深大于 50m 时，分别采集表层和 50m 层水样各一个；其中表层为距表面 0.1m~1m，底层为离底 2m。

表 3.2.6-2 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
水深≤10	表层	/
10<水深≤50	表层、底层	/
水深>50	表层、50m 层	/
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。 注 3：油类只采集表层样品。		

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

④对无法现场分析的样品，按《海洋监测规范》（GB 17378-2007）加固定剂后带回实验室分析；

⑤水文气象观测执行《海洋调查规范 第 3 部分：海洋气象观测》（GB/T 12763.3-2020）、《海洋调查规范 第 2 部分：海洋水文观测》（GB/T 12763.2-2007）和《海洋观测规范 第 2 部分：海滨观测》（GB/T 14914.2-2019）。

（2）特殊指标水样采集方法

①溶解氧样品的采集：将乳胶管的一端接上玻璃管，另一端套在采水器的出水口，放出少量水样荡洗水样瓶两次；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 1.0mL 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，待测。

③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 1 mol/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石油类样品的采集：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 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。

2.分析方法

水质样品的分析按照《海洋调查规范》（GB/T 12763-2007）和《海洋监测规范》（GB 17378-2007）进行，各项目的分析方法如表 3.2.6-3。

表 3.2.6-3 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/T 12763.2-2007/5.2.1	CTD 法	/

序号	检测指标	检测依据	分析方法	检出限
2	pH	《海洋监测规范 第4部分:海水分析》 GB 17378.4-2007/26	pH 计法	/
3	盐度	《海洋监测规范 第4部分:海水分析》 GB 17378.4-2007/29.1	盐度计法	2‰
4	溶解氧	《海洋监测规范 第4部分:海水分析》 GB 17378.4-2007/31	碘量法	0.11mg/L
5	悬浮物	《海洋监测规范 第4部分:海水分析》 GB 17378.4-2007/27	重量法	/
6	化学需氧量	《海洋监测规范 第4部分:海水分析》 GB 17378.4-2007/32	碱性高锰酸钾法	0.15mg/L
7	硝酸盐	《海洋监测规范 第4部分:海水分析》 GB 17378.4-2007/38.1	镉柱还原法	0.0010mg/L
8	亚硝酸盐	《海洋监测规范 第4部分:海水分析》 GB 17378.4-2007/37	萘乙二胺分光光度法	0.0002mg/L
9	氨	《海洋监测规范 第4部分:海水分析》 GB 17378.4-2007/36.1	靛酚蓝分光光度法	0.0004mg/L
10	无机氮	《海洋监测规范 第4部分:海水分析》 GB 17378.4-2007/35	/	/
11	活性磷酸盐	《海洋监测规范 第4部分:海水分析》 GB 17378.4-2007/39.1	磷钼蓝分光光度法	0.0006mg/L
12	挥发酚	《海洋监测规范 第4部分:海水分析》 GB 17378.4-2007/19	4-氨基安替比林分光光度法	1.1μg/L
13	石油类	《海洋监测规范 第4部分:海水分析》 GB 17378.4-2007/13.2	紫外分光光度法	0.0035mg/L
14	汞	《海洋监测规范 第4部分:海水分析》 GB 17378.4-2007/5.1	原子荧光法	0.007μg/L
15	砷	《海洋监测规范 第4部分:海水分析》 GB 17378.4-2007/11.1	原子荧光法	0.5μg/L
16	铜	《海洋监测规范 第4部分:海水分析》 GB 17378.4-2007/6.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.2μg/L
17	铅	《海洋监测规范 第4部分:海水分析》 GB 17378.4-2007/7.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.03μg/L
18	镉	《海洋监测规范 第4部分:海水分析》 GB 17378.4-2007/8.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.01μg/L
19	锌	《海洋监测规范 第4部分:海水分析》 GB 17378.4-2007/9.1	火焰原子吸收分光光度法	0.0031mg/L
20	铬	《海洋监测规范 第4部分:海水分析》 GB 17378.4-2007/10.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.4μg/L
21	硫化物	《海洋监测规范 第4部分:海水分析》 GB 17378.4-2007/18.1	亚甲基蓝分光光度法	0.2μg/L

3.2.6.4 评价方法与评价标准

1. 评价方法

采用单因子标准指数（ P_i ）法，评价模式如下：

$$P_i = \frac{C_i}{C_{io}}$$

式中： P_i ——第 i 项因子的标准指数，即单因子标准指数；

C_i ——第 i 项因子的实测浓度；

C_{io} ——第 i 项因子的评价标准值。

当标准指数值 P_i 大于 1，表示第 i 项评价因子超出了其相应的评价标准，即表明该因子已不能满足评价海域功能区的要求。

另外，根据溶解氧（DO）、pH 的特点，其评价模式分别为：

溶解氧的标准指数为：

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

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

DO_j ——溶解氧在 j 点的实测统计代表值，mg/L；

DO_s ——溶解氧的水质评价标准限制，mg/L；

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

S ——实用盐度符号，量纲一；

T ——水温，℃。

pH 评价指数按下式如下：

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

式中： $S_{pH, j}$ ——pH 值的指数，大于 1 表明该水质因子超标；

pH_j ——pH 值实测统计代表值；

pH_{sd} ——评价标准中 pH 值的下限值；

pH_{su} —评价标准中 pH 值的上限值。

2.评价标准

根据《广东省近岸海域环境功能区划》（粤府〔1999〕68号）规定，各监测站位执行的水质标准见表 3.2.6-4 和图 3.2.6-2。

表 3.2.6-4 各站位执行的水质标准要求一览表

调查站位	功能区	标准要求
SQ10、SQ11、SQ12、SQ13、SQ14、SB05	浅海渔业功能区	执行海水水质一类标准
SQ01、SQ02、SQ03、SQ04、SQ05、SQ06、SQ07、SQ08、SQ09	神泉港口功能区	执行海水水质三类标准
SB07	资深港口功能区	
SQ15、SQ16、SQ17、SQ18、SQ19、SQ20、SQ21、SQ22、SB01、SB02、SB03、SB04、SB06、SB08、SB09、SB10	/	执行海水水质现状评价

（涉密不公开）

图 3.2.6-2 监测站位所处广东省近岸海域环境功能区划示意图

海域水质现状评价依据标准《海水水质标准》（GB3097-1997），见表 3.2.6-5。

表 3.2.6-5 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≤ (BOD ₅)	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

水质指标	第一类	第二类	第三类	第四类
铜 (Cu) ≤	0.005	0.010	0.050	0.050
锌 (Zn) ≤	0.020	0.050	0.100	0.500
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

3.2.6.5 海洋水质调查结果与评价

1.调查结果

水质监测结果见表 3.2.6-6。

2.评价结果

调查海域执行海水水质第一类标准要求的站位有：SQ10、SQ11、SQ12、SQ13、SQ14、SB05。由监测结果及标准指数表结果可知：所有调查站位的水质监测因子均符合海水水质第一类标准要求。

调查海域执行海水水质第三类标准要求的站位有：SQ01、SQ02、SQ03、SQ04、SQ05、SQ06、SQ07、SQ08、SQ09、SB07。由监测结果及标准指数表结果可知：超标因子为无机氮和活性磷酸盐，最大超标倍数分别为 0.97 和 1.92，超标率分别为 70.00%和 70.00%。SQ01、SQ02、SQ03、SQ04、SQ05、SQ06、SQ07 站位海水的无机氮和活性磷酸盐含量不符合海水水质第三类标准要求，且劣于海水水质第四类标准要求；其他调查站位的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现状评价的站位有：SQ15、SQ16、SQ17、SQ18、SQ19、SQ20、SQ21、SQ22、SB01、SB02、SB03、SB04、SB06、SB08、SB09、SB10。由监测结果及标准指数表结果可知：所有调查站位的水质监测因子均符合海水水质第一类标准要求。

表 3.2.6-6 海水水质监测结果
(涉密不公开)

表 3.2.6-7 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

表 3.2.6-8 水质监测站位（执行第三类海水水质标准）各要素的标准指数

表 3.2.6-9 水质监测站位（执行海水水质现状评价）各要素的标准指数

（涉密不公开）

3.2.7 海洋沉积物现状调查与评价

本节引用《广东省揭阳市海洋生态保护修复工程海洋环境现状调查监测报告（神泉湾区域、石碑山角区域）》（广州海兰图检测技术有限公司，2026年5月），由广州海兰图检测技术有限公司于2026年3月在项目附近海域进行的海洋沉积物现状调查数据。具体站位可见3.2.6.1节。

3.2.7.1 调查项目

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

3.2.7.2 采样与分析方法

1. 采样方法

根据《海洋监测规范》（GB 17378-2007）和《潮间带调查规范》（GB/T 42639-2023）的要求，进行沉积物样品的采集、保存与运输。

（1）表层沉积物样品采集可使用采样铲、挖勺、抓斗等各种可行工具。

（2）人工现场调查时，宜在大潮低潮期间进行，高、中滩调查也可在中、小潮期间进行；乘调查船现场调查时，宜在大高潮期间进行；同一断面在不同时段或采用不同方式现场调查时，应保证调查断面空间完整性，调查时间间隔不超过1个大、小潮周期。

（3）底质为基岩或大块砾石的潮间带，可不采集样品，但应设置观测站位，记录底质类型与位置信息。

（4）乘调查船现场调查时，到达指定站位后，将绞车的钢丝绳与0.05m²抓斗式采泥器连接，检查是否牢靠，同时测量采样点水深；慢速启动绞车，提起已张口的采泥器，用手扶慢速放入水中，稳定后常速放至离底3m~5m，再全速放入底部，然后慢速提升采泥器，离底后快速提升；将采泥器降至接样盘上，打开采泥器上部耳盖，倾斜采泥器使上部水缓缓流出，再进行定性描述和分装。用塑料刀或勺从采泥器耳盖中仔细取上部0cm~1cm的沉积物。如遇砂砾层，可在

0cm~3cm 层内混合取样。

(5) 表层沉积物样品应立即进行现场样品状态描述（颜色、气味、厚度），记录描述一定用铅笔书写。

(6) 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 4~6 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。

(7) 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。

(8) 分装顺序：重金属（铜、铅、镉、锌、铬、砷等）指标用聚乙烯袋分装大约 600g；取大约 100~200g 湿样，盛入已洗净的 250mL 棕色玻璃瓶内，加入约 5mL 醋酸锌，使样品隔离空气，供硫化物分析所用；再取 500~600g 湿样，盛入已洗净的 500mL 棕色玻璃瓶内，供粒度、含水率、有机碳、石油类、总汞等指标分析所用。

(9) 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。认真做好采样详细记录。

(10) 采样完毕，打开采泥器，弃去残留沉积物，用海水冲洗。

(11) 记录采样点位的经纬度、拍摄采样照片、记录可能影响结果的现场情况或拍摄视频记录等，出具数据时一并提供。

(12) 潮间带沉积物采集：各调查断面分别在高、中、低潮带采集 1 个沉积物样品。

2.分析方法

样品的分析按照《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》（GB 17378.5-2007）和《海洋调查规范 第 8 部分 海洋地质地球物理调查》（GB/T 12763.8-2007）进行。

表 3.2.7-1 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》 GB 17378.5-2007/19	重量法	/
2	有机碳	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》 GB 17378.5-2007/18.1	重铬酸钾氧化- 还原容量法	0.02%

序号	检测指标	检测依据	分析方法	检出限
3	石油类	《海洋监测规范第 5 部分: 沉积物分析》 GB 17378.5-2007/13.1	荧光分光光度法	1.0mg/kg
4	硫化物	《海洋监测规范第 5 部分: 沉积物分析》 GB 17378.5-2007/17.1	亚甲基蓝分光光度法	0.3mg/kg
5	铜	《海洋监测规范第 5 部分: 沉积物分析》 GB 17378.5-2007/6.2	火焰原子吸收分光光度法	2.0mg/kg
6	铅	《海洋监测规范第 5 部分: 沉积物分析》 GB 17378.5-2007/7.2	火焰原子吸收分光光度法	3.0mg/kg
7	镉	《海洋监测规范第 5 部分: 沉积物分析》 GB 17378.5-2007/8.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.04mg/kg
8	锌	《海洋监测规范第 5 部分: 沉积物分析》 GB 17378.5-2007/9.1	火焰原子吸收分光光度法	6.0mg/kg
9	总汞	《海洋监测规范第 5 部分: 沉积物分析》 GB 17378.5-2007/5.1	原子荧光法	0.002mg/kg
10	铬	《海洋监测规范第 5 部分: 沉积物分析》 GB 17378.5-2007/10.1	无火焰原子吸收分光光度法	2.0mg/kg
11	砷	《海洋监测规范第 5 部分: 沉积物分析》 GB 17378.5-2007/11.1	原子荧光法	0.06mg/kg
12	pH	《海洋调查规范第 8 部分: 海洋地质地球物理调查》GB/T 12763.8-2007/6.7.2	pH 计法	/
13	粒度	《海洋调查规范 第 8 部分 海洋地质地球物理调查》GB/T 12763.8-2007/6.3	激光粒度分布仪法	/

3.2.7.3 评价方法与评价标准

1.评价方法

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

式中： P_i 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。

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

2.评价标准

各沉积物质量监测站位按沉积物质量类别符合性分析，即从第一类标准开始评价，评价到达标为止。

采用现状评价依据标准《海洋沉积物质量》（GB 18668-2002）进行评价，

见表 3.2.7-2。

表 3.2.7-2 海洋沉积物质量标准

沉积物质量指标	第一类	第二类	第三类
有机碳 ($\times 10^{-2}$) $\leq$	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

3.2.7.4 海洋沉积物调查结果与评价

1.调查结果

按《海洋调查规范 第 8 部分：海洋地质地球物理调查》(GB/T 12763.8-2007) 粒级间隔为 1 ϕ ，粒级组成为 1~>11 ϕ 。

该项目海域海洋沉积物砂含量在 1.46%~88.24%，平均值为 40.19%，粉砂含量在 9.29%~76.83%，平均值为 46.20%，粘土含量在 2.47~27.96%，平均值为 13.61%。

调查站位沉积物样品类型共有 5 种，其中，样品类型为砂的有：SB10、SQ07；样品类型为粘土质粉砂的有：SB05、SB07；样品类型为粉砂的有：SQ14；样品类型为粉砂质砂的有：SQ02、SQ05、SQ11、SQ12、SQ15、SQ22；样品类型为砂质粉砂的有：SB06、SQ06、SQ10、SQ18、SQ21。

调查海域沉积物化学调查结果见表 3.2.7-4。

2.评价结果

采用上述单项指数法，对现状监测结果进行标准指数计算，各监测点沉积物评价因子的标准指数见表 3.2.7-5。

各沉积物质量监测站位按沉积物质量类别符合性分析，即从第一类标准开始评价，评价到达标为止。由监测结果及标准指数表结果可知：所有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。

表 3.2.7-3 海洋沉积物粒度参数以及砂、粉砂、粘土含量（涉密不公开）

表 3.2.7-4 海洋沉积物质量监测结果

(涉密不公开) 注: ①包含“L”的检测结果表明其检测结果低于方法检出限, 其中数值为方法检出限值, 参与计算平均值和标准指数时, 若未检出率少于等于 1/2, 取 1/2 检出限值参与计算, 若未检出率大于 1/2, 取 1/4 检出限值参与计算。

(涉密不公开)

表 3.2.7-5 海洋沉积物监测站位各要素标准指数

3.2.8 海洋生物质量现状调查与评价

本节引用《广东省揭阳市海洋生态保护修复工程海洋环境现状调查监测报告（神泉湾区域、石碑山角区域）》（广州海兰图检测技术有限公司，2026 年 5 月），由广州海兰图检测技术有限公司于 2026 年 3 月在项目附近海域进行的海洋生物质量现状调查数据。具体站位可见 3.2.6.1 节。

3.2.8.1 调查项目

调查项目包括总汞、铜、铅、锌、镉、铬、砷、石油烃。

3.2.8.2 采样与分析方法

1. 采样方法

根据《海洋监测规范》(GB 17378-2007)和《海洋调查规范》(GB/T 12763-2007)中的要求，在项目海域指定站点使用拖网等方式采集生物体后，选取具有代表性的贝类、甲壳类、定居性鱼类、其他软体动物和大型藻类样品进行分析检测，优先选取双壳贝类样品。

(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) 甲壳类与中小型类

按要求选取足够数量的完好生物样，放入干净的聚乙烯袋中，应防止袋子被刺破。挤出袋内空气，将袋口打结或热封，将此袋和样品标签一起放入另一聚乙烯袋中，封口，于低温冰箱中贮存。若保存时间不太长（热天不超过 48h），可用冰箱或冷冻箱贮放样品。

(3) 大型鱼类采集

测量并记下鱼样的体长、体重。用清洁的刀切下至少 100g 肌肉组织，厚度至少 5cm，样品处理时，切除玷污或内脏部分。存于清洁的聚乙烯袋中，挤出空

气并封口，将此袋和样品标签一起放入另一聚乙烯袋中，封口，于低温冰箱中贮存。若保存时间不太长（热天不超过 48h），可用冰箱或冷冻箱贮存样品。

2.分析方法

生物体样品的预处理和分析方法遵照《海洋监测规范 第 6 部分：生物体分析》（GB 17378.6-2007）进行。

表 3.2.8-1 海洋生物质量调查项目及分析方法

序号	检测指标	检测依据	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》GB 17378.6-2007/13	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》GB 17378.6-2007/6.1	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》GB 17378.6-2007/7.1	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》GB 17378.6-2007/8.1	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》GB 17378.6-2007/5.1	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》GB 17378.6-2007/11.1	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》GB 17378.6-2007/9.1	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》GB 17378.6-2007/10.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.04mg/kg

3.2.8.3 评价方法与评价标准

1.评价方法

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

式中： P_i 为第 i 种评价因子的质量指数；

C_i 为第 i 种评价因子的实测值；

C_{si} 为第 i 种评价因子的标准值。

生物评价因子的标准指数 > 1 ，则表明该项指标已超过规定的生物质量标准。

2.评价标准

采集到的贝类按《海洋生物质量》（GB 18421-2001）标准符合性分析。其余站位采集到的鱼类、甲壳类和软体类（含非双壳类贝类）的生物质量执行《环

境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）中附录 C 其他海洋生物质量参考值中的标准进行评价，铬没有相应的评价标准，因此只做本底监测，不做评价。从第一类标准开始评价，评价到达标为止

表 3.2.8-2 海洋生物（双壳类贝类）质量标准（GB18421-2001）（鲜重：mg/kg）

序号	项目	第一类	第二类	第三类
1	总汞≤	0.05	0.10	0.30
2	砷≤	1.0	5.0	8.0
3	镉≤	0.2	2.0	5.0
4	铬≤	0.5	2.0	6.0
5	铅≤	0.1	2.0	6.0
6	铜≤	10	25	50（牡蛎 100）
7	锌≤	20	50	100（牡蛎 500）
8	石油烃≤	15	50	80
注：以贝类去壳部分的鲜重计				

表 3.2.8-3 其他海洋生物体质量参考值（湿重：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	0.3
镉	5.5	2.0	0.6
锌	250	150	40
铅	10	2	2
铜	100	100	20
砷	1	1	1
石油烃	20	20	20

3.2.8.4 海洋生物质量调查结果与评价

1.调查结果

海洋生物质量监测结果见表 3.2.8-4。

2.评价结果

采用上述单项指数法，对现状监测结果进行标准指数计算，各监测点生物体评价因子的标准指数见表 3.2.8-5。

其中 SQ14 站位采集到的贝类（双壳类）生物体质量《海洋生物质量》（GB 18421-2001）符合第一类标准，其他站位采集到的鱼类和甲壳类的生物体内污染物质含量的评价标准参考《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ

1409-2025)中规定的生物质量标准。

由监测结果及标准指数表结果可知：生物体质量超标因子为铅、镉、砷和石油烃，最大超标倍数分别为 5.5、1.47、7.6 和 1.92，超标率分别为 6.25%、6.25%、37.50%和 6.25%。其中，SQ14 站位贝类的总汞、铜、锌、铬和砷含量符合海洋生物质量第一类标准要求，铅、镉、石油烃含量不符合海洋生物质量第一类标准要求，但符合海洋生物质量第二类标准要求；采集到的鱼类样品监测因子均符合《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025）中规定的生物质量标准；采集到的甲壳类样品超标因子为砷，超标站位分别为 SB02、SQ12、SQ15、SQ16 和 SQ21，其余站位无超标；采集到的软体类样品超标因子为砷，超标站位分别为 SB02，其余站位无超标；其余监测因子均符合《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025）中规定的生物质量标准。

表 3.2.8-4 海洋生物质量监测结果（涉密不公开）

表 3.2.8-5 海洋生物监测站位各要素标准指数（涉密不公开）

3.2.9 海洋生态现状调查与评价

本节引用《广东省揭阳市海洋生态保护修复工程海洋环境现状调查监测报告（神泉湾区域、石碑山角区域）》（广州海兰图检测技术有限公司，2026 年 5 月），由广州海兰图检测技术有限公司于 2026 年 3 月在项目附近海域进行的海洋生态现状调查数据。具体站位可见 3.2.6.1 节。

3.2.9.1 采样与分析方法

1. 采样方法

（1）叶绿素 a 和初级生产力

采样层次与水质采样层次相同，用采水器采集水样，采集 2L 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）浮游生物

①浮游植物：浮游植物定量分析样品用浅水 III 型浮游生物网（加重锤）自底至表层作垂直拖网进行采集。垂直拖网时，落网速度不超过 1m/s，起网为 0.5m/s。样品用鲁哥氏碘液固定，加入量为每升水加入 6.00mL~8.00mL。样品带回实验室经浓缩后镜检、观察、鉴定和计数。分析其种类组成、数量分布、主要优势种及其多样性分析。

②浮游动物：浮游动物样品用浅水 I 型浮游生物网从底层至表层垂直拖曳采集。采得的样品在现场用 5% 的中性甲醛溶液固定。在室内挑去杂物后以湿重法称取浮游动物的生物量，然后在生物显微镜下对标本进行鉴定和计数。分析其种类组成、数量分布、主要优势种及其多样性分析，并提供其种类名录。

（3）大型底栖生物

定量样品采用 0.05m² 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。

（4）潮间带生物

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

②泥、沙等软相底质的生物取样，用滩涂定量采样框。其结构包括框架和挡板两部分，均用 1.5~2.0mm 厚的不锈钢板弯制而成。规格：25cm×25cm×30cm。配套工具是平头铁锹。岩石岸生物取样采用岩石定量采样框，一般用 25cm×25cm 的定量框。若生物栖息密度很高，且分布较均匀，可采用 10cm×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，加入适量淡水于 4℃环境中存放 6~8h，可使海洋底栖环节动物产生应激反应，表现出形态特征，再用体积分数为 5%~7%的中性甲醛溶液暂时性保存，便于室内鉴定。

2.分析方法

样品的分析采用《海洋监测规范 第 7 部分：近海污染生态调查和生物监测》（GB 17378.7-2007）进行。

表 3.2.9-1 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》GB 17378.7-2007/5	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》GB 17378.7-2007/5	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》GB 17378.7-2007/6	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》GB 17378.7-2007/7	镜检法
5	叶绿素 a	《海洋监测规范 第 7 部分：近海污染生态调查和生物监测》GB 17378.7-2007/8.2	分光光度法

3.2.9.2 计算方法

(1) 初级生产力

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

$$P = C_a Q L t / 2$$

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, 春季取 3.32, 秋季取 3.42。

L —真光层的深度 (m);

t —白昼时间 (h), 根据南海水产研究所以往调查结果取值, 春季取 11h, 秋季取 10.5h。

(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。

3.2.9.3 海洋生态现状调查结果

1. 叶绿素 *a* 和初级生产力

本次调查结果显示, 各站表层叶绿素 *a* 变化范围在 (0.11~8.64) mg/m³, 平均为 2.45 mg/m³; 底层叶绿素 *a* 含量变化范围在 (0.05~2.25) mg/m³, 平均为 0.70 mg/m³。以各站各层水样的平均值作为该站叶绿素 *a* 的浓度, 各站叶绿素 *a* 浓度的变化范围为 (0.08~8.64) mg/m³, 平均为 2.41 mg/m³, SQ07 站位叶绿素 *a* 平均值最高, SB06 站位叶绿素 *a* 平均值最低。

本次调查海域的初级生产力变化范围在 (28.486~311.205) mg·C/(m²·d) 之间, 平均值为 139.915 mg·C/(m²·d), 其中 SQ11 站位初级生产力值最高, SB06 站位初级生产力值最低。

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 28 科 154 种。硅藻门种类最多, 共 14 科 111 种, 占总种类数的 72.08%; 甲藻门种类次之, 出现 12 科 39 种, 占总种类数的 25.32%; 蓝藻门出现 1 科 2 种, 占总种类数的 1.30%; 金藻门出现 1 科 2 种, 占总种类数的 1.30%。

本次调查浮游植物优势种共出现 7 种, 分别为柔弱角毛藻 (*Chaetoceros debilis*)、格氏圆筛藻 (*Coscinodiscus granii*)、尖刺伪菱形藻 (*Pseudo-nitzschia pungens*) 等, 其中柔弱角毛藻为第一优势种, 优势度为 0.368, 平均密度为 2925.843×10^3 cells/m³, 占各站位平均密度的 36.09%。

(2) 类群个体数量及占比

调查区域内各站位浮游植物个体数量变化范围在 (260.703~36113.760) $\times 10^3$ ind/m³ 之间, 平均值为 8106.610×10^3 ind/m³。

从门类来看, 20 个调查站位中均采集到硅藻门, 硅藻门个体数量范围在 (221.112~35994.720) $\times 10^3$ ind/m³ 之间, 平均值为 8006.344×10^3 ind/m³; 硅藻门各站位个体数量的占比在 84.81%~99.93% 之间, 各站位占比平均值为 95.19%。甲藻门个体数量范围在 (3.569~538.514) $\times 10^3$ ind/m³ 之间, 平均值为 92.071×10^3 ind/m³; 各站位密度百分比在 0.07%~6.91% 之间, 占比平均值为 2.79%; 其他类群 (包括蓝藻门和金藻门) 个体数量范围在 (0~26.984) $\times 10^3$ ind/m³ 之间,

平均值为 $8.194 \times 10^3 \text{ ind/m}^3$ ；各站位个体数量百分比在 0~8.60%之间，占比平均值为 2.02%。

（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 31~56 种。多样性指数范围在 2.234~5.024 之间，平均值为 3.585；均匀度指数范围在 0.436~0.926 之间，平均值为 0.660；丰富度指数范围在 1.325~2.811 之间，平均值为 1.982。

2. 浮游动物

（1）种类组成和优势种

本次调查共记录浮游动物 5 门 7 纲 11 目 22 科 51 种（包括浮游幼体 12 种）。分属 8 个不同类群，即水母类、海樽类、有尾类、腹足类、毛颚类、介形类、桡足类和浮游幼体。其中，以桡足类最多，为 23 种，占总种类数的 45.10%；浮游幼体次之，出现 12 种，占总种类数的 23.53%；有尾类出现 4 种，占总种类数的 7.84%；其他类群出现种类较少。

本次调查浮游动物优势种共 7 种。分别为钝住囊虫（*Oikopleura coprocera*）、长住囊虫（*Oikopleura longicauda*）和毛颚类幼体（*Chaetognatha larvae*）等，其中钝住囊虫为第一优势种，优势度为 0.083，平均密度为 25.154 ind/m^3 ，占各站位平均密度的 10.58%，出现频率 45.00%。

（2）个体数量与生物量

20 个调查站位浮游动物生物量变化范围在 $(0.69 \sim 60.00) \text{ mg/m}^3$ 之间，平均值为 23.23 mg/m^3 ；浮游动物个体数量变化范围在 $(10.321 \sim 900.000) \text{ ind/m}^3$ 之间，平均值为 237.789 ind/m^3 。从类群个体数量分布来看，本次调查桡足类平均个体数量最高，为 93.156 ind/m^3 ，占比为 39.18%；其次是浮游幼体，平均个体数量为 81.459 ind/m^3 ，占比为 34.26%。

（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 5~25 种。浮游动物多样性指数变化范围在 1.771~3.762 之间，平均值为 2.823；均匀度指数变化范围在 0.559~0.970 之间，平均值为 0.775；丰富度指数范围在 0.918~2.427 之间，平均值为 1.615。

3. 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 6 门 8 纲 17 目 29 科 43 种，分属 6 个不同类群，即环节动物门、软体动物门、节肢动物门、棘皮动物门、纽形动物门和星虫动物门。其中环节动物门种类数最多，为 25 种，占种类总数的 58.14%；软体动物和节肢动物次之，各出现 6 种，占种类总数的 13.95%。

本次调查的优势种共 1 种，为奇异稚齿虫 (*Paraprionospio pinnata*)，其优势度为 0.104。

(2) 生物量和栖息密度

①生物量及栖息密度的站位分布

本次调查海域大型底栖生物的生物量范围在 (0~8.425) g/m² 之间，平均生物量为 1.711 g/m²；栖息密度范围在 (0~160.000) ind/m² 之间，平均栖息密度为 32.250 ind/m²。

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 0.995 g/m²，占比为 58.14%；其次为软体动物，平均生物量为 0.386 g/m²，占比为 22.56%，最低为星虫动物，平均生物量为 0.005 g/m²，占比为 0.28%。

环节动物平均栖息密度最高，为 26.500 ind/m²，占比为 82.17%；其次为软体动物，平均栖息密度为 1.750 ind/m²，占比为 5.43%，最低为纽形动物，平均栖息密度为 0.500 ind/m²，占比为 1.55%。

(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 0~8 种，多样性指数变化范围在 0~2.846 之间，平均值为 1.383；均匀度指数变化范围在 0.280~1.000 之间，平均值为 0.882；丰富度指数范围在 0.416~2.107 之间，平均值为 1.182。

表 3.2.9-2 大型底栖生物多样性指数、均匀度指数及丰富度指数

站位	种类数	多样性指数(<i>H'</i>)	均匀度指数(<i>J</i>)	丰富度指数(<i>D</i>)
SQ01	2	1.000	1.000	1.000
SQ04	0	--	--	--
SQ05	1	0.000	--	--
SQ07	0	--	--	--
SQ09	5	2.322	1.000	1.723

站位	种类数	多样性指数(H')	均匀度指数(J)	丰富度指数(D)
SQ10	2	1.000	1.000	1.000
SQ11	3	0.443	0.280	0.416
SQ12	5	0.926	0.399	0.800
SQ14	2	1.000	1.000	1.000
SQ15	3	0.700	0.442	0.512
SQ16	3	1.500	0.946	1.000
SQ18	2	1.000	1.000	1.000
SQ21	2	1.000	1.000	1.000
SQ22	5	2.322	1.000	1.723
SB02	4	2.000	1.000	1.500
SB05	4	2.000	1.000	1.500
SB06	3	1.585	1.000	1.262
SB07	5	2.252	0.970	1.547
SB08	8	2.846	0.949	2.107
SB10	2	1.000	1.000	1.000
平均值	/	1.383	0.882	1.182

4.潮间带生物

(1) 潮间带岸相和生物种类组成

潮间带 5 个调查断面岸相分布情况：SQC03、SBC01、SQC02 和 SBC02 均为沙滩断面，SQC01 为礁滩断面。本次潮间带生物定性定量调查，共记录潮间带生物 4 门 5 纲 14 目 17 科 22 种，其中包括节肢动物 11 种、软体动物 8 种、环节动物 2 种和脊索动物 1 种，分别占种类总数的 50.00%、36.36%、9.09%、4.55%。

(2) 潮间带各断面优势种

本次调查区域潮间带生物优势种共有 4 种，分别为楔形斧蛤 (*Donax cuneatus*)、狄氏斧蛤 (*Donax dysoni dysoni*) 和腺带刺沙蚕 (*Neanthes glandicincta*) 等。其中楔形斧蛤为第一优势种，优势度为 0.140。

(3) 潮间带各断面的生物量及栖息密度分布

5 个断面定量调查的平均生物量为 40.657g/m²，平均栖息密度为 66.933ind/m²。

SBC01 断面的生物量最大，为 88.244g/m²；SQC01 断面的栖息密度最大，为 116.889ind/m²。

从类群分布来看，5 个断面中软体动物的平均生物量最高，其次是节肢动物；软体动物的平均栖息密度最高，其次是环节动物。

（4）潮间带各站位生物量及栖息密度分布

5 个调查断面中，SBC01 的低潮带生物量最高，为 210.816g/m²；其次是 SQC03 的高潮带，生物量为 69.034g/m²；SQC01 的中潮带生物量为最低，为 2.940g/m²。SBC01 的低潮带的栖息密度最高，为 256.000ind/m²；其次是 SQC01 的低潮带，栖息密度为 216.000ind/m²；SQC02 和 SBC02 的高潮带的栖息密度最低，为 2.000ind/m²。

表 3.2.9-3 潮间带各站位生物量和栖息密度分布

采样点	潮带	项目	节肢动物	软体动物	环节动物	总计
SQC01	高	栖息密度 (ind/m ²)	10.000	6.000	24.000	40.000
	高	生物量 (g/m ²)	28.452	0.318	0.528	29.298
SQC01	中	栖息密度 (ind/m ²)	8.000	0	86.667	94.667
	中	生物量 (g/m ²)	0.180	0	2.760	2.940
SQC01	低	栖息密度 (ind/m ²)	0	0	216.000	216.000
	低	生物量 (g/m ²)	0	0	11.864	11.864
SQC02	高	栖息密度 (ind/m ²)	2.000	0	0	2.000
	高	生物量 (g/m ²)	31.830	0	0	31.830
SQC02	中	栖息密度 (ind/m ²)	1.333	20	0	21.333
	中	生物量 (g/m ²)	0.192	39.191	0	39.383
SQC02	低	栖息密度 (ind/m ²)	0	24.000	0	24.000
	低	生物量 (g/m ²)	0	59.424	0	59.424
SQC03	高	栖息密度 (ind/m ²)	2.000	0	0	2.000
	高	生物量 (g/m ²)	69.034	0	0	69.034
SQC03	中	栖息密度 (ind/m ²)	1.333	96.000	0	97.333
	中	生物量 (g/m ²)	0.029	24.476	0	24.505
SQC03	低	栖息密度 (ind/m ²)	0	156.000	0	156.000
	低	生物量 (g/m ²)	0	37.264	0	37.264
SBC01	高	栖息密度 (ind/m ²)	2.000	0	0	2.000
	高	生物量 (g/m ²)	14.052	0	0	14.052

采样点	潮带	项目	节肢动物	软体动物	环节动物	总计
SBC01	中	栖息密度 (ind/m ²)	2.667	9.333	0	12.000
	中	生物量 (g/m ²)	0.557	39.307	0	39.864
SBC01	低	栖息密度 (ind/m ²)	48.000	208.000	0	256.000
	低	生物量 (g/m ²)	27.484	183.332	0	210.816
SBC02	高	栖息密度 (ind/m ²)	2.000	0	0	2.000
	高	生物量 (g/m ²)	5.260	0	0	5.260
SBC02	中	栖息密度 (ind/m ²)	0	26.667	0	26.667
	中	生物量 (g/m ²)	0	11.276	0	11.276
SBC02	低	栖息密度 (ind/m ²)	8.000	44.000	0	52.000
	低	生物量 (g/m ²)	1.384	21.656	0	23.040

(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 SBC01 > SQC03 > SQC02 > SQC01 > SBC02, 栖息密度由高到低排序为 SQC01 > SBC01 > SQC03 > SBC02 > SQC02。

本次潮间带生物调查从垂直分布上看, 生物量由高到低排序为低潮带 > 高潮带 > 中潮带, 栖息密度由高到低排序为低潮带 > 中潮带 > 高潮带。

(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 0.219~2.302 之间, 平均值为 1.037; 均匀度指数的变化范围在 0.110~0.726 之间, 平均值为 0.394; 丰富度指数范围在 0.440~1.288 之间, 平均值为 0.747。

3.2.10 珍稀濒危海洋动物

1. 海龟

海龟 (*Chelonia mydas*) 是我国第二类重点保护的野生濒危动物。

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

韧软。孵化期 50~100 天。

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

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

2. 鲎

鲎 (*Tachypleus tridentatus*) 属于广东省第一批重点保护水生野生动物，具有重要的学术研究价值，有“活化石”之称，同时还具有较高的药用价值。我国主要分布于浙江、福建、台湾、广东、广西沿海。惠来海区有分布的记录。鲎栖息于沙质海底，昼伏夜出，大部分时间营底栖潜居生活，通常小个体生活在岸边沙滩中，随着年龄的增长，个体大的逐渐移向浅海。鲎不作长距离洄游，每年 11 月随着水温下降由浅海游向较深水域越冬，翌年 4~5 月又从深水区游向浅海，繁衍后代，繁殖期 5~8 月。

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

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

南方鲎：是国家二级海洋保护动物，它是一种节肢动物，全身褐色，外形像个瓢，尾部长有一条细长的剑状尾巴，一般雌体身长约 43cm，雄体 33cm，头胸

甲隆起较低，呈圆弧形，背面平滑无小刺，缘刺和东方鲎相似，不同的是雌体的第四、五、六缘刺并无明显退化。生活在海底。产卵期是6月下旬起到8月下旬，大涨潮前后几天的满潮时。小潮原则上不产卵。卵产在砂中。大多数鲎在最高满潮前一个小时到砂地开始产卵行动。先是雌鲎用足挖穴，在深约10至15cm的地方产卵，这时背上的雄鲎排精。第一次产卵后，它们前进10至15cm，重复前面的动作，这样产卵几次至十几次。雌鲎前进时挖的沙，刚好埋上身后的洞穴。满潮一小时后，大多数鲎夫妇停止产卵游归大海。砂中的卵6至8周后孵化，孵出后留在原地过冬，第二年初夏，由砂中走出，经脱皮，变为第二龄。南方鲎在医学上有药用功能，以尾状刺及其腹内鲎珠入药。

根据南海水产研究所调查资料，中国鲎分布于长江口以南的东海和南海海域，南方鲎分布于广东湛江东海岛以南的南海海域。中国鲎的活动区域较为分散，实地走访的当地渔民和调查问卷表明在沿海和海岛沙滩上很少观察到有中国鲎出现，由于沿海地区的逐渐工业化，以及人们对海洋的开发利用，沙滩面积逐渐减少，沙质退化，且仅剩下不多的沙滩也受到严重污染，使鲎的生殖繁衍后代的场所受到严重污染，直接威胁着鲎的生存。相比上世纪，中国鲎在沙滩上发现以及产卵的频率明显下降，目前主要在等深线3~10m近海海域多有发现。

根据2026年3月在项目附近的现状调查资料未发现鲎。

3. 龙虾

锦绣龙虾和中国龙虾均属于广东省第一批重点保护水生野生动物，具有较高的经济价值。在礁区周围有分布，主要产于惠来县靖海镇。

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

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

龙虾主要生活于热带沿岸浅海的礁岩间，白昼潜伏于岩缝间或石下，夜间觅

食活动，行动缓慢，多为杂食性。龙虾有很强的趋水流性，喜新水活水，逆水上溯，且喜集群生活。龙虾生长适宜水温为 24~30℃，当温度低于 20℃ 或高于 32℃ 时，生长率下降，水温 15℃ 以下时幼体成活率极低。龙虾适宜 PH 值范围为 5.8~9，但在繁殖孵化期要求 PH 值为 7.0 左右，溶氧量 3mg/L 以上。

繁殖：龙虾 9~12 月龄成熟，交配季节一般在 4 月下旬~7 月，群体交配的高峰期在 5 月。交配时雌虾仰卧水面，雄虾位于其上以龙足钳住雌虾前足，步足抱住雌虾将交接器插入雌体，交配时间 10~30 分钟。交配后 3~10 小时，雌虾开始产卵，为一次性产卵，产出的卵粘附在腹足的刚毛上。抱卵量约 500~1500 粒，随个体大小而异。胚胎发育长短与水温高低密切相关，水温较高孵化时间短，水温较低则孵化时间延长。孵化出的稚虾仍附于亲虾的游泳足上，在母体的保护下生长一段时间。在母体的腹部泳足上都附有生长到不同阶段的龙虾幼虾，最大的龙虾幼体体长达 1.0~1.1cm。从第一年初秋龙虾稚虾孵出后，龙虾幼体的生长、发育和越冬过程都是附生于母体腹部，到第二年春季才离开母体生活。龙虾这种繁育后代的方式，保证了后代很高的成活率。

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

根据 2026 年 3 月在项目附近的现状调查资料未发现龙虾。

3.2.11 “三场一通道”分布情况

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 3.2.11-1 和图 3.2.11-2。

本工程不在南海中上层鱼类产卵场和海底层、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 40 米等深线、17 个基点连线以内水域（图 3.2.11-3），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。本工程位于南海北部幼鱼繁育场保护区内。

（3）幼鱼、幼虾保护区

广东省沿岸由粤东的南澳岛至粤西的雷州半岛徐闻县外罗港沿海 20 米水深以内的海域均为南海区幼鱼、幼虾保护区，保护期为每年的 3 月 1 日至 5 月 31 日。如图 3.2.11-4，该保护区主要功能为渔业水域，保护内容为水质和生态。保护区性质为幼鱼幼虾保护区非水生生物自然保护区和水产种质资源保护区。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。项目位于幼鱼、幼虾保护区内。

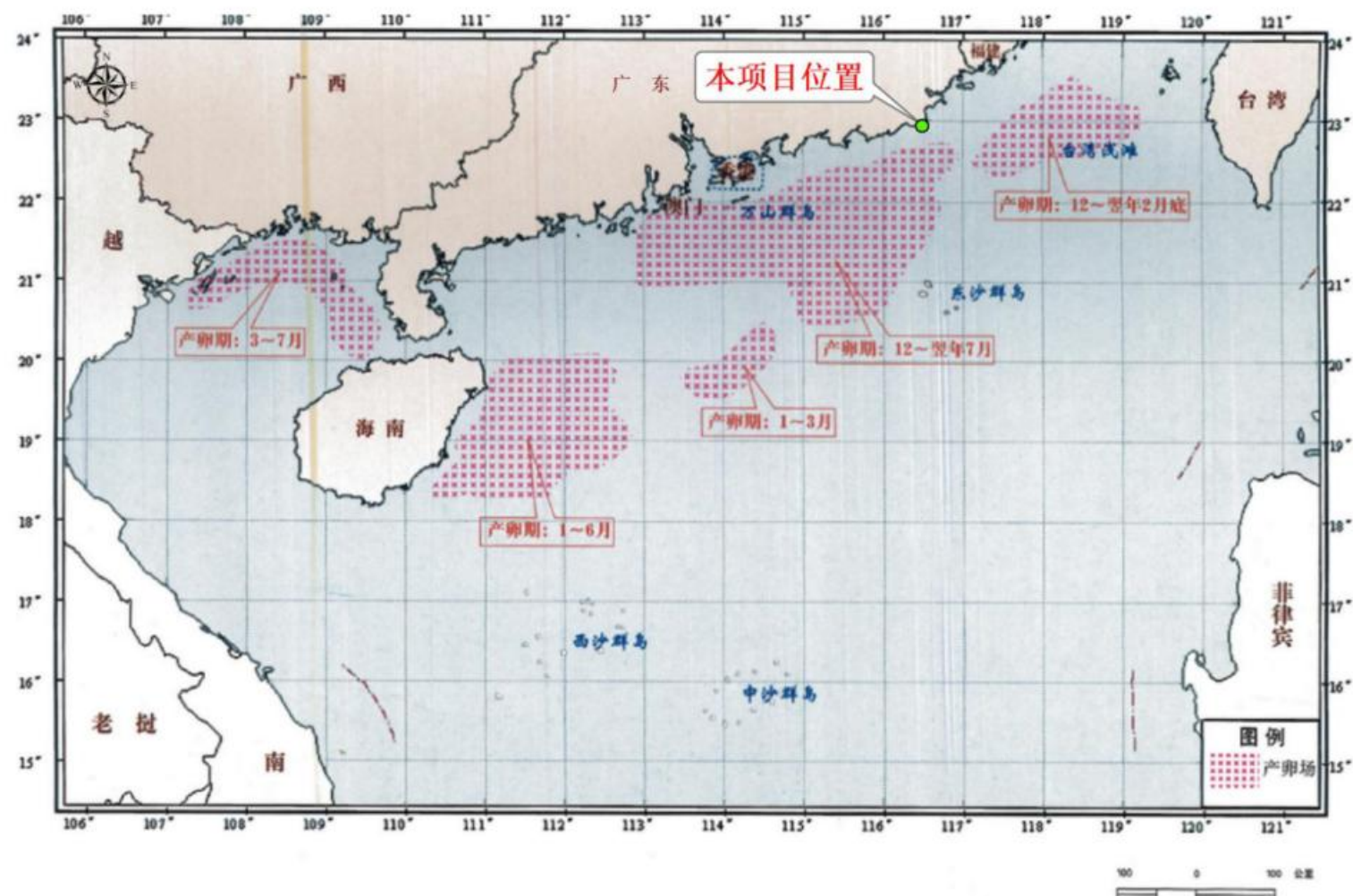


图 3.2.11-1 南海中上层鱼类产卵场示意图

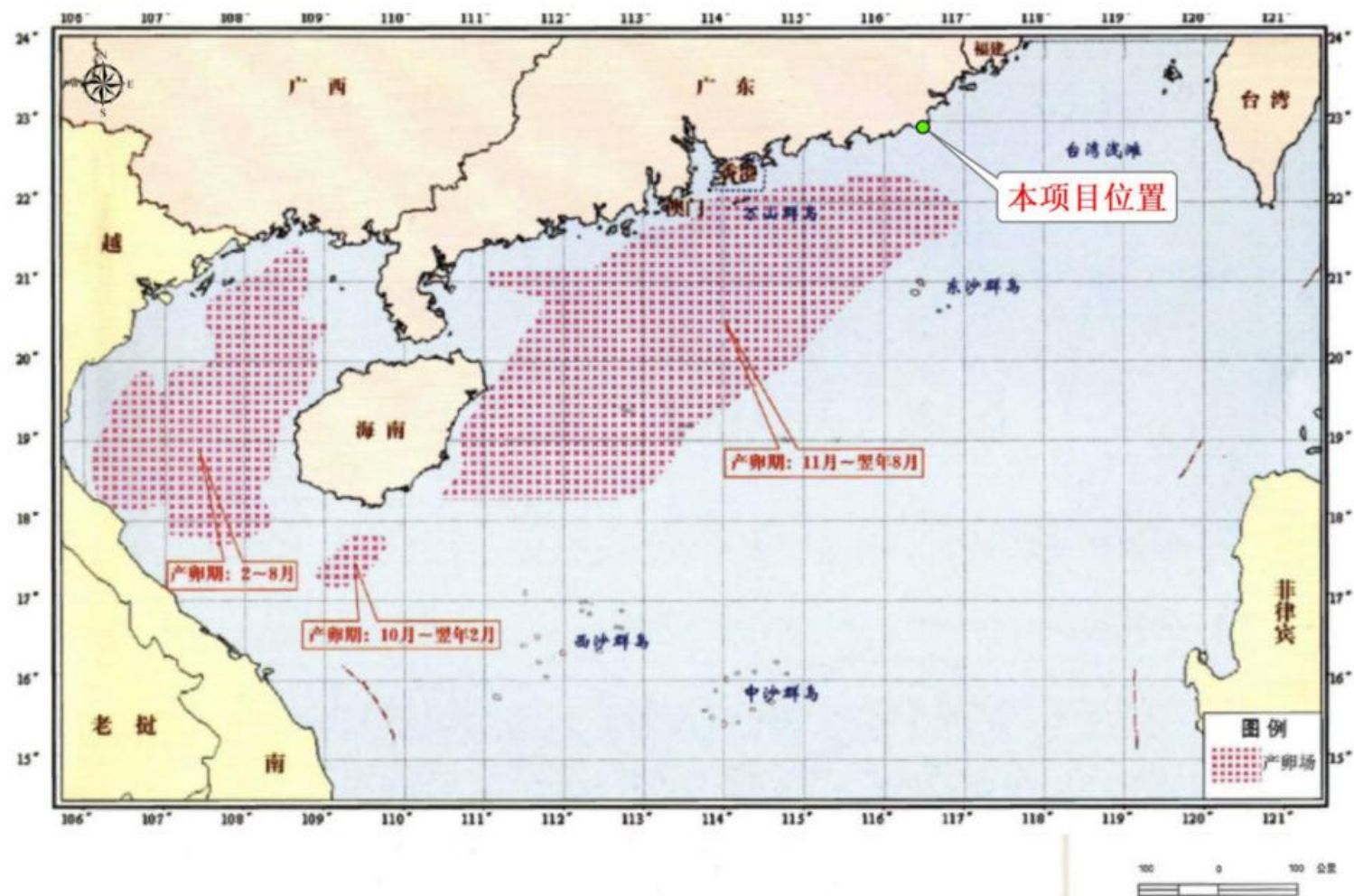


图 3.2.11-2 南海底层、近底层鱼类产卵场示意图

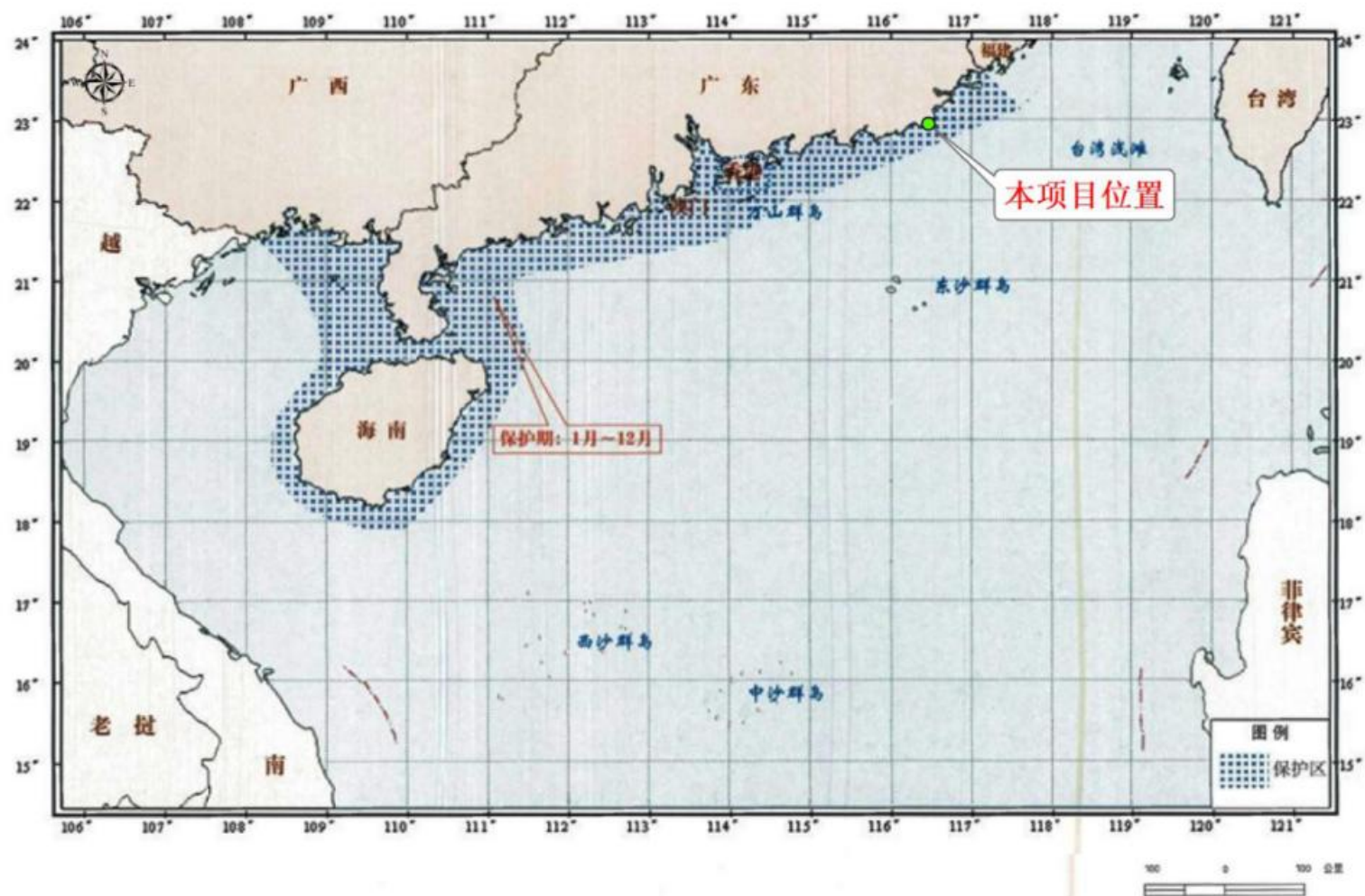


图 3.2.11-3 南海北部幼鱼繁育场保护区范围示意图

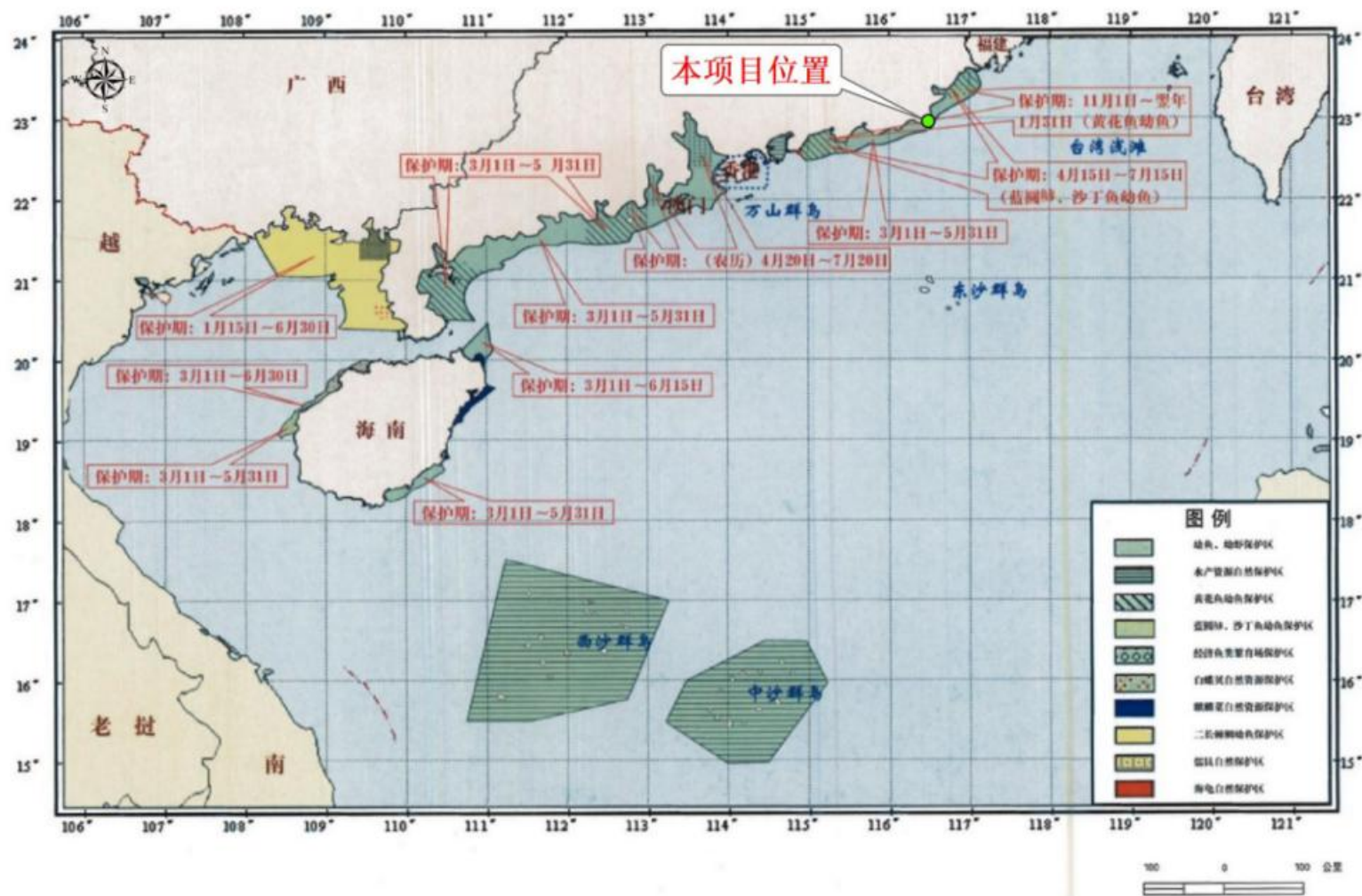


图 3.2.11-4 幼鱼幼虾保护区范围示意图

4. 资源生态影响分析

4.1 生态影响分析

4.1.1 水动力影响预测分析

4.1.1.1 二维潮流数学模型

1、控制方程

(1) 连续方程

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}}{\partial y} = 0$$

(2) 动量方程

$$\frac{\partial h\bar{u}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}^2}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}\bar{u}}{\partial y} = f\bar{v}h - gh\frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{gh^2}{2\rho_0}\frac{\partial \rho}{\partial x} - \frac{\tau_{bx}}{\rho_0} + \frac{\partial}{\partial x}(hT_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y}(hT_{xy})$$

$$\frac{\partial h\bar{v}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}\bar{v}}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}^2}{\partial y} = -f\bar{u}h - gh\frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{gh^2}{2\rho_0}\frac{\partial \rho}{\partial y} - \frac{\tau_{by}}{\rho_0} + \frac{\partial}{\partial x}(hT_{xy}) + \frac{\partial}{\partial y}(hT_{yy})$$

$$T_{xx} = 2A\frac{\partial \bar{u}}{\partial x}, \quad T_{xy} = A\left(\frac{\partial \bar{u}}{\partial y} + \frac{\partial \bar{v}}{\partial x}\right), \quad T_{yy} = 2A\frac{\partial \bar{v}}{\partial y}$$

式中：

h ——总水深， $h = d + \eta$ ， d 为给定基面下水深， η 为基面起算水位；

$\bar{u}$ 、 $\bar{v}$ —— x 、 y 方向垂向平均流速；

t ——时间；

f ——科氏参数；

g ——重力加速度；

ρ_0 ——参考密度；

ρ ——水体密度；

A ——水平涡动粘滞系数；采用 Smagorinsky 公式计算；

τ_{bx} 、 τ_{by} ——底切应力 $\vec{\tau}_b$ 在 x 、 y 方向的分量； $\vec{\tau}_b = \rho_0 C_f |\vec{U}_b| \vec{U}_b$ ， $\vec{U}_b$ 为底流速， C_f 为底拖曳系数； $C_f = \frac{g}{(Mh^{1/6})^2}$ ， M 为 Manning 数。

(2) 定解条件

$$\begin{aligned} (1) \text{ 初始条件} \quad \eta(x,y,t)|_{t=0} &= \eta_0(x,y) \\ \bar{u}(x,y,t)|_{t=0} &= \bar{u}_0(x,y) \\ \bar{v}(x,y,t)|_{t=0} &= \bar{v}_0(x,y) \end{aligned}$$

式中：

η_0 、 $\bar{u}_0$ 、 $\bar{v}_0$ —— η 、 $\bar{u}$ 、 $\bar{v}$ 初始条件下的已知值。

初始水位 $\eta_0(x,y) = 0$ ；初始流速 $\bar{u}_0(x,y) = 0$ ， $\bar{v}_0(x,y) = 0$ 。

$$(2) \text{ 固边界条件} \quad \vec{V}(x,y,t) \cdot \vec{n} = 0$$

式中：

$\vec{n}$ ——固边界法向矢量；

$\vec{V}$ ——流速矢量。

模型闭边界采用了干湿判别的动边界处理技术，即当某点水深小于一浅水深时，令该处流速为零，滩地干出。当水深大于该浅水深时，参与计算，潮水上滩。

(3) 开边界条件与大气边界条件

$$\text{已知潮位:} \quad \eta(x,y,t)|_{\Gamma} = \eta^*(x,y,t)$$

式中：

Γ ——开边界；

η^* ——已知潮位。

本次数值模拟中给定开边界的潮位。模型外海开边界潮位主要考虑十个分潮，包括四个半日分潮（ M_2 、 S_2 、 N_2 和 K_2 ）、四个全日分潮（ K_1 、 O_1 、 P_1 和 Q_1 ）和两个浅水分潮（ M_4 、 MS_4 ），由 TPXO 全球潮汐模型计算获得开边界中每个网格点的调和常数，并用实测资料对其进行了修正后得到开边界中每个网格点的潮位序列。

模型风场数据采用 $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ 的 ERA5 再分析逐时资料（ERA5 hourly data on single levels from 1940 to present (copernicus.eu)）插值到对应网格。

(3) 地形数据

收集工程周边海域的地形数据为模型提供水深，其中模型大范围水深地形数据来自国家海洋科学数据中心以及海图水深数据，工程附近海域采用实测水深数据。地形数据融合时，将水深统一换算至 1985 国家高程基准，采用三角插值的方法将高程散点插值到各网格节点。

4.1.1.2 计算范围及网格划分

潮流数学模型计算范围及水深如图 4.1.1-1 所示。为了提高计算效率，同时又保证工程海域有足够的分辨率，拟合项目所在水域复杂岸线、岛屿以及其他水工建筑物等边界，计算模式采用非结构三角形网格对计算域进行划分，对工程附近海域局部加密。外海区域空间步长较大，在开边界约为 2000m，工程区域空间步长约为 2~5m。工程附近模型局部计算网格见图 4.1.1-2。模型计算采用国家 1985 高程。模型计算时间为 2026 年 3 月 16 日 0:00 至 2026 年 4 月 2 日 0:00，求解积分时间步长 0.01s~30s。

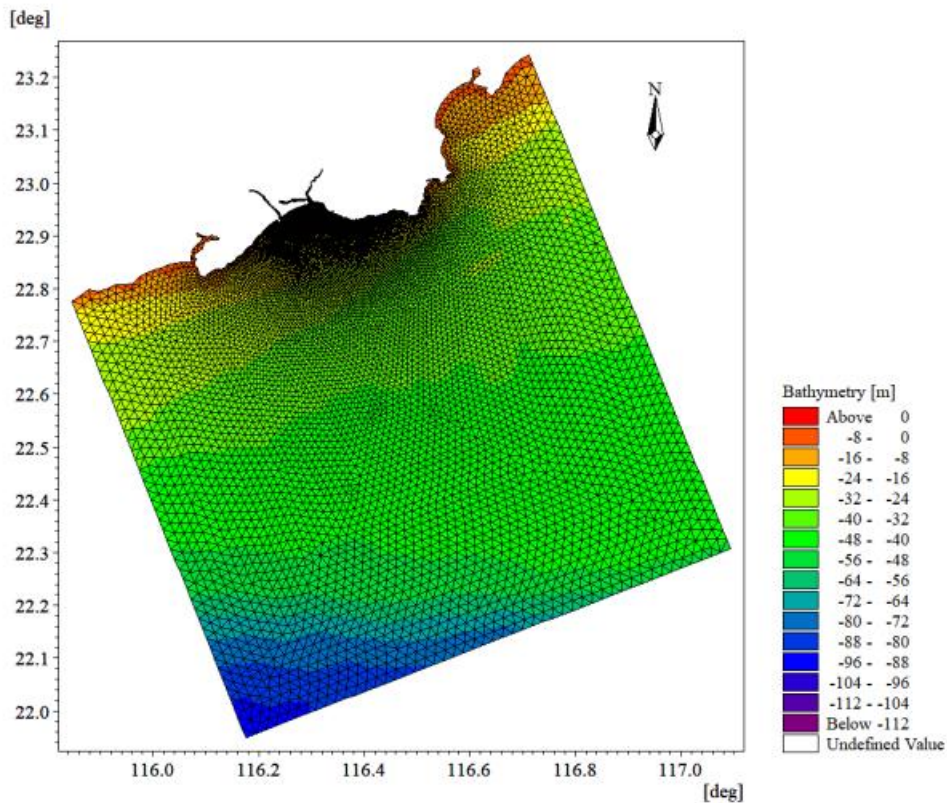


图 4.1.1-1 模型计算网格及水深

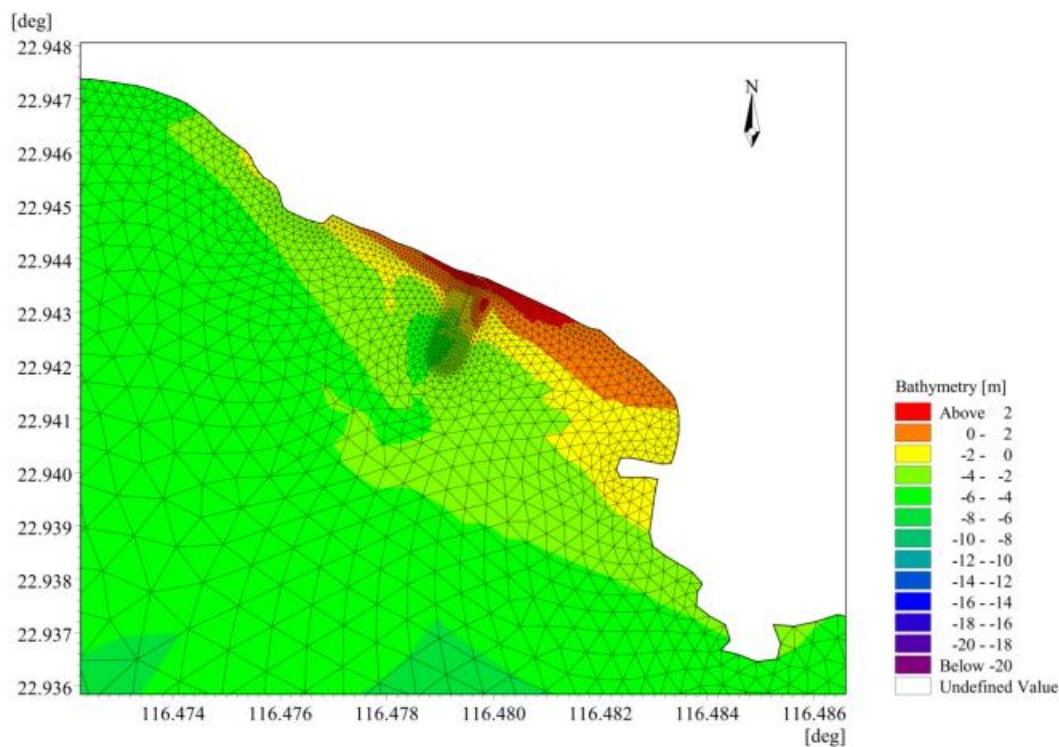


图4.1.1-2 工程附近模型局部计算网格

4.1.1.3 模拟结果验证

模型选取《广东省揭阳市海洋生态保护修复工程项目附近海域海洋水文测验技术报告》（广州海兰图检测技术有限公司，2026年4月）中的3个潮位观测站位（SQC2、SQC3和SQC4）和5个水文站位（SQL5、SQL6、SQL7、SQL8、和SQL9）的实测水文资料进行验证，验证点位置见图4.1.1-3。潮位验证结果见图4.1.1-4，流速流向验证结果见图4.1.1-5。

从潮位和潮流验证图中可以看出，潮位验证站点水位计算值与实测值吻合较好；站位的计算流速的模拟值与实测值整体趋势较吻合。个别站点计算流速与实测流速的误差稍大，可能由于地形资料、开边界条件以及风场数据等因素的偏差引起。另外，工程附近外海海域受南海北部中尺度涡的影响较显著，模型难以完全反映中尺度涡对海流的影响，也会造成部分站位的计算海流与实测海流出现一定偏差。总体上，各个站点平均的流速偏差小于15%。总体而言，计算结果基本能够反映项目附近海域的潮流运动特征。

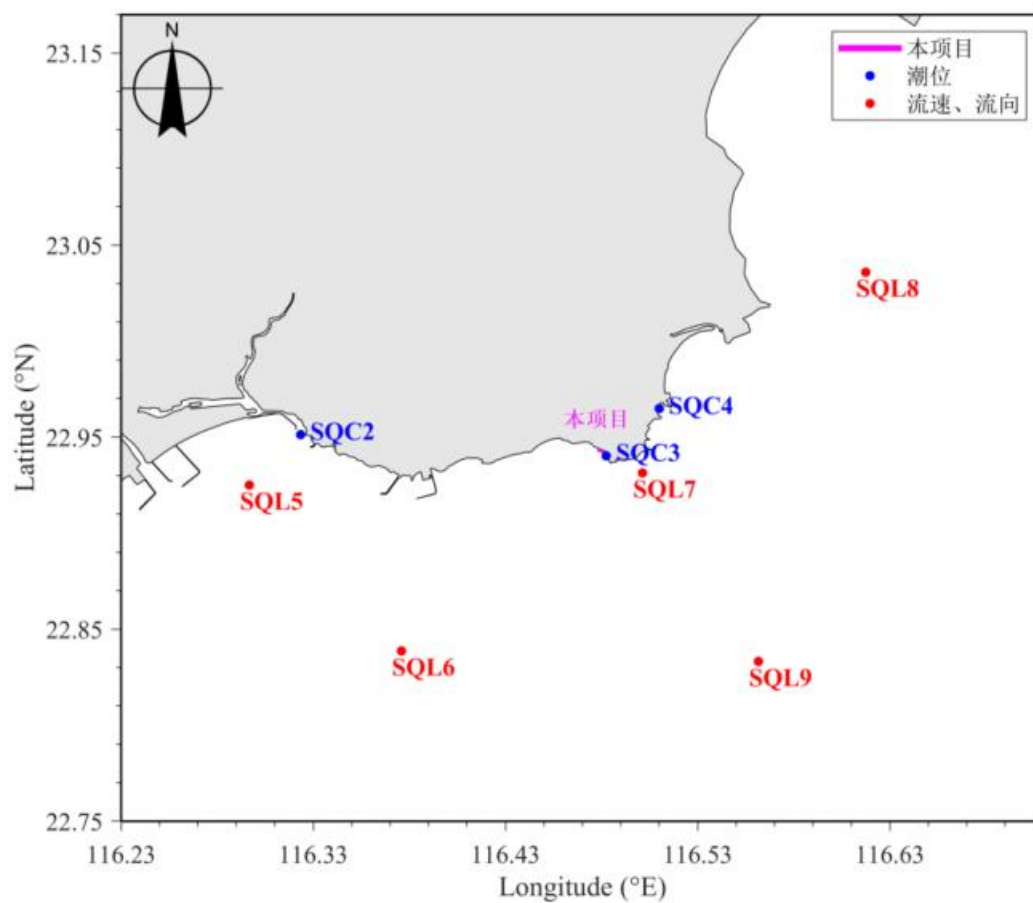
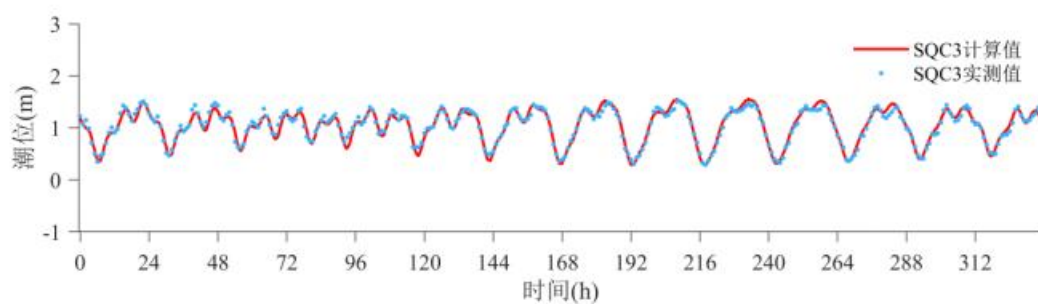
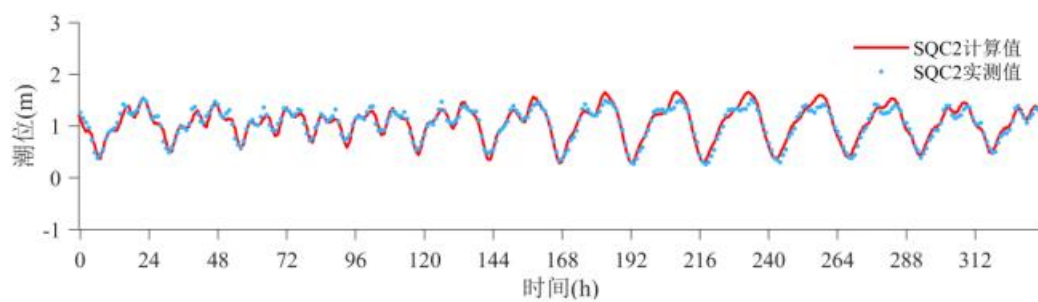


图 4.1.1-3 验证站位分布图



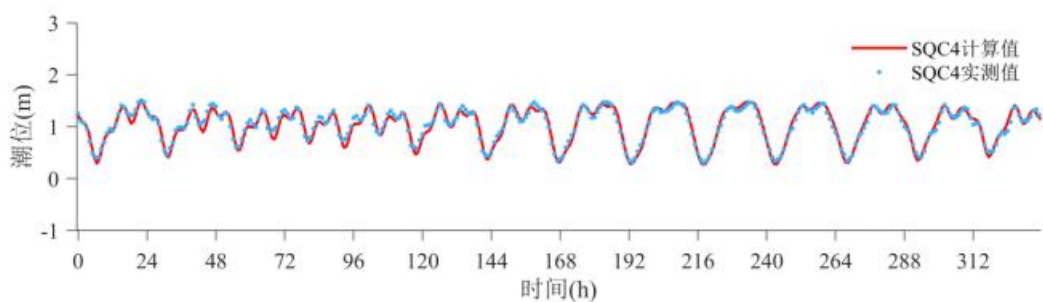
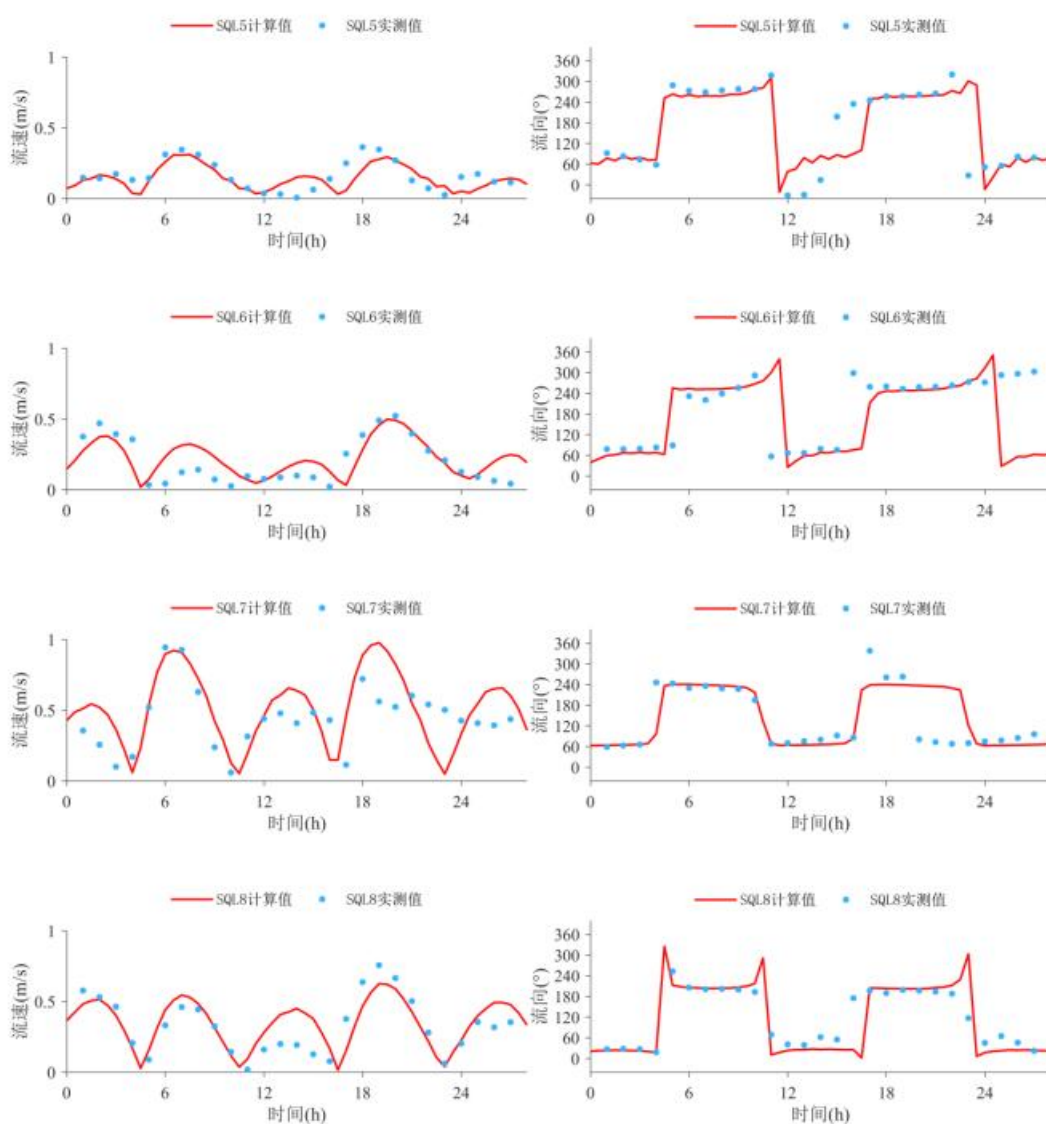


图 4.1.1-4 潮位验证（2026 年 3 月 19 日至 2026 年 4 月 1 日）

表 4.1.1-1 各个站点潮位验证总体偏差表

站点	SQC2	SQC3	SQC4
绝对平均误差 (m)	0.0768	0.0562	0.0575



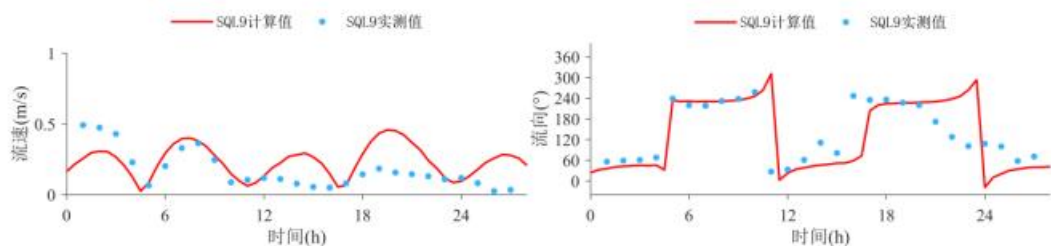


图 4.1.1-5 流速流向验证 (2026 年 3 月 19 日至 2026 年 3 月 20 日)

4.1.1.4 工程前水动力环境

采用经过验证的潮流数学模型，对工程前大潮期间的潮流场进行分析。图 4.1.1-6 和图 4.1.1-7 为工程前涨急流场图和落急流场图。

模拟结果显示，本项目附近海域潮流呈往复流，外海区域涨潮流总体流向由东北向西南，而工程附近海域由于受陆地边界的影响涨潮流向由东向西，涨急流速在 $0.5\sim 1.0\text{m/s}$ 之间。落潮流流向则相反，外海区域落潮流总体流向由西南向东北，而工程附近海域由于受陆地边界的影响落潮流向由西向东，落急流速在 $0.5\sim 1.0\text{m/s}$ 之间。

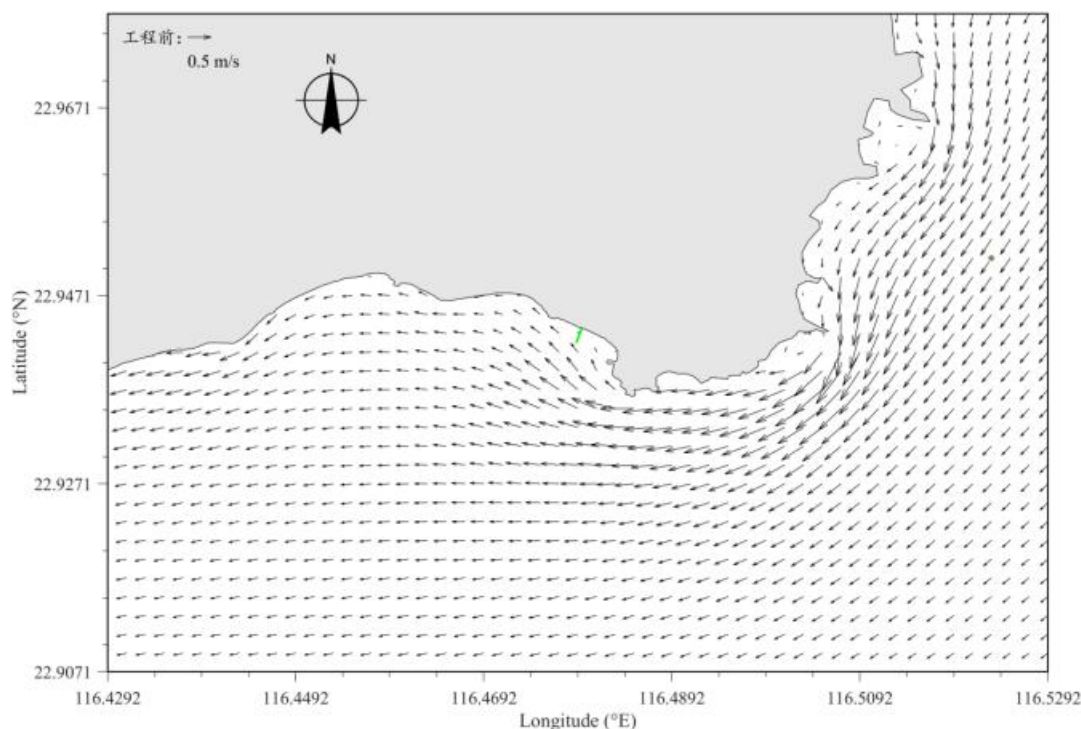


图 4.1.1-6 工程前涨急流场图

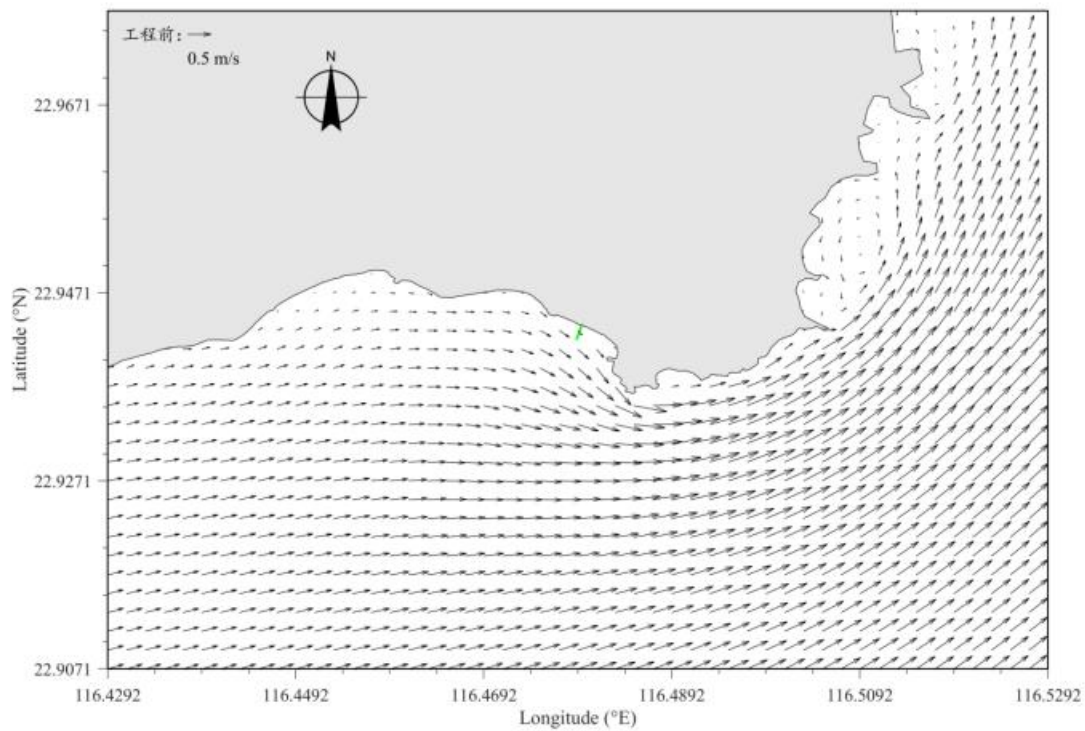


图 4.1.1-7 工程前落急流场图

4.1.1.5 项目用海对水动力影响

为了分析项目实施后对附近水域潮流动力环境的影响，选取了 21 个代表点进行定量分析（代表点位置见图 4.1.1-7）。

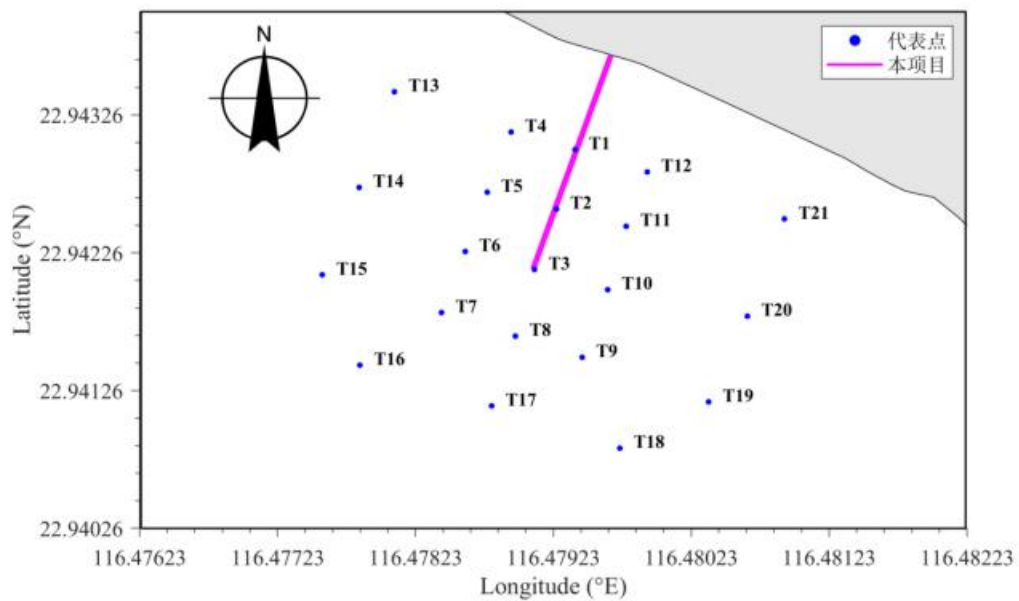


图 4.1.1-7 工程后代表点位置图

将代表点工程前后大潮的涨急、落急时刻流速流向变化分别列于表 4.1.1-1～表 4.1.1-2 中。

涨急时刻，项目附近（T1~T21）流速变化量为-0.065~0.017m/s，流向变化量为-99.89~9.40°。

落急时刻，项目附近（T1~T21）流速变化量为-0.066~0.012m/s，流向变化量为-133.02~10.29°。

总体上，项目对水动力环境的影响主要集中在工程所在区域附近 500m 范围内的水域，对 500m 范围外的水动力的影响较小。

表 4.1.1-1 工程后-工程前大潮涨急时刻流速流向变化

代表点	流速 (m/s)			流向 (°)		
	工程前	工程后	变化值	工程前	工程后	变化值
T1	0.032	0.028	-0.004	183.12	192.52	9.40
T2	0.165	0.182	0.017	310.40	314.71	4.31
T3	0.197	0.132	-0.065	315.08	215.19	-99.89
T4	0.146	0.162	0.016	328.63	326.46	-2.17
T5	0.186	0.185	-0.001	319.53	317.13	-2.40
T6	0.191	0.198	0.007	319.64	319.00	-0.64
T7	0.227	0.231	0.004	318.46	315.50	-2.96
T8	0.229	0.220	-0.009	321.76	318.03	-3.73
T9	0.222	0.210	-0.012	321.60	320.21	-1.39
T10	0.183	0.172	-0.011	311.35	312.20	0.85
T11	0.131	0.127	-0.004	286.37	288.03	1.66
T12	0.055	0.055	0.000	244.27	243.20	-1.07
T13	0.240	0.235	-0.005	305.33	303.61	-1.72
T14	0.255	0.253	-0.002	310.94	310.64	-0.30
T15	0.276	0.280	0.004	313.83	312.93	-0.90
T16	0.286	0.287	0.001	316.89	315.72	-1.17
T17	0.258	0.253	-0.005	323.65	322.05	-1.60
T18	0.233	0.227	-0.006	323.84	323.06	-0.78
T19	0.168	0.162	-0.006	326.66	326.35	-0.31
T20	0.091	0.087	-0.004	316.08	316.15	0.07
T21	0.119	0.117	-0.002	254.94	254.93	-0.01

表 4.1.1-2 工程后-工程前大潮落急时刻流速流向变化

代表点	流速 (m/s)			流向 (°)		
	工程前	工程后	变化值	工程前	工程后	变化值
T1	0.134	0.131	-0.003	145.36	144.35	-1.01
T2	0.241	0.237	-0.004	136.26	133.67	-2.59
T3	0.259	0.193	-0.066	131.35	141.64	10.29
T4	0.178	0.173	-0.005	133.24	133.08	-0.16
T5	0.219	0.209	-0.010	133.59	133.61	0.02
T6	0.228	0.218	-0.010	132.72	135.19	2.47
T7	0.279	0.278	-0.001	132.93	135.49	2.56
T8	0.282	0.290	0.008	132.99	135.29	2.30
T9	0.302	0.299	-0.003	131.30	131.55	0.25
T10	0.298	0.287	-0.011	127.56	128.17	0.61
T11	0.272	0.284	0.012	126.61	124.55	-2.06
T12	0.083	0.081	-0.002	220.07	218.72	-1.35
T13	0.285	0.278	-0.007	123.28	123.54	0.26
T14	0.283	0.276	-0.007	121.63	122.36	0.73
T15	0.295	0.292	-0.003	125.87	126.85	0.98
T16	0.310	0.309	-0.001	127.31	128.43	1.12
T17	0.303	0.307	0.004	131.78	132.88	1.10
T18	0.314	0.315	0.001	133.39	133.55	0.16
T19	0.288	0.275	-0.013	132.28	132.51	0.23
T20	0.202	0.208	0.006	124.38	125.25	0.87
T21	0.004	0.016	0.012	240.27	107.25	-133.02

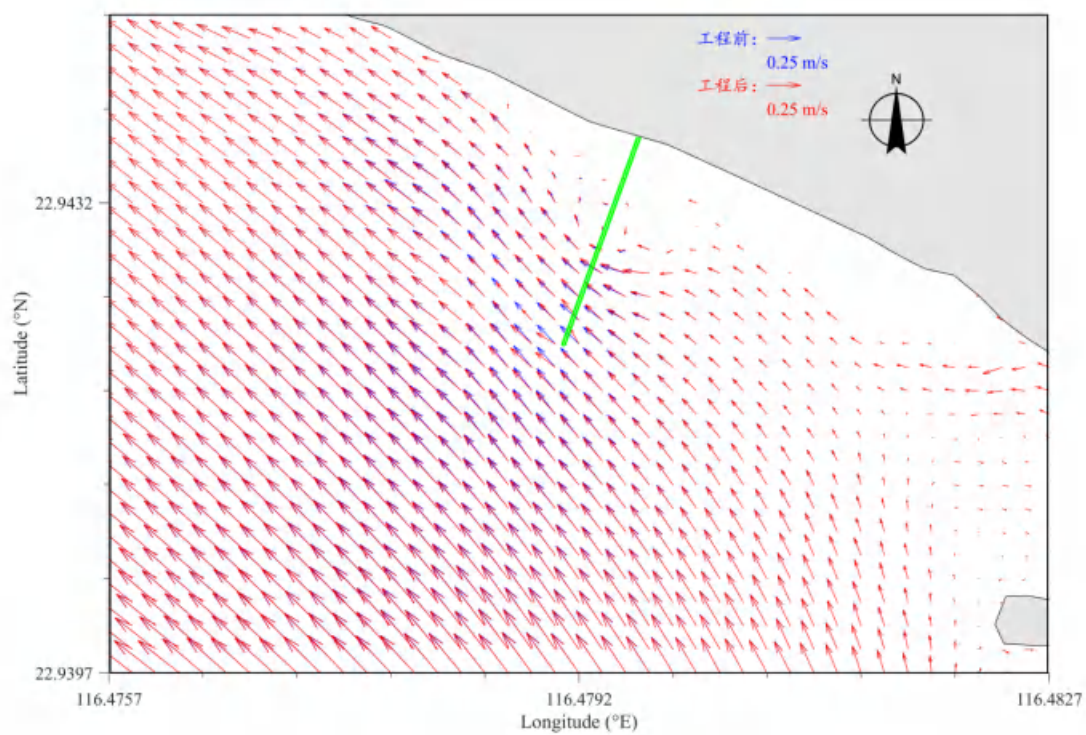


图 4.1.1-8 工程前后涨急流场对比图

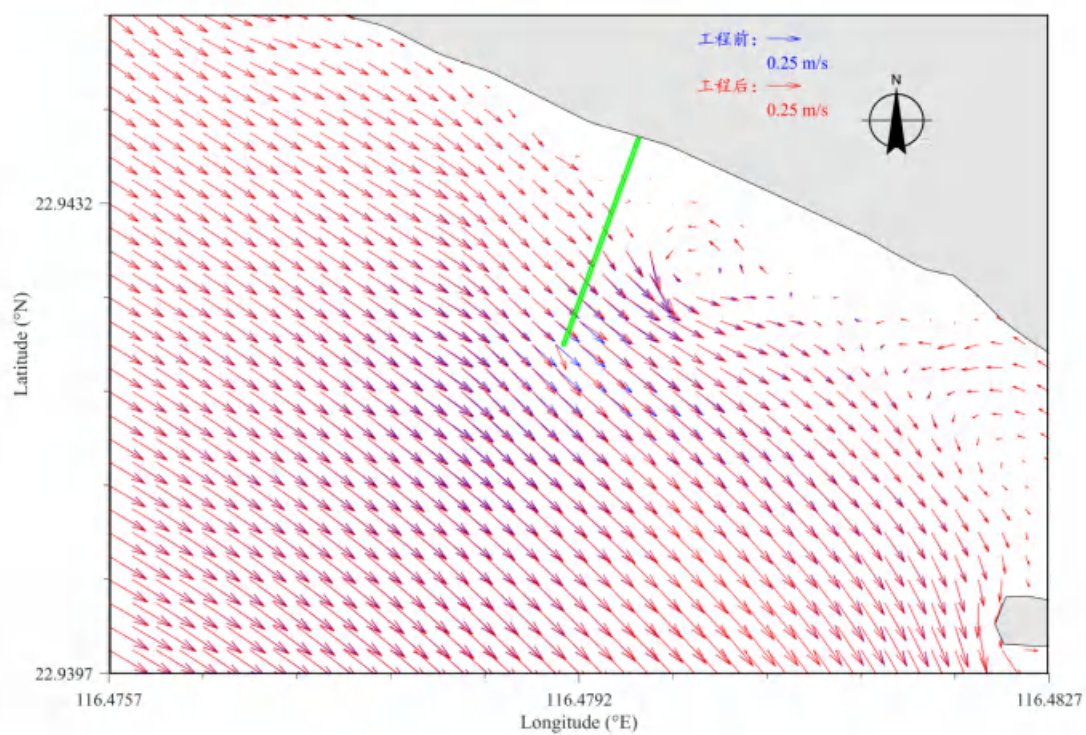


图 4.1.1-9 工程前后落急流场对比图

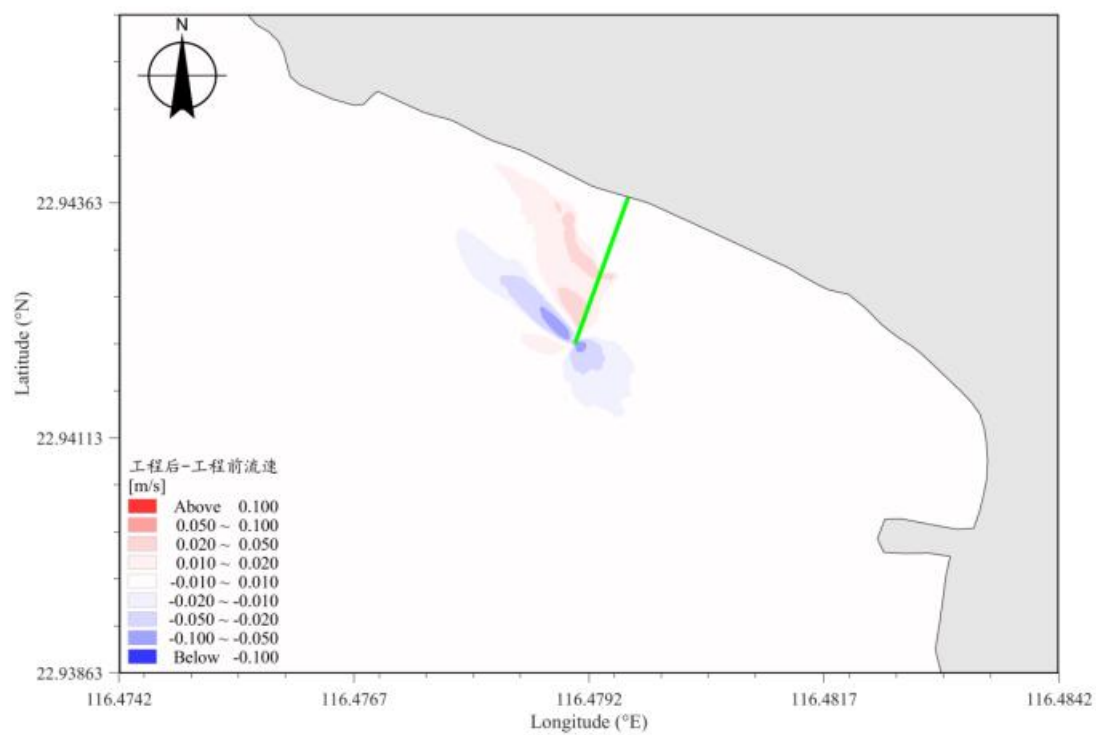


图 4.1.1-10 工程后-工程前涨急流速变化等值线图

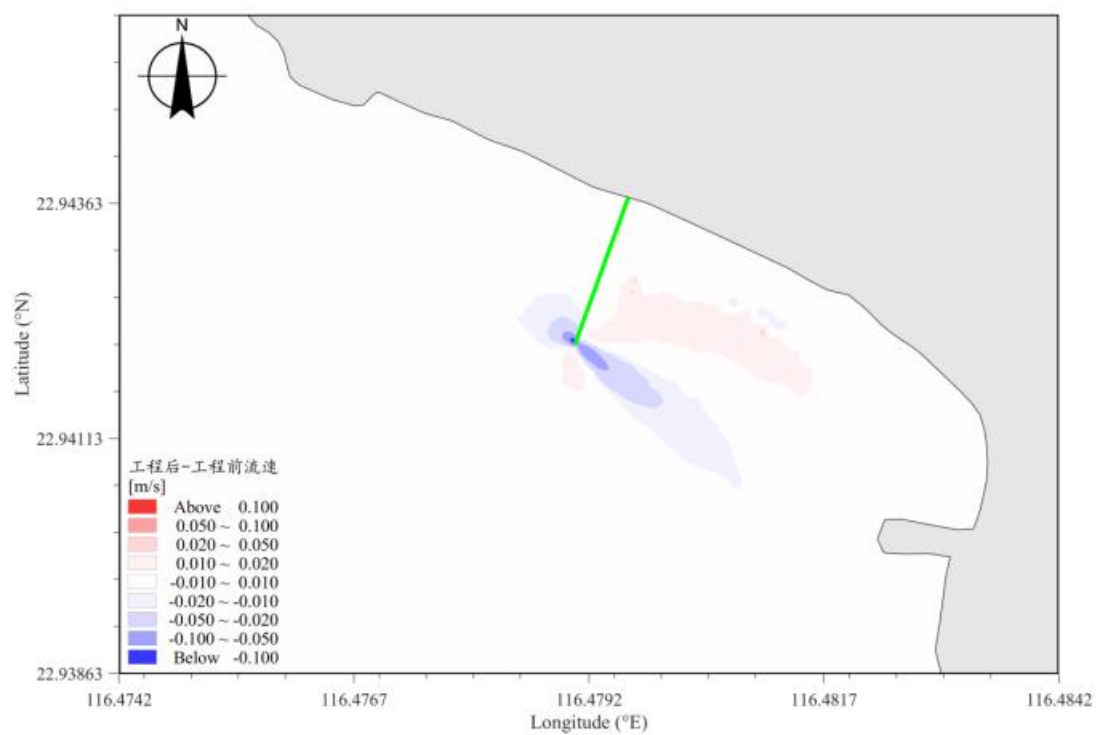


图 4.1.1-11 工程后-工程前落急流速变化等值线图

4.1.2 地形地貌与冲淤影响预测分析

从模型计算结果分析可知,工程建设对流态的影响主要在工程附近海域,对远处海域流态影响较小。因此可初步认为工程区附近水域有一定的冲淤变化,而工程远区冲淤影响较小。为进一步确定工程实施对周围海域冲淤变化的影响,采用由动力场变化引起的半经验半理论公式进行冲淤估算。

本工程完成后会造成附近海域水动力条件的改变,进而造成不同部位的冲刷和淤积。根据工程区的波浪条件、水深情况和项目平面布置特点,工程实施后导致项目附近的淤积应主要是悬沙落淤造成。

由于泥沙问题的复杂性,本工程实施后淤积预报是主管和设计部门非常关注的问题。预报的准确程度主要取决于两点,一是研究单位对工程海区水文泥沙资料的占有量和对同类型项目泥沙淤积掌握的广度和经验;二是淤积量预报公式的正确选取及其计算参数的正确确定。

采用曹祖德等人研究的计算模式进行冲淤估算。该模式利用二维潮流数值计算模型得到工程前后流场分布变化,再应用淤积预报模型公式,计算得到各计算区域第一年的淤积强度。模型公式如下:

$$P = \frac{\alpha \omega St}{\gamma_c} \left(1 - \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^2 \left(\frac{H_1}{H_2} \right) \right)$$

式中: P ——年平均淤积强度 (m);

α ——沉降几率, 取 0.67;

ω ——泥沙沉降速度 (cm/s), 根据项目附近海域的沉积物调查结果, 距离项目较近的站位 SB05、SB07、SQ14 的沉积物平均中值粒径为 0.009mm。根据文献(淤泥质、粉砂质及沙质海岸航道回淤统一计算方法, 刘家驹, 2012 年), 对于粒径小于 0.03mm 的泥沙在海水条件下均以絮凝沉速 0.0004~0.0005m/s 沉降, 因此沉速取 0.0005m/s (0.05cm/s);

S_* ——为水体平均悬沙含量, 取工程附近海域各站平均含沙量约为 0.018kg/m³;

T ——泥沙沉降时间, 按一年的总秒数计;

γ_d ——淤积物的干容重，根据项目附近海域的沉积物调查结果，距离项目较近的站点 SB05、SB07、SQ14 的沉积物平均中值粒径为 0.009mm。根据经验公式 $\gamma_c = 1750D_{50}^{0.183}$ ，取 γ_c 为 739.034kg/m³；

v_1, v_2 ——分别为数值计算工程前、工程后全潮平均流速，单位为 m/s，

m ——根据当地的流速与含沙量的关系近似取作 1。

基于水动力结果计算了工程实施前后附近水域年冲淤变化，工程实施后附近海域年冲淤变化图见图 4.1.5-1（+表示淤积，-表示冲刷）。

由计算结果可知，项目建设后排海管道末端雨水排出时会导致平行于潮流方向的两侧流速减小，从而产生 0.01~0.20m/a 左右的淤积，最大淤积厚度为 0.20m/a，出现在排海管道末端。同时，雨水排出时会导致垂直于潮流方向的两侧流速增大，从而产生 0.01~0.10m/a 左右冲刷，最大冲刷深度为 0.10m/a，出现在排海管道的东侧。总体上，冲淤幅度均不超过 0.20m/a。

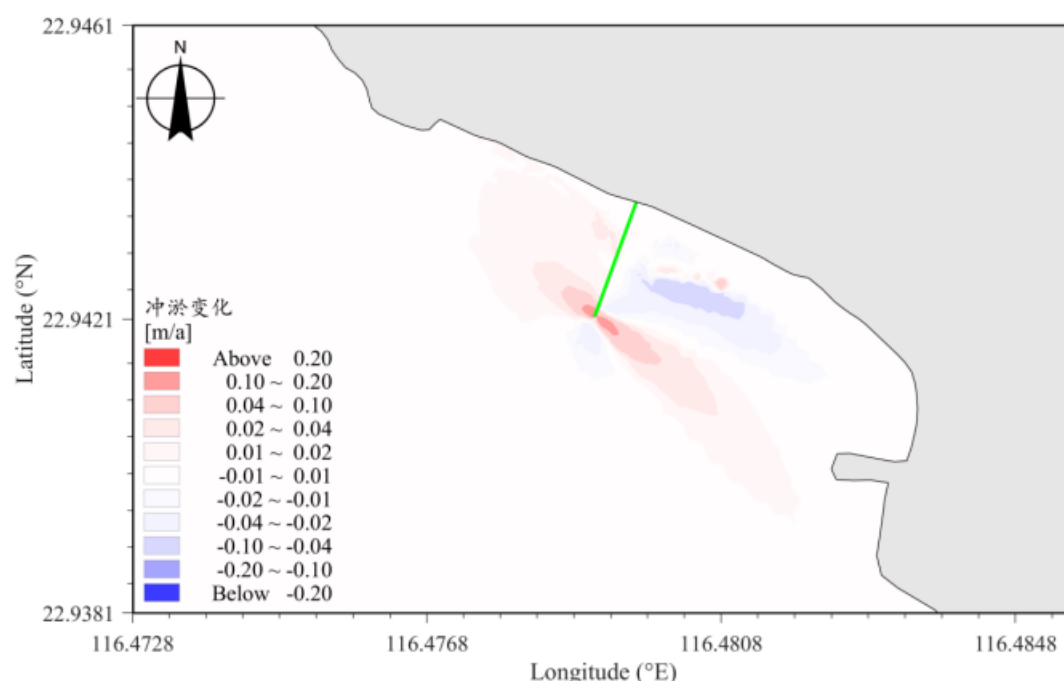


图 4.1.2-1 工程实施前后年冲淤变化图

4.1.3 水质影响预测分析

4.1.3.1 施工期悬浮泥沙对水质环境影响

本项目开挖施工将会扰动工程区域水体,造成局部区域悬浮物浓度增高,对水环境将产生一定的影响。本节采用二维泥沙模型预测施工期间所产生的悬沙对海水水质环境的影响。对施工期产生的悬沙随潮流的漂移扩散情况进行计算,给出工程施工期间引起泥沙扩散的影响范围。

在分析中仅考虑涉水作业项目产生的悬浮物增量的影响,潮流作用引起的底床泥沙起悬将不参与计算。同时施工点位简化为移动点源排放,对悬浮物最大浓度为 10~20mg/L、20~50mg/L、50~100mg/L 及大于 100mg/L 的水域范围进行统计分析。

1、模型介绍

(1) 控制方程

模型泥沙控制方程为:

$$\frac{\partial s}{\partial t} + u \frac{\partial s}{\partial x} + v \frac{\partial s}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_x \frac{\partial s}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_y \frac{\partial s}{\partial y} \right) + \frac{F_s}{h + \eta}$$

式中:

s——悬沙浓度;

D_x 、 D_y ——x、y 方向的悬沙紊动扩散系数,取值 $0.01\text{m}^2/\text{s}$;

F_s ——泥沙源汇函数或泥沙冲淤函数。

源汇项 F_s 采用切应力法由床面临界淤积切应力和临界冲刷切应力确定。当床面切应力 τ_b 小于泥沙临界淤积切应力 τ_{cd} 时,发生淤积。当床面切应力 τ_b 大于临界冲刷切应力 τ_{ce} 时就会发生冲刷。

$$F_s = \begin{cases} -w_s c_b (1 - \tau_b / \tau_{cd}) & \tau_b \leq \tau_{cd} \\ 0 & \tau_{cd} < \tau_b < \tau_{ce} \\ E \exp \left[a(\tau_b - \tau_{ce})^{1/2} \right] & \tau_b \geq \tau_{ce} \end{cases}$$

式中:

w_s ——泥沙沉降速度;

c_b ——近底层的悬沙含量;

τ_b ——床面切应力；

τ_{cd} ——泥沙临界淤积切应力；

τ_{ce} ——泥沙临界冲刷切应力；

E ——侵蚀度；

a ——冲刷系数。

1) 床面切应力

波浪潮流联合作用下的床面切应力使用下式计算：

$$\tau_b = \frac{1}{2} \rho_w f_w (U_b^2 + U_\delta^2 + 2U_b U_\delta \cos\beta)$$

式中：

U_b ——波浪水质点在床底的水平轨道速度；

U_δ ——波浪边界层顶部的流速；

β ——流向与波向的夹角；

f_w ——波浪底摩阻系数。

按下式估算：

$$f_w = \exp \left[5.213 \left(\frac{a}{k_b} \right)^{-0.194} - 5.977 \right]$$

式中：

a ——波浪水质点在床底的平均振幅；

k_b ——粗糙高度。

2) 泥沙颗粒沉速

泥沙沉降速度是计算泥沙淤积的主要参数，对于粒径小于 0.03mm 泥沙颗粒，在海水中表现为絮凝状态，其沉降速度为 0.0004~0.0005m/s，对于大于 0.03mm 泥沙颗粒在海水中不再絮凝，其沉降速度可按单颗粒沉速考虑。

考虑含沙量的影响，单颗粒泥沙平均沉速可由下式估算（Soulsby, 1997）：

$$w_s = \frac{v}{d_{50}} \left\{ [10.36^2 + 1.049(1 - C)^{4.7} D_*^3]^{1/2} - 10.36 \right\}$$

式中：

v ——水体运动粘度，取值 $1.36 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ ；

d_{50} ——中值粒径，根据项目附近海域的沉积物调查结果，距离项目较近的站点 SB05、SB07、SQ14 的沉积物平均中值粒径为 0.009mm。

C ——体积含沙量;

D_* ——无量纲参数,

按下式计算:

$$D_* = \left[\frac{g(s-1)}{v^2} \right]^{1/3} d_{50}$$

式中:

g ——重力加速度, 取值 9.81 m/s^2 ;

s ——泥沙颗粒的比重, 取值 2.65。

3) 淤积模型

淤积是指泥沙从悬沙变为底床沉积物的转换过程。当床面切应力 τ_b 小于泥沙临界淤积切应力 τ_{cd} 时, 发生淤积。

淤积率由泥沙与水流相互作用的随机模型 (Krone, 1962) 表示:

$$S_D = w_s c_b p_d$$
$$p_d = 1 - \tau_b / \tau_{cd}$$

式中:

c_b ——近底层的悬沙含量;

p_d ——淤积概率的表达式。

近底层的泥沙浓度 c_b 可使用佩克莱特数 P_e 和垂线平均悬沙含量计算得出 (Teeter, 1986) :

$$c_b = \bar{c} \times \left(1 + \frac{P_e}{1.25 + 4.75 p_d^{2.5}} \right)$$
$$P_e = 6 w_s / \kappa U_f$$

式中:

P_e ——佩克莱特数;

U_f ——摩阻流速;

κ ——冯卡门常数, 一般取为 0.4。

4) 冲刷模型

冲刷是指从泥沙从底床向水体的转移过程, 当床面切应力 τ_b 大于临界冲刷切应力 τ_{ce} 时就会发生。

可用以下方式表示侵蚀率（Parchure&Mehta，1985）：

$$S_E = E \exp \left[a(\tau_b - \tau_{ce})^{1/2} \right]$$

式中：

E ——侵蚀度；

τ_{ce} ——临界冲刷切应力。

（2）计算区域及网格划分

悬沙扩散数学模型计算域及网格划分与潮流数学模型相同。

2、源强计算

本项目施工期在排海末端处采用开挖施工取出机头，采用 2 台 1m^3 挖掘机，末端开挖取机头挖方 1456m^3 ，开挖天数为 13 天。

开挖作业效率约 $14\text{m}^3/\text{h}$ 。悬浮泥沙的发生量按《水运工程建设项目环境影响评价指南》（JTS-T 105-2021）中提出的公式进行估算：

$$Q = \frac{R}{R_0} TW_0$$

式中：

Q ——疏浚作业悬浮物发生量 t/h ；

R ——发生系数 W_0 时的悬浮泥沙粒径累计百分比（%），宜现场实测法确定，无实测资料时可取 89.2%；

R_0 ——现场流速悬浮泥沙临界粒子累计百分比（%），宜现场实测法确定，无实测资料时可取 80.2%；

T ——挖泥船工作效率（ m^3/h ）；

W_0 ——悬浮泥沙发生系数（ t/m^3 ），宜现场实测法确定，无实测资料时可取 $38.0 \times 10^{-3} \text{t/m}^3$ ；

根据计算，由开挖取机头引起的源强约为 0.164kg/s 。

3、悬沙工况设置

本次预测开挖施工取出机头产生的悬浮泥沙，在排海末端处设置 13 个源强点，悬沙源强 0.164kg/s ，每个源强点持续释放 8h 后停止 16h，共释放 13 天。

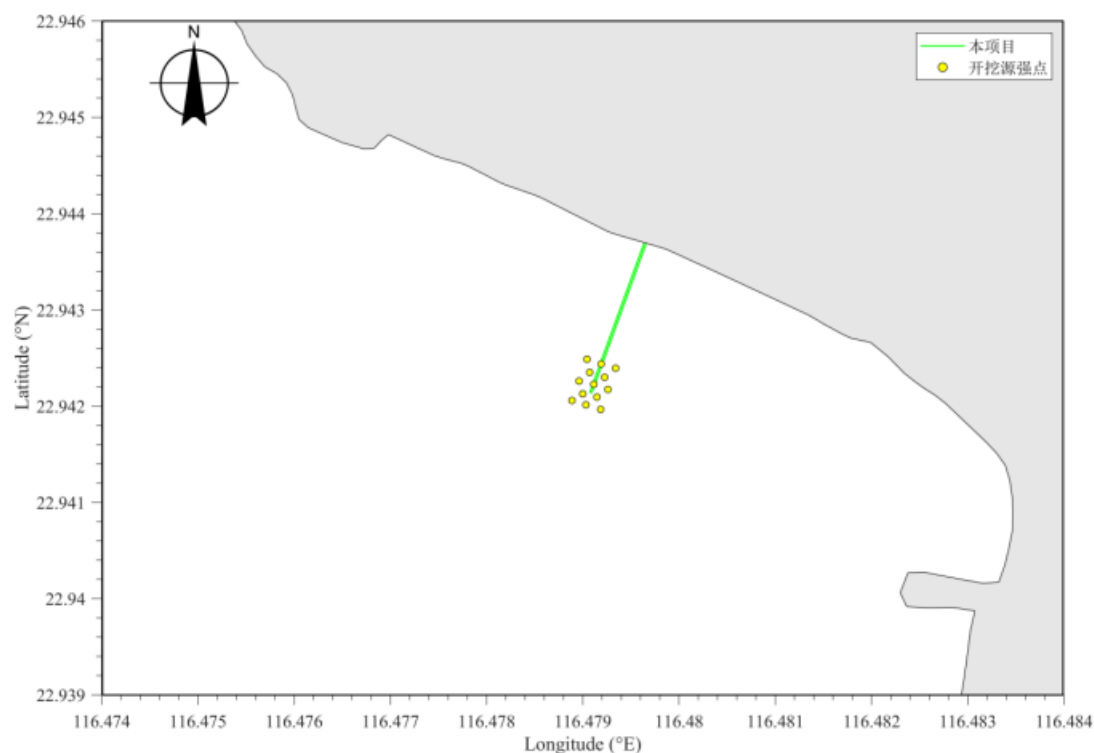


图 4.1.3-1 悬浮泥沙源点位置示意图

4、模拟结果

在施工过程中，所引起的悬浮泥沙在潮流的作用下向外海扩散，造成水体浑浊水质下降，对海洋生物产生影响，主要污染物为 SS。分别模拟各工况完整的全潮周期（15 天）施工所产生的悬沙输运和扩散，输出每小时的浓度场，分别统计工程施工过程中悬沙增量大于 10mg/L、20mg/L、50mg/L、100mg/L 的包络线面积（即在 15 天模拟期间内各网格点构成的最高浓度值），项目施工悬沙最大浓度影响统计可见表 4.1.3-1。悬沙增量包络线浓度场见图 4.1.3-2~图 4.1.3-5。

表 4.1.3-1 施工产生悬沙浓度增量包络面积

包络面积 (km ²)				最远扩散距离 (m)
>10mg/L	>20mg/L	>50mg/L	>100mg/L	
0.042	0.017	0.007	0.004	215 (西北向)

计算结果显示，施工引起的悬沙扩散范围主要在工程区附近输移扩散。

施工期悬沙扩散浓度大于 10mg/L 包络面积为 0.042km²；大于 20mg/L 包络面积为 0.017km²；大于 50mg/L 包络面积为 0.007km²；大于 100mg/L 包络面积为 0.004km²。

总体上，悬浮泥沙的影响是暂时的，悬沙影响时间基本为施工期间，施工结束后其影响也逐渐消失，不会对海洋环境产生较大的不利影响。

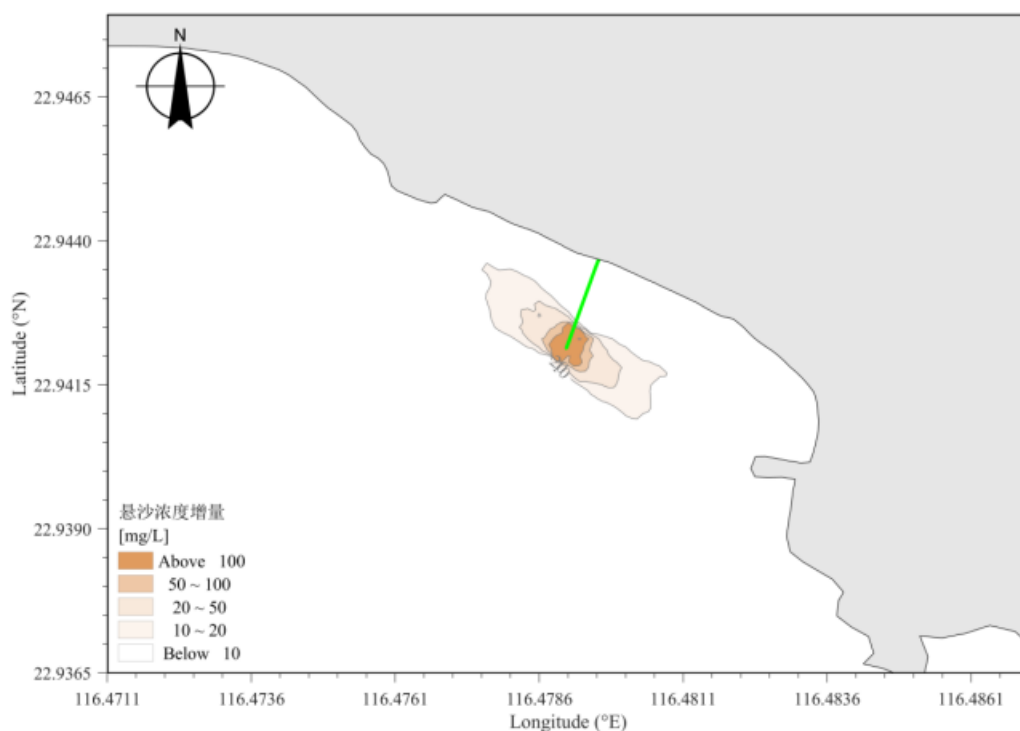


图 4.1.3-2 施工期悬沙浓度增量包络线图

4.1.3.2 施工期污水对水质环境的影响

根据项目可研报告，项目施工期间的污水主要有施工人员生活污水。

施工期项目将采取相应的污水处理措施。施工单位依托后方陆域库区已有的生活设施，不在附近海域排放。

综上，本项目施工期间的污水会采取相应措施处理，对所在海域的水质环境基本没有影响。

4.1.3.3 运营期对水质环境的影响

本项目运营期仅排放雨水，根据近期 3、4 月的现状雨水排放口日常监测数据（附件 6-5）显示化学需氧量、石油类和氨氮均合格。因此项目运营期对所在海域的水质环境基本没有影响。

4.1.4 沉积物环境影响分析

本项目对沉积物环境的影响主要表现在施工期，运行期对沉积物环境的影响较小。施工期因开挖施工扰动底土，导致施工海域海水中悬浮物浓度增加。

根据施工悬浮泥沙扩散影响预测结果，施工期悬沙扩散浓度大于 10mg/L 包络面积为 0.042km²；大于 20mg/L 包络面积为 0.017km²；大于 50mg/L 包络面积为 0.007km²；大于 100mg/L 包络面积为 0.004km²。

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。因此，本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。而且这种影响是暂时的，会随着时间逐渐消失。此外，本项目施工期间产生的污废水会采取相应措施处理，不在附近海域排放。本项目运营期仅排放雨水。

综上，项目建设对附近海域沉积物环境的影响较小。

4.1.5 对海洋生物的影响分析

4.1.5.1 对底栖生物的影响

本项目建设对底栖生物的影响主要是开挖过程改变了海域的底土环境，破坏了底栖生物生境，导致施工区域和周边一定范围内的底栖生物被掩埋或者死亡。

开挖施工除了直接对底栖生物的栖息环境造成破坏之外，还会产生悬浮泥沙在施工区附近海域扩散，造成水体悬浮物浓度增加，使得海水透明度降低，导致底栖生物正常的生理过程受到影响，但这种影响是短暂的，施工结束后受悬沙影响的底栖生物可以逐渐恢复到正常水平。

4.1.5.2 对浮游生物的影响

(1) 对浮游植物影响分析

本项目对浮游植物的最主要影响是水体中增加的悬浮物质影响了水体的透光性，进而对浮游植物的光合作用产生不利的影响，导致局部水域内浮游植物生物量降低和初级生产力水平降低。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；当悬浮物浓度增加量在 10mg/L~50mg/L 时，浮游植物将会受到轻微的影响；而当悬浮物浓度增加 50mg/L 以上时，浮游植物会受到较大的影响，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。

施工产生的悬浮泥沙影响是暂时和局部的，将随着施工结束而消失。

(2) 对浮游动物影响分析

施工导致水体中悬浮物质的增加同样对浮游动物有一定影响。一方面，悬浮颗粒物的浓度增加导致以滤食性为主的浮游动物容易摄入粒径合适的泥沙，堵塞其食物过滤系统和消化器官，可能使浮游动物因饥饿而死亡。另一方面，悬浮颗粒物的浓度增加导致水体透明度降低，会使某些具有昼夜垂直迁移习性的桡足类动物发生混乱，并干扰其生理功能。具体影响反映在浮游动物的生长率、存活率、摄食率、密度、生产量及群落结构等方面。同样，浮游动物受到的影响也是暂时和局部的。

4.1.5.3 对渔业资源的影响

渔业资源主要包括游泳生物（主要为鱼、虾、蟹）和鱼卵、仔鱼。

悬浮物增加对部分游泳生物的影响是比较显著的，悬浮物不仅可以粘附在动物身体表面会干扰动物的感觉功能或引起表皮组织的溃烂，还会阻塞鱼类的鳃组织，造成其呼吸困难，严重的可能会引起死亡。

一般而言，鱼类等水生生物都比较容易适应水环境的缓慢变化，但对骤变的环境，它们反应则是敏感的。施工作业引起悬浮物质含量变化，并由此造成水体浑浊度的变化，其过程呈跳跃式和脉冲式，这必然引起鱼类等其他游泳生物行动的改变，鱼类将避开这一点源浑浊区，产生“驱散效应”，因此施工会影响该区域栖息、生长的一些种类，也会改变其分布和洄游规律。同时，施工产生的浑浊水体使某些种类的游动、觅食、躲避致害、抵抗疾病和繁殖的能力下降，降低生物群体的更新能力等。而鱼卵和仔稚鱼由于缺乏一定的运动能力，不能与成鱼一样逃离浑浊水域，因而更容易遭受伤害甚至死亡，因此鱼卵和仔稚鱼受工程施工的影响会比成鱼更大。根据相关资料统计，当悬浮物增量达到 125mg/L 时，这种水体中的鱼卵和仔稚鱼将遭受破坏。

施工悬浮泥沙将对扩散范围内的渔业资源造成一定影响，但影响是暂时的，随着施工结束而消除。

此外，施工对渔业的影响还体现在浮游动物与浮游植物食物供应所受到的影响上。浮游植物和浮游动物是海洋生物的初级和次级生产力，施工过程会对浮游植物和浮游动物的生长产生不利影响，严重时甚至会导致死亡。部分鱼类是以浮游植物为食，活动能力较弱，工程施工期就会对其生长产生不利影响。因此，从食物链的角度考虑，施工不可避免对鱼类和虾类的存活与生长产生明显的抑制作用，对渔业资源带来一定负面影响。

总体上，本项目施工期对工程附近水生生态环境产生一定的影响，但总体来说影响不大，工程完成后，经过一段时间的调整与恢复，附近水域海洋生物区系会重新形成。

4.1.6 对“三场一通道”的影响

本项目位于南海北部幼鱼繁育场保护区和幼鱼、幼虾保护区内，用海方式为海底电缆管道和取、排水口，用海方式不会改变海域自然属性，对海域自然资源的影响较小。本项目建设过程中需开展开挖施工，施工产生的悬浮泥沙对渔业资源、幼鱼及其生境等产生一定的影响，但影响是暂时的，随施工的结束而结束。本项目施工周期较短，悬浮泥沙对海域生态环境的影响较小。

4.1.7 生态跟踪监测指标合理影响范围

本项目建设对海洋生态影响主要为悬浮泥沙扩散、石油类和海洋生物资源损失：

（1）海水水质悬浮泥沙扩散

项目施工作业过程中，由于机械的搅动作用，使得泥沙悬浮，造成水体浑浊水质下降，并使得周边海区底栖生物生存环境遭到破坏，对浮游生物也产生影响，主要污染物为SS。根据施工悬浮泥沙扩散影响预测结果，施工期悬沙扩散浓度大于10mg/L 包络面积为0.042km²；大于20mg/L 包络面积为0.017km²；大于50mg/L 包络面积为0.007km²；大于100mg/L 包络面积为0.004km²。悬浮泥沙扩散影响是暂时的，一旦施工结束，影响即可消除。因此，项目建设范围海域内的

悬浮物可能高于本底值。

（2）石油类

本项目施工期有船舶施工，施工过程中可能产生含油污水，因此，项目建设范围海域内的石油类可能高于本底值。

（3）底栖生物损失

本项目开挖施工会对施工范围内的底栖生物栖息环境造成直接破坏，进而引起底栖生物损失，除少量活动能力强的生物能够存活外，绝大部分种类诸如贝类、多毛类、线虫类等都将难以存活。施工期施工造成底栖生物直接损失为 2.74kg。因此，项目建设期间及建设后一段时间内，施工范围内的底栖生物量可能低于本底值。

（4）渔业资源损失

鱼类等水生生物都比较容易适应水环境的缓慢变化，但对骤变的环境，它们反应则是敏感的。施工作业引起悬浮物质含量变化，并由此造成水体浑浊度的变化，其过程呈跳跃式和脉冲式，这必然引起鱼类等其他游泳生物行动的改变，但有些活动能力较弱的鱼类、幼鱼、鱼卵等可能会因此受到损害。因此，项目施工产生的悬浮泥沙扩散造成渔业资源直接损失量为：游泳生物 0.94kg、鱼卵 1.88×10^4 粒、仔稚鱼 1.04×10^4 尾。施工结束营运一段时间后，浮游生物和游泳生物种群数量、群落结构会逐步恢复。

因此，根据《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361-2023），开展生态跟踪监测时涉及的相关指标的合理影响范围参考如下：

表 4.1.7-1 项目生态跟踪监测指标合理范围表

监测内容	监测指标		单个站位合理变化范围	
			建设期	营运期
海洋生态	底栖生物生物量	g/m ²	<8.425	0~8.425
	底栖生物栖息密度	ind/m ²	<160.000	0~160.000
	游泳生物尾数资源密度	ind/km ²	<823482	7294~823482
	游泳生物重量资源密度	kg/km ²	<2246.788	172.501~2246.788
	鱼卵垂直拖网	ind/m ³	<6.667	0.000~6.667
	仔稚鱼垂直拖网	ind/m ³	<6.667	0.000~6.667
海水水质	悬浮物	mg/L	>22.0	5.7~22.0
	石油类	mg/L	>0.0330	0.0037~0.0330

4.2 资源影响分析

4.2.1 对海洋空间资源的影响

本项目用海包括雨水排海管道和排水口，申请用海面积共 2.7855 公顷。其中，雨水排海管道申请用海面积 0.2257 公顷，用海方式为其他方式（一级方式）中的海底电缆管道（二级方式）；排水口申请用海面积 2.5598 公顷，用海方式为其他方式（一级方式）中的取、排水口（二级方式）。本项目雨水排海管道和排水口用海占用了部分海域空间资源，使部分海洋空间开发活动也受到了限制，占海区域对海域空间资源的其他开发活动具有一定的排他性。

项目建设后排海管道末端雨水排出时产生 0.01~0.20m/a 左右的淤积和产生 0.01~0.10m/a 左右冲刷，对岸线的的冲淤影响很小。

根据广东省政府 2022 年批复海岸线，本项目申请用海范围涉及自然岸线长度 22.2m。本项目雨水排海管道采用顶管施工工艺底土穿越岸线，不会改变岸线的自然形态与生态功能，不属于占用岸线。

（涉密不公开）

图 4.2.1-1 项目涉及岸线位置示意图

4.2.2 对海洋生物资源的影响

4.2.2.1 底栖生物损失量

本项目施工期在排海末端处采用开挖施工取出机头会彻底改变海域底土环境，对底栖生物产生影响，占用海域范围内大部分底栖生物将被掩埋、覆盖，除少数能够存活外，绝大多数将死亡，导致生物资源损失。参照《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（简称《规程》），按下述公式进行计算：

$$W_i = D_i \times S_i \quad \text{公式（1）}$$

式中：

W_i —第 i 种生物资源受损量，单位为尾/个/千克（kg），在这里指底栖生物

受损量。

D_i —评估区域内第 i 种生物资源密度。单位为尾（个）/km²、尾（个）/km³、千克每平方千米（kg/km²）。在此为底栖生物的资源密度。

S_i —第 i 种生物占用的渔业水域面积或体积，单位为平方千米（km²）或立方千米（km³）。在此为项目占用海域面积。

项目施工期开挖施工将对底栖生物造成一定的损失，开挖面积约 1600m²。根据本报告第 3 章在项目附近海域进行的海洋生态现状调查数据，底栖生物平均生物量为 1.711g/m²。则计算得：

施工期造成底栖生物损失：1600×1.711×10⁻³=2.74kg

4.2.2.2 渔业资源损失量

本项目施工产生的悬浮泥沙会对渔业资源造成影响，按照《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（简称《规程》），悬浮物扩散范围内对海洋生物产生持续性损害，按以下公式计算：

$$M_i = W_i \times T$$

$$W_i = \sum_{j=1}^n D_{ij} \times S_j \times K_{ij} \quad \text{公式（2）}$$

式中：

M_i ——第 i 种类生物资源累计损害量，单位为尾/个/千克（kg）；

W_i ——第 i 种类生物资源一次性平均损失量，单位为尾/个/千克（kg）；

T ——污染物浓度增量影响的持续周期数（以年实际影响天数除以 15），单位为个。

D_{ij} ——某一污染物第 j 类浓度增量区第 i 种类生物资源密度，单位为尾平方千米、个平方千米或千克平方千米（kg/km²）；

S_j ——某一污染物第 j 类浓度增量区面积，单位为平方千米（km²）；

K_{ij} ——某一污染物第 j 类浓度增量区第 i 种类生物资源损失率，单位为百分之（%）；

n ——某一污染物浓度增量分区总数。

根据水质预测结果，施工期悬沙扩散浓度大于 10mg/L 包络面积为 0.042km²；大于 20mg/L 包络面积为 0.017km²；大于 50mg/L 包络面积为 0.007km²；大于

100mg/L 包络面积为 0.004km²。

参照《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》中的“污染物对各类生物损失率”，施工过程中悬浮泥沙增量超标倍数、超标面积和在区内各类生物损失率如表 4.2.2-1 所示，生物损失率按《规程》中的数值进行内插，小于 10mg/L 增量浓度范围内的海域近似认为悬浮泥沙对海洋生物不产生影响。

表 4.2.2-1 本工程悬浮物对各类生物损失率

分区	分区悬浮物浓度	施工期悬浮泥沙扩散总面积 (km ²)	污染物 i 的超标倍数 (Bi)	各类生物损失率	
				鱼卵和仔稚鱼	成体
I	10 ~ 20	0.025	Bi ≤ 1 倍	5	0.5
II	20 ~ 50	0.010	1 < Bi ≤ 4 倍	15	5
III	50 ~ 100	0.003	4 < Bi ≤ 9 倍	40	15
IV	> 100	0.004	Bi ≥ 9 倍	50	20

根据项目施工进度计划，开挖施工取出机头施工工期安排为 13 天，则其污染物浓度增量影响的持续周期数约为 1（15 天为 1 个周期）。据水深测量资料，悬浮泥沙扩散范围内的海域平均水深以 3.5m 计算。渔业资源密度根据本报告第 3 章在项目附近海域进行的海洋生态现状调查数据，取游泳生物的平均重量密度为 500.327kg/km²、鱼卵的平均密度 0.905ind/m³、仔稚鱼的平均密度 0.499ind/m³。

则计算得施工期：

游泳生物损失量为： $500.327 \times 1 \times (0.025 \times 0.5\% + 0.010 \times 5\% + 0.003 \times 15\% + 0.004 \times 20\%) = 0.94\text{kg}$

鱼卵损失量为： $0.905 \times 1 \times 10^6 \times 3.5 \times (0.025 \times 5\% + 0.010 \times 15\% + 0.003 \times 40\% + 0.004 \times 50\%) = 1.88 \times 10^4$ 粒

仔稚鱼损失量为： $0.499 \times 1 \times 10^6 \times 3.5 \times (0.025 \times 5\% + 0.010 \times 15\% + 0.003 \times 40\% + 0.004 \times 50\%) = 1.04 \times 10^4$ 尾

综上，本项目造成渔业资源直接损失量为：游泳生物 0.94kg、鱼卵 1.88×10^4 粒、仔稚鱼 1.04×10^4 尾。

5. 海域开发利用协调分析

5.1 海域开发利用现状

5.1.1 社会经济概况

5.1.1.1 揭阳市社会经济概况

揭阳市，广东省地级市，是潮汕四市之一，著名的华侨之乡，位于广东省东南部，粤港澳大湾区与海西经济区的地理轴线中心。下辖普宁县级市和 4 个区县：榕城、揭东、揭西、惠来。揭阳市土地总面积为 52.66 万公顷。功能区划海域面积 1338.20 平方千米。截至 2025 年底，揭阳市户籍总人口 7098974 人。

由《2025 年揭阳市国民经济和社会发展统计公报》（揭阳市统计局国家统计局揭阳调查队，2026 年 6 月），经广东省统计局统一核算，2025 年揭阳实现地区生产总值（初步核算数）2553.75 亿元，按不变价格计算，同比增长 3.2%。其中，第一产业增加值 248.03 亿元，同比增长 4.1%；第二产业增加值 893.51 亿元，同比增长 1.3%；第三产业增加值 1412.21 亿元，同比增长 4.2%。三次产业结构比重为 9.7:35.0:55.3。人均地区生产总值 44924 元，增长 2.9%。

2025 年末，全年全市户籍总人口 709.90 万人；常住人口 568.72 万人，比上年末增加 0.51 万人，其中城镇常住人口 299.62 万人，占常住人口比重（常住人口城镇化率）52.68%，比上年末提高 0.06 个百分点。

全年居民消费价格比上年同期下降 0.1%。分类别看，其他用品及服务类上涨 8.5%，生活用品及服务类上涨 1.8%，医疗保健类上涨 0.4%，衣着类上涨 0.3%，教育文化娱乐类下降 0.1%，居住类下降 0.3%，食品烟酒类下降 0.7%，交通通信类下降 2.8%。

全年固定资产投资比上年下降 7.0%。分投资主体看，国有经济投资增长 21.4%，民间投资下降 16.7%，港澳台、外商经济投资增长 128.5%。

全年全市地方一般公共预算收入 130.12 亿元，可比增长 5.5%；其中税收收入 83.13 亿元，可比增长 9.1%。一般公共预算支出 383.58 亿元，同比增长 9.4%。

基本民生保障有力，民生类支出 314.76 亿元，增长 9.6%。其中，教育支出 96.83 亿元，增长 9.0%；卫生健康支出 57.67 亿元，增长 9.7%；社会保障和就业支出 82.85 亿元，增长 8.4%。民生类支出占一般公共预算支出比重为 82.1%。

全年全市居民人均可支配收入 28721 元，比上年增长 5.1%。分城乡看，城镇居民人均可支配收入 34355 元，增长 4.4%；农村居民人均可支配收入 22463 元，增长 5.7%。

5.1.1.2 惠来县社会经济概况

惠来县地处广东省东南部，东连潮阳，西接陆丰，北邻普宁，南濒南海。县境东西相距 67 公里，南北相距 33.5 公里，全县陆地面积 1253 平方公里。惠来县地处大南山南麓，枕山面海。惠来 2025 年 GDP 为 566.74 亿元。

由《2025 年惠来县国民经济和社会发展统计公报》（惠来县统计局，2026 年 7 月），经揭阳市统计局统一核算，2025 年全县实现地区生产总值 566.74 亿元，同比增长 2.2%。第一产业增加值 73.30 亿元，同比增长 5.1%；第二产业增加值 315.73 亿元，与去年同期持平，其中，完成工业增加值 289.59 亿元，同比下降 1.0%，完成建筑业增加值 26.61 亿元，同比增长 15.7%；第三产业增加值 177.71 亿元，同比增长 4.8%。三次产业比例为 12.9：55.7：31.4。人均地区生产总值 53098 元，同比增长 1.8%。

2025 年末全县总户数 305891 户，比上年增加 2059 户；总人口 1493087 人，比上年减少 3603 人，其中，城镇人口 634213 人，乡村人口 858874 人。全县当年出生人数 19826 人，人口出生率 13.26‰；死亡人数 10094 人，死亡率 6.75‰；自然增长人数 9732 人，自然增长率 6.51‰。全县常住人口 106.78 万人，其中，城镇常住人口 48.45 万人，占常住人口比重（常住人口城镇化率）45.37%，比上年末提高 0.05 个百分点。

2025 年全体居民人均可支配收入 24648 元，同比增长 3.9%，其中，城镇居民人均可支配收入 30409 元，同比增长 3.7%；农村居民人均可支配收入 19873 元，同比增长 3.9%。

全年地方一般公共预算收入 21.44 亿元，同比增长 12.5%，其中，税收收入 12.05 亿元，同比增长 13.9%。全年地方一般公共预算支出 77.32 亿元，同比

增长 11.0%，八项支出 60.09 亿元，同比增长 8.3%，其中，民生类支出为 67.56 亿元，占一般公共预算支出比重为 87.4%，其中：教育支出 18.66 亿元；社会保障和就业支出 18.49 亿元；卫生健康支出 12.11 亿元。

全年规模以上工业总产值 1278.49 亿元，同比下降 6.2%；分轻重工业看，轻工业产值同比下降 29.9%，重工业产值同比下降 6.0%。

全年固定资产投资同比增长 6.0%。其中，第一产业投资同比下降 44.6%；第二产业投资同比增长 12.7%；第三产业投资同比增长 1.4%。民间投资占固定资产投资比重 12.5%。工业投资同比增长 12.7%，占固定资产投资比重 52.2%。基础设施投资同比增长 31.1%，占固定资产投资比重 70.3%，其中，电力、热力生产和供应业投资同比增长 56.5%，水上运输业投资同比增长 26.3%。

5.1.1.3 海洋产业发展现状

根据《我市海洋经济加速崛起剑指千亿规模》（揭阳日报，2026 年 2 月），2025 年以来，揭阳市依托 142.17 公里的黄金海岸线、9300 平方公里辽阔海域，以“一海”新兴产业为强劲引擎，锚定“力争用 2 年时间总规模达到 1000 亿元”的奋斗目标，加力实施海洋经济产业高质量发展三年行动，全力推进海洋强市建设。记者从有关方面获悉，据初步预测，全市 2025 年海洋经济总产值（规模）达到 932.9 亿元，同比增长 8.2%。

近年来，揭阳市围绕构建具有本地特色和优势的现代化产业体系，推动形成“一化一海五优特”产业新格局。其中，“一海”为海洋经济产业，包括海洋渔业、海洋水产品加工业、海洋电力业、海洋工程装备制造业、海洋旅游业、海洋交通运输业等行业。

据惠来临港产业园管委会主任林辉钦介绍，截至 2025 年，园区发展硕果累累，其中，总投资超 155 亿元的百万千瓦级海上风电基地建设完成，已投产海上风电装机 90.8 万千瓦；GE、远景、明阳、蓝水、天顺、亨通等 7 家海工装备制造行业龙头企业落地，集开发、科研、总装、制造、运维于一体的海上风电全产业链初具规模；依托优质的风能资源、优越的区位优势和园区海上风电和海工装备产业集群，海洋牧场产业发展稳步前行，揭阳首个风渔融合试验项目“龙宫号”在园区生产制作后下水投运。接下来将突出产业园主平台作用，加快推进港口码

头、道路交通等园区基础设施建设升级，提升平台的竞争力、吸引力、承载力。同时，将重点推动海上风电开发由浅水区向深水区的战略性延伸，以及“海上风电+氢能”等创新融合项目、“海上风电+海洋牧场”海洋综合利用开发模式等的发展，为揭阳建设“海洋经济强市”贡献新的蓝色动能。

5.1.2 海域使用现状

经过管理部门调访、海域使用动态监管系统查询，本项目所在及周边海域开发利用活动主要为现状养殖取水及排水管、其他工业用海、港口用海、渔业基础设施用海、航路、锚地等。项目所在海域开发利用现状详见表 5.1.2-1 和图 5.1.2-1。

表 5.1.2-1 项目所在海域开发利用现状表

序号	项目名称	与本项目位置距离	备注
1		紧邻	/
2		东南侧，约 2.5km	其它工业用海
3		东南侧，约 2.7km	
4		西南侧，约 10.5km	
5		东南侧，约 2.6km	港口用海
6		西侧，约 8.8km	
7		西南侧，约 8.9km	
8		西侧，约 9.5km	
9		东北侧，约 3.6km	渔业基础设施用海
10		东北侧，约 7.5km	
11		东北侧，约 7.3km	电力工业用海
12		西南侧，约 8.0km	
13		东北侧，约 8.3km	
14		西南侧，约 8.6km	
15		西侧，约 8.8km	航道用海
16		西南侧，约 9.9km	
17		西侧，约 13.1km	开放式养殖用海
18		西北侧，约 14.1km	浴场用海

序号	项目名称	与本项目位置距离	备注
19		南侧，约 5.5km	航路
20		西南侧，约 7.6km	
21		南侧，约 10.6km	
22		东侧，约 6.2km	锚地
23		西南侧，约 7.6km	
24		西南侧，约 13.2km	
25		西南侧，约 15.7km	

(涉密不公开)

图 5.1.2-1 项目周边开发利用现状图

(涉密不公开)

图 5.1.2-1b 项目周边开发利用现状图 (局部放大)

（1）现状养殖取水及排水管

本项目后方陆域分布有较多养殖场，沙滩上有很多附近养殖场使用 PVC 管铺设的取水及排水管，这些管道从沙滩埋设伸入海中，形成纵横交错的网状，可能会影响本项目施工。

（涉密不公开）

图 5.1.2-2 沙滩上的养殖用排水及取水管网

（2）航路、锚地

本项目论证范围内分布有粤东沿海近岸航路、揭阳港进出港航路、广东沿海内航路。其中，与本项目最近的是项目南侧约 5.5km 的粤东沿海近岸航路。揭阳港进出港航路和广东沿海内航路与本项目的距离均在 7km 以上。

粤东沿海近岸航路东接福建沿海内航路，西接香港蓝塘海峡口门，航路宽度 1~2 海里，全长 177 海里。

本项目论证范围内分布有 4 个锚地，分别为靖海锚地（东侧，约 6.2km）、前瞻锚地（西南侧，约 7.6km）、原油码头锚地（西南侧，约 13.2km）、LNG 码头锚地（西南侧，约 15.7km）。

靖海锚地地理范围为以坐标点（116° 33′ 11″ E，22° 56′ 58″ N）为圆心，半径 1.5km 的海域，面积 7.06km²。该锚地的功能为候泊，设计水深 27m，底质为泥底、沙底。

（3）其他工业用海

本项目论证范围内分布有 3 个其他工业用海项目，包括位于东南侧约 2.5km 的中委广东石化 2000 万吨/年重油加工工程、东南侧约 2.7km 的中委广东石化 2000 万吨/年重油加工工程调整用海，以及位于西南侧约 10.5km 的粤东液化天然气项目一期工程。

中委广东石化 2000 万吨/年重油加工工程和中委广东石化 2000 万吨/年重油加工工程调整用海的海域使用权人为中国石油天然气股份有限公司广东石化分公司，用海期限为 2013 年 8 月 20 日至 2063 年 8 月 20 日，用海方式包括非透水构筑物、透水构筑物、港池、蓄水、专用航道、锚地及其它开放式。该工程新建 2 套 1000 万吨/年常减压装置在内的主体工程以及原油码头、原油码头库区、产品码头、厂外管线等配套厂外工程。

（4）港口用海

本项目论证范围内分布有广东揭阳 520 万方原油商业储备库建设工程配套码头工程、揭阳港前詹作业区通用码头一期工程、揭阳港惠来沿海港区前詹作业区 13 号泊位散货码头工程项目、揭阳港惠来沿海港区前詹作业区蓝水深远海通用码头工程等 4 个港口用海项目。其中，与本项目距离最近的是位于项目东南侧约 2.6km 的广东揭阳 520 万方原油商业储备库建设工程配套码头工程，其余港口用海项目与本项目的距离均在 8km 以上。

广东揭阳 520 万方原油商业储备库建设工程配套码头工程位于揭阳港惠来沿海港区资深作业区内，紧邻广东石化原油码头，工程建设 30 万吨级原油装卸泊位 1 个，岛式防波堤工程 1 座。该工程的海域使用权属人为中国石油天然气股份有限公司广东揭阳商业储备油分公司，工程用海面积为 21.6893 公顷，用海方式包括非透水构筑物、透水构筑物和港池、蓄水，用海期限为 2023 年 8 月 7 日至 2063 年 8 月 20 日。

（5）渔业基础设施用海

本项目论证范围内分布有资深渔港和靖海渔港，最近距离分别为 3.6km 和 7.5km。

资深渔港的海域使用权人为靖海镇资深村民委员会，用海面积为 7 公顷，用海方式为港池、蓄水，用海期限为 2006 年 7 月 1 日至 2056 年 7 月 1 日。

（6）其他项目

本项目论证范围内还分布有电力工业用海、航道用海、开放式养殖用海、浴场用海等类型项目。其中电力工业用海项目包括有国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电项目增容项目、广东粤电惠来电厂 3-4 号机组“上大压小”扩建工程、国家电投揭阳神泉一 400MW 海上风电场项目、国家电投揭阳前詹电厂 2×1000MW 燃煤发电工程项目；航道用海项目为揭阳港前詹作业区通用码头一期工程公用航道疏浚工程；开放式养殖用海项目为惠来县惠前水产养殖专业合作社海上养殖项目；浴场用海项目为惠来县华家海滨度假村用海续期及变更用海。上述项目距离与本项目的距离均在 7km 以上。

5.1.3 海域使用权属

根据项目周边海域使用权属状况的资料收集情况及调访结果，项目周边的已

确权用海项目有 17 项，其中与本项目最近的是位于项目东南侧 2.5km 处的中委广东石化 2000 万吨/年重油加工工程，项目申请用海范围与周边已确权用海项目不存在权属重叠。本项目所在海域权属现状见表 5.1.3-1 和图 5.1.3-1。

表 5.1.3-1 项目周边权属一览表
(涉密不公开)

(涉密不公开)

图 5.1.3-1 项目周边权属现状图

5.2 项目用海对海域开发活动的影响

根据 5.1 节开发利用现状的分析，本项目所在海域的开发利用活动主要有现状养殖取水及排水管、其他工业用海、港口用海、渔业基础设施用海、航路、锚地等。根据数值模拟结果，工程实施后，项目附近流速变化量为 $-0.066\sim 0.017\text{m/s}$ ，流向变化量为 $-133.02\sim 10.29^\circ$ ，项目对水动力环境的影响主要集中在工程所在区域附近 500m 范围内的水域，对 500m 范围外的水动力的影响较小；项目建设后冲淤幅度不超过 0.20m/a ；施工期悬沙扩散浓度大于 10mg/L 包络面积为 0.042km^2 ，最大扩散距离为西北向 215m。本项目周边开发利用活动与悬沙增量 $>10\text{mg/L}$ 包络线叠置图详见图 5.2-1。

结合项目建设和运营情况，项目用海对海域开发活动影响分析如下。

(涉密不公开)

图 5.2-1 本项目周边开发利用活动与悬沙增量 $>10\text{mg/L}$ 包络线叠置图

5.2.1 对现状养殖取水及排水管的影响分析

本项目后方陆域分布有较多养殖场，沙滩上有很多附近养殖场使用 PVC 管铺设的取水及排水管，这些管道从沙滩埋设伸入海中，形成纵横交错的网状。上述取水及排水管道可能对本项目施工造成影响，且无法绕行。此外，本项目施工亦可能对管道造成破坏，进而影响养殖场的正常取排水作业。根据图 5.2-1 可知本项目施工时产生的悬沙扩散范围对现状养殖取水及排水管不造成影响。因此，在施工前应充分做好沟通与协调工作。

5.2.2 对通航环境的影响分析

本项目论证范围内分布有 3 条航路和 4 个锚地，其中与本项目距离最近的航路为位于项目南侧约 5.5km 的粤东沿海近岸航路，距离最近的锚地为项目东侧约 6.2km 的靖海锚地。

根据数值模拟结果，工程实施后，项目附近流速变化量为 $-0.066\sim 0.017\text{m/s}$ ，流向变化量为 $-133.02\sim 10.29^\circ$ ，项目对水动力环境的影响主要集中在工程所在区

域附近 500m 范围内的水域，对 500m 范围外的水动力的影响较小；项目建设后冲淤幅度不超过 0.20m/a。本项目与周边航路、锚地距离较远，项目建设基本不会影响周边航路、锚地的功能。项目施工期将投入一定数量的船舶，周边海域的船舶流量会有所增加，对通航环境产生一定影响。

5.2.3 对其他项目的影响分析

根据数值模拟结果，工程实施后对水动力环境的影响主要集中在工程所在区域附近 500m 范围内的水域，对 500m 范围外的水动力的影响较小；项目建设后冲淤幅度不超过 0.20m/a；施工期悬沙扩散浓度大于 10mg/L 包络面积为 0.042km²，最大扩散距离为西北向 215m。中委广东石化 2000 万吨/年重油加工工程、广东揭阳 520 万方原油商业储备库建设工程配套码头工程、资深渔港、靖海渔港等其他项目与本项目距离 2.5km 及以上，项目建设基本不会对上述项目产生影响。

5.3 利益相关者界定

利益相关者指受到项目用海影响而产生直接利益关系的单位和个人。界定的利益相关者应该是与用海项目存在利害关系的个人、企事业单位或其他组织或团体。

通过对本项目附近用海现状的调查，综合分析项目用海对周边开发活动的影响情况，按照利益相关者的界定原则，界定本项目利益相关者为（涉密不公开）

5.4 需协调部门界定

项目施工期间将投入一定数量的船舶，周边海域的船舶流量会有所增加，对通航环境产生一定影响，界定项目协调部门为（涉密不公开）。

5.5 相关利益协调分析

（涉密不公开）

5.6 项目用海与国防安全和国家海洋权益的协调性分析

5.6.1 与国防安全和军事活动的协调性分析

本项目用海不涉及军事用海、军事禁区或军事管理区，其工程建设、生产经营不会对国防安全、军事活动产生不利影响。因此，本项目用海不涉及国防安全和军事活动的开展。

5.6.2 与国家海洋权益的协调性分析

海域是国家的资源，任何方式的使用都必须尊重国家的权力和维护国家的利益，遵守维护国家权益的有关规则，防止在海域使用中有损于国家海洋资源，破坏生态环境的行为。

本项目建设不涉及国家领海基点，不涉及国家秘密，本项目不会对国防安全和国家海洋权益产生影响。

6. 国土空间规划符合性分析

本项目位于《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》《揭阳市国土空间总体规划（2021-2035 年）》《惠来县国土空间总体规划（2021-2035 年）》的生态保护红线，属于《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）明确的、允许对生态功能不造成破坏的有限人为活动之一。

项目位于《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》的靖海湾砂质海岸-防护林保护修复单元，对“靖海湾砂质海岸-防护林保护修复”单元范围内各项生态修复任务的实施没有影响。

项目位于《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》的“前詹海岸防护物理防护极重要区生态保护区”和“前詹珍稀濒危物种分布区生态保护区”，项目建设符合所在功能区的管控要求。

7. 项目用海合理性分析

7.1 用海选址合理性分析

项目选址区位和社会条件的合理性分析

1. 区位条件

本项目位于惠来县靖海镇西南侧附近海域。施工用水、用电、通信方面均可依托后方陆域库区现有设施条件。邻近 G324 国道、沈海高速（G15），惠来沿海公路贯穿镇区，可快速连接揭阳、汕头、汕尾及珠三角；镇内路网完善，通达各行政村与渔港。地理位置有一定优越性。

2. 社会经济条件

根据《2025 年惠来国民经济和社会发展统计公报》，2025 年全县实现地区生产总值 566.74 亿元，同比增长 2.2%。第一产业增加值 73.30 亿元，同比增长 5.1%；第二产业增加值 315.73 亿元，与去年同期持平，其中，完成工业增加值 289.59 亿元，同比下降 1.0%，完成建筑业增加值 26.61 亿元，同比增长 15.7%；

第三产业增加值 177.71 亿元，同比增长 4.8%。三次产业比例为 12.9: 55.7: 31.4。人均地区生产总值 53098 元，同比增长 1.8%。区域的社会经济条件良好。

项目选址的水陆域设施基础条件好，项目附近有运输道路，工程所需人员、设备以及材料可经运输道路运抵施工现场，施工条件适宜。

因此，本项目选址区位和社会条件适宜。

7.1.1 项目选址与自然资源和海洋生态的适宜性分析

（1）海洋水文动力条件

本项目所在海区潮汐类型为不正规全日潮，观测期内各站点海流表现出了明显的往复流特征，2026 年 3 月调查期间观测期间最大涨潮流速为 106.7cm/s，最大落潮流速为 98.0cm/s。

项目对水动力环境的影响主要集中在工程所在区域附近 500m 范围内的水域，对 500m 范围外的水动力的影响较小。

项目排放水体为库区洁净雨水，属于淡水。工程所在惠来近岸海域潮流往复运动特征明显，水体交换条件较好；雨水排放规模 13.04m³/s，排放流量与海域纳潮能力相匹配。雨水水体温度随大气气温季节性变化，与近岸海水存在季节性温差：雨季雨水温度通常低于表层海水。在潮流扩散作用下，排水的温、盐差异只为阶段性引不会形成长期温度分层。结合区域风暴潮、径流、潮流组合工况分析，正常气象条件下，海域水文动力能够有效稀释排放雨水，排水口不会造成海域持续性水温异常。综合来看，本项目雨水排放量、水体温度与工程海域水文动力条件具有适宜性。

因此，本项目选址与海洋水动力条件相适宜。

（2）地形地貌和冲淤条件

根据《广东揭阳 520 万方原油商业储备库建设工程雨水排海管道项目海域测量及路由勘察技术报告》（广州南科海洋工程有限公司，2024 年 1 月）可知：从海底测扫声呐影像图分析，推测海底基岩深部为一整体构造，表层部分为中细砂覆盖，部分基岩出露海底。综合浅地层探测结果和工程地质钻孔岩芯资料，勘察路由中心线之间坚硬的中风化基岩层埋藏较深，均大于管道铺设设计深度，无需大规模开挖坚硬岩石，有利于管道埋设施工。

本项目选址于石碑山角海岸，该区域属基岩海岸，其靠岸区域水深较好，多年来岸滩稳定。根据项目附近近年海图，项目位置的-5m 水深基本无变化，反映出海床的淤积情况较低。海底地形整体变化平缓，该海域的地形地貌和冲淤条件适宜工程建设。

（3）工程地质

根据《广东揭阳 520 万方排海管道项目工程地质勘察报告（详细勘察）》（广州南科海洋工程有限公司，2024 年 4 月）相关结论：根据《建筑抗震设计规范》（GB50011-2010），场地抗震设防烈度为 7 度，设计基本地震加速度值为 0.10g，设计地震分组为第 2 组。本工程场区属建筑抗震的一般地段，但可进行工程建设。场地内未发现断裂构造迹象，区域构造稳定性一般，场地及其附近未发现不良地质作用，场地稳定性良好，适宜进行本工程建设。

（4）水深条件

本项目位于惠来县靖海镇西南侧附近海域，实测水深约 0.8m~4.7m，海底地形整体变化平缓。该水深条件为施工提供了有利环境，不仅大幅降低工程量，更有利于有效规避水下施工风险，保障管道安装与结构施工质量。因此，项目所在海域水深条件完全满足工程建设需求。

（5）工程安全以及工程施工的难易程度

本项目在工程施工前和施工过程中进行施工安全的教育和培训，学习施工的各种安全措施和急救方法，对施工人员发放必需的各种配套的施工服、手套、头盖等劳保用品，保证施工安全。项目施工难度较为简单，施工时间也较短。因此，项目的工程安全有所保障。

（6）海洋生态

根据海洋环境现状调查资料，项目海域水质、沉积物和生物质量良好，项目施工和运营过程中对生态环境和自然资源的影响较小，在落实各项环保措施后，对水质、沉积物产生影响较小。

项目建设对海洋自然属性影响较小。项目采用顶管工艺，施工期基本不改变海域自然属性，且严格执行污染物零排放管控，对水生生态环境影响极小，施工适宜性良好。运营期排水具有显著的时段性，排放为洁净雨水。虽然排水口占用海域会对局部底栖生物生境造成一定掩埋破坏，但鉴于项目影响范围局限，项目

建设与区域生态环境承载力总体适应，生态环境适宜性良好。

7.1.2 项目选址与周边其他用海活动的适宜性分析

本项目所在及周边海域开发利用活动主要为现状养殖取水及排水管、其他工业用海、港口用海、渔业基础设施用海、航路、锚地等。本项目利益相关者为项目建设涉及的现状养殖取水及排水管的所属人，需协调部门为揭阳海事局。

本项目后方陆域分布有较多养殖场，沙滩上有很多附近养殖场使用 PVC 管铺设的取水及排水管，这些管道从沙滩埋设伸入海中，形成纵横交错的网状。上述取水及排水管道可能对本项目施工造成影响，且无法绕行。此外，本项目施工亦可能对管道造成破坏，进而影响养殖场的正常取排水作业。因此，项目施工前应项目建设的现状养殖取水及排水管的所属人充分沟通、协调，取得其同意意见后方可开工建设。

为保证海上交通的正常秩序，在项目施工前，建设单位要制定详细的施工计划，对施工船只的活动时间及活动范围进行控制和规范，并及时与海事部门管理部门做好协调沟通。按照海事部门要求，施工前船舶进驻场地发布航行公告，设置航标、警示标志，明确标示施工水域。建设单位应严格按照相关主管部门要求进行施工，严格遵守《中华人民共和国海上交通安全法》的相关条例，并接受管理部门的监督和管理。

7.1.3 项目用海是否有利于海洋产业协调发展

本项目为广东揭阳 520 万方原油商业储备库洁净雨水外排管道，广东揭阳 520 万方原油商业储备库是揭阳临港石化仓储核心配套产业属于区域重点临港产业。洁净雨水排海管道属于临港石化产业必要配套基础设施，为库区安全运行、防汛排涝、场地水环境保护的必要配套市政设施。项目的建设可保障大型石化储备项目合法合规、安全稳定运营，完善临港工业片区排水体系，提升临港产业承载能力。直接服务地方主导海洋临港产业，助力海洋产业提质增效。

项目用海集约、布局合理、产业定位匹配，不与渔业、风电、港口、滨海旅游等海洋优势产业冲突，可有效支撑临港主导产业安全稳定发展，总体有利于区域海洋产业协调、高质量发展。

7.1.4 用海选址唯一性分析

2021 年 9 月，揭阳市生态环境局批复了广东揭阳 520 万方原油商业储备库建设工程（库区工程）环境影响报告书，其中针对库区雨水处理，批复提出：严格落实各项水污染防治措施，按照“清污分流、雨污分流、循环用水”的原则建设给排水系统，广东揭阳 520 万方原油商业储备库建设工程（库区工程）200 万立方米部分于 2022 年建成投产，320 万立方米部分于 2025 年底建成投产。其中洁净雨水管道工程与主体工程同步建设并投入使用。

目前广东揭阳 520 万方原油商业储备库整个库区收集的洁净雨水，从库区北侧雨水监测池以重力流方式、经埋地敷设的管道排放至西南侧，经跌水井+消力池消能后再溢流散排入南海。2025 年 5 月，揭阳市生态环境局为中石油（北京）商业储备油有限公司揭阳分公司颁发了雨水排放口许可证。

项目一期工程的雨排口位置已经确定并获得了批复，向海延伸前方为“前詹珍稀濒危物种分布区生态保护区”和“前詹海岸防护物理防护极重要区生态保护区”。

一期工程洁净雨水虽经消力池消能后部分减小了对海岸线的冲刷，但消力池至海边还有一定的距离，消力池外长期排水下对沙滩面还是会有一定的影响，为达到彻底消除外排口排水对沙滩影响的目的，需启动广东揭阳 520 万方原油商业储备库建设工程（库区工程）雨水排海管道改造工程，采用顶管下穿法施工，从底土穿过砂质自然岸线并向海延伸 182m，把洁净雨水排入海域。

项目选址符合相关规划和生态保护红线管控要求，与周边用海活动相协调，一期雨排口位置已批复，项目无法避让生态保护红线区，本工程属于一期工程的改造工程，选址具有唯一性。

7.2 用海平面布置合理性分析

本次建设内容为广东揭阳 520 万方原油商业储备库洁净雨水外排管道，项目起点接一期已建消力池出口，项目终点至排海管道末端。新建 DN2200 排海管道，

长度约 182m，设计规模为 13.04m³/s，设计管道按 30 年使用寿命设计。

7.2.1 是否体现节约集约用海的原则

本项目雨水排海管道工程平面布置充分考虑了周边海域开发利用现状、地形地貌及海洋环境等客观因素，严格遵循集约、节约用海原则。

项目用海靠岸一侧为砂质海岸，滩面平缓。为了减少对岸线的影响，项目采用顶管施工工艺从底土穿越岸线，在不改变岸线自然形态与生态功能的前提下实现管道敷设。新建排水管道长度是设计单位依据项目海域测量及路由勘察相关内容结合雨水排放量和附近周边的海底地形地貌综合考虑确定，根据排水口附近的海底标高和管道底高程，在此高程下管道布置可以顺利排水，且与严格保护岸段保持一定距离，从而最大限度减少海域占用。

项目排水口和管道的平面布置严格依据设计方案及《海籍调查规范》（HY/T124-2009）要求进行外扩。此外，排水管采用集中设置方式，极大提高了海域利用率，减少了海域闲置空间。管道工程平面布置大部分位于海底，仅占用海底空间，最大程度保持海域自然属性，为未来该区域海域资源（水体和水面）的重复利用预留了空间。

综上所述，本项目平面布置充分体现了集约、节约用海的原则。

7.2.2 是否有利于生态保护，并已避让生态敏感目标

本项目位于生态保护红线中的“前詹海岸防护物理防护极重要区生态保护区”和“前詹珍稀濒危物种分布区生态保护区”。本工程属于“必须且无法避让、符合县级以上国土空间规划的线性基础设施、通讯和防洪、供水设施建设和船舶航行、航道疏浚清淤等活动”，即“自然资发〔2022〕142号”文中明确的“对生态功能不造成破坏的有限人为活动”中的第6项，且对生态保护红线的影响在可控、可接受范围。

施工悬沙影响时间基本为施工期，施工期结束后其影响也逐渐消失，不会对海洋环境产生较大的不利影响。本项目施工污水等均进行收集处理，不外排海域，项目正常运营期没有污染物产生，项目对资源环境的影响在可接受范围内，体现了保护海洋生态环境的原则。

综上所述，本项目用海平面布置无法避让生态保护红线，会依法依规实施，并通过严格控制施工影响范围，确保了项目建设与生态保护相协调，体现了保护优先、绿色发展的用海理念。

7.2.3 能否最大程度地减少对水文动力环境和冲淤环境的影响

本项目建设规模较小，平面布置科学紧凑，不涉及围填海、深槽开挖等大规模海底地貌改造工程。通过采用顶管施工工艺，项目基本不改变海域自然属性，对海床地形的扰动被严格限制在极小范围内，不会改变附近海床地形与岸线形态，也不会明显改变项目所在海域及邻近海域的岸滩侵蚀与淤积现状。

虽然排水口涉及局部开挖取出机头，但开挖时间较短和施工范围较小极大程度地控制了施工悬浮物的扩散范围，避免了对海流动力条件及泥沙输移路径的显著干扰。同时，根据数值模拟结果，本项目对水动力环境的影响主要集中在工程所在区域附近 500m 范围内的水域，对 500m 范围外的水动力的影响较小。

根据数值模拟结果，项目建设后排海管道末端雨水排出时会导致平行于潮流方向的两侧流速减小，从而产生 0.01~0.20m/a 左右的淤积。同时，雨水排出时会导致垂直于潮流方向的两侧流速增大，从而产生 0.01~0.10m/a 左右冲刷。

因此，本项目建设对项目所在海域地形地貌和冲淤环境会造成一定的影响，但项目建设对周边海域的影响有限。项目平面布置能够最大程度减少对水文动力环境、冲淤环境的影响。

7.2.4 能否最大程度地减少对周边其他用海活动的影响

根据项目周边海域使用权属状况的资料收集情况及调访结果，项目周边的已确权用海项目有 17 项，其中与本项目最近的是位于项目东南侧 2.5km 处的中委广东石化 2000 万吨/年重油加工工程，项目申请用海范围与周边已确权用海项目不存在权属重叠。

根据本项目平面布置，通过严密、科学的施工组织 and 合理的生产调度，把工程安全、施工安全放在首位，做好施工作业的安全管理工作等措施，在做好利益

相关者协调沟通，并听从协调部门的协调安排的前提下，本项目用海平面布置能够减少对周边其他用海活动的影响。

7.3 用海方式合理性分析

根据《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（自然资发〔2023〕234号），项目用海类型为工矿通信用海（一级类）中的海底电缆管道用海（二级类）。根据《海域使用分类》（HY/T 123-2009），项目用海类型为海底工程用海（一级类）中的电缆管道用海（二级类）。

根据《海域使用分类》（HY/T 123-2009），项目雨水排海管道用海方式为其他方式（一级方式）中的海底电缆管道（二级方式）；排水口用海方式为其他方式（一级方式）中的取、排水口（二级方式）。

7.3.1 是否遵循尽最大可能不填海和少填海、不采用非透水构筑物，尽可能采用透水式、开放式的用海原则

本项目雨水排海管道用海方式为海底电缆管道；排水口用海方式为取、排水口。不涉及围填海和非透水构筑物，项目建设已遵循尽最大可能不填海和少填海、不采用非透水构筑物，尽可能采用透水式、开放式的用海原则。

7.3.2 能否最大程度地减少对海域自然属性的影响，是否有利于维护海域基本功能

本项目海底电缆管道和取、排水口的用海方式基本不会改变海域自然属性，在一定程度上有利于保持海域自然属性。

本项目雨水排海管道改造建设用海类型属于海底工程用海中的电缆管道用海，工程位于生态保护红线中的“前詹海岸防护物理防护极重要区生态保护区”和“前詹珍稀濒危物种分布区生态保护区”，因现状库区陆域雨水排水口所在区域位于海岸线严格保护岸段附近，洁净雨水虽经消力池消能后有效减小了对海岸线的冲刷，但消力池至海边还有一定的距离，消力池外长期排水下对沙滩面还是

会有一定的影响。基于远期考虑，需在消力池末端采用跌水井将水头标高降至-1m，再采用管道全埋于沙滩面以下外排入海，从而达到消除外排口排水对沙滩影响的目的，雨水排海管道改造工程是保障周边自然岸线的必要措施。本项目采用顶管施工工艺，属于非扰动性施工工艺，虽然排水口涉及局部开挖取出机头，开挖时间短，施工范围较小，施工期基本不改变海域自然属性，而开挖对海底底质及底栖生物栖息地的直接破坏，会在施工结束后会逐步恢复，悬浮泥沙影响严格限制在极小范围内，避免了对周边水生生态环境的大面积冲击。

运营期排水具有显著的时段性特征，仅在降雨时段发生，且介质为洁净雨水，不具备持续性污染特征。

根据数值模拟结果，本项目对水动力环境的影响主要集中在工程所在区域附近 500m 范围内的水域，对 500m 范围外的水动力的影响较小。

根据数值模拟结果，项目建设后排海管道末端雨水排出时会导致平行于潮流方向的两侧流速减小，从而产生 0.01~0.20m/a 左右的淤积。同时，雨水排出时会导致垂直于潮流方向的两侧流速增大，从而产生 0.01~0.10m/a 左右冲刷。对水文动力、冲淤环境产生的影响较小，因此，项目建设和运营不会对所在海洋功能区基本功能造成严重的、持续的影响，符合相关管控要求。

因此，项目用海方式基本不改变海域自然属性，与维护海域基本功能是相符的。

7.3.3 能否最大程度地减少对区域海洋生态系统的影响

本项目采用顶管施工工艺，属于非扰动性施工工艺，施工期基本不改变海域自然属性，虽然排水口涉及局部开挖取出机头，开挖时间短，施工范围较小，施工期基本不改变海域自然属性，并将悬浮泥沙影响严格限制在极小范围内，避免了对周边水生生态环境的大面积冲击。运营期排水具有显著的时段性特征，仅在降雨时段发生，且介质为洁净雨水，不具备持续性污染特征。

此外，项目严格执行污染物零排放管控，生活污水及固废均收集处置，严禁排海。

因此，本项目采用海底电缆管道和取、排水口的用海方式，不涉及围填海和非透水构筑物，有利于减少项目建设对区域海洋生态系统的影响，最大程度地减

少对区域海洋生态系统。

7.3.4 能否最大程度地减少对水文动力环境和冲淤环境的影响

本项目采用的用海方式能够最大程度地减少对水文动力环境及冲淤环境的影响。项目为雨水排海管道工程用海，不涉及围填海或大规模疏浚等改变海底地貌的工程行为，基本不改变海域自然属性，确保了项目所在海域及附近海域海岸侵蚀与淤积现状的稳定性。

管道末端涉及局部开挖取出机头，开挖时间短，施工范围小。根据数值模拟结果，本项目对水动力环境的影响主要集中在工程所在区域附近 500m 范围内的水域，对 500m 范围外的水动力的影响较小。

根据数值模拟结果，项目建设后排海管道末端雨水排出时会导致平行于潮流方向的两侧流速减小，从而产生 0.01~0.20m/a 左右的淤积。同时，雨水排出时会导致垂直于潮流方向的两侧流速增大，从而产生 0.01~0.10m/a 左右冲刷。

因此，本项目用海方式不会对海域生态环境、水文动力环境和冲淤环境造成明显影响。

综上所述，本项目用海方式是合理的。

7.4 占用岸线合理性分析

根据广东省政府 2022 年批复岸线，本项目涉及自然岸线长度 22.2m。项目采用顶管施工工艺底土穿越岸线，雨水排海管道需从海底底土穿越，在不改变岸线自然形态与生态功能的前提下实现管道敷设，不属于对岸线的实际占用。

由于雨水排海管道工程需从陆域连接海域，穿越岸线是项目功能实现的必经环节，具有不可替代性。依据《海岸线占补实施办法》（广东省自然资源厅 2025 年 6 月 12 日印发），本项目不属于《海岸线占补实施办法》规定的占用海岸线情形，属于允许实施且不计入岸线占用长度的工程类型。综上，项目不占用岸线，无需落实岸线占补。

7.5 用海面积合理性分析

7.5.1 申请用海面积

7.5.1.1 是否满足项目用海需求

目前广东揭阳 520 万方原油商业储备库整个库区收集的清净雨水，从库区北侧雨水监测池以重力流方式、经埋地敷设的管道排放至西南侧，经跌水井+消力池消能后再溢流散排入南海。

因现状库区陆域雨水排水口所在区域位于海岸线严格保护岸段附近，洁净雨水虽经消力池消能后有效减小了对海岸线的冲刷，但消力池至海边还有一定的距离，消力池外长期排水下对沙滩面还是会有一定的影响。基于远期考虑，需在消力池末端增设一座跌水井，再采用管道全埋于沙滩面以下外排入海，从而达到消除外排口排水对沙滩影响的目的。综上所述，广东揭阳 520 万方原油商业储备库建设工程（库区工程）雨水排海管道改造工程的建设，对环境保护、灾害预防等多个方面均有提升。不仅是对当前环境问题的有效应对，更是对未来可持续发展的有力保障。

根据《海域使用分类》（HY/T 123-2009），项目雨水排海管道用海方式为其他方式（一级方式）中的海底电缆管道（二级方式）；排水口用海方式为其他方式（一级方式）中的取、排水口（二级方式）。

本项目用海包括雨水排海管道和排水口。雨水排海管道申请用海面积 0.2257 公顷，排水口申请用海面积 2.5598 公顷。

（1）雨水排海管道用海需求

本项目雨水排海管道采用 DN2200 钢筋混凝土管，从库区北侧雨水监测池以重力流方式、经埋地敷设的管道，到跌水井+消力池，再通过排海管道进入海域，雨水排放量 $Q=13.04\text{m}^3/\text{s}$ ，最大流速为 1-1.5m/s，同时考虑与一期工程雨水管径保持一致，管径 2.2m 管道能够满足排水需求。长度是设计单位依据项目海域测量及路由勘察相关内容结合雨水排放量和附近周边的海底地形地貌综合考虑确定，根据排水口附近的海底标高和管道底高程，在此高程下管道布置可以顺利排水，且与严格保护岸段保持一定距离。在此条件下，依据《海籍调查规范》

(HY/T124-2009) “以电缆管道外缘线向两侧外扩 10m 距离为界”，结合雨水排海管道用海的布置，本项目雨水排海管道与取、排水口用海范围部分重叠，按照海域使用金征收标准的不同，采取就高不就低的原则：即取、排水口用海优先，雨水排海管道用海范围需避让排水口用海范围，最终计算得雨水排海管道申请用海面积为 0.2257 公顷，可满足雨水排海管道用海需求。

(2) 排水口用海需求

本项目在管道末端采用竖状放流管形式进行排水，依据《海籍调查规范》(HY/T124-2009) “工业取排水口用海，岸边以海岸线为界，水中以取排水设施外缘线外扩 80m 的矩形范围为界”。

本项目水中以雨水排海管道末端排水口设施外缘线外扩 80m，最终计算得排水口申请用海面积 2.5598 公顷，可满足排水口用海需求。

综上，本项目用海根据现状及面临的问题，结合周边用海现状确定，遵循总体布置原则，在充分研究、分析区域自然条件的基础上。本项目申请用海面积满足用海需求。

7.5.1.2 是否符合相关行业的设计标准和规范

1.与相关行业的设计标准和规范符合性

排海管道工艺直径的选择主要是依据管道流速来确定。

根据相关规范《给排水常用规范手册》等的要求，放流管道为了防止淤泥沉积的最小流速应为 0.6m/s，对于倒虹吸管要求设计流速应大于 0.9m/s。从经济因素考虑，规范还规定了经济流速，其值为 1-1.5m/s。

(1) 设计条件

雨水排放量 $Q=13.04\text{m}^3/\text{s}$;

(2) 管道工艺直径的选择

对应本工程雨水排放量，同时考虑与一期工程雨水管径保持一致，本次选用直径为 2200mm 的管道。

因此，本项目符合相关行业的设计标准和规范。

2.与《海籍调查规范》(HY/T 124-2009) 的符合性

本项目用海类型为海底工程用海中的电缆管道用海。用海方式包括其他方式

中的海底电缆管道和取、排水口。

根据《海籍调查规范》（HY/T 124-2009），为满足安全需求，排水口用海范围以排水口设施外缘线外扩 80m 的矩形范围为界，雨水排海管道的用海范围以管道外缘线向两侧外扩 10m 距离为界。

因此，根据工程设计和《海籍调查规范》（HY/T 124-2009）的要求，项目用海面积按照项目排水口和雨水排海管道的设计尺度进行绘制后进行计算。计算得出项目用海总面积为 2.7855 公顷，其中雨水排海管道 0.2257 公顷，排水口用海 2.5598 公顷。

7.5.1.3 减少项目用海面积的可能性

根据项目的总平面布置、结构尺度参数、《海籍调查规范》（HY/T 124-2009）所界定的用海范围和面积是满足项目用海需求的，也是必需的。项目规模大小合适，水域尺度设计符合规范和实际需要，综合项目用海面积的需要和对海洋生态环境、水文动力环境、泥沙冲淤环境的影响等多方面因素考虑，用海面积不能再减小。

7.5.2 宗海图绘制

7.5.2.1 测量相关说明

（1）宗海测量相关说明

根据《海域使用分类》（HY/T 123-2009）和《海籍调查规范》（HY/T 124-2009），广东海兰图环境技术研究有限公司负责进行本项目海域使用测量，测绘资质证书号为：乙测资字 44518541。

（2）执行的技术标准

- 1) 《海域使用面积测量规范》（HY/T 070-2022）；
- 2) 《海域使用分类》（HY/T 123-2009）；
- 3) 《海籍调查规范》（HY/T 124-2009）；
- 4) 《宗海图编绘技术规范》（HY/T 251-2018）；
- 5) 《海域立体分层设权宗海范围界定指南（试行）》（自然资源部，2023

年 11 月)；

6) 《广东省海域使用权立体分层设权宗海范围界定及宗海图编绘技术规范(试行)》(广东省自然资源厅, 2024 年 6 月)。

7.5.2.2 宗海界址点的确定方法

(1) 雨水排海管道用海界址点的确定

依据《海籍调查规范》(HY/T124-2009)海底管道用海范围为管道外缘线外扩 10m 为界, 本项目以雨水排海管道外缘线外扩 10m 为界来确定界址点。

- ① 1-2 界址线: 以雨水排海管道末端排水口设施外缘线外扩 80m 的用海范围与雨水排海管道外缘线外扩 10m 相交处为界;
- ② 2-3 界址线: 以雨水排海管道外缘线外扩 10m 为界;
- ③ 3-4 界址线: 以雨水排海管道外缘线外扩 10m 与广东省政府 2022 年批复岸线相交处为界;
- ④ 4-1 界址线: 以雨水排海管道外缘线外扩 10m 为界;

(2) 排水口用海界址点的确定

依据《海籍调查规范》(HY/T124-2009)“工业取排水口用海, 岸边以海岸线为界, 水中以取排水设施外缘线外扩 80m 的矩形范围为界”, 本项目水中以雨水排海管道末端排水口设施外缘线外扩 80m 的矩形范围为界来确定界址点。

5-6-7-2-1-8-5 界址线: 以雨水排海管道末端排水口设施外缘线外扩 80m 的矩形范围为界。

7.5.2.3 宗海图的绘制

(1) 宗海位置图的绘制方法

宗海位置图采用图号为 81001 的海图, 坐标系为 2000 国家大地坐标系(CGCS2000), 深度以理论最低潮面为基准(单位为米), 高程以 1985 国家高程为基准(单位为米), 图式采用 GB12319-1998。将上述图件作为宗海位置图的底图, 根据海图上附载的方格网经纬度坐标, 将用海位置叠加至上述图件中, 并填上《海籍调查规范》(HY/T 124-2009)上要求的其他海籍要素, 形成宗海

位置图。

(2) 宗海平面布置图和宗海界址图的绘制方法

利用委托方提供的项目平面布置图及数字化地形图作为宗海平面图的基础数据，矢量化地形图作为宗海界址图的底图，根据《海籍调查规范》（HY/T 124-2009）《宗海图编绘技术规范》（HY/T 251-2018）对宗海和宗海内部单元的界定原则，形成用海单元的界址范围。

(3) 宗海立体空间范围示意图的绘制方法

根据《海域立体分层设权宗海范围界定指南（试行）》和《广东省海域使用权立体分层设权宗海范围界定及宗海图编绘技术规范（试行）》的绘制要求，利用相关软件绘制宗海立体空间范围示意图。

7.5.2.4 宗海界址点坐标

绘制属于高斯投影下的平面坐标，高斯投影平面坐标转化为大地坐标（经纬度）即运用了高斯反算过程所使用的高斯反算公式算出。根据数字化宗海平面图上所载的界址点 CGCS2000 大地坐标系，利用相关测量专业的坐标换算软件，输入必要的转换条件，自动将各界址点的平面坐标换算成以高斯投影、116°30′为中央子午线的 CGCS2000 大地坐标。

高斯投影反算公式：

$$\begin{aligned} l &= \frac{1}{\cos B_f} \left(\frac{y}{N_f} \right) \left[1 - \frac{1}{6} (1 + 2t_f^2 + \eta_f^2) \left(\frac{y}{N_f} \right)^2 \right. \\ &\quad \left. + \frac{1}{120} (5 + 28t_f^2 + 24t_f^4 + 6\eta_f^2 + 8\eta_f^2 t_f^2) \left(\frac{y}{N_f} \right)^4 \right] \\ B &= B_f - \frac{t_f}{2M_f} y \left(\frac{y}{N_f} \right) \left[1 - \frac{1}{12} (5 + 3t_f^2 + \eta_f^2 - 9\eta_f^2 t_f^2) \left(\frac{y}{N_f} \right)^2 \right. \\ &\quad \left. + \frac{1}{360} (61 + 90t_f^2 + 45t_f^4) \left(\frac{y}{N_f} \right)^4 \right] \end{aligned}$$

7.5.3 项目用海面积量算

(1) 宗海面积的计算方法

本次宗海面积计算采用坐标解析法进行面积计算,即利用各点平面坐标计算面积,通过计算直接求得用海面积。

(2) 宗海面积的计算结果

根据《海籍调查规范》(HY/T 124-2009)及本项目用海的用海类型,本项目雨水排海管道用海方式为其他方式(一级方式)中的海底电缆管道(二级方式);排水口用海方式为其他方式(一级方式)中的取、排水口(二级方式)。

本项目用海包括雨水排海管道和排水口。雨水排海管道申请用海面积 0.2257 公顷,排水口申请用海面积 2.5598 公顷。

广东揭阳520万方原油商业储备库建设工程（库区工程）雨水排海管道改造工程宗海位置图

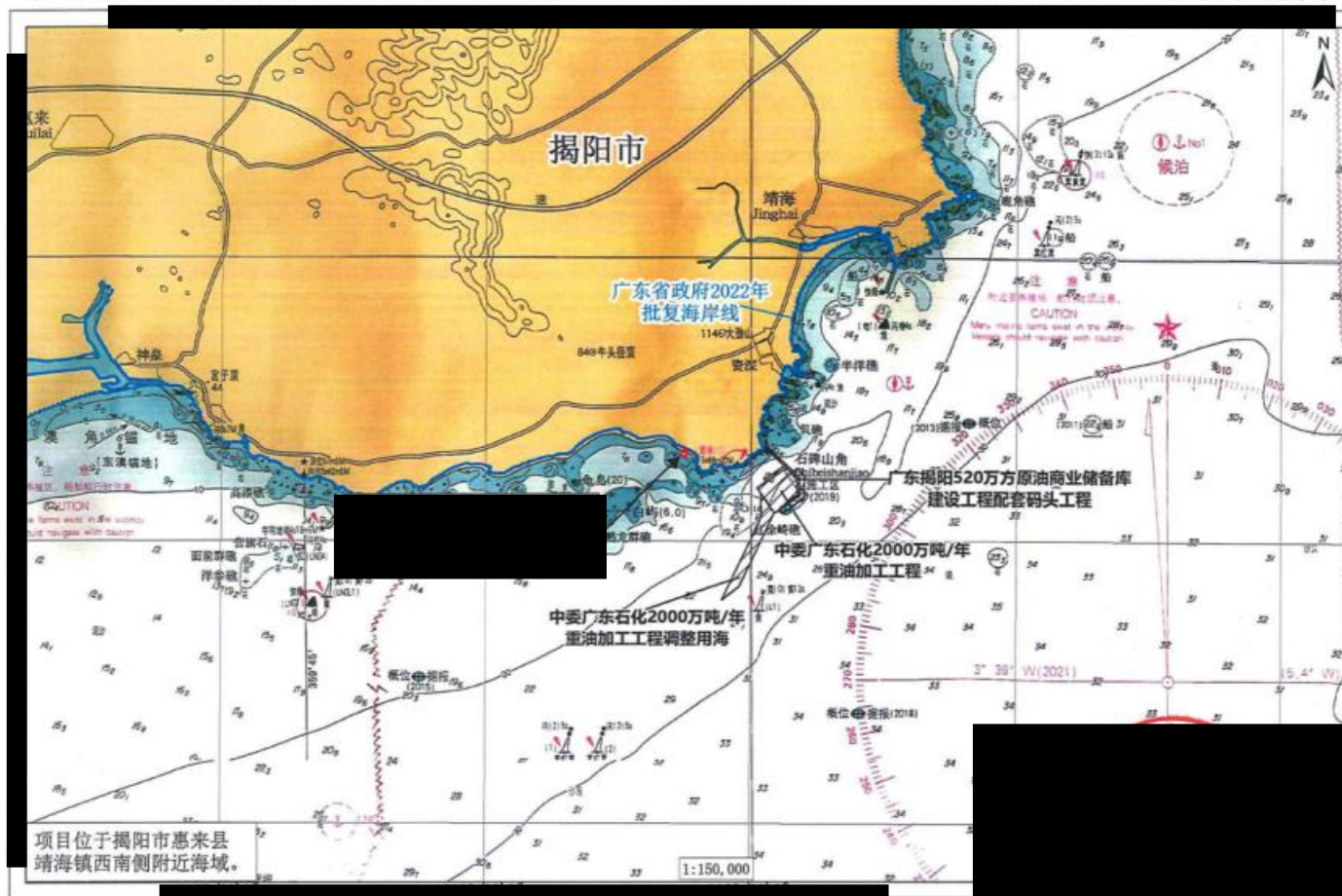


图 7.5.3-1 项目宗海位置图

广东揭阳520万方原油商业储备库建设工程（库区工程）雨水排海管道改造工程宗海平面布置图

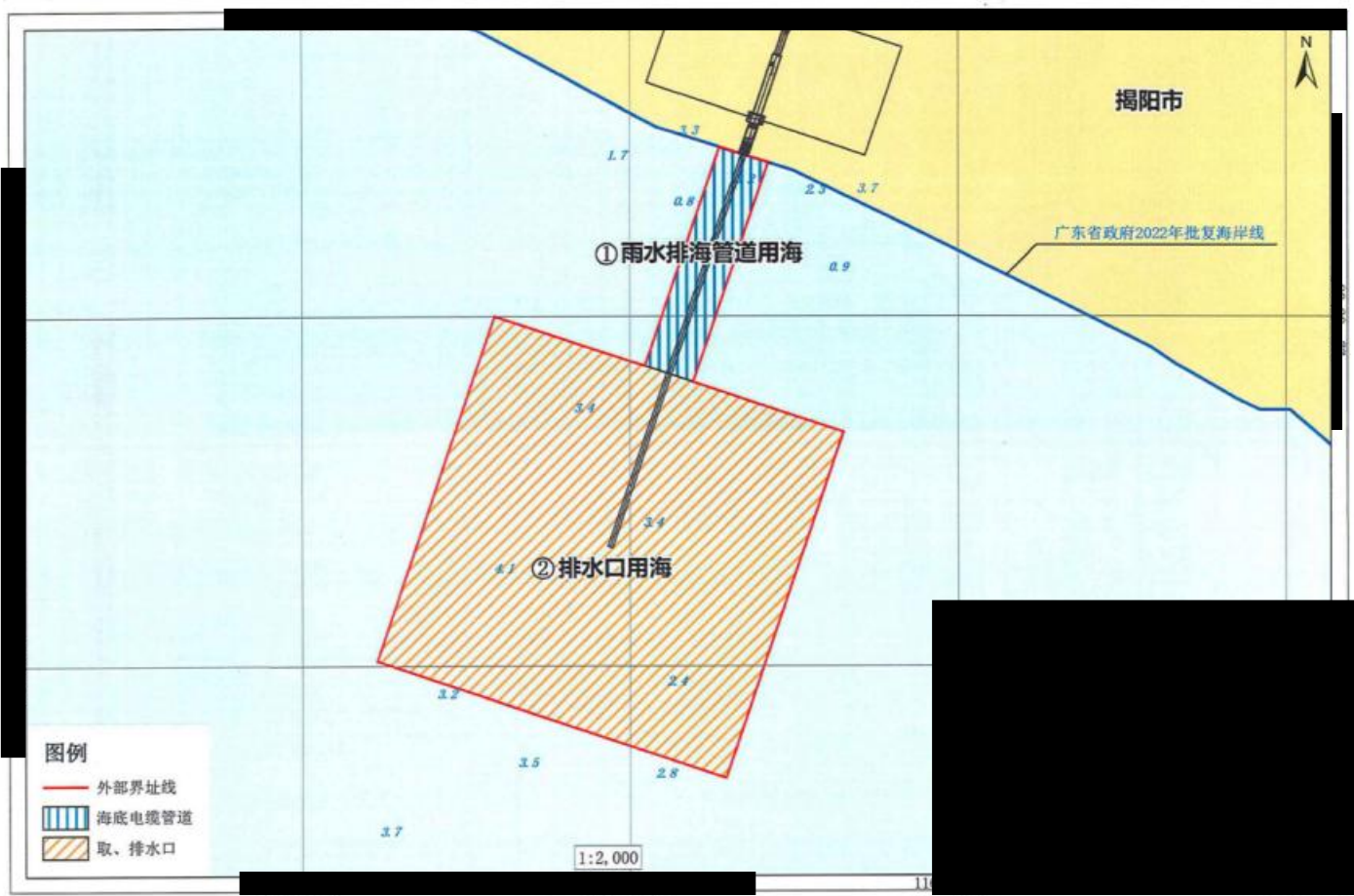


图 7.5.3-2 项目宗海平面布置图

广东揭阳520万方原油商业储备库建设工程（库区工程）雨水排海管道改造工程宗海界址图

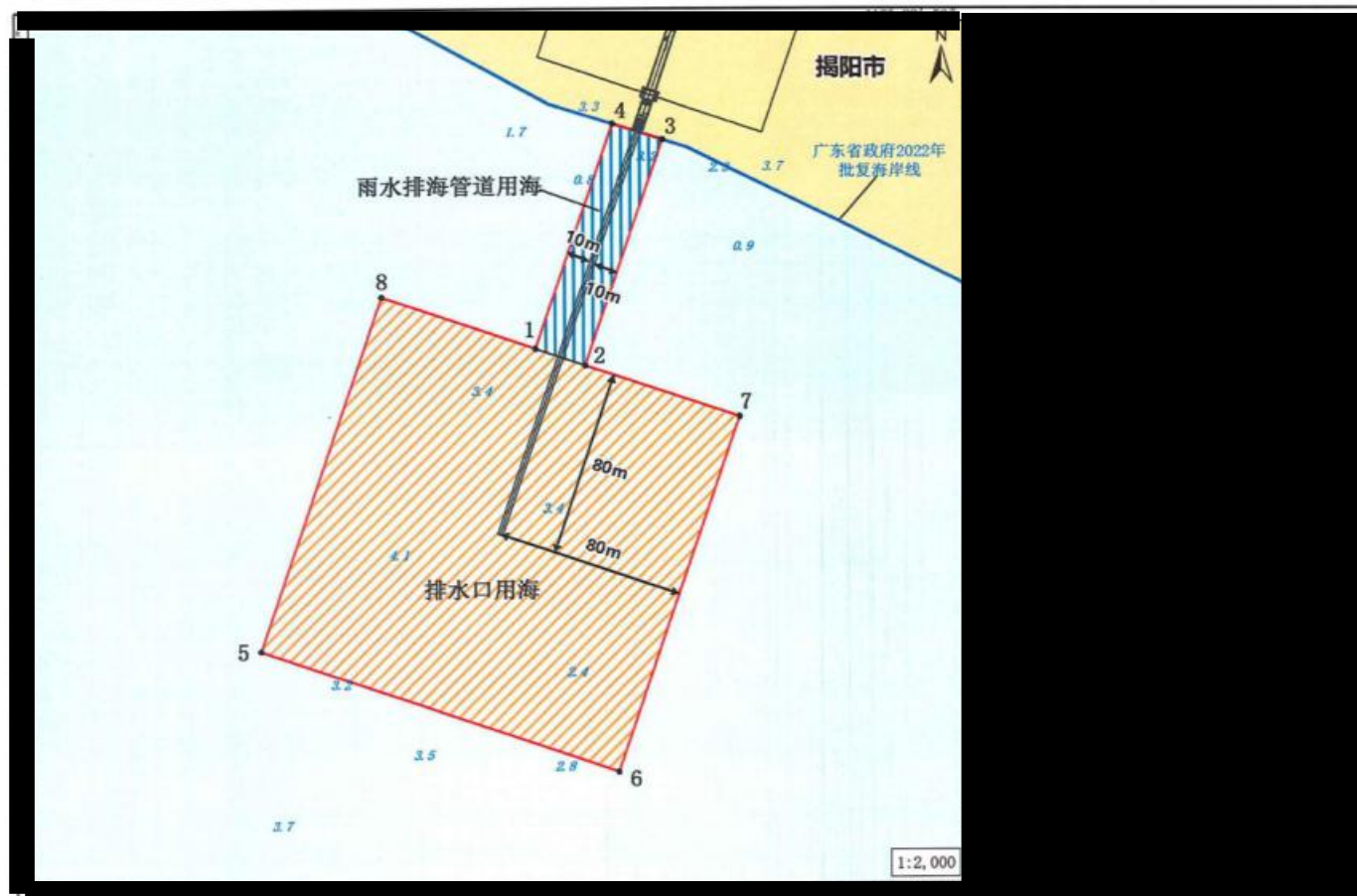


图 7.5.3-3 项目宗海界址图

广东揭阳520万方原油商业储备库建设工程（库区工程）雨水排海管道改造工程（雨水排海管道用海）宗海立体空间范围示意图

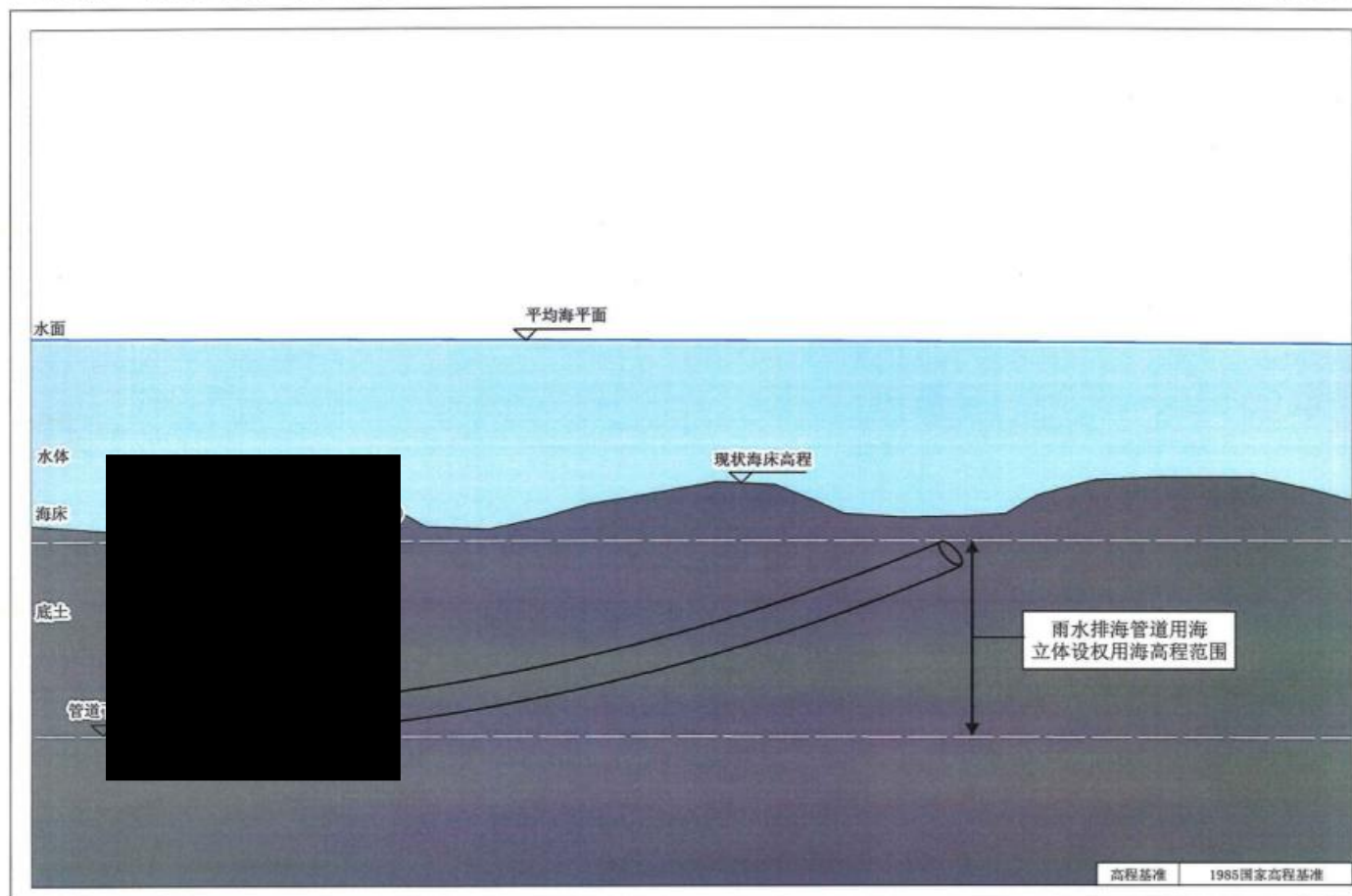


图 7.5.3-4 项目（雨水排海管道用海）宗海立体空间范围示意图

广东揭阳520万方原油商业储备库建设工程（库区工程）雨水排海管道改造工程（排水口用海）宗海立体空间范围示意图

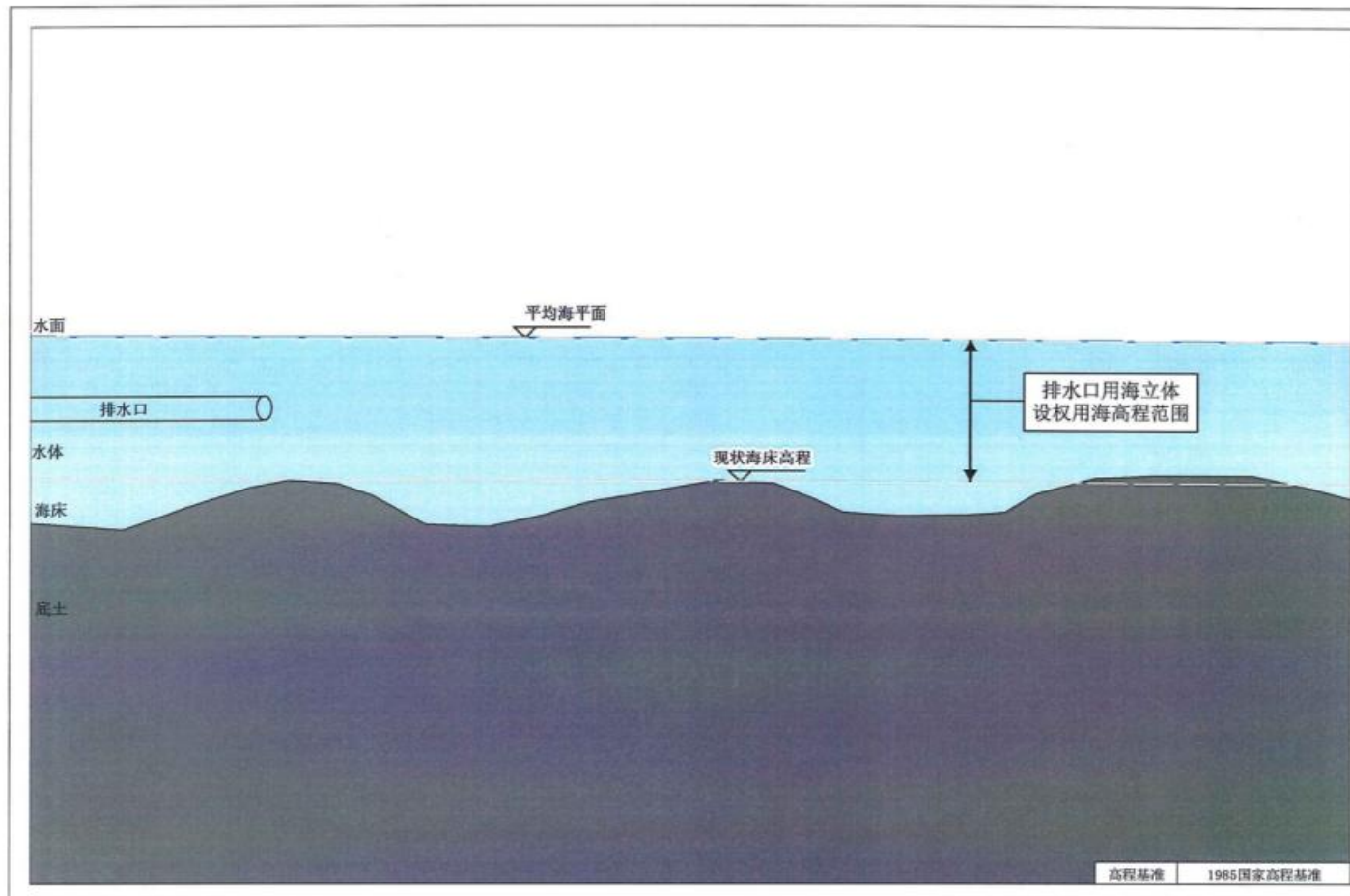


图 7.5.3-5 项目（排水口用海）宗海立体空间范围示意图

7.6 立体设权合理性分析

7.6.1 立体设权范围

本项目拟采取分层立体设权，根据《广东省海域使用权立体分层设权宗海范围界定及宗海图编绘技术规范（试行）》相关要求，本项目拟采取立体分层设权，雨水排海管道立体设权空间层为底土，用海空间确权范围为管道下缘高程至管道实际使用顶高程，立体设权高程范围为-3.6m~-1.4m（1985 国家高程基准）；排水口立体设权空间层为海床和水体，立体设权高程范围为现状海床高程至平均海平面（1985 国家高程基准）。

7.6.2 立体设权必要性分析

随着海洋经济快速发展，用海需求持续增加，海域空间资源稀缺性日益凸显。开展海域立体分层设权是完善海域资源资产产权制度、丰富海域使用权权能的重要举措，也是缓解用海矛盾、提高资源利用效率的必然选择，对于促进海域资源节约集约利用和有效保护、推动海洋经济高质量发展、加强海洋生态文明建设具有重要意义。本项目与周边海域开发活动可利用不同层次的海域空间，具备立体设权的条件。

立体分层设权的项目用海，按照“一物一权、一证一缴”的方式征收海域使用金，同一海域立体分层设权的每一个项目，均视为独立的征收对象，依据其用海方式，分别按规定征收海域使用金，本项目立体设权符合相关海域管理要求，提高了海域有限资源的利用效率。

综合以上分析，本项目采取立体设权方式用海，具有必要性。

7.6.3 立体设权可行性分析

7.6.3.1 海域管理政策的可行性分析

《中华人民共和国海域使用管理法》所称海域，是指中华人民共和国内水、

领海的水面、水体、海床和底土。根据《海籍调查规范》（HY/T 124-2009）5.2.5 宗海垂向范围界定，“遇特殊需要时，应根据项目用海占用水面、水体、海床和底土的实际情况，界定宗海的垂向使用范围”。

《自然资源部关于探索推进海域立体分层设权工作的通知》（自然资规〔2023〕8号）提出“海域是包括水面、水体、海床和底土在内的立体空间。对排他性使用海域特定立体空间的用海活动，同一海域其他立体空间范围仍可继续排他使用的，可仅对其使用的相应海域立体空间设置海域使用权。在不影响国防安全、海上交通安全、工程安全及防灾减灾等前提下，鼓励对跨海桥梁、养殖、温（冷）排水、海底电缆管道、海底隧道等用海进行立体分层设权，生产经营活动存在冲突的除外。其他用海活动经严格论证具备立体分层设权条件的，也可进行立体分层设权。”

根据《广东省自然资源厅关于推进海域使用权立体分层设权的通知》（粤自然资规字〔2023〕5号），完全改变海域自然属性的填海，排他性较强或具有安全生产需要的海砂开采、油气开采等海底矿产资源开发活动以及军事用海等特殊用海，不予立体设权。

本项目为雨水排海管道工程，项目用海包括雨水排海管道和排水口，用海不涉及填海、海砂开采、油气开采等海底矿产资源开发活动以及军事用海等特殊用海，本项目用海范围内无已确权项目，按照《自然资源部关于探索推进海域立体分层设权工作的通知》（自然资规〔2023〕8号），其他用海活动经严格论证具备立体分层设权条件的，也可进行立体分层设权。

本项目海域使用类型为海底工程用海（一级类）中的电缆管道用海（二级类），雨水排海管道用海方式为海底电缆管道，排水口用海方式为取、排水口。本项目拟采取立体确权，符合相关海域管理要求，提高了海域有限资源的利用效率。

7.6.3.2 利益相关者可协调性

根据《自然资源部关于探索推进海域立体分层设权工作的通知》（自然资规〔2023〕8号），在已设定海域使用权的海域进行立体分层设权，应与原海域使用权人协商一致达成协议后按程序办理用海手续，确保新设海域使用权与原海域使用权不存在权属冲突。

本项目用海范围与周边用海活动不存在权属重叠，项目用海与周边其他用海活动不存在权属冲突。

7.6.4 立体空间布置的合理性

根据《中华人民共和国海域使用管理法》，海域是指“中华人民共和国内水、领海的水面、水体、海床和底土”，明确海域是立体的空间资源且包含 4 个层次。从海域空间资源上看，每个层面的海域资源都有其特定的开发利用价值，本项目进行立体化开发利用将会大大提高海域资源节约集约利用的程度，对不同层面的海域进行确权，提高了海域空间资源的产权效率。本项目采用平面界址“四至”坐标和竖向分层的海籍信息表达方式，其中，宗海竖向边界采用“水面”“水体”“海床”“底土”定性表述及 1985 高程范围定量表述结合，宗海竖向边界范围根据设计标高确定，能够满足项目所需的海域空间承载范围。

7.7 用海期限合理性分析

本工程根据以下因素确定申请海域使用期限：

根据《中华人民共和国海域使用管理法》的规定：海域使用权最高期限，按照下列用途确定：

- (1) 养殖用海十五年；
- (2) 拆船用海二十年；
- (3) 旅游、娱乐用海二十五年；
- (4) 盐业、矿业用海三十年；
- (5) 公益事业用海四十年；
- (6) 港口、修造船厂等建设工程用海五十年。

本项目主要建设内容为雨水排海管道，《中华人民共和国海域使用管理法》规定建设工程用海期限不超过 50 年。本项目的雨水排海管道设计使用寿命为 30 年，综上，本项目申请用海期限为 30 年，是合理的，符合《中华人民共和国海域使用管理法》的要求。

8. 生态用海对策措施

8.1 生态用海对策

8.1.1 生态保护对策

8.1.1.1 设计阶段生态保护对策

本项目采取了顶管施工工艺穿越岸线，尽可能减少对海洋自然资源的占用，最大程度减少对海洋生态环境的影响。

8.1.1.2 施工阶段生态保护对策

(1) 基建期出场车辆宜经过洗轮机清洗，减少尘土飞扬对沿途的影响。

(2) 将产生高噪声的施工机械尽量安排在白天作业，禁止夜间使用打桩机，以减轻夜间噪声对环境的影响。施工时应设置防护围布以减轻噪声和扬尘影响，同时对不同的施工阶段应按《建筑施工场界噪声限值》对施工场界进行噪声控制。

(3) 应落实生活污水的收集处理措施，施工单位依托后方陆域库区已有的生活设施。

(5) 加强施工期的余土和建筑垃圾的管理，施工单位应当规范运输、不能随意倾倒、堆放建筑垃圾，施工结束后，应及时清运多余或废弃建筑垃圾。对于建筑垃圾，其中的钢材可以回收利用，其它混凝土块与弃土、弃渣均为无机物，可用于地基或低洼地的回填。生活垃圾要定点收集，由当地环卫部门有偿清理外运，做到垃圾日产日清，不得随意倾倒。

(6) 严格在申请用海范围内进行施工作业，采用 GPS RTK 精准定位开挖范围，避免超挖。优化施工组织设计，尽可能减少海底开挖面积和开挖量，缩短水下作业时间。

(7) 合理安排施工季节，施工期应避开海洋鱼类产卵、繁殖高峰季节（如 3 月至 7 月），减轻项目对渔业资源的不利影响。避免在雨季、台风及天文大潮

等不利气象条件下进行施工，减少沙土冲刷流失量。

8.1.1.3 运营阶段生态保护对策

营运期本项目为清洁雨水排放，基本不会对海洋生态环境产生不利影响。

8.1.2 生态跟踪监测

根据报告第 4 章节资源生态影响分析结果，参照《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》提出生态跟踪监测方案，建设单位必须定期委托有资质的环境监测部门对项目进行生态跟踪监测，并提交具计量认证的跟踪监测分析测试报告，为主管部门对该项目进行生态环境监管提供技术依据，避免因工程建设和环境污染造成的纠纷和损害。

8.1.2.1 海洋环境质量生态跟踪监测

由于本项目营运期为清洁雨水排放，基本不会对海洋生态环境产生不利影响，因此本项目不开展运营期海洋环境质量监测，以下为本项目施工期海洋环境质量监测方案。

(1) 监测范围和站位

在项目所在周边海域布设 4 个监测站位，包括水质、沉积物、生物质量、海洋生态和渔业资源站位 3 个，潮间带生物站位 1 个，具体坐标见表 8.1.2-1 和图 8.1.2-1。

表 8.1.2-1 海洋环境监测站位表

序号	北纬	东经	监测内容
1			潮间带生物
2			水质、沉积物、生物质量、海洋生态
3			水质、沉积物、生物质量、海洋生态
4			水质、沉积物、生物质量、海洋生态

(涉密不公开)

表 8.1.2-1 施工期生态跟踪监测站位示意图

(2) 监测项目及方法

海水水质监测因子：pH 值、无机氮、活性磷酸盐、铜、铅、锌、镉、石油

类、悬浮物、COD 等；

海洋沉积物监测因子：有机碳、铜、铅、镉、锌、铬、总汞、石油类等；

海洋生态监测因子：叶绿素 a、初级生产力、浮游植物、浮游动物、底栖生物、潮间带生物、渔业资源（鱼卵仔稚鱼、游泳生物）、生物质量（石油烃、Cu、Pb、Cd、Zn 等）。

各监测项目的具体采样及监测分析按照《海洋调查规范》（GB 12763.8-2007）和《海洋监测规范》（GB/T 12763-2007，其中第 3 部分为 GB/T 12763.3-2020）的要求进行。

（3）监测时间与频率

海水水质：施工中期进行 1 次监测；施工结束后进行 1 次后评估监测。

海洋沉积物：施工中期进行 1 次监测；施工结束后进行 1 次后评估监测。

海洋生态：施工中期进行 1 次大潮期的监测；施工结束后进行 1 次后评估监测。

8.1.2.2 岸线跟踪监测

建议建设单位对项目所在的砂质岸线进行跟踪监测。监测计划的实施由业主委托有关单位开展，技术要求按照有关监测规范执行。

根据所在海域环境特点及工程特征，制定砂质岸线跟踪监测方案。监测及分析方法参考《海岸带生态系统现状调查与评估技术导则》（T/CAOE 20.8-2020）及《海滩养护与修复技术指南》（HY/T 255-2018）。

（1）监测内容

大潮期间在监测区域采集多个岸线特征的高程点，取其平均值作为岸线高程进行岸线监测；

（2）监测范围

岸线测量时，沿着岸线高程等高线每隔一定间距采集一个地形点，沿岸测量项目所在岸段及附近区域海岸线。

（3）监测频率

项目竣工后的冬夏两季各调查 1 次。

（涉密不公开）

图 8.1.2-2 岸线监测位置示意图

8.2 生态保护修复措施

根据本报告前文分析，本项目建设造成底栖生物直接损失量为 2.74kg，渔业资源直接损失量为：游泳生物 0.94kg、鱼卵 1.88×10^4 粒、仔稚鱼 1.04×10^4 尾，本项目建设对海洋生态环境的影响小。另外，本项目为广东揭阳 520 万方原油商业储备库洁净雨水外排管道改造项目，是广东揭阳 520 万方原油商业储备库建设工程（库区工程）雨水排海管道改造工程落实水污染防治的具体措施，项目本身即为环境保护基础设施工程，其建设目的在于完善雨水排放系统、落实水污染防治要求，从源头上保障区域水环境安全。

综上，本项目无需进行生态修复。

9. 结论

9.1 结论

9.1.1 项目用海基本情况

目前广东揭阳 520 万方原油商业储备库整个库区收集的清净雨水，从库区北侧雨水监测池以重力流方式、经埋地敷设的管道排放至西南侧，经跌水井+消力池消能后再溢流散排入南海。

因现状库区陆域雨水排水口所在区域位于海岸线严格保护岸段附近，洁净雨水虽经消力池消能后有效减小了对海岸线的冲刷，但消力池至海边还有一定的距离，消力池外长期排水对沙滩还是会有一定的影响。基于远期考虑，需在消力池末端采用跌水井将水头标高降至-1m，再采用管道全埋于沙滩面以下外排入海，从而达到消除外排口排水对沙滩影响的目的。因此需启动广东揭阳 520 万方原油商业储备库建设工程（库区工程）雨水排海管道改造工程（项目代码：2606-445224-04-05-209146），建设单位为中石油（北京）商业储备油有限公司揭阳分公司。

本次建设内容为广东揭阳 520 万方原油商业储备库洁净雨水外排管道，项目位于广东省揭阳市惠来县靖海镇西南侧附近海域。项目起点接一期已建消力池出口，项目终点至排海管道末端。新建 DN2200 排海管道，长度 182m，设计规模为 13.04m³/s，设计管道按 30 年使用寿命设计。

根据《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（自然资发〔2023〕234 号），项目用海类型为工矿通信用海（一级类）中的海底电缆管道用海（二级类）。根据《海域使用分类》（HY/T 123-2009），项目用海类型为海底工程用海（一级类）中的电缆管道用海（二级类）。

项目雨水排海管道用海方式为其他方式（一级方式）中的海底电缆管道（二级方式）；排水口用海方式为其他方式（一级方式）中的取、排水口（二级方式）。

本项目申请用海面积共 2.7855 公顷。雨水排海管道申请用海面积 0.2257 公顷，排水口申请用海面积 2.5598 公顷。

本项目拟采取立体分层设权，雨水排海管道立体设权空间层为底土，用海空间确权范围为管道下缘高程至管道实际使用顶高程，立体设权高程范围为-3.6m~-1.4m（1985 国家高程基准）；排水口立体设权空间层为海床和水体，立体设权高程范围为现状海床高程至平均海平面（1985 国家高程基准）。

本项目底土穿越自然岸线长度 22.2m，不改变岸线自然形态与生态功能。

本项目结合雨水排海管道设计使用寿命申请用海期限为 30 年。

9.1.2 项目用海必要性结论

本项目为广东揭阳 520 万方原油商业储备库建设工程（库区工程）雨水排海管道改造工程，项目起点接一期已建消力池出口，项目终点至排海管道末端。新建 DN2200 排海管道，长度 182m，设计规模为 13.04m³/s，设计管道按 30 年使用寿命设计，可消除现状陆域外排口排水对严格保护岸段影响。本项目雨水经统一收集后通过管道输送至海域排放，排海管道的建设需要占用一定的海域，用海方式是取、排水口和海底电缆管道，因此本项目用海是必要的。

9.1.3 项目用海资源生态影响分析结论

（1）对水动力影响

根据数值模拟结果，本项目建设完成后，涨急时刻，项目附近流速变化量为-0.065~0.017m/s，流向变化量为-99.89~9.40°；落急时刻，项目附近流速变化量为-0.066~0.012m/s，流向变化量为-133.02~10.29°。总体上，项目对水动力环境的影响主要集中在工程所在区域附近 500m 范围内的水域，对 500m 范围外的水动力的影响较小。

（2）对地形地貌和冲淤影响

根据数值模拟结果，项目建设后排海管道末端雨水排出时会导致平行于潮流方向的两侧流速减小，从而产生 0.01~0.20m/a 左右的淤积。同时，雨水排出时会导致垂直于潮流方向的两侧流速增大，从而产生 0.01~0.10m/a 左右冲刷。

（3）对水质和沉积物的影响

根据数值模拟结果，施工期悬沙扩散浓度大于 10mg/L 包络面积为 0.042km²；大于 20mg/L 包络面积为 0.017km²；大于 50mg/L 包络面积为 0.007km²；大于

100mg/L 包络面积为 0.004km²。总体上，悬浮泥沙的影响是暂时的，悬沙影响时间基本为施工期间，施工结束后其影响也逐渐消失，不会对水质和沉积物产生较大的不利影响。

（4）对海洋生态的影响

项目生态影响包括直接影响和间接影响两个方面，直接影响主要是施工直接对底栖生物生境造成了破坏，改变底栖生物栖息地；间接影响是施工产生的悬浮泥沙使工程附近海域的悬浮物浓度增加对海洋生态环境造成一定影响。

根据本报告第 4 章分析，项目施工期造成的底栖生物损失量为 2.74kg，施工产生的悬浮泥沙扩散造成渔业资源直接损失量为：游泳生物 0.94kg、鱼卵 1.88×10⁴ 粒、仔稚鱼 1.04×10⁴ 尾。本项目建设对海洋生态环境的影响小。

9.1.4 海域开发利用协调分析结论

本项目所在及周边海域开发利用活动主要为现状养殖取水及排水管、其他工业用海、港口用海、渔业基础设施用海、航路、锚地等。本项目利益相关者为项目建设涉及的现状养殖取水及排水管的所属人，协调部门为揭阳海事局。项目建设前做好利益相关者协调沟通，并听从协调部门的协调安排，与周边其他用海活动可协调。

本项目用海不涉及国防安全和军事活动的开展；项目建设不涉及国家领海基点，不涉及国家秘密，本项目不会对国防安全、国家海洋权益产生影响。

9.1.5 国土空间规划符合性分析结论

本项目位于《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》《揭阳市国土空间总体规划（2021-2035 年）》《惠来县国土空间总体规划（2021-2035 年）》的生态保护红线或生态保护区，项目属于《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）明确的、允许对生态功能不造成破坏的有限人为活动之一（“6.必须且无法避让、符合县级以上国土空间规划的线性基础设施、通讯和防洪、供水设施建设，以及船舶航行、航道疏浚清淤等活动；已有的合法水利、交通运输等设施的运行维护改造”）。

项目位于《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》的靖海湾砂质海岸-防护林保护修复单元，对“靖海湾砂质海岸-防护林保护修复”单元范围内各项生态修复任务的实施没有影响。

项目位于《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》的“前詹海岸防护物理防护极重要区生态保护区”和“前詹珍稀濒危物种分布区生态保护区”，项目建设符合所在功能区的管控要求。

9.1.6 项目用海合理性分析结论

本工程位于揭阳市惠来县靖海镇西南侧附近海域。各项外部条件均能满足本项目的需要，项目所处区位和社会经济条件可以满足项目建设和运营的要求。项目选址区的地质条件、水动力条件、水深条件、地形地貌与冲淤环境等均适宜项目建设的需要。项目选址与周边海域开发活动具有较好的协调性。

本项目用海平面布置能最大程度降低对水文动力环境的影响，通过合理布置体现了节约、集约用海，从而降低了对生态环境的影响，用海平面布置合理。

本项目用海方式充分考虑了工程的特点和工程建设的特殊要求、工程区域内的自然资源与环境条件、地质、地形条件、建设目标，是与区域自然条件及项目建设要求相适应的。在此自然环境条件和社会经济条件下，结合项目所在海域的开发利用现状和发展规划，确定了本项目的用海方式。因此，本项目采用的用海方式是合理的。

项目申请用海面积满足项目用海需求，符合有关行业的设计规范，宗海界址点的界定和宗海面积的量算符合《海籍调查规范》（HY/T 124-2009）等相关规范要求。

本项目主要建设内容为雨水排海管道，《中华人民共和国海域使用管理法》规定建设工程用海期限不超过 50 年。本项目的雨水排海管道设计使用寿命为 30 年，综上，本项目申请用海期限为 30 年是合理的，符合《中华人民共和国海域使用管理法》的要求。

综合考虑项目所在地的海域自然条件、环境、资源情况，区域社会、经济等各种因素，本项目选址合理，平面布置、用海方式、用海面积和用海期限合理。

9.2 项目用海可行性分析结论

项目的建设可满足库区雨水排放需求是完善库区基础设施的需要，可消除目前陆域消力池外排口排水对严格保护岸段的影响，落实环境保护、灾害预防等多个方面均有提升。不仅是对当前环境问题的有效应对，更是对未来可持续发展的有力保障。

项目选址、用海方式、用海面积和用海期限是合理的。严格按照批准的用海位置、面积、方式等进行工程建设，严格落实本报告书提出的生态用海措施，在做好海域环境保护工作的前提下，从海域使用角度出发，本项目用海是可行的。