

陆丰产业转移工业园五金配件分园电镀废水处理厂项目尾  
水排海工程

海域使用论证报告书  
(公示稿)

编制单位：广东智环创新环境科技有限公司  
统一社会信用代码：91440101MA59CHG40J  
二〇二六年一月

# 论证报告编制信用信息表

论证报告编号	4415812026000209		
论证报告所属项目名称	陆丰产业转移工业园五金配件分园电镀废水处理厂项目尾水排放工程		
<b>一、编制单位基本情况</b>			
单位名称	广东智环创新环境科技有限公司		
统一社会信用代码	91441581MA5D9J		
法定代表人	郭静翔		
联系人	林璟瑶		
联系人手机			
<b>二、编制人员有关情况</b>			
姓名	信用编号	本项论证职责	签字
相景昌	BH0	论证项目负责人	
相景昌	BH	1. 概述 9. 结论	
陆红兵	BH	2. 项目用海基本情况 5. 海域开发利用协调分析 7. 项目用海合理性分析 10. 报告其他内容	
蔡陈英	BH	3. 项目所在海域概况 6. 国土空间规划符合性分析 8. 生态用海对策措施	
杨青云	BH0	4. 资源生态影响分析	
<p>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。</p> <p>承诺主体(公章): 2026年1月28日</p>			

## 项目基本情况表

项目名称	陆丰产业转移工业园五金配件分园电镀废水处理厂项目尾水排放工程		
项目地址	陆丰市甲东镇妈祖庙附近甲子港海域		
项目性质	公益性 ( )	经营性 ( √ )	
用海面积	项目总用海面积 5.7469 公顷 (含施工用海面积 0.1614 公顷)	投资金额	20924.20 万元
用海期限	项目用海 40 年 (施工用海 6 个月)	预计就业人数	/ 人
占用岸线	总长度	35.29m	临近土地平均价格
	自然岸线	35.29m	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	污水达标排放：“排污倾倒用海” (一级类) 中的“污水达标排放用海” (二级类)	新增岸线	0m
用海方式		面积	具体用途
海底电缆管道		0.7984ha	排水管道用海
取、排水口		2.2991ha	排水口用海
污水达标排放		2.4880 ha	污水达标排放混合区用海
专用航道、锚地、其他开放式		0.1614ha	埋管施工用海
注：临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

### 一、项目概况及用海必要性

陆丰产业转移工业园五金配件分园电镀废水处理厂(以下简称“电镀废水处理厂”),位于陆丰产业转移工业园五金配件分园内,建设单位为陆丰万洋新环环保科技有限公司。该废水处理厂为陆丰产业转移工业园五金配件分园配套的工业污水处理厂,包括电镀废水处理系统和非电镀废水处理系统两部分,其中电镀废水处理系统规划建设规模为 $11000\text{m}^3/\text{d}$ ,非电镀废水处理系统规划建设规模为 $500\text{m}^3/\text{d}$ 。电镀废水处理厂拟分期建设,本期电镀废水处理系统设计处理规模为 $4000\text{m}^3/\text{d}$ ,非电镀废水处理系统设计处理规模为 $500\text{m}^3/\text{d}$ ,电镀废水处理厂设计处理规模合计为 $4500\text{m}^3/\text{d}$ 。

依据《陆丰产业转移工业园五金配件分园总体发展规划》《陆丰产业转移工业园五金配件分园总体发展规划环境影响报告书》及其审查意见,明确分园工业废水处理方案:电镀废水经拟建的电镀废水处理站处理,其中含总铬、六价铬污染物的生产废水全部回用不外排,其他生产废水经拟建的工业污水处理厂处理,生活污水依托甲东镇污水处理厂处理,确需外排的生产废水于甲子港海域离岸达标排放。生产废水排放应满足相应水污染物排放标准要求,排放量应控制在 $4521\text{m}^3/\text{d}$ 以内(其中电镀废水排放量不超过 $4245\text{m}^3/\text{d}$ ),化学需氧量、氨氮年排放量分别控制在114.7吨/年和14.2吨/年。

电镀废水处理厂本期尾水最大允许排放量为 $2100\text{m}^3/\text{d}$ ,包括电镀废水处理达标尾水最大排放量为 $1600\text{m}^3/\text{d}$ 、非电镀废水处理达标尾水最大排放量为 $500\text{m}^3/\text{d}$ 。

电镀废水处理厂处理达标尾水通过建设尾水排水管道在甲子港海域进行离岸排放,涉海段尾水排水管道管径为320mm,长度约444米,其中定向钻底土穿越施工110米,埋管施工334米(含扩散器90米,排水管道244米),埋管施工段设置宽15米、长334米的人工护坦。

陆丰产业转移工业园五金配件分园电镀废水处理厂项目尾水排放工程涉及用海,需严格履行相关审批程序,依法办理用海手续,确保项目合规推进。项目实施及用海必要性概述如下:

(一) 作为分园配套工程,电镀废水处理厂的建设是保障园区工业废水处理能力的关键举措。电镀废水处理厂(一期)建设设计处理规模为 $4500\text{m}^3/\text{d}$ ,其中电镀废水处理系统设计处理规模为 $4000\text{m}^3/\text{d}$ 、非电镀废水处理系统设计处理规模为 $500\text{m}^3/\text{d}$ ,电镀废

水中水回用率为 60%；电镀废水处理厂处理达标的尾水最大允许排放量为 2100m<sup>3</sup>/d，包括电镀废水处理达标尾水最大允许排放量为 1600m<sup>3</sup>/d、非电镀废水处理达标尾水最大允许排放量为 500m<sup>3</sup>/d，污水达标排放所形成的混合区需依法申请“污水达标排放”用海许可。

（二）电镀废水处理厂尾水需通过排水管道离岸排放，涉海段尾水排水管道长度约 444 米，其中定向钻底土穿越施工 110 米，埋管施工 334 米（含扩散器 90 米，排水管道 244 米），埋管施工段设置宽 15 米、长 334 米的人工护坦。尾水排水管道的建设涉及用海，需依法申请“海底电缆管道”用海许可。

（三）电镀废水处理厂尾水排放口设置在甲子港海域范围内，排放口扩散器长 90 米，设置宽 15 米、长 334 米的人工护坦，排水口需依法申请“取、排水口”用海许可。

（四）为防止海底水流冲刷导致的海床侵蚀，通过稳定海床土体减少管道悬空风险，避免因应力集中引发的管体位移或断裂。同时，为了分散水流冲击力，降低 PE 管材长期运行中的疲劳损伤，延长工程使用寿命，项目对开挖施工段排水管道设置宽 15 米、长 334 米的人工护坦，施工期间需对海底面进行开挖，开挖尺寸宽 45 米、长 334 米，施工范围超出项目主体用海范围部分需依法申请“专用航道、锚地、其他开放式”用海许可。

## 二、项目拟申请用海情况

1. 本项目为电镀废水处理厂尾水达标排放工程，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），项目海域使用类型为“特殊用海”（一级类）中的“排污倾倒用海”（二级类）；根据《海域使用分类》（HY/T 123-2009），项目用海类型属于“排污倾倒用海”（一级类）中的“污水达标排放用海”（二级类）。根据《海域使用分类》（HY/T 123-2009），项目涉及的用海方式主要包括“其他方式”（一级方式）中的“海底电缆管道用海”（二级方式）（排水管道用海）、“污水达标排放用海”（二级方式）（污水达标排放混合区用海）、“取、排水口用海”（二级方式）（排水口用海）。

本次申请用海根据工程建设内容以及广东省修测海岸线为界线进行用海面积界定后，拟申请用海总面积为 5.5855 公顷，其中海底电缆管道用海面积 0.7984 公顷，取、排水口用海面积 2.2991 公顷，污水达标排放用海面积 2.4880 公顷。项目申请用海期限为 40 年。

2.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),项目排水管道施工用海类型为“特殊用海”(一级类)中的“其他特殊用海”(二级类);根据《海域使用分类》(HY/T 123-2009),项目排水管道施工用海类型为“其他用海”(一级类)中的“其他用海”(二级类)。根据《海域使用分类》(HY/T 123-2009),项目施工用海方式为“开放式”(一级方式)中的“专用航道、锚地、其他开放式”(二级方式),申请用海面积约0.1614公顷,申请用海期限为6个月。

3.根据《广东省自然资源厅关于印发海岸线占补实施办法的通知》(广东省自然资源厅,2025年6月12日),“项目建设占用海岸线(包括大陆岸线和海岛岸线,均包含自然岸线和人工岸线)导致海岸线原有形态或生态功能发生变化,要进行海岸线整治修复,形成生态恢复岸线,实现海岸线占用与修复补充相平衡”,本项目排水管道定向钻底土穿越自然岸线(砂质岸线),占用海岸线35.29米,项目定向钻起点距离海岸线向陆一侧27米,终点距离海岸线向海一侧110米,底土穿越深度3米,不会导致海岸线原有形态或生态功能发生变化,无需进行海岸线占补。

### 三、海域开发利用协调分析

根据调查,项目论证范围内开发利用权属现状主要有陆丰市甲子镇瀛利浮排服务队临海工业用海(N,3.0km)、陆丰市甲子渔港避风锚地升级改造和整治维护项目(N,3.6km)、汕尾110千伏甲东输变电工程(N,5.8km)、广东陆丰甲湖湾电厂新建工程(2×1000MW)(W,7.8km)、中广核汕尾后湖海上风电场项目(S,11.5km)、中广核汕尾风渔融合示范项目(S,12.7km)。另外,项目用海附近分布有甲子港航道(W,0.1km)和13号锚地(S,0.09km)以及项目所在海域分布有少量小型渔船及渔民捕捞。

根据数值模拟分析,项目施工及运营期影响范围主要集中在项目附近,施工造成10mg/L悬沙最大增量仅影响施工区范围,扩散距离最大为0.3km,运营期尾水达标排放形成的混合区范围为0.02km<sup>2</sup>,距离排水口最远距离为0.12km,与周边海域开发利用现状无利益冲突。

项目污水达标排放用海邻近周边航道、锚地,但用海范围与周边航道、锚地不存在重叠,项目拟申请的用海范围与13号锚地最近距离约6米,与甲子港航道最近距离约45米。由于施工造成局部船只增多,施工前须与海事、交通部门协调。此外,根据现场踏勘情况,项目所在海域存在部分小型渔船及渔民捕捞,因施工将对该区域捕鱼和通行造成一定影响。为将项目建设对渔民生产生活的影响降至最低,需要由渔业主管部

门出面进行协调，正确引导渔船作业，以免误入施工区域，造成不必要的安全事故。

#### 四、项目用海规划符合性分析

本项目用海范围不涉及海洋生态保护红线，根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021—2035 年）》，项目用海范围全部位于“甲子港近岸渔业用海区”，属于达标尾水排放项目，因排水管道工程引起的悬浮泥沙影响是暂时的，施工结束后会逐渐消失；营运期通过本项目管道及排放口排放的均为经处理达标后的尾水，不会对所在渔业用海区水质环境产生较大的不利影响。

根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021—2035 年）》，“不损害海岸线原有形态或生态功能的，可在严格保护岸线保护范围内实施的项目包括……底土穿越的海底隧道和海底电缆管道；无需对海岸线进行改造施工的港池、蓄水以及离岸取、排水口等”。项目排水口离岸设置在 0 米等深线以下，排水管道采用定向钻施工工艺，底土穿越严格保护岸段，其中定向钻起点距离海岸线向陆一侧 27 米，终点距离海岸线向海一侧 110 米，底土穿越海岸线深度 3 米，不会损害海岸线原有形态或生态功能，项目运营期不会对海岸线原有形态及其生态功能造成影响。

工程用海符合《广东省国土空间规划（2021—2035 年）》《广东省国土空间生态修复规划（2021—2035 年）》《汕尾市国土空间总体规划（2021—2035 年）》《广东省海岸带及海洋空间规划（2021—2035 年）》《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》《产业结构调整指导目录（2024 年本）》《市场准入负面清单（2025 年版）》等相关规划相协调。

#### 五、资源生态影响及生态保护修复措施

项目用海未涉及生态保护红线，根据预测结果分析，项目施工产生的悬浮泥沙源强相对较小，且项目附近海域潮流动力条件较弱，其悬浮物扩散较慢，大多数悬浮物都在项目工程周边海域沉降，悬沙增量仅影响施工区范围。运营期正常达标尾水排放情况下，排水口附近预测因子无机氮出现轻微超标，超标范围约  $0.02\text{km}^2$ ，所形成的混合区面积较小，且超标范围不涉及临近近岸海域功能区。除无机氮外，其他预测因子化学需氧量、活性磷酸盐、石油类、总铜、总镍、锌在叠加背景浓度后均能够满足相应功能区海水水质标准要求，施工期及运营期对周边海洋生态环境的影响较小。项目冲淤强度较小，对区域水动力和地形影响有限，项目建设造成的底栖生物损失量约为 74.766kg、鱼卵损失 5521 粒，仔鱼损失 65068 尾，游泳生物损失 0.813kg，建设单位通过尽量避开鱼类产卵

高峰期，降低施工强度，工程建设对渔业资源的整体影响可控，符合生态保护要求。

# 目 录

项目基本情况表 .....	I
摘要 .....	- 1 -
一、项目概况及用海必要性 .....	- 1 -
二、项目拟申请用海情况 .....	- 2 -
三、海域开发利用协调分析 .....	- 3 -
四、项目用海规划符合性分析 .....	- 4 -
五、资源生态影响及生态保护修复措施 .....	- 4 -
目 录 .....	I
1 概述 .....	1
1.1 论证工作由来 .....	1
1.2 论证依据 .....	3
1.3 论证工作等级和范围 .....	7
1.4 论证重点 .....	9
2 项目用海基本情况 .....	11
2.1 项目基本情况 .....	11
2.2 建设内容及规模 .....	14
2.3 项目主要施工工艺和方法 .....	43
2.4 项目用海需求 .....	49
2.5 项目用海必要性 .....	55
3 项目所在海域概况 .....	58
3.1 海洋资源概况 .....	58
3.2 海洋生态概况 .....	78
4 资源生态影响分析 .....	157
4.1 生态评估 .....	157
4.2 资源影响分析 .....	166
4.3 生态影响分析 .....	171
5 海域开发利用协调分析 .....	200

5.1	海域开发利用现状	200
5.2	工程用海对海域开发活动的影响	213
5.3	利益相关者界定及协调分析	216
5.4	需协调部门界定及协调分析	217
5.5	工程用海与国防安全和国家海洋权益的协调性分析	218
6	国土空间规划符合性分析	219
6.1	与国土空间规划的符合性分析	219
6.2	项目用海与《广东省海岸带及海洋空间规划（2021—2035年）》的符合性分析	229
6.3	项目用海与相关规划符合性分析	235
7	项目用海合理性分析	242
7.1	用海选址合理性分析	242
7.2	用海方式的合理性分析	246
7.3	用海平面布置合理性分析	248
7.4	项目占用岸线合理性分析	250
7.5	用海面积合理性分析	250
7.6	用海期限合理性分析	259
8	生态用海对策措施	260
8.1	工程用海主要生态问题	260
8.2	生态用海对策	260
8.3	生态保护修复措施	271
9	结论	273
9.1	结论	273
9.2	建议	281
10	附录	282
	附录 1 浮游植物名录	282
	附录 2 浮游动物名录	285
	附录 3 大型底栖生物名录	287
	附录 4 潮间带生物名录	289
	附录 5 游泳动物名录	290
11	资料来源说明	293

11.1	引用资料	293
11.2	现状调查资料	294
11.3	现场勘查记录	295
12	附件	296
12.1	附件 1 委托书	296
12.2	附件 2 项目核准的批复（陆丰发改核准〔2025〕1 号）	297
12.3	附件 3 检验测机构分析试报告	300
12.4	附件 4 技术负责人审查意见	302
12.5	附件 5 测绘单位资质证书	303
12.6	附件 6 检验检测机构资质认定证书	304
12.7	附件 16 重要图件名录	305

## 1 概述

### 1.1 论证工作由来

陆丰市五金配件分园位于陆丰市甲东镇，是陆丰产业转移工业园的重要组成部分。2023年，陆丰市依托陆丰产业转移工业园，将五金配件分园与汕尾（陆丰）临港分园、汕尾市新材料产业分园统一纳入省级产业园管理范围，并享受相应产业发展政策支持；同年3月8日，汕尾市人民政府以《汕尾市人民政府关于同意陆丰产业转移工业园扩园的批复》（汕府函〔2023〕49号）原则批复同意陆丰产业转移工业园扩园。2024年1月19日，《陆丰产业转移工业园五金配件分园总体发展规划环境影响报告书》取得广东省生态环境厅审查意见（粤环审〔2024〕19号），为分园环境管理提供了政策依据和技术支撑。

根据《陆丰产业转移工业园五金配件分园总体发展规划》《陆丰产业转移工业园五金配件分园总体发展规划环境影响报告书》及其审查意见，五金配件分园规划建设目的是完善陆丰市现有五金加工行业产业链，推动有电镀、化学镀、阳极氧化工序的五金加工企业入园集中优化发展。规划重点发展五金制品制造及加工，配套建设电镀中心，电镀产品规模为115万吨/年，镀种主要包括锌、镍、枪黑（锡镍）、铬等，规划阳极氧化工艺加工规模约1500万平方米/年、喷粉加工规模约400万平方米/年、喷漆加工规模约250万平方米/年。意见中明确园区电镀废水经拟建的电镀废水处理厂处理，其中含总铬、六价铬污染物的生产废水全部回用不外排，其他生产废水经拟建的工业污水处理厂处理，生活污水依托甲东镇污水处理厂处理。确需外排的生产废水于甲子港海域离岸达标排放。生产废水排放应满足相应水污染物排放标准要求，排放量应控制在4521m<sup>3</sup>/d以内（其中电镀废水排放量不超过4245m<sup>3</sup>/d），化学需氧量、氨氮年排放量分别控制在114.7吨/年和14.2吨/年。

陆丰产业转移工业园五金配件分园电镀废水处理厂位于陆丰产业转移工业园五金配件分园内，属于《陆丰产业转移工业园五金配件分园总体发展规划》《陆丰产业转移工业园五金配件分园总体发展规划环境影响报告书》中规划电镀废水处理厂，建设单位为陆丰万洋新环环保科技有限公司。该电镀废水处理厂包括电镀废水处理系统和非电镀废水处理系统两部分，其中电镀废水处理系统规划建设规模为11000m<sup>3</sup>/d，非电镀废水处理系统规划建设规模为500m<sup>3</sup>/d。园区污水处理厂拟分期建设，本期电镀废水处理系统设计处理规模为4000m<sup>3</sup>/d，非电镀废水处理系统设计处理规模为500m<sup>3</sup>/d，电镀废水处

理厂设计处理规模合计为  $4500\text{m}^3/\text{d}$ 。电镀废水处理厂本期尾水最大允许排放量为  $2100\text{m}^3/\text{d}$ ，包括电镀废水处理达标尾水最大排放量为  $1600\text{m}^3/\text{d}$ 、非电镀废水处理达标尾水最大排放量为  $500\text{m}^3/\text{d}$ 。

电镀废水处理厂处理达标尾水通过建设尾水排水管道在甲子港海域进行离岸排放，涉海段尾水排水管道管径为  $320\text{mm}$ ，长度约 444 米，其中定向钻底土穿越施工 110 米，埋管施工 334 米（含扩散器 90 米，排水管道 244 米），埋管施工段设置宽 15 米、长 334 米的人工护坦。

为保障用海项目科学实施，为海域使用审批提供依据，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》《海域使用论证技术导则》（GB/T42361-2023）等法律法规及技术规范要求，需对本项目开展海域使用论证工作。陆丰万洋新环环保科技有限公司已委托广东智环创新环境科技有限公司承担该项论证任务。接受委托后，该公司迅速成立项目组，结合工程性质、规模及特点，通过现场调查、资料收集与分析，严格按照相关法规和技术规范要求，充分考虑所在海区的国土空间规划与海洋环境特征，编制完成《陆丰产业转移工业园五金配件分园电镀废水处理厂项目尾水排放工程海域使用论证报告书（送审稿）》。

略

图 1.1-1 本项目地理位置

## 1.2 论证依据

### 1.2.1 法律法规和规划

- (1) 《中华人民共和国海域使用管理法》，全国人民代表大会常务委员会，主席令第 61 号，2002 年 1 月施行；
- (2) 《中华人民共和国海洋环境保护法》，全国人民代表大会常务委员会，2023 年 10 月 24 日修订，2024 年 1 月 1 日施行；
- (3) 《中华人民共和国海岛保护法》，全国人民代表大会常务委员会，2009 年 12 月 26 日公布，2010 年 3 月 1 日起实施；
- (4) 《中华人民共和国渔业法》，全国人民代表大会常务委员会，主席令第 25 号，2013 年 12 月 28 日第四次修正；
- (5) 《中华人民共和国野生动物保护法》，全国人民代表大会常务委员会，2022 年 12 月 30 日第二次修订，2023 年 5 月 1 日起施行；
- (6) 《中华人民共和国测绘法》，全国人民代表大会常务委员会，2017 年 4 月 27 日第二次修订；
- (7) 《中华人民共和国水污染防治法》，全国人民代表大会常务委员会，2017 年 6 月 27 日第二次修正；
- (8) 《中华人民共和国水生野生动物保护实施条例》，国务院，2013 年 12 月 7 日第二次修订；
- (9) 《防治海洋工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》，国务院，国务院令第 475 号公布，2018 年 3 月 19 日第二次修订；
- (10) 《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》，国务院，国务院令第 62 号，1990 年 8 月 1 日起施行，2018 年 3 月 19 日，根据《国务院关于修改和废止部分行政法规的决定》（国务院令第 698 号）第三次修订；
- (11) 《生态保护补偿条例》，2024 年 2 月 23 日国务院第 26 次常务会议通过，2024 年 6 月 1 日起施行；
- (12) 《海域使用权管理规定》，原国家海洋局，国海发〔2006〕27 号，2007 年 1 月 1 日施行；
- (13) 《海域使用权登记办法》，原国家海洋局，国海发〔2006〕28 号，2007 年 1 月 1 日施行；

- (14) 《国家海洋局关于进一步规范海域使用论证管理工作的意见》，原国家海洋局，国海规范〔2016〕10号，2016年12月29日；
- (15) 《自然资源部关于规范海域使用论证材料编制的通知》，自然资源部，自然资规〔2021〕1号，2021年1月；
- (16) 《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》，自然资源部办公厅，自然资办函〔2021〕2073号，2021年11月10日；
- (17) 《自然资源部关于进一步做好用地用海要素保障的通知》，自然资源部，自然资发〔2023〕89号，2023年6月13日；
- (18) 《产业结构调整指导目录（2024年本）》，国家发展改革委，2024年2月1日施行；
- (19) 《中国海洋渔业水域图（第一批）》，中华人民共和国农业部公告第189号；
- (20) 《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；
- (21) 《关于印发〈生态保护红线生态环境监督办法（试行）〉的通知》，生态环境部，国环规生态〔2022〕2号，2022年12月27日；
- (22) 《农业农村部关于做好“十四五”水生生物增殖放流工作的指导意见》，农业农村部，农渔发〔2022〕1号，2022年1月13日；
- (23) 《全国“三区三线”划定规则》，自然资源部，2022年4月；
- (24) 《关于在国土空间规划中统筹划定落实三条控制线的指导意见》，中共中央办公厅、国务院办公厅，2020年11月1日；
- (25) 《海岸线保护与利用管理办法》，国家海洋局，2017年3月31日；
- (26) 《市场准入负面清单（2025年版）》，发改体改规〔2025〕466号；
- (27) 《自然资源部关于印发〈国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南〉的通知》，自然资发〔2023〕234号；
- (28) 《自然资源部办公厅关于进一步规范项目用海监管工作的函》，自然资办函〔2022〕640号。

## 1.2.2 地方性法规及地方政府规章

- (1) 《广东省海域使用管理条例》，广东省人民代表大会常务委员会，2021年9月29日修正；
- (2) 《广东省环境保护条例》，广东省人民代表大会常务委员会，2022年11月30

日第三次修正；

（3）《广东省水污染防治条例》，广东省人民代表大会常务委员会，2021年9月9日修正；

（4）《广东省渔业管理条例》，广东省人民代表大会常务委员会，2019年9月25日第三次修正；

（5）《广东省野生动物保护管理条例》，广东省人民代表大会常务委员会，2020年3月31日修订，2020年5月1日起施行；

（6）《广东省海洋特别保护区管理规定》，广东省人民政府办公厅，粤府办〔2012〕29号，2012年4月17日；

（7）《广东省近岸海域污染防治实施方案》，原广东省环境保护厅、原广东省海洋与渔业厅，粤环函〔2018〕1158号，2018年7月6日；

（8）《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；

（9）《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》，广东省自然资源厅，粤自然资函〔2020〕88号，2020年2月28日；

（10）《广东省自然资源厅关于下发生态保护红线和“双评价”矢量数据成果的函》，广东省自然资源厅，2020年12月24日；

（11）《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）》，2023年11月28日；

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

（13）《广东省自然资源厅关于进一步做好海岸线占补台账管理的通知》，广东省自然资源厅，粤自然资海域〔2023〕149号，2023年2月6日；

（14）《广东省自然资源厅关于印发海岸线占补实施办法的通知》（广东省自然资源厅，2025年6月12日）；

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

（16）《广东省海洋经济发展“十四五”规划》，粤府办〔2021〕33号；

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

- (18) 《广东省国土空间规划（2021—2035 年）》；
- (19) 《广东省国土空间生态修复规划（2021—2035 年）》；
- (20) 《广东省近岸海域环境功能区划》，粤府办〔1999〕68 号；
- (21) 《汕尾市国土空间总体规划（2021—2035 年）》；
- (22) 《陆丰市国土空间总体规划（2021—2035 年）》。

### 1.2.3 技术标准和规范

- (1) 《海域使用论证技术导则》(GB/T 42361-2023)；
- (2) 《海域使用分类》(HY/T 123-2009)；
- (3) 《海籍调查规范》(HY/T 124-2009)；
- (4) 《海域使用管理技术规范》(国家海洋局, 2001.02)；
- (5) 《海洋调查规范》(GB/T 12763.3-2020)；
- (6) 《污水排海管道工程技术规范》(GB/T 19570-2017)；
- (7) 《污水海洋处置工程污染控制标准》(GB 18486-2001)；
- (8) 《海洋监测规范》(GB 17378-2007)；
- (9) 《近岸海域环境监测技术规范》(HJ 442-2020)；
- (10) 《海水水质标准》(GB 3097-1997)；
- (11) 《海洋沉积物质量》(GB 18668-2002)；
- (12) 《海洋生物质量》(GB 18421-2001)；
- (13) 《渔业水质标准》(GB 11607-89)；
- (14) 《海域使用面积测量规范》(HY 070-2022)；
- (15) 《全球导航卫星系统（GNSS）测量规范》(GB/T 18314-2024)；
- (16) 《中国海图图式》(GB 12319-2022)；
- (17) 《海洋工程地形测量规范》(GB/T 17501-2017)；
- (18) 《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)；
- (19) 《宗海图编绘技术规范》(HY/T 251-2018)。

### 1.2.4 项目技术资料

- (1)《陆丰产业转移工业园五金配件分园电镀废水处理厂尾水排放工程勘察岩土工程勘察报告（2025 年 9 月）》(广东省岩土工程勘察院有限公司)；
- (2)《陆丰产业转移工业园五金配件分园电镀废水处理厂 设计方案》(广东新环环

保产业集团有限公司);

(3)《陆丰产业转移工业园五金配件分园总体发展规划环境影响报告书(报批稿)》, 2024 年 1 月;

(4)《广东省生态环境厅关于印发〈陆丰产业转移工业园五金配件分园总体发展规划环境影响报告书审查意见〉的函》(粤环审〔2024〕19 号);

(5)《陆丰产业转移工业园五金配件分园电镀废水处理厂项目环境影响评价报告书(送审稿)》, 2026 年 1 月。

## 1.3 论证工作等级和范围

### 1.3.1 论证等级

电镀废水处理厂本期尾水最大允许排放量为  $2100\text{m}^3/\text{d}$ , 包括电镀废水处理达标尾水最大排放量为  $1600\text{m}^3/\text{d}$ 、非电镀废水处理达标尾水最大排放量为  $500\text{m}^3/\text{d}$ 。电镀废水处理厂处理达标尾水通过建设尾水排水管道在甲子港海域进行离岸排放, 涉海段尾水排水管道管径为 320mm, 长度约 444 米, 其中定向钻底土穿越施工 110 米, 埋管施工 334 米(含扩散器 90 米, 排水管道 244 米), 埋管施工段设置宽 15 米、长 334 米的人工护坦。

本项目为电镀废水处理厂尾水达标排放工程, 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), 项目海域使用类型为“特殊用海”(一级类)中的“排污倾倒用海”(二级类), 项目排水管道施工用海类型为“特殊用海”(一级类)中的“其他特殊用海”(二级类); 根据《海域使用分类》(HY/T 123-2009), 项目用海类型属于“排污倾倒用海”(一级类)中的“污水达标排放用海”(二级类), 项目排水管道施工用海类型为“其他用海”(一级类)中的“其他用海”(二级类)。

根据《海域使用分类》(HY/T 123-2009), 项目涉及的用海方式主要包括“其他方式”(一级方式)中的“海底电缆管道用海”(二级方式)(排水管道用海)、“污水达标排放用海”(二级方式)(污水达标排放混合区用海)、“取、排水口用海”(二级方式)(排水口用海), 项目施工用海方式为“开放式”(一级方式)中的“专用航道、锚地、其他开放式”(二级方式)。

本次拟申请用海总面积为 5.7469 公顷, 其中海底电缆管道用海面积 0.7984 公顷, 取、排水口用海面积 2.2991 公顷, 污水达标排放用海面积 2.4880 公顷, 专用航道、锚地、其他开放式申请用海面积约 0.1614 公顷。

根据现场调查, 项目申请用海区域位于鳌江河口, 海域敏感, 根据《海域使用论证

技术导则》(GB/T 42361-2023), 重要河口属于敏感海域。综合判定本项目海域使用论证工作等级为一级, 需编制海域使用论证报告书。论证工作等级依据见表 1.3-1 所示。

表 1.3-1 本项目海域使用论证等级判据表

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	本项目用海规模	本项目论证等级			
其他方式	海底电缆管道(海洋排污管道)	长度小于5km	所有海域	二	0.444km	二级			
	工业取、排水口	所有规模	所有海域	二	工业废水排放口	二级			
	污水达标排放	污水排放量小于3万m <sup>3</sup> /d	敏感海域	一	0.209万m <sup>3</sup> /d	一级			
开放式	其他开放式	所有规模		二					
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5: 石油平台开采甲板外扩或外挂井槽, 续期调整的论证等级可下调一级, 其他用海方式, 用海规模等未发生变化的续期调整用海参照执行。									

### 1.3.2 论证范围

《海域使用论证技术导则》(GB/T42361-2023) 要求: 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。

本项目论证等级为一级, 通过对项目所在海域资源环境特点进行分析, 判断工程对海域资源环境产生影响的区域主要在工程区及其附近海域, 因此确定本项目用海边界向外扩展15km范围(北侧扩展至岸线), 论证范围约116.83km<sup>2</sup>, 论证边界主要拐点坐标和论证范围见表 1.3-2 和图 1.4-1 所示。

表 1.3-2 论证范围主要拐点坐标表

编号	东经	北纬	编号	东经	北纬
1	E	N	6	E	N
2	E°	N	7	E	N
3	E	N	8	E	N
4	E	N	9	E	N

编号	东经	北纬	编号	东经	北纬
5	E 1°	N 2		/	

## 1.4 论证重点

本次为污水达标排放项目，工程用海应严格落实节约优先、保护优先的用海管理要求，结合本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论证重点，按照《海域使用论证技术导则》(GB/T 42361-2023)附录C.1“其他特殊用海”中的“污水达标排放（二）用海”的海域使用论证重点（如表1.4-1所示），确定本项目海域使用论证重点为：选址（线）合理性；平面布置合理性；项目用海面积合理性；项目资源生态影响分析。

表 1.4-1 海域使用论证重点参照表

用海类型	论证重点							
	用海必要性	选址（线）合理性	平面布置合理性	用海方式合理性	用海面积合理性	海域开发利用协调分析	资源生态影响	生态用海对策措施
其他特殊用海	污水达标排放（二）用海，如工业和市政达标污废水排海，其他污水（废）水海洋处置等		▲			▲		▲
注：▲表示论证重点，空格表示可不设置为论证重点								

略

图 1.4-1 论证范围示意图

## 2 项目用海基本情况

### 2.1 项目基本情况

(1) 项目名称: 陆丰产业转移工业园五金配件分园电镀废水处理厂项目尾水排放工程

(2) 项目性质: 新建, 经营性

(3) 建设单位: 陆丰万洋新环环保科技有限公司

(4) 投资规模: 项目总投资 20924.20 万元。

(5) 地理位置: 项目电镀废水处理厂位于陆丰产业转移工业园五金配件分园内(中心地理坐标: )。排水口位于陆丰市甲东镇妈祖庙附近甲子港海域, 排水口坐标为。

(6) 项目整体建设规模:

本期电镀废水处理厂占地面积约 10731.13m<sup>2</sup>, 总建筑面积约 37219.40m<sup>2</sup>, 采用“分类收集+物化+生化”的处理工艺, 电镀废水处理厂包括电镀废水处理系统和非电镀废水处理系统两部分, 电镀废水处理系统设计处理规模为 4000m<sup>3</sup>/d, 非电镀废水处理系统设计处理规模为 500m<sup>3</sup>/d, 电镀废水处理厂设计处理规模合计为 4500m<sup>3</sup>/d。园区电镀废水中含总铬、六价铬污染物的生产废水全部回用不外排, 其他电镀废水经拟建的电镀废水处理系统处理达标后确需外排的, 于甲子港海域离岸达标排放。本期尾水最大允许排放量为 2100m<sup>3</sup>/d, 包括电镀废水处理达标尾水最大排放量为 1600m<sup>3</sup>/d、非电镀废水处理达标尾水最大排放量为 500m<sup>3</sup>/d, 经尾水排水管道约 7137m 于甲子港海域进行离岸排放。

(7) 涉海工程规模: 涉海工程主要包括排水管道和达标尾水离岸排放, 其中项目涉海段排水管道管径为 320mm, 长度约 444 米, 其中定向钻底土穿越施工 110 米, 埋管施工 334 米(含扩散器 90 米, 排水管道 244 米), 埋管施工段设置宽 15 米、长 334 米的人工护坦。本期尾水最大允许排放量为 2100m<sup>3</sup>/d, 尾水排放形成的混合区面积约 0.002km<sup>2</sup>。

除此之外, 进行埋管施工时, 根据需要对海床进行开挖, 开挖区域长 334 米, 宽 45 米。

(8) 申请用海概况:

①项目主体用海概况: 本项目为电镀废水处理厂尾水达标排放工程, 根据《海域使用分类》(HY/T 123-2009), 项目涉及的用海方式主要包括“其他方式”(一级方式) 中

的“海底电缆管道用海”（二级方式）（排水管道用海）、“污水达标排放用海”（二级方式）（污水达标排放混合区用海）、“取、排水口用海”（二级方式）（排水口用海）。本次拟申请用海总面积为 5.5855 公顷，其中海底电缆管道用海面积 0.7984 公顷，取、排水口用海面积 2.2991 公顷，污水达标排放用海面积 2.4880 公顷。项目申请用海期限为 40 年。

①项目施工用海概况：根据《海域使用分类》（HY/T 123-2009），项目施工用海方式为“开放式”（一级方式）中的“专用航道、锚地、其他开放式”（二级方式），申请用海面积约 0.1614 公顷，申请用海期限为 6 个月。

**（9）建设工期：**项目排水管道施工总工期安排为 6 个月。

略

图 2.1-1 项目周边现状情况

## 2.2 建设内容及规模

### 2.2.1 陆丰市五金配件分园规划概况

#### 2.2.1.1 规划范围

陆丰产业转移工业园五金配件分园总体发展规划由陆丰市产业转移工业园管理委员会组织编制，陆丰产业转移工业园五金配件分园（简称“陆丰市五金配件分园”）位于陆丰市甲东镇，规划面积 54.1713 公顷，四至范围为东至规划路，西至村用排洪沟，南至规划路（工业路），北至瀛江岸边。

#### 2.2.1.2 主导产业

陆丰市五金配件分园规划主导产业为五金制品制造及加工，重点发展五金家具配件加工、五金塑料产业，加强行业链条布局，拓展产业链，规划建设电镀中心，确保电镀工艺质量和环境保护高标化控制。

为配套五金制品制造及五金塑料产业发展，园区重点规划建设电镀中心，引入电镀工业企业主要是有电镀、化学镀、化学转化膜（如钝化、阳极氧化、磷化等表面处理工艺）等生产工序和设施的企业，包括专业电镀企业和有电镀工序的企业。针对电镀需求，主要发展滚镀、挂镀等多种电镀工艺，五金电镀产品规划规模拟在本区域现状外发电镀产品规模 90 万吨/年基础上，考虑现状行业增长及产业链延伸，增加至 115 万吨/年，折合电镀件产品面积 11200 万 m<sup>2</sup>/年、电镀面积为 14560 万 m<sup>2</sup>/年；同时，适当引入铝型材相关企业涉阳极氧化工艺加工规模为 1500 万 m<sup>2</sup>/年。五金制品制造涉及配套喷粉加工面积约 400 万 m<sup>2</sup>/年，喷漆加工规模约 250 万 m<sup>2</sup>/年。

塑料五金加工规模方面，规划规模考虑在本区域现有塑料五金产品规模（12.75 万吨/年）基础上增长 25%—30%左右，预计涉及注塑工艺的塑料五金制品规模约为 15 万吨/年。

#### 2.2.1.3 污水工程规划

##### （1）排水体制

规划区按照“清污分流、雨污分流、分质处理、循环用水”的原则，采用雨污分流制，进一步优化生产废水收集处理和回用系统，加快推进处理设施和配套管网建设，加强废水收集处理和排放的监督管理，根据有关规定设置和使用排水口。

园区规划建设三套独立的废水处理系统，分别为电镀生产废水处理系统、非电镀生产废水处理系统及生活污水处理系统，并同步完善相应的污水分类收集管网、回用水管

网及尾水排放专管的建设。其中：①规划建设电镀生产废水处理系统，园区对电镀工业企业生产废水设专管分类收集，全部纳入电镀生产废水处理系统处理；②规划建设产业园非电镀生产废水处理系统，将非电镀工业企业生产废水全部纳入园区非电镀废水处理系统处理；③园区内生活污水全部纳入生活污水处理系统，依托甲东镇污水处理厂进行处理。

## （2）污水工程规划

### ①电镀废水处理站

规划建设电镀废水处理站，规划选址位于园区内东北部，南部紧邻工业路，东面靠近子东路，西面紧邻规划路，占地面积 10733.22m<sup>2</sup>。电镀废水处理站规划处理规模为 11000m<sup>3</sup>/d，主要收集陆丰市五金配件分园内电镀中心的电镀废水，采用“分类收集系统一分质物化处理系统一生化处理系统（A<sup>2</sup>O 即厌氧+缺氧好氧）-MBR 系统”的处理工艺。受区域重金属铬总量指标制约，园区拟对含重金属铬的生产废水全部回用、实现重金属铬零排放；园区电镀废水中水回用率不低于 60%，其余 40% 处理达到广东省《电镀水污染物排放标准》（DB44/1597-2015）表 2 非珠三角排放限值，氨氮≤10mg/L、BOD<sub>5</sub>≤20mg/L、磷酸盐（以 P 计）≤0.5mg/L。

### ②产业园工业污水处理厂

产业园工业污水处理厂规划紧邻电镀废水处理站东侧布置，占地面积 2681.63m<sup>2</sup>。污水处理厂规划处理规模为 500 m<sup>3</sup>/d，主要收集处理五金配件分园内一般工业废水（非电镀废水）。根据园区提供的设计方案，污水处理厂拟采用“单级物化反应沉淀+二级 A/O 处理+污泥回流+二级反应沉淀+砂滤+碳滤+UF”的处理工艺，废水处理排放执行广东省《水污染物排放限值》（DB44/26-2001）第二时段一级标准限值。

### ③甲东镇污水处理厂

园区内生活污水依托甲东镇污水处理厂进行处理。甲东镇污水处理厂北部紧邻工业路，占地面积 11734.66m<sup>2</sup>。污水处理厂规划处理规模为 5000 m<sup>3</sup>/d，采用“调解+沉砂+A<sup>2</sup>O 氧化池+MBR 生化池+消毒”的处理工艺，废水处理排放执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准和广东省《水污染物排放限值》（DB44/26-2001）第二时段一级标准较严值要求。

## （3）污水管网规划

污水管根据地形地势和道路设计标高进行规划布置，布置管线尽可能在短、埋深较

小的情况下，让最大区域面积上的污水可重力自流排出的原则，各区域内将各类污水有组织地集中排放到相应污水处理系统进行处理后排放。

规划区生活污水经生活污水管道收集后，排入甲东镇污水处理厂处理；五金加工区非电镀工业废水经工业废水管道收集后排入非电镀废水处理系统处理。电镀中心的企业电镀工业生产废水按照前处理废水、含铬废水、含镍废水、含氰废水、综合废水、混排废水等六股水分类，分别设置六条电镀生产废水收集管网及一条备用管网，通过污水收集专管，输送至电镀废水处理系统进行分类处理。

园区内污水管道主要沿规划道路敷设，规划区内污水管道管径大小为 DN300-DN500。各类废水收集管道拟考虑采用压力管道。

另外，园区各污水处理系统尾水排放去向方面，园区规划建设一条尾水排放专管，管道总长度约 8950m（其中陆上敷设管道长度约 8950m、海中敷设管道长度约 350m），管径为 De560，材料选用 PE100 排水管。电镀废水处理站、工业污水处理厂及甲东镇生活污水处理厂处理达标的尾水通过该排放专管输送至甲子港海域离岸排放，拟设排水口位置坐标为 116°04'44.038"E、22°50'23.67"N。

## 2.2.2 电镀废水处理厂建设情况

本期电镀废水处理厂包括电镀废水处理系统和非电镀废水处理系统两部分，电镀废水处理系统设计处理规模为 4000m<sup>3</sup>/d，非电镀废水处理系统设计处理规模为 500m<sup>3</sup>/d，电镀废水处理厂设计处理规模合计为 4500m<sup>3</sup>/d。园区电镀废水中含总铬、六价铬污染物的生产废水全部回用不外排，其他电镀废水经拟建的电镀废水处理系统处理达标后确需外排的，于甲子港海域离岸达标排放。本期尾水最大允许排放量为 2100m<sup>3</sup>/d，包括电镀废水处理达标尾水最大排放量为 1600m<sup>3</sup>/d、非电镀废水处理达标尾水最大排放量为 500m<sup>3</sup>/d，经尾水排水管道约 7137m 于甲子港海域进行离岸排放。

### 2.2.2.1 纳污范围内废水情况

根据《陆丰产业转移工业园五金配件分园总体发展规划环境影响报告书》《陆丰产业转移工业园五金配件分园电镀废水处理厂项目环境影响评价报告书（送审稿）》，陆丰产业转移工业园五金配件分园主要生产废水包括：

（1）五金加工区废水，主要包括一般工业废水和水帘柜废水，一般工业废水主要来自五金加工工业企业生产时产生的五金废水，主要包括抛光废水、清洗废水等，水帘柜废水主要来源于水帘柜去除漆雾过程产生的废水；

(2) 电镀区工业废水，主要来自涉及电镀、化学镀或化学转化膜（阳极氧化）等生产工艺的企业进行电镀或阳极氧化处理产生的废水，电镀产生废水主要包括前处理废水（去油、去锈）、镀上金属层和镀后处理（钝化、去氢）产生的各类含重金属废水和混排废水等，阳极氧化产生废水主要包括阳极氧化后清洗废水、封孔产生的含镍废水；

(3) 电镀中心的初期雨水。

### 2.2.2.2 电镀废水处理厂设计进出水水质及水量

(1) 常见电镀废水成分及浓度

据《实用表面前处理手册》(胡传忻主编, 化学工业出版社, 2003 年 9 月第 1 版) 介绍, 我国电镀企业前处理过程废水主要污染物及其浓度见下表。

表 2.2-1 前处理过程废水污染物浓度范围

序号	污染物	废水浓度范围 (mg/L)	序号	污染物	废水浓度范围 (mg/L)
1	pH	3~9	7	磷酸盐 (以 P 计)	1~10
2	SS	100~1000	8	Ni	0.5~2
3	COD <sub>Cr</sub>	50~350	9	氟化物	0.5~1.5
4	石油类	2~50	10	LAS	1~10
5	动植物油	3~15	11	Zn	2~25
6	Cr <sup>6+</sup>	0.5~3.0	12	Mn	2~25

根据《电镀废水治理工程技术规范》(HJ 2002-2010) 附录 A, 电镀废水的来源、主要成分和浓度范围见下表。

表 2.2-2 本项目电镀废水处理厂设计处理能力及主要污染物

废水种类	废水来源	废水主要成分	主要污染物浓度范围
含氰废水	氰化镀工序	氰络合金属离子、游离氰等	pH 值 8~11, 总氰根离子 10~50mg/L
含铬废水	粗化、镀铬、钝化、化学镀铬、阳极化处理	六价铬、铜等金属离子	pH 值 4~6, 六价铬离子 10~200mg/L
含镍废水	镀镍、化学镀镍	镀镍: 硫酸镍、氯化镍、硼酸、添加剂 化学镍: 硫酸镍、络合剂、还原剂	镀镍: pH 值 6 左右, 镍离子≤100mg/L 化学镍: pH 值取决于溶液类型, 镍离子≤50mg/L
含铜废水	酸性镀铜、焦磷酸盐镀铜、氰化镀铜、镀铜锡合金、镀铜锌合金	酸性镀铜废水: 硫酸铜、硫酸焦磷酸盐镀铜: 焦磷酸铜、焦磷酸钾、柠檬酸钾、氨三乙酸以及添加剂	酸性铜: pH 值 2~3, 铜离子≤100mg/L 焦磷酸铜: pH 值 7 左右, 铜离子≤50mg/L
含锌废水	碱性锌酸盐镀锌	锌离子、氢氧化钠和部分添加剂等	pH 值>9, 锌离子≤50mg/L

废水种类	废水来源	废水主要成分	主要污染物浓度范围
	钾盐镀锌	锌离子、氯化钾、硼酸和部分光亮剂	pH 值 6 左右, 锌离子≤50mg/L
	硫酸锌镀锌	硫酸锌、部分光亮剂	pH 值 6~8, 锌离子≤50mg/L
	铵盐镀锌	氯化锌、氯化铵、锌的络合物和添加剂	pH 值 6~9, 锌离子≤50mg/L
含银废水	氰化镀银	银离子、游离氰离子	pH 值 3, 银离子≤50mg/L, 游离氰离子 10-50 mg/L
混合废水	电镀前处理和清洗	铜、锌、镍、三价铬等重金属离子	pH 值 4~6, 铜、锌、镍、三价铬等重金属离子均≤100mg/L

表 2.2.3 本工程电镀废水处理厂电镀废水处理系统设计进水水质

废水种类		来源工艺	类别	设计进水水质 (单位: pH 无量纲, 色度为倍, 其他为 mg/L)																
				pH	COD	SS	氨氮	TN	TP	石油类	总氰化物	色度	总铝	总铜	总锌	总铁	总镍	总银	总铬	六价铬
含铬废水	含铬废水	粗化、镀铬、钝化、化学镀铬、阳极化处理等工序后水洗水等; 含铬废气喷淋废水	浓度范围 mg/L	4~7	60~250	110~320	20~30	25~40	5~6	2~6	/	/	/	2~40	4~20	10~20	0.1~50	/	150~500	5~400
			平均浓度 mg/L	/	180	220	25	35	5.5	4	/	/	/	20	12	15	25	/	330	200
	铬氰混排废水	涉铬电镀车间的“跑、冒、滴、漏”产生的废水及地面冲洗水	浓度范围 mg/L	3~8	130~850	230~250	20~45	50~100	10~45	30~50	0.5~80	/	/	30~100	10~100	/	0.1~100	15~30	10~80	10~50
			平均浓度 mg/L	/	400	240	35	60	30	40	40	/	95	65	55	/	50	25	45	30
含镍废水	化学镍废水	化学镀镍工序后水洗水	浓度范围 mg/L	2~6	300~400	50~150	40~60	60~100	200~280	1~3	/	/	/	10~20	/	/	8~100	/	/	/
			平均浓度 mg/L	/	350	100	50	70	240	2	/	/	/	15	/	3~7	50	/	/	/
	含镍废水	镀镍、阳极氧化镍封等工序后水洗水	浓度范围 mg/L	2~6	25~500	60~250	10~50	10~200	5~200	2~50	/	/	90~100	5~50	/	/	25~400	/	/	/
			平均浓度 mg/L	/	300	150	30	60	100	25	/	/	95	25	/	/	200	/	/	/
含氰废水	含氰废水	氰化镀铜、碱性氰化物镀金, 中性和酸性镀金、银、铜锡合金, 仿金电镀等氰化电镀工序产生的废水	浓度范围 mg/L	8~11	50~500	25~250	10~100	20~200	2~10	2~30	70~430	/	/	2~300	/	3~7	/	2~90	/	/
			平均浓度 mg/L	/	300	150	60	80	6	15	250	/	/	150	/	5	/	45	/	/
	络合废水	化学镀铜等清洗水, 含 EDTA 等络合物	浓度范围 mg/L	5~10	150~600	200~250	25~100	50~100	15~25	4~6	/	/	/	100~150	40~60	/	/	/	/	/
			平均浓度 mg/L	/	450	225	60	75	20	5	/	/	/	130	50	/	/	/	/	/
综合废水	高氨氮及铜氨废水	碱性蚀刻清洗水; 过硫酸铵体系下微蚀清洗水等	浓度范围 mg/L	8~10	150~400	80~140	1000~1500	1000~2000	/	/	/	/	/	60~250	/	/	/	/	/	/
			平均浓度 mg/L	/	300	110	1300	1500	/	/	/	/	/	150	/	/	/	/	/	/
	含铜综合废水	酸性镀铜废水(含硫酸铜、硫酸等); 不含铬氰的混排重金属废水; 线路板企业电镀前的磨板废水, 超粗化、酸洗等工序后的水洗等	浓度范围 mg/L	3~5	30~350	80~500	10~40	15~100	10~200	2~15	/	/	/	15~300	30~50	/	/	/	/	/
			平均浓度 mg/L	/	200	300	25	50	100	8	/	/	95	150	40	/	/	/	/	/

前处理含油废水	电镀、阳极氧化产生的酸碱废水和脱脂产生含油废水	浓度范围mg/L	8~11	300~450	100~300	10~75	25~90	10~75	5~400	/	/	/	20~30	20~30	/	/	/	/
		平均浓度mg/L	/	400	200	55	65	50	200	/	/	/	25	25	/	/	/	/
前处理低浓度有机废水	电镀含锌废水；阳极氧化的染色废水；线路板企业的低浓度有机废水（电镀前的显影、退膜、碱性除油、膨润、除胶、抗氧化、整孔等后面的水洗工序等）	浓度范围mg/L	5~10	250~650	20~220	10~50	25~50	15~25	10~20	/	/	/	15~130	100~200	/	/	/	/
		平均浓度mg/L	/	450	120	30	35	20	15	/	500~5000	/	70	150	/	/	/	/
高浓度有机废水	线路板企业的电镀前的碱性除油、膨润、除胶渣、整孔、脱油墨脱膜	浓度范围mg/L	≥10	3000~20000	350~900	10~60	30~70	2~4	5~20	/	3000	95	10~30	/	/	/	/	/
		平均浓度mg/L	/	12000	650	35	45	3	15	/	/	/	20	/	/	/	/	/
酸性废水	蚀刻、活化、抛光、阳极氧化、除油、定影、预中和、中和、加速、抗氧化等工艺产生的废酸槽液	浓度范围mg/L	2~4	30~400	40~330	2~25	5~85	1~20	1~40	/	/	/	5~25	5~20	8~110	/	/	/
		平均浓度mg/L	/	300	180	15	20	10	20	/	/	/	15	13	60	/	/	/
含磷废水	阳极氧化、酸洗磷化企业、化电解抛光和化学抛光后水洗产生的清洗废水	浓度范围mg/L	4~8	400~600	220~500	5~80	20~80	6000~10000	/	/	/	90~100	/	/	/	/	/	/
		平均浓度mg/L	/	400	350	40	50	8000	/	/	/	95	/	/	/	/	/	/
含磷废水	阳极氧化中一般喷涂磷化废水，喷涂生产表调、磷化工序产生的废水	浓度范围mg/L	4~8	150~250	50~100	10~50	/	200~300	/	/	/	/	5~10	/	/	/	/	/
		平均浓度mg/L	/	200	75	30	/	250	/	/	/	/	8	/	/	/	/	/

### 2.2.2.3 电镀废水处理厂设计出水水质及水量

园区对含电镀、化学镀、化学转化膜（如阳极氧化等）工艺的企业生产废水设专管分类收集，全部纳入电镀生产废水处理系统处理。其中，电镀生产废水中，含重金属铬的生产废水（即含铬废水）要求全部回用不外排，实现园区废水重点重金属铬污染物零排放；园区电镀生产废水中水回用率达到60%，其余40%处理达到广东省《电镀水污染物排放标准》(DB44/1597-2015)表2非珠三角排放限值(详见表2.2-4。)，氨氮≤10mg/L、BOD<sub>5</sub>≤20mg/L、磷酸盐（以P计）≤0.5mg/L于甲子港海域离岸达标排放。本期尾水最大允许排放量为2100m<sup>3</sup>/d，包括电镀废水处理达标尾水最大排放量为1600m<sup>3</sup>/d、非电镀废水处理达标尾水最大排放量为500m<sup>3</sup>/d，经尾水排水管道约7137m于甲子港海域进行离岸排放。

表 2.2-4 电镀废水处理厂电镀废水处理达标尾水排放限值（单位：mg/L, pH 除外）

序号	主要污染物	排放标准限值	污染物排放监控位置
1	pH (无量纲)	6~9	企业废水总排口
2	COD <sub>Cr</sub>	80	
3	氨氮	10	
4	悬浮物	30	
5	总磷	0.5 (磷酸盐, 以P计)	
6	总氮	20	
7	石油类	2.0	
8	氟化物	10	
9	总氰化物	0.2	
10	总铜	0.5	
11	总锌	1.0	车间或生产设施排放口
12	BOD <sub>5</sub>	20	
13	总镍	0.5	
14	总银	0.1	

园区内非电镀生产废水、电镀区初期雨水全部纳入产业园非电镀生产废水处理系统处理。非电镀生产废水处理系统设计处理规模为500m<sup>3</sup>/d，采用“物化反应沉淀+水解酸化+生化处理系统+反应沉淀”的处理工艺，废水处理排放执行《水污染物排放限值》(DB44/26-2001)第二时段一级标准限值后，通过排水管道离岸排放。

表 2.2-5 非电镀废水排放限值（单位: mg/L, pH 除外）

序号	主要污染物	排放标准限值	污染物排放监控位置
1	pH (无量纲)	6-9	企业废水总排口
2	COD <sub>Cr</sub>	90	
3	BOD <sub>5</sub>	20	
4	氨氮	10	
5	悬浮物	60	
6	总磷	0.5	
7	总氮	-	
8	石油类	5.0	

#### 2.2.2.4 电镀废水处理厂尾水排放情况

废水污染物排放情况见下表。

表 2.2-6 项目废水污染物排放情况统计总表

污染物	电镀废水处理系统排放口污染物排放情况			非电镀废水处理系统排放口污染物排放情况			排水口出口污染物排放情况	
	排放浓度	排放量	排放标准限值	排放浓度	排放量	排放标准限值	排放浓度*	排放量
	(mg/L)	(t/a)	(mg/L)	(mg/L)	(t/a)	(mg/L)	(mg/L)	(t/a)
废水排放量	/	$54.4 \times 10^4 \text{m}^3/\text{a}$ (1600 $\text{m}^3/\text{d}$ )	/	/	$17.0 \times 10^4 \text{m}^3/\text{a}$ (500 $\text{m}^3/\text{d}$ )	/	/	
pH (无量纲)	6~9	/	6~9	6~9	/	6~9	6~9	/
COD <sub>Cr</sub>	80	43.520	80	90	15.300	90	82.381	58.820
氨氮	10	5.440	10	10	1.700	10	10.000	7.140
SS	30	16.320	30	60	10.200	60	37.143	26.520
TP	0.5	0.272	0.5	/	/	/	0.381	0.272
总氮	20	10.880	20	/	/	/	15.238	10.880
石油类	2	0.513	2	5	0.850	5	1.908	1.363
总氰化物	0.2	0.013	0.2	/	/	/	0.018	0.013
总铜	0.5	0.103	0.5	/	/	/	0.144	0.103
总锌	1	0.128	1	/	/	/	0.179	0.128
总镍	0.5	0.051	0.5	/	/	/	0.072	0.051
总银	0.1	0.013	0.1	/	/	/	0.018	0.013

注: (1) 排水口出口污染物排放浓度为电镀废水处理系统排放口与非电镀废水处理系统排放口污染物排放浓度加权平均。(2) 电镀废水处理厂在电镀废水处理系统排放口与非电镀废水处理系统排放口分别设置在线监测系统。

### 2.2.2.5 电镀废水处理厂废水处理工艺概况

电镀废水处理厂包括电镀废水处理系统和非电镀废水处理系统两部分，本期电镀废水处理系统设计处理规模为 4000m<sup>3</sup>/d，非电镀废水处理系统设计处理规模为 500m<sup>3</sup>/d，电镀废水处理厂设计处理规模合计为 4500m<sup>3</sup>/d。

电镀废水处理系统采用分类收集、分类预处理+生化处理+废水深度处理回用+末端处理达标排放。电镀废水中含铬废水主要包括含铬废水、铬氰混排废水，分类收集后采用分质物化处理工艺预处理再经“水解酸化+水解酸化沉池+缺氧选择池+好氧池+二沉池+1#砂滤罐+UF+软化离子交换树脂+BWRO+臭氧接触池+混凝沉淀除硅+3#砂滤罐+SWRO+浓水调节池+MVR 蒸发”工艺进行深化处理后全部回用；电镀废水中含镍废水、含氰废水、综合废水、前处理废水、含磷废水分类收集后采用分质物化处理工艺预处理再经“多级生化处理工艺+过滤+BWRO 工艺”后回用，未回用部分进一步采用“物化处理工艺+多级生化处理工艺”处理后达标排放。其中含镍废水主要包括化学镍废水和含镍废水，分类收集后采用分质物化处理工艺预处理再经“氧化破络+混凝沉淀+砂滤+离子交换”处理；含氰废水采用“二级破氰+混凝沉淀”法对含氰废水进行预处理；综合废水主要包括络合废水、含高氨氮及铜氨废水、含铜综合废水，前处理废水包括前处理含油废水、前处理低浓有机废水、酸性废水和高浓有机废水，含磷废水主要包括高磷废水、含磷废水，均分类收集后采用分质物化处理工艺预处理再经“水解酸化+二级 AO+二沉池”进一步处理。

非电镀废水处理系统主要处理五金加工企业部分在湿法打磨工序、表面处理等工序产生的少量抛光废水、清洗废水以及电镀区初期雨水，采用“多级物化处理工艺+生化处理工艺”处理后达标排放。

电镀废水处理厂工艺流程详见下图：

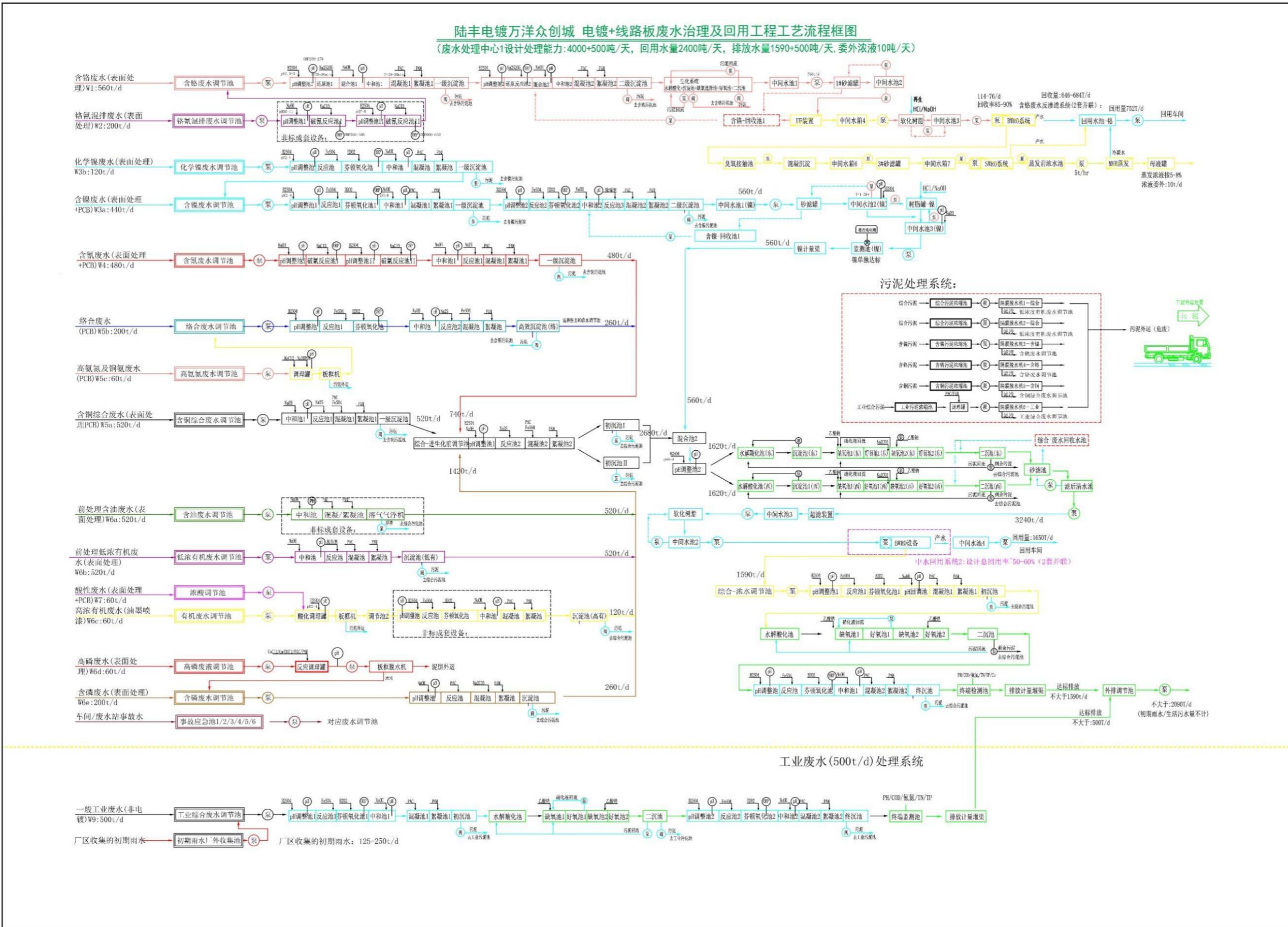


图 2.2-1 本期电镀废水处理厂废水治理及回用工艺流程图

### 2.2.2.5.1 电镀废水处理系统工艺说明

#### (1) 含铬废水

电镀废水中含铬废水主要包括含铬废水、铬氰混排废水，分类收集后采用分质物化处理工艺预处理再经“水解酸化+水解酸化沉池+缺氧选择池+好氧池+二沉池+1#砂滤罐+UF+软化离子交换树脂+BWRO+臭氧接触池+混凝沉淀除硅+3#砂滤罐+SWRO+浓水调节池+MVR 蒸发”工艺进行深化处理后全部回用

##### ①含铬废水

含铬废水主要来自电镀工艺。铬为一级污染物，特别是六价铬毒性极强，因此在处理过程中尽可能将铬去除。电镀废水处理厂设计采用“还原+混凝、絮凝沉淀”工艺对铬进行预处理。废水经收集到含铬废水调节池后，泵入 pH 调整池 1 调整 pH，在还原池 1 中加入还原剂将六价铬转化成三价铬，在中和池 1 中加碱；在混凝池 1、絮凝池 1 分别加入 PAC、PAM 进行混凝、絮凝反应，形成沉降性好的絮凝体后，进入一级沉淀池进行沉池；一级沉淀后进入 pH 调整池 2 调整 pH，在还原池 2 中加入还原剂将六价铬转化成三价铬，在中和池 2 中加碱；在混凝池 1、絮凝池 1 分别加入 PAC、PAM 进行混凝、絮凝反应，形成沉降性好的絮凝体后，进入二级沉淀池进行沉池。通过定期排泥实现去除 Cr<sup>6+</sup>、Cr<sup>3+</sup>的目的。两级沉淀后出水回用，采用“水解酸化+水解酸化沉池+缺氧选择池+好氧池+二沉池+1#砂滤罐+UF+软化离子交换树脂+BWRO+臭氧接触池+混凝沉淀除硅+3#砂滤罐+SWRO+浓水调节池+MVR 蒸发”，淡水回用生产，MVR 的母液委外具有相关危险废物处理资质的单位进行处理，实现零排放。

处理工艺如下：含铬废水→含铬废水调节池→pH 调整池 1→还原池 1→混合池 1→中和池 1→混凝池 1→絮凝池 1→一级沉淀池→pH 调整池 2→还原池 2→混合池 2→中和池 2→混凝池 2→絮凝池 2→二级沉淀池→水解酸化池→水解酸化沉淀池→缺氧选择池→好氧池→MBR 池→中间水池 1→UF 装置→树脂罐（铬）→中间水箱 4→BWRO 设备→回用水池（铬）→回用于车间；

BWRO 浓水→臭氧接触池→混凝沉淀池→中间水箱 6→3#砂滤罐→中间水箱 7→SWRO 设备→蒸发前浓水池→MVR 蒸发→浓液委外。

##### ②铬氰混排废水

铬氰混排废水来自镀铬等电镀生产车间的“跑、冒、滴、漏”产生的废水及地面冲洗水，主要含氰化物、铬等污染物，设计采用“两级破氰”预处理去除氰化物后，进入含铬废水预处理系统合并处理。铬氰混排废水收集后进入混排废水调节池均衡水质水量，

然后依次进入一级破氰反应池进行一级破氰，即在碱性条件下通过 NaClO 局部氧化法将氰化物氧化成氰酸盐。经过一级破氰后的含氰废水依次进入二级破氰反应池进行二级破氰，即在酸性条件下通过 NaClO 彻底将氰酸盐氧化成 CO<sub>2</sub> 和 H<sub>2</sub>O。之后进入含铬废水调节池合并处理。

处理工艺如下：铬氰混排废水→铬氰混排废水调节池→pH 调整池 1→破氰反应池 1→pH 调整池 2→破氰反应池 2→含铬废水调节池（进入含铬废水处理系统）。

## （2）含镍废水

含镍废水主要包括化学镍废水和含镍废水，分类收集后采用分质物化处理工艺预处理再经“氧化破络+混凝沉淀+砂滤+离子交换”处理。

### ①含镍废水

含镍废水中的镍以离子态为主，设计采用“氧化破络+混凝沉淀+砂滤+离子交换”工艺对镍进行处理。含镍废水收集后进入含镍废水调节池均衡水质水量，进入 pH 调整池 1 投加 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 将废水 pH 值调整为 2~4，进入反应池 1 投加 FeSO<sub>4</sub>，后进入芬顿氧化池 1 加入 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>，芬顿氧化破坏络合剂的部分结构，游离出 Ni<sup>2+</sup>，接着进入中和池 1，通过加入氢氧化钠将 pH 调整至 9~10，同时生成 Ni(OH)<sub>2</sub>，进入混凝池 1 投加 PAC，进入絮凝池 1 投加 PAM，形成絮凝体后，进入一级沉淀池沉池；接着进入 pH 调整池 2 投加硫酸将废水 pH 值调整为 2~4，进入反应池 2 投加 FeSO<sub>4</sub>，后进入芬顿氧化池 2 加入 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>，芬顿氧化破坏络合剂的部分结构，游离出 Ni<sup>2+</sup>，接着进入中和池 2，通过加入氢氧化钠将 pH 调整至 9~10，同时生成 Ni(OH)<sub>2</sub>，进入混凝池 2 投加 PAC，进入絮凝池 2 投加 PAM，形成絮凝体后，进入二级沉淀池沉池；定期排泥实现去除废水中的 P 和 Ni<sup>2+</sup>的目的。二级沉淀池出水进入中间水池 1（镍），通过水泵进入砂滤罐过滤，过滤后的产水进入中间水池 2（镍），并通过水泵进入树脂罐（镍），一步达到除去镍离子的目的；出水依次通过中间水池 3（镍）、镍计量渠、监测池（镍），达标排至综合废水混合池 2。沉淀污泥排入含镍污泥池，浓缩后进入板框压滤机脱水，泥饼定期委外处理，污泥脱水滤液回流至含镍废水调节池继续处理。

处理工艺如下：含镍废水→含镍废水调节池→pH 调整池 1→反应池 1→芬顿氧化池 1→中和池 1→混凝池 1→絮凝池 1→一级沉淀池→pH 调整池 2→反应池 2→芬顿氧化池 2→中和池 2→反应池 3→混凝池 2→絮凝池 2→二级沉淀池→中间水池 1（镍）→砂滤罐→中间水池 2（镍）→树脂罐（镍）→中间水池 3（镍）→镍计量渠→监测池（镍）→至综合废水混合池 2。

## ②化学镍废水

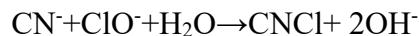
化学镍废水中的镍以络合态为主，络合镍污染物主要为次磷酸镍，设计采用“芬顿氧化”破络预处理破坏络合态镍后，进入含镍废水预处理系统合并处理。化学镍废水收集后进入化学镍废水调节池均衡水质水量，然后提升至 pH 调整池，投加硫酸将废水 pH 值调整为 2~4，然后投加 Fenton 试剂，破坏络合剂的部分结构，游离出 Ni 离子，后续进入混凝池投加 PAC，进入絮凝池投加 PAM，到一级沉淀池沉淀后，接着进入含镍废水调节池合并处理。

处理工艺如下：化学镍废水→化学镍废水调节池→pH 调整池→反应池→芬顿氧化池→中和池→混凝池→絮凝池→一级沉淀池→含镍废水调节池（进入含镍废水处理系统）。

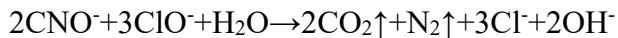
## （3）含氰废水

氰虽不是一类污染物，但其毒性极大，应单独分流收集处理。电镀废水处理厂拟采用“二级破氰+混凝沉淀”法对含氰废水进行预处理。含氰废水收集后进入含氰废水调节池均衡水质水量，然后依次进入一级破氰反应池进行一级破氰，即在碱性条件下通过 NaClO 局部氧化法将氰化物氧化成氰酸盐。经过一级破氰后的含氰废水依次进入二级破氰反应池进行二级破氰，即在酸性条件下通过 NaClO 彻底将氰酸盐氧化成 CO<sub>2</sub> 和 H<sub>2</sub>O。之后进入中和池 1，通过投加氢氧化钠调整 pH 值，接着进入反应池 1 并投加 Na<sub>2</sub>S，后依次进入混凝池 1、絮凝池 1，通过投加混凝剂 FeSO<sub>4</sub> 和絮凝剂 PAM，形成沉降性好的絮凝体后，进入一级沉淀池，出水进入生化前调节池（综合废水）。

一级破氰反应式：



二级破氰反应式：



处理工艺如下：含氰废水→含氰废水调节池→pH 调整池 1→破氰反应池 1→pH 调整池 2→破氰反应池 2→中和池 1→反应池 1→混凝池 1→絮凝池 1→一级沉淀池→进生化前调节池（综合废水）。

## （4）综合废水

综合废水主要包括络合废水、含高氨氮及铜氨废水、含铜综合废水，前处理废水包括前处理含油废水、前处理低浓有机废水、酸性废水和高浓有机废水，分类收集后采用

分质物化处理工艺预处理再经“水解酸化+二级 AO+二沉池”进一步处理。

### ①络合废水

络合废水首先进入络合废水调节池均衡水质水量，然后提升至 pH 调整池，投加硫酸将废水 pH 值调整为 2~4，然后投加 Fenton 试剂，破坏络合剂的部分结构，游离出  $Cu^{2+}$ ，接着进入中和池，通过加入氢氧化钠将 pH 调整至 7~9，同时生成  $Cu(OH)_2$ ，再依次进入反应池 2，混凝、絮凝反应池，依次投加  $Na_2S$ 、混凝剂  $FeSO_4$  和絮凝剂 PAM，形成沉降性好的絮凝体后，进入高效沉淀池（络）固液分离，上清液进入生化前调节池（综合废水）进一步处理。沉淀污泥排入综合污泥池，浓缩后进入板框压滤机脱水，泥饼定期委外处理，污泥脱水滤液回流至络合废水调节池继续处理。

处理工艺如下：络合废水→络合废水调节池→pH 调整池→反应池 1→芬顿氧化池→中和池→反应池 2→混凝池→絮凝池→高效沉淀池（络）→进生化前调节池（综合废水）。

### ②高氨氮及铜氨废水

高氨氮废水主要污染物为氨氮、铜、 $COD_{Cr}$ 、SS 等，先收集至高氨氮及铜氨废水调节池，后进入调理罐调理，接着进入板框机压榨，泥饼定期委外处理，滤液进入络合废水调节池，进行后续处理。

处理工艺如下：高氨氮及铜氨废水→高氨氮废水调节池→调理罐→板框机→络合废水调节池（络合废水处理系统）。

### ③含铜综合废水

含铜综合废水进入含铜综合废水池均衡水质水量后，依次经中和池 1、反应池 1、混凝池 1、絮凝池 1、一级沉淀池预处理后，和物化预处理后的含镍废水、含氰废水、络合废水、高氨氮及铜氨废水、前处理含油废水、前处理低浓度有机废水、高浓度有机废水、含磷废水，进生化前调节池均衡水质水量，然后经 pH 调整池 1、反应池 2、混凝池 2、絮凝池 2、初沉池沉淀后，上清液进入生化处理系统“水解酸化+二级 AO+二沉池+砂滤池+超滤+软化树脂+BWRO”工艺进一步处理。出水进入中间水池 4，进入回用系统。综合剩余污泥排入综合污泥池，浓缩后进入板框压滤机脱水，泥饼定期委外处理，污泥脱水滤液回流至综合废水调节池继续处理。

BWRO 浓水进入综合-浓水调节池均衡水质、水量，后依次进入 pH 调整池 1、反应池 1、芬顿氧化池 1、pH 回调池、混凝池 1、絮凝池 1、初沉池沉淀后，上清液进入生化处理系统“水解酸化+二级 AO+二沉池”工艺进一步处理。生化出水依次经过 pH 调整池、反应池、芬顿氧化池、中和池 1、混凝池 2、絮凝池 2、终沉池、终端检测池、排

放计量渠、外排调节池，最终达标排放。

处理工艺如下：含铜综合废水→含铜综合废水调节池→中和池 1→反应池 1→混凝池 1→絮凝池 1→一级沉淀池→进生化前调节池；

进生化前调节池→pH 调整池 1→反应池 2→混凝池 2→絮凝池 2→初沉池→pH 调整池 2→混合池 2→水解酸化池→沉淀池→缺氧池 1→好氧池 1→缺氧池 2→好氧池 2→二沉池→砂滤池→滤后清水池→超滤装置→中间水池 3→软化树脂→中间水池 2→BW 反渗透设备→中间水池 4→回用于车间；

BWRO 浓水→综合-浓水调节池→pH 调整池 1→反应池 1→芬顿氧化池 1→pH 回调池→混凝池 1→絮凝池 1→初沉池→水解酸化池→缺氧池 1→好氧池 1→缺氧池 2→好氧池 2→二沉池→pH 调整池→反应池→芬顿氧化池→中和池 1→混凝池 2→絮凝池 2→终沉池→终端检测池→排放计量渠→外排调节池→达标排放。

## （5）前处理废水

前处理废水包括前处理含油废水、前处理低浓有机废水、酸性废水和高浓有机废水，分类收集后采用分质物化处理工艺预处理再经“水解酸化+二级 AO+二沉池”进一步处理。

### ①前处理含油废水

前处理含油废水进入含油废水调节池均质均量。后依次进入中和池投加 NaOH 调整 pH、混凝/絮凝池依次加入 PAC 和 PAM 药剂，之后进入溶气气浮机进行处理，出水排入生化前调节池（综合废水）共同处理并回用。

处理工艺如下：前处理含油废水→含油废水调节池→中和池→混凝/絮凝池→溶气气浮机→进生化前调节池（综合废水）。

### ②前处理低浓度有机废水

前处理低浓有机废水可生化性不高，废水收集后排放至低浓有机废水调节池匀质，后依次进入中和池投加 NaOH 调整 pH，接着进入反应池并投加脱色剂除去部分色度，最后依次进入混凝/絮凝池，依次加入 PAC 和 PAM 药剂，形成沉降性好的絮凝体，随后废水进入沉淀池进行泥水分离。沉淀池出水进入生化前调节池（综合废水），混凝沉淀污泥排入综合污泥池，浓缩后进入板框压滤机脱水，泥饼定期委外处理，污泥脱水滤液回流至综合废水调节池继续处理。

处理工艺如下：前处理低浓有机废水→低浓有机废水调节池→中和池→反应池→混凝池→絮凝池→沉淀池（低有）→进生化前调节池（综合废水）。

### ③酸性废水

酸性废水单独收集后排入浓酸调节池，泵入高浓度有机废水处理系统中的酸化调理罐，可减少酸的成本。

处理工艺如下：酸性废水→浓酸调节池→酸化调理罐（高浓有机废水）。

### ④高浓度有机废水

高浓有机废水单独收集后排入高浓有机废水调节池，泵入酸化调理罐调理后进入板框机压滤。压滤后进入依次进入调节池 2, pH 调整池调节 pH, 反应池投加  $\text{FeSO}_4$  药剂，进入芬顿氧化池投加  $\text{H}_2\text{O}_2$ ，中和池调节 pH，最后依次进入混凝/絮凝池，依次投加 PAC 和 PAM 药剂，形成沉降性好的絮凝体，随后废水进入沉淀池进行泥水分离。沉淀池出水进入生化前调节池（综合废水）。

处理工艺如下：高浓有机废水→高浓有机废水调节池→酸化调理罐→板框机→调节池 2→pH 调整池→反应池→芬顿氧化池→中和池→混凝池→絮凝池→沉淀池（高有）→进生化前调节池（综合废水）。

## （6）含磷废水

含磷废水主要包括高磷废水、含磷废水，分类收集后采用分质物化处理工艺预处理再经“水解酸化+二级 AO+二沉池”进一步处理。

### ①高磷废水

高磷废水收集到高磷废水调节池，由泵提升至反应调理罐，通过投加  $\text{CaCl}_2$ 、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、PAC、PAM 药剂进行物化反应，之后浓液泵入板框压滤机进行脱水，将水中的大部分磷去除后，滤液进入含磷废水调节池进行后续处理，泥饼定期委外处理。

处理工艺如下：高磷废水→高磷废水调节池→反应调理罐→板框脱水机→含磷废水调节池（含磷废水）。

### ②含磷废水

含磷废水收集至含磷废水调节池，先进入 pH 调整池调节 pH，后依次进入反应池、混凝池、絮凝池，投加 PAC、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 、PAM 药剂，形成沉降性好的絮凝体，随后废水进入沉淀池进行泥水分离。沉淀池出水进入生化前调节池（综合废水）。

处理工艺如下：含磷废水→含磷废水调节池→pH 调整池→反应池→混凝池→絮凝池→沉淀池→进生化前调节池（综合废水）。

### 2.2.2.5.2 非电镀废水处理系统

非电镀废水处理系统主要处理五金加工企业部分在湿法打磨工序、表面处理等工序

产生的少量抛光废水、清洗废水以及电镀区初期雨水，采用“多级物化处理工艺+生化处理工艺”处理后达标排放。

一般工业废水单独收集至工业综合废水调节池，然后提升至 pH 调整池 1，投加硫酸将废水 pH 值调整为 2~4，然后投加 Fenton 试剂，接着进入中和池 1，通过加入氢氧化钠将 pH 调整至 7~9，再依次进入混凝、絮凝反应池，依次投加混凝剂 PAC 和絮凝剂 PAM，形成沉降性好的絮凝体后，进入初沉池固液分离，上清液进入生化系统“水解酸化+两级 AO+二沉池”处理，后进行二次芬顿处理，出水最后依次进入混凝/絮凝池，依次投加 PAC 和 PAM 药剂，形成沉降性好的絮凝体，随后废水进入终沉池进行泥水分离。经过终端检测池、排放计量渠，排至综合浓水-外排调节池。沉淀污泥排入工业污泥池，浓缩后进入板框压滤机脱水，泥饼定期委外处理，污泥脱水滤液回流至工业综合废水调节池继续处理。

处理工艺如下：一般工业废水→工业综合废水调节池→pH 调整池 1→反应池 1→芬顿氧化池 1→中和池 1→混凝池 1→絮凝池 1→初沉池→水解酸化池→缺氧池 1→好氧池 1→缺氧池 2→好氧池 2→二沉池→pH 调整池 2→反应池 2→芬顿氧化池 2→中和池 2→混凝池 2→絮凝池 2→终沉池→终端检测池→排放计量渠→外排调节池。

## （2）电镀区初期雨水

园区电镀区初期雨水经收集后进入初期雨水中间池，然后提升至工业综合废水调节池。处理工艺如下：园区初期雨水→期雨水中间池→工业综合废水调节池。

### 2.2.3 排水管道海域段平面布置和主要结构、尺度

#### 2.2.3.1 排水管道海域段总体线路布置

项目高位井布置在陆丰市甲东镇妈祖庙北侧，排水管道路由从高位井直接连至排放点，涉海段排水管道总长度约 444m，其中以定向钻底土穿越施工排水管道长度约 110m，以埋管施工排水管道长度约 334m（含扩散器 90m，排水管道 244m），埋深约 1.2 米（陆基段）~3.0 米（涉海段）。为防止海底水流冲刷导致的海床侵蚀，通过稳定海床土体减少管道悬空风险，避免因应力集中引发的管体位移或断裂，同时，为了分散水流冲击力，降低 PE 管材长期运行中的疲劳损伤，延长工程使用寿命，项目对埋管施工段排水管道设置宽 15 米、长 334 米的人工护坦，施工期间需对海底面进行开挖，开挖尺寸宽 45 米、长 334 米。

扩散器埋深约 3 米，采取分段布置方案，从陆域向海分三段铺设内径分别为 DN315（长 30 米）、DN250（长 30 米）、DN200（长 32 米）的 PE 管，每段设置 2 根内径为

DN110 的上升管道（共 6 根），上升管平均高出海床 1 米，各上升管间距为 15.0m，每根上升管道开 4 根内径为 DN50mm 喷口管，对称布置在上升管两侧，喷口喷射角水平向上 15°，喷口设置鸭嘴阀防止倒灌回淤。喷口设计最大流速为 2.5m/s，喷口佛汝德数  $F_1=14.26$ ，能满足要求，喷口面积开口比为 0.4375，满足 1/2~1/3 面积比的要求。扩散器末端设置 1 个冲洗阀门。

涉海排水管道两侧对称设置 3 个助航浮标，冲洗阀门外侧 45m 处设置 1 个助航浮标，共设置 7 个。

项目平面布置图见图 2.2-2。主要经济技术指标见下表。

表 2.2-7 工程主要经济技术一览表

序号	项目	单位	数量	备注
1	涉海排水管道（涉海段）	m	444	含扩散器 90m
1.1	定向钻施工段（涉海段）	m	110	/
1.2	开挖埋管施工段（涉海段）	m	334	含扩散器 90m
2	扩散器	m	90	分三段建设
3	人工护坦	个	1	长 334m，宽 15m
4	上升管	根	6	PE 管，DN110
5	助航浮标	个	7	/
6	鸭嘴阀	个	24	橡胶材质，Φ 50mm
7	冲洗阀门	个	1	/
8	喷口管	个	24	PE 管，Φ 50mm
9	喷口设计最大流速	m/s	2.5	/
10	扩散器上升管顶高程	m	-3.45	/
11	扩散器处海床平均高程	m	-4.45	/
12	涉海段排水管道埋深	m	3.0	/
13	平均高出海底	m	1.0	/

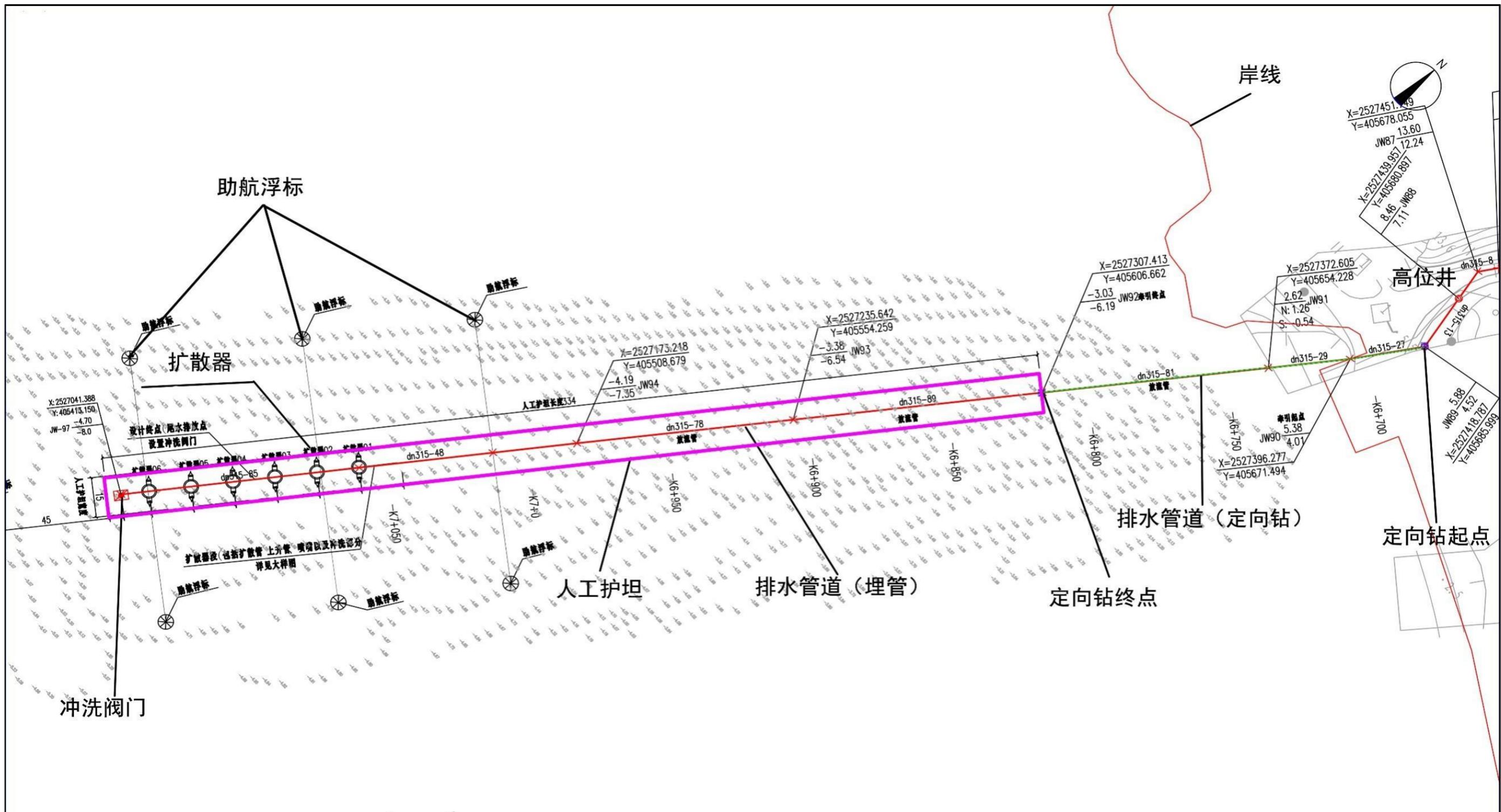


图 2.2-2 总平面布置图

第十五页

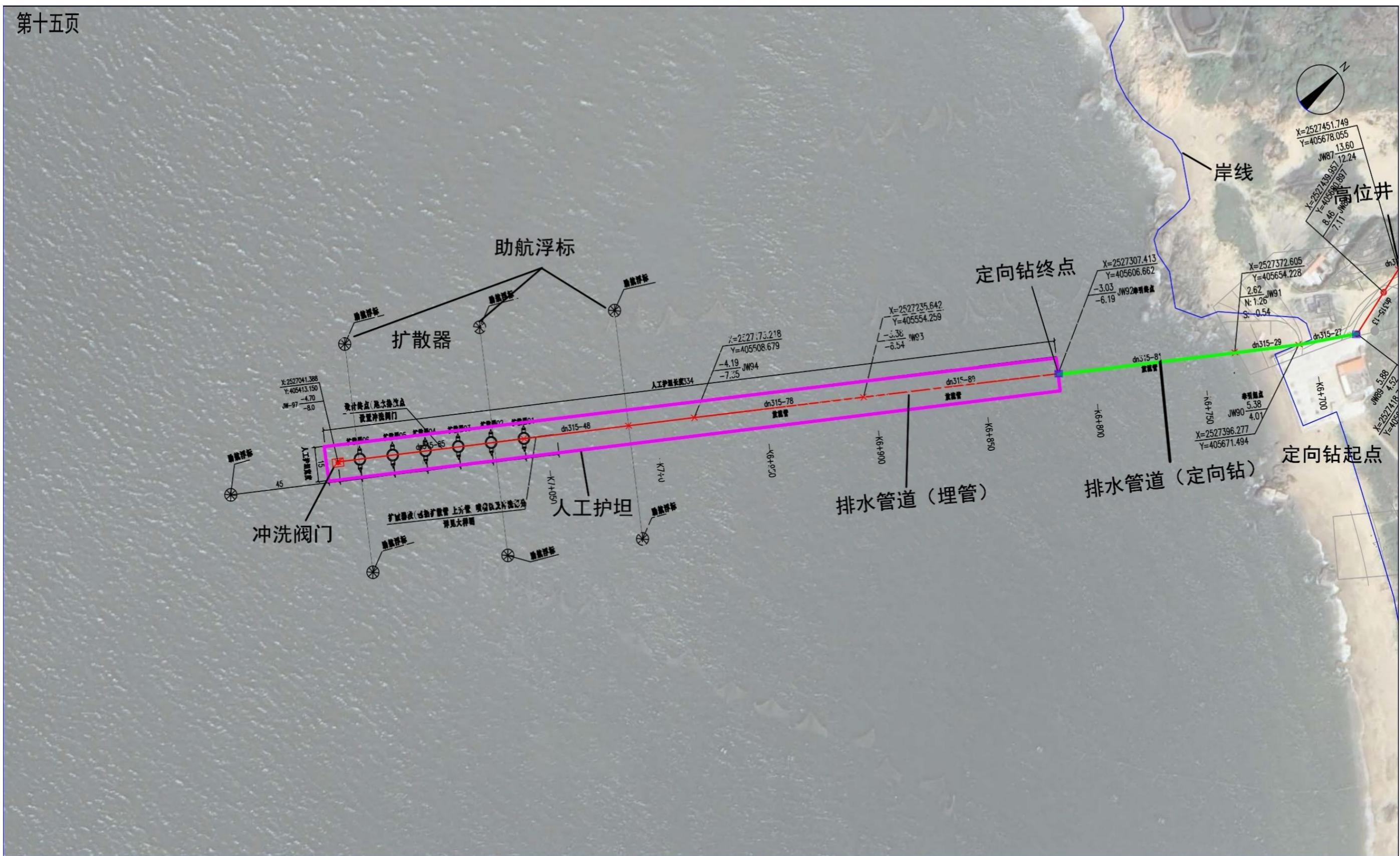


图 2.2-3 本项目涉海水工建筑分布图

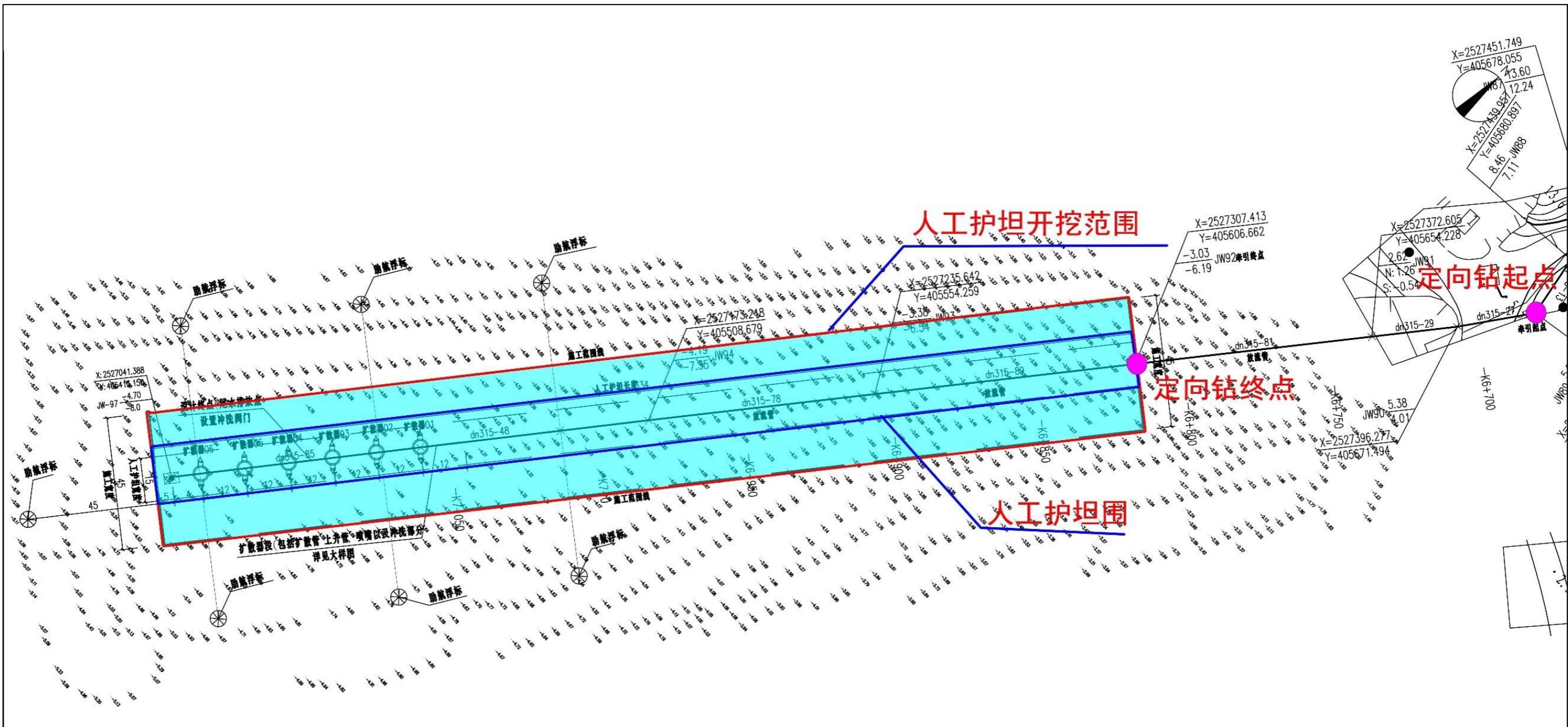


图 2.2-4 项目施工平面布置图



图 2.2-5 项目所在海域水下地形图

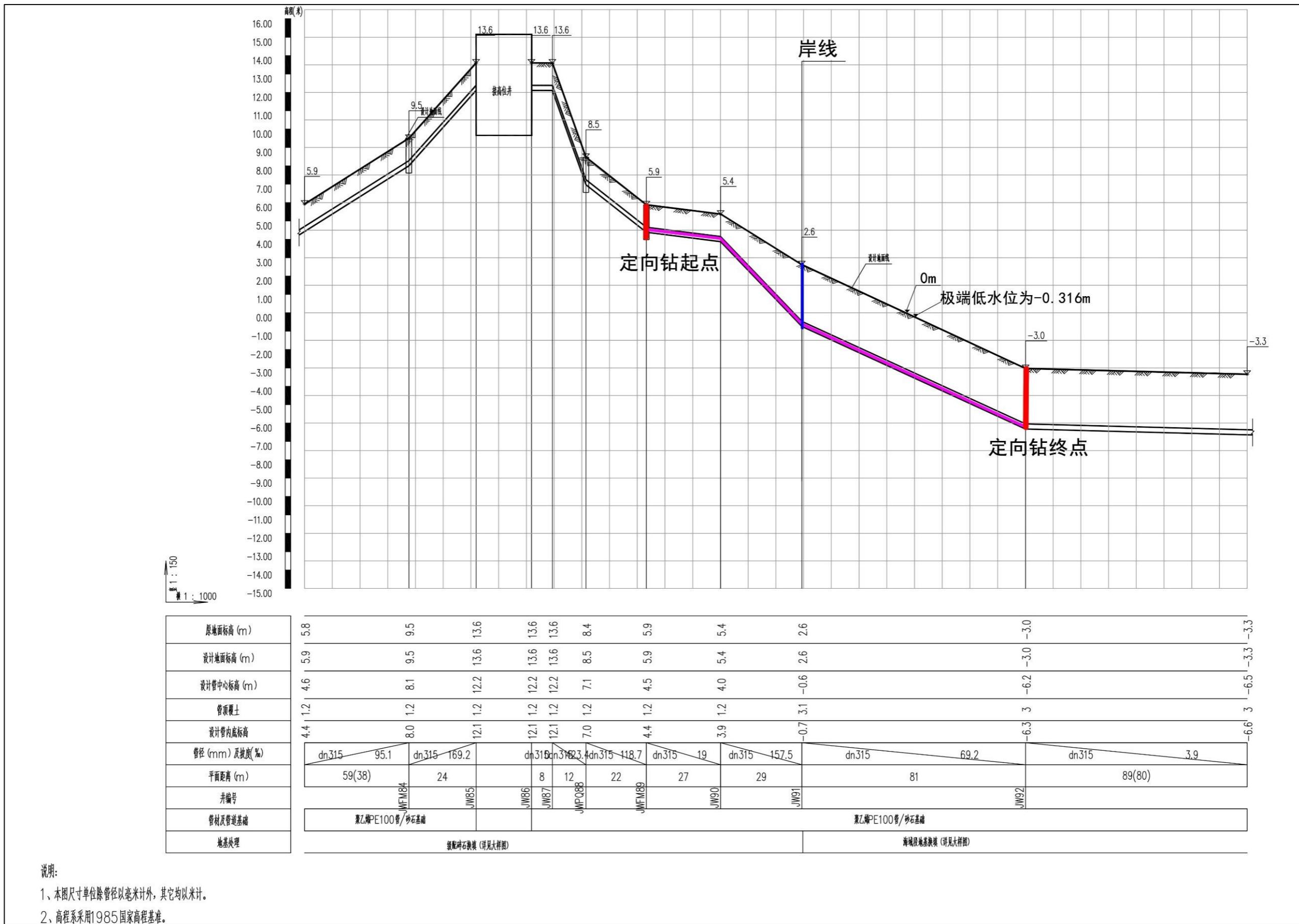


图 2.2-6 涉海排水管道断面图 (1)

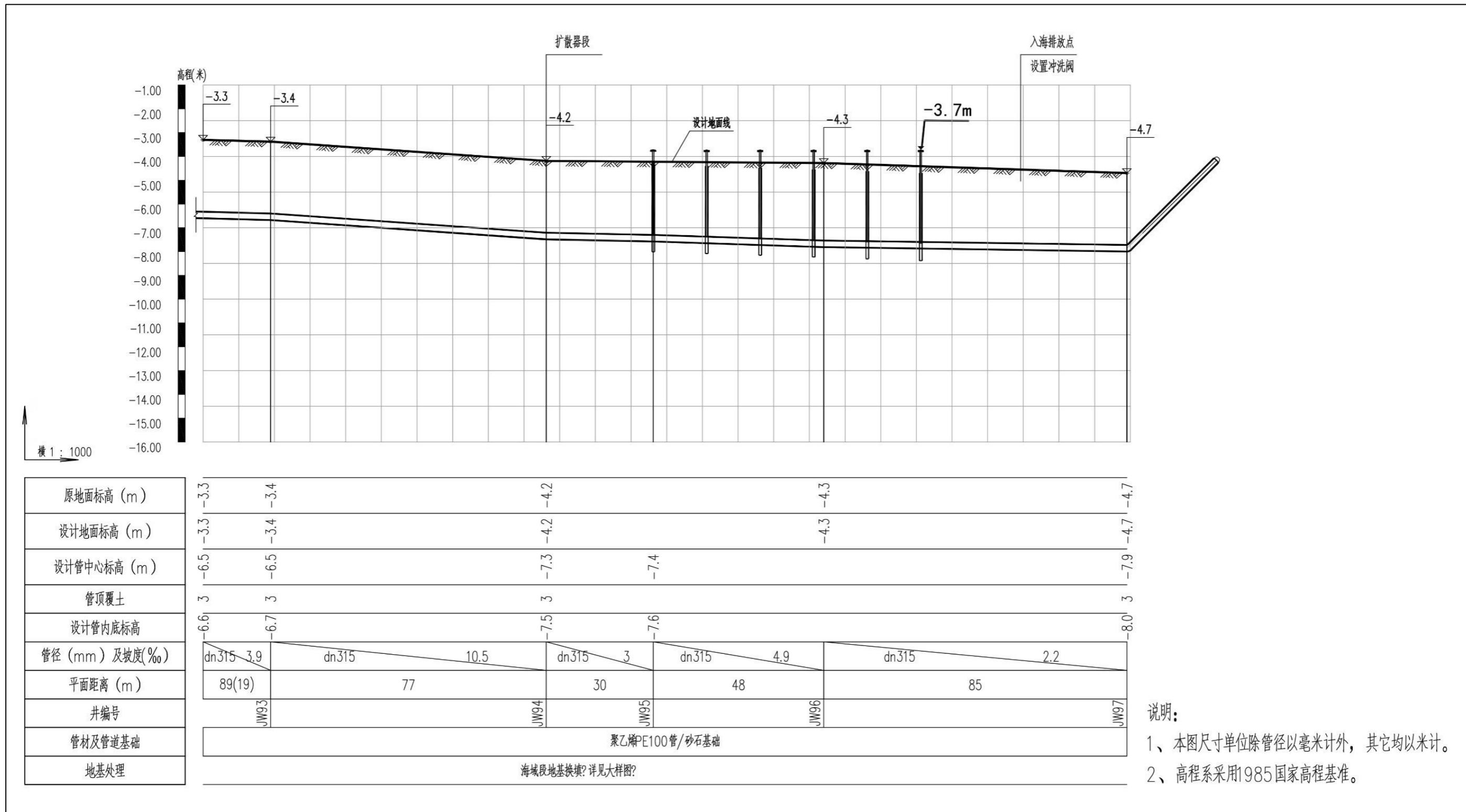


图 2.2-7 涉海排水管道断面图 (2)

### 2.2.3.2 陆域高位井主要结构、尺寸

尾水排放工程一般由尾水泵房、陆上输送管道、高位调压井、海域涉海排水管道，尾水扩散器等组成。高位调压井的主要作用是承纳泵站来流，并能提供稳定的水位高度，保证污水排放系统有足够的能力排放峰值流量，调压井作为压力排放管和排水管道的衔接。尾水经泵房提升输送至高位调压井，经海上涉海排水管道和扩散器后污水均匀扩散稀释于该海域。因此，海域段工程主要包括海域涉海排水管道和尾水扩散器。陆域高位井主要结构、尺寸如下：

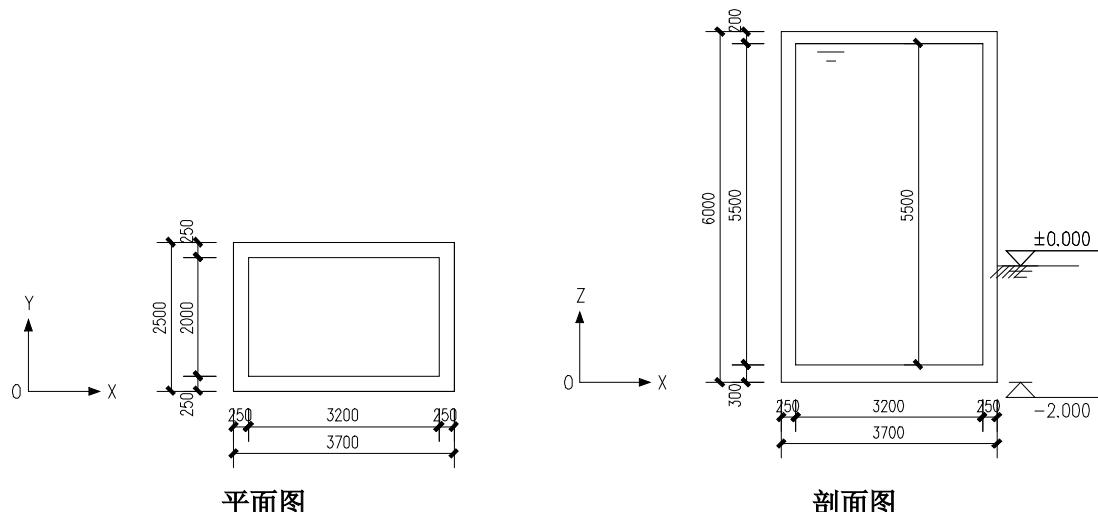
#### (1) 几何信息

水池类型：有顶盖半地上

长度  $L=3.700\text{m}$ ，宽度  $B=2.500\text{m}$ ，高度  $H=6.000\text{m}$ ，底板底标高=-2.000m

池底厚  $h_3=300\text{mm}$ ，池壁厚  $t_1=250\text{mm}$ ，池顶板厚  $h_1=200\text{mm}$ ，底板外挑长度  $t_2=0\text{mm}$

注：地面标高为±0.000。



#### (2) 钢筋砼信息

混凝土：等级 C40，重度  $25.00\text{kN/m}^3$ ，泊松比 0.20。

纵筋保护层厚度 (mm): 顶板 (上 40, 下 40)，池壁 (内 40, 外 50)，底板 (上 50, 下 50)。

钢筋级别：HRB400。

裂缝宽度限值：0.20mm。

配筋调整系数：1.00。

构造配筋采用混凝土规范 GB50010-2010。

### 2.2.3.3 排水管道海域段主要结构、尺度

项目排水管道海域段工程主要包括海域涉海排水管道及其配套设施。

#### (1) 涉海排水管道

涉海排水管道的作用是将尾水输送到离海岸较远、水深、流量大的海域。项目涉海排水管道均设置在 0 米等深线以下，排水管道的长度和管径根据处理后的尾水排放量设计，设计流速为 2.5m/s。

本工程涉海排水管道采用：DN315PE 管，排水管道从高位井直接连至排放点，管道分为陆域管道和海域管道，其中涉海段排水管道长度约 444m，其中涉海段定向钻底土穿越施工 110m，埋管施工 334m（含扩散器 90 米，排水管道 244 米），管道埋深约 1.2 米（陆基段）~3.0 米（涉海段）。

#### (2) 扩散器

扩散器的作用是将污水分散成许多小流体，并要求扩散器的喷口间距以各喷口排出污水在初始稀释过程中相互不重看为限，在较大面积内扩散，本质上是扩散器将点源排放改变为线源排放，使排放水流与受纳水体充分混合形成稀释水流。

本工程扩散器长 90m，靠近涉海排水管道的 30m 采用 DN315PE 管，其后 30m 为 DN250PE 管，其后 32m 采用 DN200PE 管，扩散管上接 6 根上升管，上升管采用 DN110PE 管，每个上升管上设置 4 个 DN50 鸭嘴阀，扩散器末端设置冲洗阀门。

工程所在海域极端高潮位（50 年一遇）3.324m，设计高水位为 2.074m，设计低水位为 0.384m，极端低水位为-0.316m，扩散器处海底高程-4.45m，扩散器上升管顶高程-3.45m（平均高出海底 1 米），涉海段排水管道埋深 3.0m（高程系采用 1985 国家高程基准）。

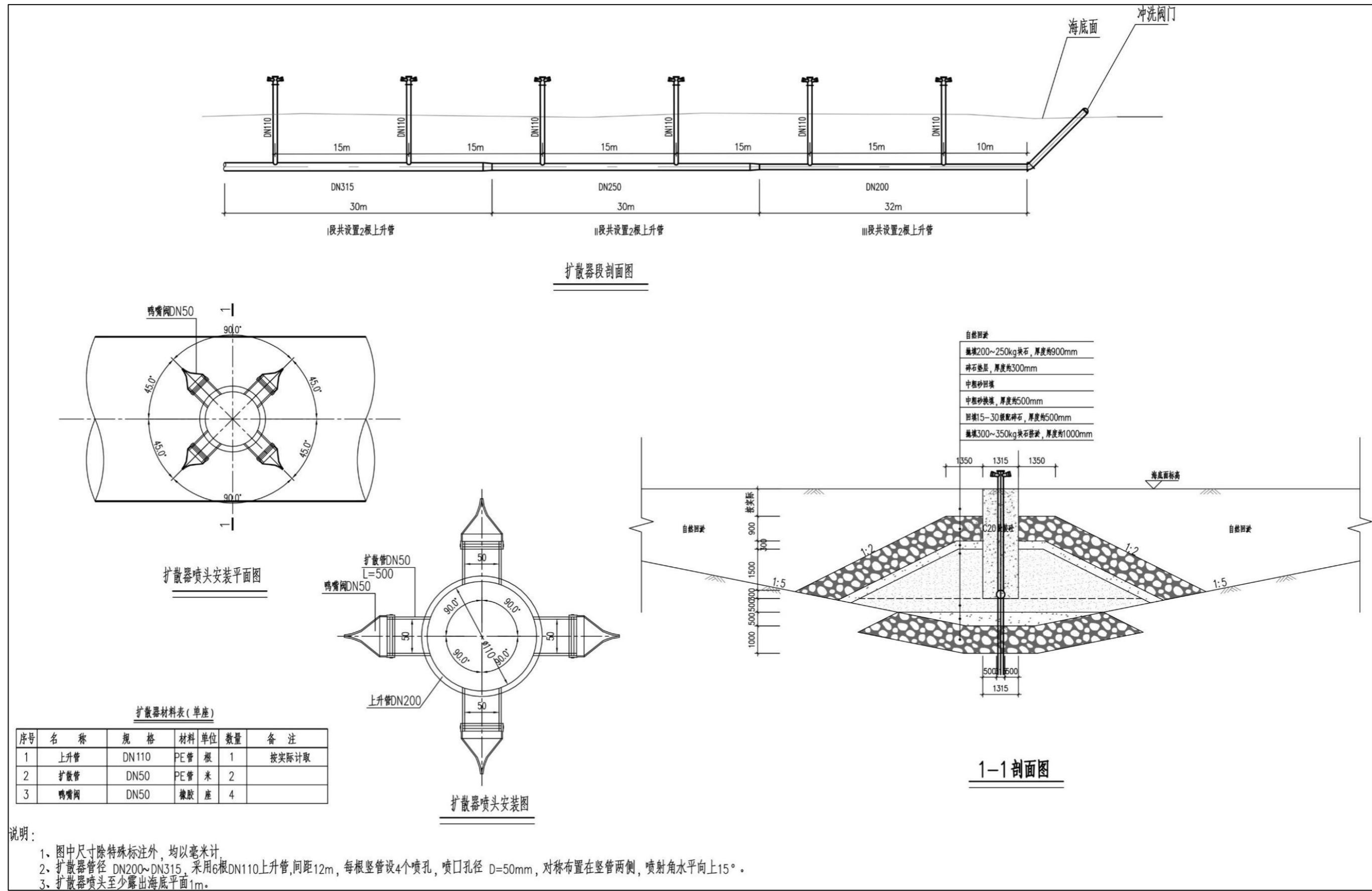


图 2.2-8 涉海排水管道扩散器段大样图

## 2.3 项目主要施工工艺和方法

### 2.3.1 总体施工方案

由于海上挖槽受潮汐及季风的影响较大，管道入槽定位困难，施工技术及质量要求高。因此，PE100 实壁管道海上施工适合采用漂浮铺设法进行施工。漂浮铺设法是管道在陆地上进行制作加工，下水后呈漂浮状态，拖航到预定地点后下沉至要求铺设的位置。这种方法一般用于较平静的水体，如海湾或受岛屿庇护的大面积海域。通过对国外采用漂浮法铺设排放管的实例和漂浮法在国内其他海底管道铺设中的应用情况进行分析归纳，采用漂浮法铺设排放管一般有下面两种情况：

排放管管径较大，管壁较薄，空管比重小于 1.0 时，将管道两端封堵后可直接漂浮在海面上；管材管径较小或在管道外部涂有混凝土保护层，空管相对密度大于 1.0 时，在管道上适当位置上系绑浮筒，借助浮筒的浮力，使管道呈漂浮状态。

漂浮法铺设管道需要陆上制作场，一般选在铺设地点附近的平坦、开阔、交通方便、便于管道下水的场地。管道下水时不采用沿坡滚动，而是利用滑道与滑橇将管道顺坡平移下滑入水。这样可以防止施工过程中管道因承受过大的扭矩而损坏。但空管相对密度大于 1.0 时，管道需困系浮筒，使管道在水中处于漂浮状态。

由于项目排水管道需要穿越自然岸线，本次拟采取定向钻埋管施工，从桩号起点 jw89，出口 jw92，往后用沉管施工。定向钻底土穿越施工 137m，牵引起点位于桩号 jw89，位于海岸线向陆一侧 27 米处，牵引终点位于桩号 jw92，位于海岸线向海一侧 110 米处。埋管施工 334m，其中扩散器 90 米。

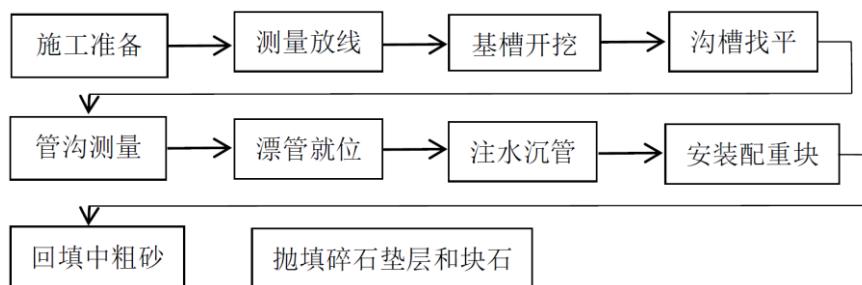


图 2.3-1 施工流程图

### 2.3.2 埋管施工技术

#### 2.3.2.1 施工原理

挖槽埋管的施工原理是利用潮水涨落和管道的自身浮力进行大口径长管道的浮运。由于管道自身重力大，在自然灌水下沉时沉速大而无法控制，所以需配合起重船挂轻质浮子平衡一部分重力，避免对基底产生太大的冲击而引发质量事故。海域挖槽埋管工艺

新、施工风险低，可节约投资，加快施工进度，且无环境污染。但海上施工受季风及洋流等影响较大，施工时最好错开季风季节；同时还需与当地气象台保持密切联系，时刻关注台风及潮汐洋流情况。在挖槽前测定海底的回淤速率，挖槽时严格控制好施工进度，以便在回淤前将基槽开挖完成。管道浮运和下沉时测定海水流速，以调整管道浮运时的状态和下沉时的位置。

### 2.3.2.2 工艺流程

海域挖槽埋管施工工艺流程如下图所示。

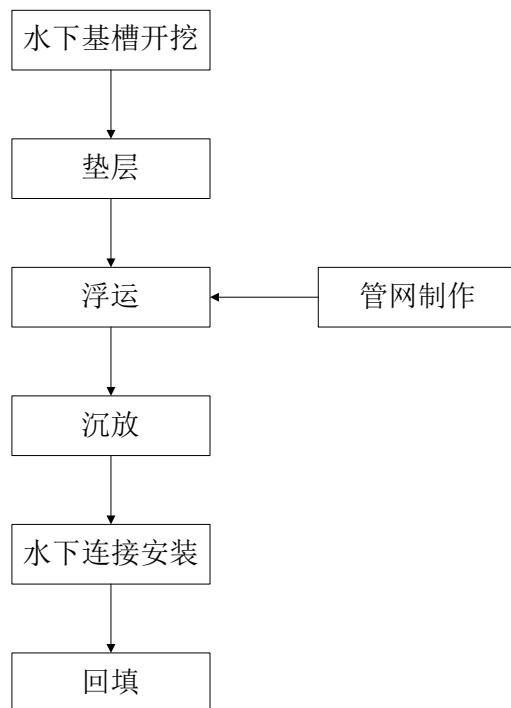


图 2.3-2 挖槽埋管施工工艺流程示意图

### 2.3.2.3 基槽开挖

项目基槽开挖长度为 334 米，宽度为 45 米，中心开挖深度约 5.3 米，放坡比例为 1:5，拟采用一艘  $5\text{m}^3/\text{h}$  的抓斗式挖泥船进行施工。

抓斗挖泥船沿沟槽轴线从远岸位置逐步向近岸施工，锚缆布设，艏锚与海床走向一致。通过在陆地上测量进行平面控制，施工船位则由监控电脑控制，以提高平面控制精度。沉管工程的施工定位至关重要，需采用较为稳妥的方法开展施工平面控制，确保施工质量。平面位置控制由挖泥船参照中心导标和陆地上架设经纬仪相结合的方式进行导向，以确保管道基槽轴线的准确。同时根据水位变化随时调整开挖深度，控制基槽开挖深度及平整度在规定范围内。开挖时船要把稳慢移，根据挖泥导标和水尺记录确保基槽轴线准确、槽底平整。基槽开挖时，要有专人对已挖基槽进行自检并登录备查，基槽轴线、宽度、深度、平整度、坡比应符合设计要求。基槽开挖完成后，及时通知业主及监

理工程师进行验收，提供完整的基槽施工验收资料，验收合格后方可进行下一道工序施工。

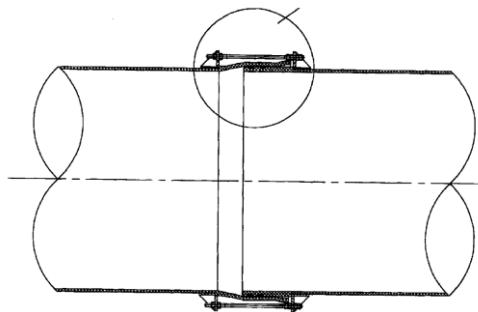
基槽要求表面平整，无局部凸起或凹陷，基槽轴线与管道设计轴线一致，纵向坡度符合设计要求。

#### 2.3.2.4 块石及砂垫层施工

基槽检测合格后进行块石垫层的施工，由施工船舶人工抛填块石。块石抛填工作完成后进行砂垫层施工，根据设计垫层数量计算抛填量，采用船舶的方式进行抛填，在陆上经纬仪指引下沿基槽轴线抛填砂垫层，然后用平整耙配合潜水员找平。根据基槽底宽，在陆上架设边线标，工作船根据边线标调整船位。平整后的砂垫层宽度、平整度、垫层顶面高程等均需符合设计要求，以防砂垫层高低不平而影响管道的安装质量。

#### 2.3.3 沉管施工

管道拖航到预定位置时，拖船要提前减速。当管线较长时，施工过程中管道中部要配置控制船，利用控制船上的缆索一起控制排放管的沉放。海域管道工程距离长、口径大，需对水下管道实行全线质量调节，可利用施工船的吊装缆绳不断调节管道在水下的位置，使其在相应水深下沉过程中的曲率和应力保持在允许范围内。在陆上经纬仪与测距仪的控制下，起重船舶在沉放位置抛锚定位后，垂直于管道的安装轴线，抛锚固定。在进行管道沉放作业时，应控制好管道的形态及应力。在陆上经纬仪和测距仪的控制下，通过定位缆与起重船只调整管道位置，使管道与安装轴线及位置准确配合。管道位置调整正确后打开管道两端的密封袋，使管道两端同时自然进水，此时管道要保持好适当的位置形态，使管道在整体均匀沉降。在管道下沉过程中，起重船主要控制好管道形态和下沉速度。此时用陆上经纬仪不断复核管道的轴线位置，以确保管道能准确就位。管道下沉完成后，潜水员进行管道水下检查处理，检查整根管道的贴基情况，对局部架空、翘起处进行铺填和冲吸砂处理，保证管道贴基、受力良好。如发现特殊问题，及时与水面指挥船舶联系，研究处理方法。管道沉放时，一定要注意该管道的垂直度，以免影响扩散器的正常使用。管道沉放到位后，起重船将管道插口缓慢、准确调整到承口导入段内，利用特制的管道连接器和管道上预埋的钢件连接，用液压千斤顶同步将插口顶入承口内，完成管道的连接和接头的密封，连接方式如下图所示。



接头安装到位后，将两根管道承插口的预埋钢件进行连接，防止后续安装对接头造成偏移或松脱。

#### 2.3.4 定向钻埋管

项目在 JW89~JW92 部分涉海排水管道采用定向钻施工工艺。管道定向钻施工是一种集机械、液压、测量、控制于一体的非开挖地下管线铺设技术，核心是通过导向钻机控制钻孔方向，在不破坏地面构筑物与植被的前提下，实现地下管线的精准铺设。该技术突破了传统开挖施工的局限，已成为城市管网升级、跨水域管线铺设、交通要道管线穿越等场景的核心施工方案，广泛应用于燃气、供水、通信、电力等管线工程领域。

工艺流程：测量放线→三通一平→钻机就位→安装调试→磁方位角测量→试钻→制浆→导向孔→预扩孔→管线回拖→清理场地。

#### 2.3.5 扩散器施工

JW92 至排水口也采用开挖、敷管、回填及覆盖施工工艺，施工工艺与涉海排水管道基本相同。本工程扩散器长 90m，靠近涉海排水管道的 30m 采用 DN315PE 管，其后 30m 为 DN250PE 管，其后 32m 采用 DN200PE 管，扩散管上接 6 根上升管，上升管采用 DN110PE 管，每个上升管上设置 4 个 DN50 鸭嘴阀，扩散器末端设置冲洗阀门。

工程所在地海域极端高潮位（50 年一遇）3.324m，设计高水位为 2.074m，设计低水位为 0.384m，极端低水位为-0.316m，扩散器处海底高程-4.45m，扩散器上升管顶高程-3.45m（平均高出海底 1 米），埋深 3.0m。

海域段排水管道开挖回填断面见下图。

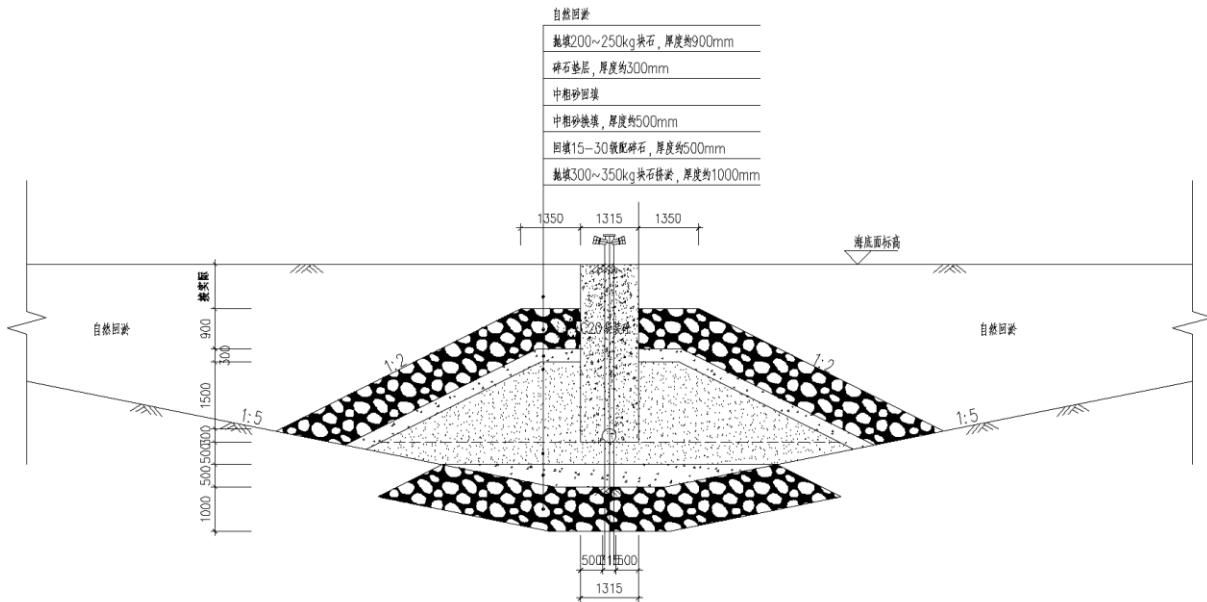


图 2.3-3 扩散器及沉管施工剖面图

### 2.3.6 PE 实壁管制作及下滩

PE 实壁管及相关管道配件在生产厂内制作完毕, 管线末端的 PE 实壁扩散器配件尽量与管道牢固连接为一体, 便于现场施工。管道在制作时在承插口近端沿管道圆周均匀预埋三个钢件, 用作吊装和水下承插口连接的附属性件。管道运输到施工现场, 准备安装施工时, 预先将橡胶圈装入插口槽内, 用起重船把成品管吊放至指定区域, 管道两端需用彩条布封口并捆扎牢固, 防止海水灌入管内。管道在高平潮时依靠自身浮力平顺下滩、下水, 该方式既可保证管道的质量又可保证施工安全。



### 2.3.7 回填

管道安装到位后, 应立即进行稳管和回填, 便于下一根管道的安装。根据设计要求, 稳管采用砂子回填至设计标高, 然后在其上填埋砌块石, 水下回填粗砂、块石埋砌的施工步骤及注意事项与块石、砂垫层的施工相同。如回填不及时或回填质量不好, 在后续管道安装过程中会导致管道轴线偏移或管道变形量过大, 影响工程质量, 必须对回填质

量严格把关。

### 2.3.8 施工材料

根据项目可行性研究报告,项目主要施工材料如下:

表 2.3-1 施工材料及工程量

序号	工程名称	规格	单位	工程数量
1	碎石垫层	/	m <sup>3</sup>	707.63
2	回填中粗砂	/	m <sup>3</sup>	2018.99
3	级配碎石	/	m <sup>3</sup>	1103.27
4	据填 300~350kg 块石	300~350kg	m <sup>3</sup>	1359.42
5	抛填 200~250kg 块石	200~250kg	m <sup>3</sup>	2259.89
6	C20 袋装砼	C20	m <sup>3</sup>	57.31

### 2.3.9 施工机械

为确保施工进度的要求,码头施工需配备大功率挖泥船 1 艘、运桩船 2 艘,另外还需配备拖轮、驳船等。本项目施工机械详见表 2.3-2。

表 2.3-2 项目施工机械一览表

施工机械	型号/规格	数量(台)	用途
抓斗挖泥船	5m <sup>3</sup>	1	埋管施工基槽开挖
平整耙	/	1	埋管施工基槽平整
运输船	1000~2000t	2	材料运输
拖船	1000~1500t	1	沉管施工
起重船	1000~1500t	1	沉管施工
驳船	/	1	基槽开挖泥运输
吊车	/	2	陆上材料装卸
经纬仪	/	若干	施工定位
测距仪	/	若干	施工测距
导向钻机	/	1	定向钻施工

### 2.3.10 施工进度安排

施工组织设计应根据本项目的特点,合理安排好施工工艺及工序,组织预制品制作、运输和安装,协调水上、陆上施工的配合。根据本项目规模,施工期安排为 6 个月。

表 2.3-3 项目施工进度安排

序号	施工工序	时间(月)					
		1	2	3	4	5	6
1	施工准备						
2	沟槽开挖						
3	定向钻施工						
4	沉管施工与回填						
5	试压						

### 2.3.11 土石方平衡

根据项目可研报告,本项目海域段涉海排水管道的土石方平衡见所示,由土石方平衡可知,本项目埋管施工挖土方量约为24048m<sup>3</sup>,排水管道土土质为粉细砂、粉质粘土~粘土、砂混淤泥、中砂、粗砂、砾砂,可归为二类土。项目填方主要为块石、碎石垫层、中粗砂,总填方量约为7506.52m<sup>3</sup>,均为外购砂石。企业施工前,应根据实际情况向主管部门办理抛泥许可证。

表 2.3-4 工程土石方一览表 (m<sup>3</sup>)

序号	项目组成	土石方开挖	土石方回填	外借		弃土	
				数量	来源	数量	去向
1	埋管施工基槽开挖	24048	0	0	0	24048	合法倾倒区倾倒
2	定向钻施工	涉海部分	12.5	0	0	12.5	合法倾倒区倾倒
		陆上部分	3.1	0	0	3.1	运输至陆上指定地点消纳
3	碎石垫层	0	707.63	707.63	外购	0	埋管及扩散器安装
4	回填中粗砂	0	2018.99	2018.99	外购	0	
5	级配碎石	0	1103.27	1103.27	外购	0	
6	据填300~350kg块石	0	1359.42	1359.42	外购	0	
7	抛填200~250kg块石	0	2259.89	2259.89	外购	0	
8	C20袋装砼	0	57.31	57.31	外购	0	
合计		24063.6	7506.52	7506.52	外购	24063.6	/

## 2.4 项目用海需求

### 2.4.1 用海需求

#### 2.4.1.1 主体工程用海需求

用海类型:本项目为电镀废水处理厂尾水达标排放工程,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),项目海域使用类型为“特殊用海”(一级类)中的“排污倾倒用海”(二级类);根据《海域使用分类》(HY/T 123-2009),项目用海类型属于“排污倾倒用海”(一级类)中的“污水达标排放用海”(二级类)。

用海方式:根据《海域使用分类》(HY/T 123-2009),项目涉及的用海方式主要包括“其他方式”(一级方式)中的“海底电缆管道用海”(二级方式)(排水管道用海)、“污水达标排放用海”(二级方式)(污水达标排放混合区用海)、“取、排水口用海”(二级方式)(排水口用海)。

拟申请用海面积：本次申请用海根据工程建设内容以及广东省修测海岸线为界线进行用海面积界定后，拟申请用海总面积为 5.5855 公顷，其中海底电缆管道用海面积 0.7984 公顷，取、排水口用海面积 2.2991 公顷，污水达标排放用海面积 2.4880 公顷。

#### 2.4.1.2 施工用海需求

用海类型：根据《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（自然资发〔2023〕234 号），本项目海域使用类型为“特殊用海”中的“其他特殊用海”；根据《海域使用分类》（HY/T 123-2009），人工护坦施工用海类型为“其他用海”（一级类）中的“其他用海”（二级类）。

用海方式：根据《海域使用分类》（HY/T 123-2009），用海方式为“开放式”（一级方式）中的“专用航道、锚地、其他开放式”（二级方式）。

拟申请用海面积：项目人工护坦施工用海面积约 0.1614ha。

用海范围涉及用海界址点、海宗海图如下所示。

略

图 2.4-1 宗海位置图

略

图 2.4-2 项目主体用海宗海界址图



略

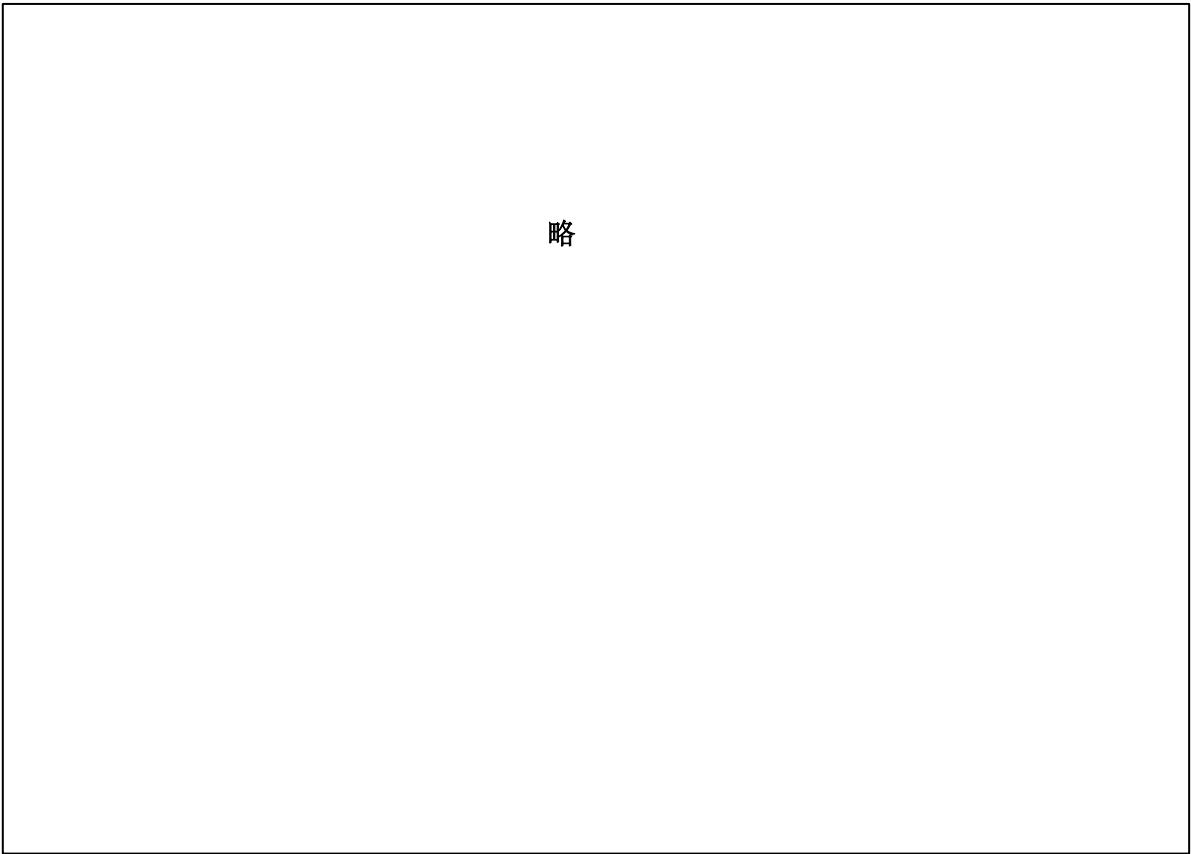


图 2.4-3 项目施工用海宗海位置图

略

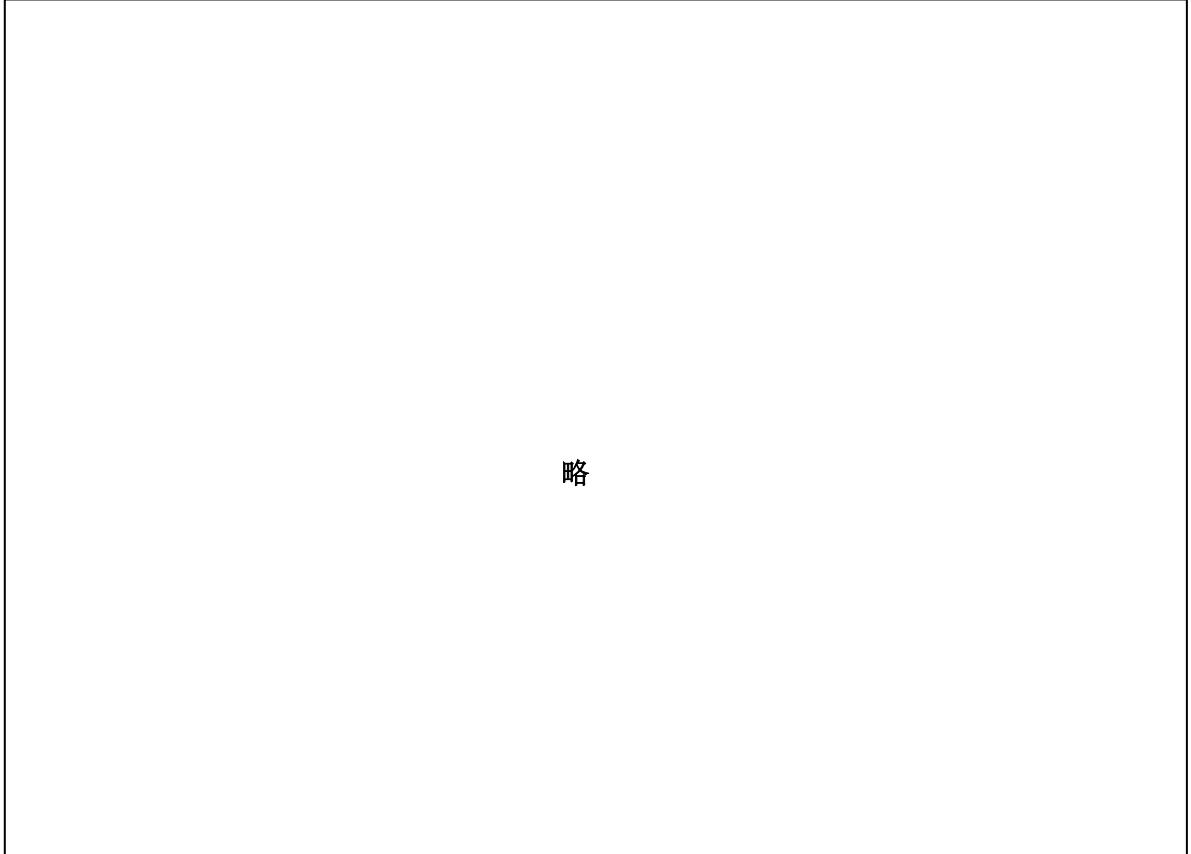


图 2.4-4 项目施工用海宗海界址图

## 2.4.2 项目占用岸线情况

本项目排水管道采用定向钻施工，底土穿越自然岸线（砂质岸线），项目用海占用岸线 35.29 米，其中排水管道占用岸线 0.32 米，排水管道定向钻起点距离岸线向陆一侧 27 米，终点距离岸线向海一侧 110 米，底土穿越海岸线深度 3 米。项目排水管道建设不会导致海岸线原有形态或生态功能发生变化，本项目实施后不新形成岸线。

## 2.4.3 申请用海年限

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。

本工程用海类型为污水达标排放用海，参照城市基础设施配套工程，论证申请用海年限参照“公益事业”界定，本工程申请海域使用最高年限为 40 年。施工用海拟申请用海期限 6 个月。

## 2.5 项目用海必要性

### 2.5.1 项目用海与产业政策的符合性分析

根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目为电镀废水处理厂达标尾水排放工程，属于国家发展与改革委员会《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中的鼓励类产业“四十二、环境保护与资源节约综合利用”行业中“10. 工业‘三废’循环利用：‘三废’综合利用与治理技术、装备和工程”。因此，项目建设符合国家产业政策的要求。

### 2.5.2 项目建设必要性

陆丰市五金配件分园电镀废水处理厂及配套排水管道的建设，是保障园区主导产业可持续发展、落实最严格环境保护制度的核心基础设施工程，其建设必要性根植于产业特性、环保法规、资源循环及区域生态安全的综合要求。

首先，从产业污染治理的刚性需求来看，电镀作为五金产业链的关键环节，其生产废水具有成分复杂、毒性强、重金属含量高的显著特征，例如含铬、镍、氰化物等污染物若未经专业化处理，将对土壤、水体及生态系统造成不可逆的损害。园区五金电镀产品规划规模电镀产品规模 115 万吨/年，电镀面积为 14560 万 m<sup>2</sup>/年，阳极氧化工艺加工规模为 1500 万 m<sup>2</sup>/年，喷粉加工面积约 400 万 m<sup>2</sup>/年，喷漆加工规模约 250 万 m<sup>2</sup>/年。

涉及注塑工艺的塑料五金制品规模约为 15 万吨/年。规划配套建设电镀废水处理站规模为  $11000\text{m}^3/\text{d}$ ，非电镀废水处理厂规模为  $500\text{m}^3/\text{d}$ 。本期电镀废水处理厂包括电镀废水处理系统和非电镀废水处理系统两部分，电镀废水处理系统设计处理规模为  $4000\text{m}^3/\text{d}$ ，非电镀废水处理系统设计处理规模为  $500\text{m}^3/\text{d}$ ，电镀废水处理厂设计处理规模合计为  $4500\text{m}^3/\text{d}$ 。园区电镀废水中含总铬、六价铬污染物的生产废水全部回用不外排，其他电镀废水经拟建的电镀废水处理系统处理达标后确需外排的，于甲子港海域离岸达标排放。通用化的废水处理工艺无法满足电镀废水的差异化处理要求，必须根据前处理废水、含铬废水、含镍废水、含氰废水、综合废水、混排废水等废水的不同特性，分别设置专管进行分类收集，并采用针对性的处理工艺，例如含铬废水需通过“MVR 蒸发”实现全回用，含氰废水需采用“二级破氰”进行预处理，任何混合处理或分散处置方式不仅成本高昂，且难以实现全过程监管，极易引发偷排风险。

其次，该项目建设是实现重金属减排与水资源循环利用的关键路径，是园区由传统制造向绿色制造转型的核心支撑。受区域重金属铬总量指标制约，园区必须对含铬生产废水实现全部回用、达到零排放目标；同时，整体电镀废水的中水回用率被设定为不低于 60%，这一指标将大幅减少新鲜水资源的消耗，预计年节水量可超过 240 万立方米，完全契合国家“节水优先”的战略导向。为实现这一目标，电镀废水处理厂采用了“分类预处理+生化处理+深度处理（BWRO/SWRO+MVR）”的组合工艺，该工艺的先进性确保了出水水质中关键指标满足电镀水污染物排放标准限值，从而将废水处理的末端治理模式，从根本上转变为“资源化+减量化”的循环经济模式。

最后，配套排水管网系统是确保污水处理效能、规避环境风险并实现合规运营的根本支撑。管网规划遵循“清污分流、雨污分流、分质处理”的原则，其设计的科学性直接决定了废水的收集效率与最终处理效果。园区内设置了电镀废水专管和非电镀工业废水专管，实现了各类污水的精准分类与输送，从源头避免了交叉污染，为后端的高效处理奠定了基础。此外，本期尾水最大允许排放量为  $2100\text{m}^3/\text{d}$ ，包括电镀废水处理达标尾水最大排放量为  $1600\text{m}^3/\text{d}$ 、非电镀废水处理达标尾水最大排放量为  $500\text{m}^3/\text{d}$ ，经尾水排水管道约 7137m 于甲子港海域进行离岸排放，此举有效避免了对近岸生态系统的直接冲击，且在电镀废水处理系统末端和非电镀废水处理系统末端分别设置在线监测，便于环保部门进行实时监管，确保排放的持续合规性。

综上所述，电镀废水处理厂项目是园区实现产业高质量发展与生态环境高水平保护协同并进的基石工程，其建设不仅源于电镀污染治理的技术刚性，更是在资源循环利用、

环境风险防控及企业合规运营等多重维度上的必然选择。

### 2.5.3 项目用海必要性

本期电镀废水处理系统设计处理规模为  $4000\text{m}^3/\text{d}$ ，非电镀废水处理系统设计处理规模为  $500\text{m}^3/\text{d}$ ，电镀废水处理厂设计处理规模合计为  $4500\text{m}^3/\text{d}$ 。本期尾水最大允许排放量为  $2100\text{m}^3/\text{d}$ ，包括电镀废水处理达标尾水最大排放量为  $1600\text{m}^3/\text{d}$ 、非电镀废水处理达标尾水最大排放量为  $500\text{m}^3/\text{d}$ 。电镀废水处理厂处理达标尾水通过建设尾水排水管道在甲子港海域进行离岸排放，涉海段尾水排水管道管径为  $320\text{mm}$ ，长度约 444 米，其中定向钻底土穿越施工 110 米，埋管施工 334 米（含扩散器 90 米，排水管道 244 米），埋管施工段设置宽 15 米、长 334 米的人工护坦。

本项目作为分园配套工程，电镀废水处理厂的建设是保障园区工业废水处理能力的关键举措。污水达标排放所形成的混合区需依法申请“污水达标排放”用海许可。电镀废水处理厂尾水需通过排水管道离岸排放，涉海段尾水排水管道长度约 444 米，尾水排水管道的建设涉及用海，需依法申请“海底电缆管道”用海许可。电镀废水处理厂尾水排放口设置在甲子港海域范围内，排水口需依法申请“取、排水口”用海许可。为防止海底水流冲刷导致的海床侵蚀，通过稳定海床土体减少管道悬空风险，避免因应力集中引发的管体位移或断裂。同时，为了分散水流冲击力，降低 PE 管材长期运行中的疲劳损伤，延长工程使用寿命，项目对开挖施工段排水管道设置宽 15 米、长 334 米的人工护坦，施工期间需对海底面进行开挖，开挖尺寸宽 45 米、长 334 米，施工范围超出项目主体用海范围部分需依法申请“专用航道、锚地、其他开放式”用海许可。

排水管道主要占用海底海床资源，扩散器的主要作用是通过将污水均匀分散地排放到海洋水体环境中，是排海工程中关键构筑物，其长度直接影响到近区稀释扩散效果，为提升污染物扩散效果达到浓度稀释要求，扩散器设置了多个分散喷口仰角喷射。根据排水管道的平面布置，涉海排水管道、扩散器等构筑物需占用一定的海域面积。

因此本工程建设占用的海域资源是必不可少的，用海是必要的。

综上所述，本工程的建设是必要的，从工程的建设内容来分析，陆丰产业转移工业园五金配件分园电镀废水处理厂项目尾水排放工程用海也是十分必要的。

### 3 项目所在海域概况

#### 3.1 海洋资源概况

##### 3.1.1 岸线资源

根据《广东省海岸带及海洋空间规划(2021—2035年)》(粤自然资发〔2025〕1号),汕尾全市海岸线全长467.3km,占全省岸线11.44%,其中严格保护岸线254.6km,限制开发岸线121.9km,优化利用岸线90.8km。

根据2022年广东省最新修测岸线数据,本项目论证范围内岸线共有56.89km,岸线类型包括人工岸线、自然岸线、其他岸线,其中人工岸线32.23km、自然岸线23.41km、其他岸线1.25km。本项目排水管道采用定向钻施工,底土穿越自然岸线(砂质岸线),占用岸线35.29米,其中定向钻起点距离岸线向陆一侧27米,终点距离岸线向海一侧110米,底土穿越海岸线深度3米。项目排水管道建设不会导致海岸线原有形态或生态功能发生变化,本项目实施后不新形成海岸线。

略

图3.1-1 项目论证范围内海岸线示意图

##### 3.1.2 岛礁资源

汕尾市濒临南海,海域辽阔,海岸线长,近海岛屿众多。据《中国海岛志·广东卷第一册》记载,汕尾市近海海域有岛(礁)311个,其中有居民岛2个,无居民岛(礁)

309 个。海岛总面积 79.6 平方公里，岛岸线长 12.82 公里，面积大于或等于 500 平方米的岛（礁）93 个。根据 2005 年版《海丰县志》和 2007 年版《陆丰县志》记载的岛屿名录共有 74 个。其中陆丰县 17 个分别是：甲子屿岛、叠石岛、东白礁岛屿、大礁母岛、宫仔岛、赤礁东岛、大士岛、羊仔岛、北士岛、渔翁礁、眼礁岛、东桔礁岛、西桔礁岛、刺礁岛、头干岛、白礁岛、黑大礁岛。

项目论证范围内共有 54 个岛礁，其中项目用海附近的岛礁主要为：大母礁（北侧，4km）、青蛙沙（北侧，1.7km）、外印礁（北侧，0.5km）、陆丰鸟礁（西侧，0.7km）。

略

图 3.1-2 岛礁资源图

### 3.1.3 滩涂资源

陆丰市地处粤东沿海甲子湾内，全市 200 米等深线内海域面积 1.26 万平方千米，40 米等深线内近海面积 2760 平方千米，10 米等深线内浅海面积 191.8 平方千米，5 米等深线内浅海滩涂面积 74.26 平方千米。

### 3.1.4 港口、航道、锚地资源

本节港口、航道、锚地资源主要引用自《汕尾港总体规划（2025—2035 年）》（报批稿，2025 年 9 月）。

略

图 3.1-3 项目周边港口、航道、锚地分布图

略

图 3.1-4 甲子港航道分布

### 3.1.4.1 港口资源

参考《汕尾港总体规划（2025—2035 年）》（报批稿，2025 年 9 月），汕尾市目前包括海丰港区、汕尾港区、汕尾新港区和陆丰港区。

汕尾港现有 10 个生产用泊位，包括汕尾港区的远洋 5 千吨码头，汕尾新港区天源投资有限公司专用码头 2 个泊位、汕尾电厂的煤码头和重件码头、汕尾市信安实业有限公司码头，陆丰港区碣石海工基地新能源重件码头 2 个泊位、广东陆丰甲湖湾电厂配套码头的散货泊位和重件泊位。

其中，万吨级以上泊位 2 个（即 2 个 10 万吨级煤炭泊位），5000 吨级泊位 4 个，1000（含）～5000（不含）吨级泊位 4 个，泊位总长度为 1.57km，全港综合通过能力约 1798.49 万吨。

汕尾港公用泊位共 3 个、仅占全港 30%，即汕尾港区的 5000 吨级泊位和海工基地的 2 个 5000 吨级重件泊位，这些泊位规模较小、总体运输能力不高。其余均为非公用泊位。

汕尾港现状泊位中以通用件杂货泊位最多，共 7 个、占比 70%，在多个港区均有建设；煤炭泊位数量不多，但是通过能力最大，占全港的 69%，且规模等级最高；此外还有少量散装水泥泊位。

陆丰港区有现状码头泊位 4 个，其中 10 万吨级泊位 1 个（即甲湖湾电厂配套码头煤码头泊位，结构按 15 万吨级设计），3000-5000 吨级 3 个，岸线总长度 761m，设计年综合通过能力 958.49 万吨。

### 3.1.4.2 航道资源

参考《汕尾港总体规划（2025—2035 年）》（报批稿，2025 年 7 月），汕尾港航道主要有汕尾作业区航道（自 1#航标～5#航标）、汕尾作业区内航道、马宫作业区航道、汕尾新港区（红海湾）、鲘门作业区航道、甲子作业区航道（自西方位标～航道）、碣石作业区航道、乌坎作业区航道、华润电厂进港航道、甲湖湾电厂进港航道及陆丰核电重件码头进港航道。

表 3.1-1 汕尾港进港航道现状表（单位：m）

航道名称	长度	宽度	基准水深	底质	可航水域	备注
汕尾作业区航道（自 1#航标～5#航标）	4730	75	-5.0～-7.0	沙泥	120	人工疏浚形成
汕尾作业区内航道			-3.5～-7.0	沙泥	120	自然航道
马宫作业区航道			-3.0～-4.5	沙泥	120	自然航道

航道名称	长度	宽度	基准水深	底质	可航水域	备注
汕尾新港区（红海湾）	4210	190/300	-16.1	泥沙	190/300	人工疏浚（外航道/内航道）
鲘门作业区航道			-2.8~-4.5	沙泥	120	自然航道
甲子作业区航道（自西方位标~航道）	2700	60 (最窄处)	-2.8 (最低)	沙质或泥沙质		航道弯曲
碣石作业区航道	5200	60 (最窄处)	-5.1	泥沙	60	
乌坎作业区航道	2100	60 (最窄处)	-2.7~-6.0	泥沙		人工疏浚形成
华润电厂进港航道	10550	189	-16.2	泥沙		人工疏浚
甲湖湾电厂进港航道	3326.7 8	190	-16.0			人工疏浚
陆丰核电重件码头进港航道		73	-7.6			

### 3.1.4.3 锚地资源

参考《汕尾港总体规划（2025—2035 年）》（报批稿，2025 年 9 月），汕尾港现有 18 处锚地，各锚地现状情况见下表所示。

表 3.1-2 汕尾港现状锚地一览表

序号	锚地所在港口	名称	中心地点	半径 (海里)	用途
1	汕尾港	大型船舶临时避风锚地	115°13'00",22°37'00"	2	避风、防台
2	汕尾港	过驳锚地	115°17'30",22°40'00"	2	候泊、过驳、防台
3	汕尾港	引航锚地	115°13'00",22°44'30"	1	引航、候泊、防台
4	汕尾港	检疫锚地	115°16'30",22°45'30"	0.5	检疫、防台
5	汕尾港	装运危险货物船舶锚地	115°17'36",22°46'18"	0.5	装运危险货物船舶 候泊
6	鲘门港	检疫锚地	115°09'00",22°45'60"	0.5	检疫、防台
7	鲘门港	装运危险货物船舶锚地	115°07'48",22°45'60"	0.5	装运危险货物船舶 候泊
8	遮浪港	引航检疫锚地	115°32'00",22°38'00"	1	引航、检疫、防台
9	碣石港	大型船舶临时避风锚地	115°41'00",22°40'00"	2	避风、防台
10	碣石港	过驳锚地	115°41'00",22°45'00"	2	过驳、候泊、防台
11	碣石港	引航检疫锚地	115°45'00",22°47'00"	0.5	引航、检疫、防台
12	乌坎港	引航检疫锚地	115°40'00",22°49'54"	0.5	引航、检疫、防台
13	甲子港	引航检疫锚地	115°04'23",22°49'54"	0.5	引航、检疫、防台
14	汕尾港红海湾 港区	引航锚地	115°39'48",22°38'30"	0.5	引航、检疫、防台

序号	锚地所在港口	名称	中心地点	半径(海里)	用途
15	汕尾港海丰港区	1号引航检疫锚地	115°07'24",22°38'36"	0.5	引航、检疫、防台
16	汕尾港海丰港区	2号引航检疫锚地	115°09'00",22°36'00"	1.0	引航、检疫、防台
17	汕尾港海丰港区	1号引航锚地	116°01'00",22°45'00"	0.5	引航、检疫、防台
18	汕尾港海丰港区	2号引航锚地	116°00'00",22°43'00"	1	引航、检疫、防台

### 3.1.5 旅游资源

汕尾市海岸线上分布着众多沙滩、奇岩、岛礁、古迹等滨海迷人风光，“神、海、沙、石”兼备，具有“阳光、沙滩、海水、空气、绿色”5个旅游资源基本要素，历史、人文内容也十分丰富，适于开发观光旅游、购物旅游、宗教旅游。金厢、遮浪、捷胜等地海滩连绵，安全系数高、沙质细软，海水水质好，开发滨海旅游条件得天独厚，是海水浴场、日光浴场、水上运动场优良场所，其中以遮浪和金厢旅游资源开发潜力最大。遮浪山、海、湖、角风光旖旎，是国家重点海水浴场之一；观音岭金厢滩沙白、水清、浪小，岭前奇石众多，是一处理想的滨海度假胜地。龟龄岛、小岛等海岛风光旅游资源也具有很大的开发潜力。

### 3.1.6 矿产资源

陆丰矿产资源丰富，主要有6大类15种，以高岭土、石英砂、锡、锆、钛铁、硫铁矿等蕴藏量最为丰富。高岭土蕴藏量1亿吨以上，主要分布在大安、陂洋、八万、博美、城东、金厢等镇，其中大安镇分布面积达59km<sup>2</sup>，蕴藏量4000多万吨。石英砂总蕴藏量为1亿m<sup>3</sup>以上，主要分布在星都、上英、东海、金厢、碣石、湖东等地，其中星都经济试验区的白沙埔，面积400多公顷，地面至地下2.5m深处纯属石英砂，蕴藏量达1000多万m<sup>3</sup>。

### 3.1.7 渔业资源

#### 3.1.7.1 调查概况

为掌握项目所在海域渔业资源状况，论证单位广东智环创新环境科技有限公司委托中国科学院南海海洋研究所于2023年11月20日—21日（秋季）对项目所在海域开展渔业资源现状调查，本次调查设渔业资源站位15个。具体调查站位详见3.2.5.1节。

### 3.1.7.2 监测项目

海洋渔业资源（含鱼卵仔鱼）的种类组成、群落特征、分布特点、物种多样性指数、生物学特征、成幼体比例，渔获量、资源密度等。

### 3.1.7.3 调查方法

#### （1）鱼卵仔鱼

采用拖网法，每个调查站采用水平拖网和垂直拖网两种方法，网具采用浅海浮游生物 I 型网。水平拖网于表层水平拖曳 10 分钟取得，拖速保持在 1-2 节左右，共获得 15 个鱼卵仔鱼样品，此样品为定性样品。垂直拖网每个调查站从底至表垂直拖曳浮游生物网，获得 15 个鱼卵仔鱼样品，此样品为定量样品。海上采得的浮游生物样品按体积 5% 的量加入福尔马林溶液固定，带回实验室后将鱼卵仔鱼样品单独挑出，在解剖镜下计数和鉴定。定性样品以 ind/net 为计量单位进行统计，定量样品以 ind/m<sup>3</sup> 为计量单位进行统计分析。

#### （2）海洋渔业资源（游泳动物）

渔业资源调查均按《海洋调查规范》及中华人民共和国农业部 2008 年 3 月颁布的《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》进行，采样均于白天进行，每次放网 1 张。

本次渔业资源调查使用的网具为底拖网，网宽 5m，网长 8m，平均拖速为 3.0kn。

对渔获物的渔获重量和尾数进行统计，记录网产量。根据调查海域的物种分布特征和经济种类等情况，将本次调查海域的渔获物分别从渔获率、资源密度、优势种、幼体比例、主要物种的生物学特征等方面统计分析。

### 3.1.7.4 评价方法

#### （1）鱼卵仔鱼

鱼卵仔鱼的密度计算方法根据面积、拖网距离和鉴定的鱼卵仔鱼数量，按以下公式计算单位体积内鱼卵仔鱼的分布密度：

$$V=N / (S \times L)$$

式中：

V——鱼卵仔鱼的分布密度，单位为 ind/m<sup>3</sup>；

N——每网鱼卵仔鱼数量，单位为（个，尾）；

S——网口面积，单位为 m<sup>2</sup>；

L——拖网距离，单位为 m。

#### （2）渔业资源（游泳动物）

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

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

式中：

S——重量密度 (kg/km<sup>2</sup>) 或个体密度 (ind/km<sup>2</sup>)；

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——平均渔获率 (kg/h) 或平均生物个体密度 (ind/h)；

E——逃逸率 (取 0.5)。

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

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

式中：

N——某一种类的尾数占渔获总尾数的百分比；

W——某一种类的重量占渔获总重量的百分比；

F——某一种类的出现站位数占调查总站位数的百分比。

### 3.1.7.5 调查结果

#### 3.1.7.5.1 鱼类浮游生物

##### (1) 种类组成

本次调查中，至少共出现了鱼卵仔鱼 9 种，其中鲈形目鉴定出 4 种，鲱形目鉴定出 2 种，鲻形目、鲽形目和未定种各鉴定出 1 种。

表 3.1-3 调查海区鱼卵、仔鱼种类组成

种类		拉文种名	鱼卵	仔鱼
鲱形目	小沙丁鱼	<i>Shardinella</i> sp.	+	+
	小公鱼	<i>Stolephorus</i> sp.	+	+
鲈形目	多鳞鱚	<i>Sillago sihama</i>		+
	鲻科	<i>Leiognathidae</i>	+	+
	鲷科	<i>Sparidae</i>	+	+
	鳚科	<i>Blenniidae</i>		+
鲻形目	鲻科	<i>Mugilidae</i>	+	+
鲽形目	舌鳎科	<i>Cynoglossidae</i>	+	
/	未定种	Unidentified	+	

##### (2) 数量分布

###### 1) 水平拖网定性调查

本次水平拖网定性调查共采到鱼卵 332 粒，调查海区 15 个站位中全部采集到鱼卵，鱼卵出现率为 100.00%，各站平均采获鱼卵数量为 22ind/net。采获鱼卵数最大是 L20 号

站, 为 34ind/net, 各站采获鱼卵数变化范围在 (14~34) ind/net。

本次水平拖网定性调查共采到仔鱼 117 尾, 在调查海区 15 个站位中均有仔鱼出现, 出现率为 100.00%, 仔鱼的各站平均采获数量平均为 8ind/net, 采获仔鱼数最大是 L6 号站, 为 39ind/net, 在本站采获鲷科仔鱼 36 尾, 各站采获仔鱼数变化范围在 (1~39)ind/net。

表 3.1-4 鱼类浮游生物水平拖网采获数量及其分布

站位	鱼卵发育期	
	鱼卵 (ind/net)	仔鱼 (ind/net)
L1		
L2		
L5		
L6		
L9		
L10		
L12		
L13		
L14		
L16		
L17		
L18		
L19		
L20		
L22		
平均值		
合计		

## 2) 垂直拖网定量调查

本次垂直拖网定量调查共采到鱼卵 4 粒, 仔鱼 25 尾。调查期间 15 个测站中 4 个站采集到鱼卵, 鱼卵出现率为 26.67%, 调查海区的鱼卵平均密度为 0.14ind/m<sup>3</sup>, 采获鱼卵数量密度最高的是 L10 号站, 为 0.88ind/m<sup>3</sup>, 鱼卵密度变化范围在 (0.00~0.88) ind/m<sup>3</sup> 之间; 仔鱼在 15 个站位中出现在 13 个站位中, 仔鱼出现率为 86.67%, 调查海区的仔鱼平均密度为 1.24ind/m<sup>3</sup>, 采获仔鱼数量密度最高的是 L6 号站, 为 4.29ind/m<sup>3</sup>, 仔鱼密度变化范围在 (0.00~4.29) ind/m<sup>3</sup> 之间。

表 3.1-5 鱼类浮游生物垂直拖网密度及其分布

站位	鱼卵发育期	
	鱼卵 (ind/m <sup>3</sup> )	仔鱼 (ind/m <sup>3</sup> )
L1		
L2		
L5		

站位	鱼卵发育期	
	鱼卵 (ind/m <sup>3</sup> )	仔鱼 (ind/m <sup>3</sup> )
L6		
L9		
L10		
L12		
L13		
L14		
L16		
L17		
L18		
L19		
L20		
L22		
平均值		
合计		

### (3) 主要种类及数量分布

#### 1) 水平拖网定性调查主要种类及数量占比

鲷科和蝠科是本次水平拖网定性调查中的主要鱼卵种类。鲷科鱼卵数量共 145 枚, 占本次定性调查鱼卵总数的 43.67%。蝠科鱼卵数量共 71 枚, 占本次定性调查鱼卵总数的 21.39%; 鲷科是本次水平拖网定性调查中的主要仔鱼种类, 鲷科仔鱼数量为 91 尾, 占本次调查仔鱼总数的 77.78%。

#### 2) 垂直拖网定量调查主要种类及数量分布

鲷科是本次垂直拖网定量调查中的主要鱼卵种类。鲷科鱼卵在 15 个调查站中 2 个站有出现, 出现频率为 13.33%, 鱼卵数量密度平均值为 1.07ind/m<sup>3</sup>; 鲷科同样也是垂直拖网定量调查中的主要仔鱼种类, 共出现在 9 个调查站位, 出现频率为 60.00%, 仔鱼数量密度平均值为 13.07ind/m<sup>3</sup>。

### 3.1.7.5.2 游泳动物

#### (1) 种类组成

本次调查拖网采样共捕获游泳动物 52 种, 其中: 鱼类 21 种, 甲壳类 29 种, 头足类 2 种。鱼类隶属于 8 目 21 科, 分别为鲈形目 6 科: 虾虎鱼科、石首鱼科、带鱼科、鮨科、天竺鲷科和鮨科; 鲱形目锯腹鳓科、鲽形目鲆科、鲉形目鲬科、鲻形目的鲹科、仙女鱼目的龙头鱼科、鲀形目的鲀科和单棘鲀科、鳗鲡目的糯鳗科。甲壳类隶属于 2 目 8 科, 分别为口足目虾蛄科和十足目对虾科、管鞭虾科、鼓虾科、关公蟹科、梭子蟹科、

长脚蟹科和蜘蛛蟹科；头足类包括枪形目的枪乌贼科和乌贼目的乌贼科，共计2目2科。

物种最丰富的断面是L22号站，为24种，其次为L19号和L14号站断面，种类数均为23种，物种最少的断面是L6号站断面，种数为17种。

表 3.1-6 各断面出现种类统计结果

断面	鱼类	甲壳类	头足类	总计
L1				
L2				
L5				
L6				
L9				
L10				
L12				
L13				
L14				
L16				
L17				
L18				
L19				
L20				
L22				
合计				

## (2) 渔获率

渔业资源的平均总个体渔获率和平均总重量渔获率分别为5450.67ind/h和57.64kg/h。其中：鱼类平均个体渔获率和重量渔获率分别为1049.33ind/h和15.48kg/h，分别占平均总个体渔获率和平均总重量渔获率19.25%和26.86%；甲壳类的平均个体渔获率和平均重量渔获率分别为4380.00ind/h和42.05kg/h，分别占比80.36%和72.95%；头足类的平均个体渔获率和平均重量渔获率分别为21.33ind/h和0.11kg/h，分别占比0.39%和0.19%。

表 3.1-7 各断面个体渔获率和重量渔获率及各类群百分比

断面	总个体渔获率 ind/h	总重量渔获率 kg/h	鱼类	甲壳类	头足类	鱼类	甲壳类	头足类
			个体渔获率 (ind/h)			重量渔获率 (kg/h)		
			个体渔获比例 (%)			重量渔获比例 (%)		
L1								
L2								
L5								

断面	总个体渔获率 ind/h	总重量渔获率 kg/h	鱼类	甲壳类	头足类	鱼类	甲壳类	头足类
			个体渔获率 (ind/h)			重量渔获率 (kg/h)		
			个体渔获比例 (%)			重量渔获比例 (%)		
L6								
L9								
L10								
L12								
L13								
L14								
L16								
L17								
L18								
L19								
L20								
L22								
平均值								

### (3) 资源密度

本次调查各断面渔业资源密度分布见下表。平均个体密度为  $34.94 \times 10^3 \text{ind}/\text{km}^2$ ，个体密度最高的断面为 L9 号站断面，其值为  $51.28 \times 10^3 \text{ind}/\text{km}^2$ ，其次为 L18 号站断面，其个体密度均为  $46.15 \times 10^3 \text{ind}/\text{km}^2$ ，最低值出现在 L20 号站断面，个体密度为  $22.05 \times 10^3 \text{ind}/\text{km}^2$ ；平均重量密度为  $369.50 \text{kg}/\text{km}^2$ ，其中 L10 号、L2 号、L19 号、L6 号断面最高，L20 号断面最低，平均重量密度范围为  $(292.19 \sim 459.73) \text{ kg}/\text{km}^2$ 。

表 2.7.3 调查断面的渔业资源密度

断面	个体密度 ( $\times 10^3$ ind/km $^2$ )	重量密度 (kg/km $^2$ )
L1		
L2		
L5		
L6		
L9		
L10		
L12		
L13		
L14		
L16		
L17		
L18		
L19		
L20		
L22		
平均值		

#### (4) 鱼类资源状况

##### 1) 鱼类种类组成

本次调查共捕获鱼类 21 种。鱼类中大多数种类为我国沿岸、浅海渔业的兼捕对象。

大多属于印度洋、太平洋区系，并以栖息于底层、近底层的暖水性的种类占优势。

##### 2) 鱼类资源密度估算

本次调查，鱼类的资源密度见表 3.1-8。从表可得出其平均个体密度和平均重量密度分别为  $6.73 \times 10^3$ ind/km $^2$  和 99.23kg/km $^2$ 。鱼类个体密度分布中，L19 号断面最高为  $12.31 \times 10^3$ ind/km $^2$ ，L20 号站断面最低为  $4.62 \times 10^3$ ind/km $^2$ ；鱼类重量密度分布中，L6 号站断面最高为 187.19kg/km $^2$ ，L18 号站断面最低为 65.88kg/km $^2$ 。

表 3.1-8 鱼类资源密度

断面	个体密度 ( $\times 10^3$ ind/km $^2$ )	重量密度 (kg/km $^2$ )
L1	5.13	96.25
L2	6.67	92.91
L5	6.67	79.22
L6	4.62	187.19
L9	9.23	90.52
L10	7.18	74.61
L12	6.15	93.39
L13	6.67	123.99

断面	个体密度 ( $\times 10^3$ ind/km $^2$ )	重量密度 (kg/km $^2$ )
L14		
L16		
L17		
L18		
L19		
L20		
L22		
平均值		

### 3) 鱼类优势种

将鱼类  $IRI$  指数列于表 3.1-9。从表可得出, 鱼类  $IRI$  值在 1000 以上的优势种有 2 种, 分别为: 龙头鱼 (*Harpodon nehereus*) 和白姑鱼 (*Pennahia argentata*); 这 2 种鱼的重量渔获率之和为 9.32kg/h, 占鱼类总重量渔获率 (15.48kg/h) 的 60.20%; 这 2 种鱼的个体渔获率之和为 568.00ind/h, 占鱼类总个体渔获率 (1049.33ind/h) 的 54.13%。 $IRI$  值在 100 以上的重要种鱼类有 6 种。

表 3.1-9 鱼类的  $IRI$  指数

种类	出现频率 (%)	个体渔获率		重量渔获率		$IRI$
		(ind/h)	(%)	(kg/h)	(%)	
龙头鱼						
白姑鱼						
拟矛尾虾虎鱼						
皮氏叫姑鱼						
斑尾刺虾虎鱼						
尖尾幔						
孔虾虎鱼						
中线天竺鲷						

### (5) 甲壳类资源状况

#### 1) 种类组成

本次调查共捕获甲壳类 29 种, 其中: 蟹类 14 种, 虾类 10 种, 虾蛄类 5 种。

#### 2) 甲壳类资源密度评估

本次调查, 甲壳类的资源密度见表 3.1-10。从表得出其平均个体密度和平均重量密度分别为  $28.08 \times 10^3$ ind/km $^2$  和 269.56kg/km $^2$ 。其中, 个体密度分布范围为  $(17.44 \times 10^3 \sim 41.54 \times 10^3)$  ind/km $^2$ , L9 号站断面最高, L20 号站断面最低; 重量密度范围为  $(180.59 \sim 385.12)$  kg/km $^2$ , L10 号站断面最高, L14 号站断面最低。

表 3.1-10 甲壳类资源密度

断面	个体密度 ( $\times 10^3$ ind/km $^2$ )	重量密度 (kg/km $^2$ )
L1		
L2		
L5		
L6		
L9		
L10		
L12		
L13		
L14		
L16		
L17		
L18		
L19		
L20		
L22		
平均值		

## (6) 优势种

将甲壳类 *IRI* 指数列于表 3.1-11。

表 3.1-11 甲壳类的 *IRI* 指数

种类	出现频率 (%)	重量渔获率		个体渔获率		<i>IRI</i>
		(kg/h)	(%)	(ind/h)	(%)	
口虾蛄						
红星梭子蟹						
长叉口虾蛄						
矛形梭子蟹						
中华管鞭虾						
哈氏仿对虾						
近缘新对虾						
直额蟳						
断脊小口虾蛄						
疾进蟳						
伪装仿关公蟹						
锈斑蟳						

从表可得出, 甲壳类 *IRI* 值在 1000 以上的优势种有 4 种, 分别为: 口虾蛄 (*Oratosquilla oratoria*)、红星梭子蟹 (*Portunus sanguinolentus*)、长叉口虾蛄 (*Oratosquilla nepa*) 和矛形梭子蟹 (*Portunus hastatoides*)。这 4 种甲壳类的重量渔获率之和为 29.29kg/h, 占甲壳类总重量渔获率 (42.02kg/h) 的 69.66%; 这 4 种甲壳类的个体渔获率之和为 2457.33ind/h, 占甲壳类总个体渔获率 (4380.00ind/h) 的 56.10%。*IRI* 值在 100 以上的重要种甲壳类有

8 种。

### (7) 头足类资源状况

#### 1) 种类组成

本次调查共捕获头足类 2 种，分别为曼氏无针乌贼 (*Sepiella maindroni*) 和杜氏枪乌贼 (*Loligo duvauceli*)。

#### (2) 头足类资源密度评估

本次调查，头足类平均个体密度和平均重量密度分别为  $2.05 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$  和  $10.59 \text{ kg/km}^2$ 。其中，个体密度分布范围为  $(0.51 \sim 1.03 \times 10^3) \text{ ind/km}^2$ ，L5 号站断面最高；重量密度范围为  $(0.00 \sim 5.93) \text{ kg/km}^2$ ，L5 号站断面最低。

#### (3) 幼体比例

全部游泳动物群体的幼体比例(出现幼体的物种数和总物种数量的比例)为 73.08%。其中，鱼类的幼体比例均为 85.71%，甲壳类的幼体比例均为 62.07%，头足类幼体比例为 100.00%。各类群成体尾数、幼体尾数和幼体比例详情见表 3.1-12。

表 3.1-12 幼体比例

种类	幼体出现的种类数	
	物种数	占本类群种类的比例 (%)
鱼类		
甲壳类		
头足类		
全部类群		

本调查中鱼类幼体比例很高，为 85.71%。包括截尾白姑鱼、鳓等在内的大部分经济种鱼类的捕捞群体均以幼体群体为主。本调查中甲壳动物经济种的幼体比例同样较高，幼体比例为 62.07%，优势种口虾蛄、红星梭子蟹等其他大部分经济种，由亚成体和幼体组成。头足类出现的 2 种，曼氏无针乌贼和杜氏枪乌贼均为幼体；下表列出本次调查中游泳动物物种的生物学特征和幼体比例。

表 3.1-13 拖网采样物种的生物学特征和幼体比例

类群	物种名	体长范围 mm		体重范围 g		幼体比例 个数比%
		min	max	min	max	
鱼类	截尾白姑鱼					
	大眼鮊					
	李氏鯮					
	棘线鲬					
	鲹					
	中线天竺鲷					
	中华单角鲀					
	棕斑兔头鲀					
	白姑鱼					
	尖尾幔					
	克氏副叶鲹					
	中线天竺鲷					
	鲹					
	皮氏叫姑鱼					
	小带鱼					
	拟矛尾虾虎鱼					
	龙头鱼					
	孔虾虎鱼					
	矛尾虾虎鱼					
	斑尾刺虾虎鱼					
甲壳类	细鳞鮨					
	无斑羊舌鲆					
	沙带鱼					
	弓斑东方鲀					
	猛虾蛄					
	刀额新对虾					
	红星梭子蟹					
	装饰近口虾蛄					
	直额蟳					
	口虾蛄					
	哈氏仿对虾					
	长叉口虾蛄					
	锈斑蟳					
	武士蟳					
	断脊小口虾蛄					
	中华管鞭虾					
	周氏新对虾					
	近缘新对虾					

类群	物种名	体长范围 mm		体重范围 g		幼体比例 个数比%
		min	max	min	max	
	日本蟳					
	疾进蟳					
	沙栖新对虾					
	须赤虾					
	远海梭子蟹					
	鹰爪虾					
头足类	杜氏枪乌贼					
	曼氏无针乌贼					

#### (8) 主要经济物种的生物学特征

本次调查中，游泳动物经济种的主要组成为广东省近岸常见的中小型鱼类、对虾科及虾蛄类。鱼类经济种主要有白姑鱼、皮氏叫姑鱼、龙头鱼等；甲壳动物中出现较多的是常见对虾科和虾蛄类物种。以上鱼类和甲壳动物物种经济价值较高，生长迅速，是优良的渔业经济种。综合考虑各品种出现站数、优势度、平均渔获率、经济价值和生物类型代表性，选定以下几种分述生物学特征如下：

##### 1) 白姑鱼

白姑鱼 (*Pennahia argentata*)，也叫银姑鱼，为鲈形目 (Perciformes)、石首鱼科 (Sciaenidae)、银姑鱼属 (*Pennahia*)，白姑鱼属暖温性近底层鱼类，广泛分布于印度洋和太平洋西部海域，我国沿岸均有分布，一般栖息在水深 40m~100m 泥沙底海区。主要以底栖十足类、小型鱼类和头足类为食。产卵期为 5~9 月，6~7 月为盛期。初次性成熟年龄为 1 龄，大量性成熟年龄为 2 龄左右。白姑鱼具有年龄结构较为简单、生殖期长、产卵场较广而分散等特点。

本次调查 15 个站位断面中，白姑鱼在 15 个断面中 14 个断面中有出现，总渔获共 194.67g，38 尾，体长区间 (35~160) mm，体重区间 0.76g~71.60g，平均体重 12.26g，捕捞群体几乎全部为幼体，幼体数量比例高达 94.74%。

##### 2) 龙头鱼

龙头鱼 (*Harpodon nehereus*) 为仙女鱼目 (Aulopiformes)、合齿鱼科 (也叫龙头鱼科) (Synodontidae)、龙头鱼属 (*Harpodon*)，本鱼分布于印度西太平洋区，包括印度洋、中国、日本、印度尼西亚、马来西亚、朝鲜半岛海域，向西可达非洲东岸。属于沿海中下层鱼类。本鱼栖息在沙泥底质的海域，游泳能力不强，具有洄游的习性，属肉食性，以小型无脊椎动物为食。

本次调查 15 个站位断面均有出现。总渔获共 373.33g、75 尾，体长区间 70mm~210mm，体重区间 1.38g~33.56g，平均体重 18.71g，捕捞群体以成体为主，幼体比例为 21.33%。

### 3) 口虾蛄

口虾蛄 (*Oratosquilla oratoria*) 隶属于甲壳纲 (Crustacea)、口足目 (Stomatopoda)、虾蛄科 (Squillidae)、口虾蛄属 (*Oratosquilla*)。广泛分布于我国沿海及日本、朝鲜、东南亚各国附近海域。南海近岸海域虾蛄类资源相当丰富，其中虾蛄科的口虾蛄、长叉口虾蛄、断脊口虾蛄和猛虾蛄科的猛虾蛄等均是重要的渔业经济物种。

本次调查 15 个站位断面中，口虾蛄在所有断面均有出现。总渔获共 2048.78g、181 尾，体长在 46mm~140mm 之间，体重在 1.40g~28.94g 之间，平均体重为 11.02g，渔获中口虾蛄以幼体和亚成体为主，幼体比例为 66.84%。

### 4) 红星梭子蟹

红星梭子蟹 (*Portunus sanguinolentus*) 属于十足目 (Decapoda)，梭子蟹科 (Portunidae)，主要栖息于 10m~30m 水深的泥、沙质海底。喜食软体动物瓣鳃类、小型甲壳类及浮游甲壳类、多毛类等，幼体在近岸河口处生活，是广东省主要经济蟹类。雌性初届性成熟的甲宽为 80mm，体重为 32g，大量性成熟甲宽 100mm~110mm，体重为 60g~80g。周年几乎都有生殖活动，盛期 2 月~6 月。红星梭子蟹为我国东南部沿海常见的中大型经济蟹类。

本次调查 15 个站位断面中，红星梭子蟹均有出现。总渔获共 2152.98g、105 尾，体长区间 35mm~115mm，体重区间 3.73g~76.53g，平均体重 20.50g，捕捞群体几乎全部为幼体组成，幼体比例高达 90.48%。

### (9) 多样性物多样性指数及均匀度

本次调查海域各调查站位的游泳动物种数变化范围为 17 种~24 种；物种丰富度指数范围为 2.938~4.151，平均值为 3.497，丰富度指数最高值出现在 L22 站位，最低值出现在 L6 站位；种类多样性指数 ( $H'$ ) 范围为 3.56~4.00 之间，平均为 3.84，多样性指数最高出现在 19 号采样站，最低则出现在 1 号采样站，多样性属于较高水平；种类均匀度 ( $J'$ ) 变化范围在 0.85~0.92 之间，平均为 0.88，最高出现在 20 号采样站，最低出现在 1 号和 22 号采样站，各站物种间分布较均匀。

表 3.1-14 游泳动物的丰富度、多样性及均匀度指数

站位	种类数	丰富度指数 (D)	多样性指数 ( $H'$ )	均匀度 ( $J$ )
L1				
L2				
L5				
L6				
L9				
L10				
L12				
L13				
L14				
L16				
L17				
L18				
L19				
L20				
L22				
平均				
范围				

### 3.1.7.5.3 结论

#### (1) 鱼类浮游生物

鱼卵仔鱼至少出现 9 种, 其中鲈形目鉴定出 4 种, 鲈形目鉴定出 2 种, 鳕形目、鲽形目和未定种各鉴定出 1 种。本次水平拖网定性调查共采到鱼卵 332 粒, 平均采获鱼卵数量为 22ind/net; 采到仔鱼 117 尾, 平均采获数量为 8ind/net。鲷科和辐科是本次水平拖网定性调查中的主要鱼卵种类, 鲷科是本次水平拖网定性调查中的主要仔鱼种类。本次垂直拖网定量调查共采到鱼卵 4 粒, 仔鱼 25 尾。调查海区的鱼卵平均密度为 0.14ind/m<sup>3</sup>, 调查海区的仔鱼平均密度为 1.24ind/m<sup>3</sup>; 鲷科是本次垂直拖网定量调查中的主要鱼卵和仔鱼种类。

#### (2) 游泳动物

本次调查拖网采样共捕获游泳动物 52 种, 其中: 鱼类 21 种, 甲壳类 29 种, 头足类 2 种。渔业资源的平均总个体渔获率和平均总重量渔获率分别为 5450.67ind/h 和 57.64kg/h。平均个体密度为  $34.94 \times 10^3$ ind/km<sup>2</sup>, 平均重量密度为 369.50kg/km<sup>2</sup>。鱼类优势种有 2 种: 龙头鱼和白姑鱼; 甲壳类优势种有 4 种: 口虾蛄、红星梭子蟹、长叉口虾蛄和矛形梭子蟹。全部游泳动物群体的幼体比例为 73.08%。其中, 鱼类幼体比例为 85.71%, 甲壳类幼体比例为 62.07%, 头足类幼体比例为 100.00%。游泳动物种数变化范

围为 17 种~24 种；物种丰富度指数范围为 2.938~4.151，平均值为 3.497；种类多样性指数 ( $H'$ ) 范围为 3.56~4.00 之间，平均为 3.84，多样性属于较高水平；种类均匀度 ( $J'$ ) 变化范围在 0.85~0.92 之间，平均为 0.88，各站物种间分布较均匀。

## 3.2 海洋生态概况

### 3.2.1 区域气候与气象

陆丰市地处北回归线以南，属南亚热带季风气候，海洋性气候明显。气候温和，雨量充沛，汛期降雨较为集中。

本报告采用陆丰气象站 (59502) 资料。陆丰气象站是国家一般气象站，位于广东省汕尾市陆丰市金碣路气象台巷 6 号 (经度: 115.6531° E；纬度: 22.9653° N)，与项目相距 46.8km。陆丰气象站近 20 年 (2005—2024 年) 的常规气候统计资料的统计结果见表 3.2-1，主要包括年平均风速、最大风速、年平均气温、极端气温、年平均相对湿度、年均降水量等。

表 3.2-1 陆丰气象站近 20 年 (2005—2024 年) 的主要气候资料统计结果表

统计项目	数值
多年平均大风日数 (d)	2.7
多年平均雷暴日数 (d)	52.9
多年平均沙尘暴日数 (d)	0.35
多年平均冰雹日数 (d)	0.85
多年平均相对湿度 (%)	78.14
多年平均气温 (°C)	22.74
多年平均风速 (m/s)	2.37
多年平均静风出现频率 (%)	2.01
多年平均年降水量 (mm)	2057.87
多年平均最大日降水量 (mm)	198.81
年最大降水量 (mm) 及出现的时间	极值: 402.5; 出现时间: 20150520
多年平均极大风速 (m/s) 统计值	23.32
年最大风速 (m/s) 及出现的时间	极值: 40; 出现时间: 20130922
多年平均最低气温统计值 (°C)	4.36
年最低气温 (°C) 及出现的时间	极值: 1.5; 出现时间: 20210113
多年平均最高气温统计值 (°C)	36.91
年最高气温 (°C) 及出现的时间	极值: 38.3; 出现时间: 20050718

#### 3.2.1.1 月平均气温及风速

根据陆丰气象站近 20 年 (2005 年—2024 年) 的平均气温和风速月变化数据，见表 3.2-2。陆丰常年平均气温 7 月最高，为 28.97°C，1 月最低，为 14.93°C；常年风速 12 月

最高, 为 2.55m/s, 3 月最低, 为 2.21m/s。

表 3.2-2 陆丰气象站累年各月平均气温 (°C)、各月平均风速 (m/s)

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
气温	14.93	16.15	18.62	22.16	25.54	27.78	28.97	28.54	27.77	24.87	21.17	16.32
风速	2.44	2.41	2.21	2.23	2.31	2.35	2.4	2.28	2.35	2.44	2.38	2.55

### 3.2.1.2 风向特征

根据陆丰气象站近 20 年 (2005—2024 年) 的风向频率数据, 见表 3.2-3, 陆丰气象站主要风向为 N 和 E、ESE、NNW, 占 46.18%, 其中以 ENE 为主风向, 占到全年 18.5% 左右。陆丰县累年风向玫瑰图见图 3.2-1。

表 3.2-3 陆丰累年各风向频率 (%)

风向	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S
风频	12.47	6.08	3.38	5.02	12.45	9.6	5.52	4.17	8.81
风向	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C	最多风向
风频	5.14	3.39	2.12	1.67	1.94	4.53	11.66	2.02	N

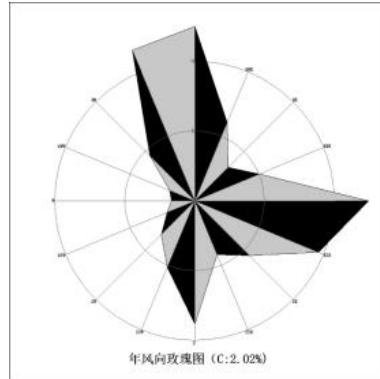


图 3.2-1 陆丰气象站风向玫瑰图 (统计年限: 2005—2024 年)

### 3.2.1.3 降水

根据陆丰气象站近 20 年 (2005—2024 年) 的平均降水数据, 陆丰气象站 6 月降水量最大 (548.31 毫米), 12 月降水量最小 (32.72 毫米)。陆丰气象站近 20 年年降水量无明显变化趋势, 2006 年年总降水量最大 (2790.9 毫米), 2021 年年总降水量最小 (1393 毫米)。

### 3.2.1.4 相对湿度

根据陆丰气象站近 20 年 (2005—2024 年) 的观测数据, 陆丰气象站 6 月平均相对湿度最大 (86.17%), 12 月平均相对湿度最小 (68.36%)。陆丰气象站近 20 年年平均相对湿度无明显变化趋势, 2019 年年平均相对湿度最大 (83.27%), 2008 年年平均相对湿度最小 (71.08%)。

### 3.2.1.5 日照

根据陆丰气象站近 20 年（2005—2024 年）的观测数据，陆丰气象站 7 月日照最长（215.65 小时），3 月日照最短（112.83 小时）。近 20 年年日照时数无明显变化趋势，2021 年日照时数最长（2304.1 小时），2016 年年日照时数最短（1690.1 小时），无明显周期。

## 3.2.2 工程地质

本节引用《陆丰产业转移工业园五金配件分园电镀废水处理厂尾水排放工程勘察岩土工程勘察报告》（广东省岩土工程勘察院有限公司，2025 年 9 月）中对拟建场区的勘察结果。

### 3.2.2.1 地形地貌及工程环境

勘察场地处于广东省汕尾市陆丰市甲东镇妈祖庙附近海域，工程区水陆交通便利，原始地貌单元为海成堆积阶地地貌，海水深度 1~5m，地面稍有起伏；环境条件较简单，周边均为海域。

### 3.2.2.2 区域地质概况

#### （1）地质构造

项目所在区域位于粤东地区的莲花山断裂带西南部位，区域性断裂构造主要呈北东走向。次生小断裂呈密集型分布，褶皱构造多为北东向，形态宽缓。在测区范围内，该勘察场地未发现有活动断裂等新构造迹象，地质构造相对稳定。

区域内从震旦系至第四系地层发育比较齐全，自上而下可分为第四系地层，未分统的残积层，白垩系上统地层、侏罗系地层、三叠系地层、石炭系地层、泥盆系地层、震旦系地层。除上述地层外，区内中生代岩浆活动极为强烈，花岗岩类的侵入岩及酸性~中酸性火山岩广布全区，此外，还常见有酸性、中性、基性岩脉。根据钻探揭露，场地内未揭露构造形迹，构造对拟建工程不会构成直接影响或影响甚微。

另外，从地表构造地质调查和钻探资料分析，也未发现断裂切割或错动全新世地层的现象；本场地下伏基岩为燕山期白垩世花岗岩 ( $\gamma\beta^3J_3$ )，钻探深度内未见断裂构造。场地范围自晚更新世以来断裂活动微弱，拟建场地位于较稳定区域。

经现场地质调查及钻探揭露，场地内未发现构造形迹，10km 以内无全新活动断裂与发震断裂，区域构造稳定性较好。

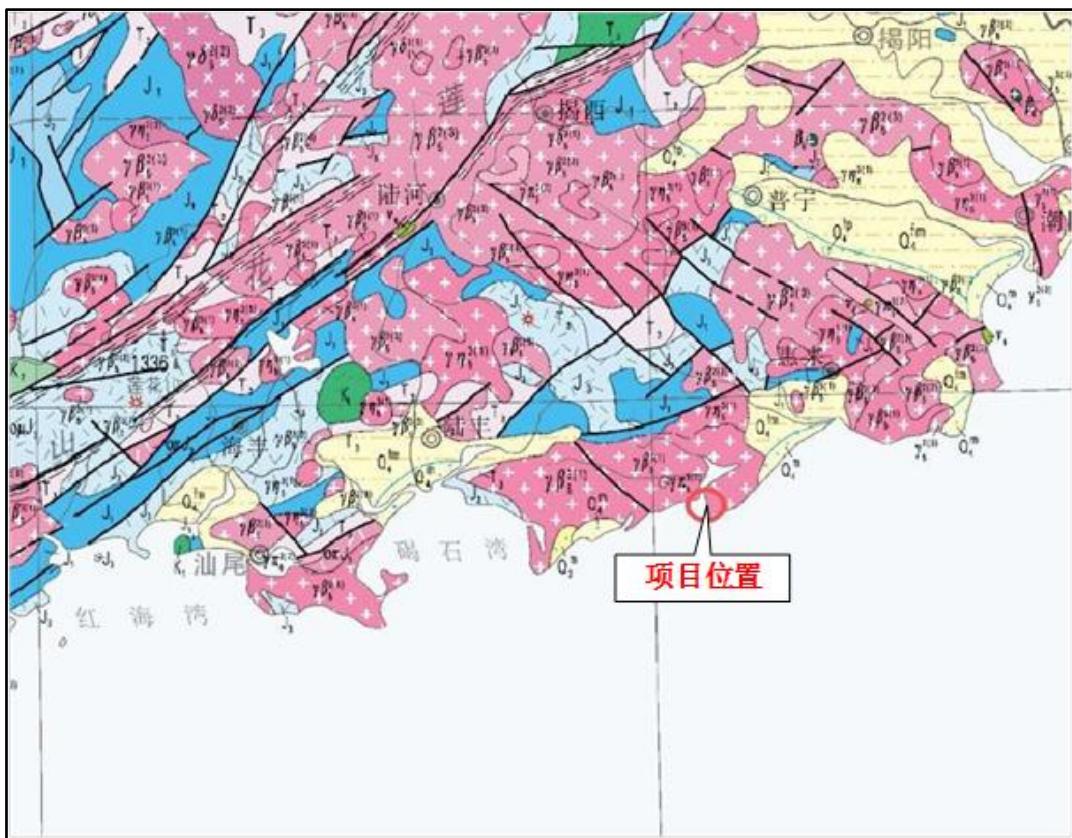


图 3.2-2 区域地质构造图

## (2) 区域地震

场地位于陆丰市甲东镇，场地抗震设防烈度为 7 度、设计地震分组为第一组、设计基本地震加速度 0.10g。

据史料记载及台站记录，据广东省地震局发布消息，经广东省地震台测定，广东属于地震少发区，偶尔会发生一些轻微的地震。该区地震活动水平不高，近 50 年来，曾发生 100 多次地震，最高震级 3.7 级，发生 3~4 级地震达 14 次，发生 2~3 级地震达 70 次，纵观整个地区，地震活动频度不高，强度不大。

区构造属较稳定时期，因此，场地所在区域基本稳定。

### 3.2.2.3 地层岩性特征

本次钻探揭露岩土层主要有第四系全新统海相沉积层 ( $Q^{mc}$ ) 淤泥质细砂、淤泥质砂土、粉质黏土，强风化花岗岩、中风化花岗岩 ( $\gamma\beta^3J_3$ ) 各土层岩性特征及分布特点分述如下：

#### (1) 第四系全新统海相沉积层 ( $Q^{mc}$ )

细中砂 (1-1)：灰白色、灰褐色，饱和，松散—稍密，石英质砂为主，含少量粉细砂和黏粒，分选性较好，局部为细砂层。场内零星分布，钻孔所在地段厚度较薄~较厚。

层厚 0.80~3.60m, 平均厚度 2.20m, 层顶埋深 0.00~0.00m (标高-5.17~-1.64m), 层底埋深 0.80~3.60m (标高-5.17~-1.64m)。

综合土层土质特征, 推荐该土层地基承载力特征值的经验值  $f_{ak}$  取 70kPa。

淤泥质细砂 (1-2): 灰黑色, 饱和, 松散, 主要为石英质砂, 分选性一般, 含少量淤泥质土, 具腥臭味。场内广泛分布, 钻孔所在地段厚度较薄~较厚。层厚 2.80~3.30m, 平均厚度 3.07m, 层顶埋深 2.80~6.80m (标高-5.17~-2.56m), 层底埋深 2.80~6.80m (标高-8.37~-5.76m)。

淤泥质砂土 (1-3): 灰黑色, 饱和, 软塑状, 含多量有机质及少量贝壳, 具有腥臭味, 局部含有少量砂。场内广泛分布, 钻孔所在地段厚度较薄~较厚。层厚 3.20~4.20m, 平均厚度 3.72m, 层顶埋深 2.80~3.30m (标高-1.57~-0.84m), 层底埋深 0.80~3.60m (标高-5.17~-1.64m)。

粉质粘土 (1-4): 褐色, 黄褐色, 湿, 可塑, 主成分为粘粒, 含大量细中砂颗粒, 土质不匀, 韧性及干强度较差。场内局部分布/钻孔所在地段厚度较薄~较厚。层厚 1.90~3.90m, 平均厚度 2.86m, 层顶埋深 6.10~7.40m (标高-11.74~-8.37m), 层底埋深 6.10~7.40m (标高-15.12~-11.27m)。

## (2) 燕山四期 ( $\gamma\beta^3J_1$ ) 花岗岩

强风化花岗岩 (2-2): 褐黄色, 灰黄色, 原岩结构大部分破坏, 岩芯呈半岩半土状, 岩质松软, 遇水软化, 块状构造, 局部呈块状强风化为主。岩体坚硬程度属极软岩, 岩体破碎, 岩体基本质量等级属V级。场内局部分布, 钻孔所在地段厚度较薄~较厚。层厚 1.10~2.20m, 平均厚度 1.62m, 层顶埋深 8.90~10.70m (标高-15.12~-11.27m), 层底埋深 10.20~12.20m (标高-16.62~-12.87m)。

中风化花岗岩 (2-3): 肉红色, 灰白色, 结构部分破坏, 岩石锤击声不清脆~较清脆, 较易击碎~较难击碎, 矿物成分基本未变, 沿节理出现次生矿物, 风化裂隙发育, RQD=25~45%。岩体基本质量等级为V~IV级。场内均有分布, 钻孔所在地段厚度较薄~较厚。层厚 3.20~4.60m, 平均厚度 3.92m, 层顶埋深 0.80~12.20m (标高-16.62~-1.64m), 层底埋深 4.50~16.00m (标高-20.82~-5.34m)。

### 3.2.2.4 场地稳定性及适宜性评价

#### (1) 场地稳定性分析评价

本场地在钻探深度范围内无不稳定地质构造; 但场地淤泥质砂土、淤泥质细砂广泛

分布，且厚度较大，按《建筑抗震设计规范》GB50011-2010 第 4.1.1 条，拟建场地存在软弱土分布，判定属对建筑抗震属不利地段，场地稳定性一般。

## （2）场地适宜性分析评价

工程建设对周边环境影响不大，诱发不良地质作用和地质灾害的可能性甚微；场地土基本无污染，环境条件较好；场地内岩土种类分布不均匀，上部土层工程性质差，根据《城市规划工程地质勘察规范》（GJJ57-2012）附录 C，场地工程建设适宜性差。

略

图 3.2-3 钻孔平面位置布置图

略

略

略

略

略

略

图 3.2-4 钻孔柱状图

### 3.2.3 海域地形地貌与冲淤环境现状调查与评价

#### 3.2.3.1 海岸地貌

陆丰市位于广东省东南部，濒临南海，海岸线长达 116.5 公里，海域面积 1.26 万平方公里，拥有乌坎、甲子、碣石、湖东、金厢等多个港口和众多岛屿、海礁。而甲子镇作为陆丰市重要的沿海城镇，其海岸地貌特征表现有丘陵、沙质海岸、潟湖港湾及独特海蚀地貌，受潮汐、风浪和人类活动共同塑造，具体如下：

甲子镇地势西北高东南低，属丘陵地带，地质表层以黄土为主，含沙量较高且较为坚实。甲子港周边海岸以沙质为主，受海浪和潮汐影响，形成较为平缓的沙滩和沙洲。甲子镇附近的待渡山是典型的海蚀地貌，山体由风化岩石构成，山顶的甲秀楼可俯瞰整个甲子港及南海，形成“甲子吞潮”的壮丽景观。

而甲子港是一个典型的潟湖港湾，航道水深 3~4 米，涨潮时可达 5 米，港底平坦，泥沙质，适合渔业和航运。甲子港外海的海蚀作用明显，潮汐和风浪长期侵蚀海岸，形成独特的礁石和岬角。陆丰海域（包括甲子外海）存在大规模海底沙波，波长 40~130 米，波高 0.3~3 米，主要由潮流和风暴潮驱动泥沙迁移形成。

本项目所在甲子港属滨海平原地区，地势平缓，绝对高度在 50 米以下，坡度小于 5 度。甲子港地貌多为滨海滩涂地，场地平坦、空旷，受潮汐影响较大，涨潮时水位 1.0~1.5 米，退潮滩涂地全出露，现场地标高约为-0.60~-0.20 米（相对高程）。项目场地水陆总体地形存在一定的起伏，高差约 5 米。地质表层以黄土为主，含沙量较多且坚实。

#### 3.2.3.2 泥沙冲淤

甲子港西岸一侧淤积，自旧炮台至支流汇口南岸，支流汇口北岸至甲东大桥，淤积速率在 2.4cm/a~5.6cm/a。在支流河涌两近岸岸区亦存在淤积带，淤积强度在 0.8cm/a~2.4cm/a 左右。大沙洲近上下游及两侧近岸区亦为淤积区，淤积强度在 0.8cm/a~1.0cm/a 左右。甲东大桥下游东侧浅滩——雨亭滩为淤积区，淤积强度在 0.8cm/a 左右。

甲子港主航道基本以冲刷或者微冲为主，冲淤强度在-0.8cm/a~-12.0cm/a 左右，为径流冲刷区。支流汇口附近上下游 500m 左右区域，冲刷强度略有降低，在-5.6cm/a~7.0cm/a 左右，开始受潮流影响，为径潮混合作用区。大沙洲以下航槽冲刷为主，为潮流及波浪作用区，冲刷强度在-7.2cm/a~10.0cm/a 左右。

#### 3.2.3.3 水深地形

甲子港是典型的潟湖港湾，呈马鞍形，南北走向，全长约 5 公里，最宽处约 1.2 公

里，最窄处仅 500 米。甲子港主航道水深 3~4 米，涨潮时可达 5 米，特别在进港航道始端，水深最深可达 9 米。港底平坦，泥沙质，适合渔业和航运。因其位于鳌江出海口，易受淤积，其现状仅适合 200 吨以下的船舶进出。西溪河锚地水深在 1~3 米之间，待掘成鳌江锚地现状水深较浅，多在水面以下 1 米内。

### 3.2.4 海洋水文动力调查与分析

#### 3.2.4.1 调查概况

为了解项目周边海域水文动力现状，本节引用《汕尾甲子湾附近海域海洋水文动力环境调查报告》（2021 年 12 月），该调查于 2021 年 12 月 5 日—6 日在项目周边海域开展，共布设 6 个潮流观测站，临时潮位站 2 个，具体站位内容见表 3.2-4 和图 3.2-5。

表 3.2-4 水文观测站位表

站位	纬度	经度	观测项目
C1	22°53.560'N	116°05.916'E	潮位、海流、温盐、泥沙
C2	22°50.381'N	116°04.675'E	潮位、海流、温盐、泥沙
C3	22°46.748'N	115°57.562'E	海流、温盐、泥沙
C4	22°43.697'N	116°04.012'E	海流、温盐、泥沙
C5	22°47.538'N	116°08.792'E	海流、温盐、泥沙
C6	22°51.885'N	116°13.999'E	海流、温盐、泥沙



图 3.2-5 项目附近海域水文调查站位图

### 3.2.4.2 调查期间气象情况

2021年12月5日—2021年12月6日，天气以晴为主，风向以偏东北风为主。

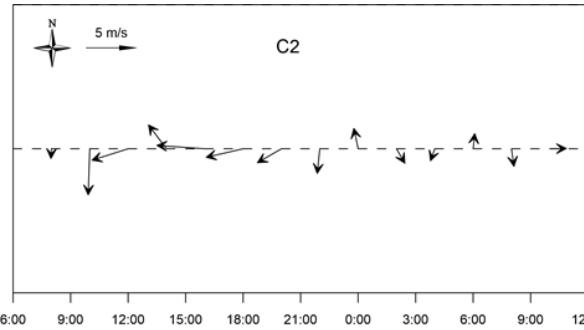


图 3.2-6 C2 站风速风向

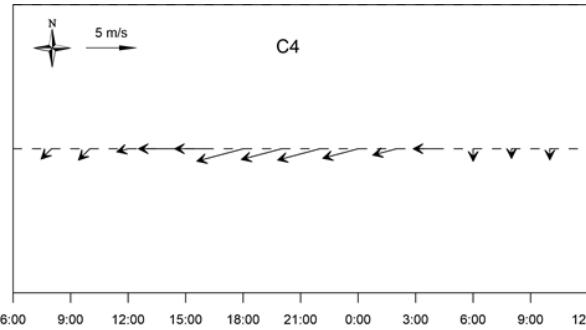


图 3.2-7 C4 站风速风向

### 3.2.4.3 潮汐

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

在大部分港口和海区， $K_1$ 、 $O_1$ 、 $M_2$  和  $S_2$  是四个振幅最大的主要分潮。这四个分潮的振幅值通常用来对潮汐运动形态进行分类。在我国，通常采用以下比值来进行海港潮汐类型的判别：

$$F = \frac{H_{K1} + H_{O1}}{H_{M2}}$$

其中  $H$  表示分潮的振幅。当  $H < 0.5$ ，潮汐为正规半日潮港或规则半日潮港；当  $0.5 \leq H < 2.0$ ，潮汐为不规则半日潮港或不规则半日潮混合潮港；当  $H \geq 2.0$ ，潮汐为不规则日潮港或不规则日潮混合潮港；当  $2.0 \leq H \leq 4.0$ ，潮汐为正规日潮港或规则日潮港。当  $H > 4.0$ ，潮汐为正规日潮港或规则日潮港。

#### 3.2.4.3.1 潮汐类型和调和系数

为获得较准确的潮汐调和常数，采用引入差比数的最小二乘法对潮位进行调和分析。差比数取自邻近的长期验潮站甲子站的调和常数。分析得出的主要分潮的调和常数参见表 3.2-5。

据此调和常数，计算了 C1 和 C2 站的特征值  $F$ ，得出  $F$  值分别为 4.6 和 3.6，分别属于正日潮和不规则日潮混合潮。

混合潮港的特点是显著的潮汐日不等现象，相邻高潮或低潮的不等以及涨落潮历时的不等情况每天都在改变。从图 3.2-8 潮位过程曲线可以看到，本海域一天中出现一次高潮和一次低潮，相邻两潮期的高潮或低潮高度不相等，且涨潮时间与落潮时间也不相等，表现出典型的不规则日潮性质。

表 3.2-5 主要分潮的调和常数（基于 27 小时）

测站 分潮	C1		C2	
	振幅 H (cm)	迟角 g (°)	振幅 H (cm)	迟角 g (°)
O <sub>1</sub>				
K <sub>1</sub>				
M <sub>2</sub>				
S <sub>2</sub>				
M <sub>4</sub>				
MS <sub>4</sub>				
F				

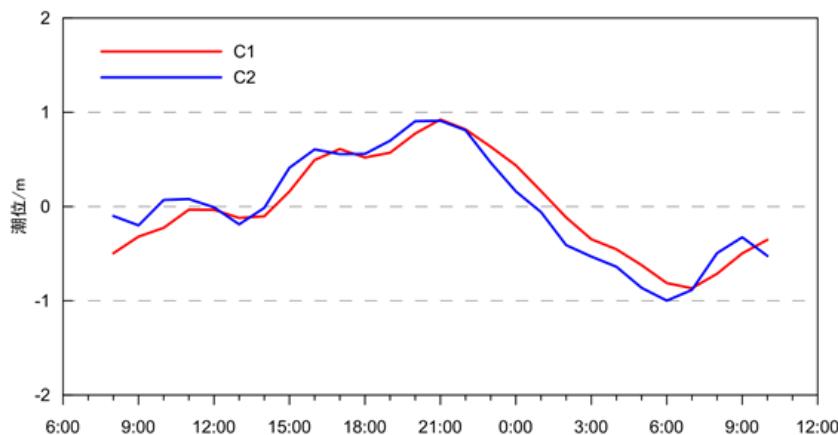


图 3.2-8 甲子湾附近海域 C1 和 C2 站的潮位过程曲线

### 3.2.4.3.2 潮汐特征值

由于观测时间较短，涨落潮历时的统计值还不够稳定，大潮期间，涨潮历时略大于落潮历时，可能受观测时间段涨潮时间略长影响。观测期间 C1 站最大潮差 1.79m，最小潮差 1.42m，平均潮差 1.60m；C2 站最大潮差 1.91m，最小潮差 1.11m，平均潮差 1.51m。

### 3.2.4.4 海流

本节利用大潮期 6 个测站的同步连续观测资料，对调查海区的实测流场进行了以下分析。

#### 3.2.4.4.1 实测流场分析

大潮期海流观测于 2021 年 12 月 5 日 8 时—2021 年 12 月 6 日 10 时期间进行。实测海流的涨落潮流统计结果见表 3.2-6，实测海流逐时矢量图见图 3.2-9（潮位数据取自 C1 站），实测海流平面分布玫瑰图见~图 3.2-12。根据上述图表分析如下：

由~图 3.2-12 可见，各站层的流速值过程随涨落潮起伏。总体而言，涨潮流在甲子湾外海大致表现为西南向，涨潮流从东侧外海进入调查海域，在甲子航道受地形影响转为偏北向，航道口为偏西北向，C1 站为偏东北向；落潮流方向与涨潮流方向大致相反，

在甲子湾外海落潮流大致表现为东北向，在甲子航道受地形影响转为偏南向，航道口为偏东南向，C1 站为偏西南向。

根据大潮期涨、落潮的统计结果，大潮期间涨、落潮流流速的平均值在 8.0cm/s~29.6cm/s 之间。从涨、落潮的平均流速垂向分布来看，最大涨潮流平均值为 29.6cm/s，方向为 252.1°，出现在 C6 站表层；最大落潮流速平均值为 22.6cm/s，方向 211.9°，均出现在 C6 站表层。除 C2 站外，基本表现为涨潮平均流速大于落潮平均流速。

由表 3.2-6 还可看到，实测涨潮流的最大流速，其表、中、底层的流速值依次为 53.3cm/s、51.4cm/s、45.8cm/s，流向分别为 248.0°、237.3°、235.0°，分别出现在 C4 站表层、C5 站中层和底层；实测落潮流的最大流速，其表、中、底层的流速依次为 52.8cm/s、47.1cm/s、44.8cm/s，流向分别为 175.6°、175.8°、177.3°，分别出现在 C2 站表层、中层和底层。除 C2 站外，基本表现为涨潮最大流速大于落潮最大流速。

总体而言，除 C2 站外，各站层涨潮历时略大于落潮历时，可能受观测时段影响。

表 3.2-6 调查海域大潮期各测站涨潮流、落潮流统计表

潮次	站位	测层	涨潮流 (小时、cm/s、°)					落潮流 (小时、cm/s、°)				
			T	V <sub>mean</sub>	D <sub>mean</sub>	V <sub>max</sub>	D <sub>max</sub>	T	V <sub>mean</sub>	D <sub>mean</sub>	V <sub>max</sub>	D <sub>max</sub>
大潮	C1	表层										
		中层										
		底层										
	C2	表层										
		中层										
		底层										
	C3	表层										
		中层										
		底层										
	C4	表层										
		中层										
		底层										
	C5	表层										
		中层										
		底层										
	C6	表层										
		中层										
		底层										

调查海域大潮 C1 站实测海流矢量图	调查海域大潮 C2 站实测海流矢量图	调查海域大潮 C3 站实测海流矢量图
调查海域大潮 C4 站实测海流矢量图	调查海域大潮 C5 站实测海流矢量图	调查海域大潮 C6 站实测海流矢量图

图 3.2-9 调查海域大潮 C1 站实测海流矢量图

图 3.2-10 大潮海流玫瑰图（表层）

图 3.2-11 大潮海流玫瑰图（中层）

图 3.2-12 潮海流玫瑰图（底层）

### 3.2.4.4.2 潮流分析

#### 1.潮流分析

选用“引入差比关系的准调和分析方法”对各站层海流观测资料进行分析计算, 得出观测期间各站层的余流和  $O_1$  (主要太阴全日分潮)、 $K_1$  (太阴太阳合成全日分潮)、 $M_2$  (主要太阴半日分潮)、 $S_2$  (主要太阳半日分潮)、 $M_4$  ( $M_2$  分潮的倍潮) 和  $MS_4$  ( $M_2$  和  $S_2$  的复合分潮) 等 6 个主要分潮流的调和常数以及它们的椭圆要素等潮流特征值。

在我国通常采用主要分潮流的椭圆长半轴之比  $F$  作为划分潮流性质的依据, 表 3.2-7 列出了 6 个测站各层表征潮流性质的特征值  $F$  [ $F = (W_{O1} + W_{K1}) / W_{M2}$ , 式中  $W$  为分潮流椭圆长半轴]。由表可见,  $F$  值在 0.1~1.2 之间, 潮流性质在甲子航道表现为不规则半日潮流混合潮流, 在甲子湾外海表现为规则半日潮流。

表 3.2-8 给出了调查海域各站层主要分潮流的椭圆要素值。由表可以看出, 总体而言, 除 C3 和 C6 站外, 在上述 6 个主要分潮流中基本表现为  $M_2$  分潮流椭圆长半轴 (即最大流速) 为最大, 其次为  $S_2$  分潮流,  $O_1$  分潮流和  $K_1$  分潮流次之,  $M_4$  和  $MS_4$  分潮流较小。 $M_2$  分潮较大反映了半日潮流的特征。各站层中  $M_2$  分潮流长半轴 (最大流速) 的最大为 20.5cm/s、方向 72.0°, 出现在 C5 站表层, 最小为 6.2cm/s, 方向为 192.3°, 出现在 C1 站底层;  $S_2$  分潮流长半轴 (最大流速) 的最大为 14.3cm/s、方向 72.0°, 出现在 C5 站表层, 最小为 4.3cm/s, 方向为 192.3°, 出现在 C1 站底层;  $O_1$  分潮流长半轴 (最大流速) 的最大为 4.9cm/s、方向 51.3°, 出现在 C1 站表层, 最小为 1.1cm/s, 方向为 94.6°, 出现在 C3 站底层;  $K_1$  分潮流长半轴 (最大流速) 的最大为 4.0cm/s、方向 51.3°, 出现在 C1 站表层, 最小为 0.9cm/s, 方向为 274.6°, 出现在 C3 站底层。由图 3.2-13 可见, 主要分潮流  $M_2$  最大流速的方向 (即潮流椭圆长半轴的方向) 在甲子湾外海主要表现为西南—东北向, 在甲子航道附近表现为偏北-偏南向。

表 3.2-7 调查海域各测流站潮流性质的特征值  $F$

海区	站位	测层	特征值 $F$	潮型
甲子湾	C1	表层		
		中层		
		底层		
	C2	表层		
		中层		
		底层		
	C3	表层		
		中层		

海区	站位	测层	特征值 F	潮型
	C4	底层		
		表层		
		中层		
		底层		
	C5	表层		
		中层		
		底层		
	C6	表层		
		中层		
		底层		

表 3.2-8 调查海域各站主要分潮流及椭圆率 (单位: cm/s, °)

站位	测层	O <sub>1</sub>					K <sub>1</sub>				
		长半轴	长轴向	短半轴	短轴向	椭圆率	长半轴	长轴向	短半轴	短轴向	椭圆率
C1	表层										
	中层										
	底层										
C2	表层										
	中层										
	底层										
C3	表层										
	中层										
	底层										
C4	表层										
	中层										
	底层										
C5	表层										
	中层										
	底层										
C6	表层										
	中层										
	底层										
站位	测层	M <sub>2</sub>					S <sub>2</sub>				
		长半轴	长轴向	短半轴	短轴向	椭圆率	长半轴	长轴向	短半轴	短轴向	椭圆率
C1	表层										
	中层										
	底层										

C2	表层										
	中层										
	底层										
C3	表层										
	中层										
	底层										
C4	表层										
	中层										
	底层										
C5	表层										
	中层										
	底层										
C6	表层										
	中层										
	底层										
站位	测层	$M_4$					$MS_4$				
		长半轴	长轴向	短半轴	短轴向	椭圆率	长半轴	长轴向	短半轴	短轴向	椭圆率
C1	表层										
	中层										
	底层										
C2	表层										
	中层										
	底层										
C3	表层										
	中层										
	底层										
C4	表层										
	中层										
	底层										
C5	表层										
	中层										
	底层										
C6	表层										
	中层										
	底层										

各站 O1 分潮流长轴分布图	各站 K1 分潮流长轴分布图
各站 M2 分潮流长轴分布图	各站 S2 潮流长轴分布图

图 3.2-13 各站分潮流长轴分布图

## 2. 可能最大流速和水质点可能最大迁移距离

根据《港口与航道水文规范》(JTS145-2) 规定, 可利用分潮流椭圆要素计算全潮观测期间各站层的潮流可能最大流速和水质点可能最大迁移距离。

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

1) 对规则半日潮流海区可按下式计算:

$$\vec{V}_{\max} = 1.295\vec{W}_{M_2} + 1.245\vec{W}_{S_2} + \vec{W}_{K_1} + \vec{W}_{O_1} + \vec{W}_{M_4} + \vec{W}_{MS_4} \quad (\text{式 3-1})$$

2) 对规则全日潮流海区可按下式计算

$$\vec{V}_{\max} = \vec{W}_{M_2} + \vec{W}_{S_2} + 1.600\vec{W}_{K_1} + 1.450\vec{W}_{O_1} \quad (\text{式 3-2})$$

式中

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

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

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

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

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

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

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

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

潮流水质点的可能最大迁移距离可按下列方法计算:

1) 规则半日潮流海区按下式计算:

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

2) 规则全日潮流海区按下式计算:

$$\vec{L}_{\max} = 142.3\vec{W}_{M_2} + 137.5\vec{W}_{S_2} + 438.9\vec{W}_{K_1} + 429.1\vec{W}_{O_1} \quad (\text{式 3-4})$$

式中

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

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

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

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

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

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

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

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

根据各站层的潮流性质, 各层潮流可能最大流速和水质点可能最大运移距离见表 3.2-9。由表可见, 调查海区潮流可能最大流速为 57.3cm/s (C5 站表层), 各站层可能最大流速介于 22.0cm/s~57.3cm/s 之间, 在甲子湾外海主要表现为西南—东北向, 在甲子航道附近表现为偏北—偏南向。水质点可能最大运移距离为 8.5km (C5 站表层), 各站层可能最大运移距离介于 2.1km~8.5km 之间, 在甲子湾外海主要表现为西南—东北向, 在甲子航道附近表现为偏北-偏南向。

表 3.2-9 调查海区各站层潮流可能最大流速及水质点可能最大运移距离

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 (km)	方向 (度)
C1	表层				
	中层				
	底层				
C2	表层				
	中层				
	底层				
C3	表层				
	中层				
	底层				
C4	表层				
	中层				
	底层				
C5	表层				

站位	测层	可能最大流速		可能最大迁移距离	
		流速 (cm/s)	方向 (度)	距离 (km)	方向 (度)
	中层				
	底层				
C6	表层				
	中层				
	底层				

注：表中方向只为其一， $\pm 180^\circ$  为另一方向

### 3.2.4.4.3 余流分析

余流通常指实测海流中扣除了周期性的潮流后的剩余部分，一般取周日海流观测资料中消去潮流后的平均值，它是风海流、密度流、潮汐余流等的综合反映，是由热盐效应和风等因素引起，岸线和地形对它有显著影响。下面根据本海域调查的 27 小时海流实测资料，结合海面风场，分析调查海区的余流特征。

表 3.2-10 为大潮期间各测站的余流，由表可知，大潮余流流量值介于 5.5~16.1cm/s 之间，最大余流出现在 C6 站表层，为 16.1cm/s，方向 260.4°；最小余流出现在 C1 站底层，为 5.5cm/s，方向 29.7°。

就整个海域而言，调查期间余流较小，在甲子湾外海主要表现为西南向，在甲子航道口附近表现为偏东南向，而在 C1 站表现为偏东北向。

表 3.2-10 调查海域各站大潮余流 (单位: cm/s, °)

潮期	站位	测层	流速	流向
大潮	C1	表层		
		中层		
		底层		
	C2	表层		
		中层		
		底层		
	C3	表层		
		中层		
		底层		
	C4	表层		
		中层		
		底层		
	C5	表层		
		中层		
		底层		

潮期	站位	测层	流速	流向
	C6	表层		
		中层		
		底层		

图 3.2-14 大潮期各站余流分布图

### 3.2.4.5 悬浮泥沙

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

为获取调查海域悬浮泥沙浓度分布变化情况，对悬浮泥沙进行了观测。悬沙采样频率为每 2 小时一次，采样层次为表、中、底三层。

#### 3.2.4.5.1 悬浮泥沙浓度

图 3.2-15 的各子图分别给出了各站悬浮泥沙浓度的时间变化过程图，表 3.2-11 统计了各站悬浮泥沙浓度的特征值情况。

从悬沙观测的时间变化过程来看，各站表、中、底三层含沙量在多数时间内较为接近，而在中层与底层的某些峰值普遍高于表层。从整体变化过程来看，各站含沙量不超过  $0.04\text{kg/m}^3$ 。大潮期，悬浮泥沙浓度最低值为  $0.0009\text{kg/m}^3$ ，出现

在 C6 表层；悬浮泥沙浓度最大值为  $0.0390\text{kg/m}^3$ ，出现在 C2 站表层。总体上，外海（C4、C5、C6 站）悬浮泥沙浓度较低，甲子航道（C1、C2 站）附近浓度较高。

表 3.2-11 各站含沙量特征值统计表 ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ )

站位	测层	最小值	最大值	平均值	平均
C1	表				
	中				
	底				
C2	表				
	中				
	底				
C3	表				
	中				
	底				
C4	表				
	中				
	底				
C5	表				
	中				
	底				
C6	表				
	中				
	底				

C1 站悬浮泥沙浓度曲线	C2 站悬浮泥沙浓度曲线	C3 站悬浮泥沙浓度曲线
C4 站悬浮泥沙浓度曲线	C5 站悬浮泥沙浓度曲线	C6 站悬浮泥沙浓度曲线

图 3.2-15 各站悬浮泥沙浓度曲线

### 3.2.4.5.2 输沙量

影响悬沙运动的因素众多，有波浪、潮流、风等动力条件，此外悬沙运动与水质点的运动也不一致，为便于问题简化，在此仅讨论悬沙质量浓度与流速之间的关系。根据现场观测流速、水深、含沙量参数计算出的全潮单宽输沙量统计结果见表 3.2-12，各站净输沙示意图见图 3.2-16。

大潮期，涨潮期最大单宽输沙量为 4.2t/m，方向 252.7°，出现在 C4 站；落潮期最大单宽输沙量为 2.7t/m，方向 160.9°，出现在 C4 站；最大单宽净输沙量为 4.9t/m，方向 219.7°，出现在 C4 站。净输沙方向与余流方向基本一致。

表 3.2-12 各站全潮单宽输沙量统计表

站位	涨潮		落潮		净输沙	
	输沙量	方向	输沙量	方向	输沙量	方向
	(t/m)	(°)	(t/m)	(°)	(t/m)	(°)
C1						
C2						
C3						
C4						
C5						
C6						



图 3.2-16 净输沙示意图

### 3.2.4.6 温度和盐度

#### 3.2.4.6.1 水温

海水温度的分布（包括平面和垂向）和变化主要受太阳辐射、风、海浪、海流等因素的影响。

由表 3.2-13 可见，调查期间调查海区测得的水温最大值为 20.72℃，出现在 C6 站表层；测得水温的最小值为 17.59℃，出现在 C1 站表层。各站层水温相差不大。

图 3.2-17 为表、中、底层温度的周日变化过程曲线，由图可知：各站层水温日变化较小。

表 3.2-13 调查海域各站大潮水温统计单位：℃

潮期	站位	测层	最小值	最大值	平均值
大潮	C1	表层			
		中层			
		底层			
	C2	表层			
		中层			
		底层			
	C3	表层			
		中层			
		底层			
	C4	表层			
		中层			
		底层			
	C5	表层			
		中层			
		底层			
	C6	表层			
		中层			
		底层			

#### 3.2.4.6.2 盐度

海水盐度主要受蒸发、降水、潮流、沿岸流和海水混合等因素的影响。

大潮期盐度统计见表 3.2-14。由表可见，调查期间调查海区测得的盐度最大值为 33.99，出现在 C4 站；测得盐度的最小值为 29.74，出现在 C1 站表层。各站层盐度相差不大。

图 3.2-18 为表、中、底层盐度的周日变化过程曲线，由图可知：盐度曲线呈不规则

波动状，但波动幅度较小；各站盐度表现为底层和中层盐度略高，表层盐度略低。

表 3.2-14 调查海域各站大潮盐度统计

潮期	站位	测层	最小值	最大值	平均值
大潮	C1	表层			
		中层			
		底层			
	C2	表层			
		中层			
		底层			
	C3	表层			
		中层			
		底层			
	C4	表层			
		中层			
		底层			
	C5	表层			
		中层			
		底层			
	C6	表层			
		中层			
		底层			

调查海域大潮 C1 站实测温度图	调查海域大潮 C2 站实测温度图	调查海域大潮 C3 站实测温度图
调查海域大潮 C4 站实测温度图	调查海域大潮 C5 站实测温度图	调查海域大潮 C6 站实测温度图

图 3.2-17 调查海域大潮各站实测温度图

调查海域大潮 C1 站实测盐度图	调查海域大潮 C2 站实测盐度图	调查海域大潮 C3 站实测盐度图
调查海域大潮 C4 站实测盐度图	调查海域大潮 C5 站实测盐度图	调查海域大潮 C6 站实测盐度图

图 3.2-18 调查海域大潮各站实测盐度图

### 3.2.4.7 波浪概况

甲子湾附近海区波浪以风浪为主，主要受来自 SE~S~SW 向外海波浪作用，还受来自陆域 NW 向小风区影响。西溪河口水域主要受 SE~S~SW 波向影响，尤其是 S 向和 SW 波向作用。

### 3.2.5 海洋水质现状调查

#### 3.2.5.1 调查概况

为掌握项目所在海域海洋生态环境状况，论证单位广东智环创新环境科技有限公司于 2023 年 11 月 20 日—21 日（秋季）对项目所在海域开展海水水质、海洋沉积物现状调查，并同期委托中国科学院南海海洋研究所开展海洋生物质量、海洋生态、渔业资源现状调查；本次调查共设海水水质站位 22 个，海洋沉积物站位 11 个，海洋生物质量、生物生态与渔业资源站位 15 个，潮间带生物调查断面 4 条。此外，论证单位于 2025 年 8 月 20 日补充开展潮间带沉积物调查，共设潮间带沉积物 4 个。具体调查站位详见表 3.2-15、图 3.2-19。

表 3.2-15 海洋生态环境现状监测站位表

序号	站位	经度	纬度	调查项目
1	L1	116.0795	22.8397	水质、沉积物、生物生态、渔业资源、生物质量
2	L2	116.0788	22.8314	水质、沉积物、生物生态、渔业资源、生物质量
3	L3	116.0889	22.8155	水质
4	L4	116.1207	22.8197	水质
5	L5	116.0741	22.8547	水质、沉积物、生物生态、渔业资源、生物质量
6	L6	116.0778	22.8714	水质、生物生态、渔业资源、生物质量
7	L7	116.0908	22.8856	水质
8	L8	116.0433	22.8446	水质
9	L9	116.0567	22.8275	水质、沉积物、生物生态、渔业资源、生物质量
10	L10	116.0227	22.8340	水质、沉积物、生物生态、渔业资源、生物质量
11	L11	116.0362	22.8047	水质
12	L12	116.0694	22.8029	水质、沉积物、生物生态、渔业资源、生物质量
13	L13	116.0894	22.7877	水质、生物生态、渔业资源、生物质量
14	L14	116.1178	22.7853	水质、沉积物、生物生态、渔业资源、生物质量
15	L15	116.1120	22.7505	水质
16	L16	116.0884	22.7574	水质、沉积物、生物生态、渔业资源、生物质量
17	L17	116.0455	22.7738	水质、沉积物、生物生态、渔业资源、生物质量
18	L18	116.0141	22.7898	水质、生物生态、渔业资源、生物质量
19	L19	115.9837	22.8085	水质、沉积物、生物生态、渔业资源、生物质量
20	L20	116.0201	22.7426	水质、沉积物、生物生态、渔业资源、生物质量

序号	站位	经度	纬度	调查项目
21	L21	116.0622	22.7435	水质
22	L22	116.0809	22.7167	水质、生物生态、渔业资源、生物质量
23	C1	116.0901	22.8237	潮间带（沉积物、潮间带生物）
24	C2	116.0818	22.8419	潮间带（沉积物、潮间带生物）
25	C3	116.0766	22.8609	潮间带（沉积物、潮间带生物）
26	C4	116.0405	22.8481	潮间带（沉积物、潮间带生物）

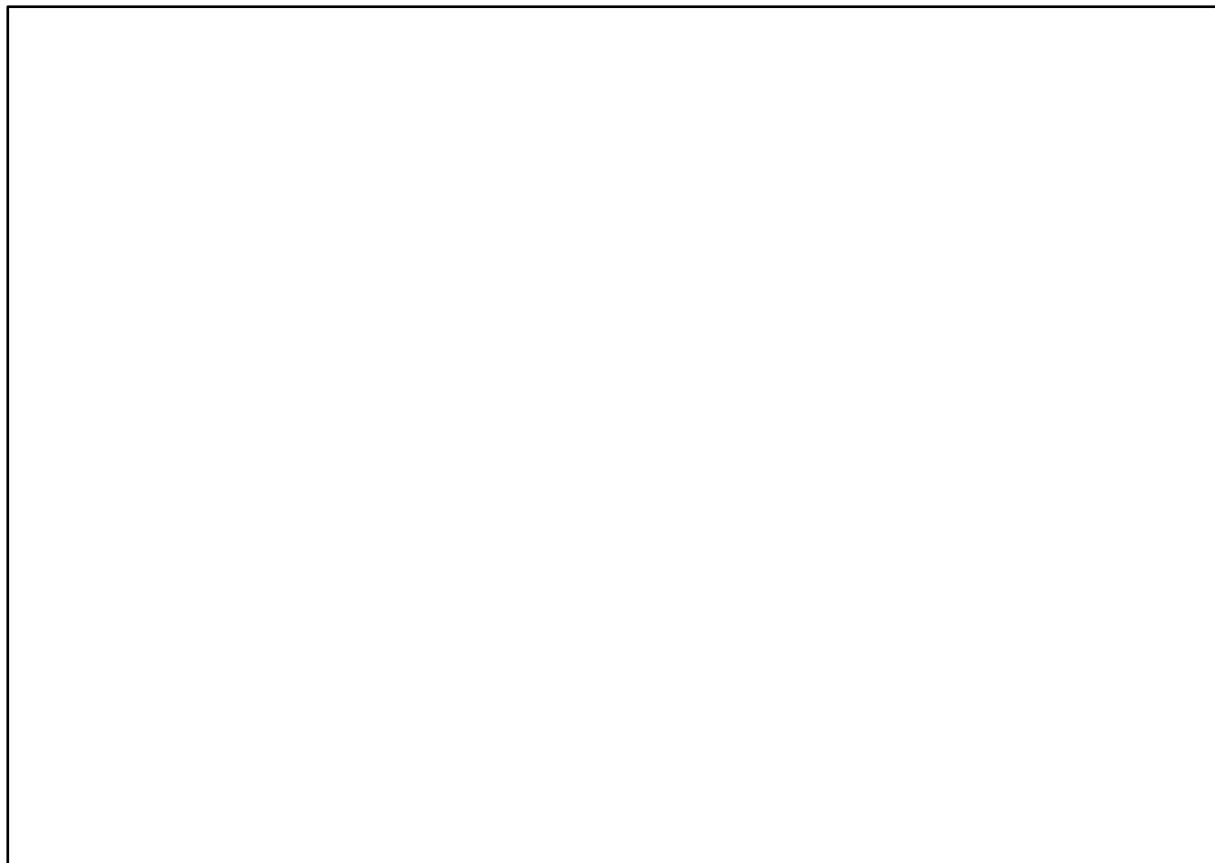


图 3.2-19 海洋生态环境现状监测站位图

### 3.2.5.2 监测项目

水深、pH、盐度、水温（℃）、悬浮物、COD、溶解氧、BOD<sub>5</sub>、无机氮（硝酸盐氮、亚硝酸盐氮和氨氮）、活性磷酸盐、汞、镉、铅、六价铬、总铬、砷、铜、锌、镍、氰化物、硫化物、氟化物、挥发性酚、石油类、阴离子表面活性剂，共 27 项。

### 3.2.5.3 采样及分析方法

#### （1）采样方法

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

#### （2）分析方法

表 3.2-16 海水水质分析方法及检出限

检测类别	检测项目	依据的标准(方法)名称及编号	仪器设备	检出限
1	pH	《海洋监测规范 第4部分:海水分析》(GB 17378.4-2007/26)	便携式PH计 PHB-5	——
2	盐度	《海洋监测规范 第4部分:海水分析》(GB 17378.4-2007/29.1)	笔式盐度计 AS-ST10	——
3	溶解氧	《海洋监测规范 第4部分:海水分析》(GB 17378.4-2007/31)	滴定管	0.10mg/L
4	悬浮物	《海洋监测规范 第4部分:海水分析》(GB 17378.4-2007/27)	电子天平 AUW120D	0.1mg/L
5	生化需氧量	《海洋监测规范 第4部分:海水分析》(GB 17378.4-2007/33.1)	滴定管	0.10mg/L
6	石油类	《海洋监测规范 第4部分:海水分析》(GB 17378.4-2007/13.2)	紫外可见分光光度计 UV3660	0.0035mg/L
7	挥发性酚	《海洋监测规范 第4部分:海水分析》(GB 17378.4-2007/19)	紫外可见分光光度计 UV3660	0.0011mg/L
8	化学需氧量	《海洋监测规范 第4部分:海水分析》(GB 17378.4-2007/32)	滴定管	0.15mg/L
9	硫化物	《海洋监测规范 第4部分:海水分析》(GB 17378.4-2007/18.1)	紫外可见分光光度计 UV3660	0.0002mg/L
10	氰化物	《海洋监测规范 第4部分:海水分析》(GB 17378.4-2007/20.1)	紫外可见分光光度计 UV3660	0.0005mg/L
11	阴离子表面活性剂	《海洋监测规范 第4部分:海水分析》(GB 17378.4-2007/23)	紫外可见分光光度计 UV3660	0.010mg/L
12	无机氮	氨《海洋监测规范 第4部分:海水分析》(GB 17378.4-2007/36.1)	紫外可见分光光度计 UV3660	0.005mg/L
13		硝酸盐《海洋监测规范 第4部分:海水分析》(GB 17378.4-2007/38.1)	紫外可见分光光度计 UV3660	0.003mg/L
14		亚硝酸盐《海洋监测规范 第4部分:海水分析》(GB 17378.4-2007/37)	紫外可见分光光度计 UV3660	0.001mg/L
15	活性磷酸盐	《海洋调查规范 第4部分:海水化学要素调查》(GB/T 12763.4-2007/9)	紫外可见分光光度计 UV3660	0.0001mg/L
16	总铬	《海洋监测规范 第4部分:海水分析》(GB 17378.4-2007/10.1)	原子吸收光谱仪 iCE3500	0.0004mg/L
17	汞	《海洋监测规范 第4部分:海水分析》(GB 17378.4-2007/5.1)	原子荧光光度计 AFS-8520	0.000007mg/L
18	砷	《海洋监测规范 第4部分:海水分析》(GB 17378.4-2007/11.1)	原子荧光光度计 AFS-8520	0.0005mg/L
19	铜	《海洋监测规范 第4部分:海水分析》(GB 17378.4-2007/6.1)	原子吸收分光光度计 ICE3500	0.0002mg/L
20	铅	《海洋监测规范 第4部分:海水分析》(GB 17378.4-2007/7.1)	原子吸收分光光度计 ICE3500	0.00003mg/L

检测类别	检测项目	依据的标准(方法)名称及编号	仪器设备	检出限
21	锌	《海洋监测规范 第4部分:海水分析》(GB 17378.4-2007/9.1)	原子吸收分光光度计 TAS-990AFG	0.0031mg/L
22	镉	《海洋监测规范 第4部分:海水分析》(GB 17378.4-2007/8.1)	原子吸收分光光度计 ICE3500	0.00001mg/L
23	镍	《海洋监测规范 第4部分:海水分析》(GB 17378.4-2007/42)	原子吸收分光光度计 ICE3500	0.0005mg/L
24	水温	《海洋监测规范 第4部分:海水分析》(GB 17378.4-2007/25.1)	水温计	——
25	氟化物	《水质 氟化物的测定 离子选择电极法》(GB/T 7484-1987)	离子计 PXSJ-216F	0.05mg/L
26	六价铬	《水质 六价铬的测定 二苯碳酰二肼分光光度法》(GB/T 7467-1987)	紫外可见分光光度计 UV3660	0.004mg/L

### 3.2.5.4 评价标准和评价方法

#### (1) 评价标准

位于近岸海域环境功能区划范围内的海水水质评价按照近岸海域环境功能区划确定的质量目标,执行《海水水质标准》(GB3097-1997)中相应标准限值;位于近岸海域环境功能区划范围外的海水水质、沉积物质量,根据《广东省海岸带及海洋空间规划(2021—2035年)》的功能分区,对照《海水水质标准》(GB3097-1997)、《海洋沉积物质量》(GB18668-2002)中不同海域的使用功能、保护目标和质量分类,选取对应的海洋环境质量标准。

根据《广东省近岸海域环境功能区划》(粤府办〔1999〕68号)、《广东省生态环境厅关于同意调整汕尾东海岸、碣石局部海域近岸海域环境功能区划的函》(粤环函〔2024〕421号),L3、L4、L8、L10、L19站位执行《海水水质标准》(GB3097-1997)的第二类标准,L1、L2、L5~L7站位执行《海水水质标准》(GB3097-1997)的第三类标准。

除此外,L9、L11~L18、L20~L22站位所在海域未划定近岸海域环境功能区划,按照《广东省海岸带及海洋空间规划(2021—2035年)》(粤自然资发〔2025〕1号)中规划的海洋空间功能,L9、L11~L14、L17、L18、L21站位位于渔业用海区,故执行《海水水质标准》(GB3097-1997)的第一类标准;L15、L16、L20站位位于交通运输用海区,其中L16、L20站位临近渔业用海区,考虑与周边海域相兼容,故L16、L20站位执行《海水水质标准》(GB3097-1997)的第一类标准,L15站位执行《海水水质标准》(GB3097-1997)的第三类标准;L22站位位于工矿通信用海区,执行《海水水质标准》(GB3097-1997)的第三类标准,详见表3.2-17、图3.2-20。

表 3.2-17 调查站位所在功能区划及质量评价标准要求表

序号	调查站位	经度	纬度	调查内容	调查站位所在功能区划		质量评价执行标准	
					近岸海域环境功能区	海洋空间规划分区	水质目标	沉积物目标
1	L1	116.0795	22.8397	水质、沉积物	402 甲子港综合功能区, 三类	渔业用海区	第三类	第二类
2	L2	116.0788	22.8314	水质、沉积物	402 甲子港综合功能区, 三类	交通运输用海区	第三类	第二类
3	L3	116.0889	22.8155	水质	401 甲东生态功能区, 二类	交通运输用海区	第二类	/
4	L4	116.1207	22.8197	水质	401 甲东生态功能区, 二类	生态保护区	第二类	/
5	L5	116.0741	22.8547	水质、沉积物	402 甲子港综合功能区, 三类	渔业用海区	第三类	第二类
6	L6	116.0778	22.8714	水质	402 甲子港综合功能区, 三类	渔业用海区	第三类	/
7	L7	116.0908	22.8856	水质	402 甲子港综合功能区, 三类	生态保护区	第三类	/
8	L8	116.0433	22.8446	水质	403B 湖东港口、工业功能区, 二类	工矿通信用海区	第二类	/
9	L9	116.0567	22.8275	水质、沉积物	/	渔业用海区	第一类	第一类
10	L10	116.0227	22.834	水质、沉积物	403B 湖东港口、工业功能区, 二类	工矿通信用海区	第二类	第一类
11	L11	116.0362	22.8047	水质	/	渔业用海区	第一类	/
12	L12	116.0694	22.8029	水质、沉积物	/	渔业用海区	第一类	第一类
13	L13	116.0894	22.7877	水质	/	渔业用海区	第一类	/
14	L14	116.1178	22.7853	水质、沉积物	/	渔业用海区	第一类	第一类
15	L15	116.112	22.7505	水质	/	交通运输用海区	第三类	/
16	L16	116.0884	22.7574	水质、沉积物	/	交通运输用海区	第一类	第一类
17	L17	116.0455	22.7738	水质、沉积物	/	渔业用海区	第一类	第一类
18	L18	116.0141	22.7898	水质	/	渔业用海区	第一类	/
19	L19	115.9837	22.8085	水质、沉积物	403B 湖东港口、工业功能区, 二类	工矿通信用海区	第二类	第一类
20	L20	116.0201	22.7426	水质、沉积物	/	交通运输用海区	第一类	第一类
21	L21	116.0622	22.7435	水质	/	渔业用海区	第一类	/
22	L22	116.0809	22.7167	水质	/	工矿通信用海区	第三类	/

序号	调查站位	经度	纬度	调查内容	调查站位所在功能区划		质量评价执行标准	
					近岸海域环境功能区	海洋空间规划分区	水质目标	沉积物目标
23	C1	116.0901	22.8237	潮间带	401 甲东生态功能区, 二类	交通运输用海区	/	第一类
24	C2	116.0818	22.8419	潮间带	402 甲子港综合功能区, 三类	渔业用海区	/	第二类
25	C3	116.0766	22.8609	潮间带	402 甲子港综合功能区, 三类	渔业用海区	/	第二类
26	C4	116.0405	22.8481	潮间带	403B 湖东港口、工业功能区, 二类	交通运输用海区	/	第一类



图 3.2-20 海洋生态环境现状监测站位与海洋功能分区的分布图

《海水水质标准》(GB3097-1997) 详见下表。

表 3.2-18 海水水质标准 (单位: 除 pH 为无量纲外, 其他为 mg/L)

序号	项目	第一类	第二类	第三类	第四类
1	悬浮物质	人为增加的量≤10		人为增加的量≤100	人为增加的量≤150
2	大肠菌群≤ (个/L)	10000		—	—
		供人生食的贝类增养殖水质≤700			
3	粪大肠菌群≤ (个/L)	2000		—	—
		供人生食的贝类增养殖水质≤140			
4	病原体	供人生食的贝类养殖水质不得含有病原体			
5	水温 (°C)	人为造成的海水温升夏季不超过当时当地1°C, 其他季节不超过2°C		人为造成的海水温升不超过当时当地4°C	
6	pH	7.8~8.5		6.8~8.8	
		同时不出超该海域正常变动范围的0.2 pH单位		同时不出超该海域正常变动范围的0.5 pH单位	
7	溶解氧>	6	5	4	3
8	化学需氧量≤ (COD)	2	3	4	5
9	生化需氧量≤ (BOD <sub>5</sub> )	1	3	4	5
10	无机氮≤ (以N计)	0.2	0.3	0.4	0.5
11	非离子氨≤ (以N计)		0.02		
12	活性磷酸盐≤ (以P计)	0.015	0.03		0.045
13	汞≤	0.00005	0.0002		0.0005
14	镉≤	0.001	0.005		0.01
15	铅≤	0.001	0.005	0.01	0.05
16	六价铬≤	0.005	0.01	0.02	0.05
17	总铬≤	0.05	0.1	0.2	0.5
18	砷≤	0.02	0.03		0.05
19	铜≤	0.005	0.01		0.05
20	锌≤	0.02	0.05	0.1	0.5
21	硒≤	0.01	0.02		0.05
22	镍≤	0.005	0.01	0.02	0.05
23	氰化物≤	0.005		0.1	0.2
24	硫化物≤ (以S计)	0.02	0.05	0.1	0.25

序号	项目	第一类	第二类	第三类	第四类
25	挥发性酚≤	0.005		0.01	0.05
26	石油类≤	0.05		0.3	0.5

注：按照海域的不同使用功能和保护目标，海水水质分为四类：第一类适用于海洋渔业水域，海上自然保护区和珍稀濒危海洋生物保护区；第二类适用于水产养殖区，海水浴场，人体直接接触海水的海上运动或娱乐区，以及与人类食用直接有关的工业用水区；第三类适用于一般工业用水区，滨海风景旅游区；第四类适用于海洋港口水域，海洋开发作业区。

## （2）评价方法

采用单因子标准指数法，评价模式如下：

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

式中：

$P_i$ ——第  $i$  种评价因子的质量指数；

$C_i$ ——第  $i$  种评价因子的实测值；

$C_{si}$ ——第  $i$  种评价因子的标准值。

溶解氧（DO）的标准指数计算公式：

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

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

式中：

$S_{DO,f}$ ——溶解氧的标准指数，大于 1 表明该水质因子超标；

$DO_j$ ——溶解氧在  $j$  点的实测统计代表值，mg/L；

$DO_s$ ——溶解氧的水质评价标准限值，mg/L；

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

$S$ ——实用盐度符号，量纲一；

$T$ ——水温， $^{\circ}\text{C}$ 。

pH 的指数计算公式：

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

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

式中：

$S_{pH,j}$ ——pH 值的指数，大于 1 表明该水质因子超标；

$pH_j$ ——pH 值实测统计代表值；

$pH_{sd}$ ——评价标准中 pH 值的下限值；

$pH_{su}$ ——评价标准中 pH 值的上限值。

### 3.2.5.5 监测结果

根据评价模式并结合海水水质标准，分别对监测数据依据海水水质进行评价，各站

位海水水质监测结果见表 3.2-19, 标准指数计算统计结果见表 3.2-20。由表 3.2-20 可知:

(1) 执行海水水质第一类标准 10 个调查站位中, 部分站位活性磷酸盐、无机氮不满足《海水水质标准》(GB3097-1997) 中第一类标准限值要求。其中, 活性磷酸盐仅在 L13 站位出现超标, 超标率为 10%, 超标倍数为 0.153; 无机氮主要在 L9、L12、L13 站位出现超标, 超标率为 30%, 超标倍数在 0.138~0.360 之间, 最大超标倍数为 0.360, 出现在 L9 站位; 锌仅在 L21 站位出现超标, 超标率为 10%, 超标倍数为 0.078。除上述外, 其余站位各监测因子水质现状均满足《海水水质标准》(GB3097-1997) 中第一类标准限值要求。

(2) 执行海水水质第二类标准 5 个调查站位 (L3、L4、L8、L10、L19) 各监测因子水质现状均满足《海水水质标准》(GB3097-1997) 中第二类标准限值要求。

(3) 执行海水水质第三类标准 7 个调查站位 (L1、L2、L5、L6、L7、L15、L22) 各监测因子水质现状均满足《海水水质标准》(GB3097-1997) 中第三类标准限值要求。

表 3.2-19 监测海域海水水质监测结果

采样点位	检测结果 (单位: pH 无量纲, 其余为 mg/L)																									
	水温 (℃)	pH	盐度 (‰)	溶解氧	悬浮物	生化需氧量	化学需氧量	石油类	挥发性酚	硫化物	氰化物	阴离子表面活性剂	活性磷酸盐	氨	硝酸盐	亚硝酸盐	无机氮	总铬	汞	砷	铜	铅	锌	镉	镍	氟化物
L1 表																										
L2 表																										
L3 表																										
L4 表																										
L5 表																										
L6 表																										
L7 表																										
L8 表																										
L9 表																										
L10 表																										
	表																									
L11	底																									
	均																									
L12	表																									
	表																									
L13	底																									
	均																									
	表																									
L14	底																									
	均																									
	表																									
L15	底																									
	均																									
	表																									
L16	底																									
	均																									
	表																									
L17	底																									
	均																									
	表																									
L18	底																									
	均																									
	表																									
L19	底																									

采样点位	检测结果 (单位: pH 无量纲, 其余为 mg/L)																									
	水温 (°C)	pH	盐度 (‰)	溶解氧	悬浮物	生化需氧量	化学需氧量	石油类	挥发性酚	硫化物	氰化物	阴离子表面活性剂	活性磷酸盐	氨	硝酸盐	亚硝酸盐	无机氮	总铬	汞	砷	铜	铅	锌	镉	镍	氟化物
均																										
L20	表																									
	底																									
	均																									
L21	表																									
	底																									
	均																									
L22	表																									
	底																									
	均																									

注: “ND” 表示该结果小于检测方法最低检出限, 计算标准指数时, 取 1/2 检出限值参与计算。

表 3.2-20 监测海域海水水质评价标准指数计算结果

调查站位	pH	溶解氧	生化需氧量	化学需氧量	石油类	挥发性酚	硫化物	活性磷酸盐	无机氮	总铬	汞	砷	铜	铅	锌	镉	镍	氟化物	阴离子表面活性剂	六价铬
<b>调查站位执行第一类海水水质标准</b>																				
L9																				
L11																				
L12																				
L13																				
L14																				
L16																				
L17																				
L18																				
L20																				
L21																				
<b>调查站位执行第二类海水水质标准</b>																				
L3																				
L4																				
L8																				
L10																				
L19																				
<b>调查站位执行第三类海水水质标准</b>																				
L1																				
L2																				
L5																				
L6																				

调查站位	pH	溶解氧	生化需氧量	化学需氧量	石油类	挥发性酚	硫化物	活性磷酸盐	无机氮	总铬	汞	砷	铜	铅	锌	镉	镍	氰化物	阴离子表面活性剂	六价铬
L7																				
L15																				
L22																				

注：背景色为表明该检测参数超过了规定的海水水质标准。

### 3.2.6 海洋沉积物质量现状调查

#### 3.2.6.1 调查站位

论证单位广东智环创新环境科技有限公司于 2023 年 11 月 20 日—21 日（秋季）对项目所在海域开展海洋沉积物现状调查，本次调查设海洋沉积物站位 11 个。此外，论证单位于 2025 年 8 月 20 日补充开展潮间带沉积物调查，设潮间带沉积物 4 个。具体调查站位详见 3.2.5.1 节。

#### 3.2.6.2 监测项目

含水率（风干样含水率、湿样含水率）、pH、粒度、汞、镉、铅、锌、铜、铬、砷、石油类、有机碳、硫化物，共 13 项。

#### 3.2.6.3 采样及分析方法

##### 1) 采样方法

样品采集和保存方法按照《海洋监测规范第 3 部分：样品采集、贮存与运输》（GB17378.3-2007）的要求进行。

##### 2) 分析方法

表 3.2-21 检测方法及仪器

检测项目	依据的标准（方法）名称及编号	仪器设备	检出限
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）	便携式 PH 计 PHB-5	—
水分（含水率）	《海洋监测规范 第 5 部分：沉积物分析》（GB 17378.5-2007/19）	电子天平 ATY124	0.1%
粒度	《海洋调查规范 第 8 部分 海洋地质地球物理调查》（GB/T 12763.8-2007/6.3）	电子天平 JJ224BF	—
石油类	《海洋监测规范 第 5 部分：沉积物分析》（GB 17378.5-2007/13.2）	紫外可见分光光度计 UV3660	3.0mg/kg
硫化物	《海洋监测规范 第 5 部分：沉积物分析》（GB 17378.5-2007/17.1）	紫外可见分光光度计 UV3660	0.3mg/kg
有机碳	《海洋监测规范 第 5 部分：沉积物分析》（GB 17378.5-2007/18.1）	滴定管	0.1%
砷	《海洋监测规范 第 5 部分：沉积物分析》（GB 17378.5-2007/11.1）	原子荧光光度计 AFS-8520	0.06mg/kg
汞	《海洋监测规范 第 5 部分：沉积物分析》（GB 17378.5-2007/5.1）	原子荧光光度计 AFS-8520	0.002mg/kg
铜	《海洋监测规范 第 5 部分：沉积物分析》（GB 17378.5-2007/ 6.2）	原子吸收分光光度计 TAS-990AFG	2.0mg/kg
锌	《海洋监测规范 第 5 部分：沉积物分析》（GB 17378.5-2007 9）	原子吸收分光光度计 TAS-990AFG	6.0mg/kg

检测项目	依据的标准(方法)名称及编号	仪器设备	检出限
铬	《海洋监测规范 第5部分: 沉积物分析》(GB 17378.5-2007/10.1)	原子吸收分光光度计 ICE3500	2.0mg/kg
铅	《海洋监测规范 第5部分: 沉积物分析》(GB 17378.5-2007/7.1)	原子吸收分光光度计 ICE3500	1.0mg/kg
镉	《海洋监测规范 第5部分: 沉积物分析》(GB 17378.5-2007/8.1)	原子吸收分光光度计 ICE3500	0.04mg/kg

### 3.2.6.4 评价标准和评价方法

#### (1) 评价标准

海洋沉积物质量评价标准执行《海洋沉积物质量》(GB18668-2002)。

根据《广东省近岸海域环境功能区划》及《广东省生态环境厅关于同意调整汕尾东海岸、碣石局部海域近岸海域环境功能区划的函》(粤环函〔2024〕421号), 其只对海水水质目标进行了规定, 未对沉积物质量目标类别进行划分, 本次评价根据《广东省海岸带及海洋空间规划(2021—2035年)》中划定所在区域用海功能及近岸海域中划定海水水质目标, 将沉积物质量标准按照海水水质标准高一级的沉积物质量评价标准, 最高为第一类沉积物质量标准。故L10、L19、C1、C4站位执行海洋沉积物质量第一类标准, L1、L2、L5、C2、C3站位执行海洋沉积物质量第二类标准。

调查站位中L9、L12、L14、L16、L17、L20站位位于近岸海域环境功能区划范围外, 按照《广东省海岸带及海洋空间规划(2021—2035年)》(粤自然资发〔2025〕1号)中规划的海洋空间功能, L9、L12、L14、L17站位所在的海洋空间功能分区为渔业用海区, 故执行海洋沉积物质量第一类标准; L16、L20站位所在的海洋空间功能分区为交通运输用海区, 管控要求包括在未开发利用之前可兼容开放式养殖等增养殖用海, 考虑与周边海域相兼容, 故L16、L20站位海洋沉积物质量第一类标准。详见表3.2-17、图3.2-20。

海洋沉积物质量标准(GB 18668-2002)详见下表。

表 3.2-22 海洋沉积物质量标准(GB 18668-2002)

序号	项目	第一类	第二类	第三类
1	汞( $\times 10^{-6}$ ) $\leq$	0.20	0.50	1.00
2	镉( $\times 10^{-6}$ ) $\leq$	0.50	1.50	5.00
3	铅( $\times 10^{-6}$ ) $\leq$	60.0	130.0	250.0
4	锌( $\times 10^{-6}$ ) $\leq$	150.0	350.0	600.0
5	铜( $\times 10^{-6}$ ) $\leq$	35.0	100.0	200.0
6	铬( $\times 10^{-6}$ ) $\leq$	80.0	150.0	270.0
7	砷( $\times 10^{-6}$ ) $\leq$	20.0	65.0	93.0

序号	项目	第一类	第二类	第三类
8	有机碳 ( $\times 10^{-2}$ ) $\leq$	2.0	3.0	4.0
9	硫化物 ( $\times 10^{-6}$ ) $\leq$	300.0	500.0	600.0
10	石油类 ( $\times 10^{-6}$ ) $\leq$	500.0	1000.0	1500.0

## (2) 评价方法

采用单因子标准指数法计算沉积物的质量指数，评价模式如下：

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

式中：

$P_i$ ——第  $i$  种评价因子的质量指数；

$C_i$ ——第  $i$  种评价因子的实测值；

$C_{si}$ ——第  $i$  种评价因子的标准值。

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

### 3.2.6.5 监测结果

此次评价海洋沉积物粒度监测结果见表 3.2-23，海洋沉积物质量现状监测结果见表 3.2-24，评价结果见表 3.2-25。

由结果可知，此次调查沉积物质量均满足《海洋沉积物质量》(GB 18668-2002) 相应标准限值要求，没有出现超标情况。

表 3.2-23 监测海域海洋沉积物粒度监测结果表

采样点位	检测结果(粒度)			粒度分类
	砂 (0.063— 2.000mm)(%)	粉砂 (0.004— 0.063mm)(%)	粘土 (0.000-0.004mm)(%)	
L1				砂
L2				砂
L5				砂
L9				粘土质砂
L10				粉砂质砂
L12				粘土质粉砂
L14				粘土质粉砂
L16				粘土质粉砂
L17				粘土质粉砂
L19				粉砂质粘土
L20				粘土质粉砂
C1				砂
C2				砂
C3				粘土质砂
C4				砂

表 3.2-24 监测海域海洋沉积物质量监测结果（单位： $10^{-6}$ ，其中有机碳和含水率为 $10^{-2}$ ）

采样点位	风干样水分（含水率）	湿样水分（含水率）	石油类	硫化物	有机碳	砷	汞	铜	锌	铬	铅	镉	镍
L1													
L2													
L5													
L9													
L10													
L12													
L14													
L16													
L17													
L19													
L20													
C1													
C2													
C3													
C4													

注：“ND”表示该结果小于检测方法最低检出限，计算标准指数时，取 $1/2$ 检出限值参与计算。“”表示该项目未检测。

表 3.2-25 监测海域海洋沉积物质量评价计算标准指数

调查站位	石油类	硫化物	有机碳	砷	汞	铜	锌	铬	铅	镉
<b>调查站位执行第一类海洋沉积物质量标准</b>										
L9										
L10										
L12										
L14										
L16										
L17										
L19										
L20										
C1										
C4										
<b>调查站位执行第二类海洋沉积物质量标准</b>										
L1										
L2										
L5										
C2										
C3										

### 3.2.7 海洋生物质量现状调查

#### 3.2.7.1 调查站位

论证单位广东智环创新环境科技有限公司于 2023 年 11 月 20 日—21 日（秋季）委托中国科学院南海海洋研究所对项目所在海域开展海洋生物质量现状调查，本次调查设海洋生物质量站位 15 个。具体调查站位详见 3.2.5.1 节。

#### 3.2.7.2 监测项目

总汞、镉、铅、铬、砷、铜、锌、石油烃，共 8 项。

#### 3.2.7.3 采样及分析方法

##### （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，选取具有代表性的样品进行分析检测。

##### （2）分析方法

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，见下表。

表 3.2-26 生物体分析方法

序号	检测项目	检测依据	主要检测仪器	检出限
1	总汞	《海洋监测规范 第 6 部分：生物体分析》（GB 17378.6-2007/5.2）	F732-V 型测录仪 180002	$0.01 \times 10^{-6}$
2	铜	《海洋监测规范 第 6 部分：生物体分析》（GB 17378.6-2007/6.3）	iCE3500 原子吸收分光光度计 AA350066	$2.0 \times 10^{-6}$
3	铅	《海洋监测规范 第 6 部分：生物体分析》（GB 17378.6-2007/7.1）	iCE3500 原子吸收分光光度计 AA350066	$0.04 \times 10^{-6}$
4	锌	《海洋监测规范 第 6 部分：生物体分析》（GB 17378.6-2007/9.1）	iCE3500 原子吸收分光光度计 AA350066	$0.4 \times 10^{-6}$
5	镉	《海洋监测规范 第 6 部分：生物体分析》（GB 17378.6-2007/8.1）	iCE3500 原子吸收分光光度计 AA350066	$0.005 \times 10^{-6}$
6	砷	《海洋监测规范 第 6 部分：生物体分析》（GB 17378.6-2007/11.1）	AFS-930 原子荧光光度计 930-0409139	$0.2 \times 10^{-6}$
7	铬	《海洋监测规范 第 6 部分：生物体分析》（GB 17378.6-2007/10.1）	iCE3500 原子吸收分光光度计 AA350066	$0.04 \times 10^{-6}$
8	石油烃	《海洋监测规范 第 6 部分：生物体分析》（GB 17378.6-2007/13）	RF-6000 荧光分光光度计 A40245701503SA	$0.2 \times 10^{-6}$

#### 3.2.7.4 评价标准和评价方法

##### （1）评价标准

对于海洋贝类（双壳类）的生物质量评价，依据《海洋生物质量》（GB 18421-2001）中规定的相应标准限值开展。其他软体动物、甲壳动物及定居性鱼类等生物体内的重金属、石油烃污染指标评价，则参照《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025）附录 C 所列标准执行。

表 3.2-27 海洋生物质量标准（GB18421-2001）（双壳类贝类）（鲜重：mg/kg）

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

注：以贝类去壳部分的鲜重计

表 3.2-28 其他海洋生物质量参考值（鲜重：mg/kg）

生物类别	铜	铅	镉	锌	总汞	砷	铬	石油烃	引用标准
鱼类	20	2.0	0.6	40	0.3	1	/	20	
甲壳类	100	2.0	2.0	150	0.2	1	/	20	
软体类（非双壳类贝类）	100	10.0	5.5	250	0.3	1	/	20	《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025）

## （2）评价方法

单因子污染指数法的计算公式如下：

$$Pi = Ci / Csi$$

式中：

Pi——第 i 种评价因子的质量指数；

Ci——第 i 种评价因子的实测值；

Csi——第 i 种评价因子的标准值。

### 3.2.7.5 监测结果

此次评价海洋生物质量调查结果见表 3.2-29，评价结果见表 3.2-30。

此次调查海洋生物主要为鱼类、甲壳类、软体类（非双壳类贝类），合计 16 个样品，不涉及双壳类贝类。由表 3.2-30 可知，各站位的海洋生物质量均满足《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025）附录 C 相应标准限值要求，没有出现超标情况。

表 3.2-29 海洋生物质量调查结果 (鲜重, mg/kg)

站位	物种名称	类别	检测项目及检测结果 ( $\times 10^{-6}$ )							
			总汞	铜	铅	锌	镉	砷	铬	石油烃
L1	白姑鱼	鱼类								
L2	长叉口虾蛄	甲壳类								
L5	龙头鱼	鱼类								
L6	口虾蛄	甲壳类								
L9	哈氏仿对虾	甲壳类								
L10	红星梭子蟹	甲壳类								
L12	龙头鱼	鱼类								
L13	沙带鱼	鱼类								
L14	中华管鞭虾	甲壳类								
L16	红星梭子蟹	甲壳类								
L17	近缘新对虾	甲壳类								
L18	白姑鱼	鱼类								
L19	刀额新对虾	甲壳类								
L20	皮氏叫姑鱼	鱼类								
L22	口虾蛄	甲壳类								
L22	习见赤蛙螺	软体类 (非双壳贝类)								

注: < 表示低于检出限, 计算标准指数时, 取 1/2 检出限值参与计算。

表 3.2-30 海洋生物质量评价计算标准指数

站位	物种名称	类别	评价结果							
			砷	总汞	铜	铅	锌	镉	铬	石油烃
L1	白姑鱼	鱼类								
L5	龙头鱼	鱼类								
L12	龙头鱼	鱼类								
L13	沙带鱼	鱼类								
L18	白姑鱼	鱼类								
L20	皮氏叫姑鱼	鱼类								
L2	长叉口虾蛄	甲壳类								
L6	口虾蛄	甲壳类								
L9	哈氏仿对虾	甲壳类								
L10	红星梭子蟹	甲壳类								
L14	中华管鞭虾	甲壳类								
L16	红星梭子蟹	甲壳类								
L17	近缘新对虾	甲壳类								
L19	刀额新对虾	甲壳类								
L22	口虾蛄	甲壳类								
L22	习见赤蛙螺	软体类 (非双壳贝类)								

注: “” 表示指标的质量标准未作限值要求的标准指数。

### 3.2.8 海洋生态现状调查

#### 3.2.8.1 调查站位

论证单位广东智环创新环境科技有限公司于 2023 年 11 月 20 日—21 日（秋季）委托中国科学院南海海洋研究所对项目所在海域开展生物生态现状调查，本次调查设生物生态站位 15 个，潮间带生物调查断面 4 条。具体调查站位详见 3.2.5.1 节。

#### 3.2.8.2 监测项目

- (1) 叶绿素 a、初级生产力、浮游植物、浮游动物、底栖生物（含污损生物）的种类组成、群落特征、分布特点、物种多样性指数等；
- (2) 潮间带生物的种类组成、群落特征、分布特点、物种多样性指数等。

#### 3.2.8.3 采样、处理及分析方法

##### 1) 叶绿素 a 和初级生产力

用容积为 5L 的有机玻璃采水器采集表层 0.5m 的水样，现场过滤，滤膜用保温壶冷藏，带回实验室分析，采用分光光度法测定叶绿素 a 的含量（引用标准：《海洋调查规范》（GB/T12763-2007）。

初级生产力采用叶绿素 a 法，按照 CaXee 和 Hegeman (1974) 提出的简化公式估算。

##### 2) 浮游植物

浮游植物的采集和分析均按《海洋监测规范》（GB17378-2007）和《海洋调查规范—海洋生物调查》（GB/T12763.6-2007）中规定的方法进行。

利用浮游生物浅水III型浮游生物网，网口面积  $0.1\text{m}^2$ ，采用垂直拖网法。样品现场用 5% 甲醛溶液固定，带回实验室，进行种类鉴定和定量分析。定量计数用计数框，视野法计数，取其平均密度，通过过滤的水柱，测算出每个调查站位浮游植物的密度，单位以每立方米多少个细胞数表示 ( $\text{cells}/\text{m}^3$ )。

##### 3) 浮游动物

浮游动物的采集和分析均按《海洋监测规范》（GB17378-2007）和《海洋调查规范-海洋生物调查》（GB/T12763.6-2007）中规定的方法进行。

以浅水II型浮游生物网采样，网口面积  $0.08\text{m}^2$ ，每个调查站从底至表垂直拖曳II型网，样品现场用 5% 甲醛溶液固定保存，带回实验室进行种类鉴定，总生物量及栖息密度分布等分析。总生物量的研究采用湿重法，栖息密度分布采用个体计数法，然后根据滤水量换算为每  $\text{m}^3$  水体的浮游动物数量。

#### 4) 底栖生物

底栖生物调查方法按照《海洋监测规范》(GB17378.1-2007)和《海洋调查规范》(GB/T12763.1-2007)中有关底栖生物的规定执行。

采泥底栖生物调查方法是采用抓斗式采泥器进行定量取样,取样面积为0.05m<sup>2</sup>,每个站采样4次。样品用5%甲醛溶液固定后带回室内分析鉴定,生物量和栖息密度分别以g/m<sup>2</sup>和栖息密度ind/m<sup>2</sup>为单位。

#### 5) 潮间带生物

调查方法按照《海洋监测规范》(GB17378.1-2007)和《海洋调查规范》(GB/T12763.1-2007)进行。生物量和栖息密度分别以g/m<sup>2</sup>和ind/m<sup>2</sup>为计算单位。

### 3.2.8.4 评价标准和评价方法

#### (1) 初级生产力

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

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

式中:

P——初级生产力 (mg·C/m<sup>2</sup>·d);

C<sub>a</sub>——表层叶绿素a含量 (mg/m<sup>3</sup>);

Q——同化系数 (mg·C/(mgChl-a·h)),根据以往调查结果,这里取3.70;

L——真光层的深度 (m);

t——白昼时间 (h), 11h。

#### (2) 优势度

优势度 (Y) 应用以下公式计算:

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

式中:

N<sub>i</sub>——第i种的个体数;

f<sub>i</sub>——该种在各站中出现的频率;

N——所有站每个种出现的总个体数。

#### (3) 物种丰富度指数

丰富度是表示群落中种类丰富程度的指数,是应当首先了解的群落问题。丰富度的计算公式有多种,现采用马卡列夫(Margalef, 1958)的计算式:

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

式中:

d——表示丰富度;

S——表示样品中的种类总数；  
N——表示样品中生物的总个体数。

#### (4) 多样性指数

Shannon-Wiener 指数计算公式为

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

式中：

$H'$ ——种类多样性指数；  
S——样品中的种类总数；  
 $p_i$ ——第 i 种的个体数与总个体数的比值。

#### (5) 均匀度

Pielou 均匀度公式为：

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

式中：

J——表示均匀度；  
 $H'$ ——种类多样性指数；  
S——为样品中总种类数。

### 3.2.8.5 调查结果

#### 1. 叶绿素 a 和初级生产力

##### (1) 叶绿素 a

调查海区表层水体叶绿素 a 含量的变化范围为 (0.24~13.78) mg/m<sup>3</sup>，平均值为 3.14mg/m<sup>3</sup>，其中 L6 号站叶绿素 a 含量最高，18 号站叶绿素 a 含量最低，见表 3.2-31。

##### (2) 初级生产力

调查海域初级生产力的变化范围为 (7.72~219.51) mg·C/(m<sup>2</sup>·d)，平均值为 83.42mg·C/(m<sup>2</sup>·d)，其中 L2 号站初级生产力水平最高，L18 号站最低，见表 3.2-31。

表 3.2-31 叶绿素 a 和初级生产力测定结果表

站位	叶绿素 a (mg/m <sup>3</sup> )	初级生产力 (mg·C/(m <sup>2</sup> ·d))
L1		
L2		
L5		
L6		
L9		
L10		
L12		
L13		
L14		
L16		
L17		
L18		
L19		
L20		
L22		
平均值		
范围		

## 2. 浮游植物

### (1) 种类组成和优势种

调查共记录浮游植物 3 门 42 属 93 种。其中以硅藻门出现的种类为最多, 为 33 属 65 种, 占总种数的 69.89%; 甲藻门出现 8 属 27 种, 占总种数的 29.03%, 蓝藻门出现 1 属 1 种, 占总种数的 1.08%; 甲藻门的角藻属 (*Ceratium*) 出现种类数最多, 为 15 种; 其次为硅藻门的角毛藻属 (*Chaetoceros*) 和根管藻属 (*Rhizosolenia*), 均出现种类 9 种。

表 3.2-32 浮游植物种类组成

类群	属数	种类数	种类组成比例 (%)
硅藻门			
甲藻门			
蓝藻门			
合计			

以优势度  $Y$  大于 0.02 为判断标准, 本次调查的浮游植物优势种出现 5 种, 分别为蓝藻门的铁氏束毛藻 (*Trichodesmium thiebautii*) 和硅藻门的钟形中鼓藻 (*Bellerochea orologalis*)、菱形海线藻 (*Thalassionema nitzschiooides*)、中肋骨条藻 (*Skeletonema costatum*) 和洛氏角毛藻 (*Chaetoceros lorenzianus*)。第一优势种铁氏束毛藻的优势度为 0.648, 丰度占调查海区总丰度的 69.38%, 该优势种在 15 个调查站位的 14 个站位均有

出现；钟形中鼓藻的优势度为 0.098，丰度占调查海区总丰度的 9.84%，该优势种在 15 个调查站位均出现；菱形海线藻的优势度为 0.060，丰度占调查海区总丰度的 6.05%，在 15 个调查站位均出现；中肋骨条藻和洛氏角毛藻优势度情况见表 3.2-33，以上 5 种优势种丰度总和占调查海区浮游植物总丰度的 91.77%。

表 3.2-33 浮游植物优势种及优势度

中文名	英文名	类群	优势度	占总丰度的百分比 (%)
铁氏束毛藻	<i>Trichodesmium thiebautii</i>	蓝藻		
钟形中鼓藻	<i>Bellerochea orologalis</i>	硅藻		
菱形海线藻	<i>Thalassionema nitzschiooides</i>	硅藻		
中肋骨条藻	<i>Skeletonema costatum</i>	硅藻		
洛氏角毛藻	<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	硅藻		

## (2) 丰度组成

调查结果表明，调查海区浮游植物丰度变化范围为  $(7.76 \times 10^4 \sim 168.60 \times 10^4)$  cells/m<sup>3</sup>，平均为  $62.05 \times 10^4$  cells/m<sup>3</sup>。最高丰度出现在 L5 号站，L2 号站次之，其丰度为  $113.71 \times 10^4$  cells/m<sup>3</sup>，最低丰度则出现在 L16 号站。

浮游植物丰度组成以蓝藻门占首位，其丰度占各站总丰度的 0.00%~93.61%，平均为 69.80%，蓝藻门在 15 个调查站位中的 14 个站位中有出现；硅藻门次之，其丰度占各站总丰度的 4.68%~92.76%，平均为 27.57%，硅藻门在 15 个测站均有出现；甲藻门的丰度占各站总丰度的 0.59%~7.24%，平均为 2.63%，在 15 个调查站位均有出现，详见下表。

表 3.2-34 浮游植物丰度 ( $\times 10^4$  cells/m<sup>3</sup>) 及其百分比值 (%)

站位	总丰度	硅藻门		甲藻门		蓝藻门	
		丰度	%	丰度	%	丰度	%
L1							
L2							
L5							
L6							
L9							
L10							
L12							
L13							
L14							
L16							
L17							
L18							

站位	总丰度	硅藻门		甲藻门		蓝藻门	
		丰度	%	丰度	%	丰度	%
L19							
L20							
L22							
平均							
变化范围							

### (3) 生物多样性指数及均匀度

本次调查, 各站位浮游植物种数变化范围 25 种~42 种。物种丰富度指数范围为 1.837~3.291, 平均值为 2.694, 丰富度指数以 L6 站最高, L14 站最低; Shannon-wiener 多样性指数 ( $H'$ ) 范围为 0.58~3.02, 平均为 1.45, 多样性指数以 L6 号站位最高, L14 号站最低, 多样性属于较低水平; Pielou 均匀度指数 ( $J'$ ) 范围为 0.11~0.58, 平均为 0.28, 各站物种间分布较不均匀, 见下表。

表 3.2-35 浮游植物的多样性及均匀度指数

站位	种类数	丰富度指数 (D)	多样性指数 ( $H'$ )	均匀度 ( $J'$ )
L1				
L2				
L5				
L6				
L9				
L10				
L12				
L13				
L14				
L16				
L17				
L18				
L19				
L20				
L22				
平均				
范围				

### 3. 浮游动物

#### (1) 种类组成

本次调查共记录浮游动物 8 个生物类群 48 种，其中桡足类 26 种，浮游幼体类 10 种，原生动物和毛颚类各 3 种，水母类和十足类各 2 种，介形类和有尾类各 1 种。

#### (2) 浮游动物生物量、密度及其分布

本次调查结果显示，在个体数量分布方面，浮游动物密度变化幅度为 (222.50~12142.86) ind/m<sup>3</sup>，平均密度 2617.01ind/m<sup>3</sup>。浮游生物最高密度出现在 L6 号采样站，最低密度则出现在 L16 号采样站；各采样站浮游动物湿重生物量变化幅度为 (60.00~268.00) mg/m<sup>3</sup>，平均生物量为 115.07mg/m<sup>3</sup>。在整个调查区中，生物量最高出现在 L12 号采样站，最低出现在 L20 号采样站。

表 3.2-36 浮游动物生物量及密度

站位	密度 (ind/m <sup>3</sup> )	生物量 (mg/m <sup>3</sup> )
L1		
L2		
L5		
L6		
L9		
L10		
L12		
L13		
L14		
L16		
L17		
L18		
L19		
L20		
L22		
平均值		
范围		

#### (3) 浮游动物主要类群分布

##### 1) 桡足类

桡足类在 15 个调查站位中均有分布，其密度变化范围为 (88.40~3714.29) ind/m<sup>3</sup>，平均密度为 826.41ind/m<sup>3</sup>，占浮游动物总密度的 31.58%。其中最高密度出现在 L6 号采样站，其次为 L1 号采样站，密度为 2506.94ind/m<sup>3</sup>，L20 号站位密度最低。

## 2) 浮游幼体类

浮游幼体类在全部 15 个调查站位均有出现, 平均密度为  $1648.79 \text{ ind}/\text{m}^3$ , 占浮游动物总密度的 63.00%, 其密度变化范围为  $(118.75\text{--}7142.86) \text{ ind}/\text{m}^3$ 。其中最高密度分布于 L6 号采样站, 其次是 L5 号采样站, 密度为  $5856.25 \text{ ind}/\text{m}^3$ , L16 号站位密度最低。

## 3) 其他种类

浮游动物的其他类群有原生动物、毛颚类、被囊类等, 它们大部分属于我国沿岸和近岸区系的广分布种, 虽然出现的数量不多, 但在调查的海域内也较为广泛分布。

## 4) 优势种及其分布

以优势度  $\geq 0.02$  为判断标准, 本调查海域在调查期间浮游动物的优势有 6 种, 为浮游幼体类的桡足类幼体 (*Copepodid larvae*)、桡足类无节幼虫 (*Nauplius larvae* (*Copepoda*))、蔓足类无节幼虫 (*Nauplius larvae* (*Cirripedia*)) 和桡足类的强额拟哲水蚤 (*Paracalanus crassirostris*)、红小毛猛水蚤 (*Microsetella rosea*) 和亮大眼水蚤 (*Corycaeus andrewsi*)。调查海区的第一优势种桡足类幼体的平均密度为  $749.82 \text{ ind}/\text{m}^3$ , 占浮游动物总密度的 26.32%, 在 15 个调查站位均有出现, 其中在 L6 号站位密度最高, 为  $3000.00 \text{ ind}/\text{m}^3$ , 其次为 L5 号站, 为  $2550.00 \text{ ind}/\text{m}^3$ ; 桡足类无节幼虫为第二优势种, 平均密度为  $494.32 \text{ ind}/\text{m}^3$ , 占浮游动物总密度的 17.35%, 在 15 个调查站位中均有出现, 其中在 L6 号站位密度最高, 为  $2285.71 \text{ ind}/\text{m}^3$ , 其他优势种见下表。

表 3.2-37 浮游动物的优势种及优势度

中文名	拉丁文	类群	优势度	平均密度 ( $\text{ind}/\text{m}^3$ )	占总丰度百 分比 (%)
桡足类幼体	<i>Copepodid larvae</i>	浮游幼体			
桡足类无节幼虫	<i>Nauplius larvae</i> ( <i>Copepoda</i> )	浮游幼体			
强额拟哲水蚤	<i>Paracalanus crassirostris</i>	桡足类			
蔓足类无节幼虫	<i>Nauplius larvae</i> ( <i>Cirripedia</i> )	浮游幼体			
红小毛猛水蚤	<i>Microsetella rosea</i>	桡足类			
亮大眼水蚤	<i>Corycaeus andrewsi</i>	桡足类			

## (4) 生物多样性指数及均匀度

本次调查海域各调查站位的浮游动物种数变化范围为 14 种~23 种, 种类多样性指数范围为 2.54~3.50 之间, 平均为 3.01。物种丰富度指数范围为 1.993~2.936, 平均为 2.545, 丰富度指数最高值出现在 L2 站, 最低值出现在 L6 站; 多样性指数最高出现在 L19 号采样站, 最低则出现在 L5 号采样站, 多样性属于中等水平; 种类均匀度变化范围在 0.59~0.83 之间, 平均为 0.73, 最高出现在 L13 号采样站, 最低出现在 L2 号采样

站，除了 L2 号采样站位，其他各站物种间分布较均匀。

表 3.2-38 浮游动物的多样性指数及均匀度

站位	种类数	丰富度指数 (D)	多样性指数 (H')	均匀度 (J)
L1				
L2				
L5				
L6				
L9				
L10				
L12				
L13				
L14				
L16				
L17				
L18				
L19				
L20				
L22				
平均				
范围				

#### 4. 大型底栖生物

##### (1) 种类组成

本次调查记录的大型底栖动物种类为 44 种，其中纽形动物 1 种、螠虫动物 1 种、环节动物 18 种、软体动物 13 种、节肢动物 6 种，棘皮动物 3 种、脊索动物 2 种。环节动物和软体动物是构成本次调查海区大型底栖生物的主要类群。

##### (2) 大型底栖生物栖息密度和生物量

大型底栖生物定量采泥样品分析结果表明，调查海区大型底栖生物平均栖息密度为 61.33ind/m<sup>2</sup>，以环节动物的平均栖息密度最高，为 41.78ind/m<sup>2</sup>，占总平均密度的 68.12%；其他动物的平均栖息密度为 8.44ind/m<sup>2</sup>，占总平均密度的 13.77%；环节动物的平均栖息密度为 7.56ind/m<sup>2</sup>，占总平均密度的 12.32%，节肢动物平均栖息密度为 3.56ind/m<sup>2</sup>，占总平均密度的 5.80%。

大型底栖生物的平均生物量为 12.62g/m<sup>2</sup>，以其他动物的平均生物量为主，为 7.82g/m<sup>2</sup>，占总平均生物量的 62.00%；其次为软体动物和节肢动物，其平均生物量分别为 2.37g/m<sup>2</sup> 和 1.45g/m<sup>2</sup>，分别占总平均生物量的 18.82% 和 11.49%；环节动物平均生物

量较少，为  $0.97\text{g/m}^2$ 。

表 2.4.1 大型底栖生物各类群的生物量和栖息密度

站位	项目	合计	环节动物	软体动物	节肢动物	其他动物
L1	栖息密度 (ind/m <sup>2</sup> )					
	生物量 (g/m <sup>2</sup> )					
L2	栖息密度 (ind/m <sup>2</sup> )					
	生物量 (g/m <sup>2</sup> )					
L5	栖息密度 (ind/m <sup>2</sup> )					
	生物量 (g/m <sup>2</sup> )					
L6	栖息密度 (ind/m <sup>2</sup> )					
	生物量 (g/m <sup>2</sup> )					
L9	栖息密度 (ind/m <sup>2</sup> )					
	生物量 (g/m <sup>2</sup> )					
L10	栖息密度 (ind/m <sup>2</sup> )					
	生物量 (g/m <sup>2</sup> )					
L12	栖息密度 (ind/m <sup>2</sup> )					
	生物量 (g/m <sup>2</sup> )					
L13	栖息密度 (ind/m <sup>2</sup> )					
	生物量 (g/m <sup>2</sup> )					
L14	栖息密度 (ind/m <sup>2</sup> )					
	生物量 (g/m <sup>2</sup> )					
L16	栖息密度 (ind/m <sup>2</sup> )					
	生物量 (g/m <sup>2</sup> )					
L17	栖息密度 (ind/m <sup>2</sup> )					
	生物量 (g/m <sup>2</sup> )					
L18	栖息密度 (ind/m <sup>2</sup> )					
	生物量 (g/m <sup>2</sup> )					
L19	栖息密度 (ind/m <sup>2</sup> )					
	生物量 (g/m <sup>2</sup> )					
L20	栖息密度 (ind/m <sup>2</sup> )					
	生物量 (g/m <sup>2</sup> )					
L22	栖息密度 (ind/m <sup>2</sup> )					
	生物量 (g/m <sup>2</sup> )					
平均	栖息密度 (ind/m <sup>2</sup> )					
	生物量 (g/m <sup>2</sup> )					

本次调查结果表明，各采样站位的大型底栖生物栖息密度分布不均匀，变化范围从 (13.33~240.00) ind/m<sup>2</sup>，其中 L10 号站位栖息密度最高，该站位密度最高的原因在于记录到数量多的环节动物奇异稚齿虫，它们在站位的栖息密度为 200.00ind/m<sup>2</sup>；其次为 L19 号站位，为 126.67ind/m<sup>2</sup>，该站位密度较高的原因是记录到数量多的奇异稚齿虫；

栖息密度最低的站位为 L20 号和 L22 号站，仅为 13.33ind/m<sup>2</sup>。

本次调查海域的底栖生物的生物量平面分布也不均匀，变化范围从 (0.29~122.47) g/m<sup>2</sup>，16 号站位生物量最大，高生物量的原因在于出现个体较大的红狼牙鰕虎鱼 (*Odontamblyopus rubicundus*)，生物量为 110.29g/m<sup>2</sup>。

环节动物在调查海区的平均密度为 41.78ind/m<sup>2</sup>，在 15 个站位中 12 个站有出现，出现频率为 80.00%。密度分布范围为 (0.00~220.00) ind/m<sup>2</sup>；平均生物量为 0.97g/m<sup>2</sup>，生物量分布范围为 (0.00~8.32) g/m<sup>2</sup>。

软体动物在调查海区 15 个站位中 10 个站出现，出现频率为 66.67%，平均密度为 7.56ind/m<sup>2</sup>，密度分布范围为 (0.00~13.33) ind/m<sup>2</sup>；平均生物量为 2.37g/m<sup>2</sup>，生物量分布范围为 (0.00~16.36) g/m<sup>2</sup>。

节肢动物在调查海区 15 个站位中 4 个站有出现，出现频率为 26.67%，平均密度为 3.56ind/m<sup>2</sup>，密度分布范围为 (0.00~26.67) ind/m<sup>2</sup>；平均生物量为 1.45g/m<sup>2</sup>，生物量分布范围为 (0.00~11.43) g/m<sup>2</sup>。

其他动物在调查海区出现较为广泛，平均密度为 8.44ind/m<sup>2</sup>，密度分布范围为 (0.00~20.00) ind/m<sup>2</sup>；平均生物量为 7.82g/m<sup>2</sup>，生物量分布范围为 (0.00~110.29) g/m<sup>2</sup>。

### (3) 大型底栖生物种类优势种和经济种类

大型底栖动物种类若按其优势度  $Y \geq 0.02$  时即被认定为优势种，本次调查海区的底栖生物有 3 个优势种，为环节动物的奇异稚齿虫和锦绣巢沙蚕 (*Diopatra ornata*)，以及棘皮动物光滑倍棘蛇尾 (*Amphiopholis laevis*)，优势度分别为 0.116、0.025 和 0.020。奇异稚齿虫在 15 个站位中的 5 个站出现，其平均栖息密度为 21.33ind/m<sup>2</sup>，占调查海区底栖生物总平均密度的 34.78%，为该调查海区的第一优势种；锦绣巢沙蚕在 15 个站位中的 4 个站出现，其平均栖息密度为 5.78ind/m<sup>2</sup>，占调查海区底栖生物总平均密度的 9.42%；光滑倍棘蛇尾在 15 个站位中的 6 个站出现，其平均栖息密度为 3.11ind/m<sup>2</sup>，占调查海区底栖生物总平均密度的 5.07%。

表 3.2-39 大型底栖动物优势种及优势度

优势种	类群	优势度 (Y)	平均密度 (ind/m <sup>2</sup> )	占总生物栖息密度的百分比 (%)
奇异稚齿虫	环节动物			
锦绣巢沙蚕	环节动物			
光滑倍棘蛇尾	棘皮动物			

### (4) 大型底栖生物物种多样性指数

调查海域的各定量采样站位大型底栖生物出现种数变化的范围在(2~8)种/站。物种丰富度指数变化范围在0.721~3.366之间,平均值为2.062,丰富度指数最高值出现在L18站位,最低值出现在L2站位;多样性指数( $H'$ )变化范围在0.81~3.00之间,平均值为1.92,多样性指数最高出现在L18号站,调查海域底栖生物多样性指数属于低水平;均匀度范围在0.39~1.00之间,平均值为0.90,各站位之间物种分布均匀。

**表 3.2-40 各调查站位大型底栖生物出现种数与物种多样性指数**

站位	种类数	丰富度指数( $D$ )	多样性指数( $H'$ )	均匀度( $J$ )
L1	4			
L2	2			
L5	5			
L6	4			
L9	5			
L10	7			
L12	5			
L13	3			
L14	7			
L16	5			
L17	8			
L18	8			
L19	8			
L20	2			
L22	2			
平均	5			
范围	2~8			

## 5. 潮间带生物

### (1) 生境类型和生物种类构成

本次调查共布设4条潮间带断面,包括岩相、砂相和泥相和泥砂混合4种底质类型。共记录到潮间带生物30种,其中环节动物5种、软体动物18种、节肢动物5种,刺胞动物和纽形动物各1种。环节动物占总种数的16.67%、软体动物占总种数的60.00%、节肢动物占总种数的16.67%,刺胞动物和纽形动物各占3.33%。软体动物是构成本次调查海区潮间带生物的主要类群。

C1调查断面为岩相底质,高潮区的生物群落组成仅1种,为节肢动物的中华沙蟹(*Ocypode sinensis*);中潮区的生物群落组仅有2种软体动物,狭氏斧蛤(*Donax dysoni*)和楔形斧蛤(*Latona cuneata*);低潮区生物出现了较多的软体动物,以刻缘短齿蛤

(*Brachidontes emarginatus*) 为主, 还出现了较多节肢动物龟足 (*Capitulum mitella*) 和鳞笠藤壶 (*Teraclita squamosa*)。

C2 调查断面为岩相和砂相混合底质, 高潮区的生物群落组成和 C1 断面类似, 仅出现了中华沙蟹; 中潮区的生物群落组仅出现了织纹螺 (*Nassarius* sp.) 和棒锥螺 (*Turritella bacillum*); 低潮区生物出现了非常丰富的软体动物: 除了较多的翡翠贻贝 (*Perna viridis*)、刻缘短齿蛤, 还有较多大星帽贝 (*Patella optima*), 还出现了日本花棘石鳖 (*Liophura japonica*) 和疣荔枝螺 (*Thais clavigera*)。

C3 调查断面为淤泥软相底质, 高潮区的生物群落组成以节肢动物日本长尾虫 (*Apseudes nipponicus*)、软体动物珠带拟蟹守螺 (*Cerithidea cingulata*) 和环节动物丝异须虫 (*Heteromastus filiforms*); 中潮区的生物群落出现了较多的日本长尾虫和腺带刺沙蚕 (*Neanthes glandicincta*) 等。低潮区生物出现了较多多毛类, 如奇异稚齿虫 (*Paraprionospio pinnata*)、丝异须虫、腺带刺沙蚕。

C4 调查断面为砂相底质, 高潮区的生物瘦斧蛤 (*Donax kiusiuensis*)、丝纹镜蛤 (*Dosinia caerulea*); 中潮区的生物群落狭氏斧蛤和楔樱蛤 (*Cadella* sp.)。低潮区出现了数量非常大的狭氏斧蛤。

### 1) 平均生物量及平均栖息密度的组成

调查断面潮间带生物平均栖息密度为 1110.00ind/m<sup>2</sup>, 平均生物量为 302.72g/m<sup>2</sup>。

潮间带平均栖息密度软体动物为绝对主要组成, 为 1036.33ind/m<sup>2</sup>, 占总平均栖息密度的 93.36%; 节肢动物的平均栖息密度为 40.33ind/m<sup>2</sup>; 环节动物的平均栖息密度为 26.33ind/m<sup>2</sup>, 其他动物为 7.00ind/m<sup>2</sup>。

在潮间带平均生物量的组成中, 以软体动物为绝对主要组成, 平均生物量为 277.81g/m<sup>2</sup>, 占总平均生物量的 91.77%; 其次为节肢动物, 其平均生物量为 23.73g/m<sup>2</sup>; 其他动物和环节的平均生物量分别为 1.14g/m<sup>2</sup> 和 0.04g/m<sup>2</sup>。

表 3.2-41 潮间带平均生物量及平均栖息密度的组成

类别	合计	环节动物	软体动物	节肢动物	其他
栖息密度 (ind/m <sup>2</sup> )					
生物量 (g/m <sup>2</sup> )					

### 2) 平均生物量及平均栖息密度的水平分布

调查断面的潮间带生物平均生物量和平均栖息密度的水平分布方面, 平均栖息密度和平均生物量均为 C4 断面>C2 断面>C1 断面>C3 断面。

表 3.2-42 潮间带平均生物量及平均栖息密度的水平分布

断面名称	项目	合计	环节动物	软体动物	节肢动物	其他
C1	栖息密度 (ind/m <sup>2</sup> )					
	生物量 (g/m <sup>2</sup> )					
C2	栖息密度 (ind/m <sup>2</sup> )					
	生物量 (g/m <sup>2</sup> )					
C3	栖息密度 (ind/m <sup>2</sup> )					
	生物量 (g/m <sup>2</sup> )					
C4	栖息密度 (ind/m <sup>2</sup> )					
	生物量 (g/m <sup>2</sup> )					

### 3) 平均生物量及平均栖息密度的垂直分布

在垂直分布上, 潮间带生物的平均生物量表现为低潮区最高, 高潮区和中潮带非常低, 其低潮区的平均生物量主要由软体动物组成。平均栖息密度的垂直分布, 则表现为低潮区>中潮区>高潮区, 低潮区的平均栖息密度同样主要由软体动物组成。

表 2.5.3 潮间带平均生物量及平均栖息密度的垂直分布

潮带	项目	合计	环节动物	软体动物	节肢动物	其他
高	栖息密度 (ind/m <sup>2</sup> )					
	生物量 (g/m <sup>2</sup> )					
中	栖息密度 (ind/m <sup>2</sup> )					
	生物量 (g/m <sup>2</sup> )					
低	栖息密度 (ind/m <sup>2</sup> )					
	生物量 (g/m <sup>2</sup> )					

### (3) 潮间带生物多样性指数

计算结果显示, 4 条调查断面出现的种类数在 (5~15) 种/断面, 物种丰富度指数平均值为 1.896; 多样性指数平均值为 1.67, 多样性指数属于较低水平; 均匀度指数平均值为 0.50。

表 3.2-43 调查海区潮间带生物多样性指数及均匀度

断面名称	样方内出现的种类数	丰富度指数 (D)	多样性指数 (H')	均匀度 (J')
C1				
C2				
C3				
C4				
平均				
范围				

## 6. 结论

### (1) 叶绿素 *a* 和初级生产力

本次调查海区表层水体叶绿素 *a* 含量的变化范围为 (0.24~13.78) mg/m<sup>3</sup>, 平均值为 3.14mg/m<sup>3</sup>; 初级生产力的变化范围为 (7.72~219.51) mg·C/(m<sup>2</sup>·d), 平均值为 83.42mg·C/(m<sup>2</sup>·d)。

### (2) 浮游植物

本次调查共记录浮游植物 3 门 42 属 93 种。其中以硅藻门出现的种类为最多。本次调查的浮游植物优势种出现 5 种, 分别为蓝藻门的铁氏束毛藻和硅藻门的钟形中鼓藻、菱形海线藻、中肋骨条藻和洛氏角毛藻。浮游植物丰度变化范围为 ( $7.76 \times 10^4$ ~ $168.60 \times 10^4$ ) cells/m<sup>3</sup>, 平均为  $62.05 \times 10^4$  cells/m<sup>3</sup>。浮游植物丰度组成以蓝藻门为主。各站位浮游植物种数变化范围 25 种~42 种。物种丰富度指数范围为 1.837~3.291, 平均值为 2.694; 多样性指数 (H') 范围为 0.58~3.02, 平均为 1.45, 多样性属于较低水平; 均匀度指数 (J') 范围为 0.11~0.58, 平均为 0.28, 各站物种间分布较不均匀。

### (3) 浮游动物

本次调查共记录浮游动物 8 个生物类群 48 种。浮游动物密度变化幅度为 (222.50~12142.86) ind/m<sup>3</sup>, 平均密度 2617.01ind/m<sup>3</sup>; 各采样站浮游动物湿重生物量变化幅度为 (60.00~268.00) mg/m<sup>3</sup>, 平均生物量为 115.07mg/m<sup>3</sup>。浮游动物的优势有 6 种, 为浮游幼体类的桡足类幼体、桡足类无节幼虫、蔓足类无节幼虫和桡足类的强额拟哲水蚤、红小毛猛水蚤和亮大眼水蚤。浮游动物种数变化范围为 14 种~23 种; 物种丰富度指数范围为 1.993~2.936, 平均为 2.545; 种类多样性指数范围为 2.54~3.50 之间, 平均为 3.01, 多样性属于中等水平; 种类均匀度变化范围在 0.59~0.83 之间, 平均为 0.73, 除了 L2 号采样站位, 其他各站物种间分布较均匀。

### (4) 大型底栖生物

本次调查记录的大型底栖动物种类为 44 种, 其中纽形动物 1 种、螠虫动物 1 种、环节动物 18 种、软体动物 13 种、节肢动物 6 种, 棘皮动物 3 种、脊索动物 2 种。环节动物和软体动物为主要类群。大型底栖生物平均栖息密度为 61.33ind/m<sup>2</sup>、平均生物量为 12.62g/m<sup>2</sup>。本次调查海区的底栖生物有 3 个优势种, 为环节动物的奇异稚齿虫、锦绣巢沙蚕、光滑倍棘蛇尾。大型底栖生物出现种数变化的范围在 (2~8) 种/站。物种丰富度指数变化范围在 0.721~3.366 之间, 平均值为 2.062; 多样性指数 (H') 变化范围在 0.81~3.00 之间, 平均值为 1.92, 生物多样性指数属于低水平; 均匀度范围在 0.39~1.00

之间，平均值为 0.90，各站位之间物种分布均匀。

### （5）潮间带生物

共记录到潮间带生物 30 种，其中环节动物 5 种、软体动物 18 种、节肢动物 5 种，刺胞动物和纽形动物各 1 种。调查断面潮间带生物平均栖息密度为  $1110.00\text{ind}/\text{m}^2$ ，平均生物量为  $302.72\text{g}/\text{m}^2$ 。调查断面的潮间带生物的平均栖息密度和平均生物量均为 C4 断面>C2 断面>C1 断面>C3 断面。在垂直分布上，潮间带生物的平均生物量表现为低潮区最高，高潮区和中潮带非常低；平均栖息密度的垂直分布，则表现为低潮区>中潮区>高潮区。4 条断面出现的种类数在（5~15）种/断面，物种丰富度指数平均值为 1.896；多样性指数平均值为 1.67，多样性指数属于较低水平；均匀度指数平均值为 0.50。

## 3.2.9 主要海洋灾害

### 3.2.9.1 热带气旋

根据《2022 年汕尾市气候公报》，2022 年共有 6 个热带气旋影响汕尾市，分别是 3 号“暹芭”、无名热带低压（8 月 3—4 日）、7 号“木兰”、9 号“马鞍”、20 号“纳沙”、22 号“尼格”。初台“暹芭”于 7 月初影响汕尾市，时间偏晚。

全年无台风正面袭击汕尾市，但 8 月初有 1 个热带低压在惠东沿海登陆。热带气旋对汕尾市总体影响较轻，以降雨影响为主，大风影响轻。

根据《2023 年汕尾市气候公报》，2023 年共有 5 个热带气旋影响汕尾市，分别是 4 号“泰利”、5 号“杜苏芮”、9 号“苏拉”、11 号“海葵”、14 号“小犬”。其中，“杜苏芮”“苏拉”“海葵”给汕尾市造成严重影响。初台“泰利”于 7 月中旬影响汕尾市，时间偏晚。超强台风“苏拉”正面袭击并严重影响汕尾市，台风“海葵”的残涡则给陆丰市带来特大暴雨降水，热带气旋总体对汕尾市有较大的风雨影响。

根据《2024 年汕尾市气候公报》，2024 年共有 4 个热带气旋影响汕尾市，分别为 2402 号“马力斯”、2403 号“格美”、2411 号“摩羯”和 2423 号“桃芝”，台风影响过程中未出现单日特大暴雨或 11 级以上大风，总体上呈现“初台早台风少，台风影响轻”的特点。其中 7 月“格美”和 9 月“摩羯”对我市影响较大。

汕尾市受热带气旋影响月份主要为 7 月—10 月，近年各热带气旋对汕尾市的影响见下表。

表 3.2-44 汕尾市近三年的影响热带气旋

序号	影响热带气旋	编号	最高强度	影响时段	对汕尾市的影响
1	暹芭	2203	台风	2022.6.30-7.7	受台风外围环流和后续西南季风影响, 汕尾市出现连续性强降水, 全市累积雨量大, 最大点雨量为海丰海城 616 毫米; 另外汕尾市阵风 7-9 级局地 10-11 级
2	无名热带低压	无	热带低压	2022.8.3-8.5	在惠东沿海地区登陆, 近距离影响汕尾市, 带来暴雨局部大暴雨和 6-8 级阵风
3	木兰	2207	热带风暴	2022.8.9-8.10	其外围环流给汕尾市带来大雨到暴雨, 局部大暴雨和 7-10 级阵风
4	马鞍	2209	台风	2022.8.24-8.25	其外围环流给汕尾市带来中到大雨, 局部暴雨和 6-8 级局地 9-10 级阵风
5	纳沙	2220	强台风	2022.10.17-10.21	给汕尾市带来长时间的陆地和海面大风, 外海大风长达 5 天, 最大阵风 13 级; 全市普降小雨
6	尼格	2222	台风	2022.10.30-11.3	给汕尾市带来长时间的陆地和海面大风, 外海大风长达 5 天, 最大阵风 41.3 米/秒 (13 级); 全市普降暴雨, 局部大暴雨, 雨势平缓
7	泰利	2304	台风	2023.7.16-7.19	受台风外围环流和季风共同影响, 全市普降大暴雨, 过程平均雨量 135 毫米, 最大为海丰公平 275.8 毫米。捷胜、遮浪最大阵风 10 级
8	杜苏芮	2305	超强台风	2023.7.27-7.30	受台风北上后季风影响, 中南部出现特大暴雨降水 (全年最大过程), 海丰陶河单日雨量 412.4 毫米。全市过程平均雨量 124 毫米, 最大为海丰陶河 461.6 毫米
9	苏拉	2309	超强台风	2023.8.31-9.2	5 年来对汕尾风力影响最大的台风。从汕尾以南 90 公里的近海掠过, 正面袭击并严重影响陆丰市, 中南部普遍出现 9-12 级大风, 金厢、遮浪阵风 12 级; 全市普降暴雨到大暴雨, 局部特大暴雨, 平均雨量 90 毫米, 最大雨量为江牡岛 304 毫米
10	海葵	2311	超强台风	2023.9.5-9.7	受台风登陆后深入内陆和季风共同影响, 陆丰市出现暴雨到大暴雨, 局部特大暴雨。全市平均雨量 176 毫米, 最大为海丰公平 375.1 毫米
11	小犬	2314	超强台风	2023.10.6-10.8	受台风和冷空气影响, 汕尾普降暴雨, 局部大暴雨, 过程平均雨量 76

序号	影响热带气旋	编号	最高强度	影响时段	对汕尾市的影响
					毫米, 最大为陆丰碣石 157 毫米。甲东最大阵风 9 级
12	马力斯	2402	热带风暴	2024.5.31-6.2	受台风“马力斯”外围环流和季风共同影响, 全市普降大雨到暴雨, 局部大暴雨, 平均累积雨量 101 毫米, 最大雨量为陆丰八万 175 毫米; 普遍出现 6-8 级阵风, 最大为陆河上护 9 级 (23.6m/s)
13	格美	2403	超强台风	2024.7.24-7.28	受台风“格美”外围环流和季风共同影响, 全市出现连续性强降水, 平均累积雨量 257 毫米, 最大雨量为陆河上护 389 毫米; 普遍出现 7-8 级局地 9-10 级阵风, 最大为红海湾东洲 10 级 (28.1m/s)
14	摩羯	2411	超强台风	2024.9.4-9.8	受台风“摩羯”外围环流影响, 全市普降暴雨, 局部大暴雨, 平均累积雨量 98 毫米, 最大为汕尾城区捷胜 223 毫米; 中南部地区出现 6-8 级局地 9 级阵风, 最大为陆丰碣石 9 级 (23.5m/s)
15	桃芝	2423	台风	2024.11.13-11.14	“桃芝”为 2024 年距离汕尾最近的台风, 从汕尾以南约 200 公里海面经过。受其外围环流和冷空气共同影响, 南部沿海出现大雨到暴雨, 最大雨量为红海湾遮浪 57 毫米; 中南部地区出现 6-7 级局地 8 级阵风, 最大为陆丰金厢 8 级 (18.4m/s)

### 3.2.9.2 风暴潮

2014—2023 年期间, 广东省平均每年发生风暴潮 4.5 次。根据《2023 年广东省海洋灾害公报》, 2023 年广东省沿海共发生风暴潮过程 4 次, 其中 2 次造成灾害, 分别为“泰利”台风风暴潮和“苏拉”台风风暴潮, 共造成直接经济损失 1.83 亿元, 未造成人员失踪受伤。“苏拉”台风风暴潮造成直接经济损失最严重, 为 1.04 亿元, 占全年风暴潮灾害直接经济损失的 57%。

汕尾地区最近一次风暴潮发生于 2023 年 9 月, 受超强台风风暴潮“苏拉”影响, 使汕尾站出现当地黄色警戒潮位, 并造成汕尾红海湾海域 MF14167 浮标受损, 海洋观测设施损坏的经济损失达 5 万元。

### 3.2.9.3 灾难性海浪

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

### 3.2.9.4 赤潮

2023 年广东省沿海共发现赤潮 6 次, 累计面积 20.00 平方千米。其中, 发现有害赤潮 3 次, 未发现有毒赤潮。上述赤潮过程监测区域水面, 均未发现死亡鱼类。与近十年平均状况相比, 2023 年赤潮发现次数、累计面积均低于平均值(9.5 次、347.80 平方千米), 分别为平均值的 63% 和 6%, 汕尾市未发现赤潮现象。

据广东省海洋灾害公报数据统计, 汕尾市近 10 年(2014—2023 年)共发现赤潮 8 次, 主要发生在 2016 年; 最近 1 次赤潮为 2021 年 1 月发生, 赤潮信息记录如下表所示。

表 3.2-45 广东省汕尾市相关赤潮灾害记录(2014—2023 年)

序号	发现海域	起止时间	赤潮优势种	最大面积( $\text{km}^2$ )
1	惠州平海湾、东山海附近至汕尾小漠镇对出海域(含考洲洋出海口及附近海域)	2016 年 2 月 17 至 2 月 29 日	红色赤潮藻	215
2	汕尾市捷胜镇南面海岸对开海域	2016 年 2 月 18 日至 2 月 24 日	红色赤潮藻	1.7
3	汕尾市汕尾港及附近海域	2016 年 3 月 2 日至 3 月 3 日	红色赤潮藻	1
4	惠州市大亚湾北部至深圳市大水坑湾海域、惠州市平海湾海域、惠州市东山海附近至汕尾市小漠对出海域	2016 年 3 月 4 日至 5 月 9 日	红色赤潮藻、中肋骨条藻、夜光藻	74
5	汕尾市海丰县小漠镇南方澳周边海域	2016 年 4 月 15 日至 4 月 18 日	红色赤潮藻	5.5
6	汕尾市后门港区及马宫港区周边海域	2017 年 8 月 30 日至 9 月 4 日	锥状斯克里普藻	37.8
7	广东汕尾陆丰碣石镇附近海域	2019 年 6 月 4 日至 6 月 6 日	丹麦细柱藻	10.00
8	汕尾市附近海域	2021 年 1 月 26 日至 1 月 31	红色赤潮藻	80.00

### 3.2.9.5 雷暴

暴雨是指日量  $\geq 50$  毫米的强降水过程, 日雨量  $\geq 100$  毫米为大暴雨; 日雨量  $\geq 250$  毫米为特大暴雨。近年来惠来县雷击灾害时有发生, 对供电设施(变压器)、家用电器(电脑、电视机)、人畜等造成过危害。根据多年统计成果, 本区域年平均雷暴日数 54.0d。

### 3.2.10 “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。

#### 3.2.10.1 南海鱼类产卵场

南海鱼类产卵场分布见图 3.2-21 和图 3.2-22, 项目海域不位于南海中上层鱼类产卵场; 也不位于南海底层、近底层鱼类产卵场。

#### 3.2.10.2 幼鱼幼虾保护区

南海区幼鱼、幼虾保护区共有 4 处, 一为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, 保护期为每年的 3 月 1 日至 5 月 31 日; 二为海南省东部沿岸文昌县木栏头浅滩东北至抱虎角 40 米水深以内海域, 保护期为每年的 3 月 1 日至 6 月 15 日; 三为海南省万宁县大洲岛至陵水县赤岭湾 50 米水深以内海域, 保护期为每年的 3 月 1 日至 5 月 31 日; 四为海南省临高县临高角至东方县八所港 20 米水深以内海域, 保护期为每年的 3 月 1 日至 6 月 15 日。

根据《农业农村部关于调整海洋伏季休渔制度的通告》(农业农村部通告〔2023〕1 号)、《农业农村部关于印发〈“中国渔政亮剑 2025”系列专项执法行动方案〉的通知》(农渔发〔2025〕3 号)要求, 南海海域(含北部湾)休渔时间: 从 5 月 1 日 12 时至 8 月 16 日 12 时。

如图 3.2-23 所示, 项目位于“广东省沿岸由粤东的南澳岛至粤西的雷州半岛徐闻县外罗港沿海 20 米水深以内的海域”的幼鱼、幼虾保护区。

#### 3.2.10.3 南海北部幼鱼繁育场保护区

南海北部幼鱼繁育场保护区位于南海北部及北部湾沿岸 40m 等深线、17 个基点连线以内水域, 保护期为 1-12 月。

根据《农业农村部关于调整海洋伏季休渔制度的通告》(农业农村部通告〔2023〕1 号)、《农业农村部关于印发〈“中国渔政亮剑 2025”系列专项执法行动方案〉的通知》(农渔发〔2025〕3 号)要求, 南海海域(含北部湾)休渔时间: 从 5 月 1 日 12 时至 8 月 16 日 12 时。

如图 3.2-24 所示, 项目位于南海北部幼鱼繁育场保护区内。

表 3.2-46 幼鱼繁育区 17 个基点地理位置表

基点编号	东经	北纬	基点编号	东经	北纬
第一基点	117° 40'	23° 10'	第十基点	109° 00'	18° 00'
第二基点	117° 25'	23° 00'	第十一基点	108° 30'	18° 20'
第三基点	115° 10'	22° 05'	第十二基点	108° 20'	18° 45'
第四基点	114° 50'	22° 05'	第十三基点	108° 20'	19° 20'
第五基点	114° 00'	21° 30'	第十四基点	109° 00'	20° 00'
第六基点	111° 20	21° 00'	第十五基点	108° 50'	20° 50'
第七基点	111° 35'	20° 00'	第十六基点	108° 30'	21° 00'
第八基点	110° 40'	18° 30'	第十七基点	108° 30'	21° 31'
第九基点	109° 50'	17° 50'			

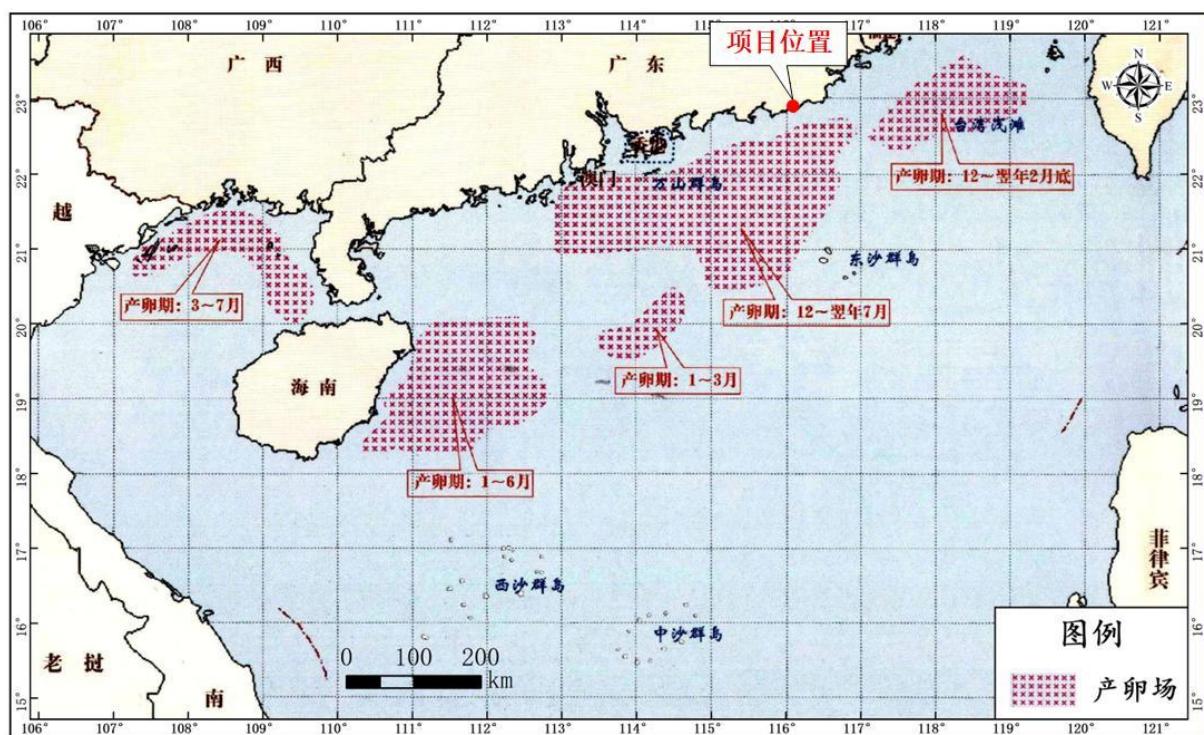


图 3.2-21 南海中上层鱼类产卵场示意图

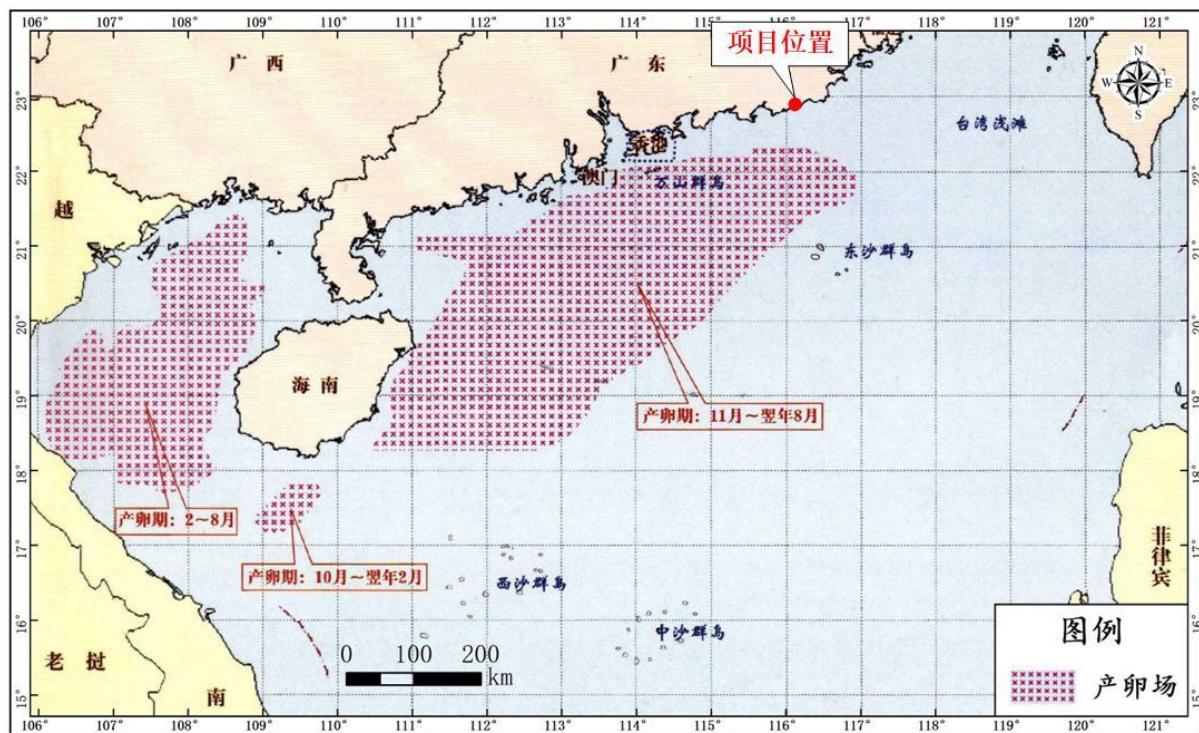


图 3.2-22 南海底层、近底层鱼类产卵场示意图

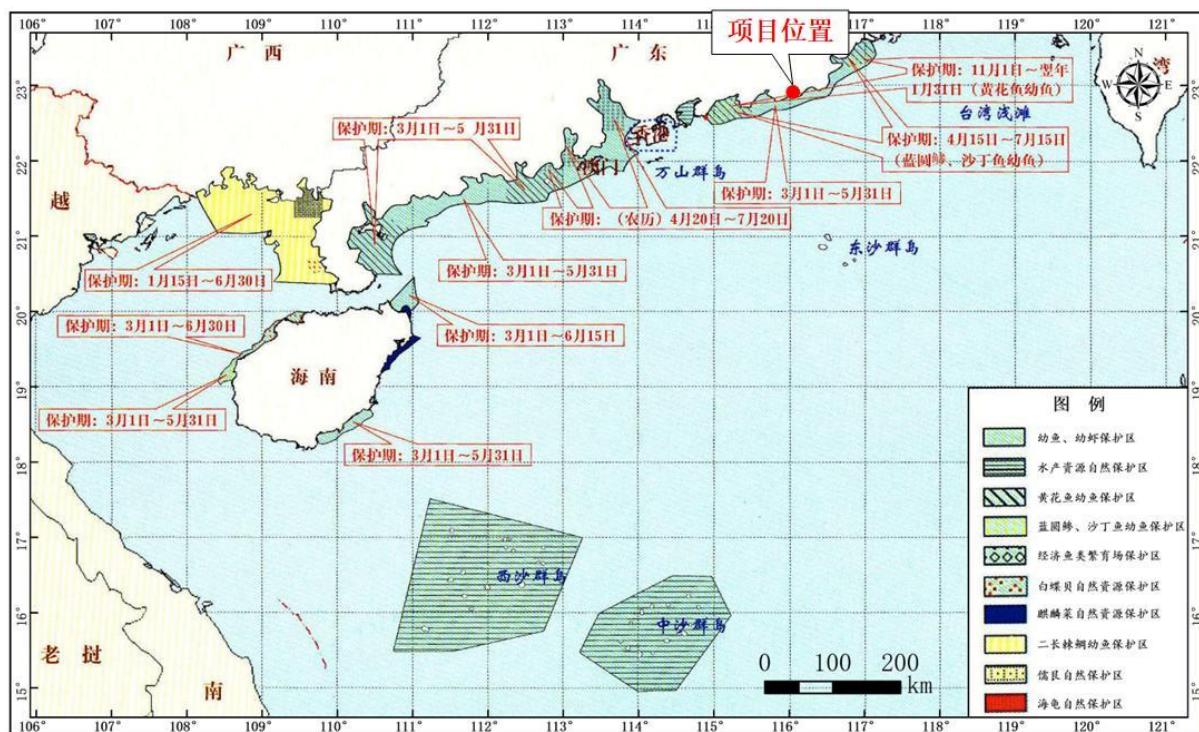


图 3.2-23 南海国家级及省级渔业品种保护区分布图

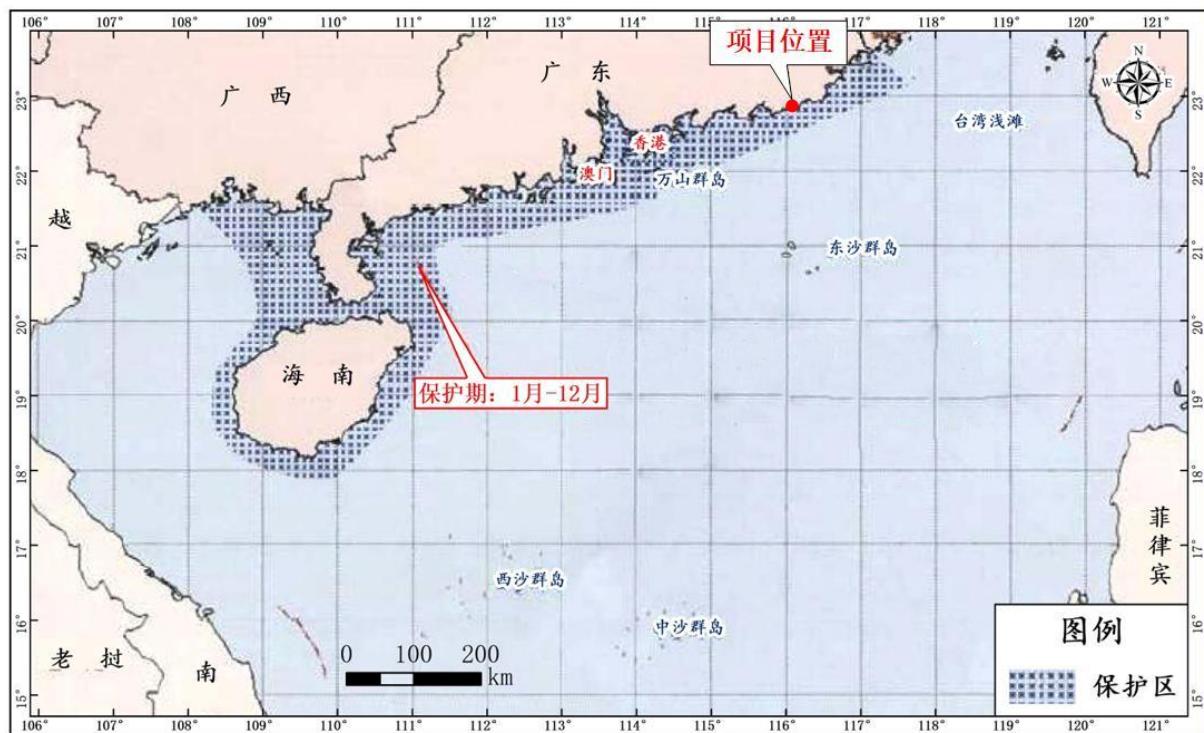


图 3.2-24 南海北部幼鱼繁育场保护区范围示意图

## 4 资源生态影响分析

### 4.1 生态评估

#### 4.1.1 资源生态敏感目标

根据本项目用海基本情况和所在海域资源生态基本特征分析,本项目用海范围不涉及生态保护红线,项目用海周边主要有东海海岸防护物理防护极重要区生态保护红线和鳌江重要河口生态保护红线。

##### 4.1.1.1 东海海岸防护物理防护极重要区

本项目论证范围内涉及1个海岸生态保护区,即东海海岸防护物理防护极重要区,位于项目东侧3.0km处,保护对象为自然砂质岸线。

##### 4.1.1.2 鳌江重要河口

本项目论证范围内涉及1个重要河口保护区,即鳌江重要河口,位于项目北侧4.8km处。

鳌江位于汕尾陆丰市和揭阳惠来县的交界地带,临近碣石湾,最终汇入甲子港海域。鳌江河口渔业资源丰富,是当地渔业生产的重要场所,可获取鱼、虾、蟹类等水产品。且鳌江河口的航道条件好,可满足渔业船舶通航。鳌江重要河口的保护目标包括维持河口自然属性、保持河口基本形态稳定以及保障河口行洪安全等。

##### 4.1.1.3 重要渔业水域

根据《中国海洋渔业水域图(第一批)》(原农业部公告第189号),项目用海位于南海北部幼鱼繁育场保护区、幼鱼、幼虾保护区范围,不位于南海中上层鱼类产卵场、南海底层、近底层鱼类产卵场。

略

图 4.1-1 海洋生态保护区分布图

#### 4.1.2 重点和关键预测因子

本期电镀废水处理厂占地面积约  $10731.13m^2$ ，总建筑面积约  $37219.40m^2$ ，采用“分类收集+物化+生化”的处理工艺，电镀废水处理厂包括电镀废水处理系统和非电镀废水处理系统两部分，电镀废水处理系统设计处理规模为  $4000m^3/d$ ，非电镀废水处理系统设计处理规模为  $500m^3/d$ ，电镀废水处理厂设计处理规模合计为  $4500m^3/d$ 。园区电镀废水中含总铬、六价铬污染物的生产废水全部回用不外排，其他电镀废水经拟建的电镀废水处理系统处理达标后确需外排的，于甲子港海域离岸达标排放。本期尾水最大允许排放量为  $2100m^3/d$ ，包括电镀废水处理达标尾水最大排放量为  $1600m^3/d$ 、非电镀废水处理达标尾水最大排放量为  $500m^3/d$ 。

(1) 建设期重点和关键预测因子：本工程在建设过程中施工活动主要为涉海排水管道的施工，主要污染源为水下沟槽的开挖、管道敷设和水下沟槽回填等施工扰动海床淤泥、泥沙流失对海水水质、沉积物及海洋生态环境的影响。此外，工程建成后对海域直接占用的部分将对周边海域的水动力环境和冲淤环境产生影响。

②对海水水质及沉积物的影响：水下沟槽的开挖、管道敷设和水下沟槽回填过程中对海底扰动，引起悬浮泥沙扩散污染。

②对海洋生态的影响：工程直接占用海域；水下沟槽的开挖、管道敷设和水下沟槽回填过程中对海底扰动，引起悬浮泥沙扩散；施工机械设备冲洗废水、施工船舶含油污水及施工人员生活污水排放对海洋生态造成影响。

③海洋水动力的影响：工程直接占用海域会对附近海域水动力环境造成影响。

④海洋冲淤环境的影响：工程直接占用海域会对附近海域冲淤环境造成影响。

为此，通过数值计算及定量分析，进一步详尽分析关键预测因子对水动力、冲淤环境及水质环境影响。

(2) 工程实施后重点和关键预测因子：项目排放的达标尾水对海域海水水质、海洋沉积物等产生的影响。

表 4.1-1 预测因子一览表

评价时段	环境影响要素	工程内容与表征	预测因子
建设期	海洋水质、海洋沉积物	施工扰动海床淤泥、泥沙流失的影响	悬浮泥沙
	海洋生态	工程直接占用、悬浮泥沙影响、施工废水排放影响	浮游生物和底栖生物、游泳生物和渔业资源
	海洋水动力	工程直接占用对附近海域水动力的影响	流场变化
	冲淤环境	工程直接占用对附近海域冲淤环境的影响	冲淤
工程实施后	海洋水质、海洋沉积物	尾水排放对海洋水质及海洋沉积物的影响	化学需氧量 (COD <sub>Mn</sub> )、无机氮、活性磷酸盐、总镍、总铜、总锌、石油类

### 4.1.3 用海方案推选

#### 4.1.3.1 排水口位置设计

排水口位置应综合考虑水动力扩散条件、对敏感目标的影响程度、纳污水体水环境质量与容量现状，以及设施建设的施工难度和工程造价。电镀废水处理厂外排达标尾水中含有镍、铜、锌等特征污染物。进行排水口比选，进而选择符合相关规定、环境友好、技术可行、经济合理的优化排放口位置，显得尤其重要。针对园区周边水体空间分布特征以及相关环保要求，排水口位置应优先考虑水动力扩散条件好、对敏感目标影响小且留有一定水环境容量的水域，此外还应综合考虑设施建设的施工难度和工程造价。

本次引用《陆丰产业转移工业园五金配件分园总体发展规划环境影响报告书（报批稿）》对排水口比选结果进行分析。电镀废水处理厂达标尾水排水口设置于鳌江与甲子港附近水域，拟定的三个排放口具体位置如图 4.1-2 所示。各排水口之间的对比结果见

表 4.1-2, 详情如下:

#### 4.1.3.1.1 水动力扩散条件

①鳌江排污: 拟排水口一 (116.0850°E, 22.87307°N) 和拟排水口二 (116.0774°E, 22.85534°N) 均位于鳌江内水域 (位置见图 4.1-2), 平均水深分别约为 2.1m 和 1.4m, 水深相对较浅。鳌江水域通过入海潮汐通道与甲子港外海水域相连通。受局部岸线地形以及入海口门西岸拦沙堤的遮蔽作用, 鳌江水域内水动力条件相对较弱, 与外海水域水体交换能力受限, 水体自净能力整体偏低, 污染物扩散条件一般。

②甲子港排污: 拟排水口三 (116.0788°E, 22.8397°N) 位于甲子港海域 (位置见图 4.1-2), 平均水深约为 4.5m, 水深较之鳌江内拟排水口大。该排水口位于开阔外海水域, 可直接被周边外海水体稀释, 与外海水体交换能力较强, 水体自净能力较强, 污染物扩散条件较好。

通过对水动力扩散条件的比较, 将排水口设置于甲子港外海开阔水域的拟排水口三位置, 将更为合理。

#### 4.1.3.1.2 距水环境敏感保护目标远近

电镀废水处理厂拟设排水口附近的主要水环境敏感保护目标为海洋生态保护红线中划定的“鳌江重要河口红线区”, 该红线区管控措施和环境保护要求如下:

①管控措施: 禁止围填海、采挖海沙、设置直排排水口及其他可能破坏河口生态系统的开发活动, 保护河口生态系统、保持河口基本形态稳定, 维护海域防洪纳潮能力, 保障渔业资源自然繁衍空间, 兼容道路交通等民生基础设施。

②环境保护要求: 保护河口生态环境, 加强对陆源污染物及船舶排污的监控, 按照海洋环境保护法律法规及相关规划要求进行管理, 维持、恢复、改善海洋生态环境和生物多样性, 保护自然景观, 并加强对重要河口生态系统的整治与生态修复, 海水水质、海洋沉积物和海洋生物质量维持现状。

拟排水口一、二、三距“鳌江重要河口生态系统限制类红线区”的直线距离分别为 1.2km、2.8km 和 4.8km。通过对拟排水口距水环境敏感保护目标距离的比较结果可以看出, 将排水口设置于甲子港海域的拟排水口三位置, 将更具环保安全保障。

#### 4.1.3.1.3 纳污水体水环境容量

根据《陆丰产业转移工业园五金配件分园总体发展规划环境影响报告书(报批稿)》中针对鳌江水域和甲子港外海水域的补充水质监测结果显示, 鳌江水域内存在化学需氧

量、石油类、无机氮和活性磷酸盐超标现象，甲子港外海水域拟排水口三附近水域的各项水质指标均满足相应的水环境功能标准，COD、无机氮、锌、铜和镍等主要污染物均尚有一定的水环境容量。此外，鳌江水域处于水动力环境相对较弱的半封闭水域，水体自净能力相对较弱，若排水口设置于鳌江水域内，污水排入鳌江水域可能对其水环境产生一定的影响。因此，从纳污水体水环境容量角度而言，排水口设置于开阔水域、水动力扩散条件更好的甲子港外海开阔水域，将更为合理。

#### 4.1.3.1.4 经济、技术可行性

陆丰市五金配件分园所产废水，经废水处理厂集中收集处理后，由管道引至入海排水口排入纳污水体。排水口距离园区越近，管道敷设距离越短，管道施工难度和建造成本越低。拟排水口一、拟排水口二和拟排水口三距园区的直线距离分别约为 1.3km、2.9km 和 4.8km。

由此可见，从经济、技术可行性对比结果而言，排水口设置于鳌江水域内的拟排水口一更优，设置于甲子港外海水域拟排水口三的施工难度和造价成本最高。

表 4.1-2 排水口设置方案比选表

排水口设置方案	方案一	方案二	方案三
排放口所在水域	鳌江中部	鳌江下游	甲子港海域
排水口经纬度位置	(116.085°E,22.87307°N)	(116.0774° E,22.85534° N)	(116.0788°E、22.8397°N)
纳污水体合法性	合法	合法	合法
水动力扩散条件	一般	一般	较好
距敏感目标远近	1.2 km, 较近	2.8 km, 较近	4.8km, 相对较远
纳污水体环境容量	水质超标, 无容量	水质超标, 无容量	水质达标, 尚有容量
经济可行性	施工难度低, 造价成本低	施工难度低, 造价成本中等	施工难度大, 造价成本较高

#### 4.1.3.1.5 推荐的排水口位置

根据《陆丰产业转移工业园五金配件分园总体发展规划环境影响报告书(报批稿)》比选结果，结合电镀废水处理厂所在区域水体环境特征，鳌江甲东大桥以上河段为海洋生态红线区，鳌江及甲子港海域现状没有合法的水产养殖区，但在鳌江部分滩涂水域分布有较多违章设置的养殖“闸箔”进行围网养殖，对鳌江及河口水域环境造成不良影响。近年来，陆丰市政府多次对辖区海域违法养殖进行清理整治。鳌江河甲子渔港以上河段两岸分布有较多的鱼塘养殖，鱼塘取水主要从鳌江。结合区域水环境质量现状调查，鳌江河段水质不理想，存在水质超标情况。甲子港海域扩散条件较好，海域水质较好，具有一定的环境容量。

在上述背景下，基于上述水动力扩散条件、距水环境敏感保护目标远近、纳污水体水环境容量，以及经济、技术可行性等多方面比较，从环保、技术、经济等综合因素考虑，推荐排水口设置于甲子港海域的拟设排水口三位置（116.0788°E、22.8397°N）。该处位于开阔水域，水动力扩散条件好、距离“鳌江重要河口红线区”远、尚有一定的水环境容量，该方案虽然施工难度和工程造价相对较高，但可很大程度上避免排水口所排尾水对“鳌江重要河口红线区”的影响，极大程度地降低水环境风险。

因此，排水口设置在甲子港外海的拟设排水口三方案将更为合理、环境可接受性更强。

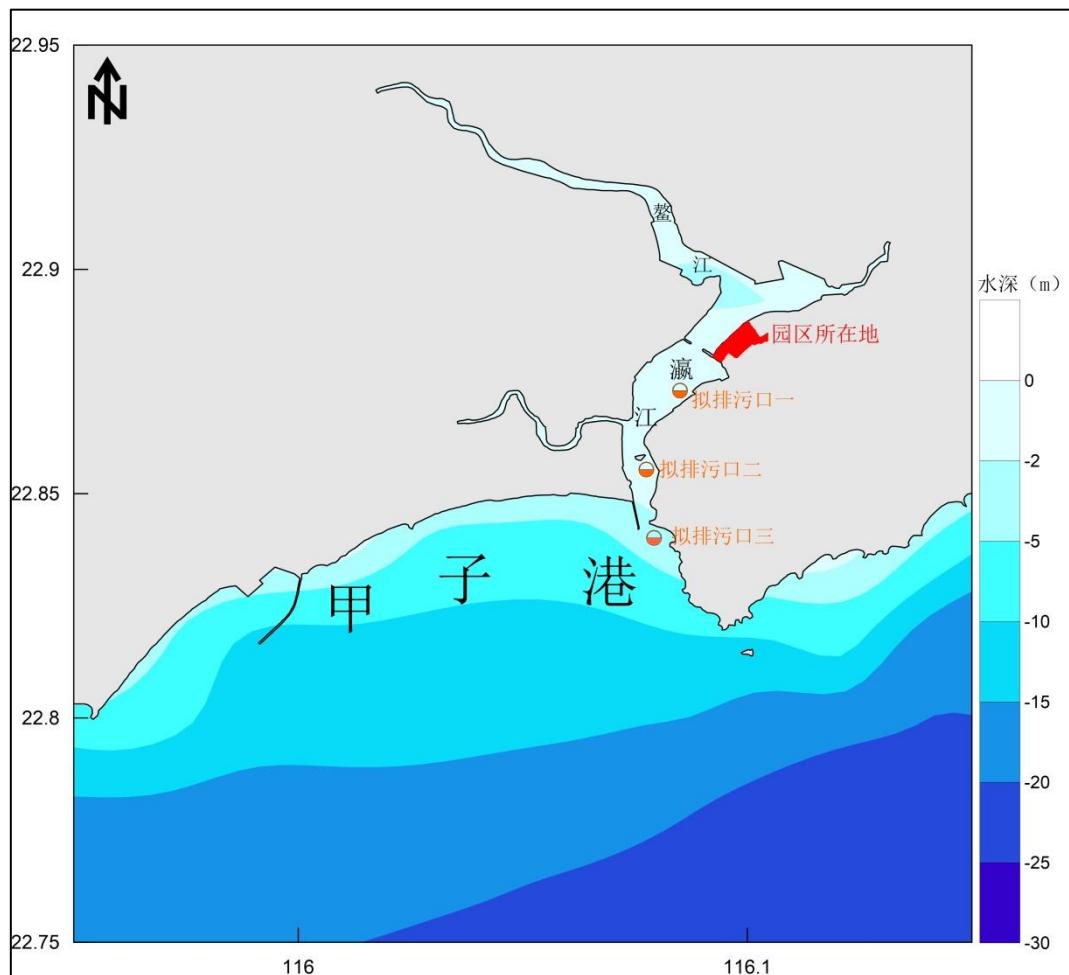


图 4.1-2 排水口设置方案比选示意图

#### 4.1.3.2 用海平面布局设计

根据以上排水口设置位置比选结果，本工程排水管道采用聚乙烯（PE）管材，设计单位针对管道与扩散器的防护需求，设计阶段提出两种人工护坦方案。人工护坦的核心功能是防止海底水流冲刷导致的海床侵蚀，通过稳定海床土体减少管道悬空风险，避免因应力集中引发的管体位移或断裂。同时，护坦可分散水流冲击力，降低 PE 管材长期

运行中的疲劳损伤，延长工程使用寿命。

方案一：护坦覆盖埋管施工排水管道全程，尺寸为宽 15 米，长 334 米，总面积约 5010 平方米，旨在提供系统性防护。

方案二：护坦仅覆盖排水管道的扩散器区域，尺寸为宽 30 米，长 90 米，总面积约 2700 平方米，侧重局部关键部位的加固。

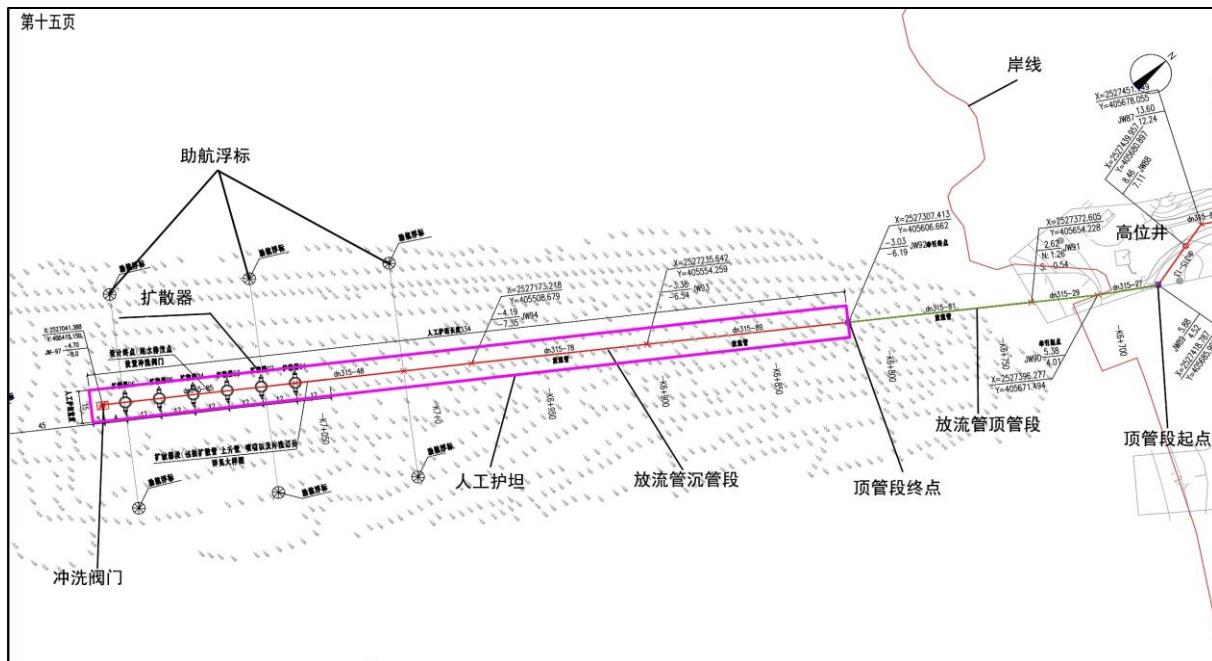


图 4.1-3 方案一平面布置图

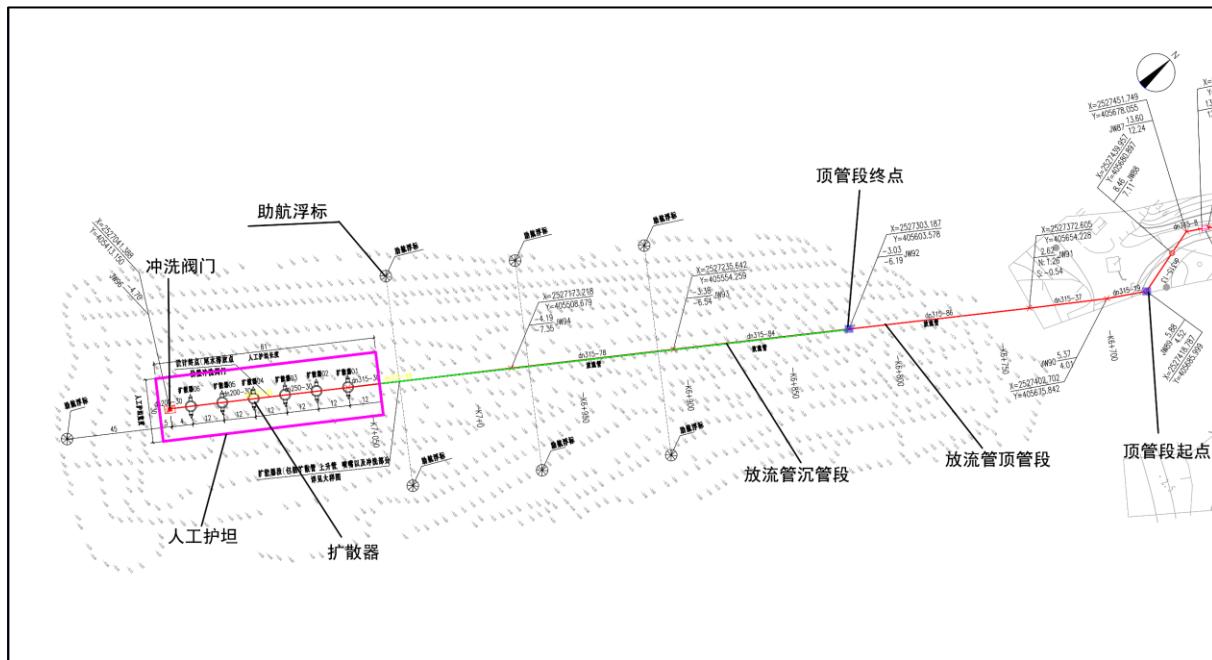


图 4.1-4 方案二平面布置图

#### 4.1.3.2.1 方案优缺点分析

##### (1) 方案一

优点：一是防护范围全面，安全保障度高。护坦同时覆盖排水管道埋管施工段全区域，可有效抵御海水冲刷、波浪冲击及海底潮流对管道基础的侵蚀，避免因局部防护缺失导致管道裸露、沉降或破损，尤其适用于海底地质条件复杂的场景，能最大程度保障排海系统长期稳定运行。其二是可以减少后期隐患治理成本。全范围防护可降低管道因冲刷损坏引发的尾水泄漏、排水管道修复等后期问题，从全生命周期角度看，能减少突发故障带来的环境损失和维修投入。其三是可以适配复杂海洋环境。对于海底地形起伏较大、潮流方向不稳定的区域，全范围护坦可形成连续的防护屏障，避免局部冲刷形成坑洼对管道造成应力集中，契合 PE 管材虽耐腐蚀但抗机械冲击能力较弱的特性，延长管道使用寿命。

缺点：一是工程规模大，投资成本高。方案一护坦总面积达  $5010\text{m}^2$ ，相较于方案二 ( $2700\text{ m}^2$ )，护坦覆盖范围超近 2 倍，直接导致施工材料、施工时间用量大幅增加，材料采购及运输成本显著上升；同时，较大的施工范围需额外开展大面积海底场地平整、基槽开挖及护坦铺设作业，施工工程量翻倍，不仅需要投入更多的施工设备，还需增加施工人员配置，进一步推高前期建设投资及施工组织成本。其二是施工难度高、周期长。较大的施工范围需要更多的施工设备和人力投入，且海底施工中，大面积护坦的铺设精度控制难度更大，易受海洋气象条件（如风浪、潮汐）影响，可能延长施工周期，增加施工组织成本。其三是后期维护工作量大。大面积护坦长期受海洋环境影响，可能出现局部块石松动、移位等问题，后续巡检和维修的范围广、工作量大，维护成本高于方案二。

##### (2) 方案二

优点：其一是投资成本低，经济性优。方案二护坦总面积仅为  $2700\text{ m}^2$ ，不足方案一的 50%，核心防护材料用量可减少一半以上，大幅降低材料采购、加工及海底运输的成本压力；从施工规模来看，护坦仅集中于扩散器局部区域，无需对长距离排水管道沿线进行大面积作业，可节省大量海底场地平整、基槽开挖的工程量，施工设备投入可精简（如减少铺排船作业时长、降低起重设备配置数量），人力投入也相应减少，前期建设投资显著低于方案一，能有效控制项目初期资金压力，契合低成本管控需求。其二是施工难度低、周期短，施工范围集中于扩散器区域，作业面积小，便于施工组织和精度

控制，受海洋气象条件影响的概率降低，可缩短施工周期，加快项目投产进度。其三是后期维护便捷。维护范围仅局限于扩散器周边，巡检和维修工作量小，能降低后期运维成本和人力投入，且故障排查更精准高效。其三是护坦宽度更优。方案二护坦宽度 30 米，相较于方案一的 15 米，在扩散器核心区域的防护宽度更充足，可更好地抵御扩散器周边因污水排放引发的局部水流扰动冲刷。

**缺点：**一是防护范围有限，安全风险较高。护坦未覆盖排水管道主体区域，若海底潮流流速较大、冲刷作用较强，排水管道基础易受侵蚀，可能导致管道裸露、沉降甚至断裂，尤其在地质条件较差的区域，管道长期运行的安全隐患较大。其二是局部防护缺失可能引发连锁问题。若排水管道因冲刷损坏，不仅需要高额的修复成本，还可能导致污水泄漏污染海洋环境，引发环保风险和相关责任纠纷。其三是适用场景受限。仅适用于海底地质稳定、潮流流速较小、冲刷作用较弱的区域，若海洋环境发生变化（如极端风浪天气增多），防护能力可能不足，无法保障系统长期稳定运行。

表 4.1-3 方案比选汇总表

对比维度	方案一（排水管道埋管施工段全范围设置护坦）	方案二（排水管道的扩散器设置护坦）
防护范围	全面覆盖排水管道埋管施工段，防护效果好	仅覆盖排水管道的扩散器，防护范围有限
建设投资	高（护坦面积 5010 m <sup>2</sup> ）	低（护坦面积 2700 m <sup>2</sup> ）
施工难度	高，范围大、精度控制难	低，范围小、组织便捷
施工周期	长，受气象条件影响大	短，投产效率高
后期维护	工作量大，维护成本高	工作量小，维护成本低
安全保障度	高，全生命周期风险低	较低，排水管道冲刷风险高
适用场景	复杂海洋环境、地质条件差区域	稳定海洋环境、地质条件好区域

#### 4.1.3.2.2 推荐方案及理由

综合多维度分析，推荐优先采用方案一，对排水管道埋管施工段全范围设置护坦，护坦宽 15 米，长 334 米。该方案契合工程核心需求，本工程的核心目标是保障系统长期稳定运行，方案一的全范围防护能最大程度抵御海洋环境对排水管道和扩散器的破坏，从根源上降低安全隐患，符合工程“安全第一”的核心原则。全生命周期经济性更优，虽然方案一前期投资较高，但后期因管道损坏导致的维修成本、环境损失成本显著降低。从项目全生命周期角度看，其总成本优势明显，尤其适用于运营周期较长的尾水排海项目。适用范围更广，抗风险能力强，方案一无需严格限制海洋环境条件，即使后期海洋

环境发生轻微变化，仍能保障防护效果，抗风险能力优于方案二，避免因环境变化导致项目返工或升级改造。

## 4.2 资源影响分析

### 4.2.1 对海岸线资源的影响分析

根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021—2035 年）》，本项目排水管道需穿越自然岸线（砂质岸线）。根据项目设计方案，项目在桩号 JW89~JW92 涉海排水管道采用定向钻施工工艺，定向钻起点设置在桩号 JW89 处，距离海岸线向陆一侧 27 米，终点设置在桩号 JW92，距离海岸线向海一侧 110 米，本工程排水管道采用定向钻施工方式底土穿越海岸线，底土穿越海岸线深度 3 米。排水管道管径为 0.32 米，拟申请用海占用海岸线 35.29 米。

项目排水管道采用定向钻的施工方式底土穿越砂质岸线，施工过程中无需对海岸线进行开挖，且定向钻施工技术较为成熟，不会发生凹陷坍塌等事故，定向钻起点和终点距离海岸线较远，不会造成岸滩侵蚀，对沙滩基本无影响，因此，不会导致海岸线原有形态或生态功能发生变化。

### 4.2.2 对滩涂资源影响分析

《中华人民共和国海洋环境保护法》第一百二十条（四）定义：滨海湿地，是指低潮时水深不超过 6 米的水域及其沿岸浸湿地带，包括水深不超过 6 米的永久性水域、潮间带（或者洪泛地带）和沿海低地等，但是用于养殖的人工的水域和滩涂除外。

本项目排水管道设置于甲子港海域，排水口附近平均水深约 4.5 米，项目排水管道采用埋管施工和定向钻施工两种方式建设，排水管道埋深约 3 米。项目建设期间需占用滩涂资源，但通过现状调查，该区域滩涂没有特别或者不可替代的功能，因此工程实施后不会改变工程所在区域的生态系统的基本功能，不会对工程所在区域的滩涂的生态环境产生较大的影响。项目建成后主要涉及达标尾水排放，基本不会改变原滩涂生态系统的生态布局。

### 4.2.3 对海域空间资源的影响分析

本次申请用海根据本项目建设内容以及广东省修测海岸线为界线进行用海面积界定后，本次拟申请总用海面积 5.7469 公顷，其中海底电缆管道用海面积 0.7984 公顷，取、排水口用海面积 2.2991 公顷，污水达标排放用海面积 2.4880 公顷，航道、锚地及其他开放式用海面积为 0.1614 公顷。项目占用海域空间相对于工程所在区域来说很小，

不会造成该工程所在海洋空间资源的衰退。

另外，项目建设既能促进陆丰产业转移工业园五金配件分园基础设施的完善，有利于工业区的快速发展建设，有利于提高该海域空间资源的利用价值。

#### 4.2.4 对海洋生物资源损耗的分析

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(SC/T 9110-2007)《广东省涉渔工程渔业资源损失生物价格核算技术指南》(广东省农业农村厅, 2024年10月)的规定, 建设项目对海洋生物资源损害的评估主要从工程占用海域和由于污染物扩散的影响两方面考虑对海洋生物资源损害评估。项目为尾水达标排放工程, 海洋生物资源损耗主要发生在项目施工阶段, 运营期达标排放的尾水在排水口附近扩散, 基本不会造成海水水质恶化, 因此不考虑运营期海洋生物资源损耗。

##### 4.2.4.1 底栖生物损失量

按照《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(以下简称《规程》), 底栖生物资源损害量按如下公式计算:

$$W_i = D_i \times S_i$$

式中:

$W_i$ ——第*i*种生物资源受损量, 单位为尾或个或千克 (kg)。

$D_i$ ——评估区域内第*i*种生物资源密度, 单位为尾(个)每平方千米(尾(个)/km<sup>2</sup>)、尾(个)每立方千米(尾(个)/km<sup>3</sup>)或千克每平方千米(kg/km<sup>2</sup>)。

$S_i$ ——第*i*种生物占用的渔业水域面积或体积, 单位为平方千米(km<sup>2</sup>)或立方千米(km<sup>3</sup>)。

根据工程所在海域2023年11月海洋生物质量、海洋生态、渔业资源调查结果, 底栖生物分别选取工程附近调查站位的平均生物量进行计算, 平均生物量统计结果见表4.2-1。

表 4.2-1 底栖生物生物量计算一览表

站位	项目		站位	项目	
L1	生物量 (g/m <sup>2</sup> )	2.78	L10	生物量 (g/m <sup>2</sup> )	8.54
L2	生物量 (g/m <sup>2</sup> )	0.29	L12	生物量 (g/m <sup>2</sup> )	17.71
L5	生物量 (g/m <sup>2</sup> )	0.86	L13	生物量 (g/m <sup>2</sup> )	1.16
L6	生物量 (g/m <sup>2</sup> )	6.89	L14	生物量 (g/m <sup>2</sup> )	4.3
L9	生物量 (g/m <sup>2</sup> )	2.24	平均	生物量 (g/m <sup>2</sup> )	4.97

本项目涉海排水管道设置人工护坦, 不涉及潮间带, 人工护坦从定向钻段终点至排水管道终点, 尺寸为长334m, 宽15m, 占用海域面积为334m×15m=5010m<sup>2</sup>。本项目排水管道建设需进行沟槽开挖, 但不涉及潮间带。沟槽开挖尺寸为长334m, 宽45m, 面

积为  $334\text{m} \times 45\text{m} = 15030\text{m}^2$ ，项目排水管道施工完成后将重新覆盖，随着施工结束，底栖生物将逐渐恢复，因此，项目对底栖生物的损失是临时的。

根据上述公式结合项目排水管道施工工程量计算，项目施工造成底栖生物损失量为 74.766kg，项目施工造成的底栖生物损失量见表 4.2-2。

表 4.2-2 底栖生物损失量一览表

工程	密度 (g/m <sup>2</sup> )	破坏面积 (m <sup>2</sup> )	生物损失量 (kg)
排水管道施工	4.97	临时	15030

#### 4.2.4.2 渔业资源损失量

按照《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》，在悬浮物扩散范围内对海洋生物产生的持续性损害，按以下公式计算：

$$M_i = W_i \times T$$

$$W_i = \sum_{j=1}^n D_{ij} \times S_i \times K_{ij}$$

式中：

$M_i$ ——第 i 种生物资源累计损害量；

$W_i$ ——第 i 种生物资源一次性平均损失量，单位为尾或个或千克 (kg)；

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

$D_{ij}$ ——某一污染物第 j 类浓度增量区第 i 种类生物资源密度，单位为尾/km<sup>2</sup>、个/km<sup>2</sup> 或 kg/km<sup>2</sup>；

$S_i$ ——某一污染物第 j 类浓度增量区面积，单位为 km<sup>2</sup>；

$K_{ij}$ ——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%；

$n$ ——某一污染物浓度增量分区总数。

上述各参数的取值如下：

##### 1) 污染物浓度增量区面积 ( $S_i$ ) 和分区总数 ( $n$ )

根据 4.3.2 章节悬浮泥沙预测结果，结合《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》对污染物超标倍数的分类，本项目施工在典型工况条件下引起的悬浮泥沙增量包围面积及分区见下表。

表 4.2-3 不同超标倍数的 SS 增量整体包围线面积

分区	超标倍数* (Bi)	悬浮物浓度增量范围 (mg/L)	各污染区面积 (km <sup>2</sup> )
I 区	Bi ≤ 1 倍	10~20	0.012
II 区	1 < Bi ≤ 4 倍	20~50	0.011
III 区	4 < Bi ≤ 9 倍	50~100	0
IV 区	Bi ≥ 9 倍	≥ 100	0

##### 2) 生物资源损失率 ( $K_{ij}$ )

由于悬沙浓度增量小于  $10\text{mg/L}$  对生物影响较小，造成的损失率很小，因此近似认为悬浮泥沙对海生物不产生影响。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”，近似按超标倍数  $B_i \leq 1$ 、 $1 < B_i \leq 4$  倍、 $4 < B_i \leq 9$ 、 $B_i > 9$  倍损失率范围的中值确定本项目增量区的各类生物损失率，详见下表。

表 4.2-4 本项目悬浮物对各类生物损失率

超标倍数 ( $B_i$ )	《规程》中污染物对各类生物损失率 (%)		本项目悬浮物对各类生物资源损失率取值 (%)	
	鱼卵和仔稚鱼	成体	鱼卵和仔稚鱼	成体
$B_i \leq 1$ 倍	5	<1	5	0.5
$1 < B_i \leq 4$ 倍	5~30	1~10	18	5
$4 < B_i \leq 9$ 倍	30~50	10~20	40	15
$B_i \geq 9$ 倍	≥50	≥20	50	20

### 3) 持续周期数 (T) 和计算区水深

根据工期安排，本项目排水管道施工（沟槽开挖、沉管施工与回填）时间约 4 个月（120 天），考虑前期开挖定位等施工准备以及材料运输、沉管等过程需要时间较久，以及施工期间天气、海况等因素影响，项目埋管施工涉及产生悬浮泥沙的开挖和回填过程有效施工时间约 60 天，因此，施工阶段污染物浓度增量影响的持续周期数约为  $=60 \div 15 \approx 4$ （15 天为 1 个周期，向上取整）。施工阶段悬沙扩散范围内的海域现状平均水深取 4.5m。

### 4) 生物资源密度

本项目排水管道近岸设置，选取工程附近调查站位计算生物密度较全海域而言更具有代表性，根据 2023 年 11 月现状调查资料，工程附近调查站位调查数据计算平均生物量结果见下表。

表 4.2-5 选取工程附近调查站位鱼卵、仔稚鱼生物量计算一览表

站位	鱼卵发育期		站位	鱼卵发育期	
	鱼卵 (粒/ $\text{m}^3$ )	仔鱼 (粒/ $\text{m}^3$ )		鱼卵 (粒/ $\text{m}^3$ )	仔鱼 (粒/ $\text{m}^3$ )
L1	0.00	0.71	L10	0.88	0.00
L2	0.00	1.07	L12	0.00	0.71
L5	0.19	0.00	L13	0.00	3.33
L6	0.00	4.29	L14	0.00	1.43
L9	0.00	1.07	平均值	0.12	1.40

表 4.2-6 选取工程附近调查站位游泳生物生物量计算一览表

断面	游泳生物 (kg/km <sup>2</sup> )	断面	游泳生物 (kg/km <sup>2</sup> )
L1	348.1	L10	459.73
L2	450.78	L12	325.58
L5	373.23	L13	357.12
L6	438.27	L14	307.65
L9	389.03	平均值	333.235

### 5) 悬浮泥沙扩散导致生物量损失情况

由表 4.2-7、表 4.2-8 可知，施工期间在正常工况下产生的悬浮泥沙造成鱼卵损失 5521 粒，仔鱼损失 45648 尾，游泳生物损失 0.813kg。

表 4.2-7 施工期悬浮物扩散影响下鱼卵、仔稚鱼累计损害量计算

情景	分区	悬浮沙增量浓度 (mg/L)	影响面积 Si (km <sup>2</sup> )	生物资源损失率 Kij	生物资源密度 Dij		水深 (m)	影响的持续周期数 T (个)	累计损害量 Mi	
					鱼卵 (粒/m <sup>3</sup> )	仔稚鱼 (尾/m <sup>3</sup> )			鱼卵 (粒)	仔稚鱼 (尾)
排水管道施工典型工况	I 区	10~20	0.012	5%	0.12	1.40	4.5	4	1284	15132
	II 区	20~50	0.011	18%					4237	49936
	III 区	50~100	0	40%					0	0
	IV 区	≥100	0	50%					0	0
	合计								5521	65068

表 4.2-8 施工期悬浮物扩散影响下游泳生物累计损害量计算一览表

情景	分区	悬浮沙增量浓度 (mg/L)	影响面积 Si (km <sup>2</sup> )	生物资源损失率 Kij	生物资源密度 Dij		影响的持续周期数 T (个)	累计损害量 Mi	
					游泳生物 (kg/km <sup>2</sup> )	游泳生物 (kg)		游泳生物 (kg)	游泳生物 (kg)
排水管道施工典型工况	I 区	10~20	0.012	0.5%	333.24	4	4	0.080	
	II 区	20~50	0.011	5%				0.733	
	III 区	50~100	0	15%				0.000	
	IV 区	≥100	0	20%				0.000	
	合计							0.813	

## 4.3 生态影响分析

### 4.3.1 对海洋水文动力环境的影响分析

#### 4.3.1.1 水动力模型构建

本项目周边邻近水域水深大部分在 10m 以内, 按照《环境影响评价技术导则 地表水环境》(HJ2.3-20018), 近岸海域宜采用平面二维非恒定模型。项目所在海域水深不大, 水流和水质分布在垂向上不存在较大的差异, 故本次对水文动力环境的影响、对水质环境的影响采用平面二维模型。本次评价中采用的计算模式是 MIKE, 该模式是由丹麦水资源及水环境研究所 DHI (*Danish Hydraulic Institute*) 所研发的产品。MIKE 被广泛应用于水资源及水环境方面的研究, 经过众多实际工程的验证, 被水资源研究人员广泛认同, 本次评价使用的是该系列模式中的 MIKE21 模型。

#### 1. 水动力控制方程

连续方程:

$$\frac{\partial z}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}[(h+z)u] + \frac{\partial}{\partial y}[(h+z)v] = 0$$

动量方程:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} - fv + g \frac{\partial z}{\partial x} + g \frac{u(u^2 + v^2)^{1/2}}{C_z^2(h+z)} - \frac{\tau_{sx}}{\rho(h+z)} = \varepsilon_x \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + fu + g \frac{\partial z}{\partial y} + g \frac{v(u^2 + v^2)^{1/2}}{C_z^2(h+z)} - \frac{\tau_{sy}}{\rho(h+z)} = \varepsilon_y \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right)$$

式中:

$u, v$ — $x, y$  方向的垂线平均流速;  $z$ —基准面以上的潮位;  $h$ —水深 (基准面以下);  $g$ —重力加速度;  $\tau_{sx}, \tau_{sy}$ —风应力分量;  $\varepsilon_x, \varepsilon_y$ —水平紊动粘性系数;  $\rho$ —水密度;  $C_z$ —海底阻力系数 (谢才系数):  $C_z = \frac{1}{n}(h+z)^{1/6}$ ;  $n$ —海底曼宁系数, 该参数的具体取值, 见于下文的计算参数。

#### 2. 计算范围、网格设置

本项目所构建模型的计算范围和网格见图 4.3-1, 网格节点数 14330 个, 网格单元数 26106 个, 模型范围西至甲子港东至神泉港, 东南向外海边界最大水深处约为 35m。模型范围涵盖项目附近及其周边水域内水动力、水质、泥沙易受本项目影响的水域, 可满足项目水动力环境、水质环境分析的要求, 模型外边界根据水深地形采用适当走向, 以提高模型计算时的动量守恒性, 模型网格分辨率局部加密至 10m。

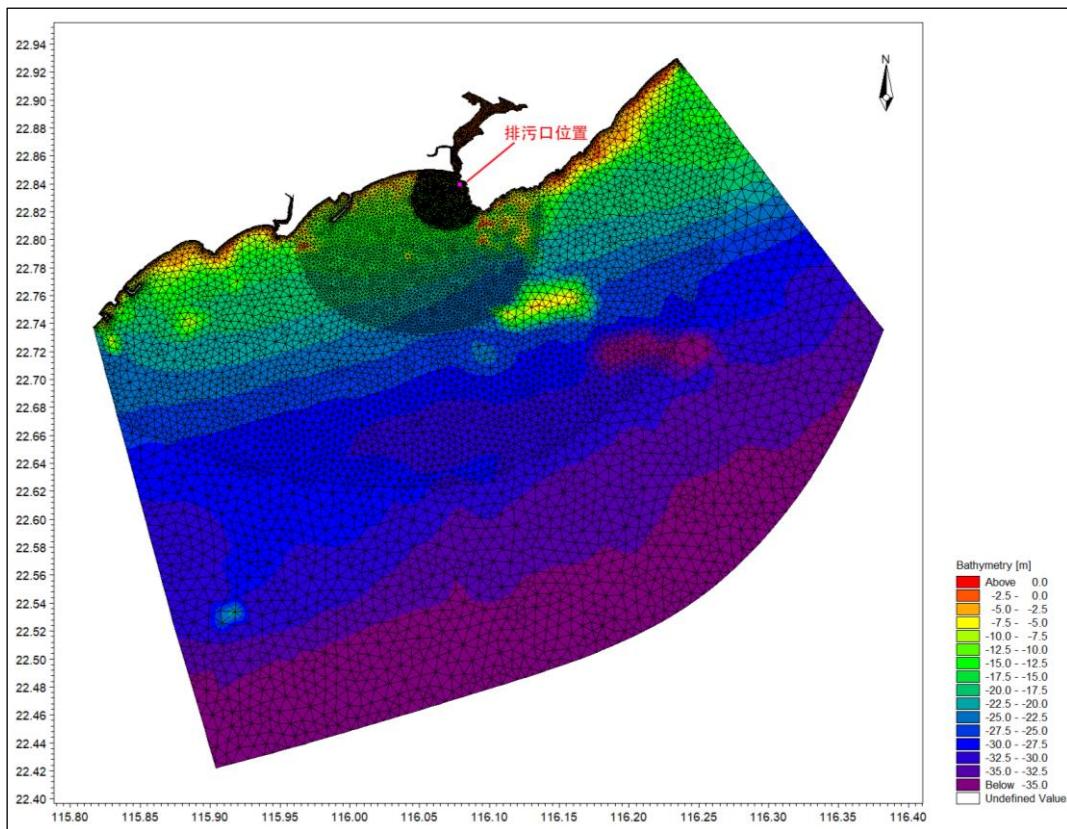


图 4.3-1 模型计算网格以及边界示意图

### 3.计算参数

本评价主要收集了汕尾甲子湾附近海域（2021 年 12 月）的潮位和潮流监测数据，作为所构建模型的水动力验证数据，综合考虑水文动力验证数据监测时段，本次评价模型计算时间为 2021 年 12 月 1 日 00:00~2021 年 10 月 16 日 00:00，以此进行模型的验证。基于验证可靠的水动力模型，设置不同的模拟情景，加载相应的数值计算模块，以模拟评价不同情境下的水环境影响。综合考虑预测精度和模型运算稳定性的情况下，模型采用动态计算步长，最大取值不超过 30s。糙率  $n$  的确定，在参考评价水域内相关研究成果的基础上，采用了模型手册所推荐的取值方式，具体的计算公式如下：  
 $n=0.028(H<1.0m)$ ；  
 $n=0.022+0.014/H(H>1.0m)$ 。

#### 4.3.1.2 水深地形资料

模型水下地形采用中国人民解放军海军司令部航海保证部出版的海图，由于模型预测范围广，采用多张海图进行拼合，采用的海图主要有：①甲子港及附近（编号 15171，比例尺 1:20000，2014 年出版）；②碣石湾（编号 15311，比例尺 1:40000，2020 年出版）；③靖海港至神泉港（编号 15151，比例尺 1:35000，2022 年出版）；④表角至田尾角（编号 15110，比例尺 1:120000，2022 年）。

在上述海图资料基础上,结合最新的卫星图件、水深数据对岸线、水深进行微调整,以当地理论最低潮面为统一基准面,评价所选用的 MIKE21 模型采用的非结构网格及其局部加密功能,使构建的模型网格能更好地拟合局地岸线,因此,模型总体上能较好地反映真实的岸线和水下地形状态。

#### 4.3.1.3 边界条件

本次预测模型所给定的边界条件包括外海潮汐水位边界、上游河流(鳌江)径流量,其中鳌江流量边界采用年均径流量进行赋值,外海潮汐边界水位,由中国海洋大学研发的中国近海潮汐预测程序(China Tide)提供,该潮汐预测程序由 8 个分潮的调和常数进行叠加而获得潮位,对中国近岸海域的潮汐水位预报具有较高精度。由于外海边界跨度较大,因此根据外海均匀分布的边界点分别给定潮位数据,以确保其插值数据的准确、稳定考虑到计算水域内部分区域浅滩较多,模拟计算时将开启干湿网格判断功能模块,以体现水动力模拟过程中的漫滩和露滩效果。

#### 4.3.1.4 水动力模型的验证

模型的验证分两个部分:潮位验证和潮流验证,设定每小时输出水位、流速用于模型验证。基于本项目所收集的潮位和潮流资料的实际观测时间,模型计算时间为 2021 年 12 月 5 日 08:00~2021 年 12 月 6 日 10:00,潮位和潮流观测站数量分别为 2 个(C1~C2)和 6 个(C1~C6)。模型验证点位分布详见表 4.3-1 和图 4.3-2。

表 4.3-1 潮位与潮流观测站信息一览表

序号	站位	经度°E	纬度°N	观测项目
1	C1	116°05.916'E	22°53.560'N	潮位、潮流
2	C2	116°04.675'E	22°50.381'N	潮位、潮流
3	C3	115°57.562'E	22°46.748'N	潮流
4	C4	116°04.012'E	22°43.697'N	潮流
5	C5	116°08.792'E	22°47.538'N	潮流
6	C6	116°13.999'E	22°51.885'N	潮流

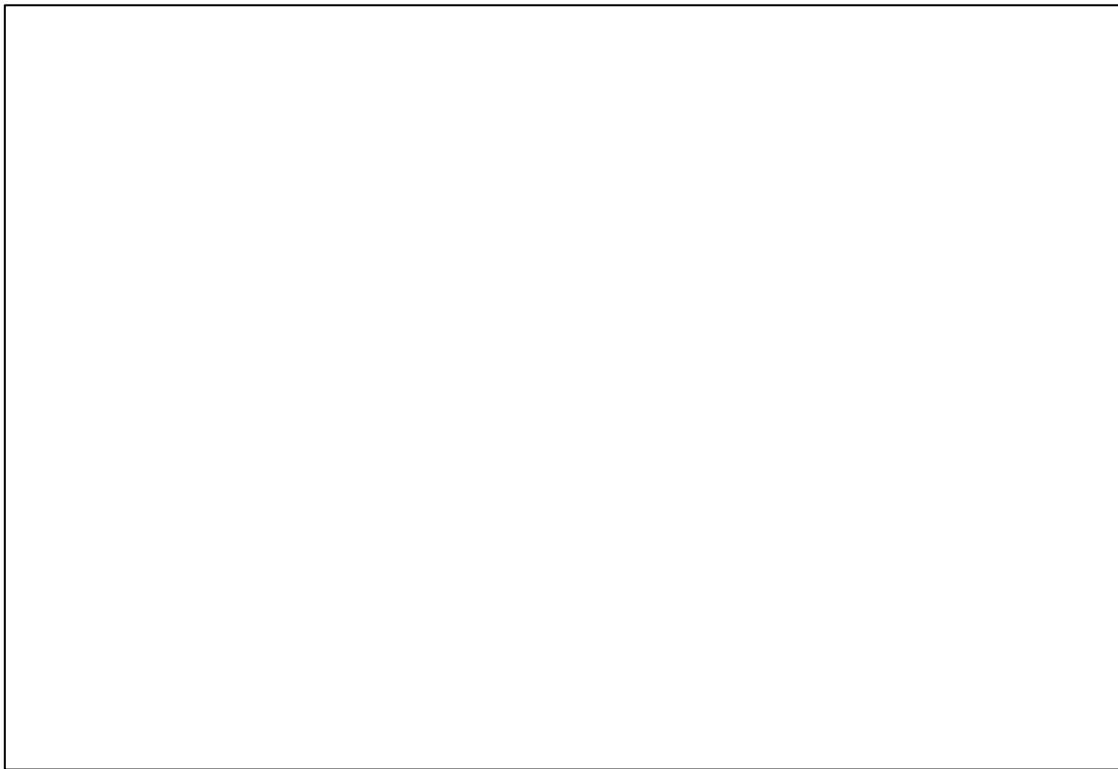


图 4.3-2 模型潮位和潮流观测站分布图

模型计算时间为 2021 年 12 月 1 日 00:00~2021 年 12 月 16 日 00:00，附近海域 2 个潮位站（C1~C2）的验证结果见图 4.3-3，从图中可以看出：计算潮位过程与实测过程总体吻合良好，个别时刻出现一定的偏差，偏差幅度基本控制在 0.1m 范围内，无明显相位差，模型整体把握了海域内的潮汐水位涨落过程，满足导则附录 D 要求。

附近海 6 个潮流站（C1~C6）的验证结果见图 4.3-4，从图中可以看出：除部分时刻的流速、流向与实测潮流有一定偏差外，模拟的流速、流向整体与实测潮流较为吻合，相位差基本控制在 0.5h 以内，流速值的相对误差大部分在 10% 以内，近岸海域的水动力场能得到较好的复演，满足导则附录 D 要求。总体而言，计算域内潮汐和潮流模拟验证较好，计算结果基本能够反映工程附近海域的潮流运动特征。模型验证误差分析详见表 4.3-2。

表 4.3-2 模型验证误差分析一览表

率定验证项	2021 年 12 月
高低潮位时间相位差（h）	0.30
高低潮潮位偏差（m）	0.09
流速时间相位差（h）	0.20
平均流速偏差（%）	9.8
平均流向偏差（%）	9.2

图 4.3-3 项目附近海域潮汐水位验证图

图 4.3-4 项目附近海域潮流的流速和流向验证图

#### 4.3.1.5 流场模拟计算结果

采用经过验证的潮流数值模型，计算了项目附近水域的潮流水动力场。图 4.3-5~图 4.3-8 为项目周边水域大潮涨急和落急流场图，由于计算网格空间尺度较小，为了使结果更加直观，对流场结果进行稀疏处理：

大潮期间涨急时，模拟海域潮流整体为自西向东方向，项目附近平均流速约为 0.12m/s。大潮期间落急时，潮流流向则相反，模拟海域潮流整体为自东向西，项目附近平均流速约为 0.15m/s，项目建设不会造成排水管道所在海域水文动力条件大的变动。

图 4.3-5 项目附近海域大潮涨急流场图

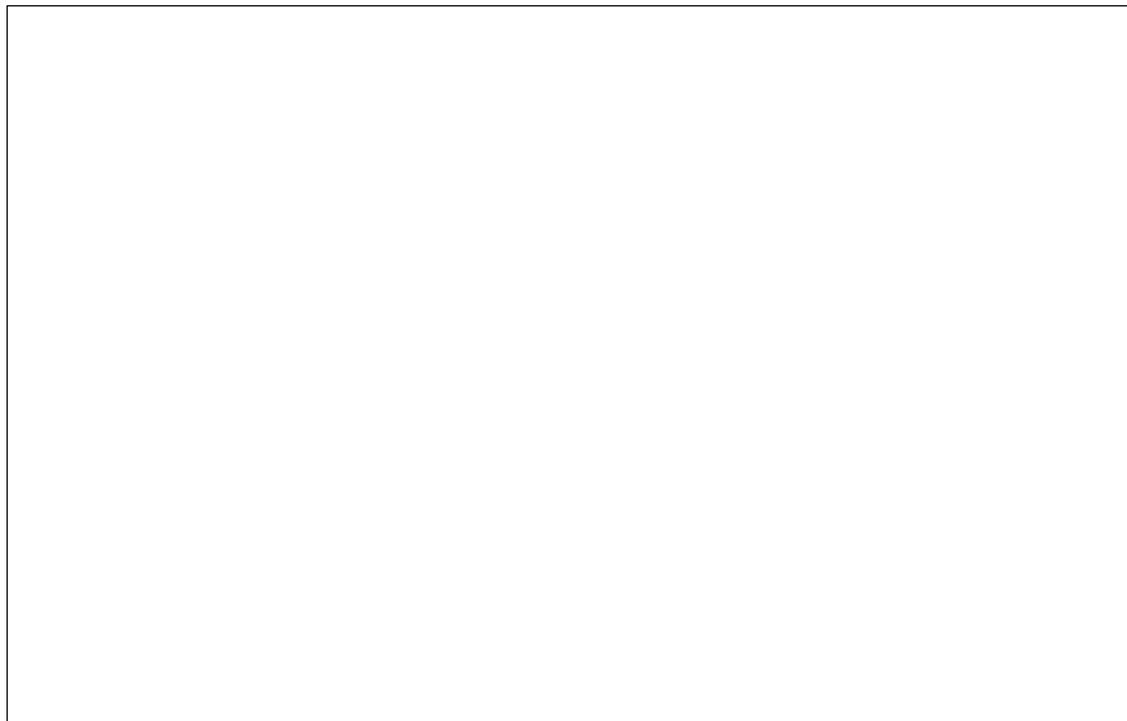


图 4.3-6 项目附近海域大潮落急流场图

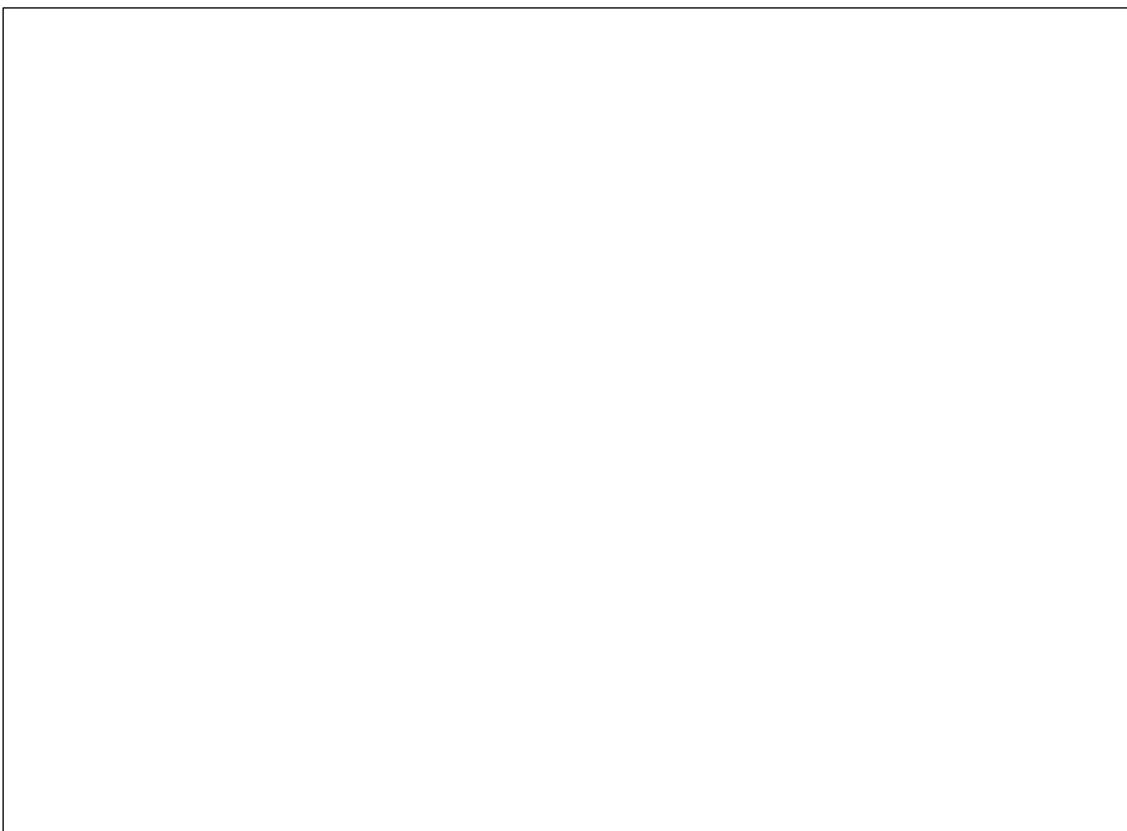


图 4.3-7 项目附近海域大潮涨急流场图（局部）



图 4.3-8 项目附近海域大潮落急流场图（局部）

#### 4.3.2 对海洋水质环境的影响分析

##### 4.3.2.1 施工期海洋水质环境影响预测与评价

###### 4.3.2.1.1 二维潮流泥沙输运方程

本次预测采用悬浮泥沙对流扩散二维数学模型来计算泥沙输运及泥沙冲淤，其悬沙输移扩散方程如下：

$$\frac{\partial \bar{c}}{\partial t} + u \frac{\partial \bar{c}}{\partial x} + v \frac{\partial \bar{c}}{\partial y} = \frac{1}{h} \frac{\partial}{\partial x} \left( h D_x H \frac{\partial \bar{c}}{\partial x} \right) + \frac{1}{h} \frac{\partial}{\partial y} \left( h D_y H \frac{\partial \bar{c}}{\partial y} \right) + Q_L C_L \frac{1}{h} - S$$

式中：

$c$  为悬沙含量的垂向平均值 (mg/L);  $u$ 、 $v$  为东向、北向的水平流速分布 (m/s);  $D_x$ 、 $D_y$  分别为  $x$ 、 $y$  方向的泥沙扩散系数 ( $m^2/s$ );  $h$  为水深 (m);  $S$  为底床泥沙侵蚀和淤积的冲淤函数 ( $g/m^3/s$ );  $Q_L$  为单位面积内的点源排放量 ( $m^3/s/m^2$ );  $C_L$  为点源泥沙浓度 ( $g/m^3$ ), 悬移质泥沙的输运采用被动分量输运求解程序 (对流扩散模块)。

初始条件：

由于主要考虑施工期引起的悬浮物增值变化，因此计算区域内悬沙初始场为 0，且无外界泥沙输入。

#### 4.3.2.1.2 计算参数

##### (1) 糙率

同水动力模型预测中糙率取值。

##### (2) 模型计算时间步长

模型采用的时间步长 $\Delta t=30s$ 。

##### (3) 泥沙沉降速度

泥沙沉速由 Stoke 沉速公式计算得到, 如下。其中:  $W_s$  为泥沙沉速 (m/s), 相对容重为 1.65 (泥沙容重为  $2650\text{kg/m}^3$ ),  $g$  为重力加速度, 取  $9.81\text{m}^2/\text{s}$ ,  $d$  为泥沙平均粒径 (m),  $\nu$  为水体运动粘滞系数, 一般取  $1.006\times10^{-6}\text{ m}^2/\text{s}$ 。

$$w_s = \frac{1}{18} \frac{\Delta \rho g d^2}{\nu}$$

由于缺少项目附近的悬沙粒径监测数据, 本项目参考文献和《航道水文规范 (2022 版)》(JTS145-2015), 考虑絮凝作用, 沉降速度取  $0.1\text{cm/s}$ 。

#### 4.3.2.1.3 悬浮泥沙源强及预测工况

##### (1) 悬浮泥沙源强

###### ①沟槽开挖悬浮泥沙源强

本项目采用 1 艘  $5\text{m}^3$  抓斗船进行沟槽开挖 (2 班作业), 配备 1 艘  $1000\text{t}$  泥驳将海域挖方外抛至合法抛泥区。参照《水运工程建设项目环境影响评价指南》(JTS/T105-1-2021), 沟槽开挖作业悬浮物发生量经验公式法计算公式如下:

$$Q = \frac{R}{R_0} T W_0$$

式中:

$Q$ ——施工悬浮物发生量 ( $\text{t}/\text{h}$ );

$R$ ——现场流速悬浮物临界粒子累计百分比 (%), 项目无实测资料, 取 89.2%;

$R_0$ ——发生系数  $W_0$  时的悬浮物粒径累计百分比 (%), 项目无实测资料, 取 80.2%;

$T$ ——挖泥船效率 ( $\text{m}^3/\text{h}$ );

$W_0$ ——悬浮物发生系数 ( $\text{t}/\text{m}^3$ ), 项目无实测资料, 取  $38.0\times10^{-3}\text{ t}/\text{m}^3$ 。

本项目沟槽开挖工程量共  $24048\text{m}^3$ , 采用 1 艘  $5\text{m}^3$  抓斗船进行施工。项目沟槽开挖采取 2 班制, 工作时间为  $12\text{h/d}$ , 抓斗船工作频率按  $2\text{min/次}$  计, 每次挖泥量按抓斗容积的 80% 计, 则抓斗船开挖效率为  $5\text{m}^3\times80\%\times60\text{min}\div2\text{min/次}=120\text{m}^3/\text{h}$ 。根据上述公式, 计算得沟槽施工产生的悬浮物发生量为:

$$Q=89.2\%/80.2\%\times120\times38.0\times10^{-3}=5.072\text{t}/\text{h}, \text{ 即 } 1.41\text{kg/s}。$$

## ②人工护坦回填产生的悬浮泥沙

项目海域管道沉管后，采用沙袋、袋装砼、碎石及块石进行回填，形成人工护坦，该过程产生悬浮泥沙。悬浮泥沙来源主要包括：回填料自身携带的泥土进入水体后形成悬浮物以及回填料抛填时扰动底床产生的悬浮物。

### a. 回填料带入水中的悬浮物

袋装砂料、砼表面携带的泥土较少，本次评价不做定量分析。碎石及块石带入水中产生的悬浮物源强按以下公式进行计算：

$$Q = E \times c \times \alpha \times \rho$$

式中：

$Q$ ——抛石作业悬浮泥沙源强， $\text{kg/s}$ ；

$E$ ——抛填碎石、块石作业效率， $\text{m}^3/\text{s}$ ；

$c$ ——砂石料中泥土含量，本工程以 5% 计；

$\alpha$ ——泥土进入海水后悬浮泥沙产生系数，以 10% 计；

$\rho$ ——泥土密度，取  $1800 \text{ kg/m}^3$ 。

本项目回填料抛填总量为  $7592.69 \text{ m}^3$ ，人工护坦回填有效工期约 30 天，按  $12 \text{ d}$  计，考虑抛填作业机械周转、标高复核等工序，每日实际抛填作业时间约 2 小时，抛填强度约为  $7592.69 \text{ m}^3 \div 30 \text{ d} \div 2 \text{ h/d} = 126.5 \text{ m}^3/\text{h}$ ，即  $0.035 \text{ m}^3/\text{s}$ 。根据前述公式及参数，计算得，抛石施工时回填料带入的悬浮泥沙源强为  $Q = 0.035 \times 5\% \times 10\% \times 1800 = 0.315 \text{ kg/s}$ 。

### b. 回填料挤淤产生的悬浮物

回填料抛填挤淤产生悬浮物的源强按下式计算：

$$S_I = (1 - \theta_I) \rho_I \alpha_I P$$

式中：

$S_I$ ——为抛石挤淤的悬浮物源强 ( $\text{kg/s}$ )；

$\theta_I$ ——为海底沉积物天然含水率 (%)，取 90%。

$\rho_I$ ——为沉积物中颗粒湿密度 ( $\text{kg/m}^3$ )，取  $1450 \text{ kg/m}^3$ ；

$\alpha_I$ ——为沉积物中悬浮颗粒所占百分率 (%)，参考类似工程及《海岸工程中悬浮物泥沙源强选取研究概述》(王时悦, 2016 年)，取 15%；

$P$ ——为平均挤淤强度 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )。

本项目回填料抛填总量为  $7592.69 \text{ m}^3$ ，根据前文计算，平均挤淤强度  $0.035 \text{ m}^3/\text{s}$ 。根据上述公式及确定的参数，计算得本工程抛石挤淤产生的悬浮泥沙源强约为  $(1 - 0.9) \times 1450 \text{ kg/m}^3 \times 15\% \times 0.035 \text{ m}^3/\text{s} = 0.761 \text{ kg/s}$ 。

综上，本项目排水管道埋管施工回填过程中产生的悬浮泥沙源强为

$0.315+0.761=1.076\text{kg/s}$ 。

## （2）施工期预测工况

根据项目施工进度安排，沟槽开挖与回填不存在重叠施工情况，根据前文悬沙计算源强结果，在沟槽开挖时悬沙产生源强最大，为  $1.41\text{kg/s}$ 。回填施工区域位于沟槽开挖内，且计算悬沙产生源强结果小于沟槽开挖阶段，因此，本次预测以埋管施工区域，间隔约 50 米设置一个源强点（共设置源强点 7 个）作为项目典型工况预测方案，同时，为了了解项目实施对悬沙对周边海洋环境影响的最大范围，考虑项目沟槽开挖为宽 45 米，长 334 米的区域，在沟槽开挖边缘按照间隔约 50 米设置一个源强点，作为项目最大悬沙包络工况。

模拟时间为 2021 年 12 月 1 日 0 时至 2021 年 12 月 16 日 0 时，与水动力预测时间一致。

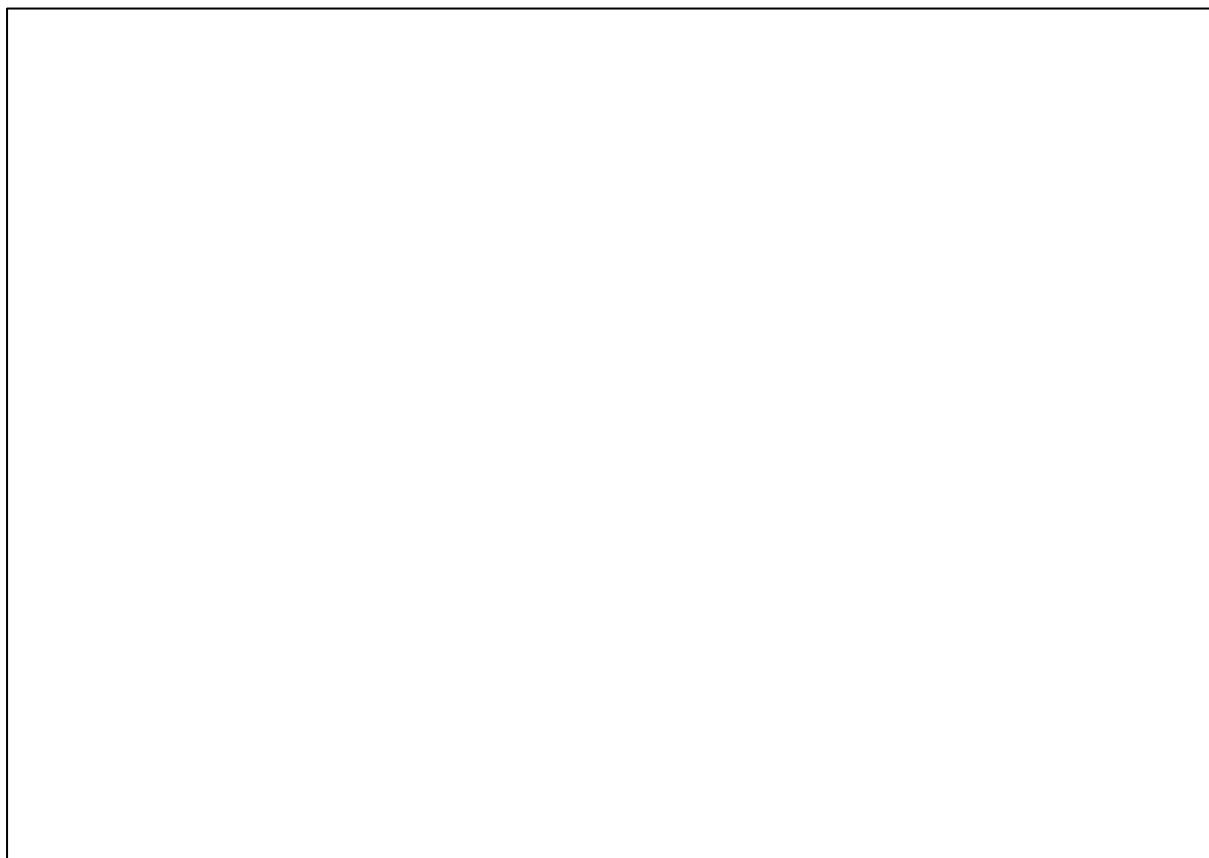


图 4.3-9 悬浮泥沙预测工况设置示意图

### 4.3.2.1.4 预测结果

潮流是悬浮物输运、扩散的“载体”，施工产生的悬浮物除因自身重力发生沉降外，主要受潮流作用，进行输运、稀释和扩散。悬浮物计算时，首先进行水动力场计算，然后再施加悬浮物源强，计算出模拟时段内各计算网格点的悬浮物增量浓度，最后统计各

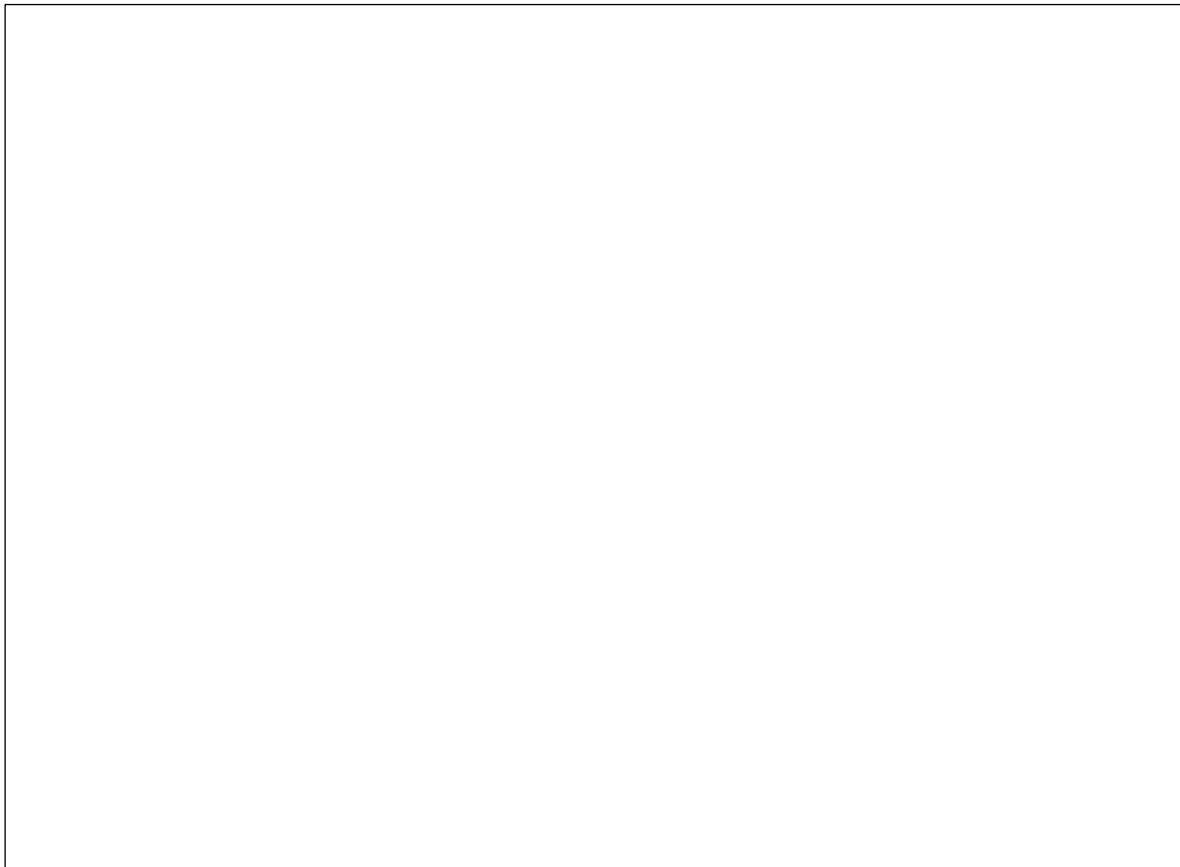
计算网格点在模拟时段内的悬浮物增量浓度最大值,利用各网格点的最大值绘制出悬浮物增量浓度包络线图。

项目施工期悬沙增值结果见图 4.3-10、图 4.3-11, 悬沙扩散方向基本与潮流流向一致,由于本项目施工产生的悬浮泥沙源强相对较小,且项目附近海域潮流动力条件较弱,其悬浮物扩散较慢,大多数悬浮物都在项目工程周边海域沉降。悬浮泥沙增量影响的水域面积统计详见表 4.3-3。

悬浮泥沙扩散达到标准浓度值 (10mg/L) 的最大外包络线面积为 0.023 平方公里,施工造成 10mg/L 悬沙增量仅影响施工区范围, 10mg/L 悬沙增量包络范围未影响到周边其他生态保护红线、国控站位等保护目标。

**表 4.3-3 施工期悬浮泥沙 (SS) 增量包络面积 (km<sup>2</sup>)**

悬沙增量	>5mg/L	>10mg/L	>20mg/L	>50mg/L	>100mg/L
典型工况预测结果	0.038	0.023	0.011	0	0
最大包络预测结果	0.044	0.023	0.019	0	0



**图 4.3-10 项目施工产生悬沙增量包络线 (最大包络预测方案)**

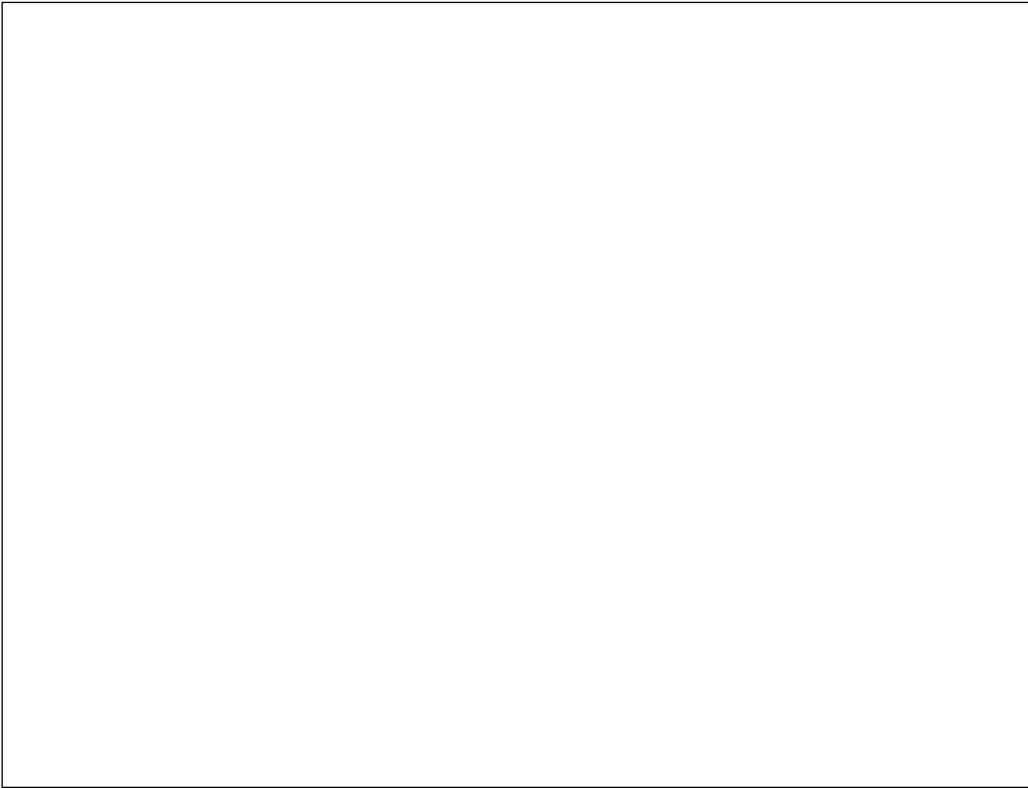


图 4.3-11 项目施工产生悬沙增量包络线（典型工况预测方案）

#### 4.3.2.2 运营期海洋水质影响预测与评价

##### 4.3.2.2.1 水质预测模式

与二维水动力数值模型对应,采用二维水质数值模型模拟评价水域污染物浓度的时空变化,其控制方程如下:

$$\frac{\partial h\bar{C}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}\bar{C}}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}\bar{C}}{\partial y} = h \left[ \frac{\partial}{\partial x} \left( E_x \frac{\partial}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( E_y \frac{\partial}{\partial y} \right) \right] \bar{C} + S$$

式中:

$\bar{C}$  为水深平均的污染物的浓度, mg/L;

$\bar{u}$ 、 $\bar{v}$  为沿 x、y 方向的流速分量, m/s;

$E_x$ 、 $E_y$  为 x、y 方向的扩散系数, m<sup>2</sup>/s;

$S$  为源(汇)项, g/m<sup>2</sup>/s。

##### 4.3.2.2.2 参数设置

###### 1. 初始条件和边界条件

污染物初始场设置为 0, 且除了排水口外无外界输入, 动力边界条件上的处理方法同上文施工期水动力预测模拟一致。

## 2. 降解系数

参照广东省水利厅的《广东省水资源保护规划要点》和华南环境科学研究所的《广东省水环境容量核定技术报告》等报告，同时参考广东省汕尾市近岸海域相似报告，从较保守角度，无机氮降解系数  $0.01/d$ ，活性磷酸盐降解系数  $0.01/d$ ，总镍、总铜、总锌、石油类取  $0/d$ 。

### 4.3.2.2.3 尾水排放源强

电镀废水处理厂中含总铬、六价铬污染物的生产废水全部回用不外排，其他电镀废水经拟建的电镀废水处理系统处理达标后确需外排的，于甲子港海域离岸达标排放。本期尾水最大允许排放量为  $2100m^3/d$ ，包括电镀废水处理达标尾水最大排放量为  $1600m^3/d$ 、非电镀废水处理达标尾水最大排放量为  $500m^3/d$ ，通过尾水排放管的 6 个扩散器排放，扩散器间隔约  $15m$ 。

### 4.3.2.2.4 预测因子筛选及预测情景设置

一般而言，污水处理厂外排尾水水质监测中，通常采用  $COD_{cr}$ 、氨氮和总磷指标，而近岸海域水环境影响预测计算中所选水质因子为  $COD_{Mn}$ 、无机氮和活性磷酸盐，为评价电镀废水处理厂达标尾水排入甲子港海域对纳污海域水体中  $COD_{Mn}$ 、无机氮和活性磷酸盐的影响，需确定  $COD_{cr}$  与  $COD_{Mn}$ 、氨氮与无机氮、总磷和活性磷酸盐之间的浓度转换关系。

(1) 国家“七五”科技攻关项目“珠江三角洲河网典型区域水环境容量开发利用研究及推广”、国家“十五”科技攻关项目“流域水污染物总量控制技术与示范研究”等研究成果显示， $COD_{cr}$  与  $COD_{Mn}$  的换算系数介于  $2.5\sim4.0$  之间，本评价参考上述成果，并出于水环境安全考虑，取研究成果中的最小值作为本次计算的换算系数， $COD_{cr}=2.5COD_{Mn}$ ， $COD_{Mn}=0.4COD_{cr}$ 。

(2) 《大亚湾海域环境容量评估及入海污染物总量控制对策研究》(中山大学、广东省海洋与渔业局、惠州市海洋与渔业局，2010 年 3 月) 中对于环境容量计算涉及到不同水质因子容量转化的内容。该报告通过对海水水质监测以及检测大亚湾区内排水口和入海河流水质样品，推算分析得知无机氮与氨氮呈  $2\sim2.5$  倍关系。

总氮包括有机氮、氨氮、硝酸盐氮和亚硝酸盐氮；无机氮则主要包括氨氮、硝酸盐氮和亚硝酸盐氮。按照项目电镀废水处理厂设计出水标准：电镀废水处理厂设计出水标准的总氮和氨氮浓度是  $2:1$  关系，甲东镇污水处理厂设计出水标准的总氮和氨氮浓度是

3:1 关系，即污水处理厂设计出水标准浓度的总氮：氨氮介于 2~3 之间。考虑到总氮除包含无机氮以外，还包含有机氮，因此，无机氮：氨氮低于 2~3 倍数值。

综合考虑上述情况，本报告结合已有成果以及污水处理厂设计出水标准浓度，设定无机氮与氨氮呈 2 倍的关系，无机氮：氨氮=2:1。

(3) 根据厦门大学张珞平、崔江瑞等在《污染物在海洋中的迁移转化及其在海湾环境容量研究中的应用》中研究了多个污水处理厂尾水中氨氮和无机氮、总磷和活性磷酸盐的比例关系，从保守角度本报告取该研究成果中占比最大值，总磷=3×活性磷酸盐，以此确定活性磷酸盐浓度和源强。

表 4.3-4 预测因子筛选 单位：mg/L

污染物	排放水量 (万 t/a)	COD <sub>Cr</sub>	无机氮	活性磷酸 盐	石油类	总铜	总锌	总镍
排水口出口污染物 排放浓度	71.4	32.952	20.000	0.127	1.908	0.144	0.179	0.072

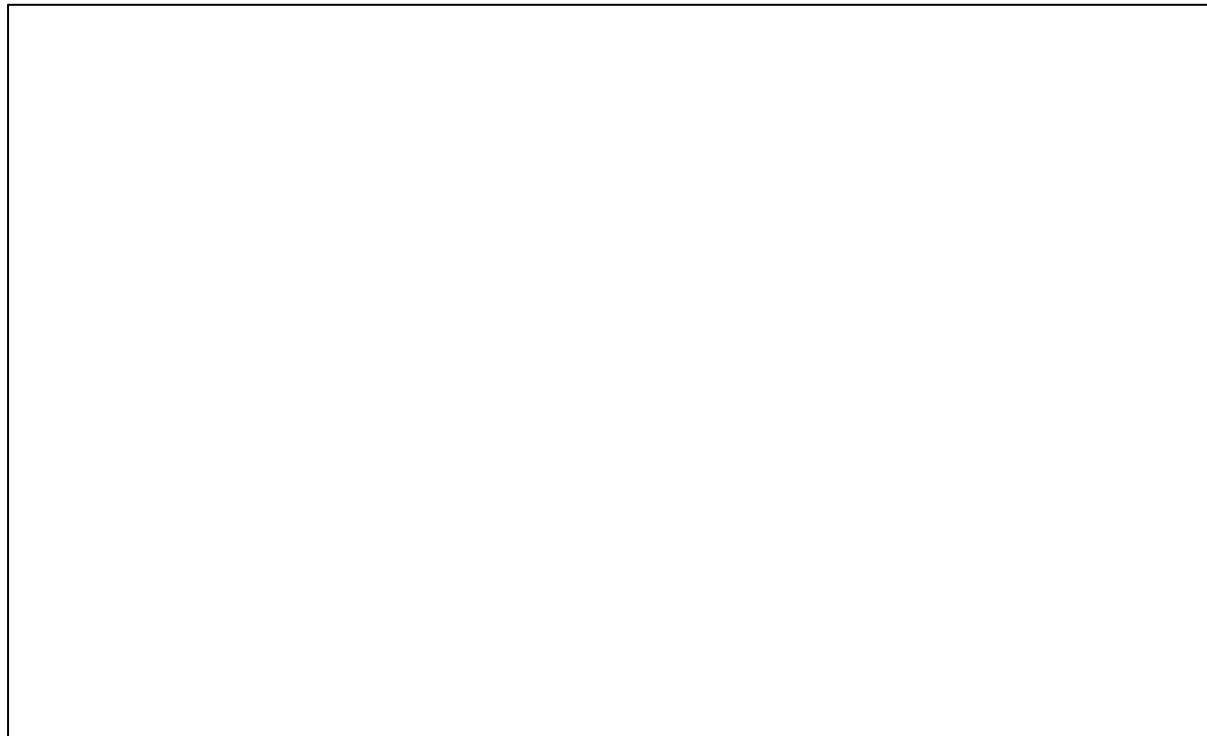


图 4.3-12 尾水排放工况点位示意图

#### 4.3.2.2.5 评价海域背景值选取

##### (1) 排水口附近海域背景值

本项目尾水排放口位于近岸海域环境功能区划“402 甲子港综合功能区”，排水口海域水质执行《海水水质标准》(GB3097-1997) 第三类标准。

本项目排水口周边最近的国控监测点位为 GDN14009，排水口与该国控站位的距离

约为 3.67km。根据该国控站位 (GDN14009) 2023—2024 年常规监测数据, 该站位水质均满足海水第二类水质标准要求, 对比报告书收集的评价海域 2023 年 11 月的补充监测数据, 常规监测数据均小于补充监测数据。从保守角度, 本次评价排水口处附近海域水质背景值考虑采用补充监测数据。

根据评价海域 2023 年 11 月水质补充监测站位分布情况, 选取拟设排水口附近各调查站位的水质监测结果最大值, 作为排水口附近海域背景值, 详见表 4.3-5。

## （2）相关功能区背景值选取

评价范围内分布有近岸海域“401B 甲东生态功能区”“403B 湖东港口、工业功能区”。其中, “401B 甲东生态功能区”, 海水水质执行标准为第二类标准 (水温指标执行三类标准), “403B 湖东港口、工业功能区”海水水质执行标准为第二类标准。各功能区的海水水质背景值选取位于该功能区内各调查站位的最大值作为背景值, 详见表 4.3-6。

表 4.3-5 拟设排水口附近海域背景值选取

调查时间	选取点位	预测因子背景值 (mg/L)							水质目标
		化学需氧量	无机氮	活性磷酸盐	总铜	总镍	总锌	石油类	
2023 年 11 月	L1	0.83	0.288	0.0199	0.0015	0.0006	0.0071	0.027	第三类
	L2	1.57	0.297	0.0192	0.0018	0.0006	0.0101	0.0346	第三类
2023 年 4 月 21 日	GDN14009	0.08	0.024	0.006	/	/	/	/	第三类
2023 年 7 月 22 日		0.58	0.032	0.002	0.00077	/	/	/	
2023 年 10 月 26 日		0.51	0.158	0.016	/	/	/	/	
2024 年 4 月 16 日		0.56	0.015	0.004	/	/	/	/	
2024 年 8 月 7 日		0.48	0.043	0.008	0.00085	/	/	/	
2024 年 11 月 12 日		0.4	0.195	0.011	/	/	/	/	
拟设排水口附近海域背景值确定结果		1.57	0.297	0.0199	0.0018	0.0006	0.0101	0.0346	第三类
海水第一类标准		2	0.2	0.015	0.005	0.005	0.02	0.05	/
海水第二类标准		3	0.3	0.03	0.01	0.01	0.05	0.05	/
海水第三类标准		4	0.4	0.03	0.05	0.02	0.1	0.3	/

表 4.3-6 评价区域内相关功能区海域背景值选取

功能区划	调查时间	站位	预测因子背景值 (mg/L)							水质目标
			化学需氧量	无机氮	活性磷酸盐	总铜	总镍	总锌	石油类	
401B 甲东生态功能区	2023 年 11 月	L3	1.33	0.294	0.0189	0.0019	0.001	0.01	0.0336	海水水质第二类标准 (水温指标执行三类标准)
		L4	1.15	0.245	0.0166	0.0018	0.0009	0.0083	0.0333	
	确定背景值		1.33	0.294	0.0189	0.0019	0.001	0.01	/	
403B 湖东港口、工业功能区	2023 年 11 月	L8	0.88	0.259	0.019	0.0016	0.0006	/	/	海水水质第二类标准
	确定背景值		0.88	0.259	0.019	0.0016	0.0006	0.006	/	

#### 4.3.2.6 模拟结果

根据预测结果，正常达标尾水排放情况下，排水口附近各预测因子最大浓度增值分别为化学需氧量 0.1791mg/L、无机氮 0.1061mg/L、活性磷酸盐 0.0007mg/L、石油类 0.0105mg/L、总铜 0.0008mg/L、总镍 0.0004mg/L、锌 0.0010mg/L，叠加背景值后浓度值分别为化学需氧量 1.7491mg/L、无机氮 0.4031mg/L、活性磷酸盐 0.0206mg/L、石油类 0.0451mg/L、总铜 0.0026mg/L、总镍 0.0010mg/L、锌 0.0111mg/L，占标率分别为化学需氧量 43.73%、无机氮 100.78%、活性磷酸盐 68.71%、石油类 15.04%、总铜 5.14%、总镍 4.93%、锌 11.09%，除无机氮出现轻微超标外，其他预测因子均未出现超标情况。无机氮超标范围约 0.02km<sup>2</sup>。

根据预测结果，正常达标尾水排放情况下，“401B 甲东生态功能区”最大浓度增值分别为化学需氧量 0.00803mg/L、无机氮 0.00341mg/L、活性磷酸盐 0.00003mg/L、石油类 0.00053mg/L、总铜 0.00004mg/L、总镍 0.00002mg/L、锌 0.00005mg/L，贡献率分别为化学需氧量 44.60%、无机氮 99.14%、活性磷酸盐 63.11%、石油类 68.26%、总铜 19.39%、总镍 10.19%、锌 20.10%。“403B 湖东港口、工业功能区”最大浓度增值分别为化学需氧量 0.00858mg/L、无机氮 0.00364mg/L、活性磷酸盐 0.00004mg/L、石油类 0.00059mg/L、总铜 0.00004mg/L、总镍 0.00002mg/L、锌 0.00006mg/L，贡献率分别为化学需氧量 29.62%、无机氮 87.55%、活性磷酸盐 63.46%、石油类 54.79%、总铜 16.43%、总镍 6.22%、锌 12.11%，均未出现超标情况。具体预测结果见~图 4.3-19，预测结果统计结果见表 4.3-7。

表 4.3-7 各近岸海域功能区污染物浓度情况统计表 (单位: mg/L)

预测海域	污染物	最大浓度 增值	背景值	叠加背景 浓度	海水水质 目标	占标率	是否达标
排水口附近	化学需氧量	0.1791	1.5700	1.7491	4	43.73%	是
	无机氮	0.1061	0.2970	0.4031	0.4	100.78%	否
	活性磷酸盐	0.0007	0.0199	0.0206	0.03	68.67%	是
	石油类	0.0105	0.0346	0.0451	0.3	15.03%	是
	总铜	0.0008	0.0018	0.0026	0.05	5.20%	是
	总镍	0.0004	0.0006	0.0010	0.02	5.00%	是
	锌	0.0010	0.0101	0.0111	0.1	11.10%	是
401B 甲东生态功能区	化学需氧量	0.0080	1.3300	1.3380	3	44.60%	是
	无机氮	0.0034	0.2940	0.2974	0.3	99.14%	是
	活性磷酸盐	0.0000	0.0189	0.0189	0.03	63.10%	是
	石油类	0.0005	0.0336	0.0341	0.05	68.26%	是
	总铜	0.00004	0.0019	0.0019	0.01	19.40%	是
	总镍	0.00002	0.0010	0.0010	0.01	10.20%	是
	锌	0.0001	0.0100	0.0101	0.05	20.10%	是
403B 湖东港口、工业功能区	化学需氧量	0.0086	0.8800	0.8886	3	29.62%	是
	无机氮	0.0036	0.2590	0.2626	0.3	87.55%	是
	活性磷酸盐	0.00004	0.0190	0.0190	0.03	63.47%	是
	石油类	0.0006	0.0268	0.0274	0.05	54.78%	是
	总铜	0.00004	0.0016	0.0016	0.01	16.40%	是
	总镍	0.00002	0.0006	0.0006	0.01	6.20%	是
	锌	0.0001	0.0060	0.0061	0.05	12.12%	是

图 4.3-13 化学需氧量预测浓度增值包络线图	图 4.3-14 无机氮预测浓度增值包络线图	图 4.3-15 活性磷酸盐预测浓度增值包络线图
图 4.3-16 石油类预测浓度增值包络线图	图 4.3-17 总铜预测浓度增值包络线图	图 4.3-18 总镍预测浓度增值包络线图



#### 4.3.2.2.7 混合区

根据《入河入海排污口监督管理技术指南 入海排污口设置论证技术导则》(HJ 1406-2024)，一般指污水自排放口(扩散器)连续排出，各个瞬时造成附近水域污染物浓度超过该水域水质目标限值的平面范围的叠加(亦即包络)称为混合区。

根据前文预测结果，正常达标尾水排放情况下，排水口附近预测因子无机氮最大浓度增值为0.1061mg/L，叠加背景值后浓度值为0.4031mg/L，占标率为100.78%，无机氮出现轻微超标，超标范围约0.02km<sup>2</sup>(约2.4880公顷)，即该区域为项目尾水达标排放混合区范围，该区域面积较小，超标范围不涉及临近近岸海域功能区。

表 4.3-8 预测情景下各预测因子浓度增值包络线面积统计表

污染物	包络线面积(km <sup>2</sup> )		
	$\geq 0.01\text{mg/L}$	$\geq 0.05\text{mg/L}$	$\geq 0.1\text{mg/L}$
化学需氧量	9.17	0.71	0.12
	4.42	0.07	0.02
无机氮	$\geq 0.01\text{mg/L}$	$\geq 0.02\text{mg/L}$	$\geq 0.071\text{mg/L}$ (超标区)
	4.49	0.78	0.06
活性磷酸盐	$\geq 0.0001\text{mg/L}$	$\geq 0.0002\text{mg/L}$	$\geq 0.0005\text{mg/L}$
	4.49	0.78	0.06
石油类	$\geq 0.001\text{mg/L}$	$\geq 0.002\text{mg/L}$	$\geq 0.005\text{mg/L}$
	6.80	2.99	0.19
总铜	$\geq 0.0001\text{mg/L}$	$\geq 0.0002\text{mg/L}$	$\geq 0.0005\text{mg/L}$
	5.05	1.17	0.08
总镍	$\geq 0.00005\text{mg/L}$	$\geq 0.0001\text{mg/L}$	$\geq 0.0002\text{mg/L}$
	5.05	1.17	0.16
锌	$\geq 0.0001\text{mg/L}$	$\geq 0.0002\text{mg/L}$	$\geq 0.0005\text{mg/L}$
	6.51	2.71	0.17
氟化物	$\geq 0.002\text{mg/L}$	$\geq 0.005\text{mg/L}$	$\geq 0.01\text{mg/L}$
	4.27	0.27	0.04



图 4.3-21 混合区范围

### 4.3.3 对海洋地形地貌与冲淤环境的影响分析

本污水排水管道是通过挖沟放管，再回填的方式掩埋在海底表层下约3m处，基本没有改变海底地形地貌。另外，营运期污水排放后，排水口设计最大出水速度约2.5m/s，排水口出口距离海底约1米，基本不会对周边冲淤环境产生扰动。因此，工程实施后对地形地貌及海底冲淤变化的影响较小。

### 4.3.4 对海洋沉积物环境的影响分析

本项目对海域沉积物环境影响主要表现在施工期挖槽对海域沉积物的扰动以及产生的悬浮泥沙在周边海域沉降，引起局部海域表层沉积物环境的变化。根据调查，本工程所在海域沉积物环境质量总体良好，施工过程中产生的悬浮泥沙主要来源于既有海域表层沉积。

#### （1）施工期悬浮物扩散和沉降对环境的影响

施工期工程区沟槽开挖会扰动区域内的表层沉积物环境，形成悬浮泥沙，进入水体中，其中颗粒较大的悬浮泥沙会直接沉降在沟槽开挖区内，形成新的表层沉积物环境，粒较小的悬浮泥沙会随海流漂移扩散，并最终沉积在沟槽开挖区域周围的海底，将原有

的表层沉积物覆盖，引起局部海域表层沉积物环境的变化。由于开挖引起的悬浮泥沙来源于附近海域表层沉积物本身，一般情况下沟槽开挖对沉积物的改变大多是物理性质的改变，对沉积物的化学性质的改变不大，对工程区既有的沉积物环境产生的影响甚微，不会引起海域总体沉降环境质量的变化。

调查资料表明，本工程所在海域沉积物环境质量良好，一般情况下，其化学溶出物有限。因此，施工期间泥沙入海可能使工程区附近局部区表层沉积物类型、粒度参数等物理特性发生一定变化，但对表层沉积物化学质量指标的影响很小，不会引起海域总体沉积环境质量的变化。

### （2）管道覆盖回填料对沉积环境的影响

根据工可，管道铺设后将在管道上面抛填块石、碎石等，导致管道上方局部海域沉积环境改变，但其影响是局部的，短暂的，随着管道铺设完成，海床的回淤，周边沉积环境将逐渐得到恢复。

### （3）营运期达标尾水排放对沉积环境的影响

运营期尾水排放对沉积环境的影响主要表现在达标处理尾水排入水体中后，部分污染物，尤其是金属元素可能沉积在沉积物中富集。电镀废水处理厂排放的尾水以有机污染物和营养元素为主，涉及少量铜、镍、锌重金属的排放；从水环境影响预测分析情况来看，正常排放时，水污染物浓度增值范围集中于项目排水口附近，甲子港海域内的锌、铜、镍的最大浓度增值叠加背景值后，各项水质因子均达到相应海域环境功能区划的海水水质标准，项目达标尾水排放对其影响甚微，后续累积效应不明显。

## 4.3.5 对海洋生态环境的影响分析

### 4.3.5.1 施工期对海洋生态环境的影响分析

本项目施工期对海域生态环境的影响主要表现在排水管道施工过程中悬浮泥沙扩散对海域生态环境产生的影响，是随着施工结束而恢复的暂时性影响。

#### 4.3.5.1.1 对浮游生物影响分析

从海洋生态角度来看，施工海域内的局部海水悬浮物增加，水体透明度下降，从而使溶解氧降低，对水生生物产生诸多的负面影响。最直接的影响是削弱了水体的真光层厚度，对浮游植物的光合作用产生不利影响，进而妨碍浮游植物的细胞分裂和生长，降低单位水体内浮游植物数量，导致局部水域内初级生产力水平降低，使浮游植物生物量降低。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；当悬浮物的浓度增加量在 10~50mg/L 时，浮游植物将会受到轻微的影响；而当悬

浮物浓度增加 50mg/L 以上时，浮游植物会受到较大的影响，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。

在海洋食物链中，除了初级生产者—浮游藻类以外，其他营养级上的生物既是消费者，也是上一营养级生物的饵料。因此，浮游植物生物量的减少，会使以浮游植物为饵料的浮游动物在单位水体中拥有的生物量也相应地减少，致使这些浮游生物为食的一些鱼类等由于饵料的贫乏而导致资源量下降。而且，以捕食鱼类为生的一些高级消费者，也会由于低营养级生物数量的减少而难以觅食。可见，水体中悬浮物质含量的增加，对整个海洋生态食物链的影响是多环节的。

#### 4.3.5.1.2 对浮游动物的影响

施工作业引起施工海域内的局部海水的浑浊，这将使阳光的透射率下降，从而使得该水域内的游泳生物迁移别处，浮游生物将受到不同程度的影响，尤其是滤食性浮游动物和营光合作用的浮游植物受到的影响较大，这主要是由于施工作业引起的水中悬浮物增加，悬浮颗粒会黏附在动物体表，干扰其正常的生理功能，滤食性浮游动物及鱼类会吞食适当粒径的悬浮颗粒，造成内部消化系统紊乱。

此外，根据有关资料，水中悬浮物质含量的增加，对浮游桡足类动物的存活和繁殖有明显的抑制作用。过量的悬浮物质会堵塞浮游桡足类动物的食物过滤系统和消化器官，尤其在悬浮物含量达到 300mg/L 以上时，这种危害特别明显。在悬浮物质中，又以粘性淤泥的危害最大，泥土及细砂泥次之。同时，过量的悬浮物质对鱼、虾类幼体的存活也会产生明显的抑制作用。

从现状调查结果可知，项目所处海域浮游动物群落相对稳定。施工期产生的悬浮泥沙对浮游生物将产生影响，由于悬沙源强小，影响范围也仅在施工点位附近，且悬沙影响只是暂时的，施工结束后将逐渐恢复，整体上，项目施工对浮游生物的影响较小。

#### 4.3.5.1.3 对底栖生物的影响分析

底栖生物是水生生物生态系统中的一种重要生态类型，管道开挖过程对底栖生物的直接影响首先表现在管道开挖区范围内的底栖生物将被彻底地损伤破坏，此外，开挖所激起悬浮泥沙的二次沉淀也将掩埋挖泥区两侧的底栖生物，从而对开挖区附近的底栖生物也产生一定的影响，施工结束后，底栖生物群落将逐渐恢复、重建。

本项目排水管道及扩散器开挖总面积为 1.503ha，施工将造成挖掘区底栖生物几乎全部损失。当底栖生物的影响区域较小，并且受影响的时间为非产卵期时，其恢复通常较快，恢复后其主要结构参数（种数、丰富度及多样性指数等）将与挖掘前或邻近的未

挖掘水域基本一致，但物种组成仍有一定差异，要彻底恢复，则需要更长的时间。这是由于底栖生物的幼虫为浮游生物，只要有足够的繁殖产量，这些幼虫随海流作用还会来到工程海域生长。然而，如果受影响区域较大，影响的时间恰为繁殖期或影响的持续时间较长，则其恢复通常较慢，如果没有人工放流底栖生物幼苗，底栖生物的恢复期可能持续5~7年。

#### 4.3.5.1.4 对游泳生物的影响分析

本节所述渔业资源主要包括游泳生物（主要为鱼、虾、蟹）和鱼卵仔鱼。对部分游泳生物来讲，悬浮物的影响较为显著。悬浮物可以黏附在动物身体表面干扰动物的感觉功能，有些黏附甚至可以引起动物表皮组织的溃烂；通过动物呼吸，悬浮物可以阻塞鱼类的鳃组织，造成呼吸困难；某些滤食性动物，只有分辨颗粒大小的能力，只要粒径合适就可吸入体内，如果吸入的是泥沙，那么动物有可能因饥饿而死亡；水体的浑浊还会降低水中溶解氧含量，进而对游泳生物和浮游动物产生不利影响，甚至引起死亡。但鱼类等游泳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，悬浮物质含量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，他们会避开这一点源混浊区，产生“驱散效应”。

根据有关研究资料，水体中SS浓度大于100mg/L时，水体浑浊度比较高，透明度明显降低，若高浓度持续时间较长，会影响水生动、植物的生长，尤其对幼鱼苗的生长有明显的阻碍，而且可导致死亡。悬浮物对鱼卵的影响也很大，水体中若含有过量的悬浮固体，细微颗粒会黏附在鱼卵的表面，妨碍鱼卵呼吸，不利于鱼卵的孵化，从而影响鱼类繁殖。据研究，当悬浮固体物质含量达到1000mg/L以上，鱼类的鱼卵能够存活的时间很短。

本项目施工产生的悬浮泥沙主要在排水管道周边海域进行扩散，根据预测结果，SS浓度未超过50mg/L，因此，游泳生物会由于施工影响范围内的SS增加而游离施工海域，施工作业完成后在很短的时间内，SS的影响将逐渐消失，鱼类等水生生物又可游回。这种影响持续于整个施工过程，但施工结束后即消失，一般不会对该海域的水生生物资源造成长期、累积的不良影响，但短期内会造成渔业资源一定量的损失。

#### 4.3.5.1.5 施工噪声对海洋生物影响分析

水下声环境敏感目标主要为水中的鱼类和海洋哺乳动物。鱼类及海洋哺乳动物经过长时期的演变，形成了一套水动态—声音感知系统，使得其感知不可识别的扰动和水下声音的格局以进行捕食、躲避掠食动物或躲开障碍物。鱼类水下感声器官为侧线、膘及

内耳，研究表明声音压力的高低变化会使膘发生收缩或膨胀变化，超过一定压力便可使膘胀破，此外肝、肾等器官也可能受水下噪声影响而发生损伤。

本工程水下噪声主要来自施工船舶挖泥作业及航行。施工水下噪声对鱼类的影响主要表现为噪声滋扰导致鱼类暂时游离施工水域，并不会造成大范围鱼类死亡等明显影响。但施工过程中由于施工现场的作业船舶过于频繁，会惊扰或影响部分仔幼鱼索饵、栖息活动，但绝大部分可能受到影响的鱼类可以回避。由于春夏季节是鱼、虾类产卵、仔幼鱼索饵季节，建议施工作业尽量避开这一季节。

#### 4.3.5.2 营运期对海洋生态环境的影响分析

根据预测结果，排水口正常排放情况下，排水口各类污染物排放、扩散情况均满足所在功能区海水水质标准要求。

尾水排放对论证海区渔业的直接影响主要表现为对天然渔业资源的影响，由于养殖区离排污口较远，且纳污海区稀释扩散能力很强，在一个大中小潮周期内，基本不会对海水养殖区产生影响。项目污染物稀释扩散区内，成鱼可以回避，但鱼卵、仔鱼、幼鱼回避能力差，尾水排放对渔业资源的损害主要考虑鱼卵、仔鱼、幼鱼。根据水环境影响预测计算结果，除无机氮出现小范围轻微超标外，外排尾水中各污染物排放后最大浓度增值均可满足所在海域水质标准。由此可见，电镀废水处理厂达标尾水排放对海洋生物资源与渔业资源的影响较小。

由上分析，电镀废水处理厂达标尾水排放前提下，海域水体污染物浓度增值较低，对水质环境影响较小。排水口附近的水质变化会对附近的浮游动物、底栖生物产生影响，其影响范围主要在排水口附近的混合区，水质变化间接影响水生生物的群落结构，使水生生物的群落中耐污种继续增加。总体上看，电镀废水处理厂达标尾水排放对甲子港海域的水环境和水生物资源影响较小。

#### 4.3.6 对海洋敏感区影响分析

##### 4.3.6.1 对生态保护红线的影响分析

本项目用海不涉及生态保护红线，论证范围内生态保护红线包括鳌江重要河口（北侧 4.8km）、东海海岸防护物理防护极重要区（东侧 3.0km）。

根据水环境影响预测计算结果，除无机氮出现小范围轻微超标外，外排尾水中各污染物排放后最大浓度增值均可满足所在海域水质标准。项目排污混合区集中在项目排水口附近，不涉及生态保护红线。

综上，本项目尾水排放对周边生态保护红线影响较小。

#### 4.3.6.2 对渔业资源的影响分析

项目施工期由于埋管施工，会造成少量渔业资源和底栖生物损失，其中底栖生物损失量约为 24.922kg、鱼卵损失 2882250 粒，仔鱼损失 1143750 尾，游泳生物损失 0.179kg，企业在施工期尽量避开产卵高峰期，减轻施工强度，随着施工结束，渔业资源将逐渐恢复。

运营期尾水排放对论证海区渔业的直接影响主要表现为对天然渔业资源的影响，由于养殖区离排污口较远，且纳污海区稀释扩散能力很强，在一个大中小潮周期内，基本不会对海水养殖区产生影响。项目污染物稀释扩散区内，成鱼可以回避，但鱼卵、仔鱼、幼鱼回避能力差，尾水排放对渔业资源的损害主要考虑鱼卵、仔鱼、幼鱼。根据水环境影响预测计算结果，除无机氮出现小范围轻微超标外，外排尾水中各污染物排放后最大浓度增值均可满足所在海域水质标准。由此可见，电镀废水处理厂达标尾水排放对海洋生物资源与渔业资源的影响较小。

#### 4.3.6.3 对“三场一通道”的影响分析

本项目入海排污口所在海域属于南海北部幼鱼繁育场保护区、幼鱼、幼虾保护区。

根据水环境影响预测计算结果，除无机氮出现小范围轻微超标外，外排尾水中各污染物排放后最大浓度增值均可满足所在海域水质标准。运营期尾水排放对论证海区渔业的直接影响主要表现为对天然渔业资源的影响，由于养殖区离排污口较远，且纳污海区稀释扩散能力很强，尾水排放对渔业资源的损害主要考虑鱼卵、仔鱼、幼鱼的影响较小。

#### 4.3.7 项目对海岸线影响分析

根据项目设计方案，项目在桩号 JW89~JW92 涉海排水管道采用定向钻施工工艺，定向钻起点设置在桩号 JW89 处，距离海岸线向陆一侧 27 米，终点设置在桩号 JW92，距离海岸线向海一侧 110 米，本工程排水管道采用定向钻施工方式底土穿越海岸线，底土穿越海岸线深度 3 米。排水管道管径为 0.32 米，拟申请用海占用海岸线 35.29 米。

项目排水管道采用定向钻的施工方式底土穿越砂质岸线，施工过程中无需对海岸线进行开挖，且定向钻施工技术较为成熟，不会发生凹陷坍塌等事故，定向钻起点和终点距离海岸线较远，不会造成岸滩侵蚀，对沙滩基本无影响，因此，不会导致海岸线原有形态或生态功能发生变化。

本项目在进行定向钻施工时应严格控制施工作业范围，制定合理施工计划，合理安排施工进度，项目产生的船舶油污水、生活污水、固体废弃物等均统一收集交给有能力的单位处理，不排海，不堆放于海岸线所处的自然岸滩。

综合分析，项目对海岸线影响较小。

#### 4.3.8 通航安全环境影响分析

本工程本身为电镀废水处理厂达标尾水排放项目，涉海排水管道在施工期间需投入的施工船舶数量较少，工程引起水上交通流量增加很小。

营运期海洋涉海排水管道本身不产生新增水上交通流量，根据设计方案，交越航道段埋深在航道底标高以下 3.7m（当地理论最低潮面）的底土中，距离航道底标高有一定的距离。

此外，本工程管道末端连接扩散器，扩散器设置排放立管，立管伸出海床面以上约 1 米形成排放口，排水口若未按要求做好标识，则过往船只抛锚等人为因素与其发生碰撞，引起扩散器破坏，可能会造成附近海域中的 COD、石油类、无机氮等污染物浓度升高。因此，本项目应按要求在排放口附近设置灯浮标和海底管道登陆点标志牌等标志，将项目可能对所在海域通航环境产生的影响降至最低。

#### 4.3.9 防洪纳潮影响分析

本工程建设不涉及现有及规划堤防，符合防洪（潮）规划要求。项目为电镀废水处理厂达标尾水排放项目，项目建成后管道将埋设于海底，基本不占用鳌江过流断面，对鳌江口以上河段的河势基本没有影响，造成的河道内壅水、水流形态改变、冲淤条件变化影响甚小，对鳌江岸、堤防和其他水利设施以及防汛抢险没有不良影响。

## 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 汕尾市社会环境概况

根据汕尾市人民政府门户网站发布, 2024 年全年汕尾实现地区生产总值(初步核算数) 1500.89 亿元, 按不变价格计算, 同比增长 4.0%。其中, 第一产业增加值 205.75 亿元, 增长 4.4%, 对经济增长的贡献率为 14.8%; 第二产业增加值 433.60 亿元, 增长 3.7%, 对经济增长的贡献率为 26.3%; 第三产业增加值 861.54 亿元, 增长 4.0%, 对经济增长的贡献率为 58.9%。三次产业结构为 13.7:28.9:57.4。人均地区生产总值 55667 元(按年平均汇率折算为 7817 美元), 增长 3.6%。

##### 5.1.1.2 陆丰市社会经济概况

根据陆丰市人民政府门户网站发布, 2024 年陆丰市实现地区生产总值(初步核算数) 458.19 亿元, 同比增长 3.2%。分季度, 一季度同比增长 7.2%, 二季度同比增长 7.0%, 三季度同比增长 4.0%, 四季度同比增长 3.2%。分产业, 第一产业实现增加值 90.53 亿元, 同比增长 3.9%, 第二产业实现增加值 114.48 亿元, 同比增长 1.5%, 第三产业实现增加值 253.18 亿元, 同比增长 3.7%。三次产业结构比重为 19.7%: 25.0%: 55.3%。按年平均常住人口计算, 全市人均地区生产总值为 37260 元, 同比增长 2.9%。

##### 5.1.1.3 港口产业发展现状

汕尾港包括汕尾港区、汕尾新港区、海丰港区、陆丰港区共四个港区。依托良好的港口资源优势, 汕尾港已成为汕尾市临港工业发展的重要平台。2024 年汕尾港全港完成货物吞吐量 1971 万吨, 同比增长 6.5%。

分货类来看, 依托汕尾红海湾电厂(广东汕尾电厂一期工程)、海丰华润电厂、陆丰甲湖湾电厂等发电厂及其配套码头的投产运营, 煤炭及制品是汕尾港的主要货类, 近年来占全港吞吐量比重基本保持在 90%以上。2024 年, 汕尾港煤炭及制品吞吐量为 1916 万吨, 占全港吞吐量比重为 97.2%。水泥也是汕尾港货物吞吐量的组成部分, 2024 年汕尾港水泥吞吐量为 19 万吨, 占全港比重为 0.98%。

此外, 2016—2017 年汕尾港每年有 1.1 万~1.4 万 TEU 的集装箱吞吐量, 主要是汕尾港区的货运码头箱量, 随着城区货运码头的关停, 全港自 2018 年起不再有集装箱吞吐量; 2016—2018 年汕尾港每年有 8 万~15 万吨的木材吞吐量, 主要是汕尾新港区通

用件杂货码头产生的运量，2019 年后没有产生木材吞吐量。2024 年起，汕尾港依托中广核陆丰海洋工程基地水工工程，完成机械设备电器吞吐量 23 万吨，占全港吞吐量 1.2%，主要是为后方陆丰海工装备制造基地的风电设备服务。

分内、外贸来看，2010—2022 年汕尾港以内贸货物为主，从 2020 年起内贸货物吞吐量占全港比重持续下降，2024 年内贸货物吞吐量为 588 万吨，占全港比重为 30%；外贸货物吞吐量为 1383 万吨，占比为 70%，外贸货物主要为煤炭及制品。

分进、出港来看，汕尾港货物吞吐量以进港为主，且近年进港比例呈现逐步增长趋势，2021—2022 年进港吞吐量已达全港的 100%，2023—2024 年有少量货物出港，汕尾港目前仍以承担区域内能源、原材料输入的功能为主。

分港区来看，汕尾港吞吐量主要集中在汕尾新港区、海丰港区和陆丰港区，汕尾港区随着货运码头的逐步关停，2018—2022 年没有货运量，2023 年起有少量金属矿石出运；汕尾新港区主要有广东汕尾电厂一期工程配套码头，2024 年货物吞吐量占全港比重为 32.2%；海丰港区主要有华润电厂配套码头，2024 年货物吞吐量占全港比重为 29.0%；陆丰港区随着 2018 年甲湖湾电厂配套码头、2023 年中广核陆丰海洋工程基地水工工程（码头）项目的建成，货物吞吐量迅速增长，2024 年货物吞吐量占全港比重为 38.1%。

#### 5.1.1.4 海洋养殖发展规划

根据《汕尾市海洋养殖发展规划（2021-2030 年）》，依据汕尾市海洋和渔业优良的资源禀赋，优越的渔业发展基础，良好的海洋生态环境承载力，广阔的滩涂养殖空间，以及渔业用海空间、海洋生态红线、渔业发展相关政策资源和市场环境条件等核心要素，以“绿色兴渔、创新强渔、协调惠渔、共享富渔、开放助渔”为导向，以渔业用海空间有保有压、有进有退、绿色优先、创新发展为原则，以沿岸绿色优先、近岸低碳发展、远岸科技引领为主轴，促进渔业创新绿色发展、产业长链强链补链精链、“三农”稳产保供增收，以构建国家农业绿色发展先行区为目标，推动汕尾市现代海洋渔业绿色创新与高质量发展，全面构建“一核•一带•两湾一角•多点”的总体发展格局。

以汕尾马宫、碣石、甲子三个渔港核心片区为中心，形成东中西三大渔港经济核心区“海洋经济桥头堡”试点，以陆城镇产业融合与一体化服务为依托，以海洋绿色渔业产业为基础，联动渔业用岛和公共服务用岛等资源，构建集渔港经济区、美丽休闲渔村、渔船避风港、物资补给、渔货交易、冷链物流、深精加工、海洋食药、海洋生态、休闲观光、城镇建设、渔业集散、数字交易等功能为一体，区域产业结构平衡、产业层次较高、辐射效应明显的一二三级海洋渔业绿色经济桥头堡，全面打造构建为国家级和省级

渔港经济区。

根据《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》，以及国土空间规划、海洋生态红线、沿海经济带综合发展规划等相关规划空间布局指导及国土空间用地用海划分，在汕尾市增养殖用海上细分海洋渔业利用空间，确定海洋渔业一级用海功能分为三大类：禁养区、限养区、养殖区。二级用海功能分为五大类，其中，禁养区主要包括海洋生态保护类、渔业生态保护类等；限养区主要包括海洋资源管护类、渔业资源管护类等；养殖区主要包括海洋经济渔业类。三级用海功能划分为十大类，分别为海洋生态保护类、渔业生态保护类、海洋资源管护类、渔业资源管护类、共享渔业牧场类、休闲渔旅融合类、绿色生态养殖类、深水养殖产业类、能源混合利用类、岛礁融合发展类等。依据《汕尾市养殖水域滩涂规划》对禁养区、限养区、养殖区划定的基础上，在横向 上依据水深将本规划海域划分为动态保护区、适宜利用区、养殖保留区。动态保护区是指离岸距离较近，水体交换能力较弱，需要控制养殖规模，防止高密度养殖，结合海洋生态环境修复，发展水产资源增养殖、休闲渔业等多产业融合的海域。确定条件如下：①海湾及其毗连 0-10 米水深海域；②岛礁基岩区域 0-10 米水深海域；③滩涂（潮间带）及毗连海岸；④目前以人工渔礁、海洋牧场等形式开展公益类海洋生态保护的海域。

本项目排水管道设置于甲子港海域，平均水深约 4.5 米，属于养殖区中的动态保护区，该区域离岸距离较近，水体交换能力较弱，需要控制养殖规模，防止高密度养殖。

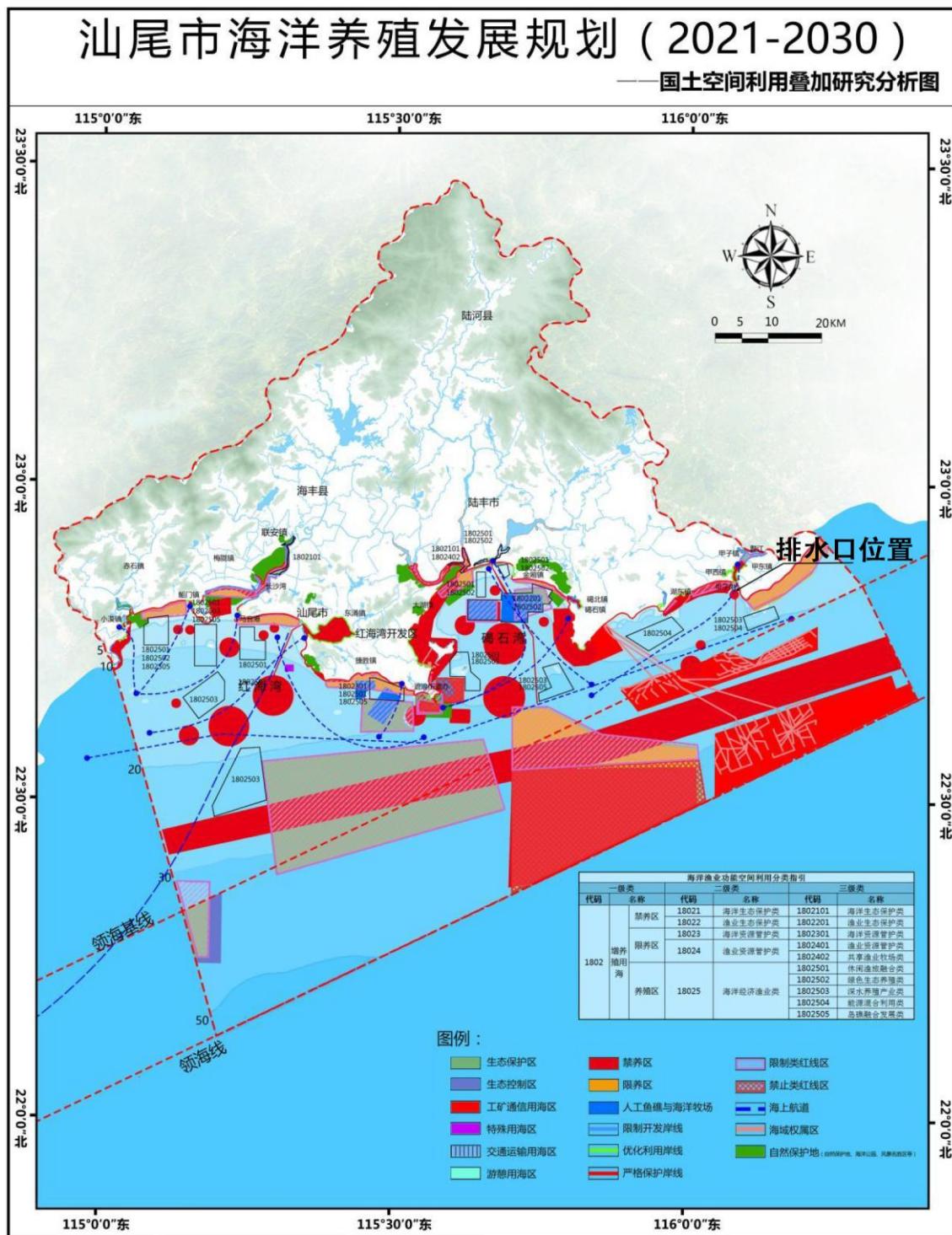


图 5.1-1 项目用海与汕尾市海洋养殖发展规划位置关系图

根据《陆丰市养殖水域滩涂规划 (2018—2030 年)》，陆丰市海水养殖功能区分成两个区：浅海滩涂增养殖区和海水池塘养殖区。其中浅海滩涂增养殖区指的是水深 10 米以内的潮下带。以传统近岸网箱鱼类养殖和浅海滩涂贝类养殖为主。陆丰市浅海养殖主要开发区域有金厢镇等地区。海水池塘养殖区主要为海水池塘养殖由潮间带池塘，陆基水池养殖等构成。海水池塘养殖以发展对虾养殖和海水鱼类养殖为主。为维护养殖环境

和提高养殖的经济效益，同时应注重健康养殖，提倡多个品种的混养、套养以及轮养等模式。海水池塘养殖区主要发展区域为河东、甲西、碣石、桥冲等地区。

本项目排水管道设置于甲子港海域，位于《陆丰市养殖水域滩涂规划（2018—2030年）》的禁养区范围内。

### 陆丰市养殖水域滩涂规划（2018—2030年）总览

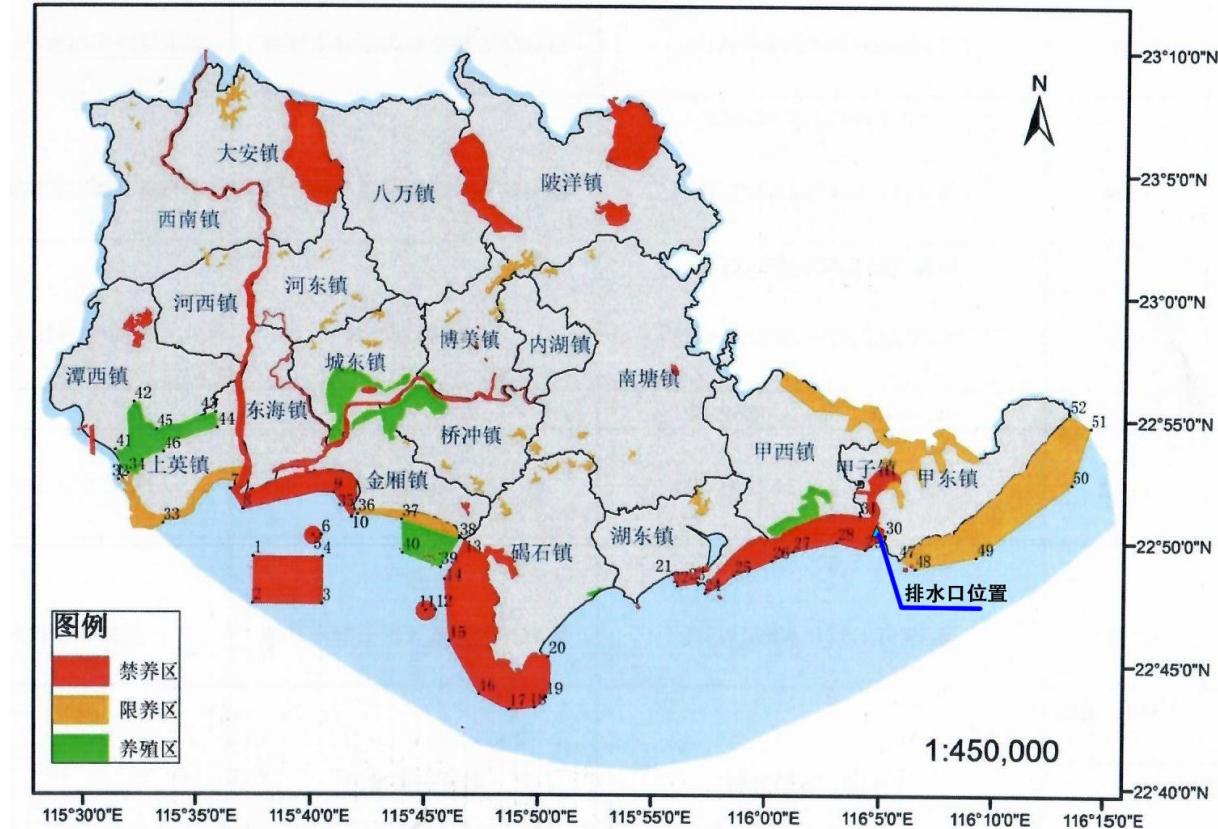


图 5.1-2 项目用海与陆丰市养殖水域滩涂规划位置关系图

#### 5.1.2 海域使用现状

本项目位于广东省汕尾市陆丰市甲东镇妈祖庙附近，项目相关人员对选址及周边进行了现场踏勘，结合搜集到的资料和遥感影像，项目论证范围内开发利用活动有汕尾 110 千伏甲东输变电工程、广东陆丰甲湖湾电厂新建工程（2×1000MW）、陆丰市甲子渔港避风锚地升级改造和整治维护项目、陆丰市甲子镇瀛利浮排服务队临海工业用海等，项目评价范围内。另外，项目用海附近分布有甲子港航道（W, 0.1km）和 13 号锚地（S, 0.09km）以及项目所在海域分布有少量小型渔船及渔民捕捞。

项目所在海域海洋开发利用活动见下表。

表 5.1-1 项目周边海域开发利用现状信息表

序号	项目名称	用海方式	位置关系	距离/km
1	陆丰市甲子镇瀛利浮排服务队临海工业用海	透水构筑物	N	3.0
2	汕尾 110 千伏甲东输变电工程	透水构筑物	N	5.8
3	陆丰市甲子渔港避风锚地升级改造和整治维护项目	透水构筑物、港池、蓄水、透水构筑物	N	3.6
4	广东陆丰甲湖湾电厂新建工程 (2×1000MW)	海底电缆管道、透水构筑物、非透水构筑物、透水构筑物、建设填海造地、取、排水口	W	7.8
5	中广核汕尾后湖海上风电场项目	透水构筑物、海底电缆管道	S	11.5
6	中广核汕尾风渔融合示范项目	开放式养殖	S	12.7
7	甲子港航道	/	W	0.1
8	13 号锚地	/	S	0.09

图 5.1-3 项目周边海域开发利用现状图

### (1) 汕尾 110 千伏甲东输变电工程

本项目所在为陆丰甲子港区，周边有确权电力工业用海项目，主要为中广核汕尾甲子一海上风电场项目、中广核汕尾甲子二海上风电场项目、中广核汕尾后湖海上风电场项目等海上风电工业用海，以及广东陆丰甲湖湾电厂新建工程（2×1000MW）燃煤发电工业用海项目。

### (2) 陆丰市甲子渔港避风锚地升级改造和整治维护项目

甲子渔港是经国务院批准的对外开放的贸易口岸、国家一级渔港、广东省重要的渔业生产基地之一，以及三甲地区唯一渔港。甲子渔港地处陆丰市的东南部，属于甲子镇、甲东镇和甲西镇三甲区域的中心，南邻南海，近靠甲子渔场。

甲子港拥有临近渔场、运输成本低、港池空间大等优势。现状甲子港水域较宽阔，口门处有防波堤起着防浪作用，避风条件好，但港内常年淤积严重，渔船避风与通航安全等级低；渔港服务设施基本配套齐全，但后勤服务机构仍较落后。

**陆丰市甲子渔港避风锚地升级改造和整治维护项目** 陆丰市渔港经济区甲子渔港核心区建设，依托现甲子渔港开展，促使甲子中心渔港与后方产业更进一步衔接运转，成为现代海洋渔业发展的桥头堡。未来随着陆丰市渔港经济区的全面开发与发展，甲子渔港核心区或将成为整个渔港经济区的渔业交易及服务中心。



图 5.1-4 甲子港现状地块航拍图



图 5.1-5 甲子港未来规划设计平面示意图

### (3) 广东陆丰甲湖湾电厂新建工程 (2×1000MW)

广东陆丰甲湖湾电厂新建工程 (2×1000MW)，位于陆丰市湖东镇海甲山西侧海域，其海域使用权人为广东宝丽华新能源股份有限公司。该项目用海类型为电力工业用海，用海面积 78.9785 公顷，其中前沿填海面积 41.0030 公顷、透水式构筑物 2.7328 公顷、非透水式构筑物 29.8394 公顷、港池用海 2.9092 公顷、取水口用海 1.0970 公顷、海底电缆管道用海 1.3971 公顷；申请用海期限 28 年。

### (4) 陆丰市甲子镇瀛利浮排服务队临海工业用海

临海工业用海，位于陆丰市甲子镇甲子港海域，其海域使用权人为陆丰市甲子镇瀛利浮排服务队。该项目用海类型为其他用海，用海方式为透水构筑物，用海面积 0.4200 公顷，申请用海期限 45 年。

除海上移动浮坞和临海工业用海这 2 项用海，距离本项目较近以外，其他确权项目均距离本项目较远。

### (5) 中广核汕尾后湖海上风电场项目

中广核汕尾后湖海上风电场项目位于广东省汕尾市陆丰市湖东镇至揭阳市惠来神泉镇之间、汕尾陆丰湖东镇后湖南侧海域，地理坐标约为北纬  $22^{\circ} 43' 35.009''$ ，东经  $116^{\circ} 03' 50.414''$ ，登陆点位于田尾山陆丰核电项目东北侧约 4.5km 处，距离本项目 11.5km。该项目涉海面积约 80 平方公里，分为东区和西区，共布置 91 台单机容量为

5.5MW 的风电机组，总装机容量 500MW，配套建设两座海上升压站和海上集控中心，通过海底电缆输送电能。于 2021 年 11 月实现全部机组并网发电，投运时是国内在运单体容量最大的海上风电项目之一；风机叶轮直径 157.7 米，轮毂高度 105.7 米，叶片最低点至设计高水位净高 26.8 米。2025 年 4 月 2 日至 12 月 31 日，项目开展主机优化升级施工，涉及吊装更换风电机组主机，施工期间安全作业区范围覆盖东区和西区坐标连线区域。此外，2025 年 11 月项目启动用海调整海域使用论证报告公示程序。中心场区部署了“伏羲一号”风渔融合示范平台，于 2024 年 9 月投运，集成智能养殖系统，可抗击 17 级台风，预计年产值约 5400 万元，推动“海上风电+深海养殖”协同发展。作为粤东首个超百万千瓦级海上风电基地组成部分，项目与甲子一等项目共同形成 140 万千瓦装机规模，每年提供清洁电能约 38 亿千瓦时，助力汕尾构建“海洋牧场+蓝色能源”融合产业格局。

#### **(6) 中广核汕尾风渔融合示范项目**

广东省汕尾市陆丰市湖东镇湖东港东南侧海域约 15 公里处（东经  $116^{\circ} 04' 02.262''$ ，北纬  $22^{\circ} 43' 35.665''$ ），距离项目最近距离为 12.7km，是全国首个“海上风电+海洋牧场”融合项目，位于汕尾后湖海上风电场中心区，距海岸约 11 公里。项目总投资 2 亿元，采用抗台风网箱设计，养殖水体达 6.3 万立方米，预计年产优质海水鱼 900 吨，年产值 5400 万元。

#### **(7) 航道**

甲子港的主航道深度约为 4 米，涨潮时可达 5 米，港底平坦，泥沙质。1972 年在甲子港口西侧修筑了拦沙坝，减少了泥沙淤积，使得 200 吨级以下的船舶能够自由进出。甲子港航道与本项目用海范围距离约 100 米。

#### **(8) 锚地**

本项目论证范围内涉及 1 处汕尾港锚地，即 13 号锚地，与项目用海最近距离约 90m，中心点坐标为  $116^{\circ}04'23''E$ ,  $22^{\circ}49'54''N$ ，面积  $2.7km^2$ ，主要用途为引航、检疫、防台。

#### **(9) 国控监测站位**

本项目论证范围内涉及 2 处国控监测站位，编号为 GDN14006 国控监测站位，相对直线距离为 8.92km，编号为 GDN14009 国控监测站位，相对直线距离为 3.67km。

#### **(10) 渔民作业区**

除前文所列有确权的用海外，项目所在海域内存在部分小型渔船及渔民捕捞区域。

略

图 5.1-6 工程周边航道锚地分布图



图 5.1-7 甲子港航道分布

### 5.1.3 海域权属现状

根据收集到的资料, 本项目论证范围已确权用海项目权属信息见表 5.1-2 所示。根据本项目周边海域使用权属状况的资料收集情况及调访结果, 项目论证范围内开发利用权属现状主要有陆丰市甲子镇瀛利浮排服务队临海工业用海 (N, 3.0km)、陆丰市甲子渔港避风锚地升级改造和整治维护项目 (N, 3.6km)、汕尾 110 千伏甲东输变电工程 (N, 5.8km)、广东陆丰甲湖湾电厂新建工程 (2×1000MW) (W, 7.8km)、中广核汕尾后湖海上风电场项目 (S, 11.5km)、中广核汕尾风渔融合示范项目 (S, 12.7km)。本项目周边无紧邻的已确权登记用海项目。

表 5.1-2 周边权属信息一览表

序号	项目名称	使用权人	证书编号	海域使用类型		用海期限		用海方式	宗海面积/公顷	批准机关	方位	距离/km
				一级类	二级类	起始日期	终止日期					
1	陆丰市甲子镇瀛利浮排服务队临海工业用海	陆丰市甲子镇瀛利浮排服务队	94415001	其他用海	其他用海	2009/1/9	2053/11/24	透水构筑物	0.42	陆丰市自然资源局	N	3.0
2	陆丰市甲子渔港避风锚地升级改造和整治维护项目	陆丰市甲子渔港建设中心	2021D44158102178	渔业用海	渔业基础设施用海	/	/	透水构筑物	0.0068	陆丰市自然资源局	N	3.6
			2021D44158102178	渔业用海	渔业基础设施用海	/	/	港池、蓄水	0.03	陆丰市自然资源局	N	
			2021D44158102178	渔业用海	渔业基础设施用海	/	/	透水构筑物	0.0294	陆丰市自然资源局	N	
3	汕尾 110 千伏甲东输变电工程	广东电网有限责任公司汕尾供电局	2023D44158101368	工业用海	电力工业用海	2023/6/30	2073/6/30	透水构筑物	0.0481	陆丰市自然资源局	N	5.8
4	广东陆丰甲湖湾电厂新建工程 (2×1000MW)	广东宝丽华新能源股份有限公司	2022B44158101140	工业用海	电力工业用海	2017/5/11	2045/5/10	取、排水口	1.1151	广东省自然资源厅	W	7.8
			2022B44158101140	工业用海	电力工业用海	2017/5/11	2045/5/10	港池、蓄水	3.2241	广东省自然资源厅	W	
			2022B44158101130	工业用海	电力工业用海	2017/5/11	2065/5/10	建设填海造地	40.5323	广东省自然资源厅	W	
			2017B44158100874	工业用海	电力工业用海	2017/5/11	2045/5/10	海底电缆管道	1.3971	广东省自然资源厅	W	
			2017B44158100874	工业用海	电力工业用海	2017/5/11	2045/5/10	透水构筑物	2.7328	广东省自然资源厅	W	
			2017B44158100869	工业用海	电力工业用海	2017/5/11	2045/5/10	非透水构筑物	29.8394	广东省自然资源厅	W	
5	中广核汕尾后湖海上风电场项目	中广核新能源海上风电(汕尾)有限公司	2021B44150000375	工业用海	电力工业用海	2019/9/19	2047/9/18	透水构筑物	88.5765	广东省自然资源厅	N	11.5
				工业用海	电力工业用海	2019/9/19	2047/9/18	海底电缆管道	244.3273		N	
				工业用海	电力工业用海	2019/9/19	2047/9/18	透水构筑物	3.6738		N	
				工业用海	电力工业用海	2019/9/19	2047/9/18	海底电缆管道	133.1343		N	
6	中广核汕尾风渔融合示范项目	中广核汕尾新能源有限公司	2023D44158103414	渔业用海	开放式养殖用海	2023/11/27	2033/11/26	开放式养殖	1.3975	陆丰市自然资源局	S	12.7

## 5.2 工程用海对海域开发活动的影响

根据 5.1 节海域开发利用现状分析, 本项目周边海域开发活动主要为临海工业用海, 涉及海上风电、火力发电、开放式海水养殖等用海活动, 还存在航道、锚地等用海活动, 与项目距离较远。目前无海域确权项目与本项目相邻。

根据第 4 章项目用海资源生态影响分析内容, 本工程施工期对资源环境的影响一方面为水域排水管道产生的悬浮泥沙对水质环境的影响, 另一方面是项目用海占用对毗邻用海活动的影响。而运营期内废水排放正常经营对所在海域资源环境的影响。

施工期悬浮泥沙扩散范围与开发利用现状叠置见图 5.2-1, 营运期污水排放扩散范围与开发利用现状叠置见图 5.2-2。结合周边项目的建设和运营情况, 本项目用海对周边海域开发活动影响分析如下:

图 5.2-1 施工期悬浮泥沙扩散范围与开发利用现状叠置图

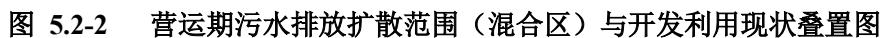


图 5.2-2 营运期污水排放扩散范围（混合区）与开发利用现状叠置图

### 5.2.1 对周边海域开发利用现状影响分析

#### 5.2.1.1 施工期对周边海域开发利用现状影响分析

本工程尾水排水管道位于陆丰市甲东镇妈祖庙附近甲子港海域，离周边开发利用现状相对较远，水深和水动力条件较好，水体交换能力较强，具有较好的扩散能力，且项目施工期悬浮泥沙扩散范围不大，对周边开发利用现状影响较小。

#### 5.2.1.2 运营期对周边海域开发利用现状影响分析

本工程尾水排水管道位于陆丰市甲东镇妈祖庙附近甲子港海域，离周边开发利用现状相对较远，水深和水动力条件相对较好，水体交换能力相对较强，具有较好的扩散能力，且项目营运期所排污水为经过电镀废水处理厂处理达标后排放的尾水，污染物扩散范围不大，混合区位于排水口附近，对周边开发利用现状影响较小。

### 5.2.2 对航道的影响分析

本排水口位于甲子港的主航道外，距离项目最近距离约 0.1km，项目实施不会影响航道通航作业，拟建工程投入使用后对附近水域海上交通的组织与管理不会产生影响，因此工程对周围水域船舶通航造成影响较小。但施工期间，施工船舶的进出增加了过往船舶的航行与避让难度，建设单位应高度重视和加强工程施工期间和营运期间的安全管

理，施工前应向海事管理部门提交水下施工作业申请，取得水下活动许可证后，才可施工，并配合航道管理部门，提前发布施工和航行通告，配合海事部门加强船舶的调度管理，做好施工船舶与通航船舶的避让工作。

本工程扩散器设计高出海底面约 1.0m，若船舶意外抛锚可能导致管道破损，为避免船舶应急抛锚等特殊情况对管道造成损坏，管道自身及其管顶上部覆盖结构应有足够的安全技术保护措施，同时，在下海点、管道两侧及扩散器保护范围要设置警示标志；管道铺设完毕后，应及时向海事局申请发布管道禁锚区及管道保护区航行通告。调查期间发现较多小型船只经过路由区，施工期间应注意施工船只的安全。

### 5.2.3 对锚地的影响分析

本项目论证范围内涉及 1 处汕尾港锚地，即 13 号锚地，与排水口最近距离约 0.09km，中心点坐标为  $116^{\circ} 04'23'' E$ ,  $22^{\circ} 49'54'' N$ ，面积  $2.7km^2$ ，主要用途为引航、检疫、防台。

根据本项目海底管道与周边锚地位置关系，本项目建设运营主要为达标尾水排放，不涉及其他用海活动，船只抛锚对海底的排污管道存在损毁风险，对此，本项目排水口优化过程已尽可能考虑避开锚地范围，并在扩散器周围设置警示标志，降低了排污管道遭到抛锚损坏的风险。

### 5.2.4 对渔业养殖项目用海的影响分析

中广核汕尾风渔融合示范项目方位大致位于本项目南侧 12.7km 处，与本项目之间存在明显距离缓冲。这项渔业用海为开放式养殖类型，保护对象为渔业水质和渔业设施等。

本项目建设可能对该渔业养殖项目造成的影响分施工期和运营期，其中施工期主要源自因埋管施工引起海域水质悬浮物污染影响。据悬浮泥沙扩散预测结果，本项目疏浚作业产生的悬浮物扩散核心区局限于项目用海范围附近海域，不会扩散至该处渔业养殖海域，不对其渔业水质和渔业设施造成影响。

运营期主要达标排放的尾水污染物对其产生的影响。根据前文预测分析，正常达标尾水排放情况下，排水口附近无机氮预测因子最大浓度增值为  $0.1061mg/L$ ，叠加背景值后浓度值为  $0.4031mg/L$ ，占标率为 100.78%，无机氮出现轻微超标外，无机氮超标范围约  $0.02km^2$ ，超标区域主要集中在项目排水口附近海域，不会扩散至该处渔业养殖海域，不对其渔业水质和渔业设施造成影响。

因此，本项目建设对周边渔业养殖项目的影响有限。

### 5.2.5 对其他用海活动的影响分析

项目所在海域分布有少量小型渔船及渔民捕捞，项目在施工期以及运营期均会对该区域捕鱼和通行造成一定的影响，为将项目建设对渔民生产生活的影响降至最低，施工期需要由渔业监督部门出面进行协调，正确引导渔船作业，以免误入施工区域，造成不必要的安全事故。运营期项目用海范围较小，为避免船舶应急抛锚等特殊情况对管道造成损坏，应在扩散器保护范围设置警示标志，管道铺设完毕后，应及时向海事局申请发布管道禁锚区及管道保护区航行通告。

因此，本项目建设对小型渔船及渔民捕捞的影响很小。

## 5.3 利益相关者界定及协调分析

### 5.3.1 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。

通过对本项目周围用海现状的调查，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，对本工程用海的利益相关者进行了分析和界定工程建设涉及的利益相关者分析见下表。

表 5.3-1 项目用海利益相关者一览表

序号	名称	利益相关者或协调责任人	位置关系	距离/km	影响因素	是否为利益相关者
1	陆丰市甲子镇瀛利浮排服务队临海工业用海	陆丰市甲子镇瀛利浮排服务队	N	3.0	基本无影响	否
2	陆丰市甲子渔港避风锚地升级改造和整治维护项目	陆丰市甲子渔港建设中心	N	3.6	基本无影响	否
3	汕尾 110 千伏甲东输变电工程	广东电网有限责任公司汕尾供电局	N	5.8	基本无影响	否
4	广东陆丰甲湖湾电厂新建工程 (2×1000MW)	广东宝丽华新能源股份有限公司	W	7.8	基本无影响	否
5	中广核汕尾后湖海上风电场项目	中广核新能源海上风电(汕尾)有限公司	N	11.5	基本无影响	否
6	中广核汕尾风渔融合示范项目	中广核汕尾新能源有限公司	S	12.7	基本无影响	否

由于海洋资源与环境的多种类和多价值性，形成了同一海区多功能的重叠，造成海洋开发的多宜性。正是这种海洋开发活动的多宜性，使工程建设可能对其他单位或个人一种或多种海洋开发活动造成影响。项目论证范围内用海活动主要有广东陆丰甲湖湾电厂新建工程 (2×1000MW)、临海工业用海、陆丰市甲子渔港避风锚地升级改造和整治

维护项目、中广核汕尾后湖海上风电场项目、中广核汕尾风渔融合示范项目等，均距离项目较远，根据前文分析，本项目不会对其产生影响。

### 5.3.2 相关利益协调分析

本项目施工悬浮泥沙及运营期排水影响范围主要集中在项目附近，不涉及利益冲突，项目施工期及运营期主要对周边海洋生态环境造成影响。建议优化施工工艺，施工期间需加强管理，避免对海堤稳定性造成影响，开挖时也需尽量减少影响范围。

## 5.4 需协调部门界定及协调分析

根据前文利益相关者界定及利益协调分析结果，项目需将相关管理部门列入需协调部门，具体界定内容如下：

(1) 项目拟设排水口与甲子港航道和汕尾港 13 号锚地较近。项目施工及运营期将对周边航道锚地产生影响，需就航道锚地用海公共安全与海事主管部门协调。

(2) 因项目所处南海北部幼鱼繁育场保护区和幼鱼幼虾保护区内，且项目的建设将造成海洋生物资源的直接损失，建设单位应对所在水域的生物资源恢复作出生态补偿，明确生态补偿方案，需就生态补偿方案与农业农村（渔业）主管部门协调。

由上节内容可知，本项目需协调部门包括海事、农业农村（渔业）等主管部门，与各主管部门的协调方案及内容见下表所示：

表 5.4-1 项目与管理部门协调内容一览表

序号	名称	需协调管理部门	协调内容	协调方案	协调要求
1	甲子港航道、13#锚地	航道主管部门、汕尾海事局	就排水管道施工 咨询汕尾港航道、锚地主管部门意见	充分听取海事部门意见，提前沟通，申请手续，并严格按照有关管理规定开展施工活动	取得主管部门意见复函
2	海洋生物资源	农业农村局（渔业）	就项目实施造成的渔业资源损害进行协调	计算生物损失量，核算生态补偿金额	建设单位赔付生态补偿金或实施人工增殖放流

就通航安全保障协调而言，建设单位应保障施工期甲子港区的通航安全环境，维护海上交通的正常秩序。施工期间，施工船舶的进出增加了过往船舶的航行与避让难度，建设单位应高度重视和加强工程施工期间和营运期间的安全管理，施工前应向海事管理部门提交水下施工作业申请，取得水下活动许可证后，才可施工，并配合航道管理部门，提前发布施工和航行通告，配合海事部门加强船舶的调度管理，做好施工船舶与通航船

船的避让工作。本工程扩散器设计高出海底面约 1.0m，若船舶意外抛锚可能导致扩散器损坏，为避免船舶应急抛锚等特殊情况对扩散器造成损坏，排水管道自身及其管顶上部覆盖结构应有足够的安全技术保护措施，同时，在下海点、排水管道两侧及扩散器保护范围要设置警示标志；管道铺设完毕后，应及时向海事局申请发布管道禁锚区及管道保护区航行通告。

此外，根据现场踏勘情况，项目所在海域存在部分小型渔船及渔民捕捞区域，因施工将对该区域捕鱼和通行造成一定的影响，为将项目建设对渔民生产生活的影响降至最低，需要由渔业监督部门出面进行协调，正确引导渔船作业，以免误入施工区域，造成不必要的安全事故。

就渔业资源补偿协调而言，建设单位应向渔业主管部门申请核准渔业资源补偿方案，且资金使用需公开接受社会监督。

## 5.5 工程用海与国防安全和国家海洋权益的协调性分析

### 5.5.1 对国防安全和军事活动的协调性分析

本项目建设所在海域及附近海域无国防设施和场地，其工程建设、正常使用不会对国防产生不利影响。因此，本项目用海不涉及国防安全问题。

### 5.5.2 对国家海洋权益的协调性分析

本项目用海不涉及领海基点和国家秘密，对国家海洋权益无碍。

## 6 国土空间规划符合性分析

### 6.1 与国土空间规划的符合性分析

#### 6.1.1 所在海域国土空间规划分区基本情况

##### 6.1.1.1 《广东省国土空间规划（2021—2035年）》

《广东省国土空间规划（2021—2035年）》以“陆海统筹。立足陆海兼备、自然条件多样的地理格局和资源禀赋，统筹陆海资源配置、产业布局和生态保护，加强海岸带综合管理，强化港产城整体布局，打造一批海洋经济高质量发展示范区，建设世界一流强港，着力推动国土开发向纵深发展，拓展蓝色发展空间，实现从海洋大省向海洋强省转变。”作为空间开发保护基本策略。

立足资源环境承载能力，发挥各地区比较优势，统筹划定落实“三区三线”，深入实施主体功能区战略，优化资源要素配置与生产力空间布局，加快形成开发与保护相协调的国土空间开发保护新格局，有力支撑“一核一带一区”区域发展格局。以生态保护红线为核心，整体保护和合理利用森林、湿地、河流、湖泊、滩涂、岸线、海洋、荒地等自然生态空间，全面改善自然生态系统质量，全力增强生态产品供给功能。

实施海域分区管理。坚持生态用海、集约用海，陆海协同划定海洋“两空间内部一红线”。在海洋生态空间内划设海洋生态保护红线，加强海洋生态保护区和生态控制区的保护。在海洋开发利用空间内统筹安排渔业、工矿通信、交通运输、游憩、特殊用海区和海洋预留区，按分区明确空间准入、利用方式、生态保护等方面的管控要求。海洋预留区要保障规划期内国家重大用海需求，严格控制其他开发利用活动。合理布局海洋倾倒区，严格海洋倾废监管。

优化海岸线管控和利用。严格保护岸线要禁止开展损害海岸地形地貌和生态环境的活动。限制开发岸线要严格控制改变海岸自然形态和影响海岸生态功能的开发利用活动。优化利用岸线要提高海岸线利用的准入门槛。划定海岸建筑退缩线，加强自然岸线保护，实行多样化岸线占补模式。

本项目为陆丰产业转移工业园五金配件分园电镀废水处理厂尾水达标排放工程，项目用海类型为“特殊用海”中的“排污倾倒用海”；项目位于甲子港海域，通过将项目位置与《广东省国土空间规划（2021-2035）》的附图叠加分析，项目位于“海洋开发利用空间”，属于“专栏 7-1：海洋开发利用空间重点布局引导”中所列的“特殊用海：合理安排科研教学、军事及海岸防护工程、倾倒排污等用海需求”，不涉及海洋生态保护红

线和海洋生态保护空间。

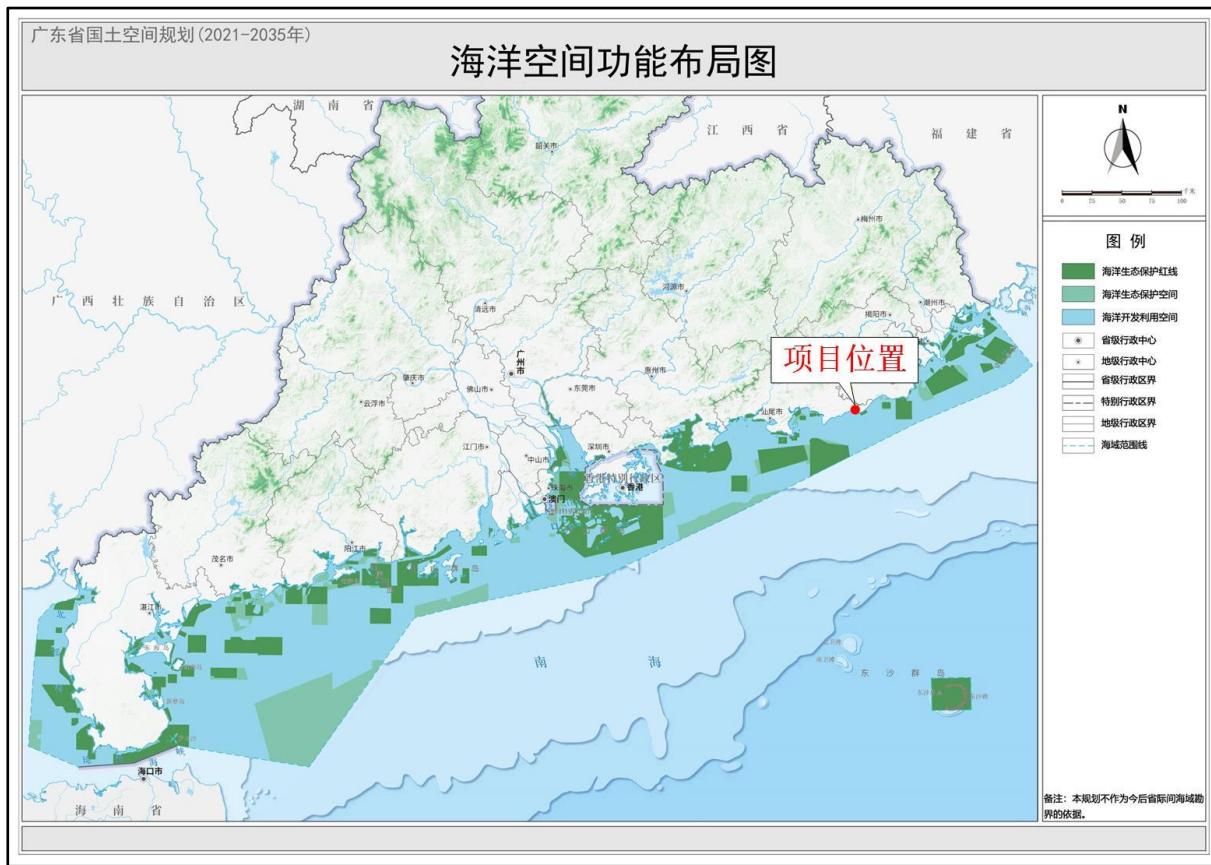


图 6.1-1 项目与《广东省国土空间规划（2021—2035 年）》海洋空间功能布局位置关系图

### 6.1.1.2 《广东省国土空间生态修复规划（2021—2035 年）》

《广东省国土空间生态修复规划（2021—2035 年）》是国土空间规划的重要专项规划，是一定时期省域国土空间生态修复任务的总纲和空间指引，是实施国土空间生态保护修复的重要依据。该规划以筑牢生态安全屏障，构建具有全球意义的生物多样性保护网络和支撑高质量发展为愿景，着力将广东建设成为“全球生物多样性保护实践区，我国山水林田湖草沙系统治理示范区，人与自然和谐共生现代化先行区”，推进国土空间的生态保护、修复与价值转换。

该规划提出，以河口海湾为重点，保护修复海洋生态系统。坚持陆海统筹，以海岸线为轴，串联重要河口、海湾和海岛，以美丽海湾建设为重要抓手，以万亩级红树林示范区建设为重点，加强典型生态系统保护修复、海洋生物多样性保护、生态海堤与沿海防护林体系建设，打造具有海岸生态多样性保护和防灾减灾功能的蓝色海岸带生态屏障。

港产城融合，建设世界一流沿海经济带。探索生态修复促进集约节约用海新模式的途径与机制，引导产业优化布局和集中适度开发，加快推进集中集约用海区建设，为特色产业园区向汕头海湾、阳江海陵湾、茂名博贺湾、湛江湾、潮州柘林湾等集聚发展提

供生态支撑。统筹推进陆海生态环境联防共治，加快推动沿海产业绿色发展，全力推进滨海中心城区、新区和临港产业园的融合发展，全力打造人海和谐的黄金海岸带。

通过将项目位置与《广东省国土空间生态修复规划（2021—2035年）》的附图叠加分析，项目位于“红海湾—碣石湾滨海湿地保护修复”单元。该单元的生态修复任务：退塘营造红树林，修复现有红树林湿地，提升鸟类栖息地质量，最大程度恢复黄江河口、大湖、白沙湖湿地公园、海丰国际滨海湿地生态系统结构和功能。建设生态化海堤，整治修复砂质岸线，开展湾内清淤排水管道，完善岸基防风林体系，提升海湾防灾减灾能力。控制陆源入海污染物，恢复螺河口生态系统结构和功能。根据调查，项目用海范围内不涉及红树林。



图 6.1-2 项目与广东省重要生态系统生态保护和修复布局图

### 6.1.1.3 《汕尾市国土空间总体规划（2021—2035年）》

《汕尾市国土空间总体规划（2021—2035年）》提出：

优化海洋空间保护利用分区。坚持陆海统筹、生态优先、协调发展，衔接省级国土空间规划和海岸带专项规划，在汕尾市海域划定生态保护区、生态控制区和海洋发展区，促进陆海协调及人海和谐共生，保障区域高质量发展和人民高品质生活所需的海洋空间。……在海洋发展区内，进一步细化功能分区，统筹安排工矿通信用海、交通运输用

海、游憩用海、渔业用海、特殊用海等用海区和海洋预留区。海洋发展区是以开发利用活动为主的地区，应对海洋资源和生态环境进行严格管控。除国家重大项目外，严禁围填海。

实施陆海联动的海岸线精细化管控。严格保护岸线按照生态保护红线有关要求管理，确保生态功能不降低、长度不减少、性质不改变。禁止开展任何损害海岸地形地貌和生态环境的活动，明确保护边界并设立保护标识。除国防安全需要外，禁止在严格保护岸线的保护范围内构建永久性建筑物、围填海、开采海砂、设置排水口等损害海岸地形地貌和生态环境的活动。

依托汕尾（陆丰）临港产业园，培育壮大高端装备制造产业集群。……近期集中开展园区基础设施及配套工程建设，建设标准化厂房、石化工业区、重装备产业区及港口物流区、科教研发区、综合服务区等配套设施，建设引水工程及污水处理厂等基础设施和货场、停车场、消防站等公共配套项目。

项目为陆丰产业转移工业园五金配件分园电镀废水处理厂尾水达标排放管工程，是陆丰产业转移工业园五金配件分园基础设施。通过将项目与《汕尾市国土空间总体规划（2021—2035年）》附图叠加分析可知，项目位于海洋发展区中的渔业用海区，项目用海范围不涉及生态保护红线。

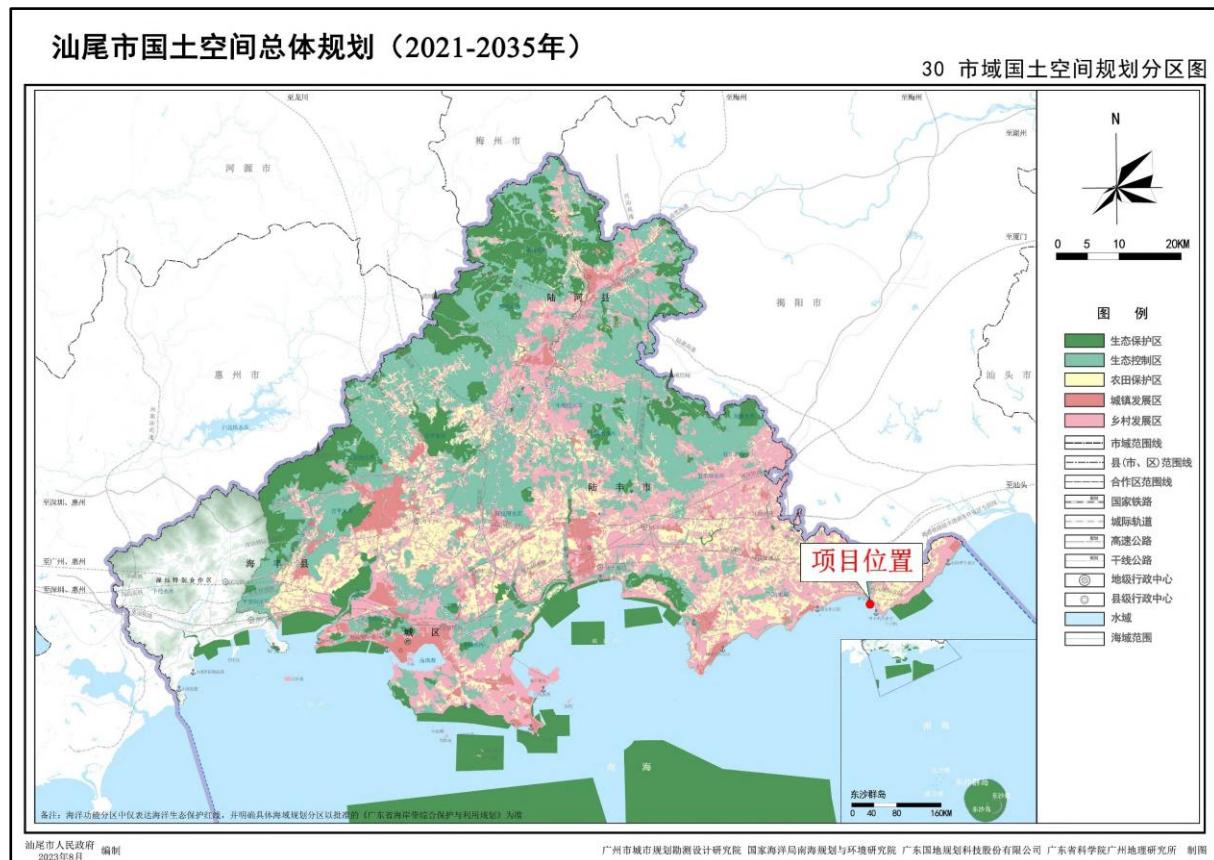


图 6.1-3 《汕尾市国土空间总体规划（2021—2035 年）》市域国土空间规划分区图



图 6.1-4 项目与周边生态保护红线位置关系示意图

#### 6.1.1.4 《陆丰市国土空间总体规划（2021—2035 年）》

根据《陆丰市国土空间总体规划（2021—2035 年）》提出：构建“一核两区、两带一廊”国土空间开发保护格局，促进城镇空间紧凑集约。优化布局承载城镇开发和集中建设的城镇空间，引导城镇紧凑集约发展、功能完善提升、空间结构优化，提升城镇基础设施、公共服务设施水平，增强综合承载能力，提高土地利用效率。

规范管控对生态功能不造成破坏的有限人为活动。生态保护红线是国土空间规划中的重要管控边界，在生态保护红线内自然保护地核心保护区外，禁止开发性、生产性建设活动，在符合法律法规的前提下，仅允许对生态功能不造成破坏的有限人为活动。

统筹三甲地区协同发展。发挥甲子镇、甲东镇和甲西镇地理相邻、文化同源、情谊相通的优势，加强三甲地区一体化进程，推动三镇基础设施、产业布局和城市建设的协同，……完善各项公共服务设施、市政基础设施配套，增加公园绿地、公共空间建设，提升人居环境。

坚持陆海统筹、生态优先、因地制宜的原则，划定生态保护区、生态控制区和海洋发展区，提升空间连通性和综合价值，促进陆海协调及人海和谐共生，保障区域高质量发展和人民高品质生活所需的海洋空间。……海洋发展区进一步细化二级分区，统筹安排渔业用海区、工矿通信用海区、交通运输用海区、特殊用海区、游憩用海区等。

严格保护岸线。按照生态保护红线有关要求管理，确保生态功能不降低、长度不减少、性质不改变。禁止开展任何损害海岸地形地貌和生态环境的活动，明确保护边界并设立保护标识。除国防安全需要外，禁止在严格保护岸线的保护范围内构建永久性建筑物、围填海、开采海砂、设置排水口等损害海岸地形地貌和生态环境的活动。

根据《陆丰市国土空间总体规划（2021—2035 年）》附图叠图可知，项目位于海洋发展区中的渔业用海区，项目用海不占用生态保护红线。

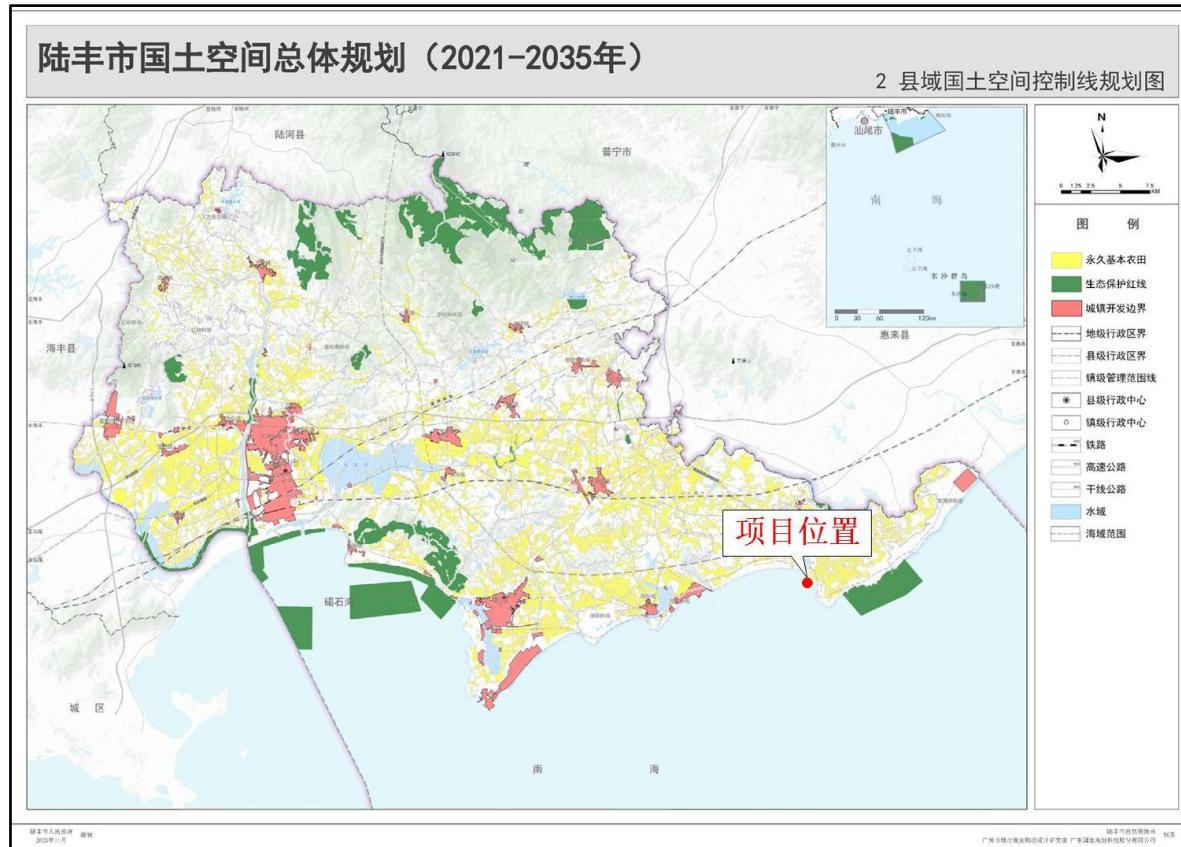


图 6.1-5 《陆丰市国土空间总体规划（2021—2035 年）》县域国土空间控制线规划图

## 6.1.2 对周边海域国土空间规划分区的影响分析

### 6.1.2.1 对《广东省国土空间规划（2021—2035 年）》的影响分析

根据叠图可知，项目位于《广东省国土空间规划（2021—2035 年）》海洋开发利用空间，不涉及生态保护红线。

本项目为陆丰产业转移工业园五金配件分园电镀废水处理厂尾水达标排放管工程，项目排水管道采用定向钻的施工方式底土穿越砂质岸线，项目用海占用海岸线 35.29 米，其中定向钻起点距离岸线向陆一侧 27 米，终点距离岸线向海一侧 110 米，底土穿越海岸线深度 3 米。施工过程中无需对海岸线进行开挖，且定向钻施工技术较为成熟，不会发生凹陷坍塌等事故，定向钻起点和终点距离海岸线较远，不会造成岸滩侵蚀，对沙滩基本无影响，因此，项目的建设不会导致海岸线原有形态或生态功能发生变化。本项目实施后不新形成海岸线。定向钻出口至扩散器段沉管埋设于海底，仅施工过程将对海底进行挖沟放管，施工结束后，海底地形将逐渐恢复。另外，拟建排水管道仅占用部分海底海域，基本不会对该海域的自然属性造成影响。

本项目施工期间船舶舱底含油污水、施工船舶生活污水、船舶生活垃圾等不直接排放入海。施工船舶的船舶舱底油污水、船舶生活污水经收集上岸后，交由有能力的单位

收运处理；船舶生活垃圾由施工船舶配备的垃圾收集装置统一收集委托环卫部门处置，严禁排海。

根据数模结果分析，项目施工过程中产生的悬浮泥沙源强相对较小，且项目附近海域潮流动力条件较弱，其悬浮物扩散较慢，大多数悬浮物都在项目工程周边海域沉降。施工期间产生的悬浮泥沙对工程周边海域的水质、渔业资源、生态环境等造成一定影响，但这种影响仅持续于施工过程，施工结束后即消失。

本项目园区电镀废水中含总铬、六价铬污染物的生产废水全部回用不外排，其他电镀废水经拟建的电镀废水处理系统处理达标后确需外排的，于甲子港海域离岸达标排放。运营期通过本项目排水管道及排水口排放的均为经处理达标后的尾水。根据预测结果，正常达标尾水排放情况下，叠加背景值后除无机氮出现轻微超标外，其他预测因子均未出现超标情况，无机氮超标范围约  $0.02\text{km}^2$ 。因此，本项目建成运营后，经本项目进行排放的达标尾水排放入海后可较快混合，影响范围主要集中在排污口及其相邻区域，影响范围较小，不会扩散至周边的生态保护红线区。

#### 6.1.2.2 对《广东省国土空间生态修复规划（2021—2035年）》的影响分析

项目涉及的用海方式主要包括“其他方式”（一级方式）中的“海底电缆管道用海”（二级方式）（排水管道用海）、“污水达标排放用海”（二级方式）（污水达标排放混合区用海）、“取、排水口用海”（二级方式）（排水口用海），项目施工用海方式为“开放式”（一级方式）中的“专用航道、锚地、其他开放式”（二级方式）。

项目排水管道采用定向钻施工，底土穿越自然岸线（砂质岸线），不会导致海岸线原有形态或生态功能发生变化。定向钻出口至扩散器段沉管理设于海底，仅施工过程中对海底进行挖沟放管，施工结束后，海底地形将逐渐恢复。

项目位于“红海湾—碣石湾滨海湿地保护修复”单元，本项目用海不涉及生态保护红线。论证范围内生态保护红线包括鳌江重要河口（北侧  $4.8\text{km}$ ）、东海海岸防护物理防护极重要区（东侧  $3.0\text{km}$ ）。根据预测，项目施工悬浮泥沙主要在项目周边海域沉降，影响范围较小，不会扩散至项目周边的生态保护红线区；且悬浮泥沙的影响属于暂时性的影响，施工结束后即消失。运营期间通过本项目排水管道及排水口排放的均为经处理达标后的尾水，项目排污混合区集中在项目排水口附近，不涉及生态保护红线。不会影响到“红海湾—碣石湾滨海湿地保护修复”单元内各项生态修复工作的实施。

#### 6.1.2.3 对《汕尾市国土空间总体规划（2021—2035年）》的影响分析

本项目用海范围内不涉及海洋生态保护红线，通过采用定向钻施工，底土穿越自然

岸线的施工方式，项目排水管道建设不会导致海岸线原有形态或生态功能发生变化，也不会损害海岸地形地貌，本项目实施后不新形成岸线。

项目施工过程中产生的悬浮泥沙大多数都在项目工程周边海域沉降，影响范围较小。此外，本项目施工期间产生的废水和固体废弃物均能得到有效处理，均不直接排入海域环境中。

根据预测结果，正常达标尾水排放情况下，叠加背景值后除无机氮出现轻微超标外，其他预测因子均未出现超标情况，无机氮超标范围约  $0.02\text{km}^2$ ，即以该区域为项目混合区范围。因此，本项目建成运营后，排水口附近的水质变化会对附近的海洋生物资源与渔业资源产生一定的影响，但影响范围主要在排水口附近的混合区，总体来看，对水环境、海洋生物资源和渔业资源影响较小。

#### 6.1.2.4 对《陆丰市国土空间总体规划（2021—2035年）》的影响分析

本项目用海范围内不涉及海洋生态保护红线，通过采用定向钻施工，底土穿越自然岸线的施工方式，项目排水管道建设不会导致海岸线原有形态或生态功能发生变化，也不会损害海岸地形地貌，本项目实施后不新形成海岸线。

项目施工过程中产生的悬浮泥沙大多数都在项目工程周边海域沉降，影响范围较小。此外，本项目施工期间产生的废水和固体废弃物均能得到有效处理，均不直接排入海域环境中。

根据预测结果，正常达标尾水排放情况下，叠加背景值后除无机氮出现轻微超标外，其他预测因子均未出现超标情况，无机氮超标范围约  $0.02\text{km}^2$ ，即以该区域为项目混合区范围。本项目建成运营后，排水口附近的水质变化会对附近的海洋生物资源与渔业资源产生一定的影响，但影响范围主要在排水口附近的混合区，总体来看，对水环境、海洋生物资源和渔业资源影响较小。

#### 6.1.3 项目用海与国土空间规划的符合性分析

##### 6.1.3.1 与《广东省国土空间规划（2021—2035年）》的符合性分析

项目所在区域为海洋发展区中的渔业用海区，不涉及生态保护红线。根据渔业用海区空间准入要求：渔业用海区允许渔业基础设施建设、养殖和捕捞生产等渔业利用，可兼容不影响渔业用海区基本功能的用海类型，鼓励开放式养殖、捕捞生产等空间的立体利用。

本项目建设不会导致海岸线原有形态或生态功能发生变化，不会损害海岸地形地貌，项目实施后不新形成海岸线。根据预测结果，达标尾水排放形成的混合区面积约  $0.02\text{km}^2$ ，

影响范围较小，对渔业用海区基本功能的发挥影响也较小。

项目拟建的排水管道及排水口，属于陆丰产业转移工业园五金配件分园电镀废水处理厂的配套设施，是促进园区产业聚集的重要组成部分。园区电镀废水经电镀废水处理厂集中收集处理达标后通过本项目排水管道于甲子港海域离岸排放，可以提高园区管理水平、减少企业废水治理方面的投入，避免废水直接排放入海，有利于提高区域的整体保护和开发水平，促进区域经济发展。因此，项目建设符合《广东省国土空间规划(2021—2035年)》的要求。

#### 6.1.3.2 与《广东省国土空间生态修复规划（2021—2035年）》的符合性分析

项目用海范围内不涉及红树林等典型生态系统。达标尾水通过建设排水管道在离岸线相对较远的甲子港海域进行离岸排放，合理利用项目周边海域的环境水体自净能力；同时，作为电镀废水处理厂尾水排放基础设施，项目的建设进一步完善陆丰产业转移工业园五金配件分园基础配套设施，促进园区产业聚集发展。园区电镀生产废水中水回用率达到60%，其余40%经本项目拟建排水管道离岸排放，显著提高了水资源利用效率，减少了新鲜水消耗和废水最终排放量，对推进国土空间的生态保护、修复与价值转换有重要的意义。因此，本项目的建设符合《广东省国土空间生态修复规划(2021—2035年)》的要求。

#### 6.1.3.3 与《汕尾市国土空间总体规划（2021—2035年）》的符合性分析

项目拟建的排水管道及排水口，属于陆丰产业转移工业园五金配件分园电镀废水处理厂的配套设施，是促进园区产业聚集的重要组成部分。园区电镀废水经电镀废水处理厂集中收集处理达标后通过本项目排水管道于甲子港海域离岸排放，可以提高园区管理水平、减少企业废水治理方面的投入，避免废水直接排放入海，有利于提高区域的整体保护和开发水平，促进区域经济发展。因此，项目建设符合《汕尾市国土空间总体规划(2021—2035年)》的相关要求。

#### 6.1.3.4 与《陆丰市国土空间总体规划（2021—2035年）》的符合性分析

项目位于汕尾市陆丰市甲东镇妈祖庙附近甲子港海域，为陆丰产业转移工业园五金配件分园电镀废水处理厂尾水达标排放管工程，是五金配件分园电镀废水处理厂基础设施，本项目的建设有利于推进园区的快速发展建设，推动甲子镇基础设施、产业布局和城市建设的协同发展。因此，项目建设与《陆丰市国土空间总体规划(2021—2035年)》是相符的。

## 6.2 项目用海与《广东省海岸带及海洋空间规划（2021—2035 年）》的符合性分析

广东省自然资源厅于 2025 年 1 月 23 日正式印发《广东省海岸带及海洋空间规划（2021—2035 年）》（粤自然资发〔2025〕1 号），作为《广东省海洋功能区划（2011—2020 年）》和《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》的更新修编。该规划细化落实了《全国国土空间规划纲要（2021—2035 年）》确定的国土空间开发保护总体安排，衔接落实了《海岸带及近岸海域空间规划》的有关要求，是《广东省国土空间规划（2021—2035 年）》在海岸带及海洋空间的细化和补充，是一定时期内广东省海岸带及海洋空间开发保护的政策总纲。

### （1）渔业用海区

**空间准入：**渔业用海区允许渔业基础设施建设、养殖和捕捞生产等渔业利用，可兼容不影响渔业用海区基本功能的用海类型，鼓励开放式养殖、捕捞生产等空间的立体利用。

**利用方式要求：**除渔业基础设施和海岸防护工程外，严格限制改变海域自然属性。

**生态保护要求：**积极防治海水污染，禁止在渔业用海区内进行有碍渔业生产或污染水域环境的活动。鼓励推广发展生态养殖模式，合理规划养殖规模、密度和结构，保障渔业资源可持续发展。

### （2）切实保护严格保护岸线的自然形态和生态功能。

应确保严格保护岸线生态功能不降低、长度不减少、性质不改变。除国防安全需要外，禁止在严格保护岸线的保护范围内构建永久性建筑物、围填海、开采海砂、设置排水口等损害海岸地形地貌和生态环境的活动。经科学论证，不损害海岸线原有形态或生态功能的，可在严格保护岸线保护范围内实施的项目包括空中跨越的跨海桥梁和透水构筑物；底土穿越的海底隧道和海底电缆管道；无需对海岸线进行改造施工的港池、蓄水以及离岸取、排水口，开放式养殖、浴场、游乐场、专用航道、锚地及其他开放式项目。

**符合性分析：**根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021—2035 年）》，本项目位于海洋发展区中的“甲子港近岸渔业用海区”，用海类型为“特殊用海”中的“排污倾倒用海”，项目涉及的用海方式主要包括“其他方式”（一级方式）中的“海底电缆管道用海”（二级方式）（排水管道用海）、“污水达标排放用海”（二级方式）（污水达标排放混合区用海）、“取、排水口用海”（二级方式）（排水口用海），项目施工用海方式为“开放式”

(一级方式)中的“专用航道、锚地、其他开放式”(二级方式)。

项目所处海洋功能分区位置关系情况见图 6.2-1 所示, 其空间管控要求见表 6.2-1 所示。本项目与“甲子港近岸渔业用海区”管控要求相符合性分析见表 6.2-2, 甲子港近岸渔业用海区的登记表见表 6.2-3。

根据预测结果, 运营期达标尾水排放形成的混合区面积约  $0.02\text{km}^2$ , 影响范围较小, 对渔业用海区基本功能的发挥影响也较小。

项目排水管道采用定向钻的施工方式底土穿越砂质岸线, 施工过程中无需对海岸线进行开挖, 且定向钻施工技术较为成熟, 不会发生凹陷坍塌等事故, 定向钻起点和终点距离海岸线较远, 不会造成岸滩侵蚀, 对沙滩基本无影响, 因此, 项目的建设不会导致海岸线原有形态或生态功能发生变化。同时, 本项目在进行定向钻施工时应严格控制施工作业范围, 制定合理施工计划, 合理安排施工进度, 项目产生的船舶油污水、生活污水、固体废弃物等均统一收集交给有能力的单位处理, 不排海, 不堆放于海岸线所处的自然岸滩。综合分析, 项目对海岸线影响较小。

表 6.2-1 渔业用海区空间管控要求

功能区	管理要求		用海分析	符合性
渔业用海区	空间准入	渔业用海区允许渔业基础设施建设、养殖和捕捞生产等渔业利用, 可兼容不影响渔业用海区基本功能的用海类型, 鼓励开放式养殖、捕捞生产等空间的立体利用。	本项目位于海洋发展区中的“甲子港近岸渔业用海区”, 用海类型为“特殊用海”中的“排污倾倒用海”; 根据预测结果, 达标尾水排放形成的混合区面积约 $0.02\text{km}^2$ , 影响范围较小, 对渔业用海区基本功能的发挥影响也较小。	相符
	利用方式	除渔业基础设施和海岸防护工程外, 严格限制改变海域自然属性。	项目排水管道采用定向钻的施工方式底土穿越砂质岸线, 施工过程中无需对海岸线进行开挖, 且定向钻施工技术较为成熟, 不会发生凹陷坍塌等事故, 定向钻起点和终点距离海岸线较远, 不会造成岸滩侵蚀, 对沙滩基本无影响, 因此, 项目的建设不会导致海岸线原有形态或生态功能发生变化。	相符
	生态保护要求	积极防治海水污染, 禁止在渔业用海区内进行有碍渔业生产或污染水域环境的活动。鼓励推广发展生态养殖模式, 合理规划养殖规模、密度和结构, 保障渔业资源可持续发展。	项目因排水管道工程引起的悬浮泥沙影响是暂时的, 施工结束后会逐渐消失; 根据预测结果, 运营期正常达标尾水排放情况下, 影响范围主要在排水口附近的混合区(约 $0.02\text{km}^2$ ), 影响范围较小; 故本项目建设不属于有碍渔业生产或污染水域环境的活动。	相符
严格保护岸段	(1) 确保严格保护岸线生态功能不降低、长度不减少、性质不改变; (2) 除国防安全需要外, 禁止在严格保护岸线的保护范围内构建永久性建筑物、围填海、开采海砂、设置排污口等损害海岸地形地貌和生态环境的活动。 (3) 经科学论证, 不损害海岸线原有形态或生态功能的, 可在严格保护岸线保护范围内实施的项目包括空中跨越的跨海桥梁和透水构筑物; 无需对海岸线进行改造施工的港池、蓄水以及离岸取、排水口, 开放式养殖、浴场、游乐场、专用航道、锚地及其他开放式项目; 生态修复和防灾减灾工程; 已构筑物、围海养殖等用海用岸活动的继续使用和升级改造。		项目排水管道采用定向钻的施工方式底土穿越砂质岸线, 施工过程中无需对海岸线进行开挖, 且定向钻起点和终点距离海岸线较远, 不会造成岸滩侵蚀, 对沙滩基本无影响。因此项目排水管道建设不会导致海岸线原有形态或生态功能发生变化, 本项目实施后不新形成岸线。 项目的建设无需对海岸线进行改造施工, 不会导致岸线生态功能降低、长度减少、性质改变。项目不在严格保护岸线的保护范围内构建永久性建筑物、围填海、开采海砂、设置排污口等损害海岸地形地貌和生态环境的活动。	相符

表 6.2-2 与“甲子港近岸渔业用海区”管控要求相符性分析

功能区	管理要求	用海分析	符合性
甲子港近岸渔业用海区	空间准入 <ol style="list-style-type: none"> <li>允许渔业基础设施、增养殖、捕捞等用海；</li> <li>可兼容固体矿产用海、可再生能源、海底电缆管道、航运、路桥隧道、风景旅游、文体休闲娱乐、科研教育、海洋保护修复及海岸防护工程等用海；</li> <li>探索推进海域立体分层设权，增养殖、捕捞、海底电缆管道、航运、路桥隧道等用海空间可立体利用；</li> <li>优先保障军事用海及军事设施安全。</li> </ol>	项目用海方式为海底电缆管道，属于可兼容的用海活动。	相符
	利用方式 <ol style="list-style-type: none"> <li>允许适度改变海域自然属性；</li> <li>优化渔港平面布局，鼓励构筑物采用透水方式建设，降低对周边海域水动力的影响；</li> <li>禁止养殖活动侵占渔港进出港航道及影响渔港正常运营。</li> <li>严格控制河口海域的围海养殖，维护河口防洪纳潮功能。</li> </ol>	项目用海类型为污水达标排放用海，项目建设基本不改变海域自然属性、对项目所在海域水文动力条件影响较小。 本项目为尾水达标排放工程，不涉及养殖活动，项目用海不占用航道及锚地，不会影响渔港正常运营，不会对项目所在海域防洪纳潮产生影响。	相符
	保护要求 <ol style="list-style-type: none"> <li>积极防治海水污染，禁止在渔业用海区内进行有碍渔业生产或污染水域环境的活动；鼓励推广发展生态养殖模式，合理规划养殖规模、密度和结构，保障渔业资源可持续发展；</li> <li>切实保护严格保护岸线；</li> <li>严格保护岸线所在的潮间带区域，以保护修复目标为主，保障潮间带自然特征不改变、面积不减少、生态功能不降低；</li> <li>保护和合理利用无居民海岛资源；</li> <li>保护基岩岸滩、砂质海岸、盐沼、淤泥质岸滩及其生境。</li> </ol>	项目因排水管道工程引起的悬浮泥沙影响是暂时的，施工结束后会逐渐消失；营运期通过本项目管道及排放口排放的均为经处理达标后的尾水，达标尾水排放形成的混合区面积约 0.02km <sup>2</sup> ，影响范围较小，项目的建设不会造成水域环境污染，基本不会阻碍甲子港海域的渔业生产活动。 本项目用海不涉及基岩岸滩、盐沼、淤泥质岸滩及其生境。本项目排水管道采用定向钻施工方式，底土穿越砂质岸线深度 3 米，定向钻起点和终点距离海岸线较远，项目建设不会改变自然岸线的长度和属性，不新形成岸线，不改变严格保护岸线所在的潮间带区域的自然特征、不减少面积、不降低生态功能。 本项目不涉及无居民海岛资源。	相符

由表可知，本项目与所在海洋功能区定位及所在海岸线的管控要求相符合。因此，项目建设与《广东省海岸带及海洋空间规划（2021—2035 年）》相符合。

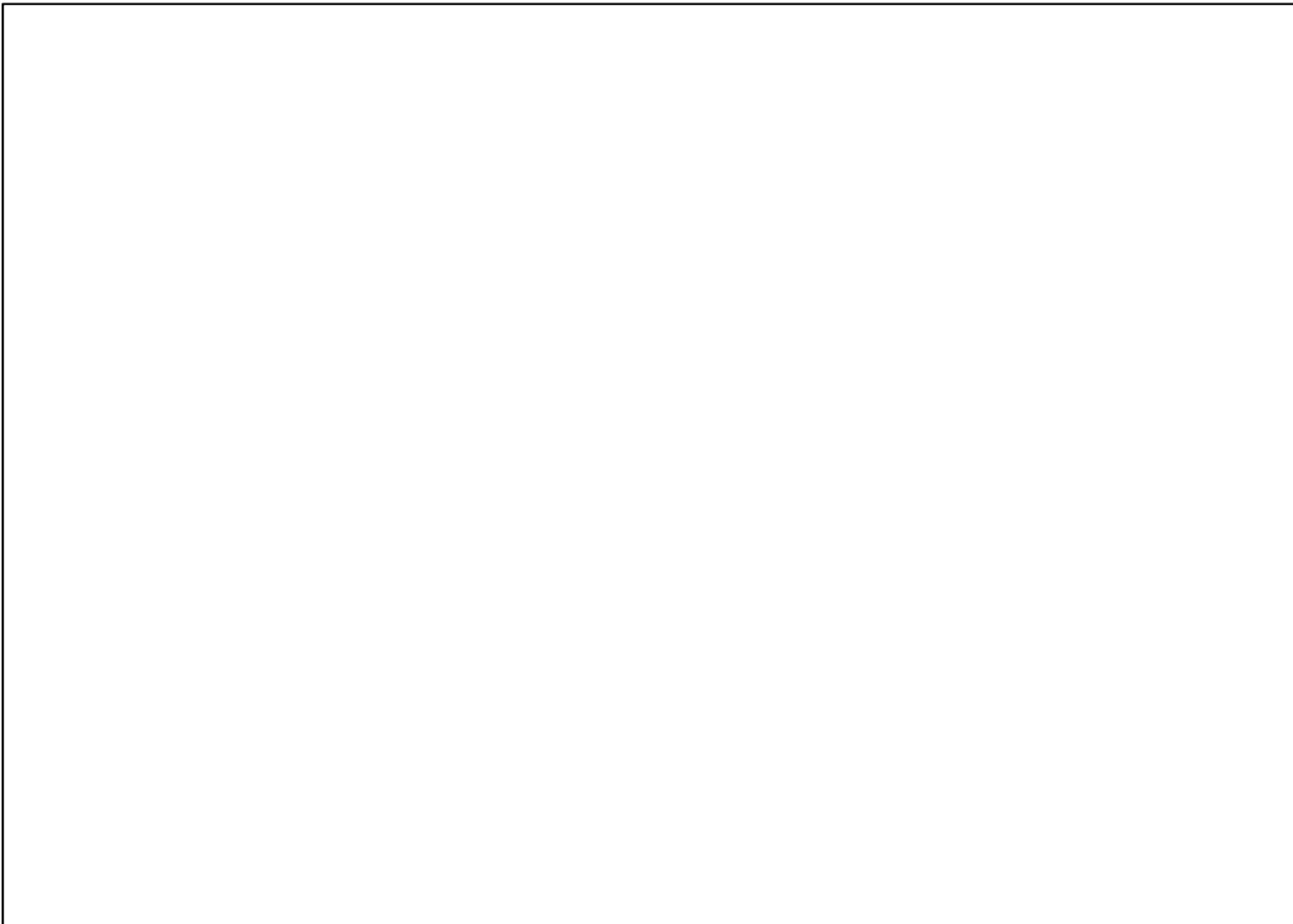


图 6.2-1 项目与周边海域海洋功能区划位置关系示意图

表 6.2-3 《广东省海岸带及海洋空间规划（2021—2035 年）》功能区登记表（摘录）

名称	甲子港近岸渔业用海区		代码	610-085	功能区位置图 				
分区类型	渔业用海区		位置	经度: 116° 0' 59.247" E 纬度: 22° 49' 4.785" N					
地理范围	甲子-湖东近岸海域								
空间资源 现状	岸线长度 (千米)	37.5015							
	潮间带面积 (公顷)	487.5452							
	海域面积 (公顷)	6461.7470							
	海岛数量 (个)	有居民海岛	0	无居民海岛	42				
开发利用现状	1. 建有甲子渔港及其避风锚地; 2. 建有湖东平安渔港。								
岸线类型	严格保护岸段	位置 (岸段序号)	44150028,44150029,44150038,44150037,44150039,44150040,44150041,44150042,44150043,44150044,44150066,44150076,44150086,44150087,44150088	长度 (千米)	11.9925				
	限制开发岸段		44150083,44150082,44150081,44150080,44150079,44150064		5.8014				
	优化利用岸段		44150046,44150045,44150047,44150048,44150049,44150058,44150059,44150060,44150061,44150062,44150063,44150065,44150077,44150078,44150084,44150085		19.7076				
有居民海岛主体功能	——								
无居民海岛 (名称)	生态保护区	青蛙沙、大母礁、观音礁、陆丰叠石、中土、观音北岛、鸟屎南岛、鸟屎礁、鲎壳礁、猪肝石、后湖岛、港口南岛、羊仔西岛、断石岛、陆丰平礁、五耳礁、鲎壳礁东岛、港口岛、土鸡石、插箕石南岛、插箕石、观音娘岛、雌礁北岛、甲子屿南岛、长礁、观音西岛、长湾东岛、甲子屿东岛、溪心、红厝礁、勺子礁、雌礁、六耳礁、陆丰鸟屎石、猪头石、湖东白礁、长湾礁、外印礁							
	生态控制区内	——							
	海洋发展区内	甲子屿（特殊用岛）、磨盘岛（其他用岛）、犯船礁东岛（其他用岛）、犯船礁（其他用岛）							
管控要求	空间准入	1. 允许渔业基础设施、增养殖、捕捞等用海; 2. 可兼容固体矿产用海、可再生能源、海底电缆管道、航运、路桥隧道、风景旅游、文体休闲娱乐、科研教育、海洋保护修复及海岸防护工程等用海; 3. 探索推进海域立体分层设权，增养殖、捕捞、海底电缆管道、航运、路桥隧道等用海空间立体利用; 4. 优先保障军事用海及军事设施安全。							
	利用方式	1. 允许适度改变海域自然属性; 2. 优化渔港平面布局，鼓励构筑物采用透水方式建设，降低对周边海域水动力的影响; 3. 禁止养殖活动侵占渔港进出港航道及影响渔港正常运营。 4. 严格控制河口海域的围海养殖，维护河口防洪纳潮功能。							
	保护要求	1. 积极防治海水污染，禁止在渔业用海区内进行有碍渔业生产或污染水域环境的活动；鼓励推广发展生态养殖模式，合理规划养殖规模、密度和结构，保障渔业资源可持续发展; 2. 切实保护严格保护岸线; 3. 严格保护岸线所在的潮间带区域，以保护修复目标为主，保障潮间带自然特征不改变、面积不减少、生态功能不降低; 4. 保护和合理利用无居民海岛资源; 5. 保护基岩岸滩、砂质海岸、盐沼、淤泥质岸滩及其生境。							
	其他要求	——							

## 6.3 项目用海与相关规划符合性分析

### 6.3.1 与《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》的符合性分析

2022年4月27日,广东省生态环境厅发布了《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》(粤环〔2022〕7号)。规划提出:

第三章 坚持绿色引领,协同推进沿海经济带高质量发展

第一节 建立完善海洋生态环境分区管控体系

……优化海洋产业集群发展空间布局,推动沿海城市功能定位与产业集群发展协同匹配。推动工业项目入园集聚发展,重大产业布局要充分考虑海洋环境容量,发展循环经济和绿色产能,实施工业园区废水集中处理;强化工业企业总氮和总磷等污染物削减,控制总氮排放。

第二节 协同推进“一核一带”保护与发展

建设人海和谐的沿海经济带。沿海经济带突出陆海统筹,港产联动,加强海洋生态保护,加快构建绿色沿海产业带。……鼓励有条件的沿海工业园区、大型建设项目优先考虑排污口深海设置,实行离岸排放。……

**相符合分析:**项目为陆丰产业转移工业园五金配件分园电镀废水处理厂尾水达标排放管工程,项目拟建的排水管道及排水口,属于陆丰产业转移工业园五金配件分园电镀废水处理厂的配套设施,是促进园区产业聚集的重要组成部分。园区电镀废水经电镀废水处理厂集中收集处理达标后通过本项目排水管道于甲子港海域离岸排放,本项目的建设有利于推动园区产业聚集。园区电镀生产废水中水回用率达到60%,其余40%经本项目拟建排水管道离岸排放,显著提高了水资源利用效率,减少了废水最终排放量。因此,本项目的建设与《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》相符。

### 6.3.2 与《汕尾市生态环境保护“十四五”规划》的符合性分析

第三章 紧抓国家战略布局,大力推动绿色协调发展

第一节 优化产业集群发展空间布局

调整优化产业集群发展空间布局,推动城市功能定位与产业集群发展协同匹配。……严格执行差别化环境政策,推动形成与主体功能区相适应的产业空间布局,推动工业项目向汕尾高新技术产业开发区、广东汕尾红海湾经济开发区、广东海丰经济开发区、海丰首饰产业环保集聚区、广东陆河县产业转移工业园区(陆河高新技术产业开发区)等入园集聚发展。引导重大产业向南部海洋发展区等沿海环境容量充足地区布局,

突出“港产城游”联动。

## 第七章 强化陆海统筹，加快美丽海湾建设

### 第三节 加强海洋生态保护修复

……沿海各县（市、区）的海洋资源开发建设活动应严守生态红线，非法占用生态红线范围的建设项目应限期退出。……制定分区分类管控措施，严格限制海洋开发活动，对生态脆弱和敏感区域、海洋资源超载区域实施海洋工程区域限批。

## 第九章 加强生态保护监管，筑牢粤东生态屏障

### 第一节 加强生态保护监管

严守生态保护红线。建立严格的管控体系，严禁不符合主体功能定位的各类开发活动，严禁任意改变用途，确保“生态功能不降低、面积不减少、性质不改变”。

**相符性分析：**项目为陆丰产业转移工业园五金配件分园电镀废水处理厂尾水达标排放管工程，符合重大产业向南部海洋发展区等沿海环境容量充足地区布局的要求。项目拟设排水口位于甲子港海域，进行达标尾水离岸排放，项目排水管道采用定向钻的施工方式底土穿越砂质岸线，施工过程中无需对海岸线进行开挖，定向钻起点和终点距离海岸线较远，不会造成岸滩侵蚀，对沙滩基本无影响。因此，项目的建设不会导致海岸线原有形态或生态功能发生变化。

项目实施后不新形成岸线，项目用海范围不占用生态保护红线。故项目的建设与《汕尾市生态环境保护“十四五”规划》相符。

### 6.3.3 与《汕尾市海洋生态环境保护“十四五”规划》的符合性分析

《汕尾市海洋生态环境保护“十四五”规划》提出：严格按照相关法律法规和《国务院办公厅关于加强入河入海排污口监督管理工作的实施意见》（国办函〔2022〕17号）要求规范设置入海排污口，不得在海洋自然保护区、重要湿地、滨海类型湿地公园、海洋特别保护区、海滨风景名胜区、旅游度假区、盐场保护区、海水浴场、重要渔业水域和其他需要特殊保护的区域内新建排污口。设置向海域排放废水设施的，应当合理利用海水自净能力，合理选择排污口位置，采用暗沟或者管道方式排放的，出水管口位置应当在低潮线以下。

**相符性分析：**本项目为陆丰产业转移工业园五金配件分园配套工程，电镀废水处理厂的建设是保障园区工业废水处理能力的关键举措。项目拟建排水管道及排水口位于甲子港海域，项目用海范围不涉及海洋自然保护区、重要湿地、滨海类型湿地公园、海洋特别保护区、海滨风景名胜区、旅游度假区、盐场保护区、海水浴场、重要渔业水域和

其他需要特殊保护的区域内。

根据排水口设置位置比选结果,所选排水口位置位于甲子港海域开阔水域,水动力扩散条件相对较好、距离“鳌江重要河口红线区”远、尚有一定的水环境容量。

根据前文分析可知,工程所在地海域设计低水位为0.384m,极端低水位为-0.316m,扩散器处海底高程-4.45m,扩散器上升管顶高程-3.45m(平均高出海底1米),涉海段排水管道埋深3.0m(高程系采用1985国家高程基准),出水管口位置符合低潮线以下的要求。

因此,本项目建设符合《汕尾市海洋生态环境保护“十四五”规划》要求。

#### 6.3.4 与《陆丰市生态环境保护“十四五”规划》的符合性分析

第六章 守住蓝绿本底,持续改善水环境质量

第二节 建设美丽江河,大力推进水环境整治

深入推进水污染减排。……推进高耗水行业实施废水深度处理回用,强化工业园区工业废水和生活污水分质分类处理。

第三节 严格环境准入,全面整治各类污染源排放

严格实施排污许可证管理和工业污染源全面达标排放计划,……规范园区建设,实现“集中治污”,推进工业企业入园并统一建设工业污水处理厂,切实降低工业企业废水处理成本,实现产业集聚发展、土地节约集约利用和污染集中控制。

**符合性分析:**项目拟建的排水管道及排水口,属于陆丰产业转移工业园五金配件分园电镀废水处理厂的配套设施,电镀废水处理厂的建设是保障园区工业废水处理能力的关键举措,是促进园区产业聚集的重要组成部分。

园区电镀废水经电镀废水处理厂集中收集处理达标后通过本项目排水管道于甲子港海域离岸排放,项目的建设有利于实现产业园污染物的集中收集和治理,可以提高园区管理水平、降低污染治理成本,完成达标排放的实际控制目标,全面提升产业的市场竞争力,促进区域经济发展。

电镀废水处理系统采用分类收集、分类预处理+生化处理+废水深度处理回用+末端处理达标排放工艺,将园区工业废水进行分质分类集中处理,达标后电镀废水中水回用率达到60%,其余40%通过尾水排水管道及排水口于甲子港海域离岸达标排放,项目的建设实现了五金配件企业生产废水的集中处理,有利于提高水资源利用效率,减少了新鲜水消耗和废水最终排放量,实现了产业集聚发展、土地节约集约利用和污染集中控制。

因此,本项目的建设与《陆丰市生态环境保护“十四五”规划》是相符的。

### 6.3.5 与《汕尾（陆丰）临港产业带发展总体规划（2023—2030 年）》的符合性分析

规划提出：坚持陆海统筹、集聚发展、区域联动，依托现有产业基础，加快推进省级产业园（陆丰市产业转移工业园）扩园工作，整合分散式产业组团，拓展产业发展空间，优化临港产业空间布局，在空间上形成“一带、五区、七园”的陆海产业融合发展新格局。

#### 第四章 打造沿海高端产业体系

##### 4.1 构建现代产业体系

……引导五金塑料企业入驻陆丰市五金配件产业园，实现五金塑料产业集群化发展；……

#### 第六章 建设高效智慧园区

##### 6.5.3 强化生态环境保护

强化近岸海域污染防治。……严禁向海洋排放污染物、倾倒废弃物，保护海洋环境免受陆源污染，优化调整园区沿海排污口布局，实施集中处理。……

**符合性分析：**项目拟建的排水管道及排水口，属于陆丰产业转移工业园五金配件分园电镀废水处理厂的配套设施，电镀废水处理厂的建设是保障园区工业废水处理能力的关键举措，是促进园区产业聚集的重要组成部分。

园区电镀废水经电镀废水处理厂集中收集处理达标后通过本项目排水管道于甲子港海域离岸排放，项目的建设有利于实现电镀分园生产废水集中收集和治理，切实降低工业企业废水处理成本，实现产业集聚发展、土地节约集约利用和污染集中控制，全面提升产业的市场竞争力，促进区域经济发展。因此，项目的建设与《汕尾（陆丰）临港产业带发展总体规划（2023—2030 年）》相符。

### 6.3.6 与《汕尾市海洋养殖发展规划（2021—2030 年）》的符合性分析

根据《汕尾市海洋养殖发展规划（2021—2030 年）》，依据水深将本规划海域划分为动态保护区、适宜利用区、养殖保留区。

动态保护区是指离岸距离较近，水体交换能力较弱，需要控制养殖规模，防止高密度养殖，结合海洋生态环境修复，发展水产资源增养殖、休闲渔业等多产业融合的海域；适宜利用区是指水体交换能力较强，水质状况良好，适宜开展各种形式养殖活动的海域；养殖保留区是指因海洋养殖、教学、科研、休闲渔业以及其他特殊需要，暂时尚未开发利用或在规划期限内限制开发，为远期汕尾市海洋渔业发展作为储备用海的海域，是各种功能区域中水质环境最佳，且未来潜在污染程度最小和生产效益较好的海域。

表 6.3-1 汕尾市海洋渔业用海管控条件表

海域划分	确定条件
动态保护区	(1) 海湾及其毗连 0-10 米水深海域; (2) 岛礁基岩区域 0-10 米水深海域; (3) 滩涂(潮间带)及毗连海岸; (4) 目前以人工鱼礁、海洋牧场等形式开展公益类海洋生态保护区的海域。
适宜利用区	(1) 海湾及其毗连 10—30 米水深海域; (2) 岛礁离岸区域 10—30 米水深海域; (3) 离岸开放海域且水深>10 米的水体、海底区域,且 位于汕尾市领海基线以内的海域。
养殖保留区	(1) 领海基线至领海线的领海海域; (2) 《汕尾市养殖水域滩涂规划》中划定为养殖区的海域。

**符合性分析:** 本项目排水管道设置于甲子港海域, 平均水深约 4.5 米, 平均水深约 4.5 米, 属于养殖区中的动态保护区, 该区域离岸距离较近, 水体交换能力较弱, 需要控制养殖规模, 防止高密度养殖。本项目建设与《汕尾市海洋养殖发展规划(2021—2030 年)》不相冲突。

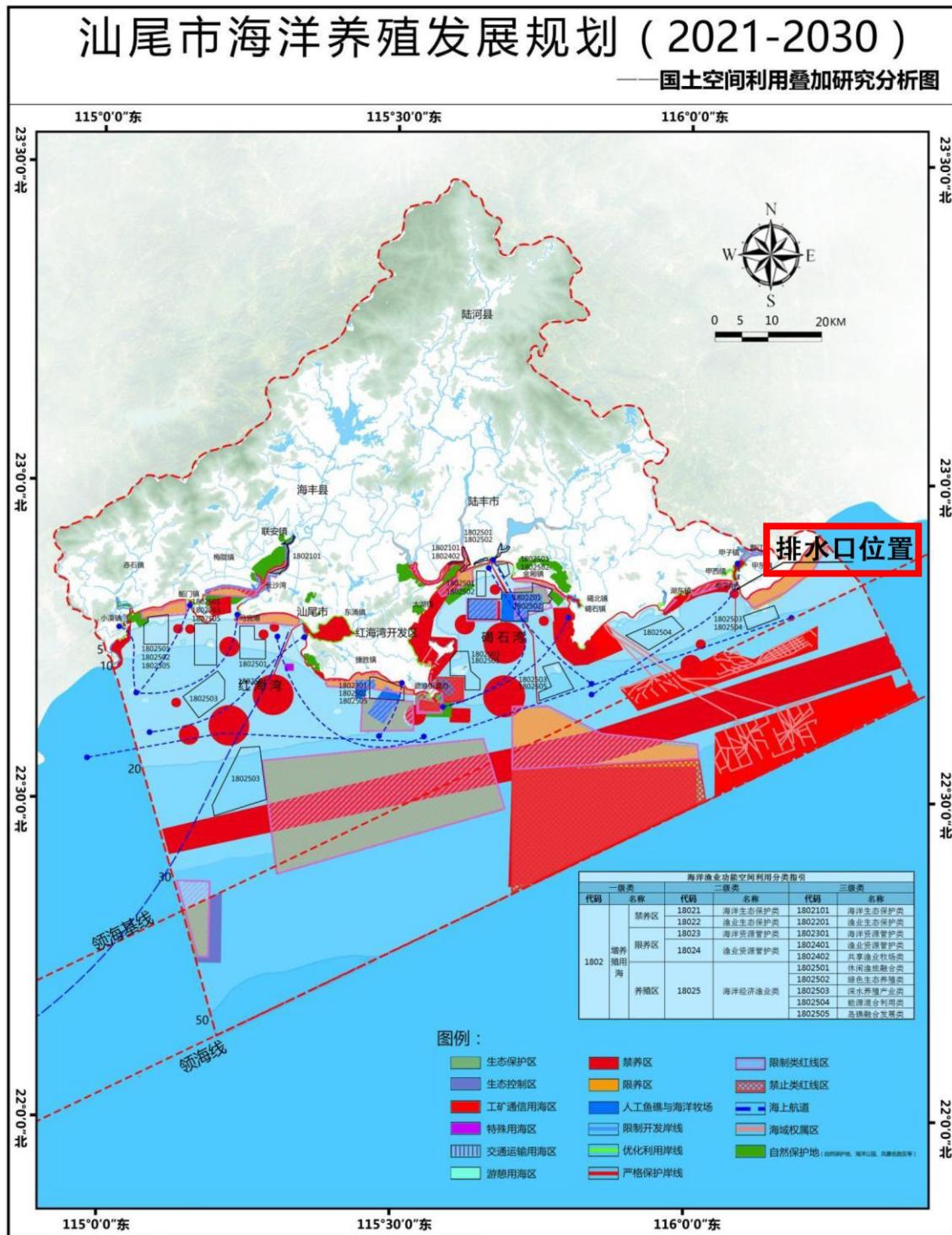


图 6.3-1 汕尾市海洋养殖发展规划国土空间利用叠图研究分析图

### 6.3.7 与《陆丰市养殖水域滩涂规划（2018—2030 年）》的符合性分析

根据《陆丰市养殖水域滩涂规划（2018—2030 年）》，陆丰市海水养殖功能区分成：浅海滩涂增养殖区和海水池塘养殖区。

### 1. 浅海滩涂增养殖区

浅海常指的是水深 10 米以内的潮下带。以传统近岸网箱鱼类养殖和浅海滩涂贝类养殖为主。陆丰市浅海养殖主要开发区域有金厢镇等地区。

### 2. 海水池塘养殖区

海水池塘养殖由潮间带池塘，陆基水池养殖等构成。海水池塘养殖以发展对虾养殖和海水鱼类养殖为主。为维护养殖环境和提高养殖的经济效益，同时应注重健康养殖，提倡多个品种的混养、套养以及轮养等模式。海水池塘养殖区主要发展区域为河东、甲西、碣石、桥冲等地区。

**符合性分析：**本项目排水管道设置于甲子港海域，平均水深约 4.5 米，位于禁养区范围，项目建设与《陆丰市养殖水域滩涂规划（2018—2030 年）》不相冲突。

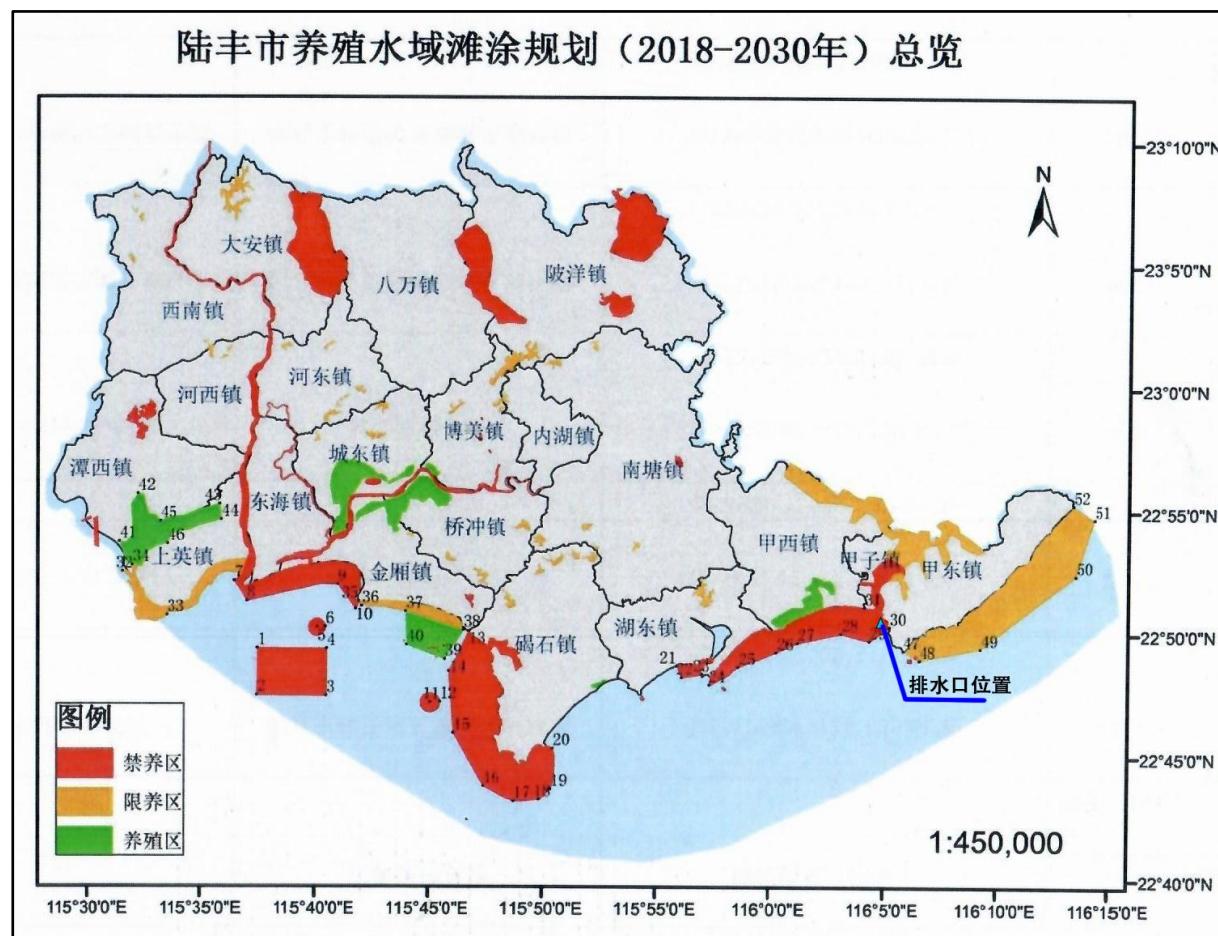


表 6.3-2 陆丰市养殖水域滩涂规划总览图

## 7 项目用海合理性分析

### 7.1 用海选址合理性分析

针对本项目的用海特点，拟从社会经济条件、自然环境条件、区域生态环境、与周边海洋开发活动的适宜性等方面分析本项目选址的合理性。

#### 7.1.1 区位、社会经济条件适宜性

陆丰产业转移工业园五金配件分园电镀废水处理厂项目尾水排放工程排水口位于陆丰市甲东镇妈祖庙附近甲子港海域，排水口坐标为 E116.07879°, N22.839696°，属于甲子港近岸渔业用海区。

甲子镇隶属于广东省汕尾市陆丰市，是陆丰市三大镇、汕尾市重点镇和广东省中心镇，地处陆丰市东南部，位于甲子渔港之滨，东隔瀛江与甲东镇相望，西与甲西镇相连，北与惠来县交界，南临南海，全镇陆地总面积 14.72 平方公里，海岸线长 8 公里。

本项目所在区域的集疏运条件优越，便利的公路交通解决了施工中原材料的陆上运输问题，水、电、通讯依托粤东各港口，完全可以满足施工船舶施工及施工所需建筑材料的水上运输和施工要求，为海底管道的建设提供了便利条件。

陆丰产业转移工业园五金配件分园电镀区内已落实的项目急需建成投产，这些项目的建设投产迫切需要加快陆丰产业转移工业园五金配件分园电镀废水处理厂的建设，本次排水管道建设是园区建设的基础设施和先行工程，对改善区域投资环境，加大园区吸引外资的力度，扩大招商引资的规模，对改善区内投资结构起到重要作用。

#### 7.1.2 自然环境条件的适宜性

项目排水管道所在海域气候属南亚热带季风气候区，海洋性气候明显，光、热、水资源丰富。据历史资料统计，项目论证海域的热带气旋年平均有 3.2 个，伴随热带气旋而来的是风暴潮和暴雨。项目排水管道敷设于海床深度约 3.0 米，仅扩散器上升管超出海床约 1.0 米，气候条件对项目排水管道本身影响不大。虽然大风、雾日、暴雨、热带气旋等灾害性天气会对排水管道的施工过程产生较大影响。但灾害性天气一般持续时间较短，需采取相应的保护措施或避开灾害性天气。

排水管道所在海域为弱流海区，余流小，潮流流速不大，对水下工程的施工和各类工程设施的维护影响不大。另外，预选入海排水口地理坐标为 116.078790° E, 22.839696° N，根据比选分析，该海域水动力交换条件相对较好，有利于污染物向外海扩散，有利于污染物更快地与周围海水混合，降低排水口周围海域海水中污染物的浓度值以及减小

混合区范围。预选入海排水口距离周围海域开发利用活动较远，且该海域水质环境较好，具有一定的纳污能力。所以排水口所在海域的水深条件、海洋水动力条件、水体交换和纳污能力是适宜的。

排水管道避开了海上浮标、岛礁等障碍物，工程所在平均水深约 4.5 米，海域极端高潮位（50 年一遇）3.324m，设计高水位为 2.074m，设计低水位为 0.384m，极端低水位为-0.316m，扩散器处海底高程-4.45m，扩散器上升管顶高程-3.45m（平均高出海底 1 米），涉海段排水管道埋深 3.0m。在长期的海滩循环过程中，只是表现为缓慢的侵蚀后退趋势，总体来看仍处于侵蚀型动态平衡状态。根据岩土工程勘察报告来看，排水管道附近海床整体上是稳定性的，区内主要土层分布较为稳定，虽存在软土及可液化土层等岩土工程问题，但可通过一些成熟、有效的方法处理解决，可满足海洋涉海排水管道工程建设的需要，适宜进行本工程建设。

甲子港海岸处于侵蚀型动态平衡状态，岸滩侵蚀/堆积调整变化幅度不大。项目所在海域地形有冲有淤，总体水深位置基本稳定。因此，在做好涉海排水管道上岸后的保护工作的前提下，管线受水文条件影响不大。

海水对混凝土结构具有中等腐蚀性，对 PE 材质在长期浸水环境下具有微腐蚀性。海区沉积物近岸腐蚀性较弱，离岸腐蚀性较强，表层腐蚀性强，底层腐蚀性弱。海洋涉海排水管道所用 PE 材质应选用耐腐蚀强的 PE 管，在建设运营时应加强监测及防护。

综上所述，本项目用海与该海域的自然环境条件是适宜的。

### 7.1.3 生态环境适宜性分析

海洋涉海排水管道路由区海域生物资源丰富，生态环境良好。施工过程中，海底沟槽开挖会直接损害底栖生物，施工期间由于覆盖回填也会覆盖底栖生物。本工程施工期总生物损失量如下：底栖生物损失量约为 74.766kg、鱼卵损失 5521 粒，仔鱼损失 65068 尾，游泳生物损失 0.813kg。海洋涉海排水管道铺设占用海域的面积不大，施工期较短，产生的污染物主要是搅动海底沉积物产生的悬浮泥沙，对海洋生物资源的影响有限，施工结束后，可逐渐恢复。

根据排水口设置位置比选结果，所选排水口位置位于甲子港海域开阔水域，水动力扩散条件相对好、距离“鳌江重要河口红线区”远、尚有一定的水环境容量，该方案虽然施工难度和工程造价相对较高，但可很大程度上避免排水口所排尾水对“鳌江重要河口红线区”的影响，极大程度地降低水环境风险。

根据预测结果分析，项目施工产生的悬浮泥沙源强相对较小，且项目附近海域潮流

动力条件较弱，其悬浮物扩散较慢，大多数悬浮物都在项目工程周边海域沉降，悬沙增量仅影响施工区范围。运营期正常达标尾水排放情况下，排水口附近预测因子无机氮出现轻微超标，超标范围约  $0.02\text{km}^2$ ，所形成的混合区面积较小，且超标范围不涉及临近近岸海域功能区。除无机氮外，各功能区化学需氧量、活性磷酸盐、石油类、总铜、总镍、锌叠加背景浓度后均能够满足相应功能区海水水质标准要求。

总体来看，进入涉海排水管道的尾水已在陆域进行达标处理，并且经  $444\text{m}$  的排水管道排放，对海洋生物资源和海洋环境影响有限。

#### 7.1.4 与周边海域开发活动的协调性

根据相关资料的整理统计及现场踏勘结果，该项目周围海域的海洋开发利用活动较少，项目论证范围内开发利用权属现状主要有陆丰市甲子镇瀛利浮排服务队临海工业用海（N，  $3.0\text{km}$ ）、陆丰市甲子渔港避风锚地升级改造和整治维护项目（N，  $3.6\text{km}$ ）、汕尾 110 千伏甲东输变电工程（N，  $5.8\text{km}$ ）、广东陆丰甲湖湾电厂新建工程（ $2 \times 1000\text{MW}$ ）（W，  $7.8\text{km}$ ）、中广核汕尾后湖海上风电场项目（S，  $11.5\text{km}$ ）、中广核汕尾风渔融合示范项目（S，  $12.7\text{km}$ ）。另外，项目用海附近分布有甲子港航道（W，  $0.1\text{km}$ ）和 13 号锚地（S，  $0.09\text{km}$ ）以及项目所在海域分布有少量小型渔船及渔民捕捞。

根据数值模拟分析，项目施工及运营期影响范围主要集中在项目附近，施工造成  $10\text{mg/L}$  悬沙最大增量仅影响施工区范围，扩散距离最大为  $0.3\text{km}$ ，运营期尾水达标排放形成的混合区范围为  $0.02\text{km}^2$ ，距离排水口最远距离为  $0.12\text{km}$ ，与周边海域开发利用现状无利益冲突。

项目污水达标排放用海邻近周边航道、锚地，但用海范围与周边航道、锚地不存在重叠，项目拟申请的用海范围与 13 号锚地最近距离约 6 米，与甲子港航道最近距离约 45 米。由于施工造成局部船只增多，施工前须与海事、交通部门协调。此外，根据现场踏勘情况，项目所在海域存在部分小型渔船及渔民捕捞区域，因施工将对该区域捕鱼和通行造成一定的影响，为将项目建设对渔民生产生活的影响降至最低，需要由渔业主管部门出面进行协调，正确引导渔船作业，以免误入施工区域，造成不必要的安全事故。

建设方应切实落实相关单位提出的各项保障措施及建议，通过严密、科学的施工组织和合理的生产调度，把工程安全、施工安全和通航安全放在首位，制定切实有效的安全保障措施，保障施工期间的安全稳定；施工船舶运用良好的船艺，谨慎驾驶的驾驶员，最大限度地减少施工期间对周边通航环境和船舶通航的影响。

本项目的施工和运营对项目所在海域开发活动的影响有限。

### 7.1.5 项目占用海岸线合理性分析

本项目为污水达标排海工程，根据项目设计方案，项目在桩号 JW89~JW92 涉海排水管道采用定向钻施工工艺，定向钻起点设置在桩号 JW89 处，距离海岸线向陆一侧 27 米，终点设置在桩号 JW92，距离海岸线向海一侧 110 米，本工程排水管道采用定向钻施工方式底土穿越海岸线，底土穿越海岸线深度 3 米。排水管道管径为 0.32 米，拟申请用海占用海岸线 35.29 米。

项目排水管道采用定向钻的施工方式底土穿越砂质岸线，施工过程中无需对海岸线进行开挖，且定向钻施工技术较为成熟，不会发生凹陷坍塌等事故，定向钻起点和终点距离海岸线较远，不会造成岸滩侵蚀，对沙滩基本无影响，因此，不会导致海岸线原有形态或生态功能发生变化。

因此，本项目对海岸线利用是合理的。

### 7.1.6 用海选址的唯一性分析

根据排水口设置位置比选结果，所选排水口位置位于甲子港海域开阔水域，水动力扩散条件相对好、距离“鳌江重要河口红线区”远、尚有一定的水环境容量，该方案虽然施工难度和工程造价相对较高，但可很大程度上避免排水口所排尾水对“鳌江重要河口红线区”的影响，极大程度地降低水环境风险。排水口设置在甲子港外海的方案更为合理、环境可接受性更强。

根据项目用海平面布局比选结果，方案一对排水管道埋管施工段全范围设置护坦，护坦宽 15 米，长 334 米。该方案对埋管施工段排水管道进行全范围防护，能最大程度抵御海洋环境对排水管道和扩散器的破坏，从根源上降低安全隐患，符合工程“安全第一”的核心原则。虽然方案一前期投资较高，但后期因管道损坏导致的维修成本、环境损失成本显著降低。从项目全生命周期角度看，其总成本优势明显，尤其适用于运营周期较长的尾水排海项目。

综合分析，项目排水口选址先后经过详细全面的比选论证，从排水口位置、排水管道平面布置及建设投入、运营维护成本等考虑，结合项目排水管道的路线选划、路由桌面论证、路由勘察、模型试验等工作，比选结果选定本排水管道设置方案为最优方案，因此，项目用海选址具有唯一性。

## 7.2 用海方式的合理性分析

### 7.2.1 用海方式是否有利于维护海域基本功能

本项目为电镀废水处理厂尾水达标排放工程，根据《海域使用分类》(HY/T 123-2009)，项目涉及的用海方式主要包括“其他方式”(一级方式)中的“海底电缆管道用海”(二级方式)(排水管道用海)、“污水达标排放用海”(二级方式)(污水达标排放混合区用海)、“取、排水口用海”(二级方式)(排水口用海)。本次拟申请用海总面积为5.5855公顷，其中海底电缆管道用海面积0.7984公顷，取、排水口用海面积2.2991公顷，污水达标排放用海面积2.4880公顷。项目施工用海方式为“开放式”(一级方式)中的“专用航道、锚地、其他开放式”(二级方式)，申请用海面积约0.1614公顷。

根据预测结果分析，项目施工产生的悬浮泥沙源强相对较小，且项目附近海域潮流动力条件较弱，其悬浮物扩散较慢，大多数悬浮物都在项目工程周边海域沉降，悬沙增量仅影响施工区范围。运营期正常达标尾水排放情况下，排水口附近无机氮预测因子最大浓度增值为0.1061mg/L，叠加背景值后浓度值为0.4031mg/L，占标率为100.78%，无机氮出现轻微超标外，无机氮超标范围约0.02km<sup>2</sup>，所形成的混合区面积较小，且超标范围不涉及临近近岸海域功能区。除无机氮外，各功能区化学需氧量、活性磷酸盐、石油类、总铜、总镍、锌叠加背景浓度后均能够满足相应功能区海水水质标准要求。

综合分析，本项目的建设符合《广东省近岸海域环境功能区划》及《广东省海岸带及海洋空间规划(2021—2035年)》中关于入海排水口离岸设置的相关要求，且在营运期间，污水的达标排放对甲子港海域的海洋环境与海洋生态系统影响有限。因此，本项目所采用的用海方式有利于维护海域的基本功能与生态安全。

### 7.2.2 用海方式能否最大程度地减少对水文动力环境、冲淤环境的影响

本项目过海段排水管道埋设于海底，占用的海域空间极少，埋设管道后通过回填砂石等材料以及施工结束后在自然状况下的回淤，海底地貌将在一段时间后恢复，可尽量减少对水文动力环境的影响，对冲淤环境的影响也非常小。拟建排水管道的用海方式可最大程度地减少水动力环境和冲淤环境的影响。

### 7.2.3 用海方式是否有利于保持自然岸线和海域自然属性

拟建排水管道下海点离高位水井距离近，附近海域没有养殖，但存在零星停放的渔船以及当地渔民布置的定置网。

项目排水管道采用定向钻的施工方式底土穿越砂质岸线，施工过程中无需对海岸线

进行开挖，且定向钻施工技术较为成熟，不会发生凹陷坍塌等事故，定向钻起点和终点距离海岸线较远，不会造成岸滩侵蚀，对沙滩基本无影响，因此，不会导致海岸线原有形态或生态功能发生变化。定向钻出口至扩散器段沉管理设于海底，仅施工过程将对海底进行后开挖施工，施工结束后，海底地形将逐渐恢复。

另外，拟建海底管道仅占用部分海底海域，运营期达标尾水排放所形成的混合区位于项目排水口附近，基本不会对该海域的自然属性造成影响。

#### 7.2.4 用海方式是否有利于保护和保全区域海洋生态系统

拟建管道位于海床之下，占用部分海底海域。虽然施工过程中产生的悬浮泥沙将对区域海洋生态系统有一定影响，但影响是暂时的、短期的，不会对区域海洋生态系统产生明显不利影响。另外，根据预测分析，运营期达标尾水排放所形成的混合区位于项目排水口附近，项目用海营运期间不会对区域海洋生态系统产生较大影响。

#### 7.2.5 用海方式的唯一性分析

本工程排放口采用离岸设置，且位于低潮线以下，污水通过管道从陆上引到排放口，排水管道埋设于海底需要用海。

电镀废水处理厂本期尾水最大允许排放量为  $2100\text{m}^3/\text{d}$ ，包括电镀废水处理达标尾水最大排放量为  $1600\text{m}^3/\text{d}$ 、非电镀废水处理达标尾水最大排放量为  $500\text{m}^3/\text{d}$ 。电镀废水处理厂处理达标尾水通过建设尾水排水管道在甲子港海域进行离岸排放，涉海段尾水排水管道管径为 320mm，长度约 444 米，其中定向钻底土穿越施工 110 米，埋管施工 334 米（含扩散器 90 米，排水管道 244 米），埋管施工段设置宽 15 米、长 334 米的人工护坦。

根据预测结果，项目在甲子港海域离岸排放达标尾水所形成的混合区面积约为  $0.02\text{km}^2$ ，根据《海域使用分类》(HY/T 123-2009)，需申请用海方式为“污水达标排放用海”。项目排污口离岸设置，根据《海域使用分类》(HY/T 123-2009)，需申请用海方式为“取、排水口用海”。项目排污口离岸设置，需设置长度约 444 米的排水管道，根据《海域使用分类》(HY/T 123-2009)，排水管道需申请用海方式为“海底电缆管道用海”。

另外，由于项目有 334 米排水管道需要进行埋管施工，同时为保护项目排水管道和扩散器的安全，需设置 15 米、长 334 米的人工护坦，施工期间需对海底面进行开挖，开挖尺寸宽 45 米、长 334 米，根据《海域使用分类》(HY/T 123-2009)，施工范围超出项目主体用海范围部分需依法申请“专用航道、锚地、其他开放式”用海许可。

综合分析，项目各用海方式是合理的，也是唯一的。

## 7.3 用海平面布置合理性分析

### 7.3.1 平面布置是否体现集约、节约用海的原则

本项目排水管道路由采用直线走向，自登陆点延伸至预选排水口，总长度 444 米，包含定向钻底土穿越施工 110 米，埋管施工 334 米。为确保项目排水管道及设施安全，用海范围按规范划定：排水管道主体自外缘线向两侧外扩 10m；人工护坦（15m 宽）自外缘线向两侧各外扩 10m，扩散器以设施外缘线外扩 80m。受海域地质条件限制，人工护坦施工需按 1:5 坡度放坡开挖，开挖宽度 45m，施工用海超出主体用海范围的部分需申请施工用海。项目设计充分遵循集约节约用海原则，用海范围划定符合《海籍调查规范》（HY/T124-2009）等相关法规要求，通过最小化占海面积、精准外扩安全距离及科学放坡设计，实现资源利用与生态保护的平衡，确保工程实施的合理性与合规性。

综合分析，项目用海符合集约节约用海的原则。

### 7.3.2 平面布置能否最大程度地减少对水动力环境、冲淤环境的影响

本工程排水管道采取海底埋设方式伸向外海至排水口，开挖的淤泥层在海底自然回淤，在水流作用下海底地形将自然恢复到原有的情况。预选排水口处设计采用 DN110 上升管道，共 6 根，每根上升管道开 4 个Φ50 喷口管，喷口末端装设Φ50 鸭嘴阀一只，防止海水倒灌。扩散器总长度为 90 米，各上升管间距为 15.0m，上升管高出海底约 1.0 米，尺度很小，对海底海流的影响微不足道。由于本工程运营期尾水排放对海床地形无大影响，由于施工造成的影响在潮流作用下将逐渐恢复，因此工程区附近潮流、波浪动力特征基本不会因本工程而发生变化，因此地形地貌冲淤情况跟现有的情况相似。所以拟建排水管道对水动力环境和冲淤环境的影响很小。

### 7.3.3 平面布置是否有利于生态和环境保护

拟建管道路由从登陆点至预选排水口，为直线管道走向，涉海排水管道及扩散器所在海域不涉及生态红线、自然保护区、珊瑚等敏感目标。施工期间产生的悬浮泥沙对周边海域有暂时的影响，随着施工的结束，该影响将逐渐消失。

处理达标尾水后离岸排放，根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021—2035 年）》，项目用海范围全部位于“甲子港近岸渔业用海区”，属于达标尾水排放项目，因排水管道工程引起的悬浮泥沙影响是暂时的，施工结束后会逐渐消失；营运期通过本项目管道及排放口排放的均为经处理达标后的尾水，不会对所在渔业用海区水质环境产生较大的不利影响。

根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021—2035 年）》，“不损害海岸线原有形态或生态功能的，可在严格保护岸线保护范围内实施的项目包括……底土穿越的海底隧道和海底电缆管道；无需对海岸线进行改造施工的港池、蓄水以及离岸取、排水口等”。项目排水口离岸设置在 0 米等深线以下，排水管道采用定向钻施工工艺，底土穿越严格保护岸段，其中定向钻起点距离海岸线向陆一侧 27 米，终点距离海岸线向海一侧 110 米，底土穿越海岸线深度 3 米，不会损害海岸线原有形态或生态功能，项目运营期不会对海岸线原有形态及其生态功能造成影响。

#### 7.3.4 平面布置是否与周边其他用海活动相适应

根据拟建管道路由走向来看，拟建管道路由周边用海活动较少，项目污水达标排放用海邻近周边航道、锚地等用海活动不存在重叠，项目拟申请的用海范围与 13 号锚地最近距离约 6 米，与甲子港航道最近距离约 45 米。根据数值模拟分析，项目施工及运营期影响范围主要集中在项目附近，施工造成  $10\text{mg/L}$  悬沙最大增量仅影响施工区范围，扩散距离最大为 0.3km，运营期尾水达标排放形成的混合区范围为  $0.02\text{km}^2$ ，距离排水口最远距离为 0.12km，与周边海域开发利用现状无利益冲突。

可见，拟建管道平面布置与周边其他用海活动是相适应的。

#### 7.3.5 路由方案比选分析

根据排水口设置位置比选结果，所选排水口位置位于甲子港海域开阔水域，水动力扩散条件相对好、距离“鳌江重要河口红线区”远、尚有一定的水环境容量，该方案虽然施工难度和工程造价相对较高，但可很大程度上避免排水口所排尾水对“鳌江重要河口红线区”的影响，极大程度地降低水环境风险。排水口设置在甲子港外海的方案更为合理、环境可接受性更强。

根据项目用海平面布局比选结果，方案一对排水管道埋管施工段全范围设置护坦，护坦宽 15 米，长 334 米。该方案对埋管施工段排水管道进行全范围防护，能最大程度抵御海洋环境对排水管道和扩散器的破坏，从根源上降低安全隐患，符合工程“安全第一”的核心原则。虽然方案一前期投资较高，但后期因管道损坏导致的维修成本、环境损失成本显著降低。从项目全生命周期角度看，其总成本优势明显，尤其适用于运营周期较长的尾水排海项目。

综合分析，项目排水口选址先后经过详细全面的比选论证，从经济性、合理性和安全性综合考虑，项目排水管道路由方案综合条件较优。

## 7.4 项目占用岸线合理性分析

根据《广东省自然资源厅关于印发海岸线占补实施办法的通知》(广东省自然资源厅, 2025年6月12日), “项目建设占用海岸线(包括大陆岸线和海岛岸线, 均包含自然岸线和人工岸线)导致海岸线原有形态或生态功能发生变化, 要进行海岸线整治修复, 形成生态恢复岸线, 实现海岸线占用与修复补充相平衡”。

本项目为污水达标排海工程, 根据项目设计方案, 项目在桩号 JW89~JW92 涉海排水管道采用定向钻施工工艺, 定向钻起点设置在桩号 JW89 处, 距离海岸线向陆一侧 27 米, 终点设置在桩号 JW92, 距离海岸线向海一侧 110 米, 本工程排水管道采用定向钻施工方式底土穿越海岸线, 底土穿越海岸线深度 3 米。排水管道管径为 0.32 米, 拟申请用海占用海岸线 35.29 米。项目排水管道采用定向钻的施工方式底土穿越砂质岸线, 施工过程中无需对海岸线进行开挖, 且定向钻施工技术较为成熟, 不会发生凹陷坍塌等事故, 定向钻起点和终点距离海岸线较远, 不会造成岸滩侵蚀, 对沙滩基本无影响, 因此, 不会导致海岸线原有形态或生态功能发生变化, 无需进行岸线占补。

因此, 本项目对岸线利用是合理的。

## 7.5 用海面积合理性分析

### 7.5.1 项目用海面积的量算

#### 7.5.1.1 宗海测量相关说明

根据《海域使用分类》《海籍调查规范》, 广州至远海洋科技有限公司负责进行本工程海域使用测量, 测绘资质证书号为: 乙测资字 44515454, 参加本项测量人员为: 陈武荣。

#### 7.5.1.2 宗海界址点的确定方法

根据数字化宗海界址图上所载的界址点平面坐标, 利用相关测量专业的坐标换算软件, 项目用海面积是各界址点在 CGCS2000 坐标系, 高斯-克吕格投影(中央经度为 116° 00' E) 下的面积。

#### 7.5.1.3 宗海界址点界定原则

根据《海籍调查规范》(HY/T124-2009) 5.4.6.1, 涉海排水管道的用海方式为电缆管道用海, 以电缆管道外缘线向两侧外扩 10m 距离为界。污水排放口的用海方式分为混合区用海和排水口用海。其中混合区用海依据海洋功能区划和保护目标, 以其所排放的有害物质随离岸距离浓度衰减, 达到海水水质标准要求时水体所波及的外缘线为界; 排水

口用海岸边以海岸线为界，水中以排水头部外缘线外扩 80m 的矩形范围为界。混合区用海以混合区包络范围为界。

#### 7.5.1.4 宗海界址点确定结果

##### A.涉海排水管道用海：

折线 30-34-35-……-44-45-31-30 围成的区域为涉海排水管道用海范围，用于海底工程用海中的电缆管道用海，属海底电缆管道。

折线 37-38-39-40-41-42 为海岸线，折线 40-41 为涉海排水管道用海与取、排水口放用海的边界线，其他为涉海排水管道用海的外缘线向两侧外扩 10m 距离的边线。

##### B.取、排水口用海

折线 1-2-……-10-11-1 及 17-18-……-24-28-29-……-33-17 围成的区域为排水口用海范围，用于排水口设置，属取、排水口。

线段 29-32 为排水口用海与涉海排水管道用海的边界线，其他为污水扩散器（排水口）设施外缘线外扩 80m 距离形成的矩形边线。

##### C.污水达标排放用海

根据《入河入海排污口监督管理技术指南 入海排污口设置论证技术导则》(HJ 1406-2024)，一般指污水自排放口（扩散器）连续排出，各个瞬时造成附近水域污染物浓度超过该水域水质目标限值的平面范围的叠加（亦即包络）称为混合区。

根据前文预测结果，正常达标尾水排放情况下，排水口附近无机氮预测结果出现轻微超标，无机氮超标范围约 2.4880 公顷，即该区域为项目尾水达标排放混合区范围。

其中 11-10-9-……-3-27-26-……-13-12-11 围成的区域为混合区用海范围，属于污水达标排放用海。线段 17-18-19-20-21-22-23-24 与 3-4-5-6-7-8-9-10-11 为污水达标排放用海与取排水口用海范围边界线。

##### D.施工用海宗海界址点的确定

折线 1-2-3-4-1、5-6-7-8-5 围成的区域属人工护坦施工用海，用海方式属于专用航道、锚地、其他开放式。

#### 7.5.1.5 宗海图的绘图方法

本项目宗海位置图是以遥感影像为底图，根据总平面布置的具体位置获取界址点坐标 (CGCS2000 坐标系)，在同一坐标系下，将用海位置叠加之上，最后添加《海籍调查规范》(HY/T 124-2009) 上要求的其他海籍要素，形成该项目宗海位置。

本项目宗海界址图以项目总平面布置图为底图，根据《海籍调查规范》(HY/T 124-

2009) 的宗海确定方法, 结合项目平面布置图、2022 年省政府批复岸线, 确定各用海界址点坐标 (CGCS2000 国家大地坐标系,  $116^{\circ} 00' E$  为中央子午线)。按照《海籍调查规范》(HY/T 124-2009) 的要求补充其他海籍要素, 规范图框和文字等的格式, 形成大比例尺的宗海界址图。

## 7.5.2 项目用海面积量算

根据《海籍调查规范》及本项实际用海方式, 界定本项用海为 1 宗海, 4 个用海单元: 排水管道用海、污水达标排放用海、排水口用海以及埋管施工用海。申请总用海面积 5.7469 公顷, 其中海底电缆管道用海面积 0.7984 公顷, 取、排水口用海面积 2.2991 公顷, 污水达标排放用海面积 2.4880 公顷, 航道、锚地及其他开放式用海面积为 0.1614 公顷。

### (1) 涉海排水管道用海需求

根据项目设计指标, 涉海排水管道线位于海域中的长度为 444m, 其中定向钻底土穿越施工 110 米, 埋管施工 334, 埋管施工段设置宽 15 米、长 334 米的人工护坦, 排水管道直径为 0.32m, 依据《海籍调查规范》(HY/T124-2009) 5.4.2.7 中规定“取排水管道用海, 以取排水管道外缘线向两侧外扩 10m 距离为界”, 估算涉海排水管道用海需求为:  $110m \times (0.32+20) m + 334m \times (15+20) m = 13925.2m^2 \approx 1.3925$  公顷。

### (2) 排水口用海需求

本项目中尾水扩散器段总长度为 90m, 人工护坦宽度为 15m, 依据《海籍调查规范》(HY/T124-2009) 5.4.2.7 中规定“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扩 80m 的矩形范围为界”, 估算排水口用海需求为  $(90+160) \times (15+160) = 4.3750$  公顷。

由于污水达标排放用海的海域使用金征收标准高于排水口用海, 污水达标排放用海的 0.2995 公顷包含在排水口用海的范围内, 不重复计算, 则最终估算的排水口用海面积为 4.0755 公顷。

### (3) 污水达标排放用海

根据前文预测结果, 正常达标尾水排放情况下, 排水口附近无机氮预测结果出现轻微超标, 无机氮超标范围约 2.4880 公顷, 即该区域为项目尾水达标排放混合区范围。

### (4) 航道、锚地及其他开放式用海

项目对开挖施工段排水管道设置宽 15 米、长 334 米的人工护坦, 施工期间需对海底面进行开挖, 开挖尺寸宽 45 米、长 334 米, 施工范围超出项目主体用海范围部分需

依法申请“专用航道、锚地、其他开放式”用海，用海面积为 45 米×334 米=1.5030 公顷。

去掉重叠部分后，经过图上量测后的最终确定的项目用海申请“海底电缆管道用海”面积 0.7984 公顷，“取、排水口用海”面积 2.2991 公顷，“污水达标排放用海”面积 2.4880 公顷，“航道、锚地及其他开放式用海”面积为 0.1614 公顷，项目申请用海总面积 5.7469 公顷是能够满足项目用海需求的。

图 7.5-1 项目主体用海宗海位置图

图 7.5-2 项目主体用海宗海界址图





图 7.5-3 项目施工用海宗海位置图



图 7.5-4 项目施工用海宗海界址图

## 7.6 用海期限合理性分析

以项目主体结构和主要功能的设计使用（服务）年限作为依据，以法律法规的规定作为判断标准，分析项目申请的用海期限是否合理。

### 7.6.1 法律法规要求

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。

本工程用海类型为污水达标排放用海，参照城市基础设施配套工程，论证申请用海年限参照“公益事业”界定，本工程申请海域使用最高年限为 40 年。施工用海拟申请用海期限 6 个月。

### 7.6.2 管道设计使用年限

根据项目设计方案，项目拟建的排水管道设计使用年限为 50 年，施工时长为 6 个月。

### 7.6.3 本项目申请用海期限

本工程用海类型为污水达标排放用海，参照城市基础设施配套工程，论证申请用海年限参照“公益事业”界定，本工程申请海域使用最高年限为 40 年，施工用海拟申请用海期限 6 个月，既符合生产管理需要和设计标准，也符合《中华人民共和国海域使用管理法》有关规定，是合理的。

## 8 生态用海对策措施

### 8.1 工程用海主要生态问题

本项目为电镀废水处理厂尾水达标排放工程，位于陆丰市甲东镇妈祖庙北侧甲子港海域，根据前文第4章资源生态影响分析结果，

本用海项目排水管道施工期施工，对底栖生物栖息环境有一定影响。同时，由于开挖会扰动底泥，底泥悬浮随潮流扩散，致使海域水体悬浮浓度增加，会对鱼卵、仔鱼，游泳动物产生一定的影响。营运期本项目混合区范围内的海洋生态受水质条件影响，海洋生物会受到持续性伤害。经计算，本工程施工期底栖生物损失量约为24.922kg、鱼卵损失2882250粒，仔鱼损失1143750尾，游泳生物损失0.179kg。

### 8.2 生态用海对策

#### 8.2.1 生态保护对策

##### 8.2.1.1 施工期生态保护对策措施

(1) 加强管理，合理操作挖泥船，尽量减少施工产生的悬浮泥沙影响；不得随意扩大排水管道施工范围，文明施工；为了尽量减少泥沙的逸散，施工单位定期对挖泥设备进行维修保养，确保设备处于正常状态。

(2) 施工应选择海况良好，潮流较缓的情况下进行施工作业，避免恶劣天气施工，以保障施工安全，并避免悬浮物剧烈扩散。

(3) 为了减少施工活动的影响程度和范围，施工单位在施工期间应制定施工计划、安排进度，并充分注意附近海域的环境保护问题。

(4) 水下施工应准确按照设计路线操作，在预定好的路由范围内开挖管沟，避免偏离原有路由而增加底泥扰动的影响范围，以减小施工对底栖生物栖息地的破坏。

(5) 施工应严格划定施工区域，尽量缩小施工作业带，以减轻对潮间带生境的影响。

(6) 施工船舶在水域内定点作业、船舶停泊均应根据施工作业场地选择合理的环保措施，杜绝发生船舶污染物污染水域的事故。施工船舶的船舶舱底油污水、船舶生活污水经收集上岸后，交由有处理资质的接收单位收运处理。加强对施工船舶的管理，防止机油溢漏事故的发生。

(7) 根据《沿海海域船舶排污设备铅封管理规定》(交海发〔2007〕165号)的要求，施工期船舶必须事先经海事部门对其油污水系统排放阀及与油污水管路直接相连的

阀门实施铅封，禁止向水体排放油污水。

(8) 施工期产生船舶生活垃圾不得随意倾倒在施工现场或直接抛入海中，应由施工船舶配备的垃圾收集装置统一收集委托环卫部门处置，严禁排海。

(9) 施工过程中建筑垃圾要做到集中收集、及时清运，部分用于填路材料，部分回收利用，其他的统一收集后由环卫部门统一清运。

(10) 排水管道埋管施工物产生的土方量以及涉海部分定向钻施工砖渣应外抛至指定的合法抛泥区，陆上部分定向钻施工砖渣应运输至陆上指定地点消纳。

(11) 建设单位通过尽量避开鱼类产卵高峰期，降低施工强度，对整个施工期进行合理规划，努力减少施工日数。

(12) 对开挖区准确定位、详细记录其过程，严格按照施工平面布置进行作业，避免在一个区域重复作业，减少对项目所在海域底质扰动的强度。

(13) 施工过程中需密切注意施工区及其周边海域的水质变化。如发现因施工引起水质变化而对周围海域海洋生物产生不良影响，则应立即采取措施，必要时可短暂停工。

(14) 项目施工应选用低噪声设备，合理控制施工时间，加强对施工人员有关珍稀濒危鸟类、鱼类等野生动物保护的宣传。

### 8.2.1.2 运营阶段生态保护对策措施

为尽可能减缓项目达标尾水排放对排水口附近的海域生态、渔业资源带来的影响，提出以下对策措施：

(1) 工程营运期间要严格执行尾水排海的管控要求，严格控制污染物的排放量和排放浓度，杜绝事故状态的各类排放。建设单位在工程试运行或正式投入运行后，应当如实记录污染物排放设施、处理设备的运转情况及其污染物的排放、处置情况，并按照国家海洋主管部门的规定，定期向生态环境主管部门报告。

(2) 由于本电镀废水处理厂涉及电镀废水处理系统和非电镀废水处理系统两套独立的废水处理系统，应在各自出水口设置独立的特征污染物的在线监测仪器和尾水流量计，并配套相应的事故应急池，避免超标尾水经本项目排入海洋环境中。

(3) 为防止因各种原因而引起的突发性事故的发生，而对渔业造成严重影响，建设单位必须投入必要的资金、人员，建立处理突发性事故的应急队伍、应急措施，并配备应急器材，最大限度地减少事故性排放对渔业资源的影响。

(4) 组织专门的监测队伍，进行定期的水质、生态和渔业动态跟踪监测，尤其是对潜在影响区的监测，以便及时掌握工程海域水质、生态、渔业资源的实际变动状况，为

制定相应的对策提供科学依据。

### 8.2.1.3 其他防范措施

#### (1) 排水管道事故风险防范措施

为防范项目排水管道运行的事故风险，应根据《海底电缆管道保护规定》等规范的要求，采取以下水管运行安全风险防范措施。

①建设单位应当在排水管道铺设竣工后 90 日内，将排水管道的路线图、位置表等注册登记资料报送上级海洋行政主管部门备案，并同时抄报海事管理机构。

②根据《海底电缆管道保护规定》，省级以上人民政府海洋行政主管部门应当根据备案的注册登记资料，商同有关部门划定海底管线保护区，并向社会公告。

③禁止在海底管线保护区内从事挖砂、钻探、打桩、抛锚、拖锚、底拖捕捞、张网、养殖或者其他可能破坏管道安全的海上作业。确需进入海底管道保护区内作业的，应当采取有效的防护措施。

④建设单位应对项目排水管道保护区，特别是海上作业活动频繁的地区附近，如管道穿越海岸线处、扩散器等区域设置标识。设置的标识应当向县级以上人民政府海洋行政主管部门备案。

⑤建设单位应对排水管道保护区进行定期巡航检查，并对排水管道采取定期复查、监视和其他保护措施。

⑥工程竣工后，应进行定期测定排水管道的位置，确保海底管道设定在海底管道保护区内。

#### (2) 尾水事故排放的预防措施

①对各股废水进水水质进行监测，发现水量、水质异常时，厂区工作人员应及时检查原因，根据实际情况启动相应的应急措施：如水量、水质超标为源头因素，厂区应对进水予以采样，并根据具体情况启动园区应急预案，减少进水或查找相关污染源等进行解决；若为本电镀废水处理厂内的工艺问题，则应由技术部门及时排查原因，调整处理工艺，解决问题。

③电镀废水处理厂应在电镀废水处理系统和非电镀废水处理系统出水口分别设置在线监测仪器和尾水流量计，并配套相应的事故应急池，避免超标尾水经本项目排入海洋环境中。

④加强电镀废水处理厂运行管理建立并完善操作责任制度。做好员工培训，建立考核档案，不合格者不得上岗。

### （3）排水管道应对自然灾害的防范措施

①项目在管道设计之前应调查管道路由的地质环境以及该区域灾害气象的发生情况，设计时应充分考虑不良地质和灾害气象对管道可能造成的影响。

②施工时应严格按照设计要求，不偷工减料；管道要经过专门的防腐蚀处理，及加强阴极保护。

③由于排水管道所在岸段为砂质海岸线，存在坍塌等风险，应在设计、施工中注意减轻掏空影响、加强管道的固定。

④管道运营过程中，应加大管线维护的投入，进一步提高管理人员素质，提高设备、设施的管理水平。

## 8.2.2 生态跟踪监测

建设项目生态跟踪监测目的是通过对由于建设项目的施工和运营而对海洋环境产生的影响的跟踪监测，了解和掌握建设项目在其施工期和运营期对海洋水文动力、水质、沉积物和生物的影响，评价其影响范围和影响程度。

根据《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》要求，为了及时了解和掌握建设项目在其营运期对海洋水质、沉积物和生物的影响，以便对可能产生明显环境影响的关键环节事先制度性监测，使可能造成环境影响的因素得以及时发现，需要对建设项目营运期对海洋环境产生的影响进行跟踪监测。

根据《自然资源部办公厅关于进一步规范项目用海监管工作的函》（自然资办函〔2022〕640号），对于涉及新建的填海用海、非透水构筑物用海（长度 $\geq 500$ 米或面积 $\geq 10$ 公顷）、封闭性围海（面积 $\geq 10$ 公顷）等严重改变海域自然属性的项目，核电、石化、油气、海上风电等可能对资源生态造成严重影响的项目，以及论证范围内涉及典型海洋生态系统的用海项目（包含珊瑚礁、红树林、海草床、盐沼、牡蛎礁等典型生态系统），应开展生态跟踪监测。

本项目不属于新建的填海用海、非透水构筑物用海、封闭性围海等严重改变海域自然属性的项目，也不属于核电、石化、油气、海上风电等可能对资源生态造成严重影响的项目，项目论证范围内也不涉及典型海洋生态系统的用海项目（包含珊瑚礁、红树林、海草床、盐沼、牡蛎礁等典型生态系统）。考虑到项目的生态影响及实际特征，为了掌握项目施工期间及实施后对海域环境的影响，本次论证工作结合项目实际情况、数模预测结果及生态影响分析，按照《自然资源部办公厅关于进一步规范项目用海监管工作的函》（自然资办函〔2022〕640号）的有关要求，编制海洋生态跟踪与监测工作方案。

### 8.2.2.1 调查范围

为涵盖本项目可能影响的全部范围，同时体现海洋自然地理单元和周边海洋生态系统的完整性，本次海洋生态本底调查的范围为项目周边海域。

本次共设 2 个站位（监测过程中可视情况做适当调整），其中海洋生态环境监测站位 1 个，岸线变化、潮间带生物监测断面 1 个。详见表 8.2-1 和图 8.2-1。

表 8.2-1 跟踪监测站位坐标表

编号	经度	纬度	调查内容
L1	116.078734	22.839613	海水水质、沉积物、生物生态
S1	116.080956	22.842464	岸线变化、潮间带生物

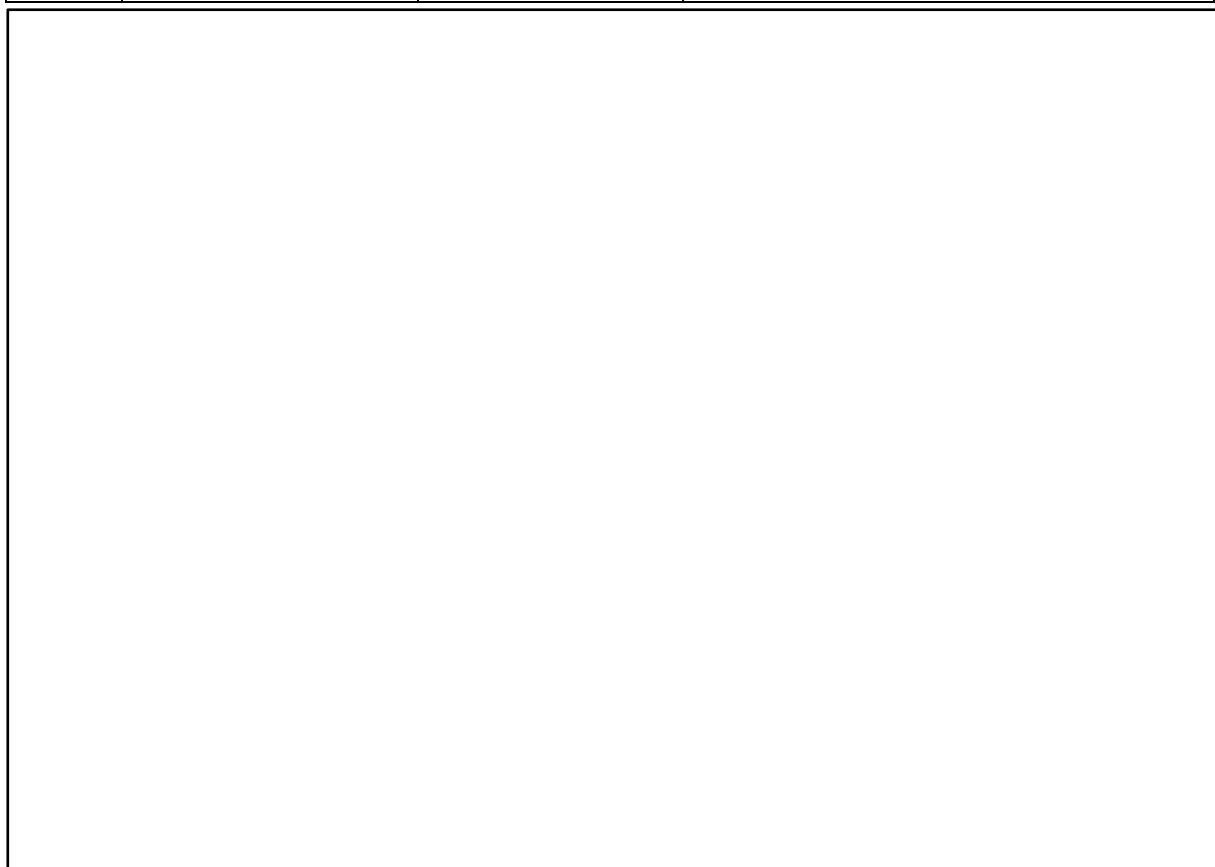


图 8.2-1 海洋环境跟踪监测站位图

### 8.2.2.2 调查时间

施工期监测一次。

运营期每年监测一次，应加强异常工况以及特殊条件下影响状况监测。

特殊情况下，如受热带气旋影响出现污染事故等情况可适当增加监测频次，严密监控。对监测数据进行档案管理和分析，如有异常应及时向环境管理部门汇报。

### 8.2.2.3 调查内容

#### 8.2.2.3.1 资料收集

- (1) 海洋站海洋水文气象的长期观测资料;
- (2) 近3年内的海水水质、海洋沉积物、海洋生物、典型海洋生态系统等调查资料;
- (3) 台风、风暴潮、海浪、海冰、赤潮、绿潮海岸侵蚀和海水入侵等海洋灾害资料;
- (4) 不同时期的历史海图、地形图和遥感影像等;
- (5) 近一年内的空间分辨率优于2.5m的遥感影像。

#### 8.2.2.3.2 海洋生态本底调查

调查要素包括海水水质、沉积物、生物质量、叶绿素a、浮游植物、浮游动物、底栖生物、潮间带生物、渔业资源和岸线等。数据分析测试与质量保证应满足《海洋监测规范》(GB173782~2007)和《海洋调查规范》(GB127637~2007)的要求。建设单位应委托有资质的监测单位具体执行,由当地海洋环境保护行政主管部门进行监督指导。

##### (1) 海水水质

pH、温度、盐度、DO、COD、SS、石油类、无机氮、活性磷酸盐、汞、镉、铅、六价铬、总铬、砷、铜、锌、镍。

##### (2) 海洋沉积物

石油类、有机碳、硫化物、汞、镉、铅、锌、铜、铬、砷。

##### (3) 海洋生物生态

叶绿素a及初级生产力、浮游植物、浮游动物、底栖生物、鱼卵、仔稚鱼、游泳生物。

##### (4) 潮间带生物

种类组成与分布、生物量。

##### (5) 海岸线

岸线属性及岸线变化情况。

#### 8.2.2.3.3 分析方法与评价标准

分析方法、引用标准、评价标准和评价方法均与本次进行全面监测和评价时相同。

#### 8.2.2.3.4 数据分析与质量保证

监测工作应委托有资质的单位进行,数据分析测试与质量保证应满足《海洋监测规范》(GB 173782-2007)、《海洋调查规范》(GB/T 127637-2007)等标准的要求。

对于运营期海水水质、沉积物质量、海洋生态、潮间带生物、岸线的跟踪监测，业主也可向当地海洋监测部门申请纳入当地年度监测计划。

表 8.2-2 海洋生态本底调查实施方案一览表

序号	调查内容	调查要素	调查站位/断面	调查时间/频次	实施计划
1	海水水质	PH、温度、盐度、DO、COD、SS、石油类、无机氮、活性磷酸盐、汞、镉、铅、六价铬、总铬、砷、铜、锌、镍。	1 个站位	施工期监测 1 次	施工期
2	海洋沉积物	石油类、有机碳、硫化物、汞、镉、铅、锌、铜、铬、砷		每年代表性 1 季	运营期
3	海洋生物生态	叶绿素 a 及初级生产力、浮游植物、浮游动物、底栖生物、鱼卵、仔稚鱼、游泳生物		施工期监测 1 次	施工期
4	潮间带生物	种类组成与分布、生物量		每年代表性 1 季	运营期
5	海岸线	岸线属性及岸线变化		施工期监测 1 次	施工期
				每年代表性 1 季	运营期

表 8.2-3 生态跟踪监测指标合理范围表

监测内容	监测指标	合理变化范围		监测站位数		监测频次	
		施工期	运营期	施工期	运营期	施工期	运营期
海洋生态	叶绿素 a、 初级生产力	叶绿素 a 含量 (mg/m <sup>3</sup> )	0.24~13.78	0.24~13.78	1 个调查站位	施工期监 测 1 次	每年代表性 1 季
		初级生产力含量 mg·C/(m <sup>2</sup> ·d)	7.72~219.51	7.72~219.51			
	浮游植物	浮游植物种数	93 种	93 种			
		优势度	0.020~0.648	0.020~0.648			
		多样性指数	0.58~3.02	0.58~3.02			
		物种丰富度指数	1.837~3.291	1.837~3.291			
		均匀度	0.11~0.58	0.11~0.58			

监测内容	监测指标	合理变化范围		监测站位数		监测频次	
		施工期	运营期	施工期	运营期	施工期	运营期
浮游动物	浮游动物种数	48 种	48 种				
	浮游动物个体密度 (ind/m <sup>3</sup> )	222.50~12142.86	222.50~12142.86				
	浮游动物生物量 (mg/m <sup>3</sup> )	60~268.00	60~268.00				
	优势度	0.025~0.263	0.025~0.263				
	多样性指数	2.54~3.50	2.54~3.50				
	物种丰富度指数	1.993~2.936	1.993~2.936				
	均匀度	0.59~0.83	0.59~0.83				
底栖动物	底栖动物种数	44 种	44 种				
	栖息密度 (ind/m <sup>2</sup> )	13.33~240.00	13.33~240.00				
	生物量 (g/m <sup>2</sup> )	0.29~122.47	0.29~122.47				
	优势度	0.020~0.116	0.020~0.116				
	多样性指数	0.81~3.00	0.81~3.00				
	物种丰富度指数	0.721~3.366	0.721~3.366				
	均匀度	0.39~1.00	0.39~1.00				
潮间带	潮间带生物	生物种数	30 种	30 种			
		平均栖息密度 (ind/m <sup>2</sup> )	1110.00	1110.00			
		平均生物量 (g/m <sup>2</sup> )	302.72	302.72			
		多样性指数	0.06~2.71	0.06~2.71			
		物种丰富度指数	0.680~2.854	0.680~2.854			
		均匀度	0.03~0.86	0.03~0.86			
沉积物质量	铅 (10 <sup>-6</sup> ) (mg/kg)	未检出~20.9	未检出~20.9	1 条断面	1 条断面	施工期监 测 1 次	每年代表性 1 季
	铜 (10 <sup>-6</sup> ) (mg/kg)	未检出~35.9	未检出~35.9				

监测内容	监测指标	合理变化范围		监测站位数		监测频次	
		施工期	运营期	施工期	运营期	施工期	运营期
海水水质	汞 (10 <sup>-6</sup> ) (mg/kg)	未检出~0.053	未检出~0.053	1 个站位	1 个站位	施工期监 测 1 次	每年代表性 1 季
	砷 (10 <sup>-6</sup> ) (mg/kg)	未检出~5.33	未检出~5.33				
	锌 (10 <sup>-6</sup> ) (mg/kg)	未检出~135	未检出~135				
	镉 (10 <sup>-6</sup> ) (mg/kg)	未检出~0.3	未检出~0.3				
	铬 (10 <sup>-6</sup> ) (mg/kg)	未检出~35.9	未检出~35.9				
	石油类 (10 <sup>-6</sup> ) (mg/kg)	未检出~170	未检出~170				
	有机碳 (10 <sup>-2</sup> ) (%)	未检出~1	未检出~1				
	硫化物 (10 <sup>-6</sup> ) (mg/kg)	未检出~10.3	未检出~10.3				
海水水质	pH	8.34~8.46	8.34~8.46	1 个站位	1 个站位	施工期监 测 1 次	每年代表性 1 季
	DO(mg/L)	6.06~7.23	6.06~7.23				
	SS(mg/L)	10.8~15.3	10.8~15.3				
	COD(mg/L)	未检出~1.82	未检出~1.82				
	无机氮 (mg/L)	未检出~0.347	未检出~0.347				
	石油类 (mg/L)	未检出~0.0418	未检出~0.0418				
	铜 (mg/L)	未检出~0.0049	未检出~0.0049				
	铅 (mg/L)	未检出~0.00088	未检出~0.00088				
	镉 (mg/L)	未检出~0.0001	未检出~0.0001				
	锌 (mg/L)	未检出~0.0232	未检出~0.0232				
	汞 (mg/L)	未检出~0.000066	未检出~0.000066				
	铬 (mg/L)	未检出~0.0045	未检出~0.0045				
	砷 (mg/L)	未检出~0.001	未检出~0.001				
	镍 (mg/L)	未检出~0.002	未检出~0.002				

监测内容	监测指标	合理变化范围		监测站位数		监测频次	
		施工期	运营期	施工期	运营期	施工期	运营期
沉积物质量	活性磷酸盐 (mg/L)	未检出~0.0284	未检出~0.0284	1 个站位	1 个站位	施工期监 测 1 次	每年代表性 1 季
	铅 (10 <sup>-6</sup> ) (mg/kg)	未检出~54.6	未检出~54.6				
	铜 (10 <sup>-6</sup> ) (mg/kg)	未检出~10.6	未检出~10.6				
	汞 (10 <sup>-6</sup> ) (mg/kg)	未检出~0.086	未检出~0.086				
	砷 (10 <sup>-6</sup> ) (mg/kg)	未检出~11.4	未检出~11.4				
	锌 (10 <sup>-6</sup> ) (mg/kg)	未检出~84.2	未检出~84.2				
	铬 (10 <sup>-6</sup> ) (mg/kg)	未检出~55.1	未检出~55.1				
	石油类 (10 <sup>-6</sup> ) (mg/kg)	未检出~316	未检出~316				
	有机碳 (10 <sup>-2</sup> ) (%)	未检出~1.2	未检出~1.2				
海岸线监测	硫化物 (10 <sup>-6</sup> ) (mg/kg)	未检出~140	未检出~140	1 个断面	1 个断面	工程过程中跟踪监测， 工程实施后首年进行 1 次监测	
	岸线属性及岸线变化	/	/				

## 8.3 生态保护修复措施

### 8.3.1 海洋生物资源恢复

根据《中国水生生物资源养护行动纲要》(国发〔2006〕9号)明确提出:建立健全水生生物资源有偿使用制度,完善资源与生态补偿机制。按照谁开发谁保护、谁受益谁补偿、谁损害谁修复的原则,开发利用者应依法交纳资源增殖保护费用,专项用于水生生物资源养护工作;对资源及生态造成损害的,应进行赔偿或补偿,并采取必要的修复措施。

目前,海洋工程的生态补偿通常有以下三种方式: (1) 经济补偿; (2) 资源补偿: 对重要生物资源(鱼类、底栖动物和鱼卵仔鱼)的损失应进行增殖放流补充; (3) 生境补偿: 对受到破坏的海洋生境(渔场、繁殖地、育幼场和索饵场)进行恢复与重建。

本项目对海洋生态环境造成的影响和破坏主要发生在工程施工过程中,根据前文测算,施工期间在正常工况下产生的悬浮泥沙造成底栖生物损失量约为 24.922kg、鱼卵损失 2882250 粒,仔鱼损失 1143750 尾,游泳生物损失 0.179kg。

本项目生态修复和补偿建议采取适当的生态恢复、补偿措施,具体的放流时间、数量和品种应当和当地海洋渔业部门协商后,由建设单位在当地海洋渔业部门的指导下进行放流。

### 8.3.2 岸线利用与修复措施

根据《广东省自然资源厅关于印发海岸线占补实施办法的通知》(广东省自然资源厅,2025年6月12日),“项目建设占用海岸线(包括大陆岸线和海岛岸线,均包含自然岸线和人工岸线)导致海岸线原有形态或生态功能发生变化,要进行海岸线整治修复,形成生态恢复岸线,实现海岸线占用与修复补充相平衡”。

本项目为污水达标排海工程,根据项目设计方案,项目在桩号 JW89~JW92 涉海排水管道采用定向钻施工工艺,定向钻起点设置在桩号 JW89 处,距离海岸线向陆一侧 27 米,终点设置在桩号 JW92,距离海岸线向海一侧 110 米,本工程排水管道采用定向钻施工方式底土穿越海岸线,底土穿越海岸线深度 3 米。项目排水管道采用定向钻的施工方式底土穿越砂质岸线,施工过程中无需对海岸线进行开挖,且定向钻施工技术较为成熟,不会发生凹陷坍塌等事故,定向钻起点和终点距离海岸线较远,不会造成岸滩侵蚀,对沙滩基本无影响,因此,不会导致海岸线原有形态或生态功能发生变化,无需进行岸线占补。

### 8.3.3 生态保护修复措施汇总

本项目拟采取的生态保护修复措施统计见下表所示。

表 8.3-1 生态保护修复措施一览表

保护修复类型	保护修复内容	工程量	实施计划	责任人	备注
生物资源修复	增殖放流源	底栖生物约 24.922kg、鱼卵 2882250 粒, 仔鱼 1143750 尾, 游泳生物 0.179kg	2026 年	建设单位	委托有资质单位开展增殖放流, 并向当地渔业主管部门提交增殖放流的具体方案和验收成果。

### 8.3.4 生态保护修复实施效果监测

根据本项目生态保护修复重点, 制定针对性地跟踪监测计划。增殖放流的实施应达到有效恢复项目所在海区海洋生物资源, 补偿因项目建设造成海洋生物资源损失的效果。建设单位应在增殖放流后进行增殖放流效果评价, 编写增殖放流效果评价报告。效果评价内容包括生态效果、经济效果和社会效果等。主要监测方案如下:

(1) 主要监测内容: 海洋生物。

(2) 主要监测项目: 浮游植物、浮游动物、鱼卵仔鱼、游泳生物、底栖生物、潮间带生物、大型藻类以及增殖放流生物品种等。

(3) 监测频次: 修复完成后首年春季或秋季监测 1 次。

表 8.3-2 跟踪监测计划

修复类型	监测内容	主要监测项目	检测频次
海洋生物资源恢复	海洋生物	浮游植物、浮游动物、鱼卵仔鱼、游泳生物、底栖生物、潮间带生物、大型藻类以及增殖放流生物品种等	修复完成后首年春季或秋季监测 1 次。

## 9 结论

### 9.1 结论

#### 9.1.1 项目用海基本情况

陆丰市五金配件分园位于陆丰市甲东镇，是陆丰市产业转移工业园的重要组成部分。2023年，陆丰市提出依托陆丰产业转移工业园，将五金配件分园与汕尾（陆丰）临港分园、汕尾市新材料产业分园统一纳入省产业园范围管理，并享受相应的产业发展政策支持。同年3月8日，汕尾市人民政府原则批复同意陆丰产业转移工业园扩园，相关文件为《汕尾市人民政府关于同意陆丰产业转移工业园扩园的批复》（汕府函〔2023〕49号）。2024年1月19日，《陆丰产业转移工业园五金配件分园总体发展规划环境影响报告书》取得广东省生态环境厅编号“粤环审〔2024〕19号”的审查意见，为分园的环境管理提供了政策依据和技术支撑。

依据《陆丰产业转移工业园五金配件分园总体发展规划》《陆丰产业转移工业园五金配件分园总体发展规划环境影响报告书》及其审查意见，明确分园工业废水处理方案：电镀废水经拟建的电镀废水处理站处理，其中含总铬、六价铬污染物的生产废水全部回用不外排，其他生产废水经拟建的工业污水处理厂处理，生活污水依托甲东镇污水处理厂处理，确需外排的生产废水于甲子港海域离岸达标排放。生产废水排放应满足相应水污染物排放标准要求，排放量应控制在4521m<sup>3</sup>/d以内（其中电镀废水排放量不超过4245m<sup>3</sup>/d），化学需氧量、氨氮年排放量分别控制在114.7吨/年和14.2吨/年。

电镀废水处理厂本期尾水最大允许排放量为2100m<sup>3</sup>/d，包括电镀废水处理达标尾水最大排放量为1600m<sup>3</sup>/d、非电镀废水处理达标尾水最大排放量为500m<sup>3</sup>/d。电镀废水处理厂处理达标尾水通过建设尾水排水管道在甲子港海域进行离岸排放，涉海段尾水排水管道管径为320mm，长度约444米，其中定向钻底土穿越施工110米，埋管施工334米（含扩散器90米，排水管道244米），埋管施工段设置宽15米、长334米的人工护坦。

本次申请用海根据项目建设内容以及广东省修测海岸线为界线进行用海面积界定后，拟申请总用海面积5.7469公顷，其中海底电缆管道用海面积0.7984公顷，取、排水口用海面积2.2991公顷，污水达标排放用海面积2.4880公顷，航道、锚地及其他开放式用海面积为0.1614公顷。

本工程涉海工程为污水达标排放工程，主要构筑物为排水管道及扩散器，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),项目海域使用类型为“特殊用海”(一级类)中的“排污倾倒用海”(二级类),项目排水管道施工用海类型为“特殊用海”(一级类)中的“其他特殊用海”(二级类);根据《海域使用分类》(HY/T 123-2009),项目用海类型属于“排污倾倒用海”(一级类)中的“污水达标排放用海”(二级类),项目排水管道施工用海类型为“其他用海”(一级类)中的“其他用海”(二级类)。

根据《海域使用分类》(HY/T 123-2009),项目涉及的用海方式主要包括“其他方式”(一级方式)中的“海底电缆管道用海”(二级方式)(排水管道用海)、“污水达标排放用海”(二级方式)(污水达标排放混合区用海)、“取、排水口用海”(二级方式)(排水口用海)。项目施工用海方式为“开放式”(一级方式)中的“专用航道、锚地、其他开放式”(二级方式)。

项目用海申请用海期限为40年,施工用海申请用海期限为6个月。

### 9.1.2 项目用海必要性结论

本项目为电镀废水处理厂达标尾水排放工程,依据《产业结构调整指导目录(2024年本)》,属于“环境保护与资源节约综合利用”领域的鼓励类产业,符合国家产业政策要求。

作为陆丰市五金配件分园的核心基础设施,其建设是统筹园区产业可持续发展与生态环境保护的关键工程。园区规划年产能涵盖115万吨电镀产品、15万吨塑料五金制品及多项表面处理工艺,本期废水处理厂总规模4500m<sup>3</sup>/d,含4000m<sup>3</sup>/d电镀废水处理系统与500m<sup>3</sup>/d非电镀废水处理系统,尾水最大允许排放量2100m<sup>3</sup>/d(电镀废水1600m<sup>3</sup>/d、非电镀废水500m<sup>3</sup>/d),经7137米管道输送至甲子港海域离岸排放。电镀废水成分复杂、重金属含量高,含铬、镍、氰化物等污染物,需按水质特性分类收集处理,含铬废水通过MVR蒸发工艺全回用,含氰废水经二级破氰预处理,通用工艺无法满足需求,分类处理可规避偷排风险与监管难题。项目采用“分类预处理+生化处理+深度处理”组合工艺,设定电镀废水不低于60%的中水回用率,年节水量超240万立方米,实现从末端治理到“资源化+减量化”的转型,契合节水减排战略。配套管网遵循“清污分流、雨污分流”原则,设置专用管道避免交叉污染,末端在线监测确保排放合规。项目涉海部分排水管道444米,管径320mm,包括110米定向钻施工与334米埋管段(含90米扩散器),埋

管段配套 15 米×334 米人工护坦，施工需开挖 45 米×334 米海底区域。扩散器通过多喷口仰角喷射提升污染物稀释效果，人工护坦可防海床侵蚀、保护管道。项目需依法申请污水达标排放、海底电缆管道、取排水口及专用开放式用海等许可，涉海构筑物需占用一定海域资源。综上，本项目是园区产业高质量发展与生态保护协同并进的基石，尾水排放工程用海为项目合规落地、防控环境风险的必要前提，不可或缺。

因此，项目用海是必要的。

### 9.1.3 项目用海资源环境影响分析结论

#### 9.1.3.1 生态评估结论

本项目用海范围不涉及生态保护红线，周边存在东海海岸防护物理防护极重要区（东侧 3.0km，保护自然砂质岸线）、鳌江重要河口（北侧 4.8km，渔业资源丰富，需维持河口属性与行洪安全）两大敏感区，且位于南海北部幼鱼繁育场、幼鱼幼虾保护区内。

项目占地约 10731.13 m<sup>2</sup>，总建筑面积约 37219.40 m<sup>2</sup>，采用“分类收集+物化+生化”工艺，总处理规模 4500m<sup>3</sup>/d，尾水最大允许排放量 2100m<sup>3</sup>/d，含总铬、六价铬废水全回用，其他电镀废水经拟建的电镀废水处理系统处理达标后确需外排的，于甲子港海域离岸达标排放。

建设期关键预测因子为悬浮泥沙，施工扰动海床会影响水质、沉积物及海洋生态（浮游生物、底栖生物等），同时改变局部水动力与冲淤环境；运营后则聚焦尾水排放对水质及沉积物的影响，核心因子包括 COD<sub>Mn</sub>、无机氮、石油类以及总镍等重金属。用海方案经多维度比选，排水口推荐甲子港海域的拟排水口三（116.0788°E、22.8397°N），该处水深 4.5m、水动力扩散条件相对较好，距鳌江重要河口红线区 4.8km，水质达标且有环境容量，虽施工难度与造价较高，但能最大程度降低环境风险，优于鳌江内两个方案。人工护坦推荐方案一，即对 334 米埋管段全范围设置 15 米宽护坦（总面积 5010 m<sup>2</sup>），虽前期投资、施工难度及后期维护成本高于仅覆盖扩散器的方案二（2700 m<sup>2</sup>），但防护全面、安全保障度高，能抵御海床侵蚀与管道损坏，从全生命周期看更契合项目长期稳定运行与风险防控需求。

#### 9.1.3.2 资源影响分析结论

（1）对海岸线资源影响分析：项目排水管道（管径 0.32 米）需按定向钻工艺穿越砂质岸线，穿越段桩号 JW89~JW92，起点距陆侧海岸线 27 米、终点距海侧海岸线 110

米，埋深3米，拟占用海岸线35.29米。该工艺成熟且无需开挖岸线，起点终点距岸较远，不会引发岸滩侵蚀、坍塌，亦不改变海岸线原有形态与生态功能。

(2) 对海涂资源影响分析：排水管道设于甲子港海域（平均水深4.5米），采用埋管与定向钻施工（埋深3米），建设期临时占用滩涂，但该区域滩涂无特殊或不可替代功能，工程实施后不会改变区域生态系统基本功能与布局，影响较小。

(3) 对海域空间资源影响分析：拟申请总用海面积5.7469公顷，含海底电缆管道、取排水口、污水达标排放、开放式用海四类，分别为0.7984、2.2991、2.4880、0.1614公顷。项目占用空间占区域比例极小，不会导致海域空间资源衰退，还能完善园区基建，提升海域空间利用价值。

(4) 对海洋生物资源影响分析：损耗仅发生于施工期，运营期达标尾水排放无显著影响。底栖生物因沟槽开挖（15030m<sup>2</sup>）损失74.766kg，施工后可通过回填覆盖逐步恢复，属临时损失。悬浮泥沙扩散导致渔业资源损失，按规程计算，施工期（60天有效工期，折合4个周期）鱼卵损失5521粒、仔鱼损失65068尾、游泳生物损失0.813kg，损失范围与量级可控。

### 9.1.3.3 对水动力与冲淤环境的影响结论

本项目排水管道采用挖沟埋管（深度约3m）方式施工，对海底地形地貌改变微弱。运营期污水排放速度约2.5m/s，影响范围限于混合区，对周边冲淤环境扰动较小。根据冲淤平衡分析，项目区域及周边潮流流速在大潮期间为0.12—0.15m/s，流向随潮汐变化，施工期及运营期的冲淤范围、强度均较弱，且随时间推移逐渐减小，不会引起区域地形地貌的显著变化。

### 9.1.3.4 对水质环境的影响结论

施工期间，潮流是悬浮物输运与扩散的核心动力，其扩散除受重力沉降作用外，主要依靠潮流稀释。模拟结果显示，施工期悬浮泥沙增量影响最大水域面积为0.04平方公里（对应10mg/L标准浓度），增量包络线未触及周边生态保护红线、国控站位等敏感目标，影响范围严格局限于施工区域内。

根据预测结果，正常达标尾水排放情况下，排水口附近除无机氮出现轻微超标外，其他预测因子均未出现超标情况。无机氮超标范围约0.02km<sup>2</sup>。“401B 甲东生态功能区”“403B 湖东港口、工业功能区”各预测因子叠加背景浓度后均未出现超标情况。

综上，项目施工期悬浮物对周边环境影响有限，运营期污染物排放对近岸海域水质的影响处于可控范围，符合《海水水质标准》（GB3097-1997）及功能区划要求。

#### 9.1.3.5 对沉积物环境的影响结论

本项目对海域沉积物环境的影响主要集中于施工期，营运期影响甚微，整体可控。施工期影响源于沟槽开挖扰动表层沉积物产生的悬浮泥沙，以及管道回填料铺设。开挖形成的悬浮泥沙中，粗颗粒直接沉降于沟槽内，细颗粒随海流扩散后沉积于周边，仅改变局部表层沉积物物理特性，因泥沙源自海域本身，对化学性质影响极小，且区域沉积物环境质量总体良好，不会改变海域总体沉积环境质量。管道铺设后抛填的块石、碎石，仅局部短暂改变沉积环境，随海床回淤可逐步恢复。

营运期，达标尾水排放可能导致少量铜、镍、锌重金属在沉积物中富集，但尾水以有机污染物和营养元素为主，重金属排放量低，且污染物浓度增值仅集中于排水口附近，叠加背景值后仍符合水质标准，累积效应不明显，对沉积物环境基本无显著影响。

#### 9.1.3.6 对海洋生物资源的影响结论

本项目对海洋生态环境的影响以施工期暂时性影响为主，营运期影响较小，整体可控。

施工期核心影响源于悬浮泥沙扩散及水下噪声，悬浮泥沙 SS 浓度未超过 50mg/L，会降低水体透明度与初级生产力，轻微影响浮游生物，堵塞滤食性生物器官，损伤开挖区（1.503ha）底栖生物，促使游泳生物暂时游离，但影响范围局限、可逆，施工结束后可逐步恢复。水下施工噪声主要惊扰鱼类暂时迁移，无大范围死亡影响，建议尽量避开产卵高峰期，降低施工强度。

营运期间，达标尾水排放污染物浓度增值低，仅排水口混合区对浮游生物、底栖生物群落结构有轻微影响，耐污种略有增加。虽鱼卵、仔鱼回避能力弱，但海域稀释扩散能力强，除无机氮小范围轻微超标外，其余指标均达标，对渔业资源无长期累积不良影响，整体对甲子港海域生态环境影响有限。

#### 9.1.4 海域开发利用协调分析结论

（1）海域开发利用现状分析结论：项目位于陆丰甲子港海域，周边区域 2024 年汕尾、陆丰 GDP 分别达 1500.89 亿元、458.19 亿元，汕尾港全年货运量 1971 万吨，以煤炭及制品为主。项目用海属养殖区动态保护区及陆丰禁养区，周边有风电、电厂、渔港

等确权用海项目，多距项目 3 公里以上，无紧邻确权项目，临近甲子港航道（0.1km）和 13 号锚地（0.09km），存在小型渔船捕捞活动。

（2）工程用海对海域开发活动的影响分析结论：项目施工期悬浮泥沙、运营期达标尾水扩散范围有限，对周边开发活动影响较小。虽临近航道与锚地，施工期需强化船舶避让与调度，管道需设置防护及警示标志；对 12.7km 外的风渔融合项目无影响，仅对附近小型捕捞作业有轻微影响，整体风险可控。

（3）利益相关者界定及协调分析结论：经界定，周边用海项目均距项目较远，无受直接影响的利益相关者。项目影响主要集中于周边海洋生态，建议优化施工工艺、强化施工管理，严控影响范围，无需针对利益相关者开展专项协调工作。

（4）需协调部门界定及协调分析结论：需重点协调海事、农业农村（渔业）部门。海事部门负责航道通航安全及管道禁锚区管控，渔业部门负责渔业资源损失补偿核准，核算损失、制定补偿方案，引导渔船规避施工区域，保障渔民权益。

（5）工程用海与国防安全和国家海洋权益的协调性分析结论：项目所在及周边海域无国防设施、领海基点，不涉及军事活动、国家秘密及国防安全问题，工程建设与运营对国家海洋权益无不利影响，协调性良好。

### 9.1.5 项目用海与国土空间总体规划及相关规划符合性分析结论

本项目用海范围不涉及海洋生态保护红线，根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021—2035 年）》，项目用海范围全部位于“甲子港近岸渔业用海区”，属于达标尾水排放项目，因排水管道工程引起的悬浮泥沙影响是暂时的，施工结束后会逐渐消失；营运期通过本项目管道及排放口排放的均为经处理达标后的尾水，不会对所在渔业用海区水质环境产生较大的不利影响。

根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021—2035 年）》，“不损害海岸线原有形态或生态功能的，可在严格保护岸线保护范围内实施的项目包括……底土穿越的海底隧道和海底电缆管道；无需对海岸线进行改造施工的港池、蓄水以及离岸取、排水口等”。项目排水口离岸设置在 0 米等深线以下，排水管道采用定向钻施工工艺，底土穿越严格保护岸段，其中定向钻起点距离海岸线向陆一侧 27 米，终点距离海岸线向海一侧 110 米，底土穿越海岸线深度 3 米，不会损害海岸线原有形态或生态功能，项目运营期不会对海岸线原有形态及其生态功能造成影响。

工程用海符合《广东省国土空间规划（2021—2035年）》《广东省国土空间生态修复规划（2021—2035年）》《汕尾市国土空间总体规划（2021—2035年）》《广东省海岸带及海洋空间规划（2021—2035年）》《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》《产业结构调整指导目录（2024年本）》《市场准入负面清单（2025年版）》等相关规划相协调。

### 9.1.6 项目用海合理性分析结论

本项目用海选址与区位、社会条件、自然资源、环境条件、区域生态系统、周边用海活动等相适宜，排放口位置与路由管道选择合理，平面布置合理，岸线利用合理。

本项目采用海底电缆管道用海、污水达标排放用海、取排水口用海及施工期开放式用海等方式，均符合规范且具备合理性。所用海方式契合《海域使用分类》要求，运营期尾水达标排放对海域基本功能及生态安全影响有限，符合相关规划要求；海底埋设管道的方式占用海域空间少，施工后海底地貌可逐步恢复，能最大程度降低对水文动力及冲淤环境的影响；定向钻穿越岸线及海底埋管工艺，可保持自然岸线形态与海域自然属性，无不可逆影响；施工期悬浮泥沙影响短期可控，运营期混合区范围局限，不会对区域海洋生态系统造成重大不利影响；结合尾水排放量、管道布局及施工需求，所选各用海方式均为适配项目建设的唯一可行选项，兼具合规性与必要性。

本项目用海平面布置遵循科学合理原则，充分兼顾资源利用与生态保护。平面布置采用直线管道路由，严格按规范划定用海范围，通过最小化占海面积、精准设定安全外扩距离及科学放坡设计，践行集约节约用海理念；海底埋设管道及扩散器尺度小，施工后地形可自然恢复，对区域水动力及冲淤环境影响微乎其微；管道路由不涉及生态敏感目标，施工期悬浮泥沙影响可自然消退，定向钻工艺不破坏岸线功能，符合生态环境保护要求；与周边航道、锚地等用海活动无范围重叠，施工及运营影响范围局限，适配周边海域开发现状；经排水口位置及平面布局多方案比选，选定方案在环境安全性、工程稳定性及全生命周期经济性方面综合最优，路由方案合理可行。

本项目占用35.29米海岸线用于排水管道穿越，项目采用定向钻工艺底土穿越砂质岸线，穿越深度3米，施工过程无需开挖海岸线，且工艺成熟可避免坍塌事故；该方式不会造成岸滩侵蚀，对沙滩无实质影响，亦不会改变海岸线原有形态及生态功能，无需按照相关规定进行海岸线占补平衡，完全契合海岸线保护与利用的管控要求。

本项目用海面积经规范量算确定，总量及各单元面积均合理可行。量算工作由具备相应资质的单位承担，严格依据《海籍调查规范》等标准，采用 CGCS2000 坐标系精准界定界址点，遵循管道外扩、排水口防护、混合区范围等界定原则，绘图流程规范合规；项目划分为 4 个用海单元，总用海面积 5.7469 公顷，其中海底电缆管道、取排水口、污水达标排放及施工用海面积分别为 0.7984 公顷、2.2991 公顷、2.4880 公顷和 0.1614 公顷；面积核算充分考虑工程设计需求、规范要求及重叠区域扣减，既满足管道铺设、护坦施工、尾水排放等核心功能需求，又无冗余占海，实现资源利用与工程需求的精准匹配。

本项目申请的用海期限符合法律法规规定及工程实际需求，具备合理性。依据《中华人民共和国海域使用管理法》，项目作为污水达标排放工程，参照公益事业用海界定，申请 40 年海域使用权，施工用海申请 6 个月期限，均在法定最高年限范围内；项目排水管道设计使用年限为 50 年，40 年的用海期限既能覆盖工程主要服务周期，满足生产管理需求，又符合相关法规对公益类海洋工程的期限要求，施工期限亦与项目施工计划相适配，兼顾合规性与实用性。

### 9.1.7 生态用海对策结论

本电镀废水处理厂尾水达标排放工程位于陆丰市甲东镇妈祖庙北侧甲子港海域，施工期排水管道施工会扰动底泥，导致水体悬浮浓度上升，破坏底栖生物栖息环境，对鱼卵、仔鱼及游泳生物造成影响；营运期混合区范围内海域生态受水质条件影响，海洋生物将遭受持续性伤害。经核算，施工期底栖生物损失量约 24.922kg，鱼卵损失 2882250 粒，仔鱼损失 1143750 尾，游泳生物损失 0.179kg。

生态用海对策涵盖生态保护与生态跟踪监测两大维度，其中生态保护对策分阶段落实：施工期通过规范施工操作、优化施工时机、强化船舶与废弃物管理、避开生物敏感时段等措施，最大限度降低悬浮泥沙扩散及底质扰动影响，严格执行船舶排污铅封等相关规定；运营期严格管控尾水排放，设置在线监测仪器与应急池，建立事故应急机制并开展定期跟踪监测。生态跟踪监测结合项目实际特征及相关规范要求编制方案，设定 2 个监测站位，施工期监测 1 次，运营期每年监测 1 次，特殊情况增加频次，监测内容包括资料收集、海洋生态本底调查等，数据分析与质量保证符合对应国家标准。

依据相关政策要求，结合项目生态影响实际，生态保护修复措施聚焦生物资源恢复

与效果监测，同时明确岸线利用相关结论：生物资源恢复采用增殖放流方式，补偿施工期损失的底栖生物、鱼卵、仔鱼及游泳生物，具体放流细节需与当地海洋渔业部门协商并在其指导下实施；项目采用定向钻工艺穿越砂质岸线，施工无需开挖岸线，且技术成熟、选址合理，不会改变海岸线原有形态及生态功能，无需进行岸线占补。此外，汇总生态保护修复措施并制定专项效果监测计划，于修复完成后首年春季或秋季开展1次监测，重点跟踪海洋生物及增殖放流品种，全面评价修复效果。

### 9.1.8 项目用海可行性结论

本项目作为陆丰产业转移工业园五金配件分园配套基础设施，用海可行性充分。项目符合国家产业政策及省、市相关规划，不涉及生态保护红线，用海类型、面积及期限合规，定向钻施工无需岸线占补。其建设是保障园区工业废水达标排放、支撑产业发展的必要举措，排水管道设计科学，依托海洋自净能力降低环境影响。施工期悬浮物扩散、生物资源损失等影响短期局部，运营期废水排放达标，对水质、水动力及冲淤环境影响可控。项目与周边用海设施、航道锚地协调适配，利益相关者影响可通过规范管理化解。加之设计阶段避让敏感目标，施工运营期落实生态保护、跟踪监测及增殖放流修复等全流程措施，各类风险均能有效管控。综上，项目用海具备合规性、必要性与可控性，可行性充分。

项目用海范围不涉及生态保护红线区，符合《广东省国土空间规划(2021—2035年)》《广东省国土空间生态修复规划(2021—2035年)》《汕尾市国土空间总体规划(2021—2035年)》《广东省海岸带及海洋空间规划(2021—2035年)》《产业结构调整指导目录(2024年本)》《市场准入负面清单(2025年版)》等相关规划。项目用海面积合理，与利益相关者有一定可协调性。项目建设具有良好的社会经济效益，能够较好。

综上所述，从项目用海多方面出发考虑，陆丰产业转移工业园五金配件分园电镀废水处理厂项目尾水排放工程的建设用海是可行的。

## 9.2 建议

- (1) 建议项目动工前应取得相关主管部门同意项目建设的意见。
- (2) 建议项目按照用海批复内容及范围进行施工和建设。
- (3) 建议认真落实本报告提出的协调措施和环境保护措施，降低项目建设对周边开发利用活动的影响以及降低项目建设对海洋环境的影响。