

汕尾红海湾三、四海上风电集中送出项目
海域使用论证报告书
(公示稿)

广东海兰图环境技术研究有限公司
统一社会信用代码: 91440101MA59KQLF0D
二〇二四年一月

论证报告编制信用信息表

论证报告编号	4415022024000027		
论证报告所属项目名称	汕尾红海湾三、四海上风电集中送出项目		
一、编制单位基本情况			
单位名称	广东海兰图环境技术研究有限公司		
统一社会信用代码	91440101MA59KQLF0D		
法定代表人	吕建海		
联系人	麦晓敏		
联系人手机	13682240015		
二、编制人员有关情况			
姓名	信用编号	本项论证职责	签字
陈冬梅	BH001289	论证项目负责人	陈冬梅
陈冬梅	BH001289	1. 概述 2. 项目用海基本情况 7. 项目用海合理性分析 9. 结论	陈冬梅
刘彩红	BH002517	3. 项目所在海域概况 5. 海域开发利用协调分析	刘彩红
詹凤娉	BH000297	4. 资源生态影响分析 6. 国土空间规划符合性分析 8. 生态用海对策措施	詹凤娉
<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):</p> <p>2024年 1 月 8 日</p>			

关于《汕尾红海湾三、四海上风电集中送出项目海域使用 论证报告书》公示删减内容及理由的说明

根据《自然资源部关于规范海域使用论证材料编制的通知》(自然资规(2021)1号)相关要求,我司对《汕尾红海湾三、四海上风电集中送出项目海域使用论证报告书》予以公示。

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

1.删除处理相关基础材料的编制单位信息。

原因:影响第三方商业秘密。

2.删除处理部分水文环境现状调查资料、海洋环境现状调查资料及现场踏勘记录。

原因:此部分内容涉及监测单位和委托单位的商业秘密。

3.删除项目工程地质勘察、地形地貌的部分图件及数据。

原因:此部分内容属于项目建设的涉密部分。

4.删除周边用海项目权属信息。

原因:此部分内容涉及第三方商业秘密。

5.删除资料来源说明及附件、附图内容。

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

广东海兰图环境技术研究有限公司

2024年1月8日



项目名称	汕尾红海湾三、四海上风电集中送出项目			
项目地址	广东省汕尾市红海湾南侧海域			
项目性质	公益性 ()		经营性 (√)	
用海面积	443.6009 公顷		投资金额	364381 万元
用海期限	27 年		预计就业人数	/人
占用岸线	总长度	21.4m (底土穿越)	邻近土地评价价格	/
	自然岸线	21.4m (底土穿越)	预计拉动区域经济产值	/
	人工岸线	0m	填海成本	/
	其他岸线	0m		
海域使用类型	工矿通信用海中的可再生能源用海/工业用海中的电力工业用海		新增岸线	0m
用海方式	面积		具体用途	
透水构筑物	0.6067 公顷		海上升压站	
海底电缆	442.9942 公顷		500kV 送出海缆	

目 录

摘要.....	1
1 概述.....	4
1.1 论证工作来由.....	4
1.2 论证依据.....	5
1.2.1 法律法规.....	5
1.2.2 相关规划和区划.....	9
1.2.3 标准规范.....	10
1.2.4 项目技术资料.....	11
1.3 论证等级和范围.....	11
1.3.1 论证等级.....	12
1.3.2 论证范围.....	13
1.4 论证重点.....	14
2 项目用海基本情况.....	15
2.1 用海项目建设内容.....	15
2.2 平面布置和主要结构、尺度.....	16
2.2.1 平面布置.....	16
2.2.2 主要水工构筑物结构尺度.....	25
2.3 项目主要施工工艺和方法.....	27
2.3.1 施工工艺及方法.....	27
2.3.2 施工机械设备.....	34
2.3.3 施工进度计划.....	35
2.3.4 土石方平衡.....	35
2.4 项目用海需求.....	35
2.4.1 项目用海需求.....	35
2.4.2 申请用海情况.....	36
2.5 项目用海必要性.....	40
2.5.1 建设必要性.....	40
2.5.2 用海必要性.....	41

3	项目所在海域概况.....	42
3.1	海洋资源概况.....	42
3.1.1	岸线资源.....	42
3.1.2	滩涂资源.....	42
3.1.3	岛礁资源.....	42
3.1.4	港口资源.....	42
3.1.5	渔业生产资源.....	43
3.1.6	矿产资源.....	43
3.1.7	旅游资源.....	43
3.2	海洋生态概况.....	43
3.2.1	区域气候与气象.....	44
3.2.2	水文动力.....	45
3.2.3	海域地形地貌与冲淤状况.....	52
3.2.4	工程地质.....	54
3.2.5	海洋自然灾害.....	59
3.2.6	海洋水质现状调查与评价.....	61
3.2.7	海洋沉积物质量现状调查与评价.....	69
3.2.8	海洋生物质量现状调查与评价.....	72
3.2.9	海洋生态现状.....	74
3.2.10	电磁环境现状调查与评价.....	87
3.2.11	噪声环境现状调查与评价.....	89
3.2.12	自然保护区.....	91
3.2.13	珍稀海洋生物.....	92
3.2.14	“三场一通道”分布情况.....	94
4	资源生态影响分析.....	100
4.1	生态影响分析.....	100
4.1.1	水动力环境影响分析.....	100
4.1.2	地形地貌与冲淤环境影响.....	121
4.1.3	水质环境影响.....	123

4.1.4	沉积物环境影响.....	127
4.1.5	海洋生物影响分析.....	127
4.1.6	水下噪声环境影响分析.....	130
4.1.7	电磁环境影响分析.....	133
4.1.8	对珍稀海洋生物的影响.....	135
4.1.9	生态跟踪监测指标合理影响范围.....	136
4.2	资源影响分析.....	139
4.2.1	项目用海对海域空间资源的影响分析.....	139
4.2.2	对海洋生物资源的影响.....	141
4.2.3	对其他海洋资源的影响.....	143
5	海域开发利用协调分析.....	145
5.1	海域开发利用现状.....	145
5.1.1	社会经济概况.....	145
5.1.2	海域使用现状.....	147
5.1.3	海域使用权属现状.....	153
5.2	项目用海对海域开发活动的影响.....	153
5.2.1	对航道、航路及通航环境的影响分析.....	155
5.2.2	对锚地的影响分析.....	155
5.2.3	对海上风电项目的影响分析.....	156
5.2.4	对现状红树林的影响分析.....	156
5.2.5	对自然保护区的影响分析.....	157
5.2.6	对其他项目的影响分析.....	157
5.2.7	对渔业生产活动的影响分析.....	157
5.3	利益相关者界定.....	158
5.4	需协调部门界定.....	159
5.5	相关利益协调分析.....	159
5.5.1	与中广核新能源投资（汕尾）有限公司的协调分析.....	160
5.5.2	与海事局、航道事务中心的协调分析.....	160
5.5.3	与农业农村局的协调分析.....	160

5.6	项目用海与国防安全	和国家海洋权益的协调性分析	161
5.6.1	与国防安全	和军事活动的协调性分析	161
5.6.2	与国家海洋权益	的协调性分析	161
6	国土空间规划符合性分析		162
6.1	与国土空间规划符合性分析		162
6.1.1	所在海域国土空间规划分区基本情况		162
6.1.2	对海域国土空间规划分区的影响分析		167
6.1.3	项目用海与国土空间规划的符合性分析		169
6.2	项目用海与海洋功能区划的符合性分析		170
6.3	项目用海与三区三线的生态保护红线符合性分析		174
6.4	项目用海与产业结构的符合性分析		176
6.4.1	《产业结构调整指导目录》（2024 年本）		176
6.4.2	《市场准入负面清单》（2022 年版）		176
6.5	项目用海与其他相关规划的符合性分析		177
6.5.1	与《“十四五”现代能源体系规划》的符合性分析		177
6.5.2	与《2030 年前碳达峰行动方案》的符合性分析		178
6.5.3	与《广东省能源发展“十四五”规划》的符合性分析		179
6.5.4	与《广东省海上风电发展规划（2017-2030 年）（修编）》的符合性分析		180
6.5.5	与《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》的符合性分析		181
6.5.6	与《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》的符合性分析		183
6.5.7	与《广东省自然资源保护与开发“十四五”规划》的符合性分析		184
6.5.8	与《广东省海洋经济发展“十四五”规划》的符合性分析		185
6.5.9	与《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》的符合性分析		186
6.5.10	与《汕尾市国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》的符合性分析		188
	结论		189

7	项目用海合理性分析.....	190
7.1	用海选址合理性分析.....	190
7.1.1	项目选址区位和社会条件的合理性分析.....	190
7.1.2	项目选址与自然资源、生态环境适宜性分析.....	190
7.1.3	项目选址与周边其他用海活动的适宜性分析.....	191
7.1.4	项目用海选址是否有利于海洋产业协调发展.....	192
7.1.5	项目选址合理性分析.....	192
7.2	用海平面布置合理性分析.....	192
7.2.1	项目平面布置.....	192
7.2.2	项目用海平面布置是否体现节约集约用海的原则.....	197
7.2.3	项目用海平面布置是否有利于生态保护.....	197
7.2.4	项目用海平面布置能否最大程度地减少对水文动力环境和冲淤环境的影响.....	198
7.2.5	项目用海平面布置能否最大程度地减少对周边其他用海活动的影响	198
7.3	用海方式合理性分析.....	198
7.4	占用岸线合理性分析.....	200
7.4.1	项目占用岸线情况.....	200
7.4.2	对周边岸线资源的影响分析.....	201
7.4.3	占用岸线的必要性与合理性.....	202
7.4.4	岸线占补分析.....	203
7.5	用海面积合理性分析.....	203
7.5.1	申请用海面积.....	203
7.5.2	用海面积合理性分析.....	204
7.5.3	宗海图绘制.....	206
7.5.4	项目用海面积量算.....	210
7.6	用海期限合理性分析.....	212
8	生态用海对策措施.....	213
8.1	生态用海对策.....	213

8.1.1	生态保护对策.....	213
8.1.2	生态跟踪监测.....	215
8.2	生态保护修复措施.....	221
8.2.1	生态修复目标.....	221
8.2.2	生态修复内容（增殖放流）.....	221
8.2.3	生态保护修复实施效果监测.....	223
9	结论.....	224
9.1	结论.....	224
9.1.1	项目用海基本情况.....	224
9.1.2	项目用海必要性结论.....	224
9.1.3	项目用海资源生态影响分析结论.....	225
9.1.4	海域开发利用协调分析结论.....	225
9.1.5	国土空间规划符合性分析结论.....	226
9.1.6	项目用海合理性分析结论.....	226
9.2	项目用海可行性分析结论.....	227

摘要

汕尾红海湾三、四海上风电及集中送出项目由汕尾明阳瑞善风力发电有限公司开发建设，项目位于广东省汕尾市红海湾南侧海域，拟建设 1 座海上升压站（平台尺寸 63.0m×53.1m）和 2 回 500kV 海底电缆（单回长约 75.05km）。500kV 海上升压站位于汕尾红海湾三、四海上风电场址中间预留的通道，电能升压后通过 2 回 500kV 海底电缆集中送出至陆上集控中心。

按《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工矿通信用海（一级类）中的可再生能源用海（二级类）；按《海域使用分类》（HY/T 123 2009），本项目海域使用类型为工业用海（一级类）中的电力工业用海（二级类），用海方式为构筑物（一级方式）中的透水构筑物（二级方式）和其他方式（一级方式）中的海底电缆管道（二级方式），项目申请用海总面积 443.6009 公顷，其中海上升压站透水构筑物用海面积为 0.6067 公顷，500kV 海底电缆管道用海面积为 442.9942 公顷。本项目 500kV 送出海底电缆以底土穿越的方式占用广东省政府批复海岸线 21.4m，占用岸线类型为砂质岸线。申请用海期限为 27 年。

本工程实施后升压站迎水面和背水面海域流速出现一定程度减缓，升压站侧面流速稍有增加，流向变化不明显，可见工程实施对潮汐动力影响主要出现在升压站附近，其他海域影响程度较有限。工程实施后淤积最大速率出现在升压站背水面和迎水面海域，大部分区域淤积速度为 0.20m/a；升压站侧面流速稍有增加，该区域出现轻微冲刷情况，最大冲刷速度出现在桩基垂直于主流向两侧区域，大部分区域冲刷速率不超过 0.04m/a。本项目海上升压站基础施工时打桩和电缆敷设沿线将形成小范围的悬浮物高浓度区，对周边海域的水质会产生短期的影响及对海洋生物的仔幼体可能造成伤害。项目施工将造成的底层大于 10mg/L 悬沙浓度区的包络线面积为 27.74km²，本项目造成底栖生物直接损失 7.29t，游泳动物直接损失 0.23t，鱼卵直接损失 6.03×10⁷ 粒，仔鱼直接损失 7.07×10⁶ 尾。施工产生的悬浮泥沙影响是暂时的、可逆的，随着施工结束，慢慢可以得到恢复。

本项目所在及周边海域开发利用活动主要为航路、锚地、海上风电项目、现状红树林等。根据本报告海域开发利用协调分析结论，本项目利益相关者为中广

核新能源投资（汕尾）有限公司，协调责任部门为海事局、航道事务中心、农业农村局。项目在实施前，必须妥善安排施工计划，采取合理有效的防护措施，尽可能避免产生利益冲突。

项目海上升压站位于《广东省海洋功能区划》（2011-2020年）的珠海-潮州近海农渔业区，送出电缆穿越珠海-潮州近海农渔业区、红海湾农渔业区、小漠工业与城镇用海区，本项目的建设基本不会对所在海域及附近海域海洋功能区主导功能的发挥产生影响，项目建成后将促进绿色能源产业的发展，利于环境保护，并带动周边地区的经济发展。本项目海上升压站与送出海缆没有位于生态红线区，距离项目最近的生态红线区是位于项目北侧 9m 的遮浪南重要渔业资源产卵场，项目在落实各项环境保护措施的基础上，符合生态保护红线的要求。项目建设符合国家产业政策，符合《广东省国土空间规划（2021-2035年）》《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035年）》《汕尾市国土空间总体规划（2021-2035年）》、生态保护红线的管控要求；项目与《“十四五”现代能源体系规划》《2030年前碳达峰行动方案》《广东能源发展“十四五”规划》《广东省海上风电发展规划（2017-2030年）（修编）》等能源行业规划的要求相符；项目符合《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》《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》《广东省自然资源保护与开发“十四五”规划》《广东省海洋经济发展“十四五”规划》《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》以及《汕尾市国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035年远景目标纲要》等各级相关规划的相关要求。

项目用海与气象条件、地形条件、地质条件、冲淤环境等自然环境条件相适宜；对生态环境影响较小，在采取一定补偿措施以及环保措施的前提下，可减轻对生态环境的影响；项目用海选址与周边其他用海活动适宜，有利于海洋产业协调发展；登陆点选址按照《广东省发展改革委关于印发广东省 2023 年海上风电项目竞争配置工作方案的通知》的要求布局，因此项目选址合理。500kV 送出海底电缆结合拟建海缆区域的自然环境、海洋开发活动、海底地形特征、海底面地貌特征、海底浅地层结构、海域规划以及安全性等各方面的综合考虑，同时考虑了海底管道的安全系数最终确定平面布置，平面布置合理。项目申请用海面积可以满足项目用海需求，符合相关行业的设计标准和规范，不存在减少用海面积的

可能性，用海面积合理。本项目用海方式基本维护了所在海域的基本功能，对水动力、冲淤环境影响较小，用海方式合理。本工程申请用海年限 27 年与主体工程申请年限保持一致，符合《中华人民共和国海域使用管理法》的规定，用海期限合理。

项目的建设可能产生的主要生态问题是海洋生物资源减少，针对项目可能产生的主要生态问题，提出增殖放流的生态修复措施，项目拟增殖放流总数量共 110 万尾。

1 概述

1.1 论证工作来由

随着国家提出碳达峰、碳中和的中远期目标，大力发展光伏、风电等新能源产业，是实现电力能源结构优化的必由之路。广东省大陆海岸线总长达 4000km 以上，海域面积广阔，沿海风能资源丰富，具备海上风电规模开发的场地和效益，潜力巨大。

开发利用广东省近海风能资源，不仅有利于广东能源安全稳定供应和环境保护，且有利于促进风电装备及相关产业链的形成和发展，实现经济社会的可持续发展，为广东打造风电产业基地创造良好条件。

2009 年 4 月，根据国家能源局下发的《关于印发海上风电场工程规划工作大纲的通知》（国新能〔2009〕130 号）的要求，广东省启动海上风电场址规划及海上风电输电规划工作。2011 年 6 月，《广东省海上风电场工程规划》报告正式报送国家能源局；2011 年 7 月，《广东省海上风电场工程规划》通过水利水电规划总院审查；2012 年 8 月国家能源局对《广东省海上风电场工程规划》进行了批复，2016 年 9 月广东省能源局委托广东院进行《广东省海上风电发展规划》修编，对《广东省海上风电场工程规划》中原有场址进一步进行梳理，并作适当调整。近两年，我国加快了海上风电平价上网的步伐。2018 年 5 月，国家发改委能源局颁布《关于 2018 年度风电建设管理有关要求的通知》（国能发新能〔2018〕47 号），要求 2019 年以后新增核准的海上风电采用竞价上网的方式。2019 年 1 月，国家发改委能源局发布《关于积极推进风电、光伏发电无补贴平价上网有关工作的通知》（发改能源〔2019〕19 号），2019 年 5 月配套出台《关于公布 2019 年第一批风电、光伏发电平价上网项目的通知》（发改办能源〔2019〕594 号），2 个通知要求积极推进海上风电平价上网。2023 年 1 月，广东省发展改革委印发《关于调整全省海上风电场址的通知》。根据通知，广东省新增省管海域（领海线以内）海上风电场址 7 个，装机容量 1830 万千瓦；规划国管海域（领海线以外专属经济区）粤东海上风电基地场址 7 个，装机容量 3570 万千瓦。2023 年 6 月，广东省发展改革委印发《广东省 2023 年海上风电竞争配置工作方案》，其中省管海域项目共 15 个，装机容量 700 万千瓦。

红海湾风电场位于广东省汕尾市红海湾南侧海域，汕尾红海湾三海上风电项目和明阳汕尾红海湾四海上风电示范项目位于红海湾风电场内，场址面积分别为74km²、73km²，风电场场址水深在34m~40m之间，规划装机容量为500MW。根据《广东省能源局关于征求广东省海上风电配套输电工程布局方案（2024-2028年）》（征求意见稿）“坚持集约建设，节约资源。统筹海陆输电方案，通过共建共用海上风电海上变电站、海上输电通道、海缆登陆点、陆上集控站、运营维护基地以及陆上配套送出线路等方式，最大限度减少用地、用海及岸线资源，有效降低海上风电输电工程建设成本。”汕尾红海湾三海上风电项目与明阳汕尾红海湾四海上风电示范项目共建共用海上升压站、送出海底电缆、海缆登陆点，汕尾红海湾三海上风电项目和明阳汕尾红海湾四海上风电示范项目建设的风电机组发出的电能通过集电海底电缆接入共建的海上升压站，升压后通过送出海底电缆输送到陆上集控中心。本项目为汕尾红海湾三海上风电项目（以下简称红海湾三海上风电项目）和明阳汕尾红海湾四海上风电示范项目（以下简称红海湾四海上风电项目）的集中送出项目，建设海上升压站和500kV送出海底电缆。

根据《中华人民共和国海域使用管理法》等法律法规的规定，本项目建设占用海域空间资源，应进行海域使用论证，办理用海手续。受汕尾明阳瑞善风力发电有限公司所托，广东海兰图环境技术研究有限公司承担该项目的海域使用论证工作。我公司在接受该海域使用论证工作的委托后，为使论证工作顺利开展，收集了大量相关信息资料，详细了解工程内容。根据该项目海域使用的性质、规模和特点，按照《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361-2023）等的要求编制了《汕尾红海湾三、四海上风电集中送出项目海域使用论证报告书》。

1.2 论证依据

1.2.1 法律法规

(1) 《中华人民共和国海域使用管理法》（全国人民代表大会常务委员会，中华人民共和国主席令第六十一号，2002年1月1日施行）；

(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，全国人民代表大会常务委员会令第九号，2000年4月1日起施行，2023年10月24日第六次会议第二次修订）；

(3) 《中华人民共和国环境保护法》（全国人民代表大会常务委员会，中华人民共和国主席令第九号，2015年1月1日起施行）；

(4) 《中华人民共和国电力法》（全国人民代表大会常务委员会，中华人民共和国主席令第六十号，1996年4月1日起施行，2018年12月29日第三次修正）；

(5) 《中华人民共和国可再生能源法》（全国人民代表大会常务委员会，中华人民共和国主席令第三十三号，2006年1月1日起施行，2009年12月26日修订）；

(6) 《中华人民共和国港口法》（全国人民代表大会常务委员会，中华人民共和国主席令第五号，2004年1月1日起施行，2018年12月29日第三次修正）；

(7) 《中华人民共和国海上交通安全法》（全国人民代表大会常务委员会，中华人民共和国主席令第七十九号，1984年1月1日起施行，2021年4月29日修订）；

(8) 《中华人民共和国安全生产法（修正草案）》（全国人民代表大会常务委员会，中华人民共和国主席令第七十九号，2021年9月1日起施行）；

(9) 《中华人民共和国湿地保护法》，（全国人民代表大会常务委员会，中华人民共和国主席令第一〇二号，2022年6月1日施行）；

(10) 《中华人民共和国渔业法》（全国人民代表大会常务委员会，中华人民共和国主席令第三十四号，1986年7月1日起施行，2013年12月28日第四次修正）；

(11) 《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，中华人民共和国主席令第16号，1989年3月1日起施行，2022年12月30日第十三届全国人民代表大会常务委员会第三十八次会议第二次修订）；

(12) 《中华人民共和国航道法》（全国人民代表大会常务委员会，中华人民共和国主席令第17号，2015年3月1日起施行，2016年7月2日修正）；

(13) 《中华人民共和国自然保护区条例》（国务院，中华人民共和国国务院令 167 号，1994 年 12 月 1 日起施行，2017 年 10 月 7 日第二次修订）；

(14) 《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，中华人民共和国国务院令 475 号，2006 年 11 月 1 日起施行，2018 年 3 月 19 日第二次修订）；

(15) 《国务院办公厅关于沿海省、自治区、直辖市审批项目用海有关问题的通知》（国务院办公厅，国办发〔2002〕36 号，2002 年 7 月 6 日）；

(16) 《铺设海底电缆管道管理规定》（国务院，国务院令 27 号，1989 年 3 月 1 日起施行）；

(17) 《海域使用权管理规定》（国家海洋局，国海发〔2006〕27 号，2007 年 1 月 1 日起实施）；

(18) 《国家海洋局关于印发〈海洋生态损害评估技术指南（试行）〉的通知》（国家海洋局，国海环字〔2013〕583 号，2013 年 9 月 6 日）；

(19) 《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 8 日）；

(20) 《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，粤自然资函〔2021〕2073 号，2021 年 11 月 10 日）；

(21) 《自然资源部办公厅关于北京等省（区、市）启用“三区三线”划定成果作为报批建设用地用海依据的函》（自然资源部，自然资办函〔2022〕2207 号，2022 年 10 月 14 日）；

(22) 《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）》（自然资源部，自然资发〔2022〕142 号，2022 年 8 月 16 日）；

(23) 《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）；

(24) 《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》（自然资源部，自然资办函〔2022〕640 号，2022 年 4 月 15 日）；

(25) 《自然资源部办公厅关于进一步加强现有自然岸线监管工作的函》（自然资源部，自然资办函〔2022〕977 号，2022 年 6 月 2 日）；

(26) 《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）；

(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，2023年11月；

(28) 《产业结构调整指导目录（2024年本）》（国家发展和改革委员会，中华人民共和国国家发展和改革委员会令第7号，2024年2月1日施行）；

(29) 《市场准入负面清单（2022年版）》（国家发展改革委商务部，发改体改规〔2022〕397号，2022年3月12日）；

(30) 《海上风电开发建设管理办法》（国家海洋局、国家能源局，国能新能〔2016〕394号），2016年12月29日发布实施）；

(31) 《铺设海底电缆管道管理规定实施办法》（国家海洋局，国家海洋局令第3号，1992年8月26日起施行）；

(32) 《国家海洋局关于进一步规范海上风电用海管理的意见》（原国家海洋局，国海规范〔2016〕6号，2016年10月31日）；

(33) 《关于铺设海底电缆管道管理有关事项的通知》（国家海洋局，国海规范〔2017〕8号，2017年5月2日）；

(34) 《广东省湿地保护条例》（广东省人民代表大会常务委员会，广东省第十三届人民代表大会常务委员会公告第124号，2006年9月1日起施行，2022年11月30日第三次修正）；

(35) 《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，广东省第十三届人民代表大会常务委员会公告第92号，2007年3月1日起施行，2021年9月29日修正）；

(36) 《关于印发<广东省海域使用金征收标准（2022年修订）>的通知》（广东省财政厅 广东省自然资源厅，粤财规〔2022〕4号，2022年6月17日）；

(37) 《广东省自然资源厅关于印发海岸线占补实施办法（试行）的通知》（广东省自然资源厅，粤自然资规字〔2021〕4号）；

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

(39) 《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);

(40) 《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》(广东省人民政府办公厅, 粤府办〔2017〕62号, 2017年10月15日);

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

(42) 《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)。

1.2.2 相关规划和区划

(1) 《全国海洋主体功能区规划》(国务院, 国发〔2015〕42号, 2015年8月20日);

(2) 《全国国土规划纲要(2016-2030年)》(国务院, 国发〔2017〕号, 2017年1月3日);

(3) 《全国海洋功能区划(2011-2020年)》(国家海洋局, 2012年4月1日);

(4) 《“十四五”现代能源体系规划》(国家发展改革委、国家能源局, 发改能源〔2022〕210号, 2022年1月29日);

(5) 《“十四五”可再生能源发展规划》(国家发展改革委、国家能源局发改能源〔2021〕1445号, 2022年6月1日);

(6) 《中国航路指南》A103, 海军司令部航海保证部;

(7) 《全国沿海船舶航路总体规划》(中华人民共和国交通运输部, 2011年11月18日);

(8) 《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》(广东省人民政府、国家海洋局, 粤府〔2017〕120号, 2017年10月);

(9) 《广东省海洋功能区划(2011-2020年)》(广东省人民政府, 粤府函〔2016〕328号, 2016年10月11日修订);

(10) 《广东省海洋主体功能区规划》（广东省人民政府，粤府〔2017〕359号，2017年12月18日）；

(11) 《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》（广东省人民政府，粤府〔2021〕28号，2021年4月6日）；

(12) 《广东省海洋经济发展“十四五”规划》（广东省人民政府办公厅，粤府办〔2021〕33号，2021年12月）；

(13) 《广东省能源发展“十四五”规划》（广东省人民政府办公厅，粤府办〔2022〕8号，2022年3月）；

(14) 《广东省海上风电发展规划（2017-2030年）（修编）》（广东省发展改革委，粤发改能新〔2018〕193号，2018年4月11日）；

(15) 《广东沿海港口航行指南》（广东海事局，2012年）；

(16) 《广东省国土空间规划（2021-2035年）》（广东省人民政府，国函〔2023〕76号，2023年8月8日）；

(17) 《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035年）》（广东省自然资源厅，粤自然资发〔2023〕2号，2023年5月10日）；

(18) 《汕尾市国土空间总体规划（2021-2035年）》（汕尾市人民政府，2023年7月）；

(19) 《汕尾市国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》（汕尾市人民政府，汕府〔2021〕23号，2021年4月20日）。

1.2.3 标准规范

(1) 《海籍调查规范》（HY/T124-2009）；

(2) 《海域使用分类》（HY/T123-2009）；

(3) 《海域使用论证技术导则》（GBT42361-2023）；

(4) 《海洋调查规范》（GB/T12763-2007）；

(5) 《海洋监测规范》（GB17378-2007）；

(6) 《海水水质标准》（GB3097-97）；

(7) 《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）；

(8) 《海洋生物质量》（GB18421-2001）；

- (9) 《渔业水质标准》（GB11607-89）；
- (10) 《海域使用面积测量规范》（HY070-2022）；
- (11) 《全球定位系统（GPS）测量规范》（GB/T18314-2009）；
- (12) 《中国海图图式》（GB12319-2022）；
- (13) 《海洋工程地形测量规范》（GB/T17501-2017）；
- (14) 《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》（2002.04）；
- (15) 《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007，中华人民共和国农业部）；
- (16) 《海上风电工程环境影响评价技术规范》（国家海洋局，2014.04）；
- (17) 《宗海图编绘技术规范》（HY/T 251-2018）。

1.2.4 项目技术资料

- (1) 《汕尾红海湾海上风电场项目集中送出工程夏季全潮水文观测成果报告》，2023年12月；
- (2) 《汕尾红海湾海上风电海底电缆项目海洋环境现状调查监测报告(2023年夏季)》，2023年9月；
- (3) 《明阳汕尾一、二海上风电储备场址项目前期核准阶段岩土工程勘测报告》，2021年6月；
- (4) 《汕尾红海湾三、四海上风电集中送出项目路由选择依据说明材料》，2023年10月；
- (5) 《汕尾红海湾（海缆）海上电磁环境监测》，2023年7月；
- (6) 《汕尾红海湾（四）海上电磁环境监测》，2023年7月；
- (7) 《汕尾红海湾四期海上风电场项目水下噪声对海洋生物影响专题（夏季现场调查报告）》，2023年7月；
- (8) 建设单位提供的项目设计方案、施工方案、升压站图纸及其他相关资料。

1.3 论证等级和范围

1.3.1 论证等级

按《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），本项目用海的海域使用类型为工矿通信用海（一级类）中的可再生能源用海（二级类）；按《海域使用分类》（HY/T 123 2009），本项目海域使用类型为工业用海（一级类）中的电力工业用海（二级类），用海方式为构筑物（一级方式）中的透水构筑物（二级方式）和其他方式（一级方式）中的海底电缆管道（二级方式）。

项目拟申请用海总面积为 443.6009 公顷，其中海上升压站透水构筑物用海面积为 0.6067 公顷，500kV 海底电缆管道用海面积为 442.9942 公顷。本项目 500kV 送出海底电缆以底土穿越的方式占用广东省政府批复海岸线 21.4m，采用定向钻的施工方式从地底穿过砂质岸线，无需开挖，不影响自然岸线形态及原有生态功能。根据《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361-2023）的海域使用论证等级判定表（见表 1.3.1-1），透水构筑物总长度小于（含）400m 或用海总面积小于（含）10 公顷所有海域论证等级为三级，海底电缆管道所有规模敏感海域（本项目距离生态保护红线区遮浪南重要渔业资源产卵场 9m）论证等级为二级，根据“同一项目用海按不同用海方式、用海规模所判定的等级不一致时，采用就高不就低的原则确定论证等级”，判定项目的论证等级为二级。

表 1.3.1-1 海域使用论证等级判定标准

用海单元	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
海上升压站	构筑物	透水构筑物	构筑物总长度大于（含）2000m 或用海总面积大于（含）30ha		所有海域	一
			构筑物总长度（400~2000）m 或用海总面积（10~30）ha		敏感海域	一
			构筑物总长度小于（含）400m 或用海总面积小于（含）10 公顷 （本项目透水构筑物申请用海面积 0.6067ha）		其他海域	二
海底电缆	其他方式	海底电缆管道	海底电（光）缆	所有规模 （本项目海底电缆管道申请面积 442.9942ha）	敏感海域	二
					其他	三

用海单元	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
					海域	
本项目						二
注：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。						

1.3.2 论证范围

根据《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361-2023），论证范围应依据项目用海情况、所在海域特征及周边海域开发利用现状等确定，应覆盖项目用海可能影响到的全部区域。一般情况下，论证范围以项目用海外缘线为起点进行划定，一级论证向外扩展 15km，二级论证 8km，二级论证 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，二级论证 1.5km。本项目建设海上升压站和 500kV 送出海底电缆，结合所在海域特征，论证范围以项目用海外缘线为起点进行划定，向外扩展 8km，总面积约 1380.8722km²，详见图 1.3.2-1。

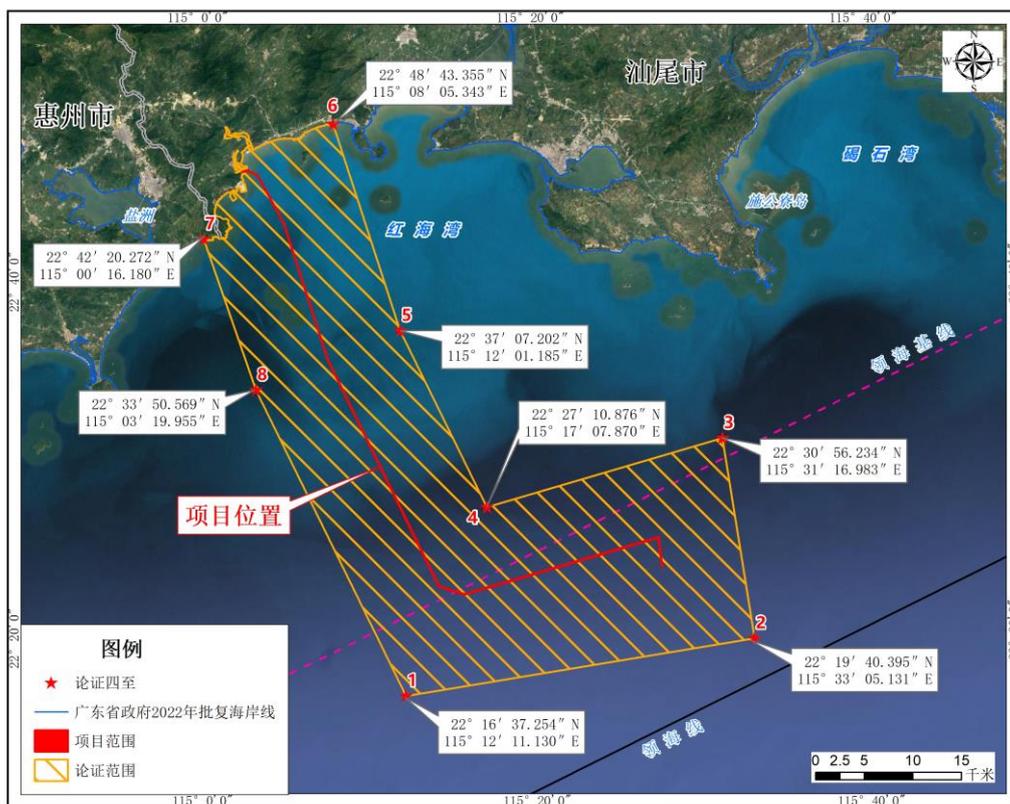


图 1.3.2-1 论证范围图

表 1.3.2-1 论证范围坐标点

序号	东经 (E)	北纬 (N)
1	115°12'11.130"	22°16'37.254"
2	115°33'05.131"	22°19'40.395"
3	115°31'16.983"	22°30'56.234"
4	115°17'07.870"	22°27'10.876"
5	115°12'01.185"	22°37'07.202"
6	115°08'05.343"	22°48'43.355"
7	115°00'16.180"	22°42'20.272"
8	115°03'19.955"	22°33'50.569"

1.4 论证重点

根据《海域使用论证技术导则》(GB/T 42361-2023)，本项目海域使用论证重点确定如下：

- (1) 项目用海必要性分析；
- (2) 项目用海资源生态影响分析；
- (3) 项目用海选址(选线)、平面布置、用海方式合理性分析；
- (4) 项目生态用海对策措施。

2 项目用海基本情况

2.1 用海项目建设内容

(1) 项目名称：汕尾红海湾三、四海上风电集中送出项目

(2) 投资主体：汕尾明阳瑞善风力发电有限公司

(3) 项目性质：新建

(4) 工程投资额：364381 万元

(5) 项目用海位置：本项目位于广东省汕尾市红海湾南侧海域，拟建的海上升压站位于汕尾红海湾三、四海上风电场址中间预留的通道，500kV 送出海缆由海上升压站出发，往西延伸后再往北至小漠镇东侧滨海区域登陆点。

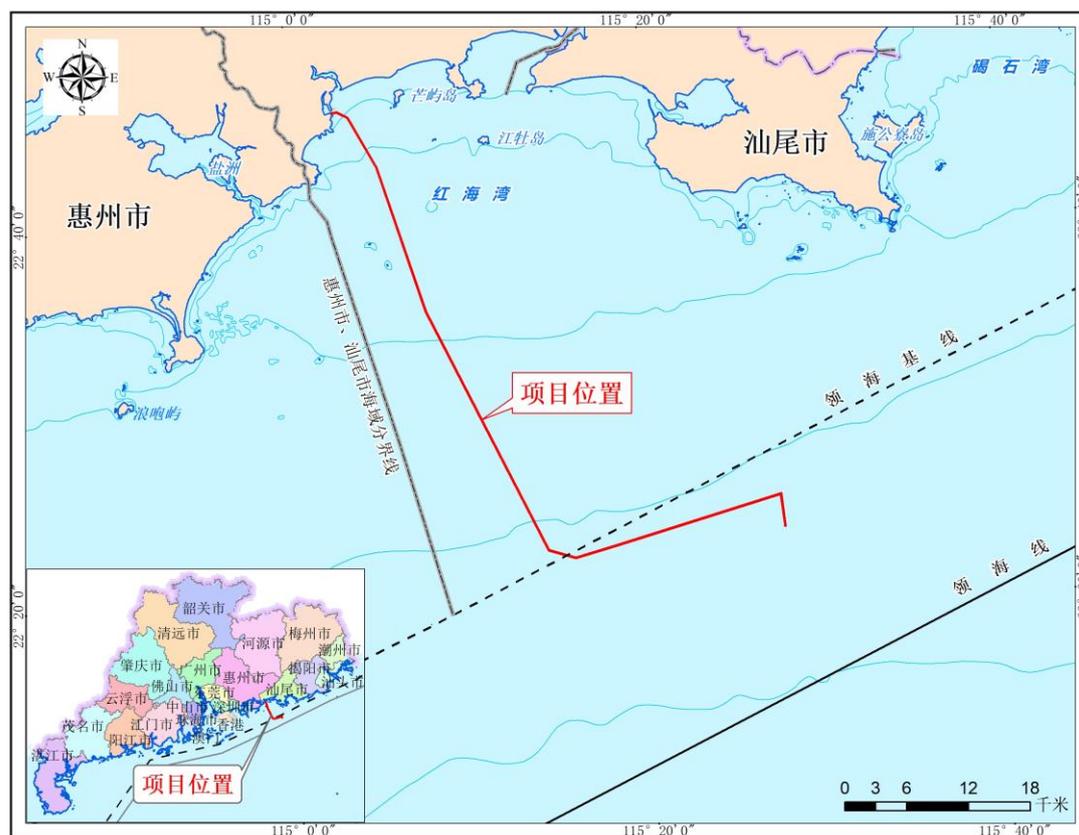


图 2.1-1 项目地理位置图

(6) 建设内容与建设规模：本项目拟建设 1 座海上升压站（平台尺寸 63.0m×53.1m）和 2 回 500kV 海底电缆（单回长约 75.05km）。

2.2 平面布置和主要结构、尺度

2.2.1 平面布置

红海湾三、红海湾四海上风电场规划装机容量均为 500MW，红海湾三海上风电项目拟布置 36 台 14MW 固定式风电机组，红海湾四海上风电项目拟布置 26 台 18.8MW 和 1 台 16.6MW 固定式风电机组，红海湾三、四风电机组发出电能均通过 66kV 集电海底电缆接入位于红海湾三、四海上风电场址中间的海上升压站内，升压后通过 2 回 500kV 海底电缆集中送出至陆上集控中心。

红海湾三、红海湾四风力发电机组及集电海底电缆分别由中广核新能源投资（汕尾）有限公司、汕尾明阳瑞善风力发电有限公司申请建设，正在进行用海申请，不在本项目论证范围。项目总平面布置示意图详见图 2.2.1-1。

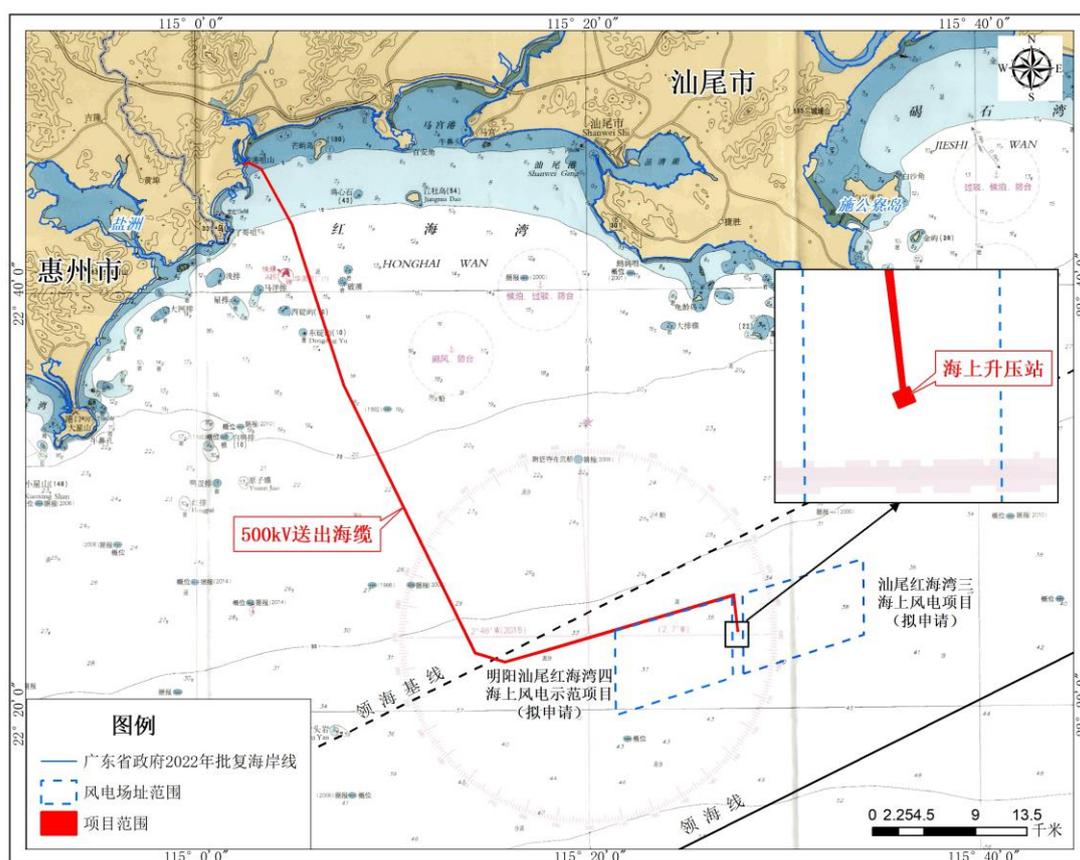


图 2.2.1-1 项目总平面布置示意图

2.2.1.1 海上升压站

本工程配套建设一座 500kV 海上升压站，海上升压站位于汕尾红海湾三、

四海上风电场址中间预留的通道，平台北和真北逆时针夹角 22.5° 。

海上升压站采用整体式布置，包括上部结构和下部结构。下部结构采用导管架型式，并设置了 4 根钢管桩。上部结构平台尺寸约 $63.0\text{m}\times 53.1\text{m}$ ，共四层。海上升压站布置图详见图 2.2.1-2。

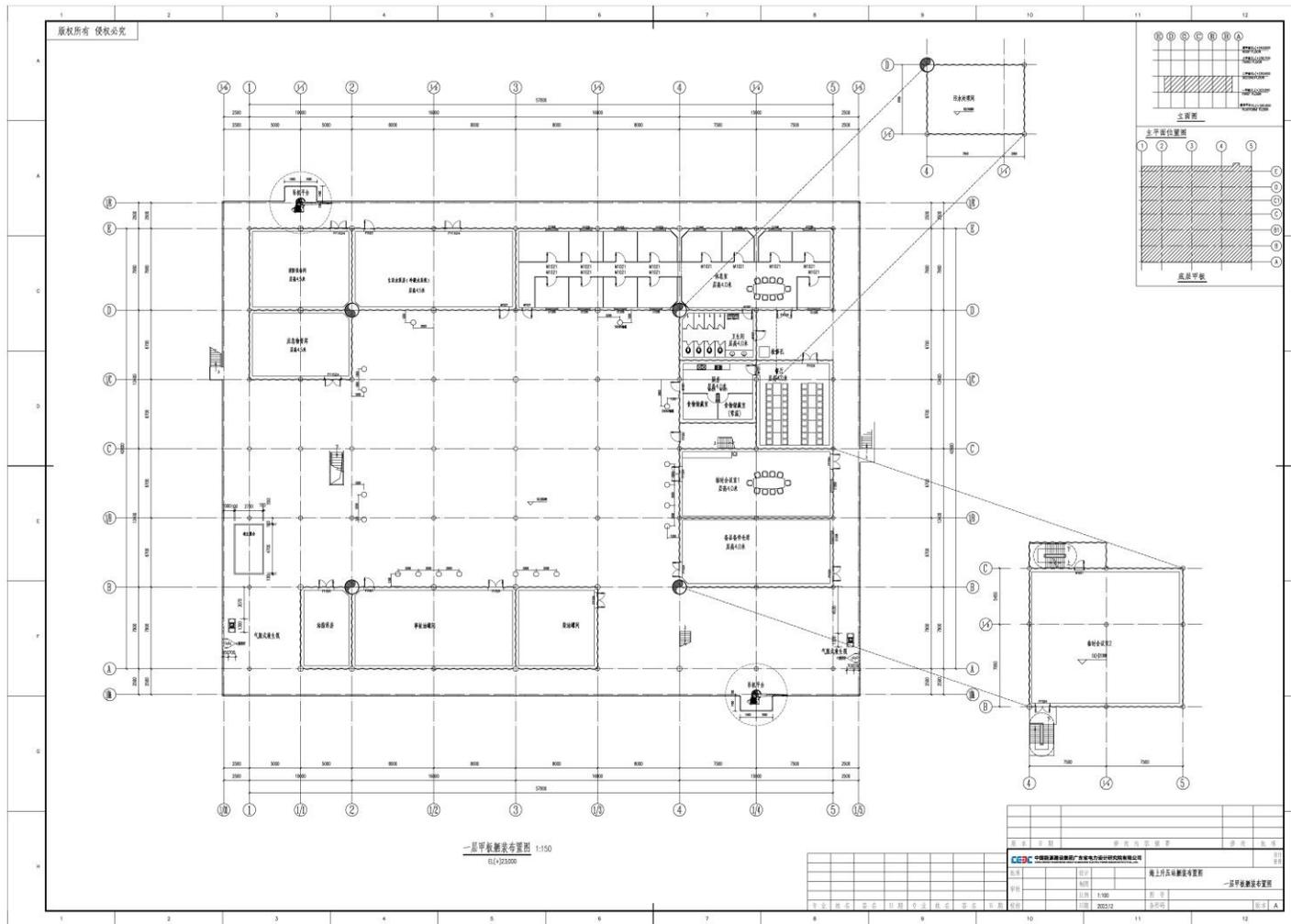
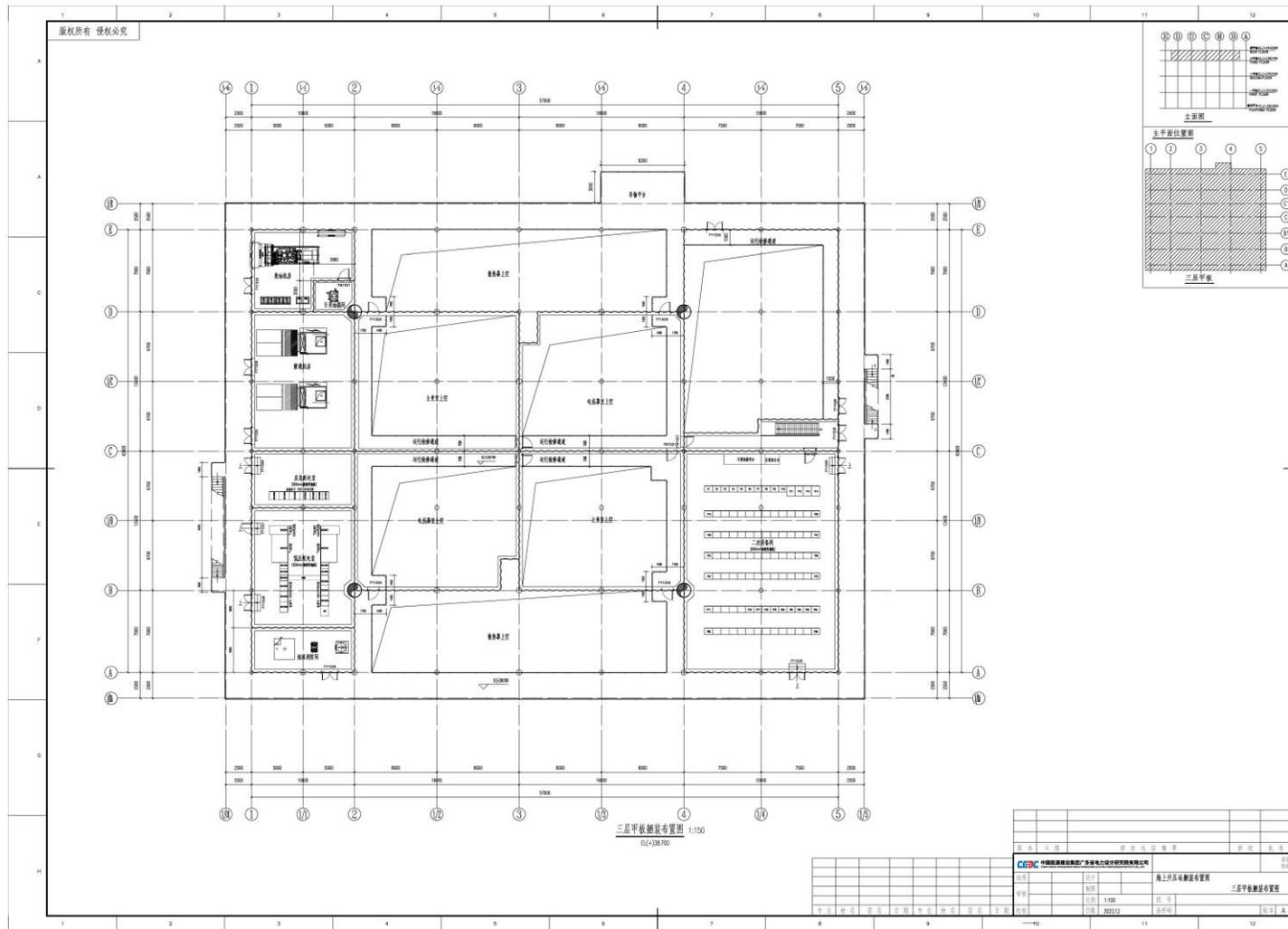


图 2.2.1-2a 海上升压站一层甲板布置图



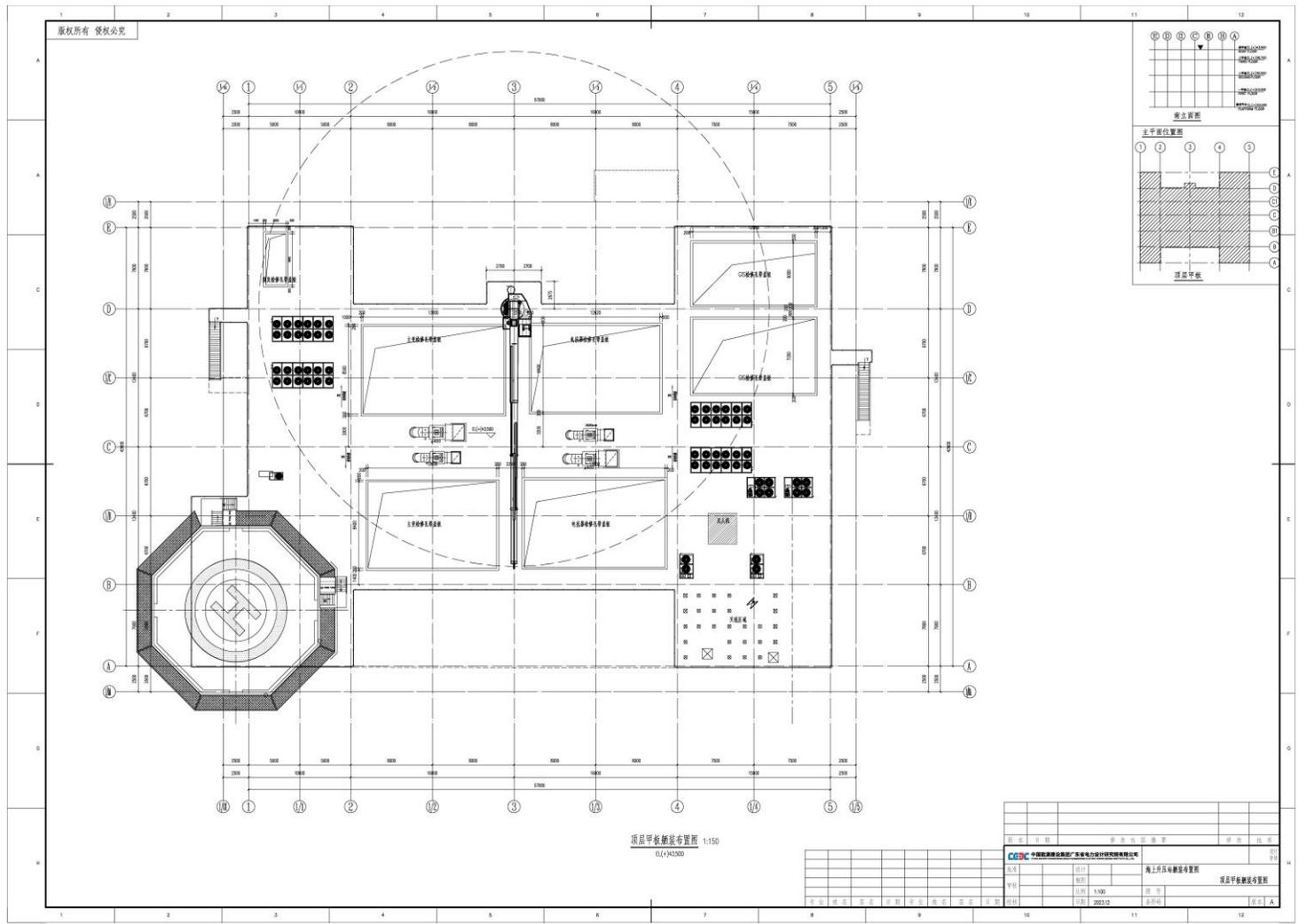


图 2.2.1-2d 海上升压站顶层甲板布置图

2.2.1.2 500kV 送出海底电缆

500kV 送出海底电缆从登陆点出发，避开近岸礁石分布区向东、东南方向延伸 7.37km 到达拐点 4；从拐点 4 继续向东南延伸穿越鲎门航道、马宫航道到达位于 2 号引航检疫锚地西侧的拐点 5，拐点 4 与拐点 5 的距离为 14.82km；从拐点 5 继续向东南方向延伸 26.14km 后到达拐点 6，期间穿越了粤东沿海近岸航路；从拐点 6 出发经东南向 2.68km 后再往东北延伸 4.26km 到达位于生态保护红线区遮浪南重要渔业资源产卵场南侧的拐点 8；从拐点 8 往东北方向延伸 16.59km 后到达拐点 9，再向东南方向延伸 3.19km 后到达海上升压站。全长约 75.05km。

表 2.2.1-1 500kV 送出海底电缆拐点坐标表

拐点	经度	纬度	累积长度 (km)	备注
1	115°2'35.601"E	22°46'6.195"N	0	登陆点
2	115°2'54.928"E	22°46'10.297"N	0.57	避开近岸礁石分布区
3	115°3'32.019"E	22°45'52.386"N	1.76	保障管廊空间及走向
4	115°5'5.053"E	22°43'11.752"N	7.37	避开疏浚航道
5	115°7'39.421"E	22°35'31.840"N	22.19	避开礁石分布区、保障航路交越角度
6	115°14'13.946"E	22°22'45.222"N	48.33	保障航路交越角度
7	115°15'43.554"E	22°22'18.943"N	51.01	避开生态红线区
8	115°18'7.171"E	22°22'55.756"N	55.27	避开生态红线区
9	115°27'24.420"E	22°25'24.903"N	71.86	避开海上风机
10	115°27'35.496"E	22°23'41.671"N	75.05	海上升压站

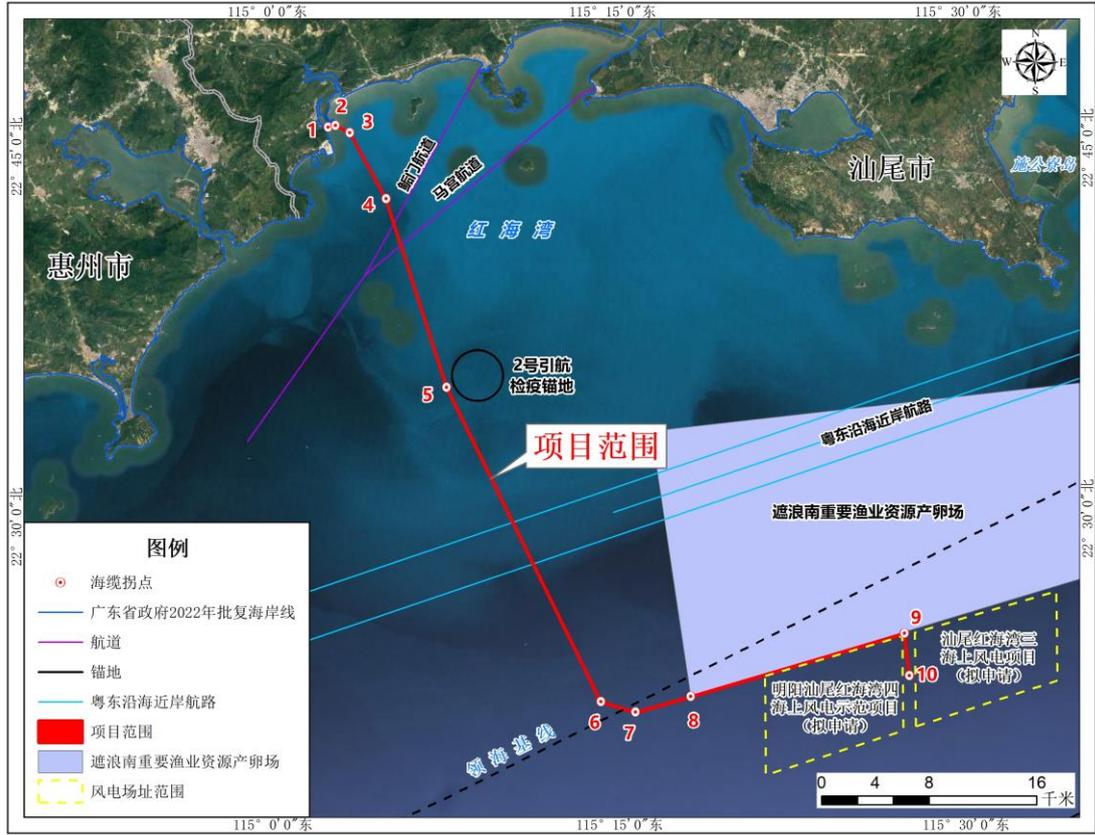


图 2.2.1-3 500kV 送出海底电缆拐点分布示意图

2.2.1.3 登陆点

汕尾红海湾海上风电场项目海缆预选路由登陆点位于深汕合作区小漠镇东侧滨海区域。登陆点所在区域为砂质岸线，属自然岸线，地势起伏变化不大；向陆侧为道路和工业厂区，分布有油库、厂房和养殖池塘，中间有绿化植被分布；登陆所在区域北侧约 1.2km 处为小漠国际港，向南约 0.4km 处为华润电力（海丰）有限公司；向海侧为海洋，无开发建设活动等，近岸有海滩，较为平坦，宽度约在 100m~120m 之间。



图 2.2.1-4 登陆点位置示意图



图 2.2.1-4 登陆点周边环境

2.2.2 主要水工构筑物结构尺度

2.2.2.1 海上升压站

海上升压站上部组块采用四层布置，平台尺寸为 63.0m×53.1m，上部结构由立柱、甲板、梁格和斜撑组成。上部组块主梁采用焊接 H 型钢 H1500、H1200、H1000 及热轧 H 型钢 H900、H700、HM600、HM500、HN400，次梁采用热轧 H 型钢 HN300 等。立柱采用 $\phi 1600$ 、 $\phi 1000$ 钢管，两层主甲板间斜撑采用 $\phi 610$ 、 $\phi 508$ 、 $\phi 406$ 和 $\phi 356$ 等钢管，底层甲板之上满铺 8/6mm 厚钢板，在立柱、撑杆与主梁交点处管节点用 Z 向钢钢材 DH36 加强。

升压站导管架均采用 4 腿导管架型式。导管架顶标高 19.5m，底标高最大约为 -40.0m。主导管采用 $\phi 1800$ 钢管，成矩形布置，在标高 -39m、-12.75、17.0m 处设水平圆管 $\phi 800\sim\phi 1000$ 钢管，导管架局部节点用钢材 DH36—Z35 加强。海上升压站基础采用 $\phi 4200$ 开口变壁厚钢管桩，共 4 根，壁厚范围为 50~80mm。桩长约为 101m，入泥 86m。

本工程海上升压站结构设计使用年限为 25 年，结构安全等级为一级。

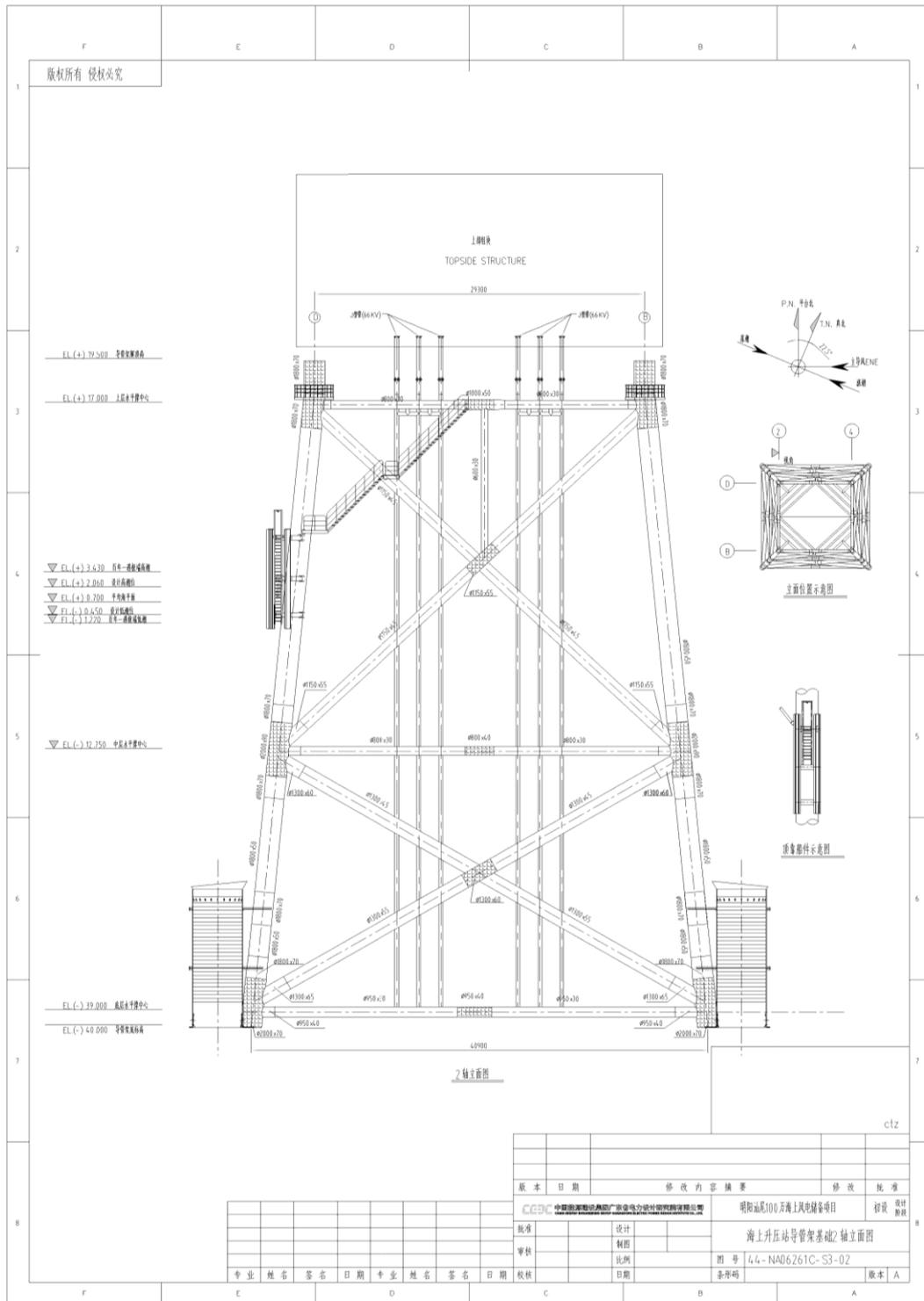


图 2.2.2-1 海上升压站导管架基础立面图

2.2.2.2 500kV 送出海底电缆

本项目布置两回 500kV 送出海底电缆连接海上升压站与陆上集控中心，单回长约 75.05km，拟选用交三芯 $3 \times 1000\text{mm}^2$ XLPE 绝缘海底电缆，电缆外径为 314mm。本工程 500kV 送出海底电缆结构设计使用年限为 30 年，海缆结构型式

图详见图 2.2.2-2。

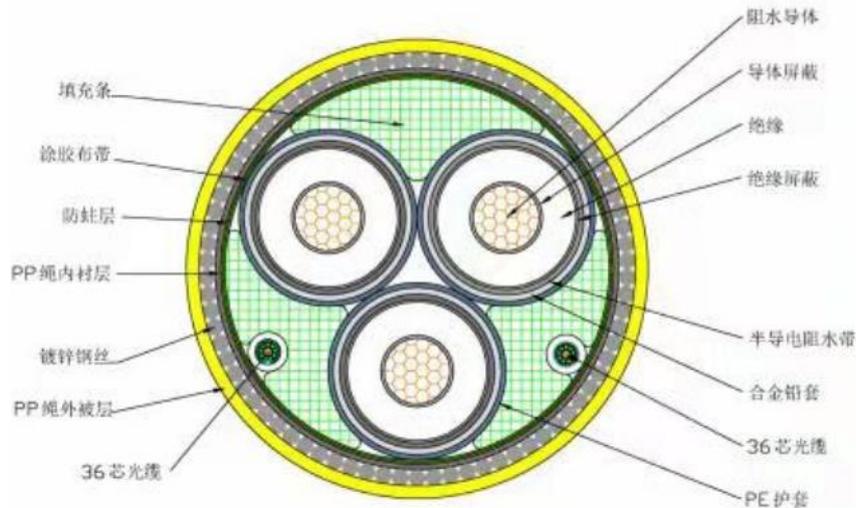


图 2.2.2-2 海缆结构型式图

2.3 项目主要施工工艺和方法

2.3.1 施工工艺及方法

2.3.1.1 海上升压站

海上升压站的施工内容包括钢结构制作、基础施工、上部组块安装三大部分。一般来说，主要施工工艺流程为：钢结构加工与制作→电气设备安装、调试→导管架沉放→钢管桩沉桩施工→上部平台整体安装→电气设备联动调试。

1、钢管桩、导管架的制作、运输

本阶段选择在工程周边区域内的大型钢结构加工企业或船厂类企业中进行整体加工制作，钢管桩运输选择 10000t 级以上的驳船，考虑运输驳船使用拖轮拖带，驳船的配套拖轮考虑为 5000HP 及以上动力。

2、导管架沉放施工

在导管架运输至海上升压站位置后，首先开始进行导管架的沉放工序。为保证导管架安放水平，施工前，在辅助驳船上配冲喷设备、沙石料等，对海床实施扫海，垫砂整平，确保海床无障碍物及基本平整。本工程导管架结构吊重约 3966t，根据导管架吊重、吊装尺寸的要求，并按照起重机 85%起重保证率的设备性能要求，本阶段初步选择 5000t 级全旋转浮式起重船进行导管架的沉放工序。导管架

安装到位后，应及早跟进沉桩施工，以免导管架在风浪作用下滑移，超出偏差要求。

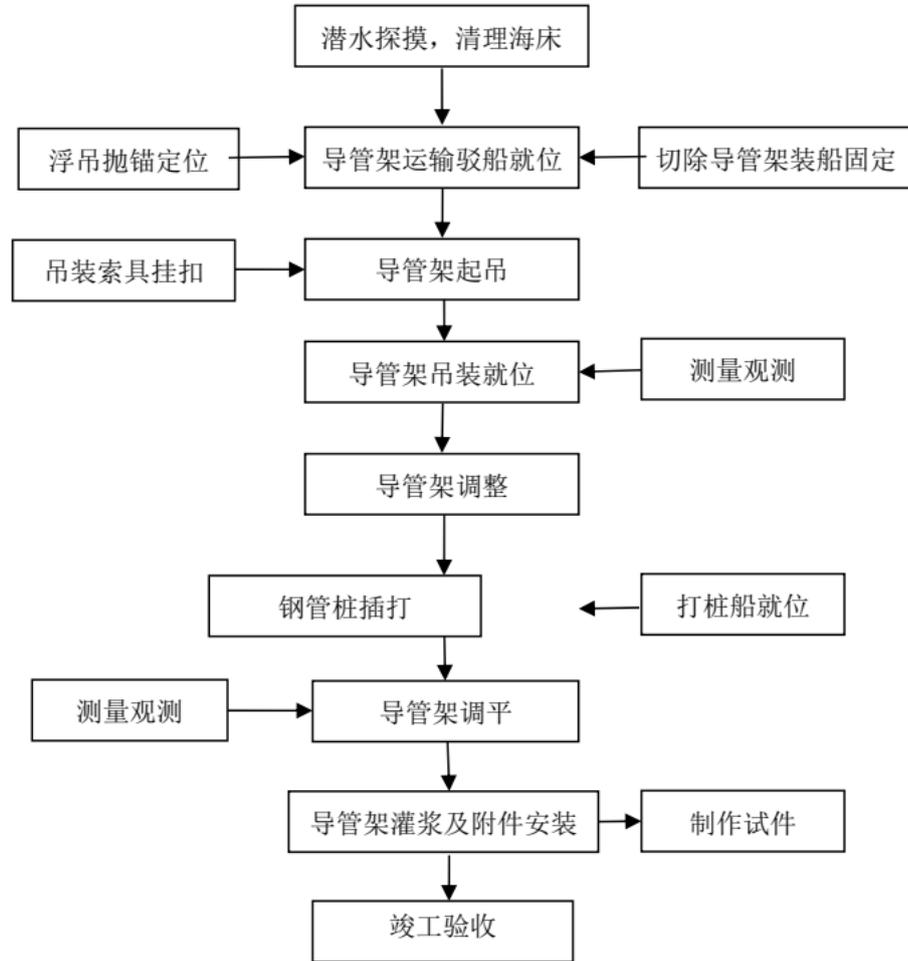


图 2.3.1-1 升压站桩基础导管架施工流程图

3、钢管桩沉桩施工及连接段灌浆

为保证管桩的加工与施工质量，拟采用整根长管桩的沉桩施工方式，不考虑分段接桩焊接的处理。沉桩过程中桩基为垂向入泥，桩穿过导管架上的桩靴，内部设置限位板，确保钢桩沉桩垂直度以及钢桩与导管架桩靴间的环缝的最小间距的精度，保证沉桩施工的角度与精度控制满足要求。桩锤系统根据海上升压站工程基础管桩设计参数，选用 S-2000 型液压打桩锤作为首选桩锤。

钢管桩、导管架桩靴之间的间隙灌浆在打桩完毕、调整好导管架与桩管间的间隙后进行。灌浆施工由甲板驳船上所载的灌浆泵高压泵送灌注专用的灌浆材料，灌浆作业前，应进行原材料作业和配合比设计，并进行相关的试验工作。由于可能存在泥沙等杂物，影响灌浆效果，灌浆前可用吸力较强的小型吸泥泵清理底部

泥沙，吸泥完成后尽快进行灌浆施工。灌浆材料的性能必须确保满足设计要求，在施工监理方的监督下，采用小型压浆机将材料浆液压至导管与钢管桩的环缝内，自下而上注满。

施工时，用软管伸入导管架桩靴内部，利用灌浆的自重挤出空气达到密实，待浆液从顶部溢出后即可停止灌浆并迅速拔出软管。

4、升压站上部组块制作

各电气设备按照功能需求设置在不同隔层范围内，本工程升压站上部组块结构类同于海上石油类钻井平台上部组块结构，因此本阶段上部组块结构参考成熟的钻井平台上部组块结构的施工方案进行考虑，一般都在加工现场整体制作完毕后，现场进行一次性吊装。

根据类似工程实际的操作模式，为尽量减小现场的安装次数，避免现场焊接所可能造成的质量缺陷，同时减少海上设备安装调试时间，海上升压站上部平台采用陆上总装的方式，在相应安装层完成后进行其层面上电气设备的安装工作，最终形成可整体出运的上部组块（包括电气设备）组合体。上部结构由立柱、甲板、主次梁和斜撑组成，舾装设施和全部电气、暖通、消防、给排水设备重量，上部组块总重约 6700t。

海上升压站的主体设备是电气设备，因此在钢结构制作过程中需要结合电气设备的到货时间来进行电气设备安装。

5、升压站上部组块运输与安装

运输用船舶应尽量保证升压站上部组块的整体边界在船舶型宽范围内，尤其应保证底部四根主柱位置在船舶型宽有效范围内。根据上述对运输船舶尺寸数据的要求并参考同类海工结构组块实际选用运输船舶的情况，考虑运输稳性要求，要求选用船宽大于 30m 的大型驳船，推荐选用 20000t 级自航驳船进行运输。

海上运输条件复杂，升压站组块为大尺寸、超重量的构件，运输过程中受天气、海况等影响较大，船身可能出现横倾晃动的危险，因此需要根据升压站尺寸与重量等条件，统筹规划生产基地，选择有利的天气时机，并对运输船舶增加临时辅助固定装置，降低运输过程中的风险，增加运输过程中的可靠性。

根据钢桁架组合体上部结构整体吊装尺寸要求，选择 10000t 级及以上起重能力的浮式起重船进行组合体的安装工作。

2.3.1.2 500kV 送出海底电缆

本工程海缆敷设为海上升压站与陆上集控中心之间的 500kV 海底电缆。根据水深要求，主要采用深埋方式。初步拟定埋深 3~4m。

常规海缆敷设主要施工工艺如下：

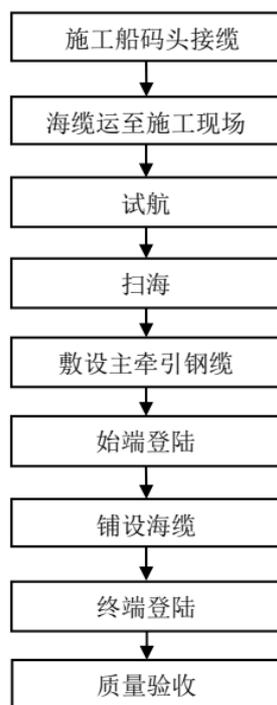


图 2.3.1-2 海缆敷设施工工艺

(1) 接缆

接缆采用海缆敷设船接缆，接缆地点一般为生产厂家码头。电缆在过驳前首先对电缆进行出厂检验，对装载上船的海底电缆进行性能检测，包括逐根进行交流耐压、绝缘电阻、泄漏电流、铅包耐压等测试；待测试符合设计标准后方能进行过驳施工。装船完毕后重新对海底电缆性能检查测试，确认各项性能指标满足工程设计要求。

(2) 试航

施工船舶到达施工现场之后，可首先进行试航作业，以确保施工顺利及施工质量。

(3) 扫海

该工作主要解决施工路由轴线上影响施工顺利进行的旧有废弃缆线、插网、渔网等小型障碍物。采用锚艇尾系扫海工具，沿设计路由往返电缆路由扫海一次，

发现障碍物由潜水员水下清理；若遇到不能及时清理的大型障碍物，由潜水员水下探明情况，拟订解决方案并上报。

(4) 敷设主牵引钢缆

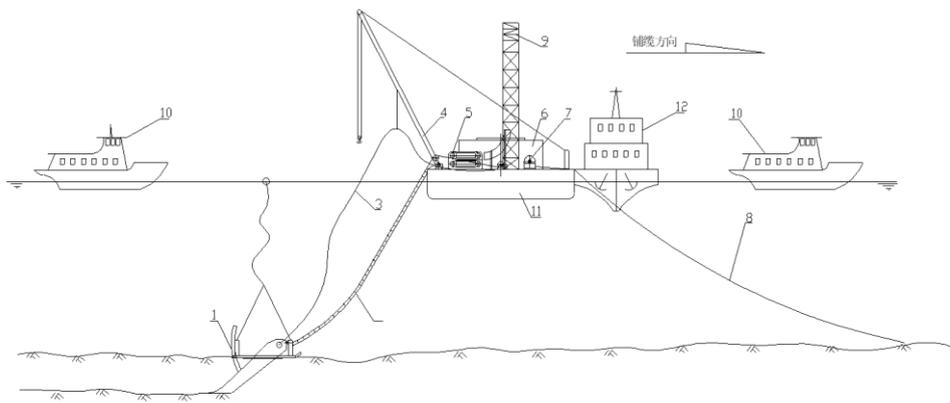
海缆敷设船一般为无动力船型，需要拖轮拖带。本项目初步考虑采用设置主牵引钢缆引导敷设船的施工方法：首先施工船根据 DGPS 定位就位于始端登陆点附近路由轴线上，由锚艇在电缆设计路由上抛设牵引锚，牵引锚和主牵引钢缆连接后开始敷设主牵引钢缆，直至将主牵引钢缆和施工船上卷扬机连接。施工时，由锚艇敷设主牵引锚。当施工至终端登陆点附近时，将主牵引钢缆与预先设置在终端登陆点侧的地锚相连接，牵引钢缆敷设时采用 DGPS 定位系统。

(5) 始端登陆

完成海缆始端登陆施工后，在 GPS 定位下，由潜水员摸清预先在水下处理好的登陆段沟槽，然后沿登陆段海缆逐个拆除浮运海缆的轮胎，将海缆按设计路由沉放至海床上。

(6) 电缆敷埋段施工

主要施工步骤：埋深施工船锚泊就位→缆盘内电缆提升→电缆放入甲板入水槽→电缆放入埋设机腹部→投放埋设机至海床面→牵引施工船敷埋电缆。



1. 水力喷射埋设机, 2. 导缆笼、电缆及拖曳钢丝绳, 3. 高压输水胶管, 4. 起重把杆, 5. 履带布缆机、计米器、入水槽等, 6. 储缆圈, 7. 牵引绞车, 8. 牵引钢丝绳, 9. 退扭架, 10. 警戒船, 11. 电缆敷埋施工船, 12. 拖轮。

图 2.3.1-3 海底电缆敷设施工

1) 埋设机投放

电缆放入入水槽后，船头电缆装入埋设机腹部，关上门板，采用吊机将埋设机缓缓吊入水中，搁置在海床面上。严格按照埋设机的投放操作规程，按照以下

程序进行作业：

埋设机起吊，脱离停放架→电缆装入埋设机腹部，关上门板并在埋设犁电缆出口处设置吊点，保证投放埋设犁时电缆的弯曲半径→埋设机缓缓搁置海床面→潜水员水下检查电缆与埋设机相对位置，并解除吊点→启动高压海水泵→启动埋深监测系统→启动牵引卷扬机→施工船起锚，开始牵引敷埋作业。

2) 埋深调节与控制

埋设机的埋设速度由卷扬机的绞缆线速度来决定，并由联接于卷扬机的变频器来控制与调节；在施工过程中，电缆埋设深度可通过调节牵引速度、水泵压力、牵引力以及埋设机姿态等手段来控制。采用高压水泵，确保电缆的埋设深度也能达到设计要求。

敷埋时施工船易偏离路由轴线，拟采用拖轮及锚艇，在施工船背水侧或背风侧进行顶推，以纠正埋深施工船的航向偏差。

(7) 终端登陆施工

在海缆终端登陆前，已完成终端登陆的施工准备工作，具备登陆条件。准确测量登陆长度后，在施工船上截下余缆，并对截断海缆两端进行铅包封堵工作，防止海缆截断后外界环境对电缆造成电气性能及绝缘影响，确保海缆埋设及后续工作质量。海缆截断封堵结束后，进行海缆的终端登陆。

海底电缆在升压站的登陆，需穿过与桩基固定的“J”管，登平台前应将钢丝绳置换“J”管内预先设置的牵引绳索，用船上绞车将电缆由海底通过“J”管口牵引至平台塔筒内预定位置。

(8) 登陆段施工

项目拟采用定向钻穿越进行海缆登陆方案。

定向钻埋管与海缆登陆描述如下：

1) 使用定向钻拖拉法穿越岸滩形成孔道，牵引并预埋管道，回填工作坑。

定向钻穿孔埋管主要工艺：施工准备→导向孔施工→反拉扩孔、成孔→牵引管道→回填→清场。

2) 施工船乘大潮驶入离登陆点 200m~400m 处就位，并利用 DGPS 测量系统定位于路由轴线上，抛设八字锚稳定船位。

3) 在终端登陆点处设置绞磨机。在电缆终端登陆前，已完成终端登陆的施

工准备工作，具备登陆条件。

4) 将海缆头从电缆盘拉出，在电缆头上设置活络转头。并与设置在终端登陆点处绞磨机的牵引钢丝联结，牵引钢丝穿过预埋管道。

5) 启动绞磨机缓慢回绞钢丝，牵引海缆穿越管道，完成海缆穿越登陆。

(10) 海缆保护

海底电缆防护主要有两种方式：电缆自身外防护和电缆掩埋。海底电缆自身外防护，通常是在电缆外层增加金属丝编织的防护层（铠装）。目前，在各国区域电网跨海域互联工程中海底电缆保护常见的措施为：在海缆近海岸登陆段浅水区采用水泥砂浆袋埋设保护；在渔业活动频繁水域且水深 30m 以内采用少量铁套管保护，在水深 30m 以上采用水力喷射冲埋保护；在无法进行埋设点和海缆悬空段采用抛石堆积保护。对于局部因覆盖层较薄达不到 1.5m 埋深的区域，可增加其他保护措施，如套管保护，或加盖碎石、混凝土件、沙包等保护件。

本工程海缆敷设包括海上升压站与陆上集控中心之间的主送出海缆。工程海域海床表层土为新近沉积淤泥土，建议采取以下防护措施进行海缆保护。

1) 建设单位应按照国家法律法规，维护自己的合法权益，保护海底电缆的安全。

2) 对于穿越航道区的海缆可加大电缆的埋深，在航道内施工时，需向海事主管机关申请交通管制，同时尽量避免航道封航。

3) 海缆敷设完成后，建议在海缆 J 型管出口处采取抛填碎石或水泥压块等措施进行海缆保护。

4) 在工程运行过程中，若因海床整体演变等原因造成海底电缆外露，需根据外露区域的工程地质条件选择合适的后续保护工程，如抛填级配块石，设置预制水泥盖板，布设钢丝铅笼网兜等设施。



图 2.3.1-4 水泥压块保护示意

2.3.2 施工机械设备

表 2.3.2-1 海上升压站主要施工设备配置表

序号	机械设备名称	型号规格	单位	数量	备注
1	浮式起重船	5000t 级及以上	艘	1	导管架基础施工，配置 S-2000 型液压打桩锤作为首选桩锤
2	起重船	10000t 级及以上	艘	1	上部组块现场安装
3	甲板驳船	15000t 级	艘	1	钢管桩、导管架的运输，甲板宽不小于 45m
4	甲板驳船	20000t 级	艘	1	上部组块运输；自航
5	拖轮	5000HP	艘	1	拖运船舶
6	抛锚艇		艘	2	打桩船、起重船等抛锚
7	交通艇		艘	2	

表 2.3.2-2 海缆敷设主要施工设备配置表

序号	名称	说明
主要铺缆设备和机具		
1	海缆转盘	储存电缆，轨道转动，机械手盘放
2	电缆退扭系统	释放电缆扭应力
3	布缆机	将电缆从储缆圈经电缆桥拉至甲板
4	机械计米器	计量敷设海缆长度
5	入水槽	保证电缆入水角度和弯曲半径
主要电缆埋深设备		
6	电缆埋设机	海底电缆埋深，深度 3-5m
7	高压水泵	供水，扬程 300 米以上
8	高压水管	将高压水输送至埋设机

9	导缆笼	保证埋设机至船舷间电缆的张力和弯曲半径
10	海缆埋深监测系统	监测电缆的张力、埋深、偏差、缆长及水深、流速等
11	拖曳式潜水器综合监控导航系统	埋设机综合监控与水下导航定位系统
锚泊设备		
12	牵引绞车	牵引施工船前进
13	锚机	固定船位
14	海军锚	大抓力锚
15	钢丝绳	牵引、锚泊等

2.3.3 施工进度计划

本工程项目总工期计划为 13 个月，其中工程主体施工总工期为 10 个月。本工程于 T+0 月开工后，T+3 月后施工准备完成，主体工程开始施工，第 T+13 个月海上升压站调试完成。

表 2.3.3-1 施工进度计划表

序号	项目	工期 (月)	计划开工 (月)	计划结束 (月)	备注
1	施工准备	3	T+0	T+3	主基地改造、配置临建设施
2	500KV 送出海缆敷设	3	T+11	T+13	
3	海上升压站上部结构加工制作	8	T+3	T+11	
4	海上升压站下部基础加工制造	4	T+5	T+9	
5	海上升压站基础施工与上部安装调试	1	T+9	T+10	下部基础施工
		1	T+11	T+12	上部组块安装
		1	T+13	T+13	调试

2.3.4 土石方平衡

海上升压站基础采用后桩法四桩导管架基础，桩基施工不涉及嵌岩桩，采用常规沉桩施工不产生钻渣。敷设海底电缆采用埋设犁冲沟敷设、自动回淤保护的方式，没有多余土石方产生。500kV 送出海底电缆定向钻产生的土石方量约为 565m³，可运至集控中心，参与集控中心的土方平衡。

2.4 项目用海需求

2.4.1 项目用海需求

本项目拟建设一座 500kV 海上升压站、2 回 500kV 送出海底电缆。

1、海上升压站用海需求

本项目拟布置一座 500kV 海上升压站，海上升压站为四桩导管架基础结构，上部组块采用四层布置，平台尺寸为 63.0m×53.1m，因此海上升压站需占用海域面积为 0.3345 公顷。

本项目海上升压站用海面积根据《海籍调查规范》“透水构筑物用海有安全防护要求的透水构筑物用海在透水构筑物及其防护设施垂直投影的外缘线基础上，外扩不小于 10m 保护距离为界”进行界定，则海上升压站申请用海面积由平台外缘向外扩 10m 确定申请用海范围。本项目海上升压站用海需求为 0.6067 公顷。

2、500kV 送出海底电缆用海需求

根据项目需要，风电机组发出电能需通过集电海底电缆接入海上升压站后需通过 500kV 送出海底电缆送入陆上集控中心。500kV 送出海底电缆直径为 314mm，500kV 送出海底电缆单回长度为 75.05km，两回长度为 150.10km，500kV 送出海底电缆占用海域面积为 9.4263 公顷。

根据《海籍调查规范》中海底工程用海对电缆管道的规定：“以电缆管道外缘线向两侧外扩 10m 距离为界”，再结合海底电缆的路由布置，确定海底电缆用海需求为 443.0932 公顷。考虑到本项目 500kV 送出海底电缆与海上升压站用海重叠，按照海域使用金征收标准的不同，采取就高不就低的原则：即海上升压站用海优先，海底电缆次之，扣除海上升压站用海与 500kV 送出海底电缆重叠面积，计算得出 500kV 送出海底电缆项目用海需求为 442.9942 公顷。

2.4.2 申请用海情况

按《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），本项目用海的海域使用类型为工矿通信用海（一级类）中的可再生能源用海（二级类）；按《海域使用分类》（HY/T 123 2009），本项目海域使用类型为工业用海（一级类）中的电力工业用海（二级类），用海方式为构筑物（一级方式）中的透水构筑物（二级方式）和其他方式（一级方式）中的海底电缆管道（二级方式）。项目拟申请用海面积为 443.6009 公顷，其中海上升压站透水构筑物用海面积为 0.6067 公顷，500kV 海底电缆管道用海面积为 442.9942 公顷。

本项目 500kV 送出海底电缆以底土穿越的方式占用广东省政府批复海岸线 21.4m，占用岸线类型为砂质岸线。

本项目申请用海期限为 27 年。

项目宗海位置图见图 2.4.2-1，项目宗海界址图见图 2.4.2-2。

汕尾红海湾三、四海上风电集中送出项目宗海位置图

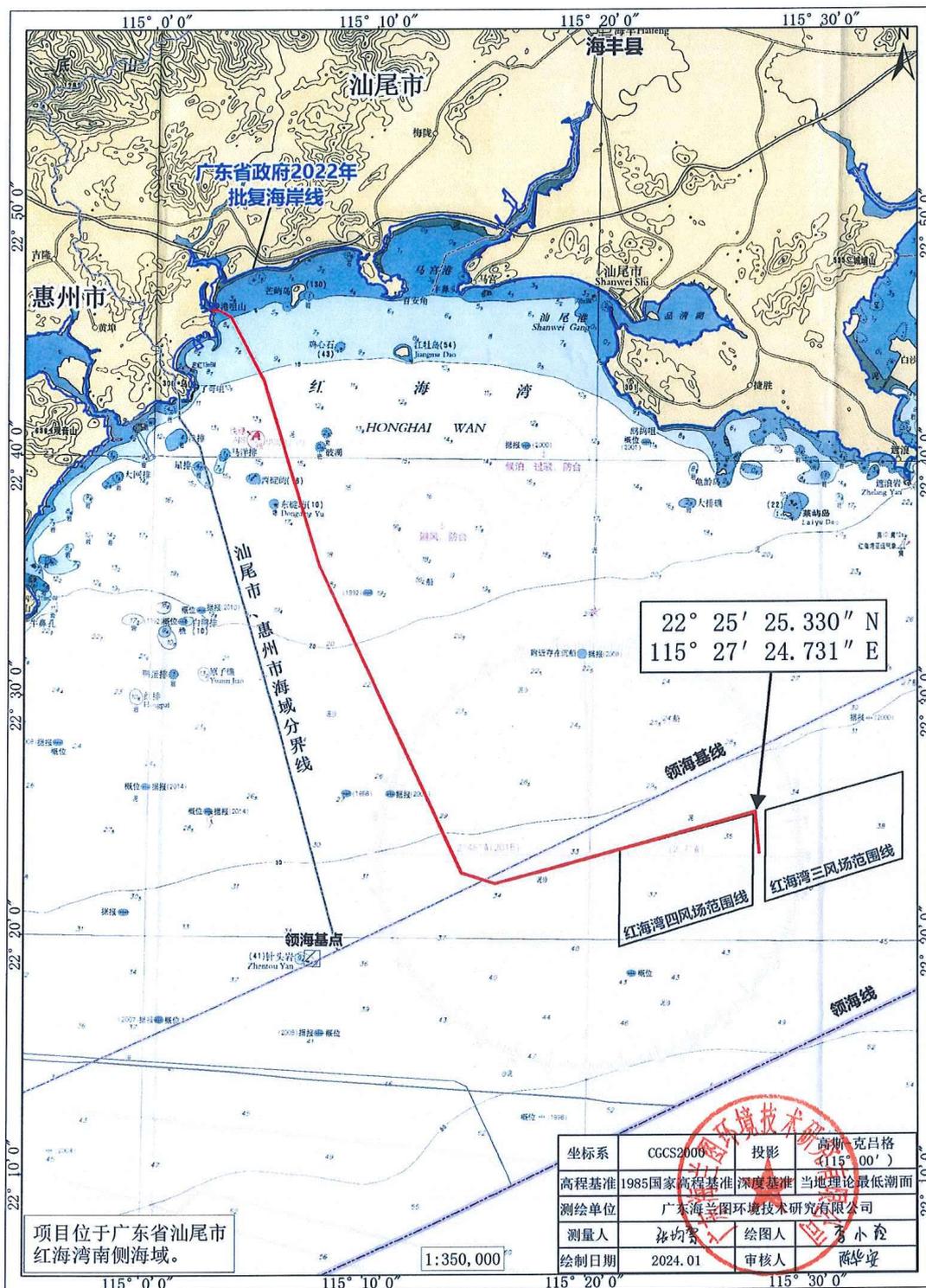


图 2.4.3-1 宗海位置图

汕尾红海湾三、四海上风电集中送出项目宗海界址图

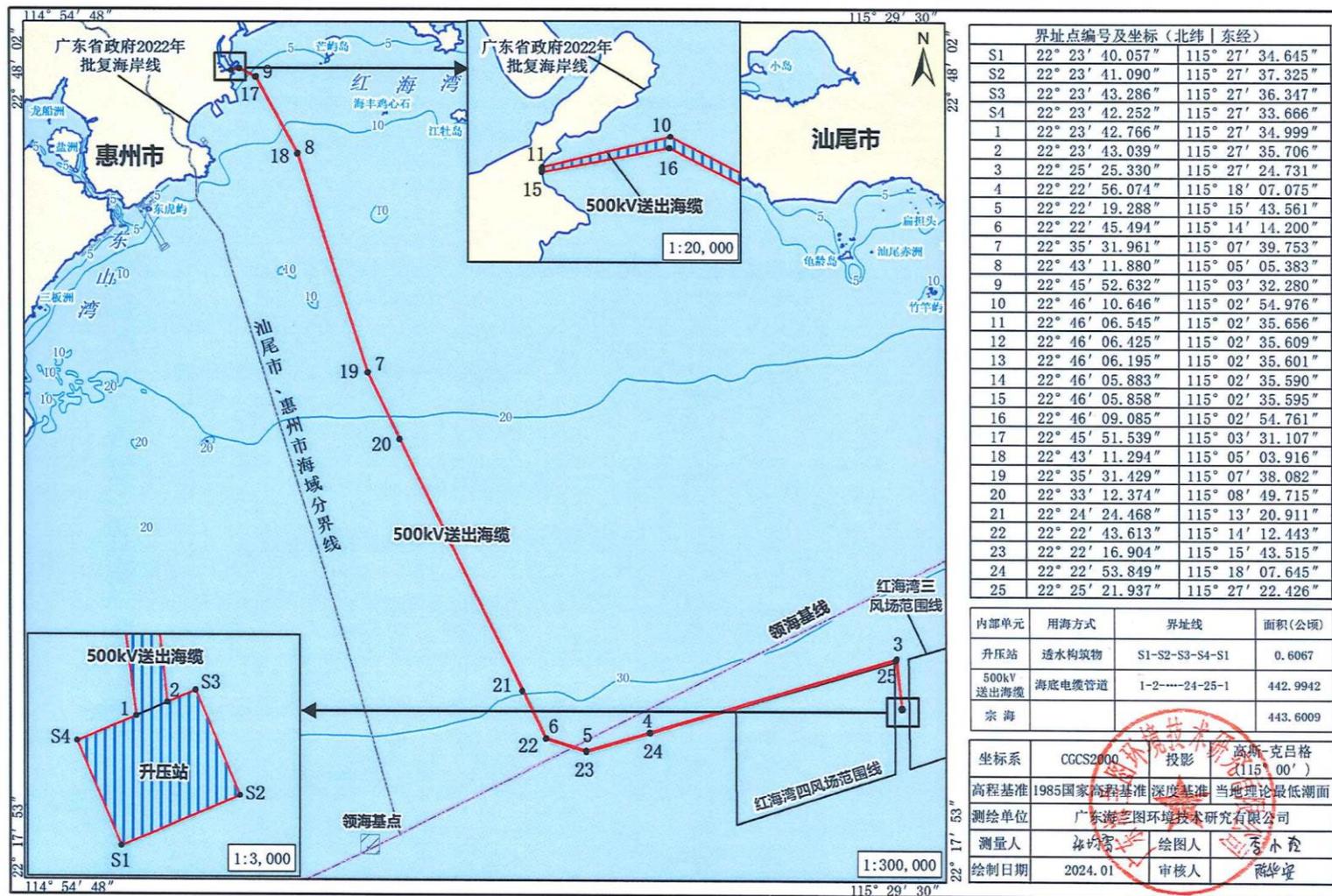


图 2.4.3-2 宗海界址图

2.5 项目用海必要性

2.5.1 建设必要性

本项目属于汕尾红海湾三海上风电项目与明阳汕尾红海湾四海上风电示范项目的输电送出工程，海上风电机组发出的电能通过集电海缆接入拟建的海上升压站，由海上升压站通过 500kV 海底电缆送出至陆上集控中心。500kV 海底电缆及海上升压站是将海上风电机组发出的电能输送至陆上集控中心必不可缺的一个环节，其建设是整个风电场正常运转的必要工程之一，且与风电项目的建设必要性密切相关。

(1) 适应国家新能源政策和发展趋势

2020 年 12 月 16 日至 18 日召开的中央经济工作会议明确要求：我国二氧化碳排放力争 2030 年前达到峰值，力争 2060 年前实现碳中和。要抓紧制定 2030 年前碳排放达峰行动方案，支持有条件的地方率先达峰。要加快调整优化产业结构、能源结构，推动煤炭消费尽早达峰，大力发展新能源，加快建设全国用能权、碳排放权交易市场，完善能源消费双控制度。风电作为发电成本最接近常规能源的新能源之一，将是实现碳达峰、碳中和目标的重要支撑。

本项目建设能够适应国家新能源发展的政策需求，有效促进节能减排。

(2) 推动可再生资源开发利用，有利于经济与环境的协调发展

广东省大陆海岸线总长达 4000km 以上，海域面积广阔，沿海处于亚热带和南亚热带海洋性季风气候区，风力资源丰富，风能资源不仅是广东省能源供应的有效补充，地区经济发展的持续助力，而且作为绿色电能，风电的发展将有效减少二氧化硫（SO₂）、二氧化碳（CO₂）和氮氧化物（NO_x）等多种大气污染物的排放。

本项目的建设有助于开发广东海上风能资源，提高地区能源供应能力，缓解电力工业的环保压力，助力地区经济的低碳持续发展，社会效益显著。

(3) 开发海洋经济增长点，促进地区经济社会发展

项目建设充分利用了汕尾沿海资源，对于地区相关产业如建材、交通、设备制造产业的发展起到带动作用，对扩大就业和发展第三产业将起到促进作用，有利

于地区经济社会的全面发展。随着海上风电场的相继开发，海上风电将为沿海地区开辟新的海洋经济增长点，对拉动地方经济的发展起到积极作用。

综上所述，本项目的建设符合国家可持续、绿色、低碳的能源发展政策，适应广东海上风电发展规划，有利于推动可再生能源的开发利用和节能减排，有利于带动风电产业链和第三产业的发展，增加就业机会，促进地方经济的持续发展。

2.5.2 用海必要性

本项目作为海上风电场项目的必要配套工程，项目的海域使用是由其工程建设特殊性质及项目建设的必要性决定的。

海上风电场的送出方式为：海上风电机组发出的电能通过集电海缆接入海上升压站，由海上升压站通过 500kV 海缆送出至陆上集控中心。海上升压站位于海中，采用导管架基础，桩基插入海床，升压站架设在海面上方，必将占用一定的海域；500kV 海缆敷设于海底，是连接海上升压站和陆上集控中心的纽带，是将海上风电机组发出的电能输送至陆上集控中心必不可缺的一个环节。其路由、选型、回路等根据风电场装机容量、风电场的功能、海域周边环境、功能区种种因素确定，其建设占用海底空间是不可避免，也是必要的。

因此，从项目的建设特点来看，本项目海上升压站及电缆铺设将占用一定的海域，项目用海是必要的。

3 项目所在海域概况

3.1 海洋资源概况

3.1.1 岸线资源

根据统计，项目论证范围内岸线总长度为 51.37km，岸线类型包括人工岸线、自然岸线和其他岸线，其中人工岸线长度 24.14km、自然岸线长度 26.76km 和其他岸线长度 0.47km。

3.1.2 滩涂资源

根据《汕尾市养殖水域滩涂规划（2018-2030 年）》（汕尾市农业农村局，2019 年 8 月），汕尾市 10 米深等深线内浅海、滩涂 6.96 万公顷。

3.1.3 岛礁资源

本项目论证范围内涉及到的海岛资源有 16 个，均为无居民海岛，其中已开发的有 2 个，尚未开发的有 14 个，已开发的有东碇屿和芒屿岛，未开发的有逢河岛、海刺长岛、海丰鸡心石、鸡心石二岛、鸡心石三岛、鸡心石四岛、鸡心石五岛、鸡心石一岛、了哥咀岛、了哥咀仔岛、龙虾头岛、芒屿南岛、排尾和西碇屿。

3.1.4 港口资源

根据《汕尾港总体规划》（报批稿）（2013 年 5 月），汕尾港地处惠州市与揭阳市之间沿海，毗邻港澳，是华南地区便捷的海上门户，区位优势明显，自然条件优越，水陆交通方便。1962 年，汕尾港成为我国率先对外开放的 16 个港口之一，经过 40 几年的发展，汕尾港现有汕尾、汕尾新（红海湾）、海丰和陆丰 4 个港区。其中距离项目较近的海丰港区现共有码头泊位 6 个，包括 5 万吨级（结构按 10 万吨级设计）泊位 1 个，3000 吨级泊位 4 个，1000 吨级泊位 1 个；设计年综合通过能力 945 万吨。

3.1.5 渔业生产资源

汕尾市水产养殖面积 18903 公顷，其中海水养殖面积 15093 公顷，淡水养殖面积 3810 公顷。根据《2022 年汕尾市国民经济和社会发展统计公报》，2022 年，渔业产值 131.67 亿元，占农林牧渔业总产值的 42.3%。汕尾市水产品产量 63.36 万吨，其中，海水产量 57.96 万吨，淡水产量 5.40 万吨。

3.1.6 矿产资源

汕尾海域周围矿产资源较丰富，由华南大陆、近岸区至滨浅海陆架浅水区，矿床类型众多。汕尾市目前已发现主要矿产 28 种，累计发现矿产地 69 处。非金属矿产开采价值较大的主要有建筑用花岗岩、高岭土、陶瓷土、海砂等。建筑用花岗岩分布广、资源丰富，矿产地 28 处，累计查明资源储量 7.19 亿立方米。在海丰、陆丰、陆河等地发现有结构完整的建筑用花岗岩，经济价值较高。其中，陆丰市矿产资源丰富，其中最为重要的资源就是石英砂，石英砂总蕴藏量在 1 亿立方米以上，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 2.5 米深处纯属石英砂，蕴藏量达 1000 多万立方米，石英砂品位很高，具有开采利用价值。

截止 2023 年 6 月底，汕尾市登记有效海砂采矿权 3 处（编号为 JH21-09、JH21-08 和 JH22-03 的 3 个矿区），累计查明资源储量 1.0009 亿立方米。

3.1.7 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。其中距离项目较近的主要是遮浪旅游资源。遮浪山、海、湖、角风光旖旎，是国家重点海水浴场之一。

3.2 海洋生态概况

3.2.1 区域气候与气象

3.2.1.1 气温

根据汕尾气象站（115.37°E，22.8°N）2001年~2020年观测数据，汕尾气象站7月气温最高（28.6℃），1月气温最低（15.3℃），2001-2020年极端最高气温出现在2005年7月18日（38.0℃），极端最低气温出现在2016年1月25日（2.2℃）。气温呈现上升趋势，2011年年平均气温最低（22.1℃），2016年年平均气温最高（23.8℃）。

3.2.1.2 降水

根据汕尾气象站（115.37°E，22.8°N）2001年~2020年观测数据，汕尾气象站6月降水量最大（444.2mm），12月降水量最小（25.3mm），2001-2020年极端最大日降水出现在2020年6月8日（282.6mm）。年降水总量无明显变化趋势，2006年年总降水量最大（2649mm），2009年年总降水量最小（1111.5mm），无明显周期。

3.2.1.3 相对湿度

根据汕尾气象站（115.37°E，22.8°N）2001年~2020年观测数据，汕尾气象站6月平均相对湿度最大（84.8%），12月平均相对湿度最小（66.3%）。年平均相对湿度呈现上升趋势，2009年年平均相对湿度最小（73.0%），2012年年平均相对湿度最大（81.0%）。

3.2.1.4 日照

根据汕尾气象站（115.37°E，22.8°N）2001年~2020年观测数据，汕尾气象站7月日照最长（227.5小时），3月日照最短（112.6小时）。年日照时数呈现下降趋势，2003年年日照时数最长（2458.1小时），2016年年日照时数最短（1637.8小时）。

3.2.1.5 风况

根据汕尾气象站（115.37°E，22.8°N）2001年~2020年观测数据，汕尾气象站6月、7月平均风速最大（2.7m/s），1月、2月、3月和12月风最小（2.2m/s）。

主要风向为 NE、ENE 和 E，占 44%，其中以 ENE 为主风向，占到全年 17.6%左右。

表 3.2.1-1 汕尾气象站月平均风速统计（单位：m/s）

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
平均风速	2.2	2.2	2.2	2.3	2.5	2.7	2.7	2.5	2.4	2.3	2.3	2.2

表 3.2.1-2 汕尾气象站年风向频率统计（单位：%）

风向	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S
频率	4.6	7.68	12.1	17.6	14.3	10.2	4.3	0.9	1.5
风向	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C	
频率	4	8.96	4.4	2.2	0.9	1.1	1.1	4.1	

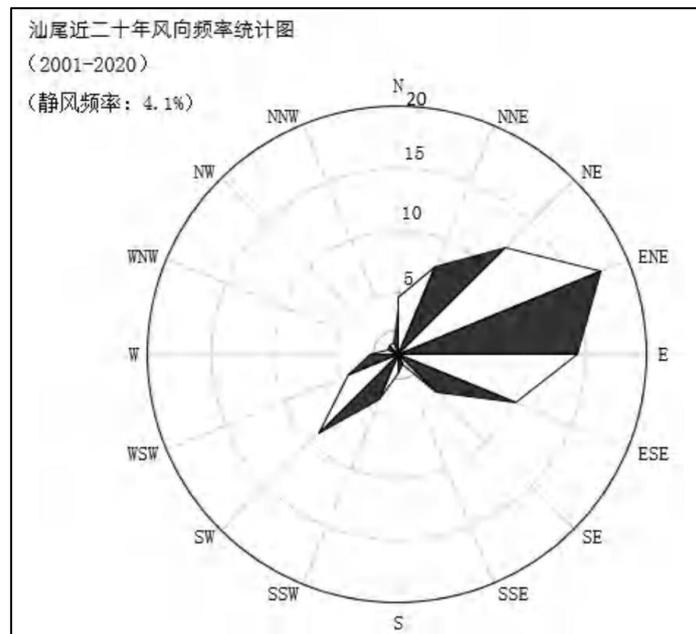


图 3.2.1-1 汕尾风向玫瑰图（静风频率 4.1%）

3.2.2 水文动力

本节引用《汕尾红海湾海上风电场项目集中送出工程夏季全潮水文观测成果报告》中 2023 年 8 月在项目附近海域进行的水文观测资料。

3.2.2.1 调查概况

本次共布设了 6 个水文测验站（A1~A6），3 个临时潮位站（T1~T3 站），各站点位置见表 3.2.2-1 和图 3.2.2-1。

表 3.2.2-1 水文观测站位坐标表

站位	北纬	东经	调查项目	观测时间
A1	115°06.363'	22°42.873'	海流、悬沙	小潮同步测验时间：2023年8月24日16:00~25日17:00； 中潮同步测验时间：2023年8月26日12:00~27日13:00； 大潮同步测验时间：2021年8月28日14:00~29日15:00。
A2	115°12.573'	22°34.234'	海流、悬沙	
A3	115°28.597'	22°22.467'	海流、水温、盐度、悬沙	
A4	115°01.119'	22°39.366'	海流、悬沙	
A5	115°06.838'	22°30.153'	海流、悬沙	
A6	115°23.893'	22°17.810'	海流、悬沙	
T1	114°58.389'	22°41.046'	潮位	2023年8月20日0:00~9月20日0:00
T2	115°20.455'	22°43.675'	潮位	
T3	115°47.022'	22°47.234'	潮位	

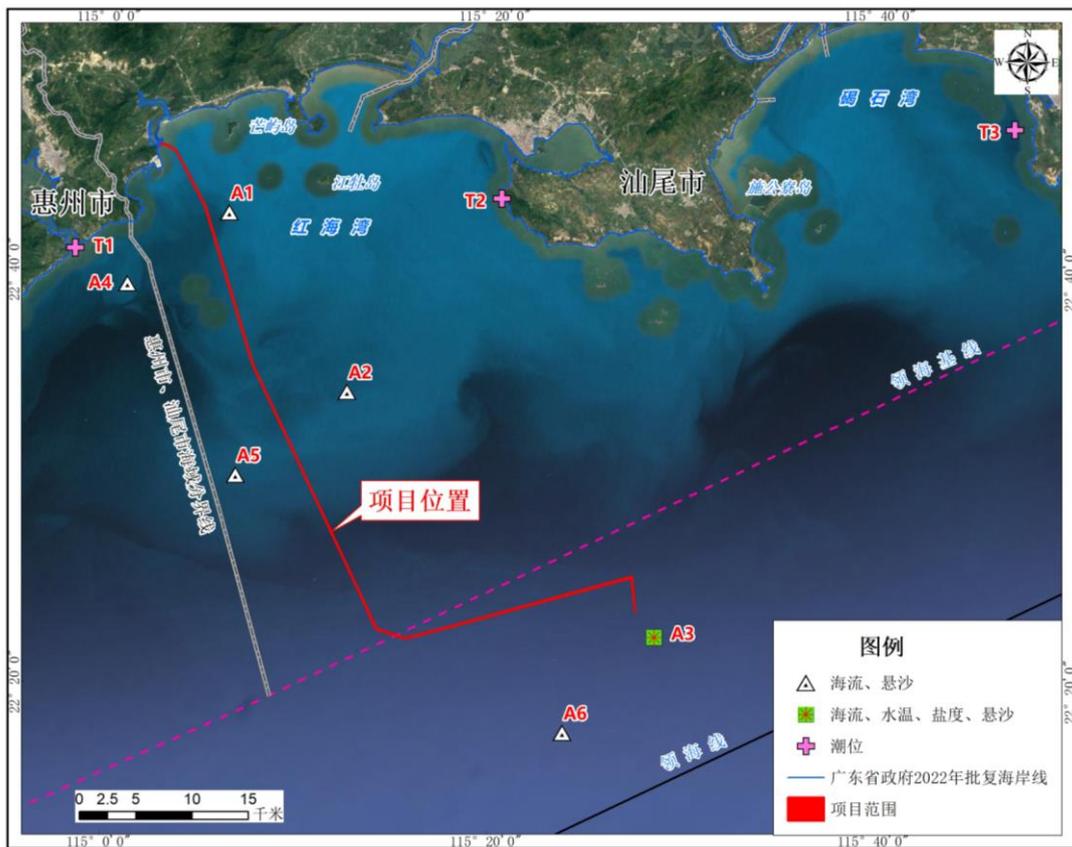


图 3.2.2-1 水文观测站位图

3.2.2.2 基面关系

根据遮浪海洋站（115°34'E，22°39'N）2018年1月~2021年12月连续的逐时潮位观测资料（基面为1985国家高程系）对路由区的潮汐特征进行统计分析，各基面之间关系见图3.2.2-2。

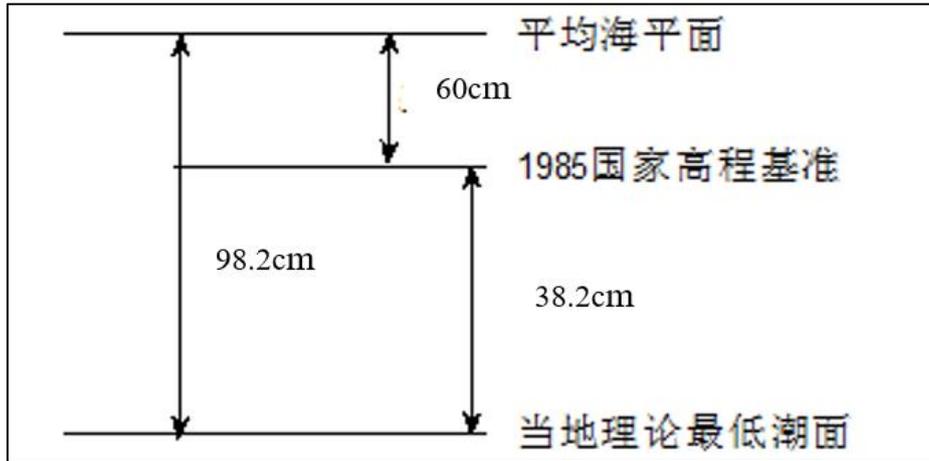


图 3.2.2-2 调查海区各基面关系图

3.2.2.3 潮位

T1、T2、T3 潮位站附近海域为不正规全日混合潮。一昼夜大多为 2 个潮，相邻高潮或低潮的潮位不等、涨潮历时与落潮历时亦不相等。潮位测量平均潮差为 0.82m，属弱潮海区。

(1) 潮汐特征值

各潮位站实测平均高潮位，各站相差不大。T2 站最高，为 1.13m；T1 站次之，为 1.06m，T3 站最低，为 1.01m；实测平均低潮位，T1 站最低，为 0.16m；T2 站为 0.27m；T3 站为 0.30m。

各潮位站平均潮差，T1~T3 站分别为 0.90m、0.86m、0.71m；最大潮差为 1.80m，出现在 T1 站；T1 站和 T2 站分别为 1.79m、1.58m。

各潮位站实测平均潮差和最大潮差均以 T1 站最大，T3 站最小；各站平均涨、落潮历时差异较小，最大站点为 T1 站，其次为 T2 站和 T3 站。

表 3.2.2-2 各潮位站潮位特征值（单位：m）（内容不公开）

图 3.2.2-3 T1~T3 站整点潮位过程线图（内容不公开）

(2) 短期潮汐调和分析

T1 站~T3 站的 F 值均在 2.02~2.97 之间，表明测区附近海域的潮汐性质为不正规全日混合潮。

表 3.2.2-3 各潮位站潮汐示性系数 F 特征值表（内容不公开）

3.2.2.4 海流

(1) 流速流向统计分析

大潮观测期间，各测点实测最大流速主要出现在上层水体，以表层和 0.2H 层为主。实测测点最大流速为 87cm/s，流向 100°，出现在 A6 测点 0.2H 层。垂线平均最大流速出现在 A6 测点，为 58cm/s，流向 107°。

中潮观测期间，各测点实测最大流速均出现在表层。实测测点最大流速为 92cm/s，流向 105°，出现在 A3 测点表层。垂线平均最大流速为 41cm/s，流向 79°，出现在 A6 测点。

小潮观测期间，各测点实测最大流速主要出现在上层水体，以表层和 0.2H 层为主。实测测点最大流速为 89cm/s，流向 92°，出现在 A3 测点表层。垂线平均最大流速出现在 A6 测点，为 51cm/s，流向 84°。

表 3.2.2-4a 大潮最大流速特征值统计表 单位：流速（cm/s），流向（°）（内容不公开）

表 3.2.2-4b 中潮最大流速特征值统计表 单位：流速（cm/s），流向（°）（内容不公开）

表 3.2.2-4c 小潮最大流速特征值统计表 单位：流速（cm/s），流向（°）（内容不公开）

图 3.2.2-4a 大潮垂线平均流速矢量图（内容不公开）

图 3.2.2-4b 中潮垂线平均流速矢量图（内容不公开）

图 3.2.2-4c 小潮垂线平均流速矢量图（内容不公开）

(2) 潮流准调和分析

①潮流椭圆要素

各主要分潮流以 M₂ 半日分潮流和 O₁、K₁ 全日分潮流为主，其次为 S₂ 半日分潮流、MS₄ 复合分潮流和 M₄ 四分之一日分潮流。各主要分潮流最大流速（长半轴）的最大值为 23.61cm/s，出现在 A6 测点 K₁ 全日分潮流的表层。

②潮流类型

潮流按其性质可分为规则的半日潮流和不规则的半日潮流、规则的全日潮流和不规则的全日潮流，潮流性质以主要的全日分潮流与主要半日分潮流的椭圆长半轴比值 F 来判断：

$$F = \frac{W_{O_1} + W_{K_1}}{W_{M_2}}$$

式中的 W_{O_1} 、 W_{K_1} 、 W_{M_2} 分别为主太阴日分潮流、太阴太阳赤纬日分潮流和主太阴半日分潮流的椭圆长半轴长度 (cm/s)。

当 $F \leq 0.5$ 时为规则半日潮流

当 $0.5 < F \leq 2.0$ 时为不规则半日潮流

当 $2.0 < F \leq 4.0$ 时为不规则全日潮流

当 $4.0 < F$ 时为规则全日潮流

各测点分层潮流示性系数介于 1.2~6.8 之间, 除 A4 测站, 其余测站垂线平均潮流的潮流示性系数均大于 0.5 且小于等于 2.0。总体来看, 测验期间各测点潮流类型较为复杂, 从垂线平均潮流示性系数来看, 主要表现为不规则半日潮流。

表 3.2.2-5 各测点潮流示性系数表 (内容不公开)

③潮流可能最大流速

垂线平均的潮流可能最大流速以 A6 测点最大, 为 44cm/s, 流向为 308°; A1 测点最小, 为 13cm/s, 流向 25°。

各层的潮流的可能最大流速以 A3 测点表层最大, 为 70cm/s, 流向 310°; A4 测点底层最小, 为 12cm/s, 流向 6°。

表 3.2.2-6 各测点潮流的可能最大流速表 单位: 流速 (cm/s), 流向 (°) (内容不公开)

④潮流运动形式

潮流的运动形式一般分为往复流和旋转流两种。潮流的运动形式通常以分潮流椭圆旋转率 K 值的大小来判断。 $|K|$ 值介于 0~1 之间, $|K|$ 值越大, 旋转流的形式越显著, $|K|$ 值越小, 往复流的形式越显著。潮流的旋转方向, 与地球的自转、地区所在的位置和地形密切相关, 北半球一般为顺时针 (右旋) 方向旋转, 旋转率 $K < 0$ 。此次观测主要为不规则半日潮流类型, M_2 分潮流在潮流中起着主要的控制作用, 故主要以 M_2 分潮流的椭圆旋转率 (K) 的变化情况来阐述本测区潮流运动形式。

本次观测各测层 M_2 分潮流各测层 $|K|$ 值在 0.02~0.83 之间, 各测层潮流运动形式较复杂, 兼具典型往复流、旋转流等多种潮流运动形式。从 M_2 分潮流垂线平均 $|K|$ 值来看, 各测点潮流呈现为以往复流结合旋转流的运动形式。分潮旋转方向无明显规律性, 分析原因为受红海湾地形影响。

表 3.2.2-7 M₂分潮椭圆旋转率表（内容不公开）

3.2.2.5 余流

垂线平均余流在 1cm/s~33cm/s 之间，各测点垂线平均余流最大值出现在大潮期间 A3 测点，方向为 77°；最小值出现在大潮期间 A4 测点，方向为 2°。

各层余流在 1cm/s~53cm/s 之间，各测点余流最大值出现在小潮期间 A3 测点表层，方向为 92°；最小值出现在中潮期间 A4 测点 0.4d 层，方向为 79°。

总体来看，湾内测点余流较小，无明显规律；离红海湾越远的测点余流越大，且流向相对集中，分析为该区域受洋流影响较大。

图 3.2.2-5 垂线平均余流矢量图（内容不公开）

3.2.2.6 水温

（1）水温特征值统计

最高水温为 30.96℃，出现在小潮观测期间测点表层；最低为 21.55℃，出现在大潮观测期间测点底层。全潮期间垂线平均温度在 24.73℃~26.04℃之间。

施测海域各测点水温极值和变化量，潮次间差别较小。

（2）水温的垂向分布

测区水温垂向梯度在 0.004℃/m~0.638℃/m 之间。大、中、小潮观测期间测点水温垂直变化明显。

3.2.2.7 盐度

（1）盐度特征值统计

大潮最大盐度为 34.52，出现在底层；最小盐度为 31.81，出现在表层。

中潮最大盐度为 34.46，出现在底层；最小盐度为 31.88，出现在表层。

小潮最大盐度为 34.45，出现在底层；最小盐度为 32.15，出现在表层。

测站垂线平均盐度介于 33.45~34.02 之间。

（2）盐度垂向分布特征

A3 测站大、中、小潮的分层系数分别为 5.8×10^{-2} 、 5.3×10^{-2} 和 5.4×10^{-2} ，均在 $1 \sim 10^{-2}$ 之间，为缓混合，盐度沿垂向变化明显，可能导致测点出现异重流。

3.2.2.8 悬浮泥沙

(1) 测点最大含沙量

夏季全潮水文测验期间，测点最大含沙量，大潮为 0.232kg/m^3 ，出现在 A4 测点底层；中潮为 0.203kg/m^3 ，出现在 A2 测点底层；小潮为 0.589kg/m^3 ，出现在 A4 测点底层。

总体来看，各测点含沙量普遍较小。

表 3.2.2-8 测点最大含沙量统计表（单位： kg/m^3 ）（内容不公开）

(2) 垂线平均最大含沙量

夏季全潮水文测验期间，施测海域垂线平均最大含沙量，大、中、小潮分别为 0.099kg/m^3 、 0.118kg/m^3 、 0.209kg/m^3 ，其中大潮和小潮垂线平均最大含沙量均出现在 A4 测点，中潮出现在 A2 测点，各测点垂线平均含沙量普遍较小，测点间差异不大。

表 3.2.2-9 各测点垂线平均最大含沙量统计表（单位： kg/m^3 ）（内容不公开）

(3) 含沙量垂向分布

夏季全潮水文测验期间，测点各层含沙量普遍较小，无明显差别。

(4) 悬沙中值粒径

各测点悬沙的中值粒径介于 0.012mm - 0.120mm 之间。

表 3.2.2-10 悬沙中值粒径表（单位： mm ）（内容不公开）

3.2.2.9 波浪

根据《汕尾红海湾三、四海上风电集中送出项目路由选择依据说明材料》（2023 年 10 月），波浪采用遮浪海洋站 2018 年 1 月~2020 年 12 月实测资料进行分析。

路由区附近海域主要受外海传入的涌浪影响，涌浪频率达 17.4%，风浪频率为 82.6%，混合浪频率仅为 0%。

本海区年平均 $H_{1/10}$ 为 1.0m，基本上秋冬季波高大于春夏季波高，10 月、11 月和 2 月月平均 $H_{1/10}$ 最大，为 1.2m，5 月平均 $H_{1/10}$ 最小，为 0.8m。历年最大波高为 7.0m，波向为 90° ，发生在 2018 年 9 月 16 日，此时台风“尤特”影响路由区。年平均 $T_{1/10}$ 周期为 4.6s。

全年波向主要集中在 E 和 ENE 方向，分布频率分别为 25.7%和 13.8%；路由

海区常浪向为 E 向，次常浪向为 ENE 向，N、WNW、NW、NNW 向波浪比较少；强浪向为 E 向，NW 向波浪最弱。路由海区波向受季风影响明显。1 月到 5 月波向主要为受东北季风影响的 E 向浪较多；6 月 E 向波浪逐渐减少，SW 向波浪增多；6 月到 8 月波向主要为 SW、WSW；9 月 E 向波浪逐渐增多，10 月至 12 月长浪向又变为受东北季风影响的 E 向浪。

表 3.2.2-11 遮浪海洋站波浪统计特征（单位：m）

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
最大 H_{max}	3.0	3.0	2.9	2.5	2.9	3.5	4.0	3.2	7.0	3.2	2.8	2.7	7.0
平均 H_{max}	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.5	1.5	1.4	1.3
最大 $H_{1/10}$	2.4	2.4	2.5	2.0	2.3	2.8	3.3	2.6	6.2	2.7	2.3	2.2	6.2
平均 $H_{1/10}$	1.2	1.1	1.0	0.9	0.8	0.9	0.9	1.0	0.9	1.2	1.2	1.1	1.0
平均 $T_{1/10}$	4.8	4.8	4.5	4.3	4.1	4.4	4.8	5.0	4.9	4.6	4.9	4.6	4.6

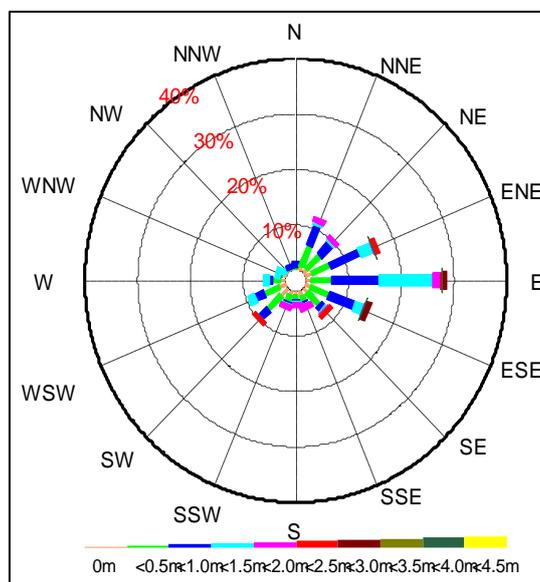


图 3.2.2-6 遮浪站波浪玫瑰图

3.2.3 海域地形地貌与冲淤状况

本节引自《汕尾红海湾三、四海上风电集中送出项目路由选择依据说明材料》。

3.2.3.1 地形地貌

(1) 海底地形

红海湾口大、纵深小，口外潮流、风浪、涌浪对整个海域的影响较大，特别是近岸段，受外海潮波和涌浪的直接作用和影响，其 5m 等深线直逼岸边，具有

水深坡陡的水下地形特点。由于外海风、波、海流等诸种因素的影响，使红海湾内较小的潮流受海域余流的影响非常显著。一般情况下，工程区附近水域涨、落潮流呈东北～东南向，但部分站位有时亦呈相反方向变化，潮流呈顺时针旋转。

路由区位于南海北部陆架，红海湾南侧海域，红海湾近似呈弧形，岸滩坡度较为平缓，约为 1/700。10m、20m、30m 等深线基本与岸线近似平行，接近东北-西南走向。可见，路由区水深条件良好。

(2) 海底地貌

路由海域地貌类型从登陆点开始依次为侵蚀陡坎、沙滩、近岸水下浅滩和 underwater 岸坡、海底堆积-侵蚀平原。

① 侵蚀陡坎

侵蚀陡坎连接林地与沙滩，高程约 1～2m。

② 沙滩

路由登陆点位于深汕合作区小漠华润电厂东北角的小海湾，海岸类型为沉积型砂质海岸，岸线为南北走向，岸线比较稳定。沙堤向陆内侧为防护林带。靠近登陆点的近岸段基本没有礁石，海床平坦宽阔。

③ 近岸水下浅滩及水下岸坡

路由近岸段约 1.5km 内为水下浅滩，水下岸坡是近岸海底水流与波浪共同作用下所形成，坡度较大，为沉积物覆盖。水下岸坡广泛分布于南海北部沿岸海域，0～25m，等深线顺沿海岸形状排列。

④ 海底堆积-侵蚀平原

海底泥沙受波浪冲刷与堆积，形成相对平坦的地貌单元，发育于水下岸坡外围，水深 30～60m，呈条带状环绕，坡度在 0.02°～0.06°之间。

图 3.2.3-1 项目附近海域水深示意图（内容不公开）

3.2.3.2 冲淤现状和冲淤变化特征

通过对比路由区海域 2009 年与 2018 年的 10m、20m 及 30m 的等深线变化可以看出，本海区 10m 以深的水下岸滩坡度较为平缓；近 10 年来海域 10m、30m 等深线附近海域变化并不明显，海底地形变化整体较为稳定。碣石湾南侧海域和红海湾对开海域 10m、20m 和 30m 等深线向岸方向均有不同程度的移动，表明附近海域稍有侵蚀，可在附近加大埋深。

整体而言，路由区海域局部有冲淤变化，但变化幅度不大，呈现略有侵蚀冲刷的基本稳定状态，但路由勘察时仍需详加注意。

图 3.2.3-2 路由区冲淤变化图（内容不公开）

3.2.4 工程地质

本节内容引自《明阳汕尾一、二海上风电储备场址项目前期核准阶段岩土工程勘测报告》和《汕尾红海湾三、四海上风电集中送出项目路由选择依据说明材料》。

(1) 岩土体工程地质分层

根据区域地质及钻探成果，钻孔深度范围内主要为全新世海相和晚更新世海陆交互沉积层（ Q_4^m 、 Q_3^{m+al} ）。岩土体分层情况见表 3.2.4-1，钻孔平面布置图详见图 3.2.4-1，工程地质剖面图详见图 3.2.4-2，钻孔柱状图详见图 3.2.4-3 和图 3.2.4-4。

表 3.2.4-1 工程岩土体分层表

序号	岩土名称		状态	岩土层编号	地层时代	成因
1	软土	淤泥质土	流塑	① ₂	全新世 Q_4^m	海相沉积
2		粉砂混淤泥	松散~稍密，局部中密	① ₃		
3	黏性土	粉质黏土	可塑	② ₂		
4	砂土	粉砂	中密~密实	② ₃		
5		粉砂混黏性土	中密~密实	② ₃₋₁		
6		中砂	中密~密实	② ₅		
7		中砂混黏性土	中密~密实	② ₅₋₁		
8		粗砂混黏性土	中密~密实	② ₆₋₁		
9	黏性土	粉质黏土	可塑，局部硬塑	③ ₁	晚更新世 Q_3^{m+al}	海陆交互沉积
10	砂土	粉砂	密实	③ ₃		
11		粉砂混黏性土	密实	③ ₃₋₁		
12		中砂	密实	③ ₅		
13		中砂混黏性土	密实	③ ₅₋₁		
14		粗砂	密实	③ ₆		
15		粗砂混黏性土	密实	③ ₆₋₁		
16		砾砂	密实	③ ₇		

(2) 岩土层特征

岩土层特征按由上至下的揭露顺序描述如下：

①全新世海相沉积层

粗砂混黏性土 (②₆₋₁)：灰色，饱和，中密～密实，颗粒成分主要为石英、长石，级配一般，含多量黏粒，多夹薄层黏性土，海相沉积。该层标准贯入试验实测击数为 42 击。该层在场地内部分地段有分布，仅在钻孔 KK01 中有揭露，揭露层厚度为 2.30m，层底面高程为-79.65m，层顶面高程为-77.35m。

②晚更新世海陆交互相沉积层

粉质黏土 (③₁)：灰色，局部青灰色，湿，可塑，夹粉砂薄层，局部混多量粉砂，土质黏性一般，韧性中等，海陆交互相沉积。该层标准贯入试验实测击数为 14～47 击，局部混多量粉砂地段标贯击数偏高。该层在所有钻孔中均有揭露，揭露层厚度为 0.50m～8.50m，层底面高程为-139.98m～-78.15m，层顶面高程为-136.28m～-75.95m。

粉砂 (③₃)：灰、灰黄色，饱和，密实，主要矿物为石英、长石，级配差，含多量黏粒，海陆交互相沉积。该层标准贯入试验实测击数为 107～136 击。该层在场地内部分地段有分布，在钻孔 KK01、KK02 中有揭露，揭露层厚度为 1.40m～4.30m，层底面高程为-108.05m～-103.65m，层顶面高程为-106.65m～-99.35m。

粉砂混黏性土 (③₃₋₁)：灰色，饱和，密实，主要矿物为石英、长石，级配差，含多量黏粒，局部与黏性土互层，海陆交互相沉积。该层标准贯入试验实测击数为 34～125 击。该层在所有钻孔中均有揭露，揭露层厚度为 0.30m～12.10m，层底面高程为-140.31m～-93.68m，层顶面高程为-139.98m～-91.78m。

中砂 (③₅)：灰、灰黄色，饱和，密实，含多量黏性土，级配一般，海陆交互相沉积。该层标准贯入试验实测击数为 51～167 击。该层大部分钻孔中有揭露，揭露层厚度为 1.80m～9.80m，层底面高程为-110.28m～-85.05m，层顶面高程为-106.68m～-79.35m。

中砂混黏性土 (③₅₋₁)：灰、灰黄色，饱和，密实，主要矿物为石英、长石，级配一般，含多量黏粒，局部与黏性土互层，海陆交互相沉积。该层标准贯入试验实测击数为 42～100 击。该层在场地内部分地段有分布，在钻孔 KK04、KK05 中有揭露，揭露层厚度为 1.90m～7.80m，层底面高程为-123.20m～-116.33m，层顶面高程为-121.30m～-108.58m。

粗砂 (③₆)：灰、灰黄色，饱和，密实，主要矿物为石英、长石，级配较好，

混多量砾石，含多量黏粒，海陆交互相沉积。该层标准贯入试验实测击数为 48~83 击。该层在大部分钻孔中有揭露，揭露层厚度为 1.30m~7.60m，层底面高程为-139.70m~-92.65m，层顶面高程为-135.70m~-85.05m。

粗砂混黏性土 (③₆₋₁)：灰、灰黄色，饱和，密实，主要矿物为石英、长石，级配较好，含多量黏粒，局部与黏性土互层，海陆交互相沉积。该层标准贯入试验实测击数为 35 击。该层在场地内部分地段有分布，仅在钻孔 KK05 中有揭露，揭露层厚度为 0.90m，层底面高程为-104.03m，层顶面高程为-103.13m。

砾砂 (③₇)：灰、灰黄色，饱和，密实，主要矿物为石英、长石，级配好，磨圆度高，局部含多量黏粒，海陆交互相沉积。该层标准贯入试验实测击数为 75~100 击。该层在场地内部分地段有分布，在钻孔 KK01、KK02、KK06 中有揭露，揭露层厚度为 1.20m~3.20m，层底面高程为-106.65m~-79.35m，层顶面高程为-103.45m~-78.15m。

图 3.2.4-1 钻孔平面布置图 (内容不公开)

图 3.2.4-2 工程地质剖面图 (1-1') (内容不公开)

图 3.2.4-3a 钻孔柱状图 (KK01) (内容不公开)

图 3.2.4-3b 钻孔柱状图 (KK01) (内容不公开)

图 3.2.4-3c 钻孔柱状图 (KK01) (内容不公开)

图 3.2.4-3d 钻孔柱状图 (KK01) (内容不公开)

图 3.2.4-3e 钻孔柱状图 (KK01) (内容不公开)

图 3.2.4-4a 钻孔柱状图 (KK02) (内容不公开)

图 3.2.4-4b 钻孔柱状图 (KK02) (内容不公开)

图 3.2.4-4c 钻孔柱状图 (KK02) (内容不公开)

图 3.2.4-4d 钻孔柱状图 (KK02) (内容不公开)

图 3.2.4-4e 钻孔柱状图 (KK02) (内容不公开)

另外根据《汕尾红海湾三、四海上风电集中送出项目路由选择依据说明材料》。

路由海域范围内根据区域地质及钻探结果，主要为全新世海相、海陆过渡相和晚更新世海陆交互相沉积层 (Q_4^m 、 Q_4^{m+al} 和 Q_3^{m+al})。岩土层特征按由上至下分布如表 3.2.4-2 所示。

表 3.2.4-2 岩土体分层表

序号	岩土名称	岩土层编号	地层时代及成因
1	粉砂混淤泥	①	全新世海相沉积层 (Q ₄ ^m)
2	粉质黏土	① ₁	
3	粉质黏土	②	海陆过渡相沉积层 (Q ₄ ^{m+al})
4	粉砂	② ₁	
5	砾砂	② ₂	
6	粉质黏土	③	晚更新世海陆交互相沉积层 (Q ₃ ^{m+al})
7	粉砂	③ ₁	
8	中砂	③ ₂	
9	粗砂	③ ₃	
10	砾砂	③ ₄	

岩土特征详细情况如下：

粉砂混淤泥 (①)：灰色，青灰色，饱和，松散，主要矿物为石英、长石，级配差，混贝壳碎屑，含多量细粒质土，局部呈淤泥混砂状，海相沉积。该层标准贯入试验实测击数为<1（记作1击）~2击。钻孔揭露层厚为7.60m，层底面高程为-40.17m，层顶面高程为-32.57m。

粉质黏土 (①₁)：灰色，青灰色，饱和，流塑，黏性、韧性一般，局部夹粉土薄层，显细微水平层理，含少量有机质，可见贝壳碎屑，局部呈可塑状，海相沉积。该层标准贯入试验实测击数为7~9击。钻孔揭露层厚为3.70m，层底面高程为-43.87m，层顶面高程为-40.17m。

粉质黏土 (②)：青灰色，黏性、韧性较好，湿，可塑，含少量有机质，可见贝壳碎屑，海陆过渡相沉积。该层标准贯入试验实测击数为12~21击。钻孔揭露层厚为1.20~12.80m，层底面高程为-59.37~-45.07m，层顶面高程为-46.57~-43.87m。

粉砂 (②₁)：灰色，青灰色，饱和，稍密，主要矿物为石英、长石，级配差，细粒土含量高，局部与粉土互层，海陆过渡相沉积。钻孔揭露层厚为1.50~3.00m，层底面高程为-70.07~-46.57m，层顶面高程为-67.07~-45.07m。

砾砂 (②₂)：灰黄色，饱和，中密，主要矿物为石英、长石，级配较好，含较多粘粒，局部夹粉质黏土薄层或团块，海陆过渡相沉积。该层标准贯入试验实测击数为23~31击。钻孔揭露层厚为7.70m，层底面高程为-67.07m，层顶面高程为-59.37m。

粉质黏土 (③)：灰色，青灰色，湿，可塑，切面较光滑，黏性、韧性较好，局部混多量粗砾砂，部分黏粒含量较高，表现为黏土，局部呈硬塑状，海陆交互

相沉积。该层标准贯入试验实测击数为 26~39 击。钻孔揭露层厚为 6.60~15.60m, 层底面高程为-93.57~-85.67m, 层顶面高程为-86.97~-70.07m。

粉砂 (③₁) : 青灰色, 饱和, 密实, 主要矿物为石英、长石, 级配中等, 混粗砂颗粒及少量砾石, 含多量细粒质土, 多表现为细粒土质粉砂, 海陆交互相沉积。钻孔揭露层厚为 1.30m, 层底面高程为-86.97m, 层顶面高程为-85.67m。

中砂 (③₂) : 灰色, 灰黄色, 饱和, 密实, 主要矿物为石英、长石, 级配中等-较好, 混多量中粗砂和砾石, 含细粒质土, 多表现为含细粒土中砂, 局部为含细粒土粗砂, 海陆交互相沉积。该层标准贯入试验实测击数为 48~49 击。钻孔揭露层厚为 4.10m, 层底面高程为-97.67m, 层顶面高程为-93.57m。

粗砂 (③₃) : 灰色, 灰黄色, 饱和, 密实, 主要矿物为石英、长石, 级配中等-较好, 混多量粗砂和砾石, 含细粒质土, 多表现为含细粒土粗砂, 海陆交互相沉积。该层标准贯入试验实测击数为 50 击。钻孔揭露层厚为 3.40m, 层底面高程为-101.07m, 层顶面高程为-97.67m。

砾砂 (③₄) : 灰色, 灰黄色, 饱和, 密实, 矿物以石英、长石为主, 级配中等, 混多量粗砂和砾石, 含细粒质土, 多表现为含细粒土砾砂, 海陆交互相沉积。该层标准贯入试验实测击数为 52~61 击。钻孔揭露层厚为 6.45m, 层底面高程为-107.52m, 层顶面高程为-101.07m。

路由区出露地层相对简单, 第四系晚期松散堆积物广布。整体比较适合海缆的铺设。

3.2.5 海洋自然灾害

3.2.5.1 热带气旋

项目所在海域是西北太平洋和南海台风、热带风暴活动和登陆的主要地区之一, 因此主要的气象灾害是热带气旋引起的极端大风。热带气旋是破坏性颇为严重的灾害性天气系统, 位居当今危害全球的十大自然灾害之首。

根据中国台风网“CMA-STI 热带气旋最佳路径数据集”最新数据, 统计了 1949 年至 2020 年影响项目所在海区的热带气旋。72 年间, 共有 176 个热带气旋影响项目所在海域, 年平均为 2.4 个。热带气旋多发生在 5 月~10 月, 该时间内的发生次数占总数的 96% 以上, 8 月份发生次数最多, 为 42 次, 7 月份次之, 为

40次，1月、2月、3月和12月发生次数最少，均为0次。在统计的176个热带气旋中，其中热带低压26个，热带风暴30个，强热带风暴49个，台风43个，强台风21个。

表 3.2.5-1 热带气旋统计表（1949~2020年）

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合计
热带低压	0	0	0	0	3	2	4	11	3	2	1	0	26
热带风暴	0	0	0	0	1	6	8	6	7	1	1	0	30
强热带风暴	0	0	0	1	2	8	13	14	9	2	0	0	49
台风	0	0	0	1	2	7	11	7	7	6	2	0	43
强台风	0	0	0	0	1	1	2	2	11	4	0	0	21
超强台风	0	0	0	0	0	0	2	2	2	0	1	0	7
合计	0	0	0	2	9	24	40	42	39	15	5	0	176

3.2.5.2 风暴潮

风暴潮灾害是由台风强烈扰动造成的潮水位急剧升降，是一种严重的海洋灾害，主要危害沿海地区。在广东地区，台风风暴潮灾害的特点是：发生次数多、强度大、连续性明显，影响范围广，突发性强，灾害损失大，且主要危害经济发达的沿海地区。影响工程水域的台风平均每年出现2次左右，一般多出现于7~9月。台风引起的增水见表 3.2.5-2。

表 3.2.5-2 台风引起的增水

名称	登陆地点	日期	台风引起的增水
天兔	汕尾海域	2013年9月22日	遮浪站（163cm）、汕尾站（150cm）
莲花	广东陆丰市甲东镇沿海	2015年7月9日	汕尾至饶平一带沿海（50~110cm）
妮妲	深圳市大鹏半岛	2016年8月2日	汕尾站（101cm）
海马	汕尾市海丰县鲘门镇	2016年10月21日	汕尾站（144cm）
苗柏	深圳市大鹏半岛	2017年6月12日	汕尾站（44cm）、遮浪站（41cm）
天鸽	珠海市金湾区沿海	2017年8月23日	汕尾站（118cm）
玛娃	汕尾市陆丰沿海	2017年9月3日	汕尾站（57cm）、遮浪站（45cm）
卡努	湛江市徐闻县东部沿海	2017年10月16日	汕尾站（92cm）
百里嘉	湛江市坡头区	2018年9月13日	汕尾站（42cm）
山竹	广东省台山海宴镇	2018年9月16日	汕尾站（178cm）
海高斯	广东省珠海市金湾	2020年8月19日	粤东沿岸各海洋站（30-

名称	登陆地点	日期	台风引起的增水
	区沿海		60cm)
圆规	海南省琼海市沿海	2021年10月13日	汕尾站(82cm)、遮浪站(98cm)

3.2.6 海洋水质现状调查与评价

本节引用《汕尾红海湾海上风电海底电缆项目海洋环境现状调查监测报告(2023年夏季)》中2023年8月在项目附近海域进行的海洋环境现状调查数据。

3.2.6.1 调查概况

本次调查时间为2023年08月24日~08月31日,共设水质调查站位20个,沉积物调查站位10个,海洋生物生态12个、渔业资源调查站位12个,潮间带生物调查断面3个,具体调查站位详见表3.2.6-1和图3.2.6-1。

表 3.2.6-1 海洋环境现状调查站位

站位	经度 E	纬度 N	调查项目
SWD01	115°08'20.73"	22°45'41.58"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
SWD02	115°05'35.41"	22°43'59.76"	水质
SWD03	115°03'26.72"	22°42'38.21"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
SWD04	115°00'21.13"	22°41'22.14"	水质、生物生态、渔业资源
SWD05	115°10'57.22"	22°39'22.51"	水质
SWD06	115°08'39.47"	22°37'18.89"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
SWD07	115°06'12.29"	22°35'08.81"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
SWD08	115°03'26.52"	22°32'59.37"	水质
SWD09	115°14'56.81"	22°32'27.33"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
SWD10	115°13'03.85"	22°30'38.27"	水质
SWD11	115°10'26.53"	22°28'43.86"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
SWD12	115°07'52.71"	22°26'19.58"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
SWD13	115°21'48.36"	22°28'23.93"	水质
SWD14	115°18'29.77"	22°25'33.23"	水质、生物生态、渔业资源
SWD15	115°15'07.52"	22°22'39.22"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
SWD16	115°12'20.49"	22°20'29.32"	水质
SWD17	115°29'27.87"	22°26'34.72"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
SWD18	115°26'58.59"	22°24'13.93"	水质
SWD19	115°24'33.26"	22°22'02.34"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
SWD20	115°21'22.63"	22°19'36.47"	水质
C1	115°00'16.92"	22°42'19.32"	潮间带
C2	115°02'22.91"	22°46'06.17"	潮间带
C3	115°10'09.64"	22°47'17.09"	潮间带

注：潮间带垂直于岸线，布设高、中、低潮区采样断面



图 3.2.6-1 调查站位布设示意图

3.2.6.2 调查项目

调查项目包括 pH、水温、盐度、溶解氧、悬浮物、化学需氧量、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、氨氮、活性磷酸盐、挥发酚、硫化物、石油类、总铬、铅、镉、锌、铜、汞、砷、生化需氧量、活性硅酸盐、硒、镍。

3.2.6.3 采样与分析方法

(1) 采样方法

① 水样采集通用方法

1) 按照《海洋监测规范》(GB 17378-2007)和《海洋调查规范》(GB/T 12763-2007)中的要求执行;

2) 使用 GPS 定位导航调查船只进入预定站位后开始测量水深。根据实测水深,进行透明度、水色等现场观测,当站位水深浅于 10m 时(以现场水深为准,下同),仅采表层水样一个;当站位水深在 10m~25m 时,分别采集表层和底层

水样各一个；其中表层为距表面 0.1m~1m，底层为离底 2m。

表 3.2.6-2 采样层次表

水深范围 /m	标准层次	底层与相邻标准层最小 距离/m
小于 10	表层	/
10~25	表层、底层	/
25~50	表层、10m、底层	/
50~100	表层、10m、50m、底层	5
100 以上	表层、10m、50m、以下水层的酌情加层、底层	10
注 1：表层系指海面以下 0.1m~1m； 注 2：底层，对河口及港湾海域最好取离海底 2m 的水层，深海或大风浪时可酌情增大离底层的距离。		

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

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

5) 水文气象观测执行《海洋调查规范》（GB/T 12763-2007）和《海洋观测规范 第 2 部分：海滨观测》（GB/T 14914.2-2019）。

②特殊指标水样采集方法

1) 溶解氧样品的采集：将乳胶管的一端接上玻璃管，另一端套在采水器的出水口，放出少量水样，洗水样瓶两次。将玻璃管插到水样瓶底部慢慢注入水样，待水样装满并溢出约为瓶子体积的 50%时，将玻璃管慢慢抽出盖上瓶盖，再取下瓶盖，立即用自动加液器（管尖靠近液面）依次注入 1.00mL 氯化锰溶液和 1.00mL 碱性碘化钾溶液。塞紧瓶塞并用手抓住瓶塞和瓶底，将瓶缓慢地上下颠倒 20 次，使样品与固定液充分混匀。待样品瓶内沉积物降至瓶体 60%以下时方可进行分析。如样品瓶浸泡在水中，允许存放 24h，避免阳光直射和温度剧烈变化，如温差较大，应在 12h 内测定。

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

3) 重金属样品的采集：水样采集后，要有防止现场大气降尘带来的污染措施，并尽快从采样器中放出样品；防止采样器内样品中所含污染物随悬浮物的下

沉而降低含量，灌装样品时必须边摇动采水器边灌装，立即用 0.45 μ m 滤膜过滤处理，过滤水样用 HNO₃ 酸化至 pH 值小于 2，塞上塞子，存放在洁净环境中。

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

(2) 分析方法

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

表 3.2.6-3 海水调查项目及分析方法

检测指标	检测依据	分析方法	检出限
水温	《海洋调查规范 第 2 部分：海洋水文观测》GB/T 12763.2-2007/5.2.1	CTD 法	/
pH	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/26	pH 计法	/
盐度	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/29.1	盐度计法	2‰
溶解氧	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/31	碘量法	0.11mg/L
悬浮物	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/27	重量法	/
化学需氧量	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/32	碱性高锰酸钾法	0.15mg/L
硝酸盐氮	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/38.1	镉柱还原法	0.0010mg/L
亚硝酸盐氮	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/37	萘乙二胺分光光度法	0.0002mg/L
氨氮	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/36.1	靛酚蓝分光光度法	0.0004mg/L
活性磷酸盐	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/39.1	磷钼蓝分光光度法	0.0006mg/L
挥发酚	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/19	4-氨基安替比林分光光度法	1.1 μ g/L
硫化物	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/18.1	亚甲基蓝分光光度法	0.2 μ g/L
石油类	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/13.2	紫外分光光度法	0.0035mg/L
汞	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》	原子荧光法	0.007 μ g/L

检测指标	检测依据	分析方法	检出限
	GB 17378.4-2007/5.1		
砷	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》 GB 17378.4-2007/11.1	原子荧光法	0.5μg/L
铜	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》 GB 17378.4-2007/6.1	无火焰原子吸收 分光光度法	0.2μg/L
铅	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》 GB 17378.4-2007/7.1	无火焰原子吸收 分光光度法	0.03μg/L
镉	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》 GB 17378.4-2007/8.1	无火焰原子吸收 分光光度法	0.01μg/L
锌	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》 GB 17378.4-2007/9.1	火焰原子吸收分 光光度法	0.0031mg/L
总铬	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》 GB 17378.4-2007/10.1	无火焰原子吸收 分光光度法	0.4μg/L
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	五日培养法	/
活性硅酸盐	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》 GB 17378.4-2007 17.1	硅钼黄法	0.0126mg/L
硒	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》 GB 17378.4-2007/12.1	荧光分光光度法	0.2μg/L
镍	《海洋监测规范 第4部分 海水分析》 GB 17378.4-2007/42	无火焰原子吸收 分光光度法	0.5μg/L

3.2.6.4 评价方法与评价标准

(1) 评价方法

采用单因子指数法对海水水质现状进行评价，污染指数大于1表示超过了规定的水质标准。各监测项目的污染指数计算公式如下：

除 pH、DO 外的其它污染物的标准指数：

环境质量现状评价采用单项标准指数法。计算公式为：

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

式中： $S_{i,j}$ — i 污染物在 j 点的污染指数；

$C_{i,j}$ — i 污染物在 j 点的实测浓度，mg/L；

$C_{s,i}$ — i 污染物的评价标准，mg/L。

溶解氧的标准指数为：

$$S_{DO,j} = \begin{cases} DO_s / DO_j & DO_j \leq DO_f \\ \frac{|DO_f - DO_j|}{DO_f - DO_s} & DO_j > DO_f \end{cases}$$

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

DO_j —溶解氧在 j 点的实测统计代表值，mg/L；

DO_s —溶解氧的水质评价标准限值，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 的标准指数为：

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

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

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_{su} —pH 评价标准的上限值；

pH_{sd} —pH 评价标准的下限值。

(2) 评价标准

根据《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》，各监测站位执行标准见表 3.2.6-4。

表 3.2.6-4 各站位执行的标准要求一览表

调查站位	功能区名称	标准要求
SWD03、SWD05~SWD15、SWD17~SWD20	珠海-潮州近海农渔业区	执行海水水质第一类标准、海洋沉积物质量第一类标准和海洋生物质量第一类标准
SWD16	针头岩海洋保护区	
SWD01、SWD02	红海湾农渔业区	执行海水水质第二类标准、海洋沉积物质量第一类标准和海洋生物质量第一类标准
SWD04	烟墩角工业与城镇用海区	执行海水水质第三类标准、海洋沉积物质量第二类标准和海洋生物质量第二类标准



图 3.2.6-2 调查站位所处广东省海洋功能区示意图

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

表 3.2.6-5 海水水质标准 单位：mg/L（pH 除外）

水质指标	第一类	第二类	第三类	第四类
pH	7.8~8.5		6.8~8.8	
化学需氧量≤	2	3	4	5
溶解氧>	6	5	4	3
活性磷酸盐≤（以 P 计）	0.015	0.030	0.030	0.045
无机氮≤（以 N 计）	0.200	0.300	0.400	0.500
石油类≤	0.05	0.05	0.30	0.50
铜≤	0.005	0.010	0.050	0.050

水质指标	第一类	第二类	第三类	第四类
铅≤	0.001	0.005	0.010	0.050
锌≤	0.020	0.050	0.100	0.500
镉≤	0.001	0.005	0.010	0.010
汞≤	0.00005	0.0002	0.0002	0.0005
砷≤	0.020	0.030	0.050	0.050
铬≤	0.050	0.100	0.200	0.500
硫化物≤（以硫计）	0.020	0.050	0.100	0.250
生化需氧量	1	3	4	5
硒	0.010	0.020	0.020	0.050
镍	0.005	0.010	0.020	0.050
挥发性酚≤	0.005	0.005	0.010	0.050

3.2.6.5 海洋水质调查结果与评价

(1) 调查结果

各站位水质监测结果见表 3.2.6-6。

(2) 评价结果

采用上述单项指数法，对现状监测结果进行标准指数计算，各监测点水质评价因子的标准指数见表 3.2.6-7。

执行第一类海水水质标准的站位有 SWD03、SWD05~SWD20。由监测结果及标准指数表结果可知：SWD03 表层、SWD05 表层、SWD08~SWD12 表层、SWD13 表中层、SWD14 表层、SWD15 表中层、SWD16 表中层、SWD17 表层、SWD18 表中层、SWD19 表层和 SWD20 表中层的海水溶解氧含量处于过饱和状态，其他水质监测因子均符合海水水质第一类标准要求。

执行第二类海水水质标准的站位有 SWD01、SWD02。由监测结果及标准指数表结果可知：所有调查站位的监测因子均符合海水水质第二类标准要求。

执行第三类海水水质标准的站位有 SWD04。由监测结果及标准指数表结果可知：该调查站位的监测因子均符合海水水质第三类标准要求。

表 3.2.6-6 海水水质监测结果（内容不公开）

表 3.2.6-7a 海水水质监测站位（执行第一类海水水质标准）各要素的标准指数（内容不公开）

表 3.2.6-7b 海水水质监测站位（执行第二类海水水质标准）各要素的标准指数（内容不公开）

表 3.2.6-7c 海水水质监测站位（执行第三类海水水质标准）各要素的标准指数（内容不公开）

3.2.7 海洋沉积物质量现状调查与评价

本节引用《汕尾红海湾海上风电海底电缆项目海洋环境现状调查监测报告（2023年夏季）》中2023年8月在项目附近海域进行的海洋沉积物质量现状调查数据。具体站位详见3.2.6.1节。

3.2.7.1 调查项目

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

3.2.7.2 采样与分析方法

(1) 采样方法

根据《海洋监测规范》（GB 17378-2007）中的要求，进行沉积物样品的采集、保存与运输。

①到达指定站位后，将绞车的钢丝绳与0.05m²抓斗式采泥器连接，同时测量站位水深，开动绞车将采泥器下放至离海底3m~5m时，全速开动绞车使其降至海底。然后将采泥器提至接样板上，打开采泥器上部耳盖，轻轻倾斜使上部积水缓慢流出后，用塑料刀或勺从采泥器耳盖中仔细取上部0cm~1cm的沉积物。如遇砂砾层，可在0cm~3cm层内混合取样；

②样品从海底至船甲板，应立即进行现场样品状态描述（颜色、气味、厚度）；

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

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

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

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

真作好采样详细记录；

⑦采样完毕，打开采泥器，弃去残留沉积物，用海水冲洗。

(2) 分析方法

样品的分析按照《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》(GB 17378.5-2007) 进行，各项目的分析方法如表 3.2.7-1。

表 3.2.7-1 沉积物项目及分析方法

检测指标	检测依据	分析方法	检出限
含水率	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》 GB 17378.5-2007/19	重量法	/
有机碳	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》 GB 17378.5-2007/18.1	重铬酸钾氧化- 还原容量法	0.02%
石油类	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》 GB 17378.5-2007/13.1	荧光分光光度 法	1.0mg/kg
硫化物	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》 GB 17378.5-2007/17.1	亚甲基蓝分光 光度法	0.3mg/kg
铜	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》 GB 17378.5-2007/6.2	火焰原子吸收 分光光度法	2.0mg/kg
铅	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》 GB 17378.5-2007/7.2	火焰原子吸收 分光光度法	3.0mg/kg
镉	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》 GB 17378.5-2007/8.1	无火焰原子吸 收分光光度法	0.04mg/kg
锌	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》 GB 17378.5-2007/9.1	火焰原子吸收 分光光度法	6.0mg/kg
总汞	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》 GB 17378.5-2007/5.1	原子荧光法	0.002mg/kg
铬	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》 GB 17378.5-2007/10.1	无火焰原子吸 收分光光度法	2.0mg/kg
砷	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》 GB 17378.5-2007/11.1	原子荧光法	0.06mg/kg
pH	《海洋调查规范第 8 部分：海洋地质地球 物理调查》GB/T 12763.8-2007/6.7.2	pH 计法	/
粒度	《海洋调查规范第 8 部分：海洋地质地球 物理调查》GB/T 12763.8-2007/6.3	激光粒度分布 仪法	/

3.2.7.3 评价方法与评价标准

(1) 评价方法

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

式中： P_i —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。

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

(2) 评价标准

根据《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》，各监测站位执行的标准见表 3.2.7-2。

表 3.2.7-2 各站位执行的标准要求一览表

调查站位	功能区名称	标准要求
SWD03、SWD06、SWD07、SWD09、SWD11、SWD12、SWD15、SWD17、SWD19	珠海-潮州近海农渔业区	执行海洋沉积物质量第一类标准
SWD01	红海湾农渔业区	

表 3.2.7-3 海洋沉积物质量标准

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

3.2.7.4 海洋沉积物质量调查结果与评价

(1) 调查结果

沉积物粒度结果见表 3.2.7-4。调查海区表层沉积物主要为砂质粉砂(4 个)、粉砂质砂(3 个)，其次为粉砂(2 个)、细砂(1 个)。

海洋沉积物质量监测结果见表 3.2.7-5。

(2) 评价结果

采用上述单项指数法，对现状监测结果进行标准指数计算，各监测点沉积物评价因子的标准指数见表 3.2.7-6。

执行海洋沉积物质量第一类标准要求的站位有 SWD01、SWD03、SWD06、SWD07、SWD09、SWD11、SWD12、SWD15、SWD17、SWD19。由监测结果及标准指数表结果可知：所有海洋沉积物质量调查站位的监测因子均符合海洋沉积

物质质量第一类标准要求。

表 3.2.7-4 沉积物粒度分析结果（内容不公开）

表 3.2.7-5 海洋沉积物质量监测结果（内容不公开）

表 3.2.7-6 海洋沉积物质量监测站位（执行第一类海洋沉积物质量）各要素标准指数（内容不公开）

3.2.8 海洋生物质量现状调查与评价

本节引用《汕尾红海湾海上风电海底电缆项目海洋环境现状调查监测报告（2023 年夏季）》中 2023 年 8 月在项目附近海域进行的海洋生物质量现状调查数据。具体站位详见 3.2.6.1 节。

3.2.8.1 调查项目

调查项目包括铜、铅、锌、镉、铬、总汞、砷、石油烃。

3.2.8.2 采样与分析方法

（1）采样方法

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

① 虾与中小型鱼类

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

② 大型鱼类

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

（2）分析方法

生物体样品的预处理和分析方法遵照《海洋监测规范 第6部分：生物体分析》（GB 17378.6-2007）进行，各项目的分析方法如表 3.2.8-1。

表 3.2.8-1 海洋生物质量调查项目及分析方法

检测指标	检测依据	分析方法	检出限
石油烃	《海洋监测规范 第6部分：生物体分析》GB 17378.6-2007/13	荧光分光光度法	0.2mg/kg
铜	《海洋监测规范 第6部分：生物体分析》GB 17378.6-2007/6.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.4mg/kg
铅	《海洋监测规范 第6部分：生物体分析》GB 17378.6-2007/7.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.04mg/kg
镉	《海洋监测规范 第6部分：生物体分析》GB 17378.6-2007/8.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.005mg/kg
总汞	《海洋监测规范 第6部分：生物体分析》GB 17378.6-2007/5.1	原子荧光法	0.002mg/kg
砷	《海洋监测规范 第6部分：生物体分析》GB 17378.6-2007/11.1	原子荧光法	0.2mg/kg
锌	《海洋监测规范 第6部分：生物体分析》GB 17378.6-2007/9.1	火焰原子吸收分光光度法	0.4mg/kg
铬	《海洋监测规范 第6部分：生物体分析》GB 17378.6-2007/10.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.04mg/kg

3.2.8.3 评价方法与评价标准

(1) 评价方法

采用单项参数标准指数法计算生物的质量指数，即应用公式：

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

式中： P_i 为第 i 种评价因子的质量指数；

C_i 为第 i 种评价因子的实测值；

C_{si} 为第 i 种评价因子的标准值。

生物评价因子的标准指数 > 1 ，则表明该项指标已超过规定的生物质量标准。

(2) 评价标准

调查采集到的鱼类、甲壳类和软体类的生物体内污染物质含量评价标准采用《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》中规定的生物质量标准，石油烃含量的评价标准采用《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中规定的生物质量标准。砷、铬没有相应的标准以及甲壳类无石油烃评价标准，因此只做本底监测，不做评价。

表 3.2.8-2 海洋生物体评价标准（鲜重，mg/kg）

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

3.2.8.4 海洋生物质量调查结果与评价

(1) 调查结果

生物体监测结果见表 3.2.8-3。

(2) 评价结果

采用上述单项指数法，对现状监测结果进行标准指数计算，各监测点生物体评价因子的标准指数见表 3.2.8-4。

SWD03 调查站位采集到的鱼类多齿蛇鲻的石油烃含量超出标准限值要求，其余的监测因子均符合标准限值要求。采集到的甲壳类和软体类的污染物含量均达到《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》及《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中的标准限值要求。

表 3.2.8-3 海洋生物质量监测结果（湿重，单位：mg/kg）（内容不公开）

表 3.2.8-4 海洋生物监测站位各要素标准指数（内容不公开）

3.2.9 海洋生态现状

3.2.9.1 调查概况

本节引用《汕尾红海湾海上风电海底电缆项目海洋环境现状调查监测报告（2023 年夏季）》中 2023 年 8 月在项目附近海域进行的海洋生态现状调查数据。具体站位详见 3.2.6.1 节。

3.2.9.2 调查方法

(1) 叶绿素 a 和初级生产力

采样层次与水质采样层次相同，用采水器采集水样，经 GF/F 玻璃纤维滤膜过滤（过滤时抽气负压小于 50kPa）后，将滤膜对折，用铝箔包好，存放于低温冷藏壶中，带回实验室分析，采用分光法测定叶绿素 a 的含量。初级生产力采用叶绿素 a 法，按照 Cadee 和 Hegeman（1974）提出的简化公式估算。每 500mL

加入 2.00mL 碳酸镁溶液，使用抽滤泵抽滤。

(2) 浮游植物

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

(3) 浮游动物

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

(4) 大型底栖生物

定量样品采用 0.05m² 采泥器，在每站位连续采集平行样品 4 次，经孔径为 0.50mm 的筛网筛洗干净后，放入 500mL 样品瓶中，加入体积分数为 5%~7% 的中性甲醛溶液暂时性保存，便于室内鉴定。样品在实验室内进行计数、称重及种类鉴定，分析其种类组成、数量分布、主要优势种及其多样性分析，并提供其种类名录。

(5) 潮间带生物

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

②泥、沙等软相底质的生物取样，用滩涂定量采样框。其结构包括框架和挡板两部分，均用 1.5~2.0mm 厚的不锈钢板弯制而成。规格：25cm×25cm×30cm。配套工具是平头铁锹。滩涂定量取样用定量框，通常高潮区布设 2 站、中潮带 3 站，低潮带 2 站（生物量较大时 1 个站），每站取 4~8 个样方（依据现场生物量大小而定）；为防止人为因素干扰，样方位置用标志绳索（每隔 5m 或 10m 有一标志）于站位两侧水平拉直，各样方位置严格取在标志绳索所标位置，无论该

位置上生物多寡，均不能移位；取样时，先将取样器挡板插入框架凹槽，用臂力或脚力将其插入滩涂内；继而观察记录框内表面可见的生物及数量；后用铁锹清除挡板外侧的泥沙再拔去挡板，以便铲取框内样品；铲取样品时，若发现底层仍有生物存在，将取样器再往下压，直至采不到生物为止；若需分层取样，视底质分层情况确定；

③用筛网孔目为 1.0mm 和 0.5mm 的过筛器进行生物样品筛选；

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

⑤滩涂定量调查，未能及时处理的余渣，拣出肉眼可见的标本后把余渣另行装瓶（袋），并用四氯四碘荧光素染色剂固定液，便于回实验室在双筒解剖镜下仔细挑拣；对一些受刺激易引起收缩或自切的种类（如腔肠动物、纽形动物），先用水合氯醛或乌来糖少许进行麻醉后再行固定；某些多毛类（如沙蚕科、吻沙蚕科），可先用淡水麻醉，最好能带回一些完整的新鲜藻体，制作蜡叶标本，以保持原色和长久保存。

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

（6）鱼卵仔稚鱼

调查选择适于在调查海区作业且设备条件良好的渔船承担，按照《海洋调查规范》（GB/T 12763-2007）的相关规定进行样品的采集、保存和运输。定量采样：网具使用浅水I型浮游生物网（水深<30m）或大型浮游生物网（30m<水深<200m）垂直采样，由海底至海面垂直拖网，水深较浅时采用水平拖网的方式采集样品。定性采样：采用水平拖网法，网具采用浅水I型浮游生物网或大型浮游生物网，于表层水平拖曳 10min 取得，拖速保持在 2 节左右。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。

（7）游泳动物

游泳生物调查按照《海洋调查规范》（GB/T 12763-2007）的相关规定进行样

品的采集、保存和运输。

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

②调查工作流程：采用单船有翼单囊拖网进行作业。调查时间选择在白天进行，综合拖速、拖向、流向、流速、风向和风速等多种因素，在距离站位位置 2n mile~3n mile 处放网，拖速控制在 2kn~3kn 左右，经 0.5~1h 后正好到达站位位置或附近。临放网前准确测定船位，放网时间以停止曳网投放，曳网着底开始受力时为准。拖网中尽量保持拖网方向朝向拖网站位，注意周围船只动态和调查船的拖网是否正常等，若出现不正常拖网时，视其情况改变拖向或立即起网。临起网前准确记录船位，起网时间以起网机开始卷收曳网时间为准。如遇严重破网等导致渔获量大量减少时，应重新拖网。

③样品处理：将囊网里全部渔获物收集，记录估计的网次总质量（kg）。渔获物总质量在 40kg 以下时，全部取样分析；渔获物大于 40kg 时，从中挑出大型的和稀有的标本后，从渔获物中随机取出渔获物分析样品 20kg 左右，然后把余下的渔获物按品种和不同规格装箱，记录该站位准确渔获物总质量（kg）。

3.2.9.3 计算方法

(1) 初级生产力

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

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

式中：*P*—初级生产力（mg·C/m²·d）；

C_a—叶绿素 *a* 含量（mg/m³）；

Q—同化系数（mg·C/(mgChl-*a*·h)），根据以往调查结果，取 3.7；

L—真光层的深度（m），取透明度的 3 倍；

t—白昼时间（h），根据以往调查结果，取 11。

(2) 优势度(*Y*):

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

(3) *Shannon-Weaver* 多样性指数(H'):

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

(4) *Pielou* 均匀度指数(J):

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

(5) *Margalef* 丰富度指数(D):

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

上述 (2) ~ (5) 式中:

n_i —第 i 种的个体数量 (ind);

N —某站总生物数量 (ind);

f_i —某种生物的出现频率 (%);

P_i —第 i 种的个体数与总个体数的比值;

S —出现生物总种数。

(6) 鱼卵仔稚鱼密度:

水平拖网密度计算:

$$N = \frac{n}{t \times V \times S}$$

式中: N —鱼卵仔稚鱼密度 (ind/m³);

n —每网鱼卵仔稚鱼数量, 单位为 (ind);

S —网口面积 (m²), $S_{\text{大型浮游生物网}}=0.5\text{m}^2$;

t —拖网时间 (h);

V —拖速 (m/h);

垂直拖网密度计算:

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

式中: N —鱼卵仔稚鱼密度 (ind/m³);

n —每网鱼卵仔稚鱼数量, 单位为 (ind);

S —网口面积 (m²), $S_{\text{浅水I型网}}=0.2\text{m}^2$;

L —采样绳长 (m)，垂直拖网 L =水深-2m。

(7) 渔业资源:

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

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

式中: S —重量密度 (kg/km²) 或个体密度 (ind/km²) ;

a —底拖网每小时的扫海面积 (扫海宽度取浮网长度的 2/3) ;

y —平均重量渔获率 (kg/h) 或平均个体渔获率 (ind/h) ;

E —逃逸率 (取 0.5) 。

(8) 游泳生物优势种

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

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

式中: N —某一种类的 ind 数占渔获总 ind 数的百分比;

W —某一种类的重量占渔获总重量的百分比;

F —某一种类的出现的断面数占调查总断面数的百分比。

3.2.9.4 海洋生态调查结果

(1) 叶绿素 a 与初级生产力

本次调查结果显示，各站表层叶绿素 a 变化范围在 (0.65~10.3) mg/m³，平均为 2.64mg/m³；10m 水层叶绿素 a 变化范围在 (0.58~0.84) mg/m³，平均为 0.71mg/m³；底层叶绿素 a 含量变化范围在(0.35~1.86)mg/m³，平均为 0.82mg/m³。以各站各层水样的平均值作为该站叶绿素 a 的浓度，各站叶绿素 a 浓度的变化范围为 (0.53~10.3) mg/m³，平均为 2.50mg/m³，SWD04 站位叶绿素 a 平均值最高，SWD17 站位叶绿素 a 平均值最低。

本次调查海域的初级生产力变化范围在 (231.648~1760.682) mg·C/(m²·d)，平均值为 608.372mg·C/(m²·d)，其中 SWD04 站位初级生产力值最高，SWD17 站位初级生产力值最低。

(2) 浮游植物

①种类组成

本次调查共记录浮游植物 4 门 5 纲 13 目 25 科 146 种。硅藻门种类最多，共 13 科 103 种，占总种类数的 70.55%；甲藻门种类次之，出现 10 科 39 种，占总种类数的 26.71%；金藻门出现 1 科 2 种，占总种类数的 1.37%；蓝藻门出现 1 科 2 种，占总种类数的 1.37%。

②个体数量

调查区域内各站位浮游植物个体数量分布差异较大，变化范围在 $(376.330\sim 63224.114) \times 10^3 \text{ind/m}^3$ 之间，平均值为 $12148.965 \times 10^3 \text{ind/m}^3$ ，最高个体数量出现在 SWD01 站位，最低个体数量出现在 SWD09 站位。

从门类来看，12 个调查站位中均采集到硅藻门，硅藻门个体数量范围在 $(338.345\sim 62955.932) \times 10^3 \text{ind/m}^3$ 之间，平均值为 $11986.790 \times 10^3 \text{ind/m}^3$ ；硅藻门各站位个体数量的占比在 89.24%~99.58%之间，各站位占比平均值为 94.74%。甲藻门个体数量范围在 $(13.317\sim 894.521) \times 10^3 \text{ind/m}^3$ 之间，平均值为 $147.142 \times 10^3 \text{ind/m}^3$ ；各站位个体数量百分比在 0.42%~8.61%之间，占比平均值为 3.24%；其他类群（包括金藻门和蓝藻门）个体数量范围在 $(0\sim 32.816) \times 10^3 \text{ind/m}^3$ 之间，平均值为 $15.034 \times 10^3 \text{ind/m}^3$ ；各站位个体数量百分比在 0%~6.43%之间，占比平均值为 2.03%。

③优势种

以优势度 $Y \geq 0.02$ 为判断标准，本次调查浮游植物优势种共出现 8 种，分别为窄面角毛藻(*Chaetoceros paradoxus*)、深环沟角毛藻(*Chaetoceros constrictus*)、窄隙角毛藻(*Chaetoceros affinis*)和柔弱伪菱形藻(*Pseudo-nitzschia delicatissima*)等。其中窄面角毛藻为第一优势种，优势度为 0.219，平均个体数量为 $4121.044 \times 10^3 \text{ind/m}^3$ ，占各站位平均个体数量的 33.92%。

④多样性水平

各调查区站位浮游植物种数范围为 48~76 种。多样性指数范围在 2.786~4.372 之间，平均值为 3.781，多样性指数以 SWD12 站位最高，SWD01 站位最低；均匀度指数范围在 0.498~0.714 之间，平均值为 0.633，均匀度指数以 SWD07 站位最高，SWD03 站位最低；丰富度指数范围在 1.880~3.493 之间，平均值为 2.857，丰富度指数以 SWD15 站位最高，SWD01 站位最低。

(3) 浮游动物

①种类组成

本次调查共记录浮游动物 7 门 12 纲 23 目 51 科 105 种（包括浮游幼体 16 种）。分属 13 个不同类群，即栉水母、水母类、被囊类、有尾类、腹足类、毛颚类、介形类、桡足类、磷虾类、樱虾类、枝角类、多毛类和浮游幼体。其中，以桡足类最多，为 47 种，占总种类数的 44.76%；浮游幼体和水母类次之，出现 16 种，各占总种类数的 15.24%；其他类群出现种类较少。

②个体数量与生物量

12 个调查站位浮游动物生物量变化范围在 (92.39~1743.01) mg/m³ 之间，平均值为 725.04mg/m³，其中 SWD06 站位生物量最高，SWD19 站位生物量最低；浮游动物个体数量变化范围在 (613.351~31367.924) ind/m³ 之间，平均值为 10222.476ind/m³，其中 SWD01 站位个体数量最高，SWD19 站位个体数量最低。从类群个体数量分布来看，本次调查桡足类个体数量最高，为 65654.991ind/m³，占总个体数量的 53.52%；其次是浮游幼体，个体数量为 27919.734ind/m³，占总个体数量的 22.76%。

③优势种

以优势度 $Y \geq 0.02$ 为判断标准，本次调查浮游动物优势种共 5 种。分别为桡足幼体 (Copepoda larvae)、鸟喙尖头蚤 (*Penilia avirostris*)、强额拟哲水蚤 (*Paracalanus crassirostris*)、肥胖三角蚤 (*Evadne tergestina*) 和小拟哲水蚤 (*Paracalanus parvus*)。其中桡足幼体为第一优势种，优势度为 0.215，平均个体数量为 1841.560ind/m³，占各站位平均个体数量的 18.01%，出现频率 100%。

④多样性水平

本次调查，各调查区站位浮游动物种数范围为 28~44 种。浮游动物多样性指数变化范围在 2.565~3.849 之间，平均值为 3.366，其中 SWD11 站位最高，SWD06 站位最低；均匀度指数变化范围在 0.508~0.746 之间，平均值为 0.658，其中 SWD19 站位最高，SWD06 站位最低；丰富度指数范围在 2.027~3.484 之间，平均值为 2.645，丰富度指数以 SWD11 站位最高，SWD03 站位最低。

(4) 大型底栖生物

①种类组成

本次大型底栖生物调查共记录大型底栖生物 7 门 8 纲 19 目 41 科 56 种，分属 7 个不同类群，即环节动物、节肢动物、软体动物、棘皮动物、星虫动物、纽形动物和刺胞动物。其中环节动物种类数最多，为 30 种，占种类总数的 53.57%。

②生物量和栖息密度

1) 生物量及栖息密度的站位分布

本次调查海域 12 个站位大型底栖生物的生物量范围在 (0.080~36.140) g/m² 之间，平均生物量为 4.856g/m²，其中 SWD01 站位的生物量最高，SWD03 站位生物量最低；栖息密度范围在 (20.000~80.000) ind/m² 之间，平均栖息密度为 47.500ind/m²，其中 SWD01 和 SWD15 站位的栖息密度最高，SWD14 和 SWD17 站位栖息密度最低。

2) 类群生物量和栖息密度分布

从类群分布来看，本次大型底栖生物调查中软体动物生物量最高，生物量为 38.185g/m²，占总生物量的 65.53%；其次为棘皮动物，生物量为 6.715g/m²，占总生物量的 11.52%，最低为星虫动物，生物量为 0.065g/m²，占总生物量的 0.11%。

环节动物栖息密度最高，为 305.000ind/m²，占总栖息密度的 53.51%；其次为棘皮动物，栖息密度为 100.000ind/m²，占总栖息密度 17.54%，最低为刺胞动物，栖息密度为 5.000ind/m²，占总栖息密度的 0.88%。

表 3.2.9-1 大型底栖生物生物量分布 (单位: g/m²) (内容不公开)

表 3.2.9-2 大型底栖生物栖息密度分布 (单位: ind/m²) (内容不公开)

③优势种

以优势度指数 $Y \geq 0.02$ 为判断标准，本次调查的优势种共 2 种，分别为洼颚倍棘蛇尾 (*Amphioplus depressus*) 和冠奇异稚齿虫 (*Paraprionospio cristata*)。其中洼颚倍棘蛇尾为第一优势种，优势度为 0.053。

④多样性水平

本次调查海域的大型底栖生物种类数范围在 3~13 种，多样性指数变化范围在 1.252~3.578 之间，平均值为 2.337，其中 SWD15 站位最高，SWD09 站位最低；均匀度指数变化范围在 0.701~1.000 之间，平均值为 0.912，其中 SWD06、SWD14 和 SWD17 站位最高，SWD01 站位最低；丰富度指数范围在 0.774~3.000 之间，平均值为 1.699，丰富度指数以 SWD15 站位最高，SWD09 站位最低。

(5) 潮间带生物

①潮间带岸相和生物种类组成

潮间带 3 个调查断面岸相分布情况：C1 和 C3 断面为沙滩断面，C2 断面为沙滩-岩石断面。本次潮间带生物定性定量调查，共记录潮间带生物 3 门 5 纲 13 目 20 科 29 种，其中包括软体动物 18 种、节肢动物 10 种和环节动物 1 种，分别占种类总数的 62.07%、34.48% 及 3.45%。

②潮间带各断面的生物量及栖息密度分布

3 个断面定量调查的平均生物量为 275.836g/m^2 ，平均栖息密度为 389.333ind/m^2 。C2 断面的生物量最大，为 415.333g/m^2 ；C2 断面的栖息密度最大，为 917.999ind/m^2 。

从类群分布来看，3 个断面中软体动物的平均生物量和平均栖息密度最高，其次是节肢动物。

表 3.2.9-3 潮间带各断面生物量和栖息密度分布（内容不公开）

③潮间带各站位生物量及栖息密度分布

3 个断面 9 个站位定量采样总生物量为 827.509g/m^2 ，总栖息密度为 1167.999ind/m^2 。C2 断面的低潮带生物量最高，为 376.992g/m^2 ；其次是 C3 断面的低潮带，生物量为 234.080g/m^2 ；C3 断面的高潮带生物量为最低，为 1.934g/m^2 。C2 断面低潮带的栖息密度最高，为 780.000ind/m^2 ；其次是 C3 断面的低潮带，栖息密度为 180.000ind/m^2 ；C1 断面的高潮带的栖息密度最低，为 6.000ind/m^2 。

表 3.2.9-4 潮间带各站位生物量和栖息密度分布（内容不公开）

④潮间带断面水平分布和垂直分布

本次潮间带生物调查从水平分布上看，生物量由高到低排序为 $C2 > C3 > C1$ ，栖息密度由高到低排序为 $C2 > C3 > C1$ 。本次潮间带生物调查从垂直分布上看，生物量由高到低排序为低潮带 $>$ 中潮带 $>$ 高潮带，栖息密度由高到低排序为低潮带 $>$ 中潮带 $>$ 高潮带。

⑤潮间带各断面优势种

以优势度指数 $Y \geq 0.02$ 为判断标准，本次调查区域潮间带生物优势种共有 7 种，分别为六柱扁藤壶 (*Platylepas hexastylus*)、狄氏斧蛤 (*Donax dysoni*)、塔结节滨螺 (*Littoraria trochoides*)、楔形斧蛤 (*Donax cuneatus*)、痕掌沙蟹 (*Ocyropode*

stimpsoni)、褶牡蛎(*Alectryonella plicatula*)和变化短齿蛤(*Brachidontes variabilis*)。其中六柱扁藤壶为第一优势种, 优势度为 0.082。

⑥多样性水平

本次调查海区潮间带生物样方内种类数范围 3~23, 多样性指数的变化范围在 1.300~3.156 之间, 平均值为 2.173; 均匀度指数的变化范围在 0.698~0.820 之间, 平均值为 0.772; 丰富度指数范围在 0.480~2.683 之间, 平均值为 1.334。

3.2.9.5 渔业资源调查结果

(1) 鱼卵仔稚鱼

①种类组成

本次鱼卵仔稚鱼拖网调查中, 共出现了鱼卵 21 种, 其中包括鲈形目 13 种, 鲱形目 4 种, 鲾形目、鳗鲡目、鲑形目和仙女鱼目各 1 种; 仔稚鱼 18 种, 其中包括鲈形目 13 种, 鲱形目 2 种, 仙女鱼目、银汉鱼目和鲻形目各 1 种。

②数量分布

调查 12 个站位的鱼卵仔稚鱼垂直拖网共采到鱼卵 73ind, 仔稚鱼 15ind; 鱼卵平均密度为 1.968ind/m³, 仔稚鱼平均密度为 0.231ind/m³。SWD04 站位鱼卵密度最高, 密度为 9.032ind/m³, 其次是 SWD01 站位, 密度为 5.714ind/m³, 共 12 个站位捕获到鱼卵; SWD12 站位仔稚鱼密度最高, 密度为 0.880ind/m³, 其次是 SWD04 站位, 密度为 0.645ind/m³, 共 8 个站位捕获到仔稚鱼。

表 3.2.9-5 鱼卵仔稚鱼密度及其分布(垂直拖网)(内容不公开)

③主要种类的数量分布(水平拖网)

1) 笛鲷科(Lutjanidae)

本次水平拖网调查出现的笛鲷科鱼卵共有1792粒, 出现在8个站位, 笛鲷科鱼卵在调查海域中SWD03站位数量最多。

2) 鲷属(Lepidotrigla sp.)

本次水平拖网调查出现的鲷属鱼卵共有2387粒, 出现在8个站位, 鲷属鱼卵在调查海域中SWD03站位数量最多。

(2) 游泳生物

①种类组成

此次项目船号为粤陆渔 52029, 使用的网具为网口宽 5m、网衣长 9m、网口

目 45mm、网囊目 25mm 的底拖网，平均拖网船速为 2.9kn，同时投放 4 个相同规格的网具。

本次游泳动物调查共捕获 3 门 3 纲 17 目 70 科 175 种，其中：鱼类 107 种，占总种类数的 61.14%，虾类 30 种（其中虾蛄类 7 种），占总种类数的 17.14%，蟹类 30 种，占总种类数的 17.14%，头足类 8 种，占总种类数的 4.57%。

②渔获率

1) 尾数渔获率

本次调查该海区 12 个站位的游泳动物尾数渔获率范围为(305~1042)ind/h，平均为 477ind/h。其中，鱼类平均尾数渔获率为 235ind/h，占游泳动物平均尾数渔获率的 49.31%；虾类平均尾数渔获率为 51ind/h，占游泳动物平均尾数渔获率的 10.71%；蟹类平均尾数渔获率为 162ind/h，占游泳动物平均尾数渔获率的 33.95%；头足类的平均尾数渔获率为 29ind/h，占游泳动物平均尾数渔获率的 6.03%。

2) 重量渔获率

本次调查该海区 12 个站位的重量渔获率范围为(5.928~28.125) kg/h，平均为 12.809kg/h。其中，鱼类平均重量渔获率为 7.918kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 61.81%；虾类平均重量渔获率为 2.128kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 16.61%；蟹类平均重量渔获率为 1.998kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 15.60%；头足类的平均重量渔获率为 0.765kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 5.97%。

③渔业资源密度

1) 尾数渔获密度

本次调查 12 个站位尾数渔获密度范围在(5.865~18.754)×10³ind/km²之间，平均值为 8.859×10³ind/km²，尾数渔获密度最高的站位为 SWD19 站位，最低为 SWD06 站位。

其中，鱼类尾数渔获密度分布范围在(2.402~7.145)×10³ind/km²之间，平均值为 4.367×10³ind/km²，其中 SWD09 站位最高，SWD15 站位最低；虾类尾数渔获密度分布范围在(0.324~1.408)×10³ind/km²之间，平均值为 0.958×10³ind/km²，其中 SWD14 站位最高，SWD07 站位最低；蟹类尾数渔获密度分布范围在

(0.335~11.483) × 10³ind/km² 之间, 平均值为 2.994 × 10³ind/km², 其中 SWD19 站位最高, SWD11 站位最低; 头足类尾数渔获密度分布范围在 (0.018~1.787) × 10³ind/km² 之间, 平均值为 0.540 × 10³ind/km², 其中 SWD11 站位最高, SWD19 站位最低。

2) 重量渔获密度

本次调查 12 个站位渔业资源重量渔获密度范围在 (106.696~506.209) kg/km² 之间, 平均值为 237.515 kg/km², SWD19 站位最高, SWD01 站位最低。

其中, 鱼类重量渔获密度变化范围在 (54.140~298.272) kg/km² 之间, 平均值为 146.483 kg/km², 其中 SWD09 站位最高, SWD01 站位最低; 虾类重量渔获密度变化范围在 (4.914~98.902) kg/km² 之间, 平均值为 39.462 kg/km², 其中 SWD19 站位最高, SWD07 站位最低; 蟹类重量渔获密度变化范围在 (8.397~121.274) kg/km² 之间, 平均值为 37.166 kg/km², 其中 SWD19 站位最高, SWD06 站位最低; 头足类重量渔获密度变化范围在 (0.126~45.580) kg/km² 之间, 平均值为 14.405 kg/km², 其中 SWD11 站位最高, SWD19 站位最低。

表 3.2.9-6 各站位渔业资源重量渔获密度 (内容不公开)

④ 优势种

相对重要性指数显示, 本次调查游泳动物优势种 ($IRI \geq 1000$) 共 1 种, 为红星梭子蟹 (*Portunus sanguinolentus*)。其总渔获重量为 12.855 kg, 占游泳动物总渔获重量的 8.36%; 红星梭子蟹的总尾数渔获量为 135 个, 占游泳动物总渔获尾数数的 2.36%。

⑤ 多样性水平

本次调查区域游泳动物生物种类数范围在 35~67 种, 多样性指数变化范围在 3.445~4.983 之间, 平均值为 4.370, 其中 SWD17 站位最高, SWD19 站位最低; 均匀度指数变化范围在 0.599~0.862 之间, 平均值为 0.767, 其中 SWD06 站位最高, SWD19 站位最低; 丰富度指数范围在 3.862~7.513 之间, 平均值为 5.877, 丰富度指数以 SWD17 站位最高, SWD01 站位最低。

3.2.10 电磁环境现状调查与评价

3.2.10.1 调查概况

本节引自《汕尾红海湾（海缆）海上电磁环境监测》和《汕尾红海湾（四）海上电磁环境监测》。

检测时间为2023年7月12日，检测内容为工频电场与工频磁场强度，检测站位见表3.2.10-1及图3.2.10-1。

表 3.2.10-1 检测站位坐标表

监测点名称	经度	纬度
F1	115°27'34.75"E	22°25'22.87"N
F5	115°29'39.58"E	22°23'53.26"N
F9	115°27'35.99"E	22°21'33.91"N
F21	115°04'15.94"E	22°43'33.65"N
F22	115°06'36.84"E	22°36'48.26"N
F23	115°13'07.41"E	22°26'45.11"N
F24	115°17'56.62"E	22°22'57.07"N
F27	115°24'21.01"E	22°24'34.86"N
F28	115°21'19.33"E	22°23'49.13"N
F29	115°25'51.24"E	22°22'57.22"N
F30	115°23'22.92"E	22°22'11.49"N
F31	115°21'20.56"E	22°19'41.94"N
F32	115°24'35.84"E	22°20'40.03"N
F33（对照点）	115°24'58.09"E	22°19'03.62"N

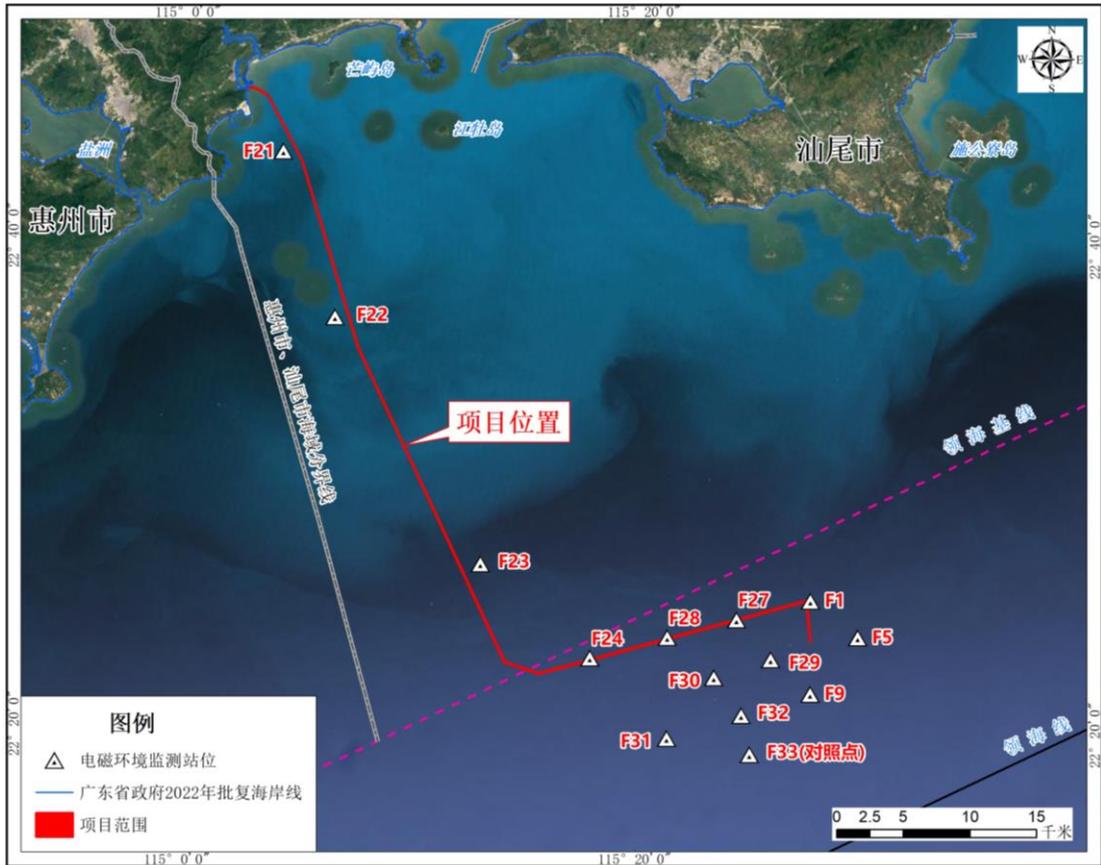


图 3.2.10-1 电磁检测站位示意图

3.2.10.2 分析方法

分析方法及使用仪器一览表见表 3.2.10-2。

表 3.2.10-2 分析方法及使用仪器一览表

检测项目	分析方法	分析仪器名称
工频电场强度	《交流输变电工程电磁环境监测方法(试行)》 HJ 681-2013	电磁辐射分析仪 SE M-600
工频磁场强度	《交流输变电工程电磁环境监测方法(试行)》 HJ 681-2013	电磁辐射分析仪 SE M-600

3.2.10.3 检测结果

统计结果显示，本工程工频电场强度介于（0.337~6.81）V/m 之间，磁感应强度介于（0.0089~0.04） μ T 之间，满足《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）的要求（交流输变电工程对应的频率为 50Hz，其推荐限值分别为 4000V/m 和 100 μ T）。

表 3.2.10-3 辐射检测结果（内容不公开）

3.2.11 噪声环境现状调查与评价

本节引自《汕尾红海湾四期海上风电场项目水下噪声对海洋生物影响专题（夏季现场调查报告）》。

3.2.11.1 调查概况

2023年7月14日对项目海域的水下声环境质量进行了现场调查。共设置9个噪声调查站位，详见图3.2.11-1，各站位经纬度坐标见表3.2.11-1。根据各站位不同的海域深度，设置3个水层深度：2m、中间层和底层（接近海底），进行同步测量，测量记录时间均为2min以上。

表 3.2.11-1 水下噪声调查站位坐标表

站位序号	站位经纬度
1	22° 23'44.27"N, 115° 21'21.06"E
2	22° 25'18.15"N, 115° 27'19.05"E
3	22° 21'28.41"N, 115° 27'19.05"E
4	22° 19'43.23"N, 115° 21'21.06"E
5	22° 21'38.54"N, 115° 23'21.22"E
6	22° 23'20.18"N, 115° 25'17.49"E
7	22° 26'16.87"N, 115° 22'34.33"E
8	22° 19'03.25"N, 115° 25'54.94"E
9	22° 23'24.01"N, 115° 29'25.96"E

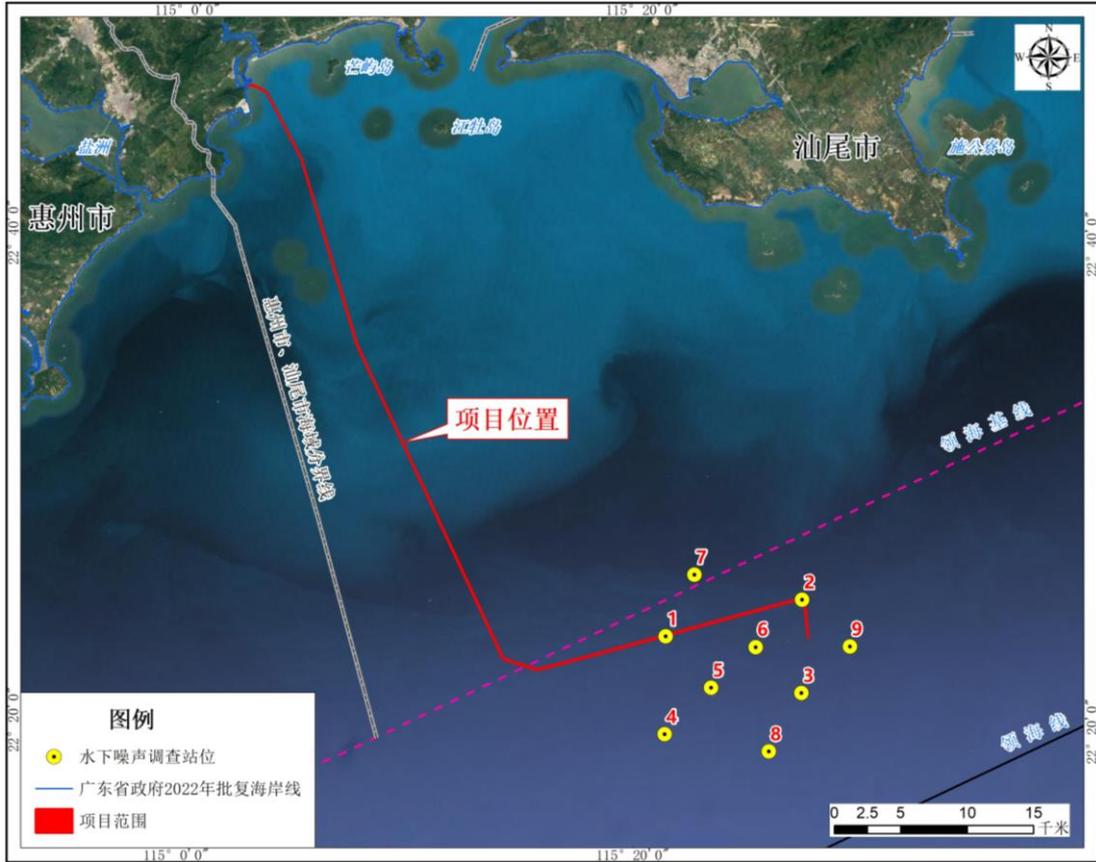


图 3.2.11-1 声环境调查站点布设示意图

3.2.11.2 调查内容

测量的参数包括：水下噪声频带声压级 L_{pf} 和水下噪声声压谱[密度]级 L_{ps} ，频率测量覆盖范围为 20Hz-20kHz。

3.2.11.3 调查结果

(1) 峰值声压

各站点设计的测量深度与对应的峰值声压级详见表 3.2.11-2。

表 3.2.11-2 各站点设计的测量深度与对应的峰值声压级

(2) 工程海域频带声压级和声压谱级

声压谱级见表 3.2.11-3，频带声压级见表 3.2.11-4。

项目海域水下环境背景噪声声谱级随着频率的增高而下降，在 20Hz~20kHz 频率范围内，全频带累积声压级为 137.5dB，噪声谱级的总动态变化范围是 77dB，而在特定频率（如 100Hz）的噪声功率谱级的动态变化范围为 24dB。总体上，在 100Hz 以上的频率的噪声谱级在 105dB 以下；500Hz 以上频率的噪声谱级均

在 95dB 以下；1kHz 以上频率的噪声谱级在 89dB 以下；而在 5kHz 以上频率，噪声谱级在 72dB 以下。

表 3.2.11-3a 工程海域水下噪声环境调查结果——声压谱级 单位：dB (re 1uPa $\sqrt{\text{Hz}}$)
(内容不公开)

表 3.2.11-3b 工程海域水下噪声环境调查结果——声压谱级 单位：dB (re 1uPa $\sqrt{\text{Hz}}$)
(内容不公开)

表 3.2.11-4a 工程海域水下噪声环境调查结果——频带声压级 单位：dB/1uPa (内容不公开)

表 3.2.11-4b 工程海域水下噪声环境调查结果——频带声压级 单位：dB/1uPa (内容不公开)

3.2.12 自然保护区

项目论证范围内有深圳深汕九龙湾海洋生态地方级自然保护区，该自然保护区是经汕尾市人民政府[汕府函(2006)24号]批准设立的市级自然保护区，2019年将保护区管护工作移交深圳市深汕特别合作区城市管理和综合执法局。2022年在整合优化摸底数据的基础上进一步根据保护区现状进行范围优化，最终确定的矢量化面积 623.7024 公顷。保护区的主要保护对象为复合型水生生态系统及其重点保护和珍稀濒危生物与红树林生态系统。该保护区位于本项目北侧，最近距离约为 0.5km。

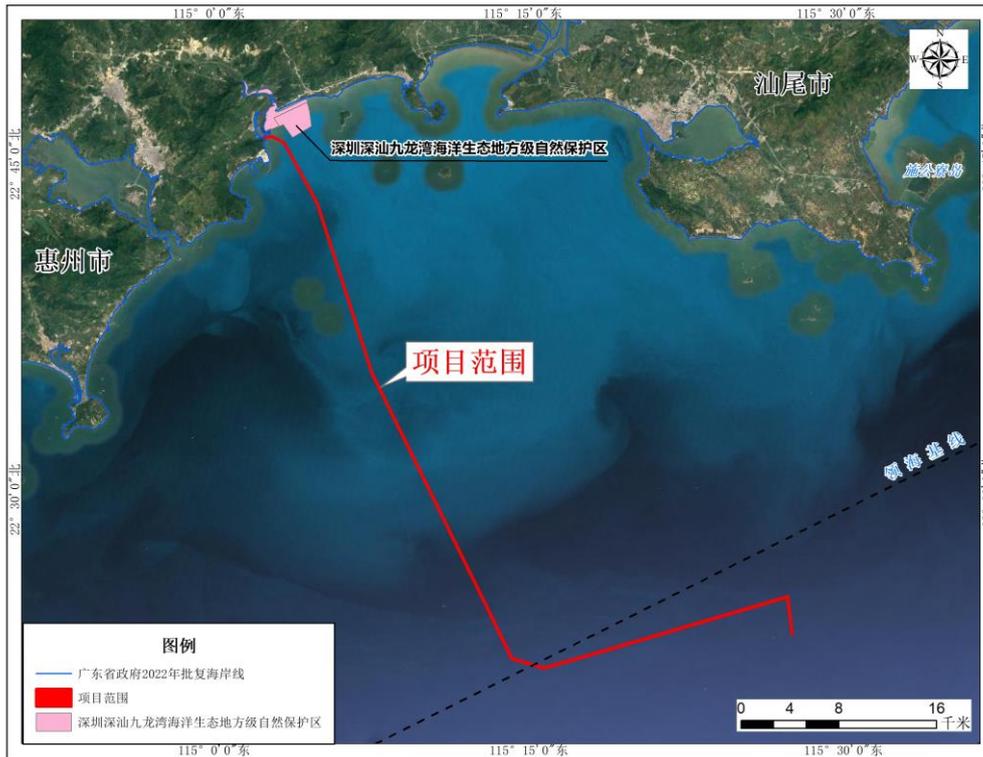


图 3.2.12-1 项目与自然保护位置示意图

3.2.13 珍稀海洋生物

(1) 中华白海豚

中华白海豚 (*Sousa chinensis*)，又名印度太平洋驼背豚,属哺乳纲、鲸目、海豚科、驼背豚属、中华白海豚种。在 1988 年颁布的《中华人民共和国野生动物保护法》中，中华白海豚被列为国家一级保护动物。在 1991 年颁布的《濒危野生动植物国际贸易公约》附录I中，中华白海豚被列为严格禁止贸易活动的物种。在 2006 年的国际自然保护联盟濒危物种红色名录（或称 IUCN 红色名录）中，中华白海豚被列为濒危物种。

生境选择：中华白海豚对生境具有选择性，喜欢在近岸水域，一般在离岸 400m 以内的浅水域（水深一般小于 20m）内活动（Preen, 2004; Liu 和 Hills, 1997; Karczmarski, 2000; Karczmarski 等, 2000），近岸的暗礁区是中华白海豚的关键生境（Keith 等, 2002; 贾晓平等, 2000）。但是其对水深要求的极限，Karczmarski 等（2000）认为是 25m，水深可能成为各亚种群之间基因交流的障碍。中华白海豚对水的透明度没有明显的偏好（Jefferson, 2000; Bowater 等, 2003）。

分布情况：从 2012 年开始，汕头大学理学院海洋生物研究所通过基于当地生态知识的问卷调查以及船只照片识别的野外调查，对粤东海域的鲸豚类进行种群统计。其中，基于当地生态知识的问卷调查发现：在上世纪 80 年代，在东山、南澳附近海域均可常见中华白海豚出现，渔民目击区域主要集中在汕头港外草屿、外砂河、南澳大桥凤屿、云澳码头以及南澳北面海域，偶见于青澳湾、潮州柘林湾以及汕头湾内附近。照片识别数据库共发现 19 头成年中华白海豚以及 1 头幼豚。主要分布区域为外砂河与南澳大桥凤屿之间海域以及汕头港草屿附近海域。

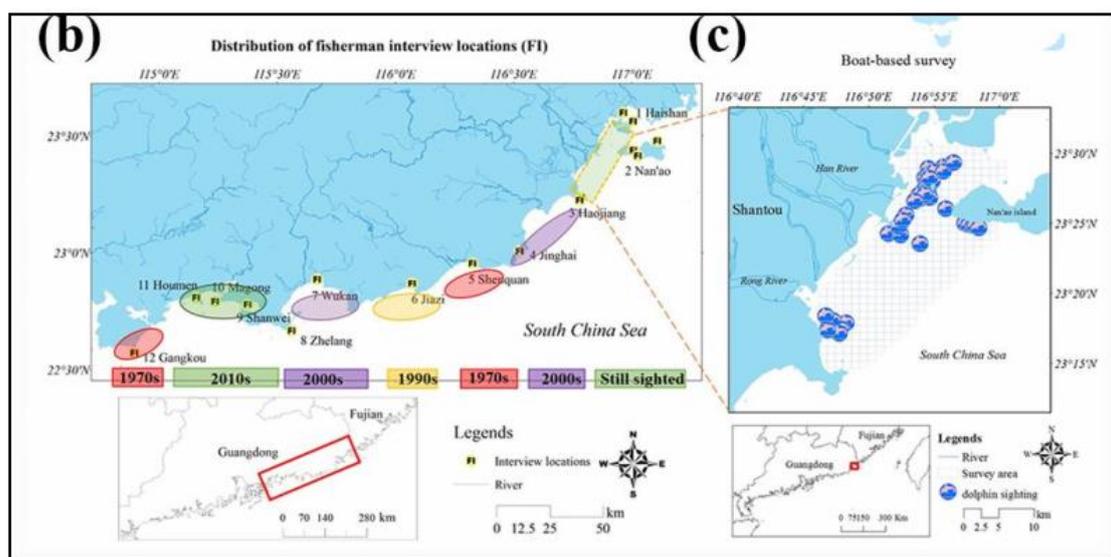


图 3.2.14-1 中华白海豚主要分布区域

(2) 海龟

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

根据《广东省海洋环境保护规划》研究成果，以及南海水产研究所调查资料，海龟在广东省的主要活动地区为大亚湾、红海湾、汕头。中国已于 1985 年在广东惠东县港口镇海龟湾建立了国家级海龟自然保护区。大多数的海龟生存在比较浅的沿海水域、海湾、泻湖、珊瑚礁和流入大海的河口。不同种类和同一种类内部不同群体的海龟有着各自的迁徙习惯。

通过 2001-2010 年中国大陆对 11 头绿海龟和 3 头蠓龟的洄游路线卫星追踪情况进行分析，可知本项目所在海域存在海龟活动的历史追踪数据。

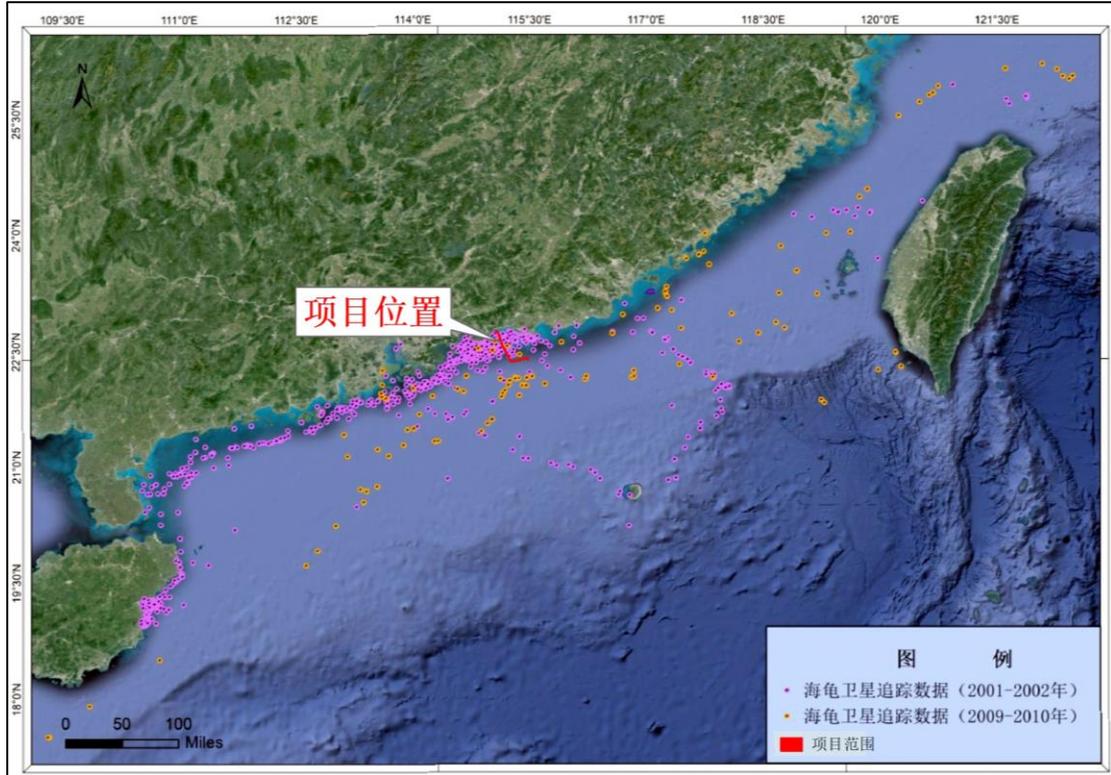


图 3.2.14-2 中国大陆海龟洄游路线卫星追踪图（2001-2010 年）

3.2.14 “三场一通道”分布情况

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

（1）南海鱼类产卵场

南海鱼类产卵场分布见图 3.2.14-1 和图 3.2.14-2，本项目部分位于南海中上层鱼类产卵场内，不位于南海底层、近底层鱼类产卵场内。

（2）南海北部幼鱼繁育场保护区

南海北部幼鱼繁育场保护区位于南海北部及北部湾沿岸 40m 等深线水域(图 3.2.14-3)，保护期为 1-12 月，管理要求为禁止在保护区内进行底拖网作业。本项目位于南海北部幼鱼繁育场保护区内。

（3）黄花鱼幼鱼保护区

黄花鱼幼鱼保护区共有 4 处，其中一处为海丰县遮浪横至惠东县平海角 20 米水深以内海域，保护期为每年的 11 月 1 日至翌年 1 月 31 日。禁渔期间，禁止

底拖网渔船和拖虾渔船以及捕捞这类幼鱼的其它作业渔船进入上述海域内生产。本项目部分位于黄花鱼幼鱼保护区内（详见图 3.2.14-4）。

（4）蓝圆鲹、金色小沙丁鱼幼鱼保护区

蓝圆鲹、金色小沙丁鱼幼鱼保护区共有 3 处，其中一处为珠江口担杆岛至海丰县遮浪横 20 米水深以内海域，保护期为每年的 4 月 15 日至 7 月 15 日。禁渔期间，禁止大小围网以及捕捞这类幼鱼为主的其他作业渔船进入上述海域内生产。本项目部分位于蓝圆鲹、金色小沙丁鱼幼鱼保护区内（详见图 3.2.14-4）。

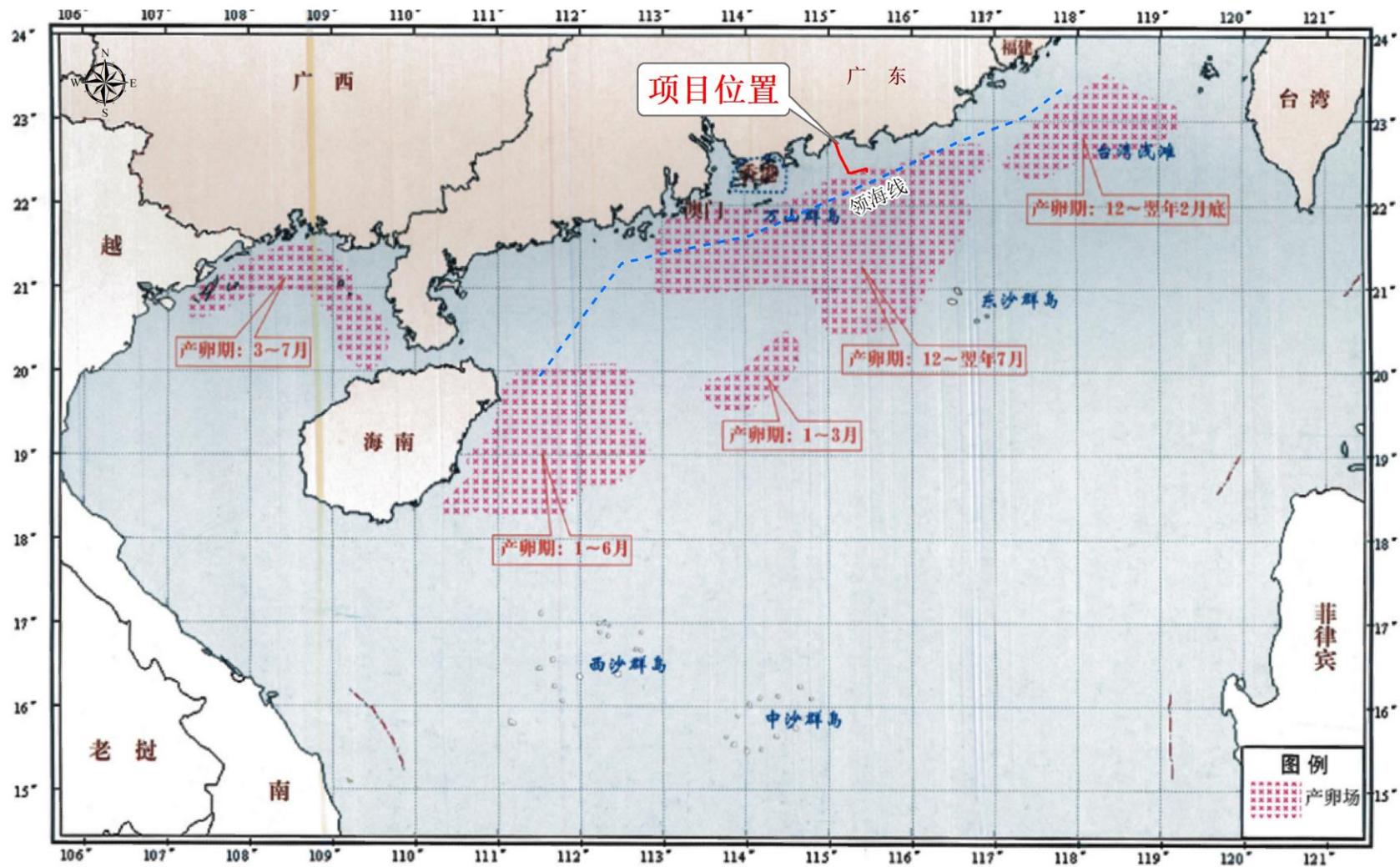


图 3.2.14-1 南海中上层鱼类产卵场示意图

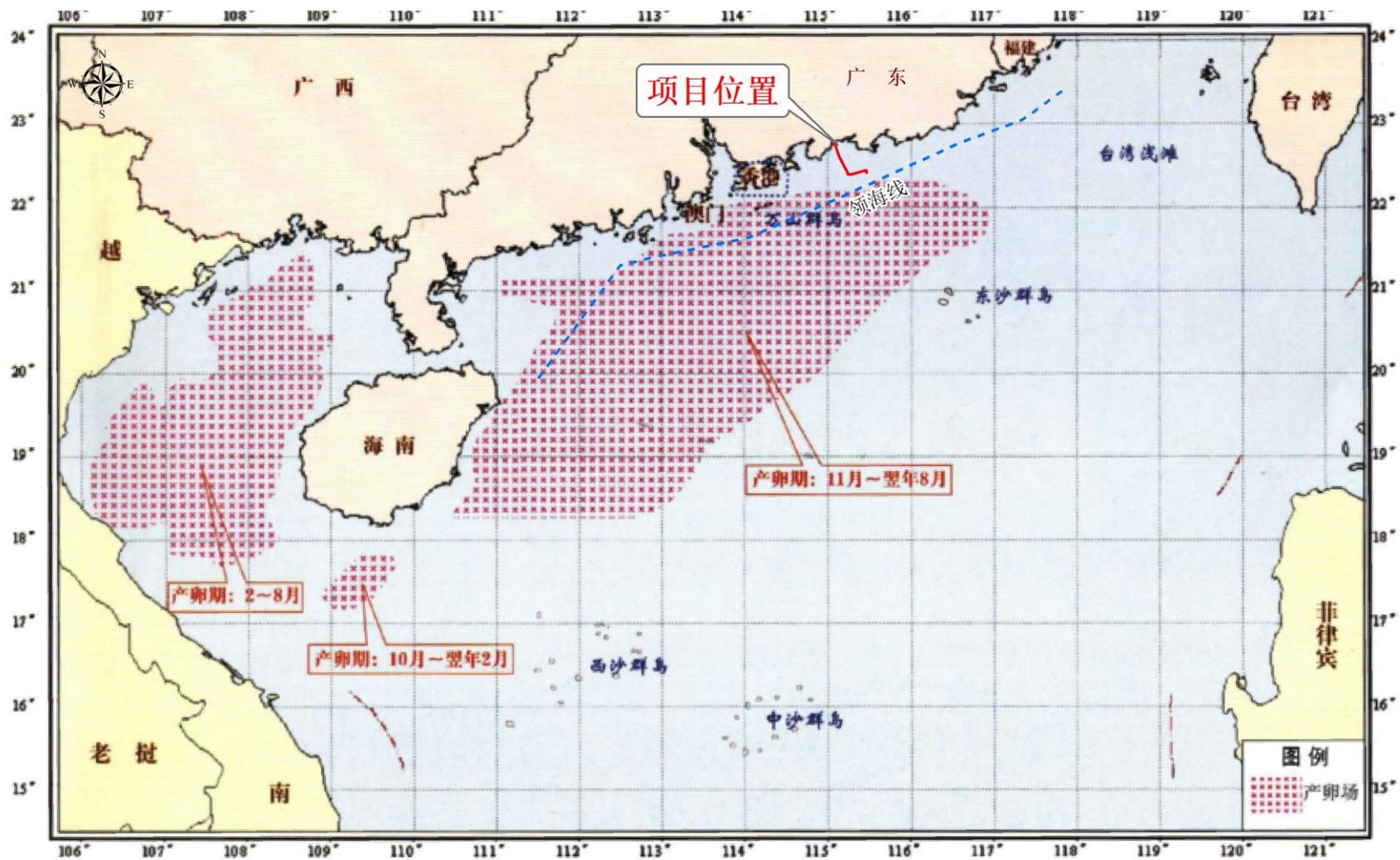


图 3.2.14-2 南海底层、近底层鱼类产卵场示意图

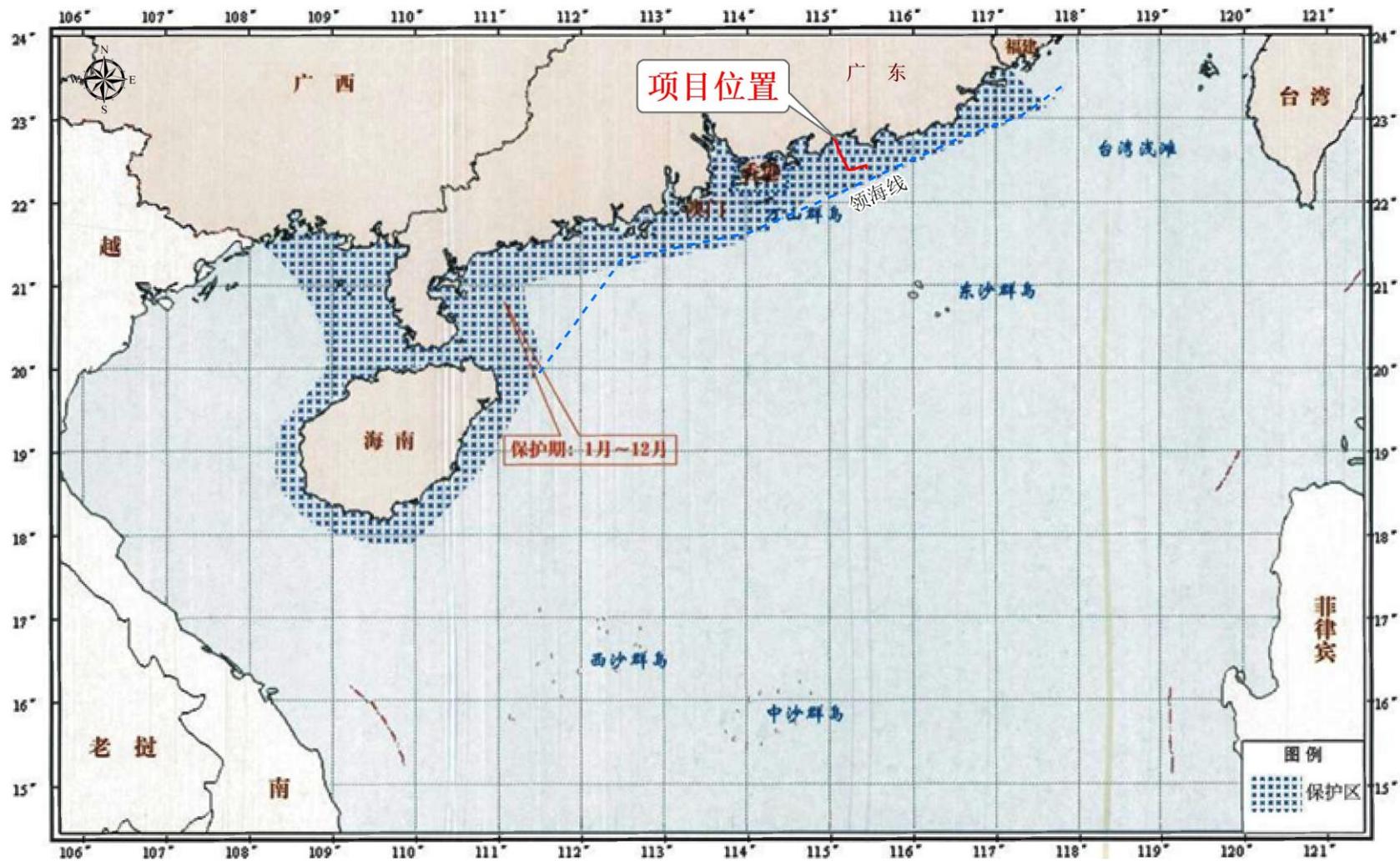


图 3.2.14-3 南海北部幼鱼繁育场保护区范围示意图

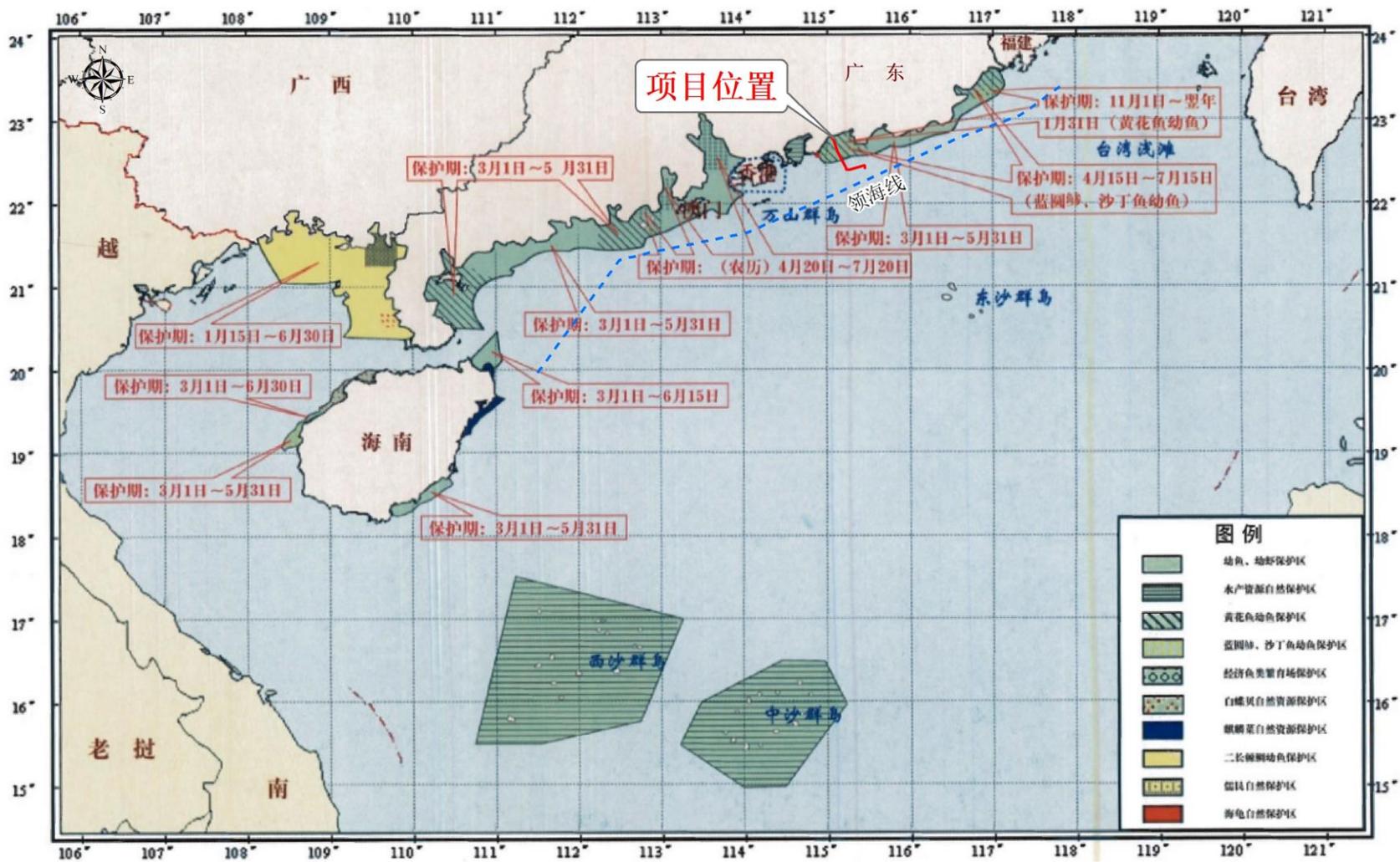


图 3.2.14-4 南海国家级及省级保护区分布示意图

4 资源生态影响分析

4.1 生态影响分析

4.1.1 水动力环境影响分析

本项目位于汕尾市对外海域，所在海域潮流动力较强，项目实施过程涉及升压站桩基施工、海缆铺设等，对海床产生扰动，会对水质产生一定影响，根据相关导则，结合工程所在区海域水深、潮汐动力等情况，建立工程所在海域三维潮流模型，预测工程对海洋环境的影响。

4.1.1.1 潮流模型

1、控制方程

①连续方程

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

②动量方程

$$\frac{\partial h\bar{u}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}^2}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}\bar{u}}{\partial y} + \frac{\partial h\bar{w}\bar{u}}{\partial \sigma} = f\bar{v}h - gh\frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{gh}{\rho_0} \int_z^\eta \frac{\partial \rho}{\partial x} dz + hF_u + \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(\frac{v_t}{h} \frac{\partial \bar{u}}{\partial \sigma} \right)$$

$$\frac{\partial h\bar{v}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}\bar{v}}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}^2}{\partial y} + \frac{\partial h\bar{w}\bar{v}}{\partial \sigma} = -f\bar{u}h - gh\frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{gh}{\rho_0} \int_z^\eta \frac{\partial \rho}{\partial y} dz + hF_v + \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(\frac{v_t}{h} \frac{\partial \bar{v}}{\partial \sigma} \right)$$

$$hF_u = \frac{\partial}{\partial x} \left(2hA \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(hA \left(\frac{\partial \bar{u}}{\partial y} + \frac{\partial \bar{v}}{\partial x} \right) \right)$$

$$hF_v = \frac{\partial}{\partial y} \left(2hA \frac{\partial v}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(hA \left(\frac{\partial \bar{u}}{\partial y} + \frac{\partial \bar{v}}{\partial x} \right) \right)$$

式中：

x 、 y 、 z ——坐标系三个分量；

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

\bar{u} 、 \bar{v} 、 \bar{w} —— x 、 y 、 z 方向流速；

t ——时间；

f ——科氏参数；

g ——重力加速度；

ρ_0 ——参考密度；

ρ ——水体密度；

A ——水平涡动粘滞系数；采用 Smagorinsky 公式计算。

2、定解条件

在自由水面和床底的边界条件为：

在自由水面 $\sigma = 1$

$$\omega = 0, \quad \left(\frac{\partial u}{\partial \sigma}, \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right) = \frac{h}{\rho_0 v_t} (\tau_{sx}, \tau_{sy})$$

式中， τ_{sx} ， τ_{sy} 分别为风应力在 x 、 y 方向的分量；

在自由水面 $\sigma = 0$

$$\omega = 0, \quad \left(\frac{\partial u}{\partial \sigma}, \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right) = \frac{h}{\rho_0 v_t} (\tau_{bx}, \tau_{by})$$

在固壁边界上给定滑移边界条件，即：

$$\vec{V} \cdot \vec{n} = 0, \quad \text{grad} \Delta T \cdot \vec{n} = 0$$

式中 \vec{V} 为流速矢量， \vec{n} 为边界法向单位矢量。

在开边界上给定潮位过程 $\eta = \eta_0(t)$ ，开边界的潮位过程从调和分潮预测的潮汐结果中提取。

3、计算范围及网格划分

本项目建设内容包括升压站和海缆，所在水域位于汕尾市对外海域，潮汐动力较强，受外海潮流影响，水流运动较为复杂。根据项目海洋环境预测的需要，确定工程潮流模型计算范围如图 4.1.1-1。模型采用三角形网格划进行离散，网格单元数 32877 个，节点数 16803 个，外海网格尺寸为 2000m，对工程附近区域进行网格局部加密处理，为了更好地模拟升压站基础周围的潮流流态，以阻水面积基本相当为原则对拟升压站基础进行概化，升压站为四桩导管架基础，每根导管架桩径为 4.2m，考虑不利影响，升压站基础概化成边长为 8.4m × 8.4m 的不透水矩形单元，工程附近网格尺寸约 10.0m。

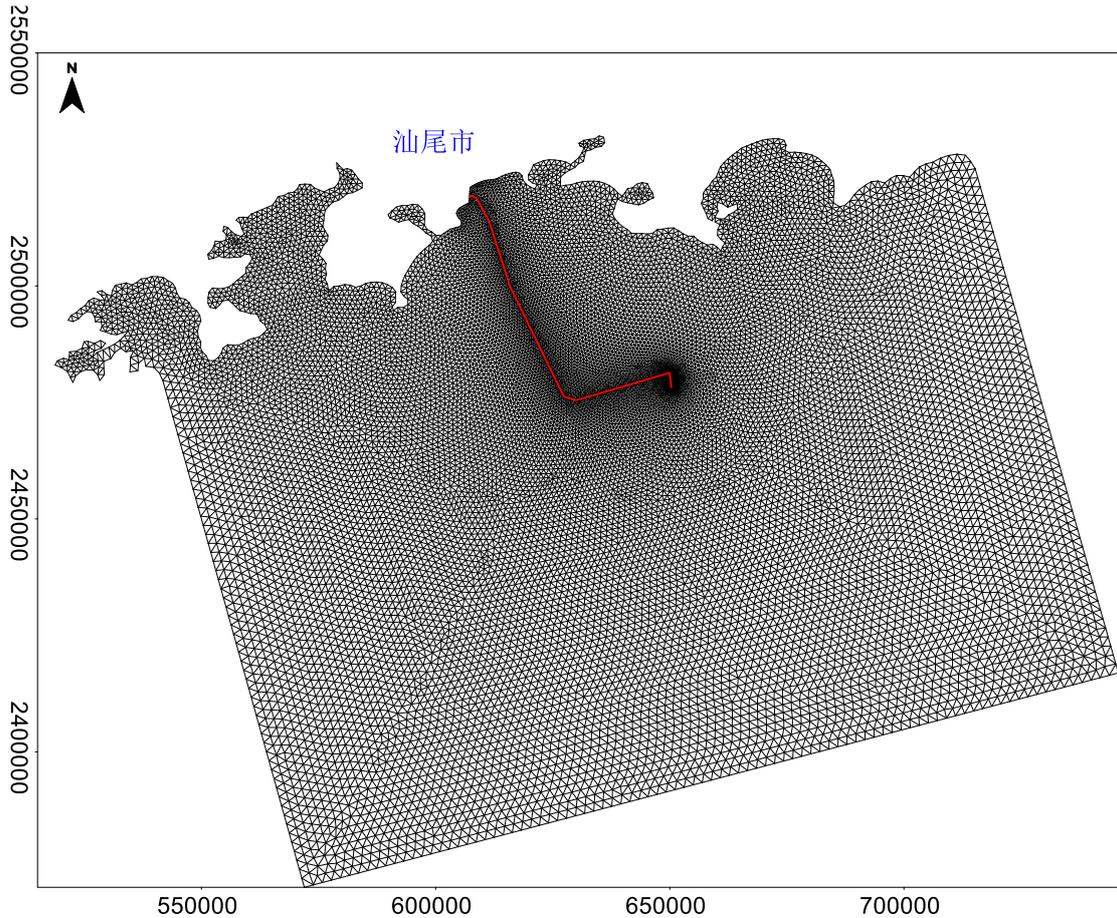


图 4.1.1-1 模型计算范围

4、模型验证

采用工程附近海域实测潮位和潮流对本模型进行验证,各观测站点分布见图 4.1.1-2。潮位站观测时间为 2023 年 8 月 27 日 00:00~8 月 29 日 23:00,潮流站 E1~E9 观测时间为 2023 年 8 月 28 日 14:00~8 月 29 日 15:00。

模拟结果表明, T1~T3 潮位观测模拟潮位过程与实测潮位过程吻合较好,高低潮位计算值与实测值基本一致;潮流观测 A1~A6 站模拟流速、流向变化趋势和实测流速、流向变化大体一致,计算流速最大值与实测流速最大值基本符合,计算流向和实测流向变化趋势基本一致。总体上,本模型潮位和流速、流向验证效果较好,计算结果具有一定的可靠性,可运用于本项目相关预测工作。

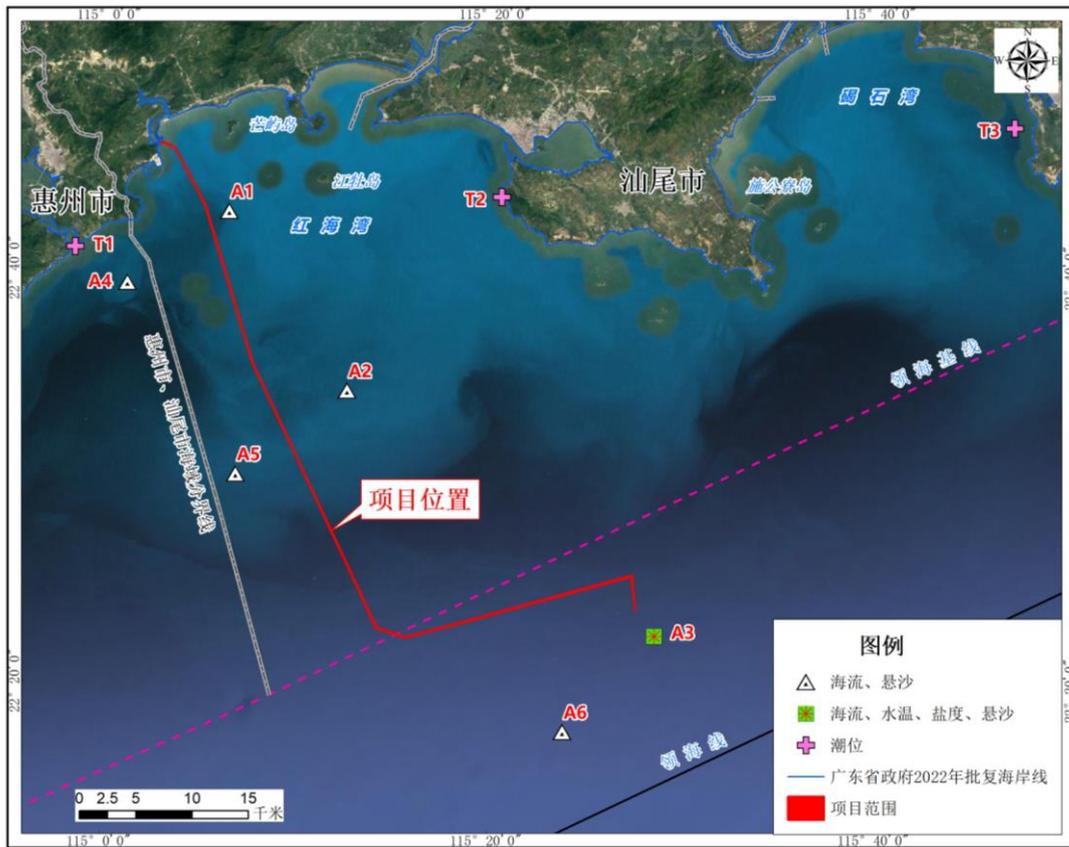


图 4.1.1-2 验证站位分布图

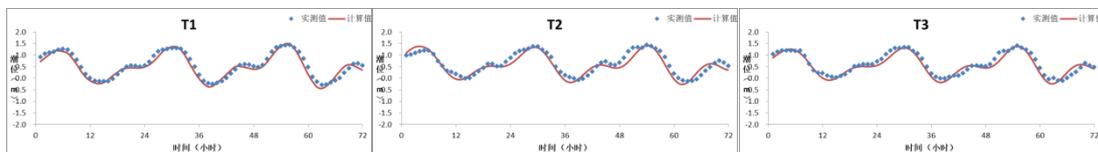


图 4.1.1-3 潮位验证 (2023 年 8 月 27 日 00: 00 起)

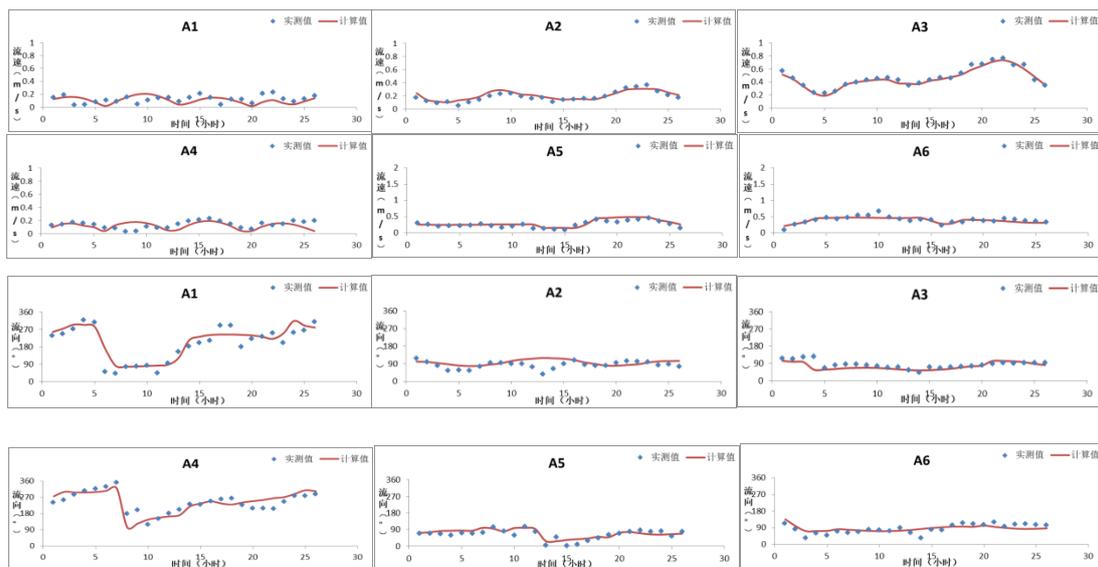


图 4.1.1-4a 表层潮流流速、流向验证 (2023 年 8 月 28 日 14: 00 起)

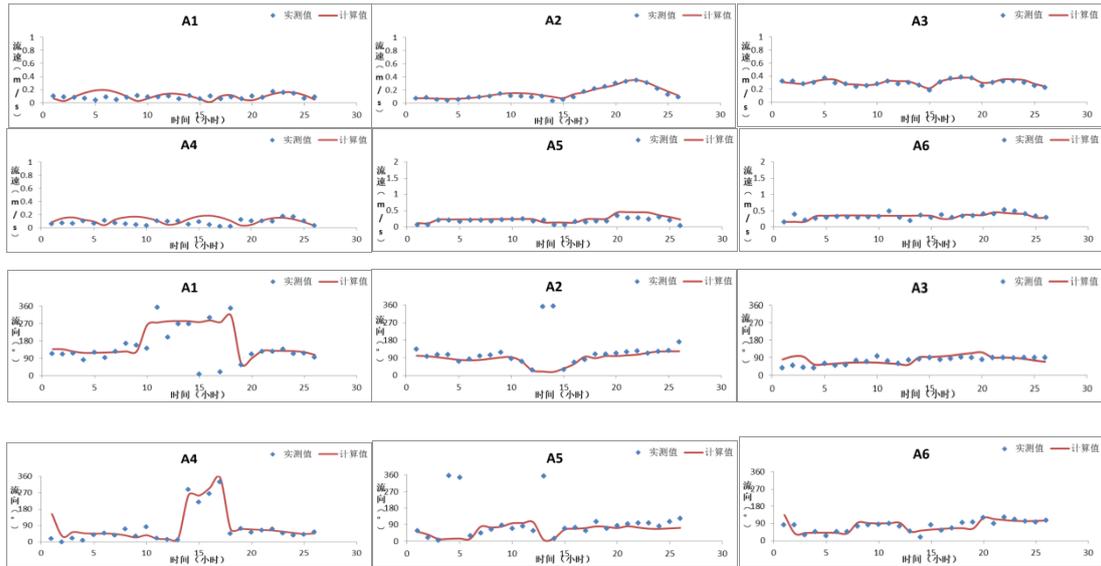


图 4.1.1-4b 中层潮流流速、流向验证 (2023 年 8 月 28 日 14: 00 起)

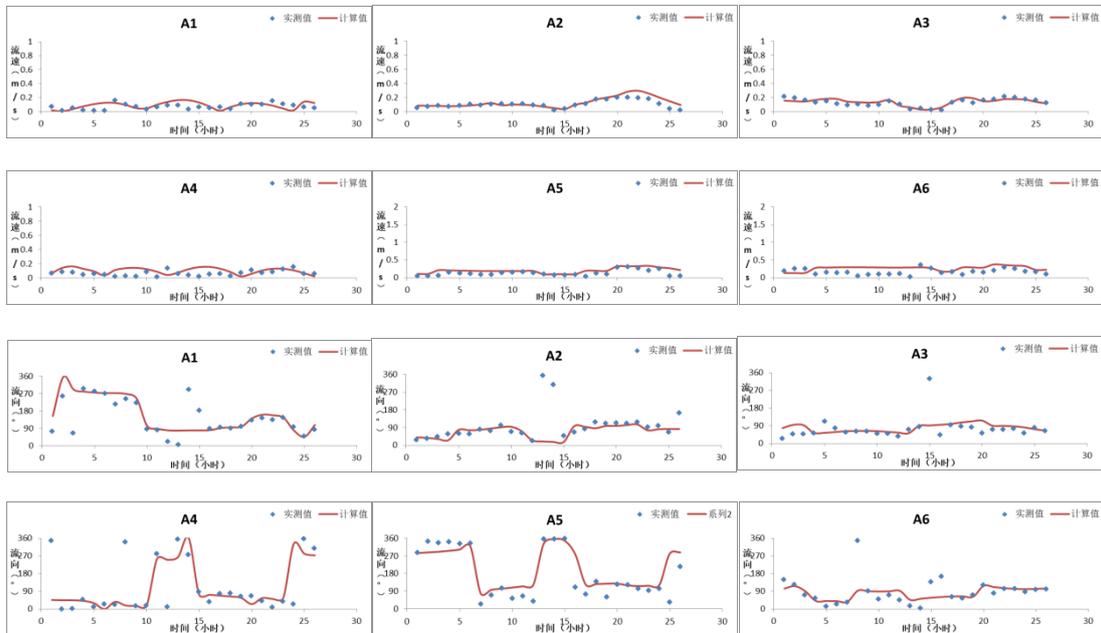


图 4.1.1-4c 底层潮流流速、流向验证 (2023 年 8 月 28 日 14: 00 起)

4.1.1.2 工程前潮汐动力特征分析

本工程位于汕尾市对外海域，项目所在海域受外海潮流影响明显，外海域大潮涨、落急流场见图 4.1.1-5 和图 4.1.1-6。模拟结果显示，外海潮流运动受外海潮流动力作用，外海潮流主要体现为 NE~SE 向，涨急时刻外海潮流总体流向 NE，表层流速为 0.10~1.00m/s，最大流速出现在外凸岸线前端海域，流速为 1.00m/s；中层流速为 0.06~0.76m/s，最大流速出现在外凸岸线前端海域，流速为 0.76m/s；底层流速为 0.05~0.54m/s，最大流速出现在外凸岸线前端海域，流速为 0.54m/s。

落急时刻外海潮流总体流向 SE，表层流速为 0.18~1.04m/s，最大流速出现在外凸岸线前端海域，流速为 1.04m/s；中层流速为 0.14~0.86m/s，最大流速出现在外凸岸线前端海域，流速为 0.86m/s；底层流速为 0.08~0.52m/s，最大流速出现在外凸岸线前端海域，流速为 0.52m/s。

工程升压站所在区域大潮涨、落急流场见图 4.1.1-7 和图 4.1.1-8。该区域开阔外海潮流运动主要体现为 E~SE 向，涨急时刻潮流流向 E，落急时刻潮流流向 SE，工程所在区域涨急时刻表层流速为 0.50~0.60m/s，中层流速为 0.38~0.46m/s，底层流速为 0.27~0.32m/s；落急时刻表层流速为 0.72~0.82m/s，中层流速为 0.59~0.70m/s，底层流速为 0.35~0.42m/s。

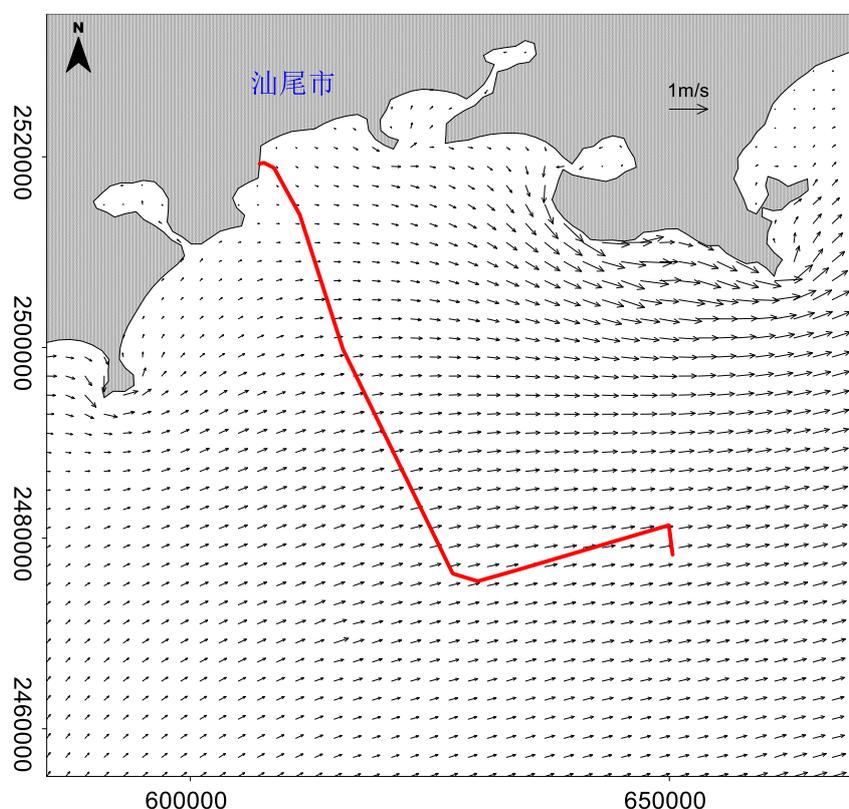


图 4.1.1-5a 汕尾市海域大潮涨急流场（表层）

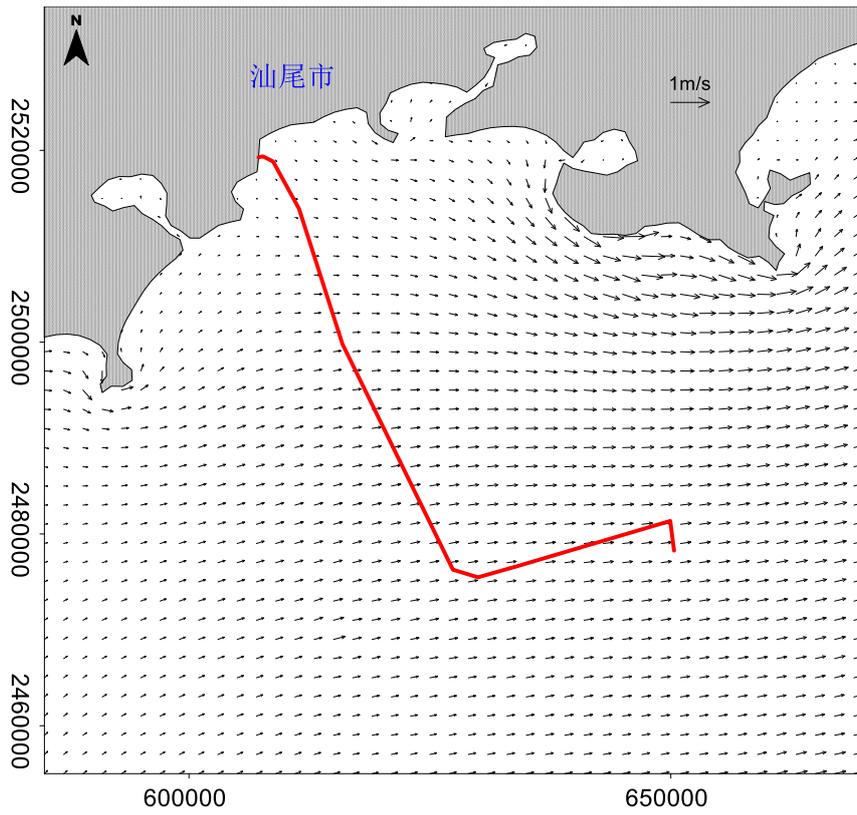


图 4.1.1-5b 汕尾市海域大潮涨急流场（中层）

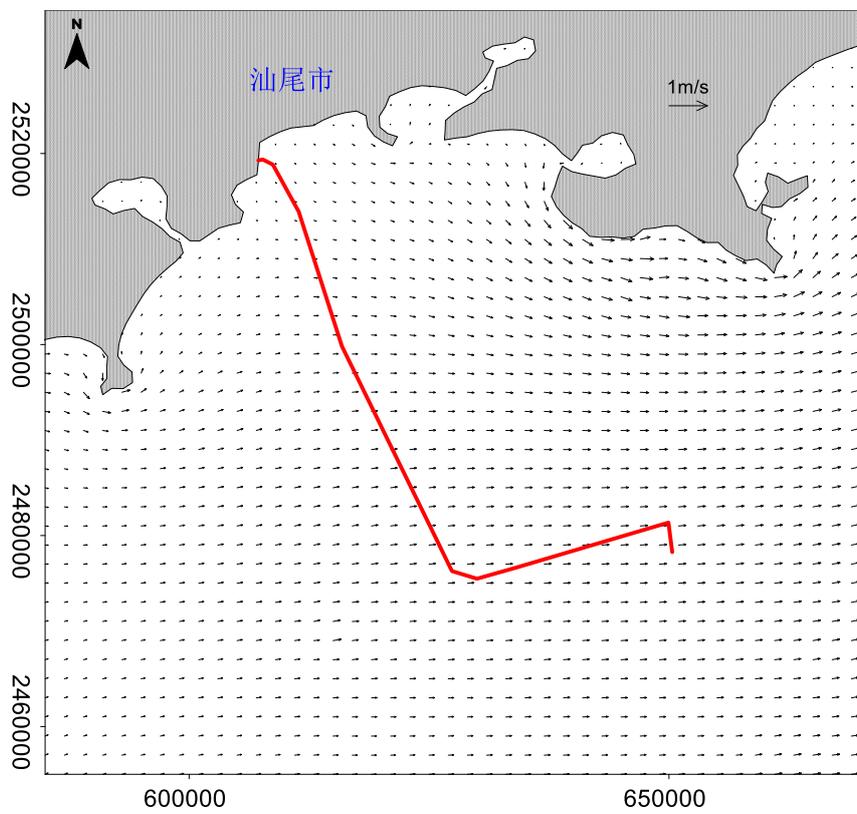


图 4.1.1-5c 汕尾市海域大潮涨急流场（底层）

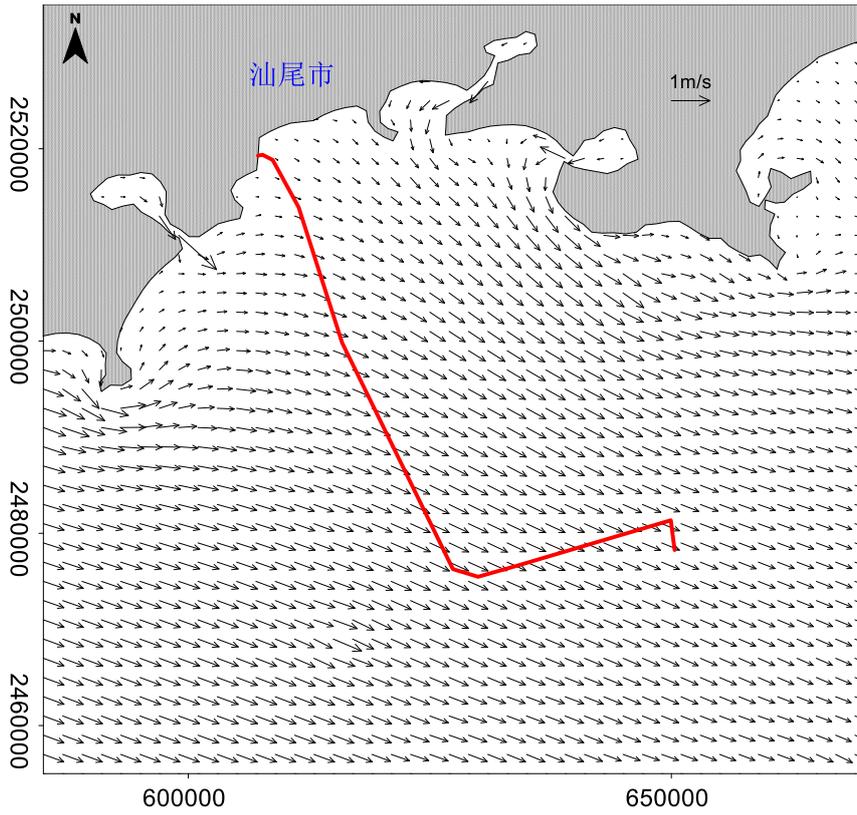


图 4.1.1-6a 汕尾市海域大潮落急流场（表层）

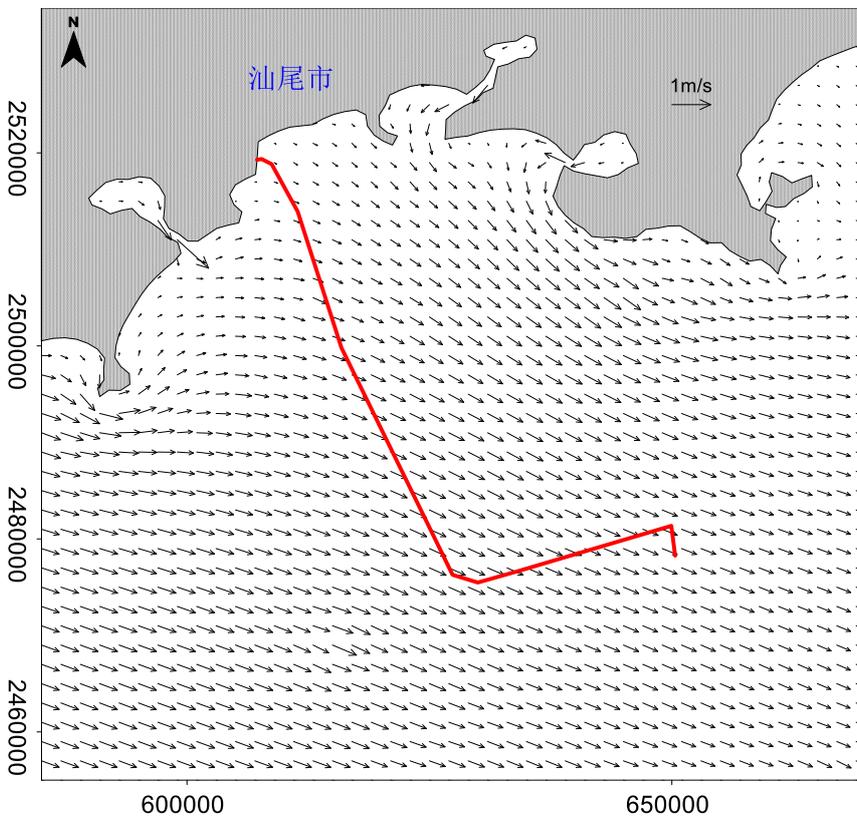


图 4.1.1-6b 汕尾市海域大潮落急流场（中层）

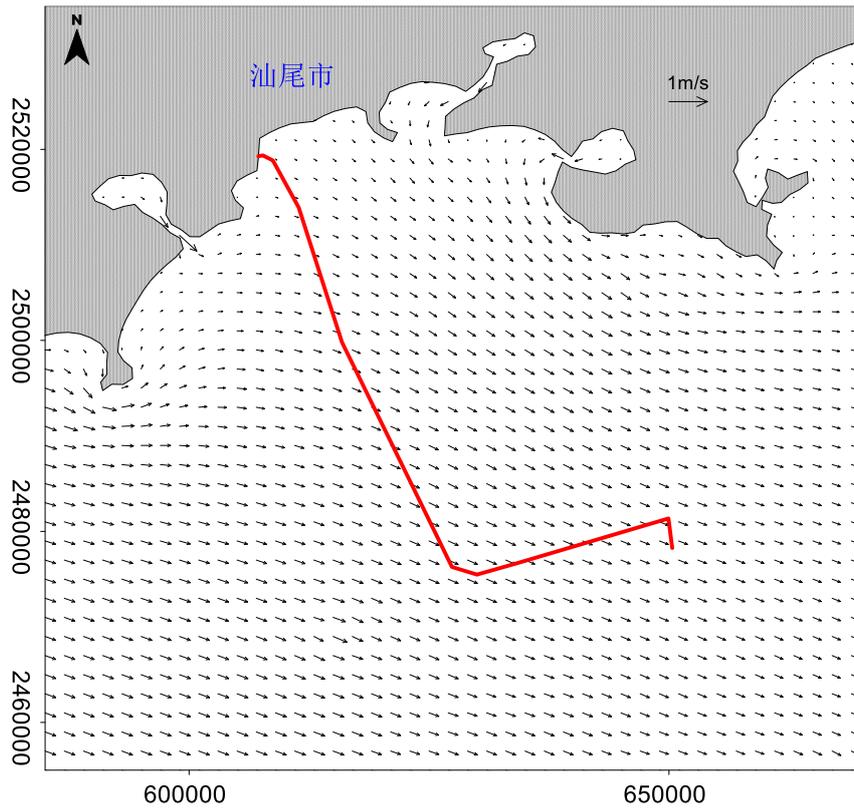


图 4.1.1-6c 汕尾市海域大潮落急流场（底层）

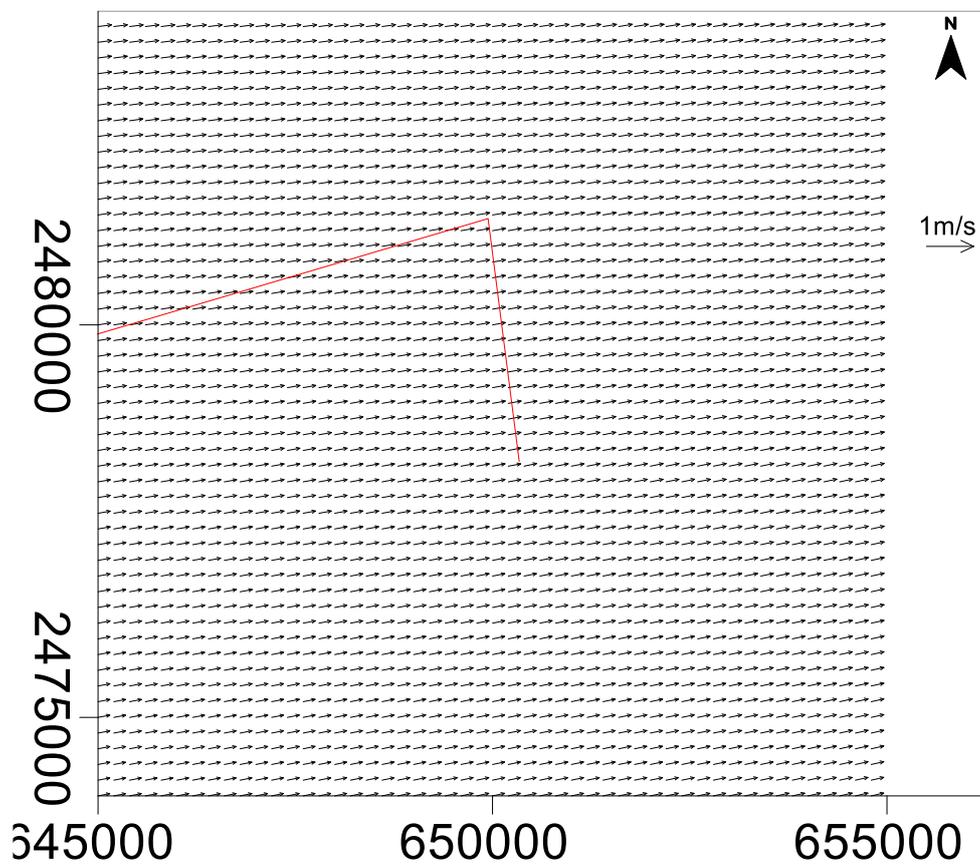


图 4.1.1-7a 工程所在区域大潮涨急流场（表层）

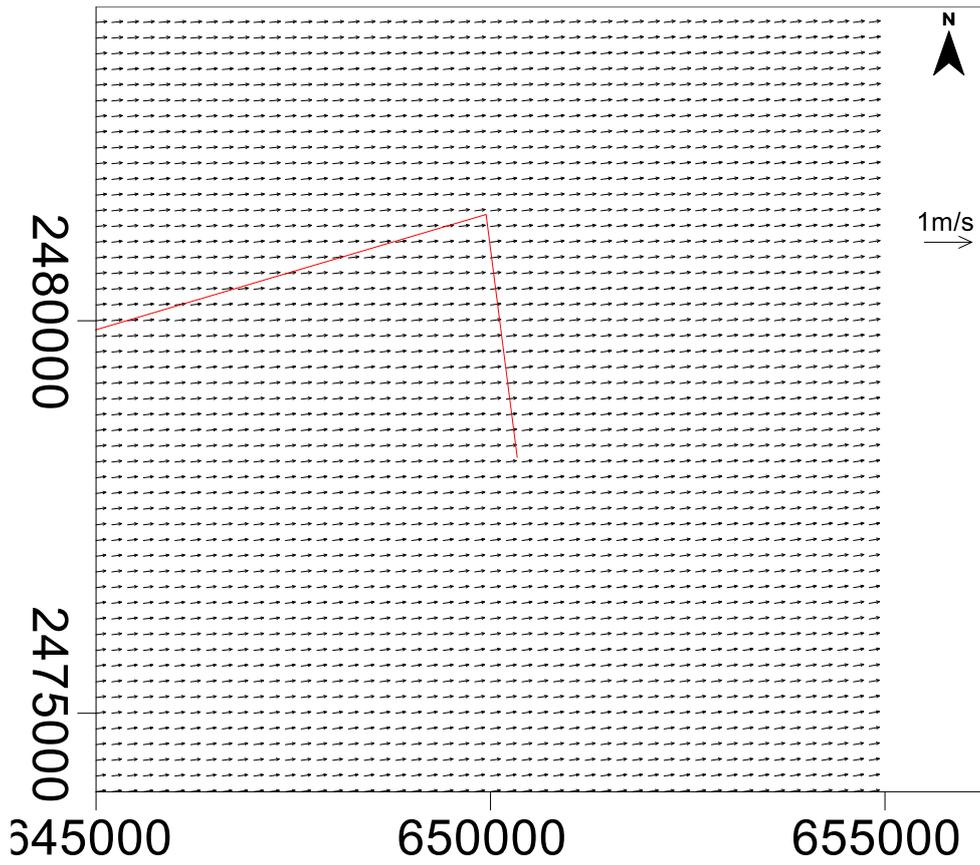


图 4.1.1-7b 工程所在区域大潮涨急流场（中层）

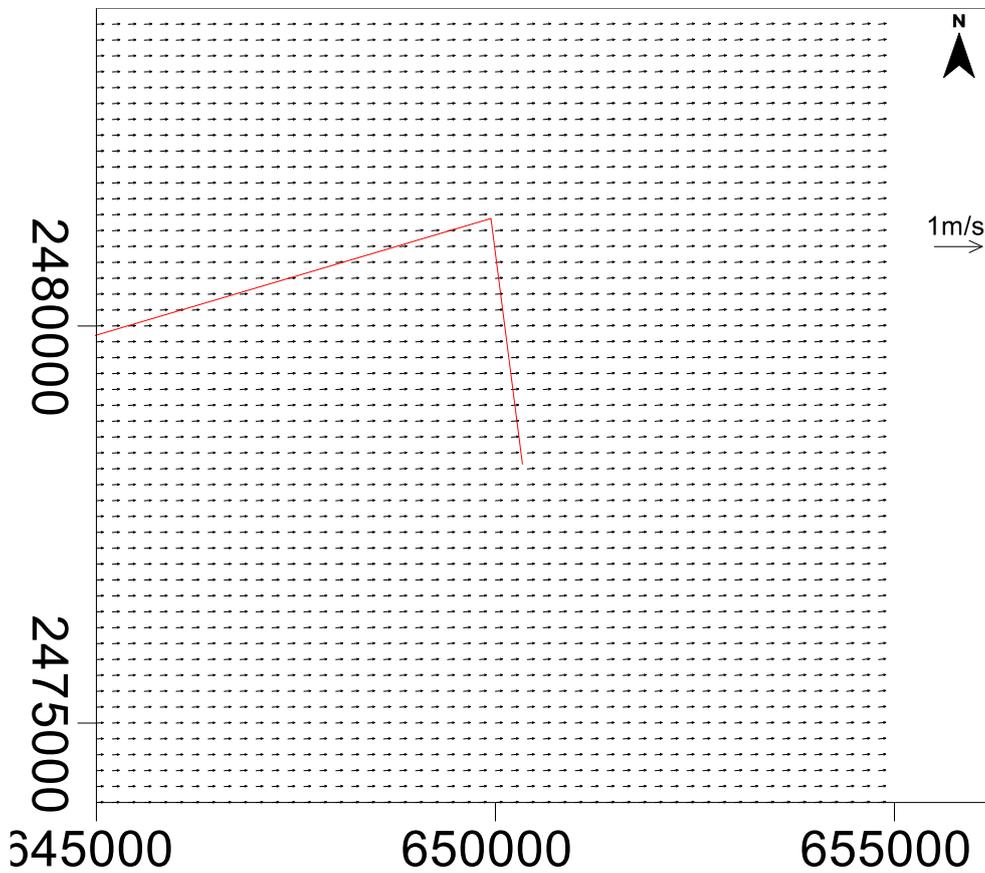


图 4.1.1-7c 工程所在区域大潮涨急流场（底层）

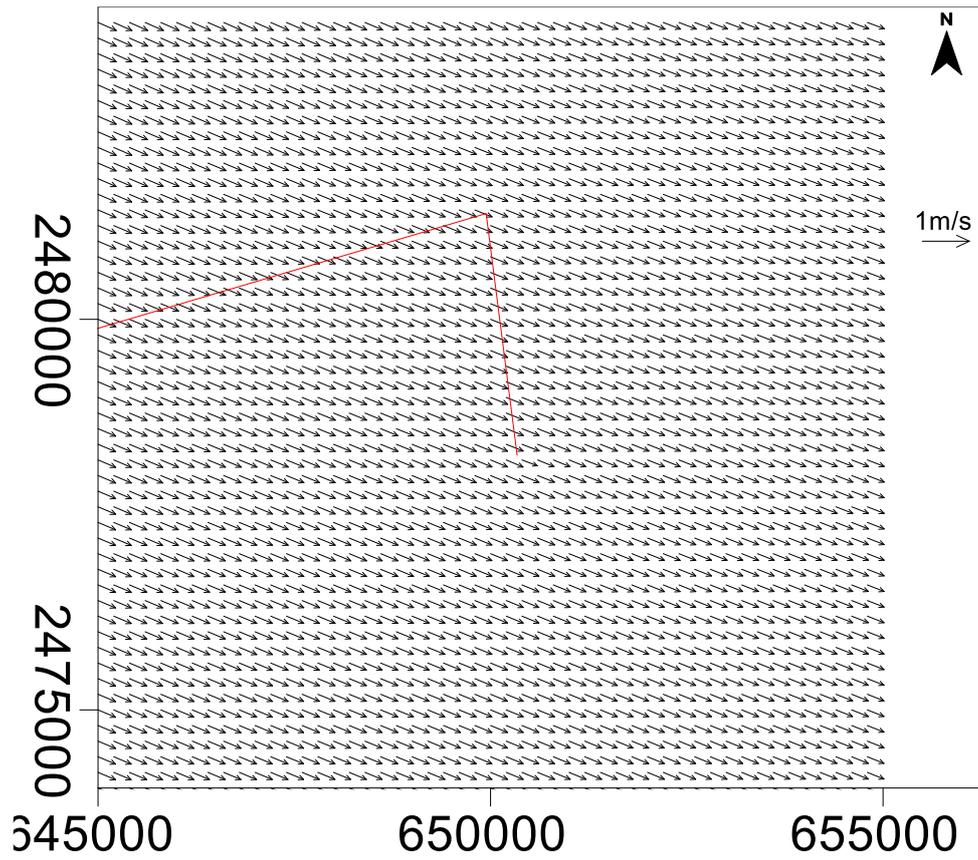


图 4.1.1-8a 工程所在区域大潮落急流场（表层）

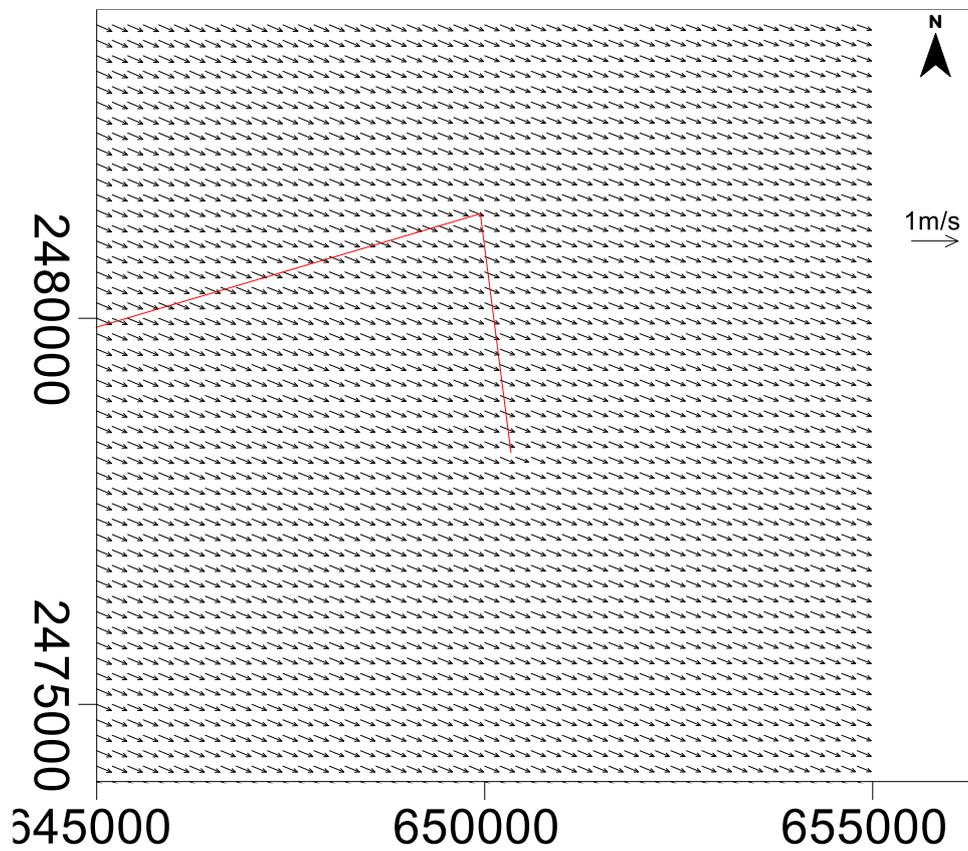


图 4.1.1-8b 工程所在区域大潮落急流场（中层）

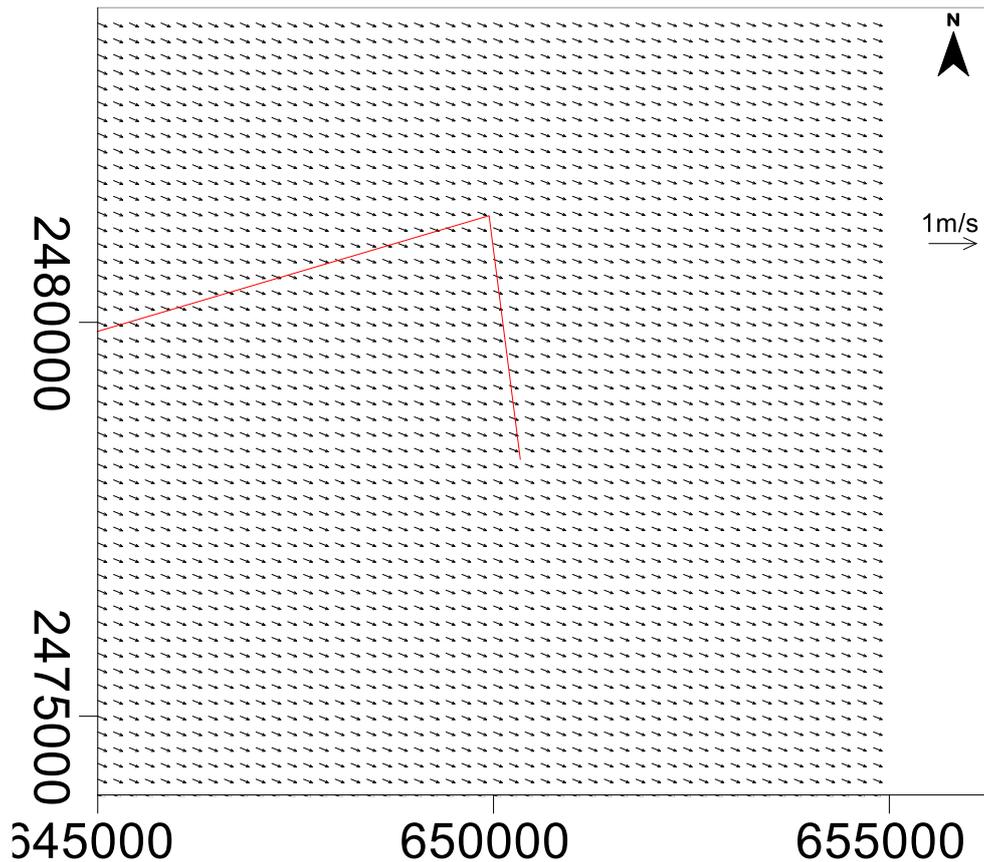


图 4.1.1-8c 工程所在区域大潮落急流场（底层）

4.1.1.3 工程后潮汐动力影响分析

为了研究本项目实施对附近海域潮汐动力环境的影响，本报告对工程前后项目附近海域的潮流变化情况进行对比分析。本项目海缆所在海域工程前后海床基本不变，海缆敷设对其所在海域潮汐动力基本不影响，工程实施对海域潮汐动力影响主要出现在升压站桩基附近，在升压站周边水域选取 12 个代表点分别对比工程前和工程后两种工况涨急和落急潮流流速、流向变化情况，#1~#8 代表点位于靠近升压站海域，#9~#12 代表点位于升压站周边区域，各代表点分布见图 4.1.1-9。分别绘制工程前后涨急流场对比图、落急流场对比图、工程前后涨急流速变化等值线图 and 落急流速变化等值线图，对比分析工程前后水动力变化。

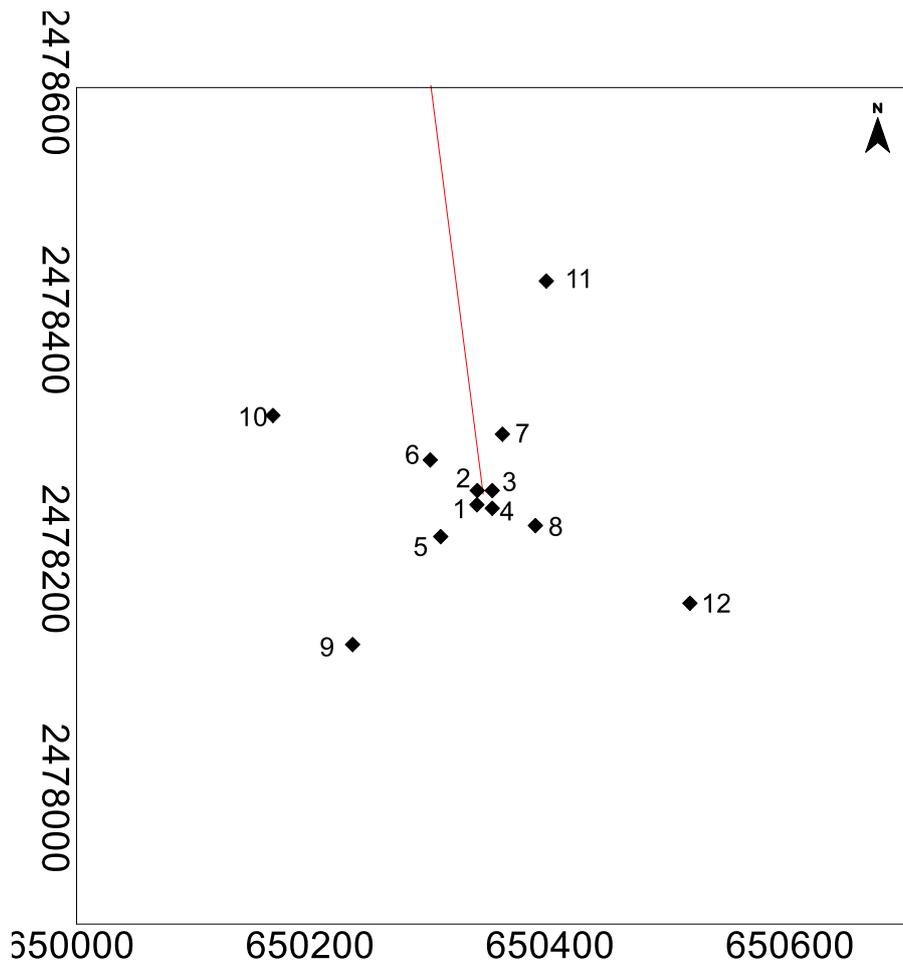


图 4.1.1-9 工程附近代表点位置分布图

工程位于开阔海域，潮流主要体现为 NE~SE 向，工程前后流速流向对比结果见表 4.1.1-1 和表 4.1.1-2。工程前后涨急流场对比见图 4.1.1-10，工程前后落急流场对比见图 4.1.1-11，以黑色矢量箭头表示工程前流场，蓝色矢量箭头表示工程后流场。工程前后涨急流速变化等值线图见图 4.1.1-12，工程前后落急流速变化等值线图见图 4.1.1-13，以正值表示流速增加，负值表示流速降低。

预测结果表明，工程范围内各代表点涨急表层流速出现不同程度变化，升压站附近#1~#8 号代表点涨急时刻表层流速为 0.54m/s，工程后表层流速变化量为-0.52~0.01m/s，工程后表层流向出现不同程度变化，代表点表层流向变化量为-24~66°。升压站附近#9~#12 号代表点表层涨急时刻流速为 0.54m/s，工程后表层流速为 0.53~0.54m/s，工程前后表层涨急流速不变；该区域表层流向变化不变。

升压站附近#1~#8 号代表点涨急时刻中层流速为 0.43m/s，工程后中层流速变化量为-0.41~0.01m/s，工程后中层流向出现不同程度变化，代表点表层流向变化量为-27~63°。升压站附近#9~#12 号代表点中层涨急时刻流速为 0.43m/s，工程

后中层流速为 0.42~0.43m/s，工程前后中层涨急流速不变；该区域中层流向变化不变。

升压站附近#1~#8 号代表点涨急时刻底层流速为 0.30m/s，工程后底层流速变化量为-0.28~0.01m/s，工程后底层流向出现不同程度变化，代表点表层流向变化量为-30~60°。升压站附近#9~#12 号代表点底层涨急时刻流速为 0.30m/s，工程后底层流速为 0.29~0.30m/s，工程前后底层涨急流速基本不变；该区域底层流向变化不变。

工程范围内各代表点落急表层流速出现不同程度变化，升压站附近#1~#8 号代表点落急时刻表层流速为 0.78m/s，工程后表层流速变化量为-0.60~0.01m/s，工程后表层流向出现不同程度变化，代表点表层流向变化量为-57~32°。升压站附近#9~#12 号代表点表层落急时刻流速为 0.78m/s，工程后表层流速为 0.77~0.78m/s，工程前后表层落急流速基本不变；该区域表层流向变化不变。

升压站附近#1~#8 号代表点落急时刻中层流速为 0.66m/s，工程后中层流速变化量为-0.51~0.01m/s，工程后中层流向出现不同程度变化，代表点表层流向变化量为-56~33°。升压站附近#9~#12 号代表点中层落急时刻流速为 0.66m/s，工程后中层流速为 0.65~0.66m/s，工程前后中层落急流速基本不变；该区域中层流向变化基本不变。

升压站附近#1~#8 号代表点落急时刻底层流速为 0.39m/s，工程后底层流速变化量为-0.31~0.01m/s，工程后底层流向出现不同程度变化，代表点表层流向变化量为-56~33°。升压站附近#9~#12 号代表点底层落急时刻流速为 0.39m/s，工程后底层流速为 0.38~0.39m/s，工程前后底层落急流速基本不变；该区域底层流向变化基本不变。

综上所述，工程实施后升压站迎水面和背水面海域流速出现一定程度减缓，升压站侧面流速稍有增加，流向变化不明显，可见工程实施对潮汐动力影响主要出现在升压站附近，其他海域影响程度较有限。

表 4.1.1-1a 工程前后各代表点涨急流速流向变化（表层）

代表点	流速 (m/s)			流向 (°)		
	工程前	工程后	变化值	工程前	工程后	变化值
1	0.54	0.26	-0.28	80	144	64
2	0.54	0.48	-0.06	80	56	-24
3	0.54	0.01	-0.52	80	145	66
4	0.54	0.35	-0.19	80	69	-11
5	0.54	0.49	-0.04	80	84	4

代表点	流速 (m/s)			流向 (°)		
	工程前	工程后	变化值	工程前	工程后	变化值
6	0.54	0.52	-0.02	80	78	-1
7	0.54	0.55	0.01	80	78	-2
8	0.54	0.49	-0.05	80	76	-3
9	0.54	0.53	0.00	80	80	1
10	0.54	0.53	-0.01	80	80	0
11	0.54	0.54	0.00	80	79	0
12	0.54	0.54	0.00	80	79	0

表 4.1.1-1b 工程前后各代表点涨急流速流向变化 (中层)

代表点	流速 (m/s)			流向 (°)		
	工程前	工程后	变化值	工程前	工程后	变化值
1	0.43	0.22	-0.21	83	144	61
2	0.43	0.38	-0.05	83	56	-27
3	0.43	0.02	-0.41	83	145	63
4	0.43	0.25	-0.18	82	71	-12
5	0.43	0.40	-0.03	83	87	4
6	0.43	0.42	-0.01	83	81	-1
7	0.43	0.44	0.01	83	80	-2
8	0.43	0.38	-0.05	82	79	-4
9	0.43	0.43	0.00	83	83	1
10	0.43	0.42	0.00	83	82	0
11	0.43	0.43	0.00	83	82	0
12	0.43	0.43	0.00	82	82	0

表 4.1.1-1c 工程前后各代表点涨急流速流向变化 (底层)

代表点	流速 (m/s)			流向 (°)		
	工程前	工程后	变化值	工程前	工程后	变化值
1	0.30	0.17	-0.13	86	144	58
2	0.30	0.25	-0.04	86	56	-30
3	0.30	0.02	-0.28	86	146	60
4	0.30	0.16	-0.14	86	73	-13
5	0.30	0.28	-0.02	86	91	5
6	0.30	0.29	-0.01	86	85	-1
7	0.30	0.30	0.01	86	84	-2
8	0.30	0.26	-0.04	86	82	-4
9	0.30	0.29	-0.01	86	87	1
10	0.30	0.29	-0.01	86	86	0
11	0.30	0.30	0.00	86	86	0
12	0.30	0.30	0.00	86	85	-1

表 4.1.1-2a 工程前后各代表点落急流速流向变化 (表层)

代表点	流速 (m/s)			流向 (°)		
	工程前	工程后	变化值	工程前	工程后	变化值
1	0.78	0.62	-0.16	113	144	31
2	0.78	0.39	-0.39	113	56	-57
3	0.78	0.29	-0.49	113	145	32
4	0.78	0.18	-0.60	113	118	5
5	0.78	0.76	-0.02	113	118	5
6	0.78	0.74	-0.04	113	113	0

代表点	流速 (m/s)			流向 (°)		
	工程前	工程后	变化值	工程前	工程后	变化值
7	0.78	0.79	0.01	113	109	-3
8	0.78	0.53	-0.25	113	113	0
9	0.78	0.78	0.00	113	114	1
10	0.78	0.77	-0.01	113	113	0
11	0.78	0.78	0.00	113	112	-1
12	0.78	0.77	-0.01	113	112	-1

表 4.1.1-2b 工程前后各代表点落急流速流向变化 (中层)

代表点	流速 (m/s)			流向 (°)		
	工程前	工程后	变化值	工程前	工程后	变化值
1	0.66	0.52	-0.13	113	144	31
2	0.66	0.34	-0.32	113	56	-56
3	0.66	0.24	-0.41	113	145	33
4	0.66	0.15	-0.51	112	117	5
5	0.66	0.64	-0.02	113	118	5
6	0.66	0.62	-0.03	113	112	0
7	0.66	0.66	0.01	112	109	-3
8	0.66	0.44	-0.22	112	112	0
9	0.66	0.66	0.00	113	113	1
10	0.66	0.65	-0.01	113	113	0
11	0.66	0.66	0.00	112	112	-1
12	0.66	0.65	-0.01	112	111	-1

表 4.1.1-2c 工程前后各代表点落急流速流向变化 (底层)

代表点	流速 (m/s)			流向 (°)		
	工程前	工程后	变化值	工程前	工程后	变化值
1	0.39	0.32	-0.08	112	144	32
2	0.39	0.21	-0.18	112	56	-56
3	0.39	0.14	-0.25	112	146	33
4	0.39	0.09	-0.31	112	116	4
5	0.39	0.38	-0.01	112	118	6
6	0.39	0.37	-0.02	112	112	0
7	0.39	0.40	0.01	112	109	-3
8	0.39	0.26	-0.13	112	112	0
9	0.39	0.39	0.00	112	113	1
10	0.39	0.38	-0.01	112	112	0
11	0.39	0.39	0.00	112	111	-1
12	0.39	0.39	0.00	112	111	-1

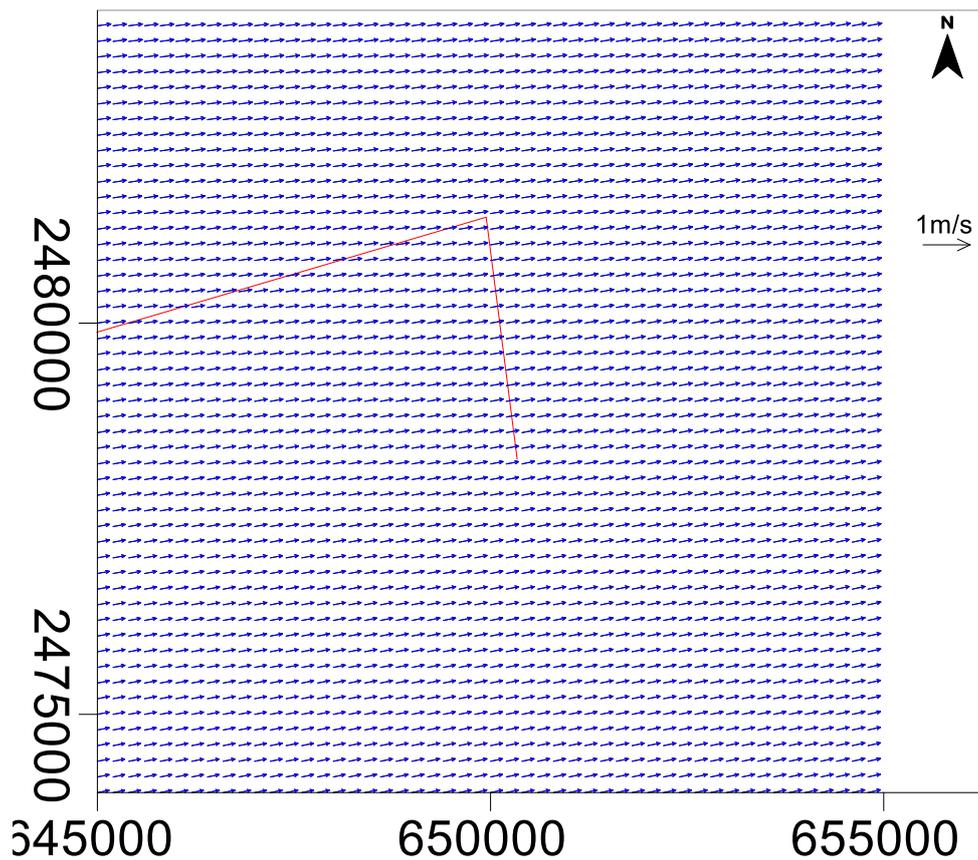


图 4.1.1-10a 涨急时刻工程前后流场对比图（表层）

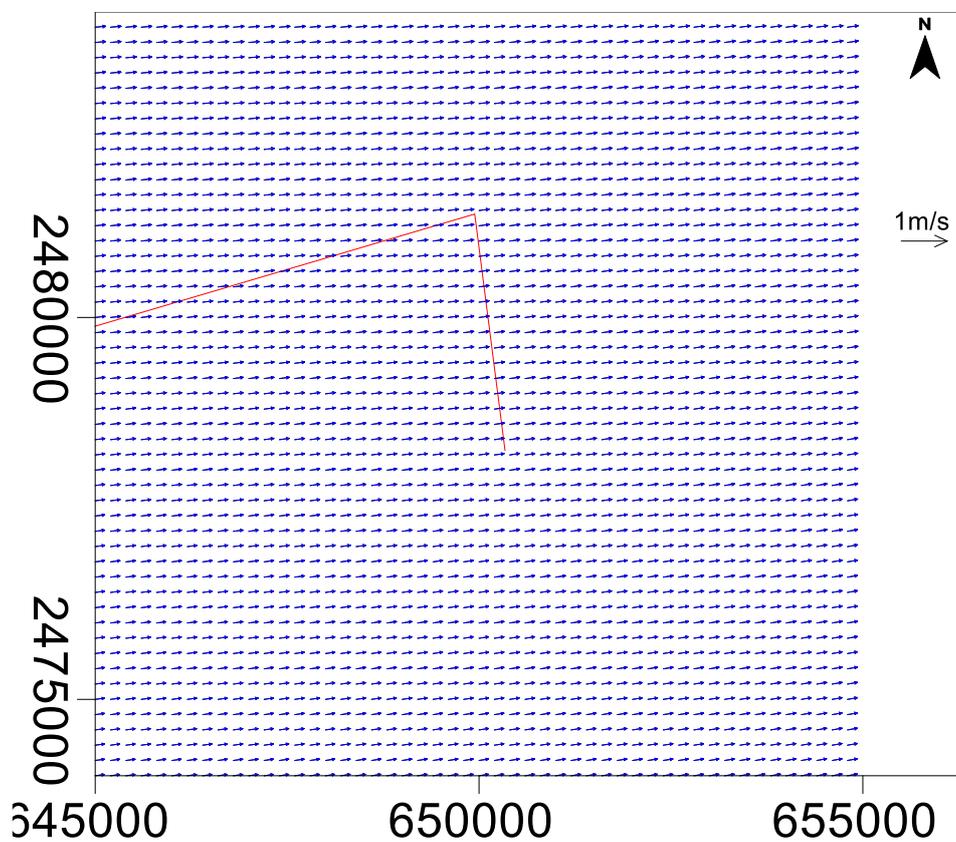


图 4.1.1-10b 涨急时刻工程前后流场对比图（中层）

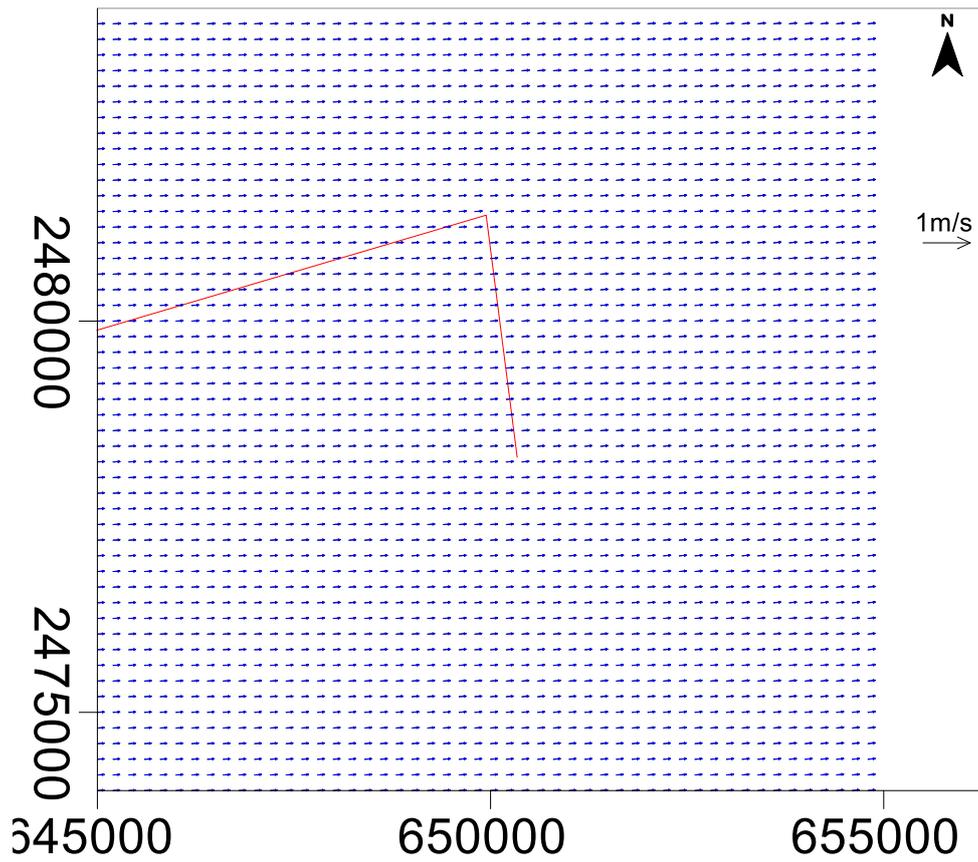


图 4.1.1-10c 涨急时刻工程前后流场对比图（底层）

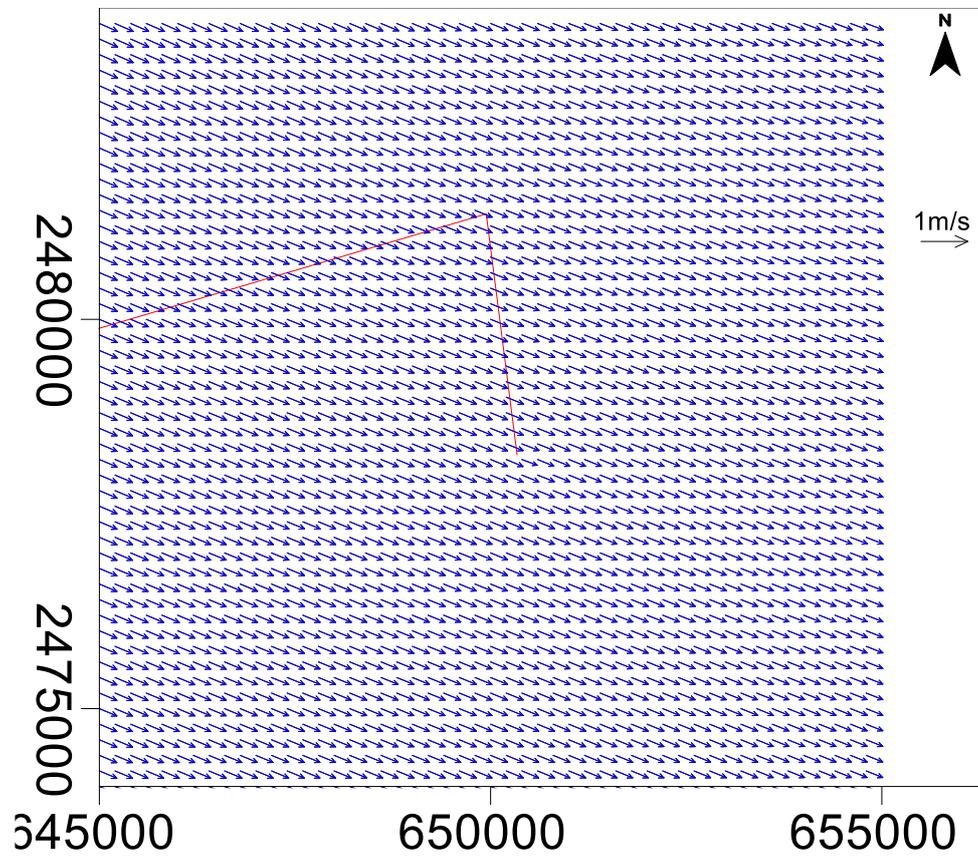


图 4.1.1-11a 落急时刻工程前后流场对比图（表层）

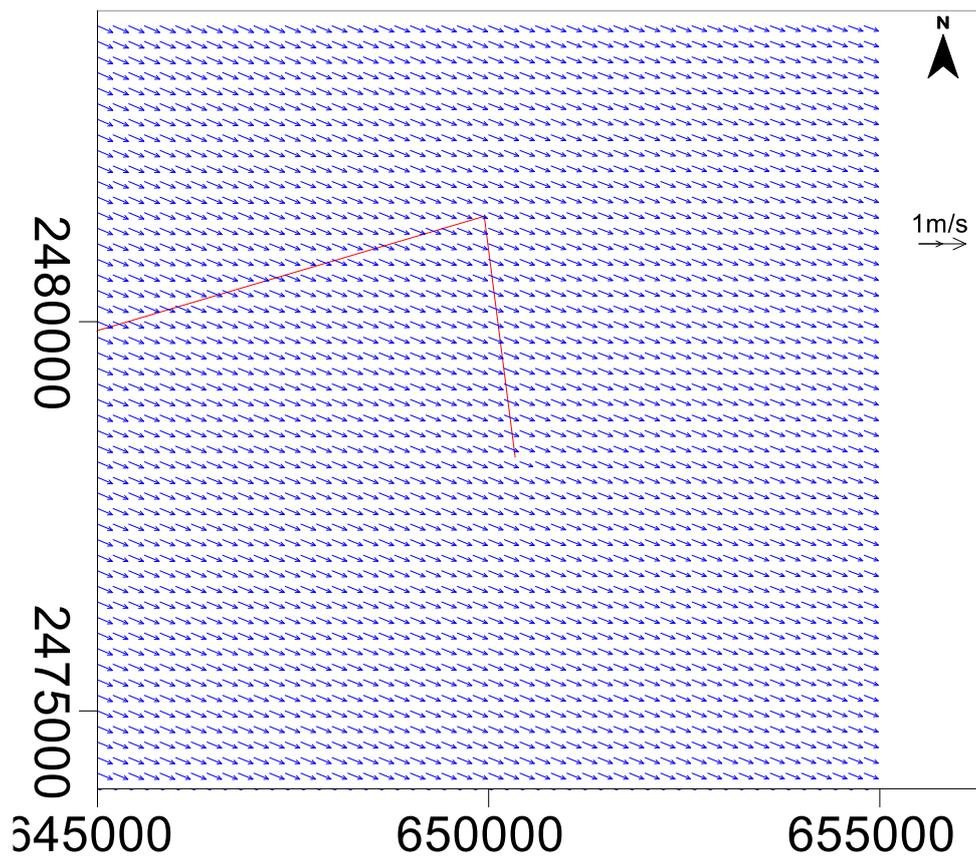


图 4.1.1-11b 落急时刻工程前后流场对比图（中层）

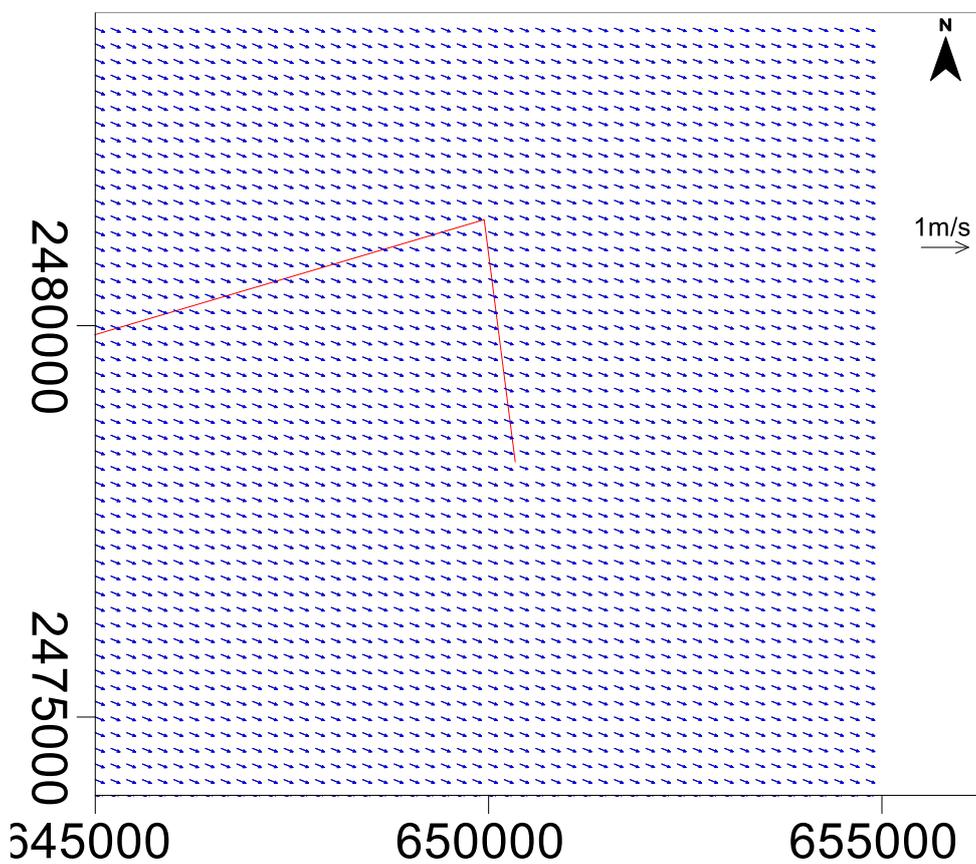


图 4.1.1-11c 落急时刻工程前后流场对比图（底层）

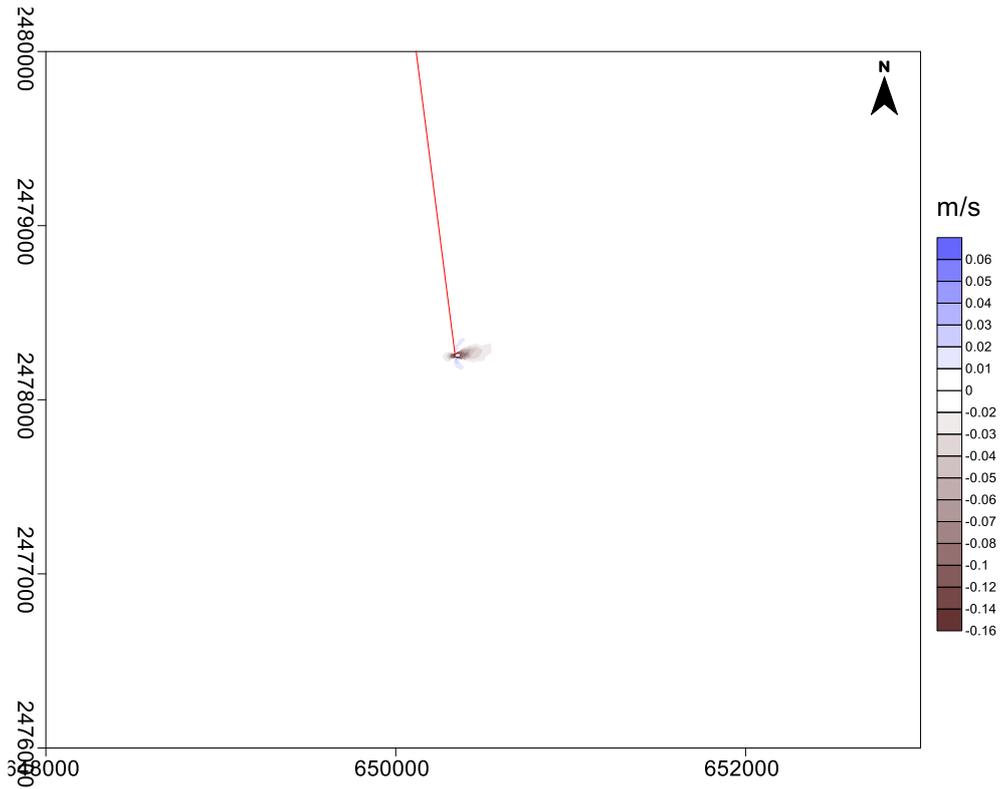


图 4.1.1-12a 涨急时刻工程前后流速变化等值线图（表层）

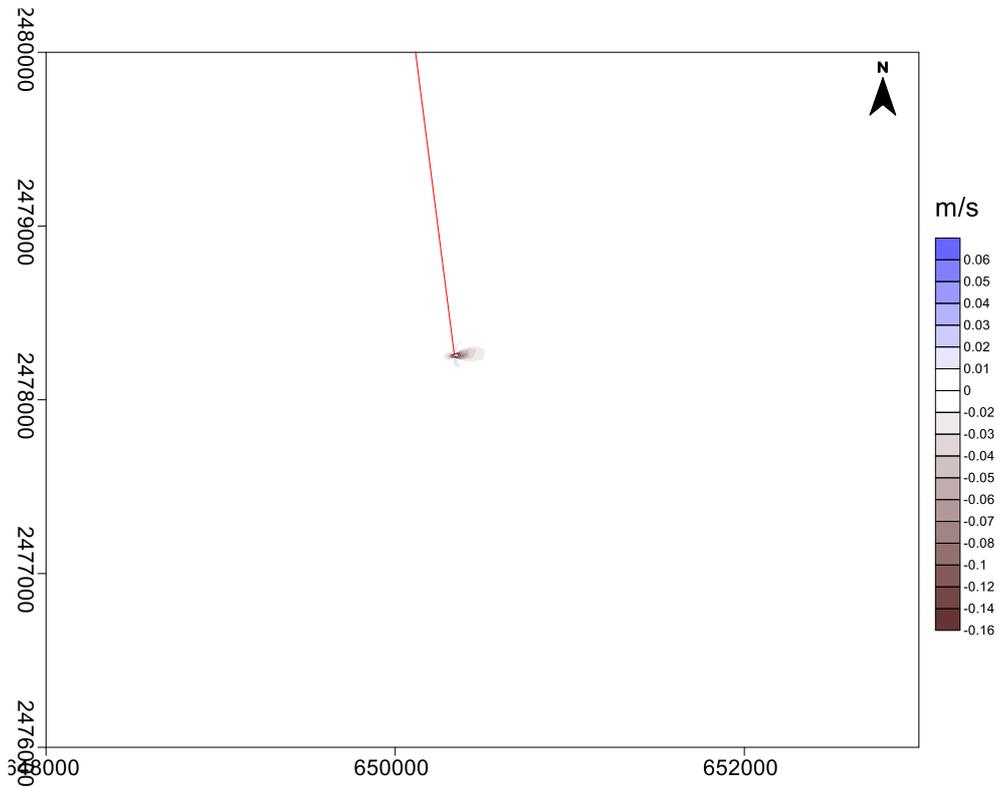


图 4.1.1-12b 涨急时刻工程前后流速变化等值线图（中层）

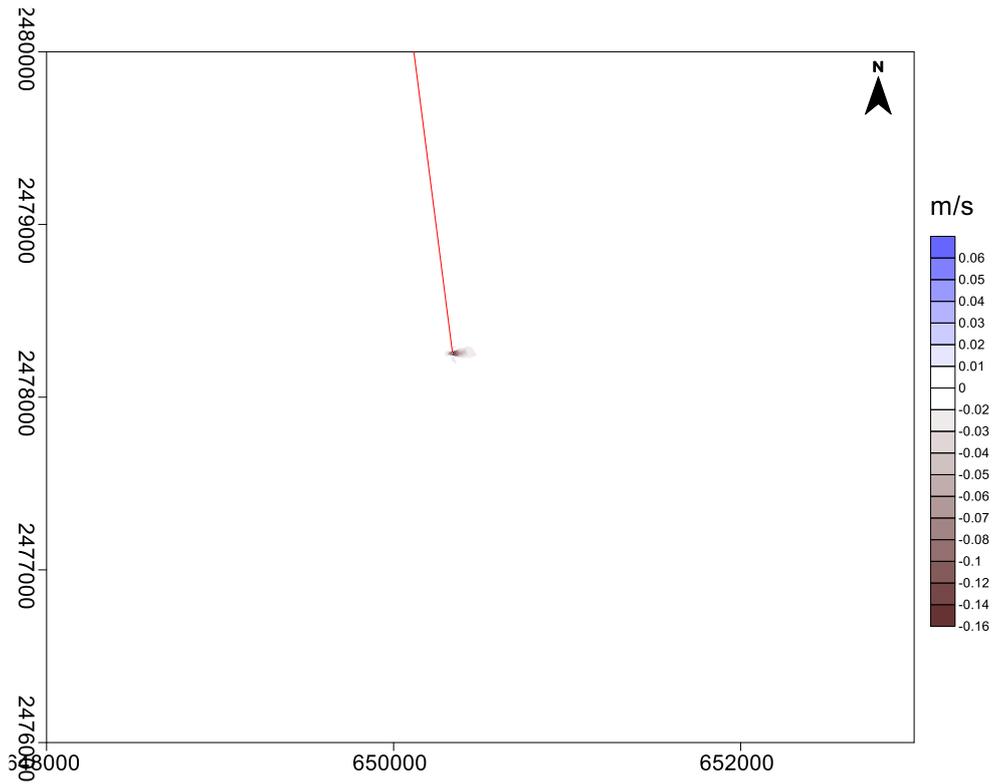


图 4.1.1-12c 涨急时刻工程前后流速变化等值线图（底层）

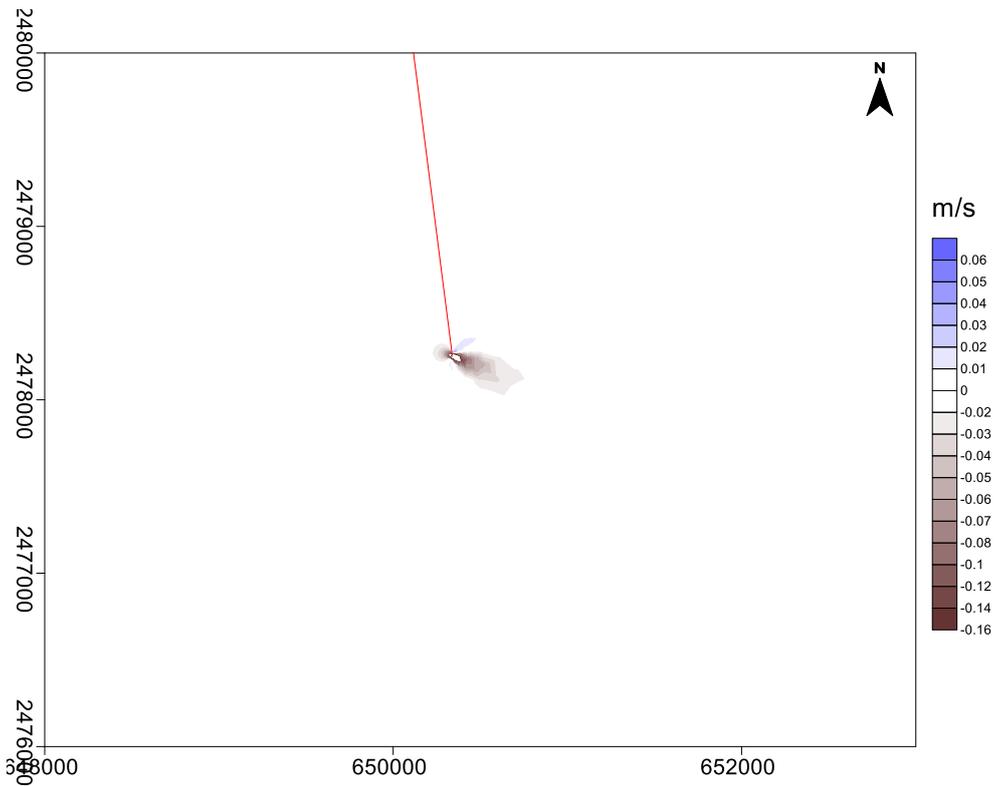


图 4.1.1-13a 落急时刻工程前后流速变化等值线图（表层）

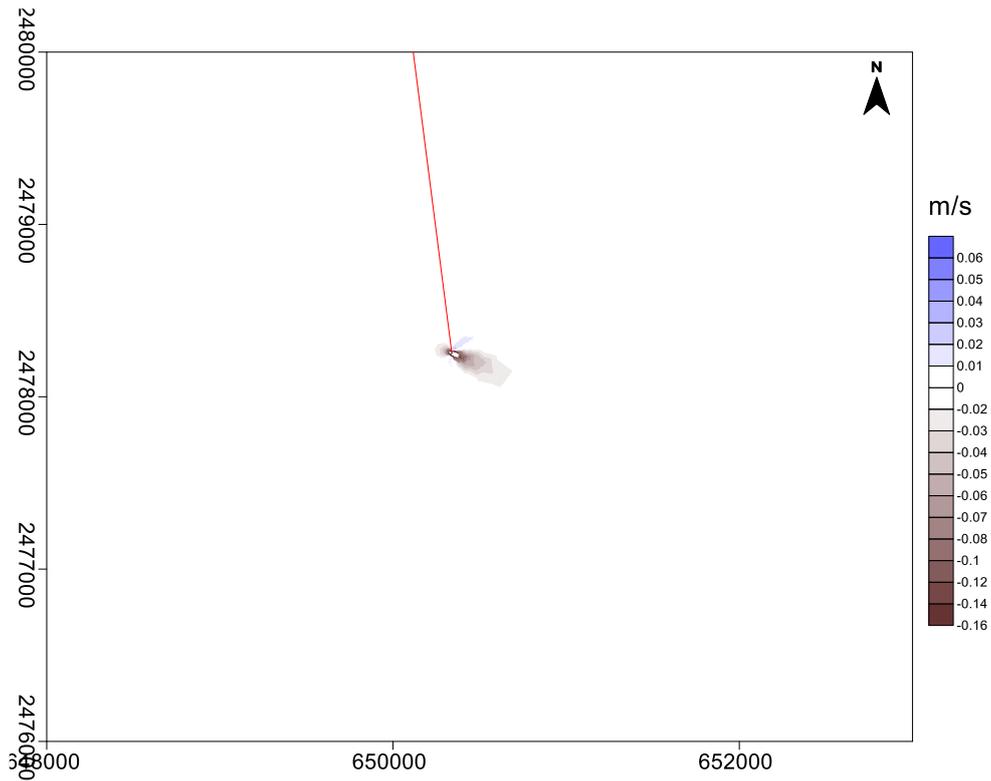


图 4.1.1-13b 落急时刻工程前后流速变化等值线图（中层）

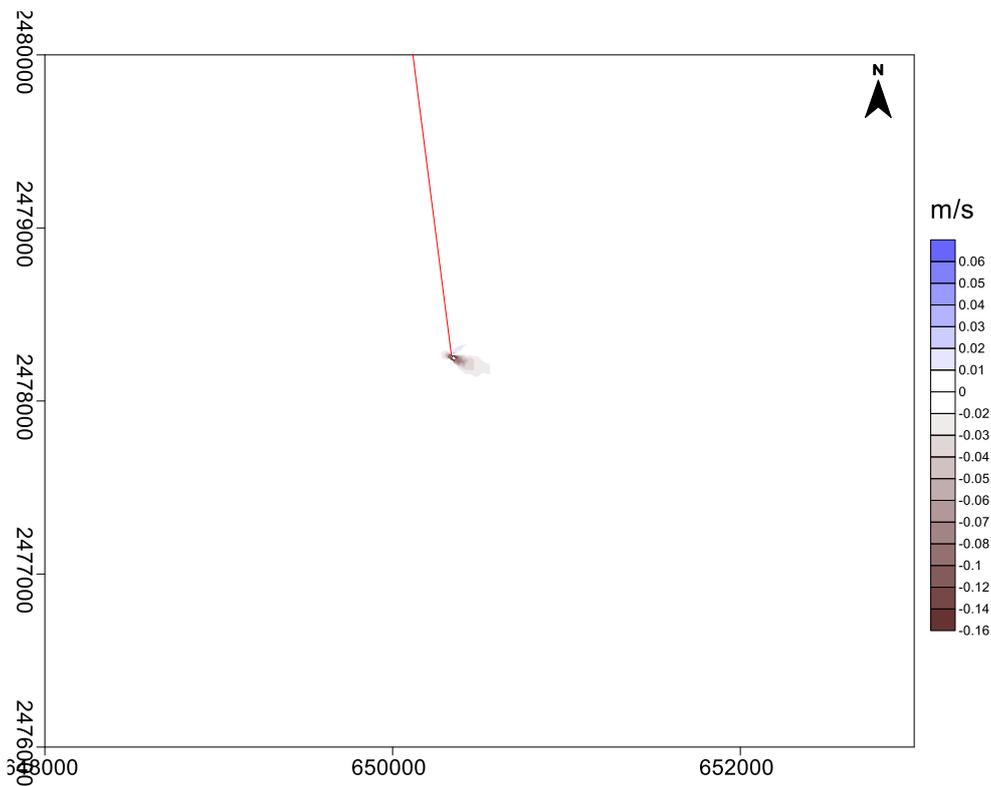


图 4.1.1-13c 落急时刻工程前后流速变化等值线图（底层）

4.1.2 地形地貌与冲淤环境影响

工程建设后对工程所在区域和周边冲淤强度的计算采用以下经验公式进行

计算：

$$P = \frac{\alpha s \omega t}{\gamma_0} \left[1 - \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^2 \left(\frac{H_1}{H_2} \right) \right]$$

式中，

P ——冲淤量；

ω ——泥沙沉速，单位 m/s；

α ——沉降几率，取值 0.67；

t ——年淤积历时，单位取秒（S）；

S ——水体平均悬沙含量，单位 kg/m^3 ，根据工程附近悬沙调查结果，平均悬沙含量为 $0.027 \text{ kg}/\text{m}^3$ ；

γ_0 ——泥沙干容重， $\gamma_0 = 1750D_{50}^{0.183}$ ；

V_1, V_2 ——工程前、工程后全潮平均流速，单位为 m/s；

H_1, H_2 ——工程前、工程后的水深，m；

本项目海缆所在海域工程前后海床基本不变，海缆敷设对其所在海域潮汐动力和冲淤变化基本不影响，工程实施对海域冲淤影响主要出现升压站附近。工程建设后，使得局部水流条件稍有改变，从而引起海床冲淤变化。变化主要出现在工程周边水域，图 4.1.2-1 为工程后的冲淤分布图。预测结果表明，工程实施后升压站迎水面和背水面海域流速出现一定程度减缓，上述区域淤积最大速率出现在升压站背水面和迎水面海域，大部分区域淤积速度为 $0.20\text{m}/\text{a}$ ；升压站侧面流速稍有增加，该区域出现轻微冲刷情况，最大冲刷速度出现在桩基垂直于主流向两侧区域，大部分区域冲刷速率不超过 $0.04\text{m}/\text{a}$ 。

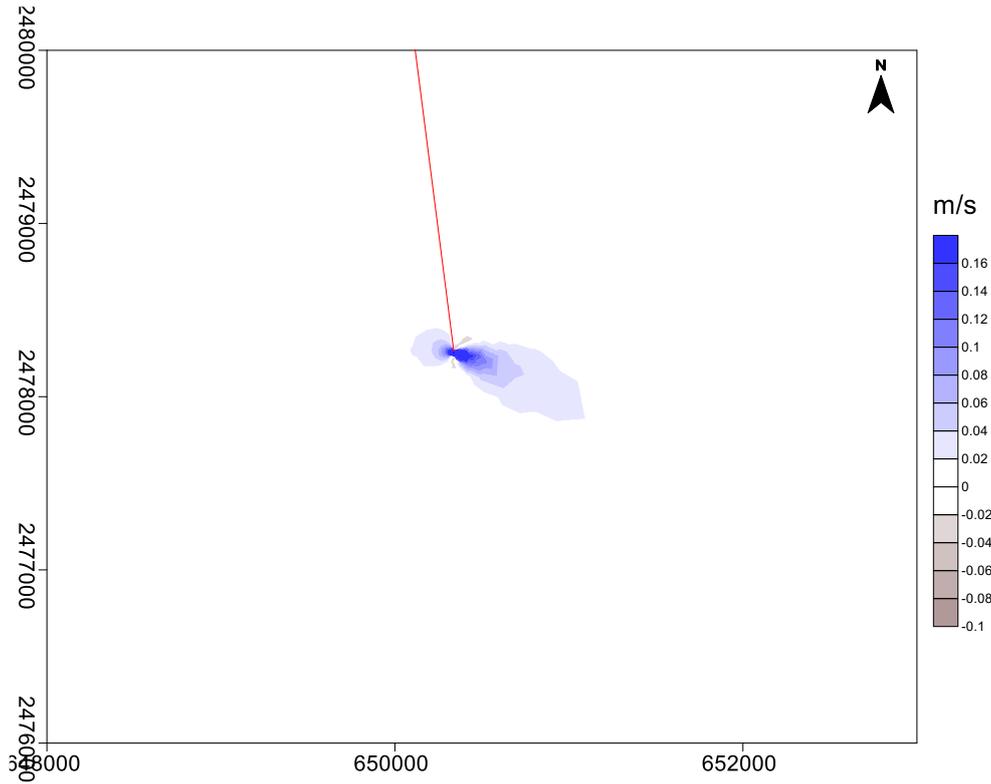


图 4.1.2-1 冲淤分布图（正值为淤积，负值为冲刷）

4.1.3 水质环境影响

4.1.3.1 施工悬浮物扩散影响分析

1、模型介绍

本项目采用三维泥沙模型预测施工期对水质环境的影响。模型泥沙控制方程为：

$$\frac{\partial s}{\partial t} + u \frac{\partial s}{\partial x} + v \frac{\partial s}{\partial y} + w \frac{\partial s}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_x \frac{\partial s}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_y \frac{\partial s}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(D_z \frac{\partial s}{\partial z} \right) - kc + \sigma$$

式中：

s ——悬沙浓度；

x 、 y 、 z ——空间水平坐标轴；

u 、 v 、 w —— x 、 y 、 z 轴向流速；

D_x 、 D_y 、 D_z —— x 、 y 、 z 方向的悬沙紊动扩散系数；

σ ——污染源强度；

$k = \alpha\omega$ ， α ——沉降系数， ω ——沉速，取值为 0.0027m/s。

2、悬浮泥沙预测方案

根据工程分析成果，本工程施工悬沙影响主要发生在海缆铺设施工过程。海缆敷设采用牵引缆绞锚、水下冲埋、边敷边埋的敷设方式，海缆沟槽底宽约 0.3m，顶宽约 0.5m，正常铺设速度控制在 5m/min，根据类似工程施工经验，单条电缆施工的悬浮物源强以施工土方量的 20%计，泥沙干容重 γ_d 按照公式 $\gamma_d = 1750D_{50}^{0.183}$ 计算， D_{50} 为泥沙中值粒径，单条电缆施工的悬浮物源强为 20.45kg/s。

采用近似于实际铺缆开沟的方式模拟施工过程悬沙扩散，即沿电缆线逐时逐段释放悬沙源强。工程海底电缆铺缆施工悬沙取 501 个代表点、每代表点源强持续时间 0.5 小时，源强分布见图 4.1.3-1。

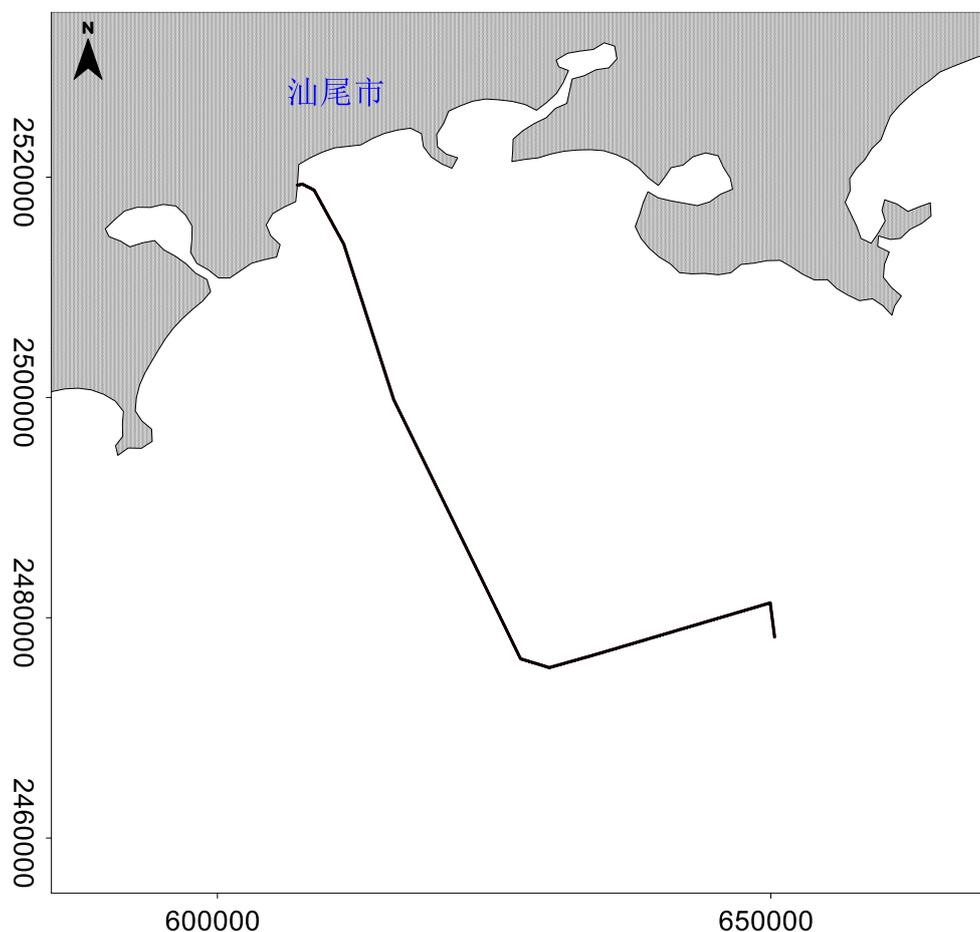


图 4.1.3-1 工程施工悬沙源示意图

3、悬浮泥沙预测结果

施工过程中引起的悬浮泥沙增量面积统计情况见表 4.1.3-1，引起的悬浮物最大影响范围见图 4.1.3-2~4.1.3-3。悬浮泥沙预测结果表明，悬浮泥沙主要随涨落潮流向工程所在海域扩散，扩散方向与涨落潮流向一致，为 NE~SE 向，工程施工导致的表层、中层和底层超第一、二类海水水质的海域面积分别为 0.00km²、

12.22km²和 27.74km²,垂向平均浓度超第一、二类海水水质的海域面积 13.32km²;超第三类海水水质的海域面积分别为 0.00km²、0.03km²和 3.00km²,垂向平均浓度超第三类海水水质的海域面积 1.01km²。悬沙影响主要出现在施工点附近海域,这种影响主要在海缆铺设过程出现,海缆铺设施工迅速,一旦施工完毕,工程所在区域周边水质环境可在较短时间内恢复。

表 4.1.3-1 工程施工典型源强引起的悬浮泥沙增量面积

悬浮泥沙浓度增量	>10mg/L	>20mg/L	>50mg/L	>100mg/L
表层面积 (km ²)	0.00	0.00	0.00	0.00
中层面积 (km ²)	12.22	3.73	0.45	0.03
底层面积 (km ²)	27.74	17.46	8.25	3.00
平均面积 (km ²)	13.32	7.06	2.90	1.01

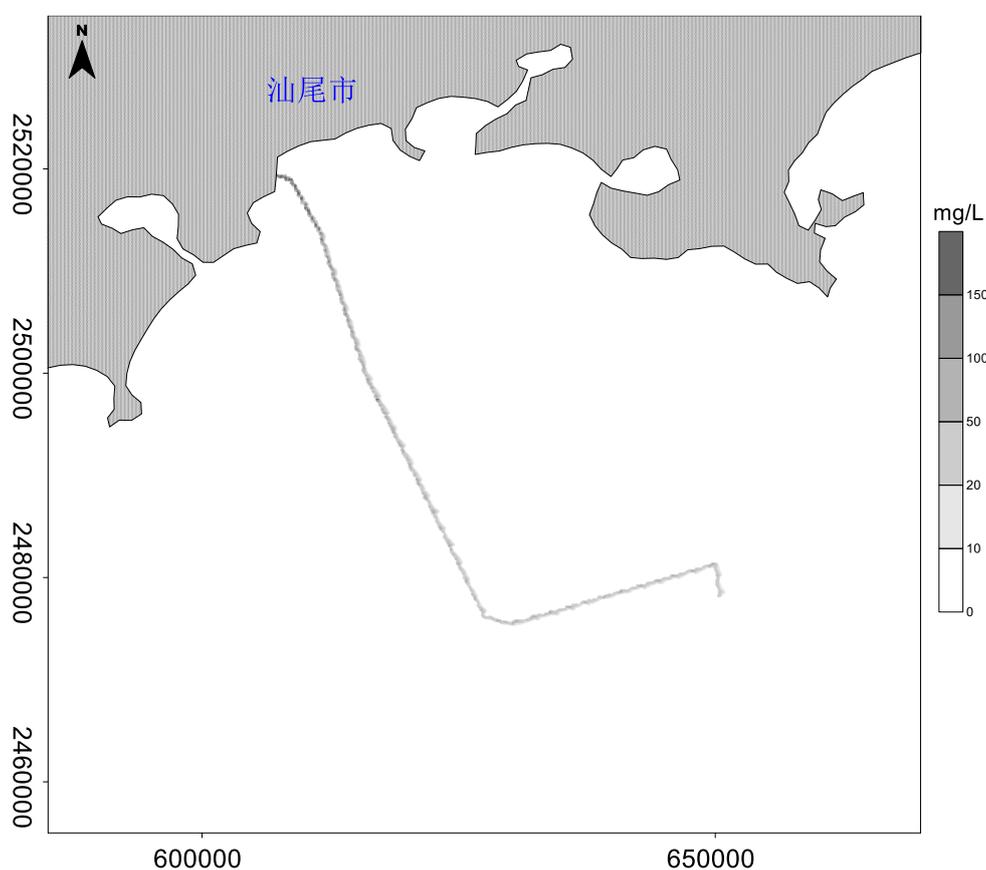


图 4.1.3-2 工程施工典型源强悬沙增量包络线 (底层)

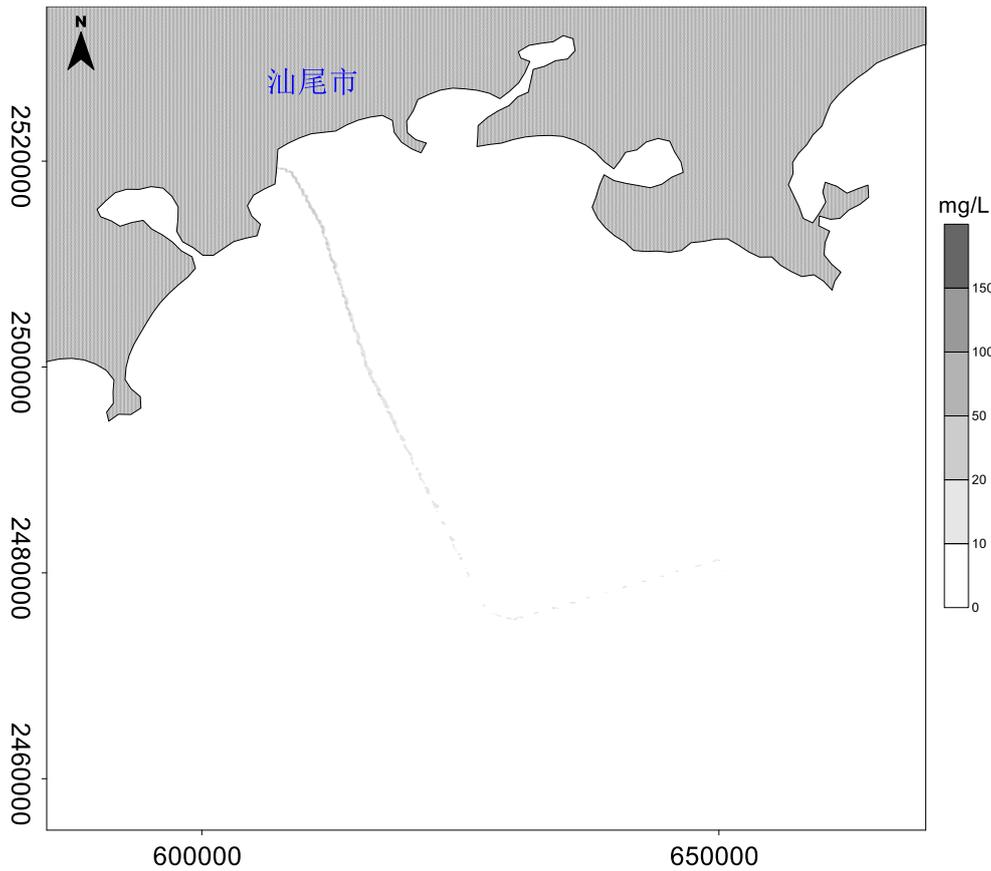


图 4.1.3-3 工程施工典型源强悬沙增量包络线（中层）

4.1.3.2 施工污水对水质环境的影响分析

本工程海上施工期间会产生一定量的生活污水，生活污水中含有较高浓度的 N、P 等物质，未经处理直接排放，则会在一定程度上加重海域的富营养化程度，恶化工程附近海域的水环境。本工程施设置有船舶生活污水和船舶含油污水的收集装置，收集贮存后定期交具有处理资质的单位接收后统一处理。

因此，项目建设期间施工船舶将污水收集统一处理后基本不会对水质环境造成影响。

4.1.3.3 营运期对水质环境的影响分析

本工程营运期运维会产生少量生活污水，由运维船舶收集后运至陆域集中处理，不会对海域水质环境造成影响。

4.1.4 沉积物环境影响

4.1.4.1 施工期沉积物环境影响分析

(1) 施工船舶污水对沉积物环境的影响分析

本工程施工船舶均设置有船舶生活污水和船舶含油污水的收集装置，船舶生活污水收集在船载生活污水收集装置中，船舶靠岸后运至岸上，上岸后由建设单位委托有处置能力的船舶污染物接收单位统一处理；船舶机舱含油污水收集后上岸送至有资质单位进行统一处理，不排海。正常情况下，施工船舶污水不会对沉积物环境造成影响。

(2) 海缆铺设施工对沉积物环境的影响分析

项目施工产生的悬浮泥沙对沉积物环境影响包括两个方面：一是粒度较大的泥沙被扰动悬浮到上覆水体后，经过较短距离的扩散即沉降，其沉降范围位于工程区附近，这部分泥沙对施工区外的沉积物基本没影响；二是粒度较小的颗粒物进入水体而影响沉积物，并长时间悬浮于水体中，经过相对较长距离的扩散后再沉降。

根据悬浮泥沙扩散预测结果，海底电缆施工产生的悬沙增量大于 10mg/L 的垂向平均包络线面积为 13.32km²、大于 100mg/L 的垂向平均包络线面积为 1.01km²。海底电缆铺设时产生的悬浮沙将沉降覆盖在海底电缆两侧，使原海底沉积物受到一定程度的覆盖和破坏。工程施工除对海底局部沉积物产生部分分选、位移、重组和松动外，并没有混入其它污染物，基本不会影响海底沉积物质量。

4.1.4.2 营运期沉积物环境影响分析

本工程营运期运维会产生少量生活污水、生活垃圾等，由运维船舶收集后运至陆域集中处理，不会对海域沉积物环境造成影响。

4.1.5 海洋生物影响分析

4.1.5.1 对底栖生物的影响

本工程建设对底栖生物的影响主要是海上升压站桩基破坏底栖生境，导致一定区域范围内底栖生物资源损失，同时还将长期占用该海域底栖生物的生存空间；送出海底电缆在施工阶段将使作业区所在海域底栖生物的栖息环境遭到破坏，施

工结束后，随着新的底栖生物的植入而产生新的栖息环境。

总体来说，项目施工改变了底栖生物原有的栖息环境，局部施工海域将彻底改变其底质环境，使得少量活动能力强的底栖生物逃往他处，而大部分底栖种类将被掩埋、覆盖，除少量能够存活外，绝大部分种类诸如贝类、多毛类、线虫类等都难以存活，但送出海底电缆处的底栖生境在施工结束后可逐渐恢复。

4.1.5.2 对浮游生物的影响

(1) 对浮游植物的影响

根据对本工程建设过程的分析，在做好施工期船舶生活污水、含油污水、生活垃圾的收集处理工作的前提下，施工期对浮游植物最主要的影响是施工增加了水体中悬浮物质，影响了水体的透光性，进而影响了浮游植物的光合作用。已有很多国内外学者对光照强度与浮游植物的光合作用之间的关系进行了研究，大量的实验及调查研究表明，水体透明度对叶绿素 a 和浮游植物数量分布和变化是一个至关重要的制约因素。

海缆施工前扫海清障及埋设施工会使海底泥沙再悬浮，造成海缆沿线较大范围海域的含沙量暂时上升，进而降低海洋中浮游植物生产力，对海洋生态系统带来影响；同时悬浮泥沙的扩散影响会对鱼卵、仔稚鱼的生境产生影响，进而对鱼卵仔鱼资源量造成影响。

项目施工过程中造成悬浮物浓度增加，水体透光性减弱，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，降低单位水体中浮游植物数量，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，而当悬浮物浓度增加到 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。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。

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。

(2) 对浮游动物的影响

悬浮物对浮游动物的影响与悬浮物的粒径、浓度等有关。由于悬浮颗粒物的浓度增加，造成以滤食性为主的浮游动物摄入粒径合适的泥沙，从而使浮游动物内部系统紊乱，因饥饿而死亡。某些桡足类动物，具有依据光线强弱变化而进行昼夜垂直迁移的习性，水体的透明度降低，会引起这些动物生活习性的混乱，破坏其生理功能。具体影响反映在浮游动物的生长率、存活率、摄食率、密度、生产量及群落结构等方面。浮游动物受影响程度和范围与浮游植物的相似。

此外，据有关资料，水中悬浮物质含量的增加，对浮游桡足类动物的存活和繁殖有明显的抑制作用。过量的悬浮物质会堵塞浮游桡足类动物的食物过滤系统和消化器官，尤其在悬浮物含量大到 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。

4.1.5.3 对游泳生物的影响

鱼类等水生生物都比较容易适应水环境的缓慢变化，但对骤变的环境，它们反应则是敏感的。施工作业引起悬浮物质含量变化，并由此造成水体混浊度的变化，其过程呈跳跃式和脉冲式，这必然引起鱼类等其他游泳生物行动的改变，鱼类将避开这一点源混浊区，产生“驱散效应”。然而，这种效应会对渔业资源产生两方面的影响：一是由于产卵场环境发生骤变，在鱼类产卵季节，从外海洄游到该区域产卵的群体，因受到干扰而改变其正常的洄游路线；二是在该区域栖息、生长的一些种类，也会改变其分布和洄游规律。悬浮物对鱼类的影响主要表现为直接杀死鱼类个体；降低其生长率及其对疾病的抵抗力；干扰其产卵、降低孵化率和仔鱼成活率；改变其洄游习性；降低其饵料生物的密度；降低其捕食效率等。但悬浮泥沙对渔业的影响不是永久性的，而是可逆的，会随着施工结束而逐渐恢复。悬浮物含量增高，对游泳生物的分布也有一定影响。室内生态实验表明，悬浮物含量为 300mg/L 水平，而且每天做短时间的搅拌，鱼类仅能存活 3~4 周，悬浮物含量在 200mg/L 以下水平的短期影响，鱼类不会直接致死。本项目建设

不会产生悬浮物含量高浓度区（300mg/L 以上水平），不会造成成体鱼类死亡，且鱼、虾、蟹等游泳能力较强的海洋生物将主动逃避，游泳生物的回避效应使得该海域的生物量有所下降，从而影响该区域内生物群落的种类组成和数量分布。至于经济鱼类等，由于移动性较强，更不至于造成明显影响。施工结束营运一段时间后，浮游生物和游泳生物种群数量、群落结构会逐步恢复，生物量也会趋于增加，建议在项目营运期内一定时间对部分水域采取增殖和禁捕等保护性措施，尽快恢复项目建设对渔业生产的不利影响。

4.1.6 水下噪声环境影响分析

本项目为红海湾三、四海上风电集中送出工程，对所在海域水下噪声环境的影响主要为海上升压站桩基施工和施工船舶施工过程中产生的噪声的影响，施工结束后影响基本消除。

1、海洋生物受水下噪声影响的声压阈值

由于水下打桩噪声的强声源特点及对海洋中各类生物所产生的危害，自上世纪 90 年代，美国和欧洲等海洋国家就开始了针对水下打桩噪声的监测和研究。美国对海洋哺乳动物和鱼类的水下噪声（过渡性）门限值见下表。

表 4.1.6-1 美国对海洋哺乳动物和鱼类的水下噪声（过渡性）门限值

海洋哺乳动物类		
门限等级	门限定义	门限值
A 级 (>180dB 危险级)	基于暂时性听力阈值提升 (TTS) 和保守估计的永久性听力阈值提升 (PTS) 伤害门限	鳍足类: 190dB RMS 鲸豚类: 180dB RMS
B 级 (120~180dB, 警告级)	脉冲式噪声 (如冲击打桩) 可对动物产生行为妨害的门限	160dB RMS
B 级 (<120dB, 安全级)	非脉冲式噪声 (如钻孔) 可对动物产生行为妨害的门限	120dB RMS
鱼类		
伤害门限值	声压峰值 (适用于所有鱼): 206dB	累积暴露级 (Cumulative SEL): 对质量大于等于 2 克的鱼体: 187dB 对质量小于 2 克的鱼体: 183dB

目前我国尚未颁布海洋噪声对海洋哺乳动物或鱼类可承受的噪声声压级标准。由于美国没有大黄鱼等对声音较为敏感的石首科鱼类，噪声对鱼类伤害的门限值定的比较松。

不同鱼类对声压的忍受力不同，其中石首科鱼类对声压最为敏感。本报告以对声音最为敏感的石首科鱼类—大黄鱼为研究对象，以实验方法研究了不同大小的大黄鱼的发声信号特点和噪声对其影响。厦门大学在福建闽威水产实业有限公司进行的大黄鱼声学实验表明：大黄鱼幼苗的敏感频率在 800Hz，声压级约 140dB/re 1 μ Pa 时幼苗对声波即有明显反应，当声压级达到 172dB/re 1 μ Pa 时有些幼苗直接死亡；大黄鱼小鱼的声敏感频率转移至 600Hz，当声强达到 150dB/re 1 μ Pa 以上小鱼有主动避开声源的行为，当声源强度达到 187dB/re 1 μ Pa，在声源正上方的小鱼开始变得十分迟钝进而死亡；大黄鱼成鱼的声敏感频率也在 600Hz 附近，当声源达到 192dB/re 1 μ Pa 时，鱼群受惊吓明显，反应迟钝，虽未产生直接死亡，但在其后行为发生明显变化，出现不进食等现象，并在后续的半个月时间中出现 90% 的死亡。

2、施工水下噪声对渔业资源影响

根据厦门大学在威水产实业有限公司进行的大黄鱼声学实验，大黄鱼幼苗的敏感频率在 800Hz，当声压级达到 172dB/ μ Pa 时有些幼苗直接死亡；大黄鱼成鱼的声敏感频率转移至 600Hz，当声源达到 192dB/ μ Pa 时，鱼群受惊吓明显，反应迟钝，虽未产生直接死亡，但在其后行为发生明显变化，出现不进食等现象，并在后续的半个月时间中出现 90% 的死亡。因此桩基打桩作业对渔业资源将产生一定的影响，主要体现于对游动鱼类的驱赶作用。如果这一水域有石首鱼科种类产卵，打桩作业对石首鱼科种类产卵的影响不可避免。因此在鱼类产卵期应该暂停打桩作业。施工期对产卵场、索饵场和洄游通道的影响是负面的，主要是电缆铺设产生的增量悬沙、打桩形成的噪声。但是产卵场、索饵场和洄游通道功能的作用有一定的季节性，只要工程中作业顺序安排得当，电缆铺设和打桩尽可能的避开渔业敏感季节，施工对产卵场、索饵场和洄游通道的影响程度可以得到减缓和消除。

3、施工水下噪声对海洋哺乳动物影响

虽然相关测量数据及研究表明撞击式桩基施工不会对一定距离外（200m 左右）的鲸豚类动物及海洋鱼类造成直接致死或致伤，但长时间较高声压水平的桩基施工对海洋鱼类的累积效应可能造成慢性影响。研究表明：长时间水下噪声对鲸豚类动物可能造成的慢性威胁包括：遮蔽效应和听力损失；行为模式改变；紧

张等。

施工期噪声可能会对海洋哺乳动物和鱼类的交流、行为、觅食和避敌产生短期的有害影响，如可造成成年海豹与幼崽的隔离（David Kastak et al. 1999）。

下图为丹麦国家环境研究所在研究海上风电场是否对活动于该海域中的斑海豹和灰海豹的影响研究（Svend Tougaard, et al, 2006）。研究跟踪了从 1999~2005 年间风电场在施工期和营运期水下噪声对海豹的影响。结论是：在风电场施工建设期，斑海豹的数量减少，但建设期结束，斑海豹恢复原来数量，甚至增加；在该风电场施工打桩期，斑海豹的数量明显减少，在另一斑海豹繁殖地施工打桩期没有见到斑海豹。类比分析认为，本工程施工期可能造成海洋哺乳动物在工程海域数量分布减少，但施工结束后相应生物资源量会逐渐恢复。

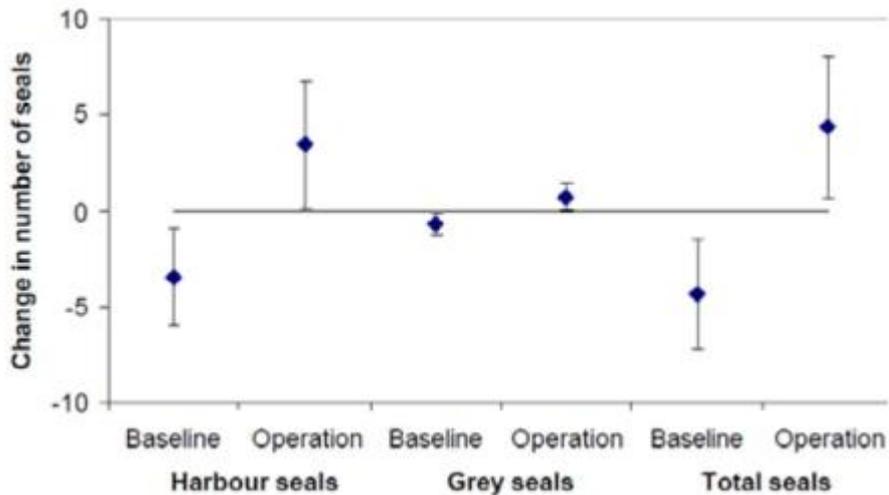


图 4.1.6-1 丹麦风电场施工期和营运期海豹数量的变化

总体上施工中水下噪声对鱼类、海洋哺乳动物的影响主要表现为噪声干扰导致鱼类或海洋哺乳动物暂时游离施工水域，在打桩作业中应采取“软启动”方式，使打桩噪声源的强度缓慢增强，即前几桩使用小强度的打桩措施，能驱使鱼类或海洋哺乳动物离开施工水域，可达到减小水下噪声导致渔业资源的损失，不会造成大范围鱼类死亡。

总体上来说，本项目仅海上升压站基础需进行打桩，施工量较小，打桩施工时间较短，造成的噪声影响也较小。

4、施工船舶噪声对海洋生物的影响

船舶噪声包括机械噪声、螺旋桨噪声和水动力噪声，其中机械噪声和螺旋桨噪声为主要噪声源。船舶机械噪声是船上各种机械振动通过基座传递引起船壳振

动并辐射至水下产生的噪声，其来源包括机械运动不平衡产生的噪声、机械碰撞噪声以及轴承噪声等。机械噪声与船速的关联度较低，在低速情况下，螺旋桨噪声和水动力噪声的强度相对较小。根据厦门大学课题组在厦门五缘湾海域、珠海海域对海洋环境噪声与船舶噪声进行的记录，海洋背景噪声的声压谱级为 55-60dB，船舶噪声的声压谱级为 70-90dB，相比背景噪声提高约 15-30dB。

总体来说，施工船舶产生的噪声强度相对较小，传至水下后对海洋生物的影响很小。

4.1.7 电磁环境影响分析

本项目为红海湾三、四海上风电集中送出工程，建设一座 500kV 海上升压站，电能通过 2 回 500kV 送出海缆输送至陆上集控中心。

1、500kV 海上升压站电磁环境类比分析

参考广东省东莞市环境监测中心站对东莞市某 500kV 变电站及输电线路电磁场水平调查，类比分析本项目海上升压站电磁环境。

东莞市某 500kV 变电站的主变压器有 5 台，总容量为 3000MVA，站内有 500kV\200kV\35kV 三个电压等级。变电站四周空旷，环境干扰因素少。调查在变电站四周设置了 14 个环境监测点位，并根据电磁场水平较高点，选取衰减监测点线，布设 10 个电磁场睡觉监测点，开展瞬时巡测。每个监测点连续测量 6 次，每次测量时间 15s，记录和计算 6 个测量数据的平均值作为该点的监测结果。

东莞市某 500kV 变电站工频电磁场类比监测结果见图 4.1.5-2、图 4.1.5-3。由图中可见，随着离变电站距离的增大，工频电场水平先增高后降低，在 20m 处出现峰值后，工频电场水平呈下降趋势；工频电场强度分布在 721.1V/m~197.8V/m 之间；磁感应强度分布在 0.4617uT~0.1018uT 之间，均低于导则推荐的居民区评价标准（工频电场强度 \leq 4kV/m，工频磁感应强度 \leq 0.1mT）。由于受 500kV 出线影响，围墙工频电场强度随着距离的增加呈先减少后增大再减少的趋势，工频磁感应强度随着围墙距离的增加总体呈衰减趋势。

因此，可以类比本项目 500kV 海上升压站的最大电场强度及最大磁感应强度均能满足《电磁环境控制限制》（GB8702-2014）中 4kV/m 和 0.1mT 的限值要求。

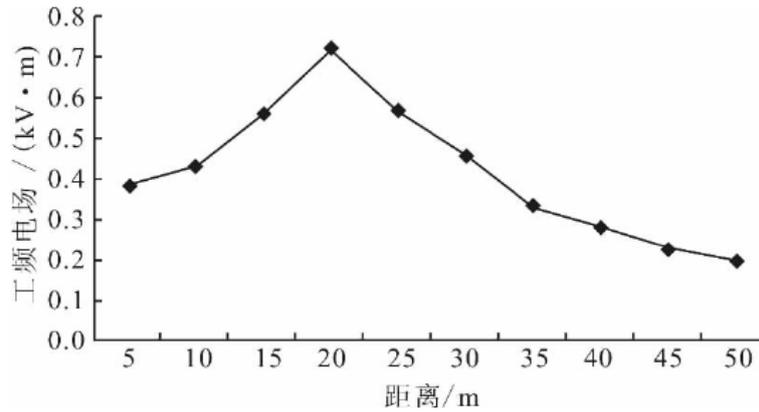


图 4.1.7-1 变电站外电场强度随距离的变化

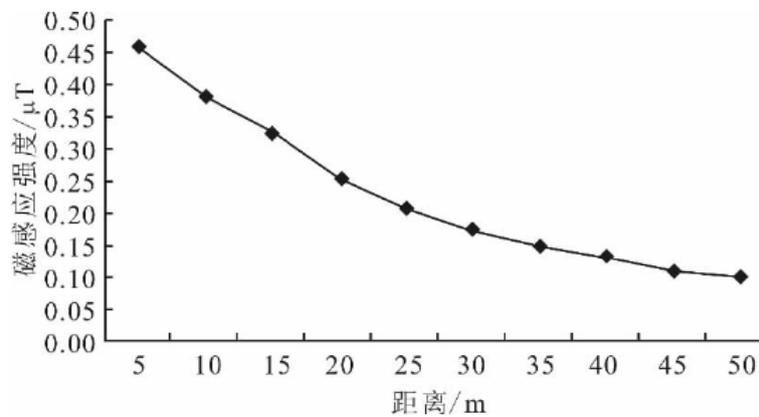


图 4.1.7-2 变电站外磁感应强度随距离的变化

2、500kV 送出海底电缆电磁环境类比分析

根据浙江省辐射环境监测站对我国首个全地下 500kV 输变电工程电磁环境监测，该工程的线路工程有 500kV 进线 2 回，220kV 进线 14 回。全地下 500kV 输变电工程地下电缆剖面监测结果显示：在距离电缆剖面的 50m 范围内，各监测点的工频电场强度为 4.01~6.04V/m，远小于 4kV/m 标准要求；各监测点的工频磁感应强度为 1.05~62.43 μ T，远小于 0.1mT 标准要求。监测结果表明工频电场强度和工频磁感应强度与工程建设前的电磁环境水平相当，工程对电磁环境基本无影响。

因此，可以类比本项目 500kV 送出海底电缆最大电场强度及最大磁感应强度均能满足《电磁环境控制限制》（GB8702-2014）中 4kV/m 和 0.1mT 的限值要求。

本工程海底电缆均敷设于海底土层以下，电缆外层的金属屏蔽层、铠装层以及海底土层对磁场具有一定的屏蔽作用，且鱼类活动空间较大，在海底区域活动

的鱼类种类及数量相对较少，且根据类比陆上电缆线路磁场分布可知，本项目电磁强度低于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）的限值要求，电磁环境对海洋生物的影响在可接受范围。

4.1.8 对珍稀海洋生物的影响

本项目为红海湾三、四海上风电集中送出项目，对中华珍稀海洋生物的影响主要为施工船舶施工及施工过程中产生的悬浮泥沙对珍稀海洋生物的影响，施工结束后影响随即消除。

（1）对中华白海豚的影响

①施工悬浮泥沙影响

本项目海缆敷设施工过程中会产生悬浮泥沙，可引起局部海水浑浊，使周围海水水质造成一定影响。根据数值模拟结果，悬沙扩散主要集中在项目工程周边海域。

从生理结构上来说，中华白海豚是用肺呼吸的水生哺乳动物，这有别于用鳃呼吸的鱼类，它呼吸时头部露出水面直接呼吸空气，浑浊的水体对其呼吸影响不大。施工作业完成后，SS 的影响也将消失。本项目应配备海豚观察员，发现中华白海豚出现在工程海域附近时进行驱赶，可降低施工对中华白海豚的影响。

②施工船舶噪声影响

根据厦门大学许肖梅等研究成果（《厦门北通道公铁两用桥工程水下噪声对中华白海豚及渔业资源环境影响评估报告》，2005 年），预计施工中钻孔、施船舶作业及航运等施工和海上运输活动将使水下噪声级提高 20~30dB，即施工海域水下噪声可达 105~140dB，虽低于上述鲸类最大可承受声压标准（180dB），但仍会对鲸豚产生行为干扰影响，即本项目水下施工时将直接干扰邻近水域鲸豚活动。根据 van Radecke 等对欧洲北海 Alpha Ventus 海上风电跟踪调查结果，预计打桩噪声对施工点 100m 以内鲸豚类有非常明显影响。通常情况，鲸豚将被迫调整其活动范围，待施工作业完成、干扰减少时，鲸豚将逐渐恢复原来活动范围。

建议在桩基开始施工前，应密切注意观察施工区域周围白海豚的活动，若发现有白海豚，应暂停施工，采用无害声驱的方法将其驱逐出作业海域，再进行施工作业。施工噪声对白海豚影响不大，在做好上述防护措施的前提下，施工期对中华白海豚的影响在可控的范围之内。

(2) 对海龟的影响

本项目施工噪声可能会对海龟的影响有一定影响，由对海龟的行为听阈研究表明其最敏感频率在 100Hz，此时阈值为 98dB re1 μ Pa。因此，工程打桩施工将对该海域中的海龟行为产生一定程度的影响，会出现激动的行为、突然的身体动作等惊吓反应，或者改变自身的游泳模式和方向，出现下潜等躲避行为。

根据本项目所在海域存在海龟活动的历史追踪数据，说明风电场所在海域不是海龟洄游的主要路线，但周边海域可能有海龟出没，因此施工期应密切注意周围是否有海龟活动。

4.1.9 生态跟踪监测指标合理影响范围

根据相关文件要求，本项目建设可能对资源生态造成影响的项目，应开展生态跟踪监测，生态跟踪监测具体要求见表 4.1.10-1。

表 4.1.10-1 海上风电用海项目生态跟踪监测具体要求一览表

	海洋生态	海水水质	沉积物质量	海洋生物质量	地形地貌与冲淤	电磁环境	水下噪声
监测站位	12个	不少于20个	不少于10个	不少于3个	—	不少于9个	不少于9个
监测频次	每年代表性一季	每年代表性一季	每年代表性一季	每年代表性一季	—	每年代表性一季	每年代表性一季
监测内容	叶绿素a、浮游植物、浮游动物（含鱼卵仔鱼）、底栖生物	水深、水温、盐度、pH、悬浮物、COD、BOD ₅ 、DO、无机氮、活性磷酸盐、石油类、总汞、铜、铅、锌、铬、镉、砷、硒、镍、挥发性酚、硅酸盐	粒度、有机碳、pH、石油类、硫化物、铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷、锌、铬、镉、砷	总汞、铜、铅、锌、铬、镉、砷、石油烃	以工程外扩边界2km的海域，测量比例按照1:5000；2km-15km的海域，测量图比例尺按照1:10000	工频电场、工频磁场	噪声频带有效声压级、噪声声压谱级

(1) 浮游生物及初级生产力

项目施工过程中造成悬浮物浓度增加，对浮游生物及初级生产力有一定影响，因此项目施工期间浮游生物量及初级生产力水平可能低于本底值，运营一段时间后浮游生物种群数量、群落结构会逐步恢复，浮游生物量及初级生产力水平与本底值相近。

(2) 底栖生物

升压站桩基将对其用海范围内的海域产生永久性的占用,在该范围内的底栖生物将全部被掩埋、覆盖而灭亡,同时还将长期占用该海域底栖生物的生存空间,导致一定区域范围内底栖生物资源的永久损失,这种对底栖生境的破坏是不可逆的。海底电缆敷设会对施工范围内的底栖生物栖息环境造成直接破坏,进而引起底栖生物损失,除少量活动能力强的生物能够存活外,绝大部分种类诸如贝类、多毛类、线虫类等都将难以存活。因此,项目建设期间及建设后底栖生物量可能低于本底值。

(3) 地形地貌与冲淤

工程实施后升压站迎水面和背水面海域流速出现一定程度减缓,上述区域淤积最大速率出现在升压站背水面和迎水面海域,大部分区域淤积速度为 0.20m/a;升压站侧面流速稍有增加,该区域出现轻微冲刷情况,最大冲刷速度出现在桩基垂直于主流向两侧区域,大部分区域冲刷速率不超过 0.04m/a。

(4) 电磁环境

项目施工期间对电磁环境基本无影响,工频电场、工频磁场与本底值相近。

项目营运期的电场强度及最大磁感应强度应满足《电磁环境控制限制》(GB8702-2014)中 4kV/m 和 0.1mT 的限值要求。

(5) 水下噪声

结合本风电场区内海底地貌形态简单,水下地形较平坦,工程施工产生的水下噪声影响很小。

(6) 海水水质

项目施工作业过程中,由于机械的搅动作用,使得泥沙悬浮,造成水体混浊水质下降,并使得周边海区底栖生物生存环境遭到破坏,对浮游生物也产生影响,主要污染物为 SS。一旦施工结束,影响即可消除。

项目营运期间对海上升压站等相关设备进行维护时需用到一定数量,维修污水等,检修工作人员需按照相应要求将废油储存在专设的废油箱中或专门收集,维护结束后送交有处理能力的单位进行妥善处置。因此,项目营运期间基本不会对所在海域水质环境造成影响。

(7) 沉积物质量

由于工程施工过程产生的悬浮物主要来自本海区,因此经扩散和沉降后,沉

积物的环境质量不会产生明显变化，沉积物质量状况仍将保持现有水平。

本工程营运期运维会产生少量生活污水、生活垃圾等，由运维船舶收集后运至陆域集中处理，不会对海域沉积物环境造成影响。

(8) 海洋生物质量

本工程施工船舶均设置有船舶生活污水和船舶含油污水的收集处理装置，生活污水和船舶含油污水均收集贮存于船上，定期运回陆地交具有处理能力的单位接收后统一处理；营运期间对升压站进行维护时需用到一定数量、不同种类的润滑油、废油等，检修工作人员需按照相应要求将废油储存在专设的废油箱中，维护结束后送交有处理能力的单位进行妥善处置。因此，项目施工期间及营运期间基本不会对所在海域海洋生物质量造成影响。海洋生物质量应与本底值相近。

项目跟踪监测指标在施工期和营运期的合理变化范围详见下表，合理变化范围根据本报告引用的现状调查数据确定。

表 4.1.10-2 海上风电项目生态跟踪监测指标合理范围表

监测内容	监测指标		单个站位合理变化范围	
			建设期	营运期
海洋生态	叶绿素a(mg/m ³)	表层	<10.3	0.65~10.3
		底层	<0.82	0.35~1.86
		初级生产力含量 mgC/(m ² ·d)	<1760.682	231.648~1760.682
	浮游植物细胞 密度	×10 ⁴ ind/m ³	<6322.4114	37.6330~6322.4114
	浮游植物种数		<146	146
	浮游动物个体 密度	ind/m ³	<31367.924	613.351~31367.924
	浮游动物生物 量	mg/m ³	<1743.01	92.39~1743.01
	浮游动物种数		<105	105
	底栖生物生物 量	g/m ²	<4.856	<4.856
底栖生物栖息 密度	ind/m ²	<47.500	<47.500	
地形地貌与冲淤		水深	0m~35m	淤积<0.20m/a 冲刷<0.04m/a
电磁环境	工频电场	V/m	0.337~2.7	<4000
	工频磁场	mT	0.0107~0.0243	<0.1
水下噪声	噪声频带有效 声压级	dB	<220	70-90
	噪声声压谱级	dB (20Hz-20kHz 频率范围内)	>77	<90
海水水质	水温	°C	22.5~29.0	22.5~29.0
	盐度		31.248~33.725	31.248~33.725

	pH		8.02~8.31	8.02~8.31
	悬浮物	mg/L	>24.7	7.8~24.7
	COD	mg/L	0.83~2.38	0.83~2.38
	BOD ₅	mg/L	0.15~0.90	0.15~0.90
	DO	mg/L	<7.88	6.30~7.88
	无机氮	mg/L	0.0547~0.221	0.0547~0.221
	活性磷酸盐	mg/L	0.0024~0.0140	0.0024~0.0140
	石油类	mg/L	0.0035~0.0372	0.0035~0.0372
	总汞	μg/L	0.007~0.021	0.007~0.021
	铜	μg/L	0.5~4.5	0.5~4.5
	铅	μg/L	0.14~0.87	0.14~0.87
	锌	mg/L	0.0035~0.0177	0.0035~0.0177
	铬	μg/L	0.4L~3.8	0.4L~3.8
	镉	μg/L	0.08~0.46	0.08~0.46
	砷	μg/L	0.6~6.0	0.6~6.0
	硒	mg/L	0.2L~0.5	0.2L~0.5
	镍	mg/L	0.5L~2.4	0.5L~2.4
挥发性酚	μg/L	1.1L~2.4	1.1L~2.4	
沉积物质量	粒度		/	/
	有机碳	%	0.23~0.59	0.23~0.59
	pH		7.83~8.36	7.83~8.36
	石油类	×10 ⁻⁶	2.7~8.8	2.7~8.8
	硫化物	×10 ⁻⁶	1.9~184	1.9~184
	铜	×10 ⁻⁶	5.0~11.8	5.0~11.8
	铅	×10 ⁻⁶	22.9~40.1	22.9~40.1
	锌	×10 ⁻⁶	62.6~94.0	62.6~94.0
	镉	×10 ⁻⁶	0.04~0.09	0.04~0.09
	铬	×10 ⁻⁶	58.3~70.3	58.3~70.3
	汞	×10 ⁻⁶	0.018~0.066	0.018~0.066
	砷	×10 ⁻⁶	4.17~9.51	4.17~9.51
海洋生物质量	铜	mg/kg	0.4L~15.0	0.4L~15.0
	铅	mg/kg	0.04L~0.11	0.04L~0.11
	锌	mg/kg	3.2~32.9	3.2~32.9
	镉	mg/kg	0.005L~0.231	0.005L~0.231
	铬	mg/kg	0.23~0.51	0.23~0.51
	汞	mg/kg	0.008~0.139	0.008~0.139
	砷	mg/kg	0.2L~18.8	0.2L~18.8
石油烃	mg/kg	3.7~29.9	3.7~29.9	

4.2 资源影响分析

4.2.1 项目用海对海域空间资源的影响分析

(1) 占用岸线情况

本项目为红海湾三、四海上风电项目的集中送出工程，包含海上升压站与送出海底电缆。500kV 送出海缆登陆点位于深汕合作区小漠镇东侧海岸，小漠镇东

南临海砂质岸线处。该段砂质岸线地势起伏变化不大，海滩较为平坦，宽度约在100m~120m 之间。



图 4.2.1-1 登陆点现状照片

根据广东省政府 2022 年批复海岸线，本项目送出海缆登陆段穿越岸线长度 21.4m，为砂质岸线。本项目海底电缆铺设于海底，送出海缆登陆段的海岸为砂质沙滩，登陆段施工采用定向钻的施工方式，该施工方式地底穿过砂质岸线，无需开挖，对沙滩基本无影响，不影响自然岸线形态及原有生态功能。



图 4.2.1-2 项目送出海缆占用岸线示意图

(2) 占用海域情况

本项目为红海湾三、四海上风电集中送出工程，建设一座 500kV 海上升压站，电能通过 2 回 500kV 送出海缆输送至陆上集控中心。用海方式包括透水构筑物、海底电缆管道。项目拟申请用海总面积为 443.6009 公顷，其中，透水构筑物用海 0.6067 公顷，海底电缆管道用海 442.9942 公顷。

本工程建设占用了部分海底、海面以及部分海面上方的海域空间资源，本项目使部分海洋空间开发活动受到了限制，占海区域对海域空间资源的其他开发活动具有一定排他性。

4.2.2 对海洋生物资源的影响

4.2.2.1 底栖生物损失量

海上升压站基础长期占用海底底质环境，送出海底电缆施工阶段破坏海域底质，对底栖生物及生态系统造成了一定的影响。参照《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程（SC/T 9110-2007）》（以下简称《规程》），底栖生物的资源损失按以下公式进行计算：

$$W_i = D_i \times S_i$$

式中：

W_i 为第 i 种生物资源受损量，单位为 kg，此处为底栖生物资源受损量；

D_i 为评估区域内第 i 种生物资源密度，单位 kg/m²，此处为底栖生物平均生物量；

S_i 为第 i 种生物占用的水域面积，单位为 m²。在此为海上升压站桩基、送出海底电缆基槽开挖面积。

本项目海上升压站为四桩基础结构，桩基直径为 4.2m，则桩基占用海域面积约 55.39m²。本项目 2 回送出海底电缆总长约 150.1km，本报告以海底电缆敷设点向两侧外扩 5m 的范围内大型底栖生物全部死亡计算，则本项目海缆施工造成底栖生物完全损失的面积为 150.1 公顷。

根据 2023 年 8 月调查海域底栖生物平均生物密度，为 4.856g/m²。

则本项目直接造成生物损失量为：

桩基础造成底栖生物损失量：55.39×4.856×10⁻³=0.27kg

送出海底电缆施工造成底栖生物损失量：150.1×10⁴×4.856×10⁻⁶=7.29t

因此，项目桩基础建设造成底栖生物直接损失 0.27kg，送出海底电缆施工造成底栖生物直接损失 7.29t。

4.2.2.1 渔业资源损失量

本工程送出海底电缆和海上升压站桩基施工工期超过 15 天，按照《规程》，工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：

$$M_i = W_i \times T$$

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

式中： M_i 为第 i 种生物资源累计损害量，尾、个或千克（kg）；

W_i 为第 i 种生物资源一次性平均损失量，尾、个或千克（kg）；

T 为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），个；

D_{ij} 为某一污染物第 j 类浓度增量区第 i 种类生物资源密度，尾/km² 或个/km² 或千克（kg）/km²；

S_i 为某一污染物第 j 类浓度增量区面积，km²；

K_{ij} 为某一污染物第j类浓度增量区第i种类生物资源损失率，%；

n为某一污染物浓度增量分区总数。

上述各参数的取值如下：

根据水质环境影响预测，本工程悬浮泥沙引起的生物损失按垂向平均包络线进行计算，>10mg/L悬浮泥沙扩散包络线面积为13.32km²，>20mg/L悬浮泥沙扩散包络线面积为7.06km²，>50mg/L悬浮泥沙扩散包络线面积为2.9km²，>100mg/L悬浮泥沙扩散包络线面积为1.01km²。

表 4.2.2-1 本工程悬浮物对各类生物损失率参数（参照《规程》相关规定）

悬沙增值浓度 (mg/L)	污染物 i 的超标 倍数 (Bi)	平均扩散面积 (km ²)	各类生物损失率 (%)	
			鱼卵和仔稚鱼	成体
10~20	Bi≤1 倍	6.26	5	1
20~50	1<Bi≤4 倍	4.16	10	5
50~100	4<Bi≤9 倍	1.89	30	15
>100	Bi≥9 倍	1.01	50	40

本工程海缆敷设施工为船舶“埋设犁”敷设施工，悬浮物浓度增量影响的持续时间一般不超过15天，且海缆敷设施工为线型移动敷设，持续周期按1计算。根据工程海域测量资料，项目所在平均水深按17m计。

根据2023年8月所在海域的调查数据，调查海域游泳生物、鱼卵、仔稚鱼的资源密度分别为237.515kg/km²，1.968ind/m³，0.231ind/m³。

则项目施工悬浮泥沙造成渔业资源损失量为：

$$\text{游泳生物} = 237.515 \times 1 \times (6.26 \times 1\% + 4.16 \times 5\% + 1.89 \times 15\% + 1.01 \times 40\%) = 0.23t$$

$$\begin{aligned} \text{鱼卵} &= 1.968 \times 17 \times 1 \times (6.26 \times 5\% + 4.16 \times 10\% + 1.89 \times 30\% + 1.01 \times 50\%) \times 10^6 \\ &= 6.03 \times 10^7 \text{ 粒} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{仔鱼} &= 0.231 \times 17 \times 1 \times (6.26 \times 5\% + 4.16 \times 10\% + 1.89 \times 30\% + 1.01 \times 50\%) \times 10^6 \\ &= 7.07 \times 10^6 \text{ 尾} \end{aligned}$$

因此，项目施工造成渔业资源直接损失量为：游泳生物0.23t、鱼卵6.03×10⁷粒、仔鱼7.07×10⁶尾。

4.2.3 对其他海洋资源的影响

本项目所在海域风能资源较丰富，适宜开发海上风电项目。本项目用海是对该海域风能资源的有效利用，且风能资源属于清洁的可再生能源，一般情况下本项目建设不会对其产生不利影响，项目建设符合可持续发展的原则和国家能源发

展政策方针,可减少化石资源的消耗,减少因燃煤等排放有害气体对环境的污染,对于满足当地电力负荷需求、促进地方经济快速发展将起到积极作用。因此,本项目建设对风能资源没有不良影响,相反有效利用了海域的风能资源,有助于形成示范效应,推动海上风能资源的高效利用。

本项目与周边的滩涂、岛礁、港口等其他海洋资源有一定距离。总体上,项目对滩涂、岛礁、港口、矿产以及旅游等其他海洋资源基本无影响。

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 汕尾市社会经济概况

汕尾市位于广东省东南部沿海，莲花山南麓，珠江三角洲东岸，与台湾一水之隔，为海峡西岸经济区连接粤港澳大湾区桥头堡。汕尾市东邻揭阳市惠来县，西连惠州市惠东县，南濒南海，临红海湾和碣石湾，北接梅州市五华县和河源市紫金县，总面积 4865.05 平方公里（包括深汕合作区）。大陆架内（即 200 米水深以内）海域面积（包括深汕合作区）2.39 万平方公里，相当于陆地面积的 4.5 倍。汕尾市辖 1 区、2 县，代管 1 市，另设 2 个管理区或功能区（1 个区：市城区；2 个县：海丰县、陆河县；1 个代管市：陆丰市；2 个管理区或功能区：广东汕尾红海湾经济开发区、汕尾华侨管理区）；辖区内设有 40 个镇、14 个街道办事处，共有 150 个社区居委会、723 个村委会。

根据《2022 年汕尾市国民经济和社会发展统计公报》（汕尾市人民政府门户网站，2023 年 4 月），2022 年末，全市常住人口 268.26 万人，比上年末减少 0.43 万人，其中城镇常住人口 155.22 万人，汕尾市占常住人口比重（常住人口城镇化率）57.86%，比上年末增加 0.56 万人。年末户籍人口 356.44 万人，其中城镇人口 177.43 万人，占户籍人口的比重 49.8%。

经广东省统计局统一核算，2022 年汕尾实现地区生产总值（初步核算数）1322.02 亿元，比上年增长 1.5%。其中，第一产业增加值 187.40 亿元，增长 7.2%；第二产业增加值 490.90 亿元，下降 0.7%；第三产业增加值 643.72 亿元，增长 1.5%。三次产业结构为 14.2:37.1:48.7。人均地区生产总值 49242 元（按年平均汇率折算为 7321 美元），增长 1.2%。

分县（市、区）看，市城区地区生产总值占全市比重 25.0%，海丰县地区生产总值占全市比重 32.3%，陆丰市地区生产总值占全市比重 31.2%，陆河县地区生产总值占全市比重 8.0%，红海湾开发区生产总值占全市比重 3.1%，华侨管理区生产总值占全市比重 0.4%。

全年全市地方一般公共预算收入 61.30 亿元，比上年增长 16.2%，扣除留抵退税因素后增长 19.5%；其中，税收收入 25.43 亿元，下降 14.6%。全年一般公共预算支出 296.56 亿元，增长 5.9%；其中，教育支出 65.86 亿元，增长 9.7%；卫生健康支出 35.99 亿元，增长 7.5%；社会保障和就业支出 50.23 亿元，增长 31.6%。

全年城镇新增就业 5.38 万人，就业困难人员实现就业 0.27 万人，年末城镇实有登记失业人员 1.39 万人，城镇登记失业率为 2.27%，比上年末下降 0.01 个百分点。

全年居民消费价格比上年上涨 2.0%。分类别看，食品烟酒类上涨 3.1%，衣着类下降 5.2%，居住类上涨 1.2%，生活用品及服务类与上年持平，交通和通信类上涨 4.4%，教育文化和娱乐类上涨 1.1%，医疗保健类上涨 2.2%，其他用品和服务上涨 2.2%。在食品类中，蛋类和水产品类上涨幅度较大，分别上涨 6.4%和 8.2%。

5.1.1.2 海洋产业发展现状

根据《汕尾市海洋经济发展“十四五”规划》，汕尾市海洋经济保持良好发展势头。传统优势海洋产业实力得到增强，海洋新兴产业有所起步。现代海洋渔业稳定发展，建成省级水产良种场 2 个、养殖示范场 5 个、海洋牧场 3 个、渔港码头 2 个，以垂钓、旅游、餐饮、观光为主的休闲渔业成为新的渔业经济增长点。2020 年全市海水产品产量 53.75 万吨，海水产品产值 98.93 亿元，占全省的比重分别为 11.9%和 12.5%。临海工业持续推进，年发电能力 100 亿千瓦时的陆丰甲湖湾电厂新建工程建成投产，明阳智能汕尾海上高端装备制造基地正式投产，后湖海上风电场接入系统工程顺利投运，产能规模按年均 76 万千瓦配套设备能力规划设计，汕尾海洋工程基地（陆丰）项目开工建设，甲子、后湖海上风电场项目均完成核准批复。海洋船舶工业不断发展，拥有船舶修造生产基地 12 家，建成包括船舶制造、维修、服务的上下游产业链，渔船升级改造及减船转产项目持续推进。海洋生物产业创新发展，建成年生产加工量 500 吨的鱼胶原蛋白肽粉产业链基地。海洋旅游业蓬勃发展，建设完善市区城市游憩旅游区、红海湾海洋运动旅游区等多个沿海旅游景点。2019 年接待过夜人数和旅游总收入较 2015 年分别增长 32.8%和 62.5%。海洋交通运输业稳步发展，2020 年汕尾港货物吞吐量达

1273.7 万吨，2016-2020 年均增长率约为 9.2%。

汕尾市海洋经济空间布局持续优化。红海湾主要布局滨海旅游、海洋牧场、海产品加工产业，建有保利金町湾旅游度假区、红海湾旅游度假区、晨洲村生蚝养殖加工基地等。碣石湾主要布局临海工业、海洋文化旅游等产业，拥有汕尾海洋工程基地（陆丰）、宝丽华集团能源基地、中广核核电项目基地、金厢滩红色旅游区等，初步形成了西部以海洋生物、海洋休闲旅游、现代渔业为主，东部以海工装备、电力能源为主的滨海优势产业发展带。

5.1.1.3 海上风电行业的发展状况

汕尾市依托丰富岸线和广阔腹地，大力发展核电、海上风电，积极规划建设汕尾 LNG 接收站项目，重点推进陆丰核电等和陆丰后湖、甲子海上风电场等项目规划建设，实现后湖海上风电场全场并网发电，新增推进红海湾海上风电场项目规划建设，打造全省乃至全国重要的电力能源生产基地。目前，汕尾后湖、甲子一、甲子二海上风电场共 140 万千瓦已实现全容量并网，标志着全国最大的平价海上风电场建成投运，成为粤东地区首个超百万千瓦级海上风电基地。“十四五”期间，汕尾规划布置了共计 1180 万千瓦的海上风电场址，远期规划 3435 万千瓦的海上风电场，将打造汕尾千万千瓦海上风电基地，再造一个“海上三峡”。

5.1.2 海域使用现状

经过管理部门调访、海域使用动态监管系统查询，本项目所在及周边海域开发利用活动主要为航路、锚地、海上风电项目、现状红树林等。项目所在海域开发利用现状详见表 5.1.2-1 和图 5.1.2-1。本项目北侧 0.5km 处还分布有深圳深汕九龙湾海洋生态地方级自然保护区，详见 3.2.13 章节。

表 5.1.2-1 项目所在海域开发利用现状表

序号	名称	与本项目相对位置和最近距离
航道、航路		
1	鲘门航道	穿越
2	马宫航道	穿越
3	青星航道	穿越
4	汕尾西线航道	穿越
5	大星山甲子航道	穿越
6	深汕合作区小漠港进出港航路	穿越
7	粤东沿海近岸航路支线（汕尾至深圳大鹏湾段）	穿越

序号	名称	与本项目相对位置和最近距离
8	粤东沿海近岸航路	穿越
9	内航路	穿越
锚地		
10	装运危险货物船舶锚地	东侧, 5.6km
11	检疫锚地	东侧, 7.4km
12	1号引航检疫锚地	东侧, 0.4km
13	2号引航检疫锚地	东侧, 0.6km
	大型船舶临时避风锚地	东侧, 5.9km
海上风电项目		
14	中广核惠州港口一海上风电场项目	西侧, 6.6km
15	中广核惠州港口二 PA 海上风电场项目	西侧, 6.7km
16	汕尾红海湾三海上风电项目 (拟申请)	紧邻
17	明阳汕尾红海湾四海上风电示范项目 (拟申请)	紧邻
其他项目		
18	国家海洋局海丰海洋观测点	东北侧, 10.5km
19	鲘门镇红泉村沙埔海贝类养殖基地	东北侧, 2.1km
20	华润海丰电厂“上大压小”新建工程	南侧, 0.4km
21	深汕特别合作区小漠国际物流港一期工程	西侧, 2.3km
22	汕尾港海丰港区华城石化配套三千吨级泊位码头	西侧, 4.7km
23	广东太平岭核电厂建设工程疏浚物临时性海洋倾倒区	西侧, 4.8km
24	现状红树林	西北侧, 0.2km
25	现状防波堤	东北侧, 0.3km
26	深圳深汕九龙湾海洋生态地方级自然保护区	北侧, 0.5km

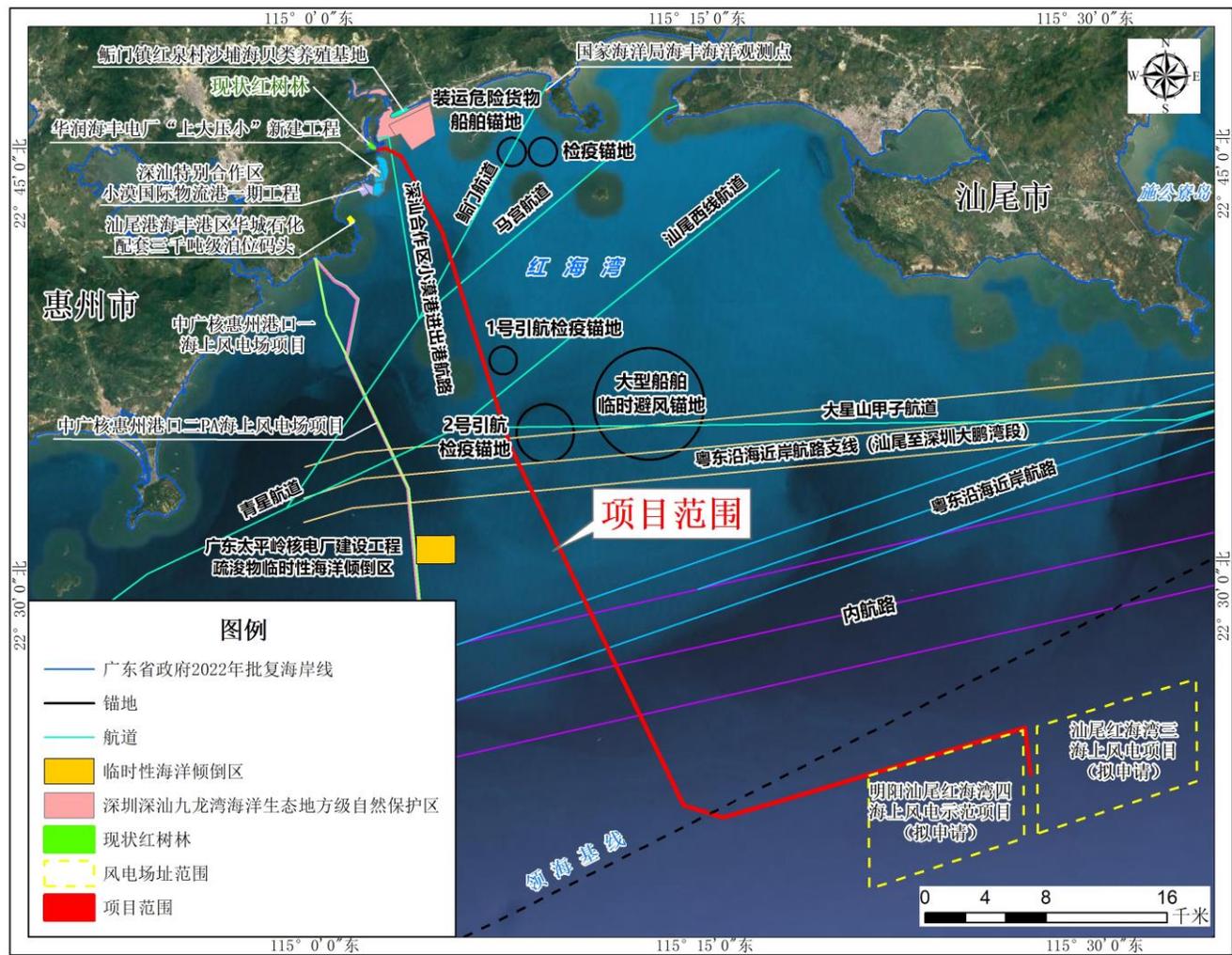


图 5.1.2-1a 项目周边开发利用现状图



图 5.1.2-1b 项目周边开发利用现状图（登陆点附近）

(1) 航路

本项目海底电缆穿越鲐门航道、马宫航道、青星航道、汕尾西线航道、大星山甲子航道、深汕合作区小漠港进出港航路、粤东沿海近岸航路支线（汕尾至深圳大鹏湾段）、粤东沿海近岸航路和内航路。

鲐门航道起止点为鲐门渔货码头至马洋排，规划等级 5000 吨级，航道长度 33.2km；马宫航道起止点为马宫渔货码头至马洋排，规划等级 5000 吨级，航道长度 22.6km；汕尾西线航道起止点为炮台油库码头至东碇屿，规划等级 1 万吨级，航道长度 35.4km；大星山甲子航道设计代表船型为 1 万吨级海轮，规划航道底高程为-10.35m；汕尾东线航道起止点为汕尾港 1#浮标至遮浪角，规划等级为 1 万吨级，航道长度 46.7km。

粤东沿海近岸航路支线（汕尾至深圳大鹏湾段）线由汕尾遮浪角至深圳大鹏湾，全长 65.1 海里，航宽 2 海里。粤东沿海近岸航路属于中国沿海支线航路的重要组成部分，是船舶进出广东沿海港口间的重要通道，航宽 1~2 海里。内航路为中国沿海内航路广东沿海段，东接福建沿海中航路，西接湛江港进港航道，航宽 3~4 海里。深汕合作区小漠进出港航路由外海至深汕合作区小漠港方向，全长 31.2 海里，宽为 6 海里。

(2) 锚地

根据《汕尾港总体规划》（2021-2035 年），本项目周边现有的锚地有 5 个，分别为装运危险货物船舶锚地、检疫锚地、1 号引航检疫锚地、2 号引航检疫锚地和大型船舶临时避风锚地，详见表 5.1.2-2。其中距离本项目海底电缆较近的为 1 号引航检疫锚地（东侧，0.4km）和 2 号引航检疫锚地（东侧，0.6km），其余距离本项目 5.5km 外。

表 5.1.2-2 项目周边锚地一览表

序号	名称	中心地点	半径 (海里)	用途
1	大型船舶临时避风锚地	115°13'00.00", 22°37'00.00"	2	避风、防台
2	检疫锚地	115°09'00.00", 22°46'00.00"	0.5	检疫、防台
3	装运危险货物船舶锚地	115°07'48.00", 22°46'00.00"	0.5	装运危险货物船舶侯泊
4	1 号引航检疫锚地	115°07'24.00", 22°38'36.00"	0.5	引航、检疫、防台
5	2 号引航检疫锚地	115°09'00.00", 22°36'00.00"	1	引航、检疫、防台

(3) 海上风电项目

本项目海底电缆西侧 6.6km 处为中广核惠州港口一海上风电场项目，6.7km

处为中广核惠州港口二 PA 海上风电场项目；汕尾红海湾三海上风电项目（拟申请）、明阳汕尾红海湾四海上风电示范项目（拟申请）集电海缆均接入本项目集海上升压站

汕尾红海湾三海上风电项目（拟申请）由中广核新能源投资（汕尾）有限公司建设，规划装机容量为 500MW，拟建设 36 台 14MW 固定式风电机组、8 回 66kV 集电海底电缆，目前正在办理用海手续。明阳汕尾红海湾四海上风电示范项目（拟申请）拟建设 26 台 18.8MW 和 1 台 16.6MW 固定式风电机组、8 回 66kV 集电海底电缆，目前已取得用海预审意见，后续还需进行用海调整。

（4）其他项目

本项目登陆点西北侧 0.2km 处分布有现状红树林，东北侧 0.3km 处为现状防波堤；南侧 0.4km 处为华润海丰电厂“上大压小”新建工程，该工程建设 1 个 5 万吨级卸煤泊位和一个 3 千吨级重件泊位，为满足船舶泊稳要求，建设 1186 米防波堤一座，另建设 10 万吨级专用运煤航道及港池（总挖泥量 1800 万方），总投资 11.5 亿元。

距离本项目 2km 外还分布有国家海洋局海丰海洋观测点、鲘门镇红泉村沙埔海贝类养殖基地、深汕特别合作区小漠国际物流港一期工程、汕尾港海丰港区华城石化配套三千吨级泊位码头、广东太平岭核电厂建设工程疏浚物临时性海洋倾倒区等项目。

（5）所在岸线

本项目申请用海范围所在岸线为砂质岸线，岸线现状详见图 5.1.2-2。



图 5.1.2-2 项目所在岸线现状

5.1.3 海域使用权属现状

根据本项目周边海域使用权属状况的资料收集情况及调访结果，本项目无紧邻已确权登记用海项目。项目申请用海范围与周边用海项目不存在权属重叠。

5.2 项目用海对海域开发活动的影响

根据 5.1.2 节开发利用现状的分析，本项目所在及周边海域开发利用活动主要为航路、锚地、海上风电项目、现状红树林等，本项目北侧 0.5km 处还分布有深圳深汕九龙湾海洋生态地方级自然保护区，项目 $>10\text{mg/L}$ 悬沙增量包络线（底层）与周边开发利用活动叠置图见图 5.2-1。结合项目建设和运营情况，项目用海对海域开发活动影响分析如下。

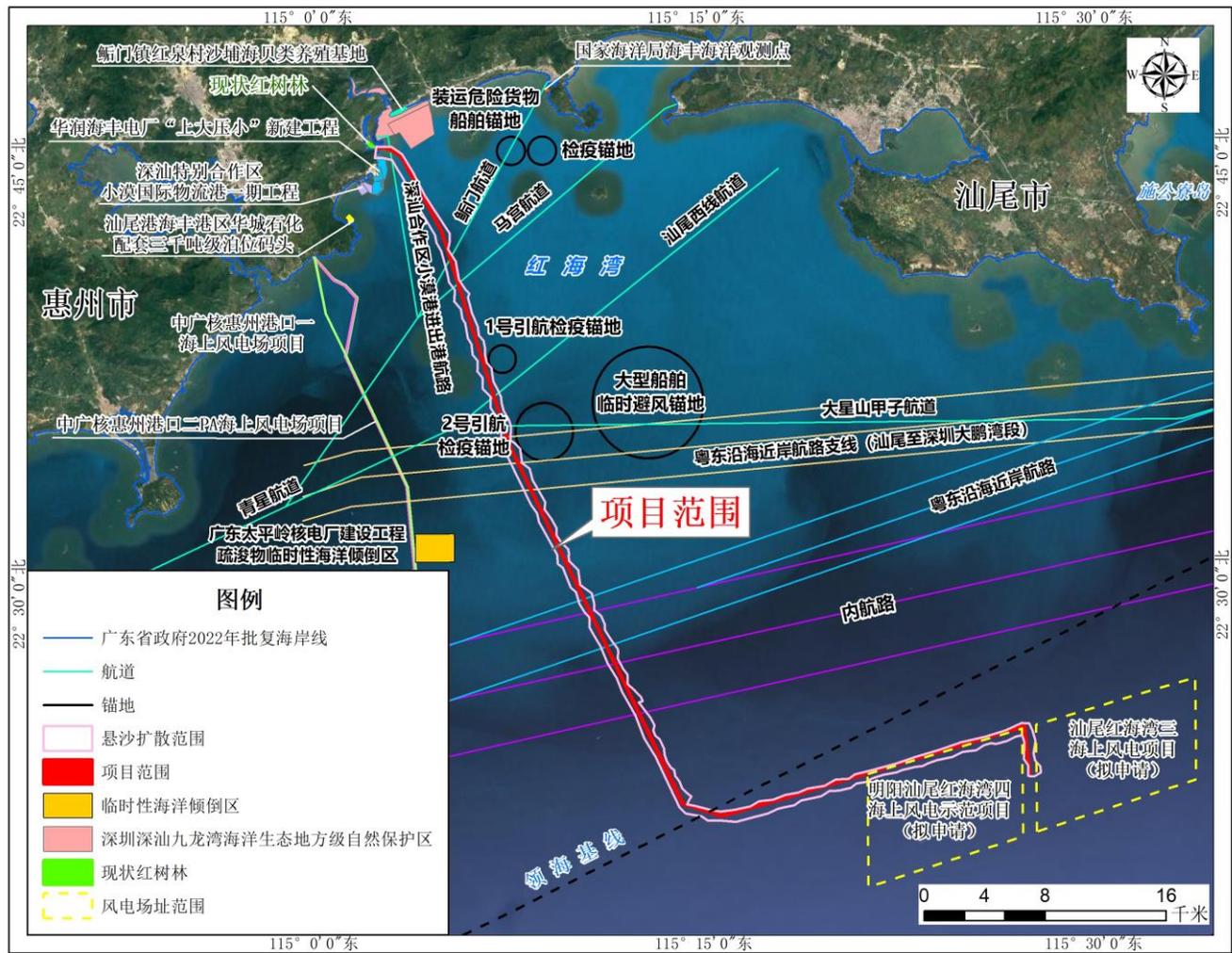


图 5.2-1 $>10\text{mg/L}$ 悬沙增量包络线（底层）与周边开发利用活动叠置图

5.2.1 对航道、航路及通航环境的影响分析

本项目海底电缆穿越鲐门航道、马宫航道、青星航道、汕尾西线航道、大星山甲子航道、深汕合作区小漠港进出港航路、粤东沿海近岸航路支线（汕尾至深圳大鹏湾段）、粤东沿海近岸航路和内航路。

本项目海缆施工期间，由于需要横穿航道、航路，施工期间海缆敷设船前后约 800m 范围需要设立警戒，将对过往船舶通航安全将产生碍航影响，对周边的通航环境产生一定影响。

本项目海缆敷设通过专业敷缆船进行敷设，采用埋设犁配合高压水枪冲埋等方式，将海缆敷设在海床底下 3~4m，施工过程对局部海床有一定影响，但对其所在海域潮汐动力和冲淤变化影响很小；项目海底电缆施工完成后，海床可在波浪潮流共同作用下逐渐恢复到原状，不会对潮流动力产生影响，亦不会对周边地形地貌产生影响。因此，项目海底电缆的建设基本不会对周边航道、航路功能造成影响。

此外，航路来往船舶对本项目海缆的调查和铺设会带来一定的影响，但只要对海缆的深埋严格要求，真正达到设计标准，在海缆铺设后树立警示标志、发布相关海域管理通告，该影响较小，同时也不会影响到航道、航路的正常使用。

5.2.2 对锚地的影响分析

本项目周边现有的锚地有 5 个，分别为装运危险货物船舶锚地、检疫锚地、1 号引航检疫锚地、2 号引航检疫锚地和大型船舶临时避风锚地。其中距离本项目海底电缆较近的为 1 号引航检疫锚地（东侧，0.4km）和 2 号引航检疫锚地（东侧，0.6km），其余距离本项目 5.5km 外。

本项目海底电缆的布置未穿过锚地，与周边锚地均保持一定的距离，海底电缆工程埋藏在海床以下 3~4m，为埋设形式，施工完成后，海床可在波浪潮流共同作用下逐渐恢复到原状，不会对潮流动力产生影响，亦不会对周边地形地貌产生影响。因此，项目建设对周边锚地影响不大。施工期间海缆敷设过程需要占用一部分水域，对进出锚地的船舶有一定碍航影响，作业期间需加强现场警戒。

5.2.3 对海上风电项目的影响分析

汕尾红海湾三海上风电项目（拟申请）、明阳汕尾红海湾四海上风电示范项目（拟申请）集电海缆均接入本项目海上升压站集中送出。本项目对周边海上风电项目的影响主要是施工期间的的影响，海上风电项目施工周期长，本项目与上述海上风电项目难免存在同时施工、相互影响的可能。若同时施工，施工船只频繁出入，必将会加大附近的通航密度，造成一定的通航安全风险。另外，如果本项目建设晚于上述海上风电项目，后期施工船只航行的区域可能有上述海上风电项目已建好的海底电缆设施和构筑物，若操作不慎或意外事故有可能破坏海底电缆。但由于海缆敷设会采取一定的保护措施降低船只航行、抛锚对海底电缆的损坏；风电场建成后会在适当位置设置相应的航标灯及警示标志，并将海底电缆具体位置、走向、埋深以及风电场位置海域范围等报请海事局等部门及时更新航海图书资料，申请发布航行通（警）告，其他船只只会采取相应的避让措施；加上项目建设海域宽阔，本项目施工船只通航时有较大空间进行避让。因此，本项目施工破坏其他海上风电项目的构筑物和海缆的可能性不大。但本项目与明阳汕尾红海湾四海上风电示范项目（拟申请）为同一家建设单位，相互之间具有较好的协调性。

本项目与中广核惠州港口一海上风电场项目、中广核惠州港口二 PA 海上风电场项目距离较远（6.5km 外），项目建设对上述海上风电项目基本无影响。

5.2.4 对现状红树林的影响分析

本项目登陆点西北侧 0.2km 处分布有现状红树林，本项目海底电缆与现状红树林间有陆域相隔，且海底电缆工程埋藏在海床以下 3~4m，为埋设形式，施工完成后，海床可在波浪潮流共同作用下逐渐恢复到原状，不会对潮流动力产生影响，亦不会对周边地形地貌产生影响，不会对现状红树林所在海域底质环境产生影响。根据项目施工期间悬浮泥沙预测结果表明，工程施工导致的表层、中层和底层超第一、二类海水水质的海域面积分别为 0.00km²、12.22km² 和 27.74km²，不会扩散到现状红树林所在海域（图 5.2-1），不会对红树林的生长环境产生影响。

5.2.5 对自然保护区的影响分析

本项目登陆点北侧 0.5km 处分布有深圳深汕九龙湾海洋生态地方级自然保护区，主要保护对象为复合型水生生态系统及其重点保护和珍稀濒危生物与红树林生态系统。本项目海底电缆工程埋藏在海床以下 3~4m，为埋设形式，施工完成后，海床可在波浪潮流共同作用下逐渐恢复到原状，不会对潮流动力产生影响，亦不会对周边地形地貌产生影响，不会对该保护区所在海域底质环境产生影响。根据项目施工期间悬浮泥沙预测结果表明，工程施工导致的表层、中层和底层超第一、二类海水水质的海域面积分别为 0.00km²、12.22km² 和 27.74km²，不会扩散到该保护区所在海域（图 5.2-1），因此，项目建设对基本不会对该保护区产生影响。

5.2.6 对其他项目的影响分析

本项目登陆点东北侧 0.3km 处为现状防波堤，南侧 0.4km 处为华润海丰电厂“上大压小”新建工程。距离本项目 2km 外还分布有国家海洋局海丰海洋观测点、鲘门镇红泉村沙埔海贝类养殖基地、深汕特别合作区小漠国际物流港一期工程、汕尾港海丰港区华城石化配套三千吨级泊位码头、广东太平岭核电厂建设工程疏浚物临时性海洋倾倒区等项目。本项目海缆所在海域工程前后海床基本不变，海缆敷设对其所在海域潮汐动力和冲淤变化基本不影响；工程实施对海域冲淤影响主要出现升压站附近，升压站建设后，使得局部水流条件稍有改变，从而引起海床冲淤变化，变化主要出现在升压站周边水域，不会影响到上述项目所在海域。根据项目施工期间悬浮泥沙预测结果表明，工程施工导致的表层、中层和底层超第一、二类海水水质的海域面积分别为 0.00km²、12.22km² 和 27.74km²，不会扩散到上述项目所在海域（图 5.2-1），不会对上述项目的正常运营产生影响。

5.2.7 对渔业生产活动的影响分析

本工程施工时悬浮泥沙沿着缆线走向向外扩散，悬浮泥沙扩散将对周边渔业生产活动产生一定影响，底层平均悬沙浓度大于 10mg/L 的面积为 27.74km²。项目对周边渔业生产活动主要发生在路由缆线两侧，且随着施工的完成，悬沙的

影响也随着消失，因此项目对周边渔业养殖活动基本的影响是在可接受范围内。

此外，项目所在海域可能存在捕捞渔船，项目建设过程中，施工船只作业会增加附近海域的通航密度，因此项目的建设对渔船通航、作业都会造成一定的影响。但项目外围水域对渔船而言，可航水域开阔，可满足其通航安全要求。

项目施工期产生的悬浮泥沙、桩基和海缆占用生境等，会对渔业资源造成一定的损失。

5.3 利益相关者界定

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

根据本报告 5.2 节项目建设对周边开发活动的影响分析，界定本项目利益相关者为中广核新能源投资（汕尾）有限公司，详见表 5.3-1 及图 5.3-1。

表 5.3-1 利益相关者一览表

序号	用海活动	与本项目相对位置和最近距离	利益相关者	可能影响因素	影响程度
1	汕尾红海湾三海上风电项目（拟申请）	紧邻	中广核新能源投资（汕尾）有限公司	施工影响	较小

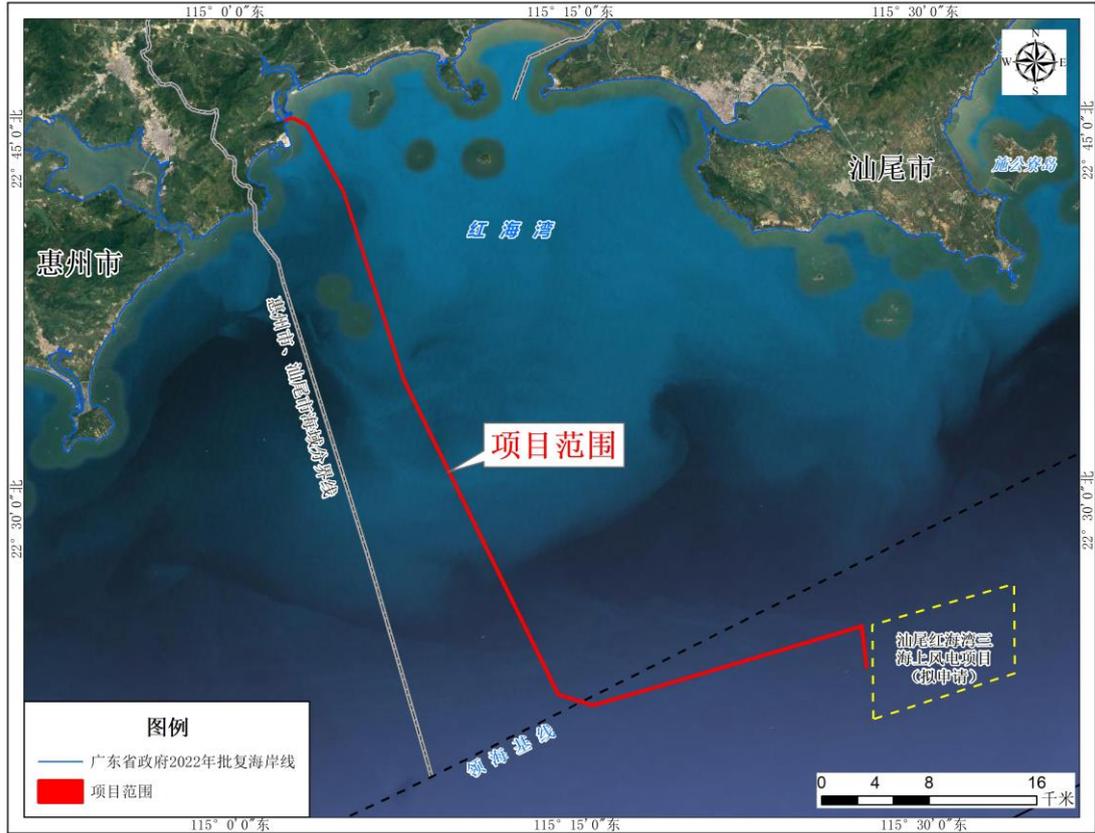


图 5.3-1 利益相关者分布图

5.4 需协调部门界定

项目建设过程中，施工船只作业会增加附近海域的通航密度，对所在海域通航环境造成一定的影响。因此，界定本项目协调责任部门为海事局、航道事务中心、农业农村局，详见表 5.4-1。

表 5.4-1 协调责任部门一览表

序号	用海活动	协调责任部门	可能影响因素	协调内容
1	通航环境	海事局、航道事务中心	送出海缆穿越航路、施工船舶进出作业增大海域通航密度	协调作业船舶进出安排，确保船舶通航安全
2	渔业生产活动	农业农村局	悬沙扩散、海缆和海上升压站桩基占用	协调建设单位进行生态保护修复

5.5 相关利益协调分析

5.5.1 与中广核新能源投资（汕尾）有限公司的协调分析

汕尾红海湾三海上风电项目（拟申请）集电海缆接入本项目海上升压站集中送出，可能同期施工建设，施工船只频繁出入，必将会加大附近的通航密度，造成一定的通航安全风险。因此建议本项目建设单位和中广核新能源投资（汕尾）有限公司进行充分沟通，在施工期间及时协调，合理安排施工区域和时间，防止船舶过于密集，严格控制施工船舶的活动范围，以确保双方项目施工安全和顺利推进。

5.5.2 与海事局、航道事务中心的协调分析

本项目送出海缆穿越了航道、航路，且项目建设过程中会投入一定的施工船舶，工程海域的船舶流量会有所增加，对周边航行的过往船舶影响较大；项目的建设也改变了原有的海域条件，必须采取相应的安全措施保障附近海域的船舶通航安全。

建设单位应该建立安全有效的联系机制，施工前应与海事局、航道事务中心进行充分沟通协调，做好船舶的进出安排，确保船舶的通航安全。建设单位经检查发现存在影响附近水域通航安全的情况，应及时通知海事局，申请发布相应的航行警告；发现存在安全隐患时及时处理，并向海事局报告；工程建成后应将项目位置海域范围具体位置等报请海事局等部门及时更新航海图书资料，发布相应《航海通告》。

5.5.3 与农业农村局的协调分析

本项目的建设将造成海洋生物资源损失，本项目建设单位应采取措施，实施生态保护修复，开展以增殖放流为主的生态保护修复措施，建设单位应与农业农村局充分沟通协调，明确增殖放流实施地点、实施计划、投放苗种等，在农业农村局的协调下有序开展。

表 5.5-1 利益协调情况一览表

序号	用海活动	利益相关者/ 协调责任部门	协调方案
----	------	------------------	------

1	汕尾红海湾三海上风电项目（拟申请）	中广核新能源投资（汕尾）有限公司	施工期间及时协调，合理安排施工区域和时间，防止船舶过于密集，严格控制施工船舶的活动范围，以确保双方项目施工安全和顺利推进。
2	通航环境	海事局、航道事务中心	建立安全有效的联系机制，施工前应海事局、航道事务中心进行充分沟通协调，做好船舶的进出安排，确保船舶的通航安全； 经检查发现存在影响附近水域通航安全的情况，应及时通知海事局，申请发布相应的航行警告； 发现存在安全隐患时及时处理，并向海事局报告； 工程建成后应将项目位置海域范围具体位置等报请海事局等部门及时更新航海图书资料，发布相应《航海通告》。
3	渔业生产活动	农业农村局	采取措施，实施生态保护修复，开展以增殖放流为主的生态保护修复措施。

5.6 项目用海与国防安全、国家海洋权益的协调性分析

5.6.1 与国防安全和军事活动的协调性分析

项目所在海域及附近海域可能存在国防设施，工程建设、生产经营可能会对国防产生影响，建议业主取得军方的书面协调意见后方可施工建设，以保障项目建设过程不会影响军事设施安全和军事活动的进行。

5.6.2 与国家海洋权益的协调性分析

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

本工程不存在损害国家权益的问题，项目实施不会涉及领海基点，也不会涉及国家机密，对国家海洋权益没有影响。海域属国家所有，单位和个人经营性使用海域，必须按规定交纳海域使用金。本项目用海属经营性用海，按国家有关规定交纳海域使用金，不损害国家权益。

6 国土空间规划符合性分析

6.1 与国土空间规划符合性分析

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）》（以下简称《省国土规划》）明确国土空间开发保护目标：积极推进国土空间保护、开发、利用和修复，到2035年，全面建成安全、繁荣、和谐、美丽的高品质国土。更可持续、更具韧性的安全国土——国土生态安全格局全面夯实，耕地质量提升和布局优化，综合防灾减灾和应急体系全面建成，粮食安全、**能源安全**、水安全、军事安全保障更加有力，应对气候变化和抵御自然灾害的能力显著增强，形成全天候、系统性、现代化的国土安全保障体系。更加集约、高效、开放的繁荣国土——自然资源利用效率和水平显著提升，集约、紧凑、高效的城镇化空间格局全面形成，高质量的现代化产业空间得到充分保障，**海洋资源开发能力持续增强**，**陆海统筹、内外联动的开放型国土开发格局更加优化**，国际竞争力显著增强，高质量发展成为全国典范。

《省国土规划》以“三区三线”为基础构建国土空间开发保护总体格局。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。

围绕落实国家农产品主产区战略、“三区四带”生态安全格局和“两横三纵”的城镇化战略格局，以“三区三线”为基础，规划形成“一核两极多支点、一链两屏多廊道”的网络对流型国土空间开发保护总体格局，促进形成“一核一带一区”区域发展格局。构建“一核两极多支点”的国土空间开发利用格局。“多支点”即**增强汕尾、阳江的战略支点功能**，增强北部生态发展区中心城市的服务功能，建设若干个重要发展支点，形成融湾发展、适度集聚、协调联动的空间发展格局。

打造开放活力的海洋空间，充分发挥海洋作为高质量发展的战略要地作用，

陆海统筹推进海洋空间保护与利用，加强海岸带综合管理，维护绿色安全海洋生态，打造现代化沿海经济带，全面建设海洋强省。支持培育现代化海洋产业集群。推进海洋优势产业集中集约布局，拓展新兴产业后备发展空间，强化潜力产业基础空间保障，重点支持打造海洋油气化工、海洋旅游、**海洋清洁能源**、船舶与海洋工程装备、海洋生物等五个千亿级以上海洋产业集群，统筹推进现代海洋产业集聚区、沿海产业园区建设。加强产学研基地、海洋科技创新平台、跨区域海洋创新创业等涉海自主研发平台建设，大力推进科技兴海产业示范基地、国家海洋高技术产业基地、海洋经济发展试点示范建设，鼓励珠三角海洋科技创新企业在粤东和粤西地区建设海洋高技术成果高效转化基地和产业基地，打造海洋产业高质量发展典范。

《省国土规划》提出，科学有序推进近海风电场开发建设，积极探索深远海风电开发，支持珠三角海上风电研发服务基地、粤东千万千瓦级海上风电基地、粤西千万千瓦级海上风电基地等基地建设，**优化海上风电选址，打造世界级风电产业基地**。优近用远完善用海布局。统筹各类用海布局，优先保障国防安全、航运交通、能源矿产等资源开发利用的用海需求和安全，严格执行建设项目用海控制标准。**推动海上风电项目、海洋养殖向深水远岸布局**，促进海上风电与海洋油气开发、深水养殖综合开发利用，海上风电项目应满足离岸距离 30 公里或水深 30 米的开发条件限制。统筹海底油气管道、通信光缆、电缆等线性设施敷设的海底廊道，**重点加强海上风电电缆集中布局规划和管理，统筹设置集中登陆点**。划定管廊保护范围，加强海底管廊保护，在确保安全的前提下推进管廊复合利用、管线集中铺设。**合理安排国家重大项目、重大战略和海洋矿产能源开发利用等工矿用海布局**，主要包括：国家重大建设项目，广东自贸区、广东海洋经济综合试验区及粤港澳大湾区等国家重大战略规划用海，洋东、勒门、海门、靖海、神泉、后湖、甲子、桂山、港口、南鹏岛、沙扒、外罗、新寮、徐闻等近海浅水区海上风电建设及深水区的海上风电建设用海，海上石油、天然气、天然气水合物等油气资源勘探开发用海，波浪能、潮流能、海上光伏等海洋可再生能源开发用海等。

项目位于**沿海经济带**，该区域根据重要产业集群布局规划为**新能源重要产业集群**。通过将本项目与海洋空间功能布局图叠加分析，本项目拟建设的升压站位于海洋开发利用空间，送出电缆穿越海洋开发利用空间，不涉及海洋生态保护红

线和海洋生态保护空间（图 6.1.1-1）。



图 6.1.1-1 广东省海洋空间功能布局图（《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》）

6.1.1.2 《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》

根据《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》，规划提出：2025 年，着重抓好广东省重点生态功能区、生态保护红线内、重点国家级自然保护地等区域生态保护和修复，解决一批重点区域的核心生态问题，使全省生态安全屏障更加牢固，生态环境质量持续改善，生态系统安全性稳定性显著增强；2035 年，全面构建安全、健康、美丽、和谐的高品质国土，人与自然和谐共生格局基本形成，碳排放率先达峰后稳中有降，生态环境根本好转，美丽广东基本建成。

基于“三屏五江多廊道”生态安全格局，围绕生态、农业、城镇三大空间，聚焦重点单元，总体布局国土空间生态修复任务，形成安全健康、美丽的高品质国土空间。其中，生态空间——系统保护修复“三屏”“五江”等重点生态功能区，重点推进森林保育、水源涵养、水土保持生物多样性保护、沿海地区海岸带保护等。“三屏”：即加强对以南岭山地为核心的南岭生态屏障、以丘陵山地、森林为主体的粤港澳大湾区外围丘陵浅山生态屏障和以沿海防护林、滨海湿地、海湾、海岛等要素为主体的蓝色海洋生态屏障的系统性保护修复。

保障“一核一带一区”区域发展格局。一核——生态融核，打造人与自然是谐共生的国际一流湾区。一带——陆海统筹，构建生态经济协调发展的黄金海岸带。一区——生态活区，打造生态引领的粤北生态发展区。

推进重要生态系统保护修复。护卫蓝色海洋生态屏障，以 15 个生态保护和修复单元为重点，统筹推进河口、海湾、海岛海岸带整治修复，提高海洋带防护功能，加强海洋生物多样性保护。蓝色海洋生态屏障保护和修复重大工程——重要海湾生态系统保护修复：大亚湾-大鹏湾生物多样性保护修复拓林湾及周边海域典型海湾保护修复、靖海湾砂质海岸-防护林保护修复、红海湾-碣石湾滨海湿地保护修复、阳江湾典型海湾生态系统保护修复、水东湾-博贺湾海洋综合整治修复、雷州半岛东部滨海湿地生态系统保护和修复、雷州半岛西部滨海湿地和热带季雨林保护修复。

经与规划图件叠加分析，本项目拟建设的升压站和送出电缆不在生态保护和修复单元内，（图 6.1.1-2）。

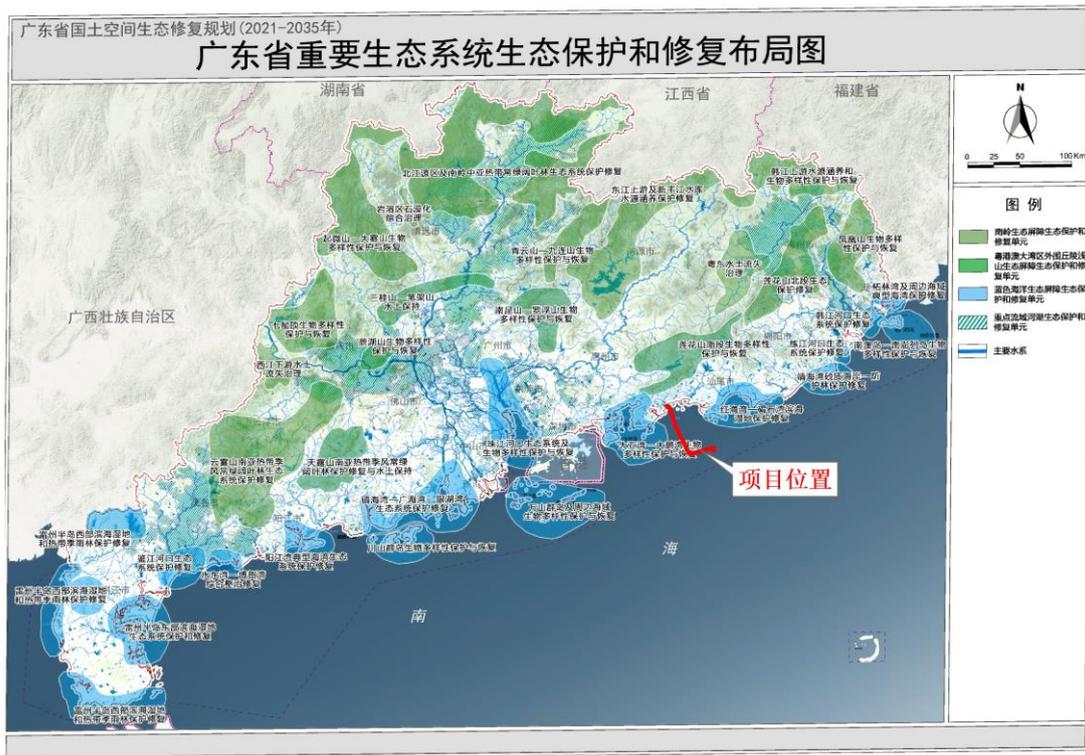


图 6.1.1-2 广东省重要生态系统生态保护和修复布局图

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）》（以下简称《市国土规划》）

提出，大力发展海洋经济，推动海洋经济高质量发展。发挥汕尾海洋资源优势，发展壮大以海工装备制造为核心、海上风电为特色的千亿级电力能源产业集群。合理开发利用岸线、海域、海岛等资源，培育海洋优势产业，促进海上风电、海洋电子信息、海洋工程装备、海洋生物医药、海洋可再生能源、海水综合利用等产业规模化发展，构建具有较强竞争力的现代海洋产业体系。

《市国土规划》要求，划定生态保护红线共 3155.49 平方公里，其中陆域生态保护红线 602.97 平方公里（不含深汕特别合作区）、海域生态保护红线 2552.52 平方公里，生态保护红线主导生态功能为水土流失控制、水源涵养、水土保持、海岸防护、重要滩涂及浅海水域保护等。生态保护红线内实施强制性严格保护。生态保护红线内自然保护地核心保护区原则上禁止人为活动；自然保护地核心保护区外，严格禁止开发性、生产性建设活动，严格执行国家和省生态保护红线管控政策要求。

根据《市国土规划》，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。海洋发展区是以海域和海洋活动为主的地区，面积 4388.19 平方公里，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。

通过将本项目与《市国土规划》的附图叠加分析，本项目升压站和送出电缆不涉及生态保护区，电缆登陆岸线为严格保护岸线（图 6.1.1-3）。

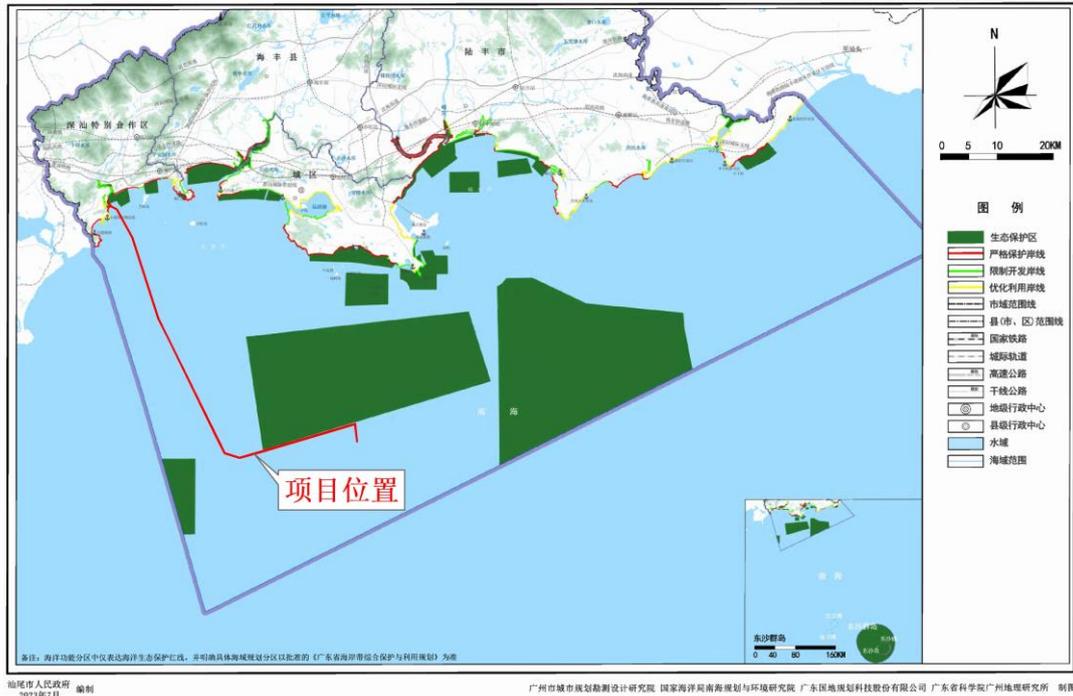


图 6.1.1-3 海洋功能分区图（《汕尾市国土空间规划（2021-2035 年）》）

6.1.2 对海域国土空间规划分区的影响分析

汕尾红海湾三海上风电项目、汕尾红海湾四海上风电项目规划装机容量均为 500MW，风电机组发出的电能通过集电海底电缆接入海上升压站，升压后通过海底电缆输送到陆上升压站。本次论证的项目为红海湾三、四海上风电项目的集中送出项目，包含海上升压站与送出海底电缆。

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），本项目用海的海域使用类型为工矿通信用海（一级类）中的可再生能源用海（二级类）；根据《海域使用分类》（HY/T 123 2009），本项目海域使用类型为工业用海（一级类）中的电力工业用海（二级类），用海方式为构筑物（一级方式）中的透水构筑物（二级方式）和其他方式（一级方式）中的海底电缆管道（二级方式）。

6.1.2.1 对《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》的影响分析

根据海洋空间功能布局，项目升压站和送出电缆位于海洋开发利用空间。经分析，本项目 500kV 送出海缆登陆点位于深汕合作区小漠镇东侧海岸，小漠镇

东南临海砂质岸线处。本项目海底电缆铺设于海底，送出海缆登陆段的海岸为砂质沙滩，登陆段施工采用定向钻的施工方式，该施工方式地底穿过砂质岸线，无需开挖，对沙滩基本无影响，不影响自然岸线形态及原有生态功能。

本工程海上施工期间会产生一定量的生活污水，项目施工船舶设置有生活污水和含油污水的收集装置，收集贮存后定期交具有处理资质的单位接收后统一处理。因此，项目建设期间施工船舶将污水收集统一处理后基本不会对水质环境造成影响。本工程营运期运维会产生少量生活污水，由运维船舶收集后运至陆域集中处理，不会对所在国土空间内海域水质环境造成影响。

本项目为海上风电项目的必要配套工程，项目建成后能够充分地开发利用广东省近海风能资源，不仅有利于广东能源安全稳定供应和环境保护，且有利于促进风电装备及相关产业链的形成和发展，有利于调整省内能源结构，实现经济社会的可持续发展，为广东打造风电产业基地创造良好条件，符合新能源重要产业集群的规划分区要求。

6.1.2.2 对《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035年）》规划分区的影响分析

经分析，本项目不在生态保护和修复单元内，距离周边的生态保护和修复单元较远。本项目建设主要为施工产生的悬浮物扩散会对周边海域水质产生一定影响，但这一影响是暂时的，可逆的，随着施工的开始。悬沙影响主要出现在施工点附近海域，这种影响主要在海缆铺设过程出现，海缆铺设施工迅速，一旦施工完毕，工程所在区域周边水质环境可在较短时间内恢复，不会对规划中明确的生态系统保护修复单元产生影响。因此，本项目建设内容与规划内容不冲突。

6.1.2.3 对《汕尾市国土空间总体规划（2021-2035年）》规划分区的影响分析

根据《汕尾市国土空间总体规划（2021-2035年）》，本项目升压站和送出电缆位于海洋开发区，不涉及生态保护区，送出电缆登陆点的岸线为严格保护岸线。本项目海底电缆铺设于海底，送出海缆登陆段的海岸为砂质沙滩，登陆段施工采用定向钻的施工方式，该施工方式地底穿过砂质岸线，无需开挖，对沙滩基本无影响，不影响严格保护岸线的自然岸线形态及原有生态功能。

经分析，本工程施工船舶均设置有船舶生活污水和船舶含油污水的收集装置，船舶生活污水收集在船载生活污水收集装置中，船舶靠岸后运至岸上，上岸后由建设单位委托有处置能力的船舶污染物接收单位统一处理；船舶机舱含油污水收集后上岸送至有资质单位进行统一处理，不排海。正常情况下，施工船舶污水不会对海域环境造成影响。根据悬浮泥沙扩散预测结果，海底电缆施工产生的悬沙增量大于 10mg/L 的垂向平均包络线面积为 13.32km²、大于 100mg/L 的垂向平均包络线面积为 1.01km²。工程施工除对海底局部沉积物产生部分分选、位移、重组和松动外，并没有混入其它污染物，基本不会影响水质质量。本工程运营期运维会产生少量生活污水、生活垃圾等，由运维船舶收集后运至陆域集中处理，不会对所在国土空间海域水质环境造成影响。

根据《产业结构调整指导目录》（2024 年本），本项目属于第一类鼓励类中的“五 新能源 1、风力发电技术与应用：15MW 等级及以上海上风电机组技术开发与设备制造，漂浮式海上风电技术，高原、山区风电场建设与设备生产制造，海上风电场建设与设备及海底电缆制造，稀土永磁材料在风力发电机中应用”。

汕尾南部海域风能资源较丰富，适宜开发海上风电项目。本项目用海是对该海域风能资源的有效利用，且风能资源属于清洁的可再生能源，一般情况下本项目建设不会对其产生不利影响，项目建设符合可持续发展的原则和国家能源发展政策方针，可减少化石资源的消耗，减少因燃煤等排放有害气体对环境的污染，对于满足当地电力负荷需求、促进地方经济快速发展将起到积极作用。因此，本项目建设对风能资源没有不良影响，相反有效利用了海域的风能资源，有助于形成示范效应，推动海上风能资源的高效利用。本项目与周边的滩涂、岛礁、港口等其他海洋资源有一定距离，总体上，项目对汕尾市的滩涂、岛礁、港口、矿产以及旅游等其他海洋资源基本无影响。

6.1.3 项目用海与国土空间规划的符合性分析

按《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），本项目用海的海域使用类型为工矿通信用海（一级类）中的可再生能源用海（二级类）；按《海域使用分类》（HY/T 123 2009），本项目海域使用类

型为工业用海（一级类）中的电力工业用海（二级类），用海方式为构筑物（一级方式）中的透水构筑物（二级方式）和其他方式（一级方式）中的海底电缆管道（二级方式）。

本项目是海上风电项目的配套工程，主要建设海上升压站和送出电缆，海上风电项目的建设可推动可再生资源开发利用，缓解环境保护压力，实现绿色发展，可以利用良好的风能资源，向电网提供清洁的可再生能源，有利于提高海上风电技术水平，有利于促进海上风电设备国产化、海上风机基础选型与施工技术的创新。工程的建设可以大力推动汕尾市沿海经济带高质量发展，全面提升汕尾港的软硬件实力。随着风电场的相继开发，风电将为地方开辟新的经济增长点，对拉动地方经济的发展起到积极作用，项目的开发将以点带面带动全省海上风电开发，为下一步广东省海上风电规模化开发，为后续海上风电建设提供宝贵经验和示范。

根据对所在海域国土空间规划分区的影响分析，本项目用海方式不改变海域自然属性，符合所在海域国土空间规划分区的用途管制要求，因此，本项目建设与《广东省国土空间规划（2021-2035年）》《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035年）》《汕尾市国土空间总体规划（2021-2035年）》相符合。

6.2 项目用海与海洋功能区划的符合性分析

根据《广东省海洋功能区划（2011-2020年）》，本项目升压站所在的海洋功能区为珠海-潮州近海农渔业区（图 6.2-1），相适宜的海域使用类型为渔业用海，执行海水水质一类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准。项目送出电缆穿越珠海-潮州近海农渔业区、红海湾农渔业区、小漠工业与城镇用海区。红海湾农渔业区相适宜的海域使用类型为渔业用海，执行海水水质二类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准；小漠工业与城镇用海区的海域使用类型为造地工程用海、工业用海，执行海水水质三类标准、海洋沉积物质量二类标准和海洋生物质量二类标准。

作为海洋可再生能源开发项目，项目用海类型为电力工业用海/可再生能源用海，本项目无围填海工程和水下爆破，海缆敷设不会截断洄游通道，项目对功能区的影响主要存在于施工期间，悬沙扩散对功能区的水质产生影响。但这一影响是暂时的、可逆的，且这种影响主要在海缆铺设过程出现，海缆铺设施工迅速，

一旦施工完毕，工程所在区域周边水质环境可在较短时间内恢复，在施工结束后不会影响功能区的功能发挥，运营期也不会造成影响，不会对所在海洋功能区的基本功能造成不可逆转的改变，项目用海符合《广东省海洋功能区划（2011-2020年）》的管理要求。具体分析见表 6.2-1。

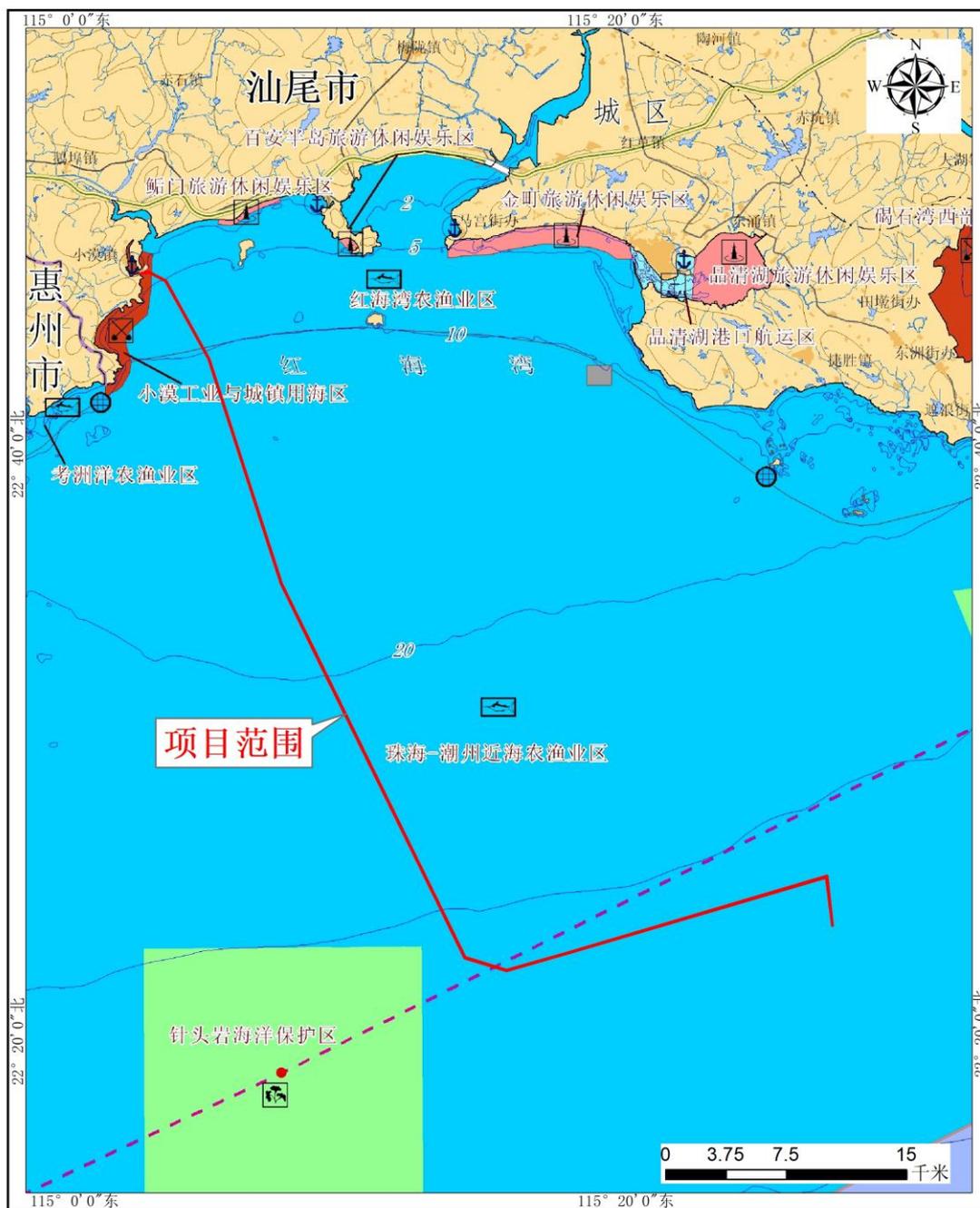


图 6.2-1 项目所在及周边海域海洋功能区划图（广东省）

表 6.2-1 项目与广东省海洋功能区划要求的符合性分析

名称	功能区划管理要求	影响分析	是否符合	
珠海—潮州近海农渔业区	海域使用管理要求	1.相适宜的海域使用类型为渔业用海；	本项目用海类型为电力工业用海/可再生能源用海，用海方式为透水构筑物用海和海底电缆管道，不改变海域自然属性，不影响渔业区功能发挥。	不冲突
		2.禁止炸岛等破坏性活动；	本项目不涉及炸岛、炸礁等破坏性活动。	符合
		3.40 米等深线向岸一侧实行凭证捕捞制度，维持渔业生产秩序；	施工增加了海域船舶密度，因此应加强与过往渔船的避让，增强风险防范意识，另外，施工应尽量避免避开幼鱼幼虾的产卵期和索饵场。	符合
		4.经过严格论证，保障交通运输、旅游、核电、海洋能、矿产、倾废、海底管线及保护区等用海需求；	本项目是海上风电项目，属于海洋能的一种，利用风资源的工程符合该海域功能区的定位。	符合
		5.优先保障军事用海需求。	建设单位将在取得军方的书面协调意见后施工建设，以保障项目建设过程不会影响军事设施安全和军事活动的进行。	符合
	海洋环境保护要求	1.保护重要渔业品种的产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道； 2.执行海水水质一类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准。	1.本项目施工将避开休渔季节进行。 2.施工产生的悬浮物属于海区本底水质沉积物内含物，且随着施工期的结束功能区内的悬浮物水平会恢复到原有水平，不会对功能区的海水水质、沉积物和生物质量产生大的影响。本工程设置有船舶生活污水和船舶含油污水的收集装置，收集贮存后定期交具有处理资质的单位接收后统一处理。施工完毕后，海域可迅速恢复至原有水质和生物水平，不会影响功能区主体功能的发挥，可满足海水质量标准。	符合
红海湾农渔业区	海域使用管理要求	1.相适宜的海域使用类型为渔业用海；	本项目用海类型为电力工业用海/可再生能源用海，用海方式为透水构筑物用海和海底电缆管道，不改变海域自然属性，不影响渔业区功能发挥。	不冲突
		2.保障鲟门渔港、遮浪渔港、马宫渔港、人工鱼礁及深水网箱养殖用海需求，保障龟龄岛、银龙湾、金町湾旅游娱乐用海；	本项目海上升压站和送出海缆距离鲟门渔港等较远，且没有位于人工鱼礁、网箱养殖区域。项目距离龟龄岛、银龙湾、金町湾较远，对其娱乐用海功能没有影响。	符合

		3.适当保障工业和港口航运用海需求；	本项目不涉及工业和港口航运功能区，对工业和港口航运用海需求没有影响。	符合
		4.保护沙浦-老湾、沙舌-遮浪角砂质海岸及基岩海岸；	项目没有采挖海砂、围填海、倾废等可能诱发沙滩蚀退的开发活动，送出海缆登陆段采用定向钻工艺施工，能保持自然岸线形态，保护岸线原有生态功能。	符合
		5.禁止炸岛等破坏性活动；	本项目不涉及炸岛活动。	符合
		6.严格控制在长沙湾等河口海域围填海，维护防洪纳潮功能；	本项目不涉及围填海工程。	符合
		7.合理控制养殖规模和密度；	本项目没有养殖活动。	符合
		8.优先保障军事用海需求，禁止设置有碍军事安全的渔网、渔栅等。	建设单位将在取得军方的书面协调意见后施工建设，以保障项目建设过程不会影响军事设施安全和军事活动的进行，不设置渔网、渔栅等设施。	符合
		海洋环境保护要求	<p>1.保护九龙湾、长沙湾等河口海域生态环境及莱屿岛以北礁盘生态系统；</p> <p>2.保护海胆、龙虾、鲍等重要渔业品种；</p> <p>3.严格控制养殖自身污染和水体富营养化，防止外来物种入侵；</p> <p>4.执行海水水质二类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准。</p>	<p>1.项目距离九龙湾、长沙湾等河口海域及莱屿岛以北较远，不会对以上海域的生态环境造成影响。</p> <p>2.本项目施工将避开休渔季节进行，施工及运营期间采取一定环保措施，保护海域重要渔业品种。</p> <p>3.本项目没有养殖活动。</p> <p>4.施工产生的悬浮物属于海区本底水质沉积物内含物，且随着施工期的结束功能区内的悬浮物水平会恢复到原有水平，不会对功能区的海水水质、沉积物和生物质量产生大的影响。本工程设置有船舶生活污水和船舶含油污水的收集装置，收集贮存后定期交具有处理资质的单位接收后统一处理。施工完毕后，海域可迅速恢复至原有水质和生物水平，不会影响功能区主体功能的发挥，可满足海水质量标准。</p>
小漠工业与城	海域使用管理	1.相适宜的海域使用类型为造地工程用海、工业用海；	本项目为电力工业用海/可再生能源用海。	符合
		2.保障小漠渔港建设用海需求，保留南方澳旅游娱乐用海；	本项目送出电缆不占用小漠渔港和南方澳旅游娱乐用海海域。	符合
		3.适当保障港口航运用海需求；	本项目不涉及港口航运区。	符合

镇 用 海 区	要 求	求		
		4.保护叶舟山砂质海岸；	本项目登陆点不涉及叶舟山砂质海岸。	符合
		5.围填海须严格论证，优化围填海平面布局，节约集约利用海域资源；	本项目没有围填海工程。	符合
		6.工程建设期间采取有效措施降低对周边功能区的影响；	本工程海上施工期间设置有船舶生活污水和船舶含油污水的收集装置，船舶生活污水收集在船载生活污水收集装置中，船舶靠岸后运至岸上，上岸后由建设单位委托有处置能力的船舶污染物接收单位统一处理；船舶机舱含油污水收集后上岸送至有资质单位进行统一处理，不排海。	符合
		7.加强对围填海的动态监测和监管，建立完善的溢油应急体系；	本项目不涉及围填海，	符合
	8. 优先保障军事用海需求。	建设单位将在取得军方的书面协调意见后施工建设，以保障项目建设过程不会影响军事设施安全和军事活动的进行。	符合	
海 洋 环 境 保 护 要 求	1.基本功能未利用前，执行海水水质二类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准； 2.工程建设期间及建设完成后，执行海水水质三类标准、海洋沉积物质量二类标准和海洋生物质量二类标准。	本工程海上施工期间设置有船舶生活污水和船舶含油污水的收集装置，船舶生活污水收集在船载生活污水收集装置中，船舶靠岸后运至岸上，上岸后由建设单位委托有处置能力的船舶污染物接收单位统一处理；船舶机舱含油污水收集后上岸送至有资质单位进行统一处理，不排海。本工程营运期运维会产生少量生活污水、生活垃圾等，由运维船舶收集后运至陆域集中处理，不会对水质环境造成影响，可满足各项质量标准要求。	符合	

6.3 项目用海与三区三线的生态保护红线符合性分析

自然资源部办公厅于2022年10月14日发布的《关于北京等省（区、市）启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》明确，广东省完成了“三区三线”划定工作，划定成果符合质检要求，从即日起正式启用，作为建

设项目用地用海组卷报批的依据。

根据《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），生态保护红线是国土空间规划中的重要管控边界，生态保护红线内自然保护地核心区外，禁止开发性、生产性建设活动，在符合法律法规的前提下，仅允许上述文件中列举的10类对生态功能不造成破坏的有限人为活动。

通过将本项目与“三区三线”中的生态保护红线成果的叠加分析，本项目的升压站和送出电缆没有位于生态保护红线区，送出电缆与遮浪南重要渔业资源产卵场邻近，距离约9m，与汕尾市海丰县红树林相隔0.2km（图6.3-1）。

参考广东省海洋生态保护红线中关于“遮浪南重要渔业海域限制类红线区”的管控要求：禁止围填海，维持海域自然属性，保护渔业资源产卵场、育幼场、索饵场和洄游通道。禁止新增围填海，禁止截断洄游通道等开发活动；禁止破坏性捕捞方式，合理有序开展捕捞作业；严格执行禁渔期、禁渔区制度以及渔具渔法规定。港口、航道及其他基础设施建设应以不破坏渔业生态环境为前提。环境保护要求：按照海洋环境保护法律法规及相关规划要求进行管理，禁止排放有害有毒的污水、油类、油性混合物、热污染物和其他废弃物，防止船舶污水、溢油及化学品泄漏等对渔业水域水质造成不利影响，改善海洋环境质量。

经分析，本项目建设没有新增围填海截断洄游通道等开发活动，不涉及破坏性捕捞方式，不会向海域排放有害有毒的污水、油类、油性混合物、热污染物和其他废弃物。本项目建设不会产生悬浮物含量高浓度区（300mg/L以上水平），且鱼、虾、蟹等游泳能力较强的海洋生物将主动逃避，游泳生物的回避效应使得该海域的生物量有所下降，从而影响该区域内生物群落的种类组成和数量分布。至于经济鱼类等，由于移动性较强，更不至于造成明显影响。施工结束营运一段时间后，浮游生物和游泳生物种群数量、群落结构会逐步恢复，生物量也会趋于增加，建议在项目营运期内一定时间对部分水域采取增殖和禁捕等保护性措施，尽快恢复项目建设对渔业生产的不利影响。

本项目海底电缆铺设于海底，送出海缆登陆段的海岸为砂质沙滩，登陆段施工采用定向钻的施工方式，该施工方式地底穿过砂质岸线，无需开挖，对沙滩基本无影响，不影响自然岸线形态及原有生态功能。

因此，项目建设符合三区三线中的生态保护红线的管理要求。

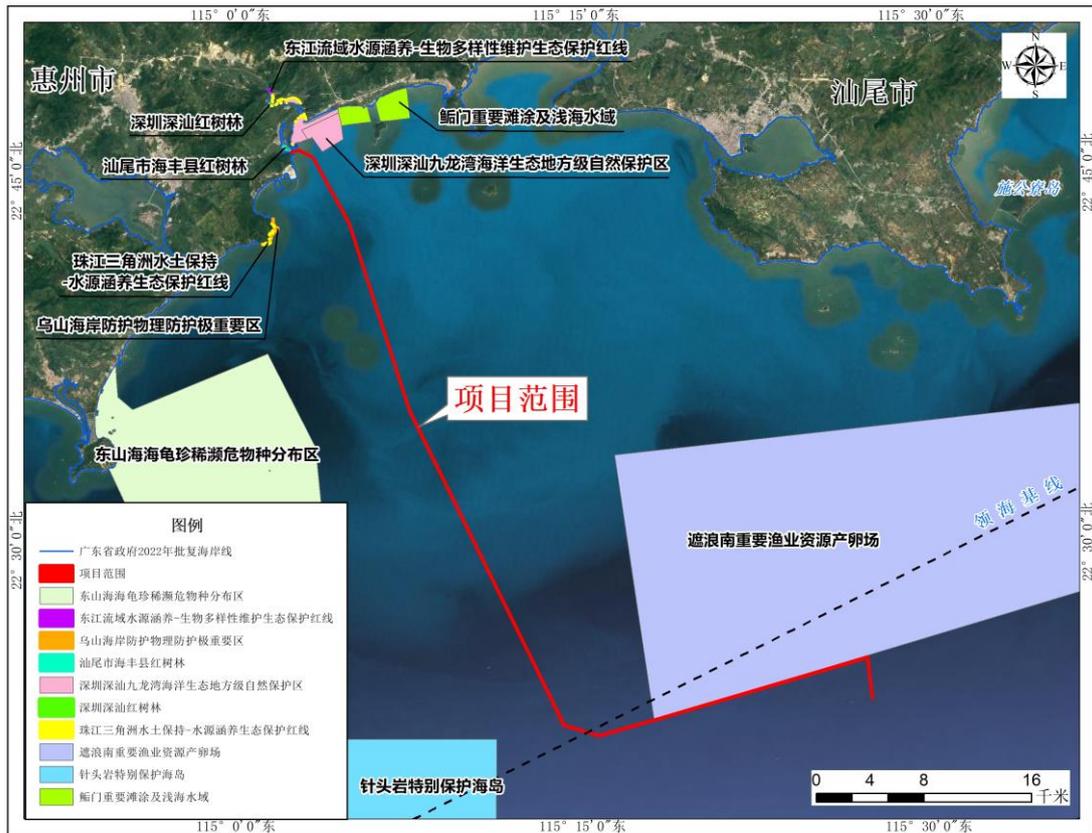


图 6.3-1 项目与海洋生态保护红线叠加示意图

6.4 项目用海与产业结构的符合性分析

6.4.1 《产业结构调整指导目录》（2024 年本）

本项目为红海湾三、四海上风电项目的集中送出工程，根据《产业结构调整指导目录》（2024 年本），本项目属于第一类鼓励类中的“五 新能源 1、风力发电技术与应用：15MW 等级及以上海上风电机组技术开发与设备制造，漂浮式海上风电技术，高原、山区风电场建设与设备生产制造，海上风电场建设与设备及海底电缆制造，稀土永磁材料在风力发电机中应用”。

因此，本项目建设符合国家产业结构政策要求。

6.4.2 《市场准入负面清单》（2022 年版）

按《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工矿通信用海（一级类）中的可再生能源用海（二级类）；按《海域使用分类》（HY/T 123 2009），本项目海域使用类型为工业用海（一级类）中的电力工业用海（二级类）。根据《市场准入负面清单》（2022版），在获得许可的前提下，项目不属于禁止准入类，与《市场准入负面清单》要求相符。

6.5 项目用海与其他相关规划的符合性分析

6.5.1 与《“十四五”现代能源体系规划》的符合性分析

《“十四五”现代能源体系规划》（以下简称《规划》）主要阐明我国能源发展方针、主要目标和任务举措，是“十四五”时期加快构建现代能源体系、推动能源高质量发展的总体蓝图和行动纲领。

《规划》提出，展望 2035 年，能源高质量发展取得决定性进展，基本建成现代能源体系。非化石能源消费比重在 2030 年达到 25%的基础上进一步大幅提高，可再生能源发电成为主体电源，新型电力系统建设取得实质性成效，碳排放总量达峰后稳中有降。

《规划》强调，要大力发展非化石能源加快发展风电、太阳能发电。全面推进风电和太阳能发电大规模开发和高质量发展，优先就地就近开发利用，加快负荷中心及周边地区分散式风电和分布式光伏建设，推广应用低风速风电技术。在风能和太阳能资源禀赋较好、建设条件优越、具备持续整装开发条件、符合区域生态环境保护等要求的地区，有序推进风电和光伏发电集中式开发，加快推进以沙漠、戈壁、荒漠地区为重点的大型风电光伏基地项目建设，积极推进黄河上游、新疆、冀北等多能互补清洁能源基地建设。积极推动工业园区、经济开发区等屋顶光伏开发利用，推广光伏发电与建筑一体化应用。开展风电、光伏发电制氢示范。鼓励建设海上风电基地，推进海上风电向深水远岸区域布局。积极发展太阳能热发电。

根据《规划》中“专栏 3”、能源绿色低碳转型工程中的风电和光伏发电：积极推进东部和中部等地区分散式风电和分布式光伏建设，优化推进新疆、青海、甘肃、内蒙古、宁夏、陕北、晋北、冀北、辽宁、吉林、黑龙江等地区陆上风电

和光伏发电基地化开发，重点建设广东、福建、浙江、江苏、山东等海上风电基地。

广东省是全国能源消费大省，煤炭和石油仍是主要的能源消费方式。因此，积极发展海上风电，逐步推进海上风电规模化发展，是“十四五”期间全省能源发展建设，提升全省能源生产供应能力，能源消费结构进一步优化的重要措施。本项目的建设是促进广东经济低碳、可持续发展的需要，更是适应我国新常态下能源革命新形势、符合国家能源发展战略和规划、优化调整我国能源结构的需要。

本项目为红海湾三、四海上风电项目的集中送出工程，符合《“十四五”现代能源体系规划》关于建设海上风电基地的规划目标。

6.5.2 与《2030年前碳达峰行动方案》的符合性分析

《2030年前碳达峰行动方案》（以下简称《方案》）提出了非化石能源消费比重、能源利用效率提升、二氧化碳排放强度降低等主要目标。

《方案》要求，将碳达峰贯穿于经济社会发展全过程和各方面，重点实施能源绿色低碳转型行动、节能降碳增效行动、工业领域碳达峰行动、城乡建设碳达峰行动、交通运输绿色低碳行动、循环经济助力降碳行动、绿色低碳科技创新行动、碳汇能力巩固提升行动、绿色低碳全民行动、各地区梯次有序碳达峰行动等“碳达峰十大行动”，并就开展国际合作和加强政策保障作出相应部署。

《方案》提出能源绿色低碳转型行动，要求大力发展新能源。全面推进风电、太阳能发电大规模开发和高质量发展，坚持集中式与分布式并举，加快建设风电和光伏发电基地。加快智能光伏产业创新升级和特色应用，创新“光伏+”模式，推进光伏发电多元布局。坚持陆海并重，推动风电协调快速发展，完善海上风电产业链，鼓励建设海上风电基地。积极发展太阳能光热发电，推动建立光热发电与光伏发电、风电互补调节的风光热综合可再生能源发电基地。因地制宜发展生物质发电、生物质能清洁供暖和生物天然气。探索深化地热能以及波浪能、潮流能、温差能等海洋新能源开发利用。进一步完善可再生能源电力消纳保障机制。到2030年，风电、太阳能发电总装机容量达到12亿千瓦以上。

面对全球气候和环境挑战，大力发展可再生能源已成为能源发展的必然趋势。我国承诺在2020年碳排放强度下降40%~45%，非化石能源占比达到15%的基

基础上,计划 2030 年左右二氧化碳排放达到峰值且将努力早日达峰,并计划到 2030 年非化石能源占一次能源的比重提高到 20%左右。在调整能源结构和应对气候变化的双重约束下,大力发展风电、太阳能等技术成熟、经济性较好的可再生能源就显得十分重要。

广东省省内电源装机以火电机组为主,节能减排压力巨大,大力发展核电、风电等新能源产业,是实现电力能源结构优化的必由之路。广东省沿海风能资源丰富,具备海上风电规模开发的场地和效益,潜力巨大。开发利用广东省近海风能资源,不仅有利于广东能源安全稳定供应和环境保护,且有利于促进风电装备及相关产业链的形成和发展,实现经济社会的可持续发展,为广东打造风电产业基地创造良好条件。

红海湾三、四海上风电项目的建设符合可持续发展的原则和国家能源发展政策方针,对于减少化石资源的消耗、推动可再生资源开发利用,缓解环境保护压力,实现 2030 年前碳达峰目标有着重要的意义。

本项目为红海湾三、四海上风电项目的集中送出工程,符合《2030 年前碳达峰行动方案》全面推进风电、太阳能发电大规模开发和高质量发展的要求。

6.5.3 与《广东省能源发展“十四五”规划》的符合性分析

《广东能源发展“十四五”规划》(以下简称《规划》)明确,展望 2035 年,能源高质量发展取得决定性进展,能源消费总量控制在 4 亿吨标准煤以内,非化石能源消费比重争取提升至 40%左右,能源安全保障能力大幅提升,能源利用效率基本达到世界先进水平,能源科技创新取得较大突破,形成新兴能源产业体系,助力加快碳中和进程,高水平建成国内领先的清洁低碳、安全高效、智能创新的现代能源体系。

《规划》提出,坚持生态优先、绿色发展,持续优化能源结构,大力发展非化石能源,扩大天然气利用规模,积极争取省外清洁能源,推进煤炭清洁高效利用,加快构建以新能源为主体的新型电力系统,坚持能源节约与高效利用并举,促进重点用能领域能效提升,开创清洁低碳、高效节约的用能新局面。

《规划》要求,大力发展海上风电,规模化开发海上风电,推动项目集中连片开发利用,打造粤东、粤西千万千瓦级海上风电基地,“十四五”时期新增海上

风电装机容量约 1700 万千瓦。

推动海上风电产业集聚发展。充分利用海上风能资源丰富的优势，加快海上风电规模化开发，积极推进产城融合，着力打造风电产业生态系统，打造国际风电城，以省内风机骨干企业为引领，利用超大市场优势，做大做强海上风电装备制造制造业，加快形成集整机制造和前沿新材料、叶片、齿轮箱、轴承、电机、变流器、控制系统等关键零部件制造，以及基础结构、海底电缆等设计建设为一体的高端制造产业链集群，推进海上风电机组向大容量、智能化、抗台风方向发展，加快培育海上风电运维产业，统筹布局海上风电运维基地，配套相关基础设施，组织开展运维技术设备研发制造和专业队伍建设。

本项目为汕尾红海湾三、四海上风电项目的集中送出工程，其建设符合《规划》要求和国家能源发展政策方针，对于减少化石资源的消耗、推动可再生资源开发利用，缓解环境保护压力，推动提高我国大容量海上风电机组的国产化水平，促进当地旅游业、带动地方经济快速发展，提高风电场近区供电能力都有着重要的意义。

6.5.4 与《广东省海上风电发展规划（2017-2030 年）（修编）》的符合性分析

根据《广东省海上风电发展规划（2017-2030 年）（修编）》，综合考虑建设条件、产业基地配套和项目经济性等因素，全省规划海上风电场址 23 个，总装机容量 6685 万千瓦。包括：近海浅水区（35 米水深以内）海上风电场址 15 个，装机容量 985 万千瓦；近海深水区（35-50 米水深）规划海上风电场址 8 个，装机容量 5700 万千瓦。

根据《广东发展和改革委员会关于调整全省海上风电场场址的通知（粤发改能源函〔2023〕48 号）》将《广东省海上风电发展规划（2017-2030 年）（修编）》场址调整情况通知如下：“一、新增省管海域（领海线以内）海上风电场址 7 个、装机容量 1830 万千瓦，其中粤东海域新增红海湾场址 1 个，位于汕尾市南面海域，场址最近端距离陆岸约 25 公里，最远端距离陆岸约 57 公里。场址面积约 685 平方公里，水深在 33-49 米之间，规划装机容量 440 万千瓦。

红海湾三、四海上风电项目位于新增的汕尾红海湾场址内，开发容量均为

500MW。风电机组发出的电能通过集电海底电缆接入海上升压站，升压后通过海底电缆输送到陆上升压站。本项目为红海湾三、四海上风电项目的集中送出工程，符合《广东省海上风电发展规划（2017-2030年）（修编）》的要求。

6.5.5 与《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》的符合性分析

海岸带是社会经济发展的重点区域，也是生态类型多样、生态功能重要、生态系统脆弱的区域。广东省人民政府、国家海洋局于2017年10月发布《关于印发〈广东省海岸带综合保护与利用总体规划〉的通知》（粤府〔2017〕120号）（以下简称《规划》），强调坚持陆海统筹，突出保护优先、节约优先、绿色发展、改革创新，实施基于生态系统的海岸带综合管理，优化海岸带综合保护与利用空间格局，强化海岸线分类分段管控，严守生态红线，筑牢生态安全屏障，努力把广东省海岸带打造成为宜居、宜业、宜游的黄金海岸带和美丽宜人的家园，发挥海岸带对区域经济社会的引领和支撑作用。

《规划》基于广东省海岸带自然资源禀赋和承载能力、产业基础和发展潜力，以海岸线为轴，构建“一线管控、两域对接，三生协调、生态优先，多规融合、湾区发展”的海岸带保护与利用总体格局，逐步实现陆海统筹。依据资源环境承载能力和空间开发适宜性，规划确定海岸带“三区三线”基础空间格局，推动形成海陆协调的生态、生活、生产空间总体架构。

本项目送出海缆穿越严格保护岸线，严格保护岸线管理要求为：严格保护岸线针对自然形态保持完好、生态功能与资源价值显著的自然岸线以及军事设施利用的海岸线划定，主要包括优质沙滩、典型地质地貌景观、重要滨海湿地、红树林、珊瑚礁等所在岸段。广东省大陆海岸线共划定严格保护岸线1583.6千米，占总长的38.5%，共202段。严格保护岸线要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。禁止在严格保护岸线范围内开展任何损害海岸地形地貌和生态环境的活动。

本项目针对登陆段所在岸线为严格保护岸线的情况，海缆敷设时禁止采用开挖等施工手段，为减少对岸滩的影响，本工程拟采用定向钻施工穿越海岸，埋设管道，再通过管道牵引海缆完成登陆。项目登陆段施工时间短，施工后对岸线进

行维护，海缆穿越岸线，仅占用底层空间，能确保生态功能不降低、长度不减少、性质不改变，不会损害海岸地形地貌和生态环境。

根据规划中提出的“三区三线”基础空间格局，本项目位于生态空间（图 6.5.5-1）和生产空间。其中生态空间主要承载生态调节和供给功能，可以消解一定程度开发强度而产生的环境压力，进一步提高区域生态环境调节和供给能力，构建可持续发展的“生态银行”。

生态空间的管控要求包括：实施污染物总量控制制度，严格控制人为因素对自然生态的干扰，严禁大规模的工业化城镇化开发活动。各类设施的建设不得破坏原生态，建设面积不得超过生态空间总面积的 3%。严守生态红线，实施四个“不减少”，即自然岸线不得减少，自然湿地不得减少，沙滩不得减少，公益林不得减少；实施重要敏感目标名录制度，发布重要滨海湿地、重要砂质岸线及沙源保护海域、特殊保护海岛等敏感目标名录

本工程为海上风电的必要配套工程，不属于大规模的工业化城镇化开发活动。项目用海方式为透水构筑物 and 海底电缆管道，其建设不会破坏海域自然属性，且不涉及生态保护红线，登陆段施工采用定向钻的施工方式，该施工方式地底穿过砂质岸线，无需开挖，对沙滩基本无影响，不影响自然岸线形态及原有生态功能，符合四个“不减少”的原则。

经分析，建设期造成的悬沙扩散对所在海域水质产生一定影响，但这一影响是暂时的，可逆的，随着施工结束，悬浮物浓度会在数小时内迅速衰减至背景浓度值，在运营期不会长久影响海岸带的基本功能。项目通过制定施工船舶航行防范措施，确保不破坏渔业生态环境。项目要严格按照相关的法律法规开展，不排放有害有毒的污水、油类、油性混合物、热污染物和废弃物，统一交由有资质的单位回收处理。制定切实有效的防范措施，确保将项目建设对海岸带的影响降至最低。

稳步推进汕尾海上风电场的建设，是促进广东经济低碳、可持续发展的需要，更是适应我国新常态下能源革命新形势、符合国家能源发展战略和规划、优化调整我国能源结构的需要。汕尾红海湾三、四海上风电项目建设有利于开发汕尾地区的海上风电资源，符合国家能源产业发展方向，能有效提高风能资源的利用。汕尾红海湾三、四海上风电项目不仅是广东省能源供应的有效补充，而且作为绿

色能源，有利于缓解电力工业的环境保护压力，促进广东省海岸带生态环境的可持续发展。

本项目为红海湾三、四海上风电项目的集中送出工程，因此，项目建设符合《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》关于发展海洋可再生能源的规划要求。

附图10

广东省海岸带三生空间规划图



图 6.5.5-1 广东省海岸带综合保护与利用总体规划图

6.5.6 与《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》的符合性分析

《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》（以下简称《省十四五规划》）重点明确“十四五”时期（2021-2025 年）广东经济社会发展的指导思想、基本原则、发展目标、发展要求，谋划重大战略，部署重大任务，并对 2035 年远景目标进行展望，是战略性、宏观性、政策性规划，是政府履行经济调节、市场监管、社会管理、公共服务和生态环境保护职能的重要依据，是未来五年广东省经济社会发展的宏伟蓝图和全省人民共同的行动纲领。

《省十四五规划》提出，围绕建设海洋强省目标，着力优化海洋经济布局，提升海洋产业国际竞争力，推进海洋治理体系与治理能力现代化，努力拓展蓝色发展空间，打造海洋高质量发展战略要地。坚持陆海统筹、综合开发，优化海洋

+空间功能布局，提升海洋资源开发利用水平，积极拓展蓝色经济发展空间。

《省十四五规划》要求，推动绿色低碳发展。统筹布局和优化提升生产、生活、生态空间，建立和完善生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单“三线一单”生态环境空间分区管控体系。培育壮大环保产业，推动绿色低碳技术创新和清洁生产，推进绿色化改造，发展绿色建筑。推进能源革命，积极发展风电、核电、氢能等清洁能源，建设清洁低碳、安全高效、智能创新的现代化能源体系。倡导简约适度、绿色低碳的生活方式，开展绿色生活创建活动。制定实施碳排放达峰行动方案，推动碳排放率先达峰。

发展风电已成为许多国家推进能源转型的核心内容和应对气候变化的重要途径，也是我国深入推进能源生产和消费革命、促进大气污染防治的重要手段。

在广东省因地制宜地开发建设一定规模的清洁能源，是对广东省能源消耗的有益补充，符合我国能源可持续发展战略的要求。

汕尾红海湾风电场建设对于改善广东省的电源结构，推动我国的海上风电事业的发展，促进我国深远海海上风电技术进步，开发可再生能源有着重要的意义，符合广东省可再生能源发展战略和可持续发展方向，符合国家和地方风电规划的相关要求。

本项目为红海湾三、四海上风电项目的集中送出工程，项目建设符合《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》关于推动绿色低碳发展的规划目标。

6.5.7 与《广东省自然资源保护与开发“十四五”规划》的符合性分析

《广东省自然资源保护与开发“十四五”规划》（以下简称《规划》）是指导“十四五”时期全省土地、海洋、森林、矿产、湿地等自然资源保护与开发工作的指导性、纲领性文件。规划提出了 9 项重大工程，系统推进自然资源高水平保护高效率利用，全力支撑全省高质量发展。

《规划》要求，科学划定生态保护红线。按照依据科学、实事求是、应划尽划、不预设比例的原则划定生态保护红线，形成陆海生态保护红线“一张图”，确保陆域和海域生态保护红线面积不低于 5 万平方千米。优化海域资源配置方式，

严格用海控制指标，推进海域混合分层利用，盘活闲置低效用海，不断提高海域资源节约集约利用水平。

《规划》提出，拓展蓝色海洋发展空间全面建设海洋强省。培育壮大海洋新兴产业。培育战略性、先导性产业，不断突破关键技术，增强产业链供应链自主可控能力，引导产业集中布局、集聚发展，抢占未来产业发展先机。加快海上风电规模化开发，完善产业链，建设珠三角海上风电研发服务基地和粤东、粤西千万千瓦级海上风电基地，打造海上风电产业集群。

《规划》提出的“十四五”重大工程共 9 项，其中第 6 项：海洋产业集群建设工程。工程内容是聚焦打造海上风电、海洋油气化工、海洋工程装备制造、海洋船舶工业、海洋旅游以及海洋渔业等 6 大海洋产业集群，依托特有区位优势 and 现有海洋产业发展基础，逐步完善上下游产业链，着重在深海关键技术与装备、深水油气资源开发、海水养殖和海洋生物技术、海洋可再生能源、海洋电子信息等领域突破一批产业关键技术，推动核心设备国产化，逐步形成规模化的产业集聚，进一步提升广东海洋产业综合竞争力，推动海洋高质量发展。

广东省沿海风能资源丰富，具备海上风电规模开发的场地和效益，潜力巨大。本项目所在的汕尾海域具有开发风力发电的有利条件。海上风电场的建设将有利于改善广东省的电源结构，推动我国海上风电产业的发展，并对开发可再生能源也有着重要的意义。本项目为红海湾三、四海上风电项目的集中送出工程，根据前述分析，本项目没有大规模、高强度的工业和城镇建设，虽然工程施工期间对周边海域海水水质会产生一定影响，但工程施工符合周边海洋功能区的管控要求，且对其造成的悬浮物影响是暂时的，可逆的，随着施工结束，在施工结束后不会影响周边保护区、渔业区和红线区的功能。

项目建设成后有利于调整省内能源结构，实现经济社会的可持续发展。因此，本项目建设与《广东省自然资源保护与开发“十四五”规划》的要求相符合。

6.5.8 与《广东省海洋经济发展“十四五”规划》的符合性分析

《广东省海洋经济发展“十四五”规划》要求，打造海上风电产业集群，推动海上风电项目规模化开发，基本建成已规划近海浅水区项目，推动省管海域近海

深水区项目开工建设，争取粤东千万千瓦级海上风电基地纳入国家相关规划，并推动基地项目开工建设。强化省统筹工作力度，重点统筹做好项目前期工作、场址资源划分及配置、发展与安全，以及海上集中送出、登陆点和陆上送出通道、送出模式等。支持海洋资源综合利用，推动海上风电项目开发与海洋牧场、海上制氢、观光旅游、海洋综合试验场等相结合，力争到 2025 年底累计建成投产装机容量达到 1800 万千瓦。推动海上风电产业集群发展，加快建设阳江、粤东海上风电产业基地力争到 2025 年全省风电整机制造年产能达到 900 台(套)。推动技术进步和成本下降，以龙头企业为引领，重点开展低风速、大容量、抗台风、防盐雾风电机组研发制造。加快漂浮式风机基础、柔性直流送出等关键技术转化运用，进一步完善海上风电产业链。重点引进或鼓励收购新型材料、主轴承、齿轮箱、海上升压站、施工船机运维设备等产业链企业，补齐产业链供应链短板，提前谋划海上风电运维产业发展，重点在阳江、揭阳、汕尾等地布局建设海上运维基地，同时鼓励支持风电研发设计、装备制造、风电施工及运维企业加强合作，通过组建专业运维机构或委托开展社会第三方专业运维，推行运维服务专业化。

汕尾红海湾海上风电项目能有力地开发粤东地区的海上风电资源，有效提高风能资源的利用，有利于提高海上风电技术水平，有利于促进海上风电设备国产化、海上风机基础选型与施工技术的创新。同时，项目对于促进区域经济社会发展有着积极意义。工程建成后，可带动地区相关产业如建材、交通、设备制造业的发展，对扩大就业和发展第三产业将起到促进作用，从而带动和促进地区国民经济的全面发展和社会进步。随着风电场的相继开发，风电将为地方开辟新的经济增长点，对拉动地方经济的发展起到积极作用。

本项目为汕尾红海湾三、四海上风电项目的集中送出工程，项目建设与《广东省海洋经济发展“十四五”规划》关于打造海上风电产业集群，推动海上风电项目规模化开发的要求相符合。

6.5.9 与《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》的符合性分析

根据《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》，2025 年广东省海洋生态环境保护的主要目标是：

——海洋生态环境质量持续改善。近岸海域水质优良（一、二类水质）面积比例达到 86%以上；陆源主要污染物入海量持续降低，国控河流入海断面稳定消除劣 V 类水质。

——海洋生态保护修复取得实效。重要海洋生态系统和生物多样性得到保护，海洋生态系统质量和稳定性显著提升，大陆自然岸线保有率和大陆岸线生态修复长度达到国家要求，营造修复红树林 8000 公顷。

——美丽海湾建设稳步推进。重点推进 15 个美丽海湾建设，亲海环境质量明显改善，公众临海亲海获得感和幸福感显著增强。

——海洋生态环境治理能力不断提升。海洋生态环境监测监管能力大幅增强，海洋环境污染事故应急响应能力显著提升，陆海统筹的海洋生态环境治理体系不断健全。

《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》要求，加强海洋生态空间保护。海洋空间坚持保护为主、适度开发，实施海洋“两空间内部一红线”。按照国家的统一部署，探索建立海岸建筑退缩线制度，清理整治非法占用自然岸线、滩涂湿地等行为。推进建设以国家海洋公园为主体、海洋自然保护区为基础、各类海洋自然公园为补充的自然保护地体系，科学划定海洋自然保护区，整合优化以中华白海豚、中国鲨、黄唇鱼等珍稀物种，珊瑚群落、红树林、海草床等典型海洋生态系统为保护对象的自然保护区。加强底线约束和空间管控，严格落实生态保护红线管控。生态保护红线内的自然保护地核心保护区原则上禁止人为活动；其他区域严格禁止开发性、生产性建设活动，除国家重大战略项目外，仅允许对生态功能不造成破坏的有限人为活动。定期开展海洋自然保护区和海洋生态保护红线的保护成效评估。

本项目升压站和送出电缆没有位于生态保护红线内，符合生态保护红线要求。项目没有围填海工程和水下爆破，海缆敷设不会截断洄游通道，因电缆敷设产生的影响是暂时的，可逆的，在施工结束后以及运营期不会影响周边生态保护红线的功能。施工产生的悬浮物属于海区本底水质沉积物内含物，且随着施工期的结束功能区内的悬浮物水平会恢复到原有水平，不会对海水水质、沉积物和生物质量产生较大的影响。本工程设置有船舶生活污水和船舶含油污水的收集装置，收集贮存后定期交具有处理资质的单位接收后统一处理。施工完毕后，海域可迅速

恢复至原有水质和生物水平，可满足海水质量标准。

综上分析，本项目没有大规模、高强度的工业和城镇建设，建设成后有利于调整省内能源结构，实现经济社会的可持续发展。项目用海对周边海域的水动力环境、地形地貌与冲淤环境和生态环境影响很小，不会对所在海域产生严重影响，不存在潜在的、重大的安全和环境风险，能确保生态功能不降低。海上风电项目为清洁可再生能源，是对广东省能源消耗的有益补充，将会大幅度减少有害气体的排放量，降低污染。

因此，本项目建设符合《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》的要求。

6.5.10 与《汕尾市国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》的符合性分析

《汕尾市国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》提出围绕建设海洋强市目标，依托汕尾海洋岸线资源禀赋，着力优化海洋经济布局，提升海洋产业竞争力，推进海洋治理体系和治理能力现代化，将海洋经济打造成为重要增长极和主引擎。坚持陆海统筹、综合开发，优化海洋空间功能布局，提升海洋资源开发利用水平，积极拓展蓝色经济发展空间。

《汕尾市国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》要求，大力发展清洁能源。依托丰富岸线和广阔腹地，大力发展核电、海上风电、光伏发电，合理发展气电，加快推进陆丰核电前期工作，争取尽快开工建设。推进陆丰燃气发电、汕尾天然气保障电源项目和粤东天然气主干管网项目建设，稳步推进陆丰后湖、甲子、碣石海上风电等项目规划建设，积极规划建设粤东（汕尾）千万千瓦海上风电基地。加快推进汕尾陆河抽水蓄能电站工程。加快 500 千伏甲子海上风电场建设，进一步优化能源供应结构。适度发展高效煤电，加快广东陆丰甲湖湾电厂扩建工程，推动煤电行业加快推进设备更新和技术升级改造。到 2025 年，电源总装机规模达到 1200 万千瓦时。（目前更新为推进陆丰核电、汕尾电厂 5、6 号机等项目建设，稳步推荐陆丰后湖、甲子、国管海域粤东场址等海上风电项目建设...到 2025 年，电源总装机规模达到 1800 万千瓦时。）

汕尾红海湾海上风电场的建设是满足汕尾市电力需求增长的需要，也是促进广东经济低碳、可持续发展的需要，是符合国家能源发展战略和规划、优化调整

我国能源结构的需要。本项目为汕尾红海湾三、四海上风电项目的集中送出工程，因此项目建设符合《汕尾市国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》。

结论

综上，本项目建设符合国家产业政策，符合《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》《汕尾市国土空间总体规划（2021-2035 年）》以及《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》和“三区三线”中的生态保护红线的管控要求。

项目与《“十四五”现代能源体系规划》《2030 年前碳达峰行动方案》《广东能源发展“十四五”规划》《广东省海上风电发展规划（2017-2030 年）（修编）》等能源行业规划的要求相符。

项目符合《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》《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》《广东省自然资源保护与开发“十四五”规划》《广东省海洋经济发展“十四五”规划》《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》以及《汕尾市国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》等各级相关规划的相关要求。

7 项目用海合理性分析

7.1 用海选址合理性分析

7.1.1 项目选址区位和社会条件的合理性分析

本项目位于广东省汕尾市红海湾南侧海域，本项目的送出海缆和登陆点选址均按照《广东省发展改革委关于印发广东省 2023 年海上风电项目竞争配置工作方案的通知》的要求布局。

本项目作为海上风电项目的输电送出工程，建设不会对电网稳定产生较大影响，建成后可补充电网的电力缺口，满足当地的用电需求。因此，项目所在区域有着优越的区位条件和良好的社会经济条件，满足项目选址需求。

本项目位于汕尾市，交通十分便利。项目主要的建筑材料为钢材，钢材可从广东省内及省外的市场采购，钢材资源和商品混凝土采购便利；项目施工主要大型机械及常规的机械设备等可在当地租用；本区域的水电供应条件相对较好，供水、供电系统完备，陆上施工基地的水、电供应可直接从当地的管网系统接驳。因此，本项目选址的施工供应条件成熟，满足工程建设需要。

本项目的建设符合国家可持续、绿色、低碳的能源发展政策，适应广东海上风电发展规划，有利于推动可再生能源的开发利用和节能减排，有利于带动风电产业链和第三产业的发展，增加就业机会，促进地方经济的持续发展。

综上所述，本项目建设区域社会条件适宜、交通便捷、外部协作条件良好，项目建设在技术上是可行的、经济上是合理的。项目的建设选址区域的社会条件是相适应的，选址区域的社会条件满足项目用海需求，有利于项目区域的发展。

7.1.2 项目选址与自然资源、生态环境适宜性分析

(1) 气象条件的适宜性

项目所在海域地处北回归线以南的低纬度地带，南海北部的广东沿海，属于典型的亚热带海洋季风气候区，常年气温较高，雨量充沛，相对湿度高，该区域的气候条件适宜于工程的建设。但该地区易受台风影响，对工程的施工有一定的

影响，施工期间应做好防台措施。

(2) 地形条件的适宜性

路由研究区域位于南海北部陆架，红海湾南侧海域，红海湾近似呈弧形，岸滩坡度较为平缓，40m 以内等深线基本与岸线近似平行，接近东北-西南走向，水深条件良好。路由研究区域工程地质条件较好，地貌以水下岸坡和陆架堆积-侵蚀平原为主，海底地形整体较为平坦。总的来说，项目所处海域水深条件较好，海底地形较平坦。因此本项目所在位置的地形条件适宜。

(3) 地质条件的适宜性

路由区出露地层相对简单，第四系晚期松散堆积物广布，海底沉积物类型以粉砂质黏土、黏土质粉砂、砂-粉砂-黏土和细砂为主，整体比较适合海缆的铺设。

(4) 冲淤条件的适宜性

路由区 10m 以深的水下岸滩坡度较为平缓，10m、30m 等深线附近海域变化并不明显，海底地形变化整体较为稳定。整体而言，路由研究海域局部有冲淤变化，但变化幅度不大，呈现略有侵蚀冲刷的基本稳定状态。

(5) 生态环境的适宜性

项目建设不可避免的对工程周边海域的海洋环境质量、沉积物、海洋生态环境带来一定负面影响，造成一定的渔业资源及底栖生物损失。因此在工程设计、施工和运营时，必须将环境保护措施落实到施工和运营期的每个环节，确保工程建设对海域环境和海洋资源造成的影响降低到最低程度。根据环境影响预测结果，工程施工对周边水生生态环境的影响较小；施工期的生活垃圾、生活污水及船舶含油污水均统一收集后处理，禁止直接排放入海。

综上，本项目用海选址与自然资源和生态环境相适宜。

7.1.3 项目选址与周边其他用海活动的适宜性分析

根据本报告第 5 章，本项目所在及周边海域开发利用活动主要为航路、锚地、海上风电项目、现状红树林等。根据本报告海域开发利用协调分析结论，本项目利益相关者为中广核新能源投资（汕尾）有限公司，协调责任部门为海事局、航道事务中心、农业农村局。通过加强与各方的沟通和合作，本项目海域开发利用

具有较好的可协调性，项目用海与周边其他用海活动不存在功能冲突，是相适宜的。

7.1.4 项目用海选址是否有利于海洋产业协调发展

海上风电是汕尾发展较快的产业，目前，汕尾后湖、甲子一、甲子二海上风电场共 140 万千瓦已实现全容量并网，标志着全国最大的平价海上风电场建成投运，成为粤东地区首个超百万千瓦级海上风电基地。本项目为汕尾红海湾三海上风电项目和明阳汕尾红海湾四海上风电示范项目的集中送出工程，项目用海选址有利于开发汕尾海洋风能资源，推进汕尾海域海洋产业发展。本项目建设有利于汕尾打造千万千瓦海上风电基地，全面构建风电全产业链生态，拓展延伸产业协同生态，统筹产业与城市空间优化联动和产城融合，全力打造国际一流的海上风电全产业链生态体系基地。

因此，本项目用海选址有利于汕尾海域海洋产业协调发展。

7.1.5 项目选址合理性分析

本项目用海与气象条件、地形条件、地质条件、冲淤环境等自然环境条件相适宜；对生态环境影响较小，在采取一定补偿措施以及环保措施的前提下，可减轻对生态环境的影响；项目用海选址与周边其他用海活动适宜，有利于海洋产业协调发展。因此，项目选址是合理的。

7.2 用海平面布置合理性分析

7.2.1 项目平面布置

本节内容引自《汕尾红海湾三、四海上风电集中送出项目路由选择依据说明材料》。

7.2.1.1 布置原则

1、路由选择原则

- (1) 路由应选择在工程地质稳定、水下地形平坦的沉积区；
- (2) 避开地震多发带、断裂构造带、海底沉积环境不稳定及不良地质区；

- (3) 避开强底层流区，选择低能流和波能作用小的区域；
- (4) 避免在海底地形高势能区布线，尽量避开岛屿、暗礁、粗粒沉积区和大片连续基岩裸露区；
- (5) 尽量避开海上经济开发活跃区（含养殖、捕捞、航道、锚地）、军事区、倾废区、保护区、旅游区等；
- (6) 避开易使电缆受到腐蚀的严重污染海域和含高腐蚀化学物质的海区；
- (7) 尽量不穿越自然障碍物（基岩、砾石、沙波、沙脊、浅层气区），尽量避免波状起伏地形以减少管道架空段；
- (8) 尽可能避开海洋功能备选性单一的海区；
- (9) 满足施工最小直线长度和曲率半径；
- (10) 预选路由海域船载铺设可行；
- (11) 尽量减少管道/光缆交越，如果交越不可避免，交越角度要尽可能接近90°，如果管线长度不能满足此要求，则交越角度不小于30°；
- (12) 项目与利益相关者可以协调。

依据《海底电缆管道路由勘察规范》（GB17502-2009）的要求，根据光缆设计原则，充分考虑海域自然环境、社会条件、海洋开发活动等因素，通过现场踏勘和与设计单位的沟通，结合广东省海上风电海底路由管廊规划的相关研究成果初步选取了两条预选路由方案。

预选路由方案一：从登陆点出发避开近岸礁石分布区向东、东南方向延伸1.75km，随后以近似垂直等深线的方向继续向东南延伸5.6km，避开小漠港航道疏浚段后向南延伸15.6km，期间避开海图显示礁石分布区，再向东南延伸31.3km到达生态红线区附近，最后从生态红线区及海上风电场之间的通道延伸至海上升压站。全长约78.35km。

预选路由方案二：从登陆点出发避开近岸礁石分布区向东、东南方向延伸1.75km，随后以近似垂直等深线的方向继续向东南延伸5.6km，避开小漠港航道疏浚段后继续向南延伸到达生态红线区附近，期间避开航路和锚地，最后从生态红线区及海上风电场之间的通道延伸至海上升压站。全长约75.05km。

表 7.2.1-1 预选路由方案一拐点坐标表

编号	经度	纬度	累积长度 (km)	备注

1	115° 2' 35.600" E	22° 46' 6.164" N	0	登陆点
2	115° 2' 54.928" E	22° 46' 10.297" N	0.57	避开近岸礁石分布区
3	115° 3' 32.019" E	22° 45' 52.386" N	1.76	保障管廊空间及走向
4	115° 5' 5.053" E	22° 43' 11.752" N	7.37	避开疏浚航道
5	115° 5' 27.944" E	22° 34' 44.039" N	23.00	避开礁石分布区、保障航路交越角度
6	115° 10' 25.858" E	22° 23' 52.039" N	44.79	保障航路交越角度
7	115° 15' 43.554" E	22° 22' 18.943" N	54.32	避开生态红线区
8	115° 18' 7.171" E	22° 22' 55.756" N	58.58	避开生态红线区
9	115° 27' 24.420" E	22° 25' 24.903" N	75.16	避开海上风机
10	115° 27' 35.496" E	22° 23' 41.671" N	78.35	海上升压站

表 7.2.1-2 预选路由方案二拐点坐标表

编号	经度	纬度	累积长度 (km)	备注
1	115° 2' 35.601" E	22° 46' 6.195" N	0	登陆点
2	115° 2' 54.928" E	22° 46' 10.297" N	0.57	避开近岸礁石分布区
3	115° 3' 32.019" E	22° 45' 52.386" N	1.76	保障管廊空间及走向
4	115° 5' 5.053" E	22° 43' 11.752" N	7.37	避开疏浚航道
5	115° 7' 39.421" E	22° 35' 31.840" N	22.19	避开礁石分布区、保障航路交越角度
6	115° 14' 13.946" E	22° 22' 45.222" N	48.33	保障航路交越角度
7	115° 15' 43.554" E	22° 22' 18.943" N	51.01	避开生态红线区
8	115° 18' 7.171" E	22° 22' 55.756" N	55.27	避开生态红线区
9	115° 27' 24.420" E	22° 25' 24.903" N	71.86	避开海上风机
10	115° 27' 35.496" E	22° 23' 41.671" N	75.05	海上升压站

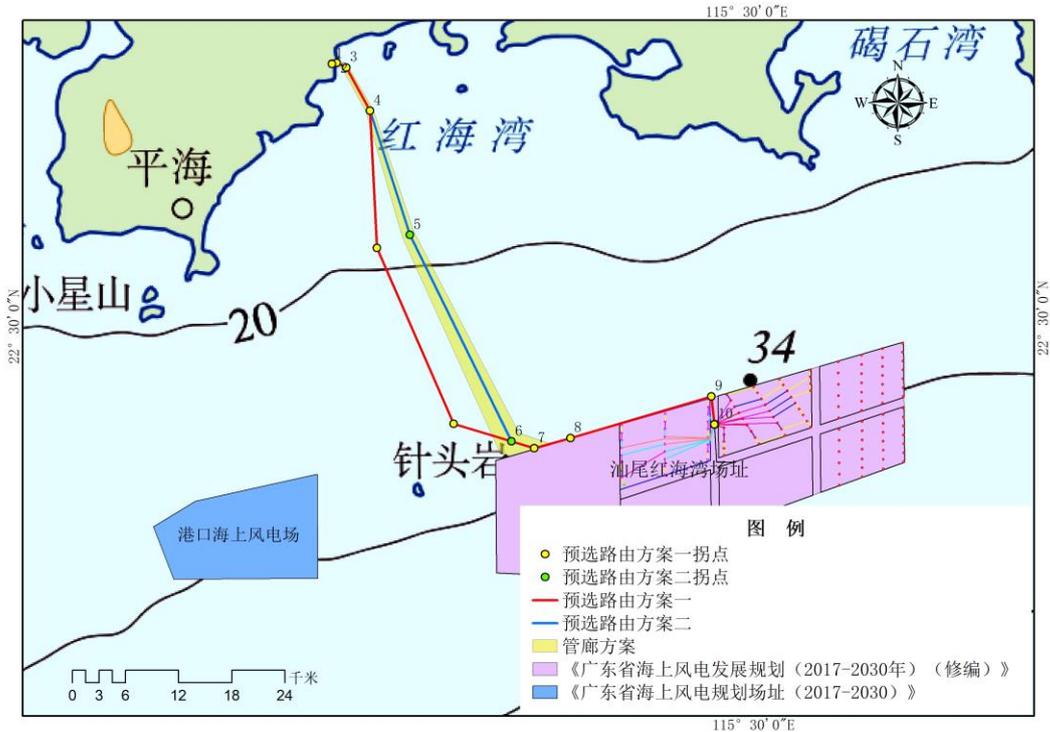


图 7.2.1-1 本项目送出方案示意图

表 7.2.1-3 预选路由经济性与适宜性比选

类目	方案一	方案二	路由比较
长度	78.35km	75.05km	方案二优
与已建路由的位置关系	没有交越	没有交越	两方案一致
与航道位置关系	与航路交越 5 次	与航路交越 3 次	方案二优
与锚地位置关系	最近约 2.7km	最近约 0.38km	方案一优
与倾废区位置关系	最近约 1.7km	最近约 6km	方案二优
施工难度	4 号点至 5 号点路由段 距离礁石分布区较近	距离礁石分布区较远	方案二优

表 7.2.1-4 预选路由合理性与安全性比选

路由 比选指标		预选路由方案一	预选路由方案二	评价
可行性	与海洋功能区划和相关区划符合性	项目用海与《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》、《汕尾市海洋功能区划》相兼容		两方案一致
	对国防的影响	登陆点均避开了相关区域		两方案一致
	拐点数	9 个		两方案一致
	环境资源补偿	在农渔业区范围内方案一比方案二路由长约 3.3km		方案二较优
	陆域用地	地势平坦，登陆点附近可用地条件良好		两方案一致
安全性	备用安全性	交越4条航路；海上 穿越礁石分布区	交越2条航道；海上避 开礁石分布区	方案二优
节约性 集约性	海域使用	路径相对弯曲，相对 方案二未能减少海缆 占用的海域面积	统筹布置红海湾场址送 出管廊，尽可能减少海 缆占用的海域面积	方案二优

经过综合分析，可归纳为：

(1) 海底光缆两预选路由方案所在海域工程环境条件均较为适宜，预选路由与所经过海域海洋功能区的主导功能是可以兼容的；同时对周边海洋功能区产生的不利影响不大，与周边的主导海洋功能也不产生排它性冲突。

(2) 在路由长度上，方案一的长度比方案二长约 3.3km，两方案拐点数都为 10 个，海缆经济性方面方案二较优。

(3) 从与已有航道、锚地等相对位置方面，方案一交越 4 个航路，方案二交越 2 个航路，虽然方案二距离锚地更近，但考虑到勘察、施工及运维阶段本项目船舶运行的因素，海缆安全性方面方案二相对优于方案一。建议本项目海缆路

由在锚地及与航路交越处增加埋深，尽可能保障海缆的安全运行。

(4) 两方案登陆点都避开了与国防相关区域，方案一在海上穿越一处海图显示礁石分布区，方案二避开该区域，在施工难度方面方案二优于方案一。

(5) 预选路由方案二主要基于红海湾场址的风电规划进行，以尽可能统筹各区块海缆的设计需求，形成统一管廊登陆，减少各区块风电登陆所占用的海域面积，满足集约、节约的用海原则，方案一未统筹安排送出管廊，造成海缆占用海域面积较大，为此用海合理性方面方案二优于方案一。

综上所述，通过对路由区的工程地质条件、自然环境条件、海洋开发活动、环境保护、功能区划等的资料收集与分析，同时考虑了用海的节约和集约原则及后期对光缆的保护与维护，推荐预选路由方案二作为未来的勘察路由。

表 7.2.1-5 500kV 送出海底电缆拐点坐标表

编号	经度	纬度	累积长度 (km)	备注
1	115° 2' 35.601" E	22° 46' 6.195" N	0	登陆点
2	115° 2' 54.928" E	22° 46' 10.297" N	0.57	避开近岸礁石分布区
3	115° 3' 32.019" E	22° 45' 52.386" N	1.76	保障管廊空间及走向
4	115° 5' 5.053" E	22° 43' 11.752" N	7.37	避开疏浚航道
5	115° 7' 39.421" E	22° 35' 31.840" N	22.19	避开礁石分布区、保障航路交越角度
6	115° 14' 13.946" E	22° 22' 45.222" N	48.33	保障航路交越角度
7	115° 15' 43.554" E	22° 22' 18.943" N	51.01	避开生态红线区
8	115° 18' 7.171" E	22° 22' 55.756" N	55.27	避开生态红线区
9	115° 27' 24.420" E	22° 25' 24.903" N	71.86	避开海上风机
10	115° 27' 35.496" E	22° 23' 41.671" N	75.05	海上升压站

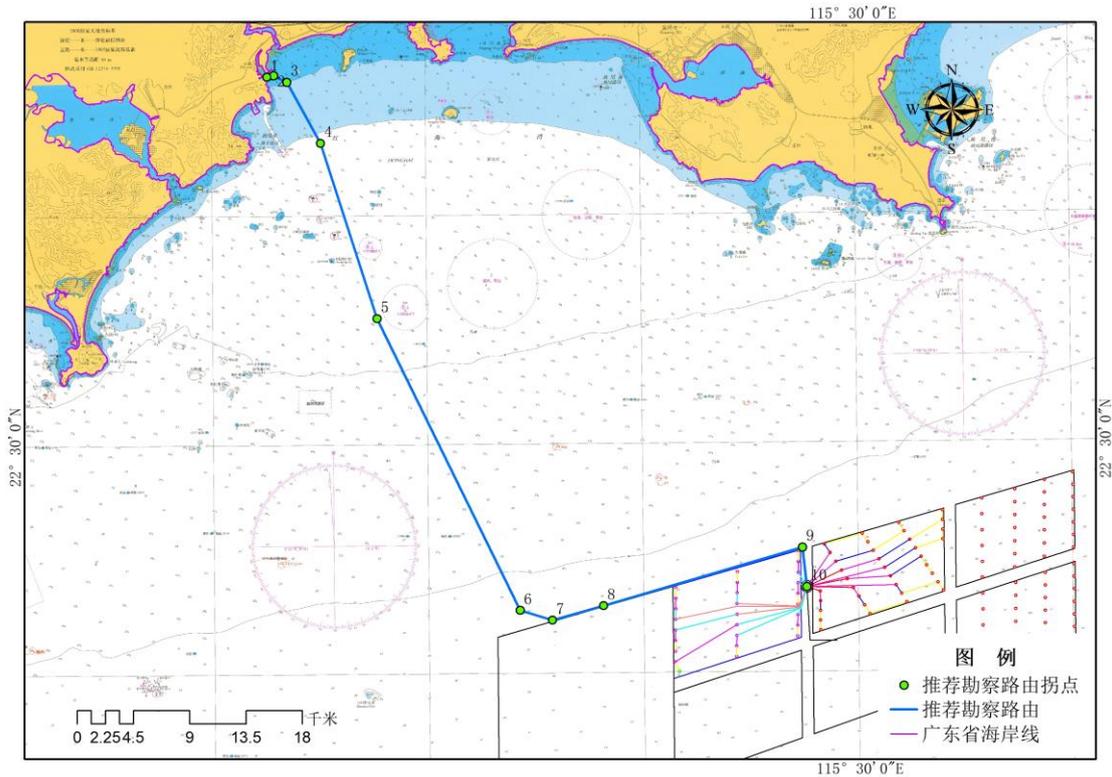


图 7.2.1-2 500kV 送出海底电缆推荐路由拐点分布示意图

综上,根据路由预选的原则,结合拟建海缆区域的自然环境、海洋开发活动、海底地形特征、海底面地貌特征、海底浅地层结构、海域规划以及安全性等各方面的综合考虑,同时为了增加海底管道的安全系数,确定了本项目海底电缆平面布置。因此本工程用海平面布置合理。

7.2.2 项目用海平面布置是否体现节约集约用海的原则

根据现阶段海缆路由走向,登陆电缆通过预选路由区的气候特征、水动力特征、工程地质条件以及结合海洋功能区划的综合分析,并遵循“集约、节约用海”、和“技术上可行、经济上合理、安全可靠”的原则最终确定。海底电缆所在海域工程环境条件均较为适宜,对所经过海域海洋功能区的主导功能影响不大;同时对周边海洋功能区产生的不利影响不大,与周边的主导海洋功能也不产生排它性冲突。同时,统筹考虑了后期的风电场工程,充分体现了节约和集约用海的原则。

7.2.3 项目用海平面布置是否有利于生态保护

本项目建设海上升压站和 500kV 送出海底电缆,对海洋水文、地形地貌与冲淤环境的影响很小,基本不会对海域产生不可逆的生态影响。

海上升压站基础施工及海底电缆铺设将会引起部分底栖生物损失。同时，工程施工悬浮物会引起本海域生物种类和数量的减少，但是项目建成后，影响将逐渐消失，生物数量会慢慢恢复，项目建设运营过程中对区域海洋生态系统的影响不大。可见，本项目建设对区域生态系统有一定影响，但可以通过增殖放流等措施进行生态补偿，本项目 500kV 送出海缆已避让生态保护红线区，尽量减小对生态保护重要区域和生态敏感目标的影响，符合相关要求。

7.2.4 项目用海平面布置能否最大程度地减少对水文动力环境和冲淤环境的影响

本项目 500kV 送出海底电缆埋设于海床以下，海底电缆用海不改变海域的自然属性，能够保持水体的流通交换，对整个水文动力环境、冲淤环境的影响并不大。从数模计算结果来看，项目建设对水动力、泥沙冲淤环境影响均不大。

7.2.5 项目用海平面布置能否最大程度地减少对周边其他用海活动的影响

根据本报告第 5 章，本项目所在及周边海域开发利用活动主要为航路、锚地、海上风电项目、现状红树林等。根据本报告海域开发利用协调分析结论，本项目利益相关者为中广核新能源投资（汕尾）有限公司，协调责任部门为海事局、航道事务中心、农业农村局。通过加强与各方的沟通和合作，本项目海域开发利用具有较好的可协调性，项目用海与周边其他用海活动不存在功能冲突，是相适宜的。

综上，根据现阶段平面布置方案，本项目的开发建设可与周边其他用海活动相适应。

7.3 用海方式合理性分析

本项目用海方式为构筑物（一级方式）的透水构筑物（二级方式）和其他用海方式（一级方式）的海底电缆管道（二级方式），本节通过是否遵循尽最大可能不填海和少填海、不采用非透水构筑物，尽可能采用透水式、开放式的用海原则；能否最大程度地减少对海域自然属性的影响，是否有利于维护海域基本功能；

能否最大程度地减少对区域海洋生态系统的影响；能否最大程度地减少对水文动力及冲淤环境的影响分析项目用海方式的合理性。

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

项目建设海上升压站和海底电缆，用海方式分别为透水构筑物和海底电缆管道，不涉及填海和非透水构筑物用海，海上升压站采用了透水构筑物的方式，项目遵循了尽最大可能不填海和少填海、不采用非透水构筑物，尽可能采用透水式、开放式的用海原则。

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

本项目建设海上升压站和 500kV 送出海底电缆，项目用海方式分别为透水构筑物和海底电缆管道。虽然项目建设需占用一定的海域，但透水构筑物和海底电缆管道用海基本不改变海域的自然属性，能够保持水体的流通交换，对海域的使用不属于不可恢复，不涉及炸岛和围填海等，项目实施虽然会对所在海域的渔业资源造成一定的影响，但通过生态减缓和补偿措施，不影响海域主导功能的实现，能够维护海域基本功能。

7.3.1.3 是否有利于保护和保全区域海洋生态系统

本项目施工期间会对作业面的底栖生物和底栖生境造成完全破坏，栖息于上述范围内的底栖生物将全部损失，部分游泳能力差的底栖生物如底栖鱼类、虾类也将因为躲避不及而被损伤或掩埋。另外，施工产生的悬浮泥沙也造成海洋生物一定的损失。本项目施工会产生悬浮泥沙，工程施工过程产生的悬浮物扩散和沉降后，对项目周边海域的沉积物环境质量不会产生明显变化。为弥补工程建设对海洋生态环境带来的不利影响，建设单位应做好环境保护工作和生态补偿工作，把不利影响降到最低。

项目海上升压站基础施工及海底电缆铺设等将会引起部分底栖生物损失。同时，工程施工悬浮物会引起本海域生物种类和数量的减少，但是项目建成后，影响将逐渐消失，生物数量会慢慢恢复。项目用海方式及建设运营过程中对区域海

洋生态系统的影响不大。可见，本项目建设对区域生态系统有一定影响，但可以通过增殖放流等措施进行生态补偿，本项目用海方式对区域海洋生态系统的影响是可以接受的。同时，项目 500kV 送出海缆已优先避让生态保护红线区，尽量减小对生态保护重要区域和生态敏感目标的影响。

7.3.1.4 能否最大程度地减少对水文动力环境、冲淤环境的影响

本项目透水构筑物 and 海底电缆管道用海能够保证水流的通畅，虽占用一定海域面积，但对整个水文动力环境、冲淤环境的影响并不大。因此，本项目用海方式能够最大程度减少对水文动力环境、冲淤环境的影响。

因此，本项目用海方式是合理的。

7.4 占用岸线合理性分析

7.4.1 项目占用岸线情况

根据《广东省发展改革委关于印发广东省 2023 年海上风电项目竞争配置工作方案的通知》，汕尾红海湾三、四海上风电项目登陆点位于深汕合作区小漠街道。

本项目申请用海范围以底土穿越的方式占用岸线 21.4m，占用岸线类型为砂质岸线。本项目 500kV 送出海底电缆在设计上并行排布两回路电缆，从沙滩底部穿越式定向钻穿越施工，不改变自然岸线类型，不影响自然岸线生态功能。



图 7.4.1-1 本项目申请用海范围与岸线关系示意图

7.4.2 对周边岸线资源的影响分析

本项目送出海缆登陆段砂质沙滩，岸线为南北走向，岸线比较稳定，沙堤向陆内侧为防护林带。



图 7.4.1-1 岸线现状

本项目不涉及采挖砂围填海、倾倒废渣等诱发沙滩蚀退的行为，电缆管线登陆区施工采用定向钻工艺，无需开挖，定向钻有一定深度，尽量保存自然岸线的原态。对原砂质岸线的类型和生态功能不造成长久性影响，不会影响其自然岸线形态及原有生态功能。更不会诱发沙滩蚀退，不改变沙滩自然属性，不会对岸线的稳定性产生影响。

此外，按照规定登陆点处将设立显著标志，登陆区域禁止打桩、抛锚、挖砂等，是对岸线资源的有序利用，能充分发挥此处岸线的有利作用，也能禁止其他破坏行为破坏此处岸线。因此，本项目送出海底电缆对所在自然岸线的影响很小，对周边岸线资源基本没有影响。

7.4.3 占用岸线的必要性与合理性

(1) 占用岸线的必要性

根据《广东省发展改革委关于印发广东省 2023 年海上风电项目竞争配置工作方案的通知》，汕尾红海湾三海上风电项目和明阳汕尾红海湾四海上风电示范项目位于广东省汕尾市红海湾南侧海域，风电场的场址与海岸最短距离超 20km，海上升压站集中送出的电能必须通过 500kV 送出海缆输送到陆上集控中心。本项目作为海上风电项目的集中送出工程，用来连接海上升压站与陆上集控中心。

500kV 送出海底电缆必须穿越登陆点所在海岸线，项目穿越岸线是必要的。

(2) 占用岸线方式的合理性

本项目 500kV 送出海底电缆采用定向钻形式穿越砂质岸线登陆，在登陆点出路由进行收缩，海缆登陆位于深汕合作区小漠镇东侧滨海区域。申请用海范围以底土穿越的方式占用岸线 21.4m。

本项目采用的定向钻施工工艺为非开挖施工，避免了对所在砂质岸线的开挖，有利于对所在岸线的生态环境保护，也相应的减少了基础埋设、地面恢复等的费用。同时，采用定向钻的施工工艺具有施工周期短、作业迅速、综合成本低的优势，施工完成后基本不会对所在岸线造成破坏，具有较高的社会和经济效益。

本项目 500kV 送出海底电缆登陆段施工采用定向钻技术进行电缆埋设，不涉及围填海，不进行采挖海砂、倾废等活动，500kV 海缆由底土穿越岸线，可保持自然岸线的原态，项目建设后不会对所占岸线造成明显不利影响，基本不会改变海域自然属性。因此，本项目以底土穿越岸线的方式占用岸线是合理的。

7.4.4 岸线占补分析

根据《广东省自然资源厅关于印发海岸线占补实施办法（试行）的通知》，“海岸线占补是指项目建设占用海岸线导致岸线原有形态或生态功能发生变化，要进行岸线整治修复，形成生态恢复岸线，实现岸线占用与修复补偿相平衡。”本项目采用定向钻技术进行电缆埋设，500kV 海底电缆由底土穿越岸线，营运期间电缆埋设有一定深度，基本不会导致岸线原有形态或生态功能发生变化。根据《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》（粤自然资海域〔2023〕149）号，“用海项目从空中跨越或底土穿越海岸线，不改变海岸线原有形态和生态功能，不造成海岸线位置、类型变化的，可免于落实海岸线占补。”因此，本项目无需进行海岸线占补。

7.5 用海面积合理性分析

7.5.1 申请用海面积

项目申请用海总面积为 443.6009 公顷，其中透水构筑物（海上升压站）面积为 0.6067 公顷，海底电缆管道（500kV 送出海底电缆）用海面积为 442.9942 公

顷。

表 7.5.1-1 项目申请用海面积统计表

用海单元	用海类型	用海方式	用海面积（公顷）
海上升压站	电力工业用海/可再	透水构筑物	0.6067
500kV 送出海底电缆	生能源用海	海底电缆管道	442.9942

7.5.2 用海面积合理性分析

7.5.2.1 项目用海面积是否满足用海需求

1、海上升压站用海需求

本项目拟布置一座 500kV 海上升压站，海上升压站为四桩导管架基础结构，上部组块采用四层布置，平台尺寸为 63.0m×53.1m。

本项目海上升压站用海面积根据《海籍调查规范》进行界定，透水构筑物用海有安全防护要求的透水构筑物用海在透水构筑物及其防护设施垂直投影的外缘线基础上，外扩不小于 10m 保护距离为界，则海上升压站申请用海面积由平台外缘向外扩 10m 确定申请用海范围。

因此，本项目海上升压站拟申请用海面积 0.6067 公顷可以满足项目用海需求。

2、500kV 送出海底电缆用海需求

根据项目需要，风电机组发出电能需通过集电海底电缆接入海上升压站后通过 500kV 送出海底电缆送入陆上集控中心。500kV 送出海底电缆直径为 314mm，500kV 送出海底电缆单回长度为 75.05km，两回长度为 150.10km。

根据《海籍调查规范》中海底工程用海对电缆管道的规定：“以电缆管道外缘线向两侧外扩 10m 距离为界”，再结合海底电缆的路由布置，确定海底电缆用海需求。考虑到本项目 500kV 送出海底电缆与海上升压站用海重叠，按照海域使用金征收标准的不同，采取就高不就低的原则：即海上升压站用海优先，海底电缆次之，扣除海上升压站用海与 500kV 送出海底电缆重叠面积，计算得出 500kV 送出海底电缆申请用海面积 442.9942 公顷可满足项目用海需求。

综上，项目拟申请用海面积 443.6009 公顷能够满足项目用海需求。

7.5.2.2 是否符合相关行业的设计标准和规范

(1) 与《海底电力电缆输电工程设计规范》(GB/T51190-2016)等行业规范相符合

本项目海底电缆的布设满足《海底电力电缆输电工程设计规范》(GB/T51190-2016)、《海底光缆规范》(GB/T18480-2001)、《海底光缆工程设计规范》(GB/T 51154-2015)等的要求,本项目设计符合海缆等相关规范的设计要求。

(3) 与《海籍调查规范》相符合

海岸线确定原则和方法依据以《全国海岸线修测技术规程》(自然资办函〔2019〕1187号)及《海岸线调查统计技术规范》(DB33/T2106-2018)规定的方法确定,本项目海岸线为广东省政府2022年批复海岸线。

按《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工矿通信用海(一级类)中的可再生能源用海(二级类);按《海域使用分类》(HY/T 123 2009),本项目海域使用类型为工业用海(一级类)中的电力工业用海(二级类),用海方式为构筑物(一级方式)中的透水构筑物(二级方式)和其他方式(一级方式)中的海底电缆管道(二级方式)。

根据《海籍调查规范》中“透水构筑物用海有安全防护要求的透水构筑物用海在透水构筑物及其防护设施垂直投影的外缘线基础上,外扩不小于10m保护距离为界”“海上风力发电使用的海底电缆,以电缆管道外缘线向两侧外扩10m距离为界”。

本项目海上升压站以其平台外缘线外扩10m确定界址点;500kV海底电缆以其外缘线向两侧外扩10m距离为界确定界址点。

同时,《海籍调查规范》中规定:当几种用海方式的用海范围发生重叠时,重叠部分应归入现行海域使用金征收标准较高的用海方式的用海范围。本项目海底电缆用海以外缘线向两侧外扩10m距离为界,500kV海底电缆与海上升压站用海面积部分重叠,按照海域使用金征收标准的不同,采取就高不就低的原则:即海上升压站用海优先,海底电缆次之,重叠部分面积扣除。

(3) 与《海域使用面积测量规范》相符合

按照《海域使用面积测量技术规范》,本次论证项目拟申请用海面积是根据

坐标解析法进行计算的，利用经外扩后的各点平面坐标计算面积，借助于 ArcGIS10.8 的软件计算功能直接求得透水构筑物及海底电缆管道用海面积。

因此，本项目拟申请用海面积的界定符合相关管理办法的要求。

7.5.2.3 减少项目用海面积的可能性

根据建设单位的实际用海需求，结合总平面布置进行量算，项目用海范围和界址点的选择均参照《海籍调查规范》中关于面积界定及面积计算的规定，已无减少用海面积的可能性。

7.5.3 宗海图绘制

7.5.3.1 测量相关说明

(1) 宗海测量相关说明

根据《海域使用分类》《海籍调查规范》，广东海兰图环境技术研究有限公司负责进行本项目海域使用测量，测绘资质证书号为：乙测资字 44505356。

(2) 执行的技术标准

《海域使用面积测量规范》（HY 070-2022）；

《海域使用分类》（HY/T 123-2009）；

《海籍调查规范》（HY/T 124-2009）；

《宗海图编绘技术规范》（HY/T 251-2018）。

7.5.3.2 宗海图的绘制

(1) 宗海位置图的绘制方法

宗海位置图采海军航保部2015年出版、图号为15300的海图，图式采用1998年版，墨卡托投影，2000国家大地坐标系，深度...米...理论最低潮面，高程...米...1985年国家高程基准，比例尺为1:250 000（22°16′）。

将上述图件作为宗海位置图的底图，经过相应地图整饰，绘出宗海位置图，具体见图7.5.3-1。

(2) 宗海界址图绘制

利用委托方提供的项目平面布置图及数字化地形图作为宗海平面图的基础

数据，利用 Arcmap 软件矢量化地形图作为宗海界址图的底图，根据《海籍调查规范》《宗海图编绘技术规范》对宗海和宗海内部单元的界定原则，形成不同用海单元的界址范围。

7.5.3.3 宗海界址点坐标及面积的计算方法

(1) 宗海界址点坐标的计算方法

宗海界址点在 ArcGIS10.8 的软件中绘制属于高斯投影下的平面坐标，高斯投影平面坐标转化为大地坐标（经纬度）即运用了高斯反算过程所使用的高斯反算公式算出。根据数字化宗海平面图上所载的界址点 CGCS2000 大地坐标系，利用相关测量专业的坐标换算软件，输入必要的转换条件，自动将各界址点的平面坐标换算成以高斯投影、115°00'为中央子午线的 CGCS2000 大地坐标。

高斯投影反算公式：

$$l = \frac{1}{\cos B_f} \left(\frac{y}{N_f} \right) \left[1 - \frac{1}{6} (1 + 2t_f^2 + \eta_f^2) \left(\frac{y}{N_f} \right)^2 + \frac{1}{120} (5 + 28t_f^2 + 24t_f^4 + 6\eta_f^2 + 8\eta_f^2 t_f^2) \left(\frac{y}{N_f} \right)^4 \right]$$

$$B = B_f - \frac{t_f}{2M_f} y \left(\frac{y}{N_f} \right) \left[1 - \frac{1}{12} (5 + 3t_f^2 + \eta_f^2 - 9\eta_f^2 t_f^2) \left(\frac{y}{N_f} \right)^2 + \frac{1}{360} (61 + 90t_f^2 + 45t_f^4) \left(\frac{y}{N_f} \right)^4 \right]$$

(2) 宗海面积的计算方法

本次宗海面积计算采用坐标解析法进行面积计算，即利用经外扩后的各点平面坐标计算面积。借助于 ArcGIS10.8 的软件计算功能直接求得用海面积。

(3) 宗海面积的计算结果

根据《海籍调查规范》及本项目用海的实际用海类型，界定本项目用海为 1 宗海，宗海面积 443.6009 公顷，有透水构筑物、海底电缆管道两种用海方式，共 2 个用海单元构成，其中海上升压站（透水构筑物）用海面积 0.6067 公顷，500kV 送出海底电缆用海面积 442.9942 公顷。

汕尾红海湾三、四海上风电集中送出项目宗海位置图

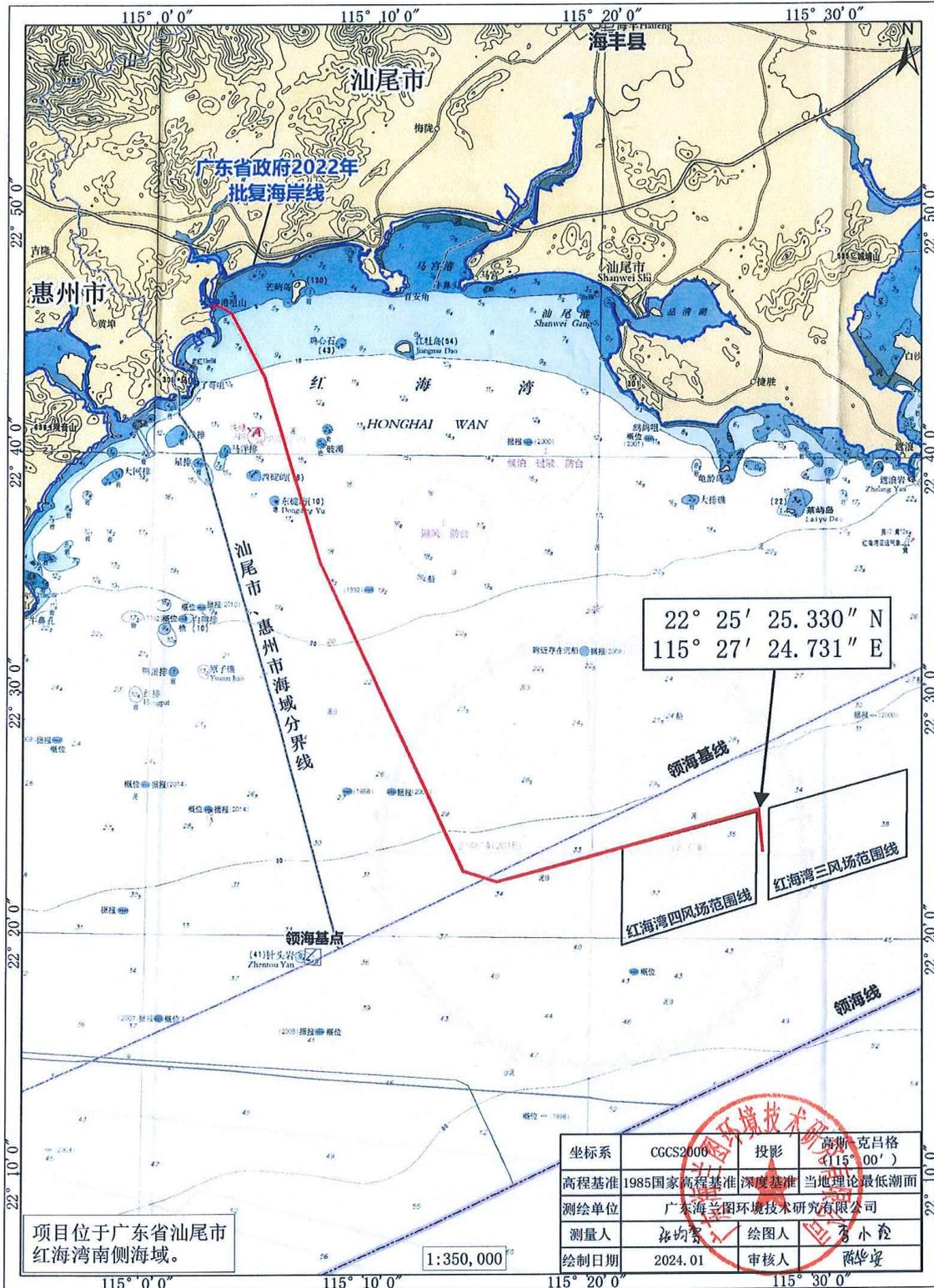


图 7.5.3-1 宗海位置图

汕尾红海湾三、四海上风电集中送出项目宗海界址图

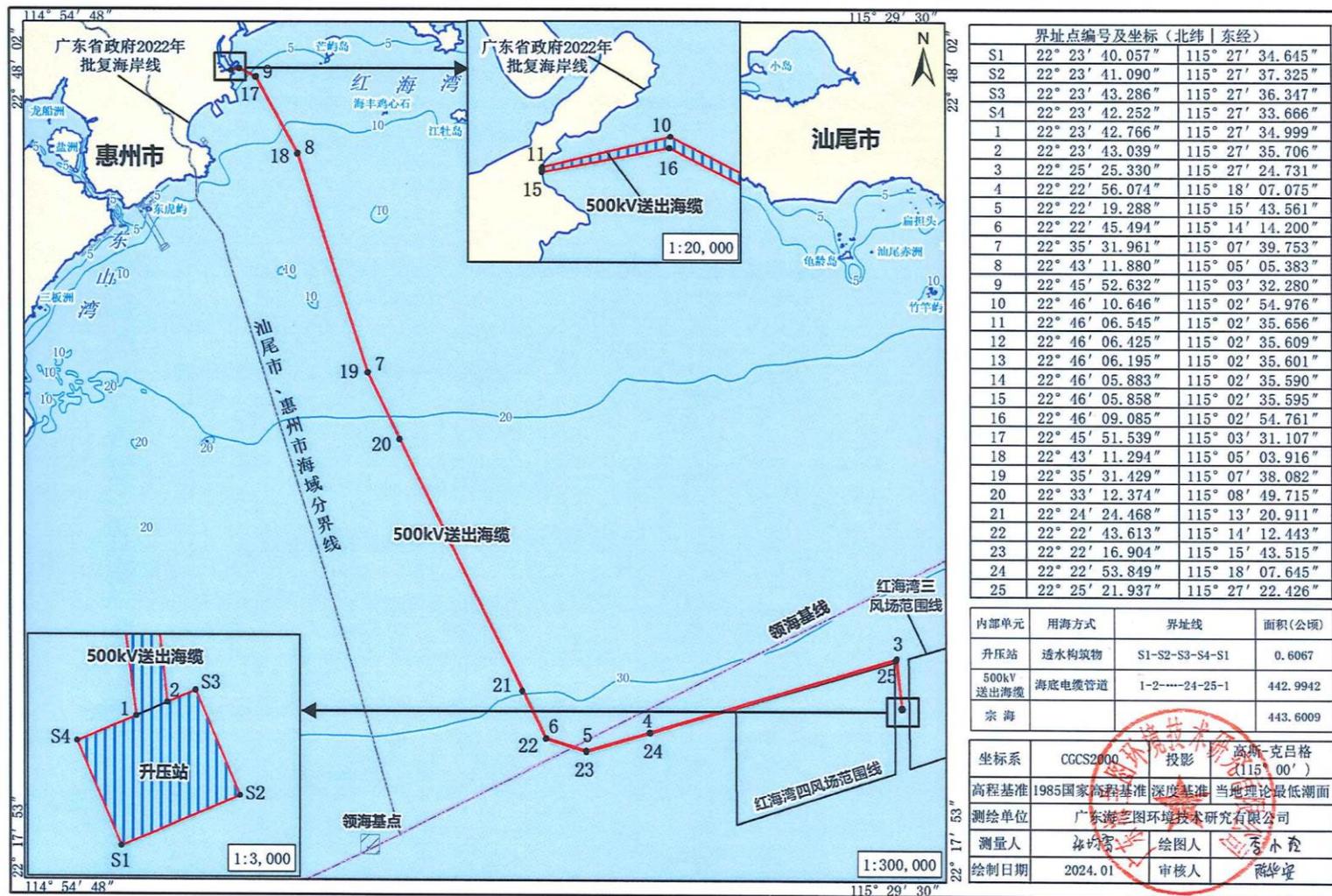


图 7.5.1-2 宗海界址图

7.5.4 项目用海面积量算

1、海上升压站

本项目海上升压站用海方式为透水构筑物。

本项目海上升压站用海面积根据《海籍调查规范》进行界定，透水构筑物用海有安全防护要求的透水构筑物用海在透水构筑物及其防护设施垂直投影的外缘线基础上，外扩不小于 10m 保护距离为界。本项目海上升压站平台尺寸为 63.0m×53.1m，海上升压站用海范围以平台外缘外扩 10m，即由 83.0m×73.1m 确定用海边界。

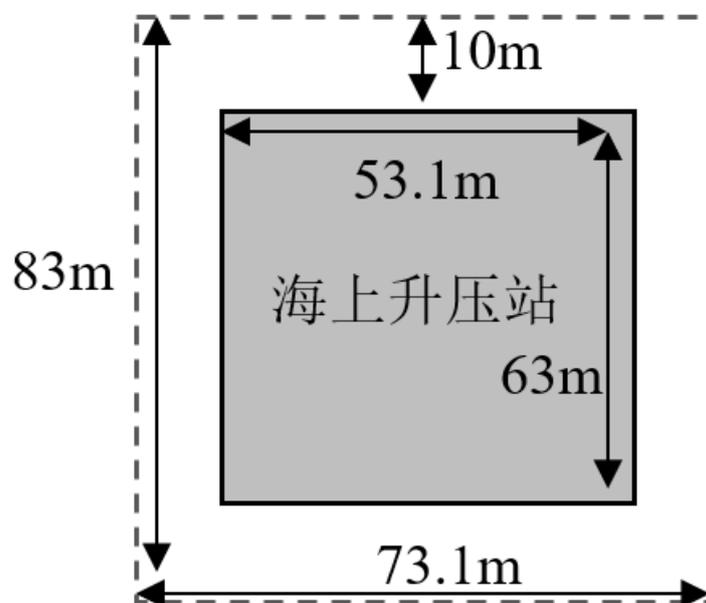


图 7.5.4-1 海上升压站用海范围界定示意图

2、500kV 送出海底电缆

本项目 500kV 送出海底电缆用海方式为海底电缆管道。

根据《海籍调查规范》5.4.5.1 电缆管道用海，电缆管道外缘线向两侧外扩 10m 距离为界，因此，本项目 500kV 送出海底电缆以海缆外缘线向两侧外扩 10m 确定 500kV 送出海底电缆的用海外界址线。本项目送出海底电缆直径 314mm。

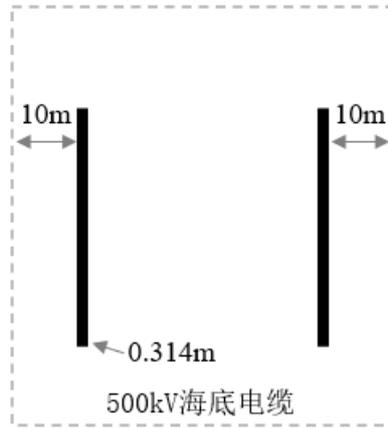


图 7.5.4-2 海底电缆管道用海范围界定示意图

根据《海籍调查规范》5.3.6.3 用海方式重叠范围的处理，“当几种用海方式的用海范围发生重叠时，重叠部分应归入现行海域使用金征收标准较高的用海方式的用海范围。”本项目送出海缆连接了海上升压站与陆上集控中心，海上升压站用海方式均为透水构筑物，500kV 送海底电缆用海方式为海底电缆管道，根据现行海域使用金征收标准，透水构筑物用海海域使用金征收标准较高，送出海缆与升压站用海范围发生重叠时，重叠部分归入透水构筑物申请用海范围，本项目送出海缆不再申请重叠部分用海确权。

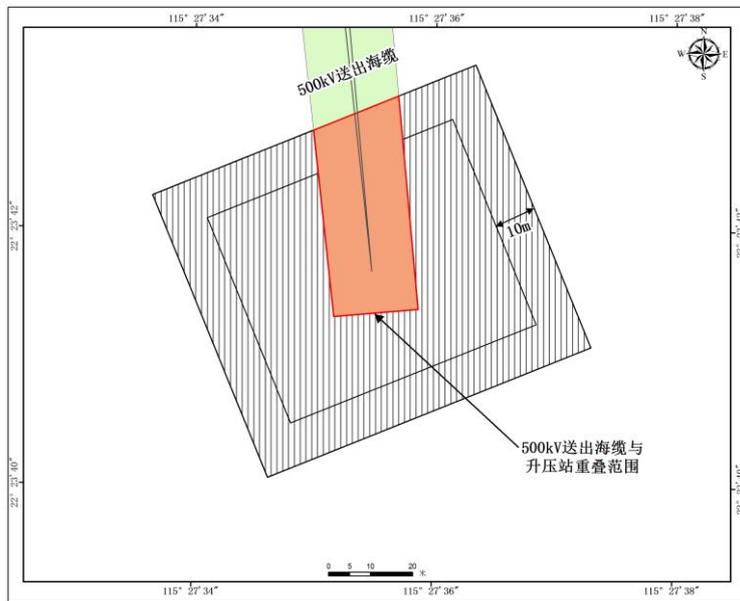


图 7.5.4-4 500kV 送海底电缆与升压站外扩范围重叠示意图（单位：m）

综上，本项目拟申请用海面积 443.6009 公顷，其中海上升压站（透水构筑物）用海面积 0.6067 公顷，500kV 送海底电缆用海面积 442.9942 公顷。

7.6 用海期限合理性分析

按《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工矿通信用海（一级类）中的可再生能源用海（二级类）；按《海域使用分类》（HY/T 123 2009），本项目海域使用类型为工业用海（一级类）中的电力工业用海（二级类），用海方式为构筑物（一级方式）中的透水构筑物（二级方式）和其他方式（一级方式）中的海底电缆管道（二级方式）。

根据《中华人民共和国海域使用管理法》第二十五条海域使用权最高期限规定：“港口、修造船厂等建设工程海域使用最高年限为五十年”。

本项目主体工程汕尾红海湾三海上风电项目和明阳汕尾红海湾四海上风电示范项目根据风机设计使用寿命（25年）、施工周期（17个月）及结合相关法律要求，确定申请用海期限为27年。本项目海上升压站设计使用寿命为25年，海缆设计使用寿命30年，施工周期（13个月），申请用海年限宜与主体工程申请年限保持一致，即申请27年。

根据《中华人民共和国海域使用管理法》第二十五条规定，建设工程用海的海域使用权最高期限按照用途确定，其中工程建设用海最高期限为五十年。结合国家对项目用海年限的规定，本项目拟申请使用海域27年，项目用海期限既可以满足项目设计年限和用途需求，又符合相关规定，是合理的。

海域使用权期限届满，海域使用权人需要继续使用海域的，应当至迟于期限届满前二个月向原批准用海的人民政府申请续期。

因此，项目用海期限是合理的。

8 生态用海对策措施

根据《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（自然资发〔2023〕234号），项目用海的海域使用类型为工矿通信用海（一级类）中的可再生能源用海（二级类）；根据《海域使用分类》（HY/T123-2009），本项目海域使用类型为工业用海（一级类）中的电力工业用海（二级类），用海方式为透水构筑物、海底电缆管道。本项目海底电缆铺设于海底，送出海缆登陆段的海岸为砂质沙滩，登陆段施工采用定向钻的施工方式，该施工方式地底穿过砂质岸线，无需开挖，对沙滩基本无影响，不影响自然岸线形态及原有生态功能。根据前文资源生态影响预测分析结果，项目的建设可能产生的主要生态问题是海洋生物资源降低。

针对项目可能产生的主要生态问题，提出生态用海对策，并参照《围填海工程生态建设技术指南（试行）》和海洋生态保护修复的相关要求提出海洋生物资源恢复的生态修复措施。计划在取得用海批复后2年内由建设单位组织开展本项目生态修复计划，确保海洋生物资源能够得到恢复。

8.1 生态用海对策

8.1.1 生态保护对策

1、设计阶段生态保护对策

本项目设计体现了生态化理念，避让了生态敏感目标。项目选址避让了生态红线保护区、航道和锚地等，尽可能减少项目对海洋自然资源的占用。

2、施工阶段生态保护对策

本项目用海方式为透水构筑物、海底电缆管道。海上升压站基础和送出电缆敷设施工会对作业范围内的底栖生境造成直接破坏，进而引起底栖生物生物量的损失，且项目施工期产生悬浮泥沙会影响浮游动植物、鱼卵仔鱼、渔业资源和渔业生产。为降低项目施工期对资源生态的影响，项目施工做好如下措施：

（1）工程建设要坚持“预防为主、保护优先”的原则，指导设计、施工、环境管理，把生态环境保护纳入工程方案设计过程中，把不利影响控制到最低程度。

（2）施工过程中应加强施工管理，科学安排作业时间和程序。施工期安排

尽量避开主要经济鱼类产卵季节和保护期，严格按照操作规程，尽量避免事故发生，减少对海洋环境、海洋生态的影响。

(3) 严格限制施工区域，桩基沉桩及海缆敷设施工时，控制作业面（带）宽度，根据桩基尺寸及电缆沟设计沟槽宽度选择合理埋设犁等设备的尺寸，减少超挖量及工作面，从而降低对生态环境的影响范围。

(4) 桩基基础施工控制每日和每次打桩数量，首桩打设采用较低功率的“软启动”方法。

(5) 施工船舶含油污水和生活污水禁止在工程海域排放，含油污水收集后交由有处置能力单位处理，海上生活污水收集上岸处理。施工单位还应对施工船只进行机械管理，定期进行检修，强化保养，严禁带“病”作业，防止机油泄漏事故。

(6) 海上施工应选择海况良好，潮流较缓的情况进行施工作业，同时注意沉桩、海缆铺设的施工速率和强度，在保证施工质量的前提下尽可能缩短作业时间。

(7) 施工前应 与农业农村局做好沟通，并严格按照国家及地方的有关规定执行，做好相关的经济补偿工作。

(8) 施工期对项目附近的生态环境进行跟踪监测，掌握生态环境的发展变化趋势，以便及时采取调控措施。

3、运营阶段生态保护对策

(1) 减轻海上升压站噪声对海洋生物资源的影响

海上升压站噪声主要包括机械和结构噪声、空气动力噪声以及通风设备噪声。机械噪声和结构噪声这部分噪声是能够控制的，其主要途径是避免或减少撞击力、周期力和摩擦力，保持良好的润滑条件。为减小机械部件的振动，可在接近力源的地方切断振动传递的途径，如以弹性连接代替刚性连接；或采取高阻尼材料吸收机械部件的振动能，以降低振动噪声。

(2) 含油废弃物收集措施

对海上升压站设备进行维护时需用到一定数量、不同种类的润滑油。因此，在维护过程中应防止油类的跑、冒、漏、滴；废油储应存在专设的废油箱中，含油的连通软管和其他含油废物(揩布、废滤网)应统一存放在维修船上妥善保管。

维护结束后，应将含油废物等一并送交具有工业固体废物（含废液）、危险化学品及危险废物处理资质的单位处理。

8.1.2 生态跟踪监测

8.1.2.1 施工期环境监测

通过环境监测可以及时掌握工程施工期污染物排放情况及对施工现场周围区域环境质量的影响程度，并反映和掌握营运期防治污染措施的有效程度和治理污染设施的运行治理效果，为环境管理工作提供科学依据。因此，必须做好该工程的环境监测计划。

本项目监测站位与本报告海洋环境现状调查站位一致，包括海水水质监测站位 20 个，沉积物质量监测站位 10 个，海洋生物生态 12 个、渔业资源调查站位 12 个，潮间带生物调查断面 3 个。此外，布设水下噪声监测站位 9 个，与水下噪声现状调查站位保持一致。监测过程中可视情况做适当的调整。

(1) 海水水质

为了解项目施工期悬浮物的污染状况，海上升压站桩基施工及电缆沟开挖对海洋水质环境的影响，监测施工过程中悬浮物影响程度和范围，评价施工期水质是否满足海水水质标准，为施工期环境管理提供依据，对项目施工期水环境质量进行跟踪监测。

监测项目：水深、水温、盐度、pH、悬浮物、COD、BOD₅、DO、无机氮、活性磷酸盐、石油类、总汞、铜、铅、锌、铬、镉、砷、硒、镍、挥发性酚、硅酸盐。

监测站位：共布设 20 个监测站位，监测点位见表 8.1.2-1 和图 8.1.2-1。

监测频率：1 次/年，春季或秋季（避开生物产卵期）。

(2) 沉积物质量

监测项目：粒度、有机碳、pH、石油类、硫化物、铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷。

监测站位：共布设 10 个监测站位，监测点位见表 8.1.2-1 和图 8.1.2-1。

监测频率：1 次/年，春季或秋季（避开生物产卵期）。

(3) 海洋生物质量

监测项目：铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷、石油烃等。

监测站位：共布设 12 个监测站位，监测点位见表 8.1.2-1 和图 8.1.2-1。

监测频率：1 次/年，春季或秋季（避开生物产卵期）。

（4）海洋生态

监测项目：叶绿素 a、初级生产力、浮游植物、浮游动物、底栖生物、渔业资源（鱼卵仔稚鱼、游泳生物）。

监测站位：共布设 12 个监测站位，监测点位见表 8.1.2-1 和图 8.1.2-1。

监测频率：1 次/年，春季或秋季（避开生物产卵期）。

表 8.1.2-1 施工期监测站位一览表

站位	经度 E	纬度 N	调查项目
SWD01	115°08'20.73"	22°45'41.58"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
SWD02	115°05'35.41"	22°43'59.76"	水质
SWD03	115°03'26.72"	22°42'38.21"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
SWD04	115°00'21.13"	22°41'22.14"	水质、生物生态、渔业资源
SWD05	115°10'57.22"	22°39'22.51"	水质
SWD06	115°08'39.47"	22°37'18.89"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
SWD07	115°06'12.29"	22°35'08.81"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
SWD08	115°03'26.52"	22°32'59.37"	水质
SWD09	115°14'56.81"	22°32'27.33"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
SWD10	115°13'03.85"	22°30'38.27"	水质
SWD11	115°10'26.53"	22°28'43.86"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
SWD12	115°07'52.71"	22°26'19.58"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
SWD13	115°21'48.36"	22°28'23.93"	水质
SWD14	115°18'29.77"	22°25'33.23"	水质、生物生态、渔业资源
SWD15	115°15'07.52"	22°22'39.22"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
SWD16	115°12'20.49"	22°20'29.32"	水质
SWD17	115°29'27.87"	22°26'34.72"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
SWD18	115°26'58.59"	22°24'13.93"	水质
SWD19	115°24'33.26"	22°22'02.34"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
SWD20	115°21'22.63"	22°19'36.47"	水质



图 8.1.2-1 跟踪监测站位图

(5) 水下噪声

监测项目：噪声频带有效声压级、噪声声压谱级。

监测位置：在送出电缆周边海域布设 9 个噪声监测点，监测点位见表 8.1.2-2 和图 8.1.2-2。

监测频率：施工前监测 1 次，施工期高峰期监测一次（对打桩作业进行监测）。昼间噪声监测时段为晨 6:00~晚 10:00，夜间噪声监测时段为晚 10:00~晨 6:00，分别监测 15min（避开生物产卵期）。

施工期由受委托监测站根据工程施工进度按监测计划进行监测，若有异常情况应及时通知当地自然资源行政主管部门和当地生态环境局，以便采取相应的对策措施。

表 8.1.2-2 水下噪声监测站位坐标

站位序号	纬度	经度
1	22°46'28.038"N	115°03'38.401"E
2	22°41'23.777"N	115°05'00.586"E
3	22°35'43.534"N	115°08'19.252"E
4	22°28'32.758"N	115°10'39.994"E

站位序号	纬度	经度
5	22°23'08.351"N	115°15'05.080"E
6	22°23'44.272"N	115°21'21.060"E
7	22°25'18.149"N	115°27'19.051"E
8	22°23'27.985"N	115°27'40.392"E
9	22°23'20.180"N	115°25'17.490"E

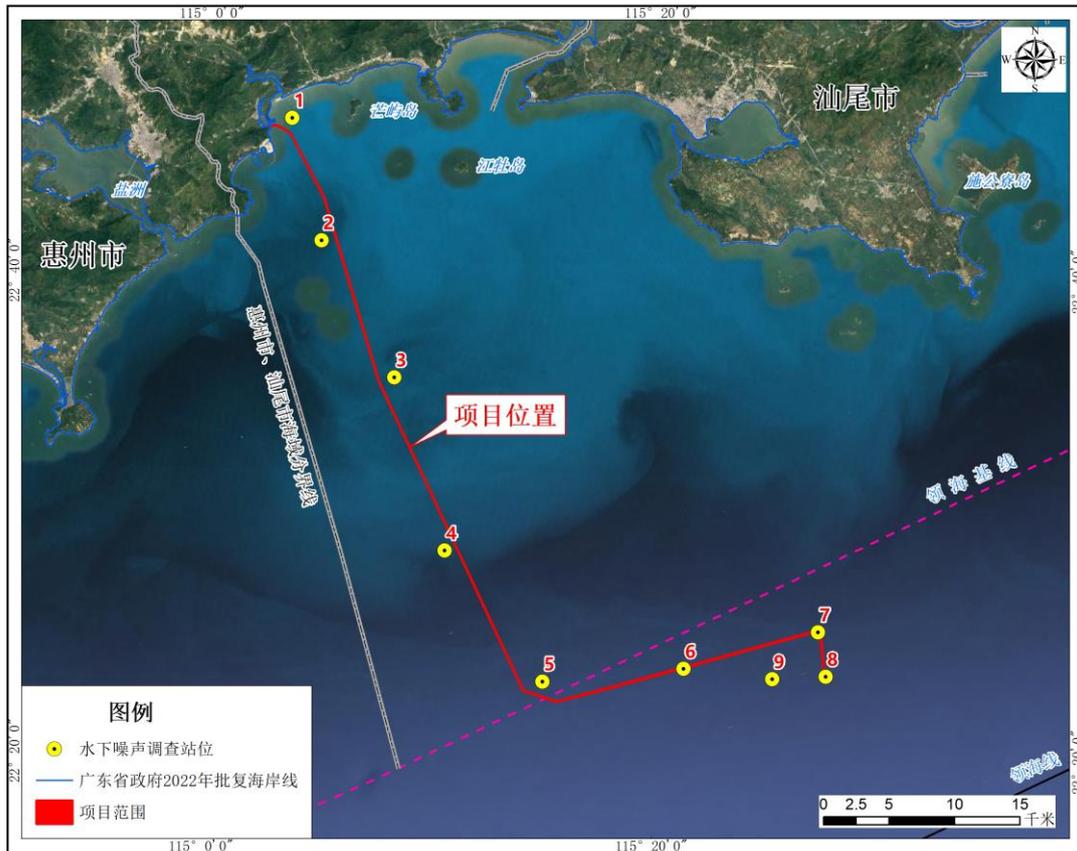


图 8.1.2-2 水下噪声监测站位图

8.1.2.2 营运期环境监测

营运期的环境监测项目由本工程的业主委托当地有资质的环保监测单位开展，如有可能应与当地环保监测部门的年度监测相结合，以充分利用现有资源并便于整个地区的环境质量变化情况相对照。

(1) 海水水质监测

监测项目：与施工期一致。

监测站位：共布设 20 个监测站位，监测点位与施工期一致，见表 8.1.2-1 和图 8.1.2-1。

监测频率：1 次/年，春季或秋季（避开生物产卵期）。

(2) 沉积物监测

监测项目：与施工期一致。

监测站位：共布设 10 个监测站位，监测点位与施工期一致，见表 8.1.2-1 和图 8.1.2-1。

监测频率：1 次/年，春季或秋季（避开生物产卵期）。

（3）海洋生物质量

监测项目：与施工期一致。

监测站位：共布设 12 个监测站位，监测点位与施工期一致，见表 8.1.2-1 和图 8.1.2-1。

监测频率：1 次/年，春季或秋季（避开生物产卵期）。

（4）海洋生态监测

监测项目：与施工期一致。

监测站位：共布设 12 个监测站位，见表 8.1.2-1 和图 8.1.2-1。

监测频率：1 次/年，春季或秋季（避开生物产卵期）。

（5）地形及海上升压站墩柱局部冲刷监测

监测项目：水深地形、海上升压站墩柱局部冲刷监测（冲刷深度、冲刷坑直径和冲刷坑形状等参数，若有必要，应对海上升压站墩柱局部冲刷进行加测。在风暴潮等恶劣气象条件过后对海上升压站墩柱局部冲刷情况进行必要的加测）。

监测位置：以工程外扩边界 2km 的海域，测量比例按照 1: 5000；2km-15km 的海域，测量图比例尺按照 1: 10000。

监测时间及频次：工程营运期前 5 年内，每年监测 1 次，遇灾害性天气加密监测，5 年之后根据前期监测分析结果，可 2~3 年监测 1 次。

（6）电磁环境监测

监测布点：布设 9 个监测点，监测点位与现状调查站位一致，监测点位见表 8.1.2-3 和图 8.1.2-3。

监测项目：工频电场强度、工频磁感应强度。

监测频率：每年代表性一季。

表 8.1.2-3 电磁环境监测站位坐标

序号	监测点名称	经纬度	
1	F1	115°27'34.75"E	22°25'22.87"N
2	F21	115°04'15.94"E	22°43'33.65"N

3	F22	115°06'36.84"E	22°36'48.26"N
4	F23	115°13'07.41"E	22°26'45.11"N
5	F24	115°17'56.62"E	22°22'57.07"N
6	F27	115°24'21.01"E	22°24'34.86"N
7	F28	115°21'19.33"E	22°23'49.13"N
8	F29	115°25'51.24"E	22°22'57.22"N
9	F30	115°23'22.92"E	22°22'11.49"N

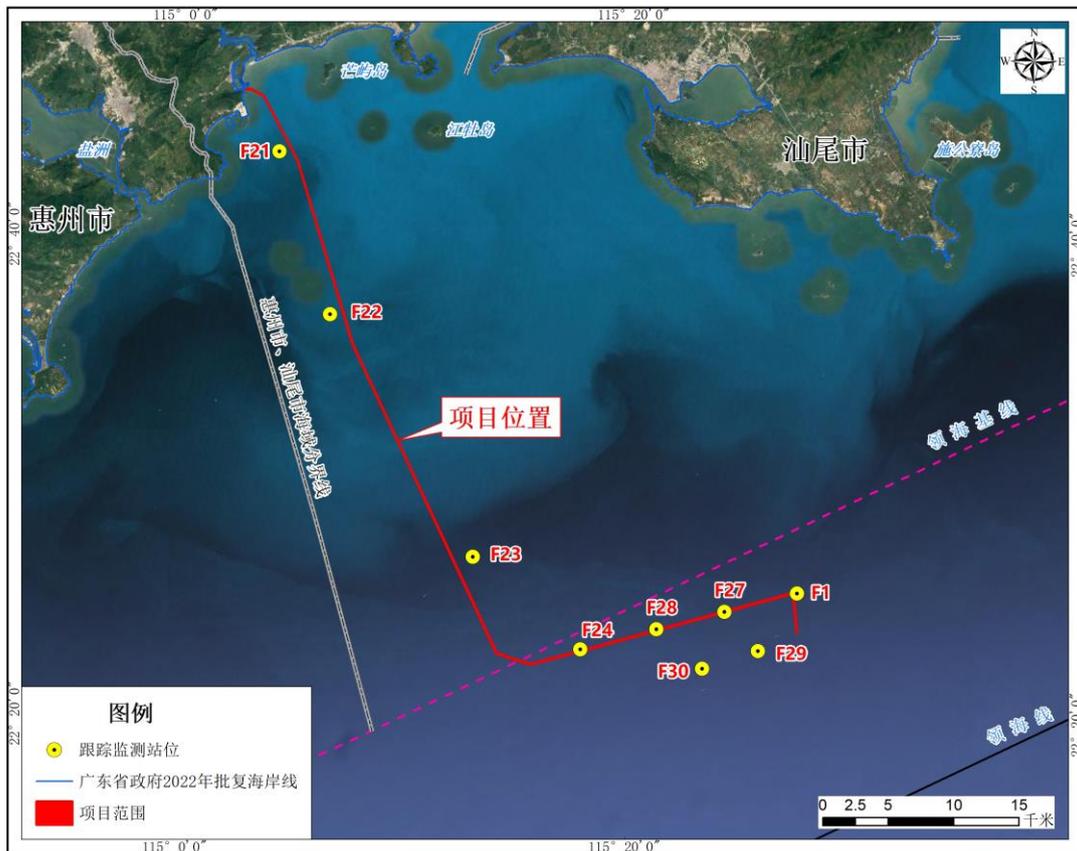


图 8.1.2-3 电磁环境监测站位图

8.1.2.3 生态跟踪监测评价

本项目应根据生态跟踪监测结果，进行现状评价，将各类监测数据与本论证报告采用的现状调查数据进行比较，对是否突破相应指标合理变化范围进行评价。在监测完成后，开展趋势评价，结合生态本底调查数据和长期监测数据，就各类指标的变化趋势、特别是逐步恶化趋势作出评价。在完成现状评价和趋势评价后，应进行综合评价，综合生态本底调查数据、各监测要素的现状评价和趋势评价结论，对项目周边海域的海洋生态和环境存在的问题、潜在风险进行评估。

本项目应严格执行生态跟踪监测，根据实际情况可适度调整部分站位，全面

监督和检查各施工单位环境保护措施的落实和效果，根据评价结果，及时监督、处理和解决施工过程中出现的环境问题，保证项目环境保护措施得以全面落实并达到预期效果，并通过生态跟踪监测和评价，检验海洋生态修复措施的可行性和有效性。

8.2 生态保护修复措施

项目桩基础建设造成底栖生物直接损失 0.27kg，送出海底电缆施工造成底栖生物直接损失 7.29t。施工造成渔业资源直接损失量为：游泳生物 0.23t、鱼卵 6.03×10^7 粒、仔鱼 7.07×10^6 尾。

通过对海洋生物资源进行赔偿将对海洋生物受损的影响降到最低。为了缓解和减轻工程对所在海洋生态环境的不利影响，建设单位应根据农业部《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007）的有关规定，对项目附近海域的生物资源恢复作出经济补偿。

8.2.1 生态修复目标

1、总体目标

以“损害什么，修复什么，损害多少，修复多少”为基本原则，修复的总体目标是着重进行海洋生物资源恢复。

2、分阶段目标

在取得用海批复后 2 年内完成增殖放流数量 110 万尾（项目具体海洋生物资源损失金额以项目环境影响评价报告为准，增殖放流实施方案以主管部门认定的为准）。

8.2.2 生态修复内容（增殖放流）

1、修复内容及规模

增殖放流的海洋经济物种以适应本地生长的鱼苗、虾苗为主，总放流数量共约 110 万尾，拟定在取得用海批复后 2 年内的休渔期进行增殖放流。

2、修复方案

（1）修复布局

海上升压站基础建设和送出电缆敷设造成海洋生物资源损失，结合前文分析，

参照《围填海项目生态保护修复方案编制技术指南（试行）》，本方案推荐采取增殖放流措施，提高项目所在海域的海洋生物资源总量和生物多样性。根据《农业农村部关于做好“十四五”水生生物增殖放流工作的指导意见》《广东省海洋生物增殖放流技术指南》，推荐本项目放流地点为红海湾遮浪角，且增殖放流地点应选择：1) 产卵场、索饵场、洄游通道或人工鱼礁放牧场；2) 非倾废区，非盐场、电厂、养殖场等进、排水区的海洋公共水域，并应选择靠近港口码头利于增殖放流工作开展，且捕捞影响较小的区域。再结合汕尾市往年增殖放流区域，拟选择红海湾遮浪角西侧码头外侧海域进行增殖放流。

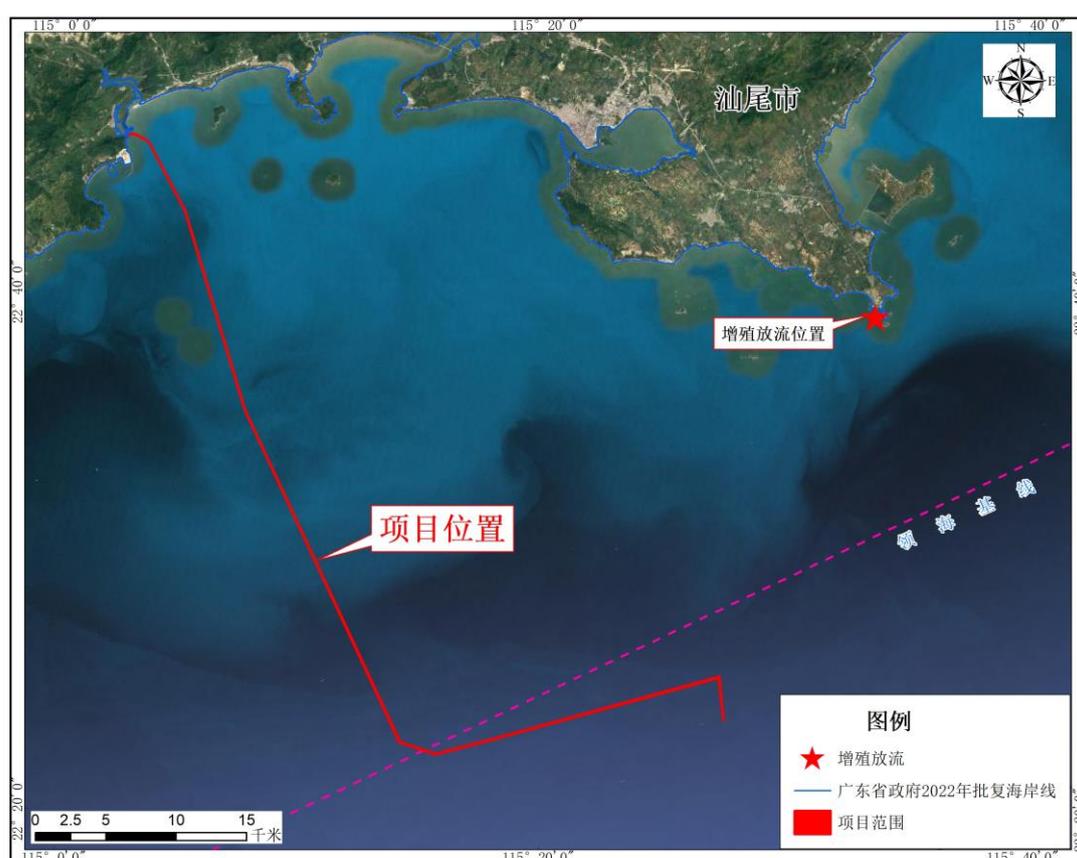


图 8.2.2-1 增殖放流位置图

(2) 修复方案

增殖放流的海洋经济物种以适应本地生长的鱼苗、虾苗为主，拟定每年休渔期进行增殖放流，拟于取得用海批复后 2 年内休渔期期间实施。

渔业增殖放流要求：增殖放流物种的规格以放流现场测量为准。鱼苗体长应在 4cm 以上。增殖放流的苗种应当是本地种的原种或子 1 代，人工繁育的增殖放流苗种应由具备资质的生产单位、检验机构认可的单位提供，禁止增殖放流外

来种、杂交种、转基因种以及其他不符合海洋生态要求的海洋生物物种。

增殖放流前，对损害增殖放流生物的作业网具进行清理。增殖放流过程中，要观测并记录投放海域的水域状况，包括水温、盐度、pH 值、溶解氧、流速和流向等水文参数，以及记录天气、风向和风力等气象参数。增殖放流后，对增殖放流水域组织巡查，防止非法捕捞增殖放流生物资源。根据 GB/T 12763 和 SC/T9102 的方法，定期监测增殖放流对象的生长、洄游分布及其环境因子状况。

(1) 生态保护修复一览表

表 8.2.2-1 生态保护修复一览表

保护修复类型	保护修复内容	工程量	实施计划	责任人	备注
海洋生物资源恢复	增殖放流	总放流数量约 110 万尾	取得用海批复 2 年内休渔期放流数量约 110 万尾	建设单位	1、放流规格、数量可根据当年市场苗种情况进行合理调整，且不少于报告所列数量； 2、具体实施方案、周期在实施过程中结合环境影响评价和实际情况进行适当调整。

8.2.3 生态保护修复实施效果监测

参照《围填海项目生态保护修复方案编制技术指南（试行）》，结合本项目生态保护修复重点，制定针对性的跟踪监测计划。

- 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各监测 1 次。

表 8.2.3-1 跟踪监测计划

修复类型	监测内容	主要监测项目	监测频次
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各监测 1 次

9 结论

9.1 结论

9.1.1 项目用海基本情况

本项目位于广东省汕尾市红海湾南侧海域，拟建设 1 座海上升压站（平台尺寸 63.0m×53.1m）和 2 回 500kV 海底电缆（单回长约 75.05km）。500kV 海上升压站位于汕尾红海湾三、四海上风电场址中间预留的通道，电能升压后通过 2 回 500kV 海底电缆集中送出至陆上集控中心。

按《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工矿通信用海（一级类）中的可再生能源用海（二级类）；按《海域使用分类》（HY/T 123 2009），本项目海域使用类型为工业用海（一级类）中的电力工业用海（二级类），用海方式为构筑物（一级方式）中的透水构筑物（二级方式）和其他方式（一级方式）中的海底电缆管道（二级方式），项目申请用海总面积 443.6009 公顷，其中海上升压站透水构筑物用海面积为 0.6067 公顷，500kV 海底电缆管道用海面积为 442.9942 公顷。本项目 500kV 送出海底电缆以底土穿越的方式占用广东省政府批复海岸线 21.4m，占用岸线类型为砂质岸线。申请用海期限为 27 年。

9.1.2 项目用海必要性结论

海上风电机组发出的电能通过集电海缆接入海上升压站，由海上升压站通过 500kV 海缆送出至陆上集控中心。海上升压站位于海中，采用导管架基础，桩基插入海床，升压站架设在海面上方，必将占用一定的海域；500kV 海缆敷设于海底，是连接海上升压站和陆上集控中心的纽带，是将海上风电机组发出的电能输送至陆上集控中心必不可缺的一个环节。其路由、选型、回路等根据风电场装机容量、风电场的功能、海域周边环境、功能区种种因素确定，其建设占用海底空间是不可避免，也是必要的。

因此，从项目的建设特点来看，本期工程海上升压站及电缆铺设将占用一定的海域，项目用海是必要的。

9.1.3 项目用海资源生态影响分析结论

工程实施后升压站迎水面和背水面海域流速出现一定程度减缓，升压站侧面流速稍有增加，流向变化不明显，可见工程实施对潮汐动力影响主要出现在升压站附近，其他海域影响程度较有限。

工程实施后淤积最大速率出现在升压站背水面和迎水面海域，大部分区域淤积速度为 0.20m/a；升压站侧面流速稍有增加，该区域出现轻微冲刷情况，最大冲刷速度出现在桩基垂直于主流向两侧区域，大部分区域冲刷速率不超过 0.04m/a。

海上升压站桩基施工、电缆沟开挖对渔业资源的影响主要表现在对施工区附近高浓度悬浮物水域中的海洋生物的仔幼体可能造成的伤害。根据渔业水质标准，悬浮物浓度增量大于 10mg/L，可能对鱼类生长造成影响。该水域范围内，部分鱼卵、仔鱼及游泳生物因高浓度的含沙量而发生死亡。项目施工将造成的底层大于 10mg/L 悬沙浓度区的包络线面积为 27.74km²，本项目造成底栖生物直接损失 7.29t，游泳动物直接损失 0.23t，鱼卵直接损失 6.03×10⁷ 粒，仔鱼直接损失 7.07×10⁶ 尾。渔业资源生物量损失随着施工的开始，慢慢可以得到恢复，因此施工对渔业资源的影响是暂时的、可逆的。

9.1.4 海域开发利用协调分析结论

本项目所在及周边海域开发利用活动主要为航路、锚地、海上风电项目、现状红树林等。根据本报告海域开发利用协调分析结论，本项目利益相关者为中广核新能源投资（汕尾）有限公司，协调责任部门为海事局、航道事务中心、农业农村局。本项目在实施前，必须妥善安排施工计划，采取合理有效的防护措施，尽可能避免产生利益冲突；在实施过程中，如果发生利益冲突，应该立即停工，等待利益冲突得到妥善解决后方可复工。

本项目用海属经营性用海，按国家有关规定交纳海域使用金，不存在损害国家权益的问题；根据本阶段工作，项目所在海域暂时无军事设施，但可能存在军方电缆。目前本项目尚未取得军方书面意见，建议业主积极协调军方意见，取得书面意见后，用海可行。

9.1.5 国土空间规划符合性分析结论

根据《广东省海洋功能区划（2011-2020年）》，项目海上升压站所在的海洋功能区为珠海-潮州近海农渔业区，送出电缆穿越珠海-潮州近海农渔业区、红海湾农渔业区、小漠工业与城镇用海区，本项目的建设基本不会对所在海域及附近海域海洋功能区主导功能的发挥产生影响，项目建成后将促进绿色能源产业的发展，利于环境保护，并带动周边地区的经济发展。

本项目建设符合国家产业政策，符合《广东省国土空间规划（2021-2035年）》《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035年）》《汕尾市国土空间总体规划（2021-2035年）》以及《广东省海洋功能区划（2011-2020年）》和“三区三线”中的生态保护红线的管控要求。

项目与《“十四五”现代能源体系规划》《2030年前碳达峰行动方案》《广东能源发展“十四五”规划》《广东省海上风电发展规划（2017-2030年）（修编）》等能源行业规划的要求相符。

项目符合《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》《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》《广东省自然资源保护与开发“十四五”规划》《广东省海洋经济发展“十四五”规划》《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》以及《汕尾市国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》等各级相关规划的相关要求。

9.1.6 项目用海合理性分析结论

本项目用海与气象条件、地形条件、地质条件、冲淤环境等自然环境条件相适宜；对生态环境影响较小，在采取一定补偿措施以及环保措施的前提下，可减轻对生态环境的影响；项目用海选址与周边其他用海活动适宜，有利于海洋产业协调发展。因此，项目选址是合理的。

本项目500kV送出海底电缆结合拟建海缆区域的自然环境、海洋开发活动、海底地形特征、海底面地貌特征、海底浅地层结构、海域规划以及安全性等各方面的综合考虑，同时考虑了海底管道的安全系数最终确定平面布置，平面布置合理。项目申请用海总面积为443.6009公顷，其中透水构筑物（海上升压站）面积为0.6067公顷，海底电缆管道（500kV送出海底电缆）用海面积为442.9942公

顷，用海面积可以满足项目用海需求，符合相关行业的设计标准和规范，不存在减少用海面积的可能性，用海面积合理。

本项目用海方式分别为透水构筑物、海底电缆管道，用海方式基本不改变海域自然属性，项目用海方式合理。

本项目申请用海范围以底土穿越的方式占用砂质岸线 21.4m，项目采用从沙滩底部穿越式定向钻穿越施工，不改变自然岸线类型，不影响自然岸线生态功能，因此项目以底土穿越的方式占用岸线是合理的。

本工程申请用海年限 27 年与主体工程申请年限保持一致，符合《中华人民共和国海域使用管理法》的规定，用海期限合理。

9.2 项目用海可行性分析结论

综上所述，汕尾红海湾三、四海上风电集中送出项目用海是必要的，与周边开发利用活动是可协调的，与所在海洋功能区划的海域使用管理和环境保护要求均相符，与生态红线管理要求相符合。项目选址、用海方式、用海平面布置、用海面积和用海期限是合理的。在严格按照本报告书中提出的要求，做好海域环境保护工作的前提下，从海域使用角度出发，本项目用海是可行的。