

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
二〇二五年四月

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、电磁调查资料、噪声调查资料、鸟类调查资料、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、电磁调查资料、噪声调查资料、鸟类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

2025年4月30日



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
本单位符合海域使用论证有关管理规定对编制主体的要求，相关信息真实准确、完整有效，不涉及国家秘密，如隐瞒有关情况或者提供虚假材料的，愿意承担相应的法律责任。愿意接受相应的信用监管，如发生相关失信行为，愿意接受相应的失信行为约束措施。 承诺主体(公章): 2025年 4月 29日			

项目基本情况表

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	广东省汕尾市海丰县南面海域			
项目性质	公益性（ ）		经营性（√）	
用海面积	363.3087 公顷		投资金额	142115 万元
用海期限	27 年		预计就业人数	700 人
占用岸线	总长度	0m	邻近土地平均价格	/
	自然岸线	0m	预计拉动区域经 济产 值	70 亿元
	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/公顷	具体用途	
透水构筑物		0.6027 公顷	海上升压站	
海底电缆管道		362.7060 公顷	送出海缆	
注：邻近土地平均价格是指用海项目周边土地的价格平均值。				

目 录

项目基本情况表.....	I
摘要.....	1
1 概述.....	5
1.1 论证工作来由.....	5
1.2 论证依据.....	6
1.2.1 法律法规.....	6
1.2.2 相关规划和区划.....	10
1.2.3 标准规范.....	11
1.2.4 项目技术资料.....	12
1.3 论证等级和范围.....	13
1.3.1 论证等级.....	13
1.3.2 论证范围.....	14
1.4 论证重点.....	15
2 项目用海基本情况.....	16
2.1 用海项目建设内容.....	16
2.2 平面布置和主要结构、尺度.....	16
2.2.1 平面布置.....	17
2.2.2 主要结构、尺度.....	18
2.3 项目主要施工工艺和方法.....	19
2.3.1 施工工艺及方法.....	19
2.3.2 施工机械设备.....	26
2.3.3 施工进度计划.....	27
2.3.4 土石方平衡.....	27
2.4 项目用海需求.....	27
2.4.1 项目用海需求.....	27
2.4.2 申请用海情况.....	28
2.5 项目用海必要性.....	34
2.5.1 建设必要性.....	34

2.5.2	用海必要性.....	39
3	项目所在海域概况.....	40
3.1	海洋资源概况.....	40
3.1.1	岸线资源.....	40
3.1.2	滩涂资源.....	40
3.1.3	岛礁资源.....	40
3.1.4	港口资源.....	40
3.1.5	渔业资源.....	41
3.1.6	矿产资源.....	43
3.1.7	旅游资源.....	44
3.1.8	红树林资源.....	44
3.2	海洋生态概况.....	44
3.2.1	区域气候与气象.....	44
3.2.2	水文动力.....	46
3.2.3	海域地形地貌与冲淤状况.....	52
3.2.4	工程地质.....	53
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.....	62
3.2.8	海洋生物质量现状调查与评价.....	63
3.2.9	海洋生态现状.....	63
3.2.10	电磁环境现状调查与评价.....	68
3.2.11	噪声环境现状调查与评价.....	69
3.2.12	鸟类资源.....	71
3.2.13	自然保护区.....	80
3.2.14	珍稀海洋生物.....	80
3.2.15	“三场一通道”分布情况.....	82
4	资源生态影响分析.....	84
4.1	生态影响分析.....	84

4.1.1	水动力影响预测分析.....	84
4.1.2	地形地貌与冲淤影响预测分析.....	91
4.1.3	对水质环境的影响分析.....	94
4.1.4	对沉积物环境的影响分析.....	99
4.1.5	海洋生物影响分析.....	100
4.1.6	水下噪声环境影响分析.....	103
4.1.7	电磁环境影响分析.....	105
4.1.8	对珍稀海洋生物的影响.....	107
4.1.9	生态跟踪监测指标合理影响范围.....	108
4.2	资源影响分析.....	112
4.2.1	项目用海对海域空间资源的影响分析.....	112
4.2.2	对海洋生物资源的影响.....	113
4.2.3	对海岛资源的影响.....	115
4.2.4	对其他海洋资源的影响.....	115
5	海域开发利用协调分析.....	117
5.1	海域开发利用现状.....	117
5.1.1	社会经济概况.....	117
5.1.2	海域使用现状.....	120
5.1.3	海域使用权属现状.....	124
5.2	项目用海对海域开发活动的影响.....	124
5.2.1	对航道、航路及通航环境的影响分析.....	127
5.2.2	对锚地的影响分析.....	128
5.2.3	对海上风电项目的影响分析.....	128
5.2.4	对现状红树林的影响分析.....	129
5.2.5	对自然保护区的影响分析.....	129
5.2.6	对国控站位的影响分析.....	129
5.2.7	对华润海丰电厂“上大压小”新建工程的影响分析.....	130
5.2.8	对深汕特别合作区小漠国际物流港防波堤一期工程的影响分析	

5.2.9	对其他项目的影响分析.....	131
5.2.10	对渔业生产活动的影响分析.....	131
5.3	利益相关者界定.....	131
5.4	需协调部门界定.....	132
5.5	相关利益协调分析.....	132
5.5.1	与周边风电业主的协调分析.....	132
5.5.2	与华润海丰电厂“上大压小”新建工程建设单位的协调分析	133
5.5.3	与汕尾海事局、广东省珠江东航道事务中心的协调分析.....	133
5.5.4	与汕尾市农业农村局的协调分析.....	133
5.6	项目用海与国防安全与国家海洋权益的协调性分析.....	134
5.6.1	与国防安全和军事活动的协调性分析.....	134
5.6.2	与国家海洋权益的协调性分析.....	134
6	国土空间规划符合性分析.....	135
6.1	与国土空间规划符合性分析.....	135
6.2	项目用海与生态保护红线的符合性分析.....	135
6.3	项目用海与《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》的符合性分析.....	136
6.4	项目用海与相关规划的符合性分析.....	137
6.4.1	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.....	137
6.4.2	与《广东省自然资源保护与开发“十四五”规划》的符合性分析	137
6.4.3	与《广东省海洋经济发展“十四五”规划》的符合性分析....	138
6.4.4	与《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》的符合性分析	138
6.4.5	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.....	139
7	项目用海合理性分析.....	140
7.1	用海选址合理性分析.....	140

7.1.1	项目选址区位和社会条件的合理性分析.....	140
7.1.2	项目选址与自然资源、生态环境适宜性分析.....	140
7.1.3	项目选址与周边其他用海活动的适宜性分析.....	141
7.1.4	项目用海选址是否有利于海洋产业协调发展.....	141
7.1.5	项目选址合理性分析.....	142
7.2	用海平面布置合理性分析.....	143
7.2.1	平面布置比选分析.....	143
7.2.2	是否体现节约集约用海的原则.....	146
7.2.3	是否有利于生态保护，并已避让生态敏感目标.....	146
7.2.4	能否最大程度地减少对水文动力环境、冲淤环境的影响.....	147
7.2.5	能否最大程度地减少对周边其他用海活动的影响.....	147
7.3	用海方式合理性分析.....	147
7.4	占用岸线合理性分析.....	149
7.4.1	占用岸线必要性.....	149
7.4.2	占用岸线合理性.....	150
7.4.3	减少占用岸线的可能性.....	150
7.4.4	岸线占补分析.....	150
7.5	用海面积合理性分析.....	151
7.5.1	申请用海面积情况.....	151
7.5.2	用海面积合理性.....	151
7.5.3	宗海图绘制.....	154
7.5.4	项目用海面积量算.....	160
7.6	立体设权合理性分析.....	161
7.6.1	立体设权范围.....	161
7.6.2	立体设权可行性分析.....	162
7.6.3	立体设权必要性分析.....	164
7.7	用海期限合理性分析.....	164
8	生态用海对策措施.....	166
8.1	生态用海对策.....	166

8.1.1	生态保护对策.....	166
8.1.2	生态跟踪监测.....	168
8.2	生态保护修复措施.....	171
8.2.1	生态修复目标.....	171
8.2.2	生态修复内容（增殖放流）	172
8.2.3	生态保护修复实施效果监测.....	173
9	结论.....	174
9.1	项目用海基本情况.....	174
9.2	项目用海必要性结论.....	174
9.3	项目用海资源生态影响分析结论.....	175
9.4	海域开发利用协调分析结论.....	175
9.5	国土空间规划符合性分析结论.....	176
9.6	项目用海合理性分析结论.....	176
9.7	项目用海可行性分析结论.....	177

摘要

汕尾红海湾三、四海上风电集中送出项目由中广核新能源投资（汕尾）有限公司开发建设，项目位于广东省汕尾市海丰县南面海域，拟建设 1 座海上升压站（平台最外缘尺寸 65.0m×50.9m）和 2 回 500kV 送出海缆（单回长约 70.75km）。海上升压站位于汕尾红海湾三海上风电项目、明阳汕尾红海湾四海上风电示范项目的风电场址中间预留的通道，电能升压后通过 2 回 500kV 送出海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），项目拟申请用海面积为 363.3087 公顷，其中海上升压站透水构筑物用海面积为 0.6027 公顷，500kV 送出海缆用海面积为 362.7060 公顷。项目送出海缆采用分层立体设权，空间确权层为底土，范围为电缆管道设施下缘高程至实际设计或使用高程。本项目申请用海范围不占用岸线，500kV 送出海缆实际建设采用定向钻的施工方式穿越基岩岸线 1.2m，采用定向钻的施工方式从地底穿过基岩岸线，不会对岸线原有形态和功能产生影响。本项目申请用海期限为 27 年。

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 送出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 送出海缆敷设于海底，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。

本项目实施后升压站附近海域大潮涨急流速变化值位于 -0.012~0.003m/s 之间；大潮涨急流向变化值位于 -1.2~2.3° 之间；大潮落急流速变化值位于 -

0.001~0.001m/s 之间，大潮落急流向变化值位于-0.1~0.1° 之间。总体上看，由于升压站的桩径不大，项目实施不会对附近海域水动力环境产生明显影响。

本项目实施后升压站桩基附近流速受桩基影响出现一定程度减缓，导致桩基附近主要出现 0.10m/a 左右的淤积，桩基北侧部分区域出现 0.05m/a 左右的冲刷。

本项目施工过程中产生的少量悬浮泥沙来自本海区，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。而且这种影响是暂时的，会随着施工的结束而逐渐消失。海底电缆埋设期间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，不会影响海底沉积物质量。本项目施工期间产生的污水和固体废弃物均将收集上岸分别处理，均不得直接排入海域环境中，不会对所在海域的水质和海洋沉积物质量产生影响。运营期间本项目产生的各类污废水和固体废物均不直接排放入海，不会对水质和海洋沉积物质量产生明显的不良影响。

海上升压站施工、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。项目海缆施工造成的底层大于 10mg/L 悬沙浓度区的包络线面积为 55.967km²，项目建设造成底栖生物直接损失为 7.91t，造成渔业资源直接损失量为：游泳生物 0.3t、鱼卵 2.68×10⁸ 粒、仔鱼 4.0×10⁷ 尾。项目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，具体措施以主管部门认定的为准。

本项目所在及周边海域开发利用活动主要为拟建的海上风电项目、航道、航路、锚地、自然保护区、国控站位等。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*****，需协调部门为汕尾海事局、广东省珠江东航道事务中心、汕尾市农业农村局。

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；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。

本项目建设符合《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）》《海丰县国土空间总体规划（2021-2035 年）》等国土空间规划的要求，项目与《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》以及“三区三线”中的生态保护红线的管控要求相符合。项目符合《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》《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》等各级规划的相关要求。

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条件下，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 送出海缆结合拟建海缆区域的工程地质条件、自然环境条件、海洋开发活动、环境保护、国土空间规划等各方面的综合考虑，同时考虑了集约节约用海原则及后期对海缆的保护与维护，最终确定平面布置，平面布置合理。项目拟申请用海总面积 363.3087 公顷，其中海上升压站透水构筑物用海面积为 0.6027 公顷，500kV 送出海缆用海面积为 362.7060 公顷。500kV 送出海缆避让华润海丰电厂“上大压小”新建工程权属范围后采用立体设权，空间确权层为底土，范围为电缆管道设施下缘高程至实际设计或使用高程，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，现阶段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不占用岸线，500kV 送出海缆实际建设采用定向钻的施工方式穿越基岩岸线 1.2m，采用定向钻的施工方式从地底穿过基岩岸线，不会

对岸线原有形态和功能产生影响,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（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）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。

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,与所在国土空间规划分区、省海岸带及海洋空间规划功能区的管理要求均相符,与生态红线管理要求相符合。项目选址、用海方式、用海面积和用海期限是合理的。从海域使用角度出发,本项目用海是可行的。

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。红海湾风电场为广东省新增省

管海域（领海线以内）海上风电场址 7 个的其中 1 个。

红海湾风电场位于广东省汕尾市海丰县南面海域，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~41m 之间，规划装机容量均为 500MW。根据《汕尾发展和改革局关于加快开展红海湾三、四海上风电集中送出项目前期工作的函》，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和明阳汕尾红海湾四海上风电示范项目的集中送出项目，与华润汕尾红海湾五海上风电项目、深能汕尾红海湾六海上风电项目同一登陆点。根据《广东省 2023 年海上风电竞争配置工作方案》，登陆点位于在深汕合作区小漠镇东侧海岸。项目建设 1 座海上升压站、2 回 500kV 送出海缆。

根据《中华人民共和国海域使用管理法》等法律法规的规定，需进行海域使用论证。受项目建设单位中广核新能源投资（汕尾）有限公司所托，广东海兰图环境技术研究有限公司承担本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）等的要求编制完成《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》（2023 年 10 月 24 日第十四届全国人民代表大会常务委员会第六次会议第二次修订，自 2024 年 1 月 1 日起施行）；

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

(4) 《中华人民共和国电力法》（2018 年 12 月 29 日第十三届全国人民代表大会常务委员会第七次会议第三次修正，自公布之日起施行）；

(5) 《中华人民共和国可再生能源法》（2009 年 12 月 26 日第十一届全国人民代表大会常务委员会修订，2010 年 4 月 1 日起实施）；

(6) 《中华人民共和国港口法》（2018 年 12 月 29 日第十三届全国人民代表大会常务委员会第七次会议第三次修正，自公布之日起施行）；

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

(8) 《中华人民共和国安全生产法》（2021 年 6 月 10 日，第十三届全国人民代表大会常务委员会第二十九次会议修正）；

(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》（2013 年 12 月 28 日第十二届全国人民代表大会常务委员会第六次会议修订，2014 年 3 月 1 日起施行）；

(11) 《中华人民共和国野生动物保护法》（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》（根据 2016 年 7 月 2 日第十二届全国人民代表大会常务委员会第二十一次会议《关于修改〈中华人民共和国节约能源法〉等六部法律的决定》修正）；

(13) 《中华人民共和国自然保护区条例》（根据 2017 年 10 月 7 日《国务院关于修改部分行政法规的决定》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，国务院令第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) 《自然资源部关于探索推进海域立体分层设权工作的通知》（自然资规〔2023〕8号，2023年11月13日）；

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

(29) 《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）；

(30) 《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）；

(31) 《自然资源要素支撑产业高质量发展指导目录（2024年本）》（自然资源部、国家发展和改革委员会、国家林业和草原局，自然资发〔2024〕273号，2024年12月2日）；

(32) 《2030年前碳达峰行动方案》（国发〔2021〕23号，2021年10月24日）；

(33) 《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）；

(34) 《海底电缆管道保护规定》（国土资源部令第24号，2003年12月30日国土资源部第12次部务会议通过，2004年3月1日起施行）；

(35) 《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）；

(36) 《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》（自然资源部，2024年12月30日）；

(37) 《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）；

(38) 《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）；

(39) 《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）；

(40) 《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);

(41) 《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);

(42) 《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);

(43) 《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);

(44) 《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);

(45) 《广东省海域使用金征收使用管理办法》(广东省财政厅、广东省自然资源厅、国家税务总局广东省税务局, 粤财规〔2024〕1号, 2024年6月14日);

(46) 《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)。

1.2.2 相关规划和区划

(1) 《“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);

(2) 《“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);

(3) 《中国航路指南》A103, 海军司令部航海保证部;

(4) 《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);

(5) 《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);

(6) 《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);

- (7) 《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）；
- (8) 《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）；
- (9) 《广东省生态环境厅关于印发广东省海洋生态环境保护“十四五”规划的通知》（广东省生态环境厅，2022年4月27日）；
- (10) 《广东省人民政府办公厅关于印发广东省自然资源保护与开发“十四五”规划的通知（粤府办〔2021〕31号）》（广东省人民政府办公厅，2021年9月29日）；
- (11) 《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）；
- (12) 《广东沿海港口航行指南》（广东海事局，2012年）；
- (13) 《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）；
- (14) 《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）；
- (15) 《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》（广东省自然资源厅，粤自然资发〔2025〕1号，2025年1月23日）；
- (16) 《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）；
- (17) 《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）；
- (18) 《海丰县国土空间总体规划（2021-2035年）。

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) 《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》(2023年11月)；
- (4) 《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361-2023）；

- (5) 《海洋调查规范》（GB/T 12763-2007）；
- (6) 《海洋监测规范》（GB 17378-2007）；
- (7) 《海水水质标准》（GB 3097-97）；
- (8) 《海洋沉积物质量》（GB 18668-2002）；
- (9) 《海洋生物质量》（GB 18421-2001）；
- (10) 《渔业水质标准》（GB 11607-89）；
- (11) 《海域使用面积测量规范》（HY 070-2022）；
- (12) 《海底电力电缆输电工程设计规范》（GB/T 51190-2016）；
- (13) 《全球导航卫星系统（GNSS）测量规范》（GB/T 18314-2024）；
- (14) 《中国海图图式》（GB 12319-2022）；
- (15) 《海洋工程地形测量规范》（GB/T 17501-2017）；
- (16) 《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》（2002 年 4 月）；
- (17) 《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）；
- (18) 《海上风电工程环境影响评价技术规范》（国家海洋局，2014 年 4 月）；
- (19) 《宗海图编绘技术规范》（HY/T 251-2018）；
- (20) 《风电场工程微观选址技术规范（NB/T 10103-2018）》；
- (21) 《海域立体分层设权宗海范围界定指南（试行）》（自然资源部，2023 年 11 月）；
- (22) 《广东省海域使用权立体分层设权宗海范围界定及宗海图编绘技术规范（试行）》（广东省自然资源厅，2024 年 6 月）。

1.2.4 项目技术资料

- (1) 《汕尾红海湾三、四海上风电送出工程可行性研究报告（送审稿）》（2024 年 12 月）；
- (2) 《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》（2025 年 4 月）；
- (3) 《中广核汕尾红海湾三海上风电场项目可行性研究阶段岩土工程勘测报告》（2024 年 6 月）；

- (4) 《汕尾红海湾五海上风电项目夏季全潮水文观测成果报告》（2023 年 11 月）；
- (5) 《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）；
- (6) 《汕尾红海湾三、四海上风电集中送出项目海洋环境现状调查监测报告》（2024 年 6 月）；
- (7) 《汕尾红海湾（海缆）海上电磁环境监测》（2023 年 7 月）；
- (8) 《汕尾红海湾（四）海上电磁环境监测》（2023 年 7 月）；
- (9) 《汕尾红海湾三、四海上风电集中送出项目电磁噪声环境监测》（2023 年 7 月）；
- (10) 《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）；
- (11) 《汕尾红海湾五、六海上风电集中送出项目鸟类现状监测专题报告》（2025 年 4 月）；
- (12) 建设单位、设计单位提供的其他相关资料。

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）和其他用海方式（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 363.3087 公顷，其中海上升压站透水构筑物用海面积为 0.6027 公顷，500kV 送出海缆用海面积为 362.7060 公顷。本项目申请用海范围不占用岸线，500kV 送出海缆实际建设采用定向钻的施工方式穿越基岩岸线 1.2m，不会对岸线的原有形态和生态功能产生影响。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 5m）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
					其他海域	二
			构筑物总长度小于（含）400m 或用海总面积小于（含）10ha （本项目透水构筑物申请用海面积 0.6027ha ，构筑物总长度为 65m ）		所有海域	三
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 362.7060ha ）	敏感海域	二
					其他海域	三
本项目						二
注 1：敏感海域是指海洋生态保护红线区，重要河口、海湾、红树林、珊瑚礁、海草床等重要生态系统所在海域，特别保护海岛所在海域等。						
注 4：项目占用自然岸线并且改变海岸自然形态和影响海岸生态功能的，占用长度大于（含）50m 的论证等级为一级，占用长度小于 50 m 的论证等级为二级。						

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，三级论证 1.5km。本项目建设 1 座海上升压站和 2 回 500kV 送出海缆，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 1311km²，详见图 1.3.2-1，论证范围坐标点详见表 1.3.2-1。

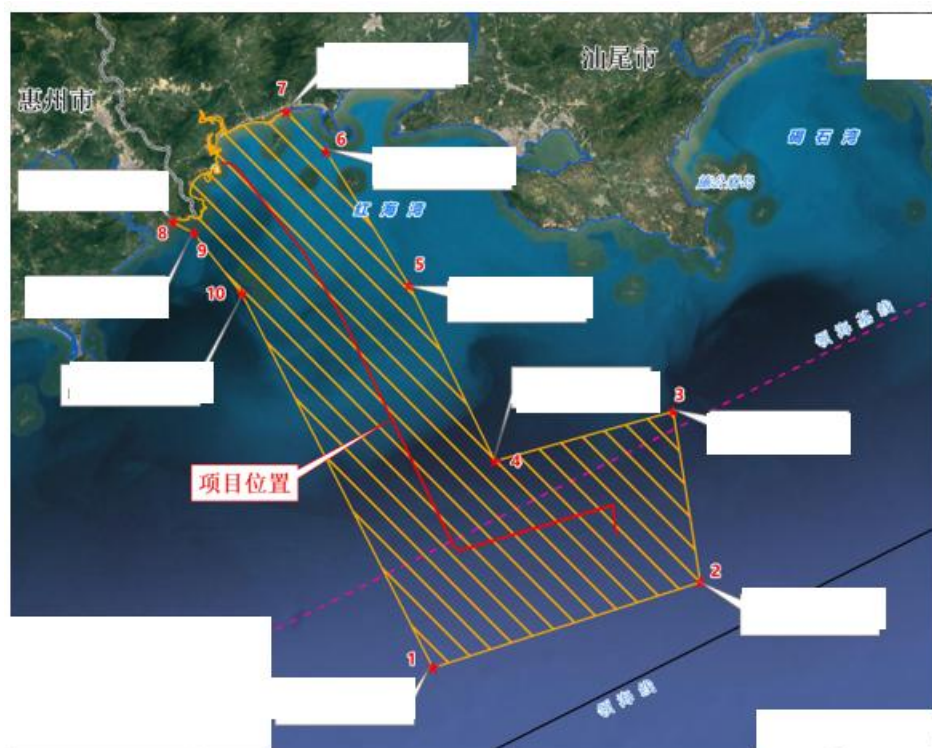


图 1.3.2-1 论证范围图

1.4 论证重点

参照《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361-2023）中海域使用论证重点参照表 C.1，根据工程海域的自然环境条件、海洋资源分布及开发利用现状等特点，结合项目的用海性质、可能造成的环境影响，确定本论证工作的论证重点为：

- （1）项目用海必要性；
- （2）项目用海资源生态影响分析；
- （3）海域开发利用协调分析；
- （4）项目用海选址（线）、平面布置、用海方式合理性分析；
- （5）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：中广核新能源投资（汕尾）有限公司

(3) 项目性质：新建经营性

(4) 工程投资额：142115 万元

(5) 项目用海位置：本项目位于广东省汕尾市海丰县南面海域，拟建的海上升压站位于汕尾红海湾三海上风电项目、明阳汕尾红海湾四海上风电示范项目的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海岸登陆点。

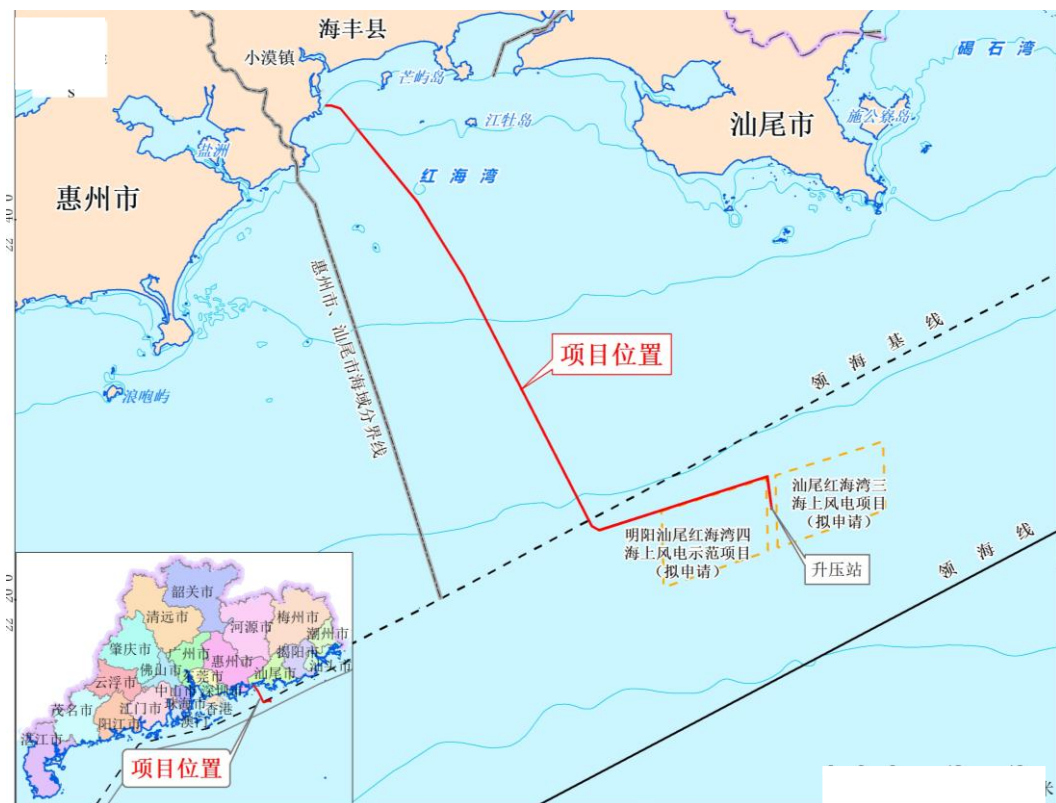


图 2.1-1 项目地理位置图

(6) 建设内容与建设规模：本项目拟建设 1 座海上升压站（平台最外缘尺寸 65.0m×50.9m）和 2 回 500kV 送出海缆（单回长约 70.75km）。

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，汕尾红海湾三海上风电项目、明阳汕尾红海湾四海上风电示范项目的风电机组发出电能均通过 66kV 集电海底电缆接入位于汕尾红海湾三海上风电项目、明阳汕尾红海湾四海上风电示范项目的风电场址中间的海上升压站内，升压后通过 2 回 500kV 送出海缆集中送出至陆上集控中心。项目总平面布置示意图详见图 2.2.1-1。

图 2.2.1-1 项目总平面布置图（不公开）

2.2.1.1 海上升压站

海上升压站内主要有主变室、电抗器室、低压配电室、设备间、蓄电池室、污水处理间、休息室等。海上升压站共 4 层，平台最外缘尺寸分别为一层 65.0m×50.8m、二层 64.8m×50.9m、三层 64.9m×50.8m、四层 65.0m×50.8m，位于汕尾红海湾三海上风电项目、明阳汕尾红海湾四海上风电示范项目的风电场址中间预留的通道，海上升压站基础采用 $\phi 4300$ 开口变壁厚钢管桩，共 4 根。

图 2.2.1-2a 海上升压站一层甲板舾装布置图（不公开）

图 2.2.1-2b 海上升压站二层甲板舾装布置图（不公开）

图 2.2.1-2c 海上升压站三层甲板舾装布置图（不公开）

图 2.2.1-2d 海上升压站顶层甲板舾装布置图（不公开）

2.2.1.2 500kV 送出海缆

本项目 500kV 送出海缆从登陆点出发避开近岸礁石分布区向东、东南方向延伸 2.04km，随后以近似垂直等深线的方向继续向东南延伸 48.37km 到达红海湾海上风电场场址北边缘，期间避开了海图中显示礁石、锚地和生态保护红线，随后沿着场址北边缘向东延伸 17.15km 后到达场址三东北角，最后向南延伸 3.19km 到达海上升压站。单回长约 70.75km。

2.2.1.3 登陆点

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，向陆一侧为山体，向西侧约 80m（山体南侧）处为华润海丰电厂“上大压小”新建工程园区道路；向南侧为华润海丰电厂“上大压小”新建工程排水渠。

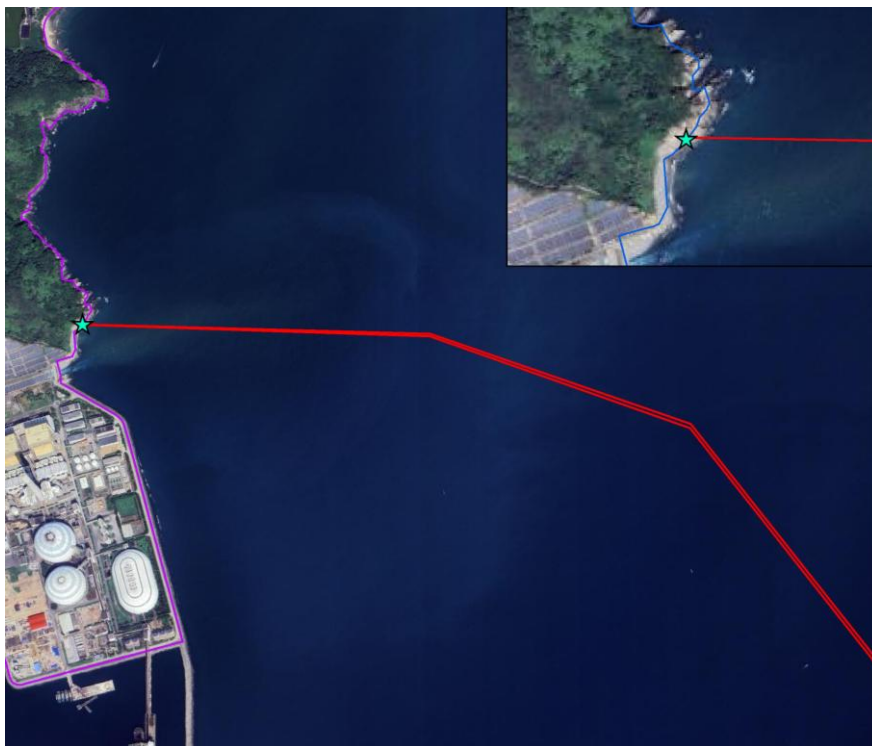


图 2.2.1-4 项目登陆点位置示意图

2.2.2 主要结构、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，平台最外缘尺寸为 65.0m×50.9m，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，一层甲板之上满铺 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。

海上升压站导管架采用 4 腿导管架型式，导管架 4 个面的斜度均为斜面，斜度 1:10。导管架顶标高 19.7m，底标高-40.0m。上部根开 32.0m×26.8m，底部根开 43.2m×38.0m。主导管采用 $\phi 1800$ 钢管，成矩形布置，在标高-39m、-12.75m、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。导管架上设置靠船构件、登船平台以及牺牲阳极等附属构件。导管架约重 3041t（不包括附属构件），导管架加上附属件重约 3864t。

海上升压站基础采用 $\phi 4.3\text{m}$ 开口变壁厚钢管桩，共 4 根，壁厚范围为

50~80mm。升压站四根钢管桩长 101m，入泥 91m，单根桩重 673t，总重 2690t。

在海上升压站两侧沿导管架分别布置 $\phi 325\text{mm}$ 的 66KV 集电海缆保护 J 型套管和 $\phi 508\text{mm}$ 的 500kV 送出海缆保护 J 型套管。66KV 集电海缆和 500kV 送出海缆沿 J 型套管登入、登出海上升压站平台。电缆保护 J 型套管固定在导管架上，上部延伸到一层甲板，下面伸到泥面处，采用电缆柔性保护限制器固定。

2.2.2.2 500kV 送出海缆

项目布置 2 回 500kV 送出海缆连接海上升压站与陆上集控中心，单回长约 70.75km，选用三芯 $3\times 800\text{mm}^2$ XLPE 绝缘海底电缆，电缆外径为 310mm。本工程 500kV 送出海缆结构设计使用年限为 30 年。

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 15000t 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 6000HP 及以上动力。

2、导管架沉放施工

本工程导管架结构吊重约 3818t，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。

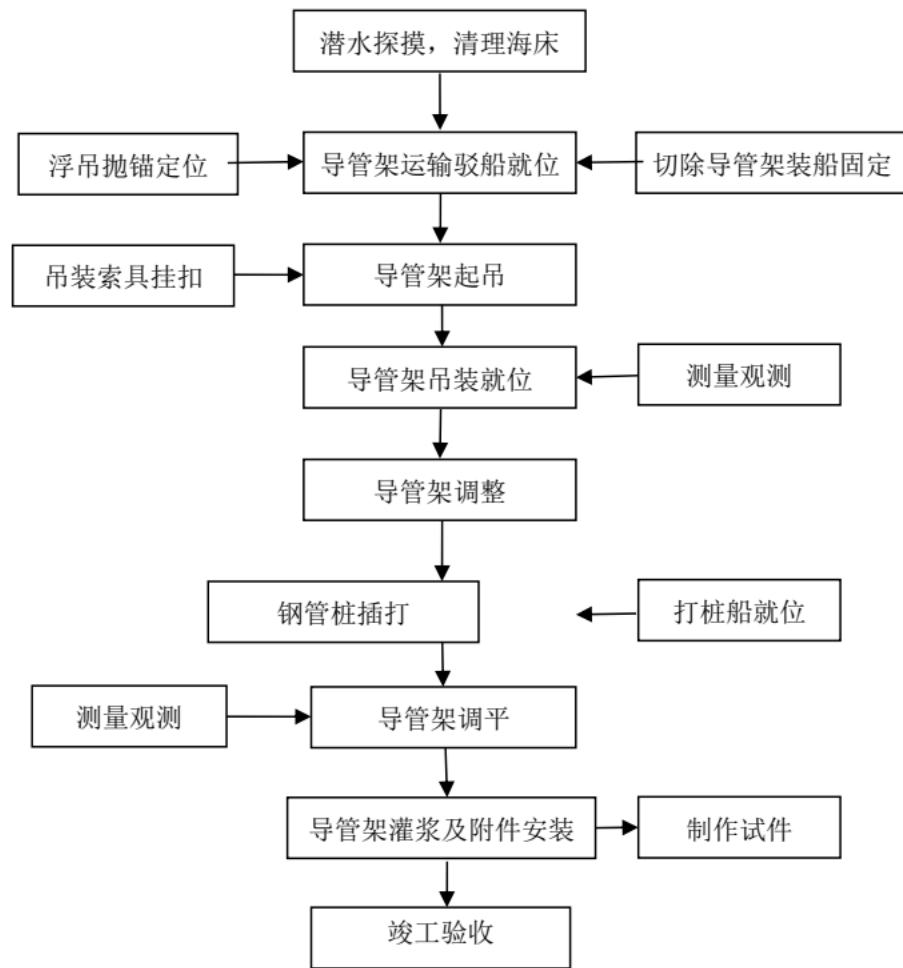


图 2.3.1-1 升压站桩基础导管架施工流程图

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 6450t。

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，要求选用船宽足够大的大型驳船，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 送出海缆。根据水深要求，主要采用深埋方式，埋深 3~4m。

常规海缆敷设主要施工工艺如下：

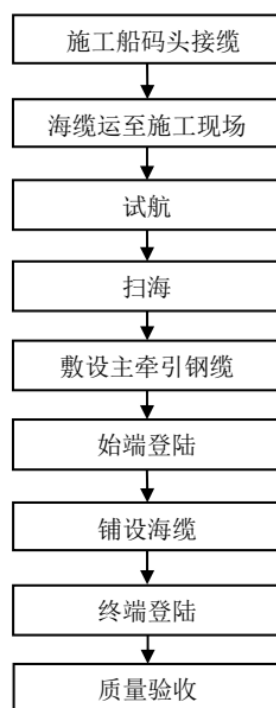


图 2.3.1-2 海缆敷设施工工艺

(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。

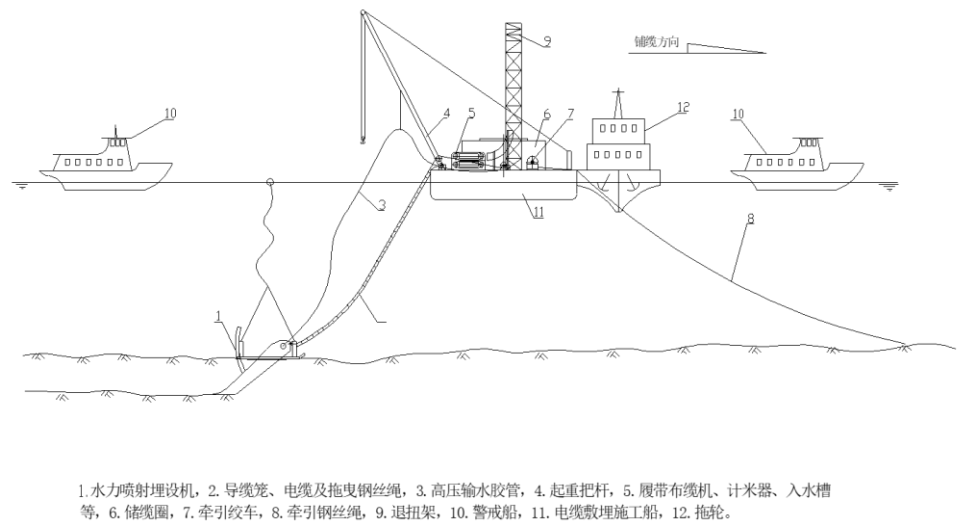


图 2.3.1-3 海底电缆敷设施工

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。

3) 埋设犁下水就位

海缆放入入水槽后，海缆装入埋设机腹部，关上门板，采用吊车将埋设机缓缓吊入水中，控制好速度，防止损伤海缆，计算好到底距离，离海床 1 米左右，开始启动高压水泵，慢慢下放搁置在海床面上，起始端造坡，防止损伤海缆。

严格按照埋设机的投放操作规程，按照以下程序进行作业：

- ① 将海缆装入埋设犁的海缆通道；
- ② 启动埋深监测系统；
- ③ 启动导航定位系统；
- ④ 埋设犁起吊，脱离置放架；
- ⑤ 启动高压水泵供水；
- ⑥ 埋设犁缓缓下放搁置海床面；
- ⑦ 潜水员水下检查电缆是否在埋设机内预定位置；
- ⑧ 启动牵引绞车，开始敷埋作业；
- ⑨ 控制电缆入水垂直角在 45°左右。

(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

送出海缆登陆段施工拟采用定向钻施工方式。

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。

定向钻陆上入钻点位于岸线向陆一侧 40m,定向钻海上出海点位于岸线向海一侧 260m,定向钻施工段全长约 300m。

(9) 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,在世界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沙浆袋埋设保护;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。

2.3.2 施工机械设备

工程施工主要项目有海上升压站施工、500kV 送出海缆敷设等，涉及的主要施工机械设备如下表：

表 2.3.2-1 海上升压站主要施工设备配置表

序号	名称及规格	单位	数量	用途	备注
1	起重船	艘	1	升压站上部组块吊装	振华 30
2	起重船	艘	1	升压站基础施工	起重能力 5000t 级以上
3	液压打桩锤	个	1	钢管桩插打	2000KJ 级以上
4	运输驳船	艘	1	升压站上部组块运输	20000t 级以上
5	运输驳船	艘	1	钢管桩及导管架基础运输	15000t 级以上
6	拖轮	艘	2	拖运、移位船只	
7	锚艇	艘	2	驳船、起重船起抛锚	
8	交通艇	艘	2	接送人员	
9	补给船	艘	1	淡水与生活物资补给	

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 3-4m
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 14 个月，其中工程主体施工总工期为 11 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，第 T+14 月完成项目竣工验收。

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+4	T+11	
4	海上升压站下部基础加工制造	4	T+6	T+10	
5	海上升压站基础施工与上部安装调试	1	T+11	T+11	下部基础施工
		1	T+12	T+13	上部组块安装
		1	T+12	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 送出海缆定向钻产生的土石方量约为 301m³，可运至集控中心，参与集控中心的土石方平衡。

2.4 项目用海需求

项目拟建设 1 座海上升压站、2 回 500kV 送出海缆。

2.4.1 项目用海需求

1、海上升压站用海需求

本项目拟布置 1 座海上升压站，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，平台最外缘尺寸为 65.0m×50.9m，因此海上升压站需占用海域面积为 0.3309 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 0.6027 公顷。

2、500kV 送出海缆用海需求

根据项目需要，风电机组发出电能通过集电海底电缆接入海上升压站后，需通过 500kV 送出海缆送入陆上集控中心。500kV 送出海缆外径为 310mm，单回长度为 70.75km，两回长度为 141.5km，则 500kV 送出海缆占用海域面积为 4.3865 公顷。

根据《海籍调查规范》中 5.4.2.5 电力工业用海-g) “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”，再结合海底电缆的路由布置，考虑到本项目 500kV 送出海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 送出海缆重叠面积；另外，本项目 500kV 送出海缆申请用海范围与华润海丰电厂“上大压小”新建工程的专用航道、锚地及其他开放式权属范围重叠，本项目申请范围对重叠部分进行避让。此外，由于本项目送出海缆与深能汕尾红海湾六海上风电项目近岸段敷设距离较近，不满足电缆管道外缘线向两侧外扩 10m 距离，两个项目送出海缆埋深基本一致，且同时申请用海，为了避免出现水平方向的用海范围重叠，本项目与深能汕尾红海湾六海上风电项目对送出海缆近岸段之间的海域按照均分原则进行用海申请。

因此，计算得出本项目 500kV 送出海缆用海需求为 362.7060 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 363.3087 公顷，其中海上升压站透水构筑物用海

面积为 0.6027 公顷，500kV 送出海缆用海面积为 362.7060 公顷。项目送出海缆采用分层立体设权，空间确权层为底土，范围为电缆管道设施下缘高程至实际设计或使用高程。本项目申请用海范围不占用岸线，500kV 送出海缆实际建设采用定向钻的施工方式穿越基岩岸线 1.2m，采用定向钻的施工方式从地底穿过基岩岸线，不会对岸线原有形态和功能产生影响。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，宗海平面布置图见图 2.4.2-2，宗海界址图见图 2.4.2-3。

汕尾红海湾三、四海上风电集中送出项目宗海位置图

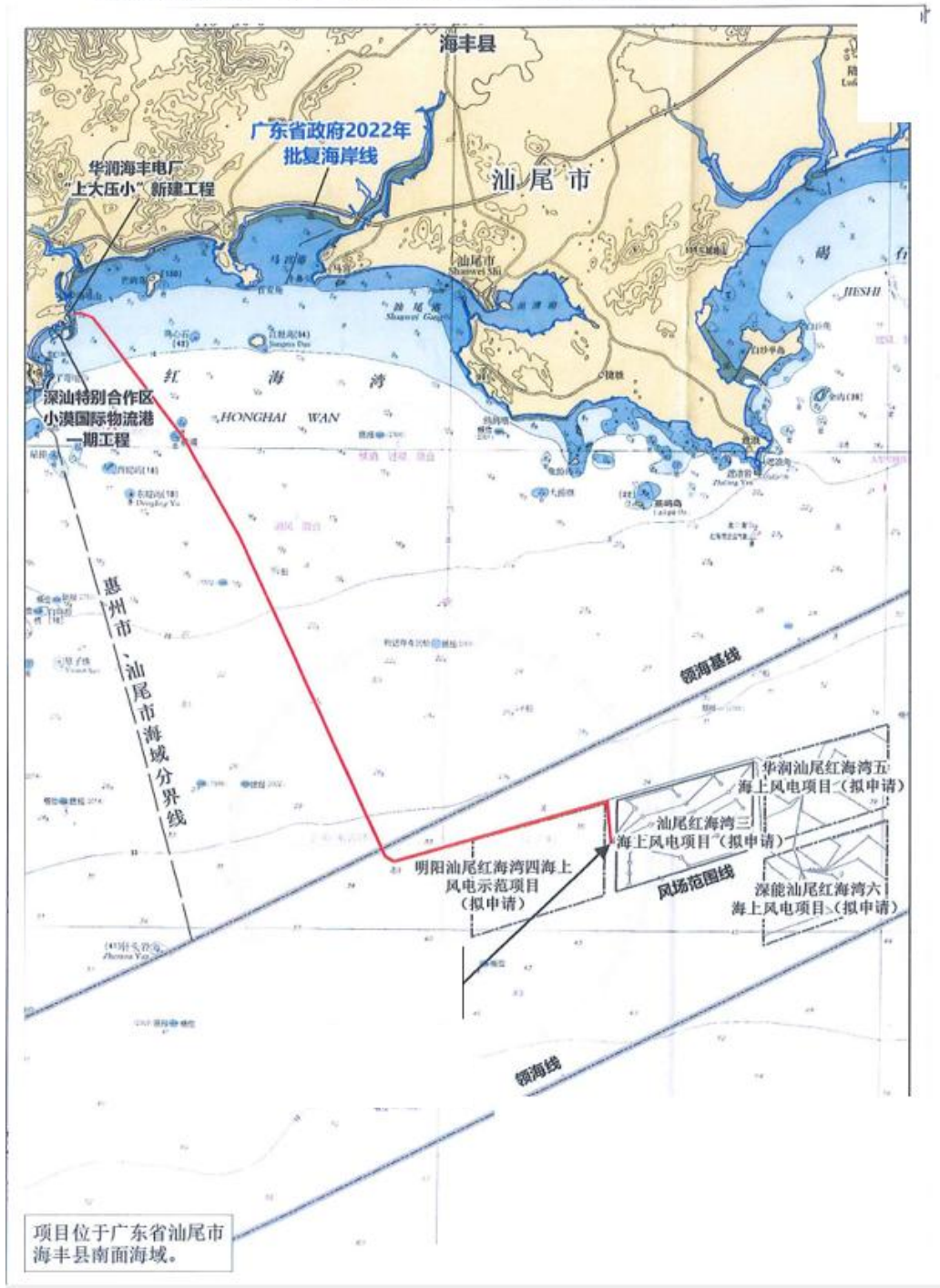


图 2.4.2-1 宗海位置图

汕尾红海湾三、四海上风电集中送出项目宗海界址图

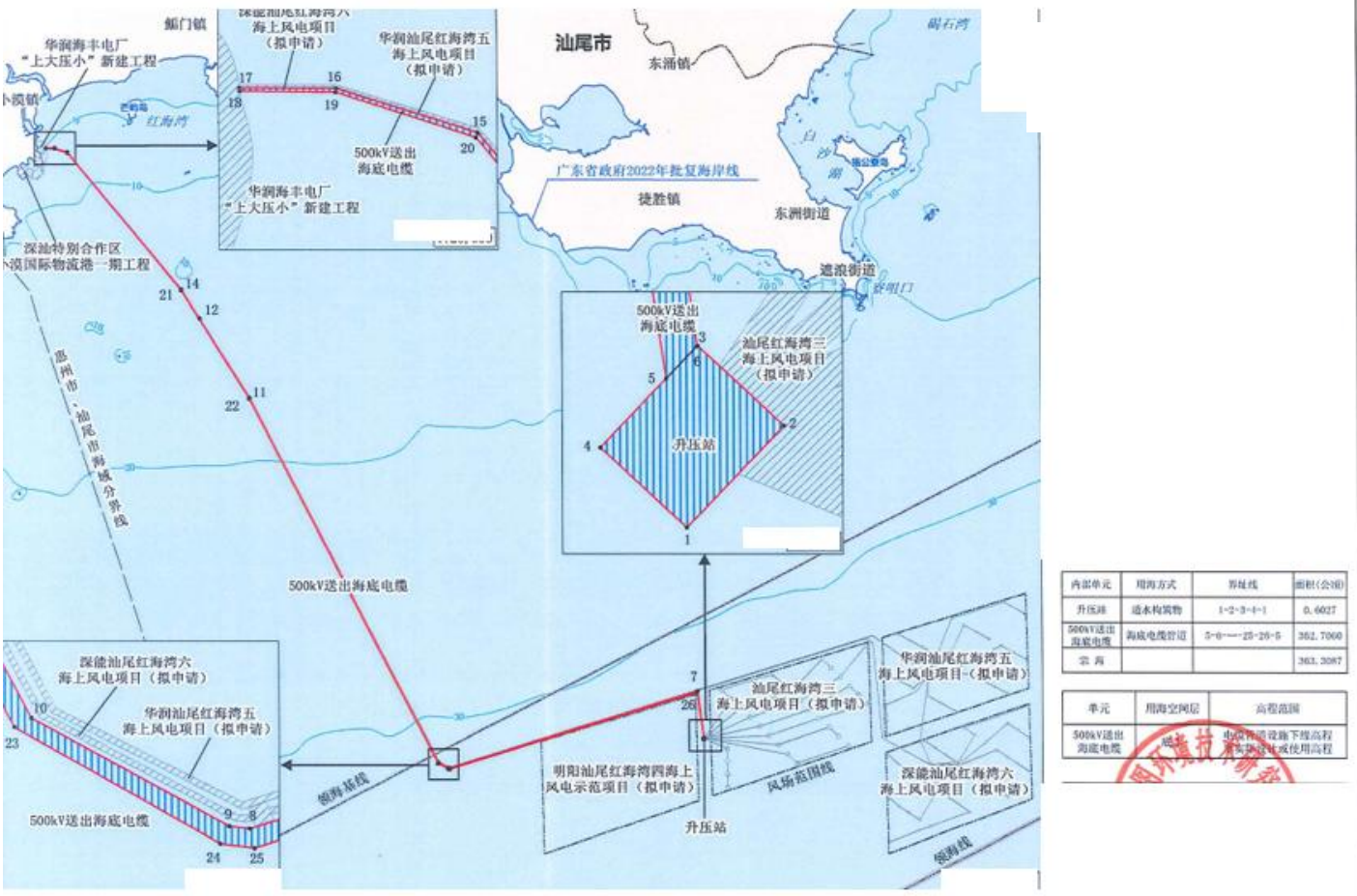


图 2.4.2-3 宗海界址图

汕尾红海湾三、四海上风电集中送出项目宗海立体空间范围示意图

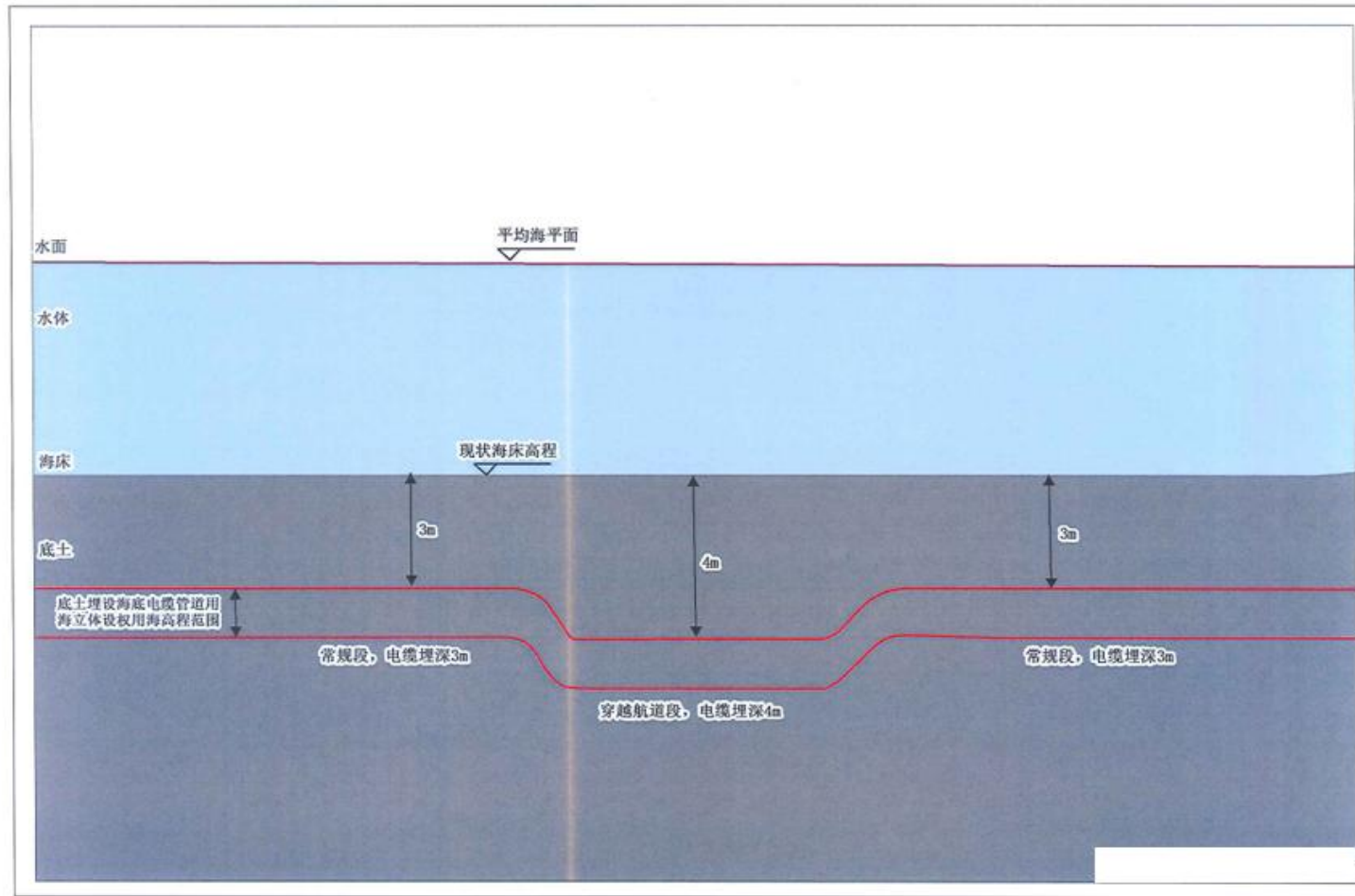


图 2.4.2-4 宗海立体空间范围示意图

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 送出海缆送出至陆上集控中心。500kV 送出海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。

2.5.1.1 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。

2.5.1.2 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。

2.5.1.3 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。

2.5.1.4 《产业结构调整指导目录》（2024 年本）

本项目为汕尾红海湾三海上风电项目、明阳汕尾红海湾四海上风电示范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。

2.5.1.5 《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。

2.5.1.6 《“十四五”现代能源体系规划》

《“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区岸区域布局。积极发展太阳能热发电。

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。

本项目为汕尾红海湾三海上风电项目、明阳汕尾红海湾四海上风电示范项目的集中送出工程，符合《“十四五”现代能源体系规划》关于加快发展风电发电的规划目标。

2.5.1.7 《2030 年前碳达峰行动方案》

《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。

汕尾红海湾三海上风电项目、明阳汕尾红海湾四海上风电示范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。

本项目为汕尾红海湾三海上风电项目、明阳汕尾红海湾四海上风电示范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。

2.5.1.8 《广东省海上风电发展规划（2017-2030 年）（修编）》

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，位于广东省汕尾市南面海域，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。

汕尾红海湾三海上风电项目、明阳汕尾红海湾四海上风电示范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集控中心。本项目为汕尾红海湾三海上风电项目、明阳汕尾红海湾四海上风电示范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。

2.5.1.9 《广东省能源发展“十四五”规划》

《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，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海上风电项目、明阳汕尾红海湾四海上风电示范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。

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 送出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 送出海缆敷设于海底，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

根据广东省政府 2022 年批复大陆海岸线，项目论证范围内岸线总长度为 50.4km，岸线类型包括人工岸线、自然岸线和生态恢复岸线，其中人工岸线长度 23.9km、自然岸线长度 26.0km 和其他岸线长度 0.5km。

3.1.2 滩涂资源

根据海图《碣石湾至珠江口》（15300）水深资料，统计项目论证范围内涉及的滩涂面积约 528.9720 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。与本项目距离最近的为龙虾头岛，位于本项目送出海缆北侧约 1.1km。

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 渔业资源

本节引用《汕尾红海湾三、四海上风电集中送出项目海洋环境现状调查监测报告》(2024年6月)于2024年4月在项目附近海域进行的渔业资源现状调查。具体站位详见3.2.6.1节。

(1) 鱼卵仔稚鱼

①种类组成

本次鱼卵仔稚鱼调查中,共出现了鱼卵16种,其中包括鲈形目10种,鲱形目和鲾形目各2种,鳗鲡目和鲉形目各1种;仔稚鱼20种,其中包括鲈形目13种,鲱形目2种,灯笼鱼目、鲾形目、鲉形目和鲳形目各1种。

②数量分布

调查14个站位的鱼卵仔稚鱼垂直拖网共采到鱼卵198ind,仔稚鱼81ind;鱼卵平均密度为 $4.223\text{ind}/\text{m}^3$,仔稚鱼平均密度为 $0.630\text{ind}/\text{m}^3$ 。SW04站位鱼卵密度最高,密度为 $19.394\text{ind}/\text{m}^3$,其次是SW01站位,密度为 $12.632\text{ind}/\text{m}^3$,共14个站位捕获到鱼卵;SW13站位仔稚鱼密度最高,密度为 $1.555\text{ind}/\text{m}^3$,其次是SW06站位,密度为 $1.534\text{ind}/\text{m}^3$,共13个站位捕获到仔稚鱼。

③主要种类的数量分布(水平拖网)

1) 鲷科(Leiognathidae)

本次水平拖网调查出现的鲷科鱼卵共有4346粒,出现在13个站位,鲷科鱼卵在调查海域中SW17站位数量最多。

2) 鳀科(Engraulidae)

本次水平拖网调查出现的鳀科鱼卵共有2512粒,出现在14个站位,鳀科鱼卵在调查海域中SW17站位数量最多。鳀科仔稚鱼共有27尾,出现在8个站位。

(2) 游泳生物

①种类组成

此次项目船号为粤汕城渔20368,使用的网具为网口宽15m、网衣长38m、网口目80mm、网囊目28mm的底拖网,平均拖网船速为2.0kn。

本次游泳动物调查共捕获3门3纲15目66科194种,其中:鱼类127种,占总种类数的65.46%,虾类30种(其中虾蛄类8种),占总种类数的15.46%,蟹类26种,占总种类数的13.40%,头足类11种,占总种类数的5.67%)。

②渔获率

1) 尾数渔获率

本次调查该海区 14 个站位的游泳动物尾数渔获率范围为 (216~913) ind/h, 平均尾数渔获率为 429ind/h。其中, 鱼类平均尾数渔获率为 207ind/h, 占游泳动物平均尾数渔获率的 52.33%; 虾类平均尾数渔获率为 105ind/h, 占游泳动物平均尾数渔获率的 24.51%; 蟹类平均尾数渔获率为 105ind/h, 占游泳动物平均尾数渔获率的 20.43%; 头足类的平均尾数渔获率为 12ind/h, 占游泳动物平均尾数渔获率的 2.73%。

2) 重量渔获率

本次调查该海区 14 个站位的重量渔获率范围为 (3.813~14.098) kg/h, 平均重量渔获率为 7.137 kg/h。其中, 鱼类平均重量渔获率为 4.542 kg/h, 占游泳动物平均重量渔获率的 63.87%; 虾类平均重量渔获率为 0.986 kg/h, 占游泳动物平均重量渔获率的 15.00%; 蟹类平均重量渔获率为 1.083 kg/h, 占游泳动物平均重量渔获率的 14.80%; 头足类的平均重量渔获率为 0.526 kg/h, 占游泳动物平均重量渔获率的 6.34%。

③渔业资源密度

1) 数量资源密度

本次调查 14 个站位数量资源密度范围在 $(7.776 \sim 32.865) \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ 之间, 平均值为 $15.263 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$, 数量资源密度最高的站位为 SW16 站位, 最低为 SW01 站位。

其中, 鱼类数量资源密度分布范围在 $(3.636 \sim 10.943) \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ 之间, 平均值为 $7.358 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$, 其中 SW16 站位最高, SW13 站位最低; 虾类数量资源密度分布范围在 $(1.008 \sim 7.415) \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ 之间, 平均值为 $3.716 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$, 其中 SW16 站位最高, SW06 站位最低; 蟹类数量资源密度分布范围在 $(0.377 \sim 13.787) \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ 之间, 平均值为 $3.760 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$, 其中 SW16 站位最高, SW17 站位最低; 头足类数量资源密度分布范围在 $(0 \sim 0.972) \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ 之间, 平均值为 $0.428 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$, 其中 SW12 站位最高, SW04 和 SW17 站位最低。

2) 重量资源密度

本次调查 14 个站位渔业资源重量资源密度范围在(137.257~507.487)kg/km²之间, 平均值为 253.299kg/km², SW16 站位最高, SW01 站位最低。

其中, 鱼类重量资源密度变化范围在(66.055~281.569) kg/km²之间, 平均值为 161.192kg/km², 其中 SW06 站位最高, SW13 站位最低; 虾类重量资源密度变化范围在(22.966~66.475) kg/km²之间, 平均值为 34.951kg/km², 其中 SW11 站位最高, SW13 站位最低; 蟹类重量资源密度变化范围在(7.577~158.639)kg/km²之间, 平均值为 38.593kg/km², 其中 SW16 站位最高, SW17 站位最低; 头足类重量资源密度变化范围在(0~65.947) kg/km²之间, 平均值为 18.563kg/km², 其中 SW12 站位最高, SW04 和 SW17 站位最低。

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, 为颈斑项鰩(*Nuchequula nuchalis*)。其总渔获重量为 7.233kg, 占游泳动物总渔获重量的 7.24%; 颈斑项鰩的总尾数渔获量为 716 个, 占游泳动物总渔获尾数的 11.92%。

⑤游泳动物多样性指数、均匀度指数及丰富度指数

本次调查区域游泳动物生物种类数范围在 23~69 种, 多样性指数变化范围在 3.015~5.023 之间, 平均值为 4.111, 其中 SW11 站位最高, SW04 站位最低; 均匀度指数变化范围在 0.597~0.869 之间, 平均值为 0.749, 其中 SW19 站位最高, SW13 站位最低; 丰富度指数范围在 2.818~7.057 之间, 平均值为 5.135, 丰富度指数以 SW21 站位最高, SW04 站位最低。

⑥主要经济种类

主要经济鱼类: 颈斑项鰩、花斑蛇鲻;

主要经济虾类: 口虾蛄;

主要经济头足类: 杜氏尾枪乌贼。

3.1.6 矿产资源

本项目论证范围内未涉及海砂开采区。本项目位于汕尾市海丰县南面海域, 距离汕尾市计划海砂区约 35.7km, 距离汕尾储备海砂区约 47.2km, 本项目距离海砂区较远, 对海砂开采没有影响。

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。

3.1.8 红树林资源

本项目登陆点北侧 1.4km 处分布有现状红树林，项目海底电缆与现状红树林间有一定距离，且有陆域相隔，项目建设不涉及现状红树林，不会对现状红树林产生影响。

深汕特别合作区的红树林资源颇为丰富，总面积为 7.78 公顷，主要分布在小漠港、赤石河入海口以及赤石河感潮河段直至赤石镇赤石大桥区域，分布有包括珍稀濒危红树种银叶树在内的多种红树林群落，主要以白骨壤、海漆、秋茄、桐花木、黄槿及混合群落为主。截至 2023 年底，深汕特别合作区的红树林碳储量已达到 2031.27 吨。

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）2004-2023 年观测数据，汕尾气象站 7 月气温最高（28.82℃），1 月气温最低（15.34℃），近 20 年极端最高气温出现在 2005 年 7 月 18 日（38℃），近 20 年极端最低气温出现在 2016 年 1 月 25 日（2.2℃）。气温呈现稳步上升趋势，2021 年年平均气温最高（23.83℃），2011 年年平均气温最低（22.12℃），无明显周期。

3.2.1.2 降水量

根据汕尾气象站（115.37°E，22.8°N）2004-2023 年观测数据，汕尾气象站 06 月降水量最大（455.52mm），12 月降水量最小（25.6mm），近 20 年极端最大日降水出现在 2020 年 6 月 8 日（291.8mm）。近 20 年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（1111.7mm），周期为 2~3 年。

3.2.1.3 相对湿度

根据汕尾气象站（115.37°E，22.8°N）2004-2023 年观测数据，汕尾气象站 6 月平均相对湿度最大（85.12%），12 月平均相对湿度最小（65.44%）。汕尾气象站近 20 年年平均相对湿度无明显变化趋势，2009 年年平均相对湿度最大（73.00%），2012 年年平均相对湿度最小（81.25%），周期为 6~7 年。

3.2.1.4 日照

根据汕尾气象站（115.37°E，22.8°N）2004-2023 年观测数据，汕尾气象站 7 月日照最长（223.41 小时），3 月日照最短（115.36 小时）。近 20 年年日照时数无明显变化趋势，2009 年日照时数最长（2385.3 小时），2016 年年日照时数最短（1637.8 小时），无明显周期。

3.2.1.5 风况

根据汕尾气象站（115.37°E，22.8°N）2004-2023 年观测数据，汕尾气象站 6 月平均风速最大（2.67m/s），1 月平均风速最小（2.12m/s）。汕尾气象站主要风向为 ENE、E、NE、ESE，占 54.98%，其中以 ENE 为主风向，占全年 18.23%。

表 3.2.1-1 汕尾气象站近 20 年的各月平均风速统计（单位：m/s）

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
平均风速	2.12	2.17	2.14	2.24	2.45	2.67	2.65	2.4	2.32	2.29	2.21	2.17

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	4.39	8.08	12.33	18.23	14.41	10.01	2.79	0.76	1.72
风向	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C	
频率	5	8.73	4.59	2.13	1.1	1.16	1.38	2.23	

3.2.2 水文动力

3.2.2.1 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。

(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。

3.2.2.2 海流

(1) 流速流向统计分析

①送出海底电缆路由区

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°。

②风电场区

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 90cm/s，流向 112°，出现在 E5 测点表层。垂线平均最大流速出现在 E6 测点，为 59cm/s，流向 82°。

中潮观测期间，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 97cm/s，流向 113°，出现在 E6 测点表层。垂线平均最大流速为 50cm/s，流向 86°，出现在 E3 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 E9 测点表层。垂线平均最大流速出现在 E4 测点，为 44cm/s，流向 75°。

全潮测验期间各测点流向总体分布相似，流向基本集中于 NE~ESE 区间，即东北~东南偏东方向区间。

（2）潮流准调和分析

①潮流椭圆要素

1) 送出海底电缆路由区

各主要分潮流以 M_2 半日分潮流和 O_1 、 K_1 全日分潮流为主，其次为 S_2 半日分潮流、 MS_4 复合分潮流和 M_4 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 K_1 全日分潮流的表层。

2) 风电场区

各主要分潮流以 M_2 半日分潮流和 O_1 、 K_1 全日分潮流为主， S_2 半日分潮流、 MS_4 复合分潮流和 M_4 四分之一日分潮流相对较小。各主要分潮流最大流速（长半轴）的最大值为 20.46cm/s，出现在 E3 测点 K_1 全日分潮流的表层。

②潮流类型

1) 送出海底电缆路由区

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。

2) 风电场区

各测点分层潮流示性系数介于 0.5~4.0 之间，垂线平均潮流的潮流示性系数

均大于 0.5 且小于 2.0。总体来看, 测验期间各测点潮流类型较为复杂, 主要表现为不规则半日潮流。

③潮流可能最大流速

1) 送出海底电缆路由区

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°。

2) 风电场区

垂线平均的潮流可能最大流速以 E6 测点最大, 为 32cm/s, 流向为 273°; E2 测点最小, 为 17cm/s, 流向 249°。

各层的潮流的可能最大流速以 E9 测点表层最大, 为 70cm/s, 流向 310°; E8 测点底层最小, 为 20cm/s, 流向 104°。

④潮流运动形式

1) 送出海底电缆路由区

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。

2) 风电场区

本次观测各测层 M_2 分潮流各测层 $|K|$ 值在 0~0.90 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为主结合旋转流的运动形式。

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 $K < 0$ 。本海区的分潮旋转方向规律性较强, 以 M_2 分潮为例, 各站各测层基本为右旋, 即 $K < 0$ 。

3.2.2.3 余流

(1) 送出海底电缆路由区

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。

(2) 风电场区

垂线平均余流在 22cm/s~33cm/s 之间，各测点垂线平均余流最大值出现在大潮期间 E6、E9 测点，方向分别为 79°、77°；最小值出现在中潮期间 E8 测点，方向为 77°。

各层余流在 2cm/s~54cm/s 之间，各测点余流最大值出现在中潮期间 E3 测点表层，方向为 84°；最小值出现在中潮期间 E8 测点底层，方向为 87°。

总体来看，各测点大、中、小潮余流流速均较大，流向相对集中，分析为该区域受洋流影响较大。

3.2.2.4 水温

(1) 送出海底电缆路由区

各测点测得最高水温为 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。各测点水温极值和变化量，潮次间差别较小。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。

(2) 风电场区

各测点测得最高水温为 31.27℃，出现在小潮观测期间 E4 测点表层；最低为 21.19℃，出现在小潮观测期间 E4 测点底层。各站垂线平均温度在 24.20℃~26.85℃之间。各测点水温极值和变化量，潮次间差别较小。测区水温垂向梯度在 0.004℃/m~0.630℃/m 之间。大、中、小潮观测期间水温垂直变化明显。

3.2.2.5 盐度

(1) 送出海底电缆路由区

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。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。

(2) 风电场区

大潮期各测点垂线平均盐度变化范围为 33.49~34.11，最大值与最小值相差 0.62。最大值和最小值均出现在 E6 测点。中潮期各测点垂线平均盐度变化范围为 33.59~34.16，最大值与最小值相差 0.57。最大值和最小值分别出现在 E3 测点和 E6 测点。小潮期各测点垂线平均盐度变化范围为 33.37~34.07，最大值与最小值相差 0.70。最大值和最小值分别出现在 E3 测点和 E6 测点。综上所述，测区全潮期间各站垂线平均盐度值相差较小，平面分布均匀。

3.2.2.6 悬浮泥沙

(1) 测点最大含沙量

①送出海底电缆路由区

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

②风电场区

全潮水文测验期间测点最大含沙量，大潮为 0.128 kg/m^3 ，出现在 E5 测点 0.6H 层；中潮为 0.102 kg/m^3 ，出现在 E5 测点底层；小潮为 0.229 kg/m^3 ，出现在 E5 测点的底层。测点含沙量受潮流及地形共同影响，由于测区潮流动力较小，地形平坦，各测点实测最大含沙量相差不大。

(2) 垂线平均最大含沙量

①送出海底电缆路由区

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 0.099 kg/m^3 、 0.118 kg/m^3 、 0.209 kg/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。

②风电场区

全潮水文测验期间，实测海域垂线平均最大含沙量，大、中、小潮分别为 0.108kg/m^3 、 0.072kg/m^3 、 0.113kg/m^3 ，均出现在 E5 测点；垂线最大含沙量平面分布与潮段平均含沙量的平面分布一致，各测点差异较小。

（3）含沙量垂向分布

①送出海底电缆路由区

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。

②风电场区

全潮水文测验期间，测点含沙量普遍较小，垂线分布无明显规律。

（4）悬沙中值粒径

①送出海底电缆路由区

各测点悬沙的中值粒径介于 0.012mm - 0.120mm 之间。

②风电场区

各测点悬沙的中值粒径介于 0.006 - 0.175mm 之间。

3.2.2.7 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》（2025 年 4 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。

3.2.3 海域地形地貌与冲淤状况

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

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，向陆一侧为山体，向西侧约 80m（山体南侧）为华润海丰电厂“上大压小”新建工程园区；向南侧为华润海丰电厂“上大压小”新建工程排水渠。

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

1) 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。

2) 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 项目水深地形图（总图）（不公开）

图 3.2.3-2a 项目水深地形图（分幅 1）（不公开）

图 3.2.3-2b 项目水深地形图（分幅 2）（不公开）

图 3.2.3-2c 项目水深地形图（分幅 3）（不公开）

图 3.2.3-2d 项目水深地形图（分幅 4）（不公开）

图 3.2.3-2e 项目水深地形图（分幅 5）（不公开）

图 3.2.3-2f 项目水深地形图（分幅 6）（不公开）

3.2.3.2 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(不公开)

3.2.4 工程地质

本节引自《中广核汕尾红海湾三海上风电场项目可行性研究阶段岩土工程勘测报告》(2024 年 6 月)及建设单位、设计单位提供的送出海缆地勘资料。

(1) 送出海底电缆路由区岩土层特征

第一层:全新统海相沉积层(Q_4^m)

淤泥混砂($①_{1-1}$):深灰、灰黑色,饱和,流塑,质滑腻,混多量粉细砂,含有机质,略具腥臭味,海积成因。标贯试验过程钻杆出现自沉。

淤泥质土($①_2$):灰、深灰色,饱和、流塑状,切面略具光泽,略具砂感,局部夹粉土或粉砂薄层,混少量贝壳碎屑,含有机质,略具腥臭味,海相沉积。标贯试验过程钻杆出现自沉。该层标准贯入试验实测击数为 1。

粉砂混淤泥($①_3$):灰色,饱和,松散,主要矿物为石英、长石,级配一般,含较多淤泥、粉粒,局部呈夹层产出,海相沉积。该层标准贯入试验实测击数为 5~7。

粉砂混淤泥($①_{3-1}$):灰色,饱和,稍密,主要矿物为石英、长石,级配一般,含较多淤泥、粉粒,局部呈夹层产出,海相沉积。该层标准贯入试验实测击数为 11。

粉砂混淤泥($①_{3-1}$):灰色,饱和,稍密,主要矿物为石英、长石,级配一般,含较多淤泥、粉粒,局部呈夹层产出,海相沉积。该层标准贯入试验实测击数为 21~23。

粉砂($①_{3-1}$):灰色,饱和,密实,局部稍密,主要矿物为石英、长石,级

配一般，混黏性土，海相沉积。该层标准贯入试验实测击数为 11~39。

第二大层：全新统海陆过渡相沉积层（ Q_4^{m+al} ）

粉质黏土（②₀₋₁）：灰色，很湿，软塑，黏性、韧性一般，切面较光滑，局部夹粉砂或粉土薄层，含少量有机质，局部呈可塑状，海陆过渡相沉积。该层标准贯入试验实测击数为 2~7。

黏土（②₁）：灰色，湿，可塑，黏性、韧性好，切面较光滑，部分含粉砂颗粒，局部夹粉砂或粉土薄层，含少量有机质，海陆过渡相沉积。该层标准贯入试验实测击数为 7~9。

粉质黏土（②₁₋₁）：灰色，湿，可塑，黏性、韧性一般，含粉砂颗粒，局部夹粉砂或粉土薄层，含少量有机质，海陆过渡相沉积。该层标准贯入试验实测击数为 9~14。

粉砂（②₃）：灰色，饱和，中密~密实，局部稍密，主要矿物为石英、长石，级配差，混黏性土，海陆过渡相沉积。该层标准贯入试验实测击数为 11~40。

粉砂混黏性土（②₃₋₁）：灰色，饱和，中密~密实，局部稍密，主要矿物为石英、长石，级配差，混多量黏性土，海陆过渡相沉积。该层标准贯入试验实测击数为 11~40。

中砂（②₅）：灰、灰黄色，饱和，密实，主要矿物为石英、长石，级配较好，含黏性土，海陆过渡相沉积。该层标准贯入试验实测击数为 58~75。

粗砂（②₆）：灰、灰黄色，饱和，密实，主要矿物为石英、长石，级配较好，含黏性土，海陆过渡相沉积。该层标准贯入试验实测击数为 50~100。

砾砂（②₆）：灰褐色，饱和，密实，主要矿物为石英、长石，级配较好，含黏性土，海陆过渡相沉积。该层标准贯入试验实测击数为 50。

第三大层：晚更新统海陆交互相沉积层（ Q_3^{m+al} ）

该大层在风电场内广泛分布，所有钻孔未揭穿该大层，主要包含 12 个亚层。

黏土（层号③₁）：灰色，湿，可塑，黏性较好，韧性一般，局部夹粉细砂薄层，海陆交互相沉积。该层标准贯入试验实测击数为 28。

粉质黏土（层号③₁₋₁）：灰色，湿，可塑，黏性、韧性一般，局部夹粉细砂薄层，海陆交互相沉积。该层标准贯入试验实测击数为 28~48。

粉砂（③₃）：灰色，饱和，密实，主要矿物为石英、长石，级配较差，混黏

性土，海陆交互相沉积。该层标准贯入试验实测击数为 44~63。

粉砂混黏性土（③₃₋₁）：灰色，饱和，密实，主要矿物为石英、长石，级配较差，混多量黏性土，局部呈团块状，海陆交互相沉积。该层标准贯入试验实测击数为 36~71。

中砂（③₅）：灰、灰黄色，饱和，密实，主要矿物为石英、长石，级配较好，混粗砂颗粒及少量砾石，局部夹黏性土薄层，海陆交互相沉积。该层标准贯入试验实测击数为 41~115。

中砂混黏性土（③₅₋₁）：灰色，饱和，密实，主要矿物为石英、长石，级配一般，含少量砾石，混多量黏性土，海陆交互相沉积。该层标准贯入试验实测击数为 52~58。

粗砂（③₆）：灰白、灰黄色，饱和，密实，主要矿物为石英、长石，级配较好，海陆交互相沉积。该层标准贯入试验实测击数为 46~75。

粉土（层号③₈）：灰色，湿，密实，黏性、韧性较差，混多量粉细砂，海陆交互相沉积。该层标准贯入试验实测击数为 27~28。

第四大层：残积层（Q^{el}）

粉质黏土（④）：灰黄色，稍湿，硬塑，切面较光滑，土质黏性一般，局部夹 15~25cm 厚粗砂层，韧性中等，残积成因。该层标准贯入试验实测击数为 32~34。

基岩：凝灰岩

强风化凝灰岩（⑤₂）：灰褐色，矿物成分多风化为次生矿物，岩芯多呈碎块状，局部含中等风化岩块，软质软弱。该层厚度为 3.90m，层底面高程为-91.01m，层顶面高程为-87.11m。

中等风化凝灰岩（⑤₃）：灰褐色，凝灰质结构，斑杂构造，主要矿物成分是石英、长石、黑云母和辉石。岩芯局部较破碎，岩芯多呈短柱、柱状，柱长 5~18cm，少量块状，块径 2~10cm，TCR=90%，RQD=42%。未揭穿该层。

（2）风电场区岩土层特征

根据区域地质及钻孔资料，风电场地层覆盖层主要包含三个大层，即全新统海相、海陆过渡相沉积层（Q₄^m、Q₄^{m+al}）和晚更新统海陆交互相沉积层（Q₃^{m+al}），场区覆盖层厚度大，一般大于 100m。各岩土层特征按由上至下的揭露顺序描述

如下。

第一层：全新统海相沉积层（ Q_4^m ）

淤泥（①₁）：深灰、灰黑色，饱和，流塑，质滑腻，含有机质，略具腥臭味，局部含贝壳碎屑，海积成因。该层厚度为 3.20m，层底面高程为-42.20m，层顶面高程为-39.00m。标贯试验过程钻杆出现自沉。

淤泥混砂（①₁₋₁）：深灰色，饱和，流塑，土质滑腻，含多量粉细砂，含有机质，略具腥臭味，局部含贝壳碎屑，海相沉积。该层分布于场地局部地段，该层厚度为 2.10m~3.80m，层底面高程为-46.00m~-41.70m，层顶面高程为-43.90m~-38.20m。该层标准贯入试验实测击数为 1。

淤泥质土（①₂）：灰、深灰色，饱和、流塑状，切面略具光泽，略具砂感，局部夹粉土或粉砂薄层，混少量贝壳碎屑，含有机质，略具腥臭味，海相沉积。该层厚度为 1.60m~8.00m，层底面高程为-61.80m~-38.40m，层顶面高程为-58.10m~-35.60m。该层标准贯入试验实测击数为 3。

粉砂混淤泥（①₃）：灰色，饱和，松散，主要矿物为石英、长石，级配一般，含较多淤泥、粉粒，局部呈夹层产出，海相沉积。该层厚度为 2.20m~11.90m，层底面高程为-57.50m~-39.90m，层顶面高程为-46.00m~-35.50m。该层标准贯入试验实测击数为 1~10。

粉砂混淤泥（①₃₋₁）：灰色，饱和，稍密，主要矿物为石英、长石，级配一般，含较多淤泥、粉粒，局部呈夹层产出，海相沉积。该层厚度为 1.50m~8.00m，层底面高程为-59.50m~-46.70m，层顶面高程为-57.50m~-44.70m。该层标准贯入试验实测击数为 11~14。

粉砂混淤泥（①₃₋₂）：灰色，饱和，中密，主要矿物为石英、长石，级配一般，含较多淤泥、粉粒，局部呈夹层产出，海相沉积。该层厚度为 3.20m~13.50m，层底面高程为-65.40m~-53.80m，层顶面高程为-59.50m~-46.70m。该层标准贯入试验实测击数为 16~23。

粉砂（①₄）：灰色，饱和，中密，主要矿物为石英、长石，级配一般，含黏性土及贝壳碎屑，海相沉积。该层厚度为 10.70m，层底面高程为-50.60m，层顶面高程为-39.90m。该层标准贯入试验实测击数为 19~23。

第二层：全新统海陆过渡相沉积层（ Q_4^{m+al} ）

黏土 (②)：灰色，很湿，软塑，黏性、韧性较好，切面较光滑，局部夹粉砂或粉土薄层，海陆过渡相沉积。该层厚度为 0.80m，层底面高程为-62.60m，层顶面高程为-61.80m。

粉质黏土 (②₀₋₁)：灰色，很湿，软塑，黏性、韧性一般，切面较光滑，局部夹粉砂或粉土薄层，局部呈可塑状，海陆过渡相沉积。该层厚度为 3.40m~6.30m，层底面高程为-72.40m~-64.00m，层顶面高程为-69.00m~-57.70m。该层标准贯入试验实测击数为 16~20。

黏土 (②₁)：灰色，湿，可塑，黏性、韧性好，切面较光滑，部分含粉砂颗粒，局部夹粉砂或粉土薄层，含少量有机质，海陆过渡相沉积。该层厚度为 0.50m~7.40m，层底面高程为-93.50m~-62.10m，层顶面高程为-91.20m~-59.40m。该层标准贯入试验实测击数为 6~20。

粉质黏土 (②₁₋₁)：灰色，湿，可塑，黏性、韧性一般，含粉砂颗粒，局部夹粉砂或粉土薄层，含少量有机质，海陆过渡相沉积。该层厚度为 0.50m~8.70m，层底面高程为-91.20m~-52.70m，层顶面高程为-87.60m~-50.30m。该层标准贯入试验实测击数为 6~28。

粉砂 (②₃)：灰色，饱和，密实，主要矿物为石英、长石，级配差，混黏性土，海陆过渡相沉积。该层厚度为 3.20m~3.90m，层底面高程为-80.80m~-75.80m，层顶面高程为-76.90m~-72.60m。该层标准贯入试验实测击数为 38~79。

粉砂混黏性土 (②₃₋₁)：灰色，饱和，中密~密实，局部稍密，主要矿物为石英、长石，级配差，混多量黏性土，海陆过渡相沉积。该层厚度为 1.70m~9.90m，层底面高程为-93.70m~-54.90m，层顶面高程为-90.60m~-52.70m。该层标准贯入试验实测击数为 11~83。

中砂 (②₅)：灰、灰黄色，饱和，密实，主要矿物为石英、长石，级配较好，含黏性土，海陆过渡相沉积。该层厚度为 2.10m~10.00m，层底面高程为-97.60m~-75.70m，层顶面高程为-88.40m~-73.60m。该层标准贯入试验实测击数为 35~125。

中砂混黏性土 (②₅₋₁)：灰色，饱和，密实，主要矿物为石英、长石，级配较好，混多量黏性土，局部夹薄层黏性土，海陆过渡相沉积。该层厚度为 1.40m~3.50m，层底面高程为-96.80m~-78.90m，层顶面高程为-93.30m~-77.50m。该层

标准贯入试验实测击数为 50~113。

粗砂 (②₆)：灰、灰黄色，饱和，密实，主要矿物为石英、长石，级配较好，含黏性土，海陆过渡相沉积。该层厚度为 10.00m，层底面高程为-72.60m，层顶面高程为-62.60m。该层标准贯入试验实测击数为 60~100。

第三大层：晚更新统海陆交互相沉积层 (Q₃^{m+al})

黏土 (层号③₁)：灰色，湿，可塑，黏性较好，韧性一般，局部夹粉细砂薄层，海陆交互相沉积。该层厚度为 1.90m~8.50m，层底面高程为-140.95m~-98.90m，层顶面高程为-135.50m~-96.80m。该层标准贯入试验实测击数为 19~28。

粉质黏土 (层号③₁₋₁)：灰色，湿，可塑，黏性、韧性一般，局部夹粉细砂薄层，海陆交互相沉积。该层厚度为 1.10m~11.30m，层底面高程为-141.75m~-92.00m，层顶面高程为-140.30m~-88.90m。该层标准贯入试验实测击数为 17~39。

粉质黏土 (层号③₂₋₁)：灰色，稍湿，硬塑，黏性、韧性一般，混粉细砂，海陆交互相沉积。该层厚度为 1.50m~1.70m，层底面高程-137.70m~-93.60m，层顶面高程为-136.00m~-92.10m。该层标准贯入试验实测击数为 22~27。

粉砂 (③₃)：灰色，饱和，密实，主要矿物为石英、长石，级配较差，含黏性土，海陆交互相沉积。该层厚度为 1.90m~3.30m，层底面高程为-114.50m~-94.20m，层顶面高程为-111.20m~-91.50m。该层标准贯入试验实测击数为 45~54。

粉砂混黏性土 (③₃₋₁)：灰色，饱和，密实，主要矿物为石英、长石，级配较差，混多量黏性土，海陆交互相沉积。该层厚度为 1.30m~6.20m，层底面高程为-138.25m~-91.50m，层顶面高程为-135.90m~-86.40m。该层标准贯入试验实测击数为 36~85。

细砂 (③₄)：灰色，饱和，密实，主要矿物为石英、长石，级配较差，含黏性土，海陆交互相沉积。该层厚度为 2.10m，层底面高程为-110.30m，层顶面高程为-108.20m。该层标准贯入试验实测击数为 58。

细砂混黏性土 (③₄₋₁)：灰色，饱和，密实，主要矿物为石英、长石，级配较差，混多量黏性土，海陆交互相沉积。该层厚度为 3.80m，层底面高程-104.00m，

层顶面高程为-100.20m。该层标准贯入试验实测击数为 79。

中砂 (③₅)：灰、灰黄色，饱和，密实，主要矿物为石英、长石，级配较好，混粗砂颗粒及少量砾石，局部夹黏性土薄层，海陆交互相沉积。该层厚度为 1.80m~9.40m，层底面高程为-119.00m~-94.40m，层顶面高程为-109.60m~-90.20m。该层标准贯入试验实测击数为 48~229。

中砂混黏性土 (③₅₋₁)：灰色，饱和，密实，主要矿物为石英、长石，级配一般，含少量砾石，混多量黏性土，海陆交互相沉积。该层厚度为 2.10m~2.80m，层底面高程为-127.00m~-116.60m，层顶面高程为-124.50m~-114.50m。该层标准贯入试验实测击数为 72~79。

粗砂 (③₆)：灰黄色，饱和，密实，主要矿物为石英、长石，级配较好，海陆交互相沉积。该层分布于场地局部地段，厚度为 1.80m~4.50m，层底面高程为-120.40m~-107.50m，层顶面高程为-118.60m~-103.00m。该层标准贯入试验实测击数为 52~72。

粗砂混黏性土 (③₆₋₁)：灰色，饱和，密实，主要矿物为石英、长石，级配较好，混多量黏性土，局部夹薄层黏性土，海陆交互相沉积。该层分布于场地局部地段，厚度为 3.80m，层底面高程为-124.20m，层顶面高程为-120.40m。该层标准贯入试验实测击数为 200。

粉土 (层号③₈)：灰色，湿，密实，黏性、韧性较差，混多量粉细砂，海陆交互相沉积。该层厚度为 4.10m，层底面高程为-97.80m，层顶面高程为-93.70m。该层标准贯入试验实测击数为 27~28。

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。

从 1949~2023 年，共 75 年，项目 300km 范围内出现热带气旋 305 个，平均每年 4.1 个。其中热带气旋影响最多的年份是 1999 年，为 9 个，热带气旋影响最少的年份为 1969、2007、2015、2019 年，为 1 个。项目方圆 300 公里范围内

每年从4月到12月长达9个月内都可能出现热带气旋，主要集中在盛夏和初秋季节，即6月至9月，这4个月热带气旋占总数的83.0%。按月份来说，8月份最多，占总数的28.2%，月平均为1.1个，其次为9月份，占总数的20.3%，月平均为0.8个。可见盛夏初秋台风灾害的发生的频度高。

根据汕尾国家气象站、红海湾遮浪气象站和汕尾浮标站数据统计，结合台风路径综合分析，以中心进入项目方圆200km以内、阵风超过12级的台风，得到近12年对工程区域影响最大的5个台风，分别为1319号台风“天兔”（超强台风级）、1604号台风“妮妲”、1622号台风“海马”（超强台风级）、1822号台风“山竹”（超强台风级）和2309号台风“苏拉”（超强台风级）。

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3.2.5-1。

表 3.2.5-1 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	广东省珠海市金湾区沿海	2020年8月19日	粤东沿岸各海洋站（30-60cm）
圆规	海南省琼海市沿海	2021年10月13日	汕尾站（82cm）、遮浪站（98cm）

名称	登陆地点	日期	台风引起的增水
苏拉	广东省珠海市金湾区沿海	2023 年 9 月 2 日	汕尾站（93cm）、遮浪站（84cm）

3.2.6 海洋水质现状调查与评价

本节引用《汕尾红海湾三、四海上风电集中送出项目海洋环境现状调查监测报告》（2024 年 6 月）中于 2024 年 4 月在项目附近海域进行的海洋环境现状调查。

3.2.6.1 调查概况

本次调查共设水质调查站位 22 个，沉积物调查站位 11 个，海洋生物生态 14 个、生物体质量和渔业资源调查站位 14 个，潮间带调查断面 3 条，具体调查站位详见表 3.2.6-1 和图 3.2.6-1。

表 3.2.6-1 海洋环境现状调查站位

站位	经度 E	纬度 N	调查项目
SW01	*****	*****	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
SW02	*****	*****	水质
SW03	*****	*****	水质
SW04	*****	*****	水质、生物生态和渔业资源
SW05	*****	*****	水质
SW06	*****	*****	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
SW07	*****	*****	水质
SW08	*****	*****	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
SW09	*****	*****	水质
SW10	*****	*****	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
SW11	*****	*****	水质、生物生态和渔业资源
SW12	*****	*****	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
SW13	*****	*****	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
SW14	*****	*****	水质
SW15	*****	*****	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
SW16	*****	*****	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
SW17	*****	*****	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
SW18	*****	*****	水质
SW19	*****	*****	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
SW20	*****	*****	水质
SW21	*****	*****	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
SW26	*****	*****	水质、生物生态和渔业资源
SWC01	*****	*****	潮间带
SWC02	*****	*****	潮间带

站位	经度 E	纬度 N	调查项目
SWC03	*****	*****	潮间带



图 3.2.6-1 海洋环境现状调查站位布设示意图

3.2.6.2 海洋水质评价

执行第一类海水水质标准的站位有 SW03~SW21、SW26。由监测结果及标准指数表结果可知：SW05 表层、SW06 表层、SW08~ SW21 表层、SW26 表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。

综上所述，调查项目周边海域部分站位的溶解氧含量处于过饱和状态，其他监测因子均符合其所在功能区标准限值。

3.2.7 海洋沉积物质量现状调查与评价

本节引用《汕尾红海湾三、四海上风电集中送出项目海洋环境现状调查监测报告》（2024 年 6 月）于 2024 年 4 月在项目附近海域进行的海洋沉积物质量现状调查。具体站位详见 3.2.6.1 节。

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

该项目海域海洋沉积物砂含量在 15.12%~92.86%，平均值为 62.49%，粉砂含量在 6.72%~67.65%，平均值为 30.51%，粘土含量在 0.42%~20.14%，平均值为 7.00%。调查站位沉积物样品类型为砂 S 的站位：SW10、SW13、SW15、SW16；调查站位沉积物样品类型为砂质粉砂 ST 的站位：SW01、SW08；调查站位沉积物样品类型为粘土质粉砂 YT 的站位：SW06；调查站位沉积物样品类型为粉砂质砂 TS 的站位：SW12、SW17、SW19、SW21。

执行海洋沉积物质量第一类标准要求的站位有 SW01、SW06、SW08、SW10、SW12、SW13、SW15、SW16、SW17、SW19、SW21。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量第一类标准要求。

3.2.8 海洋生物质量现状调查与评价

本节引用《汕尾红海湾三、四海上风电集中送出项目海洋环境现状调查监测报告》（2024 年 6 月）于 2024 年 4 月在项目附近海域进行的海洋生物质量现状调查。具体站位详见 3.2.6.1 节。

SW06 调查站位采集到的软体类西格织纹螺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。采集到的鱼类和甲壳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。

3.2.9 海洋生态现状

本节引用《汕尾红海湾三、四海上风电集中送出项目海洋环境现状调查监测报告》（2024 年 6 月）于 2024 年 4 月在项目附近海域进行的海洋生态现状调查。具体站位详见 3.2.6.1 节。

（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 (0.22~2.72) mg/m³，平均为 0.64 mg/m³；10m 水层叶绿素 *a* 变化范围在 (0.20~0.42) mg/m³，平均为 0.32 mg/m³；底层叶绿素 *a* 含量变化范围在 (0.15~0.45) mg/m³，平均为 0.27 mg/m³。

以各站各层水样的平均值作为该站叶绿素 a 的浓度, 各站叶绿素 a 浓度的变化范围为 $(0.19\sim 2.72)\text{ mg/m}^3$, 平均为 0.54 mg/m^3 , SW01 站位叶绿素 a 平均值最高, SW12 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 $(47.111\sim 270.065)\text{ mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 之间, 平均值为 $146.744\text{ mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$, 其中 SW15 站位初级生产力值最高, SW06 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 26 科 129 种。硅藻门种类最多, 共 14 科 85 种, 占总种类数的 65.89%; 甲藻门种类次之, 出现 10 科 40 种, 占总种类数的 31.01%; 蓝藻门出现 1 科 2 种, 占总种类数的 1.55%; 金藻门出现 1 科 2 种, 占总种类数的 1.55%。

② 个体数量及占比

调查区域内各站位浮游植物个体数量变化范围在 $(79.360\sim 63166.404)\times 10^3\text{ ind/m}^3$ 之间, 平均值为 $5192.968\times 10^3\text{ ind/m}^3$, 最高个体数量出现在 SW01 站位, 最低个体数量出现在 SW19 站位。

从门类来看, 14 个调查站位中均采集到硅藻门, 硅藻门个体数量范围在 $(41.109\sim 62914.203)\times 10^3\text{ ind/m}^3$ 之间, 平均值为 $5097.627\times 10^3\text{ ind/m}^3$; 硅藻门各站位个体数量的占比在 25.54%~99.60%之间, 各站位占比平均值为 78.03%。甲藻门个体数量范围在 $(5.152\sim 252.201)\times 10^3\text{ ind/m}^3$ 之间, 平均值为 $49.730\times 10^3\text{ ind/m}^3$; 各站位个体数量百分比在 0.28%~17.21%之间, 占比平均值为 6.16%; 其他类群(包括金藻门和蓝藻门)个体数量范围在 $(0\sim 296.941)\times 10^3\text{ ind/m}^3$ 之间, 平均值为 $45.611\times 10^3\text{ ind/m}^3$; 各站位个体数量百分比在 0~57.25%之间, 占比平均值为 15.81%。

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 4 种, 分别为旋链角毛藻 (*Chaetoceros curvisetus*)、劳氏角毛藻 (*Chaetoceros lorenzianus*)、柔弱伪菱形藻 (*Pseudo-nitzschia delicatissima*) 和汉氏束毛藻 (*Trichodesmium hildebrandtii*), 其中旋链角毛藻为第一优势种, 优势度为 0.161, 平均个体数量

为 $3611.779 \times 10^3 \text{ ind/m}^3$ ，占各站位平均个体数量的 69.55%。

④浮游植物多样性、均匀度指数及丰富度指数

各调查区站位浮游植物种数范围为 40~59 种。多样性指数范围在 1.100~4.438 之间，平均值为 3.551，多样性指数以 SW10 站位最高，SW01 站位最低；均匀度指数范围在 0.207~0.759 之间，平均值为 0.628，均匀度指数以 SW11 站位最高，SW01 站位最低；丰富度指数范围在 1.569~3.073 之间，平均值为 2.476，丰富度指数以 SW10 站位最高，SW01 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 6 门 9 纲 18 目 39 科 85 种(包括浮游幼体 14 种)。分属 10 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、枝角类、桡足类和浮游幼体。其中，以桡足类最多，为 38 种，占总种类数的 44.71%；浮游幼体次之，出现 14 种，占总种类数的 16.47%；水母类出现 12 种，占总种类数的 14.12%；其他类群出现种类较少。

②个体数量与生物量

14 个调查站位浮游动物生物量变化范围在 $(29.80 \sim 165.84) \text{ mg/m}^3$ 之间，平均值为 73.89 mg/m^3 ，其中 SW12 站位生物量最高，SW11 站位生物量最低；浮游动物个体数量变化范围在 $(111.157 \sim 5904.241) \text{ ind/m}^3$ 之间，平均值为 1123.394 ind/m^3 ，其中 SW04 站位个体数量最高，SW21 站位个体数量最低。从类群个体数量分布来看，本次调查枝角类平均个体数量最高，为 422.505 ind/m^3 ，占比为 37.61%；其次是浮游幼体，平均个体数量为 302.813 ind/m^3 ，占比为 26.96%。

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 7 种。分别为鸟喙尖头蚤 (*Penilia avirostris*)、桡足幼体 (*Copepoda larvae*)、异体住囊虫 (*Oikopleura dioica*)、拟细浅室水母 (*Lensia subtiloides*)、长尾类幼虫 (*Macrura larva*)、长尾基齿哲水蚤 (*Clausocalanus furcatus*) 和异尾宽水蚤 (*Temora discaudata*)，其中鸟喙尖头蚤为第一优势种，优势度为 0.378，平均个体数量为 417.926 ind/m^3 ，占各站位平均个体数量的 37.20%，出现频率 92.86%。

④浮游动物多样性指数、均匀度指数及丰富度指数

本次调查,各调查区站位浮游动物种数范围为 20~37 种。浮游动物多样性指数变化范围在 1.120~4.139 之间,平均值为 3.025,其中 SW12 站位最高,SW06 站位最低;均匀度指数变化范围在 0.255~0.835 之间,平均值为 0.637,其中 SW12 站位最高,SW06 站位最低;丰富度指数范围在 1.555~3.148 之间,平均值为 2.297,丰富度指数以 SW15 站位最高,SW06 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 9 门 10 纲 26 目 49 科 72 种,分属 9 个不同类群,即环节动物、棘皮动物、脊索动物、节肢动物、软体动物、纽形动物、星虫动物、刺胞动物和半索动物。其中环节动物种类数最多,为 27 种,占种类总数的 37.50%。

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 14 个站位大型底栖生物的生物量范围在 (0.250~24.630) g/m² 之间,平均生物量为 5.606g/m²,其中 SW01 站位的生物量最高,SW06 站位生物量最低;栖息密度范围在 (25.000~175.000) ind/m² 之间,平均栖息密度为 101.429ind/m²,其中 SW19 站位的栖息密度最高,SW06 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平均生物量最高,平均生物量为 2.339g/m²,占比为 41.73%;其次为节肢动物,平均生物量为 1.179g/m²,占比为 21.03%,最低为刺胞动物,平均生物量为 0.007g/m²,占比为 0.12%。

节肢动物平均栖息密度最高,为 45.000ind/m²,占比为 44.37%;其次为环节动物,平均栖息密度为 31.071ind/m²,占比为 30.63%,最低为脊索动物,平均栖息密度为 0.357ind/m²,占比为 0.35%。

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,分别为蛛美人虾 (*Callinassa jocularis*) 和轮双眼钩虾 (*Ampelisca cyclops*),其中蛛美人虾为第一优势种,优势度为 0.045。

④大型底栖生物多样性指数、均匀度指数及丰富度指数

本次调查海域的大型底栖生物种类数范围在 3~21 种，多样性指数变化范围在 1.522~4.161 之间，平均值为 2.992，其中 SW19 站位最高，SW06 站位最低；均匀度指数变化范围在 0.724~0.980 之间，平均值为 0.907，其中 SW13 站位最高，SW17 站位最低；丰富度指数范围在 0.861~3.899 之间，平均值为 2.280，丰富度指数以 SW19 站位最高，SW06 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：SWC01 和 SWC02 为沙滩-岩石断面，SWC03 断面为沙滩断面。本次潮间带生物定性定量调查，共记录潮间带生物 4 门 5 纲 14 目 28 科 35 种，其中包括节肢动物 17 种、软体动物 15 种、环节动物 2 种和刺胞动物 1 种，分别占种类总数的 48.57%、42.86%、5.71%及 2.86%。

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 57.926g/m^2 ，平均栖息密度为 224.666ind/m^2 。SWC01 断面的生物量最大，为 104.303g/m^2 ；SWC01 断面的栖息密度最大，为 611.333ind/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。

③潮间带各站位生物量及栖息密度分布

3 个调查断面中，SWC01 断面的低潮带生物量最高，为 287.116g/m^2 ；其次是 SWC02 断面的低潮带，生物量为 145.928g/m^2 ；SWC01 断面的高潮带生物量为最低，为 1.592g/m^2 。SWC01 断面低潮带的栖息密度最高，为 1800.000ind/m^2 ；其次是 SWC02 断面的低潮带，栖息密度为 88.000ind/m^2 ；SWC03 断面的高潮带的栖息密度最低，为 4.000ind/m^2 。

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 $\text{SWC01} > \text{SWC02} > \text{SWC03}$ ，栖息密度由高到低排序为 $\text{SWC01} > \text{SWC02} > \text{SWC03}$ 。

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 3 种，分别为变化短齿蛤 (*Brachidontes variabilis*)、六柱扁藤壶 (*Platylepas hexastylus*) 和狄氏斧蛤 (*Donax dysoni*)。其中变化短齿蛤为第一优势种，优势度为 0.184。

⑥潮间带生物多样性指数、均匀度指数及丰富度指数

本次调查海区潮间带生物多样性指数的变化范围在 1.908~3.085 之间，平均值为 2.576；均匀度指数的变化范围在 0.428~0.892 之间，平均值为 0.727；丰富度指数范围在 1.702~2.363 之间，平均值为 2.005。

3.2.10 电磁环境现状调查与评价

本节引自《汕尾红海湾（海缆）海上电磁环境监测》（2023 年 7 月）和《汕尾红海湾（四）海上电磁环境监测》（2023 年 7 月）。

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	*****	*****
F5	*****	*****
F9	*****	*****
F21	*****	*****
F22	*****	*****
F23	*****	*****
F24	*****	*****
F27	*****	*****
F28	*****	*****
F29	*****	*****
F30	*****	*****
F31	*****	*****
F32	*****	*****
F33（对照点）	*****	*****

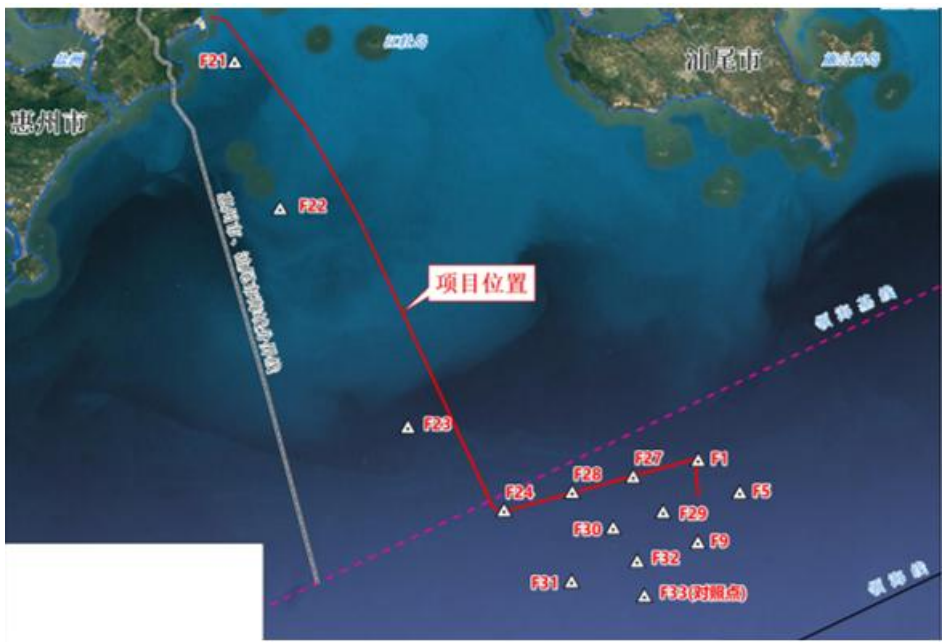


图 3.2.10-1 电磁检测站位示意图

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）。

3.2.11 噪声环境现状调查与评价

本节引自《汕尾红海湾三、四海上风电集中送出项目电磁噪声环境监测》（2023 年 7 月）和《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）。

（1）送出海底电缆路由区

2023 年 07 月 12 日对项目海域的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。

表 3.2.11-1 测试点位置坐标表

监测站位	经度	纬度	监测内容
F1	*****	*****	水下噪声、水上噪声
F21	*****	*****	水下噪声、水上噪声
F22	*****	*****	水下噪声、水上噪声
F23	*****	*****	水下噪声、水上噪声
F24	*****	*****	水下噪声、水上噪声
F28	*****	*****	水下噪声、水上噪声
F34	*****	*****	水下噪声、水上噪声

监测站位	经度	纬度	监测内容
F35	*****	*****	水下噪声、 水上噪声
F36	*****	*****	水下噪声、 水上噪声

(2) 风电场区

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 3.2.11-2。

表 3.2.11-2 水下噪声调查站位坐标表

站位序号	站位经纬度
1	*****
2	*****
3	*****
4	*****
5	*****
6	*****
7	*****
8	*****
9	*****

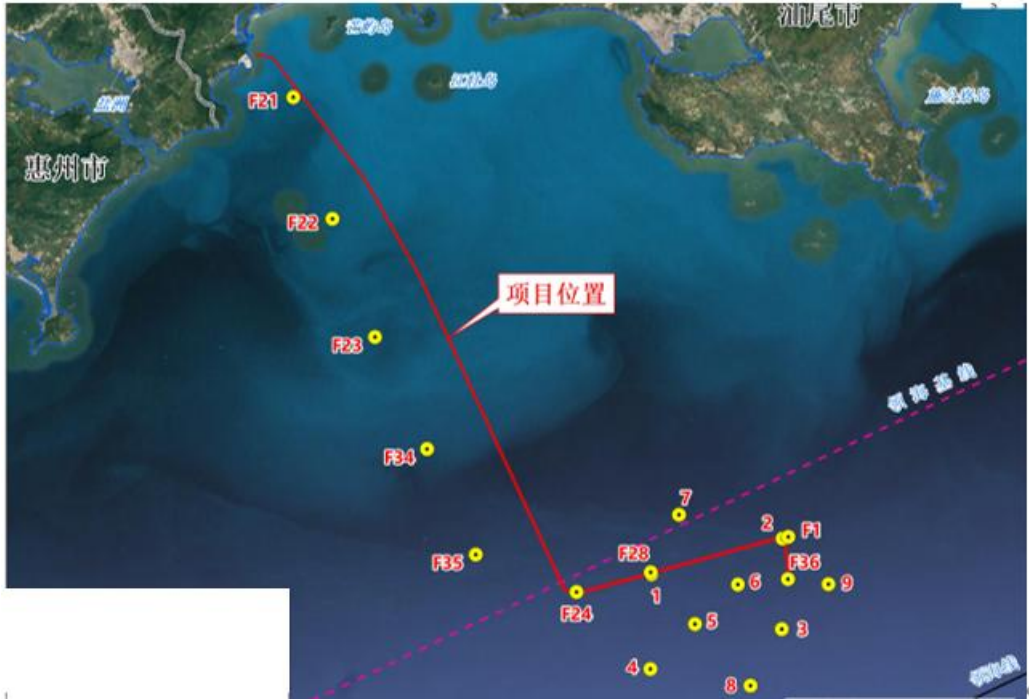


图 3.2.11-1 声环境调查站点布设示意图

(1) 水上声环境监测结果

由海上声环境现场调查结果可知，该工程海域海面上环境噪声无计权等效噪声级主要分布在 49~61dB 之间。

(2) 工程海域频带声压级和声压谱级

①送出海底电缆路由区

工程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，噪声谱级的总动态变化范围是 59dB，而在特定频率（如 100Hz）的噪声功率谱级的动态变化范围为 19dB。总体上，在 100Hz 以上的频率的噪声谱级在 98dB 以下；500Hz 以上频率的噪声谱级均在 87dB 以下；1kHz 以上频率的噪声谱级在 87dB 以下；而在 5kHz 以上频率，噪声谱级在 73dB 以下。

②风电场区

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。

3.2.12 鸟类资源

本节引自《汕尾红海湾五、六海上风电集中送出项目鸟类现状监测专题报告》（2025 年 4 月）。

3.2.12.1 调查方法

（1）调查范围

根据《海上风电工程环境影响评价技术规范》（国家海洋局，2014 年 4 月），鸟类生态环境现状调查范围应至少涵盖工程边界线向外扩展 8km 区域，并视受保护鸟类受影响程度适当增加。海底管线沿垂直海底管线路由方向从管线外缘向两侧扩展不少于 5km。此外，增加距离登陆点约 15 km 的广东省海丰鸟类省级保护区东关联安围的滩涂鱼塘作为调查范围。

（2）调查内容

主要包括调查区域环境概况、鸟类种类组成、数量、居留型及食性；主要迁徙鸟类的种类、数量、迁徙行为、飞行模式等；鸟类优势类群及其生境选择；国家级重点保护鸟类受保护鸟类的种类与数量。邻近区域鸟类、湿地自然保护区鸟类种群资源群落统计分布情况。

（3）调查时间与频次

依据《海上风电工程环境影响评价技术规范》，鸟类现状调查周期一般为一年，调查频次每季至少为1次以上。最佳调查时间根据本地的物候特点确定，其原则是：调查时间应选择调查区域内的水鸟种类和数量均保持相对稳定的时期；调查应在较短时间内完成，一般同一天内数据可以认为没有重复计算，面积较大区域可以采用分组方法在同一时间范围内开展调查，以减少重复记录。在2023年8月、2023年11月、2024年1月、2024年3月进行观测，共进行4次监测。

（4）鸟类调查及统计方法

根据《海上风电工程环境影响评价技术规范》制定的方法调查海上风电场及周边的鸟类。

①鸟类监测采用样带法、样点法和分区直数法：

样带法：本次调查主要使用海上样线法，即调查人员乘船沿固定线路前进，调查人员从船上调查船两侧400m以内飞行和水中海鸟，船行的速度在7-16节，完整地记录所见样线两侧的鸟种、数量、高度或距离，并采用快照的方法以确定鸟类密度。

其中，调查样线×两侧宽度=调查样带，样带面积为调查评价范围的10%。实际调查时，先乘船驶至项目实施区域，定位至调查区域坐标角点，再按事前规划好的样线分布图在调查区域内前进，至边界坐标时折返，最后以到达调查区域相对角点为结束。

样点法：采用样点法作为样线法的补充，在区域内选取固定的观察点进行观察计数，选择项目场址四角角点和项目内部随机分布点作为观测样点，周边区域根据生境异质性选择沙滩、泥滩、红树林、浅海、农田等类型设置观测点，通过乘船或步行用望远镜开展调查。

分区直数法：在水鸟聚集的区域（如滩涂或者开阔水域）则采用分区直数法，直接统计出水鸟的种类和数量，主要在沿岸湿地使用。在涨潮时滩涂出露时有多种水鸟在滩上觅食，涨潮时到未淹没沙滩上集群停歇，采用直接计数方法对该区域进行鸟类种类及数量统计。

直接计数法得到的某种鸟类数量总和即为该区域该种鸟类的数量。

把整个调查过程中的每种鸟类数量总和除以鸟类调查总数量，求出该种鸟类所占百分数。当百分数大于50%为极多种，用“++++”表示；百分数为10%

—50%，为优势种，用“+++”表示；当百分数为1%—10%，为常见种，用“++”表示；当百分数小于1%，为稀有种，用“+”表示。

监测使用单筒望远镜、双筒望远镜、单反相机、录音笔等工具记录沿途鸟类物种、数量、生境类型等信息。鸟类的鉴定参照《中国鸟类野外手册》，鸟类分类系统见郑光美（2023）《中国鸟类分类与分布名录（第四版）》。

②监测在晴朗、风力不大（一般在三级以下）的天气条件下进行。每日监测时间主要为清晨（日出后0.5小时至3小时）或傍晚（日落前3小时至日落）。

（5）鸟类监测数据分析

详述调查区域内各季节鸟类分布和密度、特有种、受保护物种、受胁物种和关注物种的生态学特征，评估项目区域作为鸟类栖息、觅食、繁殖和/或换羽地的重要性。采用图表和名录详细列出评价区域历史和现场调查观测到的种类和数量，包括鸟类名称（中文名和学名）、记录数量、发现地点、时间、是否受保护物种、区域水鸟总数1%水鸟、区域具有代表性指标物种等。

3.2.12.2 区域概况分析

（1）鸟类种类特征

本次四季度调查，在项目区域及周边共记录鸟类97种，隶属14目31科。优势类群包括鸻形目（CHARADRIIFORMES）（32种）和雀形目（PASSERIFORMES）（27种）。由于本专题主要调查地为海上和沿岸湿地区域，湿地水鸟是该区域鸟类种群的重要组成部分。湿地水鸟是指在生态上依赖于湿地，即某一生活史阶段依赖于湿地，且在形态和行为上对湿地形成适应特征的鸟类。根据Howes等（1988）对水鸟的定义，广义的水鸟包括鹬科（Podicipedidae）、鹭科（Ardeidae）、鸭科（Anatidae）、秧鸡科（Rallidae）、反嘴鹬科（Recurvirostridae）、鸻科（Charadriidae）、鹬科（Scolopacidae）、燕鸥科（Glareolidae）、鸥科（Laridae）、燕鸥科（Sternidae）、翠鸟科（Alcedinidae）等鸟类，其他统称为陆生鸟类。按上述定义，本次调查的鸟类中，水鸟58种，其他39种为陆生鸟类种，主要为各种生境广泛分布的广布种以及多数在湿地活动的湿地依赖种类。按主要居留型划分，留鸟共有38种，迁徙鸟共59种，其中冬候鸟38种，迁徙过境鸟7种，夏候鸟14种，可以看出本季节冬候鸟种类较多。

在保护动物中，属于广东省重点保护陆生野生动物的有23种，主要为鸻形

目(CICONIIFORMES)和鸻形目鸟类;属于国家重点保护陆生动物的有 15 种,其中包括一级保护的黑脸琵鹭(*Platalea minor*),以及二级保护的褐翅鸦鹃(*Centropus sinensis*)、小鸦鹃(*Centropus bengalensis*)、紫水鸡(*Porphyrio porphyrio*)、翻石鹬(*Arenaria interpres*)、阔嘴鹬(*Limicola falcinellus*)、大凤头燕鸥(*Thalasseus bergii*)、白琵鹭(*Platalea leucorodia*)、岩鹭(*Egretta sacra*)、鸮(*Pandion haliaetus*)、黑翅鸢(*Elanus caeruleus*)、黑鸢(*Milvus migrans*)、普通鵟(*Buteo japonicus*)、白胸翡翠(*Halcyon smyrnensis*)和红隼(*Falco tinnunculus*)等 15 种;根据最新的国家保护的有重要生态、科学、社会价值的陆生野生动物名录(下简称“三有”动物),除 15 种国家级保护物种外,其余 82 种均为三有保护动物;列入国家保护动物红色名录近危及以上级别的有 6 种,包括属于濒危(EN)级别的黑脸琵鹭、易危(VU)级别的紫水鸡,以及属于近危(NT)物种的大凤头燕鸥、白琵鹭、黑翅鸢和鸮等 4 种;列入 IUCN 红皮书近危以上级别的物种有 5 种,其中属于濒危(EN)级别的有黑脸琵鹭 1 种,其余 3 种为近危(NT)级别,包括白额鸢(*Calonectris leucomelas*)、黑尾塍鹬(*Limosa limosa*)、灰尾漂鹬(*Heteroscelus brevipes*)和红颈滨鹬(*Calidris ruficollis*)。列入 CITES(濒危野生动植物种国际贸易公约)附录 II 的有白琵鹭、鸮、黑翅鸢、黑鸢、普通鵟和红隼等 6 种。《中华人民共和国政府和日本国政府保护候鸟及其栖息环境的协定》名录(以下简称中日候鸟保护协定)和《中国政府和澳大利亚政府保护候鸟及其栖息环境的协定》名录(以下简称中澳候鸟保护协定)是中国分别和日本、澳大利亚签订的有关候鸟保护的协定,目的是尽力减少对两国间候鸟所到之主要地区的伤害。本地区中,属于中日候鸟保护协定的有 48 种,中澳候鸟保护协定种类有 30 种。

以上统计中,除国家重点保护名录和 CITES 名录中有猛禽和鸦鹃类物种以外,其余收录于各名录中的物种均为水鸟,且以迁徙性物种占绝大部分,说明该地区位于东亚-澳大利西亚候鸟迁徙路线上。

(2) 鸟类数量概况

数量方面,共记录鸟类 7531 只次,其中数量超过 10%的优势种有 2 种,分别为白鹭(*Egretta garzetta*)和大白鹭(*Ardea alba*),数量分别占总数量的 18.1%和 16.5%。常见种有 16 种,包括有红嘴鸥(*Chroicocephalus ridibundus*)(占调

查总数量的 9.2%，下同）、反嘴鹈（*Recurvirostra avosetta*）（6.5%）、环颈鸻（*Charadrius alexandrinus*）（5.7%）、铁嘴沙鸻（*Charadrius leschenaultii*）（5.5%）、黑腹滨鹬（*Calidris alpina*）（4.5%）、苍鹭（*Ardea cinerea*）（2.6%）、蒙古沙鸻（*Charadrius mongolus*）（2.2%）、黑翅长脚鹬（*Himantopus himantopus*）（2.1%）、灰翅浮鸥（*Chlidonias hybrida*）（2.0%）、家燕（*Hirundo rustica*）（1.4%）、红颈滨鹬（1.4%）、普通鸬鹚（*Phalacrocorax carbo*）（1.3%）、青脚鹬（*Tringa nebularia*）（1.2%）、泽鹬（*Tringa stagnatilis*）（1.2%）、黑脸琵鹭（1.1%）、白额燕鸥（*Sternula albifrons*）（1.0%）。16 种常见种数量总占总调查数量的 49.1%，和优势种合并则两者共 19 个物种占调查总数量的 83.7%，说明调查区域鸟类主要物种的优势度明显，从现场调查发现优势种栖息聚集程度较高，主要集中在沿岸沙滩和围垦养殖塘内。

《国际重要湿地公约（Ramsar）》对重要湿地的评价标准中有这样一条：“如果一块湿地定期栖息有一个水禽物种或亚种某一种群 1% 的个体，就应被认为具有国际重要意义”。生态专家认为，水鸟栖息具有混群性，占全球种群数量 1% 以上的水鸟物种，往往可以作为同类水鸟的代表物种，反映整个水鸟的丰富程度，从而反映栖息地的生态环境质量。因此，国际上通常将鸟类的丰富程度作为衡量一个地区生态环境质量优劣的重要标志。本项目所调查鸟类物种的全球种群数量 1% 数量估计来自于湿地国际的水鸟种群数量估计（Wetlands International 2016）。经对比分析，项目用地和周边区域的单次鸟类调查数量超过全球种群数量 1% 以上的物种有黑脸琵鹭一种，占种群数量比例的 1.26%。

3.2.12.3 各季节调查结果详述

（1）夏季调查（2023 年 8 月）总体情况

2023 年 8 月为夏季调查，本次调查共记录鸟类 47 种，隶属 10 目 22 科。优势类群包括鸻形目 15 种。水鸟共有 30 种，陆鸟 17 种。数量上，共记录 1132 只次，优势种为大白鹭和小白鹭，数量分别占该月调查总数量的 36.7% 和 36.1%。常见种有 11 种，包括有灰翅浮鸥、黑翅长脚鹬、环颈鸻、白额燕鸥、铁嘴沙鸻、家燕、池鹭、大凤头燕鸥、褐翅燕鸥、白头鹎、金腰燕，以上 11 种共占当季调查数量的 17.6%，与优势种合计共占总数量的 90.5%。优势种数量占相当大。

居留型方面，留鸟的种类较多，有 25 种，夏候鸟、冬候鸟和迁徙过境鸟分

别有 11 种、7 种和 4 种，其中部分种类在本地区有多个居留型的种群。数量上以留鸟数量占优，总数量的 82.2%，其次为夏候鸟，占总数量的 9.2%，迁徙过境鸟占总数量的 5.4%，冬候鸟数量较少，占 3.2%。总体上以两种鹭鸟为主要调查到的物种，两种在调查区域内可见到繁殖对。

保护物种中，属于广东省重点保护陆生野生动物的有 15 种，包括黑水鸡、黑翅长脚鹬、中杓鹬、白额燕鸥、褐翅燕鸥、粉红燕鸥、黑枕燕鸥、灰翅浮鸥、黄斑苇鹀、夜鹭、绿鹭、池鹭、牛背鹭、大白鹭和白鹭；国家重点保护动物有 6 种，均为二级保护，分别为褐翅鸦鹬、紫水鸡、大凤头燕鸥、岩鹭、黑翅鸢和白胸翡翠；列入国家保护动物红色名录近危以上级别的有 3 种，其中紫水鸡属于易危（VU）级别，大凤头燕鸥和黑翅鸢属于近危（NT）级别；属于 IUCN 红皮书近危以上级别的有 1 种，为灰尾漂鹬，属于近危（NT）级别；列入 CITES 附录的物种有 1 种，为黑翅鸢，均属于附录 II；属于《中华人民共和国政府和日本国政府保护候鸟及其栖息环境的协定》名录内的物种共有 20 种，列入《中国政府和澳大利亚政府保护候鸟及其栖息环境的协定》名录的物种共有 16 种。

（2）秋季调查（2023 年 11 月）总体情况

2023 年 11 月为秋季调查，本次调查共记录鸟类 67 种，隶属 12 目 28 科。优势类群包括雀形目 20 种，和鸽形目 19 种。水鸟共有 40 种，陆鸟 27 种。数量上，共记录 2050 只次，优势种为大白鹭、白鹭和红嘴鸥，数量分别占该月调查总数量的 16.0%、12.9%和 12.0%。常见种有 15 种，包括有铁嘴沙鸨、环颈鸪、反嘴鹬、蒙古沙鸨、家燕、普通鸬鹚、红脚鹬、黑翅长脚鹬、青脚鹬、苍鹭、黑尾塍鹬、泽鹬、红颈滨鹬、普通燕鸥和池鹭，以上 15 种共占当季调查数量的 45.1%，与优势种合计共占总数量的 85.9%。以上数量较多的种类中仅家燕不是水鸟，说明水鸟数量占优。

居留型方面，留鸟的种类较多，有 30 种，其次为冬候鸟，有 25 种，夏候鸟和迁徙过境鸟分别各有 6 种，其中部分种类在本地区有多个居留型的种群。数量上以冬候鸟数量最多，占总数量的 40.8%，其次为留鸟，占 36.7%，迁徙过境鸟占总数量的 17.0%，夏候鸟数量较少，占 5.5%。本季调查较多迁徙越冬的种类，部分冬候鸟已抵达本地，数量较丰富。

保护物种中，其中属于广东省重点保护陆生野生动物的有 15 种，包括黑水

鸡、黑翅长脚鹬、反嘴鹬、红嘴鸥、黑尾鸥、普通燕鸥、黄斑苇鹀、夜鹭、池鹭、牛背鹭、苍鹭、大白鹭、中白鹭和白鹭；国家重点保护动物有 12 种，除黑脸琵鹭为一级保护外，其余均为二级保护，包括有褐翅鸦鹃、小鸦鹃、紫水鸡、翻石鹬、白琵鹭、岩鹭、黑翅鸢、黑鸢、普通鵟、白胸翡翠和红隼；列入国家保护动物红色名录近危以上级别的有 4 种，其中黑脸琵鹭属于濒危（EN）级别，紫水鸡属于易危（VU）级别，白琵鹭和黑翅鸢属于近危（NT）级别；属于 IUCN 红皮书近危以上级别的有 3 种，其中黑脸琵鹭属于濒危（EN）级别，黑尾塍鹬和红颈滨鹬属于近危（NT）级别；列入 CITES 附录的物种有 5 种，为白琵鹭、黑翅鸢、黑鸢、普通鵟和红隼，均属于附录 II；属于《中华人民共和国政府和日本国政府保护候鸟及其栖息环境的协定》名录内的物种共有 30 种，列入《中国政府和澳大利亚政府保护候鸟及其栖息环境的协定》名录的物种共有 18 种。

（3）冬季调查（2024 年 1 月）总体情况

2024 年 1 月为冬季调查，本次调查共记录鸟类 65 种，隶属 12 目 27 科。优势类群为鸽形目 20 种。水鸟共有 43 种，陆鸟 22 种。数量上，共记录 2974 只次，优势种为红嘴鸥、反嘴鹬和黑腹滨鹬，数量分别占该月调查总数量的 15.1%、11.4%和 10.8%。常见种有 17 种，包括有白鹭、大白鹭、环颈鸪、苍鹭、铁嘴沙鸪、红颈滨鹬、黑翅长脚鹬、黑脸琵鹭、蒙古沙鸪、泽鹬、针尾鸭、普通鸬鹚、三趾滨鹬、琵嘴鸭、红嘴巨燕鸥、青脚鹬、灰鸪，以上常见种共占当季调查数量的 52.3%，与三种优势种合计共占调查数量的 89.6%。可以发现越冬期优势类群较多样，包括鸥类、鹬类、鹭类等。

居留型方面，留鸟和冬候鸟的种类较多，分别有 28 和 27 种，迁徙过境鸟有 6 种，夏候鸟为 4 种，其中部分种类在本地区有多个居留型的种群。数量上以冬候鸟和留鸟数量占优，分别占总数量的 65.4%和 22.0%，过境迁徙鸟占 9.0%，夏候鸟数量较少占 3.6%。

在保护物种中，属于广东省重点保护陆生野生动物的有 14 种，包括黑水鸡、夜鹭、池鹭、苍鹭、大白鹭、中白鹭、白鹭、黑翅长脚鹬、反嘴鹬、红嘴鸥、黑尾鸥、红嘴巨燕鸥、灰翅浮鸥和斑鱼狗；国家重点保护动物有 8 种，其中一级保护有 1 种，为黑脸琵鹭，二级保护有 8 种，分别为褐翅鸦鹃、紫水鸡、白琵鹭、岩鹭、鸮、普通鵟、白胸翡翠；列入国家保护动物红色名录近危以上级别的有 4

种，其中黑脸琵鹭属于濒危（EN）级别，紫水鸡属于易危（VU）级别，白琵鹭和鸮属于近危（NT）级别；属于 IUCN 红皮书近危以上级别的鸟类有 3 种，其中黑脸琵鹭属于濒危（EN）级别，黑尾塍鹬和红颈滨鹬属于近危（NT）级别；列入 CITES 附录的物种有 3 种，白琵鹭、鸮和普通鳊，均属于附录 II；属于《中华人民共和国政府和日本国政府保护候鸟及其栖息环境的协定》名录内的物种共有 30 种，列入《中国政府和澳大利亚政府保护候鸟及其栖息环境的协定》名录的物种共有 17 种。

（4）春季调查（2024 年 3 月）总体情况

2024 年 3 月为春季调查，本次调查共记录鸟类 55 种，隶属 12 目 23 科。优势类群包括鸻形目 18 种。水鸟共有 33 种，陆鸟 22 种。数量上，共记录 1375 只次，优势种为白鹭和大白鹭，数量分别占该月调查总数量的 29.2%和 20.6%。常见种有 12 种，包括有铁嘴沙鸻、环颈鸻、灰翅浮鸥、白额燕鸥、黑枕燕鸥、斑嘴鸭、反嘴鹬、蒙古沙鸻、青脚鹬、灰鸻、红脚鹬、黑翅长脚鹬，以上 12 种共占当季调查数量的 39.3%，与优势种合计共占总数量的 89.1%。优势种数量占比较大。

居留型方面，留鸟的种类较多，有 25 种，夏候鸟和冬候鸟分别有 11 和 14 种，迁徙过境鸟有 5 种，其中部分种类在本地区有多个居留型的种群。数量上以留鸟数量占优，总数量的 54.4%，其次为冬候鸟，占 18.8%，迁徙过境鸟占总数量的 14.6%，夏候鸟占 12.2%，各种类型占比较接近。

在保护物种中，属于广东省重点保护陆生野生动物的有 15 种，包括黑水鸡、黄斑苇鹀、绿鹭、池鹭、牛背鹭、苍鹭、大白鹭、白鹭、反嘴鹬、黑翅长脚鹬、白额燕鸥、褐翅燕鸥、粉红燕鸥、黑枕燕鸥、灰翅浮鸥；国家重点保护动物有 7 种，均为二级保护，分别为褐翅鸦鹃、紫水鸡、阔嘴鹬、岩鹭、黑翅鸢、普通鳊和白胸翡翠；列入国家保护动物红色名录近危以上级别的有 3 种，其中紫水鸡属于易危（VU）级别，黑翅鸢属于近危（NT）级别；属于 IUCN 红皮书近危以上级别的有 2 种，为白额鸬和灰尾漂鹬，均属于近危（NT）级别；列入 CITES 附录的物种有 2 种，为普通鳊和黑翅鸢，均属于附录 II；属于《中华人民共和国政府和日本国政府保护候鸟及其栖息环境的协定》名录内的物种共有 26 种，列入《中国政府和澳大利亚政府保护候鸟及其栖息环境的协定》名录的物种共有 19

种。

3.2.12.4 海域鸟类现状

周边 8km 缓冲区域内均为浅海海域，调查主要通过乘船沿样线观察，期间仅发现极少量燕鸥科鸟类飞行。将调查范围扩展至沿岸浅海海域，则在海域中共发现鸟类 4 目 4 科 16 种，共 990 只次，其中多数个体在离岸 2-5km 范围内发现。以鸻形目鸟类为主，数量最多的是红嘴鸥，占海面调查总数量的 47.7%，其次为普通鸬鹚，占总数量的 10.2%，数量较多的还有灰翅浮鸥、白鹭和黑枕燕鸥，均超过海面调查总数量的 5%。其中红嘴鸥和红嘴巨燕鸥多分布在离岸较近的海面，而白额鸬鹚、褐翅燕鸥、黑枕燕鸥等则多在离岸较远海面被记录到，沿海上调查样线零星分布。白额鸬鹚、鸥类和燕鸥类飞行高度约在海面至 20m 高，偶尔冲下海面觅食鱼类。白鹭、大白鹭、岩鹭和普通鸬鹚等体型较大的鹭科和鸬鹚科鸟类多数在沿岸和离岸岩礁上停歇，飞行速度较慢，飞行高度范围多在 5-30m，除岩鹭喜单独活动外，其余多为集群活动。

记录到在海面活动的种类中，有岩鹭、大风头燕鸥 2 种国家二级保护动物，其他种类多为省级重点保护的鸥科和鹭科鸟类，以燕鸥种类最多，有 7 种。

3.2.12.5 沿岸鸟类现状

和海上调查相比，沿岸鸟类在物种和数量上均远高于场区周边海域。本调查共记录种类 14 目 31 科 86 种，数量 6845 只次，占本项目调查总数量的 86.8%。沿岸滩涂是本区域鸟类主要觅食地和栖息地。沿岸鸟类优势种为白鹭（20.0%）、大白鹭（18.6%），滩涂上分布较多的还有反嘴鹬、环颈鸻和铁嘴沙鸻等。

在保护物种方面，属于广东省重点保护陆生野生动物的有 17 种；国家重点保护动物有 13 种，其中一级保护有黑脸琵鹭 1 种，二级保护有 12 种，分别为褐翅鸬鹚、小鸬鹚、紫水鸡、翻石鹬、阔嘴鹬、白琵鹭、黑翅鸬鹚、鸬鹚、黑鸬鹚、普通鸬鹚、白胸翡翠和红隼；列入国家保护动物红色名录近危以上级别的有 5 种，其中黑脸琵鹭属于濒危（EN）级别，紫水鸡属于易危（VU）级别，白琵鹭、鸬鹚和黑翅鸬鹚属于近危（NT）级别；属于 IUCN 红皮书近危以上级别的有 4 种，其中黑脸琵鹭属于濒危（EN）级别，黑尾塍鹬、灰尾漂鹬和红颈滨鹬属于近危（NT）级别；列入 CITES 附录的物种有 6 种，为白琵鹭、鸬鹚、黑鸬鹚、黑翅鸬鹚、普通鸬鹚和

红隼，均被列入附录 II；属于《中华人民共和国政府和日本国政府保护候鸟及其栖息环境的协定》名录内的物种共有 44 种，列入《中国政府和澳大利亚政府保护候鸟及其栖息环境的协定》名录的物种共有 24 种。

本项目所在近岸区域鸟类分布最集中的区域为广东海丰鸟类省级自然保护区的东关联安围片区，包括长沙湾的滩涂湿地和联安围的鱼塘湿地，保护区内分布有多种国家重点保护鸟类，其中黑脸琵鹭的数量超过全球总数量的 1%，是广东沿海最重要的黑脸琵鹭越冬地。

3.2.13 自然保护区

项目论证范围内有深圳深汕九龙湾海洋生态市级自然保护区，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。2023 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 623.8297 公顷。保护区的主要保护对象为真鲷、黑鲷、鲈鱼、鲻鱼、鳗鲡、锯缘青蟹，以及虾、贝类等重要经济种类及其产卵场和繁育场等特殊海洋生态系统。该保护区位于本项目北侧，最近距离约为 1.3km。

3.2.14 珍稀海洋生物

（1）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 头蠍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。

(2) 海马

海马因其头部酷似马头而得名，是一种近陆浅海小型鱼类，隶属海龙目海龙科海马属头侧扁，头每侧有 2 个鼻孔，头与躯干成直角形，胸腹部凸出，由 10~12 个骨头环组成，一般体长 10cm 左右，尾部细长，具四棱，常呈卷曲状，全身完全由膜骨片包裹，有一无刺的背鳍，无腹鳍和尾鳍。雄性海马腹面有一个育儿囊，卵产于其内进行孵化，一年可繁殖 2~3 代。

生活习性：海马因其拟态适应特性，习性也较特殊，喜栖于藻丛或海韭菜繁生的潮下带海区。性甚懒惰，常以卷曲的尾部缠附于海藻的茎枝之上，有时也倒挂于漂浮着的海藻或其他物体上，随波逐流。即使为了摄食或其他原因暂时离开缠附物，游泳一段距离之后，又找到其他物体附着之上。海马的游泳姿势十分优美，鱼体直立水中，完全赖以背鳍和胸鳍高频率地作波状摆动（每秒钟 10 次）而作缓慢的游动（每分钟仅达 1m~3m）。海马的活动一般多在白天（上午和下午），晚上则呈静止状态。海马在水质变劣、氧气不足或受敌害侵袭时，往往因咽肌收缩而发出咯咯的响声，这给养殖者发出“求救”的信号，但在摄食水面上的饵料时也会发声，应加以区别。

食性：海马是靠鳃盖和吻的伸张活动吞食食物，饵料的大小以不超过吻径为度。对饵料的种类和鲜度有一定选择性。海马的觅食视距仅为 1m 左右，所以饵料要投在经常群集处。自然海区海马主要摄食小型甲壳动物，主要有桡足类、蔓足类的藤壶幼体、虾类的幼体及成体、莹虾、糠虾和钩虾等。在人工饲养条件下，以摄食糠虾和樱虾效果最好，其次为足类和端足类。淡水枝角类等也可食，但要注意避免因在海水中迅速死亡以污染水质。

海马的摄食量与水温、水质密切相关。在适温范围内，水温高，则摄食量大，消化快。水质不良时，摄食量减少，甚至停食。在正常条件下，海马的日摄食量约占体重的 10%。海马一次摄食量很大，同时耐饥性也很强，从初生苗到成鱼耐饥时间可达 4~132 天。

运动方式：海马尾部的构造和功能与其他鱼类迥异。栖止时的海马，利用尾部具有卷曲的能力，使尾端得以缠附在海藻的茎枝上。故海马多栖息在深海藻类

繁茂之外。游泳的姿态也很特别，头部向上，体稍斜直立于水中，完全依靠背鳍和胸鳍来进行运动，扇形的背鳍起着波动推进的作用。

生活环境：在自然海域中，海马通常喜欢生活在珊瑚礁的缓流中，因为它们不善于游水，故而经常用它那适宜抓握的尾部紧紧勾勒住珊瑚的枝节、海藻的叶片上，将身体固定，以使不被激流冲走。

生育：海马的雌雄鉴别很简单，就是雄鱼有腹囊（俗称：育儿袋），而雌鱼没有腹囊。海马并不是雌雄同体，海马只是雄性孵化。每年的5月~8月是海马的繁殖期，8~9月为盛产期，渔民常于此时用张网捕捉。

在本项目引用的2024年4月海洋环境现状调查结果中未发现以上珍稀海洋生物。

3.2.15 “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）粤东近海区蓝圆鲹产卵场

粤东近海区蓝圆鲹产卵场水深约40-75米，产卵期1-4月，本项目不位于粤东近海区蓝圆鲹产卵场内，距离较近。

（2）南海北部金线鱼产卵场

南海北部金线鱼产卵场分布范围较广，由海南岛东岸一直延伸到汕尾附近（为东经111°45'-115°45'），水深为25-107米，主要是40-80米，产卵期3-8月，本项目部分位于南海北部金线鱼产卵场内。

（3）南海北部幼鱼繁育场保护区

南海北部幼鱼繁育场保护区位于南海北部及北部湾沿岸40m等深线水域，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。

（4）南海区幼鱼、幼虾保护区

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

水产种质资源保护区。在禁渔期间，禁止底拖网渔船、拖虾渔船进入上述海域内生产。

（5）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。

（6）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。

4 资源生态影响分析

4.1 生态影响分析

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 水动力影响预测分析

4.1.1.1 三维水动力模式

1、基本方程

三维水动力数学模型是基于三维不可压缩流，雷诺平均化的 N-S 方程，服从 Boussinesq 假定和静水压力假设，它包括了紊流影响以及密度变化，同时包含了温度平衡方程：

(1) 控制方程

①连续方程

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial uD}{\partial x} + \frac{\partial vD}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial \sigma} = 0$$

②动量方程

$$\begin{aligned} \frac{\partial uD}{\partial t} + \frac{\partial u^2 D}{\partial x} + \frac{\partial uvD}{\partial y} + \frac{\partial uwD}{\partial \sigma} - f_v D + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} &= \frac{\partial}{\partial \sigma} \left[\frac{A_M}{D} \frac{\partial u}{\partial \sigma} \right] \\ &\quad - \frac{gD^2}{\rho_0} \frac{\partial}{\partial x} \int_{\sigma}^0 \rho d\sigma + \frac{gD}{\rho_0} \frac{\partial D}{\partial x} \int_{\sigma}^0 \sigma \frac{\partial \rho}{\partial \sigma} d\sigma + F_x \\ \frac{\partial vD}{\partial t} + \frac{\partial uvD}{\partial x} + \frac{\partial v^2 D}{\partial y} + \frac{\partial vwD}{\partial \sigma} + f_u D + gD \frac{\partial \eta}{\partial y} &= \frac{\partial}{\partial \sigma} \left[\frac{A_M}{D} \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right] \\ &\quad - \frac{gD^2}{\rho_0} \frac{\partial}{\partial y} \int_{\sigma}^0 \rho d\sigma + \frac{gD}{\rho_0} \frac{\partial D}{\partial y} \int_{\sigma}^0 \sigma \frac{\partial \rho}{\partial \sigma} d\sigma + F_y \\ DF_x &= \frac{\partial}{\partial x} \left[2DA_H \frac{\partial u}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[DA_H \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right] \\ DF_y &= \frac{\partial}{\partial y} \left[2DA_H \frac{\partial v}{\partial y} \right] + \frac{\partial}{\partial x} \left[DA_H \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right] \end{aligned}$$

$$\sigma = \frac{z - \eta}{H + \eta}$$

$$z = \eta, \sigma = 0$$

$$z = -H, \sigma = -1$$

其中：

x 、 y 、 z —坐标系三个分量；

D —总水深（m）， $D = H + \eta$ ， H 为平均海平面下水深（m）， η 为平均海平面起算水位（m）；

u — x 方向（东方向）流速（m/s）；

v — y 方向（北方向）流速（m/s）；

w — σ 坐标系流速（m/s），方向为等 σ 线的法线方向，它与三维直角坐标系下垂向流速 W 的关系为：

$$w = W - u \left(\sigma \frac{\partial D}{\partial x} + \frac{\partial \eta}{\partial x} \right) - v \left(\sigma \frac{\partial D}{\partial y} + \frac{\partial \eta}{\partial y} \right) - \left(\sigma \frac{\partial D}{\partial t} + \frac{\partial \eta}{\partial t} \right)$$

f —科氏参数；

g —重力加速度；

A_H —水平湍流粘滞系数，采用 Smagorinsky 公式计算；

A_M —垂直湍流粘滞系数，由求解双方程湍动能封闭模型求得；

ρ_0 为参考密度，取 1025 kg/m^3 ；

ρ 为海水密度，由海水状态方程计算。

（2）温盐输运扩散方程为：

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} + v \frac{\partial C}{\partial y} + w \frac{\partial C}{\partial \sigma} = \frac{\partial}{\partial x} \left(K_M \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_M \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(K_v \frac{\partial C}{\partial \sigma} \right)$$

其中， C 分别代表温度或盐度。 K_M 为水平扩散系数，取 $0.05 A_H$ ， K_v 为垂直扩散系数，由双方程湍动能封闭模型求得。

（3）初始条件

初始速度场、水位场（开边界除外）均为 0。初始温盐场采用 HYCOM 温盐预报数据，分别插值到对应网格与层次。

（4）边界条件

①在自由表面上（ $\sigma = 0$ ）：

$$w(0) = 0$$

$\rho_0 K_M \left(\frac{\partial u}{\partial \sigma}, \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right) = (\tau_{ax}, \tau_{ay})$, τ_{ax}, τ_{ay} 为海表风应力在 x、y 方向上的分量。

②在海底 ($\sigma = -1$) :

$$w(-1)=0$$

$\rho_w A_M \left(\frac{\partial u}{\partial \sigma}, \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right) = (\tau_{bx}, \tau_{by})$, τ_{bx}, τ_{by} 为海底切应力 x、y 方向上的分量。

③侧边界条件:

在固边界上, 流的法向分量恒为零, $\vec{V}(x, y, \sigma, t) = 0$, 无热、盐交换。

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

$$\eta = \eta_0 + \sum_{i=1}^8 A_i f_i \cos(w_i t + (V_0 + u_0) - \varphi_i)$$

式中, η_0 为平均潮位, A 为分潮振幅, ω 为分潮角速率, f 为交点因子, t 是区时, $(V_0 + u_0)$ 是平衡潮展开分潮的区时初相角, φ 为区时迟角。

温、盐边界条件采用 HYCOM 温盐预报数据, 分别插值到对应网格与层次。

④干湿边界

对计算区域内滩地干湿过程, 采用水位判别法处理, 即当某点水深小于浅水深 ε_{dry} (如 0.1m) 时, 令该处流速为零, 滩地干出, 当该处水深大于 ε_{flood} (如 0.2m) 时, 参与计算, 潮水上滩。

(5) 计算方法

对笛卡儿坐标系下的控制方程的归一化:

$$\frac{\partial U}{\partial t} + \frac{\partial (F_x^I - F_x^V)}{\partial x} + \frac{\partial (F_y^I - F_y^V)}{\partial y} = S$$

其中:

$$U = \begin{bmatrix} h \\ h\bar{u} \\ h\bar{v} \end{bmatrix}$$

$$F_x^I = \begin{bmatrix} h\bar{u} \\ h\bar{u}^2 + \frac{1}{2}g(h^2 - d^2) \\ h\bar{u}\bar{v} \end{bmatrix}, F_x^V = \begin{bmatrix} 0 \\ hA(2\frac{\partial \bar{u}}{\partial x}) \\ hA(\frac{\partial \bar{u}}{\partial y} + \frac{\partial \bar{v}}{\partial x}) \end{bmatrix}$$

$$F_y^I = \begin{bmatrix} h\bar{v} \\ h\bar{u}\bar{v} \\ h\bar{v}^2 + \frac{1}{2}g(h^2 - d^2) \end{bmatrix}, F_y^V = \begin{bmatrix} 0 \\ hA(\frac{\partial \bar{u}}{\partial y} + \frac{\partial \bar{v}}{\partial x}) \\ hA(2\frac{\partial \bar{v}}{\partial y}) \end{bmatrix}$$

$$S = \begin{bmatrix} 0 \\ gh\frac{\partial d}{\partial x} + \bar{v}h - \frac{h}{\rho_0}\frac{\partial p_a}{\partial x} - \frac{gh^2}{2\rho_0}\frac{\partial \rho}{\partial x} - \frac{1}{\rho_0}(\frac{\partial S_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{xy}}{\partial y}) + hu_s \\ gh\frac{\partial d}{\partial y} - \bar{u}h - \frac{h}{\rho_0}\frac{\partial p_a}{\partial y} - \frac{gh^2}{2\rho_0}\frac{\partial \rho}{\partial y} - \frac{1}{\rho_0}(\frac{\partial S_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{yy}}{\partial y}) + hv_s \end{bmatrix}$$

对于归一化后的方程，在每一个单元上积分，根据高斯定理，将面积分化为线积分

$$\int A_i \frac{\partial U}{\partial t} d\Omega + \int \Gamma_i (F \cdot n) ds = \int A_i S(U) d\Omega$$

进一步简化后得到：

$$\frac{\partial U_i}{\partial t} + \frac{1}{A_i} \sum_j^{NS} F \cdot n \Delta \Gamma_j = S_i$$

2、模型搭建及地形处理

(1) 模型搭建

水动力模块包含两个模态，即内模态和外模态，在进行计算时，外模态忽略垂向结构，考虑水平对流和扩散，计算二维变量。内模态三维水动力模型考虑垂向分层使用 Sigma 坐标，模型层数分为 5 层，计算三维变量，按稳定性要求 $\frac{\Delta t}{2} < \frac{\alpha \cdot \Delta s}{\sqrt{gH_{max}}}$, $\alpha = 1 \sim 3$ ，水流数学模型的计算步长为动态时间步长，取 0.1s~30s。

计算海域的糙率是个综合影响因素，是数值计算中十分重要的参数，与水深、床面形态、植被条件等因素有关，经调试，糙率 n 取值为 0.001。涡粘系数采用 Smagorinsky 公式确定。

$$A = C \Delta x \Delta y \left[\left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

式中： u 、 v 分别为 x 、 y 方向的流速分量（m/s）； Δx 为 x 方向网格尺寸， Δy 为 y 方向网格尺寸； C 为常数，计算时通过输入 C 的值来计算涡粘系数， C 可以取 0.25 到 1.0 之间的数，本报告取模型默认参数为 0.28。

项目对潮流的影响表现为升压站对水流的影响，通过拖曳力模拟，拖曳力 F 可表示为：

$$F = \frac{1}{2} \rho_w C_D A_e V^2$$

其中 ρ_w 是水的密度， C_D 是拖曳系数， A_e 为受潮流影响的桩基基础面积， V 是潮流流速。其中，升压站为四桩导管架基础，根开 $43.7\text{m} \times 38.5\text{m}$ ，桩径 4.3m ，因此考虑升压站四桩导管架基础的阻水作用。

模型求解采用非结构网格中心网格有限体积法求解，其优点为计算速度较快，非结构网格可以拟合复杂地形。从外海至近岸海域区网格尺寸逐渐减小，其中近岸海域网格尺寸为 $50 \sim 100\text{m}$ ，外海网格尺度约 1km 。工程海域附近网格进行局部加密，最小网格尺寸约 30m 。模型网格图见图 4.1.1-1。模型计算时间为 2023 年 8 月 25 日 00:00~2023 年 9 月 11 日 00:00。

图 4.1.1-1 模型计算范围（不公开）

图 4.1.1-2 项目附近海域网格加密（不公开）

（2）水深地形与风场资料

数学模型计算时，依据工程附近海图水深融合 ETOP1 全球地形数据库水深资料以及项目区域实测水下地形确定水深，并将水深统一换算至 1985 国家高程基准。采用三角插值的方法将高程散点插值到各网格节点。模型风场数据采用 ERA5 再分析逐时资料。

（3）边界处理

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

3、模型验证

（1）验证资料

根据《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）中大潮期间的潮位、流速流向等实测资料，采用 6 个水文站位（A1~A6）和 3 个潮位观测站位（T1~T3）进行模型验证，站位位置见图 4.1.1-3。

图 4.1.1-3 项目附近海域水文调查站位图（不公开）

（2）验证结果

各潮位站潮位以及流速过程验证结果见下图。验证结果表明：潮位站和流速点的计算潮位、流速、流向和实测值基本吻合，个别站点计算流速与实测流速的误差稍大（可能由于地形资料和边界条件的偏差引起），所建立的工程范围海域潮流数学模型合理可信，基本反映了项目所在海域整体的海流运动规律；工程海域潮流点的计算流速、流向和实测值吻合较好，相位差基本控制在 0.5h 以内，流速值的相对误差基本在 20%以内，表明所建模型能够反映项目所在海域潮流的变化特征，可用来模拟研究工程实施造成的水动力变化情况。

①潮位验证

潮位验证结果见图 4.1.1-4~图 4.1.1-6。

表 4.1.1-1 各个站点潮位验证总体偏差表（单位：m）

站位	T1	T2	T3
绝对平均误差	0.0777	0.0707	0.0646

图 4.1.1-4 T1 站潮位验证曲线（不公开）

图 4.1.1-5 T2 站潮位验证曲线（不公开）

图 4.1.1-6 T3 站潮位验证曲线（不公开）

②流速流向结果验证

流速流向验证结果见图 4.1.1-7~图 4.1.1-13。模型计算站位流向与实测流向基本吻合，仅个别站点在转流时刻附近出现一定偏差，站点的模型计算流速与实测流速量值基本吻合。

总体而言，模型验证的潮位、流速-流向与实测值基本吻合，可认为模型基本反映了工程海域的潮流场运动特征，可作为本项目水动力环境、悬沙扩散、冲淤环境等方面预测计算的基础。

图 4.1.1-7 A1 站流速、流向验证（2023 年 8 月 28 日 14:00~29 日 15:00）（不公开）

图 4.1.1-8 A2 站流速、流向验证（2023 年 8 月 28 日 14:00~29 日 15:00）（不公开）

图 4.1.1-9 A3 站流速、流向验证（2023 年 8 月 28 日 14:00~29 日 15:00）（不公开）

图 4.1.1-10 A4 站流速、流向验证（2023 年 8 月 28 日 14:00~29 日 15:00）（不公开）

图 4.1.1-11 A5 站流速、流向验证（2023 年 8 月 28 日 14:00~29 日 15:00）（不公开）

图 4.1.1-12 A6 站流速、流向验证（2023 年 8 月 28 日 14:00~29 日 15:00）（不公开）

4.1.1.2 工程前潮流场分析

采用经过验证的潮流数学模型，对工程前 2023 年 8 月大潮期间的潮流场进行分析。图 4.1.1-13、图 4.1.1-14 为工程前涨急流场图和落急流场图。

由于红海湾海域受夏季季风驱动的沿岸流影响，外海流向基本集中于 NE~ESE 区间。工程所在水域涨潮流整体上为 NE 向，涨急流速为 0.2~0.4m/s；落潮流自整体上为 E~ESE 向，落急流速为 0.2~0.6m/s。表底层流向基本一致，表层流速略大于底层流速。

图 4.1.1-13a 工程前工程海域大潮涨急流场（表层）（不公开）

图 4.1.1-13b 工程前工程海域大潮涨急流场（中层）（不公开）

图 4.1.1-13c 工程前工程海域大潮涨急流场（底层）（不公开）

图 4.1.1-14a 工程前工程海域大潮落急流场（表层）（不公开）

图 4.1.1-14b 工程前工程海域大潮落急流场（中层）（不公开）

图 4.1.1-14c 工程前工程海域大潮落急流场（底层）（不公开）

4.1.1.3 工程后对潮流场影响分析

本项目涉海工程主要有海底电缆和海上升压站，海底电缆工程埋设在海床以下，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，因此不对潮流动力产生影响。影响潮流主要是海上升压站。

为了分析工程实施后对附近水域潮流动力环境的影响，分别选取了 12 个代表点进行定量分析。各代表点具体位置分布见图 4.1.1-15。

图 4.1.1-15 项目升压站附近代表点分布示意图（不公开）

各代表点工程前后大潮的涨急、落急时刻中层流速流向变化结果见表 4.1.1-2 和表 4.1.1-3。工程实施后升压站附近海域各代表点大潮涨急流速变化值位于-0.012~0.003m/s 之间；大潮涨急流向变化值位于-1.2~2.3° 之间；各代表点大潮落急流速变化值位于-0.001~0.001m/s 之间，大潮落急流向变化值位于-0.1~0.1° 之间。工程实施前后涨落急流场对比图见图 4.1.1-19~图 4.1.1-24。总体上看，由于升压站的桩径不大，项目实施不会对附近海域水动力环境产生明显影响。

表 4.1.1-2 工程前后中层大潮涨急流速流向变化

代表点	流速 (m/s)			流向 (°)		
	工程前	工程后	变化值	工程前	工程后	变化值
T1	0.241	0.233	-0.008	53.3	55.6	2.3
T2	0.240	0.228	-0.012	53.3	54.1	0.9
T3	0.241	0.229	-0.012	53.3	53.6	0.3
T4	0.241	0.236	-0.005	53.3	52.5	-0.9
T5	0.241	0.235	-0.006	53.3	54.8	1.5
T6	0.240	0.233	-0.007	53.3	53.7	0.4
T7	0.240	0.234	-0.006	53.3	53.0	-0.3
T8	0.242	0.243	0.001	53.3	52.2	-1.2
T9	0.242	0.245	0.003	53.4	53.4	0.0
T10	0.240	0.229	-0.011	53.3	54.6	1.3
T11	0.240	0.235	-0.005	53.2	55.1	1.9
T12	0.241	0.231	-0.010	53.3	53.0	-0.3

表 4.1.1-3 工程前后中层大潮落急流速流向变化

代表点	流速 (m/s)			流向 (°)		
	工程前	工程后	变化值	工程前	工程后	变化值
T1	0.480	0.480	0.000	89.1	89.1	0.0
T2	0.479	0.479	0.000	89.0	89.0	0.1
T3	0.480	0.480	0.000	89.0	89.0	0.0
T4	0.482	0.482	0.000	89.0	89.0	-0.0
T5	0.480	0.480	0.000	89.1	89.1	0.0
T6	0.479	0.479	0.000	89.0	89.0	0.0
T7	0.480	0.479	-0.001	88.9	88.9	-0.0
T8	0.482	0.482	0.000	89.0	89.0	-0.1
T9	0.482	0.483	0.001	89.1	89.1	-0.0
T10	0.479	0.479	0.000	89.0	89.1	0.0
T11	0.479	0.479	0.000	89.0	89.0	0.1
T12	0.481	0.481	0.000	89.0	89.0	-0.0

图 4.1.1-16 升压站附近工程前后中层大潮涨急流场对比图（不公开）

图 4.1.1-17 升压站附近工程前后中层大潮落急流场对比图（不公开）

图 4.1.1-18 升压站附近工程后-工程前中层涨急流速变化等值线图（不公开）

图 4.1.2-19 升压站附近工程后-工程前中层落急流速变化等值线图（不公开）

4.1.2 地形地貌与冲淤影响预测分析

(1) 大范围海床冲淤分析

从模型计算结果分析可知，工程建设对流态的影响主要在工程附近海域，对远处海域流态影响较小。因此可初步认为工程区附近水域有一定的冲淤变化，而

工程远区冲淤影响较小。为进一步确定工程实施对周围海域冲淤变化的影响，采用由动力场变化引起的半经验半理论公式进行冲淤估算。

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

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

本报告采用选取泥沙研究工作经常采用的公式对工程方案实施后附近水域底床的淤积情况进行计算：

$$p = \frac{\alpha \omega S_* T}{\gamma_d} \left[1 - \left(\frac{v_2}{v_1} \right)^{2m} \right]$$

式中： p ——年平均淤积强度（m）；

α ——沉降几率，取 0.67；

ω ——泥沙沉降速度（cm/s）；

S_* ——为水体平均悬沙含量，取工程附近悬沙调查结果 0.026kg/m³；

T ——泥沙沉降时间，按一年的总秒数计；

γ_d ——淤积物的干容重，根据 2024 年 4 月的 SW15、SW19、SW21 站位沉积物中值粒径分别为 0.118mm、0.108mm、0.097mm，靠近风电场段取靠近风电场段站位的平均中值粒径为 0.108mm。根据经验公式 $\gamma_c = 1750 D_{50}^{0.183}$ ，取 γ_c 为 1164.54kg/m³；

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

m ——根据当地的流速与含沙量的关系近似取作 1。

基于水动力结果计算了工程实施前后附近水域年冲淤变化，工程实施后附近海域年冲淤变化图见图 4.1.2-1。（+表示淤积，-表示冲刷）

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桩基附近。

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海域。预测结果表明,工程实施后升压站桩基附近流速受桩基影响出现一定程度减缓,导致桩基附近主要出现 0.10m/a 左右的淤积,桩基北侧部分区域出现 0.05m/a 左右的冲刷。

图 4.1.2-1 工程实施后升压站附近海域年冲淤变化图(不公开)

(2) 桩基础附近局部冲刷影响分析

风电场建设后,风电场大范围的潮流动力几乎没有变化,风电场大范围地形地貌及冲淤环境也不会发生明显变化。但具体到桩基础,可能发生局部冲淤。

影响桩基最大可能局部冲刷的因素主要有以下几方面:波浪在传递过程中引起的水质点的运动,是造成桩基冲刷的主要动力;潮流流速大小直接影响水流对泥沙的搬运能力;桩径的大小和桩基与海面垂直方向上的夹角大小,对最大冲刷深度也有一定的影响;此外,最大可能冲刷深度与水深增加不完全呈单调增大趋势,与泥沙粒径减小也不完全呈增大趋势。总而言之,风电机组桩基改变了海底局部水沙环境,造成比自然状态更为复杂的冲刷趋势。判别局部冲刷深度的方法有数值分析法、物理模型实验法和经验公式法等。在众多方法中,经验公式法主要依据广泛的实测资料根据数理分析方法建立的计算公式,具有一定的可靠性,同时因其公式比较简单直观,在工程设计前期应用较广。自 20 世纪 60 年代以来从桩基的冲刷机理可看出,桩基局部最大冲刷深度涉及水动力、底质、桩径等多种因素,各国学者通过现场观察和室内试验先后对冲刷深度进行研究,提出许多根据试验数据提炼出的经验公式,如 Shen,H.W.等提出的经验模式、贝斯金模式、全苏水科院模式、天津大学模式、韩海骞公式、王汝凯公式等。本报告采用韩海骞公式计算本项目升压站桩径(4.3m)的最大可能冲刷深度值,韩海骞通过物理模型试验,得到实测数据,并通过量纲分析得到在潮流作用下桩墩局部冲刷深度计算公式:

$$\frac{h_b}{h} = 17.4k_1k_2\left(\frac{B}{h}\right)^{0.326}\left(\frac{d_{50}}{h}\right)^{0.167}F_r^{0.628}$$

式中: h_b 为潮流作用下桩墩最大局部冲刷深度(m); h 为全潮最大水深(m); B 为最大水深条件下平均阻水宽度(m); d_{50} 为海床泥沙的中值粒径(m); F_r 为 Froud 参数, u 为最大流速(m/s); k_1 为基础桩平面布置系数,条形取 1.0,梅花形取 0.862; k_2 为基础桩垂直布置系数,直桩取 1.0,斜桩取 1.176。

考虑波浪对于局部冲刷的作用，提出用以下公式计算波浪水质点的平均流速：

$$V_2 = 0.2 \frac{H}{d} C$$

式中：V₂为波浪水质点的平均流速（m/s）；H为波高（m）；C为波速， $C = (gT/2\pi) \tanh(kd)$ ，k为波数， $k = 2\pi/L$ ，L为波长（m），T为波周期（s）。则考虑波浪作用下最大流速为 $u = V_1 + V_2$ ，V₁为最大潮流流速。

冲刷坑范围可用冲刷半径表示，可由下式进行计算：

$$r = \frac{\alpha}{2} + \frac{h_s}{\tan\varphi}$$

式中：r表示最大冲刷范围半径，α为桩径，h_s为最大冲刷深度，角度φ指的是泥沙休止角。根据张洪武的研究，天然沙的水下休止角公式为 $\varphi = 35.3d^{0.04}$ 。

相关结果见表 4.1.2-1，上述经验公式计算结果仅供设计参考，建议开展桩基局部冲刷专题研究，为桩基基础设计提供合理数据。另外，建议工程建成后对升压站基础局部冲刷情况加强监测，及时采取防护措施。

表 4.1.2-1 工程桩基最大可能局部冲刷深度

水深（m）		40
5 年一遇	有效波高（m）	6.8
	平均波周期（s）	11.7
	波长（m）	182.6
考虑波浪作用下最大流速（m/s）		0.97
泥沙中值粒径（mm）		0.108
桩径（m）		4.3
最大可能局部冲刷深度（m）		5.95
最大可能局部冲刷直径（m）		23.14

4.1.3 对水质环境的影响分析

4.1.3.1 施工悬浮物扩散预测影响分析

1、基本方程

（1）控制方程

项目施工期带来的悬浮物输运扩散对水质环境的影响采用悬浮物扩散方程进行预测。Sigma 坐标系下三维泥沙平流扩散、沉降控制方程为：

$$\frac{\partial CD}{\partial t} + u \frac{\partial CD}{\partial x} + v \frac{\partial CD}{\partial y} + w_f \frac{\partial C}{\partial \sigma} = K_M \frac{\partial}{\partial x} \left(D \frac{\partial C}{\partial x} \right) + K_M \frac{\partial}{\partial y} \left(D \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(\frac{K_v}{D} \frac{\partial C}{\partial \sigma} \right) + DS_c$$

其中：\$C\$ 为水体悬沙含量，\$S_c\$ 为输入源强，\$w_f\$ 为泥沙有效沉速，\$w_f = w - w_s\$，\$w_s\$ 为泥沙静水中沉速。\$K_M\$ 为水平扩散系数，采用欧拉公式：

$$K_{MX} = 5.93 \sqrt{gH} |u| / C_z \quad K_{MY} = 5.93 \sqrt{gH} |v| / C_z$$

\$C_z\$ 为 chezy 系数；\$K_v\$ 为垂直扩散系数，由求解双方程湍动能封闭模型求得。

$$\text{岸界边界条件:} \quad \frac{\partial C}{\partial n} = 0$$

侧开边界的边界条件：

$$\text{入流时} \quad C|_{\Gamma} = p_0 \quad ;$$

\$\Gamma\$ 为水边界，\$P_0\$ 为边界上浓度，因本底悬沙浓度不大，不考虑本底值，取 \$P_0=0\$。

$$\text{出流时} \quad \frac{\partial C}{\partial t} + U_n \frac{\partial C}{\partial n} = 0, \quad U_n \text{ 为边界法向流速;}$$

$$\text{自由表面上:} \quad w_f C + K_v \frac{\partial C}{\partial z} = 0$$

$$\text{海底床面:} \quad -K_v \frac{\partial C}{\partial z} - w_{fb} C_b = \begin{cases} M \left(\frac{v^2}{v_e^2} - 1 \right) & v \geq v_e \\ 0 & v_d < v < v_e \\ w_{fb} C_b \left(\frac{v^2}{v_d^2} - 1 \right) & v \leq v_d \end{cases}$$

式中：\$M\$ 为冲刷系数，取曹祖德实验参数，\$M=6.4 \times 10^{-3}\$；\$w_{fb}\$ 为近底层泥沙有效沉速，\$w_{fb} = w_s - w\$，\$w_s\$ 为泥水静水沉速，\$w_{fb} \times C_b\$ 为悬沙垂直沉降通量，\$K_v \frac{\partial C}{\partial z}\$ 为近底层泥沙在湍流运动作用下的上扬通量；\$V\$ 为底层流速，\$V_d\$ 为泥沙从悬浮状态落淤的临界流速，\$V_e\$ 为床面泥沙悬扬临界流速。

(2) 计算参数

①糙率

同水动力模型预测中糙率取值。

②模型计算时间步长

模型采用的时间步长 \$\Delta t = 30s\$。

③泥沙沉降速度

泥沙沉速 w_s 采用张瑞瑾通用泥沙沉速公式计算：

$$w = \sqrt{(13.95 \frac{v}{D})^2 + 1.09 \alpha g D} - 13.95 \frac{v}{D}$$

其中， v 为水运动粘滞系数，取值 $0.01146 \text{cm}^2/\text{s}$ ； D 为泥沙粒径，取 2024 年 4 月全部沉积物站位的平均中值粒径为 0.077mm ； α 为重率系数，取 1.7。

④泥沙沉降机率

泥沙沉降机率 α 取值根据潮汐水流中的悬沙运动及冲淤计算（窦国仁, 1963）文献中推荐公式：

$$\alpha = 0.5 + \Phi\left(\frac{\omega}{\sigma}\right)$$

其中函数 $\Phi\left(\frac{\omega}{\sigma}\right)$ 根据机率积分，可查表得到； ω 为泥沙沉速， σ 为脉动流速均方根， $\sigma = 1.25 \frac{u\sqrt{g}}{C}$ ， C 为谢才系数， g 为重力加速度， u 为断面平均流速。

2、源强设置

本工程悬沙源强主要考虑海缆铺设施工悬沙源强，项目近岸段、中间段和靠近风电场段的源强设置如下：

（1）近岸段

根据同类工程施工经验，设海缆沟槽底宽约 0.3m ，顶宽约 0.5m ，敷设速度取 $5 \text{m}/\text{min}$ ，近岸段总体埋深在 3m ，取 3m 。根据类似工程施工经验，单条电缆施工的悬浮物起悬以施工土方量的 20% 计，产生悬浮物泥沙量为 $1.20 \text{m}^3/\text{min}$ 。电缆埋设机冲切海床引起的悬浮物源强计算过程如下：

$$Q = L \times A \times \gamma_s \times P$$

式中： Q (kg/s) 为海底悬浮泥沙强度， kg/s ； L 为开挖进度， m/s ； γ_s 为泥沙干容重， kg/m^3 ； A 为海缆挖沟横截面， m^2 ； P 为起悬浮泥沙所占挖沙量比例，以施工土方量的 20% 计。2024 年 4 月的 SW01 沉积物中值粒径为 0.053mm 、泥沙干容重按照 $\gamma_d = 1750 D_{50}^{0.183}$ 公式计算，沉积物干容重为 $1022.31 \text{kg}/\text{m}^3$ ，电缆施工的悬浮物源强为 $20.45 \text{kg}/\text{s}$ 。

（2）中间段

根据同类工程施工经验，设海缆沟槽底宽约 0.3m ，顶宽约 0.5m ，敷设速度

取 5m/min，中间段涉及航道，总体埋深在 4m。根据类似工程施工经验，单条电缆施工的悬浮物起悬以施工土方量的 20%计，产生悬浮物泥沙量为 1.60m³/min。电缆埋设机冲切海床引起的悬浮物源强计算过程如下：

$$Q=L \times A \times \gamma_s \times P$$

式中：Q（kg/s）为海底悬浮泥沙强度，kg/s；L 为开挖进度，m/s； γ_s 为泥沙干容重，kg/m³；A 为海缆挖沟横截面，m²；P 为起悬浮泥沙所占挖沙量比例，以施工土方量的 20%计。2024 年 4 月的 SW06、SW10 站位的中值粒径分别为 0.014mm、0.127mm，则平均中值粒径为 0.071mm，泥沙干容重按照 $\gamma_d = 1750 D_{50}^{0.183}$ 公式计算，沉积物干容重为 1078.50kg/m³，电缆施工的悬浮物源强为 28.76kg/s。

（3）靠近风电场段

根据同类工程施工经验，设海缆沟槽底宽约 0.3m，顶宽约 0.5m，敷设速度取 5m/min，靠近风电场段总体埋深在 3m。根据类似工程施工经验，单条电缆施工的悬浮物起悬以施工土方量的 20%计，产生悬浮物泥沙量为 1.20m³/min。电缆埋设机冲切海床引起的悬浮物源强计算过程如下：

$$Q=L \times A \times \gamma_s \times P$$

式中：Q（kg/s）为海底悬浮泥沙强度，kg/s；L 为开挖进度，m/s； γ_s 为泥沙干容重，kg/m³；A 为海缆挖沟横截面，m²；P 为起悬浮泥沙所占挖沙量比例，以施工土方量的 20%计。2024 年 4 月的 SW15、SW19、SW21 站位沉积物中值粒径分别为 0.118mm、0.108mm、0.097mm，靠近风电场段取靠近风电场段站位的平均中值粒径为 0.108mm，泥沙干容重按照 $\gamma_d = 1750 D_{50}^{0.183}$ 公式计算，沉积物干容重为 1164.54kg/m³，电缆施工的悬浮物源强为 23.29kg/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。根据海底电缆开挖特点，海缆施工时产生的瞬时源强主要存在于底层，模型在模拟计算过程中将源强点布置于距离底床 4m 的位置，以此模拟海缆敷设过程中产生的悬浮泥沙扩散过程。项目海底电缆施工源强点沿海缆走向设置，设置间隔为 150m，共设置 453 个源强点，每个源强点释放持续时间 0.5 小时，源强分布见图 4.1.3-1。

图 4.1.3-1 项目施工期源强点分布图（不公开）

3、模拟结果

模拟完整的全潮周期（15 天）施工所产生的悬沙输运和扩散，输出每半小时的浓度场，分别统计施工悬沙增量大于 10mg/L、20mg/L、50mg/L、100mg/L 的包络线面积（即在 15 天模拟期间内各网格点构成的最高浓度值），项目施工悬沙最大浓度影响统计可见表 4.1.3-1。

施工期从表层到底层超第一、二类海水水质包络面积分别为 0.388km²、5.158km²、13.024km²、29.116km² 和 55.967km²，垂向平均超第一、二类海水水质包络面积为 20.731km²。施工期从表层到底层超第三类海水水质包络面积分别为 0.004km²、0.042km²、0.877km²、2.893km² 和 5.187km²，垂向平均超第三类海水水质包络面积为 1.801km²。

整体而言，悬沙扩散的影响范围基本局限于底层、次底层和中层、对次表层和表层的影响较小。电缆敷设实际影响是暂时的，随着工程结束，悬浮物对水环境的影响也将消失。

表 4.1.3-1 海缆施工产生悬沙增量面积(km²)

层次	>10mg/L	>20mg/L	>50mg/L	>100mg/L
表层	0.388	0.016	0.005	0.004
次表层	5.158	1.846	0.357	0.042
中层	13.024	7.135	2.185	0.877
次底层	29.116	13.298	6.353	2.893
底层	55.967	34.166	15.616	5.187
垂向平均	20.731	11.292	4.903	1.801

图 4.1.3-2 项目海缆施工产生悬沙增量包络线图（表层）（不公开）

图 4.1.3-3 项目海缆施工产生悬沙增量包络线图（次表层）（不公开）

图 4.1.3-4 项目海缆施工产生悬沙增量包络线图（中层）（不公开）

图 4.1.3-5 项目海缆施工产生悬沙增量包络线图（次底层）（不公开）

图 4.1.3-6 项目海缆施工产生悬沙增量包络线图（底层）（不公开）

图 4.1.3-7 项目海缆施工产生悬沙增量包络线图（垂向平均）（不公开）

4.1.3.2 施工污水对水质环境的影响

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污水将收集统一处理，基本不会对水质环境造成影响。

4.1.3.3 运营期对水质环境影响

项目运营期间对海水水质的影响主要为升压站运维产生的废油和工作人员生活污水。项目运营期间对升压站的相关设备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，随运维船舶收集上岸送交有资质单位进行妥善处置。运营期运维产生的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。

因此，项目运营期间基本不会对所在海域水质环境造成影响。

4.1.4 对沉积物环境的影响分析

4.1.4.1 施工期沉积物环境影响

(1) 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 20.731km²、大于 100mg/L 的垂向平均包络线面积为 1.801km²。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。

（2）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。

4.1.4.2 运营期沉积物环境影响

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；同时，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，建议在项目运营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。

4.1.5.4 对“三场一通道”的影响分析

本项目紧邻粤东近海区蓝圆鲹产卵场，部分位于南海北部金线鱼产卵场、南海中上层鱼类产卵场、南海北部幼鱼繁育场保护区、南海区幼鱼、幼虾保护区、黄花鱼幼鱼保护区和蓝圆鲹、金色小沙丁鱼幼鱼保护区内。

1、施工期影响分析

（1）施工悬沙扩散影响

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。

高浓度的悬浮物对鱼类的影响主要表现为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。

（2）施工噪声对渔业资源的影响

打桩施工产生的噪声会对渔业资源造成一定的影响。工程施工期应确立升压站噪声阈值警戒区，对鱼类活动进行驱赶和迁移。在鱼类产卵季节，应在驱赶的基础上，控制施工强度，在打桩时减少每分钟的打桩次数。在进行首次水下打桩时先进行小强度的“软启动”，以驱赶海洋鱼类游离作业区。

2、运营期影响分析

（1）运营期电磁辐射对海洋生物的影响

目前学术界对于海底电缆产生的电磁场对海洋生物产生的影响还未有科学的定论。有研究认为，磁场能够影响鱼类，因为有些鱼的体内具有磁性物质，可用于识别地理磁场，从而协助它们进行空间定位。但是，这些研究都是以淡水鱼类为研究对象，因此与海水鱼类相比磁场反应有可能不同。且目前很少有现场研究对鱼类如何受到电缆及其所产生磁场的影响进行观测。一般情况下，海底电缆均敷设于海床以下，电缆外层的金属屏蔽层、铠装层以及海底土层对磁场具有强烈的屏蔽作用，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。电缆产生的电磁场强度非常小，基本与当地背景值一致。因此海上风电场海底电缆建成运行后，不会对海洋生物产生不利影响。

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。美国对鱼类的水下噪声（过渡性）门限值见下表。

表 4.1.6-1 美国对鱼类的水下噪声（过渡性）门限值

门限等级	门限定义	门限值
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。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 172 dB/re 1 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/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。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生物影响

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。施工期噪声可能会对鱼类的交流、行为、觅食和避敌产生短期的有害影响。

总体上施工中水下噪声对鱼类的影响主要表现为噪声干扰导致鱼类暂时游离施工水域，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 1 座海上升压站，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 0.4617 μ T~0.1018 μ T 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。

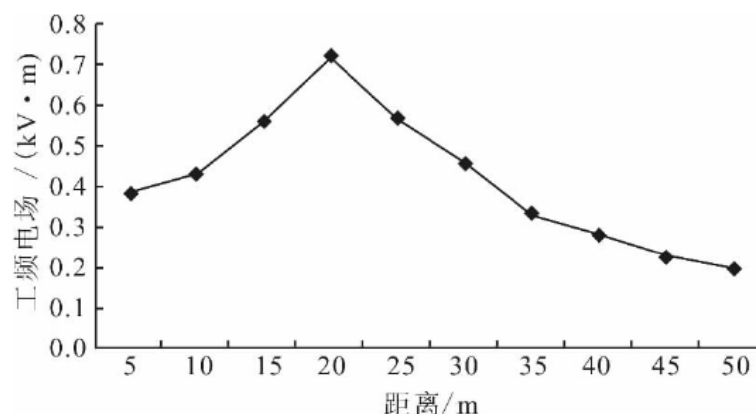


图 4.1.7-1 变电站外电场强度随距离的变化

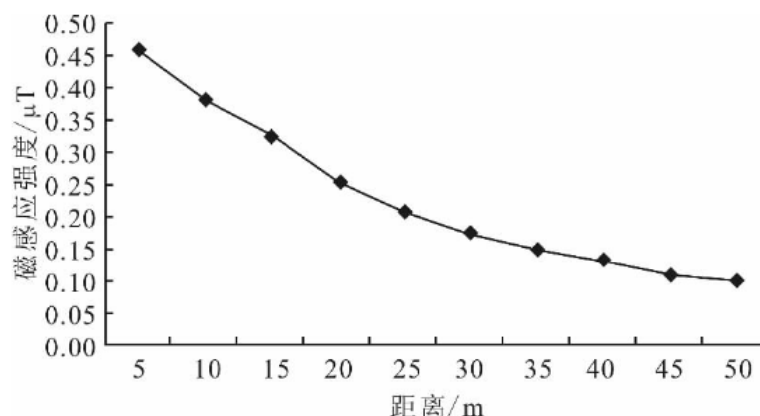


图 4.1.7-2 变电站外磁感应强度随距离的变化

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 1.05~62.43μT，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《电磁环境控制限值》（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

本项目为对珍稀海洋生物的影响主要为施工船舶施工及施工过程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）对海龟的影响

1) 施工期噪声对海龟的影响

水下打桩施工噪声可能会对海龟的行为、觅食产生短期的有害影响，施工船将会对在这一带水域活动的海龟造成某些滋扰，但由于受影响的海龟将因回避而离开施工区，当环境滋扰消失或较少时这些海龟将会恢复其原来的生活状态，如当航道施工作业完成或滋扰减少时，部分海龟会恢复其原来的活动范围，迁移到较远水域的个体一般还会回迁。因此，采取在项目施工前根据噪声预测结果设定警告区域，打桩施工前在警告区域范围内对海龟活动进行驱赶等措施，可有效避免施工期间水下噪声对海龟的影响。

2) 电磁环境对海龟的影响

海龟可以感知磁场，并利用地球磁场及其他引导方式进行远距离导航、迁徙和定向。研究表明，红海龟对磁场强度的敏感度和行为反应在 $0.0047\sim 4000\mu\text{T}$ 之间，绿海龟在 $29.3\sim 200\mu\text{T}$ 之间。

本工程海底电缆主要敷设于海底土层以下约 $3\sim 4\text{m}$ ，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，且海龟活动空间较大，在海底区域活动的海龟数量相对较少。因此，电缆电磁环境的影响总体上较为有限。

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。

(2) 对海马的影响

本项目施工期悬浮物的增加主要集中在项目工程周边海域，不会扩散至碣石湾海马珍稀濒危物种分布区，而且悬浮物是暂时的、局部的，施工结束后，影响也随即消失。施工期不向海域排放施工废水、含油污水、生活垃圾和建筑垃圾，运营期无污染物，对风电场周边海洋生态环境无明显影响。整体来说，项目建设对海马及其生境的影响较小。

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 4.1.9-1。

表 4.1.9-1 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2 km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。

(3) 地形地貌与冲淤

工程实施对海域冲淤影响主要出现升压站桩基附近，升压站桩基附近流速受桩基影响出现一定程度减缓，导致桩基附近主要出现 0.10m/a 左右的淤积，桩基北侧部分区域出现 0.05m/a 左右的冲刷。

(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。

项目运营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

本项目施工噪声主要为升压站打桩和海底电缆敷设的船舶施工噪声,打桩噪声时间短,施工船舶施工噪声值较小,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。

项目运营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,项目运营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;运营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,项目施工期间及运营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运营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 4.1.9-2 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	运营期
海洋生态	叶绿素a (mg/m ³)	表层	<0.64	0.22~2.72
		底层	<0.27	0.15~0.45

		初级生产力含量 mgC/ (m ² ·d)	<146.744	47.111~270.065
	浮游植物细胞 密度	×10 ⁴ ind/m ³	<519.2968	7.9360~6316.6404
	浮游植物种数		<129	129
	浮游动物个体 密度	ind/m ³	<1123.394	111.157~5904.241
	浮游动物生物 量	mg/m ³	<73.89	29.80~165.84
	浮游动物种数		<85	85
	底栖生物生物 量	g/m ²	<5.606	0.250~24.630
	底栖生物栖息 密度	ind/m ²	<101.429	25.000~175.000
地形地貌与冲淤		水深	0m~35m	淤积<0.10m/a 冲刷<0.05m/a
电磁环境	工频电场	V/m	<4000	<4000
	工频磁场	mT	<0.1	<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	℃	23.0~25.8	23.0~25.8
	盐度		32.638~34.467	32.638~34.467
	pH		8.12~8.19	8.12~8.19
	悬浮物	mg/L	>17.7	8.0~17.7
	COD	mg/L	0.16~1.20	0.16~1.20
	BOD ₅	mg/L	0.13~0.52	0.13~0.52
	DO	mg/L	<7.89	6.22~7.89
	无机氮	mg/L	0.0592~0.189	0.0592~0.189
	活性磷酸盐	mg/L	0.0026~0.0121	0.0026~0.0121
	石油类	mg/L	0.0047~0.0194	.0047~0.0194
	总汞	μg/L	0.007L~0.023	0.007L~0.023
	铜	μg/L	0.8~2.6	0.8~2.6
	铅	μg/L	0.11~0.90	0.11~0.90
	锌	mg/L	0.0046~0.0182	0.0046~0.0182
	铬	μg/L	0.4~1.6	0.4~1.6
	镉	μg/L	0.18~0.94	0.18~0.94
	砷	μg/L	0.7~1.8	0.7~1.8
	硒	mg/L	0.2L~1.0	0.2L~1.0
	镍	mg/L	0.5L~1.7	0.5L~1.7
	挥发性酚	μg/L	1.1L~1.8	1.1L~1.8
沉积物质量	粒度		/	/
	有机碳	%	0.10~0.71	0.10~0.71
	pH		7.92~8.28	7.92~8.28
	石油类	×10 ⁻⁶	4.3~16.2	4.3~16.2
	硫化物	×10 ⁻⁶	1.0~35.7	1.0~35.7
	铜	×10 ⁻⁶	5.8~13.5	5.8~13.5
	铅	×10 ⁻⁶	14.0~31.8	14.0~31.8
	锌	×10 ⁻⁶	43.6~75.0	43.6~75.0

	镉	$\times 10^{-6}$	0.04L~0.06	0.04L~0.06
	铬	$\times 10^{-6}$	41.9~66.2	41.9~66.2
	汞	$\times 10^{-6}$	0.016~0.163	0.016~0.163
	砷	$\times 10^{-6}$	3.10~9.37	3.10~9.37
海洋生物质量	铜	mg/kg	0.4L~13.4	0.4L~13.4
	铅	mg/kg	0.07~0.86	0.07~0.86
	锌	mg/kg	3.9~31.6	3.9~31.6
	镉	mg/kg	0.005L~0.552	0.005L~0.552
	铬	mg/kg	0.15~0.78	0.15~0.78
	汞	mg/kg	0.005~0.072	0.005~0.072
	砷	mg/kg	0.2L~5.5	0.2L~5.5
	石油烃	mg/kg	6.8~26.9	6.8~26.9

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

本项目为汕尾红海湾三海上风电项目、明阳汕尾红海湾四海上风电示范项目的集中送出工程，包含 1 座海上升压站和 2 回 500kV 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，华润海丰电厂“上大压小”新建工程厂区内，所在岸线为基岩岸线。项目 500kV 送出海缆申请范围已避让华润海丰电厂“上大压小”新建工程权属范围，申请用海范围不占用岸线，实际建设拟采用定向钻的施工方式穿越基岩岸线长度约 1.2m，海底电缆铺设于海底，采用定向钻的施工方式由地底穿过岸线，无需开槽，不影响自然岸线原有形态及生态功能。

本项目海底电缆铺设于海底，登陆段施工采用定向钻的施工方式，该施工方式从地底穿过海岸线，无需开挖，定向钻施工技术较为成熟，基本不会对所在岸线造成破坏，不影响自然岸线形态及原有生态功能。本项目在进行定向钻施工时应严格控制施工作业范围，制定合理施工计划，合理安排施工进度。项目产生的船舶油污水、生活污水、固体废弃物等均统一收集交给有资质的单位处理，不排海，不堆放于岸线所处的自然岸滩。

（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 1 座海上升压站，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 363.3087 公顷，其中，海上升压站透水构

筑物用海面积 0.6027 公顷，海底电缆管道用海面积 362.7060 公顷。500kV 送出海缆采用立体确权，立体确权高程范围为电缆管道设施下缘高程至实际设计或使用高程。

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：

$$Wi=Di \times Si$$

式中：

Wi 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；

Di 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；

Si 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。

海上升压站下部基础采用四桩导管架基础形式，基础下部设置有防沉板，海上升压站基础防沉板尺寸按照下部根开 43.2m×38.0m（包含桩基础）考虑。本项目 2 回送出海底电缆总长约 141.5km，海底电缆施工开挖回埋宽度约 0.5m，考虑实际敷设定位偏差及其他因素，计算对底栖生物破坏宽度按照电缆两侧各 5m 计算。本项目登陆段采用定向钻施工，扣除 2 回送出海底电缆底土穿越的潮间带长度（0.52km），本项目送出海底电缆施工造成底栖生物完全损失的面积为 140.98 公顷。

根据 2024 年 4 月项目附近海域进行的海洋环境现状调查数据，调查海域底栖生物平均生物密度为 5.606g/m²。

则本项目直接造成生物损失量为：

海上升压站防沉板造成底栖生物损失量： $1641.6 \times 5.606 \times 10^{-3} = 9.20\text{kg}$

送出海底电缆施工造成底栖生物损失量： $140.84 \times 10^4 \times 5.606 \times 10^{-6} = 7.90\text{t}$

因此，海上升压站防沉板造成底栖生物损失量 9.20kg，送出海底电缆施工造成底栖生物直接损失 7.90t。

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：

$$M_i = W_i \times T$$

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

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/ km^2 或个/ km^2 或千克（kg）/ km^2 ；

S_i 为某一污染物第 j 类浓度增量区面积， km^2 ；

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， $>10\text{mg/L}$ 悬浮泥沙扩散包络线面积为 20.731km^2 ， $>20\text{mg/L}$ 悬浮泥沙扩散包络线面积为 11.292km^2 ， $>50\text{mg/L}$ 悬浮泥沙扩散包络线面积为 4.903km^2 ， $>100\text{mg/L}$ 悬浮泥沙扩散包络线面积为 1.801km^2 。

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 (B_i)	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	$B_i \leq 1$ 倍	9.439	5	0.5
20~50	$1 < B_i \leq 4$ 倍	6.389	17.5	5
50~100	$4 < B_i \leq 9$ 倍	3.102	40	15

>100	$Bi \geq 9$ 倍	1.801	50	20
------	---------------	-------	----	----

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 2024 年 4 月项目附近海域进行的海洋环境现状调查数据，调查海域游泳生物、鱼卵、仔稚鱼的平均资源密度分别为 $253.299\text{kg}/\text{km}^2$ ， $4.223\text{ind}/\text{m}^3$ ， $0.630\text{ind}/\text{m}^3$ 。

则项目施工悬浮泥沙造成渔业资源损失量为：

$$\text{游泳生物} = 253.299 \times 1 \times (9.439 \times 0.5\% + 6.389 \times 5\% + 3.102 \times 15\% + 1.801 \times 20\%) = 0.3\text{t}$$

$$\begin{aligned} \text{鱼卵} &= 4.223 \times 17 \times 1 \times (9.439 \times 5\% + 6.389 \times 17.5\% + 3.102 \times 40\% + 1.801 \times 50\%) \times 10^6 \\ &= 2.68 \times 10^8 \text{ 粒} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{仔鱼} &= 0.630 \times 17 \times 1 \times (9.439 \times 5\% + 6.389 \times 17.5\% + 3.102 \times 40\% + 1.801 \times 50\%) \times 10^6 \\ &= 4.0 \times 10^7 \text{ 尾} \end{aligned}$$

因此，项目施工造成渔业资源直接损失量为：游泳生物 0.3t、鱼卵 2.68×10^8 粒、仔鱼 4.0×10^7 尾。

4.2.3 对海岛资源的影响

本项目论证范围内涉及到的海岛资源有 16 个，其中与本项目距离最近的为龙虾头岛，位于本项目送出海缆北侧约 1.1km。其余海岛与本项目有一定距离，不会对其产生影响。龙虾头岛为基岩岛，岛上无植被。本项目送出海底电缆的悬沙会扩散到龙虾头岛附近，但龙虾头岛为基岩岛，悬沙对其不会产生影响。海缆埋设在海床以下 3~4m，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，本项目不会对周边海岛资源产生影响。

4.2.4 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、港口等其他海洋资源有一定距离。总体上，项目对滩涂、港口以及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。

由《2024 年汕尾经济运行简况》（汕尾市人民政府门户网站，2025 年 1 月 26 日），根据广东省地区生产总值统一核算结果，2024 年，汕尾地区生产总值 1500.89 亿元，按不变价格计算，同比增长 4.0%。其中，第一产业增加值 205.75 亿元，同比增长 4.4%；第二产业增加值 433.60 亿元，增长 3.7%；第三产业增加值 861.54 亿元，同比增长 4.0%。

2024 年，汕尾农林牧渔业总产值 346.27 亿元，同比增长 5.3%。分行业看，农业产值增长 5.5%；林业产值增长 17.7%；牧业产值下降 3.9%；渔业产值增长 5.5%；农林牧渔专业及辅助性活动产值增长 16.3%。从农产品产量看，粮食产量 45.18 万吨，增长 3.8%；蔬菜及食用菌产量 163.64 万吨，增长 4.9%；园林水果产量 42.31 万吨，增长 8.1%；水产品产量 65.05 万吨，增长 5.3%；肉类总产量 11.05 万吨，下降 4.1%；生猪出栏量 93.05 万头，下降 6.2%；禽蛋产量 1.17 万吨，增长 2.4%。

规模以上工业增加值同比增长 1.1%。从主要行业看，采矿业增加值增长 140.2%；计算机、通信和其他电子设备制造业增加值增长 33.0%；电力、热力生

产和供应业增加值下降 3.1%。新动能快速发展,先进制造业增加值增长 10.9%,占规上工业增加值比重 47.2%,比上年提高 4.7 个百分点,其中,装备制造业增加值增长 23.6%;高技术制造业增长 13.6%,占规上工业增加值比重 44.4%,比上年提高 10.1 个百分点。

服务业增加值同比增长 4.0%。交通运输市场较为活跃。公路客运量 1017 万人,增长 7.3%,公路货运量 3439 万吨,增长 4.0%。营利性服务业增长较快。1-11 月,汕尾规模以上服务业企业实现营业收入 124.74 亿元,增长 10.6%。其中,营利性服务业企业实现营业收入 47.27 亿元,增长 12.7%。分行业看,房地产业(不含房地产开发)营业收入增长 12.7%,租赁和商务服务业营业收入增长 18.7%,居民服务、修理和其他服务业营业收入增长 17.8%,教育业营业收入增长 13.9%,卫生和社会工作业营业收入增长 12.7%。

固定资产投资同比下降 10.6%。分领域看,房地产开发投资呈现逆势强劲增长态势,增长 25.3%;基础设施投资下降 8.5%;工业投资下降 2.8%;工业技改投资下降 24.7%。投资结构持续优化,工业投资占固定资产投资比重为 46.8%,比上年提高 3.8 个百分点。

社会消费品零售总额 505.77 亿元,同比增长 2.5%。从按消费形态分,餐饮收入 70.40 亿元,增长 2.9%;商品零售 435.36 亿元,增长 2.5%。按经营单位所在地分,城镇消费品零售额 365.97 亿元,增长 2.0%;乡村消费品零售额 139.79 亿元,增长 4.1%。汕尾消费品以旧换新政策效应显现,消费升级类商品销售保持较快增长,限额以上单位家用电器和音像器材类、通讯器材类分别增长 107.9%、34.3%。

进出口总额 186.6 亿元,同比下降 9.5%。其中出口额 107.7 亿元,下降 18.3%;进口额 78.9 亿元,增长 6.0%。实际利用外商直接投资 2.19 亿元,下降 32.9%。

一般公共预算收入 74.27 亿元,同比增长 11.7%。其中,税收收入下降 6.9%,非税收入增长 28.6%。一般公共预算支出 283.18 亿元,增长 6.3%。其中,教育、社会保障和就业、卫生健康、住房保障支出分别增长 3.1%、15.3%、1.7%、21.4%。

居民人均可支配收入 32670 元,同比增长 6.2%。按城乡分,城镇居民人均可支配收入 38423 元,增长 5.0%;农村居民人均可支配收入 24287 元,增长 6.8%。汕尾居民消费价格指数与上年持平。其中,食品烟酒类与上年持平,衣着类上涨

0.3%，居住类下降 0.4%，生活用品及服务类下降 0.6%，交通和通信类下降 2.7%，教育文化和娱乐类上涨 1.0%，医疗保健类上涨 1.1%，其他用品和服务类上涨 3.9%。

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，本项目周边海域开发利用活动主要为拟建的海上风电项目、航道、航路、锚地、自然保护区、国控站位等。项目所在海域开发利用现状详见表 5.1.2-1 和图 5.1.2-1。

表 5.1.2-1 项目所在海域开发利用现状表

序号	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	汕尾西线航道	穿越
4	大星山甲子航道	穿越
5	粤东沿海近岸航路支线（汕尾至深圳大鹏湾段）	穿越
6	粤东沿海近岸航路	穿越
7	内航路	穿越
8	小漠航道	西侧，2.2km
9	青星航道	东侧，7.4km
锚地		
10	装运危险货物船舶锚地	东侧，5.2km
11	检疫锚地	东侧，6.6km
12	1 号引航检疫锚地	西侧，1.7km
13	2 号引航检疫锚地	西侧，0.8km
14	大型船舶临时避风锚地	东侧，0.7km
15	规划 1#锚地	西侧，6.9km
16	规划 2#锚地	西侧，5.7km
海上风电项目		
17	中广核惠州港口一海上风电场项目	西侧，7.8km
18	中广核惠州港口二 PA 海上风电场项目	西侧，7.8km
19	汕尾红海湾三海上风电项目（拟申请）	紧邻，集电海缆接入本项目海上升压站

序号	名称	与本项目相对位置 and 最近距离
20	明阳汕尾红海湾四海上风电示范项目（拟申请）	紧邻，集电海缆接入本项目海上升压站
21	华润汕尾红海湾五海上风电项目（拟申请）	东侧，4.6m
22	深能汕尾红海湾六海上风电项目（拟申请）	紧邻
其他项目		
23	鲘门镇红泉村沙埔海贝类养殖基地	东北侧，3.2km
24	华润海丰电厂“上大压小”新建工程	紧邻
25	深汕特别合作区小漠国际物流港防波堤一期工程	西侧，1.5km
26	深汕特别合作区小漠国际物流港一期工程	西侧，1.4km
27	汕尾港海丰港区华城石化配套三千吨级泊位码头	西侧，4.3km
28	现状红树林	北侧，1.4km
29	现状防波堤	北侧，1.5km
30	深圳深汕九龙湾海洋生态市级自然保护区	北侧，1.3km
31	国控站位 GDN14005	东北侧，0.6km
32	国控站位 GDN14003	西侧，0.5km

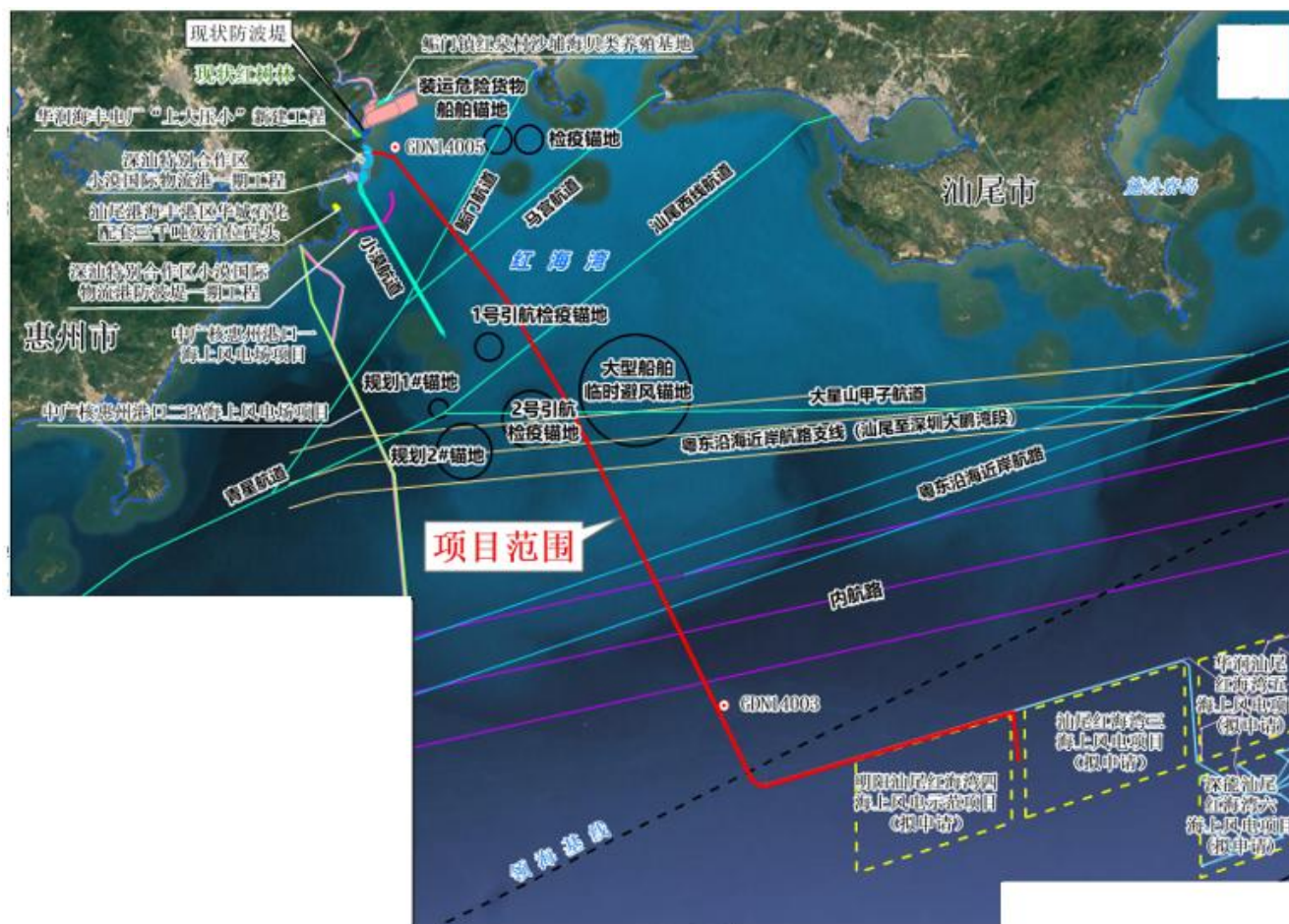


图 5.1.2-1a 项目周边开发利用现状图



图 5.1.2-1b 项目周边开发利用现状图（登陆点附近）

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,本项目周边已确权用海活动共 7 项,其中与本项目紧邻的已确权登记用海项目为华润海丰电厂“上大压小”新建工程。本项目送出海缆穿越华润海丰电厂“上大压小”新建工程专用航道、锚地及其他开放式用海权属,本项目申请用海范围拟对该重叠部分进行避让,避让后权属不重叠,重叠示意图见图 5.1.3-1,紧邻权属信息表见表 5.1.3-1,项目周边权属现状图见 5.1.3-2。

图 5.1.3-1 本项目与华润海丰电厂“上大压小”新建工程用海重叠示意图(不公开)

表 5.1.3-1 项目周边海域使用权属信息一览表(不公开)

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拟建的海上风电项目、航道、航路、锚地、自然保护区、国控站位等,本项目北侧 1.3km 处还分布有深圳深汕九龙湾海洋生态市级自然保护区,项目悬沙增量包络线(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 5.2-1b 悬沙增量包络线（底层）与周边开发利用活动叠置图（局部放大）

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、汕尾西线航道、大星山甲子航道、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，小漠航道位于本项目西侧约 2.2km 处，青星航道位于本项目 7.4km 处。

海缆穿越航路段设计埋深按不小于 4m 控制，并且建议在电缆埋设上方加设相应保护层如垫石，放置警示浮标。

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。项目海上升压站施工船舶和运维船舶往返穿越航道，对海域通航环境会造成一定影响，从而存在发生船舶碰撞等事故的可能。工程作业若碰到海况条件较恶劣时，亦可能对施工船舶自身航行安全带来危险。但通过严密、科学的施工组织和合理的生产调度，把工程安全、施工安全和通航安全放在首位，做好施工和运营作业的安全管理工作，施工船运用良好船艺，谨慎驾驶的驾驶员，可以最大限度地减少对通航环境和船舶通航的影响。

本项目海缆通过专业敷缆船进行敷设，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。

根据《汕尾红海湾三、四海上风电集中送出项目通航安全影响咨询报告（送审稿）》（2025 年 4 月），通过工程建设方案的合理性、可行性分析，本项目海缆选址基本合理。项目建设对所在海域的通航环境和通航安全有一定的影响，在采取相关安全保障和维护措施后，其不利影响和风险将会得到相当程度的缓解或消除。从船舶通航环境和通航安全角度考虑，工程对附近海域通航环境和通航安全的影响是可控的，工程建设是可行的。

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大型船舶临时避风锚地（东侧，0.7km）和 2 号引航检疫锚地（西侧，0.8km），其余距离本项目 1.7km 外。另外还分布有 2 个规划锚地，规划锚地位于本项目西侧 5.7km 外。

本工程海缆与最近的锚地（大型船舶临时避风锚地）距离为 0.7km，在锚地附近船舶由于走锚采取应急抛锚或者拖锚等可能危害海缆，为保障海缆安全，海缆埋设施工时，应按设计不小于 3m 埋深进行埋设。

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，海底电缆工程埋设在海床以下 3~4m，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；华润汕尾红海湾五海上风电项目（拟申请）位于本项目东侧约 4.6m，深能汕尾红海湾六海上风电项目（拟申请）送出海缆申请用海范围与本项目送出海缆申请用海范围紧邻。

本项目对周边海上风电项目的影响主要是施工期间的影响，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汕尾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。本项目与汕尾红海湾三海上风电项目（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（7.8km 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

本项目登陆点北侧 1.4km 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，且海底电缆工程埋设在海床以下 3~4m，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，工程施工导致的底层超第一、二类海水水质的海域面积为 55.967km²，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 1.3km 处分布有深圳深汕九龙湾海洋生态市级自然保护区，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设在海床以下 3~4m，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，工程施工导致的底层超第一、二类海水水质的海域面积为 55.967km²，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 对国控站位的影响分析

项目周边海域分布有 2 个国控站位，其中 GDN14005 距离本项目约 0.6km，GDN14003 距离本项目约 0.5km，由图 5.2-1 可知，项目施工引起的悬浮泥沙扩散不会扩散到周边国控站位，海缆铺设施工迅速，施工期较短，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。施工单位施工前需提前了解近岸海域国控监测站位当季监测时间，避开近岸海域国控监测站位监测期间进行施工，对周边国控站位不会产生不利影响。

5.2.7 对华润海丰电厂“上大压小”新建工程的影响分析

本项目送出海缆登陆点处有华润海丰电厂“上大压小”新建工程，本项目送出海缆与华润海丰电厂“上大压小”新建工程温排水的专用航道、锚地及其他开放式用海重叠，本项目申请用海范围对重叠部分进行避让，实际建设海缆将于该工程权属范围内登陆，施工及运营期间将占用该工程一定用海范围，对该项目造成一定影响。

本项目送出海底电缆埋设在海床以下 3~4m，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，不会对华润海丰电厂“上大压小”新建工程所在海域环境产生影响。

根据项目施工期间悬浮泥沙预测结果表明，项目海缆施工导致的底层超第一、二类海水水质的海域面积为 55.967km²，送出海缆施工产生的悬浮泥沙会扩散到华润海丰电厂“上大压小”新建工程，但不涉及其取水工程，不会影响该工程的取水。

5.2.8 对深汕特别合作区小漠国际物流港防波堤一期工程的影响分析

深汕特别合作区小漠国际物流港防波堤一期工程位于本项目送出海缆西侧约 1.5km 处，目前已开工。若本项目开工建设该防波堤工程尚未完工，施工期间船只频繁出入，会造成一定的通航安全风险，但本项目送出海缆施工工期较短，施工结束影响即可消除。若本项目开工建设该防波堤工程已完工，施工期间本项目将严格控制施工区域，项目建设不会对防波堤结构安全产生影响；运营期间项目送出海底电缆埋设在海床以下 3~4m，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，不会对防波堤所在海域环境产生影响。

5.2.9 对其他项目的影响分析

本项目登陆点北侧 1.5km 处为现状防波堤，距离本项目 3km 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海上升压站附近，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，工程施工导致的底层超第一、二类海水水质的海域面积为 55.967km²，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。

5.2.10 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，底层超第一、二类海水水质的海域面积为 55.967km²。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*****，详见表 5.3-1 及图 5.3-1。

表 5.3-1 利益相关者一览表（不公开）

图 5.3-1 利益相关者分布图（不公开）

5.4 需协调部门界定

本项目海底电缆穿越鲐门航道、马宫航道、汕尾西线航道、大星山甲子航道、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，且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。

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；项目运营期海缆保护范围内禁止渔业底拖捕捞、张网、养殖作业等，也会造成在该海域从事渔业捕捞生产的渔民的捕捞空间减少。

综上，界定本项目需协调部门为汕尾海事局、广东省珠江东航道事务中心、汕尾市农业农村局，详见表 5.4-1。

表 5.4-1 需协调部门一览表

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	汕尾海事局、广东省珠江东航道事务中心	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	汕尾市农业农村局	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 与周边风电业主的协调分析

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，本项目与华润汕尾红海湾五海上风电项目（拟申请）、深能汕尾红海湾六海上风电项目（拟申请）距离较近，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*****进行充分沟通，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 与华润海丰电厂“上大压小”新建工程建设单位的协调分析

本项目送出海缆登陆段申请用海范围避让华润海丰电厂“上大压小”新建工程，但项目实际建设占用其权属范围，项目施工前应本项目建设单位与*****进行沟通，协商解决用海影响问题，未解决好与*****的协调或补偿问题，不得开工建设。如在施工过程中突发事故导致*****利益较大受损，应立即停止施工，并在管理部门的组织下与*****协商并落实赔偿责任后方可复工，避免产生用海矛盾，确保海缆顺利施工及运营期的安全。

5.5.3 与汕尾海事局、广东省珠江东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，施工前应汕尾海事局、广东省珠江东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，应及时通知汕尾海事局，申请发布相应的航行警告；发现存在安全隐患时及时处理，并向汕尾海事局报告；工程建成后应将项目位置海域范围具体位置等报请汕尾海事局等部门及时更新航海图书资料，发布相应《航海通告》。

5.5.4 与汕尾市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，建设单位应与汕尾市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，在汕尾市农业农村局的协调下有序开展。

5.6 项目用海与国防安全和国家海洋权益的协调性分析

5.6.1 与国防安全和军事活动的协调性分析

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

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。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）》《汕尾市国土空间总体规划（2021-2035 年）》《海丰县国土空间总体规划（2021-2035 年）》以及《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》的管控要求相符合。

6.2 项目用海与生态保护红线的符合性分析

通过将本项目与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”生态保护红线邻近，距离约 5m

本项目为海底电缆敷设工程，不涉及围填海，没有破坏性捕捞活动，不会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。经分析，项目建设对“遮浪南重要渔业资源产卵场”生态保护红线可能的影响主要是施工期间产生的悬浮物扩散会影响周边海域水质环境。根据项目建设水质环境影响预测分析，工程施工导致的底层超第一、二类海水水质的海域面积分别为 55.967km²，但悬沙影响是暂时的，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。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，建议项目施工应尽量避免产卵期，并合理安排作业时间，尽可能缩短作业时间和影响持续时间，项目运营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。

本项目的海底电缆铺设于海底，送出海底电缆登陆段的海岸为基岩岸线，申请用海范围不占用岸线，实际建设采用定向钻的施工方式穿越基岩岸线，海底电缆铺设于海底，采用定向钻的施工方式由地底穿过岸线，无需开槽，不影响自然岸线长度、形态及生态功能。

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。

6.3 项目用海与《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》的符合性分析

本项目不涉及生态保护区和生态控制区，电缆由南至北相继穿越汕尾西部工矿通信用海区、汕尾南部渔业用海区、东山海-红海湾海洋预留区、红海湾交通运输用海区、红海湾渔业用海区和金狮湾工矿通信用海区，送出海缆在严格保护岸线登陆。

本项目的海底电缆铺设于海底，送出海底电缆登陆段的海岸为基岩岸线，申请用海范围不占用岸线，实际建设采用定向钻的施工方式穿越基岩岸线，采用定向钻的施工方式由地底穿过岸线，无需开槽，不影响自然岸线长度、形态及生态功能。项目送出海缆涉及严格保护岸线，属于可在严格保护岸线保护范围内实施的底土穿越海底电缆管道。

根据三区三线中的生态保护红线成果，本项目送出电缆没有位于生态红线区，局部与遮浪南重要渔业资源产卵场生态保护区邻近，距离约 5m。经分析，海缆施工造成的悬浮物增量超过 50mg/L，会对距离最近的生态保护红线区存在不利影响。但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，项目对生态保护红线区产生的影响主要存在与海缆施工期间，悬沙扩散对红线区的水质产生影响。但这一影响是暂时的，可逆的，随着海缆施工的结束，悬浮物浓度会在数小时内迅速衰减背景浓度值，在施工结束后不会对邻近的生态保护红线造成长久影响。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，交由有资质的单位统一回收处理。制定船舶溢油风险防范措施，确保将对红线区生态环境的影响降至最低。

由此分析，项目建设对邻近的生态保护红线区的影响有限且为暂时的和可恢复性的，不会对生态保护红线内的保护对象和生态功能造成永久破坏，本项目采用的海底管廊是选用已建管廊外侧平行空间集中铺设，做到尽量减少管廊之间的布局间隔，提升海域空间使用效率，并充分保障国际通信光缆用海需求。

本项目建设符合《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》的要求。

6.4 项目用海与相关规划的符合性分析

6.4.1 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

汕尾红海湾三海上风电项目、明阳汕尾红海湾四海上风电示范项目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。

本项目为汕尾红海湾三海上风电项目、明阳汕尾红海湾四海上风电示范项目的集中送出工程，包含海上升压站与送出海底电缆，是汕尾红海湾三海上风电项目、明阳汕尾红海湾四海上风电示范项目日常运营必要的配套设施。因此，项目建设符合《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》积极发展风电等清洁能源的规划目标。

6.4.2 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。汕尾红海湾三海上风电项目、明阳汕尾红海湾四海上风电示范项目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。本项目为汕尾红海湾三海上风电项目、明阳汕尾红海湾四海上风电示范项目的集中送出

工程，根据本报告分析，本项目不涉及大规模、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。

6.4.3 与《广东省海洋经济发展“十四五”规划》的符合性分析

汕尾红海湾三海上风电项目、明阳汕尾红海湾四海上风电示范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。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海上风电项目、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。

6.4.4 与《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》的符合性分析

本项目升压站和送出电缆没有位于生态保护红线内，符合生态保护红线的管理要求。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。

本项目进行海底电缆敷设工程，没有大规模、高强度的工业和城镇建设，建设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。

6.4.5 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

汕尾红海湾三海上风电项目、明阳汕尾红海湾四海上风电示范项目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海上风电项目、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《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）》《海丰县国土空间总体规划（2021-2035 年）》等国土空间规划的要求，项目与《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》以及“三区三线”中的生态保护红线的管控要求相符合。

项目符合《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》《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，30m 以内等深线基本与岸线近似平行，接近东北-西南走向。

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

路由区地层主要有全新统海相沉积层、全新统海陆过渡相沉积层等，晚更新统海陆交互相沉积层、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*****，需协调部门为汕尾海事局、广东省珠江东航道事务中心、汕尾市农业农村局。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

根据广东省海上风电海底路由管廊规划、海岸带规划的相关研究成果以及《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》，汕尾红海湾海上风电项目“集中送出陆上登陆点位于深汕合作区小漠街道”（图 7.1.5-1），该登陆点为深汕合作区小漠镇东侧地带。此外，距离本项目最近的陆地区域为汕尾市东洲街道南侧海岸，该处陆域涉及军事活动，海域基本覆盖生态保护红线，为此不适宜海缆登陆。

根据对该规划新增登陆点的踏勘结果显示，登陆点所在岸段位于华润海丰电厂，所在岸段以北约 1.2km 为汕尾市天后宫，以南方向约 9.3km 为太平岭核电工程，距离陆上集控中心约 0.91km。

根据陆上集控中心规划位置，本项目将小漠镇岸段分为 A、B、C 三段，华润海丰电厂内部岸线位于 A 段 B 段之间，其各段岸线情况如下。

A 段：该段北侧分布有九龙湾海洋生态地方级自然保护区，该保护区南侧为汕尾市天后宫景区，根据业主前期协调工作，该区域登陆用地难以协调；

B 段：根据小漠港规划，该段岸线为小漠港港内岸线，对开海域规划有小漠港防波堤，仅预留小漠航道进出口，电缆从该处登陆协调难度大且海缆安全性差；

C 段：该段岸线自北向南分布有乌山海岸防护物理防护极重要区，该处岸线向陆一侧地势陡峭，海缆登陆难度高经济性差，登陆后无陆上送出通道；该段岸线向西为惠州市海域。

综上所述，根据陆海统筹考虑的原则以及深汕合作区与华润海丰电厂的协调

意见，汕尾红海湾海上风电场集中送出管廊拟登陆 A 段、B 段之间的华润海丰电厂内部岸线，为基岩岸线。项目 500kV 送出海缆采用定向钻的施工方式，由地底穿过岸线，无需开槽，不影响自然岸线长度、形态及生态功能。

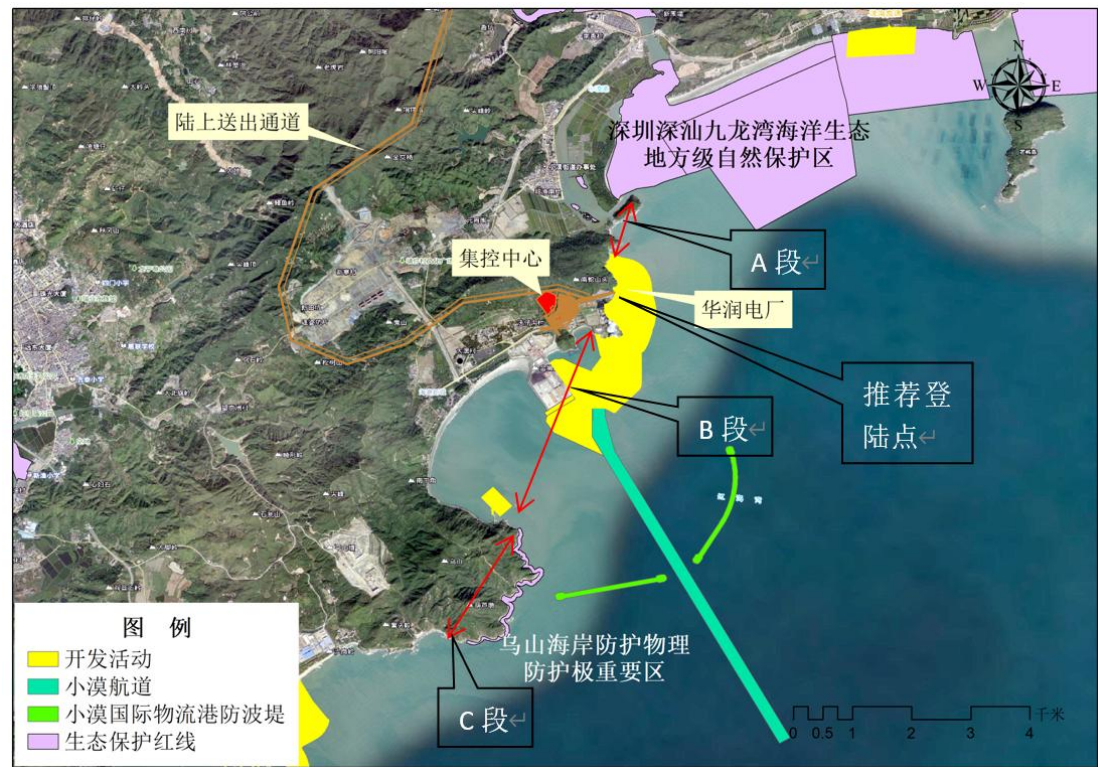


图 7.1.5-1 登陆点地理位置示意图

综上，本项目用海与气象条件、风能资源、水深地形条件、地质条件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 平面布置比选分析

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》（2025 年 4 月）。

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 2.04km，随后以近似垂直等深线的方向继续向东南延伸 48.37km 到达红海湾海上风电场场址北边缘，期间避开了海图显示礁石、锚地和生态保护红线，随后顺着

场址北边缘向东延伸 17.15km 后到达场址三东北角，最后向南延伸 3.19km 到达海上升压站。全长约 70.75km。

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 2.04km，随后以近似垂直等深线的方向继续向东南延伸 23.95km 到达遮浪南重要渔业资源产卵场西北角，期间避开了海图显示礁石和锚地，随后向东南方向穿越上述生态保护红线延伸 35.38km 到达海上升压站。全长约 61.37km。

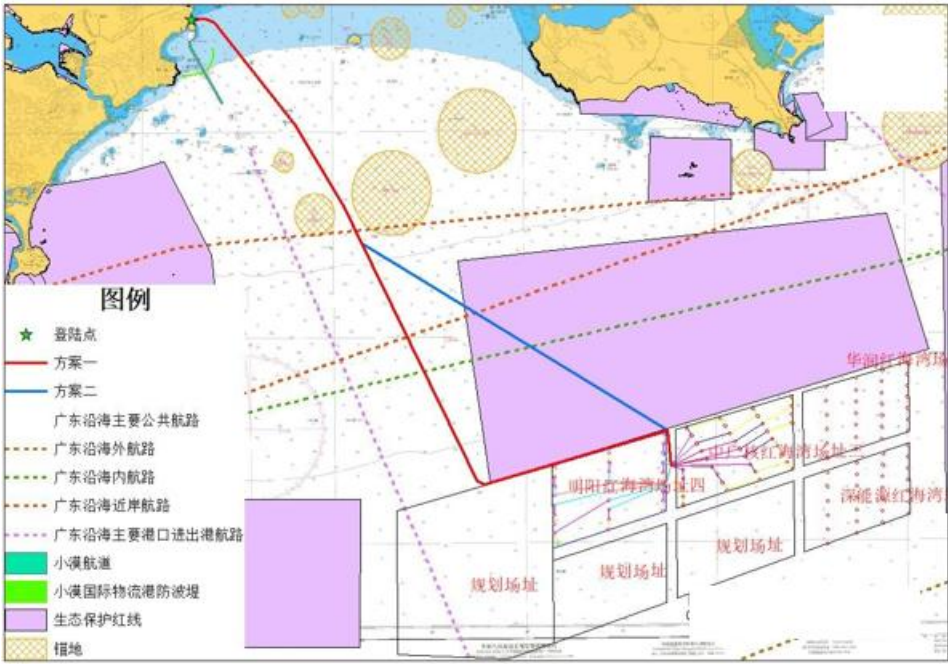


图 7.2.1-1 预选路由走向示意图

根据路由条件评价结果，预选路由区工程地质条件和自然环境条件整体良好，两个路由方案之间没有明显的差别。因此，本节将从国土空间规划、海洋保护区及生态红线区、海洋开发利用活动、用海合理性、项目成本、海缆安全性等方面，对本报告提出的两个路由方案进行比较分析，最终得出最优的海缆路由方案。

表 7.2.1-1 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/拐点数	70.75km/10 个	61.37km/8 个	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	与航道交越 4 次，与航路交越 3 次		两方案一致
与锚地位置关系	最近约 0.82km	最近约 0.8km	两方案一致
与倾废区位置关系	最近约 11.0km		两方案一致

表 7.2.1-2 预选路由合理性与安全性比选

比选指标		预选路由方案一	预选路由方案二	评价
可行性	与国土空间规划和相关区划符合性	项目用海与《广东省国土空间规划（2021—2035年）》《汕尾市国土空间总体规划（2021—2035年）》等符合		两方案一致
	对国防的影响	登陆点均避开了JF区域		两方案一致
	环境资源补偿	避开了生态保护红线（重要渔业资源产卵场），施工产生的悬浮泥沙会以远离生态保护红线的方向扩散	在生态保护红线（重要渔业资源产卵场）范围内路由长度21.2km，路由自西北至东南向贯穿渔业区，对生态保护红线的影响较大	方案一较优
	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
节约性集约性	海域使用	统筹布置红海湾送出管廊，能尽可能减少所有送出路由占用的海域资源，各区块送出路由之间不会产生封闭用海区	未统筹布置红海湾场址送出管廊，后续红海湾场址西侧区块送出路由若统筹本方案则需先向东送出再向西北延伸；若不统筹本方案则会与本方案形成大面积的封闭海域	方案一较优

经过综合分析，可归纳为：

（1）海底电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国土空间规划是相符合的；同时对周边海域产生的不利影响不大，与周边海域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 9.38km，拐点数多 2 个，本项目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，两预选路由方案情况一致，考虑到勘察、施工及运维阶段本项目船舶运行的因素，本项目预选路由方案距离锚地都较近，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。与已有航道、锚地等相对位置方面，两预选路由方案情况一致，考虑到勘察、施工及运维阶段本项目船舶运行的因素，本项目预选路由方案距离锚地都较近，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 JF 区域以及海图显示礁石区域。

（5）方案一避开了生态保护红线，位于其南侧 16m，且位于海流的下游，工产生的悬浮泥沙会以远离生态保护红线的方向扩散；而且方案一所在的集中送出通道中只有红海湾场址五、场址六涉及生态保护红线，其他场址的送出路由均可避开生态保护红线。方案二在生态保护红线内路由长度 21.2km，路由自西北

至东南向贯穿渔业区；同时若根据方案二设置海缆集中送出通道，则红海湾整个场址的海底电缆均会穿越该生态保护红线，会对该生态保护红线产生反复、持续的影响，不利于该生态保护红线重要渔业资源产卵场主体功能的发挥。因此在环境资源补偿方面及生态保护红线符合性方面方案一优于方案二。

（6）预选路由方案一主要基于红海湾场址的风电规划进行，以尽可能减少所有送出海缆路由占用的海域资源，保障了各区块送出路由之间不会产生封闭用海区域，在满足集约、节约的用海原则基础上可将红海湾场址所有区块海底电缆以规则、合理的安全间距集中送出。方案二未统筹布置红海湾场址送出管廊，后续红海湾场址西侧区块送出路由若统筹本方案则需先向东送出再向西北延伸；若不统筹本方案则会与本方案形成大面积的封闭海域，造成海域资源的切割浪费，为此，方案二整个场址送出经济性和合理性较差。

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、国土空间规划等的资料收集与分析，同时考虑了集约节约用海原则及后期对海缆的保护与维护，推荐预选路由方案一作为未来的勘察路由，方案二作为备选路由

综上，本项目 500kV 送出海缆平面布置充分考虑了周边用海活动现状，符合集约节约用海的原则，平面布置合理。

7.2.2 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国土空间规划的综合分析，并遵循“集约、节约用海”、“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，对所经过海域国土空间规划的主导功能影响不大；同时对周边国土空间规划产生的不利影响不大，与周边海域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 是否有利于生态保护，并已避让生态敏感目标

本项目建设海上升压站和 500kV 送出海缆，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 能否最大程度地减少对水文动力环境、冲淤环境的影响

本项目海上升压站采用桩基础，桩基础数量较少，有利于最大程度地减少项目建设对水文动力环境、冲淤环境的影响；本项目 500kV 送出海缆埋设于海床以下，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 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*****，需协调部门为汕尾海事局、广东省珠江东航道事务中心、汕尾市农业农村局。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，本项目平面布置合理。

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）中的透水构筑物（二级方式）和其他用海方式（一级方式）中的海底电缆管道（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

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，华润海丰电厂“上大压小”新建工程厂区内，为基岩岸线。项目 500kV 送出海缆申请范围已避让华润海丰电厂“上大压小”新建工程权属范围，申请用海范围不占用岸线，实际建设采用定向钻的施工方式穿越基岩岸线，定向钻穿越基岩岸线需要使用钢管，单根海缆使用钢管外径 0.6m，则项目 2 根海缆建设穿越基岩岸线 1.2m。

7.4.1 占用岸线必要性

本工程作为海上风电项目，项目 500kV 送出海缆的建设需涉及岸线，是由其工程建设的特殊性质及项目建设的必要性决定的。

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海丰县南面海域，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。

海上升压站位于海中，陆上集控中心位于深汕合作区小漠镇，500kV 送出海缆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、海域周边环境种种因素确定，与汕尾市其他规划海上风电场海缆集中送出，是在充分考虑节约和集约利用海域和海岸线资源的原则确定的。

项目 500kV 送出海缆登陆点位于深汕合作区小漠镇东侧海岸，华润海丰电

厂“上大压小”新建工程厂区内，为基岩岸线。500kV 送出海缆登陆时采用定向钻的施工方式穿越基岩岸线，由地底穿过岸线，因此，项目 500kV 送出海缆登陆段的建设穿越岸线是不可避免，也是必要的。

7.4.2 占用岸线合理性

本项目 500kV 送出海缆建设采用定向钻的施工方式穿越基岩岸线，海底电缆铺设于海底，采用定向钻的施工方式由地底穿过岸线，无需开槽，不影响自然岸线长度、形态及生态功能。因此，项目 500kV 送出海缆登陆段的建设穿越岸线是合理的。

7.4.3 减少占用岸线的可能性

本项目穿越岸线长度是根据 500kV 送出海缆建设范围与广东省政府 2022 年批复海岸线的交点确定的。500kV 送出海缆是连接海上升压站和陆上集控中心的纽带，其路由、选型、回路等是根据风电场装机容量、风电场的功能、海域周边环境种种因素确定的，与汕尾市其他规划海上风电场海缆由路由管廊带集中送出，是在充分考虑节约和集约利用海域和海岸线资源的原则确定的，目前已无减少穿越岸线长度的可能性。

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》（粤自然资规字〔2021〕4 号），“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。2017 年 10 月 15 日粤府办〔2017〕62 号文印发后，在我省海域内申请用海涉及占用海岸线的项目，必须落实海岸线占补。”“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 500kV 送出海缆登陆点位于小漠镇东侧海岸登陆点，送出海缆以底土穿越的方式占用广东省政府 2022 年批复海岸线 1.2m，岸线类型为基岩岸线。采用定向钻的方式从底土穿过岸线，无需开挖，不会造成岸线原有形态或功能改变。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 363.3087 公顷，其中海上升压站透水构筑物用海面积为 0.6027 公顷，500kV 送出海缆用海面积为 362.7060 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/可再生 能源用海	透水构筑物	0.6027
500kV 送出海缆		海底电缆管道	362.7060
申请用海总面积（公顷）			363.3087

7.5.2 用海面积合理性

7.5.2.1 项目用海面积是否满足项目用海需求

1、海上升压站用海需求

本项目拟布置 1 座海上升压站，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，平台最外缘尺寸为 65.0m×50.9m，因此海上升压站需占用海域面积为 0.3309 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 0.6027 公顷。

因此，本项目海上升压站 0.6027 公顷可以满足项目用海需求。

2、500kV 送出海缆用海需求

根据项目需要，风电机组发出电能通过集电海底电缆接入海上升压站后，需通过 500kV 送出海缆送入陆上集控中心。500kV 送出海缆外径为 310mm，单回长度为 70.75km，两回长度为 141.5km，500kV 送出海缆占用海域面积为 4.3865 公顷。

根据《海籍调查规范》中 5.4.2.5 电力工业用海- g) “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”，再结合海底电缆的路由布置，考虑到本项目 500kV 送出海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 送出海缆重叠面积；另外，本项目送出海缆用海范围与华润海丰电厂“上大压小”新建工程的专用航道、锚地及其他开放式用海重叠，本项目申请范围对重叠部分进行避让。此外，由于本项目送出海缆与深能汕尾红海湾六海上风电项目近岸段敷设距离近，不满足电缆管道外缘线向两侧外扩 10m 距离，两个项目送出海缆埋深基本一致，且同时申请用海，为了避免出现水平方向的用海范围重叠，本项目与深能汕尾红海湾六海上风电项目对送出海缆近岸段之间的海域按照均分原则进行用海申请。计算得出本项目 500kV 送出海缆 362.7060 公顷可满足项目用海需求。

综上，项目拟申请用海面积 363.3087 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 送出海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 送出海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，现阶段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 44518541。

（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

宗海位置图采用海军航保部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1:250000（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）宗海平面布置图的绘制

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，在软件界面下，形成有地形图及用海布置图等为底图，以用海界线形成不同颜色区分的用海区域，绘出项目宗海平面布置图，见图7.5.3-2。

（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。

（4）宗海立体空间范围示意图的绘制方法

根据《海域立体分层设权宗海范围界定指南（试行）》和《广东省海域使用

权立体分层设权宗海范围界定及宗海图编绘技术规范（试行）》的绘制要求，利用相关软件绘制宗海立体空间范围示意图，见图 7.5.3-4。

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、***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 363.3087 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 0.6027 公顷，500kV 送出海缆用海面积 362.7060 公顷。

汕尾红海湾三、四海上风电集中送出项目宗海位置图

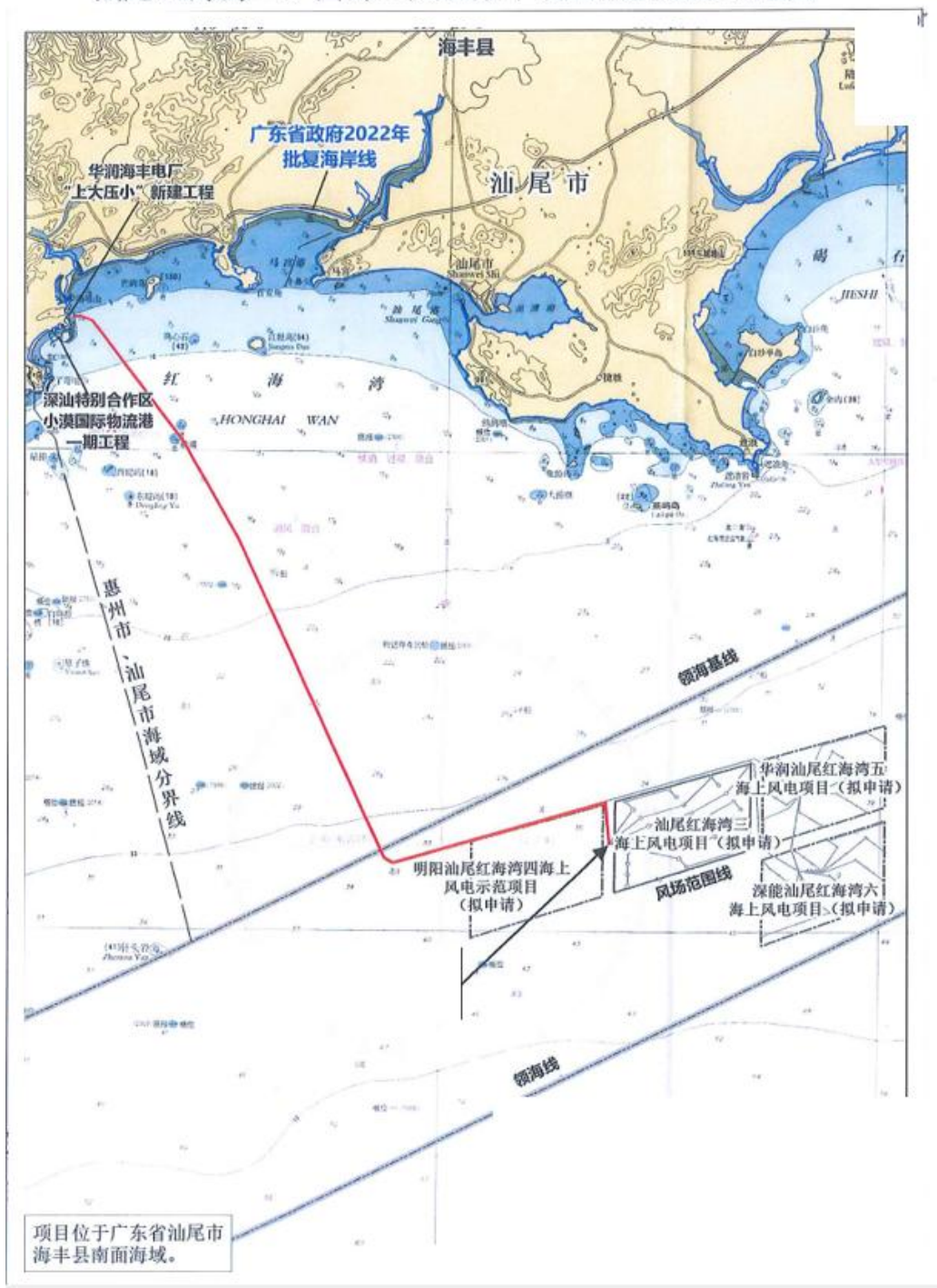


图 7.5.3-1 宗海位置图

汕尾红海湾三、四海上风电集中送出项目宗海平面布置图

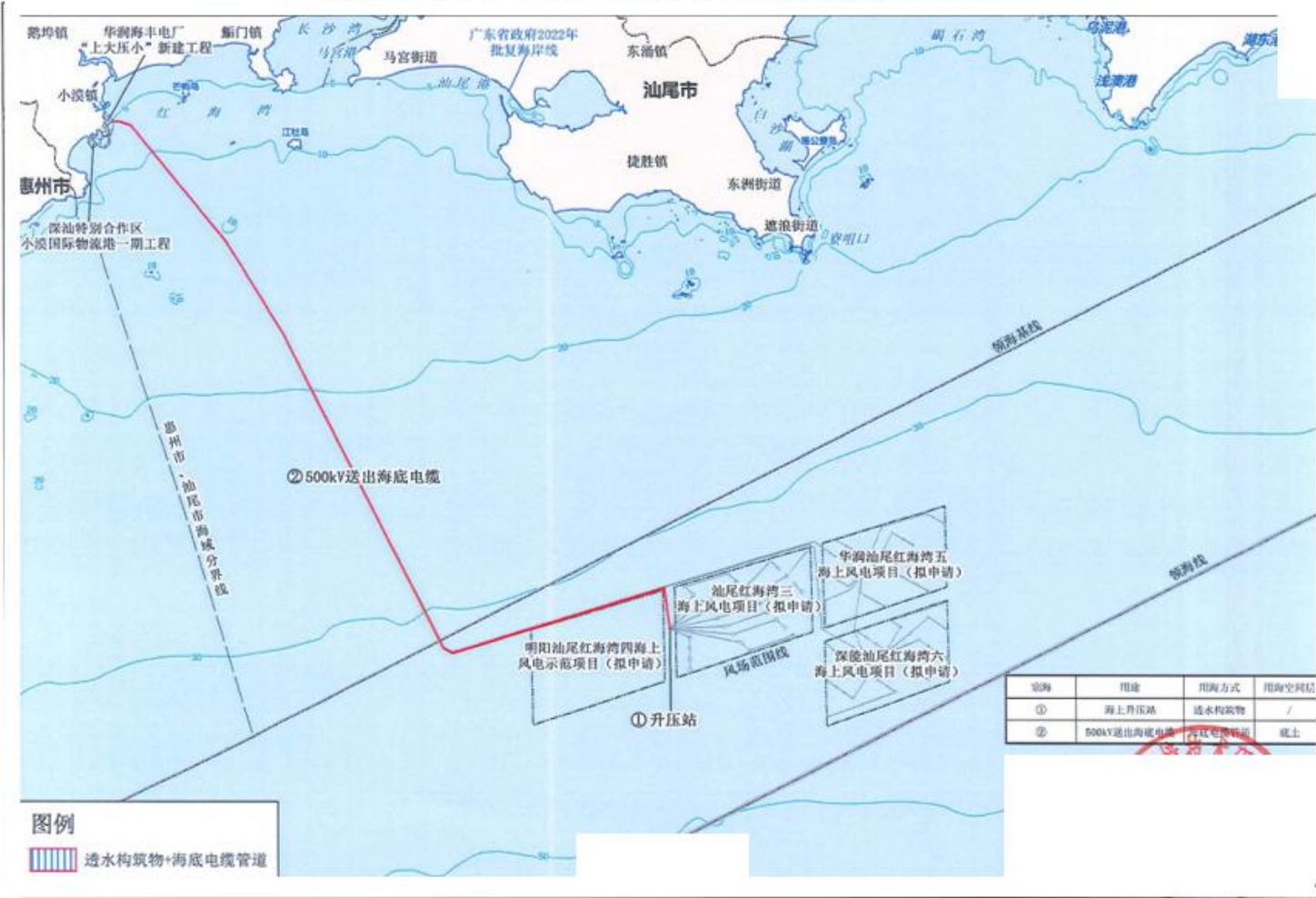


图 7.5.3-2 宗海平面布置图

汕尾红海湾三、四海上风电集中送出项目宗海界址图

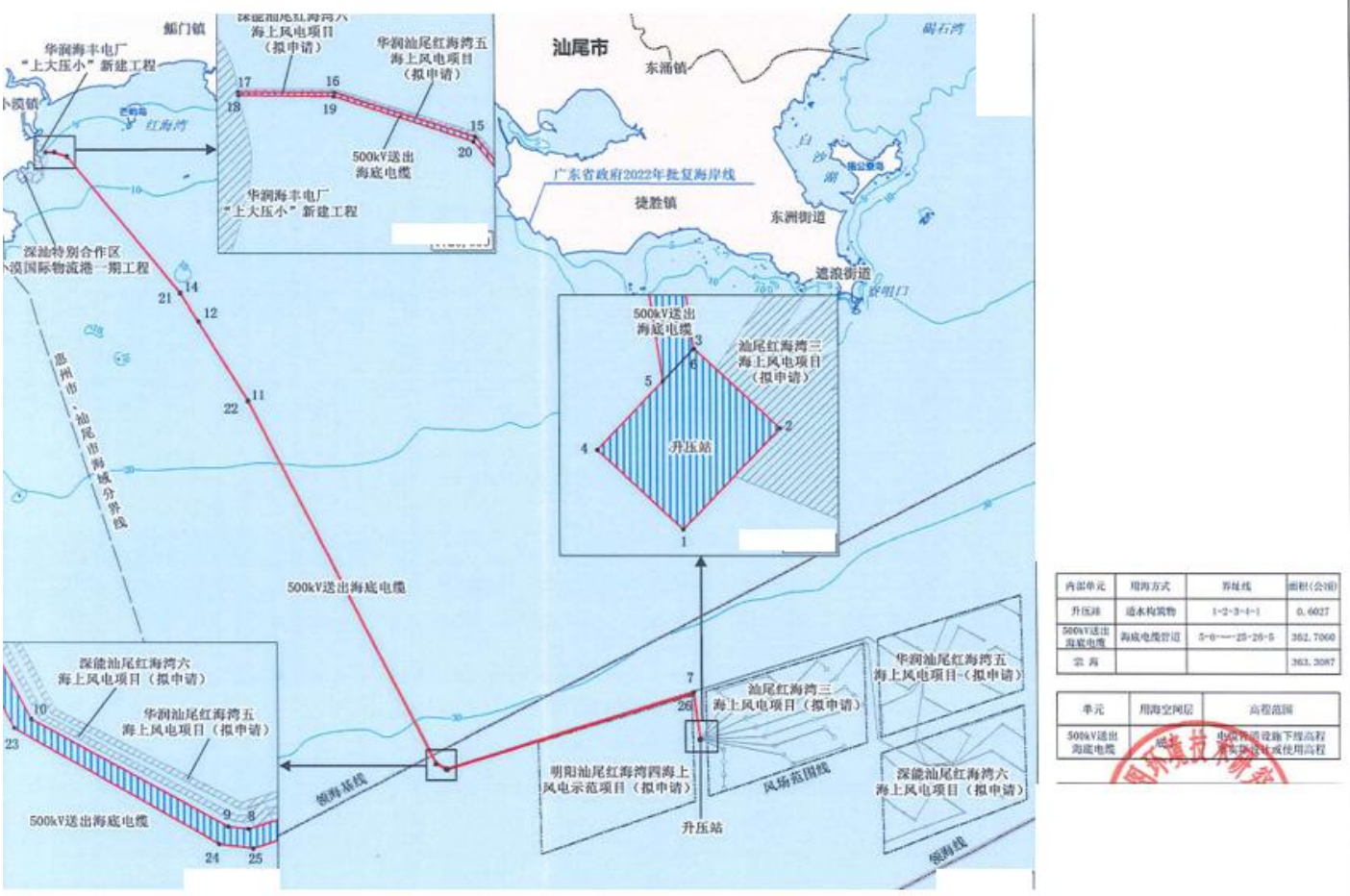


图 7.5.3-3 宗海界址图

汕尾红海湾三、四海上风电集中送出项目宗海立体空间范围示意图

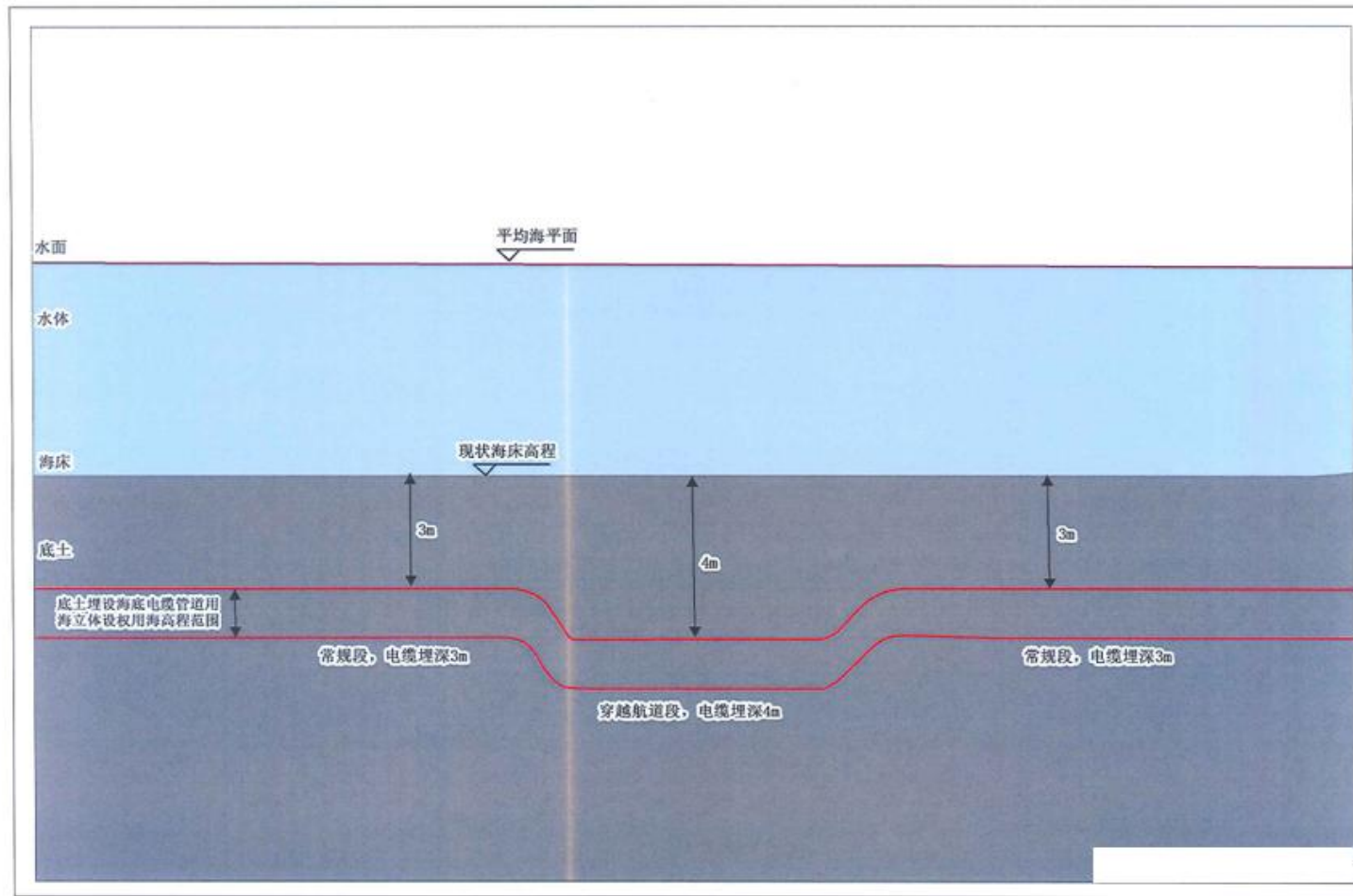


图 7.5.3-4 宗海立体空间范围示意图

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最外缘尺寸为 65.0m×50.9m，海上升压站用海范围以平台外缘外扩 10m，即由 85.0m×70.9m 确定用海边界。

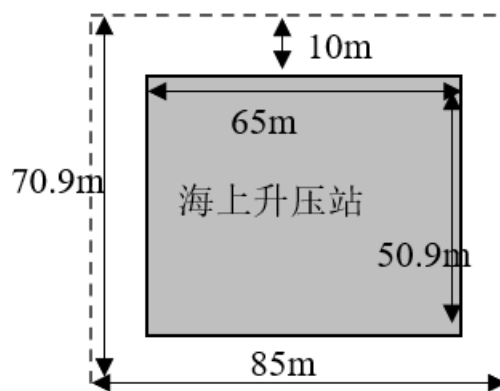


图 7.5.4-1 海上升压站用海范围界定示意图

2、500kV 送出海缆

本项目 500kV 送出海缆用海方式为海底电缆管道。

根据《海籍调查规范》中 5.4.2.5 电力工业用海- g) “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”，因此，本项目 500kV 送出海缆以海缆外缘线向两侧外扩 10m 确定 500kV 送出海缆的用海外界址线。本项目送出海底电缆直径 310mm。

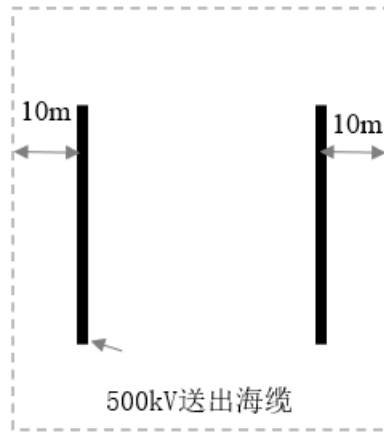


图 7.5.4-2 电缆管道用海范围界定示意图

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。”本项目海上升压站用海方式为透水构筑物，送出海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，送出海缆与海上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。

根据《海籍调查规范》5.1.4 避免权属争议，宗海界址界定应保障海域使用人的正常生产活动，避免毗连宗海之间相互重叠，避免将宗海范围界定至公共使用的海域内。本项目送出海缆用海范围与华润海丰电厂“上大压小”新建工程专用航道、锚地及其他开放式用海重叠，本项目申请范围对重叠部分进行避让。此外，本项目送出海缆与深能汕尾红海湾六海上风电项目近岸段距离较近，不满足电缆管道外缘线向两侧外扩 10m 距离，两个项目送出海缆埋深基本一致，同时申请用海，为了避免出现水平方向的用海范围重叠，本项目与深能汕尾红海湾六海上风电项目对送出海缆近岸段之间的海域按照均分原则进行用海申请。

综上，本项目拟申请用海面积 363.3087 公顷，其中海上升压站透水构筑物用海面积为 0.6027 公顷，500kV 送出海缆用海面积为 362.7060 公顷。

7.6 立体设权合理性分析

7.6.1 立体设权范围

本项目 500kV 送出海缆拟进行立体分层设权。500kV 送出海缆将风电场发

出的电能从海上升压站输送至陆上集控中心。由于本项目送出海缆用海范围与华润海丰电厂“上大压小”新建工程的专用航道、锚地及其他开放式用海重叠，该项目于 2013 年取得用海批复，非立体设权，考虑利益相关可协调性，本项目送出海缆申请用海范围对该项目权属重叠部分进行避让。本项目送出海缆确权空间范围为底土，埋深为 3~4m，空间确权范围为电缆管道设施下缘高程至实际设计或使用高程。

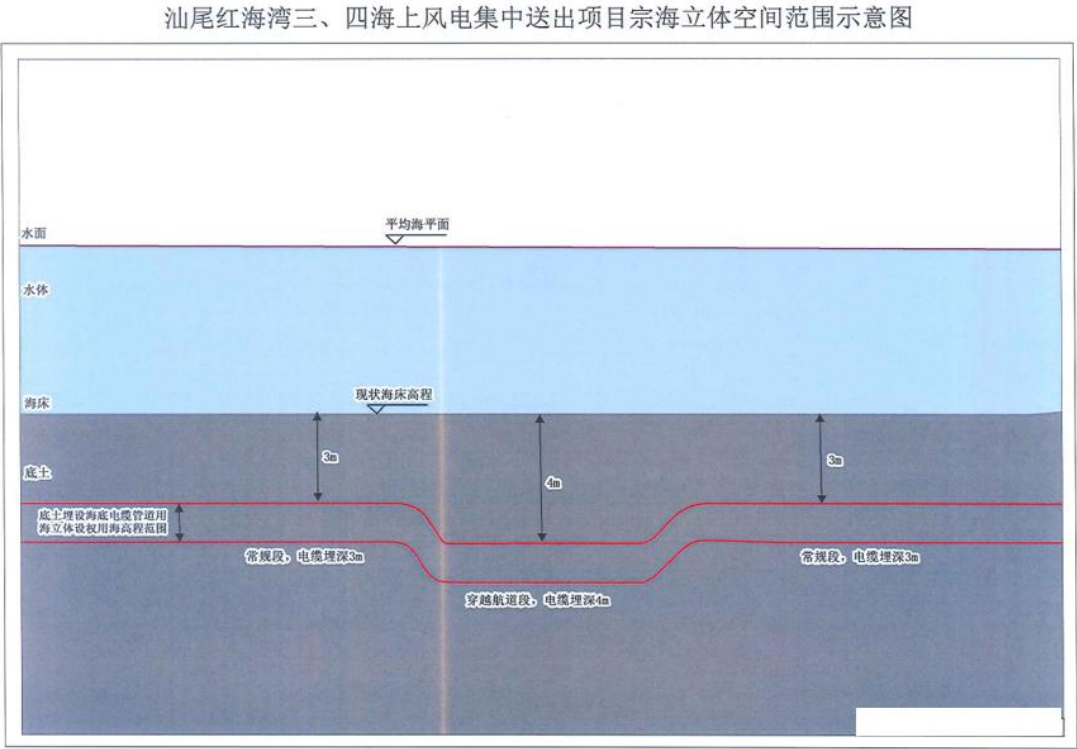


图 7.6.1-1 项目宗海立体空间范围示意图（500kV 送出海缆）

7.6.2 立体设权可行性分析

7.6.2.1 海域管理政策的可行性分析

《中华人民共和国海域使用管理法》所称海域，是指中华人民共和国内水、领海的水面、水体、海床和底土。根据《海籍调查规范》（HY/T 124-2009）5.2.5 宗海垂向范围界定，“遇特殊需要时，应根据项目用海占用水面、水体、海床和底土的实际情况，界定宗海的垂向使用范围”。

《自然资源部关于探索推进海域立体分层设权工作的通知》（自然资规〔2023〕8 号）提出“海域是包括水面、水体、海床和底土在内的立体空间。对排他性使

用海域特定立体空间的用海活动，同一海域其他立体空间范围仍可继续排他使用的，可仅对其使用的相应海域立体空间设置海域使用权。在不影响国防安全、海上交通安全、工程安全及防灾减灾等前提下，鼓励对跨海桥梁、养殖、温（冷）排水、海底电缆管道、海底隧道等用海进行立体分层设权，生产经营活动存在冲突的除外。其他用海活动经严格论证具备立体分层设权条件的，也可进行立体分层设权。”

根据《广东省自然资源厅关于推进海域使用权立体分层设权的通知》（广东省自然资源厅，2023 年 9 月 18 日），海域使用权立体分层设权的范围包含海底电缆管道。

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），本项目 500kV 送出海缆用海方式为海底电缆管道，采取立体分层设权，登陆段考虑避让华润海丰电厂“上大压小”新建工程的专用航道、锚地及其他开放式用海权属范围，不存在利益协调问题，因此，本项目 500kV 送出海缆（扣除与华润海丰电厂“上大压小”新建工程权属重叠部分）拟采取立体确权，符合相关海域管理要求，提高了海域有限资源的利用效率。

7.6.2.2 利益相关者可协调性

根据《自然资源部关于探索推进海域立体分层设权工作的通知》（自然资规〔2023〕8 号），在已设定海域使用权的海域进行立体分层设权，应与原海域使用权人协商一致达成协议后按程序办理用海手续，确保新设海域使用权与原海域使用权不存在权属冲突。本项目送出海缆用海范围与华润海丰电厂“上大压小”新建工程的专用航道、锚地及其他开放式用海重叠，该项目于 2013 年取得用海批复，非立体设权，考虑利益相关可协调性，本项目送出海缆申请用海范围对该重叠部分进行避让。

7.6.2.3 立体空间布置的合理性

根据《中华人民共和国海域使用管理法》，海域是指“中华人民共和国内水、领海的水面、水体、海床和底土”，明确海域是立体的空间资源且包含 4 个层次。从海域空间资源上看，每个层面的海域资源都有其特定的开发利用价值，本项目海底电缆进行立体化开发利用将会大大提高海域资源的集约利用的程度，对不同

层面的海域进行确权,提高了海域空间资源的产权效率。本项目采用平面界址“四至”坐标和竖向分层的海籍信息表达方式,其中,宗海竖向边界采用“水面”、“水体”、“海床”“底土”定性表述及1985高程范围定量表述结合,海底电缆宗海竖向边界范围根据设计标高确定,能够满足项目所需的海域空间承载范围。

7.6.3 立体设权必要性分析

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

立体分层设权的项目用海,按照“一物一权、一证一缴”的方式征收海域使用金,同一海域立体分层设权的每一个项目,均视为独立的征收对象,依据其用海方式,分别按规定征收海域使用金,根据7.6.2节分析,本项目立体设权符合相关海域管理要求,提高了海域有限资源的利用效率。

综合以上分析,本项目采取立体设权方式用海,具有必要性。

7.7 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（汕尾红海湾三海上风电项目 16 个月、明阳汕尾红海湾四海上风电示范项目 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（14 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基岩岸线，登陆段施工采用定向钻的施工方式，该施工方式从地底穿过基岩岸线，无需开槽，不影响自然岸线长度、形态及生态功能。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 与汕尾市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，并反映和掌握运营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 22 个，沉积物质量监测站位 11 个，海洋生物生态 14 个、渔业资源调查站位 14 个，潮间带生物调查断面 3 条。此外，布设水下噪声监测站位 9 个。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 22 个监测站位。

监测频率：1 次/年，春季（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 11 个监测站位。

监测频率：1 次/年，春季（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 14 个监测站位。

监测频率：1 次/年，春季（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 14 个监测站位。

监测频率：1 次/年，春季（避开生物产卵期）。

（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（从现状监测中选择）。

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。

8.1.2.2 运营期环境监测

运营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 22 个监测站位，监测点位与施工期一致。

监测频率：1 次/年，春季（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 11 个监测站位，监测点位与施工期一致。

监测频率：1 次/年，春季（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 14 个监测站位，监测点位与施工期一致。

监测频率：1 次/年，春季（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 14 个监测站位。

监测频率：1 次/年，春季（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：工程运营期前 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（从现状监测站位中选择）。

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。

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

海上升压站防沉板造成底栖生物损失量 9.20kg，送出海底电缆施工造成底栖生物直接损失 7.90t，项目施工造成渔业资源直接损失量为：游泳生物 0.3t、鱼卵 2.68×10^8 粒、仔鱼 4.0×10^7 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，建设单位应对项目附近海域的生物资源恢复作出补偿。

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、增殖放流品种选择

根据本项目周边海域海洋生态环境以及该海域主要鱼类、贝类及虾类的生物习性、开发潜力、苗种供应等，依据增殖放流技术可行性、品种优良、种群稳定等原则，增殖放流可选择多种类健康苗种进行组合放流，以修复和改善本地区海洋生态环境。结合汕尾市已成功开展多次水生生物增殖放流活动所选择的增殖放流苗种，初步选定本项目增殖放流的品种为黄鳍鲷鱼苗、黑鲷鱼苗。

3、分阶段目标

根据项目造成的直接损失换算后需进行增殖放流 481 万尾。因此现阶段计划在取得用海批复后 2 年内完成增殖放流数量 481 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为主，本项目增殖放流的品种为黄鳍鲷鱼苗、黑鲷鱼苗，总放流数量共约 481 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。

（2）修复方案

增殖放流的海洋经济物种以适应本地生长的黄鳍鲷鱼苗、黑鲷鱼苗为主，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。鱼苗全长应在 5cm 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。

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 481 万尾	取得用海批复 2 年内休渔期放流数量约 481 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

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：修复完成后首年春秋各监测 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	修复完成后首年春秋各监测 1 次

9 结论

9.1 项目用海基本情况

本项目位于广东省汕尾市海丰县南面海域，拟建设 1 座海上升压站（平台最外缘尺寸 65.0m×50.9m）和 2 回 500kV 送出海缆（单回长约 70.75km）。海上升压站位于汕尾红海湾三海上风电项目、明阳汕尾红海湾四海上风电示范项目的风电场址中间预留的通道，电能升压后通过 2 回 500kV 送出海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），项目拟申请用海面积为 363.3087 公顷，其中海上升压站透水构筑物用海面积为 0.6027 公顷，500kV 送出海缆用海面积为 362.7060 公顷。项目送出海缆采用分层立体设权，空间确权层为底土，范围为电缆管道设施下缘高程至实际设计或使用高程。本项目申请用海范围不占用岸线，500kV 送出海缆实际建设采用定向钻的施工方式穿越基岩岸线 1.2m，采用定向钻的施工方式从地底穿过基岩岸线，不会对岸线原有形态和功能产生影响。本项目申请用海期限为 27 年。

9.2 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 送出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 送出海缆敷设于海底，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。

9.3 项目用海资源生态影响分析结论

本项目实施后升压站附近海域大潮涨急流速变化值位于-0.012~0.003m/s 之间；大潮涨急流向变化值位于-1.2~2.3° 之间；大潮落急流速变化值位于-0.001~0.001m/s 之间，大潮落急流向变化值位于-0.1~0.1° 之间。总体上看，由于升压站的桩径不大，项目实施不会对附近海域水动力环境产生明显影响。

本项目实施后升压站桩基附近流速受桩基影响出现一定程度减缓，导致桩基附近主要出现 0.10m/a 左右的淤积，桩基北侧部分区域出现 0.05m/a 左右的冲刷。

本项目施工过程中产生的少量悬浮泥沙来自本海区，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。而且这种影响是暂时的，会随着施工的结束而逐渐消失。海底电缆埋设期间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，不会影响海底沉积物质量。本项目施工期间产生的污水和固体废弃物均将收集上岸分别处理，均不得直接排入海域环境中，不会对所在海域的水质和海洋沉积物质量产生影响。运营期间本项目产生的各类污废水和固体废物均不直接排放入海，不会对水质和海洋沉积物质量产生明显的不良影响。

海上升压站施工、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。项目海缆施工造成的底层大于 10mg/L 悬沙浓度区的包络线面积为 55.967km²，项目建设造成底栖生物直接损失为 7.91t，项目施工造成渔业资源直接损失量为：游泳生物 0.3t、鱼卵 2.68×10⁸ 粒、仔鱼 4.0×10⁷ 尾。

9.4 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拟建的海上风电项目、航道、航路、锚地、自然保护区、国控站位等。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*****，需协调部门为汕尾海事局、广东省珠江东航道事务中心、汕尾市农业农村局。

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；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。

9.5 国土空间规划符合性分析结论

本项目建设符合《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）》《海丰县国土空间总体规划（2021-2035 年）》等国土空间规划的要求，项目与《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》以及“三区三线”中的生态保护红线的管控要求相符合。

项目符合《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》《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》等各级规划的相关要求。

9.6 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条件下，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 送出海缆结合拟建海缆区域的工程地质条件、自然环境条件、海洋开发活动、环境保护、国土空间规划等各方面的综合考虑，同时考虑了集约节约用海原则及后期对海缆的保护与维护最终确定平面布置，平面布置合理。项目拟申请用海总面积 363.3087 公顷，其中海上升压站透水构筑物用海面积为 0.6027 公顷，500kV 送出海缆用海面积为 362.7060 公顷，500kV 送出海缆避让

华润海丰电厂“上大压小”新建工程权属范围后采用立体设权，空间确权层为底土，范围为电缆管道设施下缘高程至实际设计或使用高程，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，现阶段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不占用岸线，500kV 送出海缆实际建设采用定向钻的施工方式穿越基岩岸线 1.2m，采用定向钻的施工方式从地底穿过基岩岸线，不会对岸线原有形态和功能产生影响，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（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）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。

9.7 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，与所在国土空间规划分区、省海岸带及海洋空间规划功能区的管理要求均相符，与生态红线管理要求相符合。项目选址、用海方式、用海面积和用海期限是合理的。从海域使用角度出发，本项目用海是可行的。