深能汕尾红海湾六海上风电项目

海域使用论证报告书

（公示稿）

编制单位：广东海兰图环境技术研究有限公司

统一社会信用代码：91440101MA59KQLF0D

二〇二六年三月

关于《深能汕尾红海湾六海上风电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《深能汕尾红海湾六海上风电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、项目所在海域水深资料、地质勘察资料等涉及第三方技术秘密及商业秘密，信息不能全文公开，制作去除上述信息的论证报告公开版，进行公示。现将删除处理内容说明如下：

1.删除处理相关基础材料的编制单位信息。

原因：影响第三方商业秘密。

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

原因：此部分内容涉及监测单位和委托单位的商业秘密。

3.删除项目工程地质勘察、地形地貌的部分图件及数据。

原因：此部分内容属于项目建设的涉密部分。

4.删除周边用海项目权属信息。

原因：此部分内容涉及第三方商业秘密。

5.删除资料来源说明及附件内容。

原因：此部分内容涉及用海单位及有关管理部门的管理要求，未经同意不允许公开。

广东海兰图环境技术研究有限公司

2026年1月20日

论证报告编制信用信息表

论证报告编号	4415022024000083		
论证报告所属项目名称	深能汕尾红海湾六海上风电项目		
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**
詹凤娉	BH000297	论证项目负责人	詹凤娉
詹凤娉	BH000297	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	詹凤娉
郑茜元	BH001287	3. 项目所在海域概况 5. 海域开发利用协调分析	郑茜元
古炜培	BH002816	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	古炜培

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

承诺主体(公章)：

2026 年 1 月 20 日

项目基本情况表

<table>
<tr><td>项目名称</td><td colspan="5">深能汕尾红海湾六海上风电项目</td></tr>
<tr><td>项目地址</td><td colspan="5">广东省汕尾市汕尾港南面海域</td></tr>
<tr><td>项目性质</td><td colspan="2">公益性（）</td><td colspan="3">经营性（√）</td></tr>
<tr><td>用海面积</td><td colspan="2">443.2221 公顷</td><td>投资金额</td><td colspan="2">788191 万元</td></tr>
<tr><td>用海期限</td><td colspan="2">27 年</td><td>预计就业人数</td><td colspan="2">-人</td></tr>
<tr><td rowspan="4">占用岸线</td><td>总长度</td><td>0m（实际建设穿越基岩岸线0.8m）</td><td>邻近土地平均价格</td><td colspan="2">-万元/公顷</td></tr>
<tr><td>自然岸线</td><td>0m（实际建设穿越基岩岸线0.8m）</td><td>预计拉动区域经济产值</td><td colspan="2">-万元</td></tr>
<tr><td>人工岸线</td><td>0m</td><td rowspan="2">填海成本</td><td colspan="2" rowspan="2">-万元/公顷</td></tr>
<tr><td>其他岸线</td><td>0m</td></tr>
<tr><td>海域使用类型</td><td colspan="2">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</td><td>新增岸线</td><td colspan="2">0m</td></tr>
<tr><td colspan="2">用海方式</td><td colspan="2">面积/公顷</td><td colspan="2">具体用途</td></tr>
<tr><td colspan="2">透水构筑物</td><td colspan="2">180.9616</td><td colspan="2">风机</td></tr>
<tr><td colspan="2">透水构筑物</td><td colspan="2">0.3780</td><td colspan="2">海上升压站</td></tr>
<tr><td colspan="2">透水构筑物</td><td colspan="2">0.3596</td><td colspan="2">海上无功补偿站</td></tr>
<tr><td colspan="2">海底电缆管道</td><td colspan="2">88.6200</td><td colspan="2">66kV 集电海缆</td></tr>
<tr><td colspan="2">海底电缆管道</td><td colspan="2">172.9029</td><td colspan="2">500kV 送出海缆</td></tr>
<tr><td colspan="6">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。</td></tr>
</table>

目　　录

摘　　要.....1
1　概述.....5
1.1　论证工作由来.....5
1.2　论证依据.....6
1.2.1　法律法规.....6
1.2.2　相关规划.....9
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.....16
2　项目用海基本情况.....17
2.1　项目建设内容.....17
2.2　平面布置和主要结构、尺度.....18
2.2.1　总平面布置.....18
2.2.2　结构及设计尺度.....23
2.3　项目主要施工工艺与方法.....27
2.3.1　施工工艺及方法.....27
2.3.2　施工设备.....39
2.3.3　施工进度计划.....41
2.3.4　土石方平衡.....42
2.3.5　风电场退役拆除方案.....42
2.4　项目用海需求.....46
2.4.1　项目用海需求.....46
2.4.2　申请用海情况.....50
2.5　项目用海必要性.....64
2.5.1　项目建设必要性分析.....64
2.5.1　项目建设必要性分析.....64
2.5.2　项目用海必要性分析.....70
3　项目所在海域概况.....71
3.1　海洋资源概况.....71

3.1.1 岸线资源.....71
3.1.2 滩涂资源.....71
3.1.3 岛礁资源.....71
3.1.4 港口资源.....72
3.1.5 渔业资源.....72
3.1.6 风能资源.....83
3.1.7 航道、锚地资源.....84
3.1.8 矿产资源.....85
3.1.9 旅游资源.....86
3.2 海洋生态概况.....86
3.2.1 区域气候与气象.....86
3.2.2 水文动力.....88
3.2.3 海域地形地貌与冲淤状况.....99
3.2.4 工程地质.....101
3.2.5 海洋自然灾害.....107
3.2.6 海洋水质现状调查与评价.....109
3.2.7 海洋沉积物质量现状调查与评价.....123
3.2.8 海洋生物质量现状调查与评价.....127
3.2.9 海洋生态现状.....131
3.2.10 电磁环境现状调查与评价.....147
3.2.11 噪声环境现状调查与评价.....150
3.2.12 鸟类资源.....153
3.2.13 自然保护区.....171
3.2.14 典型生态系统.....172
3.2.15 珍稀海洋生物.....174
3.2.16 “三场一通道”分布情况.....177
4 海底电缆管道路由勘测.....183
4.1 路由选划过程.....183
4.1.1 登陆点位置.....183
4.1.2 路由选划.....184
4.1.3 路由调查范围.....187
4.2 调查设备与方法.....188
4.2.1 调查设备与船舶.....188
4.2.2 调查内容、工作程序、进度.....192

4.2.3 内业数据处理.....208
4.3 路由区地质地球物理条件.....213
4.3.1 区域地质背景.....213
4.3.2 登陆点环境条件.....218
4.3.3 水下地形地貌特征.....219
4.3.4 浅剖地层岩性特征.....219
4.3.5 海底面状况与人为障碍物.....219
4.3.6 海底冲淤环境.....222
4.3.7 不良地质作用.....223
4.3.8 腐蚀环境参数测定.....223
4.3.9 周边海底电缆管道的探测结果.....225
4.3.10 海底电缆管道稳定性和埋深分析.....225
4.4 路由条件综合评价.....226
4.4.1 路由条件综合评价.....226
4.4.2 路由区地形地貌.....226
4.4.3 路由区海底面状况.....227
4.4.4 海底底质及工程特性.....227
4.4.5 海底障碍物.....227
4.4.6 气象与水文.....228
4.4.7 海洋地质灾害.....228
4.4.8 海洋开发活动.....228
4.5 结论与建议.....229
4.5.1 推荐设计路由.....229
4.5.2 建议.....231
5 资源生态影响分析.....233
5.1 生态评估.....233
5.1.1 资源生态敏感目标.....233
5.1.2 重点和关键预测因子.....237
5.1.3 用海方案工况设计.....237
5.1.4 水动力影响预测对比分析.....240
5.1.5 地形地貌与冲淤影响预测对比分析.....273
5.1.6 水质影响预测对比分析.....277
5.1.7 用海方案推选.....290
5.2 资源影响分析.....291

5.2.1 对岸线及海洋空间资源的影响.....291
5.2.2 对海洋生物资源的影响.....292
5.2.3 对海岛资源的影响.....296
5.2.4 对其他资源的影响.....296
5.3 生态影响分析.....296
5.3.1 对水文动力环境的影响.....296
5.3.2 风电场建设对波浪的影响.....297
5.3.3 对地形地貌冲淤环境的影响.....299
5.3.4 对水质环境的影响.....299
5.3.5 对沉积物的影响.....300
5.3.6 对海洋生物的影响.....301
5.3.7 对鸟类的影响.....305
5.3.8 水下噪声影响.....312
5.3.9 电磁辐射环境影响.....319
5.3.10 对典型生态系统的影响.....320
5.3.11 生态跟踪监测指标合理影响范围.....321
6 海域开发利用协调分析.....325
6.1 海域开发利用现状.....325
6.1.1 社会经济概况.....325
6.1.2 海域使用现状.....329
6.1.3 海域使用权属.....334
6.2 项目用海对海域开发活动的影响.....334
6.2.1 对航道、航路及通航环境的影响分析.....337
6.2.2 对锚地的影响分析.....338
6.2.3 对海上风电项目的影响分析.....339
6.2.4 对养殖项目的影响分析.....340
6.2.5 对自然保护区的影响分析.....340
6.2.6 对国控站位的影响分析.....341
6.2.7 对现状红树林、珊瑚礁的影响分析.....341
6.2.8 对华润海丰电厂“上大压小”新建工程的影响分析.....341
6.2.9 对其他项目的影响分析.....342
6.2.10 对渔业生产活动的影响分析.....342
6.3 利益相关者界定.....343
6.4 需协调部门界定.....343

6.5 相关利益协调分析.....344
6.5.1 与周边海上风电业主的协调分析.....344
6.5.2 与深圳市深汕特别合作区华润电力有限公司的协调分析.....344
6.5.3 与汕尾海事局、广东省珠江东航道事务中心的协调分析.....344
6.5.4 与汕尾市农业农村局的协调分析.....345
6.6 项目用海与国防安全和国家海洋权益的协调性分析.....345
6.6.1 与国防安全和军事活动的协调性分析.....345
6.6.2 与国家海洋权益的协调性分析.....346
7 国土空间规划符合性分析.....347
7.1 与国土空间规划符合性分析.....347
7.1.1 所在海域国土空间规划分区基本情况.....347
7.1.2 对周边海域国土空间规划分区的影响分析.....353
7.1.3 项目用海与国土空间规划的符合性分析.....356
7.1.4 项目用海对《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》的符合性分析.....356
7.2 项目用海与其他相关规划的符合性分析.....377
7.2.1 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.....377
7.2.2 与《广东省自然资源保护与开发“十四五”规划》的符合性分析 378
7.2.3 与《广东省海洋经济发展“十四五”规划》的符合性分析....379
7.2.4 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.....380
8 项目用海合理性分析.....383
8.1 用海选址合理性分析.....383
8.1.1 项目选址区位和社会条件的合理性分析.....383
8.1.2 项目选址与自然资源、生态环境适宜性分析.....383
8.1.3 项目选址与周边其他用海活动的适宜性分析.....385
8.1.4 项目用海是否有利于海洋产业协调发展.....385
8.1.5 项目选址合理性分析.....385
8.2 用海平面布置合理性分析.....387
8.2.1 平面布置比选分析.....387
8.2.2 是否体现节约集约用海的原则.....398
8.2.3 是否有利于生态保护，并已避让生态敏感目标.....400

8.2.4 能否最大程度地减少对水文动力环境和冲淤环境的影响.....402
8.2.5 能否最大程度地减少对周边其他用海活动的影响.....402
8.3 用海方式合理性分析.....403
8.3.1 是否遵循尽最大可能不填海和少填海、不采用非透水构筑物，尽可能采用透水式、开放式的用海原则.....403
8.3.2 能否最大程度地减少对海域自然属性的影响，是否有利于维护海域基本功能.....403
8.3.3 能否最大程度地减少对区域海洋生态系统的影响.....403
8.3.4 能否最大程度地减少对水文动力环境和冲淤环境的影响.....404
8.4 岸线利用合理性分析.....404
8.4.1 岸线利用必要性.....404
8.4.2 岸线利用合理性.....405
8.4.3 减少利用岸线的可能性.....405
8.4.4 海岸线占补分析.....405
8.5 用海面积合理性分析.....406
8.5.1 项目用海面积合理性.....407
8.5.2 宗海图绘制.....413
8.5.3 项目用海面积量算.....416
8.6 立体设权合理性分析.....430
8.6.1 立体设权范围.....430
8.6.2 立体设权可行性分析.....432
8.6.3 立体设权必要性分析.....433
8.7 用海期限合理性分析.....434
9 生态用海对策措施.....435
9.1 主要生态问题.....435
9.2 生态用海对策.....435
9.2.1 生态保护对策.....435
9.2.2 生态跟踪监测.....440
9.3 生态保护修复措施.....447
10 结论.....450
10.1 项目用海情况基本情况.....450
10.2 项目用海必要性结论.....450
10.3 资源生态影响分析结论.....451
10.4 海域开发利用协调分析结论.....452

10.5 国土空间规划符合性分析结论.....452
10.6 项目用海合理性分析结论.....452
10.7 项目用海可行性结论.....453

摘　　要

（1）项目用海基本情况

深能汕尾红海湾六海上风电项目（以下简称本项目）风电场址位于汕尾市汕尾港南面海域，登陆点位于深汕合作区小漠街道，场址面积约 62km^2，风电场场址水深在 41m~46m 之间。本项目于 2024 年 1 月取得核准批复，2025 年 3 月进行核准变更，变更后项目总规划容量为 500MW，建设 36 台 14MW 固定式风电机组、8 回 66kV 集电海底电缆、1 回 500kV 送出海底电缆、1 座 500kV 海上升压站、1 座海上无功补偿站。由于本项目工程招标确定推荐机型为 15MW 的海上抗台风型风电机组，风机机型、单机容量有所调整，所需风机数量亦产生变化，为获得更好的发电效益，本阶段根据招标机型对项目总平面布置进行调整，调整后建设内容及建设规模为：规划装机容量为 500MW（实际装机容量为 510MW），拟建设 34 台 15MW 固定式风电机组、8 回 66kV 集电海底电缆、1 回 500kV 送出海底电缆、1 座 500kV 海上升压站和 1 座海上无功补偿站，建设单位为深能海洋能源（汕尾）有限公司。

根据《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（自然资发〔2023〕234 号），本项目海域使用类型为工矿通信用海（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）。项目用海方式为构筑物（一级方式）的透水构筑物（二级方式）和其他方式（一级方式）的海底电缆管道（二级方式），项目申请总用海面积为 443.2221 公顷，其中透水构筑物用海面积为 181.6992 公顷，海底电缆管道用海面积为 261.5229 公顷，项目风机、66kV 集电海缆和 500kV 送出海缆采用立体确权。本项目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 0.8m，不会对岸线产生影响。本项目风机的设计服务年限为 25 年，工程建设期为 13 个月，因此，项目申请用海期限定为 27 年。

（2）项目用海必要性

本项目建设对提高可再生能源在能源消费结构比例能起到积极的推动作用，有利于减少土地资源的占用。同时，本地区具有开发海上风力发电的有利条件和资源优势，且社会效益、环保效益显著，具有一定的示范作用。所以无论从海上

风电优于陆上风电的特点，还是本项目所处的海域条件及建设特点，本项目用海，且占用该海域都是必要的。项目风机、海上升压站、海上无功补偿站架设在海面上方，基座为导管架基础结构，桩基插入海床，必将占用一定的海域；海底电缆埋入海床以下，必将占用一定的海床及底土。因此，从项目的建设特点来看，本项目海上风机、海上升压站、海上无功补偿站及电缆铺设将占用一定的海域，项目用海是必要的。

（3）资源生态影响及生态保护修复措施

本工程实施后海流影响范围主要在风电场内部桩基附近海域，冲淤影响范围也局限于风电桩基群的附近海区，周边临近海区的水动力、冲淤环境基本不受本工程的影响。本项目风机、海上升压站、海上无功补偿站桩基施工、电缆沟开挖对渔业资源的影响主要表现在对施工区附近高浓度悬浮物水域中的海洋生物的仔幼体可能造成的伤害。根据渔业水质标准，悬浮物浓度增量大于 10mg/L，可能对鱼类生长造成影响。该水域范围内，部分鱼卵、仔鱼及游泳生物因高浓度的含沙量而发生死亡。工程施工导致的底层超第一、二类海水水质的海域面积为108.135km^2，垂向平均浓度超第一、二类海水水质的海域面积 48.181km^2。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，工程施工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，基本不会对所在海域的沉积物环境造成影响。项目建设造成底栖生物直接损失为 5.15t，项目施工造成渔业资源直接损失量为：游泳生物 0.77t、鱼卵 2.24×10^8、仔鱼 4.50×10^7 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，具体措施以农业部门审核后的方案为准。

（4）利益相关者协调情况

本项目所在及周边海域开发利用活动主要为航道、航路、锚地、海上风电项目、现状红树林等。经界定，[redacted]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。本项目属经营性用海，按国家有关规定缴纳海域使用金，不存在损害国家权益的问题。

（5）规划符合性

本项目符合《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）》的要求，满足《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》关于汕尾西部工矿通信用海区、汕尾南部渔业用海区、遮浪南重要渔业资源产卵场生态保护区、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、金狮湾工矿通信用海区等用海区空间准入条件和相关管控要求。

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》以及《汕尾市国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》等各级相关规划的相关要求。

（6）项目用海合理性

依据风电场址规划，根据风能资源分布概况，综合考虑系统接入以及其他海洋水文条件优劣，本项目选址与国土空间规划、生态环境保护、军事等不相冲突，与对外交通运输条件、地质条件等较适宜，项目用海选址是合理的。本项目风电场场址区域离岸最近约 28.8km，水深约 41m~46m，与“海上风电项目应满足离岸距离 30 公里或水深 30 米的开发条件限制”相符。风电场场址不涉及各种保护区及重要、敏感和脆弱生态区域，因此项目用海选址合理。

项目平面布置方案经过了多次优化，充分考虑周边开发现状的需求，平面布置体现了集约、节约用海的原则，最大程度地减少对水文动力环境、冲淤环境的影响，有利于生态和环境保护，平面布置合理。

本项目规划装机容量 500MW（实际装机容量为 510MW），风电场场址水深在 41m~46m 之间，与陆地最近距离约 28.8km，风电场外缘边线包络海域面积 5081.9831 公顷，单位装机容量风电场面积约 9.96 公顷/兆瓦，海域利用率为 5.35%，投资强度 1778.37 万元/公顷，符合“离岸 30 千米或水深大于 30 米，单位装机容量风电场面积≤15 公顷/兆瓦，投资强度≥800 万元/公顷”的要求。海

域利用率作为鼓励性指标，包含风电场外包络线内海上风电项目用海确权面积和复合利用的养殖网箱、海洋牧场、海上光伏、波浪能发电、制氢、储能等设施确权面积（公顷），此次仅计算海上风电的用海面积，暂不符合≥6%的要求。项目后续将在风电场内配套布置海洋牧场，提高海域利用率。本项目用海面积可以满足项目用海需求，现阶段不存在减少用海面积的可能性，用海面积合理。

本项目用海方式基本维护了所在海域的基本功能，对水动力、冲淤环境影响较小，用海方式合理。

项目申请海域使用期限 27 年，符合《中华人民共和国海域使用管理法》，申请期限合理。

（7）项目用海可行性结论

综上所述，深能汕尾红海湾六海上风电项目用海是必要的，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管控要求相符合。项目选址、用海方式、用海平面布置、用海面积和用海期限是合理的。在做好海域环境的保护工作的前提下，从海域使用角度出发，本项目用海是可行的。

1 概述

1.1 论证工作由来

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。2018 年 5 月，国家发改委能源局颁布《关于 2018 年度风电建设管理有关要求的通知》（国能发新能〔2018〕47 号），要求 2019 年以后新增核准的海上风电采用竞价上网的方式。2019 年 1 月，国家发改委能源局发布《关于积极推进风电、光伏发电无补贴平价上网有关工作的通知》（发改能源〔2019〕19 号），2019 年 5 月配套出台《关于公布 2019 年第一批风电、光伏发电平价上网项目的通知》（发改办能源〔2019〕594 号），2 个通知要求积极推进海上风电平价上网。2023 年 1 月，广东省发展改革委印发《关于调整全省海上风电场址的通知》。根据通知，广东省新增省管海域（领海线以内）海上风电场址 7 个，装机容量 1830 万千瓦；规划国管海域（领海线以外专属经济区）粤东海上风电基地场址 7 个，装机容量 3570 万千瓦。2023 年 6 月，广东省发展改革委印发《广东省 2023 年海上风电竞争配置工作方案》，其中省管海域项目共 15 个，装机容量 700 万千瓦。红海湾风电场位于汕尾市汕尾港南面海域，规划装机总容量 440 万千瓦，包括红

海湾三、红海湾四、红海湾五、红海湾六以及远期红海湾规划场址，登陆点规划于深汕合作区小漠街道。本项目为深能汕尾红海湾六海上风电项目，位于红海湾风电场场址东侧偏南位置，场址面积约为 62km^2，风电场场址水深在 41m~46m 之间，距离陆地最近约 28.8km，规划装机容量为 500MW。

本项目于 2024 年 1 月取得核准批复，2025 年 3 月进行核准变更，详见附件，变更后项目总规划容量为 500MW，建设 36 台 14MW 固定式风电机组、8 回 66kV 集电海底电缆、1 回 500kV 送出海底电缆、1 座 500kV 海上升压站、1 座海上无功补偿站。由于本项目工程招标确定推荐机型为 15MW 的海上抗台风型风电机组，风机机型、单机容量有所调整，所需风机数量亦产生变化，为获得更好的发电效益，本阶段根据招标机型对项目总平面布置进行调整，调整后建设内容及建设规模为：规划装机容量为 500MW（实际装机容量为 510MW），拟建设 34 台 15MW 固定式风电机组、8 回 66kV 集电海底电缆、1 回 500kV 送出海底电缆、1 座 500kV 海上升压站和 1 座海上无功补偿站。

调整后项目用海面积、平面布置发生改变，根据《海域使用权管理规定》等法律法规的规定，“用海预审意见有效期二年。有效期内，项目拟用海面积、位置和用途等发生改变的，应当重新提出海域使用申请。”中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司为本项目风场 EPC 总承包单位，根据本项目海域使用论证工作需要，委托广东海兰图环境技术研究有限公司（以下简称我公司）承担本项目的海域使用论证工作（见附件）。我公司在接受委托后，为使论证工作顺利开展，收集了大量相关信息资料，详细了解工程内容。根据该项目海域使用的性质、规模和特点，按照《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361-2023）等的要求编制了《深能汕尾红海湾六海上风电项目海域使用论证报告书》（送审稿）。

1.2 论证依据

1.2.1 法律法规

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

（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》（2021 年 12 月 24 日第十三届全国人民代表大会常务委员会第三十二次会议通过，2022 年 6 月 1 日施行）；

（10）《中华人民共和国渔业法》（2025 年 12 月 27 日第十四届全国人民代表大会常务委员会第十九次会议修订，2026 年 5 月 1 日起施行）；

（11）《中华人民共和国水生野生动物保护实施条例》（2013 年 12 月 7 日第二次修订）；

（12）《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）；

（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）《国家海洋局关于进一步加强自然保护区海域使用管理工作的意见》（国海函〔2006〕3 号）；

（15）《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）；

（16）《防治海洋工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》（根据 2018 年 3 月 19 日《国务院关于修改和废止部分行政法规的决定》第二次修订）；

（17）《中华人民共和国防治海岸工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》（根据2018年3月19日《国务院关于修改和废止部分行政法规的决定》第三次修订）；

（18）《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》（国办发〔2002〕36号）；

（19）《海域使用权管理规定》（国家海洋局，2007年1月1日起实施）；

（20）《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》（国海环字〔2013〕583号）；

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

（22）《自然资源部办公厅关于进一步做好海域使用论证报告评审工作的通知》（自然资办函〔2021〕2073号，2021年11月10日）；

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

（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》（自然资办函〔2022〕640号，2022年4月15日）；

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

（26）《自然资源部关于印发<国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南>的通知》（自然资发〔2023〕234号，2023年11月）；

（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》（自然资办发〔2024〕21号，2024年5月6日）；

（29）《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）；

（30）《铺设海底电缆管道管理规定》（自1989年3月1日起施行）；

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

（32）《关于铺设海底电缆管道管理有关事项的通知》（国海规范〔2017〕8 号）；

（33）《关于印发<广东省海域使用金征收标准（2022 年修订）>的通知》（粤财规〔2022〕4 号，2022 年 6 月 17 日）；

（34）《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）；

（35）《广东省自然资源厅 广东省生态环境厅 广东省林业局关于严格生态保护红线管理的通知（试行）》（2023 年 11 月 28 日）；

（36）《广东省海域使用管理条例》（根据 2021 年 9 月 29 日广东省第十三届人民代表大会常务委员会第三十五次会议《关于修改〈广东省城镇房屋租赁条例〉等九项地方性法规的决定》修正）；

（37）《广东省环境保护条例》（根据 2022 年 11 月 30 日广东省第十三届人民代表大会常务委员会第四十七次会议《关于修改〈广东省机动车排气污染防治条例〉等六项地方性法规的决定》第三次修正）；

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

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

（40）《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》（2022 年 2 月 22 日）；

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

（42）《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

（1）《“十四五”现代能源体系规划》（发改能源〔2022〕210 号）；

（2）《“十四五”可再生能源发展规划》（发改能源〔2021〕1445 号）；

（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》，2011 年 11 月 18 日印发；

（5）《2030 年前碳达峰行动方案》（国发〔2021〕23 号）；

（6）《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）；

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

（8）《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，2009 年 4 月 22 日）；

（9）《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）；

（10）《广东省海洋经济发展“十四五”规划》，2022 年 3 月；

（11）《广东省能源发展“十四五”规划》，2018 年 7 月；

（12）《广东省海上风电发展规划（2017-2030 年）（修编）》（粤发改能新〔2018〕193 号）；

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

（14）《广东省自然资源保护与开发“十四五”规划》（粤府办〔2021〕31 号）；

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

（16）《广东省现代化海洋牧场发展总体规划（2024-2035 年）》（广东省农业农村厅，2024 年 11 月）；

（17）《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，2021 年 4 月）；

（18）《广东省近岸海域环境功能区划》（粤府办〔1999〕68 号）；

（19）《广东省人民政府办公厅关于调整汕尾市部分近岸海域环境功能区划的复函》（粤办函〔2010〕398 号）；

（20）《广东省人民政府关于<广东太平岭核电厂近岸海域环境功能区划调整方案>的批复》（粤府函〔2022〕276 号）；

（21）《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）；

（22）《汕尾港总体规划（2021-2035 年）》（广东省交通运输规划研究中心，2021 年 11 月）；

（23）《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，2021 年 4 月）；

（24）《海丰县国土空间总体规划（2021-2035 年）》（粤府函〔2023〕335 号，2023 年 12 月 18 日）。

1.2.3 标准规范

（1）《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361-2023）；

（2）《海籍调查规范》（HY/T 124-2009）；

（3）《海域使用分类》（HY/T 123-2009）；

（4）《海水水质标准》（GB 3097-97）；

（5）《渔业水质标准》（GB 11607-89）；

（6）《中国海图图式》（GB 12319-2022）；

（7）《海洋监测规范》（GB 17378-2007）；

（8）《海洋生物质量》（GB 18421-2001）；

（9）《海洋沉积物质量》（GB 18668-2002）；

（10）《海洋调查规范》（GB/T 12763-2007）；

（11）《海洋工程地形测量规范》（GB/T 17501-2017）；

（12）《全球导航卫星系统（GNSS）测量规范》（GB/T 18314-2024）；

（13）《风力发电场设计技术规范》（DL/T 5383-2007）；

（14）《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025）；

（15）《海域使用面积测量规范》（HY 070-2022）；

（16）《宗海图编绘技术规范》（HY/T 251-2018）；

（17）《风电场微观选址技术规范》（NB/T 10103-2018）；

（18）《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007，中华人民共和国农业部）；

（19）《海上风电场微观选址阶段发电量计算技术规范》（T/CEEIA 561-2021）；

（20）《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》（2002.04）；

（21）《海上风电工程环境影响评价技术规范》（国家海洋局，2014.04）；

（22）《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）；

（23）《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）《深能汕尾红海湾六海上风电项目初步设计综合说明（44-NA16951C-A01）》（2025年11月）；

（2）《深能源汕尾红海湾六海上风电项目初步设计阶段风机微观选址专题报告（44-NA16951C-A03）》（2025年9月）；

（3）《深能汕尾红海湾六海上风电项目海上升压站及海上补偿站 EP 项目初步设计阶段 第1卷 初设报告》（2025年11月）；

（4）《深能汕尾红海湾六海上风电项目风场初步设计阶段施工组织设计报告（44-NA16951C-A06）》（2025年11月）；

（5）《深能汕尾红海湾六海上风电场项目可行性研究阶段岩土工程勘测报告》（2024年4月）；

（6）《深能汕尾红海湾六海上风电项目海底电缆路由调查勘测报告》（2026年3月）；

（7）《深能红海湾六海上风电项目路由选择依据说明材料（报批稿）》（2025年1月）；

（8）《深能汕尾红海湾六海上风电项目通航安全影响研究报告（报备稿）》（2024年12月）；

（9）《深能汕尾红海湾六海上风电项目符合生态保护红线内允许有限人

为活动的说明报告》（2025 年 3 月）；

（10）《深能汕尾红海湾六海上风电项目海洋环境现状调查监测报告》（2024 年 6 月）；

（11）《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）；

（12）《2024 年汕尾红海湾海上风电场（场址六含线缆）项目海洋环境现状调查监测报告》（2025 年 1 月）；

（13）《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）；

（14）《深能汕尾红海湾六海上风电项目夏季全潮水文观测报告》（2023 年 11 月）；

（15）《深能汕尾红海湾六海上风电项目电磁辐射环境专题报告》（2023 年 12 月）；

（16）《汕尾红海湾三、四海上风电集中送出项目电磁辐射环境专题报告》（2023 年 12 月）；

（17）《汕尾红海湾（海缆）海上电磁环境监测》（2023 年 7 月）；

（18）《深能汕尾红海湾六期海上风电场项目水上、水下噪声对海洋生物影响专题（冬季现场调查报告）》（2023 年 12 月）；

（19）《深能汕尾红海湾六海上风电场项目水上、水下噪声对海洋生物影响专题》（2024 年 3 月）；

（20）《汕尾红海湾三、四海上风电集中送出项目鸟类现状监测专题报告》（2024 年 6 月）；

（21）《深能汕尾红海湾六期海上风电项目鸟类现状监测专题报告》（2024 年 1 月）；

（22）建设单位提供的其他资料。

1.3 论证等级和范围

1.3.1 论证等级

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）的透水构筑物（二级方式）和其他方式（一级方式）的海底电缆管道（二级方式）。

项目申请总用海面积为 443.2221 公顷，其中透水构筑物用海面积为 181.6992 公顷，海底电缆管道用海面积为 261.5229 公顷，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），透水构筑物用海总面积大于（含）30 公顷所有海域论证等级为一级，海底电缆管道所有规模敏感海域（本项目送出海缆穿越生态保护红线“遮浪南重要渔业资源产卵场”）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”，判定本项目的海域使用论证等级为一级，应编制海域使用论证报告书。

表 1.3.1-1 海域使用论证等级判定标准

<table>
<tr><th>用海单元</th><th>一级用海方式</th><th colspan="2">二级用海方式</th><th>用海规模</th><th>所在海域特征</th><th>论证等级</th></tr>
<tr><td>风机、海上升压站、海上无功补偿站</td><td>构筑物</td><td colspan="2">透水构筑物</td><td>构筑物总长度大于（含）2000m 或用海总面积面积大于（含）30ha
（本项目用海面积 181.6992 公顷）</td><td>所有海域</td><td>一</td></tr>
<tr><td rowspan="2">海底电缆</td><td rowspan="2">其他方式</td><td rowspan="2">海底电缆管道</td><td rowspan="2">海底电（光）缆</td><td rowspan="2">所有规模
（本项目用海面积 261.5229 公顷）</td><td>敏感海域</td><td>二</td></tr>
<tr><td>其他海域</td><td>三</td></tr>
<tr><td colspan="6">本项目</td><td>一</td></tr>
<tr><td colspan="7">注：敏感海域是指海洋生态保护红线区，重要河口、海湾、红树林、珊瑚礁、海草床等重要生态系统所在海域，特别保护海岛所在海域等。</td></tr>
</table>

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

1.3.2 论证范围

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

航道等线性工程项目用海的论证范围划定，一级论证每侧向外扩展 5km，二级论证 3km，三级论证 1.5km。本项目结合所在海域特征，风电场论证范围以其用海外缘线为起点进行划定，向外扩展 15km；送出海缆以其用海外缘线为起点进行划定，每侧向外扩展 12km，总面积约 3087.43km^2，论证范围详见图 1.3.2-1。

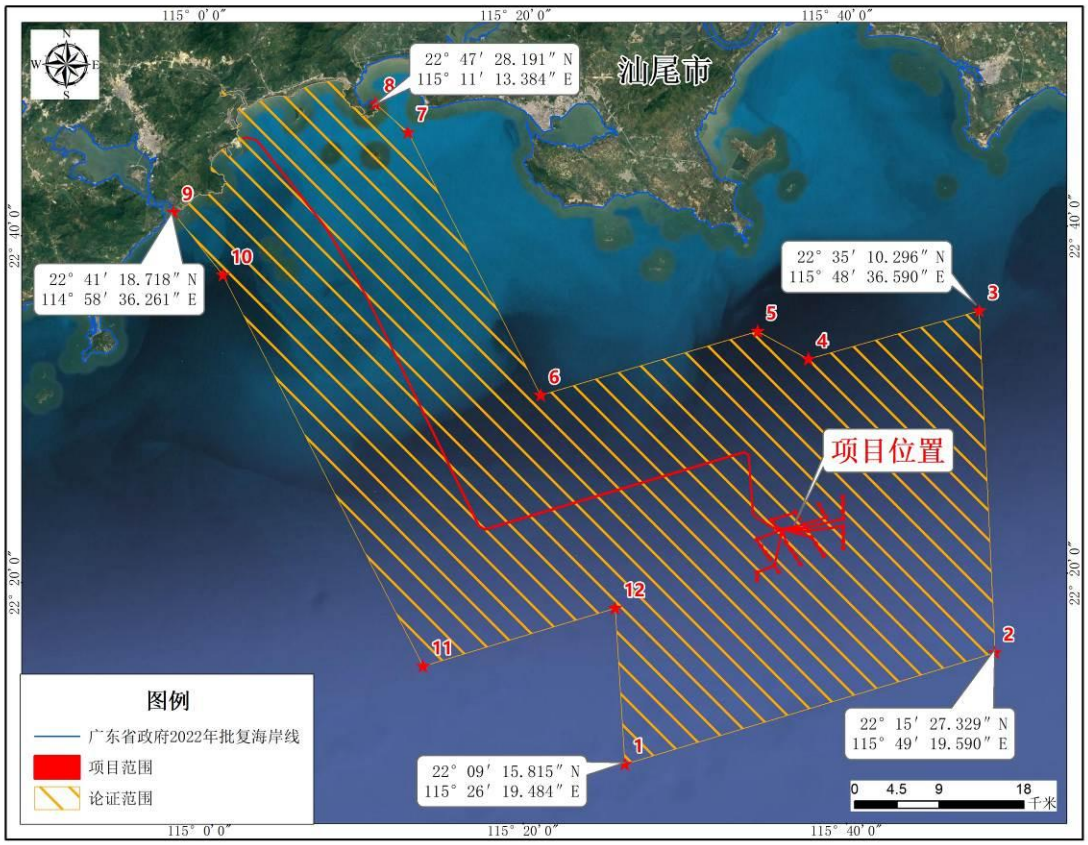


图 1.3.2-1 论证范围图

表 1.3.2-1 论证范围坐标点

序号	北纬（N）	东经（E）
1	22°09′15.815″	115°26′19.484″
2	22°15′27.329″	115°49′19.590″
3	22°35′10.296″	115°48′36.590″
4	22°32′30.253″	115°37′57.616″
5	22°34′08.477″	115°34′49.653″
6	22°30′34.849″	115°21′18.292″
7	22°45′47.092″	115°13′13.653″
8	22°47′28.191″	115°11′13.384″
9	22°41′18.718″	114°58′36.261″
10	22°37′39.444″	115°01′37.736″
11	22°15′00.996″	115°13′53.405″
12	22°18′15.097″	115°25′49.456″

1.4 论证重点

根据项目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，结合项目海域使用类型和用海方式、所在海域特征和对资源生态影响程度等因素，确定本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；

（3）海域开发利用协调；

（4）项目用海选址、用海平面布置和用海面积合理性分析；

（5）海域立体开发利用的必要性和可行性；

（6）生态用海对策措施。

2 项目用海基本情况

2.1 项目建设内容

（1）项目名称：深能汕尾红海湾六海上风电项目

（2）项目性质：新建经营性项目

（3）建设单位：深能海洋能源（汕尾）有限公司

（4）投资金额：788191 万元

（5）地理位置：本项目风电场址位于汕尾市汕尾港南面海域，红海湾场址东侧偏南位置，登陆点位于深汕合作区小漠街道，详见图 2.1-1，场址面积约 62km^2，风电场场址水深在 41m~46m 之间，距离陆地最近约 28.8km。

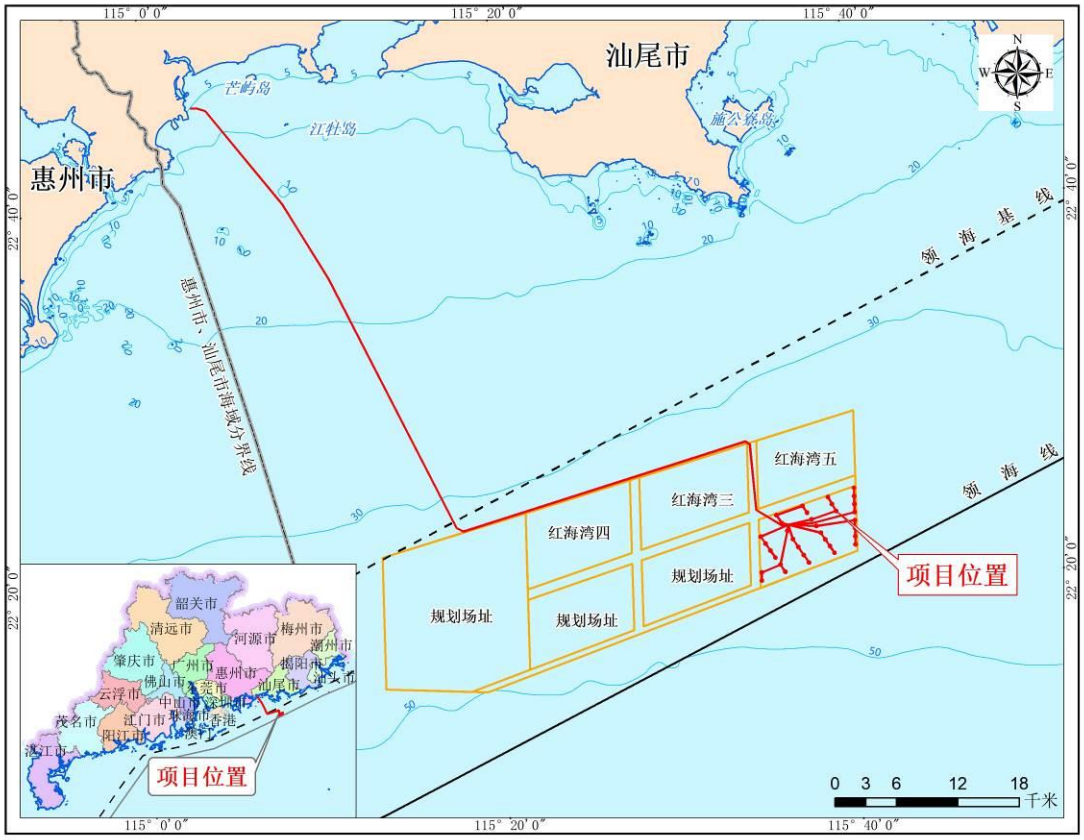


图 2.1-1 项目地理位置图

（6）建设规模：本项目规划装机容量为 500MW（实际装机容量为 510MW），拟建设 34 台 15MW 固定式风电机组、8 回 66kV 集电海底电缆、1 回 500kV 送出海底电缆、1 座 500kV 海上升压站和 1 座海上无功补偿站。本项目将按要求配套建设海洋牧场，拟在风机与风机间设立海洋牧场网箱，单独办理用海，单独立

项，不在本次论证范围内。

2.2 平面布置和主要结构、尺度

2.2.1 总平面布置

本项目规划装机容量为 500MW（实际装机容量为 510MW），拟安装 34 台 15MW 风机，风电机组通过 8 回 66kV 集电海缆汇集至海上升压站，风电机组采用阵列式布置，66kV 集电海缆采用链型拓扑结构，每回路连接 4-5 台风机，不交叉不重叠。升压后通过 500kV 送出海缆、海上无功补偿站送至登陆点，登陆点位于深汕合作区小漠街道，送出海缆涉海长度约 89.65km。

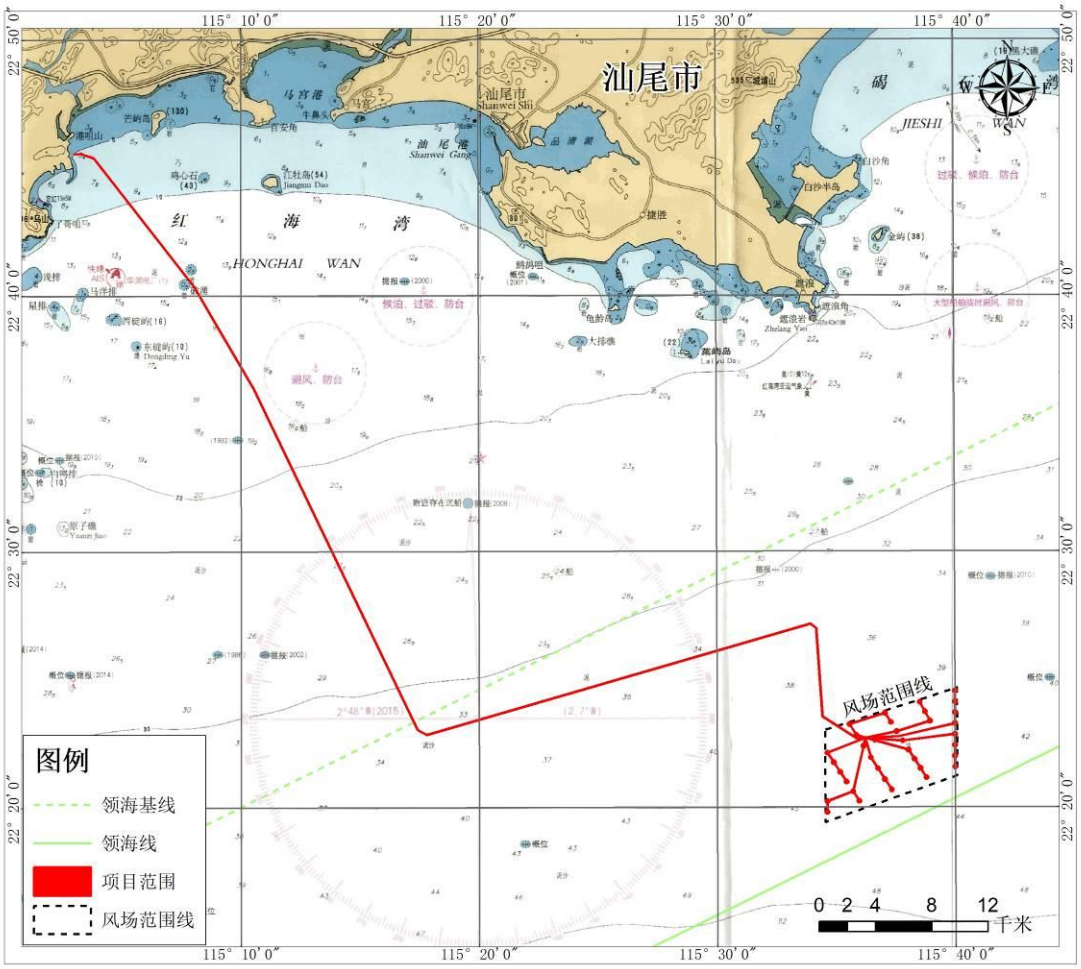


图 2.2.1-1 项目平面布置示意图

图 2.2.1-2 风电场总体规划图（略）

2.2.1.1 风电机组

本风电场轮毂高度处主导风向为 ENE，主导风风向频率为 29.76%，相应 ENE

向风能频率为 49.37%；风向、风能分布相对集中。本项目风机排布以 ENE 为主导风向，各列基本垂直于主导风向，采用变间距排布形式，与主导风向呈 100°夹角，共计 6 列。沿主导风向第 2~3、3~4 列扩大列间距，进一步缩小行间距。列间距为 7.4~12.2D，行间距为 3.0~3.6D，详见图 2.2.1-3。

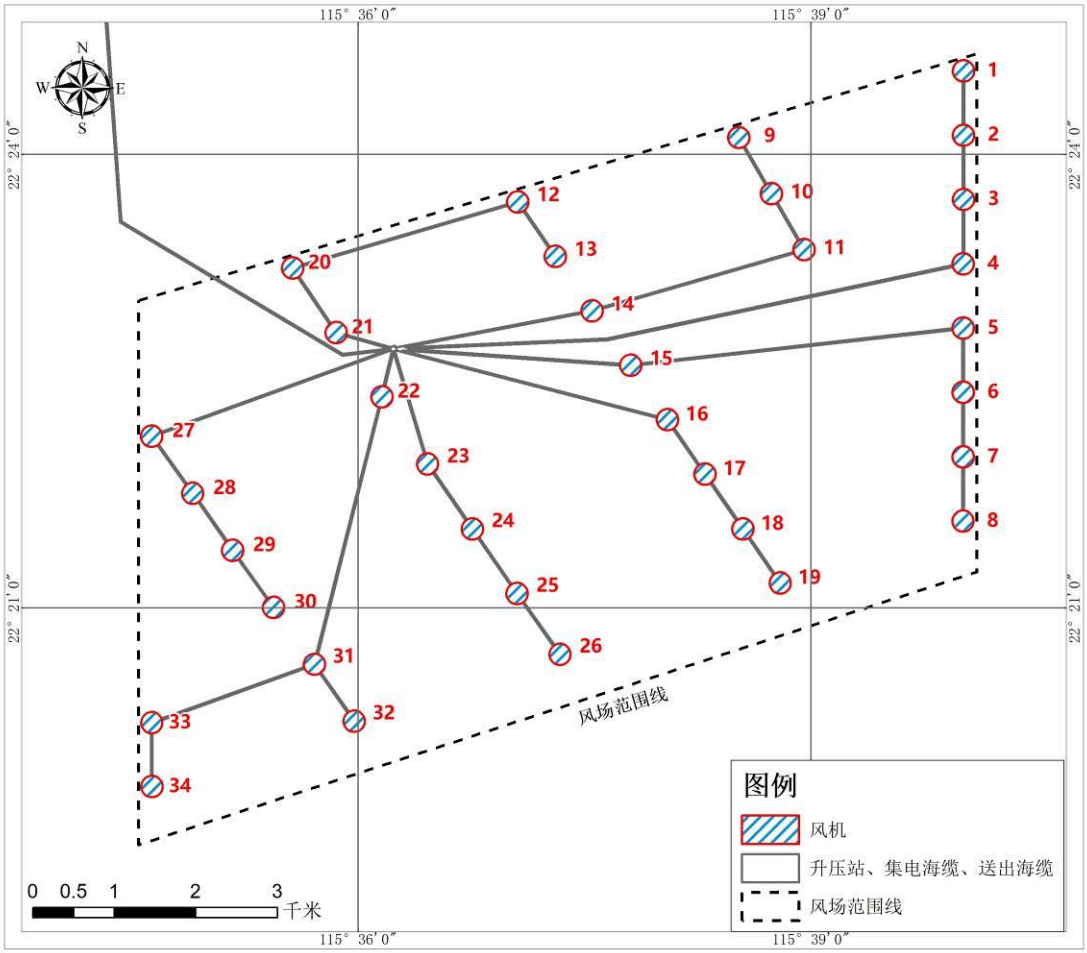


图 2.2.1-3 项目风机排布图

2.2.1.2 海上升压站和海上无功补偿站

（1）海上升压站

本项目配套建设一座 500kV 海上升压站，海上升压站位于风电场址内偏西北侧，平台北和真北逆时针夹角 20°。

海上升压站采用整体式布置，包括上部组块和下部结构。上部组块平台共分四层，一层平台、二层平台、三层平台及顶层平台。下部结构采用导管架型式，并设置了 4 根钢管桩。海上升压站垂直投影最外缘尺寸为 43m×40m。海上升压站各层结构平面图详见图 2.2.1-4。

（2）海上无功补偿站

本项目配套建设一座海上无功补偿站，海上无功补偿站位于送出海缆中段，平台北和真北逆时针夹角 20°。

海上无功补偿站采用整体式布置，包括上部组块和下部结构。上部组块平台共分四层，一层平台、二层平台、三层平台及顶层平台。下部结构采用导管架型式，并设置了 4 根钢管桩。海上无功补偿站垂直投影最外缘尺寸为 42m×38m。海上无功补偿站各层结构平面图详见图 2.2.1-5。

图 2.2.1-4a 海上升压站一层布置平面布置图（略）

图 2.2.1-4b 海上升压站二层布置平面布置图（略）

图 2.2.1-4c 海上升压站三层布置平面布置图（略）

图 2.2.1-4d 海上升压站屋顶层布置平面布置图（略）

图 2.2.1-5a 海上无功补偿站一层布置平面布置图（略）

图 2.2.1-5b 海上无功补偿站二层布置平面布置图（略）

图 2.2.1-5c 海上无功补偿站三层布置平面布置图（略）

图 2.2.1-5d 海上无功补偿站屋顶层布置平面布置图（略）

2.2.1.3 海底电缆

（1）66kV 集电海缆

本项目集电海缆采用 66kV 三芯电缆，集电系统接线拓扑布局采用链形拓扑结构。风机按 8 个回路布置，各个回路连接 4-5 台风机，风机连接电缆不交叉不重叠。66kV 集电海缆平面布置示意图见图 2.2.1-6。

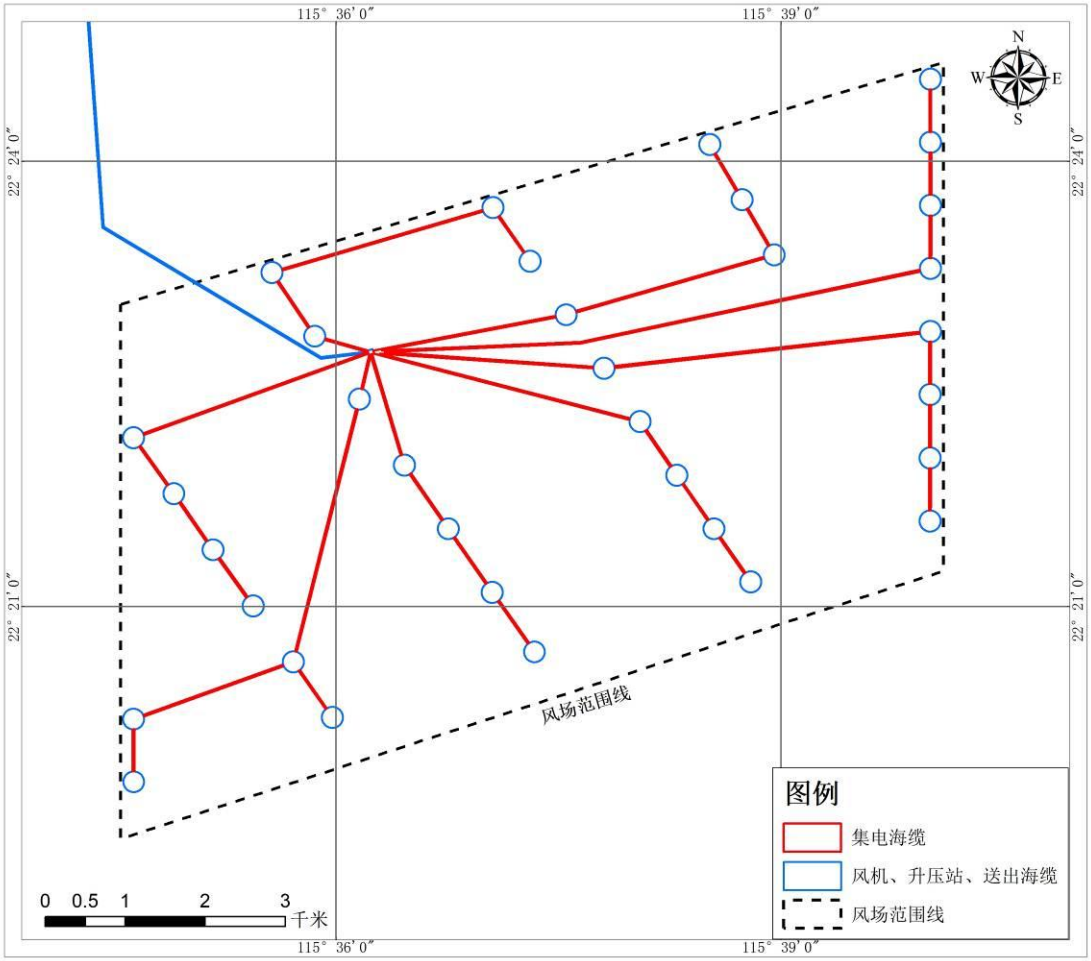


图 2.2.1-6 项目 66kV 集电海缆平面布置示意图

（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 48.33km 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 28.82km 后到达红海湾海上风电场场址五西北角，最后向东南方向避开海上风机位置延伸 10.54km 到达海上升压站。500kV 送出海底电缆布置 1 根海缆，全长约 89.71km，涉海长度约 89.65km。示意图见图 2.2.1-7。

表 2.2.1-1 500kV 送出海缆拐点坐标表

编号	经度	纬度	备注
1	115°02'37.709"E	22°45'35.368"N	入钻点
2	115°02'43.783"E	22°45'34.101"N	出钻点
3	115°3'18.992"E	22°45'34.093"N	保障垂直登陆岸线，便于路由登陆施工
4	115°3'48.457"E	22°45'24.609"N	增大路由拐弯半径
5	115°8'2.208"E	22°40'22.601"N	避开海图显示礁石

6	115°10'32.572"E	22°36'23.655"N	保障与两锚地之间的安全距离
7	115°17'24.817"E	22°23'4.076"N	避开生态保护红线西侧边界，统筹管廊送出路径
8	115°17'46.765"E	22°22'52.467"N	增大路由拐弯半径，统筹管廊送出路径
9	115°17'48.031"E	22°22'52.285"N	统筹管廊送出路径，保持路由曲率
10	115°33'56.094"E	22°27'11.124"N	统筹管廊送出路径，避开生态保护红线，保持路由曲率
11	115°34'10.962"E	22°27'0.641"N	统筹管廊送出路径，避开海上风机
12	115°34'25.708"E	22°23'33.304"N	统筹管廊送出路径，避开海上风机
13	115°35'53.860"E	22°22'40.497"N	修改拐点，避开海上风机布置
14	115°36'13.973"E	22°22'42.850"N	海上升压站
15	115°17'49.732"E	22°22'52.742"N	海上补偿站

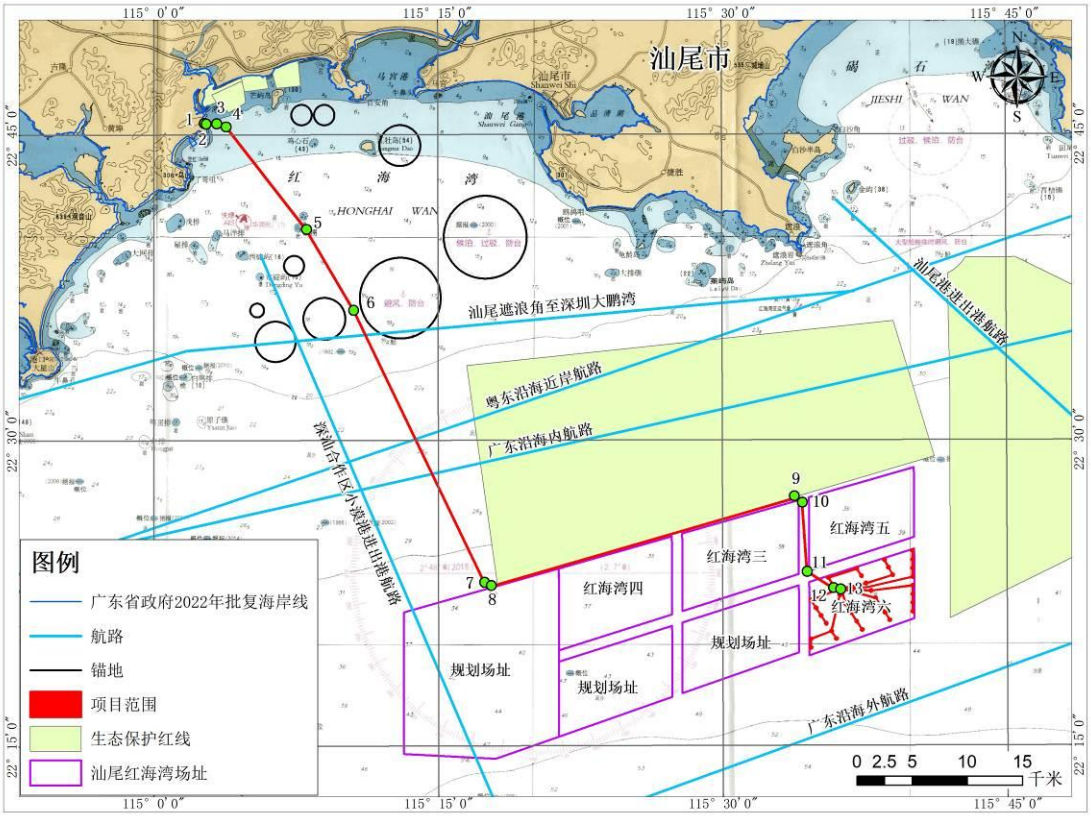


图 2.2.1-7 项目 500kV 送出海缆平面布置示意图

2.2.1.4 登陆点

本项目 500kV 送出海缆登陆点位于深汕合作区小漠街道东侧海岸，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”新建工程园区道路；向南侧为华润海丰电厂“上大压小”新建工程排水渠。登陆点位置详见图 2.2.1-8，周边环境详见图 2.2.1-9。

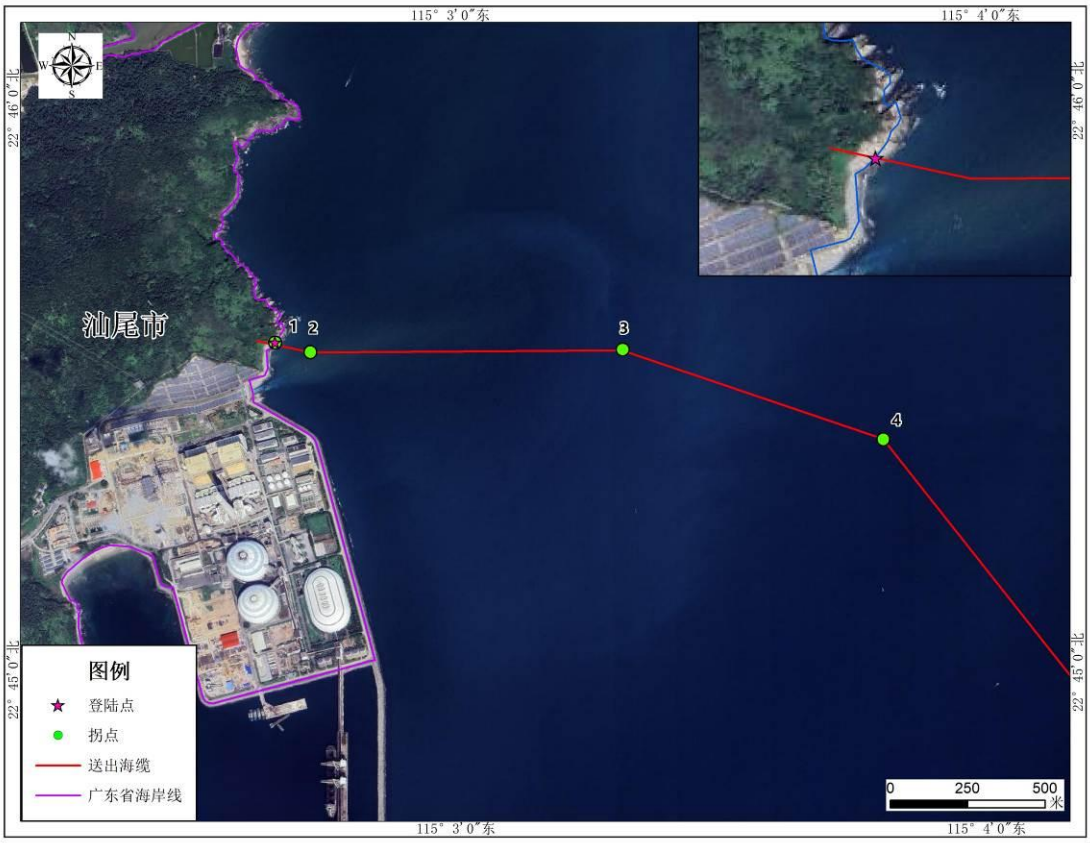


图 2.2.1-8 项目登陆点位置示意图

图 2.2.1-9 项目登陆点周边环境现状

2.2.2 结构及设计尺度

2.2.2.1 风电机组

（1）风机机型

本阶段用于进行机位排布方案设计的机型为通过招标确定的中船海装

H260-15MW 抗台风机组，风轮直径为 260m，轮毂中心和塔筒中心轴线的水平距离为 6.343m，其他风机参数特征详见表 2.2.2-1。

表 2.2.2-1 推荐机型风机参数特征表

编号	项目	单位	数值
1	机组认证	-	型式认证
2	单机容量	kW	15000
3	功率调节方式	-	变速变桨
4	预装轮毂高度	m	155.187
5	安全风速（3s）	m/s	79.8
6	设计等级	-	IEC S
7	生存环境温度	℃	-40～+50
8	运行环境温度	℃	-30～+40
9	叶片数	个	3
10	叶片长度	m	126
11	风轮直径	m	260
12	单位千瓦扫风面积	m^2/kw	3.54
13	切入风速	m/s	3.5
14	切出风速	m/s	25
15	额定风速（标况）	m/s	11.2
16	发电机类型	-	中速永磁
17	发电机额定功率	kW	16000
18	发电机额定电压	V	1380
19	发电机功率因素	-	0.91
20	机舱重量	t	430
21	发电机重量（含齿轮箱）	t	142
22	叶片重量	t	3×52
23	轮毂重量	t	112

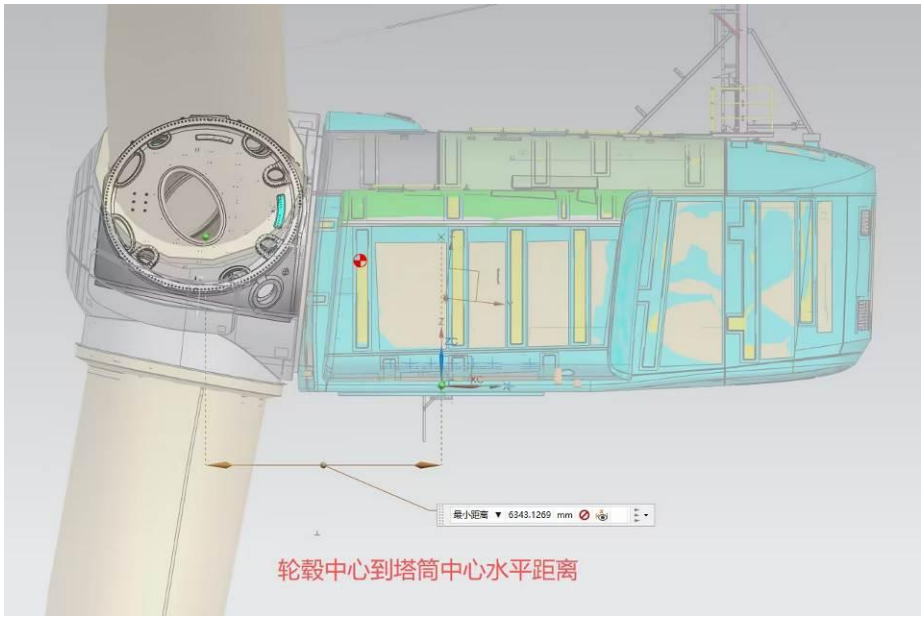


图 2.2.2-1 15MW 风机轮毂中心到塔筒中心水平距离示意图

（2）风机基础

本项目风机采用四桩导管架基础，桩顶高出泥面约 8~10m。结合风机基础平台底高程以及国内外同类工程过渡段尺寸（高约 3~7 米），初定本工程导管架顶法兰标高均为 26.00m。灌浆连接段长度统一为 6.5 米。用 4 根钢管桩定位于海底，4 根桩呈正方形均匀布设。基础塔筒与导管架四桩腿之间由 4 个变截面箱梁连接，上两层交叉管管径约 650~740mm，最下层交叉管管径约 1000mm。导管架底部设置四个灌浆连接腿柱，吊装插入桩顶后，向环形空间灌注高强灌浆料，实现导管架主体结构与桩基础的连接。导管架承受波浪、海流荷载风机荷载及风机塔架传递的风荷载，并将荷载传递给 4 根垂直打入海底的钢管桩。

根据现阶段地质资料以及结构计算成果，15MW 导管架基础对应钢管桩桩径 3.5m，壁厚为 36~55mm，桩中心距为 30m，平均钢管桩桩长约为 100m，平均入土深度约为 90m。风机四桩导管架基础结构图详见图 2.2.2-2 所示。

图 2.2.2-2 风机四桩导管架基础结构图（略）

2.2.2.2 海上升压站及海上无功补偿站

（1）海上升压站

本项目海上升压站上部结构由立柱、甲板、梁格和斜撑组成。上部组块主梁采用焊接 H 型钢 H1100、H1000、H800、热轧 H 型钢 HN600、HN400、HN300，次梁采用焊接 H 型钢 H800，其余次梁采用热轧 H 型钢 HN600、HN500、HN400、HN300 等。立柱采用 φ1200、φ1000、φ508、φ402 钢管，两层主甲板间斜撑采用 φ508、φ402 钢管，底层甲板之上满铺 6mm 厚钢板，在立柱、撑杆与主梁交点处管节点用钢材 DH36-Z35 加强。

海上升压站基础采用导管架型式，采用 φ3400 开口变壁厚钢管桩，壁厚分别为 50~80mm，桩长为 79m，桩顶高程为-32.8m，桩底高程为-111.8m。导管架采用 4 腿导管架型式，导管架 4 个面的斜度约为 10：1。导管架顶标高 20.8m，底标高-41.8m。主导管采用 φ1300~φ1900 钢管，成梯形布置，导管架局部节点用钢材 DH36-Z35、DH420 加强。导管架约重 2585t。

海上升压站四桩导管架基础立面图详见图 2.2.2-3 所示。

（2）海上无功补偿站

海上无功补偿站上部结构由立柱、甲板、梁格和斜撑组成。上部组块主梁采用焊接 H 型钢 WH700、热轧 H 型钢 H700、H600、H500、H400、H300 以及 H250，

次梁采用热轧H型钢H700、H600、H500、H400、H300以及H250。立柱采用φ1200、φ1000、φ800、φ610、φ325以及φ273钢管，两层主甲板间斜撑采用φ325钢管，底层甲板之上满铺 6mm 厚钢板，在立柱、撑杆与主梁交点处管节点用钢材DH36-Z35加强。

海上无功补偿站基础采用导管架型式，基础采用φ2650开口变壁厚钢管桩，壁厚分别为36~80mm，桩长为84m，桩顶高程为-23m，桩底高程为-107m。导管架采用4腿导管架型式，导管架4个面的斜度约为10：1。导管架顶标高20m，底标高-35.1m。主导管采用φ1200~φ2300钢管，成梯形布置，导管架局部节点用钢材DH36-Z35加强。导管架约重1670t。

海上无功补偿站四桩导管架基础立面图详见图2.2.2-4所示。

图 2.2.2-2 海上升压站四桩导管架基础结构图（略）

图 2.2.2-3 海上无功补偿站四桩导管架基础结构图（略）

2.2.2.3 海底电缆

（1）66kV海底电缆

本项目66kV海底电缆初拟选用交联聚乙烯绝缘，分相铅护套，钢丝铠装，光电复合，三芯铜导体及三芯铝合金导体海底电缆，海缆型号选用HYJLQF41-F 38/66kV 3×150+3×36（铝（铝合金）导体）、HYJQF41-F-38/66kV 3×120+3×36、HYJQF41-F-38/66kV 3×185+3×36 、 HYJQF41-F-38/66kV 3×400+3×36 、HYJQF41-F-38/66kV 3×630+3×36等规格，最大外径为174.2mm。

（2）500kV海底电缆

本项目 500kV 送出方案采用 1 回三芯钢铠 XLPE 绝缘海底电缆，型号为HYJQF41-F290/500 3×800mm^2，外径为304mm。500kV三芯海底电缆的结构见图2.2.2-4。

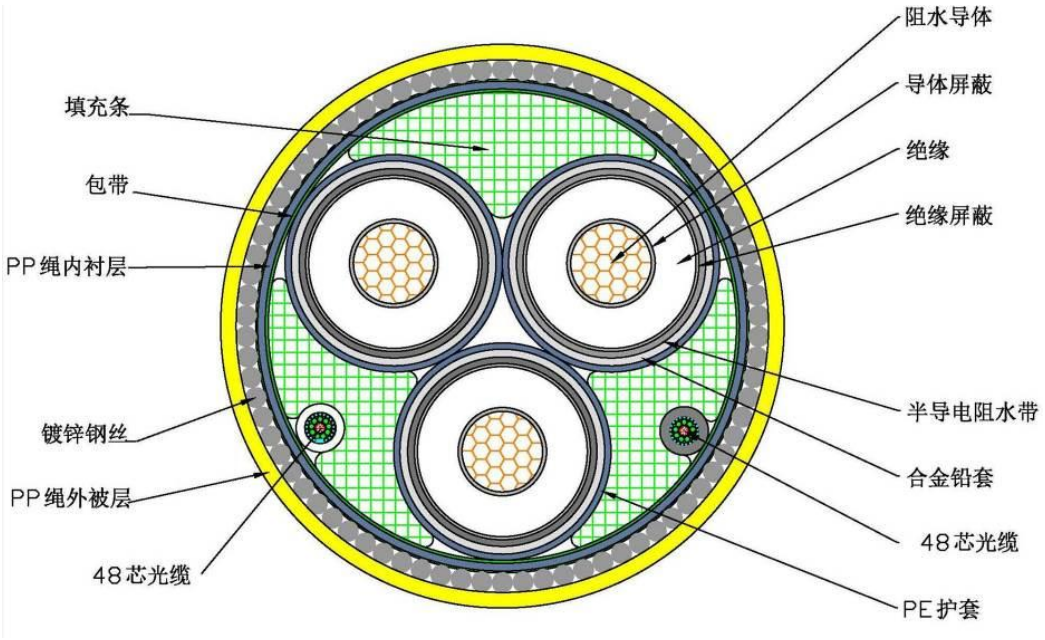


图 2.2.2-4 500kV 三芯电缆典型结构示意图

2.3 项目主要施工工艺与方法

本项目工程施工主要项目有大型钢结构制作、风机基础施工、风机机组安装、66kV 场内海缆敷设、500kV 送出海缆敷设和海上升压站、海上无功补偿站施工等。现结合工程条件及特点，针对海上风电场的主要施工项目的施工方案进行介绍说明。

2.3.1 施工工艺及方法

2.3.1.1 风电机组基础施工

（1）基础钢结构制造

四桩导管架连接段结构整个加工过程，必须严格依据设计单位提供的图纸、详细设计技术规格书、国家行业的规范标准等，主要流程为：基础钢结构加工→钢结构防腐。

（2）钢管桩制造

钢管桩制作采用常规的直缝加工制作工艺基，其加工制作工艺主要为：

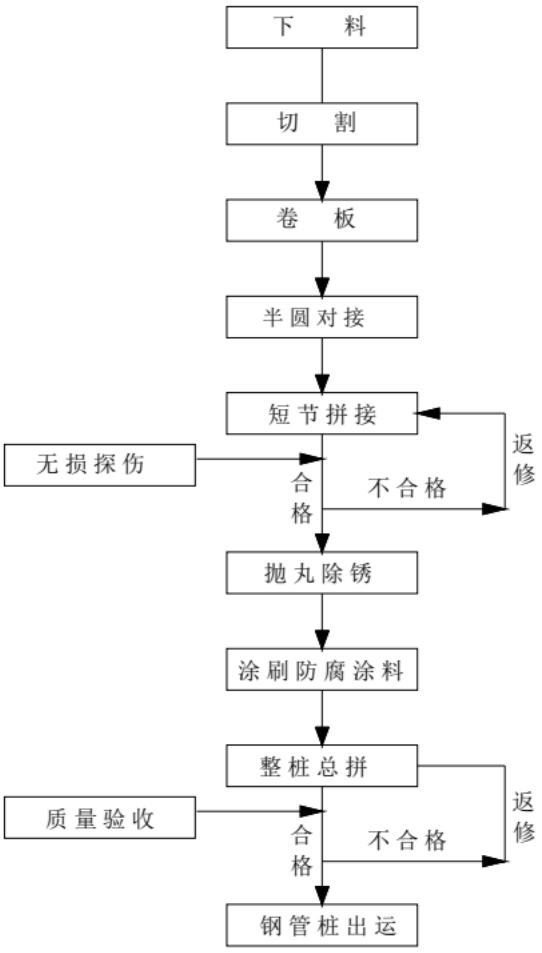


图 2.3.1-1 钢管桩加工制作工艺流程图

（3）基础钢结构的运输

1）导管架运输

完成建造的导管架连接段在场内采用轨道、台车进行运输；导管架连接段在码头前沿通过台车与滑道配合平板驳进行装船并采取可靠措施固定。

导管架连接段场外运输均需利用 15000t 级以上自航驳船进行，每次装载 2 台，将装有导管架或连接段的驳船运送至风电场安装。

2）钢管桩运输

钢管桩在加工厂生产完并经验收合格后，利用龙门吊或台车运至码头前沿进行出运，利用设置在出运码头的回转吊、履带吊或起重船进行装船。采用 10000t 级以上运输货船运输，每次运输 8 根钢管桩至风电场，供 2 台风机基础施工使用。

（4）测量工程

风机基础施工项目为外海施工作业项目，施工区域远离海岸线，常规测量无

法直接进行作业，采用 GPS 定位技术进行测量控制，拟在风电场内设置测量 GPS 基站，覆盖到整个施工区域。测量仪器主要采用高精度的 GPS 测量仪器，全站仪、经纬仪、水准仪及激光扫平仪器为辅助测量仪器。本工程实施初期，可采用星站差分技术。

（5）常规桩沉桩施工

为了确保沉桩施工精度，需要首先施打工艺辅助桩搭建导向架平台，然后插桩并利用打桩锤进行施工。国内典型的常规沉桩施工工艺如下：

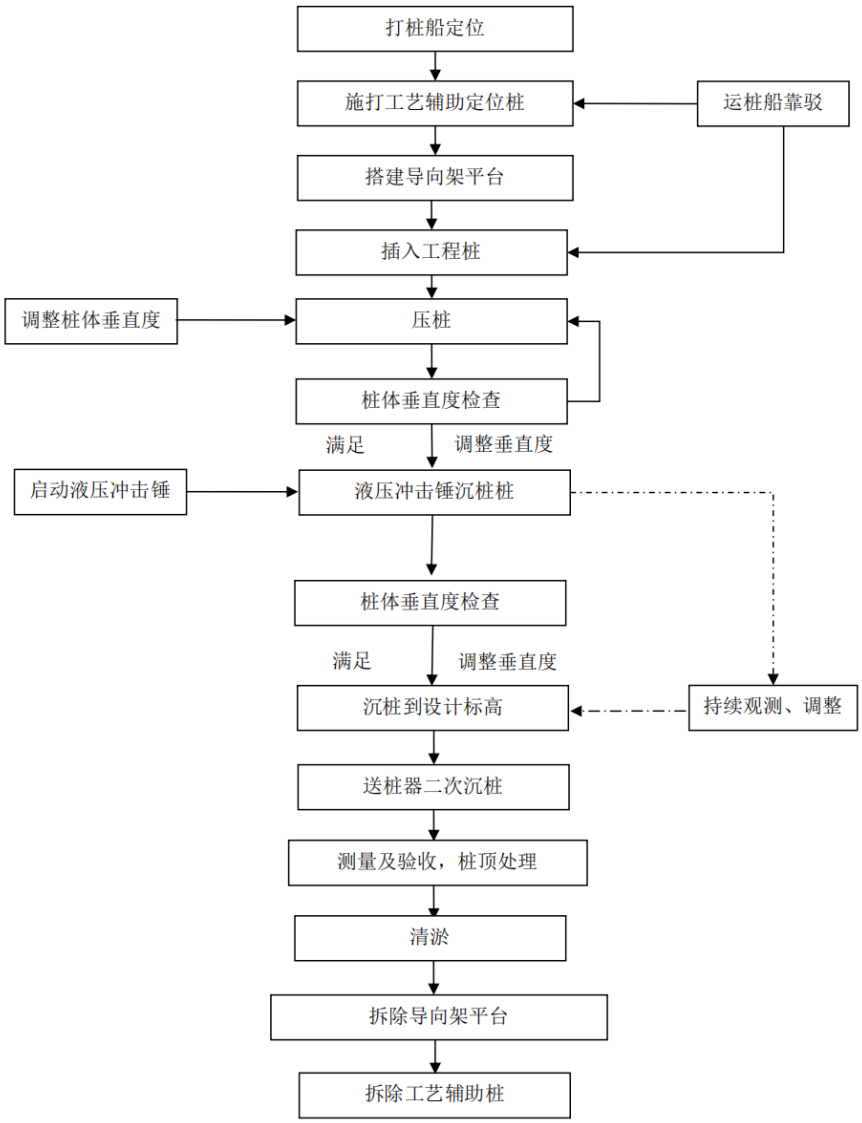


图 2.3.1-2 常规钢管桩沉桩施工工艺图

主要施工步骤：

1）作业船抛锚、定位和安装导向架

本工序需要在外海施工，打桩船抛锚采用八字形式，在抛锚位置处挂浮筒。

沉桩施工采用设置工艺辅助桩及导向架的方式来保证钢管桩沉桩的质量控制，通过打设工艺辅助桩保证导向架的稳定，在工艺导向架上设置三个 GPS 控制点及两台测倾仪，并通过设置在定位导向架上的液压调平装置进行工艺定位架的调平来保证同机位的钢管桩的桩位平面位置及垂直度。

工艺辅助桩顶部设置整体式工艺定位架，采用型钢与四个定位桩套筒制作，桩套筒内径比设计钢管桩直径大 10cm，同时在定位架的上、下层设置液压定位系统，定位架的每边中心底部位置设置双向和高程（X、Y、Z 向）均可调节的三维调平装置，该装置与定位架连成整体一并吊装，通过液压系统的调节可纠正钢管桩在沉桩过程中的平面位置和垂直度偏差，工艺定位导向架布置如下图所示。工艺定位架边长为 40m，高度 50m，定位架底部设置防沉板，边长为 25m。

2）沉桩

第一阶段插入工程桩，起重船使用专用的吊桩设备起吊钢管桩，吊入至工艺定位架的桩位固定位置，测量桩的垂直度，下桩并准确定位，完成植桩；

第二阶段采用起重船吊液压冲击锤，在钢管桩插桩工作完成后，先用液压锤初沉至钢管桩桩顶距海面 2m 左右，再套送桩器沉桩，最后将钢管桩锤击至设计标高，过程中持续观测和调整桩的垂直度；

第三阶段采用起重船吊离液压锤，吊除定位导向，拆除工艺辅助桩。

沉桩过程中，通过定位导向架的作用控制桩的相对位置和垂直度，并随时监控桩的垂直度，直至沉桩完成。

3）钢管桩顶部预处理

本工程地质条件较复杂，且桩顶标高偏差需控制在 50mm 内，可能会出现部分高桩，施工中可能出现部分桩体标高超出设计要求的情况，需先对桩体实际状态及成因进行分析，待完成分析且确认桩体核心性能达标后，再对超出基础钢结构安装标高的桩体进行切割处理。

4）测量、验收

分别精确测量钢管桩的桩顶高程、2 个方向的倾斜度、桩中心位置的相对距离及偏差等，填写验收表格并绘制成果图。

（6）上部基础结构安装

四桩导管架基础结构主要分为上部结构和基础工程桩两部分，上部结构通过

底部的筒体与基础工程桩相连，然后通过接缝灌浆的形式连成整体。

施工工艺流程：

风机基础施工时，利用工艺钢管桩定位导向钢桁架，辅助工程钢管桩沉桩，沉桩完成后对桩顶进行处理、数据测量及验收，确保基础桩施工合格后，进行导管架吊装、安装并进行灌浆施工，其主要施工工艺如下：

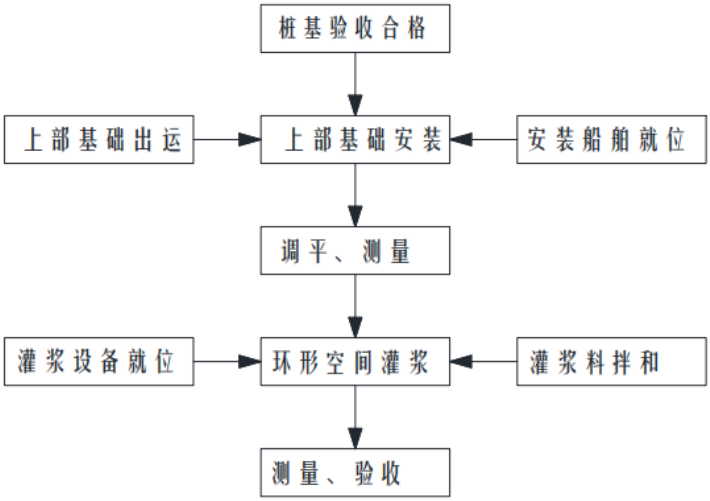


图 2.3.1-3 上部基础结构施工工艺流程图

主要施工步骤：

1）上部基础海上吊装及调平施工

起重船、运输船分别抛锚就位→竖直起吊上部基础结构，运输船起锚驶出，工作船驶入、锚泊就位→工作船安装监控仪，起重船下放上部基础结构→通过监控及工作船上揽风控制连接段位置，将连接段钢筒体插入钢管桩→验收合格后，对连接段进行初步固定，完成连接段吊装。

2）灌浆施工

上部基础吊装完成后，灌浆工作立即开始→利用预留注浆管道，向灌浆段腔体底部压注清水，冲洗灌浆腔体→连接注浆管，向底部灌注高强灌浆材→通过监控，当灌浆溢流孔有浓浆溢出，即可完成灌浆→灌浆材料强度达标后，方可进入下一工序。

2.3.1.2 风电机组安装

本项目风机安装采用分体安装方式进行。海上分体吊装方案是将风电机组各组件各自完成自身的预组装后，运至风场机位，在现场依次进行塔筒、机舱、轮

毂与叶片组合件的安装。施工工艺流程如下：

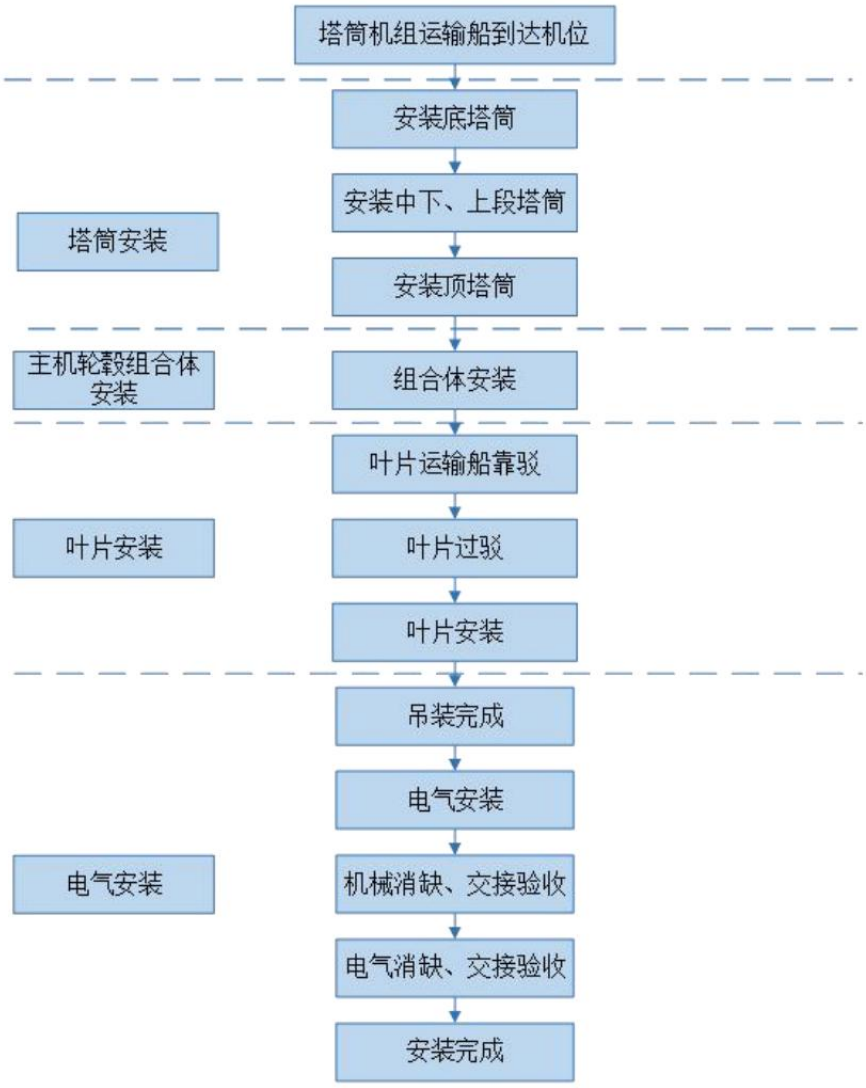


图 2.3.1-4 风机分体吊装安装施工工艺流程图

主要施工步骤：风机部件组装→风机海上运输→基础交接→自升平台船就位→吊装塔筒→机舱、轮毂安装→叶片安装→电气系统安装。

风机部件组装及海上运输：由生产厂家在陆上完成塔筒、机舱、轮毂、风叶等主要部件的预组装，然后通过轨道移动台车运输至码头，采用履带吊等设备吊放到运输驳船上。风机部件安放完成后使用拖轮将运输驳拖航至风场指定位置。

塔筒内风机电器设备甲板面组装：在下段塔筒吊装之前，预先将塔筒内风机电器设备在船甲板面组装。将基础平台吊装于甲板面，测量距离调整进行固定。基础平台吊装后，随即将相关电气设备吊放至支架平台上固定定位。

吊装下段塔筒：使用辅吊与主吊共同抬吊立起塔筒组件。在上下两端法兰盘分别安装好塔筒吊装工装件（顶端均布安装四点，底端安装两点）。下段采用辅吊抬吊塔筒下法兰，主吊抬吊塔筒上法兰。将塔筒起吊至垂直位置时，拆除辅吊及吊具，使用引导绳引导，由主吊单独完成塔筒吊装就位工作。将塔筒垂直放置，然后将电器设备在上进行组装。塔筒位置确定后用螺栓进行安装，符合要求后按照上述方法重复进行中塔筒、上塔筒的安装。

吊装机舱：启动主吊，将机舱提升超过上塔架的上法兰后，缓慢移动吊机，对准法兰标记位置，确保朝向正确，缓慢下落正确就位；在机舱的偏航齿圈端面离塔架上法兰的距离有 1cm 时，吊机停止。用导向棒对准安装螺孔；用螺栓、垫片进行装配，安装完毕后进行下一步的线路的对接。

叶片吊装：利用施工船主吊钩将“单叶片专用工装”安装在叶片上，开始起吊风叶。吊装前通过盘车，将轮毂上与叶片 1 连接的法兰调整到水平位置并将叶轮锁死，利用施工船吊机以及配备的叶片专用工装吊装叶片 1，通过电动扳手（1000Nm）将叶片与轮毂对接面全部螺栓上紧后即可松钩，通过盘车调整轮毂使与叶片 2 连接的法兰到水平位置并将叶轮锁死，进行叶片 2 的吊装，重复上述步骤进行叶片 3 的吊装。待全部叶片吊装完成后通过拉伸器使叶片力矩达到规定值。

电气系统安装：依次安装箱变、高低压柜及电缆等电气设备。

2.3.1.3 海上升压站、海上无功补偿站

海上升压站、海上无功补偿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、制作及涂装等→电气设备安装、调试→导管架装船、运输、就位→钢管桩运输、沉桩施工→钢管桩与导管架间隙灌浆施工→上部组块装船、运输、安装。

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 5000t 级驳船通过海运至工程施工现场。

2）导管架沉放施工

在导管架运输至海上升压站、海上无功补偿站位置后，首先开始进行导管架的沉放工序。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，本阶段选择浮式起重船进行吊装，海上升压站起重船主钩起吊能力为 4000t 以上，海上无功补偿站起重船主钩起吊能力为 3000t 以上。

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，拟采用整根管桩沉桩的施工方式，采用起重船吊打的方式进行钢管桩的沉桩施工。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、海上无功补偿站工程基础管桩的设计参数，选用 S-1200 液压打桩锤作为首选锤型，S-1800 液压打桩锤作为备选。

钢管桩、导管架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。施工时，通过预埋在导管架上的灌浆孔采取自下而上的纯压式灌浆，采用灌浆分隔器与水下监控仪器控制灌浆的施工过程至设计标准。

4）海上升压站、海上无功补偿站上部组块制作

海上升压站、海上无功补偿站上部组块平台共分四层，一层平台、二层平台、三层平台及顶层平台。各电气设备按照功能需求设置在不同隔层范围内，本工程海上升压站、海上无功补偿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类似已建海上升压站、海上无功补偿站平台上部组块结构的施工方案进行考虑。

海上升压站、海上无功补偿站上部平台采用陆上总装的方式，将各层结构分层预制拼装，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。

5）海上升压站、海上无功补偿站上部组块运输与安装

海上升压站、海上无功补偿站上部组块采用 SPMT 装船的方式进行装船。

运输用船舶应尽量保证海上升压站、海上无功补偿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，选用 10000t 级甲板运输驳船进行运输。

海上运输条件复杂，海上升压站、海上无功补偿站组块为大尺寸、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，因此需要根据海上升压站、海上无功补偿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，海上升压站选择 5000t 级及以上起重能力的浮式起重船、海上无功补偿站选择 3000t 级及以上起重能力的浮式起重船进行组合体的安装工作。

2.3.1.4 海缆敷设施工

本工程海缆敷设主要包括风机与风机之间、风机与海上升压站之间的 66kV 海底电缆；海上升压站与海上无功补偿站、海上无功补偿站与陆上集控中心之间的 500kV 海底电缆。根据水深要求，本场地采用深埋方式。初步预估电缆要求的埋设深度为：陆上段电缆埋设深度为土质地层为不小于 1 米，石质地段不小于 0.5 米；水陆连接段海区（0 米等深线以上）要求开挖埋设深度为不小于 2 米，并采用关节套管保护。中间水域段埋设深度为 3 米，对于穿越航道区的海缆可加大电缆的埋深，埋设深度为 4 米。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。具体方案根据路由勘察报告确定。

常规海缆敷设主要施工工艺如下：

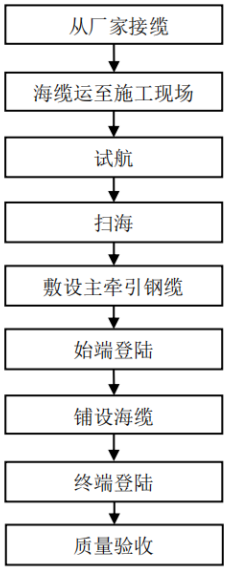


图 2.3.1-5 海缆敷设施工工艺

（1）接缆

本项目推荐采用散装过缆的接缆方式。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。首先施工船靠泊海缆厂码头，调整船位并固定，将施工船的旋转式电缆盘退扭系统安装完毕。过缆时，利用电缆转盘中的驱动装置通过过缆桥将电缆退扭并储盘在承缆转盘架或储缆区中。散装过缆结束之后，施工船舶将海缆运输至施工现场或者指定场所等待进入下一流程。

（2）路由扫海

路由扫海主要是为施工船施工时清除电缆路由上的一切障碍物，如渔网、废缆、绳索等，如遇到不能清除的障碍物，探明情况后，拟定解决方案并由建设单位确认。按作业方式的不同可分为拖锚扫海，声呐、多波束等仪器扫海，ROV（水下机器人）扫海等方式。施工前需沿每条设计路由往返扫海多次，直至施工路由上无影响埋设犁正常施工的障碍物为止，如发现障碍物则由潜水员水下清理；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，按现场探明的实际情况拟订解决方案并立即告知业主及监理。

（3）登陆准备及试航

登陆前在两登陆点的路由轴线上挖设绞磨机地垅，在登陆的滩涂上按设计轴线敷设电缆登陆的牵引钢丝，并在电缆登陆路由沿途设置滚轮，以保护电缆免受磨损和减小电缆登陆时的摩擦力。施工船舶到达不熟悉的施工现场后，首先安排施工船在设计施工路由区域内进行试航，以熟悉施工区域内设计路由的各个关键点及潮水情况。试航过程中，船上的所有埋设设备及后台监测设备进行模拟操作演练，确保船舶、电缆输送机、埋设犁、锚泊系统、卷扬机等重要施工设备及监测装置的正常工作，确保施工顺利进行及海缆敷设质量。

（4）敷设主牵引钢缆

由于海缆施工船一般无自航动力，需靠收绞主牵引钢缆沿设计路由埋设施工。本工程由于工程路由中间有几处转向点，拟采用以下施工方法敷设主牵引钢缆：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，由锚艇在海

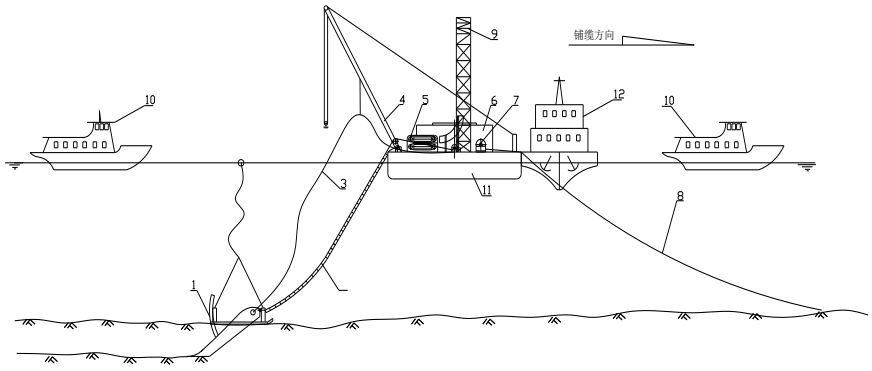
缆设计路由上抛设牵引锚，并与主牵引钢缆连接后开始敷设主牵引钢缆，直至将主牵引钢缆和施工船上 16t 卷扬机连接，施工时，由锚艇敷设主牵引锚。当施工至终端登陆点附近时，将主牵引钢缆与预先设置在海上升压站（或风机）的地锚相连接。敷设时由 DGPS 定位，在转向点处，沿海缆路由方向延伸 180 米处下锚，确保施工时施工船沿设计路由进行海缆的埋设施工（转角处圆弧平缓过渡）。牵引钢缆敷设时采用 DGPS 定位系统，牵引钢缆的敷设精度普通工艺误差在±10m，动力定位的误差应在±5m 以内。

（5）始端登陆

对于本项目全部机位采用四桩导管架基础形式，海缆始端登陆采用穿“J”管平台登陆工艺。海底电缆在海上升压站、海上无功补偿站的登陆，需穿过“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。

（6）电缆敷埋段施工

本项目中间海域段敷设采用高压水力射水埋设机进行敷埋施工，敷、埋同步进行。施工船上设置牵引卷扬机，在船尾收绞预先敷设在路由轴线上的牵引钢缆，牵引施工船前进，施工船同时牵引水下埋设犁，海缆通过导缆笼进入埋设犁后，被埋设于海床上，埋设施工过程中由拖轮顶推调整船位。海缆埋设船属非自航船舶，靠船上卷扬机收绞预先敷设在海缆路由轴线上的牵引钢缆，牵引施工船前进；施工船同时牵引水下埋设犁埋深海缆。埋设过程中，由拖轮协助顶推，以调整船位。



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

图 2.3.1-6 海底电缆敷设施工

（7）终端登陆

本项目登陆点周边主要为较为明显的裸岩和孤石，现场裸岩高差变化较大，呈陡坡状，总体来说海缆登陆条件较为苛刻。本阶段 500kV 送出海缆采用定向钻登陆工艺，根据本项目 500kV 海缆规格，初步要求穿越海缆保护管内孔径不小于 800mm，水平定向钻穿越的曲率半径应不小于 1200D（钢管）。

主要工艺流程为：施工准备→导向孔施工→反拉扩孔、成孔→牵引管道→基坑开挖→砌检查井→回填→清场。

定向钻入钻点（22°45'35.368"N，115°02'37.709"E）位于岸线向陆一侧 56m，定向钻出钻点（22°45'34.101"N，115°02'43.783"E）位于岸线向海一侧 122m，定向钻施工段全长约 178m。

图 2.3.1-7 定向钻出钻点与入钻点示意图

图 2.3.1-8 定向钻布置示意图（略）

图 2.3.1-9 定向钻剖面示意图（略）

（9）海缆保护

本工程海缆敷设主要包括风机与风机之间、风机与海上升压站之间的 66kV

海底电缆；海上升压站与海上无功补偿站、海上无功补偿站与陆上集控中心之间的 500kV 海底电缆。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。

（11）海缆埋深及敷设速度

海缆沟槽宽约 0.5m。海缆中间段埋深深度为 3m，穿越航线段的海缆埋深为 4m。

电缆敷埋速度由施工船上牵引卷扬机的绞缆线速度决定，可由与卷扬机连接的变频器来控制与调节，可在 0~16m/min 的速度范围内变化。施工过程中，根据不同土质情况，敷埋速度一般控制在 3~10m/min。

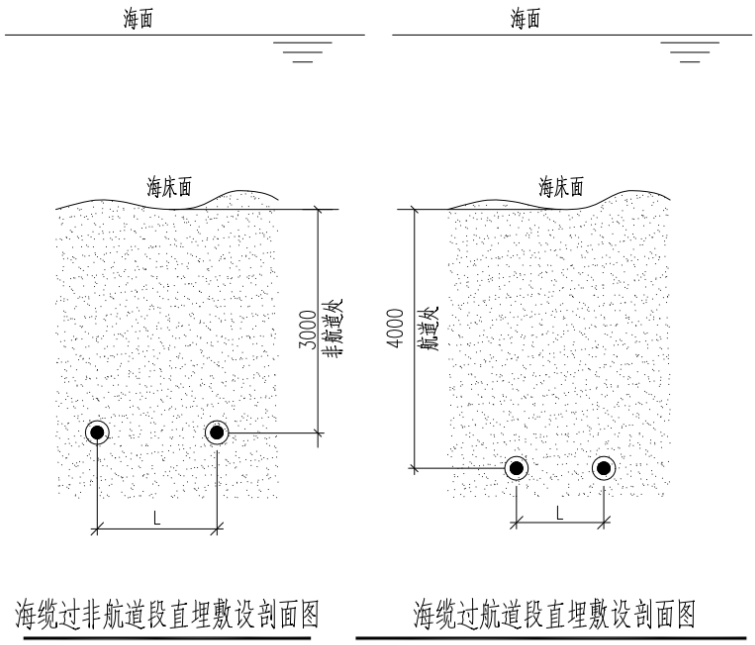


图 2.3.1-10 海缆敷设剖面示意图

2.3.2 施工设备

2.3.2.1 风电机组基础

基础施工各工序按多个个工作面来考虑，单个工作面基础所需的船机设备见下表：

表 2.3.2-1 四桩导管架基础施工主要船机配置表

序号	名称及规格	单位	数量	用途	备注
1	主起重船	艘	1	稳桩平台安装，钢管桩打桩	起升高度 115 米以上，起重能力 2500t 以上
2	液压打桩锤	个	1	钢管桩插打	2700KJ 级以上
3	主起重船	艘	1	上部基础吊装	起重能力 3000t 级以上
4	甲板驳船	艘	2	钢管桩运输	10000t 级以上，每次运输 8 根，自航
5	甲板驳船	艘	2	上部基础运输	15000t 级以上，每次运输 2 个，自航
6	拖轮	艘	4	拖运、移位船只	5000HP 及以上
7	抛锚艇	艘	4	驳船、起重船等起抛锚	-
8	交通艇	艘	1	接送人员	-
9	补给船	艘	1	淡水与生活物资补给	-
10	灌浆船	艘	1	导管架灌浆	3000t 级以上

2.3.2.2 风电机组安装

按照风机分体式吊装方案，若考虑一个工作面进行风机分体安装，则施工需投入的主要设备如下：

表 2.3.2-2 风机吊装主要船机配置表

序号	名称及规格	单位	数量	用途	备注
1	自升平台船	艘	1	风机吊装	1000t 主吊、300t 辅助吊，深水区域安装腿长不小于 110m，吊机距甲板吊高不小于 150m
2	10000t 平板驳	艘	3	风机部件运输	自航
3	供给船	艘	1	淡水、油料	自航
4	交通艇	艘	2	场内交通	自航
5	多功能驳	艘	1	材料运输	自航

2.3.2.3 海上升压站、海上无功补偿站

海上升压站、海上无功补偿站主要施工设备配置如下：

表 2.3.2-3 海上升压站、海上无功补偿站主要施工设备配置表

序号	名称及规格	单位	数量	备注
1	5000t 级及以上甲板驳船	艘	1	钢管桩运输，灌浆施工船
2	10000t 级及以上甲板驳船	艘	1	导管架运输船
3	10000t 级甲板驳船	艘	1	上部组块运输船
4	4000t 级及以上浮式起重船	艘	1	钢管桩、导管架基础施工，配置

	（海上升压站） 3000t 级及以上浮式起重船 （海上无功补偿站）			S-1200 型液压打桩锤作为首选桩锤， S-1800 型液压打桩锤作为备选桩锤
5	5000t 级及以上浮式起重船 （海上升压站） 3000t 级及以上浮式起重船 （海上无功补偿站）	艘	1	上部组块安装
6	3000HP 及以上拖轮	艘	4	拖运、移位船舶
7	交通艇	艘	2	接送人员
8	抛锚艇	艘	2	甲板驳起抛锚
9	补给船	艘	2	淡水与生活物资补给

2.3.2.4 海缆敷设

项目海缆敷设施工主要铺缆设备和机具、电缆埋深设备、锚泊设备如下：

表 2.3.2-4 海缆敷设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	海缆敷设船	艘	1	运输、敷设送出海缆	电动缆盘，8000t 级，埋设犁冲沟能力 5m
2	海缆敷设船	个	2	运输、敷设集电海缆	电动缆盘，5000t 级，埋设犁冲沟能力 4m
3	抛锚艇	艘	4	工程船起抛锚	900kW 级
4	交通艇	艘	2	接送人员，生活物资补给	500t 级
5	拖轮	艘	2	辅助作业	2000HP

2.3.3 施工进度计划

本项目总工期计划为 13 个月，其中项目 T+1 月开始进行施工准备，T+11 月底完成首 4 台风机并网发电，T+13 月底完成全容量并网。

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+1	T+3	基地改造、配置临建设施
2	导管架及钢管桩制造加工	6	T+4	T+9	
3	四桩导管架沉桩施工	3	T+8	T+10	2 个工作面
4	导管架基础安装施工	3	T+8	T+10	2 个工作面
5	风机机组安装	4	T+9	T+11	
6	海缆敷设	4	T+10	T+13	工期跨度
7	首批风机并网调试	1	T+11	T+11	
8	剩余风机并网调试	2	T+12	T+13	
9	全部风机投产发电			T+13	里程碑

2.3.4 土石方平衡

本项目共建设 34 台海上风机、1 座海上升压站、1 座海上无功补偿站和海底电缆。

34 台风电机组的基础均为四桩导管架基础，采用先桩法施工，根据工程地质勘查资料和工程设计资料，桩基施工不涉及嵌岩桩，采用常规沉桩施工不产生钻渣。风机先桩法四桩导管架基础在导管架安装之前需对已完成沉桩的钢管桩内进行清孔，每台基础清孔产生泥沙约 4~8m^3，按最大量 8m^3 计算，34 台风机基础产生泥沙约 272m^3，可运至集控中心，参与集控中心的土方平衡。单台风机基础水下灌浆量约 50m^3，34 台的灌浆量约为 1700m^3。

海上升压站、海上无功补偿站为打入桩，先沉放导管架，后打桩，无土石方产生。海上升压站、海上无功补偿站基础水下灌浆量约 180m^3。

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。

2.3.5 风电场退役拆除方案

在运营期结束 6 个月前，向相关政府部门汇报并商定海上风电场处理的范围和时间等事宜，如采用拆除方案，建设单位向相关政府部门汇报并商定海上风电场拆除的范围和时间等事宜，拆除海上风电场的相关设施，基本恢复建设海上风电场前的地面原貌。采用的拆除方案暂基于现阶段施工水平，随着技术和海上施工设备的不断发展，项目实际拆除时将有更先进的技术供选用作为拆除方案。

针对本项目海上风机运营期结束后，对风电机组、附属设备及基础进行拆除。从安全、高效、环保和节约成本的角度综合考虑，结合目前国内外的海上风机安装施工现状、海上风电施工设备发展现状及发展趋势，制定了以下拆除方案。

2.3.5.1 风机拆除方案

海上风机的拆除过程为风机吊装的逆过程，所使用的工具、吊具和工装与吊装过程相同，但它在操作上对风速、浪潮的要求更高。该机型因零部件较传统直驱风机和双馈风机虽有大幅减少，但仍需要一定的时间才可以完成拆除工作。当前国内海上分体式起重作业船资源统计情况如下。

本方案为分体拆除方案，该方案具有安全精细的特点。可使用自升式风电安

装平台进行施工。主要流程如下图所示：

（1）首先拆除叶轮，拆卸叶轮系统电气接线，安装叶轮吊具，拆除叶轮与主机连接螺栓，将叶轮吊下；

（2）其次拆除主机，拆卸主机与塔架连接线缆，安装主机吊具，拆除主机与塔架连接螺栓，将主机吊下；

（3）然后拆除塔架，安装塔架上吊座，拆塔架螺栓，在塔架下部安装风绳，起吊塔架至地面附近时安装塔架下吊板，将塔架平放在运输船上。

图 2.3.5-1 机组拆除流程图

2.3.5.2 风机基础拆除

施工船只在机位附近定位完毕后，安装拆除机械，使用切割机械依次对导管架主腿进行切割，并采用浮式起重船及时起吊拆除的结构，待结构切割完毕，及时将拆除结构吊运至运输驳船上。

完成导管架主体拆除后，提前完成起重船吊钩与泥上桩段的连接，采用水下切割机械依次切割泥面以上钢管桩，起重船及时吊运至运输驳船上。拟采用起重

能力 3000t 以上浮式起重船配合 10000t 运输驳船进行钢管桩及导管架结构拆除。

具体流程展开如下：

（1）切割准备工作

根据项目设计阶段的导管架重量可大致确定风场运营期满后的导管架重量，选择满足起重要求的起重船进行拆除导管架工作。由于导管架在海上已经通过灌浆段与钢管桩连接紧密，所有上部荷载直接作用在钢管桩上，因此在切割之前，先通过吊带将起重船吊钩与导管架连接，使吊钩荷载达到导管架理论重量的 85%，方可进行切割，如下图所示。

图 2.3.5-2 导管架切割之前准工作

（2）切割

根据导管架灌浆段设计不同，切割部位可能涉及到切割灌浆段，钢管桩切割采用常规水下钢材切割设备，灌浆段高强灌浆料部位采用切割机机械切割，切割部位应紧贴泥面，一方面保证钢材最大限度的回收利用，另一方面最大限度减小剩余结构对于海洋环境及通航的影响，如下图所示。

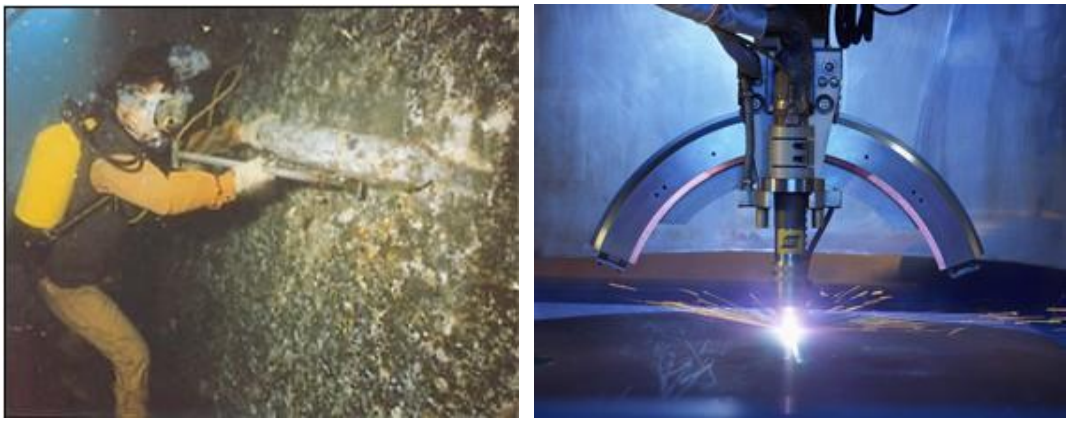


图 2.3.5-3 水下切割

（3）起吊回收

切割后将导管架吊起，并固定在运输驳船上，根据运输驳船大小，综合考虑导管架的运输数量及固定方式，导管架运回岸上，回收钢材重复利用、导管架拆除流程见下图所示。

图 2.3.5-4 导管架运输

2.3.5.3 海缆拆除

对于重量较重的主海缆，若经检验无法重复利用，为节约工程成本，可将主海缆按照运输驳船规格先进行起吊，后进行切割，由运输驳船运到陆上进行处理，如下图所示。

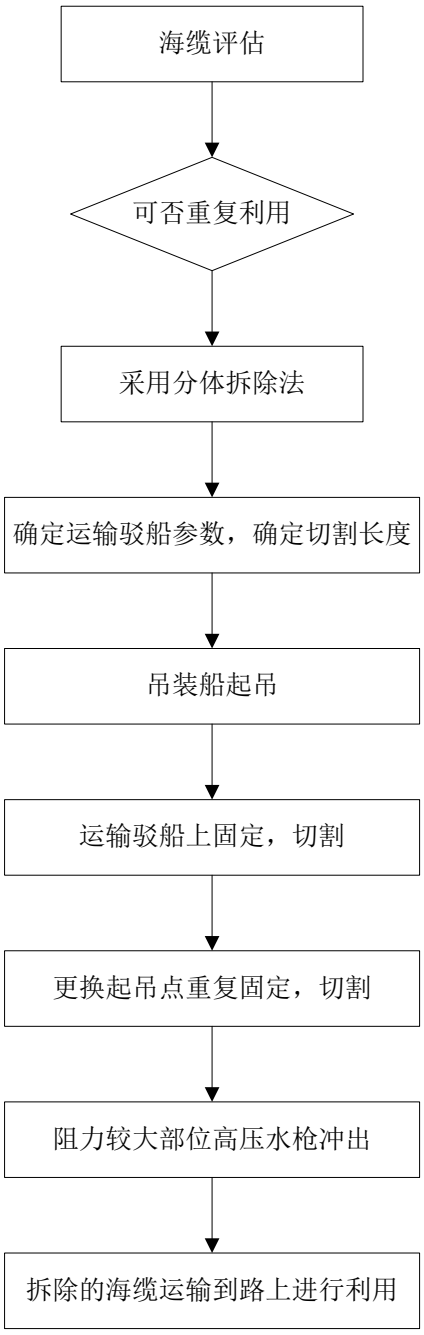


图 2.3.5-5 海缆分体拆除流程图

2.4 项目用海需求

2.4.1 项目用海需求

2.4.1.1 风电机组用海需求

2023 年 6 月，广东省发展改革委印发《广东省 2023 年海上风电竞争配置工作方案》，其中省管海域项目共 15 个，装机容量 700 万千瓦。红海湾风电场位于

汕尾市汕尾港南面海域，本项目为红海湾场址中的深能汕尾红海湾六海上风电项目，按规划装机总容量为 50 万千瓦（500MW）开发建设，考虑尾流损失后年发电量 2189.309GWh，是对广东用电需求的有益补充，有利于推进近海深水区风电开发，满足逐步增加的用电需求。

根据《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）“海上风电项目风机部分用海方式界定为透水构筑物用海，用海范围包括塔架部分和塔架外扩一定距离的保护范围，具体以塔架中心点（风机系泊点）为圆心，以圆心至风机叶片投影最外缘点为半径的圆为界。”本项目在规划场址范围内布置 34 台 15MW 风机，15MW 风轮直径为 260m（半径 L 为 130m），轮毂中心和塔筒中心轴线的水平距离为 6.343m，计算得 15MW 风机塔架中心点与风机叶片投影最外缘点连线长度为 r 为 130.16m，详见图 2.4.1-1。因此 1 台 15MW 风机占用海域面积为 5.3224 公顷，则本项目 34 台 15MW 用海需求为 180.9616 公顷。

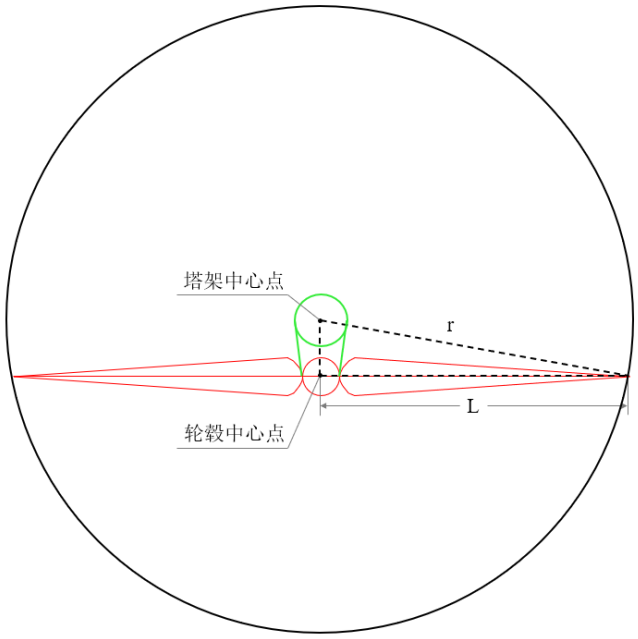


图 2.4.1-1 风机用海范围界定示意图

2.4.1.2 海上升压站、海上无功补偿站用海需求

本项目拟布置 1 座 500kV 海上升压站和 1 座海上无功补偿站，均为四桩导管架基础结构。海上升压站垂直投影最外缘尺寸为 43m×40m；海上无功补偿站

垂直投影最外缘尺寸为 42m×38m。因此海上升压站需占用海域面积为 0.1720 公顷，海上无功补偿站需占用海域面积为 0.1596 公顷。

本项目海上升压站、海上无功补偿站用海面积根据《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、海上无功补偿站申请用海面积由垂直投影外缘向外扩 10m 确定申请用海范围。本项目海上升压站用海需求为 0.3780 公顷，海上无功补偿站用海需求为 0.3596 公顷。

2.4.1.3 集电海缆用海需求

在海上风电的设计过程中集电海缆是极为重要的一环，连接风机与海上升压站的集电线路通过合理的设计可以有效降低电能损耗，提高运行的可靠性。集电海缆除了汇集、传输电能外，其内部还有光纤单元，作为风电场通信及海缆监测信号的通道，功能“二合一”的海缆一方面节约了海底电缆敷设通道资源，另一方面，这种集合式的结构使纤弱的光缆得到了更好的保护，增强了可靠性。

本项目风电机组发出电能需通过 66kV 集电海底电缆接入海上升压站。本项目风电场址内集电海缆全长约 52.10km，66kV 海底电缆三芯集电电缆最大外径为 174.2mm。

根据项目需要，66kV 集电海缆占用海域面积为 $174.2\times52.10\times10^{-4}=0.9076$ 公顷。根据《海籍调查规范》中海底工程用海对电缆管道的规定：“以电缆管道外缘线向两侧外扩 10m 距离为界”，再结合海底电缆的路由布置，考虑 66kV 集电海缆与风机基础、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：即风机基础和海上升压站用海优先，海底电缆次之，扣除风机、海上升压站用海与 66kV 集电海缆重叠面积，计算得出本项目 66kV 集电海缆用海需求为 88.6200 公顷。

2.4.1.4 500kV 送出海底电缆用海需求

根据项目需要，风电机组发出电能通过集电海底电缆接入海上升压站后需通过 500kV 送出海底电缆接入海上无功补偿站，最终送入陆上集控中心。500kV 送出海底电缆最大外径为 304mm，500kV 送出海底电缆涉海长度为 89.65km，

500kV 送出海底电缆占用海域面积为 $304\times89.65\times10^{-4}=2.7254$ 公顷。

根据《海籍调查规范》中海底工程用海对电缆管道的规定：“以电缆管道外缘线向两侧外扩 10m 距离为界”，再结合海底电缆的路由布置，考虑本项目 500kV 送出海底电缆与海上升压站、海上无功补偿站用海范围重叠，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、海上无功补偿站用海优先，海底电缆次之，扣除海上升压站、海上无功补偿站用海与 500kV 送出海底电缆重叠面积；本项目送出海缆穿越华润海丰电厂“上大压小”新建工程的温排水排放用海范围，考虑温排水立体变更国家目前政策不明晰，温排水范围可能重新预测等原因，华润海丰电厂不同意立体变更，即利益相关者不可协调，因此本项目送出海缆采取避让华润海丰电厂权属范围后立体确权。此外，由于本项目送出海缆与华润汕尾红海湾五海上风电项目及汕尾红海湾三、四集中送出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权属重叠，本项目与华润汕尾红海湾五海上风电项目及汕尾红海湾三、四集中送出项目对送出海缆近岸段之间的海域按照均分进行用海申请，本项目送出海缆近岸段申请用海情况详见图 2.4.1-2。计算得出本项目 500kV 送出海底电缆用海需求为 172.9029 公顷。

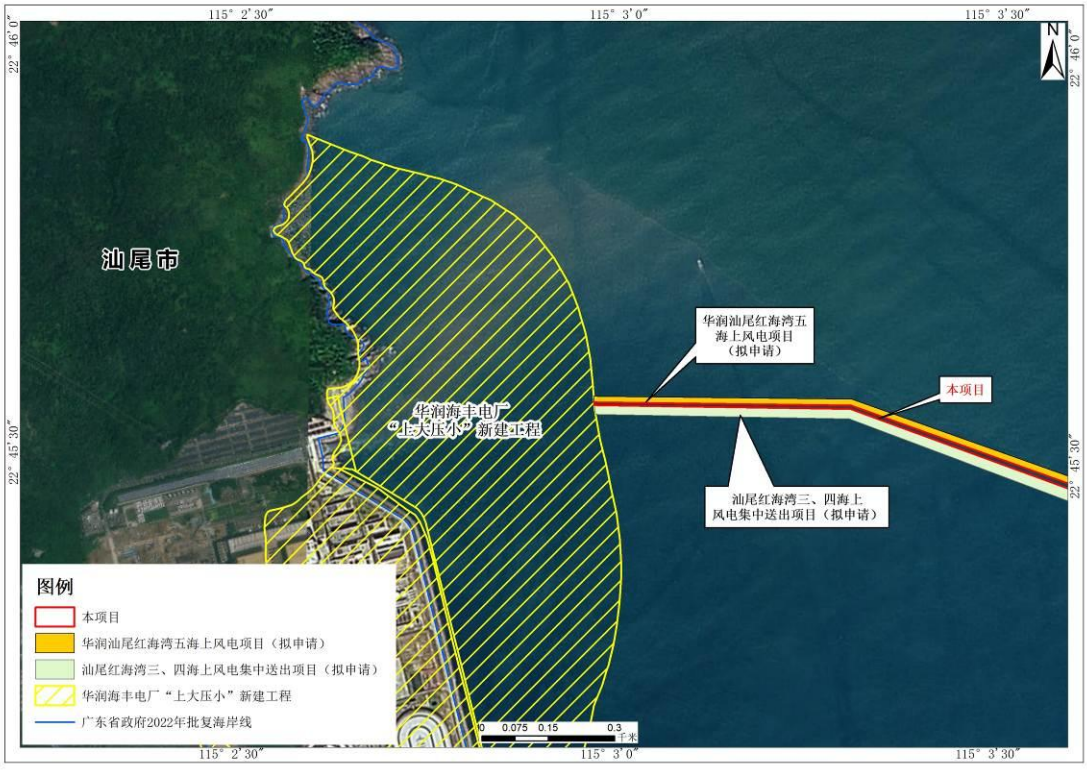


图 2.4.1-2 本项目送出海缆近岸段申请用海情况示意图

2.4.2 申请用海情况

按《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（自然资发〔2023〕234 号），本项目用海的海域使用类型为工矿通信用海（一级类）中的可再生能源用海（二级类）；按《海域使用分类》（HY/T 123-2009），本项目海域使用类型为工业用海（一级类）中的电力工业用海（二级类），用海方式为构筑物（一级方式）中的透水构筑物（二级方式）和其他方式（一级方式）中的海底电缆管道（二级方式）。项目申请总用海面积为 443.2221 公顷，其中透水构筑物用海面积为 181.6992 公顷，海底电缆管道用海面积为 261.5229 公顷，项目风机、500kV 送出海缆和 66kV 集电海缆采用立体确权，风机确权空间范围为水面，空间确权范围为平均海平面～285.2m（1985 国家高程基准）；500kV 送出海缆和 66kV 集电海缆确权空间范围为底土，500kV 送出海缆空间确权范围为-44.8m～-5.0m（1985 国家高程基准），66kV 集电海缆空间确权范围为-48.6m～-41.2m（1985 国家高程基准）。根据广东省政府 2022 年批复海岸线，本项目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 0.8m，对岸线原有形态和生态功能不产生影响。本项目风机的设计服务年限为 25 年，工程建设期为 13 个月，因此，项目申请用海期限定为 27 年。

项目宗海位置图见图 2.4.2-1，宗海平面布置图详见图 2.4.2-2，宗海界址图见图 2.4.2-3，海底电缆宗海立体空间范围示意图见 2.4.2-4。

表 2.4.2-1 项目申请用海面积统计表

用海单元	用海方式	用海面积（公顷）	各用海方式用海面积合计（公顷）
风机	透水构筑物	180.9616	181.6992
海上升压站		0.3780	
海上无功补偿站		0.3596	
66kV 集电海缆	海底电缆管道	88.6200	261.5229
500kV 送出海缆		172.9029	
项目用海总面积（公顷）			443.2221

深能汕尾红海湾六海上风电项目宗海位置图

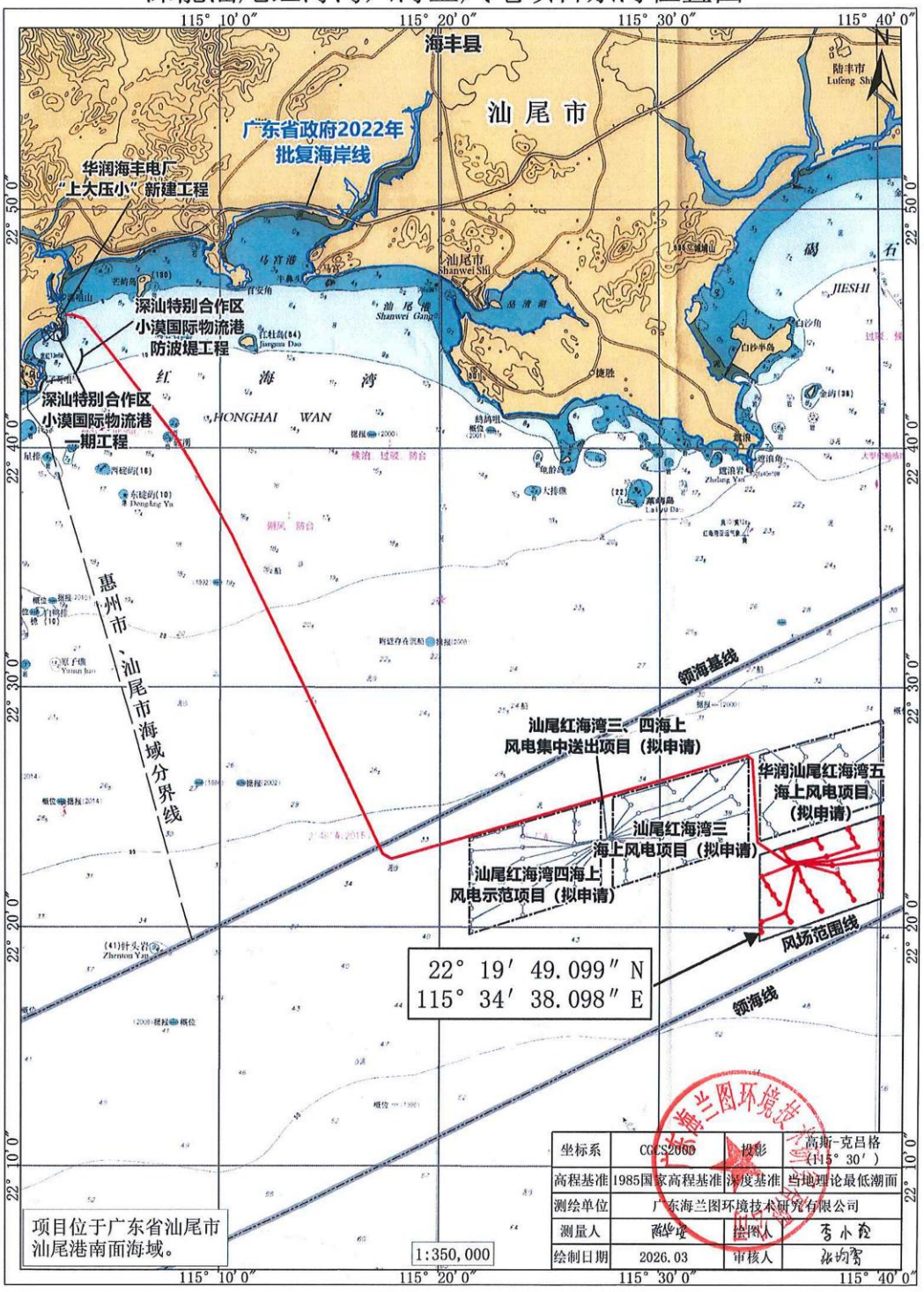
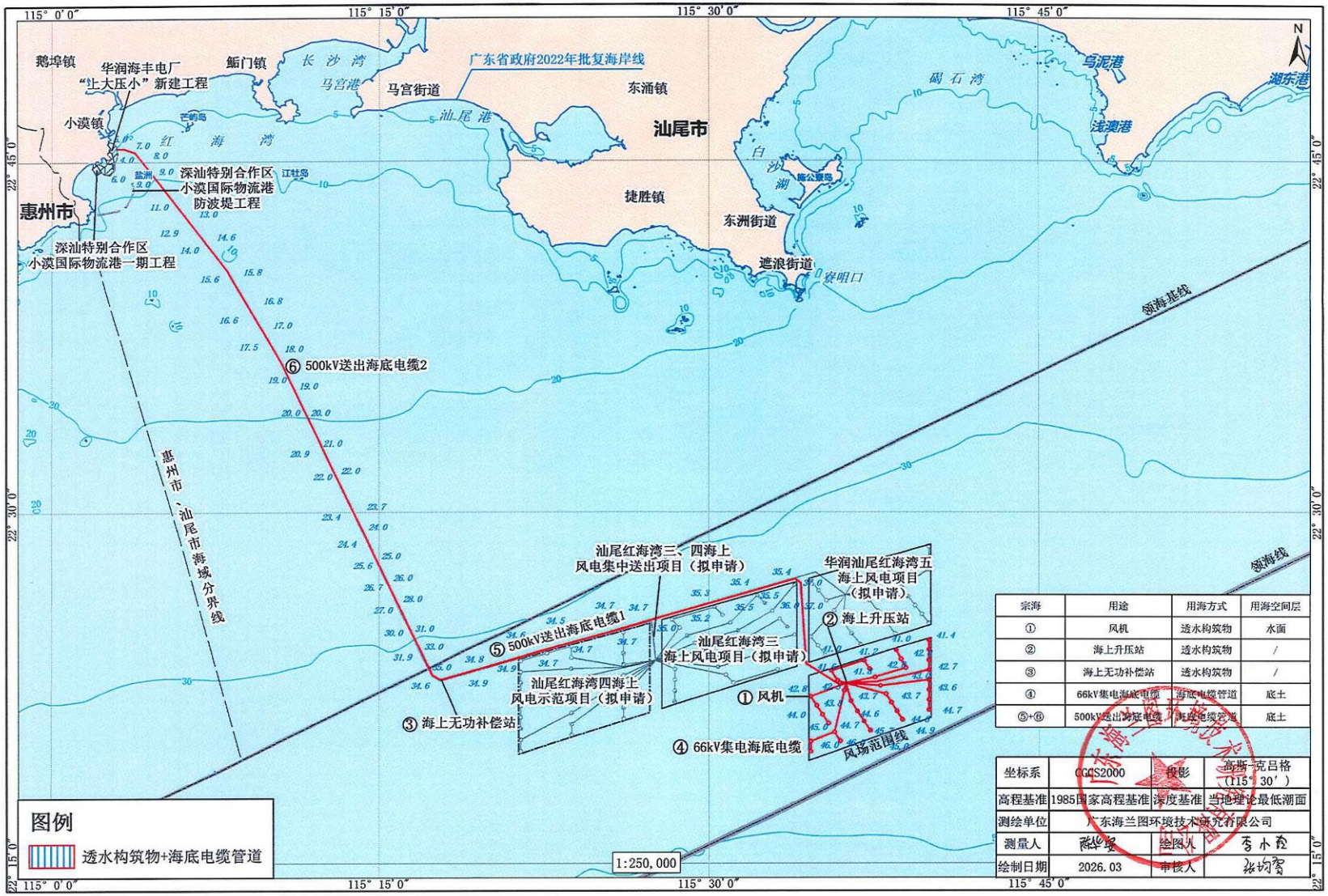


图 2.4.2-1 项目宗海位置图

深能汕尾红海湾六海上风电项目宗海平面布置图

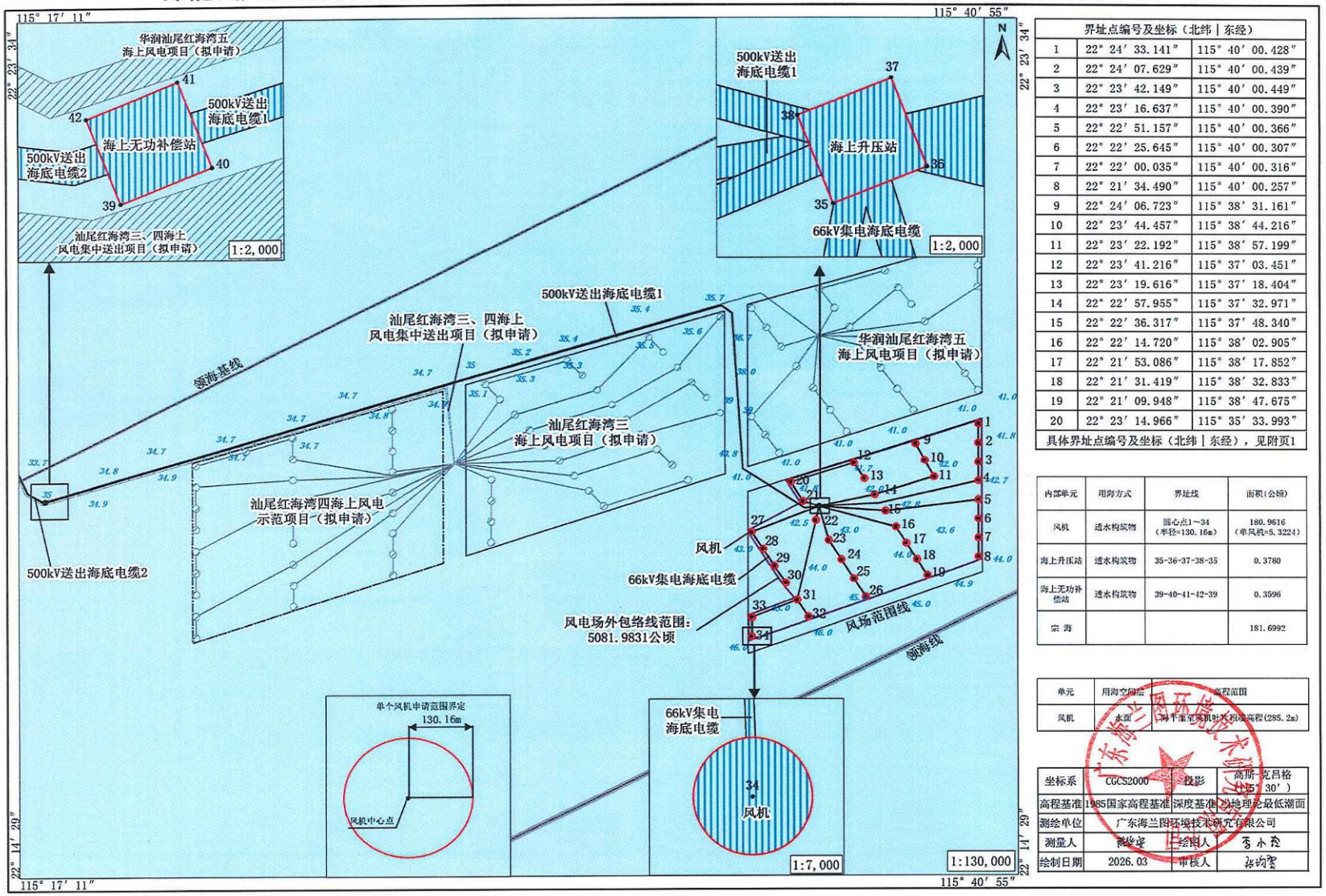


宗海	用途	用海方式	用海空间层
①	风机	透水构筑物	水面
②	海上升压站	透水构筑物	/
③	海上无功补偿站	透水构筑物	/
④	66kV集电海底电缆	海底电缆管道	底土
⑤+⑥	500kV送出海底电缆	海底电缆管道	底土

坐标系	CGCS2000	投影	高斯—克吕格（115° 30′）
高程基准	1985国家高程基准	深度基准	当地理论最低潮面
测绘单位	广东海兰图环境技术研究有限公司		
测量人		绘图人	
绘制日期	2026.03	审核人	

图 2.4.2-2 项目宗海平面布置图

深能汕尾红海湾六海上风电项目（风机、海上升压站及海上无功补偿站）宗海界址图



界址点编号及坐标（北纬 | 东经）		
1	22° 24′ 33.141″	115° 40′ 00.428″
2	22° 24′ 07.629″	115° 40′ 00.439″
3	22° 23′ 42.149″	115° 40′ 00.449″
4	22° 23′ 16.637″	115° 40′ 00.390″
5	22° 22′ 51.157″	115° 40′ 00.366″
6	22° 22′ 25.645″	115° 40′ 00.307″
7	22° 22′ 00.035″	115° 40′ 00.316″
8	22° 21′ 34.490″	115° 40′ 00.257″
9	22° 24′ 06.723″	115° 38′ 31.161″
10	22° 23′ 44.457″	115° 38′ 44.216″
11	22° 23′ 22.192″	115° 38′ 57.199″
12	22° 23′ 41.216″	115° 37′ 03.451″
13	22° 23′ 19.616″	115° 37′ 18.404″
14	22° 22′ 57.955″	115° 37′ 32.971″
15	22° 22′ 36.317″	115° 37′ 48.340″
16	22° 22′ 14.720″	115° 38′ 02.905″
17	22° 21′ 53.086″	115° 38′ 17.852″
18	22° 21′ 31.419″	115° 38′ 32.833″
19	22° 21′ 09.948″	115° 38′ 47.675″
20	22° 23′ 14.966″	115° 35′ 33.993″
具体界址点编号及坐标（北纬 | 东经），见附页1		

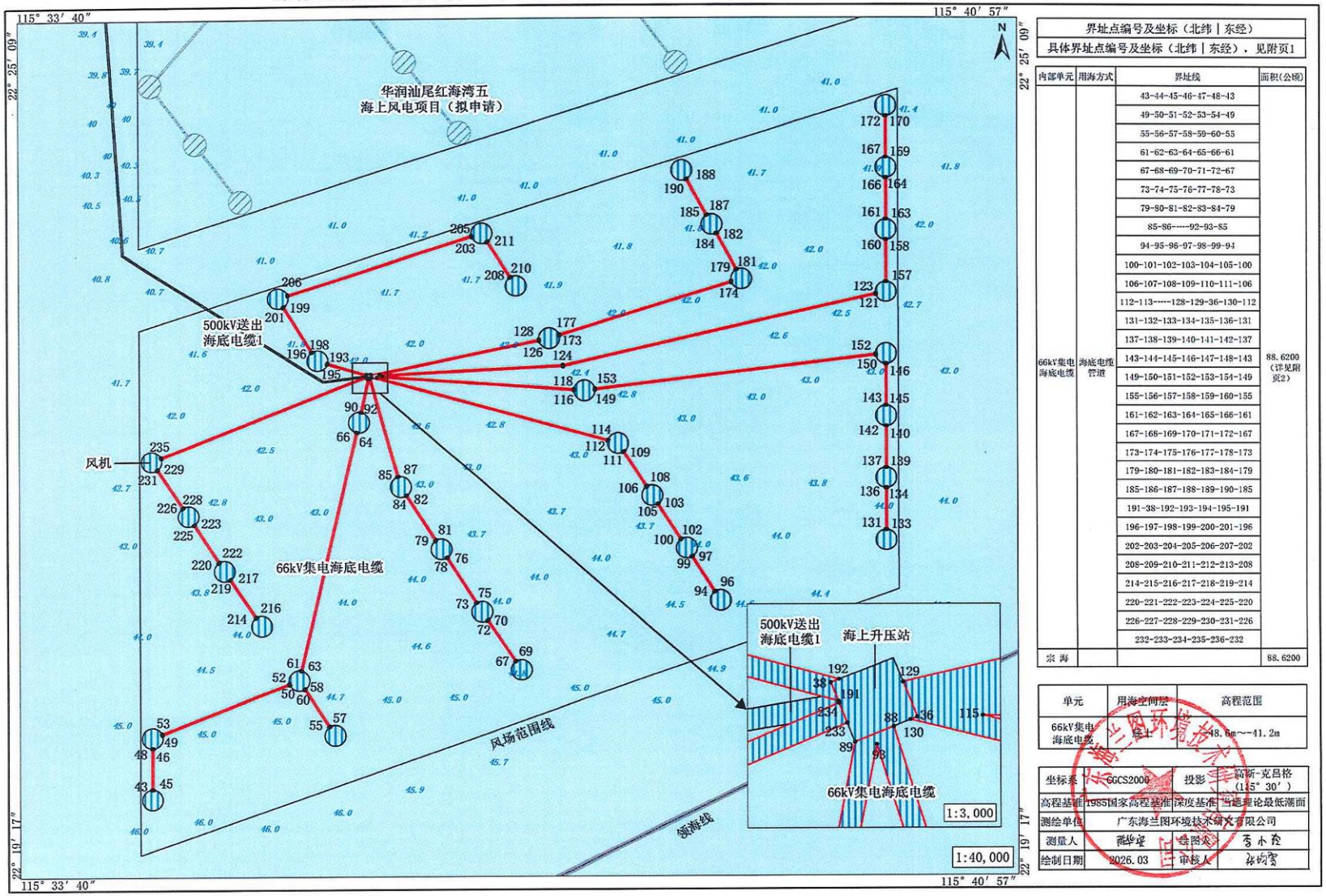
内部单元	用海方式	界址线	面积（公顷）
风机	透水构筑物	圆心点1～34（半径=130.16m）	180.9616（单风机=5.3224）
海上升压站	透水构筑物	35-36-37-38-35	0.3780
海上无功补偿站	透水构筑物	39-40-41-42-39	0.3596
宗 海			181.6992

单元	用海空间层	高程范围
风机	水面	叶片最高风机时为扫海高程(285.2m)

坐标系	CGCS2000	投影	高斯-克吕格（15° 30′）
高程基准	1985国家高程基准	深度基准	当地理论最低潮面
测绘单位	广东海兰图环境技术研究有限公司		
测量人	[illegible]	绘图人	[illegible]
绘制日期	2026.03	审核人	[illegible]

图 2.4.2-3a 项目宗海界址图（风机、海上升压站、海上无功补偿站）

深能汕尾红海湾六海上风电项目（66kV集电海底电缆）宗海界址图



界址点编号及坐标（北纬｜东经）
具体界址点编号及坐标（北纬｜东经），见附页1

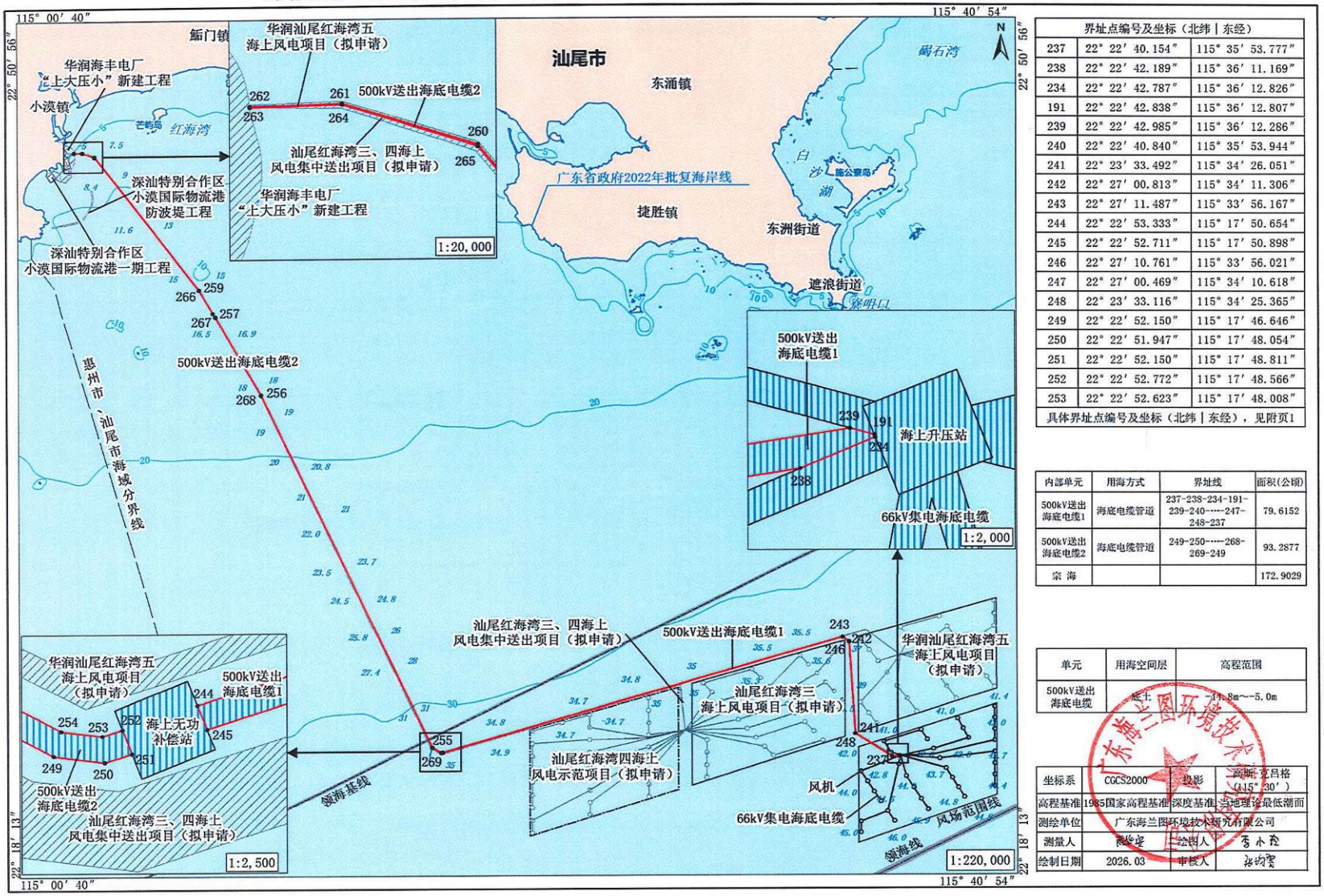
内部单元	用海方式	界址线	面积(公顷)
66kV集电海底电缆	海底电缆管道	43-44-45-46-47-48-43	88.6200（详见附页2）
		49-50-51-52-53-54-49	
		55-56-57-58-59-60-55	
		61-62-63-64-65-66-61	
		67-68-69-70-71-72-67	
		73-74-75-76-77-78-73	
		79-80-81-82-83-84-79	
		85-86------92-93-85	
		94-95-96-97-98-99-94	
		100-101-102-103-104-105-100	
		106-107-108-109-110-111-106	
		112-113------128-129-36-130-112	
		131-132-133-134-135-136-131	
		137-138-139-140-141-142-137	
		143-144-145-146-147-148-143	
		149-150-151-152-153-154-149	
		155-156-157-158-159-160-155	
		161-162-163-164-165-166-161	
		167-168-169-170-171-172-167	
		173-174-175-176-177-178-173	
		179-180-181-182-183-184-179	
		185-186-187-188-189-190-185	
		191-38-192-193-194-195-191	
		196-197-198-199-200-201-196	
		202-203-204-205-206-207-202	
		208-209-210-211-212-213-208	
		214-215-216-217-218-219-214	
		220-221-222-223-224-225-220	
		226-227-228-229-230-231-226	
		232-233-234-235-236-232	
宗海			88.6200

单元	用海空间层	高程范围
66kV集电海底电缆	底土	-48.6m～-41.2m

坐标系	CGCS2000	投影	斯斯-克吕格（115° 30′）
高程基准	1985国家高程基准	深度基准	当地理论最低潮面
测绘单位	广东海兰图环境技术研究有限公司		
测量人	陈华宝	绘图人	李小花
绘制日期	2026.03	审核人	张晓雪

图 2.4.2-3b 项目宗海界址图（集电海缆）

深能汕尾红海湾六海上风电项目（500kV送出海底电缆）宗海界址图



界址点编号及坐标（北纬丨东经）		
237	22° 22′ 40.154″	115° 35′ 53.777″
238	22° 22′ 42.189″	115° 36′ 11.169″
234	22° 22′ 42.787″	115° 36′ 12.826″
191	22° 22′ 42.838″	115° 36′ 12.807″
239	22° 22′ 42.985″	115° 36′ 12.286″
240	22° 22′ 40.840″	115° 35′ 53.944″
241	22° 23′ 33.492″	115° 34′ 26.051″
242	22° 27′ 00.813″	115° 34′ 11.306″
243	22° 27′ 11.487″	115° 33′ 56.167″
244	22° 22′ 53.333″	115° 17′ 50.654″
245	22° 22′ 52.711″	115° 17′ 50.898″
246	22° 27′ 10.761″	115° 33′ 56.021″
247	22° 27′ 00.469″	115° 34′ 10.618″
248	22° 23′ 33.116″	115° 34′ 25.365″
249	22° 22′ 52.150″	115° 17′ 46.646″
250	22° 22′ 51.947″	115° 17′ 48.054″
251	22° 22′ 52.150″	115° 17′ 48.811″
252	22° 22′ 52.772″	115° 17′ 48.566″
253	22° 22′ 52.623″	115° 17′ 48.008″
具体界址点编号及坐标（北纬丨东经），见附页1		

内部单元	用海方式	界址线	面积(公顷)
500kV送出海底电缆1	海底电缆管道	237-238-234-191-239-240------247-248-237	79.6152
500kV送出海底电缆2	海底电缆管道	249-250------268-269-249	93.2877
宗 海			172.9029

单元	用海空间层	高程范围
500kV送出海底电缆	底土	-14.8m～-5.0m

坐标系	CGCS2000	投影	高斯-克吕格（115° 30′）
高程基准	1985国家高程基准	深度基准	当地理论最低潮面
测绘单位	广东海兰图环境技术研究有限公司		
测量人	测绘章	绘图人	专业章
绘制日期	2026.03	审核人	签字章

图 2.4.2-3c 项目宗海界址图（送出海缆）

深能汕尾红海湾六海上风电项目（风机）宗海立体空间范围示意图

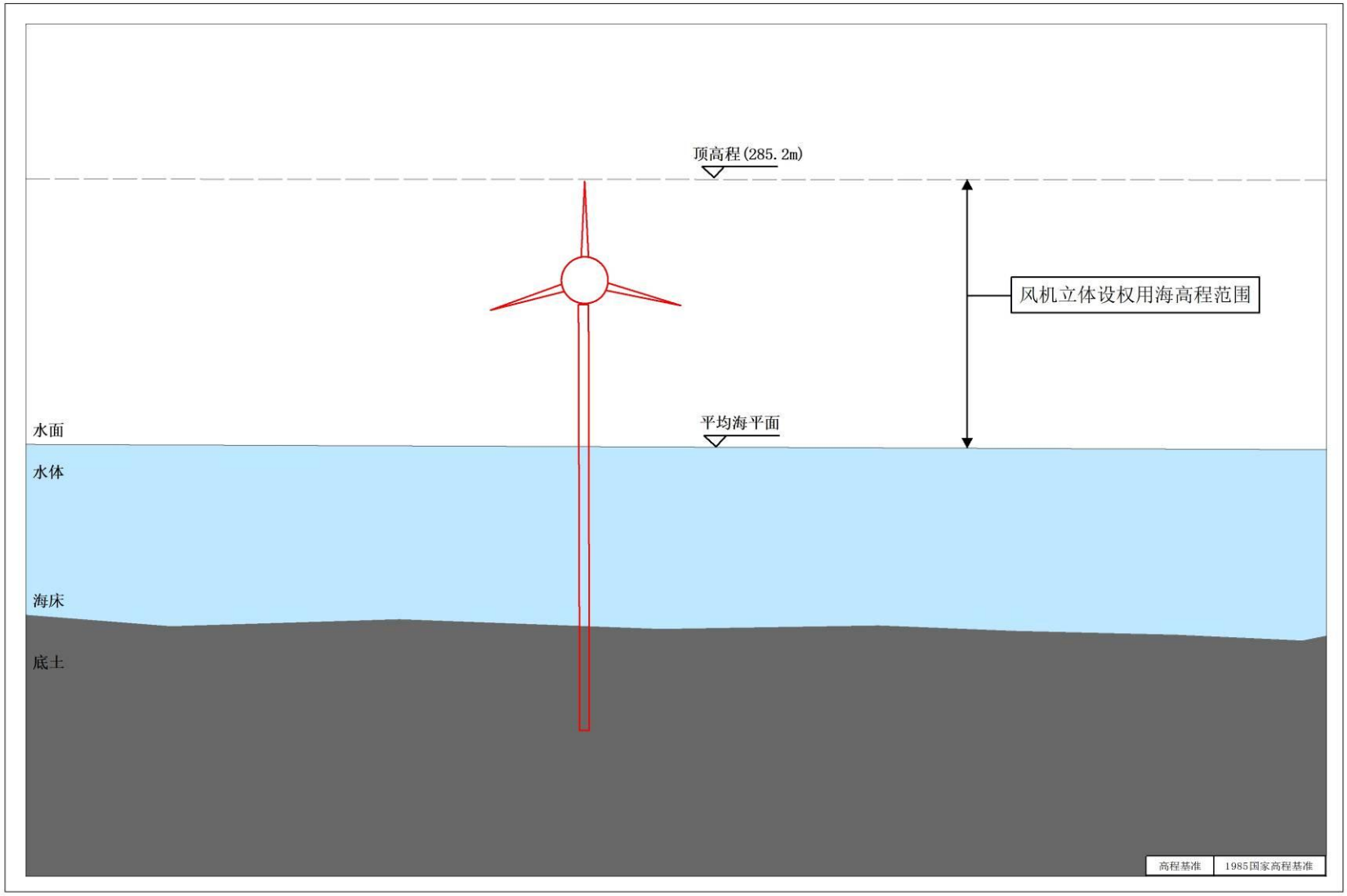


图 2.4.2-4a 项目宗海立体空间范围示意图（风机）

深能汕尾红海湾六海上风电项目（66kV集电海底电缆）宗海立体空间范围示意图

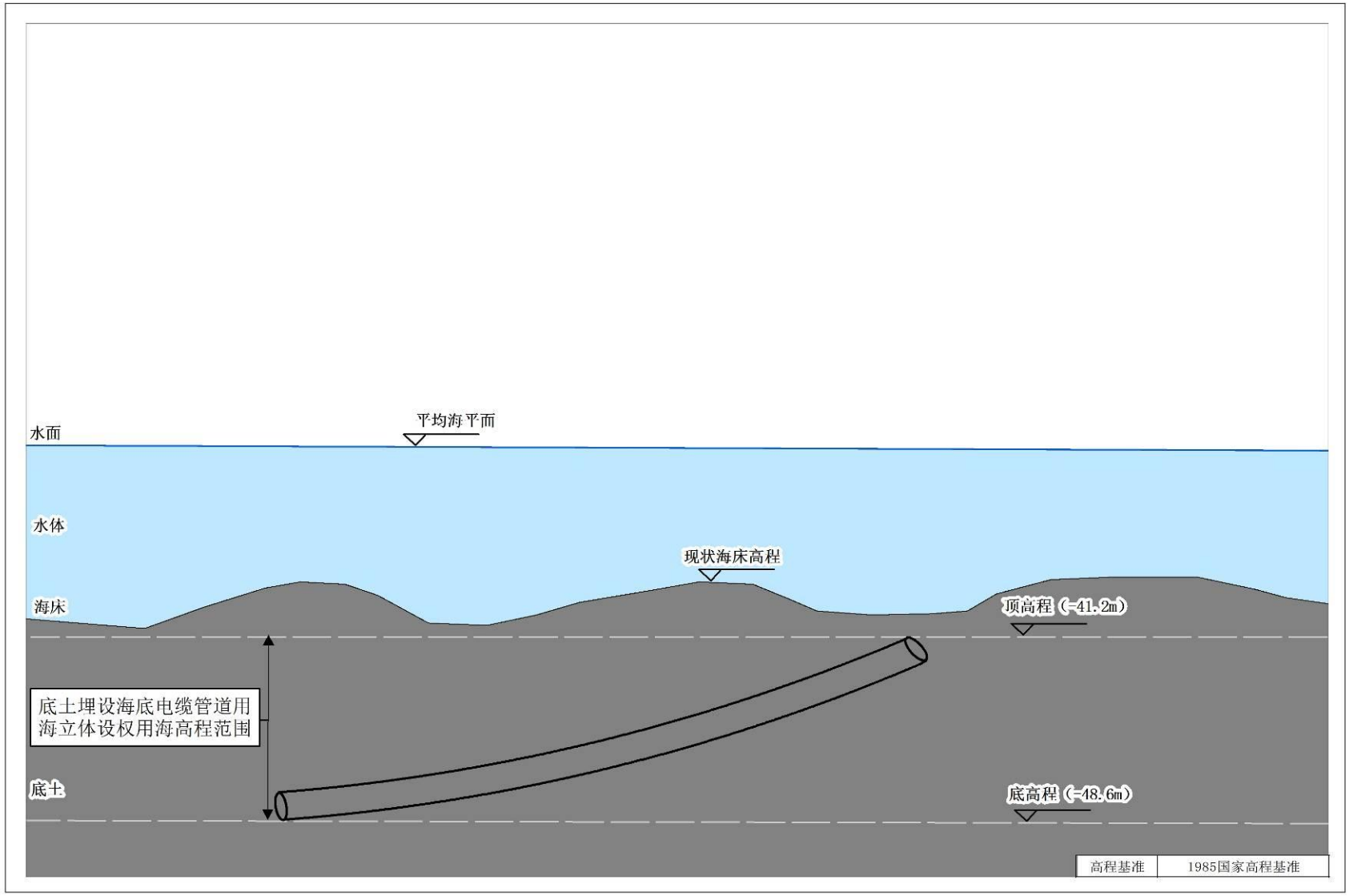


图 2.4.2-4b 项目宗海立体空间范围示意图（66kV 集电海缆）

深能汕尾红海湾六海上风电项目（500kV送出海底电缆）宗海立体空间范围示意图

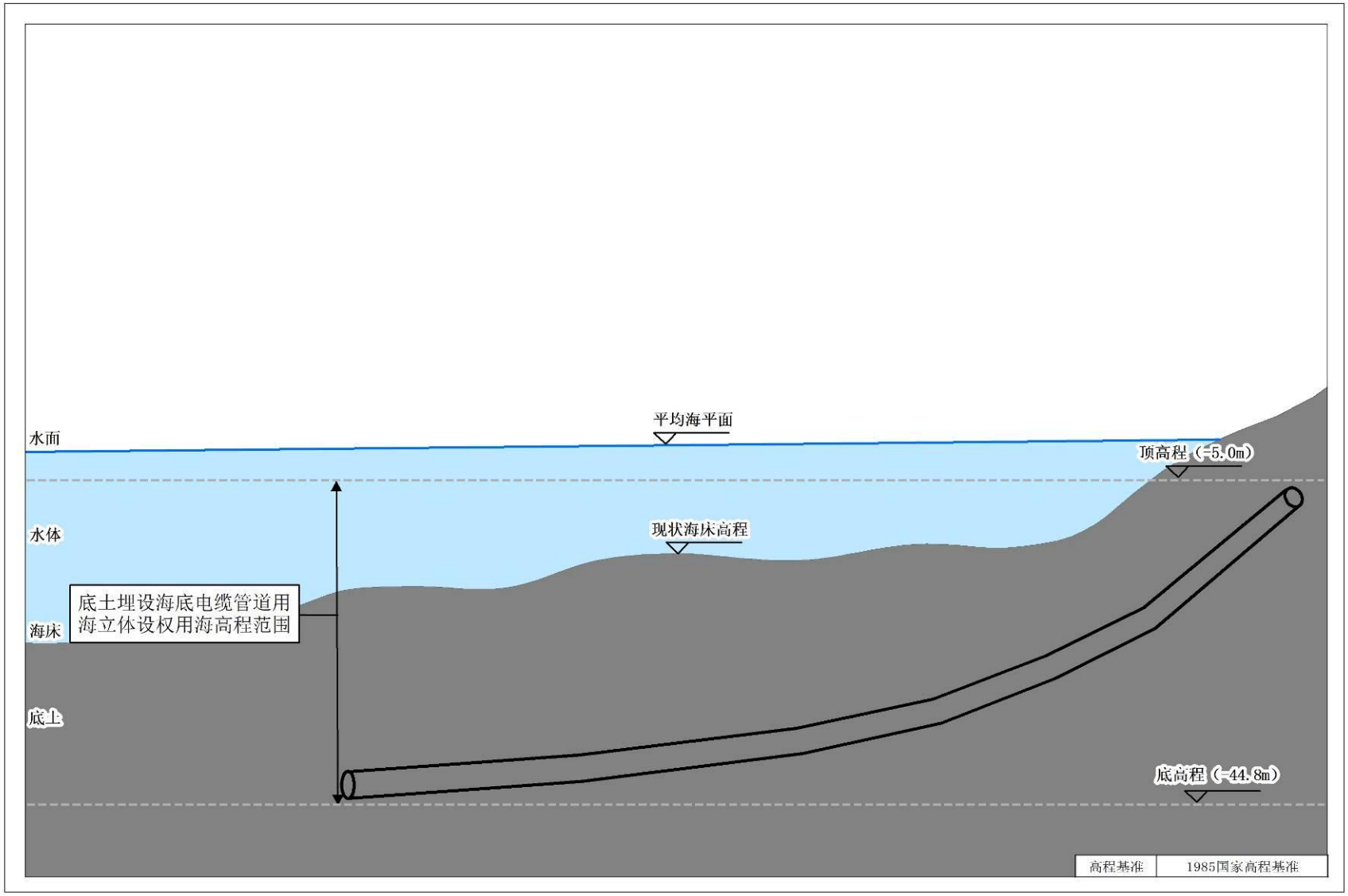


图 2.4.2-4c 项目宗海立体空间范围示意图（500kV 送出海缆）

表 2.4.2-2a 项目宗海界址点表 1

附页1　深能汕尾红海湾六海上风电项目宗海界址点（1）

界址点编号及坐标（北纬|东经）					
1	22° 24′ 33.141″	115° 40′ 00.428″	41	22° 22′ 53.973″	115° 17′ 50.402″
2	22° 24′ 07.629″	115° 40′ 00.439″	42	22° 22′ 53.282″	115° 17′ 48.366″
3	22° 23′ 42.149″	115° 40′ 00.449″	43	22° 19′ 53.318″	115° 34′ 37.740″
4	22° 23′ 16.637″	115° 40′ 00.390″	44	22° 19′ 53.331″	115° 34′ 38.093″
5	22° 22′ 51.157″	115° 40′ 00.366″	45	22° 19′ 53.318″	115° 34′ 38.446″
6	22° 22′ 25.645″	115° 40′ 00.307″	46	22° 20′ 10.232″	115° 34′ 38.426″
7	22° 22′ 00.035″	115° 40′ 00.316″	47	22° 20′ 10.219″	115° 34′ 38.073″
8	22° 21′ 34.490″	115° 40′ 00.257″	48	22° 20′ 10.231″	115° 34′ 37.721″
9	22° 24′ 06.723″	115° 38′ 31.161″	49	22° 20′ 15.663″	115° 34′ 42.426″
10	22° 23′ 44.457″	115° 38′ 44.216″	50	22° 20′ 35.817″	115° 35′ 38.581″
11	22° 23′ 22.192″	115° 38′ 57.199″	51	22° 20′ 36.118″	115° 35′ 38.441″
12	22° 23′ 41.216″	115° 37′ 03.451″	52	22° 20′ 36.429″	115° 35′ 38.327″
13	22° 23′ 19.616″	115° 37′ 18.404″	53	22° 20′ 16.275″	115° 34′ 42.172″
14	22° 22′ 57.955″	115° 37′ 32.971″	54	22° 20′ 15.974″	115° 34′ 42.312″
15	22° 22′ 36.317″	115° 37′ 48.340″	55	22° 20′ 18.452″	115° 35′ 55.664″
16	22° 22′ 14.720″	115° 38′ 02.905″	56	22° 20′ 18.641″	115° 35′ 55.952″
17	22° 21′ 53.086″	115° 38′ 17.852″	57	22° 20′ 18.809″	115° 35′ 56.255″
18	22° 21′ 31.419″	115° 38′ 32.833″	58	22° 20′ 34.282″	115° 35′ 45.451″
19	22° 21′ 09.948″	115° 38′ 47.675″	59	22° 20′ 34.092″	115° 35′ 45.163″
20	22° 23′ 14.966″	115° 35′ 33.993″	60	22° 20′ 33.925″	115° 35′ 44.860″
21	22° 22′ 49.283″	115° 35′ 51.279″	61	22° 20′ 41.823″	115° 35′ 43.377″
22	22° 22′ 23.817″	115° 36′ 09.440″	62	22° 20′ 41.761″	115° 35′ 43.723″
23	22° 21′ 57.116″	115° 36′ 27.619″	63	22° 20′ 41.674″	115° 35′ 44.063″
24	22° 21′ 31.427″	115° 36′ 45.389″	64	22° 22′ 19.635″	115° 36′ 08.748″
25	22° 21′ 05.736″	115° 37′ 03.157″	65	22° 22′ 19.698″	115° 36′ 08.401″
26	22° 20′ 41.645″	115° 37′ 20.208″	66	22° 22′ 19.785″	115° 36′ 08.061″
27	22° 22′ 08.205″	115° 34′ 38.056″	67	22° 20′ 44.988″	115° 37′ 17.420″
28	22° 21′ 45.555″	115° 34′ 54.329″	68	22° 20′ 45.179″	115° 37′ 17.707″
29	22° 21′ 22.910″	115° 35′ 10.146″	69	22° 20′ 45.349″	115° 37′ 18.009″
30	22° 21′ 00.259″	115° 35′ 26.416″	70	22° 21′ 02.393″	115° 37′ 05.945″
31	22° 20′ 37.641″	115° 35′ 42.685″	71	22° 21′ 02.202″	115° 37′ 05.658″
32	22° 20′ 15.093″	115° 35′ 58.430″	72	22° 21′ 02.032″	115° 37′ 05.356″
33	22° 20′ 14.450″	115° 34′ 38.069″	73	22° 21′ 09.107″	115° 37′ 00.406″
34	22° 19′ 49.099″	115° 34′ 38.098″	74	22° 21′ 09.295″	115° 37′ 00.696″
35	22° 22′ 41.583″	115° 36′ 13.296″	75	22° 21′ 09.462″	115° 37′ 01.000″
36	22° 22′ 42.283″	115° 36′ 15.366″	76	22° 21′ 28.056″	115° 36′ 48.139″
37	22° 22′ 44.116″	115° 36′ 14.650″	77	22° 21′ 27.868″	115° 36′ 47.850″
38	22° 22′ 43.417″	115° 36′ 12.581″	78	22° 21′ 27.701″	115° 36′ 47.546″
39	22° 22′ 51.511″	115° 17′ 49.062″	79	22° 21′ 34.797″	115° 36′ 42.638″
40	22° 22′ 52.202″	115° 17′ 51.098″	80	22° 21′ 34.985″	115° 36′ 42.927″

测绘单位	广东海兰图环境技术研究有限公司		
测量人	陈华安	绘图人	李小玲
绘制日期	2026.03	审核人	张均智

表 2.4.2-2b 项目宗海界址点表 2

附页1　深能汕尾红海湾六海上风电项目宗海界址点（2）

界址点编号及坐标（北纬|东经）					
81	22° 21′ 35.152″	115° 36′ 43.231″	121	22° 23′ 15.379″	115° 39′ 56.045″
82	22° 21′ 53.746″	115° 36′ 30.370″	122	22° 23′ 15.696″	115° 39′ 55.954″
83	22° 21′ 53.558″	115° 36′ 30.081″	123	22° 23′ 16.019″	115° 39′ 55.888″
84	22° 21′ 53.391″	115° 36′ 29.777″	124	22° 22′ 46.960″	115° 37′ 38.887″
85	22° 22′ 01.094″	115° 36′ 26.066″	125	22° 22′ 43.380″	115° 36′ 18.496″
86	22° 22′ 01.194″	115° 36′ 26.403″	126	22° 22′ 56.784″	115° 37′ 28.598″
87	22° 22′ 01.269″	115° 36′ 26.746″	127	22° 22′ 57.103″	115° 37′ 28.514″
88	22° 22′ 42.019″	115° 36′ 14.587″	128	22° 22′ 57.427″	115° 37′ 28.456″
89	22° 22′ 41.589″	115° 36′ 13.312″	129	22° 22′ 43.370″	115° 36′ 14.942″
90	22° 22′ 28.007″	115° 36′ 10.076″	130	22° 22′ 42.207″	115° 36′ 15.143″
91	22° 22′ 27.949″	115° 36′ 10.424″	131	22° 21′ 38.710″	115° 39′ 59.914″
92	22° 22′ 27.865″	115° 36′ 10.765″	132	22° 21′ 38.722″	115° 40′ 00.267″
93	22° 22′ 41.494″	115° 36′ 14.012″	133	22° 21′ 38.708″	115° 40′ 00.619″
94	22° 21′ 13.319″	115° 38′ 44.926″	134	22° 21′ 55.815″	115° 40′ 00.659″
95	22° 21′ 13.507″	115° 38′ 45.215″	135	22° 21′ 55.803″	115° 40′ 00.306″
96	22° 21′ 13.674″	115° 38′ 45.519″	136	22° 21′ 55.817″	115° 39′ 59.954″
97	22° 21′ 28.048″	115° 38′ 35.583″	137	22° 22′ 04.253″	115° 39′ 59.962″
98	22° 21′ 27.860″	115° 38′ 35.293″	138	22° 22′ 04.266″	115° 40′ 00.315″
99	22° 21′ 27.693″	115° 38′ 34.989″	139	22° 22′ 04.254″	115° 40′ 00.667″
100	22° 21′ 34.790″	115° 38′ 30.083″	140	22° 22′ 21.426″	115° 40′ 00.661″
101	22° 21′ 34.978″	115° 38′ 30.372″	141	22° 22′ 21.414″	115° 40′ 00.308″
102	22° 21′ 35.145″	115° 38′ 30.676″	142	22° 22′ 21.426″	115° 39′ 59.955″
103	22° 21′ 49.715″	115° 38′ 20.602″	143	22° 22′ 29.864″	115° 39′ 59.964″
104	22° 21′ 49.527″	115° 38′ 20.313″	144	22° 22′ 29.876″	115° 40′ 00.316″
105	22° 21′ 49.360″	115° 38′ 20.009″	145	22° 22′ 29.863″	115° 40′ 00.669″
106	22° 21′ 56.458″	115° 38′ 15.103″	146	22° 22′ 46.938″	115° 40′ 00.709″
107	22° 21′ 56.646″	115° 38′ 15.393″	147	22° 22′ 46.926″	115° 40′ 00.356″
108	22° 21′ 56.812″	115° 38′ 15.697″	148	22° 22′ 46.939″	115° 40′ 00.003″
109	22° 22′ 11.348″	115° 38′ 05.654″	149	22° 22′ 36.498″	115° 37′ 52.885″
110	22° 22′ 11.160″	115° 38′ 05.364″	150	22° 22′ 50.326″	115° 39′ 55.905″
111	22° 22′ 10.994″	115° 38′ 05.060″	151	22° 22′ 50.650″	115° 39′ 55.849″
112	22° 22′ 15.533″	115° 37′ 58.440″	152	22° 22′ 50.977″	115° 39′ 55.820″
113	22° 22′ 15.852″	115° 37′ 58.521″	153	22° 22′ 37.150″	115° 37′ 52.801″
114	22° 22′ 16.165″	115° 37′ 58.629″	154	22° 22′ 36.825″	115° 37′ 52.857″
115	22° 22′ 42.276″	115° 36′ 17.515″	155	22° 23′ 20.856″	115° 40′ 00.047″
116	22° 22′ 36.304″	115° 37′ 43.790″	156	22° 23′ 20.868″	115° 40′ 00.400″
117	22° 22′ 36.632″	115° 37′ 43.803″	157	22° 23′ 20.855″	115° 40′ 00.752″
118	22° 22′ 36.958″	115° 37′ 43.842″	158	22° 23′ 37.929″	115° 40′ 00.792″
119	22° 22′ 42.779″	115° 36′ 19.752″	159	22° 23′ 37.917″	115° 40′ 00.439″
120	22° 22′ 46.307″	115° 37′ 38.983″	160	22° 23′ 37.931″	115° 40′ 00.087″

测绘单位	广东海兰图环境技术研究有限公司		
测量人	陈华安	绘图人	李小敏
绘制日期	2026.03	审核人	张均智

表 2.4.2-2c 项目宗海界址点表 3

附页1　深能汕尾红海湾六海上风电项目宗海界址点（3）

界址点编号及坐标（北纬|东经）					
161	22° 23′ 46.367″	115° 40′ 00.095″	201	22° 23′ 11.216″	115° 35′ 36.101″
162	22° 23′ 46.380″	115° 40′ 00.448″	202	22° 23′ 15.923″	115° 35′ 38.426″
163	22° 23′ 46.368″	115° 40′ 00.800″	203	22° 23′ 39.634″	115° 36′ 59.231″
164	22° 24′ 03.410″	115° 40′ 00.793″	204	22° 23′ 39.943″	115° 36′ 59.112″
165	22° 24′ 03.397″	115° 40′ 00.440″	205	22° 23′ 40.260″	115° 36′ 59.019″
166	22° 24′ 03.410″	115° 40′ 00.088″	206	22° 23′ 16.549″	115° 35′ 38.213″
167	22° 24′ 11.847″	115° 40′ 00.084″	207	22° 23′ 16.240″	115° 35′ 38.333″
168	22° 24′ 11.860″	115° 40′ 00.437″	208	22° 23′ 22.986″	115° 37′ 15.652″
169	22° 24′ 11.848″	115° 40′ 00.790″	209	22° 23′ 23.174″	115° 37′ 15.941″
170	22° 24′ 28.923″	115° 40′ 00.783″	210	22° 23′ 23.341″	115° 37′ 16.245″
171	22° 24′ 28.910″	115° 40′ 00.430″	211	22° 23′ 37.847″	115° 37′ 06.203″
172	22° 24′ 28.923″	115° 40′ 00.077″	212	22° 23′ 37.659″	115° 37′ 05.914″
173	22° 22′ 58.889″	115° 37′ 37.408″	213	22° 23′ 37.492″	115° 37′ 05.610″
174	22° 23′ 20.632″	115° 38′ 52.970″	214	22° 21′ 03.585″	115° 35′ 23.604″
175	22° 23′ 20.942″	115° 38′ 52.852″	215	22° 21′ 03.778″	115° 35′ 23.889″
176	22° 23′ 21.259″	115° 38′ 52.761″	216	22° 21′ 03.949″	115° 35′ 24.190″
177	22° 22′ 59.515″	115° 37′ 37.200″	217	22° 21′ 19.584″	115° 35′ 12.959″
178	22° 22′ 59.206″	115° 37′ 37.317″	218	22° 21′ 19.391″	115° 35′ 12.674″
179	22° 23′ 25.744″	115° 38′ 54.727″	219	22° 21′ 19.220″	115° 35′ 12.373″
180	22° 23′ 25.912″	115° 38′ 55.030″	220	22° 21′ 26.269″	115° 35′ 07.380″
181	22° 23′ 26.057″	115° 38′ 55.347″	221	22° 21′ 26.458″	115° 35′ 07.668″
182	22° 23′ 40.905″	115° 38′ 46.688″	222	22° 21′ 26.626″	115° 35′ 07.971″
183	22° 23′ 40.737″	115° 38′ 46.385″	223	22° 21′ 42.196″	115° 34′ 57.096″
184	22° 23′ 40.592″	115° 38′ 46.068″	224	22° 21′ 42.007″	115° 34′ 56.808″
185	22° 23′ 48.004″	115° 38′ 41.734″	225	22° 21′ 41.839″	115° 34′ 56.505″
186	22° 23′ 48.172″	115° 38′ 42.038″	226	22° 21′ 48.881″	115° 34′ 51.516″
187	22° 23′ 48.318″	115° 38′ 42.354″	227	22° 21′ 49.074″	115° 34′ 51.802″
188	22° 24′ 03.176″	115° 38′ 33.643″	228	22° 21′ 49.245″	115° 34′ 52.102″
189	22° 24′ 03.007″	115° 38′ 33.340″	229	22° 22′ 04.879″	115° 34′ 40.870″
190	22° 24′ 02.862″	115° 38′ 33.023″	230	22° 22′ 04.687″	115° 34′ 40.584″
191	22° 22′ 42.838″	115° 36′ 12.807″	231	22° 22′ 04.515″	115° 34′ 40.283″
192	22° 22′ 43.510″	115° 36′ 12.855″	232	22° 22′ 09.427″	115° 34′ 42.412″
193	22° 22′ 48.367″	115° 35′ 55.721″	233	22° 22′ 42.171″	115° 36′ 13.067″
194	22° 22′ 48.049″	115° 35′ 55.632″	234	22° 22′ 42.787″	115° 36′ 12.826″
195	22° 22′ 47.739″	115° 35′ 55.516″	235	22° 22′ 10.038″	115° 34′ 42.157″
196	22° 22′ 52.685″	115° 35′ 48.574″	236	22° 22′ 09.737″	115° 34′ 42.297″
197	22° 22′ 52.870″	115° 35′ 48.865″	237	22° 22′ 40.154″	115° 35′ 53.777″
198	22° 22′ 53.033″	115° 35′ 49.172″	238	22° 22′ 42.189″	115° 36′ 11.169″
199	22° 23′ 11.564″	115° 35′ 36.699″	239	22° 22′ 42.985″	115° 36′ 12.286″
200	22° 23′ 11.380″	115° 35′ 36.408″	240	22° 22′ 40.840″	115° 35′ 53.944″

测绘单位	广东海兰图环境技术研究有限公司		
测量人	陈华强	绘图人	李小玲
绘制日期	2026.03	审核人	张均富

表 2.4.2-2d 项目宗海界址点表 4

附页1　深能汕尾红海湾六海上风电项目宗海界址点（4）

界址点编号及坐标（北纬|东经）					
241	22° 23′ 33.492″	115° 34′ 26.051″			
242	22° 27′ 00.813″	115° 34′ 11.306″			
243	22° 27′ 11.487″	115° 33′ 56.167″			
244	22° 22′ 53.333″	115° 17′ 50.654″			
245	22° 22′ 52.711″	115° 17′ 50.898″			
246	22° 27′ 10.761″	115° 33′ 56.021″			
247	22° 27′ 00.469″	115° 34′ 10.618″			
248	22° 23′ 33.116″	115° 34′ 25.365″			
249	22° 22′ 52.150″	115° 17′ 46.646″			
250	22° 22′ 51.947″	115° 17′ 48.054″			
251	22° 22′ 52.150″	115° 17′ 48.811″			
252	22° 22′ 52.772″	115° 17′ 48.566″			
253	22° 22′ 52.623″	115° 17′ 48.008″			
254	22° 22′ 52.784″	115° 17′ 46.884″			
255	22° 23′ 04.312″	115° 17′ 25.089″			
256	22° 36′ 23.810″	115° 10′ 32.886″			
257	22° 39′ 19.866″	115° 08′ 42.115″			
258	22° 39′ 21.121″	115° 08′ 41.324″			
259	22° 40′ 22.843″	115° 08′ 02.447″			
260	22° 45′ 24.818″	115° 03′ 48.509″			
261	22° 45′ 34.221″	115° 03′ 19.003″			
262	22° 45′ 34.207″	115° 02′ 58.654″			
263	22° 45′ 33.989″	115° 02′ 58.677″			
264	22° 45′ 33.965″	115° 03′ 18.980″			
265	22° 45′ 24.401″	115° 03′ 48.403″			
266	22° 40′ 22.360″	115° 08′ 01.970″			
267	22° 39′ 29.021″	115° 08′ 35.528″			
268	22° 36′ 23.500″	115° 10′ 32.258″			
269	22° 23′ 03.840″	115° 17′ 24.545″			

测绘单位	广东海兰图环境技术研究有限公司		
测量人	陈华强	绘图人	李小玲
绘制日期	2026.03	审核人	张均智

表 2.4.2-3 项目宗海界址线表

附页2　深能汕尾红海湾六海上风电项目界址线表

内部单元	用海方式	序号	界址线	面积（公顷）
66kV集电海底电缆	海底电缆管道	1	43-44-45-46-47-48-43	1.0488
		2	49-50-51-52-53-54-49	3.4746
		3	55-56-57-58-59-60-55	1.1442
		4	61-62-63-64-65-66-61	6.2445
		5	67-68-69-70-71-72-67	1.2656
		6	73-74-75-76-77-78-73	1.3714
		7	79-80-81-82-83-84-79	1.3714
		8	85-86-…-92-93-85	3.4963
		9	94-95-96-97-98-99-94	1.0597
		10	100-101-102-103-104-105-100	1.0743
		11	106-107-108-109-110-111-106	1.0715
		12	112-113-…-128-129-36-130-112	28.3801
		13	131-132-133-134-135-136-131	1.0608
		14	137-138-139-140-141-142-137	1.0649
		15	143-144-145-146-147-148-143	1.0588
		16	149-150-151-152-153-154-149	7.1524
		17	155-156-157-158-159-160-155	1.0588
		18	161-162-163-164-165-166-161	1.0569
		19	167-168-169-170-171-172-167	1.0589
		20	173-174-175-176-177-178-173	4.5649
		21	179-180-181-182-183-184-179	1.0474
		22	185-186-187-188-189-190-185	1.0494
		23	191-38-192-193-194-195-191	1.0303
		24	196-197-198-199-200-201-196	1.356
		25	202-203-204-205-206-207-202	4.8901
		26	208-209-210-211-212-213-208	1.0698
		27	214-215-216-217-218-219-214	1.1661
		28	220-221-222-223-224-225-220	1.1515
		29	226-227-228-229-230-231-226	1.1662
		30	232-233-234-235-236-232	5.6144

测绘单位	广东海三图环境技术研究有限公司		
测量人	陈华健	绘图人	李小玲
绘制日期	2026.03	审核人	张均富

2.5 项目用海必要性

2.5.1 项目建设必要性分析

2.5.1 项目建设必要性分析

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”，为鼓励类符合国家产业结构政策要求。根据《市场准入负面清单》（2025 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。

（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。

本风电场位于汕尾市汕尾港南面海域，离岸最近距离约 28.8km，是汕尾以及广东重要的海上风电项目，其建设能够适应国家新能源发展的政策需求，有效促进节能减排。

（2）推动可再生资源开发利用，有利于经济与环境的协调发展

广东省大陆海岸线总长达 4000km 以上，海域面积广阔，沿海处于亚热带和南亚热带海洋性季风气候区，风力资源丰富，风能资源不仅是广东省能源供应的有效补充，地区经济发展的持续助力，而且作为绿色电能，风电的发展将有效减少二氧化硫（SO_2）、二氧化碳（CO_2）和氮氧化物（NO_X）等多种大气污染物的排放。

本项目的建设有助于开发广东海上风能资源，提高地区能源供应能力，缓解

电力工业的环保压力，助力地区经济的低碳持续发展，社会效益显著。

（3）有利于提高相关产业水平，推进广东海上风电发展

目前，广东省海上风电尚处于起步阶段，本风电场位于汕尾市附近海域，具备良好的开发条件。项目的开发建设，有利于加快海上风电技术水平的发展，有利于促进海上风电设备国产化，有利于促进海上风机基础选型与施工技术的创新。本项目的开发将以点带面带动全省海上风电开发，为后续近海深水区海上风电建设和广东省海上风电规模化开发提供宝贵经验和示范。

（4）开发海洋经济增长点，促进地区经济社会发展

本工程的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。

（5）与《“十四五”现代能源体系规划》关于建设海上风电基地的规划目标相符

2022 年 1 月，国家发改委、国家能源局印发《“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》强调，要大力发展非化石能源加快发展风电、太阳能发电。全面推进风电和太阳能发电大规模开发和高质量发展，优先就地就近开发利用，加快负荷中心及周边地区分散式风电和分布式光伏建设，推广应用低风速风电技术。在风能和太阳能资源禀赋较好、建设条件优越、具备持续整装开发条件、符合区域生态环境保护等要求的地区，有序推进风电和光伏发电集中式开发，加快推进以沙漠、戈壁、荒漠地区为重点的大型风电光伏基地项目建设，积极推进黄河上游、新疆、冀北等多能互补清洁能源基地建设。积极推动工业园区、经济开发区等屋顶光伏开发利用，推广光伏发电与建筑一体化应用。开展风电、光伏发电制氢示范。鼓励建设海上风电基地，推进海上风电向深水远岸区域布局。积极发展太阳能热发电。

根据《规划》中“专栏 3”、能源绿色低碳转型工程中的风电和光伏发电：积极推进东部和中部等地区分散式风电和分布式光伏建设，优化推进新疆、青海、

甘肃、内蒙古、宁夏、陕北、晋北、冀北、辽宁、吉林、黑龙江等地区陆上风电和光伏发电基地化开发，重点建设广东、福建、浙江、江苏、山东等海上风电基地。

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

（6）项目建设符合《2030 年前碳达峰行动方案》的要求

2021 年 10 月 26 日，国务院印发《2030 年前碳达峰行动方案》（以下简称《方案》）。《方案》围绕贯彻落实党中央、国务院关于碳达峰碳中和的重大战略决策，按照《中共中央国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》工作要求，聚焦 2030 年前碳达峰目标，对推进碳达峰工作作出总体部署。

《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。

本项目的开发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。本项目建设符合《2030 年前碳达峰行动方案》的要求。

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

本项目为深能汕尾红海湾六海上风电项目，位于新增的汕尾红海湾场址内，开发容量为 500MW。因此，本项目建设符合《广东省海上风电发展规划（2017-2030 年）（修编）》。

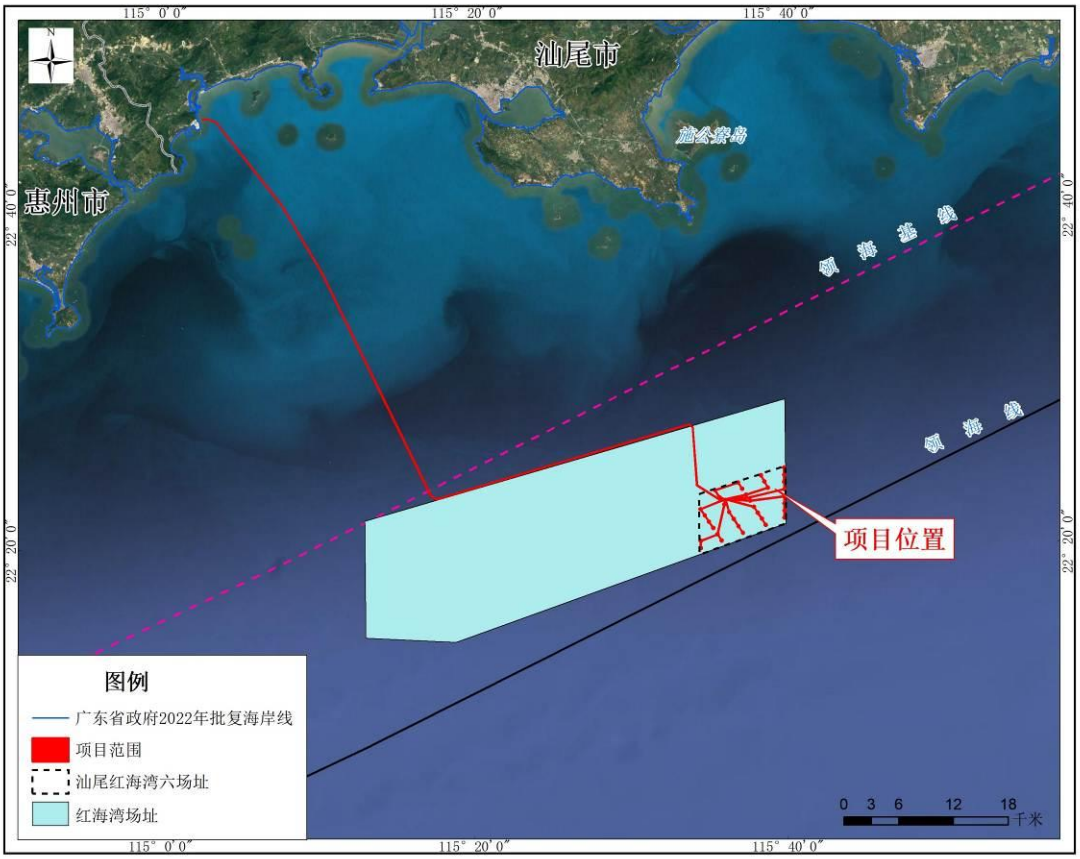


图 2.5.1-1 本项目与《广东省海上风电发展规划（2017-2030 年）（修编）》叠图

（8）项目建设符合《广东省能源发展“十四五”规划》要求

《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业，加快形成集整机制造和前沿新材料、叶片、齿轮箱、轴承、电机、变流器、控制系统等关键零部件制造，以及基础结构、海底电缆等设计建设为一体的高端制造产业链集群，推进海上风电机组向大容量、智能化、抗台风方向发展，加快培育海上风电运维产业，统筹布局海上风电运维基地，配套相关基础设施，组织开展运维技术设备研发制造和专业队伍建设。

本项目的建设符合《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。

（9）项目建设符合《广东省现代化海洋牧场发展总体规划（2024-2035 年）》要求

《广东省现代化海洋牧场发展总体规划（2024-2035 年）》提出：创新海上新能源与深远海养殖空间立体融合。加强现代化海洋牧场与海上风电、光伏发电、波浪能发电等新能源融合开发关键技术研发，创新海上新能源开发与鱼贝藻养殖融合发展模式。在确保功能相容、安全运行的前提下，鼓励在阳江、汕尾开展海上风电与深远海养殖在结构、空间、功能、运维上深度融合试点，共享共用海域空间和海上设施，构建“绿色能源+蓝色粮仓”深度融合的海洋空间立体开发模式。新建海上风电场项目应充分预留适宜现代化海洋牧场建设的海域空间，结合海上风电规划在湛江、阳江、汕尾、揭阳、汕头、江门、惠州等地海域划示风渔融合规划区。探索发展符合广东海况的渔光互补发展模式，在科学论证、合理选址的基础上，实现“板上光伏发电+板下渔业养殖”的有机结合。推动深远海养殖与波浪能一体化研究，鼓励研发新型波浪能与海洋渔业结合的养殖技术与装备。

本项目风场将配套海洋牧场，拟在风机与风机间设立海洋牧场网箱，本项目海洋牧场将单独立项，单独办理用海。因此，本项目与《广东省现代化海洋牧场

发展总体规划（2024-2035 年）》创新海上新能源与深远海养殖空间立体融合的要求相符合。

综上，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。本项目建设是必要性。

2.5.2 项目用海必要性分析

2023 年 6 月，广东省发展改革委印发《广东省 2023 年海上风电竞争配置工作方案》，其中省管海域项目共 15 个，装机容量 700 万千瓦。红海湾风电场位于汕尾市汕尾港南面海域，登陆点规划于深汕合作区小漠街道。本项目为深能汕尾红海湾六海上风电项目，位于红海湾风电场场址东侧偏南位置，拟建设 34 台 15MW 固定式风电机组、8 回 66kV 集电海底电缆、1 回 500kV 送出海底电缆、1 座 500kV 海上升压站和 1 座海上无功补偿站。

本项目作为海上风电场项目，项目的海域使用是由其工程建设的特殊性质及项目建设的必要性决定的。本项目的主体工程全部位于海上，项目海上风电机组发出的电能通过 66kV 集电海缆接入海上升压站，用于收集 34 台风机生产的电力，由海上升压站、海上无功补偿站通过 500kV 海底电缆送出至陆上集控中心。为减少能量损失和成本开支，风电机组产生的电能需采用高压输电方式进行传输，因此需要建设海上升压站。在远距离海上风电交流输电系统中，由于海缆电容特性，当输送距离较长输送电压等级高，容易出现海缆容性充电功率过高和过电压的问题，考虑海缆载流量的限制，必须在海缆路由中设置中间补偿站以补偿海缆的充电功率。海底电缆是连接风机、海上升压站、海上无功补偿站和陆上集控中心的纽带。风机、海上升压站、海上无功补偿站架设在海面上方，基座为导管架基础结构，桩基插入海床，必将占用一定的海域。海底电缆埋入海床以下，必将占用一定的海床及底土。

因此，从项目的建设特点来看，本项目海上风机、海上升压站、海上无功补偿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 年批复海岸线统计，本项目论证范围内的海岸线共70.07km，包括人工岸线 31.14km，自然岸线 38.46km，其他岸线 0.47km。

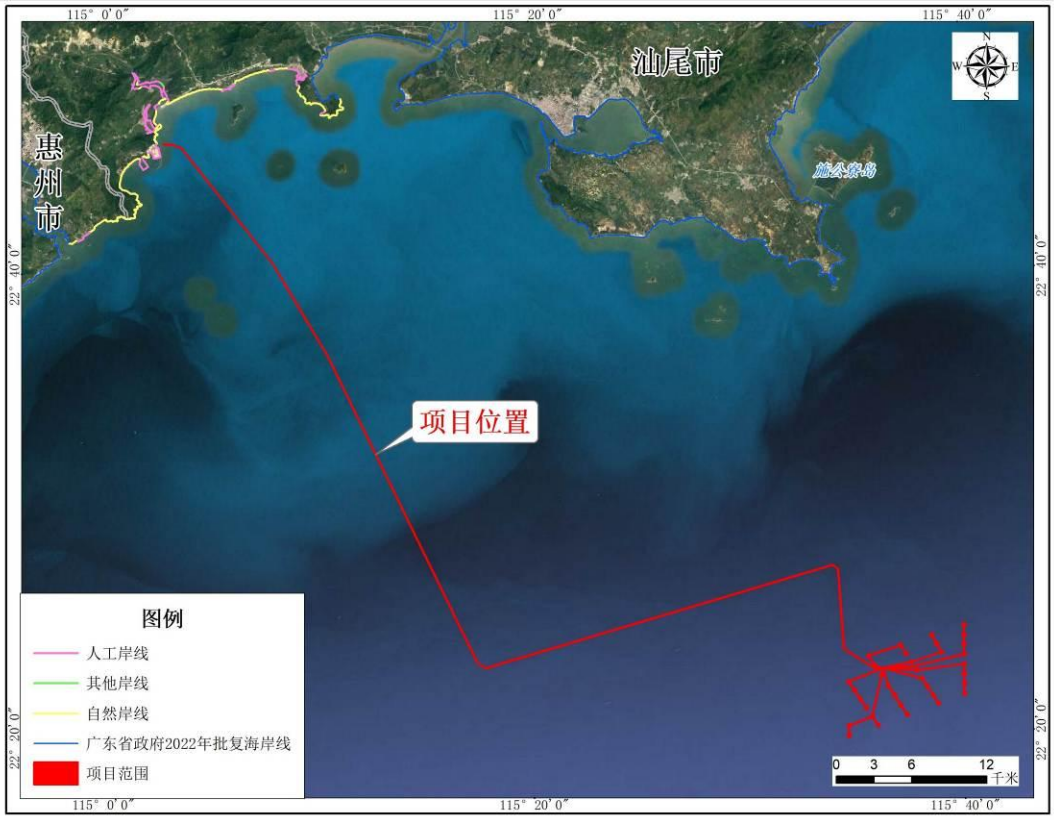


图 3.1.1-1 项目论证范围内岸线示意图

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 6.5 公顷。

3.1.3 岛礁资源

根据《中国海域海岛地名志 广东省第二册》，本项目论证范围内涉及到的岛礁资源有 28 个，均为无居民海岛。无居民海岛已开发的有 3 个，分别为东碇屿、江牡岛和芒屿岛；未开发的有 25 个，分别为东虎屿、二到排、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、江牡二岛、江牡三岛、江牡一岛、了哥咀岛、了哥咀仔岛、龙虾头岛、鸬鹚洲、芒屿南岛、排尾、雀咀尾、三到排、三到排东岛、杀猪石、杀猪石东岛和西碇屿。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 1.0km。

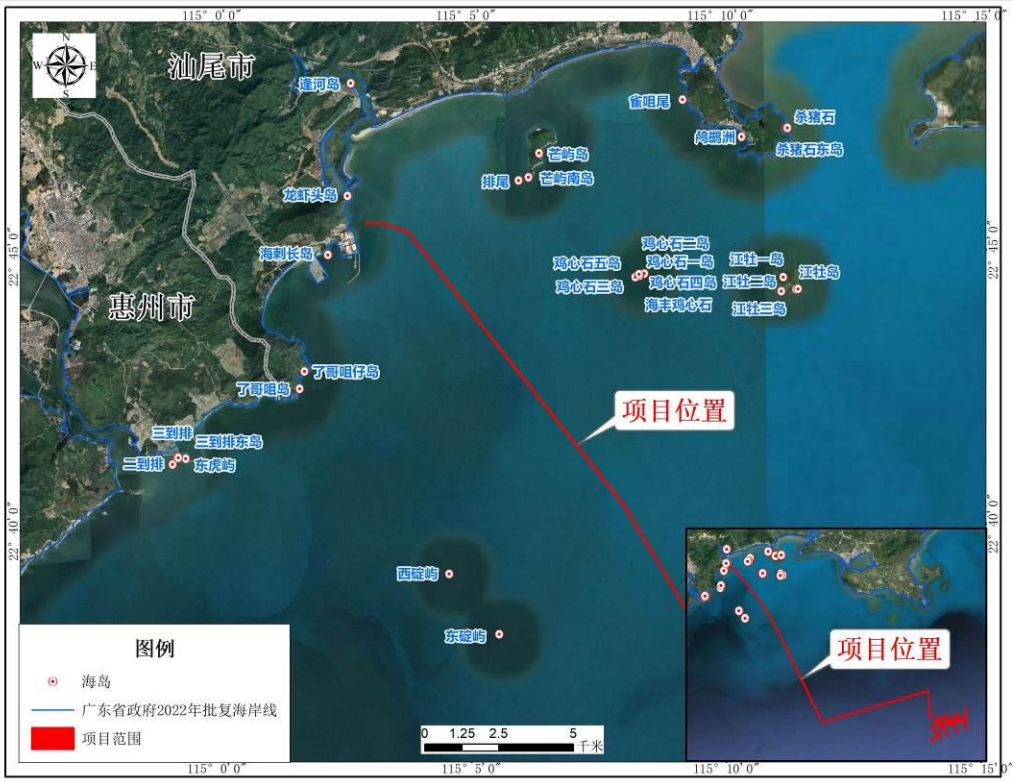


图 3.1.3-1 项目论证范围内海岛示意图

3.1.4 港口资源

根据《汕尾港总体规划（2021-2035 年）》，汕尾港规划的港区由汕尾港区、汕尾新港区、海丰港区、陆丰港区共四个港区组成。其中距离项目较近的海丰港区主要发展煤炭、矿石等大宗散货，成品油、LNG 等液体散货以及集装箱运输。规划的海丰港区在发展运输的同时，也将在带动工业开发、促进贸易发展、支撑腹地工业化与国际化等方面发挥重要作用。海丰港区主要规划小漠港区，发展 2～10 万吨级泊位。

3.1.5 渔业资源

3.1.5.1 调查概况

春季调查资料引用《深能汕尾红海湾六海上风电项目海洋环境现状调查监测

报告》（2024 年 6 月）、《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春季渔业资源现状调查数据。具体站位详见 3.2.6.1 节。

秋季调查资料引用《2024 年汕尾红海湾海上风电场（场址六含线缆）项目海洋环境现状调查监测报告》（2025 年 1 月），于 2024 年 11 月在项目附近海域进行的秋季渔业资源现状调查数据。具体站位详见 3.2.6.1 节。

3.1.5.2 调查方法

（1）鱼卵仔稚鱼

调查选择适于在调查海区作业且设备条件良好的渔船承担，按照《海洋调查规范》（GB/T 12763-2007）的相关规定进行样品的采集、保存和运输。定量采样：水深小于 30m 的站位使用浅水I型浮游生物网采样，水深在 30~200m 的站位使用大型浮游生物网采样，由海底至海面垂直拖网。定性采样：采用水平拖网法，网具采用浅水I型浮游生物网或大型浮游生物网，于表层水平拖曳 10min 取得，拖速 1~2kn。海上采得的浮游生物样品按体积 5%的量加入福尔马林溶液固定，带回实验室后将鱼卵仔鱼样品单独挑出，在生物显微镜下计数和鉴定。

（2）游泳动物

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

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

②调查工作流程：采用单船有翼单囊拖网进行作业。调查时间选择在白天进行，综合拖速、拖向、流向、流速、风向和风速等多种因素，在距离站位位置 2n mile～3n mile 处放网，拖速控制在 2kn～3kn 左右，经 1h 后正好到达站位位置或附近。临放网前准确测定船位，放网时间以停止曳纲投放，曳纲着底开始受力时为准。拖网中尽量保持拖网方向朝向拖网站位，注意周围船只动态和调查船的拖网是否正常等，若出现不正常拖网时，视其情况改变拖向或立即起网。临起

网前准确记录船位，起网时间以起网机开始卷收曳纲时间为准。如遇严重破网等导致渔获量大量减少时，应重新拖网。

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

3.1.5.3 计算方法

（1）鱼卵仔稚鱼密度

垂直拖网密度计算：

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

式中：*N*—鱼卵仔稚鱼密度（ind/m^3）；

n—每网鱼卵仔稚鱼数量，单位为（ind）；

v—滤水量（m^3），等于网口面积×采样绳长；

（2）渔业资源

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

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

式中：*S*—重量密度（kg/km^2）或个体密度（ind/km^2）；

a—底拖网每小时的扫海面积（扫海宽度取浮纲长度的 2/3）；

y—平均重量渔获率（kg/h）或平均个体渔获率（ind/h）；

E—逃逸率（取 0.5）。

（3）游泳生物优势种

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

$$IRI=（N+W）F$$

式中：*N*—某一种类的 ind 数占渔获总 ind 数的百分比；

W—某一种类的重量占渔获总重量的百分比；

F—某一种类的出现的断面数占调查总断面数的百分比。

3.1.5.4 渔业资源调查结果

1、鱼卵仔稚鱼

（1）春季

①风电场区域

1）种类组成

本次鱼卵仔稚鱼调查中，共出现了鱼卵 18 种，其中包括鲈形目 9 种，鲽形目 3 种，鲱形目、鳗鲡目和鮟形目各 2 种；仔稚鱼 29 种，其中包括鲈形目 17 种，鲽形目和鳚形目各 3 种，鲱形目 2 种，灯笼鱼目、鳗鲡目、鲀形目和鮟形目各 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 96ind，仔稚鱼 65ind；鱼卵平均密度为 0.373ind/m^3，仔稚鱼平均密度为 0.246ind/m^3。SW34 站位鱼卵密度最高，密度为 1.261ind/m^3，其次是 SW19 站位，密度为 0.783ind/m^3，共 14 个站位采获到鱼卵；SW39 站位仔稚鱼密度最高，密度为 0.821ind/m^3，其次是 SW19 站位，密度为 0.560ind/m^3，共 12 个站位采获到仔稚鱼。

表 3.1.5-1 春季风电场区域鱼卵仔稚鱼密度及其分布（垂直拖网）（略）

3）主要种类的数量分布（水平拖网）

a、鳀科（Leiognathidae）

本次水平拖网调查出现的鳀科鱼卵共有 609 粒，出现在 6 个站位，鳀科鱼卵在调查海域中 SW26 站位数量最多。

b、鳢科

本次水平拖网调查出现的鳢科鱼卵共有 544 粒，出现在 6 个站位，鳢科鱼卵在调查海域中 SW34 站位数量最多，鳢科仔稚鱼共有 2 尾，出现在 SW19 站位。

②送出海底电缆区域

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，鲱形目和鲽形目各 2 种，鳗鲡目和鮟形目各 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、鲽形目、鮟形目、鳚形目和鲀形目各 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 4.223ind/m^3，仔稚鱼平均密度为 0.630ind/m^3。SW04 站位鱼卵密度最高，密度为 19.394ind/m^3，其次是 SW01 站位，密度为 12.632ind/m^3，共 14 个站位采获到鱼卵；SW13 站位仔稚鱼密度最高，密度为 1.555ind/m^3，其次是 SW06 站位，密度为 1.534ind/m^3，共 13 个站位采获到仔稚鱼。

表 3.1.5-2 春季送出海底电缆路由区域鱼卵仔稚鱼密度及其分布（垂直拖网）（略）

3）主要种类的数量分布（水平拖网）

a、鳀科（Leiognathidae）

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

b、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）秋季

①种类组成

本次鱼卵仔稚鱼调查中，共出现了鱼卵 15 种，其中包括鲈形目 9 种，鲱形目和鲽形目各 2 种，鳗鲡目和仙女鱼目各 1 种；仔稚鱼 10 种，其中包括鲈形目 6 种和鲱形目 4 种。

②数量分布

调查 26 个站位的鱼卵仔稚鱼垂直拖网共采到鱼卵 21ind，仔稚鱼 7ind；鱼卵平均密度为 0.130ind/m^3，仔稚鱼平均密度为 0.049ind/m^3。SW04 站位鱼卵密度最高，密度为 1.796ind/m^3，其次是 SW06 站位，密度为 0.305ind/m^3，共 12 个站位采获到鱼卵；SW04 站位仔稚鱼密度最高，密度为 0.599ind/m^3，其次是 SW13 站位，密度为 0.441ind/m^3，共 5 个站位采获到仔稚鱼。

表 3.1.5-3 秋季鱼卵仔稚鱼密度及其分布（垂直拖网）（略）

③主要种类的数量分布（水平拖网）

1）鲹科（Carangidae）

本次调查出现的鲹科鱼卵共有 112 粒，出现在 16 个站位，鲹科鱼卵在调查海域中 SW06 站位数量最多。

2）笛鲷科（Lutjanidae）

本次水平拖网调查出现的笛鲷科鱼卵共有 80 粒，出现在 10 个站位，笛鲷科鱼卵在调查海域中 SW34 站位数量最多。

2、游泳生物

（1）春季

①风电场区域

1）种类组成

此次项目船号为粤汕城渔 20368，使用的网具为网上纲 22.5m、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 72 科 197 种，其中：鱼类 130 种，占总种类数的 65.99%，虾类 29 种（其中虾蛄类 7 种），占总种类数的 14.72%，蟹类 30 种，占总种类数的 15.23%，头足类 8 种，占总种类数的 4.06%。

2）渔获率

a、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（283~524）ind/h，平均尾数渔获率为 437ind/h。其中，鱼类平均尾数渔获率为 196ind/h，占游泳动物平均尾数渔获率的 45.38%；虾类平均尾数渔获率为 131ind/h，占游泳动物平均尾数渔获率的 30.16%；蟹类平均尾数渔获率为 92ind/h，占游泳动物平均尾数渔获率的 20.20%；头足类的平均尾数渔获率为 17ind/h，占游泳动物平均尾数渔获率的 4.07%。

b、重量渔获率

本次调查该海区 14 个站位的游泳动物重量渔获率范围为（3.742~10.005）kg/h，平均重量渔获率为 7.072kg/h。其中，鱼类平均重量渔获率为 4.462kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 62.53%；虾类平均重量渔获率为 0.897kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 13.68%；蟹类平均重量渔获率为 0.928kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 13.70%；头足类的平均重量渔获率为 0.785kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 10.09%。

3）渔业资源密度

a、尾数资源密度

本次调查 14 个站位尾数资源密度范围在（10.188~18.862）×10^3ind/km^2 之间，平均值为 15.553×10^3ind/km^2，尾数资源密度最高的站位为 SW35 站位，最低为 SW31 站位。

其中，鱼类尾数资源密度分布范围在（3.276~10.276）×10^3ind/km^2 之间，平均值为 6.980×10^3ind/km^2，其中 SW42 站位最高，SW34 站位最低；虾类尾数资源密度分布范围在（2.340~7.127）×10^3ind/km^2 之间，平均值为 4.669×10^3ind/km^2，其中 SW35 站位最高，SW31 站位最低；蟹类尾数资源密度分布范围在（0.684~8.423）×10^3ind/km^2 之间，平均值为 3.284×10^3ind/km^2，其中 SW26 站位最高，SW31 站位最低；头足类尾数资源密度分布范围在（0~1.656）×10^3ind/km^2 之间，平均值为 0.620×10^3ind/km^2，其中 SW24 站位最高，SW34 站位最低。

b、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（134.701~344.708）kg/km^2 之间，平均值为 251.550kg/km^2，SW24 站位最高，SW34 站位最低。

其中，鱼类重量资源密度变化范围在（75.558~236.724）kg/km^2 之间，平均值为 158.678kg/km^2，其中 SW42 站位最高，SW34 站位最低；虾类重量资源密度变化范围在（16.595~60.727）kg/km^2 之间，平均值为 32.015kg/km^2，其中 SW38 站位最高，SW27 站位最低；蟹类重量资源密度变化范围在（17.279~53.204）kg/km^2 之间，平均值为 33.051kg/km^2，其中 SW44 站位最高，SW42 站位最低；头足类重量资源密度变化范围在（0~65.515）kg/km^2 之间，平均值为 27.807kg/km^2，其中 SW42 站位最高，SW34 站位最低。

表 3.1.5-4 春季风电场区域各站位重量资源密度（略）

4）优势种

相对重要性指数显示，本次调查游泳动物无优势种（*IRI*≥1000），其中优势度较高的有为变态蟳（*Charybdis variegata*）、颈斑项鳐（*Nuchequula nuchalis*）、杜氏尾枪乌贼（*Uroteuthis duvauceli*）等。

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 37~64 种，多样性指数变化范围在 3.352~4.997 之间，平均值为 4.603，其中 SW38 站位最高，SW26 站位最低；均匀度指数变化范围在 0.643~0.884 之间，平均值为 0.814，其中 SW27 站位最高，

SW26 站位最低；丰富度指数范围在 4.015~7.057 之间，平均值为 5.694，丰富度指数以 SW21 站位最高，SW26 站位最低。

②送出海底电缆区域

1）种类组成

此次项目船号为粤汕城渔 20368，使用的网具为网上纲 22.5m、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

a、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%。

b、重量渔获率

本次调查该海区 14 个站位的游泳动物重量渔获率范围为（3.813~14.098）kg/h，平均重量渔获率为 7.137kg/h。其中，鱼类平均重量渔获率为 4.542kg/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 0.986kg/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 1.083kg/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 0.526kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 6.34%。

3）渔业资源密度

a、尾数资源密度

本次调查 14 个站位尾数资源密度范围在（7.776～32.865）$\times10^3$ind/km^2 之间，平均值为 15.263$\times10^3$ind/km^2，尾数资源密度最高的站位为 SW16 站位，最低为 SW01 站位。

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

b、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/km^{2}之间，平均值为 253.299kg/km^2，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/km^{2}之间，平均值为 161.192kg/km^2，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/km^{2}之间，平均值为 34.951kg/km^2，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/km^{2}之间，平均值为 38.593kg/km^2，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/km^{2}之间，平均值为 18.563kg/km^2，其中 SW12 站位最高，SW04 和 SW17 站位最低。

表 3.1.5-5 春季送出海底电缆路由区域各站位重量资源密度（略）

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*≥1000）共 1 种，为颈斑项鳊（*Nuchequula nuchalis*）。其总渔获重量为 7.233kg，占游泳动物总渔获重量的 7.24%；颈斑项鳊的总尾数渔获量为 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。

（2）秋季

①种类组成

此次项目船号为粤陆渔 53100，使用的网具为网上纲 12.0m、网口宽 8.0m、网衣长 30m、网口目 40mm、网囊目 20mm 的底拖网，平均拖网船速为 3.0kn。

本次游泳动物调查共捕获 3 门 4 纲 17 目 72 科 194 种，其中：鱼类 134 种，占总种类数的 69.07%，虾类 20 种（其中虾蛄类 7 种），占总种类数的 10.31%，蟹类 27 种，占总种类数的 13.92%，头足类 13 种，占总种类数的 6.70%。

②渔获率

1）尾数渔获率

本次调查该海区 26 个站位的游泳动物尾数渔获率范围为（119~1008）ind/h，平均尾数渔获率为 554ind/h。其中，鱼类平均尾数渔获率为 290ind/h，占游泳动物平均尾数渔获率的 52.35%；虾类平均尾数渔获率为 87ind/h，占游泳动物平均尾数渔获率的 15.68%；蟹类平均尾数渔获率为 158ind/h，占游泳动物平均尾数渔获率的 28.43%；头足类的平均尾数渔获率为 20ind/h，占游泳动物平均尾数渔获率的 3.53%。

2）重量渔获率

本次调查该海区 26 个站位的游泳动物重量渔获率范围为（1.487~18.078）kg/h，平均重量渔获率为 7.898kg/h。其中，鱼类平均重量渔获率为 4.726kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 59.85%；虾类平均重量渔获率为 1.026kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 12.98%；蟹类平均重量渔获率为 1.813kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 22.95%；头足类的平均重量渔获率为 0.333kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 4.22%。

③渔业资源密度

1）尾数资源密度

本次调查 26 个站位尾数资源密度范围在（5.355～43.557）×10^3ind/km^2 之间，平均值为 24.925×10^3ind/km^2，尾数资源密度最高的站位为 SW11 站位，最低为 SW01 站位。

其中，鱼类尾数资源密度分布范围在（2.16~25.468）×10^3ind/km^2 之间，平

均值为 13.049×10^{3}ind/km^2，其中 SW11 站位最高，SW01 站位最低；虾类尾数资源密度分布范围在（0.045~18.314）×10^{3}ind/km^2 之间，平均值为 13.049×10^{3}ind/km^2，其中 SW08 站位最高，SW11 和 SW24 站位最低；蟹类尾数资源密度分布范围在（0.180~16.424）×10^{3}ind/km^2 之间，平均值为 3.908×10^{3}ind/km^2，其中 SW17 站位最高，SW28 站位最低；头足类尾数资源密度分布范围在（0~3.555）×10^{3}ind/km^2 之间，平均值为 0.881×10^{3}ind/km^2，其中 SW44 站位最高，SW01 和 SW04 站位最低。

2）重量资源密度

本次调查 26 个站位渔业资源重量资源密度范围在（67.359~813.445）kg/km^2 之间，平均值为 355.371kg/km^2，SW08 站位最高，SW01 站位最低。

其中，鱼类重量资源密度变化范围在（41.217~381.344）kg/km^2 之间，平均值为 212.672kg/km^2，其中 SW35 站位最高，SW04 站位最低；虾类重量资源密度变化范围在（0.045~264.039）kg/km^2 之间，平均值为 46.144kg/km^2，其中 SW08 站位最高，SW24 站位最低；蟹类重量资源密度变化范围在（5.490~306.650）kg/km^2 之间，平均值为 81.566kg/km^2，其中 SW08 站位最高，SW28 站位最低；头足类重量资源密度变化范围在（0~37.932）kg/km^2 之间，平均值为 14.989kg/km^2，其中 SW44 站位最高，SW01 和 SW04 站位最低。

表 3.1.5-6 秋季各站位重量资源密度（略）

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*≥1000）共 2 种，分别为微异类梭蟹（*Eodemus subtilis*）和赤鼻棱鳀（*Thryssa kammalensis*），微异类梭蟹为第一优势种，其总渔获重量为 4.823kg，占游泳动物总渔获重量的 2.35%；微异类梭蟹的总尾数渔获量为 1944 个，占游泳动物总渔获尾数数的 13.50%。

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 24~71 种，多样性指数变化范围在 3.486～4.622 之间，平均值为 4.060，其中 SW31 站位最高，SW19 站位最低；均匀度指数变化范围在 0.655～0.879 之间，平均值为 0.733，其中 SW01 站位最高，SW19 站位最低；丰富度指数范围在 3.324~7.224 之间，平均值为 5.271，丰富度

指数以 SW42 站位最高，SW04 站位最低。

3.1.6 风能资源

本节选取风电场址内的测风塔（坐标：115°37'30.06"E，22°22'43.38"N）2024 年 3 月 6 日～2025 年 3 月 5 日测风资料进行风能参数分析。

（1）风电场风能资源丰富

根据红海湾六激光雷达测风塔一周年观测资料，50m~200m 各层全年平均风速在 8.15~8.71m/s 之间，平均风功率密度在 511~601W/m^2。经长年代风资源分析并订正，水平年 100m 高平均风速为 8.25m/s，平均风功率密度为 541W/m^2。预装轮毂高度 155.187m 年平均风速为 8.41m/s，平均风功率密度为 567W/m^2。根据《风电场风能资源评估方法》（GB/T18710-2002）和《海上风力发电场设计标准》（GB/T51308-2019）风功率密度等级评判标准，本风电场风能资源属于 4 级，风能资源丰富。

（2）风向稳定，风能分布集中，有利于风机布置

各层风向分布基本一致，主要分布在东北向，各层最多风向分布在 NE~ENE~E 扇区，频率约占 46%~48%。风向集中。风能密度方向分布和风向频率分布具有很好的一致性。各层风能密度均主要集中在 NE~ENE~E 方向，频率占 75~78%左右。由此可见，汕尾红海湾六附近海域的风向频率和风能频率均比较集中，有利于风机布置。

（3）风速和风能分布较为集中

轮毂高度风速主要集中在 3~13m/s 的区间中，频率占 80.2%，而风能主要集中在 8~16m/s 的风速区间中，频率占 75.5%。风速和风能分布均非常集中。

（4）风速年内变幅较大，而日变化幅度较小

测风年各层全年平均风速在 8.15~8.71m/s 之间，平均风功率密度在 511~601W/m^2。各层风速年内变化较大，受冬季冷空气控制，在年内 10 月至翌年 2 月风速相对较大，其中 11 月平均风速为全年最高；夏季受西南暖湿气流影响，6～9 月风速相对较小，其中 8 月份为全年风速最小的月份。风功率密度与风速的变化规律一致。

测风年风速和风功率的年内变化较大，以 100m 高度为例，各月平均风速在

6.18m/s~11.13m/s 之间，离散系数约 0.21，其中，11 月的平均风速最大，8 月的平均风速最小；各月平均风功率密度在 210W/m^2~1102W/m^2 之间，离散系数约 0.48，其中 11 月的风功率密度最大，8 月的风功率密度最小。长年代订正后，各层全年平均风速在 7.98~8.52m/s 之间，平均风功率密度在 495~584W/m^2。风功率密度与风速的变化规律与测风年一致。

（5）空气密度

以 100m 高度为例，考虑湿度的年平均空气密度为 1.170kg/m^3。预装轮毂高度 155.187m 考虑湿度的年平均空气密度为 1.164kg/m^3。

（6）垂直风切变指数

基于周年测风数据分析计算测风塔的风速垂直切变指数，总的来说随着高度升高，风速呈增大趋势。总体上测风塔的垂直风速切变不大，采用幂指数公式拟合的综合切变指数为 0.047。

（7）湍流强度

测风塔各高度的湍流强度较弱，各高度层全年的综合湍流强度约 0.08~0.09，特征风速为 15m/s（14.5~15.5m/s）时湍流强度在 0.075～0.079 之间。湍流强度随高度的增加而减小，随着风速增大而呈现减少的趋势。根据《风力发电机组设计要求》（GB/T18451.1）的相关要求，计算测风塔各层的参考湍流强度 Iref 在 0.080～0.091 之间。湍流强度均位于 IEC 的 C 类湍流强度以下。综上，本工程场址的湍流强度处于偏弱级别。

（8）设计风速

通过对历史上影响工程海域的台风频数、强度与路径特征统计分析可知，热带气旋对本工程影响严重，风机选型应考虑热带气旋的影响。本场址轮毂高度 155.187m 处标准空气密度下 50 年一遇 10min 平均风速为 55.2m/s，50 年一遇 3s 极大风速为 71.7m/s。

3.1.7 航道、锚地资源

（1）航道、航路

本项目送出海底电缆穿越鲘门航道、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；本项目送出海缆基本与深汕合作区小漠港进出港航路平行，在近岸段部分涉及；小漠航道、青星航道分别位于本项目送出海缆西侧约 2.7km、7.2km。汕尾港进出港航路位于本项目场址东北侧约 11.2km；外航路位于本项目场址南侧约 2.5km。

鲘门航道起止点为鲘门渔货码头至马洋排，规划等级 5000 吨级，航道长度 33.2km，为自然航道，水深 2.8 米~4.5 米，可航水域宽 120 米，泥沙底；马宫航道起止点为马宫渔货码头至马洋排，规划等级 5000 吨级，航道长度 22.6km，为自然航道，水深 3.0 米~4.5 米，可航水域宽 120 米，泥沙底；汕尾西线航道起止点为炮台油库码头至东碇屿，规划等级 1 万吨级，航道长度 35.4km；大星山甲子航道设计代表船型为 1 万吨级海轮，规划航道底高程为-10.35m。

粤东沿海近岸航路支线（汕尾至深圳大鹏湾段）线由汕尾遮浪角至深圳大鹏湾，全长 65.1 海里，航路宽度 2 海里。粤东沿海近岸航路属于中国沿海支线航路的重要组成部分，是船舶进出广东沿海港口间的重要通道，航路宽度 1~2 海里。内航路为中国沿海内航路广东沿海段，东接福建沿海中航路，西接湛江港进港航道，航路宽度 3~4 海里。外航路为干线航路，东接福建沿海外航路，西接琼州海峡中水道，航路里程 438.2 海里，航路宽度约 6~8 海里。

小漠航道从小漠港区至外海全长 8km，现状航道等级为 10 万吨级航道，航宽 375m，航道底高程-16.2m。深汕合作区小漠港进出港航路由外海至深汕合作区小漠港方向，全长 31.2 海里，宽为 6 海里。汕尾港进出港航路宽度 8 海里。

（2）锚地

根据《汕尾港总体规划（2021-2035 年）》，本项目周边现有的锚地有 7 个，分别为装运危险货物船舶锚地、检疫锚地、过驳锚地、引航锚地、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，0.6km）、1 号引航检疫锚地（西侧，1.7km）和 2 号引航检疫锚地（西侧，0.8km），其余距离本项目 5km 外。另外还分布有 2 个规划锚地，规划锚地位于本项目西侧 6.9km、5.7km。

3.1.8 矿产资源

根据《广东省海砂开采三年行动计划（2020-2022 年）》，2020-2022 年共安

排海砂开采区 25 片和海砂开采储备区 14 片，总面积约 67.23 平方千米，海砂总资源量（含泥）约 3.95 亿立方米，主要分布在湛江、珠海、江门、阳江、汕尾、揭阳、汕头和茂名等 8 市海域。本项目位于汕尾市汕尾港南面海域，论证范围内未涉及海砂开采区，距离汕尾市计划海砂区约 32.2km，距离汕尾储备海砂区约 32.2km，本项目距离海砂区较远，对海砂开采没有影响。

3.1.9 旅游资源

汕尾市海岸线上分布着众多沙滩、奇岩、岛礁、古迹等滨海迷人风光，“神、海、沙、石”兼备，具有“阳光、沙滩、海水、空气、绿色”5 个旅游资源基本要素，历史、人文内容也十分丰富，适于开发观光旅游、购物旅游、宗教旅游。金厢、遮浪、捷胜等地海滩连绵，安全系数高、沙质细软，海水水质好，开发滨海旅游条件得天独厚，是海水浴场、日光浴场、水上运动场优良场所。其中距离项目较近的主要是遮浪旅游资源。遮浪山、海、湖、角风光旖旎，是国家重点海水浴场之一。

3.2 海洋生态概况

3.2.1 区域气候与气象

3.2.1.1 气温

根据汕尾气象站（115.37°E，22.8°N）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，占到全年 18.23%左右。

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	

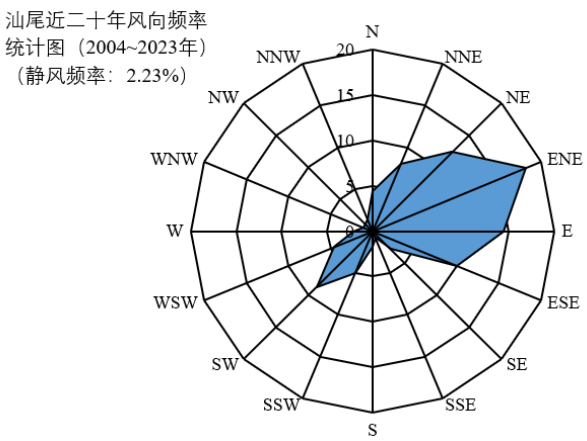


图 3.2.1-1 汕尾风向玫瑰图（静风频率 2.23%）

3.2.2 水文动力

风电场区域水文数据引用《深能汕尾红海湾六海上风电项目夏季全潮水文观测报告》（2023 年 11 月），于 2023 年 8 月在风电场附近海域进行的水文观测数据。

送出海底电缆区域水文数据引用《汕尾红海湾海上风电场项目集中送出工程夏季全潮水文观测成果报告》（2023 年 12 月），于 2023 年 8 月在路由附近海域进行的水文观测数据。

3.2.2.1 调查概况

（1）风电场区域

风电场区域共布设 9 个定点潮流测站（F1~F9 站），具体位置见表 3.2.2-1 和图 3.2.2-1。

表 3.2.2-1 风电场区水文观测站坐标和观测内容

测点	东经	北纬	调查项目	观测时间
F1	115°45.167′	22°25.138′	海流、悬沙	小潮同步测验时间：2023 年 8 月 24 日 16:00～25 日 17:00；中潮同步测验时间：2023 年 8 月 26 日 12:00～27 日 13:00；大潮同步测验时间：2023 年 8 月 28 日 14:00～29 日 15:00。
F2	115°45.786′	22°18.126′	海流、悬沙	
F3	115°39.446′	22°27.468′	海流、水温、盐度、悬沙	
F4	115°39.652′	22°23.887′	海流、水温、盐度、悬沙	
F5	115°32.275′	22°26.020′	海流、水温、盐度、悬沙	
F6	115°35.000′	22°20.119′	海流、水温、盐度、悬沙	
F7	115°35.536′	22°13.904′	海流、悬沙	
F8	115°28.597′	22°22.467′	海流、水温、盐度、悬沙	
F9	115°23.893′	22°17.810′	海流、悬沙	

（2）送出海底电缆区域

送出海底电缆区域共布设 6 个水文站位（A1～A6 站）和 3 个临时潮位站（T1～T3 站），具体位置见表 3.2.2-2 和图 3.2.2-1。

表 3.2.2-2 送出海底电缆路由区水文观测站坐标和观测内容

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

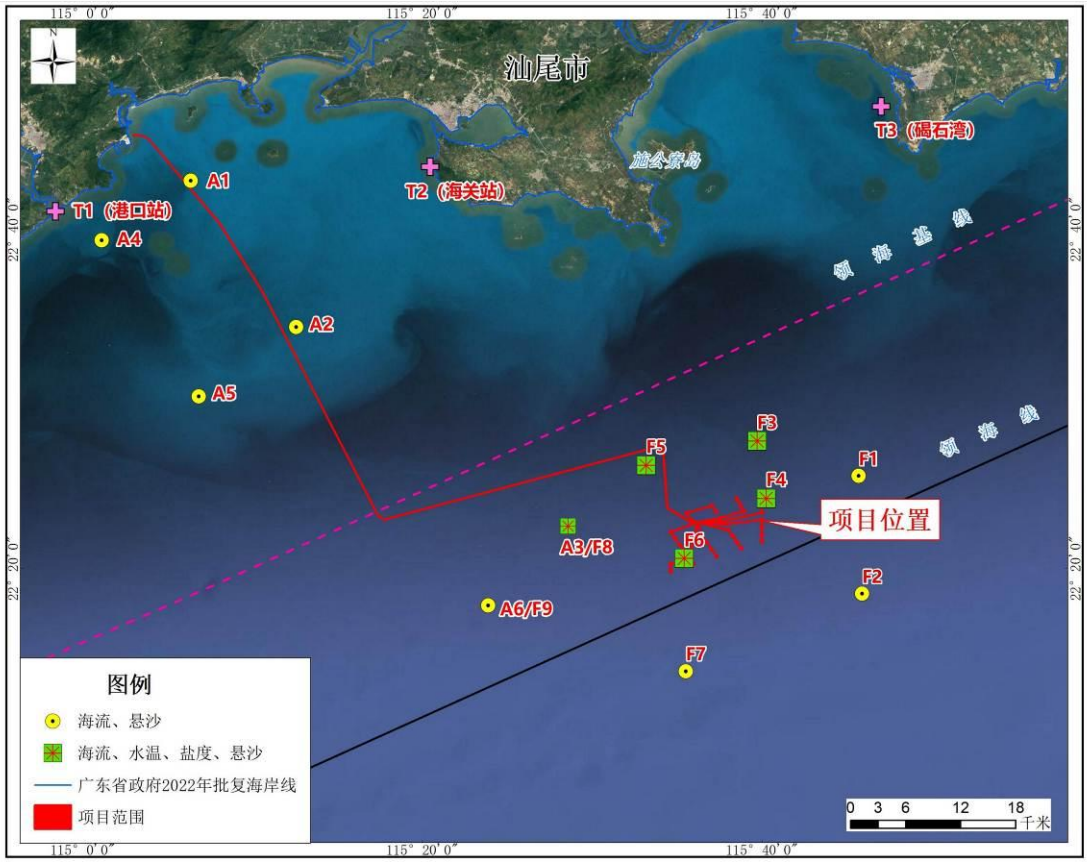


图 3.2.2-1 水文观测站位图

3.2.2.2 基面关系

根据遮浪海洋站（115°34′E，22°39′N）2018 年 1 月～2021 年 12 月连续的逐时潮位观测资料（基面为 1985 国家高程系）对项目所在海域的潮汐特征进行统

计分析，各基面之间关系见图 3.2.2-2a。

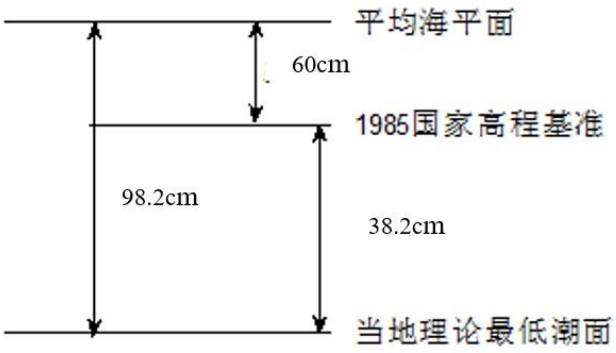


图 3.2.2-2a 调查海区各基面关系图

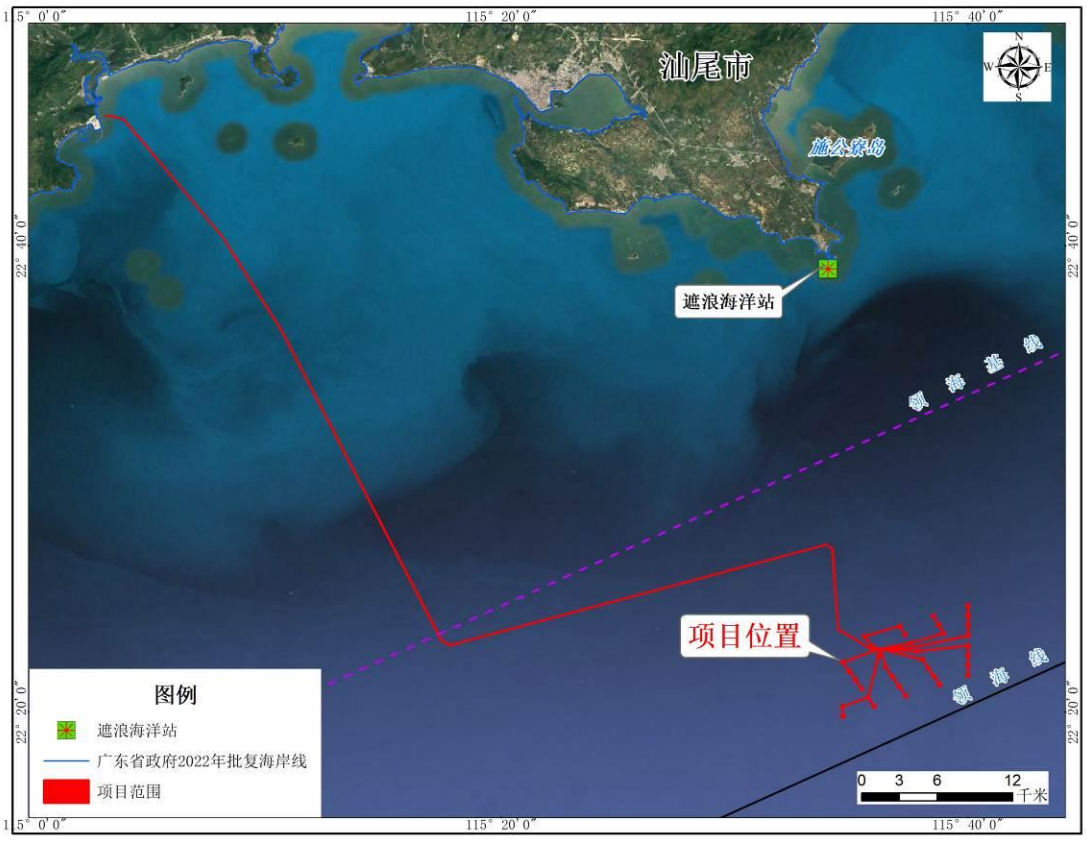


图 3.2.2-2b 遮浪海洋站位置示意图

3.2.2.3 潮汐

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。

各潮位站实测平均涨、落潮历时，平均涨潮历时均大于平均落潮历时，T1～T3 站涨、落潮历时差分别为 2h37min、2h16min、1h58min。

各潮位站平均海平面，T1～T3 站分别为 0.66m、0.71m、0.76m。

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

表 3.2.2-3 各潮位站潮位特征值（单位：m）（略）

图 3.2.2-3 T1～T3 站整点潮位过程线图（略）

（2）短期潮汐调和分析

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

表 3.2.2-4 各潮位站潮汐示性系数 F 特征值表（略）

3.2.2.4 海流

（1）实测海流特征值

①风电场区域

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 F9 测点 0.2H 层。垂线平均最大流速出现在 F9 测点，为 58cm/s，流向 107°。

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 96cm/s，流向 103°，出现在 F3 测点表层。垂线平均最大流速为 50cm/s，流向 86°，出现在 F3 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 92cm/s，流向 93°，出现在 F6 测点表层。垂线平均最大流速出现在 F9 测点，为 51cm/s，流向 84°。

表 3.2.2-5a 大潮最大流速特征值统计表 单位：流速（cm/s），流向（°）（略）

表 3.2.2-5b 中潮最大流速特征值统计表 单位：流速（cm/s），流向（°）（略）

表 3.2.2-5c 小潮最大流速特征值统计表 单位：流速（cm/s），流向（°）（略）

②送出海底电缆区域

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

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

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

表 3.2.2-6a 大潮最大流速特征值统计表 单位：流速（cm/s），流向（°）（略）

表 3.2.2-6b 中潮最大流速特征值统计表 单位：流速（cm/s），流向（°）（略）

表 3.2.2-6c 小潮最大流速特征值统计表 单位：流速（cm/s），流向（°）（略）

（2）实测流向分布

①风电场区域

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。

图 3.2.2-4a 大潮垂线平均流速矢量图（略）

图 3.2.2-4b 中潮垂线平均流速矢量图（略）

图 3.2.2-4c 小潮垂线平均流速矢量图（略）

②送出海底电缆区域

A2、A3、A5、A6 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。A1、A4 测点流向分布较散，分析原因可能受湾内地形影响。

图 3.2.2-5a 大潮垂线平均流速矢量图（略）

图 3.2.2-5b 中潮垂线平均流速矢量图（略）

图 3.2.2-5c 小潮垂线平均流速矢量图（略）

3.2.2.5 潮流

（1）潮流椭圆要素

①风电场区域

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 23.61cm/s，出现在 F9 测点 K_1 全日分潮流的表层。

②送出海底电缆区域

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）潮流类型

①风电场区域

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

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

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

当 F≤0.5 时为规则半日潮流；

当 0.5＜F≤2.0 时为不规则半日潮流；

当 2.0＜F≤4.0 时为不规则全日潮流；

当 4.0＜F 时为规则全日潮流。

各测点分层潮流示性系数介于 0.9~5.5 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。

表 3.2.2-7 各测点潮流示性系数表（略）

②送出海底电缆区域

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

表 3.2.2-8 各测点潮流示性系数表（略）

（3）潮流可能最大流速

①风电场区域

垂线平均的潮流可能最大流速以 F9 测点最大，为 44cm/s，流向为 308°；F2 测点最小，为 17cm/s，流向 249°。

各层的潮流的可能最大流速以 F6 测点表层最大，为 72cm/s，流向 316°；F5 测点底层最小，为 18cm/s，流向 59°。

表 3.2.2-9 各测点潮流的可能最大流速表 单位：流速（cm/s），流向（°）（略）

②送出海底电缆区域

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

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

表 3.2.2-10 各测点潮流的可能最大流速表 单位：流速（cm/s），流向（°）（略）

（4）潮流运动形式

①风电场区域

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

本次观测各测层 M_2 分潮流各测层 | K | 值在 0～0.83 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。

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。

表 3.2.2-11 M_2 分潮椭圆旋转率表（略）

②送出海底电缆区域

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

表 3.2.2-12 M_2 分潮椭圆旋转率表（略）

3.2.2.6 余流

①风电场区域

垂线平均余流在 25cm/s～38cm/s 之间，各测点垂线平均余流最大值出现在大潮期间 F6 测点，方向分别为 82°；最小值出现在中潮期间 F2 测点，方向为 95°。

各层余流在 5cm/s～57cm/s 之间，各测点余流最大值出现在小潮期间 F6 测点表层，方向为 97°；最小值出现在中、小潮期间 F2 测点底层，方向分别为 131°、56°。

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。

图 3.2.2-6a 大潮垂线平均余流矢量图（略）

图 3.2.2-6b 中潮垂线平均余流矢量图（略）

图 3.2.2-6c 小潮垂线平均余流矢量图（略）

②送出海底电缆区域

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

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

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

图 3.2.2-7a 大潮垂线平均余流矢量图（略）

图 3.2.2-7b 中潮垂线平均余流矢量图（略）

图 3.2.2-7c 小潮垂线平均余流矢量图（略）

3.2.2.7 水温、盐度

（1）水温

①风电场区域

各测点测得最高水温为 31.27℃，出现在中潮观测期间 F4 测点表层；最低为 20.27℃，出现在小潮观测期间 F6 测点底层。各站垂线平均温度在 25.01℃～26.49℃之间。

施测海域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-0.104℃/m～1.058℃/m 之间，大、中、小潮观测期间水温垂直变化明显。

②送出海底电缆区域

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。

施测海域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）盐度

①风电场区域

全潮观测期间测得最大盐度为 34.72，出现在小潮观测期间 F3 站底层；最小盐度为 31.49，出现在大潮观测期间 F3 测点表层。各站全潮垂线平均值介于 33.27～34.16 之间。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。

大、中、小潮各站的分层系数为 4.9×10^{-2}～7.3×10^{-2}，均在 1～10^{-2} 之间，为缓混合，垂向有一定变化，可能导致测点出现异重流。

②送出海底电缆区域

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 1～10^{-2} 之间，为缓混合，盐度沿垂向变化明显，可能导致测点出现异重流。

3.2.2.8 悬浮泥沙

（1）测点最大含沙量

①风电场区域

夏季全潮水文测验期间测点最大含沙量，大潮为 0.090kg/m³，出现在 F8 测点底层；中潮为 0.088kg/m³，出现在 F6 测点底层；小潮为 0.139kg/m³，出现在 F1 测点的底层。

测点含沙量受潮流及地形共同影响，由于各测点潮流动力相差不大，地形平坦，各测点实测最大含沙量相差不大。

表 3.2.2-13 测点最大含沙量统计表（单位：kg/m³）（略）

②送出海底电缆区域

夏季全潮水文测验期间，测点最大含沙量，大潮为 0.232kg/m³，出现在 A4 测点底层；中潮为 0.203kg/m³，出现在 A2 测点底层；小潮为 0.589kg/m³，出现在 A4 测点底层。

总体来看，各测点含沙量普遍较小。

表 3.2.2-14 测点最大含沙量统计表（单位：kg/m³）（略）

（2）垂线平均最大含沙量

①风电场区域

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 0.050kg/m³、0.061kg/m³、0.063kg/m³，分别出现在 F8 测点、F6 测点和 F1 测点，各测点差异较小。

表 3.2.2-15 各测点垂线平均最大含沙量统计表（单位：kg/m³）（略）

②送出海底电缆区域

夏季全潮水文测验期间，施测海域垂线平均最大含沙量，大、中、小潮分别为 0.099kg/m³、0.118kg/m³、0.209kg/m³，其中大潮和小潮垂线平均最大含沙量均出现在 A4 测点，中潮出现在 A2 测点，各测点垂线平均含沙量普遍较小，测点

间差异不大。

表 3.2.2-16 各测点垂线平均最大含沙量统计表（单位：kg/m³）（略）

（3）含沙量垂向分布

①风电场区域

夏季全潮水文测验期间，测点含沙量普遍较小，垂向分布无明显规律。

②送出海底电缆区域

夏季全潮水文测验期间，测点各层含沙量普遍较小，无明显差别。

（4）悬沙中值粒径

①风电场区域

各测点悬沙的中值粒径介于 0.006mm-0.165mm 之间。

表 3.2.2-17 悬沙中值粒径表（单位：mm）（略）

②送出海底电缆区域

各测点悬沙的中值粒径介于 0.012mm-0.120mm 之间。

表 3.2.2-18 悬沙中值粒径表（单位：mm）（略）

3.2.2.9 波浪

波浪特征参考外海波浪周年观测站 W1 站（115.62501667°E，22.37871667°N）成果，观测时间为 2024 年 4 月 1 日～2025 年 3 月 31 日。

根据周年波浪观测成果，可得以下结论：

（1）春季，受冷空气影响，观测期间最大波高与有效波高的最大值分别为 5.10m 与 3.20m。该季平均波高与平均周期的均值分别为 0.66m 和 4.7s。

（2）夏季为热带气旋多发季节，其间最大波高与有效波高最大值分别为 4.91m 与 3.13m。该季平均波高与平均周期的均值分别为 0.60m 和 4.7s。

（3）秋季，热带气旋影响期间会出现较大波浪过程。其间最大波高与有效波高的最大值分别为 6.99m 与 4.51m。该季平均波高与平均周期的均值分别为 0.98m 和 5.4s。

（4）冬季，受东北季风控制，波高整体比较大。其间最大波高与有效波高的最大值分别达到5.00m与3.20m。该季平均波高与平均周期的均值分别为1.08m 和 5.3s。

就整个观测期间而言，本海区主要受西南季风、热带气旋、东北季风三种天

气系统所影响。从平均波高来看，受东北季风控制的冬季平均波高最大，受热带气旋影响频繁的秋季波高次之，春季和夏季相对较小。全年最大波高与有效波高的极值分别为 6.99m 与 4.51m；年平均有效波高与平均波高分别为 1.39m 与 0.83m。

表 3.2.2-19 各季节及全年波浪参数平均值与最大值统计表（略）

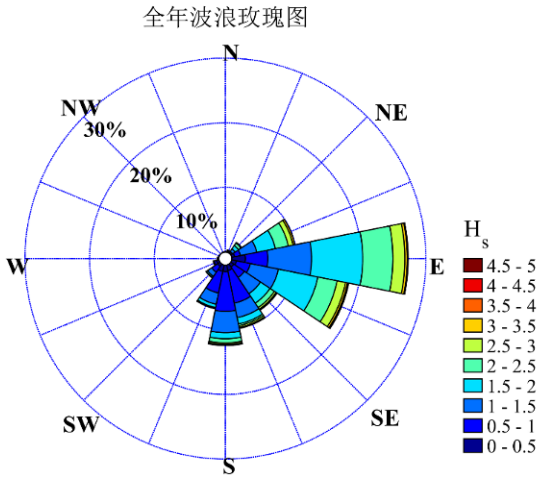


图 3.2.2-8 W1 站全年波浪玫瑰图

3.2.3 海域地形地貌与冲淤状况

3.2.3.1 地形地貌

（1）风电场区域

风电场位于汕尾市南面海域，海域宽阔，场区内未见岛屿、礁石分布，海底水深 41m~46m。水下地形较为平坦，属海积地貌单元。

图 3.2.3-1 风电场区域水深图（略）

（2）送出海底电缆区域

本节引自《深能汕尾红海湾六海上风电项目海底电缆路由调查勘测报告》（2026 年 3 月）。

本项目路由走廊整体布设于南海北部的内陆架区域，介于汕尾沿岸的水平岸坡带与外缘水深约 40 米的陆架平原之间。海域水深总体呈现出由西北向东南逐渐加深的趋势，等深线大致与海岸线平行延伸，地形坡度舒缓。

路由穿越海域的海床表层沉积物以砂土和淤泥为主，土质相对均一。然而，

在 KP12+600 米里程附近，路由及两侧一定范围内零星分布有基岩礁石，导致该局部区域海底地形呈现部分的锯齿状起伏，与周边平缓海床形成对比。除这一特殊区段外，整个路由海域地形变化总体和缓。

陆地的登陆点依托于一处海岸陡崖，其高程为+6.4 米（1985 国家高程基准）；而海上升压站拟建位置海底高程约为-41.9 米。从登陆点至升压站，路由完成从海岸高地到内陆架浅海的跨越。其中，登陆段海岸地形陡峭，是路由区地形变化最为剧烈的部分；进入海域后，地形则转为平缓下降。

3.2.3.2 冲淤现状和冲淤变化特征

（1）风电场区域

本工程泥沙与海床稳定性专题尚未开展，本阶段采用周边工程的相关成果进行工程海域海床稳定性分析。

根据 2008 年、2015 年和 2021 年工程区域海图成果，绘制出 2008-2021 年间工程海域等深线变化图。从图上可看出，工程海域东北侧 30m 等深线向陆侧迁移，其余各等深线位置基本不变，表明 30m 深海域的海床形态存在一定冲刷，其余海域在较长时间内处于相对稳定的状态。

总体来说，本工程海域由于水深较大，离岸距离较远，海床表面的水动力条件较弱，难以引起海床泥沙起动，加之周围无大量泥沙输入，海床地形整体处于相对稳定的状态。

（2）送出海底电缆区域

①近岸海床冲淤演变

工程海域海岸多为砂质海滩，滩面泥沙较细，容易受水动力影响而产生运动，而且工程海域是台风多发地区，海岸容易发生侵蚀后退。收集到 2016~2023 年间的卫星影像图，将两个不同年代的近岸登陆段卫星图像进行叠加得到海岸线对比图，从不同时期海岸线对比图上可以看出，红海湾近岸登陆段海岸线在 2016~2023 年间既有向陆侧迁移也有向海测迁移，海缆登陆点附近海岸线主要表现为向陆地后退，最大侵蚀后退约 1m。近 10 年间汕尾海域多次遭受强台风的影响，由于工程海域海底地形平坦，风暴潮大浪容易从远处传至近岸，台风波浪容易对海岸产生较大冲击，由此也会使海岸线发生一些变化，但整体而言，近岸登陆段附近海岸线基本保持稳定。

②路由区海床冲淤演变

通过对比研究区海域 2009 年和 2018 年的 10m、20m 及 30m 的等深线变化可以看出，本海区 10m 以深的水下暗滩坡度较为平缓，近 10 年来路由区 10m、30m 等深线基本重合在一起，海底地形变化整体较为稳定；20m 等深线在路由途径处略有向岸移动，海床表现为轻微侵蚀。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，可在附近适当加大埋深。

整体而言，路由研究海域局部有冲淤变化，但变化幅度不大，呈现出略有侵蚀冲刷的基本稳定状态。此外，由于路由区海床演变较复杂，且波浪动力作用强，考虑到海缆的安全，建议加大对路由区域海床演变的监测研究。

3.2.4 工程地质

3.2.4.1 岩土层特征

（1）风电场区域

本节引自《深能汕尾红海湾六海上风电场项目可行性研究阶段岩土工程勘测报告》（2024 年 4 月）。

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（Q_4^m、Q_4^{m+al}）和晚更新统海陆交互相沉积层（Q_3^{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：

第一大层：全新统海相沉积层（Q_4^m）

淤泥（①$_1$）：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 1.30m～2.60m，层底面高程为-46.70m～-41.90m，层顶面高程为-44.30m～-39.30m。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。该层厚度为 2.60m～3.70m，层底面高程为-56.50m～-41.60m，层顶面高程为-52.80m～-39.00m。标贯试验过程钻杆出现自沉。

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。该层厚度为 3.50m～7.00m，层底面高程为-52.30m～-45.10m，层顶面高程为-46.70m～-40.10m。该层标准贯入试验实测击数为 2～10。

粉砂混淤泥（①$_{3-1}$）：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 2.00m～6.00m，层底面高程为-52.80m～-47.60m，层顶面高程为-48.30m～-45.10m。该层标准贯入试验实测击数为 11～15。

粉砂混淤泥（①$_{3-2}$）：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 3.00m～7.90m，层底面高程为-56.40m～-52.80m，层顶面高程为-51.90m～-48.10m。该层标准贯入试验实测击数为 16～22。

第二大层：全新统海陆过渡相沉积层（Q_4^{m+al}）

粉质黏土（②$_{0-1}$）：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。该层厚度为 2.50m～6.40m，层底面高程为-63.00m～-53.60m，层顶面高程为-56.60m～-51.10m。该层标准贯入试验实测击数为 6～8。

黏土（②$_1$）：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 4.60m～7.90m，层底面高程为-99.20m～-62.90m，层顶面高程为-91.30m～-58.30m。该层标准贯入试验实测击数为 10～21。

粉质黏土（②$_{1-1}$）：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 1.60m～19.40m，层底面高程为-98.00m～-50.10m，层顶面高程为-95.90m～-47.60m。该层标准贯入试验实测击数为 6～21。

黏土（②$_2$）：灰黄色，稍湿，硬塑，黏性较高，韧性中等，海陆过渡相沉积。该层厚度为 2.30m，层底面高程为-77.70m，层顶面高程为-75.40m。该层标准贯入试验实测击数为 19。

粉砂混黏性土（②$_{3-1}$）：灰色，饱和，中密~密实，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 1.80m～8.10m，层底面高程为-103.80m～-56.60m，层顶面高程为-99.20m～-51.40m。该层标准贯入试验实测击数为 16～53。

中砂（②$_5$）：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～4.50m，层底面高程为-97.70m～-96.70m，层顶面高程为-95.60m～-92.20m。该层标准贯入试验实测击数为 60～77。

粗砂（②$_6$）：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 4.10m～8.50m，层底面高程为-101.80m～-96.40m，层顶面高程为-97.70m～-87.90m。该层标准贯入试验实测击数为 50～100。

第三大层：全新统海陆交互相沉积层（Q_3^{m+al}）

黏土（层号③$_1$）：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 3.60m～6.10m，层底面高程为-111.80m～-102.50m，层顶面高程为-108.20m～-96.40m。该层标准贯入试验实测击数为 17～24。

粉质黏土（层号③$_{1\text{-}1}$）：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 0.5m～8.40m，层底面高程为-144.50m～-96.20m，层顶面高程为-144.00m～-92.20m。该层标准贯入试验实测击数为 17～31。

粉质黏土（层号③$_{2\text{-}1}$）：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 1.5m～5.60m，层底面高程为-141.55m～-114.20m，层顶面高程为-135.90m～-112.00m。该层标准贯入试验实测击数为 25～31。

粉砂（③$_3$）：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 4.00m～4.30m，层底面高程为-114.40m～-112.70m，层顶面高程为-110.40m～-108.40m。该层标准贯入试验实测击数为 47～75。

粉砂混黏性土（③$_{3\text{-}1}$）：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。该层厚度为 1.30m～

9.20m，层底面高程为-141.10m～-98.10m，层顶面高程为-133.90m～-96.20m。该层标准贯入试验实测击数为 31～79。

细砂（③$_4$）：灰色，饱和，密实，主要矿物为石英、长石，级配一般~差，含黏性土，局部混较多中砂颗粒，海陆交互相沉积。该层厚度为 1.00m～5.60m，层底面高程为-139.10m～-118.10m，层顶面高程为-136.70m～-112.70m。该层标准贯入试验实测击数为 44～94。

细砂混黏性土（③$_{4\text{-}1}$）：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 2.00m～4.10m，层底面高程为-115.70m～-108.20m，层顶面高程为-111.60m～-106.20m。该层标准贯入试验实测击数为 42～60。

中砂（③$_5$）：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 0.70m～5.00m，层底面高程为-128.37m～-104.45m，层顶面高程为-127.67m～-100.45m。该层标准贯入试验实测击数为 41～115。

中砂混黏性土（③$_{5\text{-}1}$）：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 0.90m～4.10m，层底面高程为-128.30m～-102.10m，层顶面高程为-126.70m～-98.00m。该层标准贯入试验实测击数为 52～58。

粗砂（③$_6$）：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。该层厚度为 1.90m～7.90m，层底面高程为-144.00m～-104.70m，层顶面高程为-136.10m～-102.80m。该层标准贯入试验实测击数为 60～167。

砾砂（③$_7$）：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。该层厚度为 3.50m～4.10m，层底面高程为-136.50m～-118.80m，层顶面高程为-132.40m～-115.30m。该层标准贯入试验实测击数为 65～83。

粉土（层号③$_8$）：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 3.70m～4.60m，层底面高程为-128.40m～-102.80m，层顶面高程为-123.80m～-99.00m。该层标准贯入试验实测击数为 20～42。

（2）送出海底电缆路由区

本节引自《深能汕尾红海湾六海上风电项目海底电缆路由调查勘测报告》

（2026 年 3 月）。

根据已有地质资料及本次勘测结果，海缆路由沿线底质主要为全新统海相沉积（Q_4^m）的淤泥、淤泥混砂、淤泥质土、粉砂混淤泥层，海陆过渡相沉积层（Q_4^{m+al}）的粉质黏土和粉砂层，下伏基岩为燕山四期花岗岩（$\gamma 5^{3(1)}$）。各岩土层分布特征描述如下：

淤泥（①$_1$）：深灰、灰黑色，饱和，流塑，含粉细砂颗粒，局部混少量贝壳碎屑，含有机质，手捏腻滑，具腥臭味，海积成因。该层厚度为 2.70m～10.45m，层底面高程为-36.65m～-9.30m，层顶面高程为-28.40m～-6.60m。剔除异常数据后标准贯入试验实测击数为 1 击～3 击。

淤泥混砂（①$_{1\text{-}1}$）：深灰、灰黑色，饱和，流塑，混多量粉细砂和贝壳碎屑，含有机质，手捏腻滑，具腥臭味，海相沉积。该层厚度为 0.80m～8.70m，层底面高程为-44.20m～-8.90m，层顶面高程为-40.70m～-6.30m。剔除异常数据后标准贯入试验实测击数为 1 击～3 击。

淤泥质土（①$_2$）：灰、深灰色，饱和、流塑状，含粉细砂颗粒，混少量贝壳碎屑，含有机质，略具腥臭味，局部夹薄层粉砂，海相沉积。该层厚度为 0.90m～6.65m，层底面高程为-28.95m～-14.60m，层顶面高程为-25.90m～-12.70m。剔除异常数据后标准贯入试验实测击数为 1 击～3 击。

粉砂混淤泥（①$_3$）：深灰、灰黑色，饱和，松散，主要矿物为石英和长石，局部混少量淤泥和贝壳碎屑，含有机质，略具腥臭味，海相沉积。该层厚度为 1.20m～6.60m，层底面高程为-47.50m～-11.60m，层顶面高程为-44.20m～-8.90m。该层标准贯入试验实测击数为 3 击～9 击。

粉砂混淤泥（①$_{3\text{-}1}$）：灰、深灰色，饱和，稍密，主要矿物为石英和长石，局部混少量淤泥和贝壳碎屑，含有机质，略具腥臭味，海相沉积。该层厚度为 1.75m～5.00m，层底面高程为-52.50m～-44.85m，层顶面高程为-47.50m～-41.20m。剔除异常数据后标准贯入试验实测击数为 11 击～15 击。

粉质黏土（②$_{1\text{-}1}$）：深灰、灰黑色，很湿，软塑，局部呈可塑状，土质黏性、韧性一般，局部夹薄层粉砂，含少量有机质，海陆过渡相沉积。该层厚度为 1.30m～5.25m，层底面高程为-43.35m～-13.90m，层顶面高程为-41.70m～-11.60m。剔除异常数据后标准贯入试验实测击数为 4 击～5 击。

粉质黏土（②$_{2\text{-}1}$）：褐黄色，湿，可塑，土质黏性、韧性一般，含粉砂颗粒，局部夹薄层粉砂，含少量有机质，海陆过渡相沉积。该层厚度为 2.10m，层底面高程为-18.80m，层顶面高程为-16.70m。剔除异常数据后标准贯入试验实测击数为 6 击。

粉砂（②$_3$）：褐黄、砖红色，饱和，稍密～中密为主，局部呈稍密，主要矿物为石英和长石，级配差，混少量黏性土，岩芯局部呈团块状，海陆过渡相沉积。该层厚度为 0.75m～3.85m，层底面高程为-25.15m～-16.45m，层顶面高程为-23.20m～-13.90m。剔除异常数据后标准贯入试验实测击数为 11 击～19 击。

全风化花岗岩（层号④$_1$）：褐黄、灰黄色，矿物除石英外已大部风化成次生矿物，岩芯多呈土柱状，局部可见原岩结构，遇水易软化崩解，岩质极软弱。在设计钻孔深度内，仅部分钻孔揭露到该层且未揭穿该层，层顶面高程为-23.10m～-22.90m。剔除异常数据后标准贯入试验实测击数为 40 击～48 击。

3.2.4.2 地震动参数与稳定性评价

（1）风电场区域

根据《中国地震动参数区划图》（GB 18306-2015），拟建风电场场地位于红海湾附近的海域，建议本场址II类场地条件下 50 年超越概率 10%的地震动峰值加速度按 0.10g 考虑，对应的地震基本烈度均为VII度，地震动加速度反应谱特征周期按 0.35s 考虑。

结合本次勘测成果，拟建风电场地段的场地类别属IV类，按《中国地震动参数区划图》（GB 18306-2015）附录 E 中地震动峰值加速度调整系数表和表 1 场地基本地震动加速度反应谱特征周期调整表，建议风电场IV类场地条件下 50 年超越概率 10%的地震动峰值加速度按 0.12g 考虑，对应的地震基本烈度为VII度，地震动加速度反应谱特征周期按 0.65s 考虑。最终的地震动参数及场区地震烈度应以场地的地震安全性评价报告为准。

风电场区海底地形较为平缓，未见滑坡、崩塌、土洞等不良地质作用发育迹象及海底地震地质灾害问题。场地环境工程地质条件较简单，遭受地质灾害危害的可能性较小，工程引发地质灾害发生可能性也较小。场地地形地貌及地层条件较好，可满足风机基础建设需要，综合判定，拟建场地稳定性中等，可作为风电场工程建筑场地。

（2）送出海底电缆路由区

根据《中国地震动参数区划图》（GB 18306-2015），路由区地震动峰值加速度为0.10g，设计地震分组为第一组。地震动反应谱特征周期为0.35s。根据《建筑抗震设计标准》（GB/T 50011-2010），工程区抗震设防烈度为VII度。

区域范围内的地震活动表现出东北强西南弱的分区特征，以练江平原为界，西南地区地震活动较弱，仅有零星中强地震分布，东北地区是区域内破坏性地震主要分布区，且相对集中分布于潮汕盆地中的韩江和榕江平原地区以及滨海断裂上。现代微震震中分布显示与强震活动同样特征。根据地震统计成果，路由海域范围内地震活动较弱。

综上所述，路由海域地质构造条件复杂程度简单，区域新构造运动较频繁且较为明显，工程区地震抗震设防烈度为VII度，区域地壳基本稳定，地震频率较低，震级小，现今地震弱活动。地震活动对本项目建设的影响较小。

3.2.5 海洋自然灾害

3.2.5.1 热带气旋

根据历史热带气旋路径数据集，历史上共有144个热带气旋中心经过工程海域，年平均为1.92个；最多的如1999年有8个热带气旋进入该区域，而无热带气旋影响的年份有9年。在上述热带气旋样本中，最终在工程海域内登陆的个例有87个，占比达60.4%。

144个热带气旋样本的强度涵盖从热带低压（TD）到超强台风（SuperTY）的等级。截至2023年，在进入工程海域的个例中，最低中心气压为925hPa，来自2309号热带气旋-“SAOLA”；最大2min平均风速为60m/s，来自7908号热带气旋-“Hope”；而在工程海域内登陆的最强个例是2311号热带低压（TD）-“HAIKUI”，登陆时强度等级达到强台风（STY）。

就影响本工程海域的热带气旋而言（下文简称影响个例），年均为1.92个。年际、年代际变化显著，呈现出周期性变化的形态。其中，20世纪60年代为热带气旋活动高发期，出现25个影响个例；其次为20世纪90年代，出现20个影响个例；而最近10年影响个例的频数为19个。

对于在本工程海域登陆的热带气旋而言（下文简称登陆个例），年均为1.16

个。年际、年代际变化同样呈现出周期性的变化态势。其中，20 世纪 60 年代为登陆热带气旋高发期，出现 16 个登陆个例；其次为 21 世纪前 10 年，出现 13 个登陆个例；而最近 10 年登陆个例的频数为 10 个。

就影响个例而言，在全年的 5~12 月均有出现。其中 9902 号热带风暴（TS）出现时间最早，为 5 月 2 日；2122 号热带低压（TD）出现时间最晚，为 12 月 21 日。大部分个例集中出现在 9 月、7 月和 8 月，并在 9 月达到全年最高峰，占比为 27.1%，7 月为次高峰，占比为 22.9%。

就登陆个例而言，在全年的 5~12 月均有出现。其中 9902 号热带风暴（TS）出现时间最早，为 5 月 2 日；7427 号热带气旋出现时间最晚，为 12 月 2 日。大部分个例集中出现在 9 月、7 月和 8 月，并在 9 月达到全年最高峰，占比为 29.9%，7 月为次高峰，占比为 26.4%。

对于登陆个例而言，登陆地点集中在惠来、深圳和惠东等地。其中，惠来是首要登陆地点，占比为 10.3%，其次是深圳，占比为 9.2%。

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）

名称	登陆地点	日期	台风引起的增水
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）
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

春季调查资料引用《深能汕尾红海湾六海上风电项目海洋环境现状调查监测报告》（2024 年 6 月）、《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春季海洋环境现状调查数据。

秋季调查资料引用《2024 年汕尾红海湾海上风电场（场址六含线缆）项目海洋环境现状调查监测报告》（2025 年 1 月），于 2024 年 11 月在项目附近海域进行的秋季海洋环境现状调查数据。

3.2.6.1 调查概况

（1）春季

①风电场区域

本次调查时间为 2024 年 4 月 12 日～4 月 16 日，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、生物质量和渔业资源调查站位 14 个，具体调查站位详见表 3.2.6-1 和图 3.2.6-1。

表 3.2.6-1 2024 年 4 月海洋环境现状调查站位

站位	经度 E	纬度 N	调查项目
SW18	115°27′52.11″	22°26′48.36″	水质
SW19	115°28′13.25″	22°22′50.37″	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
SW20	115°27′54.37″	22°18′51.36″	水质
SW21	115°31′49.43″	22°21′52.58″	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
SW24	115°28′06.47″	22°14′49.56″	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
SW26	115°31′38.62″	22°28′07.56″	水质、生物生态和渔业资源
SW27	115°31′58.26″	22°16′27.88″	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
SW29	115°35′11.22″	22°29′01.14″	水质
SW30	115°35′08.82″	22°24′16.31″	水质

站位	经度 E	纬度 N	调查项目
SW31	115°35′09.63″	22°17′54.56″	水质、生物生态和渔业资源
SW33	115°40′56.23″	22°30′52.62″	水质
SW34	115°39′51.55″	22°28′19.37″	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
SW35	115°39′50.36″	22°22′10.42″	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
SW36	115°40′39.54″	22°18′59.87″	水质
SW38	115°46′39.25″	22°31′40.88″	水质、生物生态和渔业资源
SW39	115°46′38.31″	22°25′19.65″	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
SW40	115°46′37.55″	22°20′17.92″	水质
SW41	115°46′34.57″	22°16′14.63″	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
SW42	115°40′16.35″	22°14′24.86″	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
SW43	115°36′02.81″	22°13′02.88″	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
SW44	115°32′18.65″	22°11′49.29″	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
SW45	115°27′46.36″	22°10′05.14″	水质

②送出海底电缆区域

本次调查时间为 2024 年 04 月 10 日～04 月 16 日，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 3.2.6-2 和图 3.2.6-1。

表 3.2.6-2 2024 年 4 月海洋环境现状调查站位

站位	经度 E	纬度 N	调查项目
SW01	115°09′17.41″	22°46′23.30″	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
SW02	115°05′55.38″	22°43′58.17″	水质
SW03	115°03′34.90″	22°42′22.37″	水质
SW04	114°58′59.61″	22°39′55.34″	水质、生物生态和渔业资源
SW05	115°12′37.05″	22°38′12.41″	水质
SW06	115°10′28.36″	22°36′09.14″	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
SW07	115°07′42.87″	22°33′26.30″	水质
SW08	115°03′44.38″	22°29′47.52″	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
SW09	115°17′26.47″	22°30′29.40″	水质
SW10	115°15′19.04″	22°26′54.35″	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
SW11	115°14′22.87″	22°20′21.77″	水质、生物生态和渔业资源
SW12	115°12′24.90″	22°17′25.33″	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
SW13	115°20′54.41″	22°29′30.43″	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
SW14	115°20′58.71″	22°25′07.43″	水质
SW15	115°21′46.42″	22°21′56.37″	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
SW16	115°20′48.39″	22°17′57.36″	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
SW17	115°28′08.46″	22°31′18.40″	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
SW18	115°27′52.11″	22°26′48.36″	水质
SW19	115°28′13.25″	22°22′50.37″	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
SW20	115°27′54.37″	22°18′51.36″	水质

站位	经度 E	纬度 N	调查项目
SW21	115°31′49.43″	22°21′52.58″	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
SW26	115°31′38.62″	22°28′07.56″	水质、生物生态和渔业资源
SWC01	115°00′16.14″	22°42′20.47″	潮间带
SWC02	115°02′35.97″	22°46′06.42″	潮间带
SWC03	115°09′14.47″	22°48′41.90″	潮间带

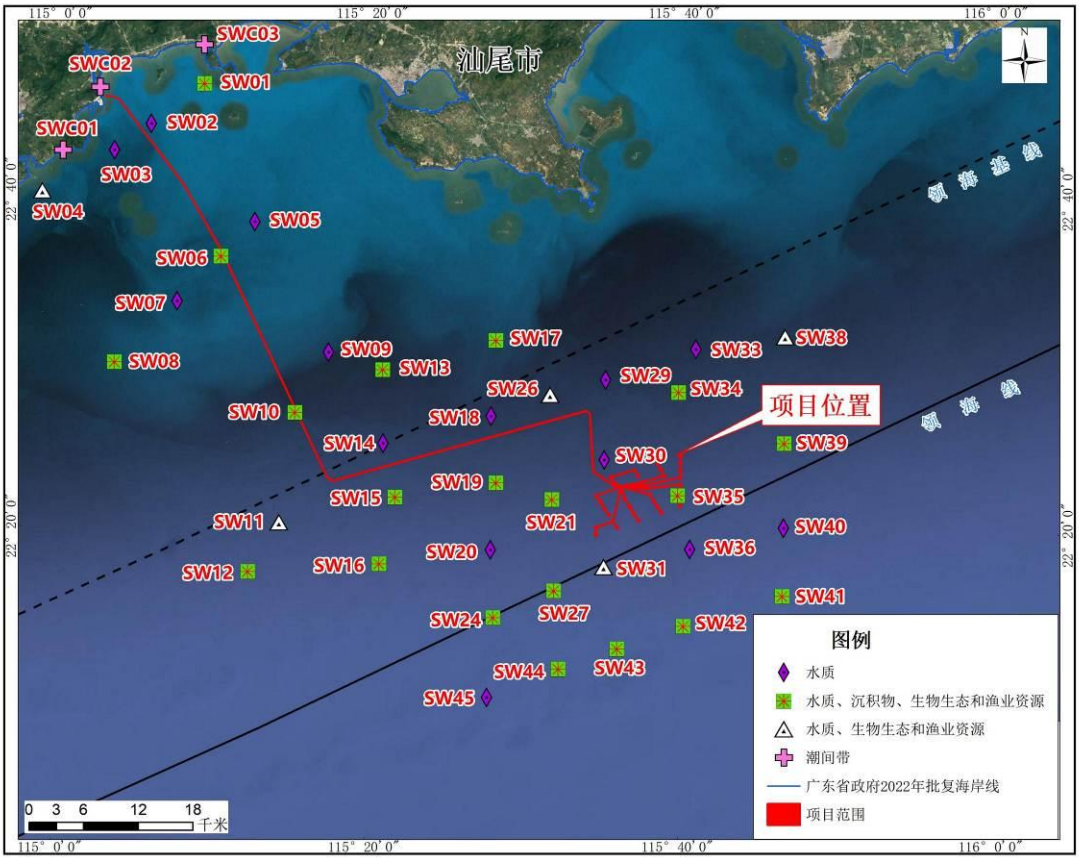


图 3.2.6-1 2024 年 4 月调查站位布设示意图

（2）秋季

本次调查时间为 2024 年 11 月 1 日～11 月 2 日和 2024 年 11 月 24 日～11 月 30 日，共设水质调查站位 41 个，海洋生物生态 26 个、生物体质量和渔业资源调查站位26个，潮间带调查断面3条，具体调查站位详见表3.2.6-3和图3.2.6-2。

表 3.2.6-3 2024 年 11 月海洋环境现状调查站位

站位	经度 E	纬度 N	调查项目
SW01	115°09′15.63″	22°46′23.53″	水质、生物生态和渔业资源
SW02	115°05′55.83″	22°43′58.50″	水质
SW03	115°03′34.23″	22°42′21.43″	水质
SW04	115°00′07.30″	22°40′21.22″	水质、生物生态和渔业资源
SW05	115°14′11.46″	22°40′53.20″	水质
SW06	115°12′36.94″	22°38′12.82″	水质、生物生态和渔业资源

站位	经度 E	纬度 N	调查项目
SW07	115°10′28.41″	22°36′08.37″	水质
SW08	115°06′34.98″	22°32′08.10″	水质、生物生态和渔业资源
SW09	115°17′27.10″	22°30′29.39″	水质
SW10	115°15′16.86″	22°26′54.90″	水质、生物生态和渔业资源
SW11	115°14′47.02″	22°21′26.13″	水质、生物生态和渔业资源
SW12	115°12′31.12″	22°18′18.63″	水质、生物生态和渔业资源
SW13	115°20′52.62″	22°29′29.40″	水质、生物生态和渔业资源
SW14	115°20′58.15″	22°25′05.95″	水质
SW15	115°21′46.20″	22°21′56.13″	水质、生物生态和渔业资源
SW16	115°20′48.24″	22°17′59.48″	水质、生物生态和渔业资源
SW17	115°28′08.16″	22°31′17.24″	水质、生物生态和渔业资源
SW18	115°27′50.99″	22°26′48.29″	水质
SW19	115°28′12.63″	22°22′50.27″	水质、生物生态和渔业资源
SW20	115°27′56.34″	22°18′49.58″	水质
SW21	115°31′51.77″	22°21′54.20″	水质、生物生态和渔业资源
SW24	115°28′08.49″	22°14′49.60″	水质、生物生态和渔业资源
SW26	115°31′40.98″	22°28′07.55″	水质、生物生态和渔业资源
SW27	115°31′58.11″	22°16′27.84″	水质、生物生态和渔业资源
SW28	115°35′01.65″	22°33′39.68″	水质、生物生态和渔业资源
SW29	115°35′11.48″	22°29′02.73″	水质
SW30	115°35′08.12″	22°24′14.80″	水质
SW31	115°35′09.36″	22°17′55.84″	水质、生物生态和渔业资源
SW33	115°40′58.61″	22°30′54.18″	水质
SW34	115°39′51.65″	22°28′17.33″	水质、生物生态和渔业资源
SW35	115°39′52.45″	22°22′12.39″	水质、生物生态和渔业资源
SW36	115°40′41.56″	22°18′58.22″	水质
SW38	115°46′41.23″	22°31′40.01″	水质、生物生态和渔业资源
SW39	115°46′37.44″	22°25′22.25″	水质、生物生态和渔业资源
SW40	115°46′36.53″	22°20′18.10″	水质
SW41	115°46′35.96″	22°16′14.56″	水质、生物生态和渔业资源
SW42	115°40′15.24″	22°14′26.87″	水质、生物生态和渔业资源
SW43	115°36′02.35″	22°13′01.48″	水质、生物生态和渔业资源
SW44	115°32′20.53″	22°11′51.58″	水质、生物生态和渔业资源
SW45	115°27′48.33″	22°10′06.20″	水质
SW46	115°11′19.36″	22°23′41.20″	水质
SWC01	115°00′16.87″	22°42′20.33″	潮间带
SWC02	115°02′39.96″	22°46′06.41″	潮间带
SWC03	115°09′14.28″	22°48′41.52″	潮间带

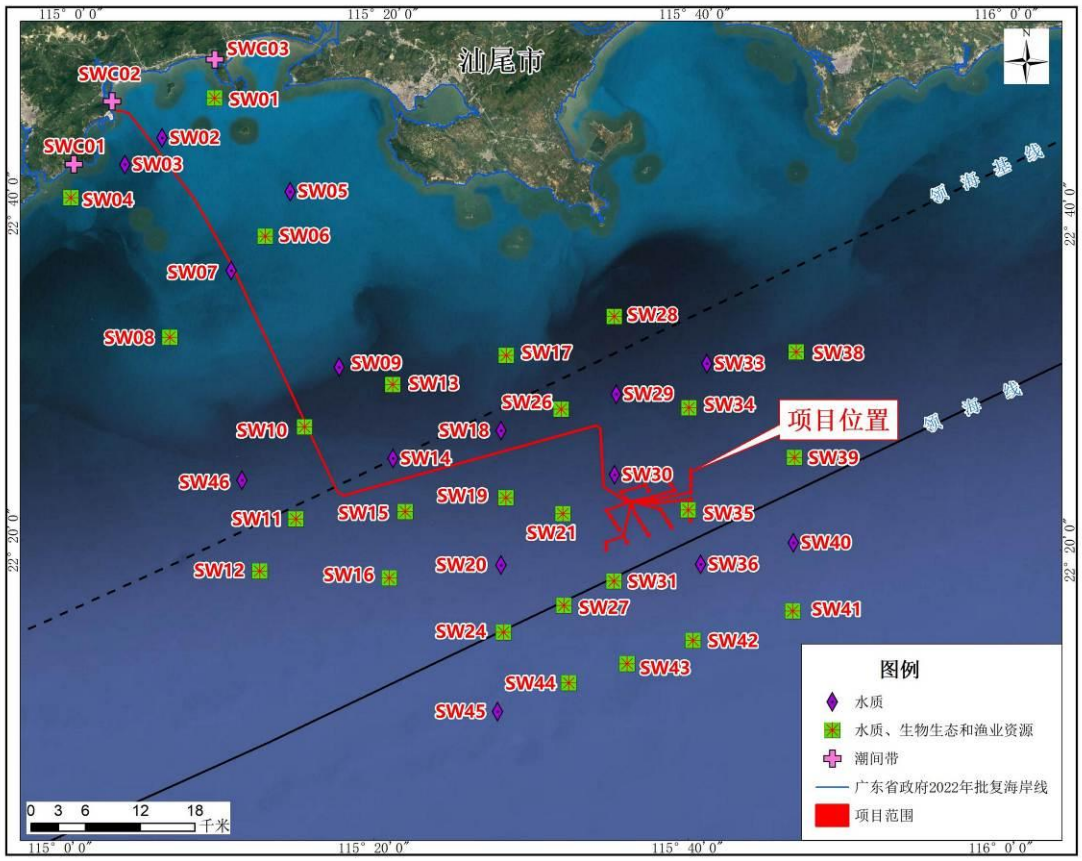


图 3.2.6-2 2024 年 11 月调查站位布设示意图

3.2.6.2 调查项目

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

3.2.6.3 采样与分析方法

（1）采样方法

①水样采集通用方法

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

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

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

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

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

②特殊指标水样采集方法

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

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

3）重金属样品的采集：水样采集后，要有防止现场大气降尘带来的污染措施，并尽快从采样器中放出样品；防止采样器内样品中所含污染物随悬浮物的下沉而降低含量，灌装样品时必须边摇动采水器边灌装，立即用 0.45μm 滤膜过滤处理，过滤水样用 HNO_3 酸化至 pH 值小于 2，塞上塞子，存放在洁净环境中。

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

（2）分析方法

水质样品的分析按照《海洋调查规范》（GB/T 12763-2007）和《海洋监测

规范》（GB 17378-2007）进行，各项目的分析方法如表 3.2.6-4。

表 3.2.6-4 海水调查项目及分析方法

检测指标	检测依据	分析方法	检出限
水温	《海洋调查规范 第 2 部分：海洋水文观测》GB/T 12763.2-2007/5.2.1	CTD 法	/
pH	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/26	pH 计法	/
盐度	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/29.1	盐度计法	2‰
溶解氧	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/31	碘量法	0.11mg/L
悬浮物	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/27	重量法	/
化学需氧量	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/32	碱性高锰酸钾法	0.15mg/L
硝酸盐氮	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/38.1	镉柱还原法	0.0010mg/L
亚硝酸盐氮	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/37	萘乙二胺分光光度法	0.0002mg/L
氨氮	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/36.1	靛酚蓝分光光度法	0.0004mg/L
活性磷酸盐	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/39.1	磷钼蓝分光光度法	0.0006mg/L
挥发酚	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/19	4-氨基安替比林分光光度法	1.1μg/L
硫化物	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/18.1	亚甲基蓝分光光度法	0.2μg/L
石油类	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378. 4-2007/13.2	紫外分光光度法	0.0035mg/L
汞	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/5.1	原子荧光法	0.007μg/L
砷	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/11.1	原子荧光法	0.5μg/L
铜	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/6.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.2μg/L
铅	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/7.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.03μg/L
镉	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/8.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.01μg/L
锌	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/9.1	火焰原子吸收分光光度法	0.0031mg/L
总铬	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》	无火焰原子吸收	0.4μg/L

检测指标	检测依据	分析方法	检出限
	GB 17378.4-2007/10.1	分光光度法	
生化需氧量	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/33.1	五日培养法	/
活性硅酸盐	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007 17.1	硅钼黄法	0.0126mg/L
硒	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/12.1	荧光分光光度法	0.2μg/L
镍	《海洋监测规范 第 4 部分 海水分析》GB 17378.4-2007/42	无火焰原子吸收分光光度法	0.5μg/L

3.2.6.4 评价方法与评价标准

（1）评价方法

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

除 pH、DO 外的其它污染物的标准指数：

环境质量现状评价采用单项标准指数法。计算公式为：

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

式中：$S_{i,j}$—i 污染物在 j 点的污染指数；

$C_{i,j}$—i 污染物在 j 点的实测浓度，mg/L；

$C_{s,j}$—I 污染物的评价标准，mg/L。

溶解氧的标准指数为：

$$S_{DO,j}=DO_s/DO_j \qquad DO_j \le DO_f$$

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

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

DO_j—溶解氧在 j 点的实测统计代表值，mg/L；

DO_s—溶解氧的水质评价标准限值，mg/L；

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

S—实用盐度符号，量纲一；

T—水温，℃。

pH 的标准指数为：

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

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

式中：$S_{pH,j}$—pH 值的指数，大于 1 表明该水质因子超标；

pH_j—pH 值实测统计代表值；

pH_{su}—pH 评价标准的上限值；

pH_{sd}—pH 评价标准的下限值。

（2）评价标准

①春季

根据《广东省近岸海域环境功能区划》（粤府办〔1999〕68 号）、《广东省人民政府办公厅关于调整汕尾市部分近岸海域环境功能区划的复函》（粤办函〔2010〕398 号）、《广东省人民政府关于<广东太平岭核电厂近岸海域环境功能区划调整方案>的批复》（粤府函〔2022〕276 号），2024 年 4 月各调查站位执行水质标准见表 3.2.6-5 和图 3.2.6-3。

表 3.2.6-5 2024 年 4 月各站位所处近岸海域功能区执行的标准要求一览表

调查站位	标准要求
SW01、SW02	执行海水水质第一类标准
SW03、SW04	执行海水水质第三类标准
注：其余监测站位均不位于近岸海域环境功能区划内，无水质目标管理要求，其水质标准即从第一类标准开始评价，超过评价标准的检测结果，按下一级标准评价，超过第四类海水水质标准的检测数据，评价至第四类海水水质标准。	

图 3.2.6-3 2024 年 4 月调查站位所处近岸海域功能区示意图

②秋季

根据《广东省近岸海域环境功能区划》（粤府办〔1999〕68 号）、《广东省人民政府办公厅关于调整汕尾市部分近岸海域环境功能区划的复函》（粤办函〔2010〕398 号）、《广东省人民政府关于<广东太平岭核电厂近岸海域环境功能区划调整方案>的批复》（粤府函〔2022〕276 号），2024 年 11 月各调查站位执行水质标准见表 3.2.6-6 和图 3.2.6-4。

表 3.2.6-6 2024 年 11 月各站位所处近岸海域功能区执行的标准要求一览表

调查站位	标准要求
SW01、SW02	执行海水水质第一类标准

调查站位	标准要求
SW03	执行海水水质第三类标准
SW04	/
注：SW04 站位位于混合区，其余站位均不在近岸海域范围内，无水质标准要求，其水质标准即从第一类标准开始评价，超过评价标准的检测结果，按下一级标准评价，超过第四类海水水质标准的检测数据，评价至第四类海水水质标准。	

图 3.2.6-4 2024 年 11 月调查站位所处近岸海域功能区示意图

海域水质现状评价依据标准《海水水质标准》（GB3097-1997），见表 3.2.6-7。

表 3.2.6-7 海水水质标准 单位：mg/L（pH 除外）

水质指标	第一类	第二类	第三类	第四类
pH	7.8~8.5		6.8~8.8	
化学需氧量≤	2	3	4	5

水质指标	第一类	第二类	第三类	第四类
溶解氧＞	6	5	4	3
活性磷酸盐≤（以 P 计）	0.015	0.030	0.030	0.045
无机氮≤（以 N 计）	0.200	0.300	0.400	0.500
石油类≤	0.05	0.05	0.30	0.50
铜≤	0.005	0.010	0.050	0.050
铅≤	0.001	0.005	0.010	0.050
锌≤	0.020	0.050	0.100	0.500
镉≤	0.001	0.005	0.010	0.010
汞≤	0.00005	0.0002	0.0002	0.0005
砷≤	0.020	0.030	0.050	0.050
总铬≤	0.050	0.100	0.200	0.500
硫化物≤（以硫计）	0.020	0.050	0.100	0.250
生化需氧量	1	3	4	5
硒	0.010	0.020	0.020	0.050
镍	0.005	0.010	0.020	0.050
挥发性酚≤	0.005	0.005	0.010	0.050

3.2.6.5 海洋水质调查结果与评价

（1）调查结果

①春季

风电场区域和送出海底电缆路由区域 2024 年 4 月各站位水质监测结果见表 3.2.6-8 和表 3.2.6-9。

②秋季

2024 年 11 月各站位水质监测结果见表 3.2.6-10。

（2）评价结果

①春季

1）风电场区域

采用上述单项指数法，对现状监测结果进行标准指数计算，各监测点水质评价因子的标准指数见表 3.2.6-11。

全部站位不位于近岸海域功能区划中，无水质目标管理要求，其水质标准从第一类标准开始评价，超过评价标准的检测结果，按下一级标准评价，超过第四类海水水质标准的检测数据，评价至第四类海水水质标准。由监测结果及标准指数表结果可知：全部站位表层的海水溶解氧含量均处于过饱和状态，符合海水水质第二类标准。其余站位全部监测因子均符合海水水质第一类标准。

2）送出海底电缆路由区域

采用上述单项指数法，对现状监测结果进行标准指数计算，各监测点水质评价因子的标准指数见表 3.2.6-12。

执行第一类海水水质标准的站位有 SW01、SW02 站位。由监测结果及标准指数表结果可知：SW01、SW02 站位的水质监测因子均符合海水水质第一类标准要求。

执行第三类海水水质标准的站位有 SW03、SW04 站位。由监测结果及标准指数表结果可知：SW03、SW04 站位的水质监测因子均符合海水水质第三类标准要求。

SW05~SW21、SW26 站位不位于近岸海域功能区划中，无水质目标管理要求，其水质标准从第一类标准开始评价，超过评价标准的检测结果，按下一级标准评价，超过第四类海水水质标准的检测数据，评价至第四类海水水质标准。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，符合海水水质第二类标准。其他水质监测因子均符合海水水质第一类标准要求。

②秋季

采用上述单项指数法，对现状监测结果进行标准指数计算，各监测点水质评价因子的标准指数见表 3.2.6-18。

执行海水水质第一类标准的站位有 SW01、SW02 站位。由监测结果及标准指数表结果可知：SW01、SW02 站位的水质监测因子均符合海水水质第一类标准要求。

执行海水水质第三类标准的站位有 SW03，由监测结果及标准指数表结果可知：SW03 站位的水质监测因子均符合海水水质第三类标准要求。

SW04~SW21、SW24、SW26~SW31、SW33~SW36、SW38~SW46 站位无水质目标管理要求，其水质标准从第一类标准开始评价，超过评价标准的检测结果，按下一级标准评价，超过第四类海水水质标准的检测数据，评价至第四类海水水质标准。由监测结果及标准指数表结果可知：所有调查站位的水质监测因子均符合海水水质第一类标准。

表 3.2.6-8 风电场区域 2024 年 4 月海水水质监测结果（略）

注：①包含“L”的检测结果表示其检测结果低于方法检出限，其中数值为方法检出限值，参与计算平均值和标准指数时，若检出率少于 1/2，取 1/4 检出限值参与计算，若检出率大于等于 1/2，取 1/2 检出限值参与计算。②无机氮为氨氮、亚硝酸盐氮和硝酸盐氮的总和。③油类指标只采集表层样品，水深指标只测量站位即时深度，“/”不参与计算。

表 3.2.6-9 送出海底电缆区域 2024 年 4 月海水水质监测结果（略）

注：①包含“L”的检测结果表示其检测结果低于方法检出限，其中数值为方法检出限值，参与计算平均值和标准指数时，若检出率少于 1/2，取 1/4 检出限值参与计算，若检出率大于等于 1/2，取 1/2 检出限值参与计算。②无机氮为氨氮、亚硝酸盐氮和硝酸盐氮的总和。③油类指标只采集表层样品，水深指标只测量站位即时深度，“/”不参与计算。

表 3.2.6-10 2024 年 11 月海水水质监测结果（略）

注：①包含“L”的检测结果表示其检测结果低于方法检出限，其中数值为方法检出限值，参与计算平均值和标准指数时，若检出率少于 1/2，取 1/4 检出限值参与计算，若检出率大于等于 1/2，取 1/2 检出限值参与计算。②无机氮为氨氮、亚硝酸盐氮和硝酸盐氮的总和。③油类指标只采集表层样品，水深指标只测量站位即时深度，“/”不参与计算。

表 3.2.6-11 风电场区域 2024 年 4 月海水水质监测站位各要素的标准指数（水质类别符合性分析）（略）

注：① “/”表示未检指标的标准指数；② “—”表示溶解氧为过饱和状态的标准指数；③低于方法检出限的标准指数计算时，若检出率少于 1/2，取 1/4 检出限值参与计算，若检出率大于等于 1/2，取 1/2 检出限值参与计算。

表 3.2.6-12a 送出海底电缆路由区域 2024 年 4 月海水水质监测站位各要素的标准指数（执行第一类海水水质标准）（略）

注：低于方法检出限的标准指数计算时，若检出率少于 1/2，取 1/4 检出限值参与计算，若检出率大于等于 1/2，取 1/2 检出限值参与计算。

表 3.2.6-12b 送出海底电缆路由区域 2024 年 4 月海水水质监测站位各要素的标准指数（执行第三类海水水质标准）（略）

注：低于方法检出限的标准指数计算时，若检出率少于 1/2，取 1/4 检出限值参与计算，若检出率大于等于 1/2，取 1/2 检出限值参与计算。

表 3.2.6-12c 送出海底电缆路由区域 2024 年 4 月海水水质监测站位各要素的标准指数（水质类别符合性分析）（略）

注：① “/”表示未检指标的标准指数；② “—”表示溶解氧为过饱和状态的标准指数；③低于方法检出限的标准指数计算时，若检出率少于 1/2，取 1/4 检出限值参与计算，若检出率大于等于 1/2，取 1/2 检出限值参与计算。

表 3.2.6-13a 2024 年 11 月海水水质监测站位各要素的标准指数（执行第一类海水水质标准）（略）

注：低于方法检出限的标准指数计算时，若检出率少于 1/2，取 1/4 检出限值参与计算，若检出率大于等于 1/2，取 1/2 检出限值参与计算。

表 3.2.6-13b 2024 年 11 月海水水质监测站位各要素的标准指数（执行第三类海水水质标准）

（略）

注：低于方法检出限的标准指数计算时，若检出率少于 1/2，取 1/4 检出限值参与计算，若检出率大于等于 1/2，取 1/2 检出限值参与计算。

表 3.2.6-13c 2024 年 11 月海水水质监测站位各要素的标准指数（水质类别符合性分析）（略）

注：① “/”表示未检指标的标准指数；②低于方法检出限的标准指数计算时，若检出率少于 1/2，取 1/4 检出限值参与计算，若检出率大于等于 1/2，取 1/2 检出限值参与计算。

3.2.7 海洋沉积物质量现状调查与评价

3.2.7.1 调查概况

本节引用《深能汕尾红海湾六海上风电项目海洋环境现状调查监测报告》（2024 年 6 月）和《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数据。具体站位详见 3.2.6.1 节。

3.2.7.2 调查项目

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

3.2.7.3 采样与分析方法

（1）采样方法

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

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

②样品从海底至船甲板，应立即进行现场样品状态描述（颜色、气味、厚度）；

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

④稠度和粘性描述：流动、半流动、软泥、致密和固结，强粘性、弱粘性和

无粘性的描述；

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

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

⑦采样完毕，打开采泥器，弃去残留沉积物，用海水冲洗。

（2）分析方法

样品的分析按照《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》（GB 17378.5-2007）和《海洋调查规范 第 8 部分：海洋地质地球物理调查》（GB/T 12763.8-2007）进行，各项目的分析方法如表 3.2.7-1。

表 3.2.7-1 沉积物质量项目及分析方法

检测指标	检测依据	分析方法	检出限
含水率	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/19	重量法	/
有机碳	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/18.1	重铬酸钾氧化-还原容量法	0.02%
石油类	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/13.1	荧光分光光度法	1.0mg/kg
硫化物	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/17.1	亚甲基蓝分光光度法	0.3mg/kg
铜	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/6.2	火焰原子吸收分光光度法	2.0mg/kg
铅	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/7.2	火焰原子吸收分光光度法	3.0mg/kg
镉	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/8.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.04mg/kg
锌	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/9.1	火焰原子吸收分光光度法	6.0mg/kg
总汞	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/5.1	原子荧光法	0.002mg/kg
铬	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/10.1	无火焰原子吸收分光光度法	2.0mg/kg
砷	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》	原子荧光法	0.06mg/kg

检测指标	检测依据	分析方法	检出限
	GB 17378.5-2007/11.1		
pH	《海洋调查规范第 8 部分：海洋地质地球物理调查》GB/T 12763.8-2007/6.7.2	pH 计法	/
粒度	《海洋调查规范第 8 部分：海洋地质地球物理调查》GB/T 12763.8-2007/6.3	激光粒度分布仪法	/

3.2.7.4 评价方法与评价标准

（1）评价方法

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

式中：P_i—第 i 种评价因子的质量指数；

C_i—第 i 种评价因子的实测值；

C_{si}—第 i 种评价因子的标准值。

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

（2）评价标准

各沉积物质量监测站位按沉积物质量类别符合性分析，即海洋沉积物质量评价从《海洋沉积物质量》（GB 18668-2002）的第一类标准开始评价，超过评价标准的检测结果，按下一级标准评价，超过第三类海洋沉积物标准的检测数据，评价至第三类海洋沉积物标准。

采用现状评价依据标准《海洋沉积物质量》（GB 18668-2002）进行评价，见表 3.2.7-2。

表 3.2.7-2 海洋沉积物质量标准

沉积物质量指标	第一类	第二类	第三类
有机碳（$\times10^{-2}$）≤	2.0	3.0	4.0
硫化物（$\times10^{-6}$）≤	300.0	500.0	600.0
石油类（$\times10^{-6}$）≤	500.0	1000.0	1500.0
铜（$\times10^{-6}$）≤	35.0	100.0	200.0
铅（$\times10^{-6}$）≤	60.0	130.0	250.0
锌（$\times10^{-6}$）≤	150.0	350.0	600.0
镉（$\times10^{-6}$）≤	0.50	1.50	5.00
汞（$\times10^{-6}$）≤	0.20	0.50	1.00
砷（$\times10^{-6}$）≤	20.0	65.0	93.0

3.2.7.5 海洋沉积物质量调查结果与评价

（1）调查结果

①风电场区域

沉积物粒度结果见表 3.2.7-3。该项目海域海洋沉积物砂含量在 65.14%～83.07%，平均值为 71.78%，粉砂含量在 14.49%～29.10%，平均值为 23.55%，粘土含量在 2.13%～7.16%，平均值为 4.67%。SW39、SW41、SW42 和 SW44 调查站位沉积物样品类型为：砂 S；SW19、SW21、SW24、SW27、SW34、SW35 和 SW43 调查站位沉积物样品类型为：粉砂质砂 TS。

海洋沉积物质量监测结果见表 3.2.7-4。

②送出海底电缆路由区域

沉积物粒度结果见表 3.2.7-5。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。

海洋沉积物质量监测结果见表 3.2.7-6。

（2）评价结果

①风电场区域

采用上述单项指数法，对现状监测结果进行标准指数计算，各监测点沉积物质量评价因子的标准指数见表 3.2.7-7。

各沉积物质量监测站位按沉积物质量类别符合性分析，即海洋沉积物质量评价从《海洋沉积物质量》（GB 18668-2002）的第一类标准开始评价，超过评价标准的检测结果，按下一级标准评价，超过第三类海洋沉积物标准的检测数据，评价至第三类海洋沉积物标准。由监测结果及标准指数表结果可知：所有调查站位的沉积物监测因子均符合海洋沉积物质量第一类标准要求。

②送出海底电缆路由区域

采用上述单项指数法，对现状监测结果进行标准指数计算，各监测点沉积物质量评价因子的标准指数见表 3.2.7-8。

各沉积物质量监测站位按沉积物质量类别符合性分析，即海洋沉积物质量评价从《海洋沉积物质量》（GB 18668-2002）的第一类标准开始评价，超过评价标准的检测结果，按下一级标准评价，超过第三类海洋沉积物标准的检测数据，评价至第三类海洋沉积物标准。由监测结果及标准指数表结果可知：所有调查站位的沉积物监测因子均符合海洋沉积物质量第一类标准要求。

表 3.2.7-3 风电场区域沉积物粒度分析结果（略）

表 3.2.7-4 风电场区域海洋沉积物质量监测结果（略）

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

表 3.2.7-5 送出海底电缆路由区域沉积物粒度分析结果（略）

表 3.2.7-6 送出海底电缆路由区域海洋沉积物质量监测结果（略）

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

表 3.2.7-7 风电场区域海洋沉积物质量监测站位各要素标准指数（沉积物质量类别符合性分析）（略）

注：低于方法检出限的标准指数计算时，若检出率少于 1/2，取 1/4 检出限值参与计算，若检出率大于等于 1/2，取 1/2 检出限值参与计算。

表 3.2.7-8 送出海底电缆路由区域海洋沉积物质量监测站位各要素标准指数（沉积物质量类别符合性分析）（略）

注：低于方法检出限的标准指数计算时，若检出率少于 1/2，取 1/4 检出限值参与计算，若检出率大于等于 1/2，取 1/2 检出限值参与计算。

3.2.8 海洋生物质量现状调查与评价

3.2.8.1 调查概况

春季调查资料引用《深能汕尾红海湾六海上风电项目海洋环境现状调查监测报告》（2024 年 6 月）、《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春季海洋生物质量现状调查数据。具体站位详见 3.2.6.1 节。

秋季调查资料引用《2024 年汕尾红海湾海上风电场（场址六含线缆）项目海洋环境现状调查监测报告》（2025 年 1 月），于 2024 年 11 月在项目附近海

域进行的秋季海洋生物质量现状调查数据。具体站位详见 3.2.6.1 节。

3.2.8.2 调查项目

调查项目包括铜、铅、锌、镉、铬、总汞、砷、石油烃。

3.2.8.3 采样与分析方法

（1）采样方法

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

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

（2）分析方法

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

表 3.2.8-1 海洋生物质量调查项目及分析方法

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

3.2.8.4 评价方法与评价标准

（1）评价方法

采用单项参数标准指数法计算生物的质量指数，即应用公式：

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

式中：P_i 为第 i 种评价因子的质量指数；

C_i 为第 i 种评价因子的实测值；

C_{si} 为第 i 种评价因子的标准值。

生物评价因子的标准指数＞1，则表明该项指标已超过规定的生物质量标准。

（2）评价标准

采集到的鱼类、甲壳类、软体类（非双壳贝类）采用《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025）附录 C 其他海洋生物质量参考值中的标准进行评价。

表 3.2.8-2 其他海洋生物体质量参考值（湿重：mg/kg）

生物类别 / 评价因子	软体动物（非双壳贝类）	甲壳类	鱼类
总汞	0.3	0.2	0.3
镉	5.5	2.0	0.6
锌	250	150	40
铅	10	2	2
铜	100	100	20
砷	1	1	1
石油烃	20	20	20

3.2.8.5 海洋生物质量调查结果与评价

（1）调查结果

①春季

风电场区域和送出海底电缆区域春季各站位生物质量监测结果见表 3.2.8-3 和表 3.2.8-4。

②秋季

秋季各站位生物质量监测结果见表 3.2.8-5。

（2）评价结果

①春季

1）风电场区域

采用上述单项指数法，对现状监测结果进行标准指数计算，各监测点生物质量评价因子的标准指数见表 3.2.8-6。

由监测结果及标准指数表结果可知：主要超标因子为砷，超标率为 42.9%。其中 SW31 站位采集到的鱼类、SW19、SW26、SW34、SW35 站位采集到的甲壳类和 SW21 站位采集到的软体类生物体内的砷含量超标，其余生物质量监测因子均符合《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025）中规定的生物质量标准。

2）送出海底电区域

采用上述单项指数法，对现状监测结果进行标准指数计算，各监测点生物质量评价因子的标准指数见表 3.2.8-7。

由监测结果及标准指数表结果可知：主要超标因子为石油烃和砷，超标率分别为 7.1%和 50.0%。SW06 站位采集到的软体类石油烃含量超标；SW04、SW11、SW19、SW26 站位采集到的甲壳类、SW06、SW10、SW21 站位采集到的软体类生物体内的砷含量超标，其余生物质量监测因子均符合《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025）中规定的生物质量标准。

②秋季

采用上述单项指数法，对现状监测结果进行标准指数计算，各监测点生物质量评价因子的标准指数见表 3.2.8-8。

由监测结果及标准指数表结果可知：主要超标因子为砷，超标率为 34.6%。其中 SW39 站位采集到的鱼类、SW10、SW13、SW17、SW19、SW26、SW38 站位采集到的甲壳类和 SW31、SW44 站位采集到的软体类生物体内的砷含量超标，其余生物质量监测因子均符合《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025）中规定的生物质量标准。

表 3.2.8-3 风电场区域 2024 年 4 月海洋生物质量监测结果（湿重，单位：mg/kg）（略）

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

表 3.2.8-4 送出海底电缆区域 2024 年 4 月海洋生物质量监测结果（湿重，单位：mg/kg）（略）

注：①包含“L”的检测结果表示其检测结果低于方法检出限，其中数值为方法检出限值，参与计算平均值和标准指数时，若检出率少于 1/2，取 1/4 检出限值参与计算，若检出

率大于等于 1/2，取 1/2 检出限值参与计算。

表 3.2.8-5 2024 年 11 月海洋生物质量监测结果（湿重，单位：mg/kg）（略）

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

表 3.2.8-6 风电场区域 2024 年 4 月海洋生物监测站位各要素标准指数（略）

注：低于方法检出限的标准指数计算时，若检出率少于 1/2，取 1/4 检出限值参与计算，若检出率大于等于 1/2，取 1/2 检出限值参与计算。

表 3.2.8-7 送出海底电缆路由区域 2024 年 4 月海洋生物监测站位各要素标准指数（略）

注：低于方法检出限的标准指数计算时，若检出率少于 1/2，取 1/4 检出限值参与计算，若检出率大于等于 1/2，取 1/2 检出限值参与计算。

表 3.2.8-8 2024 年 11 月海洋生物监测站位各要素标准指数（略）

注：低于方法检出限的标准指数计算时，若检出率少于 1/2，取 1/4 检出限值参与计算，若检出率大于等于 1/2，取 1/2 检出限值参与计算。

3.2.9 海洋生态现状

3.2.9.1 调查概况

春季调查资料引用《深能汕尾红海湾六海上风电项目海洋环境现状调查监测报告》（2024 年 6 月）、《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春季海洋生态现状调查数据。具体站位详见 3.2.6.1 节。

秋季调查资料引用《2024 年汕尾红海湾海上风电场（场址六含线缆）项目海洋环境现状调查监测报告》（2025 年 1 月），于 2024 年 11 月在项目附近海域进行的秋季海洋生态现状调查数据。具体站位详见 3.2.6.1 节。

3.2.9.2 调查方法

（1）叶绿素 a 和初级生产力

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

（2）浮游植物

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

（3）浮游动物

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

（4）大型底栖生物

定量样品部分站位采用 0.05m^2 采泥器，在每站位连续采集平行样品 4 次，部分站位使用 0.1m^2 采泥器，在每站位连续采集平行样品 2 次，经孔径为 0.50mm 的筛网筛洗干净后，放入 500mL 样品瓶中，加入体积分数为 5%～7%的中性甲醛溶液暂时性保存，便于室内鉴定。样品在实验室内进行计数、称重及种类鉴定，分析其种类组成、数量分布、主要优势种及其多样性分析，并提供其种类名录。

（5）潮间带生物

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

②泥、沙等软相底质的生物取样，用滩涂定量采样框。其结构包括框架和挡板两部分，均用 1.5～2.0mm 厚的不锈钢板弯制而成。规格：25cm×25cm×30cm；配套工具是平头铁锹。岩石岸生物取样采用岩石定量采样框，一般用 25cm×25cm 的定量框。若生物栖息密度很高，且分布较均匀，可采用 10cm×10cm 的定量框。滩涂和岩滩定量取样用对应的定量框，通常高潮区布设 2 站、中潮带 3 站，低潮带 2 站（生物量较大时 1 个站），每站取 4～8 个样方（依据现场生物量大小而定）；为防止人为因素干扰，样方位置用标志绳索（每隔 5m 或 10m 有一标志）

于站位两侧水平拉直，各样方位置严格取在标志绳索所标位置，无论该位置上生物多寡，均不能移位；在滩涂取样时，先将取样器挡板插入框架凹槽，用臂力或脚力将其插入滩涂内；继而观察记录框内表面可见的生物及数量；后用铁锹清除挡板外侧的泥沙再拔去挡板，以便铲取框内样品；铲取样品时，若发现底层仍有生物存在，将取样器再往下压，直至采不到生物为止；若需分层取样，视底质分层情况确定；岩滩确定样方位置应在宏观观察基础上选取能代表该水平高度上生物分布特点的位置。取样时，应先将框内的易碎生物（如：牡蛎、藤壶等）加以计数，并观察记录优势种的覆盖面积。然后再用小铁铲、凿子或刮刀将框内所有生物刮取干净；

③用筛网孔目为 1.0mm 和 0.5mm 的过筛器进行生物样品筛选；

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

⑤取样时，测量各潮区优势种的垂直分布高度和滩面宽度，描述生物分布带的特征；样品存放于 500mL～1000mL 样品瓶中，加入适量淡水于 4℃环境中存放 6～8h，可使海洋底栖环节动物产生应激反应，表现出形态特征，再用体积分数为 5%～7%的中性甲醛溶液暂时性保存，便于室内鉴定。

3.2.9.3 计算方法

（1）初级生产力

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

$$P = C_a QLt / 2$$

式中：*P*—初级生产力（mg•C/m^2•d）；

C_a—叶绿素 *a* 含量（mg/m^3）；

Q—同化系数（mg•C/(mgChl-a•h)），春季取 3.32，秋季取 3.42；

L—真光层的深度（m），取透明度的 3 倍；

t—白昼时间（h），春季取 11h，秋季取 10.5h。

（2）优势度（*Y*）

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

（3）*Shannon-Weaver* 多样性指数（*H'*）

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

（4）*Pielou* 均匀度指数（*J*）

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

（5）*Margalef* 丰富度指数（*D*）

$$D=（S-1）/\log_2 N$$

上述（2）~（5）式中：

n_i—第 *i* 种的个体数量（ind）；

N—某站总生物数量（ind）；

f_i—某种生物的出现频率（%）；

P_i—第 *i* 种的个体数与总个体数的比值；

S—出现生物总种数。

3.2.9.4 海洋生态调查结果

1、叶绿素 a 与初级生产力

（1）春季

①风电场区域

本次调查结果显示，各站表层叶绿素 *a* 变化范围在（0.24~0.89）mg/m^3，平均为 0.43mg/m^3；10m 水层叶绿素 *a* 变化范围在（0.13~0.81）mg/m^3，平均为 0.33mg/m^3；底层叶绿素 *a* 含量变化范围在（0.08~0.79）mg/m^3，平均为 0.28mg/m^3。以各站各层水样的平均值作为该站叶绿素 *a* 的浓度，各站叶绿素 *a* 浓度的变化范围为（0.15~0.83）mg/m^3，平均为 0.35mg/m^3，SW34 站位叶绿素 *a* 平均值最高，SW41 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（72.310~331.912）mg·C/（m^2·d）之间，平均值为 153.635mg·C/（m^2·d），其中 SW34 站位初级生产力值最高，SW41 站位初级生产力值最低。

②送出海底电缆路由区域

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/m^3，平均为 0.64mg/m^3；10m 水层叶绿素 *a* 变化范围在（0.20~0.42）mg/m^3，平均为

0.32mg/m^3；底层叶绿素 *a* 含量变化范围在（0.15~0.45）mg/m^3，平均为 0.27mg/m^3。以各站各层水样的平均值作为该站叶绿素 *a* 的浓度，各站叶绿素 *a* 浓度的变化范围为（0.19~2.72）mg/m^3，平均为 0.54mg/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（47.111~270.065）mg·C/（m^2·d）之间，平均值为 146.744mg·C/（m^2·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）秋季

本次调查结果显示，各站表层叶绿素 *a* 变化范围在（0.48~3.10）mg/m^3，平均为 1.07mg/m^3；10m 水层叶绿素 *a* 变化范围在（0.37~1.68）mg/m^3，平均为 0.83mg/m^3；50m 水层叶绿素 *a* 含量变化范围为（0.33~0.44）mg/m^3，平均为 0.39mg/m^3；底层叶绿素 *a* 含量变化范围在（0.26~1.44）mg/m^3，平均为 0.75mg/m^3。以各站各层水样的平均值作为该站叶绿素 *a* 的浓度，各站叶绿素 *a* 浓度的变化范围为（0.36~3.10）mg/m^3，平均为 0.96mg/m^3，SW01 站位叶绿素 *a* 平均值最高，SW44 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（136.278~732.995）mg·C/（m^2·d）之间，平均值为 334.249mg·C/（m^2·d），其中 SW38 站位初级生产力值最高，SW04 站位初级生产力值最低。

2、浮游植物

（1）春季

①风电场区域

1）种类组成

本次调查共记录浮游植物 4 门 5 纲 13 目 28 科 135 种。硅藻门种类最多，共 15 科 84 种，占总种类数的 62.22%；甲藻门种类次之，出现 11 科 48 种，占总种类数的 35.56%；蓝藻门出现 1 科 2 种，占总种类数的 1.48%；金藻门出现 1 科 1 种，占总种类数的 0.74%。

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（72.827~13234.442）×10^{3}ind/m^3 之间，平均值为 1697.326×10^{3}ind/m^3，最高个体数量出现在 SW34 站

位，最低个体数量出现在 SW42 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（41.109~13177.239）×10^3ind/m^3 之间，平均值为 1665.150×10^3ind/m^3；硅藻门各站位个体数量的占比在 51.80%~99.57%之间，各站位占比平均值为 90.61%。蓝藻门个体数量范围在（5.559~40.080）×10^3ind/m^3 之间，平均值为 23.512×10^3ind/m^3；各站位个体数量百分比在 0.30%~41.46%之间，占比平均值为 7.64%；其他类群（包括金藻门和甲藻门）个体数量范围在（1.171~22.024）×10^3ind/m^3之间，平均值为 8.664×10^3ind/m^3；各站位个体数量百分比在 0.13~6.74%之间，占比平均值为 1.75%。

3）优势种

以优势度 $Y \geqslant 0.02$ 为判断标准，本次调查浮游植物优势种共出现 8 种，分别为拟旋链角毛藻（*Chaetoceros pseudocurvisetus*）、柔弱伪菱形藻（*Pseudo-nitzschia delicatissima*）、海链藻属（*Thalassiosira* sp.）、北方角毛藻（*Chaetoceros borealis*）、劳氏角毛藻（*Chaetoceros lorenzianus*）、透明辐杆藻（*Bacteriastrum hyalinum*）、旋链角毛藻（*Chaetoceros curvisetus*）和大西洋角毛藻（*Chaetoceros atlanticus*），其中拟旋链角毛藻为第一优势种，优势度为 0.239，平均个体数量为 661.091×10^3ind/m^3，占各站位平均个体数量的 38.95%。

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 44~64 种。多样性指数范围在 2.471~4.009 之间，平均值为 3.258，多样性指数以 SW19 站位最高，SW34 站位最低；均匀度指数范围在 0.431~0.734 之间，平均值为 0.570，均匀度指数以 SW19 站位最高，SW34 站位最低；丰富度指数范围在 2.048~3.084 之间，平均值为 2.466，丰富度指数以 SW41 站位最高，SW34 站位最低。

②送出海底电缆路由区域

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（79.360~63166.404）×10^3ind/m^3之间，平均值为 5192.968×10^3ind/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（41.109~62914.203）×10^3ind/m^3之间，平均值为 5097.627×10^3ind/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（5.152~252.201）×10^3ind/m^3之间，平均值为 49.730×10^3ind/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（0~296.941）×10^3ind/m^3之间，平均值为 45.611×10^3ind/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 $Y\geqslant0.02$ 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 3611.779×10^3ind/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。

（2）秋季

①种类组成

本次调查共记录浮游植物 4 门 5 纲 12 目 24 科 146 种。硅藻门种类最多，共 14 科 103 种，占总种类数的 70.55%；甲藻门种类次之，出现 8 科 39 种，占总种类数的 26.71%；蓝藻门出现 1 科 3 种，占总种类数的 2.05%；金藻门出现 1 科 1

种，占总种类数的 0.68%。

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（171.977~3828.201）×10^3ind/m^3 之间，平均值为 780.099×10^3ind/m^3，最高个体数量出现在 SW01 站位，最低个体数量出现在 SW06 站位。

从门类来看，26 个调查站位中均采集到硅藻门，硅藻门个体数量范围在（140.763~3735.965）×10^3ind/m^3 之间，平均值为 728.698×10^3ind/m^3；硅藻门各站位个体数量的占比在 70.00%~98.58%之间，各站位占比平均值为 91.29%。蓝藻门个体数量范围在（8.515~134.065）×10^3ind/m^3 之间，平均值为 40.857×10^3ind/m^3；各站位个体数量百分比在 0.88%~22.44%之间，占比平均值为 6.70%；其他类群（包括金藻门和甲藻门）个体数量范围在（2.765~31.624）×10^3ind/m^3 之间，平均值为 10.544×10^3ind/m^3；各站位个体数量百分比在 0.54%~7.56%之间，占比平均值为 2.01%。

③优势种

以优势度 $Y \geqslant 0.02$ 为判断标准，本次调查浮游植物优势种共出现 10 种，分别为双环海链藻（*Thalassiosira diporocyclus*）、并基角毛藻（*Chaetoceros decipiens*）、劳氏角毛藻（*Chaetoceros lorenzianus*）、菱形海线藻（*Thalassionema nitzschioides*）、钟形中鼓藻（*Bellerochea horologicalis*）、红海束毛藻（*Trichodesmium erythraeum*）、角毛藻属（*Chaetoceros* sp.）、海链藻属（*Thalassiosira* sp.）、中华盒形藻（*Biddulphia sinensis*）和旋链角毛藻（*Chaetoceros curvisetus*），其中双环海链藻为第一优势种，优势度为 0.285，平均个体数量为 186.282×10^3ind/m^3，占各站位平均个体数量的 23.88%。

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 35~75 种。多样性指数范围在 0.921~4.855 之间，平均值为 3.914，多样性指数以 SW17 站位最高，SW01 站位最低；均匀度指数范围在 0.173~0.874 之间，平均值为 0.683，均匀度指数以 SW17 站位最高，SW01 站位最低；丰富度指数范围在 1.820~3.399 之间，平均值为 2.576，丰富度指数以 SW43 站位最高，SW08 站位最低。

3、浮游动物

（1）春季

①风电场区域

1）种类组成

本次调查共记录浮游动物 6 门 10 纲 16 目 36 科 84 种（包括浮游幼体 13 种）。分属 11 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、樱虾类和浮游幼体。其中，以桡足类最多，为 38 种，占总种类数的 45.24%；浮游幼体次之，出现 13 种，占总种类数的 15.48%；水母类出现 10 种，占总种类数的 11.90%；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（4.35~96.69）mg/m^3 之间，平均值为 44.62mg/m^3，其中 SW38 站位生物量最高，SW34 站位生物量最低；浮游动物个体数量变化范围在（11.860~482.653）ind/m^3 之间，平均值为 155.733ind/m^3，其中 SW39 站位个体数量最高，SW34 站位个体数量最低。从类群个体数量分布来看，本次调查浮游幼体平均个体数量最高，为 56.962ind/m^3，占比为 36.58%；其次是桡足类，平均个体数量为 51.594ind/m^3，占比为 33.13%。

3）优势种

以优势度 $Y \geqslant 0.02$ 为判断标准，本次调查浮游动物优势种共 13 种，分别为桡足幼体（Copepoda larvae）、长尾类幼虫（Macrura larva）、异体住囊虫（*Oikopleura dioica*）、异尾宽水蚤（*Temora discaudata*）、鸟喙尖头溞（*Penilia avirostris*）、羽长腹剑水蚤（*Oithona plumifera*）、针刺拟哲水蚤（*Paracalanus aculeatus*）、毛颚类幼体（Chaetognatha larva）、耳状幼虫（Auricularia larva）、长腕幼虫（Ophiopluteus larva）、拟细浅室水母（*Lensia subtiloides*）、微刺哲水蚤（*Canthocalanus pauper*）和小拟哲水蚤（*Paracalanus parvus*），其中桡足幼体为第一优势种，优势度为 0.123，平均个体数量为 18.667ind/m^3，占各站位平均个体数量的 11.99%，出现频率 100%。

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 17~38 种。浮游动物多样性指数变化范围在 2.284~4.533 之间，平均值为 3.840，其中 SW27 站位最高，SW26 站位最低；均匀度指数变化范围在 0.512~0.904 之间，平均值为 0.794，其中 SW42

站位最高，SW26 站位最低；丰富度指数范围在 2.204~4.670 之间，平均值为 2.993，丰富度指数以 SW41 站位最高，SW19 站位最低。

②送出海底电缆路由区域

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（29.80~165.84）mg/m^3 之间，平均值为 73.89mg/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（111.157~5904.241）ind/m^3 之间，平均值为 1123.394ind/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 422.505ind/m^3，占比为 37.61%；其次是浮游幼体，平均个体数量为 302.813ind/m^3，占比为 26.96%。

3）优势种

以优势度 $Y \geqslant 0.02$ 为判断标准，本次调查浮游动物优势种共 7 种。分别为鸟喙尖头溞（*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*），其中鸟喙尖头溞为第一优势种，优势度为 0.378，平均个体数量为 417.926ind/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。

（2）秋季

①种类组成

本次调查共记录浮游动物 6 门 9 纲 19 目 37 科 85 种（包括浮游幼体 13 种）。分属 13 个不同类群，即栉水母、水母类、被囊类、有尾类、腹足类、毛颚类、介形类、桡足类、端足类、糠虾类、磷虾类、十足类和浮游幼体。其中，以桡足类最多，为 42 种，占总种类数的 49.41%；浮游幼体次之，出现 13 种，占总种类数的 15.29%；水母类出现 7 种，占总种类数的 8.24%；其他类群出现种类较少。

②个体数量与生物量

26 个调查站位浮游动物生物量变化范围在（11.04~270.31）mg/m^3 之间，平均值为 83.24mg/m^3，其中 SW19 站位生物量最高，SW10 站位生物量最低；浮游动物个体数量变化范围在（14.791~305.041）ind/m^3 之间，平均值为 113.983ind/m^3，其中 SW19 站位个体数量最高，SW10 站位个体数量最低。从类群个体数量分布来看，本次调查浮游幼体平均个体数量最高，为 45.272ind/m^3，占比为 39.72%；其次是桡足类，平均个体数量为 43.708ind/m^3，占比为 38.35%。

③优势种

以优势度 $Y \geqslant 0.02$ 为判断标准，本次调查浮游动物优势种共 11 种。分别为桡足幼体（Copepoda larvae）、微刺哲水蚤（*Canthocalanus pauper*）、毛颚类幼体（Chaetognatha larva）、长尾类幼虫（Macrura larva）、亚强次真哲水蚤（*Subeucalanus subcrassus*）、异体住囊虫（*Oikopleura dioica*）、普通波水蚤（*Undinula vulgaris*）、齿形海萤（*Cypridina dentata*）、真刺水蚤属（*Euchaeta* sp.）、精致真刺水蚤（*Euchaeta concinna*）和针刺真浮萤（*Euconchoecia aculeata*），其中桡足幼体为第一优势种，优势度为 0.184，平均个体数量为 24.114ind/m^3，占各站位平均个体数量的 21.16%，出现频率 88.46%。

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 12~36 种。浮游动物多样性指数变化范围在 3.002~4.164 之间，平均值为 3.635，其中 SW16 站位最高，SW04 站位最低；均匀度指数变化范围在 0.678~0.902 之间，平均值为 0.783，其中 SW12 站位最高，SW42 站位最低；丰富度指数范围在 1.984~3.438 之间，平均值为 2.693，

丰富度指数以 SW11 站位最高，SW19 站位最低。

4、大型底栖生物

（1）春季

①风电场区域

1）种类组成

本次大型底栖生物调查共记录大型底栖生物 6 门 8 纲 24 目 48 科 62 种，分属 6 个不同类群，即环节动物、棘皮动物、节肢动物、软体动物、星虫动物和半索动物。其中环节动物种类数最多，为 25 种，占种类总数的 40.32%。

2）生物量和栖息密度

a、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（0.130~7.550）g/m^2 之间，平均生物量为 1.849g/m^2，其中 SW39 站位的生物量最高，SW43 站位生物量最低；栖息密度范围在（15.000~175.000）ind/m^2 之间，平均栖息密度为 58.929ind/m^2，其中 SW19 站位的栖息密度最高，SW24 和 SW27 站位栖息密度最低。

b、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 0.585g/m^2，占比为 31.62%；其次为节肢动物，平均生物量为 0.530g/m^2，占比为 28.68%，最低为星虫动物，平均生物量为 0.016g/m^2，占比为 0.87%。

节肢动物平均栖息密度最高，为 26.429ind/m^2，占比为 44.85%；其次为环节动物，平均栖息密度为 21.071ind/m^2，占比为 35.76%，最低为星虫动物和半索动物，平均栖息密度均为 0.714ind/m^2，占比均为 1.21%。

表 3.2.9-1 春季风电场区域大型底栖生物生物量分布（单位：g/m^2）（略）

表 3.2.9-2 春季风电场区域大型底栖生物栖息密度分布（单位：ind/m^2）（略）

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（*Callianassa joculatrix*）和拟特须虫（*Paralacydonia paradoxa*），其中蛛美人虾为第一优势种，其优势度为 0.026。

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 1.585～4.161 之间，平均值为 2.768，其中 SW19 站位最高，SW24 站位和 SW27 站位最低；均匀度指数变化范围在 0.916～1.000 之间，平均值为 0.969，其中 SW24 和 SW27 等站位最高，SW31 站位最低；丰富度指数范围在 1.262~3.899 之间，平均值为 2.140，丰富度指数以 SW19 站位最高，SW24 和 SW27 站位最低。

②送出海底电缆路由区域

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

a、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/m^2 之间，平均生物量为 5.606g/m^2，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/m^2 之间，平均栖息密度为 101.429ind/m^2，其中 SW19 站位的栖息密度最高，SW06 站位栖息密度最低。

b、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/m^2，占比为 41.73%；其次为节肢动物，平均生物量为 1.179g/m^2，占比为 21.03%，最低为刺胞动物，平均生物量为 0.007g/m^2，占比为 0.12%。

节肢动物平均栖息密度最高，为 45.000ind/m^2，占比为 44.37%；其次为环节动物，平均栖息密度为 31.071ind/m^2，占比为 30.63%，最低为脊索动物，平均栖息密度为 0.357ind/m^2，占比为 0.35%。

表 3.2.9-3 春季送出海底电缆路由区域大型底栖生物生物量分布（单位：g/m^2）（略）

表 3.2.9-4 春季送出海底电缆路由区域大型底栖生物栖息密度分布（单位：ind/m^2）（略）

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（*Callianassa joculatrix*）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。

（2）秋季

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 12 纲 24 目 55 科 90 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 47 种，占种类总数的 52.22%；节肢动物次之，出现 17 种，占种类总数的 18.89%。

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 26 个站位大型底栖生物的生物量范围在（0~29.575）g/m^2 之间，平均生物量为 4.362g/m^2，其中 SW43 站位的生物量最高，SW24 站位生物量最低；栖息密度范围在（0~115.000）ind/m^2 之间，平均栖息密度为 54.423ind/m^2，其中 SW38 站位的栖息密度最高，SW24 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环节动物平均生物量最高，平均生物量为 1.406g/m^2，占比为 32.24%；其次为脊索动物，平均生物量为 1.143g/m^2，占比为 26.20%，最低为刺胞动物，平均生物量为 0.017g/m^2，占比为 0.38%。

环节动物平均栖息密度最高，为 30.577ind/m^2，占比为 56.18%；其次为节肢动物，平均栖息密度为 10.962ind/m^2，占比为 20.14%，最低为刺胞动物、脊索动物和半索动物，平均栖息密度为 0.577ind/m^2，占比为 1.06%。

表 3.2.9-5 秋季大型底栖生物生物量分布（单位：g/m^2）（略）

表 3.2.9-6 秋季大型底栖生物栖息密度分布（单位：ind/m^2）（略）

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，分别为美人虾属（*Callianassa* sp.）和南海简锥虫（*Letioscoloplos nanhaiensis*），其中美人虾属为第一优势种，优势度为 0.033。

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 0~16 种，多样性指数变化范围在 0～3.725 之间，平均值为 2.731，其中 SW12 站位最高，SW42 站位最低；均匀度指数变化范围在 0.775～1.000 之间，平均值为 0.950，其中 SW13、SW19 等站位最高，SW39 站位最低；丰富度指数范围在 0.946~3.316 之间，平均值为 2.164，丰富度指数以 SW12 站位最高，SW35 站位最低。

5、潮间带生物

（1）春季

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。

表 3.2.9-7 春季潮间带各断面生物量和栖息密度分布（略）

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。

表 3.2.9-8 春季潮间带各站位生物量和栖息密度分布（略）

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 SWC01＞SWC02＞SWC03，栖息密度由高到低排序为 SWC01＞SWC02＞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 hexastylos*）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。

（2）秋季

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 SWC03 断面为沙滩断面，SWC02 断面为沙滩-岩石断面。本次潮间带生物定性定量调查，共记录潮间带生物 4 门 6 纲 15 目 22 科 30 种，其中包括软体动物 16 种、节肢动物 11 种、环节动物 2 种和纽形动物 1 种，分别占种类总数的 53.33%、36.67%、6.67%及 3.33%。

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 14.127g/m^2，平均栖息密度为 23.555ind/m^2。SWC02 断面的生物量最大，为 22.050g/m^2；SWC02 断面的栖息密度最大，为 53.535ind/m^2。

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

表 3.2.9-9 秋季潮间带各断面生物量和栖息密度分布（略）

③潮间带各站位生物量及栖息密度分布

3 个调查断面中，SWC02 断面的低潮带生物量最高，为 40.752g/m^2；其次是 SWC03 断面的低潮带，生物量为 25.728g/m^2；SWC01 断面的低潮带生物量为最低，为 0.036g/m^2。SWC02 断面低潮带的栖息密度最高，为 80.000ind/m^2；其次是 SWC02 断面的中潮带，栖息密度为 74.666ind/m^2；SWC01 断面的中潮带的栖息密度最低，为 2.667ind/m^2。

表 3.2.9-10 秋季潮间带各站位生物量和栖息密度分布（略）

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 SWC02＞SWC03＞SWC01，栖息密度由高到低排序为 SWC02＞SWC03＞SWC01。

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

⑤潮间带各断面优势种

以优势度指数 $Y \geqslant 0.02$ 为判断标准，本次调查区域潮间带生物优势种共有 6 种，分别为痕掌沙蟹（*Ocypode stimpsoni*）、六柱扁藤壶（*Platylepas hexastylos*）、粗糙拟滨螺（*Littoraria articulata*）、平轴螺（*Planaxis sulcatus*）、变化短齿蛤（*Brachidontes variabilis*）和韦氏毛带蟹（*Dotilla wichmanni*）。其中痕掌沙蟹为第一优势种，优势度为 0.130。

⑥潮间带生物多样性指数、均匀度指数及丰富度指数

本次调查海区潮间带生物多样性指数的变化范围在 0.722～3.288 之间，平均值为 2.204；均匀度指数的变化范围在 0.722～0.927 之间，平均值为 0.824；丰富度指数范围在 0.431~2.380 之间，平均值为 1.437。

3.2.10 电磁环境现状调查与评价

本节引用《深能汕尾红海湾六海上风电项目电磁辐射环境专题报告》（2023 年 12 月）和《汕尾红海湾三、四海上风电集中送出项目电磁辐射环境专题报告》（2023 年 12 月），于 2023 年 7 月和 2023 年 11 月在项目附近海域进行的电磁辐射环境现状调查数据。

3.2.10.1 调查概况

（1）风电场区域

2023 年 7 月 12 日和 2023 年 11 月 17 日在工程海域开展电磁辐射环境现状调查，各站点经纬度坐标详见表 3.2.10-1。调查站点详见图 3.2.10-1。

表 3.2.10-1 电磁辐射环境现状调查站位

监测点名称	经纬度		监测内容
F7	115°36′06.90″E	22°25′42.41″N	电磁辐射
F8	115°38′36.99″E	22°26′19.49″N	电磁辐射
F11	115°34′21.22″E	22°23′13.99″N	电磁辐射
F12	115°37′29.01″E	22°24′08.68″N	电磁辐射
F13	115°40′05.59″E	22°24′55.34″N	电磁辐射
F15	115°36′08.75″E	22°21′42.53″N	电磁辐射
F16	115°38′22.23″E	22°22′16.52″N	电磁辐射
F17	115°34′33.58″E	22°19′24.10″N	电磁辐射
F18	115°37′37.74″E	22°20′24.66″N	电磁辐射
F20（对照点）	115°31′08.87″E	22°20′27.52″N	电磁辐射
F26（对照点）	115°41′48.41″E	22°23′02.17″N	电磁辐射

（2）送出海底电缆区域

2023 年 7 月 12 日和 2023 年 11 月 17 日在工程海域开展电磁辐射环境现状调查，各站点经纬度坐标详见表 3.2.10-2。调查站点详见图 3.2.10-1。

表 3.2.10-2 电磁辐射环境现状调查站位

监测站位	经度（E）	纬度（N）	监测内容
F1	115°27′34.75″	22°25′22.87″	电磁辐射
F21	115°04′43.75″	22°43′47.09″	电磁辐射
F22	115°06′35.76″	22°38′38.80″	电磁辐射
F23	115°08′36.27″	22°33′39.93″	电磁辐射
F24	115°17′56.62″	22°22′57.07″	电磁辐射
F28	115°21′19.33″	22°23′49.13″	电磁辐射
F34	115°11′02.23″	22°28′56.27″	电磁辐射
F35	115°13′19.30″	22°24′29.27″	电磁辐射
F36	115°27′34.67″	22°23′35.81″	电磁辐射

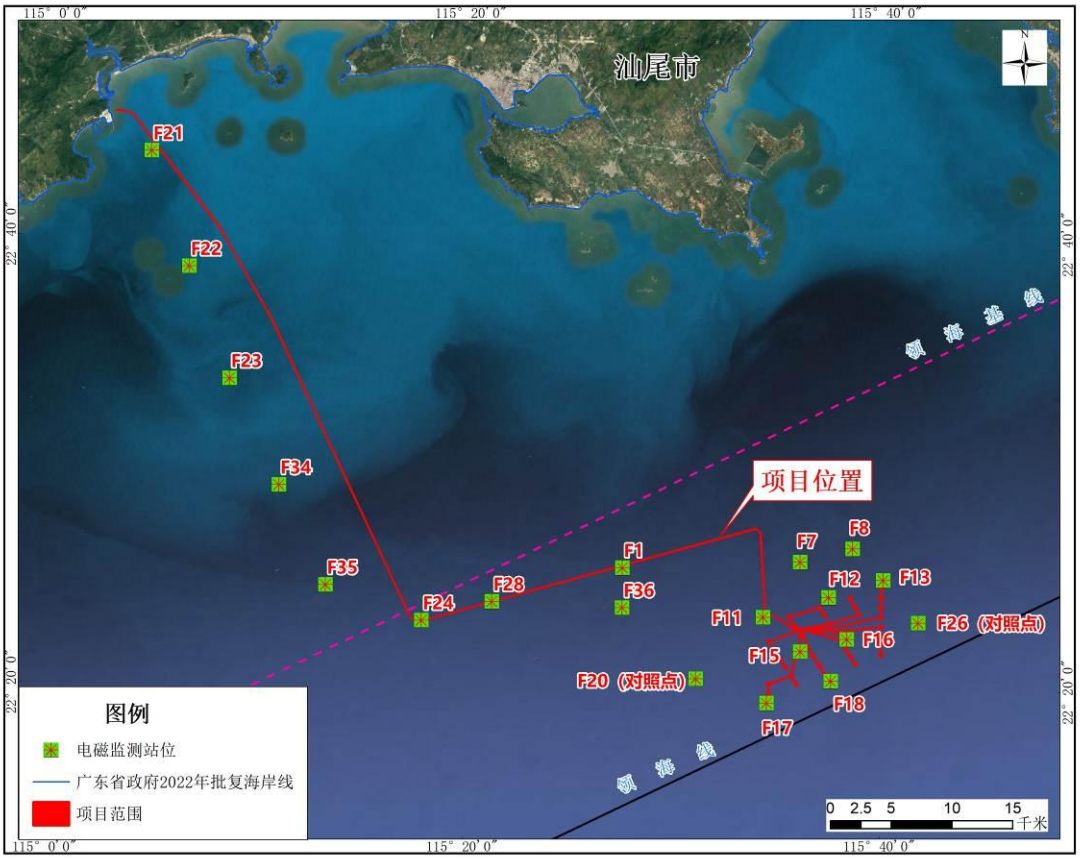


图 3.2.10-1 电磁监测站位示意图

3.2.10.2 调查内容

调查内容包括工频电场强度和工频磁场感应强度。

3.2.10.3 调查方法

工频电场和工频磁场测量方法按照《交流输变电工程电磁环境监测方法》（试行）（HJ 681-2013）标准进行。

3.2.10.4 调查结果

（1）风电场区域

2023 年 7 月 12 日调查点位工频电场强度介于（0.74~7.18）V/m 之间，工频磁感应强度介于（0.0158~0.0231）μT 之间；2023 年 11 月 17 日调查点位工频电场强度介于（0.18~0.3）V/m 之间，工频磁感应强度介于（0.0082~0.0141）μT 之间；经过两季调查，结果均满足《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）规定的限值标准要求（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 100μT）。

（2）送出海底电缆区域

2023 年 7 月 12 日调查点位工频电场强度介于（0.46~2.93）V/m 之间，工频磁感应强度介于（0.0119~0.0199）μT 之间；2023 年 11 月 17 日调查点位工频电场强度介于（0.08~2.22）V/m 之间，工频磁感应强度介于（0.007~0.0199）μT 之间；经过两季调查，结果均满足《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）规定的限值标准要求（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 100μT）。

表 3.2.10-3 风电场区域辐射检测结果（略）

表 3.2.10-4 送出海底电缆区域辐射检测结果（略）

3.2.11 噪声环境现状调查与评价

本节引用《深能汕尾红海湾六海上风电项目水上、水下噪声对海洋生物影响专题报告》（2024 年 3 月），于 2023 年 12 月和 2024 年 3 月在项目海域进行的水上、水下声环境质量数据。

3.2.11.1 调查概况

2023 年 12 月 5 日和 2024 年 3 月 21 日对项目海域的水上、水下声环境质量进行了现场调查。共设置 9 个噪声调查站位，详见图 3.2.11-1，各站位经纬度坐标见表 3.2.11-1。

表 3.2.11-1 水上、水下噪声调查站位坐标表

站位序号	站位经纬度	
1	22°24'56.89"N	115°40'06.75"E
2	22°23'01.77"N	115°42'11.31"E
3	22°21'14.36"N	115°40'05.76"E
4	22°22'50.93"N	115°38'13.95"E
5	22°21'15.54"N	115°36'15.93"E
6	22°19'26.03"N	115°34'32.80"E
7	22°20'49.26"N	115°32'18.91"E
8	22°23'21.63"N	115°34'34.46"E
9	22°25'20.48"N	115°36'21.46"E

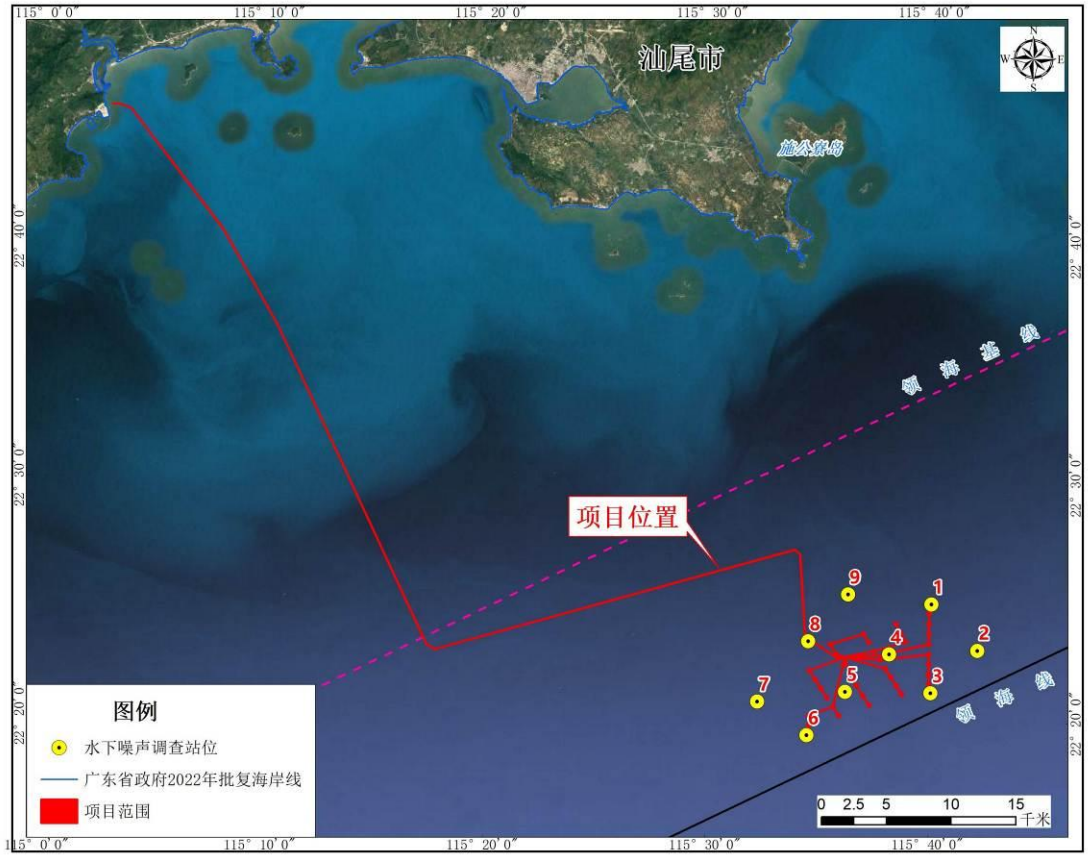


图 3.2.11-1 声环境调查站点布设示意图

3.2.11.2 调查内容

水上噪声测量的参数包括：最大声级 L_{max}、等效连续声级 L_{eq} 和累计百分数声级 LN，10Hz~20kHz 频率范围内的 1/3 倍频程的频带声压级分布。

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

3.2.11.3 调查结果

（1）水上噪声声级

①冬季

工程海域水上声环境调查结果见表 3.2.11-2。

项目海域水上环境等效噪声级（A 计权）主要分布在 49~71dB 之间，算术平均值为 62.7dB。最大声级（A 计权）的算术平均值为 101.6dB。在 20Hz~20kHz 的频率分布范围内，各频带噪声级（A 计权）的最大动态范围为 40dB。

②春季

工程海域水上声环境调查结果见表 3.2.11-3。

项目海域水上环境等效噪声级（A 计权）主要分布在（48~70）dB 之间，算术平均值为 60.9dB。最大声级（A 计权）的算术平均值为 102.5dB。在 20Hz~20kHz 的频率分布范围内，各频带噪声级（A 计权）的最大动态范围为 45dB。

表 3.2.11-2 冬季工程海域水上声环境质量调查结果（A 计权）（单位：dB/20uPa）（略）

表 3.2.11-3 春季工程海域水上声环境质量调查结果（A 计权）（单位：dB/20uPa）（略）

（2）水下噪声峰值声压级

①冬季

各站点设计的测量深度与对应的峰值声压级详见表 3.2.11-4。

表 3.2.11-4 冬季各站点设计的测量深度与对应的峰值声压级（略）

②春季

各站点设计的测量深度与对应的峰值声压级详见表 3.2.11-5。

表 3.2.11-5 春季各站点设计的测量深度与对应的峰值声压级（略）

（3）工程海域频带声压级和声压谱级

①冬季

声压谱级见表 3.2.11-6，频带声压级见表 3.2.11-7。

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 125.6dB，噪声谱级的总动态变化范围是 67dB，而在特定频率（如 100Hz）的噪声功率谱级的动态变化范围为 15dB。总体上，在 100Hz 以上的频率的噪声谱级在 100dB 以下；500Hz 以上频率的噪声谱级均在 90dB 以下；1kHz 以上频率的噪声谱级在 82dB 以下；而在 5kHz 以上频率，噪声谱级在 65dB 以下。

②春季

声压谱级见表 3.2.11-8，频带声压级见表 3.2.11-9。

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 127.5dB，噪声谱级的总动态变化范围是 80dB，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 105dB 以下；500Hz 以上频率的噪声谱级均在 98dB 以下；1kHz 以上频率的噪声谱级在 85dB 以下；而在 5kHz 以上频率，

噪声谱级在 68dB 以下。

表 3.2.11-6a 冬季工程海域水下噪声环境调查结果——声压谱级 单位：dB（re 1uPa$\sqrt{\text{Hz}}$）（略）

表 3.2.11-6b 冬季工程海域水下噪声环境调查结果——声压谱级 单位：dB（re 1uPa$\sqrt{\text{Hz}}$）（略）

表 3.2.11-7a 冬季工程海域水下噪声环境调查结果——频带声压级 单位：dB/1uPa（略）

表 3.2.11-7b 冬季工程海域水下噪声环境调查结果——频带声压级 单位：dB/1uPa（略）

表 3.2.11-8a 春季工程海域水下噪声环境调查结果——声压谱级 单位：dB（re 1uPa$\sqrt{\text{Hz}}$）（略）

表 3.2.11-8b 春季工程海域水下噪声环境调查结果——声压谱级 单位：dB（re 1uPa$\sqrt{\text{Hz}}$）（略）

表 3.2.11-9a 春季工程海域水下噪声环境调查结果——频带声压级 单位：dB/1uPa（略）

表 3.2.11-9b 春季工程海域水下噪声环境调查结果——频带声压级 单位：dB/1uPa（略）

3.2.12 鸟类资源

本节引自《深能汕尾红海湾六海上风电项目鸟类现状监测专题报告》（2024 年 1 月）和《汕尾红海湾三、四海上风电集中送出项目鸟类现状监测专题报告》（2024 年 6 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。

图 3.2.12-1a 鸟类调查范围和调查样线分布图（送出海底电缆区域）

图 3.2.12-1b 鸟类调查范围和调查样线分布图（风电场区域）

（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；监测海上风机对鸟类的影响，包括鸟撞情况和鸟类迁徙路线变化等。

（3）调查时间

冬季调查时间为 2023 年 2 月 26 日-2 月 28 日，春季调查时间为 2023 年 5 月 23 日-5 月 26 日，夏季调查时间为 2023 年 8 月 15 日-8 月 18 日，秋季调查时间为 2023 年 11 月 22 日-11 月 25 日。

（4）调查方法

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。海丰保护区内分布有多个鸟类集群休息场，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（2017）《中国鸟类分类与分布名录（第三版）》

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 区域鸟类概况分析

（1）鸟类种类特征

①风电场区域

本次四季度调查，在项目区域及周边共记录鸟类 99 种，隶属 14 目 31 科。优势类群包括鸻形目（CHARADRIIFORMES）（34 种）和雀形目（PASSERIFORMES）（28 种）。由于本次调查，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，广义的水鸟包括䴙䴘科（Podicipedidae）、鹭科（Ardeidae）、鸭科（Anatidae）、秧鸡科（Rallidae）、反嘴鹬科（Recurvirostridae）、鸻科（Charadriidae）、鹬科（Scolopacidae）、燕鸻科（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，水鸟有 60 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 39 种，迁徙鸟共 60 种，其中冬候鸟 38 种，迁徙过境鸟 8 种，夏候鸟 14 种，说明本区域是多种迁徙候鸟的越冬地和中途停歇地。

列入各类保护名录的珍稀濒危保护物种共有 43 种，其中属于广东省重点保护陆生野生动物的有 23 种，主要为鹳形目（CICONIIFORMES）和鸻形目鸟类；属于国家重点保护陆生动物的有 17 种，其中包括一级保护的东方白鹳（*Ciconia boyciana*）和黑脸琵鹭（*Platalea minor*）2 种，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*）、大滨鹬（*Calidris tenuirostris*）、阔嘴鹬（*Limicola falcinellus*）、大凤头燕鸥（*Thalasseus bergii*）、白琵鹭（*Platalea leucorodia*）、

岩鹭（*Egretta sacra*）、鹗（*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；列入国家保护动物红色名录近危及以上级别的有 9 种，包括属于濒危（EN）级别的东方白鹳和黑脸琵鹭 2 种、易危（VU）级别的大滨鹬和紫水鸡等 2 种，以及属于近危（NT）物种的大凤头燕鸥、白琵鹭、黑翅鸢和鹗等 4 种；列入 IUCN 红皮书近危以上级别的物种有 6 种，其中属于濒危（EN）级别的有大滨鹬、东方白鹳和黑脸琵鹭 3 种，其余 3 种为近危（NT）级别，包括黑尾塍鹬（*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 I 的有东方白鹳一种，列入附录 II 的有白琵鹭、鹗、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 51 种，中澳候鸟保护协定种类有 31 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送出海底电缆区域

本次四季度调查，在项目区域及周边共记录鸟类 48 种，隶属 9 目 19 科。优势类群包括鸻形目（CHARADRIIFORMES）（21 种）和雀形目（PASSERIFORMES）（13 种）。由于本次调查，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，广义的水鸟包括䴙䴘科（Podicipedidae）、鹭科（Ardeidae）、鸭科（Anatidae）、秧鸡科（Rallidae）、反嘴鹬科（Recurvirostridae）、鸻科（Charadriidae）、鹬科（Scolopacidae）、燕鸻科（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，水鸟有 32 种，其他 16 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 17 种，迁徙鸟共 38 种，其中冬候鸟 25 种，迁徙过境鸟 16 种，夏候鸟 11 种，说明本区域是多种迁徙候鸟的越冬地和中途停歇地。

列入各类保护名录的珍稀濒危保护物种共有 17 种，其中属于广东省重点保护陆生野生动物的有 13 种，主要为鹈形目（PELECANIFORMES）和鸻形目鸟类；属于国家重点保护陆生动物的有 4 种，其中包括二级保护的大凤头燕鸥（*Thalasseus bergii*）、岩鹭（*Egretta sacra*）、黑翅鸢（*Elanus caeruleus*）和白胸翡翠（*Halcyon smyrnensis*）和红隼（*Falco tinnunculus*）；列入国家保护动物红色名录近危（NT）级别的有 2 种，包括大凤头燕鸥和黑翅鸢；列入 IUCN 红皮书近危（NT）级别的物种有 2 种，其中包括黑尾塍鹬（*Limosa limosa*）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 的有黑翅鸢 1 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 26 种，中澳候鸟保护协定种类有 17 种。

以上统计中，除国家重点保护名录和 CITES 名录中有猛禽类物种以外，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

①风电场区域

数量方面，共记录鸟类 7880 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 18.9%和 18.8%。常见种有 17 种，包括有红嘴鸥（占调查总数量的 8.2%，下同）、反嘴鹬（*Recurvirostra avosetta*）（6.43%）、铁嘴沙鸻（*Charadrius leschenaultii*）（4.7%）、环颈鸻（*Charadrius alexandrinus*）（4.7%）、黑腹滨鹬（*Calidris alpina*）

（4.1%）、灰翅浮鸥（*Chlidonias hybrida*）（2.4%）、蒙古沙鸻（*Charadrius mongolus*）（2.4%）、黑翅长脚鹬（*Himantopus himantopus*）（2.0%）、苍鹭（*Ardea cinerea*）（2.0%）、家燕（*Hirundo rustica*）（1.5%）、泽鹬（*Tringa stagnatilis*）（1.4%）、青脚鹬（*Tringa nebularia*）（1.4%）、斑嘴鸭（*Anaszonorhyncha*）（1.3%）、红颈滨鹬（1.3%）、普通鸬鹚（*Phalacrocorax carbo*）（1.2%）、白额燕鸥（*Sternula albifrons*）（1.1%）、黑脸琵鹭（1.1%）。17 种常见种数量总占总调查数量的47.1%，和优势种合并则两者共 19 个物种占调查总数量的 84.8%，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 1.44%。

表 3.2.12-1 调查区域水鸟种群数量与全球种群 1%数量对比（略）

②送出海底电缆区域

数量方面，共记录鸟类 3521 只次，其中数量超过 10%的优势种有 4 种，分别为白鹭（*Egretta garzetta*）、大白鹭（*Ardea alba*）、反嘴鹬（*Recurvirostra avosetta*）和红嘴鸥（*Chroicocephalus ridibundus*），数量分别占总数量的 25.2%、17.1%、11.5%和 10.9%。常见种有 11 种，包括有环颈鸻（*Charadrius alexandrinus*）（占调查总数量的 4.5%，下同）、铁嘴沙鸻（*Charadrius leschenaultii*）（4.5%）、泽鹬（*Tringa stagnatilis*）（2.8%）、黑腹滨鹬（*Calidris alpina*）（2.8%）、灰翅浮鸥（*Chlidonias hybrida*）（2.7%）、蒙古沙鸻（*Charadrius mongolus*）（2.3%）、苍鹭（*Ardea cinerea*）（2.0%）、黑翅长脚鹬（*Himantopus himantopus*）（1.6%）、青脚鹬（*Tringa nebularia*）（1.5%）、红颈滨鹬（1.4%）和普通鸬鹚（*Phalacrocora*

xcarbo）（1.4%）。11 种常见种数量总占总调查数量的 27.5%，和优势种合并则两者共 15 个物种占调查总数量的 92.2%，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暂无超过全球种群数量1%以上的物种。

表 3.2.12-2 调查区域水鸟种群数量与全球种群 1%数量对比（略）

3.2.12.3 季节调查概况

（1）冬季调查（2023 年 2 月）总体情况

①风电场区域

2023 年 2 月为冬季调查，本次调查共记录鸟类 64 种，隶属 13 目 27 科。优势类群为鸻形目 20 种。水鸟共有 42 种，陆鸟 22 种。数量上，共记录 3032 只次，优势种为红嘴鸥、反嘴鹬和白鹭，数量分别占该月调查总数量的 13.2%、12.7%和 10.8%。常见种有 17 种，包括有黑腹滨鹬、大白鹭、环颈鸻、苍鹭、铁嘴沙鸻、蒙古沙鸻、泽鹬、黑翅长脚鹬、红颈滨鹬、黑脸琵鹭、红嘴巨燕鸥、青脚鹬、针尾鸭、三趾滨鹬、琵嘴鸭、普通鸬鹚、斑嘴鸭，以上常见种共占当季调查数量的 52.7%，与三种优势种合计共占调查数量的 89.4%。以上数量较多的种类均为水鸟，说明调查范围内的鸟类组成以水鸟为主。

居留型方面，冬候鸟和留鸟的种类较多，分别有 29 和 26 种，迁徙过境鸟有 5 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 62.6%和 23.7%，过境迁徙鸟占 9.7%，夏候鸟数量较少占 3.8%。

列入各类保护名录的珍稀濒危保护物种共有 25 种，其中属于广东省重点保护陆生野生动物的有 17 种，包括黑水鸡、黑翅长脚鹬、反嘴鹬、红嘴鸥、红嘴巨燕鸥、普通燕鸥、灰翅浮鸥、夜鹭、池鹭、苍鹭、大白鹭、中白鹭、白鹭和斑鱼狗；国家重点保护动物有 10 种，其中一级保护有两种，分别为东方白鹳和黑脸琵鹭，二级保护有 8 种，分别为褐翅鸦鹃、紫水鸡、大滨鹬、白琵鹭、岩鹭、鹗、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 6 种，其中东方白鹳和黑脸琵鹭属于濒危（EN）级别，紫水鸡和大滨鹬属于易危（VU）级别，白琵鹭和鹗属于近危（NT）级别；属于 IUCN 红皮书近危以上级别的鸟类有 4 种，其中大滨鹬、东方白鹳和黑脸琵鹭属于濒危（EN）级别，红颈滨鹬属于近危（NT）级别；列入 CITES 附录的物种有 4 种，其中东方白鹳属于附录 I，白琵鹭、鹗和普通鵟属于附录 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 33 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。

②送出海底电缆区域

2023 年 2 月为冬季调查，本次调查共记录鸟类 26 种，隶属 3 目 10 科。优势类群为鸻形目 15 种。水鸟共有 19 种，陆鸟 7 种。数量上，共记录 1285 只次，优势种为红嘴鸥和反嘴鹬，数量分别占该月调查总数量的 25.3%和 19.1%。常见种有 13 种，包括有白鹭、泽鹬、黑腹滨鹬、大白鹭、环颈鸻、苍鹭、黑翅长脚鹬、蒙古沙鸻、铁嘴沙鸻、红颈滨鹬、三趾滨鹬、灰翅浮鸥和青脚鹬，以上常见种共占当季调查数量的 52.3%，与两种优势种合计共占调查数量的 96.7%。以上数量较多的种类均为水鸟，说明调查范围内的鸟类组成以水鸟为主。

居留型方面，冬候鸟和迁徙过境鸟的种类较多，分别有 17 和 10 种，留鸟有 7 种，夏候鸟为 2 种，其中部分种类在本地区有多个居留型的种群。数量上以冬候鸟和迁徙过境鸟数量占优，分别占总数量的 86.1%和 30.7%，留鸟占 14.9%，夏候鸟数量较少，占 5.0%。

列入各类保护名录的珍稀濒危保护物种共有 8 种，其中属于广东省重点保护陆生野生动物的有 8 种，包括黑翅长脚鹬、反嘴鹬、红嘴鸥、灰翅浮鸥、池鹭、苍鹭、大白鹭和白鹭；属于 IUCN 红皮书近危（NT）级别的鸟类有红颈滨鹬 1 种；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 18 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 11 种。

（2）春季调查（2023 年 5 月）总体情况

①风电场区域

2023 年 5 月为春季调查，本次调查共记录鸟类 52 种，隶属 11 目 23 科。优势类群包括鸻形目 16 种。水鸟共有 32 种，陆鸟 20 种。数量上，共记录 1666 只次，优势种为大白鹭和白鹭，数量分别占该月调查总数量的 30.8%和 29.2%。常见种有 9 种，包括有灰翅浮鸥、白额燕鸥、黑枕燕鸥、斑嘴鸭、铁嘴沙鸻、环颈鸻、褐翅燕鸥、蒙古沙鸻、青脚鹬，以上 9 种共占当季调查数量的 29.1%，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 10 种，迁徙过境鸟有 6 种，其中部分种类在本地区有多个居留型的种群。数量上以留鸟数量占优，总数量的 65.4%，其次为夏候鸟，占总数量的 13.3%，迁徙过境鸟占总数量的 12.1%，冬候鸟数量较少，占 9.2%。符合本次调查在春末，已有较多夏季鸟类繁殖的特征。

列入各类保护名录的珍稀濒危保护物种共有 23 种，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、白额燕鸥、褐翅燕鸥、粉红燕鸥、黑枕燕鸥、灰翅浮鸥、黄斑苇鳽、夜鹭、绿鹭、池鹭、牛背鹭、苍鹭、大白鹭和白鹭；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、鹗、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，鹗和黑翅鸢属于近危（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 2 种，为鹗和黑翅鸢，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 25 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。

②送出海底电缆区域

2023 年 5 月为春季调查，本次调查共记录鸟类 18 种，隶属 7 目 10 科。优势类群包括鸻形目 7 种。水鸟共有 12 种，陆鸟 6 种。数量上，共记录 820 只次，

优势种为大白鹭和白鹭，数量分别占该月调查总数量的 45.1%和 25.7%。常见种有 8 种，包括有铁嘴沙鸻、斑嘴鸭、环颈鸻、灰翅浮鸥、黑枕燕鸥、青脚鹬、蒙古沙鸻、褐翅燕鸥，以上 8 种共占当季调查数量的 26.7%，与优势种合计共占总数量的 97.6%。优势种数量占比较大。

居留型方面，冬候鸟和迁徙过境鸟的种类较多，均为 7 种，留鸟和夏候鸟各有 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占优，总数量的 82.4%，其次为留鸟，占总数量的 72.0%，迁徙过境鸟占总数量的 60.9%，夏候鸟数量较少，占 6.1%。符合本次调查在春末，已有较多夏季鸟类繁殖的特征。

列入各类保护名录的珍稀濒危保护物种共有 9 种，其中属于广东省重点保护陆生野生动物的有 6 种，包括褐翅燕鸥、黑枕燕鸥、灰翅浮鸥、夜鹭、大白鹭和白鹭；国家重点保护动物有 3 种，均为二级保护，分别为岩鹭、黑翅鸢和白胸翡翠；列入国家保护动物红色名录近危（NT）级别的有黑翅鸢 1 种；列入 CITES 附录的物种有黑翅鸢 1 种，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 9 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 7 种。

（3）夏季调查（2023 年 8 月）总体情况

①风电场区域

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 10 种、7 种和 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 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。

列入各类保护名录的珍稀濒危保护物种共有 21 种，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、中杓鹬、白额燕鸥、褐翅燕鸥、粉红燕鸥、黑枕燕鸥、灰翅浮鸥、黄斑苇鳽、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，分别为褐翅鸦鹃、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送出海底电缆区域

2023 年 8 月为夏季调查，本次调查共记录鸟类 16 种，隶属 5 目 9 科。优势类群包括鸻形目 7 种，其次为鹅形目 4 种。水鸟共有 12 种，陆鸟 4 种。数量上，共记录 655 只次，优势种为大白鹭和白鹭，数量分别占该月调查总数量的 55.6%和 31.8%。常见种有 4 种，包括有灰翅浮鸥、环颈鸻、铁嘴沙鸻、褐翅燕鸥，以上 4 种共占当季调查数量的 9.5%，与优势种合计共占总数量的 96.8%。优势种数量占相当大。

居留型方面，留鸟和迁徙过境鸟的种类较多，均有 8 种，夏候鸟和冬候鸟分别有 4 种和 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占优，占总数量的 90.8%，其次为留鸟，占总数量的 89.6%，迁徙过境鸟占总数量的 64.6%，夏候鸟数量较少，占 2.9%。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。

列入各类保护名录的珍稀濒危保护物种共有 8 种，其中属于广东省重点保护陆生野生动物的有 5 种，包括褐翅燕鸥、灰翅浮鸥、夜鹭、大白鹭和白鹭；国家重点保护动物有 3 种，均为二级保护，分别为大凤头燕鸥、岩鹭和黑翅鸢；列入国家保护动物红色名录近危（NT）级别的有 2 种，大凤头燕鸥和黑翅鸢；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 7 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 7 种。

（4）秋季调查（2023 年 11 月）总体情况

①风电场区域

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，和鸻形目 19 种。水鸟共有 40 种，陆鸟 27 种。数量上，共记录 2045 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%、13.0%和 12.0%。常见种有 15 种，包括有铁嘴沙鸻、环颈鸻、反嘴鹬、蒙古沙鸻、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 86.0%。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 24 种，夏候鸟和迁徙过境鸟分别有 7 种和 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 40.0%，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 6.2%。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。

列入各类保护名录的珍稀濒危保护物种共有 29 种，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、黄斑苇鳽、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。

②送出海底电缆区域

2023 年 11 月为秋季调查，本次调查共记录鸟类 30 种，隶属 5 目 14 科。优势类群包括鸻形目 14 种，和雀形目 9 种。水鸟共有 20 种，陆鸟 10 种。数量上，共记录 761 只次，优势种为红嘴鸥、白鹭和反嘴鹬，数量分别占该月调查总数量的 18.4%、11.3%和 10.5%。常见种有 14 种，包括有大白鹭、铁嘴沙鸻、环颈鸻、普通鸬鹚、蒙古沙鸻、黑尾塍鹬、灰翅浮鸥、泽鹬、红颈滨鹬、黑腹滨鹬、灰鸻、苍鹭、青脚鹬和八哥，以上 15 种共占当季调查数量的 55.2%，与优势种合计共占总数量的 95.4%。以上数量较多的种类中仅八哥不是水鸟，说明水鸟数量占优。

居留型方面，冬候鸟的种类较多，有 16 种，其次为留鸟和迁徙过境鸟，均有 11 种，夏候鸟有 3 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 74.6%，其次为迁徙过境鸟，占 41.0%，留鸟占总数量的 24.7%，夏候鸟数量较少，占 1.4%。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。

列入各类保护名录的珍稀濒危保护物种共有 9 种，其中属于广东省重点保护陆生野生动物的有 9 种，包括反嘴鹬、红嘴鸥、黑尾鸥、灰翅浮鸥、池鹭、牛背鹭、苍鹭、大白鹭和白鹭；属于 IUCN 红皮书近危（NT）级别的有 2 种，黑尾塍鹬和红颈滨鹬；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 16 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 13 种。

3.2.12.4 海域鸟类现状

（1）风电场区域

风电场所在区域以及周边 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 15 种，共 686 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 31.8%，其次为灰翅浮鸥，占总数量的 13.6%，数量较多的还有黑枕燕鸥、红嘴巨燕鸥、褐翅燕鸥、普通鸬鹚、白鹭和普通燕鸥，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，而黑枕燕鸥则多在离岸较远海面被记录到，沿海上调查样线零星分布。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、大凤头燕鸥和鹞三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。

（2）送出海底电缆区域

输电线路所在区域以及周边 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。在海域中共发现鸟类 2 目 2 科 8 种，共 201 只次，其中多数个体在离岸（2-5）km 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 42.3%，其次为灰翅浮鸥，占总数量的 23.9%，褐翅燕鸥排第三，占总数量的 12.9%，数量较多的还有黑枕燕鸥，占海面调查总数量的 10.9%。其中红嘴鸥多分布在离岸较近的海面，而黑枕燕鸥则多在离岸较远海面被记录到，沿海上调查样线零星分布。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。白鹭和岩鹭等体型较大的鹭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（5-30）m，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，有岩鹭和大凤头燕鸥两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。

3.2.12.5 沿岸鸟类现状

（1）风电场区域

和海上调查相比，沿岸鸟类在物种和数量上均远高于海上风电场场区及周边海域。本调查共记录种类 14 目 31 科 91 种，数量 7194 只次，占本项目调查总数量的 91.3%。其中又可分为滩涂和近岸陆域两类区域，滩涂记录鸟类 7 目 12 科 34 种，但记录数量却占总调查数量的 61.8%，陆域（包括养殖塘）记录鸟类 12 目 28 科 75 种，但记录数量却仅占总调查数量的 29.5%，反映出虽然陆域鸟类种类较丰富，但滩涂鸟类数量占优，也表明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、大白鹭，滩涂上分布较多的还有反嘴鹬、红嘴鸥和铁嘴沙鸻等。

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 15 种，其中一级保护有两种，分别为东方白鹳和黑脸琵鹭，二级保护有 13 种，分别为褐翅鸦鹃、小鸦鹃、紫水鸡、翻石鹬、大滨鹬、阔嘴鹬、白琵鹭、黑翅鸢、鹗、黑鸢、普通鵟、白胸翡翠和红隼，其中翻石鹬、大滨鹬和鹗只在滩涂有记录，仅白胸翡翠在两类沿岸生境中均有记录；列入国家保护动物红色名录近危以上级别的有 7 种，其中东方白鹳和黑脸琵鹭属于濒危（EN）级别，紫水鸡和大滨鹬属于易危（VU）级别，白琵鹭、鹗和黑翅鸢属于近危（NT）级别；属于 IUCN 红皮书近危以上级别的有 6 种，其中大滨鹬、东方白鹳和黑脸琵鹭属于濒危（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 7 种，其中东方白鹳被列入附录 I，白琵鹭、鹗、黑鸢、黑翅鸢、普通鵟和红隼被列入附录 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 47 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 26 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，其次为高螺村附近的大湖片区，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在广东省冬季同步调查记录中占绝对优势，是广东沿海最重要的黑脸琵鹭越冬地。

（2）送出海底电缆区域

和海上调查相比，沿岸鸟类在物种和数量上均远高于周边海域。本调查共记录种类 9 目 19 科 43 种，数量 3320 只次，占本项目调查总数量的 94.3%。其中又可分为滩涂和近岸陆域两类区域，滩涂记录鸟类 4 目 7 科 23 种，但记录数量却占总调查数量的 78.5%，陆域（包括养殖塘）记录鸟类 7 目 16 科 27 种，但记录数量却仅占总调查数量的 15.8%，反映出虽然陆域鸟类种类较丰富，但滩涂鸟类数量占优，反映出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、大白鹭，滩涂上分布较多的还有反嘴鹬和红嘴鸥等。

在保护物种方面，属于广东省重点保护陆生野生动物的有 10 种；国家重点保护动物有 2 种，白胸翡翠和黑翅鸢，均为二级保护；列入国家保护动物红色名录近危（NT）级别的有黑翅鸢 1 种；属于 IUCN 红皮书近危（NT）级别的有 2 种，黑尾塍鹬和红颈滨鹬；列入 CITES 附录的物种有黑翅鸢 1 种，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 24 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 14 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，分布有多种国家重点保护鸟类，其中黑脸琵鹭的数量在广东省冬季同步调查记录中占绝对优势，是广东沿海最重要的黑脸琵鹭越冬地。

3.2.12.6 受影响类群及代表性物种分析

（1）风电场区域

在广东沿海地区，迁徙鸟类以水鸟为主，其中大部分为候鸟，尤其是种类最多的鸻鹬类，主要以沿海滩涂生境为主要栖息地，而本项目的登陆点陆域区域主要为岩质海岸，因此鸻鹬类不会长时间停留在本项目场址相关区域，仅在海面迁飞过程中可能经过风机所在场址（张孚允和杨若莉，1997）。鹭科鸟类是会利用岩岸及近岸海面作为栖息觅食的类型，其中岩鹭作为海岛岩岸生境的特有种类，是最有可能受到影响的种类。鸥类、燕鸥类和海洋性鸟类是利用海面较多的水鸟类群，其中鸥类、燕鸥类多于浅海区域或近岸滩涂活动，但有时会跟随渔船在海面集群觅食，然而随着风电场的建成鱼类分布发生改变，渔船也不会驶入场址，鸥类与风机发生碰撞的几率也随之降低。海洋性鸟类，如军舰鸟、鲣鸟等，会在海面梭巡，但一般不会集大群，且数量较少。此外，鹞和普通鵟等猛禽也发现常于海面上空盘旋。但大多数时间猛禽的飞行高度远高于风机运行高度，仅觅食时会靠近海面，当风电场建成后鱼类分布发生改变，其靠近场址的几率也会下降。

（2）送出海底电缆区域

在广东沿海地区，迁徙鸟类以水鸟为主，其中大部分为候鸟，尤其是种类最多的鸻鹬类，主要以沿海滩涂生境为主要栖息地，而本项目的登陆点陆域区域有部分礁石，泥质滩涂较少，在该区域活动的鸻鹬类主要为鸻类，且数量较少。鹭科鸟类是会利用岩岸及近岸海面作为栖息觅食的类型，其中岩鹭作为海岛岩岸生境的特有种类。鸥类、燕鸥类和海洋性鸟类是利用海面较多的水鸟类群，其中鸥类、燕鸥类多于浅海区域或近岸滩涂活动，但有时会跟随渔船在海面集群觅食。海洋性鸟类，如军舰鸟、鲣鸟等，会在海面梭巡，但一般不会集大群，且数量较

少。此外，鹢和普通鵟等猛禽也发现常于海面上空盘旋。以上在海域活动的种类在施工期可能会回避海缆所在区域，但在施工结束后影响将会消除。

3.2.13 自然保护区

项目论证范围内自然保护区有 2 个，分别是汕尾市碣石湾海马资源市级自然保护区和深圳深汕九龙湾海洋生态市级自然保护区。

（1）汕尾市碣石湾海马资源市级自然保护区

该保护区位于本项目东侧 3.4km 处。汕尾市碣石湾海马资源市级自然保护区位于陆丰市碣石镇对开海域，其保护对象为三斑海马、日本海马和克氏海马等及其栖息环境。

（2）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 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、鲳鱼、鳗鲡、锯缘青蟹，以及虾、贝类等重要经济种类及其产卵场和孵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 1.6km。

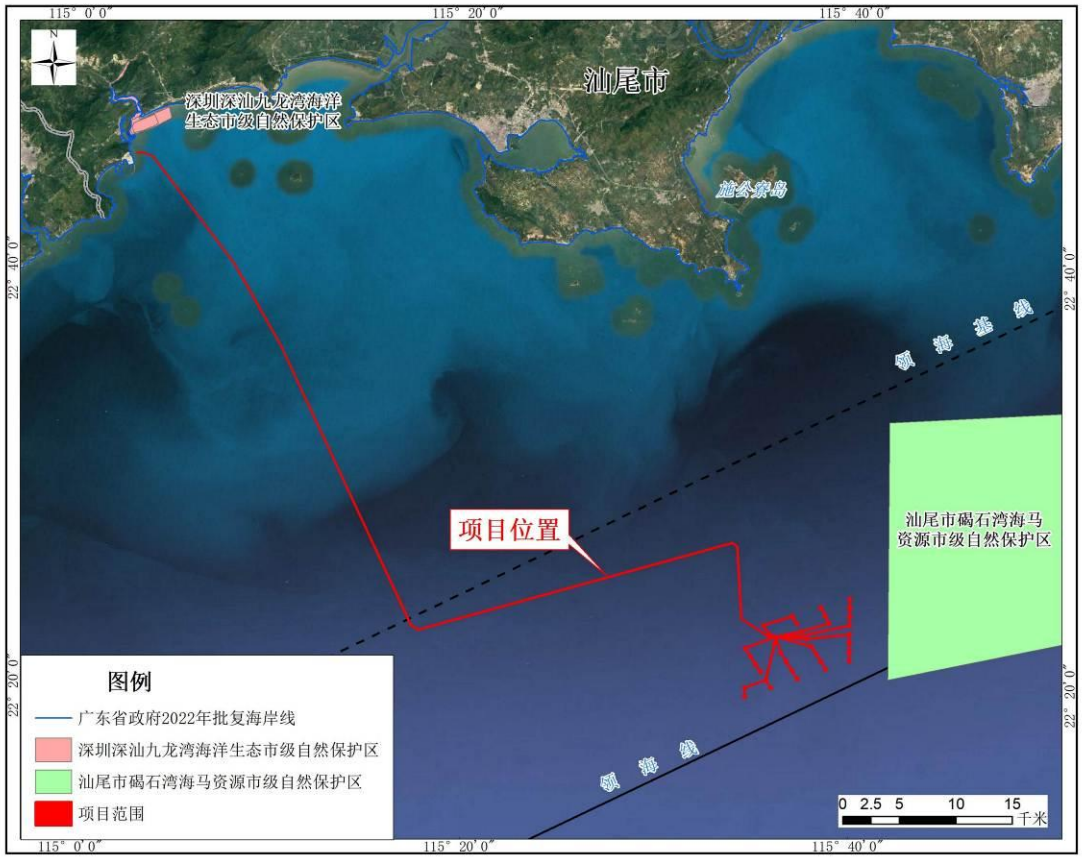


图 3.2.13-1 项目论证范围内自然保护区位置示意图

3.2.14 典型生态系统

3.2.14.1 红树林资源

本项目登陆点北侧 1.2km 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。因此本项目不进行现状调查，仅进行大范围遥感调查。

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。结合遥感调查，本项目论证范围内现状红树林约 3.55 公顷，详见图 3.2.14-1，红树林现状航拍照片详见图 3.2.14-2。

图 3.2.14-1 项目周边现状红树林

图 3.2.14-2 红树林现状照片

3.2.14.2 珊瑚群落

本节引用《深汕特别合作区小漠国际物流港防波堤一期工程环境影响报告书》（2024 年 1 月）的相关内容。

调查发现，深汕合作区石珊瑚分布面积共 0.3824km^2，主要分布在乌山沿岸、江牡岛和芒屿岛东面海域，鸡心石也有少量分布（图 3.2.14-3）。其中乌山沿岸珊瑚群落分布面积 0.2202km^2，江牡岛珊瑚群落分布面积 0.0699km^2，芒屿岛珊瑚群落分布面积为 0.0686km^2，鸡心石珊瑚群落分布面积 0.0237km^2。深汕合作区珊瑚群落最远分布在离岸 0.23km 处，水深 0~8.1m 范围内。与本项目距离最近的珊瑚礁为西侧 4.3km 处。

图 3.2.14-3 珊瑚群落分布图（略）

经初步鉴定，深汕合作区海域共发现了 16 种珊瑚，其中 15 种石珊瑚，1 种软珊瑚。15 种石珊瑚分别属于 7 科 13 属，包括鹿角珊瑚科、滨珊瑚科、木珊瑚科、沙珊瑚科、筛珊瑚科、裸肋珊瑚科和同星珊瑚科，其中裸肋珊瑚科种类最多，有 4 属 5 种，鹿角珊瑚科、滨珊瑚科和木珊瑚科分别有 2 个属，其他科仅 1 个属。

乌山沿岸海域珊瑚主要以滨珊瑚科、裸肋珊瑚科以及同星珊瑚科为主，少量鹿角珊瑚科、沙珊瑚科、木珊瑚科及筛珊瑚科；江牡岛珊瑚主要以滨珊瑚科和裸肋珊瑚科为主，也有一定量同星珊瑚科、山珊瑚科、鹿角珊瑚科和木珊瑚科；芒屿岛东部海域多为滨珊瑚科，少量裸肋珊瑚科和木珊瑚科珊瑚；鸡心石多为滨珊瑚科、裸肋珊瑚科及木珊瑚科珊瑚。

表 3.2.14-1 深汕合作区海域珊瑚种类（略）

图 3.2.14-4 深汕合作区珊瑚种类（略）

（a, 蔷薇珊瑚(*Montipora* sp.)；b, 盾形陀螺珊瑚(*Turbinaria peltate*)；c, 小角刺柄珊瑚(*Hydnophora microconos*)；d, 刺星珊瑚(*Cyphastrea* sp.)；e, 海洋盘星珊瑚(*Dipsastraea maritima*)；f, 盘星珊瑚(*Dipsastraea* sp.)； g, 角蜂巢珊瑚(*Favites* sp.)；h, 多孔同星珊瑚(*Plesiastrea versipora*)；i, 穴孔珊瑚(*Alveopora* sp.)；j, 角孔珊瑚未定种 1*(Goniopora* sp1)；k, 角孔珊瑚未定种 2 (*Goniopora* sp2)；l, 滨珊瑚(*Porites* sp.)；m, 沙珊瑚(*Psammocora* sp.)；n, 吞噬筛珊瑚(*Coscinaraea exesa*)；o, 猩红筒星珊瑚(*Tubastraea coccinea*)；p, 软珊瑚）。

3.2.15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 头蠵龟的洄游路线卫星追踪情况进行分析，可知本项目所在海域存在海龟活动的历史追踪数据。

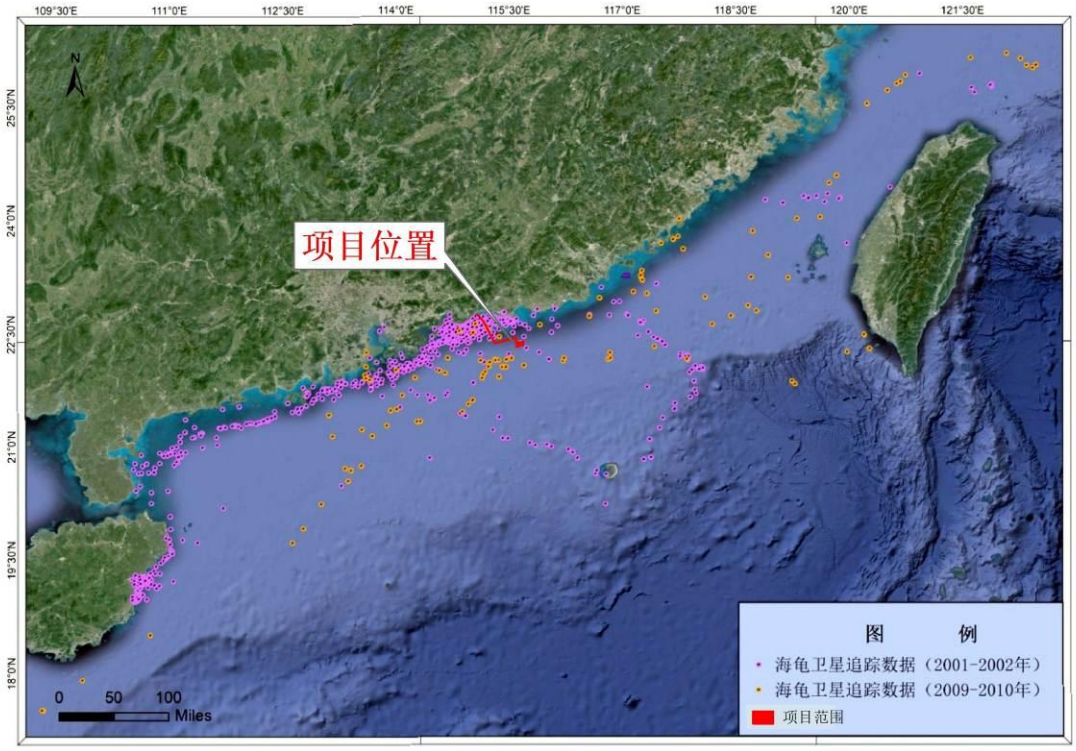


图 3.2.15-1 中国大陆海龟洄游路线卫星追踪图（2001-2010 年）

（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、萤虾、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。淡水枝角类等也可为食，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、2024 年 11 月海洋环境现状调查结果中未发现以上珍稀海洋生物。

3.2.16“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，见图 3.2.16-1。

（2）南海底层、近底层鱼类产卵场

本项目不位于南海底层、近底层鱼类产卵场内，见图 3.2.16-2。

（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 40 米等深线、17 个基点连线以内水域，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（图 3.2.16-3）。

（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。如图 3.2.16-4，本项目送出海缆穿越南海区幼鱼、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。本项目送出海缆穿越黄花鱼幼鱼保护区内（详见图 3.2.16-4）。

（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。本项目送出海缆穿越蓝圆鲹、金色小沙丁鱼幼鱼保护区内（详见图 3.2.16-4）。

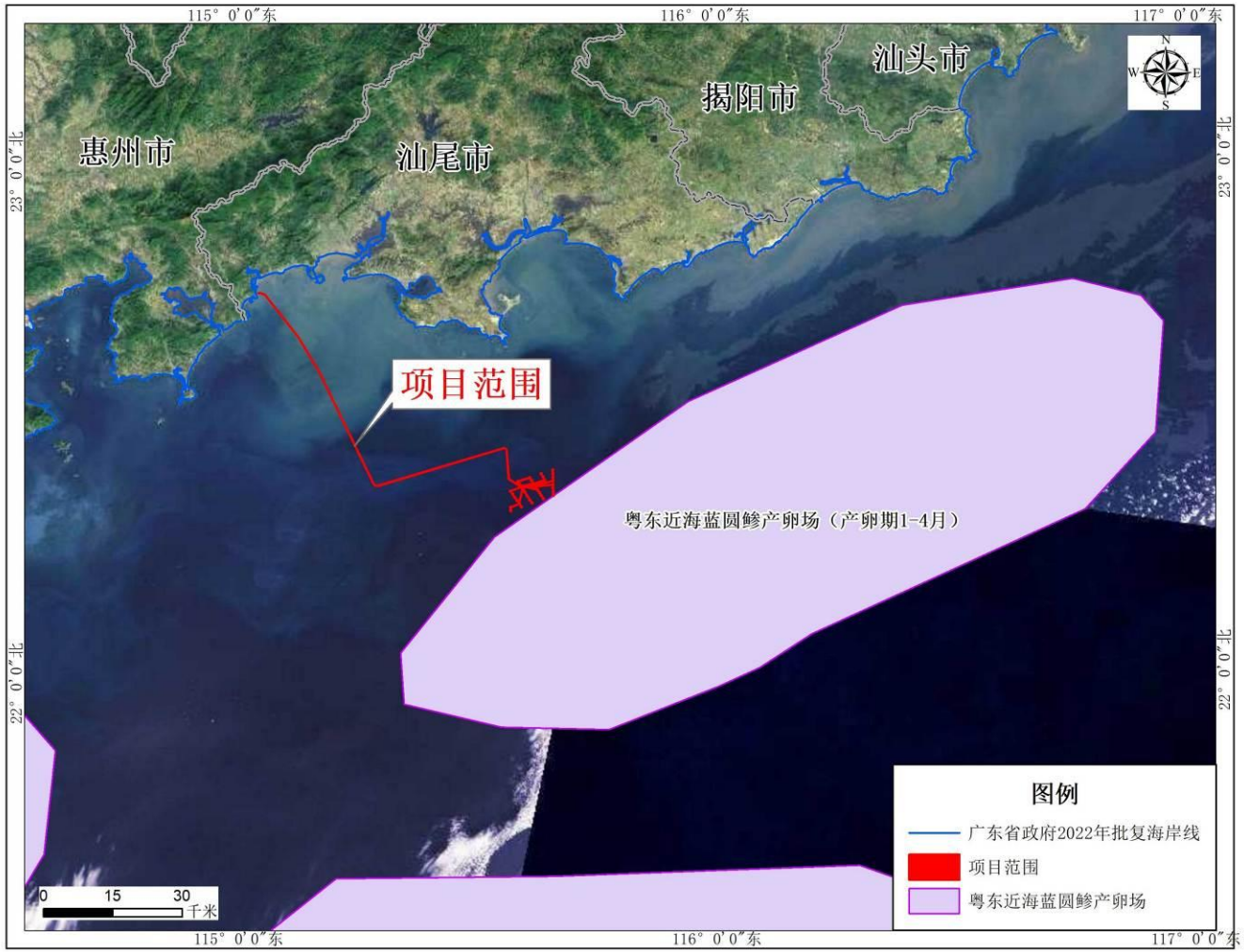


图 3.2.16-1 粤东近海区蓝圆鲹产卵场示意图

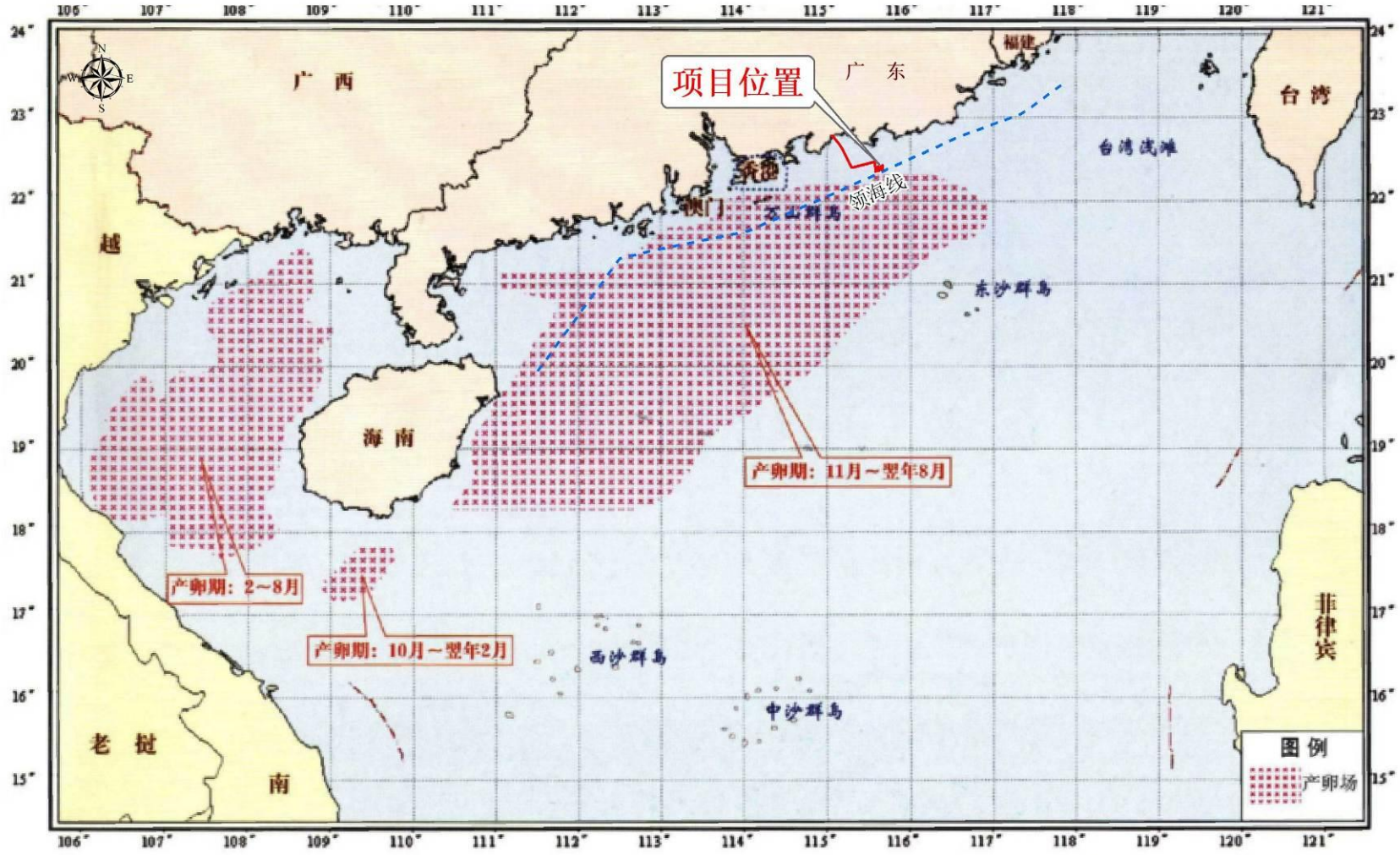


图 3.2.16-2 南海底层、近底层鱼类产卵场示意图

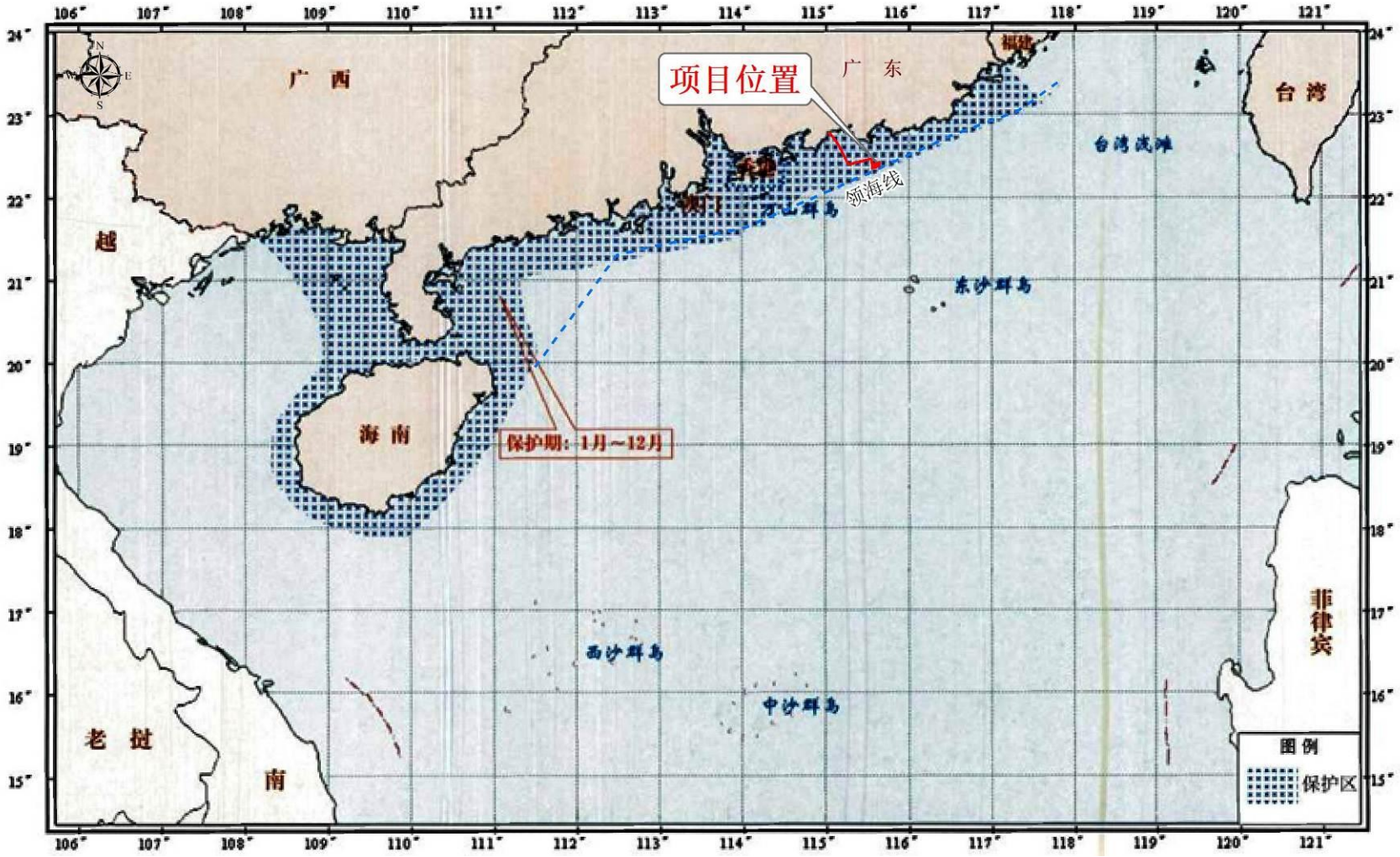


图 3.2.16-3 南海北部幼鱼繁育场保护区范围示意图

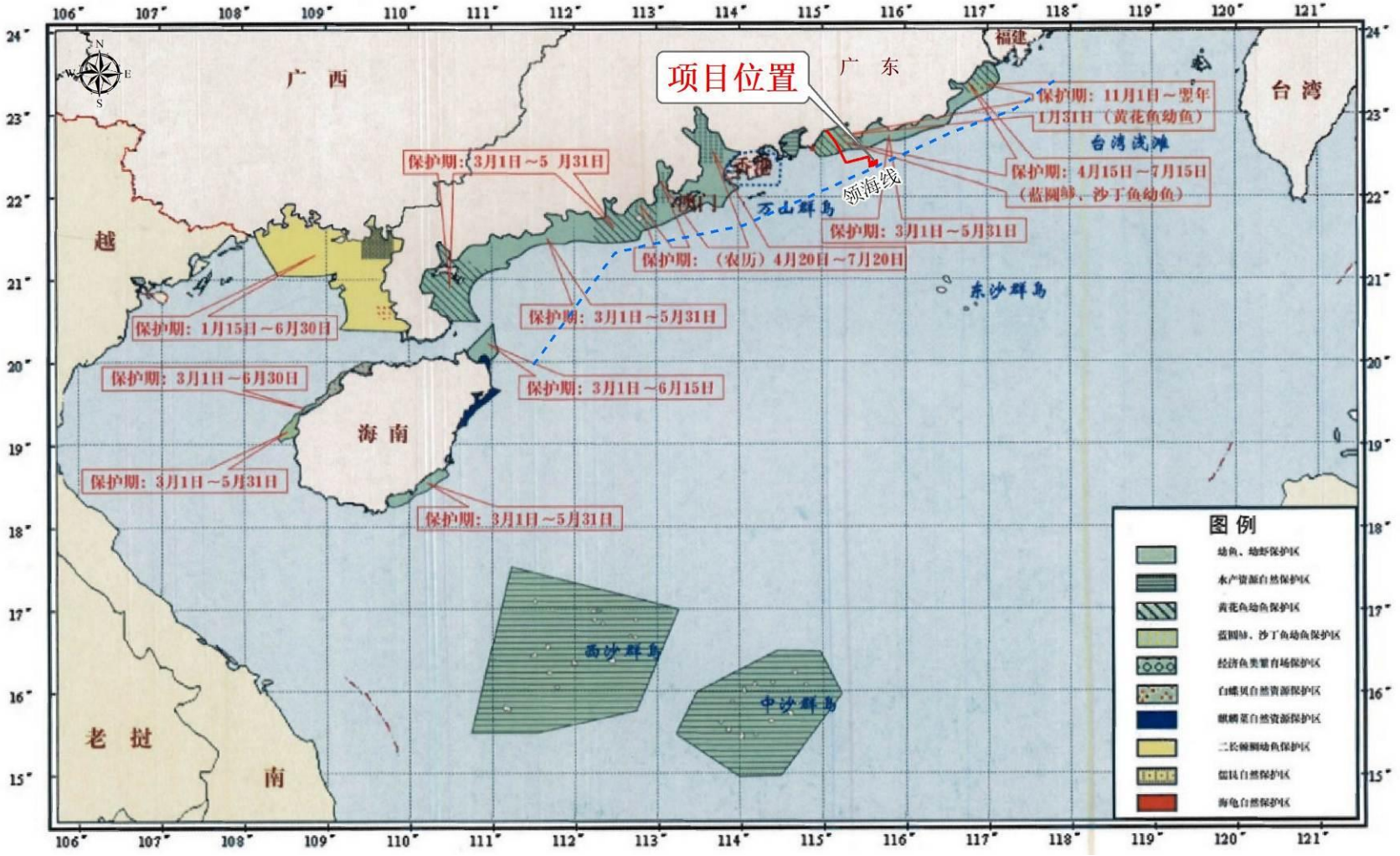


图 3.2.16-4 南海国家级及省级保护区分布示意图

4 海底电缆管道路由勘测

本章内容引自《深能汕尾红海湾六海上风电项目海底电缆路由调查勘测报告》（2026 年 3 月）、《深能红海湾六海上风电项目路由选择依据说明材料（报批稿）》（2025 年 1 月）。

4.1 路由选划过程

4.1.1 登陆点位置

本项目 500kV 送出海缆登陆点位于深汕合作区小漠街道东侧海岸，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”新建工程园区道路；向南侧为华润海丰电厂“上大压小”新建工程排水渠，现状为基岩岸线。登陆点位置详见图 2.2.1-8，周边环境详见图 4.1.1-1。

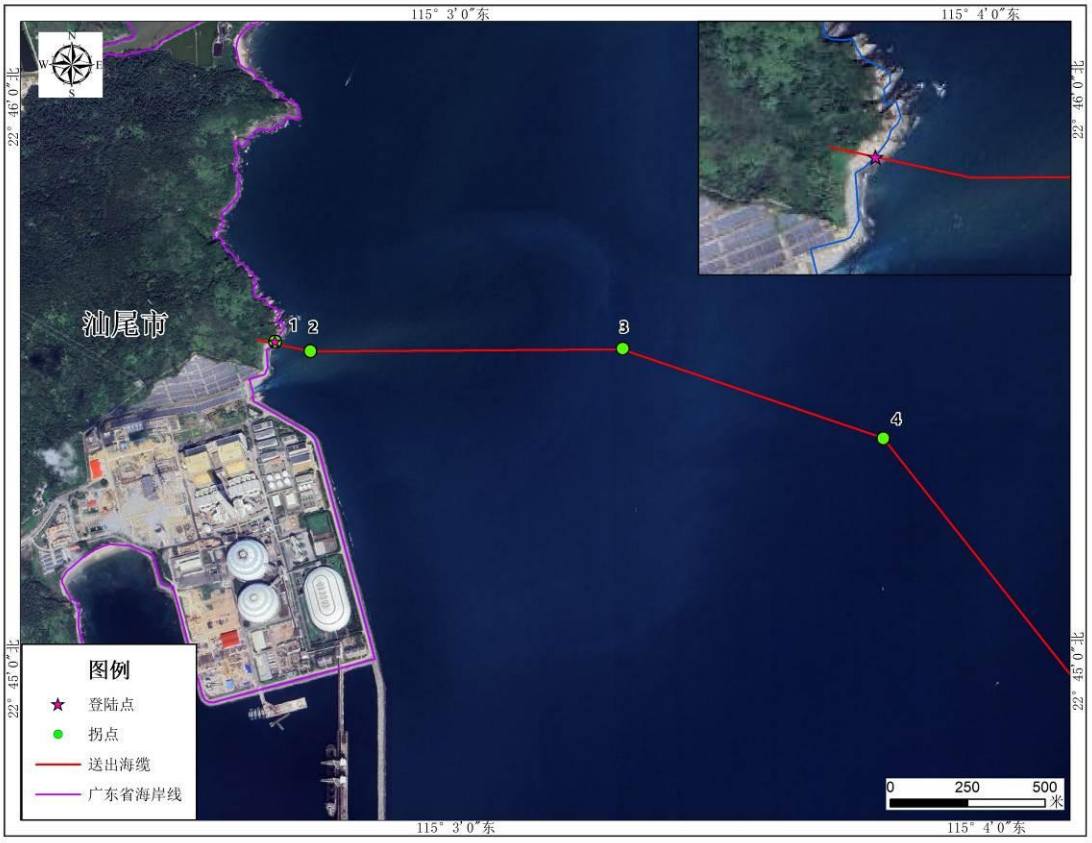


图 4.1.1-1 项目登陆点位置示意图

项目送出海缆登陆采用定向钻的施工方式，定向钻入钻点、出钻点坐标见表 4.1.1-1，位置示意详见图 2.3.1-7。

表 4.1.1-1 定向钻入钻点、出钻点坐标

编号	经度	纬度	备注
1	115°02'37.709"E	22°45'35.368"N	登陆入钻点
2	115°02'43.783"E	22°45'34.101"N	登陆出钻点

4.1.2 路由选划

根据《深能红海湾六海上风电项目路由选择依据说明材料（报批稿）》（中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司，2025 年 1 月），依据《海底电缆管道路由勘察规范》（GB17502-2009）的要求，根据光缆设计原则，充分考虑海域自然环境、社会条件、海洋开发活动等因素，通过现场踏勘和与设计单位的沟通，结合红海湾海上风电场已有的相关研究成果初步选取了三条预选路由方案。

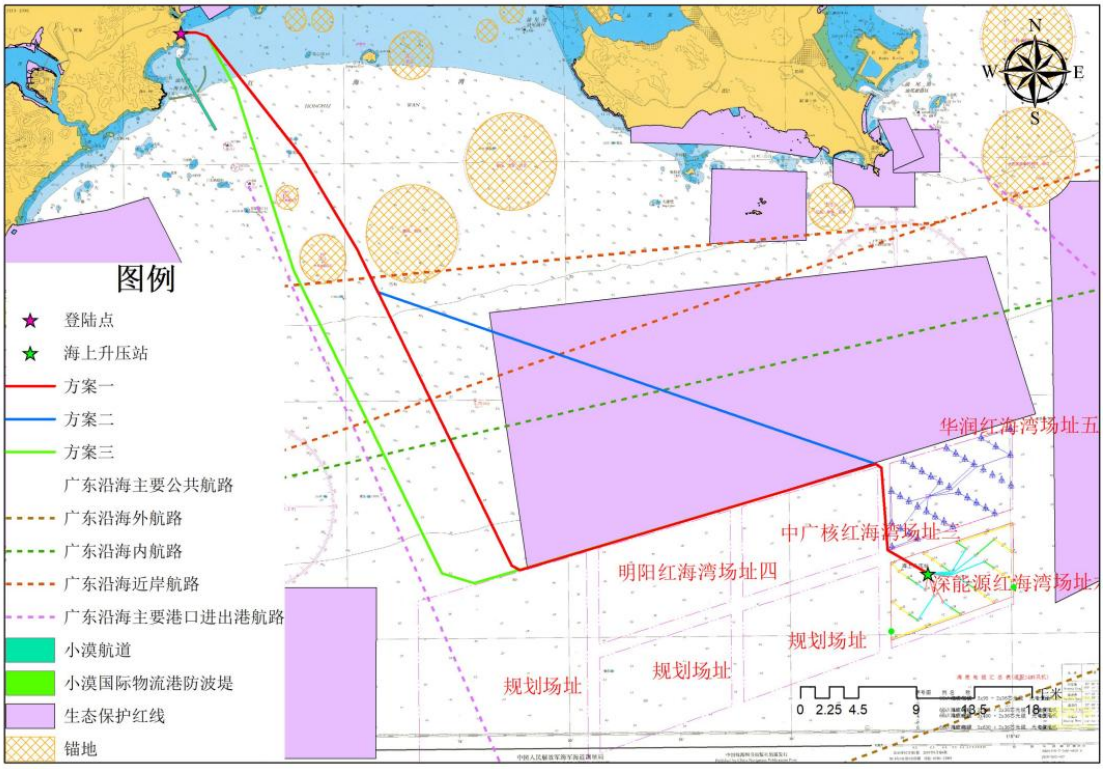


图 4.1.2-1 路由方案示意图

其中方案三并行广东沿海主要港口进出港航路，距离该航路中心线最近约 0.63km，经建设单位与海事主管部门的沟通结果，该方案补偿站对船舶通航影响大，为此本项目后续比选方案主要为预选路由方案一和预选路由方案二。

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 48.33km 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 28.82km 后到达场址五西北角，最后向东南方向避开海上风机位置延伸 10.54km 到达海上升压站。全长约 89.71km。

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 23.96km 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 40.90km 到达场址五西北角，最后向东南方向避开海上风机位置延伸 10.54km 到达海上升压站。全长约 77.44km。

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，从海洋功能区划、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 4.1.2-1 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	89.71km	77.44km	方案二优
与已建路由的位置关系	没有交越		两方案一致
与航道位置关系	与航道交越 4 次、航路交越 5 次		两方案一致
与锚地位置关系	最近约 0.78km		两方案一致
与倾废区位置关系	最近约 11.0km		两方案一致

表 4.1.2-2 预选路由可行性与节约集约性比选

路由 比选指标		预选路由方案一	预选路由方案二	评价
可行性	与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）》等相符合		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	在生态保护红线范围内路由长度 6.0km	在生态保护红线范围内路由长度 31.3km，路由自西北至东南向贯穿生态保护红线，对生态保护红线的影响较大	方案一较优
	陆域用地	登陆点附近可用地条件好		两方案一致
节约集约性	海域使用	统筹布置红海湾场址送出管廊，能尽可能减少所有送出海缆路由占	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	方案一较优

		用的海域资源，各区块送出路由之间不会产生封闭用海区域	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	

经过综合分析，可归纳为：

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

（2）在路由长度上，方案一的长度比方案二长约 12.29km，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。

（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）方案一在生态保护红线范围内路由长度 6.0km，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 31.3km，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、功能区划等的资料收集与分析，同时考虑了用海的节约和集约原则及后期对光缆的保护与维护，推荐预选路由方案一作为勘察路由，方案二作为备选路由。

本项目路由拐点坐标详见表 4.1.2-3。

表 4.1.2-3 本项目设计路由拐点坐标表

编号	经度	纬度	备注
1	115°02'37.709"E	22°45'35.368"N	入钻点
2	115°02'43.783"E	22°45'34.101"N	出钻点
3	115°3'18.992"E	22°45'34.093"N	保障垂直登陆岸线，便于路由登陆施工
4	115°3'48.457"E	22°45'24.609"N	增大路由拐弯半径
5	115°8'2.208"E	22°40'22.601"N	避开海图显示礁石
6	115°10'32.572"E	22°36'23.655"N	保障与两锚地之间的安全距离
7	115°17'24.817"E	22°23'4.076"N	避开生态保护红线西侧边界，统筹管廊送出路径
8	115°17'46.765"E	22°22'52.467"N	增大路由拐弯半径，统筹管廊送出路径
9	115°17'48.031"E	22°22'52.285"N	统筹管廊送出路径，保持路由曲率
10	115°33'56.094"E	22°27'11.124"N	统筹管廊送出路径，避开生态保护红线，保持路由曲率
11	115°34'10.962"E	22°27'0.641"N	统筹管廊送出路径，避开海上风机
12	115°34'25.708"E	22°23'33.304"N	统筹管廊送出路径，避开海上风机
13	115°35'53.860"E	22°22'40.497"N	修改拐点，避开海上风机布置
14	115°36'13.973"E	22°22'42.850"N	海上升压站
15	115°17'49.732"E	22°22'52.742"N	海上补偿站

4.1.3 路由调查范围

对勘测路由进行工程地球物理调查、工程地质勘察、海洋水文气象调查、腐蚀环境参数测定等工作，通过多学科融合交叉和渗透，全面掌握勘察区域的地形地貌、工程地质、水文环境、腐蚀环境等基本要素，为工程的设计和建设提供基础数据。

勘察走廊以勘察路由线作为勘察走廊的中心线，调查范围分为两部分：

1、登陆段：涵盖登陆点附近水深小于 5m 的区域，纵向从登陆点向陆地方向延伸 100m 位置处，勘察走廊宽度 500m。其中针对登陆点的调查范围为登陆点向路由拐点 1 侧延伸 100m、向陆地侧延伸 100m，宽度 500m 的区域。

2、近岸段：涵盖路由区自 5m 等深线至海上升压站位置，沿路由中心两侧

各 250m 的走廊宽度范围内进行，勘察走廊宽度 500m。调查勘测范围拐点坐标见表 4.1.3-1。

表 4.1.3-1 勘测范围拐点坐标表

拐点编号	纬度(N)	经度(E)	拐点编号	纬度(N)	经度(E)
1	22°45'43.29593"	115°02'39.63159"	15	22°22'32.06720"	115°35'51.79919"
2	22°45'27.44011"	115°02'35.78652"	16	22°23'28.68741"	115°34'17.28015"
3	22°45'42.23999"	115°03'20.40364"	17	22°26'56.40728"	115°34'02.50342"
4	22°45'31.49864"	115°03'53.77476"	18	22°27'02.19338"	115°33'54.29695"
5	22°40'27.16793"	115°08'09.47386"	19	22°22'43.98081"	115°17'48.60129"
6	22°36'27.46673"	115°10'40.30940"	20	22°22'44.66498"	115°17'43.84216"
7	22°23'09.88064"	115°17'31.51629"	21	22°22'58.27127"	115°17'18.11786"
8	22°23'00.87794"	115°17'48.53672"	22	22°36'19.84316"	115°10'24.83471"
9	22°27'20.05461"	115°33'57.89112"	23	22°40'18.03397"	115°07'54.94227"
10	22°27'04.87458"	115°34'19.42071"	24	22°45'17.71930"	115°03'43.13939"
11	22°23'37.92046"	115°34'34.13601"	25	22°45'25.94601"	115°03'17.58041"
12	22°22'48.92705"	115°35'55.92163"	26	22°45'25.48730"	115°02'45.45996"
13	22°22'50.91097"	115°36'12.88349"	27	22°45'26.17328"	115°02'4186003"
14	22°22'34.78846"	115°36'15.06345"	28	22°45'42.02905"	115°02'45.70528"

4.2 调查设备与方法

4.2.1 调查设备与船舶

4.2.1.1 仪器设备

表 4.2.1-1 本项目使用的主要仪器设备参数

序号	名称	规格	数量	精度指标
1	GNSS RTK	STONEX S5II	3 套	L-band L1/L2： 平面精度：±0.008+1PPM 高程精度：±0.015+1PPM
2	单波束测深仪	中海达 HD-MAX	2 套	测深量程：0.3-300m 工作频率：208±2KHz；(波束角≤8°) 测深精度：±(0.01m+0.1%D)(D 为所测深度)
3	多波束测深仪	Reson T50P	1 套	频率：190-420KHz(线性调频) 波束角：0.5°×1°(400KHz)；1°×2°(200KHz) 波束数：512 个

				覆盖宽度：等距模式 150°；等角模式 165° 测深分辨率：6mm 测深范围：0.5-300m(400KHz)； 0.5-575m(200KHz) Ping 率：50Hz 脉宽：CW:15-300μs；FM:300μs-10ms
4	侧扫声呐	Edgetech 4125P	1 套	频率：400/900kHz、600/1600kHz； 脉冲类型：CHRIP 全频谱线性调频 侧扫量程：200m@400kHz/75m@900kHz； 120m@600kHz/35m@1600kHz 航迹方向分辨率：400kHz： 2.3cm;900kHz:1.5cm；600kHz： 1.5cm;1600kHz:0.6cm 水平波束宽度：0.46°@400kHz/0.28° @900kHz；0.33°@600kHz/0.2°@1600kHz 动态范围：12 比特 ADC，60 分贝 TVG 垂直波束宽度：50° 操作温度：0°C 至 45°C 操作深度：最大 200m 深度传感器：5%全刻度 运动传感器：艏向，横摇，纵横，压力传感器
5	PosMV 定姿定位 系统	Applanix OceanMaster	1 套	其主要技术指标为： 横摇/纵摇角的量测精度优于 0.01 度(±90°)， 量程无限(±180°)，分辨率 0.001°； 当前作业模式下 PPK 定位精度： 水平精度：±10cm；高程精度：±15cm
6	表面声速 仪	Reason SVP70	1 台	量程：1350-1800m/s；分辨率：0.01m/s； 精度：±0.05m/s (0-50m)，±0.25m/s(2000m、 6000m) 采样率：20Hz；电源：9～55VDC； 耐压等级：6000m
7	声速剖面 仪	AML Base.X	1 台	测量精度为±0.03m/s；温度精度调节器精度为 ±0.05℃(标准精度)；温度补偿应变仪精度为± 0.03%FS(标准精度)
8	潮位仪	RBR	3 台	采样率：1Hz;采样间隔：1s-24h 采样周期：1s-24h;测量范围：-5°C～35°C 精确度：±0.002°C(ITS-90 和 NIST 标准) 分辨率：<0.00005°C
9	浅地层剖 面仪	SES2000 COMPACT	1 套	发射频率：主频 100kHz，次频 4、5、6、8、 10、12、15kHz； 功率：12kW；(本次测量采用主频 100kHz，次 频 10kHz)

				工作水深 1~300m； 穿透深度：砂层约 5m，淤泥类土层约 30m； 地层分辨率：最高分辨率约 5cm
10	海洋磁力仪	Sea SPY 2	1 套	灵敏度 0.01nT； 采样率 0.1~4Hz； 绝对精度 0.2nT， 分辨率 0.001nT； 传感器 16 公斤； 功耗最大 3W，待机 1W。(本次测量采样率取 1Hz)
11	光学罗经	OCTANS III	1 套	航向动态精度 0.1°(与纬线正交)； 分辨率 0.01°； 稳定时间(静态)<1mn； 稳定时间(各种条件)<5mn； 升沉、横摆、纵摆精度为 5cm 或 5%，取大者勿需设置； 横滚、俯仰、动态精度 0.01°(±90°)，量程无限制(±180°)，分辨率 0.001°
12	电缆探测仪	RL-3620	1 套	水平误差：±深度 x5% 使用最大水深：100m 探测范围：水深 20m 时海缆两侧探测范围>400m，水面使用时最大探测水深 100 米
13	钻机	XY-200 型油压回旋钻机	2 套	钻杆直径：外径 50mm 最大钻进深度：150m 套管：外径 146mm 钢套管泥浆泵：BW-150
14	取样器	薄壁取土器、敞口取土器和标准贯入器	3 套	薄壁取土器：薄壁取样管(长 0.5m，外径 75mm，内径 71mm) 敞口取土器：外径 110mm，内径 108mm 标准贯入器(SPT)：外径 51mm，内径 35mm
15	安德拉海流计	RCM-11 型	3 套	流速：范围：0-300cm/s，平均精度：±0.15cm/s，相对精度：±1%测量值 流向：范围：0-360°，精度：±5°对 0-15°
16	安德拉水位计	WLR7 型	1 套	测量范围：水位: 0-100psia(60m)； 0-400psia(270m)； 温度:-3~+35℃(宽型)； 测量精度压力：±0.01%满刻度；温度：±0.1℃
17	激光粒度分析仪	Mastersizer 2000	1 套	(0.02~2000)微米；1000 次/秒扫描速度； 智能化干湿法进样平台转换，多种干湿法进样平台满足不同应用；高灵敏亚微米区测量性能

4.2.1.2 作业船舶

钻探取样调查船为梅航 833 和先达 268，其概况详见表 4.2.1-2 和图 4.2.1-1。

表 4.2.1-2 调查船舶情况

船名	**梅航 833**		
船舶尺寸	总长 49.8m，船宽 9.6m，型深 3.85m	船体材质	钢质
结构型式	横骨架式	舵型/数量	流线型舵/2
主机数量	1 台	锚的型式/质量/数量	斯贝克锚/780/2
船名	**先达 268**		
船舶尺寸	总长 52.58m，船宽 8.8m，型深 4.08m	船体材质	钢质
结构型式	横骨架式	舵型/数量	流线型舵/1
主机数量	1 台	锚的型式/质量/数量	斯贝克锚/900/2

梅航 833　　先达 268

图 4.2.1-1 钻探取样调查船

物探及测量船舶为粤惠来渔 22015，其概况详见表 4.2.1-3 和图 4.2.1-2。

表 4.2.1-3 调查船舶情况

船名	**粤惠来渔 22015**		
船舶尺寸	总长 23.6m，船宽 4.5m	船体材质	木质
结构型式	横骨架式	舵型/数量	单板陀/1
主机数量	1 台	锚的型式/质量/数量	有杆锚/80kg/1、有杆锚/80kg/1

图 4.2.1-2 物探及测量船舶

4.2.2 调查内容、工作程序、进度

4.2.2.1 调查内容

（1）工程地球物理勘察

本项目工程地球物理勘察方法包括登陆段地形地貌测量、潮位观测、单波束/多波束水深测量、侧扫声呐法、浅地层剖面法和海洋磁法探测。

①采用 GNSS RTK 数字化方法测量路由登陆段范围的地形地貌变化，面积约 0.1km^2，按 1：500 比例尺测量，地形点间隔小于 15m。

②路由 KP00+100m 至 KP8+000m 段采用单波束测量路由左右 250m 范围的地形变化，测线长度约 102.3km，按 1：2000 比例尺测量，测线间隔为 40m，采样间隔为 5m。

③路由 KP8+300m 至海上升压站段采用多波束测量路由左右 250m 范围的地形变化，测线长度约 572.04km，按全覆盖测量，测线平均间距为 80m。

④采用侧扫声呐扫测路由左右 250m 范围的地貌、障碍物，计划探测长度 89.71km。

⑤采用浅地层剖面法、海洋磁法扫测路由左右各 250m 范围内的浅层地质情况、海底管线及障碍物，主测线间距为 50m，联络线间距为 1000m，路由总长度 89.71km。

（2）工程地质勘察

收集区域地质资料和历史资料，结合工程地球物勘察的初步成果，在预选路由上布设工程地质勘察取样钻孔，勘察内容包括：工程钻探、原位测试及取样。路由勘探点布置共计 64 个钻孔（其中 1 个钻孔利用升压站钻孔资料），孔深约 10m，并对所获取的样品进行现场描述、现场测试以及分样和保存等工作，确保所获取的样品可以满足相应的土工测试以及腐蚀性因子测试。

（3）腐蚀性参数测定

对路由经过的区域，包括海底部分的底层海水以及沉积物路由部分进行腐蚀环境测试，并形成海底电缆路由区域腐蚀性环境综合分析报告。

（4）海洋水文气象资料收集与观测

通过收集观测资料等方式，收集本风电场工程前期全潮水文观测成果资料以及周边工程全潮水文观测和周年观测的成果资料等，调查分析路由区水文气象环境，为海缆铺设、后期维护提供水动力环境参数。

4.2.2.2 外业调查方法与工作程序

（1）调查勘测设计方案

本次海底电缆路由调查勘测设计原则主要依据《海底电缆管道路由勘察规范》（GB/T 17502-2009）相关条文要求，调查勘测方案设计如下：

1）工程地球物理调查

①登陆段地形地貌测量

登陆段地形测量范围为登陆点至陆上集控中心及登陆点至调查船无法到达的路由浅水区，测量比例尺为 1:500。地形地貌测量严格按照《工程测量标准》（GB 50026-2020）和《全球定位系统实时动态测量（RTK）规范》（CH/T 2009-2010）的要求，采用 GNSS RTK 全野外数字化采集地形数据。

登陆段地形测量控制成果沿用已有的深能汕尾红海湾六陆上集控中心控制点成果。

a.外业施测

在已有控制点（I05）上架设基准站，配备两个流动站。采集的原始数据存储在 GNSS 测量手簿 SD 卡中。按现场情况输入各地形、地物点的代码及绘制简单草图。内业整理时，参考现场草图进行地形图的绘制。

地形图上高程注记点分布均匀，地形测绘内容与取舍严格按《工程测量标准》（GB 50026-2020）有关规定进行。

测点分布均匀、合理，沟底、沟顶、凹地、及其它地面倾斜变化处，均测注高程点。地形测绘内容与取舍严格按《工程测量标准》（GB 50026-2020）有关规定进行施测，地形图标识独立地物、道路、水系、管线、植被等各项地物、地貌要素以及各类控制点。独立地物，能按比例尺表示的，实测外廓，不能按比例尺的，准确标处其位置。

在基准站附近、测区内部均设立了检测点（检测点为已有控制点），以便检

测流动站定位的精度。每次施测前均在检测点进行检测，检测结果符合要求方可进行数据采集作业，在采集数据过程中，不定时对测区内的检测点进行检测，一旦发现问题马上加以处理并记录有关情况。

b.内业成图

采用南方测绘开发的 CASS 绘图软件，结合外业记录的草图绘制地形图。等高线间距为0.5m。所有地形地物符号均按《国家基本比例尺地图图式 1:500 1:1000 1:2000 地形图图式》（GB/T 20257.1-2017）要求绘制。

②潮位观测

a. GNSS RTK 无验潮模式

在水深测量期间，GNSS RTK 同步连续实时测量因潮位、海浪、涌浪等因素引起的海面高度瞬间变化，确保测深数据与水面高度一致性。

b.潮位传递法

在进行水深测量期间，布设近岸人工验潮站、近岸自动验潮站同时开展潮位观测作业，通过潮位传递计算的成果改正水深测量值。

b.潮位改正

单波束水深测量按 GNSS 无验潮模式改正水深测量值；多波束水深测量采用 GNSS 无验潮模式和潮位传递相结合的方式改正水深测量值。

③海缆路由地形地貌测量

本项目海缆路由地形测量采用单波束、多波束施测；路由 KP00+100m 至 KP20+300m 段路由中心线右侧区域单波束测线沿路由中心线平行布设。路由 KP20+300m 至海上升压站段采用多波束测量，多波束水深测量主测线沿路由中心线两侧平行布设；检测线垂直于主测线均匀布设，检测线间距 1500m。海底地貌扫测测线走向与水深地形测线一致，测线间距为 40m-80m。

图 4.2.2-1 多波束水深测量主测线、检测线、海底地貌测量测线布置图（略）

④海底管线与障碍物探测

本项目海缆路由海底管线与障碍物探测采用海洋磁法探测、浅地层剖面探测和侧扫声纳探测。侧扫声纳探测的测线布置图与多波束测量的布置图相同，这里不再进行单独介绍。海洋磁法和浅地层剖面法的测线布置相同，同一个航次完成

数据采集工作。主测线沿路由中心线两侧平行布设，主测线间距为 50m，共布置了 11 条测线；联络线垂直于主测线均匀布设，联络线间距为 1000m。海洋磁法探测计划测线长度合计约 1051.149km，浅地层剖面法探测计划测线长度合计约为 1051.149km。

图 4.2.2-2 海洋磁法和浅地层剖面法探测测线布设图（略）

2）工程地质勘察

在海缆路由区开展了项目海区的表层沉积物取样工作及钻探工作，沿路由中心线布设钻孔取样站位 63 个（钻孔编号为 ZK01~ZK63），利用升压站钻探站位 1 个（钻孔编号为 HLSY-01）。20m 水深范围内相邻站位间距为 500m～1000m，大于 20m 水深区域相邻站位间距为 2000m～3000m，站位坐标见表 4.2.2-1。

本次调查钻孔深度按 10m 考虑。钻孔 HLSY-01 为海上升压站钻孔，为便于剖面对比分析，本次调查截取其上部 10.50m 的土层数据进行分析。

表 4.2.2-1 路由区海域部分钻探点位信息一览表（略）

注：坐标系统为 CGCS2000，高程系统为 1985 国家高程基准。

3）水文气象环境条件的调查

报告共收集了 11 个调查站的资料，包含 1 个气象观测站汕尾气象站，A1~A6 站位为海流观测站，A3 进行了海水温度的观测，3 个短期潮位站 T1~T3，1 个周年波浪观测站 W1。

4）腐蚀环境参数调查

本部分工作内容包含底层水腐蚀环境调查、沉积物腐蚀环境调查等，本次调查共布置 13 个站位进行海洋底层水调查，14 个站位进行海洋沉积物调查。

（2）调查勘测工程程序

1）登陆段地形地貌测量

a.登陆段区域为登陆点至陆上集控中心及登陆点至调查船无法到达的路由浅水区域。

b.采用 GNSS RTK 定位技术和编码数字测图模式采集登陆段的地形数据。测图前确保了坐标转换关系的正确性，坐标及高程转换参数采用已知控制点计算参数。

c.参考站点位的选择，符合下列规定：

参考站站点的地势相对较高，周围无高度角超过 15°的障碍物和强烈干扰接收卫星信号或反射卫星信号的物体。

参考站的有效作业半径，小于 5km。

每次架设接收机天线时做到精确对中、整平。对中误差小于 5mm；天线高的量取精确至 lmm。

正确连接了天线电缆、电源电缆和通信电缆等；接收机天线与电台天线之间的距离，均大于 3m。

正确输入了参考站的相关数据，包括：点名、坐标、高程、天线高、基准参数、坐标高程转换参数等。

d.流动站的作业，符合下列规定：

流动站作业的有效卫星数均大于 5 个，PDOP 值均小于 6，并采用了固定解成果。

正确设置和选择了测量模式、基准参数、转换参数和数据链的通信频率等，其设置与参考站相一致。

流动站的初始化，在比较开阔的地点进行。

地形图的测绘，按照我公司自行研发的编码格式采集数据，对不同地物、地形进行分类。

在测量过程中，注意了 RTK 定位精度的稳定性，作业过程中未出现失锁或出现跳点的情况。

2）潮位观测

①GNSS RTK 无验潮

采用 GNSS RTK 无验潮技模式进行潮位观测，符合下列技术要求：

a.参考站点位的选择，符合下列规定：

参考站站点的地势相对较高（位于登陆点东北侧灯塔附近，海拔 49m），周围无高度角超过 15°的障碍物和强烈干扰接收卫星信号或反射卫星信号的物体。

参考站发射电台采用高增益天线，其有效作业半径可达 20km。

每次架设接收机天线时做到精确对中、整平。对中误差小于 5mm；天线高的量取精确至 lmm。

正确连接了天线电缆、电源电缆和通信电缆等；接收机天线与电台天线之间的距离，均大于 3m。

正确输入了参考站的相关数据，包括：点名、坐标、高程、天线高、基准参数、坐标高程转换参数等。

b.船台流动站的作业，符合下列规定：

流动站作业的有效卫星数均大于 5 个，PDOP 值均小于 6，并采用了固定解成果。

正确设置和选择了测量模式、基准参数、转换参数和数据链的通信频率等，其设置与参考站相一致。

船台的流动站天线与测深仪换能器处于同一垂线上。

准确测量了天线相位中心到水面的垂直距离，并精确到 1cm。

c.每日单波束、多波束水深测量前、结束后，将流动站 GNSS 接收机安置在已有控制点上进行了定位检查；作业中，发现问题及时进行了检验和比对。

②潮位控制

a）近岸验潮站的布设

验潮站的布设具有如下特点：

水尺布设在码头边，水尺前方无浅滩阻隔，海水可自由流通，低潮时不干出，高潮时不淹没，能充分反映当地潮位变化；

水尺设立牢固，受风浪、急流冲击和船只碰撞等影响小；

水尺沿着码头壁固定，保证严格垂立，不造成读数误差。

b）自动潮位站的布设

具体布置原则如下：

远海验潮站的观测周期包含整个作业期，在海底地形地貌外业数据采集前布置完成，在采集完成后开始回收；

验潮仪的采样频率设为 1Hz，满足对潮位变化信息的有效捕捉。

c）水尺潮位观测原则

潮位观测遵循下列原则：

潮位观测时间采用北京时间，测量期间每日早晚对时，其误差不大于 1min。

潮位观测值精确到 cm。

潮位读数取波峰、波谷读数的平均值作为水面高程。

潮位观测按 10min 时间间隔观测，并做好记录，形成测量原始记录，测前与测深系统的电脑时间核对相一致，测量作业时提前 10min 开始观测水位，测后延迟 10min 分钟观测水位。

3）水深测量

a）单波束水深测量

测量前对测深仪进行调试并对换能器进行吃水改正，测量前、后对测深仪进行声速效正。

测深仪调试：测量工作前，进行仪器精度和综合性能测试，校验各种功能是否正常，发射和接收试验是否正常。

声速改正：使用声速剖面仪测量工作区声速，每天不少于 1 次。

导航与定位：选用的 RTK GNSS 为广州思拓力公司的 S5II GNSS，该仪器实时动态定位精度：水平为±10mm+1ppm RMS，垂直为±15mm+1ppm RMS；平面定位精度远高于 1：2000 水域地形测量的限差要求。

b）多波束水深测量

水深测量使用 SeaBat T50-P 型多波束测深系统进行水深地形测量，数据采集包括导航定位数据和水深数据。

调查前选择合适的作业船舶，预先安装浅水多波束系统，在安装设备后，实地测量探头、光纤罗经安装与 GNSS 天线的位置和方位，并做位置改正及仪器调试。在调查航次出航前，对多波束系统及其辅助设备进行调试和参数校正，并选择有特征地形的海区进行多波束系统的横摇、纵摇、艏摇校正以及 GNSS 的延迟校正；在调查航次前和在勘测期间（如测量船只加油、加水引起船只吃水变化时）进行探头的吃水深度测量，修订吃水改正。

水深测量期间，每天至少使用声速剖面仪现场测定三个声速剖面资料。如在勘测中发现声速剖面的变化较大，必须增加声速剖面的测量数量，以保证勘测数

据的精度。勘测过程中船速不超过 5kn。

多波束测量相邻两条测线至少有 20%的重复覆盖宽度。

导航与定位：使用 Pos MV 内置的 MSAS 星基增强系统提供定位信息，实时导航精度为亚米级，满足多波束和侧扫声呐作业要求。

由于测区距离陆岸较远，本工程采用 PPK 事后差分技术精化平面位置信息，利用 POSPac MMS 后处理软件解算后，在 GNSS 数据接收稳定状态下平面精度可达到亚米级，满足 1:2000 导航定位限差的要求。相关外业数据采集及内业数据处理遵循《工程测量标准》（GB 50026-2020）、《国家基本比例尺地图图式 第 1 部分：1:500、1:1000、1:2000 地形图图式》（GB/T 20257.1-2017）等规范的要求。

4）地貌、障碍物扫测

a）侧扫声呐探测

①侧扫声呐探测测线布设

布置的侧扫声呐测线间距同时兼顾水深测量的需求，测线布设和水深测量一样，测线间隔为 40m-80m。

②侧扫声呐障碍物探测作业

侧扫声呐探测之前，全面了解工程需要，调查测区的水深、海底地形及特征、海底障碍物情况、海流的流速和流向、风向和风速、水温层变化情况。侧扫声呐探测时，数据采集使用仪器随机测量软件，采集水下海床图像，并记录存盘。作业时坚持以下原则，并根据实际情况采取相应的措施：

侧扫声呐作业时一般不变动技术设计确定的数据，仅当图像不清晰时，才调整侧扫声呐的相关参数；

放缆长度基本选择固定缆长，除非紧急避让别的船只、渔网阻扰，一般禁止收放拖鱼电缆的长度。

侧扫声呐作业过程中要求船长尽量保持匀速直线行驶，作业船只上线后保持航向固定，避免大拐弯，船速一般控制在 5 节以内，有效的避免船的噪音等影响；

船只按照事先布置好的测线作业，只有等拖鱼处于船的牵引并与船在一条线上时才开始记录数据；

下线时采用大拐弯半径方式调整航向，禁止使用小拐弯半径，有效的避免了拖鱼触底的风险；

每天作业结束后对侧扫声呐数据文件进行整理、备份。

③侧扫声呐成果重测与补测

现场作业对以下几种情况进行了补测与重测：

测量船航向左右偏离，形成漏扫区时对空白区域进行了补测。

影像图记录上有噪声或其它干扰，并影响声图质量，不能正确反映海底地貌和目标时对数据进行了补测。

对重要可疑地物进行了加密探测。

仪器故障，声图记录上无回波信号时对测线进行了重测。

b）浅地层剖面探测

浅地层剖面仪是一种基于水声学原理的连续走航式探测水下浅层地层结构和构造的地球物理方法。其主要原理是通过换能器将控制信号转换成不同频率的声波脉冲向海底发射，该声波在海水和沉积地层传播过程中遇到声阻抗界面，经反射返回被换能器转换成模拟或数字信号记录和储存，并输出为反映地层声学特征的记录剖面。

本次使用的浅地层剖面仪为德国 Innomar 公司生产的 SES 2000 COMPACT 型。该设备利用最适合进行地层和管线探测的频率进行工作，从而产生高分辨率的海底地层图像，得到高达 5cm 垂直分辨率（取决于频率和刻度范围），信号重复性强。仪器轻便耐用，操作方便，附带专业的采集及后处理软件，是目前使用最多的海底管线探测设备。

野外操作如下：

每次出海前，应检查仪器设备稳定情况及线路联通情况；

调查开始前，在作业海区调试设备，确定最佳工作参数；

水深变化较大时，应及时调整记录仪的量程及延时；

在风浪较大情况下，应使用涌浪补偿器或数字涌浪滤波处理方法进行滤波处理；

板报记录内容包括项目名称、调查海区、测量者、仪器名称与型号、日期、

时间、测线号、点号、航速、航向、仪器作业参数、数字记录文件名等；

对现场记录剖面图像初步分析发现可疑目标时，应布设补充测线以确定其性质。

本次使用的姿态校正仪器为法国iXSEA公司生产的OCTANS III光纤罗经和运动传感器。该设备为浅地层剖面探测数据提供定位信息、航向、姿态变化等信息，并提供统一的打标标号、打标信号，打标时间等。将光纤罗经接入到 SES-2000 COMPACT 仪器中，仪器会自动识别，并根据设置好的参数就算罗经的姿态并进行换算，进而对采集得到的浅地层剖面探测数据进行调整，进行涌浪校正，得到更为精确的浅地层剖面探测的结果。

野外操作如下：

每次出海前，应检查仪器设备稳定情况及线路联通情况；

调查开始前，测量船舶中心、浅地层剖面仪探头、罗经传感器之间的相对关系并在软件中进行参数的设置；

调查开始时，连接电源，罗经会自动工作，并根据设置好的参数进行换算，对采集到的浅地层剖面探测数据进行校正；

c）海洋磁法探测

目前市场上主流的海洋磁力仪有海洋质子磁力仪、Overhauser 磁力仪和铯光泵磁力仪。Marine Magnetics 公司是世界上唯一能够生产稳定的、不会随着时间流逝而降低性能的 Overhauser 磁力仪的海洋磁力仪厂家。Marine Magnetics 公司的 Sea SPY 2 磁力仪是使用核磁共振技术的一个专门分支，专门应用于氢核的技术来测量周围磁场，采用全数字化传感器，不存在死角、盲区和指向误差。

本次采用加拿大 Sea SPY 2 海洋磁力仪，作业时采样频率选用 1Hz。野外操作如下：

探测开始前，在作业海区调试设备，确定最佳工作参数；

磁力仪探头入水后，调查船应保持稳定的低航速和航向，避免停车和倒车，海底起伏较大的海域，探头距海底的高度可适当增大；

实时进行导航坐标的改正，对探头位置进行定位并记录，在近岸浅水区域也可采用人工计算进行探头位置改正；

保证探测记录的完整性，漏测或记录无法正确判读时，应进行补测；

板报记录内容包括项目名称、调查海区、测量者、仪器名称与型号、日期、时间、测线号、点号、航速、航向、仪器作业参数、数字记录文件名等；

对现场记录剖面图像初步分析发现可疑目标时，应布设补充测线以确定其性质。

5）工程地质勘察

①钻探

通过 DGPS 系统导航进入预设的孔位，当钻探船或钻探平台进入钻孔位置抛锚固定后，对钻杆进行实时定位，并记录。

钻探采用液压回转钻进，跟管与泥浆护壁相结合，全断面取芯。钻孔开孔口径不小于 φ110mm，采用合金钻头，钻具长度一般 2.0m 左右。钻进采用无泵或小泵量，取芯则无泵干钻。严格按照技术要求进行钻探，标贯与取样相结合，以保证各地层测试数据的准确可靠和可对比性。

分层采取岩土样进行室内试验，每个钻孔均需取样孔，所取试样进行物理力学性质试验。

所有勘察孔取样前清孔，并防止孔底土层的扰动，所有钻孔均进行标准贯入试验，每 2m 进行 1 次标贯试验。对于黏性土，应采取薄壁取芯器液压方法取芯；对于硬土和砂性土，可采取锤击法取芯；岩芯取样率保证在：砂性土不低于 50%，黏性土不低于 75%；土样现场蜡封，妥善保管，防止含水量变化，标明深度，上、下编号，垂直存放在箱中妥善保管。在运输过程中，应尽量避免振动，采取防晒和防振等措施。在实验室内保存时间不宜过长，如果需要长期保存原状样，则应在低温和高湿度环境中存放。

取样孔的水深测量，在开钻前测量一次，并用钻杆读数校正。取得第一个样品后再测量一次水深，作进一步校对。

钻探船勘探作业程序如下：

a）前期准备

在勘探船出发前，勘探船技术负责人要求全体船上人员要听指挥，并要求定位人员对预勘探点进行锚位设计（抛锚绳长按照勘探点处 4 倍水深考虑），告知

船长勘探点的经纬度坐标（度分格式）。船长将勘探点坐标输入其导航软件，从而确定勘探船航向。同时，勘探船技术负责人查当天的潮汐表，了解涨落潮时间情况，与船长商议确定适合勘探作业的时间段。

定位人员要协助勘探船技术负责人记录钻探的起始时间。

b）下锚

当勘探船即将航行至勘探点位前，勘探船减速，勘探船技术负责人、船长以及钻机机长均要查看海况情况（风速、浪高、海流流速和流向），三者商议此时是否适合抛锚固船以及钻探作业。当三者达成一致同意作业时，船上抛锚人员到达锚机前，等待船长的命令放锚；否则，勘探船在勘探点附近抛锚，等待时机。

钻探船采用抛锚艇放四个锚的作业方式，船长决定可以抛锚固船后，定位人员在抛锚艇上用手持差分 GNSS 指挥抛锚艇上的抛锚人员按照预设锚位进行抛锚。最后，对照定位软件显示的船位及勘探点位置，在船长及定位人员的指挥下，船艏、尾两位锚机负责人操控绞锚机，通过锚绳的收缩，使勘探船到达预设勘探点位，最后必须锁死绞锚机，防止船位移动。

c）勘探作业

定位人员，通过差分 GNSS 及定向仪监视勘探船和勘探点的位置，当勘探船及勘探点的位置稳定 10 分钟以上时才通知钻探作业人员下套管进行钻探作业。勘探过程中，锚机负责人必须在锚机位职守，并备有弃锚工具，以便应对突发情况。

在钻探过程中，钻机机长须实时监控套管的位置，定位人员须始终监控勘探船及勘探点的位置，一旦发生船位移动现象，立即暂停钻探工作，并核实锚位是否发生偏移（检查锚机、锚绳是否松动）。若锚位发生偏移，定位人员会监控到勘探船位发生位移，并且此时钻机套管也会出现一定角度歪斜现象（走锚 5m 以上钻杆就不能通过套管向下钻进）。

勘探负责人、船长及定位人员须及时查找原因（据套管歪斜程度及方向、定位软件显示的船位变化情况、锚机及锚绳是否松动），若是轻微移位，船长告知锚机负责人进一步收紧锚缆（绳），看是否可以继续固船，若不能继续固船，钻探船须马上起锚，重新抛锚固船。

d）起锚

勘探作业完成后，勘探负责人通知船长可以起锚，钻探船船长会命令抛锚艇上的起锚作业人员开始通过锚上水面浮球的位置进行起锚，抛锚艇拖着锚与船上的绞锚机负责人配合将锚拖上勘探船。

②现场描述

现场分析描述包括样品的：颜色、气味、土的分类名称、粒度组成、土的状态及扰动程度、土层结构与构造、生物含量等。

③土工测试

钻探孔标准贯入试验：主要用于土层的状态、基岩风化层划分、砂土的密实度和砂土液化的判别，试验前进行清孔钻进，清孔钻进时应避免对土层的扰动，保持孔内水位等于或高于地下水水位，防止塌孔、涌砂，下贯入器时不得冲击孔底，孔底的废土厚度不超过 5cm；标准贯入试验采用 63.5kg 落锤，落距为 76cm 自由脱钩下落，先击入 15cm 不计击数，再记录后 30cm 中的每 10cm 的锤击数。

试验方法执行国标《土工试验方法标准》（GB/T50123-2019），测试项目包括：含水率、土粒比重、密度、界限含水率、颗粒分析（砂土）、快剪（c、Φ）、三轴 UU、固结试验（压缩模量、压缩系数）、热阻系数等。

3）水文气象环境条件

根据技术规范中的相关要求，结合本工程的实际情况和可收集本风电场前期海洋水文观测成果，以及相关工程历史水文气象资料，对海缆路由的海洋水文气象进行分析。

4）腐蚀环境参数调查

①沉积物腐蚀性测定

测定的参数包括：pH、Cl^-、SO_4^{2-}、HCO_3^-、CO_3^{2-}、沉积物粒度等。

沉积物腐蚀性采样，检测及评价方法按 GB/T 17502-2009、GB 50021-2001（2009 版）、GB/T17378.5-2007 实施。

②底层海水和地下水腐蚀性测定

使用卡盖式采水器取底层（离海床 1m）海水，水腐蚀性环境参数包括水温、pH、盐度、溶解氧、Cl^-、SO_4^{2-}、HCO_3^-、CO_3^{2-}等。

底层海水和地下水检测及评价方法按 GB/T 17502-2009、GB 50021-2001（2009 版）、GB/T17378.4-2007 实施。

4.2.2.3 外业调查进度与完成工作量

本次路由调查海域调查包括工程地球物理调查、工程地质勘察、海洋水文气象调查、腐蚀环境参数测定等工作内容，各项工作实际完成工作量与设计工作量基本一致，本次调查勘测完成工作量见表 4.2.2-2，成果满足本调查工作的需求。

表 4.2.2-2 本次调查勘测工作量一览表（略）

4.2.2.4 质量控制

（1）质量目标及保证措施

严格按照 GB/T 19001-2000 质量管理体系和 GEDI 质量管理体系进行本项目的勘察工作。采取优质工程的技术组织措施，勘测成品质量综合评分 90 以上，且不因测量质量事故造成设计、施工质量问题。

本项目质量目标为勘察成品达到优等，不发生因工程勘察质量引起的安全事故和设备事故；不发生较大及以上质量事故；不发生因勘察导致资质降级或限制投标等有较大社会影响或被追究责任的质量事故。为了贯彻我公司的管理方针和实现既定质量目标，使本工程勘察工作成品的质量满足桩基础设计使用要求，向业主提供符合法规、符合国际或国内技术标准要求的高质量勘察成品，做到业主满意。

本项工作的目标是：项目的工作内容符合技术任务书所提出的要求，所有工作均符合工作大纲中引用的技术及法规性文件对所涉及的操作内容的规定。所提供的“工作成果报告”资料充分可靠、内容全面清晰、分析论证合理、结论明确可信。

本工程质量保证大纲除满足相关规范要求外，还应遵循如下公司质量管理体系文件：

1）文件控制程序（Q/44-210.3.0-01-2020）；

2）勘测过程控制程序（Q/44-214.1.0-01-2021）；

3）危险源辨识、风险评价和风险控制程序（Q/44-209.2.0-01-2024）。

（2）设备检定和校准

本项目所有调查勘测设备均经过国家法定检定部门检定合格或具有产品合格证书。

1）导航与测深定位设备检测

测量设备均在鉴定合格期内使用，为了确保参数的正确性，作业前分别对测深仪使用的定位设备进行精度检测，检测精度小于图上 1.0m 的限差要求，其中 1:1000 限差要求为 1.0 米。相关外业数据采集及内业数据处理遵循《海洋工程地形测量规范》（GBT 17501-2017）、《1:500 1:1000 1:2000 外业数字测图技术规程》（GB/T 14912-2005）等规范的要求。

2）波束测深设备检测

单波束探头安装在船的中间，采用船舷安装方式，GNSS 与换能器安装在同一条杆上，避免了安装偏差带来的定位误差。

在工作之前，进行单波束的状态调试，调试的主要内容包括：

设置好换能器吃水深度，探头吃水设置为 50cm。

工作频率采用高频作业，高频为 200Hz；高频增益、信号门槛全部用自动。

作业前采用测深杆比对测深仪的测量深度，并校准测深仪改正数。

检查换能器吃水，分别测量两次，互差值不大于 1cm，取均值作为最后结果。

3）多波束系统的安装和校准

多波束系统的安装注意事项：

多波束换能器应安装在噪声低且不容易产生气泡的位置；

多波束换能器的横向、纵向及艏向安装角度满足系统安装的技术要求；

姿态传感器安装在能准确反映多波束换能器姿态或测船姿态的位置，其方向线平行于船的艏艉线；

罗经安装时使罗经的读数零点指向船艏并与船的艏艉线方向一致，同时避免了船上的电磁场干扰；

定位设备的接收天线安装在测量船顶部避雷针以下的开阔地方，避免船上其他信号的干扰；

系统所使用的设备（发电机、电脑、控制中心等）按照仪器规定的技术要求

接地。

在多波束扫测前，于测区合适水域布设测线进行多波束横偏（Roll）、纵偏（Pitch）、艏偏（Yaw）校正，因多波束系统各单元均采用了导航 GNSS 输出的 1PPS 秒脉冲信号和 ZDA 语句同步各单元，故多波束系统不用考虑时延（Latency）带来的定位与测深误差，校准时按横摇偏差、纵摇偏差、艏向偏差顺序进行。多波束的校准流程如下：

横摇偏差（Roll）的测定与校准选择在水深大于测区内的最大水深、水下地形平坦的区域，测量船在同一测线上相反方向相同速度测量两次为一组，取三组的数据计算校准值，校正结果取位至 0.01°。

纵摇偏差（Pitch）的测定与校准选择在水深大于测区内的最大水深、水下坡度 10°以上的区域，在同一条测线上相反方向相同速度测量两次作为一组，取三组数据计算校准值，校正结果取位至 0.01°。

艏向偏差（Yaw）的测定与校准选择在水深大于测区内的最大水深、水下坡度 10°以上的区域，使用两条平行测线（测线间距应保证边缘波束重叠不少于 10%）以相同速度相同方向各测量一次作为一组，取三组数据计算校准值，校正结果取位至 0.01°。

4）侧扫声呐安装与调试

①侧扫声呐安装：在调查中，侧扫声呐采用船侧拖拽方式，放缆长度约 3m～4m。

②侧扫声呐调试：在工作前，我们对侧扫声呐系统进行严格的状态调试，调试的主要内容包括：拖鱼入水深度、侧扫作业模式的选定、信号的发射与接收、增益、TVG 调节等，并根据水深的变化实时调整量程及拖缆长度。Edgetech 4125P 侧扫声呐作业时船速控制在 5 节左右，这样既可以保证质量，又可以提高作业效率。

5）浅地层剖面安装与调试

①浅地层剖面仪安装：工作前将仪器与显示器、电源、换能器探头和 GNSS 导航连接，并将光学罗经校正的数据接入浅地层剖面仪主机中，罗经安装时应使罗经的读数零点指向船艏并与船的艏艉线方向一致。浅地层剖面仪发射探头固定

在船舷右侧，换能器置于水下 1.5 米左右。为了减少测量数据的定位误差，将GNSS 天线头固定安装在浅剖设备换能器的正上方。

②浅地层剖面调试：工作前应对浅剖仪器进行状态调试，调试时船舶船速保持在 3-5 节之间匀速直线行驶。调试的主要内容包括：工作频率、声速、量程、增益控制、TVG 等，通过反复调试，结合测区的地质特点，对浅地层剖面系统的工作参数进行试验调整，以达到最佳探测效果。

6）海洋磁力仪安装与调试

①海洋磁力仪安装：工作前将主机与拖鱼、电源和 GNSS 导航连接，经调试确定磁力仪工作正常后将拖鱼投入水中，为避免船体磁场的干扰，磁力仪拖鱼在船后的距离应大于船体长度的三倍以上，本次后拖的距离约 100 米。

②海洋磁力仪调试：工作前应使船速保持在 3-5 节之间匀速直线行驶，避免停车和倒车，在接近目标管线和发现可疑管线时还应适当减速，以达到最佳勘探效果。

4.2.3 内业数据处理

4.2.3.1 登陆段调查处理及成图

采用南方测绘 CASS 数字化测绘成图软件制图，数据转换采用我公司自行研发的软件《架空送电线路综合测绘系统库》，数据分层按 CASS 软件标准执行，确保满足规范要求。在数据处理时满足以下要求：

a.线划光滑，自然、清晰，无挤压和重复现象；线划连续，没有线划被错误打断的现象，需联通的要素保持联通。

b.制图投影采用高斯—克吕格正形投影，图幅按公里格网坐北横向分幅，从左上角起编，图廓尺寸为 50cm×50cm。

c.各种名称注记、说明注记及指示正确，无错误或遗漏。

d.地物、地貌的各项要素的表示方法和取舍原则，按现行国家标准地形图图式执行。

e.轮廓符号的绘制，依比例尺时，保证轮廓位置的精度；半依比例尺绘制的线状符号，保证主线位置的几何精度；对于不依比例尺的符号，保持其主点位置

的几何精度。

f.高程的注记，注于点的右方，离点位的间隔为 0.5mm。

4.2.3.2 水深数据处理及成图

（1）多波束数据处理

多波束内业数据处理中将 PDS 2000 采集的多波束数据文件*.pds 文件导入 Caris7.0 软件。主要处理流程有：创建工程、将 PDS2000 数据格式转换成 Caris 软件格式、加载剖面声速改正文件、加载潮位改正文件、创建地域图表、生成 CUBE 地形曲面、数据编辑及数据质量控制、验证 CUBE 地形曲面、输出数据（水深值，等值线，地貌图像）。多波束数据后处理具体流程图 4.2.3-1 所示。

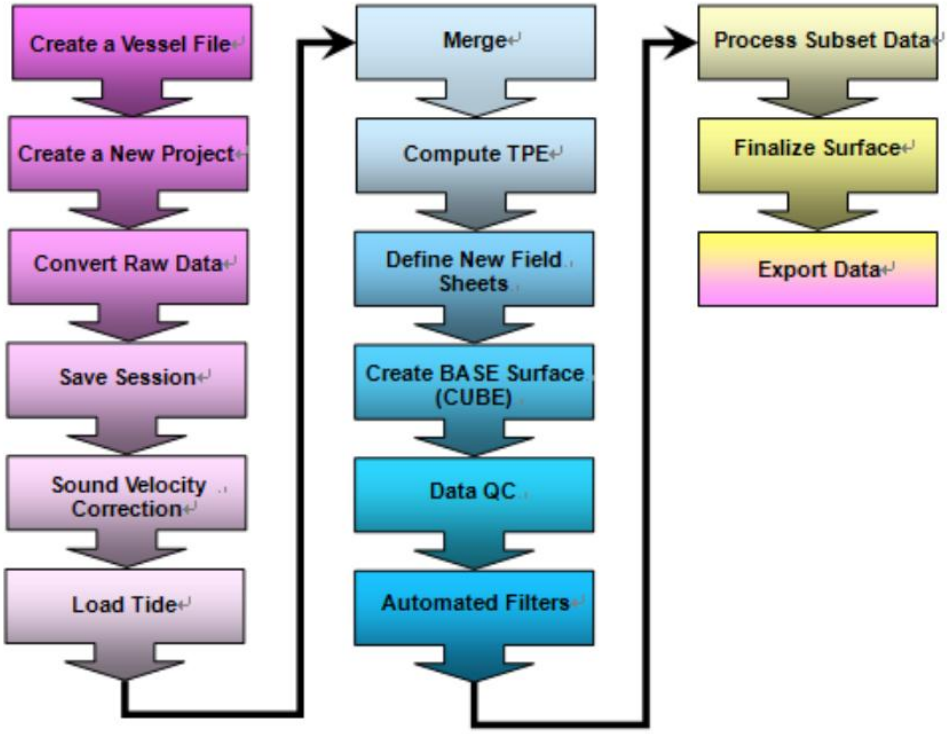


图 4.2.3-1 多波束扫测数据处理流程图

多波束数据经 Caris7.0 数据处理软件可输出水深点坐标、海底地形地貌图像、海底地形三维模型等数据格式。最终成果利用 Caris7.0 生成 2m×2m 海底地形 BASE 曲面，在该水深值范围内，可有效地确定海底地物的位置。

数据处理时注意了以下几点要求：

a.数据处理之前，先检查了数据处理软件中设置的投影参数、椭球体参数、坐标转换参数、各传感器的位置偏移量、系统校准参数等相关数据的准确性。

b.数据处理时，结合多波束测深系统外业测量记录，根据需要对水深数据进行声速改正、潮位改正。对每条测深线的定位数据、罗经数据、姿态数据和水深数据分别进行编辑。

c.水深数据编辑时，根据海底地形、各波束测得的水深数据的质量选择合理的参数滤波，然后进行人机交互处理。对于无法判断的点，从作业水域、回波个数、信号质量等方面进行分析。

d.在数据经过编辑及各项改正后，再次对所有的水深数据进行综合检查，根据各水深的传播误差及附近的水深利用表面模型进行评估，剔除不合理水深数据。

e.符合质量要求的水深，根据制图比例尺和数据用途对符合要求的水深数据进行抽稀，水深点图上间距一般不大于 10mm。

f.每条测深线的编辑情况、数据处理的参数及异常点的检查、处理时在多波束测深系统数据处理记录中做好记录，并作为质检人员对数据处理质量进行检查的依据。

g.多波束主测深线与测深检查线数据在图上 1mm 范围内的水深点比对差值在浅于水深 20 米应小于 20cm，在水深 20 米-50 米范围中水深点比对差值应小于 50cm，满足规范的限差要求。

（2）单波束内业数据处理

单波束测量数据使用中海达测深仪配套成图软件处理水深文件，数据处理步骤见图 4.2.3-2。

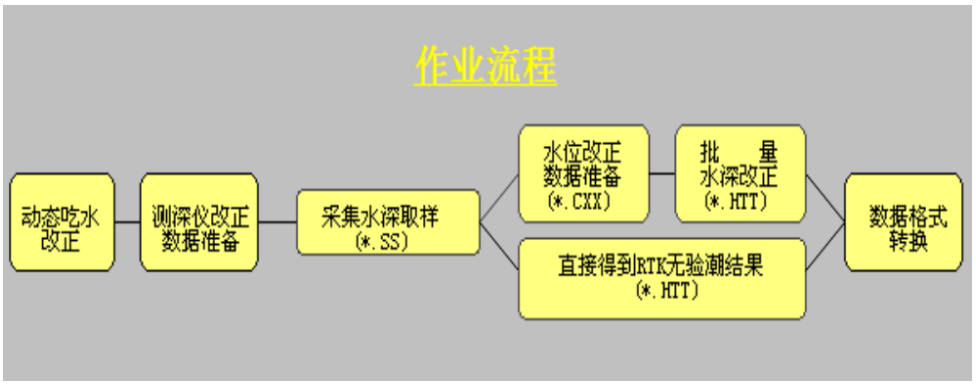


图 4.2.3-2 单波束测量数据处理流程

水下地形图成图及图形编辑采用南方公司 CASS 数字化成图软件，数据分层

按 CASS 软件标准执行。

a.首先对各项外业手簿进行整理和检校，特别是测深仪定位及高程测量精度、潮位观测记录进行检查。

b.检查测深仪改正数、静吃水和动吃水等参数的正确性。

c.确保特征点、岛礁、重要地形和地物齐全。

d.等高线用首曲线、计曲线分别表示。

e.平坦水域有若干相同水深点时，等高线通过较深的一侧勾绘。

f.等高线为光滑的曲线，避免了高程点与等高线的两者位置不符现象。

g.地形图高程测点取位精确至 0.1m。

（3）测深数据检查

本项目测量的多波束与单波束主测深线、检查测深线水深点不符值限差均小于规范限差要求；多波束与单波束重叠区域水深点不符值限差小于规范的限差要求，数据合格率达到 100%。

（4）成图

水下地形图成图及图形编辑采用南方公司 CASS 数字化成图软件，数据分层按 CASS 软件标准执行。

4.2.3.3 侧扫声呐数据处理及成图

将采集所得地貌*.XTF 文件调入 SonarWiz.Map 软件，对每条数据输入位置偏移量改正，将所有的测线数据拼接起来，然后提取有利用价值的地物，并在处理软件中对地物的尺寸、高度、属性等进行了描述，处理完毕后输出 TIF 图形文件和地物分析报告。

4.2.3.4 浅地层剖面数据处理及成图

浅地层剖面探测资料处理使用 ISE2.5.9 地层剖面解析软件。将采集到的浅地层剖面数据通过解析软件进行处理，主要包括 TVG 调节、带通滤波、去噪音等。辨别数据中因地形起伏造成的干扰信号、噪音及不具工程意义的探测信号，对比资料的硬拷贝及数字记录对资料的回放识别记录上的干扰波，去除假象；对地层反射特征进行识别及判读。使用 Auto CAD 软件绘制浅地层剖面图。探测的障碍

物部分成果如下图所示：

图 4.2.3-3 海底面以下 3m 内有礁石出露区域（送出路由，方向：NW-SE）（略）

4.2.3.5 工程地质勘察数据处理及成图

工程地质勘察资料后处理使用理正公司的理正工程地质勘察 CAD 系统，使用 Auto CAD 软件进行后期成图；土工试验成果资料使用 Excel 进行数理统计。

通过将钻孔地质编录资料录入工程地质勘察 CAD 系统，并结合土工试验成果资料对地质编录资料进行改正，使用 Auto CAD 软件，按适合的比例尺绘制钻孔柱状图、平面图等图件。

4.2.3.6 海洋磁法数据处理及成图

海底磁力仪资料后处理使用 SEALINK 海洋磁力仪采集、处理和解析软件，剔除磁力值剖面曲线中异常值跳跃异常的虚假数据和 GNSS 定位精度差的挑点，对磁力异常曲线进行识别，并结合前期已建的电缆走向、坐标进行综合判断，识别出异常点的异常值大小及异常点坐标，导出并绘制成果图。

按《海底电缆管道路由勘察规范》（GB/T 17502-2009）要求，将异常信息解释成果纳入海底面状况图，绘制物探综合图。

管线探测一般按照以下依据判断：

（1）关于 y 轴对称的异常曲线，极值点在航迹线上的投影点就是异常体在海底面的投影点（图 A）；

（2）关于原点对称的异常曲线，曲线的拐点在航迹线上的投影点就是异常体在海底面的投影点（图 B）；

（3）关于非对称的异常曲线，则根据其与上述两种对称曲线的接近程度来确定光缆的定位点。如与 y 轴对称的曲线较接近，则其定位点较接近极值点（图 C）；如与原点对称的曲线较接近，则其定位点较接近拐点（图 D）。

图 4.2.3-4 海洋磁法勘探铁磁性障碍物判别示意图（略）

4.2.3.7 水文气象环境条件调查数据处理及成图

收集的海洋水文数据根据技术规范要求采用 EXCEL 软件和 matlab 程序进行处理和作图。

4.2.3.8 腐蚀环境参数测定数据处理

按照《海底电缆管道路由勘察规范》（GB/T17502-2009）、岩土工程勘察规范（GB50021-2001）（2009 年版）、《海洋调查规范》（GB/T 12763.4-2007）、《海洋监测规范》（GB 17378.4-2007）、《海洋监测规范》（GB 17378.5-2007）等规范对测定数据处理，利用 EXCEL 软件对所有数据进行分析计算，按照报告格式进行编排。

4.3 路由区地质地球物理条件

4.3.1 区域地质背景

本项目位于深汕合作区小漠街道东南侧海域，海域主要位于红海湾南侧，东北侧为碣石湾。场址水深在 41～46m 之间。本项目推荐勘测路由主体和风电场主要位于华南地块和闽浙隆起带，如图 4.3.1-1 所示。自震旦纪以来发生多次构造运动，加里东、印支、燕山、喜马拉雅运动均有不同程度的显示。

图 4.3.1-1 预选路由区大地构造示意图（略）

推荐勘测路由区的地层自震旦系至第四系发育比较齐全，自震旦纪以来，路由区经历了由地槽-准地台-大陆边缘活动带三个发展阶段，震旦纪-志留纪为地槽发展阶段，沉积了约 12000m 的碎屑岩建造，志留纪末的加里东运动结束了地槽历史，使地槽沉积形成了以北东东向为主的紧密线状褶皱和断裂。泥盆纪-中三叠世，本区进入相对平稳的准地台发展阶段，沉积了 5000～6000m 的碎屑岩和碳酸岩建造，中三叠世末的印支运动使它们形成开阔的褶皱。其后，本区进入大陆边缘活动构造带发展阶段，沉积了 4000～5000m 的陆相碎屑岩建造。剧烈的燕山运动使本区发生强烈的断块构造运动，并出现大面积的中酸性岩浆侵入和喷发，奠定了本区构造格局的基本轮廓。新生代的喜山运动沿断裂带形成新生代盆地，构造运动以间歇式断块差异运动为主。

区内经历了多期次构造运动，其中燕山运动规模宏伟，活动强烈，影响深远，形成了一系列大小不等、方向不一、性质不同的断裂构造，尤其是深、大断裂对区域构造的发展起着举足轻重的控制作用，并与地震活动有着密切的成因联系。

断裂的继承性活动，导致东西向断裂再一次复活，北东向断裂活动也进一步加强，与此同时，又产生了新生的北西向断裂和南海北部海域的北东东向断裂。从而奠定了本区棋盘格状的基本构造轮廓。

预选路由区地质构造体系主要有三个：（1）东西向构造体系，路由区块地处高要-惠来与佛岗-丰良两个东西向构造东端之南北两侧，分别由东山湖-南澳及惠来构造所组成。因受北东向及北西向断裂的干扰及第四系广泛覆盖，断裂构造形迹短促，时隐时现，零星分布。构造分组单一，全由断裂构造组成，断面走向东西，倾向南或北，倾角陡多为 70°～85°，破碎带宽一般在 5～25m，局部有后期基性、酸性岩脉贯入，以压性为主，兼有扭性，生成时代为晚侏罗世。（2）早期新华夏系，主要由尖山-南澳及汕头褶皱与断裂组成，以断裂为主，构造带总体走向北东 40°～60°，多数倾向南东，断面倾角普遍较陡。它们控制燕山期大规模多为 70°～85°，破碎带宽一般在 5～25m，局部有后期基性、酸性岩脉贯入，以压性为主，兼有扭性，生成时代为晚侏罗世。（3）体系未定北西向构造体系，分布较为零星，构造组分以断裂为主，组成饶平、桑埔山和靖海三个断裂组，呈平行带状产出。总体构造方位为北西 320°～340°，断面倾向北西或南东，倾角 45°～85°，以压扭性为主，主要活动于晚白垩世。

4.3.1.1 地质构造

根据区域地质资料，南海北部陆缘主要发育 NW 向、NE 向和近 EW 向三组断裂，其中 NE 向断裂占据主导，区内褶皱构造不甚发育，而广泛发育新华夏系构造，以东北向构造为主体，与区域北西向构造配套，其中北东向断裂主要有长乐-南澳断裂带和饶平-惠来断裂带；北西向断裂主要有黄冈河断裂带、韩江断裂带、榕江断裂带等。NE 向断裂系分布于东亚陆缘，稳定延伸几百公里，个别甚至延伸上千公里，规模较大，可切割地壳至岩石圈。由西向东发育的主干断裂分别为：吴川-四会、邵武-河源-阳江、莲花山、政和-大浦、长乐-南澳和滨海等断裂带。这些断裂强烈活动于中生代燕山晚期（110～90Ma），主体是在古太平洋俯冲挤压背景下形成的断裂系。早白垩世，受太平洋板块低角度 NW 向斜向俯冲的影响，NE 向断裂系表现为左旋压扭运动，晚白垩世以来太平洋板块俯冲角

度开始变陡，并发生后退式俯冲，研究区区域应力场转变为拉张，NE 向断裂系的性质也由压扭性变为张扭性，表现为张扭断裂系，同时华南进入中-新生代断陷盆地演化阶段(舒良树等，2000)。晚近时期，由于南海北部陆缘扩张作用的停止，以及华南大陆向东南方向蠕散、菲律宾板块向西挤压，该断裂系以压扭性为主，一般越靠近沿海，断裂规模越大，活动强度越高，是控制东南沿海地震活动的主要活动断裂系。

南海北部陆缘的NE向断裂系皆为岩石圈断裂，被切割地层的年代跨度很大，是在古太平洋板块的俯冲作用下所形成的一系列断裂，主要活动时期为早白垩世晚期至始新世，表现为压扭性(刘以宣，1994)，且沿断裂系发育有大量中生代花岗岩和中酸性火山岩，并控制了新生代早期的玄武岩分布(刘以宣，1994)。晚渐新世南海第一次海底扩张结束以来，张扭性 NE 向断裂系控制了大量箕状断陷的 NEE 向倾向陆地的断裂系。上新世-第四纪以来，NE 向断裂依然具有活动性，表现为控制 N_2～Q_3 的玄武岩的空间分布(王霄飞等，2014)。南海北部陆缘发育的 NE、NW 向断裂控制了绝大多数 5 级以下地震的分布(王霄飞等，2014)。地震带间断分布，是由于 NE 向断裂系被 NW～NWW 向断裂系切割而分段所致，其连续性变差。另外，地形上可以看出 NE 向断裂系导致了研究区陆坡整体走向的弯折和陆坡坡度等地貌特征的不同。南海北部 NEE～EW 向断裂主要为正断层，属主要的控盆断裂，总体上，NE 向断裂约束了 EW 和 NW 向断裂。

图 4.3.1-2 预选路由区断裂概况图（略）

如图 4.3.1-2 所示，本项目推荐勘测路由方案主要涉及滨海断裂带（F8），距离其他断裂相对较远，最近超过 10km。

滨海断裂带（F8）全长超过 1200km，包括西段（北部湾-阳江）、中段（珠江口）和东段（粤东-福建），其不仅是华南次级板块和南海次级板块的分界断裂，也是珠江口盆地新生代油气盆地的控盆断裂，在深地震探测剖面和重力、磁力异常特征上都是切割深度超过莫霍面的重要构造边界。研究表面，滨海断裂带在晚第四纪发生过多次活动，其活动性不仅会触发地震，还可能引发海底滑坡和海啸灾害链。路由区自第三纪以来仍有活动的继承性断裂有南澳、汕头、东山湖-南澳和饶平等强、中强活动断裂带，靖海断裂活动性较弱。本区新构造运动以正向

断隆构造、负向断陷构造为主，隆起和拗陷构造为次，全区活动强度由西向东逐渐增强。

4.3.1.2 新构造运动

晚更新世以来广东沿海晚更新世中期以来普遍有过两次海进，第一次在晚更新世中期，海进层的 ^{14}C 年龄为距今 38400±2650～18330±610 年，共有 34 个含海相生物及 ^{14}C 年龄的样品，当时的海平面高程因受后期构造升降的歪曲而不易获得可靠的海平面变化曲线，推测在现今海平面之下约 10～20m。第二次海进在全新世，海进盛期在中全新世，韩江三角洲可达潮州；榕江可抵揭阳或渔湖；海丰抵梅陇；珠江三角洲至西南镇；广海平原抵冲蒌；漠阳江至大山村；南渡江达铁桥。全新世的高海面在大部分地区出现在中全新世晚期和晚全新世初，当时的海平面高程与现今的不相上下。

新构造运动在广东海岸表现明显，除了区域性的升降运动外，断块运动及活动性断裂活动频繁，沿此发生火山喷发活动、热泉及地震。广东沿海的断裂主要为 NE、NW 和 EW 走向。这些断裂均生成于燕山运动或更早。它们在第四纪以来仍有继承性活动，活动强度以 NE 向断裂为首，次为 NW 向，再次为 EW 向。上述三组断裂交切构成众多的断块，这些断块的新构造运动形成沿海的一系列断隆和断陷。块断升降的差异性非常明显，例如韩江三角洲的块断差异升降达数百米。本区新构造运动具有明显的阶段性，主要表现在以下五个方面：

（1）地壳升降运动：从多级层状地形和多次海侵旋回，反映了本区自晚第三纪以来至少发生过八次阶段性构造活动。海岸总体为沉降型，北东部地区略显上升趋势。如南澎列岛面积的日益缩小，南澳岛南部的地震陷落的海底村落以及北部海山岛，碧洲岛、大呈一带上升的海蚀遗迹等可得到佐证。

（2）断裂与断块运动：自第三纪以来仍有活动的继承性断裂有南澳、汕头、东山湖-南澳和饶平等强、中强活动断裂带，靖海断裂活动性较弱。由北东向断裂及其配套次一级北西向断裂所分割的断块差异性的活动，形成地貌反差强烈，沉降差异明显，线状排列的地貌群和沉降速率差异。本区新构造运动以正向断隆构造、负向断陷构造为主，隆起和拗陷构造为次。其主要表现方式为区域性升降

运动，具有继承性、新生性、间歇性和差异性的特征。全区活动强度由西向东逐渐增强。

（3）区域性地壳升降运动：北部鉴江发育标高 3m、6m 和 15m 的三级河流阶地，东北海岸标高为 5-8m、12-20m 两级海蚀阶地，海岸新老砂堤的分布，硇洲岛海蚀遗迹高出海面 10-20m 等事实，均为本区新构造时期地壳升降的例证。区域上，渐新世晚期至晚第三纪初，本区遭广泛海漫导致晚第三纪地层普遍超覆。此后地壳有过多次升降。晚更新世为南海低海面时期．本区上升为陆，地貌轮廓基本定型。全新世早中期全区一致的海浸，形成琼州海峡，约 2000 年以来，海面基本稳定于现在位置。总之，自早更新世以来，地壳有过六次相对升降，除受水动型全球性海面升降运动影响外，主要由区域地壳升降运动所引起。近代地壳比较稳定，总体轻微上升，局部有缓慢下降。

（4）活动断裂、新生褶皱及断块运动：新构造时期除老断裂继承性活动外，尚有新生断裂产生。新生断裂发生第四系中，规模小，以东西向者最为发育，力学性质多为张性。新生褶皱比较常见，集中分布于湛江附近及南部，轴向多为东西，产状平缓，倾角多在 10° 以下，多组活动性断裂的交替活动，控制本区近代地壳断块升降，形成新生代的隆起与断陷。

（5）地震、热泉及火山活动：本区未发生过破坏性地震，但近年小震频繁，一海之隔的琼北 1605 年发生过 7.5 级大地震。本区与其属同一地质构造环境，存在发生强震的构造背景，是值得注意的地震危险区，热泉为数不多，但地下 300-400m 深处分布有大面积层状承压热水，水温 35-50℃，水量丰富，形成独特的地热异常。新生代基性-超基性岩浆喷发活动频繁，火山口（锥）排列方位受东西向及北西向断裂的严格控制。雷琼地区中新世以来喷发活动至少有 10 个喷发期 58 回次，活动方式以裂隙式喷发为主。

4.3.1.3 地震

推荐勘测路由区位于中国东南沿海地震带。地震活动存在明显的活跃期和平静期交替出现的周期性特征，如图 4.3.1-3 所示。自 1400 年有地震记录以来，明显存在 2 个地震活动周期：1400 年至 1700 年为第一活动周期，1701 年至今为第

二活动周期，目前处于东南沿海地震带第二活动周期的剩余释放期。

图 4.3.1-3 中国东南沿海地震区地震序列(1400 至今，M≥4)（略）

图 4.3.1-4 中国东南沿海地震分布及区带划分图(M≥3)（略）

在东南沿海区域范围内发生 M≥4 级以上地震 61 次，其中 4～4.9 级地震 36 次，5.0～5.9 级地震 10 次，6.0～6.9 级地震 7 次，7.0 级地震以上 4 次。根据图 4.3.1-5 显示，这些地震主要分布在惠来以北、东北等地区，沿断裂地震活跃，从 1067 年以来，发生 4 级以上地震 7 次，其中 6 级地震 3 次，最大为 1067 年潮州 6 级地震，其次为 1895 年揭阳 6 级地震。而工程区所在的海域地震发生并不频繁，250km 以内未发生过 5 级以上地震，场区内 2007 年发生了一次 4.2 级地震，此外距离本项目最近的为 1988 年发生的 3.3 级地震，距离预选路由最近距离约 1.9km，其余震中分布位置距离本项目最近距离均超过 20km。

图 4.3.1-5 中国地震动峰值加速度区划图(部分)（略）

根据《中国地震动参数区划图》（GB 18306-2015），预选路由区地震动峰值加速度为 0.10g，设计地震分组为第一组。地震动反应谱特征周期为 0.35s。根据《建筑抗震设计标准》（GB/T 50011-2010），工程区抗震设防烈度为 VII 度。

区域范围内的地震活动表现出东北强西南弱的分区特征，以练江平原为界，西南地区地震活动较弱，仅有零星中强地震分布，东北地区是区域内破坏性地震主要分布区，且相对集中分布于潮汕盆地中的韩江和榕江平原地区以及滨海断裂上。现代微震震中分布显示与强震活动同样特征。根据地震统计成果，路由海域范围内地震活动较弱。

综上所述，路由海域地质构造条件复杂程度简单，区域新构造运动较频繁且较为明显，工程区地震抗震设防烈度为 VII 度，区域地壳基本稳定，地震频率较低，震级小，现今地震弱活动。地震活动对本项目建设的影响较小。

4.3.2 登陆点环境条件

推荐勘测路由登陆点位于小漠街道东侧滨海区域。登陆点所在区域为基岩岸线，向陆一侧为山体，修有护坡，地势起伏变化较大。如图 4.3.2-1 所示，登陆点附近碎石分布较多，其原因主要为山体护坡及海丰电厂海堤遭遇台风等自然灾害天气，使得部分主体受损破碎滚落至海岸线附近；向西侧约 80m（山体南侧）

为海丰电厂园区道路；向南侧为华润海丰电厂排水渠。登陆点所在岸段以北约1.2km为汕尾市天后宫，以南方向约9.3km为太平岭核电工程，距离本项目陆上集控中心约0.91km。此外无开发建设活动等。

图 4.3.2-1 登陆点周边环境（略）

4.3.3 水下地形地貌特征

本项目位于汕尾市南部海域，路由走廊整体布设于南海北部的内陆架区域，介于汕尾沿岸的水平岸坡带与外缘水深约 40 米的陆架平原之间。海域水深总体呈现出由西北向东南逐渐加深的趋势，等深线大致与海岸线平行延伸，地形坡度舒缓。

路由穿越海域的海床表层沉积物以砂土和淤泥为主，土质相对均一。然而，在 KP12+600 米里程附近，路由及两侧一定范围内零星分布有基岩礁石，导致该局部区域海底地形呈现部分的锯齿状起伏，与周边平缓海床形成对比。除这一特殊区段外，整个研究海域地形变化总体和缓。

陆地的登陆点依托于一处海岸陡崖，其高程为+6.4 米（1985 国家高程基准）；而海上的升压站拟建位置海底高程约为-41.9 米。从登陆点至升压站，路由完成从海岸高地到内陆架浅海的跨越，整体地形剖面形态详见图 4.3.3-1。其中，登陆段海岸地形陡峭，是路由区地形变化最为剧烈的部分；进入海域后，地形则转为平缓下降，直至目标水深。

图 4.3.3-1 海底电缆路由整体地形剖面图（略）

4.3.4 浅剖地层岩性特征

本次海底电缆路由调查主要通过浅地层探测及海洋钻探等调查手段，对路由海底电缆路由勘测走廊海床下 3m 深度范围内的底质地层岩性进行了调查。

调查结果略。

4.3.5 海底面状况与人为障碍物

4.3.5.1 路由区磁法探测

海底管线和金属障碍物存在磁性，可以通过海洋磁法对路由勘测区域内的海

底管线和金属障碍物进行调查。

将采集得到的海洋磁法原始数据进行校正处理，绘制磁力异常平面剖面图，然后对磁力异常点进行识别，并对可能存在的障碍物进行识别和判断。

本次海洋磁法调查共发现了 43 处磁力异常点。

通过海洋磁法的数据处理成果可知，大部分的磁力异常点均匀分布在 KP00+000 至 KP06+000 之间。本次海洋磁法异常数据中，异常点零星分布在勘测走廊范围内，没有明显的规律性，未见呈现线状的磁力异常值，基本排除了存在金属管线障碍物的可能，该部分磁力异常点推断为零星的金属遗落物所致。

通过海洋磁法的探测结果，初步推测在勘测走廊范围内不存在金属管线。综合搜集资料，结合浅地层剖面法采集得到的数据，未在勘测走廊范围内探测到金属管线。

4.3.5.2 路由区浅地层剖面法探测

根据地层剖面探测原理，浅地层剖面仪沿垂直或交叉方向经过线状分布的海底管线上方时会声波产生绕射，在剖面图上表现为双曲线形状的绕射波。

当地下障碍物为沉船时，浅地层剖面仪经过时，会产生连成片的绕射波，在剖面图上表现为成片的双曲线形状的绕射波。当沉船在海底表面时，浅地层剖面仪经过时，在剖面图上表现为海底面埋深突然减小，下方会出现绕射波。

当地下障碍物为礁石、孤石时，浅地层剖面仪经过时会产生较为混乱的绕射波，表现在地表浅部，而能量无法穿透上部的礁石、孤石，在剖面图上变现为浅层为混乱的绕射波，深部的信号微弱。

通过对浅地层剖面法探测得到的数据进行分析可知，勘测走廊范围内，海底面以下 3m 范围内存在礁石或底质坚硬物质，如图 4.3.5-1 所示，礁石主要集中在 KP12+800m~KP14+000m 之间。

图 4.3.5-1 海底面以下 3m 内有礁石出露区域（送出路由，方向：NW-SE）（略）

4.3.5.3 路由区侧扫声呐探测

本次调查对海底面进行了单波束、多波束和侧扫声呐扫测，根据地貌扫测结果，本项目的海缆路由勘测范围海底面状况主要有礁石、砂质、淤泥等几种海底

面状况。下面对本项目登陆段、路由段海底地貌特征和障碍物分段进行描述。（略）

4.3.5.4 小结

（1）勘测路由与已建海缆的位置关系

通过对浅地层剖面法和海洋磁法数据进行分析，并综合搜集资料，推测勘测走廊范围内没有已建海缆。

（2）礁石

为查明路由勘测廊道范围内的礁石、基岩及埋藏特征，采用浅地层剖面法对勘测范围内的地层进行探测。图 4.3.5-1 为勘测范围内礁石埋藏深度小于海底面以下 3m 的部分区域。浅层剖面探测海底礁石的图像特征表现为地震波被强烈反射，很少能穿透礁石层，在礁石下方形成“空白区”，且波形图上易形成多次反射波。

综合多波束、侧扫声呐、浅地层剖面法、海洋磁法等探测结果分析，探测到礁石埋深小于海底面以下 3m 的区域分布情况如下：

1）在中央路由的 KP13+290m 至 KP13+390m、KP13+440m 至 KP13+475m 区域海底面以下 3m 范围内存在礁石。

2）勘测走廊范围内，海底面 3m 范围存在礁石的区域主要集中在 KP12+800m~KP14+000m 处。

3）在 KP13+000m 至 KP13+850m 勘测走廊区域海底面以下存在礁石，该区段的勘测走廊的西侧存在大量的裸露礁石。

4）在 KP12+600m 的勘测走廊范围东侧存在裸露的礁石。

根据本次勘测结果，路由勘测廊道两侧 250m 范围内海底礁石分布面积较小，对海缆路由铺设存在一定影响，需要注意做好海缆保护措施。

综上所述：通过对浅地层剖面法进行分析，并综合搜集资料，推测勘测走廊范围内没有已建海底电缆，在中央路由 KP13+310 至 KP13+510m 区域海底面以下 3m 范围内存在礁石。

4.3.6 海底冲淤环境

4.3.6.1 近岸海床冲淤演变

工程海域海岸多为砂质海滩，滩面泥沙较细，容易受水动力影响而产生运动，而且工程海域是台风多发地区，海岸容易发生侵蚀后退。收集到 2016~2023 年间的卫星影像图，将两个不同年代的近岸登陆段卫星图像进行叠加得到海岸线对比图（见图 4.3.6-1），从不同时期海岸线对比图上可以看出，红海湾近岸登陆段海岸线在 2016~2023 年间既有向陆侧迁移也有向海测迁移，海缆登陆点附近海岸线主要表现为向陆地后退，最大侵蚀后退约 2m。近 10 年间汕尾海域多次遭受强台风的影响，由于工程海域海底地形平坦，风暴潮大浪容易从远处传至近岸，台风波浪容易对海岸产生较大冲击，由此也会使海岸线发生一些变化，但整体而言，近岸登陆段附近海岸线基本保持稳定。

图 4.3.6-1 登陆段海岸线对比图（略）

4.3.6.2 路由区海床冲淤演变

为分析路由区海床的冲淤活动性，收集了路由区 2009 年和 2018 年 2 个时期的等深线成果，如图 4.3.6-2 所示。

图 4.3.6-2 路由区冲淤变化（略）

通过对比研究区海域 2009 年和 2018 年的 10m、20m 及 30m 的等深线变化可以看出，本海区 10m 以深的水下暗滩坡度较为平缓，近 10 年来路由区 10m、30m 等深线基本重合在一起，海底地形变化整体较为稳定；20m 等深线在路由途径处略有向岸移动，海床表现为轻微侵蚀。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，可在附近适当加大埋深。

整体而言，路由研究海域局部有冲淤变化，但变化幅度不大，呈现出略有侵蚀冲刷的基本稳定状态。此外，由于路由区海床演变较复杂，且波浪动力作用强，考虑到海缆的安全，建议加大对路由区域海床演变的监测研究。

4.3.7 不良地质作用

路由沿线海底地形总体平坦，局部有所起伏，未见海底滑坡、海底崩塌等不良地质作用发育迹象及海底地震地质灾害问题。场区不良地质作用主要为砂土液化。

根据勘测资料，当发生烈度为 7 度的地震时，海缆路由沿线 32 个钻孔会发生液化，其中液化等级为严重的钻孔有 1 个，液化等级为中等的钻孔有 19 个，液化等级为轻微的钻孔有 12 个，海缆敷设时应考虑饱和砂土液化的影响，预留一定的冗余度。

4.3.8 腐蚀环境参数测定

4.3.8.1 底层水结果与分析

（1）底层水调查结果

本次勘测在孔位的海底面附近分别 ZK02、ZK06、ZK12、ZK16、ZK22、ZK26、ZK32、ZK36、ZK42、ZK46、ZK52、ZK56、ZK60 各采取了 1 组海水水样进行水质简分析，结果见表 4.3.8-1。

表 4.3.8-1 海水腐蚀性因子测试结果表（略）

（2）水腐蚀性因子特征

依据《岩土工程勘察规范》（GB50021-2001，2009 年版）附录 G，场地位于海域，环境类别为II类，综合以上指标，依据《岩土工程勘察规范》（GB50021-2001，2009 年版）第 12.2 节相关条文，对场地水的腐蚀性判定如下：

pH：pH 范围为 7.60～8.24 之间。对混凝土结构的腐蚀性为微腐蚀性。

侵蚀性 CO_2：含量均为 0，对混凝土结构具微腐蚀性；

HCO_3^-：因总矿化度大于 0.1g/L，不做评价；

SO_4^{2-}：SO_4^{2-}含量在 2481.98mg/L～2751.31mg/L 之间，对混凝土结构具中腐蚀性；

Mg^{2+}：Mg^{2+}含量在 1288.06mg/L～1361.54mg/L 之间，对混凝土结构具微腐蚀性；

OH^-：含量均为 0，对混凝土结构具微腐蚀性；

总矿化度：含量在 38959.53mg/L～41625.23mg/L 之间，对混凝土结构具弱腐蚀性；

Cl^-：Cl^-含量在 20651.91mg/L～22187.64mg/L 之间，在长期浸水情况下，对钢筋混凝土结构中钢筋的腐蚀性高于弱腐蚀性，需做专门研究；考虑到弱腐蚀性的最高值为 20000mg/L，略低于本次测试值，建议本次对钢筋混凝土结构中钢筋在长期浸水情况下的腐蚀性按中腐蚀性考虑。

此外，依据《油气田及管道岩土工程勘察标准》（GBT 50568-2019）附录 A，底层海水中 $Cl^-+SO_4^{2-}$为 23235.68~24911.60mg/L，pH 范围为 7.60～8.24 之间。海水对钢结构的腐蚀性评价为中腐蚀性。

因此，依据《岩土工程勘察规范》（GB50021-2001，2009 年版），本项目所在海域底质海水对混凝土结构具中腐蚀性，腐蚀介质为 SO_4^{2-}，对钢筋混凝土结构中钢筋具中腐蚀性，腐蚀介质为 Cl^-；依据《油气田及管道岩土工程勘察标准》（GBT 50568-2019）附录 A，本项目所在海域底质海水对钢结构的腐蚀性评价为中腐蚀性。

4.3.8.2 沉积物结果与分析

本次地质调查共取 14 个站位进行沉积物腐蚀性因子分析，共取 13 个站位硫化物和硫酸盐还原菌分析，沉积物腐蚀性因子调查结果见表 4.3.8-2，硫化物和硫酸盐还原菌分析成果见表 4.3.8-3。

表 4.3.8-2 沉积物腐蚀性因子试验成果表（略）

表 4.3.8-3 硫化物和硫酸盐还原菌试验成果表（略）

根据表 4.3.8-2 及表 4.3.8-3，在所调查的沉积物表层样中，沉积物类型主要为淤泥、淤泥混砂、淤泥质土、粉砂混淤泥，局部为全风化花岗岩。

依据《岩土工程勘察规范》（GB50021-2001，2009 年版）第 12.2 节相关条文，对场地土的腐蚀性判定如下：

pH：沉积物 pH 变化范围在 6.79～8.67 之间，平均值为 7.91，对混凝土结构具微腐蚀性。

SO_4^{2-}：沉积物 SO_4^{2-}变化范围在 84mg/kg～3122mg/kg 之间，平均值为 1358.93mg/kg，对混凝土结构具微~中腐蚀性。

Cl^-：沉积物 Cl^-变化范围在 1684mg/kg～8597mg/kg 之间，平均值为5014.13mg/kg，对钢筋混凝土结构中的钢筋具中~强腐蚀性。

硫化物：硫化物变化范围在 0.04mg/kg～2.34mg/kg 之间，平均值为0.99mg/kg。

硫酸盐还原菌：本次试验结果介于 0 个/g～6 个/g 之间。

综上所述，根据《岩土工程勘察规范》（GB50021-2001，2009 年版），本项目所在海域底质沉积物对混凝土结构具中腐蚀，腐蚀介质为 SO_4^{2-}；对钢筋混凝土结构中钢筋具强腐蚀，腐蚀介质为 Cl^-。

4.3.8.3 小结

（1）根据《岩土工程勘察规范》（GB50021-2001，2009 年版），本项目所在海域底质沉积物对混凝土结构具中腐蚀，腐蚀介质为 SO_4^{2-}；对钢筋混凝土结构中钢筋具强腐蚀，腐蚀介质为 Cl^-。

（2）依据《油气田及管道岩土工程勘察标准》（GBT 50568-2019），本项目所在海域底质海水对钢结构的腐蚀性评价为中腐蚀性，腐蚀介质为 Cl^-+SO_4^{2-}。

（3）路由附近海域环境海水和环境底质腐蚀性总体较强，建议海缆敷设采取合适的防腐蚀措施，如加聚合物护层、焊接铝（铜）套、涂覆防腐涂层等。

4.3.9 周边海底电缆管道的探测结果

根据 4.3.5 节，通过对浅地层剖面法和海洋磁法数据进行分析，并综合搜集资料，推测勘测走廊范围内没有已建海缆。

4.3.10海底电缆管道稳定性和埋深分析

本项目位于汕尾市南部海域，路由走廊整体布设于南海北部的内陆架区域，介于汕尾沿岸的水平岸坡带与外缘水深约 40 米的陆架平原之间。海域水深总体呈现出由西北向东南逐渐加深的趋势，等深线大致与海岸线平行延伸，地形坡度舒缓。

路由穿越海域的海床表层沉积物以砂土和淤泥为主，土质相对均一。但在KP12+600 米里程附近，路由及两侧一定范围内零星分布有基岩礁石，导致该局

部区域海底地形呈现部分的锯齿状起伏，与周边平缓海床形成对比。除这一特殊区段外，整个研究海域地形变化总体和缓。

陆地的登陆点依托于一处海岸陡崖，其高程为+6.4 米（1985 国家高程基准）；而海上的升压站拟建位置海底高程约为-41.9 米。从登陆点至升压站，路由完成从海岸高地到内陆架浅海的跨越。其中，登陆段海岸地形陡峭，是路由区地形变化最为剧烈的部分；进入海域后，地形则转为平缓下降，直至目标水深。

整体而言，路由研究海域局部有冲淤变化，但变化幅度不大，呈现出略有侵蚀冲刷的基本稳定状态。

海缆路由常规段设计埋深为 3m，穿越航道位置埋深为 4m。海缆路由常规段沿线存在小型渔船和吨位较小的交通艇抛锚现象，其使用的锚重量较小，3m 埋深可保证海缆的安全。穿越航道段根据经过大型船只抛锚深度，4m 埋深可保证海缆的安全。

4.4 路由条件综合评价

4.4.1 路由条件综合评价

本项目海缆勘测路由登陆段位于深汕合作区小漠街道东侧，为陡崖区域，地形变化较大，近岸有少量暗礁，地貌属海岸地貌，所处岸线为大陆保有自然岸线。

本项目登陆段施工将计划采取定向钻方式，基本不会对岸线造成破坏。本项目不涉及围填海、倾倒废渣等诱发沙滩蚀退的行为，沙滩不设置永久性构筑物，因此，不影响自然岸线形态及原有生态功能。

4.4.2 路由区地形地貌

路由区的整体海床平缓，纵向地形变化细微。数据分析显示，海域内的平均海底坡度仅为 0.5%，表明海床面在长距离延伸中极其平顺，是进行线状海底工程敷设的有利地形条件。局部地形变化中，最大坡度出现在约 2.6%，该坡度值仍处于相对温和的范畴，不会对海缆施工和长期稳定构成显著影响。

在路由中心线的设计中，已充分考虑了地形与地质障碍物的避让。虽然在 KP12+600m 及 KP13+300m 附近区域存在零星礁石分布，但其位置与预设路由中

心线保持了较远的安全距离。因此，该地质异常区对主要敷设路径不构成直接干扰或风险。

4.4.3 路由区海底面状况

路由区海底地貌形态较为简单，海底面主要分布为淤泥、淤泥混砂、淤泥质土、粉砂混淤泥、粉质黏土以及粉砂层等，局部地段分布有燕山四期全风化花岗岩和礁石。

4.4.4 海底底质及工程特性

结合浅地层剖面与工程地质钻孔成果，勘测走廊海床下 10.0m 深度范围内的地层主要为流塑状淤泥、淤泥混砂、淤泥质土、松散状粉砂混淤泥、稍密状粉砂混淤泥以及软塑状粉质黏土，局部存在可塑状粉质黏土、稍密~中密状粉砂以及全风化花岗岩等。路由区表层整体沉积物厚度较大，有足够厚度的软弱土或中软土层及地基持力层。项目周边无破坏性地震记录，近期记录地震以小震为主，现在地震活动水平较弱，场地基本稳定。

4.4.5 海底障碍物

结合海洋磁法、侧扫声呐法及浅地层剖面法探测结果，海缆路径沿线不利障碍物主要为海底礁石。

在中央路由的 KP13+290m 至 KP13+390m、KP13+440m 至 KP13+475m 区域海底面以下 3m 范围内存在礁石。在勘测走廊范围内，海底面 3m 范围存在礁石的区域主要集中在 KP12+800m~KP14+000m 处。在 KP13+000m 至 KP13+850m 勘测走廊区域海底面以下存在礁石，该区段的勘测走廊的西侧存在大量的裸露礁石;在 KP12+600m 的勘测走廊范围东侧存在裸露的礁石。

根据本次勘测结果，路由勘测廊道两侧 250m 范围内海底礁石分布面积较小，仍对海缆路由铺设存在一定影响，需要注意做好海缆保护措施。

通过对多种方法进行综合分析，并综合搜集资料，未发现在勘测走廊范围内存在已建海底电缆。

4.4.6 气象与水文

路由区的气象条件较少出现极寒和极热的极端温度，温度适中，风和，雨多，雾少，但季节变化大，夏、秋季节热带气旋和雷暴天气较多。因此，只要选择合适的时间进行海上作业，避开雾天、热带气旋和雷暴天气，路由区的气象条件对海底电缆的铺设、运行和维护的影响不大。

路由区为轻浪区，但是潮汐和潮流动力较强，水温和盐度变化相对温和的水文条件，其对海底电缆的铺设、运行和维护总体影响不大。在天文大潮、热带气旋和极端天气影响下，路由区的水文条件较差，对海底电缆的铺设、运行和维护将产生较大影响。

4.4.7 海洋地质灾害

路由沿线海底地形总体平坦，局部有所起伏，未见海底滑坡、海底崩塌等不良地质作用发育迹象及海底地震地质灾害问题。场区不良地质作用主要为砂土液化。

根据勘测资料，当发生烈度为 7 度的地震时，海缆路由沿线 32 个钻孔会发生液化，其中液化等级为严重的钻孔有 1 个，液化等级为中等的钻孔有 19 个，液化等级为轻微的钻孔有 12 个，海缆敷设时应考虑饱和砂土液化的影响，预留一定的冗余度。

4.4.8 海洋开发活动

本项目路由所在海域有机质含量较为丰富，海洋生物初级生产力较高，浮游生物种类数量多。海洋捕捞业主要有围网、流刺网和钓业等作业方式组成。

根据搜集资料，本项目所在海域东侧的碣石湾附近有田尾山石英砂矿，该处矿藏所在西南侧毗连海域已被规划为田尾山工业与城镇用海区，目前开发的项目用海主要为陆丰核电用海区。矿产资源开发活动对项目建设几乎没有影响。

汕尾市海洋旅游资源丰富，特色明显，本项目所在海域涉及的旅游休闲娱乐区包括鲘门旅游休闲娱乐区、品清湖旅游休闲娱乐区、遮浪旅游休闲娱乐区和金町湾旅游休闲娱乐区，其中鲘门旅游休闲娱乐区距离预选路由最近约 5.2km，其

余旅游休闲娱乐区距离最近均超过 10km，本项目建设不会影响旅游区的正常运转。

军事活动和军事设施属于军事保密范畴。建议在电缆路由的施工设计、铺设前，应与军方进行沟通，主动征求意见，以保障勘察和铺设过程不会影响军事设施安全和军事活动的进行，确保以后的军事活动不会对电缆和管道造成损坏。

4.5 结论与建议

4.5.1 推荐设计路由

本项目海底电缆路由海域的海底地形地貌和工程地质条件相对较为适宜电缆敷设。推荐路由路径与勘测路由路径一致，推荐路由坐标见表 4.5.1-1，推荐路由示意图见图 4.5.1-1。

表 4.5.1-1 推荐路由方案坐标

编号	纬度（N）	经度（E）	备注
1	115°02'37.709"E	22°45'35.368"N	入钻点
2	115°02'43.783"E	22°45'34.101"N	出钻点
3	115°3'18.992"E	22°45'34.093"N	保障垂直登陆岸线，便于路由登陆施工
4	115°3'48.457"E	22°45'24.609"N	增大路由拐弯半径
5	115°8'2.208"E	22°40'22.601"N	避开海图显示礁石
6	115°10'32.572"E	22°36'23.655"N	保障与两锚地之间的安全距离
7	115°17'24.817"E	22°23'4.076"N	避开生态保护红线西侧边界，统筹管廊送出路径
8	115°17'46.765"E	22°22'52.467"N	增大路由拐弯半径，统筹管廊送出路径
9	115°17'48.031"E	22°22'52.285"N	统筹管廊送出路径，保持路由曲率
10	115°33'56.094"E	22°27'11.124"N	统筹管廊送出路径，避开生态保护红线，保持路由曲率
11	115°34'10.962"E	22°27'0.641"N	统筹管廊送出路径，避开海上风机
12	115°34'25.708"E	22°23'33.304"N	统筹管廊送出路径，避开海上风机
13	115°35'53.860"E	22°22'40.497"N	修改拐点，避开海上风机布置
14	115°36'13.973"E	22°22'42.850"N	海上升压站

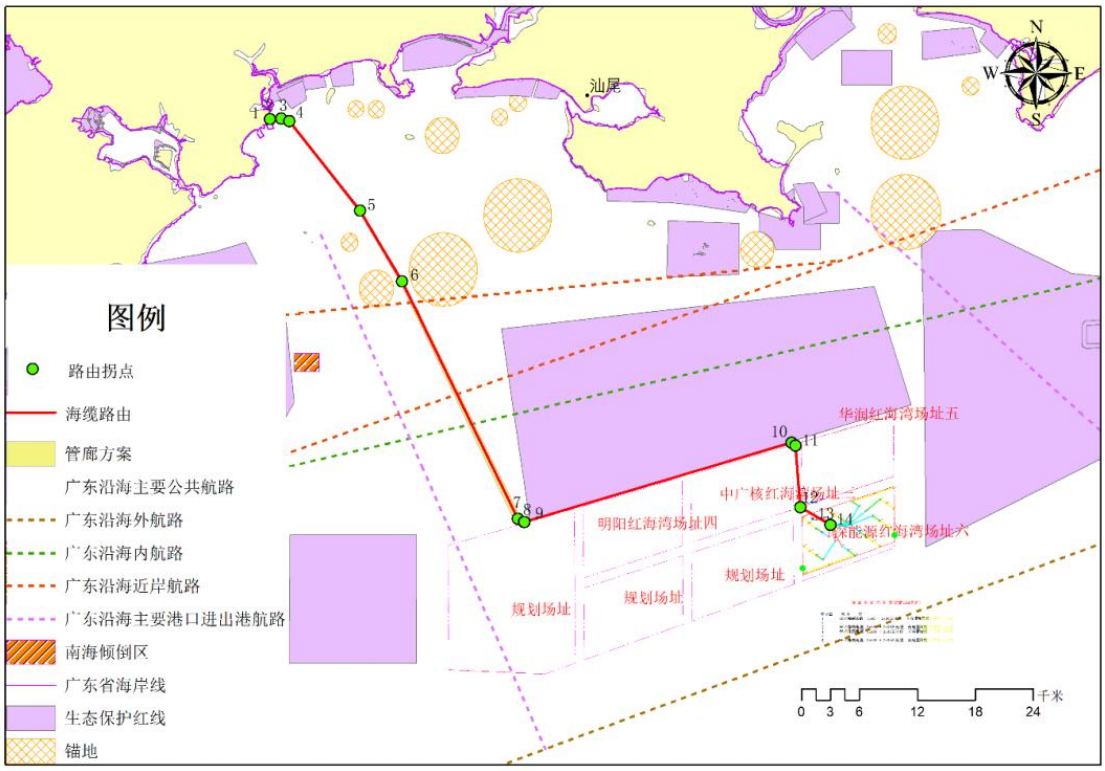


图 4.5.1-1 推荐路由走向示意图

（1）本次调查勘测及综合分析，路由海域地形平缓，地形整体起伏不大，水深介于 0.0m～45.0m，海缆路由沿线底质主要为海相沉积的淤泥、淤泥混砂、淤泥质土、粉砂混淤泥等，海陆交互相沉积粉质黏土、粉砂，局部地段分布有燕山四期全风化花岗岩。

（2）本项目登陆段施工计划采取定向钻方式，路由从地下穿越岸线，基本不会对岸线造成破坏；不影响自然岸线形态及原有生态功能。定向钻施工应注意选择合适的施工工艺和设备，确保后期安全运行。

（3）在中央路由的 KP13+290m 至 KP13+390m、KP13+440m 至 KP13+475m 区域海底面以下 3m 范围内存在礁石。在 KP12+800m 至 KP14+000m 勘测走廊区域海底面以下存在礁石。在 KP13+000m 至 KP13+850m 区段的勘测走廊的西侧存在大量的裸露礁石；在 KP12+600m 的勘测走廊范围东侧存在裸露的礁石。

（4）根据本次勘测结果，路由勘测廊道两侧 250m 范围内海底礁石分布面积较小，仍对海缆路由铺设存在一定影响，需要注意做好海缆保护措施。

（5）在海缆路径沿线范围内未探测到已建海缆。

（6）路由沿线海底地形总体平坦，局部有所起伏，未见海底滑坡、海底崩

塌等不良地质作用发育迹象及海底地震地质灾害问题。场区不良地质作用主要为砂土液化。

（7）路由区属亚热带季风气候，潮汐类型为不正规全日潮，潮流类型以不正规半日潮流为主。热带气旋是影响本海湾的主要灾害性天气。

（8）路由与所经过海域海洋功能区的主导功能是相符合的，符合省、市相关规划；路由基本避开了附近的港口和锚地，路由穿越航线，电缆设计埋深能满足船舶应急抛锚要求；距离保护区较近，施工期间对海底生态环境有短暂影响，施工完成后对海底生态环境不再产生影响。

4.5.2 建议

（1）在中央路由的 KP13+290m 至 KP13+390m、KP13+440m 至 KP13+475m 区域海底面以下 3m 范围内存在礁石。在 KP12+800m 至 KP14+000m 勘测走廊区域海底面以下存在礁石。在 KP13+000m 至 KP13+850m 区段的勘测走廊的西侧存在大量的裸露礁石；在 KP12+600m 的勘测走廊范围东侧存在裸露的礁石，建议采取保护措施。

（2）建议海上海缆施工应尽可能缩短工期、避开水生生物繁殖季及选择在海流平静的潮期施工，控制悬浮物的发生量，减小对龙虾、鱼类等水生生物的影响，有条件可通过防护隔离措施进一步减小影响。

（3）路由区处于航运及渔业活动比较繁忙区段，来往船舶较多，且附近浅滩较多，施工前需要事先和有关部门沟通，采取相应工程措施，提高作业的安全可靠性。

（4）海缆敷设完后，建议定期检测海缆走廊的地形地貌变化趋势、在海缆路由保护区范围内设立标志、建立完备的海缆路由管理信息系统等。

（5）工程施工期应尽量避开热带气旋影响的天气，建议选择合适的时间窗口，同时需要注意雾对施工的影响。海上施工尽量避开渔业资源的繁育期和敏感期，合理安排施工作业时间，将对渔业资源的损失降到最小程度。

（6）作业者应按照海事主管机关的要求，并结合该海域周围的应急资源状况、海域通航条件及船舶海损事故特点制定相应的综合应急预案和安全作业方

案，并报海事主管机关备案，以保护工程海域的通航环境和通航资源，保障良好的通航秩序。

（7）海缆施工期前应与相关部门加强沟通协调，并经主管部门批准后方施工，施工要严格按照已批准的路由范围，在规定的作业海域内进行。

5 资源生态影响分析

5.1 生态评估

5.1.1 资源生态敏感目标

根据本项目用海基本情况和所在海域资源生态基本特征分析，本项目周边主要有生态保护红线、自然保护区、现状红树林、珊瑚礁、渔业水域和无居民海岛等资源生态敏感目标，具体分布见表 5.1.1-1。

表 5.1.1-1 项目周边生态敏感目标分布

类型	名称	与项目相对位置	敏感要素
生态保护红线	遮浪南重要渔业资源产卵场	送出海缆穿越	渔业资源、海洋水质、生态环境
	深圳深汕九龙湾海洋生态地方级自然保护区	北侧，1.3km	特殊海洋生态系统
	汕尾市海丰县红树林	北侧，1.4km	红树林及其生境
	碣石湾海马珍稀濒危物种分布区	东侧，3.4km	海马及其生境
	鲘门重要滩涂及浅海水域	北侧，3.6km	滩涂及浅海水域
	深圳深汕红树林	北侧，4.9km	红树林及其生境
	乌山海岸防护物理防护极重要区	南侧，5.2km	海岸防护
	东江流域水源涵养-生物多样性维护生态保护红线	北侧，5.6km	海洋水质、生态环境
自然保护区	汕尾市碣石湾海马资源市级自然保护区	东侧，3.4km	海马及其生境
	深圳深汕九龙湾海洋生态市级自然保护区	北侧，1.6km	特殊海洋生态系统
渔业水域	南海区幼鱼、幼虾保护区	送出海缆穿越	渔业资源、海洋水质、生态环境
	黄花鱼幼鱼保护区	送出海缆穿越	渔业资源、海洋水质、生态环境
	蓝圆鲹、金色小沙丁鱼幼鱼保护区	送出海缆穿越	渔业资源、海洋水质、生态环境
	南海北部幼鱼繁育场保护区	项目所在	渔业资源、海洋水质、生态环境
	粤东近海区蓝圆鲹产卵场	紧邻	渔业资源、海洋水质、生态环境
无居民海岛	龙虾头岛	北侧，1.0km	海岛生态系统

红树林	现状红树林	北侧，1.2km	红树林及其生境
珊瑚礁	珊瑚礁	西侧，4.3km	珊瑚礁及其生境

5.1.1.1 生态保护红线

根据《自然资源部生态环境部国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》（自然资发〔2022〕142 号），生态保护红线是国土空间规划中的重要管控边界，生态保护红线内自然保护地核心保护区外，禁止开发性、生产性建设活动，在符合法律法规的前提下，仅允许对生态功能不造成破坏的十大类有限人为活动。

本项目 500kV 送出电缆穿越遮浪南重要渔业资源产卵场，邻近的生态红线区为深圳深汕九龙湾海洋生态地方级自然保护区（送出海缆北侧，1.3km）和汕尾市海丰县红树林（送出海缆北侧，1.4km）。

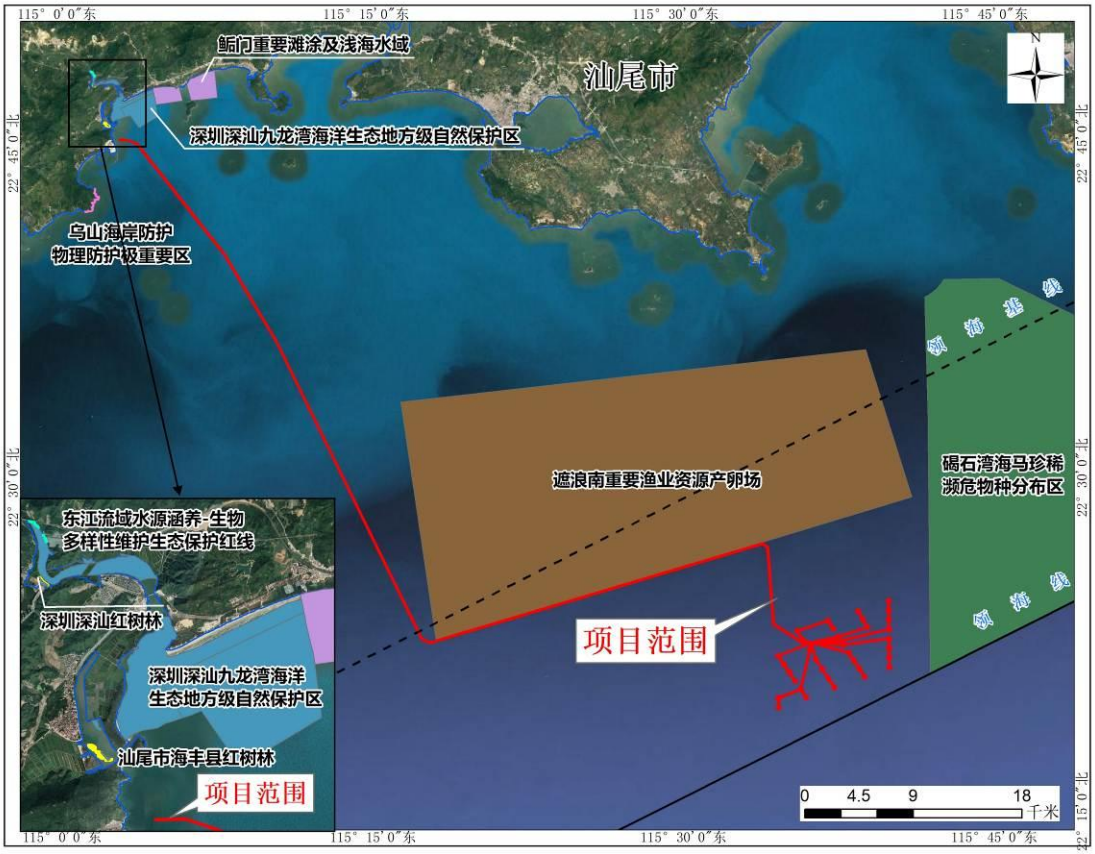


图 5.1.1-1 项目周边资源生态敏感目标分布图（生态保护红线）

5.1.1.2 自然保护区

项目论证范围内自然保护区有 2 个，分别是汕尾市碣石湾海马资源市级自然保护区和深圳深汕九龙湾海洋生态市级自然保护区。

汕尾市碣石湾海马资源市级自然保护区位于陆丰市碣石镇对开海域，保护对象为三斑海马、日本海马和克氏海马等及其栖息环境。2016 年 8 月 15 日由汕尾市政府（汕府函〔2016〕74 号）文件批准成立。该保护区位于本项目风电场场址东侧，最近距离约 3.4km。

深圳深汕九龙湾海洋生态市级自然保护区确定的矢量化面积 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孵育场等特殊海洋生态系统。该保护区位于本项目送出海缆登陆点北侧，最近距离约为 1.6km。

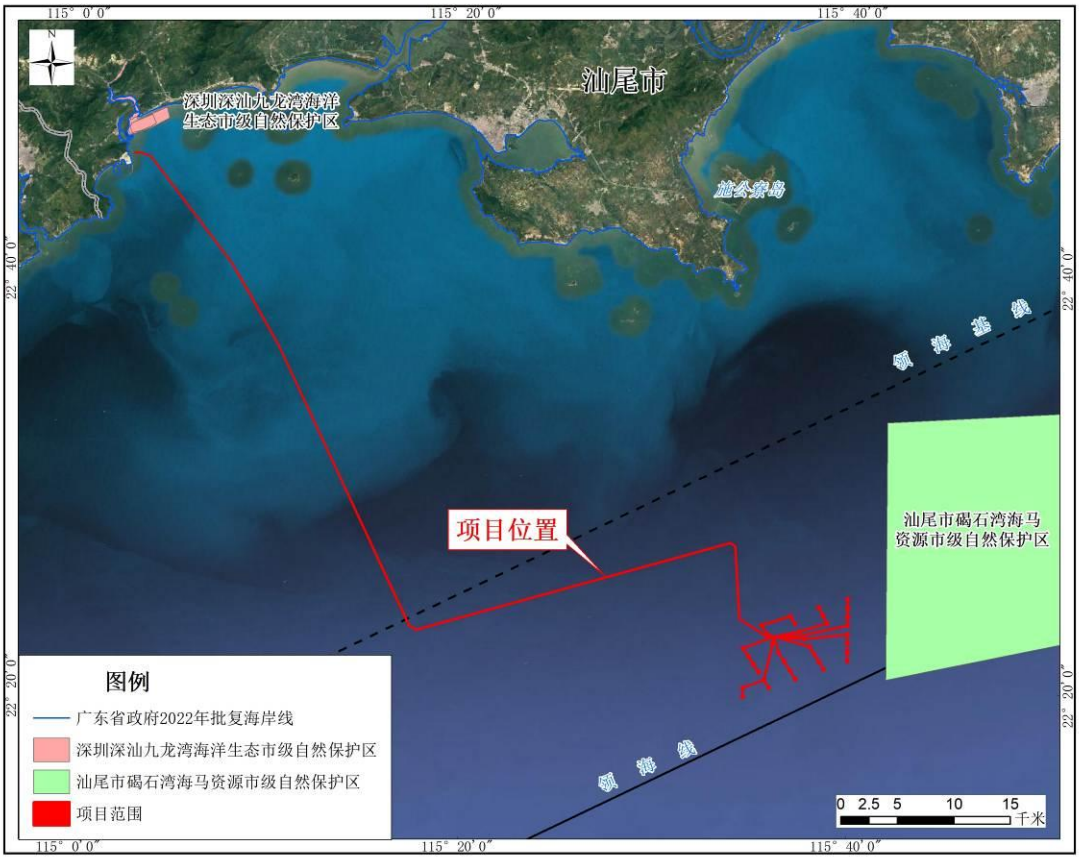


图 5.1.1-2 项目周边资源生态敏感目标分布图（自然保护区）

5.1.1.3 渔业水域

本项目位于南海北部幼鱼繁育场保护区，送出海缆穿越南海区幼鱼、幼虾保护区，黄花鱼幼鱼保护区，蓝圆鲹、金色小沙丁鱼幼鱼保护区，场址距离粤东近海区蓝圆鲹产卵场较近，详见第 3.2.16 节。

5.1.1.4 无居民海岛

本项目论证范围内岛礁资源有 28 个，均为无居民海岛，其中龙虾头岛与本项目送出电缆距离最近，约 1.0km，其余海岛与本项目有一定距离，不会对其产生影响。

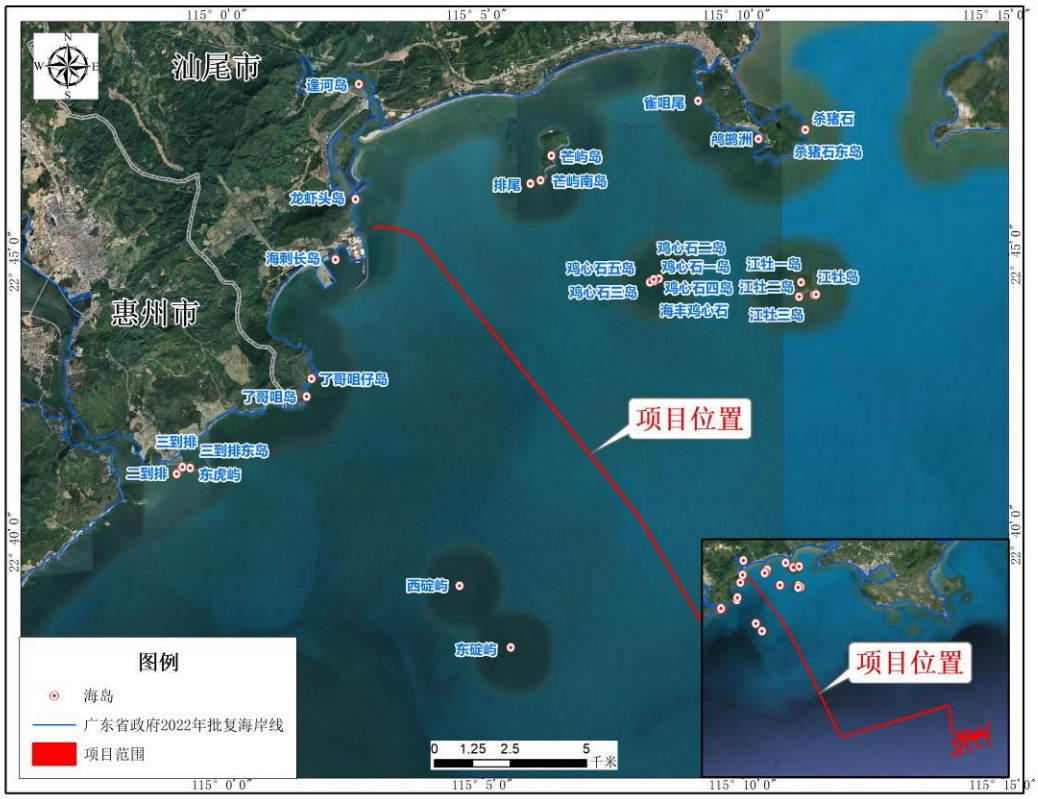


图 5.1.1-3 项目周边资源生态敏感目标分布图（无居民海岛）

5.1.1.5 现状红树林

根据《广东省湿地保护条例》，其保护要求为：禁止在红树林湿地挖塘，禁止移植、采挖、采伐红树林或者过度采摘红树林种子，禁止投放、种植危害红树林生长的物种。因科研、医药或者红树林湿地保护等需要移植、采挖、采伐、采摘的，应当经地级以上市人民政府林业主管部门同意。经批准移植、采挖、采伐、采摘的，应当在指定的种类、数量、时间、地点内进行，并接受县级以上人民政府林业主管部门的监督检查。除国家重大项目和防灾减灾等外，禁止占用红树林湿地；确需占用或者临时占用的，应当开展不可避让性论证，依法办理审批手续。

本项目登陆点北侧 1.2km 处分布有现状红树林，详见本报告 3.2.14 节。

5.1.1.6 珊瑚礁

根据《中华人民共和国海洋环境保护法》第三十三条，国家加强海洋生态保护，提升海洋生态系统质量和多样性、稳定性、持续性。国务院和沿海地方各级人民政府应当采取有效措施，重点保护红树林、珊瑚礁、海藻场、海草床、滨海湿地、海岛、海湾、入海河口、重要渔业水域等具有典型性、代表性的海洋生态系统，珍稀濒危海洋生物的天然集中分布区，具有重要经济价值的海洋生物生存区域及有重大科学文化价值的海洋自然遗迹和自然景观。

本项目送出海缆西侧 4.3km 处分布有珊瑚礁，详见本报告 3.2.14 节。

5.1.2 重点和关键预测因子

本项目为海上风电项目，根据项目用海特征以及周边敏感目标分布情况，项目建设对水动力、地形地貌与冲淤以及水质环境等方面均有一定影响，确定本项目的重点和关键预测因子如下：

（1）水动力环境：流速、流向、水动力影响范围；

（2）地形地貌与冲淤环境：冲淤变化；

（3）水质环境：悬沙扩散。

5.1.3 用海方案工况设计

本项目规划装机容量为 500MW，平面布置设置两个用海方案：

（1）平面布置方案一：拟安装 34 台 15MW 风机，风电机组通过 8 回 66kV 集电海缆汇集至海上升压站，风电机组采用阵列式布置，66kV 集电海缆采用链型拓扑结构，每回路连接 4-5 台风机，不交叉不重叠。方案一主要以 ENE 为主导风向，各列基本垂直于主导风向，采用变间距排布形式，与主导风向呈 100°夹角，共计 6 列。列间距为 7.4~12.2D，行间距为 3.0~3.6D。

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 48.33km 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 28.82km 后到达红海湾海上风电场场址五西北角，最后向东南方向避开海上风机位置延伸 10.54km 到达海上升压站。500kV 送出海底电缆布

置 1 根海缆，全长 89.71km。

方案一海上升压站布置在风电场址内偏西北侧，海上无功补偿站位于送出海缆接近红海湾场址处。

方案一平面布置见图 5.1.3-1。

（2）平面布置方案二：拟安装 34 台 15MW 风机，风电机组通过 8 回 66kV 集电海缆汇集至海上升压站，风电机组采用阵列式布置，66kV 集电海缆采用链型拓扑结构，每回路连接 2-5 台风机，不交叉不重叠。方案二各列基本沿场址边线平行布置。与主导风向夹角约为 67.5°，采用变间距排布形式，共计 5 列。适当扩大 2~3 列和 3~4 列的列间距。列间距为 8.1~9.7D，行间距为 3.5~4.4D。

方案二 500kV 送出海底电缆走向除场址内接入海上升压站段外，其余段基本一致，全长 90.51km。

方案二海上升压站位于风电场址内北侧偏西，海上无功补偿站布设位置与方案一一致。

方案二平面布置见图 5.1.3-2。

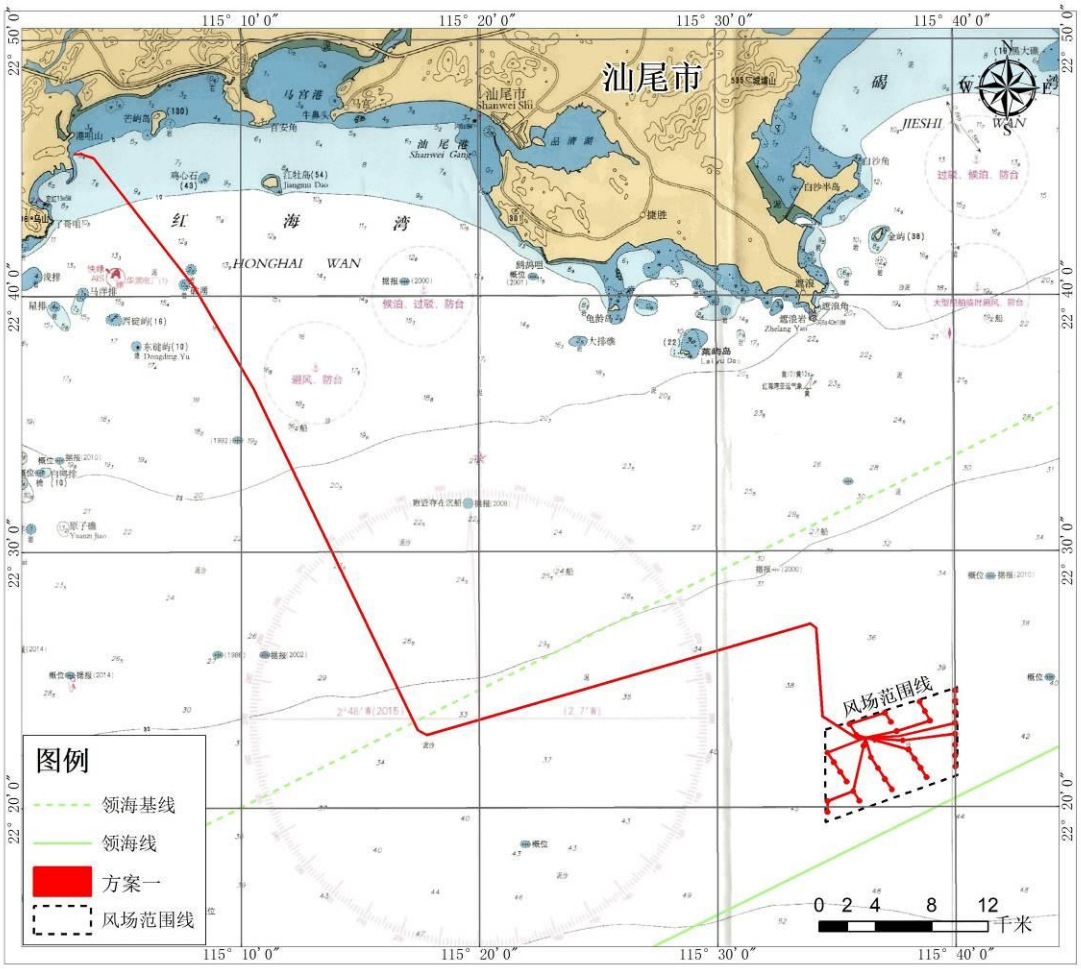


图 5.1.3-1 方案一总平面布置示意图

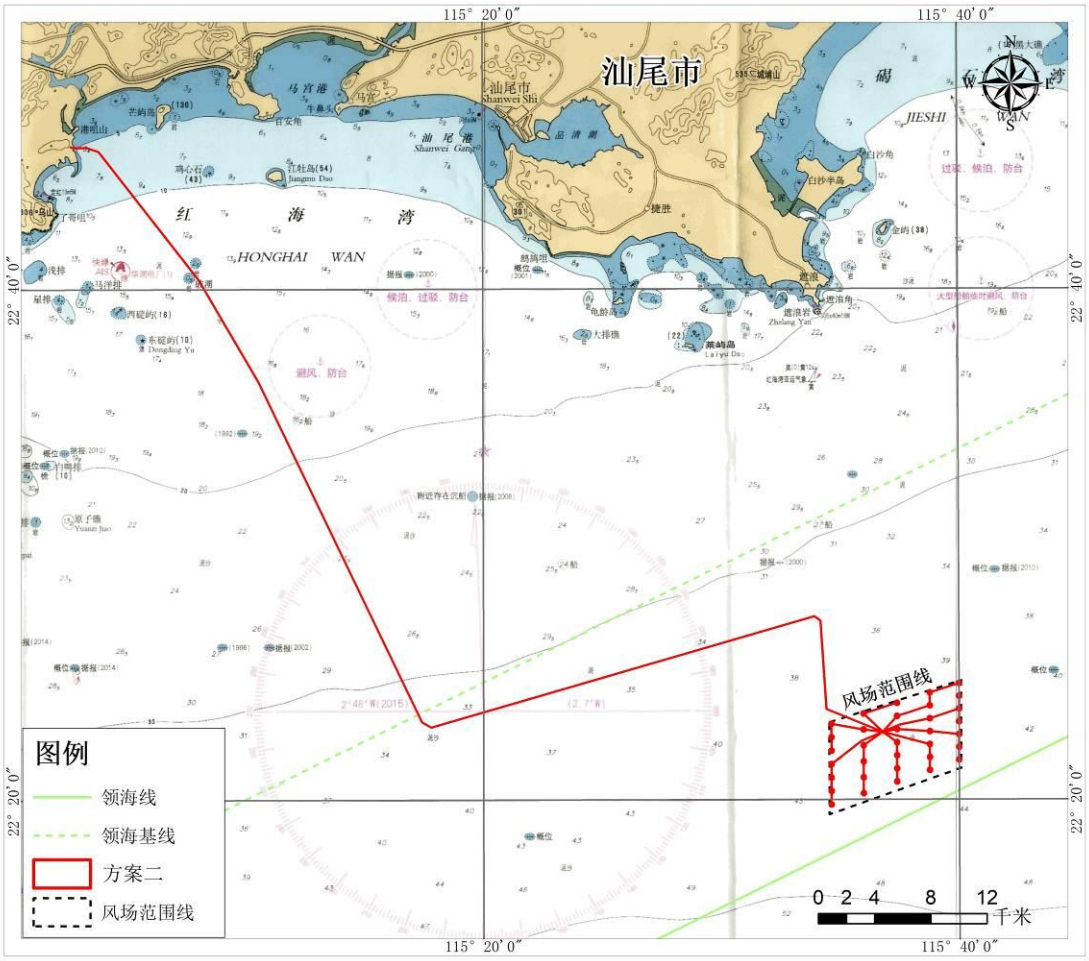


图 5.1.3-2 方案二总平面布置示意图

5.1.4 水动力影响预测对比分析

5.1.4.1 潮流模型

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

$$\sigma = \frac{z-\eta}{H+\eta} \qquad D = H+\eta \qquad z=\eta, \sigma=0; \quad z=-H, \sigma=-1$$

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

$$\frac{\partial uD}{\partial t} + \frac{\partial u^2 D}{\partial x} + \frac{\partial uvD}{\partial y} + \frac{\partial uw}{\partial \sigma} - fvD + gD\frac{\partial \eta}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial \sigma}\left[\frac{A_M}{D}\frac{\partial u}{\partial \sigma}\right]$$

$$-\frac{gD^2}{\rho_0}\frac{\partial}{\partial x}\int_\sigma^0 \rho d\sigma + \frac{gD}{\rho_0}\frac{\partial D}{\partial x}\int_\sigma^0 \sigma\frac{\partial \rho}{\partial \sigma}d\sigma + F_X$$

$$\frac{\partial vD}{\partial t}+\frac{\partial uvD}{\partial x}+\frac{\partial v^2D}{\partial y}+\frac{\partial vw}{\partial \sigma}+fuD+gD\frac{\partial \eta}{\partial y}=\frac{\partial}{\partial \sigma}\left[\frac{A_M}{D}\frac{\partial v}{\partial \sigma}\right]$$

$$-\frac{gD^2}{\rho_0}\frac{\partial}{\partial y}\int_\sigma^0 \rho d\sigma+\frac{gD}{\rho_0}\frac{\partial D}{\partial y}\int_\sigma^0 \sigma\frac{\partial \rho}{\partial \sigma}d\sigma+F_Y$$

$$F_X=\frac{\partial}{\partial x}\left[2DA_H\frac{\partial u}{\partial x}\right]+\frac{\partial}{\partial y}\left[DA_H\left(\frac{\partial u}{\partial y}+\frac{\partial v}{\partial x}\right)\right]$$

$$F_Y=\frac{\partial}{\partial y}\left[2DA_H\frac{\partial v}{\partial y}\right]+\frac{\partial}{\partial x}\left[DA_H\left(\frac{\partial u}{\partial y}+\frac{\partial v}{\partial x}\right)\right]$$

式中：

H－平均海平面下水深（m）；

η －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）；

$w-\sigma$ 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；

A_H －水平湍流粘滞系数，取 $23\,m^2/s$；

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）初始条件：

初始速度场，水位场（开边界除外）均为 0。

（3）边界条件：

①在自由表面上（ $\sigma=0$ ）：

$$w\ （0）=0$$

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

$$\bar{\tau}_a=\rho_a C_D|\bar{W}_a|\bar{W}_a$$

其中，W_a 为风速（m/s），ρ_a 为空气密度，C_D 为风曳力系数，采用 ECOM 公式：

$$C_D=\begin{cases}1.2\times10^{-3} & \left|\vec{W}_a\right|\le 11\ \text{(m/s)}\\ (0.49+0.065\left|\vec{W}_a\right|)\times10^{-3} & 11<\left|\vec{W}_a\right|\le 25\ \text{(m/s)}\\ 2.1\times10^{-3} & \left|\vec{W}_a\right|>25\ \text{(m/s)}\end{cases}$$

不考虑大气与水热交换：

$$w\,C+K_V\frac{\partial C}{\partial\sigma}=0$$

②在海底（ $\sigma=-1$ ）：

$$w\,(-1)=0$$

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

$$\vec{\tau}_b=\rho_w C_z\left|\vec{V}_b\right|\vec{V}_b$$

其中，$C_z=\max\left[\frac{k^2}{\ln^2(z_b/z_0)},0.0025\right]$，$k$ 是 Karman 常数（一般取值 0.4），z_b 是离海底最近的网格结点与海底的距离，z_0 为海底粗度，取 0.01m。

不考虑海底热盐交换：$-K_V\frac{\partial C}{\partial\sigma}-w_bC_b=0$

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。

在开边界上，外海开边界来源于全球潮汐模型，采用 8 个分潮调和常数计算潮位边界，8 个分潮分别为 M_2、S_2、N_2、K_2、K_1、O_1、P_1、Q_1。

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

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。

（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，即当某点水深小于一浅水深 ε_{dry}（如 0.1m）时，令该处流速为零，滩地干出，当该处水深大于 $\varepsilon_{\text{flood}}$

（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：

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

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

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

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

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：

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

（6）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，每层厚度为 0.2H，计算三维变量，按稳定性要求 $\frac{\Delta t}{2}<\frac{\alpha\cdot\Delta s}{\sqrt{gH_{\max}}}$，$\alpha$=1~3，水流数学模型的计算步长为动态时间步长，取 0.1s~30s。

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。模型共布置 124117 个网格，62819 个节点，采用三角形网格离散计算区域，最大网格尺寸为 5000m，风机桩基处网格尺寸为 2.5m。模型计算范围及网格布置见图 5.1.4-1。

水深地形与风场资料：水深资料为工程附近海图水深与 ETOP1 全球地形数据库水深资料融合，其中工程附近海区则由中国人民解放军海军司令部航海保证部最新版海图资料读取，将地形加载到网格中进行插值。

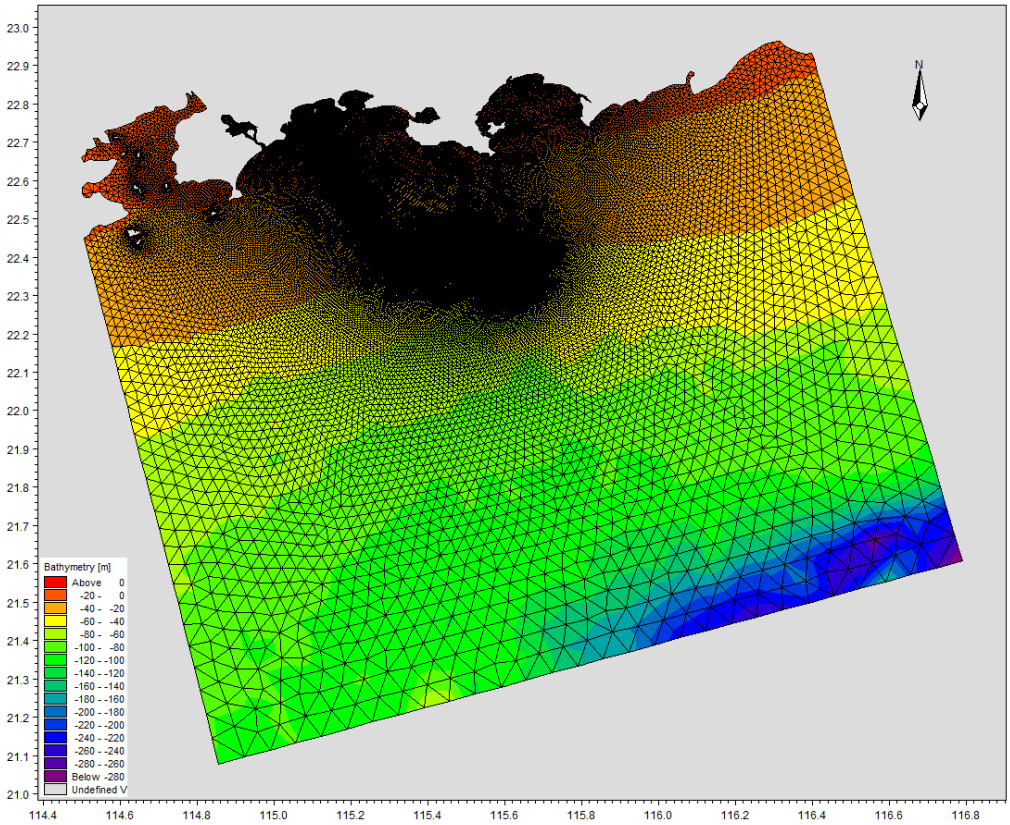


图 5.1.4-1 模型计算范围

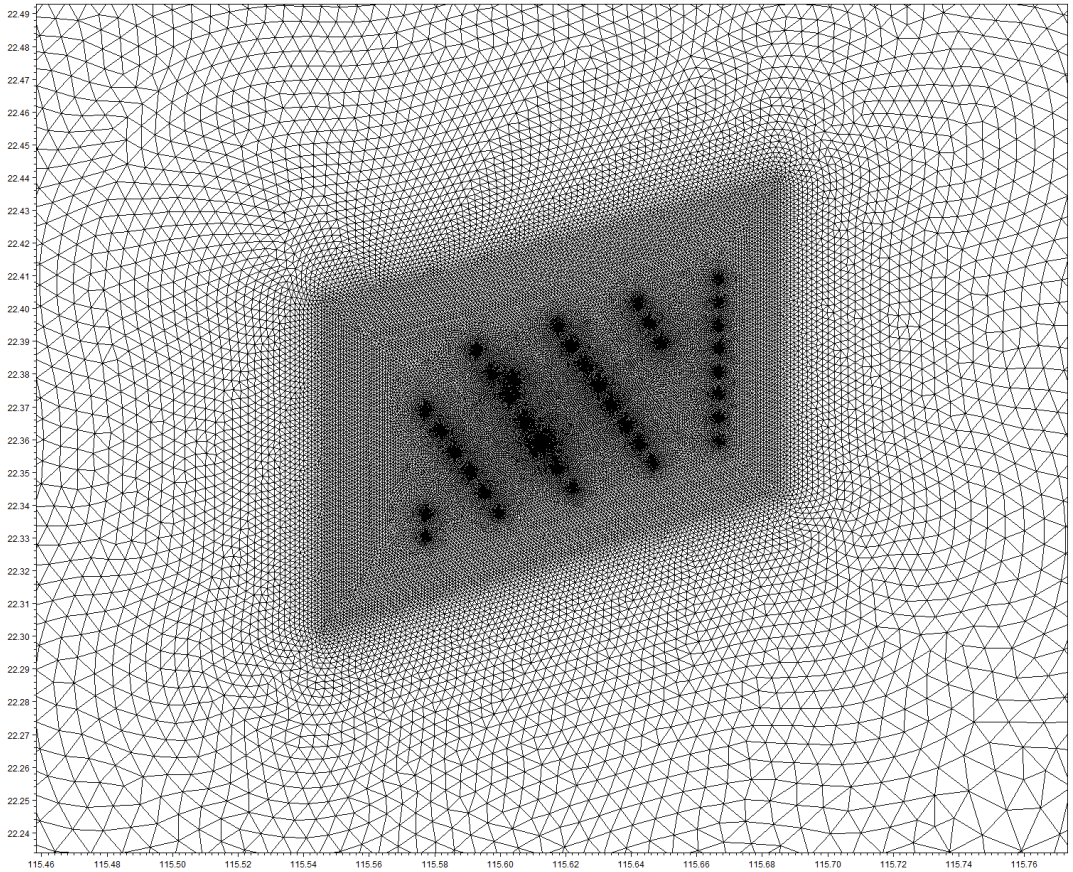


图 5.1.4-2a 方案一工程区网格剖分图

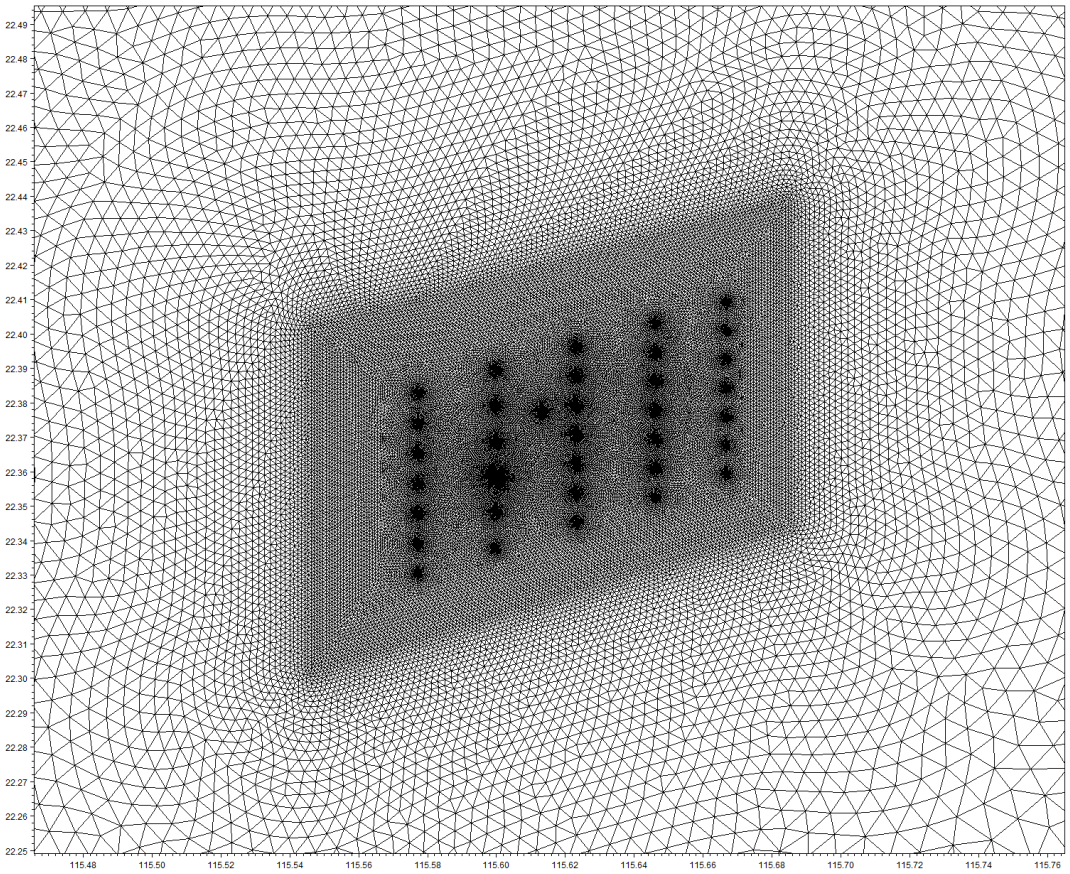


图 5.1.4-2b 方案二工程区网格剖分图

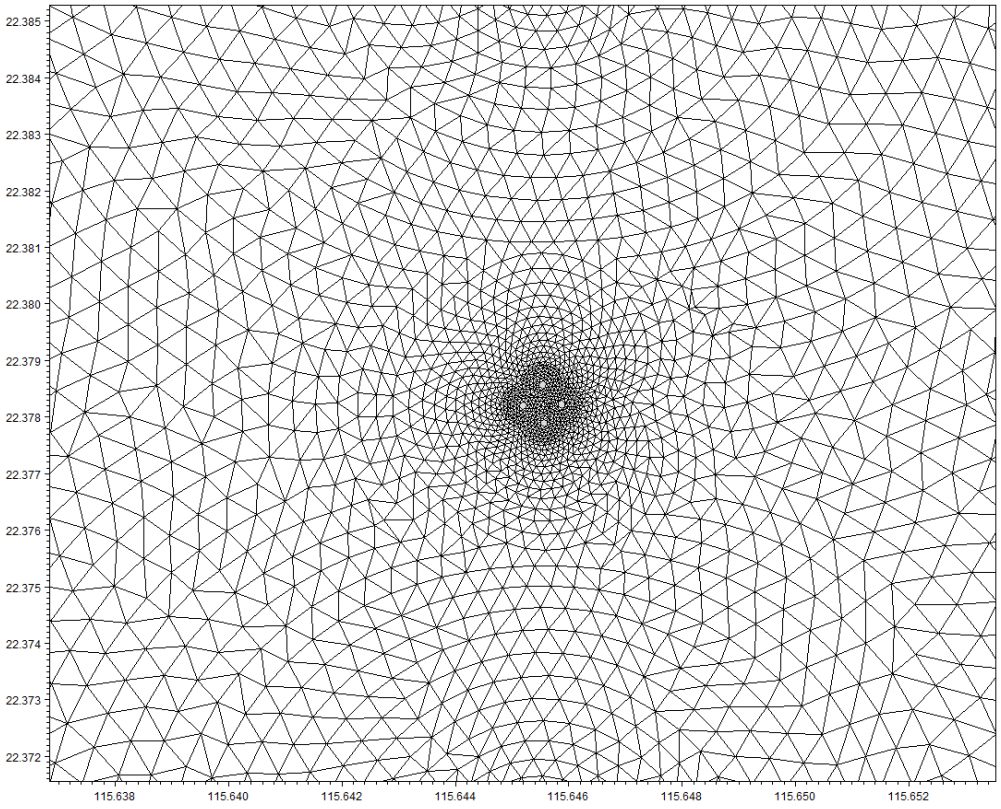


图 5.1.4-3 单个风电桩基局部网格剖分图

（7）模型验证

模型计算时间为 2023 年 8 月 25 日 0:00~2023 年 9 月 10 日 23:00，模型采用 2023 年 8 月 28 日 14 时～2023 年 8 月 29 日 15 时工程附近海域 A1~A6、F1~F7 共 13 个测站的潮流资料以及 T1~T3 三个潮位测站观测资料进行验证，验证点位置见图 5.1.4-4。图 5.1.4-5 给出了三个实测潮位站潮位过程计算值与实测值的比较图。图 5.1.4-6~图 5.1.4-18 给出了 13 个潮流实测站位表层、0.6 层和底层流速、流向计算值与实测资料的对比图。

从潮位和潮流验证图中可以看出，潮位验证站点水位计算值与实测值吻合较好；13 个海流测点的各层计算潮流和实测潮流变化趋势大体一致，流向模拟值与实测值符合程度较好，流速的模拟值与实测值整体趋势较吻合，最大流速模拟值与实测值基本一致。总体而言，计算域内潮汐和潮流模拟验证较好，计算结果基本能够反映工程附近海域的潮流运动特征。

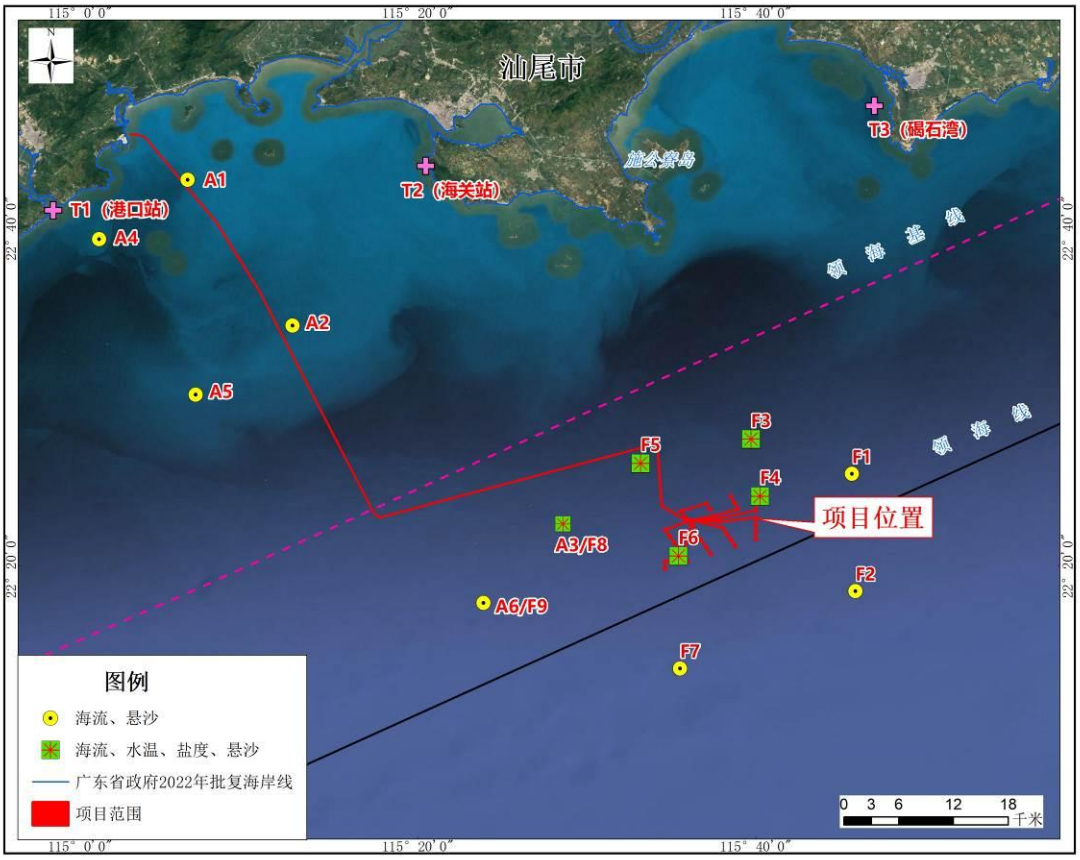


图 5.1.4-4 验证点位置图

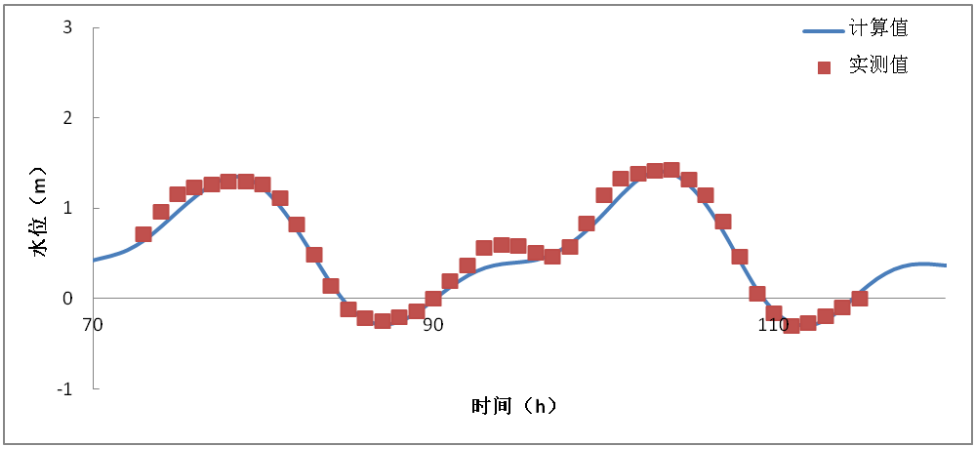


图 5.1.4-5a T1 站潮位验证

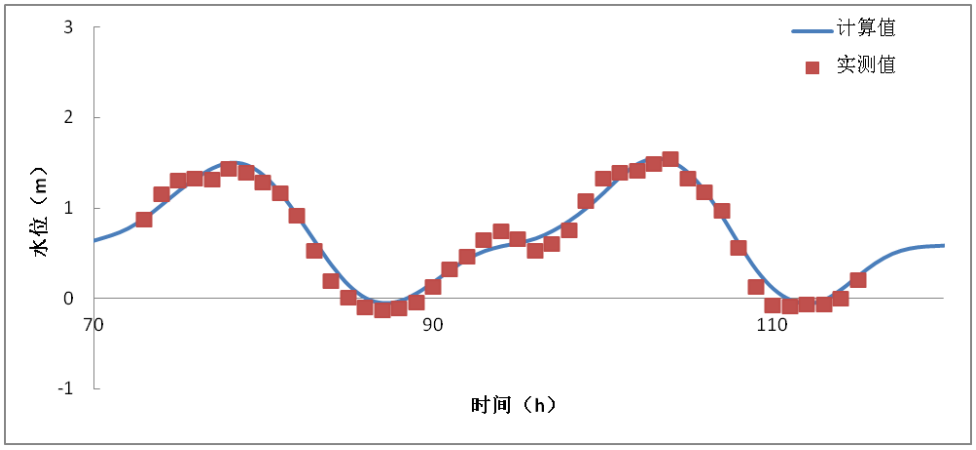


图 5.1.4-5b T2 站潮位验证

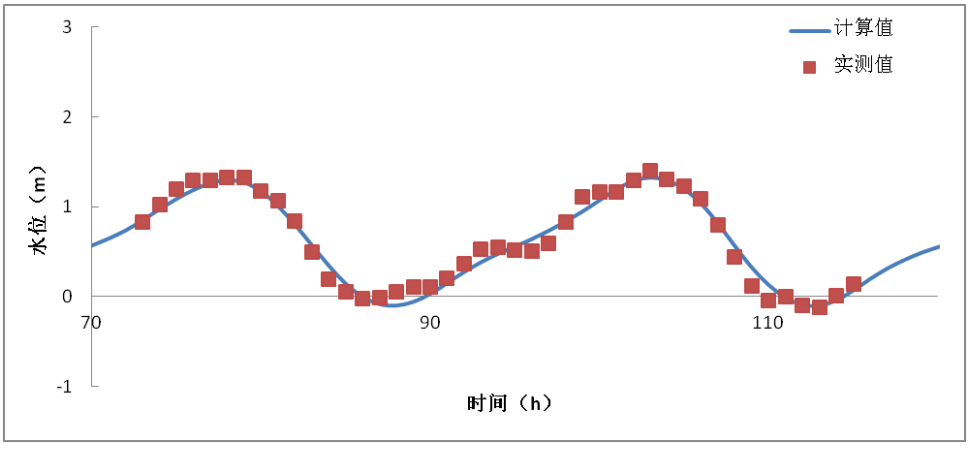


图 5.1.4-5c T3 站潮位验证

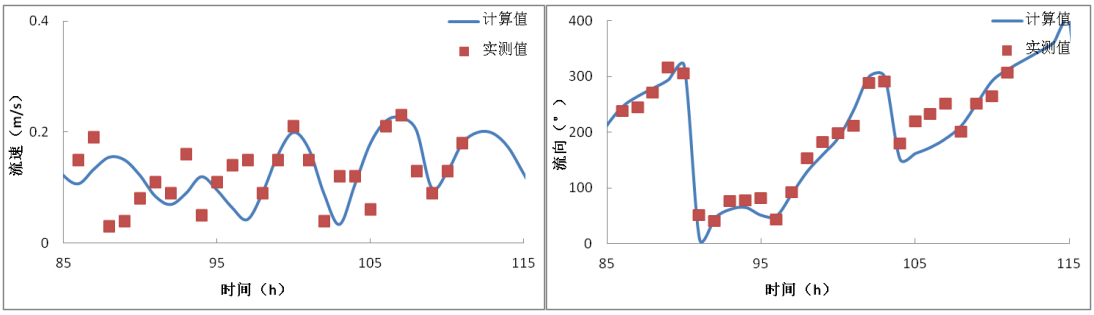


图 5.1.4-6a A1 站流速、流向验证（表层）

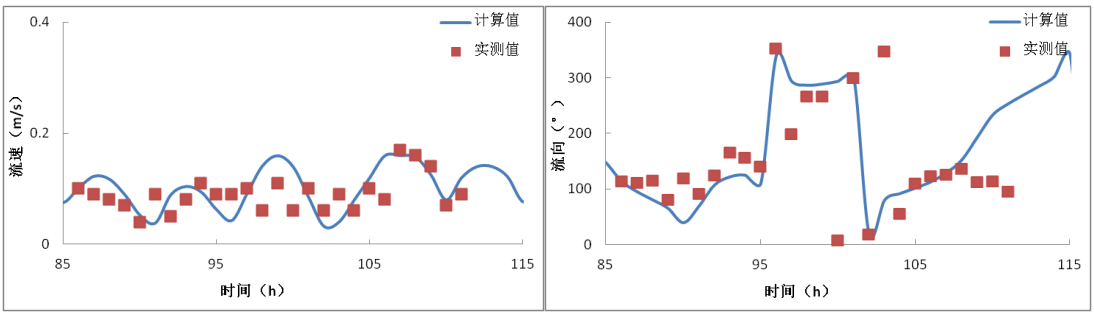


图 5.1.4-6b A1 站流速、流向验证（0.6 层）

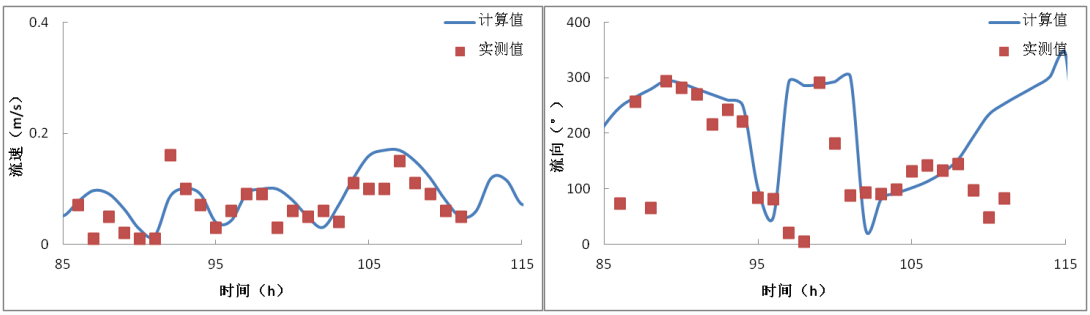


图 5.1.4-6c A1 站流速、流向验证（底层）

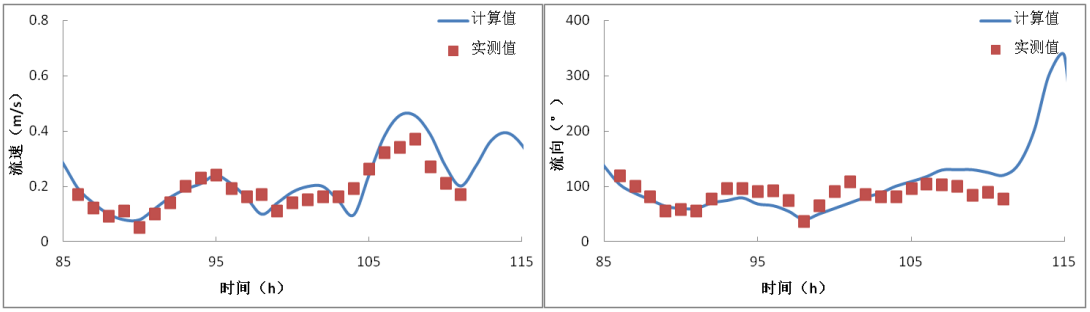


图 5.1.4-7a A2 站流速、流向验证（表层）

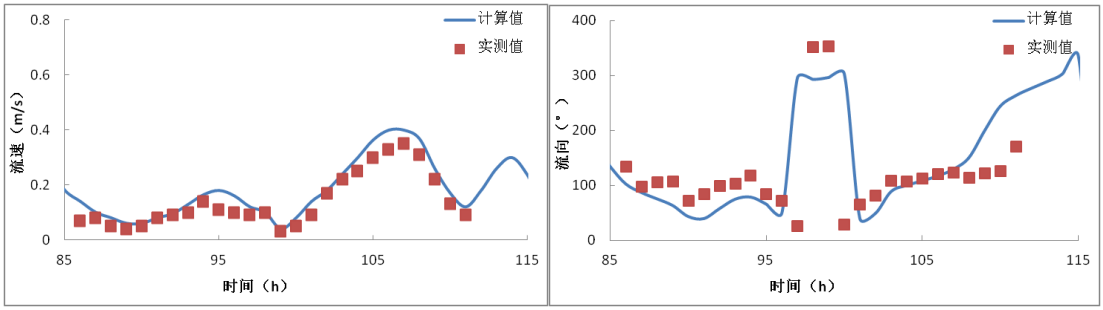


图 5.1.4-7b A2 站流速、流向验证（0.6 层）

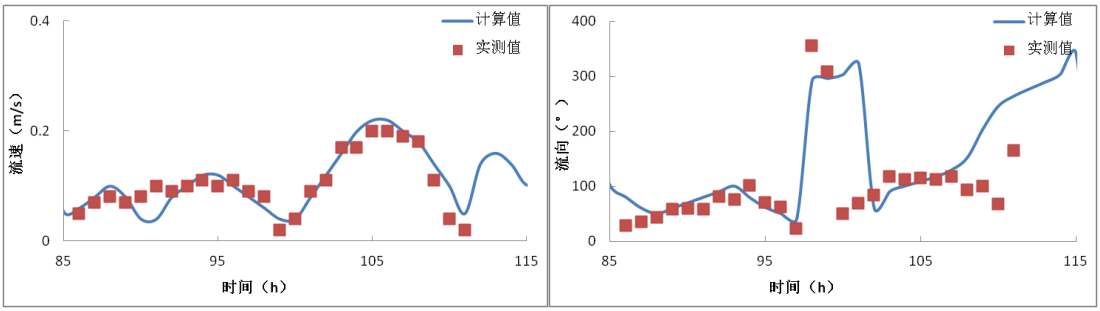


图 5.1.4-7c A2 站流速、流向验证（底层）

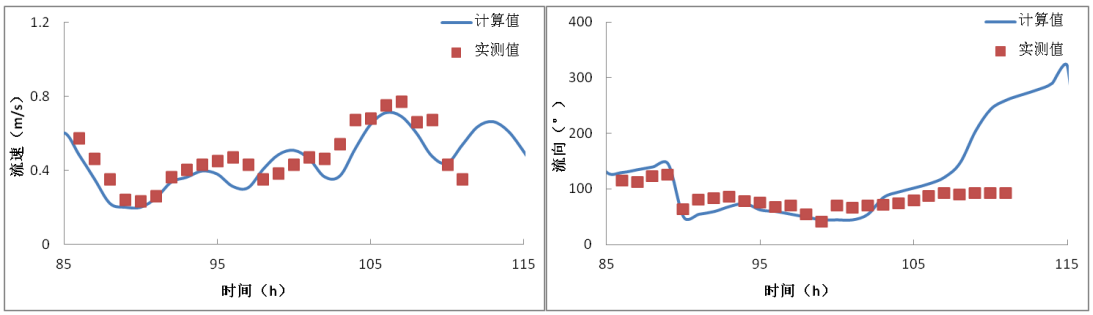


图 5.1.4-8a A3 站流速、流向验证（表层）

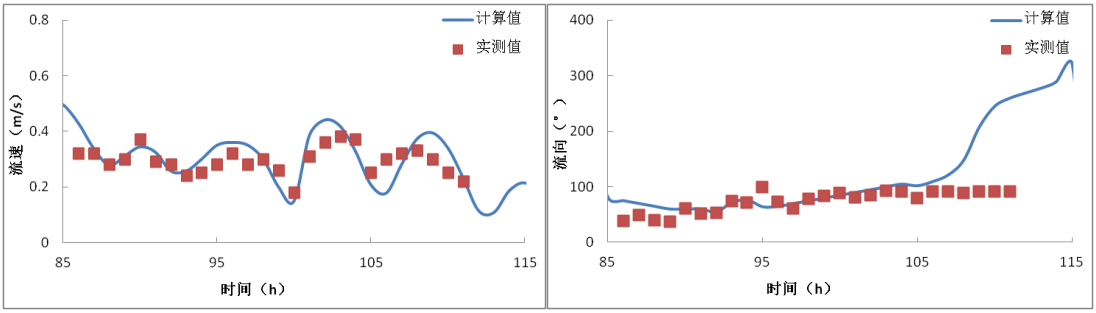


图 5.1.4-8b A3 站流速、流向验证（0.6 层）

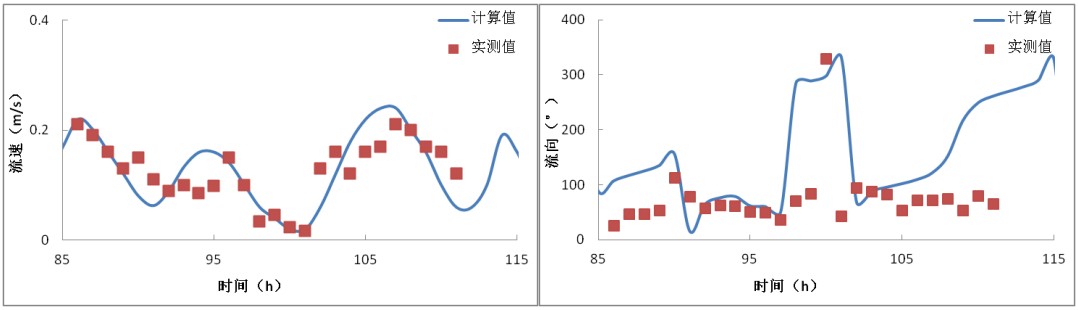


图 5.1.4-8c A3 站流速、流向验证（底层）

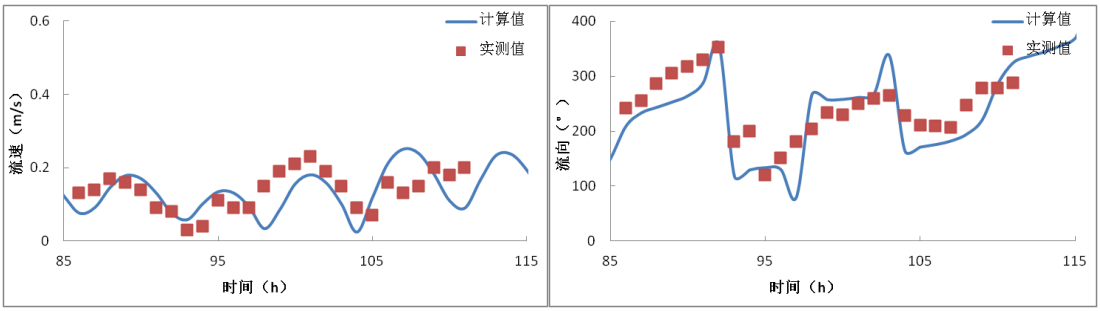


图 5.1.4-9a A4 站流速、流向验证（表层）

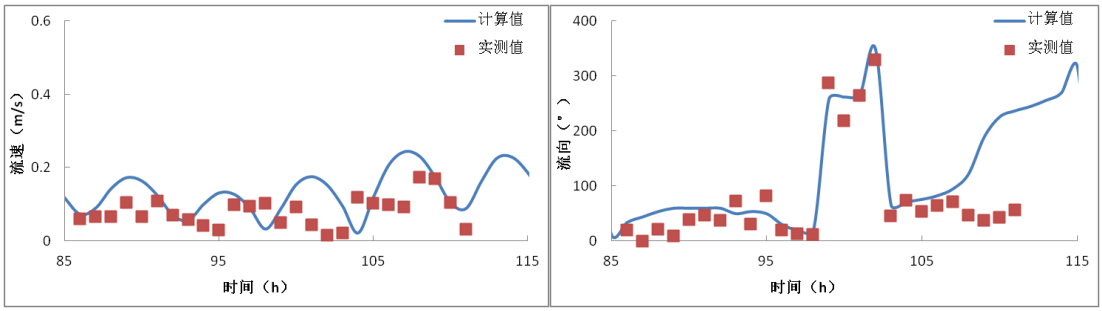


图 5.1.4-9b A4 站流速、流向验证（0.6 层）

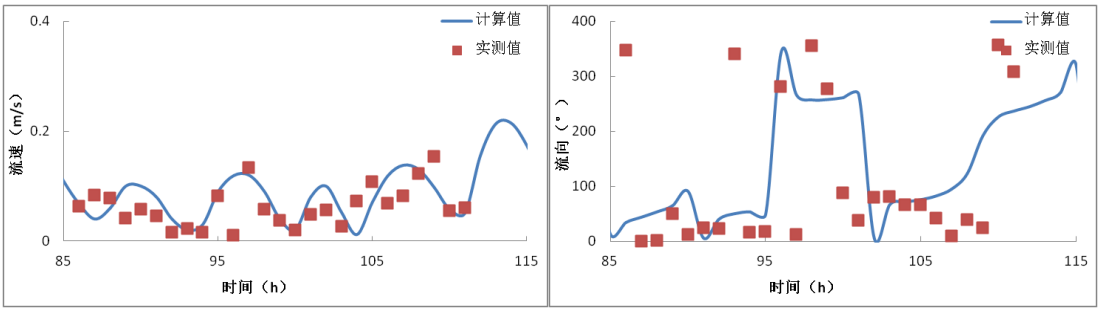


图 5.1.4-9c A4 站流速、流向验证（底层）

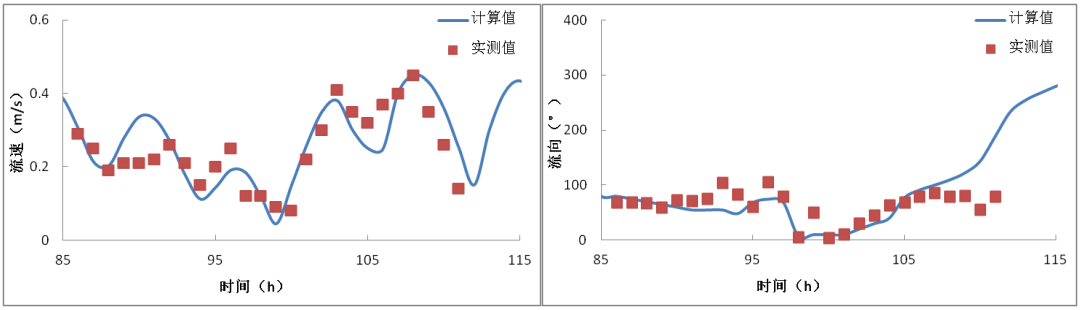


图 5.1.4-10a A5 站流速、流向验证（表层）

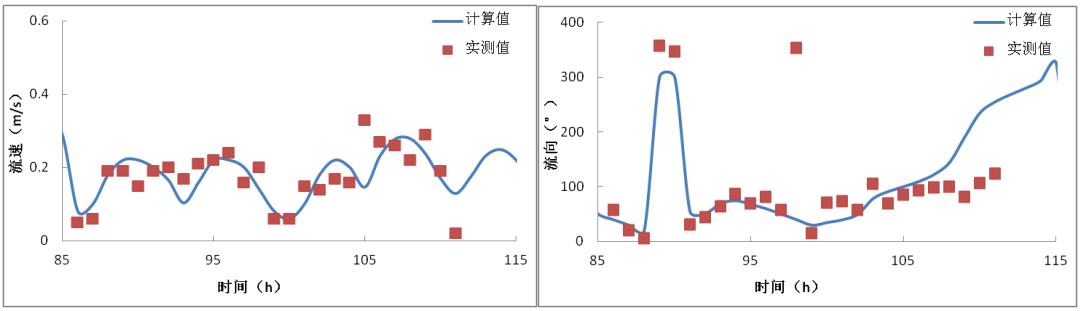


图 5.1.4-10b A5 站流速、流向验证（0.6 层）

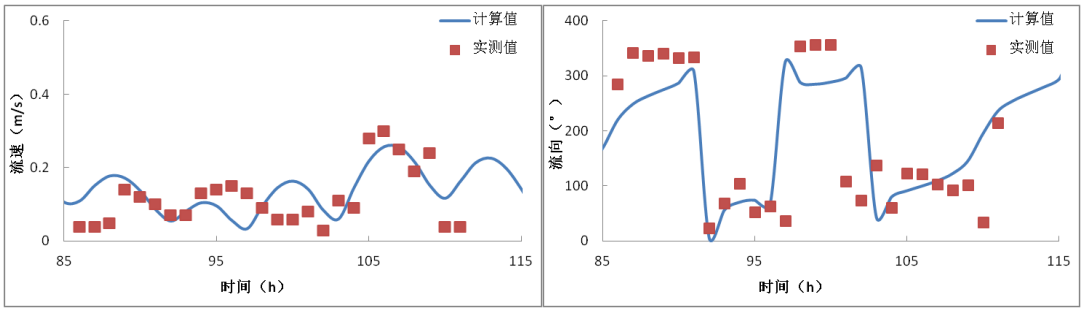


图 5.1.4-10c A5 站流速、流向验证（底层）

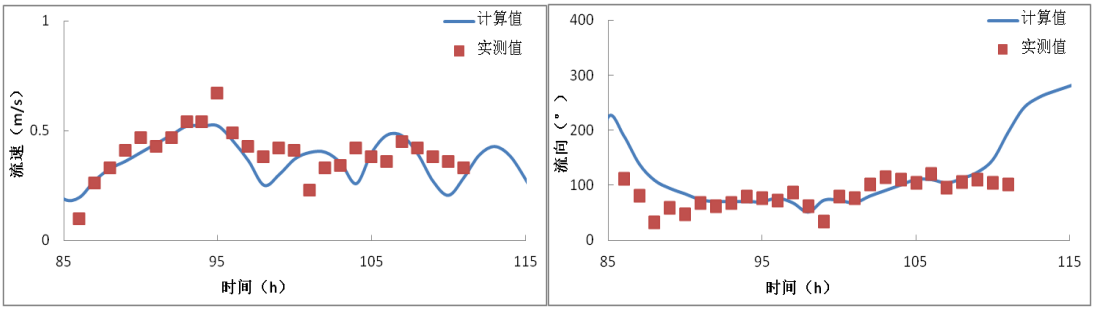


图 5.1.4-11a A6 站流速、流向验证（表层）

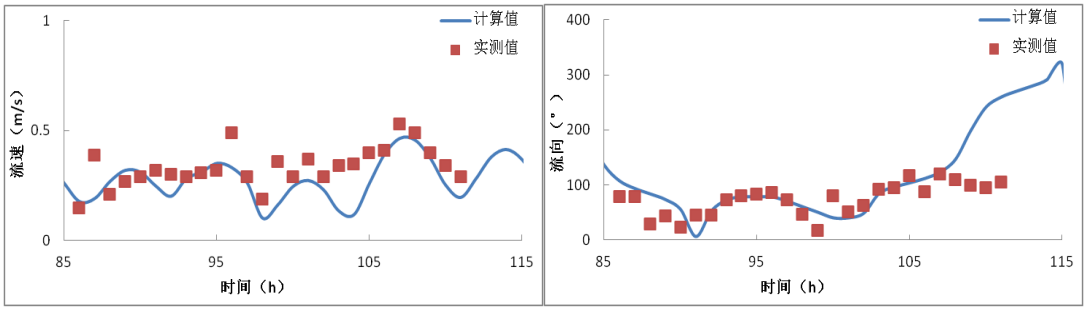


图 5.1.4-11b A6 站流速、流向验证（0.6 层）

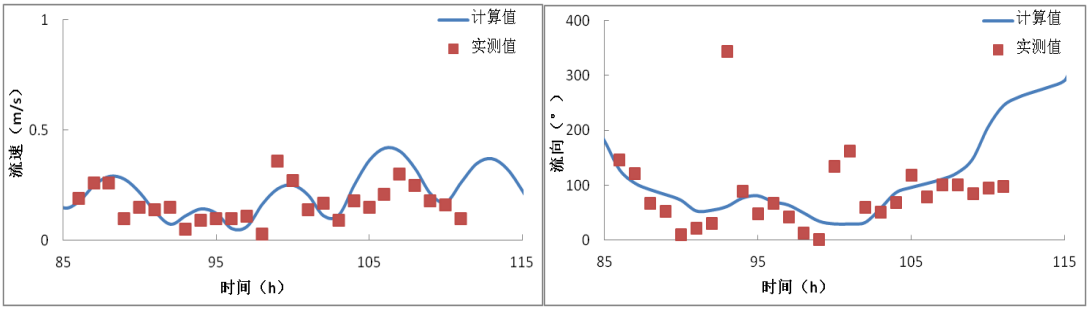


图 5.1.4-11c A6 站流速、流向验证（底层）

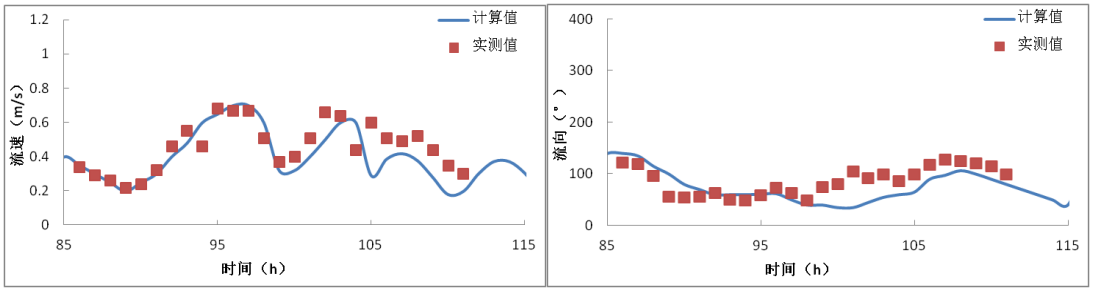


图 5.1.4-12a F1 站流速、流向验证（表层）

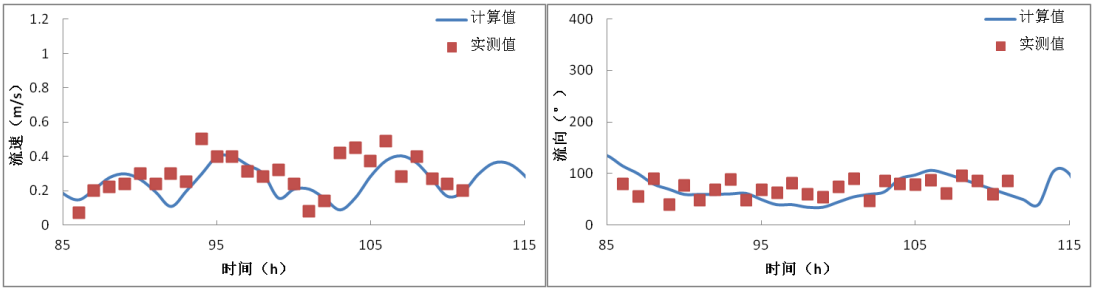


图 5.1.4-12b F1 站流速、流向验证（0.6 层）

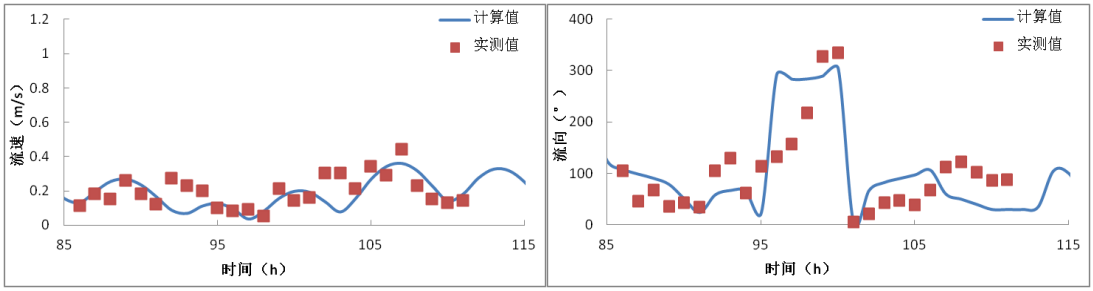


图 5.1.4-12c F1 站流速、流向验证（底层）

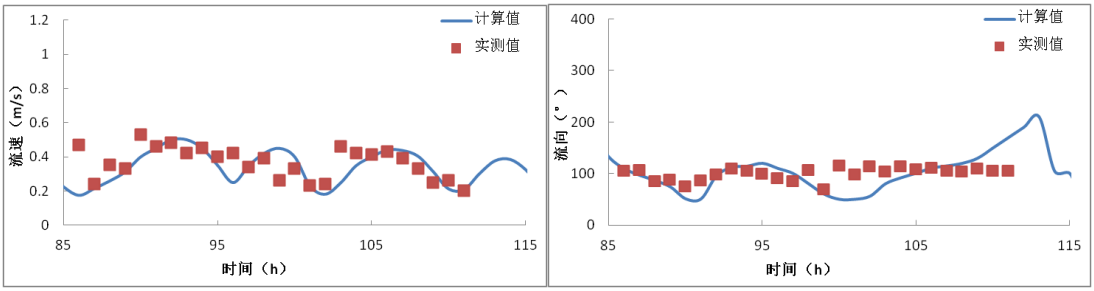


图 5.1.4-13a F2 站流速、流向验证（表层）

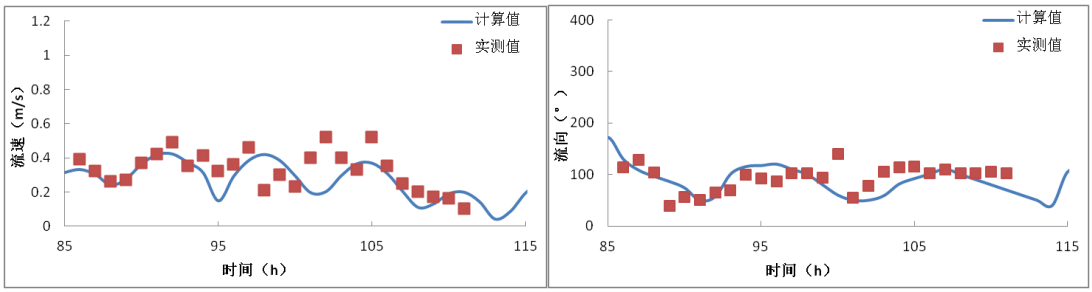


图 5.1.4-13b F2 站流速、流向验证（0.6 层）

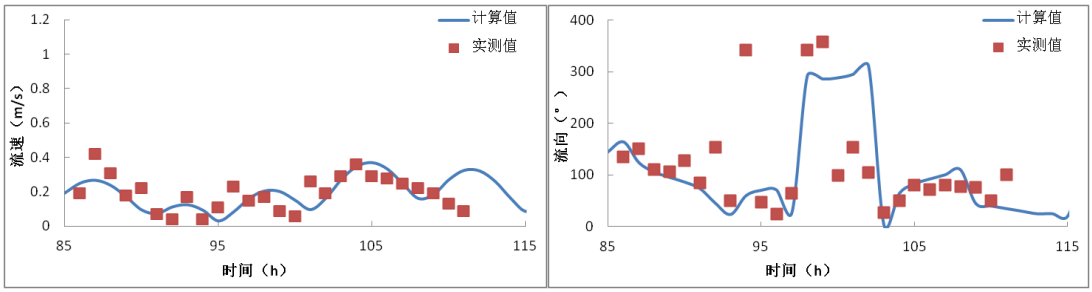


图 5.1.4-13c F2 站流速、流向验证（底层）

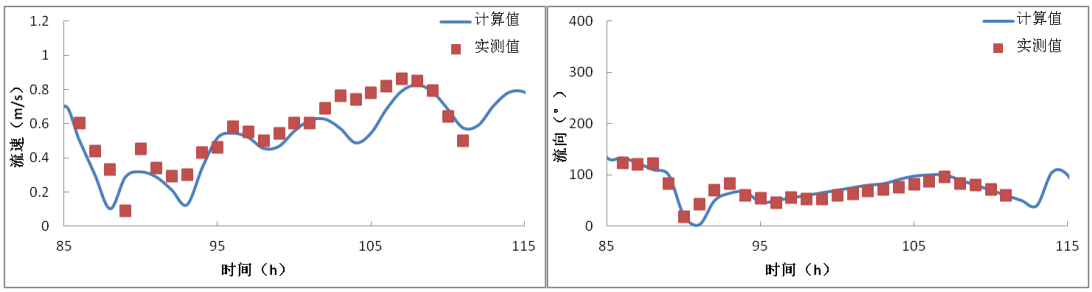


图 5.1.4-14a F3 站流速、流向验证（表层）

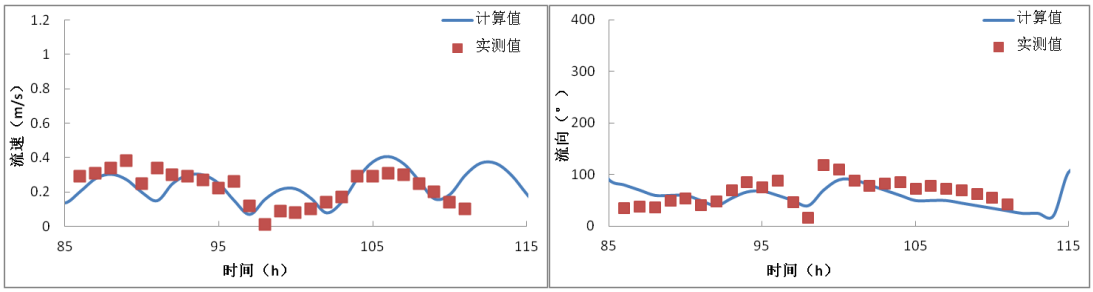


图 5.1.4-14b F3 站流速、流向验证（0.6 层）

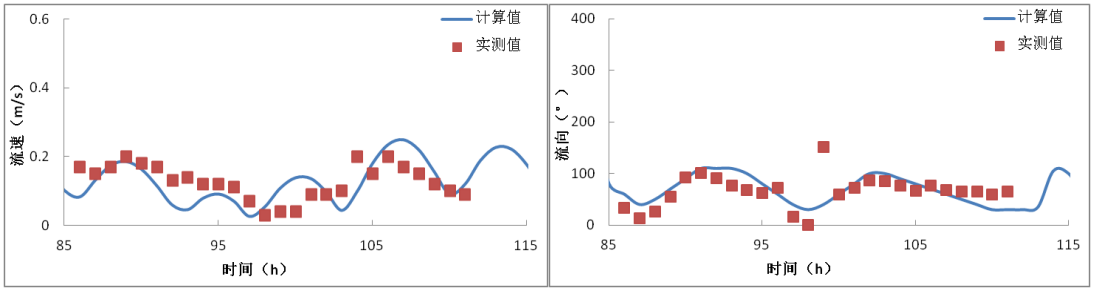


图 5.1.4-14c F3 站流速、流向验证（底层）

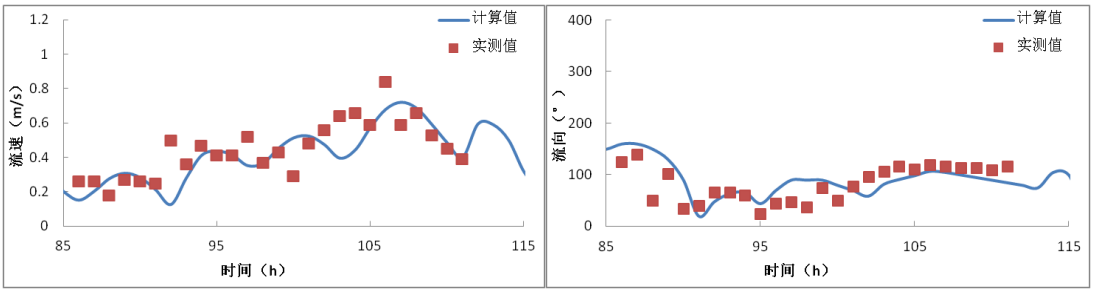


图 5.1.4-15a F4 站流速、流向验证（表层）

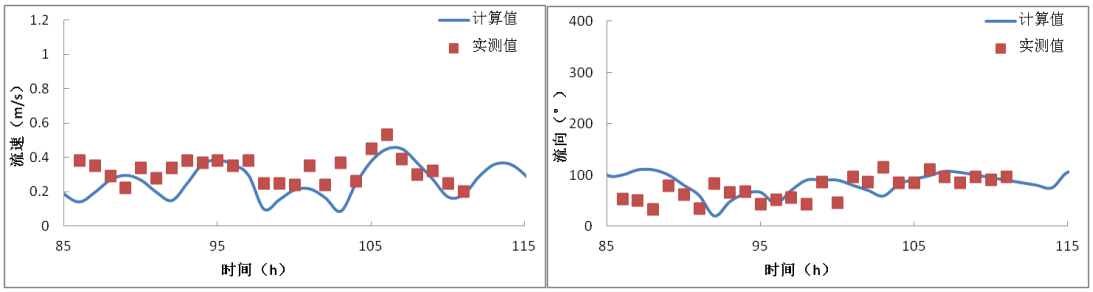


图 5.1.4-15b F4 站流速、流向验证（0.6 层）

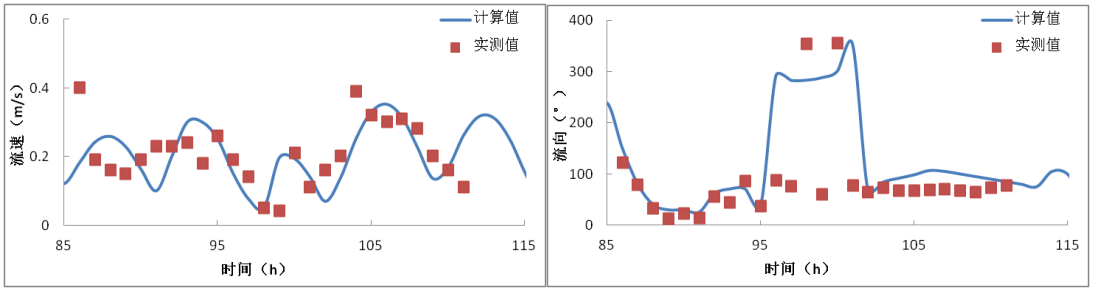


图 5.1.4-15c F4 站流速、流向验证（底层）

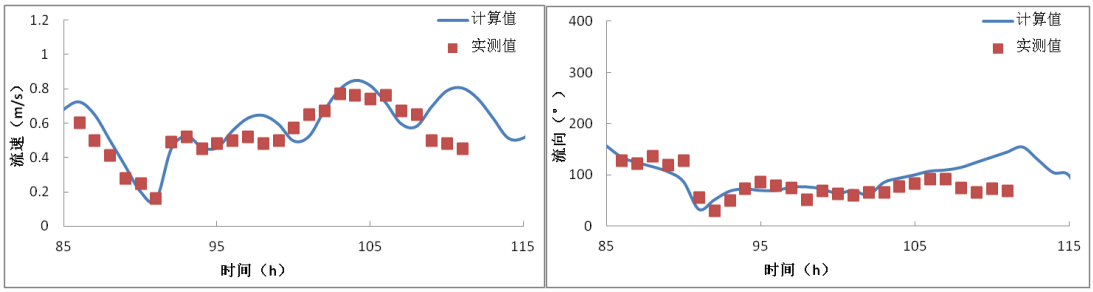


图 5.1.4-16a F5 站流速、流向验证（表层）

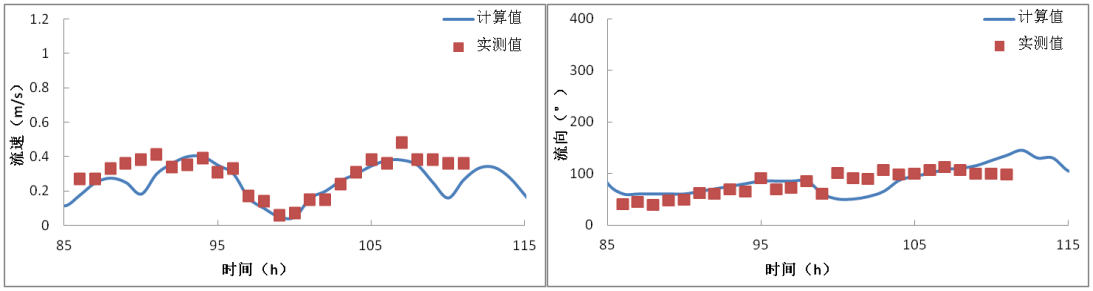


图 5.1.4-16b F5 站流速、流向验证（0.6 层）

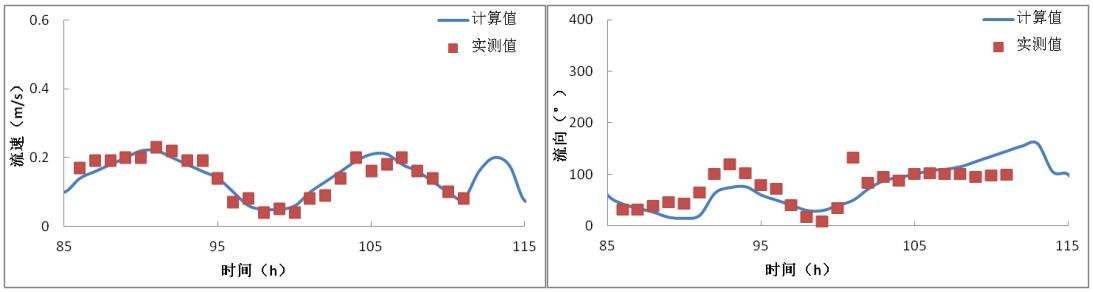


图 5.1.4-16c F5 站流速、流向验证（底层）

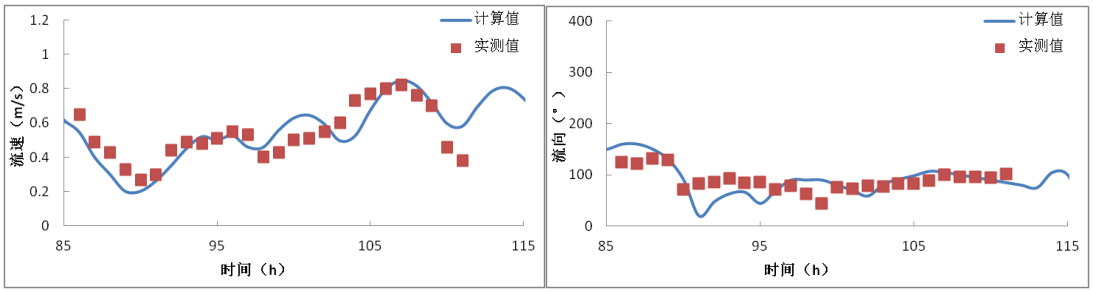


图 5.1.4-17a F6 站流速、流向验证（表层）

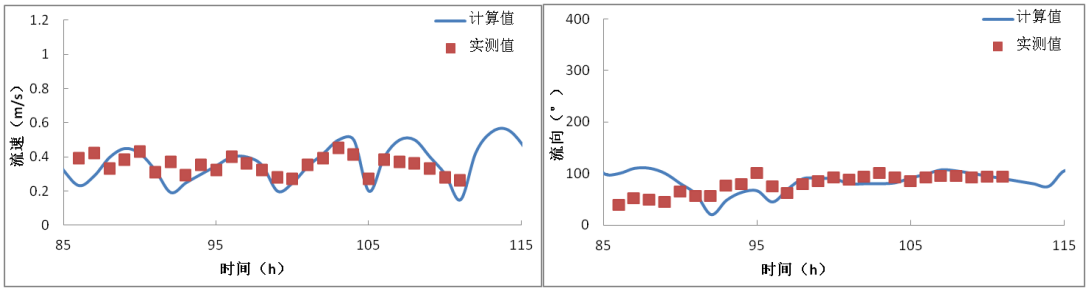


图 5.1.4-17b F6 站流速、流向验证（0.6 层）

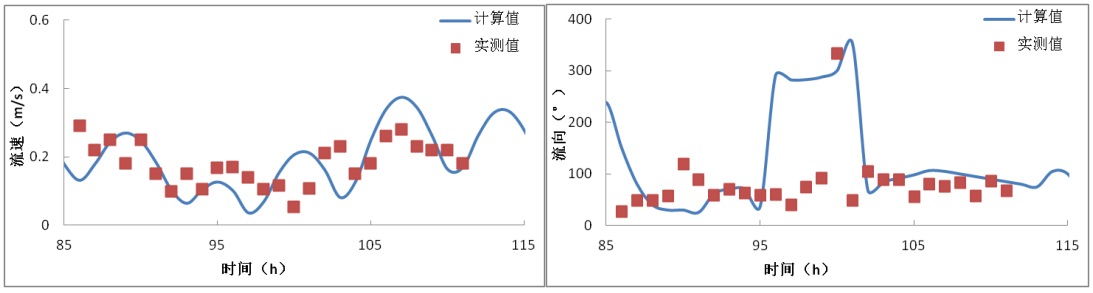


图 5.1.4-17c F6 站流速、流向验证（底层）

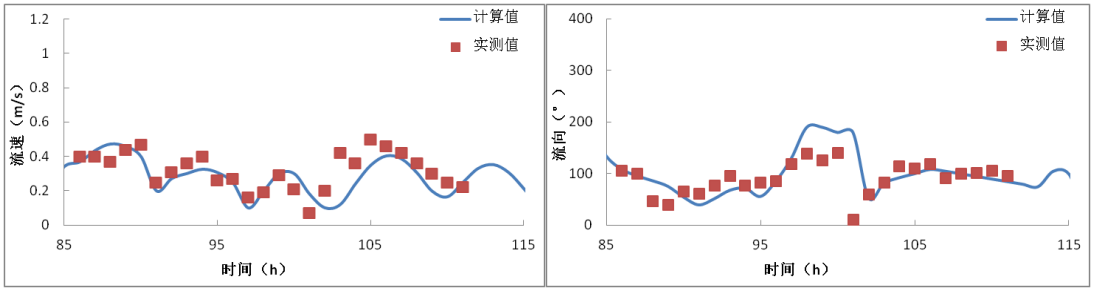


图 5.1.4-18a F7 站流速、流向验证（表层）

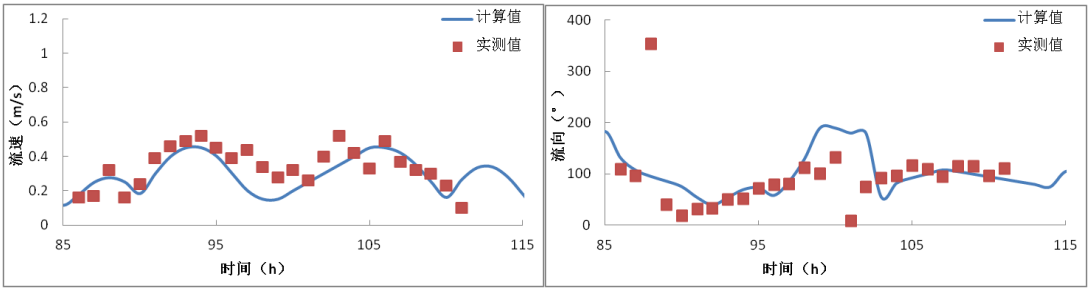


图 5.1.4-18b F7 站流速、流向验证（0.6 层）

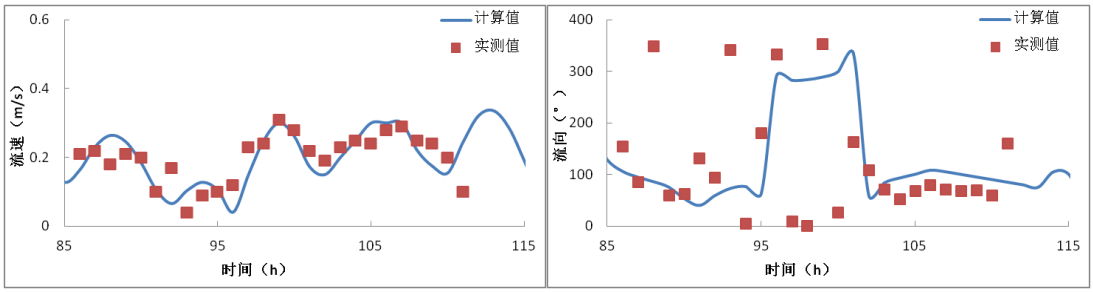


图 5.1.4-18c F7 站流速、流向验证（底层）

5.1.4.2 工程前水动力环境

采用经过验证的潮流数学模型，计算了本工程附近水域的潮流场。图 5.1.4-19～图 5.1.4-20 是风电场附近海域表层、0.6 层、底层大潮期涨急、落急流场图，落潮流速略大于涨潮流速，落急时刻风电场表层平均流速为 0.32m/s 左右，涨急时刻为 0.27m/s 左右，流速随水深而减小。实测资料和流场的数值计算结果表明，项目所在位置周边海域海流较弱，海流方向多变化，情况复杂。场址位于外海，落急时刻海流流向基本为 ESE 走向，流速普遍不超过 0.5m/s，流速较弱。涨急时刻与落急时刻的流态有所不同，本项目所在海区涨潮流为 NE 向流，流速略小于落潮流，流速普遍不超过 0.45m/s。

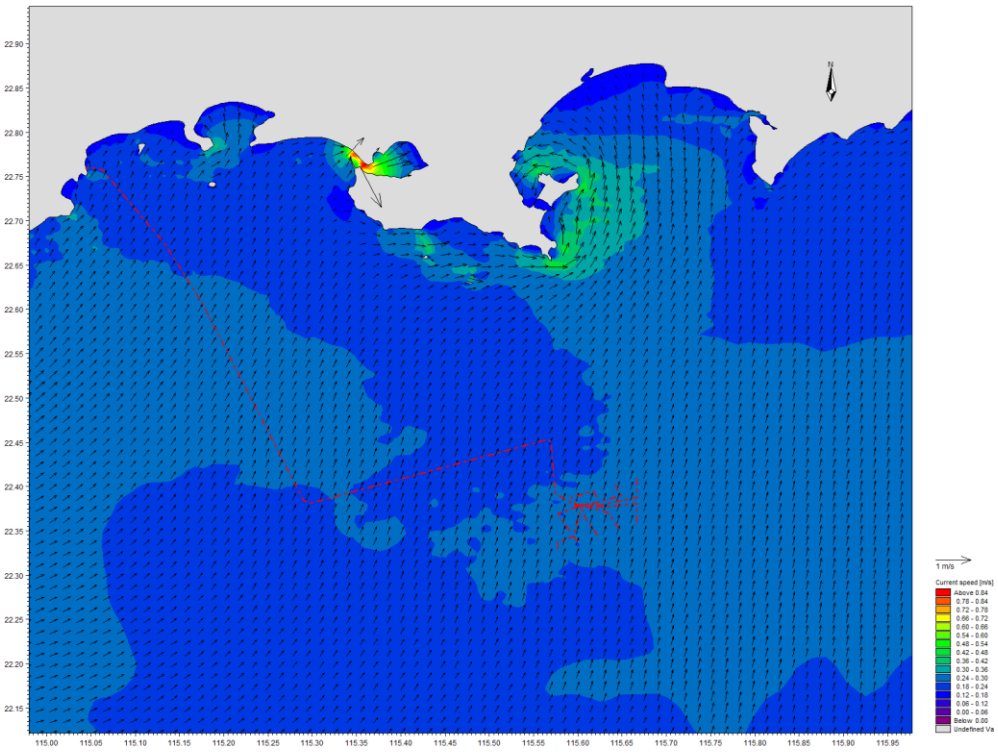


图 5.1.4-19a 现状工程海域大潮涨急流场（表层）

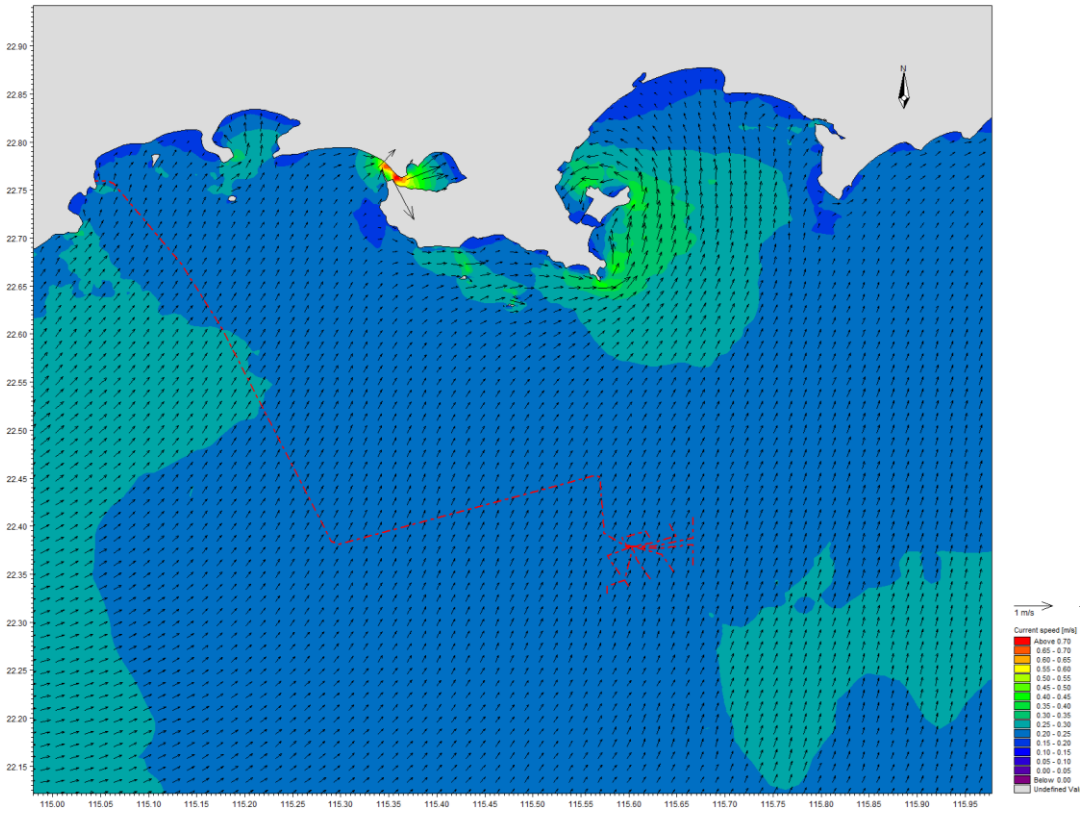


图 5.1.4-19b 现状工程海域大潮涨急流场（0.6 层）

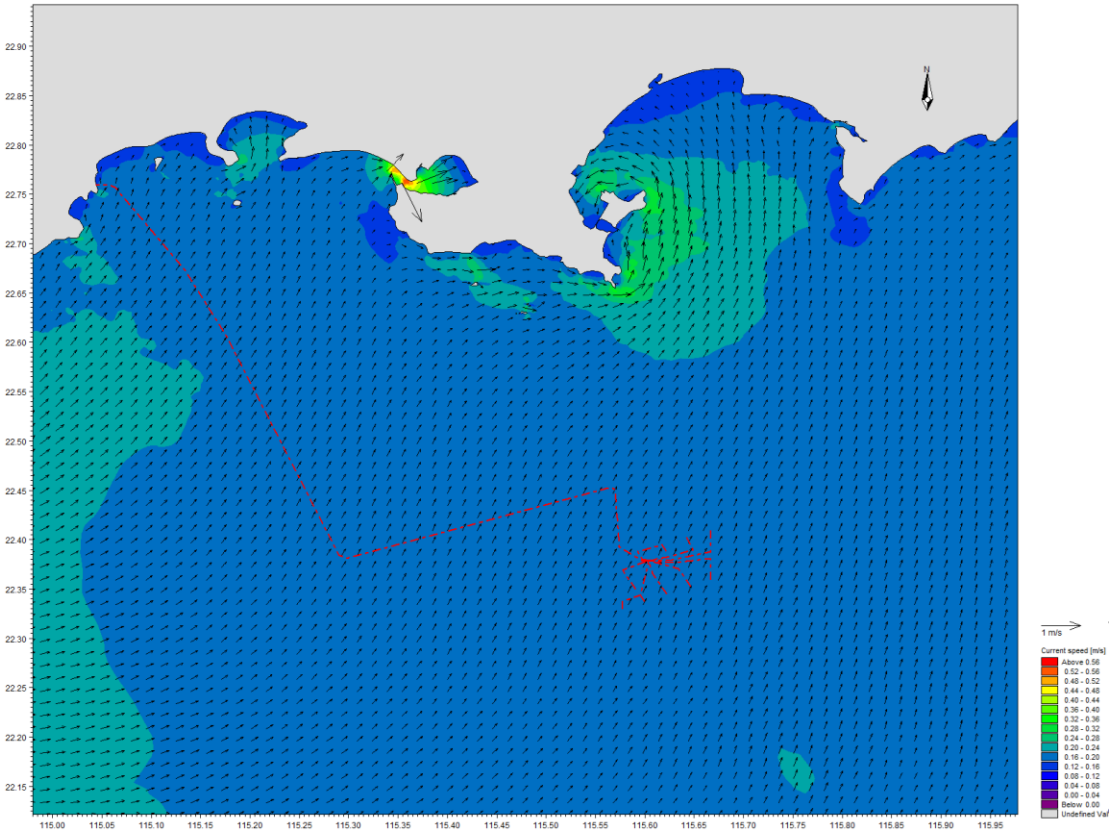


图 5.1.4-19c 现状工程海域大潮涨急流场（底层）

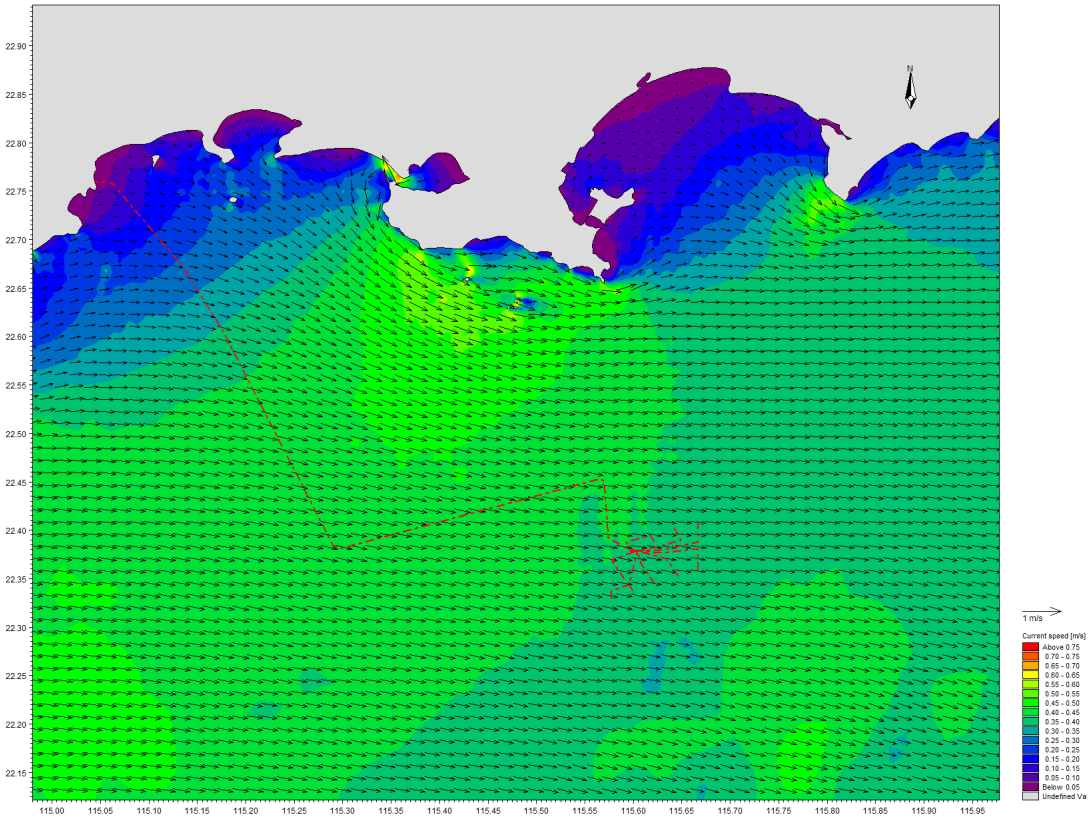


图 5.1.4-20a 现状工程海域大潮落急流场（表层）

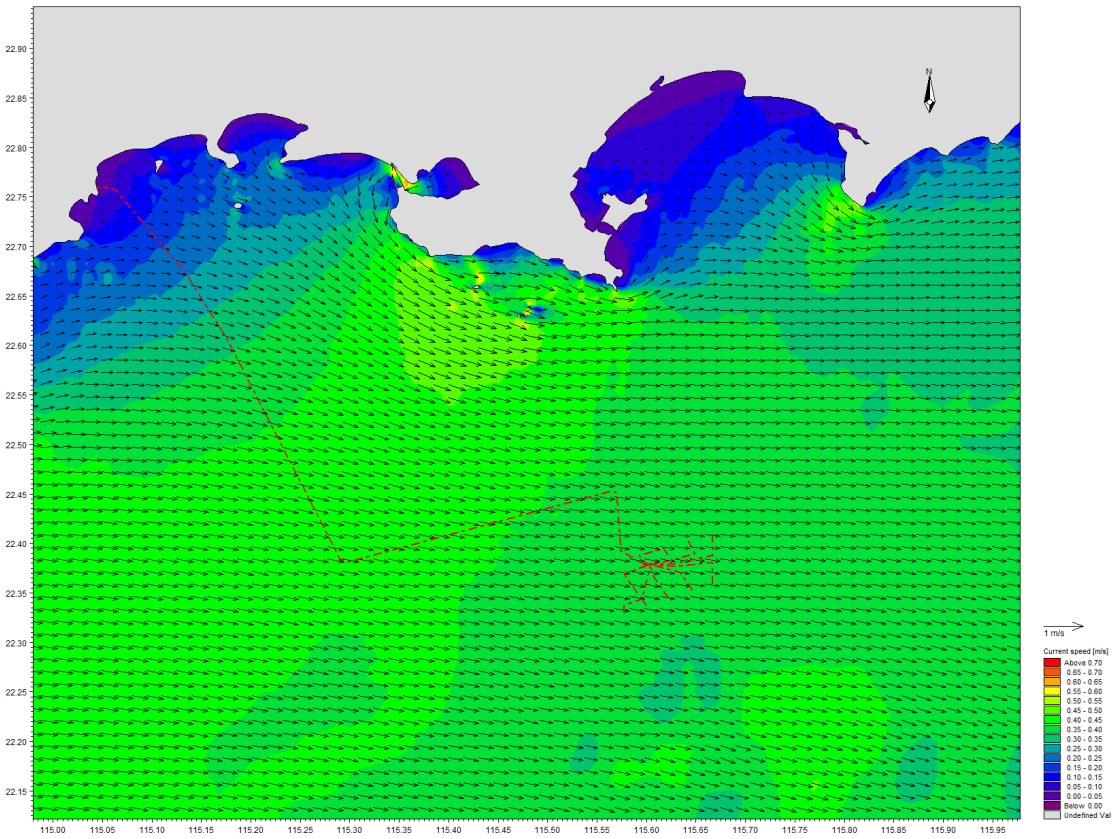


图 5.1.4-20b 现状工程海域大潮落急流场（0.6 层）

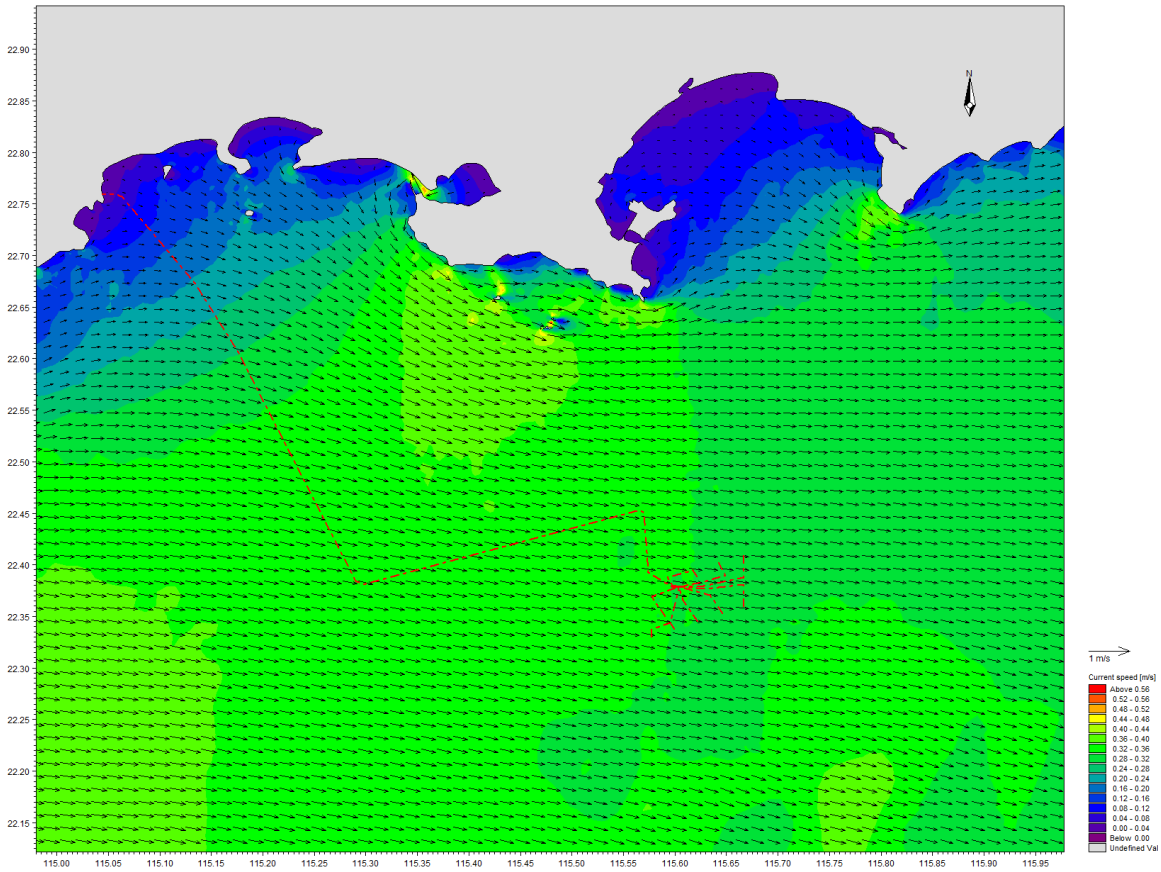


图 5.1.4-20c 现状工程海域大潮落急流场（底层）

5.1.4.3 各用海方案工程后对水动力影响

本项目涉海工程主要有风机基座与海底电缆管道，海底电缆管道埋藏在海床以下，海底电缆为埋设形式，施工完成后，海床可在波浪潮流共同作用下逐渐恢复到原状，因此不对潮流动力产生影响，影响潮流主要是风机基座。模型在计算过程中将风机基座概化为实体，以此考虑风机基座建成后对周边海域水动力环境的影响。

在模型验证的基础上对项目工程的潮流场进行了计算，图 5.1.4-22～图 5.1.4-25 为项目工程实施前附近海域表层、0.6 层和底层大潮涨落急流场图、图 5.1.4-26～图 5.1.4-27 为工程附近 0.6 层大潮涨落急流场对比图。从图可见，工程方案实施后流场变化仅限于工程附近。

为了定量项目工程实施后对附近海域水动力环境的影响，方案一和方案二分别选取了 22 个和 23 个代表点，将各代表点工程前后大潮涨落急流速流向变化情况分别列于表 5.1.4-1～表 5.1.4-2 中。

（1）工程实施前

方案一实施前工程区域各代表点大潮涨急流速为 0.33m/s，涨急流向为 22.9°~24.1°，大潮落急流速为 0.36m/s ~0.37m/s，落急流向为 97.1°~100.2°；方案二实施前工程区域各代表点大潮涨急流速为 0.33m/s，涨急流向为 23.5°~24.8°，大潮落急流速为 0.36m/s ~0.37m/s，落急流向为 98.0°~101.7°。

（2）工程实施后

工程实施后，风电场附近海域涨落急流速、流向会发生不同程度的变化，以下为工程实施后风电场附近海域涨落急流速流向变化情况：

方案一实施后风电场附近海域各代表点大潮涨急流速变化值位于-0.01m/s~0.01m/s 之间；大潮涨急流向变化值位于-1.8°~0.2°之间；各代表点大潮落急流速变化值位于-0.01m/s~0.01m/s 之间，大潮落急流向变化值位于-0.4°~0.7°之间。

方案二实施后风电场附近海域各代表点大潮涨急流速变化值位于-0.01m/s~0.01m/s 之间；大潮涨急流向变化值位于-0.4°~0.7°之间；各代表点大潮落急流速变化值位于-0.01m/s~0.01m/s 之间，大潮落急流向变化值位于-1.5°~0.2°之间。

总体上看，由于风机直径不大，工程实施后风电场内水动力环境变化较小，风电工程的实施不会对附近海域水动力环境产生明显影响。

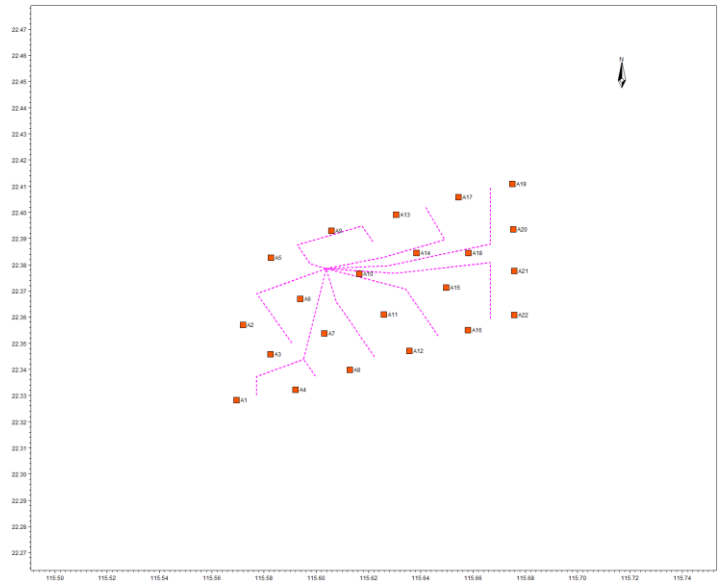


图 5.1.4-21a 方案一代表点位置图

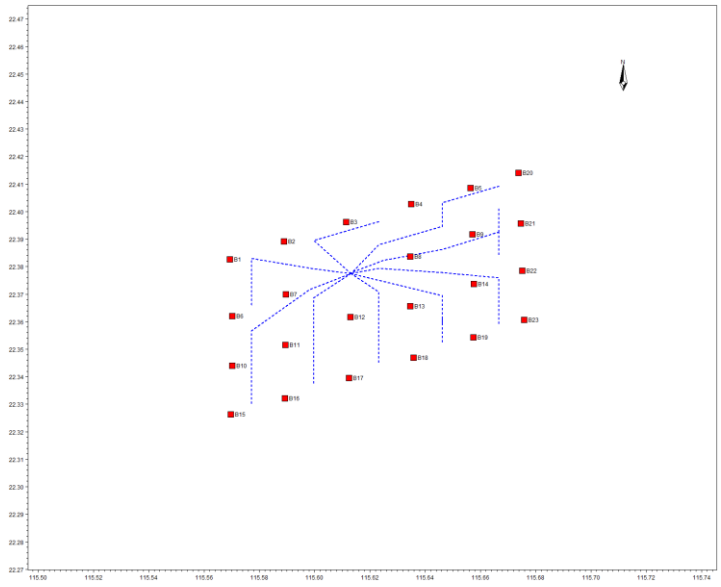


图 5.1.4-21b 方案二代表点位置图

表 5.1.4-1a 方案一实施前后大潮涨急流速流向变化（0.6 层）

采样点	流速（m/s）			流向（°）		
	实施前	实施后	方案变化	实施前	实施后	方案变化
A1	0.33	0.34	0.01	24.1	23.4	-0.7
A2	0.33	0.34	0.01	24.0	23.4	-0.6
A3	0.33	0.33	0.00	23.5	22.7	-0.8
A4	0.33	0.34	0.01	23.3	22.3	-1.0
A5	0.33	0.32	-0.01	22.9	22.8	-0.1
A6	0.33	0.34	0.01	24.1	22.9	-1.2
A7	0.33	0.34	0.01	24.0	22.7	-1.3

A8	0.33	0.34	0.01	23.5	22.5	-1.0
A9	0.33	0.33	0.00	23.3	23.5	0.2
A10	0.33	0.34	0.01	22.9	22.2	-0.7
A11	0.33	0.32	-0.01	24.1	23.0	-1.1
A12	0.33	0.34	0.01	24.0	22.7	-1.3
A13	0.33	0.33	0.00	23.5	23.6	0.1
A14	0.33	0.34	0.01	23.3	22.2	-1.1
A15	0.33	0.34	0.01	22.9	21.1	-1.8
A16	0.33	0.34	0.01	24.1	22.9	-1.2
A17	0.33	0.34	0.01	24.0	24.1	0.1
A18	0.33	0.32	-0.01	23.5	22.5	-1.0
A19	0.33	0.33	0.00	23.3	21.6	-1.7
A20	0.33	0.34	0.01	22.9	22.7	-0.2
A21	0.33	0.34	0.01	23.5	22.8	-0.7
A22	0.33	0.33	0.00	23.1	22.5	-0.6

表 5.1.4-1b 方案一实施前后大潮落急流速流向变化（0.6 层）

采样点	流速（m/s）			流向（°）		
	实施前	实施后	方案变化	实施前	实施后	方案变化
A1	0.36	0.37	0.01	99.4	99.3	-0.1
A2	0.37	0.36	-0.01	98.7	98.6	-0.1
A3	0.37	0.37	0.00	98.2	98.5	0.3
A4	0.36	0.37	0.01	97.6	97.3	-0.3
A5	0.36	0.36	0.00	97.1	97.5	0.4
A6	0.37	0.38	0.01	99.7	100.1	0.4
A7	0.36	0.37	0.01	98.8	99.1	0.3
A8	0.36	0.37	0.01	98.2	97.8	-0.4
A9	0.36	0.35	-0.01	97.8	98.5	0.7
A10	0.37	0.37	0.00	97.5	98.0	0.5
A11	0.37	0.38	0.01	99.9	100.3	0.4
A12	0.36	0.37	0.01	99.3	99.0	-0.3
A13	0.36	0.37	0.01	99.3	99.9	0.6
A14	0.36	0.36	0.00	98.2	98.6	0.4
A15	0.37	0.38	0.01	97.6	97.7	0.1
A16	0.36	0.35	-0.01	100.2	100.5	0.3
A17	0.37	0.38	0.01	100.2	100.7	0.5
A18	0.37	0.37	0.00	99.2	99.3	0.1
A19	0.36	0.37	0.01	98.5	98.9	0.4
A20	0.36	0.36	0.00	97.7	97.9	0.2
A21	0.36	0.37	0.01	99.9	99.8	-0.1
A22	0.37	0.38	0.01	99.3	99.2	-0.1

表 5.1.4-2a 方案二实施前后大潮涨急流速流向变化（0.6 层）

采样点	流速（m/s）			流向（°）		
	实施前	实施后	方案变化	实施前	实施后	方案变化
B1	0.33	0.34	0.01	24.8	24.7	-0.1
B2	0.33	0.34	0.01	24.6	24.5	-0.1
B3	0.33	0.33	0.00	24.2	24.5	0.3
B4	0.33	0.34	0.01	24.0	23.7	-0.3

B5	0.33	0.34	0.01	23.5	23.8	0.3
B6	0.33	0.34	0.01	24.8	25.1	0.3
B7	0.33	0.33	0.00	24.6	25.0	0.4
B8	0.33	0.33	0.00	24.2	23.9	-0.3
B9	0.33	0.32	-0.01	24.0	24.5	0.5
B10	0.33	0.34	0.01	23.5	23.9	0.4
B11	0.33	0.33	0.00	24.8	25.3	0.5
B12	0.33	0.34	0.01	24.6	24.5	-0.1
B13	0.33	0.33	0.00	24.2	24.7	0.5
B14	0.33	0.34	0.01	24.0	24.3	0.3
B15	0.33	0.32	-0.01	23.5	24.2	0.7
B16	0.33	0.34	0.01	24.8	24.8	0.0
B17	0.33	0.33	0.00	24.6	25.0	0.4
B18	0.33	0.33	0.00	24.2	24.5	0.3
B19	0.33	0.32	-0.01	24.0	23.6	-0.4
B20	0.33	0.34	0.01	23.5	23.1	-0.4
B21	0.33	0.33	0.00	24.2	24.1	-0.1
B22	0.33	0.32	-0.01	23.7	23.6	-0.1
B23	0.33	0.34	0.01	24.8	25.1	0.3

表 5.1.4-2b 方案二实施前后大潮落急流速流向变化（0.6 层）

采样点	流速（m/s）			流向（°）		
	实施前	实施后	方案变化	实施前	实施后	方案变化
B1	0.36	0.37	0.01	100.5	99.8	-0.7
B2	0.37	0.38	0.01	99.7	99.3	-0.4
B3	0.37	0.37	0.00	99.2	98.5	-0.7
B4	0.36	0.37	0.01	98.5	97.5	-1.0
B5	0.37	0.38	0.01	98.0	97.9	-0.1
B6	0.37	0.36	-0.01	100.7	99.5	-1.2
B7	0.36	0.36	0.00	99.8	98.5	-1.3
B8	0.36	0.37	0.01	99.2	98.1	-1.1
B9	0.36	0.37	0.01	98.7	98.6	-0.1
B10	0.36	0.35	-0.01	98.4	97.4	-1.0
B11	0.37	0.38	0.01	100.9	99.4	-1.5
B12	0.37	0.37	0.00	100.3	99.1	-1.2
B13	0.36	0.37	0.01	100.3	100	-0.3
B14	0.36	0.35	-0.01	99.2	97.7	-1.5
B15	0.36	0.37	0.01	98.5	97.5	-1.0
B16	0.36	0.36	0.00	101.3	101.1	-0.2
B17	0.37	0.37	0.00	101.3	101.2	-0.1
B18	0.37	0.37	0.00	100.2	99.3	-0.9
B19	0.36	0.36	0.00	99.4	99.2	-0.2
B20	0.36	0.36	0.00	98.6	98.8	0.2
B21	0.36	0.36	0.00	101.7	101	-0.7
B22	0.36	0.36	0.00	101.2	100.8	-0.4
B23	0.37	0.37	0.00	100.5	99.8	-0.7

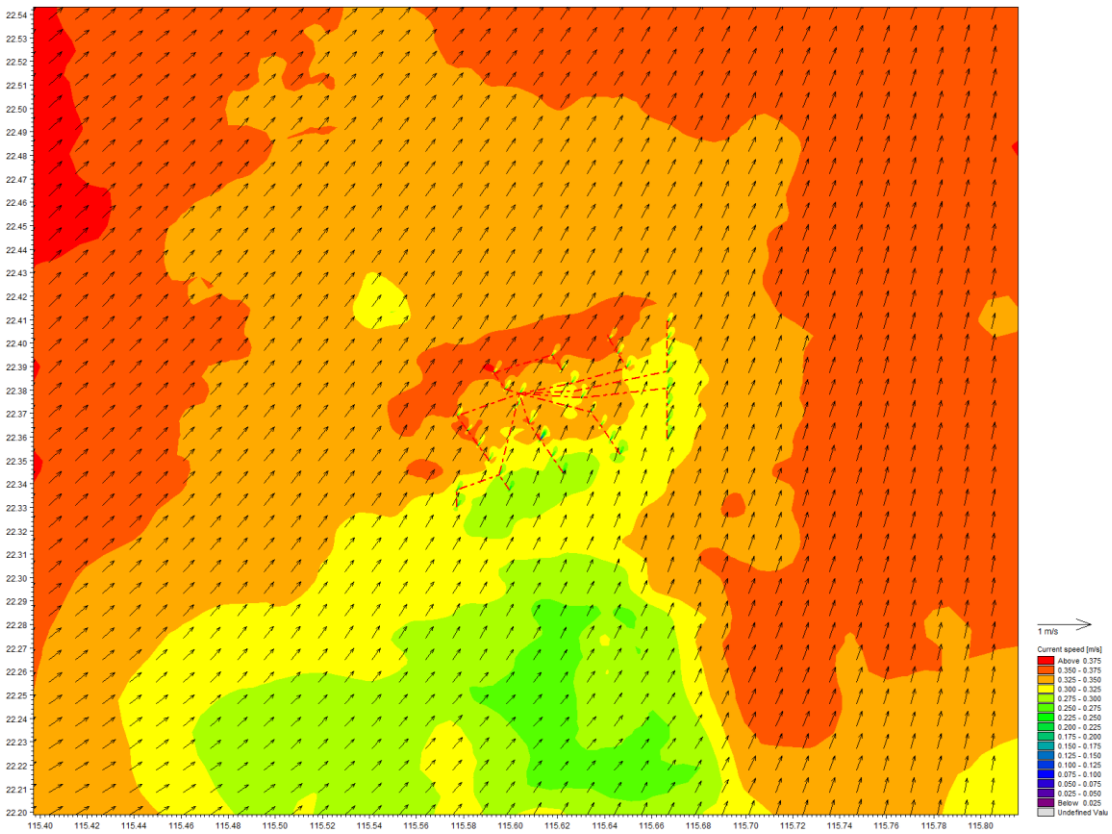


图 5.1.4-22a 方案一实施后涨急流场图（表层）

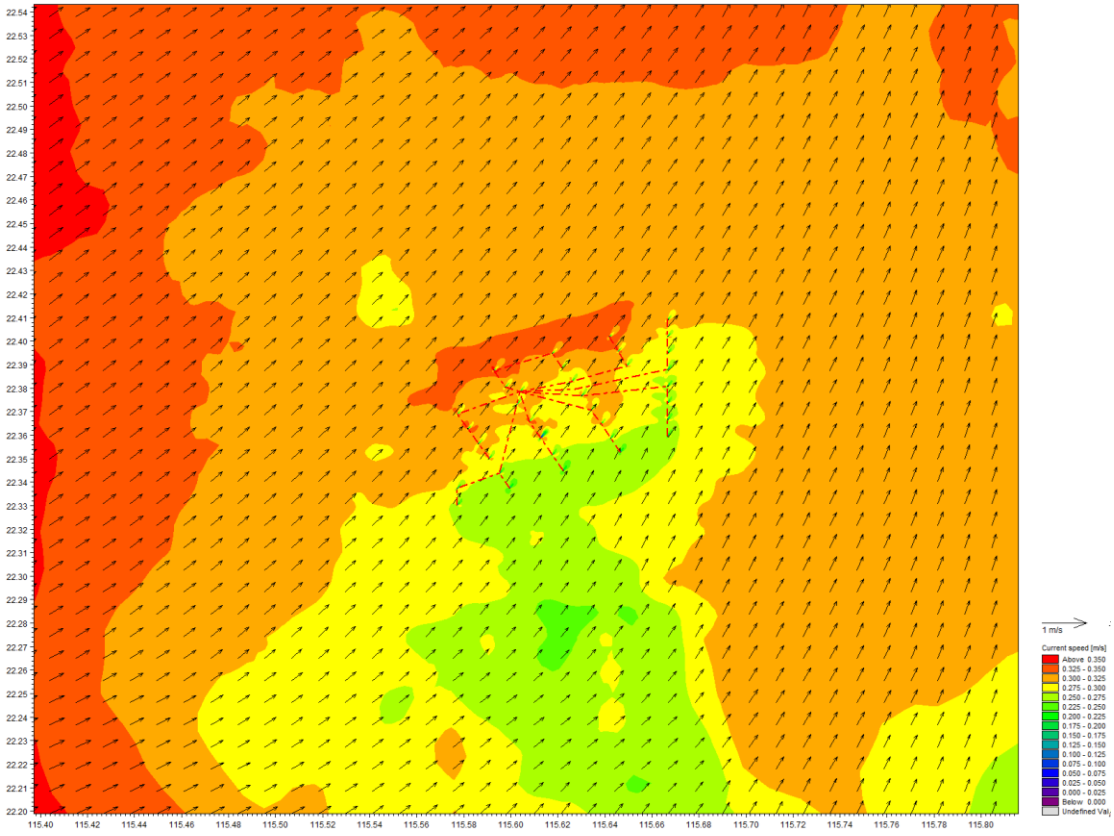


图 5.1.4-22b 方案一实施后涨急流场图（0.6 层）

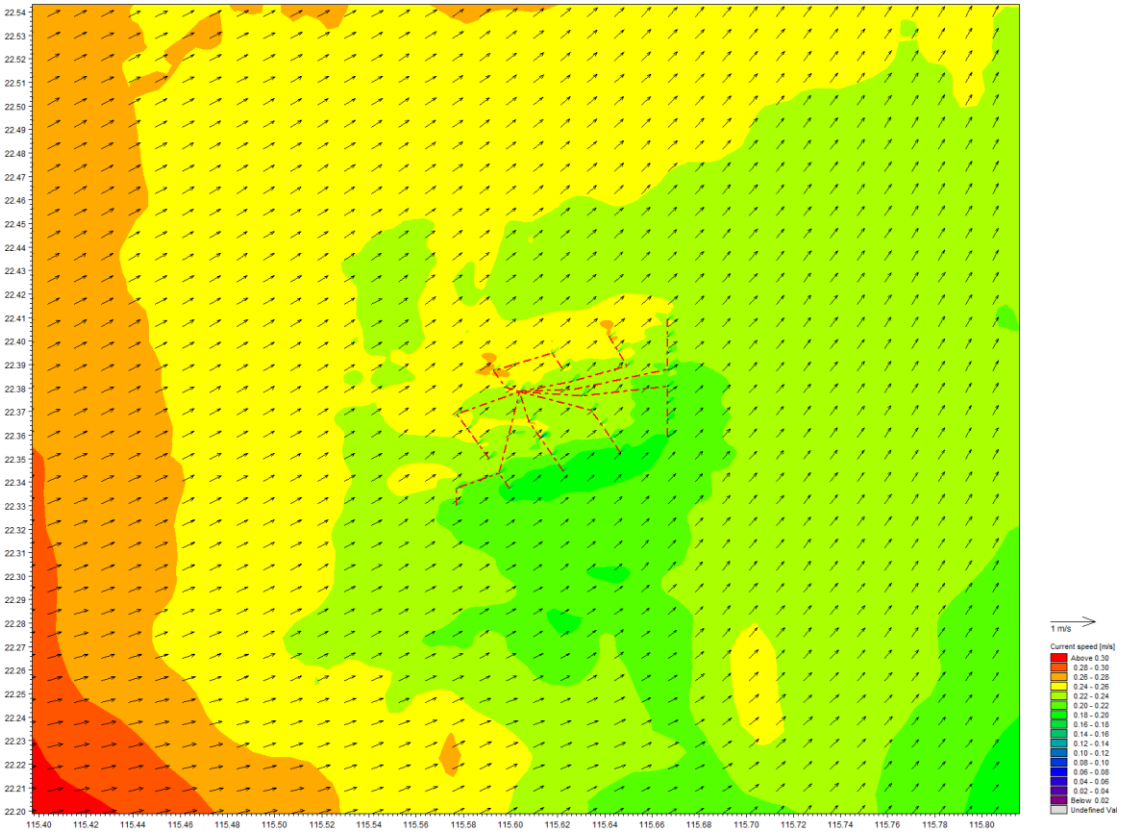


图 5.1.4-22c 方案一实施后涨急流场图（底层）

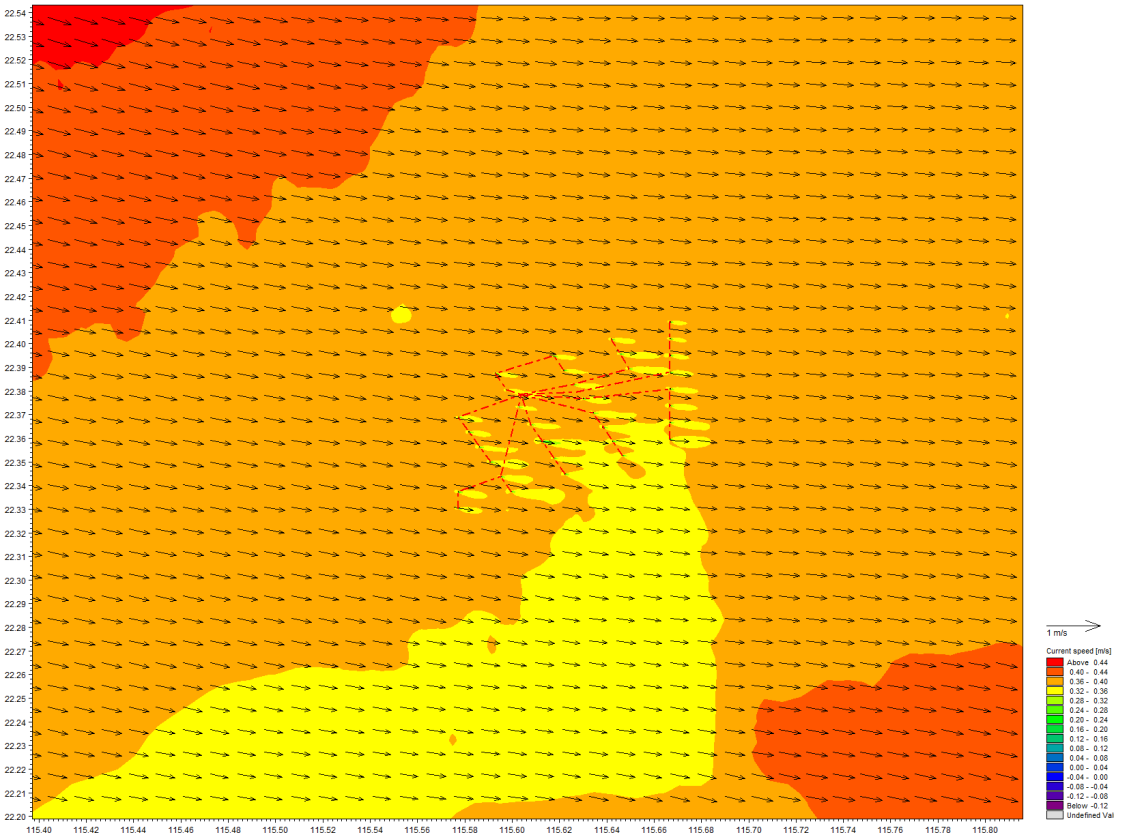


图 5.1.4-23a 方案一实施后落急流场图（表层）

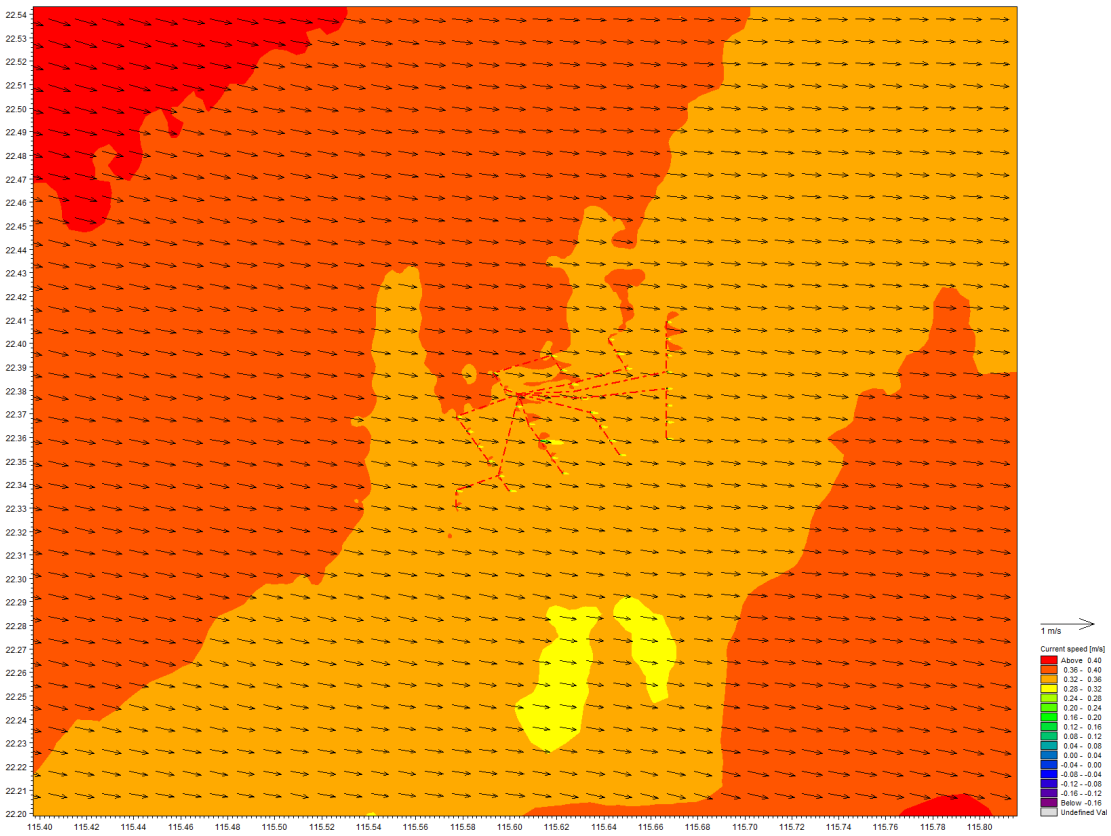


图 5.1.4-23b 方案一实施后落急流场图（0.6 层）

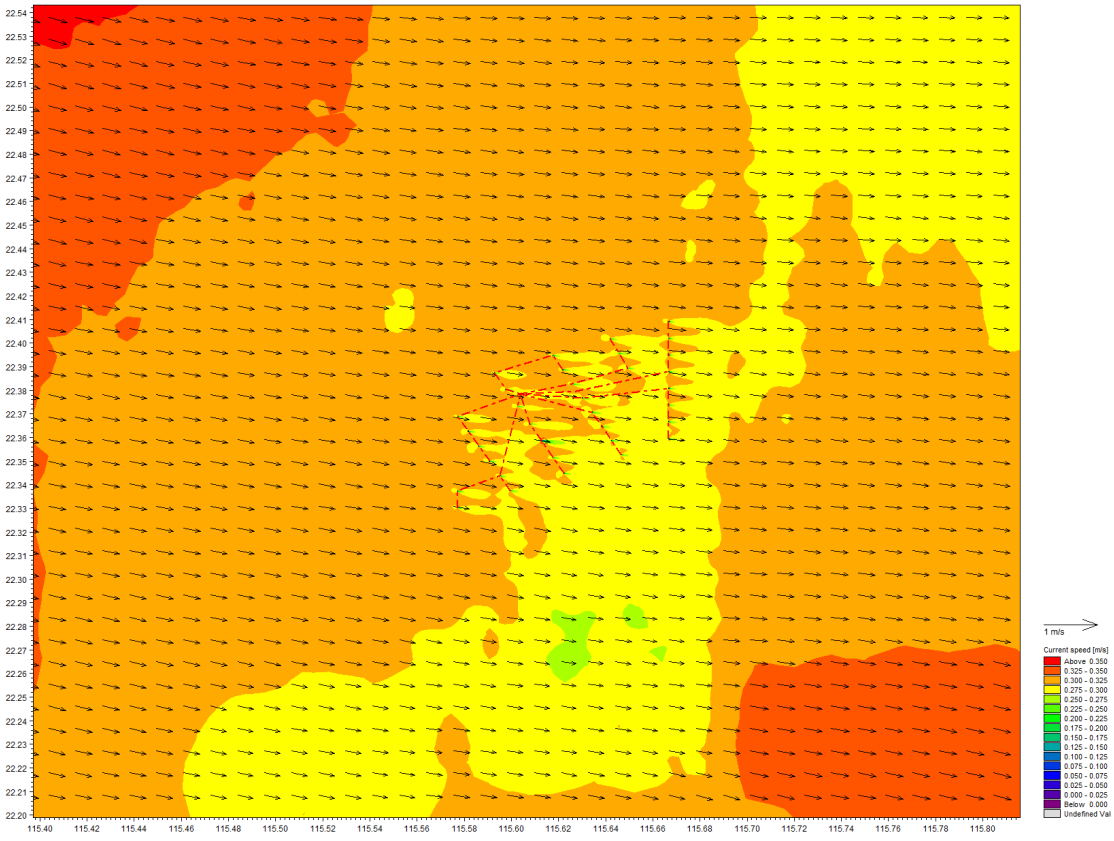


图 5.1.4-23c 方案一实施后落急流场图（底层）

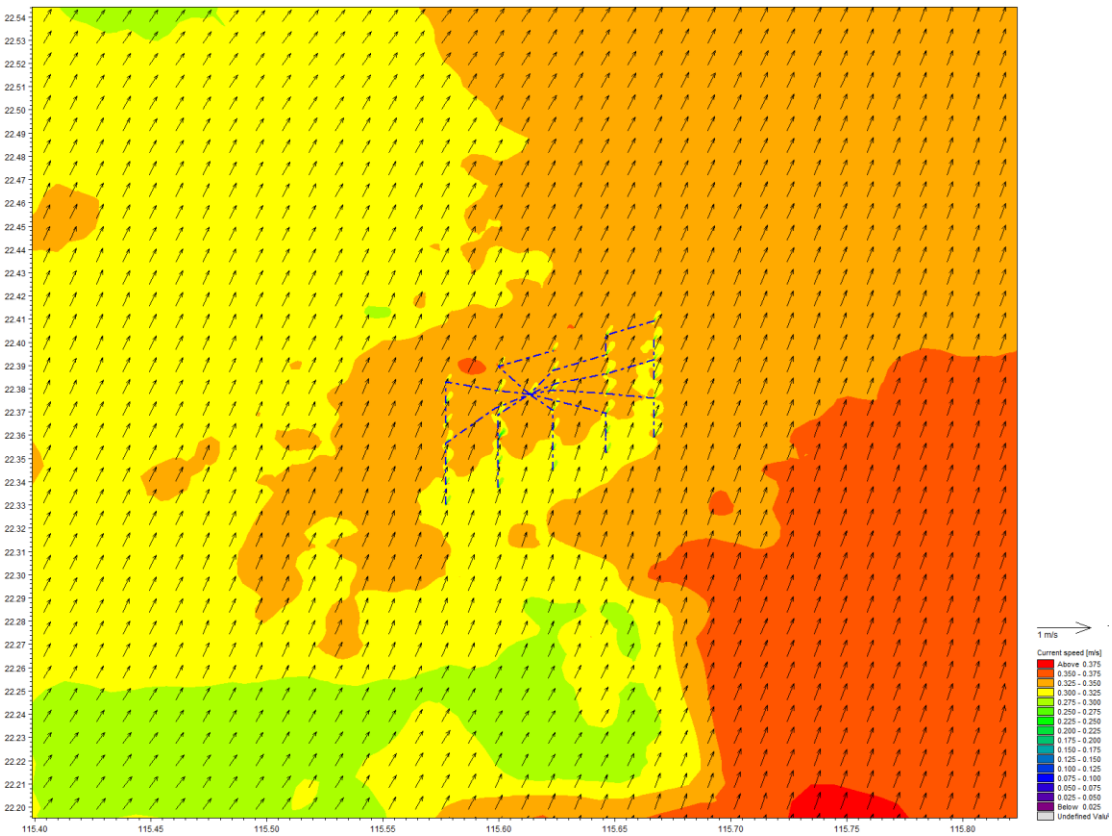


图 5.1.4-24a 方案二实施后涨急流场图（表层）

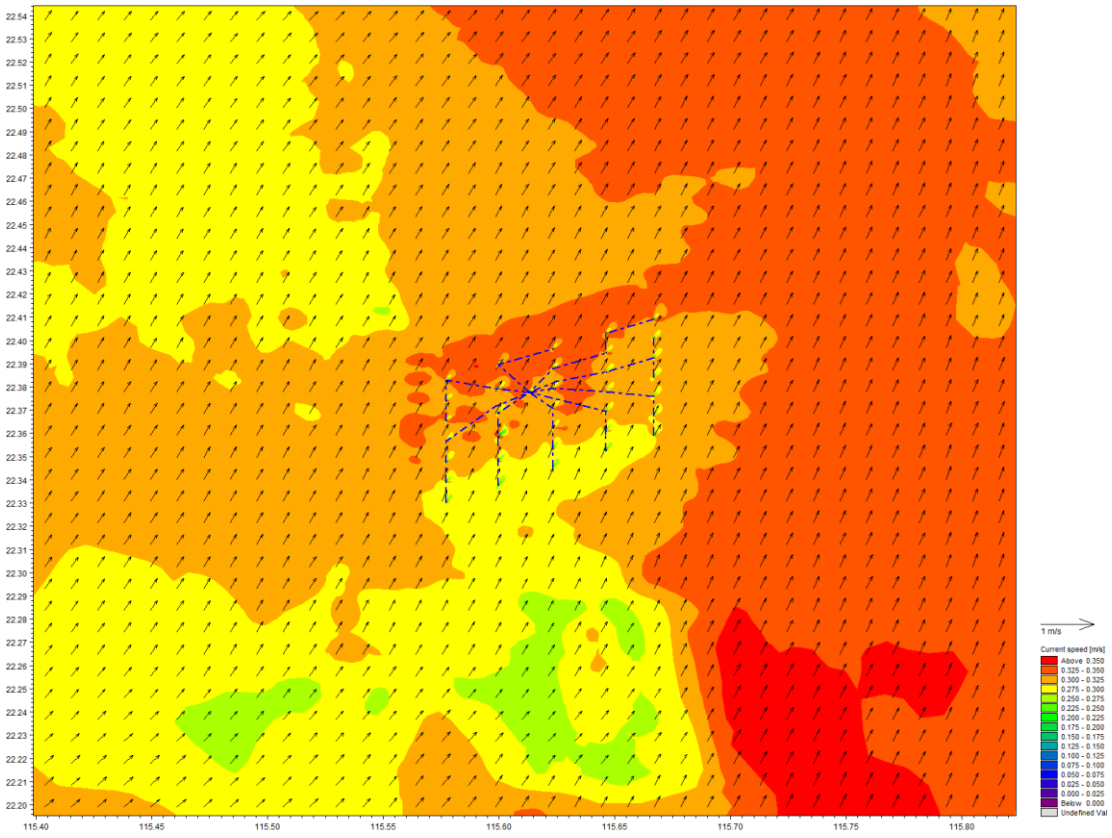


图 5.1.4-24b 方案二实施后涨急流场图（0.6 层）

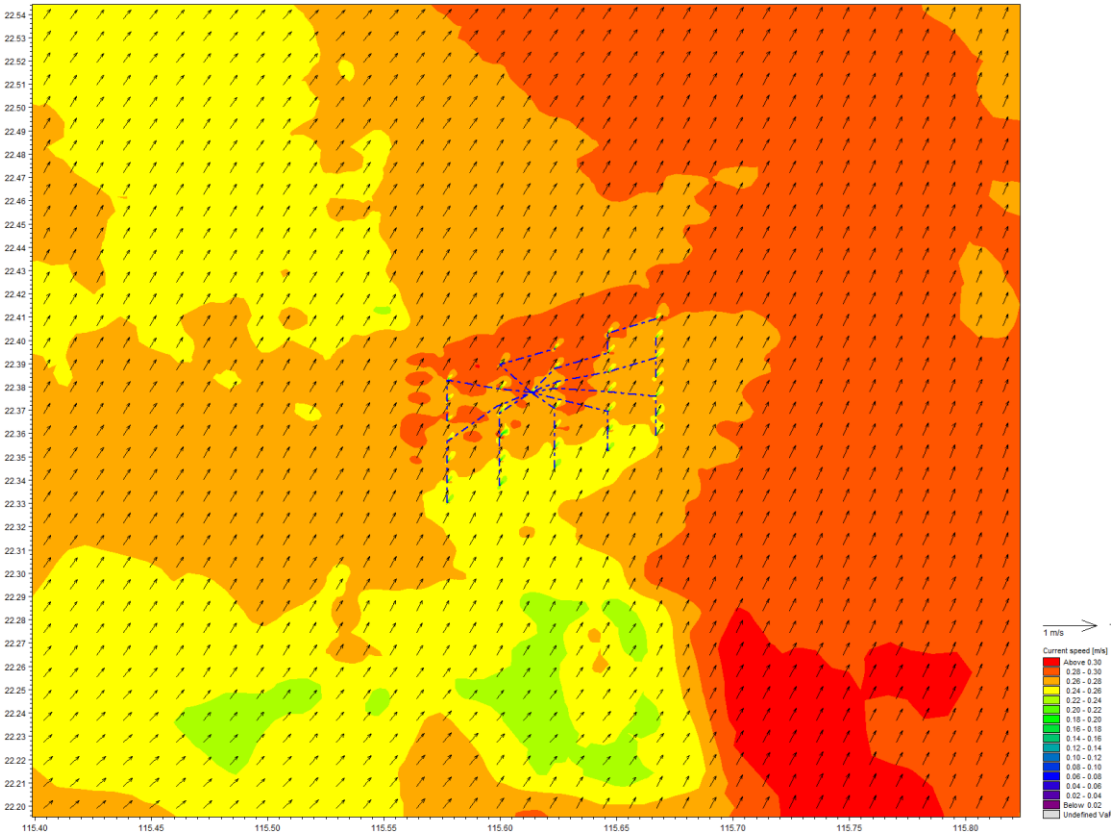


图 5.1.4-24c 方案二实施后涨急流场图（底层）

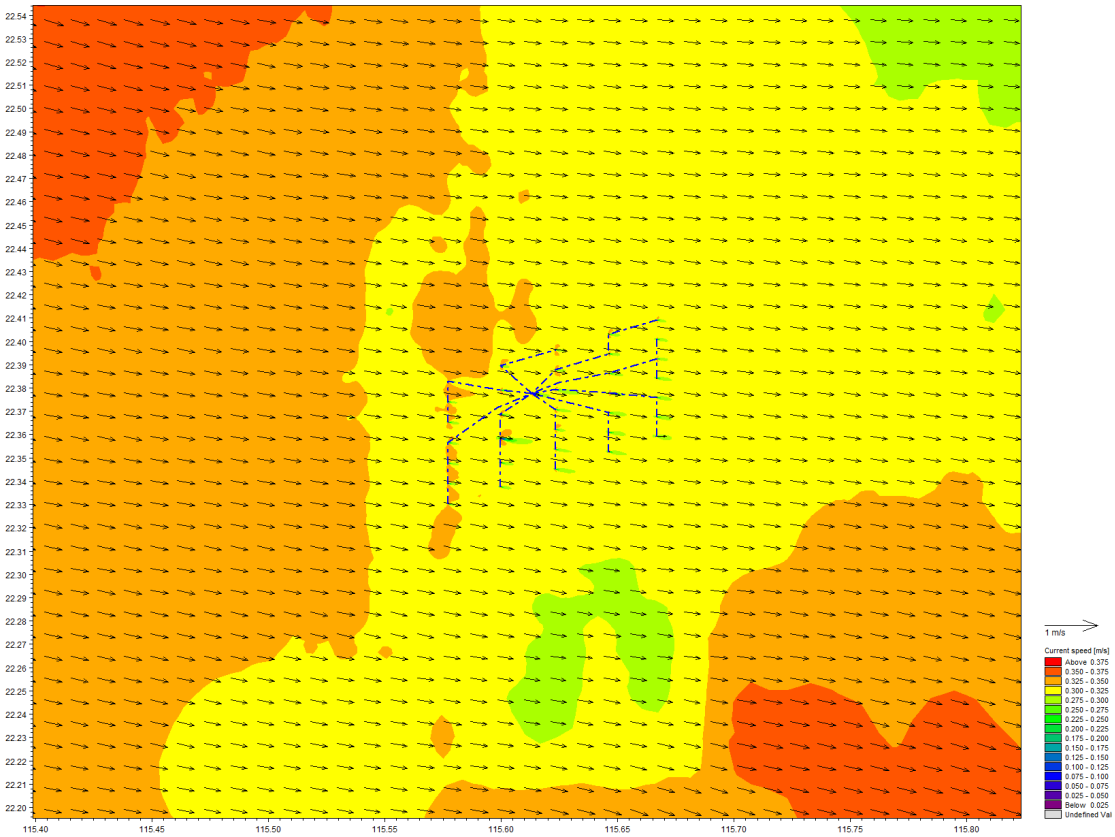


图 5.1.4-25a 方案二实施后落急流场图（表层）

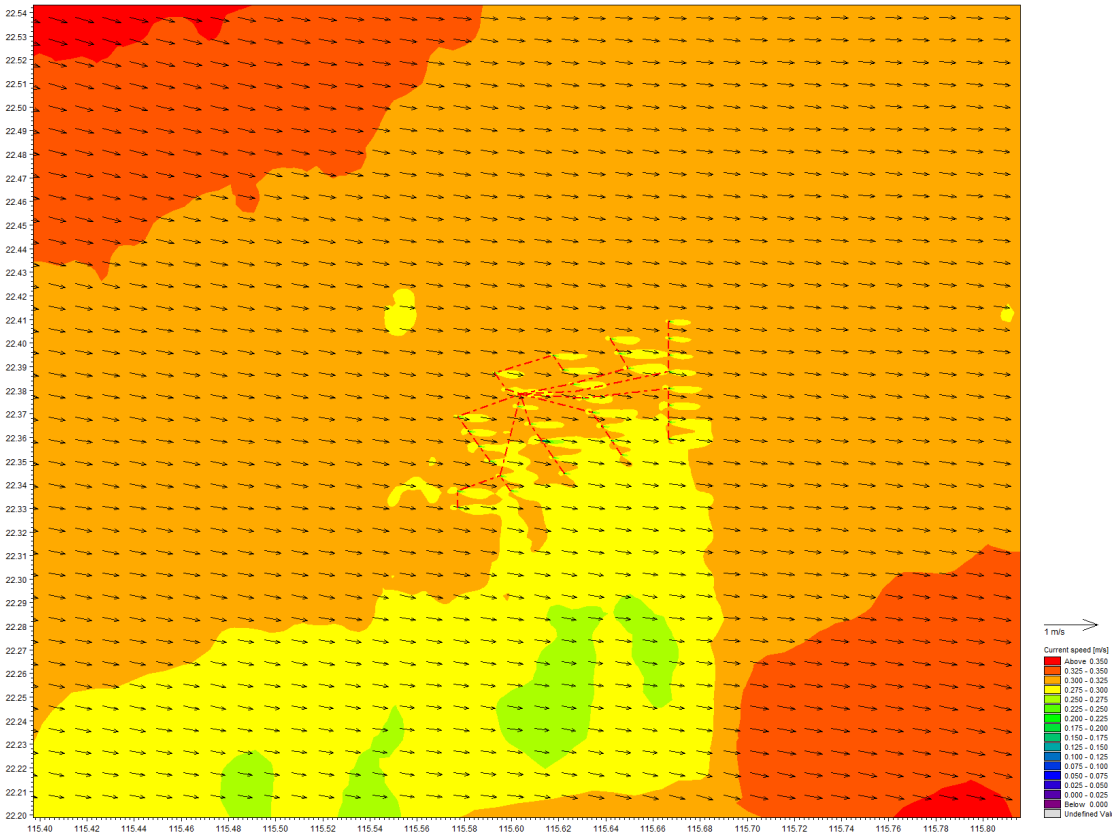


图 5.1.4-25b 方案二实施后落急流场图（0.6 层）

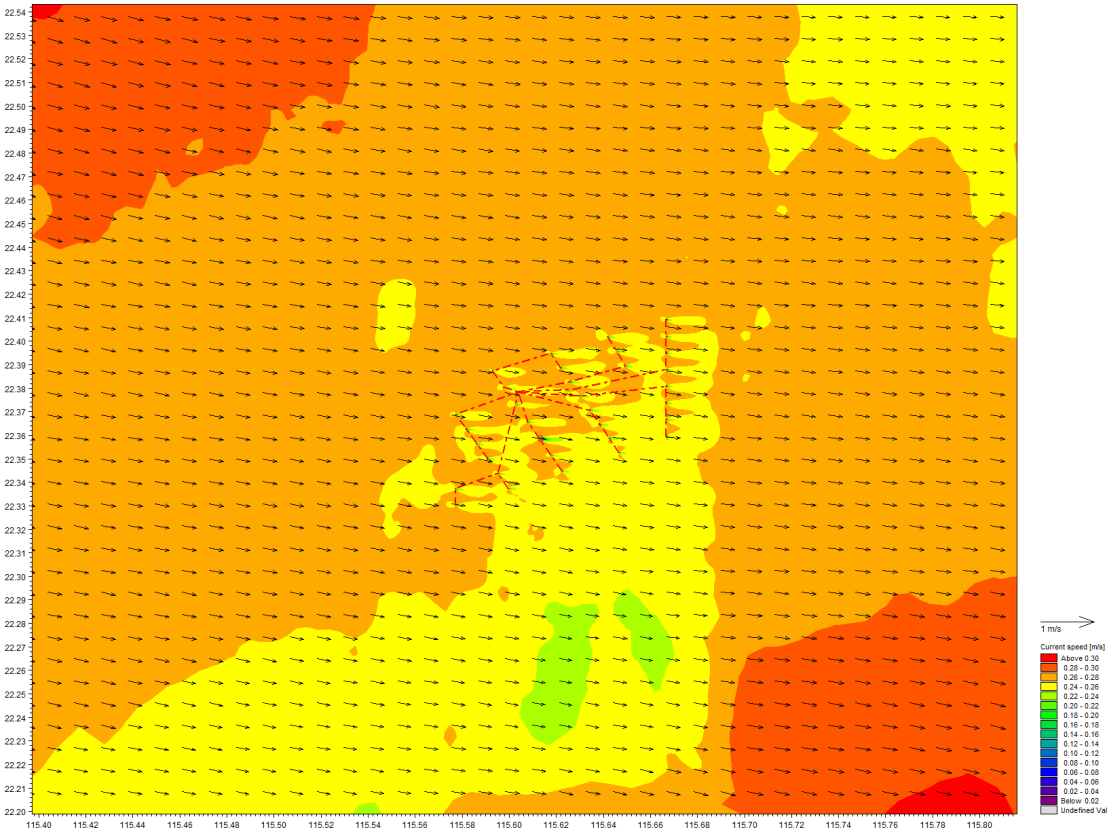


图 5.1.4-25c 方案二实施后落急流场图（底层）

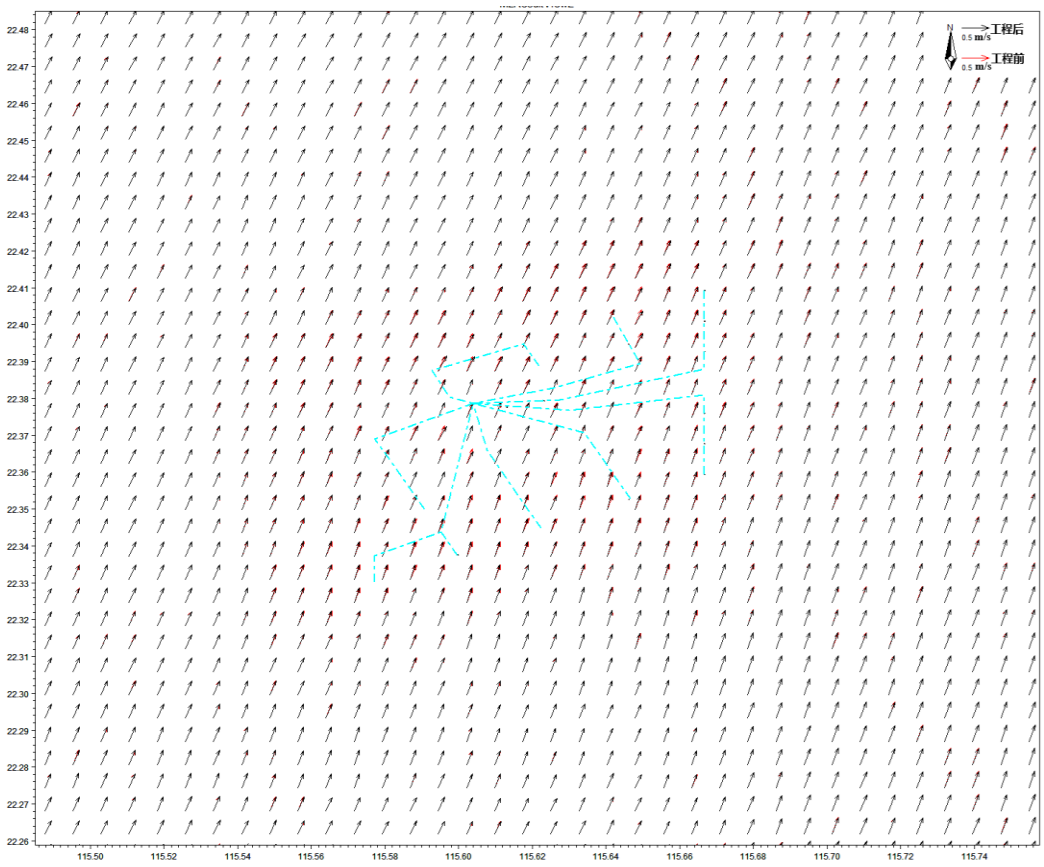


图 5.1.4-26a 方案一实施前后涨急流场对比（0.6 层）

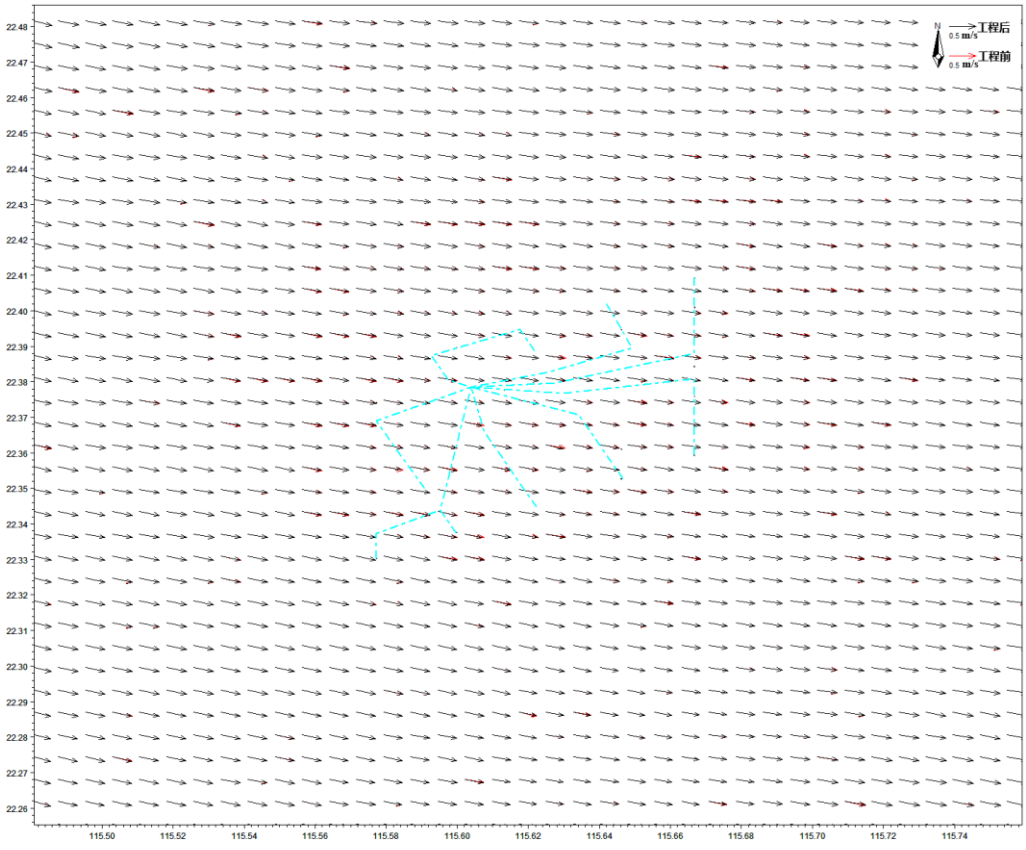


图 5.1.4-26b 方案一实施前后落急流场对比（0.6 层）

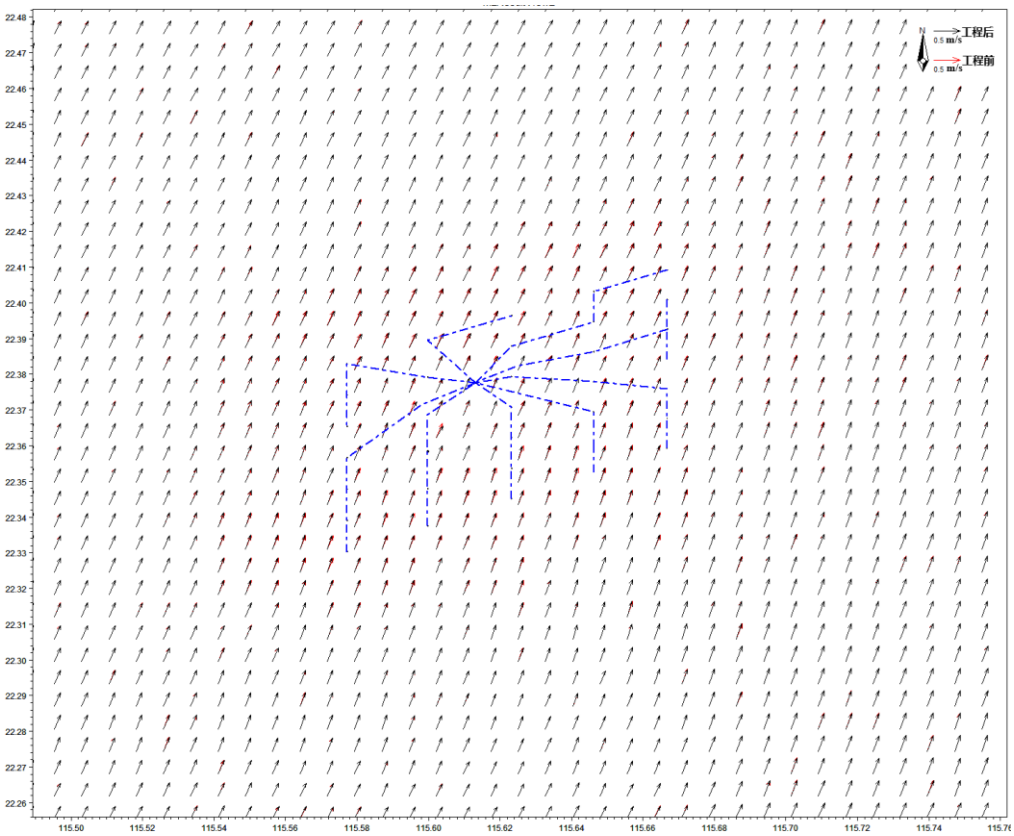


图 5.1.4-27a 方案二实施前后涨急流场对比（0.6 层）

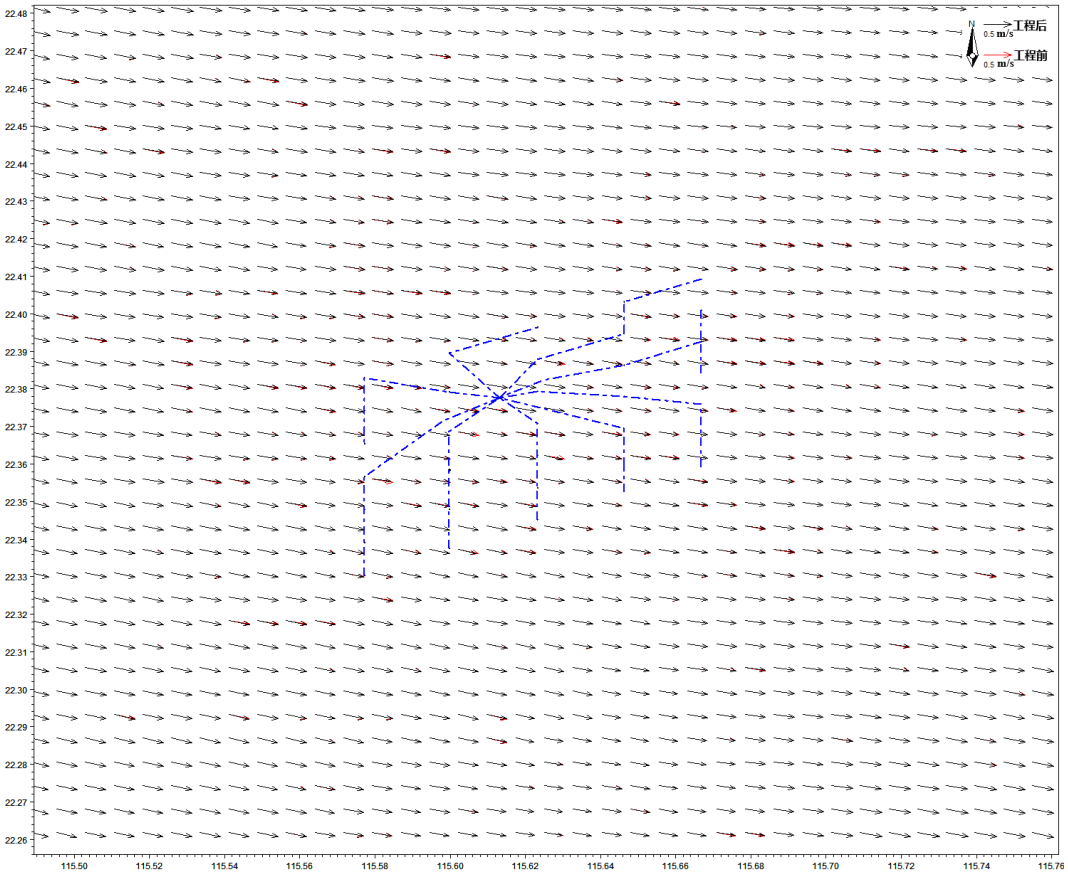


图 5.1.4-27b 方案二实施前后落急流场对比（0.6 层）

（3）不同用海方案对水动力影响的差异

不同方案对水动力影响的差异对比见表 5.1.4-1~5.1.4-2。两种方案的流速流向变化情况差异不大。

根据流场对比图分析，方案一和方案二在工程实施后风电桩基迎水面和背水面海域流速出现一定程度减缓，风电桩基侧面流速稍有增加，流向变化不明显。方案一实施后风电场附近海域各代表点大潮涨急流速变化值位于-0.01m/s~0.01m/s 之间；大潮涨急流向变化值位于-1.8°~0.2°之间；各代表点大潮落急流速变化值位于-0.01m/s~0.01m/s 之间，大潮落急流向变化值位于-0.4°~0.7°之间。方案二实施后风电场附近海域各代表点大潮涨急流速变化值位于-0.01m/s~0.01m/s 之间；大潮涨急流向变化值位于-0.4°~0.7°之间；各代表点大潮落急流速变化值位于-0.01m/s~0.01m/s 之间，大潮落急流向变化值位于-1.5°~0.2°之间。

总体上两种方案对水动力影响主要都出现在风电桩基附近，对其他海域影响程度较有限，两种方案的水动力影响范围差异不大。

5.1.5 地形地貌与冲淤影响预测对比分析

（1）工程海域的冲淤变化分析

本评价采用曹祖德等研究的淤泥质海岸淤积计算模式进行冲淤估算。该模式利用二维潮流数值计算模型得到工程前后流场分布变化，再应用淤泥质海岸淤积预报模型公式，计算得到各计算区域的淤积强度，曾在阳江港 5#-7#泊位工程等多处工程应用，效果较好。

模型公式如下：

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

式中，ω为泥沙沉速，S 为水体平均含沙量，t 为淤积历时，γ_d为泥沙干容重，V_1、V_2分别为工程实施前后计算流速。

经推导，可得 $$P=0.5\left[\left(H_1+\beta t\right)-\sqrt{\left(H_1-\beta t\right)^2+4\beta tH_1K}\right]$$

式中，$\beta=\frac{\alpha\omega S}{\gamma_c}$，$K=\frac{V_2}{V_1}$

γ_d 按照公式 $\gamma_d=1750D_{50}^{0.183}$ 计算，D_{50} 为泥沙中值粒径，取值为全潮悬沙中值粒径平均值，为 0.016mm。

S 选择《海港水文规范推荐的》刘家驹挟沙力公式：

$$S_{*1}=0.0273\rho_s V^2/(gh)$$

式中，ρ_s 为泥沙颗粒密度。采用水动力模型计算出的工程前后潮平均流速的变化对淤积进行估算。潮平均流速的计算采用算术平均法，即分别对大潮时段内的涨潮过程流速和落潮过程流速进行算术平均，得出涨潮平均流速和落潮平均流速，再取平均值得出潮平均流速。忽略工程前后含沙量的变化。

根据冲淤计算公式，采用全潮平均流速的变化对工程实施后的冲淤变化进行估算。计算得出工程区附近海域海床年冲淤变化平面分布情况，见图 5.1.5-1。

由图可见，工程实施后风机前后（涨、落急潮流方向）为主要的淤积区域，风机两侧（垂直于涨、落急潮流方向）为主要的冲刷区域，风机附近冲淤分布形态与往复流流态有关，同时风电场区域两侧发生冲刷。

由于方案一与方案二桩基排列方式有所不同，工程实施后风电场内产生的冲淤环境变化也存在略微的差异。其中，方案一年最大淤积幅度约为 0.14m/a，最大冲刷幅度 0.10m/a，方案二年最大淤积幅度约为 0.16m/a，最大冲刷幅度约为 0.10m/a，从计算结果看，方案一与方案二冲淤幅度相差不大。

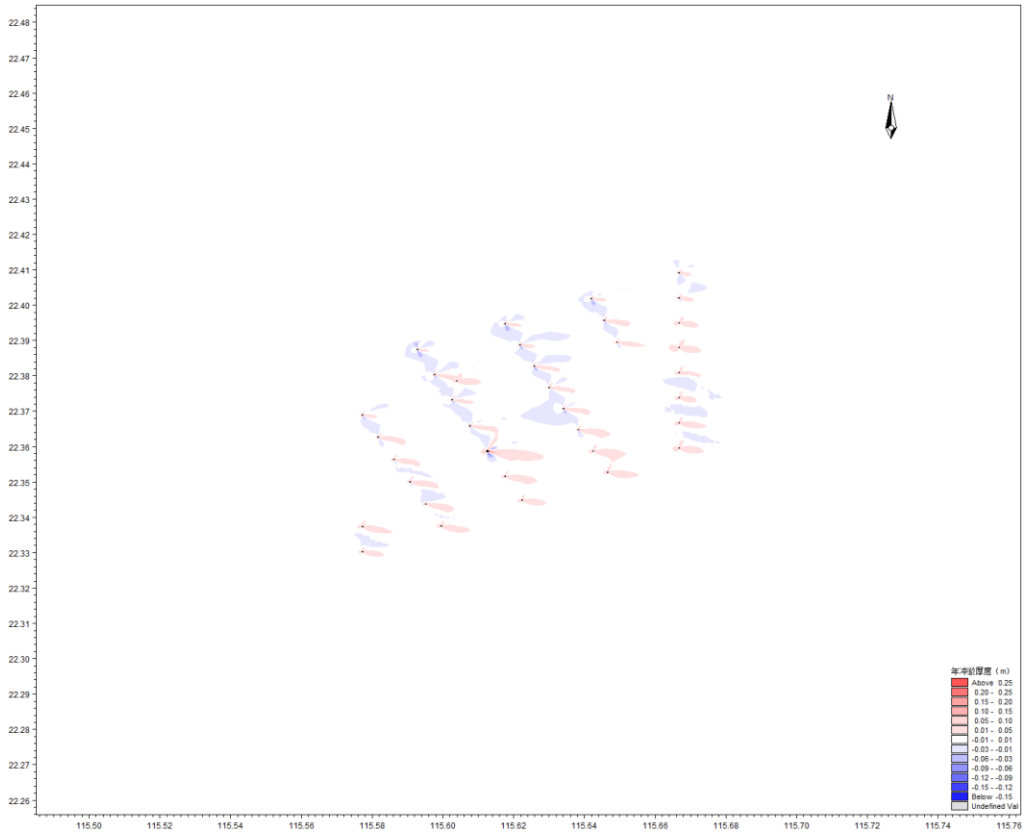


图 5.1.5-1a 方案一附近海床年冲淤变化平面分布图

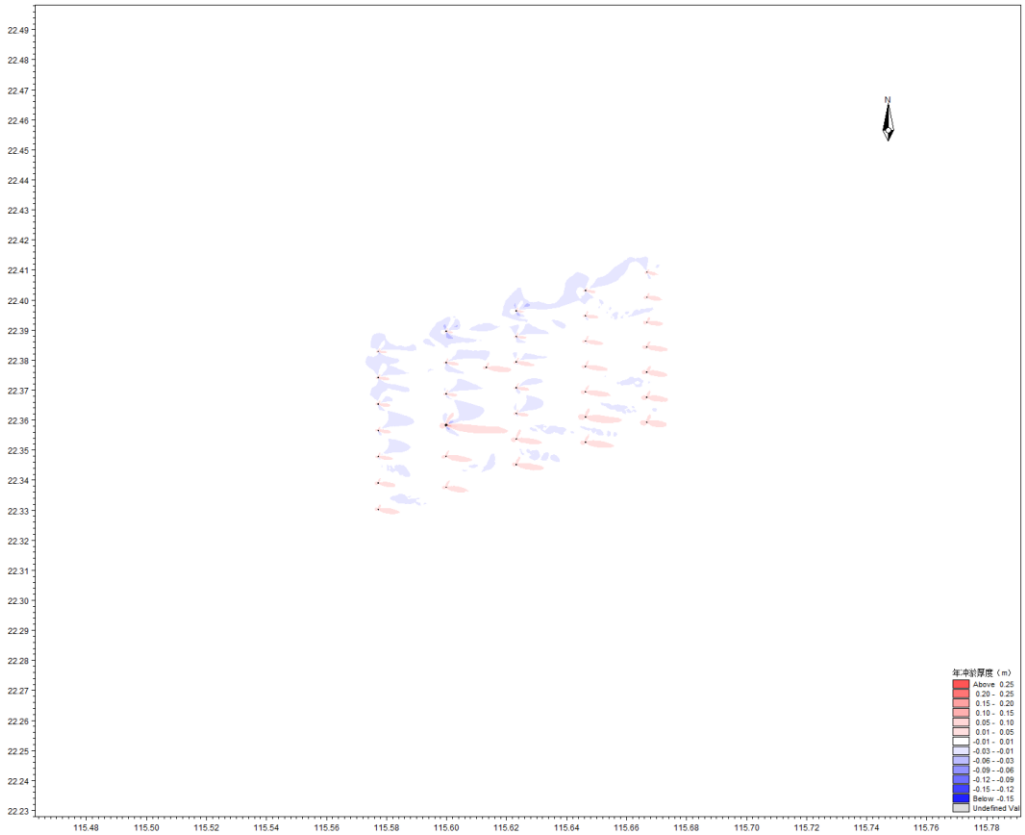


图 5.1.5-1b 方案二附近海床年冲淤变化平面分布图

（2）风机桩基础附近局部冲刷影响分析

为进一步分析工程建设对风机桩基础附近局部地形的冲刷影响，本报告采用桩基局部冲刷经验公式进行预测分析。

对于桩墩局部冲刷计算公式，据不完全统计，目前尚未有理论推导公式，国内外学者撰写发表的计算公式均为经验性或半经验性公式，大多数采用试验资料建立局部冲刷深度的计算式，然后用野外实际观测资料修正系数和指数得到冲刷深度计算式。桩基局部冲刷的经验公式中，以韩海骞公式和王汝凯公式的计算条件较为符合本工程的实际情况，韩海骞公式在考虑了波浪水质点的流速后，可以考虑波流共同作用下小直径圆柱周围的局部冲刷。公式如下：

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

式中：

h_b-桥墩局部冲刷深度（m）；

h-最大水深（m）；

B-最大水深条件下平均阻水宽度（m）；

d_{50}-中值粒径（mm）；

K_1-基础桩平面布置系数，条形 1.0，梅花形 0.862；

K_2-基础桩垂直布置系数，直桩 1.0，斜桩 1.176；

F_r-Froude 参数。

计算结果见表 5.1.5-1，其中场区潮流最大流速取工程区现状水文调查实测的大潮最大流速。

表 5.1.5-1 工程桩基最大可能局部冲刷深度（五年一遇）

要素		风机	海上无功补偿站	海上升压站
水深（m）设计高水位下		45	34	43
最大流速(m/s)		0.70	0.65	0.70
有效波高（m）		6.8	6.2	6.8
平均波周期（s）		11.7	11.2	11.7
波长（m）		182.6	178.5	182.6
底质中值粒径（mm）		0.107	0.107	0.107
桩径（m）		3.5	2.65	3.4
韩海骞公式	最大冲刷深度（m）	3.76	2.58	3.45
	最大冲刷直径（m）	25.9	17.6	21.6

由上表可见，风电场区风机桩基础最大冲刷深度约为 3.76m，冲刷坑最大直

径为 25.9m；海上无功补偿站桩基础最大冲刷深度约为 2.58m，冲刷坑最大直径为 17.6m；海上升压站桩基础最大冲刷深度约为 3.45m，冲刷坑最大直径为 21.6m。

归纳上述分析结果，风电场建设后，大范围海床冲淤不会发生大的变化，仅局部发生较明显海床冲淤，风机桩基周边海床冲刷，风机桩基约 10m~20m 外海床沉积冲刷出来的泥沙，形成 0.5m~1.0m 的沙丘。

5.1.6 水质影响预测对比分析

本工程施工对水质影响主要考虑送出海缆和集电海缆敷设施工过程中所产生的源强。当采用船舶进行电缆敷设施工时，在电缆周围会形成高浓度悬沙，其后悬沙随海流输运、扩散和沿程落淤，浓度逐渐减小，范围逐渐增大。施工带来的悬浮泥沙输运扩散对水质环境的影响可采用悬沙扩散方程进行预测。

5.1.6.1 模型介绍

（1）基本方程

悬浮物扩散方程：

Sigma 坐标系下三维泥沙平流扩散、沉降控制方程为：

$$\frac{\partial CD}{\partial t}+u\frac{\partial CD}{\partial x}+v\frac{\partial CD}{\partial y}+w\frac{\partial C}{\partial \sigma}=\frac{\partial}{\partial x}\left(K_{Mx}D\frac{\partial C}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(K_{My}D\frac{\partial C}{\partial y}\right)+\frac{\partial}{\partial \sigma}\left(\frac{K_v}{D}\frac{\partial C}{\partial \sigma}\right)+DS_c$$

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：

$$K_{MX}=5.93\sqrt{gH}|u|/C_Z \qquad K_{MY}=5.93\sqrt{gH}|v|/C_Z$$

C_z 为 chezy 系数，K_v 为垂直扩散系数。

岸界边界条件：$\dfrac{\partial C}{\partial n}=0$

侧开边界的边界条件：

入流时 $C|_\Gamma=p_0$ ；

Γ 为水边界，P_0 为边界上浓度，计算冲射式挖沟施工悬沙增量时，因本底悬沙浓度不大，不考虑本底值，取 $P_0=0$。

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

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

海底床面：$-K_V \frac{\partial C}{\partial z} - w_{fb} C_b = \begin{cases} M \frac{V}{V_e} - & V \geq V_e \\ & V_d < V < V_e \\ w_{fb} C_b \frac{V}{V_d} - & V \leq V_d \end{cases}$

式中：M 为冲刷系数，取曹祖德实验参数，M=6.4×10^{-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}×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Δt＝30s。

③涡动分散系数

沿水流方向D_x和垂直水流方向D_y的水流涡动分散系数分别采用以下公式拟定：

$$D_x = 5.93\sqrt{g}|u|h/c \quad , \quad D_y = 5.93\sqrt{g}|v|h/c$$

④泥沙沉降速度

根据文献《淤泥质、粉沙质及沙质海岸航道回淤统一计算方法》（刘家驹，2012），对于粒径小于 0.03mm 的淤泥质泥沙在海水条件下均以絮凝沉速 0.0004~0.0005m/s 沉降，其当量粒径取 0.03mm，而对于粒径大于 0.03mm 的粉砂质或砂质泥沙，沉速则需用其单颗粒泥沙沉速。因此，ω 计算公式采用下式：

$$w_s = \frac{(\rho_s - \rho)gd^2}{18 \cdot \rho v}$$

式中：ρ_s为泥沙颗粒密度，取 2650kg/m^3；ρ为海水密度，取 1000kg/m^3；g为重力加速度，取 9.8m/s^2；d 为泥沙粒径（m），取悬沙中值粒径；ν为海水粘滞系数，取 0.0001m^2/s。

根据实测资料，工程海域表层沉积物中值粒径为 0.107mm，根据公式计算得出沉降速度约为 0.01cm/s。

⑤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；$\omega$ 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。

5.1.6.2 悬浮泥沙预测方案

（1）悬沙源强

1）送出海缆

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 5m/min，近岸段总体埋深在 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 1.20m^3/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；γs 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。近岸段取 2024 年 4 月的 SW01 站位中值粒径为

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1022.31kg/m^3，电缆施工的悬浮物源强为20.45kg/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3-4m，取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1.60m^3/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；γs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SW05、SW08、SW10站位的中值粒径分别为0.014mm、0.031mm、0.127mm，则平均中值粒径为0.057mm，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1036.01kg/m^3，电缆施工的悬浮物源强为27.63kg/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1.20m^3/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；γs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SW13、SW15、SW17、SW19、SW21站位沉积物中值粒径分别为0.136mm、0.135mm、0.078mm、0.091mm、0.097mm，平均中值粒径为0.107mm，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1162.56kg/m^3，电缆施工的悬浮物源强为23.25kg/s。

2）集电海缆

根据同类工程施工经验，建设海缆沟槽底宽约0.3m，顶宽约0.5m，敷设速

度取 5m/min，风电场内总体埋深在 2.5-3m，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 1.20m^3/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；γs 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 SW21、SW34、SW35、SW39 站位沉积物中值粒径分别为 0.097mm、0.085mm、0.114mm、0.118mm，平均中值粒径为 0.104mm，泥沙干容重按照 $\gamma_d=1750D_{50}^{0.183}$ 公式计算，沉积物干容重为 1156.53kg/m^3，电缆施工的悬浮物源强为 23.13kg/s。

考虑到风电场电缆的布设和施工方式造成的悬泥特点，将悬浮泥沙源强点均匀布置于海缆沿线，即海缆所经之处网格点均定义为悬沙源强点。根据同类型的项目经验，海缆正常铺设速度为 5m/min，铺设完成一段海缆即移至下一段，因此每个悬沙源强点不可能源源不断溢出悬沙，考虑最不利要素，模型每隔 250m 设置一个源强点，每个悬沙源强点连续溢出 1 小时悬浮泥沙，此后，源强点不再继续往外溢出泥沙，但现有溢出泥沙在潮流影响下将继续扩散，因此，本次计算继续选择完整的自然半月潮（包含一个大潮、中潮和小潮）进行悬浮泥沙扩散计算，直至悬浮泥沙扩散范围不再扩大为止。

（2）源强点布置

悬沙影响模拟预测海底电缆方案一布设 536 个代表点，方案二布设 546 个代表点，每个代表点源强间隔约 250 米，每个源强持续溢出 1 小时停止释放，风电场源强点平面位置示意图见图 5.1.6-1。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设置为底层排放，以此模拟海缆敷设过程中产生的悬浮泥沙扩散过程。

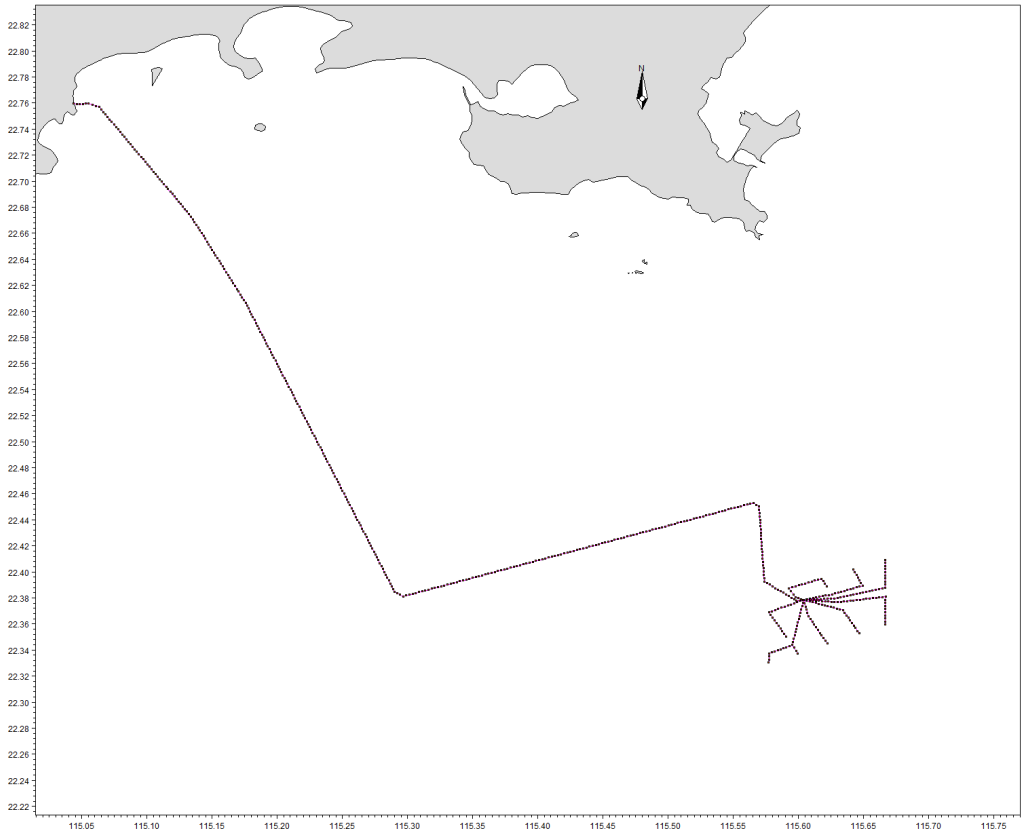


图 5.1.6-1a 方案一风电场海底电缆源强点分布图

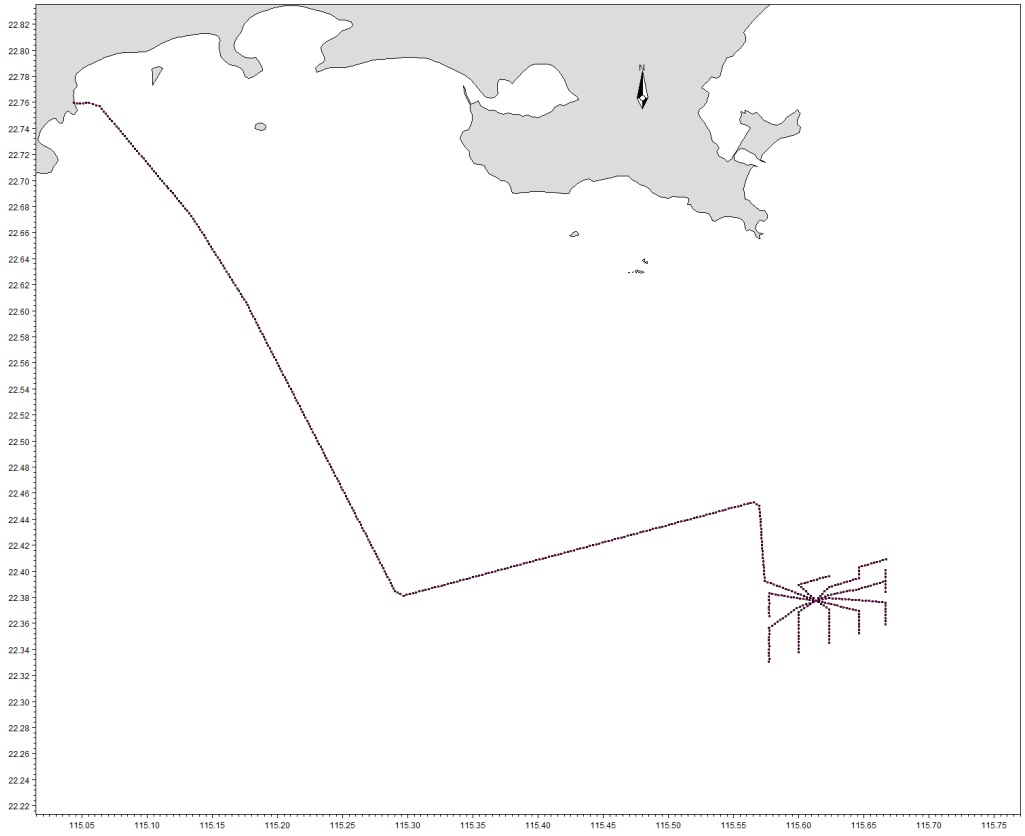


图 5.1.6-1b 方案二风电场海底电缆源强点分布图

5.1.6.3 悬浮泥沙预测结果

模拟施工船只设备在场址进行电缆敷设等作业，输出每半小时的浓度场，统计在工程海域悬沙增量大于 10mg/L 面积，获得瞬时最大浓度场。并叠加模拟期间内各网格点构成的最大浓度值的浓度场，构成“包络浓度场”，其统计结果见表 5.1.6-1、表 5.1.6-2。图 5.1.6-2、图 5.1.6-3 为模拟期内电缆敷设施工作业各层悬沙增量包络线浓度场。

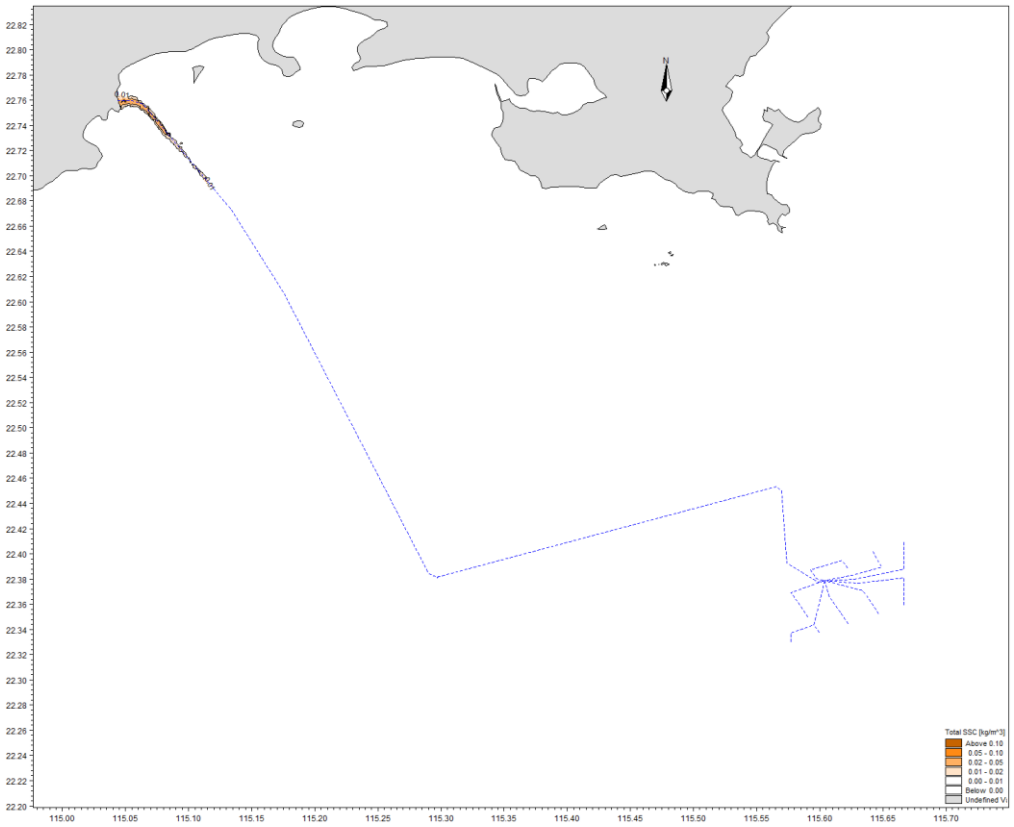


图 5.1.6-2a 方案一海缆敷设施工产生悬沙增量包络线图（表层）

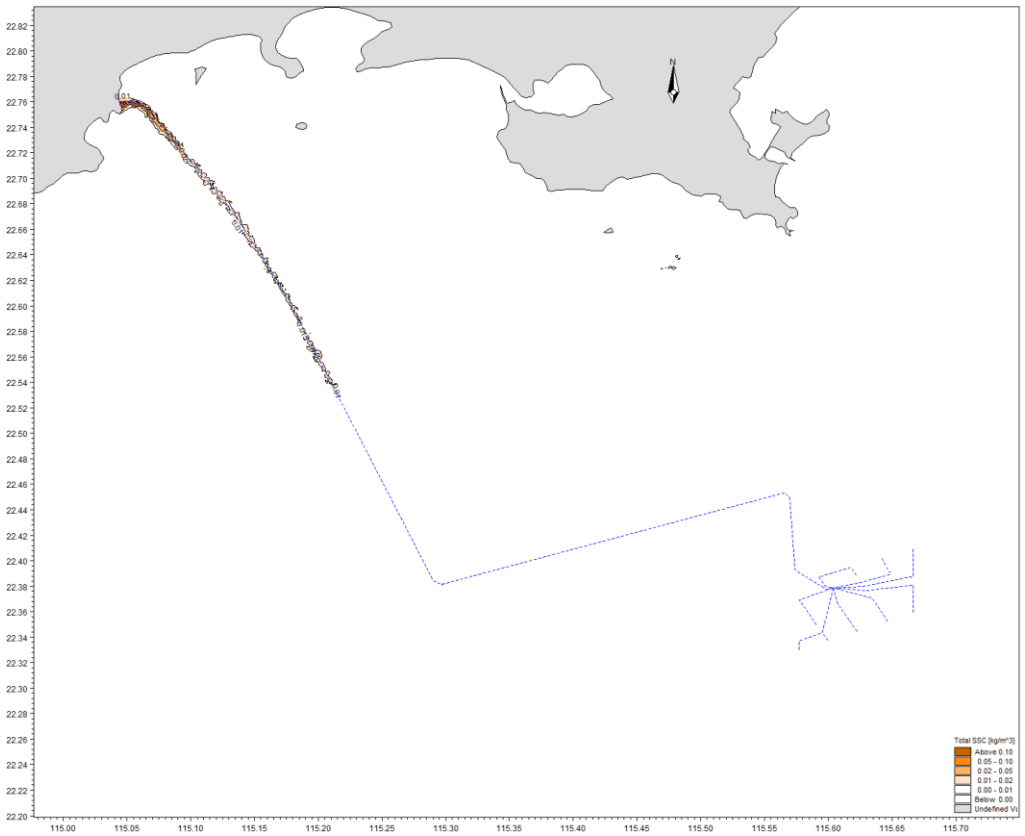


图 5.1.6-2b 方案一海缆敷设施工产生悬沙增量包络线图（0.4 层）

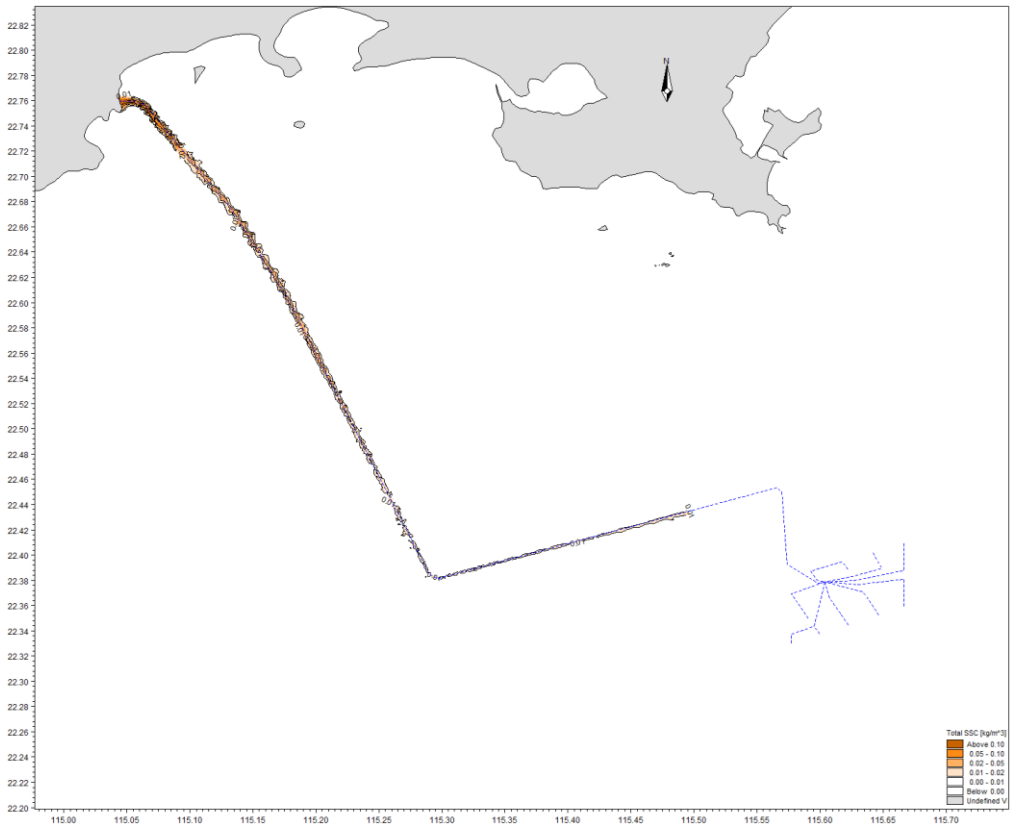


图 5.1.6-2c 方案一海缆敷设施工产生悬沙增量包络线图（0.6 层）

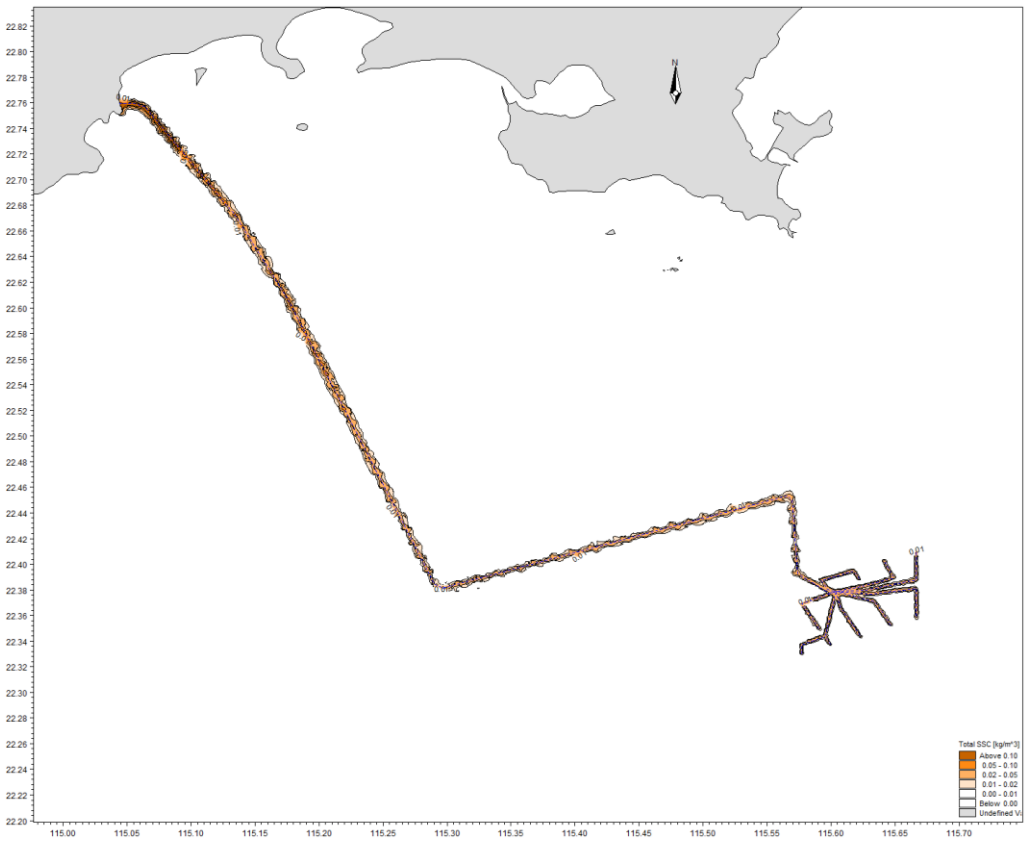


图 5.1.6-2d 方案一海缆敷设施工产生悬沙增量包络线图（0.8 层）

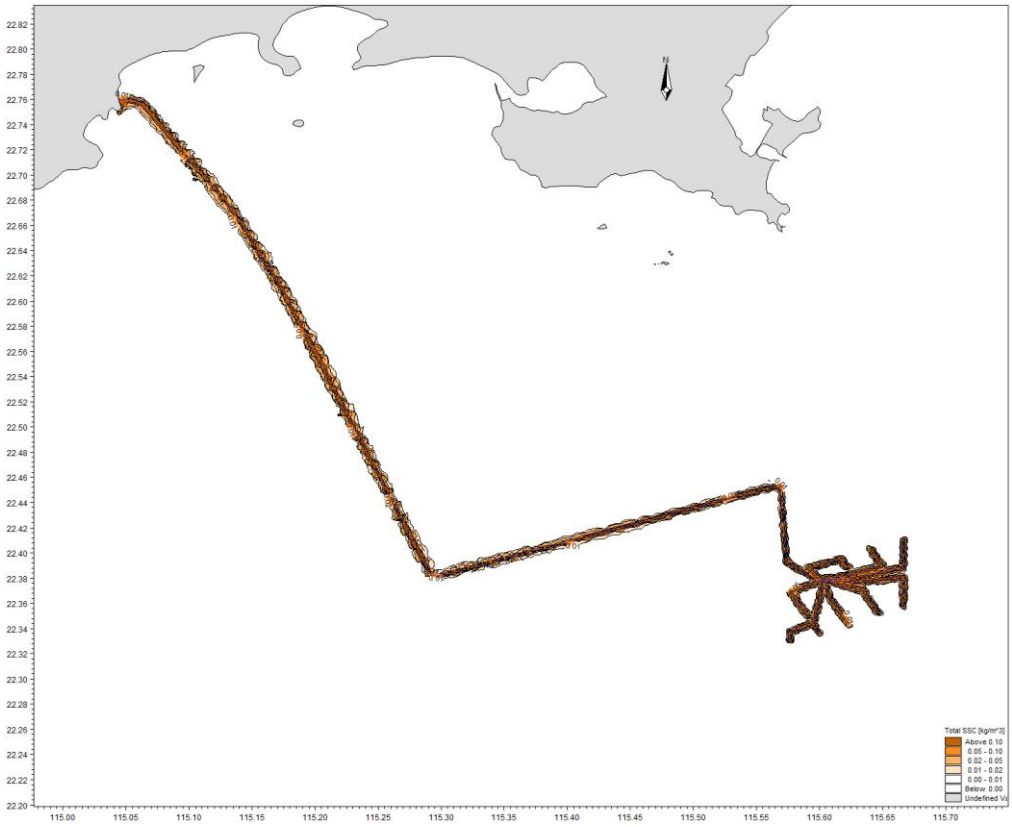


图 5.1.6-2e 方案一海缆敷设施工产生悬沙增量包络线图（底层）

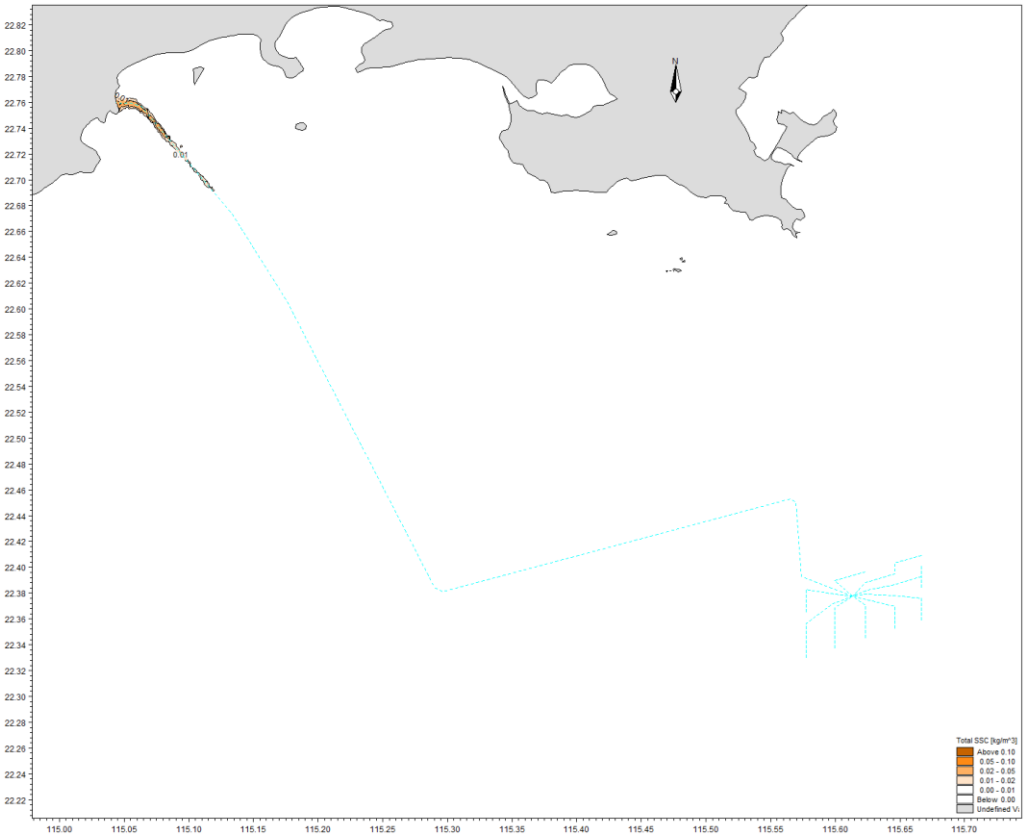


图 5.1.6-3a 方案二海缆敷设施工产生悬沙增量包络线图（表层）

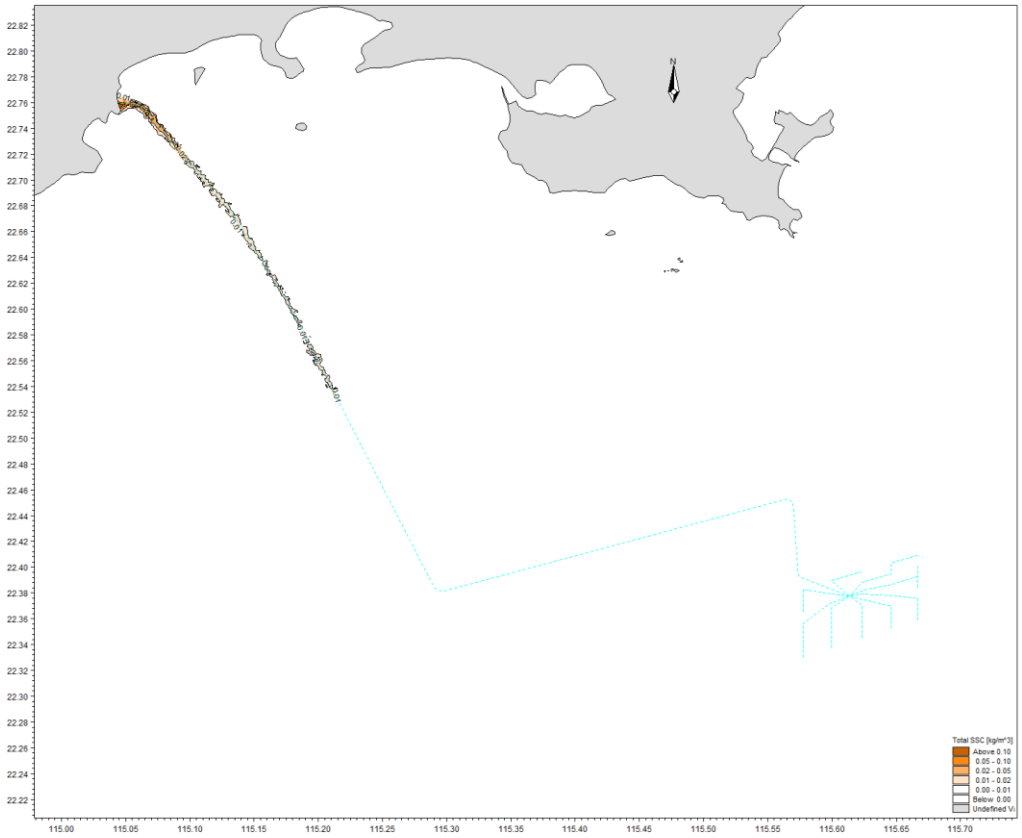


图 5.1.6-3b 方案二海缆敷设施工产生悬沙增量包络线图（0.4 层）

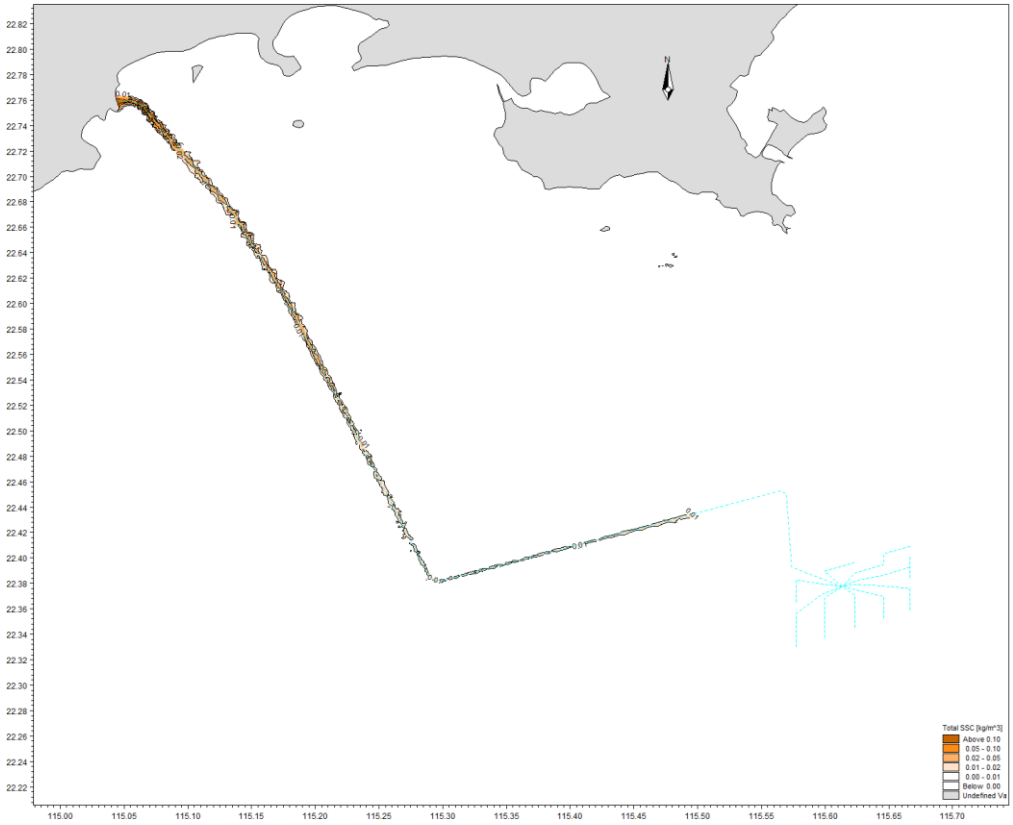


图 5.1.6-3c 方案二海缆敷设施工产生悬沙增量包络线图（0.6 层）

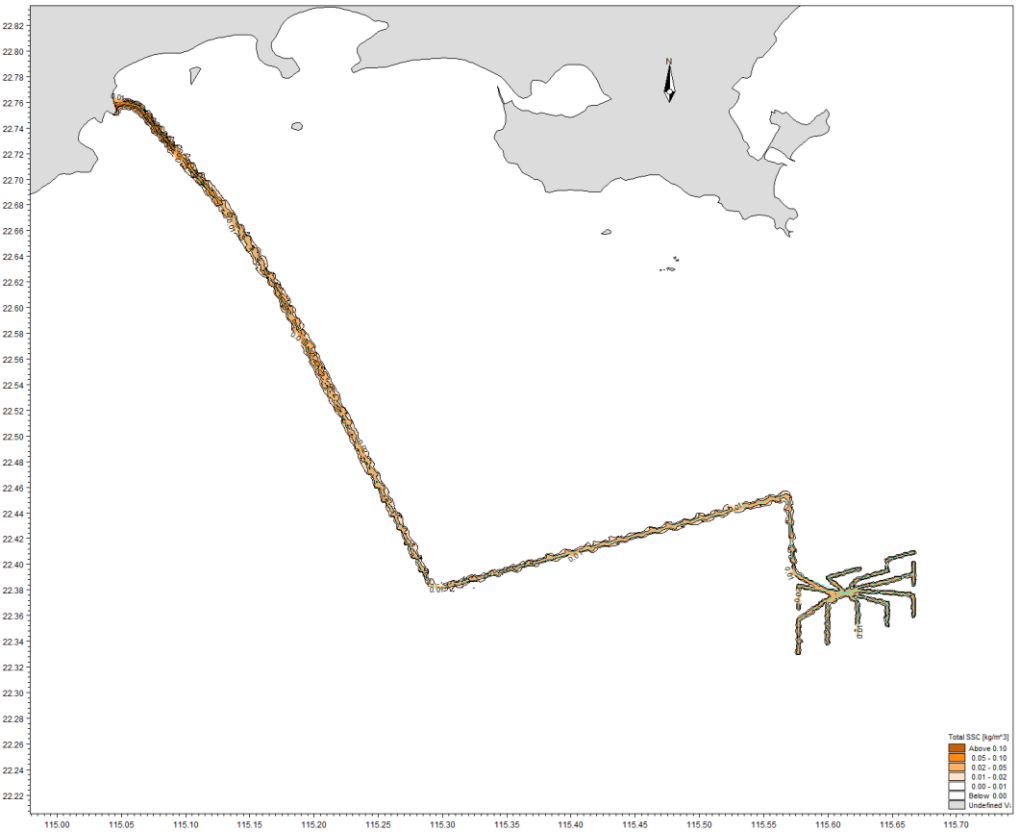


图 5.1.6-3d 方案二海缆敷设施工产生悬沙增量包络线图（0.8 层）

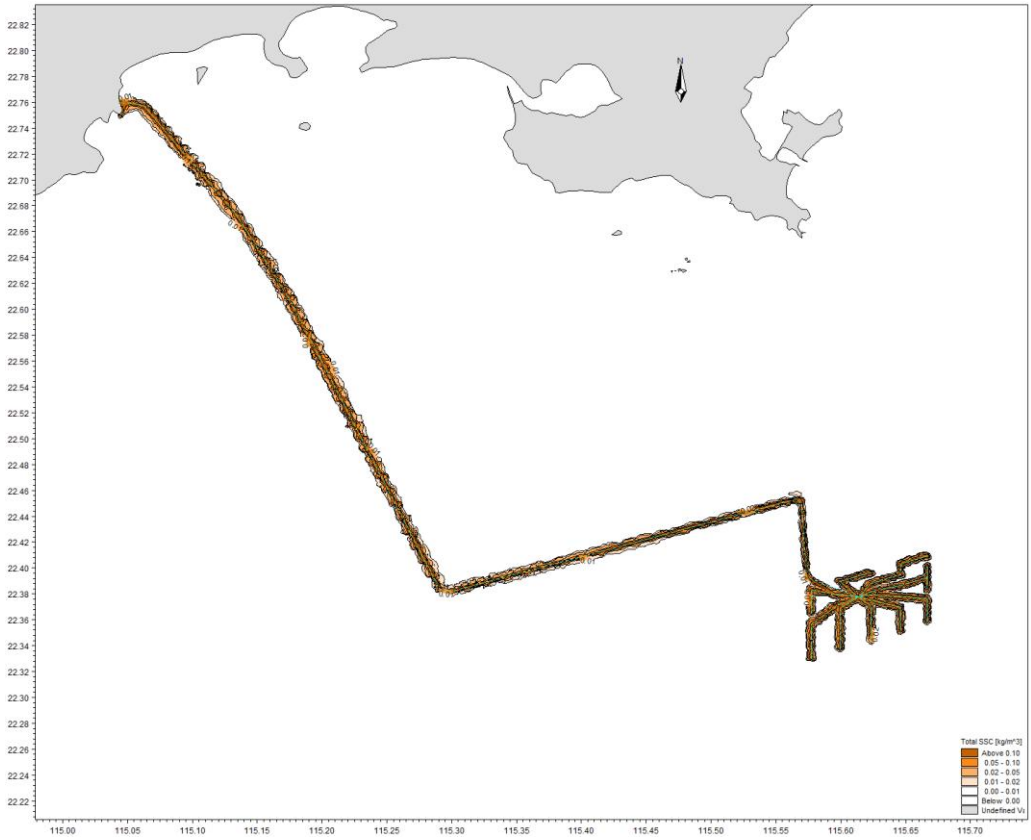


图 5.1.6-3e 方案二海缆敷设施工产生悬沙增量包络线图（底层）

表 5.1.6-1 方案一海缆施工产生悬沙增量面积（km^2）

悬沙浓度 / 包络线面积	>10mg/L	>20mg/L	>50mg/L	>100mg/L	最大扩散距离（km）			
					东向	南向	西向	北向
表层	11.075	2.323	0.275	0.110	1.1	1.1	1.0	1.0
0.4 层	19.321	2.790	1.172	0.237				
0.6 层	28.858	10.065	1.878	0.934				
0.8 层	73.516	37.411	9.042	3.297				
底层	108.135	61.738	36.401	23.407				
平均	48.181	22.865	9.754	5.597				

表 5.1.6-2 方案二海缆施工产生悬沙增量面积（km^2）

悬沙浓度 / 包络线面积	>10mg/L	>20mg/L	>50mg/L	>100mg/L	最大扩散距离（km）			
					东向	南向	西向	北向
表层	11.075	2.323	0.275	0.110	1.1	1.1	1.0	1.0
0.4 层	19.321	2.790	1.172	0.237				
0.6 层	28.655	10.065	1.878	0.934				
0.8 层	77.184	39.607	9.338	3.408				
底层	111.364	65.081	38.148	23.832				
平均	49.520	23.973	10.162	5.704				

在电缆敷设作业过程中，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，主要污染物为悬浮泥沙（SS）。

计算结果显示，海底电缆的敷设施工作业产生的悬浮泥沙将给周边水域带来一定的污染。从分布趋势看，海缆施工产生的悬沙扩散主要是在风电场周围，由于风电场所处位置水深较深，施工产生的悬浮泥沙浓度增量大于 10mg/L 主要位于 0.6 层、0.8 层和底层。

①方案一海缆施工：

表层大于 10mg/L 浓度区的包络线面积为 11.075km^2，大于 20mg/L 浓度区的包络线面积为 2.323km^2，大于 50mg/L 浓度区的包络线面积为 0.275km^2，大于 100mg/L 浓度区的包络线面积为 0.110km^2；

0.4 层大于 10mg/L 浓度区的包络线面积为 19.321km^2，大于 20mg/L 浓度区的包络线面积为 2.790km^2，大于 50mg/L 浓度区的包络线面积为 1.172km^2，大于 100mg/L 浓度区的包络线面积为 0.237km^2；

0.6 层大于 10mg/L 浓度区的包络线面积为 28.858km^2，大于 20mg/L 浓度区的包络线面积为 10.065km^2，大于 50mg/L 浓度区的包络线面积为 1.878km^2，大于 100mg/L 浓度区的包络线面积为 0.934km^2；

0.8 层大于 10mg/L 浓度区的包络线面积为 73.516km^2，大于 20mg/L 浓度区的包络线面积为 37.411km^2，大于 50mg/L 浓度区的包络线面积为 9.042km^2，大于 100mg/L 浓度区的包络线面积为 3.297km^2；

底层大于 10mg/L 浓度区的包络线面积为 108.135km^2，大于 20mg/L 浓度区的包络线面积为 61.738km^2，大于 50mg/L 浓度区的包络线面积为 36.401km^2，大于 100mg/L 浓度区的包络线面积为 23.407km^2。

②方案二海缆施工：

表层大于 10mg/L 浓度区的包络线面积为 11.075km^2，大于 20mg/L 浓度区的包络线面积为 2.323km^2，大于 50mg/L 浓度区的包络线面积为 0.275km^2，大于 100mg/L 浓度区的包络线面积为 0.110km^2；

0.4 层大于 10mg/L 浓度区的包络线面积为 19.321km^2，大于 20mg/L 浓度区的包络线面积为 2.790km^2，大于 50mg/L 浓度区的包络线面积为 1.172km^2，大于 100mg/L 浓度区的包络线面积为 0.237km^2；

0.6 层大于 10mg/L 浓度区的包络线面积为 28.655km^2，大于 20mg/L 浓度区的包络线面积为 10.065km^2，大于 50mg/L 浓度区的包络线面积为 1.878km^2，大于 100mg/L 浓度区的包络线面积为 0.934km^2；

0.8 层大于 10mg/L 浓度区的包络线面积为 77.184km^2，大于 20mg/L 浓度区的包络线面积为 39.607km^2，大于 50mg/L 浓度区的包络线面积为 9.338km^2，大于 100mg/L 浓度区的包络线面积为 3.408km^2；

底层大于 10mg/L 浓度区的包络线面积为 111.364km^2，大于 20mg/L 浓度区的包络线面积为 65.081km^2，大于 50mg/L 浓度区的包络线面积为 38.148km^2，大于 100mg/L 浓度区的包络线面积为 23.832km^2。

5.1.7 用海方案推选

根据上述的水动力、地形地貌与冲淤、水质环境等方面的关键预测因子的预测对比分析，各用海方案对资源生态影响的比选见表 5.1.7-1。

两种方案水动力和地形地貌与冲淤环境的影响差异不大；方案一的悬沙扩散范围较小，因此方案一施工产生的悬沙扩散造成的生物量损失相对较小。总体上方案一对资源生态影响较小，因此推荐用海方案为方案一。

表 5.1.7-1 用海方案对资源生态影响比选

关键预测因子		对资源生态影响比较	评价
水动力	流速	方案一：大潮涨急流速变化值-0.01m/s~0.01m/s，大潮落急流速变化值-0.01m/s~0.01m/s； 方案二：大潮涨急流速变化值-0.01m/s~0.01m/s；大潮落急流速变化值-0.01m/s~0.01m/s。	两方案一致
	流向	方案一：大潮涨急流向变化值-1.8°~0.2°，大潮落急流向变化值-0.4°~0.7°； 方案二：潮涨急流向变化值-0.4°~0.7°；大潮落急流向变化值-1.5°~0.2°。	两方案差异不大
	水动力影响范围	总体上两种方案对水动力影响主要都出现在风电桩基附近，对其他海域影响程度较有限，两种方案的水动力影响范围差异不大。	两方案差异不大
地形地貌与冲淤	冲淤变化	方案一年最大淤积幅度约为 0.14m/a，最大冲刷幅度 0.10m/a； 方案二年最大淤积幅度约为 0.16m/a，最大冲刷幅度约为 0.10m/a	两方案差异不大
水质	悬沙扩散	方案一整体施工垂向大于 10mg/L 浓度区的包络	方案一较优

		线面积为 48.181km^2。 方案二整体施工垂向大于 10mg/L 浓度区的包络线面积为 49.520km^2。	

5.2 资源影响分析

根据生态评估结果，推荐用海方案为方案一，因此对方案一开展资源影响分析。

5.2.1 对岸线及海洋空间资源的影响

（1）占用岸线情况

本项目 500kV 送出海缆登陆点位于深汕合作区小漠街道东侧海岸，向陆一侧为山体，西侧约 80m（山体南侧）为华润海丰电厂“上大压小”新建工程园区道路；南侧为华润海丰电厂“上大压小”新建工程排水渠，现状为基岩岸线。

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，通过预埋钢管穿越裸岩后接入陆上锚固井，项目建设穿越基岩岸线 0.8m，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。

图 5.2.1-1 登陆点现状照片

图 5.2.1-2 项目送出海缆登陆穿越岸线示意图

（2）占用海域情况

本项目规划装机容量为 500MW（实际装机容量为 510MW），拟建设 34 台 15MW 海上风力发电机组、1 座海上升压站、1 座海上无功补偿站、8 回 66kV 集电海缆、1 回 550kV 送出海缆。项目申请总用海面积为 443.2221 公顷，其中透水构筑物用海面积为 181.6992 公顷，海底电缆管道用海面积为 261.5229 公顷。

本项目建设透水构筑物和海底电缆管道占用了部分海底、海面以及部分海面上方的海域空间资源，使部分海洋空间开发活动也受到了限制，占海区域对海域空间资源的其他开发活动具有一定的排他性。

5.2.2 对海洋生物资源的影响

5.2.2.1 底栖生物损失量

风机、定位架、海上升压站和海上无功补偿站等桩基础长期占用海底底质环境，500kV 送出海缆和 66kV 集电海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；

Di 为评估区域内第 i 种生物资源密度，单位 kg/m^2；

Si 为第 i 种生物占用的水域面积，单位为 m^2。

本项目拟建设 34 台 15MW 海上风力发电机组、1 座海上升压站、1 座海上无功补偿站、8 回 66kV 集电海缆、1 回 550kV 送出海缆。则各工程占用海域面积为：

①风机：34 台 15MW 风机基础均为四桩导管架，桩径 3.5m，即占用海域面积为 34×π×（3.5/2）^{2}×4=1308.47m^2；

②定位架：风机基础施工需要定位架来维持稳定，定位架防沉板会占用海域，防沉板尺寸为 25m×25m，则 1 台风机施工定位架占用海域面积为 625m^2，34 台风机施工定位架占用海域面积为 21250m^2。

③海上升压站、海上无功补偿站：海上升压站和海上无功补偿站基础底部均设置有防沉板，防沉板面积包含了 4 根桩基的面积，海上升压站防沉板尺寸为 43m×40m，海上无功补偿站防沉板尺寸为 42m×38m，则海上升压站和海上无功补偿站占用海域面积为 43×40+42×38=3316m^2；

④海底电缆：本项目送出海底电缆涉海长度约 89.65km，本项目送出海缆登陆采用定向钻施工工艺，不会对潮间带生物产生影响，定向钻海上施工长度为 122m；66kV 集电海缆长度为 52.10km。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。本项目海缆施工造成底栖生物损失的面积为海缆长度（89.65-0.122+52.10）×（底栖生物破坏宽度 10m）=141.628×10^{4}m^2。

表 5.2.2-1 项目占用海域面积

序号	工程	底栖生物受损面积（m^2）
1	风机桩基础	1308.47
2	风机定位架	21250
3	海上升压站和海上无功补偿站防沉板	3316

序号	工程	底栖生物受损面积（m^2）
4	海缆施工	141.628×10^4

本报告选取 2024 年春季项目附近站位（SW06、SW10、SW15、SW19、SW21、SW26、SW31、SW35）、秋季项目附近站位（SW10、SW15、SW19、SW21、SW26、SW31、SW35）底栖生物的生物量平均值 3.572g/m^2。则本项目直接造成生物损失量为：

风机桩基础造成底栖生物损失量：$1308.47\times3.572\times10^{-3}$=4.67kg；

风机定位架造成底栖生物损失量：$21250\times3.572\times10^{-3}$=75.91kg；

海上升压站和海上无功补偿站防沉板造成底栖生物损失量：$3316\times3.572\times10^{-3}$=11.84kg；

海缆施工造成底栖生物损失量：$141.628\times10^4\times3.572\times10^{-6}$=5.06t。

因此，项目建设造成底栖生物直接损失为 5.15t，其中风机桩基础建设造成底栖生物直接损失 4.67kg，风机定位架造成底栖生物损失 75.91kg，海上升压站和海上无功补偿站防沉板造成底栖生物损失 11.84kg，海缆施工造成底栖生物直接损失 5.06t。

5.2.2.2 渔业资源损失量

本工程施工工期超过 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：

$$M_i = W_i \times \mathrm{T}$$

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

式中：M_i 为第 i 种生物资源累计损害量，尾、个或千克（kg）；

W_i 为第 i 种生物资源一次性平均损失量，尾、个或千克（kg）；

T 为污染物浓度增量影响的持续周期数（以年实际影响天数除以 15），个；

D_{ij} 为某一污染物第 j 类浓度增量区第 i 种类生物资源密度，尾/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，本项目海缆敷设产生悬浮泥沙引起的生物损失按垂向平均包络线大于 10mg/L 浓度区的包络线面积为 48.181km^2，大于 20mg/L 浓度区的包络线面积为 22.865km^2；大于 50mg/L 浓度区的包络线面积为 9.754km^2，大于 100mg/L 浓度区的包络线面积为 5.597km^2。

表 5.2.2-2 本项目悬浮物对各类生物损失率参数（参照《规程》相关规定）

悬沙增值浓度（mg/L）	污染物 i 的超标倍数（Bi）	平均扩散面积（km^2）	各类生物损失率（%）	
			鱼卵和仔稚鱼	成体
10~20	Bi≤1 倍	25.316	5	0.5
20~50	1＜Bi≤4 倍	13.111	17.5	5
50~100	4＜Bi≤9 倍	4.157	40	15
＞100	Bi≥9 倍	5.597	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，本项目平均水深按 23m 计。

根据第 3 章 2024 年春季和 2024 年秋季两季调查数据计算，春秋两季调查海域游泳生物、鱼卵、仔稚鱼的平均资源密度分别为 303.898kg/km^2、1.214ind/m^3、0.244ind/m^3。

表 5.2.2-3 渔业资源数据统计表

渔业资源	鱼卵（ind/m^3）	仔稚鱼（ind/m^3）	游泳生物（kg/km^2）
2024 年 4 月	2.298	0.438	252.425
2024 年 11 月	0.130	0.049	355.371
平均	1.214	0.244	303.898

项目海缆施工产生的悬浮泥沙造成渔业资源损失量为：

游泳生物=303.898×1×（25.316×0.5%+13.111×5%+4.157×15%+5.597×20%）×10^{-3}=0.77t；

鱼卵=1.214×23×1×（25.316×5%+13.111×17.5%+4.157×40%+5.597×50%）×10^6=2.24×10^8 粒；

仔鱼=0.244×23×1×（25.316×5%+13.111×17.5%+4.157×40%+5.597×50%）×10^6=4.50×10^7 尾。

因此，项目施工造成渔业资源直接损失量为：游泳生物 0.77t、鱼卵 2.24×10^8、

仔鱼 4.50×10^7 尾。

5.2.3 对海岛资源的影响

本项目论证范围内的岛礁资源有 28 个，均为无居民海岛，其中龙虾头岛与本项目送出电缆距离最近，约 1.0km，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。海缆埋藏在海床以下，为埋设形式，施工完成后，海床可在波浪潮流共同作用下逐渐恢复到原状，不会对潮流动力产生影响，亦不会对周边地形地貌产生影响。因此，本项目不会对周边海岛资源产生影响。

5.2.4 对其他资源的影响

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。

此外，本项目建设对所在海域滩涂、港口、矿产以及旅游等其他海洋资源基本无影响。

5.3 生态影响分析

根据生态评估结果，推荐用海方案为方案一，因此对方案一开展生态影响分析。

5.3.1 对水文动力环境的影响

本项目实施前工程区域各代表点大潮涨急流速为 0.33m/s，涨急流向为 22.9°~24.1°，大潮落急流速为 0.36m/s~0.37m/s，落急流向为 97.1°~100.2°。根据推荐用海方案的各代表点工程后与工程前大潮的涨急、落急时刻流速流向统计结

果，工程范围内各代表点涨急表层流速出现不同程度变化。工程实施后风电场附近海域各代表点大潮涨急流速变化值位于-0.01m/s~0.01m/s 之间；大潮涨急流向变化值位于-1.8°~0.2°之间；各代表点大潮落急流速变化值位于-0.01m/s~0.01m/s 之间，大潮落急流向变化值位于-0.4°~0.7°之间。

综上，工程实施后风电桩基迎水面和背水面海域流速出现一定程度减缓，风电桩基侧面流速稍有增加，流向变化不明显，可见工程实施对水文动力影响主要出现在风电桩基附近，其他海域影响程度较有限。

5.3.2 风电场建设对波浪的影响

根据相关历史文献（Boon et al，2019），项目建设对周边波浪的影响主要分为三个方面：

（1）风电场引起的风速变化直接影响波浪成长并间接影响波浪的传播、耗散和波浪相互作用等。

（2）风桩和桩基引起波浪的衍射。

（3）风电场建设导致的海底地形或者粗糙度的变化影响波浪的传播或者能量耗散等。

以下逐项进行分析：

从前人研究结果看，第一方面的影响最大，即风的改变直接导致波高的变化，一般来讲，波高与海面 10m 风速线性到二次方成正比，例如 5%的风速变化，可导致 5%~10%的波高变化，当然这是假定全海域风速均发生 5%的变化，而实际风速的变化，主要集中在风电场区。根据相关文献记载的欧洲北海某风电场考虑实际地形数值计算结果，单个风电场（约 5km×10km 大小）内 10%的风速变化，仅仅能引起 1%的波高变化，如图所示。这是因为尽管风电场的风速减小，但由于周边风速并没有改变，上游边界的波高便不发生变化，且因单个风电场尺度较小，波浪受上游传播影响，衰减的比例并非与风速相当，而是小一个量级。

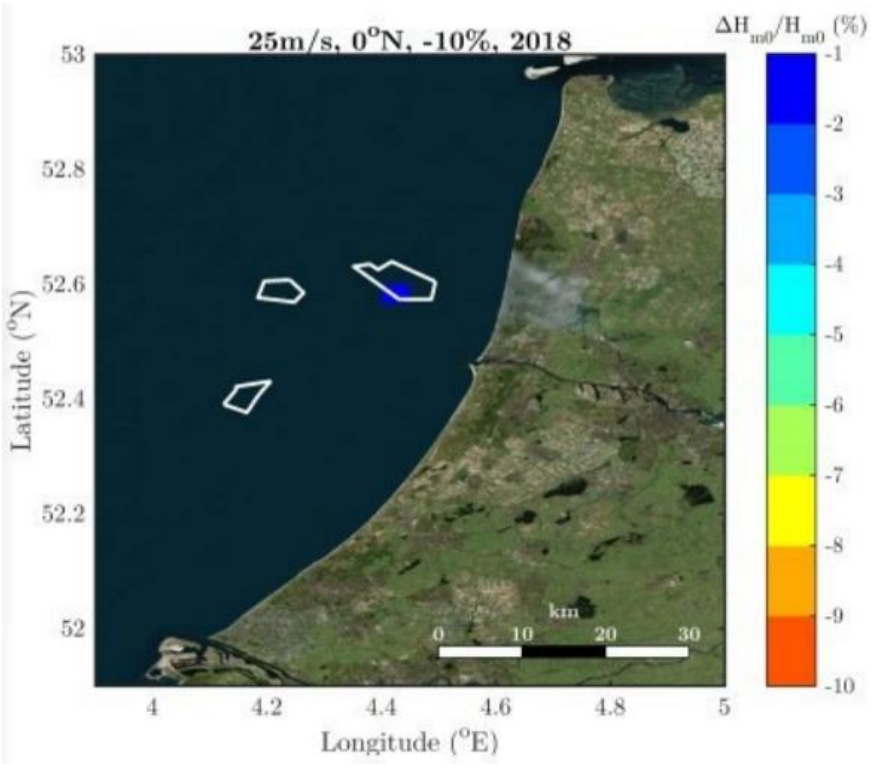


图 5.3.2-1 风电场建设引起的有效波高变化量（风速 25m/s，风向 N，风速改变量-10%）

第二方面的影响，由于风机桩基直径为 3.5m，相对于近岸几十米的波长来讲（周年观测的有效周期 5.86s 为例，计算得到波长=g×T^2/（2×π）=53m，属于细长圆柱（D/L<0.2），在海洋工程计算中，一般忽略其衍射的影响。

第三方面，由于风电场位于 41m~46m 水深处，水深大于半波长（53m/2），属于深水波，因此该海区局部水深的变化（4%~8%）对波浪传播和底摩擦耗散的影响基本可以忽略。

综上所述，本项目建设因风速变化导致的波高变化影响最大，按保守的风速衰减 10%来看，风电场区的波高衰减约 1%。根据汕尾气象站 2004 年～2023 年观测数据，月平均风速最大（2.67m/s），1 月平均风速最小（2.12m/s），主要风向为 ENE、E、NE、ESE，占 54.98%，其中以 ENE 为主风向，占到全年 18.23%左右。

构筑物对波浪的影响取决于构筑物迎浪面长度与波长之比，通常构筑物迎浪面长度大于 2 倍波浪波长才能明显起阻挡作用。本项目建设对波浪的影响，主要集中在风电场区，影响约 1%。本项目风机桩基直径小于波浪波长一个量级，因此项目建成后，基本不对海域波浪场产生影响。由于风电场所处水深较深，波浪难以影响到海底，因此波浪的这点变化基本不对海底冲淤环境造成影响。

5.3.3 对地形地貌冲淤环境的影响

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在风电桩基附近，工程附近海域潮流运动以向往复流为主。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。

预测结果表明，冲淤变化主要出现在工程周边水域，工程实施后风机前后（涨、落急潮流方向）为主要的淤积区域，风机两侧（垂直于涨、落急潮流方向）为主要的冲刷区域，风机附近冲淤分布形态与往复流流态有关，同时风电场区域两侧发生冲刷，年最大淤积幅度约为 0.14m/a，最大冲刷幅度 0.10m/a。

5.3.4 对水质环境的影响

5.3.4.1 施工期对水质环境影响

（1）施工悬浮物扩散影响

根据推荐用海方案的计算结果，从分布趋势看，海缆施工产生的悬沙扩散主要是在风电场周围，由于风电场所处位置水深较深，施工产生的悬浮泥沙浓度增量大于 10mg/L 主要位于 0.6 层、0.8 层和底层。推荐方案海缆整体施工悬浮泥沙底层大于 10mg/L 浓度区的包络线面积为 108.135km^2，大于 20mg/L 浓度区的包络线面积为 61.738km^2，大于 50mg/L 浓度区的包络线面积为 36.401km^2，大于 100mg/L 浓度区的包络线面积为 23.407km^2。推荐方案海缆整体施工悬浮泥沙垂向平均包络线大于 10mg/L 浓度区的包络线面积为 48.181km^2，大于 20mg/L 浓度区的包络线面积为 22.865km^2；大于 50mg/L 浓度区的包络线面积为 9.754km^2，大于 100mg/L 浓度区的包络线面积为 5.597km^2。悬沙影响主要出现在施工点附近海域，这种影响主要在海缆铺设过程中出现，海缆铺设施工迅速，一旦施工完毕，工程所在区域周边水质环境可在较短时间内恢复。

（2）施工期污废水影响

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，项目建设对所在海域水质带来的影响是局部的、短期的和可逆的，一旦施工结束，影响即可消除。

5.3.4.2 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风机、海上升压站和海上无功补偿站等维修的废油。项目运营期间对风机及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，维护结束后送交有资质单位进行妥善处置。项目运行期采用重防腐涂层+外加电流的防腐方案，基本不会对海洋水质产生影响。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。

5.3.5 对沉积物的影响

5.3.5.1 施工期对沉积物环境影响

（1）施工悬浮泥沙扩散对沉积环境的影响

本项目施工过程中桩基施工和海缆敷设产生的悬浮泥沙可能对沉积物环境造成一定影响。根据本次沉积物环境现状调查的结果，风机桩基基础附近沉积物环境质量状况良好，符合评价海域目标沉积物质量要求。风机桩基基础施工建设有少量施工悬沙扩散属于清洁沉积物，不会对附近海域沉积物环境质量造成不利影响。

海底电缆埋设期间搅起来的海底沉积物被堆积在缆沟两侧，在冲埋结束后，在海水运动作用下将回填于缆沟。海底电缆的施工对底质的直接影响就是冲起和覆盖，不会对沉积物性质产生明显影响。

海底电缆铺设时产生的悬浮泥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，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

施工期众多大型施工船舶在工程海域集结，施工船舶将产生一定数量的含油废水、生活污水和垃圾等，若管理不善，可能发生船舶污水未经处理直接排海，或生活垃圾、废机油等直接弃置入海，将直接污染区域海水水质，进而可能影响工程区域海域沉积物环境质量，造成沉积物中废弃物、大肠菌群、病原体和石油

类等指标超标。本工程施工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，基本不会对所在海域的沉积物环境造成影响。

5.3.5.2 运营期对沉积物环境影响

本工程在运营期采用重防腐涂层+外加电流的防腐方案。项目对沉积物环境的不利影响主要是涂层可能会因海水的侵蚀、物理磨损（如海浪冲击、漂浮物碰撞）等原因脱落。脱落的涂层碎片会在海洋中形成固体废弃物。项目运营期应建立定期检查制度，对风电场设施的涂层状况进行检查，对发现的涂层损坏（如划痕、剥落等）及时进行修复。在做好相应措施的情况下，工程运行对区域海洋沉积物环境不会有明显不利影响。

5.3.6 对海洋生物的影响

5.3.6.1 对底栖生物的影响

本工程建设对底栖生物的影响主要是风电机组、海上升压站和海上无功补偿站等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；辅助风机桩基础的定位架施工及海底电缆铺设作业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。

5.3.6.2 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，在做好施工期生活污水、机修油污水、工地污水、生活垃圾和生产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，降低单位水体内浮游植物数量，导致局部水域内初级生产力水平降低，使浮游植物生物量降低。

一般而言，悬浮物的浓度增加在 10mg/L 以下时，水体中的浮游植物不会受到影响，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

在做好施工期生活污水、机修油污水、生活垃圾和生产垃圾的收集处理工作的前提下，本项目施工建设对浮游动物最主要的影响是水体中增加的悬浮物质。

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相似。

此外，根据有关资料，水中悬浮物质含量的增加，对浮游桡足类动物的存活

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

5.3.6.3 对游泳生物的影响

施工过程对游泳生物的影响主要包括两个方面：一是悬浮物的影响，二是因海域占用减少渔业资源空间。

①悬浮物的影响

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。施工结束运营一段时间后，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。

②海域占用减少了渔业空间资源

本项目风机、海上升压站、海上无功补偿站桩基占用了天然渔业空间，减少了天然的鱼卵、仔鱼生长发育以及索饵觅食的理想场所，风机、海上升压站、海上无功补偿站桩基的存在有可能妨碍鱼类的正常洄游路线，从而对渔业空间资源产生影响。

5.3.6.4 对“三场一通道”的影响

本项目位于南海北部幼鱼繁育场保护区，送出海缆穿越南海区幼鱼、幼虾保护区，黄花鱼幼鱼保护区，蓝圆鲹、金色小沙丁鱼幼鱼保护区，场址距离粤东近海区蓝圆鲹产卵场较近。

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。工程施工期应确立风机基础噪声阈值警戒区，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）运营期对渔业资源的影响

风机运营产生的噪声经水一气界面进入水体后，能量损耗较大，且海水中悬浮物对噪声有一定的吸收作用，噪声进入水体后不会对周边声环境造成显著影响，不会引起桩基周围的水生生物环境有较大变化，加之噪声对鱼类具有驱赶效应，因此，水下噪声对鱼类机体、种群数量等影响有限。

（2）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。

5.3.6.5 对珍稀海洋生物的影响

（1）对海龟的影响

本项目施工噪声可能会对海龟的影响有一定影响，由对海龟的行为听阈研究表明其最敏感频率在 100Hz，此时阈值为 98dBre1μPa。因此，工程打桩施工将对该海域中的海龟行为产生一定程度的影响，会出现激动的行为、突然的身体动作等惊吓反应，或者改变自身的游泳模式和方向，出现下潜等躲避行为。

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

（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。

5.3.7 对鸟类的影响

5.3.7.1 对鸟类的影响

（1）施工期影响

海上风电场施工期间，大型船只和机械活动一方面会对鸟类造成干扰，使鸟类远离施工区域，减少鸟类活动范围，另一方面会影响海洋和底栖生物分布，从而影响鸟类的食物分布；施工产生的噪声会对在施工区及邻近区域觅食的鸟类产生影响，使该区域鸟类的数量减少、多样性降低；晚上施工的照明系统会干扰夜间迁徙的鸟类，吸引鸟类与工程设施相撞。施工噪声对鸟类的干扰在施工结束后，其影响可以消除。

（2）运营期影响

运营期鸟类环境的影响参考《中广核汕尾甲子海上风电场鸟类现状调查及评价专题报告》的相关结论。建设项目在运行期会对鸟类造成多方面的影响，有直接的如碰撞、噪声等，也有间接的如破坏栖息地、减少食物资源等。按性质分，主要有以下几个方面：

1、对鸟类的直接影响

①风电机噪声影响

由于大多数鸟类对噪声具有较高的敏感性，在噪声环境条件下，大多数鸟类会选择回避，减少活动范围。文献研究显示鸟类在开阔范围对噪声的忍受阈值为47dB（Hirvonen，2001），因此每个风机因噪声而对鸟类的产生影响范围噪声衰减至 47dB 以下所需半径的圆形范围，该范围与视觉影响范围有重叠。海上升压站主变噪声影响类似，因体积较大影响范围大于单个风机噪声。受影响种类主要为在该区域活动的留鸟和中途停歇觅食的候鸟，如黑鸢、白腹海雕等猛禽，以及红嘴鸥、多种燕鸥等鸥形目鸟类。对飞行迁徙经过的候鸟因从高空经过时，与风电机的垂直距离超过 200m（按飞行高度 400m 算），受到噪声影响较小。

此外，从风机噪声频率角度评价，噪声对主要依靠鸣声进行通讯的鸣禽影响较为严重（Slabbekoorn and Ripmeester，2008），如吸引配偶、防卫领域、预警、乞食和求救、躲避天敌等。噪声干扰鸟类寻找觅食适合区和追赶猎物并辨别天敌位置的能力，使鸟类的捕食效率和生存力大大下降。在噪声环境中，鸟类可选用特定音节或鸣唱句型传递信息（Kennedy *et al*,2009）。当环境噪声水平提高时，声信号发出者改变频率和振幅，增大信噪比，降低噪声对声信号的干扰。近年来的研究还发现，鸟类还会调节鸣唱时间避开噪声干扰（Hardouin et al，2008）。有研究表明风机噪声频率以低频噪声为主，一般风电场所采用的风机噪声峰值频

率出现在 1300~1600Hz。而鸟类鸣声频率主要分布在 2~9kHz，环境噪声常会影响鸟类鸣声的低频部分。鸟类应对噪声频率干扰的主要方法是提高鸣唱最低频率和主频。一般地，当风速为 8m/s 时，兆瓦级以下的风电机组声功率级在98-104dB(A)之间，其噪声呈现明显的低频特性。随着风电机组输出功率的增大，其产生的噪声增大，并向更低频移动。以图 5.3.7-1 为例，1250Hz 以上的频率其声强低于 50dB，谱峰出现在 200-300Hz 段附近。

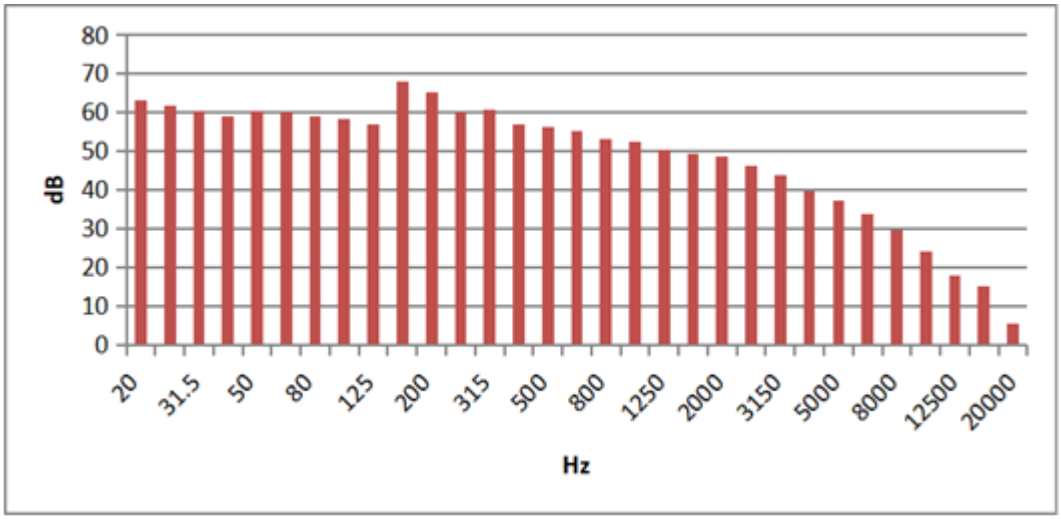


图 5.3.7-1 96m/s 时风力发电机组噪声的 1/3 倍频程频谱

以菲尔德斯半岛黑背海鸥为例，幼海鸥“吱”声是由脉冲列与正弦调制波构成的连续波。波形重复频率变化很大，从 0.12-3.3kHz，频率范围为 200Hz-4.8kHz，分别在 1.7、2.5 和 2.9kHz 处出现谱峰；成体海鸥“咯”声波形具有明显的连续调制特征。波形重复周期约为 0.5ms，谱峰在 1.1、2 和 3kHz 处，频率范围为 1-4kHz；群体黑背海鸥“哦”和“哦啊”声系由多个波叠加而成的连续波，波形的周期变化较为复杂，谱峰分别出现在 1.2、1.5、1.7 和 3kHz 处，频率范围为 1-4kHz。可以看出海鸥鸣声主要频率高于风力发电机组的主要噪声频率。其他如白头鹎等鸣禽，其鸣声各音节的主频范围在 1.6-3.6kHz，也高于发电机组的主要噪声范围。

以上数据表明，风电场产生的低频噪声基本低于鸟类的最低频率鸣声，鸟类间的互相沟通及交流基本不会受风电场低频噪声的影响。结合本项目建设区域鸟类分布特征，经过风机所在海域的鸟类主要为非鸣禽类的水鸟，受噪音频率影响的可能性较雀形目鸣禽更低。

②光影响

日间风机叶片反射阳光可能会刺伤雀鸟的眼睛，使候鸟迷途，改变迁徙方向。

而晚上风电场区域的照明是影响夜间迁徙鸟类安全的一个非常重要的因素，特别在遇上大雾、降雨、强逆风或无月的夜晚，鸟容易被光源吸引，向着光源飞行，这种趋光性极易造成鸟撞上光源附近的障碍物。北美 Virginia 西部山区风电场在 2003 年 5 月底某天大雾的夜晚发生 27 只夜间迁徙鸟死亡，变电站的钠蒸气灯是吸引鸟与风电机相撞的主要原因（Kerlinger，2003），该风电场的鸟死亡情况的研究结果表明，夜间迁徙的鸟经常死于风电场内的灯下。目前有研究波长较长的光线，如红光和黄光对候鸟影响更大。因此，在工程区域可能受光影响的主要是夜间迁徙的鸟，需采取防护措施尽可能减少光对其产生的干扰。

基于实验研究，蓝光等短波光（波长≤405nm）能刺激候鸟视网膜的隐花色素蛋白，通过光磁感受体作用感受地磁场，从而使鸟类获得地磁定向能力；但红光等长波光会影响隐花色素蛋白的激活，使鸟类失去磁场感受能力。本项目主要使用波长较长的红光和复合光白光，对迁徙鸟类影响较大，容易使候鸟偏离正常的迁徙方向，或增加撞向风电的风险，可尽量采用短波光照明，或延长航空灯闪烁时间间隔等方式减轻影响。

③碰撞效应

本项目风机风轮直径为 260m，轮毂高度为 155.187m，候鸟在迁徙中途停歇和觅食时，以及遇到不良气象条件时飞行高度一般都低于 100m。由于此时飞行高度较低，旋转着的巨大风电机叶轮将会阻止鸟类在风电场范围内飞行和停留；同时，风机叶片旋转的范围是鸟类飞行通过风机的高风险区域，有被风机叶片撞击的危险。但国外有关研究成果表明，候鸟迁徙路线中的风电场年撞鸟概率约为 0.0015%～0.009%。该概率同迁徙候鸟迁徙的规模、气象条件、风电场选址关系很大（Drewitt and Langston, 2006）。大规模的候鸟迁徙也意味着候鸟与风机和输电线路相撞的概率增加；在不良气象条件下，如大雾、降雨或强逆风时，大气能见度降低，鸟类会降低飞行高度，从而增加相撞的概率；风电场选址是最显著影响鸟类死亡的因素，风电场占据的空间范围越大，迁徙鸟类撞击的概率也越大。

同时有研究发现鸟在飞近风电场区域时，能够成功改变迁徙路线以避开塔柱和旋转的叶片，并且白天比夜晚更能精确地改变飞行方向。雷达对丹麦 Nysted 海上风电场鸟类迁徙监测说明，白天鸟类在 3000m 外，夜间鸟类在 1000m 外绕开风力发电场飞行，改变飞行方向（Desholm and Kahlert,2005）。还有研究统计

发现，和风电机碰撞的鸟类多为大中体型的鹳形目、隼形目和鸮形目鸟类。根据本项目的鸟类现状调查，本风电场发生碰撞效应的受影响对象主要是鹳形目鸟类。

2、对鸟类的间接影响

风电场因占用一定场地，对鸟类栖息地造成多方面的影响，会间接影响在此区域栖息的鸟类种群数量。

①栖息地损失和破碎化

风机直接占风电场的面积很小，大约 2%~5%，但风机可能会让候鸟不敢在附近海域降落生活，影响生活在当地和附近的海鸟繁殖、筑巢和觅食，导致这些海鸟不得不离开栖息地。丹麦的 HornsRev 风力发电场建于沿海，对迁徙鸟类的行为观察发现，鸟类对风电场有避让行为（Noer *et al*, 2000），因此，如果场址选择在鸟类适宜栖息地内，将可能使鸟类失去整个风电场大的栖息地，这一点在近海湿地、内地草原修建的风电场十分突出。丹麦 Nysted 风力发电场建在沿海湿地，通过雷达监测鸟类的行为，风电场修建后，白天活动的雁鸭类进入风电场内原来适宜栖息地的次数显著减少（Drewitt and Langston, 2006）。原来的栖息地不能再利用，这些鸟类完全丧失了这块栖息地，这一过程也是鸟类栖息地破碎化的过程。

②生境质量下降

风电场建立在适宜栖息地处导致栖息地破碎化，更导致栖息地质量下降，风机的桩基和叶片的转动噪音将严重影响海洋生物的活动规律和分布，从而降低了以海洋生物为食的鸟类的栖息地质量。虽然鸟类可能对风电场习惯化，但是由于食物匮乏，它们也可能永远放弃这些栖息地。风机叶片的旋转干扰，迫使鸟类避开原有之飞行路径，使得风机的排列很有可能产生栖息地切割之效应（Drewitt and Langston，2006）。

综上，风电场对鸟类的影响是多方面的，各方面的作用是相互的，既有协同性的（如建设用地既造成栖息地损失，也引起食物资源的减少），也会互相抵消（如干扰会导致鸟类远离栖息地，但也减轻了碰撞风机的机会）。

5.3.7.2 对鸟类迁徙通道的影响

经粤东海岸迁徙的鸟类可能会穿过项目所在场址，风电场建设会对候鸟迁徙

形成一定阻隔，从而缩窄候鸟飞行通道，如（Plonczkier and Simms，2012）通过 4 年雷达监测发现雁群逐渐避开离岸风力发电机组所在海域（图 5.3.7-2）。Krijgsveld 等（2011）在对鸟类穿过风电场飞行路线研究中也发现，在风电场建成后该区域鸟类的通量较之于风电场建设之前明显下降。

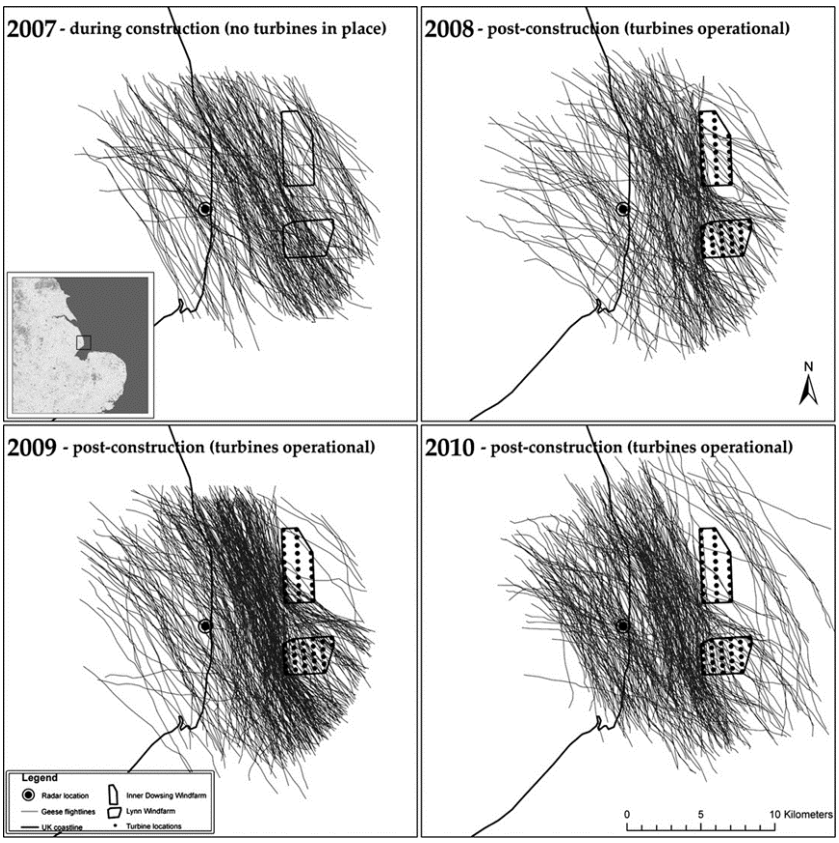


图 5.3.7-2 雷达监测雁群对风机组的回避情况（引自 Plonczkier & Simms 2012）

在广东沿海地区，迁徙鸟类以水鸟为主，其中大部分为候鸟，尤其是种类最多的鸻鹬类，主要以沿海滩涂生境为主要栖息地，因此鸻鹬类不会长时间停留在本项目场址相关区域，仅在海面迁飞过程中可能经过风机所在场址（张孚允和杨若莉，1997）。鹭科鸟类是会利用岩岸及近岸海面作为栖息觅食的类型，其中岩鹭作为海岛岩岸生境的特有种类，是最有可能受到影响的种类。鸥类、燕鸥类和海洋性鸟类是利用海面较多的水鸟类群，其中鸥类、燕鸥类多于浅海区域或近岸滩涂活动，但有时会跟随渔船在海面集群觅食，然而随着风电场的建成鱼类分布发生改变，渔船也不会驶入场址，鸥类与风机发生碰撞的几率也随之降低。海洋性鸟类，如军舰鸟、鲣鸟等，会在海面梭巡，但一般不会集大群，且数量较少。此外，黑鸢和普通鵟等猛禽也发现常于海面上空盘旋。但大多数时间猛禽的飞行高度远高于风机运行高度，仅觅食时会靠近海面，当风电场建成后鱼类分布发生

改变，其靠近场址的几率也会下降。

由于大多数鸟类对噪声具有较高的敏感性，在噪声环境条件下，大多数鸟类会选择回避，减少活动范围。本项目运营期噪声主要为风机运转噪声和海上升压站等海上变电设备的主变噪声。文献研究显示鸟类在开阔范围对噪声的忍受阈值为 47dB（Hirvonen, 2001），因此每个风机因噪声而对鸟类的产生影响范围噪声衰减至 47dB 以下所需半径的圆形范围，该范围与视觉影响范围有重叠。受影响种类主要为在该区域活动的留鸟和中途停歇觅食的候鸟，如黑鸢、燕隼等猛禽，以及红嘴鸥、多种燕鸥等鸥科鸟类。对飞行迁徙经过的候鸟因从高空经过时，与风电机组的垂直距离超过 200m（按飞行高度 400m 算），受到噪声影响较小。

根据鸟类调查结果和影响分析，调查海域记录到的广东省重点保护鸟类有普通燕鸥和黑枕燕鸥，均为燕鸥类，其余大部分在海面活动的鸟类在离岸 10km 范围内活动。燕鸥类在海面飞行觅食，一般高度较低，穿越风电场时容易发生碰撞，以往也有观测记录发现燕鸥会提高飞行高度通过风电场，但随着风机单机高度增加，高飞通过的几率会减少，绕行风机的可能性增加。此外，沿岸调查记录到的国家二级保护鸟类中，翻石鹬属于过境迁徙鸟，会飞越南海，但由于主要在夜间迁徙，调查时没有发现，但存在穿越风电场的可能。翻石鹬在海面迁徙时飞行高度可能在风机叶片扫荡高度范围内，存在碰撞风险。

广东沿海均属于东亚-澳大利西亚候鸟迁飞区，存在少数种类和少量个体存在穿越风电场的可能性。总体上本风电场址对鸟类迁徙影响不大。

综上，风电场对鸟类的影响是多方面的，各方面的作用是相互的，既有协同性的（如建设用地既造成栖息地损失，也引起食物资源的减少），也会互相抵消（如干扰会导致鸟类远离栖息地，但也减轻了碰撞风机的机会）。

本项目所选场址距离陆地最近约 28.8km，风电场址距离鸟类重要栖息地较远。项目施工期间对鸟类产生的影响主要为噪声、光、污染等干扰，其影响在施工结束后可以消除。项目运营期的影响主要为噪声、光和碰撞效应的影响，鸟类间的互相沟通及交流基本不会受风电场低频噪声的影响，风电场日间风机叶片和晚上风电场的照明系统均会对鸟类的迁徙造成影响，项目建设的风机对鸟类迁徙的影响较小。

5.3.8 水下噪声影响

（一）施工期影响

（1）噪声源强分析

本工程施工噪声源主要为风机、海上升压站、海上无功补偿站桩基施工以及船舶施工产生的噪声。桩基施工过程中的冲击打桩噪声源强参考张然在《海上风电场水下打桩噪声研究》（厦门大学，2019）研究得出较适合我国浅海海上风电场水下打桩噪声声源级估计的经验公式；桩径在 0~5m 内，拟合结果与实测数据基本吻合，误差小于 Nedwell 和 Wyatt 的经验公式估算结果。

$SL=10.22\times D+214.4$ （式 1）

$SL=228.8\times D^{0.06802}$ （式 2）

其中，D 为风电场打桩施工的桩径尺寸，m。

本项目风机桩基直径为 3.5m，海上升压站四桩导管架桩径为 3.4m，海上无功补偿站四桩导管架桩径为 2.65m；桩基取最大直径 3.5m，根据式 1，项目打桩噪声源强为 250.2dB；根据式 2，项目打桩噪声源强为 249.2dB；因此，本项目桩基施工过程产生的最大源强取为 250dB。

本项目其他水下施工噪声，如施工船舶噪声源可达到 169dB（A）。

（2）海洋生物受水下噪声影响的声压阈值

根据《人为水下噪声对海洋生物影响评价指南》（以下简称《评价指南》）表 A.1、表 A.2，可能受本项目噪声影响的海洋生物为鱼类（有鱼鳔，鱼鳔与听力相关、卵和幼体）。

根据《评价指南》表 A.4，脉冲噪声对鱼类影响阈值详见表 5.3.8-1。

表 5.3.8-1 水下脉冲噪声对鱼类听觉影响

听力分组	致死或潜在致死	损害			行为响应
		物理损伤	TTS（暂时阈值漂移）	声掩蔽	
无鱼鳔	213 dB SPL_{pk}	213 dB SPL_{pk}	186dB SEL_{cum}	（近）中等；（中、远）低	（近）高；（中）中等；（远）低
有鱼鳔，鱼鳔与听力无关	207 dB SPL_{pk}	207 dB SPL_{pk}	186dB SEL_{cum}	（近）中等；（中、远）低	（近）高；（中）中等；（远）低
有鱼鳔，鱼鳔与	207 dB	207 dB SPL_{pk}	186dB	（近、中）高；	（近）高；

听力分组	致死或潜在致死	损害			行为响应
		物理损伤	TTS（暂时阈值漂移）	声掩蔽	
听力相关	SPL_{pk}		SEL_{cum}	（远）中等	（中）高；（远）中等
卵和幼体	207 dB SPL_{pk}	（近）中等、（中、远）低	（远）中等、（中、远）低	（近）中等；（中、远）低	（近）中等、（中、远）低

备注：峰值声压级 SPL_{pk}；人为水下噪声累积声暴露级。

（3）海洋生物安全距离

根据参考国外文献资料，估算打桩施工时的影响范围。采用的声衰减计算公式为：

$$TL=F\log(D/R)$$

式中：TL 为传播损失，为声源级减去目标声级值（即保护阈值）的差，单位为 dB；D 为目标声级值所在的位置与声源的距离，单位为 m；R 为计算传播损失时的参考距离，根据声源级计算点与声源本身的距离而定。F 是衰减因子，其值会随着海况（如水深、底质状况、海面宽阔程度）和打桩的工程参量（如桩的类型材质、以及桩机功率）而变化。衰减因子 F 依据施工海域水深较浅，声传播衰减较大，一般的数值在 10~30 之间，基于厦门大学对莆田平海湾一期打桩施工的监测结果，以及港珠澳大桥打桩水下噪声源传播衰减和厦门五缘湾打桩噪声传播衰减，本次扩展系数 F 取 22，该衰减因子适用于浅海声传播的较近距离的球面扩展损失。

根据《人为水下噪声对海洋生物影响评价指南（HY/T 0341-2022）》，鱼类（石首鱼）的声压阈值超过 207 dB SPL_{pk} 为危险区域，超过 186dB SEL_{cum} 为影响区域。

本工程施工时，桩基施工时在离桩基 250m 处，打桩所产生的水下噪声将达到 207dB，对有鱼鳔，鱼鳔与听力相关、卵和幼体造成永久性伤害，因此应确立 250m 范围内为危险区域。在离桩基 2200m 处，打桩所产生的水下噪声将达到 186dB，对有鱼鳔，鱼鳔与听力相关、卵和幼体造成影响，因此应确立 2200m 范围内为影响范围。

表 5.3.8-2 水下脉冲噪声对鱼类听觉影响范围

听力分组	致死或潜	损害	影响距离

	在致死	物理损伤	TTS（暂时阈值漂移）	致死或潜在致死	物理损伤	TTS（暂时阈值漂移）
有鱼鳔，鱼鳔与听力相关	207 dB SPLpk	207 dB SPLpk	186dB SELcum	250m	250m	2200m
卵和幼体	207 dB SPL_{pk}	/	/	250m	/	/

（4）施工期水下噪声对海洋生物的累加影响

虽然相关测量数据及研究表明中小幅度的撞击式桩基施工不会对一定距离外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生物的累积效应可能造成慢性影响。这些慢性影响包括：遮蔽效应和听力损失，行为模式改变和紧张等。

水下打桩施工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，施工船将会对在这一带水域活动的鱼类、特别是石首科鱼类造成滋扰，受影响的鱼类将因回避而离开施工区。但当环境滋扰消失或较少时这些鱼类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，部分海洋生物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。

丹麦国家环境研究所研究了海上风电场是否对活动于该海域中的斑海豹和灰海豹的影响研究（Svend Tougaard, et al，2006），研究跟踪了从 1999~2005 年间风电场在施工期和运营期的水下噪声对海豹的影响。结论是：在风电场施工建设期，斑海豹的数量减少，但建设期结束，斑海豹又恢复原来数量，甚至增加；在该风电场施工打桩期，斑海豹的数量明显减少，在另一斑海豹繁殖地施工打桩期甚至没有见到斑海豹；但运营期风机的运转并没有对斑海豹产生影响。

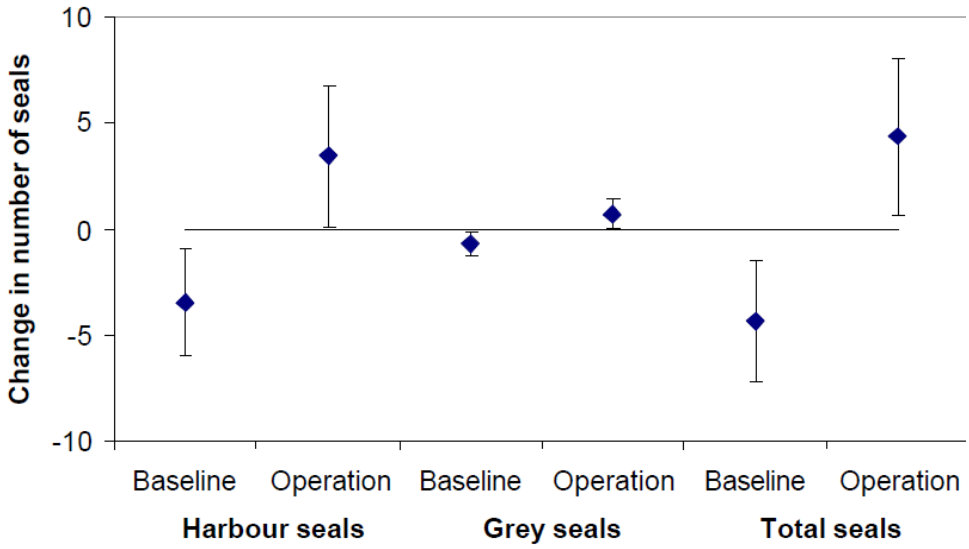


图 5.2.8-1 施工期和运营期海豹数量的变化

风机基础打桩作业对该海域中的渔业资源将产生一定的影响，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，避免造成大范围鱼类死亡。

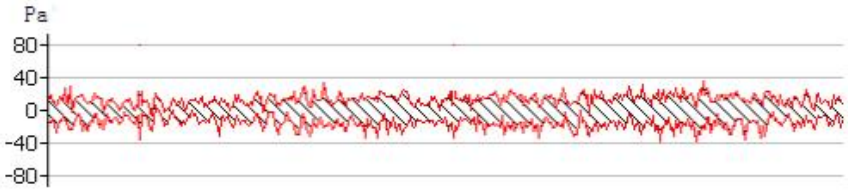
（二）运营期影响

风机运行中向水下辐射噪声的主要途径是风机运行的噪声源从空气中直接通过海面折射到水下、通过风机塔架传导到水中、从风机塔架到海底再辐射到水中三条声传播路径组成。

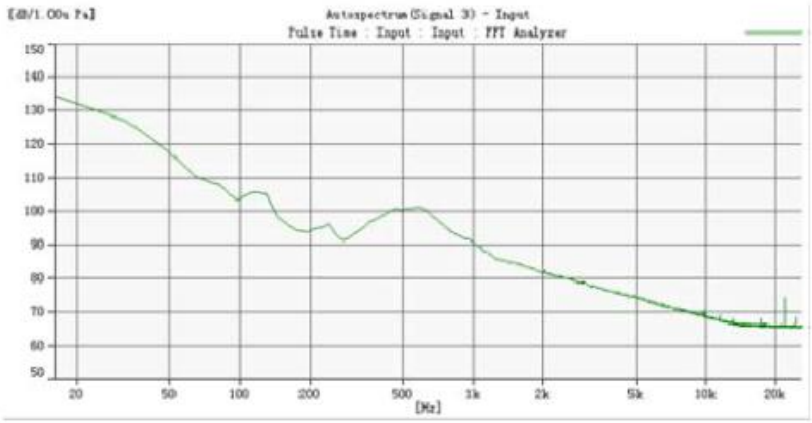
1、运营期风电场水下噪声分析

根据厦门大学在上海东海大桥海上风电场类比监测结果表明：风机运行中水下噪声的频谱级基本上相似，总体强度随频率增加而明显较小，在 1~20kHz 中功率谱级分布在 140dB/1μPa 到 65dB/1μPa 之间，在 120~1.5kHz 有一较宽的裙带状谱，强度增加为 10~20dB/1μPa。在离风机 3 号风机 200m 靠近桥梁及航道上，100Hz 点上的功率谱级达到最大为 128dB/1μPa，比同样深度不同距离的功率谱提高 10~20dB/1μPa。由于水下噪声的时间-空间-频率等随时变化的特性，测量船只在远离风电场近 4km 处也测量到裙带状的低频背景噪声分布，因此总体由于风机噪声而引起的强度变化不大，基本上与海域其它点测量到的背景噪声相近。

类比调查风机运行水下噪声升压及声功率见下图。



声压时域图



声功率谱图

图 5.3.8-2 类比海上风电场水下噪声实测结果

2、水下噪声海洋生物影响评价

厦门大学在厦大海洋与地球学院生态场中进行水下噪声对典型海洋生物影响实验，实验海上不同强度声压的水下噪声对水池中鱼类和底栖的影响。实验开始前先在养殖池中 4 个位置用水听器测量水下背景噪声，再将发射换能器置于水池中，发射水下声信号，采用丹麦 B&K 的 PULSE 多通道分析系统，记录和分析水下噪声在 4 个位置中的强度分布。

接着分别放置实验用的鱼种和底栖生物，实验用的鱼种经过适当时间的适应后，再把水声发射换能器和水听器置于水池中并静待 10min。以恢复鱼种因仪器布放过程中所受到的惊扰。

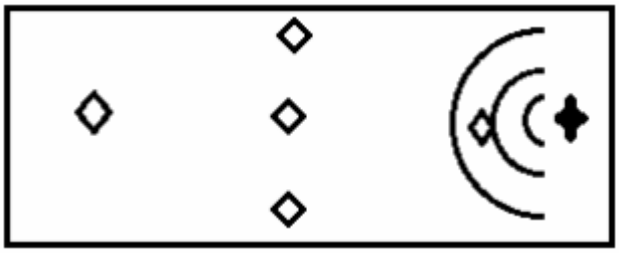


图 5.3.8-3 测量背景噪声和声场分布的实验布置图

发射噪声信号从低频到高频进行测试，以目前所研究的大多数的石首科鱼类的最高灵敏度 500Hz 为主要频率，观测对不同频率信号的响应。同时改变发射强度，观测鱼类对声信号的响应。

实验水下噪声分两类：

a）把之前记录的原始的海上风电场噪声数据作为噪声源，取其中典型的较大的噪声功率谱数据，使用不同强度的声压级（110dBre 1μPa、120dBre 1μPa、130dBre 1μPa）进行实验，同时用水听器在水池中进行实时跟踪观察噪声数据；

b）用计算机产生 200Hz~900Hz 的水下低频噪声，使用不同强度的声压级（110dBre 1μPa、120dBre 1μPa、130dBre 1μPa）进行实验，同时用水听器在水池中进行实时跟踪观察噪声数据。

3、水下噪声生物实验结果

（1）行为学参数

运动轨迹：观察了大黄鱼种，锚尾鰕虎鱼、半滑舌鳎、斜带石斑鱼、真鲷、卵形鲳鲹、花尾胡椒鲷、凡纳滨对虾等活动状况，在发射上述所提到的不同强度噪声，特别是风电场记录的较强的水下噪声时，没有出现回避噪声源的现象；

死亡率：在上述使用的噪声源下，连续 3 天持续发射噪声的时间累加超过 48 小时，实验组与对照组之间的死亡率数据基本相同，噪声辐射没有对鱼类产生直接致死现象。

（2）生化指标测量

噪声对 6 种鱼类血液中去甲肾上腺素的含量影响不明显，除斜带石斑鱼的实验组与对比组之间有显著性差异外，其它各组之间均无显著性差异。碱性磷酸酶活性、酸性磷酸酶活性测定。运营期中的水下噪声强度对棒锥螺、牡蛎、文蛤、缢蛏的碱性磷酸酶活性、酸性磷酸酶活性有显著影响，对其它物种的作用不显著。磷酸水解酶活力的激活或抑制仅能表明有机体能够感知环境的变化，并不能断定环境条件的变化对生物体是有利还有害。若要进行利或害的判断，必须进行长期（几个月甚至是几个世代）、多因素（成活率，生长速度，抗逆性，繁殖力等）的综合考虑。

分析海上风电场水下噪声对海洋生物的影响，除了必须对海上风电场风机产生的水下噪声进行实测外，还必须调查区域海洋鱼类的听觉性能，测量不同海洋

鱼类的听阈值，了解海洋鱼类的声学特性。根据前期进行过大黄鱼声学特性的初步实验。

4、实验结果表明

（1）幼苗对声音的敏感频率在 800Hz，声强约 140dB 时对声波即有明显反应，声强 150dB 时有少量幼苗死亡，当声强达到 172dB 时有较多幼苗直接死亡。

（2）小鱼的测试结果与幼苗明显不同。小鱼的声敏感频率转移至 600Hz，当声强达到 150dB 以上，小鱼仍未有致死现象，仅有主动避开声源的行为，当声源强度达到187dB，在声源正上方的小鱼开始变得十分迟钝，当声强达到192dB时，仅观察到声源正上方的 2 条小鱼的直接致死，由此说明小鱼最大可承受声压大于幼苗。

（3）成鱼的声敏感频率也在 600Hz 附近，当声源达到 192dB 时，鱼群受惊吓明显，反应迟钝，但未能直接致死。但在声源约为 140dB 时，成鱼对声波就有条件反射行为发生。

可见，不同规格和年龄的大黄鱼对水中声音的反应存在明显差异。三种不同尺寸的鱼对声音的敏感频率集中在 600-800Hz 频带上，与大黄鱼主动发声时的主要谱峰位置相吻合。但不同年龄的大黄鱼的声敏感频率有略微差别，生长年龄越小的鱼，其声敏感频率越高。但大黄鱼的发声信号特征与鱼体耳石大小、生长年龄、雄雌等之间更为定量的关系，还需深入的实验研究。

总体来说，海上风电场在运营期的总体的噪声比较低，即使是在靠近运转风机的测点上也只有少数数值的水下噪声在特定频段（120Hz~1.5kHz）上的水下噪声高于背景噪声 10~20dB/1μPa，总体噪声谱级都在 120dB/1μPa 以下。风电场运营期水下噪声谱级分布强度较小，基本上与海洋环境背景噪声谱级相当，风电场运营中频率在 5kHz 以上的噪声谱级均在 95dB 以下，因此，不会对该海域中的鱼类行为活动产生影响。

噪声对鱼类等海洋生物的实验研究表明，运营期水下噪声强度就本实验中所提及的海洋生物实验条件下没有显著影响，对海域中典型鱼类等影响不明显。

风机运行产生的噪声到达海面时衰减为 45dB，声波传入水体中将进一步衰减。因此，风机运行产生的噪声不会引起桩基周围的水生生物和鱼类晕厥、死亡等现象，且当风机噪声影响鱼类正常栖息和生存时，鱼类将游离该处，寻找适合

生存的栖息地。

5.3.9 电磁辐射环境影响

类比汕头中澎二海上风电场项目中 6 回 66kV 海缆电磁影响结果，风机基群所产生的电磁环境影响效应不明显。在假设的理想条件即电缆金属护套完全接地情况下，电场将严格限制在每个电缆金属护套内部。对于 66kV 的海底电缆，由于磁场在海域介质中的衰减特性，在离机群中心距离 1m 外，磁感应强度已降至 1μT 以下。据本项目实验室模拟实验，对该海域中典型的海洋鱼类和底栖生物等）等海洋生物影响在可以接受范围。

（1）电磁环境对海洋生物的影响

研究表明磁场能够影响某些鱼类在生理、繁殖、生存等方面的能力，有些鱼类的体内具有磁性物质，用于识别地理磁场，从而协助它们进行空间定位。这些鱼类对磁场特别敏感，因此放置在海底地面的电缆将破坏洄游鱼类的地磁模式，影响其定位。在所有重要的硬骨鱼体内都有少量的磁性物质；在软骨鱼类（鲨鱼、鳐科鱼类）中发现了一种与硬骨鱼类不同的磁场感应机制，软骨鱼类通过探测海流运动以及鱼类本身穿过地球磁场活动所产生的磁场获取空间信息，在它们头部、嘴周围以及身体沿线通常都有敏感的电磁感受器。

鱼类的生理方面也与磁场有关。例如，在溪红点鲑（*Salvelinus fontinalis*）的磁场暴露研究中发现，鱼体内激素水平发生了改变（Lerchl. A, et al, 1998）；另一项研究显示，磁场暴露能够延缓鲑鱼（*Salmo trutta*）和虹鳟（*O. mykiss*）的胚胎发育，并能改变虹鳟晶胚以及梭鱼（*Esox lucius*）和鲤（*Cypriniuscarpio*）等的循环运动（Formicki, K. and Winnicki, A, 1998）。Krzemieniewski 等（2004）在一项实验室实验中发现，当欧洲鲇鱼（*Silurusglanis*）暴露于一个磁场强度持续为 0.4~0.6T 磁场中时，其生物量下降，死亡率升高，与之相反，幼体鲽鱼（*Plathichthysflesus*）在受到强度 3.7mT 静电磁场影响几个星期时并未受到影响（Bochert, R et al.,2004）。

在 Westerberg 和 Lagenfelt 的一项未发表的研究中，对 60 尾正在洄游的银鳗进行超声波标记，并将之放流于奥兰岛和瑞典大陆之间的 132kV 交流电缆(AC)的北部。其洄游速度通过系泊监测接收浮筒在 4 个断面每 4km 的间隔进行检测。

电缆从间隔中间横穿。通过校正水流引起的水平对流，可以发现鳗鱼的游速在有电缆的间隔中明显降低。虽然能够证实磁场对洄游具有影响，但这种影响是很小的，从这些间隔通过引起了平均约 30min 的延迟，根据调查结论，电缆不会影响其周围鱼类的洄游路线、总体分布和洄游形式。

（2）电磁环境影响评价结论

①风机基群所产生的电磁环境影响效应不明显。在假设的理想条件即电缆金属护套完全接地情况下，电场将严格限制在每个电缆金属护套内部。对于 66kV 的集群海底电缆，由于磁场在海域介质中的衰减特性，在离机群中心距离 1m 外，磁感应强度已降为 1μT 以下，对海洋生物的影响在可接受范围内。

②根据实验室模拟实验，风电场电磁环境对该海域中典型的海洋鱼类和底栖生物等受风电磁场影响在可接受范围内。

由于实验的时间、规模、经费等均有限，海洋生物对磁场的这种生理反应的持久性尚需要进一步评估。建议相关单位进一步开展此方向的研究，并在项目运营期进行海底电缆等电磁环境的跟踪监测。

5.3.10对典型生态系统的影响

论证范围内典型生态系统包括红树林和珊瑚礁。

本项目登陆点北侧 1.2km 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。

珊瑚礁主要分布在乌山沿岸、江牡岛、芒屿岛东面海域和鸡心石周边海域，珊瑚礁与本项目有一定距离，位于西侧约 4.3km。

根据项目数值模拟结果，工程实施后风电桩基迎水面和背水面海域流速出现一定程度减缓，风电桩基侧面流速稍有增加，流向变化不明显，工程实施对水文动力影响主要出现在风电桩基附近，其他海域影响程度较有限。冲淤变化主要出现在工程周边水域，且冲淤幅度较小。项目施工产生的悬沙北向和西向最大扩散距离为 1.0km，因此不会扩散到红树林和珊瑚礁所在海域。

综上，本项目的建设不会对典型生态系统造成影响。

5.3.11生态跟踪监测指标合理影响范围

根据相关文件要求，海上风电等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 5.3.11-1。

表 5.3.11-1 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	鸟类、叶绿素a、浮游植物、浮游动物（含鱼卵仔鱼）、底栖生物	水深、水温、盐度、pH、悬浮物、COD、BOD_5、DO、无机氮、活性磷酸盐、石油类、总汞、铜、铅、锌、铬、镉、砷、硒、镍、挥发性酚、硅酸盐	粒度、有机碳、pH、石油类、硫化物、铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷、锌、铬、镉、砷	总汞、铜、铅、锌、铬、镉、砷、石油烃	以工程外扩边界2km的海域，测量比例按照1:5000；2km-15km的海域，测量图比例尺按照1:10000	工频电场、工频磁场	噪声频带有效声压级、噪声声压谱级

（1）浮游生物及初级生产力

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

（2）底栖生物

风电机组桩基将对其用海范围内的海域产生永久性的占用，在该范围内的底栖生物将全部被掩埋、覆盖而灭亡，同时还将长期占用该海域底栖生物的生存空间，导致一定区域范围内底栖生物资源的永久损失，这种对底栖生境的破坏是不可逆的。海底电缆敷设会对施工范围内的底栖生物栖息环境造成直接破坏，进而引起底栖生物损失，除少量活动能力强的生物能够存活外，绝大部分种类诸如贝

类、多毛类、线虫类等都将难以存活。因此，项目建设期间及建设后底栖生物量可能低于本底值。

（3）地形地貌与冲淤

工程建设后，使得局部水流条件稍有改变，从而引起海床冲淤变化。变化主要出现在工程周边水域，预测结果表明，冲淤变化主要出现在工程周边水域，工程实施后风机前后（涨、落急潮流方向）为主要的淤积区域，风机两侧（垂直于涨、落急潮流方向）为主要的冲刷区域，风机附近冲淤分布形态与往复流流态有关，同时风电场区域两侧发生冲刷，年最大淤积幅度约为 0.14m/a，最大冲刷幅度 0.10m/a。

（4）电磁环境

项目施工期间对电磁环境基本无影响，工频电场、工频磁场与本底值相近。

项目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》（GB 8702-2014）中 4kV/m 和 0.1mT 的限值要求。

（5）水下噪声

结合本风电场区内海底地貌形态简单，水下地形较平坦，本项目导管架基础打桩源强约为 250dB。

运营期总体由于风机噪声而引起的强度变化不大，基本上与海域其它点测量到的背景噪声相近。

（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。

项目运营期间对风机及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，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。

本工程运营期对沉积物环境的不利影响主要是涂层可能会因海水的侵蚀、物理磨损（如海浪冲击、漂浮物碰撞）等原因脱落。脱落的涂层碎片会在海洋中形成固体废弃物。项目运营期应建立定期检查制度，对风电场设施的涂层状况进行检查，对发现的涂层损坏（如划痕、剥落等）及时进行修复。在做好相应措施的情况下，工程运行对区域海洋沉积物环境不会有明显不利影响。沉积物质量应与本底值相近。

（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；运营期间对风机及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，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春秋季现状调查数据确定。

表 5.3.11-2 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/m³)	表层	＜3.10	0.22~3.10
		底层	＜1.44	0.08~1.44
		初级生产力含量 mgC/(m²·d)	＜732.995	47.11~732.995
	浮游植物细胞密度	×10⁴ind/m³	＜6316.6404	7.2827~6316.6404
	浮游植物种数		＜75	35～75
	浮游动物个体密度	ind/m³	＜5904.241	11.860~5904.241
	浮游动物生物量	mg/m³	＜270.31	4.35~270.31
	浮游动物种数		＜38	12~38
	底栖生物生物量	g/m²	＜29.575	＜29.575
	底栖生物栖息密度	ind/m²	＜175	＜175
地形地貌与冲淤		水深	0m～46m	0m～46m
电磁环境	工频电场	V/m	＜4000	＜4000

监测内容	监测指标		单个站位合理变化范围	
			建设期	运营期
	工频磁场	μT	＜100	＜100
水下噪声	噪声频带有效声压级	dB	＞138	86-138
	噪声声压谱级	dB（20Hz-20kHz频率范围内）	＞131	50-131
海水水质	水温	℃	21.9~25.8	21.9~25.8
	盐度		31.785~34.920	31.785~34.920
	pH		8.12~8.20	8.12~8.20
	悬浮物	mg/L	＞25.3	8~25.3
	COD	mg/L	0~1.3	0~1.3
	BOD_5	mg/L	0.13~0.59	0.13~0.59
	DO	mg/L	＜8.08	6.17~8.08
	无机氮	mg/L	0.0465~0.189	0.0465~0.189
	活性磷酸盐	mg/L	0.0016~0.0121	0.0016~0.0121
	石油类	mg/L	0.0037~0.0194	0.0037~0.0194
	总汞	μg/L	0~0.023	0~0.023
	铜	μg/L	0.5~3.7	0.5~3.7
	铅	μg/L	0.05~0.91	0.05~0.91
	锌	mg/L	0.0034~0.019	0.0034~0.019
	铬	μg/L	0~2.3	0~2.3
	镉	μg/L	0.11~0.94	0.11~0.94
	砷	μg/L	0.7~2.4	0.7~2.4
	硒	mg/L	0~1.0	0~1.0
	镍	mg/L	0~1.9	0~1.9
	挥发性酚	μg/L	0~2.2	0~2.2
沉积物质量	粒度（粒径，μm）		14.14~135.9	14.14~135.9
	有机碳	%	0.09~0.71	0.09~0.71
	pH		7.92~8.42	7.92~8.42
	石油类	$\times10^{-6}$	3.9~16.2	3.9~16.2
	硫化物	$\times10^{-6}$	1~35.7	1~35.7
	铜	$\times10^{-6}$	4.2~13.5	4.2~13.5
	铅	$\times10^{-6}$	10.8~31.8	10.8~31.8
	锌	$\times10^{-6}$	42~79.9	42~79.9
	镉	$\times10^{-6}$	＜0.09	＜0.09
	铬	$\times10^{-6}$	41.9~66.2	41.9~66.2
	汞	$\times10^{-6}$	0.011~0.163	0.011~0.163
	砷	$\times10^{-6}$	2.55~9.37	2.55~9.37
海洋生物质量	铜	mg/kg	0~18.2	0~18.2
	铅	mg/kg	0~1.3	0~1.3
	锌	mg/kg	3.2~31.6	3.2~31.6
	镉	mg/kg	0~1.36	0~1.36
	铬	mg/kg	0.13~3.76	0.13~3.76
	总汞	mg/kg	0.005~0.12	0.005~0.12
	砷	mg/kg	0~5.5	0~5.5
	石油烃	mg/kg	3.2~26.9	3.2~26.9

6 海域开发利用协调分析

6.1 海域开发利用现状

6.1.1 社会经济概况

6.1.1.1 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）。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）。

根据《2024 年汕尾市国民经济和社会发展统计公报》（汕尾日报网，2025 年 4 月 30 日），由广东省地区生产总值统一核算结果，全年汕尾实现地区生产总值（初步核算数）1500.89 亿元，按不变价格计算，同比增长 4.0%。其中，第一产业增加值 205.75 亿元，增长 4.4%，对经济增长的贡献率为 14.8%；第二产业增加值 433.60 亿元，增长 3.7%，对经济增长的贡献率为 26.3%；第三产业增加值 861.54 亿元，增长 4.0%，对经济增长的贡献率为 58.9%。三次产业结构为 13.7：28.9：57.4。人均地区生产总值 55667 元（按年平均汇率折算为 7817 美元），增长 3.6%。

全年居民消费价格指数与上年持平。分类别看，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%。在食品烟酒类中，菜类和水产品类上涨幅度较大，分别上涨 3.9%和 2.7%。

全年农林牧渔业实现总产值 346.27 亿元，比上年增长 5.3%。其中，农业产值 136.91 亿元，增长 5.5%；林业产值 8.67 亿元，增长 17.7%；牧业产值 34.59

亿元，下降 3.9%；渔业产值 145.13 亿元，增长 5.5%；农林牧渔服务业产值 20.97 亿元，增长 16.3%。

全年全部工业增加值比上年增长 0.6%。规模以上工业增加值增长 1.1%。分经济类型看，国有企业增加值下降 61.7%，集体企业增加值增长 24.8%，股份制企业增加值下降 2.6%，外商及港澳台投资企业增加值增长 10.1%，其他经济类型企业增加值下降 80.4%。分轻重工业看，轻工业增加值下降 39.3%，重工业增加值增长 16.2%。分企业规模看，大型企业增加值下降 9.5%，中型企业增加值下降 11.3%，小型企业增加值增长 25.2%，微型企业增加值增长 64.6%。

全年批发和零售业增加值 212.98 亿元，比上年增长 4.3%；交通运输、仓储和邮政业增加值 58.36 亿元，增长 52.7%；住宿和餐饮业增加值 33.43 亿元，下降 0.8%；金融业增加值 43.45 亿元，增长 0.4%；房地产业增加值 101.30 亿元，下降 3.7%。现代服务业增加值 404.13 亿元，增长 5.0%。

全年社会消费品零售总额 505.77 亿元，比上年增长 2.5%。按经营地分，城镇消费品零售额 365.97 亿元，增长 2.0%；农村消费品零售额 139.79 亿元，增长 4.1%。按消费类型分，商品零售 435.36 亿元，增长 2.5%；餐饮收入 70.40 亿元，增长 2.9%。

全年固定资产投资比上年下降 10.6%。分投资主体看，国有经济投资下降 51.5%，民间投资下降 8.1%；港澳台及外商投资增长 5.2%。分产业看，第一产业投资下降 18.0%，第二产业投资增长 2.8%，第三产业投资下降 16.4%。

全年货物进出口总额 186.6 亿元，比上年下降 9.5%。其中，出口 107.7 亿元，下降 18.3%；进口 78.9 亿元，增长 6.0%。进出口顺差（出口减进口）28.8 亿元，比上年减少 28.6 亿元。

全年全市地方一般公共预算收入 74.27 亿元，比上年增长 11.7%，其中，税收收入 29.53 亿元，下降 6.9%。全年一般公共预算支出 283.18 亿元，增长 6.3%；其中，教育支出 61.75 亿元，增长 3.1%；卫生健康支出 35.14 亿元，增长 1.7%；社会保障和就业支出 54.71 亿元，增长 15.3%。

6.1.1.2 海丰县社会经济概况

海丰县，隶属广东省汕尾市。地处广东省东南部、汕尾市北部。东邻陆丰市，东北与陆河县接壤，西南与汕尾市城区相连，西、北与惠东县交界，南临南海。

根据《2024 年海丰国民经济和社会发展统计公报》（海丰县统计局，2025 年 6 月 6 日），经汕尾市统计局统一核算，2024 年海丰实现地区生产总值（初步核算数）462.7 亿元，比上年增长 2.8%。其中，第一产业增加值 47.7 亿元，增长 5.8%；第二产业增加值 139.6 亿元，下降 2.4%；第三产业增加值 275.3 亿元，增长 5.1%。三次产业结构为 10.3:30.2:59.5。人均地区生产总值 62085 元，增长 2.5%。年末全县常住人口 74.66 万人比上年末增加 0.28 万人，其中城镇常住人口 53.02 万人，占常住人口比重（常住人口城镇化率）71.02%。年末全县户籍人口 77.07 万人，其中城镇人口 35.32 万人，占户籍人口的比重 45.82%。

海丰县 2024 年全年农林牧渔业实现总产值 84.5 亿元，比上年增长 6.4%。其中农业产值 43.4 亿元，增长 6.7%；林业产值 2.9 亿元，增长 22%；牧业产值 9.5 亿元，下降 3.5%；渔业产值 18.6 亿元，增长 3.3%；农林牧渔服务业产值 10.1 亿元，增长 18.2%。

海丰县 2024 年全年规模以上工业增加值比上年下降 27.3%，其中，国有企业增加值增长 81.0%；集体企业增加值增长 47.5%；股份制企业增加值下降 20.6%；外商及港澳台投资企业增加值下降 48.9%。全年全社会固定资产投资比上年下降 8.3%。在固定资产投资中，工业投资下降 3.0%，占固定资产投资的比重为 38.0%。基础设施投资下降 23.8%，占固定资产投资的比重为 27.9%。

海丰县 2024 年全年全体居民人均可支配收入 38526 元，比上年增长 6.3%。按常住地分，城镇居民人均可支配收入 43315 元，增长 5.2%；农村居民人均可支配收入 27177 元，增长 7.3%。

6.1.1.3 海洋产业发展现状

根据《向海取“电”！汕尾激活高质量发展“蓝色引擎”》（广东省人民政府地方志办公室、汕尾市人民政府地方志办公室、汕尾市发展和改革局，2024 年 12 月 17 日），近年来，汕尾市充分利用丰富的海洋资源禀赋、独特的区域地理

位置和革命老区政策支持优势，抢抓机遇，积极谋划海上风电产业发展，培育完善海工装备制造产业链。

（1）积极谋划推动海上风电发展

汕尾梳理绘制海上风电产业链招商图谱，明确各环节重点招引的头部企业，通过链主企业带动，精准招商。为加快推进海上风电项目建设进展，积极协助项目开发企业协调解决推进中的各项问题，推行“店小二”式服务，落实“1+5+X”协调推进机制和领导领办机制，大大提高了问题协调解决效率。

2021 年 5 月，以“发展风电装备制造产业，实现碳达峰碳中和目标”为主题的中国（汕尾）海上风电产业大会在汕尾市召开。会上，成立汕尾海上风电产业链联盟、海上风电工程建设联盟，并举行项目合作集中签约，现场签约 22 个项目，总投资额 255 亿元。

2021 年 11 月，中国广核集团汕尾后湖 50 万千瓦海上风电项目 91 台风机并网发电，成为当时国内在运单体容量最大的海上风电项目之一。

2022 年 9 月，中广核汕尾甲子一 50 万千瓦海上风电项目顺利实现全场 78 台风机并网发电，标志着国内首个平价海上风电项目实现全容量并网发电，也标志着粤东地区首个百万千瓦级海上风电基地（包括中广核汕尾后湖 50 万千瓦、甲子一 50 万千瓦）正式建成投产。

2022 年 12 月，汕尾市中广核甲子 900 兆瓦海上风电场全容量投运，标志着全国最大平价海上风电场在汕尾市建成投运，也标志着粤东地区首个百万千瓦级海上风电基地在汕尾市率先实现。

（2）培育完善海工装备制造产业链

汕尾市围绕海上风电产业链进行“建链、补链、延链、强链”，大力开展招商引资，培育完善海工装备制造产业链，加快推进海洋工程装备基地建设。

近年来，汕尾（陆丰）临港产业园产业聚集功能不断增强，以海工装备、核电、海上风电为主的沿海先进制造业、新能源产业集群快速发展。园区内不仅集聚了多个主机、海缆、钢结构方面的海上风电关键制造头部企业，同时，正在加快先进能源科学与技术广东省实验室汕尾分中心建设，打造集技术研发、设备制造、检测认证、运行维护于一体的风电装备全产业链生产基地。

如今，汕尾（陆丰）临港产业园基本涵盖了产业链上、中、下游，是广东省内唯一一个海上风电主产业链全链条产业园。

（3）探索融合发展新模式

作为渔业大市，汕尾利用“得天独厚”的自然资源禀赋积极探索“海上风电+海洋牧场”融合发展新模式，推动“风渔融合”立体开发。

汕尾市中广核“伏羲一号”风渔融合示范项目是汕尾与中国广核集团推动海上风电与海洋牧场融合发展的示范性项目。2024 年 9 月 4 日，全球单体最大抗台型风渔融合网箱平台——中广核“伏羲一号”在汕尾正式投运。“伏羲一号”投产后预计年产值可达 5400 万元，不仅为汕尾海洋经济高质量发展注入强大动力，更对我国“海上风电+海洋牧场”产业融合发展具有重要示范意义。

汕尾还充分发挥海工基地码头优势，联合重大能源企业积极开展海洋氢能研究，大力推动“海上风电+海水制氢”融合发展，加快推进融科氢能、风光储氢醇、电解水制氢及储氢、输氢、用氢示范应用等一批氢能产业项目，打造海上风电海水制氢技术示范。

当前，汕尾正全力打造千万千瓦海上风电基地，全力打造产业链关联度大、辐射带动力强的海工装备制造产业集群。

6.1.1.4 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”。

6.1.2 海域使用现状

经过管理部门调访、海域使用动态监管系统查询，本项目所在及周边海域开

发利用活动主要为航道、航路、锚地、海上风电项目、养殖项目、现状红树林、珊瑚礁、自然保护区等。项目所在海域开发利用现状详见表 6.1.2-1 和图 6.1.2-1。

表 6.1.2-1 项目周边海域使用现状统计表

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	深汕合作区小漠港进出港航路	部分涉及
9	小漠航道	西侧，2.7km
10	青星航道	西侧，7.2km
11	汕尾港进出港航路	东北侧，11.2km
12	外航路	南侧，2.5km
锚地		
1	大型船舶临时避风锚地	东侧，0.6km
2	装运危险货物船舶锚地	东侧，5.1km
3	检疫锚地	东侧，6.8km
4	过驳锚地	东侧，9.9km
5	引航锚地	东侧，9.5km
6	1 号引航检疫锚地	西侧，1.7km
7	2 号引航检疫锚地	西侧，0.8km
8	规划 1#锚地	西侧，6.9km
9	规划 2#锚地	西侧，5.7km
海上风电项目		
1	中广核惠州港口一海上风电场项目	西侧，7.9km
2	中广核惠州港口二 PA、PB 海上风电场项目	西侧，7.9km
3	汕尾红海湾三海上风电项目（拟申请）	南侧，0.3km
4	汕尾红海湾四海上风电示范项目（拟申请）	南侧，0.2km
5	华润汕尾红海湾五海上风电项目（拟申请）	紧邻
6	汕尾红海湾三、四集中送出项目（拟申请）	送出海缆交越
养殖项目		
1	鲘门镇红泉村沙埔海贝类养殖基地	东北侧，3.2km
2	现状养殖	东北侧，3.9km
3	深圳市泛舟渔业发展有限公司开放式养殖用海项目	东侧，8.2km

序号	名称	与本项目相对位置和最近距离
4	农科现代化海洋牧场深汕示范区（中转区）工程	东侧，8.2km
5	汕尾城区江牡岛东 E 区现代化海洋牧场开放式养殖用海	东侧，9.1km
6	汕尾城区江牡岛北 C 区现代化海洋牧场开放式养殖用海	东侧，9.6km
7	汕尾城区江牡岛北 B 区现代化海洋牧场开放式养殖用海	东侧，9.7km
8	汕尾市江牡岛海域海域牧场开放式养殖用海项目	东侧，11.9km
自然保护区		
1	汕尾市碣石湾海马资源市级自然保护区	东侧，3.4km
2	深圳深汕九龙湾海洋生态市级自然保护区	北侧，1.6km
水质国控点		
1	国控站位 GDN14003	东侧，0.4km
2	国控站位 GDN14001	东侧，9.0km
3	国控站位 GDN14005	北侧，0.6km
其他		
1	华润海丰电厂“上大压小”新建工程	紧邻
2	深汕特别合作区小漠国际物流港一期工程	西南侧，1.5km
3	深汕特别合作区小漠国际物流港防波堤一期工程	西南侧，1.6km
4	汕尾港海丰港区华城石化配套三千吨级泊位码头	西南侧，4.2km
5	小漠渔港升级改造工程	西北侧，2.1km
6	小漠国际物流港汽车滚装码头项目	西侧，3.2km
7	广东太平岭核电站二期工程	西侧，9.8km
8	惠州市太平岭码头投资建设有限公司重件码头工程	西侧，9.9km
9	中广核广东太平岭核电厂一期工程	西侧，10.1km
10	广东太平岭核电厂建设工程疏浚物临时性海洋倾倒区	西侧，11.1km
11	汕尾市农业科学院渔业科研项目	东侧，7.9km
12	国家海洋局海丰海洋观测点	东北侧，10.7km
13	现状红树林	北侧，1.2km
14	珊瑚礁	西侧，4.3km

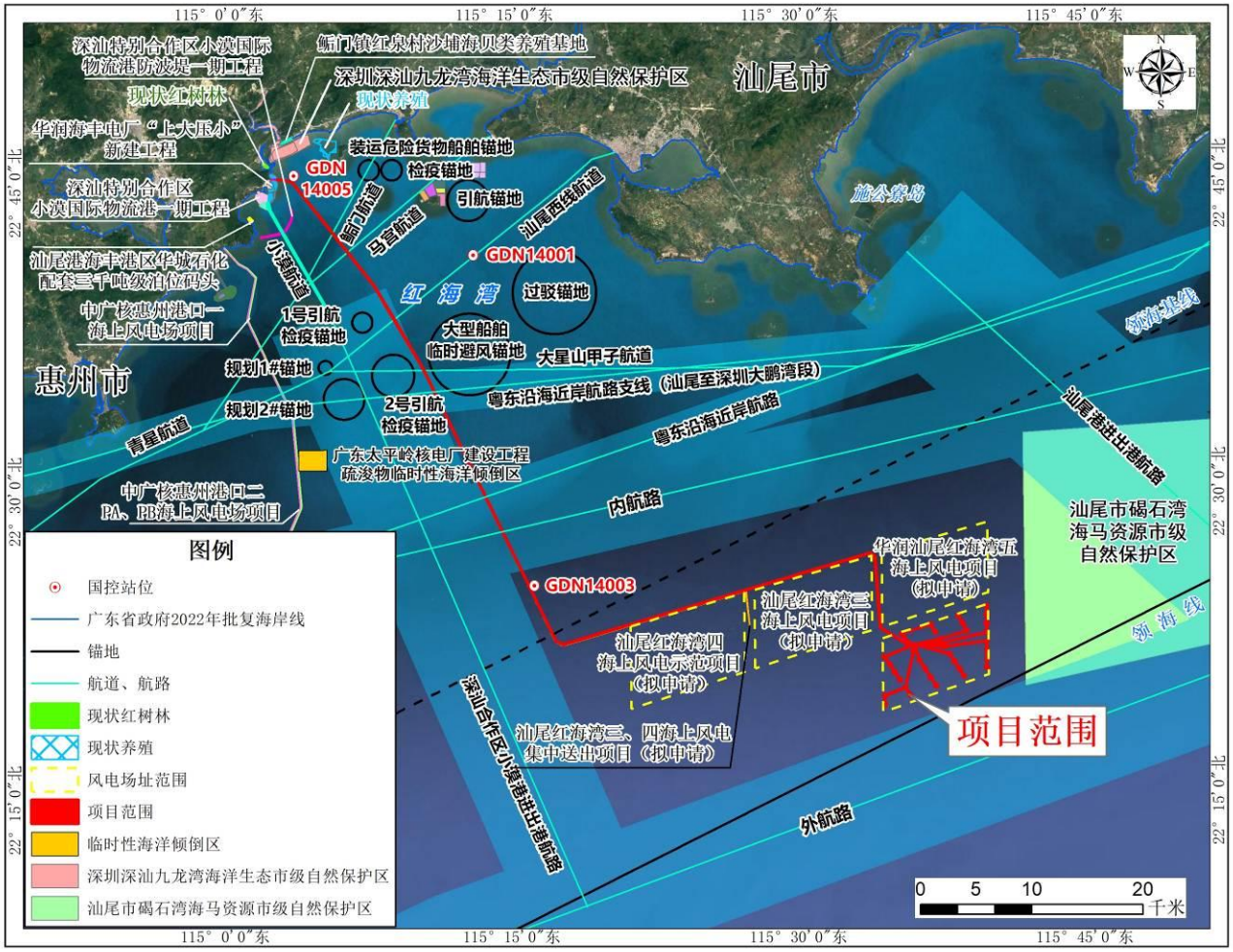


图 6.1.2-1a 项目周边海域开发利用现状图

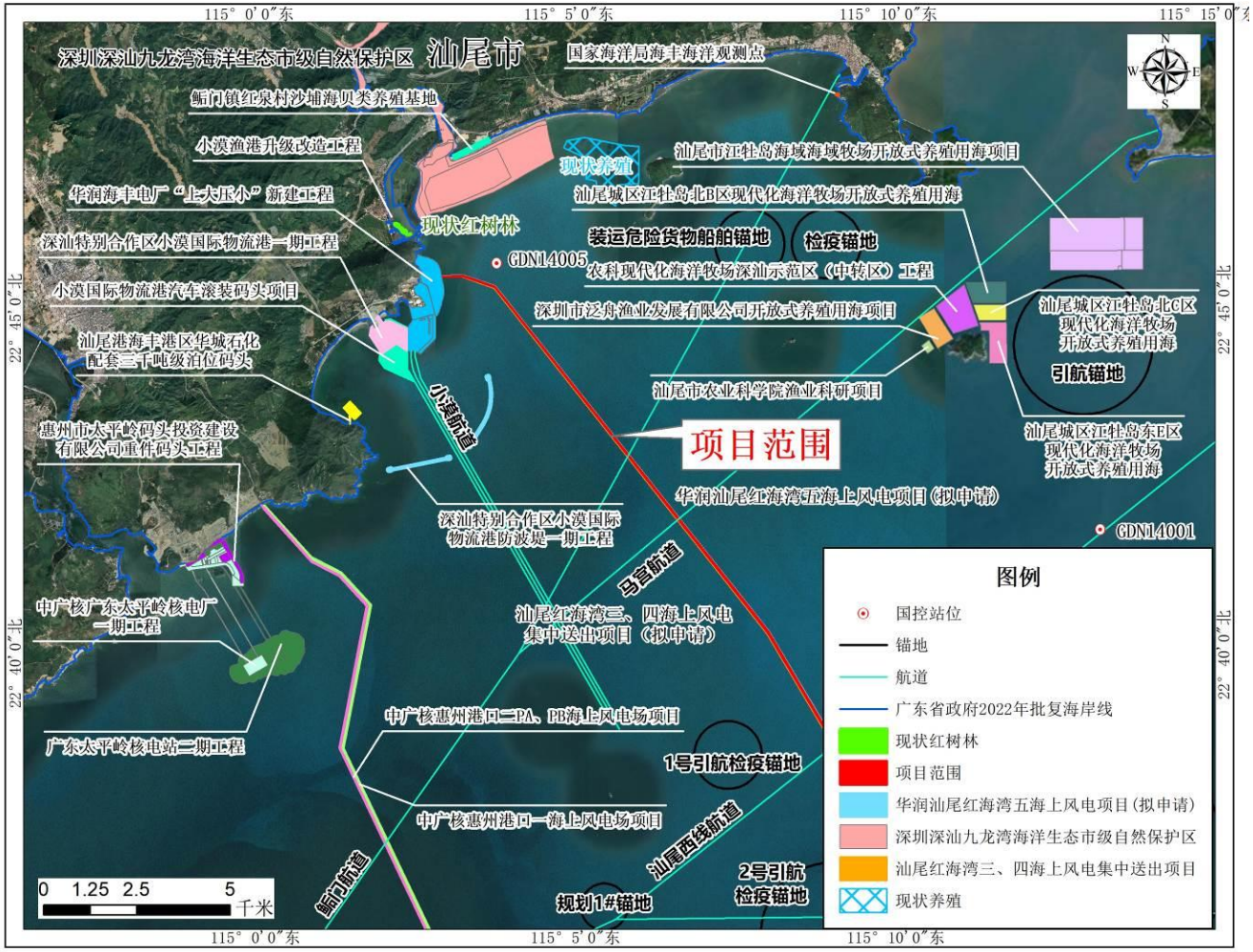


图 6.1.2-1b 项目周边海域开发利用现状图（局部放大）

图 6.1.2-1c 项目周边海域开发利用现状图（珊瑚礁）（略）

6.1.3 海域使用权属

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 20 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”新建工程温排水排放用海范围（图 6.1.3-1），考虑温排水立体变更国家目前政策不明晰，温排水范围可能重新预测等原因，华润海丰电厂不同意立体变更，即利益相关者不可协调，因此本项目送出海缆采取避让华润海丰电厂权属范围后立体确权，避让后与其权属不重叠。华润海丰电厂“上大压小”新建工程权属信息见表 6.1.3-1，项目周边权属现状图见 6.1.3-2，华润海丰电厂“上大压小”新建工程宗海界址图详见图 6.1.3-3。

图 6.1.3-1 本项目与华润海丰电厂“上大压小”新建工程用海权属叠置示意图（略）

表 6.1.3-1 项目紧邻权属信息一览表（略）

图 6.1.3-2a 项目周边权属现状图（略）

图 6.1.3-2b 项目周边权属现状图（登陆段局部放大）（略）

图 6.1.3-3a 华润海丰电厂“上大压小”新建工程宗海界址图（填海）（略）

图 6.1.3-3b 华润海丰电厂“上大压小”新建工程宗海界址图（防波堤、码头、取排水工程）（略）

6.2 项目用海对海域开发活动的影响

根据 6.1.2 节开发利用现状的分析，本项目所在及周边海域开发利用活动主要为航道、航路、锚地、海上风电项目、养殖项目、现状红树林、珊瑚礁、自然保护区等，根据本报告第 5 章分析，本项目建设对附近海域水动力、地形地貌与冲淤环境的影响主要在风电场范围内，由于风机直径不大，影响较小；项目施工产生的底层＞10mg/L 悬沙增量包络面积为 108.135km^2，最大扩散距离为东向、南向 1.1km，与周边开发利用活动叠置图见图 6.2-1。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 6.2-1a ＞10mg/L 悬沙增量包络线（底层）与周边开发利用活动叠置图

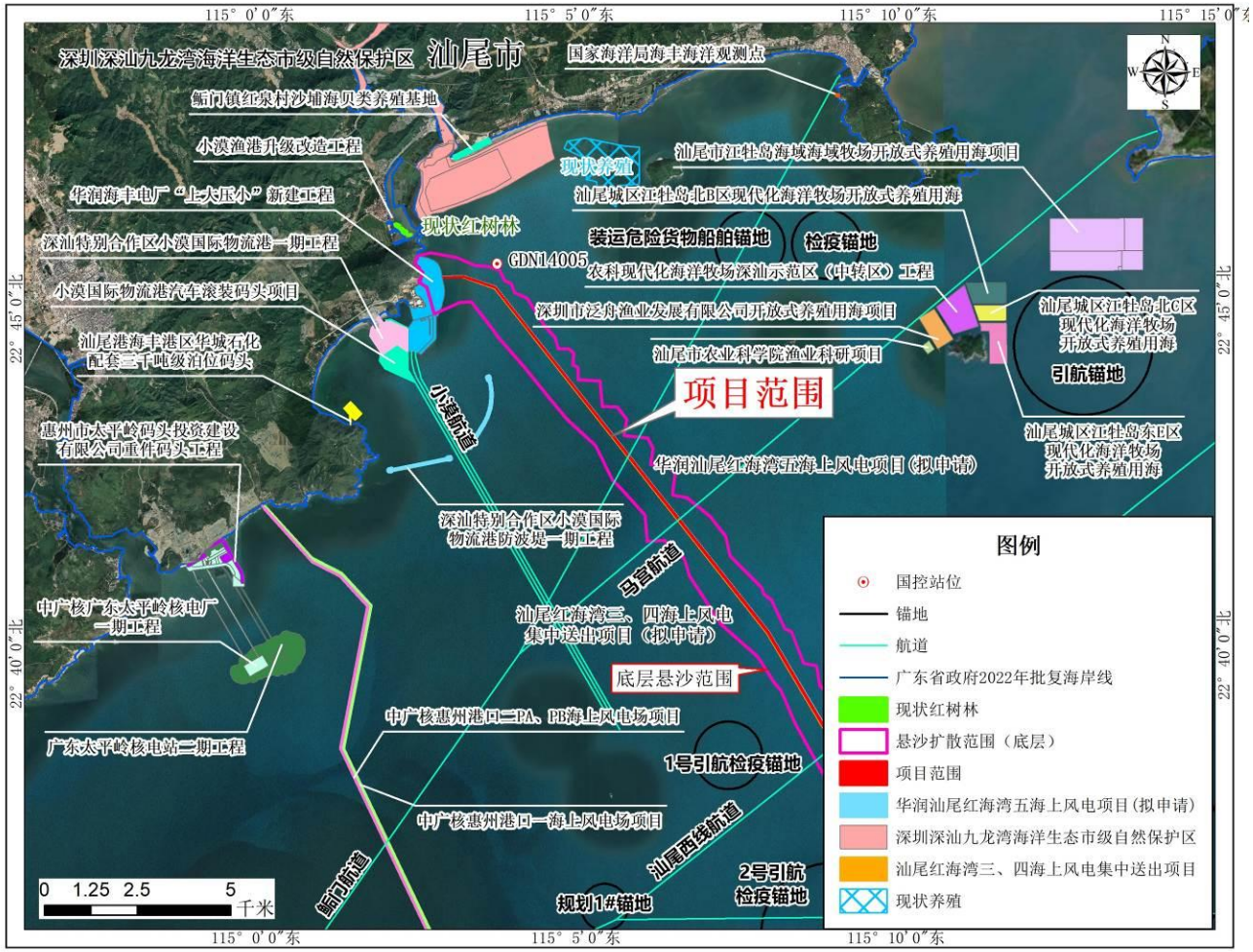


图 6.2-1b ＞10mg/L 悬沙增量包络线（底层）与周边开发利用活动叠置图（局部放大）

图 6.2-1c ＞10mg/L 悬沙增量包络线（底层）与周边珊瑚礁叠置图（略）

6.2.1 对航道、航路及通航环境的影响分析

本项目送出海底电缆穿越鲘门航道、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；本项目送出海缆基本与深汕合作区小漠港进出港航路平行，在近岸段部分涉及；小漠航道、青星航道分别位于本项目送出海缆西侧约 2.7km、7.2km；汕尾港进出港航路位于本项目场址东北侧约 11.2km；外航路位于本项目场址南侧约 2.5km。

项目施工期将投入一定数量的施工船舶，会增大周边海域通航密度，且项目建设风电场场址占用海域面积大，以下对项目建设对航路的通航影响进行分析：

（1）施工期间影响分析

项目施工过程中，施工船舶较多，对周边航道、航路可能产生以下影响：

1）工程施工期间，施工作业船舶和施工作业机具将占用一定的通航水域，对于通过该水域船舶的正常航行有一定的影响；

2）施工船舶频繁进出该水域客观上增加了船舶交通流量和密度，船舶在该水域中会遇局面增多并变得复杂；

3）施工作业期间，若发生施工船舶火灾、爆炸、沉船、主机、舵机故障、船舶失控漂航等事故，对施工水域附近航路的船舶航行安全会有很大的影响；

4）本项目送出海缆施工期间，由于需要横穿航道、航路，施工期间需要采用专业警戒船舶在穿越区域东西侧进行警戒，防止过往船舶进入海缆敷设作业区，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；

5）另外，来往船只如果抛锚不准和航线运行不准，也可能对海缆或者风机基础造成破坏。

项目所在海域原本是航行条件优良的可通航海域，附近海域有一定的商船交通流量，渔船也多，因此，总体上看，项目施工期间对周边航道、航路过往船舶的正常航行的影响是客观存在的，但考虑到项目所在海域有足够的空间供过往船舶操纵避让，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，可以最大限度地减少施工期对周边航路通航环境和船舶通航的影响。

（2）运营期间影响分析

根据《深能汕尾红海湾六海上风电项目通航安全影响研究报告（报备稿）》（广东联合港航服务有限公司，2024 年 12 月）（以下简称《通航报告》），为降低风电场建设对通航的影响，建议风电场在排布风机时，风机排布的南侧边界线按现在规划场址南侧边界向北缩进 0.3 海里，本项目场址南侧已根据该建议进行退让。

本项目风电场选址处在深水区，避开了沿岸小型船舶交通流的密集区，有足够空间供过往船舶航行，对周边航路影响较小。

本项目海缆敷设通过专业敷缆船进行敷设，采用埋设犁配合高压水枪冲埋等方式，将海缆敷设在海床底下 3m（海缆在非航道段埋深 3m、航道段埋深不少于 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，但只要对海缆的埋深严格要求，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。

6.2.2 对锚地的影响分析

本项目周边现有的锚地有 7 个，分别为装运危险货物船舶锚地、检疫锚地、过驳锚地、引航锚地、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，0.6km）、1 号引航检疫锚地（西侧，1.7km）和 2 号引航检疫锚地（西侧，0.8km），其余距离本项目 5km 外。另外还分布有 2 个规划锚地，规划锚地位于本项目西侧 6.9km、5.7km。

本项目海缆与最近的锚地距离为 0.6km，满足《海底电缆管道保护规定》的“（二）海湾等狭窄海域为海底电缆管道两侧各 100 米”要求，有足够的水域划定海缆保护区。但存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的风险，为保障海缆安全，海缆埋设施工时，建议加大埋深。为保障海缆安

全，海底电缆敷设完成后，按规定发布航行通告，将海缆位置等信息标示在海图中。

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

6.2.3 对海上风电项目的影响分析

本项目送出海缆与汕尾红海湾三、四集中送出项目（拟申请）送出海缆在登陆段产生交越，后续该项目将进行调整，调整后不交越；与华润汕尾红海湾五海上风电项目（拟申请）送出海缆紧邻；另外还有位于本项目送出海缆南侧 0.3km 的汕尾红海湾三海上风电项目（拟申请）、南侧 0.2km 的汕尾红海湾四海上风电示范项目（拟申请）。

本项目对上述风电场的影响主要是施工期间的影响。由于各风电场项目场址处于同一片海域，施工周期长，难免存在同时施工、相互影响的可能。若多个风电场同时施工，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项目，后期施工船只航行的区域可能有其他风电场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。但由于海缆敷设在过航道段会加大埋深，并采取一定的保护措施降低船只航行、抛锚对海底电缆的损坏；风电场建成后会在适当位置设置相应的航标灯及警示标志，并将海底电缆具体位置、走向、埋深以及风电场位置海域范围等报请海事局等部门及时更新航海图书资料，申请发布航行通（警）告，其他船只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场项目的构筑物和海缆的可能性不大。

本项目与上述风电项目由同一设计单位进行设计，机位布置时已考虑与周边风电项目机位间的相互影响，将彼此之间的尾流影响降至最低，因此本项目运营

期间对周边风电项目基本无影响。

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、PB 海上风电场项目距离较远（西侧，7.9km），项目建设对上述海上风电项目基本无影响。

6.2.4 对养殖项目的影响分析

本项目周边分布有现状养殖、鮜门镇红泉村沙埔海贝类养殖基地、深圳市泛舟渔业发展有限公司开放式养殖用海项目等较多养殖项目，均距离项目送出海缆 3km 外。根据项目施工期间悬浮泥沙预测结果表明，项目施工产生的底层＞10mg/L 悬沙增量包络面积为 108.135km^2，最大扩散距离为东向、南向 1.1km，不会扩散到上述养殖项目所在海域（图 6.2-1），不会对该海域水质环境产生影响，不会影响上述养殖项目养殖生产活动。

6.2.5 对自然保护区的影响分析

本项目登陆点北侧 1.6km 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。本项目场址东侧 3.4km 处为汕尾市碣石湾海马资源市级自然保护区，其保护对象为三斑海马、日本海马和克氏海马等及其栖息环境。

项目施工引起的水体扰动和噪声可能影响水生生物栖息和繁育，造成少量的水生生物资源损失，但这种影响是暂时的，仅局限在施工期间、施工区域附近，随着施工结束，工程区及其附近海域的水生生物资源将逐渐得到恢复；运营期间海缆深埋于海底，根据本报告书第 5 章的分析，项目运行期间噪声和电磁辐射环境影响不大，对汕尾市碣石湾海马资源市级自然保护区的海马及其他野生动物的生境影响较小。

根据项目施工期间悬浮泥沙预测结果表明，项目施工产生的底层＞10mg/L 悬沙增量包络面积为 108.135km^2，最大扩散距离为东向、南向 1.1km，不会扩散到上述保护区所在海域（图 6.2-1），不会对其水质环境产生影响。

本项目海底电缆埋藏在海床以下 3m（海缆在非航道段埋深 3m、航道段埋深不少于 4m），为埋设形式，施工完成后，海床可在波浪潮流共同作用下逐渐恢复到原状，不会对潮流动力产生影响，亦不会对周边地形地貌产生影响，不会对深

圳深汕九龙湾海洋生态市级自然保护区、汕尾市碣石湾海马资源市级自然保护区所在海域底质环境产生影响。

6.2.6 对国控站位的影响分析

项目周边海域分布有 3 个国控站位，其中 GDN14003、GDN14005 距离本项目分别约 0.4km、0.6km，GDN14001 距离本项目约 9.0km。由图 6.2-1 可知，项目施工引起的悬浮泥沙扩散会扩散到 GDN14003、GDN14005 国控站位，但这种影响主要在海缆铺设过程出现，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。为减少项目施工对国控站位的影响，建议：（1）施工单位施工前向国控监测站位的管理部门报备项目施工时间和施工范围，以避开国控监测站位监测期间进行施工；（2）在施工区域和国控监测站位之间设置防污帘，减少施工悬浮泥沙扩散。

6.2.7 对现状红树林、珊瑚礁的影响分析

本项目登陆点北侧 1.2km 处分布有现状红树林，西侧 4.3km 处分布有珊瑚礁。本项目海底电缆与现状红树林间有一定距离，且有陆域相隔。海底电缆工程埋藏在海床以下 3m（海缆在非航道段埋深 3m、航道段埋深不少于 4m），为埋设形式，施工完成后，海床可在波浪潮流共同作用下逐渐恢复到原状，不会对潮流动力产生影响，亦不会对周边地形地貌产生影响，不会对现状红树林、珊瑚礁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，项目施工产生的底层＞10mg/L 悬沙增量包络面积为 108.135km^2，最大扩散距离为东向、南向 1.1km，不会扩散到现状红树林、珊瑚礁所在海域（图 6.2-1），不会对红树林、珊瑚礁的生长环境产生影响。

6.2.8 对华润海丰电厂“上大压小”新建工程的影响分析

本项目送出海缆穿越华润海丰电厂“上大压小”新建工程温排水排放用海范围，本项目申请用海范围对该工程权属范围进行避让，实际建设海缆将于该工程权属范围内登陆。项目送出海底电缆埋设在海床以下 3m（海缆在非航道段埋深 3m、航道段埋深不少于 4m），为埋设形式，施工完成后，海床可在波浪潮流共同作用下逐渐恢复到原状，不会对潮流动力产生影响，亦不会对周边地形地貌产

生影响，不会对该工程所在海域环境产生影响，但项目施工及运营期间将占用该工程一定权属范围，对该工程造成一定影响。

6.2.9 对其他项目的影响分析

项目登陆点西南侧分布有深汕特别合作区小漠国际物流港一期工程和深汕特别合作区小漠国际物流港防波堤一期工程，距离分别为 1.5km 和 1.6km；距离本项目送出海缆 2km 外还分布有小漠渔港升级改造工程、小漠国际物流港汽车滚装码头项目、汕尾港海丰港区华城石化配套三千吨级泊位码头、国家海洋局海丰海洋观测点、广东太平岭核电厂建设工程疏浚物临时性海洋倾倒区等项目。

本项目海缆所在海域工程前后海床基本不变，海缆敷设对其所在海域潮汐动力和冲淤变化基本不影响；工程实施对海域冲淤影响主要出现风机、海上升压站、海上无功补偿站附近，风机、海上升压站、海上无功补偿站建设后，使得局部水流条件稍有改变，从而引起海床冲淤变化，变化主要出现在风机、海上升压站、海上无功补偿站周边水域，不会影响到上述项目所在海域。

根据项目施工期间悬浮泥沙预测结果表明，项目施工产生的底层＞10mg/L 悬沙增量包络面积为 108.135km^2，最大扩散距离为东向、南向 1.1km，不会扩散到上述项目所在海域（图 6.2-1）。因此本项目建设不会对上述项目的正常运营产生影响。

6.2.10对渔业生产活动的影响分析

根据水质影响预测结果分析，本项目施工时悬浮泥沙沿着缆线走向向外扩散，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 108.135km^2，对周边渔业生产活动会造成一定影响。项目所在海域渔业生产活动较少，但仍可能存在捕捞渔船，风电场建设过程中，施工船只作业会增加附近海域的通航密度，风电场建设完成后，将禁止任何船舶进入风电场场区，出海渔船必须避开风电场场区，因此风电场的建设对渔船通航、作业都会造成一定的影响。但风电场外围水域对渔船而言，可航水域开阔，满足其通航安全要求。

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。

6.3 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 6.2 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

6.3-1 及图 6.3-1。

表 6.3-1 利益相关者一览表（略）

图 6.3-1 利益相关者分布图（略）

6.4 需协调部门界定

本项目送出海底电缆穿越航道、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，导致捕捞渔民的收入降低。

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 6.4-1。

表 6.4-1 需协调部门一览表

序号	用海活动	需协调部门	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	送出海缆穿越航道航路、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

6.5 相关利益协调分析

6.5.1 与[ ]的协调分析

6.5.2 与[ ]的协调分析

6.5.3 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，施工前应与汕尾海事局、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》。

根据《通航报告》，为降低风电场建设对通航的影响，建议风电场在排布风机时，风机排布的南侧边界线按现在规划场址南侧边界向北缩进 0.3 海里，本项目场址南侧已根据该建议进行退让。根据《通航报告》结论，建设单位在工程建设过程中，如能认真履行主体责任，落实相关的安全保障措施；过往船舶遵循相关航法航行；从通航安全角度考虑，项目选址可行，风电场建成运营后，工程附近水域的船舶通航安全有保障。本项目已取得广东海事局关于深能汕尾红海湾六海上风电项目通航安全有关意见的复函“原规划场址与广东沿海外航路距离不满足《海上风电场选址通航安全分析技术指南（2021 年）修订版》的相关要求。从通航安全角度考虑，结合《深能汕尾红海湾六海上风电项目通航安全影响研究报告》的研究结论，海上风电场按以下范围优化场址后基本可行”。（详见附件）

6.5.4 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。

表 6.5-1 利益协调情况一览表（略）

6.6 项目用海与国防安全和国家海洋权益的协调性分析

6.6.1 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。

6.6.2 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。

本项目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。

7 国土空间规划符合性分析

本项目规划装机容量为500MW（实际装机容量为510MW），拟建设34台15MW海上风力发电机组、1座海上升压站、1座海上无功补偿站、8回66kV集电海缆、1回550kV送出海缆。

7.1 与国土空间规划符合性分析

7.1.1 所在海域国土空间规划分区基本情况

7.1.1.1 《广东省国土空间规划（2021-2035年）》

《广东省国土空间规划（2021-2035年）》（以下简称《省国空规划》）明确国土空间开发保护目标：积极推进国土空间保护、开发、利用和修复，到2035年，全面建成安全、繁荣、和谐、美丽的高品质国土。更可持续、更具韧性的安全国土——国土生态安全格局全面夯实，耕地质量提升和布局优化，综合防灾减灾和应急体系全面建成，粮食安全、**能源安全**、水安全、军事安全保障更加有力，应对气候变化和抵御自然灾害的能力显著增强，形成全天候、系统性、现代化的国土安全保障体系。更加集约、高效、开放的繁荣国土——自然资源利用效率和水平显著提升，集约、紧凑、高效的城镇化空间格局全面形成，高质量的现代化产业空间得到充分保障，**海洋资源开发能力持续增强，陆海统筹、内外联动的开放型国土开发格局更加优化**，国际竞争力显著增强，高质量发展成为全国典范。

《省国空规划》以“三区三线”为基础构建国土空间开发保护总体格局。立足资源环境承载能力，发挥各地区比较优势，统筹划定落实“三区三线”，深入实施主体功能区战略，优化资源要素配置与生产力空间布局，加快形成开发与保护相协调的国土空间开发保护新格局，有力支撑“一核一带一区”区域发展格局。

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

发展格局。

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

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

项目位于**沿海经济带**，该区域根据重要产业集群布局规划为**新能源重要产业**

集群。通过将本项目与海洋空间功能布局图叠加分析，本项目拟建设的**风电场、海上升压站、海上无功补偿站位于海洋开发利用空间，送出海底电缆穿越海洋生态保护红线、海洋生态保护空间和海洋开发利用空间（图 7.1.1-1）**。

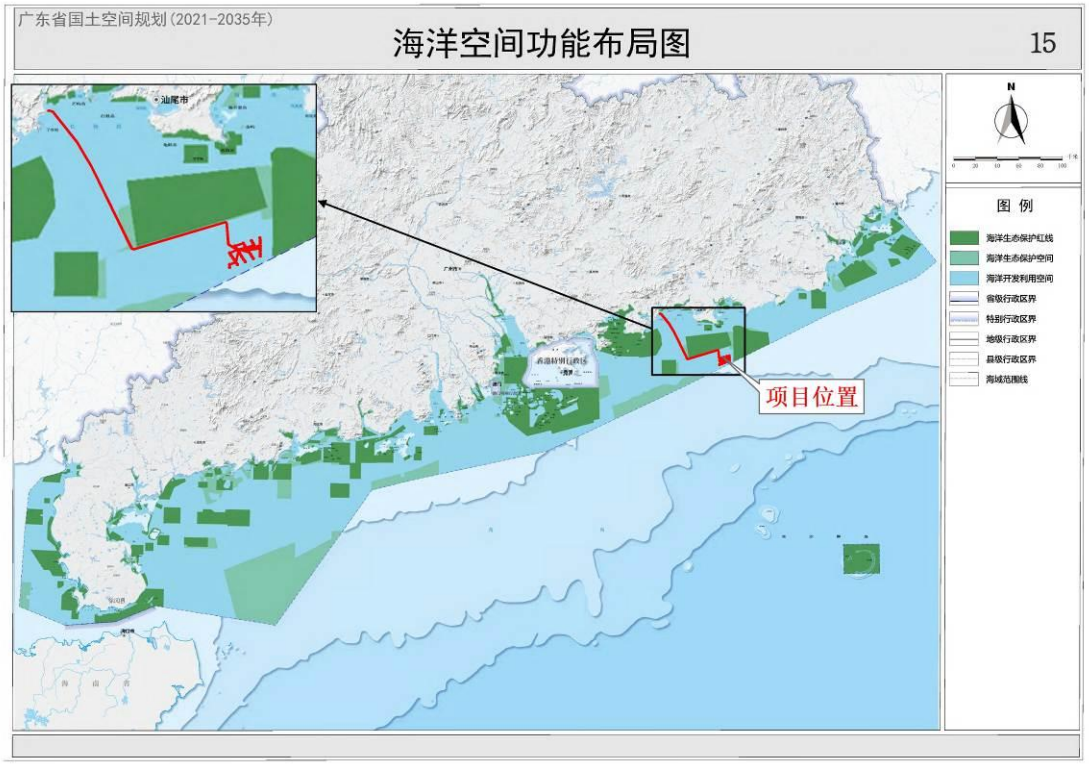


图 7.1.1-1 广东省海洋空间功能布局图（《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》）

7.1.1.2 《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》

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

基于“三屏五江多廊道”生态安全格局，围绕生态、农业、城镇三大空间，聚焦重点单元，总体布局国土空间生态修复任务，形成安全健康、美丽的高品质国土空间。其中，**生态空间**——系统保护修复“三屏”“五江”等重点生态功能区，重点推进森林保育、水源涵养、水土保持生物多样性保护、**沿海地区海岸带**保护等。“三屏”：即加强对以南岭山地为核心的南岭生态屏障、以丘陵山地、森

林为主体的粤港澳大湾区外围丘陵浅山生态屏障和以沿海防护林、滨海湿地、海湾、海岛等要素为主体的蓝色海洋生态屏障的系统性保护修复。

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

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

经与规划图件叠加分析，本项目不位于生态保护和修复单元内（图 7.1.1-2）。

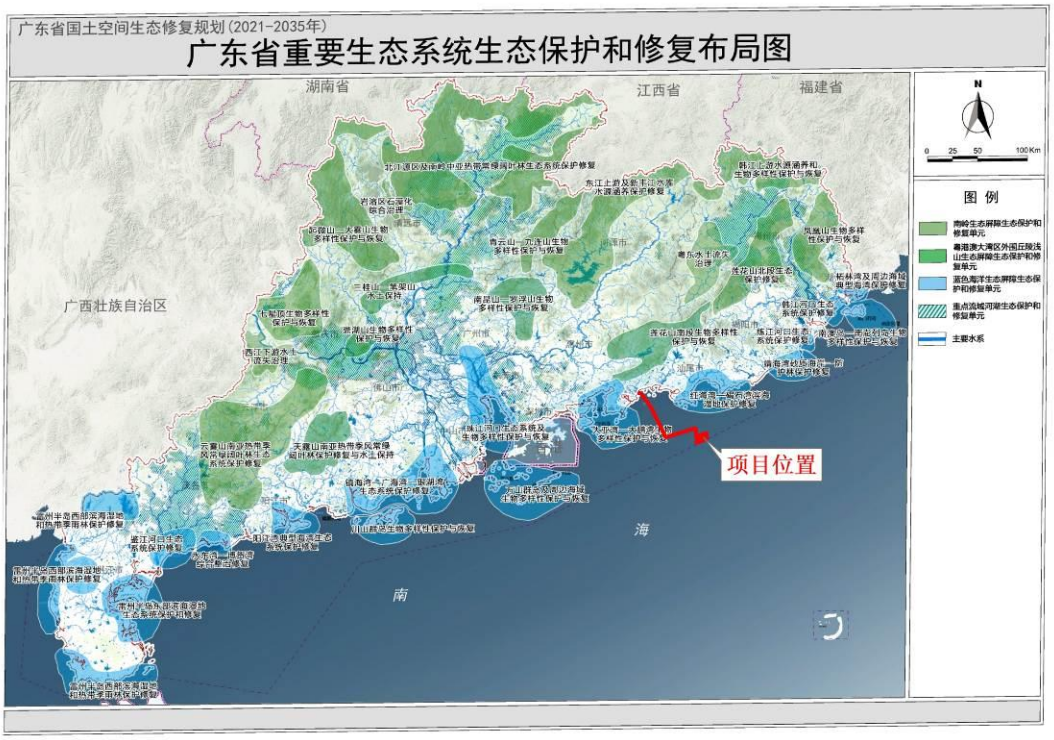


图 7.1.1-2 广东省重要生态系统生态保护和修复布局图

7.1.1.3 《汕尾市国土空间总体规划（2021-2035 年）》

《汕尾市国土空间总体规划（2021-2035 年）》（以下简称《市国空规划》）提

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

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

根据《市国空规划》，在海洋发展区内，进一步细化功能分区，统筹安排工矿通信用海、交通运输用海、游憩用海、渔业用海、特殊用海等用海区和海洋预留区。海洋发展区是以海域和海洋活动为主的地区，面积 4388.19 平方公里，应对海洋资源和生态环境进行严格管控。除国家重大项目外，严禁围填海。

通过将本项目与《市国空规划》的附图叠加分析，本项目的风电场场址、海上升压站和海上无功补偿站不涉及生态保护区，送出海底电缆穿越生态保护区，送出海底电缆登陆岸线为严格保护岸线（图 7.1.1-3）。

严格保护岸线按照生态保护红线有关要求管理，确保生态功能不降低、长度不减少、性质不改变。禁止开展任何损害海岸地形地貌和生态环境的活动，明确保护边界并设立保护标识。除国防安全需要外，禁止在严格保护岸线的保护范围内构建永久性建筑物、围填海、开采海砂、设置排污口等损害海岸地形地貌和生态环境的活动。

图 7.1.1-3 海洋功能分区图（《汕尾市国土空间总体规划（2021-2035 年）》）

7.1.1.4 《海丰县国土空间总体规划（2021-2025 年）》

《海丰县国土空间总体规划（2021-2035 年）》提出，积极推进海上和陆上风电、生物质能、分布式光伏等清洁能源项目，提高清洁能源的使用比例，提升能源综合利用水平；优化海丰县高压电网网架结构，打造安全可靠、操作简单的高压输电网架；强化落实变电站和高压走廊用地管控，倡导与其他基础设施复合集约建设，节约土地资源，提高土地利用率。

根据《海丰县国土空间总体规划（2021-2035 年）》第 28 条 海洋发展区 海洋发展区是以海域和海洋活动为主的地区，应对海洋资源和生态环境进行严格管控。除国家重大项目外，严禁围填海。具体海域规划分区以批复的省级海岸带专项规划为准。

根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》，本项目风电场场址和海上升压站位于汕尾西部工矿通信用海区，海上无功补偿站位于汕尾南部渔业用海区，送出海底海缆穿越汕尾西部工矿通信用海区、汕尾南部渔业用海区、遮浪南重要渔业资源产卵场生态保护区、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、金狮湾工矿通信用海区，详见图 7.1.4-1。送出

海底电缆登陆岸段为严格保护岸线。

7.1.2 对周边海域国土空间规划分区的影响分析

本项目规划装机容量为500MW（实际装机容量为510MW），拟建设34台15MW海上风力发电机组、1座海上升压站、1座海上无功补偿站、8回66kV集电海缆、1回550kV送出海缆。

根据《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（自然资发〔2023〕234 号），本项目用海的海域使用类型为工矿通信用海（一级类）中的可再生能源用海（二级类）；根据《海域使用分类》（HY/T1232009），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）。

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

根据海洋空间功能布局，本项目的风电场、海上升压站、海上无功补偿站位于海洋开发利用空间，送出海底电缆穿越海洋生态保护红线、海洋生态保护空间和海洋开发利用空间。

本项目施工产生的悬浮物扩散会对周边海域水质产生一定影响，但这一影响是暂时的，可逆的，随着施工的结束，悬浮物浓度会在数小时内迅速衰减，在施工结束后影响随之消失。本项目海上施工期间会产生一定量的生活污水，项目施工船舶设置有生活污水和含油污水的收集装置，收集贮存后定期交具有处理资质的单位接收后统一处理。因此，项目建设期间施工船舶将污水收集统一处理后基本不会对水质环境造成影响。本项目运营期运维会产生少量生活污水，由运维船舶收集后运至陆域集中处理，不会对所在国土空间内海域水质环境造成影响。

本项目的送出海底电缆铺设于海底，登陆点所在岸线为基岩岸线，送出海底电缆拟采用定向钻的施工方式登陆。施工结束后海缆基本位于海面以下，不会改变该海域原有的地形地貌，项目建设及运营过程不会对水文动力、冲淤环境产生明显影响。项目施工完成后不会改变岸线属性，基本不会对所在基岩岸线造成影响。

本项目为海上风电项目，项目建成后能够充分地开发利用广东省近海风能资

源，不仅有利于广东能源安全稳定供应和环境保护，且有利于促进风电装备及相关产业链的形成和发展，有利于调整省内能源结构，实现经济社会的可持续发展，为广东打造风电产业基地创造良好条件，符合新能源重要产业集群的规划分区要求。

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

经分析，本项目不在生态保护和修复单元内，距离周边的生态保护和修复单元较远。本项目施工产生的悬浮物扩散会对周边海域水质产生一定影响，但这一影响是暂时的，可逆的，随着施工的结束，悬浮物浓度会在数小时内迅速衰减，在施工结束后影响随之消失，不会对规划中明确的生态保护和修复单元产生影响。因此，本项目建设内容与规划内容不冲突。

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

根据《汕尾市国土空间总体规划（2021-2035 年）》，本项目的风电场、海上升压站和海上无功补偿站不涉及生态保护区，送出海底电缆穿越生态保护区，送出海底电缆登陆岸线为严格保护岸线。项目送出海底电缆登陆段采用定向钻施工工艺，施工完成后不会改变岸线属性，不会对所在基岩岸线造成影响。施工结束后海缆基本位于海面以下，不会改变该海域原有的地形地貌，项目建设及运营过程不会对水文动力、冲淤环境产生明显影响。项目施工完成后不会改变岸线属性，基本不会对所在严格保护岸线造成影响。

经分析，本项目施工船舶均设置有船舶生活污水和船舶含油污水的收集装置，船舶生活污水收集在船载生活污水收集装置中，船舶靠岸后运至岸上，上岸后由建设单位委托有处置能力的船舶污染物接收单位统一处理；船舶机舱含油污水收集后上岸送至有资质单位进行统一处理，不排海。正常情况下，施工船舶污水不会对海域环境造成影响。根据悬浮泥沙扩散预测结果，本项目整体施工产生的悬沙增量大于 10mg/L 的底层包络线面积为 108.135km^2。本项目施工产生的悬浮物扩散会对周边海域水质产生一定影响，但这一影响是暂时的，可逆的，随着施工的结束，悬浮物浓度会在数小时内迅速衰减，在施工结束后影响随之消失。

工程施工除对海底局部沉积物产生部分分选、位移、重组和松动外，并没有混入其它污染物，基本不会影响水质质量。本项目运营期运维会产生少量生活污水、生活垃圾等，由运维船舶收集后运至陆域集中处理，不会对所在国土空间海域水质环境造成影响。

本项目为海上风电场建设项目，能有效提高风能资源的利用，有利于提高海上风电技术水平，有利于促进海上风电设备国产化、海上风机基础选型与施工技术的创新。本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，项目建设基本不会对所在市国土空间总体规划产生影响。

7.1.2.4 对《海丰县国土空间总体规划（2021-2035 年）》分区的影响分析

本项目风电场场址和海上升压站位于汕尾西部工矿通信用海区，海上无功补偿站位于汕尾南部渔业用海区，送出海底海缆穿越汕尾西部工矿通信用海区、汕尾南部渔业用海区、遮浪南重要渔业资源产卵场生态保护区、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、金狮湾工矿通信用海区。送出海底电缆登陆岸线为严格保护岸线。

本项目属于可再生能源、海底电缆管道用海；项目用海不会改变海域自然属性；对海上交通安全的影响是可控的；项目建设及运营过程不会对水文动力、冲淤环境产生明显影响，送出登陆段采用定向钻施工工艺，施工完成后不会改变岸线属性，不会对所在基岩岸线造成影响。项目对所在海域的影响主要存在于施工期间悬沙扩散对水质产生影响，但这一影响是暂时的，可逆的，随着施工的结束，悬浮物浓度会在数小时内迅速衰减，在施工结束后影响随之消失。在施工结束后及运营期不会对分区的基本功能造成不可逆转的改变。

本项目的海底电缆铺设于海底，送出海底电缆拟采用定向钻的施工方式登陆。施工结束后海缆基本位于海面以下，不会改变该海域原有的地形地貌，项目建设及运营过程不会对水文动力、冲淤环境产生明显影响。项目施工完成后不会改变岸线属性，基本不会对所在严格保护岸线造成影响。

相关管控要求符合性分析详见 7.1.4 节。

本项目建设有利于海上风电的推进，不会对所在县国土空间总体规划产生影响。

7.1.3 项目用海与国土空间规划的符合性分析

本项目风电场场址水深在 41m~46m 之间，距离陆地最近约 28.8km，满足《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》提出的海上风电项目应离岸距离 30 公里或水深 30 米的开发条件限制要求。

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

本项目用海方式不改变海域自然属性；根据《广东省人民政府关于项目符合生态保护红线内允许有限人为活动认定意见表》（详见附件），项目属于生态保护红线内允许有限人为活动的情形；项目送出海底电缆登陆段采用定向钻施工工艺，施工完成后不会造成严格保护岸线的生态功能降低、长度减少、性质改变。根据对所在海域国土空间规划分区的影响分析，符合所在海域国土空间规划分区的用途管制要求。因此，本项目建设与《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》《汕尾市国土空间总体规划（2021-2035 年）》《海丰县国土空间总体规划（2021-2035 年）》相符合。

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

《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》（以下简称《省海岸带规划》）是国土空间规划体系下的专项规划，是对《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》的补充与细化，在国土空间总体规划确定的主体功能定位及规划分区基础上，统筹协调海岸带资源节约集约利用、生态保护修复、产业布局优化、人居环

境品质提升等开发保护活动，有效传导至市级国土空间总体规划和海岸带专项规划，指导海岸带地区国土空间精细化管理。

《省海岸带规划》要求，拓展深水远岸用海用岛空间，推动海上风电、海洋养殖向深远海布局。新增海上风电项目在离岸 30 千米以外或水深大于 30 米的海域布局，推动海上风电项目规模化开发。推进海上风电项目开发与海洋牧场、海水制氢、观光旅游、海洋综合试验场等相结合，探索海洋资源立体化多元融合开发利用模式。

7.1.4.1 项目所在海岸带功能区

本项目风电场场址和海上升压站位于汕尾西部工矿通信用海区，海上无功补偿站位于汕尾南部渔业用海区，送出海底海缆穿越汕尾西部工矿通信用海区、汕尾南部渔业用海区、遮浪南重要渔业资源产卵场生态保护区、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、金狮湾工矿通信用海区，详见图 7.1.4-1。送出海底电缆登陆岸段为严格保护岸线。

表 7.1.4-1 项目周边海洋带功能区一览表

序号	功能区名称	方位、距离
1	汕尾西部工矿通信用海区	风电场和海上升压站位于，送出海底电缆穿越
2	汕尾南部渔业用海区	海上无功补偿站位于，送出海底电缆穿越
3	红海湾渔业用海区	送出海底电缆穿越
4	遮浪南重要渔业资源产卵场生态保护区	
5	东山海-红海湾海洋预留区	
6	红海湾交通运输用海区	
7	金狮湾工矿通信用海区	
8	汕尾西部远岸特殊用海区	东侧，1.0km
9	深圳深汕九龙湾生态保护区	北侧，1.3km
10	金狮湾交通运输用海区	西侧，2.1km
11	金狮湾游憩用海区	西侧，2.2km
12	鲘门游憩用海区	北侧，2.8km
13	赤石河渔业用海区	北侧，3.0km
14	碣石湾海马珍稀濒危物种分布区生态保护区	东侧，3.4km
15	鲘门重要滩涂及浅海水域生态保护区	北侧，3.6km
16	银海湾游憩用海区	北侧，3.6km
17	乌山海岸特殊用海区	西侧，4.5km
18	乌山海岸防护物理防护极重要区生态保护区	西侧，5.2km
19	红海湾工矿通信用海区	东侧，6.9km

序号	功能区名称	方位、距离
20	太平岭工矿通信用海区	西侧，7.0km
21	针头岩生态控制区	西侧，8.9km
22	惠州近海渔业用海区	西侧，9.3km
23	百安半岛海洋预留区	东侧，10.0km
24	百安半岛海岸防护物理防护极重要区生态保护区	北侧，10.1km
25	鲘门特殊用海区	北侧，10.1km
26	针头岩特别保护海岛生态保护区	西侧，10.2km
27	鲘门渔业用海区	北侧，10.2km
28	百安半岛重要滩涂及浅海水域生态保护区	东侧，10.2km
29	江牡岛游憩用海区	北侧，10.8km
30	东山海海龟珍稀濒危物种分布区生态保护区	西侧，11.8km

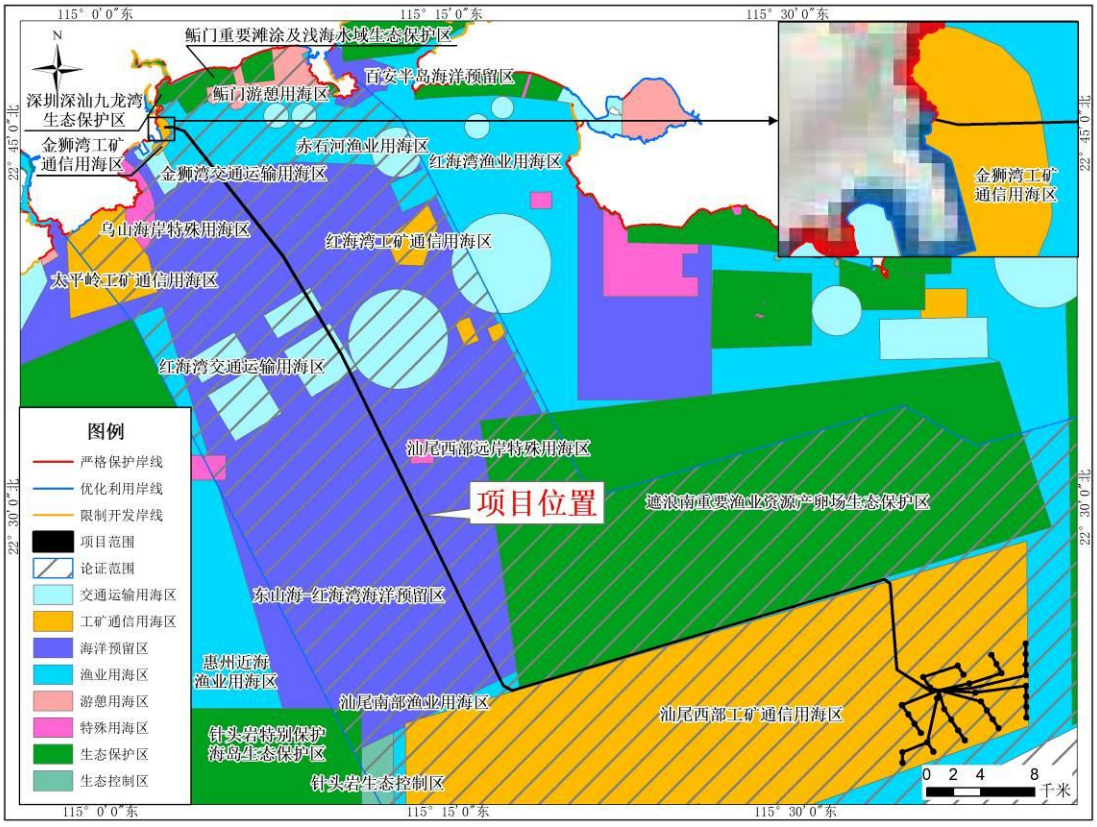
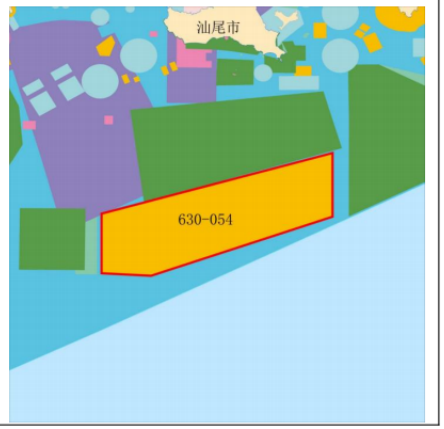


图 7.1.4-1 广东省海岸带分区发展及管控规划图

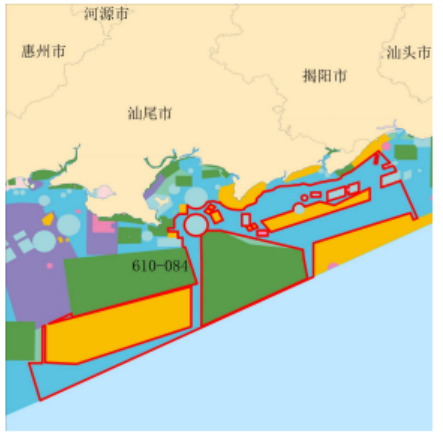
序号：[632]

<table>
<tr><td colspan="2">名称</td><td colspan="2">汕尾西部工矿通信用海区</td><td>代码</td><td colspan="2">630-054</td><td rowspan="5">功能区位置图

</td></tr>
<tr><td colspan="2">分区类型</td><td colspan="2">工矿通信用海区</td><td>位置</td><td colspan="2">经度：115° 26′ 33.866" E
纬度：22° 21′ 16.963" N</td></tr>
<tr><td colspan="2">地理范围</td><td colspan="5">汕尾西部近海海域</td></tr>
<tr><td rowspan="3">空间资源现状</td><td>岸线长度（千米）</td><td colspan="5">0</td></tr>
<tr><td>潮间带面积（公顷）</td><td colspan="5">0</td></tr>
<tr><td>海域面积（公顷）</td><td colspan="5">68511.0446</td></tr>
<tr><td>海岛数量（个）</td><td>有居民海岛</td><td>0</td><td>无居民海岛</td><td colspan="2">0</td></tr>
<tr><td colspan="2">开发利用现状</td><td colspan="6">区内有航路通过。</td></tr>
<tr><td rowspan="3">岸线类型</td><td>严格保护岸段</td><td rowspan="3">位置
（岸段序号）</td><td>——</td><td rowspan="3">长度
（千米）</td><td>0</td><td rowspan="5">功能区空间范围图
 
</td></tr>
<tr><td>限制开发岸段</td><td>——</td><td>0</td></tr>
<tr><td>优化利用岸段</td><td>——</td><td>0</td></tr>
<tr><td colspan="2">有居民海岛主体功能</td><td colspan="5">——</td></tr>
<tr><td rowspan="3">无居民海岛（名称）</td><td>生态保护区内</td><td colspan="5">——</td></tr>
<tr><td>生态控制区内</td><td colspan="5">——</td></tr>
<tr><td>海洋发展区内</td><td colspan="5">——</td></tr>
<tr><td rowspan="4">管控要求</td><td>空间准入</td><td colspan="6">1.允许可再生能源、海底电缆管道用海；
2.可兼容人工鱼礁、开放式养殖等增养殖用海，航运、科研教育等用海；
3.在未开发利用之前可兼容开放式养殖等增养殖用海；
4.探索推进海域立体分层设权，海上风电、光伏发电、增养殖、海底电缆管道等用海空间可立体利用；
5.保障海上风电、海洋牧场等重点项目的用海需求。</td></tr>
<tr><td>利用方式</td><td colspan="6">1.严格限制改变海域自然属性；
2.不得妨碍海上交通及海底电缆管道的安全。</td></tr>
<tr><td>保护要求</td><td colspan="6">海上能源开发利用过程中应加强对海底地形和潮流水动力等海洋生态环境特征的监测。</td></tr>
<tr><td>其他要求</td><td colspan="6">加强海啸灾害防范。</td></tr>
</table>

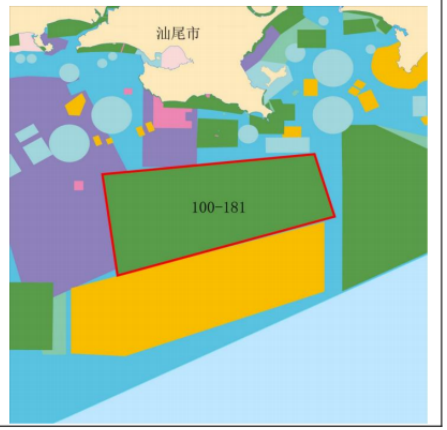
序号：[683]

<table>
<tr><td colspan="2">名称</td><td colspan="2">汕尾南部渔业用海区</td><td>代码</td><td colspan="2">610-084</td><td rowspan="4">功能区位置图

</td></tr>
<tr><td colspan="2">分区类型</td><td colspan="2">渔业用海区</td><td>位置</td><td colspan="2">经度：115° 48′ 34.803″ E
纬度：22° 32′ 50.472″ N</td></tr>
<tr><td colspan="2">地理范围</td><td colspan="5">汕尾南部海域</td></tr>
<tr><td rowspan="4">空间资源现状</td><td>岸线长度（千米）</td><td colspan="5">0</td></tr>
<tr><td>潮间带面积（公顷）</td><td colspan="5">0.0283</td></tr>
<tr><td>海域面积（公顷）</td><td colspan="5">136979.2218</td></tr>
<tr><td>海岛数量（个）</td><td>有居民海岛</td><td>0</td><td>无居民海岛</td><td colspan="2">3</td></tr>
<tr><td colspan="2">开发利用现状</td><td colspan="5">海域总体未开发，有已确权的海上风电、海底光缆等海底电缆管道用海。</td></tr>
<tr><td rowspan="3">岸线类型</td><td>严格保护岸段</td><td rowspan="3">位置
（岸段序号）</td><td rowspan="3">——</td><td rowspan="3">长度
（千米）</td><td>0</td><td rowspan="4">功能区空间范围图
 
</td></tr>
<tr><td>限制开发岸段</td><td>0</td></tr>
<tr><td>优化利用岸段</td><td>0</td></tr>
<tr><td colspan="2">有居民海岛主体功能</td><td colspan="5">——</td></tr>
<tr><td rowspan="3">无居民海岛（名称）</td><td>生态保护区内</td><td colspan="5">东白礁、双仁礁、西桔礁</td></tr>
<tr><td>生态控制区内</td><td colspan="5">——</td></tr>
<tr><td>海洋发展区内</td><td colspan="5">——</td></tr>
<tr><td rowspan="4">管控要求</td><td>空间准入</td><td colspan="5">1. 允许增养殖、捕捞等用海；
2. 可兼容固体矿产用海、可再生能源、海底电缆管道、航运、路桥隧道、风景旅游、文体休闲娱乐、科研教育、海洋保护修复及海岸防护工程等用海；
3. 探索推进海域立体分层设权，增养殖、捕捞、海底电缆管道、航运、路桥隧道等用海空间可立体利用。</td></tr>
<tr><td>利用方式</td><td colspan="5">1. 严格限制改变海域自然属性；
2. 增养殖活动应避开航道，不得妨碍海上交通及海底电缆管道的安全；
3. 严格控制河口海域的围海养殖，维护河口防洪纳潮功能；
4. 捕捞海域严格限制改变海域自然属性。</td></tr>
<tr><td>保护要求</td><td colspan="5">1. 积极防治海水污染，禁止在渔业用海区内进行有碍渔业生产或污染水域环境的活动；鼓励推广发展生态养殖模式，合理规划养殖规模、密度和结构，保障渔业资源可持续发展；
2. 保护和合理利用无居民海岛资源。</td></tr>
<tr><td>其他要求</td><td colspan="5">——</td></tr>
</table>

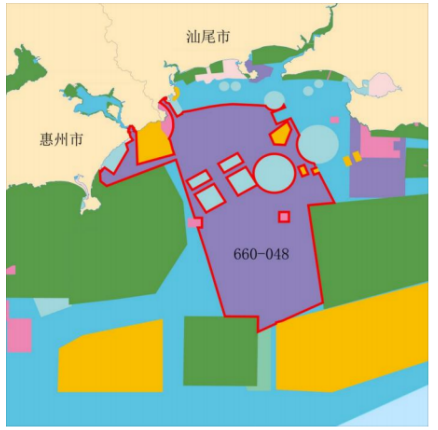
序号：[636]

<table>
<tr><td colspan="2">名称</td><td colspan="2">遮浪南重要渔业资源产卵场生态保护区</td><td>代码</td><td colspan="2">100-181</td><td rowspan="2">功能区位置图

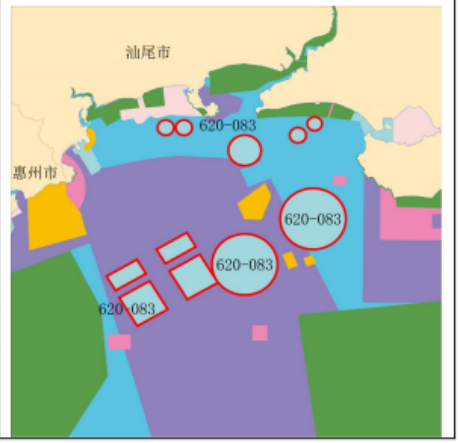
</td></tr>
<tr><td colspan="2">分区类型</td><td colspan="2">生态保护区</td><td>位置</td><td colspan="2">经度：115° 28′ 21.569" E
纬度：22° 29′ 48.614" N</td></tr>
<tr><td colspan="2">地理范围</td><td colspan="5">汕尾西部远洋海域</td></tr>
<tr><td rowspan="4">空间资源现状</td><td>岸线长度（千米）</td><td colspan="5">0</td></tr>
<tr><td>潮间带面积（公顷）</td><td colspan="5">0</td></tr>
<tr><td>海域面积（公顷）</td><td colspan="5">65261.4408</td></tr>
<tr><td>海岛数量（个）</td><td>有居民海岛</td><td>0</td><td>无居民海岛</td><td colspan="2">0</td></tr>
<tr><td colspan="2">开发利用现状</td><td colspan="5">海域总体未开发。</td></tr>
<tr><td rowspan="3">岸线类型</td><td>严格保护岸段</td><td rowspan="3">位置
（岸段序号）</td><td>——</td><td rowspan="3">长度
（千米）</td><td>0</td></tr>
<tr><td>限制开发岸段</td><td>——</td><td>0</td></tr>
<tr><td>优化利用岸段</td><td>——</td><td>0</td></tr>
<tr><td colspan="2">有居民海岛主体功能</td><td colspan="5">——</td><td rowspan="4">功能区空间范围图
 
</td></tr>
<tr><td rowspan="3">无居民海岛（名称）</td><td>生态保护区内</td><td colspan="5">——</td></tr>
<tr><td>生态控制区内</td><td colspan="5">——</td></tr>
<tr><td>海洋发展区内</td><td colspan="5">——</td></tr>
<tr><td rowspan="4">管控要求</td><td>空间准入</td><td colspan="6">禁止开发性、生产性建设活动，可在有效实施用途管制、不影响生态系统功能的前提下，开展军事国防，适度的生态旅游、科普宣教，经依法批准的标本采集，生态修复等有限人为活动。</td></tr>
<tr><td>利用方式</td><td colspan="6">严格限制改变海域自然属性。</td></tr>
<tr><td>保护要求</td><td colspan="6">重点保护重要渔业资源产卵场。</td></tr>
<tr><td>其他要求</td><td colspan="6">加强生态保护红线内人为活动对生态环境影响的监督。</td></tr>
</table>

序号：[687]

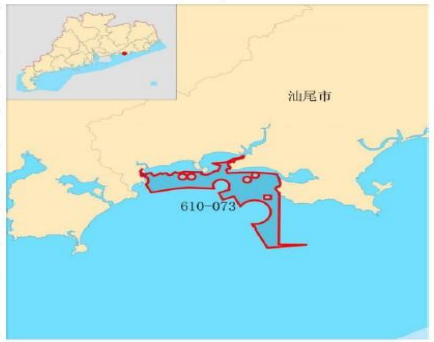
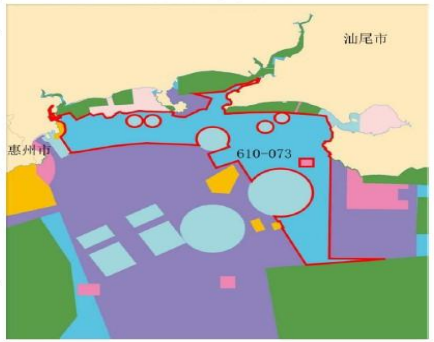
<table>
<tr><td colspan="2">名称</td><td colspan="2">东山海-红海湾海洋预留区</td><td>代码</td><td colspan="2">660-048</td><td rowspan="5">功能区位置图

</td></tr>
<tr><td colspan="2">分区类型</td><td colspan="2">海洋预留区</td><td>位置</td><td colspan="2">经度：115° 8′ 33.052" E
纬度：22° 32′ 56.954" N</td></tr>
<tr><td colspan="2">地理范围</td><td colspan="5">惠州市东山海至太平岭沿海海域以及红海湾南部海域</td></tr>
<tr><td rowspan="4">空间资源现状</td><td>岸线长度（千米）</td><td colspan="5">4.6653</td></tr>
<tr><td>潮间带面积（公顷）</td><td colspan="5">36.4118</td></tr>
<tr><td>海域面积（公顷）</td><td colspan="5">76709.5098</td></tr>
<tr><td>海岛数量（个）</td><td>有居民海岛</td><td>0</td><td>无居民海岛</td><td colspan="2">3</td></tr>
<tr><td colspan="2">开发利用现状</td><td colspan="5">1.已确权海底电缆管道，东山海至太平岭有太平岭核电站一期工程确权用海；
2.红海湾南部海域分布有公共航道；
3.有渔业养殖活动。</td></tr>
<tr><td rowspan="3">岸线类型</td><td>严格保护岸段</td><td rowspan="3">位置（岸段序号）</td><td>44130099, 44130100, 44130101, 44130102, 44130103, 44130010, 44130011, 44130012</td><td rowspan="3">长度（千米）</td><td colspan="2">4.6653</td></tr>
<tr><td>限制开发岸段</td><td>——</td><td colspan="2">0</td></tr>
<tr><td>优化利用岸段</td><td>——</td><td colspan="2">0</td></tr>
<tr><td colspan="2">有居民海岛主体功能</td><td colspan="5">——</td><td rowspan="4">功能区空间范围图
 
</td></tr>
<tr><td rowspan="3">无居民海岛（名称）</td><td>生态保护区内</td><td colspan="5">西碇屿、东碇屿、西虎屿</td></tr>
<tr><td>生态控制区内</td><td colspan="5">——</td></tr>
<tr><td>海洋发展区内</td><td colspan="5">——</td></tr>
<tr><td rowspan="4">管控要求</td><td>空间准入</td><td colspan="5">严禁随意开发；已存在的开发利用活动可保留现状，新增用海活动经科学论证后可准入，保障海洋牧场用海需求，可兼容海底电缆管道用海。</td></tr>
<tr><td>利用方式</td><td colspan="5">允许适度改变海域自然属性。集约节约用海，严格论证用海方式合理性，降低对生态系统服务功能、海岸地形、水动力环境等的影响。</td></tr>
<tr><td>保护要求</td><td colspan="5">1.河口海域项目建设应维护防洪纳潮功能，保障行洪安全；坚持集约节约用海用岸；区域内的无居民海岛，执行海岛分类管控要求；
2.切实保护严格保护岸线；
3.严格保护岸线所在的潮间带区域，以保护修复目标为主，保障潮间带自然特征不改变、面积不减少、生态功能不降低；
4.保护基岩岸滩、砂质海岸及其生境。</td></tr>
<tr><td>其他要求</td><td colspan="5">1.重点防范风暴潮灾害风险；
2.保障临海工业（核电）的温排水需求。</td></tr>
</table>

序号：[623]

<table>
<tr><td colspan="2">名称</td><td colspan="2">红海湾交通运输用海区</td><td>代码</td><td colspan="2">620-083</td><td rowspan="2">功能区位置图</td></tr>
<tr><td colspan="2">分区类型</td><td colspan="2">交通运输用海区</td><td>位置</td><td colspan="2">经度：115° 12′ 9.841″ E
纬度：22° 39′ 13.216″ N</td></tr>
<tr><td colspan="2">地理范围</td><td colspan="5">红海湾中部海域</td><td rowspan="5">
</td></tr>
<tr><td rowspan="4">空间资源现状</td><td>岸线长度（千米）</td><td colspan="5">0</td></tr>
<tr><td>潮间带面积（公顷）</td><td colspan="5">0</td></tr>
<tr><td>海域面积（公顷）</td><td colspan="5">15513.6527</td></tr>
<tr><td>海岛数量（个）</td><td>有居民海岛</td><td>0</td><td>无居民海岛</td><td colspan="2">0</td></tr>
<tr><td colspan="2">开发利用现状</td><td colspan="5">1. 大部分海域现状为锚地；
2. 区内有航路通过。</td></tr>
<tr><td rowspan="3">岸线类型</td><td>严格保护岸段</td><td rowspan="3">位置（岸段序号）</td><td>——</td><td rowspan="3">长度（千米）</td><td>0</td><td rowspan="5">功能区空间范围图</td></tr>
<tr><td>限制开发岸段</td><td>——</td><td>0</td></tr>
<tr><td>优化利用岸段</td><td>——</td><td>0</td></tr>
<tr><td colspan="2">有居民海岛主体功能</td><td colspan="5">——</td></tr>
<tr><td rowspan="3">无居民海岛（名称）</td><td>生态保护区内</td><td colspan="5">——</td><td rowspan="4"> 
</td></tr>
<tr><td>生态控制区内</td><td colspan="5">——</td></tr>
<tr><td>海洋发展区内</td><td colspan="5">——</td></tr>
<tr><td rowspan="4">管控要求</td><td>空间准入</td><td colspan="5">1. 允许航运用海；
2. 可兼容海底电缆管道等用海；
3. 在开发利用前可兼容开放式养殖等增养殖用海；
4. 探索推进海域立体分层设权，交通运输与海底电缆管道等用海空间可立体利用。</td></tr>
<tr><td>利用方式</td><td colspan="5">1. 严格限制改变海域自然属性；
2. 严禁在航道、锚地内进行增养殖、捕捞，以及建设构筑物等。</td></tr>
<tr><td>保护要求</td><td colspan="5">维护和改善航运用海区原有的水动力和泥沙冲淤环境。</td></tr>
<tr><td>其他要求</td><td colspan="5">1. 加强海啸灾害防范；
2. 保障临海工业（核电）的温排水需求。</td></tr>
</table>

序号：[613]

<table>
<tr><td colspan="2">名称</td><td colspan="2">红海湾渔业用海区</td><td>代码</td><td colspan="2">610-073</td><td rowspan="2">功能区位置图
 
</td></tr>
<tr><td colspan="2">分区类型</td><td colspan="2">渔业用海区</td><td>位置</td><td colspan="2">经度：115° 13′ 54.996″ E
纬度：22° 42′ 27.590″ N</td></tr>
<tr><td colspan="2">地理范围</td><td colspan="6">汕尾市江牡岛周边海域</td></tr>
<tr><td rowspan="4">空间资源现状</td><td>岸线长度（千米）</td><td colspan="6">20.7219</td></tr>
<tr><td>潮间带面积（公顷）</td><td colspan="6">181.9493</td></tr>
<tr><td>海域面积（公顷）</td><td colspan="6">24229.9961</td></tr>
<tr><td>海岛数量（个）</td><td>有居民海岛</td><td>0</td><td>无居民海岛</td><td colspan="3">11</td></tr>
<tr><td colspan="2">开发利用现状</td><td colspan="6">区内有防台锚地、航路通过。</td></tr>
<tr><td rowspan="3">岸线类型</td><td>严格保护岸段</td><td rowspan="3">位置
（岸段序号）</td><td>44150290, 44150289, 44150344, 44150345, 44150456, 44150467, 44150468, 44150469</td><td rowspan="3">长度
（千米）</td><td>3.0142</td><td rowspan="3">功能区空间范围图
 
</td></tr>
<tr><td>限制开发岸段</td><td>44150466, 44150465, 44150464, 44150460, 44150459, 44150458, 44150457, 44150347, 44150346, 44150291, 44150288</td><td>12.7159</td></tr>
<tr><td>优化利用岸段</td><td>44150335, 44150336, 44150337, 44150339, 44150342, 44150343, 44150338, 44150340, 44150341, 44150461, 44150462, 44150463</td><td>4.9919</td></tr>
<tr><td colspan="2">有居民海岛主体功能</td><td colspan="6">——</td></tr>
<tr><td rowspan="3">无居民海岛（名称）</td><td>生态保护区内</td><td colspan="6">海丰鸡心石、龙虾头岛、鸡心石四岛、鸡心石三岛、鸡心石一岛、鸡心石二岛、鸡心石五岛、江牡三岛、江牡二岛、江牡一岛</td></tr>
<tr><td>生态控制区内</td><td colspan="6">——</td></tr>
<tr><td>海洋发展区内</td><td colspan="6">江牡岛（游憩用岛）</td></tr>
<tr><td rowspan="3">管控要求</td><td>空间准入</td><td colspan="6">1. 允许渔业基础设施、增养殖、捕捞等用海；
2. 可兼容固体矿产用海、可再生能源、海底电缆管道、航运、路桥隧道、风景旅游、文体休闲娱乐、科研教育、海洋保护修复及海岸防护工程等用海；
3. 探索推进海域立体分层设权，增养殖、捕捞、海底电缆管道、航运、路桥隧道等用海空间可立体利用；
4. 优先保障军事用海及军事设施安全，保障小漠渔港、马宫渔港用海需求。</td></tr>
<tr><td>利用方式</td><td colspan="6">1. 允许适度改变海域自然属性；
2. 增养殖活动应避开航道，不得妨碍海上交通及海底电缆管道的安全；
3. 严格控制河口海域的围海养殖，维护河口防洪纳潮功能；
4. 优化渔港平面布局，鼓励构筑物采用透水方式建设，降低对周边海域水动力的影响；
5. 禁止养殖活动侵占渔港进出港航道及影响渔港正常运营。</td></tr>
<tr><td>保护要求</td><td colspan="6">1. 积极防治海水污染，禁止在渔业用海区内进行有碍渔业生产或污染水域环境的活动；鼓励推广发展生态养殖模式，合理规划养殖规模、密度和结构，保障渔业资源可持续发展；
2. 切实保护严格保护岸线；
3. 严格保护岸线所在的潮间带区域，以保护修复目标为主，保障潮间带自然特征不改变、面积不减少、生态功能不降低；
4. 保护和合理利用无居民海岛资源；</td></tr>
<tr><td rowspan="2"></td><td></td><td colspan="6">5. 保护红树林、基岩岸滩、砂质海岸、淤泥质岸滩及其生境。</td></tr>
<tr><td>其他要求</td><td colspan="6">1. 重点防范风暴潮和海平面上升灾害风险；
2. 保障临海工业（核电）的温排水需求。</td></tr>
</table>

序号：[626]

<table>
<tr><td colspan="2">名称</td><td colspan="2">金狮湾工矿通信用海区</td><td>代码</td><td colspan="2">630-053</td><td rowspan="5">功能区位置图

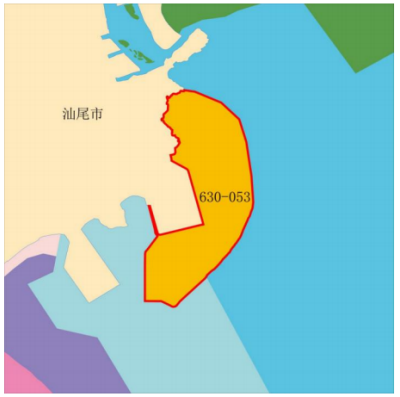
</td></tr>
<tr><td colspan="2">分区类型</td><td colspan="2">工矿通信用海区</td><td>位置</td><td colspan="2">经度：115° 2′ 49.588" E
纬度：22° 45′ 13.218" N</td></tr>
<tr><td colspan="2">地理范围</td><td colspan="5">金狮湾东南部区域</td></tr>
<tr><td rowspan="4">空间资源现状</td><td>岸线长度（千米）</td><td colspan="5">3.3100</td></tr>
<tr><td>潮间带面积（公顷）</td><td colspan="5">10.0169</td></tr>
<tr><td>海域面积（公顷）</td><td colspan="5">212.5166</td></tr>
<tr><td>海岛数量（个）</td><td>有居民海岛</td><td>0</td><td>无居民海岛</td><td colspan="2">0</td></tr>
<tr><td colspan="2">开发利用现状</td><td colspan="6">已建华润海丰电厂港池、专用航道、锚地等工程。</td></tr>
<tr><td rowspan="3">岸线类型</td><td>严格保护岸段</td><td rowspan="3">位置
（岸段序号）</td><td>44150470,44150469</td><td rowspan="3">长度
（千米）</td><td>1.1672</td><td rowspan="4">功能区空间范围图
 
</td></tr>
<tr><td>限制开发岸段</td><td>——</td><td>0</td></tr>
<tr><td>优化利用岸段</td><td>44150471</td><td>2.1428</td></tr>
<tr><td colspan="2">有居民海岛主体功能</td><td colspan="5">——</td></tr>
<tr><td rowspan="3">无居民海岛（名称）</td><td>生态保护区内</td><td colspan="5">——</td></tr>
<tr><td>生态控制区内</td><td colspan="5">——</td></tr>
<tr><td>海洋发展区内</td><td colspan="5">——</td></tr>
<tr><td rowspan="3">管控要求</td><td>空间准入</td><td colspan="5">1.允许工业用海；
2.可兼容路桥隧道、航运、科研教育、海洋保护修复及海岸防护工程等用海；
3.在未开发利用之前可兼容开放式养殖等增养殖用海；
4.探索推进海域立体分层设权，光伏发电、增养殖、海底电缆管道等用海空间可立体利用；
5.保障大南海拓展区的用海需求。</td></tr>
<tr><td>利用方式</td><td colspan="5">1.允许适度改变海域自然属性；
2.优化用海平面布局，节约集约利用海域资源。</td></tr>
<tr><td>保护要求</td><td colspan="5">1.工业用海必须配套建设污水和生活垃圾处理设施，实现达标排放和科学处置；海上矿产、能源开发利用过程中应加强对海底地形和潮流水动力等海洋生态环境特征的监测；
2.切实保护严格保护岸线；
3.严格保护岸线所在的潮间带区域，以保护修复目标为主，保障潮间带自然特征不改变、面积不减少、生态功能不降低。</td></tr>
<tr><td>其他要求</td><td colspan="5">1.重点防范风暴潮和海平面上升灾害风险；
2.保障临海工业（核电）的温排水需求。</td></tr>
</table>

图 7.1.4-2 所在功能区登记表

7.1.4.2 对所在功能区的影响分析

本项目作为海洋可再生能源开发项目，项目用海类型为电力工业用海，项目建设不涉及围填海工程和水下爆破，海缆敷设不会截断洄游通道，对功能区的影响主要存在于施工期间悬沙扩散对功能区的水质产生影响。

根据项目建设水质环境影响预测分析，项目整体施工导致的底层超第一、二类海水水质的海域面积为 108.135km^2；悬沙影响主要出现在施工点附近海域，最远扩散距离约 1.1km。本项目施工产生的悬浮物扩散会对周边海域水质产生一定影响，但这一影响是暂时的，可逆的，随着施工的结束，悬浮物浓度会在数小时内迅速衰减，在施工结束后影响随之消失。本项目海上施工期间船舶生活污水和船舶含油废水收集贮存后定期交由有处理能力的单位接收后统一处理。因此，项目建设对所在海域水质和沉积物带来的影响是局部的、短期的和可逆的，一旦施工结束，影响即可消除。

由此可见，项目建设和营运对所在功能区的影响有限且暂时，具有可恢复性，不会对海洋功能区内海域的水质环境和生态功能造成长久的破坏。

本项目送出海底电缆登陆岸段为严格保护岸线，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。

7.1.4.3 与所在功能区的符合性分析

本项目作为海上风电场建设工程，属于可再生能源、海底电缆管道用海；项目建设风电机组，用海方式为透水构筑物、海底电缆管道，不会改变海域自然属性；本项目已编制通航安全影响研究报告，并且取得广东海事局复函，风电场建设对周边海域海上交通及海底电缆管道的安全影响可控；项目建设及运营过程不会对水文动力、冲淤环境产生明显影响，送出海底电缆登陆段采用定向钻施工工艺，施工完成后不会改变岸线属性，不会对所在基岩岸线造成影响。项目对所在海域的影响主要存在于施工期间悬沙扩散对水质产生影响，但这一影响是暂时的，可逆的，随着施工的结束，悬浮物浓度会在数小时内迅速衰减，在施工结束后影响随之消失。在施工结束后及运营期不会对所在规划分区的基本功能造成不

可逆转的改变，符合相关管控要求。本项目与各功能区的符合性见表 7.1.4-2。

表 7.1.4-2 项目与所在规划分区管控要求的符合性分析一览表

规划分区名称	管控要求		影响分析	是否符合
汕尾西部工矿通信用海区（风电场和海上升压站位于，送出海底电缆穿越）	空间准入	1.允许可再生能源、海底电缆管道用海； 2.可兼容人工鱼礁、开放式养殖等增养殖用海，航运、科研教育等用海； 3.在未开发利用之前可兼容开放式养殖等增养殖用海； 4.探索推进海域立体分层设权，海上风电、光伏发电、增养殖、海底电缆管道等用海空间可立体利用； 5.保障海上风电、海洋牧场等重点项目的用海需求。	本项目为海上风电项目，属于可再生能源、海底电缆管道用海；项目 500kV 送出海缆和 66kV 集电海缆采用立体确权。	符合
	利用方式	1.严格限制改变海域自然属性； 2.不得妨碍海上交通及海底电缆管道的安全。	本项目建设透水构筑物及海底电缆管道，不会改变海域自然属性；本项目已编制通航安全影响研究报告，并且取得广东海事局复函，风电场建设对周边海域海上交通及海底电缆管道的安全影响可控。	符合
	保护要求	海上能源开发利用过程中应加强对海底地形和潮流水动力等海洋生态环境特征的监测。	项目施工及运营期间将制定相关跟踪监测计划并执行。	符合
	其他要求	加强海啸灾害防范。	本项目施工及运营期间将制定相关风险防范措施并执行。	符合
汕尾南部渔业用海区（海上无功补偿站位于，送出海底电缆穿越）	空间准入	1.允许增养殖、捕捞等用海； 2.可兼容固体矿产用海、可再生能源、海底电缆管道、航运、路桥隧道、风景旅游、文体休闲娱乐、科研教育、海洋保护修复及海岸防护工程等用海； 3.探索推进海域立体分层设权，增养殖、捕捞、海底电缆管道、航运、路桥隧道等用海空间可立体利用。	本项目为海上风电项目，属于可再生能源、海底电缆管道用海；项目 500kV 送出海缆和 66kV 集电海缆采用立体确权。	符合
	利用方式	1.严格限制改变海域自然属性；	本项目建设透水构筑物	符合

规划分区名称	管控要求		影响分析	是否符合
		2.增养殖活动应避开航道，不得妨碍海上交通及海底电缆管道的安全； 3.严格控制河口海域的围海养殖，维护河口防洪纳潮功能； 4.捕捞海域严格限制改变海域自然属性。	及海底电缆管道，不会改变海域自然属性；项目不涉及增养殖活动、围海养殖。	
	保护要求	1.积极防治海水污染，禁止在渔业用海区内进行有碍渔业生产或污染水域环境的活动；鼓励推广发展生态养殖模式，合理规划养殖规模、密度和结构，保障渔业资源可持续发展； 2.保护和合理利用无居民海岛资源。	项目施工期间悬沙影响是暂时的，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，不会对海域水质环境产生明显不利影响。项目建设不会对无居民海岛产生影响；项目不涉及无居民海岛。	符合
	其他要求	——	——	——
遮浪南重要渔业资源产卵场生态保护区（项目送出海缆穿越）	空间准入	禁止开发性、生产性建设活动，可在有效实施用途管制、不影响生态系统功能的前提下，开展军事国防，适度的生态旅游、科普宣教，经依法批准的标本采集，生态修复等有限人为活动。	本项目于该规划分区建设1回海底电缆，不涉及围填海工程和捕捞作业，海缆敷设不会截断洄游通道，施工期间悬沙影响是暂时的，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，其建设是对生态功能不造成破坏的有限人为活动。	符合
	利用方式	严格限制改变海域自然属性。	本项目于该规划分区建设海底电缆管道，不会改变海域自然属性。	符合
	保护要求	重点保护重要渔业资源产卵场。	项目施工将尽量避开产卵期，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。	符合
	其他要求	加强生态保护红线内人为活动对	项目施工及运营期间将	符合

规划分区名称	管控要求		影响分析	是否符合
		生态环境影响的监督。	制定相关跟踪监测计划并执行。	
东山海-红海湾海洋预留区（项目送出海缆穿越）	空间准入	严禁随意开发；已存在的开发利用活动可保留现状，新增用海活动经科学论证后可准入，保障海洋牧场用海需求，可兼容海底电缆管道用海。	本项目于该规划分区建设海底电缆管道。	符合
	利用方式	允许适度改变海域自然属性。集约节约用海，严格论证用海方式合理性，降低对生态系统服务功能、海岸地形、水动力环境等的影响。	本项目于该规划分区建设海底电缆管道，不会改变海域自然属性；项目平面布置经比选，现阶段用海面积已无进一步减少的可能，能够体现集约节约用海；海底电缆埋设于海底，不会对海岸地形、水动力环境产生影响，不会降低生态系统服务功能。	符合
	保护要求	1.河口海域项目建设应维护防洪纳潮功能，保障行洪安全；坚持集约节约用海用岸；区域内的无居民海岛，执行海岛分类管控要求； 2.切实保护严格保护岸线； 3.严格保护岸线所在的潮间带区域，以保护修复目标为主，保障潮间带自然特征不改变、面积不减少、生态功能不降低； 4.保护基岩岸滩、砂质海岸及其生境。	项目海底电缆埋设于海底，不会对水动力、冲淤环境产生影响，能够维护防洪纳潮功能，保障行洪安全；项目平面布置经比选，现阶段用海面积已无进一步减少的可能；项目建设不会对无居民海岛产生影响；送出海缆登陆采用定向钻施工工艺，由地底穿越基岩岸线，不会对严格保护岸线及所在的潮间带区域产生影响，不会对基岩岸滩产生影响。	符合
	其他要求	1.重点防范风暴潮灾害风险； 2.保障临海工业（核电）的温排水需求。	本项目施工及运营期间将制定相关风险防范措施并执行。项目海底电缆埋设于海底，不影响临海工业的温排水需求。	符合
红海湾交通运输用海	空间准入	1.允许航运用海； 2.可兼容海底电缆管道等用海； 3.在开发利用前可兼容开放式养	本项目于该规划分区建设送出海缆，为海底电缆管道用海；项目送出海缆	符合

规划分区名称	管控要求		影响分析	是否符合
区（项目送出海缆穿越）		殖等增养殖用海； 4.探索推进海域立体分层设权，交通运输与海底电缆管道等用海空间可立体利用。	采取立体设权。	
	利用方式	1.严格限制改变海域自然属性； 2.严禁在航道、锚地内进行增养殖、捕捞，以及建设构筑物等。	本项目于该规划分区建设海底电缆管道，不会改变海域自然属性。	符合
	保护要求	维护和改善航运用海区原有的水动力和泥沙冲淤环境。	项目海底电缆埋设于海底，不会对水动力、冲淤环境产生影响。	符合
	其他要求	1.加强海啸灾害防范； 2.保障临海工业（核电）的温排水需求。	本项目施工及运营期间将制定相关风险防范措施并执行。项目海底电缆埋设于海底，不影响临海工业的温排水需求。	符合
红海湾渔业用海区（项目送出海缆穿越）	空间准入	1.允许渔业基础设施、增养殖、捕捞等用海； 2.可兼容固体矿产用海、可再生能源、海底电缆管道、航运、路桥隧道、风景旅游、文体休闲娱乐科研教育、海洋保护修复及海岸防护工程等用海； 3.探索推进海域立体分层设权，增养殖、捕捞、海底电缆管道、航运、路桥隧道等用海空间可立体利用； 4.优先保障军事用海及军事设施安全，保障小漠渔港、马宫渔港用海需求。	本项目于该规划分区建设海底电缆管道；项目送出海底电缆拟申请立体设权；建设单位将在取得军方的书面协调意见后施工建设，以保障项目建设过程不会影响军事设施安全和军事活动的进行；本项目建设不涉及小漠渔港、马宫渔港用海。	符合
	利用方式	1.允许适度改变海域自然属性； 2.增养殖活动应避开航道，不得妨碍海上交通及海底电缆管道的安全； 3.严格控制河口海域的围海养殖，维护河口防洪纳功能； 4.优化渔港平面布局，鼓励构筑物采用透水方式建设，降低对周边海域水动力的影响； 5.禁止养殖活动侵占渔港进出港航道及影响渔港正常运营。	本项目于该规划分区建设海底电缆，不会改变海域自然属性；本项目不涉及增养殖活动。	符合
	保护要求	1.积极防治海水污染，禁止在渔	项目送出海缆仅铺设1回	符合

规划分区名称	管控要求		影响分析	是否符合
		业用海区内进行有碍渔业生产或污染水域环境的活动；鼓励推广发展生态养殖模式，合理规划养殖规模、密度和结构，保障渔业资源可持续发展； 2.切实保护严格保护岸线； 3.严格保护岸线所在的潮间带区域，以保护修复目标为主，保障潮间带自然特征不改变、面积不减少生态功能不降低； 4.保护和合理利用无居民海岛资源； 5.保护红树林、基岩岸滩、砂质海岸、淤泥质岸滩及其生境。	海底电缆，施工期间悬沙影响是暂时的，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，不会对海域水质环境产生明显不利影响。项目建设不会对无居民海岛产生影响；送出海缆登陆采用定向钻施工工艺，由地底穿越基岩岸线，不会对严格保护岸线及所在的潮间带区域产生影响，不会对红树林、基岩岸滩产生影响。	
	其他要求	1.重点防范风暴潮和海平面上升灾害风险； 2.保障临海工业（核电）的温排水需求。	本项目施工及运营期间将制定相关风险防范措施并执行。项目海底电缆埋设于海底，不影响临海工业的温排水需求。	符合
金狮湾工矿通信用海区（项目送出海缆穿越）	空间准入	1.允许工业用海； 2.可兼容路桥隧道、航运、科研教育、海洋保护修复及海岸防护工程等用海； 3.在未开发利用之前可兼容开放式养殖等增养殖用海； 4.探索推进海域立体分层设权，光伏发电、增养殖、海底电缆管道等用海空间可立体利用； 5.保障大南海拓展区的用海需求。	本项目为工业用海；本项目于该规划分区建设海底电缆；项目海底电缆拟申请立体确权；项目建设不影响大南海拓展区的用海需求。	符合
	利用方式	1.允许适度改变海域自然属性； 2.优化用海平面布局，节约集约利用海域资源。	本项目于该规划分区建设海底电缆，不会改变海域自然属性；项目平面布置经比选，现阶段用海面积已无进一步减少的可能，能够体现集约节约用海。	符合
	保护要求	1.工业用海必须配套建设污水和生活垃圾处理设施，实现达标排放和科学处置；海上矿产、能源	项目施工及运营期间将制定相关跟踪监测计划并执行。项目送出海缆登	符合

规划分区名称	管控要求		影响分析	是否符合
		开发利用过程中应加强对海底地形和潮流水动力等海洋生态环境特征的监测； 2.切实保护严格保护岸线； 3.严格保护岸线所在的潮间带区域，以保护修复目标为主，保障潮间带自然特征不改变、面积不减少、生态功能不降低。	陆采用定向钻施工工艺，由地底穿越基岩岸线，不会对严格保护岸线及所在的潮间带区域产生影响，不会对基岩岸滩产生影响。	
	其他要求	1.重点防范风暴潮和海平面上升灾害风险； 2.保障临海工业（核电）的温排水需求。	本项目施工及运营期间将制定相关风险防范措施并执行。项目海底电缆埋设于海底，不影响临海工业的温排水需求。	符合

7.1.4.4 与周边海岸功能区的符合性分析

项目对周边海岸带功能区的影响，主要体现在悬浮泥沙的扩散造成的水体质量暂时的下降。悬浮泥沙主要随涨落潮流向工程所在海域扩散，扩散方向与涨落潮流向一致，项目整体施工导致的底层悬沙浓度大于 10mg/L 的海域面积 108.135km^2；施工导致的底层悬沙浓度大于 20mg/L 的海域面积为 61.738km^2；施工导致的悬沙浓度大于 50mg/L 的海域面积为 36.401km^2；施工导致的底层悬沙浓度大于 100mg/L 的海域面积 23.407km^2。但因项目施工悬沙影响是暂时的，可逆的，对海域的海洋生态环境的影响范围和时间有限，同时影响也会随着施工的结束而消失，不会对周边海域的生态环境产生不可逆的影响，符合生态保护红线要求。另外，本项目不涉及围填海，施工期来往船舶的生活污水、含油污废水、生活垃圾均回收处理，不外排入海。

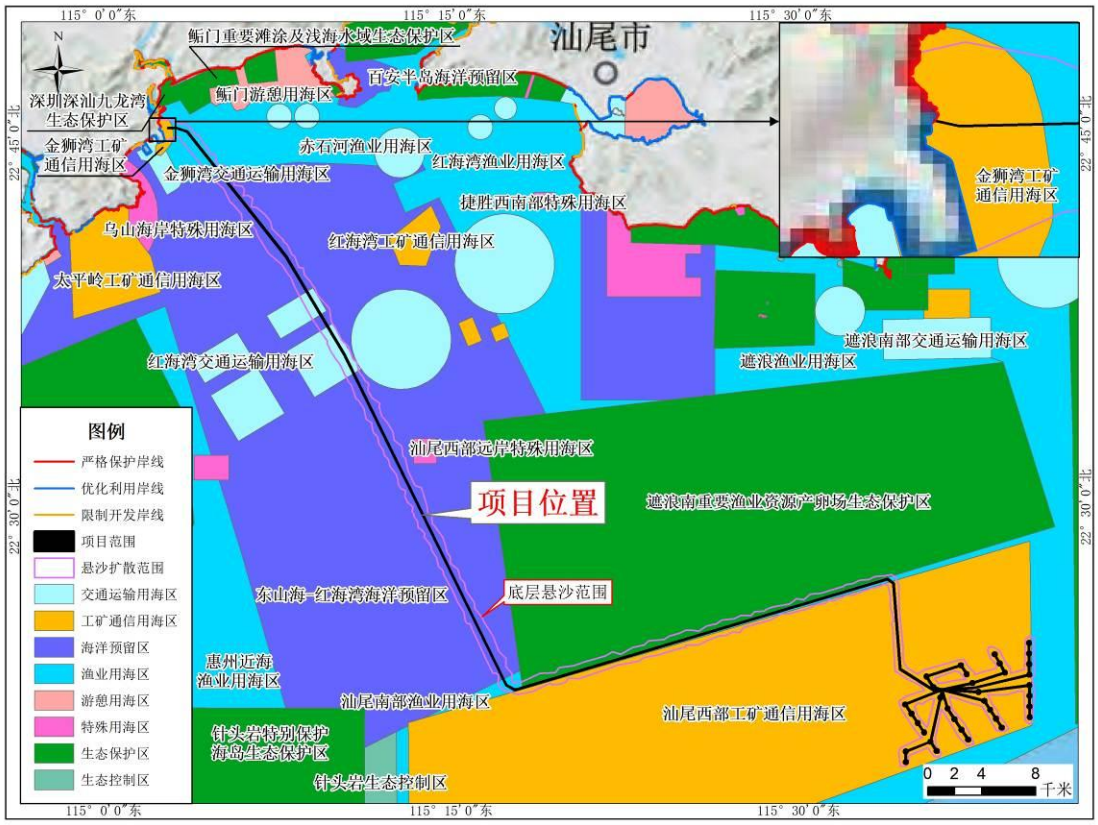


图 7.1.4-3 项目＞10mg/L 悬沙增量包络线（底层）与广东省海岸带分区发展及管控规划叠图

7.1.4.5 与“三区三线”的生态保护红线的符合性分析

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

根据《自然资源部生态环境部国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》（自然资发〔2022〕142 号），生态保护红线是国土空间规划中的重要管控边界，生态保护红线内自然保护地核心保护区外，禁止开发性、生产性建设活动，在符合法律法规的前提下，仅允许上述文件中列举的 10 类对生态功能不造成破坏的有限人为活动。

通过将本项目与“三区三线”中的生态保护红线成果的叠加分析，本项目的风电场、海上升压站、海上无功补偿站没有位于生态保护红线区，送出海底电缆穿越遮浪南重要渔业资源产卵场（穿越长度为 8km），与深圳深汕九龙湾海洋生态地方级自然保护区相隔 1.3km（图 7.1.4-4）。

参考《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》中关于“遮浪南重要渔业资源产卵场生态保护区”的空间准入：禁止开发性、生产性建设活动，可在有效实施用途管制、不影响生态系统功能的前提下，开展军事国防，适度的生态旅游、科普宣教，经依法批准的标本采集，生态修复等有限人为活动。利用方式：严格限制改变海域自然属性。保护要求：重点保护重要渔业资源产卵场。其他要求：加强生态保护红线内人为活动对生态环境影响的监督。

本项目送出海底电缆穿越遮浪南重要渔业资源产卵场，不涉及围填海工程和捕捞作业，海缆敷设不会截断洄游通道。海底电缆管道用海不改变海域自然属性。本项目对遮浪南重要渔业资源产卵场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，项目整体施工导致的底层超第一、二类海水水质的海域面积为 108.135km^2。根据叠图，项目整体施工底层引起的>10mg/L 悬浮泥沙扩散到上述生态红线区面积为 12.21km^2，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。在施工结束后不会长久影响遮浪南重要渔业资源产卵场，运营期也不会造成影响。项目通过制订施工船舶航行风险防范措施，能确保不破坏渔业生态环境。项目要严格按照相关的法律法规开展，不排放有害有毒的污水、油类、油性混合物、热污染物和废弃物，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，确保将对生态红线区生态环境的影响降至最低。

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。施工结束运营一段时间后，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开产卵期，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，项目营运期内一定时间对部分水域采取增殖和禁捕等保护性措施，尽快恢复项目建设对渔业生产的不利影响。

本项目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。

根据《汕尾市发展和改革局关于深能汕尾红海湾六海上风电项目建设必要性及生态保护红线不可避让性的说明》，本项目路由选址具有唯一性。本项目预选路由方案穿越了遮浪南重要渔业资源产卵场，该生态保护红线南侧边缘与汕尾红海湾海上风电场址北侧边缘之间为一狭长通道，通道最窄处约 88m。根据汕尾红海湾场址海底电缆送出路由管廊的布置及其登陆点位于风电场西北侧的布局特征，同时考虑到红海湾场址三、四集中送出路由位于红海湾场址中部，红海湾五、红海湾六位于红海湾场址最东部，为统筹布置各场址送出路由，尽可能减少整个红海湾场址海底电缆送出路由所占用的海域资源，同时避免红海湾场址不同区块送出路由之间产生交越，为此各区块送出路由在路由管廊内的走向自东向西依次为场址五、场址六、场址三四、场址三四南侧两规划场址及场址四西侧规划场址；在风电场北边缘狭长通道内上述送出海缆自北而南依次布局。考虑到该处的水深条件，为保障安全施工，场址送出通道在该处最少需 367m，超过该 88m 的通道条件。本项目不可避免会与生态保护红线交越。综合分析，该项目登陆点选址已最优，风电场选址唯一，在此基础上送出海缆与周边新建风电项目统筹路由方案，并遵循“集约、节约用海”和“技术上可行、经济上合理、安全可靠”的原则，得出深能汕尾红海湾六海上风电项目送出海缆路由必须且无法避免地穿越生态保护红线。

根据《自然资源部 生态环境部 国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》（自然资发〔2022〕142 号），项目海缆路由穿越生态保护红线属于《通知（试行）》中的第 6 类“必须且无法避让、符合县级以上国土空间规划的线性基础设施…”的有限人为活动。

本项目已编制《深能汕尾红海湾六海上风电项目符合生态保护红线内允许有限人为活动的说明报告》，并且已于 2025 年 8 月 4 日取得广东省人民政府出具的关于项目符合生态保护红线内允许有限人为活动的认定意见表（详见附件）。

因此，项目建设符合三区三线中的生态保护红线的管理要求。

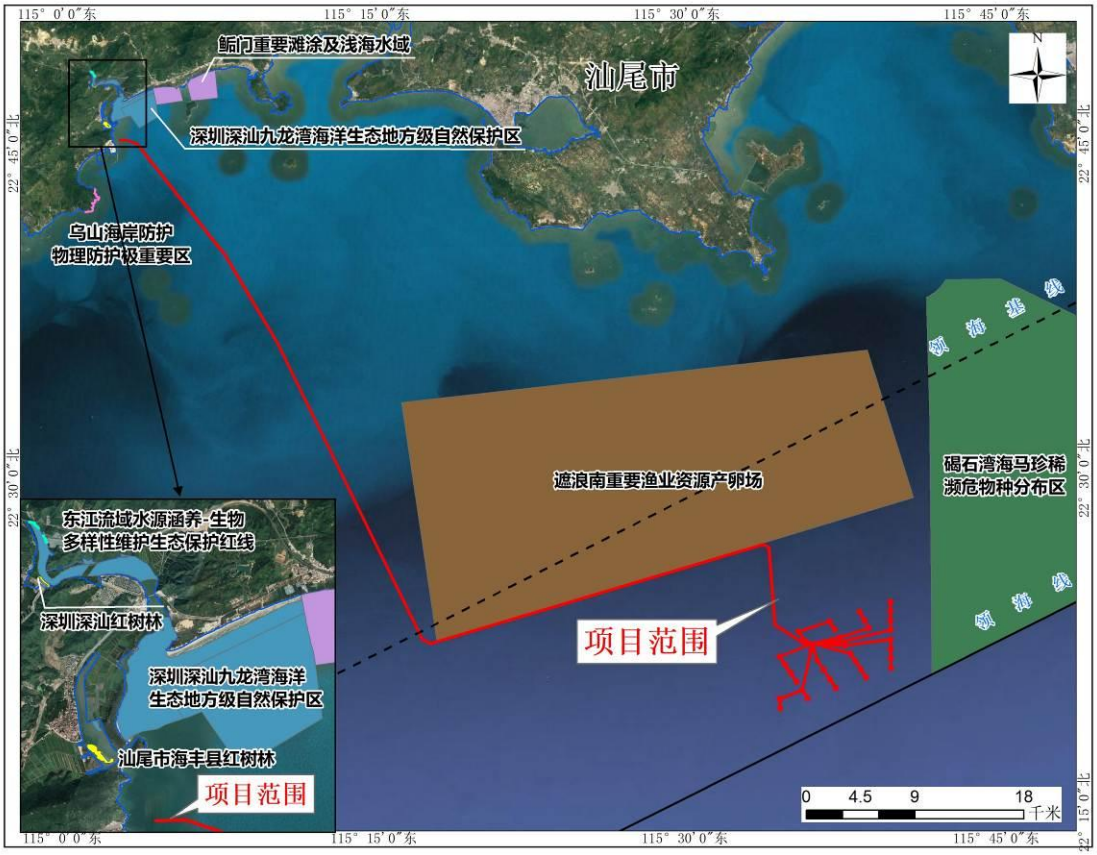


图 7.1.4-4 项目与海洋生态保护红线叠加示意图

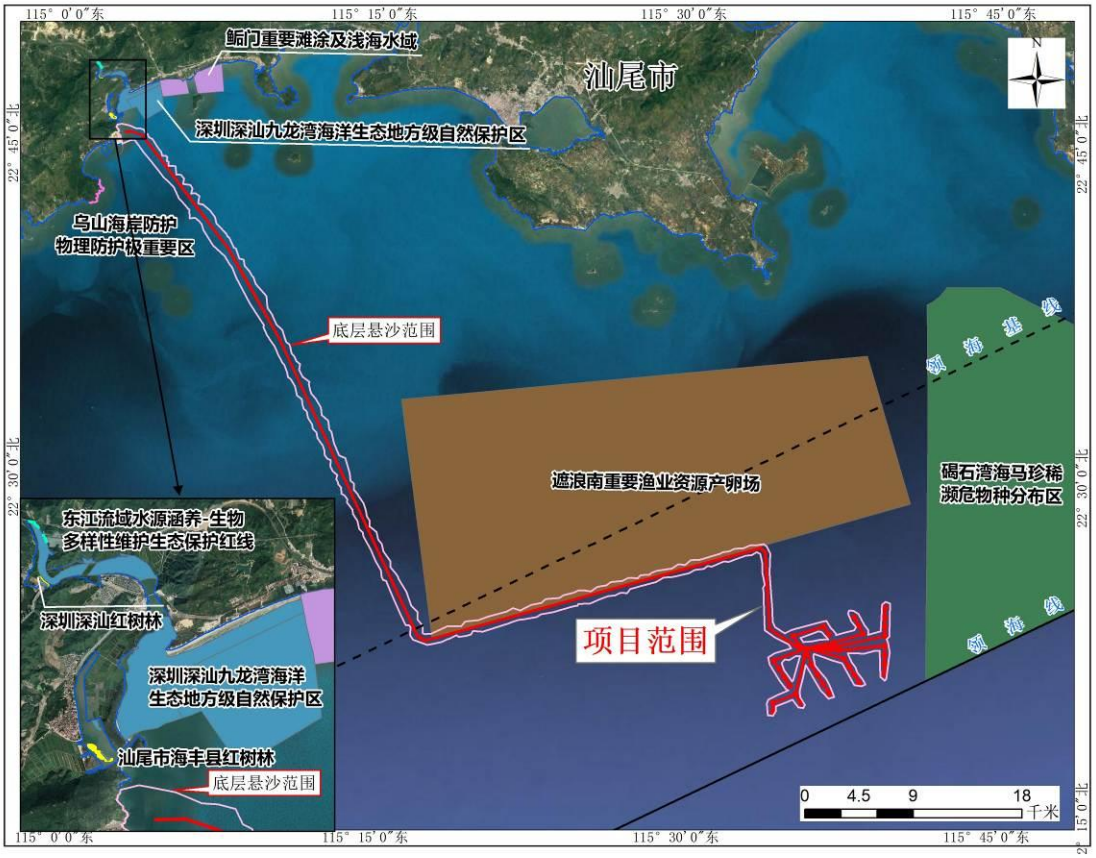


图 7.1.4-5 项目＞10mg/L 悬沙增量包络线（底层）与海洋生态保护红线叠置图

7.2 项目用海与其他相关规划的符合性分析

7.2.1 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

为深入贯彻习近平总书记对广东系列重要讲话和重要指示批示精神，2021年1月26日广东省十三届人大四次会议审议批准《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》（以下简称《省“十四五”规划》），重点明确“十四五”时期（2021-2025年）广东经济社会发展的指导思想、基本原则、发展目标、发展要求，谋划重大战略，部署重大任务，并对2035年远景目标进行展望，是战略性、宏观性、政策性规划，是政府履行经济调节、市场监管、社会管理、公共服务和生态环境保护职能的重要依据，是未来五年广东省经济社会发展的宏伟蓝图和全省人民共同的行动纲领。

《省“十四五”规划》提出，围绕建设海洋强省目标，着力优化海洋经济布局，提升海洋产业国际竞争力，推进海洋治理体系与治理能力现代化，努力拓展蓝色发展空间，打造海洋高质量发展战略要地。坚持陆海统筹、综合开发，优化海洋+空间功能布局，提升海洋资源开发利用水平，积极拓展蓝色经济发展空间。

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

在广东省因地制宜地开发建设一定规模的清洁可再生能源，是对广东省能源消耗的有益补充，符合我国能源可持续发展战略的要求。发展风电已成为许多国家推进能源转型的核心内容和应对气候变化的重要途径，也是我国深入推进能源生产和消费革命、促进大气污染防治的重要手段。

本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。

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》关于推动绿色低碳发展的规划目标。

7.2.2 与《广东省自然资源保护与开发“十四五”规划》的符合性分析

2021年11月3日，《广东省自然资源保护与开发“十四五”规划》由广东省人民政府正式印发（以下简称《规划》）。该规划是指导“十四五”时期全省土地、海洋、森林、矿产、湿地等自然资源保护与开发工作的指导性、纲领性文件。规划提出了9项重大工程，系统推进自然资源高水平保护高效率利用，全力支撑全省高质量发展。

《规划》要求，科学划定生态保护红线。按照依据科学、实事求是、应划尽划、不预设比例的原则划定生态保护红线，形成陆海生态保护红线“一张图”，保陆域和海域生态保护红线面积不低于5万平方千米。优化海域资源配置方式，严格用海控制指标，推进海域混合分层利用，盘活闲置低效用海，不断提高海域资源节约集约利用水平。

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

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

广东省沿海风能资源丰富，具备海上风电规模开发的场地和效益，潜力巨大。

本项目所在的广东省汕尾海域具有规模开发风力发电的有利条件。海上风电场的建设将有利于改善广东省的电源结构，推动我国海上风电产业的发展，并对开发可再生能源也有着重要的意义。本项目是广东省 2025 年重点建设项目，经分析，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，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，定向钻施工技术较为成熟，不会发生凹陷坍塌等事故，不会造成岸滩侵蚀，对沙滩自然资源基本无影响，不影响自然岸线形态及原有生态功能。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。本项目风机、海上升压站、海上无功补偿站、海底电缆用海占用了部分海底、海面以及部分海面上方的海域空间资源，但本项目没有大规模、高强度的工业和城镇建设，工程施工符合周边海洋功能区的要求，满足生态红线区的准入条件，且造成的悬浮物影响是暂时的，可逆的，随着施工结束，悬浮物浓度会在数小时内迅速衰减背景浓度值，在施工结束后不会影响周边自然资源的功能。

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。

7.2.3 与《广东省海洋经济发展“十四五”规划》的符合性分析

2021 年 9 月，广东省人民政府印发《广东省海洋经济发展“十四五”规划》（以下简称《规划》）。该规划是指导“十四五”时期广东海洋经济发展的专项规划，规划范围包括广东省全部海域和广州、深圳、珠海、汕头、佛山、惠州、汕尾、东莞、中山、江门、阳江、湛江、茂名、潮州、揭阳 15 个市所属陆域，海域 41.9 万平方千米，陆域 8.8 万平方千米，规划期为 2021 至 2025 年，展望到 2035 年。

《规划》要求，打造海上风电产业集群，推动海上风电项目规模化开发，基本建成已规划近海浅水区项目，推动省管海域近海深水区项目开工建设，争取粤东千万千瓦级海上风电基地纳入国家相关规划，并推动基地项目开工建设。强化

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

本项目能有力地开发广东省粤东地区的海上风电资源，有效提高风能资源的利用，有利于提高海上风电技术水平，有利于促进海上风电设备国产化、海上风机基础选型与施工技术的创新。本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。

同时，本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，风电项目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。

因此，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。

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

《汕尾市国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》

提出围绕建设海洋强市目标，依托汕尾海洋岸线资源禀赋，着力优化海洋经济布局，提升海洋产业竞争力，推进海洋治理体系和治理能力现代化，将海洋经济打造成为重要增长极和主引擎。坚持陆海统筹、综合开发，优化海洋空间功能布局，提升海洋资源开发利用水平，积极拓展蓝色经济发展空间。

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

本项目海上风电场的建设是满足汕尾市电力需求增长的需要，也是促进广东经济低碳、可持续发展的需要，是符合国家能源发展战略和规划、优化调整我国能源结构的需要。因此，项目建设符合《汕尾市国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》。

综上，本项目符合《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）》的要求，满足《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》关于汕尾西部工矿通信用海区、汕尾南部渔业用海区、遮浪南重要渔业资源产卵场生态保护区、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、金狮湾工矿通信用海区等用海区空间准入条件和相关管控要求。

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》以及《汕尾市国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》等各级相关规划的相关要求。

8 项目用海合理性分析

8.1 用海选址合理性分析

8.1.1 项目选址区位和社会条件的合理性分析

本项目拟建设 34 台 15MW 固定式风电机组、8 回 66kV 集电海底电缆、1 回 500kV 送出海底电缆、1 座 500kV 海上升压站和 1 座海上无功补偿站，位于汕尾市汕尾港南面海域，红海湾场址东侧偏南位置，拟建风电机组未超过规划范围。

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。项目的建设与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。

8.1.2 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）风能资源丰富

本风电场轮毂高度处主导风向为 ENE，主导风风向频率为 29.76%，相应 ENE 向风能频率为 49.37%；风向、风能分布相对集中，风能资源较好，具备开发建

设风电场的风能资源条件。

（3）水深地形条件的适宜性

本项目位于汕尾红海湾海上风电场场址内，离岸距离约 28.8km，水深约41m~46m，海域宽阔，附近未见岛屿、礁石分布。地水下地形较平缓，整体呈北高南低趋势，属冲海积地貌单元。总的来说，项目所处海域水深条件较好，海底地形较平坦。因此本项目所在位置的地形条件适宜。

（4）地质条件的适宜性

根据可行性研究阶段岩土工程勘测报告，本项目风电场区海底地形较为平缓，未见滑坡、崩塌、土洞等不良地质作用发育迹象及海底地震地质灾害问题。场地环境工程地质条件较简单，遭受地质灾害危害的可能性较小，工程引发地质灾害发生可能性也较小。场地地形地貌及地层条件较好，可满足风机基础建设需要，综合判定，拟建场地稳定性中等，可作为风电场工程建筑场地。

路由区出露地层相对简单，第四系晚期松散堆积物广布。整体比较适合海缆的铺设。

（5）水动力条件的适宜性

本项目风电场海区潮流类型主要表现为不规则半日潮流，测验海域短期潮位测量平均潮差为 0.82m，属弱潮海区，各测站潮流往复流结合旋转流的运动形式，余流方向基本为东北方向，含沙量总体相差不大。

本项目场址水深海域水深较大，离岸距离较远，海床表面的水动力条件较弱，难以引起海床泥沙起动，加之周围无大量泥沙输入，海床整体处于相对稳定的状态。

总体上，项目周边海域水文动力条件较好，不会对布置海上风电机组造成不利的影响。

（6）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营运期的每个环节，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。

8.1.3 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 6 章，本项目所在及周边海域开发利用活动主要为航道、航路、锚地、海上风电项目、现状红树林等。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。

8.1.4 项目用海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。本项目选址位于深能汕尾红海湾六场址范围内，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。

8.1.5 项目选址合理性分析

（1）登陆点选址合理性

根据《广东省发展改革委关于印发广东省 2023 年海上风电项目竞争配置工作方案的通知》，汕尾红海湾海上风电项目“集中送出陆上登陆点位于深汕合作区小漠街道”，见下图。

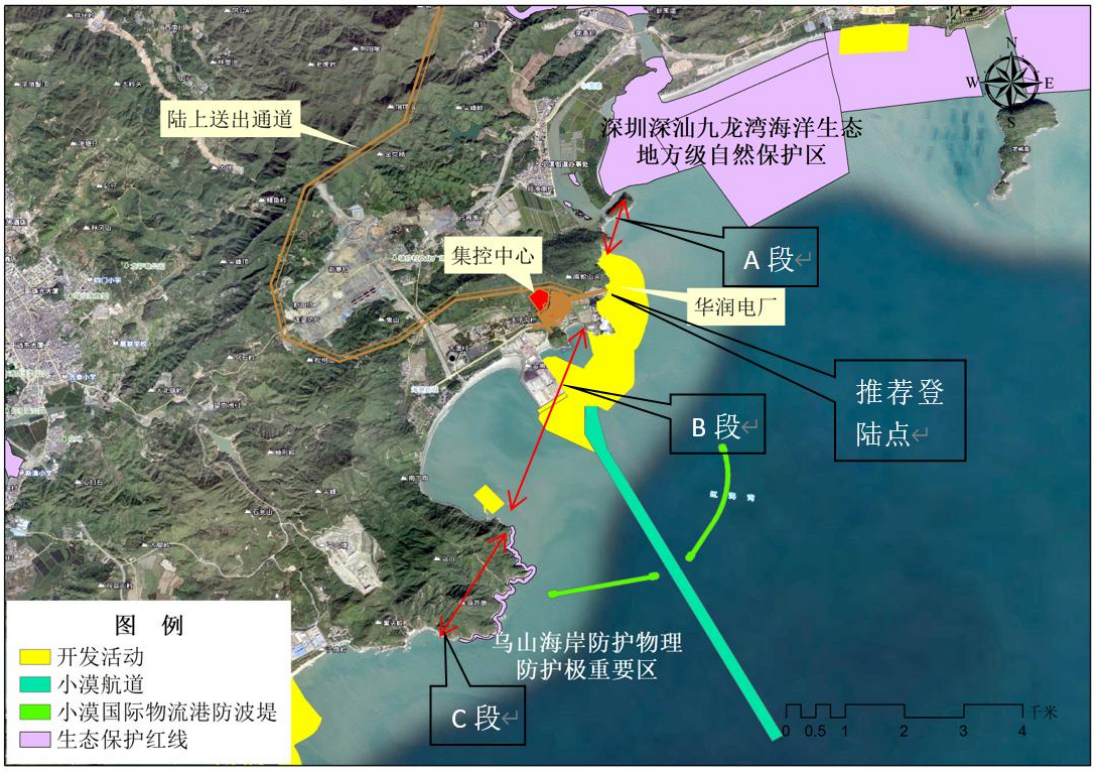


图 8.1.5-1 红海湾场址登陆点地理位置示意图

根据陆上集控中心规划位置，本项目将小漠街道岸段分为 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：该段北侧分布有深圳深汕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，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，此外该处岸线为基岩岸线，向陆一侧为山体，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深圳市深汕特别合作区华润电力有限公司的协调意见，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是合理的。

（2）风电场选址合理性

根据《广东发展和改革委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，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。本项目为深能汕尾红海湾六海上风电项目，位于红海湾风电场场址内。

根据《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》“推动海上风电项目、海洋养殖向深水远岸布局，促进海上风电与海洋油气开发、深水养殖综合开发利用，海上风电项目应满足离岸距离 30 公里或水深 30 米的开发条件限制。”本项目风电场场址区域离岸最近约为 28.8km，水深约 41m~46m，与“海上风电项目应满足离岸距离 30 公里或水深 30 米的开发条件限制”相符。本项目风电场场址不涉及各种保护区及重要、敏感和脆弱生态区域。此外，项目风电场选址与附近航道、锚地有一定的安全距离；风电场附近海域空旷，不存在有相关水上、水下建筑物等设施。

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。

8.2 用海平面布置合理性分析

8.2.1 平面布置比选分析

本项目已完成风机招标，中标机型为中船海装 H260-15MW 抗台风机组，单机容量 15MW，风轮直径 260m，详细技术参数见表 2.2.2-1 所示。

8.2.1.1 布置原则

在布置风电机组时，应充分考虑风电机组之间相互的尾流影响，确定各风电机组的间距，把尾流影响控制在合理范围内。风电机组间距的变大会使风电机组间的尾流影响降低，但同时也会降低对风能资源的利用率，增加机组间电缆的长度，增大电量损耗。海上风电场风电机组应主要根据风电场区域内风能资源条件和海底地形地质条件进行布置，布置原则为：

1）首先应充分考虑规划使用海域的周边环境限制条件，协调与港口、航道、油气管道等之间的关系。

2）根据场区内风资源分布特点，充分利用风电场盛行风向进行布置，合理选择风电机组间距。

3）布置时既要尽量避免风电机组之间的尾流影响，又要减小风电机组之间的海缆长度，以降低配套工程投资和场内输变电损耗。

4）对不同的布置方案，要按整个风电场发电量最大，兼顾各单机发电量的原则进行优化。

5）为了便于施工、运行维护和降低工程投资，同一风电场内的同期工程，尽量选用型号与单机容量相同的风电机组。

6）现阶段风机布置主要从发电效益角度出发，充分利用风能资源，且不和用海及环保冲突。

8.2.1.2 风机布置方案

（1）微观选址流程

第一步，对场址类型和外部条件进行判别。若场址周边近期无规划风电场址，则仅针对单个场址的风机排布候选区域生成排布方案；若场址毗邻或周边已规划其他风电场址，则需要考虑不同场址间的相互影响，同时针对多个场址的风机排布候选区域生成综合性的排布方案。另外，根据排布原则，结合各类外部条件，识别机位排布中的各类限制性因素及影响范围，确定实际排布区域。

本项目场址北侧距离红海湾五项目约 1km，西侧距离红海湾远期规划场址约 1km，红海湾三、红海湾四、红海湾五项目规划装机容量均为 500MW，另外本项目西侧紧邻红海湾远期两个 500MW 场址，场址西侧规划有红海湾远期 1400MW，距离约 28km。

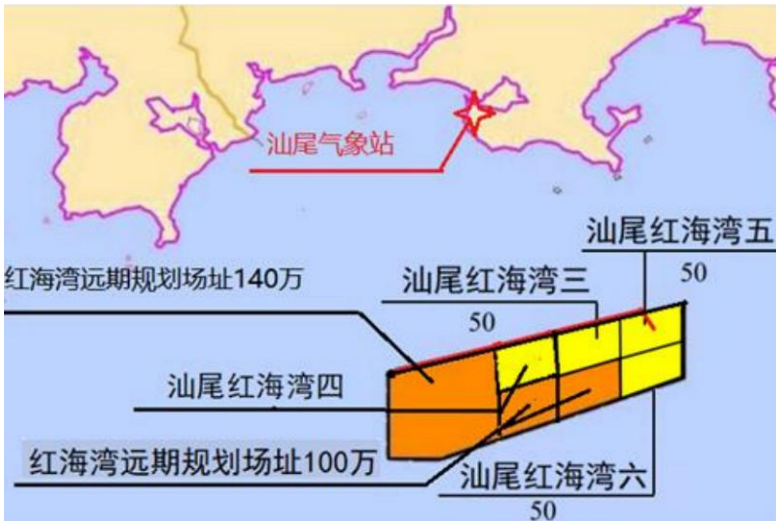


图 8.2.1-1 本项目场址周边规划场址位置示意图

2024 年 12 月 30 日，自然资源部发布了进一步加强海上风电项目用海管理的通知，通知对海上风电项目风机部分用海范围提出了新的界定标准，即以塔架中心点为圆心，以圆心至风机叶片投影最外缘点为半径的圆。本项目亦遵循该通知的新要求。

考虑南侧边线退让航路 0.3 海里（约 556m），且由于中标机型的叶轮半径为 130m，再考虑一定的安全裕度，则本次风机排布区域可设定为南侧边线退让航路 0.3 海里的场址范围内各缩 150m 所组成的区域，南侧边界附近的风机布置按风机基础外缘不超过退让线为原则。

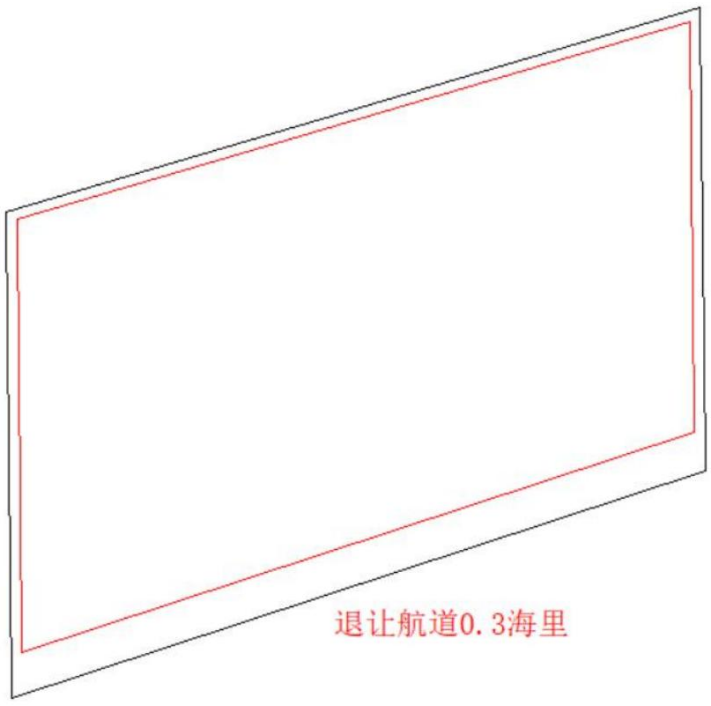


图 8.2.1-2 本项目场址可排布风机区域

第二步，在实际排布区域内，依照不同的排布方法，生成满足全场装机台数的候选排布方案。根据《海上风电场微观选址阶段发电量计算技术规范》（T/CEEIA 561-2021）的规定，可采用主导风能方向排布法、沿场址边界排布法、变间距排布法等。

对于本项目而言，根据规划容量要求，全场共需布置 34 台 15MW 的中标机型。分别采用沿场址边界排布法、主导风能方向排布法、基于平行四边形基本单元的最优排布筛选法等三种不同技术路线的排布方法，生成 7 个比选方案，记为 L1~L7。

第三步，对候选排布方法进行综合技术经济比较，比选要素包括整体发电量、平均尾流、单机最大尾流、极端风速、入流角、风切变指数等，并应符合风电机组安全性要求。

就本项目而言，由于场区内无岛屿分布，地形加速效应可以忽略，因此在与机组安全性有关的指标中，极端风速、入流角和风切指数在全场各机位处基本一致。另外，由于场址水下地形较为平坦，全场各机位可采用同一形式的基础，且全场总工程量不会随着机位改变而发生显著变化，因此影响投资和经济性指标的关键因素为发电量和集电线路。综合考虑，本报告对候选排布方案的综合技术经济对比要素包括净发电量、全场机位平均尾流损失、最大单机尾流损失、上网电量、集电线路长度与投资。

（2）微观选址方案

根据中标机型参数，利用排布软件和本阶段风资源输入所形成的最佳朝向方位角扇区内的优选方案形成风机排布比选方案 L1~L7，供进一步的综合比选。

L1 方案：各列基本垂直于主导风向，与主导风向夹角约为 105°。采用变间距排布形式，共计 6 列。适当扩大 3~4 列和 4~5 列的列间距。列间距为 7.7~9.4D，行间距为 3.0~3.2D。

L2 方案：各列基本沿场址边线平行布置。与主导风向夹角约为 67.5°，采用变间距排布形式，共计 5 列。适当扩大 2~3 列和 3~4 列的列间距。列间距为 8.1~9.7D，行间距为 3.5~4.4D。

L3 方案：各列基本垂直于主导风向布置。与主导风向的夹角约为 40°，采用变间距排布形式，共计 6 列。适当扩大 2~3 列和 3~4 列的列间距。列间距为

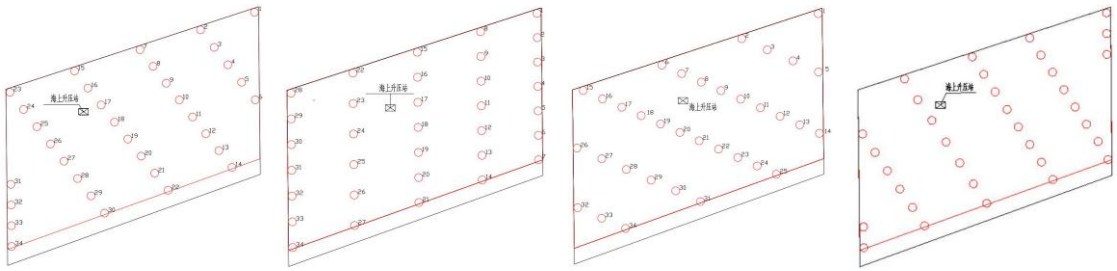
8.0~8.2D，行间距为 3.1~4.1D。

L4 方案：各列基本垂直于主导风向。采用变间距排布形式，与主导风向呈 100°夹角，共计 6 列。沿主导风向第 3~4 列扩大列间距，并通过控制风机数量增大行间距。列间距为 7.4~10.0D，行间距为 3.0~3.6D。

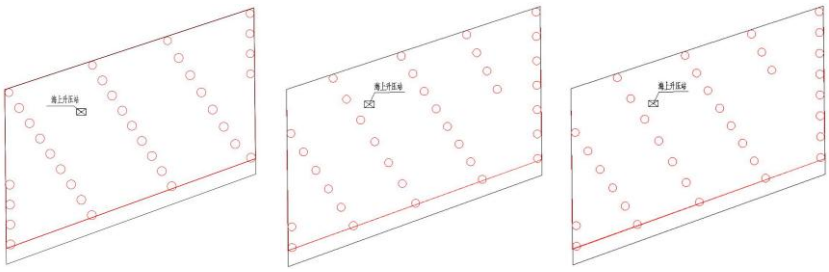
L5 方案：各列基本垂直于主导风向。采用变间距排布形式，与主导风向呈 100°夹角，共计 5 列。沿主导风向第 2~3、3~4 列扩大列间距，进一步缩小行间距。列间距为 7.1~12.2D，行间距为 2.6~3.1D。

L6 方案：各列基本垂直于主导风向。采用变间距排布形式，该方案在 L4 方案的基础上将 8~11#机位移动至场址东边界处，沿场址东边界布置，共计 6 列。沿主导风向第 2~3、3~4 列扩大列间距，进一步缩小行间距。列间距为 7.0~12.2D，行间距为 3.0~3.6D。

L7 方案：各列基本垂直于主导风向。采用变间距排布形式，该方案在 L4 方案的基础上将 7~11#机位移动至场址东边界处，沿场址东边界布置，共计 6 列。沿主导风向第 2~3、3~4 列扩大列间距，进一步缩小行间距。列间距为 7.4~12.2D，行间距为 3.0~3.6D。



L1 方案　　L2 方案　　L3 方案　　L4 方案



L5 方案　　L6 方案　　L7 方案

图 8.2.1-3 各方案风机排布示意图

（3）发电量比较

根据 L1~L7 布置方案，考虑周边风场的尾流影响，对整场发电量进行比较。

基于 WAsP 软件，计算结果显示 L7 方案发电量最优，L5 方案次之，L4 方案排名第三位，L6 方案排在第四位，L4~L7 方案小时数差距不大。L1、L3 分别排在五~六位，L2 发电量最低。

平均尾流方面，L7 方案平均尾流最小，L5 平均尾流次之，L4 再次。

最大尾流控制方面，L7 单机最大尾流 15.06%，为最优，L6、L4、L1、L3、L2 排在二~六位；L5 单机最大尾流位为 17.03%，为所有方案中最高。

对发电量和平均尾流接近的 L4、L5、L6、L7 方案做进一步分析，其中 L5 方案通过缩小行间距，扩大列间距，达到了降低平均尾流的效果，但某些机位的尾流会相应增大。

表 8.2.1-1 各方案 WAsP 计算的发电量、尾流对比表

方案 指标	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7
年净发电量（GWh）	2193.636	2178.665	2183.031	2199.371	2200.282	2198.246	2201.483
平均尾流损失（%）	11.28	11.89	11.71	11.05	11.01	11.09	10.96
最大单机尾流（%）	16.37	16.89	16.52	15.41	17.03	15.28	15.06
综合折减系数（%）	76	76	76	76	76	76	76
年上网电量（GWh）	1667.163	1655.785	1659.104	1671.522	1672.332	1670.667	1673.127
等效满发小时数（h）	3269	3247	3253	3277	3279	3276	3281
容量系数（%）	37.32	37.06	37.14	37.41	37.43	37.40	37.45

（4）技术经济比较

风机数量和各方案的平均水深基本无差异，因此基础工程量和造价亦无明显差异。因此方案的经济性主要取决于上网电量和海缆投资。

基于 WAsP 软件计算的发电量成果，综合分析各方案的投资和收益以及经济性。电价按含税电价 0.453 元/kW 计，按 25 年发电量折现计算。

表 8.2.1-2 微观选址比选方案收益差值对比

方案 指标	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7
上网电量	1667.163	1655.785	1659.104	1671.522	1672.332	1670.667	1673.127

（GWh）							
发电小时数（h）	3269	3247	3253	3277	3279	3276	3281
25 年电量收益现值（万元）	965431	958842	960764	967955	968424	967460	968884
集电海缆投资总费用（万元）	111896	112637	110751	112548	113170	112891	113178
收益差值（万元，以 L7 方案为基准）	-2204	-9534	-5726	-299	-485	-1170	0

由上表可知，基于 WAsP 软件计算的发电量成果，考虑收益和投资后，L7 方案的收益最高，比排名第二的 L4 方案收益高约 299 万元（25 年），L5 方案排在第三位，L6 方案排在第四位，以上四个方案相对其余三个方案 L1~L3 方案经济性有较明显优势。

综上可知：基于 WAsP 软件计算，L4、L5、L6、L7 方案在发电收益、平均尾流、海缆投资、经济性等方面较其他方案优势较明显。其中 L7 方案的发电收益和经济性最优，L7 方案在单机最大尾流控制方面有优势。

（5）尾流影响分析

对 L4、L5、L6、L7 方案的尾流分布采用 WAsP 软件进一步分析：

L4 方案单机尾流超过 14%的机位数量为 9 台，尾流超过 15%机位数为 2 台，尾流超过 16%的机位数为 0 台。

L5 方案单机尾流超过 14%的机位数量为 9 台，尾流超过 15%机位数为 3 台，尾流超过 16%的机位数为 2 台，分别为最西侧的 31#和 32#机位。

L6 方案单机尾流超过 14%的机位数量为 6 台，尾流超过 15%机位数为 1 台，尾流超过 16%的机位数为 0 台。

L7 方案单机尾流超过 14%的机位数量为 6 台，尾流超过 15%机位数为 1 台，尾流超过 16%的机位数为 0 台。

由于 L5 方案存在风场中后排行内间距小于 3D 的情况，WAsP 尾流模型计算会存在失真的情况，针对 L5 排布的特殊情况，采用 WT 大规模风场尾流模型复核发电量成果，并分析方案间的收益差值，结果表明：L7 方案收益最高，其次

为 L4 方案，L6 方案排在第三位，L5 在大规模尾流模型下的尾流最大，发电量计算值和收益值最低。

表 8.2.1-3 采用 WT 软件计算发电量和收益计算成果

方案 指标	L4	L5	L6	L7
净发电量（GWh）	2047.597	2031.364	2047.071	2050.171
折减系数（%）	76	76	76	76
平均尾流（%）	16.82	17.49	16.83	16.70
上网电量（GWh）	1556.174	1543.837	1555.774	1558.130
小时数（GWh）	3051	3027	3051	3055
25 电量收益现值（万元）	901158	894014	900927	902291
集电海缆投资总费用（万元）	112548	113170	112891	113178
收益差值（万元，以L7 方案为基准）	-503	-8269	-1077	0

（6）推荐方案

综合考虑发电量、尾流效应、投资造价、经济性等方面的对比分析结果：基于 WAsP 软件计算，满发小时数 L7 方案最高。综合发电量和海缆造价，L7 方案经济性稍优。

考虑到 L4~L7 方案小时数接近，且 L5 方案行内间距为 2.6~3.1D，WAsP 的尾流模型计算值存在失真情况。因此对 L4、L5、L6、L7 方案做进一步尾流计算分析。基于大规模风场尾流模型 LWF 计算结果，L7 平均尾流比 L5 低约 0.79%，满发利用小时数比 L5 方案高约 28h。结合集电海缆造价，综合分析 L7 方案的经济性高于其他方案。因此本阶段推荐 L7 方案为风机排布推荐方案。

综上，本风电场综合考虑了场址区特殊环境、气候等条件要求，从机组性能、经济效应、风机尾流影响等方面出发，对布置方案进行比选，达到风电场最好的发电效益，充分利用场址风力资源，最终确定布置方案。风电机组的布置满足了项目建设、开发的需求，同时调整风机内部间距，降低风机尾流影响，并体现了集约节约用海，充分考虑对周边海洋开发活动的影响，提高了项目的用海合理性，因此本项目风电机组用海平面布置合理。

8.2.1.3 海上升压站及 66kV 集电海缆

为降低海底电缆的整体投资，在海上升压站布置上考虑尽量缩短 500kV 海

底电缆及 66kV 海底电缆的长度，即海上升压站应设置在风电场中心或靠近陆地侧；为便于运行船只进入，海上升压站与运行船只码头间的可通航水域距离应尽量缩短，即海上升压站应设置在风电场北侧。综合考虑，本项目海上升压站选址于风电场址内偏西北侧。

综合考虑经济性、用海面积，集电系统接线拓扑布局采用链形拓扑结构。风机按 8 个回路 66kV 海底电缆布置，各个回路连接 4-5 台风机，风机连接电缆不交叉不重叠，总长度 52.10km。

因此，本项目海上升压站从场址地质、施工条件及技术条件要求出发；66kV 集电线路从经济性较优、线路长度较短，用海面积较小的角度出发，根据风电机组布置及考虑每个 66kV 母线段所带风电机组数量尽量平衡，设置 8 回 66kV 集电海底电缆，体现了集约节约用海的原则，提高了项目的用海合理性。

8.2.1.4 500kV 送出海缆

根据《深能红海湾六海上风电项目路由选择依据说明材料（报批稿）》（2025 年 1 月），依据《海底电缆管道路由勘察规范》（GB17502-2009）的要求，根据光缆设计原则，充分考虑海域自然环境、社会条件、海洋开发活动等因素，通过现场踏勘和与设计单位的沟通，结合红海湾海上风电场已有的相关研究成果初步选取了三条预选路由方案。

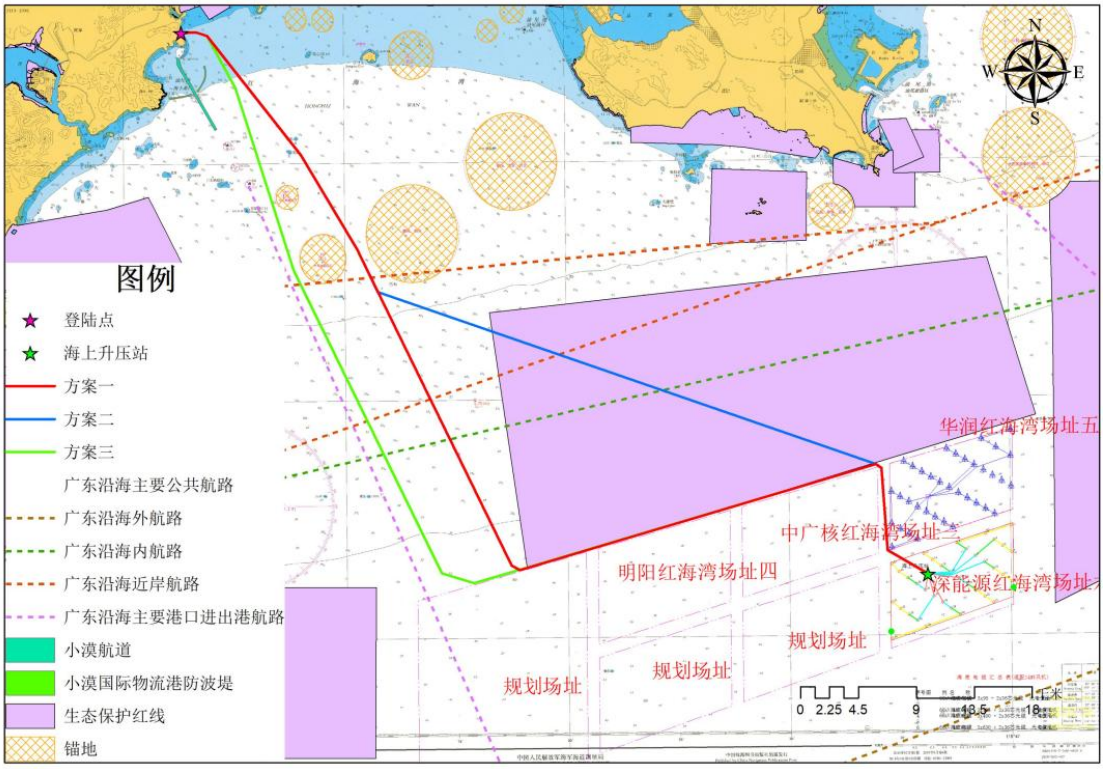


图 8.2.1-4 路由方案示意图

其中方案三并行广东沿海主要港口进出港航路，距离该航路中心线最近约0.63km，经建设单位与海事主管部门的沟通结果，该方案补偿站对船舶通航影响大，为此本项目后续比选方案主要为预选路由方案一和预选路由方案二。

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 48.33km 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 28.82km 后到达场址五西北角，最后向东南方向避开海上风机位置延伸 10.54km 到达海上升压站。全长约 89.71km。

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 23.96km 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 40.90km 到达场址五西北角，最后向东南方向避开海上风机位置延伸 10.54km 到达海上升压站。全长约 77.44km。

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，从海洋功能区划、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 8.2.1-4 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	89.71km	77.44km	方案二优
与已建路由的位置关系	没有交越		两方案一致
与航道位置关系	与航道交越 4 次、航路交越 5 次		两方案一致
与锚地位置关系	最近约 0.78km		两方案一致
与倾废区位置关系	最近约 11.0km		两方案一致

表 8.2.1-5 预选路由可行性与节约集约性比选

比选指标 \ 路由		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）》等相符合		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	在生态保护红线范围内路由长度 6.0km	在生态保护红线范围内路由长度 31.3km，路由自西北至东南向贯穿生态保护红线，对生态保护红线的影响较大	方案一较优
	陆域用地	登陆点附近可用地条件好		两方案一致
节约集约性	海域使用	统筹布置红海湾场址送出管廊，能尽可能减少所有送出海缆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域	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）两预选路由方案所在海域工程环境条件均较为适宜，预选路由与所经过海域海洋功能区的主导功能是相符合的；同时对周边海洋功能区产生的不利影响不大，与周边的主导海洋功能也不产生排它性冲突。

（2）在路由长度上，方案一的长度比方案二长约 12.29km，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。

（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）方案一在生态保护红线范围内路由长度 6.0km，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 31.3km，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、功能区划等的资料收集与分析，同时考虑了用海的节约和集约原则及后期对光缆的保护与维护，本项目送出海缆平面布置采用预选路由方案一是合理的。

8.2.2 是否体现节约集约用海的原则

根据《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），严格控制海上风电场实际占用海域面积，单位装机容量风电场面积等指标均要符合节约集约用海管控要求。本项目规划装机容量 500MW（实际装机容量为 510MW），风电场场址水深 41m~46m，距离陆地最近约 28.8km，项目投资额 788191 万元，风电场外缘边线包络海域面积 5081.9831 公顷，项目申请用海面积 443.2221 公顷，风电场外缘边线包络范围内申请确权面积 271.6520 公顷。

（1）单位装机容量风电场面积

单位装机容量风电场面积=风电场外包络线面积（公顷）/风电场装机容量（兆

瓦）=5081.9831 公顷/510MW=9.96 公顷/兆瓦

（2）海域利用率

海域利用率=风电场外包络线内海上风电项目用海确权面积和复合利用的养殖网箱、海洋牧场、海上光伏、波浪能发电、制氢、储能等设施确权面积（公顷）/风电场外包络线面积（公顷）×100%=271.6520 公顷/5081.9831 公顷×100%=5.35%

（3）投资强度

投资强度=固定资产总投资（万元）/项目用海确权面积（公顷）=788191 万元/443.2221 公顷=1778.37 万元/公顷

综上，本项目单位装机容量风电场面积 9.96 公顷/兆瓦，海域利用率 5.35%，投资强度 1778.37 万元/公顷，符合“离岸 30 千米或水深大于 30 米，单位装机容量风电场面积≤15 公顷/兆瓦，投资强度≥800 万元/公顷”的要求。海域利用率作为鼓励性指标，包含风电场外包络线内海上风电项目用海确权面积和复合利用的养殖网箱、海洋牧场、海上光伏、波浪能发电、制氢、储能等设施确权面积（公顷），此次仅计算海上风电的用海面积，暂不符合≥6%的要求，本项目后续将在风电场内配套布置海洋牧场，提高海域利用率。而且根据《风电场工程微观选址技术规范》（NB/T 10103-2018）“6.1.6 风电场整体平均尾流损失宜小于 8%，单台风电机组的尾流损失宜控制在 15%以内”，本项目平均尾流损失达到 16.70%，最大单机尾流损失为 28.2%，若为了满足海域利用率≥6%的要求，减小风电场外包络面积，继续压缩风机布置行列间距会导致尾流影响急剧增加，影响机组安全性。因此本项目建设符合集约节约的原则，提高了该海域资源利用效率，同时实现发电效益最大。

综上，本项目用海平面布置体现了节约集约用海的原则。

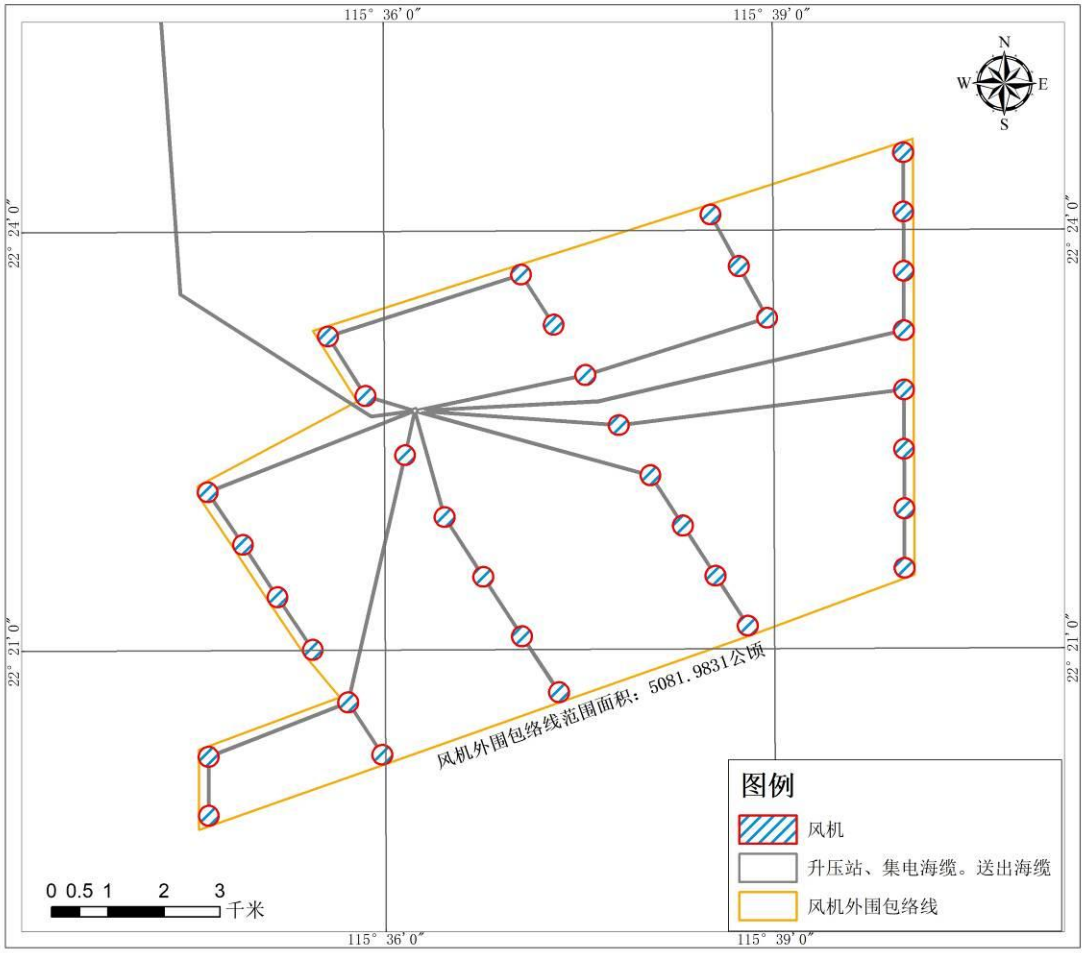


图 8.2.2-1 本项目风机外围风机包络范围示意图

表 8.2.2-1 节约集约控制指标表

序号	指标名称	指标值	**本项目**	**是否符合**
		单机容量≥12 兆瓦	**34 台 15MW**	/
1	离岸距离和水深	离岸 30 千米，或水深大于 30 米	**离岸 28.8km、水深 41m~46m**	**是**
2	单位装机容量风电场面积（公顷/兆瓦）	≤15	**9.96**	**是**
3	海域利用率	≥6%	**5.35%**	**否**
4	投资强度（万元/公顷）	≥800	**1778.37**	**是**

8.2.3 是否有利于生态保护，并已避让生态敏感目标

本项目风机排布之间有一定的间距，对海洋水文、地形地貌与冲淤环境的影响很小，基本不会对海域造成不可逆的生态影响。风机桩基基础采用导管架基础结构，基础采用桩基础型式，通过沉桩施工打入海床底土，桩基可发挥人工鱼礁的功能，本项目正式运营后，场区范围禁止捕捞作业，具备人工鱼礁的属性，对

改善海域生态环境，营造海洋生物栖息的良好环境，为鱼类等提供繁殖、生长、索饵和庇敌的场所。因此，项目平面布置基本不会对所在海域的生态环境保护造成不良影响。

本项目送出海缆穿越了遮浪南重要渔业资源产卵场，该生态保护红线南侧边缘与汕尾红海湾海上风电场址北侧边缘之间为一狭长通道，通道最窄处约 88m。根据汕尾红海湾场址海底电缆送出路由管廊的布置及其登陆点位于风电场西北侧的布局特征，同时考虑到红海湾场址三、四集中送出路由位于红海湾场址中部，红海湾五、红海湾六位于红海湾场址最东部，为统筹布置各场址送出路由，尽可能减少整个红海湾场址海底电缆送出路由所占用的海域资源，同时避免红海湾场址不同区块送出路由之间产生交越，为此各区块送出路由在路由管廊内的走向自东向西依次为场址五、场址六、场址三四、场址三四南侧两规划场址及场址四西侧规划场址；在风电场北边缘狭长通道内上述送出海缆自北而南依次布局。考虑到该处的水深条件，为保障安全施工，场址送出通道在该处最少需 367m，超过该 88m 的通道条件。因此，本项目送出海缆穿越遮浪南重要渔业资源产卵场属于不可避让。

根据《海上风电开发建设管理办法》：在各种海洋自然保护区、海洋特别保护区、自然历史遗迹保护区、重要渔业水域、河口、海湾、滨海湿地、鸟类迁徙通道、栖息地等重要、敏感和脆弱生态区域，以及划定的生态红线区内不得规划布局海上风电场。本项目风电场布置在红海湾场址六，风电场场址避开了生态红线区、海洋保护区，符合相关要求。

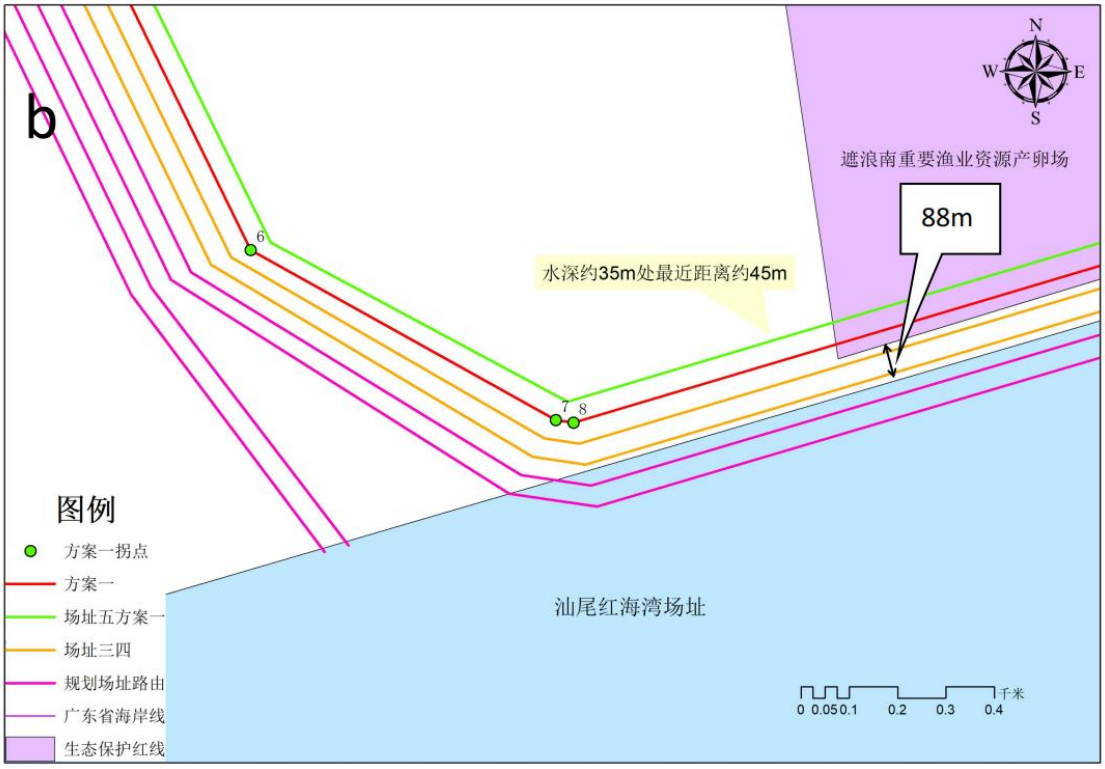


图 8.2.3-1 红海湾场址送出路由与遮浪南重要渔业资源产卵场位置示意图

8.2.4 能否最大程度地减少对水文动力环境和冲淤环境的影响

本项目海底电缆埋设于海床以下，不会对水动力及冲淤环境造成影响。就数值模拟结果来看，风电场桩基建设造成的影响较为有限。在规划装机总容量500MW 的前提下，现阶段方案采用的风电机组单机容量较大，风电机组所需布设的台数相对较少，桩基施工数量减少，有利于减缓项目建设对水文动力环境、冲淤环境的影响。根据现阶段平面布置方案，本项目建设对周边海域的水文动力环境、冲淤环境总体影响不大，影响范围基本局限于风电场规划场址范围及周边一定范围的海域。

8.2.5 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 6 章，本项目所在及周边海域开发利用活动主要为航道、航路、锚地、海上风电项目、现状红树林等。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。

根据现阶段平面布置方案，本项目的开发建设可与周边其他用海活动相适应。

综上，项目用海平面布置是合理的。

8.3 用海方式合理性分析

本项目用海方式为构筑物（一级方式）的透水构筑物（二级方式）和其他用海方式（一级方式）的海底电缆管道（二级方式），本节通过是否遵循尽最大可能不填海和少填海、不采用非透水构筑物，尽可能采用透水式、开放式的用海原则；能否最大程度地减少对海域自然属性的影响，是否有利于维护海域基本功能；能否最大程度地减少对区域海洋生态系统的影响；能否最大程度地减少对水文动力及冲淤环境的影响分析项目用海方式的合理性。

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

本项目建设风机、海上升压站、海上无功补偿站和海底电缆，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，风机、海上升压站、海上无功补偿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。

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

本项目建设透水构筑物和海底电缆管道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。

8.3.3 能否最大程度地减少对区域海洋生态系统的影响

本项目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。

项目桩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，项目风电场场址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。

8.3.4 能否最大程度地减少对水文动力环境和冲淤环境的影响

本项目透水构筑物和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。

8.4 岸线利用合理性分析

本项目 500kV 送出海缆登陆点位于深汕合作区小漠街道东侧海岸，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 0.8m（见图 5.2.1-2）。

8.4.1 岸线利用必要性

本工程作为海上风电项目，项目 500kV 海底电缆的建设需占用岸线，是由其工程建设的特殊性质及项目建设的必要性决定的。

本项目海上风电场的送出方式为：海上风电机组发出的电能通过 66kV 集电海缆接入海上升压站，由海上升压站通过 500kV 海底电缆送出至陆上集控中心。

海上升压站位于海中，陆上集控中心位于深汕合作区小漠街道，500kV 海底电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、功能区种种因素确定，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街道东侧海岸，华润海丰电厂“上大压小”新建工程厂区内，为基岩岸线。500kV 海底电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 海底电缆登陆段的建设穿越岸线是不可避免，也是必要的。

8.4.2 岸线利用合理性

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 海底电缆登陆段的建设穿越岸线是合理的。

8.4.3 减少利用岸线的可能性

本项目穿越岸线长度是根据 500kV 海底电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 海底电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、功能区种种因素确定的，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。

8.4.4 海岸线占补分析

根据《广东省自然资源厅关于印发海岸线占补实施办法的通知》（粤自然资规字〔2025〕1 号），“海岸线占补是指项目建设占用海岸线（包括大陆岸线和海岛岸线，均包含自然岸线和人工岸线）导致海岸线原有形态或生态功能发生变化，要进行海岸线整治修复，形成生态恢复岸线，实现海岸线占用与修复补充相平衡。

《关于推动我省海域和无居民海岛使用“放管服”改革工作的意见》（粤府办〔2017〕62 号）印发后（即 2017 年 10 月 15 日后），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。”

本项目 500kV 送出海缆登陆点位于深汕合作区小漠街道东侧海岸，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，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，不会导致自然岸线长度、原有形态及生态功能发生改变，不进行岸线占补。

8.5 用海面积合理性分析

《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），用海项目需排他性使用海域的特定层空间（水面、水体、海床或底土），且不妨碍其他层空间继续使用的，原则上仅对其使用的相应层空间设置海域使用权。可实施立体分层设权管理的用海活动包括但不限于：主要使用水面（含上覆空间）的跨海桥梁、桩基式海上光伏等用海；主要使用水体的温（冷）排水、污水达标排放等用海；主要使用海床的底播养殖等用海；主要使用底土的海底电缆管道、海底隧道等用海。因此，本项目申请用海阶段考虑对风机、66kV 集电海缆及 500kV 送出海缆进行立体分层设权。此外，本项目送出海缆登陆段申请用海范围与华润海丰电厂“上大压小”新建工程温排水排放（确权用海方式为取、排水口）用海范围重叠，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 500kV 送

出海缆申请用海范围对该重叠部分进行避让。

最终确定本项目申请总用海面积为 443.2221 公顷，其中透水构筑物用海面积为 181.6992 公顷，海底电缆管道用海面积为 261.5229 公顷。

表 8.5.1-1 项目申请用海面积统计表

用海单元	用海方式	用海面积（公顷）	各用海方式用海面积合计（公顷）
风机	透水构筑物	180.9616	181.6992
海上升压站		0.3780	
海上无功补偿站		0.3596	
66kV 集电海缆	海底电缆管道	88.6200	261.5229
500kV 送出海缆		172.9029	
项目用海总面积（公顷）			443.2221

8.5.1 项目用海面积合理性

8.5.1.1 项目用海面积是否满足项目用海需求

（1）风电机组用海需求

根据《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）“海上风电项目风机部分用海方式界定为透水构筑物用海，用海范围包括塔架部分和塔架外扩一定距离的保护范围，具体以塔架中心点（风机系泊点）为圆心，以圆心至风机叶片投影最外缘点为半径的圆为界。”本项目在规划场址范围内布置 34 台 15MW 风机，15MW 风轮直径为 260m（半径 L 为 130m），轮毂中心和塔筒中心轴线的水平距离为 6.343m，详见图 8.5.1-1。计算得 15MW 风机塔架中心点与风机叶片投影最外缘点连线长度为 r 为 130.16m，详见图 8.5.1-2。因此 1 台 15MW 风机占用海域面积为 5.3224 公顷，则本项目 34 台 15MW 用海需求为 180.9616 公顷。

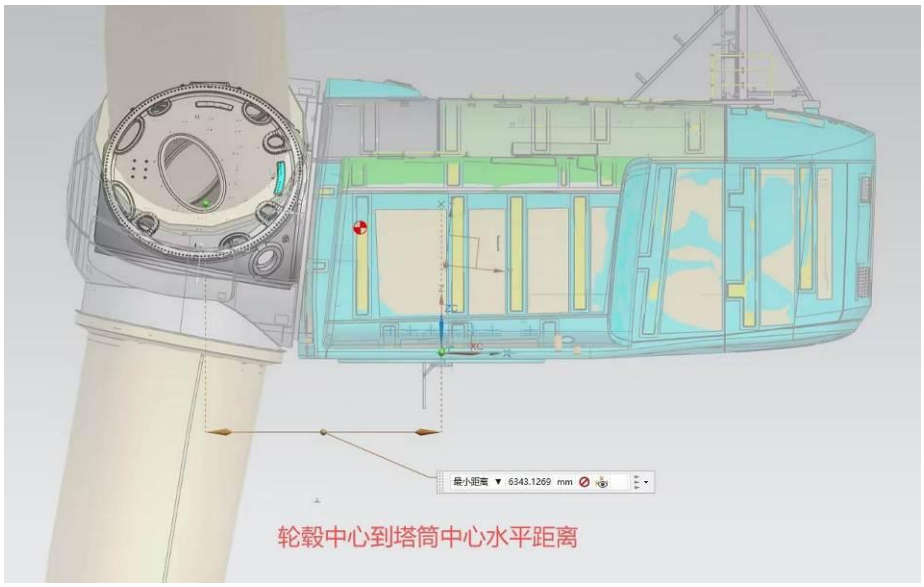


图 8.5.1-1 15MW 风机轮毂中心到塔筒中心水平距离示意图

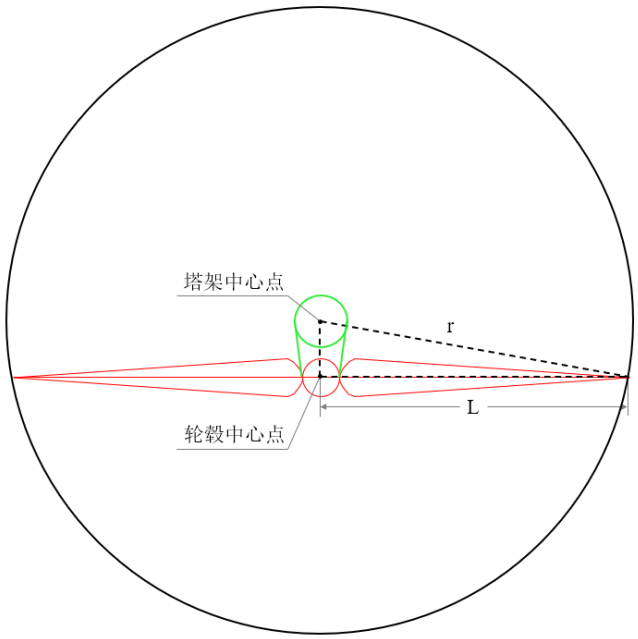


图 8.5.1-2 风机用海范围界定示意图

（2）海上升压站、海上无功补偿站用海需求

本项目拟布置 1 座 500kV 海上升压站和 1 座海上无功补偿站，均为四桩导管架基础结构。海上升压站垂直投影最外缘尺寸为 43m×40m；海上无功补偿站垂直投影最外缘尺寸为 42m×38m。因此海上升压站需占用海域面积为 0.1720 公顷，海上无功补偿站需占用海域面积为 0.1596 公顷。

本项目海上升压站、海上无功补偿站用海面积根据《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、海上无功补偿站申请用海面积由垂直投影外缘向外扩 10m 确定申请用海范围。本项目海上升压站用海需求为 0.3780 公顷，海上无功补偿站用海需求为 0.3596 公顷。

（3）集电海缆用海需求

本项目风电机组发出电能需通过 66kV 集电海底电缆接入海上升压站。本项目风电场址内集电海缆全长约 52.10km，66kV 海底电缆三芯集电电缆最大外径为 174.2mm。

根据项目需要，66kV 集电海缆占用海域面积为 $174.2\times52.10\times10^{-4}=0.9076$ 公顷。根据《海籍调查规范》中海底工程用海对电缆管道的规定：“以电缆管道外缘线向两侧外扩 10m 距离为界”，再结合海底电缆的路由布置，考虑 66kV 集电海缆与风机基础、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：即风机基础和海上升压站用海优先，海底电缆次之，扣除风机、海上升压站用海与 66kV 集电海缆重叠面积，计算得出本项目 66kV 集电海缆用海需求为 88.6200 公顷。

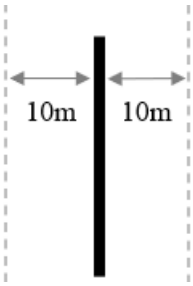


图 8.5.1-3 海底电缆用海范围界定示意图

（4）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 送出海底电缆接入海上无功补偿站，最终送入陆上集控中心。500kV 送出海底电缆最大外径为 304mm，500kV 送出海底电缆涉海长度为 89.65km，500kV 送出海底电缆占用海域面积为 $304\times89.65\times10^{-4}=2.7254$ 公顷。

根据《海籍调查规范》中海底工程用海对电缆管道的规定：“以电缆管道外缘线向两侧外扩 10m 距离为界”，再结合海底电缆的路由布置，考虑本项目 500kV 送出海底电缆与海上升压站、海上无功补偿站用海范围重叠，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、海上无功补偿站用海优

先，海底电缆次之，扣除海上升压站、海上无功补偿站用海与 500kV 送出海底电缆重叠面积；本项目送出海缆穿越华润海丰电厂“上大压小”新建工程的温排水排放用海范围，考虑温排水立体变更国家目前政策不明晰，温排水范围可能重新预测等原因，华润海丰电厂不同意立体变更，即利益相关者不可协调，因此本项目送出海缆采取避让华润海丰电厂权属范围后立体确权。此外，由于本项目送出海缆与华润汕尾红海湾五海上风电项目及汕尾红海湾三、四集中送出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，三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权属重叠，本项目与华润汕尾红海湾五海上风电项目及汕尾红海湾三、四集中送出项目对送出海缆近岸段之间的海域按照均分进行用海申请，本项目送出海缆近岸段申请用海情况详见图 8.5.1-4。计算得出本项目 500kV 送出海底电缆用海需求为 172.9029 公顷。

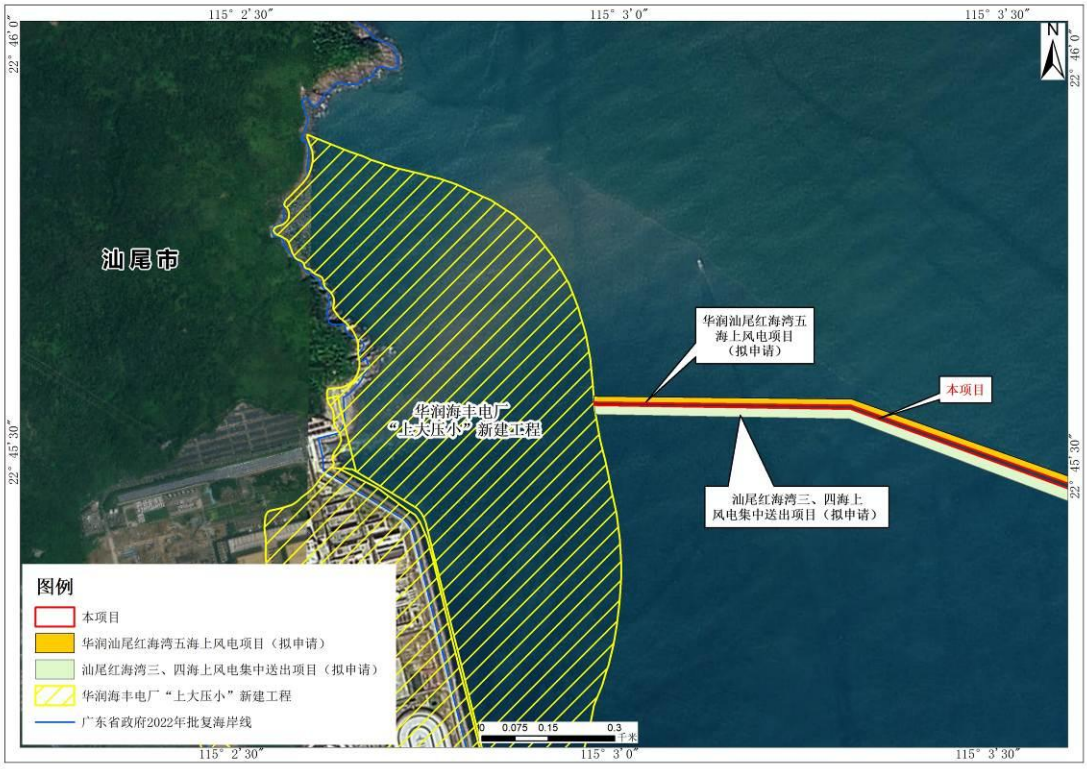


图 8.5.1-4 本项目送出海缆近岸段申请用海情况示意图

8.5.1.2 是否符合相关行业的设计标准和规范

（1）项目用海面积符合用海控制指标要求

根据《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），严格控制海上风电场实际占用海域面积，单位装机

容量风电场面积等指标均要符合节约集约用海管控要求。本项目规划装机容量500MW（实际装机容量为510MW），风电场场址水深在41m~46m之间，与陆地最近距离约28.8km，风电场外缘边线包络海域面积5081.9831公顷，单位装机容量风电场面积约9.96公顷/兆瓦，海域利用率为5.35%，投资强度1778.37万元/公顷，符合“离岸30千米或水深大于30米，单位装机容量风电场面积≤15公顷/兆瓦，投资强度≥800 万元/公顷”的要求。海域利用率作为鼓励性指标，包含风电场外包络线内海上风电项目用海确权面积和复合利用的养殖网箱、海洋牧场、海上光伏、波浪能发电、制氢、储能等设施确权面积（公顷），此次仅计算海上风电的用海面积，暂不符合≥6%的要求，本项目后续将在风电场内配套布置海洋牧场，提高海域利用率。而且根据《风电场工程微观选址技术规范》（NB/T 10103-2018）“6.1.6 风电场整体平均尾流损失宜小于 8%，单台风电机组的尾流损失宜控制在15%以内”，本项目平均尾流损失达到16.70%，最大单机尾流损失为 28.2%，若为了满足海域利用率≥6%的要求，减小风电场外包络面积，继续压缩风机布置行列间距会导致尾流影响急剧增加，影响机组安全性。

（2）与《风力发电场设计技术规范》等风电行业规范相符合

本项目风电场的设计按照《风力发电机组设计要求》（GB/T 18451.1-2012）、《风力发电场设计技术规范》（DL/T 5383-2007）、《风电场工程等级划分及设计安全标准》（FD 002-2007）、《风电机组地基基础设计规定》（FD 003-2007）、《风力发电场设计规范》（GB 51096-2015）、《海上风电场工程施工组织设计技术规定》（NB/T 31033-2012）等专业技术规范标准进行，海底电缆的布设满足《海底电力电缆输电工程设计规范》（GB/T 51190-2016）、《海底电缆管道路由勘察规范》（GB 17502-2009）等的要求，本项目设计符合风电等相关规范的设计要求。

（3）与《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》《海籍调查规范》和《海域使用面积测量规范》相符合

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《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）“海上风电项目风机部分用海方式界定为透水构筑物用海，用海范围包括塔架部分和塔架外扩一定距离的保护范围，具体以塔架中心点（风机系泊点）为圆心，以圆心至风机叶片投影最外缘点为半径的圆为界。”根据《海籍调查规范》中第 5.4.2.5 节电力工业用海，“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”；“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”。

本项目风机以其塔架中心点（风机系泊点）为圆心，以圆心至风机叶片投影最外缘点为半径的圆为界确定界址点；海上升压站、海上无功补偿站以其垂直投影的外缘线外扩 10m 确定界址点；500kV 送出海缆、66kV 集电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、66kV 集电海缆与风机、海上升压站、海上无功补偿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：即风机和海上升压站、海上无功补偿站用海优先，海底电缆次之，重叠部分面积扣除。

另外，《海籍调查规范》中还规定：避免权属争议，宗海界址界定应保障海域使用权人的正常生产活动，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。本项目送出海缆穿越华润海丰电厂“上大压小”新建工程的温排水排放用海范围，考虑温排水立体变更国家目前政策不明晰，温排水范围可能重新预测等原因，华润海丰电厂不同意立体变更，即利益相关者不可协调，因此本项目送出海缆采取避让华润海丰电厂权属范围后立体确权。此外，本项目送出海缆与华润汕尾红海湾五海上风电项目及汕尾红海湾三、四集中送出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，三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权属重叠，本项目与华润汕尾红海湾五海上风电项目及汕尾红海湾三、四集中送出项目对送出海

缆近岸段之间的海域按照均分进行用海申请。

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。

8.5.1.3 减少项目用海面积的可能性

本项目风电场的设计在满足风电工程尾流控制和安全性等需求的基础上，已经按照集约节约用海的原则，并以尽可能减少风电场占用海域面积为目标，对本项目的平面布置做了优化。现阶段，综合考虑机组安全性、发电效益等因素，根据建设单位的实际用海需求，结合总平面布置进行量算，现阶段已无减少用海面积的可能性。

8.5.2 宗海图绘制

8.5.2.1 测量相关说明

（1）宗海测量相关说明

根据《海域使用分类》《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》（HY070-2022）；

《海域使用分类》（HY/T123-2009）；

《海籍调查规范》（HY/T124-2009）；

《宗海图编绘技术规范》（HY/T251-2018）；

《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）；

《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）。

8.5.2.2 宗海界址点的确定方法

本宗海有透水构筑物、海底电缆管道共两种用海方式，共 68 个用海单元构

成，其中透水构筑物（风机、海上升压站、海上无功补偿站）用海单元 36 个，海底电缆管道（66kV 集电海缆、500kV 送出海缆）用海单元 32 个。

1）风机用海界址以其塔架中心点（风机系泊点）为圆心，以圆心至风机叶片投影最外缘点为半径的圆为界确定，15MW 风机用海半径为 130.16m；

2）海上升压站和海上无功补偿站以其垂直投影的外缘线外扩 10m 距离为界确定；

3）海底电缆用海界址是根据海底电缆设计宽度外扩 10m 距离为界确定。

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、66kV 集电海缆与风机、海上升压站、海上无功补偿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：即风机和海上升压站、海上无功补偿站用海优先，海底电缆次之，重叠部分面积扣除。

8.5.2.3 宗海图绘制

（1）宗海图的绘制方法

宗海位置图采海军航保部 2015 年出版、图号为 15300 的海图，图式采用 1998 年版，墨卡托投影，2000 国家大地坐标系，深度以理论最低潮面为基准（单位：米），高程以 1985 年国家高程为基准（单位：米），比例尺为 1:250000（22°16′）。将上述图件作为宗海位置图的底图，根据海图上附载的方格网经纬度坐标，将用海位置叠加之上述图件中，并填上《海籍调查规范》（HY/T 124-2009）上要求的其他海籍要素，形成宗海位置图。

（2）宗海平面布置图的绘制

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。

（3）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。

8.5.2.4 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、115°30′为中央子午线的 CGCS2000 大地坐标。

高斯投影反算公式：

$$l=\frac{1}{\cos B_f}\left(\frac{y}{N_f}\right)\left[1-\frac{1}{6}(1+2t_f^2+\eta_f^2)\left(\frac{y}{N_f}\right)^2+\frac{1}{120}\left(5+28t_f^2+24t_f^4+6\eta_f^2+8\eta_f^2t_f^2\right)\left(\frac{y}{N_f}\right)^4\right]$$

$$B=B_f-\frac{t_f}{2M_f}y\left(\frac{y}{N_f}\right)\left[1-\frac{1}{12}\left(5+3t_f^2+\eta_f^2-9\eta_f^2t_f^2\right)\left(\frac{y}{N_f}\right)^2+\frac{1}{360}\left(61+90t_f^2+45t_f^4\right)\left(\frac{y}{N_f}\right)^4\right]$$

（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》及本项目用海类型，界定本项目用海为 1 宗海，宗海面积 443.2221 公顷，有透水构筑物、海底电缆管道共两种用海方式，共 68 个用海单元构成，其中风机（透水构筑物）用海面积 180.9616 公顷，海上升压站（透水构筑物）用海面积 0.3780 公顷，海上无功补偿站（透水构筑物）用海面积 0.3596 公顷，66kV 集电海缆（海底电缆管道）用海面积 88.6200 公顷，500kV 送出海缆（海底电缆管道）用海面积 172.9029 公顷。

8.5.3 项目用海面积量算

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），用海方式为透水构筑物和海底电缆管道。按照《海域使用面积测量技术规范》，本次论证项目申请用海面积是根据坐标解析法进行面积计算，利用经外扩后的各点平面坐标计算面积，借助于软件的计算功能直接求得。

因此，本项目申请用海面积的界定符合《海籍调查规范》《海域使用面积测量规范》等相关规范的要求。

本项目宗海位置图见图 8.5.3-1，宗海平面布置图见图 8.5.3-2，宗海界址图见图 8.5.3-3。

深能汕尾红海湾六海上风电项目宗海位置图

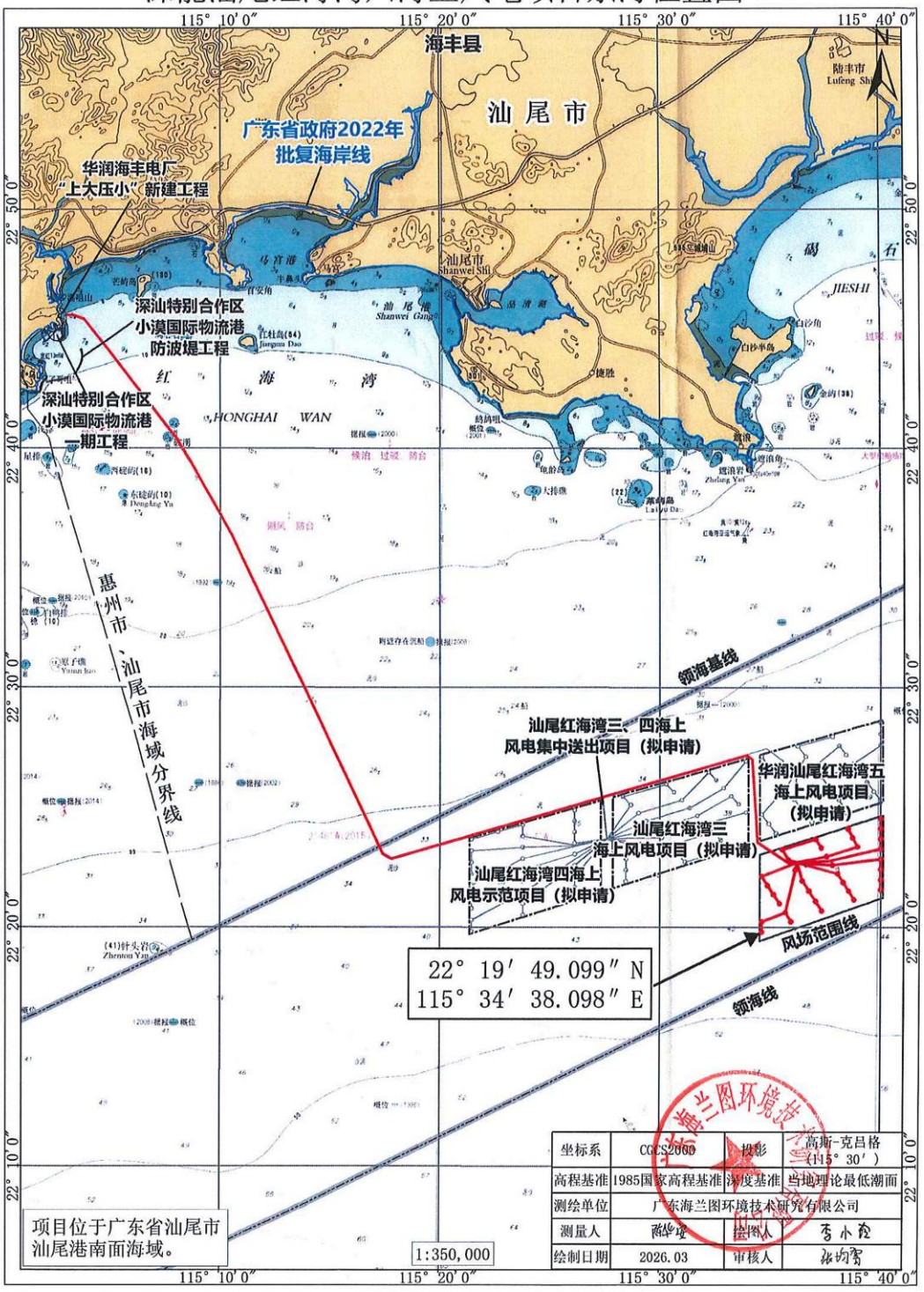
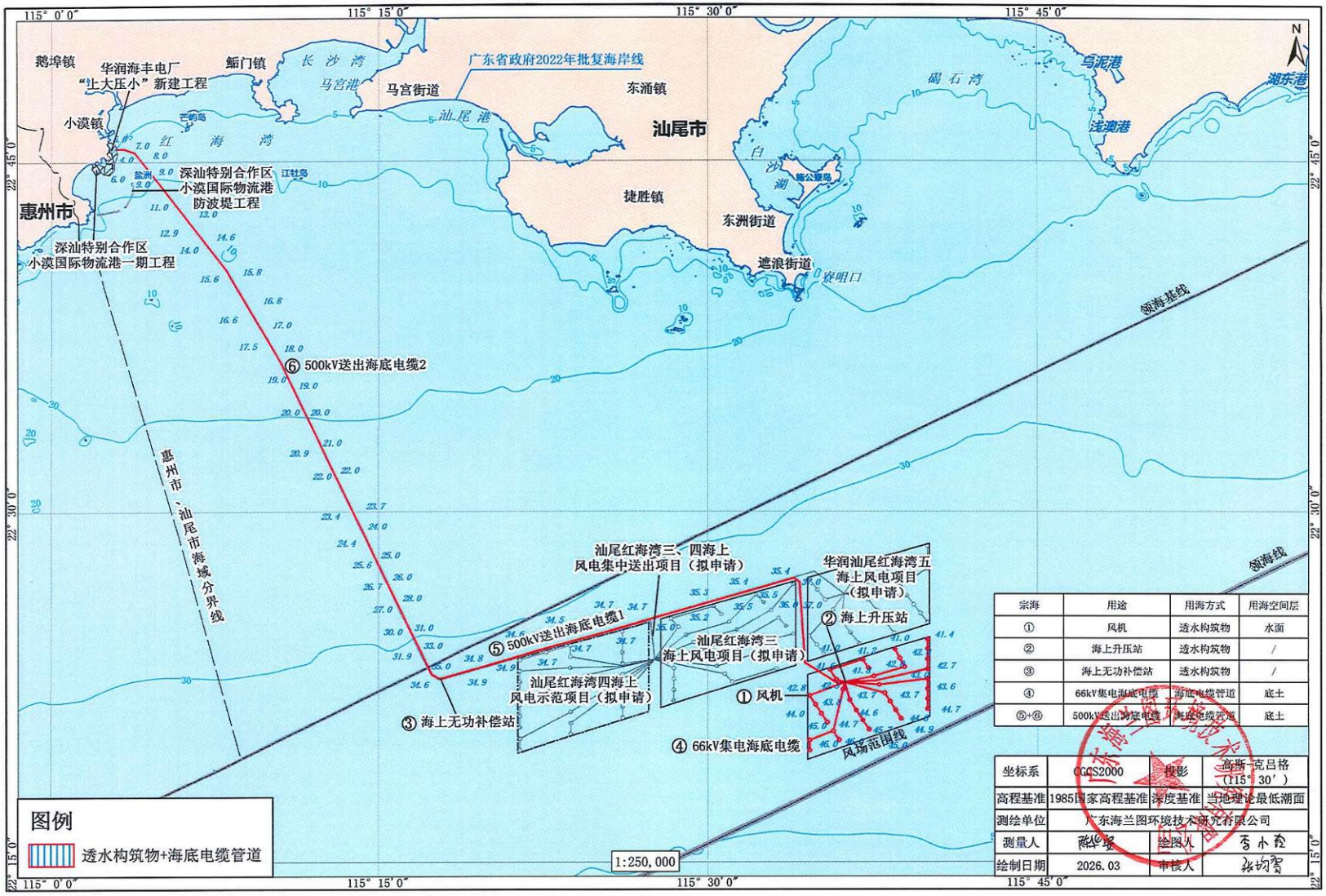


图 8.5.3-1 项目宗海位置图

深能汕尾红海湾六海上风电项目宗海平面布置图

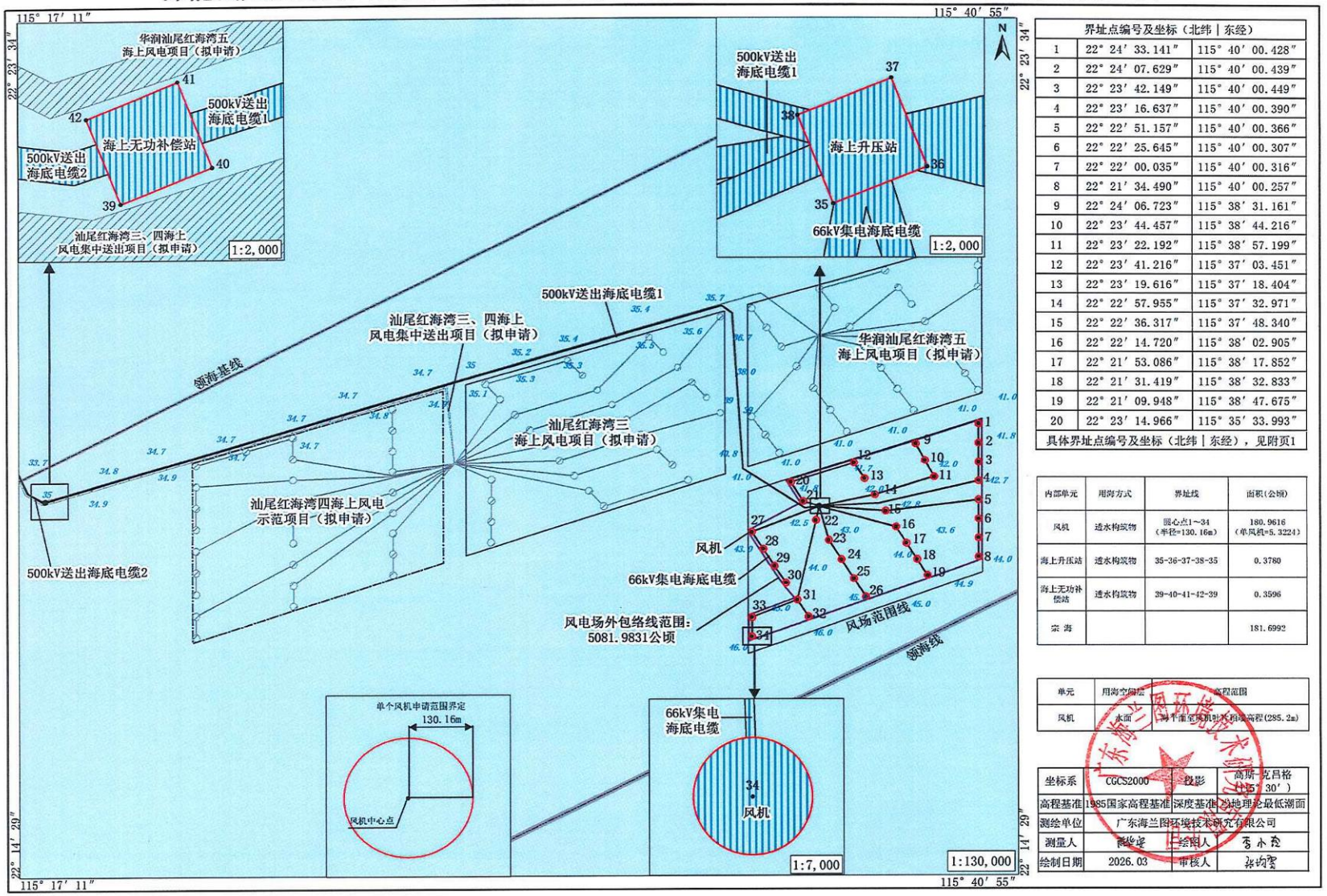


宗海	用途	用海方式	用海空间层
①	风机	透水构筑物	水面
②	海上升压站	透水构筑物	/
③	海上无功补偿站	透水构筑物	/
④	66kV集电海底电缆	海底电缆管道	底土
⑤+⑥	500kV送出海底电缆	海底电缆管道	底土

坐标系	CGCS2000	投影	高斯-克吕格（115° 30′）
高程基准	1985国家高程基准	深度基准	当地理论最低潮面
测绘单位	广东海兰图环境技术研究有限公司		
测量人		绘图人	
绘制日期	2026.03	审核人	

图 8.5.3-2 项目宗海平面布置图

深能汕尾红海湾六海上风电项目（风机、海上升压站及海上无功补偿站）宗海界址图



界址点编号及坐标（北纬｜东经）		
1	22° 24′ 33.141″	115° 40′ 00.428″
2	22° 24′ 07.629″	115° 40′ 00.439″
3	22° 23′ 42.149″	115° 40′ 00.449″
4	22° 23′ 16.637″	115° 40′ 00.390″
5	22° 22′ 51.157″	115° 40′ 00.366″
6	22° 22′ 25.645″	115° 40′ 00.307″
7	22° 22′ 00.035″	115° 40′ 00.316″
8	22° 21′ 34.490″	115° 40′ 00.257″
9	22° 24′ 06.723″	115° 38′ 31.161″
10	22° 23′ 44.457″	115° 38′ 44.216″
11	22° 23′ 22.192″	115° 38′ 57.199″
12	22° 23′ 41.216″	115° 37′ 03.451″
13	22° 23′ 19.616″	115° 37′ 18.404″
14	22° 22′ 57.955″	115° 37′ 32.971″
15	22° 22′ 36.317″	115° 37′ 48.340″
16	22° 22′ 14.720″	115° 38′ 02.905″
17	22° 21′ 53.086″	115° 38′ 17.852″
18	22° 21′ 31.419″	115° 38′ 32.833″
19	22° 21′ 09.948″	115° 38′ 47.675″
20	22° 23′ 14.966″	115° 35′ 33.993″
具体界址点编号及坐标（北纬｜东经），见附页1		

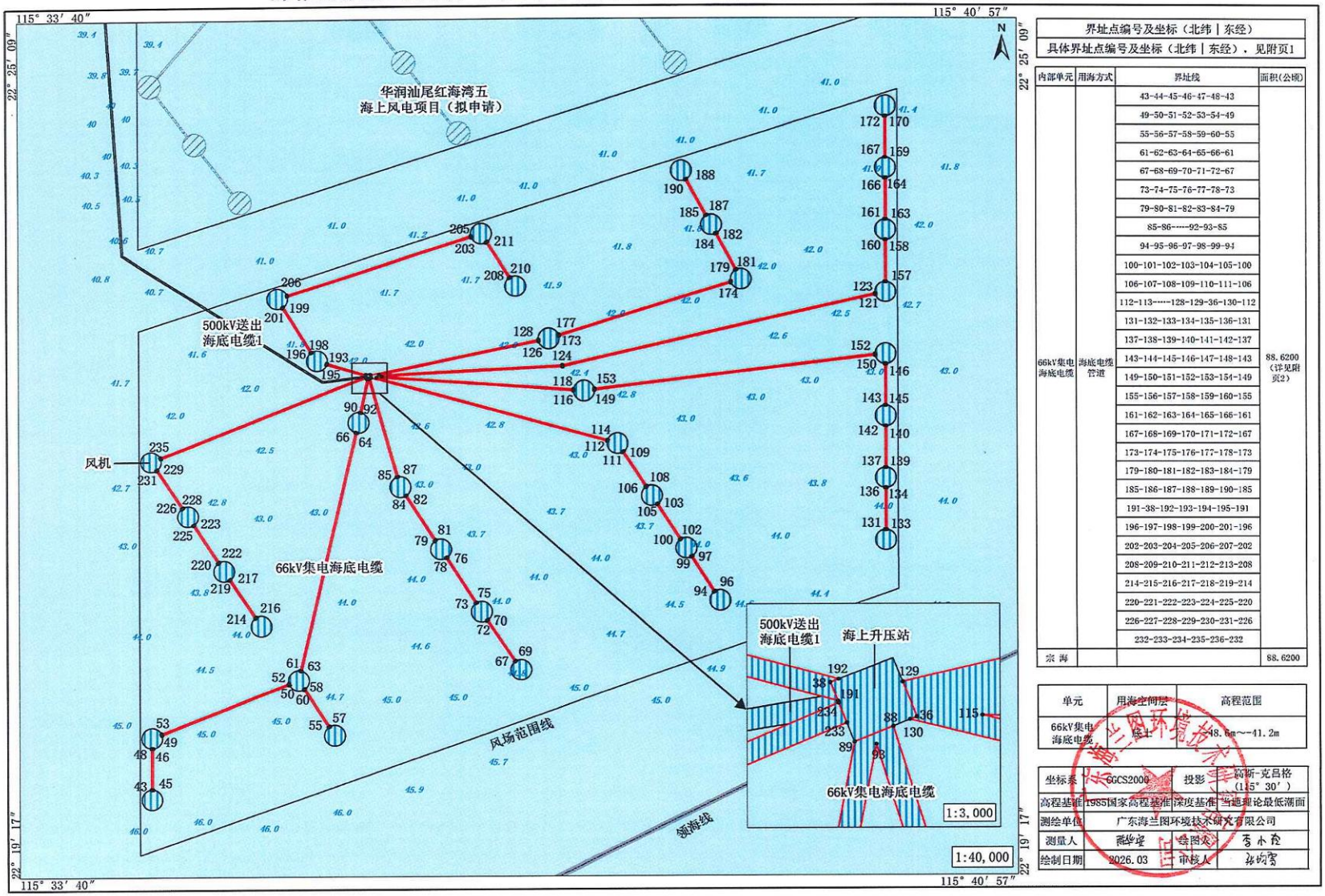
内部单元	用海方式	界址线	面积(公顷)
风机	透水构筑物	圆心点1~34（半径=130.16m）	180.9616（单风机=5.3224）
海上升压站	透水构筑物	35-36-37-38-35	0.3780
海上无功补偿站	透水构筑物	39-40-41-42-39	0.3596
宗 海			181.6992

单元	用海空间层	高程范围
风机	水面	叶片旋转时最低点高程(285.2m)

坐标系	CGCS2000	投影	高斯-克吕格（15° 30′）
高程基准	1985国家高程基准	深度基准	当地理论最低潮面
测绘单位	广东海兰图环境技术研究有限公司		
测量人	黄华建	绘图人	李小燕
绘制日期	2026.03	审核人	张均玺

图 8.5.3-3a 项目宗海界址图（风机、海上升压站、海上无功补偿站）

深能汕尾红海湾六海上风电项目（66kV集电海底电缆）宗海界址图



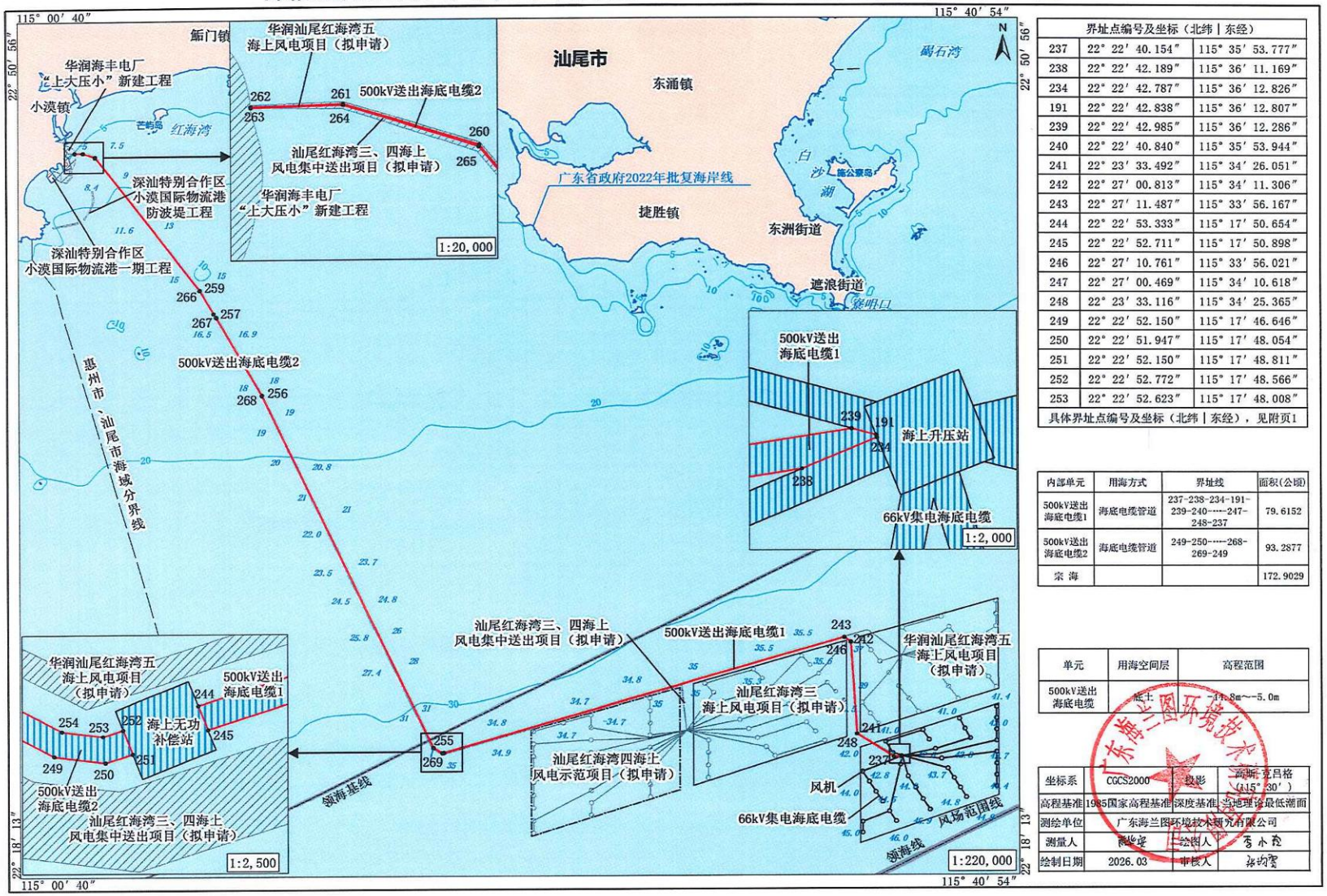
界址点编号及坐标（北纬｜东经）			
具体界址点编号及坐标（北纬｜东经），见附页1			
内部单元	用海方式	界址线	面积(公顷)
66kV集电海底电缆	海底电缆管道	43-44-45-46-47-48-43 49-50-51-52-53-54-49 55-56-57-58-59-60-55 61-62-63-64-65-66-61 67-68-69-70-71-72-67 73-74-75-76-77-78-73 79-80-81-82-83-84-79 85-86-----92-93-85 94-95-96-97-98-99-94 100-101-102-103-104-105-100 106-107-108-109-110-111-106 112-113-----128-129-36-130-112 131-132-133-134-135-136-131 137-138-139-140-141-142-137 143-144-145-146-147-148-143 149-150-151-152-153-154-149 155-156-157-158-159-160-155 161-162-163-164-165-166-161 167-168-169-170-171-172-167 173-174-175-176-177-178-173 179-180-181-182-183-184-179 185-186-187-188-189-190-185 191-38-192-193-194-195-191 196-197-198-199-200-201-196 202-203-204-205-206-207-202 208-209-210-211-212-213-208 214-215-216-217-218-219-214 220-221-222-223-224-225-220 226-227-228-229-230-231-226 232-233-234-235-236-232	88.6200（详见附页2）
宗海			88.6200

单元	用海空间层	高程范围
66kV集电海底电缆	全土	-48.6m～-41.2m

坐标系	CGCS2000	投影	高斯-克吕格（115° 30′）
高程基准	1985国家高程基准	深度基准	当地理论最低潮面
测绘单位	广东海兰图环境技术研究有限公司		
测量人	潘坤宏	绘图人	曹小花
绘制日期	2026.03	审核人	张均富

图 8.5.3-3b 项目宗海界址图（集电海缆）

深能汕尾红海湾六海上风电项目（500kV送出海底电缆）宗海界址图



界址点编号及坐标（北纬丨东经）		
237	22° 22′ 40.154″	115° 35′ 53.777″
238	22° 22′ 42.189″	115° 36′ 11.169″
234	22° 22′ 42.787″	115° 36′ 12.826″
191	22° 22′ 42.838″	115° 36′ 12.807″
239	22° 22′ 42.985″	115° 36′ 12.286″
240	22° 22′ 40.840″	115° 35′ 53.944″
241	22° 23′ 33.492″	115° 34′ 26.051″
242	22° 27′ 00.813″	115° 34′ 11.306″
243	22° 27′ 11.487″	115° 33′ 56.167″
244	22° 22′ 53.333″	115° 17′ 50.654″
245	22° 22′ 52.711″	115° 17′ 50.898″
246	22° 27′ 10.761″	115° 33′ 56.021″
247	22° 27′ 00.469″	115° 34′ 10.618″
248	22° 23′ 33.116″	115° 34′ 25.365″
249	22° 22′ 52.150″	115° 17′ 46.646″
250	22° 22′ 51.947″	115° 17′ 48.054″
251	22° 22′ 52.150″	115° 17′ 48.811″
252	22° 22′ 52.772″	115° 17′ 48.566″
253	22° 22′ 52.623″	115° 17′ 48.008″
具体界址点编号及坐标（北纬丨东经），见附页1		

内部单元	用海方式	界址线	面积(公顷)
500kV送出海底电缆1	海底电缆管道	237-238-234-191-239-240-----247-248-237	79.6152
500kV送出海底电缆2	海底电缆管道	249-250-----268-269-249	93.2877
宗 海			172.9029

单元	用海空间层	高程范围
500kV送出海底电缆	底土	-14.8m~-5.0m

坐标系	CGCS2000	投影	高斯克吕格(115° 30′)
高程基准	1985国家高程基准	深度基准	当地理论最低潮面
测绘单位	广东海兰图环境技术研究有限公司		
测量人	测绘室	绘图人	李小花
绘制日期	2026.03	审核人	张均贺

图 8.5.3-3c 项目宗海界址图（送出海缆）

深能汕尾红海湾六海上风电项目（风机）宗海立体空间范围示意图

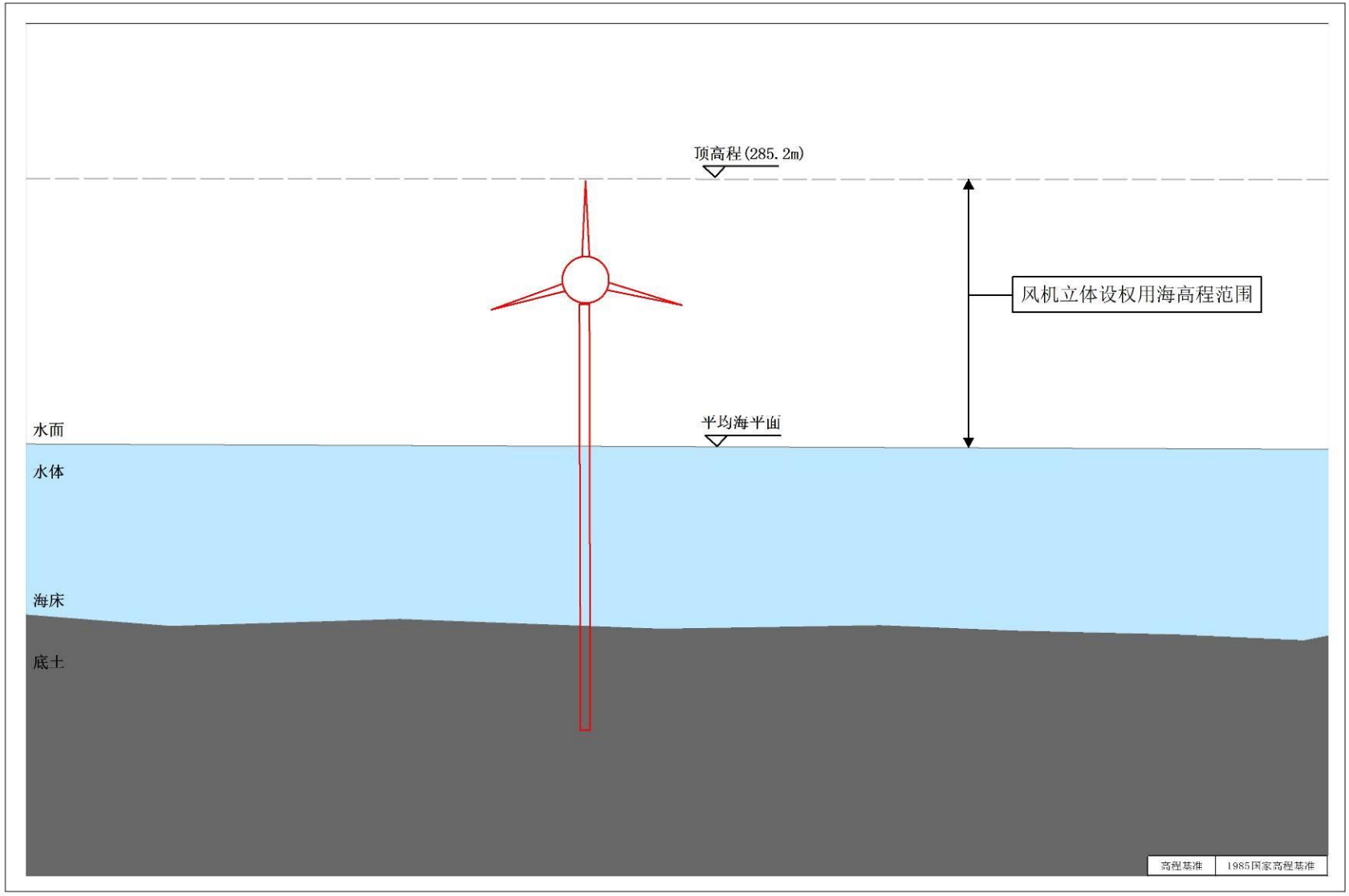


图 8.5.3-4a 项目宗海立体空间范围示意图（风机）

深能汕尾红海湾六海上风电项目（66kV集电海底电缆）宗海立体空间范围示意图

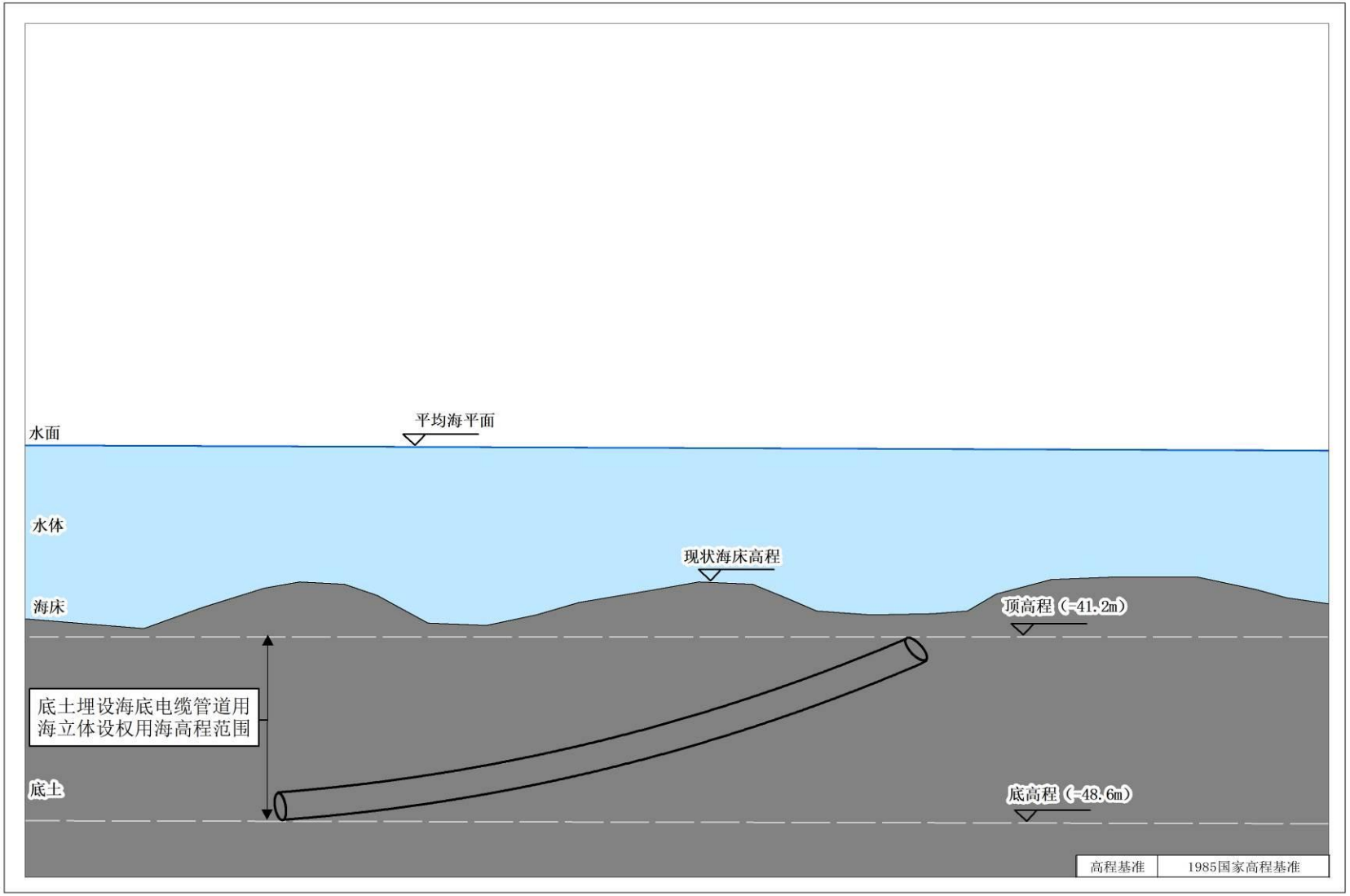


图 8.5.3-4b 项目宗海立体空间范围示意图（66kV 集电海缆）

深能汕尾红海湾六海上风电项目（500kV送出海底电缆）宗海立体空间范围示意图

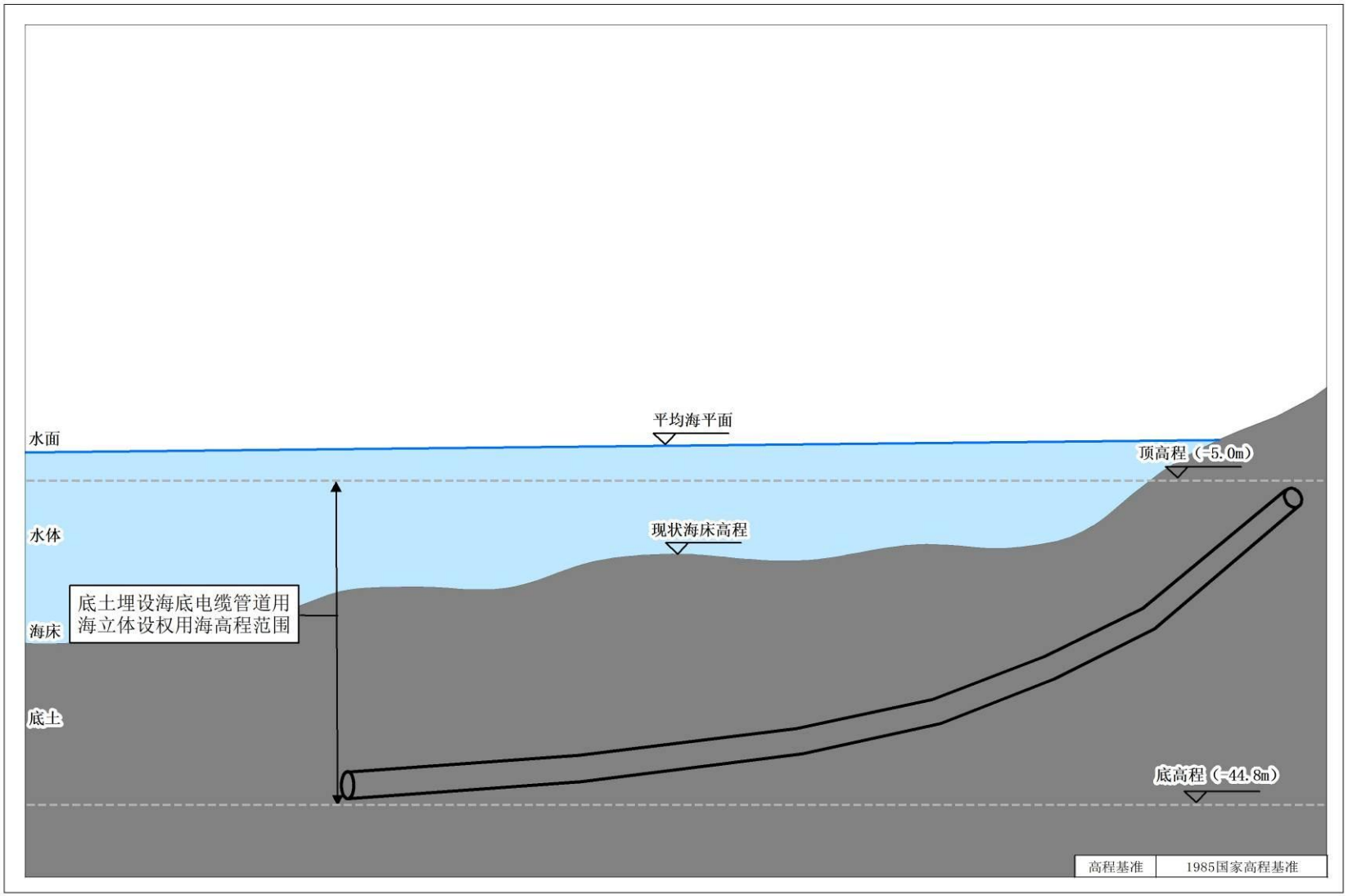


图 8.5.3-4c 项目宗海立体空间范围示意图（500kV 送出海缆）

表 8.5.3-2a 项目宗海界址点表 1

附页1　深能汕尾红海湾六海上风电项目宗海界址点（1）

界址点编号及坐标（北纬|东经）					
1	22° 24′ 33.141″	115° 40′ 00.428″	41	22° 22′ 53.973″	115° 17′ 50.402″
2	22° 24′ 07.629″	115° 40′ 00.439″	42	22° 22′ 53.282″	115° 17′ 48.366″
3	22° 23′ 42.149″	115° 40′ 00.449″	43	22° 19′ 53.318″	115° 34′ 37.740″
4	22° 23′ 16.637″	115° 40′ 00.390″	44	22° 19′ 53.331″	115° 34′ 38.093″
5	22° 22′ 51.157″	115° 40′ 00.366″	45	22° 19′ 53.318″	115° 34′ 38.446″
6	22° 22′ 25.645″	115° 40′ 00.307″	46	22° 20′ 10.232″	115° 34′ 38.426″
7	22° 22′ 00.035″	115° 40′ 00.316″	47	22° 20′ 10.219″	115° 34′ 38.073″
8	22° 21′ 34.490″	115° 40′ 00.257″	48	22° 20′ 10.231″	115° 34′ 37.721″
9	22° 24′ 06.723″	115° 38′ 31.161″	49	22° 20′ 15.663″	115° 34′ 42.426″
10	22° 23′ 44.457″	115° 38′ 44.216″	50	22° 20′ 35.817″	115° 35′ 38.581″
11	22° 23′ 22.192″	115° 38′ 57.199″	51	22° 20′ 36.118″	115° 35′ 38.441″
12	22° 23′ 41.216″	115° 37′ 03.451″	52	22° 20′ 36.429″	115° 35′ 38.327″
13	22° 23′ 19.616″	115° 37′ 18.404″	53	22° 20′ 16.275″	115° 34′ 42.172″
14	22° 22′ 57.955″	115° 37′ 32.971″	54	22° 20′ 15.974″	115° 34′ 42.312″
15	22° 22′ 36.317″	115° 37′ 48.340″	55	22° 20′ 18.452″	115° 35′ 55.664″
16	22° 22′ 14.720″	115° 38′ 02.905″	56	22° 20′ 18.641″	115° 35′ 55.952″
17	22° 21′ 53.086″	115° 38′ 17.852″	57	22° 20′ 18.809″	115° 35′ 56.255″
18	22° 21′ 31.419″	115° 38′ 32.833″	58	22° 20′ 34.282″	115° 35′ 45.451″
19	22° 21′ 09.948″	115° 38′ 47.675″	59	22° 20′ 34.092″	115° 35′ 45.163″
20	22° 23′ 14.966″	115° 35′ 33.993″	60	22° 20′ 33.925″	115° 35′ 44.860″
21	22° 22′ 49.283″	115° 35′ 51.279″	61	22° 20′ 41.823″	115° 35′ 43.377″
22	22° 22′ 23.817″	115° 36′ 09.440″	62	22° 20′ 41.761″	115° 35′ 43.723″
23	22° 21′ 57.116″	115° 36′ 27.619″	63	22° 20′ 41.674″	115° 35′ 44.063″
24	22° 21′ 31.427″	115° 36′ 45.389″	64	22° 22′ 19.635″	115° 36′ 08.748″
25	22° 21′ 05.736″	115° 37′ 03.157″	65	22° 22′ 19.698″	115° 36′ 08.401″
26	22° 20′ 41.645″	115° 37′ 20.208″	66	22° 22′ 19.785″	115° 36′ 08.061″
27	22° 22′ 08.205″	115° 34′ 38.056″	67	22° 20′ 44.988″	115° 37′ 17.420″
28	22° 21′ 45.555″	115° 34′ 54.329″	68	22° 20′ 45.179″	115° 37′ 17.707″
29	22° 21′ 22.910″	115° 35′ 10.146″	69	22° 20′ 45.349″	115° 37′ 18.009″
30	22° 21′ 00.259″	115° 35′ 26.416″	70	22° 21′ 02.393″	115° 37′ 05.945″
31	22° 20′ 37.641″	115° 35′ 42.685″	71	22° 21′ 02.202″	115° 37′ 05.658″
32	22° 20′ 15.093″	115° 35′ 58.430″	72	22° 21′ 02.032″	115° 37′ 05.356″
33	22° 20′ 14.450″	115° 34′ 38.069″	73	22° 21′ 09.107″	115° 37′ 00.406″
34	22° 19′ 49.099″	115° 34′ 38.098″	74	22° 21′ 09.295″	115° 37′ 00.696″
35	22° 22′ 41.583″	115° 36′ 13.296″	75	22° 21′ 09.462″	115° 37′ 01.000″
36	22° 22′ 42.283″	115° 36′ 15.366″	76	22° 21′ 28.056″	115° 36′ 48.139″
37	22° 22′ 44.116″	115° 36′ 14.650″	77	22° 21′ 27.868″	115° 36′ 47.850″
38	22° 22′ 43.417″	115° 36′ 12.581″	78	22° 21′ 27.701″	115° 36′ 47.546″
39	22° 22′ 51.511″	115° 17′ 49.062″	79	22° 21′ 34.797″	115° 36′ 42.638″
40	22° 22′ 52.202″	115° 17′ 51.098″	80	22° 21′ 34.985″	115° 36′ 42.927″

测绘单位	广东海兰图环境技术研究有限公司		
测量人	陈华安	绘图人	李小玲
绘制日期	2026.03	审核人	张均智

表 8.5.3-2b 项目宗海界址点表 2

附页1　深能汕尾红海湾六海上风电项目宗海界址点（2）

界址点编号及坐标（北纬|东经）					
81	22° 21′ 35.152″	115° 36′ 43.231″	121	22° 23′ 15.379″	115° 39′ 56.045″
82	22° 21′ 53.746″	115° 36′ 30.370″	122	22° 23′ 15.696″	115° 39′ 55.954″
83	22° 21′ 53.558″	115° 36′ 30.081″	123	22° 23′ 16.019″	115° 39′ 55.888″
84	22° 21′ 53.391″	115° 36′ 29.777″	124	22° 22′ 46.960″	115° 37′ 38.887″
85	22° 22′ 01.094″	115° 36′ 26.066″	125	22° 22′ 43.380″	115° 36′ 18.496″
86	22° 22′ 01.194″	115° 36′ 26.403″	126	22° 22′ 56.784″	115° 37′ 28.598″
87	22° 22′ 01.269″	115° 36′ 26.746″	127	22° 22′ 57.103″	115° 37′ 28.514″
88	22° 22′ 42.019″	115° 36′ 14.587″	128	22° 22′ 57.427″	115° 37′ 28.456″
89	22° 22′ 41.589″	115° 36′ 13.312″	129	22° 22′ 43.370″	115° 36′ 14.942″
90	22° 22′ 28.007″	115° 36′ 10.076″	130	22° 22′ 42.207″	115° 36′ 15.143″
91	22° 22′ 27.949″	115° 36′ 10.424″	131	22° 21′ 38.710″	115° 39′ 59.914″
92	22° 22′ 27.865″	115° 36′ 10.765″	132	22° 21′ 38.722″	115° 40′ 00.267″
93	22° 22′ 41.494″	115° 36′ 14.012″	133	22° 21′ 38.708″	115° 40′ 00.619″
94	22° 21′ 13.319″	115° 38′ 44.926″	134	22° 21′ 55.815″	115° 40′ 00.659″
95	22° 21′ 13.507″	115° 38′ 45.215″	135	22° 21′ 55.803″	115° 40′ 00.306″
96	22° 21′ 13.674″	115° 38′ 45.519″	136	22° 21′ 55.817″	115° 39′ 59.954″
97	22° 21′ 28.048″	115° 38′ 35.583″	137	22° 22′ 04.253″	115° 39′ 59.962″
98	22° 21′ 27.860″	115° 38′ 35.293″	138	22° 22′ 04.266″	115° 40′ 00.315″
99	22° 21′ 27.693″	115° 38′ 34.989″	139	22° 22′ 04.254″	115° 40′ 00.667″
100	22° 21′ 34.790″	115° 38′ 30.083″	140	22° 22′ 21.426″	115° 40′ 00.661″
101	22° 21′ 34.978″	115° 38′ 30.372″	141	22° 22′ 21.414″	115° 40′ 00.308″
102	22° 21′ 35.145″	115° 38′ 30.676″	142	22° 22′ 21.426″	115° 39′ 59.955″
103	22° 21′ 49.715″	115° 38′ 20.602″	143	22° 22′ 29.864″	115° 39′ 59.964″
104	22° 21′ 49.527″	115° 38′ 20.313″	144	22° 22′ 29.876″	115° 40′ 00.316″
105	22° 21′ 49.360″	115° 38′ 20.009″	145	22° 22′ 29.863″	115° 40′ 00.669″
106	22° 21′ 56.458″	115° 38′ 15.103″	146	22° 22′ 46.938″	115° 40′ 00.709″
107	22° 21′ 56.646″	115° 38′ 15.393″	147	22° 22′ 46.926″	115° 40′ 00.356″
108	22° 21′ 56.812″	115° 38′ 15.697″	148	22° 22′ 46.939″	115° 40′ 00.003″
109	22° 22′ 11.348″	115° 38′ 05.654″	149	22° 22′ 36.498″	115° 37′ 52.885″
110	22° 22′ 11.160″	115° 38′ 05.364″	150	22° 22′ 50.326″	115° 39′ 55.905″
111	22° 22′ 10.994″	115° 38′ 05.060″	151	22° 22′ 50.650″	115° 39′ 55.849″
112	22° 22′ 15.533″	115° 37′ 58.440″	152	22° 22′ 50.977″	115° 39′ 55.820″
113	22° 22′ 15.852″	115° 37′ 58.521″	153	22° 22′ 37.150″	115° 37′ 52.801″
114	22° 22′ 16.165″	115° 37′ 58.629″	154	22° 22′ 36.825″	115° 37′ 52.857″
115	22° 22′ 42.276″	115° 36′ 17.515″	155	22° 23′ 20.856″	115° 40′ 00.047″
116	22° 22′ 36.304″	115° 37′ 43.790″	156	22° 23′ 20.868″	115° 40′ 00.400″
117	22° 22′ 36.632″	115° 37′ 43.803″	157	22° 23′ 20.855″	115° 40′ 00.752″
118	22° 22′ 36.958″	115° 37′ 43.842″	158	22° 23′ 37.929″	115° 40′ 00.792″
119	22° 22′ 42.779″	115° 36′ 19.752″	159	22° 23′ 37.917″	115° 40′ 00.439″
120	22° 22′ 46.307″	115° 37′ 38.983″	160	22° 23′ 37.931″	115° 40′ 00.087″

测绘单位	广东海兰图环境技术研究有限公司		
测量人	陈华安	绘图人	李小敏
绘制日期	2026.03	审核人	张均智

表 8.5.3-2c 项目宗海界址点表 3

附页1　深能汕尾红海湾六海上风电项目宗海界址点（3）

界址点编号及坐标（北纬|东经）					
161	22° 23′ 46.367″	115° 40′ 00.095″	201	22° 23′ 11.216″	115° 35′ 36.101″
162	22° 23′ 46.380″	115° 40′ 00.448″	202	22° 23′ 15.923″	115° 35′ 38.426″
163	22° 23′ 46.368″	115° 40′ 00.800″	203	22° 23′ 39.634″	115° 36′ 59.231″
164	22° 24′ 03.410″	115° 40′ 00.793″	204	22° 23′ 39.943″	115° 36′ 59.112″
165	22° 24′ 03.397″	115° 40′ 00.440″	205	22° 23′ 40.260″	115° 36′ 59.019″
166	22° 24′ 03.410″	115° 40′ 00.088″	206	22° 23′ 16.549″	115° 35′ 38.213″
167	22° 24′ 11.847″	115° 40′ 00.084″	207	22° 23′ 16.240″	115° 35′ 38.333″
168	22° 24′ 11.860″	115° 40′ 00.437″	208	22° 23′ 22.986″	115° 37′ 15.652″
169	22° 24′ 11.848″	115° 40′ 00.790″	209	22° 23′ 23.174″	115° 37′ 15.941″
170	22° 24′ 28.923″	115° 40′ 00.783″	210	22° 23′ 23.341″	115° 37′ 16.245″
171	22° 24′ 28.910″	115° 40′ 00.430″	211	22° 23′ 37.847″	115° 37′ 06.203″
172	22° 24′ 28.923″	115° 40′ 00.077″	212	22° 23′ 37.659″	115° 37′ 05.914″
173	22° 22′ 58.889″	115° 37′ 37.408″	213	22° 23′ 37.492″	115° 37′ 05.610″
174	22° 23′ 20.632″	115° 38′ 52.970″	214	22° 21′ 03.585″	115° 35′ 23.604″
175	22° 23′ 20.942″	115° 38′ 52.852″	215	22° 21′ 03.778″	115° 35′ 23.889″
176	22° 23′ 21.259″	115° 38′ 52.761″	216	22° 21′ 03.949″	115° 35′ 24.190″
177	22° 22′ 59.515″	115° 37′ 37.200″	217	22° 21′ 19.584″	115° 35′ 12.959″
178	22° 22′ 59.206″	115° 37′ 37.317″	218	22° 21′ 19.391″	115° 35′ 12.674″
179	22° 23′ 25.744″	115° 38′ 54.727″	219	22° 21′ 19.220″	115° 35′ 12.373″
180	22° 23′ 25.912″	115° 38′ 55.030″	220	22° 21′ 26.269″	115° 35′ 07.380″
181	22° 23′ 26.057″	115° 38′ 55.347″	221	22° 21′ 26.458″	115° 35′ 07.668″
182	22° 23′ 40.905″	115° 38′ 46.688″	222	22° 21′ 26.626″	115° 35′ 07.971″
183	22° 23′ 40.737″	115° 38′ 46.385″	223	22° 21′ 42.196″	115° 34′ 57.096″
184	22° 23′ 40.592″	115° 38′ 46.068″	224	22° 21′ 42.007″	115° 34′ 56.808″
185	22° 23′ 48.004″	115° 38′ 41.734″	225	22° 21′ 41.839″	115° 34′ 56.505″
186	22° 23′ 48.172″	115° 38′ 42.038″	226	22° 21′ 48.881″	115° 34′ 51.516″
187	22° 23′ 48.318″	115° 38′ 42.354″	227	22° 21′ 49.074″	115° 34′ 51.802″
188	22° 24′ 03.176″	115° 38′ 33.643″	228	22° 21′ 49.245″	115° 34′ 52.102″
189	22° 24′ 03.007″	115° 38′ 33.340″	229	22° 22′ 04.879″	115° 34′ 40.870″
190	22° 24′ 02.862″	115° 38′ 33.023″	230	22° 22′ 04.687″	115° 34′ 40.584″
191	22° 22′ 42.838″	115° 36′ 12.807″	231	22° 22′ 04.515″	115° 34′ 40.283″
192	22° 22′ 43.510″	115° 36′ 12.855″	232	22° 22′ 09.427″	115° 34′ 42.412″
193	22° 22′ 48.367″	115° 35′ 55.721″	233	22° 22′ 42.171″	115° 36′ 13.067″
194	22° 22′ 48.049″	115° 35′ 55.632″	234	22° 22′ 42.787″	115° 36′ 12.826″
195	22° 22′ 47.739″	115° 35′ 55.516″	235	22° 22′ 10.038″	115° 34′ 42.157″
196	22° 22′ 52.685″	115° 35′ 48.574″	236	22° 22′ 09.737″	115° 34′ 42.297″
197	22° 22′ 52.870″	115° 35′ 48.865″	237	22° 22′ 40.154″	115° 35′ 53.777″
198	22° 22′ 53.033″	115° 35′ 49.172″	238	22° 22′ 42.189″	115° 36′ 11.169″
199	22° 23′ 11.564″	115° 35′ 36.699″	239	22° 22′ 42.985″	115° 36′ 12.286″
200	22° 23′ 11.380″	115° 35′ 36.408″	240	22° 22′ 40.840″	115° 35′ 53.944″

测绘单位	广东海兰图环境技术研究有限公司		
测量人	陈华强	绘图人	李小玲
绘制日期	2026.03	审核人	张均富

表 8.5.3-2d 项目宗海界址点表 4

附页1　深能汕尾红海湾六海上风电项目宗海界址点（4）

界址点编号及坐标（北纬|东经）					
241	22° 23′ 33.492″	115° 34′ 26.051″			
242	22° 27′ 00.813″	115° 34′ 11.306″			
243	22° 27′ 11.487″	115° 33′ 56.167″			
244	22° 22′ 53.333″	115° 17′ 50.654″			
245	22° 22′ 52.711″	115° 17′ 50.898″			
246	22° 27′ 10.761″	115° 33′ 56.021″			
247	22° 27′ 00.469″	115° 34′ 10.618″			
248	22° 23′ 33.116″	115° 34′ 25.365″			
249	22° 22′ 52.150″	115° 17′ 46.646″			
250	22° 22′ 51.947″	115° 17′ 48.054″			
251	22° 22′ 52.150″	115° 17′ 48.811″			
252	22° 22′ 52.772″	115° 17′ 48.566″			
253	22° 22′ 52.623″	115° 17′ 48.008″			
254	22° 22′ 52.784″	115° 17′ 46.884″			
255	22° 23′ 04.312″	115° 17′ 25.089″			
256	22° 36′ 23.810″	115° 10′ 32.886″			
257	22° 39′ 19.866″	115° 08′ 42.115″			
258	22° 39′ 21.121″	115° 08′ 41.324″			
259	22° 40′ 22.843″	115° 08′ 02.447″			
260	22° 45′ 24.818″	115° 03′ 48.509″			
261	22° 45′ 34.221″	115° 03′ 19.003″			
262	22° 45′ 34.207″	115° 02′ 58.654″			
263	22° 45′ 33.989″	115° 02′ 58.677″			
264	22° 45′ 33.965″	115° 03′ 18.980″			
265	22° 45′ 24.401″	115° 03′ 48.403″			
266	22° 40′ 22.360″	115° 08′ 01.970″			
267	22° 39′ 29.021″	115° 08′ 35.528″			
268	22° 36′ 23.500″	115° 10′ 32.258″			
269	22° 23′ 03.840″	115° 17′ 24.545″			

测绘单位	广东海兰图环境技术研究有限公司		
测量人	陈华强	绘图人	李小玲
绘制日期	2026.03	审核人	张均智

表 8.5.3-3 项目宗海界址线表

附页2　深能汕尾红海湾六海上风电项目界址线表

内部单元	用海方式	序号	界址线	面积（公顷）
66kV集电海底电缆	海底电缆管道	1	43-44-45-46-47-48-43	1.0488
		2	49-50-51-52-53-54-49	3.4746
		3	55-56-57-58-59-60-55	1.1442
		4	61-62-63-64-65-66-61	6.2445
		5	67-68-69-70-71-72-67	1.2656
		6	73-74-75-76-77-78-73	1.3714
		7	79-80-81-82-83-84-79	1.3714
		8	85-86-…-92-93-85	3.4963
		9	94-95-96-97-98-99-94	1.0597
		10	100-101-102-103-104-105-100	1.0743
		11	106-107-108-109-110-111-106	1.0715
		12	112-113-…-128-129-36-130-112	28.3801
		13	131-132-133-134-135-136-131	1.0608
		14	137-138-139-140-141-142-137	1.0649
		15	143-144-145-146-147-148-143	1.0588
		16	149-150-151-152-153-154-149	7.1524
		17	155-156-157-158-159-160-155	1.0588
		18	161-162-163-164-165-166-161	1.0569
		19	167-168-169-170-171-172-167	1.0589
		20	173-174-175-176-177-178-173	4.5649
		21	179-180-181-182-183-184-179	1.0474
		22	185-186-187-188-189-190-185	1.0494
		23	191-38-192-193-194-195-191	1.0303
		24	196-197-198-199-200-201-196	1.356
		25	202-203-204-205-206-207-202	4.8901
		26	208-209-210-211-212-213-208	1.0698
		27	214-215-216-217-218-219-214	1.1661
		28	220-221-222-223-224-225-220	1.1515
		29	226-227-228-229-230-231-226	1.1662
		30	232-233-234-235-236-232	5.6144

测绘单位	广东海洋图环境技术研究有限公司		
测量人	[illegible]	绘图人	[illegible]
绘制日期	2026.03	审核人	[illegible]

8.6 立体设权合理性分析

8.6.1 立体设权范围

本项目 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，埋深为 0~4m，由底土敷设至华润海丰电厂“上大压小”新建工程厂区内基岩岸线上，登陆段采用定向钻施工方式。本项目送出海缆穿越华润海丰电厂“上大压小”新建工程的温排水排放用海范围，考虑温排水立体变更国家目前政策不明晰，温排水范围可能重新预测等原因，华润海丰电厂不同意立体变更，即利益相关者不可协调，因此本项目送出海缆采取避让华润海丰电厂权属范围后立体确权。

本项目风机、500kV 送出海缆和 66kV 集电海缆采用立体确权，风机确权空间范围为水面，空间确权范围为平均海平面～285.2m（1985 国家高程基准）；500kV 送出海缆和 66kV 集电海缆确权空间范围为底土，500kV 送出海缆空间确权范围为-44.8m～-5.0m（1985 国家高程基准），66kV 集电海缆空间确权范围为-48.6m～-41.2m（1985 国家高程基准）。

深能汕尾红海湾六海上风电项目（风机）宗海立体空间范围示意图

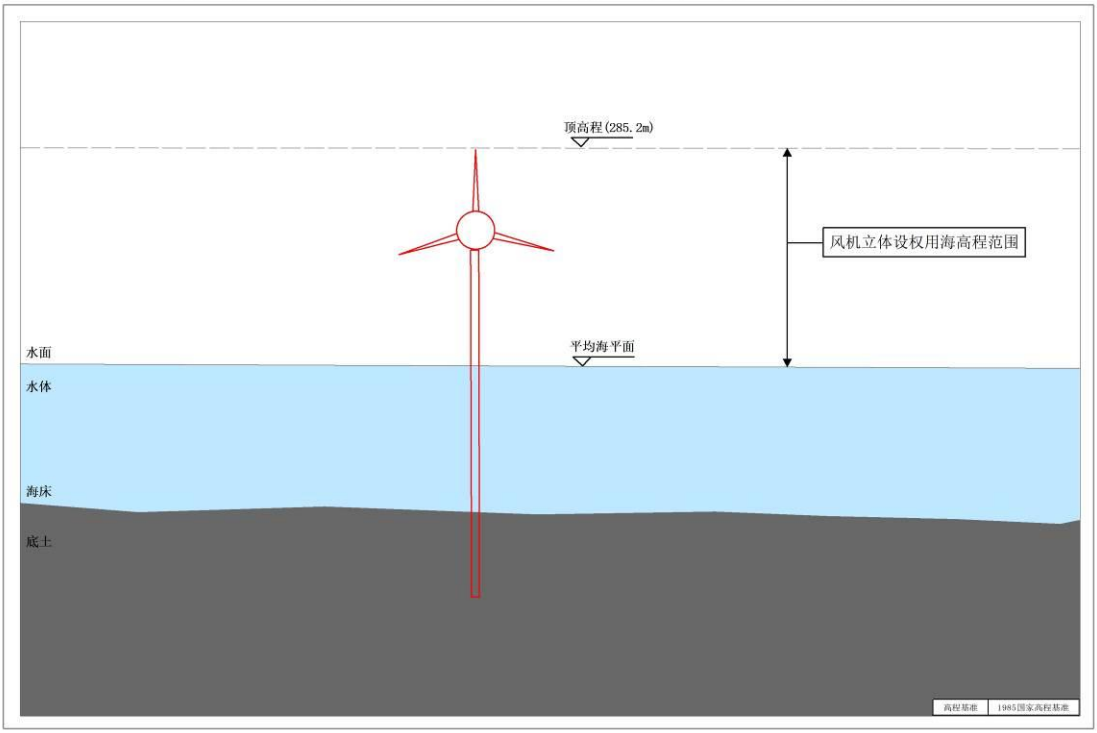


图 8.6.1-1 风机宗海立体空间范围示意图

深能汕尾红海湾六海上风电项目（66kV集电海底电缆）宗海立体空间范围示意图

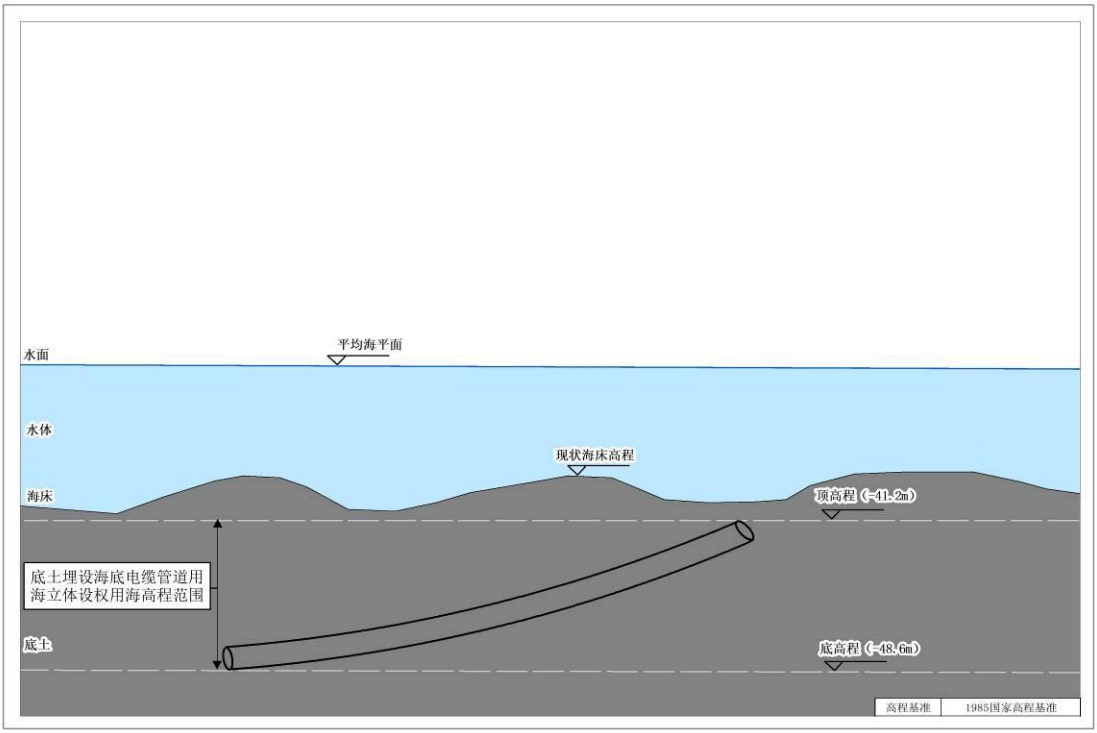


图 8.6.1-2 66kV 集电海缆宗海立体空间范围示意图

深能汕尾红海湾六海上风电项目（500kV送出海底电缆）宗海立体空间范围示意图

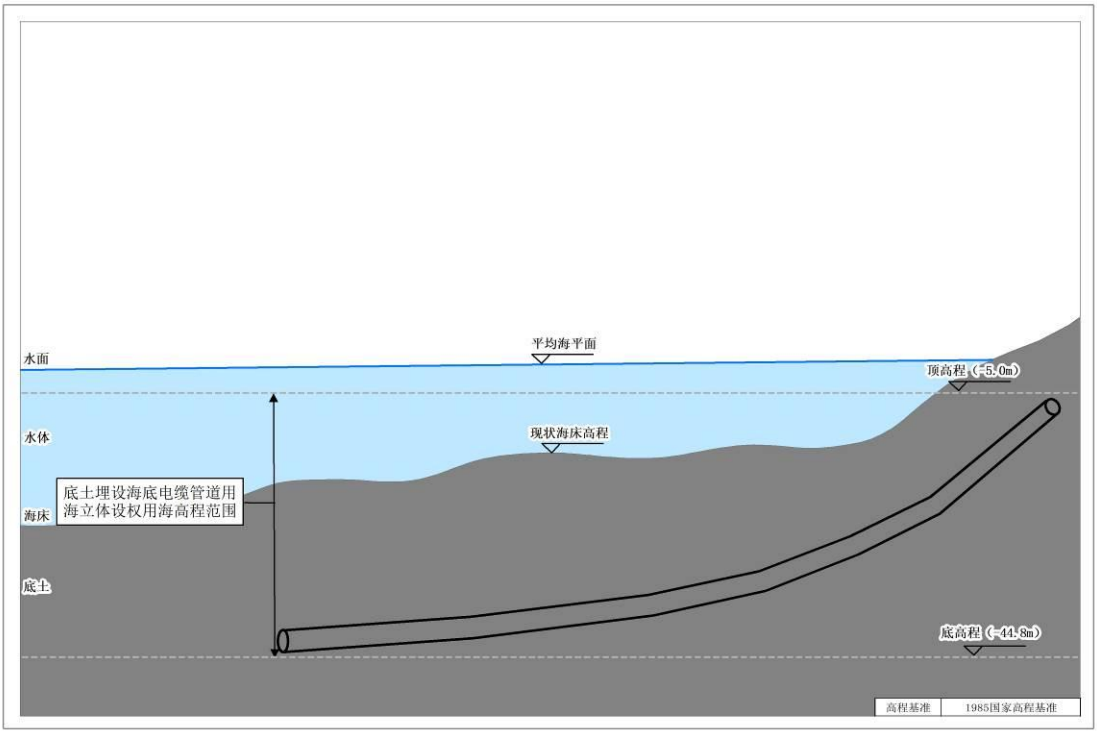


图 8.6.1-3 500kV 送出海缆宗海立体空间范围示意图

8.6.2 立体设权可行性分析

8.6.2.1 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），用海项目需排他性使用海域的特定层空间（水面、水体、海床或底土），且不妨碍其他层空间继续使用的，原则上仅对其使用的相应层空间设置海域使用权。可实施立体分层设权管理的用海活动包括但不限于：主要使用水面（含上覆空间）的跨海桥梁、桩基式海上光伏等用海；主要使用水体的温（冷）排水、污水达标排放等用海；主要使用海床的底播养殖等用海；主要使用底土的海底电缆管道、海底隧道等用海。

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），本项目风机、66kV 集电海缆和 500kV 送出海缆采取立体确权，500kV 送出海缆登陆段考虑避让华润海丰电厂“上大压小”新建工程用海权属范围，不存在利益冲突，因此，本项目风机、66kV 集电海缆和 500kV 送出海缆（扣除穿越华润海丰电厂“上大压小”新建工程用海权属范围段）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。

8.6.2.2 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。本项目所在海域开阔，风机、集电海缆用海范围与周边用海活动不存在权属重叠，送出海缆用海范围与华润海丰电厂“上大压小”新建工程用海重叠，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 500kV 送出海缆申请用海范围对该重叠部分进行避让。

8.6.2.3 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，风机、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。

8.6.3 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 8.6.2 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。

8.7 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，按照下列用途确定：

（一）养殖用海十五年；

（二）拆船用海二十年；

（三）旅游、娱乐用海二十五年；

（四）盐业、矿业用海三十年；

（五）公益事业用海四十年；

（六）港口、修造船厂等建设工程用海五十年。

本项目风机的设计服务年限为 25 年，总工期计划为 13 个月，因此，本项目申请用海期限为 27 年，可以满足项目设计年限和用途需求，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。已建海上风电项目海域使用权到期后不再续期的，要按照《海域使用管理法》等相关法律法规要求，拆除风机、桩基、海底电缆等用海设施，恢复海域原状，避免影响海上交通等其他用海活动。若海域使用权到期后不再续期，建议拆除期限纳入批复用海期限。

因此，项目用海期限是合理的。

9 生态用海对策措施

9.1 主要生态问题

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）。本项目送出海底电缆以定向钻的方式穿越基岩岸线，不会对海缆所穿越的岸线原有形态或生态功能造成影响。根据前文资源生态影响预测分析结果，项目建设可能产生的主要生态问题为海洋生物资源损失。

9.2 生态用海对策

9.2.1 生态保护对策

9.2.1.1 设计阶段生态保护对策

本项目设计体现了生态化理念，项目风电场场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。

9.2.1.2 施工期生态保护对策

（1）对海域底栖生物影响的减缓措施

①优化施工方案，加强科学管理，在保证施工质量的前提下尽可能缩短水下作业时间。

②严格限制施工区域和用海范围，在划定的施工作业海域范围，禁止非施工船舶驶入，避免任意扩大施工范围，以减小施工作业对底栖生物的影响范围。

③施工应避免恶劣天气，保障施工安全并避免悬浮物剧烈扩散。

（2）对渔业资源和渔业生产影响的减缓措施

①施工中的大直径单桩水下冲击式打桩将对周围海域的海洋生物的行为活动将带来一定影响。鉴于施工期的打桩噪声具有强度高、时间相对短的特点，海上施工期应对每日预计打桩数量（即最高数量）、打桩的持续时间做出预测，在

时间上控制一次一桩，首桩打设采用较低功率的“软启动”方法。

②施工期水下打桩中应严格确立在距离桩基一定范围为鱼类受水下噪声影响的危险区域，在该危险距离范围内应对鱼类、进行可能的驱赶、搬移等工作。

③注意鱼类在遭到水下噪声影响时所处的生命周期，避免鱼类在繁殖期、产卵期时的施工。

④由于施工期相对时间较短，同时某些鱼类可以采用游离避开噪声源等方法远离施工区，在施工结束后再返回该区域。建议施工单位一方面应该尽量缩短总的施工时间，另一方面在打桩中每分钟的打桩次数尽量减少。在进行首次水下打桩时先进行小强度的“软启动”，以达驱赶海洋鱼类游离作业区，到达一定距离外的安全海域。

⑤施工期的一般施工活动中，应注意施工机械和运输机械的维护和更新，尽量采用低噪声环保机械，避免噪声过大的运输船只在海上运输作业。

⑥对施工海域设置明显警示标志，告知施工周期，明示禁止进行捕捞活动的范围、时间。

⑦施工期对附近水域开展生态环境及渔业资源跟踪监测，及时了解工程施工对生态环境及渔业资源的实际影响。

（3）对重要经济鱼类资源“三场一通道”影响的减缓措施

①为保护工程海域周边的生物资源，应合理规划施工布局，海缆敷设和打桩施工时应尽量降低施工强度，尽可能减少悬浮物扩散范围，以减小悬浮扩散对产卵场的影响；如为保证海缆连续不间断铺设要求而无法完全避开，则在上述海域施工时应尽量降低施工强度，以减小悬浮扩散对产卵场、索饵场、越冬场渔业资源的损失影响，并做好相关渔业资源修复补偿工作。

②在设计、工程施工时，严格遵守有关设计和相关规定，完善环保设施，采取积极措施，尽量减少对海洋环境质量的影响，如遇突发性涉海污染事故，应及时报告管理部门，并采取积极的措施，将对渔业损失的污染影响程度降低到最小。

③在邻近保护区段的海缆施工应控制施工速度，以减轻悬浮物扩散的影响。

（4）鸟类保护措施

施工时应对风电场施工机械及人员进行严格管理，禁止捕杀鸟类。

合理安排施工时间，在候鸟迁徙季节如遇到候鸟大量迁徙经过风电场址时应

适当降低施工强度，必要时停工等待；同时合理布置施工运输路线，减小工程施工对鸟类的影响。

施工过程中，严格控制光源使用量，减少使用红色闪光灯和钠蒸汽灯，对光源进行遮蔽，减少漏光量，尤其是在有大雾或强逆风的夜晚，应该停止施工，减小施工对鸟类的影响。

（5）海龟保护措施

①施工时设定安全范围，施工区域发现海龟，应立即停止作业，对海龟进行观测和驱赶，一旦发现异常，应与相关部门联系。

②施工期水下打桩中应严格确立在距离桩基一定范围为海龟受水下噪声影响的危险区域，在该保护距离范围内应对海龟进行可能的驱赶、搬移等工作。

③合理安排施工进度、位置和控制施工船速，所有施工机械均应保持良好的性能状态，以减少施工噪音的累加效应，降低对海龟的可能影响。除抢修或必须夜间连续作业外，严格禁止在夜间进行产生噪声污染的施工作业。

④在海上风机组吊装安装作业时，吊装船上的工作人员与场地施工观察员保持密切联系，保证吊装安装作业的准确度和稳定度，以免产生安装误差，多次反复安装产生过多噪声污染。

⑤施工首桩“软启动”和水下噪声监测。由于施工期相对时间较短，同时海龟可以采用游离避开噪声源等方法远离施工区，在施工结束后再返回该区域。建议施工单位一方面应该缩短总的施工时间，另一方面在打桩中每分钟的打桩次数减少。在进行首次水下打桩时先进行小强度的“软启动”，驱赶海龟游离作业区到达一定距离外的安全海域。在首次打桩施工中进行水下噪声监测，以更准确掌握该海域中的水下噪声源强和传播特性。

⑥水下打桩使用隔离套筒，在打桩锤上敷设隔音及消音材料，降低结构辐射噪声，同时隔离机舱内部的噪声向外传播。或者采用更小的桩型等方法，以衰减水下打桩的噪声。

⑦加强施工船只管理，避免施工区域船舶集中，避免在同一工程区大量动力机械设备同时运作导致局部声级过高。

⑧施工船舶应采取有效措施控制主辅机噪声排放，包括：在发动机排气管安装弹簧吊架加以固定，在机舱路口上布置主、辅机消声器；合理设置消声器结构

和机舱室结构，限制突发性高噪声，避免不必要的船舶汽笛声。

9.2.1.3 运营期生态保护对策

（1）减轻风机噪声对海洋生物资源的影响

风机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是风力发电机组的主要噪声源，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，使齿轮和轴承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。

风电机组的主要部件安装于机舱内部，这些部件产生的振动直接传递给机舱，引起机舱振动并辐射产生噪声。为降低风机噪声源强，建议可以在机舱内表面贴附阻尼材料对机舱进行表面自由阻尼处理，衰减振动，降低结构辐射噪声，同时隔离机舱内部的噪声向外传播。

（2）含油废弃物收集措施

对风机及相关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环保产业开发有限公司处理。

9.2.1.4 台风风险防范措施

台风是强烈的热带气旋，是发生在热带海洋上的中心附近最大风力达到 12 级以上的暖性低压强烈天气系统。台风对风电场的可能造成的损害包括：台风夹带的细小沙砾造成破坏叶片表面，轻则影响叶片气动性能，产生噪音，严重的将破坏叶片表面强韧性由此降低叶片整体强度；台风带来的狂风暴雨对输电线路的破坏；台风破坏测风装置，使风力发电机组不能正确偏航避风，设备不能降低受风面积，超过设计载荷极限，使设备遭到破坏；台风施加在设备上的静力效应和动力效应共同作用下不断施加疲劳载荷，最后达到或者超过叶片和塔架的设计载荷极限，导致引起部件机械磨损，缩短风力发电机组的寿命，严重的使叶片损坏

及塔架倾覆。

本项目风机选型时已考虑到台风影响，为减少台风给风电场带来的损失，根据台风的破坏机理本报告提出下列防范措施：

（1）施工期防范措施

①施工期间应尽量选择避开台风季节，在台风季节施工应做好各项防台抗台预案和安全措施，以减轻灾害带来的损失。

②根据工程特点，编制相关抵御热带气旋和台风暴潮入侵的详细计划，并严格贯彻执行。

③按规定及时收听预报信息，按照防台应急预案，做好防抗台风工作。警惕热带气旋预兆及“热带低压”的突然袭击。

④施工作业船在施工前应认真查阅有关航行通电、通告及潮汐表等资料，防止搁浅、风灾等事故发生；应按时收听气象预报，遇有暴雨、台风等恶劣气候，严格遵守有关航行规定，服从海事主管部门的指挥。

⑤工程完工后，应加强对工程区域的监测，及时掌握工程海域稳定状况，把项目的用海风险和对环境影响降低到最小程度。

（2）运营期防范措施

①推荐使用装置性能可靠的测风仪器，建议使用受风面积小、不易受破坏且能精确测量风速、风向的红外超声波感应仪，避免因测风仪器损坏使风力发电机组不能正确偏航避风。

②推荐使用强度高、质量轻的碳纤维增强型塑料作为风机叶片的填充材料以提高风机叶片的强韧性，从而提高风机设计荷载。

③加强风机运行的强度监测，优化运行。在叶片上设置具有检测作用的光导纤维，实时了解叶片的载荷、温度、被伤害和疲劳程度，根据实际情况，及时维修并对其优化合理使用。

④运营期应定期进行桩基监测，并根据监测结果来评估结果及时制定相应的安全措施。

⑤建立台风预警与响应机制。与气象部门建立专线联系，实时跟踪台风路径、强度和预报；制定详细的《台风应急响应预案》，明确不同预警级别下的行动清单、责任人和撤离程序。

⑥台风来临前的预防性检查与加固。对塔筒内外壁、基础防腐层、螺栓紧固状态、逃生设施等进行全面检查；在规定时间窗口内，有序组织海上运维人员撤离。

⑦台风过境后，利用无人机、船舶雷达、SCADA 系统数据等进行远程初步评估，判断风场整体受损情况。在确保海况安全后，立即组织团队登机检查。重点检查结构裂纹、涂层损伤、设备进水、基础冲刷等。对关键部位进行无损探伤（如超声波检测）。根据损伤评估结果，制定相应修复计划。

9.2.2 生态跟踪监测

本项目论证范围内存在珊瑚礁、红树林典型生态系统，项目建设对珊瑚礁和红树林无影响，因此不针对其进行监测。

本项目建设海上风电场，用海方式包括透水构筑物和海底电缆管道，根据资源生态影响分析结果，结合《自然资源部办公厅关于进一步规范项目用海监管工作的函》（自然资办函〔2022〕640 号）相关管理要求，提出生态跟踪监测方案，包括生态监测内容、站位、频次等主要内容。

9.2.2.1 施工期环境监测

施工期对海水水质、沉积物质量、海洋生物质量、海洋生态、水下噪声进行监测，如有问题应及时采取防治措施。建设单位应委托有资质的单位开展施工期环境监测。

本项目监测站位在本报告海洋环境现状调查站位中选取与项目距离较近的站位，包括水质调查站位 20 个，沉积物调查站位 10 个，海洋生物质量监测站位 3 个，海洋生态和渔业资源调查站位 12 个。此外，布设水下噪声监测站位 9 个，与水下噪声现状调查站位保持一致。监测过程中可视情况做适当的调整。

（1）海水水质

为了解项目施工期悬浮物的污染状况，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、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。

监测站位：共布设 20 个监测站位，监测点位见表 9.2.2-1 和图 9.2.2-1。

监测频率：1 次/年，春季或秋季（避开生物产卵期）。

（2）沉积物质量

监测项目：粒度、有机碳、pH、石油类、硫化物、总汞、铜、铅、锌、铬、镉、砷。

监测站位：共布设 10 个监测站位，监测点位见表 9.2.2-1 和图 9.2.2-1。

监测频率：1 次/年，春季或秋季（避开生物产卵期）。

（3）海洋生物质量

监测项目：总汞、铜、铅、锌、铬、镉、砷、石油烃等。

监测站位：共布设 3 个监测站位，监测点位见表 9.2.2-1 和图 9.2.2-1。

监测频率：1 次/年，春季或秋季（避开生物产卵期）。

（4）海洋生态

监测项目：叶绿素 a 和初级生产力、浮游植物、浮游动物、底栖生物、渔业资源（鱼卵仔稚鱼、游泳生物）。

监测站位：共布设 12 个监测站位，监测点位见表 9.2.2-1 和图 9.2.2-1。

监测频率：1 次/年，春季或秋季（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：在风电场施工区域布设 9 个噪声监测点，与现状调查站位保持一致，监测点位见表 9.2.2-2 和图 9.2.2-2。

监测频率：施工前监测 1 次，施工期高峰期监测一次（对打桩作业进行监测）。昼间噪声监测时段为晨 6:00～晚 10:00，夜间噪声监测时段为晚 10:00～晨 6:00，分别监测 15min（避开生物产卵期）。

施工期由受委托监测站根据工程施工进度按监测计划进行监测，若有异常情况应及时通知当地自然资源行政主管部门和当地生态环境局，以便采取相应的对策措施。

表 9.2.2-1 施工期海洋环境监测站位坐标表

站位	经度 E	纬度 N	调查项目
SW02	115°05′55.38″	22°43′58.17″	水质
SW03	115°03′34.90″	22°42′22.37″	水质
SW05	115°12′37.05″	22°38′12.41″	水质
SW06	115°10′28.36″	22°36′09.14″	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
SW10	115°15′19.04″	22°26′54.35″	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
SW13	115°20′54.41″	22°29′30.43″	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
SW15	115°21′46.42″	22°21′56.37″	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
SW18	115°27′52.11″	22°26′48.36″	水质
SW19	115°28′13.25″	22°22′50.37″	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
SW21	115°31′49.43″	22°21′52.58″	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
SW26	115°31′38.62″	22°28′07.56″	水质、生物生态和渔业资源
SW27	115°31′58.26″	22°16′27.88″	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
SW29	115°35′11.22″	22°29′01.14″	水质
SW30	115°35′08.82″	22°24′16.31″	水质
SW31	115°35′09.63″	22°17′54.56″	水质、生物生态和渔业资源
SW34	115°39′51.55″	22°28′19.37″	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
SW35	115°39′50.36″	22°22′10.42″	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
SW36	115°40′39.54″	22°18′59.87″	水质
SW39	115°46′38.31″	22°25′19.65″	水质、沉积物、生物生态和渔业资源
SW40	115°46′37.55″	22°20′17.92″	水质

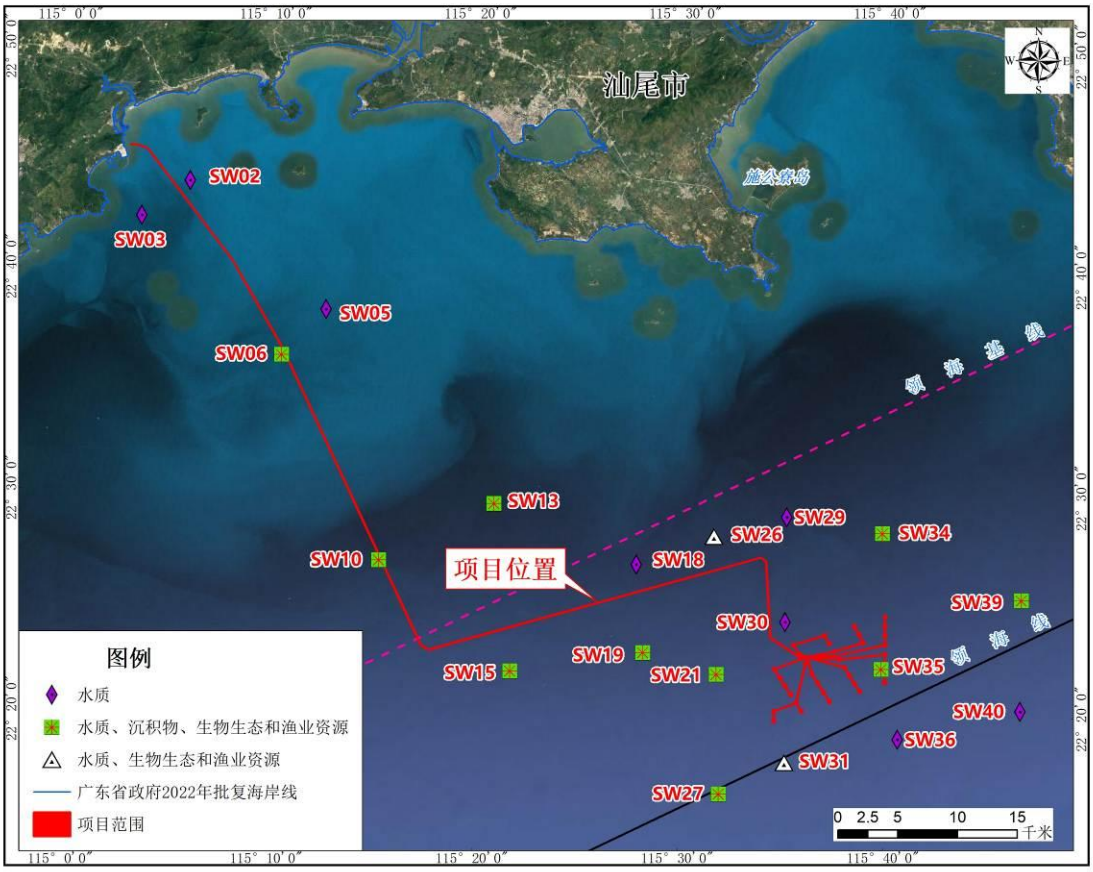


图 9.2.2-1 施工期海洋环境监测站位图

表 9.2.2-2 水下噪声监测站位坐标

站位序号	站位经纬度	
1	22°24′56.89"N	115°40′06.75"E
2	22°23′01.77"N	115°42′11.31"E
3	22°21′14.36"N	115°40′05.76"E
4	22°22′50.93"N	115°38′13.95"E
5	22°21′15.54"N	115°36′15.93"E
6	22°19′26.03"N	115°34′32.80"E
7	22°20′49.26"N	115°32′18.91"E
8	22°23′21.63"N	115°34′34.46"E
9	22°25′20.48"N	115°36′21.46"E

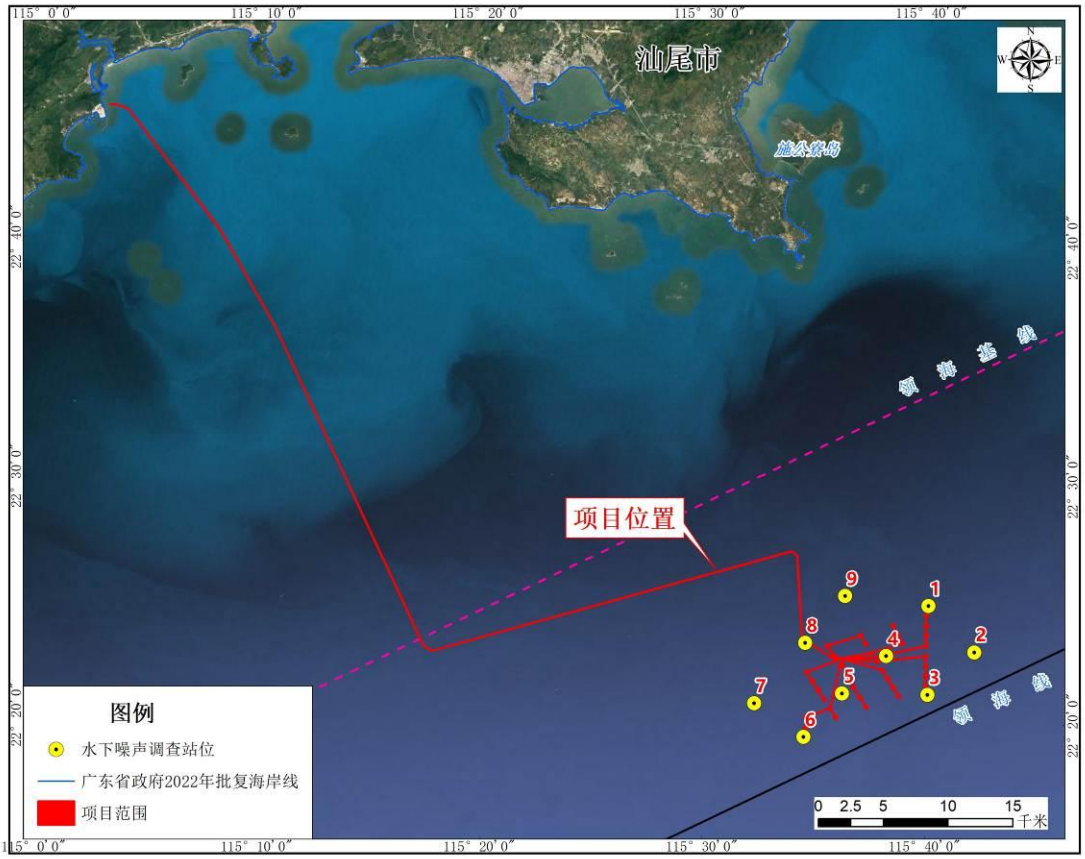


图 9.2.2-2 水下噪声监测站位图

9.2.2.2 运营期环境监测

运营期对海水水质、沉积物质量、海洋生物质量、海洋生态、地形地貌与冲淤、水下噪声、电磁环境进行监测，如有问题应及时采取防治措施。由本项目建设单位委托有资质的监测单位开展运营期生态跟踪监测。

本项目运营期监测点位与施工期一致，包括海水水质监测站位 20 个，沉积物质量监测站位 10 个，海洋生态监测站位 12 个，水下噪声监测站位 9 个。此外，布设电磁环境监测站位 9 个。监测过程中可视情况做适当的调整。

（1）海水水质

监测项目：与施工期一致。

监测站位：共布设 20 个监测站位，监测点位与施工期一致，见表 9.2.2-1 和图 9.2.2-1。

监测频率：1 次/年，春季或秋季（避开生物产卵期）。

（2）沉积物质量

监测项目：与施工期一致。

监测站位：共布设 10 个监测站位，监测点位与施工期一致，见表 9.2.2-1 和图 9.2.2-1。

监测频率：1 次/年，春季或秋季（避开生物产卵期）。

（3）海洋生物质量

监测项目：与施工期一致。

监测站位：共布设 3 个监测站位，监测点位与施工期一致，见表 9.2.2-1 和图 9.2.2-1。

监测频率：1 次/年，春季或秋季（避开生物产卵期）。

（4）海洋生态

监测项目：与施工期一致。

监测站位：共布设 12 个监测站位，监测点位与施工期一致，见表 9.2.2-1 和图 9.2.2-1。

监测频率：1 次/年，春季或秋季（避开生物产卵期）。

（5）水下噪声

监测项目：与施工期一致。

监测位置：在风电场施工区域布设 9 个噪声监测点，监测点位与施工期一致，见表 9.2.2-2 和图 9.2.2-2。

监测频率：每年 1 次，低、中和额定风速输出时。

（6）电磁环境

监测项目：工频电场强度、工频磁感应强度。

监测位置：布设 9 个监测点，监测点位见表 9.2.2-3 和图 9.2.2-3。

监测频率：每年 1 次。

表 9.2.2-3 电磁环境监测站位坐标

序号	监测点名称	经度（E）	纬度（N）
1	F1	115°27′34.75″	22°25′22.87″
2	F21	115°04′43.75″	22°43′47.09″
3	F24	115°17′56.62″	22°22′57.07″
4	F34	115°11′02.23″	22°28′56.27″
5	F11	115°34′21.22″	22°23′13.99″
6	F12	115°37′29.01″	22°24′08.68″
7	F15	115°36′08.75″	22°21′42.53″

8	F16	115°38′22.23″	22°22′16.52″
9	F18	115°37′37.74″	22°20′24.66″

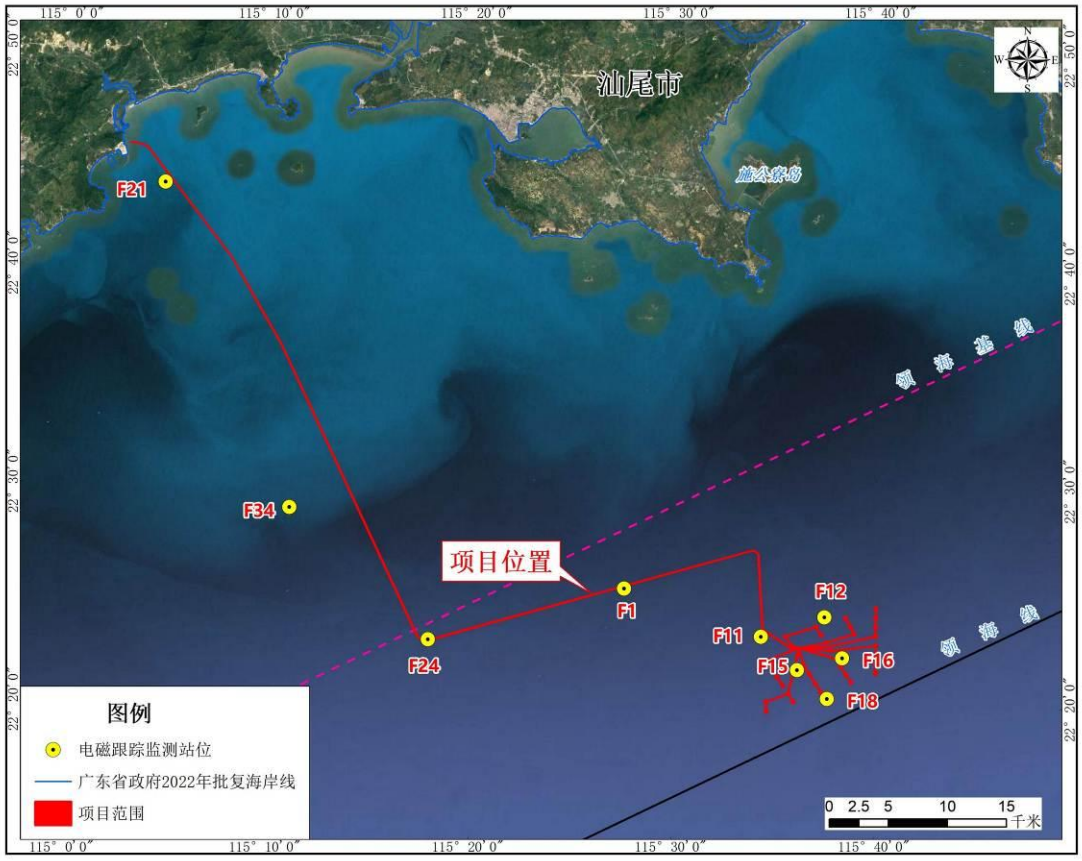


图 9.2.2-3 电磁环境监测站位图

（7）地形地貌与冲淤

监测项目：水深地形、风机墩柱局部冲刷监测（冲刷深度、冲刷坑直径和冲刷坑形状等参数，若有必要，应对风机墩柱局部冲刷进行加测。在风暴潮等恶劣气象条件过后对风机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：工程运营期开展 1 次。

（9）鸟类

监测内容：工程建设区及邻近地区鸟类的种类组成、数量、分布以及迁徙、迁飞特征、穿越风电场、与风机发生撞击的情况等。

监测时间：在项目营运初期（5 年），加强对区域鸟情、鸟类与风机撞击情况的观测研究。

监测频率：调查监测频次根据季节划分，在鸟类数量较集中的春秋季迁徙期，可进行强化监测。

9.2.2.3 生态跟踪监测评价

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检测，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。

9.3 生态保护修复措施

本项目用海方式为透水构筑物、海底电缆管道。根据前文资源生态影响预测分析结果，本项目建设可能产生的主要生态问题为海洋生物资源损失。

针对项目可能产生的主要生态问题，根据海洋生态保护修复的相关要求，本项目提出海洋生物资源恢复作为生态修复措施。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。拟采取增殖放流方式进行，具体措施以农业部门审核后的方案为准。

（1）修复布局

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，最终实施方

案以主管部门批复为准。

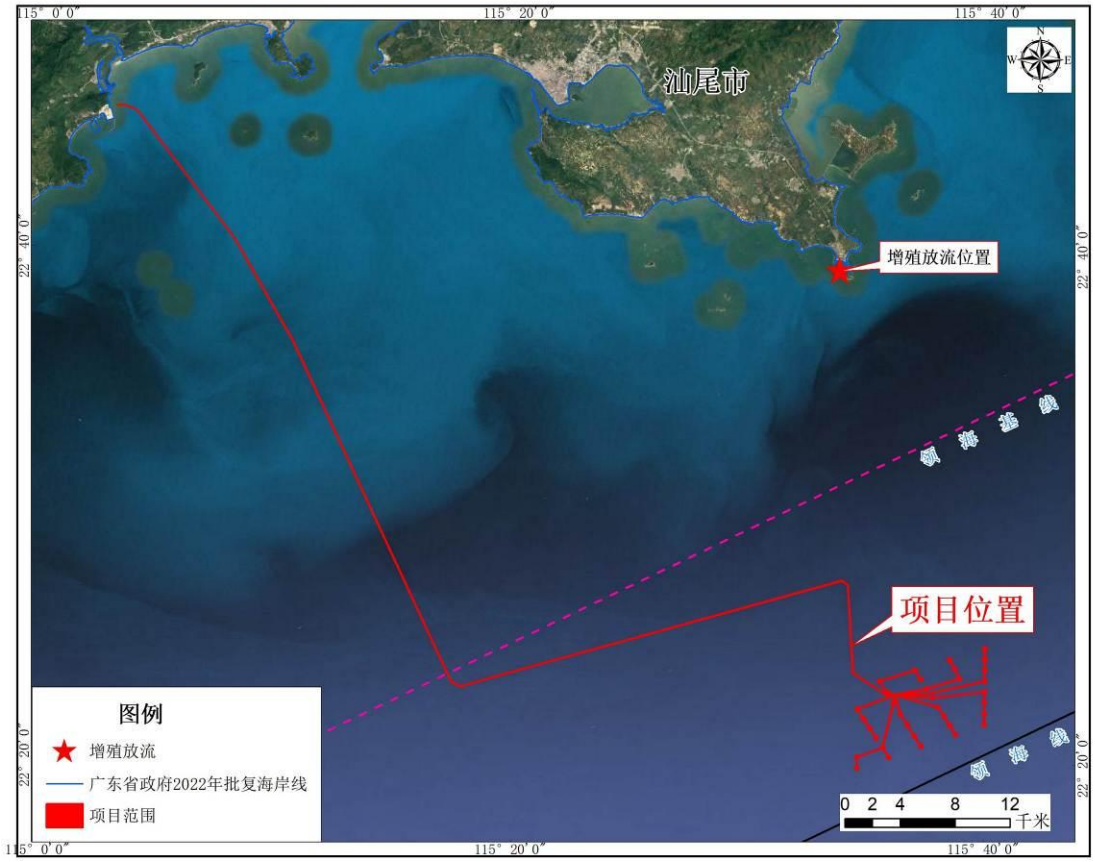


图 9.3-1 增殖放流位置图

（2）修复方案

增殖放流的海洋经济物种以适应本地生长的鱼苗、虾苗为主，拟定每年休渔期进行增殖放流，拟于取得用海批复后 2 年内休渔期期间实施。

渔业增殖放流要求：增殖放流物种的规格以放流现场测量为准。鱼苗体长应在 4cm 以上。增殖放流的苗种应当是本地种的原种或子 1 代，人工繁育的增殖放流苗种应由具备资质的生产单位、检验机构认可的单位提供，禁止增殖放流外来种、杂交种、转基因种以及其他不符合海洋生态要求的海洋生物物种。

增殖放流前，对损害增殖放流生物的作业网具进行清理。增殖放流过程中，要观测并记录投放海域的水域状况，包括水温、盐度、pH 值、溶解氧、流速和流向等水文参数，以及记录天气、风向和风力等气象参数。增殖放流后，对增殖放流水域组织巡查，防止非法捕捞增殖放流生物资源。根据 GB/T 12763 和 SC/T9102 的方法，定期监测增殖放流对象的生长、洄游分布及其环境因子状况。

（3）生态保护修复一览表

表 9.3-1 生态保护修复一览表（增殖放流）

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460万尾	在取得用海批复后2年内	深能海洋能源（汕尾）有限公司	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、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。

（4）生态保护修复实施效果监测

参照《围填海项目生态保护修复方案编制技术指南（试行）》，结合本项目生态保护修复重点，制定针对性的跟踪监测计划。

1、主要监测内容：海洋生物。

2、主要监测项目：增殖放流生物品种。

3、监测频次：修复完成后首年春秋季各监测1次。

表 9.3-2 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季各监测1次

10 结论

10.1 项目用海情况基本情况

本项目风电场址位于汕尾市汕尾港南面海域，登陆点位于深汕合作区小漠街道，场址面积约 62km^2，风电场场址水深在 41m~46m 之间，距离陆地最近距离约 28.8km，规划装机容量为 500MW（实际装机容量为 510MW），拟建设 34 台 15MW 固定式风电机组、8 回 66kV 集电海底电缆、1 回 500kV 送出海底电缆、1 座 500kV 海上升压站、1 座海上无功补偿站。

根据《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（自然资发〔2023〕234 号），本项目海域使用类型为工矿通信用海（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）。项目用海方式为构筑物（一级方式）的透水构筑物（二级方式）和其他方式（一级方式）的海底电缆管道（二级方式），项目申请总用海面积为 443.2221 公顷，其中透水构筑物用海面积为 181.6992 公顷，海底电缆管道用海面积为 261.5229 公顷，项目风机、66kV 集电海缆和 500kV 送出海缆采用立体确权。本项目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 0.8m，不会对岸线原有形态或生态功能产生影响。本项目风机的设计服务年限为 25 年，工程建设期为 13 个月，因此，项目申请用海期限定为 27 年。

10.2 项目用海必要性结论

本项目建设对提高可再生能源在能源消费结构比例能起到积极的推动作用，有利于减少土地资源的占用。同时，本地区具有开发海上风力发电有利条件和资源优势，且社会效益、环保效益显著，具有一定的示范作用。所以无论从海上风电优于陆上风电的特点，还是本项目所处的海域条件及建设特点，本项目用海，且占用该海域都是必要的。项目风机、海上升压站、海上无功补偿站架设在海面上方，基座为导管架基础结构，桩基插入海床，必将占用一定的海域；海底电缆埋入海床以下，必将占用一定的海床及底土。因此，从项目的建设特点来看，本项目海上风机、海上升压站、海上无功补偿站及电缆铺设将占用一定的海域，项

目用海是必要的。

10.3 资源生态影响分析结论

项目实施后风电场附近海域各代表点大潮涨急流速变化值位于-0.01m/s~0.01m/s之间；大潮涨急流向变化值位于-1.8°~0.2°之间；各代表点大潮落急流速变化值位于-0.01m/s~0.01m/s 之间，大潮落急流向变化值位于-0.4°~0.7°之间。总体上看，工程实施后风电桩基迎水面和背水面海域流速出现一定程度减缓，风电桩基侧面流速稍有增加，流向变化不明显，可见工程实施对水文动力影响主要出现在风电桩基附近，其他海域影响程度较有限。

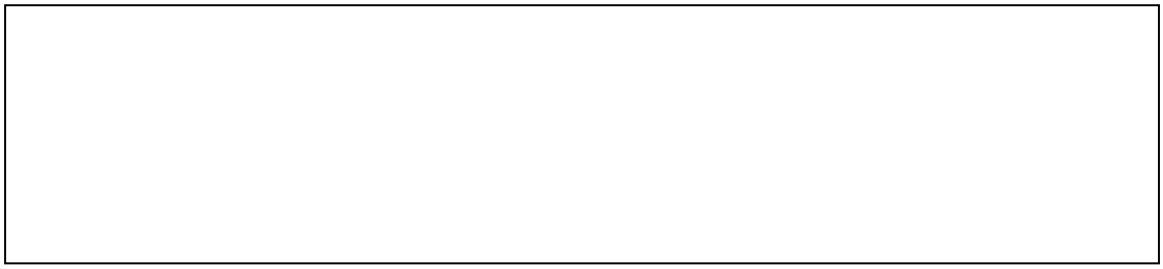
本项目海缆所在海域工程前后海床基本不变，海缆敷设对其所在海域潮汐动力和冲淤变化基本不影响，实施后风机前后（涨、落急潮流方向）为主要的淤积区域，风机两侧（垂直于涨、落急潮流方向）为主要的冲刷区域，风机附近冲淤分布形态与往复流流态有关，同时风电场区域两侧发生冲刷，年最大淤积幅度约为 0.14m/a，最大冲刷幅度 0.10m/a。

风机、海上升压站、海上无功补偿站桩基施工、电缆沟开挖对渔业资源的影响主要表现在对施工区附近高浓度悬浮物水域中的海洋生物的仔幼体可能造成的伤害。根据渔业水质标准，悬浮物浓度增量大于 10mg/L，可能对鱼类生长造成影响。该水域范围内，部分鱼卵、仔鱼及游泳生物因高浓度的含沙量而发生死亡。工程施工导致的底层超第一、二类海水水质的海域面积为 108.135km^2，垂向平均浓度超第一、二类海水水质的海域面积 48.181km^2。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，工程施工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，基本不会对所在海域的沉积物环境造成影响。项目建设造成底栖生物直接损失为 5.15t，项目施工造成渔业资源直接损失量为：游泳生物 0.77t、鱼卵 2.24×10^8、仔鱼 4.50×10^7 尾。

施工期间，由于人类活动、交通运输工具与施工机械作业产生的噪声、灯光等会对鸟类产生一定的影响，但施工期的影响是暂时、可逆的。工程运行期对过境鸟类可能产生的直接影响主要是光影响、风机（风叶）与鸟类发生撞击风险等，但鸟类有趋利避害的自然本能，因此风险有限。

10.4 海域开发利用协调分析结论

本项目所在及周边海域开发利用活动主要为航道、航路、锚地、海上风电项



本项目在实施前，必须妥善安排施工计划，采取合理有效的防护措施，尽可能避免产生利益冲突；在实施过程中，如果发生利益冲突，应该立即停工，等待利益冲突得到妥善解决后方可复工。

本项目用海属经营性用海，按国家有关规定交纳海域使用金，不存在损害国家权益的问题；根据本阶段工作，项目所在海域暂时无军事设施，但可能存在军方电缆。目前本项目尚未取得军方书面意见，建议业主积极协调军方意见，取得书面意见后，用海可行。

10.5 国土空间规划符合性分析结论

本项目符合《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）》的要求，满足《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》关于汕尾西部工矿通信用海区、汕尾南部渔业用海区、遮浪南重要渔业资源产卵场生态保护区、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、金狮湾工矿通信用海区等用海区空间准入条件和相关管控要求，也符合“三区三线”中的生态保护红线的管控要求。

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》以及《汕尾市国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》等各级相关规划的相关要求。

10.6 项目用海合理性分析结论

依据风电场址规划，根据风能资源分布概况，综合考虑系统接入以及其他海

洋水文条件优劣，本项目选址与国土空间规划、生态环境保护、军事等不相冲突，与对外交通运输条件、地质条件等较适宜，项目用海选址是合理的。本项目风电场场址区域离岸最近约 28.8km，水深约 41m~46m，与“海上风电项目应满足离岸距离 30 公里或水深 30 米的开发条件限制”相符。风电场场址不涉及各种保护区及重要、敏感和脆弱生态区域，因此项目用海选址合理。

项目平面布置方案经过了多次优化，充分考虑周边开发现状的需求，平面布置体现了集约、节约用海的原则，最大程度地减少对水文动力环境、冲淤环境的影响，有利于生态和环境保护，平面布置合理。

本项目规划装机容量 500MW（实际装机容量为 510MW），风电场场址水深在 41m~46m 之间，与陆地最近距离约 28.8km，风电场外缘边线包络海域面积 5081.9831 公顷，单位装机容量风电场面积约 9.96 公顷/兆瓦，海域利用率为 5.35%，投资强度 1778.37 万元/公顷，符合“离岸 30 千米或水深大于 30 米，单位装机容量风电场面积≤15 公顷/兆瓦，投资强度≥800 万元/公顷”的要求。海域利用率作为鼓励性指标，包含风电场外包络线内海上风电项目用海确权面积和复合利用的养殖网箱、海洋牧场、海上光伏、波浪能发电、制氢、储能等设施确权面积（公顷），此次仅计算海上风电的用海面积，暂不符合≥6%的要求。项目后续将在风电场内配套布置海洋牧场，提高海域利用率。本项目用海面积可以满足项目用海需求，现阶段不存在减少用海面积的可能性，用海面积合理。

本项目用海方式基本维护了所在海域的基本功能，对水动力、冲淤环境影响较小，用海方式合理。

项目申请海域使用期限 27 年，符合《中华人民共和国海域使用管理法》，申请期限合理。

10.7 项目用海可行性结论

综上所述，深能汕尾红海湾六海上风电项目用海是必要的，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和生态保护红线管理要求相符合。项目选址、用海方式、用海平面布置、用海面积和用海期限是合理的。在严格按照本报告书中提出的要求，做好海域环境的保护工作的前提下，从海域使用角度出发，本项目用海是可行的。