中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司
CHINA ENERGY ENGINEERING GROUP GUANGDONG ELECTRIC POWER DESIGN INSTITUTE CO., LTD.

国家综合甲级
证书号：A144004317

阳江三山岛海上风电柔直输电工程

（海上工程）

海域使用补充论证报告书

（公示稿）

中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司

（统一社会信用代码：91440000455857967J）

二〇二五年四月 广州

未经书面许可，请勿引用、复制或以任何形式非法使用本文件的内容

论证报告编制信用信息表

论证报告编号	4417042024000597
论证报告所属项目名称	阳江三山岛海上风电柔直输电工程（海上工程）
一、编制单位基本情况	
单位名称	中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司
统一社会信用代码	91440000455857967J
法定代表人	黄志秋
联系人	杨璐
联系人手机	

二、编制人员有关情况

姓名	信用编号	本项论证职责	签字
陈安安	BH002169	论证项目负责人	
陈琪	BH002533	1. 概述 2. 项目用海基本情况	
陈安安	BH002169	4. 资源生态影响分析 5. 海域开发利用协调分析 7. 项目用海合理性分析	
钟文聪	BH002858	3. 项目所在海域概况 6. 国土空间规划符合性分析 8. 生态用海对策措施	
陈驰宇	BH004174	9. 结论 10. 报告其他内容	

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

承诺主体（公章）：

2025 年 4 月 7 日

项目基本情况表

<table>
<tr><td>项目名称</td><td colspan="4">阳江三山岛海上风电柔直输电工程（海上工程）</td></tr>
<tr><td>项目地址</td><td colspan="4">广东省阳江市阳东区南侧海域</td></tr>
<tr><td>项目性质</td><td colspan="2">公益性（　　）</td><td colspan="2">经营性（ √ ）</td></tr>
<tr><td>用海面积</td><td colspan="2">685.4234 ha</td><td>投资金额</td><td></td></tr>
<tr><td>用海期限</td><td colspan="2">27 年</td><td>预计就业人数</td><td>200 人</td></tr>
<tr><td rowspan="4">占用岸线</td><td>总长度</td><td>8.6m
（底土穿越）</td><td>邻近土地平均价格</td><td>/</td></tr>
<tr><td>自然岸线</td><td>0m</td><td>预计拉动区域经济产值</td><td>/</td></tr>
<tr><td>人工岸线</td><td>8.6m
（底土穿越）</td><td rowspan="2">填海成本</td><td rowspan="2">0 万元/ha</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">工业用海中的电力工业用海/工矿通信用海中的可再生能源用海</td><td>新增岸线</td><td>0m</td></tr>
<tr><td>用海方式</td><td colspan="2">面 积</td><td colspan="2">具体用途</td></tr>
<tr><td>透水构筑物</td><td colspan="2">1.3640 ha</td><td colspan="2">海上换流平台</td></tr>
<tr><td>透水构筑物</td><td colspan="2">0.4382 ha</td><td colspan="2">辅助平台</td></tr>
<tr><td>海底电缆管道</td><td colspan="2">683.6212 ha</td><td colspan="2">海底电缆</td></tr>
<tr><td colspan="5">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 ..... - 4 -
1.1 论证工作来由 ..... - 4 -
1.2 论证依据 ..... - 5 -
1.2.1 法律法规 ..... - 5 -
1.2.2 标准规范 ..... - 8 -
1.2.3 项目技术资料 ..... - 9 -
1.3 论证等级和范围 ..... - 10 -
1.3.1 论证等级 ..... - 10 -
1.3.2 论证范围 ..... - 12 -
1.4 论证重点 ..... - 13 -
2 项目用海基本情况 ..... - 14 -
2.1 用海项目建设内容 ..... - 14 -
2.2 平面布置和主要结构、尺度 ..... - 14 -
2.2.1 总平面布置 ..... - 14 -
2.2.2 海上换流站平面布置 ..... - 16 -
2.2.3 ±500kV 直流海底电缆平面布置 ..... - 20 -
2.2.4 登陆点位置及周边环境 ..... - 21 -
2.2.5 主要结构、尺寸 ..... - 22 -
2.3 项目主要施工工艺和方法 ..... - 26 -
2.3.1 海上换流站施工 ..... - 26 -
2.3.2 海底电缆敷设施工 ..... - 28 -
2.3.3 施工机械设备 ..... - 36 -
2.3.4 施工进度计划 ..... - 36 -
2.3.5 土石方平衡 ..... - 36 -
2.4 项目用海需求 ..... - 37 -
2.4.1 项目用海需求 ..... - 37 -
2.4.2 申请用海情况 ..... - 37 -

2.5 项目用海必要性 ..... - 41 -
2.5.1 项目建设的必要性 ..... - 41 -
2.5.2 用海调整必要性 ..... - 43 -
2.5.3 项目用海的必要性 ..... - 43 -
3 项目所在海域概况 ..... - 44 -
3.1 海洋资源概况 ..... - 44 -
3.1.1 海岸线资源 ..... - 44 -
3.1.2 滩涂资源 ..... - 44 -
3.1.3 岛礁资源 ..... - 44 -
3.1.4 港口资源 ..... - 45 -
3.1.5 航道资源 ..... - 46 -
3.1.6 锚地资源 ..... - 47 -
3.1.7 渔业资源 ..... - 47 -
3.1.8 矿产资源 ..... - 48 -
3.1.9 旅游资源 ..... - 48 -
3.1.10 红树林资源 ..... - 49 -
3.1.11 海洋自然保护区 ..... - 51 -
3.2 海洋生态概况 ..... - 53 -
3.2.1 区域气候与气象 ..... - 53 -
3.2.2 水文动力 ..... - 56 -
3.2.3 海底地形地貌与冲淤 ..... - 67 -
3.2.4 工程地质 ..... - 69 -
3.2.5 海水水质质量现状 ..... - 78 -
3.2.6 海洋沉积物质量现状 ..... - 89 -
3.2.7 海洋生物体质量现状 ..... - 94 -
3.2.8 海洋生态现状 ..... - 100 -
3.2.9 噪声环境现状调查与评价 ..... - 111 -
3.2.10 电磁环境现状调查与评价 ..... - 114 -
3.2.11 海洋自然灾害 ..... - 114 -
3.2.12 “三场一通道”分布情况 ..... - 116 -

3.2.13 珍稀保护动物 - 118 -
4 资源生态影响分析 - 120 -
4.1 生态影响分析 - 120 -
4.1.1 水动力环境影响分析 - 120 -
4.1.2 地形地貌及冲淤环境影响分析 - 121 -
4.1.3 海洋水质环境影响分析 - 127 -
4.1.4 沉积物环境影响分析 - 128 -
4.1.5 海洋生物影响分析 - 129 -
4.1.6 水下噪声环境影响分析 - 131 -
4.1.7 电磁环境影响分析 - 133 -
4.1.8 对珍稀濒危生物的影响 - 135 -
4.1.9 生态跟踪监测指标合理影响范围 - 136 -
4.2 资源影响分析 - 139 -
4.2.1 空间资源损耗分析 - 139 -
4.2.2 海洋生物资源影响分析 - 140 -
4.2.3 对其他海洋资源的影响 - 143 -
5 海域开发利用协调分析 - 144 -
5.1 海域开发利用现状 - 144 -
5.1.1 社会经济概况 - 144 -
5.1.2 海域使用现状 - 145 -
5.1.3 海域使用权属 - 147 -
5.2 项目用海对海域开发活动的影响 - 149 -
5.2.1 对航道、航路和锚地的影响分析 - 149 -
5.2.2 对海上风电项目的影响分析 - 150 -
5.2.3 对海水养殖项目的影响分析 - 151 -
5.2.4 对海滨浴场项目的影响分析 - 151 -
5.2.5 对渔业生产活动的影响分析 - 152 -
5.2.6 对自然保护区的影响分析 - 152 -
5.3 利益相关者界定 - 154 -
5.4 需协调部门界定 - 156 -

5.5 相关利益协调分析 ..... - 156 -
5.5.1 与 XXXX 公司、XXXX 公司的协调分析 ..... - 156 -
5.5.2 与 XXXX 公司、XXXX 公司的协调分析 ..... - 156 -
5.5.3 与 XXXX 公司、XXXX 公司、XXXX 公司的协调分析 - 157 -
5.5.4 与海水养殖项目业主的协调分析 ..... - 157 -
5.5.5 与当地航道、海事主管部门的协调分析 ..... - 157 -
5.5.6 与阳江市农业农村局的协调分析 ..... - 158 -
5.6 项目用海与国防安全和国家海洋权益的协调性分析 ..... - 159 -
5.6.1 与国防安全和军事活动的协调性分析 ..... - 159 -
5.6.2 对国家海洋权益的影响分析 ..... - 159 -
6 国土空间规划符合性分析 ..... - 160 -
6.1 所在海域国土空间规划分区基本情况 ..... - 160 -
6.1.1 《全国国土规划纲要（2016-2030 年）》 ..... - 160 -
6.1.2 《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》 ..... - 161 -
6.1.3 《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》 .. - 163 -
6.1.4 《广东省海岸带及海洋空间规划（2021－2035 年）》 - 164 -
6.1.5 《阳江市国土空间总体规划(2020-2035 年）》 ..... - 172 -
6.2 对海域国土空间规划分区的影响分析 ..... - 173 -
6.2.1 对《全国国土规划纲要（2016-2030 年）》的影响分析 - 173 -
6.2.2 对《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》的影响分析 - 173 -
6.2.3 对《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》规划分区的影响分析 ..... - 174 -
6.2.4 对《广东省海岸带及海洋空间规划（2021－2035 年）》的影响分析 ..... - 174 -
6.2.5 对《阳江市国土空间总体规划（2021-2035 年）》规划分区的影响分析 ..... - 184 -
6.3 项目用海与国土空间规划的符合性分析 ..... - 184 -
6.4 项目用海与相关规划符合性分析 ..... - 185 -
6.4.1 与《全国海洋主体功能区规划》的符合性分析 ..... - 185 -
6.4.2 项目用海与“三区三线”中生态保护红线的符合性分析 - 187 -

6.4.3 与《“十四五”现代能源体系规划》的符合性分析.....- 190 -
6.4.4 与《广东省能源发展“十四五”规划》的符合性分析.....- 191 -
6.4.5 与《广东省自然资源保护与开发“十四五”规划》的符合性分析.....- 191 -
6.4.6 与《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》的符合性分析.....- 192 -
6.4.7 与《广东省海上风电发展规划（2017-2030 年）（修编）》的符合性分析.....- 194 -
6.4.8 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》符合性分析.....- 194 -
6.4.9 与《阳江市国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》的符合性分析.....- 195 -
6.5 项目用海与产业结构的符合性分析.....- 196 -
6.5.1 与《产业结构调整指导目录》（2024 年本）的符合性 - 196 -
6.5.2 与《市场准入负面清单》（2022 年版）的符合性.....- 196 -
7 项目用海合理性分析.....- 197 -
7.1 用海选址合理性分析.....- 197 -
7.1.1 区位和社会条件的适宜性.....- 197 -
7.1.2 自然资源和海洋生态环境的适宜性.....- 198 -
7.1.3 与周边用海活动的适宜性.....- 199 -
7.1.4 项目用海选址是否有利于海洋产业协调发展.....- 199 -
7.1.5 项目用海选址合理性.....- 200 -
7.2 用海平面布置合理性分析.....- 200 -
7.2.1 项目平面布置分析.....- 200 -
7.2.2 项目用海平面布置是否体现节约集约用海原则.....- 203 -
7.2.3 项目用海平面布置是否有利于生态保护，并已避让生态敏感目标.....- 204 -
7.2.4 项目用海平面布置能否最大程度地减少对水文动力环境和冲淤环境的影响.....- 204 -
7.2.5 项目用海平面布置能否最大程度地减少对周边其他用海活动

的影响 - 205 -
7.3 用海方式合理性分析 - 205 -
7.3.1 用海方式是否遵循尽最大可能不填海、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 - 205 -
7.3.2 用海方式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 - 206 -
7.3.3 用海方式能否最大程度地减少对区域海洋生态系统的影响 - 206 -
7.3.4 用海方式能否最大程度地减少对水文动力环境和冲淤环境的影响 - 206 -
7.4 占用岸线合理性分析 - 207 -
7.4.1 项目占用岸线情况 - 207 -
7.4.2 对周边岸线资源的影响分析 - 207 -
7.4.3 占用岸线的必要性 - 208 -
7.4.4 占用岸线合理性 - 208 -
7.4.5 少用岸线的可能性 - 209 -
7.5 用海面积合理性分析 - 210 -
7.5.1 项目用海面积 - 210 -
7.5.2 用海面积合理性 - 211 -
7.5.3 宗海图绘制 - 216 -
7.5.4 用海面积量算 - 220 -
7.6 立体分层设权的必要性和合理性分析 - 222 -
7.6.1 立体分层设权范围 - 222 -
7.6.2 分层立体设权可行性分析 - 222 -
7.6.3 立体设权必要性分析 - 223 -
7.7 用海期限合理性分析 - 224 -
8 生态用海对策措施 - 226 -
8.1 生态用海对策 - 226 -
8.1.1 生态保护对策 - 226 -
8.1.2 生态跟踪监测 - 228 -
8.2 生态保护修复措施 - 232 -

8.2.1 项目建设对所在海域生态的影响分析 - 232 -
8.2.2 生态补偿方案 - 232 -
8.2.3 生态保护修复实施效果监测 - 234 -
9 结论 - 235 -
9.1 结论 - 235 -
9.1.1 项目用海调整基本情况 - 235 -
9.1.2 项目调整用海必要性结论 - 236 -
9.1.3 项目用海资源生态影响分析结论 - 236 -
9.1.4 海域开发利用协调分析结论 - 237 -
9.1.5 国土空间规划符合性分析结论 - 237 -
9.1.6 项目用海合理性分析结论 - 238 -
9.2 项目可行性分析结论 - 239 -

公示稿

摘 要

1、项目用海基本情况

用海单位：广东电网有限责任公司阳江供电局

建设内容：本项目调整前后涉海工程建设内容不变，项目共建设 1 座±500kV/2000MW 海上换流站（含辅助平台）、1 回（2 根）±500kV 直流海底电缆，调整内容主要为海缆登陆段和接入海上换流站段的走向，中间段海缆整体往西偏移 0~30m。

调整前用海面积：本项目于 2024 年 5 月 21 日通过专家评审会，2024 年 6 月 7 日取得阳江市自然资源局关于本项目用海的预审意见，根据用海预审意见，调整前用海面积共为 684.0803 公顷，其中透水构筑物用海 1.8022 公顷，海底电缆管道用海 682.2781 公顷。

调整后用海面积：调整后用海总面积 685.4234 公顷，用海面积共增加 1.3431 公顷，主要为海底电缆管道用海面积增加，其余的透水构筑物（海上换流站和辅助平台）用海面积不变。

用海年限：27 年

2、项目立项情况

（内容不公开）

3、用海调整必要性

本项目用海调整内容主要体现在登陆段海缆和接入换流站段海缆的走向。本项目登陆点位于阳江市阳东区大沟镇三丫村三丫河口东侧岸线，岸线向陆一侧建有造船厂，该登陆点现状已有中节能阳江南鹏岛海上风电项目和中广核阳江南鹏岛海上风电项目的送出海缆登陆，未来除本项目外仍需容纳阳江三山岛五、六海上风电场集中送出工程、中广核阳江帆石一海上风电场项目、中广核阳江帆石二海上风电场项目以及其他新增项目的送出海缆。受限于登陆点空间和周边已建的建筑物和海缆，结合施工安全等因素，现状登陆点无法同时满足多个项目的海缆登陆，为满足各项目送出海缆均能顺利登陆，提升登陆点空间资源的使用效率，对登陆段海缆用海进行调整是必要的。

随着施工图的不断深化，为防止海缆受外力影响导致的断裂等问题发生，接入海上换流站段的海缆需预留一定长度，以保证海缆施工和运行中的安全，因此

接入海上换流站段海缆的用海调整是必要的。

4、规划符合性

项目用海与《广东省国土空间规划（2020-3035 年）》《阳江市国土空间总体规划（2021-2035 年）》《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》《广东省海岸带及海洋空间规划（2021－2035 年）》等相符，项目海底电缆用海部分占用生态保护红线（海头湾海岸防护物理防护极重要区和东平镇南珍稀濒危物种分布Ⅰ区），目前正在积极开展生态保护红线内允许有限人为活动准入论证工作。项目与其他相关规划的内容和指导思想相符。

5、占用岸线情况

本项目海底电缆登陆段用海范围涉及 2022 年广东省政府批复海岸线 8.6m，海缆实际占用（底土穿越）岸线长 1.26m，所在岸线类型为人工岸线，海缆登陆段采用定向钻施工方式从底土穿越海岸线，不对岸线进行开挖，不影响岸线自然形态及原有生态功能。

6、利益相关者协调情况

本项目利益相关者为********。需协调管理部门为阳江海事局、阳江航道事务中心、阳江市农业农村局。项目与周边其他用海活动和海洋产业是可协调的，并且项目建设和运营不会影响军事活动和国家安全。

7、资源生态影响及生态保护修复措施

本项目涉海工程主要有海底电缆及 1 座海上换流站（含辅助平台），海底电缆工程埋藏在海床以下 2-4m，海底电缆为埋设形式，施工期间，将产生一定悬浮泥沙，悬沙扩散面积相对较小，对海水水质、沉积物、海洋生态影响相对较小，施工完成后，海洋水质、沉积物及海洋生态将随着施工结束逐渐恢复至本底值，海床可在波浪潮流共同作用下逐渐恢复到原状，不对潮流动力和冲淤环境产生影响。本项目海上换流站施工期间只会在桩基很小范围内产生影响，不对附近海域水动力环境、海洋水质、沉积物、生态等产生明显影响。项目营运期不产生污染物，不会对环境产生影响。

8、项目用海选址、方式、面积、期限和合理性

项目选址与区位条件、自然资源和环境条件、周边用海活动相适宜，用海选址合理；用海方式和平面布置符合相关要求，是合理的；用海面积满足海底电缆管道和海上换流站的要求，且用海面积不宜减少，用海面积合理；本项目界址点的选择和面积量算符合《海籍调查规范》和《海域使用面积测量规范》；用海期

限为 27 年，符合《中华人民共和国海域使用管理法》等要求，其用海期限合理。

公示稿

1 概述

1.1 论证工作来由

根据《广东省2023年海上风电项目竞争配置工作方案》，阳江市共有******等6个海上风电项目开展竞争性配置，总规划装机容量为300万千瓦。为确保风电有效送出，同时实现集约用海、海陆统筹送出的目的，由广东电网有限责任公司阳江供电局投资建设“阳江三山岛海上风电柔直输电工程（海上工程）”统一将目前已竞争配置完成的******（总规划装机容量为2000MW）四个“十四五”期间计划优先开发的风电场打捆集中送出，计划2025年建设完成。

（内容不公开）

图1.1-1　阳江三山岛场址场区分布示意图

本项目海上工程建设内容为1座±500kV/2000MW海上换流站（含辅助平台）和1回（2根）±500kV直流海底电缆，海缆登陆点位于阳江市阳东区大沟镇三丫村三丫河口东侧岸线，该登陆点已有中节能阳江南鹏岛海上风电项目和中广核阳江南鹏岛海上风电项目的海缆登陆，未来除本项目外仍需容纳阳江三山岛五、六海上风电场集中送出工程（以下简称“三山岛5-6”）、中广核阳江帆石一海上风电场项目（以下简称“帆石一”）、中广核阳江帆石二海上风电场项目（以下简称“帆石二”）以及其他新增项目等多根送出海缆。目前登陆点可用于海缆登陆的空间十分有限，无论是从项目施工还是运行方面，均无法满足多个项目从此处登陆，因此，经与各个项目的多方共同商讨后，统筹划定各项目海缆登陆位置，以满足各项目送出海缆登陆需求，提升登陆点空间资源的使用效率。另外随着施工图的不断深化，接入海上换流站段的部分海缆需预留安全长度，以防止施工和运行发生故障。

本次工程调整内容主要为送出海缆部分，具体为海缆登陆段和接入海上换流站段海缆调整走向，中间段海缆整体往西偏移约5-30m，项目调整前后海缆整体走向一致，海上换流站及辅助平台未发生改变。

本项目于2024年6月7日取得用海预审意见，根据用海预审意见，工程拟申请用海总面积为684.0803公顷，其中透水构筑物用海1.8022公顷，海底电缆管道用海682.2781公顷。本次调整后，拟申请用海总面积为685.4234公顷，用

海面积共增加 1.3431 公顷，主要为海底电缆管道用海面积增加，其余的透水构筑物（海上换流站和辅助平台）用海面积不变。根据《海域使用权管理规定》相关规定，用海预审意见有效期内，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。因此，受广东电网有限责任公司阳江供电局委托，中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司在原海域使用论证报告的基础上，对比分析项目调整前后的用海情况，并对项目建设对海洋生态环境、周边用海活动、国土空间利用规划及相关规划、用海合理性和海域使用对策措施等情况进行了分析，重新绘制宗海图，编制了本海域使用补充论证报告书，为自然资源行政主管部门提供项目用海审批依据。

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》，中华人民共和国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；

(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；

(3) 《中华人民共和国港口法》，根据 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《关于修改〈中华人民共和国电力法〉等四部法律的决定》第三次修正；

(4) 《中华人民共和国海上交通安全法》，2021 年 4 月 29 日修订通过，2021 年 9 月 1 日施行；

(5) 《中华人民共和国渔业法》，十二届人大常委会第六次会议第四次修正，2013 年 12 月；

(6) 《中华人民共和国自然保护区条例》，2017 年 10 月 7 日《国务院关于修改部分行政法规的决定》修订；

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

(8) 《中华人民共和国防治海岸工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》，2018 年 3 月 19 日第三次修正；

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

(10)《海域使用权登记办法》，国海发〔2006〕28 号，国家海洋局；

(11)《海岸线保护与利用管理办法》，国家海洋局，2017 年 3 月 31 日；

(12)《防治海洋工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》，2006 年 9 月 19 日中华人民共和国国务院令第 475 号公布，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）；

(13)《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，发改令第 7 号，2024 年 2 月 1 日施行；

(14)《市场准入负面清单（2022 年版）》，国家发展改革委、商务部，2022 年 3 月 12 日；

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

(16)《自然资源部关于规范海域使用论证材料编制的通知》（自然资规〔2021〕1 号），2021 年 1 月 08 日；

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

(18)《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；

(19)《自然资源部办公厅关于印发《海域立体分层设权宗海范围界定指南（试行）》的通知》（自然资办函〔2023〕2234 号），自然资源部办公厅，2023 年 11 月 17 日；

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

(21)《自然资源部办公厅关于进一步规范项目用海监管工作的函》，自然资源部办公厅，自然资办函〔2022〕640 号，2022 年 4 月 15 日；

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

(23)《铺设海底电缆管道管理规定》，国务院，1989 年；

(24)《铺设海底电缆管道管理规定实施办法》，国家海洋局，1997 年；

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

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

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

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

(29)《广东省海域使用管理条例》，2007 年 1 月 25 日广东省第十届人民代表大会常务委员会第二十九次会议通过，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；

(30)《广东省国土空间规划（2020-2035 年）》（粤府〔2023〕105 号），广东省人民政府，2024 年 1 月 16 日；

(31)《广东省自然资源厅关于印发<广东省国土空间生态修复规划（2021—2035 年）>的通知》，广东省自然资源厅，2023 年 5 月 10 日；

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

(33)《广东省海岸带及海洋空间规划（2021－2035 年）》，广东省自然资源厅，2025 年 1 月 23 日；

(34)《广东省人民政府办公厅关于推动我省海域和无居民海岛使用“放管服”改革工作的意见》，广东省人民政府办公厅，粤府办〔2017〕62 号，2017 年 10 月 31 日；

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

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

(37)《广东省自然资源厅关于做好海岸线占补历史信息核对工作的通知》粤自然

资海域〔2021〕1879 号；

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

(39)《广东省生态环境厅关于印发广东省海洋生态环境保护“十四五”规划的通知》（粤环〔2022〕7 号），广东省生态环境厅，2022 年 4 月 27 日；

(40)《广东省人民政府办公厅关于印发广东省海洋经济发展“十四五”规划的通知》（粤府办〔2021〕33 号），广东省人民政府办公厅，2021 年 9 月 30 日；

(41)《广东省人民政府办公厅关于印发广东省能源发展“十四五”规划的通知》（粤府办〔2022〕8 号），广东省人民政府办公厅，2022 年 3 月 17 日；

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

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

(44)《广东省人民政府关于印发〈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〉的通知》（粤府〔2021〕28 号），广东省人民政府，2021 年 4 月 6 日；

(45)《广东省自然资源保护与开发“十四五”规划》（粤府办〔2021〕31 号），广东省人民政府办公厅，2021 年 9 月 29 日；

(46)《广东省海上风电发展规划（2017-2030 年）（修编）》

(47)《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》，2020 年 12 月；

(48)《阳江市国土空间规划（2020-2035 年）》，阳江市人民政府，2022 年 3 月；

(49)《阳江市“三线一单”生态环境分区管控方案》，2021 年 6 月。

1.2.2 标准规范

(1) 《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361-2023）；

(2) 《海域使用面积测量技术规范》（HY 070-2022）；

(3) 《海域使用分类》（HY/T 123-2009）；

(4) 《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》，自然资源部，2023 年 11 月；

(5) 《海籍调查规范》（HY/T 124-2009）；

(6) 《宗海图编绘技术规范》（HY/T 251-2018）；

(7) 《海域立体分层设权宗海范围界定指南》（试行）；

(8) 《海洋监测规范》（GB 17378-2007）；

(9) 《海洋调查规范》（GB/T 12763-2007）；

(10) 《海洋观测规范 第 2 部分：海滨观测》（GB/T 14914.2-2019）；

(11) 《海水水质标准》（GB 3097-1997）；

(12) 《海洋沉积物质量》（GB 18668-2002）；

(13) 《海洋生物质量》（GB 18421-2001）；

(14) 《海洋工程地形测量规范》（GB/T 17501-2017）；

(15) 《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007）；

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

(17) 《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》；

(18) 《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）；

(19) 《中国地震动参数区划图》（GB 18306-2015）。

1.2.3 项目技术资料

（内容不公开）

公示稿

1.3 论证等级和范围

1.3.1 论证等级

按《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（自然资发〔2023〕234 号），本项目海域使用类型为工矿通信用海（一级类）中的可再生能源用海（二级类）；按《海域使用分类》（HY/T 123 2009），本项目海域使用类型为工业用海（一级类）中的电力工业用海（二级类）。用海方式为构筑物（一级方式）中的透水构筑物（二级方式）和其他方式（一级方式）中的海底电缆管道（二级方式）。

本项目调整后拟申请用海总面积为 685.4234 公顷，其中海上换流平台用海面积 1.3640 公顷，海上辅助平台用海面积 0.4382 公顷，±500kV 直流海底电缆管道用海面积 683.6212 公顷。海上换流平台尺寸为******m，辅助平台尺寸为******m，海上换流平台和辅助平台通过栈桥相连接，栈桥长度 15m，透水构筑物中心线长度约为 155m。本项目海底电缆登陆段采用定向钻施工方式从底土穿越 2022 年广东省政府批复海岸线，用海范围涉及人工岸线长度 8.6m，工程无需对岸线进行开挖，不影响自然岸线形态及原有生态功能。

根据《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361-2023）中对海域使用论证等级的判据（见表 1.3.1-1，节选导则中表 1），透水构筑物总长度小于（含）400m 或用海总面积小于（含）10 公顷所有海域论证等级定为三级，海底电缆管道所有规模中敏感海域论证等级为二级，其他海域为三级。另根据“敏感海域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”。本项目海底电缆穿越海头湾海岸防护物理防护极重要区和东平镇南珍稀濒危物种分布Ⅰ区生态保护红线。综合上述判据，本项目位于敏感海域，确定本项目海域使用论证等级为**二级**。项目调整前后论证等级不变。

表 1.3.1-1　海域使用论证工作等级划分表

<table>
<tr><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 rowspan="4">构筑物</td><td colspan="2" rowspan="4">透水构筑物</td><td>构筑物总长度大于（含）2000m
或用海总面积大于（含）30ha</td><td>所有海域</td><td>一</td></tr>
<tr><td rowspan="2">构筑物总长度（400~2000）m 或
用海总面积（10~30）ha</td><td>敏感海域</td><td>一</td></tr>
<tr><td>其他海域</td><td>二</td></tr>
<tr><td>构筑物总长度小于（含）400m
或用海总面积小于（含）10ha
（本项目透水构筑物总长度
155m，用海面积 1.8022 公顷）</td><td>所有海域</td><td>三</td></tr>
<tr><td rowspan="8">其他
方式</td><td rowspan="8">海
底
电
缆
管
道</td><td rowspan="3">海底输水管道、
无毒无害物质
输送管道等</td><td rowspan="2">长度大于（含）10km</td><td>敏感海域</td><td>一</td></tr>
<tr><td>其他海域</td><td>二</td></tr>
<tr><td>长度小于 10km</td><td>所有海域</td><td>三</td></tr>
<tr><td rowspan="3">海底石油天然
气等输送管道、
有毒有害及危
险品物质输送
管道、海洋排污
管道等。</td><td rowspan="2">长度大于（含）5 km</td><td>敏感海域</td><td>一</td></tr>
<tr><td>其他海域</td><td>二</td></tr>
<tr><td>长度小于 5 km</td><td>所有海域</td><td>二</td></tr>
<tr><td rowspan="2">海底电（光）缆</td><td rowspan="2">所有规模
（本项目海底电缆长约
111.7km）</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="5">本项目</td><td>二</td></tr>
</table>

注 1：敏感海域是指海洋生态保护红线区，重要河口、海湾，红树林、珊瑚礁、海草床等重要生态系统所在海域，特别保护海岛所在海域等。

注 2：构筑物总长度按照构筑物中心线长度界定，并行铺设的海底电缆、海底管道等的长度，按最长的管线长度计。

注 3：扩建工程温冷排水量和污水达标排放量包含原排放量。

注 4：项目占用自然岸线并且改变海岸自然形态和影响海岸生态功能的，占用长度大于（含）50m 的论证等级为一级，占用长度小于 50m 论证等级为二级。

注 5：石油平台开采夹板外扩或外挂井槽、续期调整的论证等级可下调一级，其他用海方式、用海规模等未发生变化的续期调整用海参照执行。

1.3.2 论证范围

根据《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361-2023）的要求，论证范围依据项目用海情况、所在海域特征及周边海域开发利用现状等确定，论证范围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，二级论证 1.5km。

本项目建设内容为海上换流站和±500kV 直流海底电缆，结合项目用海影响及所在海域特征，论证范围以海底电缆外扩 3km，海上换流站外扩 8km 为界，论证范围面积约 889km^2，论证范围见图 1.3.2-1。论证范围控制点坐标见表 1.3.2-1。

表 1.3.2-1　论证范围控制点一览表

（内容不公开）

（内容不公开）

图 1.3.2-1　论证范围示意图

1.4 论证重点

本次补充论证对象为±500kV 海底电缆。对于不涉及用海调整的海上换流站（含辅助平台），论证内容不变。

根据《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361-2023）附录 C，本项目海域使用类型属“工矿通信用海-可再生能源用海”中的“海上风电用海，包括风电场、风机座墩和塔架、**平台、升压站、输电线缆**等的用海”。

原论证重点为：

（1）选址（线）合理性；

（2）平面布置合理性；

（3）资源生态影响；

（4）生态用海对策措施。

本次补充论证重点为：

（1）用海调整必要性

（2）选址（线）合理性；

（3）用海平面布置和用海面积合理性；

（4）资源生态影响；

（5）生态用海对策措施。

公示稿

2 项目用海基本情况

2.1 用海项目建设内容

项目名称：阳江三山岛海上风电柔直输电工程（海上工程）

建设单位：广东电网有限责任公司阳江供电局

项目性质：新建项目

建设地点：项目地理位置如图 2.1-1 所示，项目位于阳江市阳东区南侧海域。

建设内容：本项目拟建设 1 座海上换流站（换流站平台尺寸为******m，辅助平台尺寸为******m）和 1 回（2 根）±500kV 直流海底电缆（长约***km）。

申请用海规模：调整后，本项目海上换流站和海底电缆拟申请总用海面积为 685.4234 公顷，其中透水构筑物海上换流平台用海面积 1.3640 公顷，辅助平台用海面积 0.4382 公顷，海底电缆用海面积 683.6212 公顷。

项目工期：本项目海上施工总工期约为 14 个月，其中海上换流站和辅助平台海上施工工期计划为 11 个月，海底电缆敷设工期计划为 3 个月。

（内容不公开）

图 2.1-1　项目位置示意图

2.2 平面布置和主要结构、尺度

2.2.1 总平面布置

本项目海上部分建设内容调整前后一致，主要为 1 座±500kV/2000MW 海上换流站（含辅助平台）和 1 回（2 根）±500kV 直流海缆。******风电机组发出电能均通过 66kV 集电海底电缆接入位于上述四个风场中心位置的海上换流站，换流后通过 1 回（2 根）±500kV 直流海底电缆集中送出至陆上集控中心。

******风电机组分别由******公司主导开发建设，目前正在进行用海申请，不属于本项目论证范畴。

调整内容：

本次补充论证对象为±500kV 直流海底电缆，海上换流站（含辅助平台）不涉及调整，论证内容不变。±500kV 直流海底电缆的调整内容具体为：①登陆点往南偏移 35m，登陆段海缆往南移 36~106m；②中间段海缆整体往西移 0~30m；③接入海上换流站段海缆延长 28~54m，调整海缆接入海上换流站的位置。

项目调整前总平面布置图见 2.2.1-1，调整后总平面布置图见 2.2.1-2，调整前后用海变化示意图见图 2.2.1-3。

表 2.2.1-1 调整前后总平面布置变化一览表

工程内容	调整前	调整后
海底电缆	1 回（2 根）±500kV 直流海缆，总长约 111.7km	1 回（2 根）±500kV 直流海缆，总长约 111.7km。 ①登陆点往南偏移 35m，登陆段海缆往南移 36~106m； ②中间段海缆整体往西偏移 0~30m； ③接入海上换流站段海缆延长 28~54m。
海上换流站和辅助平台	1 座±500kV/2000MW 海上换流站（含辅助平台），海上换流站平台尺寸约 100m×90m，辅助平台尺寸约 49m×50m	与调整前一致

（内容不公开）

图 2.2.1-1 项目总平面布置示意图（原方案）

（内容不公开）

图 2.2.1-2 项目总平面布置示意图（调整后方案）

（内容不公开）

图 2.2.1-3 调整前后平面布置变化示意图

2.2.2 海上换流站平面布置

海上换流站和辅助平台平面布置不涉及调整，论证内容不变。

根据目前三山岛风电场场址和送出路径初步规划，三山岛一、二、三、四风电场场址相邻，装机容量相同，考虑整体送出是更为理想的送出模式，三山岛一、二、三、四整体采用对称单极直流集中送出，系统拓扑结构如图 2.2.2-1 所示。

（内容不公开）

图 2.2.2-1　系统拓扑结构示意图

海上换流站

本项目拟建 1 座 2000MW 级的±500 kV 海上换流站，位于三山岛一、二、三、四风电场之间（详见图 2.2.2-2），三山岛一、二、三、四风电场的 66 kV 集电线路直接接入海上换流站，在换流站内升压和整流后送至陆地。换流站平台和辅助平台通过栈桥相连接。

（内容不公开）

图 2.2.2-2　海上换流站位置示意图

换流平台

海上换流站拟建设一座 7 层钢结构平台，按照无人值守方式和无人驻守平台设计。平台尺寸约为******m，总重约为******吨。

一层位于极端高潮位下最大波高时波峰以上，一层主要布置有空调机房、海水冷却装置、污水处理设备和阀冷控制保护室等。

二层主要布置有换流阀和 66kV GIS 等。

三层主要布置有空调机房和 66kV 继电器小室等，同时包括二层部分房间的上空区域。

四层主要布置有交直流继电器室和通信机房等，同时包括二层部分房间的上空区域。

五层主要布置有直流场、桥臂电抗器、空调机房、变压器集油罐和电缆间等。

六层主要布置有 550kV GIS、联接变压器、高压站用变、柴油机、站用电设备、电阻柜和空调机房等。

七层主要布置有预留的 66kV 消谐设备室、细水雾设备及泡沫储罐间，同时包括六层部分房间的上空区域。

屋顶层主要布置有直升机平台、两台液压全回转电动悬臂吊机、空调室外机、通信天线等。

海上换流站设置有 1 部客货两用电梯（额定载重量 2t）。

海上换流站平面布置见图 2.2.2-3~图 2.2.2-10。

辅助平台

海上辅助平台用于运维人员的常驻，平台尺寸为******m，通过栈桥与海上换流站连接。按定员 12 人考虑，布置方案如下：

（1）平台底层布置：污水处理间、生活水箱间、消防泵房、应急电源室、380V 配电室、二次设备室、柴油机室、油箱间等设备用房。

（2）平台二层布置：娱乐室、健身房、公共更衣间、淋浴间、卫生间、洗衣房、空调机房、厨房、食品储藏室、餐厅等用房。

（3）辅助平台三层布置：多媒体室、培训室、公共卫生间、医务室、1 间会议阅览视频室、2 间单人办公室、1 间多人办公室、6 间双人套房等用房。

（4）顶层布置露天设备。

辅助平台各层有两把室外钢梯由底层通往顶层，一把室内楼梯由底层通往三层。逃生集合区及救生艇布置在二层甲板处。辅助平台底层东侧与栈桥相连，可通往换流站底层平台。

（内容不公开）

图 2.2.2-3　海上换流平台和辅助平台平面布置图

（内容不公开）

图 2.2.2-4　海上换流平台平面布置图（一层）

（内容不公开）

图 2.2.2-5　海上换流平台平面布置图（二层）

（内容不公开）

图 2.2.2-6　海上换流平台平面布置图（三层）

（内容不公开）

图 2.2.2-7　海上换流平台平面布置图（四层）

（内容不公开）

图 2.2.2-8　海上换流平台平面布置图（五层）

（内容不公开）

图 2.2.2-9　海上换流平台平面布置图（六层）

（内容不公开）

图 2.2.2-10　海上换流平台平面布置图（七层）

（内容不公开）

图 2.2.2-11　海上换流平台平面布置图（顶层）

（内容不公开）

图 2.2.2-12　辅助平台平面布置图（一层）

（内容不公开）

图 2.2.2-13　辅助平台平面布置图（二层）

（内容不公开）

图 2.2.2-14　辅助平台平面布置图（三层）

（内容不公开）

图 2.2.2-15　辅助平台平面布置图（四层）

（内容不公开）

图 2.2.2-16　辅助平台平面布置图（顶层）

公示稿

2.2.3 ±500kV 直流海底电缆平面布置

本项目建设 1 回（2 根）±500kV 直流海底电缆，海缆输送容量为 2000MW。本次补充论证海缆调整内容可概括为以下几点：

①登陆段海缆：登陆点往南偏移 36m，登陆段海缆往南偏移 36~106m；

②中间段海缆：整体往西偏移 0~30m；

③接入海上换流站段海缆：海缆延长 28~54m。

本项目海底电缆登陆点位于阳江市阳东区大沟镇三丫村三丫河口东岸一处岸线上，根据 2022 年广东省政府批复海岸线，登陆点所在位置为人工岸线，从登陆点出发避开已确权开放式养殖区向西延伸***km 后再并行已建海底电缆往西南延伸***km，其间穿越确权已过期的开放式养殖用海区，位于阳江港 2 号中型船舶候潮、防台锚地北部，继续往东南延伸***km 到达南鹏列岛海洋保护区东北侧，并行已建海底电缆并从其与南澎列岛海洋保护区之间穿过，延伸***km 后到达南鹏列岛海上风电场场区北侧，随后向西、向南并行南鹏列岛海上风电场场区西边缘延伸***km 后到达东平镇南珍稀濒危物种分布 II 区北部，避开该生态保护红线继续向南延伸***km，到达阳江三山岛海上风电场场址边缘，而后延伸***km 至海上换流站，全长约***km。详见图 2.2.3-1。

根据《电力工程电缆设计规范》，海缆间距不宜小于最大水深的1.2倍，在登陆段可适当减小。本项目2根海底电缆的间距如下表所示。

表2.2.3-1　海缆间距及水深情况一览表

（内容不公开）

（内容不公开）

图 2.2.3-1　海底电缆总平面布置

2.2.4 登陆点位置及周边环境

本项目海底电缆登陆点调整后往南移 35m，与周边多个海上风电项目统筹登陆。如图 2.2.4-1 所示。

本项目登陆点位于阳东区大沟镇三丫村三丫河口东岸一处岸线，海缆由西向东穿越海滩、海防林、荒草地、228 国道至集控中心。根据 2022 年广东省政府批复海岸线，本项目登陆点所在位置为人工岸线，海滩呈北-南走向，海岸线比较平直，海滩宽度约 50m~70m，地势相对较平缓。

目前该登陆点已有中广核、中节能海上风电项目使用，本项目登陆点位于上述两处已建海缆北侧，登陆点西北侧海域分布有养殖渔排，东侧为玻璃钢造船厂，东南侧陆域为金海湾渔村（度假区），临海侧为斜坡式护岸。

（内容不公开）

图 2.2.4-1　海上风电海缆统筹登陆示意图

（内容不公开）

图 2.2.4-2　本项目海缆登陆段用海示意图

（内容不公开）

图 2.2.4-3　本项目海缆登陆段周边环境概况

（内容不公开）

图 2.2.4-4　登陆点附近玻璃钢造船厂（东北侧）

（内容不公开）

图 2.2.4-5　登陆点附近岸线（北侧）

（内容不公开）

图 2.2.4-6　登陆点东侧船厂

（内容不公开）

图 2.2.4-7　登陆点附近环境（南侧）

（内容不公开）

图 2.2.4-8　已建海缆登陆段位置标识

（内容不公开）

图 2.2.4-9　已建海缆（中广核阳江南鹏岛海上风电项目）

2.2.5 主要结构、尺寸

2.2.5.1 海上换流站

本项目海上换流站不涉及调整，论证内容不变。

海上换流站采用整体式布置，包括上部组块结构和下部导管架结构。

一、上部组块结构

海上换流站上部组块采用 7 层布置，平面尺寸约为******m (不包含局部外挑平台)，柱根开***m，顶层标高约 68m(不包括吊机)。上部结构由梁、立柱、斜撑、甲板和舱壁组成。主梁采用焊接 H 型钢及热轧 H 型钢，次梁采用热轧 H 型钢等；立柱采用φ2000、φ1600、φ900 钢管，主甲板间斜撑采用φ1600、φ1200、φ610、φ508、φ406 和φ356 钢管；底层甲板为 8mm 厚钢板，其他层为 8mm 或 6mm 后钢板；梁、柱、节点板厚大于 25mm 时，应满足 Z 向性能。换流站上部组块总重约 27000t。

二、下部导管架结构

导管架的结构形式为：使用管状构件组成的桁架结构。海上换流站下部基础采用导管架基础形式，每个导管架设计 8 个主腿，8 个腿将与上部组块相连接。在 8 个主腿底部设置 8 个φ5060 桩靴，φ4500 钢管桩将从桩靴中打入海底。导管架主腿顶高程 20m，底高程-48.6m，导管架主腿采用φ2400 的钢管成矩形布置，在标高-13m 和-45m 处布置φ1400 的水平横撑和φ1200 的 X 斜撑。导管架局部管节点用 Z 向性能钢加强，导管架布置靠船件、J 型管等附属构件。导管架总重约 9921 吨，钢管桩总重约 7386 吨。

在海上换流站两侧沿导管架分别布置海缆保护 J 型套管。海缆沿 J 型套管登入、登出海上换流站平台。电缆保护 J 型套管固定在导管架上，上部延伸到一层甲板，下面伸到泥面处，采用电缆柔性保护限制器固定。待钢管桩沉桩到位之后，导管架主腿与钢管桩采用水下灌浆方式连接。

待钢管桩沉桩到位之后，导管架主腿与钢管桩采用水下灌浆方式连接。

本工程海上换流站结构设计使用年限为 50 年，结构安全等级为一级，建筑物结构级别为 1 级。

海上换流站导管架设计图详见图 2.2.5-1~图 2.2.5-5。

2.2.5.2 辅助平台

本次论证辅助平台不涉及调整，论证内容不变。

辅助平台上部结构由立柱、甲板、主次梁和斜撑组成，辅助平台上部组块总重约***t。运输尺寸为******。

公示稿

（内容不公开）

图 2.2.5-1　海上换流站正视图

（内容不公开）

图 2.2.5-2　海上换流站导管架正视图

（内容不公开）

图 2.2.5-3　海上换流站导管架侧视图

（内容不公开）

图 2.2.5-4　海上换流站导管架平面图一

（内容不公开）

图 2.2.5-5　海上换流站导管架平面图二

公示稿

2.2.5.3 海底电缆

本次补充论证调整前后海底电缆结构和尺寸一致。

本项目±500kV 直流海底电缆拟选用直流铜芯交联聚乙烯绝缘铅套聚乙烯外护套粗圆钢丝铠装聚丙烯纤维外被层光电复合海底电缆，导体截面为2500mm^2，内置光缆为 2×48 芯，缩写型号为******。设计使用寿命为 30 年。

表 2.2.5-1　±500kV 直流海缆结构、电气参数表

（内容不公开）

（内容不公开）

图 2.2.5-6　直流海底电缆结构示意图

公示稿

2.3 项目主要施工工艺和方法

2.3.1 海上换流站施工

本项目调整前后海上换流站施工工艺不变。

海上换流站采用整体式布置，包括上部结构和下部结构。上部结构采用整体浮托法安装，即整个换流站包括其内部的电气设备在陆上建造、组装后整体运输和安装。

（1）上部组块建造

上部结构在陆上工厂制作，完成焊接、涂装、电气设备安装调试等工序后运输至现场安装。整个上部结构在结构、建筑、暖通、电气设备安装等施工完成并调试结束后整体吊装到换流站基础上。

海上换流站上部组块钢结构制作采用分片预制、场地总装调试的方案。

（2）导管架基础施工

导管架分片建造，建造完成后采用滑移方式转移至半潜驳上，并绑扎固定，拖运到风电场指定安装区域。

半潜驳拖运导管架抵达设计位置后，带缆至工程船附近就位，导管架解除绑扎，半潜驳通过自身压载舱压水下潜，当下潜到一定深度时，工程船起吊导管架离开半潜驳船就位，半潜驳船上浮并由拖轮拖回基地。

在导管架运输至海上换流站位置后，首先开始进行导管架的沉放工序。海上换流站导管架基础与传统海油工程导管架基础相比，横向的尺寸要大很多，因此重心比较低，可以考虑站立滑移下水，这样可以省去扶正的施工过程。导管架滑移下水作业可在 72 小时内完成，属于气象限制性作业，可根据可靠气象预报选择设计环境条件。导管架滑移下水动力分析通常在静水中进行，不考虑风、浪、流的影响。

（3）钢管桩沉桩施工及连接段灌浆

本工程导管架设计时已考虑钢管桩沉桩施工需求，沉桩过程中桩基为垂向入泥，入泥深度 85~95 米，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。

桩锤系统根据海上换流站工程基础管桩的设计参数，选用 MHU-1900S 型及以上液压打桩锤作为推荐桩锤。

（4）上部组块运输及安装

海上换流站上部组块尺寸及重量较大，需采用浮托法进行安装。海上运输条件复杂，换流站组块为大尺寸、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，因此需要根据换流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。

海上平台浮托安装主要是通过安装船舶的压排载系统调整船舶吃水深度，进而实现待安装平台与已安装的导管架上部 LMU 实现对接，并完成平台安装。浮托安装的特点主要体现在其安装过程中，具体如下：

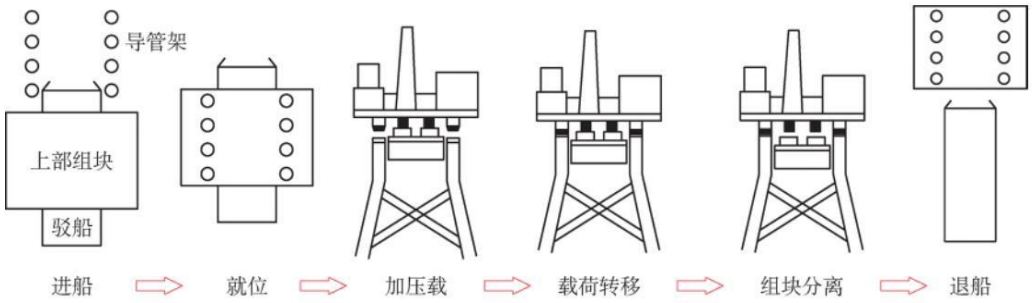

图 2.3.1-1　浮托主要过程

不同于吊装安装平台安装前通过其自身 LEG 实现对平台的支撑，浮托安装平台在安装前通过 DSU 实现对其支撑；DSU 非平台永久性结构，浮托安装后将被切除，但在浮托安装前作为平台的固定结构在布置上需考虑。

浮托船舶进入安装海域后，根据设计的进船方向调整安装船舶的位置并抛锚就位（动力定位安装船舶除外），进入浮托安装的待机阶段；在水文气象条件满足浮托安装的况下，通过锚泊系统将浮托安装船舶调整至设计进船轨迹起点位置并在拖轮及绞车的控制下沿设计进船轨迹进入导管架上方；进入导管架上方设计位置适时切割 DSU，通过安装船舶的压载系统调整浮托船舶吃水深度并通过 LMU 逐步实现上部组块与导管架的对接和载荷转移；载荷转移完毕后，在保证有足够安全间隙的前提下，船舶沿设计退船轨迹移出导管，完成浮托安装。由于以上浮托安装的特殊性，在船舶进船、连接、退船阶段，为避免待安装平台与导管架和安装船舶之间出现硬碰撞，并保持足够的安全间隙，需设置浮托限制区。

2.3.2 海底电缆敷设施工

本项目调整前后海缆施工工艺不变。

本项目海缆敷设为海上换流站与陆上集控中心之间的±500kV 直流海底电缆，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应满足土质地层不小于 1m，石质地段不小于 0.5m；水陆连接段海区（0m 等深线以上）要求埋设深度为不小于 2m，并采用关节套管保护。中间水域段，埋深不小于 2.5m，对于穿越航道区或其他有海上活动活跃区的海缆可加大电缆的埋深，主航道要求埋深 3m。

海缆敷设主要施工工艺如图 2.3.2-1，海缆的装载如图 2.3.2-2 和图 2.3.2-3。

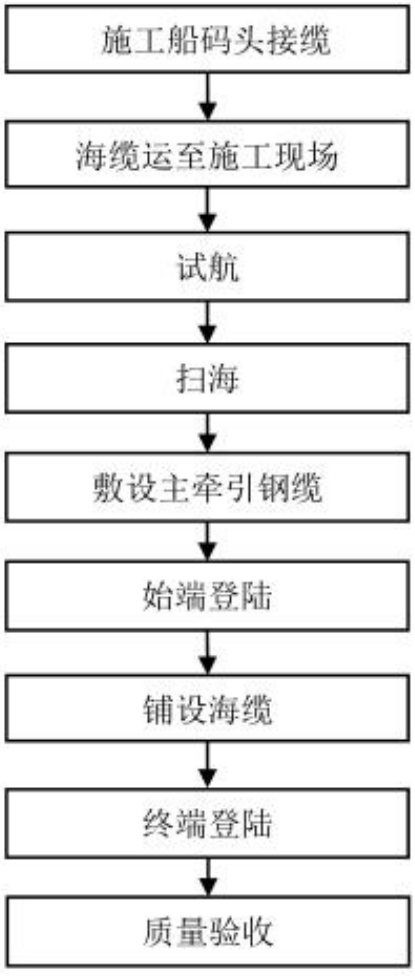

图 2.3.2-1　海缆敷设施工工艺

图 2.3.2-2　海缆散装过图一

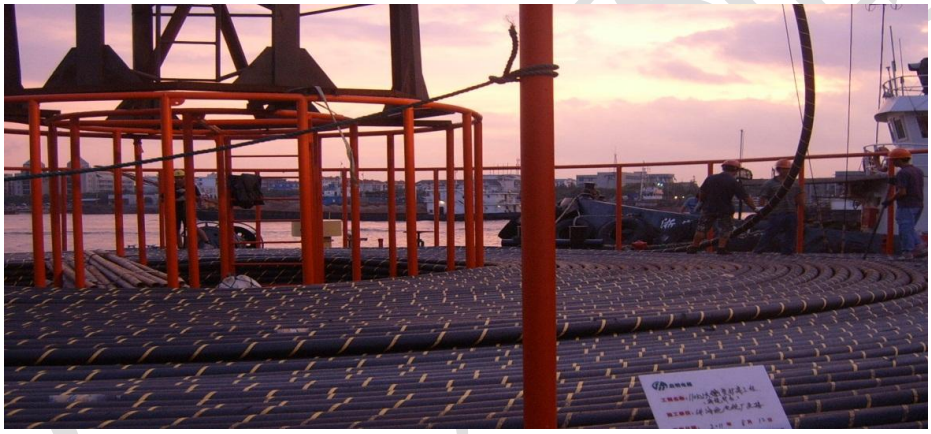

图 2.3.2-3　海缆散装过缆图二

由于船舶有吃水深度，一般不能直接到达陆地登陆点，根据海缆施工的过程，所以海缆敷设过程可分为始端登陆、中间段敷埋、终端登陆。

2.3.2.1 海缆登陆段敷设

本项目调整前后海缆登陆段敷设施工工艺不变，由于对登陆段海缆走向进行了调整，定向钻施工段长度由原来的 347m 减少至 300m。。

根据对登陆段施工方案的比较以及相关部门对海岸线的管理要求，本项目初步计划采用定向钻的施工方式进行岸线的穿越。定向钻施工段全长约 300m，入土点标高 5m，中间段最深处标高为海床以下 14.67m，出土点标高为-2.23m，如图 2.3.2-4 至 2.3.2-6 所示。

（内容不公开）

图 2.3.2-4　定向钻施工平面布置示意图

（内容不公开）

图 2.3.2-5　登陆点至陆上集控中心示意图

（内容不公开）

图 2.3.2-6　定向钻施工横断面布置示意图

公示稿

定向钻施工工艺流程见下图。

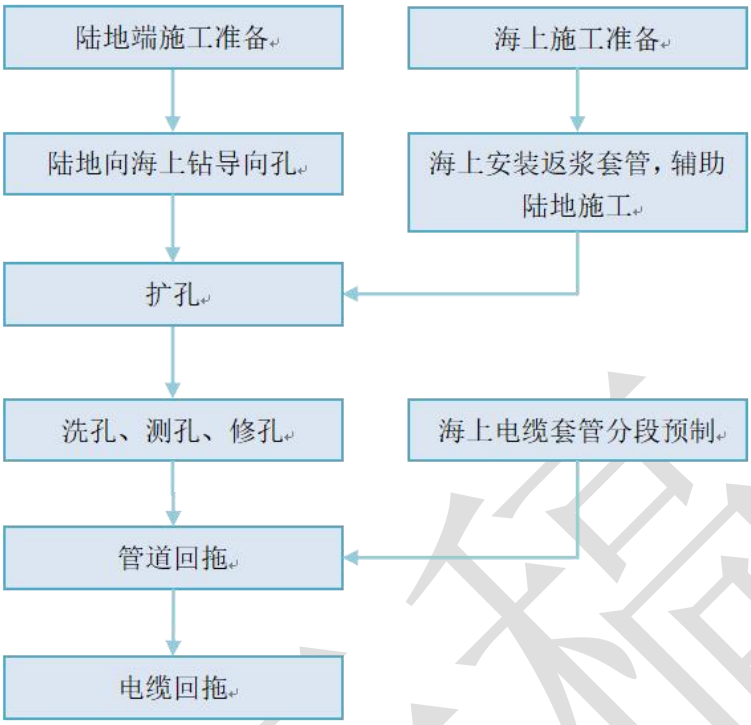

图 2.3.2-6　登陆段定向钻施工工艺流程图

定向钻主要施工方案如下：

1）测量放线

测量前对全站仪、经纬仪、水准仪等测量仪器进行校定，仪器必须经校验合格且在有效期内方可使用。测量放线，确定穿越距离和设计穿越线路，根据施工图纸和有关资料，结合施工现场和钻机的实际情况，确定拉管的距离，描绘出导向管的路线图，图中反映敷设管线的进、出土点位置、长度、深度和管线的形状。

（内容不公开）

图 2.3.2-7　现场测量放线

2）开挖工作坑

根据管线出入土点位置开挖工作坑，工作坑附近设置泥浆箱和临时堆土区，施工产生的泥浆和土方分别暂存至泥浆箱和临时堆土区，泥浆经集中收集后采用专业泥浆运输车转运，委托有资质和处理能力的单位进行接收处置。工作坑开挖土方堆至临时堆土区，堆土区做好泥水分离处理措施，沉淀后上层清液用于场地降尘，下层泥土用于后期进行回填。

3）设备就位

在锚固工作井的前方一定距离处架机，安装在管道轴线位置上，就位后将钻机锚固好，调整机头以达到一定的入土角度，以便导向开钻。

为保证设备安装顺利进行，防止设备因作业场地限制而发生拥挤现象。设备进场顺序：钻机安装→控制室安装→泥浆系统安装→泥浆泵安装→钻杆摆放就位→其他设备安装就位。

4）导向孔施工

开钻前将探测仪的探头置于导向钻头上，并测试探头反射信号是否正常。将导向杆以设计入土角度入土开钻，钻孔过程中采用泥浆护壁工艺进行保护。入土深度达到设计管位中心高程时，导向杆沿管道轴线直走。在导向钻孔过程中技术人员根据所测获得钻头的角度、深度等数据，判断钻孔位置与钻进路线图的偏差，再向钻机操作人员进行调整，及时记录好导向数据。

陆地端钻具组合：

钻机（陆地）→钻杆→无磁钻铤→钻头

（内容不公开）

图 2.3.2-8　导向孔工艺示意图

为了确保钻进曲线精确、平滑，并按照设计曲线钻进，每根钻杆所改变的角度都要严格控制，在钻进全过程进行钻头辅助定位，根据不同的地貌特点采用地面磁靶或水上测量船进行钻头辅助定位。

5）海上套管安装

在海上施工船前方安装海缆保护套管，套管可以使泥浆从其内返回，避免大量泥浆溢出至海中。

（内容不公开）

图 2.3.2-9　海上套管安装图例

6）扩孔、洗孔

扩孔采用常规拉扩工艺，扩孔方向可由海上向陆地上扩，扩孔钻具组合如下：

钻机（陆地）→钻杆→扩孔器→钻杆→辅助船只（海上）

（内容不公开）

图 2.3.2-10　扩孔示意图

扩孔时严格控制钻机参数，根据钻机参数及返浆情况调整泥浆参数，以便更好地使泥浆及时返出，减少扩孔阻力，避免事故发生，必要时需增加洗孔。

扩孔过程中，应随时监控扭矩的变化，如发现空转扭矩超过安全值，宜采取洗孔作业，洗孔结束后，再继续进行扩孔，扩孔结束后，如发现扭矩、拉力仍较大，可再进行洗孔作业。在每级扩孔施工中，要认真观察扩孔情况。如果发生扩孔不顺畅等，则需进行一次洗孔，实际扩孔尺寸可根据现场情况进行调整。

完成扩孔后进行测孔（也可随扩孔、洗孔同时进行），若测孔参数不满足设计文件及相关规范对回拖管线的曲率要求，根据测孔数据针对有问题的部位进行修孔，直到满足回拖曲率要求。

测孔作业钻具连接方式：

钻机（陆地）→钻杆→测孔器固定短节（含测孔器）→钻杆→船只（海上）

（内容不公开）

图 2.3.2-11　测孔示意图

7）钢管预制及回拖

保护套管接上回扩头，将保护管拖入孔中，保护管回拖就位后，由预先穿在管内的钢丝牵引海缆穿管，海缆敷设完成。

根据工程情况，由陆地上钻机从海上向陆地回拖，钢管在辅助船上分段焊接

在管线回拖过程中要根据钻机显示回拖力的大小控制好回拖的速度，根据管线回拖过程中地质变化情况配制合适的泥浆。

回拖时钻具组合方式：

钻机（陆地）→钻杆→回拖扩孔器→旋转接头→U 形环→预制管线（辅助船）

（内容不公开）

图 2.3.2-12　管道回拖示意图

2.3.2.2 中间段敷埋

海缆中间段采用敷埋同步方式。敷埋同步方式根据主施工船舶的前进动力不同，可分为翻锚作业敷设、慢绞牵引钢丝敷设和自航式敷设等方式。

（内容不公开）

图 2.3.2-13　海缆敷设图

对于穿越航道区或路由靠近大型锚地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。国家鼓励海底电缆所有者对海底电缆管道保护区和海底电缆管道的线路等设置标识。划定海底电缆防护区：海港区内为海底电缆两侧各 50 米。电缆防护区周围还应设置禁锚标志，以提醒过往船舶不得在防护区内锚泊。考虑到大型船只紧急抛锚的概率极低，海底电缆可采取全程埋设并采用套管保护、加盖保护件（碎石、混凝土件、沙包等）的保护方式。设置标识时，应向县级以上人民政府海洋行政主管部门备案。同时，可以对海底电缆管道采取定期复查、监视等其他保护措施。对于本工程，在此建议进行航道安全论证专题工作，明确现有航道和远期规划航道对电缆埋深、警示标志，警示灯等装置的要求。

海缆敷设完成后，建议在海缆 J 型管出口处采取抛填碎石或水泥压块等措施进行海缆保护。根据最新研究进展，对于在该区域，建议采用海缆弯曲限制器，弯曲限制器最大功能就是对海洋复合软管在外部荷载作用下起到良好的限弯作用，从而确保海洋柔性软管在各种荷载作用下不会过渡弯曲。

2.3.2.3 终端登陆

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

海底电缆在平台的登陆，需穿过与桩基固定的“J”管，登陆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。

电缆登陆平台作业完成后要做好电缆绑扎固定工作，特别是电缆进入保护管

入口处的定位卡子和电缆保护管出口处固定卡子的安装，防止电缆在运行中长时间受力，造成不应有的伤害。

电缆登陆平台作业完成后，要进行电缆连接端子的制作工作。这项工作的重点是要控制制作电缆头的施工工艺和注意天气状况。要注意检查操作者的工作水平能否符合要求，是否具有相应的操作资质证书。在制作电缆头时，特别是高压电缆头，要求空气比较干燥时才可以进行，在天气比较潮湿的情况下，特别在大雾天气不允许进行电缆端子的制作工作，要先将电缆头密封好，等天气好转，满足相应标准规范安全要求时再来进行该项工作。电缆接线端子电气连接要良好，接地电阻要满足相应规范要求。

2.3.2.4 海缆保护

海底电缆防护主要有两种方式：电缆自身外防护和电缆掩埋。本项目海底电缆敷设采用的保护方式如表 2.3.2-1 所示。

表 2.3.2-1　海底电缆敷设保护方式一览表

（内容不公开）

公示稿

2.3.3 施工机械设备

本项目调整前后施工机械设备不变。

海上换流站主要施工设备见表 2.3.3-1。

表 2.3.3-1　海上换流站主要施工船机设备表

（内容不公开）

海缆主要施工设备见表 2.3.3-2。

表 2.3.3-2　海缆敷设主要施工船机设备表

（内容不公开）

2.3.4 施工进度计划

本项目调整前后施工进度计划不变。

本项目总工期为 30 个月，海上施工总工期约为 14 个月，其中海上换流站和辅助平台海上施工工期约为 11 个月，海底电缆敷设海上施工工期约为 3 个月。

表 2.3.4-1　工程施工总进度表

（内容不公开）

2.3.5 土石方平衡

本项目海上换流平台及辅助平台采用导管架基础，桩基施工过程不会产生弃渣。海缆的海底敷设作业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；海缆登陆段采用定向钻施工方式，产生土石方量约为 500m^3，可运至集控中心，参与集控中心的土方平衡，多余土方委托有处理能力的单位接收处置。

2.4 项目用海需求

调整后，项目建设内容不变，项目拟建设 1 座海上换流站（换流站平台尺寸为******m，辅助平台尺寸为******m）和 1 回（2 根）±500kV 直流海底电缆（长约***km）。

2.4.1 项目用海需求

一、海上换流站和辅助平台用海需求

本项目拟建设 1 座±500kV/2000MW 海上换流站和辅助平台，换流站平台尺寸为******m，辅助平台尺寸为******m，因此海上换流站需占用海域面积 0.9000 公顷，辅助平台需占用海域面积 0.2450 公顷.

本项目海上换流站用海面积根据《海籍调查规范》电力工业用海中的“引桥、平台等透水构筑物用海，以透水构筑物及其防护设施垂直投影的外缘线外扩 10m 距离为界”进行界定，则海上换流站和辅助平台申请用海面积由平台外缘向外扩 10m 确定申请用海范围。本项目海上换流站用海需求为 1.3640 公顷，辅助平台用海需求为 0.4382 公顷。

二、±500kV 直流海底电缆用海需求

本项目拟建设 1 回（2 根）±500kV 直流海底电缆，工程调整后，海缆单回全长***km，海缆外径 180mm，2 根±500kV 海缆占用海域面积为 4.176 公顷。

根据《海籍调查规范》电力工业用海中的“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”，结合海底电缆的平面布置，本项目海缆与海上换流站用海重叠，按照海域使用金征收标准的不同，采取就高不就低的原则：即海上换流站用海有限，海缆用海次之，扣除海上换流站与海缆重叠面积，计算得出±500kV 直流海底电缆用海需求为 683.6212 公顷。

2.4.2 申请用海情况

本次补充论证对象主要针对±500kV 直流海底电缆，海上换流站和辅助平台不涉及调整。

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）。

本项目涉海建设内容调整前后不变，主要为±500kV 直流海底电缆和海上换流平台及辅助平台。海底电缆用海方式为其他方式（一级方式）中的海底电缆管道（二级方式）；海上换流平台及辅助平台用海方式为构筑物（一级方式）中的透水构筑物（二级方式）。

（1）调整前申请用海情况

调整前，项目申请用海总面积 684.0803 公顷，其中海上换流站用海面积 1.3640 公顷，辅助平台用海面积 0.4382 公顷，海底电缆管道用海 682.2781 公顷。±500kV 直流海底电缆用海范围涉及 2022 年广东省政府批复海岸线 25.0m，岸线类型为人工岸线。

（2）调整后申请用海情况

调整后，项目拟申请用海总面积 685.4234 公顷，其中海上换流站用海面积 1.3640 公顷（不变），辅助平台用海面积 0.4382 公顷（不变），海底电缆管道用海面积 683.6212 公顷（增加 1.3431 公顷）。±500kV 直流海底电缆用海范围涉及 2022 年广东省政府批复海岸线 8.6m（减少 16.4m），岸线类型为人工岸线。

（3）调整前后申请用海情况对比

本项目调整前后申请用海期限一致，申请用海期限为 27 年。项目调整前后申请用海情况及变化原因如表 2.4.2-1 所示，调整前后用海变化见图 2.4.2-1。调整前后占用岸线情况见表 2.4.2-2，用海调整前后岸线变化示意见图 2.4.2-2。

项目宗海图见图 2.4.2-3~图 2.4.2-8。

表 2.4.2-1　项目调整前后申请用海情况及变化原因汇总表

（内容不公开）

（内容不公开）

图 2.4.2-1 调整前后用海范围变化示意图

表 2.4.2-2　项目调整前后申请用海情况及变化原因汇总表

（内容不公开）

（内容不公开）

图 2.4.2-2　用海调整前后岸线占用变化示意图

公示稿

（内容不公开）

图 2.4.2-3　宗海位置图

（内容不公开）

图 2.4.2-4　宗海界址图

（内容不公开）

图 2.4.2-5　宗海平面布置图

（内容不公开）

图 2.4.2-6　宗海立体空间范围示意图

（内容不公开）

图 2.4.2-7　宗海立体空间范围示意图

（内容不公开）

图 2.4.2-8　宗海界址点附页

2.5 项目用海必要性

2.5.1 项目建设的必要性

项目建设必要性引用原论证报告书内容。

本项目为阳江三山岛海上风电柔直输电工程（海上工程），项目建设是风电场正常运转、风电场发电送出并网的必要工程之一，工程建设与风电场项目的建设密切相关。

（1）落实国家新能源政策和满足三山岛海上风电送出

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。国务院印发 2030 年前碳达峰行动方案，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。

2023 年 1 月，广东省发展改革委发布关于调整全省海上风电场址的通知（粤发改能源函〔2023〕48 号），新增省管海域海上风电场 7 个、装机容量 18300MW，其中阳江市规划新增省管三山岛海上风电场，总装机容量***MW。2023 年 10 月，广东发改委发布《广东省 2023 年省管海域海上风电项目竞争配置结果的通知》（粤发改能源函〔2023〕1602 号），明确了******海上风电项目，共***MW 容量的主导开发业主，目前各方正积极有序推进项目前期工作。

本工程建设是满足******海上风电项目送出和消纳的需要，其建设能够落实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

根据《广东省海上风电发展规划(2017-2030 年)》，广东省拥有 4114 公里海岸线和 41.93 万平方公里辽阔海域，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(NOx)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。

（3）有利于提高相关产业水平，助力广东海上风电发展

阳江三山岛一至四海上风电场位于阳江市海陵岛南侧海域，具备良好的开发条件。本项目的建设，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。本项目的建设将以点带面带动全省海上风电开发，为后续新增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）统筹海上风电集中送出，优化海陆资源利用

本工程统筹三山岛一至四海上风电项目送出并预留多端柔直拓展条件，通过采用集中送出模式实现了对各项目的有效整合，依托海陆统一规划接入电网最优为原则，实现海上风电规模化集中开发、集中送出，有效提高了风电项目的整体效益，并最大限度地减少了对占用海陆资源及环境的影响，助力海上风电进入规模化、低成本、节约海陆资源的高质量发展新阶段。

（5）海陆统筹直送负荷中心，建设大规模海上风电送电负荷中心示范工程

本工程采用了创新性的输电方式，通过将海上风电海陆直流方案引入负荷中心，开创了新的大规模海上风电送出发展模式。工程全面考虑海上和陆地的电力传输协同发展，通过海陆统筹方式直接将电力送至负荷中心，不仅降低了输电损耗，提高了电力传输效率，还有助于满足粤港澳大湾区负荷中心对清洁电力的需求。

综上所述，阳江三山岛海上风电柔直输电工程（海上工程）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，助力可再生能源的开发利用和节能减排，工程采用统筹集中送出方式，优化海陆资源利用，海上风电海陆直流方案引入负荷中心，开创了新的大规模海上风电送出发展模式，促进地方经济的持续发展，助力海上风电高质量发展。

2.5.2 用海调整必要性

本项目补充论证对象主要为±500kV 直流海底电缆，海上换流站及辅助平台不涉及调整，论证内容不变，本节主要针对±500kV 直流海底电缆用海调整作出论述。

本项目位于阳江市阳东区南侧海域，海缆登陆点选址于阳江市阳东区大沟镇三丫村三丫河口东侧岸线，该登陆点已有******海上风电项目的海缆登陆，近年来，越来越多的海上风电项目计划落地，未来包括本项目外仍需容纳******项目以及其他新增项目等多根送出海缆。目前登陆点可用于海缆登陆的空间十分有限，且受限于现状造船厂的位置，无论从项目施工还是运行安全方面，均无法满足多个项目的海缆从此处登陆，因此，经与各邻近项目业主共同商讨后，统筹划定各项目海缆登陆位置，在满足技术规范、施工安全以及各项目海缆登陆需求的基础上，各项目登陆点统一往南压缩，提升登陆点空间资源的使用效率，同时也为未来落地的海风项目留出登陆空间，因此本项目海缆登陆段的用海调整是必要的。

由于海缆登陆段发生变化，为防止海缆弯曲半径过大导致海缆受损，保障海缆间施工和运行安全，中间段海缆整体往西偏移 0-30m。另外随着施工图的不断深化，接入海上换流站段的部分海缆需预留安全长度，以防止施工和运行发生故障，其用海调整是必要的。

2.5.3 项目用海的必要性

本工程作为海上风电项目的必要工程，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。海上风电场的送出方式为：海上风电机组发出的电能通过集电海缆接入海上换流站，由海上换流站通过±500kV 海缆送出至陆上集控中心。海上换流站位于海中，采用导管架基础，桩基插入海床，换流站架设在海面上方，必将占用一定的海域；±500kV 海缆是连接海上换流站和陆上集控中心的纽带，其建设占用海底空间是不可避免，也是必要的。

因此，从项目的建设性质特点来看，本工程的建设用海是必要的。

3 项目所在海域概况

3.1 海洋资源概况

3.1.1 海岸线资源

根据2022年广东省政府公布的修测海岸线成果，阳江市大陆海岸线长331.72千米（全省第四），阳江市有居民海岛岸线长102.60千米。

根据2022年广东省政府批复海岸线，本项目海底电缆登陆点所在岸线为人工岸线，项目用海范围内涉及人工岸线8.6m，海底电缆直径约为180mm，外围钢管套直径为0.63m，因此本项目海缆实际占用人工岸线长度为1.26m。项目海缆登陆点所在岸线类型示意图见图3.1.1-2。

（内容不公开）

图 3.1.1-1　本项目海底电缆外围钢管孔径

（内容不公开）

图 3.1.1-2　本项目海缆登陆点所在岸线示意图

3.1.2 滩涂资源

根据《阳江市阳东区养殖水域滩涂规划（2018~2030年）》，阳江市阳东区地处广东西南沿海，海洋资源丰富，全区20米水深以内的浅海面积4.26万公顷，其中0~10米等深线海域滩涂面积2.06万公顷、10~20米等深线海域面积2.2万公顷。全区有大小港湾6个，主要有雅韶独石湾、大沟海头湾和东平珍珠湾。雅韶、大沟沿海地势平缓，为沙质或泥沙底质。北津港海域有独石岛及丰富的浅滩，石塘至华埇5米以内浅海有大量礁石，海头湾为沙质底。东平半岛沿海地势陡峭，东平港内有大葛洲岛、小葛洲岛和长尾丝等干出礁。

3.1.3 岛礁资源

根据《阳江市养殖水域滩涂规划（2018~2030年）》和《阳江市阳东区养殖水域滩涂规划（2018~2030年）》，阳江市全市共有116个海岛，其中面积大于500平方米的岛屿40个，岛屿总面积约113.2平方公里，海陵岛是全市最大的岛屿，面积105.1平方公里；阳东区共管辖海岛34个，海岛总面积0.24平方公里，

其中大于 500 平方米的海岛 15 个。

本项目论证范围内的海岛主要为南鹏岛，其位于本项目海缆东侧，与之最小距离为 1.90km。项目周边其他海岛以及与之最小距离分别为海陵岛（20.7km）、葛洲岛（3.46km）、虎仔岛（6.16km）、大镬岛（9.92km）、二镬岛（7.80km）、黄程山岛（10.8km）。

（内容不公开）

图 3.1.3-1　项目周边海岛示意图

3.1.4 港口资源

阳江市有适宜建港岸线 20 多公里，其中阳江港在“八五”期间被国务院批准为国家一类对外口岸。阳江港水深、避风，航道常年不淤，10 m 深漕从湾口直至丰水河，最深处可达 18 m。港池水深 8 m 以上，锚泊池底质良好，为不可多得的天然良港，可建万吨级以上泊位深水岸线 7.6 km，有良好的避风能力，对区域经济发展具有重大意义。

（1）阳江港

阳江港位于阳江市西南平冈镇，处于海陵湾的中部，是国家一类对外开放口岸，水陆交通十分方便，位于广州港和湛江港两大主枢纽之间，规划建设码头 13 座，总规划吞吐能力为 1608 万吨，是中国西南地区重要的出海门户。根据阳江港总体规划（2018 年 5 月），如下图 3.1.4-1 所示。

（内容不公开）

图 3.1.4-1　阳江港总体规划图

（2）北津港区

北津港区位于漠阳江出海处，码头总长 172 m，共有 9 个小泊位。其中 1、2 号泊位能靠泊 600 t 驳船，其余仅能靠泊 50 t 以内的内河小船，装卸依靠人工和手推车进行，由于淤积严重，目前已基本停用。

（3）渔港

阳江市现有闸坡、东平、沙扒、溪头、河北、对岸和江城等 7 个经国家农业部批准的渔港，其中闸坡渔港为国家中心渔港，东平渔港为国家一级群众渔港。

如图 3.1.4-2。

目前，阳江市全市渔港拥有码头 2200m，供油库 9 座，储油能力 16000 t/次，供水公司 6 间，日供水能力 4 万吨，水产冷冻加工厂 32 间，加工能力 53740t，日制冰能力 628t，冷藏能力 3036 t/次，日速冻能力 211t。各渔港中泊位的最大靠泊能力为 500t 左右。有丰头深水工业航运港口、溪头渔业港口、马村港口。溪头渔业港口是省一级渔港，港口可直达港澳。

（内容不公开）

图 3.1.4-2　阳江市渔港分布图

3.1.5 航道资源

1、航道

广东省阳江航道事务中心航道维护里程总长为 605km，其中内河包括漠阳江、那龙河、漠阳江西河等航道，维护里程为 442 公里，沿海包括北津、丰头、寿长等航道，护里程为 160 公里。沿海航标主要分布在丰头航道、北津航道、丰头航道和寿长等航道，内河航标主要分布在漠阳江航道、那龙河航道和漠阳江西河等航道。

项目穿越的航道主要有寿长航道、北津航道、东平航道、漭州岛北航道、漭州岛南航道和围阳航道等，施工期间需注意海上的交通安全。

表 3.1.5-1　项目海缆穿越航道一览表

（内容不公开）

（内容不公开）

图 3.1.5-1　项目周边航道分布图

2、航路

项目附近有粤西沿海近岸航路、广东沿海内航路、粤西沿海江门上川岛至琼州海峡北水道等多条习惯性航路。

表 3.1.5-2　项目周边航路

（内容不公开）

（内容不公开）

图 3.1.5-2　项目周边习惯性航路分布图

3.1.6 锚地资源

阳江港锚地目前有三种：（1）引航检疫锚地：供船舶等待引航、检疫用；（2）危险品锚地：供危险品船舶用；（3）港内锚地：供船舶待发、待卸、避风用。

项目论证范围海域主要有锚地 2 个，北段有阳江港 2 号中型船舶候潮锚地，距离最近距离约 0.66 km；中段西侧有阳江港 8 号大型船舶装卸、侯泊、防台锚地，距离最近约 3.41km。

（内容不公开）

图 3.1.6-1　项目海域周边锚地分布图

3.1.7 渔业资源

根据阳江市政府网站，阳江市有沿海镇 15 个，其中渔业乡 5 个，渔业村 80 个，渔业人口约 13.19 万人，渔业从业人员约 10 万人。全市有闸坡、东平、沙扒、溪头、河北、对岸和江城等 7 个渔港，其中闸坡、东平渔港是国家中心渔港，沙扒渔港是国家一级渔港。2022 年，阳江市水产品总产量 119.10 万吨，其中海洋捕捞产量 29.84 万吨，海水养殖产量 78.51 万吨，淡水养殖产量 10.08 万吨。

全市拥有渔业机动渔船 4000 多艘，合计总功率约 38 万千瓦，其中在册的海洋捕捞渔船有 3400 多艘，功率约 34 万千瓦。全市中深海作业的渔船普遍应用了海图、探鱼、全球卫星导航三合一先进助渔导航设备，渔船作业遍布南海，海洋捕捞能力和水平居全省领先地位。全市钢质渔船发展尤其特出，已拥有钢质渔船约 820 多艘，功率约 25 万千瓦，是广东省钢质渔船发展最快、数量最多的地级市，海洋捕捞产量多年来居全省前列。

全市海水养殖方式为粗养、精养和精粗结合等，养殖区域囊括滩涂、浅海和岸上，主要的养殖品种有鲈鱼、军曹鱼、鲷鱼、鲈鱼，美国红鱼、石斑鱼、金鲳鱼、南美白对虾、斑节对虾、青蟹、牡蛎、蚶、蛤等。优势品种养殖呈基地化、产业化特点。目前建成了以对虾、牡蛎、海水优质鱼、泥蚶为主的具有阳江优势的水产养殖基地，其中牡蛎养殖、海水对虾养殖和深水网箱养殖产业发展已初具规模，养殖产业集约化、基地化程度较高。

根据《阳江市阳东区养殖水域滩涂规划（2018~2030 年）》，阳东区沿海有丰富的水生生物资源，包括 100 多种经济鱼类，30 多种虾类，10 多种蟹类，50 多种贝类。

3.1.8 矿产资源

根据阳江市政府网，阳江市矿产资源丰富，已查明资源储量的矿产 41 种，矿区 107 处，其中能源矿产 2 种，矿区 13 处；金属矿产 14 种，矿区 22 处；非金属矿产 24 种，矿区 71 处；水气矿产 1 种，矿区 1 处。水泥用灰岩分布主要集中于阳春盆地平原地带，资源储量丰富，有利于规模化集约化开发利用；建筑用石料资源十分丰富，主要分布在南部沿海地区；金属矿产集中分布在阳春中部构造带交汇处，位于吴川-四会金铜多金属成矿带，具有良好的成矿地质条件，找矿潜力较大；地热资源丰富，具有分布广、水量大和水质好等特点，拥有多处世界罕见的咸水矿温泉。

3.1.9 旅游资源

阳江位于广东省的西南沿海，南临太平洋，北面为山区丘陵地带，其优势相当明显：依山傍海，山海兼优，而且景点众多，分布合理，旅游资源相当的丰富。概括来讲，阳江旅游资源可分为十大类：山（青山绿水）、海（滨海沙滩）、泉（温泉）、湖（湖光山色）、峰（石山、石峰）、林（森林瀑布）、洞（溶洞、岩洞）、古（文物古迹）、节（节庆）、俗（民俗风情）。

滨海旅游是阳江旅游的最大特色。全市适合开发旅游的海滨沙滩有 20 多处，总长达 35.4 km，而且这些海水和沙质多为国家一级品质，这在国内外是非常罕见的。其中海陵岛是阳江滨海旅游的龙头，该岛位于阳江市西南端，是广东第四大岛。该岛交通十分便利，经广湛高速公路至广州仅 2 小时，经沿海高速公路至

珠海仅 1.5 小时，是粤西、粤东、粤中的海上中转站。全岛陆地总面积 108 km^2，岛内最大的资源优势是拥有风光旖旎的海滨旅游资源。在绵延的海岸线上，异彩纷呈地点缀着 12 处风景各异的天然海滩，大面积的优质沙滩竟然能把海岛的东部、南部和西南海岸连成长长的一线，总面积达 20 多 km^2，占全岛面积的 1/5。2007 年 10 月，由《中国国家地理》杂志主办，全国 34 家媒体协办的“中国最美的地方”评选活动揭晓，广东阳江海陵岛荣膺“中国最美十大海岛”之一。2013 年 3 月 13 日，海陵岛更以“南海I号，丝路水道”荣获了世界文化地理研究院等 6 家权威机构面向全球发布的“中国十大宝岛”称号。

主要景区有市区的东岳公园、森林公园、北山公园、鸳鸯湖公园、北湖公园、石觉寺，海陵岛的大角湾、马尾岛、十里银滩，阳东县的阳江温泉、东湖、东平珍珠湾、新洲温泉旅游度假区，阳西县的大垌山、月亮湾旅游度假区，阳春市的凌霄岩、崆峒岩、龙宫岩、渔王石、春湾石林、玉溪三洞、八甲白水瀑布、百甬原始森林区等。

本项目不经过旅游区。

3.1.10 红树林资源

本项目海缆登陆点北侧约 1km 处为广东阳东寿长河红树林国家湿地公园，广东阳东寿长河红树林国家湿地公园位于阳东区东南部，距阳东城区约 20km。地理坐标为东经 112°11′19″—112°13′15″，北纬 21°47′15″—21°52′10″，规划总面积 423.91hm^2。

根据《国家林业局关于同意天津蓟县州河等 134 处湿地开展国家湿地公园试点工作的通知》（林湿发〔2016〕193 号），国家林业和草原局（原国家林业局）同意开展广东阳东寿长河红树林国家湿地公园试点工作。根据《国家林业和草原局关于 2022 年国家湿地公园试点验收结果的通知》（林湿发〔2022〕126 号），广东阳东寿长河红树林国家湿地公园试点建设通过国家林业和草原局的验收。

广东阳东寿长河红树林国家湿地公园自然资源丰富，湿地面积 415.47hm^2，占湿地公园总面积的 98.01%。其中，近海与海岸湿地面积 342.84hm^2，占总湿地面积的 82.52%。河流湿地面积 72.63hm^2，占总湿地面积的 17.48%。

湿地公园内湿地维管束植物共有 36 科 63 属 64 种，其中有真红树植物 9 种，主要有白骨壤（*Avicennia marina*）、桐花树（*Aegiceras corniculatum*）、无瓣海

桑（*Sonneratia apetala*）、老鼠簕（*Acanthus ilicifolius*）等；半红树植物 4 种，主要有海杧果（*Cerbera manghas*）、假茉莉（*Clerodendrum inerme*）、黄槿（*Hibiscus tiliaceus*）等；伴生植物常见的有盐地鼠尾粟（*Sporobolus virginicus*）、三叶鱼藤（*Derris trifoliata*）等。所有红树植物中，除无瓣海桑外，其余皆为乡土植物。

湿地公园内寿长河近海段至河流段（纵向），红树植物在群落分布方面表现为从高耐盐植物向低耐盐植物过渡的生态序列；河道浅水区至河岸过渡带（横向），潮区界以南表现为高耐淹植物向低耐淹植物过渡的生态序列，潮区界以北多种红树植物群落呈斑块镶嵌状分布。生境序列以及群落物种组成的变化规律具有很高的科研价值。依据红树植物群落的分布，从南向北，主要森林植被群落有白骨壤+无瓣海桑、白骨壤+无瓣海桑+桐花树，无瓣海桑+白骨壤+桐花树+老鼠簕，桐花树+无瓣海桑+老鼠簕+秋茄树，桐花树+老鼠簕+秋茄，老鼠簕+卤蕨+桐花树，等群落，林分郁闭度在 0.8 以上。

湿地公园内动物资源较为丰富。其中软体动物共有 31 科 80 种，节肢动物 16 科 46 种，鱼类 39 科 91 种，两栖类 4 科 9 种，爬行类 8 科 19 种，鸟类 34 科 131 种，哺乳类 4 科 7 种。属国家二级保护动物的有 5 种，包括松雀鹰（*Accipiter virgatus*）、雀鹰（*Accipiter nisus*）、普通鵟（*Buteo buteo*）、红隼（*Falco tinnunculus*）和游隼（*Falco peregrinus*）。属广东省重点保护动物的有 11 种，包括黑尾鸥（*Larus crassirostris*）、灰背鸥（*Larus schistisagus*）、红嘴鸥（*Larus ridibundus*）等。

根据《广东阳东寿长河红树林国家湿地公园总体规划（2017-2021 年）》，湿地公园内红树林群落的主要分布见图 3.1.10-1。

（内容不公开）

图 3.1.10-1　广东阳东寿长河红树林国家湿地公园红树林的分布图

广东阳东寿长河红树林国家湿地公园与本项目相对位置示意图如图 3.3.1-2 所示，调查区域现状照片见图 3.3.1-3。本次调查同时进行的鸟类观察现状照片如图 3.3.1-4 所示。

（内容不公开）

图 3.1.10-2　本项目与广东阳东寿长河红树林国家湿地公园相对位置示意图

（内容不公开）

图 3.1.10-3　红树林分布情况与本项目相对位置示意图

（内容不公开）

图 3.1.10-4a 白骨壤+无瓣海桑群落照片

（内容不公开）

图 3.1.10-4b 白骨壤+无瓣海桑+桐花树群落照片

（内容不公开）　　（内容不公开）

白鹭 *Egretta garzetta*　　池鹭 *Ardeola bacchus*

（内容不公开）

矶鹬 *Actitis hypoleucos*

图 3.1.10-5 动物照片

3.1.11 海洋自然保护区

本项目论证范围内分布的海洋自然保护区主要有广东寿长河红树林国家湿地自然公园、阳江南鹏列岛海洋生态省级自然保护区、阳江头芦排地方级自然保护区，其分布情况见表 3.1.11-1。

表 3.1.11-1 本项目周边海洋自然保护区情况一览表

（内容不公开）

（内容不公开）

图 3.1.11-1 本项目周边海洋自然保护区分布示意图

（1）广东寿长河红树林国家湿地公园

寿长河又名三合河，发源于紫罗山沙帽顶，流经新洲、东平、大沟 3 镇，由北向南经三丫港注入南海，为独流入海河流。寿长河全长 29.5km，河流比降 1.46%，集雨面积 271km^2。上游段山高林密，河床窄，比降大；中游两岸为丘陵、平原地貌，土地肥沃；下游段河面较为宽广，坡降平缓。寿长河水质状况良好，总体水质达到国家III类水标准。湿地公园地处寿长河中下游，两岸为丘陵、平原地貌，土地肥沃，发育有大面积的天然红树林。

阳东区土壤类型共有 8 种，分别为水稻土、黄壤、赤红壤、潮砂泥土、滨海盐渍沼泽土、滨海砂土、沼泽土和石质土。广东寿长河红树林国家湿地公园的土

壤主要有潮砂土、滨海盐渍沼泽土和滨海砂土。

广东阳东寿长河红树林国家湿地公园总面积为423.91hm^2，湿地公园内分布有大面积的红树林，各种红树千姿百态，景观优美，鸟类、鱼类等生物资源丰富，吸引着众多鸟类和摄影爱好者在不同季节进入湿地公园进行观鸟和摄影等活动。湿地公园不仅具有典型的沿海红树林植物景观，还拥有与红树林休戚相关的疍家文化，丰富的自然资源和深厚的文化底蕴，为湿地公园开展生态旅游活动提供了良好的基础。目前，湿地公园尚未开展生态旅游活动，其周边分布有大面积水产养殖区。

广东阳东寿长河红树林国家湿地公园划分为生态保育区、恢复重建区、宣教展示区、合理利用区和管理服务区5个功能分区。

（2）阳江南鹏列岛海洋生态省级自然保护区

阳江南鹏列岛海洋生态省级自然保护区位于漠阳江出海口对开海域，南鹏列岛附近海域，北纬21°31′30"~21°39'12"、东经112°04'00"~112°12'12"之间。保护区于2004年建立，2008年11月10日，升格为省级自然保护区，由广东省人民政府批准建立《关于同意阳江南鹏列岛海洋生态自然保护区升格为省级自然保护区的复函》粤府办[2008]715号，总面积为20000公顷，核心区6700公顷，实验区9900公顷，缓冲区3400公顷。保护区内有南鹏岛、大镬岛、二镬岛、黄程山、虎仔、大西帆石、小西帆石、鸡心石8个岛屿。主要保护对象为经济鱼类资源和珍稀野生动物及其栖息地；经济鱼类、虾类的产卵、育肥场；保护区内的其他野生动植物资源；完整的近海海洋生态系统。保护区位置及区域划分见图3.1.11-2。

（内容不公开）

图3.1.11-2　阳江南鹏列岛海洋生态省级自然保护区

（2）阳江头芦排地方级自然保护区

头芦排自然保护区位于阳东区东平渔港东南部约10海里。《关于建立阳东县头芦排海洋生态县级自然保护区的批复》（东府复〔2004〕8号），自然保护区批复面积为1500.00公顷，保护区的地理位置为东经112°14′55″至112°17′00″，北纬21°32′30″至21°34′35″。因建立时测量技术和仪器精度，自然保护区地理坐标范围内的实际面积不足1500.00公顷。2020年，阳江市自然保护地整合优化后，头芦排自然保护区面积为1383.28公顷，保护区名称为阳江阳东头芦排海洋生态县级自然保护区。头芦排自然保护区的主要保护对象包括海洋生态系统和海洋生

物资源。

（内容不公开）

图 3.1.11-3　阳江头芦排地方级自然保护区功能分区布局图

3.2 海洋生态概况

本项目地处广东省沿海西部，处于北回归线以南，属于热带至亚热带的过渡气候带。由于受东亚季风影响，本地区气候有较强的季风性和较明显的海洋性，具有气候温和、阳光充足、雨量丰沛和受季风交替影响等特征。温、光、水资源均较丰富，气候条件优越，灾害性天气（热带气旋、干旱、暴雨、风暴潮等）影响较频繁。

3.2.1 区域气候与气象

闸坡海洋站（111°49′00″ E、21°35′00″ N）位于项目西侧，两者相距约40km。本节根据收集到的闸坡海洋站1986年～2019年多年气温、气压、相对湿度、风速、风向、雾等气象观测资料实测资料，对项目区域各个气象要素的特征进行分析。

3.2.1.1 气温

根据闸坡海洋站 1986 年～2019 年气温观测资料统计，区域全年气温较高，多年年平均气温为 23.3℃，最热月出现在 7 月，多年月平均气温为 28.7℃；8 月次之，多年月平均气温为 28.6℃；最冷月出现在 1 月，多年月平均气温为 15.9℃。气温的年较差，即最热月与最冷月平均气温的差值，为 12.8℃。历年最高气温为 37.1℃，出现在 2015 年 8 月 8 日；历年最低气温为 3.0℃，出现在 2016 年 1 月 24 日。

表3.2.1- 1　闸坡站累年各月平均气温统计(℃)

（内容不公开）

3.2.1.2 相对湿度

根据闸坡海洋站 1986 年～2019 年相对湿度观测资料统计，区域多年月平均相对湿度，最大为 88%，出现在 3 月，最小为 70%，出现在 11 月。多年平均相对湿度为 76%，多年最低相对湿度为 12%，发生在 2005 年 12 月 22 日。

表3.2.1-2　闸坡站累年各月相对湿度统计（%）

（内容不公开）

3.2.1.3 降水

区域降水量充沛，累年平均降水量为 1795.2 mm，最大年降水量为 3224.8 mm（2001 年）。雨热同季是风电路由区气候特点之一，雨季始于 3 月下旬到 4 月上旬，终于 10 月下旬；每年 4 月至 9 月的汛期，既是一年之中热量最多的季节，又是降水量最集中的季节，占全年总降水量 84%。由于秋冬春期间的 10 月至翌年 3 月的平均降水量，占全年降水量的 16%左右。闸坡海域秋、冬、春连旱的现象时有发生。风电路由区日降水量≥50.0 mm 日数，累年平均 9.7 天；曾有过日降水量 325.5 mm 的记录。影响风电路由区的热带气旋，其带来的狂风、暴雨和海潮，往往酿成风、涝、潮灾害，但其丰沛的降水可缓和干旱，为人们的日常生活、生产带来丰富的水源。

3.2.1.4 气压

根据闸坡海洋站 1986 年～2019 年气压观测资料统计，区域多年月平均气压，12 月最高，为 1018.5hPa，8 月最低，为 1003.3hPa，多年年平均气压为 1010.8hPa，多年最高气压为 1036.1hPa，出现在 2016 年 1 月 24 日，多年最低气压为 954.4hPa，出现在 2008 年 9 月 24 日。

表3.2.1-3　闸坡站累年各月气压统计（hPa）

（内容不公开）

3.2.1.5 风况

项目区域处于亚热带季风区，风向随季节变化明显，秋冬季盛行东北风和北北东向风，春季以东南风居多，夏季盛行南风。

根据闸坡站 2014~2018 年风向资料统计，项目区域的常风向是 NE 向，出现频率为 19.91%，次常风向为 NNE 向，出现频率为 16.12%，另外 SE 向和 S 向风出现频率也较高，出现频率分别为 11.39%和 10.06%；最小频率为 WNW，出现频率为 0.37%，W 向、WNW 向和 NW 向风出现频率均小于 1%。强风向为 E 向，最大风速为 21.0m/s。

根据闸坡站2014~2018年风速资料统计，项目区域附近累年平均风速3.8m/s，平均风速存在明显的季节变化，总体来说秋、冬季风速略大，其中10月至翌年2月风速的多年平均值为4.3m/s～5.4m/s，月平均风速，12月最大，为5.4m/s，次高是11月，月平均风速为4.6m/s。春、夏季风速较小，3月至8月风速的多年平均值为2.9m/s～3.8m/s，其中8月月平均风速最低，为2.8m/s；多年最大风速为21.0m/s，最大风向为101°，极大风速为37.8m/s，极大风向为105°，出现在2015年10月4日，此时强台风“彩虹”影响项目区域。

项目区域大于等于8级风（瞬时风速≥17.2m/s）的年均大风日数为18.2d，每个月均可出现大风，其中12月份最多，多年平均日数为3.4d，10月份次多，多年平均日数为2.2d，4月份多年平均日数为0.8d；大于等于6级风（瞬时风速≥10.8m/s）的年均大风日数为160.2d。

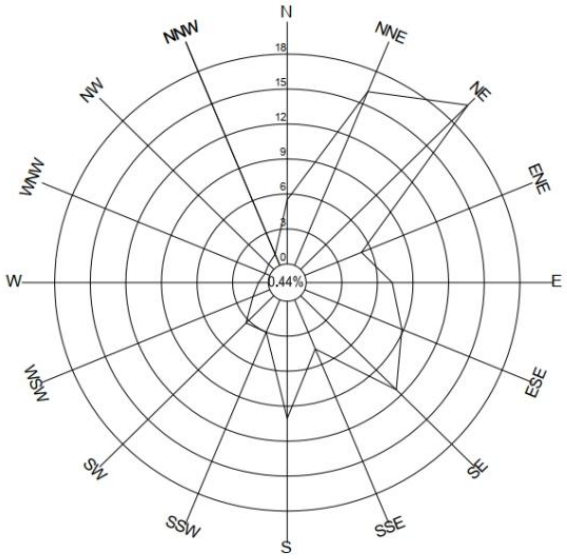

图 3.2.1-1　风玫瑰图（全年）

3.2.1.6 雾况

根据闸坡海洋站1986年～2019年雾观测资料统计，多年平均雾日为9.8d，2月雾日最多，为3.0d，6月至10月没有雾日出现，从全年分布来看，雾日主要出现在冬春季节，2月至4月的雾日为8.0d，这3个月的雾日占全年的81.6%，夏秋季节雾日少。

表 3.2.1-4　闸坡海洋站累年各月雾日统计

（内容不公开）

3.2.1.7 热带气旋

项目所在海区是西北太平洋和南海台风、热带风暴活动和登陆的主要地区之一，因此主要的气象灾害是热带气旋引起的极端大风。热带气旋是破坏性颇为严重的灾害性天气系统，位居当今危害全球的十大自然灾害之首。影响本项目区域的热带气旋产生的源地有两个：一是菲律宾以东洋面，一是南海本地。据历史资料统计，来自菲律宾以东洋面的热带气旋占总数的 56%，南海本地生成的占 44%。热带气旋资料的统计均按国际规定划分为：

热带低压：风力 6~7 级（风速 10.8-17.1m/s）；

热带风暴：风力 8~9 级（风速 17.2-24.4m/s）；

强热带风暴：风力 10~11 级（风速 24.5-32.6m/s）；

台　　风：风力 12 级~13 级（风速 32.7-41.4 m/s）；

强 台 风：风力 14~15 级（风速 41.5-50.9 m/s）；

超强台风：风力≥16 级（风速≥51.0 m/s）。

据中国天气台风网统计的 2018~2022 年 4 年间影响阳江附近海域的热带气旋情况，共有 4 个台风造成阳江海域或陆地 12 级以上风力，其中影响阳江最为严重的是 2018 年广东登陆的台风“山竹”，登陆时 14 级大风。截至 2018 年 9 月 18 日 17 时，台风“山竹”已造成广东、广西、海南、湖南、贵州 5 省（区）近 300 万人受灾，5 人死亡，1 人失踪，160.1 万人紧急避险转移和安置；据应急管理部有关负责人介绍，台风“山竹”还造成 5 省（区）的 1200 余间房屋倒塌，800 余间严重损坏，近 3500 间一般损坏；农作物受灾面积 174.4 千公顷，其中绝收 3.3 千公顷；直接经济损失 52 亿元。此外，截至 2022 年 7 月 30 日，因台风“暹芭”失事的“福景 001”轮已有 25 人确认遇难，仍有 1 人失联。热带气旋在 5-11 月份发生频繁，会影响所在海域海况，项目施工建设需避开热带气旋。

3.2.2 水文动力

本节引用《阳江三山岛海上风电柔直输电工程（海上工程）秋季海洋水文环境调查报告》（广东汇通检测技术有限公司，2024 年 1 月），由广东汇通检测技术有限公司于 2023 年 11 月在项目附近海域进行的大潮水文观测资料。

3.2.2.1 调查概况

布设定点连续观测站 11 个，4 个潮位站。水文观测时间为 2023 年 11 月 27 日 09 时～2023 年 11 月 28 日 11 时。

表 3.2.2-1 观测站的位置一览表

（内容不公开）

（内容不公开）

图 3.2.2-1 水文调查站位图

公示稿

3.2.2.2 潮汐与风速风向

本节所有潮位测验结果均已订正到平均海平面上。验潮基面关系见图 2.1-1

（内容不公开）

图 3.2.2-2　验潮基面关系

（1）潮位过程线

本航次共布设了 4 个临时潮位，具体位置见表 3.2.2-1 及图 3.2.2-1。各站位的潮位过程线如图 3.2.2-2 所示。

潮汐因受地球表面纬度不同和海区地形，深度等因素的影响，所以，各处海水所受的引潮力也出现差异，潮汐的大小和涨落时刻逐日不同，因月球的引潮力约为太阳的 2.17 倍，故潮汐现象主要随月球的变化而变化，这使地球上的海水发生了时涨时退的运动，从而形成了潮汐现象。四个临时潮位站的潮位变化趋势符合该海区的潮位特征，调查海域为不正规半日潮，在一个太阴日内有两次高潮和两次低潮，但相邻的高潮或低潮的高度不等，涨潮时和落潮时也不等。

T1 站在大潮观测期间，高高潮位为 176cm，高高潮时是 11 月 27 日 21:00；低高潮位为 27cm，低高潮时是 11 月 27 日 10:00；高低潮位为-23cm，高低潮时是 11 月 27 日 15:00；低低潮位为-151cm，低低潮时是 11 月 28 日 6:00；潮差为 327cm。

T2 站在大潮观测期间，高高潮位为 144cm，高高潮时是 11 月 27 日 21:00；低高潮位为 16cm，低高潮时是 11 月 27 日 9:00；高低潮位为-46cm，高低潮时是 11 月 27 日 16:00；低低潮位为-160cm，低低潮时是 11 月 28 日 5:00；潮差为 304cm。

T3 站在大潮观测期间，高高潮位为 140cm，高高潮时是 11 月 27 日 22:00；低高潮位为 37cm，低高潮时是 11 月 27 日 11:00；高低潮位为-42cm，高低潮时是 11 月 27 日 15:00；低低潮位为-142cm，低低潮时是 11 月 28 日 5:00；潮差为 282cm。

T4 站在大潮观测期间，高高潮位为 136cm，高高潮时是 11 月 27 日 22:00；低高潮位为 40cm，低高潮时是 11 月 27 日 11:00；高低潮位为-41cm，高低潮时是 11 月 27 日 15:00；低低潮位为-109cm，低低潮时是 11 月 28 日 5:00；潮差为 245cm。

四个临时潮位站同属于一片海区，潮汐曲线变化趋势基本一致，靠内湾的

T1 站潮差相比于外海的 T4 站的潮差大 82cm，这是受到近海地形及水深的影响所致。

（内容不公开）

图 3.2.2-2　潮位过程线图

（2）风速风向

C1 和 C7 站位的风速风向资料统计如表 3.2.2-2 所示。风速每小时测一次，从 27 日 9 点整开始，风向以北为主，C1 站最大风速为 6.8m/s，出现在 28 日 6:00，最小风速为 0.2m/s，出现在 27 日 21:00；C7 站最大风速为 6.9m/s，出现在 28 日 10:00，最小风速为 0.5m/s，出现在 27 日 17:00。

表 3.2.2-2　C1 和 C7 站位风速风向统计

（内容不公开）

3.2.2.3 海流

海洋中由各种因素引起的海水运动称之为海流。通常又将海流分为由天体引潮力引起的潮流和由水文、气象等非天文因素引起的非潮流，它们在海洋中所占的成分因地因时而异。一般来说，大洋中的海流以非潮流为主，而我国近海的海流以潮流为主。海流是塑造海底地形演变的主要外动力之一，它对海洋工程基础设施影响较大。本章中的海流，是指包括潮流成分和非潮流成分在内的综合流动。从周日海流观测资料中扣除潮流后的平均值通常称为余流，它是风海流、密度流、潮汐余流等的综合体现。项目海域位阳江海域，此海域海流不仅受到潮流、风海流、沿岸流和海水密度等因素作用，还受到地形的影响。本章拟从实测海流、潮流和余流等三个方面分析其基本特征及其分布和变化规律。

1、实测海流

观测期间实测海流矢量图中各时刻的 3 层海流的垂线平均流速按如下公式进行矢量计算：$V_{垂线}=1/3\times(V_{表层}+V_{0.6H}+V_{底层})$，H 为瞬时水深，本节潮位为随船同步实测的潮位资料。

图 3.2.2-3 为大潮期各站各层（表层、0.6H 和底层，H 为瞬时水深）海流平面分布玫瑰图，图 3.2.2-3 为大潮期各站各层海流过程矢量图，图 3.2.2-3 为大潮期各站各层流速流向过程线。表 3.2.2-3 为大潮期各站各层涨、落潮流对比统计

表，表 3.2.2-3 为大潮期各站涨、落潮流历时统计。

从海流的流态来看，各站的海流主要为往复流。各站海流流向基本同岸线平行（见图 3.2.2-3）。个别站位受到地形的影响，海流流向有所偏移，如 C5 号站。各站实测海流呈现不正规半日潮流特征，各站各层流向较为一致（见图 3.2.2-3 和图 3.2.2-4）。最大涨潮流及最大落潮流的流速发生时刻基本在半潮面附近，说明潮波为驻波。

涨潮憩流时间发生在高潮时后 2~4 小时之间，落潮憩流时间发生在低潮时后 4~6 小时之间。同时，调查海区的潮流特征是不规则半日潮，一天内潮流转向两次，出现一次涨潮流，一次落潮流，涨、落潮流流速大小不等。

（内容不公开）

图 3.2.2-3　大潮期各站各层海流平面分布玫瑰图

大潮期调查海域海流流速较大，实测最大涨潮流速为 69.0cm/s，对应流向为 3°，发生在 C5 站表层；实测最大落潮流速为 70.1cm/s，对应流向为 90°，发生在 C6 站表层（见表 3.2.2-3）。

表 3.2.2-3　大潮期最大涨、落潮流速及对应流向统计（流速：cm/s，流向：°）

（内容不公开）

就各站位潮时段平均而言，大潮期，调查海域涨潮平均流速在 3.5cm/s～40.3cm/s 之间，落潮平均流速在 6.8cm/s～41.9cm/s 之间。除 C10 号站表层和 C1 号站底层、C7、C11 号站各层落潮平均流速低于涨潮平均流速以外，其余站点各层落潮平均流速均高于涨潮平均流速（见表 3.2.2-4）。

表 3.2.2-4　大潮期涨、落潮平均流速及对应流向统计（流速：cm/s，流向：°）

（内容不公开）

2、余流

余流通常指实测海流资料中除去周期性流动（天文潮）之外，剩余的部分流动。其中包括潮汐余流、风海流和密度流等非周期性流动。调查海区各潮期的余流流速及流向列于表 3.2.2-5。图 3.2.2-4 为各潮期余流平面分布图。从图和表中，可以看到以下特点：

（1）除 C7、C8、C9 号站底层同表层、0.6H 层余流方向不一致，C10 号站表层同 0.6H、底层余流方向不一致外，其余站点各层的余流方向均一致。

（2）调查海区余流介于 0.9cm/s～28.9cm/s，分别出现在 C1 站 0.6H 层、C7 站表层，总体而言，表层余流流速>0.6H 层余流流速>底层余流流速。

表 3.2.2-5　各潮期的余流流速及流向（流速：cm/s，流向：°）

（内容不公开）

（内容不公开）

图3.2.2-4 各潮期余流平面分布图

3、小结

（1）从海流的流态来看，各站海流的主要为往复流。各站海流流向基本同岸线平行。个别站位受到地形的影响，海流流向有所偏移，如 C5 号站。各站实测海流呈现不正规半日潮流特征，各站各层流向较为一致。最大涨潮流及最大落潮流的流速发生时刻基本在半潮面附近，说明潮波为驻波。

（2）大潮期调查海域海流流速较大，实测最大涨潮流速为 69.0cm/s，对应流向为 3°，发生在 C5 站表层；实测最大落潮流速为 70.1cm/s，对应流向为 90°，发生在 C6 站表层。

（3）就各站位潮时段平均而言，大潮期，调查海域涨潮平均流速在 3.5cm/s～40.3cm/s 之间，落潮平均流速在 6.8cm/s～41.9cm/s 之间。除 C10 号站表层和 C1 号站底层、C7、C11 号站各层落潮平均流速低于涨潮平均流速以外，其余站点各层落潮平均流速均高于涨潮平均流速。

（4）除 C7、C8、C9 号站底层同表层、0.6H 层余流方向不一致，C10 号站表层同 0.6H、底层余流方向不一致外，其余站点各层的余流方向均一致。

（5）调查海区余流介于 0.9cm/s～28.9cm/s，分别出现在 C1 站 0.6H 层、C7 站表层，总体而言，表层余流流速>0.6H 层余流流速>底层余流流速。

3.2.2.4 悬沙

1、悬沙含量及分布特征

依据大潮悬沙观测分析结果，统计调查期间各站表层、0.6H 层、底层的最大、最小和平均含沙量，各站表层、0.6H 层、底层的算术平均和垂线平均含沙量，统计结果如表 3.2.2-6～表 3.2.2-7 所示。根据表 3.2.2-6 可知，大潮调查期间，各站表层、0.6H 层、底层的算术平均含沙量为 10.7mg/L、14.2mg/L、18.8mg/L；表层、0.6H 层、底层最大含沙量分别为 72.0mg/L、92.0mg/L、97.0mg/L，均在 C1 站。调查海域平均含沙量为 14.5mg/L。根据图 3.2.2-7 亦可知，大潮期间各层最大的含沙量时均值出现在 C1 站。

根据表 3.2.2-6 可知，调查期各站层悬沙含量范围为 3.0mg/L～97.0mg/L。调查期间各站最大含沙量主要在 0.6H 层、底层出现。

根据表 3.2.2-7 可知，大潮期间最大垂线平均含沙量为 87mg/L（C1 站，28 日 5:00），大潮期间垂线平均含沙量时均值在 C1 站最大，其次是 C2 站。

（内容不公开）

图 3.2.2-5　调查期各站表、中、底层的含沙量时均值

表 3.2.2-6　悬沙平均含量统计（单位：mg/L）

（内容不公开）

表 3.2.2-7　悬沙含量最大值、最小值统计（单位：mg/L）

（内容不公开）

2、悬沙含量周日变化特征

悬沙含量的变化对于观测点在某个时间段，主要与底部泥沙侵蚀、落淤以及平流作用有关。悬沙含量因潮汛而异，而在同一潮汛又随时间而呈周期变化，观测期间最大潮差是 327cm。通常悬沙含量随潮位的增加而降低，在高潮位时悬沙含量较低，而在低潮位时悬沙含量较高，此次部分测点的情况基本符合上述规律，这主要是由于涨潮时外海悬沙含量相对较低的水体进入湾内，悬沙含量逐渐降低；而落潮时悬沙含量相对较高的水体向外海传送，悬沙含量逐渐增大，这就是

泥沙的平流作用。

一个潮周期内含沙量变化与流速有较密切的关系，流速增强时底部泥沙受到冲刷，含沙量增高；而当流速降低到一定程度时，水体中泥沙落淤，含沙量降低。工程区域附近各站的水深介于 2m 至 50m，流速对含沙量具有一定影响，内湾站位略有表现，湾外站影响较小。

各测站周日观测悬沙含量分布与潮位涨落变化存在一定关系，一般情况下，悬沙含量周日变化高峰值主要出现在涨急或落急时段。悬沙含量的峰值往往位于高潮位或低潮位附近，与水流流急的时间相对应或稍滞后。各站的表层、0.6H 层和底层悬沙含量差异较小，但基本上均为底层含沙量＞0.6H 层含沙量＞表层含沙量。调查期间个别时刻出现峰值，其它时刻大部分站层的悬沙含量日变化幅度不大。

3、悬沙运移及来源分析

单宽净输沙量主要受余流大小、悬沙含量和站位水深的影响，表 3.2.2-8 和图 3.2.2-6 列出了观测期间周日单宽输沙量和方向。

大潮期间，各站位单宽净输沙方向均为离岸输运，大多数站位的单宽净输沙方向是沿岸线向东南方向输运。最大周日单宽净输沙量为 8399.3kg/（m·d），输沙方向为 272º，发生在 C7 站；其次为 7707.0kg/（m·d），输沙方向为 116º，发生在 C6 站；最小值为 89.0kg/（m·d），输沙方向为 285º，出现在 C1 站。

（内容不公开）

图 3.2.2-6　周日单宽悬沙输运通量示意图

表 3.2.2-8 各站周日单宽净输沙量和方向

（内容不公开）

4、小结

（1）大潮调查期间，各站表层、0.6H 层、底层的算术平均含沙量为 10.7mg/L、14.2mg/L、18.8mg/L；表层、0.6H 层、底层最大含沙量分别为 72mg/L、92mg/L、97mg/L，均在 C1 站。调查海域平均含沙量为 14.5mg/L。大潮期间各层最大的含沙量时均值出现在 C1 站。

（2）调查期各站层悬沙含量范围为 3.0mg/L～97.0mg/L。调查期间各站最大含沙量主要在 0.6H 层、底层出现。

（3）大潮期间最大垂线平均含沙量为 87mg/L（C1 站，28 日 5:00），大潮期间垂线平均含沙量时均值在 C1 站最大，其次是 C2 站。悬沙含量周日变化高峰值主要出现在涨急或落急时段。各站的表层、0.6H 层和底层悬沙含量差异较小，但基本上均为底层含沙量＞0.6H 层含沙量＞表层含沙量。调查期间个别时刻出现峰值，其它时刻大部分站层的悬沙含量日变化幅度不大。

（4）大潮期间，各站位单宽净输沙方向均为离岸输运，大多数站位的单宽净输沙方向是沿岸线向东南方向输运。最大周日单宽净输沙量为 8399.3kg/（m·d），输沙方向为 272º，发生在 C7 站；其次为 7707.0kg/（m·d），输沙方向为 116º，发生在 C6 站；最小值为 89.0kg/（m·d），输沙方向为 285º，出现在 C1 站。

3.2.2.5 盐度

1、海水盐度垂向分布特征

表 3.2.2-9 是大潮期各站位各个垂向分层的平均盐度，从表中可以看出，大潮期平均盐度为 31.995‰；大潮期各站表层、0.6H 层和底层的平均盐度分别为 31.958‰、31.986‰、32.040‰，底层盐度平均值＞0.6H 层盐度平均值＞表层盐度平均值。

大潮期表层 C1 站平均盐度最低，为 29.229‰，C11 站平均盐度最高，为 33.998‰；0.6H 层 C1 站平均盐度最低，为 29.463‰，C10 站平均盐度最高，为 33.993‰；底层 C1 站平均盐度最低，为 29.722‰，C11 站平均盐度最高，为 34.012‰。这是由于本次调查范围较大，而 C1 号站正好位于附近，受三丫河口淡水影响，盐度较低；而 C10、C11 号离岸较远，受淡水影响较小，盐度较高。

总体而言，C1 站盐度受潮汐影响较大，其他站位基本不受潮汐影响；各层盐度大小差异较小，由近三丫河口站位 C1 到离岸较远站位 C11 各层盐度差值逐渐减小。C1 站到 C11 站表、底层盐度差值分别为-0.493‰、-0.036‰、-0.192‰、-0.096‰、-0.089‰、0.306‰、-0.181‰、-0.068‰、-0.02‰、-0.019‰、-0.014‰。

表3.2.2-9 大潮观测期间各站平均盐度垂向分布（单位：‰）

（内容不公开）

2、海水盐度空间分布特征

图 3.2.2-7 是大潮期盐度表、0.6H 层、底层平面分布图，可以看出，表层、

0.6H 层和底层的盐度空间分布大致呈现出站点位置越接近三丫河口，盐度越低，站点位置越远离陆地，盐度越高。站点 C1 和站点 C11 平均盐度相差 4.524‰左右。从整体看，底层盐度＞0.6H 层盐度＞表层盐度。各站表层平均盐度在 29.229‰~33.998‰之间，0.6H 层平均盐度在 29.463‰～33.993‰之间，底层平均盐度分布范围是 29.722‰～34.012‰。各层盐度水平分布特征基本一致，均为近三丫河口较低，远离陆地较高。

（内容不公开）

图3.2.2-7 大潮期海水盐度表、中、底层平面分布图

3、小结

（1）大潮期平均盐度为 31.995‰；大潮期各站表层、0.6H 层和底层的平均盐度分别为 31.958‰、31.986‰、32.040‰，底层盐度平均值＞0.6H 层盐度平均值＞表层盐度平均值。

（2）大潮期表层 C1 站平均盐度最低，为 29.229‰，C11 站平均盐度最高，为 33.998‰；0.6H 层 C1 站平均盐度最低，为 29.463‰，C10 站平均盐度最高，为 33.993‰；底层 C1 站平均盐度最低，为 29.722‰，C11 站平均盐度最高，为 34.012‰。这是由于本次调查范围较大，而 C1 号站正好位于附近，受三丫河口淡水影响，盐度较低；而 C10、C11 号离岸较远，受淡水影响较小，盐度较高。

（3）表层、0.6H 层和底层的盐度空间分布大致呈现出站点位置越接近三丫河口，盐度越低，站点位置越远离陆地，盐度越高。站点 C1 和站点 C11 平均盐度相差 4.524‰左右。从整体看，底层盐度＞0.6H 层盐度＞表层盐度。各站表层平均盐度在 29.229‰ ~33.998‰之间，0.6H 层平均盐度在 29.463‰~ 33.993‰之间，底层平均盐度分布范围是 29.722‰ ~34.012‰。各层盐度水平分布特征基本一致，均为近三丫河口较低，远离陆地较高。

3.2.2.6 波浪

本节采用闸坡海洋站 2014 年 1 月~2016 年 12 月波浪实测资料进行分析。

1）波浪类型

传统波浪类型分风浪与涌浪，统计结果显示，海域主要受风浪影响，风浪频率 62.6%，涌浪频率为 28.2%，混合浪频率仅为 9.3%。

2）波高与波周期特征

该海区年平均 $H_{1/10}$ 为 0.4m,平均 H_{max} 为 0.6m,平均波高季节变化不大 5 月、6 月和 7 月平均 $H_{1/10}$ 最大，为 0.6m，1 月至 4 月和 9 月平均 $H_{1/10}$ 最小，为 0.3m。历年最大波高为 3.8m，波向 112°，周期为 8.5s，发生在 2014 年 7 月 18 日，此时超强台风“威马逊”影响工程区。

年平均周期为 5.1s，最大周期为 21.5s；夏季(6 月~8 月)的平均周期较其它季节稍大，月均周期最大差值为 3.6s。

表 3.2.2-10　闸坡海洋站波浪统计特征

（内容不公开）

3）波向

波向表征波动传播方向，以全年资料分 16 个方位进行波向统计。公式为 P=i/N×100%。其中 P 为每一方向波浪出现频率；i 为每一方向波浪出现次数，N 为统计资料总次数。对各个方向 $H_{1/10}$ 平均值和最大值进行统计，统计结果见表 3.2.2-17。波浪玫瑰图见图 3.2.2-9。

由图表可见，波浪观测站全年波向主要集中在 NNE、NE、S、SSW 和 SW 五个方向，分布频率分别为 13.7%、11.4%、14.1%、11.9 和 11.2%；因北侧为陆地，西北侧受海岸的遮挡，WSW~NNE 向浪分布很少。该海域常浪向为 S 向，次常浪向为 NNE 向;强浪向为 ESE 向，次强浪向为 E 向，N、NW 和 NNW 向波浪最弱。

该海域波向受季风影响明显。1 月到 3 月，波向主要为受东北季风影响的 NNE 向；4 月 NNE 向波浪逐渐减少，S 向波浪增多；5 月到 8 月波向主要为 S、SSW 和 SW；9 月 NE 向波浪逐渐增多，S 向波浪逐渐减少，10 月至 12 月常浪向又变为受东北委风影响的 NE。

表 3.2.2-11　闸坡海洋站波向频率统计（单位：%）

（内容不公开）

（内容不公开）

图 3.2.2-8　波浪玫瑰图

3.2.3 海底地形地貌与冲淤

3.2.3.1 海底地形

本项目位于南海北部，广东西部沿岸陆架上，地形较为平坦。项目所在区域水深多在 50m 以内，位于广东沿岸陆架水下岸坡以外至水深 50m 左右传统上的内陆架平原上，海底地形平坦，平均坡降为 0.53‰，无发育大型隆起或洼地等起伏地形单元。总体地形特点为水深缓慢由北向南逐渐增大，等深线规则近平行排列，无明显地形凸起或下凹，为典型的南海北部陆架区地形。

总的来说，路由所处海域水深条件较好，海底地形较平坦，但近岸区局部可能存在礁石，地形局部有起伏。项目所在海域水深值在-0.5m~52.5m，平均水深值为 25.4m（高程基准：1985 国家高程基准，深度基准：当地理论最低潮面）。

项目所在海域水深地形见图 3.2.3-1~图 3.2.3-3（详见图件九）。

（内容不公开）

图 3.2.3-1　项目所在海域水深地形

（内容不公开）

图 3.2.3-2　项目实测水深地形图（海缆登陆段）

（内容不公开）

图 3.2.3-3　项目实测水深地形图（海上换流平台及辅助平台）

3.2.3.2 海底地貌

项目位于南海北部近岸海域，是华南大陆架水下自然延伸，属被动大陆边缘被海水淹没的陆地。一级地貌为陆壳地貌，二级地貌为海岸带地貌及陆架地貌。海底地貌对沿海陆地构造单元具有继承性。此外，地貌发育还受到海平面变化、入海河流输沙、潮流、波浪、海底沉积环境、海岸类型等诸多因素控制，形成复杂的近岸微地貌组合形态。研究区域全新世海进后才被海水淹没，海底地貌发育年轻，离岸地貌类型较为单一，近岸河流带入部分陆源碎屑，并参与现代海洋沉积过程，因此，近岸地貌受河流的动力作用影响较大。

本项目海底电缆穿越的地貌类型由岸向海大致分为水下浅滩、水下岸坡及海底平原三类，见图 3.2.3-4。

（内容不公开）

图 3.2.3-4　项目所在区域地貌分布图（广州海洋地质调查局）

（$F31_2^{Ad.}$ 侵蚀剥蚀平缓高丘陵，SH_{10} 陆架侵蚀-堆积平原，CL_9 水下三角洲）（图中西北-东南向红线为地质剖线）

3.2.3.3 冲淤环境现状

为分析项目所在海域的海床冲淤活动性，本节内容收集了 1986 年、2006 年和 2016 年的三幅海图资料，然后利用 GIS 工具，对每幅海图进行配准矢量化，并提取等深线，最后将不同年代的等深线叠加在一起进行对比分析，结果见图 3.2.3-5。

登陆点位于海湾海域，本海湾受波浪和潮流动力作用，但以波浪动力作用为主，岸滩坡度较陡，泥沙运动活跃。

- **5m 等深线**

由图 3.2.3-5 可知，2006 年至 2016 年，澳仔咀附近海域（三丫河口潮汐通道的东侧部分）表现为淤积，其中 2006 年至 2012 年 5m 等深线向岸前进最大约 0.7m；但在三丫河口潮汐通道的西侧部分，2006 年至 2012 年等深线向海前进最大约 1km，海床表现为侵蚀。该海域 2012 年至 2016 年期间海床表现较为稳定。

- **10m 等深线**

由图 3.2.3-5 可知，10m 等深线附近海床整体表现为中端淤积两侧区域侵蚀，其中淤积最大距离在中型船舶候潮、防台锚地区域，约 0.2km；侵蚀最大距离发

生在 10m 等深线西侧，约 0.4km。该海域 2012 年至 2016 年期间海床表现较为稳定。

➢ **20m 等深线**

由图 3.2.3-5 可知，20m 等深线海床整体表现与 10m 等深线附近大致相同，为中段淤积两侧侵蚀，其中淤积最大距离发生在大西帆石和小西帆石的礁石分布区，礁石分布区东西两端皆表现为侵蚀，侵蚀最大距离约 0.9km（礁石分布区东侧）。

➢ **30m 等深线**

由图 3.2.3-5 可知，30m 等深线海床整体表现较为稳定，除本项目海底电缆穿越区域在 2012 年~2016 年期间表现为淤积外，其余部分等深线各年份较为一致。

综上，由近 10 年的等深线变化分析知，项目所在海域 20m（含 20m）以浅的区域海床泥沙相对较活跃，床底冲淤交替进行，20m 以浅的区域由于潮滩掩护主要以淤积为主；20m 以深的区域海床泥沙不活跃，床底相对较稳定，但本项目海缆穿越海域内存在较为明显的冲刷现象。

（内容不公开）

图 3.2.3-5　路由区 2006~2016 年海床等深线变化图

3.2.4 工程地质

3.2.4.1 区域地质构造

（1）区域地质构造

本工程在大地构造上位于华南褶皱系东南沿海，区域内断裂构造发育，经多次构造运动先后形成一系列规模不等、方向不一、性质不同的断裂，其中规模较大的断裂对沉积相和沉积厚度、岩浆活动及构造变形等均有明显的控制作用，在地球物理场中也有不同程度的反映。

工程沿线主要的区域性深、大断裂主要有吴川—四会断裂（F6）、苍城-海陵断裂（F7）、鹤城-金鸡断裂（F8），北西向的那扶-镇海湾断裂（F10）、滨海断裂(F16)。线路沿线区域地质构造简图见图 3.2.4-1。

1）吴川—四会深断裂带（F6）

该断裂是广东省内重要的深断裂带，广东境内长度超过 800km，斜贯广东中、西、北部，总体呈 20°～40°方向延伸，影响宽度 15～20km。断裂带自吴川向东北经阳春、云浮、四会、广宁，插入于英德犀牛一带，与仁化—黄德断裂汇合。此断裂在西南段的茂名、吴川、电白、阳江、阳春一带分为东、西两个断裂束，由 11 条断裂组成。在空间上酷似一个向西南开口的喇叭型，局部呈 S 型，属于一个有多旋回活动的构造、岩浆、变质岩带。单条 n×10km 至 n×100km。西断裂束以倾向北西为主，倾角 50°～80°；东断裂束以南东倾向为主，倾角 60°～80°。断裂带雏形形成于加里东运动之前，在以后的加里东、印支、燕山、喜山运动均表现为继承性活动特征，断裂性质不断转化。控制了区域的变质岩带、岩浆的侵入、沉积盆地的分布。此断裂是区域性主要的发震断裂之一，据历史不完全统计，断裂带经过的地段及其邻侧发生过 Ms≥4.75 级强震 8 次，3～4.75 级有感地震 86 次，<3 级弱地震 5000 次。每年释放能量 68.5TJ(太焦耳)，其中高要、阳春是历史地震强度较高的地区。断裂带中出露温泉 20 多处，温度变化在 23～81℃之间。该断裂在晚更新世晚期以来不活动。

该断裂从工程场地西北侧通过，距场地最近距离约 53km。

2）苍城-海陵断裂（F7）

该断裂为恩平—开平断裂带的西支断裂，东北起自西江右岸，往西南经苍城、恩平、温泉至北津港，然后穿海陵岛向西延入海区，长 240km。它总体走向北东 30°，倾向北西或南东，倾角 60°以上。断裂控制了白垩纪、古近纪断陷盆地沉积。沿断裂发育宽 10～40m 的硅化构造岩、角砾岩和挤压带。

在沙湖附近断裂使二叠纪含煤地层逆冲于古近纪红层之上，古近系挤压破碎并形成片理化带。恩平西南断裂地貌显示为断崖和条形山脊。断层物质 TL 测年结果为 28 万年和 35 万年（国家地震局地质研究所等，1990），故属中更新世中晚期活动断裂。

该断裂从工程场地西北侧通过，距场地最近距离约 17km。

3)鹤城-金鸡断裂（F8）

该断裂是恩平—开平断裂带的东支断裂。它北起西江右岸，经鹤城、开平、金鸡延至镇海湾被水铲口－镇海湾断裂所截，长 110km。断裂大致以金鸡为界可分东北和西南两段。东北段走向北东 30～40°，控制恩开断陷的东界，构造岩以挤压硅化破碎带为主。断层泥 TL 测年为 33 万年左右（广东省地震工程实验

中心，2005）。1656 年鹤城一带发生过 4¾ 级地震。西南段断裂走向北东 15～20°。断层泥 TL 测年为 17 万年左右（国家地震局地质研究所等，1990）。故为中更新世中晚期活动断裂。

该断裂从工程场地东北侧通过，距场地最近距离约 27km。

4）那扶-镇海湾断裂（F10）

该断裂北起恩平长龙仔一带，向东南经长乐、那扶而进入镇海湾，可能继续延伸到下川岛西侧海域，总体走向北西 30°，长 60km。它可分三段，横陂林场以北的北段，断裂倾向北东，长 8km。中段位于横陂林场与洪滘角之间，倾向南西，长 11km，断层物质测年表明，断裂 42 万年左右和 24 万年左右有过活动（国家地震局地质研究所等，1994）。洪滘角以南的南段，断裂倾向北东，长近 40km。据断层物质年龄测定结果，在距今 40 多万年前有过活动（国家地震局地质研究所，1994）。又据镇海湾两侧上更新统—全新统顶面分布基本一致，反映隐伏海湾的断裂两侧晚更新世以来相对稳定。1664 年于镇海湾发生过 5 级地震。

该断裂从工程场地东北侧通过，距场地最近距离约 22km。

5）滨海大断裂（F16）

该断裂展布于东南沿海地区的滨海地带，大致位于海水等深线 30-50m 处，其卫星遥感线性信息清晰可辩。在航磁图上，表现为一条十分醒目的剧变负异常带。在海磁图上，东部香港至南澳一带，显示为变化的负磁场带，并以升高和降低的异常带频繁交替变化为特点，西部担杆列岛至涠洲岛一带，则表现为剧烈变化的负异常和锯齿状异常为主。在重力图上，该断裂带正好处于布格重力带中正负异常转换的过渡范围内。

该断裂从工程场地东南侧通过，距场地最近距离约 20km。

（内容不公开）

图 3.2.4-1　区域地质构造图

（2）区域构造稳定性评价

根据《海上风力发电场勘测标准》（GB 51395-2019）相关内容，场址Ⅱ类场地地震动峰值加速度属 0.09g≤amax＜0.19g 区间，地震基本烈度属Ⅶ度，沿线无全新世无活动断裂，工程近场区的地震等级小于 6 级。综合评价，初步判定场址区域构造稳定性分级属稳定性较好。

根据区域地质资料及临近工程建设经验，工程沿线未见滑坡、崩塌、浅层气、活动沙丘等不良地质作用及海底地震地质灾害问题，场地可能存在的不良地质作用主要为饱和砂土液化、软土震陷和不规则浅埋基岩。

①软土震陷判别

场地软土主要为全新世海积的淤泥和淤泥质土，具有分布广、厚度大、高压缩性、高灵敏度的特点；多为欠固结、稳定性极差的土体，承载力特征值＜80kPa，在 7 度地震烈度作用下存在发生震陷的可能，本项目换流站桩基基础设计时已考虑软土震陷可能造成的危害，以及软土固结和下沉对桩身会产生负摩擦力作用的不利影响。

②饱和砂土液化

场地地震烈度按 7 度考虑，场地设计地震分组为第一组，地震动峰值加速度值取 0.10g，地下水位高程按钻孔孔口高程考虑，根据《建筑抗震设计规范》(GB 50011-2010，2016 年版），采用标准贯入试验判别法判别地面下 20m 范围内砂土的液化。

根据判别结果，在发生地震烈度为 7 度的地震时，场区 20m 深度范围内的饱和粉砂混淤泥①$_3$、细砂①$_4$、粉砂混黏性土②$_{3\text{-}1}$ 会发生液化，液化等级为轻微～中等。

③不规则浅埋基岩

根据临近工程建设经验，水深 5m 以上海底电缆通道内未见基岩出露海底面，探测到的基岩面反射的深度均为 10m 以上，对海底电缆的铺设影响不大。

登陆点附近区域分布礁石，部分地段岩面埋藏较浅，沉积物厚度最浅处约为 3.3m。海缆敷设时应尽可能避开不规则浅埋基岩。

3.2.4.2 地层岩性

根据区域地质资料及临近工程资料揭示，工程沿线自上而下地层为第四系全新统海相沉积的淤泥、淤泥质土、粉砂混淤泥、细砂等土层（①层），第四系全新统海陆过渡相的黏性土及砂土层（②层），第四系晚更新统海陆交互相的黏性土和砂土层（③层），各层根据工程性质的差异分为若干个亚层，工程沿线岩土体分层情况见表 3.2.4-1。

表 3.2.4-1　场地岩土体工程地质分层表

（内容不公开）

（一）第四系全新统海相沉积

（1）淤泥（层号①$_1$）

深灰、灰黑色，饱和，流塑，土质滑腻，含有机质，具腥臭味，局部含贝壳碎屑，海相沉积成因。该层在场地沿线广泛分布，揭露层厚为 1.60m～7.30m，层底面高程为-53.15m～-8.70m，层顶面高程为-51.15m～-5.20m，剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为 1～3 击。

（2）淤泥质土(层号①$_2$)

灰黑色，饱和，流塑，含粉砂颗粒，手捏腻滑，含有机质，味臭，局部可见贝壳碎片，粒径 0.2～0.5cm，海相沉积成因。该层在场地沿线广泛分布，揭露层厚为 0.70m～8.10m，层底面高程为-57.15m～-10.70m，层顶面高程为-53.15m～-8.70m，剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为 1～4 击。

（3）粉砂混淤泥（层号①$_3$）

灰色，饱和，松散，局部稍密，主要矿物成分为石英、长石，级配差，混多量淤泥质土，局部混少量贝壳碎屑，含有机质、有腥臭味，海相沉积成因。该层在场地沿线部分地段分布，揭露层厚为 2.50m，层底面高程为-46.00m，层顶面高程为-43.50m，该层标准贯入试验实测击数为 2～8 击。

（4）细砂（层号①$_4$）

灰色，饱和，松散，主要矿物为石英、长石，级配差，混黏粒，局部夹薄层黏性土，海相沉积成因。该层在场地近岸段有分布，揭露层厚为 0.50m～2.00m，层底面高程为-14.50m～-11.20m，层顶面高程为-12.50m～-10.70m，剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为 7 击。

（二）全新统海陆过渡相沉积

（1）黏土（层号②）

灰色，饱和，软塑，含粉砂颗粒，局部含少量有机质，土质黏性较好，韧性中等，海陆过渡相沉积。该层在场地部分地段有分布，揭露层厚为 5.20m～6.00m，层底面高程为-68.35m～-63.15m，层顶面高程为-63.15m～-57.15m，剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为 3～5 击。

（2）粉质黏土（层号②$_{0\text{-}1}$）

灰色，饱和，软塑，含粉砂颗粒，局部含少量有机质，土质黏性一般，韧性中等，海陆过渡相沉积。该层在场地局部地段有分布，揭露层厚为 7.20m，层底面高程为-64.27m，层顶面高程为-57.07m，剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为 2～4 击。

（3）黏土（层号②$_{1}$）

深灰色，湿，可塑，局部偏软塑，含粉砂颗粒，局部含少量有机质，土质黏性较好，韧性中等，海陆过渡相沉积。该层在场地局部地段有分布，揭露层厚为 4.20m，层底面高程为-84.05m，层顶面高程为-79.85m，剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为 9～11 击。

（4）粉质黏土（层号②$_{1\text{-}1}$）

深灰色，湿，可塑，局部偏软塑，含粉砂颗粒，局部含少量有机质，土质黏性一般，韧性中等，海陆过渡相沉积。该层在场地部分地段分布，揭露层厚为 0.75m～8.60m，层底面高程为-91.05m～-18.85m，层顶面高程为-84.05m～-18.10m，剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为 6～14 击。

（5）粉砂（层号②$_{3}$）

灰色，饱和，中密~密实，主要矿物为石英、长石，级配差，混多量黏粒，局部夹薄层黏性土，海相过渡相沉积。该层在场地部分地段分布，揭露层厚为 3.00m～4.50m，层底面高程为-64.40m～-64.15m，层顶面高程为-61.15m～-59.90m，剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为 22～32 击。

（6）粉砂混黏性土（层号②$_{3\text{-}1}$）

灰色，饱和，稍密~中密，主要矿物为石英、长石，级配差，含多量黏粒，岩芯呈团块状，部分与黏性土互层，海相过渡相沉积。该层在场地部分地段分布，揭露层厚为 1.30m～4.40m，层底面高程为-76.65m～-61.15m，层顶面高程为-72.75m～-56.75m，剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为 11～29 击。

（7）细砂（层号②$_{4}$）

灰色，饱和，中密~密实，主要矿物为石英、长石，级配差，混多量黏粒，局部夹薄层黏性土，海相过渡相沉积。该层在场地部分地段分布，揭露层厚为 2.80m～7.20m，层底面高程为-67.20m～-52.70m，层顶面高程为-64.40m～-46.00m，剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为 16～36 击。

（8）中砂（层号②$_5$）

灰色，饱和，中密～密实，主要矿物为石英、长石，级配中等，含多量黏粒，局部夹薄层黏性土，海相过渡相沉积。该层在场地部分地段分布，揭露层厚为4.70m～5.50m，层底面高程为-79.85m～-75.15m，层顶面高程为-75.15m～-69.65m，剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为28～36击。

（三）晚更新统海陆交互相沉积

（1）黏土（层号③$_1$）

灰色，湿，可塑，含粉砂颗粒，局部夹粉砂薄层，土质黏性较好，韧性中等，海陆交互相沉积。该层在场地部分地段分布，揭露层厚为2.40m～7.60m，层底面高程为-133.07m～-83.50m，层顶面高程为-128.37m～-75.90m，剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为12～24击。

（2）粉质黏土（层号③$_{1-1}$）

灰色，湿，可塑，含粉砂颗粒，局部夹粉砂薄层，土质黏性一般，韧性中等，海陆交互相沉积。该层在场地部分地段分布，揭露层厚为0.80m～10.30m，层底面高程为-134.75m～-87.75m，层顶面高程为-132.95m～-81.75m，剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为12～25击。

（3）黏土（层号③$_2$）

灰、灰黄色，稍湿，硬塑，含粉砂颗粒，局部夹粉砂薄层，土质黏性较好，韧性中等，海陆交互相沉积。该层在场地部分地段分布，揭露层厚为0.70m～8.70m，层底面高程为-147.52m～-117.35m，层顶面高程为-145.57m～-108.65m，剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为19～38击。

（4）粉质黏土（层号③$_{2-1}$）

灰色，稍湿，硬塑，含粉砂颗粒，局部夹粉砂薄层，土质黏性一般，韧性中等，海陆交互相沉积。该层在场地内部分地段有分布，揭露层厚为2.90m～6.45m，层底面高程为-151.60m～-91.90m，层顶面高程为-145.15m～-89.00m，剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为20～34击。

（5）粉砂（层号③$_3$）

灰色，饱和，密实，主要矿物为石英、长石，级配差，混多量黏粒，局部夹薄层黏性土，海相过渡相沉积。该层在场地部分地段分布，揭露层厚为4.10m～8.30m，层底面高程为-134.25m～-100.20m，层顶面高程为-130.15m～-91.90m，

剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为 35～76 击。

（6）粉砂混黏性土（层号③$_{3-1}$）

灰色，饱和，密实，主要矿物为石英、长石，级配差，混多量黏粒，岩芯呈团块状，部分夹黏性土薄层，海相交互相沉积。该层在场地部分地段分布，揭露层厚为 0.90m～7.10m，层底面高程为-145.15m～-81.75m，层顶面高程为-140.35m～-76.65m，剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为 31～48 击。

（7）细砂（层号③$_{4}$）

灰色，饱和，密实，主要矿物为石英、长石，级配差，混多量黏粒，局部夹薄层黏性土，海相过渡相沉积。该层在场地局部地段分布，揭露层厚为 5.10m，层底面高程为-115.50m，层顶面高程为-110.40m，剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为 71～79 击。

（8）中砂（层号③$_{5}$）

灰色，饱和，密实，主要矿物为石英、长石，级配中等，局部混夹粗砂和砾石，海相交互相沉积。该层在场地部分地段分布，揭露层厚为 4.60m～6.50m，层底面高程为-145.57m～-125.25m，层顶面高程为-139.07m～-120.65m，剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为 53～136 击。

（9）中砂混黏性土（层号③$_{5-1}$）

灰色，饱和，密实，主要矿物为石英、长石，级配中等，混多量黏粒，局部混夹粗砂和砾石，岩芯呈团块状，海相交互相沉积。该层在场地部分地段分布，揭露层厚为 2.40m～3.45m，层底面高程为-143.95m～-94.15m，层顶面高程为-140.50m～-91.75m，剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为 33～107 击。

（10）粗砂（层号③$_{6}$）

灰色，饱和，密实，主要矿物为石英、长石，级配中等～较好，部分混夹砾石，粒径 0.2～0.5cm，局部混黏粒，海相交互相沉积。该层在场地部分地段分布，揭露层厚为 0.70m～5.95m，层底面高程为-140.20m～-85.70m，层顶面高程为-134.25m～-83.50m，剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为 41～139 击。

钻孔平面布置图见图 3.2.4-2；典型钻孔柱状图见图 3.2.4-3~图 3.2.4-11。

表 3.2.4-1　各岩土层主要物理、力学指标推荐值表

（内容不公开）

（内容不公开）

图 3.2.4-2　勘探点平面布置图

（内容不公开）

图 3.2.4-3　典型钻孔柱状图（K06）

（内容不公开）

图 3.2.4-4　典型钻孔柱状图（K24）

（内容不公开）

图 3.2.4-5　典型钻孔柱状图（K36）

（内容不公开）

图 3.2.4-6　典型钻孔柱状图（YJNP07）

（内容不公开）

图 3.2.4-7　典型钻孔柱状图（YJNP07）

（内容不公开）

图 3.2.4-8　典型钻孔柱状图（YJNP07）

（内容不公开）

图 3.2.4-9　典型钻孔柱状图（YJNP07）

（内容不公开）

图 3.2.4-10　典型钻孔柱状图（YJNP07）

（内容不公开）

图 3.2.4-11　典型钻孔柱状图（YJNP07）

3.2.5 海水水质质量现状

本项目委托******在项目附近海域开展春、秋两季海洋环境现状调查，秋季调查时间为2023年11月20-24日，春季调查时间为2024年3月13-14日。

3.2.5.1 调查概况

1、2023年11月秋季

秋季调查共在项目海域设置海水水质调查站位42个，海洋沉积物调查站位21个，海洋生物质量监测站位25个，海洋生态（包括叶绿素a及初级生产力、浮游植物、浮游动物、鱼卵仔鱼、底栖生物）调查站位25个，游泳动物调查站位25个，潮间带生物调查6条。详细见表1.1-1和图1.1-1、图1.1-2。

海水水质、海洋沉积物、海洋生物质量、海洋生态（浮游植物、浮游动物、鱼卵仔鱼、底栖生物）游泳动物调查时间为2023年11月20-22日，潮间带生物调查时间为2023年11月23-24日。

表3.2.5-1 秋季海洋环境现状调查站位

（内容不公开）

（内容不公开）

图3.2.5-1 秋季海洋环境现状调查站位图

2、2024年3月春季

春季调查共在项目海域设置海水水质调查站位30个，海洋沉积物调查站位15个，海洋生物质量监测站位19个，海洋生态（包括叶绿素a及初级生产力、浮游植物、浮游动物、鱼卵仔鱼、底栖生物）调查站位19个，游泳动物调查站位19个，潮间带生物调查3条。详细见表3.2.5-2和图3.2.5-2。

海水水质、海洋沉积物、海洋生物质量、海洋生态（浮游植物、浮游动物、鱼卵仔鱼、底栖生物）游泳动物调查时间为2024年3月13-14日，潮间带生物调查时间为2024年3月15-17日。

表3.2.5-2 春季海洋环境现状调查站位

（内容不公开）

（内容不公开）

图 3.2.5-2 春季海洋环境现状调查站位图

3.2.5.2 调查项目

春、秋两季调查项目均包括：pH值、水温、盐度、悬浮物、生化需氧量、化学需氧量、溶解氧、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、氨、活性磷酸盐、氰化物、硫化物、挥发性酚、石油类、重金属（铜、铅、锌、镉、汞、砷、总铬、硒、镍）。

3.2.5.3 采样与分析方法

(1)采集方法

①水样采集通用方法

1)按照《海洋监测规范》(GB1 7378-2007)和《海洋调查规范》(GB/T12763-2007)中的要求执行；

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

表 3.2.5-3 采样层次

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

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

4)对无法现场分析的样品，按《海洋监测规范》（GB17378-2007）加固定剂后带回实验室分析；

5)水文气象观测执行《海洋调查规范》（GB/T12763-2007）和《海洋观测规范第2部分：海滨观测》（GB/T14914.2-2019）。

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/T12763-2007)和《海洋监测规范》(GB17378-2007)进行。

表 3.2.5-4　海水调查项目及分析方法

检测项目		检测方法名称及编号	仪器型号及名称	方法检出限
1	pH 值	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007 pH 计法（26）	PHBJ-260F 型便携式 pH 计	—

检测项目			检测方法名称及编号	仪器型号及名称	方法检出限
2	水温		《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007 表层水温表法（25.1）	PSJ 型 深水温度计	—
3	盐度		《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007 盐度计法（29.1）	HWYDA-1 型 实验室盐度计	2‰
4	悬浮物		《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007 重量法（27）	AUW120DASSY（CHN）型 分析天平	2mg/L
5	硫化物		《海洋监测规范 第 4 部分 海水分析》GB 17378.4-2007（18.1）	722N 型 可见分光光度计	0.2μg/L
6	生化需氧量		《海洋监测规范 第 4 部分： 海水分析》GB 17378.4-2007 五日培养法（33.1）	LRH-250 型 生化培养箱 JPBJ-608 型 便携式溶解氧测定仪	0.3mg/L
7	溶解氧		《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007 碘量法（31）	—	0.08mg/L
8	化学需氧量		《海洋监测规范 第 4 部分 海水分析》GB 17378.4-2007 碱性高锰酸钾法（32.1）	—	0.15mgL
9	无机氮	硝酸盐	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007 镉柱还原法（38.1）	TU-1810APC 型 紫外-可见分光光度计	0.002mg/L
		亚硝酸盐	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007 萘乙二胺分光光度法（37.1）		0.001mg/L
		氨	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007 靛酚蓝分光光度法（36.1）		0.004mg/L
10	活性磷酸盐		《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007 磷钼蓝分光光度法（39.1）	N4 型 紫外可见分光光度计	0.003mg/L
11	挥发性酚		《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007 4-氨基安替比林分光光度法（19）		1.1μg/L
12	氰化物		《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007 异烟酸-吡唑啉酮分光光度法（20.1）	722N 型 可见分光光度计	0.5μg/L
13	油类		《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007 紫外分光光度法（13.2）	TU-1810APC 型 紫外-可见分光光度计	0.0035mg/L
14	汞		《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007 原子荧光法（5.1）	AF-610E 型 原子荧光光谱仪	0.007μg/L

15	砷	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007 原子荧光法（11.1）		0.5μg/L
16	硒	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007 荧光分光光度法（5.1）		0.2μg/L
17	铜	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》无火焰原子吸收分光光度法（连续测定铜、铅和镉）GB 17378.4-2007（6.1）	WFX-200 型原子吸收分光光度计	0.2μg/L
18	铅	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》无火焰原子吸收分光光度法 GB 17378.4-2007（7.1）		0.03μg/L
19	锌	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》火焰原子吸收分光光度法 GB 17378.4-2007（9.1）		3.1μg/L
20	镉	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析 无火焰原子吸收分光光度法》GB 17378.4-2007（8.1）		0.01μg/L
21	镍	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》无火焰原子吸收分光光度法 GB 17378.4-2007（41）	WFX-200 型原子吸收分光光度计	0.5μg/L
22	总铬	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析 无火焰原子吸收分光光度法》GB 17378.4-2007（10.1）		0.4μg/L
23	叶绿素 a	《海洋监测规范 第 7 部分：近海污染生态调查和生物监测》分光光度法 GB 17378.7-2007（8.2）	N4 型紫外可见分光光度计	0.14μg/L

3.2.5.4 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：

$$Si_{ij} = Cij/Csi$$

式中：Si.j—i污染物在j点的污染指数；

Ci.j—i污染物在j 点的实测浓度，mg/L；

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

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

Cs—I 污染物的评价标准，mg/L。

式中：Spop—溶解氧的标准指数，大于1表明该水质因子超标；

DO—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—饱和溶解氧浓度，mgL，对于河流，DO=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=(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：Sph.j—pH 值的指数，大于1表明该水质因子超标；

pHj—pH 值实测统计代表值；

pHsu—pH 评价标准的上限值；

pHsd—pH 评价标准的下限值。

(2)评价标准

①秋季

根据《广东省海洋功能区划(2011-2020年)》，秋季各监测站位执行标准见表3.2.5-5。

表3.2.5-5 秋季各站位执行的水质标准要求一览表

海洋功能区划代码	名称	执行标准	区划内监测点
A1-8	平岗-东平农渔业区	执行水质《海水水质标准》（GB3097-1997）二类标准、《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）一类标准和《海洋生物质量》（GB18421-2001）一类标准、《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》、《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》的生物质量标准	S1、S2、S3、S4

海洋功能区划代码	名称	执行标准	区划内监测点
B6-19	南鹏列岛海洋保护区	执行水质《海水水质标准》（GB3097-1997）一类标准、《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）一类标准和《海洋生物质量》（GB18421-2001）一类标准、《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》、《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》的生物质量标准	S10、S11、S12
B6-20	头芦排海洋保护区		S14
B6-21	大帆石海洋保护区		S18、S22、S23
B1-1	湛江-珠海近海农渔业区		S5、S6、S7、S8、S9、S13、S15、S16、S17、S19、S20、S21、S24、S25、S26、S27、S28、S29、S30、S31、S32、S33、S34、S35、S36、S37、S38、S39、S40、S41、S42

②春季

根据《广东省海洋功能区划(2011-2020 年)》，春季各监测站位执行标准见表3.2.5-6。

表 3.2.5-6　春季各站位执行的水质标准要求一览表

海洋功能区划代码	名称	执行标准	区划内监测点
A1-8	平岗-东平农渔业区	执行水质《海水水质标准》（GB3097-1997）二类标准、《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）一类标准和《海洋生物质量》（GB18421-2001）一类标准、《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》、《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》的生物质量标准	C1、C2、C3、C4、C5
B6-19	南鹏列岛海洋保护区	执行水质《海水水质标准》（GB3097-1997）一类标准、《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）一类标准和《海洋生物质量》（GB18421-2001）一类标准、《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》、《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》的生物质量标准	C10、C11、C12、C13、C16
B6-20	头芦排海洋保护区		C14
B6-21	大帆石海洋保护区		C17、C18
B1-1	湛江-珠海近海农渔业区		C6、C7、C8、C9、C15、C19、C20、C21、C22、C23、C24、C25、C26、C27、C28、C29、C30

3.2.5.5 调查结果

1、2023 年 11 月秋季调查结果

秋季海水水质监测要素包括 pH 值、水温、盐度、悬浮物、生化需氧量、化学需氧量、溶解氧、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、氨、活性磷酸盐、氰化物、硫化物、挥发性酚、石油类、重金属（铜、铅、锌、镉、汞、砷、总铬、硒、镍）共 24 项。所有监测站位水深均在 56.2m 以内，依照《海洋监测规范》（GB17378.3-2007）《海洋监测规范》（GB17378.4-2007）的水质采样分层要求，共采集 99 个层次水质样品。水质统计结果列于表 3.2.5-7。

2、2024 年 3 月春季调查结果

春季海水水质监测要素包括 pH 值、水温、盐度、悬浮物、生化需氧量、化学需氧量、溶解氧、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、氨、活性磷酸盐、氰化物、硫化物、挥发性酚、石油类、重金属（铜、铅、锌、镉、汞、砷、总铬、硒、镍）共 24 项。所有监测站位水深均在 55.2m 以内，依照《海洋监测规范》（GB17378.3-2007）《海洋监测规范》（GB17378.4-2007）的水质采样分层要求，共采集 68 个层次水质样品其中表层 30 层，底层 23 层，10m 层 12 层，50m 层 3 层 。水质统计结果列于表 3.2.5-8。

表 3.2.5-7　秋季海水水质调查结果

（内容不公开）

表 3.2.5-8　春季海水水质调查结果

（内容不公开）

公示稿

3.2.5.6 评价结果

1、2023 年 11 月秋季评价结果

调查结果表明，海水 pH 值、生化需氧量、硫化物、化学需氧量、溶解氧、无机氮、活性磷酸盐、油类、铜、铅、镉、汞、砷、挥发性酚、锌、氰化物、总铬、硒和镍均符合调查站位所在海洋功能区划的海洋环境评价标准要求。水质各评价因子的单项标准指数计算和统计结果及超标率列见表 3.2.5-9。

2、2024 年 3 月春季评价结果

调查结果表明，海水 pH 值、生化需氧量、硫化物、化学需氧量、溶解氧、无机氮、活性磷酸盐、油类、铜、铅、镉、汞、砷、挥发性酚、锌、氰化物、总铬、硒和镍均符合调查站位所在海洋功能区划的海洋环境评价标准要求。水质各评价因子的单项标准指数计算和统计结果及超标率列见表 3.2.5-10。

公示稿

表 3.2.5-9　秋季海水水质评价结果一览表

（内容不公开）

表 3.2.5-10　春季海水水质评价结果一览表

（内容不公开）

公示稿

3.2.6 海洋沉积物质量现状

本节引用******在项目附近海域开展的海洋环境现状调查结果，调查时间为2023 年 11 月 20-24 日和 2024 年 3 月 13-14 日。具体调查站位详见 3.2.5.1 节。

3.2.6.1 调查项目

春、秋两季调查内容均包括 pH 值、有机碳、硫化物、石油类、铜、铅、锌、镉、铬、总汞、砷、粒度、含水率。

3.2.6.2 采样与分析方法

(1)采样方法

使用抓斗式采泥器采集 0cm～20cm 表层沉积物。现场样品采集、现场处理和贮存方法按照《海洋监测规范》（GB17378.3-2007）的规定执行。(2)分析方法

样品的分析按照《海洋监测规范》(GB17378.5-2007)进行，超出的项目参照其他行业标准，各项目的分析方法如表 3.2.6-1。

表3.2.6-1 沉积物项目及分析方法

检测项目		检测方法名称及编号	仪器型号及名称	方法检出限
1	pH 值	《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 pH 值测定（电位法）6.7.2	pHS-3C 型 pH 计	—
2	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）	LS-POP（9）型 激光粒度分析仪	—
3	总汞	《海洋监测规范 第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007 总汞 原子荧光法（5.1）	AF-610E 型 原子荧光光谱仪	0.002 mg/kg
4	砷	《海洋监测规范 第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007 原子荧光法（11.1）		0.06 mg/kg
5	有机碳	《海洋监测规范 第 5 部分 沉积物分析》GB 17378.5-2007 重铬酸钾氧化-还原容量法（18.1）	HH-S 型 数显恒温油浴锅	—
6	石油类	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007 紫外分光光度法（13.2）	TU-1810APC 型 紫外可见分光光度计	3.0 mg/kg

检测项目		检测方法名称及编号	仪器型号及名称	方法检出限
7	硫化物	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB17378.5-2007（17.1）		0.3 mg/kg
8	铅	《海洋监测规范 第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007 无火焰原子吸收分光光度法（7.1）	WFX-200 型原子吸收分光光度计	1.0 mg/kg
9	铜	《海洋监测规范 第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007（6.1）		0.5 mg/kg
10	锌	《海洋监测规范 第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007（9.1）		6.0 mg/kg
11	镉	《海洋监测规范 第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007（8.1）		0.04 mg/kg
12	铬	《海洋监测规范 第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007（10.1）		2.0 mg/kg
13	水分(含水率)	《海洋监测规范 第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007 重量法（19）	FA3104N 型电子天平	—

3.2.6.3 评价方法与评价标准

(1)评价方法

采用单项参数标准指数法计算沉积物的质量指数，即应用公式：

$$Pi=Ci/Csi$$

式中：Pi 为第 i 种评价因子的质量指数；

Ci 为第 i 种评价因子的实测值；

Csi 为第 i 种评价因子的标准值。

沉积物评价因子的标准指数>1,则表明该项指标已超过了规定的沉积物质量标准。

(2)评价标准

①秋季

根据《广东省海洋功能区划(2011-2020 年)》,各监测站位执行的沉积物标准见表 3.2.6-2。

表3.2.6-2 秋季各沉积物质量调查站位执行的标准要求一览表

海洋功能区划代码	名称	执行标准	区划内监测点
A1-8	平岗-东平农渔业区	执行水质《海水水质标准》（GB3097-1997）二类标准、《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）一类标准和《海洋生物质量》（GB18421-2001）一类标准、《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》、《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》的生物质量标准	S1、S2
B6-19	南鹏列岛海洋保护区	执行水质《海水水质标准》（GB3097-1997）一类标准、《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）一类标准和《海洋生物质量》（GB18421-2001）一类标准、《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》、《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》的生物质量标准	S11
B6-21	大帆石海洋保护区		S18、S22
B1-1	湛江-珠海近海农渔业区		S5、S6、S7、S9、S13、S16、S19、S20、S24、S28、S29、S30、S34、S35、S39、S40

②春季

根据《广东省海洋功能区划(2011-2020 年)》,各监测站位执行的沉积物标准见表 3.2.6-3。

表 3.2.6-3 春季各沉积物质量调查站位执行的标准要求一览表

海洋功能区划代码	名称	执行标准	区划内监测点
A1-8	平岗-东平农渔业区	执行水质《海水水质标准》（GB3097-1997）二类标准、《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）一类标准和《海洋生物质量》（GB18421-2001）一类标准、《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》、《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》的生物质量标准	C1、C2、C3
B6-19	南鹏列岛海洋保护区	执行水质《海水水质标准》（GB3097-1997）一类标准、《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）一类标准和《海洋生物质量》（GB18421-2001）一类标准、《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》、《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》的生物质量标准	C10、C12、C16
B6-20	头芦排海洋保护区		C14
B6-21	大帆石海洋保护区		C17
B1-1	湛江-珠海近海农渔业区		C6、C8、C21、C22、C24、C26、C28

3.2.6.4 调查结果

（1）秋季调查结果

本次海洋沉积物共采集 21 个站位表层样。检测项目为 pH 值、有机碳、硫化物、石油类、铜、铅、锌、镉、铬、总汞、砷、粒度、含水率共 13 项。沉积物样品外观多为褐色和灰色；沉积物类型多为淤泥；除了 S1、S2 站位样品有臭味和无明显的生物及碎屑，其余站位均无明显的硫化氢气味和样品无明显的生物及碎屑。沉积物统计结果见表 3.2.6-4~表 3.2.6-6。

（2）春季调查结果

本次海洋沉积物共采集 15 个站位表层样。检测项目为 pH 值、有机碳、硫化物、石油类、铜、铅、锌、镉、铬、总汞、砷、粒度、含水率共 13 项。沉积物样品外观多为褐色和灰色；沉积物类型多为淤泥；站位均无明显的硫化氢气味和样品无明显的生物及碎屑。沉积物统计结果见表 3.2.6-7~表 3.2.6-8。

3.2.6.5 评价结果

（1）秋季评价结果

采用上述单项指数法，对现状监测结果进行标准指数计算，各监测点沉积物评价因子的标准指数见表 3.2.6-9。

调查海区表层沉积物中有机碳、硫化物、石油类、铜、铅、锌、镉、铬、总汞和砷均未出现超标样品，符合调查站位所属海域海洋功能区划所要求海洋沉积物质量标准。

（2）春季评价结果

采用上述单项指数法，对现状监测结果进行标准指数计算，各监测点沉积物评价因子的标准指数见表 3.2.6-10。

调查海区表层沉积物中有机碳、硫化物、石油类、铜、铅、锌、镉、铬、总汞和砷均未出现超标样品，符合调查站位所属海域海洋功能区划所要求海洋沉积物质量标准。

综上所述，春、秋两季调查海区所有沉积物质量调查站位的监测因子均符合其所在功能区的标准限值。

表3.2.6-4　秋季海洋沉积物质量监测结果

（内容不公开）

表 3.2.6-5 秋季调查海域沉积物粒度结果表

（内容不公开）

表 3.2.6-6 秋季调查海域沉积物粒度结果表（续表）

（内容不公开）

表 3.2.6-7　春季海洋沉积物质量监测结果

（内容不公开）

表 3.2.6-8 春季调查海域沉积物粒度结果表

（内容不公开）

表 3.2.6-9　秋季沉积物单项分指数

（内容不公开）

表 3.2.6-10　春季沉积物单项分指数

（内容不公开）

公示稿

3.2.7 海洋生物体质量现状

本节引用******于 2023 年 11 月 20-24 日和 2024 年 3 月 15-17 日在项目附近海域进行的海洋生物质量现状调查数据。具体调查站位详见 3.2.5.1 节。

3.2.7.1 调查项目

春、秋两季调查项目均包括鱼类、甲壳类、软体类和贝类等重要经济生物体体内石油烃、铜、铅、锌、镉、铬、总汞、砷。

3.2.7.2 采样与分析方法

(1)样品采集

由于调查附近海域底栖生物的生物量较少，通过阿氏拖网调查获取的底栖生物的生物量已不能满足生物体质量样品分析的要求，因此本次生物体质量样品的主要来自于渔业资源拖网的渔获物，在设定的站位获取具有代表性的本地经济种类、本地常见种和优势种（本次捕获的均为当季经济种类）。

(2)样品制备

1)贝类样品的制备

用塑料刀或塑料刷除去贝壳外部所有的附作物，用蒸馏水或清洁海水漂洗每一个样品个体，让其自然流干，拉出足丝。用天平称个体全重，并记下重量。用另一把塑料刀插入足丝神出口，切断闭合肌，打开贝壳。用蒸馏水或清洁海水洗贝壳内的软组织，用塑料刀和镊子取出软组织，让水流尽。

单个样品：按上述步骤将至少 10 个个体的软组织放入已称重的塑料容器内，再称重，记下鲜重。盖紧，贴上标签。用尺子测量并记录贝壳长度。

多个样品：按上述步骤将至少 10 个个体的软组织放入已知重量的塑料容器中，称重，记下鲜重。于匀浆器中匀化样品，将匀浆样放回原塑料容器，再称重，并记录总重量，计算匀浆样重。贴上样品标签。

各生物个体大小应相近，并在取出生物组织前分别测量其个体长度和总重量。

2)虾蟹类样品的制备

单个样品用尺子量虾体长，将虾放在聚乙烯称样膜上，称重，记下长度和鲜

重。用塑料刀将腹部和头胸部及尾部分开，小心将其内脏从腹部取出。腿全部切除。将腹部翻下，用塑料刀沿腹部外甲边缘切开，用塑料镊子取出肌肉。检查性腺，记录所鉴别的性别。用镊子将肌肉移入塑料容器中，称重并记录鲜重。盖紧容器，标上号码。将几个容器一起放入同一塑料袋中，并附样品登记清单，结紧袋口，低温冰箱中保存。

多个样品按上述方法制备样品，仔细地记录各个个体长度、鲜重、腹部肌肉重和性别。每个样品须包括 6 个以上性别相同、大小相近的个体肌肉。将样品放入匀浆器中匀化腹部肌肉，转入已知重量的塑料容器中盖紧，标上号码，称重，记下鲜重和其他数据。将几个容器放在同一塑料袋中，并附上样品登记清单，结紧袋口，在低温冰箱中保存。

3)中小型鱼样制备

单个个体样品先测量鱼的叉长，并于聚乙烯称样膜上称重。鉴定性腺性别，记下叉长和体重。用蒸馏水或清洁海水洗涤鱼样，将它放在工作台上，用塑料刀切除胸鳍并切开背鳍附近自头至尾部的鱼皮。在鳃附近和尾部，横过鱼体各切一刀；在腹部，鳃和尾部两侧各切一刀。四刀只切在鱼体一侧，且不得切太深，以免切开内脏，玷污肉片。用镊子将鱼皮与肉片分离，谨防外表皮玷污肉片。用另一把塑料刀将肌肉与脊椎分离，并用镊子取下肌肉。将组织盛于塑料容器中，称重并记录重量。若一侧的肌肉量不能满足分析用量，取另一侧肌肉补充。盖紧容器，贴上标签或记号，做好记录，于低温冰箱中保存。

多个体样品要仔细记下各个体长、鲜重。肌肉重。个体数不应少于 6 个，且性别应相同，大小相近。用匀浆器匀化鱼组织，将匀浆样转入已知重量的塑料容器中，盖紧，贴上标签并称重，记下匀浆样重和其他数据。置于低温冰箱中存放。

4)大型鱼样制备

若必要，将现场采集的样品放在-2℃-4℃冰箱中过夜，使部分解冻以便于切片。用蒸馏水或清洁海水洗涤鱼样。将鱼样置于清洁的工作台上，剔除残存的皮和骨，用塑料刀切去表层，再用另一把塑料刀重复操作一次，留下不受污染的肌肉组织。将肌肉组织放入塑料容器中，盖紧，贴上标签，称重，将数据记入记录表，样品存于低温冰箱中。

(3)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》

(GB17378.6-2007) 进行，各项目的分析方法如表 3.2.7-1。

表 3.2.7-1 海洋生物质量调查项目及分析方法

检测项目		检测方法名称及编号	仪器型号及名称	方法检出限
1	总汞	《海洋监测规范》 第 6 部分：生物体分析 GB 17378.6-2007 原子荧光法（5.1）	AF-610E 型 原子荧光光谱仪	0.002mg/kg
2	砷	《海洋监测规范》 第 6 部分：生物体分析 GB 17378.6-2007 原子荧光法（11.1）		0.2mg/kg
3	铜	《海洋监测规范》 第 6 部分：生物体分析 无火焰原子吸收分光光度法（连续测定铜、铅和镉）GB 17378.6-2007（6.1）	WFX-200 型 原子吸收分光光度计	0.4mg/kg
4	铅	《海洋监测规范》 第 6 部分：生物体分析 无火焰原子吸收分光光度法》GB 17378.6-2007（7.1）		0.04mg/kg
5	锌	《海洋监测规范》 第 6 部分：生物体分析 火焰原子吸收分光光度法 GB 17378.6-2007（9.1）		0.4mg/kg
6	镉	《海洋监测规范》 第 6 部分：生物体分析 无火焰原子吸收分光光度法 GB 17378.6-2007（8.1）		0.005mg/kg
7	铬	《海洋监测规范 第 6 部分：生物体分析 无火焰原子吸收分光光度法》GB 17378.6-2007（10.1）		0.04mg/kg
8	石油烃	《海洋监测规范》 第 6 部分：生物体分析 GB 17378.6-2007 荧光分光光度法（13）	F93 型 荧光光度计	0.2mg/kg

3.2.7.3 评价方法与评价标准

(1)评价方法

采用单项参数标准指数法计算生物的质量指数，即应用公式 Pi=Ci/Csi。

式中：P_i为第 i 种评价因子的质量指数；

Ci 为第 i 种评价因子的实测值；

Csi 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

贝类生物体内污染物质含量评价标准采用《海洋生物质量》(GB 18421-2001)规定的一类标准值；其他甲壳类和鱼类生物体内污染物质(铜、铅、锌、镉、汞、砷和铬)含量评价标准采用《全国海岸线和海涂资源综合调查简明规程种》规定的生物质量标准，石油烃含量采用《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》(第二分册)中规定的生物质量标准。各项指标限值详见表 2.3-1。

表 3.2.7-2　生物体要素限值 (单位：×10^{-6})

标准名称		生物类别	铜	铅	镉	锌	总汞	砷	铬	石油烃
《海岸带标准》《基线调查规程》		鱼　类	20	2.0	0.6	40	0.3	5.0	1.5	20
		甲壳类	100	2.0	2.0	150	0.2	8.0	1.5	20
		软体类	100	10.0	5.5	250	0.3	10.0	5.5	20
《海洋生物质量》(GB18421-2001)	一类标准	贝　类	10	0.1	0.2	20	0.05	1.0	0.5	15
	二类标准		25	2	2	50	0.1	5	2	50
	三类标准		50	6	5	100	0.3	8	6	80

3.2.7.4 调查结果

①秋季

在项目区附近海域布设了 25 个渔业资源调查断面站位作为生物体质量监测站位，共采集到鱼类（多鳞鱚、绿背龟鲛、红狼牙鰕虎鱼、线鳗鲶、鳞鳍叫姑鱼、小头栉孔鰕虎鱼、鳞鳍叫姑鱼、卵鳎、杜氏叫姑鱼、格氏舌鳎、长丝金线鱼、颌圆鲹、大头银姑鱼、黑口鳓、大吻叫姑鱼）共 15 种，甲壳类（日本猛虾蛄、刀额新对虾、红星梭子蟹、口虾姑、南美白对虾、墨吉对虾、看守长眼蟹、近缘新对虾）共 8 种，软体类（带鹑螺、曼氏无针乌贼）共 2 种，合计 25 种生物体样品（当季经济种类）。

根据监测结果，石油烃含量在(1.4~13.5)×10^{-6}之间，平均为 8.7×10^{-6}；锌含量在(2.8~12)×10^{-6}之间，平均为 7.2×10^{-6}；镉含量在(0.020~0.104)×10^{-6}之间，平均为 0.051×10^{-6}；汞含量在(0.002~0.013)×10^{-6}之间，平均为 0.008×10^{-6}；砷含量在(0.3~1.4)×10^{-6}；平均为 0.6×10^{-6}；铜含量在(未检出~3.7)×10^{-6}；平均为 1.1×10^{-6}；铅含量在(未检出~0.08)×10^{-6}；平均为 0.04×10^{-6}；铬含量在(未检出~0.08)×10^{-6}；平均为 0.03×10^{-6}。详细见表 3.2.7-3。

表 3.2.7-3 秋季生物体质量结果

（内容不公开）

②春季

在项目区附近海域布设了 19 个渔业资源调查断面站位作为生物体质量监测站位，共采集到鱼类（汉氏棱鳀、圆吻海鰶、花鰶、圆吻海鰶、鲅状白姑鱼、淡鳍兔头鲀、小带鱼、中国鲳、龙头鱼、黄鳍棘鲷、中华青鳞鱼、粗鳞鲛、长蛇鳚、日本金线鱼、黑口鳓）共 15 种，甲壳类（周氏新对虾）共 1 种，软体类（曼氏无针乌贼、火枪乌贼、中国枪乌贼）共 3 种，合计 19 种生物体样品（当季经济种类）。

根据监测结果，石油烃含量在(5.8~13.2)×10^{-6}之间，平均为 9.3×10^{-6}；锌含量在(2.9~10.8)×10^{-6}之间，平均为 7.3×10^{-6}；镉含量在(0.010~0.064)×10^{-6}之间，平均为 0.027×10^{-6}；汞含量在(0.003~0.013)×10^{-6}之间，平均为 0.006×10^{-6}；砷含量在(0.2~0.8)×10^{-6}；平均为 0.3×10^{-6}；铜含量在(未检出~2.1)×10^{-6}；平均为 0.9×10^{-6}；铅含量在(未检出~0.07)×10^{-6}；平均为 0.04×10^{-6}；铬含量在(未检出~0.08)×10^{-6}；平均为 0.03×10^{-6}。详细见表 3.2.7-4。

表 3.2.7-4 春季生物体质量结果

（内容不公开）

3.2.7.5 评价结果

①秋季

评价结果表明；调查海域中生物体质量中的石油烃、重金属（总汞、铅、镉、铜、砷、锌和铬）均符合所属海洋功能区划要求的生物质量标准。详细见表 3.2.7-5。

表 3.2.7-5　秋季生物体质量样品标准系数

（内容不公开）

②春季

评价结果表明；调查海域中生物体质量中的石油烃、重金属（总汞、铅、镉、铜、砷、锌和铬）均符合所属海洋功能区划要求的生物质量标准。详细见表 3.2.7-6。

表 3.2.7-6　春季生物体质量样品标准系数

（内容不公开）

公示稿

3.2.8 海洋生态现状

3.2.8.1 调查概况

本节引用******于 2023 年 11 月 20-24 日秋季和 2024 年 3 月 13-17 日春季在项目附近海域进行的海洋生态环境现状调查数据。具体站位详见 3.2.5.1 节。

3.2.8.2 调查项目

春、秋季海洋生态现状调查项目如下表所示：

表 3.2.8-1　春、秋季海洋生态现状调查项目一览表

调查对象	调查项目
海洋生态	叶绿素 a 及初级生产力
	浮游植物：种类、个体数量、丰度、优势种、多样性指数和均匀度
	浮游动物：种类、数量、优势种、密度、生物量、多样性指数、均匀度
	底栖生物：种类、分布、优势种、优势度、栖息密度、生物量、多样性指数和均匀度、群落特征
	鱼卵仔稚鱼：种类组成、数量分布、主要种类的数量分布、鱼卵/仔稚鱼平均密度
	游泳动物：资源密度、渔获种类、渔获量、渔获率、鱼类资源状况（包括各大类群种类分布）
潮间带生物	种类、数量、生物量、栖息密度、多样性指数、均匀度，按不同底质分高、中、低三个潮带分别采集

3.2.8.3 调查方法

（1）叶绿素 a 和初级生产力

使用桶式采水器按《海洋监测规范》GB17378.7-2007（8.2）中有关叶绿素 a 调查方法规定进行采样，使用紫外分光光度计测定叶绿素 a 的含量。

初级生产力的估算采用叶绿素 a 法，按联合国教科文组织（UNESCO）推荐的下列公式估算：

$$P=\frac{Chla\cdot Q\cdot D\cdot E}{2}$$

式中：

P—现场初级生产力（mg·C/(m^2·d)）

Chla—真光层内平均叶绿素 a 含量（mg/m^3）

Q—不同层次同化指数算术平均值，取 3.71

D—昼长时间（h），根据季节和海区情况取 12.0 小时

E—真光层深度（m），取透明度(m)×2.71

（2）浮游植物

利用浅水III型浮游生物网进行网采样品的采集，拖网方式为自底向表垂直上拖。现场对采集的浮游植物样品进行适当的浓缩后加入鲁哥试剂溶液进行固定，按照相关规定进行运输回实验室并贮。实验室室使用生物显微镜鉴定种类，统计数量，并对鉴定结果进行相关数据分析。

（3）浮游动物

利用浅水I型浮游生物网进行网采样品的采集，拖网方式为自底向表垂直上拖。现场对采集的浮游动物样品进行适当的浓缩后加入 5%中性福尔马林溶液进行固定，按照相关规定运输回实验室并妥善贮存。实验室使用体视显微镜鉴定种类、统计数量及生物称重，并对鉴定结果进行相关数据分析。

（4）鱼卵仔鱼

利用浅水I型浮游生物网采样，定性样品采用平行拖网采集，定量样品采用垂直拖网采集。现场对采集的鱼卵仔鱼样品进行适当的浓缩后加入 5%中性福尔马林溶液进行固定，按照相关规定运输回实验室并妥善贮存。实验室使用体视显微镜鉴定种类和统计数量，并对鉴定结果进行相关数据分析。

（5）大型底栖生物

底栖生物的定量样品分别采用 0.067m^2 的采泥器采集，每站采样 3 次和 0.065m^2 的采泥器采集，每站采样 3 次。定性样品采用阿氏拖网采集，拖拽时间为 15min，拖速为 2 节。在船上对采集到的沉积物样品进行冲洗分拣，收集所有的大型底栖生物，并加入 75%无水乙醇进行固定。按照相关规定运输回实验室并妥善贮存。实验室使用体视显微镜鉴定种类、统计数量及生物称重，并对鉴定结果进行相关数据分析。

（6）潮间带生物

①生物样品的采集方法

1)定性采样在高、中、低潮区分别采 1 个样品，并尽可能将该站附近出现的

动植物种类收集齐全。

2)滩涂定量采样用面积为 25cm×25cm 的定量框，取样时先将定量框插入滩涂内，观察框内可见的生物和数量，再用铁铲清除挡板外侧的泥沙，拔去定量框，铲取框内样品，若发现底层仍有生物存在，应将采样器再往下压，直至采不到生物为止。将采集的框内样品置于漩涡分选装置或过筛器中淘洗。

3)对某些生物栖息密度很低的地带，可采用 5m×5m 的面积内计数(个数或洞穴数)，并采集其中的部分个体称重，再换算成生物量。

②生物样品处理与保存

1)采得的所有定性和定量标本，洗净按类分开瓶装或封口塑料袋装，或按大小及个体软硬分装，以防标本损坏。

2)定量样品，未能及时处理的余渣，拣出可见标本后把余渣另行分装，在双筒解剖镜下挑拣；

3)按序加入 5%福尔马林固定液，余渣用四氯四碘荧光素染色剂固定液固定；

4)对受刺激易引起收缩或自切的种类(如腔肠动物、纽形动物)，先用水合氯醛或乌来糖进行麻醉后再固定，某些多毛类(如沙蚕科、吻沙蚕科)，先用淡水麻醉，挤出吻部，再用福尔马林固定，对于大型海藻，除用福尔马林固定外，最好带回一些完整的新鲜藻体，制作腊叶标本。

（7）游泳生物

根据项目所在海域的地形地貌，采用符合规格要求的底拖网渔船进行拖网取样。由于站位所处海域均为航道码头附近海域，站位间距不大，因此每个站位各拖 1 网次，每次拖网 1 小时。每一站起网后，现场人员对渔获样品进行挑拣清洗和编号分装，并放入船上冻舱贮存，航次调查结束后运输回实验室，进行种类鉴定、生物称重及生物特征测量，并对结果进行相关数据分析。

现场拖网渔信息：船号为“粤阳江渔 06222”，底拖网渔船，网口规格 2.6m×10m，网囊网目为 25mm。

优势渔获物分析通过 Pinkas 等应用的相对重要性指标（IRI）来确定：

$$IRI=（N+W）\times F\times 10^4$$

N 为某种类的尾数占总渔获尾数的百分比；W 为某种类的质量占总渔获质量的百分比；F 为某种类在调查中被捕获的站位数与总调查站位数之比。本报告以 IRI 大于 200 为优势种资源密度(kg/km^2)和现存资源量(t)根据扫海面积法估算，

公式如下：

$$D=Y\times10^{-3}/(A(1-E)) \qquad B=D\cdot S$$

B=现存资源量(t)，D=资源密度(kg/km^2)，A=每小时扫海面积(km^2/h)，S=调查监测水域面积(km^2)，Y=平均渔获率(kg/h)，E=逃逸率(这里取 0.5)。

3.2.8.4 调查结果与评价

3.2.8.4.1 叶绿素 a 与初级生产力

①秋季

调查海区叶绿素 a 平均含量范围是（0.19~1.85）mg/m^3，平均值为 0.65mg/m^3，各站点间的差异较大。根据美国环保局（EPA）关于叶绿素 a 含量的评价标准（叶绿素 a 含量低于 4mg/m^3 为贫营养区，4~10mg/m^3 为中营养区，超过 10mg/m^3 为富营养区），调查海区均站位大部分属于贫营养区。表层叶绿素 a 含量范围为（0.22~1.85）mg/m^3，平均值为 0.76 mg/m^3；10m 叶绿素 a 含量范围为（0.17~0.60）mg/m^3，平均值为 0.31 mg/m^3；50m 叶绿素 a 含量 0.29mg/m^3；底层叶绿素 a 含量范围（0.16~0.76）mg/m^3，平均值 0.32mg/m^3。调查海区初级生产力变化范围是（64.67~260.23）mg·C/m^2·d；平均值是 147.61mg·C/m^2·d。

②春季

调查海区叶绿素 a 平均含量范围是（0.74~2.51）μg/L，平均值为 1.62μg/L，各站点间的差异较大。根据美国环保局（EPA）关于叶绿素 a 含量的评价标准（叶绿素 a 含量低于 4μg/L 为贫营养区，4~10μg/L 为中营养区，超过 10μg/L 为富营养区），调查海区均站位属于贫营养区。表层叶绿素 a 含量范围为（0.80~2.73）μg/L，平均值为 1.80μg/L；10m 叶绿素 a 含量范围为（0.70~1.10）μg/L，平均值为 0.92μg/L；50m 叶绿素 a 含量 0.71μg/L；底层叶绿素 a 含量范围（0.57~2.71）μg/L，平均值 1.33μg/L。调查海区初级生产力变化范围是（123.59~867.61）mg·C/m^2·d；平均值是 441.24mg·C/m^2·d。

3.2.8.4.2 浮游植物

①秋季

本次浮游植物调查共鉴定到浮游植物 7 门 80 属 215 种，以硅藻类占多数。

各调查站位浮游植物的细胞丰度范围为(0.01～15.77)×10^5cells/m^3，平均细胞丰度为 3.00 ×10^5cells/m^3。

调查海域浮游植物优势种类明显，主要为伏氏海毛藻、粗根管藻、变异直链藻、长海毛藻、菱形海线藻和细弱海链藻。其中，以伏氏海毛藻的优势地位最为突出，平均丰度为 1.86×10^4cells/m^3，占总细胞数的 6.20%，优势度为 0.04。

调查海域的浮游植物丰富度指数介于 1.43-4.69 之间，平均值为 2.33，单纯度指数介于 0.02-0.23 之间，平均值为 0.08，多样性指数介于 2.46-4.75 之间，平均值为 3.72，均匀度指数介于 0.47-0.92 之间，平均值为 0.72。

②春季

本次调查现场共采集到 19 站次浮游植物样品，实验室共鉴定浮游植物 4 门 31 属 102 种，以硅藻类占多数。各调查站位浮游植物的细胞丰度介于（0.12～27.86）×10^5cells/m^3 之间，平均细胞丰度为 9.62×10^5cells/m^3。调查海域浮游植物优势种类明显，主要为星脐圆筛藻等。各站位的浮游植物丰富度指数介于 0.29~3.33 之间，平均值为 1.31，单纯度指数介于 0.07~0.92 之间，平均值为 0.55，多样性指数介于 0.32~4.42 之间，平均值为 1.96，均匀度指数介于 0.11~0.81 之间，平均值为 0.40。

3.2.8.4.3 浮游动物

①秋季

本次浮游动物调查共鉴定到浮游动物 10 类 60 属 77 种，其中桡足类最多有 26 属 37 种；水螅虫类有 15 属 16 种；被囊类和浮游软体类有 3 属 5 种；原生动物类有 4 属 5 种；毛颚类有 4 属 4 种；端足类有 2 属 2 种；樱虾类、介形类和多毛类均有 1 属 1 种；另有 13 种浮游幼体和若干鱼卵、仔鱼、仔虾。

调查海域浮游动物丰度范围为(6.00~331.25)ind/m^3，平均丰度为 73.23ind/m^3，其中最高丰度出现在 S6 号站位，最低丰度出现在 S18 号站位；生物量范围为（13.70~167.36）mg/m^3，平均生物量为 46.44mg/m^3，其中最高生物量出现在 S6 号站位，最低生物量出现在 S18 号站位。

调查期间该海域浮游动物优势种类优势种明显，主要有椭形长足水蚤、叉胸刺水蚤、小唇角水蚤、亚强次真哲水蚤、肥胖软箭虫、间型莹虾和大囊海眼虫。

调查海域的浮游动物丰富度指数范围为 1.48-5.80，平均值为 3.36，最高出现

在 S29 号站位，最低出现在 S16 号站位。单纯度指数范围为 0.06-1.10，平均值为 0.22，最高出现在 S20 号站位，最低出现在 S30 号站位。多样性指数范围为 0.97-4.36，平均值为 3.38，最高值出现在 S30 号站位，最低出现在 S35 号站位。均匀度指数范围为 0.23-0.98，平均值为 0.81，最高出现在 S3 号站位，最低出现在 S35 号站位。

②春季

本次浮游动物调查共采集 19 站次样品，实验室共鉴定出浮游动物 14 类 55 属 73 种，桡足类有 21 属 33 种；水螅虫类有 10 属 12 种；被囊类有 3 属 4 种；毛颚类和浮游软体类分别有 5 属 5 种和 2 属 5 种；端足类有属种；介形类、原生动物类和多毛类均有有 2 属 2 种；樱虾类、枝角类、糠虾类、栉水母类和涟虫类均有 1 属 1 种；另有 13 个类别浮游幼体和若干鱼卵与仔、稚鱼。

本次调查浮游动物丰度范围为(19.02~350.00)ind/m^3，平均丰度为 78.61ind/m^3；浮游动物的生物量范围为（2.04~108.25）mg/m^3，平均生物量为 19.13ind/m^3。

调查期间该海域浮游动物优势种类为肥胖软箭虫、瘦尾胸刺水蚤、矮拟哲水蚤、亚强次真哲水蚤和鸟喙尖头溞。

监测结果表明，监测海域的浮游动物丰富度指数范围为 0.95~7.19，平均值为 3.68；单纯度指数范围为 0.07~0.47，平均为值 0.20；多样性指数范围为 1.89~4.15，平均值为 3.20；均匀度指数范围为 0.53~0.85，平均值为 0.74。

3.2.8.4.4 大型底栖生物

①秋季

本次大型底栖生物调查共鉴定到 6 门 73 科 115 种，其中环节动物有 15 科 19 种；刺胞动物有 2 科 2 种；棘皮动物有 4 科 7 种；脊索动物有 10 科 12 种，；节肢动物有 15 科 32 种；软体动物有 27 科 43 种。

调查海域的底栖生物栖息密度的范围为(3.85~250.02)ind/m^2，平均密度为 57.88ind/m^2；生物量的范围为(0.08~140.07)g/m^2，平均生物量为 19.83g/m^2。大型底栖生物栖息密度主要以环节动物为主，平均栖息密度为 19.81ind/m^2；生物量

主要以软体动物为主，平均生物量为 11.33g/m^2。最低为刺胞动物，平均栖息密度为 0.15ind/m^2，平均生物量为 0.02g/m^2。

调查海域大型底栖生物优势种类为中间倍棘蛇尾、日本中磷虫和女神蛇尾。

调查海域的大型底栖生物的丰富度指数范围为 0～1.63，平均值为 0.76；单纯度指数范围为 0.14～1.00，平均值为 0.37；多样性指数范围为 0～3.24，平均值为 1.89；均匀度指数范围为 0～1.00，平均值为 0.82。

②春季

本次大型底栖生物调查共采集 19 站次样品，实验室共鉴定出大型底栖生物 8 门 84 科 120 种（包含定性和定量），其中环节动物有 26 科 36 种；节肢动物有 25 科 44 种；软体动物有 13 科 17 种；棘皮动物有 7 科 9 种；脊索动物有 6 科 7 种；刺胞动物有 4 科 4 种；苔藓动物有 2 科 2 种；纽形动物有 1 科 1 种。

调查海域各站位底栖生物栖息密度范围为(26.92~109.45)ind/m^2，平均密度为 58.99ind/m^2，生物量范围为(1.12~37.96)g/m^2，平均生物量为 11.83g/m^2。大型底栖生物栖息密度以环节动物最高，平均密度为 24.45ind/m^2；其次为节肢动物，平均密度为 21.32ind/m^2；最低为刺胞动物，平均密度为 0.40ind/m^2。生物量以环节动物最高，平均生物量为 5.61g/m^2；其次为节肢动物，平均生物量为 4.40g/m^2；最低为软体动物，平均生物量为 0.42g/m^2。

调查期间该海域的大型底栖生物优势种为长眼对虾、光滑倍棘蛇尾、洼颚倍棘蛇尾、欧文虫、刀额新对虾和双鳃内卷齿蚕。

调查海域大型底栖生物的丰富度指数范围为 0～1.86，平均值为 0.93；单纯度指数范围为 0.10～1.00，平均值为 0.31；多样性指数范围为 0～3.52，平均值为 2.16；均匀度指数范围为 0～0.97，平均值为 0.81。

3.2.8.4.5 鱼卵和仔稚鱼

①秋季

1）种类组成

本次鱼卵仔鱼调查共采集样品 50 瓶（含定性和定量），从发育阶段来看，鱼卵共鉴定出 9 个种类，隶属于 8 科，其中鉴定到种属的有 5 个种类，鉴定到科的有 4 个种类。仔鱼共鉴定出 4 个种类，隶属于 3 科，其中鉴定到种属的有 4 个种类。

水平拖网共采获鱼卵 249 粒，仔稚鱼 21 尾。鱼卵数量以鳀占优势，占总数量的 30.12%；其次是小公鱼占总数量的 16.06%；仔鱼数量以小沙丁鱼占优势，占总数量的 38.10%，其次是小公鱼，占总数量的 33.33%。本次调查鱼卵优势种鳀，仔鱼的优势种为小沙丁鱼。

2）密度分布

本次鱼卵仔鱼垂直拖网样品共采集 25 个样品，实验室鉴定鱼卵共 35 个，鱼卵密度范围为（0~1.66）粒/m^3，平均密度为 0.43 粒/m^3，最大值出现在 S5 号站位。仔鱼密度范围为(0~1.25)尾/m^3，平均密度为 0.09 尾/m^3，最大值出现在 S2 号站位。

②春季

1）种类组成

本次鱼卵仔鱼监测共采集 19 站次样品，处于鱼卵发育阶段的共鉴定出 6 目 14 科 17 种类，11 个种类鉴定到种属，6 个种类只鉴定到科。其中，以鲈形目最多，有 8 科 10 种类，其次是鲱形目 2 科 3 种类，鳀形目、鲽形目、鮟形目和灯笼鱼目均 1 科 1 种类。处于仔稚鱼发育阶段的共鉴定出 4 目 9 科 12 种，均鉴定到属种。其中，以鲈形目和鲱形目最多，分别有 5 科 5 种类和 2 科 5 种类，鳀形目和鲽形目均为 1 科 1 种类。

本地水平定性拖网样品共获得鱼卵 518 粒，仔稚鱼 148 尾。其中，鱼卵中的鲷科数量最多，占总数量的 42.66%；石首鱼科和鳀科随后，分别占数量的 17.57%和 13.13%；鲀科及狗母鱼科最少，均占比 0.39%。仔稚鱼以鳀科数量最多，占总数量的 27.70%，其次是鲱科和鳢科，分别占比 15.54%和 10.14%。

水平拖网监测结果表明，调查海域的鱼卵以鲷科为优势种类，仔稚鱼以鳀为优势种类，鉴定的种类均为南海近海常见鱼类。

2）密度分布

鱼卵仔鱼垂直定量拖网样品共采集 19 个站次样品，实验室鉴定鱼卵共 154 粒，仔鱼 53 尾。其中鱼卵密度范围为（0.00~5.33）粒/m^3，平均密度为 2.23 粒/m^3，最大值出现在 C13 号站位。仔稚鱼密度范围为(0.00~2.67)尾/m^3，平均密度为 0.65 尾/m^3，最大值出现在 C14 号站。

3.2.8.4.6 潮间带生物

①秋季

本次潮间带调查共布设 6 条调查断面，合计共采获 4 类 44 科 80 种生物（包含定性样品），其中环节动物有 3 科 5 种；脊索动物有 2 科 2 种；节肢动物有 19 科 36 种；软体动物有 20 科 37 种。C1 断面出现 47 种生物，C2 断面有 28 种生物，C3 断面有 52 种生物，C4 断面有 20 种生物，C5 断面有 20 种生物，C6 断面有 35 种生物。

潮间带生物调查断面高潮区栖息密度范围为（20.00~404.00）ind/ m^2，平均栖息密度为 147.89ind/m^2，生物量范围为（5.00~121.32）g/m^2，平均生物量为 64.07g/m^2；

中潮区栖息密度范围为（22.00~400.00）ind/ m^2，平均栖息密度为 115.67ind/m^2，生物量范围为（42.00~232.00）g/m^2，平均生物量为 109.98g/m^2；低潮区栖息密度范围为（36.00~500.00）ind/ m^2，平均栖息密度为 130.33ind/m^2，生物量范围为（70.18~1215.00）g/m^2，平均生物量为 269.96g/m^2。栖息密度以节肢动物为主，平均栖息密度 90.89ind/m^2；生物量以软体动物为主，平均生物量为 96.73g/m^2。

该海域的潮间带生物优势种类为平背蜞、纹藤壶和疣荔枝螺，其中，以纹藤壶的优势地位最为突出，平均栖息密度为 0.39ind/m^2，优势度为 0.09。

潮间带调查断面高潮区丰富度指数介于 0-1.39 之间，平均值为 0.67；单纯度指数介于 0.16-1.00 之间，平均值为 0.52；多样性指数介于 0-2.72 之间，平均值为 1.42；均匀度指数介于 0-1.00 之间，平均值为 0.64。中潮区丰富度指数介于 0.18-1.57 之间，平均值为 0.74；单纯度指数介于 0.14-0.63 之间，平均值为 0.43；多样性指数介于 0.92-2.91 之间，平均值为 1.64；均匀度指数介于 0.42-0.97 之间，平均值为 0.78。低潮区丰富度指数介于 0-2.51 之间，平均值为 1.00；单纯度指数介于 0.10-1.00 之间，平均值为 0.39；多样性指数介于 0-3.60 之间，平均值为 2.00；均匀度指数介于 0-1.00 之间，平均值为 0.70。

②春季

本次潮间带调查共采 3 个断面样品，实验室共鉴定 4 类 28 科 40 种生物（包含定性样品）。节肢动物有 15 科 19 种；软体动物有 9 科 14 种；环节动物有 3

科 5 种；绿藻门有 1 科 2 种。生物种类最多的断面为 T2，出现 25 种生物。

该海域潮间带高潮区平均栖息密度为 45.33ind/m^2，平均生物量为 62.29g/m^2；中潮区平均栖息密度为 65.33ind/m^2，平均生物量为 101.82g/m^2；低潮区平均栖息密度为 100.00ind/m^2，平均生物量为 105.57g/m^2。其中栖息密度和生物量以软体动物为主，平均密度为 51.11ind/m^2，平均生物量为 77.28g/m^2；其次为节肢动物平均密度为 16.00ind/m^2，平均生物量为 12.16g/m^2。

该海域的潮间带生物优势种类为粗糙拟滨螺、团聚牡蛎和黑荞麦蛤。

调查海域潮间带高潮区丰富度指数平均值为 0.72；单纯度指数平均值为 0.40；多样性指数平均值为 1.77；均匀度指数平均值为 0.81。中潮区丰富度指数平均值为 1.41；单纯度指数平均值为 0.21；多样性指数平均值为 2.65；均匀度指数平均值为 0.82。低潮区丰富度指数平均值为 1.49；单纯度指数平均值为 0.16；多样性指数平均值为 2.95；均匀度指数平均值为 0.87。

3.2.8.4.7 游泳生物

一、秋季

本次调查共渔获游泳动物 108 种，其中鱼类 58 种，甲壳类 44 种，头足类 6 种。游泳动物的渔获率为 2.21kg/h 和 172.6nd/h。其中，鱼类的渔获率为 0.73kg/h 和 36.3ind/h，甲壳类的平均渔获率为 1.41kg/h 和 135ind/h。根据扫海面积法估算，调查海域目前游泳动物的资源密度约为 306.04kg/km^2 和 23902.09ind/km^2，其中鱼类约为 101.01kg/km^2 和 50292ind/km^2，甲壳类约为 195.75kg/km^2 和 48042ind/km^2，头足类约为 9.29kg/km^2 和 183ind/km^2。

本次调查的优势渔获物鱼类共有 1 种。尖尾鳗的 IRI 为 326。优势渔获物甲壳类有 10 种优势种。其中，口虾姑的 IRI 最高，为 1538；其它优势种依次为红星梭子蟹（1110）、伍氏平虾蛄(938)、日本猛虾蛄(594)、隆线强蟹（509）、刀额新对虾（490）、变态蟳（384）、看守长眼蟹（255）、锈斑蟳（232）、南美白对虾（202)。其它种类的相对重要性指数小于 200。

项目海域渔获物重量密度多样性指数(H')均值为 3.52(0.65-4.24)，均匀度指数(J')均值为 0.78(0.14-0.88)，单纯度指数(C)均值为 0.10(0.001-0.16)，丰富度指数(d)均值为 2.57（2.00-3.46）。渔获物个体密度多样性指数(H')均值为 3.23（0.38-4.28)，均匀度指数(J')均值为 0.75(0.16-0.87)，单纯度指数(C)均值为 0.12(0.001-0.22),丰

富度指数(d)均值为 1.46(1.14-1.98)。

在本次调查的渔获物中，鱼类幼体约占 1.32%，优势鱼类的幼鱼渔获物为尖尾鳗。

二、春季

本次调查共渔获游泳动物 42 种，其中鱼类 33 种，甲壳类 6 种，头足类 3 种。游泳动物的平均渔获率为 6.42kg/h 和 470ind/h。其中，鱼类的平均渔获率为 5.75kg/h 和 438ind/h，甲壳类的平均渔获率为 0.13kg/h 和 15ind/h，头足类的平均渔获率为 0.36kg/h 和 16ind/h。根据扫海面积法估算，调查海域目前游泳动物的平均资源密度约为 89.81kg/km^2 和 6761 ind/km^2，其中鱼类平均资源密度约为 82.75kg/km^2 和 6310ind/km^2，甲壳类平均资源密度约为 1.88kg/km^2 和 215ind/km^2，头足类平均资源密度约为 5.18kg/km^2 和 236ind/km^2。

本次调查的优势渔获物鱼类共有 5 种。其中，中华青鳞鱼的 IRI 最高，为 565；其它优势种依次为汉氏棱鳀（380）、太平洋侧带小公鱼（242）、粗鳞鲬（157）、黑口鰯（102）。其它种类的相对重要性指数小于 100。

项目海域渔获物重量密度多样性指数(*H'*)均值为 2.62(1.32-3.33)，均匀度指数(*J'*)均值为 0.70(0.40-0.87)，单纯度指数(*C*)均值为 0.22(0.12-0.46),丰富度指数(*d*)均值为 1.96（1.33-2.49）。渔获物个体密度多样性指数(*H'*)均值为 2.28（1.52-2.91），均匀度指数(*J'*)均值为 0.61(0.46-0.76)，单纯度指数(*C*)均值为 0.28(0.18-0.42),丰富度指数(*d*)均值为 0.99(0.66-1.21)。

在本次调查的渔获物中，鱼类幼体约占 47.87%，主要幼鱼渔获物为太平洋侧带小公鱼、汉氏棱鳀、中华青鳞鱼、黑口鰯、淡鰭兔头鲀、斑鰭银姑鱼、鹿斑仰口鲾、鳞鰭叫姑鱼、沙带鱼、吉打副叶鲹、脂眼凹肩鲹、印度无齿鲳、日本金线鱼、刺鲳。

3.2.9 噪声环境现状调查与评价

3.2.9.1 调查概况

本节引用《********项目声环境现状调查报告》（******，2023 年 12 月）和《********春季海洋环境分析报告》（******，2024 年 4 月）。

秋季调查时间为 2023 年 11 月 19-21 日，检测站位见图 3.2.9-1 和表 3.2.9-1。春季调查时间为 2024 年 4 月 23 日，检测站位见图 3.2.9-1 和表 3.2.9-1。

表 3.2.9-1　秋季噪声环境站位坐标表

（内容不公开）

（内容不公开）

图 3.2.9-1　秋季噪声环境调查站位示意图

表 3.2.9-2　春季噪声环境站位坐标表

（内容不公开）

（内容不公开）

图 3.2.9-2　春季噪声环境调查站位示意图

3.2.9.2 调查内容

秋季水上声环境监测内容包括：等效连续声级、累积百分声级（L10、L50、L90）；春、秋季水下声环境监测内容包括：频带声压级、声压谱级以及各测点的峰值声压级。根据各站点不同的海域深度，设置 3 个水层深度；5m、中间层和底层（接近海底），进行同步测量，测量记录时间均为 3min 以上。

3.2.9.3 调查结果

一、秋季

（1）水上声环境监测结果

海域水上声环境监测结果见表 3.2.9-3。监测结果表明，工程所在海域海面上环境噪声等效声级（A 计权）主要分布在 47~59 dB 之间。

（2）水下声环境监测结果

海域水下声环境频程频带声压级监测结果见表 3.2.9-4~表 3.2.9-5，噪声功率谱密度级见表 3.2.9-6~表 3.2.9-7，峰值声压见表 3.2.9-8。

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，噪声谱级的总动态变化范围是 68dB，而在特定频率（如 100Hz）的噪声功率谱级的动态变化范围为 31dB。总体上，在 100Hz 以上的频率的噪声谱级在 114dB 以下；500Hz 以上频率的噪声谱级均在 92dB 以下；1kHz 以上频率的噪声谱级在 89dB 以下；而在 5kHz 以上频率，噪声谱级在 71dB 以下。近岸处水下噪声略低于深水区，但不同水层噪声变化规律不明显。

二、春季

海域水下声环境频程频带声压级监测结果见表 3.2.9-9，噪声功率谱密度级见表 3.2.9-10，峰值声压见表 3.2.9-11。

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~500Hz 频率范围内，噪声谱级的总动态变化范围是 32.6dB，而在特定频率（如 100Hz）的噪声功率谱级的动态变化范围为 43dB。总体上，在 100Hz 以上的频率的噪声谱级在 120dB 以下；500Hz 以上频率的噪声谱级均在 97dB 以下。

表 3.2.9-3　秋季工程海域水上声环境监测结果

（内容不公开）

（内容不公开）

图 3.2.9-3　各测点水上环境噪声

表 3.2.9-4　工程海域水下声环境监测结果-频程频带声压级(L*ps*)

（内容不公开）

表 3.2.9-5　工程海域水下声环境监测结果-频程频带声压级(L*ps*)　（续表）

（内容不公开）

表 3.2.9-6　工程海域水下声环境监测结果-噪声功率谱密度级

（内容不公开）

表 3.2.9-7　工程海域水下声环境监测结果-噪声功率谱密度级（续表）

（内容不公开）

表 3.2.9-8　工程海域水下噪声峰值声压

（内容不公开）

表 3.2.9-9　春季调查海域水下声环境监测结果-频程频带声压级(L*ps*)

（内容不公开）

表 3.2.9-10　春季调查海域水下声环境监测结果-噪声功率谱密度级

（内容不公开）

表 3.2.9-11　春季调查海域水下噪声峰值声压

（内容不公开）

3.2.10 电磁环境现状调查与评价

3.2.10.1 调查概况

本节引用******于2023年11月19日~11月20日秋季和2024年3月22日春季在项目附近海域进行的电磁环境检测数据。

检测内容为合成电场强度，检测站位见表3.2.10-1及图3.2.10-1。

表3.2.10-1　秋季和春季检测站位坐标表

（内容不公开）

（内容不公开）

图3.2.10-1 检测点位示意图

3.2.10.2 调查内容

累计百分合成电场值（E_{95}、E_{80}）。

3.2.10.3 调查结果

调查结果如表3.2.10-2所示。统计结果显示，2023年秋季本工程累计百分合成电场值E_{95}介于（0.01~0.08）kV/m之间，E_{80}介于（0.01~0.07）kV/m之间；2024年春季累计百分合成电场值E_{95}介于（0.03~0.11）kV/m之间，E_{80}介于（0.02~0.10）kV/m之间。满足《直流输电工程合成电场限值及其监测方法》（GB 39220—2020）的要求（环境合成电场强度E_{95}限值为25kV/m，且E_{80}的限值为15kV/m）。

表3.2.10-2　合成电场强度调查结果

（内容不公开）

3.2.11 海洋自然灾害

本项目工程所在海区地处华南暴雨中心，年降雨量大且集中，因而洪涝较多；由于地处亚热带地区，热带气旋较多，年均影响达2~3个；部分地区地震活动频繁。本海域海洋灾害主要有热带气旋、风暴潮等。

（1）热带气旋

本项目位于广东省西部海域，地处亚热带区域，南海和西北太平洋生成的台风每年 6~10 月对本区域影响较多，是热带气旋频繁出现的高发带。

根据闸坡海洋站统计资料，台风（热带气旋）是该区域最大的灾害性天气之一，往往给人民生命财产和工农业生产带来极大危害。但其也是夏秋季节主要的降水来源，对农业用水有利。据统计，每年影响该区域的台风约 3 次，最多年份 7 次，最少年份 0 次。从月份分布来看，6~10 月是台风主要影响期，在此期间影响阳江区域的台风是全年总数的 90%以上，其中 8-9 月较多，占 50%以上，尤其是 7 月下旬、8 月中旬、9 月上旬最密集。

根据中国天气台风网统计，2011 至 2022 年 11 年间影响粤西海域的台风如表 3.2.10 所示，其中影响阳江最为严重的是 2013 年阳江阳西县登陆的台风“尤特”，台风登陆时 14 级大风。

表 3.2.10-1　2011 至 2022 年 11 年间影响粤西海域的台风统计表

（内容不公开）

（2）风暴潮

风暴潮是热带气旋强烈的向岸风使海水大量在海岸堆积，造成潮水位变化的一种潮汐现象。

根据《2022 年广东省海洋灾害公报》，2022 年广东省沿海共发生风暴潮过程 5 次，其中 2 次造成灾害，分别为“暹芭”台风风暴潮和“马鞍”台风风暴潮，共造成粤西区域直接经济损失 7.65 亿元，其中风暴潮灾害直接经济损失最严重的地市是阳江市，直接经济损失为 7.39 亿元。2022 年广东省沿海各地市风暴潮灾害主要损失统计见表 3.2.10-2。

表 3.2.10-2　2022 年广东省沿海各地市风暴潮灾害主要损失统计

（内容不公开）

3.2.12 “三场一通道”分布情况

根据农业部 2002 年 2 月编制的《中国海洋渔业水域图》（第一批）（农业部公告第 189 号），南海区渔业水域及项目所在海域“三场一通道”情况如下：

一、南海幼鱼产卵场

南海中上层鱼类产卵场分布见图 3.2.12-1，本项目不在产卵场内。项目附近海域产卵场有：鲐鱼产卵场，位于珠江口近海区，东经 113°15′~116°20′，北纬 21°~22°25′，水深 30-80m，产卵期 1 月~3 月。

海底层、近底层鱼类产卵场分布见图 3.2.12-2，本项目部分海缆和海上换流站位于南海底层、近底层鱼类产卵场（产卵期为 11 月至翌年 8 月）。南海底层、近底层鱼类产卵场主要包括金线鱼、深水金线鱼、二长棘鲷、红笛鲷、绯鲤类、短尾鲹大眼鲷、长尾大眼鲷、脂眼鲱和黄鲷产卵场。

本项目涉及的产卵场为长尾大眼鲷产卵场，位于海陵岛南部，水深 26-80m，因此主要环境保护对象为长尾大眼鲷，产卵期为 5-7 月，保护目标为水质环境。

（内容不公开）

图 3.2.12-1　南海中上层鱼类产卵场示意图

（内容不公开）

图 3.2.12-2　南海底层、近底层鱼类产卵场示意图

二、南海北部幼鱼繁育场保护区

南海北部幼鱼繁育场保护区位于南海北部及北部湾沿岸 40m 等深线、17 个基点连线以内水域，保护期为 1-12 月。该保护区的管理要求：保护期内禁止拖网船、拖虾船以及捕捞幼鱼、幼虾为主的作业船只进入本区生产，防止或减少对渔业资源的损害，本项目部分海缆位于南海北部幼鱼繁育场保护区范围。

（内容不公开）

图 3.2.12-3　南海北部幼鱼繁育场保护区图

三、渔业品种保护区

南海国家级及省级渔业品种保护区分布见图 3.2.12-4。

（1）南海幼鱼、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 20m 水深以内的海域均为南海区幼鱼、幼虾保护区，保护期为每年的 3 月 1 日至 5 月 31 日。本项目海缆穿越南海区幼鱼、幼虾保护区。

（2）经济鱼类繁育场保护区

经济鱼类繁育场保护区共有二处。项目附近一处为珠江口经济鱼类繁育场保护区，范围从珠海市金星门水道的铜鼓角起，经内伶仃岛东角咀至深圳市妈湾下角止三点连线以北，番禺市的莲花山至东莞市的新沙二点连线以南的水域，保护期为每年的农历 4 月 20 日至 7 月 20 日。珠江口经济鱼类繁育场保护区距离项目较远，不在项目用海范围内。

（内容不公开）

图 3.2.12-4　南海国家级及省级渔业品种保护区分布图

3.2.13 珍稀保护动物

3.2.13.1 中华白海豚

一、中华白海豚生活习性

中华白海豚在生物分类学上隶属脊索动物门，哺乳纲鲸目，海豚科白海豚属，为国家一级保护动物。中华白海豚是暖水沿岸性的小型齿鲸类之一，栖息在咸淡水交汇区，在我国东海、南海均有分布；一般单独或数头一起活动，多栖息于沿岸及河口一带，性活泼，喜跃出水面，常跟随船只游泳。

5.2.13-1　中华白海豚

中华白海豚的食物以鱼类为主，主要捕食梅童鱼、凤鲚斑、银鲳、乌鲳、白姑鱼、龙头鱼、大黄鱼等河口常见鱼类。繁殖盛期 5～6 月，每产 1 胎。根据广东省海洋与水产厅和中国水产科学研究院南海水产研究所的在珠江口的观察结果表明，中华白海豚出现频次较高的月份大约在夏季的 6~7 月以及冬季 1 月份左右，出现时间大多集中在 10:00~14:00 之间。

二、阳江海域中华白海豚的目击情况

根据群众的目击记录，2004 年 1 月 29 日下午 4 时许，8 只海豚出现在海陵岛大角湾附近海域，其中 3 只为白色，推测为中华白海豚，另有 3 只粉红色和 2 只黑色海豚。据了解，上世纪六十年代，大角湾海域也曾有海豚出现。

3.2.13.2 白氏文昌鱼

一、白氏文昌鱼生活习性

白氏文昌鱼为国家二级保护动物，隶属文昌鱼纲、文昌鱼目、文昌鱼科，俗称蛞蝓、海虫、松担物、无头鱼、鳄鱼虫。暖温性海洋鱼类，主要分布于福建厦门市的刘五店，山东的青岛、河北的秦皇岛、广东的汕头和阳江、茂名、湛江等地沿海也时有出现。

白氏文昌鱼生活在水深 8～15 米、水质澄清、潮流缓慢、底质为沙的海区，营潜居生活；游泳能力弱，钻沙本领强，移动范围不大。盐度低于 15 时不能正常生活，适宜生长的盐度为 21.0～31.6。植物食性，摄食硅藻，主要种类有圆筛藻、小环藻、舟形藻等。以过滤方式取食。

1 龄时部分个体达性成熟，3 龄时全部个体达性成熟；雄雌异体，体外受精。2 龄的成熟雌体，1 年内产卵 2 次，第一次在 6～7 月，第二次在 12 月上旬；3 龄的成熟雌体，年初有部分个体开始产卵，5 月进入产卵高峰期，到了 11 月下旬仍有部分个体在产卵。4 龄个体性腺完全消失，并于每年的 4 月以后全部死亡。

二、阳江海域白氏文昌鱼概况

2003 年 8 月，原阳江市海洋与渔业局和湛江海洋大学联合在阳江闸坡海域进行科研考察时，首次捕捉到一尾文昌鱼。此后，在该海域陆续发现有文昌鱼。

2012 年 3 月和 2013 年 10 月，国家海洋局南海环境监测中心对海陵湾海域实施海洋生态调查，调查表明，海陵岛西侧海域和溪头镇附近海域有文昌鱼分布，其中闸坡附近海域分布密度最高，达 290.0ind/m^2，样品体长一般在（4.00~5.00）cm。

在本次海洋生态现状调查中，未发现文昌鱼。

4 资源生态影响分析

4.1 生态影响分析

4.1.1 水动力环境影响分析

本项目位于阳江市阳东区对外海域，所在海域潮流动力较强，项目实施过程涉及换流站和辅助平台桩基施工、海缆铺设等，对海床产生扰动，会对水质产生一定影响，根据相关导则，结合工程所在区海域水深、潮汐动力等情况，本节采用 sigma 坐标系的斜压三维潮流动力方程模拟工程海区的海流场，在此基础上预测工程对海洋环境的影响。根据预测模型结果：

（1）本项目海缆敷设不改变工程海域原有的岸线和水深，对工程海域的水动力无影响。

（2）本项目对工程海域的水动力的影响仅体现在换流站的桩基阻水。由于换流站桩基较小（直径仅 4.5m），桩基之间距离较大，本项目建设对工程海域大范围的潮流流态影响很小，工程海域工程前后的潮流场基本一致。

（3）本项目对工程海域潮流场的影响主要在换流站桩基附近局部海域。从平面上看主要是换流站桩基阻水引起的桩基下游小范围海域流速有所减小，涨、落急时刻桩基基础附近的最大流速变幅为 0.016m/s 和 0.011m/s；从垂向分布上看，工程海域潮流流速表现为表层>中层>底层，工程前后各层流速变化幅度也表现为表层>中层>底层。

（4）工程前后流速变化大于 0.01m/s 的影响范围不超过换流站周边 2.0km。总体而言，本项目建设对工程海域的潮流影响很小。

4.1.2 地形地貌及冲淤环境影响分析

4.1.2.1 工程海域的冲淤变化影响分析

从潮流模型计算结果分析可知，本工程实施对流态的影响主要在海上换流站桩基附近海域，而对离工程区较远的海域流态影响较小。因此，初步分析可认为海上换流站附近海域有一定的冲淤变化，距海上换流站较远处冲淤影响则较小。为进一步确定本工程对周围海域冲淤变化的影响，采用近岸海域海洋工程已有广泛应用的半经验半理论的回淤强度公式进行冲淤估算，该模式根据流场变化情况得出冲淤变化情况，对大范围内的冲淤变化情况计算是较为合理的。

（1）计算公式

采用曹祖德等人研究的计算模式进行冲淤估算，该模式利用二维潮流模型得到工程前后流场分布变化，再应用冲淤预报模型公式，计算得到各计算区域的冲淤强度，具体计算公式如下：

$$P=\frac{\alpha\omega St}{\gamma_0}\left(1-\left(\frac{V'}{V}\right)^2\frac{d_1}{d_2}\right)$$

式中 P 为冲淤强度（m/a）；

α 为淤积系数，取0.35；

ω 为泥沙沉降速度（m/s）；

S 为波浪和潮流综合作用下的挟沙力含沙量（kg/m^3）；

t为淤积历时（s）；

γ_0为淤积物的干容重（kg/m^3）；

V 、V'分别为工程前、后水流的平均流速（m/s）；

d_1、d_2分别为工程前、后的水深（m）。

（2）参数选取

① 波浪和潮流综合作用下的挟沙力含沙量S

$$S = 0.045\frac{\gamma_s\gamma}{\gamma_s-\gamma}\frac{\left(|V_1|+|V_2|\right)^2}{\sqrt{gd_1}}$$

式中 γ_s为泥沙颗粒的容重（kg/m^3）；

γ为海水的容重（kg/m^3）；

V_1为潮流和风吹流的时段平均合成流速（m/s）；

V_2为波浪水质点的平均水平速度（m/s）；

d_1为平均水深（m）；

② 淤积物的干容重γ_0

$$\gamma_0 = 1750 D_{50}^{0.183}$$

式中γ_0淤积物的干容重（kg/m^3）；

D_{50}为淤积物颗粒的中值粒径（mm），根据工程海域底质分析成果，取0.068mm。

根据以上参数，以采用2023年11月27日~12月11日的半月潮过程作为工程海域的代表动力条件，计算得到正常天气情况下本项目建设后的海床冲淤变化情况，见图4.1.2-1。

从工程海区附近海域海床年冲淤变化图可以看出，受海上换流站桩基阻水影响，工程实施后海上换流站前后（涨、落潮流方向）小范围海域主要呈淤积态势，年淤积厚度最大约0.04m；海上换流站两侧（垂直涨、落潮流方向）小范围海域主要呈冲刷态势，年冲刷深度最大约0.02m。

根据上述计算模式和第一年冲淤变化情况结果，可计算出往后逐年的冲淤变化情况。随着冲淤过程的深入和地形向适应工程实施后动力环境方向的调整，其冲淤强度将逐年较小，冲淤平衡后海床冲淤变化分布见图4.1.2-2。冲淤平衡后，最大平衡淤积幅度在0.55m左右，最大平衡冲刷幅度在0.32m左右。

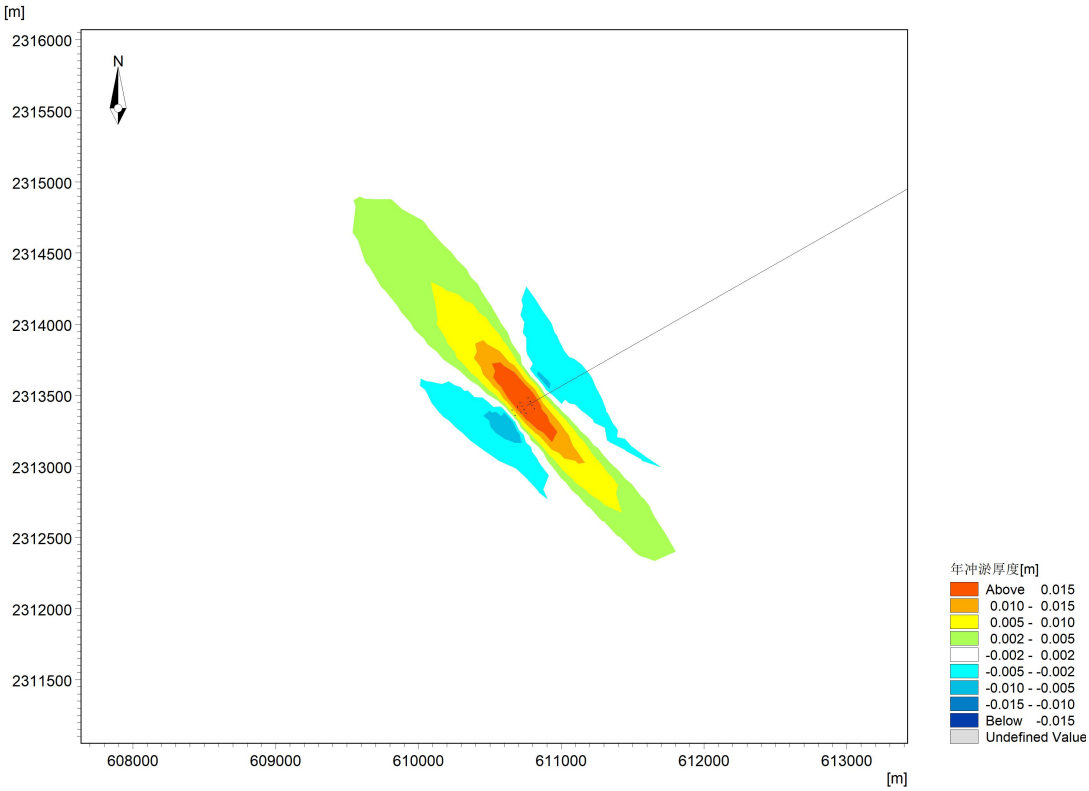

图 4.1.2-1　风电场附近海域海床年冲淤变化图

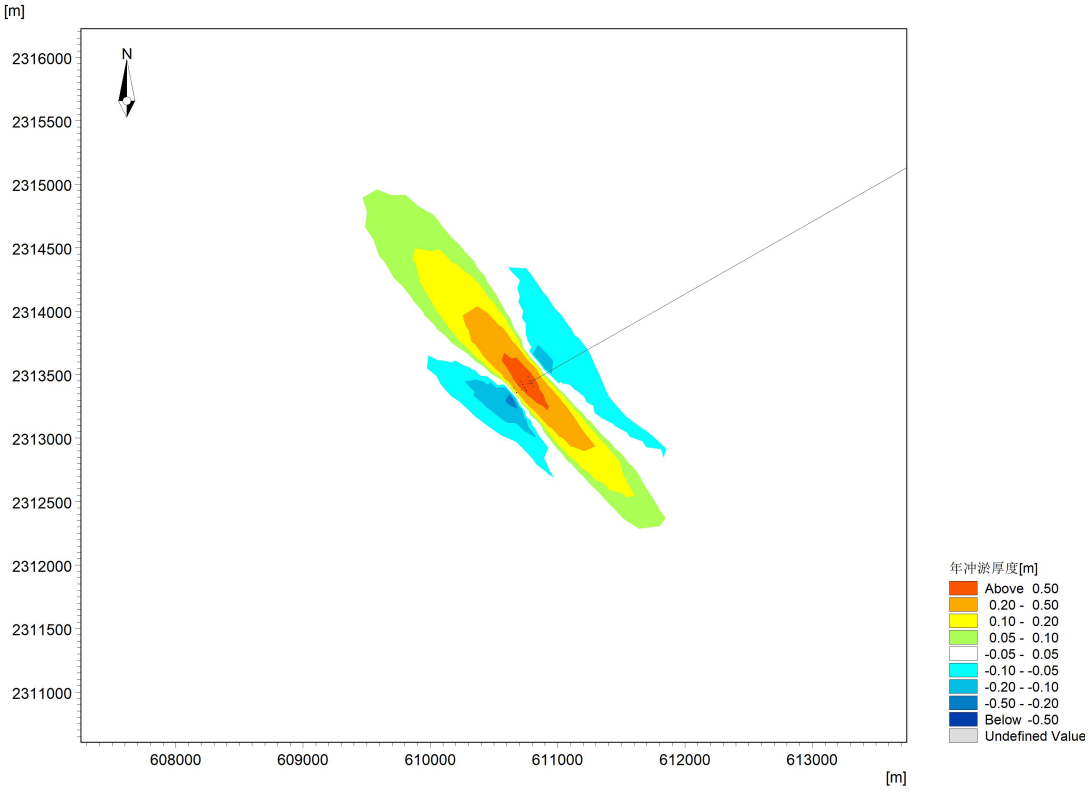

图 4.1.2-2　风电场附近海域海床平衡冲淤变化图

4.1.2.2 换流站和辅助平台基础局部冲刷分析

海上换流站和辅助平台桩基建成后，破坏了原来的水流平衡，水流在桩柱周围形成马蹄形漩涡区，不断地进行横向、竖向和前后摆动，剧烈淘刷桩柱迎水面和周围泥沙，形成局部冲刷坑。为进一步了解工程建设对海上换流站和辅助平台桩基础附近局部地形的冲刷影响，本报告引用《湛江某海上风电桩基局部冲刷特征研究》（潘冬冬等，2020 年）进行分析。

1、桩基局部地形

《湛江某海上风电桩基局部冲刷特征研究》中的研究对象位于徐闻县外海海域，海底地貌属于水下浅滩、水下岸坡地貌单元，有部分沙洲，海底泥面标高-13~-1m，工程海域潮汐类型为不正规半日潮，年平均海面为 2.13m，平均高潮位为 2.77m，平均低潮位为 1.54m，全潮测验期间实测最大流速 1.50m/s，实测年平均有效波高 1.2m，常浪向与强浪向均为 E 向；场址表层沉积物中值粒径为 0.14~0.32mm，平均值为 0.21mm。

该研究采用 GPS 星链差分技术配合多波束测深仪组成的自动定位测深系统对海上风电桩基局部冲刷深度进行测量。风电桩基的施工时间为 2018 年，分别于 2019 年 4 月、2020 年 4 月和 2020 年 5 月对桩基局部地形进行了 3 次测量。地形图见 4.1.2-3。

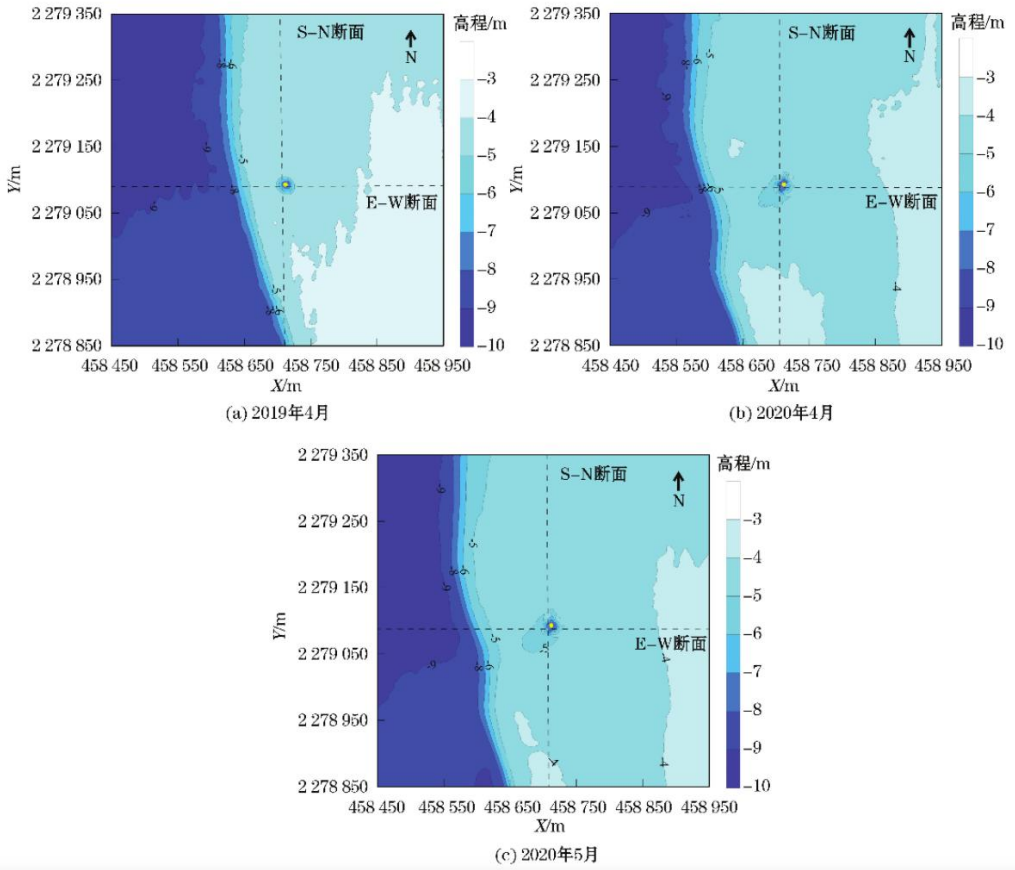

图 4.1.2-3　桩基附近实测地形

由图 4.1.2-3（a）可知，2019 年 4 月桩基周围局部冲刷坑接近于圆形漏斗，冲刷坑半径约为 15m；地形高程最深为-8m，最浅为-4m，冲刷坑的最大深度为 4m，并且冲刷坑由外往内不断变深。由图 4.1.2-3（b）可知，2020 年 5 月桩基周围局部冲刷坑的形状发生了改变，形状不再接近于圆形漏斗，而是一个沿 NE-SW 走向的椭圆形漏斗，并且桩基 NW-NE-SE 方向的冲刷范围较小，范围约为 15m，而西南方向最大的冲刷范围达到 50m，与 2019 年 4 月的地形相比，呈现出明显的西南向冲刷加剧的趋势，但是冲刷坑的最大深度没有明显变化。由 4.1.2-3（c）可知，2020 年 5 月桩基周围局部冲刷坑的形状与最大深度与 2020 年 4 月地形相比变化很小，处于稳定状态。

2、桩基局部冲淤变化特征分析

图 4.1.2-4 给出了 2019 年 4 月至 2020 年 4 月的年度冲淤变化图，其中正值表示淤积，负值表示冲刷。由图 4.1.2-4（a）可见，桩基附近 500m 范围内发生了较大的冲淤变化过程，尤其是桩基西侧的海底斜坡，最大淤积深度达到了 5m 左右，其原因可能与某次或几次极端海洋动力变化相关。图 4.1.2-4（b）为桩基

周围 100m 范围局部冲淤变化图，由图可见，桩基西南侧明显发生冲刷，最大冲刷深度超过 2m，在桩基东侧产生少量淤积，淤积深度约 0.5m，从冲淤形态上看，桩基附近不冲不淤的形状类似“X”形态，其原因可能是在潮流动力长期作用下形成的冲淤形态。

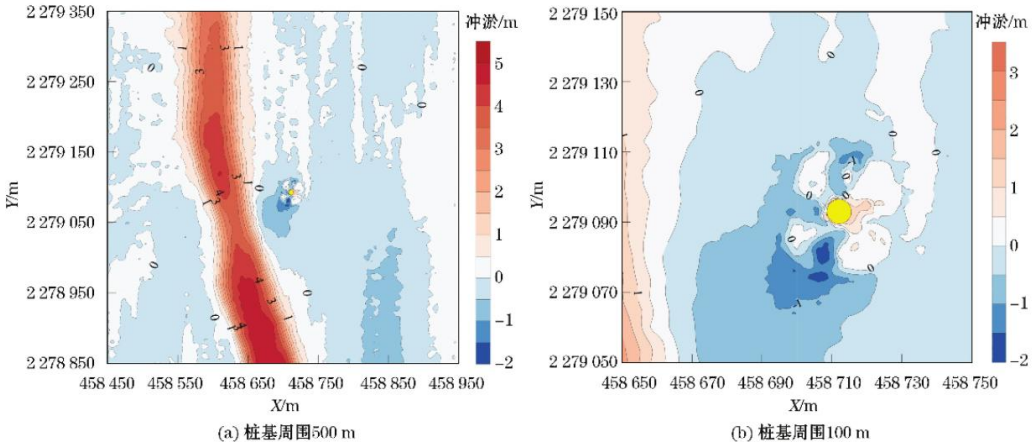

图 4.1.2-4　桩基周围年度冲淤变化图

图 4.1.2-5 给出了 2020 年 4-5 月的月度冲淤变化。由图 4.1.2-5（a）可见，桩基附近 500m 范围内没有发生较大的冲淤变化过程，海床基本处于稳定状态。图 4.1.2-5（b）为桩基周围 100m 范围局部冲淤变化图，由图可见，桩基北侧和东侧发生少量冲刷，冲刷深度约为 1~2m，其他方向均较稳定，处于不冲不淤状态。综上所述，在正常海洋水动力环境下，桩基局部最大冲刷深度已经达到相对稳定状态。

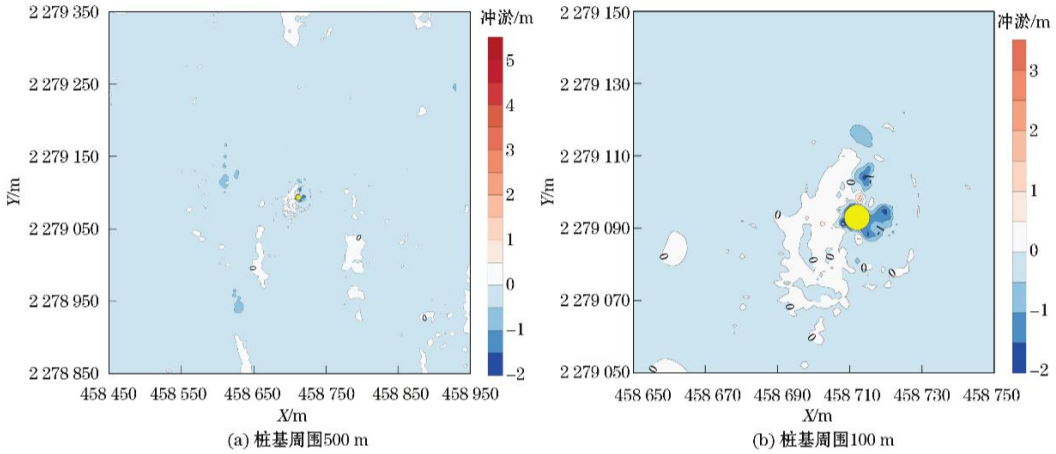

图 4.1.2-5　桩基周围月度冲淤变化图

3、本项目桩基局部冲刷分析

本项目所在海域潮汐类型为不正规半日潮。大潮期，项目所在海域涨潮平均流速在 3.5cm/s～40.3cm/s 之间，落潮平均流速在 6.8cm/s～41.9cm/s 之间。本项目换流站桩基建设后，由于桩基阻水作用，桩基周边局部海域水动力条件发生改变，桩基周边会发生冲刷，并且随着流速增大，冲刷深度随之增大。

根据文献研究结论，桩基局部冲刷现场实测值与经验公式计算值相比，经验公式计算值明显高于现场实测值，而桩基冲刷坑半径的公式计算值与现场实测值吻合较好。本项目采用韩海骞公式计算的海上换流站桩基础最大冲刷深度为 5.50m，冲刷坑最大直径为 11.05m，因此，本项目换流站基础最大冲刷深度应小于 5.50m，冲刷坑最大直径为 11.05m。建议在运营期间，定期对换流站桩基进行冲刷坑的监测及防护。

4.1.3 海洋水质环境影响分析

4.1.3.1 施工期悬浮物扩散对水质的影响

本工程涉海工程施工环境影响主要有海上换流站和辅助平台基础建设、海底电缆铺设等，其中海底电缆铺设源强相对较大，是决定施工期水质环境影响大小的控制工况。本节在上述水动力计算的基础上，对本项目施工期产生的悬浮物增量浓度进行预测，据此评估本项目施工对水质环境的影响。

根据数模预测结果，悬沙扩散的影响范围基本局限于底层，对中层和表层的影响甚小，底层增量浓度大于 10mg/L 的最大影响面积为 208.48km^2，最大影响范围仅限于工程区及其周边 2.5km 海域内。

4.1.3.2 施工污水对水质环境的影响分析

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

因此，项目建设期间施工船舶将污水收集上岸处置，不外排入海，基本不会对水质环境造成影响。

4.1.3.3 营运期水质环境的影响分析

本项目海底电缆运营期间不产生污染物，海缆运维期间产生的少量生活污水依托运维船舶收集后上岸处置，不外排入海，对水质环境无影响。辅助平台设置有污水处理系统，工作人员日常活动依托辅助平台污水处理设施进行处理达标后排海，不会对海域水质环境造成明显不利影响。

4.1.4 沉积物环境影响分析

4.1.4.1 施工期沉积物环境影响

本工程对沉积物的影响主要为施工期间海上换流站和辅助平台基础建设和海底电缆铺设。海上换流平台及辅助平台基础沉桩施工振动会导致海底泥沙再悬浮引起水体浑浊，污染局部海水水质，并可能影响局部沉积物环境。根据悬浮泥沙扩散预测结果，悬沙扩散的影响范围基本局限于底层，对中层和表层的影响甚小，底层增量浓度大于 10mg/L 的最大影响面积为 265.84km^2，最大影响范围仅限于工程周边 2.6km 海域内。海底电缆敷设时，开槽会导致海底泥沙再悬浮引起水体浑浊，污染局部海水水质，影响局部沉积物环境，但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。

此外，施工期由于大型施工船舶在工程海域集结，施工船舶将产生生产废水、生活污水和垃圾等，若管理不善，可能发生船舶含油的机舱水、生活污水等废水未经处理直接排海，或生活垃圾、废机油等直接弃入海中，将直接污染区域海水水质，进而可能影响区域海域沉积物质量，造成沉积物中废弃物及大肠菌群、病原体和石油类等指标超标。本工程施工船舶均设置有船舶生活污水和船舶含油污水的收集装置，船舶生活污水收集在船载生活污水收集装置中，船舶靠岸后运至岸上，上岸后由建设单位委托有处置能力的船舶污染物接收单位统一处理；船舶机舱含油污水收集后上岸送至有资质单位进行统一处理，不排海。正常情况下，施工船舶污水不会对沉积物环境造成影响。

4.1.4.2 营运期沉积物环境影响

本项目海上换流站西侧设置辅助平台，海上辅助平台用于运维人员的常驻，因此，辅助平台设置有污水处理间，运维人员产生的生活污水通过辅助平台的污水处理系统处理达标后排海，对海洋沉积物环境影响很小，运维检修产生的少量油污水和固体废物通过收集带回陆上处理，不会对沉积物环境造成影响。

营运期本项目对沉积物环境的不利影响主要来自海底电缆被腐蚀后的重金属污染物释放。因此，应根据所在海区海水与沉积物的腐蚀特征，选取关键的影响因子进行腐蚀性环境分析，采取一定措施防止海底电缆的电化学等腐蚀，设备材料的选定及防护措施的设计应予充分考虑，尽量避免海底电缆遭腐蚀，减少腐蚀后重金属污染物的释放量，保护周边海域沉积物环境。

4.1.5 海洋生物影响分析

4.1.5.1 对底栖生物的影响

本工程建设对底栖生物的影响主要是海上换流平台及辅助平台桩基破坏底栖生境，导致一定区域范围内底栖生物资源损失，同时还将长期占用该海域底栖生物的生存空间；±500kV 集中送出海底电缆在施工阶段将使作业区所在海域底栖生物的栖息环境遭到破坏，施工结束后，随着新的底栖生物的植入而产生新的栖息环境。

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

4.1.5.2 对浮游生物的影响

（1）对浮游植物的影响

根据对本工程建设过程的分析，在做好施工期船舶生活污水、含油污水、生活垃圾的收集处理工作的前提下，施工期对浮游植物最主要的影响是施工增加了水体中悬浮物质，影响了水体的透光性，进而影响了浮游植物的光合作用。已有

很多国内外学者对光照强度与浮游植物的光合作用之间的关系进行了研究，大量的实验及调查研究表明，水体透明度对叶绿素 a 和浮游植物数量分布和变化是一个至关重要的制约因素。

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

项目施工过程中造成悬浮物浓度增加，水体透光性减弱，从而使溶解氧降低，对水生生物产生诸多的负面影响。最直接的影响是削弱了水体的真光层厚度，对浮游植物的光合作用产生不利影响，进而妨碍浮游植物的细胞分裂和生长，降低单位水体内浮游植物数量，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

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

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

4.1.5.3 对游泳生物的影响

鱼类等水生生物都比较容易适应水环境的缓慢变化，但对骤变的环境，它们反应则是敏感的。施工作业引起悬浮物质含量变化，并由此造成水体混浊度的变化，其过程呈跳跃式和脉冲式，这必然引起鱼类等其他游泳生物行动的改变，鱼类将避开这一点源混浊区，产生“驱散效应”。然而，这种效应会对渔业资源产生两方面的影响：一是由于产卵场环境发生骤变，在鱼类产卵季节，从外海洄游到该区域产卵的群体，因受到干扰而改变其正常的洄游路线；二是在该区域栖息、生长的一些种类，也会改变其分布和洄游规律。悬浮物对鱼类的影响主要表现为直接杀死鱼类个体；降低其生长率及其对疾病的抵抗力；干扰其产卵、降低孵化率和仔鱼成活率；改变其洄游习性；降低其饵料生物的密度；降低其捕食效率等。但悬浮泥沙对渔业的影响不是永久性的，而是可逆的，会随着施工结束而逐渐恢复。悬浮物含量增高，对游泳生物的分布也有一定影响。室内生态实验表明，悬浮物含量为 300mg/L 水平，而且每天做短时间的搅拌，鱼类仅能存活 3~4 周，悬浮物含量在 200mg/L 以下水平的短期影响，鱼类不会直接致死。且鱼、虾、蟹等游泳能力较强的海洋生物将主动逃避，游泳生物的回避效应使得该海域的生物量有所下降，从而影响该区域内生物群落的种类组成和数量分布。至于经济鱼类等，由于移动性较强，更不至于造成明显影响。施工结束营运一段时间后，浮游生物和游泳生物种群数量、群落结构会逐步恢复，生物量也会趋于增加，建议在项目营运期内一定时间对部分水域采取增殖和禁捕等保护性措施，尽快恢复项目建设对渔业生产的不利影响。

4.1.6 水下噪声环境影响分析

本项目建设对所在海域水下噪声环境的影响主要为海上换流站桩基施工和施工船舶施工过程中产生的噪声的影响，施工结束后影响基本消除。

1、海洋生物受水下噪声影响的声压阈值

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

表 4.1.6-1 美国对海洋哺乳动物和鱼类的水下噪声（过渡性）门限值

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

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

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

接死亡，但在其后行为发生明显变化，出现不进食等现象，并在后续的半个月时间中出现 90%的死亡。

2、施工水下噪声对渔业资源影响

根据厦门大学在威水产实业有限公司进行的大黄鱼声学实验，大黄鱼幼苗的敏感频率在 800Hz，当声压级达到 172dB/re 1μPa 时有些幼苗直接死亡；大黄鱼成鱼的声敏感频率转移至 600Hz，当声源达到 192dB/re 1μPa 时，鱼群受惊吓明显，反应迟钝，虽未产生直接死亡，但在其后行为发生明显变化，出现不进食等现象，并在后续的半个月时间中出现 90%的死亡。因此桩基打桩作业对渔业资源将产生一定的影响，主要体现于对游动鱼类的驱赶作用。如果这一水域有石首鱼科种类产卵，打桩作业对石首鱼科种类产卵的影响不可避免。因此在鱼类产卵期应该暂停打桩作业。施工期对产卵场、索饵场和洄游通道的影响是负面的，主要是电缆铺设产生的增量悬沙、打桩形成的噪声。但是产卵场、索饵场和洄游通道功能的作用有一定的季节性，只要工程中作业顺序安排得当，电缆铺设和打桩尽可能的避开渔业敏感季节，施工对产卵场、索饵场和洄游通道的影响程度可以得到减缓和消除。

3、施工船舶噪声对海洋生物的影响

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

总体来说，施工船舶产生的噪声强度相对较小，传至水下后对海洋生物的影响很小。

4.1.7 电磁环境影响分析

本项目涉海部分拟建设 1 座±500kV/2000MW 海上换流站（含辅助平台）、1 回（2 根）±500kV 直流海底电缆，以下采用类比分析电磁环境影响。

1、±500kV 海上换流站电磁环境类比分析

由于目前已投运的海上换流站相对于交流升压站而言，数量极少，因此，本项目类比对象采用±500 千伏张北可再生能源柔性直流电网试验示范工程，其为世界首个柔性直流电网工程。该工程共布设 15 个合成电场强度监测点，监测结果如表 4.1.7-1 所示。

表 4.1.7-1　±500kV 北京换流站厂界类比监测结果

（内容不公开）

表 4.1.7-2　±500kV 北京换流站衰减断面上类比监测结果

（内容不公开）

换流站厂界：±500kV 北京换流站合成电场 80%监测值在 0.03kV/m～0.81kV/m 之间，最大值监测范围在 0.03kV/m～1.05kV/m 之间，满足《直流输电工程合成电场限值及其监测方法》（GB 39220-2020）中合成电场强度 E_{95} 的 25kV/m，且 E_{80} 的 15kV/m 的限值要求。

换流站衰减断面：±500kV 北京换流站衰减断面合成电场 80%监测值 0.23kV/m～0.49kV/m 之间，最大值监测范围在 0.31kV/m～0.66kV/m 之间，满足《直流输电工程合成电场限值及其监测方法》（GB 39220-2020）中合成电场强度 E_{95} 的 25kV/m，且 E_{80} 的 15kV/m 的限值要求。

总结：根据类比的±500kV 北京换流站监测结果表明，海上换流站建成后，合成电场影响随距离的增大呈现衰减的趋势，其合成电场强度远小于《直流输电工程合成电场限值及其监测方法》（GB 39220-2020）中合成电场强度 E_{95} 的 25kV/m，且 E_{80} 的 15kV/m 的限值的要求。

2、±500kV 海底电缆电磁环境类比分析

为了解本工程拟建±500kV 直流海缆的电磁环境影响，根据调查，目前国内尚未有±500kV 直流电缆投运，因此本次类比对象选择与本项目电压最接近的厦门柔性直流输电科技示范工程的±320kV 电缆线路。

厦门柔性直流输电科技示范工程±320kV 直流输电线路衰减断面处合成电场强度最大值为（0.32~0.35）kV/m，监测结果满足《直流输电工程合成电场限值及其监测方法》(GB 39220-2020)中合成电场强度 E_{95} 的 25kV/m，且 E_{80} 的 15kV/m 的限值要求。

本工程直流线路电压等级为±500kV，略高于本次类比对象厦门柔性直流输

电科技示范工程的电压等级，理论上本工程的电磁环境各项评价物理量指标略大于类比对象的监测值。根据监测，厦门柔性直流输电科技示范工程±320kV 直流输电线路衰减断面处的合成电场强度最大值远小于《直流输电工程合成电场限值及其监测方法》（GB 39220-2020）中合成电场强度 E_{95} 的 25kV/m，且 E_{80} 的 15kV/m 的限值要求，因此，可以推测本工程海缆建成后合成电场强度、直流磁感应强度均将小于标准限值。

总结：本工程海底电缆均敷设于海底土层以下，电缆外层的金属屏蔽层、铠装层以及海底土层对磁场具有一定的屏蔽作为，且鱼类活动空间较大，在海底区域活动的鱼类种类及数量相对较少，且根据类比直流电缆线路合成电场强度可知，本项目建成后合成电场强度最大值远小于《直流输电工程合成电场限值及其监测方法》（GB 39220-2020）中合成电场强度 E_{95} 的 25kV/m，且 E_{80} 的 15kV/m 的限值要求，电磁环境对海洋生物的影响在可接受范围。

4.1.8 对珍稀濒危生物的影响

本项目位于阳江市阳东区南侧海域，根据 3.2.13 节分析，本项目所在海区珍稀海洋生物为中华白海豚和白氏文昌鱼。对上述珍稀生物的影响主要为施工悬浮泥沙及施工噪声的影响，施工结束后影响随即消除。

（1）对中华白海豚的影响

①施工悬浮泥沙影响

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

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

②施工船舶噪声影响

根据厦门大学许肖梅等研究成果（《厦门北通道公铁两用桥工程水下噪声对中华白海豚及渔业资源环境影响评估报告》，2005 年），预计施工中钻孔、施

船舶作业及航运等施工和海上运输活动将使水下噪声级提高 20~30dB，即施工海域水下噪声可达 105~140dB，虽低于上述鲸类最大可承受声压标准（180dB），但仍会对鲸豚产生行为干扰影响，即本项目水下施工时将直接干扰邻近水域鲸豚活动。根据 van Radecke 等对欧洲北海 Alpha Ventus 海上风电跟踪调查结果，预计打桩噪声对施工点 100m 以内鲸豚类有非常明显影响。通常情况，鲸豚将被迫调整其活动范围，待施工作业完成、干扰减少时，鲸豚将逐渐恢复原来活动范围。

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

（2）对白氏文昌鱼的影响

根据 3.2.13 节分析，白氏文昌鱼主要分布在海陵岛西侧海域和阳西溪头镇附近海域，本项目位于阳东海域，距离较远。

根据相关研究，文昌鱼呈集群分布，主要中值粒径分布在 MdΦ为 0.4~2.2 之间砂质中。在 0.5≤MdΦ＜1.5 范围内，文昌鱼分布密度相对较高，而在 MdΦ＜0.5 或 MdΦ＞1.5 范围内，文昌鱼分布密度相对较低。与粒径 0.36~ 0.78mm 的分布最为密切，无季节差别。粒径 0.36~0.78mm 组分<50%时，文昌鱼分布密度≤50ind/m^2；粒径 0.36~0.78mm 组分≥50%时，文昌鱼分布密度>100ind/m^2；甚至粒径 0.36~0.78mm 组分>80%时，文昌鱼密度则高达 200ind/m^2 以上。

本项目与发现文昌鱼的海域距离较远，项目施工产生的悬浮泥沙也集中在工程区域周边，并未扩散至文昌鱼发现点，因文昌鱼的产卵期主要在 6-7 月份，建议建设单位与施工单位在实际施工中尽量避开文昌鱼产卵期，减轻施工强度。项目营运期污染物均得到妥善处置，因而本项目施工期和营运期对文昌鱼影响较小。

4.1.9 生态跟踪监测指标合理影响范围

根据相关文件要求，本项目建设可能对资源生态造成影响的项目，应开展生态跟踪监测，生态跟踪监测具体要求见表 4.1.9-1。

表 4.1.9-1 海上风电用海项目生态跟踪监测具体要求一览表

（内容不公开）

（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

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

（3）地形地貌与冲淤

工程实施后海上换流平台及辅助平台桩基产生阻水影响，工程实施后海上换流站前后（涨、落潮流方向）小范围海域主要呈淤积态势，年淤积厚度最大约0.04m；海上换流站两侧（垂直涨、落潮流方向）小范围海域主要呈冲刷态势，年冲刷深度最大约 0.02m。因此，项目年冲刷速率不超过 0.02m/a。

（4）电磁环境

项目施工期间对电磁环境基本无影响，合成电场强度与本底值相近。

项目营运期的合成电场强度《直流输电工程合成电场限值及其监测方法》（GB 39220-2020）中合成电场强度 E_{95} 的 25kV/m，且 E_{80} 的 15kV/m 的限值要求。

（5）水下噪声

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

（6）海水水质

项目施工作业过程中，由于机械的搅动作用，使得泥沙悬浮，造成水体混浊水质下降，并使得周边海区底栖生物生存环境遭到破坏，对浮游生物也产生影响，

主要污染物为悬浮泥沙。一旦施工结束，影响随即消除。

项目营运期辅助平台设置有污水处理系统，工作人员日常活动依托辅助平台污水处理设施进行处理后排海，不会对海域水质环境造成明显不利影响。

（7）沉积物质量

由于工程施工过程产生的悬浮物主要来自本海区，因此经扩散和沉降后，沉积物的环境质量不会产生明显变化，沉积物质量状况仍将保持现有水平。

本工程营运期运维会产生少量生活污水、生活垃圾等，生活污水经辅助平台污水处理设施处理达标后排海，油污水和生活垃圾由运维船舶收集后运至陆域集中处理，基本不会对海域沉积物环境造成影响。

（8）海洋生物质量

本工程施工船舶均设置有船舶生活污水和船舶含油污水的收集处理装置，生活污水和船舶含油污水均收集贮存于船上，定期运回陆地交具有处理能力的单位接收后统一处理；营运期间辅助平台设置有污水处理间，运维人员产生的生活污水通过辅助平台的污水处理系统处理后达标排海，运维检修产生的少量油污水和固体废物通过收集带回陆上处理，维护结束后送交有处理能力的单位进行妥善处置。因此，项目施工期间及营运期间基本不会对所在海域海洋生物质量造成影响。海洋生物质量应与本底值相近。

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

表 4.1.10-2　海上风电项目生态跟踪监测指标合理范围表

（内容不公开）

4.2 资源影响分析

4.2.1 空间资源损耗分析

（1）占用海域空间情况

本项目涉海建设内容主要为海上换流平台、辅助平台、±500kV 直流海底电缆管道，用海方式为透水构筑物和海底电缆管道。本项目辅助平台和海底电缆采用立体分层设权方式进行确权，海上换流平台为全空间确权。各用海单元占用海域空间情况如下：

①海上换流平台：海上换流平台为透水构筑物，其主要占用了部分海底、海面以及部分海面上方的海域空间资源，用海面积 1.3640 公顷；

②辅助平台：辅助平台确权层为海平面至辅助平台顶高程（45.0m），确权层主要占用了海面及以上的空间资源，用海面积 0.4382 公顷，确权范围较好地兼容了周边风电项目海底电缆用海；

③±500kV 海底电缆：本项目海底电缆埋设在海床以下 2~4m，确权层为底土，其主要占用底土空间资源，用海面积 683.6212 公顷。

（2）占用岸线情况

根据 2022 年广东省政府批复海岸线，本项目±500kV 海底电缆登陆段位于人工岸线，登陆段海缆用海范围涉及人工岸线约 8.6m，实际占用（底土穿越）岸线长 1.26m。登陆段施工采用定向钻的施工方式，从地底穿越岸线，不涉及采挖海砂、围填海、倾废等可能诱发岸线蚀退的开发活动，不影响岸线的自然形态及原有生态功能。

（内容不公开）

图 4.2.1-1　海缆登陆段所在岸线示意图

（内容不公开）

图 4.2.1-2　海缆登陆段所在岸线现状

4.2.2 海洋生物资源影响分析

项目海上换流站和辅助平台桩基础、海缆敷设将改变底栖生物、潮间带生物栖息环境，造成底栖生物、潮间带生物损失，除少量活动能力强的动物逃往他处外，大部分种类将被挖走、掩埋、覆盖，除少量能够存活外，绝大部分种类如贝类、多毛类、线虫类等都将难以存活。

4.2.2.1 底栖生物损失量

海上换流平台及辅助平台基础长期占用海底底质环境，±500kV 直流海底电缆施工阶段破坏海域底质，对底栖生物及生态系统造成了一定的影响。参照《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程（SC/T 9110-2007）》（以下简称《规程》），底栖生物的资源损失按以下公式进行计算：

$$Wi=Di\times Si$$

式中：

Wi 为第 i 种生物资源受损量，单位为 kg，此处为底栖生物资源受损量；

Di 为评估区域内第 i 种生物资源密度，单位 kg/m^2，此处为底栖生物平均生物量；

Si 为第 i 种生物占用的水域面积，单位为 m^2。在此为海上换流平台及辅助平台桩基、±500kV 海底电缆基槽开挖面积。

本项目海上换流站导管架为八桩基础结构，桩基外径为 4.5m，则换流平台桩基占用海域面积约 127.23m^2，辅助平台导管架为四桩结构，桩基外径 3.5m，则辅助平台桩基占用海域面积约 38.48m^2。

本项目 1 回（2 根）±500kV 海底电缆总长约 111.7km，海缆沟槽底宽约 0.3m，顶宽约 0.5m，登陆段海缆采用定向钻施工方式，定向钻长度为 300m，定向钻施工不造成生物资源损失，因此，对海洋生物造成资源损失的海缆长度为 111.4km，本报告以海底电缆敷设范围内大型底栖生物全部死亡计算，则本项目 2 根海缆施工造成底栖生物完全损失的面积为 111400m×0.5m×2=11.14 公顷。

根据 2023 年 11 月秋季和 2024 年 3 月春季调查海域底栖生物平均生物密度，为 15.83 g/m^2。

则本项目直接造成生物损失量为：

桩基础造成底栖生物损失量：（127.23+38.48）m^2×15.83g/m^2×10^{-3}=2.62 kg

±500kV 海底电缆施工造成底栖生物损失量：11.14ha×10^4×15.83g/m^2×10^{-6}=1.76t

因此，项目换流站和辅助平台桩基础建设造成底栖生物直接损失 2.62kg，±500kV 海底电缆施工造成底栖生物直接损失 1.76t。

4.2.2.2 渔业资源损失量

本工程±500kV 海底电缆和海上换流平台及辅助平台桩基施工工期超过 15 天，按照《规程》，工程在悬浮物扩散范围内对海洋生物产生的持续性损害，按以下公式计算：

$$M_i=W_i\times T$$

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

式中：

M_i——第 i 种生物资源累计损害量，尾、个或千克（kg）；

W_i——第 i 种类生物资源一次平均损失量，单位为（尾）、个（个）、千克（kg）；

T——污染物浓度增量影响的持续周期数（以年实际影响天数除以 15）；

D_{ij}——某一污染物第 j 类浓度增量区第 i 种类生物资源密度，单位为尾平方千米（尾/ km^2）、个平方千米（个/km^2）、千克平方千米（kg/km^2）；

S_j——某一污染物第 j 类浓度增量区面积，单位为平方千米（km^2）；

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

n——某一污染物浓度增量分区总数。

上述各参数的取值如下：

根据水质环境影响预测，本工程悬浮泥沙引起的生物损失按垂向平均包络线进行计算，＞10mg/L 悬浮泥沙扩散包络线面积为 105.54km^2，＞20mg/L 悬浮泥沙扩散包络线面积为 41.86km^2，＞50mg/L 悬浮泥沙扩散包络线面积为 9.16km^2，＞100mg/L 悬浮泥沙扩散包络线面积为 2.76km^2。

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

悬沙增量浓度（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	63.68	5	1
20~50	1＜Bi≤4 倍	32.70	10	5
50~100	4＜Bi≤9 倍	6.40	30	15
＞100	Bi≥9 倍	2.76	50	40

本工程海缆敷设施工产生的悬浮物浓度增量影响的持续时间一般不超过 15 天，且海缆敷设施工为线型移动敷设，持续周期按 1 计算。根据工程海域测量资料，项目所在平均水深按 25m 计。

根据 2023 年 11 月所在海域的调查数据，调查海域游泳生物、鱼卵、仔稚鱼的资源密度分别为 306.04kg/km^2，0.43 粒/m^3，0.09 尾/m^3。

根据 2024 年 3 月所在海域的调查数据，调查海域游泳生物、鱼卵、仔稚鱼的资源密度分别为 89.81kg/km^2，2.23 粒/m^3，0.65 尾/m^3。

春、秋两季游泳生物、鱼卵、仔稚鱼的平均资源密度分别为 197.93kg/km^2，1.33 粒/m^3，0.37 尾/m^3。

则项目施工悬浮泥沙造成渔业资源损失量为：

游泳生物=197.93kg/km^2×1×（63.68km^2×1% +32.70km^2×5%+6.40km^2×15%+2.76km^2×40%）＝0.86t

鱼卵=1.33 粒/m^3×25m×1×（63.68km^2×5% +32.70km^2×10%+6.40km^2×30%+2.76km^2×50%）×10^6=3.24×10^8 粒

仔鱼=0.37 尾/m^3×25m×1×（63.68km^2×5% +32.70km^2×10%+6.40km^2×30%+2.76km^2×50%）×10^6＝9.02×10^7 尾

因此，项目施工造成渔业资源直接损失量为：游泳生物 0.86t、鱼卵 3.24×10^8 粒、仔鱼 9.02×10^7 尾。

4.2.3 对其他海洋资源的影响

本项目所在海域风能资源较丰富，适宜开发海上风电项目。本项目用海是对该海域风能资源的有效利用，且风能资源属于清洁的可再生能源，一般情况下本项目建设不会对其产生不利影响，项目建设符合可持续发展的原则和国家能源发展政策方针，可减少化石资源的消耗，减少因燃煤等排放有害气体对环境的污染，对于满足当地电力负荷需求、促进地方经济快速发展将起到积极作用。因此，本项目建设对风能资源没有不良影响，相反有效利用了海域的风能资源，有助于形成示范效应，推动海上风能资源的高效利用。

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

公示稿

5 海域开发利用协调分析

本次补充论证对象主要针对±500kV 直流海底电缆，海上换流站及辅助平台无变化。海底电缆仅在个别区域作小幅度调整，海缆总体走向调整前后基本一致。本节更新了海域开发利用活动的现状权属，新增利益相关者为******（******项目），并对其进行用海协调分析，其他内容与原论证报告一致。

5.1 海域开发利用现状

5.1.1 社会经济概况

（1）阳江市

阳江地处广东西南沿海，扼粤西要冲。东与恩平市、台山市交界，北同云浮市的罗定市、新兴县及茂名市的信宜市接壤，西接茂名市的高州市、电白区，南临南海。阳江市为地级市建制，辖阳西县、阳东区和江城区，代管阳春市（县级市），设海陵岛经济开发试验区和阳江高新技术产业开发区。土地面积为 7966.8 平方千米。

根据《阳江市 2024 年国民经济和社会发展统计公报》（阳江市统计局，2025 年 2 月），2024 年末，预计全市常住人口 262.77 万人，比上年增长 0.1%，城镇化率 57.9%；全市户籍人口 301.94 万人，下降 0.4%，城镇化率 40.7%。

2024 年阳江市地区生产总值 1629.58 亿元，比上年增长 3.5%。其中，第一产业增加值 269.31 亿元，增长 3.7%；第二产业增加值 607.01 亿元，增长 3.5%；第三产业增加值 753.26 亿元，增长 3.4%。

（2）阳东区

阳东位于广东省西南沿海之滨，珠江三角洲西缘，东连台山、恩平市，西与阳江市江城区接壤，北接阳春市，南临南海。行政区域面积 1704.45 平方公里，2023 年，全区共辖 11 个镇（东城、北惯、合山、大沟、东平、雅韶、塘坪、大八、麻汕、那龙、新洲），年末户籍人口 52.1 万人。

根据《2023 年阳江市阳东区国民经济和社会发展统计公报》（阳江市阳东区统计局，2024 年 5 月），阳东区全区实现地区生产总值（GDP）349.87 亿元，同比增长 1.1%。其中，第一产业增加值 59.96 亿元，同比增长 3.7%；第二产业

增加值 178.51 亿元，同比下降 1%；第三产业增加值 111.4 亿元，同比增长 2.7%。人均地区生产总值 72579 元，同比增长 1%。三大产业为 17.1:51.0:31.9，分别拉动 GDP 增长 0.7 个百分点、回落 0.5 个百分点和增长 0.9 个百分点。

全年实现地方一般公共预算收入 19.4 亿元，同比增长 20.4%。其中，税收收入 16.33 亿元；非税收入 3.08 亿元。全年地方一般公共预算支出 45.83 亿元，同比增长 4%。其中，一般公共服务支出 5.52 亿元，同比下降 8.2%；教育支出 9.24 亿元，同比增长 0.9%；城乡社区支出 1.63 亿元，同比增长 30.8%。

全年居民消费价格同比下降 0.8%，其中，消费品价格指数同比下降 1.4%。

5.1.2 海域使用现状

本项目涉海工程内容主要为海底电缆和海上换流站，通过对项目现场踏勘、收集资料以及查看卫星影像图，本项目所涉及范围跨度较大，项目论证范围内海域开发利用活动主要为航道航路、锚地、海上风电项目、海水养殖、滨海浴场等。

本项目所在海域的开发利用现状情况统计见表 5.1.2-1，分布示意图见图 5.1.2-1~图 5.1.2-4。

表 5.1.2-1　项目所在海域开发利用现状统计表

（内容不公开）

（内容不公开）

图 5.1.2-1　项目所在海域开发利用现状分布图

（内容不公开）

图 5.1.2-2　项目所在海域开发利用现状分布分幅图一（登陆段）

（内容不公开）

图 5.1.2-3　项目所在海域开发利用现状分布分幅图二（北段）

（内容不公开）

图 5.1.2-4　项目所在海域开发利用现状分布分幅图三（中段）

（内容不公开）

图 5.1.2-5　项目所在海域开发利用现状分布分幅图四（南段）

公示稿

1、航道、航路

（内容不公开）

2、海上风电

（内容不公开）

5.1.3 海域使用权属

本项目论证范围内已确权登记用海项目主要有******项目。

具体的海域使用权属信息见图 5.1.3-1、图 5.1.3-2 和表 5.1.3-1。

（内容不公开）

图 5.1.3-1　本项目论证范围内海域使用权属现状示意图

（内容不公开）

图 5.1.3-2　本项目论证范围内海域使用权属现状示意图（登陆段）

（内容不公开）

图 5.1.3-2　本项目论证范围内海域使用权属现状示意图（北段）

（内容不公开）

图 5.1.3-3　本项目论证范围内海域使用权属现状示意图（中段）

（内容不公开）

图 5.1.3-4　本项目论证范围内海域使用权属现状示意图（南段）

表 5.1.3-1　本项目论证范围内海域使用权属现状一览表

（内容不公开）

公示稿

5.2 项目用海对海域开发活动的影响

根据 5.1.2 节海域开发利用现状的分析，本项目论证范围内开发活动主要有海上风电项目、航道航路和锚地、海水养殖、海滨浴场等，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：

5.2.1 对航道、航路和锚地的影响分析

（1）对航道、航路的影响

本项目集中送出海底电缆穿越寿长东航道、北澳航道北津东、东平航道、澳洲岛北航道、澳洲岛南航道西段、围阳航道、粤西沿海江门上川岛南至琼州海峡北水道、粤西沿海近岸航路、广东沿海内航路共 9 条航道、航路。

海缆施工期间，由于需要横穿航道、航路，海缆敷设船施工期间前后约 800m 范围需设立警戒，将对过往船舶安全产生碍航影响，对上述航道航路周边的通航环境产生一定的影响。

本项目业主已同步委托专题单位开展本项目的《通航条件影响评价》及《通航安全影响评价》专题，针对航道、习惯性航路的敷设深度及安全进行专题论证。同时，本项目海缆敷设采用专业敷缆船进行敷设，通过埋设犁配合高压水枪冲埋灯方式，将海缆敷设在海床底下 2~4m，施工过程对局部海床有一定影响，但对其所在海域水动力和冲淤环境影响很小；项目海底电缆施工完成后，海缆施工区域的海床在波浪潮流共同作用下逐渐恢复到原状，不会对水动力环境产生影响，亦不会对周边地形地貌产生明显不良影响，因此，项目海底电缆的建设基本不会对周边航道、航路的通航功能造成影响。

此外，航路来往船舶对本项目海缆的施工和营运也会带来一定影响，但在满足海缆的埋深及设计标准、设置警示标志、发布海域管理通告等的基础上，该影响较小，不会影响到航道、航路的正常使用。

（2）对锚地的影响分析

本项目论证范围内涉及锚地 2 个，为 No.2 中型船舶候潮、防台锚地和 No.8 大型船舶装卸、侯泊、防台锚地，其位于项目海底电缆北段的西侧和东侧，本项目与之最小距离分别约 0.65km 和 3.38km。

本项目海底电缆均未穿越上述锚地，与锚地均保持一定的距离，海底电缆外

径较小，施工时采用敷缆船将海底电缆埋设在海床以下 2~4m，施工结束后，受影响的海床会在波浪潮流的共同作用下逐渐恢复原来状态，对所在海域的水动力、地形地貌与冲淤环境影响较小。海底电缆敷设过程中由于采用埋设犁配合高压水枪的作业方式，海床底土受外力搅动，进而将产生一定的悬浮泥沙，随着施工结束，悬浮泥沙会逐渐沉降至周边区域，但这种影响相对较小，不会造成锚地淤积变浅。但项目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的碍航影响，作业期间需加强瞭望警戒。业主也与锚地主管部门沟通，正在开展针对锚地的相关专题论证，尽量将项目于锚地之间的影响降至最低。

综上，在针对性的开展埋设深度及保护措施设计后，本项目对航道、航路和锚地的影响主要是海底电缆敷设期间占用海域，对周边船舶通航和锚泊有一定影响。施工期间需加强警戒，按设计和施工标准施工，发布海域管理通告，在此基础上，项目对航道、航路和锚地的影响较小。

5.2.2 对海上风电项目的影响分析

本项目周边的海上风电项目主要有******。目前仅******项目建设完成，其余海上风电项目均未开始施工。

由于项目周边的海上风电项目多为未动工，本项目对周边海上风电项目的影响主要是施工期间的影响，由于海上风电项目施工周期长，本项目与上述海上风电项目难免存在同时施工、相互影响的情况，施工期间若同时施工，施工船只频繁出入，将会加大附近的通航密度，造成一定的通航安全风险。另外，如果本项目建设晚于上述海上风电项目，后期施工船只航行的区域可能有上述海上风电项目已建好的海底电缆设施和构筑物，若操作不慎或意外事故有可能破坏海底电缆。但由于海缆敷设会采取一定的保护措施降低船只航行、抛锚对海底电缆的损坏；风电场建成后会在适当位置设置相应的航标灯及警示标志，并将海底电缆具体位置、走向、埋深以及风电场位置海域范围等报请海事局等部门及时更新航海图书资料，申请发布航行通（警）告，其他船只会采取相应的避让措施；加上项目建设海域宽阔，本项目施工船只通航时有较大空间进行避让。因此，本项目施工破坏其他海上风电项目的构筑物和海缆的可能性不大。鉴于本项目海底电缆邻近******项目的送出海缆，距离较近，施工期间需密切留意海况，施工前探明周边海上构筑物和海底电缆的走向，防止项目施工对其造成破坏。

本项目海上换流站与周边的******存在部分重叠，因此本项目海底电缆和辅助平台采用立体分层设权，辅助平台主要确权层为海平面以上的空间，不影响周边风电项目集电线缆的用海需求，对周边开发利用活动具有较好兼容性，建议建设单位与周边风电项目业主充分沟通协商，避免对周边海域开发利用活动造成影响。

综上，本项目建设对上述海上风电项目的影响是可控的。

5.2.3 对海水养殖项目的影响分析

本项目周边海域开发利用活动存在较多海水养殖项目，根据悬浮物扩散数模结果，本项目海底电缆施工产生的悬浮泥沙仅集中在海缆两侧区域，施工悬沙底层增量浓度大于 10mg/L 的包络线最大影响范围限于工程区及其周边 2.5km 海域内，上述养殖活动多在登陆段西侧和北侧海域，根据悬浮泥沙增量浓度大于 10mg/L 的包络线与海域开发利用活动叠加示意图可知，受施工悬浮泥沙影响的海水养殖活动有登陆段北侧零散竹筏和网箱养殖（登陆段北侧约 178m）、*****项目（登陆段西侧，约 0.46km）、*****底播养殖用海（登陆段西侧，约 0.45km）、*****养殖用海项目（登陆段西北侧，约 0.49km），所影响的养殖活动均位于海缆登陆段，本项目海缆登陆段施工时应提前与各养殖业主提前沟通，告知施工时间和计划，施工时尽可能降低施工强度，做好悬浮物扩散防护措施，尽量使施工影响将至最低，随着海缆施工的结束，悬浮泥沙浓度会在数小时内迅速衰减至背景浓度值，对于在本项目施工期间受影响的养殖活动，建议建设单位在当地渔业主管部门的协调下做好补偿事宜，以降低项目施工对养殖活动的影响。

此外，本项目施工期间将投入一定数量的施工船舶，将使得施工海域通航密度加大，对在周边近岸海域进行养殖活动的船只造成一定的通航安全风险，施工时应提前做好通告，密切留意船舶动向，防止发生船舶碰撞等事故。

（内容不公开）

图 5.2.3-1　本项目施工悬浮泥沙对海上养殖活动的影响范围图

5.2.4 对海滨浴场项目的影响分析

本项目海缆北侧段东侧有一处海滨浴场项目，为******海滨浴场项目，距离本项目海缆约 2.4km，海滨浴场主要关注海水水质，根据数模预测结果，本项目

施工产生的 10mg/L 悬浮泥沙包络范围不涉及该浴场，且该浴场位于珍珠湾内，西侧有山脉作为天然屏障，项目施工不会对该浴场的水质造成影响。

5.2.5 对渔业生产活动的影响分析

本项目建设内容主要为换流站和海底电缆，对渔业生产活动产生影响的主要为海底电缆的施工，悬浮泥沙沿着海缆走向向外扩散，对周边渔业生产活动主要发生在海缆两侧，且随着施工的结束，悬沙的影响也会逐渐消失，因此项目对周边渔业生产活动基本的影响是在可接受范围内。

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

项目施工期产生的悬浮泥沙、桩基和海缆占用海洋生物生境等，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。

5.2.6 对自然保护区的影响分析

本项目近岸段海底电缆东侧、西侧、北侧均有自然保护区分布，其分别为阳江南鹏列岛海洋生态省级自然保护区（项目西侧约 0.39km）、阳江阳东头芦排地方级自然保护区（项目东侧约 2.99km）和广东寿长河红树林国家湿地自然公园（项目登陆段北侧约 1km）。本项目海底电缆与上述三个自然保护区的位置关系及保护区主要保护对象见表 5.2.6-1。

表 5.2.6-1　项目周边自然保护区信息一览表

（内容不公开）

本项目海底电缆采用冲埋方式施工，海缆敷设过程将产生一定悬浮泥沙，根据项目施工悬浮泥沙 10mg/L 增量包络线与保护区叠加示意图（图 5.2.6-1），施工产生的悬浮泥沙不会扩散到阳江阳东头芦排地方级自然保护区和广东寿长河红树林国家湿地自然公园，少量扩散至阳江南鹏列岛海洋生态省级自然保护区，影响区域不大，本项目已开展对该自然保护区生态环境影响的评估报告，并于

2024 年 4 月 26 日通过专家评审会（附件 10），根据评估结论，施工期底层低浓度悬沙对阳江南鹏列岛海洋生态省级自然保护区略有影响，影响随着海缆铺设施工的结束逐渐消失，对其影响程度有限。

（内容不公开）

图 5.2.6-1　项目施工悬浮泥沙 10mg/L 增量包络线与保护区叠加示意图

公示稿

5.3 利益相关者界定

根据项目用海对海域开发活动的影响分析结果和资源生态影响的最大范围，将项目用海占用和资源生态影响范围内有直接利益关系的单位和个人界定为利益相关者。

根据 5.2 节分析结果，界定本项目利益相关者为******。

公示稿

表 5.3-1　利益相关者界定一览表

（内容不公开）

公示稿

5.4 需协调部门界定

项目建设过程中，施工船只作业会增加附近海域的通航密度，对所在海域通航环境和渔业生产活动造成一定影响。因此，界定本项目协调责任部门为阳江海事局、阳江航道事务中心、阳江市农业农村局。详见表 5.4-1。

表 5.4-1　协调责任部门界定一览表

序号	用海活动	协调责任部门	可能影响因素	协调内容
1	通航环境	阳江海事局、阳江航道事务中心	送出海缆穿越航路航道、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	阳江市农业农村局	悬浮泥沙扩散、占用生境、捕捞空间	协调建设单位进行生态保护修复

5.5 相关利益协调分析

5.5.1 与 XXXX 公司、XXXX 公司的协调分析

******项目业主单位为******公司，******项目和******项目业主单位为******公司。目前******项目均未开始施工，因此，本项目与上述项目存在同时施工的可能，本项目与上述项目共用同一处登陆点，登陆段海缆相距较近，若同期施工建设，施工船只频繁出入，必将会加大附近的通航密度，因此建议本项目建设单位积极与******公司、******公司和海事主管部门沟通，合理安排施工计划，做好施工安全通告及安全保障工作，在此基础上，本项目与******公司和******公司是可协调的。

5.5.2 与 XXXX 公司、XXXX 公司的协调分析

本项目北段海底电缆与******公司和******公司所属的海上风电项目较近，项目施工时将投入较多施工船只，为避免施工船舶施工对附近海上风电项目的海底电缆造成破坏，建议本项目建设单位和******公司、******公司充分沟通，提前摸清周边已建海底电缆的走向等实际情况，采用合适的施工方式，合理安排施工区域和时间，防止船舶过于密集，严格控制施工船舶的活动范围，确保项目施

工不影响周边已建海底电缆。在此基础上，本项目与******公司、******公司是可协调的。

5.5.3 与 XXXX 公司、XXXX 公司、XXXX 公司的协调分析

本项目施工期间可能与三山岛一~四海上风电项目同期施工建设，施工船只频繁出入，必将会加大附近的通航密度，造成一定的通航安全风险。因此建议本项目建设单位和******公司、******公司、******公司进行充分沟通，在施工期间及时协调，合理安排施工区域和时间，防止船舶过于密集，严格控制施工船舶的活动范围，以确保双方项目施工安全和顺利推进。

本项目为阳江三山岛海上风电柔直输电工程（海上工程），项目建成后将三山岛一~四海上风电项目风电机组产生的电能输送至陆域，因此本项目是上述四个风电项目与陆上集控中心之间的纽带工程，具有较好可协调性。

5.5.4 与海水养殖项目业主的协调分析

本项目施工悬浮泥沙对周边养殖活动产生一定影响，受影响的养殖活动主要为登陆段北侧零散竹筏和网箱养殖户、******。所影响的养殖活动均位于海缆登陆段，因此，本项目海缆登陆段施工前应在所属镇人民政府（大沟镇人民政府）的组织下，与上述受影响的养殖业主开展用海协调，解决项目用海对其可能产生的影响，同时，施工前应与各养殖业主提前沟通，告知施工时间和计划，施工时尽可能降低施工强度，做好悬浮物扩散防护措施，尽量使施工影响将至最低，随着海缆施工的结束，悬浮泥沙浓度会在数小时内迅速衰减至背景浓度值，对于在本项目施工期间确受影响的养殖活动，建议建设单位在当地管理部门的协调下做好相关补偿措施，以降低项目施工对养殖活动的影响。在此基础上，本项目与受影响的养殖活动业主是可协调的。

5.5.5 与当地航道、海事主管部门的协调分析

项目海底电缆的建设过程中，将会有较多的施工船舶参与，工程海域的船舶流量会有所增加，特别是海底电缆敷设期间，对周边航道航路、锚地的船舶影响较大，项目的建设也改变了原有的海域条件，可能使得一些中小型船舶习惯航线发生改变，因此，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，施工前应与阳江航道管理部门进行充分沟通协调，做好船舶的进出安排，确保船舶的通航安全。业主经检查发现存在影响附近海域通航安全的情况，应及时通知海事主管部门，申请发布相应的航行警告；发现存在安全隐患时及时处理，并向海事主管机关报告；工程建成后应将项目位置海域范围具体位置等报请海事局等部门及时更新航海图书资料，发布相应《航海通告》。在此基础上，本项目与航道、海事主管部门是可协调的。

5.5.6 与阳江市农业农村局的协调分析

项目施工期产生的悬浮泥沙、桩基和海缆占用海洋生物生境等，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。因此，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，建设单位应与阳江市农业农村局充分沟通协调，明确增殖放流实施计划，在农业农村局的协调下有序开展。

公示稿

表 5.5-1　利益协调情况一览表

（内容不公开）

5.6 项目用海与国防安全和国家海洋权益的协调性分析

5.6.1 与国防安全和军事活动的协调性分析

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

5.6.2 对国家海洋权益的影响分析

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

6 国土空间规划符合性分析

本节更新了项目用海与《广东省海岸带及海洋空间规划（2021－2035 年）》的符合性分析，其他内容与原论证报告一致。

6.1 所在海域国土空间规划分区基本情况

6.1.1 《全国国土规划纲要（2016-2030 年）》

2017 年 1 月 3 日，国务院关于印发《全国国土规划纲要（2016-2030 年）》（以下称“纲要”）的通知。纲要的基本原则指出：坚持陆域开发与海域利用相统筹。在促进陆域国土纵深开发的同时，充分发挥海洋国土作为经济空间、战略通道、资源基地、安全屏障的重要作用，扩大内陆地区分享海洋经济发展效益的范围，加强陆地与海洋在发展定位、产业布局、资源开发、环境保护和防灾减灾等方面的协同共治，**构建良性互动的陆海统筹开发格局，提高海洋资源开发能力，加快建设海洋强国**。

同时，纲要提出了“海洋开发保护水平显著提高，建设海洋强国目标基本实现。到 2020 年，海洋经济发展空间不断拓展，海洋产业布局更为合理，对沿海地区经济的辐射带动能力进一步增强，海洋生产总值占国内生产总值比例达到 9.5%；到 2030 年，海洋开发、控制、综合管理能力全面提升，海洋经济不断壮大，海洋生态环境质量持续改善，海上突发事件应急处置能力显著增强，国家海洋权益得到切实维护，海洋生产总值占国内生产总值比例力争达到 14%。”的主要目标。

在产业布局中，纲要提出了“以发展海洋经济和推进沿海沿边开发开放为依托促进国土全方位开放……**统筹推进海岸带和海岛开发建设、近海与远海开发利用，增强海洋开发能力，优化海洋产业结构，提高海洋经济增长对国民经济的支撑水平**。”；“重点建设煤炭和电力基地……**加快推进海上风电规模化发展**。”；“发挥重点地区的引领带动作用……**加强陆海统筹，着力培育一批新的海洋经济增长极，推动形成我国北部、东部、南部三个海洋经济圈**。”；“提高能源开发利用水平。在保护生态的前提下，有序稳妥开发水电，安全发展核电，**高效发展风电**，扩大利用太阳能，有序开发生物质能。**实施新能源集成利用示范工程**，因

地制宜推进新型太阳能光伏和光热发电、生物质气化、生物燃料、**海洋能等可再生能源发展，大幅提高非化石能源占能源消费总量的比例**。”。

对于海洋生态管控及保护要求，纲要提出要“构建陆海国土生态安全格局。统筹海洋生态保护与开发利用，构建以海岸带、海岛链和各类保护区为支撑的“一带一链多点”海洋生态安全格局。”且要“构建海洋生态安全格局。**统筹海洋生态保护与开发利用**，逐步建立类型全面、布局合理、功能完善的保护区体系，**严格限制保护区内干扰保护对象的用海活动，**恢复和改善海洋生态环境，强化以沿海红树林、珊瑚礁、海草床、湿地等为主体的沿海生态带建设，保护海洋生物多样性。依法禁止在重点海湾等区域实施围填海作业。**严格控制开发利用海岸线，加强自然岸线保护**，到 2030 年自然岸线保有率不低于 35%。”

提高能源开发利用水平。在保护生态的前提下，有序稳妥开发水电，安全发展核电，高效发展风电，扩大利用太阳能，有序开发生物质能。实施新能源集成利用示范工程，因地制宜推进新型太阳能光伏和光热发电、生物质气化、生物燃料、海洋能等可再生能源发展，大幅提高非化石能源占能源消费总量的比例。

阳江市作为广东海洋经济综合实验区先行区，为广东海洋经济发展提供有效的探索。此外，根据《广东海洋经济综合试验区发展规划》，本项目位于广东海洋经济综合实验区先行区。

6.1.2 《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》

《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》（以下称“规划”）于 2023 年 8 月 18 日取得国务院批复。规划以“陆海统筹。立足陆海兼备、自然条件多样的地理格局和资源禀赋，统筹陆海资源配置、产业布局和生态保护，加强海岸带综合管理，强化港产城整体布局，打造一批海洋经济高质量发展示范区，建设世界一流强港，着力推动国土开发向纵深发展，拓展蓝色发展空间，实现从海洋大省向海洋强省转变。”作为空间开发保护基本策略。

对于项目实施地阳江市，在规划提出“构建“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”给阳江市赋予了战略支点的功能。”

从海洋开发利用及能源保障角度角度，规划对海上风电及其送出工程提出了具体要求：通过“优化近岸海域利用布局。完善围填海总量管控，除国家重大项

目外，全面禁止围填海。合理保障产业用海需求，**统筹设置海底管廊登陆点，提高近海空间利用效率。”** ；“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。”**；“实施海域分区管理。坚持生态用海、集约用海，陆海协同划定海洋“两空间内部一红线”。……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 公里以上或水深 30 米以上的开发条件限制。统筹海底油气管道、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。**

专栏 7-1：海洋开发利用空间重点布局引导
2.工矿通信用海 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。
专栏 9-3：能源保障重点工程
电厂及配套工程 推动惠州、陆丰、廉江、岭澳、台山核电项目及配套送出线路工程建设，**加快**湛江、**阳江、**江门、珠海、惠州、汕尾、汕头、揭阳、潮州等市**海上风电场开发及配套送出线路工程建设，建设粤东和粤西千万千瓦级海上风电基地。** 加快陆丰甲湖湾电厂 3、4 号……推进藏东南至粤港澳大湾区直流工程及配套受端深圳、广州、东莞、佛山落点交流配套输变电工程。

同时，规划在推进海洋资源节约高效利用的要求下，提出了**“积极探索海域立体分层设权，加快完善海域使用权权能，结合跨海桥梁、海上风电、海底管**

道、海洋油气资源、核电取排水口等差异化用海需求细化立体分层用海规划设计，推进海域资源多功能立体化利用。”的要求。

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。

根据海洋空间功能布局，本项目海底电缆涉及海洋生态保护红线、海洋生态保护空间和海洋开发利用空间，海上换流平台及辅助平台位于海洋开发利用空间。

（内容不公开）

图 6.1.2-1　广东省海洋空间功能布局图

（引自《广东省国土空间规划（2020-2035 年）》）

6.1.3 《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》

《广东省国土空间生态修复规划（2021—2035 年）》（以下简称《规划》）于 2023 年 5 月 10 日正式印发。根据《规划》，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，项目不在生态保护和修复单元（阳江湾典型海湾生态系统保护修复）内。

（内容不公开）

图 6.1.3-1　广东省重要生态系统生态保护和修复布局图

6.1.4 《广东省海岸带及海洋空间规划（2021－2035 年）》

《广东省海岸带及海洋空间规划（2021—2035 年）》（以下简称（海岸带规划）提出，全面保障各类海洋产业发展空间，打造千亿级以上海洋产业集群；统筹岸线、近海、深远海开发利用，推进海洋经济高质量发展示范区建设。优化近海空间使用布局，提高近海空间使用率，全力做好重大项目用海保障，扩展远海空间开发利用潜能。优化管廊空间布局，统筹划定登陆点与海底管廊集中建设，鼓励、引导新增项目优先选用现有登陆点，新增登陆点应符合海岸线保护利用要求。新增海底管廊应优先选用已建管廊外侧平行空间集中铺设，技术可行且符合维护要求情况下，尽量减少管廊之间的布局间隔，提升海域空间使用效率。

在海域空间上，《海岸带规划》承接《广东省国土空间规划（2021—2035 年）》空间布局和沿海县主体功能定位，依据海岸带资源禀赋、生态功能、环境现状和经济社会发展需求，细化海洋生态保护区、海洋生态控制区和海洋发展区，明确海洋功能区管理要求，作为用途管控依据。

根据《海岸带规划》，本项目送出海缆涉及工矿通信用海区、渔业用海区、生态保护区、生态控制区。穿越的工矿通信用海区分别为东平西部工矿通信用海区、南鹏岛工矿通信用海区、阳江-江门近海工矿通信用海区；渔业用海区为寿长河口渔业用海区、茂名至阳江近岸渔业用海区、阳江-茂名近海渔业用海区；生态保护区为海头湾海岸防护物理防护极重要区生态保护区、东平镇南珍稀濒危

物种分布I区生态保护区；生态控制区为东平生态控制区、海陵岛南部生态控制区。海上换流站及辅助平台涉及工矿通信用海区，名称为阳江-江门近海工矿通信用海区。

《海岸带规划》中明确**渔业用海区**允许渔业基础设施建设、养殖和捕捞生产等渔业利用，可兼容不影响渔业用海区基本功能的用海类型，鼓励开放式养殖、捕捞生产等空间的立体利用。除渔业基础设施和海岸防护工程外，严格限制改变海域自然属性。**工矿通信用海区**允许盐业、固体矿产开采、油气开采、船舶工业、电力工业、海水综合利用等工业用海，电缆管道、海底隧道、海底场馆等海底工程用海。在开发利用前可兼容开放式养殖、浴场、游乐场用海；在开发利用后，有条件兼容人工鱼礁、开放式养殖用海、游乐场用海、路桥和航道用海。**生态保护区**内生态保护红线区域严格执行国家和地方关于生态保护红线管理的相关要求。生态保护区内其他区域强化生态保育和生态建设，可开展生态保护红线允许的用海活动以及开发利用后生态功能可自然恢复的必要用海活动。生态控制区内可开展生态保护红线允许的用海活动以及开发利用后生态功能可自然恢复的必要用海活动。

此外，在海岸线精细化管控方面，《海岸带规划》将海岸线分为严格保护岸线、限制开发岸线和优化利用岸线三类。本项目登陆点位于限制开发岸线。限制开发岸线严格控制改变海岸自然形态和影响海岸生态功能的开发利用活动，严控城镇开发、产业发展、基础设施建设等占用岸线，预留未来发展空间。因地制宜，提高岸线利用效率，节约集约利用海岸线。

表 6.1.4-1　本项目涉及的海洋功能分区一览表

项目	涉及的海洋功能分区	名称	管控要求	
±500kV 直流海底电缆	工矿通信用海区	东平西部工矿通信用海区	空间准入	1.允许海底电缆管道用海； 2.可兼容人工鱼礁、开放式养殖等增养殖用海，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。
			利用方式	1.严格限制改变海域自然属性； 2.禁止水下爆破等危害海底电缆管道安全的活动。
			保护要求	1.切实保护严格保护岸线； 2.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； 3.保护砂质海岸及其生境。
			其他要求	防范风暴潮灾害风险。
		南鹏岛工矿通信用海区	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； 3.探索推进海域立体分层设权，海上风电、增养殖、海底电缆管道等用海空间可立体利用； 4.保障阳江南鹏岛海域中广核国家级海洋牧场示范区项目的用海需求； 5.保障考古调查发掘、文物保护活动的用海需求。
			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。
			保护要求	1.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； 2.“南海 I 号”水下文物保护区监控水域依法实施建设项目准入限制，

项目	涉及的海洋功能分区	名称	管控要求	
				保护文物的安全、环境和历史风貌。
			其他要求	重点防范海浪灾害风险，加强海上风电等海上作业防范。
		阳江-江门近海工矿通信用海区	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； 3. 探索推进海域立体分层设权，海上风电、增养殖、海底电缆管道等用海空间可立体利用。
			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。
			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。
			其他要求	重点防范海浪灾害风险，加强海上交通、海上风电等海上作业规范。
	渔业用海区	寿长河口渔业用海区	空间准入	1.允许增养殖用海； 2.可兼容海底电缆管道、海洋保护修复及海岸防护工程等用海。
			利用方式	1.严格限制改变海域自然属性； 2.增养殖活动不得妨碍海底电缆管道的安全；严格控制河口海域的围海养殖，维护河口防洪纳潮功能。
			保护要求	1.积极防治海水污染，禁止在渔业用海区内进行有碍渔业生产或污染水域环境的活动；鼓励推广发展生态养殖模式，合理规划养殖规模、密度和结构，保障渔业资源可持续发展； 2.切实保护严格保护岸线； 3.严格保护岸线所在的潮间带区域，以保护修复目标为主，保障潮间带自然特征不改变、面积不减少、生态功能不降低； 4.保护基岩岸滩、砂质海岸及其生境。

项目	涉及的海洋功能分区	名称	管控要求	
			其他要求	防范风暴潮灾害风险。
		茂名至阳江近岸渔业用海区	空间准入	1.允许增养殖、捕捞等用海； 2.可兼容海底电缆管道、航运、科研教育等用海； 3.探索推进海域立体分层设权，增养殖、捕捞、海底电缆管道、航运等用海空间可立体利用； 4.保障考古调查发掘、文物保护活动的用海需求。
			利用方式	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。
			保护要求	1.积极防治海水污染，禁止在渔业用海区内进行有碍渔业生产或污染水域环境的活动，鼓励推广发展生态养殖模式，合理规划养殖规模、密度和结构，保障渔业资源可持续发展； 2.切实保护严格保护岸线； 3.严格保护岸线所在的潮间带区域，以保护修复目标为主，保障潮间带自然特征不改变、面积不减少、生态功能不降低； 4.保护和合理利用无居民海岛资源； 5.“南海 I 号”水下文物保护区监控水域依法实施建设项目准入限制，保护文物的安全、环境和历史风貌； 6.保护红树林、砂质海岸、淤泥质岸滩及其生境。
			其他要求	加强海啸灾害防范。
		阳江-茂名近海渔业用海区	空间准入	1.允许增养殖、捕捞用海； 2.可兼容航运、海底电缆管道等用海。
			利用方式	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。

项目	涉及的海洋功能分区	名称	管控要求	
			保护要求	积极防治海水污染，禁止在渔业用海区内进行有碍渔业生产或污染水域环境的活动；鼓励推广发展生态养殖模式，合理规划养殖规模、密度和结构，保障渔业资源可持续发展。
			其他要求	重点防范海浪灾害风险，加强海上捕捞等海上作业防范。
	生态保护区	海头湾海岸防护物理防护极重要区生态保护区	空间准入	1.生态保护红线内的区域禁止开发性、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，开展管护巡护、调查监测、防灾减灾救灾活动、生态修复等有限人为活动； 2.生态保护红线外的区域强化生态保育和生态建设，可开展生态保护红线允许的用海活动以及开发利用后生态功能可自然恢复的必要用海活动； 3.在符合生态保护红线管控的前提下，可兼容海底电缆管道用海。
			利用方式	禁止改变海域自然属性。
			保护要求	1.防止海岸侵蚀； 2.切实保护严格保护岸线； 3.保护潮间带； 4.保护和合理利用无居民海岛资源。
			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。
		东平镇南珍稀濒危物种分布I区生态保护区	空间准入	1.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，开展适度的生态旅游、科普宣教，经依法批准的考古调查发掘、古生物化石调查发掘、标本采集和文物保护活动，生态修复等有限人为活动； 2.在符合生态保护红线管控的前提下，可兼容海底电缆管道用海。

项目	涉及的海洋功能分区	名称	管控要求	
			利用方式	严格限制改变海域自然属性。
			保护要求	1.重点保护珍稀濒危物种及其生境； 2.“南海 I 号”水下文物保护区监控水域依法实施建设项目准入限制，保护文物的安全、环境和历史风貌。
			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。
	生态控制区	东平生态控制区	空间准入	1.实行科学合理保护与适度开发相结合的原则，可开展生态保护红线允许的用海活动，允许生态养殖用海，以及开发利用后生态功能可自然恢复的必要用海活动； 2.可兼容海底电缆管道用海。
			利用方式	严格限制改变海域自然属性。
			保护要求	1.强化生态保育和生态建设，提升海洋生态系统质量和稳定性； 2.提升近岸生态景观品质； 3.切实保护严格保护岸线； 4.保护潮间带； 5.保护和合理利用无居民海岛资源。
			其他要求	/
		海陵岛南部生态控制区	空间准入	1.实行科学合理保护与适度开发相结合的原则，可开展生态保护红线允许的用海活动，允许生态养殖用海，以及开发利用后生态功能可自然恢复的必要用海活动； 2.可兼容海底电缆管道用海。
			利用方式	严格限制改变海域自然属性。
			保护要求	1.强化生态保育和生态建设，提升海洋生态系统质量和稳定性；

项目	涉及的海洋功能分区	名称	管控要求	
				2.保护潮间带。
			其他要求	/
海上换流站和辅助平台	工矿通信用海区	阳江-江门近海工矿通信用海区	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； 3. 探索推进海域立体分层设权，海上风电、增养殖、海底电缆管道等用海空间可立体利用。
			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。
			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。
			其他要求	重点防范海浪灾害风险，加强海上交通、海上风电等海上作业规范。

（内容不公开）

图 6.1.4-1　广东省海岸带综合保护与利用总体规划图

（内容不公开）

图 6.1.4-2　项目海缆登陆点所处岸线类型示意图

6.1.5 《阳江市国土空间总体规划(2020-2035 年）》

根据《阳江市国土空间总体规划（2021-2035 年）》的总体定位：将阳江市发展成为沿海经济带的重要战略支点，宜居宜业宜游的现代化滨海城市。

发展目标：落实二十大社会主义现代化“两步走”和广东省“四个走在全国前列”总体目标以“十四五”为开端设定分阶段城市发展目标。2025 年经济建设、政治建设、文化建设、社会建设、生态文明建设均取得重大进展，如期全面建成小康社会，初步形成阳江与珠中江协同发展、与大湾区核心城市紧密联系的新局面。2035 年基本实现社会主义现代化深度融入粤港澳大湾区建设全体阳江人民生活水平大幅提升、物质文明和精神文明较为富足、人与自然和谐共生，建成沿海经济带的重要战略支点和宜居宜业宜游的现代化滨海城市。2050 年形成更高质量的现代化经济体系，生态环境更加优美，社会更加和谐，人民生活更加安康幸福，城市治理体系和治理能力实现现代化，建设成为富强民主文明和谐美丽的社会主义现代化城市。

构建兼顾保护与发展的陆海统筹格局。①生态保护区-具有特殊重要生态功能或生态敏感脆弱、必须强制性严格保护。②交通运输用海区-用于港口建设、路桥建设、航运等功能。③渔业用海区-渔业基础设施建设、养殖和捕捞生产等渔业利用。④特殊用海区-污水达标排放、倾倒、军事、科研等特殊利用。④生态控制区-保留原貌、强化生态保育和生态建设、限制开发建设。⑤工矿通信用海区-临海工业利用、矿产能源开发和海底工程建设。⑥游憩用海区-开发利用旅游资源为主要功能导向。

海陆统筹分区图见图 6.1.4-1。本项目海底电缆涉及生态保护区、生态控制区、渔业用海区、工矿通信用海区，海上换流平台及辅助平台位于工矿通信用海区。

（内容不公开）

图 6.1.4-1　阳江市域国土空间规划叠加示意图

6.2 对海域国土空间规划分区的影响分析

6.2.1 对《全国国土规划纲要（2016-2030 年）》的影响分析

阳江市作为广东海洋经济综合实验区先行区，为广东海洋经济发展提供有效的探索。同时，对大力推进阳江市现代渔业，临港工业、滨海能源、滨海旅游、海洋文化、海洋环境保护和海洋科技产业的提升也十分关键。在构建现代海洋产业体系中提出“大力发展现代深蓝渔业、加快发展滨海旅游业与文化产业、升级发展海洋交通运输业和培养发展新兴战略产业”。

本工程属于海洋能开发利用项目，大力推进滨海能源产业发展，能同时为阳江滨海渔业、临海工业、滨海旅游业提供环保电力资源，有力保证其他产业的蓬勃发展。

6.2.2 对《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》的影响分析

根据海洋空间功能布局，本项目本项目海底电缆涉及海洋生态保护红线、海洋生态保护空间和海洋开发利用空间，海上换流平台及海上辅助平台位于海洋开发利用空间。根据第 4 章资源生态影响分析，本项目施工产生的悬浮泥沙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。施工期及运营期生活污水、含油污水及固体废弃物均统一收集处理，不排海。营运期项目海底电缆埋于底土以下，所产生的电磁和噪声对海洋生态影响很小，海上换流平台产生的油污水通过收集后随运维船只上岸处理，生活污水依托辅助平台污水处理设施处理达标后排海，基本不会对海洋环境产生明显不利影响。

本项目为海上风电集中送出工程，项目建成后能够高效、安全地将风电场产生的电能输送到陆上，不仅有利于广东能源安全稳定供应和环境保护，且有利于促进风电装备及相关产业链的形成和发展，有利于调整省内能源结构，实现经济社会的可持续发展，为广东打造风电产业基地创造良好条件，符合新能源重要产业集群的规划分区要求。

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

本项目不在生态保护和修复单元内，距离周边的生态保护和修复单元较远。本项目建设主要为施工产生的悬浮物扩散会对周边海域水质产生一定影响，但这一影响是暂时的，可逆的，随着施工的结束，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系统保护修复单元产生影响。因此，本项目建设内容与规划内容不冲突。

6.2.4 对《广东省海岸带及海洋空间规划（2021－2035 年）》的影响分析

根据 6.1.4 节分析，本项目海上换流站及辅助平台位于工矿通信用海区。该功能分区允许电力工业准入，换流站平台和辅助平台均配备污水和生活垃圾处理设备，其产生的污染物均能妥善处置，其用海符合工矿通信用海区的管控要求。

本项目海缆登陆点位于限制开发岸线，海缆登陆段采用定向钻非开挖施工工艺进行施工，海缆从底土穿越岸线，不改变岸线自然形态，不影响岸线生态功能，项目海缆与邻近项目送出海缆统筹登陆，不仅提高岸线利用效率，节约集约利用岸线，而且为未来项目预留登陆空间，符合限制开发岸线的管控要求。

本项目海缆施工不可避免对所在的工矿通信用海区、渔业用海区、生态保护区、生态控制区产生悬浮泥沙影响。根据数模预测结果，本项目产生的悬浮泥沙扩散的影响范围基本局限于底层，对中层和表层的影响甚小，底层增量浓度大于 10mg/L 的最大影响面积为 208.48km^2，最大影响范围仅限于工程区及其周边 2.5km 海域内。但施工悬浮泥沙的影响是暂时的，可逆的，随着海缆敷设施工的停止，悬浮泥沙浓度会在数小时内降至本底值，施工船舶所产生的油污水收集后统一上岸处置，不外排入海，不会污染水域环境。项目施工期间将对施工区段海域的通航环境造成一定影响，但海缆敷设为移动式施工，其影响是短暂的，不影响渔业用海区基本功能。海缆敷设完毕后埋在底土中，在海流的作用下自然回淤，随着新生物种群的迁入，其所在的海域生态功能可自然恢复，符合生态控制区的空间准入要求。

根据路由比选结果，本项目海缆不可避免穿越生态保护区和生态控制区，其分别为海头湾海岸防护物理防护极重要区生态保护区、东平镇南珍稀濒危物种分布Ⅰ区生态保护区、东平生态控制区、海陵岛南部生态控制区。经前文分析，本项目施工对所在的生态保护区和生态控制区的影响有限且为暂时的可恢复的，不会对生态保护红线内的保护对象和生态功能造成永久破坏。本项目±500kV 直流海底电缆属于线性基础设施建设工程，项目已纳入阳江市国土空间规划，属于《自然资源部 生态环境部 国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》中允许有限人为活动的第 6 种情形，即“必须且无法避让、符合县级以上国土空间规划的线性基础设施、通讯和防洪、供水设施建设和船舶航行、航道疏浚清淤等活动；.....”的情形。因此本项目符合生态保护区和生态控制区的管控要求。

根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021－2035 年）》功能区登记表，本项目海上换流站和辅助平台位于阳江-江门近海工矿通信用海区，±500kV 直流海底电缆穿越东平西部工矿通信用海区、南鹏岛工矿通信用海区、阳江-江门近海工矿通信用海区、寿长河口渔业用海区、茂名至阳江近岸渔业用海区、阳江-茂名近海渔业用海区、海头湾海岸防护物理防护极重要区生态保护区、东平镇南珍稀濒危物种分布Ⅰ区生态保护区、东平生态控制区、海陵岛南部生态控制区。本项目与各功能分区的符合性分析见表 6.2.4-1。

综上，项目用海符合《广东省海岸带及海洋空间规划（2021－2035 年）》的管控要求。

（内容不公开）

图 6.2.4-1 本项目 10mg/L 悬浮泥沙增量包络线和海洋功能分区叠置图

表 6.1.4-1　各海洋功能分区管控要求符合性分析一览表

项目	海洋功能分区	名称	管控要求		符合性分析	是否符合
±500kV直流海底电缆	工矿通信用海区	东平西部工矿通信用海区	空间准入	1.允许海底电缆管道用海； 2.可兼容人工鱼礁、开放式养殖等增养殖用海，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。	1.本项目海底电缆用海方式为海底电缆管道； 2.本项目±500kV直流海底电缆采用立体分层设权，可兼容人工鱼礁、开放式养殖等增养殖用海，海洋保护修复及海岸防护工程等用海。	符合
			利用方式	1.严格限制改变海域自然属性； 2.禁止水下爆破等危害海底电缆管道安全的活动。	1.本项目海缆埋设在底土中，不会改变海域自然属性； 2.项目不涉及水下爆破活动。	符合
			保护要求	1.切实保护严格保护岸线； 2.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； 3.保护砂质海岸及其生境。	1.项目海缆登陆段采用定向钻非开挖方式进行施工，不改变岸线自然形态，不影响岸线生态功能； 2.海缆建设后可确保潮间带自然特征不改变、面积不减少、生态功能不降低； 3.定向钻施工不影响砂质海岸及其生境。	符合
			其他要求	防范风暴潮灾害风险。	建设单位落实灾害防范措施。	符合
		南鹏岛工矿通信用海区	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； 3.探索推进海域立体分层设权，海上风电、增养殖、海底电缆管道等用海空间可立体利用； 4.保障阳江南鹏岛海域中广核国家级海洋牧场示范区项目的用海需求； 5.保障考古调查发掘、文物保护活动的用海需求。	1.本项目海底电缆用海方式为海底电缆管道； 2.本项目±500kV直流海底电缆采用立体分层设权，可兼容人工鱼礁、开放式养殖等增养殖用海； 3.本项目±500kV直流海底电缆采用立体分层设权； 4.本项目海底电缆用海可保障阳江南鹏岛海域中广核国家级海洋牧场示范区项目的用海需求； 5.本项目海底电缆用海可保障考古调查发掘、文	符合

项目	海洋功能分区	名称	管控要求		符合性分析	是否符合
					物保护活动的用海需求。	
			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。	1.海底电缆管道用海不改变海域自然属性； 2.本项目海缆敷设施工前向海事局报备，并提前对海底电缆管道分布做好勘探，不妨碍海上交通及海底电缆管道的安全。	符合
			保护要求	1.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； 2.“南海 I 号”水下文物保护区监控水域依法实施建设项目准入限制，保护文物的安全、环境和历史风貌。	1.本项目已制定地形地貌与冲淤监测计划； 2.本项目海缆不涉及“南海 I 号”水下文物保护区。	符合
			其他要求	重点防范海浪灾害风险，加强海上风电等海上作业防范。	建设单位落实灾害风险防范措施，加强海上作业防范。	符合
		阳江-江门近海工矿通信用海区	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； 3. 探索推进海域立体分层设权，海上风电、增养殖、海底电缆管道等用海空间可立体利用。	1.本项目海底电缆用海方式为海底电缆管道； 2.本项目±500kV 直流海底电缆采用立体分层设权，可兼容人工鱼礁、开放式养殖等增养殖用海； 3.本项目海底电缆用海采用立体分层设权。	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。	1.海底电缆管道用海不改变海域自然属性； 2.本项目海缆敷设施工前向海事局报备，并提前对海底电缆管道分布做好勘探，不妨碍海上交通及海底电缆管道的安全。	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。	本项目已制定地形地貌与冲淤监测计划。	符合
			其他要求	重点防范海浪灾害风险，加强海上交通、海上风电	建设单位落实灾害风险防范措施，加强海上作业	符合

项目	海洋功能分区	名称	管控要求		符合性分析	是否符合
				等海上作业规范。	防范。	
	渔业用海区	寿长河口渔业用海区	空间准入	1.允许增养殖用海； 2.可兼容海底电缆管道、海洋保护修复及海岸防护工程等用海。	本项目海底电缆用海方式为海底电缆管道，可兼容本项目用海。	符合
			利用方式	1.严格限制改变海域自然属性； 2.增养殖活动不得妨碍海底电缆管道的安全；严格控制河口海域的围海养殖，维护河口防洪纳潮功能。	1.海底电缆管道用海不改变海域自然属性； 2.本项目不涉及养殖，海底电缆可维护河口防洪纳潮功能。	符合
			保护要求	1.积极防治海水污染，禁止在渔业用海区内进行有碍渔业生产或污染水域环境的活动；鼓励推广发展生态养殖模式，合理规划养殖规模、密度和结构，保障渔业资源可持续发展； 2.切实保护严格保护岸线； 3.严格保护岸线所在的潮间带区域，以保护修复目标为主，保障潮间带自然特征不改变、面积不减少、生态功能不降低； 4.保护基岩岸滩、砂质海岸及其生境。	1.本项目海缆施工过程会产生悬浮泥沙，但影响过程短，悬浮泥沙浓度在数小时后即可恢复本底值，对渔业生产活动影响不大。 2.项目海缆登陆段采用定向钻非开挖方式进行施工，不改变岸线自然形态，不影响岸线生态功能； 3.海缆建设后可确保潮间带自然特征不改变、面积不减少、生态功能不降低； 4.定向钻施工不影响砂质海岸及其生境。	符合
			其他要求	防范风暴潮灾害风险。	建设单位落实灾害风险防范措施。	符合
		茂名至阳江近岸渔业用海区	空间准入	1.允许增养殖、捕捞等用海； 2.可兼容海底电缆管道、航运、科研教育等用海； 3.探索推进海域立体分层设权，增养殖、捕捞、海底电缆管道、航运等用海空间可立体利用； 4.保障考古调查发掘、文物保护活动的用海需求。	1.项目不涉及增养殖、捕捞等活动； 2.本项目海缆用海方式为海底电缆管道，可兼容本项目用海； 3.本项目海缆采用立体分层设权； 4.本项目海缆采用立体分层设权，可保障考古调	符合

项目	海洋功能分区	名称	管控要求		符合性分析	是否符合
					查发掘、文物保护活动的用海需求。	
			利用方式	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。	1.本项目海底电缆管道用海不改变海域自然属性； 2.本项目不涉及增养殖活动； 3.本项目不涉及增养殖活动，海底电缆管道用海可维护河口防洪纳潮功能。	符合
			保护要求	1.积极防治海水污染，禁止在渔业用海区内进行有碍渔业生产或污染水域环境的活动，鼓励推广发展生态养殖模式，合理规划养殖规模、密度和结构，保障渔业资源可持续发展； 2.切实保护严格保护岸线； 3.严格保护岸线所在的潮间带区域，以保护修复目标为主，保障潮间带自然特征不改变、面积不减少、生态功能不降低； 4.保护和合理利用无居民海岛资源； 5.“南海 I 号”水下文物保护区监控水域依法实施建设项目准入限制，保护文物的安全、环境和历史风貌； 6.保护红树林、砂质海岸、淤泥质岸滩及其生境。	1.本项目海缆施工过程会产生悬浮泥沙，但影响过程短，悬浮泥沙浓度在数小时后即可恢复本底值，对渔业生产活动影响不大。 2.项目海缆登陆段采用定向钻非开挖方式进行施工，不改变岸线自然形态，不影响岸线生态功能； 3.海缆建设后可确保潮间带自然特征不改变、面积不减少、生态功能不降低； 4.本项目不涉及无居民海岛； 5.本项目海缆不涉及“南海 I 号”水下文物保护区； 6.本项目不影响红树林、砂质海岸、淤泥质岸滩及其生境。	符合
			其他要求	加强海啸灾害防范。	建设单位落实灾害风险防范措施。	符合
		阳江-茂名近海渔业用海区	空间准入	1.允许增养殖、捕捞用海； 2.可兼容航运、海底电缆管道等用海。	本项目海底电缆用海方式为海底电缆管道，可兼容本项目用海。	符合
			利用方式	1.严格限制改变海域自然属性；	1.本项目海底电缆管道用海不改变海域自然属	符合

项目	海洋功能分区	名称	管控要求		符合性分析	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。	性； 2.本项目不涉及增养殖活动。	
			保护要求	积极防治海水污染，禁止在渔业用海区内进行有碍渔业生产或污染水域环境的活动；鼓励推广发展生态养殖模式，合理规划养殖规模、密度和结构，保障渔业资源可持续发展。	本项目海缆施工过程会产生悬浮泥沙，但影响过程短，悬浮泥沙浓度在数小时后即可恢复本底值，对渔业生产活动影响不大，可保障渔业资源可持续发展。	符合
			其他要求	重点防范海浪灾害风险，加强海上捕捞等海上作业防范。	建设单位落实灾害风险防范措施。	符合
	生态保护区	海头湾海岸防护物理防护极重要区生态保护区	空间准入	1.生态保护红线内的区域禁止开发性、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，开展管护巡护、调查监测、防灾减灾救灾活动、生态修复等有限人为活动； 2.生态保护红线外的区域强化生态保育和生态建设，可开展生态保护红线允许的用海活动以及开发利用后生态功能可自然恢复的必要用海活动； 3.在符合生态保护红线管控的前提下，可兼容海底电缆管道用海。	本项目海缆用海方式为海底电缆管道，海缆属于线性基础设施建设工程，项目已纳入阳江市国土空间规划，属于“必须且无法避让、符合县级以上国土空间规划的线性基础设施、通讯和防洪、供水设施建设和船舶航行、航道疏浚清淤等活动；.....”的允许有限人为活动情形。	符合
			利用方式	禁止改变海域自然属性。	本项目海底电缆管道用海不改变海域自然属性。	符合
			保护要求	1.防止海岸侵蚀； 2.切实保护严格保护岸线； 3.保护潮间带； 4.保护和合理利用无居民海岛资源。	本项目海缆登陆段采用定向钻非开挖施工工艺施工，海缆从底土穿越岸线，不影响岸线自然形态和生态功能，项目不涉及无居民海岛。	符合

项目	海洋功能分区	名称	管控要求		符合性分析	是否符合
			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。	本项目已制定生态环境影响防范和保护措施。	符合
		东平镇南珍稀濒危物种分布I区生态保护区	空间准入	1.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，开展适度的生态旅游、科普宣教，经依法批准的考古调查发掘、古生物化石调查发掘、标本采集和文物保护活动，生态修复等有限人为活动； 2.在符合生态保护红线管控的前提下，可兼容海底电缆管道用海。	本项目海缆用海方式为海底电缆管道，符合生态保护红线管控要求。	符合
			利用方式	严格限制改变海域自然属性。	本项目海底电缆管道用海不改变海域自然属性。	符合
			保护要求	1.重点保护珍稀濒危物种及其生境； 2.“南海I号”水下文物保护区监控水域依法实施建设项目准入限制，保护文物的安全、环境和历史风貌。	1.已制定相关保护措施； 2.本项目不影响“南海I号”水下文物保护区。	符合
			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。	本项目已制定生态环境影响防范和保护措施。	符合
	生态控制区	东平生态控制区	空间准入	1.实行科学合理保护与适度开发相结合的原则，可开展生态保护红线允许的用海活动，允许生态养殖用海，以及开发利用后生态功能可自然恢复的必要用海活动； 2.可兼容海底电缆管道用海。	本项目海缆用海方式为海底电缆管道，海缆属于线性基础设施建设工程，项目已纳入阳江市国土空间规划，属于“必须且无法避让、符合县级以上国土空间规划的线性基础设施、通讯和防洪、供水设施建设和船舶航行、航道疏浚清淤等活动；.....”的允许有限人为活动情形。	符合
			利用方式	严格限制改变海域自然属性。	本项目海底电缆管道用海不改变海域自然属性。	符合

项目	海洋功能分区	名称	管控要求		符合性分析	是否符合
			保护要求	1.强化生态保育和生态建设，提升海洋生态系统质量和稳定性； 2.提升近岸生态景观品质； 3.切实保护严格保护岸线； 4.保护潮间带； 5.保护和合理利用无居民海岛资源。	本项目海缆登陆段采用定向钻非开挖施工工艺施工，海缆从底土穿越岸线，不影响岸线自然形态和生态功能，可有效保护潮间带，项目不涉及无居民海岛。	符合
			其他要求	/	/	符合
		海陵岛南部生态控制区	空间准入	1.实行科学合理保护与适度开发相结合的原则，可开展生态保护红线允许的用海活动，允许生态养殖用海，以及开发利用后生态功能可自然恢复的必要用海活动； 2.可兼容海底电缆管道用海。	本项目海缆用海方式为海底电缆管道，海缆属于线性基础设施建设工程，项目已纳入阳江市国土空间规划，属于“必须且无法避让、符合县级以上国土空间规划的线性基础设施、通讯和防洪、供水设施建设和船舶航行、航道疏浚清淤等活动；.....”的允许有限人为活动情形。	符合
			利用方式	严格限制改变海域自然属性。	本项目海底电缆管道用海不改变海域自然属性。	符合
			保护要求	1.强化生态保育和生态建设，提升海洋生态系统质量和稳定性； 2.保护潮间带。	1.本项目通过生态用海，强化强化生态保育和生态建设，提升海洋生态系统质量和稳定性； 2.项目海缆登陆段采用定向钻非开挖施工工艺施工，海缆从底土穿越岸线，不影响岸线自然形态和生态功能，可有效保护潮间带。	符合
			其他要求	/	/	符合

项目	海洋功能分区	名称	管控要求		符合性分析	是否符合
海上换流站和辅助平台	工矿通信用海区	阳江-江门近海工矿通信用海区	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； 3. 探索推进海域立体分层设权，海上风电、增养殖、海底电缆管道等用海空间可立体利用。	1. 海上换流站和辅助平台属于海上风电工程，符合可再生能源用海； 2. 本项目辅助平台采用立体分层设权。	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。	1.海上换流站和辅助平台均为透水构筑物，不改变海域自然属性。 2.本项目施工前向海事局报备，并做好通航安全防范措施基础上不妨碍海上交通，施工前将探明周边海缆分布，并与周边项目建设单位沟通，以保障海底电缆管道的安全。	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。	本项目已制定地形地貌与冲淤监测计划。	符合
			其他要求	重点防范海浪灾害风险，加强海上交通、海上风电等海上作业规范。	建设单位落实灾害风险防范措施，加强海上风电海上作业规范	符合

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

本项目海底电缆涉及生态保护区、生态控制区、渔业用海区、工矿通信用海区，海上换流平台及辅助平台位于工矿通信用海区。根据《阳江市国土空间总体规划（2021-2035 年）》，生态保护区—具有特殊重要生态功能或生态敏感脆弱、必须强制性严格保护，渔业用海区—渔业基础设施建设、养殖和捕捞生产等渔业利用，生态控制区—留原貌、强化生态保育和生态建设、限制开发建设。

项目不占用城镇空间和农业空间，项目建设所造成的海洋环境影响较小，对项目周边生态保护红线的影响可接受。项目送出海缆虽然穿过工矿通信用海区、生态保护区、生态控制区、渔业用海区，但海缆埋与海床底下，虽然施工产生的悬浮泥沙对其水质及渔业资源造成一定影响，但影响是暂时的，随着施工的结束而结束，送出海缆登陆段从底土穿越人工岸线，埋设有一定深度，定向钻施工后不会对岸线造成影响，不会诱发岸线蚀退，能保持岸线的原有生态功能。海上换流平台及辅助平台位于工矿通信用海区，工业用海区应突出节约集约用海原则，合理控制开发利用规模，优化空间布局，根据《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南（试行）》（自然资办发〔2020〕51 号），该项目用海的海域使用类型为一级类“工矿通信用海”中的二级类“可再生能源用海”。项目位于海上，施工期和运营区产生的污废水均统一收集后交由有资质的单位处理，项目施工期及运营期需严格落实各项环境保护措施，因此海上换流平台及辅助平台符合工矿通信用海区的管控要求。

6.3 项目用海与国土空间规划的符合性分析

本项目为海上风电集中送出工程，项目海底电缆管道从海底穿越，项目建设可保障临海、临港产业集群和重大产业项目空间需求，体现了集约节约用海，同时本项目作为电力基础设施，可完善沿海区域电网结构，提升供电质量，从而提高区域防灾减灾救灾能力。另外，本项目为海底电缆管道用海，定向钻施工基本不产生悬浮泥沙，对水质环境影响很小。海底电缆所占空间无海洋生物栖息，基本不会因工程的占用对海洋生物资源造成损害，工程施工所产生的震动和噪声经

泥层衰减后，对海洋生物摄食、产卵等行为影响很小。

根据《全国国土规划纲要（2016-2030 年）》中产业布局要求，符合其“加快推进海上风电规模化发展”“ 高效发展风电，扩大利用太阳能，有序开发生物质能。实施新能源集成利用示范工程”等促进开发政策项目。同时项目以定向钻方式登陆，不实际占用岸线，符合“严格控制开发利用海岸线，加强自然岸线保护”保护策略。本项目的推进可有效推进阳江海上风能产业发展，能同时为珠三角提供了绿色电力能源，有力保证了当地经济的蓬勃发展。

根据对所在海域国土空间规划分区的影响分析，本项目用海方式不会对海域自然属性造成严重不利影响，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《全国国土规划纲要（2016-2030 年）》《广东省国土空间规划（2020-2035 年）》《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》《广东省海岸带及海洋空间规划（2021－2035 年）》《阳江市国土空间总体规划（2021-2035 年）》相符合。

6.4 项目用海与相关规划符合性分析

6.4.1 与《全国海洋主体功能区规划》的符合性分析

根据《全国海洋主体功能区规划》，珠江口及其两翼海域优化开发区域，包括广东省汕头市、潮州市、揭阳市、汕尾市、广州市、深圳市、珠海市、惠州市、东莞市、中山市、江门市、阳江市、茂名市、湛江市（滘尾角以东）毗邻海域。构建布局合理、优势互补、协调发展的珠三角现代化港口群。发展高端旅游产业，加强粤港澳邮轮航线合作。加快发展深水网箱养殖，加强渔业资源养护及生态环境修复。严格控制入海污染物排放，实施区域污染联防机制。加强海洋生物多样性保护，完善伏季休渔和禁渔期、禁渔区制度。健全海洋环境污染事故应急响应机制。

《全国海洋主体功能区规划》中关于重点开发区域：“海洋工程和资源开发区，是指国家批准建设的跨海桥梁、海底隧道等重大基础设施以及海洋能源、矿产资源勘探开发利用所需海域。海洋工程建设和资源勘探开发应认真做好海域使用论证和环境影响评价，减少对周围海域生态系统的影响，避免发生重大环境污染事件。**支持海洋可再生能源开发与建设，因地制宜科学开发海上风能。**”

根据《全国海洋主体功能区规划》，本项目位于优化开发区域中的阳江市毗邻海域，重点开发区域中的海洋工程和资源开发区。该区域明确支持海洋可再生能源开发与建设，因地制宜科学开发海上风能。本项目建设符合该功能区支持海洋可再生能源开发建设的发展方向，因此，符合《全国海洋主体功能区规划》的规划要求。

公示稿

6.4.2 项目用海与“三区三线”中生态保护红线的符合性分析

6.4.2.1 项目所在海域生态保护红线基本情况

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。

依据《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），广东省自然资源厅于 2023 年 11 月 28 日印发《广东省自然资源厅 广东省生态环境厅 广东省林业局关于严格生态保护红线管理的通知（试行）》（粤自然资发〔2023〕11 号），根据该通知，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；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，在符合现行法律法规前提下，仅允许《通知》中明确的 10 类允许有限人为活动。

如图 6.4.2-1 所示，本项目海上换流站和海上辅助平台不占用生态保护红线，项目海缆在尽量优化线位走向的情况下，海底电缆管道仍不可避免涉及生态保护红线约 92.12 公顷，所涉及的生态保护红线为海头湾海岸防护物理防护极重要区和东平镇南珍稀濒危物种分布 I 区，其中涉及海头湾海岸防护物理防护极重要区 5.0188 公顷，红线类型为海岸防护物理防护极重要区；涉及东平镇南珍稀濒危物种分布 I 区 87.0994 公顷，红线类型为珍稀濒危物种分布区。

（内容不公开）

图 6.4.2-1　项目与周边生态保护红线位置示意图

6.4.2.2 项目穿越生态保护红线不可避让性分析

一、穿越东平镇南珍稀濒危物种分布 I 区不可避让性

根据《阳江三山岛海上风电柔直输电工程预选路由选择依据说明材料》，项目在已规划的管廊通道中，近岸段和中段分布有锚地、倾废区及已建风场及海缆等，可以选择的路由走向有限。其具体原因如下：集中送出海缆经风电场引出后，向北已避开东平镇南珍稀濒危物种分布 II 区生态保护红线，继续向北沿中广核阳江南鹏岛海上风电项目用海范围西边界走线，避免权属冲突；继续向北东西两侧分别为阳江阳东头芦排地方级自然保护区和阳江南鹏列岛海洋生态地方级自然保护区，规划中的海缆走廊亦位于上述两个保护区之间。因此，为避开上述自然保护区，同时与规划中的海缆走廊相衔接，海缆不可避免穿越东平镇南珍稀濒危物种分布 I 区生态保护红线。此外，本项目海缆路由考虑与周边的中节能南鹏岛海上风电场、中广核南鹏岛海上风电场、中广核阳江帆石一/二海上风电场的送出海缆并行，其路由已为占用东平镇南珍稀濒危物种分布 I 区生态保护红线的最小方案。因此，在经多方案比选论证后，路由设计已尽可能减少对生态保护红线的影响，避开了珍珠湾海岸侵蚀极脆弱区、江门台山乌猪岛地方级海洋自然公园和东平镇南珍稀濒危物种分布 II 区等生态保护红线。本项目海缆路由为可行且对生态红线、自然保护区影响较少的方案。

二、穿越海头湾海岸防护物理防护极重要区不可避让性

海缆在穿越东平镇南珍稀濒危物种分布 I 区生态保护红线后，向北避开珍珠湾海岸侵蚀极脆弱区生态保护红线和锚地。由于项目与中节能南鹏岛海上风电场、中广核南鹏岛海上风电场、中广核阳江帆石一/二海上风电场使用同一个登陆点，鉴于周边已存在多条海缆，为避免与周边海缆权属发生冲突，保障周边海缆施工期和营运期的安全，本项目海缆仅能沿周边海缆外侧走线，同时需与周边海缆保持一定安全距离。在此情况下，本项目海缆不可避免穿越海头湾海岸防护物理防护极重要区生态保护红线。在满足海缆与海缆之间安全距离要求的基础上，本项目海缆路由已最大程度地减少对海头湾海岸防护物理防护极重要区生态保护红线的穿越。

综上，项目风电场位于陆域南侧海域，登陆点位于阳东区大沟镇三丫村三丫河口东岸一处海滩，项目与中节能南鹏岛海上风电场、中广核南鹏岛海上风电场、

中广核阳江帆石一/二海上风电场使用同一个登陆点，结合登陆点、海上风电场场址，项目为南北走向。目前现状保护区及生态保护红线沿岸线由西至东分别为：海陵岛南外海重要渔业资源产卵场生态保护红线、海头湾海岸防护物理防护极重要区生态保护红线、阳江南鹏列岛海洋生态地方级自然保护区、东平镇南珍稀濒危物种分布I区生态保护红线、阳江阳东头芦排地方级自然保护区、江门台山乌猪岛地方级海洋自然公园生态保护红线、大帆石特别保护海岛生态保护红线、广海湾重要渔业资源产卵场生态保护红线，因此，本项目不可避免会与生态保护红线交越。

6.4.2.3 项目用海与生态保护红线的符合性分析

经前文分析可知，本项目海上换流站和海上辅助平台不在生态保护红线内，其用海建设对生态保护红线无影响。项目海缆涉及穿越海头湾海岸防护物理防护极重要区和东平镇南珍稀濒危物种分布Ⅰ区生态保护红线，其穿越生态保护红线具有不可避让性。海头湾海岸防护物理防护极重要区和东平镇南珍稀濒危物种分布Ⅰ区生态保护红线的保护对象主要为海洋生物及其生境，本项目海缆施工期间对海洋生物的影响主要为施工悬浮泥沙扩散影响水质以及海缆占用部分生境，项目海缆管径小，埋设在底土层，其产生的悬浮泥沙也是暂时的，施工结束后，其影响也随之消失，项目施工期和运营期产生的污废水均统一收集后交由有资质的单位接收处理，不外排入海，项目施工期及运营期需严格落实各项环境保护措施，采取增殖放流等生态补偿措施，恢复其原有生态水平，在此基础上，项目对生态保护红线的影响是可接受的。

本项目为海上风电集中送出工程，是线性基础设施建设工程，项目对生态保护红线具有不可避让性，且经6.3节分析，项目符合国土空间规划，因此本项目符合《广东省自然资源厅 广东省生态环境厅 广东省林业局关于严格生态保护红线管理的通知（试行）》（粤自然资发〔2023〕11号）中“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建设”的生态保护红线内允许开展的有限人为活动的情况，建议本项目用海批复前，根据《广东省自然资源厅 广东省生态环境厅 广东省林业局关于严格生态保护红线管理的通知（试行）》（粤自然资发〔2023〕11号）中规定的审批流程，获取省级人民政府关于认定本项

目为有限人为开发活动的意见，在此基础上，项目用海与政策是相符的。

6.4.3 与《“十四五”现代能源体系规划》的符合性分析

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

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

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

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

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

本项目作为海上风电项目的送出保障，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。

6.4.4 与《广东省能源发展“十四五”规划》的符合性分析

2022 年 3 月 17 日，广东省人民政府办公厅印发《广东省能源发展“十四五”规划》，规划第三章指出**着力推动能源绿色低碳转型，大力发展可再生能源，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。

规划第四章指出着力增强能源安全供给保障，完善能源输送网络，优化电网建设。完善区域网架结构，**统筹优化海上风电、核电等电源基地送出通道规划建设**。规划第五章着力加快能源科技创新明确加强海上风电基础理论和共性技术创新，重点开展大容量抗台风海上风电机组、漂浮式风机基础、**柔性直流送出**等技术攻关。规划第六章着力推动能源产业集聚发展，**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。**加快建设阳江海上风电全产业链**，以及粤东海工、运维及配套组装基地建设，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**。

本项目为阳江三山岛海上风电柔直输电工程（海上工程），项目的建设响应了《广东省能源发展“十四五”规划》关于大力发展可再生能源，大力发展海上风电的目标，本项目采用柔性直流送出技术，为海上风电探索新技术路径。项目的建设有利于推动海上风电产业聚集发展，促进阳江海上风电全产业链发展。因此，项目用海与《广东省能源发展“十四五”规划》是相符的。

6.4.5 与《广东省自然资源保护与开发“十四五”规划》的符合性分析

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

《规划》要求，科学划定生态保护红线。按照依据科学、实事求是、应划尽划、不预设比例的原则划定生态保护红线，形成陆海生态保护红线“一张图”，确保陆域和海域生态保护红线面积不低于 5 万平方千米。优化海域资源配置方式，严格用海控制指标，推进海域混合分层利用，盘活闲置低效用海，不断提高海域资源节约集约利用水平。

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

《规划》提出的“十四五”重大工程共 9 项，其中第 6 项：海洋产业集群建设工程。工程内容是聚焦打造海上风电、海洋油气化工、海洋工程装备制造、海洋船舶工业、海洋旅游以及海洋渔业等 6 大海洋产业集群，依托特有区位优势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。

本项目为阳江三山岛海上风电柔直输电工程（海上工程），通过本项目建设，突破深远海海上风电输电技术难题，推动核心设备国产化，使阳江海上风电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。根据前述章节分析，本项目施工期间对工程所在海域水质产生一定影响，但其影响是暂时的，随着施工结束，水质环境会逐渐恢复至原本水平。项目用海与《广东省自然资源保护与开发“十四五”规划》是相符的。

6.4.6 与《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》的符合性分析

《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》（以下简称《规划》）中表示，以美丽广东、海洋强省为建设目标，以“双区建设”“双城联动”为引领，以海洋生态环境质量持续改善为核心，聚焦建设美丽海湾主线，坚持精准治污、科学

治污、依法治污，坚持保护与修复并举，坚持系统治理、陆海统筹，持续改善海域环境质量，逐步提升海洋生态系统稳定性，打造宜居宜业宜游滨海空间，健全海洋生态环境现代化治理体系，以海洋生态环境高水平保护助推沿海经济带高质量发展，不断满足人民群众日益增长的优美海洋生态环境需要。

《规划》中表明，建立完善海洋生态环境分区管控体系，统筹布局和优化提升海洋生产、生活、生态空间，提高人工岸线利用效率，严格限制建设项目占用自然岸线。严格落实国家围填海管控政策，除国家重大项目外，全面禁止围填海。

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

根据前述章节分析，本项目海上换流站和海上辅助平台位于海域，不占用岸线，项目海底电缆登陆段海缆采用定向钻从底土穿越人工岸线，不会对岸线自然形态和生态功能产生影响，目前项目与其他海上风电项目共用该处岸线登陆点，与规划中提出的提高人工岸线利用效率的要求相符。本项目海底电缆涉及两处生态保护红线，对生态保护红线的影响主要为施工产生的悬浮泥沙影响水质和海缆对底土空间的占用，项目海缆施工产生的悬浮泥沙在施工结束后会逐渐沉降，项目所在海域水质会恢复至原本水平，项目施工期和运营期产生的污废水均统一收集后交由有资质的单位接收处理，不外排入海，项目施工期及运营期需严格落实各项环境保护措施，采取增殖放流等生态补偿措施，恢复工程海域原有生态水平，在此基础上，本项目对所在海域生态影响是可接受的。项目为线性基础设施建设工程，其海缆路由占用生态保护红线具有不可避让性，符合 10 类允许有限人为活动中的“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建设”。

综上，本项目与《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》是相符的。

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

根据《广东省海上风电发展规划（2017-2030）（修编）》成果，提出了广东沿海 23 处海上风电规划场址，规划总装机容量合计 6685 万千瓦。其中近海浅水区（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《广东省 2023 年海上风电项目竞争配置工作方案》，阳江市共有三山岛一、三山岛二、三山岛三、三山岛四、三山岛五、三山岛六等 6 个海上风电项目开展竞争性配置，总规划装机容量为 300 万千瓦。

本项目为阳江三山岛海上风电柔直输电工程（海上工程），通过本项目建设，将阳江三山岛一、三山岛二、三山岛三、三山岛四海上风电项目风电机组产生的电能输送至陆上，是上述四个风电场的集中送出工程，因此，本项目与《广东省海上风电发展规划（2017-2030 年）（修编）》是相符的。

6.4.8 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》符合性分析

《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》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。

《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》第四章第一节战略性产业集群中指出引导各地发挥区域优势和特色产业优势，大力发展先进核能、海上风电、太阳能等优势产业，加快培育氢能等新兴产业，推进生物质能综合开发利用，助推能源清洁低碳化转型。第七章“建设现代化基础设施体系提升发展支撑能力”的第三节“构建高质量绿色低碳能源保障体系”中

提出“大力发展清洁低碳能源。优化能源供给结构，实施可再生能源替代行动，构建以新能源为主体的新型电力系统。大力发展海上风电、太阳能发电等可再生能源”。

本项目为阳江三山岛海上风电柔直输电工程（海上工程），属于清洁低碳能源项目，项目建设有利于改善广东省的能源结构，推动我国的海上风电事业发展，促进我国深远海海上风电技术进步，开发再生能源有着重要意义。因此，本项目用海与《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》是相符的。

6.4.9 与《阳江市国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》的符合性分析

《阳江市国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》于 2021 年 4 月 20 日经阳江市人民政府印发。

根据《阳江市国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》第三章第二节增强沿海经济带重要战略支点支撑功能，加快建设海洋强市，重点发展海上风电、海洋工程装备等海洋高端产业集群。第五章大力发展沿海临港产业，构建有阳江特色的现代产业体系。打造世界级风电全产业链基地。依托风力、海洋、港口和产业先发优势，推进 1000 万千瓦海上风电场建设，落实新增 1000 万千瓦项目，到 2025 年建成投产 1000 千瓦以上。适时推动海上风电由近浅海向深远海发展。

本项目为阳江三山岛海上风电柔直输电工程（海上工程），项目的建设响应了规划中关于重点发展海上风电、海洋工程装备等海洋高端产业集群的目标，项目建设促进阳江海上风电产业的发展，项目用海与《阳江市国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》是相符的。

6.5 项目用海与产业结构的符合性分析

6.5.1 与《产业结构调整指导目录》（2024 年本）的符合性

《产业结构调整指导目录》（2024 年本）中将产业划分为鼓励类、限制类和淘汰类三大类，鼓励类、限制类和淘汰类之外的，且符合国家有关法律、法规和政策规定的属于允许类。

本项目是海上风电送出海缆项目，属于第一类鼓励类中的第五项“新能源”中的第一条“风力发电技术与应用”海上风电场建设与设备及海底电缆制造。海缆的建设将推进海洋资源的开发利用、加快实现节能降碳和绿色转型，加快构建具有绿色、低碳、节能为特征的现代化产业体系，是国家发展战略的重要组成部分。因此，本项目符合《产业结构调整目录（2024 年本）》。

6.5.2 与《市场准入负面清单》（2022 年版）的符合性

按《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（自然资发〔2023〕234 号），本项目海域使用类型为工矿通信用海（一级类）中的可再生能源用海（二级类）；按《海域使用分类》（HY/T 123 2009），本项目海域使用类型为工业用海（一级类）中的电力工业用海（二级类）。根据《市场准入负面清单》（2022 版），在获得许可的前提下，项目不属于禁止准入类，与《市场准入负面清单》要求相符。

7 项目用海合理性分析

7.1 用海选址合理性分析

本项目海上换流站和辅助平台不涉及调整，±500kV 直流海底电缆主要为近岸登陆段及接入海上换流站段调整，海缆整体走向调整前后基本一致，项目用海选址不变，与原论证报告内容一致。

7.1.1 区位和社会条件的适宜性

（1）区位条件适宜性

本项目位于阳江市海域，阳江地处粤港澳大湾区、北部湾城市群和海南自由贸易区交汇处，是粤港澳大湾区向西拓展的首座城市和直接辐射区，也是北部湾融入大湾区的先导区，具有承东启西、左右逢源的地缘优势。目前，粤西海域是广东海上风电的“主战场”，阳江海上风电在建装机容量更是位居全国第一，占全省的比重近 50%。本项目选址于阳江三山岛风电场址，区位条件十分优越。

（2）社会条件适宜性

根据《广东省海上风电发展规划（2017—2030 年）（修编）》，阳江拥有全省唯一规划建设的海上风电装备制造产业基地。据统计，该基地已吸引 42 个、总投资约 460 亿元的装备制造产业项目落户，包括明阳风机、金风科技、龙马重工等一批头部企业，基本涵盖从风电整机设计开发到叶片、电机、变桨系统、塔筒、润滑系统、风机基础、海底电缆等全链条风电装备部件。工程建设所需的结构部件均能在本地区生产。

阳江市水陆交通条件优越。水运方面，阳江拥有阳江港，其位于广州港和湛江港两大枢纽港之间，海底电缆和换流站部件的运输可通过船舶运送至工程区域，施工船只的作业和靠泊也可依靠阳江港。陆运方面，阳江境内高速公路四通八达，有广东西部沿海高速公路阳江段、G325 国道等，铁路有广茂铁路、阳阳铁路、广东西部高速铁路、罗阳铁路等。本区域的水电供应条件相对较好，供水、供电系统完备，因此，本项目选址的外部条件成熟，满足工程建设所需。

本项目的建设符合国家可持续、绿色、低碳的能源发展政策，与广东海上风电发展规划相衔接，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，选址区域的区位和社会条件满足项目用海需求，有利于项目区域的发展。

7.1.2 自然资源和海洋生态环境的适宜性

（1）气象条件的适宜性

项目所在海域属于亚热带季风气候，常年气候温和，雨量充沛，多年平均相对湿度较大，秋冬季盛行东北风和北北东向风，项目所在区域气候条件对工程的建设影响不大，但大风、雾日、暴雨、热带气旋等灾害性天气会对海缆的施工过程产生较大影响，该地区 6~10 月是台风主要影响期，施工期间应做好防台措施。

（2）地形条件的适宜性

项目位于南海北部，广东东部沿岸陆架上，地形较为平坦。海缆区域水深多在 50m 以内，整体处于广东沿岸陆架水下岸坡以外至水深 50m 左右传统上的内陆架平原上，海底地形平坦，平均坡降小于 0.6‰，无发育大型隆起或洼地等起伏地形单元，为典型的南海北部陆架区地形。总的来说，项目所处海域水深条件较好，海底地形较平坦。因此本项目所在位置的地形条件适宜。

（3）地质条件的适宜性

按照场地区域地质及地震地质资料，区域断裂离拟建场地最近的距离约为17km，拟建场地无全新世活动断裂通过。另外，场址所在区域虽然地震活动相对活跃，但整体强度较低，拟建场地位于相对较稳定的地质构造单元上。

工程海域海底地形较为平缓，未见滑坡、崩塌、土洞、浅层气等不良地质作用发育迹象及海底地震地质灾害问题，且无矿产等对工程不利的地下埋藏障碍物。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。

本项目海缆沿线自上而下地层为淤泥、淤泥质土、粉砂混淤泥、细砂等土层以及黏性土、砂土层，地层相对简单，整体比较适合海缆的铺设。

场地地形地貌及地层条件较好，可满足海底电缆和海上换流站基础建设需要，综合判定，拟建场地稳定性较好，适宜作为本工程建筑场地。

（4）冲淤条件的适宜性

海缆区 20m 以浅的区域海床泥沙相对较活跃，床底冲淤交替进行，20m 以深的区域海床泥沙不活跃，床底相对较稳定。本项目海底电缆在选址时均较好地规避了海床侵蚀较大的区域。

（5）生态环境的适宜性

项目建设不可避免的对工程周边海域的海洋环境质量、沉积物、海洋生态环境带来一定负面影响，造成一定的渔业资源（鱼卵、仔鱼）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。工程施工对周边水生生态环境的影响较小；施工期的生活垃圾、生活污水及船舶含油污水均统一收集后处理，禁止直接排放入海。

综上，本项目用海选址与自然资源和生态环境相适宜。

7.1.3 与周边用海活动的适宜性

本项目论证范围内开发活动主要有航道、锚地、海上风电项目、海水养殖、海滨浴场等。根据报告第 5 章分析，本项目利益相关者界定为中广核新能源（阳江阳东）有限公司、中节能（阳江）风力发电有限公司、中广核新能源（阳江）有限公司、中广核阳江海上风力发电有限公司、华能（阳江）清洁能源有限责任公司、广东阳江电投聚能风电有限公司、华润新能源（阳江阳东）有限公司、登陆段北侧零散竹筏和网箱养殖户、雷自炯、阳江市阳东区恒达休闲渔业有限公司、阳江市阳东区大沟镇三丫经济联合社。需协调的管理部门为阳江海事局、阳江航道事务中心、阳江市农业农村局。本项目通过加强与各方的沟通协调，合理安排施工方式和施工计划，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，与周边用海活动相适宜。

7.1.4 项目用海选址是否有利于海洋产业协调发展

阳江是海上风电发展大市，目前，帆石场址、青洲场址、沙扒场址等海上风电已建成并网 350 万千瓦，阳江市海上风电已发展成为全国最大的风电产业集群之一。本项目为阳江三山岛海上风电柔直输电工程（海上工程），将为三山岛场址拟建的三山岛一、三山岛二、三山岛三、三山岛四海上风电场打捆集中送出，

项目用海选址有利于协同周边海上风电场开发海洋风能资源，推动阳江海域海洋产业发展。本项目建设有利于阳江海上风电装备制造产业基地的发展，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阳江海洋产业协调发展。

7.1.5 项目用海选址合理性

本项目用海与气象条件、地形条件、地质条件、冲淤环境等自然环境条件相适宜；对生态环境影响相对较小，在采取一定生态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相适宜，有利于海洋产业协调发展。因此，项目用海选址是合理的。

7.2 用海平面布置合理性分析

本项目海上换流站及辅助平台不涉及调整，海底电缆调整前后整体走向基本一致，其平面布置是根据海缆路由和邻近海上风电项目进行微调。

7.2.1 项目平面布置分析

本节内容引自《阳江三山岛海上风电柔直输电工程海底电缆预选路由选择依据说明材料（报批稿）》（*****，2024 年 2 月）。

根据《海底电缆管道路由勘察规范》（GB 17502-2009），路由选择的原则是技术上可行，经济上合理，路由区的海洋环境和开发活动能满足海底电缆安全施工及运行。因此，预选路由将选择技术可行、安全可靠，路程短、节点少、经济合理，尽量避免破坏海洋环境，保证海洋资源可持续利用。路由选择原则如下：

（1）选择在工程地质条件比较稳定、水下地形比较平坦的海区；

（2）避开地震多发带、断裂构造带、海底沉积环境不稳定及不良地质条件区；

（3）避开强底层流区，选择低能流和波能作用小的区域；

（4）避免在海底地形高势能区布线，尽量避开岛屿、暗礁、粗粒沉积区和大片连续基岩裸露区；

（5）尽量避开海上经济开发活跃区（含养殖、捕捞、航道、锚地）、军事

区、倾倒区、保护区、旅游区、排污区等，尽量避开资源环境保护敏感目标；

（6）避开易使海底管道受到腐蚀的严重污染海域和含高腐蚀化学物质的海区；

（7）尽量不穿越自然障碍物（基岩、砾石、沙波、沙脊、浅层气区）；

（8）避开海洋功能备选性单一的海区；

（9）预选区相关利益者可协调；

（10）工程开发与环境保护并举。

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

预选路由方案一：从登陆点出发避开已确权开放式养殖区向西延伸***km 后再并行已建海底电缆往西南延伸***km，其间穿越确权已过期的开放式养殖用海区，位于阳江港 2 号中型船舶候潮、防台锚地北部，继续往东南延伸***km 到达南鹏列岛海洋保护区东北侧，并行已建海底电缆并从其与南澎列岛海洋保护区之间穿过，延伸***km 后到达南鹏列岛海上风电场场区北侧，随后向西、向南并行南鹏列岛海上风电场场区西边缘延伸***km 后到达东平镇南珍稀濒危物种分布 II 区北部，避开该生态保护红线继续向南延伸***km，到达阳江三山岛海上风电场场址边缘，而后延伸***km 至海上换流站，全长约***km。

预选路由方案二：从登陆点出发避开已确权开放式养殖区向西延伸***km 后再并行已建海底电缆往西南延伸***km，其间穿越确权已过期的开放式养殖用海区，位于阳江港 2 号中型船舶候潮、防台锚地北部，继续往东南避开锚地后延伸***km 穿越南鹏列岛海洋保护区至其南侧，随后向南并行南鹏列岛海上风电场场区西边缘延伸***km 后到达东平镇南珍稀濒危物种分布 II 区北部，避开该生态保护红线继续向南延伸***km，到达阳江三山岛海上风电场场址边缘，而后延伸***km 至海上换流站，全长约***km。

表 7.2.1-1　海缆预选路由方案一拐点坐标表

（内容不公开）

表 7.2.1-2　海缆预选路由方案二拐点坐标表

（内容不公开）

（内容不公开）

图 7.2.1-1　海上换流站至登陆点段海缆路由预选方案图

表 7.2.1-3　海底电缆路由评价分析

（内容不公开）

经过综合分析，可归纳为：

（1）预选路由方案在海洋功能区划及相关规划的符合性、自然条件、施工难易程度、沉积区稳定性、地质稳定因素等方面较为可行。预选路由所在海域工程环境条件较为适宜，海底地形地貌较为单一，受限制的工程地质条件不明显。结合登陆点、海上风电场场址及路由研究海域开发现状，方案一和方案二不可避免穿越东平镇南珍稀濒危物种分布I区和海头湾海岸防护物理防护极重要区两处生态保护红线区，但由于方案二穿越了南鹏列岛海洋保护区，故与所经过海域海洋功能区主导功能的符合性方面方案一整体较优。

（2）预选路由方案一在路由长度方面较方案二长约 4.21km，拐点数多 2 个，在经济性上方案二略优，但方案一避开了研究区域已确权养殖区，方案二穿越了一处已确权养殖区，为此，在协调性及项目用海的可行性上，方案一更优。

（3）两条预选路由方案在自然条件及地质稳定性等方面的符合性基本一致；方案一统筹考虑了其他已建海上风电场工程以及后期规划风电场的路由，但方案二形成了约 90km^2 的封闭海域，不利于后期海底电缆规划，在统一管廊管理的符合性方面方案一更优。

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、功能区划等的比较和分析，两条预选路由方案同时考虑了用海的节约和集约原则及后期对电缆的保护，推荐预选路由方案一可作为未来的勘察路由。

本项目《阳江三山岛海上风电柔直输电工程海底电缆预选路由选择依据说明材料》（以下简称《说明材料》）已于 2024 年 2 月 1 日通过专家审查会，根据审查组意见（附件 9），《说明材料》给出的结论总体可信，修改意见为：（1）完善项目背景、任务来源的分析；（2）完善方案一与方案二的必选分析；（3）明确登陆点所在海岸线的类型，确定施工方案，补充对岸滩稳定性分析；（4）

完善与广东省国土空间规划的符合性分析；（5）完善路由与航线的协调分析。《说明材料》经修改完善后，可作为自然资源行政主管部门审批勘测路由的依据。

（内容不公开）

图 7.2.1-2　±500kV 送出海底电缆推荐路由拐点分布示意图

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

7.2.2 项目用海平面布置是否体现节约集约用海原则

本项目海上换流站及辅助平台不涉及调整，论证内容不变。海上换流站布置在三山岛一、三山岛二、三山岛三、三山岛四风电场址之间的海域，可以减少各个风电场区的集电线路总长度和电力损耗，换流站的数量是根据电力系统要求确定，其平面布置是根据实际运维需求设计，体现了集约、节约用海原则。

本次调整主要针对±500kV 海底电缆的登陆段和接入海上换流站段，各段海缆调整后在节约集约用海方面主要体现在：

①登陆段：在满足各项目海缆设计规范、施工和运行安全的基础上，各项目海缆走向统一往南压缩，各项目海缆依次排布，本项目海缆往南共偏移约 35m，其用海范围与相邻项目用海范围无缝衔接，避免了项目之间形成用海空白区，同时为未来其他项目预留登陆空间，体现了集约节约用海原则。

②接入海上换流站段：现阶段根据设计开展的深度，海缆接入海上换流站东北角，同时为保障海缆施工和运行的安全，需预留足够长度的海缆，满足项目需要。

③其他段：海缆走向避开自然保护区、锚地，与周边已建海底电缆并行建立了路由管廊，考虑了后期风电场建设，未与已建海底电缆之间形成封闭用海空间，在满足上述条件的基础上，海缆平面布置尽可能缩短路由长度，减少占用海域，因此海缆布置体现了集约、节约用海原则。

综上，本项目用海平面布置体现了节约集约用海原则。

7.2.3 项目用海平面布置是否有利于生态保护，并已避让生态敏感目标

本项目海上换流站和辅助平台不涉及调整，其布置在远海区，平台为透水结构，其长轴方向顺应主潮流布置，对水文动力影响较小，海上换流站及辅助平台不占用生态保护红线和自然保护区，海上换流站和辅助平台均采用导管架基础，其建设完成后具有部分人工鱼礁的功能，有利于生态保护。

本项目原海缆平面布置根据推荐路由进行设计，路由方案经比选后选择了尽可能避让如生态保护红线和自然保护区等的生态敏感目标的方案作为推荐路由，本项目仅对海缆登陆段和接入换流站段的海缆进行微调，调整前后海缆整体走向与推荐路由方案基本一致，调整后的海缆平面布置已最大程度避让了生态敏感目标。海缆施工会产生一定悬浮泥沙影响水质，但这种影响在停止施工后数小时内得以消除，运行期海缆埋设在底土中，对海洋生态影响不大。

总体来说，本项目海上换流站和海底电缆的平面布置，对海洋水文、地形地貌与冲淤环境的影响很小，基本不会对海域产生不可逆的生态影响。

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

本项目海上换流站在充分考虑对海域自然环境的影响以及减少对海域的实际占用面积情况下，优先考虑主浪向作为换流站布置方向，并设置一定夹角以减少换流站本身结构的受力，因此对所在海域水文动力、冲淤环境影响较小，此外，换流站采用导管架基础，亦可大大减少对水文动力、冲淤环境的影响。

本项目海底电缆位于海床以下，其平面布置调整前后对海域水文动力环境、冲淤环境基本不产生影响。

综上，本项目平面布置可以最大程度减少对水文动力环境、冲淤环境的影响。

7.2.5 项目用海平面布置能否最大程度地减少对周边其他用海活动的影响

（1）海上换流站和辅助平台

海上换流站和辅助平台位于远海，其布置于拟建的三山岛一、三山岛二、三山岛三、三山岛四风电场之间，减少各个风电场区的集电线路总长度和电力损耗，换流站平面布置未与周边风电场范围发生重叠，其用海对周边用海活动影响不大。

（2）±500kV 直流海底电缆

根据本报告海域开发利用协调分析结论，项目周边海域开发利用活动主要为航道航路、锚地、海上风电、海水养殖活动、滨海浴场等。根据 7.2.1 节项目平面布置的分析结论，本项目海底电缆避开了周边锚地、养殖等用海活动，海缆路由与周边已建海缆并行布置形成管廊，便于集中管理，海缆登陆段经调整后与周边拟申请的海缆用海均为无缝衔接，避免了与其他用海活动之间的相互影响。

综上，本项目用海平面布置能够最大程度减少对周边其他用海活动的影响。

7.3 用海方式合理性分析

本项目海上换流站和辅助平台不涉及调整，仅对海缆登陆段和接入海上换流站段进行微调，海缆调整前后用海方式不变。

本项目海上换流站和辅助平台用海方式为构筑物用海（一级方式）的透水构筑物用海（二级方式），±500kV 直流海底电缆用海方式为其他用海方式（一级方式）的海底电缆管道用海（二级方式）。

7.3.1 用海方式是否遵循尽最大可能不填海、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

本项目换流站采用导管架基础，其用海方式为透水构筑物，海底电缆位于海床以下，其用海方式为海底电缆管道，施工结束后对海洋水动力条件影响不大，因此本项目用海方式已遵循不填海、不采用非透水构筑物，尽可能采用透水式、开放式的用海原则。

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

本项目海上换流站（含辅助平台）和±500kV 直流海底电缆的用海方式分别为透水构筑物和海底电缆管道。海上换流站及辅助平台均为导管架基础，能够保持水体的流通交换，不改变海域的自然属性，对海域的使用不属于不可恢复。海底电缆调整前后用海方式不变，其埋设在底土中，不影响海域自然属性，能够维护海域基本功能。

7.3.3 用海方式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。本项目施工造成的悬沙污染，对海域污染的范围主要是海缆附近两侧。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，即沉积物质量状况仍将基本保持现有水平。为弥补工程建设对海洋生态环境带来的不利影响，建设单位应做好环境保护工作和生态补偿工作，把不利影响降到最低。

项目海上换流站基础施工、海底电缆铺设等将会引起部分底栖和潮间带生物损失。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。

7.3.4 用海方式能否最大程度地减少对水文动力环境和冲淤环境的影响

本项目换流站透水构筑物和海底电缆管道的用海方式能够保证水流的通畅，虽占用一定海域面积，但对整个水文动力环境、冲淤环境的影响并不大。因此，

本项目用海方式能够最大程度减少对水文动力环境、冲淤环境的影响。

因此，本项目用海方式是合理的。

7.4 占用岸线合理性分析

7.4.1 项目占用岸线情况

本项目涉海建设内容主要为海上换流站和辅助平台、±500kV 直流海底电缆，其中换流站位于阳江远海区域，不占用岸线，±500kV 海底电缆登陆点位于阳江市阳东区大沟镇。

项目调整前后岸线利用变化见表 7.4.1-1，调整后，本项目±500kV 海底电缆申请用海范围涉及人工岸线约 8.6 米，海缆登陆段采用定向钻施工方式，施工时需扩孔，孔径为 0.63m，因此两根海缆实际占用人工岸线共约 1.26 米，本项目海底电缆从底土穿越，不改变岸线自然形态，不影响岸线生态功能。

表 7.4.1-1　项目调整前后岸线利用变化情况

岸线利用情况	占用岸线长度（m）	占用岸线方式	岸线类型
调整前	25.0	定向钻下穿岸线	人工岸线
调整后	8.6	定向钻下穿岸线	人工岸线
变化	-16.4	无变化	无变化

（内容不公开）

图 7.4.1-1　项目海缆登陆段调整后所在岸线类型

7.4.2 对周边岸线资源的影响分析

本项目海缆登陆点所处的岸线呈南北走向，海岸线比较平直，岸线宽度 50m~70m，非常平缓，坡度 0.5°~2°；西侧海域分布有几处礁石，低潮可见；岸线受侵蚀后退的迹象比较明显。

（内容不公开）

图 7.4.2-1　海缆登陆点所在岸线现状

调整后，本项目海缆申请用海范围所涉及的岸线长度由原来的 25.0m 缩减至目前的 8.6m，减少了对岸线空间资源的利用，本项目不涉及围填海，不进行采挖海砂、倾废等诱发岸线蚀退等活动，电缆管线登陆区施工采用定向钻技术进行

电缆埋设，无需开挖，定向钻有一定深度，定向钻入土点产生的泥浆均全部回收至后方陆域，不会对岸线造成污染，尽量保持自然岸线的原态，项目建设后不会对所在岸线造成明显不利影响，不改变岸线自然形态，不影响岸线生态功能的发挥。

此外，按照规定登陆点处将设立显著标志，登陆区域禁止打桩、抛锚、挖砂等，是对岸线资源的有序利用，能充分发挥该岸线的有利作用，也能禁止其他对岸线有害的行为活动。因此，本项目海底电缆对所在岸线的影响很小，对周边岸线资源基本没有影响。

7.4.3 占用岸线的必要性

根据《广东省 2023 年海上风电项目竞争配置工作方案》，阳江三山岛一、三山岛二、三山岛三、三山岛四海上风电项目位于阳江市海陵岛南侧海域，风电场址与海岸最短距离超过 80km，海上风电产生的电能需通过±500kV 集中送出海缆输送到陆上集控中心。本项目作为海上风电项目的集中送出工程，是连接海上风电机组和陆上集控中心的重要工程。因此，本项目承担着从海上转变为陆上的重要角色，其海底电缆不可避免穿越登陆点所在海岸线，项目穿越岸线是必要的。

7.4.4 占用岸线合理性

本项目±500kV 送出海底电缆登陆点位于阳东区大沟镇三丫村三丫河口东岸，该登陆点是中广核、中节能等已建海上风电场集中登陆的位置，本项目与已登陆海缆共用同一处岸线，提高了该处岸线利用效率，体现了集约节约利用岸线原则。

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

本项目±500kV 送出海底电缆登陆段施工采用定向钻技术进行电缆埋设，不涉及围填海，不进行采挖海砂、倾废等活动，±500kV 海缆由底土穿越岸线，可

保持岸线的原态，项目建设后不会对所占岸线造成明显不利影响，基本不会改变海域自然属性。因此，本项目以底土穿越岸线的方式占用岸线是合理的。

7.4.5 少用岸线的可能性

本项目海缆利用岸线的长度是根据海缆登陆段用海申请范围与2022年广东省政府批复海岸线的交点所确定。调整后，本项目与其他项目海缆统筹登陆，各项目登陆海缆依次布置，各海缆之间的间距依据定向钻施工设计要求的入钻点净距需满足2倍定向钻扩孔直径以及满足施工、运行所需设定，各海缆紧凑排布。本项目海缆登陆段用海范围是结合相邻项目海缆用海范围确定的，对于各海缆外扩范围发生重叠的区域，采用等比例分割原则界定各项目海缆登陆段用海范围，各项目登陆海缆的用海范围无缝衔接。在此基础上，本项目海缆利用岸线的长度已从原来的25.0m减少至目前的8.6m，已大大减少岸线利用，目前已无少用岸线的可能性。

综上，本项目占用岸线是合理的。

7.5 用海面积合理性分析

7.5.1 项目用海面积

本项目申请用海总面积为685.4234公顷，其中透水构筑物（海上换流平台）用海面积为1.3640公顷，透水构筑物（辅助平台）用海面积为0.4382公顷，海底电缆管道（±500kV直流海底电缆）用海面积为683.6212公顷。

表7.5.1-1　项目拟申请用海面积明细表

用海单元	用海类型	用海方式	用海面积
海上换流平台	电力工业用海/可再生能源用海	透水构筑物	1.3640公顷
辅助平台		透水构筑物	0.4382公顷
±500kV海底电缆		海底电缆管道	683.6212公顷
合计			685.4234公顷

本次调整，项目用海类型和用海方式均不变，申请用海总面积由684.0803公顷增加为685.4234公顷。

表7.5.1-2　项目调整前后申请用海情况及变化原因汇总表

项目	申请用海面积（公顷）		面积变化（公顷）	变化原因
	调整前	调整后		
海上换流站	1.3640	1.3640	0	无变化
辅助平台	0.4382	0.4382	0	无变化
±500kV直流海底电缆	682.2781	683.6212	+1.3431	登陆点调整，接入海上换流站段海缆延长28-54m，海缆外扩安全范围变化
面积合计	684.0803	685.4234	+1.3431	登陆段海缆走向调整，海缆长度及外扩安全范围变化。

7.5.2 用海面积合理性

7.5.2.1 项目用海面积是否满足项目用海需求

一、海上换流平台

本项目拟建一座±500kV 海上换流站，海上换流站包括海上换流平台和辅助平台，海上换流平台采用导管架基础结构，上部组块采用八层布置，换流站平台尺寸为 90×100m，用海方式均为透水构筑物。

本项目海上换流平台采用全空间确权方式，用海面积根据《海籍调查规范》进行界定，透水构筑物用海有安全防护要求的透水构筑物用海在透水构筑物及其防护设施垂直投影的外缘线基础上，外扩不小于 10m 保护距离为界，则海上换流平台申请用海面积由平台外缘向外扩 10m 确定申请用海范围，因海上换流平台外扩范围与三山岛三、三山岛四海上风电项目用海范围未能无缝衔接，根据集约用海原则，未衔接区域纳入本项目用海申请范围。海上换流平台与本项目海底电缆用海范围重叠区域依据《海籍调查规范》“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”，因此与±500kV 海底电缆用海范围重叠部分纳入海上换流平台用海申请范围。此外，海上换流平台外扩范围与三山岛一用海范围也存在部分重叠区域，由于该项目先于本项目申请用海，现阶段无法退让，因此本项目海上换流平台用海范围扣除该重叠区域，所扣除区域为换流平台外扩区域，对本项目海上换流平台用海不会造成影响。

因此，本项目海上换流平台拟申请用海面积 1.3640 公顷可以满足项目用海需求。

二、辅助平台

本项目海上辅助平台采用立体分层设权方式确权，确权层为海平面至辅助平台顶高程（45.0m），辅助平台尺寸为 49×50m，用海方式均为透水构筑物。

本项目辅助平台用海面积根据《海籍调查规范》进行界定，透水构筑物用海有安全防护要求的透水构筑物用海在透水构筑物及其防护设施垂直投影的外缘线基础上，外扩不小于 10m 保护距离为界，则辅助平台申请用海面积由平台外缘向外扩 10m 确定申请用海范围，因辅助平台与三山岛一、三山岛三海上风电

项目集线电缆用海范围存在部分重叠区域，依据《海域立体分层设权宗海范围界定指南（试行）》，为避免项目间用海范围发生冲突，本项目辅助平台采用立体分层设权，确权层为海平面至辅助平台顶高程（45.0m），不仅符合“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”原则，同时较好地兼容了三山岛一、三山岛三海上风电项目集线电缆的用海范围。

因此，辅助平台拟申请用海面积 0.4382 公顷既可以避免权属冲突，同时可以满足项目用海需求。

三、±500kV 海底电缆

根据项目需要，风电机组发出电能需通过集电海底电缆接入海上换流站后通过±500kV 送出海底电缆送入陆上集控中心。±500kV 送出海底电缆直径约为 180mm，±500kV 送出海底电缆单回长度为***km，两回长度为***km。根据《海籍调查规范》中海底工程用海对电缆管道的规定：“以电缆管道外缘线向两侧外扩 10m 距离为界”，再结合海底电缆的路由布置，确定海底电缆用海需求。考虑到本项目±500kV 送出海底电缆与海上换流平台用海以及三山岛三集电海缆用海范围重叠，按照海域使用金征收标准的不同，采取就高不就低的原则：即海上换流平台用海优先，海底电缆次之，扣除重叠范围面积，最终计算得出±500kV 送出海底电缆申请用海面积 683.6212 公顷可满足项目用海需求。

综上，项目拟申请用海面积 685.4234 公顷能够满足项目用海需求。

7.5.2.2 是否符合相关行业的设计标准和规范

（1）与行业规范相符合

本项目海上换流站（含辅助平台）结构与舾装依据《220kV~750kV 变电站设计技术规程》、《变电站建筑结构设计技术规定》、《海上固定平台规划、设计和建造的推荐作法-工作应力设计法》、《变电站建筑结构设计技术规程》（DL/T 5457）、《Support structure for wind turbines》(DNVGL-ST-0126)、《Design of Offshore Steel Structures, General (LRFD Method)》(DNVGL-OS-C101)、《海上固定平台安全规则》（2000）；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）、《海底光缆规范》（GB/T 18480-2001）、《海底光缆工程设计规范》（GB/T 51154-2015）等的要求，本项目设计符合换流站和

辅助平台、海缆等相关规范的设计要求。

（2）与《海籍调查规范》相符合

海岸线确定原则和方法依据以《全国海岸线修测技术规程》（自然资办函〔2019〕1187 号）及《海岸线调查统计技术规范》（DB33/T2106-2018）规定的方法确定，本项目海岸线为 2022 年广东省政府批复海岸线。

按《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（自然资发〔2023〕234 号），本项目海域使用类型为工矿通信用海（一级类）中的可再生能源用海（二级类）；按《海域使用分类》（HY/T 123 2009），本项目海域使用类型为工业用海（一级类）中的电力工业用海（二级类），用海方式为构筑物（一级方式）中的透水构筑物（二级方式）和其他方式（一级方式）中的海底电缆管道（二级方式）。

根据《海籍调查规范》中“透水构筑物用海有安全防护要求的透水构筑物用海在透水构筑物及其防护设施垂直投影的外缘线基础上，外扩不小于 10m 保护距离为界”、“海上风力发电使用的海底电缆，以电缆管道外缘线向两侧外扩 10m 距离为界”。

本项目海上换流平台和辅助平台以其平台外缘线外扩 10m 确定界址点；±500kV 海底电缆以其外缘线向两侧外扩 10m 距离为界，与相邻项目外扩范围重叠区域通过协商等比例分割用海确定界址点。

同时，《海籍调查规范》中规定：当几种用海方式的用海范围发生重叠时，重叠部分应归入现行海域使用金征收标准较高的用海方式的用海范围。本项目海底电缆用海以外缘线向两侧外扩 10m 距离为界，±500kV 海底电缆与海上换流平台用海面积部分重叠，按照海域使用金征收标准的不同，采取就高不就低的原则：即海上换流站用海优先，海底电缆次之，重叠部分面积扣除。

（3）与《海域使用面积测量规范》相符合

按照《海域使用面积测量技术规范》，本次论证项目拟申请用海面积是根据坐标解析法进行计算的，利用经外扩后的各点平面坐标计算面积，借助于 ArcGIS 10.2 的软件计算功能直接求得透水构筑物及海底电缆管道用海面积。

因此，本项目拟申请用海面积的界定符合相关管理办法的要求。

7.5.2.3 项目用海减少用海面积的可能性

1、海上平台用海面积减少可能性

本项目采用了±500kV 对称单极柔性直流系统，是国内首个由电网企业投资建设的海上风电架空-海缆混合柔直输电工程，可以将海上风电直接送至负荷中心。其输送容量及电压等级已超越了世界最大海上换流站-江苏三峡如东柔性直流输电工程海上换流站。本项目的建设为 4 个风场集中送出提供了条件，减少了 4 个风场各自建设海上变电站/汇集站的需求。从整个区域角度整体减少了用海面积。

同时，由于海上平台的面积、重量会导致整个平台在制造、运输、施工等步骤中的难度指数上升，同时为响应国家集约用海的要求，对本项目海上换流站开展了紧凑型设计。

基于确定的电气主接线、主回路参数等系统设计方案，对电气平面布置进行了优化，经多方案比选，相应紧凑布置方案如下：

（1）66kV 系统母线选择

海上换流站 66kV 系统有一段母线接线、两段母线接线、三段母线接线和六段母线接线四种方案，考虑到海上换流站平台对尺寸和重量的敏感性，同时兼顾供电可靠性和减少停电损失，本工程采用了 66kV 全接线方案。

为降低平台重量和尺寸，消谐设备跟联接变对应配置，共设 3 组。

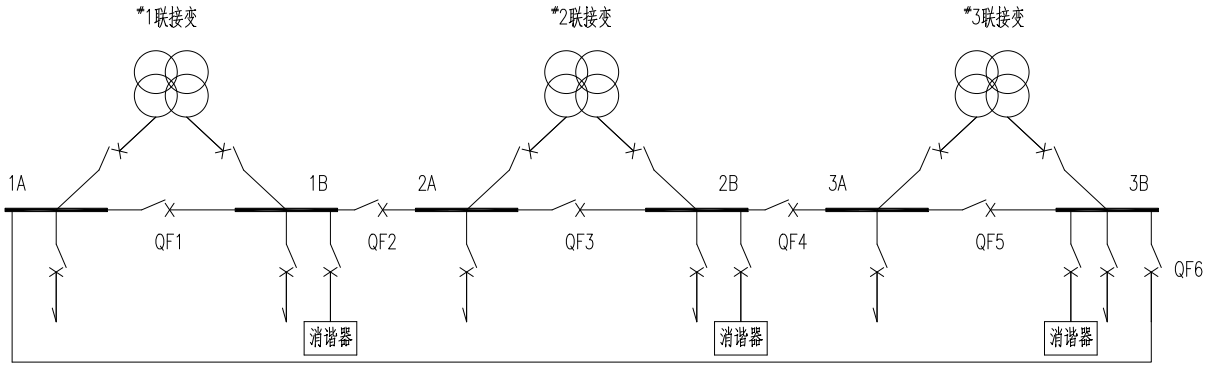

图 7.5.3-1　海上换流站 66kV 配电装置推荐接线—全接线方案

（2）阀侧绕组选择

海上换流站直流侧为不接地系统，阀侧绕组有△型连接和 Y 型接避雷器两种接线型式，若变压器阀侧采用△型接线，阀侧绕组耐压绝缘水平需按 800kV，需设置 800kV 试验套管开展耐压试验，一方面增加了变压器制造难度，另一方

面增加了现场试验难度，尤其是现场试验对空间需求较大，不利于换流站平台的紧凑化设计。当阀侧采用 Y 型接线经避雷器接地后可以显著降低相间绝缘水平，从而可以降低变压器制造难度和试验难度。

网侧绕组也有△型接线和 Y 型接线两种，采用 Y 接后，与△接相比，可以节省接地变等设备，从而减少平台尺寸。

（3）桥臂电抗器布置

为减少设备配置，使布置更紧凑，本工程将桥臂电抗器布置在换流阀的直流极线侧，一方面可以限制桥臂环流，另一方面可以替代直流电抗器，抑制直流极线侧的短路电流，从而节省直流电抗器的布置空间，减少海上平台尺寸。

（4）中性点接地布置

本工程用陆上站阀侧中性点接地的方式，在联接变 YnYn+阀侧中性点接地电阻接地方式基础上，由于海上风电送出柔性直流系统海上换流站不存在 STATCOM 运行方式，海上换流站直流侧可不接地，直流系统运行时仅陆上换流站（集控中心）提供接地点，这样在满足可靠性和运行需求的前提下可以简化海上换流站接线和设备配置，进而减少海上平台尺寸。

通过上述优化布置，项目已在满足海上平台使用功能、安全要求等强制规范要求的前提下，尽可能压缩了平台的大小。在目前的设备制造条件及规范要求下，已无再减少的可能性。

2、海缆用海面积减少可能性

目前影响海缆间距的主要因素可分为政策性因素和技术性因素。

其中，政策性因素主要包含以下几个方面：1.规程规范里关于海缆设计敷设间距的条文要求；2.海缆廊道规划时周边功能区划限制对海缆间距的要求；3.另外还有海域使用审批上关于压缩用海面积的要求。技术性因素主要是指：1.海缆本身的载流量（输送能力）技术要求；2.相邻海缆之间的电磁干扰；3.水深条件限制、海底地形限制和施工精度可控制等。

本项目海缆路由区水深范围在 0 至 53m，地质背景较为稳定，海底地形较为平坦。为了有效节约用海面积，设计根据初勘资料开展了《深远海长距离海缆线路紧凑化敷设方案关键技术研究》，在满足各项规程规范及周边利益相关者管理要求的前提下，尽量将本工程海缆紧凑型布置：全线整体的海缆间距以 10m 水

深阶梯递进、按照水深的 1.2 倍进行设计，本工程的海缆间距从北往南依次为 12m、24m、36m、48m 和 60m；海缆登陆采用定向钻工艺，定向钻需入钻点净距满足 2 倍定向钻扩孔直径的施工要求。海缆用海面积目前暂无压缩空间。

表 7.5.2-1　本项目海缆间距及水深情况一览表

水深	海缆间距（m）
0~10m	12
10~20m	24
20~30m	36
30~40m	48
40~50m	60
≥50m	60

根据能源局测算，通过本项目“统一规划建设、集约化送出”模式比各电源主体分散建设模式可节约征海面积 59%，可降低送出工程整体投资约 8.1 亿元。综上，根据建设单位的实际用海需求，结合总平面布置进行量算，项目用海范围和界址点的选择均参照《海籍调查规范》中关于面积界定及面积计算的规定，不宜减少用海面积。

7.5.3 宗海图绘制

7.5.3.1 宗海测量相关说明

（1）宗海测量相关说明

根据《海域使用分类》、《海籍调查规范》，江苏省地质工程勘察院进行本工程海域使用测量。

（2）执行的技术标准

《海域使用面积测量规范》（HY 070 -2022）；

《海域使用分类》（HY/T 123-2009）；

《海籍调查规范》（HY/T 124-2009）；

《宗海图编绘技术规范》（HY/T251-2018）。

7.5.3.2 宗海图的绘图方法

（1）宗海位置图的绘制方法：

项目宗海位置图是采用中国航海图书出版社印刷厂 2014 年 12 月第 2 次印刷的海图《香港至海防》（图号 10016）作为底图，根据宗海界址图界定的宗海范围，根据《宗海图编绘技术规范》（HY/T251-2018）上要求的其他海籍要素，形成该项目宗海位置图。如图 7.5.4-1 所示。

（2）宗海界址图的绘制方法：

项目宗海界址图是以项目的总平面布置图为底图，结合项目的实测资料、海岸线等，根据《海籍调查规范》《宗海图编绘技术规范》（HY/T251-2018）和《海域立体分层设权宗海范围界定指南》（试行）的要求，补充其他海籍要素，规范图框和文字等格式，形成宗海界址图。如图 7.5.4-2 所示。

（3）宗海平面布置图的绘制方法

项目宗海平面布置图根据宗海界址图界定的宗海范围，根据《宗海图编绘技术规范》（HY/T251-2018）和《海域立体分层设权宗海范围界定指南》（试行）的要求，示意各宗海及其内部单元的平面布置和位置关系，并补充其他海籍要素，规范图框和文字等格式，形成宗海平面布置图。如图 7.5.4-3 所示。

（4）宗海立体空间范围示意图的绘制方法

利用委托方提供的项目水深地形图确定宗海立体空间范围的立体空间、高程范围，根据《海域立体分层设权宗海范围界定指南（试行）》《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）》等的绘制要求，利用相关软件绘制宗海立体空间范围示意图。如图 7.5.4-4~图 7.5.4-5 所示。

7.5.3.3 宗海界址点坐标及面积的计算方法

（1）宗海界址点坐标的计算方法

宗海界址点在 ArcGIS 10.2 的软件中绘制属于高斯投影下的平面坐标，高斯投影平面坐标转化为大地坐标（经纬度）即运用了高斯反算过程所使用的高斯反算公式算出。根据数字化宗海平面图上所载的界址点 CGCS2000 大地坐标系，利用相关测量专业的坐标换算软件，输入必要的转换条件，自动将各界址点的平面坐标换算成以高斯投影、112°00′为中央子午线的 CGCS2000 大地坐标。

高斯投影反算公式：

$$l=\frac{1}{\cos B_f}\left(\frac{y}{N_f}\right)\left[1-\frac{1}{6}(1+2t_f^2+\eta_f^2)\left(\frac{y}{N_f}\right)^2+\frac{1}{120}(5+28t_f^2+24t_f^4+6\eta_f^2+8\eta_f^2t_f^2)\left(\frac{y}{N_f}\right)^4\right]$$

$$B=B_f-\frac{t_f}{2M_f}y\left(\frac{y}{N_f}\right)\left[1-\frac{1}{12}(5+3t_f^2+\eta_f^2-9\eta_f^2t_f^2)\left(\frac{y}{N_f}\right)^2+\frac{1}{360}(61+90t_f^2+45t_f^4)\left(\frac{y}{N_f}\right)^4\right]$$

（2）宗海面积的计算方法

本次宗海面积计算采用坐标解析法进行面积计算，即利用经外扩后的各点平面坐标计算面积。借助于 ArcGIS 10.2 的软件计算功能直接求得用海面积。

（3）宗海面积的计算结果

根据《海籍调查规范》及本项用海的实际用海类型，界定本项目用海为 1 宗海，宗海面积 685.4234 公顷，有透水构筑物、海底电缆管道两种用海方式，共 3 个用海单元构成，其中海上换流平台（透水构筑物）用海面积 1.3640 公顷，辅助平台（透水构筑物）用海面积 0.4382 公顷，±500kV 海底电缆用海面积 683.6212 公顷。

（内容不公开）

图 7.5.4-1　宗海位置图

（内容不公开）

图 7.5.4-2　宗海界址图

（内容不公开）

图 7.5.4-3　宗海平面布置图

（内容不公开）

图 7.5.4-4　宗海立体空间范围示意图

（内容不公开）

图 7.5.4-5　宗海立体空间范围示意图

（内容不公开）

图 7.5.4-6　宗海界址点附页

7.5.4 用海面积量算

（1）海上换流平台及辅助平台

本项目海上换流平台及辅助平台用海方式均为透水构筑物。项目海上换流平台及辅助平台用海面积根据《海籍调查规范》5.4.2.5 节电力工业用海界址界定方法，“引桥、平台等透水构筑物用海，以透水构筑物及其防护设施垂直投影的外缘线外扩 10m 距离为界”。本项目海上换流站平台尺寸为***m，辅助平台尺寸为***m，海上换流平台及辅助平台用海范围以平台外缘线投影外扩 10m，由于海上换流平台西北侧边界外扩 10m 后仍与三山岛三、三山岛四海上风电项目用海范围存在约 3m 的间隙，按照集约用海原则，本项目换流平台西北侧外扩 13m，使之与周边风电场已申请用海范围相衔接，东南角扣除与三山岛一海上风电项目重叠区域，其余边界均为平台外缘线投影外扩 10m 所界定。因此，海上换流平台用海面积为 1.3640 公顷，辅助平台用海面积为 0.4382 公顷。

（内容不公开）

图 7.5.5-1　海上换流站及辅助平台宗海界定示意图

（2）±500kV 海底电缆

本项目±500kV 海底电缆用海方式为海底电缆管道。依据《海籍调查规范》（HY/T 124-2009）5.4.2.5 节电力工业用海界址界定方法，“海上风力发电使用的海底电缆，以电缆管道外缘线向两侧外扩 10m 距离为界”。本项目以电缆管道外缘线向两侧外扩 10m 作为本项目海底电缆用海范围，对于两根海缆外扩 10m 后仍存在的间隙一并纳入本项目用海范围，以防止用海碎片化；对于本项目海底电缆用海范围与海上换流站和辅助平台，以及与三山岛一、三山岛三、帆石一海上风电项目、阳江三山岛五、六海上风电场集中送出工程的用海范围存在重叠的情况，其重叠范围处理方式为：

①与本项目海上换流平台用海范围重叠的处理：根据《海籍调查规范》5.3.6.3 用海方式重叠范围的处理，“在同宗海中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”，本项目海底电缆与海上换流平台连接，海上换流平台用海方式为透水构筑物，±500kV 海底电缆用海方式为海底电缆管道，根据现行海域使用金征收标准，透水构筑物用海海域使用金征收标准较高，海底电缆与换流平台用海范围发生重叠时，重叠

部分归入透水构筑物申请用海范围，本项目海底电缆不再申请重叠部分用海确权。

②与三山岛一、三山岛三海上风电项目用海范围重叠的处理：依据《海籍调查规范》，5.1.4 节避免权属争议，“宗海界址界定应保障海域使用权人的正常生产活动，避免毗邻宗海之间相互重叠”，因此，本项目对与上述风电项目用海范围重叠的区域进行扣除，不申请重叠用海范围。

③与帆石一海上风电项目、阳江三山岛五、六海上风电场集中送出工程用海范围重叠的处理：经与相邻项目友好协商，对于登陆段海缆用海范围发生重叠的区域，采用等比例分割界定用海，各项目登陆段海缆用海范围无缝衔接。

综上，本项目海底电缆用海范围依据《海籍调查规范》的相关要求，在以电缆管道外缘线向两侧外扩 10m 距离的基础上，对重叠区域进行扣除，不申请重叠用海范围，以此界定±500kV 海底电缆用海范围面积为 683.6212 公顷。

（内容不公开）

图 7.5.5-2　±500kV 海底电缆宗海界定示意图

7.6 立体分层设权的必要性和合理性分析

7.6.1 立体分层设权范围

本项目送出海缆为 2 根海缆，埋深 2-4m。根据《海域立体分层设权宗海范围界定指南（试行）》的绘制要求，高程范围为“电缆管道下缘高程”至“电缆管道实际使用高程”，因此根据海缆所在海床高程，项目确权为底土，高程范围为电缆管道设施下缘高程至实际设计或使用高程。

7.6.2 分层立体设权可行性分析

（1）海域管理政策的可行性分析

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

《自然资源部关于探索推进海域立体分层设权工作的通知》（自然资规〔2023〕8 号）提出“海域是包括水面、水体、海床和底土在内的立体空间。对排他性使用海域特定立体空间的用海活动，同一海域其他立体空间范围仍可继续排他使用的，可仅对其使用的相应海域立体空间设置海域使用权。在不影响国防安全、海上交通安全、工程安全及防灾减灾等前提下，鼓励对跨海桥梁、养殖、温（冷）排水、海底电缆管道、海底隧道等用海进行立体分层设权，生产经营活动存在冲突的除外。其他用海活动经严格论证具备立体分层设权条件的，也可进行立体分层设权。”根据《广东省自然资源厅关于推进海域使用权立体分层设权的通知》（广东省自然资源厅，2023 年 9 月 18 日），海域使用权立体分层设权的范围包含海底电缆管道。

本项目海域使用类型为“工矿通信用海”中的“可再生能源用海”，用海方式为“其他方式”中的“海底电缆管道”。因此，本项目海底电缆拟采取立体分层设权，确权空间范围为底土，本项目海底电缆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。

（2）利益相关者可协调

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±500kV 海底电缆用海范围与***海上风电场项目集电海缆用海范围存在权属冲突，本项目建设单位目前正在积极与***海上风电场项目建设单位沟通协调，由于本项目送出海缆为阳江三山岛一~四海上风电场的配套工程，具有较好协调性。

（3）立体空间布置的合理性

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

7.6.3 立体设权必要性分析

本项目辅助平台和±500kV 海底电缆均采用立体分层设权方式申请用海，其中辅助平台确权层为水面，拟申请用海面积 0.4382 公顷；±500kV 海底电缆确权层为海床，拟申请用海面积 683.6212 公顷。本项目采用立体分层设权的必要性分析如下：

1、辅助平台

本项目辅助平台与周边三山岛二和三山岛四风电场已申请用海范围重叠，根据《海籍调查规范》用海方式重叠范围的处理，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，且辅助平台作为海上换流站重要组成部分，其用海等级高于海上风电集线电缆，因此重叠部分应纳入本项目用海范围，但鉴于目前周边风电场项目先于本项目申请用海，而本项目辅助平台架设在海

上，其用海层主要为水面，因此为了兼容周边用海活动，同时保障本项目用海权益的完整性，本项目辅助平台采用立体分层设权，确权层为水面。为保证项目换流站的运营安全，应在海上换流站周边做好相关安全措施，设立显著标志，换流站周边区域禁止船舶航行及其他可能影响换流站运营安全的活动。

2、±500kV 海底电缆

根据《广东省自然资源厅关于推进海域使用权立体分层设权的通知》（粤自然资规字〔2023〕5 号），“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±500kV 海底电缆南至领海基线，北至阳东区大陆海岸线，因其跨度较大，若采用全空间确权将影响后续其他项目的用海，导致用海碎片化，不利于海域资源的高效利用，且海底电缆所使用的海域空间层主要为海床，不妨碍其他层空间的继续使用，因此本项目±500kV 海底电缆采用立体分层设权不仅符合政策要求，而且体现了集约、节约用海原则，其采用立体分层设权是必要且合理的。

综合以上分析，本项目采取立体设权方式用海，具有必要性。

7.7 用海期限合理性分析

本次用海调整不涉及用海期限的调整。

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

根据《中华人民共和国海域使用管理法》第二十五条海域使用权最高期限规定：建设工程海域使用最高年限为五十年。

阳江三山岛一、三山岛二、三山岛三、三山岛四海上风电项目根据风机设计

使用寿命（25 年）、施工周期（2 年）及结合相关法律要求，确定申请用海期限为 27 年。本项目海上换流站和海上辅助平台设计使用年限为 50 年，海缆设计使用年限为 30 年，施工周期约 14 个月，根据申请用海年限宜与主体工程申请年限保持一致，即本工程申请用海年限为 27 年。

根据《中华人民共和国海域使用管理法》第二十五条规定，建设工程用海的海域使用权最高期限按照用途确定，其中工程建设用海最高期限为五十年。结合国家对项目用海年限的规定，本项目拟申请使用海域 27 年，项目用海期限既可以满足项目设计年限和用途需求，又符合相关规定，是合理的。

海域使用权期限届满，海域使用权人需要继续使用海域的，应当至迟于期限届满前二个月向原批准用海的人民政府申请续期。

公示稿

8 生态用海对策措施

根据《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（自然资发〔2023〕234 号），项目用海的海域使用类型为工矿通信用海（一级类）中的可再生能源用海（二级类）；根据《海籍调查规范》（HY/T 124 2009）、《海域使用分类》（HY/T 123-2009），本项目海域使用类型为工业用海（一级类）中的电力工业用海（二级类），用海方式为透水构筑物、海底电缆管道。

本项目海底电缆登陆段采用定向钻的施工工艺，从底土穿越岸线，无需开挖，对岸线的自然形态和生态功能基本无影响，根据《广东省自然资源厅关于进一步做好海岸线占补台账管理的通知》（粤自然资海域〔2023〕149）号，“用海项目从空中跨越或底土穿越海岸线，不改变海岸线原有形态和生态功能，不造成海岸线位置、类型变化的，可免于落实海岸线占补。”因此，本项目无需进行海岸线占补。

根据前文资源生态影响预测分析结果，项目的建设可能产生的主要生态问题是海洋生物资源降低。针对项目可能产生的主要生态问题，提出生态用海对策，并参照《围填海工程生态建设技术指南（试行）》和海洋生态保护修复的相关要求提出海洋生物资源恢复的生态修复措施。计划 2 年内由建设单位组织开展本项目生态修复计划，确保海洋生物资源能够得到恢复。

8.1 生态用海对策

8.1.1 生态保护对策

1、设计阶段生态保护对策

本项目设计体现了生态化理念，避让了生态敏感目标。项目海缆路由选线尽量避让了周边保护区、锚地等，尽可能减少项目对海洋自然资源的占用。

2、施工阶段生态保护对策

本项目用海方式为透水构筑物、海底电缆管道。海上换流站基础及海底电缆敷设施工会对作业范围内的底栖及潮间带生境造成直接破坏，进而引起底栖生物和潮间带生物量的损失，且项目施工期产生悬浮泥沙会影响浮游动植物、鱼卵仔鱼、渔业资源和渔业生产。为降低项目施工期对资源生态的影响，项目施工做好

如下措施：

（1）工程建设要坚持“预防为主、保护优先”的原则，指导设计、施工、环境管理，把生态环境保护纳入工程方案设计过程中，把不利影响控制到最低程度。

（2）桩基基础施工、海缆敷设及登陆段施工过程中应加强施工管理，科学安排作业时间和程序。施工期安排尽量避开主要经济鱼类产卵季节和保护期，严格按照操作规程，尽量避免事故发生，减少对海洋环境、海洋生态的影响。

（3）严格限制施工区域，桩基沉桩及海缆敷设施工时，控制作业面（带）宽度，根据桩基尺寸及电缆沟设计沟槽宽度选择合理埋设犁等设备的尺寸，减少超挖量及工作面，从而降低对生态环境的影响范围。

（4）桩基基础施工控制每日和每次打桩数量，尽可能做到一次一桩，一日一桩，首桩打设采用较低功率的“软启动”方法。

（5）施工船舶含油污水和生活污水禁止在工程海域排放，含油污水收集后交由有处置能力单位处理，海上生活污水收集上岸处理。施工单位还应对施工船只进行机械管理，定期进行检修，强化保养，严禁带“病”作业，防止机油泄漏事故。

（6）海上施工应选择海况良好，潮流较缓的情况进行施工作业，同时注意沉桩、海缆铺设的施工速率和强度，在保证施工质量的前提下尽可能缩短作业时间。

（7）施工前应与当地渔业主管部门做好沟通，并严格按照国家及地方的有关规定执行，做好相关的经济补偿工作。

（8）海缆施工工期安排应尽可能避开当地鱼类育幼期，以及其他经济鱼虾产卵繁育高峰期，且施工时应降低施工强度，尽可能避开大潮期施工或采取防污屏减小悬砂扩散等措施。

（9）施工期对项目附近的生态环境进行跟踪监测，掌握生态环境的发展变化趋势，以便及时采取调控措施。

3、运营阶段生态保护对策

（1）对海上换流站运营过程中产生的少量事故油和油污水进行集中收集，随运维船舶送至岸上，委托具有相应能力的单位定期清运处置，生活污水利用辅助平台污水处理设施处理达标后排海。

（2）运维船舶产生的生活污水集中收集，随运维船舶送至岸上，委托具有相应能力的单位定期清运处置。

（3）运行过程产生的废旧蓄电池等可回收固废，可由厂家回收处理。

（4）运营期间定期对海缆的埋设情况进行监测，对冲刷后露出的海缆进行维护，台风等恶劣天气过后需增加监测和维护次数。

8.1.2 生态跟踪监测

本项目是海上风电集中送出项目，用海方式为透水构筑物、海底电缆管道，结合资源生态影响分析结果，制定本项目生态跟踪监测方案，包括生态监测内容，站位、频次等具体内容。

项目区及附近海域渔业资源较丰富，品种繁多，且存在海上换流站墩柱局部冲刷的风险。建设单位应根据环境特点及工程特征，制定海洋生态环境跟踪监测计划等具体的跟踪监测计划。监测计划的实施由业主委托具备 CMA 计量认证资质的单位开展，技术要求按照有关环境监测规范的规定执行，并在施工完成后及时向海洋环境主管部门提交符合要求的跟踪监测计量认证分析测试报告，以备查。通过跟踪监测，了解和掌握该项目施工过程产生的影响范围和程度，验证相关预测结果，并提出相应的海域使用管理对策措施。

据项目环境特点及工程特征，制定海洋生态环境跟踪监测计划。

8.1.2.1 施工期环境监测

通过环境监测可以及时掌握工程施工期污染物排放情况及对施工现场周围区域环境质量的影响程度，并反映和掌握营运期防治污染措施的有效程度和治理污染设施的运行治理效果，为环境管理工作提供科学依据。因此，必须做好该工程的环境监测计划。

施工期对水质、沉积物、海洋生态、渔业资源、海洋生物质量及噪声进行监测，如有问题应及时采取防治措施。根据相关文件中对海上风电项目生态跟踪监测具体要求选取相应站点，各监测站位由本报告海洋环境现状调查站位中选取，为更好反映施工期和营运期生态环境质量，在海底电缆周边适当增加调查站位，监测过程中可视情况做适当的调整。

（1）海水水质监测

监测站位：共布设 20 个监测站位，监测站位见图 8.1.2-1 和表 8.1.2-1。

监测项目：pH 值、水温、盐度、悬浮物、生化需氧量、化学需氧量、溶解氧、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、氨、活性磷酸盐、氰化物、硫化物、挥发性酚、石油类、重金属（铜、铅、锌、镉、汞、砷、总铬、硒、镍）。

监测频率：1 次/年，春季或秋季（避开生物产卵期）。

（2）沉积物监测

监测站位：共布设 10 个监测站位，监测站位见图 8.1.2-1 和表 8.1.2-1。

监测项目：pH 值、有机碳、硫化物、石油类、铜、铅、锌、镉、铬、总汞、砷、粒度、含水率。

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：

监测站位：共布设 12 个监测站位，监测站位见图 8.1.2-1 和表 8.1.2-1。

监测项目：石油烃、铜、铅、锌、镉、铬、总汞、砷。

监测频率：1 次/年，春季或秋季（避开生物产卵期）。

（4）海洋生态监测

监测站位：共布设 12 个监测站位，监测站位见图 8.1.2-1 和表 8.1.2-1。

监测项目：叶绿素 a、初级生产力、浮游植物、浮游动物、鱼卵仔鱼、底栖生物、游泳生物。

监测频率：1 次/年，春季或秋季（避开生物产卵期）。

表 8.1.2-1　跟踪监测调查站位情况表

（内容不公开）

（内容不公开）

图 8.1.2-1　跟踪监测调查站位示意图

（5）水上水下噪声监测

监测站位：共布设 9 个噪声监测站位，监测站位见图 8.1.2-2 和表 8.1.2-2。

监测项目：噪声频带有效声压级、噪声声压谱级

监测频率：施工前监测 1 次，施工期高峰期监测一次。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。

表 8.1.2-2　水上水下噪声监测站位

（内容不公开）

（内容不公开）

图 8.1.2-2　水上水下噪声监测站位示意图

8.1.2.2 营运期环境监测

营运期的环境监测项目由本工程的业主委托当地有资质的环保监测单位开展，如有可能应与当地环保监测部门的年度监测相结合，以充分利用现有资源并便于整个地区的环境质量变化情况相对照。

（1）海水水质监测

监测站位：共布设 20 个监测站位，监测点位与施工期一致，图 8.1.2-1 和表 8.1.2-1。

监测项目：与施工期一致。

监测频率：1 次/年，春季或秋季（避开生物产卵期）。

（2）沉积物监测

监测站位：共布设 10 个监测站位，监测点位与施工期一致，图 8.1.2-1 和表 8.1.2-1。

监测项目：与施工期一致。

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

监测站位：共布设 12 个监测站位，监测点位与施工期一致，图 8.1.2-1 和表 8.1.2-1。

监测项目：与施工期一致。

监测频率：1 次/年，春季或秋季（避开生物产卵期）。

（4）海洋生态监测

监测站位：共布设 12 个监测站位，监测点位与施工期一致，图 8.1.2-1 和表 8.1.2-1。

监测项目：与施工期一致。

监测频率：1 次/年，春季或秋季（避开生物产卵期）。

（5）地形地貌与冲淤监测

监测位置：根据本项目海底电缆和海上换流站对地形地貌与冲淤环境的影响范围设置，以工程外扩边界 500m 的海域，测量比例按照 1:5000。

监测项目：水深地形、海上换流站墩柱局部冲刷监测（冲刷深度、冲刷坑直径和冲刷坑形状等参数，若有必要，应对海上换流站墩柱局部冲刷进行加测。在风暴潮等恶劣气象条件过后对海上换流站墩柱局部冲刷情况进行必要的加测）。

监测时间及频次：工程营运期前 5 年内，每年监测 1 次，遇灾害性天气加密监测，5 年之后根据前期监测分析结果，可 2~3 年监测 1 次。

（6）水上水下噪声监测

监测站位：共布设 9 个监测站位，监测点位与施工期一致，图 8.1.2-3 和表 8.1.2-3。

监测项目：噪声频带有效声压级、噪声声压谱级；分析水下噪声时-频特性；同时测量换流站营运在空气中的辐射噪声。

监测频率：监测频率：每年 1 次，低、中和额定风速输出时。

（7）电磁环境监测

监测站位：共布设 9 个监测站位，监测站位与水上水下噪声监测站位一致。图 8.1.2-3 和表 8.1.2-3。

监测项目：合成场强。

监测频率：每年代表性 1 季。

表 8.1.2-3　电磁环境与噪声监测站位

（内容不公开）

（内容不公开）

图 8.1.2-3　电磁环境与噪声监测站位图

8.1.2.3 生态跟踪监测评价

本项目应根据生态跟踪监测结果，进行现状评价，将各类监测数据与本论证报告采用的现状调查数据进行比较，对是否突破相应指标合理变化范围进行评价。在监测完成后，开展趋势评价，结合生态本底调查数据和长期监测数据，就

各类指标的变化趋势、特别是逐步恶化趋势作出评价。在完成现状评价和趋势评价后，应进行综合评价，综合生态本底调查数据、各监测要素的现状评价和趋势评价结论，对项目周边海域的海洋生态和环境存在的问题、潜在风险进行评估。

本项目应严格执行生态跟踪监测，根据实际情况可适度调整部分站位，全面监督和检查各施工单位环境保护措施的落实和效果，根据评价结果，及时监督、处理和解决施工过程中出现的环境问题，保证项目环境保护措施得以全面落实并达到预期效果，并通过生态跟踪监测和评价，检验海洋生态修复措施的可行性和有效性。

8.2 生态保护修复措施

8.2.1 项目建设对所在海域生态的影响分析

由前文分析可知，本项目海底电缆登陆段采用定向钻从底土穿越岸线，认定为不占用岸线，无需海岸线占补。根据第 4 章资源生态影响分析，本项目海底电缆和海上换流平台及辅助平台建设共造成生物资源损失：底栖生物 1.76t，游泳生物 0.86t、鱼卵 3.24×10^8 粒、仔鱼 9.02×10^7 尾。

通过对海洋生物资源进行赔偿将对海洋生物受损的影响降到最低。为了缓解和减轻工程对所在海洋生态环境的不利影响，建设单位应根据农业部《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007）的有关规定，对项目附近海域的生物资源恢复作出经济补偿。

8.2.2 生态补偿方案

本项目海底电缆及海上换流站基础建设造成海洋生物资源损失，结合前文分析，参照《围填海项目生态保护修复方案编制技术指南（试行)》，本方案推荐采取增殖放流措施，提高项目所在海域的海洋生物资源总量和生物多样性。

一、增殖放流规模与计划

根据本项目建设造成的生物资源损失量，确定增殖放流规模，拟定在施工后 2 年内的休渔期进行增殖放流。

二、增殖放流物种选择

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，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》，阳江海域适宜增殖放流的水生生物如图 8.2.1-1 所示，建议选择黑鲷、斑节对虾作为增殖放流物种。

海陵岛海域	广东阳江	640	花鲈、青石斑鱼、斜带石斑鱼、布氏鲳鲹、大黄鱼、紫红笛鲷、红笛鲷、真鲷、平鲷、黑鲷、黄鳍鲷、断斑石鲈、花尾胡椒鲷、斑节对虾、长毛对虾、墨吉对虾、四指马鲛、克氏海马*、二长棘鲷、圆尾蝎鲨*、绿海龟*

图 8.2.1-1　阳江海域增殖放流适宜性评价表

（引自《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》）

三、放流地点选择

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》，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。

综上，推荐放流地点为阳江海陵岛南海放生台，最终放流地点以渔业主管部门审定的增殖放流方案为准。

（内容不公开）

图 8.2.2-2　增殖放流位置示意图

四、增殖放流时间和气象条件

根据 1999 年起实施的南海海域伏季休渔政策，每年的 5 月 1 日至 8 月 16 日为休渔期，此时正值大多数经济渔业种类的增殖期，因此增殖放流时间适宜选择在休渔期间进行，同时还应选择晴、多云或阴天进行，若放流区域 2 天内有 5 级以上大风或中雨以上天气，应另选合适的时间进行。

五、增殖放流要求

增殖放流物种的规格以放流现场测量为准。鱼苗体长宜在 4cm 以上，虾苗体长宜在 2cm 以上。增殖放流的苗种应当是本地种的原种或子 1 代，人工繁育的增殖放流苗种应由具备资质的生产单位、检验机构认可的单位提供，禁止增殖放流外来种、杂交种、转基因种以及其他不符合海洋生态要求的海洋生物物种。

增殖放流前，对损害增殖放流生物的作业网具进行清理。增殖放流过程中，

要观测并记录投放海域的水域状况，包括水温、盐度、pH 值、溶解氧、流速和流向等水文参数，以及记录天气、风向和风力等气象参数。增殖放流后，对增殖放流水域组织巡查，防止非法捕捞增殖放流生物资源。根据 GB/T 12763 和 SC/T9102 的方法，定期监测增殖放流对象的生长、洄游分布及其环境因子状况。

表 8.2.2-1　生态保护修复一览表

保护修复类型	保护修复内容	工程量	实施计划	责任人	备注
海洋生物资源恢复	增殖放流	与环评批复保持一致	施工后 2 年内	建设单位	1、放流规格、数量可根据当年市场苗种情况进行合理调整，且不少于报告所列数量； 2、具体实施方案、周期在实施过程中可结合实际情况进行适当调整。

8.2.3 生态保护修复实施效果监测

参照《围填海项目生态保护修复方案编制技术指南(试行)》，结合本项目生态保护修复重点，制定针对性的跟踪监测计划。

1、主要监测内容：海洋生物。

2、主要监测项目：浮游植物、浮游动物、鱼卵仔鱼、游泳生物、底栖生物、潮间带生物以及增殖放流生物品种等。

3、监测频次：修复完成后首年春秋季各监测 1 次。

表 8.2.2-2　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	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

9 结论

9.1 结论

9.1.1 项目用海调整基本情况

本项目海上部分建设内容调整前后一致，工程拟建设 1 座±500kV/2000MW 海上换流站（含辅助平台）和 1 回（2 根）±500kV 直流海缆。三山岛一、三山岛二、三山岛三、三山岛四风电机组发出电能均通过 66kV 集电海底电缆接入本项目海上换流站，换流后通过 1 回（2 根）±500kV 直流海底电缆集中送出至陆上集控中心。

平面布置调整情况：本次海上换流站（含辅助平台）不涉及用海调整。±500kV 直流海底电缆的调整内容具体为：①登陆点往南偏移 35m，登陆段海缆往南移 36~106m；②中间段海缆整体往西偏移 0~30m；③接入海上换流站段海缆延长 28~54m，调整海缆接入海上换流站的位置。

调整前后用海类型和用海方式均不变。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）。

用海面积调整情况：（1）调整前：项目原申请用海总面积 684.0803 公顷，其中海上换流站用海面积 1.3640 公顷，辅助平台用海面积 0.4382 公顷，海底电缆管道用海 682.2781 公顷。**（2）调整后：**项目申请用海总面积 685.4234 公顷（增加 1.3431 公顷），其中海上换流平台用海面积为 1.3640 公顷（无变化），辅助平台用海面积 0.4382 公顷（无变化），±500kV 海底电缆管道用海面积为 683.6212 公顷（增加 1.3431 公顷）。

利用岸线变化情况：本项目±500kV 海底电缆采用定向钻施工方式从底土穿越岸线，调整前涉及人工岸线 25.0m，调整后涉及人工岸线 8.6m，共减少 16.4m。

申请用海期限调整情况：调整前后不变，拟申请用海期限为 27 年。

9.1.2 项目调整用海必要性结论

本项目仅对±500kV 直流海底电缆用海进行调整，海上换流站及辅助平台不涉及调整。原海缆登陆段未与周边项目送出海缆统筹登陆，各项目的登陆海缆排布较为紊乱，导致登陆点空间利用效率不高，对后续项目的海缆登陆造成一定阻碍。

调整后，本项目与周边项目统筹划定各项目海缆登陆位置，在满足技术规范、施工安全以及各项目海缆登陆需求的基础上，各项目登陆点统一往南压缩，提升登陆点空间资源的使用效率，同时也为未来落地的海风项目留出登陆空间，因此本项目海缆登陆段的用海调整是必要的。

由于海缆登陆段发生变化，为防止海缆弯曲半径过大导致海缆受损，保障海缆间施工和运行安全，中间段海缆整体往西偏移 0-30m。另外随着施工图的不断深化，接入海上换流站段的部分海缆需预留安全长度，以防止施工和运行发生故障，其用海调整是必要的。

9.1.3 项目用海资源生态影响分析结论

本项目涉海工程主要有海上换流站（含辅助平台）和海底电缆，对工程海域的水动力的影响仅体现在海上换流平台及辅助平台的桩基阻水，换流站桩基较小，桩基之间距离较大，工程建设后涨、落急时刻桩基基础附近的最大流速变幅为 0.016m/s 和 0.011m/s，工程前后流速变化大于 0.01m/s 的影响范围不超过换流站周边 2.0km。总体而言，本项目建设对工程海域的潮流影响很小。

工程实施后海上换流站前后（涨、落潮流方向）小范围海域主要呈淤积态势，年淤积厚度最大约 0.04m；海上换流站两侧（垂直涨、落潮流方向）小范围海域主要呈冲刷态势，年冲刷深度最大约 0.02m。

本项目施工对水质影响主要为海底电缆施工产生悬浮泥沙影响水质，施工悬沙扩散的影响范围基本局限于底层，垂向平均浓度超第一、二类海水水质的海域面积 105.54 km^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，对沉积物环境影响不大。

项目海缆登陆段采用定向钻施工方式从底土穿越人工岸线，用海范围涉及岸

线长度约 8.6m。海上换流站和辅助平台占用部分海底、海面以及部分海面上方的海域空间资源，海底电缆管道则主要占用海床空间资源。项目建设造成生物资源损失为：底栖生物 1.76t，游泳生物 0.86t、鱼卵 3.24×10^{8} 粒、仔鱼 9.02×10^{7} 尾。

9.1.4 海域开发利用协调分析结论

本项目论证范围内海域开发利用活动主要为航道航路、锚地、海上风电项目、海水养殖、核电工程等。根据本报告海域开发利用协调分析结论，本项目利益相关者为 XXXXXX。协调责任部门为阳江海事局、阳江航道事务中心、阳江市农业农村局。本项目在实施前，必须妥善安排施工计划，严格控制施工船舶的活动范围，并采取合理有效的防护措施，尽可能避免产生利益冲突；在实施过程中，如果发生利益冲突，应该立即停工，等待利益冲突得到妥善解决后方可复工。

本项目用海属经营性用海，按国家有关规定交纳海域使用金，不存在损害国家权益的问题；根据本阶段工作，项目所在海域暂时无军事设施，但可能存在军方电缆。目前本项目尚未取得军方书面意见，建议业主积极协调军方意见，取得书面意见后，用海可行。

9.1.5 国土空间规划符合性分析结论

根据《阳江市国土空间总体规划（2021-2035 年）》（2023 年 9 月），本项目海底电缆涉及生态保护区、生态控制区、渔业用海区、工矿通信用海区，海上换流平台及海上辅助平台位于工矿通信用海区，项目不占用城镇空间和农业空间。项目建设所造成的海洋环境影响较小，对项目周边生态保护红线的影响可接受，总体符合国土空间规划中的海洋功能分区管控要求。《阳江市国土空间总体规划（2021-2035 年）》提出至 2035 年，新增省管三山岛海域 1000 万千瓦项目，积极推动国管海域深远海资源摸查和纳规工作。统筹规划建设海上风电登陆点的海缆通道和陆上集控中心，推动海上风电由近浅海向深远海发展，本项目属于三山岛海上风电重大能源项目用海，项目已纳入“十四五”国家电力发展规划电网主网架工程项目。综合上述分析，本项目总体符合《阳江市国土空间总体规划（2021-2035 年）》。

本项目海上换流站和辅助平台不在生态保护红线内，项目海缆涉及穿越海头

湾海岸防护物理防护极重要区和东平镇南珍稀濒危物种分布I区生态保护红线，本项目为线性基础设施建设工程，且对生态保护红线具有不可避让性，项目用海符合国土空间规划，因此本项目符合《广东省自然资源厅 广东省生态环境厅 广东省林业局关于严格生态保护红线管理的通知（试行）》（粤自然资发〔2023〕11 号）中“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建设”的生态保护红线内允许开展的有限人为活动的情况，其用海与政策相符。

此外，本项目用海符合《“十四五”现代能源体系规划》《广东省能源发展“十四五”规划》《广东省自然资源保护与开发“十四五”规划》《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》《广东省海上风电发展规划（2017-2030 年）（修编）》《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》《阳江市国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》《产业结构调整指导目录》（2024 年本）、《市场准入负面清单》（2022 年版）等规划文件。

9.1.6 项目用海合理性分析结论

本项目仅对±500kV 直流海底电缆平面布置进行调整，项目宏观选址整体不变。项目用海与气象条件、地形条件、地质条件、冲淤环境等自然环境条件相适宜；对生态环境影响相对较小，在采取一定生态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相适宜，有利于海洋产业协调发展。因此，项目用海选址是合理的。

调整后，本项目用海方式不变，为透水构筑物和海底电缆管道，本项目用海方式能较好维护海域基本功能，对区域水文动力环境和冲淤环境、海洋生态系统影响较小，其用海方式合理。

项目平面布置调整后，海缆登陆段与周边项目登陆海缆统筹登陆，各项目间的海缆有序排布，有利于集约节约用海，调整后的海缆平面布置已最大程度避让了生态敏感目标，对周边其他用海活动的影响较小，其平面布置合理。

项目申请用海总面积 685.4234 公顷，其中海上换流平台用海面积为 1.3640 公顷，辅助平台用海面积 0.4382 公顷，±500kV 海底电缆管道用海面积为 683.6212 公顷。其用海面积可以满足项目用海需求，符合相关行业的设计标准和规范，不存在减少用海面积的可能性，其用海面积合理。

本项目±500kV 海底电缆采用定向钻施工工艺从底土穿越人工岸线，营运期间电缆埋设有一定深度，基本不会导致岸线原有形态或生态功能发生变化，因此项目以底土穿越的方式占用岸线是合理的。

本项目工程申请用海年限 27 年与周边风电项目工程申请年限保持一致，项目用海期限既满足项目设计年限和用途需求，又符合相关规定，拟申请用海年限合理。

9.2 项目可行性分析结论

阳江三山岛海上风电柔直输电工程（海上工程）位于阳江市阳东区南侧海域，项目申请用海总面积 685.4234 公顷，申请用海期限 27 年。项目用海符合国土空间规划及相关规划的管控要求。本项目与周边其他用海活动能够协调，涉及的利益相关者存在妥善解决的途径。从项目所在海域风能资源、利用规划及现状、项目布置方案、对水动力和冲淤环境的影响、占用海洋空间情况、资源生态影响等方面的综合分析，本项目选址、平面布置、用海方式、用海面积合理；根据项目设计方案、施工进度安排，项目用海期限合理。从海域使用角度考虑，本项目用海可行。项目建设单位应切实执行国家有关法律法规、落实论证报告提出的海域使用管理对策措施、妥善处理和协调好与周边海域利益相关者的关系、落实用海风险事故防范对策措施和应急预案。