中广核汕尾甲子一海上风电场项目

用海变更海域使用论证报告书

（公示稿）

编制单位：广东海兰图环境技术研究有限公司

统一社会信用代码：91440101MA59KQLF0D

二〇二六年十月

论证报告编制信用信息表

论证报告编号	4415812021001401		
论证报告所属项目名称	中广核汕尾甲子一海上风电场项目		
一、编制单位基本情况			
单位名称	广东海兰图环境技术研究有限公司		
统一社会信用代码	91440101MA59KQLF0D		
法定代表人	吕建海		
联系人	麦晓敏		
联系人手机	13682240015		
二、编制人员有关情况			
姓名	**信用编号**	**本项论证职责**	**签字**
邹凯林	BH000295	论证项目负责人	邹凯林
邹凯林	BH000295	1. 概述 2. 项目用海基本情况 7. 项目用海合理性分析 9. 结论与建议	邹凯林
李舒敏	BH000294	3. 项目所在海域概况 5. 海域开发利用协调分析	李舒敏
詹凤娉	BH000297	4. 项目用海资源环境影响分析	詹凤娉
李志军	BH000352	6. 项目用海与海洋功能区划及相关规划符合性分析	李志军
陈冬梅	BH001289	8. 海域使用对策措施	陈冬梅

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

承诺主体(公章)：

2026 年 10 月 15 日

项目基本信息表

<table>
<tr><td>项目名称</td><td colspan="4">中广核汕尾甲子一海上风电场项目</td></tr>
<tr><td>项目地址</td><td colspan="4">广东省汕尾市陆丰湖东镇南侧海域</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">570.7849 公顷</td><td>投资金额</td><td>/</td></tr>
<tr><td>用海期限</td><td colspan="2">26 年（2022 年 10 月 20 日至 2048 年 11 月 15 日）</td><td>预计就业人数</td><td>/</td></tr>
<tr><td rowspan="4">占用岸线</td><td>总长度</td><td>54.1 米（底土穿越）</td><td>预计拉动区域经济产值</td><td>/</td></tr>
<tr><td>自然岸线</td><td>54.1 米（砂质岸线）</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>人工岸线</td><td>0 米</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>其他岸线</td><td>0 米</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>海域使用类型</td><td colspan="2">可再生能源用海（二级类）
工业用海（一级类）中的电力工业用海（二级类）</td><td>新增岸线</td><td>0 米</td></tr>
<tr><td colspan="2">用海方式</td><td>面积</td><td colspan="2">具体用途</td></tr>
<tr><td colspan="2">透水构筑物</td><td>195.8502 公顷</td><td colspan="2">风电机组</td></tr>
<tr><td colspan="2">透水构筑物</td><td>0.3487 公顷</td><td colspan="2">海上升压站</td></tr>
<tr><td colspan="2">海底电缆管道</td><td>165.1625 公顷</td><td colspan="2">35kV 集电海底电缆</td></tr>
<tr><td colspan="2">海底电缆管道</td><td>209.4235 公顷</td><td colspan="2">220kV 送出海底电缆</td></tr>
</table>

目 录

摘要 1

1 概述 6

1.1 论证工作来由 6

1.2 论证依据 7

1.2.1 法律法规 7

1.2.2 规划 10

1.2.3 标准规范 11

1.2.4 项目技术资料 12

1.3 论证等级和范围 13

1.3.1 论证等级 13

1.3.2 论证范围 13

1.4 论证重点 14

2 项目用海基本情况 15

2.1 用海项目建设内容 15

2.1.1 用海基本情况 15

2.1.2 项目用海批复过程及建设概况 15

2.1.3 项目现状情况 16

2.2 平面布置和主要结构、尺度 17

2.2.1 平面布置 17

2.2.2 主要结构、尺度 18

2.3 项目主要施工工艺和方法 20

2.3.1 风机基础施工 20

2.3.2 风机安装施工 24

2.3.3 海上升压站施工 26

2.3.4 海缆施工 28

2.3.5 土石方平衡 31

2.4 项目用海需求 31

2.4.1 项目用海需求 31

2.4.2 申请用海情况 33
2.5 项目用海变更必要性 36
2.5.1 风电机组用海变更的必要性分析 36
2.5.2 海上升压站用海变更的必要性分析 37
2.5.3 海底电缆用海变更的必要性分析 37
3 项目所在海域概况 39
4 海底电缆管道路由勘测 39
5 资源生态影响分析 39
5.1 生态评估 39
5.1.1 资源生态敏感目标 39
5.1.2 重点和关键预测因子 40
5.1.3 用海方案工况设计 40
5.1.4 水动力环境影响分析 41
5.1.5 地形地貌与冲淤环境影响分析 42
5.1.6 水质环境影响分析 43
5.2 资源影响分析 43
5.2.1 对海岸线资源和海洋空间资源的影响 43
5.2.2 对海洋生物资源的影响 44
5.2.3 对风能资源的影响分析 47
5.3 生态影响分析 47
5.3.1 对水动力环境的影响 48
5.3.2 对地形地貌与冲淤环境的影响 48
5.3.3 对水质环境的影响 49
5.3.4 对沉积物环境影响分析 51
5.3.5 对海洋生物的影响 52
5.3.6 对珍稀海洋生物的影响 54
5.3.7 水下噪声影响 55
5.3.8 电磁辐射影响分析 60
5.3.9 对鸟类的影响 60

5.3.10 对“三场一通道”的影响分析 64
5.3.11 项目用海生态影响回顾性分析 65
5.3.12 生态跟踪监测指标合理影响范围 72
6 海域开发利用协调分析 75
6.1 海域开发利用现状 75
6.1.1 社会经济概况 75
6.1.2 海域使用现状 79
6.1.3 海域使用权属 81
6.2 项目用海调整对海域开发活动的影响 81
6.2.1 对航道、航路的影响分析 81
6.2.2 对锚地的影响分析 82
6.2.3 对海上风电项目的影响分析 82
6.2.4 对码头项目的影响分析 83
6.2.5 对水质国控站位的影响分析 83
6.2.6 对其他项目的影响分析 84
6.2.7 对渔业生产活动的影响分析 84
6.3 利益相关者界定 84
6.4 需协调部门界定 85
6.5 相关利益协调分析 85
6.5.1 与原利益相关者的协调方案及落实情况 85
6.5.2 与需协调部门协调分析 85
6.6 项目用海与国防安全和国家海洋权益的协调性分析 86
6.6.1 与国防安全和军事活动的协调性分析 86
6.6.2 与国家海洋权益的协调性分析 86
7 国土空间规划符合性分析 87
8 项目用海合理性分析 87
8.1 用海选址合理性分析 87
8.2 用海平面布置合理性分析 87
8.2.1 项目用海平面布置调整是否体现节约集约用海的原则 88

8.2.2 项目用海平面布置调整是否有利于生态保护，并已避让生态敏感目标 89
8.2.3 项目用海平面布置调整能否最大程度地减少对水文动力环境和冲淤环境的影响 89
8.2.4 项目用海平面布置调整能否最大程度地减少对周边其他用海活动的影响 90
8.3 用海方式合理性分析 90
8.4 占用岸线合理性分析 90
8.4.1 项目占用岸线情况 91
8.4.2 对周边岸线资源的影响分析 91
8.4.3 占用岸线的必要性与合理性 91
8.4.4 岸线占补分析 92
8.5 用海面积合理性分析 92
8.5.1 用海面积 92
8.5.2 项目用海面积合理性 93
8.5.3 宗海图绘制 96
8.5.4 项目用海面积量算 106
8.6 立体设权合理性分析 108
8.6.1 立体设权范围 108
8.6.2 立体设权可行性分析 109
8.6.3 立体设权必要性分析 110
8.7 用海期限合理性分析 112
9 生态用海对策措施 113
9.1 生态用海对策 113
9.1.1 生态保护对策 113
9.1.2 生态跟踪监测 118
9.2 生态保护修复措施 122
10 结论 124
10.1 结论 124

10.1.1 项目用海基本情况 124
10.1.2 用海变更必要性结论 125
10.1.3 项目用海资源生态影响分析结论 125
10.1.4 海域开发利益协调分析结论 126
10.1.5 国土空间规划符合性分析结论 126
10.1.6 项目用海合理性分析结论 127
10.2 项目用海可行性分析结论 127

摘要

（1）项目用海基本情况

项目背景：中广核汕尾甲子一海上风电场项目（以下简称本项目）于2018年11月取得汕尾市发展和改革委局的项目核准批复，立项代码为2018-441581-44-02-822317，建设单位为中广核汕尾新能源有限公司。

本项目位于《广东省海上风电发展规划（2017-2030）（修编）》规划的甲子海上风电场，规划装机总容量为500MW。本项目于2019年11月取得广东省人民政府用海批复，批准用海总面积540.5044公顷，批准用海期限为29年，并于2020年3月取得不动产权证书（粤〔2020〕陆丰市不动产第0000639号），批准用海期限自2019年11月15日至2048年11月15日。

根据项目初设阶段用海优化调整方案，本项目于2022年提出用海变更申请，2022年10月取得广东省人民政府用海变更批复，批准用海面积为460.5430公顷，2023年6月，项目取得不动产权证书（粤(2023)陆丰市不动产权第0004918号），海域使用期限为2022年10月20日至2048年11月15日。

2022年12月，本项目建设完成投入调试阶段。本项目实际建设方案与批准用海方案总体一致，风机和海上升压站均建设在批复用海范围内；部分海底电缆超出批复用海范围，本次按照实际建设方案提出用海变更申请。

建设内容：本项目已建设完成，装机总容量为500MW，场址内布置78台6.45MW风电机组，同时配套建设1座220kV海上升压站和陆上集控中心。风电场电能以35kV电压等级汇集后，通过16回35kV海底电缆连接至220kV海上升压站，升压后通过2回220kV海底电缆线路将全部电能输送陆上集控中心登陆，最后通过1回架空线路接入500kV茅湖变电站电网系统。

本项目敷设集电海底电缆长度约93.08km，送出海底电缆长度约63.11km。

用海类型、用海方式和用海面积：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）。

本项目申请用海总面积为570.7849公顷，其中，透水构筑物用海196.1989公顷，海底电缆管道用海374.5860公顷。

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）及《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），本项目风机和海底电缆管道拟进行立体分层设权，其中，风机用海空间层为水面，高程范围为平均海平面至风机叶片顶端高程，具体为平均海平面~214.5m（1985国家高程基准，下同）；本项目海底电缆用海空间层为底土，高程范围为电缆管道设施下缘高程至实际使用高程，具体高程范围为：35kV集电海缆高程范围为-35.3m~-30.2m，海上升压站至登陆点220kV海缆高程范围为-32.8m~0m。

用海期限：

本项目申请用海期限26年，申请用海起止时间与原批准用海期限一致，为2022年10月20日至2048年11月15日。

占用岸线：

根据广东省政府2022年批复海岸线，本项目220kV送出海底电缆申请用海范围占用大陆自然岸线长度54.1m，岸线类型为砂质岸线，送出海缆以定向钻方式底土穿越自然岸线。

（2）用海变更必要性

本项目于2018年取得汕尾市发展和改革局核准，并取得了用海批复和不动产权证，本项目已经建成，本项目建设和用海必要性已经充分论证，本项目建设和用海必要。

本次基于实际建设范围申请用海变更，本项目已进入总体竣工验收阶段，根据实际建设方案实测结果，本项目采用的风机机型不变，本项目实际建设78台6.45MW的风电机组，对比项目取得的海域使用权证，风机较批复中心点偏移值在0.19m~4.54m之间，本项目实际建设的风机全部位于原批复用海范围内，本项目实际建设的风机、海上升压站全部位于原批复用海范围内，本项目根据项目实际建设情况，申请用海变更是必要的。

（3）规划符合性

本项目符合《广东省国土空间规划（2021-2035年）》《汕尾市国土空间总

体规划（2021-2035 年）》《陆丰市国土空间总体规划（2021-2035 年）》以及《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》等各级国土空间规划文件要求。

本项目不占用“三区三线”中的生态保护红线，根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》，本项目风电场位于汕尾-揭阳南部工矿通信用海区，送出电缆由南至北穿越汕尾南部渔业用海区、甲子南部工矿通信用海区和陆丰核电工矿通信用海区，本项目用海与所在功能分区的管控要求相符合。

（4）海底电缆管道路由勘测结论

本项目路由区由北向南逐渐变深，地形总体较为平坦，有利于海缆施工铺设。路由沿线海底面分布有数量众多的拖痕、锚痕、捕虾笼、人工堆积体及其它障碍物；临近登陆点近岸区，分布有较多礁石（含裸露礁石和暗礁）。

路由区近岸段内浅部地层主要为淤泥和淤泥质土，饱和、流塑、土质均匀，登陆点近岸段分布有小片松散砂土层，工程地质性质较差，浅海段内浅部主要地层为松散粉砂、粉砂混淤泥。

勘察路由区未发现海底管线产生的磁力异常，也未发现海底面海底管线影像痕迹。通过分析单、多波速测深、侧扫声纳及浅地层剖面资料，在航线与路由通道交越点未发现地形地貌异常，说明航线在路由通道段未进行开挖或疏浚，海底地形平坦。

路由区软土在 7 度地震作用下存在发生震陷的可能；砂土在 7 度地震作用下存在发生液化的可能，液化等级为不液化～严重。可根据海底电缆的抗震设防类别采取相应的工程措施。

路由区为轻浪区，弱潮差海区，弱潮流区，水温变化相对温和的水文条件，其对海底电缆的铺设、运行和维护总体影响不大。但在热带气旋和极端天气影响下，路由区的水文条件较差，对海底电缆的铺设、运行和维护产生较大的影响。

（5）海域开发利益协调

本项目论证范围内海洋开发利用活动主要有航道航路、锚地、国控站位、码头、海上风电场项目、人工鱼礁等，本项目与周边用海项目不存在权属重叠。

本次用海无新增利益相关者，项目已建设完成，运营期无利益相关者；项目运营期需协调部门为航道、海事主管部门和当地渔业主管部门。

（6）项目用海资源生态影响分析及生态保护修复措施

本项目由于风机直径不大，工程实施后风电场内水动力环境变化较小，风电工程的实施不会对附近海域水动力环境产生明显影响。本项目实际建设方案与用海批准方案基本一致，风电场平面布置变化后对桩基附近冲淤影响范围变化不大，主要分布在工程区附近，对工程区以外的海域基本无影响。本项目施工期从表层到底层超第一、二类海水水质包络面积分别为 0.649km^2、0.945km^2、8.643km^2、81.564km^2 和 147.768km^2，垂向平均超第一、二类海水水质包络面积为 47.914km^2。整体而言，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较小。悬沙影响主要在海缆铺设过程出现，海缆铺设施工迅速，施工产生的悬浮泥沙影响是暂时的、可逆的，随着施工的结束，慢慢可以得到恢复。施工悬沙对周边水质环境影响较小，将随着施工的结束而消失。在严格施工管理条件下，施工船舶产生的生产废水、生活污水和垃圾经收集处理后运至陆上处置，海上工程施工不会对海洋沉积物质量产生明显影响，工程运营对区域海洋沉积物环境无明显不利影响。

项目建设造成的生物资源直接损失量分别为：底栖生物 23620.27kg，游泳生物 1290.72kg，鱼卵 1.76×10^8 粒，仔鱼 2.6×10^7 尾。施工产生的悬浮泥沙影响是暂时的、可逆的，随着施工的结束，慢慢可以得到恢复。根据收集的施工前中后海洋环境现状调查资料，底栖生物、潮间带生物、鱼卵、仔稚鱼等在施工期间生物量或生物密度出现下降，在施工结束后逐渐恢复，但尚未恢复至施工前水平；但浮游植物、浮游动物则在施工后生物量有所上升。建设单位已并按规定于 2024 年 6 月 3 日向汕尾市财政局一次性缴纳了渔业和水生生物资源损失补偿费用共计 8978800 元人民币（其中本项目金额 4287000 元人民币）。后续各部门依照汕尾市人民政府第二十九期会议精神实施海洋渔业资源生态修复工作。

（7）项目用海合理性

本项目位于《广东省海上风电发展规划（2017-2030）（修编）》规划的汕尾甲子海上风电场，本项目已建设完成，实际建设方案用海选址与批准用海方案一致，本项目用海选址合理性已经充分论证，实际建设风机和海上升压站均建设在批复用海范围内，海缆总体走向、链接方式以及 220kV 海缆登陆点选址不变。

本项目已经建设完成，根据实测结果，本项目实际建设方案风机排布与集电海缆链接方案与批准用海方案一致，220kV 送出海底电缆路由方案与登陆点也与

批准用海方案一致，本项目用海平面布置方案体现了节约集约用海的原则。

本项目用海方式包括透水构筑物和海底电缆管道，用海方式不改变海域自然属性，能基本维护了所在海域的基本功能，对水动力、冲淤环境影响较小，用海方式合理。

本项目风机外包络线面积为7239.8134公顷，单位装机容量风电场面积14.48公顷/兆瓦，海域利用率5.2%，投资强度1796.07万元/公顷，本项目仅投资强度符合《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》的要求。本项目用海平面布置方案于2022年10月经广东省人民政府批准，于2022年12月按照批准用海方案建设完成。本项目取得用海批复时（2022年10月），海上风电项目用海集约节约指标主要参照《国家海洋局关于进一步规范海上风电用海管理的意见》，单个海上风电场外缘边线包络海域面积原则上每10万千瓦控制在16平方公里左右。本项目装机容量500MW，本项目每10万千瓦包络海域面积为14.48km^2，符合国家海洋局规定的用海控制要求。

本项目申请立体分层设权，风机确权空间范围为水面，空间确权范围为平均海平面至风机叶片顶端，海底电缆申请确权范围为底土，空间确权范围为电缆管道设施下缘高程至实际使用高程，符合相关技术标准，立体确权范围合理。

本项目申请用海面积满足项目基本用海需求，宗海界址点的界定和宗海面积的量算符合《海籍调查规范》《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》等相关要求。本项目申请立体分层设权，符合《自然资源部关于探索推进海域立体分层设权工作的通知》的要求。

本项目申请用海起止时间与原批准用海期限一致，符合《中华人民共和国海域使用管理法》的要求。

综上所述，从海域使用角度出发，本项目用海变更可行。

1 概述

1.1 论证工作来由

广东省沿海风能资源丰富，具备海上风电规模开发的场地和效益，可开发潜力巨大。开发利用广东省近海风能资源，不仅有利于广东省能源安全稳定供应和环境保护，而且有利于促进风电装备及相关产业链的形成和发展，实现社会经济的可持续发展，为广东省打造风电产业基地创造良好条件。

根据《广东省海上风电发展规划（2017-2030）（修编）》，粤东海域作为广东省风能资源最为丰富的地区，发展海上风电潜力巨大，是广东省海上风电重点规划发展区域，共规划海上风电场址 7 个，装机容量 415 万千瓦，其中汕尾市规划近海浅水区场址 2 个，分别为后湖海上风电场、甲子海上风电场。其中，甲子海上风电场项目位于汕尾市陆丰湖东镇南侧海域，规划装机容量为 900MW，分别为甲子一 500MW、甲子二 400MW。

中广核汕尾甲子一海上风电场项目（以下简称本项目）规划装机容量为 500MW，布置 91 台 5.5MW 风电机组。本项目于 2019 年 11 月 15 日取得广东省人民政府的用海批复，于 2020 年 3 月 19 日取得不动产权证书（粤（2020）陆丰市不动产第 0000639 号），批准用海总面积 540.5044 公顷，用海期限为 29 年，2019 年 11 月 15 日至 2048 年 11 月 15 日。

随着海上风电技术快速发展，单机容量为 5.5MW 的风机逐渐被更大容量的风机替代，5.5MW 风机已不是市场主流，难以满足本项目建设所需的风机数量需求。因此，本项目在 2021 年优化调整后选用市场上单机容量更大的 6.45MW 风机，总装机容量仍为 500MW，风电场内布置 78 台 6.45MW 的风机机组、配套 500MW 海上升压站 1 座和 16 回 35kV 集电海底电缆，风机发出的电能通过 2 回 220kV 送出海底电缆接入陆上集控中心。2022 年 4 月，建设单位委托技术单位编制完成《中广核汕尾甲子一海上风电场项目海域使用补充论证报告书》（以下简称《补充论证报告》）。2022 年 10 月 20 日，本项目取得广东省人民政府用海变更批复，批准用海面积为 460.5430 公顷，其中透水构筑物用海 72.3807 公顷，海底电缆管道用海 388.1623 公顷，2023 年 6 月，项目取得不动产权证书（粤

（2023）陆丰市不动产权第 0004918 号），海域使用期限为 2022 年 10 月 20 日至 2048 年 11 月 15 日。

2022 年 12 月，本项目建设完成投入调试阶段。本项目实际建设方案与批准用海方案总体一致，风机较批复中心点偏移值在 0.19m~4.54m 之间，本项目实际建设的风机全部位于原批复用海范围内；部分海底电缆超出了批复用海范围。

根据《中华人民共和国海域使用管理法》《海域使用权管理规定》《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知等相关规定》等的相关规定与要求，受中广核汕尾新能源有限公司委托，广东海兰图环境技术研究有限公司开展本项目海域使用论证报告编制工作。

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》，中华人民共和国主席令第六十一号，2002 年 1 月 1 日施行；

（2） 《中华人民共和国生态环境法典》（2026 年 3 月 12 日第十四届全国人民代表大会第四次会议通过，2026 年 8 月 15 日起施行）；

（3） 《中华人民共和国可再生能源法》，中华人民共和国主席令第三十三号，2006 年 1 月 1 日起施行，2009 年 12 月 26 日修订；

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

（5） 《中华人民共和国港口法》，中华人民共和国主席令第五号，2004 年 1 月 1 日起施行，2018 年 12 月 29 日第三次修正；

（6） 《中华人民共和国海上交通安全法》，中华人民共和国主席令第七十九号，1984 年 1 月 1 日起施行，2021 年 4 月 29 日修订；

（7） 《中华人民共和国渔业法》，中华人民共和国主席令第六十三号，2025 年 12 月 27 日修订，2026 年 5 月 1 日起施行；

（8） 《中华人民共和国野生动物保护法》，中华人民共和国主席令第 16 号，1989 年 3 月 1 日起施行，2022 年 12 月 30 日第十三届全国人民代表大会常

务委员会第三十八次会议第二次修订，自 2023 年 5 月 1 日起施行；

（9） 《中华人民共和国航道法》，中华人民共和国主席令第 17 号，2015 年 3 月 1 日起施行，2016 年 7 月 2 日修正；

（10） 《中华人民共和国自然保护区条例》，中华人民共和国国务院令第 830 号，2026 年 1 月 9 日修订，自 2026 年 3 月 15 日起施行；

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

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

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

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

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

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

（17） 《关于印发<生态保护红线生态环境监督办法（试行）>的通知》，国环规生态〔2022〕2 号，2022 年 12 月 27 日；

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

（19） 《自然资源部办公厅关于进一步做好海域使用论证报告评审工作的通知》，自然资源部，自然资办函〔2021〕2073 号，2021 年 11 月 10 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，2022 年 6 月 2 日；

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

（22） 《自然资源部 国家林业和草原局关于进一步做好自然资源要素保

障的通知》，自然资发〔2026〕38 号，2026 年 3 月 5 日；

（23） 《自然资源部关于探索推进海域立体分层设权工作的通知》，自然资规〔2023〕8 号，2023 年 11 月 13 日；

（24） 《自然资源部 国家林业和草原局关于进一步做好自然资源要素保障工作的通知》，自然资发〔2025〕79 号，自然资源部 国家林业和草原局，2025 年 4 月 16 日；

（25） 《自然资源部办公厅关于做好海上风电用海有关问题处置工作的通知》（自然资源部办公厅，自然资办函〔2021〕1713 号，2021 年 9 月 18 日）；

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

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

（28） 《海上风电开发建设管理办法》，国能新能〔2016〕394 号，2016 年 12 月 29 日发布实施；

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

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

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

（32） 《中国航路指南》，A103，海军司令部航海保证部；

（33） 《广东省海域使用管理条例》，广东省第十三届人民代表大会常务委员会公告第 92 号，2007 年 3 月 1 日起施行，2021 年 9 月 29 日修正；

（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 15 日；

（35） 《广东省人民政府办公厅关于印发促进海上风电有序开发和相关产业可持续发展实施方案的通知》，广东省人民政府办公厅，粤府办〔2021〕18 号，2021 年 6 月 1 日；

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

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

（38） 《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，2023 年 2 月 6 日；

（39） 《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》，2023 年 9 月 18 日；

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

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

（42） 《广东沿海港口航行指南》，广东海事局，2012 年；

（43） 《广东海事局关于发布广东沿海主要公共航路的公告》，2023 年 8 月 14 日。

1.2.2 规划

（1）《“十四五”现代能源体系规划》，2022 年 3 月 21 日；

（2）《“十四五”可再生能源发展规划》，发改能源〔2021〕1445 号，2022 年 6 月 1 日；

（3）《全国沿海船舶航路总体规划》，2011 年 11 月 18 日；

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

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

（6）《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；

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

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

（9）《陆丰市国土空间总体规划（2021-2035 年）》，陆丰市人民政府，2024 年 3 月。

1.2.3 标准规范

（1）《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361-2023）；

（2）《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025，2025 年 2 月 1 日实施）；

（3）《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）；

（4）《海域使用分类》（HY/T 123-2009）；

（5）《海籍调查规范》（HY/T 124-2009）；

（6）《海洋监测规范》（GB 17378-2007）；

（7）《海洋调查规范》（GB/T 12763-2007）；

（8）《宗海图编绘技术规范》（HY/T 251-2018）；

（9）《海域立体分层设权宗海范围界定指南（试行）》（自然资源部，2023 年 11 月）；

（10）《海域使用面积测量规范》（HY/T 070-2022）；

（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）《渔业水质标准》（GB 11607-89）

（15）《风电场微观选址技术规范》（NB/T 10103-2018）；

（16）《海上风力发电场设计标准》（GB/T 51308-2019）；

（17）《声学 水下噪声测量》（GB/T 5265-2009）；

（18）《高压交流架空送电线路、变电站工频电场和磁场测量方法》（DL/T 988-2005）；

（19）《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）；

（20）《人为水下噪声对海洋生物影响评价指南》（HY/T 0341-2022）；

（21）《海上风电工程环境影响评价技术规范》，国家海洋局，2014 年 4 月；

（22）《海上风电场选址通航安全分析技术指南》，交通运输部海事局，2021 年修订；

（23）《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》，国家海洋局，2002 年 4 月；

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

（25）《水生生物增殖放流技术规程》（SC/T 9401-2010）；

（26）《海水鱼类增殖放流效果评估技术规范》（SC/T 9446-2023）；

（27）《广东省海域使用权立体分层设权宗海范围界定及宗海图编绘技术规范（试行）》，广东省自然资源厅，2024 年 6 月；

（28）《广东省涉渔工程渔业资源损失生物价格核算技术指南》，广东省农业农村厅，2024 年 10 月；

（29）《海水鱼类增殖放流技术规范》（DB44/T 2280-2021）。

1.2.4 项目技术资料

（1）《汕尾甲子一海上风电场项目附近海域海洋水文测验技术报告》；

（2）《汕尾甲子一海上风电场海洋环境现状调查监测报告（2025 年春季）》；

（3）《汕尾甲子一海上风电场海洋环境现状调查监测报告（2025 年秋季）》；

（4）《中广核汕尾甲子一海上风电场项目海底电缆路由勘察报告》；

（5）《中广核汕尾甲子一海上风电场项目施工图设计阶段岩土工程勘察报告》；

（6）《汕尾甲子一海上风电场电磁环境现状监测报告》；

（7）《汕尾甲子一海上风电场电磁环境现状监测报告（2025 年秋季）》；

（8）《汕尾甲子一海上风电场声环境现状监测分析报告》；

（9）《汕尾甲子一海上风电场声环境现状监测分析报告》；

（10）《广东汕尾澎湃海风场项目鸟类现状监测（冬春季报告）》；

（11）《广东汕尾澎湃海风场项目鸟类现状监测（夏秋季报告）》；

（12）《中广核汕尾甲子一海上风电场项目 220kV 海缆预选路由调整选择依据说明材料（报批稿）》；

（13）《中广核汕尾甲子一海上风电场项目海域使用补充论证报告书（报批

稿）》；

（14）《中广核汕尾甲子一海上风电场项目批建情况评估报告（报批稿）》；

（15）《中广核汕尾甲子一海上风电场项目竣工环境保护验收调查报告》；

（16）《中广核汕尾甲子一海上风电场项目环境影响报告书（报批稿）》；

（17）《中广核汕尾甲子海上风电场项目通航安全影响研究报告（备案稿）》；

（18）《中广核汕尾甲子一海上风电项目建设项目渔业资源损失补偿协议》。

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）。本项目申请用海总面积为 570.7849 公顷，其中，透水构筑物用海 196.1989 公顷，海底电缆管道用海 374.5860 公顷。根据《海域使用论证技术导则》（GB/T42361-2023）的论证等级判据表，采用就高不就低的原则确定论证等级，本项目论证等级为一级。

表 1.3.1-1 海域使用论证等级判据（摘录）

一级用海方式	二级用海方式		用海规模	所在海域特征	论证等级
构筑物用海	透水构筑物用海		构筑物总长度大于（含）2000m 或用海总面积大于（含）30 公顷（透水构筑物用海总面积 196.1989 公顷）	所有海域	一
其他用海方式	海底电缆管道	海底电（光）缆	所有规模	其他海域	三
论证等级					一

1.3.2 论证范围

根据《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361-2023），论证范围应依据项目

用海情况、所在海域特征及周边海域开发利用现状等确定，应覆盖项目用海可能影响到的全部区域。

一般情况下，论证范围以项目用海外缘线为起点进行划定，一级论证向外扩展 15km，二级论证 8km，三级论证 5km；跨海桥梁、海底管线、航道等线性工程项目用海的论证范围划定，一级论证每侧向外扩展 5km，二级论证 3km，三级论证 1.5km。

因此，本项目论证范围以用海外缘线为起点，风电场向外扩展 15km，送出海底电缆向外扩展 5km 进行划定，总面积约 1600.89km^2。

1.4 论证重点

在考虑本项目的特征、用海特点及周边开发利用现状的前提下，根据《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361-2023）附录 C1“海域使用论证重点参照表”的要求，结合本项目的实际情况，确定本项目海域使用论证重点包括：

（1）海域开发利用协调分析。

（2）国土空间规划符合性分析。

（3）用海面积合理性分析。

（4）立体设权合理性分析。

（5）生态用海对策措施。

2 项目用海基本情况

2.1 用海项目建设内容

2.1.1 用海基本情况

（1）项目名称：中广核汕尾甲子一海上风电场项目

（2）用海主体：中广核汕尾新能源有限公司

（3）项目性质：已建，经营性

（4）工程投资额：1025168 万元

（5）项目用海位置：本项目位于广东省汕尾市陆丰湖东镇南侧海域，风场场址水深在 30m~35m 之间，路由区域水深范围为 0~35m，项目与汕尾甲子二、汕尾后湖风电场项目共用登陆点。

（6）建设内容与建设规模：项目总装机容量为 500MW，场址内布置 78 台 6.45MW 风电机组，同时配套建设 1 座 220kV 海上升压站和陆上集控中心。风电场电能以 35kV 电压等级汇集后，通过 16 回 35kV 海底电缆连接至 220kV 海上升压站，升压后通过 2 回 220kV 海底电缆线路将全部电能输送陆上集控中心登陆，最后通过 1 回架空线路接入 500kV 茅湖变电站电网系统。

本项目敷设集电海底电缆长度约 93.08km，送出海底电缆长度约 63.11km。

2.1.2 项目用海批复过程及建设概况

2.1.2.1 项目用海批复过程

2018 年 11 月，本项目取得汕尾市发展和改革委局的项目核准批复；2019 年 11 月，项目取得《广东省人民政府关于中广核汕尾甲子一海上风电场项目用海的批复》（粤府海审〔2019〕（1）9 号），批准用海总面积 540.5044 公顷，批准用海期限为 29 年；2020 年 3 月，项目取得不动产权证书（粤（2020）陆丰市不动产权第 0000639 号），批准用海期限自 2019 年 11 月 15 日至 2048 年 11 月 15 日。

根据路由勘查结果，路由近岸登陆段存在礁石区，需对原路由进行调整避开礁石区。此外，随着近年来欧洲和我国海上风电的大力发展，总的趋势呈现：“风

场规模大、离岸距离远、建设水深深、单机容量大”的特点，经综合考虑风机设备生产厂家各机型的实际情况、相关技术及广东省海域建设条件的复杂性等因素，本项目将风机单机容量调整为6.45MW，为获得更好的发电效益，风电场建设平面布置方案随之进行了优化调整。

优化调整后总装机容量不变，建设规模调整为：布置78台6.45MW风机，建设一座500MW海上升压站，风电机组发出的电能通过16回35kV集电海底电缆接入海上升压站，升压后通过2回220kV海底电缆输送到陆上升压站。

调整后，本项目于2022年10月20日取得广东省人民政府用海变更批复，批准用海面积为460.5430公顷，其中透水构筑物用海72.3807公顷，海底电缆管道用海388.1623公顷，用海期限不变；2023年6月，项目取得不动产权证书（粤（2023）陆丰市不动产权第0004918号），海域使用期限为2022年10月20日至2048年11月15日。

2.1.2.2 项目建设概况

2021年12月，本项目开始进行风机基础施工；施工过程由于测量设备的精度和稳定性受海上天气影响，定位设备信号延迟导致定位出现偏差，同时作业船舶受洋流影响稳定性，导致定位出现偏差，造成风机中心点偏移。

2022年2月，本项目开始进行陆上集控中心建设。

2022年4月，本项目开始进行海底电缆敷设施工；在进行拐点施工时，由于测量设备的精度和稳定性受海上恶劣天气影响，定位设备信号延迟导致定位出现偏差，在拐点转弯切入时间选择出现延迟，为保护海缆船舶转弯半径不能过小，因此不得不超出批复范围。

2022年12月，本项目施工完成投入调试阶段。

2.1.3 项目现状情况

本项目于2022年12月施工完成投入调试阶段，调试期间风机发电正常，主体工程及环保设施运行正常。

2.2 平面布置和主要结构、尺度

2.2.1 平面布置

2.2.1.1 总平面布置

本项目总装机容量为500MW，场址内布置78台6.45MW风电机组，同时配套建设1座220kV海上升压站和陆上集控中心。风电场电能以35kV电压等级汇集后，通过16回35kV海底电缆连接至220kV海上升压站，升压后通过2回220kV海底电缆线路将全部电能输送陆上集控中心登陆，最后通过1回架空线路接入500kV茅湖变电站电网系统。

本项目敷设集电海底电缆长度约93.08km，送出海底电缆长度约63.11km。

2.2.1.2 风机平面布置

本次用海项目风机机型、数量、总体布置情况不变，风机实际建设位置较批复中心点存在偏移，风机全部建设在批复透水构筑物用海范围内。

根据补充论证报告，本项目布置78台6.45MW风电机组，风机组为阵列布置，风机组轴线方位为西北~东南走向，风机排布采用7排布置，行间距分别为7.8~12.0倍RD，列间距为3.0~3.4倍RD。

根据《中广核汕尾甲子一海上风电场项目风机、升压站测量及海底电缆扫测》的实测数据，本项目实际建设风机共78台，项目风机机型、数量、总体布置情况不变，对比项目取得的不动产权证书，所有风机较批复中心点偏移值不超过4.5m。

2.2.1.3 海上升压站平面布置

本次用海海上升压站建设位置和平面布置不变，海上升压站建设在批复透水构筑物用海范围内。

根据补充论证报告，项目建设1座500MW220kV海上升压站，海上升压站位于场址中部，平面尺寸约为35.0m×31.5m。

实际建设方案，根据《中广核汕尾甲子一海上风电场项目风机、升压站测量及海底电缆扫测》的实测数据，本项目实际建设1台海上升压站，最大投影尺寸约为40.5m×39.5m，均位于批复海上升压站用海范围内。

2.2.1.4 集电海缆平面布置

本次用海 35kV 海底电缆总体布置方案不变。

根据补充论证报告，本项目布置 78 台 6.45MW 风电机组，风机级电海底电缆按 16 个回路采用链形布局布置，各个回路考虑功率分布平衡，连接 4~5 台风机，风机连接电缆不交叉重叠。

本项目实际建设方案，根据《中广核汕尾甲子一海上风电场项目风机、升压站测量及海底电缆扫测》的实测数据，本项目 35kV 海底电缆将风机接至海上升压站，总体布置与批复方案一致，总长度约 93.08km。

2.2.1.5 220kV 送出海底电缆平面布置

本次用海 220kV 送出海底电缆总体布置方案不变，登陆点位置不变。

风电机组发出的电能通过 16 回 35kV 集电海底电缆接入海上升压站，升压后通过 2 回 220kV 送出海底电缆输送到陆上集控中心，实际敷设海缆总长度约 63.11km。

本项目 220kV 海缆登陆点位于碣石镇东南的小海湾，岸线为东北-西南走向，海岸沙滩比较宽缓，海岸沙堤高程 1~2m，海岸后方地势平坦。登陆点背靠林地，对开海域礁石较少、岸滩宽缓，且路由与岸线近似正交登陆。

本项目登陆点采用定向钻穿越砂质岸线，本项目实际建设不改变登陆点选址，不改变海缆登陆方式。

2.2.2 主要结构、尺度

2.2.2.1 风机机型

本项目实际建设机型与补充论证报告中机型一致，为 MySE6.45-180 风力发电机组。本项目风机风轮直径为 178m，轮毂中心和塔筒中心轴线的水平距离为 8.3615m。

表 2.2.2-1 风机主要设备特性表

机型型号	MySE6.45-180
额定功率（kW）	6450
叶片数	3
风轮直径(m)	178m
切入风速（m/s）	3.0

额定风速（m/s）	10.5
切出风速（m/s）	25.0
设计极大风速（m/s）	77.28
轮毂高度(m)	111.43
设计寿命(年)	25

2.2.2.2 风电机组基础

本项目风机基础实际建设方案与补充论证报告中一致，为单桩基础结构。

风机基础采用单桩基础结构，与风机塔筒连接处外径为 7.5m，桩顶高程为 16.5m，水中部分外径通过锥形段过渡到 8.2m，锥形段顶部的高程为-3.00m，锥形段下端的高程为-24.00m，锥形段的长度为 21m，钢管桩壁厚为 70~90mm 之间，泥面以下为单根直径为 8.2m 的钢管桩定位于海底。钢管桩平均桩长为 105m，平均入土桩长约为 55m。此外，为了避免海床冲刷搬运对单桩基础造成不良影响，本工程采用铺设尼龙沙被的方式保护单桩基础，在每个机位中心以直径 40m 的圆周范围内铺设沙被。

2.2.2.3 海上升压站

本项目海上升压站上部组块和下部基础结构型式、海上升压站布置方位角与批准方案一致。

海上升压站采用整体式布置，包括上部结构和下部结构。上部组块采用三层布置，平面尺寸约为 35.0m×31.5m（不包含局外挑吊装平台），最大投影尺寸约为 40.5m×39.5m，下部结构采用四桩导管架结构。详细布置情况如下：

（1）上部平台结构

上部组块采用三层布置，海上升压站一层甲板层高为 7m，其余层层高为 5m。海上升压站平面尺寸为 35m×31.5m（不包含外挑楼梯），顶层标高约 36.0m（不包括吊机），最高点距海平面约 32.0m 以上。一层甲板布置有主变压器集油罐间、临时休息间（不考虑运维人员过夜）、生活水泵间等，临时休息间下方设置污水处理间；二层甲板布置有主变室、35kV 配电室、220kVGIS 室、消防设备间、低压配电室等；三层甲板布置柴油机房、柴油罐间、应急配电室、通信蓄电池室、二次设备间、暖通机房、蓄电池室等。顶层布置暖通系统室外机、设备检修孔等。上部结构由立柱、甲板、梁格和斜撑组成。

（2）下部基础结构

导管架采用 4 腿导管架型式，导管架可分为竖直段和倾斜段两部分。导管架顶标高 16.0m，底标高-34.10m。主导管采用φ2200 和φ1800 钢管，成矩形布置，导管架局部节点用钢材 DH36-Z35 加强。在导管架底部设置防沉构件。

海上升压站基础采用φ2800 开口变壁厚钢管桩，共 4 根，壁厚分别为 65mm、50mm、35mm、55mm，桩长约为 88.00m，桩顶高程为-24.10m,桩底高程为-112.10m,桩入泥 78.00m。

在海上升压站两侧沿导管架分别布置φ325mm 的 35kV 海缆保护 J 型套管和φ508mm 的 220kV 海缆保护 J 型套管。35kV 海缆和 220kV 海缆沿 J 型套管登入、登出海上升压站平台。电缆保护 J 型套管固定在导管架上，上部延伸到一层甲板，下面伸到泥面处，采用电缆柔性保护限制器固定。导管架包括导管架导管、爬梯栏杆、防沉板、靠船防撞设施、电缆护管和外加电流附属等，不设置牺牲阳极。

2.2.2.4 海底电缆

本项目 220kV 送出海底电缆和 35kV 集电海底电缆实际建设方案与补充论证报告一致。

220kV 送出海底电缆和 35kV 集电海底电缆采用铜导体 3 芯交联聚乙烯绝缘分相铅护套钢丝铠装光复合海底电缆。35kV 集电海底电缆最大宽度（海缆外径）为 138.1mm；220kV 送出海底电缆最大宽度（海缆外径）为 253.7mm。

2.3 项目主要施工工艺和方法

本项目于 2021 年 12 月开始施工，2022 年 12 月施工完成并投入调试阶段。考虑到本项目已建设完成，本节进行项目施工回顾性介绍。

2.3.1 风机基础施工

本项目风机基础施工工艺与批复用海方案基本一致。

中广核汕尾甲子一海上风电场项目共包含 78 台单桩基础施工，桩基与风机塔筒连接处外径为 7.5m，桩顶高程为 16.5m，水中部分外径通过锥形段过渡到 8.2m，泥面以下为单根直径为 8.2m 的钢管桩定位于海底。

施工采用华天龙+稳桩平台+液压打桩锤 MENCK-3500S(或中机 YC-3500)的组合进行施工。主要工序为：主浮吊船抛锚就位后，主浮吊船将稳桩平台吊装到位，然后使用振动锤将辅助桩沉桩到位，使稳桩平台固定在海上。稳桩平台安装完毕后，主浮吊船铰锚离开稳桩平台，运输船靠泊进行翻桩工作。翻桩完成后，主浮吊船铰锚靠近稳桩平台并将单桩吊入稳桩平台，然后主浮吊船起吊打桩锤，压锤、沉桩至设计标高等工作，并完成验收。

“华西 5000”、“振华 30”与“华天龙”船型相似，施工方案和施工工序基本一致，本节仅介绍“华天龙”主吊船舶的施工方案，其他船型施工方案不再赘述。

表 2.3.1-1 风机基础沉桩施工设备表

序号	设备名称	规格型号	数量	单位	用于施工部位
1	“华天龙”号	4000t 全回转浮吊	1	艘	沉桩主作业船
2	“华西 5000”号	5000t 全回转浮吊	1	艘	沉桩主作业船（备选）
3	“振华 30”号	12000t 全回转浮吊	1	艘	沉桩主作业船（备选）
4	液压打桩锤	MHU-3500S 或 YC-3500	1	个	单桩基础沉桩
5	振动锤	EP1100	1	个	稳桩平台安装
6	稳桩平台	最大容桩直径 10m， 最大作业水深 43 米	1	座	单桩基础沉桩
7	替打法兰	/	1	个	单桩基础沉桩
8	交通船	排水量大于 500t	1	艘	日常交通
9	拖轮	7000HP	2	艘	起抛锚、拖航

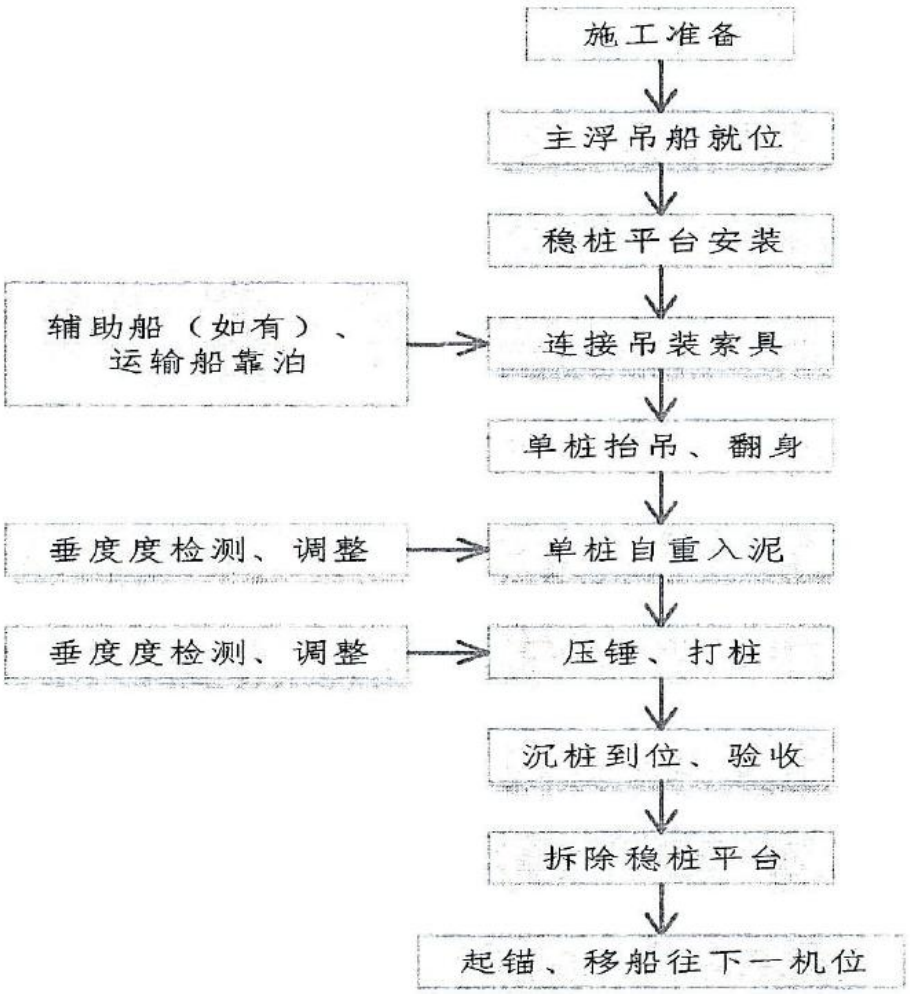


图 2.3.1-1 沉桩施工流程图

1、施工准备

（1）成品桩验收

单桩基础采用码头船板交货的方式，因此在沉桩前需对单桩基础进行检查验收，确保无因运输、堆放和吊装等造成变形及涂层脱落，确认无误后方可进行海上沉桩施工。

（2）华天龙甲板布置

根据主吊船华天龙甲板有效使用面积及吊机的吊重半径，结合本项目实际情况及后续可能出现的施工情况绘制华天龙号甲板布置图。

2、船舶定位

（1）主浮吊船定位

主浮吊航至风场机位后，根据提前计算的锚点坐标依次抛 8 个工作锚进行定位。

（2）运输船定位

运输船通过自身动力靠近已抛好工作锚的主浮吊船，然后通过带缆靠于主作业船舷侧/船艉指定位置。

2、稳桩平台安装

稳桩平台采用钢管桩+抱桩架平台结构形式，主要用四根辅助桩、平台主体及平台与桩的连接系统组成。稳桩平台设计尺寸长 35.4m，宽 24.2m，高 59.7m，上下两层抱桩平台采用液压抱夹臂形式，垂直高差 10m。固定稳桩平台辅助桩采用的钢桩直径为 2.4m，桩长 80m，壁厚 20/30mm，单桩桩重约 110t，共四根，分布于平台的四角。

稳桩平台安装由主浮吊船完成，稳桩平台和辅助桩的运输拟采用 6000t 运输驳船进行。稳桩平台安装时配合 GPS 进行精确定位，辅助桩起桩拟在运输船甲板面翻桩，配合 EP1100 振动锤进行沉桩施工。施打到位后将稳桩平台调平后进行加固焊接。

3、系泊布置

稳桩平台安装完毕并调好水平后，华天龙绞锚离开稳桩平台。之后运桩船靠泊“华天龙”。

4、翻桩

主浮吊船、运输船定位完成后，贴测量标签、高应变钻孔、割除海绑加固等准备工作完成后，由主浮吊船将单桩吊装下水，翻身后将单桩送入稳桩平台内。

5、基础桩起吊入稳桩平台

（1）单桩竖立后，主浮吊船将单桩套入稳桩平台抱桩器内，调节千斤顶夹紧单桩，然后缓慢自沉。自沉过程中时刻监测基础桩的垂直度，并及时通过千斤顶调整。定位平台上设置一套由 8 个 200t 千斤顶组成的顶撑系统，以调整大直径基础桩的垂直度，调整各千斤顶完成预抱紧操作。调直过程通过在施工船上选取 90°夹角的两个点架设全站仪上下扫测控制。单桩进入抱桩器后，调整单桩处于抱桩器的中心位置，以免引起后续调整垂直度时单桩与抱桩器干涉问题及千斤顶行程不够等问题。

（2）将桩体缓慢下放入泥自沉，过程中随时监测并控制垂直度直至松钩。

6、基础桩沉桩

（1）安装替打法兰：基础桩自沉完毕并调整好垂直度后，将替打法兰安装至桩顶法兰上。

（2）起吊液压锤进行沉桩：替打法兰安装结束后进行吊锤、压锤，直至单桩不再下沉。沉桩过程中随时查看并复核垂直度是否符合要求，如果垂直度超过 0.1%，通过千斤顶对桩垂直度进行调整至 0.1%以内，然后再沉桩。

7、稳桩平台拆除及转运

桩基基础钢桩沉桩到位并经检验合格后，即可拆除稳桩平台。

2.3.2 风机安装施工

本项目风机安装施工工艺与批复用海方案基本一致。

海上风机分体安装主要包括第一节塔筒，第二节塔筒，第三节塔筒，第四节塔筒和主机吊装，叶片与轮毂组装，叶轮起吊与主机对接，消缺等。风机安装流程如下图所示：

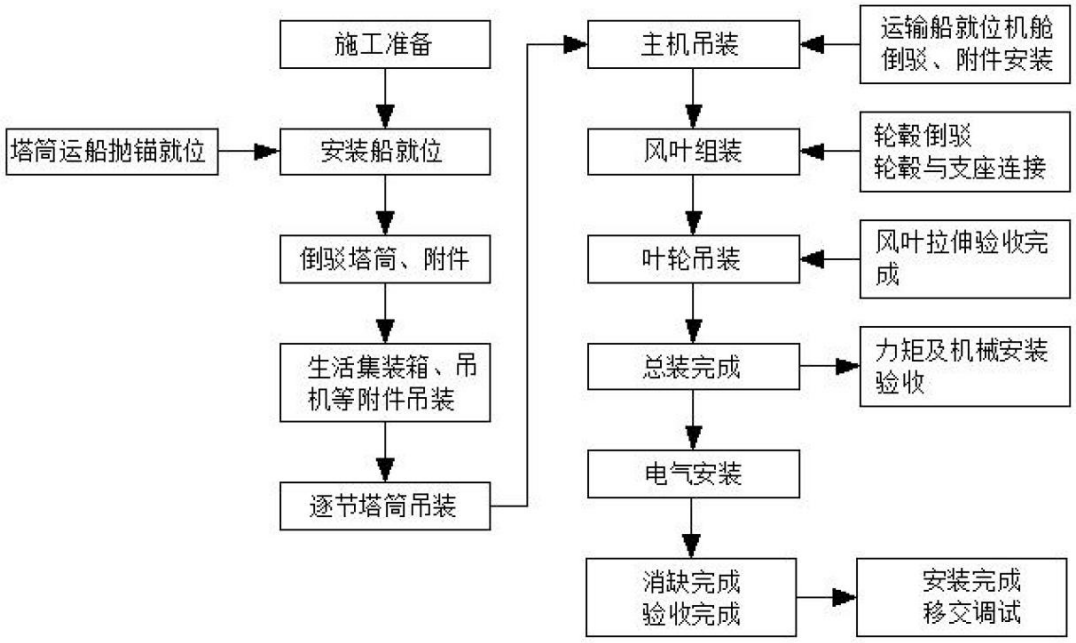


图 2.3.2-1 风机安装施工流程图

表 2.3.2-1 投入船机一览表

序号	设备名称	规格型号	数量	单位	备注
1	能建广火 001	600t 风电安装船	1	艘	风机安装主作业船
2	振江号	1200t 风机安装船	1	艘	风机安装主作业船
4	港航平 7	700t 风机安装船	1	艘	备用风机安装作业船
4	锚艇	4000hP	/	艘	各作业面配置 1 艘，抛锚定位及现场守护
5	拖轮	7000hP	/	艘	各作业面配置 1 艘，安装船拖带及现场守护
6	交通船	/	2	艏	

1、船舶就位

（1）安装船就位

“能建广火 001”合适的吊装距离为塔筒中心离吊机中心跨距 40m，船舶站桩就位后距离单桩距离约 19m;

“振江号”合适的吊装距离为塔筒中心离吊机中心跨距 35m，船舶站桩就位后距离单桩距离约 11.8m;

备用船“港航平 7”合适的吊装距离为塔筒中心离吊机中心跨距 40m，距离单桩机位在 18m 左右。

（2）运输船就位

安装船就位完成后进行运输船就位，运输船航行至距安装船船舷约 100m，锚艇辅助运输船抛锚，抛锚长度不少于 350m，绞移至指定位置之后收紧固定船位。

2、塔筒安装

按照如下顺序，依次吊装 4 节塔筒：检查→安装吊具→起吊→就位→螺栓紧固。

3、机舱安装与验收

按照如下顺序进行机舱安装：吊装前检查→机舱附件安装、底座拆除→主机起吊安装→液压站梯子安装及主机与塔筒连接螺栓预安装→主机与塔筒对接→吊具拆卸→轮毂与叶片组装→叶轮安装→电气安装→防腐补漆→机组验收

2.3.3 海上升压站施工

本项目海上升压站施工工艺与批复方案总体一致。

本项目海上升压站上部组块和下部基础结构型式、施工工艺与批复方案一致。海上升压站的施工内容包括钢结构制作、基础施工、上部组块安装三大部分。主要施工工艺流程为：钢结构加工与制作→电气设备安装、调试→导管架沉放→钢管桩沉桩施→上部平台整体安装→电气设备联动调试。

表 2.3.3-1 主要施工机械设备一览表

序号	船舶/设备	单位	数量	描述
1	4000t全回转浮吊船“华天龙”	艘	1	升压站基础施工
2	4500t全回转浮吊船“创力”	艘	1	升压站基础施工（备选）
3	7200hp拖轮“德顺”	艘	1	起重船拖航及起抛锚
4	15000hp拖轮“德进”	艘	1	起重船拖航及起抛锚
5	履带吊船“华力”	艘	1	灌浆及潜水支持
6	7000t级甲板运输船	艘	1	升压站钢管桩运输
7	15000t级甲板运输船	艘	1	升压站导管架运输
8	交通艇	艘	1	施工人员交通运输
9	IHC S-1200冲击锤	套	1	升压站钢管桩沉桩
10	FZQ-3500起桩器	套	1	升压站钢管桩起桩
11	翻桩留尾装置	套	1	升压站钢管桩起桩
12	空气潜水系统	套	1	导管架安装、灌浆监测
13	水下录像系统	套	1	水下录像
14	ROV水下机器人	套	1	水下观察
15	灌浆系统	套	1	导管架基础环形空间的灌浆作业
16	切割工具	套	1	余量切割

1、钢管桩、导管架制造运输

钢管桩及导管架制造及出运与风机基础类似。

2、海上升压站平台及电气设备安装

海上升压站上部平台钢结构考虑在江苏南通附近钢结构加工厂制造、安装。平台结构在陆上施工场地内，利用龙门吊或履带吊机作为起吊设备进行组装，并在结构组装过程中完成电气设备以及其他相关专业设备的安装。在平台结构及电气设备安装完成后，进行检测调试，调试合格后待运出海。

3、海上升压站下部基础施工

（1）运输船就位

钢管桩运输船到场后，靠于主作业船舷侧，由于钢管桩长度较长，因此钢管桩在起桩通道时，主吊耳位置需位于主作业船最大工作半径之内，翻桩器位置需位于主作业船最小工作半径之外。

（2）起桩

运输驳船甲板上预先布置好起桩通道，吊机先将钢管桩从运输绑扎加固位置起吊平移至起桩通道。连接钢丝绳左右吊点各距重心 15m，钢丝绳垂向夹角约 23°，钢丝绳与钢桩接触部位垫橡胶皮防滑。

在钢管桩两端连接缆风绳至“华天龙”上的绞盘车，钢桩起吊平移时，通过绞盘控制钢管桩的摆动幅度，保持钢管桩在空中姿态平稳。

由于桩底伸出船艉，翻桩时注意左舷船艉锚缆需松开，同时船舶艉推进器配合好，保持船位不变。起桩器使用过程中，操作者应实时关注液压动力站油表压力；若在使用过程中油管破裂，夹具会自动锁死，确保吊装安全。

（3）插桩及沉桩

根据导管架水平度情况，按照导管架 4 个角点先高后低的顺序，完成 4 根钢管桩插桩。

4、海上升压站平台安装

根据类似工程实际的操作模式，为尽量减小现场的安装次数，避免现场焊接所可能造成的质量缺陷，同时减少海上设备安装调试时间，海上升压站上部平台采用陆上总装的方式，将各层结构分层预制拼装，在相应安装层完成后进行其层面上电气设备的安装工作，最终形成可整体出运的上部组块（包括电气设备）组合体。

2.3.4 海缆施工

本项目海缆敷设施工包括 220kV 送出海缆敷设施工、220kV 送出海缆登陆段定向钻施工、集电海缆敷设施工，本项目海缆施工方案与批复方案总体一致。

海缆施工主要施工设备见下表。

表 2.3.4-1 主要施工设备表

序号	设备名称	型号规格	数量	国别产地	制造年份	额定功率（kW）	生产能力	用于施工部位	备注
1	源威8	海缆敷埋船	1	中国	2018	3000kW	6000t	海缆敷设	
2	源威1	海缆敷埋船	1	中国	2015	950kW	1900t	海缆敷设	
3	源威5	海缆敷埋船	1	中国	2010	1150kW	3608t	海缆敷设	
4	交通艇	辅助船	1	中国	2013	150 kW		海缆敷设	
5	挖掘机	挖机	2	中国	2015	75 kW	0.5m³/斗	海缆敷设	
6	埋设机	HLA-4	3	中国	2018		4.0m	海缆敷设	
7	布缆机	B2-4	2	中国	2018		10t	海缆敷设	
8	电动转盘	6000t	1	中国	2018		6000t	220kV海缆敷设	
9	入水槽	RC-1	1	中国	2018			海缆敷设	
10	A字架	60T	1	中国	2018		60t	海缆敷设	
11	定位锚	7T	4	中国	2018			海缆敷设	
12	牵引锚	7T	2	中国	2018			海缆敷设	
13	高压水泵	TSW150×9	2	中国	2018			海缆敷设	
14	空压机	9m3	1	中国	2018		9m3	海缆敷设	
15	空压机	0.9m3	2	中国	2018		0.9m3	海缆敷设	
16	潜水设备		3	中国	2018			海缆敷设	
17	牵引绞车	32t	2	中国	2018		32t	海缆敷设	
18	机动绞车	JD-1	2	中国	2018		16t	海缆敷设	
19	海缆路径仪	量程100KM	2	中国	2017	60KW			

2.3.4.1 220kV 送出海缆敷设施工

本项目已完成海缆敷设，风电场风电机组通过 16 回路 35kV 集电海底电缆连接到 220kV 海上升压站，海上升压站经过 2 回路 220kV 送出海底电缆线路送到沿岸登陆，登陆点位于碣石镇东南的小海湾。本项目敷设送出海底电缆长度约 63.11km。

电缆敷设施工流程主要包括：埋深施工船锚泊就位→缆盘内电缆提升→电缆放入甲板入水槽→电缆放入埋设机腹部→投放埋设机至海床面→牵引施工船敷埋电缆。

2.3.4.2 220kV 送出海缆登陆段定向钻施工

本项目 220kV 送出海底电缆以定向钻方式穿越登陆：

（1）使用定向钻拖拉法穿越岸滩形成孔道，牵引并预埋管道，回填工作坑。

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

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

（3）在终端登陆点处设置绞磨机。在电缆终端登陆前，已完成终端登陆的施工准备工作，具备登陆条件。

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

（5）启动绞磨机缓慢回绞钢丝，牵引海缆穿越管道，完成海缆穿越登陆。

2.3.4.3 集电海缆敷设施工

本项目已完成海缆敷设，敷设集电海底电缆长度约 93.08km，本工程 35kV 海缆是对风机与风机、风机与海上升压站进行连接，其主要工艺与 220kV 海缆施工相同，施工工序总体安排：海缆装船、运输，材料采购→现场准备工作→扫海→海缆施工（根据打桩顺序进行）→调试及试运行→完工验收。

2.3.5 土石方平衡

本项目风机基础的桩基施工不涉及嵌岩桩，采用常规沉桩施工不产生钻渣；海上升压站采用后桩法的四桩导管架，按照目前地质资料以及采用的施工方法，升压站导管架基础灌浆量很小，约 60 方；送出海缆、集电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，基本不产生多余土方，登陆段定向钻施工产生土方量很小，土方开挖量约 400 方。施工产生的灌浆和开挖土方量在施工结束后运至集控中心，参与集控中心的土石方平衡。

2.4 项目用海需求

2.4.1 项目用海需求

本项目总装机容量为 500MW，涉海工程包括 78 台单机容量为 6.45MW 的风力发电机组，1 座 220kV 海上升压站，35kV 集电海底电缆和 220kV 送出海底电缆。根据本项目已取得的用海批复和不动产权证书，本项目原批复用海面积 460.5430 公顷，目前项目已经建成，本节根据项目实际建设内容分析建设后的用海需求。

1、风机用海需求

本项目实际建设风机共 78 台，项目风机机型、数量、总体布置情况不变，采用的风机机型与批复方案一致，对比项目取得的海域使用权证，78 台风机较批复中心点偏移值不超过 4.5m。本项目原批复方案风机用海根据《海籍调查规范》：单个风机塔架以塔架中心点为圆心，中心点至塔架基础最外缘点外扩 50m 为半径的圆为界。

本项目实际建设风电机组包括下部基础和上部风电机组（塔筒、主机、叶片、轮毂等），风机基础采用非嵌岩单桩基础。上部风电机组采用风机制造商提供的 MySE6.45-180 风力发电机组，风轮直径为 178m，轮毂中心和塔筒中心轴线的水平距离为 8.3615m。风机的用海方式为透水构筑物。

根据《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》（自然资源部，2024 年 12 月 30 日）“海上风电项目风机部分用海方式界定为透水构筑物用海，用海范围包括塔架部分和塔架外扩一定距离的保护范围，具体以塔架中心点（风机系泊点）为圆心，以圆心至风机叶片投影最外缘点为半径的圆为界。”

本项目 6.45MW 风轮直径为 178m，其风轮半径为 89m（L），轮毂中心和塔筒中心轴线的水平距离为 8.3615m。计算得 6.45MW 风机塔架中心点与风机叶片投影最外缘点连线长度 r 约 89.40m。因此 1 台 6.45MW 风机占用海域面积为 2.5109 公顷，则本项目 78 台 6.45MW 风机用海需求为 195.8502 公顷。

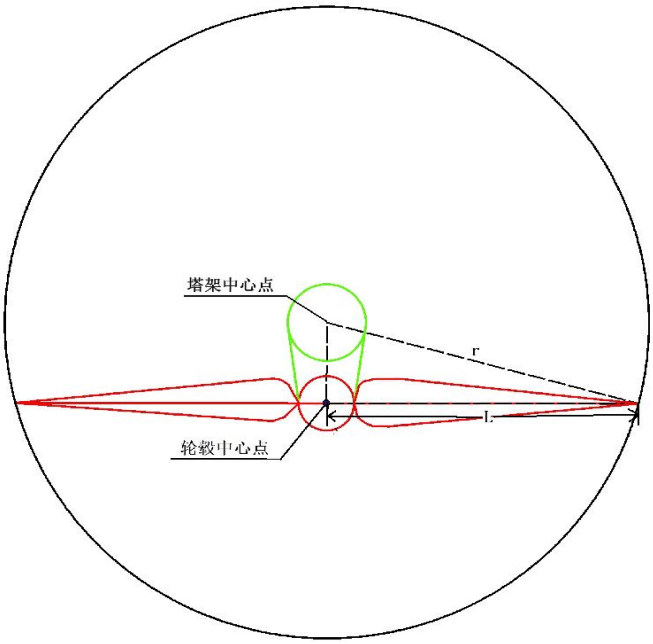


图 2.4.1-1 风机用海范围界定示意图

2、海上升压站用海需求

本项目建成后海上升压站建设位置和平面布置不变，海上升压站建设在批复透水构筑物用海范围内。

海上升压站是整个风电场的核心，所有的风机发出的电能在此汇集，是将海上风电场各风电机发出电能汇集、升压并送出的海上设施。本项目建设 1 个 220kV 海上升压站。海上升压站由下部基础（包括桩基础、导管架）、上部结构（包括甲板平台和电气设备层）组成。海上升压站上部组块采用四层布置。原批复方案以升压站结构外缘线外扩 50 米距离为界确定。

目前升压站已经建成，最大投影尺寸约为 40.5m×39.5m，本次根据实测结果，按照《海籍调查规范》“透水构筑物用海有安全防护要求的透水构筑物用海在透水构筑物及其防护设施垂直投影的外缘线基础上，外扩不小于 10m 保护距离为界”进行界定，海上升压站申请用海面积由平台外缘向外扩 10m 确定申请用海范围，计算得本项目海上升压站用海需求为 0.3487 公顷。

3、35kV 集电海缆用海需求

本项目35kV海底电缆将风机接至海上升压站，共16回，总体布置与批复方案一致。

根据项目需要，风电机组发出电能需通过35kV集电海底电缆接入海上升压站。35kV海底电缆三芯集电电缆最大宽度（海缆外径）为138.1mm，集电海缆全程埋设于海底。基于集电海缆实测结果，根据《海籍调查规范》“海上风力发电使用的海底电缆，以电缆管道外缘线向两侧外扩10m距离为界”，再结合海底电缆的路由布置，考虑到本项目35kV海缆与风机基础、海上升压站用海范围重叠，按照海域使用金征收标准的不同，采取就高不就低的原则，需扣除35kV集电海缆与风机、海上升压站重叠面积，计算得出35kV集电海缆用海需求为165.1625公顷。

4、220kV送出海底电缆用海需求

本项目220kV送出海底电缆总体布置方案不变，登陆点位置不变。

本项目220kV送出海底电缆采用三芯绝缘海底电缆送至登陆点，220kV送出海底电缆最大宽度（海缆外径）253.7mm。根据《海籍调查规范》“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”，考虑本项目送出海底电缆与海上升压站申请用海范围重叠，按照海域使用金征收标准的不同，采取就高不就低的原则，需扣除送出海底电缆与海上升压站重叠面积，最终计算得出220kV送出海底电缆用海需求为209.4235公顷。

2.4.2 申请用海情况

按《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（自然资发〔2023〕234号），本项目海域使用类型为工矿通信用海（一级类）中的可再生能源用海（二级类）；按《海域使用分类》（HY/T1232009），本项目海域使用类型为工业用海（一级类）中的电力工业用海（二级类），用海方式为构筑物（一级方式）中的透水构筑物（二级方式）和其他方式（一级方式）中的海底电缆管道（二级方式）。

本项目申请用海总面积为570.7849公顷，其中，透水构筑物用海196.1989公顷，海底电缆管道用海374.5860公顷。

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）及《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），本项目风机和海底电缆管道拟进行立体分层设权，其中，风机用海空间层为水面，高程范围为平均海平面至风机叶片顶端高程，具体为平均海平面~214.5m（1985 国家高程基准，下同）；本项目海底电缆用海空间层为底土，高程范围为电缆管道设施下缘高程至实际使用高程，具体高程范围为：35kV 集电海缆高程范围为-35.3m~ -30.2m，海上升压站至登陆点 220kV 海缆高程范围为-32.8m~0m。

根据广东省政府 2022 年批复海岸线，本项目 220kV 送出海底电缆申请用海范围占用大陆自然岸线长度 54.1m，岸线类型为砂质岸线，送出海缆以定向钻方式底土穿越自然岸线。

本项目申请用海期限 26 年，申请用海起止时间与原批准用海期限一致，为 2022 年 10 月 20 日至 2048 年 11 月 15 日。

表 2.4.2-1 本次申请用海面积变化情况表

用海设施	用海方式	用海面积（公顷）			变化原因
		批复用海（2022 年 10 月）	本次用海	变化情况	
风机	透水构筑物	70.6056	195.8502	+125.2446	原风机用海范围按照风机基础最外缘外扩 50m；本次按照《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》界定风机用海范围，风机用海半径为塔架中心点与风机叶片投影最外缘点连线长度 r 约 89.40m。
海上升压站		1.7751	0.3487	-1.4264	原海上升压站平台按外扩 50 米为界，本次根据《海籍调查规范》要求，由海上升压站平台外缘向外扩 10m 确定申请用海范围。
35kV 集电海缆	海底电缆管道	169.2206	165.1625	-4.0581	按照海缆实测情况界定用海范围，扣除与风机和海上升压站用海范围的重叠部分。
220kV 送出海底电缆		218.9417	209.4235	-9.5182	按照海缆实测情况界定用海范围，并扣除与海上升压站用海范围的重叠部分。
用海总面积（公顷）		460.5430	570.7849	+110.2419	/

2.5 项目用海变更必要性

本项目于2018年11月取得汕尾市发展和改革局核准，并取得了用海批复和不动产权证，本项目建设必要性和用海必要性在原论证报告书和补充论证报告书结论相同，本报告不再重复分析。

2018年4月11日，广东省发展改革委印发《广东省海上风电发展规划（2017-2030年）（修编）》，粤东海域作为广东省风能资源最为丰富的地区，发展海上风电潜力巨大，是广东省海上风电重点规划发展区域，共规划海上风电场址7个，装机容量415万千瓦，其中汕尾市规划近海浅水区场址2个，分别为后湖海上风电场、甲子海上风电场。其中，甲子海上风电场项目位于汕尾市陆丰湖东镇南侧海域，规划装机容量为900MW，分别为甲子一500MW、甲子二400MW。本项目属于规划内的汕尾甲子一海上风电场，项目选址、建设规模符合《广东省海上风电发展规划（2017-2030年）（修编）》。

本项目已建设完成，根据实际建设方案实测结果，本项目建设78台6.45MW风电机组，同时配套建设1座220kV海上升压站；风电场内风电机组通过16回路35kV集电海底电缆，连接到220kV海上升压站，再经过2回路220kV送出海底电缆线路送到沿岸登陆。

2.5.1 风电机组用海变更的必要性分析

调整前后，本项目采用的风机机型不变，本项目实际建设78台6.45MW的风电机组，根据《中广核汕尾甲子一海上风电场项目风机、升压站测量及海底电缆扫测》实测数据，本项目实际建设风机共78台，对比项目取得的海域使用权证，风机较批复中心点偏移值在0.19m~4.54m之间，本项目实际建设的风机全部位于原批复用海范围内。本项目风机中心点偏差由于测量设备的精度和稳定性受海上天气影响，定位设备信号延迟导致定位出现偏差，同时作业船舶受洋流影响稳定性，导致定位出现偏差。因此，本项目根据风机实际建设情况申请用海变更。

补充论证报告风机用海范围是根据《海籍调查规范》：单个风机塔架以塔架中心点为圆心，中心点至塔架基础最外缘点外扩50m为半径的圆为界。

根据《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》（自然资源部，2024年12月30日）“海上风电项目风机部分用海方式界定为透水构筑

物用海，用海范围包括塔架部分和塔架外扩一定距离的保护范围，具体以塔架中心点（风机系泊点）为圆心，以圆心至风机叶片投影最外缘点为半径的圆为界。”本项目申请用海变更，风机中心点根据《中广核汕尾甲子一海上风电场项目风机、升压站测量及海底电缆扫测》的实测数据确定，风机申请用海范围按照现行标准执行，根据计算，本项目 6.45MW 风机塔架中心点与风机叶片投影最外缘点连线长度 r 约 89.40m，因此 1 台 6.45MW 风机占用海域面积为 2.5109 公顷，则本项目 78 台 6.45MW 风机用海需求为 195.8502 公顷。

2.5.2 海上升压站用海变更的必要性分析

补充论证报告海上升压站用海范围是参照《海籍调查规范》5.4.2.5 电力工业用海，水下发电设施用海，以发电设施外缘线外扩 50m 距离为界。

根据《中广核汕尾甲子一海上风电场项目风机、升压站测量及海底电缆扫测》实测数据，本项目实际建设海上升压站均位于批复海上升压站用海范围内。本次按照《海籍调查规范》“透水构筑物用海有安全防护要求的透水构筑物用海在透水构筑物及其防护设施垂直投影的外缘线基础上，外扩不小于 10m 保护距离为界”进行界定，海上升压站申请用海面积由平台外缘向外扩 10m 确定申请用海范围，本项目海上升压站用海面积为 0.3487 公顷。

2.5.3 海底电缆用海变更的必要性分析

根据《中广核汕尾甲子一海上风电场项目风机、升压站测量及海底电缆扫测》，本项目海底电缆的线路及走向与设计基本一致，可能由于施工等原因，部分线路超出了批复用海范围。

本项目 35kV 集电海缆和部分 220kV 送出海底电缆在进行拐点施工时，由于测量设备的精度和稳定性受海上恶劣天气影响，定位设备信号延迟导致定位出现偏差，在拐点转弯切入时间选择出现延迟，为保护海缆船舶转弯半径不能过小，因此不得不超出批复范围。本项目海缆总体走向与批复用海方案一致，本次根据海缆实测结果，根据《海籍调查规范》“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”的界定方法申请用海。

综上，本项目已经建成，本项目建设和用海必要性已经充分论证，本项目建设和用海必要，本次基于实际建设范围申请用海调整，符合《自然资源部关于进

一步加强海上风电项目用海管理的通知》（自然资源部，2024 年 12 月 30 日）的相关要求，项目申请用海变更必要。

3 项目所在海域概况

本节不公开。

4 海底电缆管道路由勘测

本节不公开。

5 资源生态影响分析

5.1 生态评估

5.1.1 资源生态敏感目标

根据本项目用海基本情况和所在海域资源生态基本特征分析，本项目用海周边主要有生态保护红线、渔业水域等资源生态敏感目标。

表 5.1.1-1 项目周边生态敏感目标分布

类型	名称	与项目相对位置	敏感要素
生态保护红线	碣石湾海马珍稀濒危物种分布区	场址西南侧，2.42km	海马、海域生态环境
渔业水域	南海北部幼鱼繁育场保护区	项目所在	渔业资源、海洋水质、生态环境
	南海区幼鱼、幼虾保护区	项目所在	渔业资源、海洋水质、生态环境

5.1.1.1 生态保护红线

根据《自然资源部生态环境部国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》（自然资发〔2022〕142 号），生态保护红线是国土空间规划中的重要管控边界，生态保护红线内自然保护地核心保护区外，禁止开发性、生产性建设活动，在符合法律法规的前提下，仅允许对生态功能不造成破坏的十大类有限人为活动。

本项目不涉及生态保护红线，最近的生态保护红线为“碣石湾海马珍稀濒危物种分布区”，距离为 2.42km。

5.1.1.2 渔业水域

（1）南海北部幼鱼繁育场保护区

南海北部幼鱼繁育场保护区位于南海北部及北部湾沿岸 40 米等深线、17 个基点连线以内水域，保护期为 1-12 月，管理要求为禁止在保护区内进行底拖网作业。本项目位于南海北部幼鱼繁育场保护区内。

（2）南海区幼鱼、幼虾保护区

广东省沿岸由粤东的南澳岛至粤西的雷州半岛徐闻县外罗港沿海 20 米水深以内的海域均为南海区幼鱼、幼虾保护区，保护期为每年的 3 月 1 日至 5 月 31 日。本项目位于南海区幼鱼、幼虾保护区内。

5.1.2 重点和关键预测因子

本项目为海上风电项目，根据项目用海特征以及周边敏感目标分布情况，项目建设对水动力、地形地貌与冲淤以及水质环境方面均有一定影响，确定本项目的重点和关键预测因子如下：

（1）水动力环境：流速、流向、水动力影响范围；

（2）地形地貌与冲淤环境：冲淤变化；

（3）水质环境：悬沙扩散。

5.1.3 用海方案工况设计

根据《中广核汕尾甲子一海上风电场项目批建情况评估报告（报批稿）》（广东海兰图环境技术研究有限公司，2022 年 9 月）：项目建设用海与项目申请用海调整是一致的，已建内容无需拆除，尚未建设部分在取得项目用海调整的海域使用权证后，严格按照项目用海调整后的海域使用权属开展施工建设。本项目已于 2022 年 12 月建设完成投入调试，建设完成后未发生工程调整，本报告不再进行不同用海方案进行对比分析。

本项目实际建设方案与 2022 年批复方案基本一致，78 台风机较批复中心点偏移值在 0.19m~4.54m 之间，偏移距离在整个风电场尺度来说很小；且风机为透水桩基结构，对水文动力环境和地形地貌与冲淤环境的影响很小。海底电缆的线路及走向与批复用海基本一致，海底电缆敷设于海床下方，建设完成后基本不会对水文动力环境和地形地貌与冲淤环境造成影响。因此，本项目实际建设方案对

所在海域资源生态环境的影响变化不大，不再针对实际建设方案开展数值模拟预测，数值模拟预测内容引用《中广核汕尾甲子一海上风电场项目海域使用补充论证报告书（报批稿）》（广东海兰图环境技术研究有限公司，2022 年 9 月）中相关分析结论。

用海平面布置方案和实际建设前后对比图见 2.2.1 节。

本项目总装机容量为 500MW，场址内布置 78 台 6.45MW 风电机组，同时配套建设 1 座 220kV 海上升压站和陆上集控中心。风电场电能以 35kV 电压等级汇集后，通过 16 回 35kV 海底电缆连接至 220kV 海上升压站，升压后通过 2 回 220kV 海底电缆线路将全部电能输送陆上集控中心登陆，最后通过 1 回架空线路接入 500kV 茅湖变电站电网系统。

本项目敷设集电海底电缆长度约 93.08km，送出海底电缆长度约 63.11km。

5.1.4 水动力环境影响分析

5.1.4.1 工程对海流环境的影响

本项目涉海工程主要有风机基座与海底电缆工程，海底电缆为埋设于海床，施工完成后，海床可在波浪潮流共同作用下逐渐回复到原状，因此不对潮流动力产生影响，影响潮流主要是风机与升压站基座。

工程后对流速流向影响很小，涨急时刻流速有增有减，落急时刻流速以减小为主，流速变化 5%~10%，风电场外代表点基本不变。

单桩导管流场对比图显示，工程后涨急流向略有偏转，流速表现为单桩导管下游略有减小，侧面略有增加，落急同样流向略有偏转，流速表现为单桩导管下游略有减小。

风电场整体中层涨急、落急流场对比图显示，流速流场为偏 E 方向，落急时刻流场为偏 WSW 方向，工程后流向变化不大，风机群对潮流的影响表现为单个影响较为明显，影响范围为风机下游，风机机群对流场的影响略有累积效应，模拟结果显示，风电场外 8.0km 外流场可恢复原来状态。

5.1.4.2 工程对波浪动力条件的影响

风场场址水深在 30m~35m 之间，2018 年，周年波浪观测统计结果为，年平

均有效波高与平均波高分别为 1.21m 和 0.75m，平均周期 4.1s；周年观测期间，观测海域的常浪向为 E 向，次常浪向为 S 向，频率分别为 22.3%和 18.5%。

风电场波浪平均周期 4.1s，平均波长 26.2m，单桩风机泥下桩径 8.2m，常风条件下，波浪单桩风机导管桩后形成波影区，而四桩导管架桩径才 2.8m，基本不会形成波影区；由于常风条件下波浪较弱，因此风电场导管外海域对波浪基本没有影响。

大风（台风）过程波长在 60 m 以上，在风机导管架周边形成强烈水体扰动，形成破碎、绕射、反射现象，但单桩风机、四桩导管架风机桩径相对波长是小量，因此对风电场海域波浪影响不明显。

5.1.5 地形地貌与冲淤环境影响分析

从上节海流与波浪分析结果分析可知，本工程实施后海流影响主要在工程风电场桩基内部海域，而对离工程区较远的海域流态影响较小，波浪影响主要在风机导管架周边。因此，可初步分析认为风机导管架周边有一定的冲淤变化，风机导管架较远处冲淤影响则较小。

风电场塔基建成后，破坏了原来的水流平衡，水流在墩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，剧烈淘刷墩柱迎水面和周围泥沙，形成局部冲刷坑。

（1）桩基附近局部冲淤

选取风电场内不同水深的 3 个代表点进行桩基局部冲刷预测，同时对海上升压站进行桩基局部冲刷预测。

表 5.1.5-1 风机基础局部冲刷计算结果（单位：m）

组别		冲刷计算结果
I#	深度	2.35
	直径	14.11
II#	深度	2.53
	直径	15.18
III#	深度	4.23
	直径	26.9
IV#(海上升压站）	深度	2.55
	直径	15.28

由上表可见，风电场区风机、升压站桩基础极限冲刷深度为 2.35m~4.23m，冲刷坑极限直径为 14.11m~26.9m，以单桩风机最大冲刷深度和冲刷坑最大直径。

以上是工程设计中考虑的极限冲刷情况，根据已有的风电桩基冲刷观测结果，实际冲刷量均小于此一个数量级。

（2）风电场海床冲淤

桩基建成以后，除了海床的自然演变以外，还有由于桩基压缩桩基之间的过水断面引起流速改变造成的冲淤变化以及桩基阻挡水流引起的冲淤，各种冲淤交织在一起同时进行，过程较为复杂。通常情况下，海床的自然演变冲刷认为已达到冲淤平衡状态，即自然演变冲淤幅度为零，因此本报告只计算桩基建成后风电场的一般冲淤，为了定量地研究本项目工程完成以后周边近岸区的泥沙回淤情况，在完成潮流数值计算以后，对于泥沙的淤积影响进行计算分析。

风电桩基完成以后，桩基群对水流的整体阻挡效应明显，由于涨落潮流的主流向以偏东-西向为主，因此在风电桩基偏东-西向的流速减小，导致在桩基群的附近偏东-西向两侧产生一定的淤积，最大淤积强度在 0.12m/a 左右，而在桩基群之间，冲刷不明显。

整体上看，冲淤范围仅局限于风电桩基群的附近海区，周边临近海区的冲淤基本不受本工程的影响。

5.1.6 水质环境影响分析

本工程涉海部分施工环境影响主要有海底电缆铺设工程，桩基施工对水质环境的影响较小。电缆铺设施工采用冲射式挖沟，边高压水冲射开沟，电缆边下沉，自然回填方式。海底电缆一般埋深在 3m 左右，穿越航道段埋深 4m 左右。电缆铺设海洋环境影响主要是产生的悬浮泥砂。

叠加 35kV 和 220kV 海底电缆铺缆过程环境影响数据，底层超一、二类水质影响面积最大为 147.7km^2，垂向平均为 47.9km^2，施工期除表层外，其他各层均有超三、四类水质。

5.2 资源影响分析

5.2.1 对海岸线资源和海洋空间资源的影响

本项目用海方式包括透水构筑物和海底电缆管道，本项目已建设完成，本次申请用海总面积 570.7849 公顷。已建的风机、升压站、海底电缆用海占用了部

分海底、海面以及部分海面上方的海域空间资源，使周围海域空间资源更加紧张。本项目使部分海洋空间开发活动也受到了限制，占海区域对海域空间资源的其他开发活动具有完全排他性。

本项目220kV送出海底电缆推荐登陆点位于碣石镇东南的小海湾，为自然砂质岸线，岸线为东北-西南走向，海岸沙滩比较宽缓，海岸沙堤高程1~2m，海岸后方地势平坦。本项目已建设完成，根据现场踏勘，登陆点所在岸线现状仍为砂质岸线。本项目送出电缆用海范围占用自然岸线长度54.1m，项目采用定向钻穿越进行海缆登陆，施工时间短，施工后对岸线进行维护，确保生态功能不降低、长度不减少、性质不改变，不会损害海岸地形地貌和生态环境的活动。

因此，登陆段虽然穿过砂质岸线，但埋设有一定深度，定向钻拖拉后不会对岸线造成影响，属于非实质性的占用。此外，按照规定登陆点处设立显著标志，登陆区域禁止打桩、抛锚、挖砂等，是对岸线资源的有序利用，能充分发挥此处岸线的有利作用，也能禁止其他破坏行为破坏此处岸线。因此，本项目送出海底电缆对所在自然岸线的影响很小，对周边岸线资源基本没有影响。

5.2.2 对海洋生物资源的影响

5.2.2.1 底栖生物损失量

风机、海上升压站基础长期占压海域底质，对底栖生物及生态系统造成了长久的影响。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。在此为风机桩基、海底电缆基槽开挖面积。

（1）项目批复用海方案造成底栖生物损失量

根据本项目批复方案，风机、海上升压站桩基占用海域面积约为3468m^2。

海底电缆总长度为157km，海底电缆施工开挖回埋宽度约0.5m，考虑实际敷设定位偏差及其他因素，计算对底栖生物破坏宽度按照电缆两侧各5m计算。

本项目海缆施工造成底栖生物损失的面积为海缆长度（157km）×（底栖生物破坏宽度10m）=157hm²。

则海缆施工造成的底栖生境破坏的面积约为157hm²。

表5.2.2-1 项目占用海域面积（批复方案）

名称	占用潮下带面积
风机、海上升压站桩基	3468m²
海缆施工造成的底栖生境破坏	157hm²

本报告选取施工前2018年10月和2019年4月在项目海域的底栖生物调查结果，取2次调查平均值，为14.23g/m²。则本项目直接造成生物损失量为：

桩基础造成底栖生物损失量：$3468\times14.23\times10^{-3}=49.35kg$

海缆施工造成底栖生物损失量：$157\times10^{4}\times14.23\times10^{-3}=22341.1kg$

因此，项目批复方案预计造成底栖生物直接损失合计约22390.45kg。

（2）项目实际建设方案造成底栖生物损失量

根据实际建设方案，本项目已建设78台6.45MW风电机组，均为单桩基础，单桩基础最大桩径为8.2m。海上升压站为四桩导管架基础，桩径为2.8m。此外，为了避免海床冲刷搬运对单桩基础造成不良影响，本工程采用铺设尼龙沙被的方式保护单桩基础，在每个机位中心以直径40m的圆周范围内铺设沙被。则风机、升压站桩基及沙被占用海域总面积为97992.6m²。

本项目集电海底电缆总长约93.08km，送出海底电缆总长约63.11km。海底电缆施工开挖回埋宽度约0.5m，考虑实际敷设定位偏差及其他因素，计算对底栖生物破坏宽度按照电缆两侧各5m计算。

本项目海缆施工造成底栖生物损失的面积为海缆长度（156.19km）×（底栖生物破坏宽度10m）=156.19hm²。

则海缆施工造成的底栖生境破坏的面积约为156.19hm²。

表5.2.2-2 项目占用海域面积（实际建设方案）

名称	占用潮下带面积
风机、海上升压站桩基及沙被	97992.6m²
海缆施工造成的底栖生境破坏	156.19hm²

本报告选取施工前2018年10月和2019年4月在项目海域的底栖生物调查结果，取2次调查平均值，为14.23g/m²。则本项目直接造成生物损失量为：

桩基础造成底栖生物损失量：97992.6×14.23×10^{-3}=1394.43kg

海缆施工造成底栖生物损失量：156.19×10^{4}×14.23×10^{-3}=22225.84kg

因此，项目实际建设造成底栖生物直接损失合计约 23620.27kg。

5.2.2.2 渔业资源损失量

本工程海缆铺设施工工期超过 15 天，按照《规程》，工程在悬浮物扩散范围内对海洋生物产生的持续性损害，按以下公式计算：

$$M_i = W_i \times \mathrm{T}$$

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

式中：M_i为第 i 种生物资源累计损害量，尾、个或千克（kg）；

W_i为第 i 种生物资源一次性平均损失量，尾、个或千克（kg）；

T 为污染物浓度增量影响的持续周期数（以年实际影响天数除以 15），个；

D_{ij}为某一污染物第 j 类浓度增量区第 i 种类生物资源密度，尾/km^2 或个/km^2 或千克（kg）/km^2；

S_i为某一污染物第 j 类浓度增量区面积，km^2；

K_{ij}为某一污染物第 j 类浓度增量区第 i 种类生物资源损失率，%；

n 为某一污染物浓度增量分区总数。

根据水质环境影响预测，海缆施工期悬沙扩散的影响主要集中在中层和底层。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。

本报告引用补充论证中数模预测结果，＞10mg/L 悬浮泥沙扩散垂向平均包络线面积为 47.914km^2，＞20mg/L 悬浮泥沙扩散垂向平均包络线面积为 22.325km^2，＞50mg/L 悬浮泥沙扩散垂向平均包络线面积为 6.153km^2，＞100mg/L 悬浮泥沙扩散垂向平均包络线面积为 1.683km^2。

表 5.2.2-3 本工程悬浮物对各类生物损失率

分区	分区悬浮物浓度	悬浮泥沙扩散面积（km2）	污染物 i 的超标倍数（Bi）	各类生物损失率	
				鱼卵和仔稚鱼	成体
I	10～20	25.589	Bi≤1 倍	5	0.5
II	20～50	16.172	1＜Bi≤4 倍	17.5	5
III	50～100	4.47	4＜Bi≤9 倍	40	15
IV	＞100	1.683	Bi≥9 倍	50	20

本工程海缆敷设施工为船舶“埋设犁”敷设施工，悬浮物浓度增量影响的持续时间一般不超过 15 天，且海缆敷设施工为线型移动敷设，持续周期按 1 计算。根据工程海域测量资料，项目所在平均水深按 17.5m 计。

本报告选取施工前 2018 年 10 月和 2019 年 4 月在项目海域调查的渔业资源结果，取 2 次调查平均值，以两季调查平均值作为评估依据进行评估，项目所在海域海洋渔业资源密度见表 5.2.2-4。

表 5.2.2-4 海洋生物调查结果统计表

序号	海洋生物资源种类	海洋生物资源密度（两季平均值）
1	游泳生物（kg/km^2）	664.07
2	鱼卵（ind/m^3）	1.49
3	仔鱼（ind/m^3）	0.22

游泳生物=664.07×1×（25.589×0.5%+16.172×5%+4.47×15%+1.683×20%）＝1290.72kg

鱼卵=1.49×15×1×（25.589×5%+16.172×17.5%+4.47×40%+1.683×50%）×10^6=1.76×10^8粒

仔鱼=0.22×15×1×（25.589×5%+16.172×17.5%+4.47×40%+1.683×50%）×10^6＝2.6×10^7尾

根据项目实际建设方案，项目施工造成渔业资源直接损失量为：游泳生物1290.72kg，鱼卵 1.76×10^8粒，仔鱼 2.6×10^7尾。

由上述分析可知，由于本项目实际建设方案与批准用海方案总体一致，因此，本项目用海调整前后造成的海洋生物资源损失量估算结果差别很小。

5.2.3 对风能资源的影响分析

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，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。

5.3 生态影响分析

5.3.1 对水动力环境的影响

5.3.1.1 对海流环境的影响

本项目涉海工程主要有风机基座与海底电缆工程，海底电缆为埋设于海床，施工完成后，海床可在波浪潮流共同作用下逐渐回复到原状，因此不对潮流动力产生影响，影响潮流主要是风机与升压站基座。

工程后对流速流向影响很小，涨急时刻流速有增有减，落急时刻流速以减小为主，流速变化 5%~10%，风电场外基本不变。工程后涨急流向略有偏转，流速表现为单桩导管下游略有减小，侧面略有增加，落急同样流向略有偏转，流速表现为单桩导管下游略有减小。

风电场整体中层涨急流场流速流场为偏 E 方向，落急时刻流场为偏 WSW 方向，工程后流向变化不大，风机群对潮流的影响表现为单个影响较为明显，影响范围为风机下游，风机机群对流场的影响略有累积效应，模拟结果显示，风电场外 8.0km 外流场可恢复原来状态。

5.3.1.2 对波浪动力条件的影响

风场场址水深在 30m~35m 之间，2018 年，周年波浪观测统计结果为，年平均有效波高与平均波高分别为 1.21m 和 0.75m，平均周期 4.1s；周年观测期间，观测海域的常浪向为 E 向，次常浪向为 S 向，频率分别为 22.3%和 18.5%。

风电场波浪平均周期 4.1s，平均波长 26.2m，单桩风机泥下桩径 8.2m，常风条件下，波浪单桩风机导管桩后形成波影区，而四桩导管架桩径才 2.8m，基本不会形成波影区；由于常风条件下波浪较弱，因此风电场导管外海域对波浪基本没有影响。

大风（台风）过程波长在 60m 以上，在风机导管架周边形成强烈水体扰动，形成破碎、绕射、反射现象，但单桩风机、四桩导管架风机桩径相对波长是小量，因此对风电场海域波浪影响不明显。

5.3.2 对地形地貌与冲淤环境的影响

从上节海流与波浪分析结果分析可知，本工程实施后海流影响主要在工程风电场桩基内部海域，而对离工程区较远的海域流态影响较小，波浪影响主要在风

机导管架周边。因此，可初步分析认为风机导管架周边有一定的冲淤变化，风机导管架较远处冲淤影响则较小。

风电场区风机、升压站桩基础极限冲刷深度为 2.35m~4.23m，冲刷坑极限直径为 14.11m~26.9m，以单桩风机最大冲刷深度和冲刷坑最大直径。

风电桩基完成以后，桩基群对水流的整体阻挡效应明显，由于涨落潮流的主流向以偏东-西向为主，因此在风电桩基偏东-西向的流速减小，导致在桩基群的附近偏东-西向两侧产生一定的淤积，最大淤积强度在 0.12m/a 左右，而在桩基群之间，冲刷不明显。

整体上看，冲淤范围仅局限于风电桩基群的附近海区，周边临近海区的冲淤基本不受本工程的影响。

5.3.3 对水质环境的影响

5.3.3.1 施工期水质环境影响

（1）施工悬沙影响

本工程涉海部分施工环境影响主要有海底电缆铺设工程，桩基施工对水质环境的影响较小。电缆铺设施工采用冲射式挖沟，边高压水冲射开沟，电缆边下沉，自然回填方式。海底电缆埋深一般在 2.0～3.0m 以上，电缆铺设海洋环境影响主要是产生的悬浮泥砂。根据数值模拟预测，整体铺缆过程底层超一、二类水质影响面积最大为 147.7km^2，垂向平均为 47.9km^2，底层超三类水质影响面积最大为 6.935km^2，垂向平均为 1.683km^2。

整体而言，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较小。悬沙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。

（2）施工期污废水影响

根据《中广核汕尾甲子一海上风电场项目竣工环境保护验收调查报告》（深圳中检联检测有限公司，2024 年 10 月），施工期间污废水处置情况如下：

1）对于本项目所采用的各类施工船舶，在水上作业时按环评及批复要求，禁止向海域水体排放各类生产废水及生活污水。本工程各大型施工船舶油污水均进行了收集，贮存于油渣舱中，并按要求填写油污记录簿，对废油产生量、贮存

量及处置情况进行记录，油污水均委托汕尾市晓光环保服务有限公司接收处置，无排放行为。

2）施工船舶签订生活污水委托处置协议，施工船舶上作业人员产生的生活污水经船舶配置的污水处理设施初步处理后经收集清运至陆地，委托汕尾市晓光环保服务有限公司接收处置。

3）导管架连接灌浆作业过程中，精确把控溢浆时间和溢浆量。灌浆结束后，设备清洗废水集中收集，未排海造成海水污染

4）施工过程注意施工船舶等的清洁，加强了施工设备的管理与养护，防止施工机械漏油。工程未发生石油类物质泄漏事件。油污水均委托汕尾市晓光环保服务有限公司清运处置。

综上，通过施工期间的相关保护措施，项目建设施工期对水质环境基本没有影响。

5.3.3.2 运营期水质环境影响

根据《中广核汕尾甲子一海上风电场项目竣工环境保护验收调查报告》（深圳中检联检测有限公司，2024 年 10 月），运营期污废水防治措施如下：

（1）升压站目前没有进行维修。后续维修时，将维修产生的废油污水（危险废物代码 900-249-08）统一收集至运维船上，待船舶靠岸后交由珠海汇华环保技术有限公司接收处置。

（2)海上升压站底层平台主变下建设事故油坑，并设置 1 座有效容积为 90m^3 事故集油罐，所收集油污水将交由珠海汇华环保技术有限公司进行接收处理。

（3）维护人员产生的少量生活污水在船舶上统一收集后运至岸上，经陆上集控中心地埋式污水处理设施处理后用于站区绿化。

（4）陆上集控中心配套建设了一套一体化污水处理设备，于 2022 年 2 月通过竣工环境保护设施自主验收。现生活污水经处理后回用于厂内绿化。

同时，陆上集控中心内污水管网已铺设完成，待陆丰海洋基地污水公共区域具备污水处理条件后即可接入，远期由陆丰海洋工程基地公共区域污水处理设施处理。

综上，通过运营期间的相关保护措施，项目建设运营期对水质环境基本没有影响。

5.3.4 对沉积物环境影响分析

5.3.4.1 施工期沉积物环境影响分析

（1）施工悬浮泥沙扩散对沉积环境的影响

本项目施工过程中桩基施工和海缆敷设产生的悬浮泥沙可能对沉积物环境造成一定影响。根据本次沉积物环境现状调查的结果，风机桩基基础附近沉积物环境质量状况良好，符合评价海域目标沉积物质量要求。风机桩基基础施工建设有少量施工悬沙扩散属于清洁沉积物，不会对附近海域沉积物环境质量造成不利影响。

海底电缆埋设期间搅起来的海底沉积物被堆积在缆沟两侧，在冲埋结束后，在海水运动作用下将回填于缆沟。海底电缆的施工对底质的直接影响就是冲起和覆盖，不会对沉积物性质产生明显影响。

海底电缆铺设时产生的悬浮沙将沉降覆盖在海底电缆两侧，使原海底沉积物受到一定程度的覆盖和破坏。工程施工除对海底局部沉积物产生部分分选、位移、重组和松动外，并没有混入其它污染物，不会影响海底沉积物质量。

（2）施工船舶污水对沉积物环境的影响

根据《中广核汕尾甲子一海上风电场项目竣工环境保护验收调查报告》（深圳中检联检测有限公司，2024 年 10 月），施工期间船舶产生的含油污水、生活污水均由相关环保单位收集处理，基本不会入海对沉积物环境造成影响。

5.3.4.2 运营期对沉积物环境影响

本工程营运期对沉积物环境的不利影响主要来自风机基础防腐措施中用到的牺牲阳极装置中的重金属污染物释放。本工程采用高效铝合金牺牲阳极，其主要成分为 Al、Zn、In，溶解后将随海水扩散进入大范围的海水中，部分沉积于桩基附近沉积物中。本项目牺牲阳极每根桩选用约 294kg 的铝锌铟镁钛合金，根据同类项目类比结果，牺牲阳极释放的锌有 10%进入沉积物中计，单台风机每年沉积的锌约 2.94kg。由于风电场区地处开阔海域，溶解出的锌会随着海水的运动较快扩散，沉积于底层沉积物的量很少。因此工程实际运行对区域海洋沉积物环境不会有明显不利影响。

5.3.5 对海洋生物的影响

5.3.5.1 对底栖生物的影响

本工程建设对底栖生物的影响主要是风电机组桩基将对其用海范围内的海域产生永久性的占用，在该范围内的底栖生物将全部被掩埋、覆盖而灭亡，同时还将长期占用该海域底栖生物的生存空间，导致一定区域范围内底栖生物资源的永久损失，这种对底栖生境的破坏是不可逆的；海底电缆铺设作业将使作业区所在海域底栖生物的栖息环境遭到破坏，施工结束后，随着新的底栖生物的植入而产生新的栖息环境。

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

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

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

一般而言，悬浮物的浓度增加在 10mg/L 以下时，水体中的浮游植物不会受到影响，而当悬浮物浓度增加到 50mg/L 以上时，浮游植物会受到较大的影响，特别是中心区域，悬浮物含量极高，海水透光性极差，浮游植物基本上无法生存。

当悬浮物的浓度增加量在 10~50mg/L 时，浮游植物将会受到轻微的影响。

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

（2）对浮游动物的影响

在做好施工期生活污水、机修油污水、生活垃圾和生产垃圾的收集处理工作的前提下，本项目施工建设对浮游动物最主要的影响是水体中增加的悬浮物质。

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

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。

5.3.5.3 对游泳生物的影响

施工过程对游泳生物的影响主要包括两个方面：一是悬浮物的影响，二是因海域占用减少渔业资源空间。

（1）悬浮物的影响

鱼类等水生生物都比较容易适应水环境的缓慢变化，但对骤变的环境，它们反应则是敏感的。施工作业引起悬浮物质含量变化，并由此造成水体混浊度的变化，其过程呈跳跃式和脉冲式，这必然引起鱼类等其他游泳生物行动的改变，鱼类将避开这一点源混浊区，产生“驱散效应”。然而，这种效应会对渔业资源产

生两方面的影响：一是由于产卵场环境发生骤变，在鱼类产卵季节，从外海洄游到该区域产卵的群体，因受到干扰而改变其正常的洄游路线；二是在该区域栖息、生长的一些种类，也会改变其分布和洄游规律。悬浮物对鱼类的影响主要表现为直接杀死鱼类个体；降低其生长率及其对疾病的抵抗力；干扰其产卵、降低孵化率和仔鱼成活率；改变其洄游习性；降低其饵料生物的密度；降低其捕食效率等。但悬浮泥沙对渔业的影响不是永久性的，而是可逆的，会随着施工结束而逐渐恢复。悬浮物含量增高，对游泳生物的分布也有一定影响。室内生态实验表明，悬浮物含量为 300mg/L 水平，而且每天做短时间的搅拌，鱼类仅能存活 3~4 周，悬浮物含量在 200mg/L 以下水平的短期影响，鱼类不会直接致死。本项目建设不会产生悬浮物含量高浓度区（300mg/L 以上水平），不会造成成体鱼类死亡，且鱼、虾、蟹等游泳能力较强的海洋生物将主动逃避，游泳生物的回避效应使得该海域的生物量有所下降，从而影响该区域内生物群落的种类组成和数量分布。至于经济鱼类等，由于移动性较强，更不至于造成明显影响。施工结束营运一段时间后，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。

（2）海域占用减少了渔业空间资源

本项目风电桩基占用了天然渔业空间，减少了天然的鱼卵、仔鱼生长发育以及索饵觅食的理想场所，风电场桩基础的存在有可能妨碍鱼类的正常洄游路线，从而对渔业空间资源产生影响。

5.3.6 对珍稀海洋生物的影响

项目附近海域珍稀保护动物有海龟、海马等，项目建设对附近海域珍稀保护动物的影响主要集中在施工期，项目施工完成后对珍稀保护动物的影响较小。

5.3.6.1 对海龟的影响

本项目论证范围内出现海龟产卵的频率不高。项目所在海域也不属于海龟迁徙期间的关键觅食地。本项目风场场址距离海龟洄游路线较远，220kV 登陆海缆路由位于海龟夏季洄游路线上。由于本项目海缆施工的时间不长，且施工位置不断变化，加上海龟洄游的活动范围较大，理论上项目海缆施工对海龟洄游不会产

生不良影响。但也应加强施工期间生态保护管理和宣传，施工过程中若发现有海龟出现，应对海龟加强观测，一旦发现异常，应与当地海洋与渔业主管部门联系；若无异常，需采取驱赶措施，确定无海龟活动后，再继续进行海缆敷设施工。

5.3.6.2 对海马的影响

本项目施工期悬浮物的增加主要集中在施工点附近，不会扩散至碣石湾海马保护区范围内，而且悬浮物是暂时的、局部的，施工结束后，影响也随即消失。施工期不向海域排放施工废水、含油污水、生活垃圾和建筑垃圾，营运期无污染物，对周边开发活动无明显影响。项目建设对周边海域海洋环境及海洋生态的影响很小，整体来说，项目建设对碣石湾海马自然保护区的影响较小。

5.3.7 水下噪声影响

5.3.7.1 施工期水下噪声影响

本工程施工噪声源主要包括以下三类：施工机械、运输船只、桩基打桩噪声。本项目已建设完成，施工期噪声影响已经消除。根据《中广核汕尾甲子一海上风电场项目竣工环境保护验收调查报告》（深圳中检联检测有限公司，2024 年 10 月），项目建设通过以下措施减小噪声影响：

（1）通过加强施工船只管理，避免施工区域船舶集中并拥堵导致出现局部声级过高现象。

（2）施工船舶采取有效措施控制主辅机噪声排放，限制突发性高噪声，避免不必要的船舶汽笛声。

（3）海上打桩作业时，采用噪音低性能良好的打桩机，降低结构辐射噪声，同时隔离桩体内部的噪声向外传播

（4）海上风机组吊装安装作业时，吊装船上的工作人员与场地施工观察员保持密切联系，保证吊装安装作业的准确度和稳定度。

工程施工期选用噪声低的施工机械，合理安排施工作业时间及施工计划，避免在同一地点安排大量动力机械设备，合理安排施工车辆进出场地的行驶线路和时间，风机基础施工时采用噪声较低的液压打桩锤，打桩时采用软启动的方式以减缓后续正式打桩时产生的水下噪声和悬浮物对鱼类的影响。

工程施工期未收到施工噪声相关投诉，根据施工期水下噪声监测结果，施工期对声环境影响较小。

（5）施工期水下噪声监测

深圳中检联检测有限公司于项目施工期2022年6月对项目风电场区水下噪声进行了现场监测，监测结果见下表。

表5.3.7-1 施工期工程海域调查各点位水下噪声监测结果(2022年6月)

测点编号	测点位置	噪声源	测点深度	1/3倍频程频带声压级 L_{pf}（20Hz-5kHz）(dB/1μPa)	峰值声压 L_{peak}(dB/1μPa)
1#	E 116.126213° N 22.589545°	水下声环境	水下15m	122.4~162.6	206.88
2#	E 116.130623° N 22.593809°	水下声环境	水下15m	104~144.2	188.5
3#	E 116.129363° N 22.592590°	水下声环境	水下15m	106.6~146.8	191.0
4#	E 116.128100° N 22.591369°	水下声环境	水下15m	110.1~150.3	194.6
5#	E 116.126871° N 22.590186°	水下声环境	水下15m	116.0~156.2	200.5

采用美国NOAA水下噪声工程“声阈值导则”中的标准，结合监测数据获取的声源级及传播衰减公式，可得知本工程水下打桩噪声对附近海域海洋生物（主要是海洋哺乳动物和声敏感鱼类）鱼类对低频声敏感，因此对其行为影响范围较大，但生理损伤或死亡的范围较小。

5.3.7.2 运营期水下噪声影响

本项目运营期主要噪声源为风力发电机组运行产生的噪声以及变压器运行产生的少量噪声。工程采用结构性能良好、噪音低的风机，从而降低风机运行过程产生的机械噪音。根据主体工程设计，工程升压站位于海上，主变压器室的内外墙采用岩棉、复合岩棉板材料，可以起到防火绝缘和隔声的综合作用。

根据水下噪声监测、海上升压站及风电场厂界噪声监测结果，工程对声环境影响较小。

（1）海上升压站及风电场厂界噪声监测

调试阶段：深圳中检联检测有限公司于2023年4月23日至2023年4月24日对本项目海上升压站及风电场进行了昼间和夜间厂界噪声现场监测。

根据项目环境影响报告书，本次调试阶段海上升压站噪声监测结果参照执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）1 类标准，调试阶段风电场噪声监测结果参照执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2 类标准。

根据监测结果分析可知，调试阶段海上升压站昼间、夜间厂界噪声监测结果均符合《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）1 类标准要求。调试阶段风电场昼间、夜间厂界噪声监测结果均符合《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2 类标准要求。

表 5.3.7-2 海上升压站和风电场厂界噪声监测结果与评价表（调试阶段）

监测点位置及编号	监测日期	主要声源	监测时段	监测结果 L_{eq} [dB(A)]		《工业企业厂界环境噪声排放标准》GB 12348-2008 表 1 工业企业厂界环境噪声排放限值 2 类	达标情况
甲子一风电场东侧外缘 1 米处 1#	2023.04.23	生产噪声	昼间：09:56-12:40 夜间：22:01-次日 01:10	昼间	54	昼间：60 dB(A) 夜间：50 dB(A)	达标
		生产噪声		夜间	47		达标
	2023.04.24	生产噪声	昼间：10:01-13:09 夜间：22:00-次日 01:17	昼间	59		达标
		生产噪声		夜间	46		达标
甲子一风电场南侧外缘 1 米处 2#	2023.04.23	生产噪声	昼间：09:56-12:40 夜间：22:01-次日 01:10	昼间	55		达标
		生产噪声		夜间	46		达标
	2023.04.24	生产噪声	昼间：10:01-13:09 夜间：22:00-次日 01:17	昼间	59		达标
		生产噪声		夜间	47		达标
甲子一风电场西侧外缘 1 米处 3#	2023.04.23	生产噪声	昼间：09:56-12:40 夜间：22:01-次日 01:10	昼间	55		达标
		生产噪声		夜间	47		达标
	2023.04.24	生产噪声	昼间：10:01-13:09 夜间：22:00-次日 01:17	昼间	58		达标
		生产噪声		夜间	48		达标
甲子一风电场北侧外缘 1 米处 4#	2023.04.23	生产噪声	昼间：09:56-12:40 夜间：22:01-次日 01:10	昼间	52		达标
		生产噪声		夜间	47		达标
	2023.04.24	生产噪声	昼间：10:01-13:09 夜间：22:00-次日 01:17	昼间	58		达标
		生产噪声		夜间	47		达标

表 5.3.7-3 海上升压站和风电场厂界噪声监测结果与评价表（调试阶段）续表

监测点位置及编号	监测日期	主要声源	监测时段	监测结果 L_{eq}[dB(A)]		《工业企业厂界环境噪声排放标准》GB 12348-2008 表 1 工业企业厂界环境噪声排放限值 1 类	达标情况
甲子一海上升压站东侧外 1 米处 5#	2023.04.23	生产噪声	昼间：11:21-12:14 夜间：23:42-次日 00:35	昼间	52	昼间：55 dB(A) 夜间：45 dB(A)	达标
		生产噪声		夜间	43		达标
	2023.04.24	生产噪声	昼间：11:30-12:32 夜间：23:46-次日 00:39	昼间	53		达标
		生产噪声		夜间	42		达标
甲子一海上升压站南侧外 1 米处 6#	2023.04.23	生产噪声	昼间：11:21-12:14 夜间：23:42-次日 00:35	昼间	49		达标
		生产噪声		夜间	44		达标
	2023.04.24	生产噪声	昼间：11:30-12:32 夜间：23:46-次日 00:39	昼间	53		达标
		生产噪声		夜间	43		达标
甲子一海上升压站西侧外 1 米处 7#	2023.04.23	生产噪声	昼间：11:21-12:14 夜间：23:42-次日 00:35	昼间	50		达标
		生产噪声		夜间	43		达标
	2023.04.24	生产噪声	昼间：11:30-12:32 夜间：23:46-次日 00:39	昼间	53		达标
		生产噪声		夜间	43		达标
甲子一海上升压站北侧外 1 米处 8#	2023.04.23	生产噪声	昼间：11:21-12:14 夜间：23:42-次日 00:35	昼间	51		达标
		生产噪声		夜间	43		达标
	2023.04.24	生产噪声	昼间：11:30-12:32 夜间：23:46-次日 00:39	昼间	54		达标
		生产噪声		夜间	44		达标

5.3.8 电磁辐射影响分析

原论证报告已对项目电磁辐射环境影响进行了详细分析，项目调整后风机建设规模不变，风机数量、机型、单机装机容量不变，本报告不再详述。

类比 220kV 菊城变电站，海上升压站工频电场强度在 9.36V/m~460.28V/m 之间，磁感应强度在 31.35nT~361.5nT 之间，满足《电磁环境控制限值》(GB8702-2014)的推荐限值(工频电场强度≤4000V/m，工频磁感应强度≤0.ImT)要求。

风机群所产生的电磁环境影响效应不明显。在假设的理想条件即电缆金属护套完全接地情况下，电场将严格限制在每个核内部。对于 35kV 的集群海底电缆，由于磁场在海域介质中的衰减特性，在离机群中心距离 1m 外，磁感应强度已降为 10-6T 以下，对于 220kV 海底电缆，磁感应强度已降在 10-5T 以下，对海洋生物影响不明显。

5.3.9 对鸟类的影响

本节内容引用《中广核汕尾甲子一海上风电场项目竣工环境保护验收调查报告》（深圳中检联检测有限公司，2024 年 10 月）中相关结论。

5.3.9.1 施工期

1、施工对鸟类栖息和觅食影响分析

根据调查，风电场及其周边主要为海域，在海域调查中记录的大部分是湿地水鸟。海上风电场施工期间，大型船只和机械活动一方面会对鸟类造成干扰，使鸟类远离施工区域，减少鸟类活动范围；另一方面会影响海洋和底栖生物分布，从而影响鸟类的食物分布;施工产生的噪声会对在施工区及邻近区域觅食的鸟产生影响，使该区域鸟类的数量减少、多样性降低。但由于施工作业属短期行为，施工结束后，底栖生物和鱼类可在一定时间内恢复，同时施工影响范围仅限于风机周边，施工活动对水域的扰动影响有限，仅对周围水域内水生生物的种类和数量产生局部影响，而且工程占用海域面积相对较少，风电场区域不是水鸟唯一的栖息和觅食地。

鸟类主要是鸻形目和雀形目鸟类，由于风电场施工区为海域，并且调查结果显示沿岸陆域调查记录的鸟类在物种和数量上均远高于海上风电场区及周边海

域。施工对这些鸟类的觅食、活动将带来一定的负面影响，但相对而言，受影响的物种种类和数量较为有限，项目区周边可以容纳其继续生存，能有效缓解这些负面影响。综上所述，施工期风电场对鸟类的影响在一定程度上是可以接受的。

2、施工对鸟类繁殖影响分析

项目调查区域鸟类集中繁殖的区域主要在沿海区域海堤内侧、滩涂、红树林、荒地等。这些繁殖鸟类中，水鸟主要在近海湿地潮间带滩涂觅食栖息，其中的鸥类偶在风电场海域间做短距离迁徙飞行。林鸟则主要在海岸区域海堤内的荒地、农田、林带活动。施工对这些鸟类的觅食、活动将产生的负面影响较小。项目区周边可以容纳其继续生存，其影响在一定程度上是可以接受的。

3、施工对鸟类迁徙影响分析

由于场址中心距离陆地距离约 25km，只有一些偶尔在上空迁徙路过的鸟类，同时从施工特点分析，风机等的施工具有时间短和间断施工的特点，同时风机安装施工均在白天进行。从施工阶段分析，在风机基础施工、升压站施工期间，由于均为近海面作业，施工设备的高度一般在 20m 以下。在风机安装阶段，根据风机的轮毂高度和叶轮半径，总高度约 170m，在这一阶段，鸟类正常迁飞一般不会受影响，只有在云雾或强劲的逆风等不利天气下，有个别鸟类会飞至工程风机总高度甚至以下。在施工期间，由于有施工噪声，安装好的风机也比较大，容易被迁飞鸟类注意到。丹麦 Tjaerebor 等通过雷达对迁徙鸟类的研究发现，不管是在白天或黑夜，在 2MW 叶片直径 60m 的风力机前 100-200m，鸟就发现它的存在而且提前改变飞行路径，飞行在高于风力机的安全高度。本工程风机叶轮直径 177m(6.45MW)，直径大于 60m，预计鸟类能提前发现并改变飞行路径，飞行在高于风力机的安全高度。综上所述，工程施工期对迁徙鸟类影响较小。

4、风电场累积效应对鸟类的影响

（1）风电场累积效应对鸟类栖息和觅食的影响

风电场对鸟类的干扰影响与建设区域生境的差异、风电场选址和规模的不同等有关。沿海滩涂湿地鸟类一般选择地势开阔、食物丰富的沿海滩涂湿地作为其栖息、觅食地。鸟类会选择具有遮蔽物、邻近食源的区域作为栖息地。鸟类为了寻找觅食地和停歇地会不断穿越这些布设在海岸和岸边的风机，群体越大则越有可能有个体与风机发生碰撞。

（2）风电场累积效应对鸟类迁徙的影响

迁徙水鸟通常沿海岸线迁徙，潮间带滩涂和堤内水域的沿海湿地是鸟类的主要停歇地。从许多风电场建设的实际经验来看，许多鸟类都会有趋避行为，在迁徙季节，大部分鸟类迁徙途中会绕过风电场迁飞，只有少部分会穿越部分风电场，且不会发生严重的撞击。但是，在多个风电场建设项目集中的区域，随着风电场愈发密集，其对鸟类累加影响可能会增强。因为越来越密集的风电场，会对鸟类的飞行和停歇形成网状的阻隔作用，使其为了避免与风车相撞而采取更高或更低的飞行模式，再加上穿越风电场区的额外绕行飞行过程，势必会增加鸟来本不必要的能量损耗，降低其生存几率。

5、施工期调查结论

建设项目施工期间对鸟类的影响总体可归纳为以下几点：

（1）沿海滩涂湿地鸟类一般选择地势开阔、食物丰富的沿海滩涂湿地作为其栖息、觅食地。调查中大部分水鸟选择滩涂湿地作为其主要栖息地，本项目工程不在鸟类栖息地等生态敏感区域范围内，项目施工对鸟类对区域鸟类栖息影响较小。

（2）建设项目场址中心距离陆地距离约 25km，对本地区最主要的迁徙候鸟类群，即集中分布于海岸线的雁鸭类的影响较为有限;林鸟主要栖息于公路两侧防护林、荒地、耕地和芦苇荡中，受到的影响亦有限。但可能对前往海域觅食和停歇的鸥类和燕鸥类会有一定的干扰。

（3）海上风电场对鸟类的影响因素较为复杂，且会随着时间而发生改变。在建设项目今后长期运营后，其对鸟类的栖息、迁徙、繁殖、生存等方面的影响还尚待进一步研究，且应考虑周边多个风电场运营对鸟类的累积效应影响。

5.3.9.2 运营期

1、工程运营对鸟类栖息和觅食影响

海上风电场址中心距离陆丰陆地距离约 25km，距离岸线邻近的鸟类栖息、觅食区域相对较远。总的来说，陆域栖息鸟类长距离穿越海上风电场的比例较小，故海上风电场基本不会对邻近区域鸟类的栖息、觅食产生较大影响。

2、工程运营对鸟类存活的影响

本风电项目采用海底电缆，没有架空线路带来的相撞风险，因此，鸟类在活

动时主要存在与风机相撞的风险。但总体而言，虽然海上风电项目建设会带来一定的鸟类撞击风机的可能，但发生的概率总体来说较低，不会对区域鸟类的数量种类造成明显影响。工程调试阶段以来未发现鸟类撞击风机事件。

3、工程运营对鸟类繁殖的影响

海上风电场场址离岸最近距离约25km，不是鸟类的主要繁殖和觅食地，且因距离较远，故工程场区噪声对大部分鸟类没有影响，对偶尔穿越的鸟类影响较小。

4、工程运营对鸟类迁徙的影响

海上风电场对鸟类迁徙的干扰程度与很多因素有关，风电场建设给鸟类迁徙带来的不利影响，主要表现为鸟类的趋避行为会使鸟类选择远离风机飞行，从而在一定程度上减少了鸟类的活动范围，这也是风电场的屏障效应，但从另一个角度来说，鸟类对风电场的这种趋避行为也可以减少鸟类碰撞风机的风险。风电场对鸟类的干扰程度取决于一系列的因素，包括季节、鸟类物种、鸟类的集群规模、鸟类的适应程度、鸟类对风电场建设区域的利用格局、风电场建设区域到重要栖息地的距离、风电场周边可替换栖息地的可提供性、风机的类型以及鸟类所处的生活史周期(越冬、换羽、繁殖等)等。

风电场对鸟类迁徙的影响还体现在以下几个方面。鸟类迁飞高度与风机高度，风电场风机轮毂和叶片的高度一般在100m以下，远低于鸟类迁徙飞行的高度，因此一般情况下风机对鸟类迁徙影响不大。但当鸟类迁徙遇到逆风不能着陆时，飞得很低，几乎是近地面或近水面飞行，特别在夜间或有雾、烟、密云和透视度低的天气，发生误撞而死亡的几率会提高。

风机运行可能对鸟类的迁徙路线造成干扰，在一定程度上减少了鸟类的活动范围，但这些影响尚在可接受范围内。

5、调试期调查结论

（1）本项目场址中心距离陆地距离约25km，对迁徙候鸟类群，如集中分布于海岸线的类群影响较为有限;林鸟主要栖息于公路两侧防护林、荒地、耕地和芦苇荡中，受到的影响亦有限。但可能对前往海域觅食和停歇的鸥类和燕鸥类会有一定的干扰。

（2）调查区域大部分水鸟选择滩涂湿地作为其主要栖息地，本项目的建设

对区域不在鸟类栖息地等生态敏感区域范围内，对鸟类栖息地影响较小。

（3）鸟类在长距离迁徙时飞行高度较高，风机运行往往会让鸟类表现出明显的绕避行为而不会发生严重的碰撞，仅在恶劣天气以及低空迁飞觅食的情况下才会增加与风机相撞的概率，因此风机运行对鸟类长距离迁徙的碰撞风险不大。施工期鸟类监测过程中，未发现鸟类撞击风机事件。

5.3.10 对“三场一通道”的影响分析

本项目部分位于南海区幼鱼、幼虾保护区内和南海北部幼鱼繁育场保护区内。

1、施工期影响分析

（1）施工悬沙扩散影响

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

高浓度的悬浮物对鱼类的影响主要表现为降低其生长率及其对疾病的抵抗力；干扰其产卵、降低孵化率和仔鱼成活率；改变其洄游习性；降低其饵料生物的密度；降低其捕食效率等。但悬浮泥沙对渔业的影响不是永久性的，而是可逆的，会随着施工结束而逐渐恢复。

（2）施工噪声对渔业资源的影响

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

本项目已建设完成，施工期影响已基本消除。

2、运营期影响分析

（1）运营期对渔业资源的影响

风机运营产生的噪声经水一气界面进入水体后，能量损耗较大，且海水中悬浮物对噪声有一定的吸收作用，噪声进入水体后不会对周边声环境造成显著影响，不会对桩基周围的水生生物环境造成较大变化，加之噪声对鱼类具有驱赶效应，因此，水下噪声对鱼类机体、种群数量等影响有限。

（2）运营期电磁辐射对海洋生物的影响

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

5.3.11 项目用海生态影响回顾性分析

5.3.11.1 调查概况

本项目已于2022年12月完成建设并投入调试，因此，本节引用施工前和施工后海洋环境现状调查数据分析项目建设前后所在海域海洋生态环境的变化情况。

（1）施工前春季和秋季调查结果引用《中广核汕尾甲子一海上风电场项目环境影响报告书（报批稿）》（浙江省环境科技有限公司，2019年10月），由国家海洋局南海调查技术中心于2018年10月15日～10月23日及2019年3月29日～4月7日在项目附近海域进行的海洋环境现状调查，共设水质调查站位40个，海洋生态调查站位24个和潮间带调查断面4条。

（2）施工后海洋环境现状调查数据引自《汕尾甲子一海上风电场海洋环境现状调查监测报告（2025年春季）》（广州海兰图检测技术有限公司，2025年6月）和《汕尾甲子一海上风电场海洋环境现状调查监测报告（2025年秋季）》（广州海兰图检测技术有限公司，2025年10月），由广州海兰图环境技术检测公司于2025年3月及2025年9月在项目附近海域开展的海洋环境现状调查。

5.3.11.2 海水水质环境变化分析

根据收集的施工前后海洋环境现状调查资料，所在海域水质环境在施工前后

变化不大，监测因子中铜、镉、砷、总铬、硫化物在施工前后均符合第一类水质标准，铅、锌、汞在施工后质量变好，符合第一类水质标准；石油类、无机氮、活性磷酸盐等在施工期含量有所上升，施工结束后逐渐下降；其他监测因子施工前后变化不大，如溶解氧、化学需氧量、悬浮物等。

5.3.11.3 海洋沉积物环境变化情况

根据收集的施工前中后海洋环境现状调查资料，所在海域海洋沉积物环境在施工前后变化不大，所有监测因子施工前后均符合第一类标准。

5.3.11.4 施工前后生物生态变化分析

1、叶绿素 *a* 和初级生产力

（1）施工前

2018 年 10 月，各站表层平均叶绿素质量浓度变化于(0.32-2.69)mg/m^3，平均值为 1.19mg/m^3；各站中层平均叶绿素质量浓度变化于(0.37-1.59)mg/m^3，平均值为 0.98mg/m^3；各站表层底层平均叶绿素质量浓度变化于(0.22-2.34)mg/m^3，平均值为 1.15mg/m^3。水体初级生产力范围在（45.53-516.67）mgC/(m^2·d)之间，平均值为 199.21mgC/(m^2·d)。

2019 年 4 月，各站表层平均叶绿素质量浓度变化于（0.92-5.19）mg/m^3，平均值为 2.37mg/m^3；各站中层平均叶绿素质量浓度变化于（0.99-5.46）mg/m^3，平均值为 2.12mg/m^3；各站底层平均叶绿素质量浓度变化于（1.00-4.34）mg/m^3，平均值为 2.27mg/m^3。各站初级生产力水平变化范围为（384.27-1802.97）mg·C/（m^2·d），平均为 1013.20mg·C/（m^2·d）。

（2）施工后

2025 年 3 月，各站表层叶绿素 *a* 变化范围在（0.44~2.25）mg/m^3，平均为 1.36 mg/m^3；10m 水层叶绿素 *a* 变化范围在（0.44~1.86）mg/m^3，平均为 1.05 mg/m^3；底层叶绿素 *a* 含量变化范围在（0.40~2.08）mg/m^3，平均为 1.10 mg/m^3。以各站各层水样的平均值作为该站叶绿素 *a* 的浓度，各站叶绿素 *a* 浓度的变化范围为（0.43~2.25）mg/m^3，平均为 1.28 mg/m^3；初级生产力变化范围在（101.288~352.509）mg·C/(m^2·d)之间，平均值为 241.441 mg·C/（m^2·d）。

2025 年 9 月，各站表层叶绿素 *a* 变化范围在（0.25~3.35）mg/m^3，平均为

2.24 mg/m^3；10m 水层叶绿素 *a* 变化范围在（0.19~3.24）mg/m^3，平均为 1.82 mg/m^3；底层叶绿素 *a* 含量变化范围在（0.13~2.79）mg/m^3，平均为 1.64 mg/m^3。以各站各层水样的平均值作为该站叶绿素 *a* 的浓度，各站叶绿素 *a* 浓度的变化范围为（0.19~3.35）mg/m^3，平均为 2.00 mg/m^3；初级生产力变化范围在（93.133~1084.859）mg·C/(m^2·d)之间，平均值为 595.306 mg·C/（m^2·d）。

2、浮游植物

（1）施工前

2018 年 10 月，秋季调查共记录浮游植物 3 门 31 属 76 种(含 11 个变种及变型)。其中以硅藻门出现的种类为最多，为 20 属 49 种，甲藻门出现 10 属 26 种。甲藻类的角藻出现种类数最多（11 种）。浮游植物个体数量变化范围为（6.05×10^4～73.15×10^4）ind/m^3，平均为 20.62×10^{4}ind/m^3。浮游植物优势种为菱形海线藻、短齿角毛藻、中肋骨条藻、伏氏海毛藻和束毛藻。各站位浮游植物种数变化范围 16~33 种之间。Shannon-wiener 多样性指数范围为 1.25~3.79，平均为 2.35。Pielou 均匀度指数范围为 0.31~0.75，平均为 0.51。

2019 年 4 月，本次调查共记录浮游植物 2 门 36 属 83 种(含 19 个变种及变型)。浮游植物丰度变化范围为 11.09×10^{4}cells/m^3～87.92×10^{4}cells/m^3，平均为 25.54×10^{4}cells/m^3。浮游植物优势种为钟形中鼓藻、奇异棍形藻、具槽直链藻和劳氏角毛藻。各站位浮游植物种数变化范围 15~34 种之间。Shannon-wiener 多样性指数范围为 1.22~3.89，平均为 2.89。Pielou 均匀度指数范围为 0.30~0.80，平均为 0.62。

（2）施工后

2025 年 3 月，本次调查中共记录 4 门 5 纲 13 目 26 科 158 种。浮游植物优势种共出现 4 种，分别为双环海链藻、中肋骨条藻、尖刺伪菱形藻和柔弱伪菱形藻，其中双环海链藻为第一优势种。浮游植物密度平均值为 11815.669×10^3 cells/m^3，浮游植物的多样性指数平均值为 2.451，均匀度指数平均值为 0.424，丰富度指数平均值为 2.111。

2025 年 9 月，本次调查中共记录 4 门 5 纲 13 目 27 科 145 种。浮游植物优势种共出现 6 种，分别为菱软海链藻、中肋骨条藻和冰河拟星杆藻等，其中菱软海链藻为第一优势种。浮游植物密度平均值为 10820.229×10^3 cells/m^3，浮游植物

的多样性指数平均值为 2.452，均匀度指数平均值为 0.416，丰富度指数平均值为 1.683。

3、浮游动物

（1）施工前

2018 年 10 月，共记录浮游动物 11 个生物类群 77 种，各采样站浮游动物湿重生物量变化幅度为（18.33～168.11）mg/m^3，平均生物量为 78.65mg/m^3；浮游动物密度变化幅度为（34.05～488.89）ind/m^3，平均密度为 92.05ind/m^3。种类多样性指数范围为 1.93～3.43 之间，平均为 2.77；均匀度变化范围在 0.48～0.82 之间，平均为 0.71。毛颚类的肥胖软箭虫，介形类的齿形海萤，桡足类的微刺哲水蚤和精致真刺水蚤、管水母类的双手水母和桡足类的亚强次真哲水蚤为本次调查海区浮游动物优势种。

2019 年 4 月，本次调查共记录海域浮游动物 11 个生物类群 67 种。浮游动物平均湿重生物量为 400.47mg/m^3，变化范围在（128.71～993.47）mg/m^3；平均分布密度为 249.41ind/m^3，变化范围为（83.87～553.13）ind/m^3。种类多样性指数范围为 1.97～3.95 之间，平均为 3.00；均匀度指数变化范围在 0.49～0.92 之间，平均为 0.73。小拟哲水蚤、锥形宽水蚤、小长腹剑水蚤和亮大眼剑水蚤为本次调查海区浮游动物优势种。

（2）施工后

2025 年 3 月，本次调查中共记 6 门 9 纲 17 目 33 科 74 种（包括浮游幼体 14 种）。浮游动物优势种共 8 种。分别为异体住囊虫、大西洋五角水母、近缘大眼剑水蚤等，其中异体住囊虫为第一优势种。浮游动物生物量平均值为 109.14 mg/m^3，密度平均值为 293.309 ind/m^3。浮游动物多样性指数平均值为 3.049，均匀度指数平均值为 0.700，丰富度指数平均值为 1.970。

2025 年 9 月，本次调查中共记录 6 门 11 纲 21 目 44 科 81 种（包括浮游幼体 16 种）。浮游动物优势种共 15 种，分别为鸟喙尖头溞、长尾类幼虫、强次真哲水蚤等，其中鸟喙尖头溞为第一优势种。浮游动物生物量平均值为 243.51 mg/m^3，密度平均值为 620.407 ind/m^3。浮游动物多样性指数平均值为 3.934，均匀度指数平均值为 0.792，丰富度指数平均值为 2.660。

4、大型底栖生物

（1）施工前

2018 年 10 月，秋季共记录大型底栖动物 48 种，其中环节动物 21 种、软体动物 9 种、节肢动物 12 种、棘皮动物 4 种和其它动物 2 种。底栖动物平均栖息密度为 93ind/m^2，平均生物量为 13.59g/m^2。蛏虫动物的短吻铲荚蛏、棘皮动物的光滑倍棘蛇尾和环节动物的双鳃内卷齿蚕、叶须内卷齿蚕以及奇异稚齿虫为本次调查海区底栖动物优势种。底栖动物平均多样性指数和均匀度指数分别为 2.27 和 0.81。

2019 年 4 月，春季共记录大型底栖动物 43 种，其中环节动物 18 种、软体动物 9 种、节肢动物 11 种、棘皮动物 3 种和其它动物 2 种。底栖动物平均栖息密度为 52ind/m^2，平均生物量为 14.86g/m^2。环节动物的叶须内卷齿蚕和棘皮动物的光滑倍棘蛇尾为本次调查海区底栖动物优势种。底栖动物平均多样性指数和均匀度指数分别为 1.43 和 0.62。

（2）施工后

2025 年 3 月，本次调查中共记录 8 门 10 纲 20 目 48 科 67 种。其中环节动物为主要生物群，为 28 种，占种类总数的 41.79%。大型底栖生物优势种共有 1 种，为太平洋稚齿虫。大型底栖生物的平均生物量为 1.789 g/m^2，平均栖息密度为 49.000 ind/m^2。环节动物平均栖息密度最高，为 24.000 ind/m^2，占比为 48.98%刺胞动物平均生物量最高，平均生物量为 0.551 g/m^2，占比为 30.81%。大型底栖生物多样性指数平均值为 2.581，均匀度指数平均值为 0.948，丰富度指数平均值为 1.937。

2025 年 9 月，本次调查中共记录 6 门 8 纲 17 目 41 科 60 种。其中环节动物为主要生物群，为 34 种，占种类总数的 56.67%。大型底栖生物优势种共有 1 种，为细螯虾。大型底栖生物的平均生物量为 1.851 g/m^2，平均栖息密度为 49.000 ind/m^2。环节动物平均栖息密度最高，为 29.333 ind/m^2，占比为 59.86%。刺胞动物平均生物量最高，平均生物量为 0.840 g/m^2，占比为 45.37%。大型底栖生物多样性指数平均值为2.514，均匀度指数平均值为0.967，丰富度指数平均值为1.939。

5、潮间带生物

（1）施工前

2018 年 10 月，秋季调查断面采集到的潮间带生物共有 8 大门类 50 种（含定性），以软体动物种类最多，为 15 种，占总种数的 30.00%；其次是节肢动物，

14 种，占总种数的 28.00%，环节动物 10 种）。秋季调查断面潮间带生物平均生物量为 148.49g/m^2，平均栖息密度为 191ind/m^2。秋季计算结果显示，调查断面潮间带多样性指数(H′)和均匀度(J)均属中等偏低水平，4 条断面多样性指数平均为 2.31。均匀度指数平均为 0.863。

2019 年 4 月，春季调查断面采集到的潮间带生物共有 7 大门类 38 种，以软体动物种类最多，为 13 种；其次是节肢动物，11 种，再次为环节动物 6 种。调查断面潮间带生物平均生物量为 152.80g/m^2，平均栖息密度为 180ind/m^2。调查断面潮间带多样性指数和均匀度分别为 1.34 和 0.41。

（2）施工后

2025 年 3 月，潮间带生物共记录 2 门 3 纲 4 目 6 科 8 种，其中包括软体动物 5 种、节肢动物 3 种。潮间带生物优势种共有 4 种，分别为楔形斧蛤、紫藤斧蛤、单节古糠虾和微红斧蛤。其中楔形斧蛤为第一优势种。潮间带生物定量调查 4 个断面的平均生物量为 26.866 g/m^2，平均栖息密度为 28.611 ind/m^2，软体动物的平均栖息密度和平均生物量最高。从水平分布来看 C02 断面生物量和栖息密度最高；从垂直分布来看低潮带的生物量和栖息密度最高。潮间带 4 个断面的多样性指数平均值为0.928，均匀度指数平均值为0.706，丰富度指数平均值为0.445。

2025 年 9 月，潮间带生物共记录 4 门 5 纲 5 目 11 科 13 种，其中包括节肢动物 6 种、软体动物 5 种、环节动物和刺胞动物各 1 种。潮间带生物优势种共有 7 种，分别为角眼沙蟹、紫藤斧蛤、韦氏毛带蟹等，其中角眼沙蟹为第一优势种。潮间带生物定量调查 4 个断面的平均生物量为 43.627 g/m^2，平均栖息密度为 13.000 ind/m^2，环节动物的平均栖息密度最高，软体动物的平均生物量最高。从水平分布来看 C02 断面生物量最高，C03 断面栖息密度最高；从垂直分布来看低潮带的生物量和栖息密度最高。潮间带 4 个断面的多样性指数平均值为 1.651，均匀度指数平均值为 0.791，丰富度指数平均值为 1.054。

6、鱼卵、仔稚鱼

（1）施工前

2018 年 10 月，秋季调查至少共出现了鱼卵仔鱼 10 种，其中鲱形目 1 种，鲈形目鉴定出 4 科 1 属 3 种。2018 年秋季鱼类浮游生物垂直拖网调查共采到鱼卵 264 个，仔鱼 40 尾。调查海区水平拖网的鱼卵平均密度为 308 个/1000m^3；仔鱼的平均密度为 20 尾/1000m^3。垂直拖网的鱼卵平均密度为 2030 个/1000m^3；平

均仔鱼密度为330尾/1000m^3。

2019年4月，春季调查海域至少共出现了鱼卵仔鱼14种，其中鲱形目3种，鲈形目鉴定出4科3属3种。垂直拖网共采到鱼卵117个，仔鱼14尾。垂直拖网的平均密度为945个/1000m^3。采获鱼卵数量密度最高为S26站，为3065个/1000m^3，调查期间24个测站有15均采到鱼卵，鱼卵出现率为79.17%。鱼卵密度变化范围在0个/1000m^3~3065个/1000m^3。仔鱼在24个监测站中有9个站出现，出现率37.50%，仔鱼的平均密度为104尾/1000m^3。密度变化范围在0尾/1000m^3~500尾/1000m^3。

（2）施工后

2025年3月，本次定性调查中共记录鱼卵16种，其中包括鲈形目10种，鲱形目2种，鲽形目、鳗鲡目、仙女鱼目和鮠形目各1种；仔稚鱼12种，其中包括鲈形目7种，鲱形目2种，鮠形目2种和鳀形目1种。调查15个站位的鱼卵仔稚鱼垂直拖网共采到鱼卵86ind，仔稚鱼5ind。调查区域垂直拖网的鱼卵平均密度为0.609 ind/m^3；仔稚鱼平均密度为0.047 ind/m^3。常见鱼卵仔稚鱼为笛鲷科、鲹科等。

2025年9月，本次定性调查中共记录鱼卵15种，其中包括鲈形目9种，鲱形目和鲽形目各2种，鳗鲡目和仙女鱼目各1种；仔稚鱼20种，其中包括鲈形目13种，鲱形目3种，鳗鲡目、鲀形目、鳕形目和鳀形目各1种。调查17个站位的鱼卵仔稚鱼垂直拖网共采到鱼卵69 ind，仔稚鱼12 ind；调查区域垂直拖网的鱼卵平均密度为0.660 ind/m^3；仔稚鱼平均密度为0.121 ind/m^3。常见鱼卵仔稚鱼为笛鲷科、鳊科。

7、游泳动物

（1）施工前

2018年10月，本次调查共捕获游泳生物78种，其中：鱼类41种，头足类4种，甲壳类中33种。调查海区的游泳生物总重量渔获率和总个体渔获率均值分别为13.39kg/h和1758ind/h。渔业资源平均重量密度和个体密度分别为564.66kg/km^{2}和74154ind/km^2。

2019年4月，本次调查共捕获游泳生物82种，其中：鱼类44种，头足类3种，甲壳类中35种。调查海区的游泳生物总重量渔获率和总个体渔获率均值分别为18.10kg/h和653ind/h。渔业资源平均重量密度和个体密度分别为

763.44kg/km^2 和 26822ind/km^2。

（2）施工后

2025 年 3 月，共记录 3 门 3 纲 15 目 59 科 132 种，其中：鱼类 92 种，虾类 9 种（其中虾蛄类 5 种），蟹类 23 种，头足类 8 种。游泳动物优势种共 1 种，为二长棘犁齿鲷。平均总尾数渔获率为 295 ind/h，平均总重量渔获率为 4.909 kg/h。平均尾数资源密度为 9.468×10^3 ind/km^2，平均重量资源密度为 157.963 kg/km^2。游泳动物的多样性指数平均值为 3.818，均匀度指数平均值为 0.754，丰富度指数平均值为 4.058。主要经济种类为二长棘犁齿鲷、花斑蛇鳚、戴氏赤虾、红星梭子蟹、杜氏尾枪乌贼等。

2025 年 9 月，共记录 3 门 4 纲 16 目 65 科 157 种，其中：鱼类 113 种，虾类 13 种（其中虾蛄类 5 种），蟹类 27 种，头足类 4 种。游泳动物优势种为二长棘犁齿鲷。平均总尾数渔获率为 230 ind/h，平均总重量渔获率为 4.947 kg/h。平均尾数资源密度为 8.887×10^3 ind/km^2，平均重量资源密度为 191.172 kg/km^2。游泳动物的多样性指数平均值为 4.111，均匀度指数平均值为 0.789，丰富度指数平均值为 4.808。主要经济种类为二长棘犁齿鲷、红星梭子蟹。

根据收集的施工前后海洋环境现状调查资料，所在海域生物生态变化较大，施工前后叶绿素 *a* 和初级生产力变动幅度较小；浮游植物和浮游动物平均密度均有所上升；底栖生物和潮间带生物平均栖息密度和生物量施工后均有所下降；鱼卵、仔稚鱼以及游泳动物的平均密度施工后也有所下降，但变动都处于正常范围内，并没有造成海洋生物生态急剧恶化。

5.3.12 生态跟踪监测指标合理影响范围

根据相关文件要求，海上风电等可能对资源生态造成影响的项目，应开展生态跟踪监测，生态跟踪监测具体要求见表 5.3.12-1。

表 5.3.12-1 海上风电用海项目生态跟踪监测具体要求一览表

	海洋生态	海水水质	沉积物质量	海洋生物质量	地形地貌与冲淤	电磁环境	水下噪声
监测站位	12个	不少于20个	不少于10个	不少于3个	—	不少于9个	不少于9个
监测频次	每年 代表性一季	每年 代表性一季	每年 代表性一季	每年 代表性一季	—	每年 代表性一季	每年 代表性一季

	海洋生态	海水水质	沉积物质量	海洋生物质量	地形地貌与冲淤	电磁环境	水下噪声
监测内容	鸟类、叶绿素*a*、浮游植物、浮游动物(含 鱼卵仔鱼)、底栖生物	水深、水温、盐度、pH、悬浮物、COD、BOD5、DO、无机氮、活性磷酸盐、石油类、总汞、铜、铅、锌、铬、镉、砷、硒、镍、挥发性酚、硅酸盐	粒度、有机碳、pH、石油类、硫化物、铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷、锌、铬、镉、砷	总汞、铜、铅、锌、铬、镉、砷、石油烃	以工程外扩边界2km的海域，测量比例按照1:5000; 2km-15km的海域，测量图比例尺按照1:10000	工频电场、工频磁场	噪声频带有效声压级、噪声声压谱级

本项目已建设完成，施工期影响已消除，项目跟踪监测指标在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春、秋季现状调查数据确定。

表 5.3.12-2 海上风电项目生态跟踪监测指标合理范围表

监测内容	监测指标		单个站位合理变化范围（营运期）
海洋生态	叶绿素*a*(mg/m³)	表层	0.25~3.35
		底层	0.13~2.79
		初级生产力含量 mgC/(m²·d)	93.133~1084.859
	浮游植物细胞密度	×10³ind/m³	1014.534~63594.664
	浮游植物种数		29~68
	浮游动物个体密度	ind/m³	45.424~934.156
	浮游动物生物量	mg/m³	30.34~406.38
	浮游动物种数		13~35
	底栖生物生物量	g/m²	0.050~12.940
	底栖生物栖息密度	ind/m²	5~100
地形地貌与冲淤		水深	＜0.12m/a
电磁环境	工频电场	V/m	＜4000
	工频磁场	μT	＜100
水下噪声	噪声频带有效声压级	dB	<145
	噪声声压谱级	dB（20Hz-20kHz频率范围内）	<128
海水水质	水温	℃	15.9~30.1
	盐度		30.801~34.765

	pH		8.11~8.23
	悬浮物	mg/L	4.5~24.4
	COD	mg/L	0.16~1.50
	BOD5	mg/L	0.15~0.69
	DO	mg/L	6.42~7.51
	无机氮	mg/L	0.0216~0.151
	活性磷酸盐	mg/L	0.0013~0.0095
	石油类	mg/L	0.0038~0.0169
	总汞	μg/L	0.007L~0.027
	铜	μg/L	0.8~4.7
	铅	μg/L	0.33~0.90
	锌	mg/L	0.0042~0.0189
	铬	μg/L	0.4L~4.7
	镉	μg/L	0.19~0.90
	砷	μg/L	0.7~2.1
	挥发性酚	μg/L	1.1L~1.8
	活性硅酸盐	mg/L	0.0707~0.475
	镍	μg/L	0.5L~2.7
	硒	μg/L	0.2L~1.9
沉积物质量	粒度（中值粒径μm）		13.64~196.8
	有机碳	%	0.05~0.81
	pH		8.21~8.54
	石油类	$\times10^{-6}$	1.0L~16.6
	硫化物	$\times10^{-6}$	0.3L~8.3
	铜	$\times10^{-6}$	2.8~15.4
	铅	$\times10^{-6}$	16.9~40.2
	锌	$\times10^{-6}$	45.2~102
	镉	$\times10^{-6}$	0.04L~0.07
	铬	$\times10^{-6}$	39.6~68.0
	汞	$\times10^{-6}$	0.008~0.060
	砷	$\times10^{-6}$	3.83~9.98
海洋生物质量	铜	mg/kg	0.4L~13.1
	铅	mg/kg	0.04L~0.11
	锌	mg/kg	3.0~49.5
	镉	mg/kg	0.005L~1.77
	铬	mg/kg	0.58~1.06
	汞	mg/kg	0.006~0.142
	砷	mg/kg	0.2L~4.2
	石油烃	mg/kg	1.8~25.7

6 海域开发利用协调分析

6.1 海域开发利用现状

6.1.1 社会经济概况

6.1.1.1 汕尾市社会经济概况

汕尾市，广东省辖地级市，位于广东省东南部沿海，处于莲花山南麓，珠江三角洲东岸，南濒南海，与台湾省一水之隔。汕尾作为沿海经济带重要交通枢纽，地处粤港澳大湾区和潮汕地区、粤北山区的交汇处，是大湾区东翼枢纽门户城市。截至 2026 年 5 月，汕尾市辖 1 个市辖区、2 个县，代管 1 个县级市。

由《2025 年汕尾市国民经济和社会发展统计公报》（汕尾市统计局，2025 年 6 月 4 日），根据广东省地区生产总值统一核算结果，全年汕尾实现地区生产总值（初步核算数）1546.30 亿元，按不变价格计算，同比增长 4.2%。其中，第一产业增加值 206.54 亿元，增长 5.1%，对经济增长的贡献率为 16.3%；第二产业增加值 415.58 亿元，增长 1.6%，对经济增长的贡献率为 10.6%；第三产业增加值 924.18 亿元，增长 5.2%，对经济增长的贡献率为 73.1%。三次产业结构为 13.3：26.9：59.8。人均地区生产总值 57027 元（按年平均汇率折算为 7984 美元），增长 3.6%。

全年居民消费价格指数比上年下降 0.4%。分类别看，食品烟酒类下降 1.4%，衣着类上涨 1.4%，居住类下降 2.1%，生活用品及服务类上涨 0.8%，交通和通信类下降 2.4%，教育文化和娱乐类上涨 0.3%，医疗保健类上涨 1.5%，其他用品和服务类上涨 11.6%。

全年全部工业增加值比上年增长 1.3%。规模以上工业增加值下降 4.7%。分经济类型看，国有企业增加值下降 83.3%，集体企业增加值下降 2.7%，股份制企业增加值下降 5.7%，外商及港澳台投资企业增加值下降 0.4%。分轻重工业看，轻工业增加值下降 27.1%，重工业增加值增长 0.1%。分企业规模看，大型企业增加值增长 4.0%，中型企业增加值下降 2.3%，小型企业增加值下降 31.7%，微型企业增加值增长 30.8%。

全年批发和零售业增加值 228.72 亿元，比上年增长 6.7%；交通运输、仓储和邮政业增加值 75.81 亿元，增长 7.5%；住宿和餐饮业增加值 36.37 亿元，增长 2.5%；金融业增加值 43.34 亿元，增长 3.2%；房地产业增加值 97.71 亿元，下降 0.4%。

全年社会消费品零售总额 528.03 亿元，比上年增长 3.6%。按经营地分，城镇消费品零售额 370.74 亿元，增长 4.3%；农村消费品零售额 157.29 亿元，增长 2.2%。按消费类型分，商品零售 413.79 亿元，增长 4.1%；餐饮收入 114.23 亿元，增长 1.9%。

全年固定资产投资比上年下降 22.4%。分投资主体看，国有经济投资下降 27.1%，民间投资下降 41.0%；港澳台及外商投资下降 23.5%。分产业看，第一产业投资下降 80.7%，第二产业投资下降 16.3%，第三产业投资下降 24.8%。

全年货物进出口总额 163.4 亿元，比上年下降 12.4%。其中，出口 69.3 亿元，下降 35.7%；进口 94.2 亿元，增长 19.3%。进出口逆差（进口减出口）24.9 亿元，比上年减少 53.7 亿元。

全年全市地方一般公共预算收入 90.38 亿元，比上年增长 4.2%，其中，税收收入 43.98 亿元，增长 4.7%。全年一般公共预算支出 297.93 亿元，增长 5.2%；其中，教育支出 61.98 亿元，增长 0.4%；卫生健康支出 36.31 亿元，增长 3.3%；社会保障和就业支出 55.79 亿元，增长 2.0%。

6.1.1.2 陆丰市社会经济概况

陆丰市，广东省辖县级市，由汕尾市代管。地处粤东海陆丰地区沿海的碣石湾畔，东联潮汕地区、西接深圳都市圈，介于深圳和汕头两个经济特区之间。截至 2025 年末，陆丰市常住人口 123.56 万人。截至 2026 年 7 月，陆丰市下辖 3 个街道、17 个镇。

由《2025 年陆丰市国民经济和社会发展统计公报》（陆丰市统计局，2026 年 5 月 30 日），据统一核算结果，2025 年我市实现地区生产总值（初步核算数）466.99 亿元，按不变价格计算，同比增长 3.1%。分季度，一季度同比增长 2.3%，二季度同比增长 3.9%，三季度同比增长 3.1%，四季度同比增长 3.1%。分产业，第一产业实现增加值 90.27 亿元，同比增长 4.8%，第二产业实现增加值 104.98 亿元，同比下降 1.7%，第三产业实现增加值 271.73 亿元，同比增长 4.4%。三次

产业结构比重为 19.3%：22.5%：58.2%。按年平均常住人口计算，全市人均地区生产总值为 37853 元，同比增长 2.8%。

2025 年末，全市总户数 41.19 万户，户籍总人口 187.76 万人，其中，城镇户籍人口 93.53 万人，农村户籍人口 94.23 万人。分性别，男性 99.47 万人，女性 88.28 万人。全市年末常住人口 123.56 万人，城镇常住人口 59 万人，占常住人口比重（常住人口城镇化率）47.75%。

6.1.1.3 海洋产业发展现状

由《构建“海洋牧场+海上风电+滨海旅游”三位一体海洋产业格局——“海上新汕尾”破浪前行》（中国自然资源报 2025 年 3 月 24 日海洋版），据初步核算，2023 年汕尾海洋生产总值占地区生产总值比重达 17.6%，高于全省平均水平近 4 个百分点，海洋经济已成为驱动高质量发展的核心动能。立足海洋谋发展，汕尾正以“风”为笔，以“海”为墨，奋力书写海洋强市建设的新篇章，向着海洋经济高质量发展的宏伟目标破浪前行。

（1）壮大新兴产业 “蓝色引擎”规模初显

全球最大的 18 兆瓦海上风电机组、全球最大的 16 兆瓦漂浮式海上风电机组、全球最长的 128 米单支风电叶片，都是在汕尾诞生的。2023 年，汕尾海洋经济高质量发展创造了 3 项“全球第一”，这一消息迅速在网络刷屏，赢得了无数赞誉。

作为广东省的电力能源基地，汕尾电源总装机容量达 917 万千瓦，其中海上风电装机容量达 140 万千瓦，初步构建“风光水火核储”一体化、全业态新型综合绿色能源体系。

中国广核集团有限公司（以下简称中广核）汕尾后湖海上风电场项目装机容量 50 万千瓦，是国内在运单体容量最大的海上风电项目，也是粤东地区首个实现海上主体工程开工、首个实现风机并网、首个实现全容量并网的项目。

早在 2022 年 5 月，《汕尾市海洋经济发展“十四五”规划》就明确了海洋经济发展的总体思路、发展目标、主要任务和重大工程，为汕尾市海洋经济长远发展提供了科学指导和行动纲领。近年来，汕尾紧紧围绕构建现代化产业体系和先进制造业产业体系的目标，以海洋工程装备制造为核心，致力于打造千亿级海洋能源和装备制造产业集群。

随着南海海缆有限公司、广东天能海洋重工、广东长风新能源装备制造、中电建核电装备、中船科技股份有限公司等龙头企业纷纷落户，汕尾（陆丰）临港产业园海工装备制造产业积厚成器，成为广东海上风电主产业链最全的“蓝色产业园”。

2024 年，汕尾全面做强“风光水火核储”绿色能源体系。陆丰核电 5、6 号机组分别完成工程总量的 45%、16%，1、2 号机组正式获国家核准；甲湖湾电厂 3、4 号机组 200 万千瓦项目完成工程总量的 61%；汕尾电厂 5、6 号机组 200 万千瓦项目开工建设。

中广核甲子一项目，装机容量 50 万千瓦，是全国首个实现海上主体工程开工的平价海上风电项目，也是首个实现并网发电的平价海上风电项目，还是目前国内送出电压等级最高（50 万伏）的海上风电项目。

2025 年，汕尾聚力建设绿电创新实验区，力推省管海域红海湾海上风电、国管海域粤东海上风电项目开工建设，加快陆河抽水蓄能电站、汕尾电厂 5、6 号机组、陆丰甲湖湾电厂 3、4 号机组建设步伐，推动总装机容量突破 1200 万千瓦。同时，强化新型储能电站布局，加快中广核陆丰电化学储能电站等项目建设。

（2）奏响海洋牧歌 “蓝色粮仓”提质增效

中广核“伏羲一号”风渔融合示范项目总投资 2 亿元，于 2024 年 9 月 4 日正式投运，投产后预计年产值可达 5400 万元。该项目创新应用了抗台风、防撞击、强防腐的巨型海洋牧场养殖网箱结构设计建造新技术，可正面抗击 17 级超强台风。该网箱平台配置了一批现代化海洋牧场智能设备，是全球单体最大风渔融合网箱平台、全球抗台风能力最强网箱平台、全球首例风渔融合型深水网箱养殖与海洋生态环境可持续发展项目。

2024 年，汕尾海洋牧场新开工项目 7 个、总投资 12 亿元，全市水产品总量达 65.02 万吨、增长 5.3%，渔业总产值达 145.13 亿元、增长 5.5%。

2025 年，汕尾将新开工 4 个海洋牧场项目，推动海水养殖产量突破 40 万吨、产值破 80 亿元，带动农林牧渔业总产值增长 5%、海洋生产总值突破 280 亿元。同时，汕尾正聚力打造现代化海洋牧场示范区，加快建设现代化海洋牧场产业园联动发展区，深化“海洋牧场+蓝色能源”融合发展。

（3）创造生态价值 “蓝色文旅”动能强劲

2024 年，汕尾市推出龟龄岛、江牡岛、“伏羲一号”等“跳岛游”线路，加快发展游艇观光、水上运动等高端休闲旅游项目。推出“奔向海陆丰 坐着高铁来赶海”系列活动，打造长沙炮台、红海湾古堡、咖啡一条街、海丰大湖湿地公园等网红打卡点，滨海旅游持续“出圈”。2024 年，汕尾全年接待游客同比增长 160.3%，过夜游客同比增长 180.4%，均创历史新高。

6.1.1.4 海上风电行业发展现状

本节内容主要引自汕尾市人民政府门户网站政务公开中《向海取“电”！汕尾激活高质量发展“蓝色引擎”》（来源：方志广东，2024 年 11 月）。

海上风电是新型能源体系的重要组成部分，汕尾海上风电发展潜力巨大，正积极发展壮大以海工装备制造业为核心、海上风电为特色的千亿级产业集群，向海取“电”，激活高质量发展“蓝色引擎”。

近年来，汕尾市充分利用丰富的海洋资源禀赋、独特的区域地理位置和革命老区政策支持优势，抢抓机遇，积极谋划海上风电产业发展，培育完善海工装备制造产业链。

汕尾梳理绘制海上风电产业链招商图谱，明确各环节重点招引的头部企业，通过链主企业带动，精准招商。为加快推进海上风电项目建设进展，积极协助项目开发企业协调解决推进中的各项问题，推行“店小二”式服务，落实“1+5+X”协调推进机制和领导领办机制，大大提高了问题协调解决效率。2021 年 5 月，以“发展风电装备制造产业，实现碳达峰碳中和目标”为主题的中国（汕尾）海上风电产业大会在汕尾市召开。会上，成立汕尾海上风电产业链联盟、海上风电工程建设联盟，并举行项目合作集中签约，现场签约 22 个项目，总投资额 255 亿元。

6.1.2 海域使用现状

经过现场踏勘管理部门调访、海域使用动态监管系统查询，本项目所在及周边海域开发利用活动主要为航道、航路、锚地、海上风电项目、码头工程、水质国控站位等。

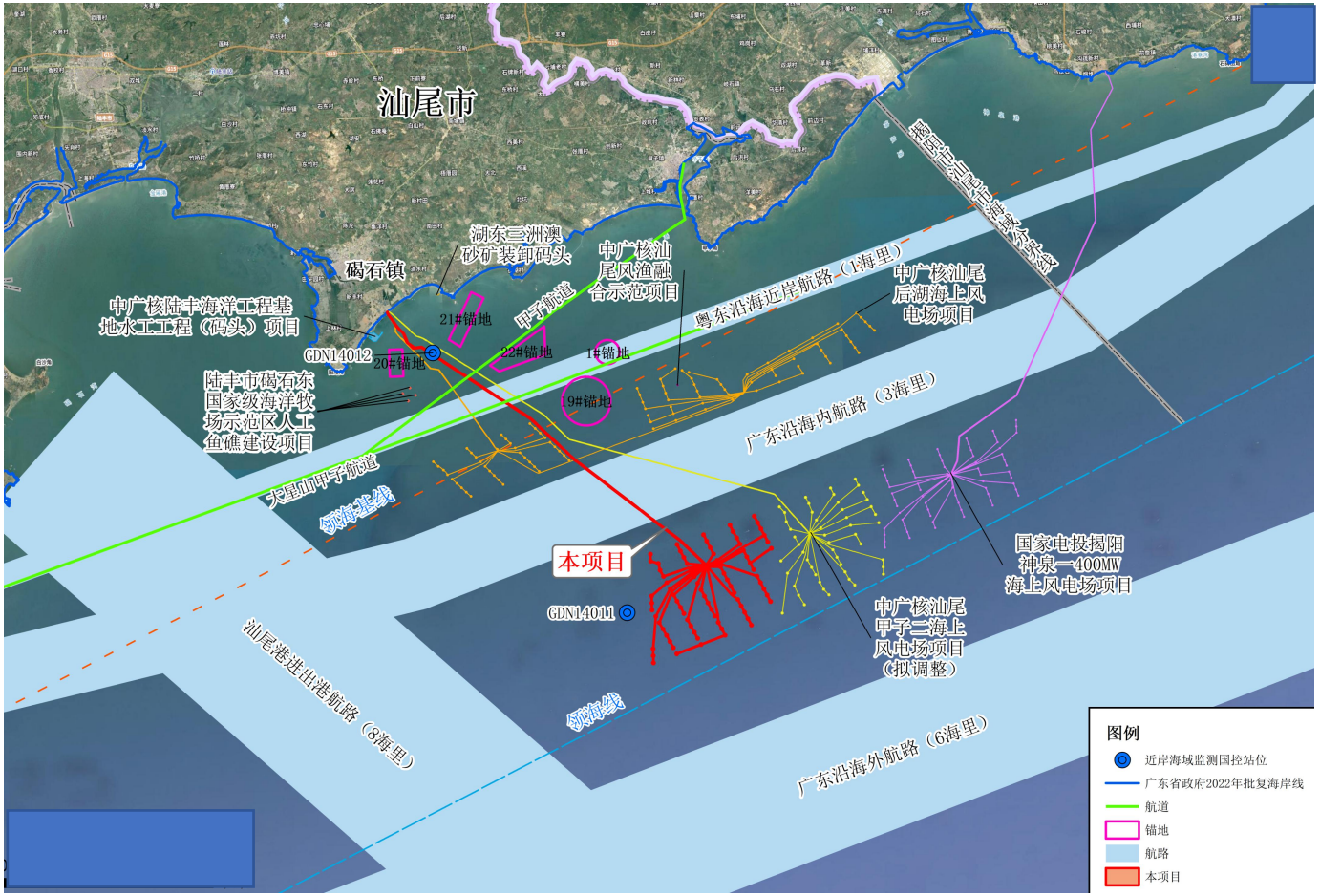


图 6.1.2-1 项目周边海域开发利用现状图

6.1.3 海域使用权属

根据本项目周边海域使用权属状况的资料收集情况及调访结果，本项目周边已确权用海活动共 7 项，其中本项目送出海缆与中广核汕尾后湖海上风电场项目送出海缆交越（图 6.1.3-1），中广核汕尾后湖海上风电场项目已对本项目用海范围进行避让，不存在权属冲突。

6.2 项目用海调整对海域开发活动的影响

根据 6.1.2 节海域开发利用现状分析，本项目所在附近海域及近岸开发活动主要有航道、航路、锚地、海上风电项目、码头工程、水质国控站位等。

根据本报告第 5 章分析，本项目建设对附近海域水动力、地形地貌与冲淤环境的影响主要在风电场范围内，由于风机直径不大，影响较小；项目施工产生的底层＞10mg/L 悬沙增量包络面积为 147.768km^2。本项目已于 2022 年 12 月建成并投入调试阶段，建设期间对周边用海活动的影响已消除，且均未产生利益冲突，本节主要分析项目运营期间对周边用海活动的影响。

6.2.1 对航道、航路的影响分析

本项目送出海缆穿越甲子航道、大星山甲子航道、广东沿海内航路、粤东沿海近岸航路，场址南侧 7.28km 为广东沿海外航路，场址西侧 10.38km 为汕尾港进出港航路。

项目已建成，施工期间对通航环境的影响已消除。

根据《中广核汕尾甲子海上风电场项目通航安全影响研究报告（备案稿）》（广州嘉汶水上工程技术服务有限公司，2018 年 9 月），项目海域属于广东省规划风电海域密集区，风电场建成后，形成成片风电区域，目标较大，容易辨认，在合理设置相应的导助航设施的情况下，对通航安全的影响可控。

本项目海缆敷设通过专业敷缆船进行敷设，采用埋设犁配合高压水枪冲埋等方式，将海缆敷设在海床底下 3m，是能够满足项目所在海域附近航线的船舶应急抛锚需求《广东省沿海航道通航标准》（DB44T1355-2014）对穿越航道埋深规定的。项目海底电缆施工完成后，海床可在波浪潮流共同作用下逐渐恢复到原状，

不会对潮流动力产生影响，亦不会对周边地形地貌产生影响。因此，项目海底电缆的建设基本不会对周边航道、航路功能造成影响。

通过工程建设方案的合理性、可行性分析，本项目的建设对所在海域的通航环境和通航安全有一定的影响，在采取相关安全保障和维护措施后，其不利影响和风险将会得到相当程度的缓解或消除。从船舶通航环境和通航安全角度考虑，本项目对附近通航环境和通航安全的影响是可控的，工程建设是可行。

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

6.2.2 对锚地的影响分析

本项目送出海缆两侧分布有锚地，东北侧 0.88km 外分布有 19#锚地、21#锚地、22#锚地、1#锚地，西南侧 0.33km 处为 20#锚地。

本项目送出海底电缆未穿越锚地，海底电缆工程埋藏在海床以下 3m，为埋设形式，施工完成后，海床可在波浪潮流共同作用下逐渐恢复到原状，不会对潮流动力产生影响，亦不会对周边地形地貌产生影响。因此，项目建设对周边锚地功能影响不大。

6.2.3 对海上风电项目的影响分析

本项目周边分布有 3 个海上风电项目，其中本项目送出海缆与中广核汕尾后湖海上风电场项目送出海缆交越；中广核汕尾甲子二海上风电场项目（拟调整）位于本项目送出海缆东北侧 0.05km 处；国家电投揭阳神泉一 400MW 海上风电场项目位于本项目场址东北侧 8.52km 处。

针对本项目送出海缆与中广核汕尾后湖海上风电场项目送出海缆交越段，中广核汕尾后湖海上风电场项目已对本项目用海范围进行避让，不存在权属冲突。根据施工时序，本项目送出海缆在中广核汕尾后湖海上风电场项目送出海缆敷设完成后施工。在交越点位置前后 50m 位置开始明敷，采用明敷方式跨越现有海缆，以确保不对现有海缆造成影响，交越点位置原有缆线和新敷缆线之间采用预制砼垫块对原有缆线进行覆盖保护，以此隔离原有缆线及新敷缆线，避免运行时

产生相互影响。在新敷海缆上方采取砼压块覆盖保护。现已敷设完成，施工期间已做好海缆交越处的保障措施，并未发生影响管线安全的事故。

本项目建设对周边海上风电场的影响主要为施工期间，施工船只航行的区域可能有该风电场已建好的海底电缆设施和构筑物，若操作不慎或意外事故有可能破坏海底电缆或导致构筑物损毁。本项目现已建成运营，施工期间影响已消除，未发生破坏海底电缆或导致构筑物损毁的事故。

本项目风机机位布置时已考虑与周边风电项目机位间的相互影响，将彼此之间的尾流影响降至最低，因此本项目运营期间对周边风电项目基本无影响。

6.2.4 对码头项目的影响分析

本项目周边分布有 2 个码头项目。湖东三洲澳砂矿装卸码头位于本项目送出海缆东北侧 3.88km 处，中广核陆丰海洋工程基地水工工程（码头）项目位于本项目送出海缆西南侧 1.11km 处。

根据项目建设对水质环境的数模影响分析可知，项目施工产生的底层＞10mg/L 悬沙增量包络范围涉及中广核陆丰海洋工程基地水工（码头）项目用海范围，该项目为码头工程，悬沙扩散对该项目正常运营基本无影响，且这一影响是暂时的，可逆的，随着施工结束将迅速消除影响；本项目对中广核陆丰海洋工程基地水工（码头）项目的影响主要表现在项目施工期船舶数量的增加对海上交通和通航安全方面造成的影响，本项目现已建成，施工期悬沙、通航影响已消除。

项目施工产生的底层＞10mg/L 悬沙增量包络范围不会涉及到湖东三洲澳砂矿装卸码头用海范围，与该项目有一定距离，项目建设对该项目基本无影响。

6.2.5 对水质国控站位的影响分析

本项目论证范围内分布有 2 个水质国控站位，其中 GDN14012 位于本项目送出海缆东北侧 0.07km 处，GDN14011 位于本项目场址西南侧 1.83km 处。

项目施工期悬浮泥沙扩散至 GDN14012，项目现已建成并运营，建设期间对水质国控站位的影响已消除，所在海域施工期间并未发生水质恶化事件；运营期本项目送出海缆、风电场址均不产生污染物，对水质国控站位无影响。建议项目在运营期间加强海域跟踪监测，若发生水质恶化等问题应及时向相关部门汇报，

并采取一定的有效措施。

6.2.6 对其他项目的影响分析

本项目送出海缆 2.87km 外分布有陆丰市碣石东国家级海洋牧场示范区人工鱼礁建设项目、中广核汕尾风渔融合示范项目。本项目已建设完成，本项目建设期间，上述项目并未建成运营，本项目建设对上述项目无影响。运营期间，本项目作为风电场项目，本身不会产生污染物，污水均收集上岸处理，不随意排放，基本不会对周边海域环境产生明显不利影响，对上述项目无影响。

6.2.7 对渔业生产活动的影响分析

根据水质影响预测结果分析，本项目施工时悬浮泥沙沿着缆线走向向外扩散，对周边渔业生产活动会造成一定影响。项目所在海域可能存在捕捞渔船，风电场建设过程中，施工船只作业会增加附近海域的通航密度，风电场建设完成后，将禁止任何船舶进入风电场场区，出海渔船必须避开风电场场区，因此风电场的建设对渔船通航、作业都会造成一定的影响。但风电场外围水域对渔船而言，可航水域开阔，满足其通航安全要求。

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

6.3 利益相关者界定

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

根据《中广核汕尾甲子一海上风电场项目海域使用补充论证报告书（报批稿）》，本项目利益相关者为[redacted]。

本项目建设前已取得[redacted]关于本项目建设和用海的意见，施工期间未发生利益冲突。[redacted]。

本项目已施工完成，根据本报告 6.2 节分析，根据本项目运营期对周边用海活动的影响情况，界定本项目运营期用海无利益相关者。

6.4 需协调部门界定

根据《中广核汕尾甲子一海上风电场项目海域使用补充论证报告书（报批稿）》，本项目需协调部门为当地渔业主管部门和航道、海事主管部门。本次界定需协调部门与原补充论证一致，为当地渔业主管部门和航道、海事主管部门，项目现已建成，施工前已取得需协调部门对本项目用海的意见，施工期间未发生利益冲突。

表 6.4-1 需协调部门一览表

序号	用海活动	需协调部门	可能影响因素	协调内容
1	通航环境	航道、海事主管部门	送出海缆穿越航道航路	确保船舶通航安全
2	渔业生产活动	当地渔业主管部门	海缆和桩基占用	协调建设单位进行生态补偿

6.5 相关利益协调分析

6.5.1 与原利益相关者的协调方案及落实情况

根据《中广核汕尾甲子一海上风电场项目海域使用补充论证报告书（报批稿）》，本项目利益相关者为[redacted]。本项目建设前已取得[redacted]关于本项目建设和用海的意见并取得回函，支持本项目用海及建设。

6.5.2 与需协调部门协调分析

本项目于 2021 年 9 月 26 日取得海事行政许可决定书，同意项目施工期航标布设；2022 年 3 月 3 日取得水上水下作业和活动许可证，在指定水域范围内进行项目基础施工及风机安装作业（活动），满足通航安全要求，符合水上水下活动许可的条件，准许按照许可证核定事项进行水上水下活动。

2024 年 4 月 28 日，建设单位与汕尾市农业农村局、汕尾市财政局签订了《中广核甲子一海上风电项目建设项目渔业资源损失补偿协议》，并按规定于

2024 年 6 月 3 日向汕尾市财政局一次性缴纳了渔业和水生生物资源损失补偿费用共计 8978800 元人民币（其中本项目金额 4287000 元人民币）。

6.6 项目用海与国防安全和国家海洋权益的协调性分析

6.6.1 与国防安全和军事活动的协调性分析

项目用海不涉及军事用海、军事禁区或军事管理区，项目用海对国防安全、军事活动不存在不利影响。

6.6.2 与国家海洋权益的协调性分析

项目用海不涉及领海基点，不涉及国家机密等，本项目用海属经营性用海，按国家有关规定缴纳海域使用金，不影响国家海洋权益的维护。

7 国土空间规划符合性分析

本项目符合《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》《汕尾市国土空间总体规划（2021-2035 年）》《陆丰市国土空间总体规划（2021-2035 年）》等各级国土空间规划文件要求。

本项目不占用“三区三线”中的生态保护红线，根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》，本项目风电场位于汕尾-揭阳南部工矿通信用海区，送出电缆由南至北穿越汕尾南部渔业用海区、甲子南部工矿通信用海区和陆丰核电工矿通信用海区。本项目用海与所在功能分区的管控要求相符合。

8 项目用海合理性分析

8.1 用海选址合理性分析

本项目于 2018 年取得汕尾市发展和改革局核准，于 2019 年 11 月取得广东省人民政府的用海批复，在经过设计优化、深化后，根据项目初步设计阶段相关成果，经前期充分论证后，2022 年 10 月，取得本项目用海调整批复，本项目位于《广东省海上风电发展规划（2017-2030）（修编）》规划的汕尾甲子海上风电场，220kV 海缆登陆点位于碣石镇东南的小海湾，根据补充论证报告，本项目风电场、登陆点用海选址合理。

本项目已建设完成，风机和海上升压站均建设在批复用海范围内，位于《广东省海上风电发展规划（2017-2030）（修编）》规划的汕尾甲子海上风电场，海缆总体走向、链接方式以及 220kV 海缆登陆点选址不变。

本项目实际建设方案用海选址与批准用海方案一致，本项目用海选址已经充分论证，因此，本报告不再用海选址合理性。

8.2 用海平面布置合理性分析

本项目已经建设完成，根据实测结果，本项目实际建设方案风机排布与集电海缆链接方案与批准用海方案一致，220kV 送出海底电缆路由方案与登陆点也与批准用海方案一致。本项目平面布置方案已经充分论证，用海方案于 2022 年 10

月经广东省人民政府批准，本项目场址内布置 78 台 6.45MW 风电机组，风机组为阵列布置，风机组轴线方位为西北~东南走向，风机排布采用 7 排布置，行间距分别为 7.8~12.0 倍 RD，列间距为 3.0~3.4 倍 RD，同时配套建设 1 座 220kV 海上升压站和陆上集控中心。风电场电能以 35kV 电压等级汇集后，通过 16 回 35kV 海底电缆连接至 220kV 海上升压站，升压后通过 2 回 220kV 海底电缆线路将全部电能输送陆上集控中心登陆，最后通过 1 回架空线路接入 500kV 茅湖变电站电网系统。本项目敷设集电海底电缆长度约 93.08km，送出海底电缆长度约 63.11km。

对比原平面布置方案，本项目所有风机较批复中心点偏移值不超过 4.5m，本项目集电海缆和送出海缆总体均按照原平面布置方案敷设，因此，考虑到本项目平面布置方案已经充分论证，因此，本次按照实际建设方案进行用海变更申请，不再进行平面布置比选。

8.2.1 项目用海平面布置调整是否体现节约集约用海的原则

根据《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》（自然资源部，2024 年 12 月 30 日），严格控制海上风电场实际占用海域面积，单位装机容量风电场面积等指标均要符合节约集约用海管控要求，对于单机容量≤8 兆瓦的海上风电项目，要求为：单位装机容量风电场面积≤13 公顷/兆瓦，海域利用率≥10%，投资强度≥600 万元/公顷。根据实测结果，本项目实际建设方案风机排布方案与批准用海方案总体一致，本项目布置 78 台 6.45MW 风电机组，装机容量 500MW，根据实际建设情况，本项目风电场外包络线面积为 7239.8134 公顷（约 72.39km^2）。根据本项目平面布置方案，本项目单位装机容量风电场面积 14.48 公顷/兆瓦，海域利用率 5.2%，投资强度 1796.07 万元/公顷，其中：

单位装机容量风电场面积=风电场外包络线面积（公顷）/风电场装机容量（兆瓦）=7239.8134/500=14.48 公顷/兆瓦。

海域利用率=风电场外包络线内海上风电项目用海确权面积和复合利用的养殖网箱、海洋牧场、海上光伏、波浪能发电、制氢、储能等设施确权面积（公顷）/风电场外包络线面积（公顷）×100%=379.7957/7239.8134=5.2%。

投资强度=固定资产总投资（万元）/项目用海确权面积（公顷）=1025168/570.7849=1796.07 万元/公顷。

根据上述计算结果，本项目仅投资强度符合《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》的要求。本项目用海平面布置方案于 2022 年 10 月经广东省人民政府批准，海上风电项目用海集约节约指标主要参照《国家海洋局关于进一步规范海上风电用海管理的意见》，单个海上风电场外缘边线包络海域面积原则上每 10 万千瓦控制在 16 平方公里左右。本项目装机容量 500MW，风机外缘边线包络海域面积约 72.39km^2，本项目每 10 万千瓦包络海域面积为 14.48km^2，符合国家海洋局规定的用海控制要求。

因此，本项目作为已建风电项目，虽部分指标不符合《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》要求，但本项目批复到建成期间，已根据当时有效的用海控制要求，最大限度体现集约节约的原则，符合《国家海洋局关于进一步规范海上风电用海管理的意见》的用海控制要求。

8.2.2 项目用海平面布置调整是否有利于生态保护，并已避让生态敏感目标

根据实测结果，本项目实际建设方案与批准用海方案总体一致，本项目建设风电机组、海上升压站和海底电缆，风机组为阵列布置，风机之间有一定的间距，对海洋水文、地形地貌与冲淤环境的影响很小，基本不会对海域产生不可逆的生态影响。风机桩基可发挥人工鱼礁的功能，本项目正式运营后，场区范围禁止捕捞作业，具备人工鱼礁的属性，对改善海域生态环境，营造海洋生物栖息的良好环境，为鱼类等提供繁殖、生长、索饵和庇敌的场所。因此，项目平面布置基本不会对所在海域的生态环境保护造成不良影响。

本项目位于《广东省海上风电发展规划（2017-2030）（修编）》规划的汕尾甲子海上风电场，根据本项目用海基本情况和所在海域资源生态基本特征，本项目用海平面布置避让了生态保护红线和自然保护区等生态敏感目标。

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

根据实测结果，本项目实际建设方案与批准用海方案总体一致，本项目调整前后对水文动力环境和冲淤环境的影响基本无差异。本项目送出电缆和集电海底电缆埋设于海床以下，不会对水动力及冲淤环境造成影响。根据补充论证报告分

析结论，由于风机直径不大，工程实施后·风电场内水动力环境变化较小，风电工程实施不会对附近海域水动力环境产生明显影响。本项目海缆所在海域工程前后海床基本不变，海缆敷设对其所在海域潮汐动力和冲淤变化基本不影响，工程实施对海域冲淤影响主要出现风电桩基附近。按照本项目用海平面布置方案，本项目建设对周边海域的水文动力环境、冲淤环境总体影响不大，影响范围基本局限于风电场场址范围及周边一定范围的海域，本项目实际建设方案与批准用海方案总体一致，本项目调整前后对水文动力环境和冲淤环境的影响基本无差异，项目用海平面布置最大程度地减少了对水文动力环境和冲淤环境的影响。

8.2.4 项目用海平面布置调整能否最大程度地减少对周边其他用海活动的影响

本项目论证范围内海洋开发利用活动主要有航道航路、锚地、国控站位、码头、海上风电场项目、人工鱼礁等，本项目与周边用海项目不存在权属重叠。

本项目原利益相关者为[redacted]，本项目建设前已取得[redacted]意见，施工期间未发生利益冲突。本项目已施工完成，根据本项目运营期对周边用海活动的影响情况，界定本项目运营期用海无利益相关者。本项目已建设完成，根据实测结果，本项目实际建设方案与批准用海方案总体一致，本次申请用海调整无新增利益相关者。本项目运营期间对周边用海活动基本无影响，项目运营期间用海与周边其他用海活动不存在功能冲突，是相适宜的。

综上，本项目用海平面布置合理。

8.3 用海方式合理性分析

根据《海域使用分类》（HY/T 123-2009），本项目用海方式包括构筑物（一级方式）中的透水构筑物（二级方式）、其他方式（一级方式）中的海底电缆管道（二级方式）。本项目建设风机、海上升压站、集电海缆和 220kV 送出海底电缆，本项目实际建设方案用海方式与批准用海方案一致，本报告不再分析用海方式合理性。

8.4 占用岸线合理性分析

8.4.1 项目占用岸线情况

本项目登陆点采用定向钻穿越砂质岸线，本项目调整前后不改变登陆点选址，不改变海缆登陆方式。

本项目 220kV 送出海底电缆本项目路由登陆点位于陆丰碣石镇东南的小海湾，海岸类型为沉积-侵蚀交互型沙质海堤，既有海蚀作用也有风积作用。岸线为东北-西南走向，海岸沙滩比较宽缓，海岸沙堤高程 2~3m。沙堤向陆内侧为防护林带。根据广东省政府 2022 年批复海岸线，本项目 220kV 送出海底电缆申请用海范围占用大陆自然岸线长度 54.1m，岸线类型为砂质岸线，送出海缆以定向钻方式底土穿越自然岸线。

为保护该段岸线，本项目在海缆登陆段采用水平定向钻方式穿越砂质岸线登陆，水平定向钻对岸滩地貌无影响，不会造成沙滩侵蚀破坏、自然景观变化等现象，不会造成砂质岸线长度、位置和类型变化。此外，按照规定登陆点处设立显著标志，登陆区域禁止打桩、抛锚、挖砂等，是对岸线资源的有序利用，能充分发挥此处岸线的有利作用，也能禁止其他破坏行为破坏此处岸线。

8.4.2 对周边岸线资源的影响分析

本项目 220kV 送出海底电缆建设采用定向钻的施工方式穿越岸线，海底电缆铺设于海底，采用定向钻的施工方式由地底穿过岸线，无需开槽，不影响周边岸线长度、形态及生态功能。

8.4.3 占用岸线的必要性与合理性

本目总装机容量为 500MW，场址内布置 78 台 6.45MW 风电机组，同时配套建设 1 座 220kV 海上升压站和陆上集控中心。风电场电能以 35kV 电压等级汇集后，通过 16 回 35kV 海底电缆连接至 220kV 海上升压站，升压后通过 2 回 220kV 海底电缆线路将全部电能输送陆上集控中心登陆，最后通过 1 回架空线路接入 500kV 茅湖变电站电网系统。本工程作为海上风电项目，项目 220kV 送出海底电缆的建设需涉及岸线，是由其工程建设的特殊性质及项目建设的必要性决定的。220kV 送出海底电缆是连接海上升压站和陆上集控中心的纽带，是将海上风电机组发出的电能输送至陆上集控中心必不可缺的一个环节。其路由、选型、回路等根据风电场装机容量、风电场的功能、海域周边环境种种因素确定，充分

考虑节约和集约利用海域和海岸线资源的原则确定的。本项目海上升压站集中送出的电能必须通过 220kV 送出海底电缆输送到陆上集控中心，因此，送出海底电缆必须占用登陆点所在海岸线，项目占用岸线是必要的。

本项目靠近登陆点的近岸段礁石较少，海床平坦的水域较宽。本项目不涉及采挖砂围填海、倾倒废渣等诱发沙滩蚀退的行为，电缆管线登陆区施工定向钻工艺，尽量保存自然岸线的原态。对原砂质岸线的类型和生态功能不造成长久性影响，不会影响其自然岸线形态及原有生态功能。更不会诱发沙滩蚀退，不改变沙滩自然属性。因此，本项目海岸线海缆保护区宽度和使用方式是合理的，适宜的。

8.4.4 岸线占补分析

根据广东省自然资源厅 2025 年 6 月 12 日印发的《海岸线占补实施办法》，海岸线占补是指项目建设占用海岸线（包括大陆岸线和海岛岸线，均包含自然岸线和人工岸线）导致海岸线原有形态或生态功能发生变化，要进行海岸线整治修复，形成生态恢复岸线，实现海岸线占用与修复补充相平衡。《关于推动我省海域和无居民海岛使用“放管服”改革工作的意见》（粤府办〔2017〕62 号）印发后（即 2017 年 10 月 15 日后），在我省海域内申请用海涉及占用海岸线的项目，必须落实海岸线占补。

本项目 220kV 送出海底电缆登陆点位于陆丰碣石镇东南的小海湾，220kV 送出海底电缆以底土穿越的方式登陆，申请用海范围占用广东省政府 2022 年批复海岸线 54.1m，岸线类型为砂质岸线。采用定向钻的方式从底土穿过岸线，无需开挖，不会造成岸线原有形态或功能改变。因此，本项目无需进行海岸线占补。

8.5 用海面积合理性分析

8.5.1 用海面积

本项目于 2019 年 11 月项目取得广东省人民政府用海批复，批准用海总面积 540.5044 公顷。

本项目于 2022 年提出用海变更申请，2022 年 10 月取得广东省人民政府用海变更批复，批准用海面积为 460.5430 公顷。

本次根据实际建设方案申请用海总面积为 570.7849 公顷，其中，透水构筑

物用海 196.1989 公顷，海底电缆管道用海 374.5860 公顷。

8.5.2 项目用海面积合理性

8.5.2.1 是否满足项目用海需求

1、满足风机用海需求

本项目安装 78 台 6.45MW 风电机组，风电机组包括下部基础和上部风电机组（塔筒、主机、叶片、轮毂等），风机基础采用非嵌岩单桩基础。上部风电机组采用风机制造商提供的 MySE6.45-180 风力发电机组，风轮直径为 178m，轮毂中心和塔筒中心轴线的水平距离为 8.3615m，计算得 6.45MW 风机塔架中心点与风机叶片投影最外缘点连线长度 r 约 89.40m，因此 1 台 6.45MW 风机占用海域面积为 2.5109 公顷，则本项目 78 台 6.45MW 风机用海需求为 195.8502 公顷。本项目申请风机透水构筑物用海面积 195.8502 公顷满足风机用海需求。

2、满足海上升压站用海需求

本项目海上升压站最大投影尺寸约为 40.5m×39.5m，海上升压站用海面积根据《海籍调查规范》“透水构筑物用海有安全防护要求的透水构筑物用海在透水构筑物及其防护设施垂直投影的外缘线基础上，外扩不小于 10m 保护距离为界”进行界定，则海上升压站申请用海面积由平台外缘向外扩 10m 确定申请用海范围。本项目海上升压站用海需求为 0.3487 公顷。

本项目海上升压站申请透水构筑物用海面积满足用海需求。

3、满足海缆用海需求

根据项目需要，风电机组发出电能需通过 35kV 集电海底电缆接入海上升压站。35kV 海底电缆三芯集电电缆最大宽度（海缆外径）为 138.1mm，集电海缆全程埋设于海底。本项目 220kV 送出海底电缆采用三芯绝缘海底电缆送至登陆点，220kV 送出海底电缆最大宽度（海缆外径）253.7mm。

本次基于集电海缆和 220kV 送出海底电缆实测结果，根据《海籍调查规范》“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”，按照海域使用金征收标准的不同，采取就高不就低的原则：即风机、海上升压站透水构筑物用海优先，海底电缆次之，本项目 220kV 送出海底电缆、35kV 海缆扣除与风机、海上升压站重叠面积，计算得出 35kV 集电海缆用海需求为 165.1625

公顷、220kV 送出海底电缆用海需求为 209.4235 公顷。

本项目申请 35kV 集电海缆用海面积 165.1625 公顷，申请 220kV 送出海底电缆用海面积 209.4235 公顷，满足本项目海缆用海需求。

综上，本项目申请用海面积满足项目用海需求。

8.5.2.2 是否符合相关行业的设计标准和规范

1、《产业用海面积控制指标》（HY/T 0306-2021）

本项目不涉及围填海建设，因此，不再进一步分析与《产业用海面积控制指标》（HY/T 0306-2021）相关控制指标的符合性。

2、与相关风电行业规范相符合

根据实测结果，本项目实际建设方案与批准用海方案总体一致，本项目建设风电机组、海上升压站和海底电缆，风机组为阵列布置，风机排布采用 7 排布置，行间距分别为 7.8~12.0 倍 RD，列间距为 3.0~3.4 倍 RD，根据风电行业规范《风电场工程微观选址技术规范》（NB/T10103）6.4.1，海上风电机组行间距不宜小于 3 倍风轮直径，列间距不宜小于 7 倍风轮直径，因此，本项目海上风电机组行间距、列间距满足《风电场工程微观选址技术规范》（NB/T10103）相关要求。

3、与《海籍调查规范》相符合

海岸线确定原则和方法依据以《全国海岸线修测技术规程》（自然资办函〔2019〕1187 号）及《海岸线调查统计技术规范》（DB33/T2106-2018）规定的方法确定，本项目海岸线为广东省政府 2022 年批复海岸线。

本项目用海类型为电力工业用海，用海方式为透水构筑物和海底电缆管道。

根据《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》（自然资源部，2024 年 12 月 30 日）“海上风电项目风机部分用海方式界定为透水构筑物用海，用海范围包括塔架部分和塔架外扩一定距离的保护范围，具体以塔架中心点（风机系泊点）为圆心，以圆心至风机叶片投影最外缘点为半径的圆为界。”；根据《海籍调查规范》“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”。

本项目风机以其塔架中心点与风机叶片投影最外缘点连线为界确定界址点；35kV 集电海缆、220kV 送出海底电缆以其外缘线向两侧外扩 10m 距离为界确定界址点。

同时，《海籍调查规范》（HY/T124-2009）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，35kV 海底电缆与风机、海上升压站用海面积部分重叠、220kV 送出海底电缆与海上升压站用海面积部分重叠，按照海域使用金征收标准的不同，采取就高不就低的原则：即风机和海上升压站用海优先，海底电缆次之，重叠部分面积扣除，符合《海籍调查规范》的要求。

4、与《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》《国家海洋局关于进一步规范海上风电用海管理的意见》的符合性分析

根据《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》（自然资源部，2024 年 12 月 30 日），严格控制海上风电场实际占用海域面积，单位装机容量风电场面积等指标均要符合节约集约用海管控要求，对于单机容量≤8 兆瓦的海上风电项目，要求为：单位装机容量风电场面积≤13 公顷/兆瓦，海域利用率≥10%，投资强度≥600 万元/公顷。根据实测结果，本项目实际建设方案风机排布方案与批准用海方案总体一致，本项目布置 78 台 6.45MW 风电机组，装机容量 500MW，根据实际建设情况，本项目风电场外包络线面积为 7239.8134 公顷（约 72.39km^2）。根据本项目平面布置方案，本项目单位装机容量风电场面积 14.48 公顷/兆瓦，海域利用率 5.2%，投资强度 1796.07 万元/公顷，本项目仅投资强度符合《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》的要求。本项目用海平面布置方案于 2022 年 10 月经广东省人民政府批准，海上风电项目用海集约节约指标主要参照《国家海洋局关于进一步规范海上风电用海管理的意见》，单个海上风电场外缘边线包络海域面积原则上每 10 万千瓦控制在 16 平方公里左右。本项目装机容量 500MW，风机外缘边线包络海域面积约 72.39km^2，本项目每 10 万千瓦包络海域面积为 14.48km^2，符合国家海洋局规定的用海控制要求。

因此，本项目作为已建风电项目，虽部分指标不符合《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》要求，但本项目批复到建成期间，已根据当时有效的用海控制要求，最大限度体现集约节约的原则，符合《国家海洋局关于进一步规范海上风电用海管理的意见》的用海控制要求。因此，本项目作为已

建风电项目，虽部分指标不符合《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》要求，但本项目批复到建成期间，已根据当时有效的用海控制要求，最大限度体现集约节约的原则，符合《国家海洋局关于进一步规范海上风电用海管理的意见》的用海控制要求。

8.5.2.3 减少项目用海面积的可能性

本项目已经按照集约节约用海的原则，尽可能在风电场规划范围内充分利用海域的空间资源和风能资源，对本项目的平面布置做了多次优化，本项目目前已经建成，现阶段不存在减少用海面积的可行性。

8.5.3 宗海图绘制

8.5.3.1 宗海位置图绘制方法

本项目宗海位置图采用中华人民共和国海事局 2021 年 12 月出版、图号为 82001 的海图，图式采用 GB 12319-1998，墨卡托投影，2000 国家大地坐标系，深度…米…理论最低潮面，高程…米…1985 年国家高程基准，比例尺为 1:150000（22°42′）。将上述图件作为宗海位置图的底图，根据海图上附载的方格网经纬度坐标，将用海位置叠加之上述图件中，并填上《海籍调查规范》上要求的其他海籍要素，形成宗海位置图。

8.5.3.2 宗海平面布置图绘制方法

利用委托方提供的项目实际建设方案实测成果及数字化地形图作为宗海平面图的基础数据，形成有地形图及用海布置图等为底图，以用海界线形成不同颜色区分的用海区域。

8.5.3.3 宗海界址图绘制

本项目利用项目实际建设的测量成果及数字化地形图作为宗海平面图的基础数据，矢量化地形图作为宗海界址图的底图，根据《海籍调查规范》《宗海图编绘技术规范》对宗海和宗海内部单元的界定原则，形成不同用海单元的界址范围。

8.5.3.4 宗海立体空间范围示意图绘制

本项目根据《海域立体分层设权宗海范围界定指南（试行）》和《广东省海域使用权立体分层设权宗海范围界定及宗海图编绘技术规范（试行）》的绘制要求，利用相关软件绘制宗海立体空间范围示意图。

宗海位置图见图 8.5.3-1，宗海平面图见图 8.5.3-2，宗海界址图见图 8.5.3-3~图 8.5.3-5，宗海立体空间范围示意图间图 8.5.3-6~图 8.5.3-8，宗海界址点续表见附件。

中广核汕尾甲子一海上风电场项目宗海位置图

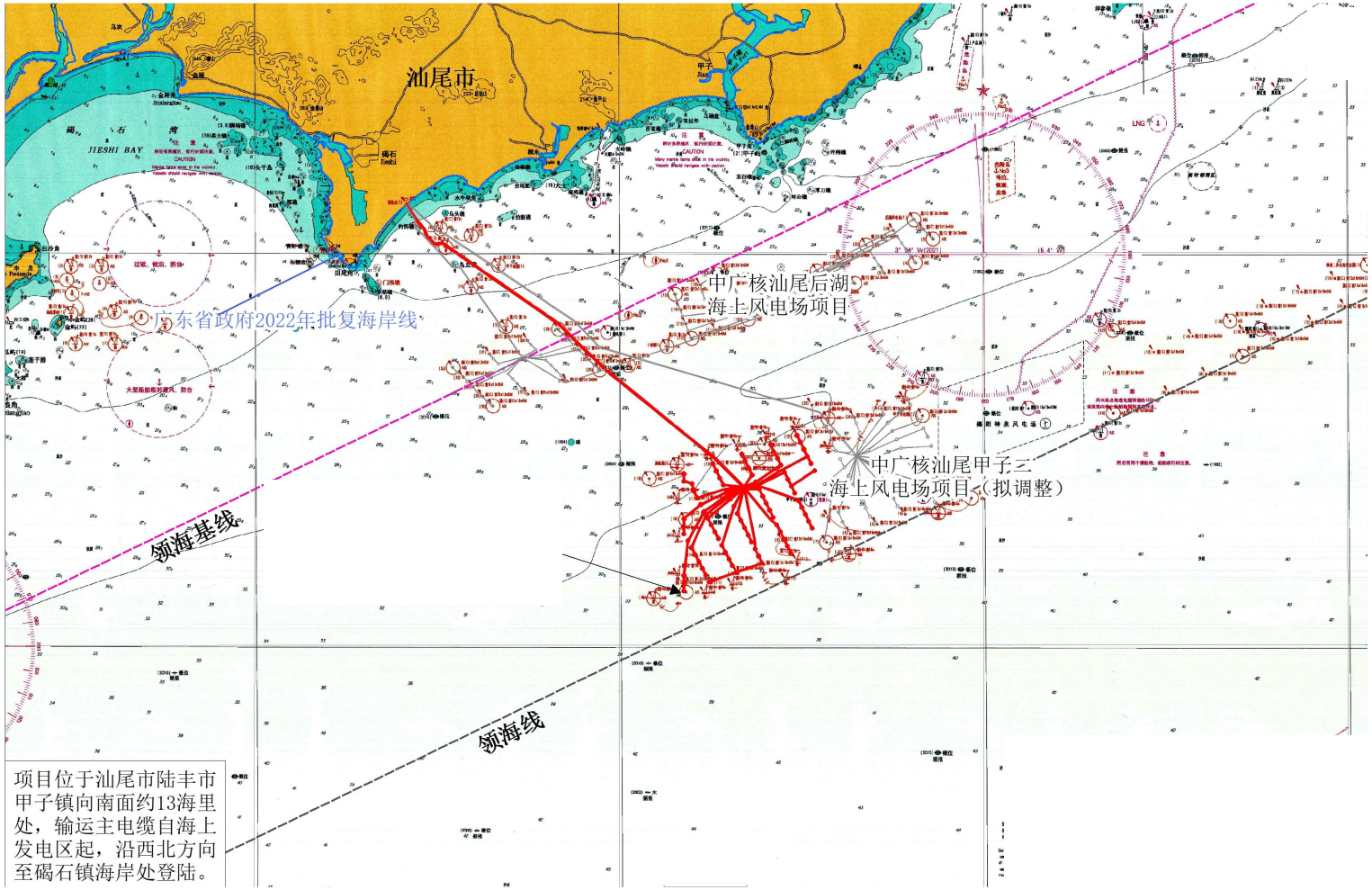


图 8.5.3-1 宗海位置图

中广核汕尾甲子一海上风电场项目宗海平面布置图

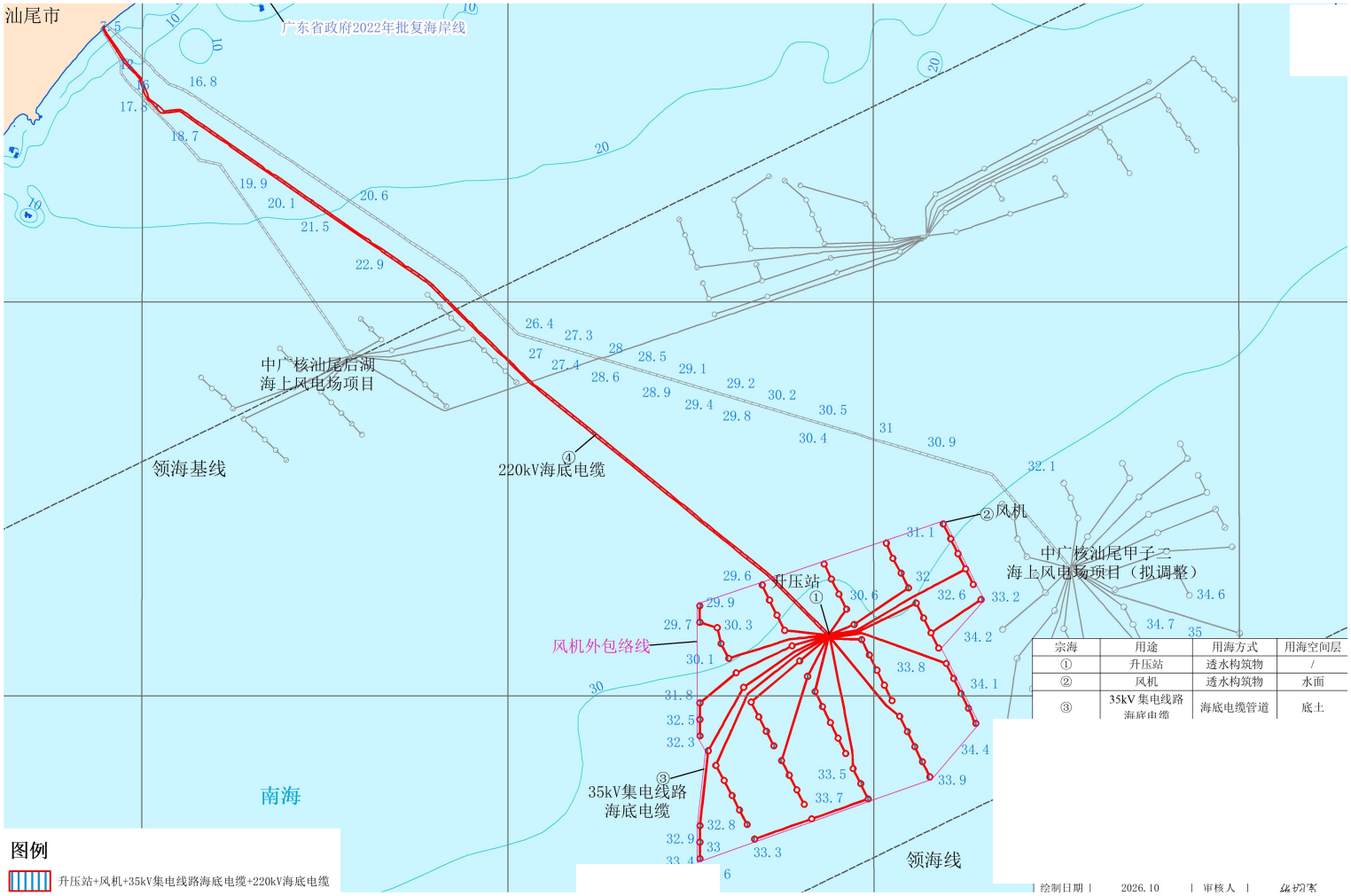
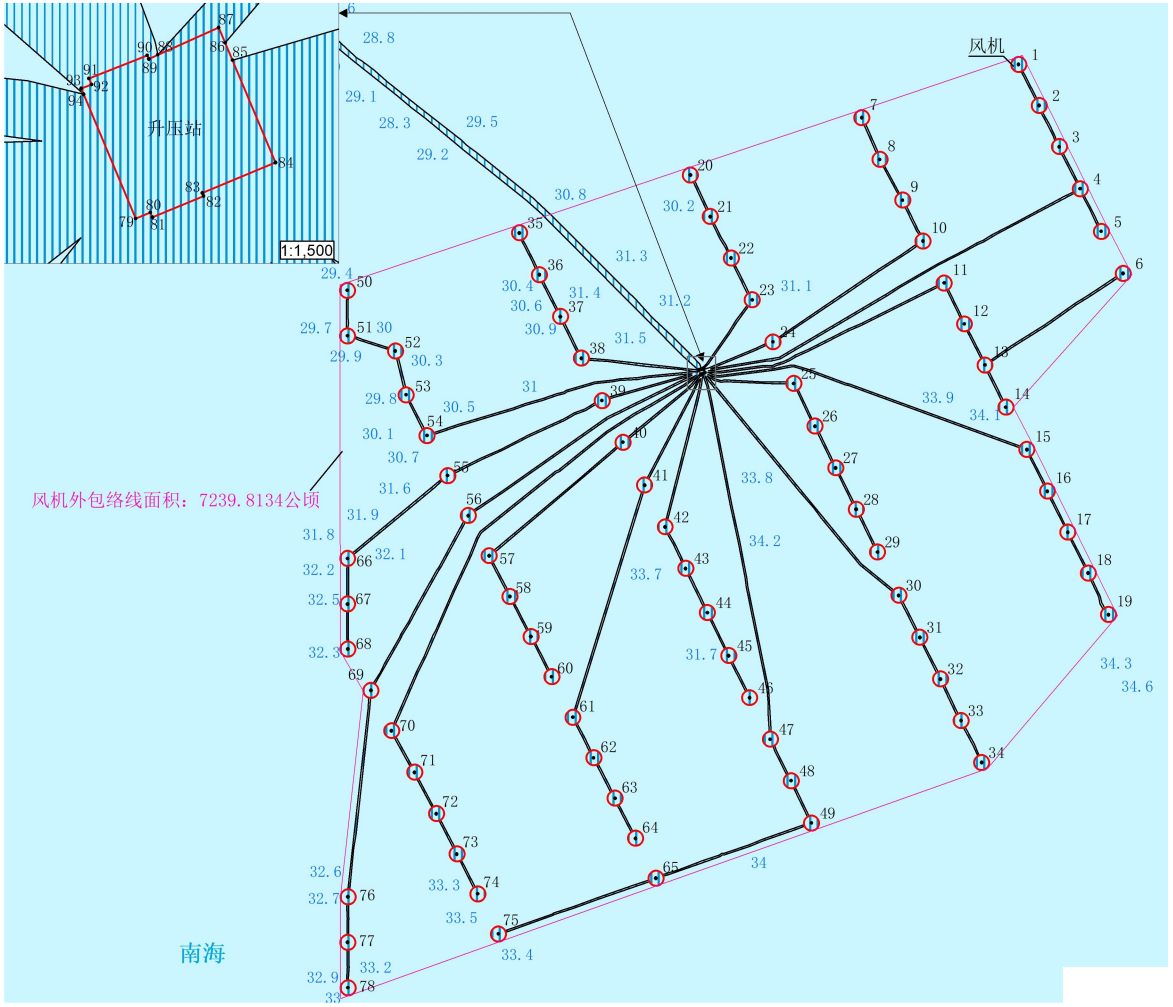


图 8.5.3-2 宗海平面图



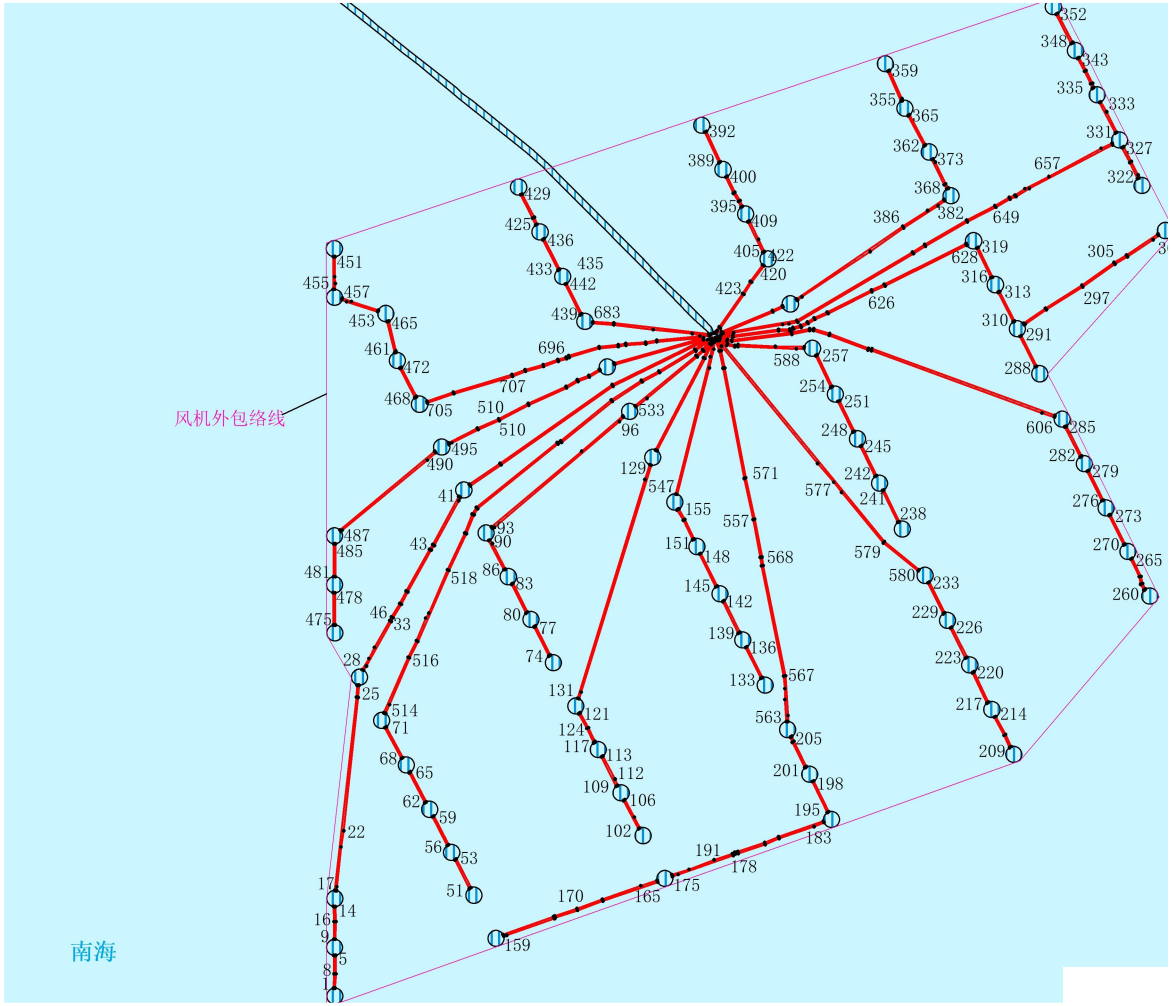
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	

剩余界址点编号及坐标（北纬|东经），见附页 1

内部单元	用海方式	界址线	面积（公顷）
风机	透水构筑物	圆心点（r=89.40m） 1～78	195.8502
升压站	透水构筑物	79-80-…-94-79	0.3487
宗　海			196.1989

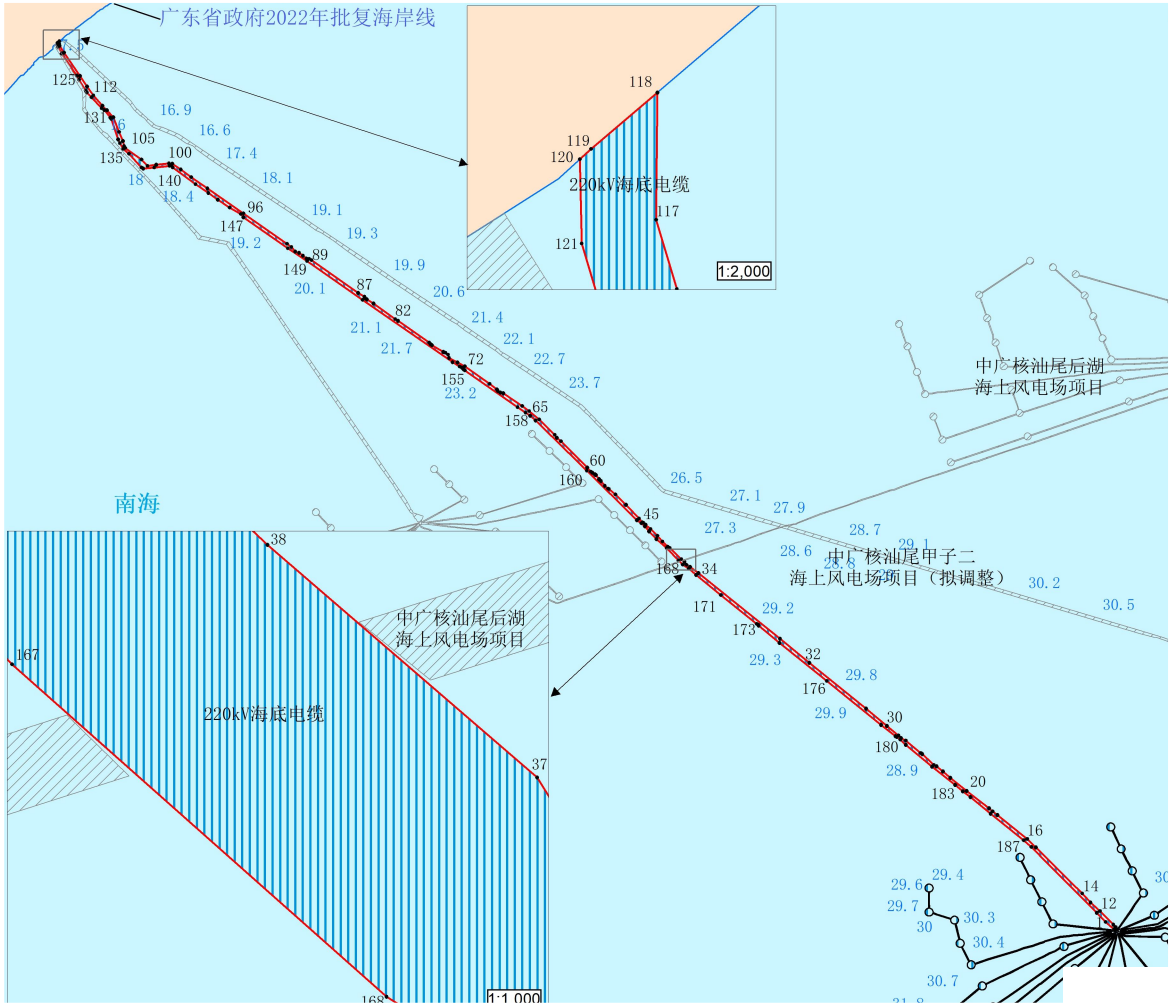
单元	用海空间层	高程范围
风机	水面	平均海平面－214.5m

图 8.5.3-3 宗海界址图（风机、海上升压站）



单元	用海空间层	高程范围
35kV集电线路海底电缆	底土	-35.3m~-30.2m

图 8.5.3-4 宗海界址图（集电海缆）



剩余界址点编号及坐标（北纬|东经），见附页 1

内部单元	用海方式	界址线	面积（公顷）
220kV 海底电缆	海底电缆管道	1-2-……-191-1	209.4235
宗　海			209.4235

单元	用海空间层	高程范围
220kV海底电缆	底土	-32.8m～-0.0m

图 8.5.3-5 宗海界址图（220kV 送出海底电缆）

中广核汕尾甲子一海上风电场项目（风机）宗海立体空间范围示意图

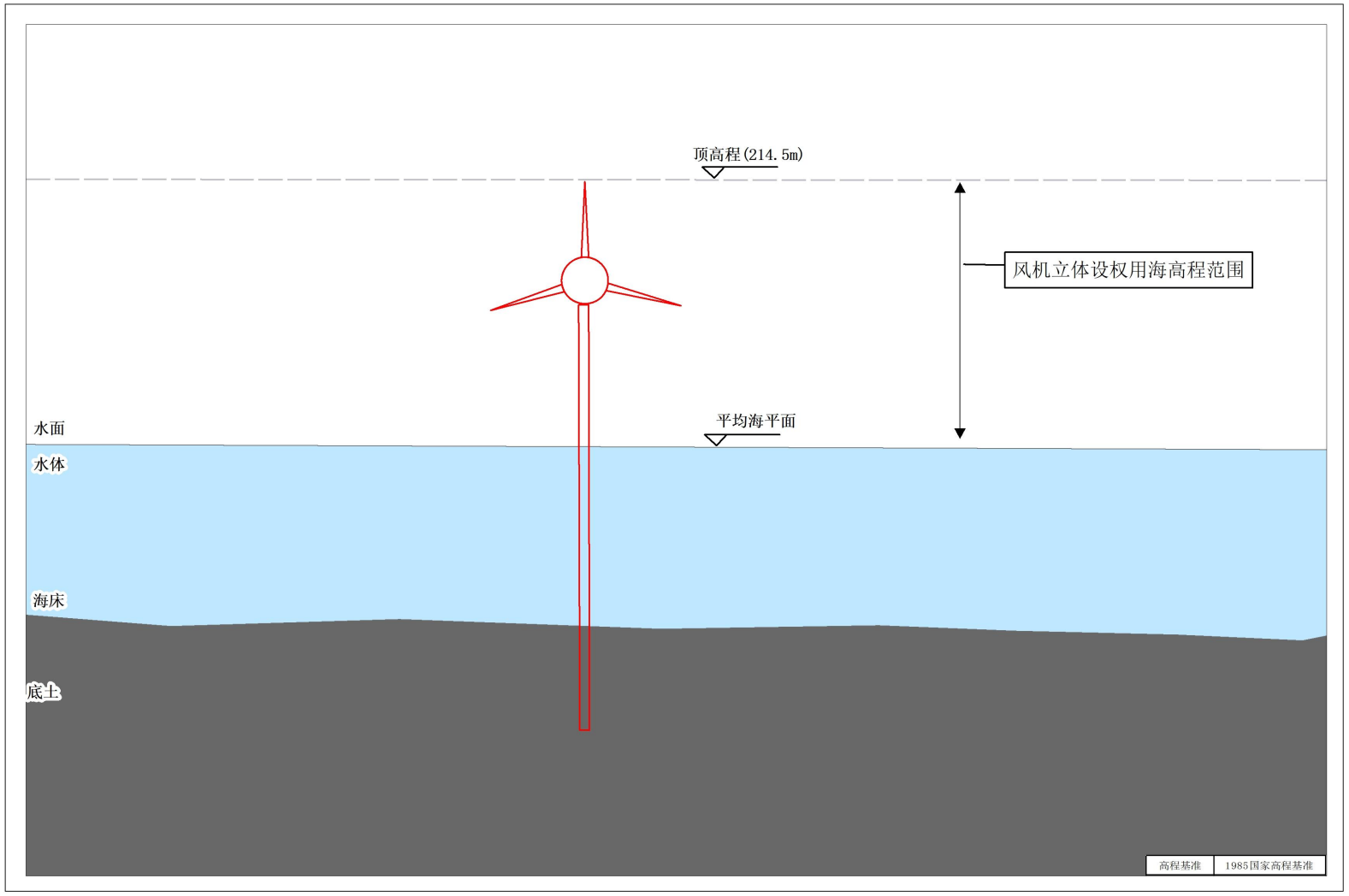


图 8.5.3-6 风机宗海立体空间范围示意图

中广核汕尾甲子一海上风电场项目（220kV海底电缆）宗海立体空间范围示意图

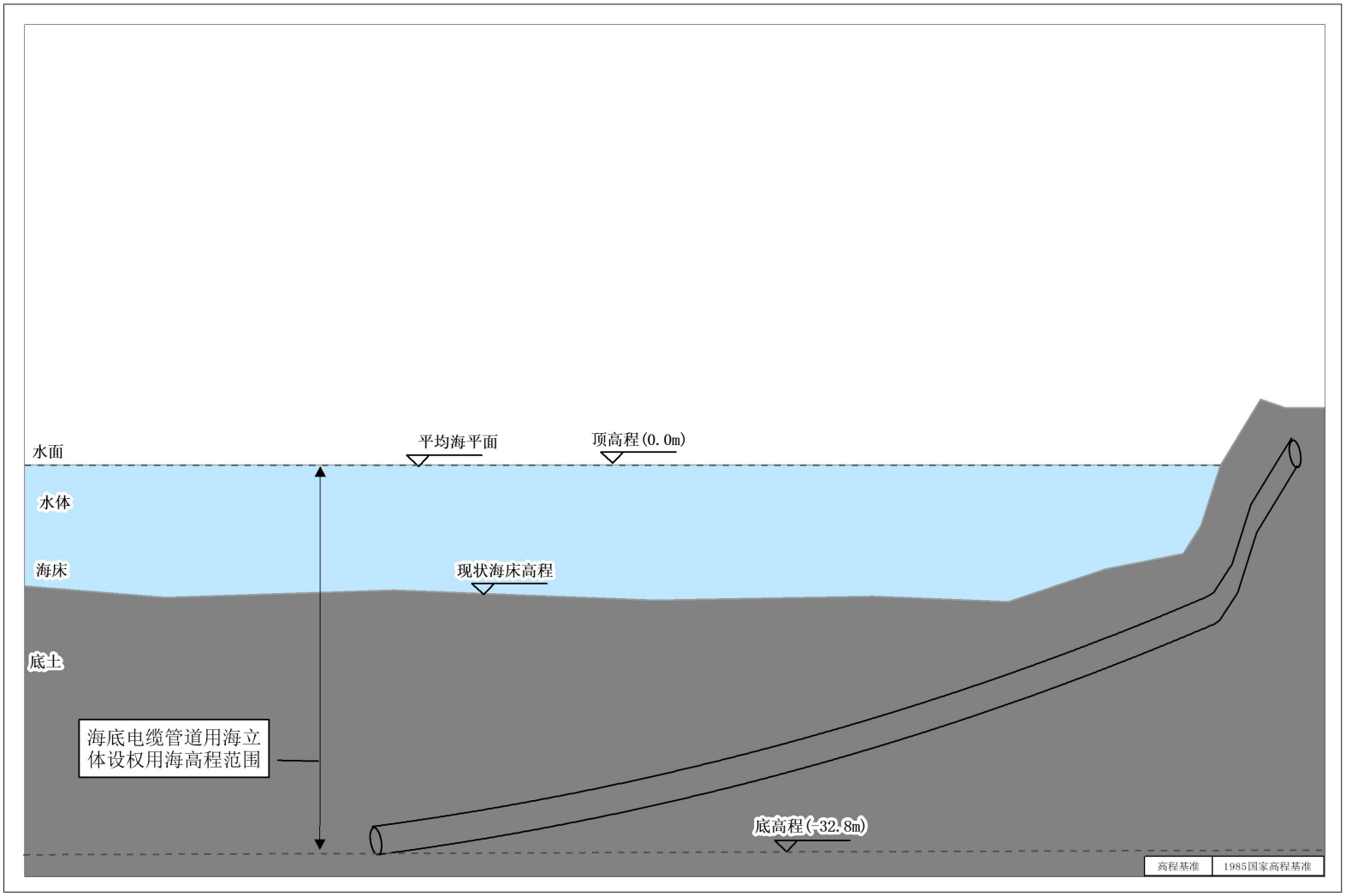


图 8.5.3-7 220kV 送出海底电缆宗海立体空间范围示意图

中广核汕尾甲子一海上风电场项目（35kV集电线路海底电缆）宗海立体空间范围示意图

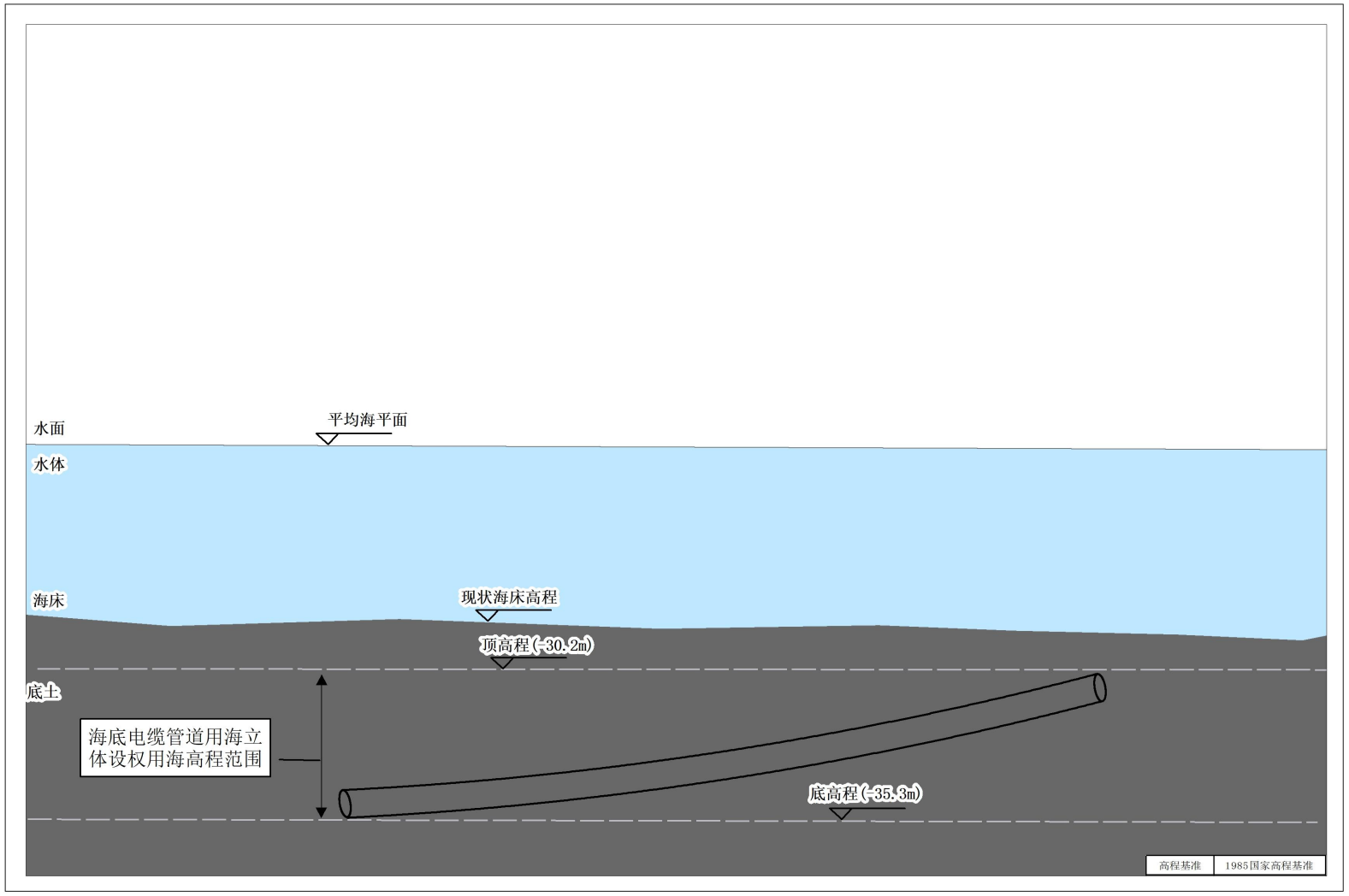


图 8.5.3-8 35kV 集电海缆宗海立体空间范围示意图

8.5.4 项目用海面积量算

8.5.4.1 宗海界址点的确定

1、风机

本项目风机用海方式为透水构筑物。

根据本项目原批复方案，项目风机基础结构为单桩结构，根据《海籍调查规范》，对于单桩基础结构，以中心点至塔架基础最外缘点外扩 50m，即由其中心点以半径 53.75 米画圆确定用海边界。

本项目风机已经建成，本次调整后，根据《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》（自然资源部，2024 年 12 月 30 日）“海上风电项目风机部分用海方式界定为透水构筑物用海，用海范围包括塔架部分和塔架外扩一定距离的保护范围，具体以塔架中心点（风机系泊点）为圆心，以圆心至风机叶片投影最外缘点为半径的圆为界。采用风机制造商提供的 MySE6.45-180 风力发电机组，风轮直径为 178m，轮毂中心和塔筒中心轴线的水平距离为 8.3615m，计算得 6.45MW 风机塔架中心点与风机叶片投影最外缘点连线长度 r 约 89.40m，1 台 6.45MW 风机占用海域面积为 2.5109 公顷。

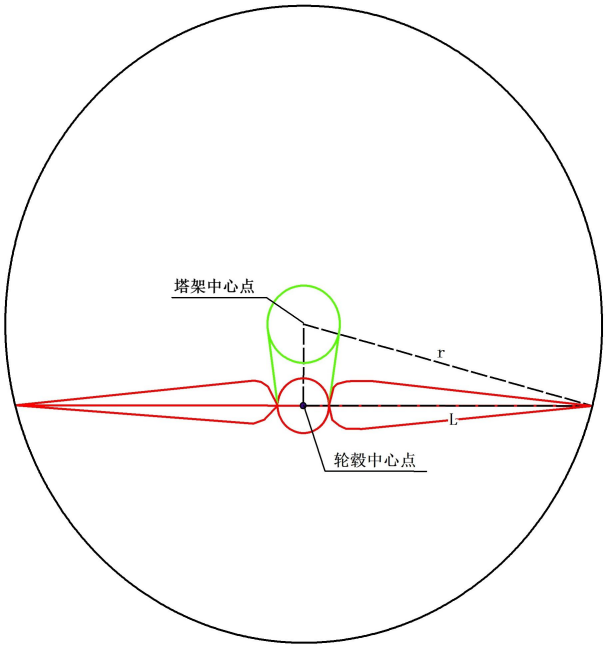


图 8.5.4-1 风机塔架中心点、轮毂中心点与风叶关系示意图

2、海上升压站

本项目海上升压站用海方式为透水构筑物.

原批复方案以升压站结构外缘线外扩 50 米距离为界确定。目前升压站已经建成，本次用海调整根据《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。

3、35kV 集电海缆

本项目 35kV 集电海缆用海方式为海底电缆管道。

批复方案与本次用海调整方案采用的用海界址点界定方式一致，根据《海籍调查规范》5.4.5.1 电缆管道用海，电缆管道外缘线向两侧外扩 10m 距离为界，因此，本项目 35kV 集电海缆以海缆外缘线向两侧外扩 10m 确定其用海外界址线。35kV 集电海底电缆最大宽度（海缆外径）为 138.1mm，则集电海缆用海通道宽度为 20.1381m。根据《海籍调查规范》5.3.6.3 用海方式重叠范围的处理，“当几种用海方式的用海范围发生重叠时，重叠部分应归入现行海域使用金征收标准较高的用海方式的用海范围。”本项目集电海缆链接了风机、海上升压站，风机、海上升压站用海方式均为透水构筑物，35kV 集电海缆用海方式为海底电缆管道，根据现行海域使用金征收标准，透水构筑物用海海域使用金征收标准较高。35kV 集电海缆用海范围与风机、海上升压站用海范围发生重叠时，重叠部分归入透水构筑物申请用海范围，本项目集电海缆不再申请重叠部分用海确权。

4、220kV 送出海底电缆

本项目 220kV 送出海底电缆用海方式为海底电缆管道。

根据《海籍调查规范》中 5.4.2.5 电力工业用海- g）“海上风力发电使用的海底电缆，以电缆管道外缘线向两侧外扩 10m 距离为界”，因此，本项目 220kV 送出海底电缆以海缆外缘线向两侧外扩 10m 确定 220kV 送出海底电缆的用海外界址线。本项目 220kV 送出海底电缆最大宽度（海缆外径）为 253.7mm。

根据《海籍调查规范》5.3.6.3 用海方式重叠范围的处理，“当几种用海方式的用海范围发生重叠时，重叠部分应归入现行海域使用金征收标准较高的用海方式的用海范围。”本项目海上升压站用海方式为透水构筑物，220kV 送出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，220kV 送出海底电缆与海上升压站用海范围发生重叠时，

重叠部分归入透水构筑物申请用海范围，本项目 220kV 送出海底电缆不再申请重叠部分用海确权。

8.5.4.2 宗海面积计算

宗海界址点在软件中绘制属于高斯投影下的平面坐标，高斯投影平面坐标转化为大地坐标（经纬度）即运用了高斯反算过程所使用的高斯反算公式算出。根据数字化宗海平面图上所载的界址点 CGCS2000 大地坐标系，利用相关测量专业的坐标换算软件，输入必要的转换条件，自动将各界址点的平面坐标换算成以高斯投影、116°为中央子午线的 CGCS2000 大地坐标，宗海界址点坐标见附件宗海界址点（续）表。

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、用海面积的计算

本次论证项目申请的用海面积，是按照《海籍调查规范》（HY/T124-2009），用坐标解析法计算的。

根据《海籍调查规范》（HY/T124-2009）及本项目的实际用海类型，本次根据实际建设方案申请用海总面积为 570.7849 公顷，其中，透水构筑物用海 196.1989 公顷，海底电缆管道用海 374.5860 公顷。

8.6 立体设权合理性分析

8.6.1 立体设权范围

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），以及《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）中“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”等要求，本项目风机和海底电缆管道拟进行立体分层设权，其中，风机用海空间层为水面，高程范围为平均海平面至风机叶片顶端高程，具体为平均海平面~214.5m（1985 国家高程基准，下同）；本项目海底电缆用海空间层为底土，高程范围为电缆管道设施下缘高程至实际使用高程，具体高程范围为：35kV 集电海缆高程范围为-35.3m~ -30.2m，海上升压站至登陆点 220kV 海缆高程范围为-32.8m~0m。

8.6.2 立体设权可行性分析

8.6.2.1 海域管理政策的可行性分析

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

《自然资源部关于探索推进海域立体分层设权工作的通知》（自然资规〔2023〕8 号）提出“海域是包括水面、水体、海床和底土在内的立体空间。对排他性使用海域特定立体空间的用海活动，同一海域其他立体空间范围仍可继续排他使用的，可仅对其使用的相应海域立体空间设置海域使用权。在不影响国防安全、海上交通安全、工程安全及防灾减灾等前提下，鼓励对跨海桥梁、养殖、温（冷）排水、**海底电缆管道**、海底隧道等用海进行立体分层设权，生产经营活动存在冲突的除外。其他用海活动经严格论证具备立体分层设权条件的，也可进行立体分层设权。”

根据《广东省自然资源厅关于推进海域使用权立体分层设权的通知》（广东省自然资源厅，2023 年 9 月 18 日），经前文分析，海域使用权立体分层设权的范围包含风机和海底电缆管道。本项目海域使用类型为工矿通信用海（一级类）中的可再生能源用海（二级类），本项目风机用海方式为透水构筑物，采取立体分层设权，确权空间范围为水面；集电海缆和送出电缆用海方式为海底电缆管道，采取立体分层设权，确权空间范围为底土，本项目风机和海底电缆立体设权符合

相关海域管理要求，提高了海域有限资源的利用效率。

8.6.2.2 利益相关者可协调性

根据《自然资源部关于探索推进海域立体分层设权工作的通知》（自然资规〔2023〕8 号），在已设定海域使用权的海域进行立体分层设权，应与原海域使用权人协商一致达成协议后按程序办理用海手续，确保新设海域使用权与原海域使用权不存在权属冲突。

本项目申请用海范围与周边海域的用海权属不存在权属重叠，本项目已取得利益相关者的协调意见，本次用海无新增利益相关者，因此，从利益相关者可协调性角度分析，本项目申请立体确权可行。

8.6.2.3 立体空间布置的合理性

根据《中华人民共和国海域使用管理法》，海域是指“中华人民共和国内水、领海的水面、水体、海床和底土”，明确海域是立体的空间资源且包含 4 个层次。从海域空间资源上看，每个层面的海域资源都有其特定的开发利用价值，本项目海底电缆进行立体化开发利用将会大大提高海域资源的集约利用的程度，对不同层面的海域进行确权，提高了海域空间资源的产权效率。本项目采用平面界址“四至”坐标和竖向分层的海籍信息表达方式，其中，宗海竖向边界采用“水面”、“水体”、“海床”“底土”定性表述及 1985 高程范围定量表述结合，本项目风机和海底电缆管道拟进行立体分层设权，风机确权空间范围为水面，空间确权范围为海平面至风机叶片顶端，海底电缆申请确权范围为底土，空间确权范围为电缆管道设施下缘高程至实际设计或使用高程，本项目风机、海底电缆申请立体空间范围能够满足项目所需的海域空间承载范围。

8.6.3 立体设权必要性分析

随着海洋经济快速发展，用海需求持续增加，海域空间资源稀缺性日益凸显。开展海域立体分层设权是完善海域资源资产产权制度、丰富海域使用权权能的重要举措，也是缓解用海矛盾、提高资源利用效率的必然选择，对于促进海域资源节约集约利用和有效保护、推动海洋经济高质量发展、加强海洋生态文明建设具有重要意义。本项目占用空间面积较大，项目选址于广东省汕尾市建设，能够充

分利用该地区丰富空间资源，实现海域资源的有效利用。本项目与周边海域开发活动可利用不同层次的海域空间，具备立体设权的条件。

风机立体分层设权必要性：基于《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）中鼓励风电项目用海采用“风电+”的综合开发利用模式实现“一海多用”的用海要求，如网箱养殖等风渔融合、海洋牧场、海上光伏、波浪能发电、制氢、储能等设施，未来较多类似项目可能设置于风机用海范围内，且广东省已有“风渔融合”申请案例，其网箱养殖位于风机用海范围内，结合国家、省层面全面积极推动立体分层设权政策，综合考虑，本项目风机采用立体分层设权是必要的，能够切实提高海上风电场区海域资源利用效率。

海缆立体分层设权必要性：基于《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）中明确“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”，海底电缆管道被列为国家层面鼓励分层设权的用海类型之一。《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）进一步明确，海域使用权立体分层设权的范围包含海底电缆管道，主要使用底土的海底电缆管道、海底隧道等用海可实施分层设权管理。本项目海底电缆管道埋设于海床底下，仅利用底土空间，对上方海床、水体、水面海域空间资源均未排他性占用。分层设权后，海缆所经海域的上方水体仍可兼容网箱养殖、海洋牧场等渔业用海活动，海床及水体空间可用于其他兼容性用海项目，实现“一海多用、分层利用”，有效提升海域空间资源利用效率。广东省已有海上风电项目海底电缆管道实行立体分层设权的批复实践。综合考虑国家、省层面全面积极推动立体分层设权政策，以及海缆作为线型工程占用海域空间面积较大、仅使用底土单一层的实际特点，本项目海缆采用立体分层设权是必要的，能够切实避免海缆路由范围内上层海域空间的闲置浪费，为未来其他兼容性用海活动预留空间，实现海域资源的节约集约利用。

立体分层设权的项目用海，按照“一物一权、一证一缴”的方式征收海域使用金，同一海域立体分层设权的每一个项目，均视为独立的征收对象，依据其用海方式，分别按规定征收海域使用金，根据 8.6.2 节分析，本项目立体设权符合相关海域管理要求，提高了海域有限资源的利用效率。

综合以上分析，本项目采取立体设权方式用海，具有必要性。

8.7 用海期限合理性分析

本项目于 2022 年 10 月取得广东省人民政府用海变更批复，2023 年 6 月，取得不动产权证书，海域使用期限为 2022 年 10 月 20 日至 2048 年 11 月 15 日。

本次用海变更，本项目申请用海期限不变，为 2022 年 10 月 20 日至 2048 年 11 月 15 日。根据《中华人民共和国海域使用管理法》第二十五条海域使用权最高期限规定：“港口、修造船厂等建设工程海域使用最高年限为五十年”，本项目申请用海期限符合《中华人民共和国海域使用管理法》。

9 生态用海对策措施

9.1 生态用海对策

本项目于2021年12月开工建设，2022年12月建设完成并投入调试阶段。因此本节主要陈述项目施工期以及营运期已落实的生态用海对策。

9.1.1 生态保护对策

根据《中广核汕尾甲子一海上风电场项目竣工环境保护验收调查报告》，本项目主要采取了如下生态保护对策措施：

9.1.1.1 施工期生态保护对策措施

（1）悬浮沙污染防治措施

①施工单位根据项目自身施工进度、施工期间海况，将风机基础和风机吊装工程施工进行拆分、间隔施工，并分别拆分为5批次，于2021年12月至2022年11月期间施工完成；海缆敷设工程同样拆分为5批次进行施工，于2022年5月至2022年11月期间施工完成。施工单位合理安排施工整体进度计划，控制海底电缆埋设施工强度，控制施工强度，以免增加悬浮沙增量。

②施工时根据海缆路由区底质详勘报告确定各区段具体的海缆埋深和沟槽宽度，控制高压水冲泥管道压力，减小超挖量，同时控制拖轮航速，减小悬浮沙产生量。

③浅水区海缆登陆施工时，采用定向钻施工工艺。

④深水区海缆终端登陆平台作业时，由潜水员配合进行高压水冲泥作业，作业时潜水员与船上人员密切沟通，严格控制高压输水胶管射水压力和射水方向。

⑤风机和升压站桩基打桩过程中，选用了高效的桩基施打设备，合理控制了工艺桩拔除强度。

⑥施工作业期间，在整体施工计划框架下，根据季节性海流条件，合理优化调整各施工作业区施工计划，重点悬浮沙产生作业环节安排在风浪相对小、潮流相对弱等不利于悬沙扩散的潮期内。

（2）污废水污染防治措施

①对于本项目所采用的各类施工船舶，在水上作业时按环评及批复要求，禁止向海域水体排放各类生产废水及生活污水。目前本工程各大型施工船舶油污水均进行了收集，贮存于油渣舱中，并按要求填写油污记录簿，对废油产生量、贮存量及处置情况进行记录，油污水均委托汕尾市晓光环保服务有限公司接收处置无排放行为。

②施工船舶签订生活污水委托处置协议，施工船舶上作业人员产生的生活污水经船舶配置的污水处理设施初步处理后经收集清运至陆地，委托汕尾市晓光环保服务有限公司接收处置。

③导管架连接灌浆作业过程中，精确把控溢浆时间和溢浆量。灌浆结束后，设备清洗废水集中收集，未排海造成海水污染。

④施工过程注意施工船舶等的清洁，加强了施工设备的管理与养护，防止施工机械漏油。工程未发生石油类物质泄漏事件。油污水均委托汕尾市晓光环保服务有限公司清运处置。

（3）固体废物污染防治措施

①风机塔基与塔架采用螺栓连接，施工单位在作业点配置收集设施，集中收集拆卸下来的废弃材料设备包装物，具有回收价值的废弃材料进行回收处理，无回收价值的废弃材料和设备包装物集中收集后清运至陆地统一处理。

②风机基础灌浆作业时产生的多余浆料，统一收集在工作船配备的废料桶或废料箱内，灌浆结束后统一回收运输至陆上处置，未丢弃入海。

③工程海缆施工期间扫海清障固体废弃物，由船舶打捞收集后至陆地统一处理。

④海缆登陆施工时，产生的固体废物统一收集后至陆地统一处理。未向海域中抛弃各类固体废弃物。

⑤施工船舶上设置多处生活垃圾分类收集设施，委托汕尾市晓光环保服务有限公司定期清运至陆上处理。

（4）噪声污染防治措施

①通过加强施工船只管理，避免施工区域船舶集中并拥堵导致出现局部声级过高现象。

②施工船舶采取有效措施控制主辅机噪声排放，限制突发性高噪声，避免不

必要的船舶汽笛声。

③海上打桩作业时，采用噪音低性能良好的打桩机，降低结构辐射噪声，同时隔离桩体内部的噪声向外传播。

④海上风机组吊装安装作业时，吊装船上的工作人员与场地施工观察员保持密切联系，保证吊装安装作业的准确度和稳定度。

（5）废气污染防治措施

①合理布置施工方案，选用具有合适功率的施工机械作业，加强过程检验，提高一次施工成功率。

②施工船舶使用硫含量不大于 0.5%m/m 的船用燃油，从而降低船舶硫氧化物、氮氧化物、颗粒物和挥发性有机物等大气污染物的排放。

（6）海洋浮游生物、海马、渔业资源保护措施

①在鱼类和海马海豚等产卵期和繁殖期，施工单位调整施工安排，该段时间内尽量安排水上工作，2022 年 6 月至 8 月间减小了海缆敷设的每日工作强度，相较其他时间段施工工期相对较短。

②桩基打桩和海缆敷设前，优化施工工艺，针对施工对海洋环境影响较大的作业环节制定作业规程，尽量避免由于操作技术不当导致的入海悬浮沙增大。

③水下打桩采用“软启动”方式，以驱赶海洋鱼类游离作业区，减缓水下噪声对鱼类的影响。施工期限定施船舶航行路线和速度，减缓船舶噪声对海洋生物的影响。

④施工期委托深圳中检联检测有限公司在施工期间对项目附近的海洋生态环境进行跟踪监测，包括海水水质、沉积物、浮游植物、浮游动物、底栖生物、潮间带生物和渔业资源调查。

（7）底栖生物保护措施

①海缆敷设施工时，严格控制作业带宽度，根据电缆沟设计沟槽宽度选择合理的埋设犁尺寸，减少超挖量，从而降低对底栖生物的影响范围。

②桩基施工，采用“软启动”方式，以驱赶海洋鱼类游离作业区，减缓水下噪声对鱼类的影响。

③施工船舶驻船锚泊时，根据施工作业需求和海况条件，由专业人员精准确定锚泊点。

（8）鸟类保护措施

①合理安排施工时间，鸟类迁徙季节降低施工强度；控制光源使用量，减少使用红色闪光灯和钠蒸汽灯；大风或逆风夜晚停止施工。

②施工船舶采取有效措施控制噪声排放，并对施工人员进行管理和培训。

③风电场内塔架、塔筒安装施工作业面尽量按与鸟类迁徙路线相平行的方向展开。

④制定科学管理制度，委托自然资源部第三海洋研究所开展鸟类调查工作。

⑤加强施工人员管理及相应培训，禁止捕杀鸟类。

（9）其他生态保护措施

施工期对岸上及船上工作人员进行培训，控制其职业素质和操作；严格维护保养船体、机电设备；对天气和海况及时预报，灾害天及时进行了规避。

9.1.1.2 运营期生态保护对策措施

（1）污废水防治措施

①升压站目前没有进行维修。后续维修时，将维修产生的废油污水统一收集至运维船上，待船舶靠岸后交由珠海汇华环保技术有限公司接收处置。

②海上升压站底层平台主变下建设事故油坑，并设置 1 座有效容积为 90m^3 的主变压器集油事故油罐，用于收集主变压器、主变散热器和应急柴油机房、柴油罐间的事故油及消防水，事故油坑和事故油罐通过事故排油管相连，事故油罐排油管采用钢管焊接连接。事故油罐设置一个带远传 4-20mA 信号及高、低液位报警开关信号的液位计开关量干接点报警时为闭合状态。事故油罐的放空管上串联设置一个电动阀和一个手动阀，平时为常开状态。当水箱液位低于 19.30m 时，连锁关闭电动阀，停止排水：当液位高于 19.45m 时，连锁开启电动阀。当主变压器、主散热器、柴油机房或柴油罐间一旦发生火灾，立即连锁关闭电动阀，停止排水。事故排油后，通过船舶将污油全部抽走外运。电动阀配套控制箱，输出信号连接陆上集控中心远程启闭及监控系统。所收集油污水将交由珠海汇华环保技术有限公司进行接收处理。

③维护人员产生的少量生活污水在船舶上统一收集后运至岸上，经陆上集控中心地埋式污水处理设施处理后用于站区绿化。

（2）固体废物防治措施

①风机及相关设备进行维护或突发事故时产生的少量废油用锯末或棉纱吸净后冲洗，产生少量废油和含油抹布，5 年质保期内，由风机厂家明阳智慧能源集团股份公司进行维护，维护结束后设备废油及含油抹布交由华阳长青投资有限公司进行处理。质保期结束后设备废油及含油抹布交由珠海汇华环保技术有限公司接收处置。

②运营期运维人员产生的生活垃圾随船携带，统一收集，船舶靠岸后由环卫部门清运处理。

③工程运营期废铅酸电池委托珠海汇华环保技术有限公司接收处置，目前尚未产生。

（3）噪声污染防治措施

①运营期风机做好维护，保持齿轮和轴承良好的润滑条件。减小机械部件的振动，以降低振动噪声。

②海上升压站选用低噪声变压器。

（4）电磁环境保护措施

①确保设备安装质量，确保变电站内高压设备、建筑物钢铁件均接地良好，所有设备导电元件间接触部位均连接紧密，对大功率电磁振荡的设备采取必要的屏蔽，将机箱孔、口和连接处密封。

②变电站内金属构件，如吊夹、保护环、保护角、垫片、接头、螺栓、闸刀片等均做到表面光滑，尽量避免毛刺的出现。

③工程输电线路登陆后工程输电线路接入国家南方电网线路，降低输电线路运营期的电磁环境影响。

（5）对鸟类的保护措施

在风机叶片上涂抹红色警示色，以阻止鸟类靠近风机，降低鸟类撞击风险。在风机上加设灯光，以减少在夜间迁徙的鸟类碰撞风机的几率。此外，为减少反射阳光对雀鸟的影响，风力发电机的机件使用非反光涂料。

（6）海洋渔业资源保护措施

2024 年 2 月 31 日，汕尾市人民政府就涉风电项目及海砂开采项目渔业资源生态补偿相关事项召开协调会（人民政府第二十九期会议），会议决定由企业将补偿金直接上缴市级财政，后续由陆丰市人民政府及红海湾经开区管委会根据批

准的修复方案统筹实施生态恢复工作。根据会议精神，市农业农村局作为渔业资源保护主要监管部门负责水生野生动植物保护，牵头渔业资源生态补偿金执收，并指导各责任部门制定增殖放流等渔业资源补偿方案；市生态环境局负责生态环境补偿的协调监督和管理，配合有关部门对资金后续使用的监督管理和生态环境修复的验收；市财政局配合市农业农村局等部门进行渔业资源生态补偿金收缴；市发改局、市自然资源局协调企业进行赔偿金上缴。陆丰市人民政府及红海湾经开区管委会制定生态修复方案并按程序报批。

2024 年 4 月 28 日，建设单位与汕尾市农业农村局、汕尾市财政局签订了《中广核汕尾甲子一海上风电项目建设项目渔业资源损失补偿协议》，并按规定于 2024 年 6 月 3 日向汕尾市财政局一次性缴纳了渔业和水生生物资源损失补偿费用共计 8978800 元人民币（其中本项目金额 4287000 元人民币）。后续各部门依照汕尾市人民政府第二十九期会议精神实施海洋渔业资源生态修复工作。

（7）海洋生态跟踪监测

建设单位已针对本项目运营期生态环境监测进行了立项工作，后续将对营运期项目附近的生态环境开展跟踪监测工作。

（8）其他生态保护措施

①运营期废水和固体废物等污染物的禁止排海。

②建设单位已制定《生态环保工作手册》，编制了《中广核新能源海上风电（汕尾）有限公司（玄武海上风电场）综合应急预案》、《中广核新能源海上风电（汕尾）有限公司（玄武海上风电场）专项应急预案》和《中广核新能源海上风电（汕尾）有限公司（玄武海上风电场）处置方案》，应急预案经专家评审后于电力安全生产公共服务平台网上备案，备案编号为 NY4400002022068。

9.1.2 生态跟踪监测

9.1.2.1 已经开展的生态跟踪监测

本项目于 2021 年 12 月开工建设，2022 年 12 月建设完成并投入调试阶段。本项目已开展了以下生态跟踪监测。

（1）施工期海洋环境监测

①2022 年 5 月

深圳中检联检测有限公司受本项目建设单位委托，于 2022 年 5 月 25 日~5 月 27 日和 5 月 30 日对项目进行海洋环境监测。共布设水质站位 12 个，沉积物站位 6 个，海洋生态站位 8 个和潮间带断面 2 条。

水质调查项目包括悬浮物、化学需氧量、氨、硝酸盐、亚硝酸盐、无机磷、铜、铅、锌、镉和油类共 11 项指标。

沉积物调查项目包括铜、铅、锌、镉、铬、石油类和有机碳共 7 项指标。

海洋生态调查项目包括叶绿素 *a* 及初级生产力、浮游植物、浮游动物、鱼卵仔鱼、游泳动物、大型底栖生物和潮间带生物共 7 项指标。

②2022 年 7 月

深圳中检联检测有限公司受本项目建设单位委托，于 2022 年 7 月 28 日对项目进行海洋环境监测。共布设水质站位 12 个，站位布设和调查项目与 2022 年 5 月调查一致。

（2）施工期水下噪声监测

深圳中检联检测有限公司受本项目建设单位委托，于 2022 年 6 月 1 日对项目进行水上水下噪声环境监测。共布设水下噪声站位 5 个，水上噪声站位 1 个。

调查站点详见下图，图中蓝色标记点为本项目工程打桩点，红点为水下噪声调查站点。调查航线依据天气、海流与现场情况确定，走航顺序“1#-2#-3#-4#-5#”。水上噪声布设 1 个调查点位，选取施工区域附近位置。

水下噪声测量内容是与海洋生物影响评价相关的水下噪声的声学量，主要包括峰值（最大）声压级 *SPLpeak*、水下噪声频带声压级 *Lpf*、水下噪声声压谱[密度]级 *Lps* 等。

水上噪声监测主要对等效连续 A 声级 Leq 进行监测。

（3）施工期鸟类监测

自然资源部第三海洋研究所受本项目建设单位委托，于 2022 年 4 月和 7 月分别开展本项目鸟类春季和夏季调查。

监测区域为项目工程区所处的汕尾陆丰甲子港、湖东镇和碣石镇的近岸区域，包括养殖池塘、湖泊、河口滩涂、潮间带、近海岸以及周边林田等不同生境。

调查内容为记录调查样线区域内的游禽、涉禽、猛禽和林鸟等所有鸟类物种及数量，重点记录鸊鹈、鸻鹬、鹈鹕、鹭类、鹳类、鹬类、雁鸭类、鹤类、秧鸡

类、水雉类、鸻鹬类、鸥类和燕鸥类等水鸟，还有猛禽类、翠鸟类和其它食物来源主要依赖于湿地生境的鸟类。此外，注意记录调查区域内的珍稀濒危物种，包括 IUCN 濒危动物红色名录中的受威胁鸟类、国家 I 级和II级重点保护种类以及 CITES 附录 I、附录 I 中的鸟类物种。

（4）运营期地形地貌与冲刷监测

上海港湾工程质量检测有限公司受本项目建设单位委托，于 2023 年 3 月、2023 年 9 月、2024 年 4 月对本项目 78 台风机基础和 1 座海上升压站基础周边地形冲刷开展了 3 次监测。

主要监测区域为 1 座升压站和 78 台风机基础周边 100m×100m 范围。主要工作内容为分析海底地形、地貌和海底障碍物的三维特征；识别海底沉积物类型、底质；确定海底冲刷沟的位置、规模、深度及冲沟发育情况；判断防冲刷保护有效性。

9.1.2.2 运营期生态跟踪监测

考虑本项目已施工完成，结合项目已开展的生态跟踪监测，根据《自然资源部办公厅关于进一步规范项目用海监管工作的函》（自然资办函〔2022〕640 号）相关管理要求，对本项目运营期提出以下生态跟踪监测方案：

运营期对海水水质、沉积物质量、海洋生物质量、海洋生态、地形地貌与冲淤、水下噪声、电磁环境进行监测，如有问题应及时采取防治措施。由本项目建设单位委托有资质的监测单位开展运营期生态跟踪监测。

本项目监测站位在本报告春季海洋环境现状调查站位中选取与项目距离较近的站位，包括水质调查站位 20 个，沉积物调查站位 10 个，海洋生物质量调查站位 3 个，海洋生态调查站位 12 个。此外，布设水下噪声监测站位 9 个，与水下噪声现状调查站位保持一致；布设电磁环境站位 9 个。监测过程中可视情况做适当的调整。

本项目运营至今未发生重大生态问题，建议本项目于 2027 年开展 1 次运营期生态跟踪监测，若监测评价中未发现重大生态问题，可就关于是否需要继续开展跟踪监测的问题向监管部门征求意见。

（1）海水水质

监测项目：水深、水温、盐度、pH、悬浮物、COD、BOD_5、DO、无机氮、

活性磷酸盐、石油类、总汞、铜、铅、锌、铬、镉、砷、硒、镍、挥发性酚、硅酸盐。

监测站位：共布设 20 个监测站位。

监测频率：1 次，春季或秋季。

（2）沉积物质量

监测项目：粒度、有机碳、pH、石油类、硫化物、总汞、铜、铅、锌、铬、镉、砷。

监测站位：共布设 10 个监测站位。

监测频率：1 次，春季或秋季。

（3）海洋生物质量

监测项目：总汞、铜、铅、锌、铬、镉、砷、石油烃等。

监测站位：共布设 3 个监测站位。

监测频率：1 次，春季或秋季。

（4）海洋生态

监测项目：叶绿素 *a* 和初级生产力、浮游植物、浮游动物（含鱼卵仔鱼）、底栖生物。

监测站位：共布设 12 个监测站位。

监测频率：1 次，春季或秋季。

（5）水下噪声

监测项目：噪声频带有效声压级、噪声声压谱级。

监测位置：在风电场施工区域布设 9 个噪声监测点，与现状调查站位保持一致。

监测频率：1 次，低、中和额定风速输出时。

（6）电磁环境

监测项目：工频电场强度、工频磁感应强度。

监测位置：布设 9 个监测点。

监测频率：1 次。

（7）地形地貌与冲淤、局部冲刷

监测项目：水深地形、风机墩柱局部冲刷监测（冲刷深度、冲刷坑直径和冲

刷坑形状等参数，若有必要，应对风机墩柱局部冲刷进行加测。在风暴潮等恶劣气象条件过后对风机墩柱局部冲刷情况进行必要的加测）。

监测位置：考虑到桩基根部是冲刷剧烈的区域，地形监测区域布置在风机周边 20~30m 范围内，如发现冲刷严重，威胁桩基和海缆安全，应及时采取措施进行维护，并应加大对风机和海缆的监测范围，确保风机和海缆安全，重点对其中的风机桩基周边 50m 进行加密监测，加密区域的测量图比例尺按照 1：2000。此外，以工程外扩边界 2km 的海域，测量比例按照 1：5000；2km~15km 的海域，测量图比例尺按照 1：10000。

监测时间及频次：1 次。

（8）鸟类

监测内容：鸟类群落特征，包括工程建设区及邻近地区鸟类的种类组成、数量、分布以及迁徙、迁飞特征、穿越风电场、与风机发生撞击的情况等。

栖息地生境特征：包括植被、饵料动物的种类、数量以及分布情况的变化；鸟类适宜生境面积的变化等。

监测频率：代表性一季。

9.1.2.3 生态跟踪监测评价

根据生态跟踪监测结果，进行现状评价，将各类监测数据与原补充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。

9.2 生态保护修复措施

2024 年 2 月 31 日，汕尾市人民政府就涉风电项目及海砂开采项目渔业资源生态补偿相关事项召开协调会（人民政府第二十九期会议），会议决定由企业将补偿金直接上缴市级财政，后续由陆丰市人民政府及红海湾经开区管委会根据批准的修复方案统筹实施生态恢复工作。根据会议精神，市农业农村局作为渔业资源保护主要监管部门负责水生野生动植物保护，牵头渔业资源生态补偿金执收，并指导各责任部门制定增殖放流等渔业资源补偿方案；市生态环境局负责生态环境补偿的协调监督和管理，配合有关部门对资金后续使用的监督管理和生态环境修复的验收；市财政局配合市农业农村局等部门进行渔业资源生态补偿金收缴；市发改局、市自然资源局协调企业进行赔偿金上缴。陆丰市人民政府及红海湾经开区管委会制定生态修复方案并按程序报批。

2024 年 4 月 28 日，建设单位与汕尾市农业农村局、汕尾市财政局签订了《中广核汕尾甲子一海上风电项目建设项目渔业资源损失补偿协议》，并按规定于 2024 年 6 月 3 日向汕尾市财政局一次性缴纳了渔业和水生生物资源损失补偿费用共计 8978800 元人民币（其中本项目金额 4287000 元人民币）。后续各部门依照汕尾市人民政府第二十九期会议精神实施海洋渔业资源生态修复工作。

10 结论

10.1 结论

10.1.1 项目用海基本情况

中广核汕尾甲子一海上风电场项目（以下简称本项目）位于《广东省海上风电发展规划（2017-2030）（修编）》规划的甲子海上风电场，规划装机总容量为500MW。本项目于2019年11月项目取得广东省人民政府用海批复，批准用海总面积540.5044公顷，批准用海期限为29年，并于2020年3月取得不动产权证书，批准用海期限自2019年11月15日至2048年11月15日。

根据项目初设阶段用海优化调整方案，本项目于2022年提出用海变更申请，2022年10月取得广东省人民政府用海变更批复，批准用海面积为460.5430公顷，2023年6月，项目取得不动产权证书，海域使用期限为2022年10月20日至2048年11月15日。

2022年12月，本项目建设完成投入调试阶段。本项目实际建设方案与批准用海方案总体一致，风机和海上升压站均建设在批复用海范围内；部分海底电缆超出批复用海范围，本次按照实际建设方案提出用海变更申请。

本项目已建设完成，装机总容量为500MW，场址内布置78台6.45MW风电机组，同时配套建设1座220kV海上升压站和陆上集控中心。风电场电能以35kV电压等级汇集后，通过16回35kV海底电缆连接至220kV海上升压站，升压后通过2回220kV海底电缆线路将全部电能输送陆上集控中心登陆，最后通过1回架空线路接入500kV茅湖变电站电网系统。

本项目敷设集电海底电缆长度约93.08km，送出海底电缆长度约63.11km。

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）。

本项目申请用海总面积为570.7849公顷，其中，透水构筑物用海196.1989公顷，海底电缆管道用海374.5860公顷。

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）及《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），本项目风机和海底电缆管道拟进行立体分层设权，其中，风机用海空间层为水面，高程范围为平均海平面至风机叶片顶端高程，具体为平均海平面~214.5m（1985国家高程基准，下同）；本项目海底电缆用海空间层为底土，高程范围为电缆管道设施下缘高程至实际使用高程，具体高程范围为：35kV集电海缆高程范围为-35.3m~-30.2m，海上升压站至登陆点220kV海缆高程范围为-32.8m~0m。

本项目申请用海期限26年，申请用海起止时间与原批准用海期限一致，为2022年10月20日至2048年11月15日。

根据广东省政府2022年批复海岸线，本项目220kV送出海底电缆申请用海范围占用大陆自然岸线长度54.1m，岸线类型为砂质岸线，送出海缆以定向钻方式底土穿越自然岸线。

10.1.2 用海变更必要性结论

本项目于2018年取得汕尾市发展和改革局核准，并取得了用海批复和不动产权证，本项目已经建成，本项目建设和用海必要性已经充分论证，本项目建设和用海必要。

本次基于实际建设范围申请用海变更，本项目已进入总体竣工验收阶段，根据实际建设方案实测结果，本项目采用的风机机型不变，本项目实际建设78台6.45MW的风电机组，对比项目取得的海域使用权证，风机较批复中心点偏移值在0.19m~4.54m之间，本项目实际建设的风机全部位于原批复用海范围内，本项目实际建设的风机、海上升压站全部位于原批复用海范围内，部分海底电缆超出批复用海范围，本次按照实际建设方案提出用海变更申请，本项目根据项目实际建设情况，申请用海变更是必要的。

10.1.3 项目用海资源生态影响分析结论

本项目由于风机直径不大，工程实施后风电场内水动力环境变化较小，风电

工程的实施不会对附近海域水动力环境产生明显影响。本项目实际建设方案与用海批准方案基本一致，风电场平面布置变化后对桩基附近冲淤影响范围变化不大，主要分布在工程区附近，对工程区以外的海域基本无影响。本项目施工期从表层到底层超第一、二类海水水质包络面积分别为 0.649km^2、0.945km^2、8.643km^2、81.564km^2 和 147.768km^2，垂向平均超第一、二类海水水质包络面积为 47.914km^2。整体而言，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较小。悬沙影响主要在海缆铺设过程出现，海缆铺设施工迅速，施工产生的悬浮泥沙影响是暂时的、可逆的，随着施工的结束，慢慢可以得到恢复。施工悬沙对周边水质环境影响较小，将随着施工的结束而消失。在严格施工管理条件下，施工船舶产生的生产废水、生活污水和垃圾经收集处理后运至陆上处置，海上工程施工不会对海洋沉积物质量产生明显影响，工程运营对区域海洋沉积物环境无明显不利影响。

项目建设造成的生物资源直接损失量分别为：底栖生物 23620.27kg，游泳生物 1290.72kg，鱼卵 1.76×10^8 粒，仔鱼 2.6×10^7 尾。施工产生的悬浮泥沙影响是暂时的、可逆的，随着施工的结束，慢慢可以得到恢复。

10.1.4 海域开发利益协调分析结论

本项目论证范围内海洋开发利用活动主要有航道航路、锚地、国控站位、码头、海上风电场项目、人工鱼礁等，本项目与周边用海项目不存在权属重叠。

本次用海无新增利益相关者，项目已建设完成，运营期无利益相关者；项目运营期需协调部门为航道、海事主管部门和当地渔业主管部门。

10.1.5 国土空间规划符合性分析结论

本项目符合《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》《汕尾市国土空间总体规划（2021-2035 年）》《陆丰市国土空间总体规划（2021-2035 年）》以及《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》等各级国土空间规划文件要求。

本项目不占用“三区三线”中的生态保护红线，根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》，本项目风电场位于汕尾-揭阳南部工矿通信用海区，送出电缆由南至北穿越汕尾南部渔业用海区、甲子南部工矿通信用海区和陆丰核电工矿通信用海区，本项目用海与所在功能分区的管控要求相符合。

10.1.6 项目用海合理性分析结论

本项目位于《广东省海上风电发展规划（2017-2030）（修编）》规划的汕尾甲子海上风电场，本项目已建设完成，实际建设方案用海选址与批准用海方案一致，本项目用海选址合理性已经充分论证，实际建设风机和海上升压站均建设在批复用海范围内，海缆总体走向、链接方式以及220kV海缆登陆点选址不变。

本项目已经建设完成，根据实测结果，本项目实际建设方案风机排布与集电海缆链接方案与批准用海方案一致，220kV送出海底电缆路由方案与登陆点也与批准用海方案一致，本项目用海平面布置方案体现了节约集约用海的原则。

本项目用海方式包括透水构筑物和海底电缆管道，用海方式不改变海域自然属性，能基本维护了所在海域的基本功能，对水动力、冲淤环境影响较小，用海方式合理。

本项目风机外包络线面积为7239.8134公顷，单位装机容量风电场面积14.48公顷/兆瓦，海域利用率5.2%，投资强度1796.07万元/公顷，本项目仅投资强度符合《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》的要求。本项目用海平面布置方案于2022年10月经广东省人民政府批准，于2022年12月按照批准用海方案建设完成。本项目取得用海批复时（2022年10月），海上风电项目用海集约节约指标主要参照《国家海洋局关于进一步规范海上风电用海管理的意见》，单个海上风电场外缘边线包络海域面积原则上每10万千瓦控制在16平方公里左右。本项目装机容量500MW，本项目每10万千瓦包络海域面积为14.48km^2，符合国家海洋局规定的用海控制要求。

本项目申请用海面积满足项目基本用海需求，宗海界址点的界定和宗海面积的量算符合《海籍调查规范》《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》等相关要求。本项目申请立体分层设权，符合《自然资源部关于探索推进海域立体分层设权工作的通知》的要求。

本项目申请用海起止时间与原批准用海期限一致，符合《中华人民共和国海域使用管理法》的要求。

10.2 项目用海可行性分析结论

本项目用海变更是必要的，与周边开发利用活动是可协调的，项目符合国土

空间规划，符合“三区三线”中的海洋生态保护红线要求，与国空规划及所在海岸带规划功能区的空间准入、利用方式、保护要求均相符。项目选址、用海方式、用海面积和用海期限是合理的。综上所述，从海域使用角度出发，本项目用海变更可行。