

中广核江门川岛一海上风电项目
海域使用补充论证报告书
(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

二〇二五年四月

关于《中广核江门川岛一海上风电项目海域使用补充论证报告书》公示删减内容及理由的说明

根据《自然资源部关于规范海域使用论证材料编制的通知》(自然资规〔2021〕1号)相关要求,我司对《中广核江门川岛一海上风电项目海域使用补充论证报告书》予以公示。

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

1.删除处理相关基础材料的编制单位信息。

原因:影响第三方商业秘密。

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

原因:此部分内容涉及监测单位和委托单位的商业秘密。

3.删除项目工程地质勘察、地形地貌的部分图件及数据。

原因:此部分内容属于项目建设的涉密部分。

4.删除周边用海项目权属信息。

原因:此部分内容涉及第三方商业秘密。

5.删除资料来源说明及附件内容。

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

广东海兰图环境技术研究有限公司

2025年4月14日



海域使用论证报告

公示承诺书

项目名称： 中广核江门川岛一海上风电项目

海域使用申请人： 中广核新能源（江门）有限公司

根据《自然资源部关于规范海域使用论证材料编制的通知》（自然资规〔2021〕1号）要求，海域使用申请人应根据国家有关法律法规制作论证报告公示版，并在报送论证报告时一并提供。如海域使用申请人未另行提供公示版本，则视为同意将论证报告全文公开。

作为中广核江门川岛一海上风电项目海域使用申请人，及论证单位广东海兰图环境技术研究有限公司，已明确知晓并根据如下原则制作论证报告公示版：

1. 依据《中华人民共和国政府信息公开条例》（国令第711号）规定，对海域使用论证报告中涉及国家秘密、商业秘密、个人隐私等信息不能全文公开的，根据国家有关法律法规对上述信息的界定，制作去除上述信息的论证报告公示版。

2. 海域使用论证报告公示版中的图件已隐去经纬网（公里网）及图廓注记、等高（深）线及注记、坐标系与投影、高程及深度基准、比例尺以及界址点坐标等信息。

3. 海域使用论证报告公示版中项目所在海域的水文动力状况、工程地质状况，只保留结论性描述；海洋生态环境现状调查与评价内容，只保留数据来源、站位布设和评价结论；资源概况内容不体现油气储量和位置；开发利用现状和

利益相关者内容，不体现权属信息。

4. 海域使用论证报告公示版中相关区划、规划符合性分析只保留分析结论；生态保护修复方案只保留论证项目自身生态保护修复的建设内容。

5. 海域使用论证报告公示版中引用其他成果的内容，应保留资料引用来源、资料时效信息、结论或结果。

6. 海域使用论证报告公示版内容在海域使用论证专家评审前不得修改。

现承诺：提供海域使用论证报告公示版符合国家相关法律法规要求，信息真实准确、完整有效，不涉及国家秘密，不侵犯其他用海权属人利益，可由用海审批机关进行公示。

海域使用申请人（签章）：中广核新能源（江门）有限公司

签署日期：2025 年 4 月 14 日

论证单位（签章）：广东海兴图环境技术研究有限公司

签署日期：2025 年 4 月 14 日

论证报告编制信用信息表

论证报告编号		4407812024000099	
论证报告所属项目名称		中广核江门川岛一海上风电项目	
一、编制单位基本情况			
单位名称		广东海兰图环境技术研究有限公司	
统一社会信用代码		91440101MA59KQLF0D	
法定代表人		吕建海	
联系人		麦晓敏	
联系人手机		13682240015	
二、编制人员有关情况			
姓名	信用编号	本项论证职责	签字
李舒敏	BH000294	论证项目负责人	李舒敏
李舒敏	BH000294	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	李舒敏
郑茜元	BH001287	3. 项目所在海域概况	郑茜元
詹凤娉	BH000297	4. 资源生态影响分析 5. 海域开发利用协调分析	詹凤娉
姜惠吟	BH002271	6. 国土空间规划符合性分析 8. 生态用海对策措施	姜惠吟
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):  年 月 日			

项目基本情况表

项目名称	中广核江门川岛一海上风电项目			
项目地址	广东省江门市台山市南侧海域			
项目性质	公益性（）		经营性（√）	
用海面积	264.9867 公顷		投资金额	294003.83 万元
用海期限	27 年		预计就业人数	/人
占用岸线	总长度	0m	邻近土地平均价格	/万元/公顷
	自然岸线	0m	预计拉动区域经 济产值	/万元
	人工岸线	0m	填海成本	/万元/公顷
	其他岸线	0m		
海域使用类型	工矿通信用海中的可再生能源用海 工业用海中的电力工业用海		新增岸线	0m
用海方式		面积	具体用途	
透水构筑物		155.4147 公顷	风机	
海底电缆管道		109.5720 公顷	66kV 集电海缆	
注：邻近土地平均价格是指用海项目周边土地的价格平均值。				

目 录

摘 要.....	1
1 概述.....	4
1.1 论证工作由来.....	4
1.2 论证依据.....	5
1.2.1 法律法规.....	5
1.2.2 相关规划和区划.....	8
1.2.3 技术标准和规范.....	9
1.2.4 项目技术资料.....	10
1.3 论证等级和范围.....	11
1.3.1 论证等级.....	11
1.3.2 论证范围.....	11
1.4 论证重点.....	12
2 项目用海基本情况.....	13
2.1 用海项目建设内容.....	13
2.1.1 项目基本情况.....	13
2.1.2 工程建设内容及规模.....	13
2.2 平面布置和主要结构、尺度.....	14
2.2.1 平面布置.....	14
2.2.2 主要结构、尺度.....	18
2.3 项目主要施工工艺与方法.....	21
2.3.1 施工工艺及方法.....	21
2.3.2 施工设备.....	31
2.3.3 施工进度计划.....	32
2.3.4 土石方平衡.....	33
2.4 项目用海需求.....	33
2.4.1 项目用海需求.....	33
2.4.2 申请用海情况.....	34
2.5 项目用海调整必要性.....	40

2.5.1	项目建设必要性分析.....	40
2.5.2	项目用海调整必要性分析.....	44
3	项目所在海域概况.....	46
3.1	海洋资源概况.....	46
3.1.1	岸线资源.....	46
3.1.2	滩涂资源.....	46
3.1.3	岛礁资源.....	46
3.1.4	港口资源.....	46
3.1.5	渔业资源.....	46
3.1.6	风能资源.....	56
3.1.7	矿产资源.....	57
3.1.8	旅游资源.....	57
3.2	海洋生态概况.....	58
3.2.1	区域气候与气象.....	58
3.2.2	水文动力.....	59
3.2.3	海域地形地貌与冲淤状况.....	75
3.2.4	工程地质.....	75
3.2.5	海洋自然灾害.....	79
3.2.6	海洋水质现状调查与评价.....	81
3.2.7	海洋沉积物质量现状调查与评价.....	90
3.2.8	海洋生物质量现状调查与评价.....	93
3.2.9	海洋生态现状.....	96
3.2.10	电磁环境现状调查与评价.....	105
3.2.11	噪声环境现状调查与评价.....	107
3.2.12	鸟类资源.....	108
3.2.13	自然保护区.....	122
3.2.14	珍稀海洋生物.....	122
3.2.15	“三场一通道”分布情况.....	125
4	资源生态影响分析.....	130

4.1	生态评估.....	130
4.1.1	资源生态敏感目标.....	130
4.1.2	重点和关键预测因子.....	131
4.1.3	用海方案工况设计.....	132
4.1.4	水动力影响预测分析.....	133
4.1.5	地形地貌与冲淤影响预测分析.....	151
4.1.6	水质影响预测对比分析.....	153
4.1.7	用海方案推选.....	159
4.2	资源影响分析.....	160
4.2.1	对岸线及海洋空间资源的影响.....	160
4.2.2	对海洋生物资源的影响.....	160
4.2.3	对其他海洋资源的影响.....	163
4.3	生态影响分析.....	164
4.3.1	对水文动力环境的影响.....	164
4.3.2	对地形地貌与冲淤环境的影响.....	164
4.3.3	对水质环境的影响.....	164
4.3.4	对沉积物的影响.....	165
4.3.5	对海洋生物的影响.....	166
4.3.6	对鸟类的影响.....	177
4.3.7	生态跟踪监测指标合理影响范围.....	182
5	海域开发利用协调分析.....	187
5.1	海域开发利用现状.....	187
5.1.1	社会经济概况.....	187
5.1.2	海域使用现状.....	190
5.1.3	海域使用权属.....	194
5.2	项目用海对海域开发活动的影响.....	194
5.2.1	对航路的影响分析.....	195
5.2.2	对海上风电项目的影响分析.....	196
5.2.3	对渔业生产活动的影响分析.....	197

5.3	利益相关者界定.....	197
5.4	需协调部门界定.....	198
5.5	相关利益协调分析.....	198
5.5.1	与周边风电业主的协调分析.....	198
5.5.2	与江门海事局的协调分析.....	198
5.5.3	与江门市农业农村局的协调分析.....	199
5.6	项目用海与国防安全 and 国家海洋权益的协调性分析.....	199
5.6.1	与国防安全和军事活动的协调性分析.....	199
5.6.2	与国家海洋权益的协调性分析.....	199
6	国土空间规划符合性分析.....	200
6.1	与国土空间规划符合性分析.....	200
6.1.1	所在海域国土空间规划分区基本情况.....	200
6.1.2	对海域国土空间规划分区的影响分析.....	204
6.1.3	项目用海与国土空间规划的符合性分析.....	206
6.2	项目用海与《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》的符合性分析.....	207
6.3	项目用海与“三区三线”中的生态保护红线的符合性分析.....	211
6.4	项目用海与其他相关规划的符合性分析.....	213
6.4.1	与《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》的符合性分析.....	213
6.4.2	与《广东省自然资源保护与开发“十四五”规划》的符合性分析	214
6.4.3	与《广东省海洋经济发展“十四五”规划》的符合性分析....	215
6.4.4	与《江门市国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》的符合性分析.....	216
7	项目用海调整合理性分析.....	218
7.1	用海选址调整合理性分析.....	218
7.1.1	宏观选址.....	218
7.1.2	微观选址.....	218

7.2	用海平面布置调整合理性分析.....	220
7.2.1	平面布置调整合理性分析.....	220
7.2.2	是否体现集约、节约用海的原则.....	228
7.2.3	项目用海平面布置是否有利于生态保护.....	228
7.2.4	能否最大程度地减少对水文动力环境、冲淤环境的影响.....	229
7.2.5	能否最大程度地减少对周边其他用海活动的影响.....	229
7.3	用海方式合理性分析.....	229
7.4	占用岸线合理性分析.....	229
7.5	用海面积调整合理性分析.....	230
7.5.1	项目用海面积调整合理性.....	230
7.5.2	宗海图绘制.....	235
7.5.3	项目用海面积量算.....	237
7.6	用海期限合理性分析.....	242
8	生态用海对策措施.....	243
8.1	生态用海对策.....	243
8.1.1	设计阶段生态保护对策.....	243
8.1.2	施工期生态保护对策.....	243
8.1.3	运营期生态保护对策.....	245
8.1.4	台风风险防范措施.....	245
8.2	生态跟踪监测.....	246
8.2.1	施工期环境监测.....	246
8.2.2	运营期环境监测.....	249
8.2.3	生态跟踪监测评价.....	252
8.3	主要生态问题.....	252
8.4	生态保护修复措施.....	252
9	结论.....	255

摘 要

中广核江门川岛一海上风电项目由中广核新能源(江门)有限公司开发建设,项目位于江门市台山市南侧海域,场址面积约 47km²,风场场址水深在 45m~49m 之间,规划装机容量为 400MW,拟布置 29 台 14MW 固定式风电机组,风电机组发出电能通过 6 回 66kV 集电海底电缆接入东北侧与国能江门川岛二海上风电项目合建的海上升压站,共同送出。海上升压站及送出海底电缆单独立项,不在项目申请用海范围内。项目申请用海面积为 178.7534 公顷,其中透水构筑物(风机)面积为 48.4967 公顷,海底电缆管道(66kV 集电海缆)用海面积为 130.2567 公顷;申请海域使用期限为 27 年,已于 2024 年 1 月 26 日取得用海预审意见。

现阶段,根据本项目招标的定标机型,对风机台数、单机容量及平面布置进行调整。调整后拟布置 13 台 16MW 和 12 台 16.7MW 固定式风电机组,风电机组发出电能通过 6 回 66kV 集电海底电缆接入东北侧与国能江门川岛二海上风电项目合建的海上升压站,共同送出。海上升压站及送出海底电缆单独立项,不在项目申请用海范围内。

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),调整后项目申请用海面积为 264.9867 公顷,其中透水构筑物(风机)面积为 155.4147 公顷,海底电缆管道(66kV 集电海缆)用海面积为 109.5720 公顷;申请用海范围不占用岸线;申请海域使用期限为 27 年。

与调整前对比,本项目调整后风机机位总数减少了 4 个,机位减少的同时,减少了机组下部支撑结构工程量,降低了工程施工潜在风险;随着风机机型的变化,结合尾流损失、上网电量、满发小时数等指标对风机布置方案进行了调整;66kV 集电线路承担集电任务,根据风机的调整情况重新排布。因此,本项目的调整是必要的。

本项目调整后海流影响主要在工程风电场桩基内部海域,冲淤范围也局限于风电桩基群的附近海区,周边临近海区的水动力、冲淤基本不受本项目的影

本项目风机桩基施工、电缆沟开挖对渔业资源的影响主要表现在对施工区附近高浓度悬浮物水域中的海洋生物的仔幼体可能造成的伤害。项目施工将造成的底层大于 10mg/L 悬沙浓度区的包络线面积为 26.988km²，桩基础建设将造成底栖生物直接损失 0.42kg，定位架施工将造成底栖生物直接损失 7.46kg，海缆施工将造成底栖生物直接损失 266.13kg。项目施工造成渔业资源直接损失量为游泳生物 66.84kg、鱼卵 2.73×10⁷ 粒、仔鱼 9.67×10⁶ 尾。项目建设可能产生的主要生态问题是海洋生物资源减少，针对项目可能产生的主要生态问题，提出增殖放流的生态修复措施，具体措施以农业部门审核后的方案为准。

本项目风电场周边海域开发利用活动主要为海上风电项目、航路等。根据本报告海域开发利用协调分析结论，本项目利益相关者为
，协调部门为江门海事局、江门市农业农村局。本项目在实施前，必须妥善安排施工计划，采取合理有效的防护措施，尽可能避免产生利益冲突。

本项目建设符合国家产业政策，符合《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》《江门市国土空间总体规划（2021-2035 年）》《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》和“三区三线”中的生态保护红线的管控要求。项目与《“十四五”现代能源体系规划》《广东能源发展“十四五”规划》《广东省海上风电发展规划（2017-2030 年）（修编）》等能源行业规划的要求相符。项目符合《2030 年前碳达峰行动方案》《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》《广东省自然资源保护与开发“十四五”规划》《广东省海洋经济发展“十四五”规划》，以及《江门市国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》等各级相关规划的相关要求。

依据风电场址规划，根据风能资源分布概况，综合考虑系统接入以及其他海洋水文条件优劣，本项目选址与相关规划、资源生态保护、军事等不相冲突，与对外交通运输条件、地质条件等较适宜；本项目风电场场址区域离岸最近约 65km，水深 45m~49m，与“海上风电项目应满足离岸距离 30 公里或水深 30 米的开发条件限制”相符。风电场场址不涉及各种保护区及重要、敏感和脆弱生态区域，因此项目用海选址合理。项目平面布置方案经过了多次优化，充分考虑周

边开发现状的需求，平面布置体现了集约、节约用海的原则，最大程度地减少对水文动力环境、冲淤环境的影响，有利于资源生态保护，平面布置合理。本项目规划装机容量 400MW，风电场场址水深在 45m~49m 之间，距离陆地最近距离约 65km，风电场外缘边线包络海域面积 4435.0376 公顷，单位装机容量风电场面积约 11.09 公顷/兆瓦，海域利用率约 6%，投资强度约 1035.43 万元/公顷，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），“离岸 30 千米或水深大于 30 米，单位装机容量风电场面积 ≤ 15 公顷/兆瓦，海域利用率 $\geq 6\%$ ，投资强度 ≥ 800 万元/公顷”的要求。本项目用海面积可以满足项目用海需求，现阶段不存在减少用海面积的可能性，用海面积合理。本项目用海方式基本维护了所在海域的基本功能，对水动力、冲淤环境影响较小，用海方式合理。项目申请海域使用期限 27 年，符合《中华人民共和国海域使用管理法》，申请期限合理。

综上所述，中广核江门川岛一海上风电项目用海调整是必要的，与周边开发利用活动是可协调的，与所在国土空间规划分区、省海岸带及海洋空间规划功能区的管理要求均相符，与生态保护红线管理要求相符合。项目选址、用海方式、用海平面布置、用海面积和用海期限是合理的。在做好海域环境的保护工作的前提下，从海域使用角度出发，本项目调整用海是可行的。

1 概述

1.1 论证工作由来

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

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

2009 年 4 月，根据国家能源局下发的《关于印发海上风电场工程规划工作大纲的通知》（国新能〔2009〕130 号）的要求，广东省启动海上风电场址规划及海上风电输电规划工作。2011 年 6 月，《广东省海上风电场工程规划》报告正式报送国家能源局；2011 年 7 月，《广东省海上风电场工程规划》通过水利水电规划总院审查；2012 年 8 月国家能源局对《广东省海上风电场工程规划》进行了批复，2016 年 9 月广东省能源局委托广东院进行《广东省海上风电发展规划》修编，对《广东省海上风电场工程规划》中原有场址进一步进行梳理，并作适当调整。近两年，我国加快了海上风电平价上网的步伐。2018 年 5 月，国家发改委能源局颁布《关于 2018 年度风电建设管理有关要求的通知》（国能发新能〔2018〕47 号），要求 2019 年以后新增核准的海上风电采用竞价上网的方式。2019 年 1 月，国家发改委能源局发布《关于积极推进风电、光伏发电无补贴平价上网有关工作的通知》（发改能源〔2019〕19 号），2019 年 5 月配套出台《关于公布 2019 年第一批风电、光伏发电平价上网项目的通知》（发改办能源〔2019〕594 号），2 个通知要求积极推进海上风电平价上网。2023 年 1 月，广东省发展改革委印发《关于调整全省海上风电场址的通知》。根据通知，广东省新增省管海域（领海线以内）海上风电场址 7 个，装机容量 1830 万千瓦；规划国管海域（领海线以外专属经济区）粤东海上风电基地场址 7 个，装机容量 3570 万千瓦。2023 年 6 月，广东省发展改革委印发《广东省 2023 年海上风电竞争配置工作方案》，其中省管海域项目共 15 个，装机容量 700 万千瓦。2023 年 10 月，广东省

2023 年省管海域海上风电项目竞争配置结果公布，中广核江门川岛一海上风电项目由中广核风电有限公司牵头的联合体开发建设。

本项目为中广核江门川岛一海上风电项目，位于江门市台山市南侧海域，场址面积约 47km²，风场场址水深在 45m~49m 之间，规划装机容量为 400MW，拟布置 29 台 14MW 固定式风电机组，风电机组发出电能通过 6 回 66kV 集电海底电缆接入东北侧与国能江门川岛二海上风电项目合建的海上升压站，共同送出。项目已于 2024 年 1 月 26 日取得用海预审意见（见附件）。现阶段，根据本项目招标的定标机型，对风机台数、单机容量及平面布置进行调整。调整后拟布置 13 台 16MW 和 12 台 16.7MW 固定式风电机组，风电机组发出电能通过 6 回 66kV 集电海底电缆接入东北侧与国能江门川岛二海上风电项目合建的海上升压站，共同送出。海上升压站及送出海底电缆单独立项，不在项目申请用海范围内。

调整后项目用海面积发生改变，根据《中华人民共和国海域使用管理法》等法律法规的规定，应重新进行海域使用论证。项目建设单位为中广核新能源（江门）有限公司，受其所托，广东海兰图环境技术研究有限公司承担该项目的海域使用补充论证工作（见附件）。我公司在接受该海域使用补充论证工作的委托后，为使论证工作顺利开展，收集了大量相关信息资料，详细了解工程内容。根据该项目海域使用的性质、规模和特点，按照《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361-2023）等的要求编制了《中广核江门川岛一海上风电项目海域使用补充论证报告书》（送审稿）。

1.2 论证依据

1.2.1 法律法规

本项目海域使用补充论证报告书的编制依据主要有下列相关的国家和部门的法律法规，以及其它涉海部门和地方的海域使用和海洋环境保护等管理规定。

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

（2） 《中华人民共和国海洋环境保护法》（2023 年 10 月 24 日第十四届全国人民代表大会常务委员会第六次会议第二次修订，自 2024 年 1 月 1 日起施行）；

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

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

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

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

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

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

(9) 《中华人民共和国湿地保护法》(2021 年 12 月 24 日第十三届全国人民代表大会常务委员会第三十二次会议通过, 2022 年 6 月 1 日施行);

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

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

(12) 《中华人民共和国野生动物保护法》(2022 年 12 月 30 日第十三届全国人民代表大会常务委员会第三十八次会议第二次修订);

(13) 《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);

(14) 《海域使用权管理规定》(国家海洋局, 2007 年 1 月 1 日起实施);

(15) 《国家海洋局关于印发<海洋生态损害评估技术指南(试行)>的通知》(国海环字〔2013〕583 号);

(16) 《中华人民共和国自然保护区条例》(根据 2017 年 10 月 7 日《国务院关于修改部分行政法规的决定》第二次修订);

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

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

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

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

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

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

（23）《自然资源部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）；

（24）《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）；

（25）《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）；

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

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

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

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

（30）《铺设海底电缆管道管理规定》（自 1989 年 3 月 1 日起施行）；

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

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

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

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

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

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

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

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

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

1.2.2 相关规划和区划

(1) 《“十四五”现代能源体系规划》(发改能源〔2022〕210 号)；

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

(3) 《中国航路指南》A103，海军司令部航海保证部；

(4) 《全国沿海船舶航路总体规划》，2011 年 11 月 18 日印发；

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

(6) 《广东省海洋功能区划(2011-2020 年)》，2012 年 11 月；

- (7) 《广东省海洋经济发展“十四五”规划》，2022年3月；
- (8) 《广东省能源发展“十四五”规划》，2018年7月；
- (9) 《广东省海上风电发展规划（2017-2030年）（修编）》（粤发改能新〔2018〕193号）；
- (10) 《广东省国土空间规划（2021-2035年）》（国函〔2023〕76号，2023年8月8日）；
- (11) 《广东省自然资源保护与开发“十四五”规划》（粤府办〔2021〕31号）；
- (12) 《2030年前碳达峰行动方案》（国发〔2021〕23号）；
- (13) 《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035年）》（粤自然资发〔2023〕2号，2023年5月10日）；
- (14) 《产业结构调整指导目录（2024年本）》（国家发展和改革委员会，中华人民共和国国家发展和改革委员会令第7号，2024年2月1日施行）；
- (15) 《市场准入负面清单（2022年版）》（发改体改规〔2022〕397号）；
- (16) 《江门市国土空间总体规划（2021-2035年）》（江门市自然资源局，2022年7月）；
- (17) 《江门市国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》（江门市人民政府，2021年5月）。

1.2.3 技术标准和规范

- (1) 《海籍调查规范》（HY/T124-2009）；
- (2) 《海域使用分类》（HY/T123-2009）；
- (3) 《海域使用论证技术导则》（GB/T42361-2023）；
- (4) 《海洋调查规范》（GB/T12763-2007）；
- (5) 《海洋监测规范》（GB17378-2007）；
- (6) 《海水水质标准》（GB3097-97）；
- (7) 《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）；
- (8) 《海洋生物质量》（GB18421-2001）；
- (9) 《渔业水质标准》（GB11607-89）；
- (10) 《海域使用面积测量规范》（HY070-2022）；

- (11) 《全球导航卫星系统 (GNSS) 测量规范》(GB/T18314-2024);
- (12) 《中国海图图式》(GB12319-2022);
- (13) 《海洋工程地形测量规范》(GB/T17501-2017);
- (14) 《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》(2002.04);
- (15) 《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(SC/T9110-2007, 中华人民共和国农业部);
- (16) 《海上风电工程环境影响评价技术规范》(国家海洋局, 2014.04);
- (17) 《宗海图编绘技术规范》(HY/T 251-2018);
- (18) 《风电场微观选址技术规范》(NB/T 10103-2018)。

1.2.4 项目技术资料

- (1) 《中广核江门川岛一海上风电项目可行性研究报告》(2024 年 12 月);
- (2) 《中广核江门川岛一海上风电项目可行性研究阶段岩土工程勘测报告》(2024 年 6 月);
- (3) 《中广核江门川岛一海上风电项目附近海域全潮海洋水文测验技术报告》(2024 年 7 月);
- (4) 《中广核江门川岛一海上风电项目海洋环境现状调查监测报告 (2023 年秋季)》(2023 年 12 月);
- (5) 《中广核江门川岛一海上风电项目海洋环境现状调查监测报告 (2024 年春季)》(2024 年 5 月);
- (6) 《江门川岛一海上风电场项目鸟类调查专题报告》(2024 年 7 月);
- (7) 《江门川岛 (一) 海上风电项目 (2023 年秋季) 调查报告》(2023 年 10 月);
- (8) 《江门川岛 (一) 海上风电项目 (2023 年冬季) 调查报告》(2023 年 12 月);
- (9) 建设单位提供的其他资料。

1.3 论证等级和范围

1.3.1 论证等级

本项目用海方式调整前后不变，为构筑物（一级方式）的透水构筑物（二级方式）和其他用海方式（一级方式）的海底电缆管道（二级方式）。

调整后项目申请用海面积为 264.9867 公顷，其中透水构筑物（风机）面积为 155.4147 公顷，海底电缆管道（66kV 集电海缆）用海面积为 109.5720 公顷。根据《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361-2023）的海域使用论证等级判定表（见表 1.3.1-1），透水构筑物用海总面积大于（含）30 公顷所有海域论证等级为一级，海底电缆管道所有规模其他海域论证等级为三级，根据“同一项目用海按不同用海方式、用海规模所判定的等级不一致时，采用就高不就低的原则确定论证等级”，调整后项目的论证等级为一级。调整前后论证等级不变。

表 1.3.1-1 海域使用论证等级判定标准

用海单元	一级用海方式	二级用海方式		用海规模	所在海域特征	论证等级
风机	构筑物	透水构筑物		构筑物总长度大于（含）2000米或用海总面积面积大于（含）30 公顷 本项目透水构筑物用海面积155.4147 公顷	所有海域	一
海底电缆	其他方式	海底电缆管道	海底电（光）缆	所有规模 本项目海底电缆管道用海面积109.5720 公顷	敏感海域	二
					其他海域	三
本项目						一

1.3.2 论证范围

根据《海域使用论证技术导则》规定的确定论证范围原则方法，即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。本项目论证范围以项目用海外缘线为起点向外扩展 15km，论证面积约 1651.78km²，详见图 1.3.2-1，论证范围坐标点详见表 1.3.2-1。

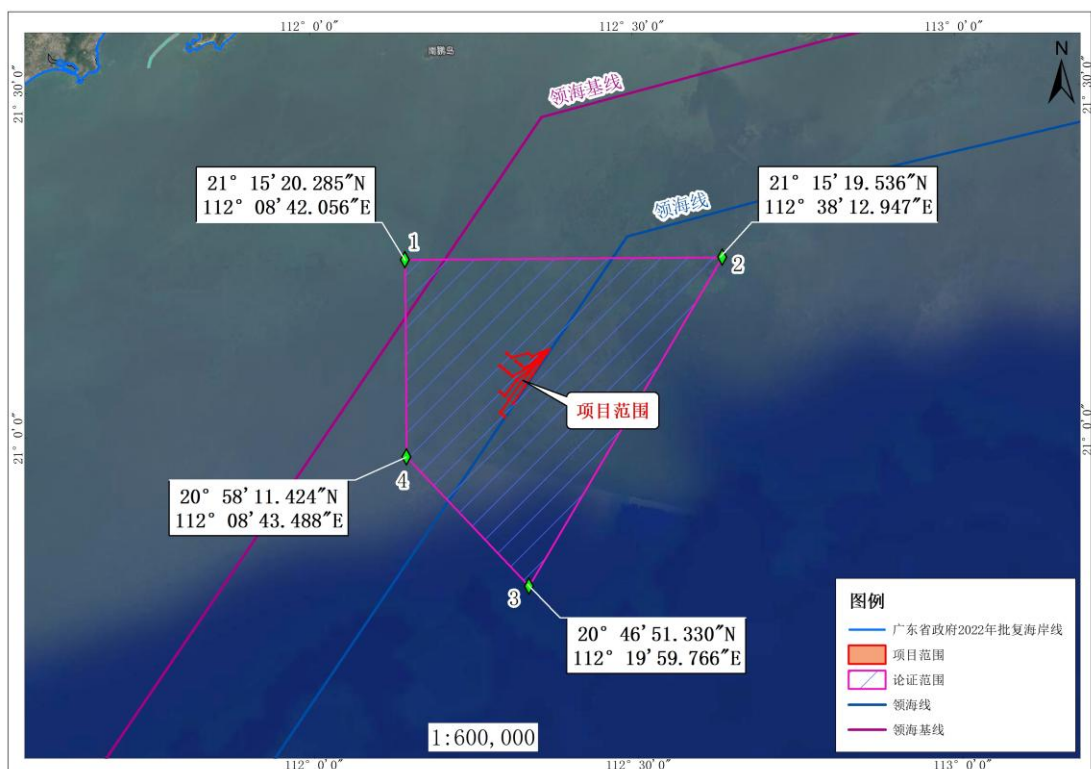


图 1.3.2-1 论证范围图

表 1.3.2-1 论证范围四至坐标点

序号	北纬 (N)	东经 (E)
1	21°15'20.285"	112°08'42.056"
2	21°15'19.536"	112°38'12.947"
3	20°46'51.330"	112°19'59.766"
4	20°58'11.424"	112°08'43.488"

1.4 论证重点

调整后本项目宏观选址未变，微观选址发生变化，根据工程海域的自然环境条件、海洋资源分布及开发利用现状等特点，结合项目的用海性质、可能造成的环境影响及一级论证的要求，确定本补充论证工作的论证重点为：

- (1) 项目用海调整必要性；
- (2) 资源生态影响分析；
- (3) 用海平面布置调整合理性分析；
- (4) 用海面积调整合理性分析；
- (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 项目基本情况

(1) 项目名称：中广核江门川岛一海上风电项目

(2) 项目性质：新建项目

(3) 建设单位：中广核新能源（江门）有限公司

(4) 地理位置：本项目位于江门市台山市南侧海域，详见图 2.1.1-1，场址面积约 47km²，风电场场址水深在 45m~49m 之间，距离陆地最近距离约 65km。

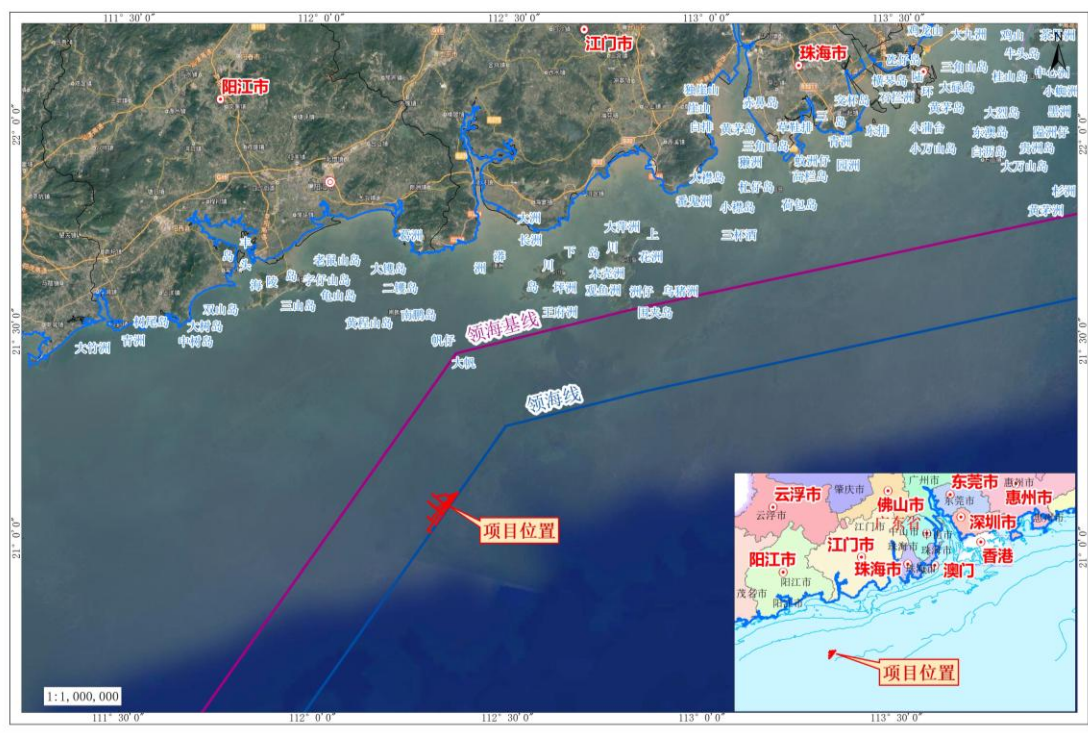


图 2.1.1-1 项目地理位置图

2.1.2 工程建设内容及规模

本项目调整后规划装机容量为 400MW，拟建设 13 台 16MW 和 12 台 16.7MW 固定式风电机组，风电机组发出电能通过 6 回 66kV 集电海底电缆接入东北侧与国能江门川岛二海上风电项目合建的海上升压站，共同送出。海上升压站及送出海底电缆单独立项，不在项目申请用海范围内。

工程静态投资 294003.83 万元，单位千瓦静态投资 7071 元/kW，工程动态投

资 294003.83 万元，单位千瓦动态投资 7199 元/kW。

2.2 平面布置和主要结构、尺度

2.2.1 平面布置

原论证方案，项目拟布置 29 台 14MW 的风电机组，采用阵列式布置。66kV 集电海缆采用链型拓扑结构，共 6 个回路，各个回路考虑功率分布平衡，连接 4~5 台风机，且不交叉不重叠。原方案的平面布置图详见图 2.2.1-1。

调整后，项目拟布置 13 台 16MW 和 12 台 16.7MW 风电机组，采用阵列式布置。66kV 集电海缆采用链型拓扑结构，共 6 个回路，各个回路考虑功率分布平衡，连接 4~5 台风机，且不交叉不重叠。调整后方案平面布置图详见图 2.2.1-2 所示。

相较于原方案，风机单机容量由 14MW 调整为 16MW 和 16.7MW，风机台数由 29 台减少为 25 台，风机排布及集电海缆布置也相应调整。项目调整前后平面布置变化情况详见表 2.2.1-1，调整前后平面布置对比示意图详见图 2.2.1-3。

表 2.2.1-1 调整前后总平面布置变化表

项目	调整前	调整后
风电机组	共布置 29 台 14MW 风电机组，各排风机基本垂直于主导风向，采用近似 6 排进行布置，列间距为 8.3~13D，行间距为 3.0~3.6D	共布置 13 台 16MW 和 12 台 16.7MW 风电机组，采用 6 列变间距布置的方案，列间距为 7.0~11.7D，行间距为 3.0~3.3D
66kV 海底电缆	采用链型拓扑结构，共 6 个回路，各个回路考虑功率分布平衡率分布平衡，连接 4~5 台风机，长约 68.99km	采用链型拓扑结构，共 6 个回路，各个回路考虑功率分布平衡率分布平衡，连接 4~5 台风机，长约 61.04km

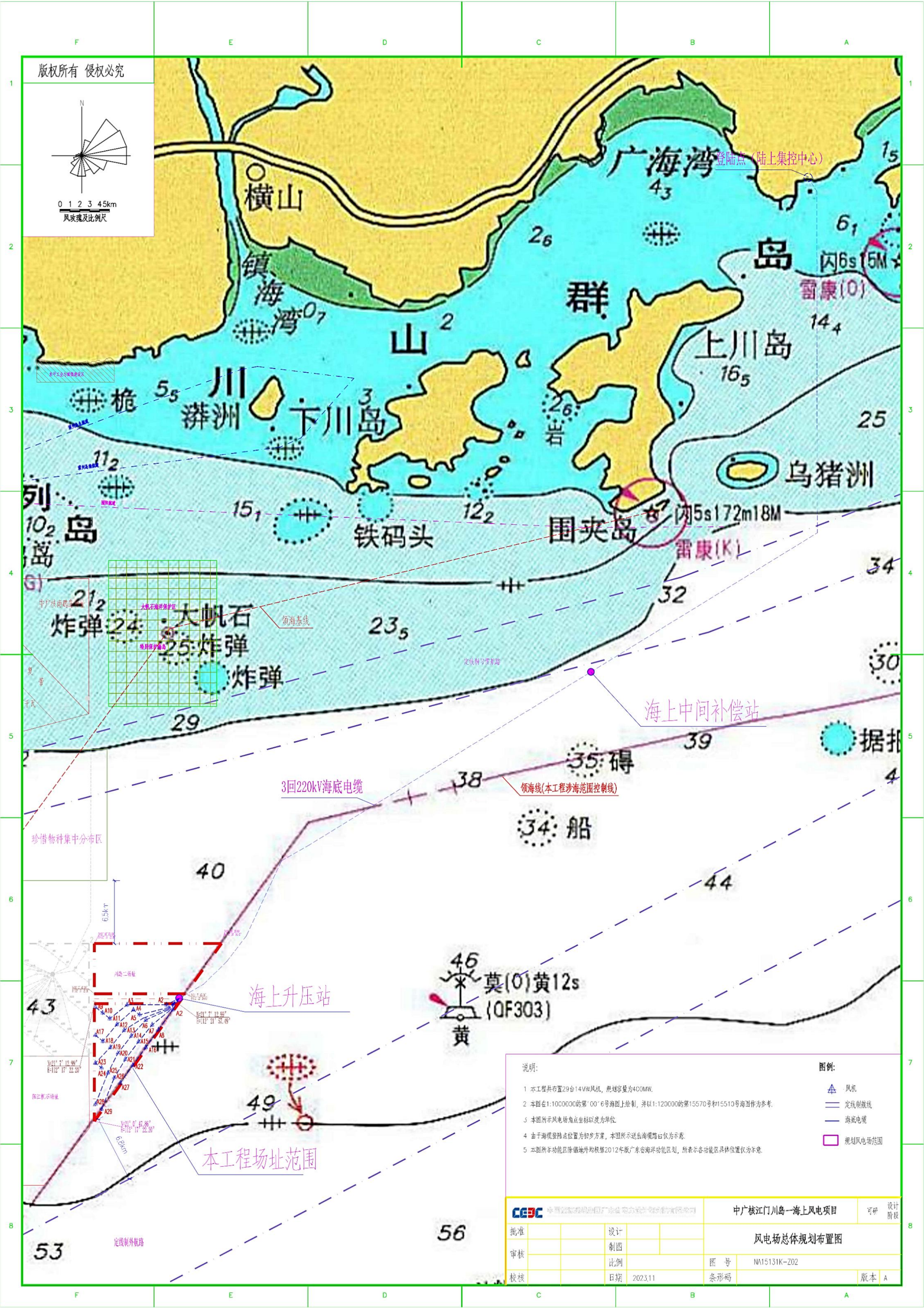


图 2.2.1-1 调整前项目总平面布置图

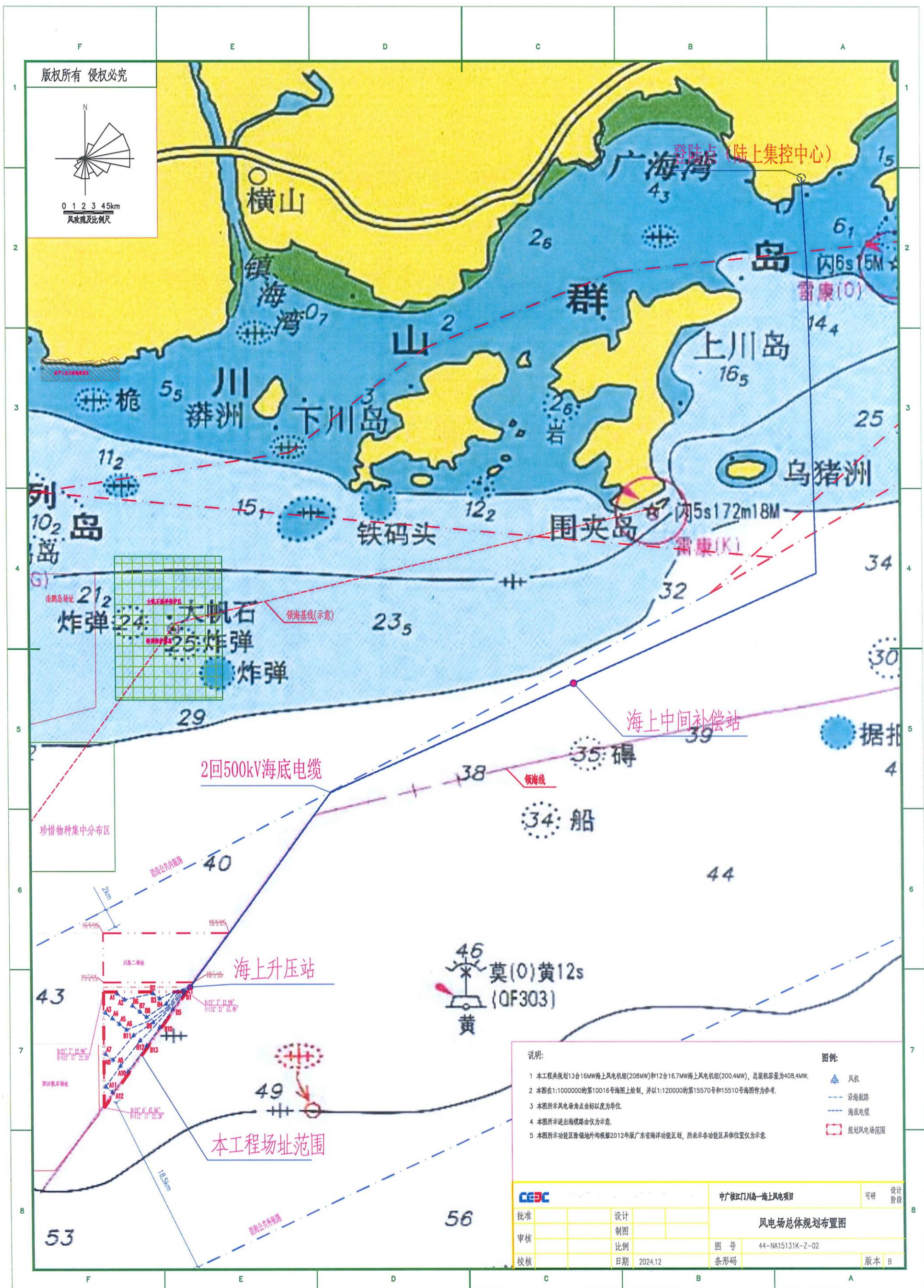


图 2.2.1-2 调整后项目总平面布置图

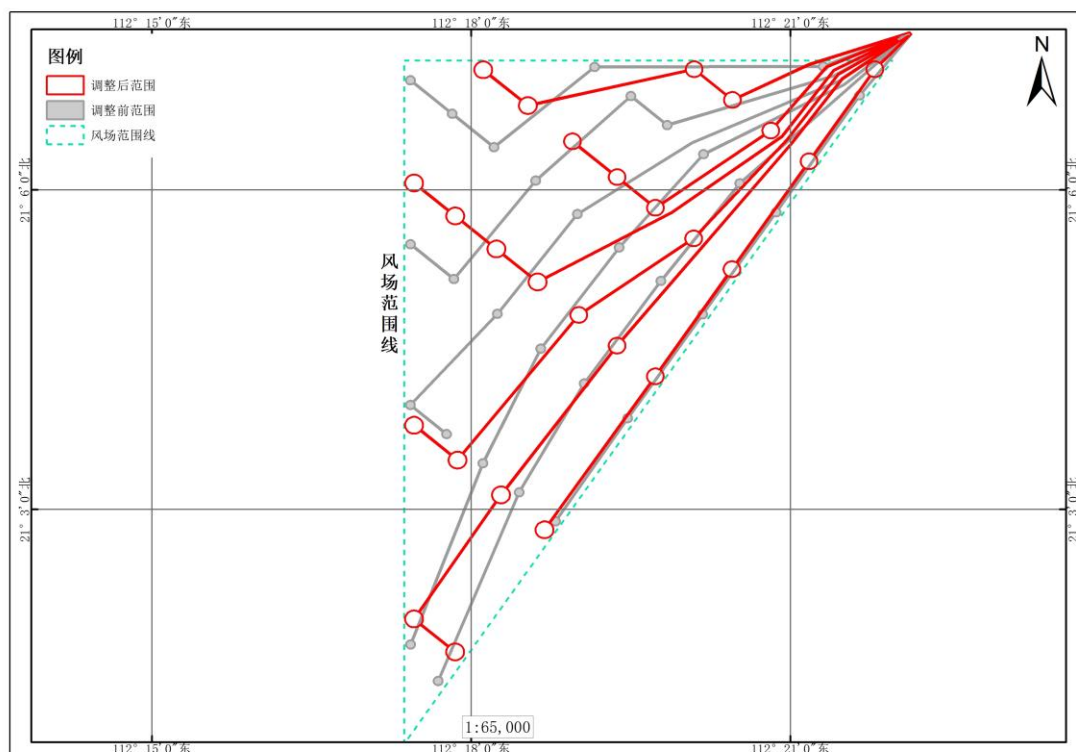


图 2.2.1-3 调整前后项目平面布置变化对比示意图

2.2.1.1 风电机组布置

项目调整前共布置 29 台 14MW 风电机组，各排风机基本垂直于主导风向，采用近似 6 排进行布置，列间距为 8.3~13D，行间距为 3.0~3.6D。调整后布置 13 台 16MW 和 12 台 16.7MW 风电机组，采用 6 列变间距布置的方案，列间距为 7.0~11.7D，行间距为 3.0~3.3D。项目调整前后平面布置对比示意图详见图 2.2.1-3，调整后平面布置示意图详见图 2.2.1-4。

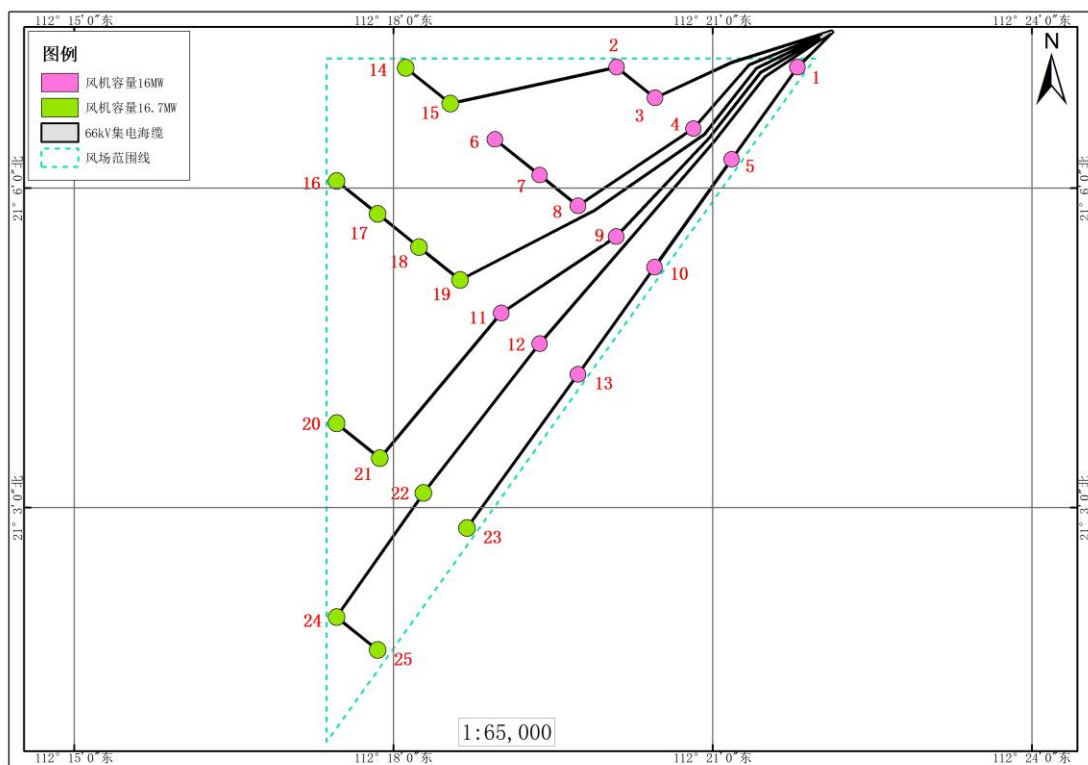


图 2.2.1-4 调整后风机和集电海缆平面示意图

2.2.1.2 66kV 集电海缆布置

项目调整前 66kV 集电海缆采用链型拓扑结构，共 6 个回路，各个回路考虑功分布平衡率分布平衡，连接 4~5 台风机，长约 68.99km；调整后采用链型拓扑结构，共 6 个回路，各个回路考虑功分布平衡率分布平衡，连接 4~5 台风机，长约 61.04km。调整前后对比图见图 2.2.1-3。

2.2.2 主要结构、尺度

2.2.2.1 风机

(1) 风机选型

调整前项目拟布置 29 台 14MW 风电机组；调整后项目拟布置 13 台 16MW 和 12 台 16.7MW 风电机组，参数及特性对比详见表 2.2.2-1。

表 2.2.2-1 风机设备特性表

项 目	单 位	调整前	调整后	
机组认证	/	型式认证	设计认证	型式认证
额定功率	kw	14000	16000	16700
轮毂高度	m	155	162	172.9
安全风速(3s)	m/s	79.8	79.8	79.8

设计等级	/	IEC S	IEC S	IEC S
生存环境温度	°C	-30~+50	-30~+50	-30~+50
运行环境温度	°C	-20~+40	-25~+40	-20~+40
叶片数	个	3	3	3
叶片长度	m	126	133	143
风轮直径	m	258	272	291.12
切入风速	m/s	3	3	3
切出风速	m/s	28 (21-28m/s 软切出)	25	25
额定风速	m/s	11.6	12.5	12.1

(2) 风机基础

本项目调整前 14MW 风机基础均采用四桩导管架基础，根开为 30 米，桩直径为 3.5 米，桩顶高程-38.0 米，整个风电场区域的平均钢管桩桩长约为 90~100m，平均入土深度约为 80m。整个场址采用同一种规格的导管架，导管架顶法兰高程为+27m，导管架腿直径为 1.5~2.8 米，主腿壁厚 40mm~80mm，过渡段壁厚最大 90mm，相邻导管腿之间通过 X 撑杆进行连接，共设置三层 X 撑，斜撑最大厚度约为 80mm，灌浆连接段长度约为 6 米，导管架高度约 75 米。

本项目调整后风机基础结构尺寸与调整前基本一致。16MW、16.7MW 风机基础均采用四桩导管架基础，根开为 30 米，桩直径为 3.5 米，桩顶高程-41.50~-39.50 米，平均钢管桩桩长约为 90m，平均入土深度约为 80m。整个场址采用同一种规格的导管架，导管架顶法兰高程为+27m，导管架腿直径为 1.5~2.8 米，主腿壁厚 40mm~80mm，过渡段壁厚最大 90mm，相邻导管腿之间通过 X 撑杆进行连接，共设置三层 X 撑，斜撑最大厚度约为 80mm，灌浆连接段长度约为 6 米，导管架高度约 75 米。四桩导管架基础结构图详见图 2.2.2-1 所示。

图 2.2.2-1 16MW 风机四桩导管架基础结构图（不公开）

图 2.2.2-2 16.7MW 风机四桩导管架基础结构图（不公开）

2.2.2.2 66kV 集电海缆

本项目调整前 66kV 海底电缆长约 68.99km，拟选用交联聚乙烯绝缘，分相铅护套，钢丝铠装，光电复合，三芯海底电缆，电缆截面从 $3 \times (95 \sim 650) \text{ mm}^2$ 不等，最大电缆外径为 176.3mm。

调整后 66kV 海底电缆长约 61.04km，拟选用交联聚乙烯绝缘，分相铅护套，钢丝铠装，光电复合，三芯海底电缆，电缆截面从 $3 \times (95 \sim 1000) \text{ mm}^2$ 不等，最大电缆外径为 190.5mm。海缆结构参数详见表 2.2.2-2，海缆结构型式见图

2.2.2-3。

表 2.2.2-2 项目海缆结构参数表

单机容量 (MW)	风机 台数	运行电流 (A)	海缆规格	海缆参考外 径 (mm)
16/16.7	1	154	HYJQF41-F 38/66kV-3×95 +2×48	132.8
	2	308	HYJQF41-F 38/66kV-3×120 +2×48	134.1
	3	461	HYJQF41-F 38/66kV-3×240 +2×48	146.7
	4	615	HYJQF41-F 38/66kV-3×500 +2×48	165.2
	5	769	HYJQF41-F 38/66kV-3×1000 +2×48	190.5

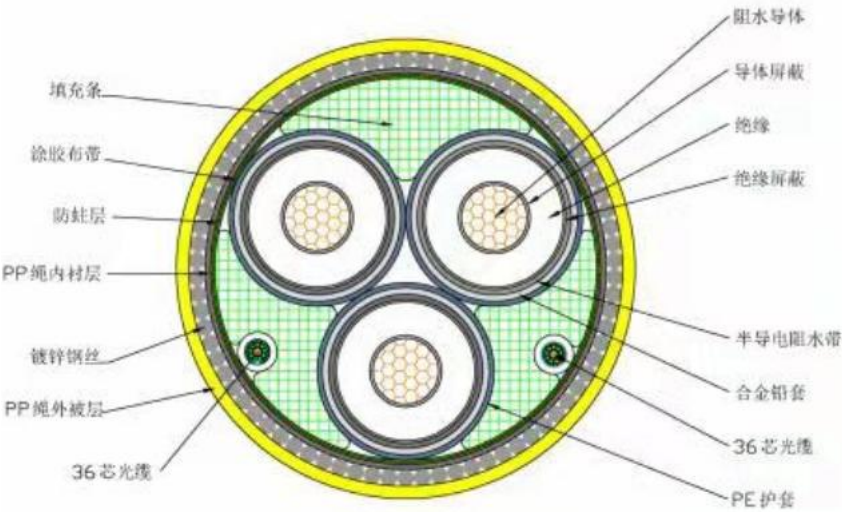


图 2.2.2-3 海缆结构型式图

2.2.2.3 海上升压站

项目风电机组发出电能通过 6 回 66kV 集电海底电缆接入东北侧与国能江门川岛二海上风电项目合建的海上升压站，共同送出。海上升压站及送出海缆用海另行申请，本次论证不包含该内容。本节对海上升压站结构尺寸进行简要介绍。

海上升压站上部组块采用四层布置，平台最外缘大小为 67.0m×66.6m，平台北和真北逆时针夹角 45°。上部结构由立柱、甲板、梁格和斜撑组成。海上升压站布置图详见图 2.2.2-4。

海上升压站下部结构采用四桩导管架型式，导管架底部桩靴中心根开为 58m×48m，钢管桩采用 φ4800 开口变壁厚钢管桩，共 4 根，壁厚为 40~80mm。桩长约为 101m。

图 2.2.2-4a 海上升压站一层甲板布置图（不公开）

图 2.2.2-4b 海上升压站二层甲板布置图（不公开）

图 2.2.2-4c 海上升压站三层甲板布置图（不公开）

图 2.2.2-4d 海上升压站顶层甲板布置图（不公开）

2.3 项目主要施工工艺与方法

本项目工程施工主要项目有大型钢结构制作、风机基础施工、风机机组安装、66kV 场内海缆敷设。现结合工程条件及特点，针对海上风电场的主要施工项目的施工方案进行介绍说明。项目调整前后施工工艺不变。

2.3.1 施工工艺及方法

2.3.1.1 风电机组基础施工

（1）基础钢结构制造

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

（2）钢管桩制造

钢管桩制作采用常规的直缝加工制作工艺基，其加工制作工艺主要为：

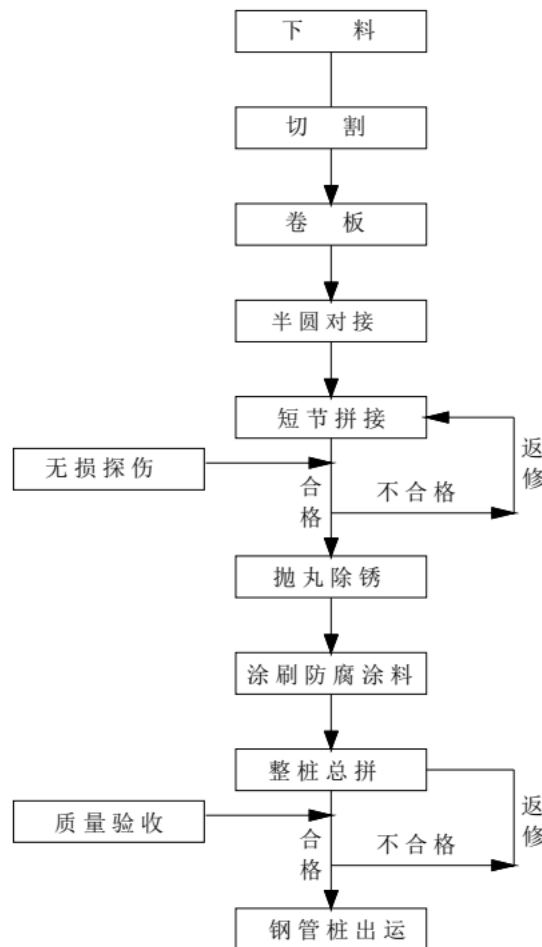


图 2.3.1-1 钢管桩加工制作工艺流程图

(3) 基础钢结构的运输

1) 导管架运输

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

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

2) 钢管桩运输

钢管桩在加工厂生产完并经验收合格后，采用滚装工艺，利用场内轨道、台车进行运输装船，采用 15000t 级以上运输货船运输，每次运输 6 或 8 根钢管桩至风电场，供 2 台风机基础施工使用。

(4) 测量工程

风机基础施工项目为外海施工作业项目，施工区域远离海岸线，常规测量无法直接进行作业，采用 GPS 定位技术进行测量控制，拟在风电场内设置测量 GPS

基站，覆盖到整个施工区域。测量仪器主要采用高精度的 GPS 测量仪器，全站仪、经纬仪、水准仪及激光扫平仪器为辅助测量仪器。本工程实施初期，可利用本工程场址前期建造的测风塔平台设置 GPS 测量基站平台，并在平台上设置供电系统。

（5）常规桩沉桩施工

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

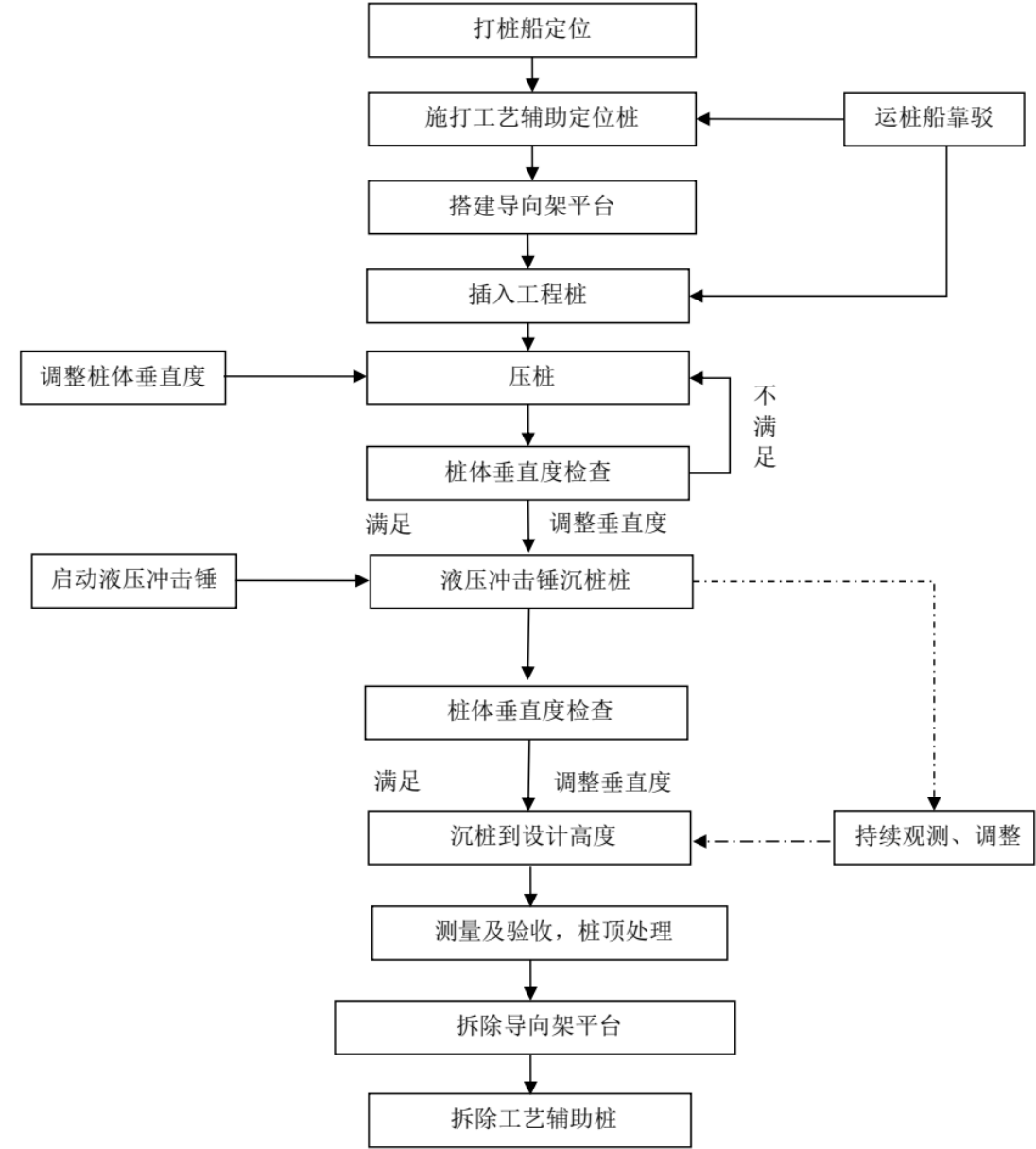


图 2.3.1-2 常规钢管桩沉桩施工工艺图

主要施工步骤：

- 1) 作业船抛锚、定位和安装导向架

本工序需要在外海施工，打桩船抛锚采用八字形式，在抛锚位置处挂浮筒。沉桩施工采用设置工艺辅助桩及导向架的方式来保证钢管桩沉桩的质量控制，通过打设工艺辅助桩保证导向架的稳定，在工艺导向架上设置三个 GPS 控制点及两台测倾仪，并通过设置在定位导向架上的液压调平装置进行工艺定位架的调平来保证同机位的钢管桩的桩位平面位置及垂直度。

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

定位架 4 个套筒根开 30m，套筒长度 10m，内径 3520mm，钢桩直径 3500mm，内间隙 20mm，工艺定位架示意图详见图 2.3.1-3，平面布置示意图详见图 2.3.1-4。



图 2.3.1-3 工艺定位架示意图

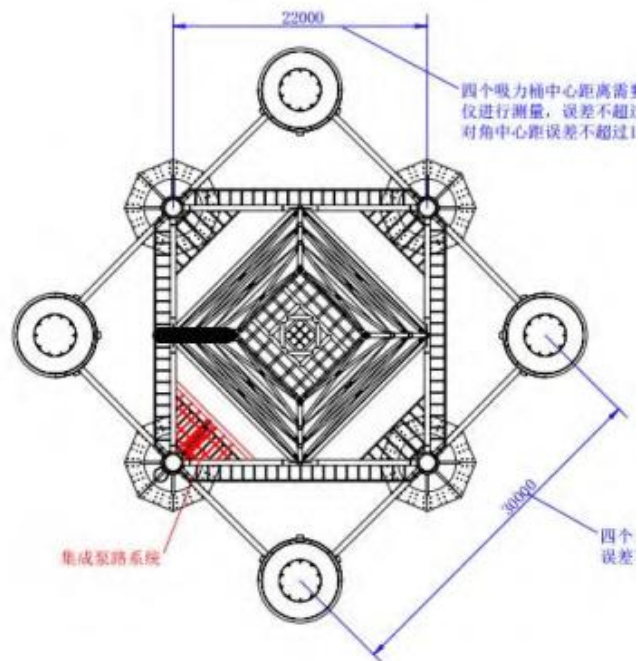


图 2.3.1-4 定位架平面布置示意图

2) 沉桩

钢管桩沉桩分为四个阶段：

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

第二阶段采用起重船吊液压冲击锤，将钢管桩锤击至设计标高，过程中持续观测和调整桩的垂直度；

第三阶段采用起重船吊离液压锤，吊除定位导向，拆除工艺辅助桩。

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

3) 钢管桩顶部预处理

本工程地质条件较复杂，且桩顶标高偏差需控制在 50mm 内，可能会出现部分高桩，因此钢管桩要在安装基础钢结构标高位置进行切割处理。

4) 测量、验收

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

(6) 上部基础结构安装

四桩导管架基础结构主要分为上部结构和基础工程桩两部分，上部结构通过

底部的筒体与基础工程桩相连，然后通过接缝灌浆的形式连成整体。

施工工艺流程：

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

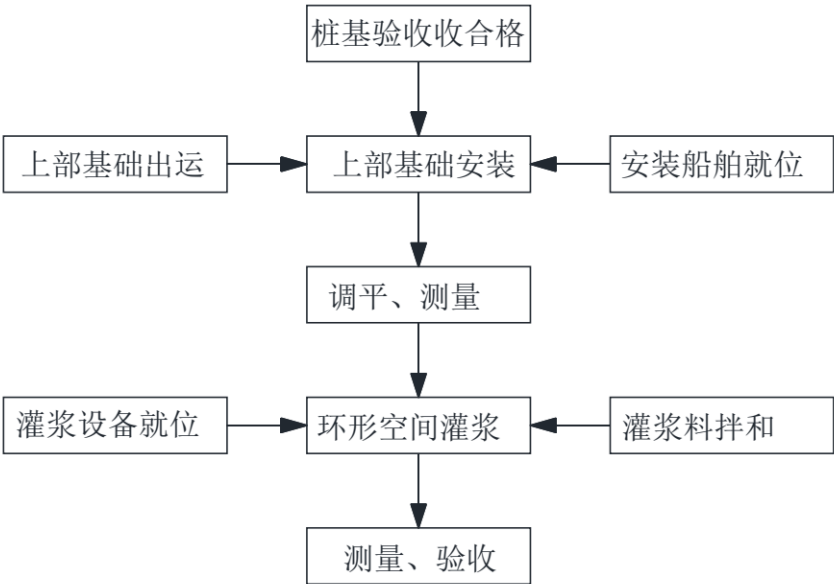


图 2.3.1-5 上部基础结构施工工艺流程图

主要施工步骤：

1) 上部基础海上吊装及调平施工

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

2) 灌浆施工

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

2.3.1.2 风电机组安装

按照海上风机安装工艺不同，海上风机机组设备安装主要可为整体吊装方式

和分体吊装方式两种。结合本工程的工程建设条件及国内施工设备的信息情况等，风机分体安装方式更适应本工程所在海域涌浪大、海况恶劣的施工条件，因此现阶段拟推荐风机安装采用分体安装方式进行。

海上分体吊装方案是将风电机组各组件各自完成自身的预组装后，运至风场机位，在现场依次进行塔筒、机舱、轮毂与叶片组合件的安装。施工工艺流程如下：

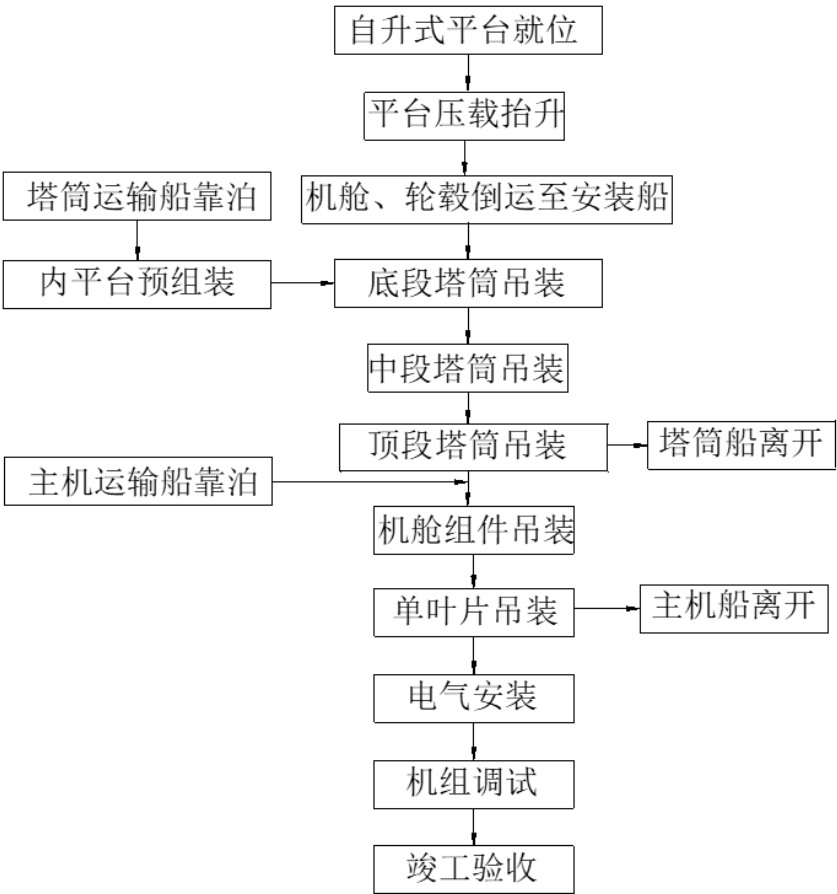


图 2.3.1-6 风机分体吊装安装施工工艺流程图

主要施工步骤：风机部件组装→风机海上运输→基础交接→塔筒内风机电器设备甲板面组装→自升平台船就位→吊装塔筒→机舱与轮毂组装→组合体吊装→单叶片吊装→电气系统安装。

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

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

吊装下段塔筒：使用 250t 辅吊与 1200t 主吊共同抬吊立起塔筒组件。在上下两端法兰盘分别安装好塔筒吊装工装件（顶端均布安装四点，底端安装两点）。下段采用辅吊抬吊塔筒下法兰，主吊抬吊塔筒上法兰。将塔筒起吊至垂直位置时，拆除辅吊及吊具，使用引导绳引导，由主吊单独完成塔筒吊装就位工作。将塔筒垂直放置，然后将电器设备在上进行组装。塔筒位置确定后用螺栓进行安装，符合要求后按照上述方法重复进行中塔筒、上塔筒的安装。

机舱与轮毂组装：通过自升式平台施工船的主吊机将机舱（包括运输底座）从运输船上起吊至平台甲板上指定位置，利用甲板上的辅助吊机安装机舱避雷支架等附属件。将轮毂利用履带吊吊机主钩与轮毂完成挂钩后，将轮毂与运输工装的连接件全部拆除。通过吊机在空中将轮毂翻身 90°。然后将轮毂与机舱法兰完成对接，形成组合体。待所有螺柱安装到位后，手动上紧螺母，然后使用拉伸器紧固螺栓。

组合体吊装：挂好机舱组合体专用吊具；拆掉下部运输支架；装上 2 根 150m 的风绳用于引导机舱组合体的方向；启动主吊，缓缓提起机舱组合体，调整机舱组合体位置；将机舱组合体提升超过上塔架的上法兰后，对准法兰标记位置，缓慢下落正确就位；在机舱组合体的偏航齿圈端面离塔架上法兰的距离有 1cm 时，吊机停止。用导向棒对准安装螺孔；用螺栓、垫片进行装配，对称装上几个螺栓，螺栓旋入 1cm 的螺纹；此时吊机下落到两端面接触，吊机还要负荷 1/2 机舱的重量；安装人员按螺栓紧固工艺要求使用电动或液压扳手拧紧螺栓，给螺栓施加到规定到力矩，卸下吊具，吊机复位；安装完毕后进行下一步的线路的对接。

单叶片吊装：起吊第一片叶片，使叶片达到轮毂位置后，对接叶片和轮毂，安装螺母、垫片，紧固叶片螺柱，单叶片吊具脱钩，盘车，使轮毂转动，然后变桨，将叶片变桨到顺桨位置，同样方法安装第二、三片叶片。

电气系统安装：依次安装箱变、高低压柜及电缆等电气设备。

2.3.1.3 海缆敷设施工

本工程海缆敷设主要包括风机与风机之间、风机与海上升压站之间的 66kV

海底电缆。根据水深要求，本场地采用深埋方式。工程场址海域海床表层基本为淤泥质土，铺缆正常海况条件为六级以下风力，海上正常条件下的敷设速度为6m/min。海缆沟槽底宽约0.3m，顶宽约0.5m，埋深2~3m。

常规海缆敷设主要施工工艺如下：

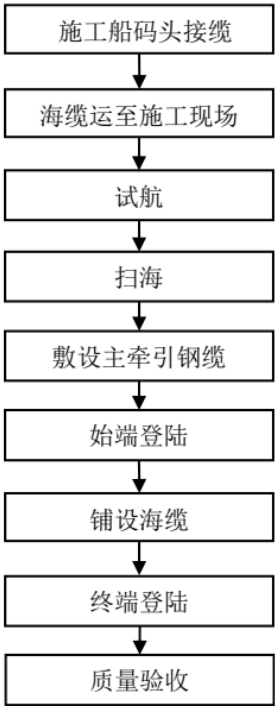


图 2.3.1-7 海缆敷设施工工艺

海缆深埋敷设施工可以分为施工准备、海缆敷设、后续保护和电缆试验 4 个主要阶段。海缆敷设过程可分为始端登陆、中间段敷埋、终端登陆。

（1）始端登陆施工

敷缆船靠近风机基础，在“J”型管（或基础开孔）出口方向锚定，将做好水密措施的海底电缆头与“J”型管（或基础开孔）内的钢丝绳连接，将海缆经“J”型管（或基础开孔）拖进风机基础内部，并与基础上的专用结构锚固。

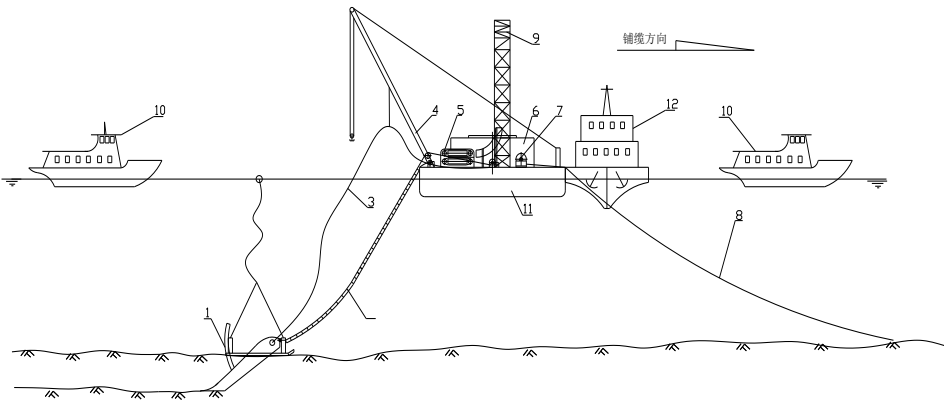
（2）中间海域段敷埋

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

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

埋设机起吊，脱离停放架；电缆装入埋设机腹部，关上门板并在埋设犁电缆

出口处设置吊点，保证投放埋设犁时电缆的弯曲半径；埋设机缓缓搁置海床面；水下检查电缆与埋设机相对位置，并解除吊点；启动高压海水泵；启动埋深监测系统；启动牵引卷扬机；施工船起锚，开始牵引敷埋作业。



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

图 2.3.1-8 海底电缆敷设施工

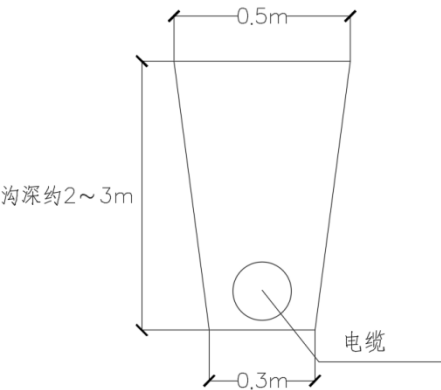


图 2.3.1-9 电缆沟剖面图

(3) 终端登陆

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

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

(4) 海缆保护

建设单位应按照国家法律法规,维护自己的合法权益,保护海底电缆的安全。

海缆敷设完成后,为减少因海缆悬空晃动造成海缆损失。在海缆“J”型管建议采用海缆弯曲限制器。

2.3.2 施工设备

2.3.2.1 风电机组基础

若基础施工各工序均按 2 个工作面来考虑,则基础所需的船机设备见下表:

表 2.3.2-1 基础施工主要船机配置表

序号	名称及规格	单位	数量	用途	备注
1	主起重船	艘	2	钢管桩打桩	起升高度 100 米以上,起重能力 3000t 以上配导向架
2	液压打桩锤	个	2	钢管桩插打	2000KJ 级以上
3	主起重船	艘	2	上部基础吊装、稳桩平台安装	起重能力 3500t 级以上
4	甲板驳船	艘	2	钢管桩运输	15000t 级以上,每次运输 6~8 根,自航
5	甲板驳船	艘	2	上部基础运输	10000t 级以上,每次运输 2 个,自航
6	拖轮	艘	4	拖运、移位船只	5000HP 及以上
7	抛锚艇	艘	4	驳船、起重船等起抛锚	
8	交通艇	艘	2	接送人员	
9	补给船	艘	1	淡水与生活物资补给	
10	灌浆船	艘	2	导管架灌浆	3000t 级以上

2.3.2.2 风电机组安装

按照风机分体式吊装方案,若考虑 2 个工作面进行风机分体安装,则施工需投入的主要设备如下:

表 2.3.2-2 风机吊装主要船机配置表

序号	名称及规格	单位	数量	用途	备注
1	自升平台船	艘	1	风机吊装	1200t 主吊、250t 辅助吊,吊高 160m (距甲板)、插腿长 110m 以上
2	平板驳	艘	2	风机运输	15000t
3	拖轮	艘	1	起锚艇(拖轮)	8000HP
4	供给船	艘	1	淡水、油料	
5	交通艇	艘	1	场内交通	

6	多功能驳	艘	1	材料运输	5000HP
---	------	---	---	------	--------

2.3.2.3 海缆敷设

项目海缆敷设施工主要铺缆设备和机具、电缆埋深设备、锚泊设备如下：

表 2.3.2-3 海缆敷设主要施工设备配置表

序号	名称	说明
主要铺缆设备和机具		
1	海缆转盘	储存电缆，载重 5000t 级，轨道转动，机械手盘放
2	电缆退扭系统	释放电缆扭应力
3	布缆机	将电缆从储缆圈经电缆桥拉至甲板
4	机械计米器	计量敷设海缆长度
5	入水槽	保证电缆入水角度和弯曲半径
主要电缆埋深设备		
6	电缆埋设机	海底电缆埋深，埋设犁挖深最大可达 5m
7	高压水泵	供水，扬程 300 米以上
8	高压水管	将高压水输送至埋设机
9	导缆笼	保证埋设机至船舷间电缆的张力和弯曲半径
10	海缆埋深监测系统	监测电缆的张力、埋深、偏差、缆长及水深、流速等
11	拖曳式潜水器综合监控导航系统	埋设机综合监控与水下导航定位系统
锚泊设备		
12	牵引绞车	牵引施工船前进
13	锚机	固定船位
14	海军锚	大抓力锚
15	钢丝绳	牵引、锚泊等

2.3.3 施工进度计划

本工程总工期计划为 16 个月。第 T+6 月初首批风机基础沉桩施工，第 T+8 月初首批导管架基础安装施工，第 T+9 月初首批风机安装施工，第 T+12 月底首批 5 台风机机组投产发电，第 T+16 个月底全部 25 台风机投产发电，项目竣工验收。

表 2.3.3-1 施工进度计划表

序号	项目	工期 (月)	计划开工 (月)	计划结束 (月)	备注
1	施工准备	2	T+1	T+2	主基地改造、配置临建设施
2	导管架及钢管桩制造加工	9	T+3	T+11	
3	非嵌岩四桩导管架沉桩施工	6	T+6	T+11	2 个工作面
4	导管架基础安装施工	6	T+8	T+13	2 个工作面

	首批风机机组安装	2	T+9	T+10	首批 5 台
5	剩余风机机组安装	4	T+11	T+14	2 个工作面
6	66kV 海缆敷设	6	T+10	T+15	工期跨度
7	首批风机并网调试	2	T+11	T+12	
8	剩余批风机并网调试	5	T+12	T+16	
9	首批风机投产发电			T+12	里程碑
10	全部风机投产发电			T+16	里程碑

2.3.4 土石方平衡

本项目 25 台风电机组采用先桩法四桩导管架基础。桩基施工不涉及嵌岩桩，采用常规沉桩施工不产生钻渣。风机先桩法四桩导管架基础在导管架安装之前需对已完成沉桩的钢管桩内进行清孔，每台基础清孔产生泥沙约 $4\sim 8\text{m}^3$ ，按最大量计算，25 台风机基础产生泥沙约 200m^3 ，可运至集控中心，参与集控中心的土方平衡。项目灌浆料为高强灌浆料，灌浆所需材料由施工方通过商业采购形式获得，灌浆时采用水下摄像头进行监控，只有极少量外溢。

敷设海底电缆采用埋设犁冲沟敷设、自动回淤保护的方式，没有多余土石方产生。

2.4 项目用海需求

2.4.1 项目用海需求

本项目规划装机容量为 400MW，拟建设 13 台 16MW 和 12 台 16.7MW 固定式风电机组、6 回 66kV 集电海底电缆。

（1）风机用海需求

本项目规划场址范围内拟布置 13 台 16MW 和 12 台 16.7MW 风电机组，16MW 与 16.7MW 风轮直径分别为 272m、291.12m。

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。”16MW 风机、16.7M 风机塔架中心点与风机叶片投影最外缘点连线长度分别为 136m、145.56m，因此 1 台 16MW 风机占用海域面积为 5.8107 公顷，1 台 16.7MW

风机占用海域面积为 6.6563 公顷，则本项目 13 台 16MW 和 12 台 16.7MW 风机用海需求为 155.4147 公顷。

(2) 66kV 集电海缆用海需求

根据项目需要，风电机组发出电能需通过 66kV 集电海缆接入海上升压站。66kV 集电海缆外径为 132.8mm~190.5mm，本项目取 190.5mm，66kV 集电海缆长度为 61.04km，66kV 集电海缆占用海域面积为 1.1628 公顷。

根据《海籍调查规范》中海底工程用海对电缆管道的规定：“以电缆管道外缘线向两侧外扩 10m 距离为界”，再结合海底电缆的布置，考虑 66kV 海缆与风机、升压站用海重叠，按照海域使用金征收标准的不同，采取就高不就低的原则：即风机和升压站用海优先，海底电缆次之，扣除风机、升压站用海与 66kV 集电海缆重叠面积，计算得出 66kV 集电海缆项目用海需求为 109.5720 公顷。

2.4.2 申请用海情况

项目调整前后海域使用类型及用海方式不变：按《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（自然资发〔2023〕234 号），本项目海域使用类型为工矿通信用海（一级类）中的可再生能源用海（二级类），按《海域使用分类》（HY/T 123-2009），本项目海域使用类型为工业用海（一级类）中的电力工业用海（二级类），用海方式包括透水构筑物（风力发电机组）、海底电缆管道（66kV 集电海缆）。

调整前，项目申请用海总面积 178.7534 公顷，其中透水构筑物用海面积共 48.4967 公顷，海底电缆管道用海总面积 130.2567 公顷。项目申请用海范围不占用岸线，申请用海期限为 27 年。

调整后，项目申请用海总面积 264.9867 公顷，其中透水构筑物用海面积共 155.4147 公顷，海底电缆管道用海总面积 109.5720 公顷。项目申请用海范围不占用岸线，申请用海期限为 27 年。

项目调整前后申请用海面积变化见表 2.4.2-1。项目调整后宗海位置图见图 2.4.2-1，宗海平面布置图见图 2.4.2-2，宗海界址图见图 2.4.2-3。

表 2.4.2-1 用海情况变化表

项目		单位	调整前	调整后	变化	变化原因
用海	风机	公顷	48.4967	155.4147	+106.9180	风机台数变化，由 29 台

面积						风机变为 25 台风机，风机用海范围界定依据改变。
	66kV 海底电缆		130.2567	109.5720	-20.6847	风机单机容量、台数、排列、用海界定方式及海上升压站位置变化导致集电海缆调整，长度由 68.99km 变成 61.04km；集电海缆外径调整。
	总计		178.7534	264.9867	+86.2333	/

中广核江门川岛一海上风电项目宗海位置图

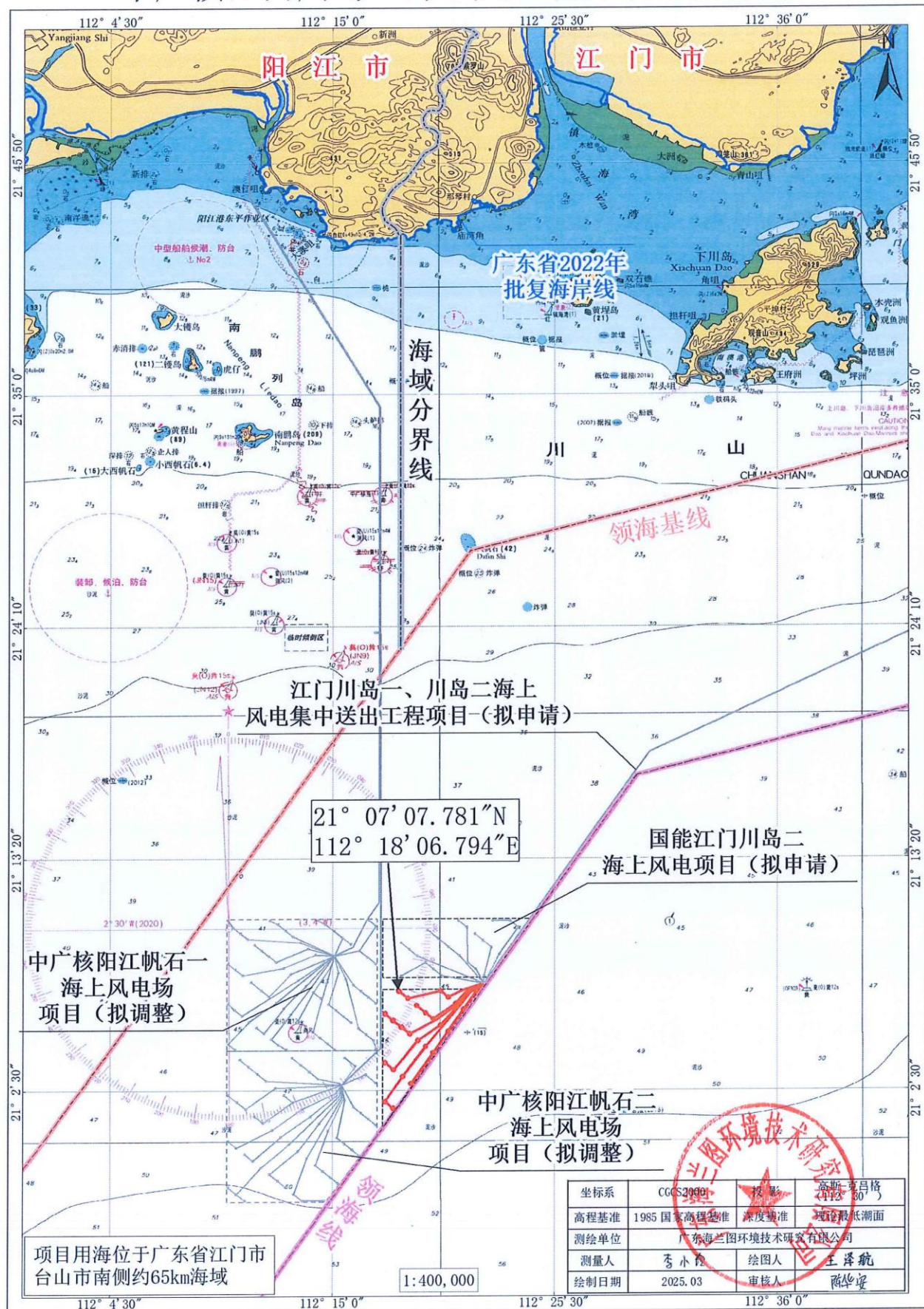


图 2.4.2-1 项目宗海位置图

中广核江门川岛一海上风电项目宗海平面布置图

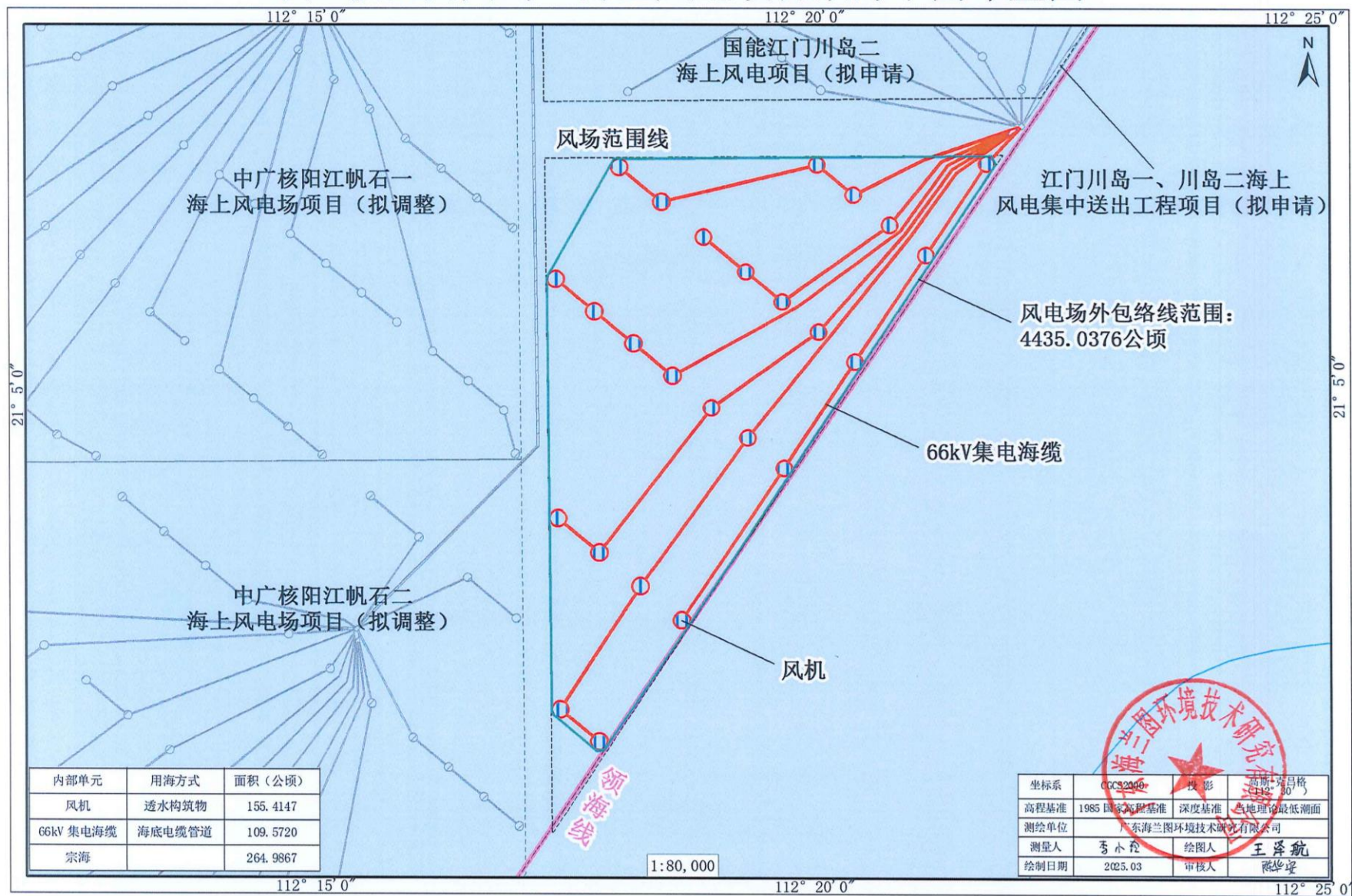


图 2.4.2-2 项目宗海平面布置图

中广核江门川岛一海上风电项目宗海界址图

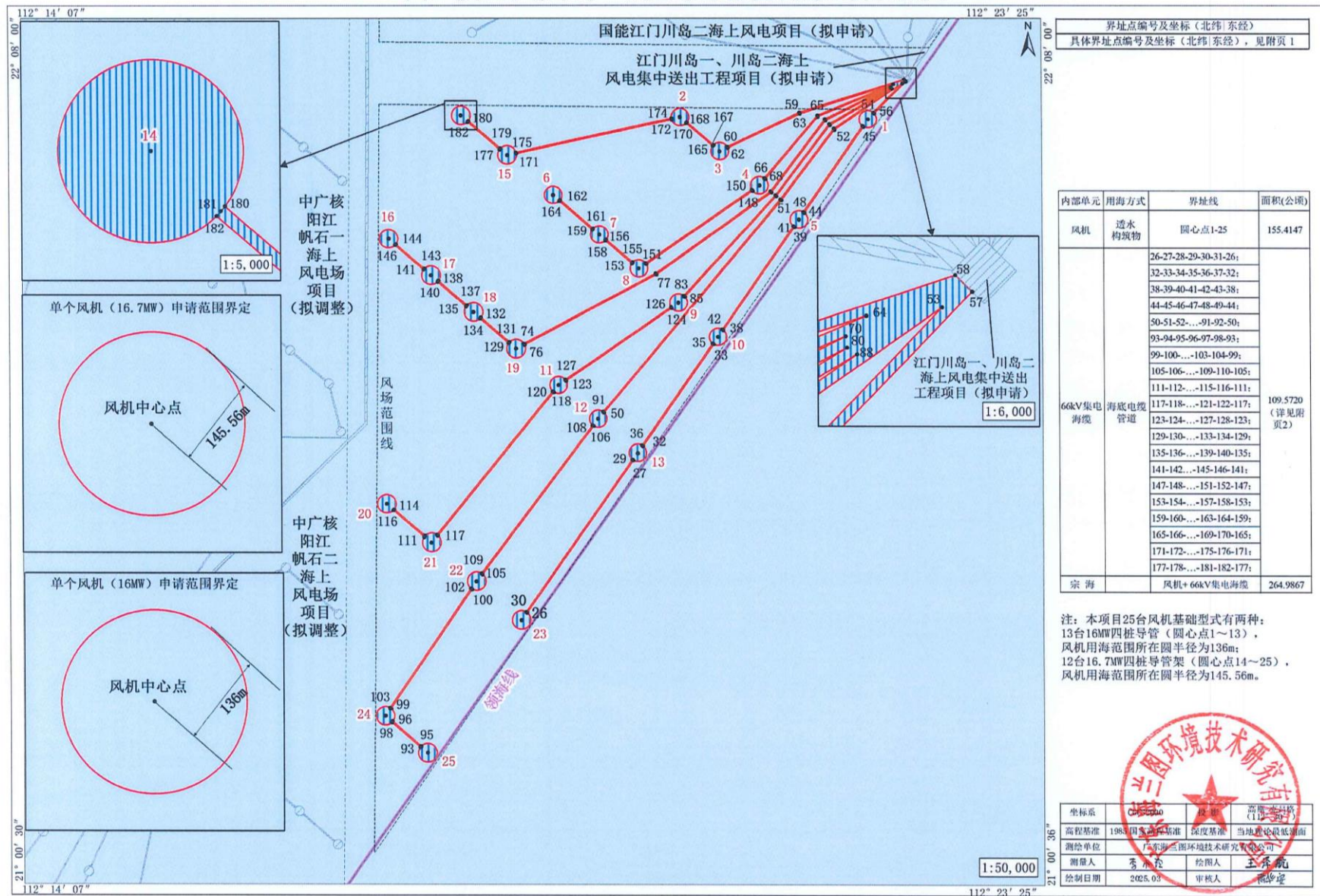


图 2.4.2-3 项目宗海界址图

表 2.4.2-2 项目宗海界址点表 1（不公开）

表 2.4.2-3 项目宗海界址点表 2（不公开）

表 2.4.2-4 项目宗海界址点表 3（不公开）

表 2.4.2-5 项目宗海界址线表（不公开）

2.5 项目用海调整必要性

2.5.1 项目建设必要性分析

项目建设必要性调整前后一致。

（1）适应国家新能源政策和发展趋势

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

本风电场位于江门市台山市南侧海域，离岸最近距离约 65km，是江门以及广东重要的海上风电项目，其建设能够适应国家新能源发展的政策需求，有效促进节能减排。

（2）推动可再生资源开发利用，有利于经济与环境的协调发展

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

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

（3）有利于提高相关产业水平，推进广东海上风电发展

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

（4）开发海洋经济增长点，促进地区经济社会发展

本工程的建设充分利用了江门沿海资源，对于地区相关产业如建材、交通、设备制造业的发展起到带动作用，对扩大就业和发展第三产业将起到促进作用，有利于地区经济社会的全面发展。随着海上风电场的相继开发，海上风电将为沿海地区开辟新的海洋经济增长点，对拉动地方经济的发展起到积极作用。

(5) 项目建设符合《“十四五”现代能源体系规划》关于建设海上风电基地的规划目标

2022 年 1 月，国家发改委、国家能源局印发《“十四五”现代能源体系规划》（以下简称《规划》）。主要阐明我国能源发展方针、主要目标和任务举措，是“十四五”时期加快构建现代能源体系、推动能源高质量发展的总体蓝图和行动纲领。

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

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

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

（6）项目建设符合《2030 年前碳达峰行动方案》的要求

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

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

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

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

（7）项目建设符合《广东省海上风电发展规划（2017-2030 年）（修编）》

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

机容量 5700 万千瓦。

根据《广东发展和改革委员会关于调整全省海上风电场场址的通知（粤发改能源函〔2023〕48 号）》，将《广东省海上风电发展规划（2017-2030 年）（修编）》场址调整情况通知如下：“一、新增省管海域（领海线以内）海上风电场址 7 个、装机容量 1830 万千瓦，其中珠三角海域共新增场址 2 个，包括江门川岛场址和珠海高栏场址。江门川岛场址位于江门市大帆石海洋保护区南侧海域，场址最近端距离陆岸约 47 公里，最远端距离陆岸约 77 公里。场址面积约 272 平方公里，水深在 36-49 米之间，规划装机容量 170 万千瓦。”

本项目为中广核江门川岛一海上风电项目，位于新增的江门川岛场址内，装机容量为 400MW，项目建设符合《广东省海上风电发展规划（2017-2030 年）（修编）》。

图 2.5.1-1 与广东省海上风电发展规划叠图（不公开）

（8）项目建设符合《广东省能源发展“十四五”规划》要求

2022 年 3 月，广东省人民政府发布《广东省能源发展“十四五”规划》（以下简称《规划》）。《规划》提出，能源产业发展更加集聚。坚持新能源项目开发和龙头企业带动、技术创新引领，推进能源产业集聚发展，大力发展先进核能、海上风电、太阳能等优势产业，加快培育氢能、储能、智慧能源等新兴产业，建设差异化布局的新能源产业集聚区。到 2025 年前，全省新能源产业营业收入达 7300 亿元，形成国内领先的新能源产业集群。

《规划》提出，大力发展海上风电，规模化开发海上风电，推动项目集中连片开发利用，打造粤东、粤西千万千瓦级海上风电基地，“十四五”时期新增海上风电装机容量约 1700 万千瓦。

《规划》提出，推动海上风电产业集聚发展。充分利用海上风能资源丰富的优势，加快海上风电规模化开发，加快建设阳江海上风电全产业链，以及粤东海工、运维及配套组装基地建设，积极推进产城融合，着力打造风电产业生态系统，打造国际风电城，以省内风机骨干企业为引领，利用超大市场优势，做大做强海上风电装备制造业，加快形成集整机制造和前沿新材料、叶片、齿轮箱、轴承、电机、变流器、控制系统等关键零部件制造，以及基础结构、海底电缆等设计建设为一体的高端制造产业链集群，推进海上风电机组向大容量、智能化、抗台风方向发展，加快培育海上风电运维产业，统筹布局海上风电运维基地，配套相关

基础设施，组织开展运维技术设备研发制造和专业队伍建设。

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

本项目为电力工业用海。根据《产业结构调整指导目录》（2024 年本），本项目属于第一类鼓励类中的“五 新能源 1、风力发电技术与应用：15MW 等级及以上海上风电机组技术开发与设备制造，漂浮式海上风电技术，高原、山区风电场建设与设备生产制造，海上风电场建设与设备及海底电缆制造，稀土永磁材料在风力发电机中应用”，为鼓励类符合国家产业结构政策要求。根据《市场准入负面清单》（2022 版），在获得许可的前提下，项目不属于禁止准入类，与《市场准入负面清单》要求相符。

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

2.5.2 项目用海调整必要性分析

（1）风机调整必要性

从 2007 年至 2022 年，我国海上风电从探索期、培育期进入了高速发展期，海上风电的布局浅海向深远海挺进。随着海上风电场开发建设和技术发展，海上风电机组平均单机容量也呈逐年上升的态势。2019 年 9 月，国内首台拥有完全自主知识产权的金风科技 8MW 机组在金风科技福建装备制造基地下线；2019 年 11 月，明阳智能 8.3MW 海上风电机组在广东阳江智能制造中心总装厂房下线；2020 年 6 月，明阳智能 10MW 半直驱发电机在中车永济电机公司山东基地下线；2020 年 7 月，明阳智能发布 MySE 11MW-203 半直驱海上风机；2021 年 2 月，维斯塔斯宣布推出 V236-15.0 MW 海上风电机组；2022 年 10 月，金风科技 GWH252-13.6MW 机组在福建省福清市福建三峡海上风电国际产业园成功下线；2022 年 12 月，MySE260 在广东汕尾海洋能源装备智能制造中心正式下线，MySE260 叶片搭载明阳 14.X、16.X 兆瓦超大容量海上风电机组，具有“大叶轮直径、大容量、抗台风、低成本、高可靠性”等特点。

本项目原论证方案机型为 14MW,随着海上风电技术的发展以及本项目招标的定标机型,项目风机调整为 16MW 和 16.7MW 风机,与初拟采用的 14MW 风机相比单机容量更高,顺应了今后近海深水区风电项目机组大型化的发展趋势;与原 29 台 14MW 固定式机位方案相比,现阶段采用的 13 台 16MW 和 12 台 16.7MW 固定式机位方案,机位总数减少了 4 个,机位减少的同时,减少了机组下部支撑结构工程量,降低了工程施工潜在风险;随着风机机型的变化,结合尾流损失、上网电量、满发小时数等指标对风机布置方案进行了调整。因此,本项目风机调整是必要的。

(2) 66kV 集电海缆调整必要性

本次调整后,风机机型调整,风机单机容量变大,风机排列布置方案随之进行调整,66kV 集电线路承担集电任务,需要根据风机的调整情况重新排布,其调整是必要的。

综上,本项目用海调整是必要的。

3 项目所在海域概况

3.1 海洋资源概况

3.1.1 岸线资源

本项目此次申请的风机和 66kV 集电海缆距离陆地最近约 65km，送出海缆另行申请，本次不含。本项目用海不占用岸线，论证范围不涉及岸线资源，不对岸线资源进行介绍。

3.1.2 滩涂资源

本项目此次申请的风机和 66kV 集电海缆距离陆地最近约 65km，不占用滩涂资源，论证范围不涉及滩涂资源，不对滩涂资源进行介绍。

3.1.3 岛礁资源

本项目此次申请的风机和 66kV 集电海缆距离最近的大帆石 37.8km，不占用岛礁资源，论证范围不涉及岛礁资源，不对岛礁资源进行介绍。

3.1.4 港口资源

根据《江门港总体规划》（江门市交通运输局，2015 年 2 月），江门港划分为广海湾、恩平、新会、主城、开平、鹤山、台山等七大港区，各港区规划包括数量不等的作业区。其中台山港区主要是指建在台山市北面潭江公益大桥下游的公益港。现有 1000 吨级泊位 4 个，设计通过能力 60 万吨，货类主要为集装箱、钢铁、有色金属等，进出地多为港澳地区。

3.1.5 渔业资源

3.1.5.1 调查概况

本节引用《中广核江门川岛一海上风电项目海洋环境现状调查监测报告（2024 年春季）》（2024 年 5 月）、《中广核江门川岛一海上风电项目海洋环境现状调查监测报告（2023 年秋季）》（2023 年 12 月），于 2024 年 3 月和 2023 年 11 月在项目附近进行的渔业资源现状调查数据。具体站位详见 3.2.6.1 节。

3.1.5.2 调查方法

(1) 鱼卵仔稚鱼

调查选择适于在调查海区作业且设备条件良好的渔船承担,按照《海洋调查规范》(GB/T 12763-2007)的相关规定进行样品的采集、保存和运输。定量采样:网具使用浅水I型浮游生物网(水深 $<30\text{m}$)或大型浮游生物网($30\text{m}<\text{水深}<200\text{m}$)垂直采样,由海底至海面垂直拖网,水深较浅时采用水平拖网的方式采集样品。定性采样:采用水平拖网法,网具采用浅水I型浮游生物网或大型浮游生物网,于表层水平拖曳 10min 取得,拖速保持在 2 节左右。海上采得的浮游生物样品按体积 5%的量加入福尔马林溶液固定,带回实验室后将鱼卵仔鱼样品单独挑出,在解剖镜下计数和鉴定。

(2) 游泳动物

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

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

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

③样品处理:将囊网里全部渔获物收集,记录估计的网次总质量(kg)。渔获物总质量在 40kg 以下时,全部取样分析;渔获物大于 40kg 时,从中挑出大型的和稀有的标本后,从渔获物中随机取出渔获物分析样品 20kg 左右,然后把余

下的渔获物按品种和不同规格装箱，记录该站位准确渔获物总质量（kg）。

3.1.5.3 计算方法

（1）鱼卵仔稚鱼密度：

垂直拖网密度计算：

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

式中：N—鱼卵仔稚鱼密度（ind/m³）；

n—每网鱼卵仔稚鱼数量，单位为（ind）；

S—网口面积（m²），S_{浅水I型网}=0.2m²；

L—采样绳长（m），垂直拖网 L=水深-2m。

（2）渔业资源：

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

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

式中：S—重量密度（kg/km²）或个体密度（ind/km²）；

a—底拖网每小时的扫海面积（扫海宽度取浮纲长度的 2/3）；

y—平均重量渔获率（kg/h）或平均个体渔获率（ind/h）；

E—逃逸率（取 0.5）。

（3）游泳生物优势种

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

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

式中：N—某一种类的 ind 数占渔获总 ind 数的百分比；

W—某一种类的重量占渔获总重量的百分比；

F—某一种类的出现的断面数占调查总断面数的百分比。

3.1.5.4 渔业资源调查结果

（1）鱼卵仔稚鱼

①春季

1) 种类组成

本次鱼卵仔稚鱼调查中，共出现了鱼卵 17 种，其中包括鲈形目 9 种，鲷形目 3 种，鲱形目 2 种，仙女鱼目、鲉形鱼目和鳗鲡目各 1 种；仔稚鱼 27 种，其中包括鲈形目 16 种，鲱形目 3 种，鲷形目和鲷形目各 2 种，鲈形目、鲱形目、银汉鱼目和灯笼鱼目各 1 种。

2) 数量分布

调查 15 个站位的鱼卵仔稚鱼垂直拖网共采到鱼卵 320ind，仔稚鱼 122ind；鱼卵平均密度为 $0.958\text{ind}/\text{m}^3$ ，仔稚鱼平均密度为 $0.387\text{ind}/\text{m}^3$ 。CD01 站位鱼卵密度最高，密度为 $2.422\text{ind}/\text{m}^3$ ，其次是 CD11 站位，密度为 $2.136\text{ind}/\text{m}^3$ ，共 15 个站位采获到鱼卵；CD04 站位仔稚鱼密度最高，密度为 $1.125\text{ind}/\text{m}^3$ ，其次是 CD08 站位，密度为 $0.928\text{ind}/\text{m}^3$ ，共 14 个站位采获到仔稚鱼。

表 3.1.5-1 春季鱼卵仔稚鱼密度及其分布（垂直拖网）（不公开）

3) 主要种类的数量分布（水平拖网）

a、石首鱼科（Sciaenidae）

本次水平拖网调查出现的石首鱼科鱼卵共有 1530 粒，出现在 15 个站位，石首鱼科鱼卵在调查海域中 CD15 站位数量最多；石首鱼科仔稚鱼共有 3 尾，出现在 2 个站位。

b、鲈科（Carangidae）

本次调查出现的鲈科鱼卵共有 667 粒，出现在 15 个站位，鲈科鱼卵在调查海域中 CD15 站位数量最多；鲈科仔稚鱼共有 10 尾，出现在 3 个站位。

c、笛鲷科（Lutjanidae）

本次水平拖网调查出现的笛鲷科鱼卵共有 374 粒，出现在 12 个站位，笛鲷科鱼卵在调查海域中 CD18 站位数量最多。笛鲷科仔稚鱼共有 1 尾，出现在 CD15 站位。

②秋季

1) 种类组成

本次鱼卵仔稚鱼调查中，共出现了鱼卵 13 种，其中包括鲈形目 9 种，鲱形目 3 种和鲷形目 1 种；仔稚鱼 21 种，其中包括鲈形目 13 种，鲱形目、鲷形目和鲷形目各 2 种，银汉鱼目和鲉形目各 1 种。

2) 数量分布

调查 18 个站位的鱼卵仔稚鱼垂直拖网共采到鱼卵 222ind, 仔稚鱼 54ind; 鱼卵平均密度为 0.549ind/m³, 仔稚鱼平均密度为 0.146ind/m³。CD09 站位鱼卵密度最高, 密度为 2.877ind/m³, 其次是 CD22 站位, 密度为 1.849ind/m³, 共 16 个站位采获到鱼卵; CD21 站位仔稚鱼密度最高, 密度为 0.731ind/m³, 其次是 CD20 站位, 密度为 0.306ind/m³, 共 11 个站位采获到仔稚鱼。

表 3.1.5-2 秋季鱼卵仔稚鱼密度及其分布(垂直拖网)(不公开)

3) 主要种类的数量分布(水平拖网)

a、鲷科(Sparidae)

本次水平拖网调查出现的鲷科鱼卵共有 257 粒, 出现在 9 个站位, 鲷科鱼卵在调查海域中 CD07 站位数量最多; 鲷科仔稚鱼共有 84 尾, 出现在 7 个站位, 鲷科仔稚鱼在调查海域中 CD21 站位数量最多。

b、鳀科(Engraulidae)

本次水平拖网调查出现的鳀科鱼卵共有 545 粒, 出现在 13 个站位, 鳀科鱼卵在调查海域中 CD22 站位数量最多。鳀科仔稚鱼共有 45 尾, 出现在 9 个站位, 鳀科仔稚鱼在调查海域中 CD14 站位数量最多。

(2) 游泳生物

①春季

1) 种类组成

此次项目船号为粤江城渔 91108, 使用的网具为网上纲 24m、网衣长 20m、网口目 30mm、网囊目 10mm 的底拖网, 平均拖网船速为 2.9kn。

本次游泳动物调查共捕获 3 门 3 纲 15 目 56 科 157 种, 其中: 鱼类 103 种, 占总种类数的 65.61%, 虾类 23 种(其中虾蛄类 10 种), 占总种类数的 14.65%, 蟹类 20 种, 占总种类数的 12.74%, 头足类 11 种, 占总种类数的 7.01%。

2) 渔获率

a、尾数渔获率

本次调查该海区 15 个站位的游泳动物尾数渔获率范围为(193~647) ind/h, 平均尾数渔获率为 356ind/h。其中, 鱼类平均尾数渔获率为 270ind/h, 占游泳动物平均尾数渔获率的 75.15%; 虾类平均尾数渔获率为 31ind/h, 占游泳动物平均尾数渔获率的 9.60%; 蟹类平均尾数渔获率为 25ind/h, 占游泳动物平均尾数渔

获率的 8.27%；头足类的平均尾数渔获率为 31ind/h，占游泳动物平均尾数渔获率的 6.97%。

b、重量渔获率

本次调查该海区 15 个站位的重量渔获率范围为（3.725~14.292）kg/h，平均重量渔获率为 7.074kg/h。其中，鱼类平均重量渔获率为 4.340kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 63.57%；虾类平均重量渔获率为 0.395kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 6.59%；蟹类平均重量渔获率为 0.506kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 8.72%；头足类的平均重量渔获率为 1.833kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 21.12%。

3) 渔业资源密度

a、尾数资源密度

本次调查 15 个站位尾数资源密度范围在（4.488~14.539） $\times 10^3$ ind/km² 之间，平均值为 8.283 $\times 10^3$ ind/km²，尾数资源密度最高的站位为 CD14 站位，最低为 CD01 站位。其中，鱼类尾数资源密度分布范围在（2.787~11.326） $\times 10^3$ ind/km² 之间，平均值为 6.291 $\times 10^3$ ind/km²，其中 CD18 站位最高，CD09 站位最低；虾类尾数资源密度分布范围在（0.023~2.023） $\times 10^3$ ind/km² 之间，平均值为 0.724 $\times 10^3$ ind/km²，其中 CD08 站位最高，CD17 站位最低；蟹类尾数资源密度分布范围在（0.047~1.910） $\times 10^3$ ind/km² 之间，平均值为 0.564 $\times 10^3$ ind/km²，其中 CD09 站位最高，CD01 站位最低；头足类尾数资源密度分布范围在（0~3.093） $\times 10^3$ ind/km² 之间，平均值为 0.703 $\times 10^3$ ind/km²，其中 LY20 站位最高，CD15 站位最低。

b、重量资源密度

本次调查 15 个站位渔业资源重量资源密度范围在（83.708~332.372）kg/km² 之间，平均值为 164.535kg/km²，CD17 站位最高，CD03 站位最低。其中，鱼类重量资源密度变化范围在（37.888~150.651）kg/km² 之间，平均值为 101.136kg/km²，其中 CD17 站位最高，CD03 站位最低；虾类重量资源密度变化范围在（0.535~18.884）kg/km² 之间，平均值为 9.258kg/km²，其中 CD08 站位最高，CD17 站位最低；蟹类重量资源密度变化范围在（0.747~32.831）kg/km² 之间，平均值为 11.697kg/km²，其中 CD09 站位最高，CD11 站位最低；头足类重量资源密度变化范围在（0~152.837）kg/km² 之间，平均值为 42.445kg/km²，其

中 CD17 站位最高，CD15 站位最低。

表 3.1.5-3 春季各站位尾数资源密度、重量资源密度（不公开）

4) 优势种

相对重要性指数显示，本次调查游泳动物优势种（ $IRI \geq 1000$ ）共 1 种，为细纹鳐（*Leiognathus berbis*）。其总渔获重量为 9.958 kg，占游泳动物总渔获重量的 9.39%；细纹鳐的总尾数渔获量为 1113 个，占游泳动物总渔获尾数的 20.83%。

5) 游泳动物多样性指数、均匀度指数及丰富度指数

本次调查区域游泳动物生物种类数范围在 29~45 种，多样性指数变化范围在 2.159~4.007 之间，平均值为 3.210，其中 CD08 站位最高，CD14 站位最低；均匀度指数变化范围在 0.421~0.794 之间，平均值为 0.639，其中 CD08 站位最高，CD14 站位最低；丰富度指数范围在 3.365~5.095 之间，平均值为 3.802，丰富度指数以 CD19 站位最高，CD11 站位最低。

6) 主要经济种类规格和分布

a、主要经济鱼类

细纹鳐

地理分布：细纹鳐分布于印度洋北部沿岸、红海，东至印度尼西亚。中国产于南海、台湾海峡。

生活习性：细纹鳐为热带、亚热带近海暖水性鱼类。多活动于水体上层。摄食小型浮游生物。

本次调查的细纹鳐体长范围为 43~95mm，体重范围为 2.66~21.83g，平均体重为 8.95g。

斑鳍白姑鱼

地理分布：台湾至印尼爪哇海域，包括台湾西、北部海域。

生活习性：生活于热带及亚热带海域，喜栖息于混浊度较高的水域。能以鱼鳔发声，一般多认为发声是作为繁殖期时联络同类的信号。肉食性，以小型底栖无脊椎动物为主。主要栖息于近沿海之砂泥底质中下层水域，以小甲壳类等底栖动物为食。

本次调查的斑鳍白姑鱼体长范围为 49~131mm，体重范围为 2.51~52.34g，平均体重为 16.89g。

短带鱼

地理分布：主要分布于印度洋北部沿岸，我国主要分布在南海和东海。

生活习性：属近海暖水性中上层鱼类，性贪食，游速快，属肉食性，以甲壳类、乌贼、鱼类等为食，可做为食用鱼。

本次调查的短带鱼体长范围为 25~141mm，体重范围为 3.38~52.87g，平均体重为 24.67g。

b、主要经济虾类

伍氏平虾蛄

地理分布：主要分布于西印度洋至印尼、越南、香港、台湾、中国、日本、菲律宾及澳洲。

生活习性：栖息于 50 公尺以下之平坦沙泥底浅水海湾或近岸水域。

本次调查的伍氏平虾蛄体长范围为 11~34mm，体重范围为 2.95~42.45g，平均体重为 23.16g。

c、主要经济头足类

杜氏枪乌贼

地理分布：分布在印度洋沿岸海域，南海至中国台湾北部附近海域，以及菲律宾群岛海域。

生活习性：浅海性种类。有明显的趋光性，主食甲壳类（糠虾、磷虾和介形类）、小鱼和头足类，同类残食现象普遍。

本次调查的杜氏枪乌贼体长范围为 31~178mm，体重范围为 7.93~118.49g，平均体重为 36.77g。

②秋季

1) 种类组成

此次项目船号为粤江城渔 91108，使用的网具为网上纲 24m、网衣长 20m、网口目 60mm、网囊目 20mm 的底拖网，平均拖网船速为 3.0kn。

本次游泳动物调查共捕获 3 门 3 纲 15 目 64 科 162 种，其中：鱼类 107 种，占总种类数的 66.05%，虾类 23 种（其中虾蛄类 5 种），占总种类数的 14.20%，蟹类 24 种，占总种类数的 14.81%，头足类 8 种，占总种类数的 4.94%。

2) 渔获率

a、尾数渔获率

本次调查该海区 18 个站位的游泳动物尾数渔获率范围为 (232~1164) ind/h, 平均尾数渔获率为 658ind/h。其中, 鱼类平均尾数渔获率为 348ind/h, 占游泳动物平均尾数渔获率的 52.81%; 虾类平均尾数渔获率为 185ind/h, 占游泳动物平均尾数渔获率的 28.03%; 蟹类平均尾数渔获率为 122ind/h, 占游泳动物平均尾数渔获率的 18.55%; 头足类的平均尾数渔获率为 4ind/h, 占游泳动物平均尾数渔获率的 0.61%。

b、重量渔获率

本次调查该海区 18 个站位的重量渔获率范围为 (4.609~12.582) kg/h, 平均重量渔获率为 7.816kg/h。其中, 鱼类平均重量渔获率为 4.860kg/h, 占游泳动物平均重量渔获率的 62.17%; 虾类平均重量渔获率为 1.011kg/h, 占游泳动物平均重量渔获率的 12.93%; 蟹类平均重量渔获率为 1.679kg/h, 占游泳动物平均重量渔获率的 21.48%; 头足类的平均重量渔获率为 0.267kg/h, 占游泳动物平均重量渔获率的 3.42%。

3) 资源密度

a、尾数资源密度

本次调查 18 个站位尾数资源密度范围在 $(5.051\sim27.092)\times10^3\text{ind}/\text{km}^2$ 之间, 平均值为 $14.921\times10^3\text{ind}/\text{km}^2$, 尾数资源密度最高的站位为 CD18 站位, 最低为 CD09 站位。其中, 鱼类尾数资源密度分布范围在 $(2.330\sim19.387)\times10^3\text{ind}/\text{km}^2$ 之间, 平均值为 $7.838\times10^3\text{ind}/\text{km}^2$, 其中 CD01 站位最高, CD08 站位最低; 虾类尾数资源密度分布范围在 $(0.370\sim14.392)\times10^3\text{ind}/\text{km}^2$ 之间, 平均值为 $4.162\times10^3\text{ind}/\text{km}^2$, 其中 CD07 站位最高, CD22 站位最低; 蟹类尾数资源密度分布范围在 $(0.067\sim12.196)\times10^3\text{ind}/\text{km}^2$ 之间, 平均值为 $2.831\times10^3\text{ind}/\text{km}^2$, 其中 CD18 站位最高, CD11 站位最低; 头足类尾数资源密度分布范围在 $(0\sim0.360)\times10^3\text{ind}/\text{km}^2$ 之间, 平均值为 $0.089\times10^3\text{ind}/\text{km}^2$, 其中 CD25 站位最高。

b、重量资源密度

本次调查 18 个站位渔业资源重量资源密度范围在 $(69.249\sim273.941)\text{kg}/\text{km}^2$ 之间, 平均值为 $175.417\text{kg}/\text{km}^2$, CD20 站位最高, CD04 站位最低。

其中, 鱼类重量资源密度变化范围在 $(16.041\sim270.131)\text{kg}/\text{km}^2$ 之间, 平均

值为 108.590kg/km²，其中 CD20 站位最高，CD04 站位最低；虾类资源渔获密度变化范围在（0.980~91.118）kg/km² 之间，平均值为 22.661kg/km²，其中 CD07 站位最高，CD20 站位最低；蟹类资源渔获密度变化范围在（1.350~117.766）kg/km² 之间，平均值为 38.197kg/km²，其中 CD18 站位最高，CD07 站位最低；头足类重量资源密度变化范围在（0~24.231）kg/km² 之间，平均值为 5.969kg/km²，其中 CD04 站位最高。

表 3.1.5-4 秋季各站位尾数资源密度、重量资源密度（不公开）

4) 优势种

相对重要性指数显示，本次调查游泳动物优势种（ $IRI \geq 1000$ ）共 1 种，为日本金线鱼（*Nemipterus japonicus*），其总渔获重量为 18.967kg，占游泳动物总渔获重量的 13.48%；日本金线鱼的总尾数渔获量为 746 个，占游泳动物总渔获尾数的 6.30%。

5) 多样性指数、均匀度指数及丰富度指数

本次调查区域游泳动物生物种类数范围在29~56种，多样性指数变化范围在2.405~4.186之间，平均值为3.514，其中CD04站位最高，CD01站位最低；均匀度指数变化范围在0.490~0.806之间，平均值为0.675，其中CD25站位最高，CD01站位最低；丰富度指数范围在2.919~6.371之间，平均值为3.978，丰富度指数以CD04站位最高，CD01站位最低。

6) 主要经济种类规格和分布

a、主要经济鱼类

日本金线鱼

地理分布：分布于印度西太平洋区，包括东非、红海、波斯湾、塞舌尔群岛、马尔代夫、斯里兰卡、印度、日本、韩国、中国台湾地区、中国东海、南海、菲律宾、印尼、越南、马来西亚、新加坡、泰国、缅甸、安达曼群岛等海域。

生活习性：主要栖息于沿岸及近海砂泥底质的水域，栖息深度可达 80 公尺深。主要觅食甲壳类、头足类或其他小鱼等为食

本次调查的日本金线鱼体长范围为 49~157mm，体重范围为 2.09~74.43g，平均体重为 25.43g。

b、主要经济蟹类

红星梭子蟹

地理分布：红星梭子蟹分布于日本、夏威夷、菲律宾、澳大利亚、新西兰、马来群岛、印度洋直至南非沿海的整个印度太平洋暖水区、台湾岛以及中国大陆的广西、广东、福建等地。

生活习性：红星梭子蟹生活环境为海水，栖息于 10-30m 深的泥沙质海底，常见于拖网渔获中。

本次调查的红星梭子蟹体长范围为 26~68mm，体重范围为 9.05~214.31g，平均体重为 97.78g。

3.1.6 风能资源

本节风能资源选取西侧帆石风电场内测风塔 1（坐标为 112°22'8.9"E，21°10'25.1"N）2022 年 6 月 1 日至 2023 年 5 月 31 日数据进行风能参数分析。

（1）风能资源丰富

根据测风塔一周年观测资料，50m~200m 各层全年平均风速在 7.77~8.56m/s 之间，平均风功率密度在 451~587W/m²。经长年代风资源分析并订正，水平年 100m 高平均风速为 7.86m/s，平均风功率密度为 473W/m²。根据《风电场风能资源评估方法》（GB/T18710-2002）和《海上风力发电场设计标准》（GB/T51308-2019）风功率密度等级评判标准，本风电场风能资源属于 3 级，风能资源丰富。

（2）风向较为稳定

160m 高度最多风向分布在 NE~ENE~E 扇区，频率约占 45%，在 S~SSW 扇区的频率约占 13%，风向比较集中；其中，全年主导风向为 E，主导风能方向为 ENE。风向、风能分布相对集中。

（3）风速和风能分布较为集中

160m 高度风速主要集中在 3~12m/s 的区间中，频率约占 86%，而风能主要集中在 6~18m/s 的风速区间中，频率约占 84%。风速和风能分布均比较集中。在机组选择时在充分考虑机组安全性的同时应选择风能利用效率较高的风力发电机组，实现风能资源的充分利用。

（4）风速年内变幅较大，而日变化幅度较小

各层风速年内变化较大，受冬季冷空气控制，在年内 10 月至翌年 2 月风速

相对较大，其中 10 月平均风速为全年最高；夏季受西南暖湿气流影响，3~9 月风速相对较小，其中 9 月份为全年风速最小的月份。风功率密度与风速的变化规律一致，测风塔风速和风功率的年内变化较大。

测风塔各层平均风速和风功率密度的日变化趋势基本一致。一日中 12 时~21 时风速与风功率密度相对较小，22 时~次日 11 时风速和风功率相对较高。总的来说，测风塔各高度的平均风速和平均风功率密度的日变化不大。

（5）湍流强度和风切变指数均较小

测风塔各高度的湍流强度较弱。受下垫面的影响，测风塔的风速湍流强度随高度的增加而减小。总的来说，测风塔的湍流强度相对较小。特征风速为 15m/s（14.5~15.5m/s）时的湍流强度均位于 IEC 的 C 类湍流强度以下。

从切变指数来看，测风塔各层按幂函数拟合风速比值与高度比值的关系，可知整体切变指数约为 0.069。

（7）重现期风速

本项目轮毂高度处 50 年一遇 10min 平均风速取值参考了周边海上风电场工程的设计成果。根据周边海上风电场工程的设计成果，并考虑区域台风活动频率以及一定的工程安全性，150m 高度处标准空气密度下 50 年一遇 10min 平均风速确定为 56.3m/s，相应 3s 瞬时极大风速为 73.1m/s。160m 高度处标准空气密度下 50 年一遇 10min 平均风速确定为 56.5m/s，相应 3s 瞬时极大风速为 73.6m/s。170m 高度处标准空气密度下 50 年一遇 10min 平均风速确定为 56.9m/s，相应 3s 瞬时极大风速为 74m/s。

3.1.7 矿产资源

根据《江门市矿产资源总体规划（2021-2025 年）》，截止 2020 年底，已探明资源储量的有 48 种，累计发现矿产地（矿点）275 处，其中能源矿产 2 种，矿产地 16 处；金属矿产 17 种，矿产地 47 处；非金属矿产 27 种，矿产地（矿点）171 处；水气矿产 2 种，矿产地 41 处。其中大、中型矿床有 31 处，小型矿床 171 处，矿点 73 处。

3.1.8 旅游资源

江门台山市是旅游大市，首批国家全域旅游示范区，省内著名的生态休闲旅

游度假胜地，全国县域旅游发展潜力百佳县，连续十届被评为“广东省县（市）域旅游综合竞争力十强县”。台山旅游资源丰富，拥有“山湖泉海林、湾侨石岛楼”十大旅游资源，以及“滨海风光、温泉养生、田园牧歌、华侨文化、海丝史迹、红色经典、台山排球、影视基地”八大文旅品牌。目前，主要的旅游景区（景点）45个，包括国家4A级旅游景区3个、3A级旅游景区8个，川山群岛旅游景区、那琴半岛、五丰村、康桥温泉、梅家大院等景区（景点）远近闻名。

3.2 海洋生态概况

3.2.1 区域气候与气象

3.2.1.1 气温

根据台山气象站（112.7858°E，22.2472°N）2004年~2023年的长期气候统计资料，台山气象站多年平均温度为23.1℃，月平均气温与极端气温7月气温最高（29℃），1月气温最低（14.7℃）。近20年的年平均温度呈上升趋势，2020年年平均气温最高（23.9℃），2010年年平均气温最低（22℃）。

3.2.1.2 降水

根据台山气象站（112.7858°E，22.2472°N）2004年~2023年的长期气候统计资料，台山气象站多年平均降雨量为1912.7mm，6月降水量最大（351mm），12月降水量最小（30.8mm）。近20年年降水总量呈现上升趋势，2007年年总降水量最大（2609.7mm），2006年年总降水量最小（1194mm）。

3.2.1.3 日照

根据台山气象站（112.7858°E，22.2472°N）2004年~2023年的长期气候统计资料，台山气象站多年年平均日照时数为1840.8h，7月日照最长（224.7h），3月日照最短（82.2h）。近20年年日照时数呈现下降趋势，2006年年日照时数最长（2154.2h），2017年年日照时数最短（1492.9h）。

3.2.1.4 相对湿度

根据台山气象站（112.7858°E，22.2472°N）2004年~2023年的长期气候统计资料，台山气象站多年平均相对湿度为77.4%。6月平均相对湿度最大（83.2%），

12 月平均相对湿度最小(65.3%)。近 20 年年平均相对湿度无明显变化趋势,2018 年年平均相对度最大 (82%), 2007 年年平均相对湿度最小 (74%)。

3.2.1.5 风况

根据台山气象站 (112.7858°E, 22.2472°N) 2004 年~2023 年的长期气候统计资料, 台山气象站多年平均风速为 2.1m/s, 12 月份平均风速最大为 2.7m/s, 8 月份平均风速最小为 1.7m/s。根据近 20 年资料分析, 台山气象站风速无明显变化趋势, 2010 年年平均风速最大 (2.4m/s), 2022 年年平均风速最小 (1.90m/s)。主要风向为 NNE、N、S, 占 40.9%, 其中以 N 为主导风向, 占全年 17.06%。

表 3.2.1-1 台山市近 20 年月平均风速变化统计表 (单位: m/s)

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年平均
风速	2.4	2.2	2.1	2	2	2	1.9	1.7	1.9	2.2	2.4	2.7	2.1

表 3.2.1-2 台山气象站年风向频率统计表 (单位: %)

风向	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S
频率	17.06	12.42	5.28	3.1	2.69	2.87	4.03	6.82	11.42
风向	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C	/
频率	6.18	3.51	1.72	2.18	2.22	3.99	6.40	8.15	/

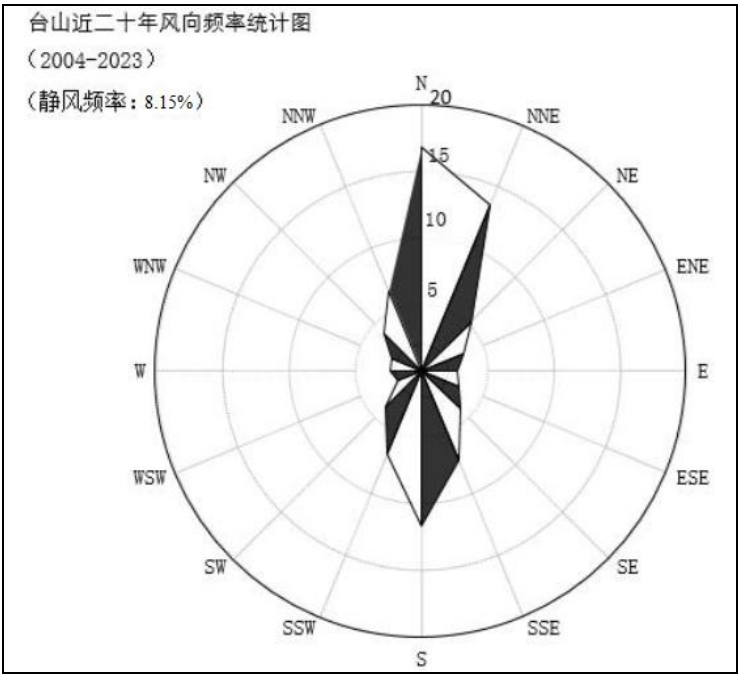


图 3.2.1-1 台山市近 20 年风向玫瑰图

3.2.2 水文动力

本节引用《中广核江门川岛一海上风电项目附近海域全潮海洋水文测验技术

报告》（2024 年 7 月），于 2024 年 6 月在项目附近海域进行的水文观测数据。

3.2.2.1 调查概况

本次调查共布设 6 个水文站位（CDL5、CDL6、CDL7、CDL8、CDL9 和 CDL10）和 3 个潮位观测站位（CDC1、CDC2 和 CDC3 站位），位置如图 3.2.2-1 所示，站位坐标以及观测内容见表 3.2.2-1。

表 3.2.2-1 水文观测站坐标和观测内容

站号	经度 (E)	纬度 (N)	观测要素	观测时间
CDL5	112°22'26.89"	21°14'50.70"	海流、悬沙、粒径、温盐	小潮：2024 年 06 月 15 日 21 时至 2024 年 06 月 16 日 23 时； 中潮：2024 年 06 月 18 日 21 时至 2024 年 06 月 19 日 23 时； 大潮：2024 年 06 月 20 日 01 时至 2024 年 06 月 21 日 03 时。
CDL6	112°30'13.75"	21°07'07.30"	海流、悬沙、粒径、温盐	
CDL7	112°21'00.21"	21°06'39.90"	海流、悬沙、粒径、温盐、 风速风向	
CDL8	112°09'05.75"	21°08'09.69"	海流、悬沙、粒径、温盐	
CDL9	112°12'39.95"	20°57'36.36"	海流、悬沙、粒径、温盐、 风速风向	
CDL10	112°20'31.30"	20°53'37.56"	海流、悬沙、粒径、温盐	
CDC1	112°55'47.17"	21°51'56.36"	潮位	2024 年 06 月 07 日 00 时至 2024 年 07 月 06 日 23 时
CDC2	112°41'18.80"	21°51'06.27"	潮位	
CDC3	112°24'59.98"	21°46'27.70"	潮位	



图 3.2.2-1 水文观测站位布设图

3.2.2.2 基面关系

本海区的平均潮差在 1.34m~1.60m 之间，整个海区潮差是从东往西逐渐增大。各站最大潮差在 2.53~3.76m 之间；涨潮历时普遍小于落潮历时。基面关系见图 3.2.2-2。各主要潮位站的潮位特征值见表 3.2.2-2。

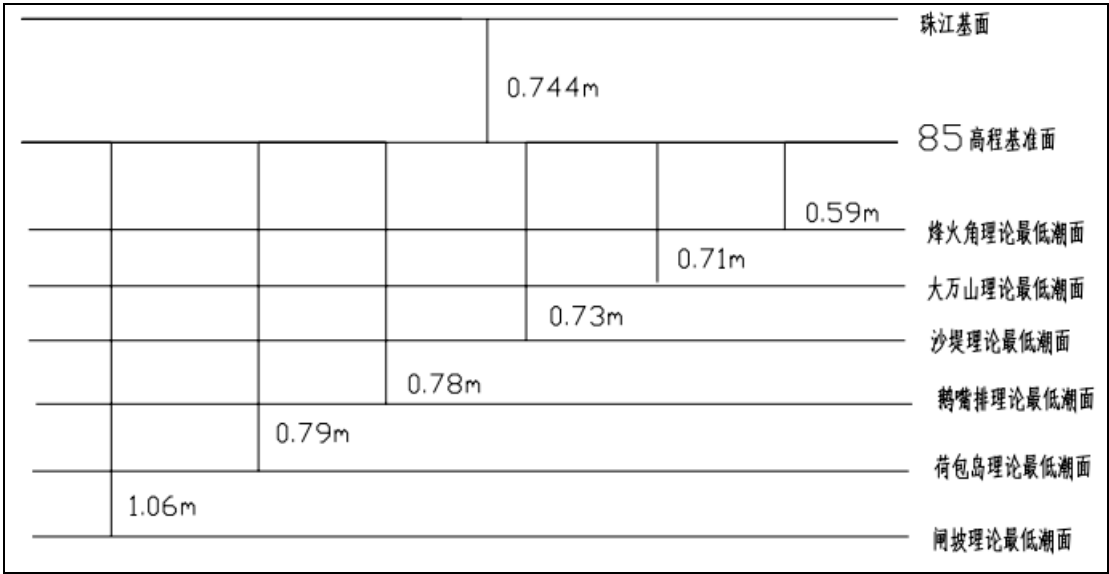


图 3.2.2-2 基面关系图

表 3.2.2-2 各主要潮位站的潮位特征值（不公开）

3.2.2.3 风速风向

小潮水文观测期间，风向以南风为主，风速在 5.5m/s~11.2m/s，观测海域的平均风速大小为 8.1m/s。各站点风速以及风向变化不大，观测海区的整体水深较深，海面上并无明显的遮挡物，故各个站位的风速接近一致。各个站位海况均为 2 级。

中潮水文观测期间，风向以南风为主，风速在 7.4m/s~9.7m/s。观测海域的平均风速大小为 8.6m/s。各站点风速以及风向变化不大，观测海区的整体水深较深，海面上并无明显的遮挡物，故各个站位的风速接近一致。各个站位海况均为 2 级。

大潮水文观测期间，风向以南风为主，风速在 8.45m/s~10.2m/s。观测海域的平均风速大小为 9.2m/s。各站点风速以及风向变化不大，观测海区的整体水深较深，海面上并无明显的遮挡物，故各个站位的风速接近一致。各个站位海况均为 2 级。

3.2.2.4 潮位

(1) 实测潮位统计分析

根据 CDC1、CDC2 和 CDC3 潮位观测站的潮位资料绘制潮位过程曲线，其中观测得到的潮位资料时间为 2024 年 06 月 07 日 00 时至 2024 年 07 月 06 日 23 时（30 天），如图 3.2.2-3 所示（黑色线段表示 30 天的观测潮位数据，红色线段表示海流观测时间段的潮位数据）。为了验证潮位资料的真实有效性，同时展示观测海域附近的两个潮位观测点：上川岛和高栏岛，其中黑色的线表示上川岛和高栏岛，红色表示 CDC1 站的潮位，蓝色表示 CDC2 站的潮位，绿色表示 CDC3 站的潮位，绘制时间为 2024 年 06 月 07 日 0 时至 2024 年 07 月 06 日 23 时（一个月），其数据来自于国家海洋信息中心，如图 3.2.2-4 所示。

图 3.2.2-3a CDC1 站潮位过程曲线（不公开）

图 3.2.2-3b CDC2 站潮位过程曲线（不公开）

图 3.2.2-3c CDC3 站潮位过程曲线（不公开）

图 3.2.2-4a 上川岛站潮位过程曲线（不公开）

图 3.2.2-4b 高栏岛站潮位过程曲线（不公开）

(2) 潮汐调和分析

根据收集的 CDC1、CDC2 和 CDC3 连续 30 天潮位资料，为了获得较准确的潮汐调和常数，采用引入差比数（采用了上川岛的差比关系）的最小二乘法对潮位进行调和分析，分析之前潮位进行了气压订正。采用最小二乘法原理计算得到各站各分潮的调和常数，表 3.2.2-3 列出了各站六个主要分潮的振幅和迟角。

表 3.2.2-3 调查海区调和常数统计分析（基于 30 天）（不公开）

由表可知，临时潮位站的分潮中 M_2 分潮振幅皆最大，其中 CDC1 的 M_2 分潮振幅为约为 50.19cm，迟角为 277°；CDC2 的 M_2 分潮振幅约为 50.38cm，迟角为 278°；CDC3 的 M_2 分潮振幅约为 56.44cm，迟角为 286°。

(3) 潮汐性质和潮汐特征值

采用主要日分潮振幅与主要半日分潮振幅的比值 $F = (H_{O_1} + H_{K_1}) / H_{M_2}$ 作为划分潮汐性质的判据：

$F < 0.5$ 正规半日潮

$0.5 \leq F < 2.0$ 不正规半日潮

$2.0 \leq F < 4.0$	不正规全日潮
$4.0 \leq F$	正规全日潮

临时潮位观测站的潮汐性质系数 F 值分别为 1.59、1.58 和 1.43，说明观测期间调查海区的潮汐类型为不正规半日潮。同时，通过上川岛站和高栏岛站的一个月的潮位数据，计算两个潮位观测站的潮汐性质系数，其结果分别为 1.34 和 1.50；而测量海区更靠近上川岛站。因此 CDC1、CDC2 和 CDC3 站为不正规半日潮的结果可信。观测期间调查海区最高潮位为 3.09m，最低潮位为 0.01m，最大涨潮潮差为 1.98m，最大落潮潮差为 3.00m。

表 3.2.2-4 测验所设潮位站潮汐特征值统计（不公开）

3.2.2.5 实测海流

（1）小潮期

从海流的运动状态来看，观测期内各站点海流表现出了明显的往复流的特征，从各站海流过程矢量图可以看出，各观测站各层潮流方向主要受局地的潮汐（半日潮区）的影响，该海区表现出了极强的规律性；在垂向结构上看，流速整体分布均匀，各层次的流速差异不大。

观测期间，风电场区的 CDL5、CDL6、CDL7、CDL8、CDL9 和 CDL10 站实测最大涨潮流速分别为 60.1cm/s（53°）、48.2cm/s（185°）、54.1cm/s（12°）、51.1cm/s（45°）、42.3cm/s（142°）、43.7cm/s（63°）；实测最大落潮流速分别为 64.2cm/s（81°）、48.4cm/s（176°）、83.0cm/s（63°）、66.0cm/s（77°）、58.4cm/s（140°）、56.3cm/s（114°），实测涨潮平均流速依次为 18.2cm/s（80°）、10.9cm/s（92°）、11.4cm/s（47°）、18.6cm/s（67°）、12.5cm/s（58°）、9.6cm/s（106°），实测落潮平均流速依次为 24.1cm/s（93°）、16.9cm/s（117°）、16.9cm/s（87°）、22.2cm/s（89°）、15.5cm/s（94°）、16.0cm/s（122°）。

最大涨潮流速为 60.1cm/s（方向为 53°），最大落潮流速为 83.0cm/s（方向为 63°），分别出现在 CDL5 站表层和 CDL7 站表层。最大涨潮和落潮平均流速分别为 35.2cm/s（方向为 225°）和 47.8cm/s（方向为 45°），分别出现在 CDL6 站表层和 CDL7 站表层。由于观测时间处于夏季，并且受风速较大的夏季风控制，各个站位都表现出表层流速最大，随着深度加深依次减小。在南方向的夏季风控制下，流向整体站位往东北方向转变。在南海夏季风的控制下，CDL5、CDL6、CDL7、

CDL8、CDL9 和 CDL10 站整体向北偏东；同时，在南方向的夏季风控制下，北向流遇到上川岛的地形阻碍，在上川岛南部形成了一个东向的流动。

图 3.2.2-5a 小潮期表层海流平面分布矢量图（不公开）

图 3.2.2-5b 小潮期 5 米层海流平面分布矢量图（不公开）

图 3.2.2-5c 小潮期 0.2H（10 米）层海流平面分布矢量图（不公开）

图 3.2.2-5d 小潮期 15 米层海流平面分布矢量图（不公开）

图 3.2.2-5e 小潮期 0.4H（20 米）层海流平面分布矢量图（不公开）

图 3.2.2-5f 小潮期 25 米层海流平面分布矢量图（不公开）

图 3.2.2-5g 小潮期 0.6H（30 米）层海流平面分布矢量图（不公开）

图 3.2.2-5h 小潮期 0.8H（50 米）海流平面分布矢量图（不公开）

图 3.2.2-5i 小潮期底层海流平面分布矢量图（不公开）

表 3.2.2-5 小潮期涨、落潮流对比统计表（不公开）

（2）中潮期海流运动情况

从海流的运动状态来看，观测期内各站点海流表现出了明显的往复流的特征，从各站海流过程矢量图可以看出，各观测站各层潮流方向主要受局地的潮汐（半日潮区）的影响，该海区表现出了极强的规律性；在垂向结构上看，流速整体分布均匀，各层次的流速差异不大。

观测期间，风电场区的 CDL5、CDL6、CDL7、CDL8、CDL9 和 CDL10 站实测最大涨潮流速分别为 37.2cm/s（19°）、56.8cm/s（357°）、56.1cm/s（50°）、45.1cm/s（12°）、49.5cm/s（354°）、47.4cm/s（8°）；实测最大落潮流速分别为 47.9cm/s（84°）、68.6cm/s（65°）、56.4cm/s（64°）、51.2cm/s（80°）、53.6cm/s（68°）、49.1cm/s（97°），实测涨潮平均流速依次为 10.2cm/s（36°）、17.9cm/s（15°）、16.2cm/s（26°）、17.1cm/s（33°）、16.6cm/s（18°）、12.6cm/s（14°），实测落潮平均流速依次为 16.1cm/s（100°）、17.7cm/s（59°）、17.1cm/s（82°）、19.3cm/s（80°）、16.7cm/s（76°）、14.1cm/s（85°）。

观测期间最大涨潮流速为 56.8cm/s（方向为 357°），最大落潮流速为 68.6cm/s（方向为 65°），均出现在 CDL6 站表层。最大涨潮和落潮平均流速分别为 47.8cm/s（方向为 34°）和 40.5cm/s（方向为 58°），均出现在 CDL6 站表层。由于观测时间处于夏季，并且受风速较大的夏季风控制，各个站位都表现出表层流速最大，

随着深度加深依次减小。在南方向的夏季风控制下，流向整体站位往东北方向转变。在南海夏季风的控制下，CDL4、CDL5、CDL6、CDL7、CDL8、CDL9 和 CDL10 站整体向北偏东；同时，在南方向的夏季风控制下，北向流遇到上川岛的地形阻碍，在上川岛南部形成了一个东向的流动。

图 3.2.2-6a 中潮期表层海流平面分布矢量图（不公开）

图 3.2.2-6b 中潮期 5 米层海流平面分布矢量图（不公开）

图 3.2.2-6c 中潮期 0.2H（10 米）层海流平面分布矢量图（不公开）

图 3.2.2-6d 中潮期 15 米层海流平面分布矢量图（不公开）

图 3.2.2-6e 中潮期 0.4H（20 米）层海流平面分布矢量图（不公开）

图 3.2.2-6f 中潮期 25 米层海流平面分布矢量图（不公开）

图 3.2.2-6g 中潮期 0.6H（30 米）层海流平面分布矢量图（不公开）

图 3.2.2-6h 中潮期 0.8H（50 米）海流平面分布矢量图（不公开）

图 3.2.2-6i 中潮期底层海流平面分布矢量图（不公开）

表 3.2.2-6 中潮期涨、落潮流对比统计表（不公开）

（3）大潮期海流运动情况

从海流的运动状态来看，观测期内各站点海流表现出了明显的往复流的特征，从各站海流过程矢量图可以看出，各观测站各层潮流方向主要受局地的潮汐（半日潮区）的影响，该海区表现出了极强的规律性；在垂向结构上看，流速整体分布均匀，各层次的流速差异不大。

观测期间，风电场区的 CDL5、CDL6、CDL7、CDL8、CDL9 和 CDL10 站实测最大涨潮流速分别为 34.3cm/s(24°)、38.1cm/s(53°)、40.9cm/s(4°)、33.9cm/s(31°)、32.7cm/s(351°)、43.9cm/s(21°)；实测最大落潮流速分别为 39.8cm/s(85°)、44.0cm/s(66°)、38.3cm/s(47°)、36.2cm/s(110°)、37.4cm/s(118°)、44.9cm/s(128°)，实测涨潮平均流速依次为 12.5cm/s(20°)、12.8cm/s(6°)、12.0cm/s(5°)、17.2cm/s(24°)、16.4cm/s(17°)、14.7cm/s(11°)，实测落潮平均流速依次为 18.5cm/s(94°)、12.8cm/s(89°)、13.2cm/s(81°)、20.2cm/s(82°)、17.0cm/s(81°)、15.6cm/s(101°)。

观测期间最大涨潮流速为 43.9cm/s（方向为 21°），最大落潮流速为 44.9cm/s（方向为 128°），出现在 CDL10 站表层和 CDL10 站 20 米层。最大涨潮和落潮

平均流速分别为 26.8cm/s（方向为 30°）和 27.8cm/s（方向为 81°），出现在 CDL8 站表层和 CDL5 站表层。由于观测时间处于夏季，并且受风速较大的夏季风控制，各个站位都表现出表层流速最大，随着深度加深依次减小。在南方向的夏季风控制下，流向整体站位往东北方向转变。在南海夏季风的控制下，CDL4、CDL5、CDL6、CDL7、CDL8、CDL9 和 CDL10 站整体向北偏东；同时在南方向的夏季风控制下，北向流遇到上川岛的地形阻碍，在上川岛南部形成了一个东向的流动。

图 3.2.2-7a 大潮期表层海流平面分布矢量图（不公开）

图 3.2.2-7b 大潮期 5 米层海流平面分布矢量图（不公开）

图 3.2.2-7c 大潮期 0.2H（10 米）层海流平面分布矢量图（不公开）

图 3.2.2-7d 大潮期 15 米层海流平面分布矢量图（不公开）

图 3.2.2-7e 大潮期 0.4H（20 米）层海流平面分布矢量图（不公开）

图 3.2.2-7f 大潮期 25 米层海流平面分布矢量图（不公开）

图 3.2.2-7g 大潮期 0.6H（30 米）层海流平面分布矢量图（不公开）

图 3.2.2-7h 大潮期 0.8H（50 米）层海流平面分布矢量图（不公开）

图 3.2.2-7i 大潮期底层海流平面分布矢量图（不公开）

表 3.2.2-7 大潮期涨、落潮流对比统计表（不公开）

3.2.2.6 潮流

（1）潮流性质

根据潮流调和分析结果，各观测点各层次主要表现出不正规半日潮流特征。由此可见，调查海区潮流类型主要表现为不正规半日潮流。

表 3.2.2-8 潮流性质系数表（不公开）

（2）潮流的运动形式及潮流椭圆要素

潮流运动可粗略分为往复流和旋转流，它可由潮流的椭圆旋转率 k 值来描述， k 值为潮流椭圆的短半轴与长半轴之比，其值介于 -1~1 之间。 k 的绝对值越小越接近往复流，越大越接近于旋转流。 k 值的正、负号表示潮流旋转的方向，正号表示逆时针方向旋转，负号表示顺时针方向旋转。

本次观测所有站位各层次潮流中，其中 M_2 分潮占优， K_1 分潮和 O_1 分潮次之；绝大部分的椭圆旋转率 k 绝对值小于 0.5，主要表现为往复流的特征。最大 M_2 分潮流出现在 CDL9 站 25 米层，流速为 58.8cm/s。

图 3.2.2-8a 各站各层 O_1 分潮椭圆图（不公开）

图 3.2.2-8b 各站各层 K_1 分潮椭圆图（不公开）

图 3.2.2-8c 各站各层 M_2 分潮椭圆图（不公开）

图 3.2.2-8d 各站各层 S_2 分潮椭圆图（不公开）

图 3.2.2-8e 各站各层 M_4 分潮椭圆图（不公开）

图 3.2.2-8f 各站各层 MS_4 分潮椭圆图（不公开）

（3）理论最大可能潮流和水质点可能最大运移距离

项目海域潮流可能最大流速为 60.5cm/s （方向为 11° ），出现在 CDL7 站表层，各站层可能最大流速介于 $20.0\text{cm/s}\sim 60.5\text{cm/s}$ 之间，各站潮流的可能最大流速方向以北为主；水质点可能最大运移距离为 20481.35m ，出现在 CDL9 站表层，各站层水质点可能最大运移距离介于 $6592.69\text{m}\sim 20481.35\text{m}$ 之间。

表 3.2.2-9 各站层潮流可能最大流速（不公开）

3.2.2.7 余流

调查海区观测期间余流流速主要介于 $6.5\text{cm/s}\sim 27.6\text{cm/s}$ 。最大余流为潮流 CDL8 站（表层， 27.6cm/s ， 55° ），最小余流为潮流 CDL10 站（15 米层， 6.5cm/s ， 51° ）。受南海夏季风的影响，余流中的风海流占比大；在强季风控制下，观测海区出现了较大的风海流。各站站位整体余流的方向为东北方向。

图 3.2.2-9 观测期各站余流图（不公开）

表 3.2.2-10 观测期各站各层余流对比表（不公开）

3.2.2.8 水温和盐度

（1）水温

小潮期温度结果：调查期间调查海区测得的水温最大值为 29.88°C ，出现在 CDL9 站表层；测得水温的最小值为 21.72°C ，出现在 CDL10 站底层；由于观测时间在夏季，夏季的海区一般的特点为越靠近外海温度越低，越靠近陆地温度越高，从各个站位的温度变化可以看到这一特点。由于夏季的太阳辐射充盈，所以观测海区整体的海表面温度都接近为 30°C 左右。而越靠近外海，底层的温度越低，表层和底层的温差越大。温度从表层到底层依次降低。此次观测的温度主要受昼夜和季节的影响。

中潮期温度结果：调查期间调查海区测得的水温最大值为 30.40°C ，出现在

CDL4 站表层和 CDL7 站表层；测得水温的最小值为 21.51℃，出现在 CDL10 站底层；由于观测时间在夏季，夏季的海区一般的特点为越靠近外海温度越低，越靠近陆地温度越高，从各个站位的温度变化可以看到这一特点。由于夏季的太阳辐射充盈，所以观测海区整体的海表面温度都接近为 30℃左右。而越靠近外海，底层的温度越低，表层和底层的温差越大。温度从表层到底层依次降低。此次观测的温度主要受昼夜和季节的影响。

大潮期温度结果：调查期间调查海区测得的水温最大值为 30.84℃，出现在 CDL7 站表层；测得水温的最小值为 21.74℃，出现在 CDL10 站底层；由于观测时间在夏季，夏季的海区一般的特点为越靠近外海温度越低，越靠近陆地温度越高，从各个站位的温度变化可以看到这一特点。由于夏季的太阳辐射充盈，所以观测海区整体的海表面温度都接近为 30℃左右。而越靠近外海，底层的温度越低，表层和底层的温差越大。温度从表层到底层依次降低。此次观测的温度主要受昼夜和季节的影响。

从各测站各层水温垂向变化曲线来看，垂向上，大部分测站水温均呈随深度增加而逐渐降低的趋势，表层至底层水温逐渐升高；表层水温较低，底层水温较大，符合夏季近岸海域的温度垂向变化特征。其中小潮表底层最大垂向水温日变幅为 7.69℃，平均垂向水温日变幅为 5.95℃；中潮表底层最大垂向水温日变幅为 8.58℃，平均垂向水温日变幅为 7.86℃；大潮表底层最大垂向水温日变幅为 8.45℃，平均垂向水温日变幅为 8.09℃。

（2）盐度

小潮期盐度结果：调查期间调查海区测得的盐度最大值为 34.54，出现在 CDL7 的底层；测得盐度的最小值为 28.54，出现在 CDL5 站表层。统计结果表明，靠近陆地（海岛）的站位整体的盐度偏低，这是由于有陆源物质的输入导致近岸海水盐度偏低；而靠近外海的海表面盐度偏低，随着深度变深，其盐度越高，明显可以看到靠近外海的站位的盐度出现分层，即次表层出现盐度梯度陡变。这是由于夏季太阳辐射强度高，在海表面形成稳定的高热海水，与海底的海水形成稳定的温度跃层（冷水重，热水轻，上热下冷，层结稳定，垂向输运减弱），因此，由于垂向输运减弱，加上夏季降雨，逐渐形成这种稳定的盐度特点，即盐跃层。各站的盐度混合均匀，且受潮汐作用的影响。

中潮期盐度结果：调查期间调查海区测得的盐度最大值为 34.57，出现在 CDL10 的底层；测得盐度的最小值为 27.16，出现在 CDL8 站表层。统计结果表明，靠近陆地（海岛）的站位整体的盐度偏低，这是由于有陆源物质的输入导致近岸海水盐度偏低；而靠近外海的海表面盐度偏低，随着深度变深，其盐度越高，明显可以看到靠近外海的站位的盐度出现分层，即次表层出现盐度梯度陡变。这是由于夏季太阳辐射强度高，在海表面形成稳定的高热海水，与海底的海水形成稳定的温度跃层（冷水重，热水轻，上热下冷，层结稳定，垂向输运减弱），因此，由于垂向输运减弱，加上夏季降雨，逐渐形成这种稳定的盐度特点，即盐跃层。各站的盐度混合均匀，且受潮汐作用的影响。

大潮期盐度结果：调查期间调查海区测得的盐度最大值为 34.48，出现在 CDL10 的底层；测得盐度的最小值为 27.47，出现在 CDL5 站表层。统计结果表明，靠近陆地（海岛）的站位整体的盐度偏低，这是由于有陆源物质的输入导致近岸海水盐度偏低；而靠近外海的海表面盐度偏低，随着深度变深，其盐度越高，明显可以看到靠近外海的站位的盐度出现分层，即次表层出现盐度梯度陡变。这是由于夏季太阳辐射强度高，在海表面形成稳定的高热海水，与海底的海水形成稳定的温度跃层（冷水重，热水轻，上热下冷，层结稳定，垂向输运减弱），因此，由于垂向输运减弱，加上夏季降雨，逐渐形成这种稳定的盐度特点，即盐跃层。各站的盐度混合均匀，且受潮汐作用的影响。

从各测站各层盐度垂向变化曲线来看，垂向上，大部分测站盐度均呈随深度增加而逐渐增大的趋势，表层至底层盐度逐渐升高；表层盐度较低，底层盐度较大，符合近岸海域的盐度垂向变化特征。其中小潮表底层最大垂向盐度日变幅为 5.64PSU，平均垂向盐度日变幅为 3.77PSU；中潮表底层最大垂向盐度日变幅为 7.21PSU，平均垂向盐度日变幅为 6.05PSU；大潮表底层最大垂向盐度日变幅为 6.86PSU，平均垂向盐度日变幅为 5.45PSU。

3.2.2.9 悬浮泥沙

（1）悬浮泥沙浓度

①小潮期

观测期间调查海区悬沙浓度范围为 $0.001\text{kg/m}^3 \sim 0.011\text{kg/m}^3$ ，CDL5 站表层，CDL6 站底层，CDL8 站 0.8H 层的悬沙浓度最大（ 0.011kg/m^3 ），CDL5 站整层，

CDL6 站整层, CDL7 站整层, CDL8 站整层, CDL9 站整层, 以及 CDL10 站整层的悬沙浓度最小 (0.001kg/m^3)。在垂向上, 各站表层和底层悬沙浓度较为接近。空间上, 近岸站点的平均悬沙浓度高于外海站点的平均悬沙浓度。

②中潮期

观测期间调查海区悬沙浓度范围为 $0.001\text{kg/m}^3 \sim 0.012\text{kg/m}^3$, CDL5 站底层的悬沙浓度最大 (0.012kg/m^3), CDL5 站整层, CDL6 站整层, CDL7 站整层, CDL8 站整层, CDL9 站整层, 以及 CDL10 站整层的悬沙浓度最小 (0.001kg/m^3)。在垂向上, 各站表层和底层悬沙浓度较为接近。空间上, 近岸站点的平均悬沙浓度高于外海站点的平均悬沙浓度。

③大潮期

观测期间调查海区悬沙浓度范围为 $0.001\text{kg/m}^3 \sim 0.013\text{kg/m}^3$, CDL5 站 0.4H 层、0.8H 层和底层, CDL6 站 0.8H 层, CDL10 站 50 米层的悬沙浓度最大 (0.013kg/m^3), CDL5 站表层和 0.2H 层, CDL6 站除 0.8H 层和底层外的所有层, CDL7 站除表层外的所有层, CDL8 站各层, CDL9 站各层和 CDL10 站除 15 米层外的各层的悬沙浓度最小 (0.001kg/m^3)。在垂向上, 各站表层和底层悬沙浓度较为接近。空间上, 近岸站点的平均悬沙浓度高于外海站点的平均悬沙浓度。

(2) 输沙量

小潮期间的涨潮期最大单宽输沙量为 1.31t/m , 方向 60° , 出现在 CDL8 站; 落潮期最大单宽输沙量为 1.87t/m , 方向 100° , 出现在 CDL7 站; 最大单宽净输沙量为 1.87t/m , 方向 107° , 出现在 CDL7 站。观测期间, 各个站点的净输沙量方向主要为东方向。

中潮期间的涨潮期最大单宽输沙量为 1.36t/m , 方向 59° , 出现在 CDL6 站; 落潮期最大单宽输沙量为 1.76t/m , 方向 99° , 出现在 CDL7 站; 最大单宽净输沙量为 1.76t/m , 方向 79° , 出现在 CDL7 站观测期间, 各个站点的净输沙量方向主要为东方向。

大潮期间的涨潮期最大单宽输沙量为 1.56t/m , 方向 55° , 出现在 CDL6 站; 落潮期最大单宽输沙量为 2.95t/m , 方向 129° , 出现在 CDL5 站; 最大单宽净输沙量为 2.95t/m , 方向 31° , 出现在 CDL5 站。观测期间, 各个站点的净输沙量方向主要为东方向。

表 3.2.2-11 各站各潮期单宽输沙量统计表 (不公开)

图 3.2.2-10a 净输沙示意图（小潮期）（不公开）

图 3.2.2-10b 净输沙示意图（中潮期）（不公开）

图 3.2.2-10c 净输沙示意图（大潮期）（不公开）

（3）悬沙粒度分析

①悬沙类型、粒级组成及含量

按《海洋调查规范》(GB/T12763.8-2007)粒级间隔为 1ϕ , 粒级组成为 $1\phi\sim 11\phi$ 。

由表可知调查水域各站悬沙从组成成分类别来看, 粉砂是悬沙主体, 其次是粘土, 最后是砂。

各站小潮期间砂含量为 0.00%~3.61%, 平均值为 0.22%, 粉砂含量在 31.13%~84.82%之间, 平均值为 65.19%, 粘土含量在 13.46%~68.87%之间, 平均值为 34.59%; 悬沙样品类型为粘土质粉砂 (135/162), 粉砂 (20/162), 粉砂质粘土 (7/162), 共 3 种样品。

各站中潮期间砂含量为 0.00%~4.75%, 平均值为 0.23%, 粉砂含量在 20.58%~84.70%之间, 平均值为 64.97%, 粘土含量在 15.30%~79.42%之间, 平均值为 34.81%; 悬沙样品类型为粘土质粉砂 (131/162), 粉砂质粘土 (9/162), 粉砂 (21/162), 粘土 (1/162), 共 4 种样品。

各站大潮期间砂含量为 0.00%~1.44%, 平均值为 0.62%, 粉砂含量在 24.97%~83.55%之间, 平均值为 70.50%, 粘土含量在 15.61%~75.03%之间, 平均值为 28.88%; 悬沙样品类型为粉砂 (37/162), 粘土质粉砂 (117/162), 粉砂质粘土 (7/162), 粘土 (1/162), 共 4 种样品。

表 3.2.2-12 悬沙粒度参数以及砂、粉砂、粘土含量 (N=486) (不公开)

表 3.2.2-13 悬沙粒级组成和各粒级含量 (N=486) (不公开)

图 3.2.2-11a 悬沙所有样品谢帕德三角图分布 (N=162) (小潮期) (不公开)

图 3.2.2-11b 悬沙所有样品谢帕德三角图分布 (N=162) (中潮期) (不公开)

图 3.2.2-11c 悬沙所有样品谢帕德三角图分布 (N=162) (大潮期) (不公开)

②中值粒径 (M_d , μm)

各站小潮悬沙中值粒径变化范围在 $6.42\mu m\sim 8.90\mu m$ 之间, 平均值为 $7.55\mu m$ 。CDL8 测站 2024 年 6 月 16 日 22:00 悬沙粒径最粗 ($8.90\mu m$), CDL9 测站 2024 年 6 月 16 日 19:00 悬沙粒径最细 ($6.42\mu m$)。

各站中潮悬沙中值粒径变化范围在 $6.62\mu\text{m}\sim 8.99\mu\text{m}$ 之间,平均值为 $7.55\mu\text{m}$ 。CDL8 测站 2024 年 6 月 18 日 21:00 悬沙粒径最粗 ($8.99\mu\text{m}$), CDL9 测站 2024 年 6 月 19 日 22:00 悬沙粒径最细 ($6.62\mu\text{m}$)。

各站大潮悬沙中值粒径变化范围在 $6.31\mu\text{m}\sim 8.75\mu\text{m}$ 之间,平均值为 $6.94\mu\text{m}$ 。CDL5 测站 2024 年 6 月 21 日 17:00 悬沙粒径最粗 ($8.75\mu\text{m}$), CDL10 测站 2024 年 6 月 21 日 01:00 悬沙粒径最细 ($6.31\mu\text{m}$)。

表 3.2.2-14 悬沙中值粒径 (M_d , μm) 统计 (不公开)

由于测区地形、来沙、水流、波浪等因素的复合作用,泥沙颗粒起、落情况复杂,本次调查中的悬沙粒径变化与潮流急、憩的相关性不明显。小潮期各个站位中值粒径的平均值分别为 $7.61\mu\text{m}$ 、 $7.60\mu\text{m}$ 、 $7.55\mu\text{m}$ 、 $7.52\mu\text{m}$ 、 $7.51\mu\text{m}$ 、 $7.50\mu\text{m}$ 。中潮期各个站位中值粒径的平均值分别为 $7.59\mu\text{m}$ 、 $7.63\mu\text{m}$ 、 $7.45\mu\text{m}$ 、 $7.68\mu\text{m}$ 、 $7.50\mu\text{m}$ 、 $7.47\mu\text{m}$ 。大潮期各个站位中值粒径的平均值分别为、 $7.03\mu\text{m}$ 、 $6.91\mu\text{m}$ 、 $6.83\mu\text{m}$ 、 $6.94\mu\text{m}$ 、 $7.00\mu\text{m}$ 、 $6.95\mu\text{m}$ 。

③平均粒径 (M_z , ϕ)

采用福克—沃德公式计算出悬沙平均粒径。

小潮测量期间测区平均粒径在 $5.80\phi\sim 8.31\phi$ 之间,平均值为 6.94ϕ 。平均粒径的空间分布为: CDL10 站的 2024 年 6 月 15 日 21:00 最大,为 8.31ϕ ; CDL5 站的 2024 年 6 月 16 日 19:00 最小,为 5.80ϕ 。中潮测量期间测区平均粒径在 $5.95\phi\sim 8.63\phi$ 之间,平均值为 6.96ϕ 。平均粒径的空间分布为: CDL8 站的 2024 年 6 月 19 日 17:00 最大,为 8.63ϕ ; CDL8 站的 2024 年 6 月 19 日 05:00 最小,为 5.95ϕ 。大潮测量期间测区平均粒径在 $5.85\phi\sim 8.47\phi$ 之间,平均值为 6.23ϕ 。平均粒径的空间分布为: CDL5 站的 2024 年 6 月 20 日 17:00 最大,为 8.47ϕ ; CDL7 站的 2024 年 6 月 20 日 19:00 最小,为 5.85ϕ 。

④分选系数 (σ_i , ϕ)

测区小潮期间悬沙分选系数变化范围为 $0.003\phi\sim 0.016\phi$,平均值为 0.009ϕ 。测区中潮期间悬沙分选系数变化范围为 $0.002\phi\sim 0.015\phi$,平均值为 0.009ϕ 。测区大潮期间悬沙分选系数变化范围为 $0.002\phi\sim 0.016\phi$,平均值为 0.013ϕ 。

⑤偏态 (S_{ki})

测区小潮期间悬沙偏态系数变化范围为 $0.18\sim 0.79$,平均值为 0.59 。测区中

潮期间悬沙偏态系数变化范围为 0.03~0.76，平均值为 0.58。测区大潮期间悬沙偏态系数变化范围为 0.24~0.69，平均值为 0.58。

⑥峰态 (Kg)

测区小潮悬沙峰态系数的变化范围为 0.71~3.46，平均值为 1.46。测区中潮悬沙峰态系数的变化范围为 0.70~3.32，平均值为 1.44。测区大潮悬沙峰态系数的变化范围为 0.64~1.23，平均值为 0.78。

3.2.2.10 波浪

本节引自《中广核阳江帆石一、帆石二海上风电场项目水文观测及海洋环境现状调查-周年潮汐、海流、波浪观测分析报告》(2020 年 7 月)。波浪观测站位的布设位置为：112°13.578'E，21°5.356'N，观测时间：2019 年 3 月 1 日~2020 年 2 月 29 日。相关结论如下：

(1) 观测期间最大波高 $H_{\max}$ 、十分之一大波波高 $H_{1/10}$ 、三分之一大波波高 $H_{1/3}$ 、平均波高 H_{AVE} 分别为 1045cm、757cm、607cm、376cm，发生于夏季热带气旋“韦帕”(2019 年 7 月)影响期间。平均 $H_{5\%}$ 、 $H_{1/10}$ 、 $H_{1/3}$ 、 H_{AVE} 分别为 156cm、160cm、128cm、81cm。本海区除 8 月份强浪向为 SSE 向外，其余月份的强浪向以 E~ESE 为主。

(2) 观测期间 $T_{1/3}$ 、 $T_{1/10}$ 、 T_p 小于 7s 的波浪分别占全年的 79.7%、74.5%、47.7%，大于 7s 的波浪分别占全年的 20.3%、25.5%、52.3%。

(3) 工程海区波浪类型以风浪与涌浪的混合浪为主，7~9 月风浪出现的频率小于涌浪出现的频率，10 月~次年 5 月则相反。全年风浪与涌浪出现的频率相当，接近 12%，混合浪占 74.4%。

(4) 夏季(6~8 月)波向主要集中在 SSE~SSW 方向，分布频率占约当月的 80%。全年波向主要集中在 E(常浪向)、S(次常浪向)方向，分布频率分别为 48.87%、17.53%，占观测期间波浪的 66.4%。 $H_{1/3}$ 波高分布中 50~100cm、100~150cm、150~200cm 的波高占全年的频率分别为 31.73%、32.7%、20.41%，占观测期间波浪的 84.8%。

(5) 全年有效波高 $H_{1/3}$ 与 $T_{1/3}$ 主要集中在 50cm~200cm、4.0s~7.9s 范围内，约占观测期的 81.58%；全年有效波高 H_s 与 T_p 主要集中在 50cm~200cm、5.0s~8.9s 范围内，约占观测期的 69.89%。

(6) 按每天至少出现 1 次统计, $H_{1/3} \geq 350\text{cm}$ 的浪观测期间出现 3 天, 分别出现在 2019 年 7 月~9 月。按每天至少出现 4 次、6 次统计, $H_{1/3} \geq 350\text{cm}$ 的浪观测期间分别出现 2 天、2 天, 均分别出现在 2018 年 7 月和 8 月。

(7) 观测期间 $H_{1/3}$ 大于 50cm、100cm、200cm、300cm 波浪最长持续时间分别为 3348h、600h、107h 和 27h, 大于 350cm 波浪出现在 2019 年 7 月~9 月, 最长持续时间为 16h。

(8) 观测海区波浪全年以单峰谱为主, 谱峰周期范围为 6~10s, 谱峰方向夏季偏南, 冬季偏东。热带气旋影响下的 7~8 月谱峰宽度较窄, 谱峰值较大(台风“韦帕”影响期间)。春季、夏季、秋季和冬季波浪的谱峰值范围分别为 4.14~8.73 (m^2/Hz)、3.89~35.01 (m^2/Hz)、9.45~19.78 (m^2/Hz)、7.70~23.50 (m^2/Hz)。春季、夏季、秋季和冬季波浪的谱峰周期范围分别为 7.7~9.1s、6.3~10.0s、9.1s、8.3~10.0s。

(9) 本海区 10 月~次年 3 月以东北向的风浪为主; 4 月~9 月以东北和西南向的混合浪为主。热带气旋“韦帕”、“杨柳”和“剑鱼”影响期间波浪谱峰以单峰谱为主, 伴随有小的次峰, 谱峰周期 6.0s~10.6s, 波向随热带气旋的移动按 S (热带气旋来临前) -> E (工程海域波高达到最大) -> S (热带气旋远离) 规律变化。典型夏季风、冬季风影响期间波浪仍以单峰谱为主, 最大谱密度峰值相近。

(10) 波周期大于 7 秒的波浪年最大波高 $H_{\max}$ 、十分之一大波波高 $H_{1/10}$ 、三分之一大波波高 $H_{1/3}$ 、平均波高 H_{AVE} 分别为 875cm、657cm、542cm、350cm, 发生于 2019 年 7 月热带气旋“韦帕”影响期间; 年平均 $H_{1/10}$ 、 $H_{1/3}$ 、 H_{AVE} 分别为 96cm、77cm、49cm; 年平均 T_z 为 8.4s。

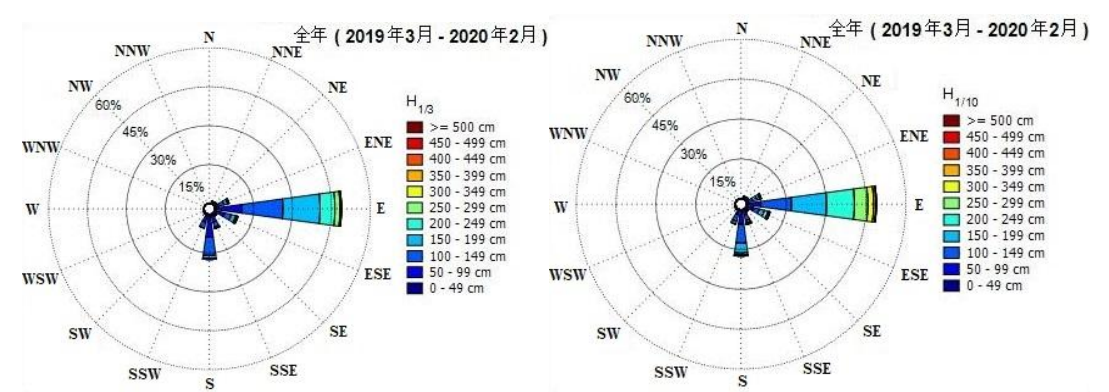


图 3.2.2-12 波高与波向联合分布玫瑰图

3.2.3 海域地形地貌与冲淤状况

3.2.3.1 地形地貌

本项目风电场位于广东省江门市台山市南侧，离岸最近距离约 65km，海域宽阔，场区内未见岛屿分布，水深为 45m~49m，海底地形总体平缓，整体呈西北高东南低趋势，属冲海积地貌单元。场区内未发现明显陡坎、海沟等。项目水深地形图可见图 3.2.3-1。

图 3.2.3-1 项目水深地形图（不公开）

3.2.3.2 冲淤现状和冲淤变化特征

本项目泥沙与海床稳定分析专题报告尚未开展，中广核阳江帆石一、帆石二海上风电场项目场址与本项目场址西侧紧邻，因此本节引自《中广核阳江帆石一、帆石二海上风电场项目水文观测及海洋环境现状调查-泥沙与海床稳定分析专题报告》（2020 年 7 月）。

本项目风电场位于广东省江门市台山市南侧，离岸最近距离约 65km，水深大于 40m，海区的泥沙运动主要受波浪和流的联合作用。根据工程海域不同波级的泥沙临界起动水深计算结果，对比周年观测波高分布频率可知，大浪对工程海域的海底泥沙运动会有一定影响，但出现的概率较低，大多出现在热带气旋影响期间，通常情况下的波浪对海床的泥沙运动影响较小。波高超过 7.0m 的大浪可使工程海域内的海底泥沙起动，进而可在潮流及余流的作用下完成输运；波高超过 8.5m 的大浪可使工程海域内的海底泥沙成层推移运动。根据潮流作用下的起动流速计算，分析结果表明，风电场工程海域的泥沙起动流速需要在 61cm/s 以上，实测最大流速和潮流可能最大流速均小于泥沙起动流速，通常情况下海床的泥沙不易起动，因此在常态下本工程海域的泥沙处于相对稳定的状态。

3.2.4 工程地质

本节引自《中广核江门川岛一海上风电项目可行性研究阶段岩土工程勘测报告》（2024 年 6 月）。

3.2.4.1 岩土层特征

根据区域地质资料及钻探揭示，场区内自上而下地层为第四系全新统海相沉

积的淤泥质土和粉砂混淤泥（①层）、第四系全新统海陆过渡相的黏性土、砂土及粉土（②层）、第四系晚更新统海陆交互相的黏土及砂土（③层），各层根据工程性质的差异分为若干个亚层。场区覆盖层厚度大，一般大于 100m。各岩土层特征按由上至下的揭露顺序描述如下：

第一层：全新统海相沉积层（Q₄^m）

淤泥质土（①₂）：灰黑、深灰色，饱和，流塑，略具砂感，局部夹粉土或粉砂薄层，混少量贝壳碎屑，含有机质，略具腥臭味，海相沉积。该层在场地广泛分布，厚度为 1.40m~6.00m，层底面高程为-60.60m~-48.35m，层顶面高程为-55.20m~-46.25m。剔除异常数据后实测标准贯入击数为 1~5 击。

粉砂混淤泥（①₃）：灰色、灰褐色，饱和，松散，主要矿物为石英、长石，级配一般，含较多淤泥，局部呈夹层产出，海相沉积。该层在场地局部地段分布，厚度为 1.70m~3.10m，层底面高程为-52.50m~-49.70m，层顶面高程为-49.40m~-48.00m。剔除异常数据后实测标准贯入击数为 3~9 击。

第二层：全新统海陆过渡相沉积层（Q₄^{m+al}）

黏土（②）：灰色，很湿，软塑，含粉砂颗粒，土质黏性较好，韧性中等，切面较光滑，局部表现为粉质黏土，海陆过渡相沉积。该层在场地部分地段分布，厚度为 3.00m~6.00m，层底面高程为-64.10m~-55.85m，层顶面高程为-60.60m~-52.50m。剔除异常数据后实测标准贯入击数为 3~6 击。

粉质黏土（②₀₋₁）：灰色，湿，软塑，局部可塑，含粉砂颗粒，局部夹粉砂薄层，土质黏性一般，韧性中等，局部表现为黏土，海陆过渡相沉积。该层在场地部分地段分布，厚度为 3.50m~7.00m，层底面高程为-64.00m~-61.90m，层顶面高程为-58.40m~-56.75m。剔除异常数据后实测标准贯入击数为 4~6 击。

黏土（②₁）：灰色，湿，可塑，含粉砂颗粒，土质黏性较好，韧性中等，切面较光滑，局部表现为粉质黏土，海陆过渡相沉积。该层在场地大部分地段分布，厚度为 3.00m~6.00m，层底面高程为-64.10m~-55.85m，层顶面高程为-60.60m~-52.50m。剔除异常数据后实测标准贯入击数为 6~19 击。

粉质黏土（②₁₋₁）：灰色，湿，可塑，含粉砂颗粒，局部夹粉砂薄层，土质黏性一般，韧性中等，局部表现为黏土，海陆过渡相沉积。该层在场地广泛分布，厚度为 1.00m~8.20m，层底面高程为-95.40m~-61.55m，层顶面高程为-90.40m~

-55.85m。剔除异常数据后实测标准贯入击数为 6~19 击。

粉砂混黏性土 (②₃₋₁): 灰色, 饱和, 中密, 局部密实, 主要矿物为石英、长石, 级配差, 混多量细粒质土, 多夹薄层黏性土, 海陆过渡相沉积。该层在场地大部分地段分布, 厚度为 0.70m~5.80m, 层底面高程为-89.67m~-58.37m, 层顶面高程为-88.97m~-55.67m。剔除异常数据后实测标准贯入击数为 21~35 击。

中砂 (②₅): 灰、灰黄色, 饱和, 密实, 主要矿物为石英和长石, 级配一般, 混细粒质土, 海陆过渡相沉积。该层在场地部分地段分布, 厚度为 1.00m~1.10m, 层底面高程为-78.40m~-75.25m, 层顶面高程为-77.40m~-74.15m。剔除异常数据后实测标准贯入击数为 36~42 击。

粗砂 (②₆): 灰色, 局部灰黄色, 饱和, 密实, 主要矿物为石英、长石, 级配较好, 混细粒质土, 混少量圆砾, 海陆过渡相沉积。该层在场地局部地段分布, 厚度为 1.20m~7.10m, 层底面高程为-93.25m~-71.65m, 层顶面高程为-86.15m~-70.45m。剔除异常数据后实测标准贯入击数为 54~75 击。

粉土 (②₈): 灰色, 饱和, 中密~密实, 局部夹粉质黏土薄层, 显细微水平层理, 摇振中等, 无光泽, 土质韧性差, 干强度低, 海陆过渡相沉积。该层在场地局部地段分布, 厚度为 2.00m~5.40m, 层底面高程为-95.90m~-70.00m, 层顶面高程为-90.50m~-68.00m。剔除异常数据后实测标准贯入击数为 15~17 击。

第三大层: 全新统海陆交互相沉积层 (Q₃^{m+al})

黏土 (层号③₁): 灰色, 湿, 可塑, 含粉砂颗粒, 土质黏性较好, 韧性中等, 切面较光滑, 局部表现为粉质黏土, 海陆交互相沉积。该层在场地大部分地段分布, 厚度为 1.20m~8.50m, 层底面高程为-159.10m~-105.65m, 层顶面高程为-154.70m~-100.60m。剔除异常数据后实测标准贯入击数为 16~36 击。

粉质黏土 (层号③₁₋₁): 灰色, 湿, 可塑, 灰色, 湿, 可塑, 含粉砂颗粒, 局部夹粉砂或中砂薄层, 土质黏性一般, 韧性中等, 局部表现为黏土, 海陆交互相沉积。该层在场地广泛分布, 厚度为 1.20m~7.10m, 层底面高程为-154.70m~-95.35m, 层顶面高程为-150.80m~-91.55m。剔除异常数据后实测标准贯入击数为 14~36 击。

粉质黏土 (层号③₂₋₁): 灰色, 稍湿, 硬塑, 含粉砂颗粒, 土质黏性一般,

韧性中等，海陆交互相沉积。该层在场地局部地段分布，厚度为 2.40m，层底面高程为-163.00m，层顶面高程为-160.60m。剔除异常数据后实测标准贯入击数为 41 击。

粉砂 (③₃): 灰色，饱和，密实，主要矿物为石英、长石，级配差，混细粒质土，海陆交互相沉积。该层在场地部分地段分布，厚度为 1.90m~4.20m，层底面高程为-146.30m~-128.90m，层顶面高程为-144.40m~-124.70m。剔除异常数据后实测标准贯入击数为 60~94 击。

粉砂混黏性土 (③₃₋₁): 灰色，饱和，密实，主要矿物为石英、长石，级配较差，混多量细粒质土，多夹薄层黏性土，海陆交互相沉积。该层在场地广泛分布，厚度为 0.88m~7.80m，层底面高程为-167.15m~-96.97m，层顶面高程为-163.00m~-94.67m。剔除异常数据后实测标准贯入击数为 44~88 击。

中砂 (③₅): 灰、灰黄色，饱和，密实，主要矿物为石英、长石，级配一般，混少量粗砂颗粒，局部混细粒质土，海陆交互相沉积。该层在场地大部分地段分布，厚度为 0.70m~5.70m，层底面高程为-150.80m~-100.05m，层顶面高程为-148.30m~-99.35m。剔除异常数据后实测标准贯入击数为 51~115 击。

中砂混黏性土 (③₅₋₁): 灰色，饱和，密实，主要矿物为石英、长石，级配一般，混多量细粒质土，局部夹薄层黏性土，海陆交互相沉积。该层在场地部分地段分布，厚度为 2.20m~6.90m，层底面高程为-119.70m~-103.87m，层顶面高程为-116.40m~-96.97m。剔除异常数据后实测标准贯入击数为 42~100 击。

粗砂 (③₆): 灰、灰黄色，饱和，密实，主要矿物为石英、长石，级配较好，局部混圆砾，海陆交互相沉积。该层在场地部分地段分布，厚度为 0.70m~5.10m，层底面高程为-140.00m~-97.45m，层顶面高程为-135.60m~-95.35m。剔除异常数据后实测标准贯入击数为 51~125 击。

粗砂混黏性土 (③₆₋₁): 灰色，饱和，密实，主要矿物为石英、长石，级配较好，局部混圆砾，混多量细粒质土，岩芯呈团块状，海陆交互相沉积。该层在场地局部地段分布，厚度为 2.10m，层底面高程为-134.40m，层顶面高程为-132.30m。剔除异常数据后实测标准贯入击数为 115 击。

砾砂 (③₇): 灰、灰黄色，饱和，密实，主要矿物为石英、长石，级配好，混圆砾，呈亚圆状，粒径 2~4mm，海陆交互相沉积。该层在场地部分地段分布，

厚度为 1.20m~4.30m，层底面高程为-145.60m~-114.70m，层顶面高程为-143.00m~-110.40m。剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为 75~100 击。

3.2.4.2 场地稳定性及适宜性

场址近区域现代构造活动一般，区域地壳基本稳定，风电场地震基本烈度为Ⅶ度，根据《海上风力发电厂勘测标准》（GB51395-2019）的有关标准，风电场区域构造稳定性较好。根据《建筑抗震设计规范》（GB50011-2010）（2016 年版）4.1.7 条，抗震设防烈度小于 8 度时，可忽略发震断裂错动对地面建筑的影响。拟建场地属对建筑抗震不利地段，根据行业标准《城乡规划工程地质勘察规范》（CJJ57-2012）8.2.1 条，对建筑抗震的不利地段划分为稳定性差场地。根据行业标准《城乡规划工程地质勘察规范》（CJJ57-2012）8.3.2 条及附录 C，稳定性差场地适宜性定性分级为适宜性差。风机基础位于近海海域，易受海浪冲刷，但采用桩基础及防潮水冲刷措施后可进行工程建设。

图 3.2.4-1 钻孔平面布置图（不公开）

图 3.2.4-2 工程地质剖面图（2—2'）（不公开）

图 3.2.4-3a 钻孔柱状图（CDTK05）（不公开）

图 3.2.4-3b 钻孔柱状图（CDTK05）（不公开）

图 3.2.4-3c 钻孔柱状图（CDTK05）（不公开）

图 3.2.4-3d 钻孔柱状图（CDTK05）（不公开）

图 3.2.4-3e 钻孔柱状图（CDTK05）（不公开）

图 3.2.4-3f 钻孔柱状图（CDTK05）（不公开）

3.2.5 海洋自然灾害

3.2.5.1 热带气旋

有研究表明，台风最大风速半径（台风最大风速处距其中心距离）约为 15-90km，台风发展过程中最大风速半径会不断变化，不同特性、强度的台风，其最大风速半径也会有所不同。

1949-2020 年 72 年间经过评估区域的台风共 110 个，年平均为 1.5 个；最多的 1974 年有 6 个台风中心经过该区域；无台风中心经过该区域的年份有 15 年。在这 110 个台风样本中，涵盖了从热带低压到超强台风的所有等级热带气旋。

各个台风生命史历程中，极端最低气压为 890hPa（5413 号超强台风），台风过程极端最大风速为 85m/s（5413 和 5427 号超强台风）。

在评估区域内的台风极端最低气压为 935hPa（9615 号强台风），台风极端最大 2min 平均风速为 50m/s（5413 号、6311 号超强台风和 9615、0814 号强台风），根据 2min 和 10min 平均风速经验换算系数 0.92（阎俊岳等，《中国近海气候》，科学出版社，1993 年），将 2min 平均风速换算为 10min 平均风速，最大值为 46.0m/s。

广东沿海的台风季为每年的 4~11 月份，进入评估海域内的台风样本主要集中在 5~10 月份，台风出现频率占总数的 96%。按广东前后汛期时间划分，前汛期（4~6 月）的台风频率占 21%，后汛期（7~9 月）的台风频率为 66%。

对进入评估海域内的台风样本中心最大 10min 平均风速按 IEC 标准进行分级统计，结果显示风速小于 30.0m/s 的台风样本占 67.3%，风速在 30.0~37.5m/s 之间的占 25.5%，风速在 37.5~42.5m/s 之间的占 3.6%，风速大于等于 42.5 的占 3.6%（未出现 10min 平均风速达 50m/s 以上的台风样本）。从各月台风样本分级情况可见，6~11 月份出现强台风样本的频率明显高于其他月份。

3.2.5.2 风暴潮

风暴潮灾害是由台风强烈扰动造成的潮水位急剧升降，是一种严重的海洋灾害，主要危害沿海地区。在广东地区，台风风暴潮灾害的特点是：发生次数多、强度大、连续性明显，影响范围广，突发性强，灾害损失大，且主要危害经济发达的沿海地区。台风引起的增水见表 3.2.5-1。

表 3.2.5-1 台风引起的增水

名称	登陆地点	日期	台风引起的增水
温比亚	湛江市麻章区湖光镇沿海	2013 年 7 月 2 日	珠江口以西沿岸（38~182cm）
尤特	阳西县附近沿海	2013 年 8 月 14 日	台山站（120cm）
电母	湛江雷州市东里镇沿海地区	2016 年 8 月 18 日	珠江口到粤西沿岸（30~60cm）
天鸽	珠海市金湾区沿海	2017 年 8 月 23 日	台山站（102cm）
帕卡	江门市台山东南部沿海	2017 年 8 月 27 日	台山站（52cm）
卡努	湛江市徐闻县东部沿海	2017 年 10 月 16 日	台山站（105cm）
山竹	广东省台山海宴镇	2018 年 9 月 16 日	台山站（175cm）
韦帕	广东省湛江市	2019 年 8 月 1 日	台山站（78cm）
海高斯	广东省珠海市金湾区沿海	2020 年 8 月 19 日	台山站（50cm）
查帕卡	广东省阳江市江城区沿海	2021 年 7 月 20 日	台山站（51cm）
圆规	海南省琼海市沿海	2021 年 10 月 13 日	台山站（152cm）

名称	登陆地点	日期	台风引起的增水
暹芭	茂名市电白区沿海	2022 年 7 月 2 日	台山站（104cm）
马鞍	茂名市电白区沿海	2022 年 8 月 25 日	台山站（114cm）
泰利	广东省湛江市南三岛沿海	2023 年 7 月 17 日	台山站（116cm）
苏拉	广东省珠海市金湾区沿海	2023 年 9 月 2 日	台山站（58cm）

3.2.6 海洋水质现状调查与评价

本节引用《中广核江门川岛一海上风电项目海洋环境现状调查监测报告（2024 年春季）》（2024 年 5 月）、《中广核江门川岛一海上风电项目海洋环境现状调查监测报告（2023 年秋季）》（2023 年 12 月），于 2024 年 3 月和 2023 年 11 月在项目附近进行的海洋环境质量现状调查数据。

3.2.6.1 调查概况

（1）春季

春季调查时间为 2024 年 03 月 23 日~03 月 28 日，共设水质调查站位 22 个，海洋生物生态、生物质量和渔业资源调查站位 15 个，具体调查站位详见表 3.2.6-1 和图 3.2.6-1。

表 3.2.6-1 春季海洋环境现状调查站位

站位	经度（E）	纬度（N）	调查项目
CD01	112°08'44.14"	20°55'29.71"	水质、海洋生态、渔业资源
CD02	112°08'43.62"	21°00'46.38"	水质
CD03	112°08'44.46"	21°05'03.38"	水质、海洋生态、渔业资源
CD04	112°08'43.35"	21°09'54.38"	水质、海洋生态、渔业资源
CD06	112°13'34.10"	21°14'48.24"	水质
CD07	112°13'26.37"	21°09'44.31"	水质、海洋生态、渔业资源
CD08	112°13'19.45"	21°04'42.37"	水质、海洋生态、渔业资源
CD09	112°13'24.40"	21°00'33.05"	水质、海洋生态、渔业资源
CD10	112°13'43.75"	20°53'24.33"	水质
CD11	112°18'30.43"	20°52'45.30"	水质、海洋生态、渔业资源
CD12	112°18'38.49"	20°59'36.03"	水质
CD13	112°18'46.07"	21°05'02.32"	水质、海洋生态、渔业资源
CD14	112°18'45.11"	21°09'50.14"	水质、海洋生态、渔业资源
CD15	112°18'58.36"	21°15'22.84"	水质、海洋生态、渔业资源
CD16	112°24'13.58"	21°15'05.39"	水质
CD17	112°23'38.64"	21°09'51.42"	水质、海洋生态、渔业资源
CD18	112°23'57.39"	21°04'37.42"	水质、海洋生态、渔业资源
CD19	112°23'51.41"	20°59'44.73"	水质、海洋生态、渔业资源
CD20	112°23'58.04"	20°53'29.15"	水质
CD21	112°29'15.54"	21°00'25.36"	水质
CD22	112°30'13.18"	21°04'46.37"	水质、海洋生态、渔业资源
LY20	112°28'53.75"	21°10'22.48"	水质、海洋生态、渔业资源



图 3.2.6-1 春季海洋环境现状调查站位分布图

(2) 秋季

秋季调查时间为 2023 年 11 月 20 日~11 月 22 日,共设水质调查站位 25 个,沉积物调查站位 15 个,海洋生物生态 18 个、生物体质量和渔业资源调查站位 18 个,具体调查站位详见表 3.2.6-2 和图 3.2.6-2。

表 3.2.6-2 秋季海洋环境现状调查站位

站位	经度 E	纬度 N	调查项目
CD01	112°08'43.31"	20°55'27.39"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
CD02	112°08'42.76"	21°00'47.65"	水质
CD03	112°08'42.54"	21°05'02.92"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
CD04	112°08'42.55"	21°09'53.41"	水质、生物生态、渔业资源
CD06	112°13'32.94"	21°14'46.53"	水质
CD07	112°13'24.42"	21°09'43.50"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
CD08	112°13'18.83"	21°04'41.40"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
CD09	112°13'22.38"	21°00'32.75"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
CD10	112°13'42.88"	20°53'25.76"	水质
CD11	112°18'29.95"	20°52'44.33"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
CD12	112°18'37.47"	20°59'37.60"	水质
CD13	112°18'40.49"	21°03'36.42"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
CD14	112°18'49.34"	21°06'42.95"	水质、生物生态、渔业资源
CD15	112°18'43.15"	21°09'51.29"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
CD16	112°18'57.08"	21°15'20.72"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
CD17	112°21'07.88"	21°09'51.64"	水质、生物生态、渔业资源
CD18	112°21'08.14"	21°06'39.01"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源

站位	经度 E	纬度 N	调查项目
CD19	112°24'12.15"	21°15'04.03"	水质
CD20	112°23'36.85"	21°09'50.90"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
CD21	112°23'55.28"	21°04'36.38"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
CD22	112°23'50.81"	20°59'45.09"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
CD23	112°23'56.27"	20°53'27.69"	水质
CD25	112°30'13.10"	21°04'46.14"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
CD26	112°29'17.16"	21°09'47.16"	水质
CD27	112°29'12.22"	21°14'47.50"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源

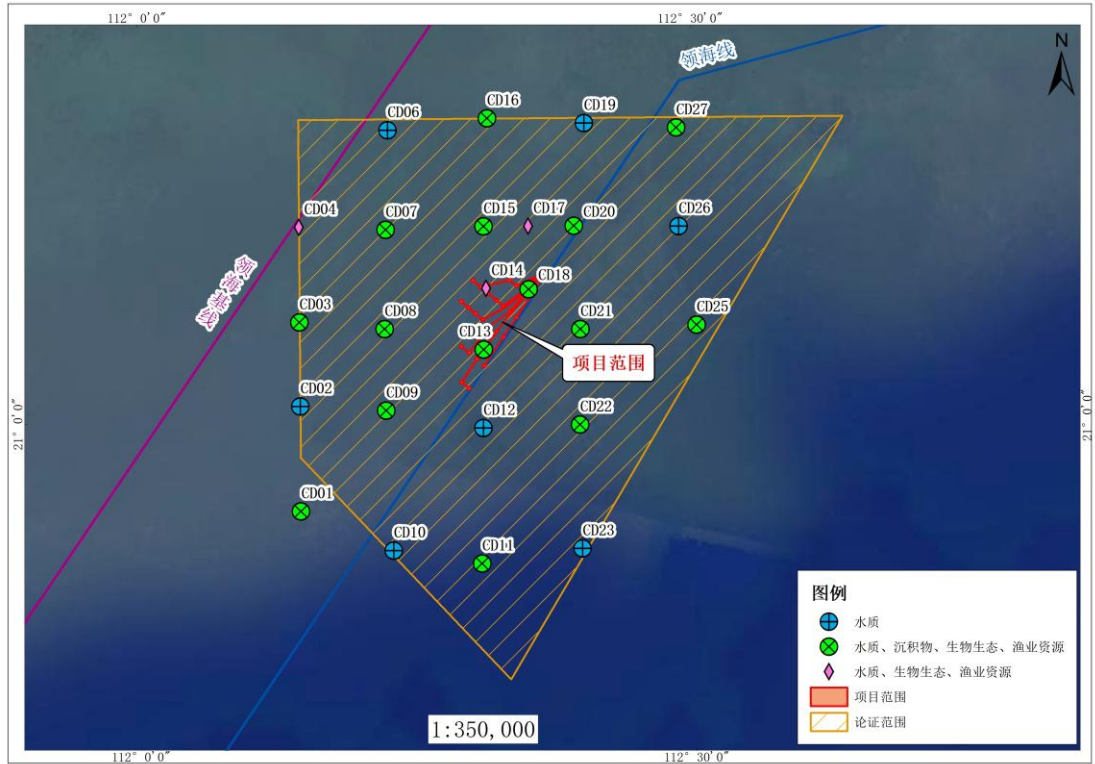


图 3.2.6-2 秋季海洋环境现状调查站位分布图

3.2.6.2 调查项目

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

3.2.6.3 采样与分析方法

(1) 采样方法

①水样采集通用方法

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

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

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

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

水文气象观测执行《海洋调查规范第 3 部分：海洋气象观测》（GB/T12763.3-2020）、《海洋调查规范第 2 部分：海洋水文观测》（GB/T12763.2-2007）和《海洋观测规范第 2 部分：海滨观测》（GB/T14914.2-2019）。

②特殊指标水样采集方法

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

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

重金属样品的采集：水样采集后，要有防止现场大气降尘带来的污染措施，并尽快从采样器中放出样品；防止采样器内样品中所含污染物随悬浮物的下沉而降低含量，灌装样品时必须边摇动采水器边灌装，立即用 0.45 μ m 滤膜过滤处理，过滤水样用 HNO₃ 酸化至 pH 值小于 2，塞上塞子，存放在洁净环境中。

油类样品的采集：测定水中油含量应用单层采水器固定样品瓶在水体中直接

灌装，采样后立即提出水面，在现场用石油醚（或正己烷）萃取或者在现场采集油类样品后，加 0.1mol/L 硫酸溶液固定，带回实验室萃取；测定油类样品的容器禁止预先用海水冲洗。

（2）分析方法

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

表 3.2.6-3 海水调查项目及分析方法

检测指标	检测依据	分析方法	检出限
水温	《海洋调查规范 第 2 部分：海洋水文观测》 GB/T 12763.2-2007/5.2.1	CTD 法	/
pH	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》 GB 17378.4-2007/26	pH 计法	/
盐度	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》 GB 17378.4-2007/29.1	盐度计法	2‰
溶解氧	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》 GB 17378.4-2007/31	碘量法	0.11mg/L
悬浮物	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》 GB 17378.4-2007/27	重量法	/
化学需氧量	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》 GB 17378.4-2007/32	碱性高锰酸钾法	0.15mg/L
硝酸盐氮	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》 GB 17378.4-2007/38.1	镉柱还原法	0.0010mg/L
亚硝酸盐氮	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》 GB 17378.4-2007/37	萘乙二胺分光光度法	0.0002mg/L
氨氮	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》 GB 17378.4-2007/36.1	靛酚蓝分光光度法	0.0004mg/L
无机氮	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》 GB 17378.4-2007/35	/	/
活性磷酸盐	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》 GB 17378.4-2007/39.1	磷钼蓝分光光度法	0.0006mg/L
挥发酚	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》 GB 17378.4-2007/19	4-氨基安替比林分光光度法	1.1μg/L
硫化物	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》 GB 17378.4-2007/18.1	亚甲基蓝分光光度法	0.2μg/L
石油类	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》 GB 17378.4-2007/13.2	紫外分光光度法	0.0035mg/L
总汞	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》 GB 17378.4-2007/5.1	原子荧光法	0.007μg/L
砷	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》 GB 17378.4-2007/11.1	原子荧光法	0.5μg/L
铜	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》 GB 17378.4-2007/6.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.2μg/L
铅	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》 GB 17378.4-2007/7.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.03μg/L
镉	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》 GB 17378.4-2007/8.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.01μg/L
锌	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》 GB 17378.4-2007/9.1	火焰原子吸收分光光度法	0.0031mg/L

检测指标	检测依据	分析方法	检出限
铬	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》 GB 17378.4-2007/10.1	无火焰原子吸收 分光光度法	0.4μg/L
生化需氧量	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》 GB 17378.4-2007/33.1	五日培养法	/
活性硅酸盐	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》 GB 17378.4-2007 17.1	硅钼黄法	0.0126mg/L
硒	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》 GB 17378.4-2007/12.1	荧光分光光度法	0.2μg/L
镍	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》 GB 17378.4-2007/42	无火焰原子吸收 分光光度法	0.5μg/L

3.2.6.4 评价方法与评价标准

(1) 评价方法

采用单因子标准指数（ P_i ）法，评价模式如下：

$$P_i = \frac{C_i}{C_{io}}$$

式中： P_i ——第 i 项因子的标准指数，即单因子标准指数；

C_i ——第 i 项因子的实测浓度；

C_{io} ——第 i 项因子的评价标准值。

当标准指数值 P_i 大于 1，表示第 i 项评价因子超出了其相应的评价标准，即表明该因子已不能满足评价海域海洋功能区的要求。

另外，根据溶解氧（DO）、pH 的特点，其评价模式分别为：

溶解氧的标准指数为：

$$S_{DO, j} = \frac{DO_s}{DO_j} \quad DO_j \leq DO_f$$

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

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

DO_j ——溶解氧在 j 点的实测统计代表值，mg/L；

DO_s ——溶解氧的水质评价标准限制，mg/L；

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

S ——实用盐度符号，量纲一；

T ——水温，℃。

pH 评价指数按下式如下：

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

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

式中：S_{pH, j}—pH 值的指数，大于 1 表明该水质因子超标；

pH_j—pH 值实测统计代表值；

pH_{sd}—评价标准中 pH 值的下限值；

pH_{su}—评价标准中 pH 值的上限值。

(2) 评价标准

①春季

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

表 3.2.6-4 春季调查站位在广东省海洋功能区的执行标准

功能区名称	调查站位	标准要求
领海线以外	CD10、CD11、CD12、CD18、CD19、CD20、CD21、 CD22、LY20	执行海水水质第一类标准、海洋沉积物质量第一类标准和海洋生物质量第一类标准
湛江-珠海近海农渔业区	CD01、CD02、CD03、CD04、CD06、CD07、CD08、 CD09、CD13、CD14、CD15、CD16、CD17	
注：领海线以外没有划分海洋功能区，海水水质、海洋沉积物质量、海洋生物质量均按照第一类标准要求执行。		

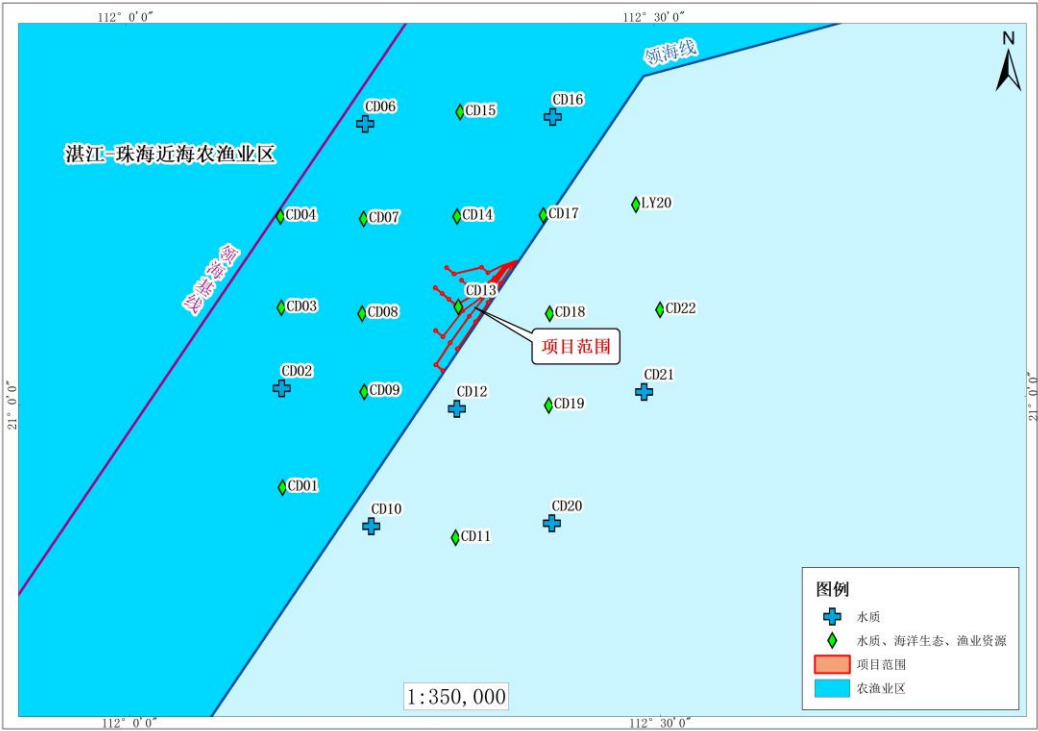


图 3.2.6-3 春季调查站位所在广东省海洋功能区示意图

②秋季

根据《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》，各监测站位执行的标准见表 3.2.6-5。

表 3.2.6-5 秋季调查站位在广东省海洋功能区的执行标准

功能区名称	调查站位	标准要求
领海线以外	CD10、CD11、CD12、CD21、CD22、CD23、 CD25、CD26、CD27	执行海水水质第一类标准、海洋沉积物质量第一类标准和海洋生物质量第一类标准
湛江-珠海近海农渔业区	CD01、CD02、CD03、CD04、CD06、CD07、 CD08、CD09、CD13、CD14、CD15、CD16、 CD17、CD18、CD19、CD20	
注：领海线以外没有划分海洋功能区，海水水质、海洋沉积物质量、海洋生物质量均按照第一类标准要求执行。		

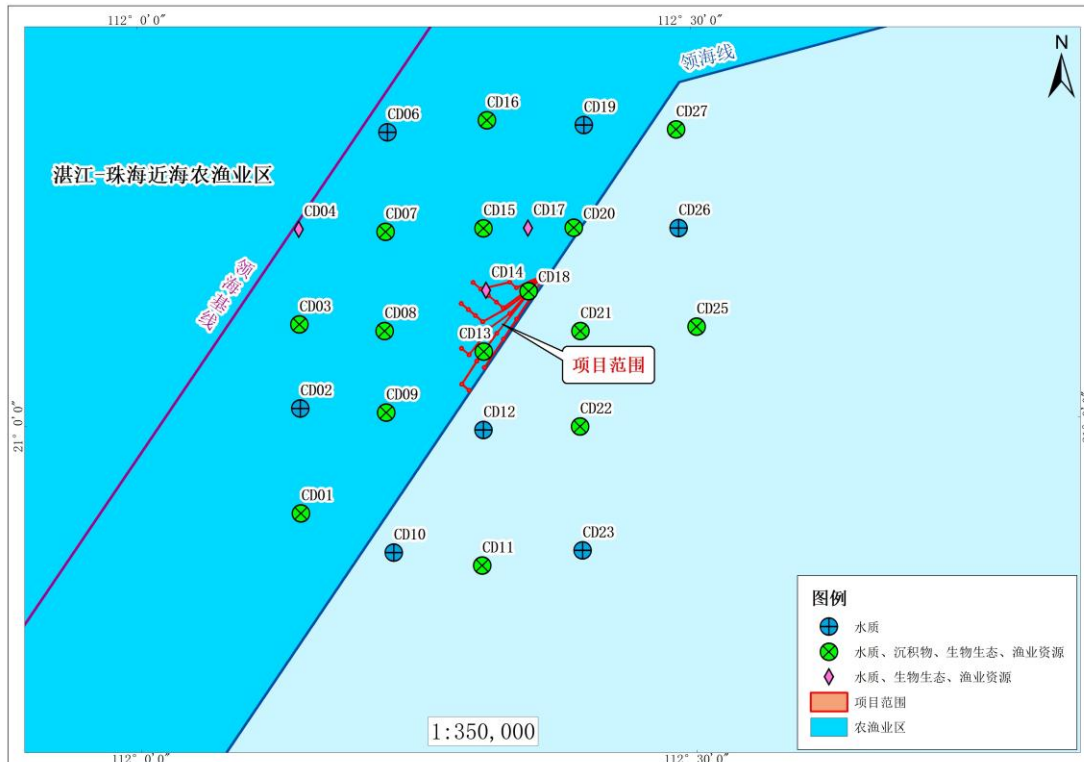


图 3.2.6-4 秋季调查站位所在广东省海洋功能区示意图

海域水质现状评价依据标准《海水水质标准》(GB3097-1997)，见表 3.2.6-6。

表 3.2.6-6 海水水质标准 单位：mg/L (pH 除外)

水质指标	第一类	第二类	第三类	第四类
pH	7.8~8.5		6.8~8.8	
化学需氧量≤(COD)	2	3	4	5
生化需氧量≤(BOD ₅)	1	3	4	5
溶解氧>	6	5	4	3
活性磷酸盐≤(以 P 计)	0.015	0.030	0.030	0.045
无机氮≤(以 N 计)	0.200	0.300	0.400	0.500

水质指标	第一类	第二类	第三类	第四类
石油类 $\leq$	0.05	0.05	0.30	0.50
铜 (Cu) $\leq$	0.005	0.010	0.050	0.050
铅 (Pb) $\leq$	0.001	0.005	0.010	0.050
锌 (Zn) $\leq$	0.020	0.050	0.100	0.500
镉 (Cd) $\leq$	0.001	0.005	0.010	0.010
总汞 (Hg) $\leq$	0.00005	0.0002	0.0002	0.0005
砷 (As) $\leq$	0.020	0.030	0.050	0.050
铬 (Cr) $\leq$	0.050	0.100	0.200	0.500
硒 (Se) $\leq$	0.010	0.020	0.020	0.050
镍 (Ni) $\leq$	0.005	0.010	0.020	0.050
硫化物 $\leq$ (以硫计)	0.020	0.050	0.100	0.250
挥发性酚 $\leq$	0.005	0.005	0.010	0.050

3.2.6.5 海洋水质调查结果与评价

(1) 调查结果

春季和秋季调查结果详见表 3.2.6-7 和 3.2.6-8。

(2) 评价结果

①春季

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

调查海域执行海水水质第一类标准要求的调查站位有 22 个：CD01~CD04、CD06~CD22、LY20。由监测结果及标准指数表结果可知：所有调查站位的监测因子均符合海水水质第一类标准要求。

综上所述，春季调查附近海域所有站位的监测因子均符合其相对应功能区的标准限值。

②秋季

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

调查海域执行海水水质第一类标准要求的调查站位有 25 个：CD01~CD04、CD06~CD23、CD25~CD27。由监测结果及标准指数表结果可知：所有调查站位的监测因子均符合海水水质第一类标准要求。

综上所述，秋季调查附近海域所有站位的监测因子均符合其相对应功能区的标准限值。

表 3.2.6-7 春季海水水质监测结果（不公开）

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

表 3.2.6-8 秋季海水水质监测结果（不公开）

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

表 3.2.6-9 春季海水水质监测站位（执行第一类海水水质标准）各要素的标准指数（不公开）

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

表 3.2.6-10 秋季海水水质监测站位（执行第一类海水水质标准）各要素的标准指数（不公开）

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

3.2.7 海洋沉积物质量现状调查与评价

本节引用《中广核江门川岛一海上风电项目海洋环境现状调查监测报告（2023 年秋季）》（2023 年 12 月），于 2023 年 11 月在项目附近进行的海洋沉积物质量现状调查数据。具体站位详见 3.2.6.1 节。

3.2.7.1 调查项目

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

3.2.7.2 采样与分析方法

（1）采样方法

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

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

②样品从海底至船甲板，应立即进行现场样品状态描述（颜色、气味、厚度）；

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

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

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

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

⑦采样完毕，打开采泥器，弃去残留沉积物，用海水冲洗。

（2）分析方法

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

表 3.2.7-1 沉积物项目及分析方法

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

检测指标	检测依据	分析方法	检出限
砷	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》 GB 17378.5-2007/11.1	原子荧光法	0.06mg/kg
pH	《海洋调查规范第 8 部分：海洋地质地球物理调查》GB/T 12763.8-2007/6.7.2	pH 计法	/
粒径	《海洋调查规范第 8 部分：海洋地质地球物理调查》GB/T 12763.8-2007/6.3	激光粒度分布仪法	/

3.2.7.3 评价方法与评价标准

(1) 评价方法

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

式中： P_i —第 i 种评价因子的质量指数；

C_i —第 i 种评价因子的实测值；

C_{si} —第 i 种评价因子的标准值。

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

(2) 评价标准

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

表 3.2.7-2 秋季调查站位在广东省海洋功能区的执行标准

功能区名称	调查站位	标准要求
领海线以外	CD11、CD21、CD22、CD25、CD27	执行海洋沉积物质量 第一类标准
湛江-珠海近海农渔业区	CD01、CD03、CD07、CD08、CD09、CD13、 CD15、CD16、CD18、CD20	
注：领海线以外没有划分海洋功能区，海洋沉积物质量按照第一类标准要求执行。		

采用现状评价依据标准《海洋沉积物质量》（GB 18668-2002）进行评价，见表 3.2.7-3。

表 3.2.7-3 海洋沉积物质量标准

沉积物质量指标	第一类	第二类	第三类
有机碳 ($\times 10^{-2}$) $\leq$	2.0	3.0	4.0
硫化物 ($\times 10^{-6}$) $\leq$	300.0	500.0	600.0
石油类 ($\times 10^{-6}$) $\leq$	500.0	1000.0	1500.0
铜 ($\times 10^{-6}$) $\leq$	35.0	100.0	200.0
铅 ($\times 10^{-6}$) $\leq$	60.0	130.0	250.0
锌 ($\times 10^{-6}$) $\leq$	150.0	350.0	600.0
镉 ($\times 10^{-6}$) $\leq$	0.50	1.50	5.00
总汞 ($\times 10^{-6}$) $\leq$	0.20	0.50	1.00
砷 ($\times 10^{-6}$) $\leq$	20.0	65.0	93.0
铬 ($\times 10^{-6}$) $\leq$	80.0	150.0	270.0

3.2.7.4 海洋沉积物质量调查结果与评价

(1) 调查结果

沉积物粒度分析结果详见表 3.2.7-4。调查海区表层沉积物主要为粉砂质砂（10 个），其次为砂质粉砂（4 个），仅有 1 个站位（CD22）表层沉积物为砂。

沉积物质量调查结果见表 3.2.7-5。

(2) 评价结果

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

全部沉积物站位均执行海洋沉积物质量第一类标准，由监测结果及标准指数表结果可知：所有调查站位的沉积物监测因子均符合海洋沉积物质量第一类标准要求。

表 3.2.7-4 秋季沉积物粒度分析结果（不公开）

表 3.2.7-5 秋季海洋沉积物质量监测结果（不公开）

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

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

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

3.2.8 海洋生物质量现状调查与评价

本节引用《中广核江门川岛一海上风电项目海洋环境现状调查监测报告（2024 年春季）》（2024 年 5 月）、《中广核江门川岛一海上风电项目海洋环境现状调查监测报告（2023 年秋季）》（2023 年 12 月），于 2024 年 3 月和 2023 年 11 月在项目附近进行的海洋生物质量现状调查数据。具体站位详见 3.2.6.1 节。

3.2.8.1 调查项目

调查项目包括铜、铅、锌、镉、铬、总汞、砷、石油烃。

3.2.8.2 采样与分析方法

(1) 采样方法

根据《海洋监测规范》（GB 17378-2007）和《海洋调查规范》（GB/T 12763-2007）中的要求，在项目海域指定站点使用拖网等方式采集生物体后，选取具有代表性的样品进行分析检测。

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

（2）分析方法

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

表 3.2.8-1 海洋生物质量调查项目及分析方法

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

3.2.8.3 评价方法与评价标准

（1）评价方法

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

式中： P_i 为第 i 种评价因子的质量指数；

C_i 为第 i 种评价因子的实测值；

C_{si} 为第 i 种评价因子的标准值。

生物评价因子的标准指数 > 1 ，则表明该项指标已超过规定的生物质量标准。

（2）评价标准

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

表 3.2.8-2 海洋生物体评价标准（湿重：mg/kg）

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

注：甲壳类无石油烃评价标准。

3.2.8.4 海洋生物质量调查结果与评价

（1）调查结果

春季和秋季海洋生物质量监测结果见表 3.2.8-3 和表 3.2.8-4。

（2）评价结果

①春季

采用上述单项指数法，对现状监测结果进行标准指数计算，各监测站位生物质量评价因子的标准指数见表 3.2.8-5。

调查站位采集到的鱼类、甲壳类和软体类的生物体内污染物质（石油烃除外）含量的评价标准参考《全国海岸带和滩涂资源综合调查简明规程》中规定的生物质量标准，石油烃含量的评价标准采用《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中规定的生物质量标准。

由监测结果及标准指数表结果可知：春季调查站位采集到的鱼类、甲壳类和软体类海洋生物质量整体超标率为 0，没有出现超标现象。

②秋季

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

调查站位采集到的鱼类、甲壳类和软体类的生物体内污染物质（石油烃除外）含量的评价标准参考《全国海岸带和滩涂资源综合调查简明规程》中规定的生物质量标准，石油烃含量的评价标准采用《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中规定的生物质量标准。

由监测结果及标准指数表结果可知：秋季调查站位采集到的鱼类、甲壳类和软体类海洋生物质量整体超标率为 0，没有出现超标现象。

表 3.2.8-3 春季海洋生物体质量调查结果（湿重，单位：mg/kg）（不公开）

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

表 3.2.8-4 秋季海洋生物体质量调查结果（湿重，单位：mg/kg）（不公开）

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

表 3.2.8-5 春季海洋生物质量监测站位各要素标准指数（不公开）

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

表 3.2.8-6 秋季海洋生物质量监测站位各要素标准指数（不公开）

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

3.2.9 海洋生态现状

3.2.9.1 调查概况

本节引用《中广核江门川岛一海上风电项目海洋环境现状调查监测报告（2024 年春季）》（2024 年 5 月）、《中广核江门川岛一海上风电项目海洋环境现状调查监测报告（2023 年秋季）》（2023 年 12 月），于 2024 年 3 月和 2023 年 11 月在项目附近进行的海洋生态环境现状调查数据。具体站位详见 3.2.6.1 节。

3.2.9.2 调查方法

（1）叶绿素 *a* 和初级生产力

采样层次与水质采样层次相同，用采水器采集水样，经 GF/F 玻璃纤维滤膜过滤（过滤时抽气负压小于 50kPa）后，将滤膜对折，用铝箔包好，存放于低温冷藏壶中，带回实验室分析，采用分光法测定叶绿素 *a* 的含量。初级生产力采用叶绿素 *a* 法，按照 Cadee 和 Hegeman（1974）提出的简化公式估算。每 500mL 加入 2.00mL 碳酸镁溶液，使用抽滤泵抽滤。

（2）浮游植物

浮游植物定量分析样品用浅水 III 型浮游生物网（加重锤）自底至表层作垂

直拖网进行采集。垂直拖网时，落网速度不超过 1m/s，起网为 0.5m/s。样品用鲁哥氏碘液固定，加入量为每升水加入 6.00mL~8.00mL。样品带回实验室经浓缩后镜检、观察、鉴定和计数。分析其种类组成、数量分布、主要优势种及其多样性分析。

(3) 浮游动物

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

(4) 大型底栖生物

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

3.2.9.3 计算方法

(1) 初级生产力

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

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

式中：*P*—初级生产力（mg•C/m²•d）；
C_a—叶绿素 *a* 含量（mg/m³）；
Q—同化系数（mg•C/（mgChl-*a*•h）），根据南海水产研究所以往调查结果取值，见表 3.2.9-1；
L—真光层的深度（m）；
t—白昼时间（h），见表 3.2.9-1。

表 3.2.9-1 南海北部海域初级生产力估算系数

月份	季度	光照时间 <i>t</i> (h)	转化系数（同化系数） <i>Q</i>
3-5	春	11	3.32

6-8	夏	13	3.12
9-11	秋	10.5	3.42
12-2	冬	9.5	3.52

(2) 优势度 (Y):

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

(3) Shannon-Weaver 多样性指数 (H'):

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

(4) Pielou 均匀度指数 (J):

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

(5) Margalef 丰富度指数 (D):

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

上述 (2) ~ (5) 式中:

n_i —第 i 种的个体数量 (ind);

N —某站总生物数量 (ind);

f_i —某种生物的出现频率 (%);

P_i —第 i 种的个体数与总个体数的比值;

S —出现生物总种数。

3.2.9.4 海洋生态调查结果

(1) 叶绿素 a 与初级生产力

①春季

本次调查结果显示, 各站表层叶绿素 a 变化范围在 (0.31~0.98) mg/m^3 , 平均为 0.59 mg/m^3 ; 10m 水层叶绿素 a 变化范围在 (0.28~0.85) mg/m^3 , 平均为 0.50 mg/m^3 ; 50m 水层 CD01 站位和 CD11 站位叶绿素 a 分别为 0.47 mg/m^3 和 0.61 mg/m^3 ; 底层叶绿素 a 含量变化范围在 (0.23~0.65) mg/m^3 , 平均为 0.42 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 (0.29~0.77) mg/m^3 , 平均为 0.50 mg/m^3 , LY20 站位叶绿素 a 平均值最高, CD14 和 CD17 站位叶绿素 a 平均值最低。

本次调查海域的初级生产力变化范围在 (213.642~639.830) $\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 之间, 平均值为 374.541 $\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$, 其中 CD11 站位初级生产力值最高, CD15

站位初级生产力值最低。

②秋季

本次调查结果显示, 各站表层叶绿素 a 变化范围在 $(0.31\sim4.31)$ mg/m^3 , 平均为 $0.78\text{mg}/\text{m}^3$; 10m 水层叶绿素 a 变化范围在 $(0.26\sim3.96)$ mg/m^3 , 平均为 $0.66\text{mg}/\text{m}^3$; 底层叶绿素 a 含量变化范围在 $(0.20\sim2.83)$ mg/m^3 , 平均为 $0.53\text{mg}/\text{m}^3$ 。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 $(0.27\sim3.70)$ mg/m^3 , 平均为 $0.65\text{mg}/\text{m}^3$, CD27 站位叶绿素 a 平均值最高, CD01 站位叶绿素 a 平均值最低。

本次调查海域的初级生产力变化范围在 $(253.974\sim2620.266)$ $\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$, 平均值为 $529.602\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$, 其中 CD27 站位初级生产力值最高, CD09 站位初级生产力值最低。

(2) 浮游植物

①春季

1) 种类组成

本次调查共记录浮游植物 4 门 5 纲 13 目 27 科 149 种。硅藻门种类最多, 共 14 科 95 种, 占总种类数的 63.76%; 甲藻门种类次之, 出现 11 科 51 种, 占总种类数的 34.23%; 蓝藻门出现 1 科 2 种, 占总种类数的 1.34%; 金藻门出现 1 科 1 种, 占总种类数的 0.67%。

2) 个体数量

调查区域内各站位浮游植物个体数量变化范围在 $(24.036\sim1412.141)$ $\times 10^3\text{ind}/\text{m}^3$ 之间, 平均值为 $342.960\times 10^3\text{ind}/\text{m}^3$, 最高个体数量出现在 LY20 站位, 最低个体数量出现在 CD04 站位。

从门类来看, 15 个调查站位中均采集到硅藻门, 硅藻门个体数量范围在 $(15.414\sim1400.820)$ $\times 10^3\text{ind}/\text{m}^3$ 之间, 平均值为 $334.672\times 10^3\text{ind}/\text{m}^3$; 硅藻门各站位个体数量的占比在 64.13%~99.20%之间, 各站位占比平均值为 92.34%。甲藻门个体数量范围在 $(3.491\sim15.682)$ $\times 10^3\text{ind}/\text{m}^3$ 之间, 平均值为 $7.262\times 10^3\text{ind}/\text{m}^3$; 各站位个体数量百分比在 0.69%~34.41%之间, 占比平均值为 6.97%; 其他类群 (包括金藻门和蓝藻门) 个体数量范围在 $(0.277\sim2.939)$ $\times 10^3\text{ind}/\text{m}^3$ 之间, 平均值为 $1.026\times 10^3\text{ind}/\text{m}^3$; 各站位个体数量百分比在 0.09%~1.62%之间, 占比平均值

为 0.69%。

3) 优势种

以优势度 $Y \geq 0.02$ 为判断标准, 本次调查浮游植物优势种共出现 10 种, 分别为劳氏角毛藻 (*Chaetoceros lorenzianus*)、柔弱伪菱形藻 (*Pseudo-nitzschia delicatissima*)、透明辐杆藻 (*Bacteriastrum hyalinum*)、笔尖形根管藻 (*Rhizosolenia styliformis*)、宽梯形藻 (*Climacodium frauenfeldianum*)、短叉角毛藻 (*Chaetoceros messanensis*)、海链藻属 (*Thalassiosira* sp.)、优美旭氏藻 (*Schroderella delicatula*)、长海毛藻 (*Thalassiothrix longissima*) 和北方角毛藻 (*Chaetoceros borealis*), 其中劳氏角毛藻为第一优势种, 优势度为 0.199, 平均个体数量为 $68.928 \times 10^3 \text{ ind/m}^3$, 占各站位平均个体数量的 20.10%。

4) 浮游植物多样性、均匀度指数及丰富度指数

各调查区站位浮游植物种数范围为 51~68 种。多样性指数范围在 3.536~5.166 之间, 平均值为 4.393, 多样性指数以 CD04 站位最高, CD18 站位最低; 均匀度指数范围在 0.589~0.871 之间, 平均值为 0.736, 均匀度指数以 CD04 站位最高, CD18 站位最低; 丰富度指数范围在 2.797~3.647 之间, 平均值为 3.187, 丰富度指数以 CD04 站位最高, LY20 站位最低。

②秋季

1) 种类组成

本次调查共记录浮游植物 4 门 5 纲 13 目 26 科 130 种。硅藻门种类最多, 共 13 科 92 种, 占总种类数的 70.77%; 甲藻门种类次之, 出现 11 科 35 种, 占总种类数的 26.92%; 蓝藻门出现 1 科 2 种, 占总种类数的 1.54%; 金藻门出现 1 科 1 种, 占总种类数的 0.77%。

2) 个体数量

调查区域内各站位浮游植物个体数量变化范围在 ($73.386 \sim 13803.664$) $\times 10^3 \text{ ind/m}^3$ 之间, 平均值为 $2085.389 \times 10^3 \text{ ind/m}^3$, 最高个体数量出现在 CD01 站位, 最低个体数量出现在 CD25 站位。

从门类来看, 18 个调查站位中均采集到硅藻门, 硅藻门个体数量范围在 ($72.776 \sim 13745.349$) $\times 10^3 \text{ ind/m}^3$ 之间, 平均值为 $2053.182 \times 10^3 \text{ ind/m}^3$; 硅藻门各站位个体数量的占比在 85.41%~99.58%之间, 各站位占比平均值为 96.36%。蓝

藻门个体数量范围在 $(0.116\sim77.700)\times10^3\text{ind}/\text{m}^3$ 之间,平均值为 $21.915\times10^3\text{ind}/\text{m}^3$;各站位个体数量百分比在0.11%~9.47%之间,占比平均值为2.46%;其他类群(包括金藻门和甲藻门)个体数量范围在 $(0.494\sim23.541)\times10^3\text{ind}/\text{m}^3$ 之间,平均值为 $10.292\times10^3\text{ind}/\text{m}^3$;各站位个体数量百分比在0.13%~6.10%之间,占比平均值为1.19%。

3) 优势种及优势度

以优势度 $Y\geq 0.02$ 为判断标准,本次调查浮游植物优势种共出现7种,分别为劳氏角毛藻 (*Chaetoceros lorenzianus*)、拟旋链角毛藻 (*Chartoceros pseudocurvisetus*)、柔弱伪菱形藻 (*Pseudo-nitzschia delicatissima*)、透明辐杆藻 (*Bacteriastrum hyalinum*)等,其中劳氏角毛藻为第一优势种,优势度为0.260,平均个体数量为 $556.954\times10^3\text{ind}/\text{m}^3$,占各站位平均个体数量的26.71%。

4) 多样性、均匀度指数及丰富度指数

各调查区站位浮游植物种数范围为47~65种。多样性指数范围在2.840~3.940之间,平均值为3.434,多样性指数以CD18站位最高,CD13站位最低;均匀度指数范围在0.475~0.657之间,平均值为0.582,均匀度指数以CD18站位最高,CD13站位最低;丰富度指数范围在2.192~3.103之间,平均值为2.690,丰富度指数以CD17站位最高,CD03站位最低。

(3) 浮游动物

①春季

1) 种类组成

本次调查共记录浮游动物6门10纲20目38科85种(包括浮游幼体13种)。分属12个不同类群,即栉水母、水母类、被囊类、有尾类、腹足类、毛颚类、介形类、桡足类、糠虾类、樱虾类、枝角类和浮游幼体。其中,以桡足类最多,为36种,占总种类数的42.35%;浮游幼体次之,出现13种,占总种类数的15.29%;水母类出现12种,占总种类数的14.12%;其他类群出现种类较少。

2) 个体数量与生物量

15个调查站位浮游动物生物量变化范围在 $(158.10\sim1142.76)\text{mg}/\text{m}^3$ 之间,平均值为 $326.40\text{mg}/\text{m}^3$,其中CD04站位生物量最高,CD03站位生物量最低;浮游动物个体数量变化范围在 $(1100.172\sim5377.930)\text{ind}/\text{m}^3$ 之间,平均值为

2275.117ind/m³, 其中 LY20 站位个体数量最高, CD03 站位个体数量最低。从类群个体数量分布来看, 本次调查浮游幼体平均个体数量最高, 为 1038.982ind/m³, 占比为 45.67%; 其次是桡足类, 平均个体数量为 883.811ind/m³, 占比为 38.85%。

3) 优势种

以优势度 $Y \geq 0.02$ 为判断标准, 本次调查浮游动物优势种共 11 种。分别为桡足幼体 (*Copepoda larvae*)、多毛类幼体 (*Polychaeta larva*)、拟长腹剑水蚤 (*Oithona similis*)、小拟哲水蚤 (*Paracalanus parvus*)、中隆水蚤 (*Oncaea media*)、异体住囊虫 (*Oikopleura dioica*)、长腕幼虫 (*Ophiopluteus larva*)、针刺拟哲水蚤 (*Paracalanus aculeatus*)、长尾基齿哲水蚤 (*Clausocalanus furcatus*)、长尾类幼虫 (*Macrura larva*)、耳状幼虫 (*Auricularia larva*)。其中桡足幼体为第一优势种, 优势度为 0.185, 平均个体数量为 449.439ind/m³, 占各站位平均个体数量的 19.75%, 出现频率 93.33%。

4) 浮游动物多样性指数、均匀度指数及丰富度指数

本次调查, 各调查区站位浮游动物种数范围为 28~42 种。浮游动物多样性指数变化范围在 3.296~4.204 之间, 平均值为 3.849, 其中 CD15 站位最高, CD17 站位最低; 均匀度指数变化范围在 0.638~0.836 之间, 平均值为 0.747, 其中 CD04 站位最高, CD18 站位最低; 丰富度指数范围在 2.136~3.347 之间, 平均值为 2.732, 丰富度指数以 CD18 站位最高, CD19 站位最低。

②秋季

1) 种类组成

本次调查共记录浮游动物 6 门 9 纲 17 目 31 科 71 种 (包括浮游幼体 5 种)。分属 10 个不同类群, 即栉水母、水母类、被囊类、有尾类、腹足类、毛颚类、介形类、桡足类、樱虾类和浮游幼体。其中, 以桡足类最多, 为 43 种, 占总种类数的 60.56%; 水母类次之, 出现 9 种, 占总种类数的 12.68%; 其他类群出现种类较少。

2) 个体数量与生物量

18 个调查站位浮游动物生物量变化范围在 (63.18~456.00) mg/m³ 之间, 平均值为 271.81mg/m³, 其中 CD04 站位生物量最高, CD09 站位生物量最低; 浮游动物个体数量变化范围在 (839.053~5884.312) ind/m³ 之间, 平均值为

3274.519ind/m³，其中 CD03 站位个体数量最高，CD09 站位个体数量最低。从类群个体数量分布来看，本次调查桡足类平均个体数量最高，为 1744.216ind/m³，占比为 53.27%；其次是浮游幼体，平均个体数量为 1227.981ind/m³，占比为 37.50%。

3) 优势度

以优势度 $Y \geq 0.02$ 为判断标准，本次调查浮游动物优势种共 6 种。分别为桡足幼体 (*Copepoda larvae*)、小拟哲水蚤 (*Paracalanus parvus*)、针刺拟哲水蚤 (*Paracalanus aculeatus*)、丽隆水蚤 (*Oncaea venusta*) 等，其中桡足幼体为第一优势种，优势度为 0.332，平均个体数量为 1086.334ind/m³，占各站位平均个体数量的 33.18%，出现频率 100%。

4) 多样性指数、均匀度指数及丰富度指数

本次调查，各调查区站位浮游动物种数范围为 13~35 种。浮游动物多样性指数变化范围在 2.520~3.873 之间，平均值为 3.308，其中 CD17 站位最高，CD09 站位最低；均匀度指数变化范围在 0.549~0.768 之间，平均值为 0.695，其中 CD17 站位最高，CD22 站位最低；丰富度指数范围在 1.035~2.497 之间，平均值为 1.996，丰富度指数以 CD20 站位最高，CD09 站位最低。

(4) 大型底栖生物

①春季

1) 种类组成

本次大型底栖生物调查共记录大型底栖生物 7 门 8 纲 19 目 35 科 50 种，分属 7 个不同类群，即环节动物、棘皮动物、脊索动物、节肢动物、软体动物、纽形动物和半索动物。其中环节动物种类数最多，为 24 种，占种类总数的 48.00%。

2) 生物量和栖息密度

a、生物量及栖息密度的站位分布

本次调查海域 15 个站位大型底栖生物的生物量范围在 (0.070~7.590) g/m² 之间，平均生物量为 2.118g/m²，其中 LY20 站位的生物量最高，CD11 站位生物量最低；栖息密度范围在 (5.000~80.000) ind/m² 之间，平均栖息密度为 31.000ind/m²，其中 CD15 站位的栖息密度最高，CD04 和 CD11 站位栖息密度最低。

b、类群生物量和栖息密度分布

从类群分布来看,本次大型底栖生物调查中环节动物平均生物量最高,平均生物量为 0.568g/m^2 , 占比为 26.80%; 其次为脊索动物, 平均生物量为 0.512g/m^2 , 占比为 24.16%, 最低为纽形动物, 平均生物量为 0.063g/m^2 , 占比为 2.99%。

环节动物平均栖息密度最高, 为 14.000ind/m^2 , 占比为 45.16%; 其次为节肢动物, 平均栖息密度为 9.333ind/m^2 , 占比为 30.11%, 最低为半索动物, 平均栖息密度为 0.333ind/m^2 , 占比为 1.08%。

表 3.2.9-2 春季大型底栖生物生物量分布 (单位: g/m^2) (不公开)

表 3.2.9-3 春季大型底栖生物栖息密度分布 (单位: ind/m^2) (不公开)

3) 优势种

以优势度指数 $Y \geq 0.02$ 为判断标准, 本次调查的优势种共 1 种, 为蛛美人虾虫 (*Callianassa jocularis*)。

4) 大型底栖生物多样性指数、均匀度指数及丰富度指数

本次调查海域的大型底栖生物种类数范围在 1~11 种, 多样性指数变化范围在 0~3.149 之间, 平均值为 2.019; 均匀度指数变化范围在 0.910~1.000 之间, 平均值为 0.969; 丰富度指数范围在 1.000~2.500 之间, 平均值为 1.697。

②秋季

1) 种类组成

本次大型底栖生物调查共记录大型底栖生物 5 门 6 纲 15 目 29 科 39 种, 分属 5 个不同类群, 即环节动物、棘皮动物、脊索动物、节肢动物和纽形动物。其中环节动物种类数最多, 为 22 种, 占种类总数的 56.41%。

2) 生物量和栖息密度

a、生物量及栖息密度的站位分布

本次调查海域 18 个站位大型底栖生物的生物量范围在 ($0 \sim 190.525$) g/m^2 之间, 平均生物量为 11.298g/m^2 , 其中 CD07 站位的生物量最高, CD22 站位生物量最低; 栖息密度范围在 ($0 \sim 35.000$) ind/m^2 之间, 平均栖息密度为 15.000ind/m^2 , 其中 CD17 站位的栖息密度最高, CD22 站位栖息密度最低。

b、类群生物量和栖息密度分布

从类群分布来看,本次大型底栖生物调查中棘皮动物平均生物量最高, 平均生物量为 10.636g/m^2 , 占比为 94.14%; 其次为环节动物, 平均生物量为 0.296g/m^2 ,

占比为 2.62%，最低为纽形动物，平均生物量为 0.014g/m²，占比为 0.12%。

环节动物平均栖息密度最高，为 8.611ind/m²，占比为 57.41%；其次为节肢动物，平均栖息密度为 4.167ind/m²，占比为 27.78%，最低为纽形动物和脊索动物，平均栖息密度为 0.278ind/m²，占比为 1.85%。

表 3.2.9-4 秋季大型底栖生物生物量分布（单位：g/m²）（不公开）

表 3.2.9-5 秋季大型底栖生物栖息密度分布（单位：ind/m²）（不公开）

3) 优势度

以优势度指数 $Y \geq 0.02$ 为判断标准，本次调查无明显优势种，其中优势度较高的物种有背蚓虫（*Notomastus latericeus*）、蛛美人虾（*Callinassa jocularis*）、阳遂足属（*Amphiura* sp.）和铜色巢沙蚕（*Diopatra cuprea*）。

4) 多样性指数、均匀度指数及丰富度指数

本次调查海域的大型底栖生物种类数范围在 0~6 种，多样性指数变化范围在 0~2.522 之间，平均值为 1.368，其中 CD17 站位最高；均匀度指数变化范围在 0.946~1.000 之间，平均值为 0.992；丰富度指数范围在 1.000~1.781 之间，平均值为 1.306。

3.2.10 电磁环境现状调查与评价

本节引自《江门川岛（一）海上风电项目（2023 年秋季）调查报告》（2023 年 10 月）和《江门川岛（一）海上风电项目（2023 年冬季）调查报告》（2023 年 12 月）。

3.2.10.1 调查概况

于 2023 年 9 月 6-7 日、2023 年 12 月 6-7 日对项目附近海域进行了电磁辐射环境现状调查，调查站位布设参见表 3.2.10-1 和图 3.2.10-1。

表 3.2.10-1 电磁环境调查站位

监测站位	东经	北纬	监测内容
S1	112°21'58.05"	21°07'09.87"	水下噪声、水上噪声、电磁辐射
S2	112°19'44.14"	21°07'10.29"	水下噪声、水上噪声、电磁辐射
S3	112°17'23.86"	21°07'09.83"	水下噪声、水上噪声、电磁辐射
S4	112°17'21.93"	21°04'36.76"	水下噪声、水上噪声、电磁辐射
S5	112°20'02.60"	21°04'26.87"	水下噪声、水上噪声、电磁辐射
S6	112°19'04.74"	21°05'47.06"	水下噪声、水上噪声、电磁辐射
S7	112°18'20.25"	21°03'32.34"	水下噪声、水上噪声、电磁辐射

监测站位	东经	北纬	监测内容
S8	112°17'23.39"	21°00'44.25"	水下噪声、水上噪声、电磁辐射
S9	112°22'39.80"	21°05'01.33"	水下噪声、水上噪声、电磁辐射



图 3.2.10-1 电磁环境调查站位图

3.2.10.2 调查内容

调查内容包括工频电场强度和工频磁场感应强度。

3.2.10.3 分析方法

分析方法及使用仪器一览表见表 3.2.10-2。

表 3.2.10-2 分析方法及使用仪器一览表

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

3.2.10.4 调查结果

秋季统计结果详见表 3.2.10-3，拟建风电场区工频电场强度介于 0.07~0.11V/m 之间，磁感应强度介于 0.0070~0.0126μT 之间，均满足《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）的要求（交流输变电工程对应的频率为 50Hz，其推荐限值分别为 4000V/m 和 100μT）。

冬季统计结果详见表 3.2.10-4，拟建风电场区工频电场强度介于 0.07~0.27V/m 之间，磁感应强度介于 0.0067~0.0126 μ T 之间，均满足《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）的要求（交流输变电工程对应的频率为 50Hz，其推荐限值分别为 4000V/m 和 100 μ T）。

表 3.2.10-3 秋季电磁环境调查结果（不公开）

表 3.2.10-4 冬季电磁环境调查结果（不公开）

3.2.11 噪声环境现状调查与评价

本节引自《江门川岛（一）海上风电项目（2023 年秋季）调查报告》（2023 年 10 月）和《江门川岛（一）海上风电项目（2023 年冬季）调查报告》（2023 年 12 月）。

3.2.11.1 调查概况

于 2023 年 9 月 6-7 日、2023 年 12 月 6-7 日对项目附近海域进行了声环境质量调查，调查站位布设与电磁调查站位一致，详见表 3.2.10-1 和图 3.2.10-1。

3.2.11.2 调查内容

水上噪声包括等效连续声级、累积百分声级 L10（dB）、累积百分声级 L50（dB）和累积百分声级 L90（dB）。水下噪声调查内容为频程频带声压级（L_{ps}）、噪声功率谱密度级以及各测点的峰值声压级。

3.2.11.3 调查结果

（1）秋季

1）水上噪声环境调查结果

由海上声环境现场调查结果可知，该工程海域海面上环境噪声无计权等效噪声级主要分布在 56~63dB 之间。

表 3.2.11-1 秋季工程海域水上声环境监测结果（不公开）

2）水下噪声环境调查结果

工程海域水下环境背景噪声声谱级随着频率的增高而下降，在 20Hz~20kHz 频率范围内，噪声谱级的总动态变化范围是 72dB，而在特定频率（如 100Hz）的噪声功率谱级的动态变化范围为 12dB。总体上，在 100Hz 以上的频率的噪声谱级在 104dB 以下；500Hz 以上频率的噪声谱级均在 95dB 以下；1kHz 以上频

率的噪声谱级在 92dB 以下；而在 5kHz 以上频率，噪声谱级在 77dB 以下。

(1) 冬季

1) 水上噪声环境调查结果

由海上声环境现场调查结果可知，该工程海域海面上环境噪声无计权等效噪声级主要分布在 48~54dB 之间。

表 3.2.11-2 冬季工程海域水上声环境监测结果（不公开）

2) 水下噪声环境调查结果

工程海域水下环境背景噪声声谱级随着频率的增高而下降，在 20Hz~20kHz 频率范围内，噪声谱级的总动态变化范围是 71dB，而在特定频率（如 100Hz）的噪声功率谱级的动态变化范围为 11dB。总体上，在 100Hz 以上的频率的噪声谱级在 98dB 以下；500Hz 以上频率的噪声谱级均在 87dB 以下；1kHz 以上频率的噪声谱级在 87dB 以下；而在 5kHz 以上频率，噪声谱级在 75dB 以下。

3.2.12 鸟类资源

本节引自《江门川岛一海上风电场项目鸟类调查专题报告》（2024 年 7 月）。

3.2.12.1 调查方法

(1) 调查范围

根据《海上风电工程环境影响评价技术规范》（国家海洋局，2014 年 4 月），鸟类生态环境现状调查范围应至少涵盖工程边界线向外扩展 8km 区域，并视受保护鸟类受影响程度适当增加。结合本项目实际情况，调查范围以工程区域及周边 8km 海域为主，辅以距离风电场最近的阳江市东平镇、江门台山市北陡镇、汶村镇的部分陆地海岸线近 3 年鸟类现状调查资料（图 3.2.12-1）。共需要开展 4 个季度调查。每季度调查一次上述区域内的鸟类物种及其栖息地生态环境现状，以工程边界内为重点调查区域。

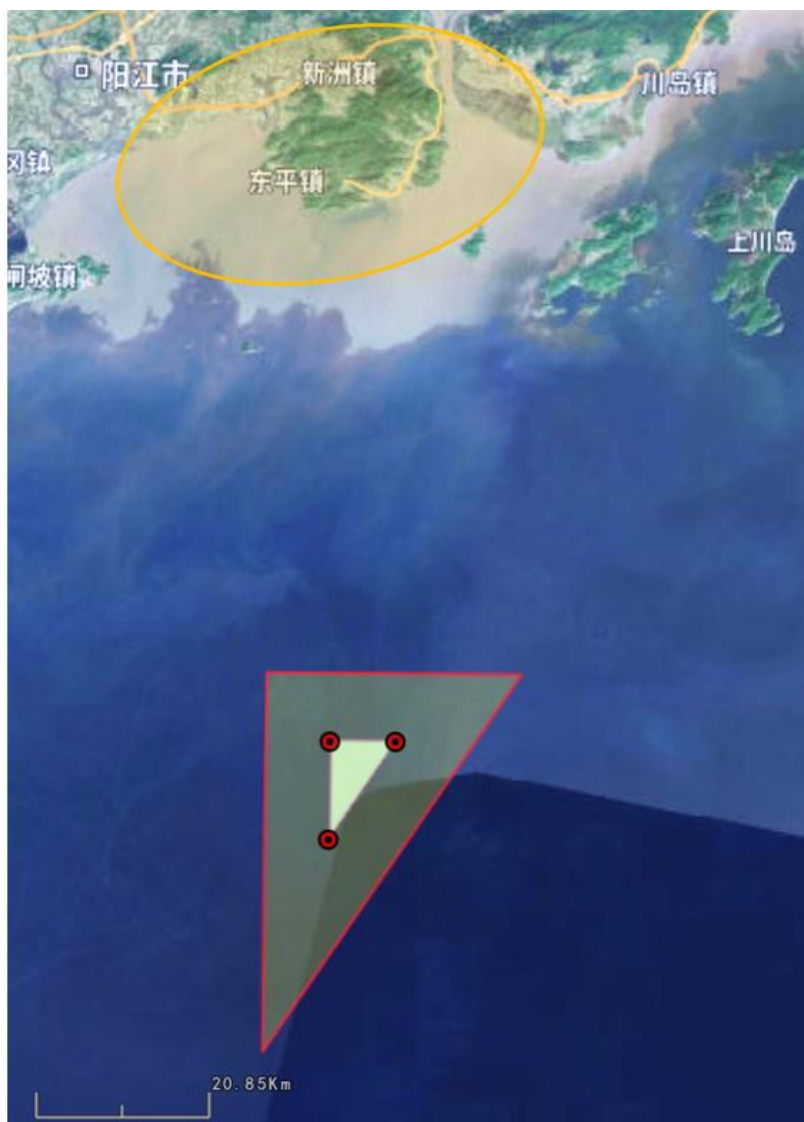


图 3.2.12-1 鸟类现状调查范围示意图

(2) 调查内容

主要包括调查区域环境概况、鸟类种类组成、数量、居留型及食性；主要迁徙鸟类的种类、数量、迁徙行为、飞行模式等；鸟类优势类群及其生境选择；国家级重点保护鸟类受保护鸟类的种类与数量。

(3) 调查时间与频次

依据《海上风电工程环境影响评价技术规范》，鸟类现状调查周期一般为一年，调查频次每季至少为 1 次以上，由现有资料未发现区域内有数量集中的鸟类迁徙地、繁殖地、越冬地分布，因此制定调查频次为每季度 1 次，根据调查单位现有调查资料，以 2023 年 8 月、2023 年 11 月、2024 年 1 月和 2024 年 4 月的调查作为沿海调查现状数据，作为本次项目的四季鸟类调查数据。

（4）鸟类调查及统计方法

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

①样线（带）法

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

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

②样点法

采用样点法作为样线法的补充，在区域内选取固定的观察点进行观察计数，项目场址内主要选择测风塔作为观测样点，周边区域根据生境异质性选择沙滩、泥滩、红树林、浅海、农田等类型设置观测点，通过乘船或步行用望远镜开展调查。

③繁殖鸟类调查法

对于在沿岸区域内发现具有繁殖和育雏行为的种类，采用密度法估算繁殖种群数量。

④休息场统计

在沿岸滩涂发现越冬鸟类休息场，在涨潮时滩涂出露时有多种水鸟在滩上觅食，涨潮时到未淹没沙滩上集群停歇，采用直接计数方法对该区域进行鸟类种类及数量统计。

直接计数法得到的某种鸟类数量总和即为该区域该种鸟类的数量。

样带（方）数量计算公式为 $N = \bar{D} * M$ （ N —某区域某种动物数量； $\bar{D}$ —该区域该物种平均密度； M —该调查区域总面积）。 $\bar{D} = \sum_{i=1}^j Ni / \sum_{i=1}^j Mi$ （ $\sum_{i=1}^j Ni$ — j

个样带（方）调查的该物种数量和； $\sum_{i=1}^j Mi$ — j 个样带（方）总面积）。

把整个调查过程中的每种鸟类数量总和除以鸟类调查总数量，求出该种鸟类所占百分数。当百分数大于 50%为极多种，用“++++”表示；百分数为 10%—50%，为优势种，用“+++”表示；当百分数为 1%—10%，为常见种，用“++”表示；当百分数小于 1%，为稀有种，用“+”表示。

3.2.12.2 区域鸟类概况分析

(1) 鸟类种类特征

本次四季度调查，在项目区域及周边共记录鸟类 91 种，隶属 12 目 29 科。优势类群包括 鸻形目（CHARADRIIFORMES）（39 种）和 雀形目（PASSERIFORMES）（26 种）。由于本次调查，主要调查地为海上和沿岸湿地区域，湿地水鸟是该区域鸟类种群的重要组成部分。湿地水鸟是指在生态上依赖于湿地，即某一生活史阶段依赖于湿地，且在形态和行为上对湿地形成适应特征的鸟类。根据 Howes 等（1988）对水鸟的定义，广义的水鸟包括 鹬科（Podicipedidae）、鹭科（Ardeidae）、鸭科（Anatidae）、秧鸡科（Rallidae）、反嘴鹬科（Recurvirostridae）、鸻科（Charadriidae）、鹬科（Scolopacidae）、燕鹬科（Glareolidae）、鸥科（Laridae）、燕鸥科（Sternidae）、翠鸟科（Alcedinidae）等鸟类，其他统称为陆生鸟类。按上述定义，本次调查的鸟类中，水鸟有 58 种，其他 33 种为陆生鸟类种，主要为各种生境广泛分布的广布种以及多数在湿地活动的湿地依赖种类。按主要居留型划分，留鸟共有 36 种，迁徙鸟共 55 种，其中冬候鸟 34 种，迁徙过境鸟 11 种，夏候鸟 10 种，说明本区域是多种迁徙候鸟的越冬地和中途停歇地。

列入各类保护名录的珍稀濒危保护物种共有 65 种，其中属于广东省重点保护陆生野生动物的有 25 种，主要为 鸻形目（CICONIIFORMES）和 鸻形目鸟类；属于国家重点保护陆生动物的有 11 种，其中包括一级保护的黄嘴白鹭（*Egretta eulophotes*）1 种，以及二级保护的褐翅鸦鹃（*Centropus sinensis*）、白腰杓鹬（*Numenius arquata*）、翻石鹬（*Arenaria interpres*）、大滨鹬（*Calidris tenuirostris*）、阔嘴鹬（*Limicola falcinellus*）、岩鹭、鸮（*Pandion haliaetus*）、黑鸢（*Milvus migrans*）、白胸翡翠（*Halcyon smyrnensis*）和红隼（*Falco tinnunculus*）等 10 种；列入国家保护动物红色名录近危及以上级别的有 4 种，包括属于易危（VU）级别的大滨鹬和黄嘴白鹭等 2 种，以及属于近危（NT）物种的白腰杓鹬和鸮等 2 种；列入

IUCN 红皮书近危以上级别的物种有 7 种，其中属于濒危（EN）级别的有大滨鹬 1 种，属于易危（VU）级别的有黄嘴白鹭 1 种，其余 5 种包括黑尾塍鹬（*Limosa limosa*）、白腰杓鹬（*Numenius arquata*）、灰尾漂鹬（*Heteroscelus brevipes*）、红颈滨鹬（*Calidris ruficollis*）和弯嘴滨鹬（*Calidris ferruginea*），均为近危（NT）级别。列入 CITES（濒危野生动植物种国际贸易公约）附录 II 的物种有鸕、黑鸢和红隼三种。《中华人民共和国政府和日本国政府保护候鸟及其栖息环境的协定》名录（以下简称中日候鸟保护协定）和《中国政府和澳大利亚政府保护候鸟及其栖息环境的协定》名录（以下简称中澳候鸟保护协定）是中国分别和日本、澳大利亚签订的有关候鸟保护的协定，目的是尽力减少对两国间候鸟所到之主要地区的伤害。本地区中，属于中日候鸟保护协定的有 48 种，中澳候鸟保护协定种类有 35 种。

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

（2）鸟类数量概况

数量方面，共记录鸟类 8565 只次，其中数量超过 10% 的优势种有 3 种，分别为铁嘴沙鸨（*Charadrius leschenaultii*）、环颈鸨和白鹭。以铁嘴沙鸨数量最多，全年共观察到 1657 只次，占总调查数量的 19.3%，其次为环颈鸨，共调查到 1533 只次，占 17.9%，白鹭记录到 1036 只次，占总调查数量的 12.1%。常见种有 13 种，包括黑腹滨鹬（*Calidris alpina* 占调查总数量的 7.7%，下同）、大白鹭（*Ardea alba*）（5.6%）、蒙古沙鸨（*Charadrius mongolus*）（4.4%）、红颈滨鹬（*Calidris ruficollis*）（2.9%）、池鹭（*Ardeola bacchus*）（2.5%）、三趾滨鹬（*Calidris alba*）（2.4%）、苍鹭（*Ardea cinerea*）（2.1%）、泽鹬（*Tringa stagnatilis*）（2.0%）、翘嘴鹬（*Xenus cinereus*）（1.7%）、鸥嘴噪鸥（*Gelochelidon nilotica*）（1.5%）、青脚鹬（*Tringa nebularia*）（1.3%）、家燕（*Hirundo rustica*）（1.3%）、阔嘴鹬（*Calidris alba*）（1.1%）。13 种常见种数量总占总调查数量的 36.6%，和优势种合并，则两者共 16 个物种占调查总数量的 85.9%，说明调查区域鸟类主要物种的优势度明显，从现场调查发现优势种栖息聚集程度较高，主要集中在沿岸沙滩和围垦养殖塘内。

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

3.2.12.3 各季节调查详述

(1) 夏季调查(2023 年 8 月) 情况

2023 年 8 月为夏季调查, 本次调查共记录鸟类 37 种, 隶属 11 目 29 科。优势类群为鸽形目和雀形目, 分别各有 13 种。其中水鸟 22 种, 其余 15 种为陆鸟。数量上, 共记录 1183 只次, 优势种为白鹭、铁嘴沙鸨、环颈鸪, 数量分别占该月调查总数量的 19.7%、18.9%和 17.8%。常见种有家燕、池鹭、蒙古沙鸨、白额燕鸥、牛背鹭、青脚鸪、白头鹎、大白鹭、暗绿绣眼鸟、红脚鸪等 10 种, 以上 13 种共占当季调查数量的 89.4%。

居留型方面, 留鸟种类较多, 有 20 种, 冬候鸟有 6 种, 夏候鸟有 6 种, 迁徙过境鸟有 5 种, 以上部分种类在本地区有多个居留型的种群。数量上以留数量最多, 占 39.5%, 其次为过境迁徙鸟占 24.7%, 冬候鸟占 23.4%, 夏候鸟占 12.5%。本季度的留鸟占比例最高, 且总体鸟类数量明显较其他季节少。

列入各类保护名录的珍稀濒危保护物种共有 22 种, 其中属于广东省重点保护陆生野生动物的有 9 种, 包括白额燕鸥、褐翅燕鸥、粉红燕鸥、黄斑苇鸪、绿鹭、池鹭、牛背鹭、大白鹭、白鹭等; 列入国家重点保护野生动物名录的有 4 种, 均为二级保护, 包括褐翅鸬鹚、翻石鸬、大滨鸬、岩鹭等; 列入国家保护动物红色名录近危级别以上的有大滨鸬一种, 为易危(VU)级别; 列入 IUCN 红皮书近危级别以上的有 2 种, 其中大滨鸬为濒危(EN)级别、灰尾漂鸬为近危(NT)级别; 没有列入 CITES 附录的物种; 属于《中华人民共和国政府和日本国政府保护候鸟及其栖息环境的协定》名录内的物种共有 18 种, 列入《中国政

府和澳大利亚政府保护候鸟及其栖息环境的协定》名录的物种共有 17 种。

(2) 秋季调查（2023 年 11 月）情况

2023 年 11 月为秋季调查，本次调查共记录鸟类 45 种，隶属 8 目 20 科。优势类群为鸽形目，有 17 种，其次为雀形目，有 15 种。水鸟有 28 种，陆鸟为 17 种。数量上，共记录 2143 只次，优势种为白鹭和大白鹭，数量分别占该月调查总数量的 25.5% 和 14.9%。常见种为黑腹滨鹬、环颈鸻、铁嘴沙鸻、苍鹭、池鹭、泽鹬、反嘴鹬、白额鸢、牛背鹭、青脚鹬、家燕等 11 种，以上 13 种共占当季调查数量的 88.6%。说明本季度优势种数量占比例较大。

居留型方面，本月种类中留鸟共有 21 种在本地区有留鸟种群，16 种在本地区有冬候鸟种群，迁徙过境鸟和夏候鸟分别有 6 种和 2 种，其中部分种类在本地区有多个居留型的种群。数量上也是留鸟占优，占总数量的 52.3%，冬候鸟和迁徙过境鸟也较多，分别占总数量的 30.8% 和 13.1%，夏候鸟仅占 3.8%。可以看出在该季节已经有较多越冬种类到达本地，尚有少量夏候鸟未迁离。

列入各类保护名录的珍稀濒危保护物种共 28 种，其中属于广东省重点保护陆生野生动物的有 10 种，包括凤头鹳鹬、黑翅长脚鹬、反嘴鹬、普通燕鸥、池鹭、牛背鹭、苍鹭、大白鹭、白鹭、蓝翡翠；列入国家重点保护野生动物名录中的二级保护动物的有翻石鹬、大滨鹬和岩鹭等 3 种；列入国家保护动物红色名录近危级别以上的物种有大滨鹬一种，为易危（VU）级别；属于 IUCN 红皮书近危级别以上的有 3 种，分别为黑尾塍鹬（NT）、大滨鹬（EN）和红颈滨鹬（NT）；没有列入 CITES 附录的物种；属于《中华人民共和国政府和日本国政府保护候鸟及其栖息环境的协定》名录内的物种共有 22 种，列入《中国政府和澳大利亚政府保护候鸟及其栖息环境的协定》名录的物种有 18 种。

(3) 冬季调查（2024 年 1 月）情况

2024 年 1 月为冬季调查，本次调查共记录鸟类 56 种，隶属 10 目 25 科。优势类群为雀形目，有 22 种，其次为鸽形目，有 21 种。水鸟有 29 种，陆鸟为 27 种。数量上，共记录 2143 只次，优势种为环颈鸻、铁嘴沙鸻和黑腹滨鹬，数量分别占该月调查总数量的 25.2%、19.9% 和 12.7%。常见种为白鹭、蒙古沙鸻、红颈滨鹬、三趾滨鹬、阔嘴鹬、泽鹬、翘嘴鹬、苍鹭、大白鹭、灰鸻、鸥嘴噪鸥和青脚鹬等 12 种，以上 15 种共占当季调查数量的 92.7%。本季度优势种数量占

比例较大。

居留型方面，本月共有 27 种在本地区有留鸟种群，22 种在本地区有冬候鸟种群，迁徙过境鸟有 7 种，没有记录到夏候鸟，其中部分种类在本地区有多个居留型的种群。数量上则是冬候鸟占优，占总数量的 57.9%，迁徙过境鸟也较多，占总数量的 30.8%，留鸟占 11.3%。总体上本季节以冬候鸟为主要组成部分。

列入各类保护名录的珍稀濒危保护物种共 36 种，其中属于广东省重点保护陆生野生动物的有 11 种，包括黑水鸡、黑翅长脚鹬、红嘴鸥、黑尾鸥、鸥嘴噪鸥、灰翅浮鸥、池鹭、苍鹭、大白鹭、中白鹭和白鹭；列入国家重点保护野生动物名录中的二级保护动物的有褐翅鸦鹃、白腰杓鹬、阔嘴鹬、鸮、黑鸢、白胸翡翠、红隼等 7 种；列入国家保护动物红色名录近危级别以上的物种有白腰杓鹬和鸮 2 种，为近危（NT）级别；属于 IUCN 红皮书近危级别以上的有 3 种，分别为白腰杓鹬和红颈滨鹬，均为近危（NT）级别；列入 CITES 附录 II 的物种有鸮、黑鸢、红隼 3 种；属于《中华人民共和国政府和日本国政府保护候鸟及其栖息环境的协定》名录内的物种共有 25 种，列入《中国政府和澳大利亚政府保护候鸟及其栖息环境的协定》名录的物种有 15 种。

（4）春季调查（2024 年 4 月）情况

2024 年 4 月为秋季调查，本次调查共记录鸟类 51 种，隶属 10 目 18 科。优势类群为鸽形目，有 25 种。水鸟有 38 种，陆鸟为 13 种。数量上，共记录 2413 只次，优势种为铁嘴沙鸨和环颈鸨，数量分别占该月调查总数量的 29.9%和 18.9%。常见种为蒙古沙鸨、白鹭、红颈滨鹬、黑腹滨鹬、鸥嘴噪鸥、三趾滨鹬、翘嘴鹬、灰尾漂鹬、大白鹭、翻石鹬、鹤鹬、青脚鹬、大滨鹬、灰翅浮鸥、池鹭等 15 种，以上 17 种共占当季调查数量的 92.0%。本季度常见种较多，数量分布较平均。

居留型方面，本月种类中留鸟共有 22 种在本地区有留鸟种群，17 种在本地区有冬候鸟种群，迁徙过境鸟和夏候鸟分别有 8 种和 4 种，其中部分种类在本地区有多个居留型的种群。数量上以迁徙过境鸟最多，有占总数量的 45.5%，其次为冬候鸟，占总数量的 39.1%，留鸟和夏候鸟分别占总数量的 14.1%和 1.2%。可以看出在该季节有较多迁徙过境的物种。

列入各类保护名录的珍稀濒危保护物种共 36 种，其中属于广东省重点保护

陆生野生动物的有 15 种，包括黑水鸡、黑翅长脚鹬、中杓鹬、鸥嘴噪鸥、白额燕鸥、黑枕燕鸥、灰翅浮鸥、白翅浮鸥、夜鹭、池鹭、牛背鹭、苍鹭、大白鹭、中白鹭、白鹭；列入国家重点保护野生动物名录的有 6 种，其中黄嘴白鹭为一级保护，褐翅鸦鹃、翻石鹬、大滨鹬、岩鹭、鸕等 5 种为二级保护；列入国家保护动物红色名录近危级别以上的物种有 3 种，大滨鹬和黄嘴白鹭为易危（VU）级别，鸕为近危（NT）级别；属于 IUCN 红皮书近危级别以上的有 5 种，分别为大滨鹬（EN）、黄嘴白鹭（VU）、灰尾漂鹬、红颈滨鹬和弯嘴滨鹬（NT）；列入 CITES 附录 II 的物种有鸕一种；属于《中华人民共和国政府和日本国政府保护候鸟及其栖息环境的协定》名录内的物种共有 25 种，列入《中国政府和澳大利亚政府保护候鸟及其栖息环境的协定》名录的物种有 23 种。

3.2.12.4 海域鸟类现状

风电场所在区域以及周边 8km 缓冲区域内均为浅海海域，调查主要通过乘船沿样线观察，期间仅发现极少量燕鸥类和白额鸕飞行。将调查范围扩展至沿岸浅海海域，则在海域中共发现鸟类 4 目 5 科 14 种，共 221 只次，其中多数个体在离岸 2-5km 范围内发现。鸥类和燕鸥类鸟类是在海面活动较多的种类，燕鸥类多在春夏季出现，喜集群在海面低空飞行觅食，也会跟随渔船尾部啄食被海浪翻滚至水面的鱼类，鸥类则主要在冬季记录到。普通鸕喜欢在近岸海边岩石上停留。岩鹭主要位于近岸小型岛屿的岩礁海岸，多在岛屿和岩岸周边低空开展飞行活动，并不飞出外海。

表 3.2.12-1 调查海域鸟类季节动态（不公开）

本次海域部分的调查记录到数量较多的有白额鸕、鸥嘴噪鸥和灰翅浮鸥，其中白额鸕是典型的海洋性鸟类，喜欢在海面梭巡捕食鱼类，单独或集小群活动，在距离海岸 10~20km 左右分布较多，到项目场址内则分布较少，仅有 2 次记录。鸥嘴噪鸥喜欢在近岸沙泥质滩涂停歇，灰翅浮鸥喜欢在近海养殖场附近觅食。在项目场址范围内没有记录。其余种类中活动范围离岸较远的还有褐翅燕鸥、黑枕燕鸥和粉红燕鸥，其中褐翅燕鸥在项目场址内有 2 次记录。岩鹭是本次海域记录到唯一一种国家二级保护动物，在近岸岛屿岩礁上有繁殖种群，但数量较少，据密度估算共约 10~15 只。鸥类和燕鸥类的鸟类属于广东省的省级重点保护动物，在离岸小型无人岛礁上有繁殖群体，繁殖期在海面活动较为频繁。总体上，海域

调查到的种类中，褐翅燕鸥、黑枕燕鸥、白额鸕等飞行活动范围离岸较远，会经过风电场所在区域。

3.2.12.5 沿岸鸟类现状

和海上调查相比，沿岸鸟类在物种和数量上均远高于海上风电场场区及周边海域。本调查共记录种类 12 目 29 科 91 种，数量 8344 只次，占本项目调查总数的 97.4%。种类以白鹭、大白鹭等鹭科鸟类和铁嘴沙鸕、环颈鸕、黑腹滨鸕等小型鸕类为主，也有一些过境种类，如翻石鸕、翘嘴鸕、灰尾漂鸕、大滨鸕等，主要分布在沿岸滩涂。因此沿岸滩涂是本区域鸟类主要觅食地和栖息地。

除迁徙越冬候鸟，本次调查还发现在沙滩生境有繁殖水鸟，主要为环颈鸕华南亚种（*C. a. dealbatus*，最新文献将其提升为独立的种，白脸鸕 *C. dealbatus*）和白额燕鸥，其中环颈鸕春季在沙滩上繁殖，冬季则和北方种群混群觅食和栖息，根据密度估算，繁殖对数约 50~80 对，每对繁殖幼体约 2~4 只。白额燕鸥的繁殖对数约 30~50 对，每对繁殖幼体约 2~4 只。总体上在项目区域沿岸繁殖的水鸟种群主要集中在三丫港等沙滩，其余地点数量较少，且该类物种栖息和觅食均在沙滩周边，基本不受海上风电设施影响。

本项目位于川山群岛南侧海区，调查单位此前曾在同属该海区的阳西溪头镇、阳江海陵岛、台山上川岛进行全年度的鸟类调查，其地理区系和生态环境相近，具有类比性和可比性，是本次调查的有益补充。结合以上区域近五年记录，周边分布的鸟类种类共有 157 种，说明该地区沿海鸟类种类丰富，生态环境良好。其中大部分鸟类分布于红树林区和滩涂区域，主要是由于近岸湿地底栖动物丰富，是多种涉禽（包括鹭科鸟类、鸕类等）的主要食物来源。而项目场址所在地距离鸟类分布主要区域海陵湾约 60km。远大于大部分鸟类活动的半径范围（5~20km），且没有底栖动物分布，对红树林区和滩涂区域的鸟类基本没有影响。

3.2.12.6 鸟类迁飞路线与飞行高度分析

风力资源的地理分布大多与鸟类迁徙通道相重叠，尤其在我国，在沿海、岛屿、内陆湖泊、河流、水库地区的附近是风力资源最丰富的地区，也是水鸟迁徙的主要停歇地带（卞兴忠和蒋志学, 2010）。鸟类在全球的迁徙路线可分为 8 个主要迁飞区（Bamford et al, 2008），我国东南沿海位于其中最大的“东亚-澳大利西亚迁徙通道”上（如下图 3.2.12-2），是多种候鸟迁徙的中途停歇驿站和越冬地，

其中沿海滩涂是迁徙水鸟主要集中栖息的区域。距离项目场址最近的阳江沿岸位于我国广东省西部沿海，其东侧的海陵岛和溪头港，有多种迁徙候鸟停歇记录，环志观测结果显示途径溪头港的候鸟会迁飞至澳大利亚西部。

鸟类的迁徙路线，虽然在大尺度上可能体现出空间上的近似关系。但是具体的迁飞路径，停歇地点有很大的种间变异，甚至种内的不同种群之间均有变异。研究鸟类迁徙，需要对鸟类进行环志标记或者卫星追踪调查。目前研究表明，大部分迁徙性水鸟的连续飞行距离较长，经常进行上千公里甚至数千公里的连续飞行（马志军, 2013）。大部分对迁徙路线的研究采用直线将营巢地——中途停歇地——越冬地之间联结起来，形成理论上的迁徙路线，然而受地面构造、景观类型、植被、食物及天气等各种条件影响，实际路线有所偏差。如雁鸭类大都集中于内陆水域，沿湖泊、河流迁徙，鸕鹚类则多沿海岸绕行（张孚允和杨若莉, 1997）。根据项目场址所在的沿岸地形地貌、景观类型、鸟类栖息生境等分布情况，结合实际观察，迁徙鸟类在阳江和江门沿海及周边近岸海域的经停点主要是沿岸滩涂湿地和离岸岛屿，迁徙路线主要沿海岸迁徙，部分会跨越南海（见下图 3.2.12-3）。其中沿海滩涂湿地是迁飞候鸟主要栖息生境。



图 3.2.12-2 东亚-澳大利西亚候鸟迁徙路线示意图

近年来，随着我国科技进步和自主研发力量增强，鸟类卫星跟踪设备往轻量级、长续航、高精度、信号间隔短等方向发展，为明确鸟类迁徙路径提供了极大的便利。通过对比多个研究结果，选取其中不同类群的鸟类作为案例，列举候鸟经过南海或广东沿岸的迁徙路线。从图 3.2.12-3 可以看出，总体上不同类群的候鸟迁徙路线大致上和图 3.2.12-2 示意的方向接近，其中鸻类和鹬类多从粤东或粤中便离开沿岸飞越南海往澳大利亚、新西兰等地越冬，而迁徙的鹭类则有部分横越广东沿海，从琼州海峡穿过往越南、泰国等地越冬，总体上飞越粤东以南海域的种类较多。

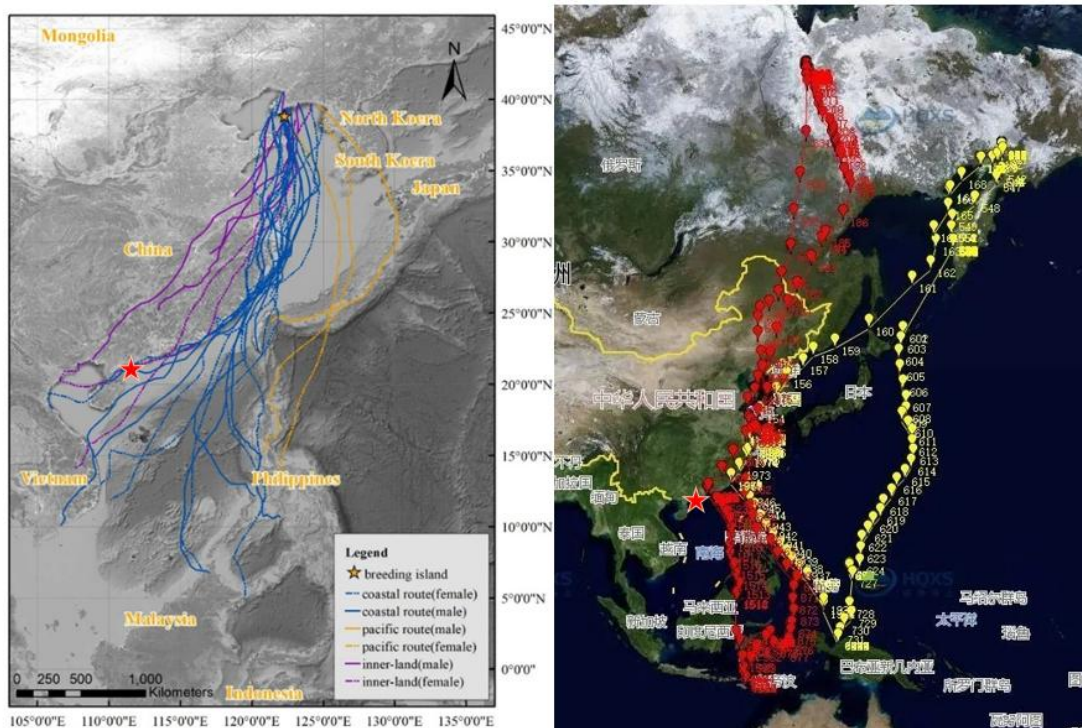
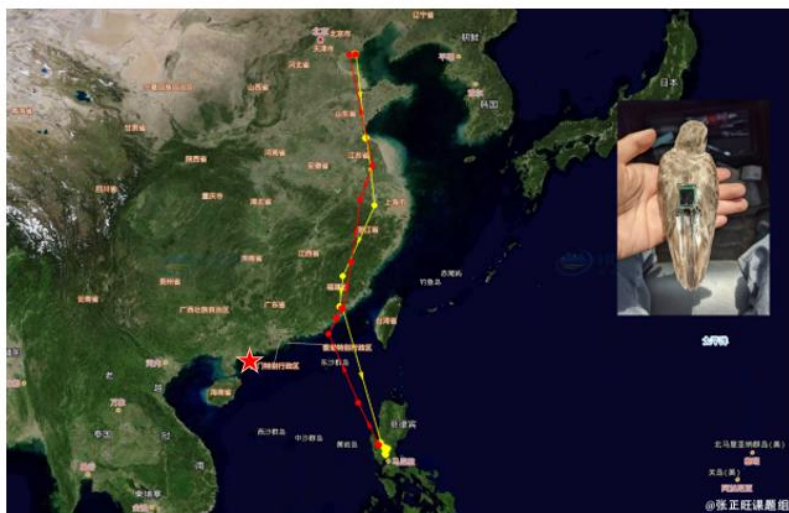


图 3.2.12-3 不同类群鸟类迁徙路线（上：环颈雉；下左：黄嘴白鹭；下右：中杓鹬，星型符号为项目场址）

据研究资料显示（图 3.2.12-4），候鸟迁徙季节的迁飞高度一般超过 300m：普通鸟类迁徙过程中飞翔高度在 400m 以下，鹤类在 300~500m，鸕、雁等最高可达 900m（卞兴忠和蒋志学,2010）。本区主要沿海岸迁徙飞行种类为鸕鹬类、鹭类、小型雁鸭类、鸥类，基本没有大型的鸕鹬类，迁徙飞行高度一般为 300~400m 之间。但是也有研究发现沿海面飞行的鸟类通常飞行高度较陆地低（Ross-Smith et al., 2016）。

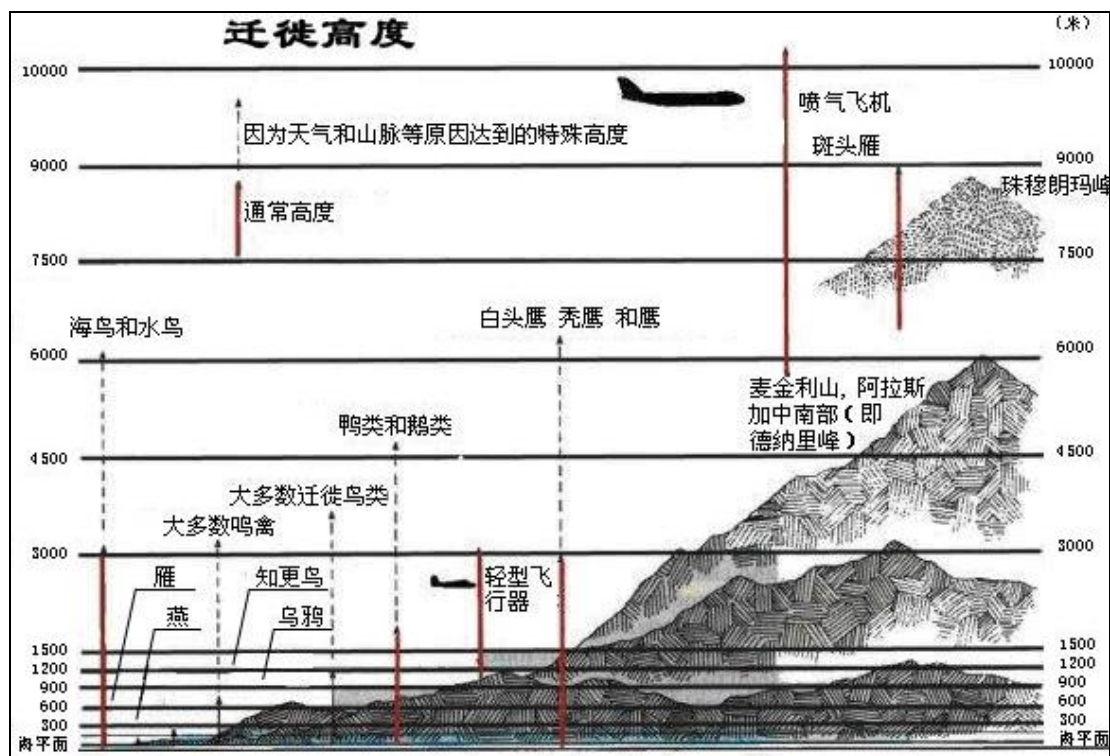


图 3.2.12-4 不同鸟类类群的飞行高度示意图

而对于鸟类的日常飞行（如往返于休息地与觅食地、饮水地等）来说，飞行高度会较长途迁徙低，尤其是在觅食等情况下，一般低于 100m。小型雀形目鸟类很少在海面飞行，项目范围可能涉及到的种类中，猛禽、鸥和燕鸥、军舰鸟等海洋鸟类等是较常见在海面活动的类型。在西班牙南部的 Tarifa 研究发现 (Barrios and Rodriguez, 2004)，猛禽在风场区域翱翔时，会选择避开叶片旋转能达到的高度范围，如繁殖期和冬季选择在较低的高度飞行（平均在 57-59m 之间），其余时期是飞行高度则在 110m 左右，在其他区域其高度差异不明显（繁殖期 68.20m，越冬期 60.07m，非繁殖季节 79m）。且观察到大部分鸟类在穿过风机列时会显著提升飞行高度，以避免碰撞。本次调查中也发现，在远离风机的海面褐翅燕鸥的飞行高度为距离海面 20~50m，但当靠近风电场时则提升高度至风机轮毂上方，超过 100m。另外，在不良的气象条件下，如大雾、降雨或强逆风时，大气能见度降低，鸟类也会降低飞行高度 (Drewitt and Langston, 2006)。



图 3.2.12-5 褐翅燕鸥在已建风电场外围和飞越风电场时的高度变化

3.2.13 自然保护区

本项目此次申请的风机和 66kV 集电海缆不占用自然保护区，论证范围也不涉及自然保护区，不对自然保护区进行介绍。

3.2.14 珍稀海洋生物

(1) 海龟

海龟是高度洄游物种，能进行长距离跨洋际洄游。通过对美国和中国台湾对蠍龟的洄游路线卫星追踪情况，以及 2001-2010 年中国大陆对 11 头绿海龟和 3 头蠍龟的洄游路线卫星追踪情况进行分析，可知汕头-台湾海域是海龟活动分布的热点海域，更是海龟的洄游的重要通道。

图 3.2.14-1 中国台湾误捕蠍龟洄游路线卫星追踪图（不公开）

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

根据《惠东幼年绿海龟的洄游规律及觅食地选择》（动物学杂志 2021 年 第 56 卷第 4 期 叶明彬等），2011 至 2015 年间，将 6 只来自广东惠东海龟国家级自然保护区人工培育 2~14a 的幼年海龟，分为夏季组及冬季组，在其背甲上安装追踪器，6 只幼年绿海龟的洄游路线详见图 3.2.14-3。

图 3.2.14-3 6 只幼年绿海龟的洄游路线（不公开）

蓝色和红色路线分别代表追踪终点时间在夏季和冬季的幼年绿海龟洄游路线；①~⑥分别代表编号分别为 73040、70464、65415、40470、53744、52694 幼年绿海龟的终点位置；★为起点，广东惠东海龟国家级自然保护区海龟产卵场沙滩。GEBCO Bathymetry.海洋大体水深图等深线标尺，不同颜色代表不同的海水深度。

根据图 3.2.14-1~图 3.2.14-3 可知，本项目所在海域存在海龟活动的历史追踪数据，说明工程海域曾有海龟出没，但工程海域不是海龟的主要活动区域。

（2）海豚

中华白海豚（*Sousa chinensis*）是一种沿岸河口定居性的小型齿鲸类，属海洋哺乳动物，是世界上 85 种鲸类之一，国际上习惯称之为印度太平洋驼背豚（Indo-Pacific humpback dolphin）。中华白海豚于 1988 年被国务院列为国家一级重点保护动物，隶属齿鲸亚目，海豚科，白海豚属，广泛分布于西太平洋和印度洋的沿岸水域，属暖水性种类，在澳大利亚北部、印度尼西亚、加里曼丹、马来西亚、马六甲海峡、泰国湾、斯里兰卡及南海沿岸国家均有分布。在中国海域，主要分布东南沿海的河口内湾，北至长江口附近，南至北部湾的越南水域边界。在广东沿海，主要分布于粤东沿海的韩江河口、中部沿海的珠江河口和粤西的雷州湾等。

图 3.2.14-4 中华白海豚和江豚目击位置（不公开）

印太江豚（*Neophocaena phocaenoides*）也是沿岸定居性的小型齿鲸类，与中华白海豚一样，常年栖息于沿岸水域，是广东沿岸水域仅有的 2 种定居性鲸类之一。印太江豚属国家二级重点保护水生动物，隶属鼠豚科，江豚属，广泛分布于印度洋、太平洋温带和热带的沿岸水域。根据搁浅记录，广东沿海江豚主要分布于汕头外海和珠江口外海，其中以珠江口外（包括香港南部水域）的记录较多。在珠江口海域，江豚分布的区域较中华白海豚离岸一些，从深圳的大鹏澳至江门的下川岛海域均有分布，在夏季和秋季江豚趋向于近岸分布，目击次数较多、群体也较大。在汕头海域，于南澎列岛外海各季节均有江豚出现，出现的高峰期在 7 月和 8 月。

与喜欢栖息在受河流冲淡水影响水域的中华白海豚相比，印太江豚大多分布主要受外海水影响的离岸水域，在珠江口海域它们的分布区域呈现季节性变化，就是江豚和中华白海豚的分布区很少有重叠，夏秋季丰水期时江豚的分布区趋向近岸，春冬季枯水期中华白海豚的分布则趋向离岸，两者似乎在互相回避，即使有时有少量的分布区重叠，但未见这两个种类同一时间在同一水域出现，或者有任何的相互影响。印太江豚不似中华白海豚那样容易接近，因为它易受惊吓，很少靠近船只，且无明显背鳍、体色与海水颜色接近，不容易被发现。

中华白海豚一般单独或数头一起游动，有时有 10 余头以上的聚群，哺乳期幼豚经常与母豚一起并游。雌性中华白海豚大约在 9-10 岁左右达到性成熟，而

雄性白海豚的性成熟年龄可能还要比雌性晚 2-3 年。喜欢在 5 至 8 月份（即春、夏季）交配，母豚的怀孕期约为 11 个月左右。每胎大多只怀一头小海豚，出生后母豚需哺乳幼豚至少一年。母豚一般间隔至少 3 年才生一胎，所以它们的繁殖力相当低。中华白海豚的食物主要是鱼类，至少包括了 14 科 24 种鱼类，主要是叫姑鱼属 (*Johnius* spp.)、棘头梅童鱼 (*Collichthys lucida*)、棱鯷属 (*Thrisa* spp.)、鲮属 (*Mugil* spp.)、鰺属 (*Ilisha* spp.)、鲚属 (*Coilia* spp.) 等鱼类，而头足类和甲壳类很少见到。

印太江豚的体形较小，成年体长在 2m 左右，雄成体的体长可达 2.27m，雌成体可达 2.12m。根据性腺的组织学观察和牙齿的年龄鉴定，南海的江豚雄性的最小性成熟年龄为 3 龄，雌性为 4 龄，最老的个体为 21 龄。雌性性成熟体长约 1.5m，怀孕期约为 11-12 个月左右，一般每胎产 1 头，偶尔有双胞胎，初生仔豚体长 75-85cm，哺乳期超过半年，南海沿岸的江豚在 6 月至翌年 3 月间产仔，产仔高峰期在 8-12 月。印太江豚的主要食物为小鱼、乌贼类和虾类，福建省南部沿海江豚的胃含物中有蛇鲻、白姑鱼、斑鰹、鰺鱼、大头狗母鱼、小沙丁鱼、蓝圆鲹、棱鯷、短尾大眼鲷、中华海鲶、棘头梅童鱼等。

(3) 文昌鱼

文昌鱼 (*Branchiostoma belcheri*) 属于属文昌鱼纲 (*Amphioxii*)、文昌鱼目 (*Amphioxiformes*)、文昌鱼科 (*Amphioxidae*)。文昌鱼作为脊索动物门头索动物亚门幸存物种，是无脊椎动物演化至脊椎动物过渡典型的活标本，是研究包括人类在内的脊椎动物起源与进化的极其珍贵的模式动物。文昌鱼在世界各地的分布数量一般不大，唯有在中国沿海分布较广，但由于栖息环境遭到破坏等原因，文昌鱼的资源量逐年下降，分布区域变得越来越狭窄，已沦为稀少物种，目前中国已把文昌鱼列为国家二级重点保护动物。

文昌鱼是一种半穴居滤食性的动物，喜栖在水流较为平缓，水深为 8-16 米之间，盐度在 20-31，pH 在 8.1-8.2 之间，具有粗中沙混合的底质，水质清澈，浮游生物丰富的浅海海域中，活动能力较弱，平时很少活动，文昌鱼幼仔、稚鱼营浮游生活后，成体则终身营半底埋的底栖生活，仅头部露出砂底，以便呼吸和滤食，其滤食对象主要以硅藻和原生动物为主。夜间较为活跃，从沙中游出，凭借其体侧肌节的交错收缩呈直立状做波动形运动，或将体一侧横卧在水底沙上，

遇刺激即钻入沙中，疏松的海底适合文昌鱼的钻砂和有充分的溶解氧。文昌鱼对栖息环境的要求极为严格，底质是影响文昌鱼分布的最主要环境因子，文昌鱼仅分布粗砂中混有中砂的疏松、有机质含量低的砂质海底，泥质、砂质泥和粉砂质泥都无文昌鱼分布。

文昌鱼在广东沿海主要分布于粤东的南澎列岛、汕头广澳外、惠州考洲洋湾口外、粤西阳江海陵岛南部、茂名放鸡岛海域、湛江吴川鉴江口、湛江港口外以及东海岛南部，以及硇洲岛海域等海域，但其密集区位于茂名放鸡岛附近海域。根据 2024 年 3 月（春季）和 2023 年 11 月（秋季）在项目附近海域进行的海洋生态现状调查数据，项目所在海域未发现文昌鱼。

3.2.15 “三场一通道”分布情况

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

（1）南海鱼类产卵场

南海鱼类产卵场分布见图 3.2.15-1 和图 3.2.15-2。

本项目不位于南海中上层鱼类产卵场内，项目位于南海底层、近底层鱼类产卵场内。

（2）南海北部幼鱼繁育场保护区

南海北部幼鱼繁育场保护区位于南海北部及北部湾沿岸 40m 等深线水域（图 3.2.15-3），保护期为 1-12 月。管理要求为禁止在保护区内进行底拖网作业。

本项目不位于南海北部幼鱼繁育场保护区内。

（3）幼鱼幼虾保护区

根据《南海区水产资源保护示意图》（1985 年 8 月）确定、2002 年农业部发布 189 号文公布的幼鱼幼虾保护区范围，幼鱼幼虾保护区位于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（图 3.2.15-4），保护期为每年的 3 月 1 日至 5 月 31 日，主要功能为渔业水域，保护内容为水质和生态。保护区性质为幼鱼幼虾保护区非水生生物自然保护区和水产种质资源保护区。在禁渔期间，禁止底拖网渔船、拖虾渔船进入上述海域内生产。

本项目不位于幼鱼幼虾保护区内。

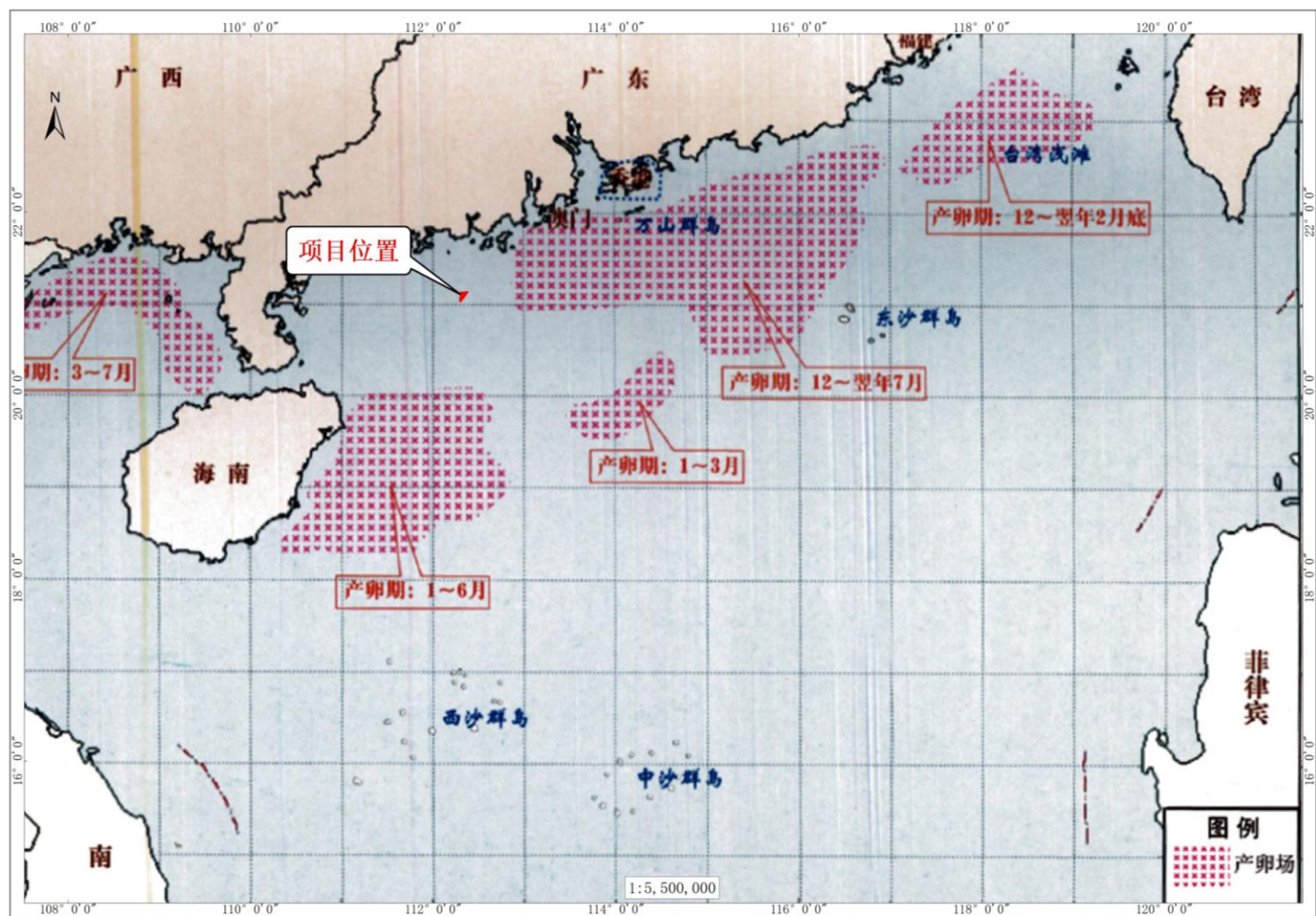


图 3.2.15-1 南海中上层鱼类产卵场示意图

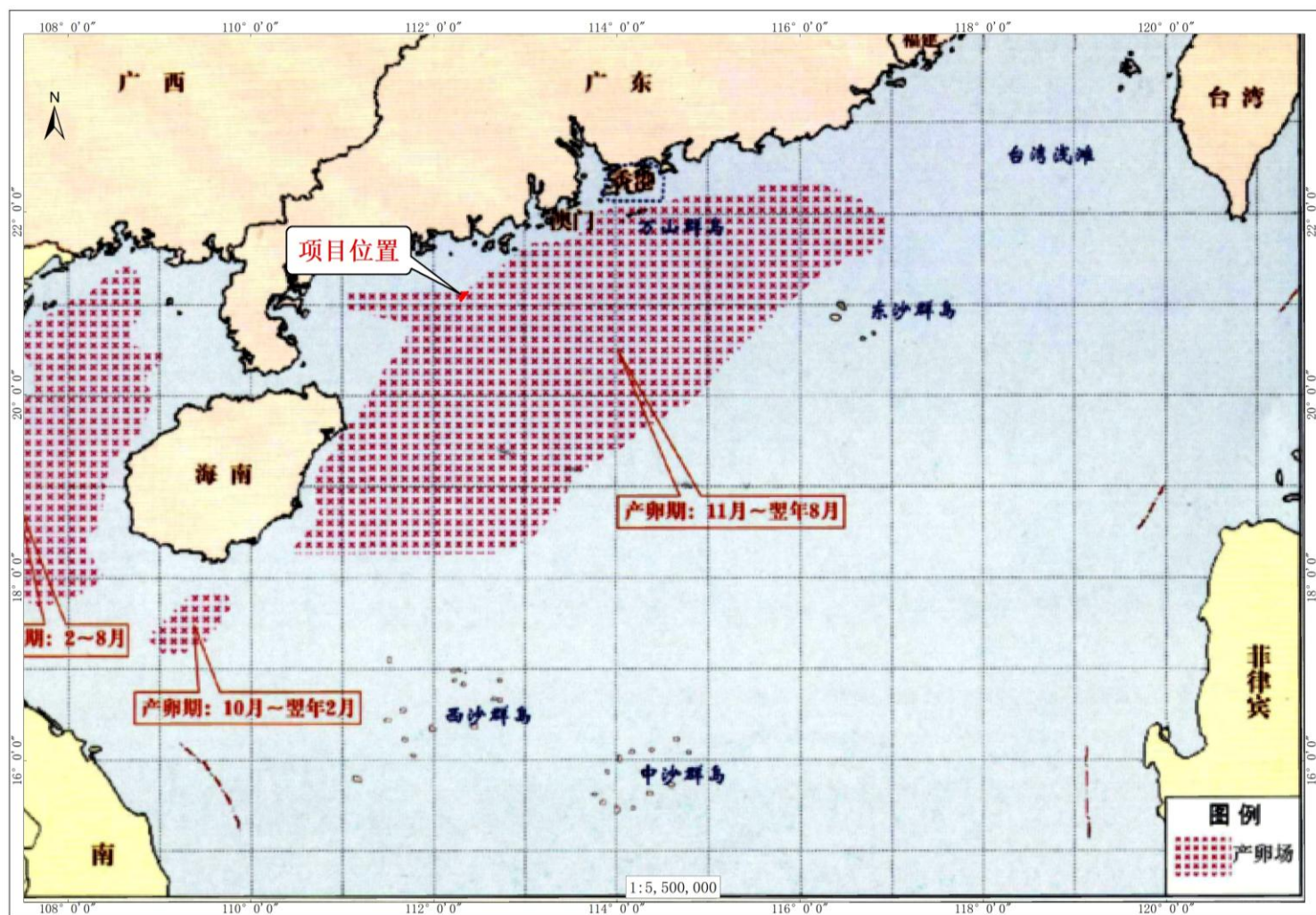


图 3.2.15-2 南海底层、近底层鱼类产卵场示意图

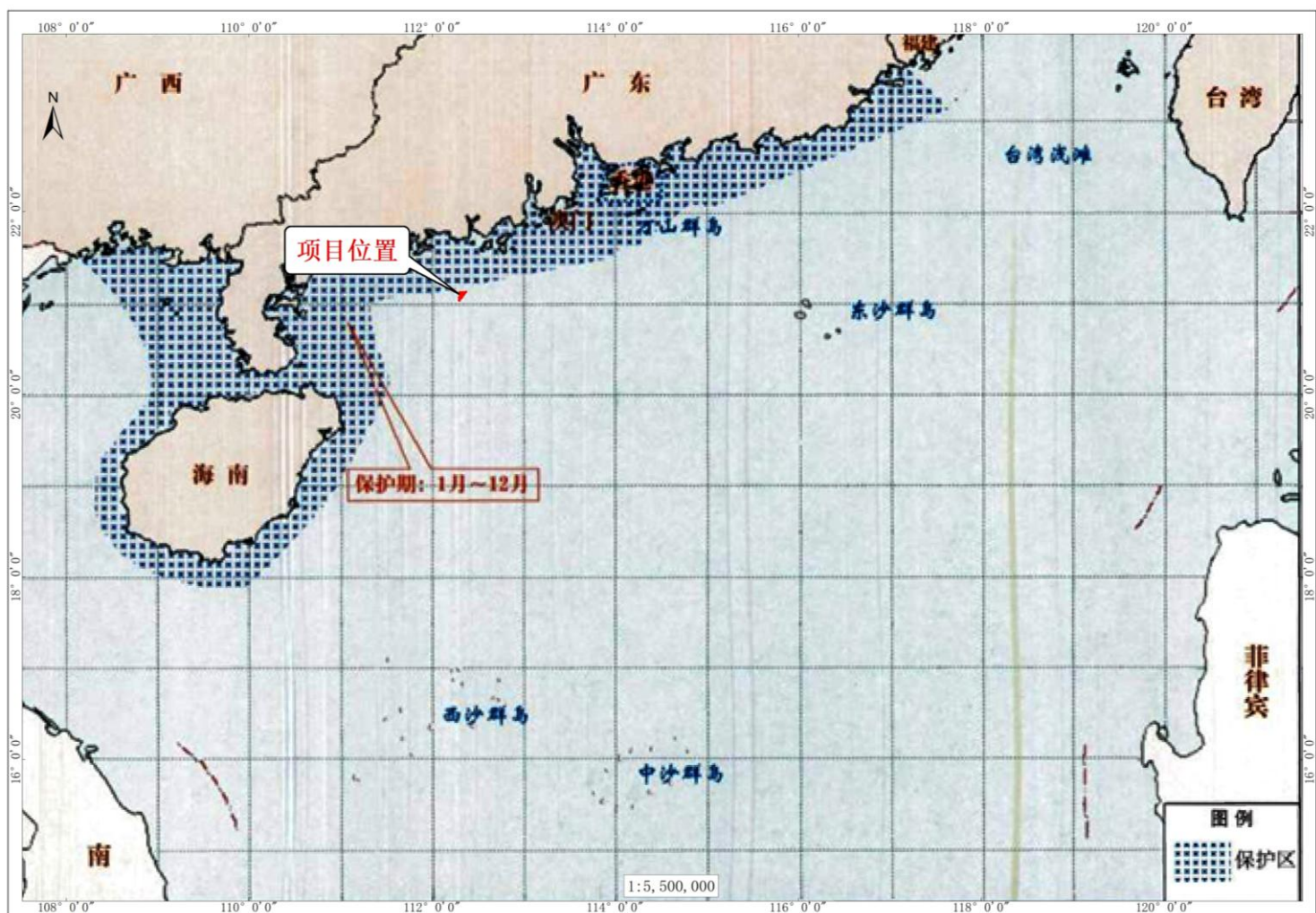


图 3.2.15-3 南海北部幼鱼繁育场保护区范围示意图

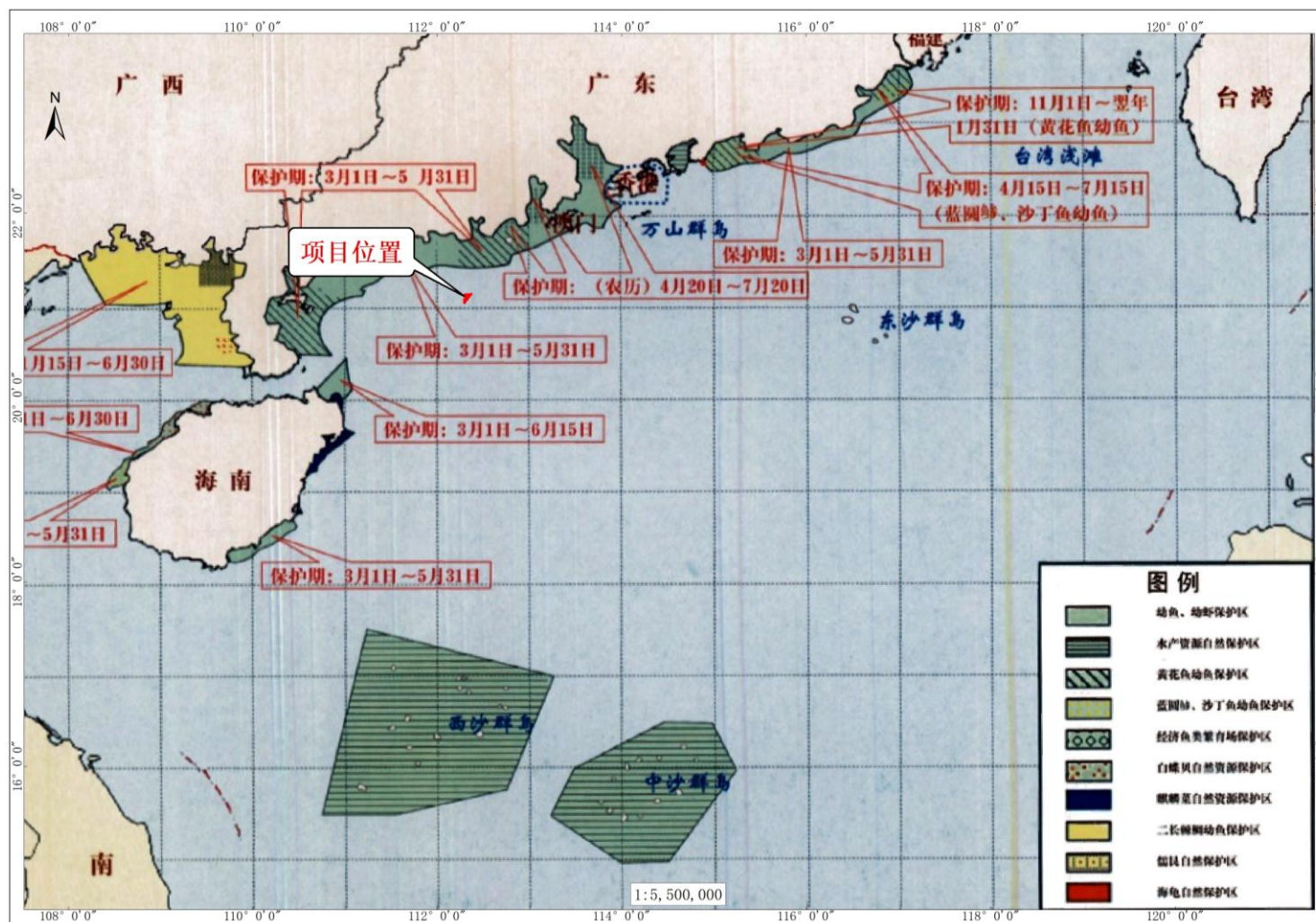


图 3.2.15-4 幼鱼幼虾保护区范围示意图

4 资源生态影响分析

4.1 生态评估

4.1.1 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、重要渔业水域等资源生态敏感目标，具体分布见表 4.1.1-1，生态保护红线见图 4.1.1-1，南海底层、近底层鱼类产卵场位置见图 3.2.15-2。

表 4.1.1-1 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	东平镇南珍稀濒危物种分布Ⅱ区	北侧 12.4km	中华白海豚、海龟等珍稀濒危物种
重要渔业水域	南海底层、近底层鱼类产卵场	项目所在	渔业资源、海洋水质、生态环境

4.1.1.1 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，与生态保护红线中的“东平镇南珍稀濒危物种分布Ⅱ区”的距离为 12.4km。

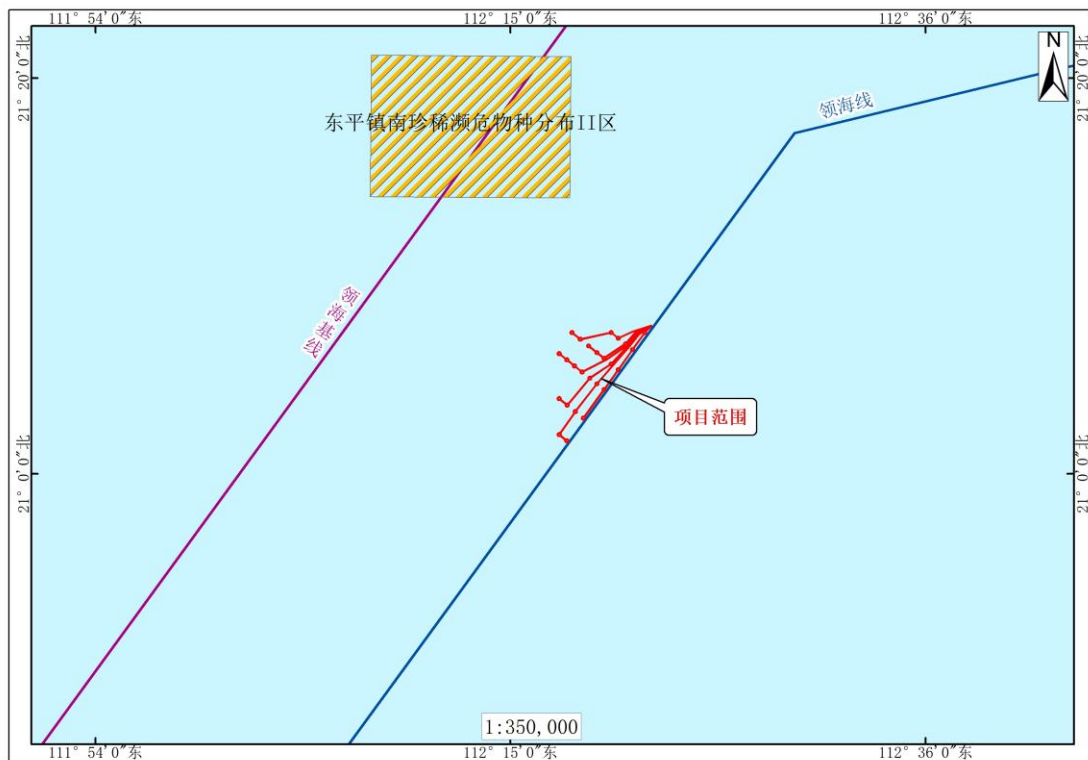


图 4.1.1-1 项目周边资源生态敏感目标分布图（生态保护红线）

4.1.1.2 重要渔业水域

南海底层、近底层鱼类产卵场中的长尾大眼鲷产卵场包括：（1）南海北部产卵场：共有二处，一处位于海陵岛南部，约为东经 110°50'-112°45'，北纬 20°25'-21°30'；一处位于万山列岛的东南部，约为东经 113°20'-115°45'，北纬 20°35'-22°20'。两产卵场水深为 26-80 米。（2）北部湾产卵场，共有三个：①位于东经 107°30'-108°50'，北纬 20°15'-21°20'；②东经 107°35'-139°05'，北纬 19°35'-20°25'；③东经 107°35'-108°25'，北纬 18°25'-19°25'。长尾大眼鲷产卵期 5-7 月。本项目位于海陵岛南部的长尾大眼鲷产卵场。

4.1.2 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。

4.1.3 用海方案工况设计

本项目规划装机容量为 400MW，拟建设 13 台 16MW 和 12 台 16.7MW 固定式风电机组，25 台风力发电机组采用 6 个回路接入海上升压站，电压等级为 66kV，采用链形拓扑结构，在此基础上设置两种平面布置方案：

方案一：风电场 6 回集电线路采用点对点直连的布置方案，该方案基于尽量减少全部集电海缆工程量为出发的集电拓扑方案，集电海缆总长度为 61.04km。

方案二：风电场 6 回集电线路采用点对点直连的布置方案，该方案基于尽量减少高价格的大截面（HYJQF41-F 38/66kV-3×1000+2×48、HYJQF41-F 38/66kV-3×500+2×48）集电海缆工程量为出发的集电拓扑方案，集电海缆总长度为 67.29km。

方案一与方案二平面布置示意图见下图。

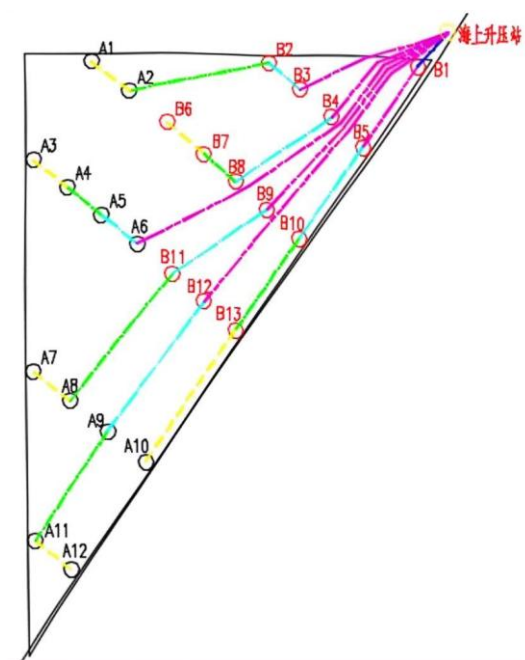


图 4.1.3-1 方案一平面布置示意图

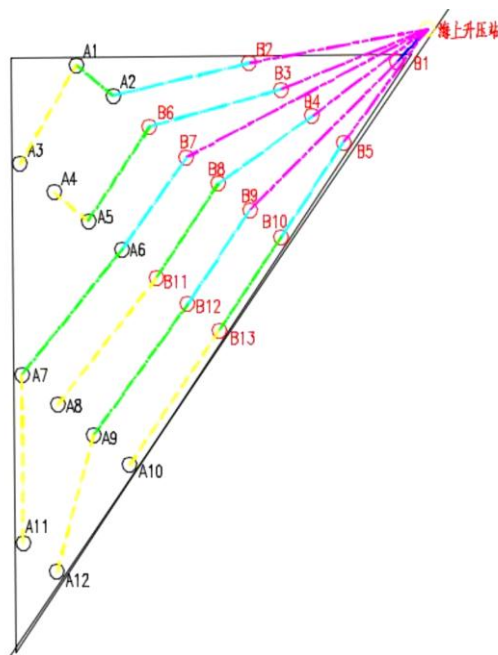


图 4.1.3-2 方案二平面布置示意图

4.1.4 水动力影响预测分析

4.1.4.1 潮流数值模拟

本项目风电场海域水深介于 45m~49m，依据实测海流分析，该海域海流垂向流速流向变化明显，参照《海洋工程环境影响评价技术导则》要求，采用三维潮流动力方程模拟该区的海流状况，由于海底电缆施工冲射式挖沟机悬沙源强主要在海底，中下层海流为悬沙运动的主要海洋动力。

4.1.4.2 数值网格形式

模拟潮流的小区域为 20.6°~22.05°N，111.5°~112.95°E，采用矩形变网格，粗网格步长为 0.15′，加密区域为 21.00°~21.75°N，112.25°~112.45°E，加密区网格 0.025′（约 43.1m×46.3m），垂向分 6 层，层次为 0~0.2H（表层）、0.2H~0.4H（次表层）、0.4H~0.6H（中层）、0.6H~0.8H（次底层）、0.8H~0.99H（底层）、0.99H~1.0H（悬沙与海床交换边界层）。

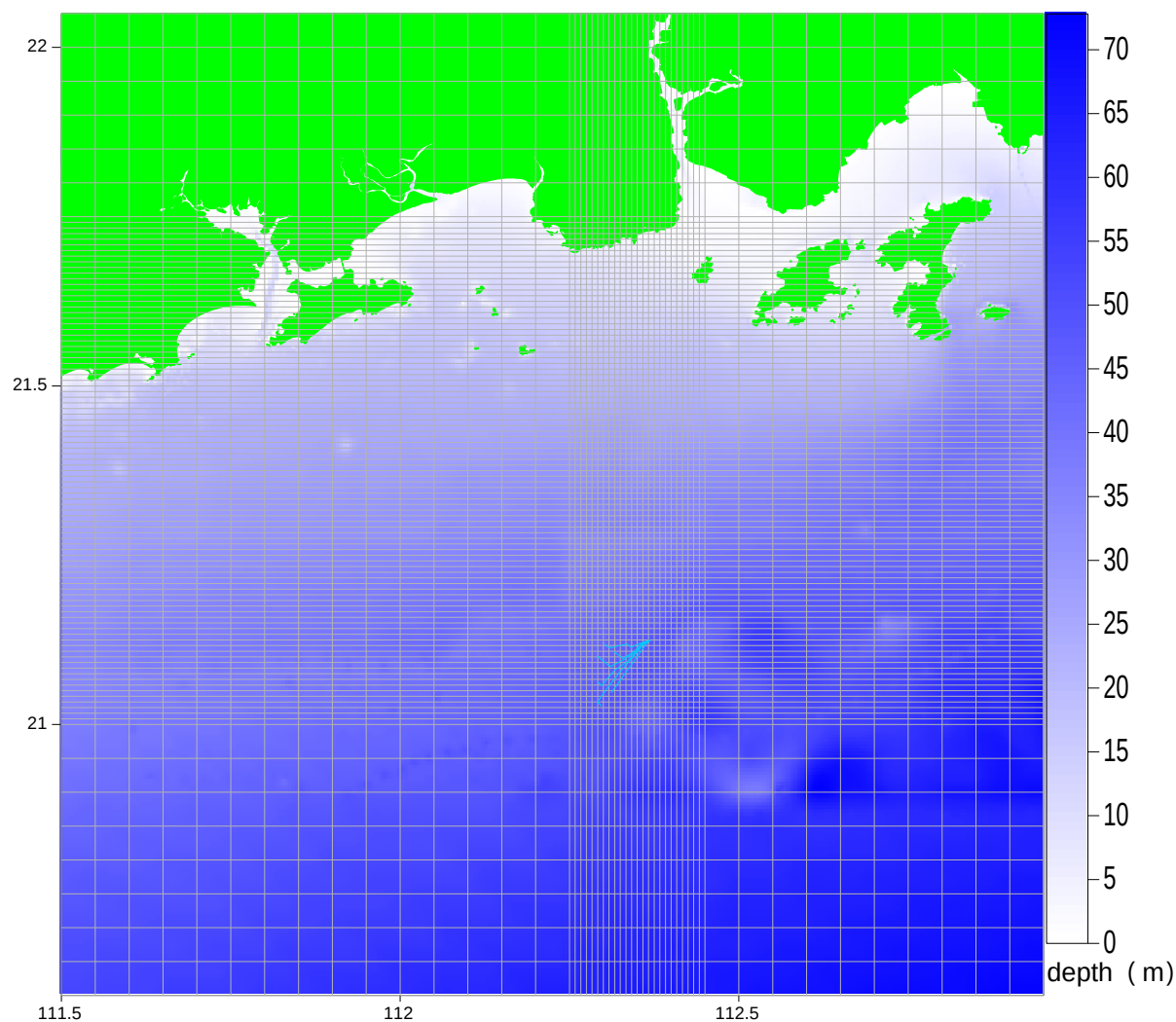


图 4.1.4-1 小区模拟区域（每 10 个网格绘制一个网格）

4.1.4.3 三维水动力模式

模拟小区不考虑海水与大气、海床的热盐交换条件下，潮流模型控制方程组：

1) 动量方程

$$\sigma = \frac{z - \eta}{H + \eta} \quad D = H + \eta \quad z = \eta, \sigma = 0; \quad z = -H, \sigma = -1$$

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

$$\frac{\partial u D}{\partial t} + \frac{\partial u^2 D}{\partial x} + \frac{\partial u v D}{\partial y} + \frac{\partial u w}{\partial \sigma} - f v D + g D \frac{\partial \eta}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial \sigma} \left[\frac{A_M}{D} \frac{\partial u}{\partial \sigma} \right]$$

$$- \frac{g D^2}{\rho_0} \frac{\partial}{\partial x} \int_{\sigma}^0 \rho d\sigma + \frac{g D}{\rho_0} \frac{\partial D}{\partial x} \int_{\sigma}^0 \sigma \frac{\partial \rho}{\partial \sigma} d\sigma + F_x$$

$$\frac{\partial v D}{\partial t} + \frac{\partial u v D}{\partial x} + \frac{\partial v^2 D}{\partial y} + \frac{\partial v w}{\partial \sigma} + f u D + g D \frac{\partial \eta}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial \sigma} \left[\frac{A_M}{D} \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right]$$

$$- \frac{g D^2}{\rho_0} \frac{\partial}{\partial y} \int_{\sigma}^0 \rho d\sigma + \frac{g D}{\rho_0} \frac{\partial D}{\partial y} \int_{\sigma}^0 \sigma \frac{\partial \rho}{\partial \sigma} d\sigma + F_y$$

$$F_x = \frac{\partial}{\partial x} \left[2DA_H \frac{\partial u}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[DA_H \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right]$$

$$F_y = \frac{\partial}{\partial y} \left[2DA_H \frac{\partial v}{\partial y} \right] + \frac{\partial}{\partial x} \left[DA_H \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right]$$

其中：

H —平均海平面下水深（m）

η —平均海平面起算水位（m）

u — x 方向（东方向）流速（m/s）

v — y 方向（北方向）流速（m/s）

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

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

f —科氏参数， $f = 2\omega \sin N$ ， ω 地球转速， N 北纬；

A_H —水平湍流粘滞系数采用 Smagorinsky 公式计算；

A_M —垂直湍流粘滞系数，由求解双方程湍动能封闭模型求得；

ρ_0 为参考密度，取 1025 kg/m^3 ； ρ 为海水密度，由海水状态方程计算。

（2）温盐输运扩散方程为：

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

其中， C 分别代表温度或盐度。 K_M 为水平扩散系数，取 $0.05 A_H$ （ECOMSED Version 1.3 Users Manua）， K_v 为垂直扩散系数，由双方程湍动能封闭模型求得。

（3）初始条件：初始速度场，水位场（开边界除外）均为 0。初始温盐资料采用当季（WOA, 2018）温盐资料

（4）边界条件：

①在自由表面上（ $\sigma = 0$ ）：

$$w(0) = 0$$

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

为：

$$\bar{\tau}_a = \rho_a C_D |\bar{W}_a| \bar{W}_a$$

其中, W_a 为风速 (m/s), ρ_a 为空气密度, C_D 为风曳力系数, 采用 ECOM 公式:

$$C_D = \begin{cases} 1.2 \times 10^{-3} & |\bar{W}_a| \leq 11 \text{ (m/s)} \\ (0.49 + 0.065 |\bar{W}_a|) \times 10^{-3} & 11 < |\bar{W}_a| \leq 25 \text{ (m/s)} \\ 2.1 \times 10^{-3} & |\bar{W}_a| > 25 \text{ (m/s)} \end{cases}$$

不考虑大气与水生交换:

$$w C + K_v \frac{\partial C}{\partial \sigma} = 0$$

②在海底 ($\sigma = -1$):

$$w(-1) = 0$$

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

$$\bar{\tau}_b = \rho_w C_z |\bar{V}_b| \bar{V}_b$$

其中, $C_z = \max \left[\frac{k^2}{\ln^2(z_b/z_0)}, 0.0025 \right]$, k 是 *Karman* 常数 (一般取值 0.4), z_b 是离

海底最近的网格结点与海底的距离, z_0 为海底粗度, 取 0.008m。

不考虑海底热盐交换: $-K_v \frac{\partial C}{\partial \sigma} - w_b C_b = 0$

③侧边界条件:

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

在开边界上, 采用模型嵌套方式, 以获取评价小区在潮流、季风、温盐影响下的边界条件。大区 ECOMSED 模式为变网格, 区域为 12.25°N~25.5°N, 105.5°E~122.75°E, 见图 4.1.4-2, 加密区网格步长为 0.6', 垂向分层同小区, 计算结果为小区域海流模拟提供季风温盐影响下的潮位边界条件, 大区模式外海开边界采用 8 个日分潮和半日分潮调和常数计算潮位边界。

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

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

条件采用（WOA，2018）温盐资料，分别插值到对应网格与层次。

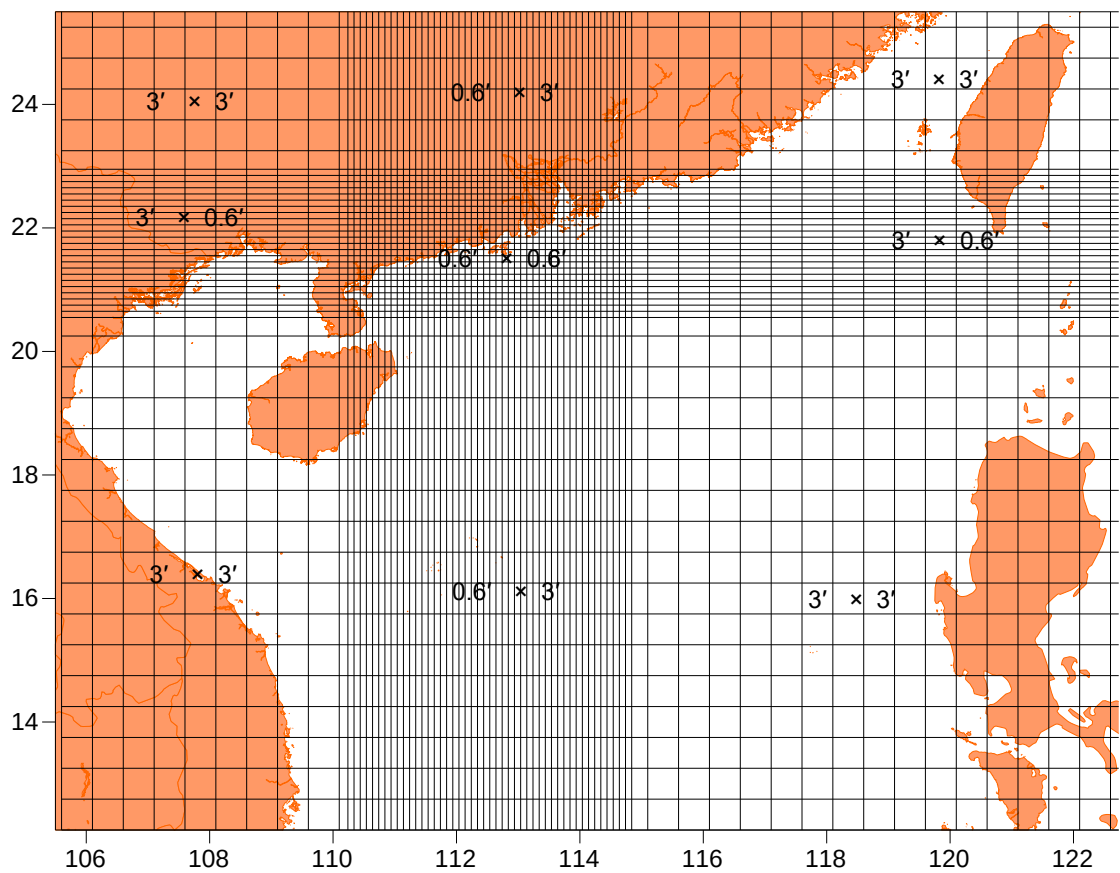


图 4.1.4-2 大区模拟区域（每 10 个网格绘制一个网格）

水深地形资料：水深资料为近岸海图水深与 ETOP1 全球地形数据库水深资料融合，其中小区水深，近岸海区则由中国人民解放军海军司令部航海保证部最新版海图资料读取（15570 黄程山至大放鸡，1: 120000，2023 年，15700 海陵水道至抱尾角，1: 250000，2013 年）。

由于风电场海域潮流受广东沿岸季风环流影响明显，选取 2024 年 6 月 10 日至 25 日作夏季风代表时期，风况偏南，风速 4.6~8.3m/s；其中风况资料取自 ERA5 再分析风场。为反映施工期间海流对悬浮泥沙的影响，以及悬浮泥沙的累积效应，模拟时间长度为 15 天。

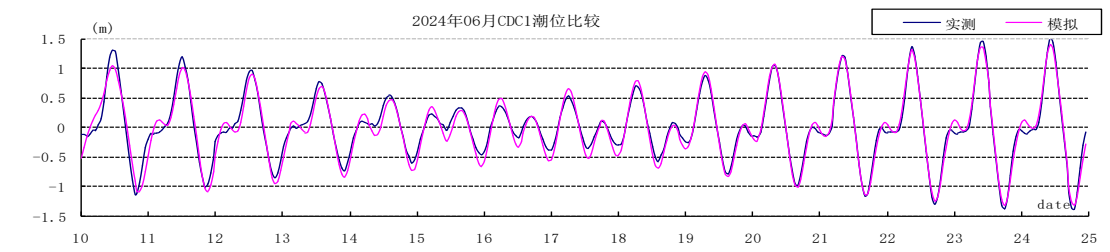
ECOMSED 水动力模块包含两个模态，即内模态和外模态，在进行计算时，外模态忽略垂向结构，考虑水平对流和扩散，计算二维变量，模式积分采用 5s。内模态三维水动力模型考虑垂向分层使用 Sigma 坐标，计算三维变量，如三维速度、温度、盐度等，模式积分采用 20s。

4.1.4.4 模拟结果验证

潮位、潮流验证资料引自《中广核江门川岛一海上风电项目附近海域全潮海洋水文测验技术报告》观测资料，3 个临时潮位站，6 个潮流站，见图 4.1.4-3，潮汐实测与模拟潮位过程曲线如图 4.1.4-4。潮流验证取 2024 年 6 月 20 日大潮三层实测资料，位置见图 4.1.4-5。



由潮位验证图可见，大潮期潮位模拟误差相对较小，误差主要出现在小潮期，以及低高潮与高低潮之间。潮位模拟绝对平均误差，介于 0.11m~0.13m。



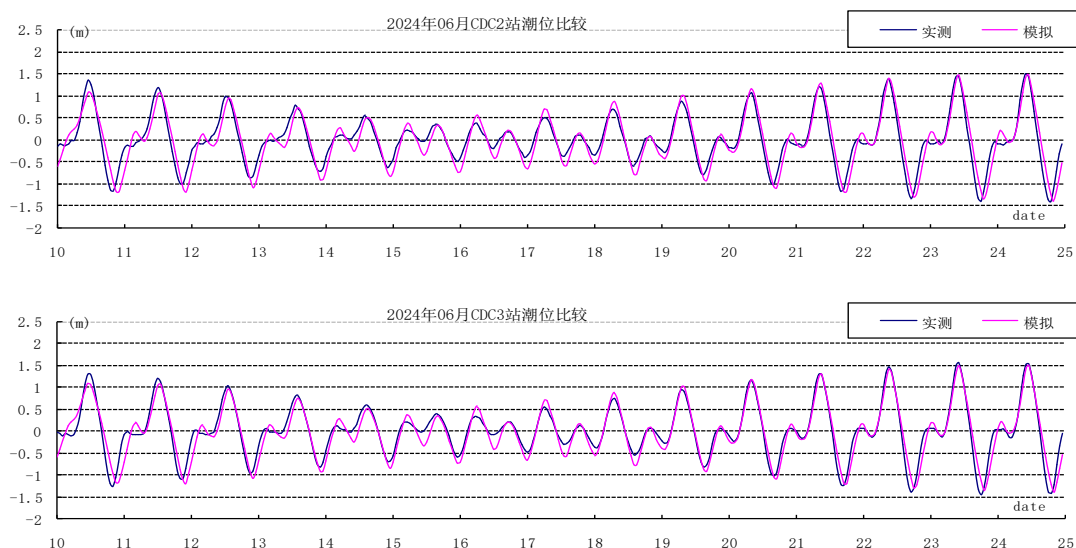


图 4.1.4-4 2024 年 6 月三站实测与模拟潮位过程曲线

为检验西南季风环流影响下潮流模拟效果，小区域流速流向模拟校验取六个潮流站的表、中、底层实测潮流资料进行对比验证，时间为 2024 年 6 月 20 日（大潮），见图 4.1.4-5 所示。从流速量级与流向变化趋势而言，绝大多数海流模拟结果均与实测相符，潮流模拟平均绝对误差见表 4.1.4-1。

表 4.1.4-1 各站层潮流模拟平均绝对误差统计表

站位	流向 (°)			流速 (m/s)		
	表	中	底	表	中	底
CDL5	15	14	14	0.05	0.05	0.04
CDL6	15	13	14	0.05	0.05	0.04
CDL7	15	14	14	0.05	0.04	0.04
CDL8	15	14	14	0.05	0.05	0.04
CDL9	16	15	14	0.06	0.05	0.04
CDL10	16	15	14	0.06	0.05	0.04

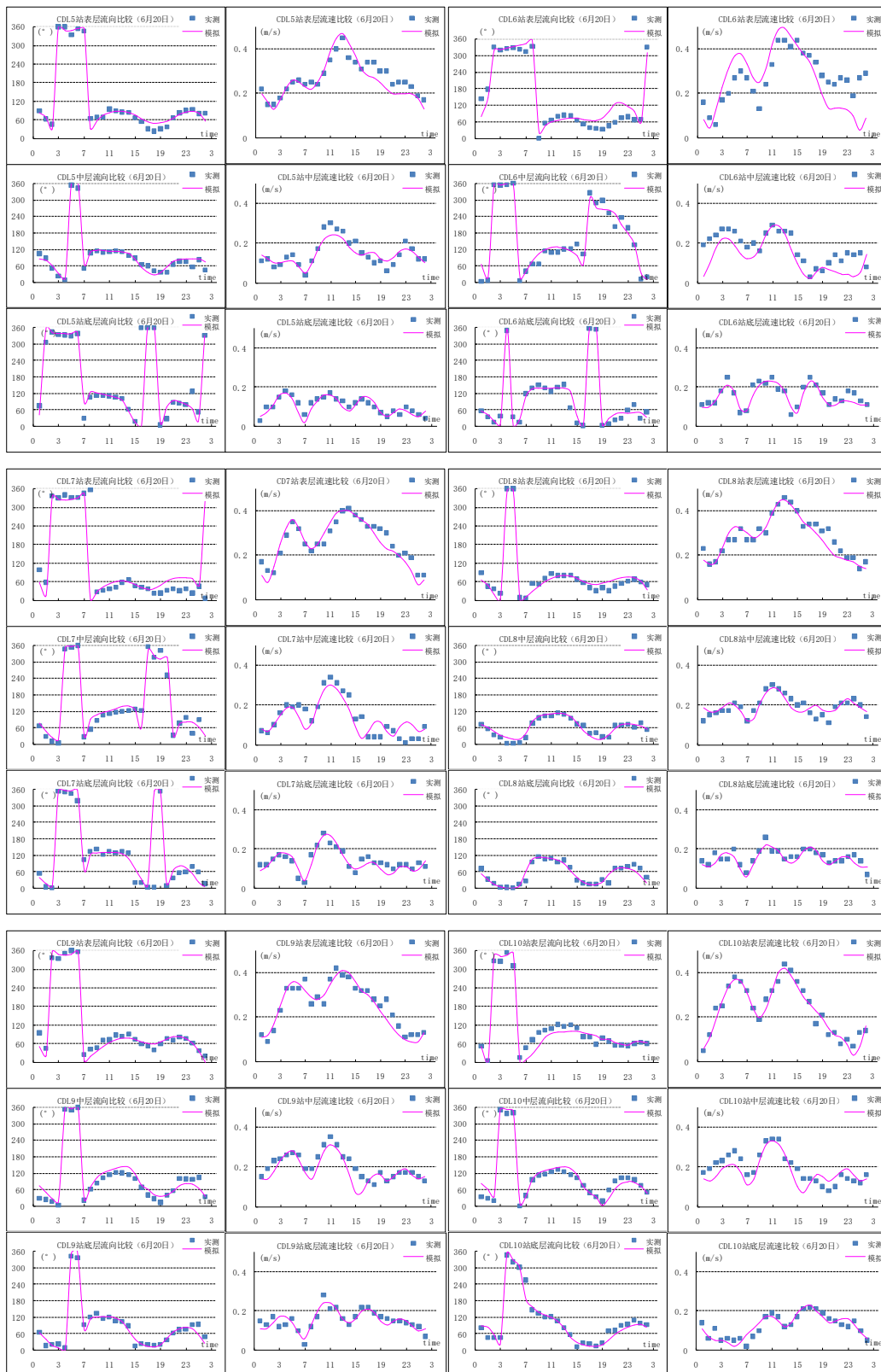


图 4.1.4-5 2024 年 6 月 20 日大潮 6 个站流速流向模拟与实测比较

4.1.4.5 模拟流场分析

图 4.1.4-6~图 4.1.4-7 是 SW 季风环流影响下周边海域大潮表层涨急、落急

流场，由图可见，受偏 E 方向季风环流影响，表层涨急潮流为偏 N 方向，落急潮流为偏 SSE 方向，落急流速大于涨急流速。

图 4.1.4-8~图 4.1.4-13 是 SW 季风环流影响下风电场海域表、中、底大潮期涨急、落急流场，风电场及其集电海缆海域的表层潮流运动受季风环流影响明显，涨急时刻表层流向指向偏 NNE 方向，中、底层涨急流向偏转为 N~NNW 方向；落急时刻表层流向指向偏 SSE 方向，中、底层落急流向同为 SSE 方向；落急流速大于涨急流速，流速随水深而减少。

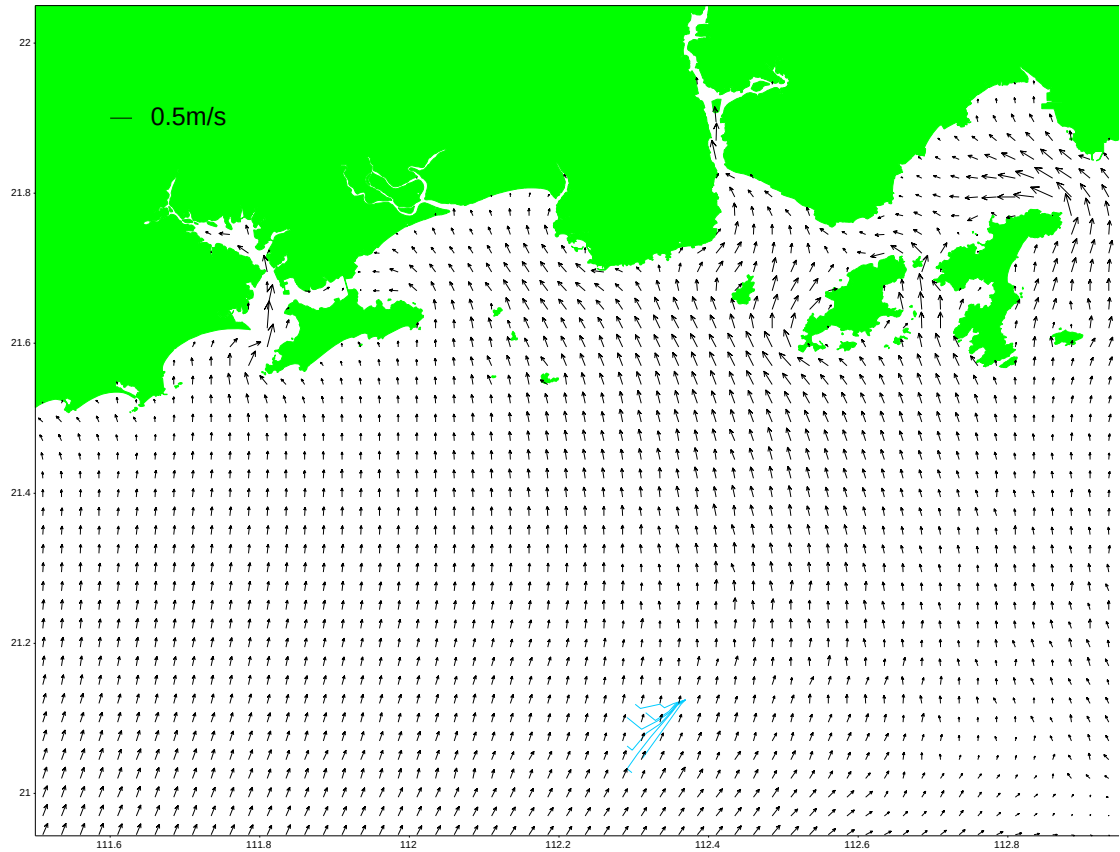


图 4.1.4-6 SW 季风环流影响下周边海域大潮表层涨急流场

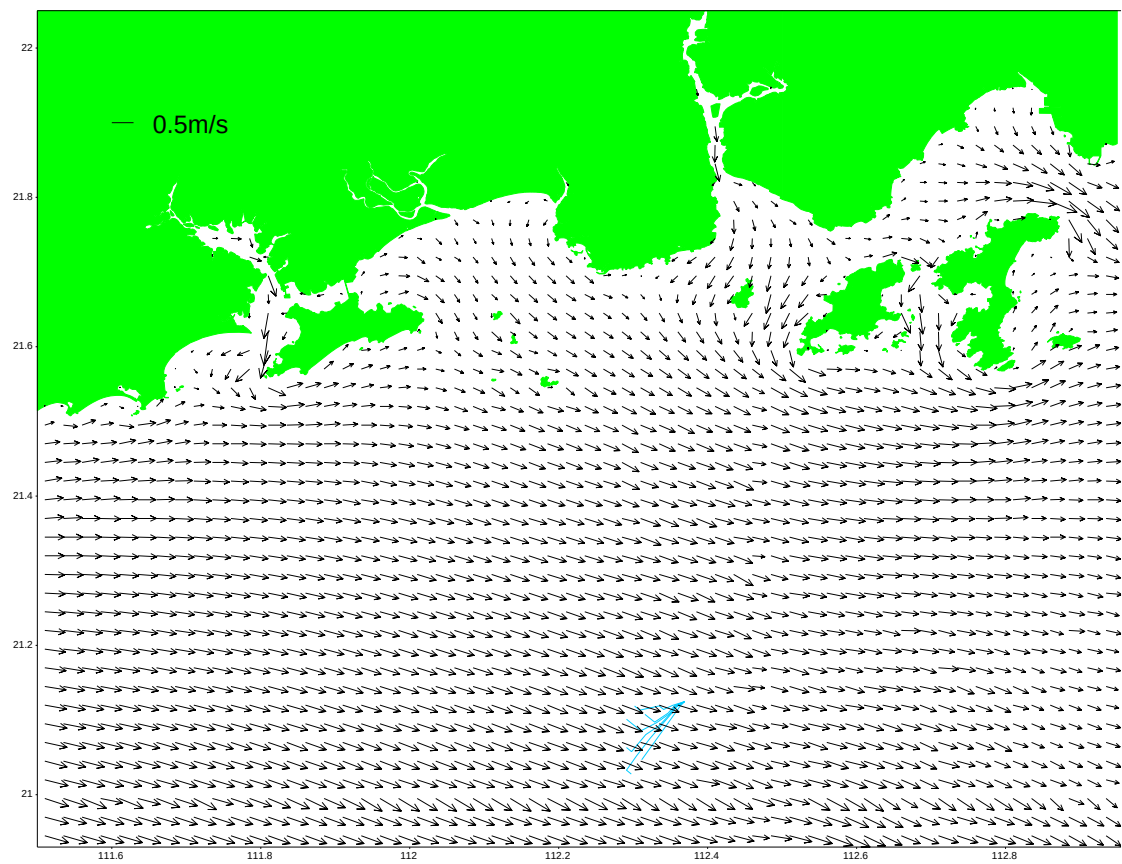


图 4.1.4-7 SW 季风环流影响下周边海域大潮表层落急流场

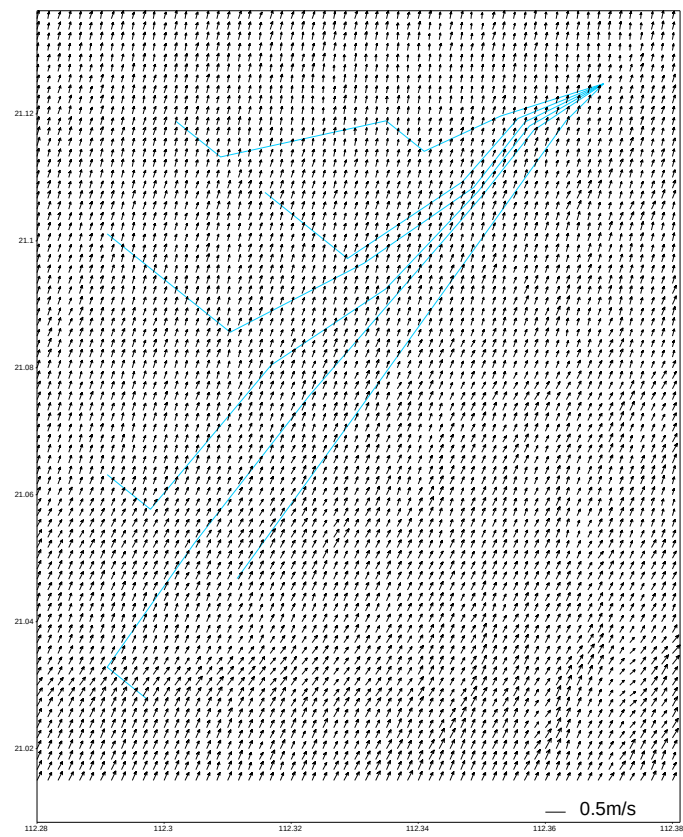


图 4.1.4-8 SW 季风大潮表层涨急流场

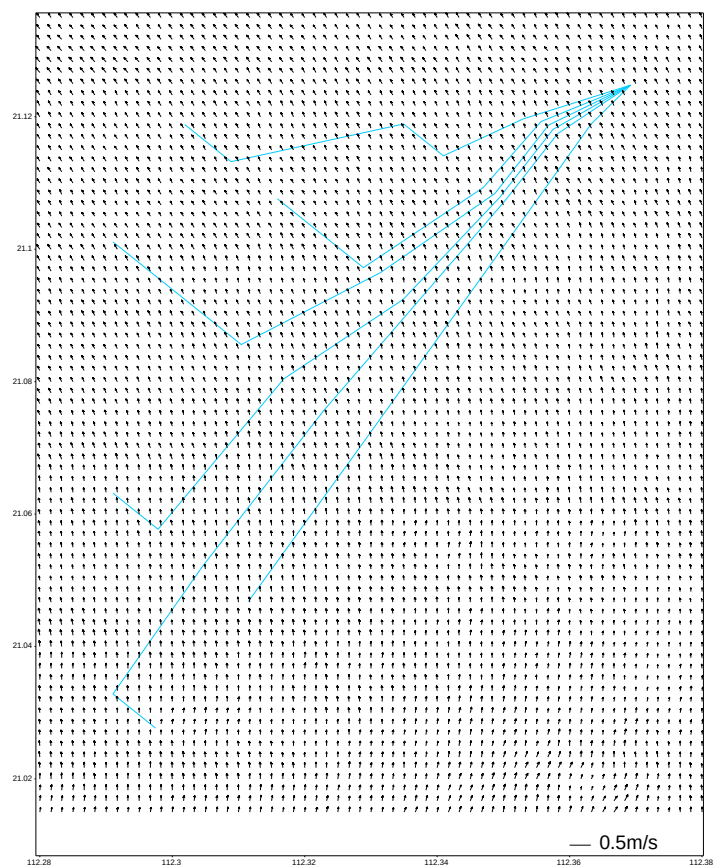


图 4.1.4-9 SW 季风大潮中层涨急流场

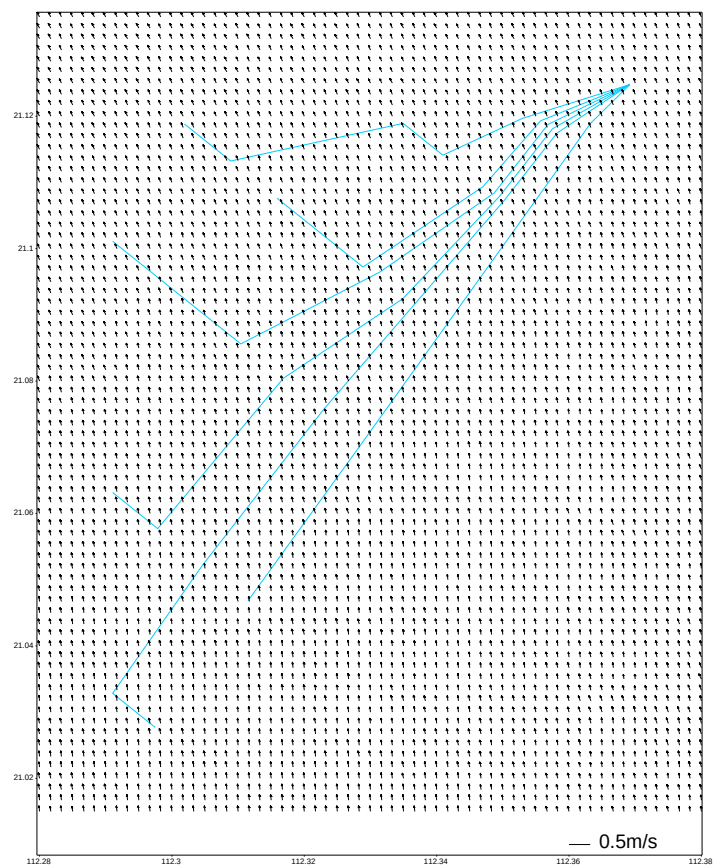


图 4.1.4-10 SW 季风大潮底层涨急流场

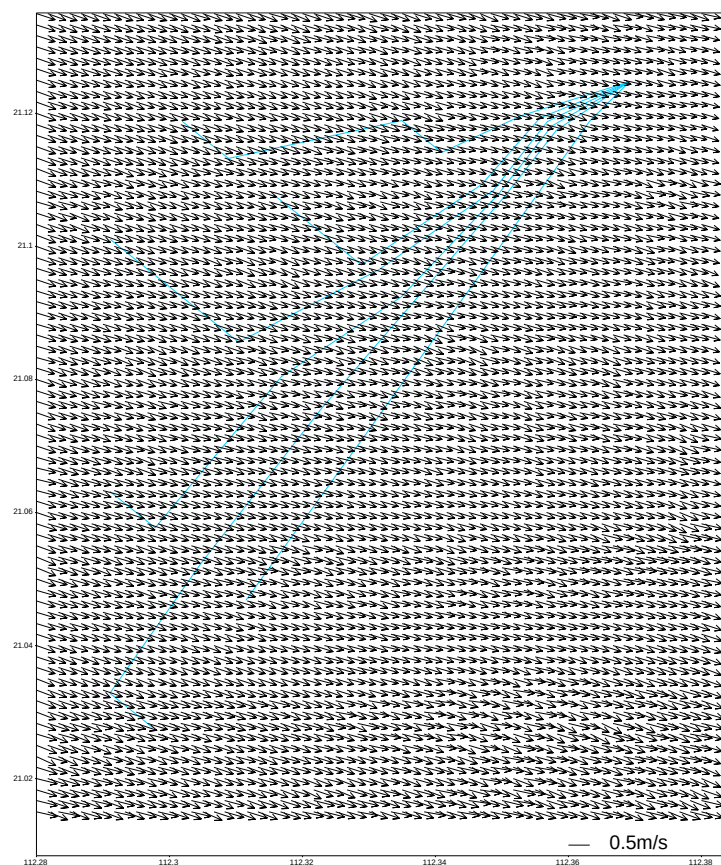


图 4.1.4-11 SW 季风大潮表层落急流场

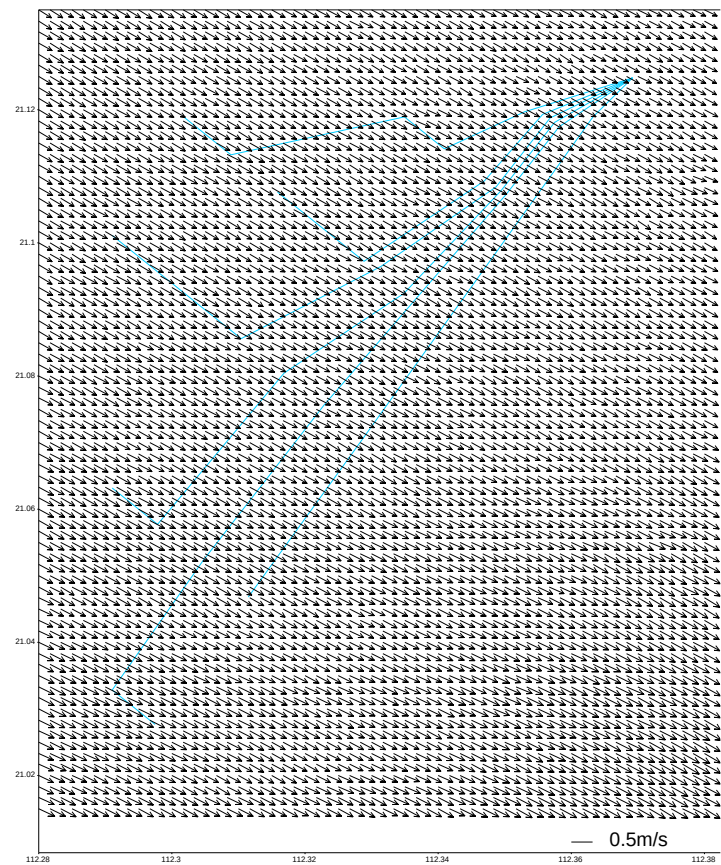


图 4.1.4-12 SW 季风大潮中层落急流场

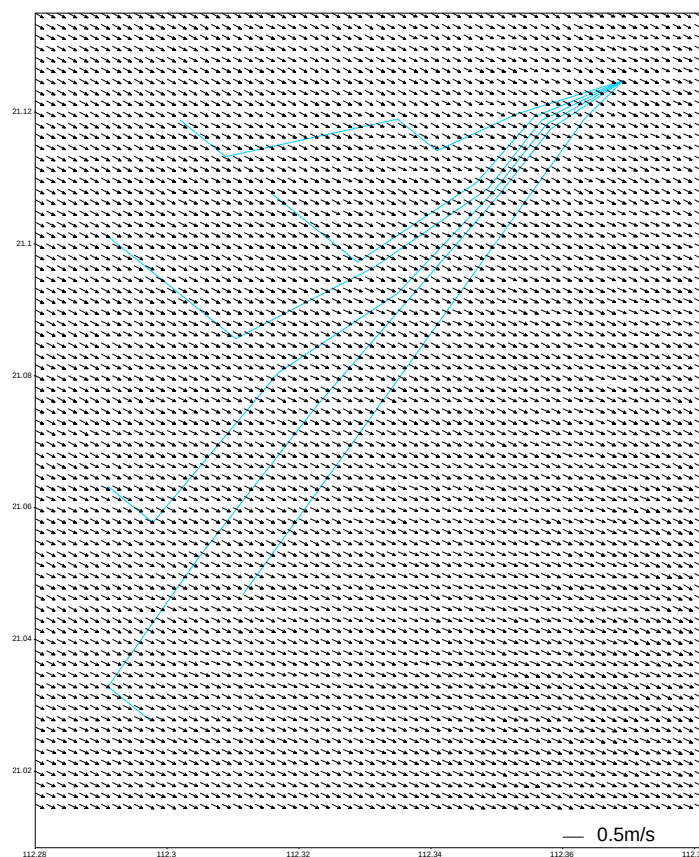


图 4.1.4-13 SW 季风大潮底层落急流场

4.1.4.6 风电场潮流动力影响分析

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恢复到原状，因此不对潮流动力产生影响，影响潮流主要是风机基座。

项目拟布置 25 台风电机组，全部为四桩导管架基础，桩径 3.5m，100 根桩导管架与斜撑管散落在风电场范围内，其对潮流的影响表现为群桩对水流的影响。

根据经典流体力学圆柱体绕流研究成果，圆柱形导管对水流的作用表现为流体绕圆柱体绕流，圆柱体迎水面产生雍水，背水面产生涡旋，圆柱下游涡旋流态随雷诺数的变化而呈现不同的流态，见图 4.1.4-14。

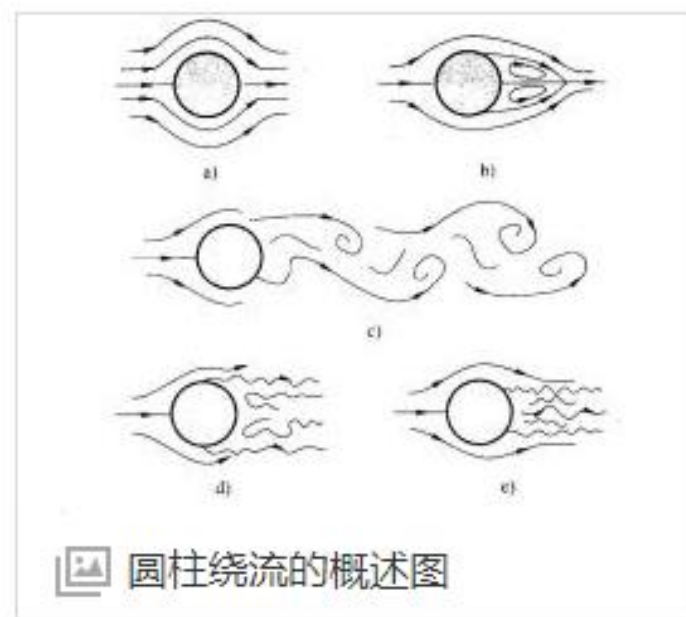


图 4.1.4-14 圆柱下游流态随雷诺数的变化

流体仿真软件 fluent 数值研究显示（网格尺寸不大于圆柱体直径 $1/8$ ），串列双圆柱流速变化如图 4.1.4-15，迎水面与背水面流速减小，背水面流速减小影响距离约 3 倍圆柱体直径；圆柱体两侧流速增加，影响距离约 1.5 倍圆柱体直径。

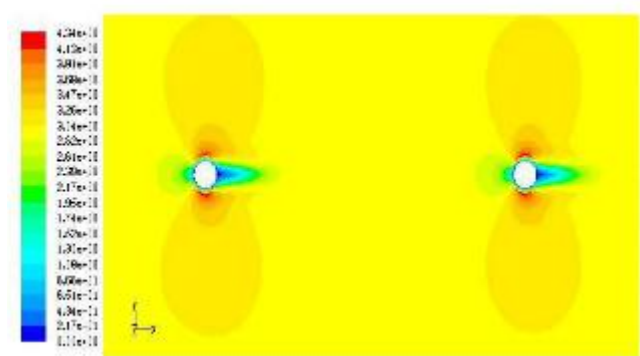


图 4.1.4-15 串列双圆柱流速变化变化（桩径 D /两桩距离 $L=12$ 情形）

由于风电机组导管桩径为 3.5m，要合理计算风电机组桩径 3.5m 导管对潮流流态的影响，网格尺寸需桩径 $1/8$ 左右。风电场研究区域尺度为 10000m 以上，相对于风电场区域范围，潮流模式网格难以计算，尤其是解析水流受桩基影响后产生涡流更需要更小的网格。

导管桩减少了过水断面面积，增大水流的摩擦力，但导管桩尺寸小于计算网格的尺度，网格无法反映出导管桩的存在，模拟计算参考文献《潮汐河段桥墩对水流影响的数值计算》（曹民雄，2006 年，人民长江）对桥墩进行概化处理方式，即导管桩附加摩擦概化方式，近似描述群桩对潮流的影响。

τ_{rx}, τ_{ry} 为作用于风机位置对应网格切应力 x、y 方向上的分量，表达式为：

$$\bar{\tau}_r = \rho_w C_r |\vec{V}| \vec{V} \cdot C_r = 0.75 \frac{B1}{B0}$$

式中：B1 为导管桩径迎水面宽度，B0 为网格过水断面宽度，0.75 为圆形桩柱摩阻系数；把 τ_{rx}, τ_{ry} 加入到模式方程之中进行计算。

以中层流场代表工程前后流场的变化，工程前、后代表点涨急、落急流速和流向对比结果见图 4.1.4-16~图 4.1.4-19，由于流向与风机排列方向基本一致，涨急时刻表现为桩基后西北方向（下游）流速略减少，落急时刻表现为桩基后东南方向（下游）流速减少，模拟结果显示，风电场外 5.0km 外流场可基本可保持原来状态。

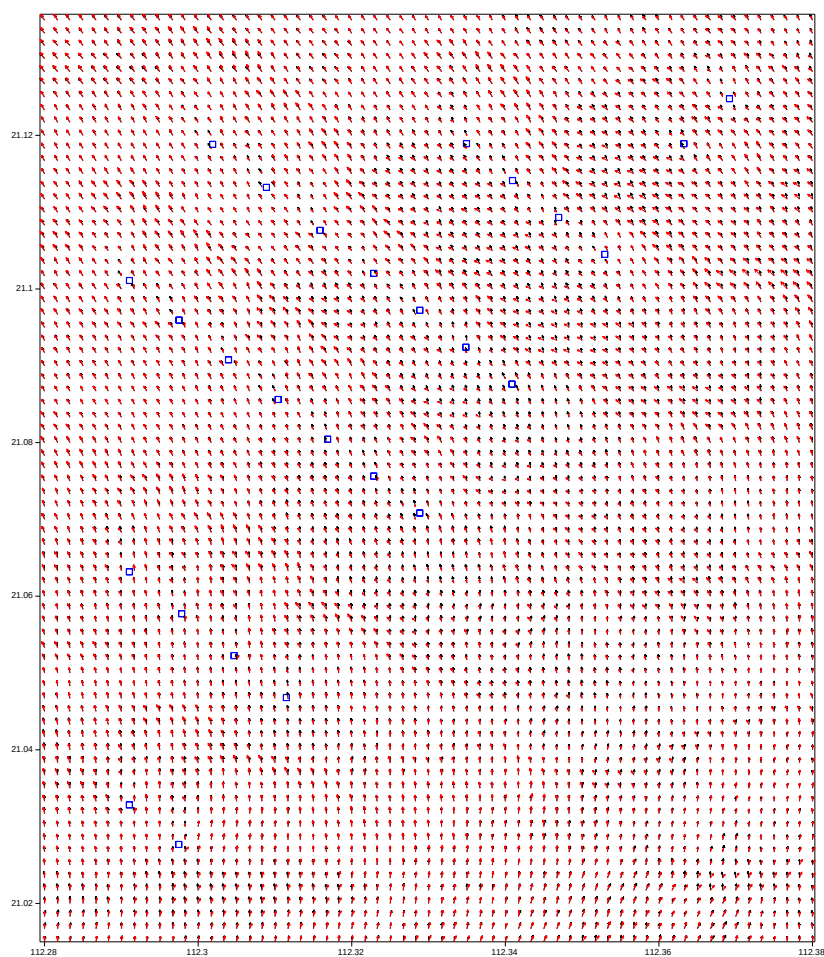


图 4.1.4-16 风电场中层涨急流速对比图（黑：工程前，红：工程后）

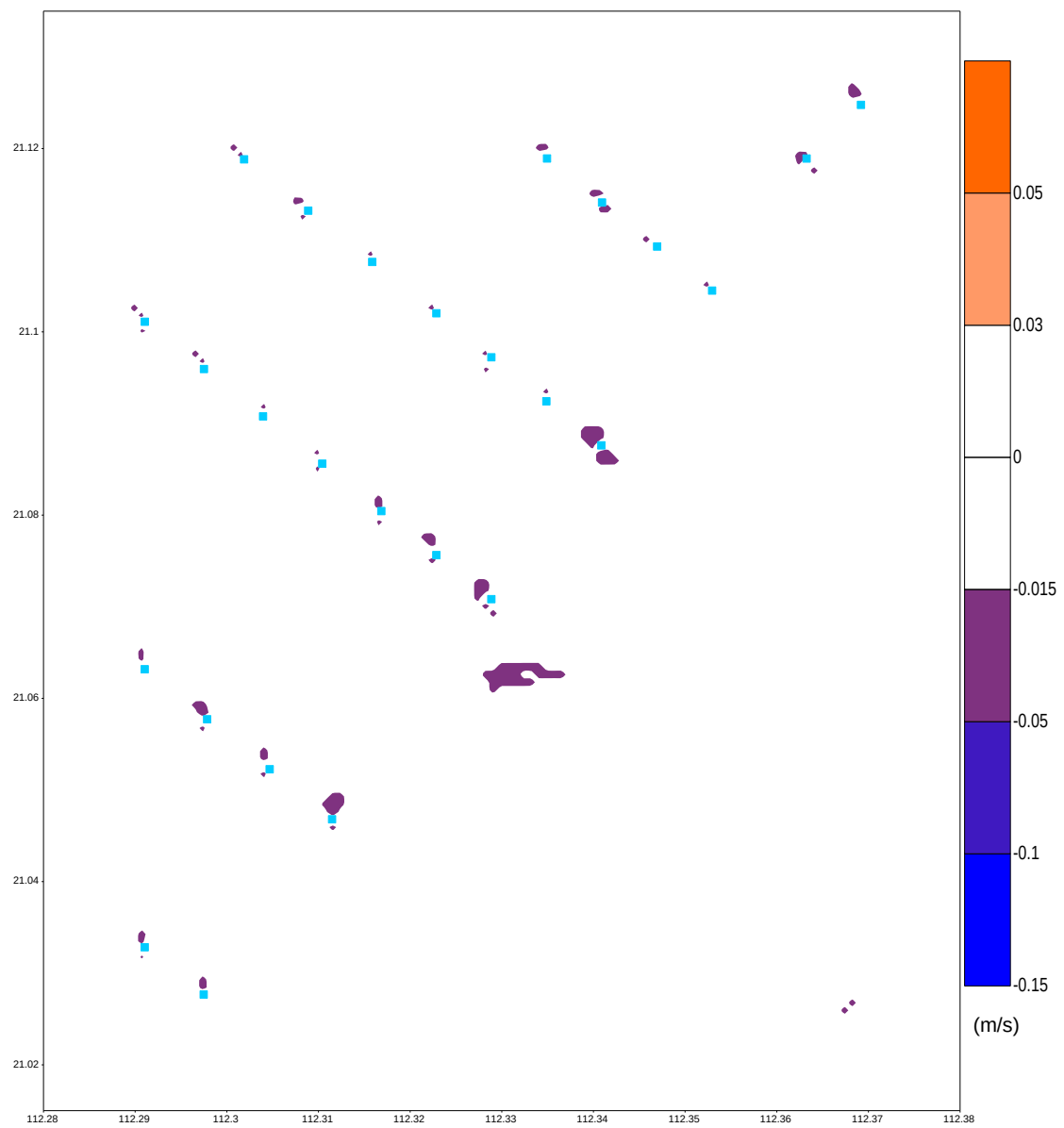


图 4.1.4-17 风电场中层涨急流速变化图

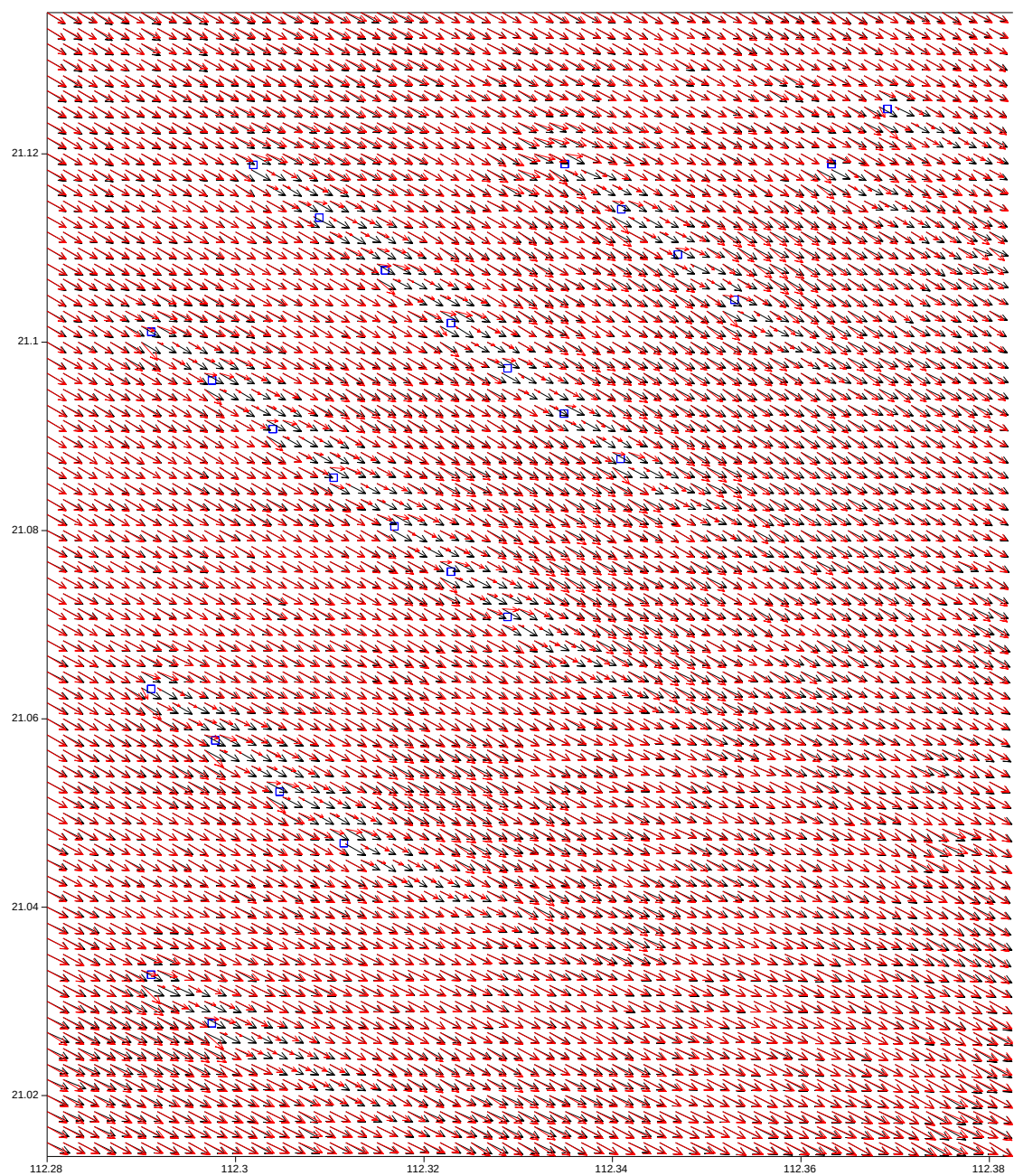


图 4.1.4-18 风电场中层落急流速对比图（黑：工程前，红：工程后）

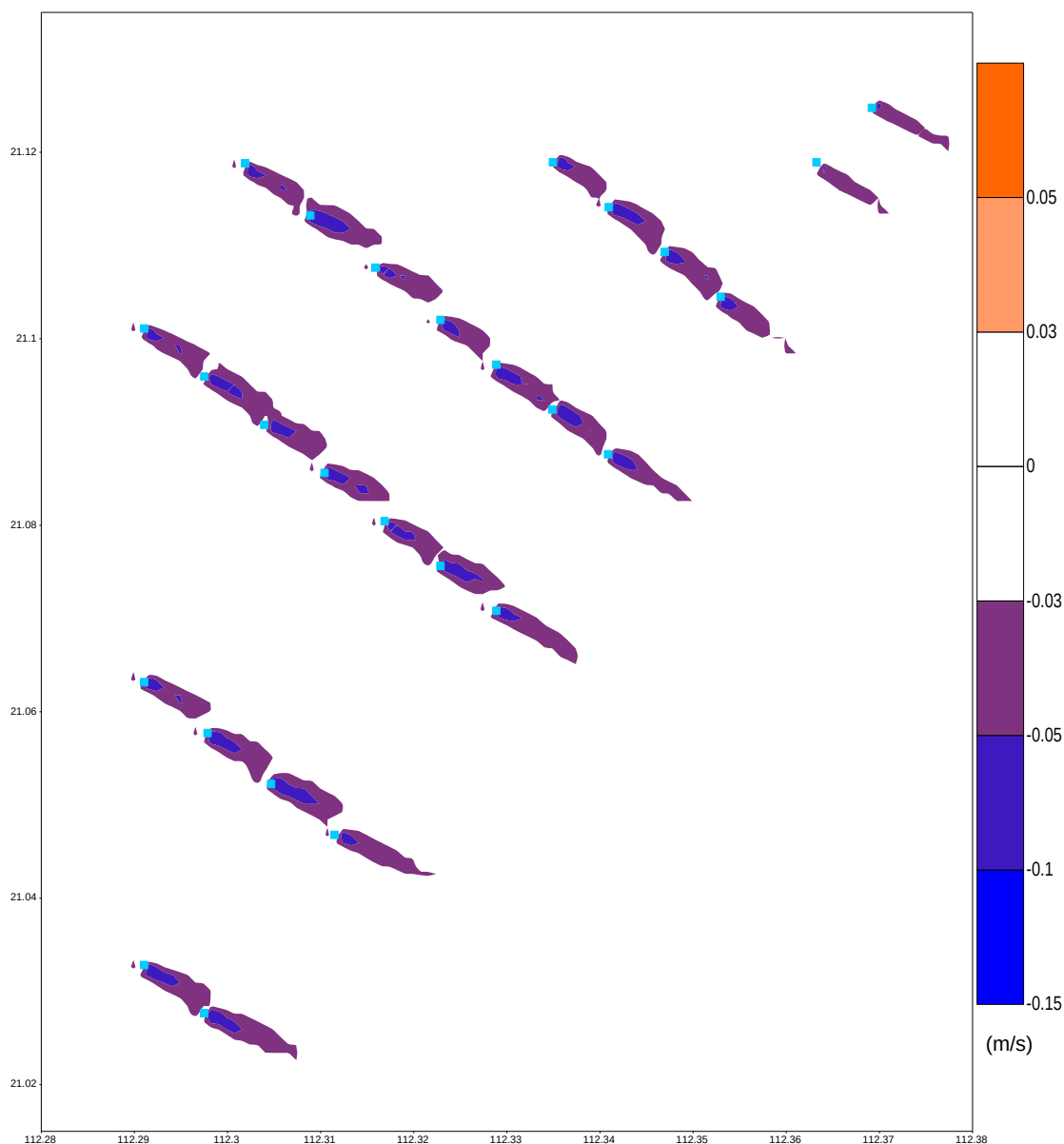


图 4.1.4-19 风电场中层落急流速变化图

4.1.4.7 风电场波浪动力影响分析

本项目风电场址西侧紧邻中广核阳江帆石一海上风电场项目场址，根据《中广核阳江帆石一海上风电场项目环境影响报告书》，工程海区波浪类型以风浪与涌浪的混合浪为主，全年波向主要集中在 E（常浪向），仅夏季（6~8 月）波向主要集中在 SSE~SSW 方向，强浪向以 E~ESE 为主，周年波浪站最大有效波高 607cm，发生于夏季热带气旋“韦帕”（2019 年 7 月）影响期间，周年平均有效波高 128cm，全年有效波高 $H_{1/3}$ 与 $T_{1/3}$ 主要集中在 50cm~200cm、4.0s~7.9s 范围内。

构筑物对波浪的影响取决于构筑物迎浪面长度与波长之比，通常构筑物迎浪

面长度大于 2 倍波浪波长才明显起阻挡作用，本风电场桩基直径 3.5m，小于波浪波长一个量级，因此风电场建成后，基本不对海域波浪场产生影响。

4.1.5 地形地貌与冲淤影响预测分析

从上节潮流分析结果分析可知，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，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。

4.1.5.1 桩基附近局部冲淤

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。

根据《中广核阳江帆石一、帆石二海上风电场项目水文观测及海洋环境现状调查-泥沙与海床稳定分析专题报告》（国家海洋局南海调查技术中心），结论为桩基的最大可能冲刷深度和冲刷直径分别为 7.6m 和 27.2m。

4.1.5.2 风电场大范围海床冲淤

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。

由于已建成风电冲淤观测资料甚少，也没有关于风电风机群桩的海床冲淤计算方式，因此本报告借用成熟的航道、港池冲淤公式计算桩基建成后风电场的一般冲淤，定性研究本项目建好后工程完成以后周边近岸区的泥沙冲淤情况，冲淤强度的计算采用以下公式进行计算：

$$p = \frac{\alpha \omega t}{\gamma_d} \left[1 - \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{2m} \right]$$

式中， ω 为泥沙沉速，单位 m/s，根据 2024 年 6 月同步的实测悬沙含量资料，悬浮泥沙中值粒径为 0.032mm，沉速取为 0.05cm/s，桩基附近海区的底层平均含沙量为 0.02kg/m³；

其他计算参数：

α 为沉降几率，取 0.67；

t 为年淤积历时，单位取秒（S），一年即为 31557600 秒；

S 为水体平均悬沙含量，单位： kg/m^3 ；

γ_d 为泥沙干容重，按照公式 $\gamma_d=1750 \times D_{50}^{0.183}$ 计算，单位为 kg/m^3 。

$V1$ ， $V2$ 分别为数值计算工程前、工程后大潮平均流速，单位为 m/s 。

M 根据当地的流速与含沙量的关系近似取作 1.0。

根据以上的设定和潮流数值模拟计算的结果，计算得到风电场工程后每年回淤强度情况，工程后桩基外围达到冲淤平衡时的冲淤强度等值线见图 4.1.5-1。最大淤积幅度为 $0.15\text{m}/\text{a}$ ，发生在桩基的 NW 与 SE 方向，与潮流涨急、落急方向基本相似。

整体冲淤情况来看，桩基局部为冲刷，冲刷出来的泥沙落淤到桩基上下游，冲淤范围仅局限于风电桩基群的附近海区，风电场外冲淤基本不受本工程的影响。目前已建的风场场冲淤也未见精确的观测结果，因此风电海床冲淤引用港池航道冲淤公式进行计算，有待进一步观测结果的基础上再修正。

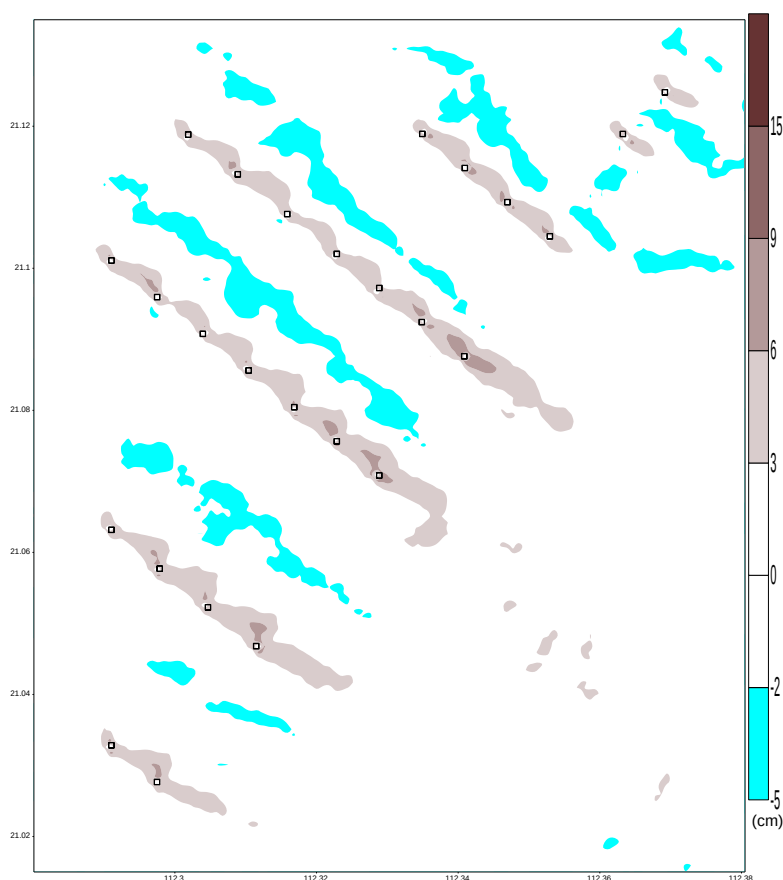


图 4.1.5-1 项目建成后冲淤平衡图

4.1.5.3 极端天气条件下的骤冲骤淤分析

台风等极端天气条件下，有效波高达 6.0m，平均周期 9.5s，波长 100m 左右，作用时长约 15 小时，风机桩柱迎浪面产生下沉水流，同时底层海流因风的作用也增加，桩基因此发生冲刷，根据《中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司》类似的风电研究成果，台风过程最大冲刷深度 5.0m，最大冲刷直径 25.4m，冲刷出来的泥沙大部分成悬浮状态，等台风过境后、动力条件减弱，少量悬沙落淤到冲刷坑，风机外海域由于泥沙成悬浮状态，落淤时间较短，因此基本不对其海床地貌产生影响。

4.1.6 水质影响预测对比分析

本工程涉海部分施工环境影响主要有海底电缆铺设工程。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 3.0m 左右，电缆铺设海洋环境影响主要是产生的悬浮泥砂。以下采用数值模拟对工程施工造成的悬沙影响进行计算。

4.1.6.1 三维泥沙控制方程及参数

Sigma 坐标系下三维泥沙平流扩散、沉降控制方程为：

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

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

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

C_z 为 chezy 系数， K_v 为垂直扩散系数。

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

侧开边界的边界条件：

$$\text{入流时 } C|_{\Gamma} = p_0;$$

Γ 为水边界， p_0 为边界上浓度，计算冲射式挖沟施工悬沙增量时，因本底悬沙浓度不大，不考虑本底值，取 $p_0=0$ 。

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

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

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

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

泥沙沉速 w_s 采用张瑞瑾通用泥沙沉速公式计算,

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

其中, v 为水运动粘滞系数, 取值 $0.01146 \text{ cm}^2/\text{s}$; D 为泥沙粒径 (mm); α 为重率系数, 取 1.7。

泥沙起动用窦国仁的泥沙起动公式:

$$\text{悬扬临界流速: } V_e = k (\ln 11 \frac{h}{\Delta}) (\frac{d'}{d_*})^{1/3} \sqrt{3.6 \frac{r_s - r}{r} g D + (\frac{r_0}{r_*})^{5/2} \frac{\varepsilon + g \delta h (\delta / D)^{1/2}}{D}}$$

$$\text{落淤的临界流速: } V_d = k (\ln 11 \frac{h}{\Delta}) (\frac{d'}{d_*})^{1/3} \sqrt{3.6 \frac{r_s - r}{r} g D}$$

泥沙起动公式中各参数取值为, $k=0.41$, $g=981 \text{ cm/s}^2$, 当泥沙粒径 $D < 0.05 \text{ cm}$, 床面糙率 $\Delta = 0.1 \text{ cm}$, $d'=0.05 \text{ cm}$, $d_*=1.0 \text{ cm}$, 泥沙粘结系数 $\varepsilon=1.75 \text{ cm}^3/\text{s}^2$, 薄膜水厚度参数 $\delta=2.31 \times 10^{-5} \text{ cm}$, h 水深 (cm), r_0 床面泥沙干容重 (g/cm^3), r_* 床面泥沙稳定干容重 (g/cm^3), 泥沙容重 $r_s=2.65 \text{ g/cm}^3$, 海水容重 $r_s=1.025 \text{ g/cm}^3$ 。

初始条件:

模拟施工期本底值均置为 0, 仅考虑悬沙增量。

数值网格形式:

模拟计算在小区域上, 网格同小区流场一致, 垂直分层与小区流场一致, 在

Arakawa‘C’网格上采用迎风格式求解方程。

4.1.6.2 源强设置

本工程海底电缆敷设在泥面下约 3m 深处，海缆沟槽底宽约 0.3m，顶宽约 0.5m，正常铺设速度约 6m/min，单条海底电缆铺设正常施工土方量= $(0.3\text{m}+0.5\text{m}) \times 3\text{m} \times 0.5 \times 6\text{m}/\text{min} = 7.2\text{m}^3/\text{min} = 0.12\text{m}^3/\text{s}$ 。根据类似工程施工经验，单条电缆施工的悬浮物源强以施工土方量的 20% 计算= $0.12\text{m}^3/\text{s} \times 20\% = 0.024\text{m}^3/\text{s}$ 。

根据现状调查资料，本项目所在海域海床沉积物中值粒径 0.087mm，沉速取 0.35cm/s，沉积物干容重按照以下公式计算：

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

式中， D_{50} 为泥沙中值粒径。

由上式计算，干容重分别为 $1119.36\text{kg}/\text{m}^3$ ，由此计算得到悬浮物源强为 $33.58\text{kg}/\text{s}$ 。

采用近似于实际铺缆开沟的方式模拟施工过程悬沙扩散，即沿电缆线逐时逐段释放悬沙源强。

方案一风电场 66kV 海底电缆铺缆模拟预测取 272 个代表点、每代表点源强持续时间 0.5 小时，方案一源强示意图见图 4.1.6-1；**方案二**风电场 66kV 海底电缆方案二模拟预测取 299 个代表点、每代表点源强持续时间 0.5 小时，源强示意图见图 4.1.6-2。高压水流冲射开沟上扬悬沙按最不利方式考虑，上扬高度估算为 10m，源强在底层为 3/4、次底层为 1/4。

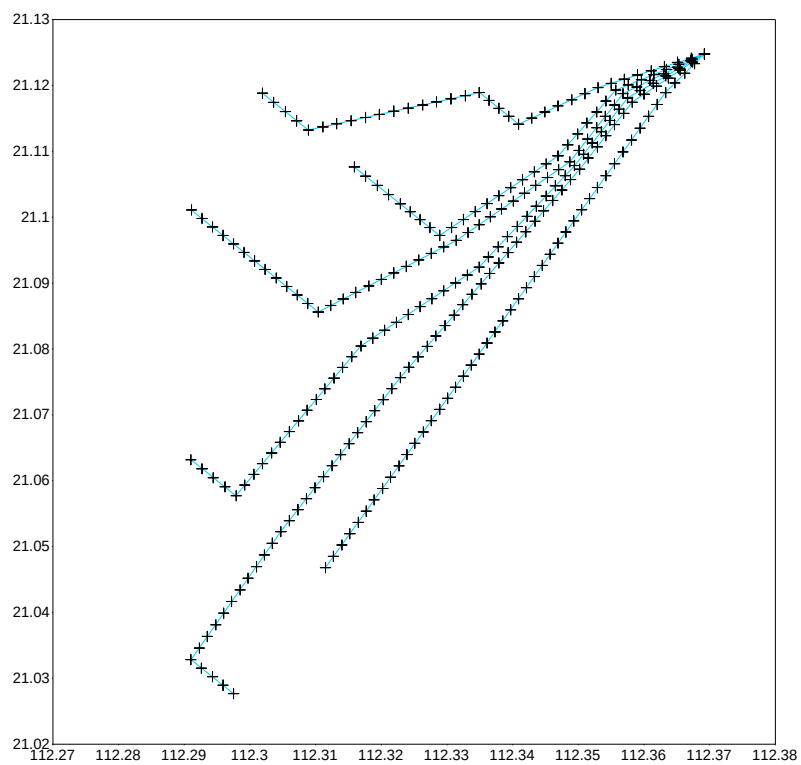


图 4.1.6-1 66kV 集电海缆源强位置示意图（方案一）

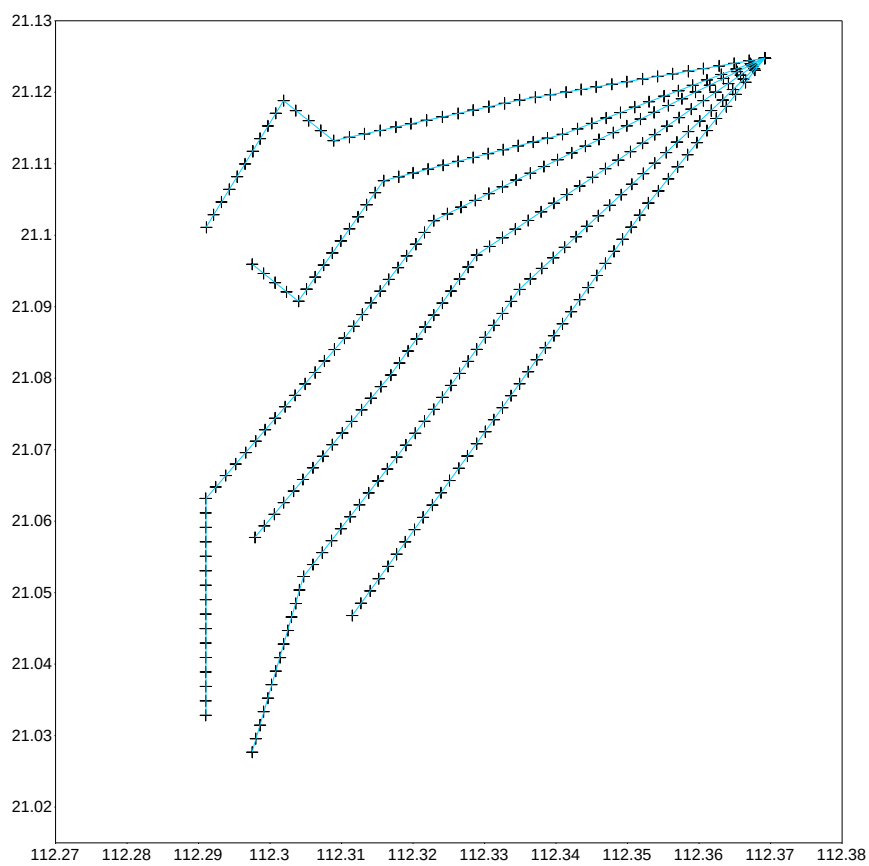


图 4.1.6-2 66kV 集电海缆源强位置示意图（方案二）

4.1.6.3 悬浮泥沙预测结果

本海域本底悬沙浓度较低，故不考虑本底值和边界值对模型计算的影响，仅预测施工所产生的悬沙平流扩散。模拟风电场 66kV 海底电缆铺缆过程悬沙扩散情况，以各层每半小时的浓度场数据统计其超过 10mg/L、20mg/L、50mg/L、100mg/L、150mg/L 包络线面积。因模式各层层厚基本一致，其中垂向平均悬沙面积采用算术平均。

方案一：施工期底层超一、二类水质包络面积为 26.988km²，垂向平均为 6.76km²，施工期次底层、底层超三、四类水质。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甚小；因模式各层层厚基本一致，其中垂向平均悬沙面积采用算术平均(下同)。66kV 海底电缆铺缆过程悬沙扩散情况，以各层每半小时的浓度场数据统计其超过 10mg/L、50mg/L、100mg/L、150mg/L 包络线面积，结果见表 4.1.6-1。风电场 66kV 海底电缆铺缆过程次底层、底层悬沙增量包络线浓度场分布见图 4.1.6-3 和图 4.1.6-4。从风电场海底电缆铺缆过程影响范围来看，受季风期余流影响，施工产生的悬浮泥沙主要影响风电场内。

方案二：施工期底层超一、二类水质包络面积为 32.745km²，垂向平均为 8.088km²，施工期次底层、底层超三、四类水质。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甚小。66kV 海底电缆铺缆过程悬沙扩散情况，以各层每半小时的浓度场数据统计其超过 10mg/L、50mg/L、100mg/L、150mg/L 包络线面积，结果见表 4.1.6-2。风电场 66kV 海底电缆铺缆过程次底层、底层悬沙增量包络线浓度场分布见图 4.1.6-5 和图 4.1.6-6。

对比两种用海方案工程实施后引起的悬沙扩散范围，方案二施工引起垂向平均浓度的悬沙扩散范围比方案一略大（大于 10mg/L 的包络线面积约大 1.321km²）。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。

表 4.1.6-1 方案一风电场 66kV 海底电缆铺缆过程悬沙增量面积(km²)

层次	>10mg/L	>20mg/L	>50mg/L	>100mg/L	>150mg/L
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	6.847	2.790	0.184	0.008	0
5	26.988	14.945	4.378	1.844	0.882

垂向平均	6.767	3.547	0.912	0.370	0.176
------	-------	-------	-------	-------	-------

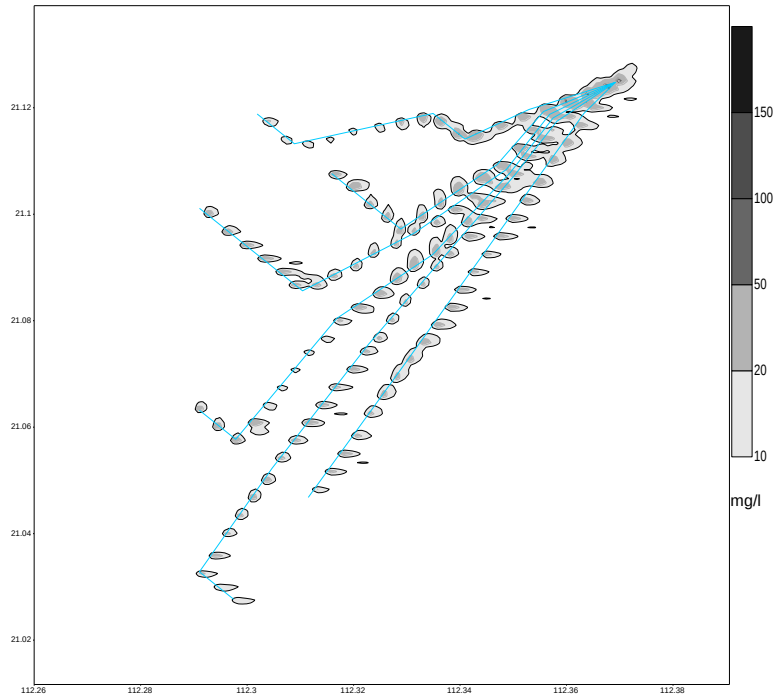


图 4.1.6-3 方案一 66kV 海底电缆铺缆次底层悬沙增量包络线（大于 10mg/L 面积 6.847km²）

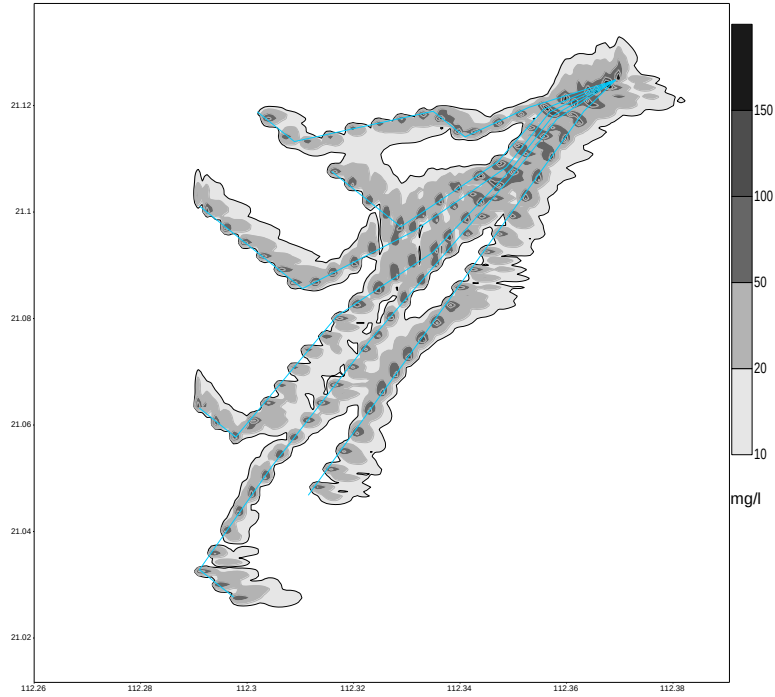


图 4.1.6-4 方案一 66kV 海底电缆铺缆底层悬沙增量包络线（大于 10mg/L 面积 26.988km²）

表 4.1.6-2 方案二风电场 66kV 海底电缆铺缆过程悬沙增量面积(km²)

层次	>10mg/L	>20mg/L	>50mg/L	>100mg/L	>150mg/L
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	7.697	2.999	0.249	0.016	0

5	32.745	18.529	5.300	2.157	1.074
垂向平均	8.088	4.306	1.110	0.435	0.215

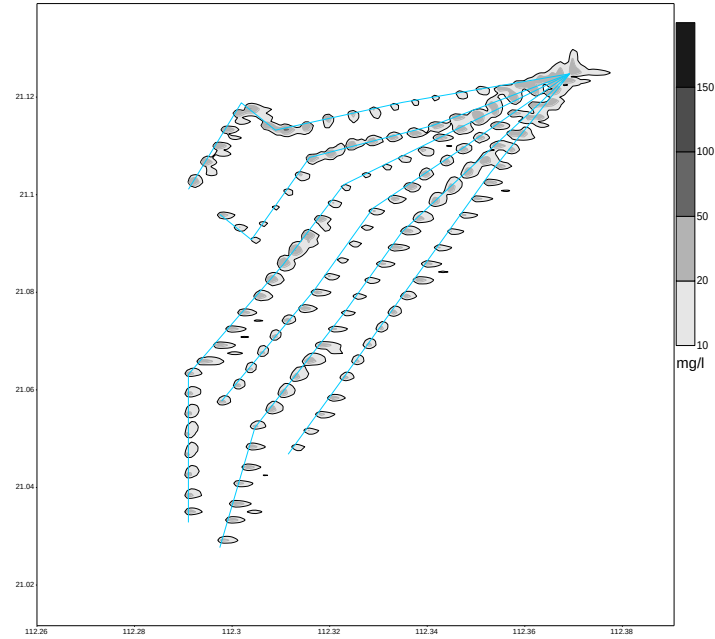


图 4.1.6-5 方案二 66kV 海底电缆铺缆次底层悬沙增量包络线（大于 10mg/L 面积 7.697km²）

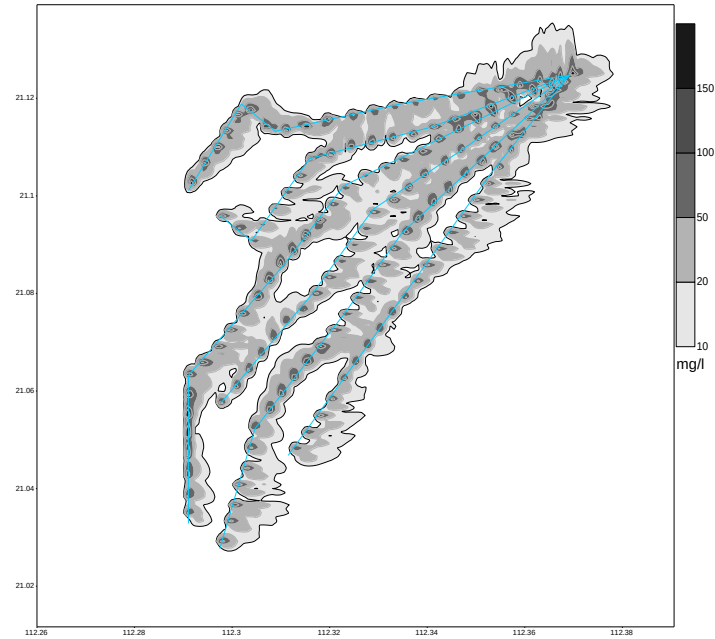


图 4.1.6-6 方案二 66kV 海底电缆铺缆底层悬沙增量包络线（大于 10mg/L 面积 32.745km²）

4.1.7 用海方案推选

根据方案一和方案二平面布置方案，两方案水动力和冲淤影响结果是一致，主要区别在于施工产生的悬浮泥沙扩散范围，具体为：

方案一施工引起垂向平均浓度>10mg/L 的包络面积为 6.767km²，>20mg/L

的包络面积为 3.547km²，>50mg/L 的包络面积为 0.912km²，>100mg/L 的包络面积为 0.370km²。

方案二施工引起垂向平均浓度>10mg/L 的包络面积为 8.088km²，>20mg/L 的包络面积为 4.306km²，>50mg/L 的包络面积为 1.110km²，>100mg/L 的包络面积为 0.435km²。

从水质影响预测对比结果看，方案一施工引起悬沙增量面积较小，方案一较优。悬沙影响主要在海缆铺设过程出现，影响范围主要位于风电场内，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。

综上，两方案水动力和冲淤影响结果是一致的，方案一对水质（悬沙扩散）的影响比方案二小，方案一集电海缆涉海长度比方案二短，用海面积较小，因此推荐用海方案为方案一。

4.2 资源影响分析

根据生态评估结果，推荐用海方案为方案一，因此对方案一开展资源影响分析。

4.2.1 对岸线及海洋空间资源的影响

本项目规划装机容量为 400MW，拟建设 13 台 16MW 和 12 台 16.7MW 固定式风电机组，6 回 66kV 集电海底电缆。

项目申请用海总面积 264.9867 公顷，其中透水构筑物（风机）用海面积为 155.4147 公顷，海底电缆管道（66kV 集电海底电缆）用海总面积 109.5720 公顷。本项目建设风机、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，使部分海洋空间开发活动也受到了限制，占海区域对海域空间资源的其他开发活动具有一定的排他性。本次论证的内容为风机和 66kV 集电海底电缆，距离最近的陆地约 65km，不占用海岸线资源。

4.2.2 对海洋生物资源的影响

4.2.2.1 底栖生物损失量

风机基础长期、定位架短期占压海域底质，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。

本项目拟建设 13 台 16MW 和 12 台 16.7MW 固定式风电机组, 风机基础均采用四桩导管架基础, 根开为 30 米, 桩直径为 3.5 米, 则风机桩基占用海域面积为 $\pi\times (3.5/2)^2\times 4\times 25=961.625m^2$ 。

风机基础施工需要定位架来维持稳定, 定位架防沉板会占用海域, 防沉板尺寸为 $28m\times 28m$ (中心存在空心方孔, 中心方孔为 $10m\times 10m$), 则 1 台风机施工定位架占用海域面积为 $684m^2$, 25 台风机施工定位架占用海域面积为 $17100m^2$ 。

本项目 66kV 集电海底电缆总长约 61.04km, 考虑海缆管沟开挖及其悬浮物再沉降的边际效应, 海底电缆铺设造成底栖生物生境破坏范围按照电缆两侧各 5m 宽计算, 则本项目海缆施工造成底栖生物损失的面积为 $610400m^2$ 。

表 4.2.2-1 底栖生物生境破坏面积一览表

序号	名称	生境破坏面积 (m^2)
1	风机桩基	961.625
2	定位架	17100
3	海缆	610400
合计		628461.625

根据 2024 年春季和 2023 年秋季的现状调查资料, 由于底栖生物活动能力较弱, 因此选取项目附近底栖生物调查站位的两季调查平均生物量进行计算。

表 4.2.2-2 项目附近调查站位底栖生物资源统计表 (单位: g/m^2)

调查期	站位			平均值	两季平均
2024 年春季	CD13			0.435	0.436
	0.435				
2023 年秋季	CD13	CD14	CD18	0.437	
	0.12	0.91	0.28		

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: $961.625\times 0.436\times 10^{-3}=0.42kg$

定位架造成底栖生物损失量：17100×0.436×10⁻³=7.46kg

海缆施工造成底栖生物损失量：610400×0.436×10⁻³=266.13kg

因此，项目桩基础建设、定位架施工、海缆施工造成底栖生物直接损失合计为 274.01kg。

4.2.2.2 渔业资源损失量

按照《规程》，本项目施工产生的悬浮物扩散范围内对海洋生物产生的损害按以下公式计算：

$$M_i = W_i \times T$$

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

式中： M_i 为第 i 种生物资源累计损害量，尾、个或千克（kg）；

W_i 为第 i 种生物资源一次性平均损失量，尾、个或千克（kg）；

T 为污染物浓度增量影响的持续周期数（以年实际影响天数除以 15），个；

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

S_i 为某一污染物第 j 类浓度增量区面积，km²；

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

n 为某一污染物浓度增量分区总数。

上述各参数的取值如下：

根据水质环境影响预测，海缆施工期悬沙扩散的影响主要集中在次底层、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，>10mg/L 悬浮泥沙扩散包络线面积为 6.767km²，>20mg/L 悬浮泥沙扩散包络线面积为 3.547km²，>50mg/L 悬浮泥沙扩散包络线面积为 0.912km²，>100mg/L 悬浮泥沙扩散包络线面积为 0.370km²。

表 4.2.2-3 本工程悬浮物对各类生物损失率参数（参照《规程》相关规定）

悬沙增值浓度（mg/L）	污染物 i 的超标倍数（Bi）	垂向平均扩散面积（km ² ）	各类生物损失率（%）			
			鱼卵和仔稚鱼	成体	浮游动物	浮游植物

10~20	$Bi \leq 1$ 倍	3.220	5	1	5	5
20~50	$1 < Bi \leq 4$ 倍	2.635	10	5	10	10
50~100	$4 < Bi \leq 9$ 倍	0.542	30	15	30	30
>100	$Bi \geq 9$ 倍	0.370	50	40	50	50

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 47m 计。

游泳生物活动能力较强，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 4.3.3-4。

表 4.2.2-4 海洋生物调查结果统计表

类别	生物量		
	2024 年春季	2023 年秋季	两季平均
游泳生物 (kg/km ²)	164.535	175.417	169.976
鱼卵 (ind/m ³)	0.958	0.549	0.7535
仔稚鱼 (ind/m ³)	0.387	0.146	0.2665

则项目施工悬浮泥沙造成渔业资源损失量为：

$$\text{游泳生物} = 169.976 \times 1 \times (3.220 \times 1\% + 2.635 \times 5\% + 0.542 \times 15\% + 0.370 \times 40\%)$$

$$= 66.84 \text{ kg}$$

$$\text{鱼卵} = 0.7535 \times 47 \times 1 \times (3.220 \times 5\% + 2.635 \times 10\% + 0.542 \times 30\% + 0.370 \times 50\%) \times 10^6$$

$$= 2.73 \times 10^7 \text{ 粒}$$

$$\text{仔鱼} = 0.2665 \times 47 \times 1 \times (3.220 \times 5\% + 2.635 \times 10\% + 0.542 \times 30\% + 0.370 \times 50\%) \times 10^6$$

$$= 9.67 \times 10^6 \text{ 尾}$$

因此，项目施工造成渔业资源直接损失量为：游泳生物 66.84kg，鱼卵 2.73×10^7 粒，仔鱼 9.67×10^6 尾。

4.2.3 对其他海洋资源的影响

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

本项目位于江门市台山市南侧海域，项目与周边的滩涂、岛礁、港口等其他海洋资源有一定距离。总体上，项目对滩涂、岛礁、港口、矿产以及旅游等其他海洋资源基本无影响。

4.3 生态影响分析

根据生态评估结果，推荐用海方案为方案一，因此对方案一开展生态影响分析。

4.3.1 对水文动力环境的影响

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恢复到原状，因此不对潮流动力产生影响，影响潮流主要是风机基座。由于流向与风机排列方向基本一致，涨急时刻表现为桩基后西北方向（下游）流速略减少，落急时刻表现为桩基后东南方向（下游）流速减少，模拟结果显示，风电场外 5.0km 外流场可基本可保持原来状态。

4.3.2 对地形地貌与冲淤环境的影响

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。整体冲淤情况来看，桩基局部为冲刷，冲刷出来的泥沙落淤到桩基上下游，冲淤范围仅局限于风电桩基群的附近海区，风电场外冲淤基本不受本工程的影响。桩基的最大可能冲刷深度和冲刷直径分别为 7.6m 和 27.2m。工程后最大淤积幅度为 0.15m/a，发生在桩基的 NW 与 SE 方向，与潮流涨急、落急方向基本相似。

4.3.3 对水质环境的影响

4.3.3.1 施工期对水质环境影响

（1）施工悬浮物扩散影响

根据推荐用海方案的计算结果，垂向平均浓度 $>10\text{mg/L}$ 的包络面积为 6.767km^2 ， $>20\text{mg/L}$ 的包络面积为 3.547km^2 ， $>50\text{mg/L}$ 的包络面积为 0.912km^2 ，

>100mg/L 的包络面积为 0.370km²。

整体而言，悬沙扩散的影响范围基本局限于次底层和底层，对中层和表层的影响甚小。悬沙影响主要出现在施工点附近海域，这种影响主要在海缆铺设过程出现，海缆铺设施工迅速，一旦施工完毕，工程所在区域周边水质环境可在较短时间内恢复。

(2) 施工期污废水影响

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

因此，项目建设对所在海域水质带来的影响是局部的、短期的和可逆的，一旦施工结束，影响即可消除。

4.3.3.2 运营期对水质环境影响

项目运营期间对海水水质的影响主要为风机维修的废油。项目运营期间对风机及相关设备进行维护时需用到一定数量、不同种类的润滑油、废油等，检修工作人员需按照相应要求将废油储存在专设的废油箱中，维护结束后送交有资质单位进行妥善处置。因此，项目运营期间基本不会对所在海域水质环境造成影响。

4.3.4 对沉积物的影响

4.3.4.1 施工期对沉积物环境影响

(1) 施工悬浮泥沙扩散对沉积环境的影响

本项目施工过程中桩基施工和海缆敷设产生的悬浮泥沙可能对沉积物环境造成一定影响。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，冲埋结束后，在海水运动作用下将回填于缆沟。工程施工除对海底局部沉积物产生部分分选、位移、重组和松动外，并没有混入其它污染物，不会影响海底沉积物质量。

(2) 施工船舶污水对沉积物环境的影响

施工期众多大型施工船舶在工程海域集结，施工船舶将产生一定数量的含油废水、生活污水和垃圾等，若管理不善，可能发生船舶污水未经处理直接排海，

或生活垃圾、废机油等直接弃置入海，将直接污染区域海水水质，进而可能影响工程区域海域沉积物环境质量，造成沉积物中废弃物、大肠菌群、病原体和石油类等指标超标。本项目施工设置有船舶生活污水和船舶含油污水的收集装置，收集贮存后定期交具有处理资质的单位接收后统一处理，基本不会所在海域的沉积物环境造成影响。

4.3.4.2 运营期对沉积物环境影响

运营期，本项目风机基础采用物理防护与电化学保护的联合保护方式，同时考虑预留腐蚀裕量，对沉积物环境不会产生不利影响。

4.3.5 对海洋生物的影响

4.3.5.1 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；辅助风机桩基础的定位架施工及海底电缆铺设作业将使作业区所在海域底栖生物的栖息环境遭到破坏，施工结束后，随着新的底栖生物的植入而产生新的栖息环境。

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

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

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

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

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

(2) 对浮游动物的影响

在做好施工期生活污水、船舶含油污水、生活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。

4.3.5.3 对渔业资源的影响

本项目位于南海底层、近底层鱼类产卵场内。施工过程对游泳生物的影响主要包括两个方面：一是悬浮物对渔业生存空间的影响，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，建议在项目运营期内一定时间对部分水域采取增殖和禁捕等保护性措施，尽快恢复项目建设对渔业生产的不利影响。

(2) 海域占用减少了渔业空间资源

本项目风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。

4.3.5.4 对珍稀海洋生物的影响

(1) 对中华白海豚的影响

① 悬浮泥沙对中华白海豚影响分析

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

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

② 水下噪声对中华白海豚的影响

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

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

(2) 对海龟的影响

本项目施工噪声可能会对海龟的影响有一定影响，由对海龟的行为听阈研究表明其最敏感频率在 100Hz，此时阈值为 98dB re1μPa。因此，工程打桩施工将对该海域中的海龟行为产生一定程度的影响，会出现激动的行为、突然的身体动作等惊吓反应，或者改变自身的游泳模式和方向，出现下潜等躲避行为。

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

4.3.5.5 水下噪声影响

(1) 施工期影响

①海洋生物受水下噪声影响的声压阈值

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

表 4.3.5-1 美国对海洋哺乳动物和鱼类的水下噪声(过渡性)门限值

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

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

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

附近，当声源达到 192dB/re 1 μ Pa 时，鱼群受惊吓明显，反应迟钝，虽未产生直接死亡，但在其后行为发生明显变化，出现不进食等现象，并在后续的半个月时间中出现 90% 的死亡。

②施工水下噪声对渔业资源的影响

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

③施工水下噪声对海洋哺乳动物的影响

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

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

下图为丹麦国家环境研究所在研究海上风电场是否对活动于该海域中的斑海豹和灰海豹的影响研究（Svend Tougaard, et al, 2006）。研究跟踪了从 1999~2005 年间风电场在施工期和运营期水下噪声对海豹的影响。结论是：在风电场施工建设期，斑海豹的数量减少，但建设期结束，斑海豹恢复原来数量，甚至增加；在该风电场施工打桩期，斑海豹的数量明显减少，在另一斑海豹繁殖地施工打桩期

没有见到斑海豹；风车的运转没有对斑海豹产生影响。风电场中的风车的运转噪声在空气中一般为 50-70dB（林丽华，2008），与观测到的现象一致，对斑海豹没有影响。类比分析认为，本工程施工期可能造成海洋哺乳动物在工程海域数量分布减少，但施工结束后相应生物资源量会逐渐恢复。

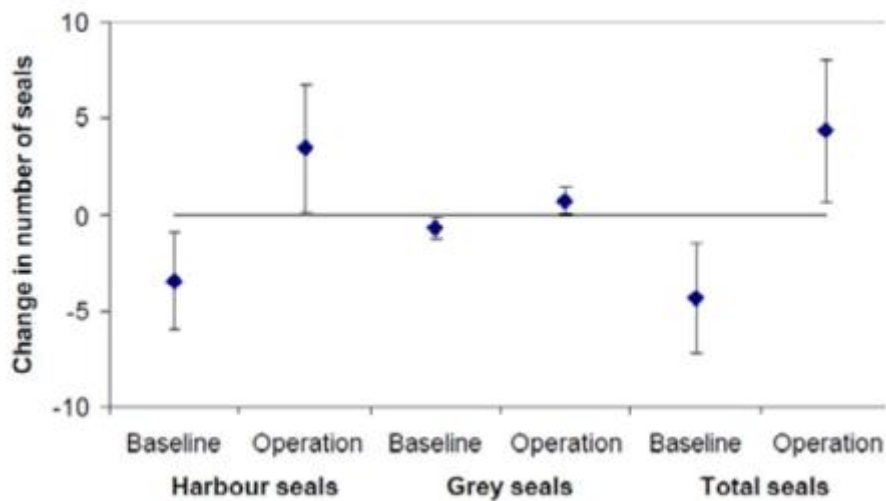


图 4.3.5-1 丹麦风电场施工期和运营期海豹数量的变化

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

（二）运营期影响

风机运行中向水下辐射噪声的主要途径是风机运行的噪声源从空气中直接通过海面折射到水下、通过风机塔架传导到水中、从风机塔架到海底再辐射到水中三条声传播路径组成。

①运营期风电场水下噪声分析

根据厦门大学在上海东海大桥海上风电场类比监测结果表明：风机运行中水下噪声的频谱级基本上都相似，总体强度随频率增加而明显较小，在 1~20kHz 中功率谱级分布在 140dB/1μPa 到 65dB/1μPa 之间，在 120 到 1.5kHz 有一较宽的裙带状谱，强度增加为 10~20dB/1μPa。在离 3 号风机 200m 靠近桥梁及航道上，100Hz 点上的功率谱级达到最大为 128dB/1μPa，比同样深度不同距离的功率谱提高 10~20dB/1μPa。由于水下噪声的时间-空间-频率等随时变化的特性，测量船

只在远离风电场近 4km 处也测量到裙带状的低频背景噪声分布，因此总体由于风机噪声而引起的强度变化不大，基本上与海域其它点测量到的背景噪声相近。

类比调查风机运行水下噪声升压及声功率见下图。

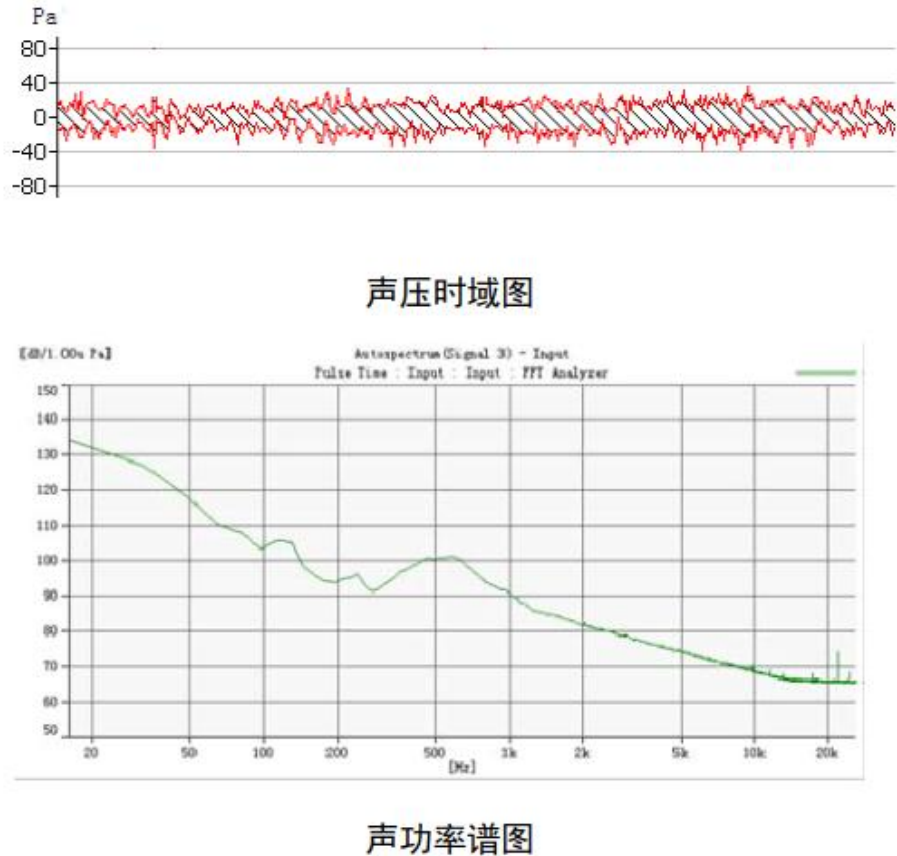


图 4.3.5-2 类比海上风电场水下噪声实测结果

②水下噪声海洋生物影响评价

厦门大学在厦大海洋与地球学院生态场中进行水下噪声对典型海洋生物影响实验，实验海上不同强度声压的水下噪声对水池中鱼类和底栖的影响。实验开始前先在养殖池中 4 个位置用水听器测量水下背景噪声，再将发射换能器置于水池中，发射水下声信号，采用丹麦 B&K 的 PULSE 多通道分析系统，记录和分析水下噪声在 4 个位置中的强度分布。

接着分别放置实验用的鱼种和底栖生物，实验用的鱼种经过适当时间的适应后，再把水声发射换能器和水听器置于水池中并静待 10min。以恢复鱼种因仪器布放过程中所受的惊扰。

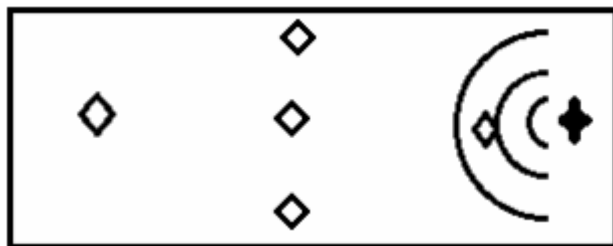


图 4.3.5-3 测量背景噪声和声场分布的实验布置图

发射噪声信号从低频到高频进行测试，以目前所研究的大多数的石首科鱼类的最高灵敏度 500Hz 为主要频率，观测对不同频率信号的响应。同时改变发射强度，观测鱼类对声信号的响应。

实验水下噪声分两类：

a) 把之前记录的原始的海上风电场噪声数据作为噪声源，取其中典型的较大的噪声功率谱数据，使用不同强度的声压级（110dB re 1 μ Pa、120dB re 1 μ Pa、130 dB re 1 μ Pa）进行实验，同时用水听器在水池中进行实时跟踪观察噪声数据。

b) 用计算机产生 200Hz~900Hz 的水下低频噪声，使用不同强度的声压级（110dB re 1 μ Pa、120dB re 1 μ Pa、130dB re 1 μ Pa）进行实验，同时用水听器在水池中进行实时跟踪观察噪声数据。

③水下噪声生物实验结果

a) 行为学参数

运动轨迹：观察了大黄鱼种、锚尾鰕虎鱼、半滑舌鳎、斜带石斑鱼、真鲷、卵形鲳鲹、花尾胡椒鲷、凡纳滨对虾等活动状况，在发射上述所提到的不同强度噪声，特别是风电场记录的较强的水下噪声时，没有出现回避噪声源的现象；

死亡率：在上述使用的噪声源下，连续 3 天持续发射噪声的时间累加超过 48 小时，实验组与对照组之间的死亡率数据基本相同，噪声辐射没有对鱼类产生直接致死现象。

b) 生化指标测量

噪声对 6 种鱼类血液中去甲肾上腺素的含量影响不明显，除斜带石斑鱼的实验组与对比组之间有显著性差异外，其它各组之间的均无显著性差异。运营期中的水下噪声强度对棒锥螺、牡蛎、文蛤、缢蛏的碱性磷酸酶活性、酸性磷酸酶活性有显著影响，对其它物种的作用不显著。磷酸水解酶活力的激活或抑制仅能表明有机体能够感知环境的变化，并不能断定环境条件的变化对生物体是有利还有

害。若要进行利或害的判断，必须进行长期（几个月甚至是几个世代）、多因素（成活率，生长速度，抗逆性，繁殖力等）的综合考虑。

分析海上风电场水下噪声对海洋生物的影响，除了必须对海上风电场风机产生的水下噪声进行实测外，还必须调查区域海洋鱼类的听觉性能，测量不同海洋鱼类的听阈值，了解海洋鱼类的声学特性。根据前期进行过大黄鱼声学特性的初步实验。

④实验结果表明

a) 幼苗对声音的敏感频率在 800Hz，声强约 140dB 时对声波即有明显反应，声强 150dB 时有少量幼苗死亡，当声强达到 172dB 时有较多幼苗直接死亡。

b) 小鱼的测试结果与幼苗明显不同。小鱼的声敏感频率转移至 600Hz，当声强达到 150dB 以上，小鱼仍未有致死现象，仅有主动避开声源的行为，当声源强度达到 187dB，在声源正上方的小鱼开始变得十分迟钝，当声强达到 192dB 时，仅观察到声源正上方的 2 只小鱼的直接致死，由此说明小鱼最大可承受声压大于幼苗。

c) 成鱼的声敏感频率也在 600Hz 附近，当声源达到 192dB 时，鱼群受惊吓明显，反应迟钝，但未能直接致死。但在声源约为 140dB 时，成鱼对声波就有条件反射行为发生。

可见，不同规格和年龄的大黄鱼对水中声音的反应存在明显差异。三种不同尺寸的鱼对声音的敏感频率集中在 600-800Hz 频带上，与大黄鱼主动发声时的主要谱峰位置相吻合。但不同年龄的大黄鱼的声敏感频率有略微差别，生长年龄越小的鱼，其声敏感频率越高。但大黄鱼的发声信号特征与鱼体耳石大小、生长年龄、雄雌等之间更为定量的关系，还需深入的实验研究。

总体来说，海上风电场在运营期的总体的噪声比较低，即使是在靠近运转风机的测点上也只有少数数值的水下噪声在特定频段（120Hz~1.5kHz）上的水下噪声高于背景噪声 10~20dB/1μPa，总体噪声谱级都在 120dB/1μPa 以下。风电场运营期水下噪声谱级分布强度较小，基本上与海洋环境背景噪声谱级相当，风电场营运中频率在 5kHz 以上的噪声谱级均在 95dB 以下，因此，不会对该海域中的鱼类行为活动产生影响。

噪声对鱼类等海洋生物的实验研究表明，运营期水下噪声强度就本实验中所

提及的海洋生物实验条件下没有显著影响，对海域中典型鱼类等影响不明显。

风机运行产生的噪声到达海面时衰减为 45dB，声波传入水体中将进一步衰减。因此，风机运行产生的噪声不会引起桩基周围的水生生物和鱼类晕厥、死亡等现象，且当风机噪声影响鱼类正常栖息和生存时，鱼类将游离该处，寻找适合生存的栖息地。

4.3.5.6 电磁辐射环境影响

类比汕头中澎二海上风电场项目中 6 回 66kV 海缆电磁影响结果，风机基群所产生的电磁环境影响效应不明显。在假设的理想条件即电缆金属护套完全接地情况下，电场将严格限制在每个电缆金属护套内部。对于 66kV 的海底电缆，由于磁场在海域介质中的衰减特性，在离机群中心距离 1m 外，磁感应强度已降在 1 μ T 以下。据该项目实验室模拟实验，对该海域中典型的海洋鱼类和底栖生物等海洋生物影响在可以接受范围。

（1）电磁环境对海洋生物的影响

研究表明磁场能够影响某些鱼类在生理、繁殖、生存等方面的能力，有些鱼类的体内具有磁性物质，用于识别地理磁场，从而协助它们进行空间定位。这些鱼类对磁场特别敏感，因此放置在海底地面的电缆将破坏洄游鱼类的地磁模式，影响其定位。在所有重要的硬骨鱼体内都有少量的磁性物质；在软骨鱼类（鲨鱼、鳐科鱼类）中发现了一种与硬骨鱼类不同的磁场感应机制，软骨鱼类通过探测海流运动以及鱼类本身穿过地球磁场活动所产生的磁场获取空间信息，在它们头部、嘴周围以及身体沿线通常都有敏感的电感受器。

鱼类的生理方面也与磁场有关。例如，在溪红点鲑（*Salvelinus fontinalis*）的磁场暴露研究中发现，鱼体内激素水平发生了改变（Lerchl, A, et al, 1998）；另一项研究显示，磁场暴露能够延缓鲑鱼（*Salmo trutta*）和虹鳟（*O. mykiss*）的胚胎发育，并能改变虹鳟晶胚以及梭鱼（*Esox lucius*）和鲤（*Cyprinus carpio*）等的循环运动（Formicki, K. and Winnicki, A, 1998）。Krzemieniewski 等（2004）在一项实验室实验中发现，当欧洲鲢鱼（*Silurus glanis*）暴露于一个磁场强度持续为 0.4~0.6T 磁场中时，其生物量下降，死亡率升高，与之相反，幼体鳊鱼（*Plathichthys flesus*）在受到强度 3.7mT 静电磁场影响几个星期时并未受影响（Bochert, R et al., 2004）。

在 Westerberg 和 Lagenfelt 的一项未发表的研究中,对 60 尾正在洄游的银鳕进行超声波标记,并将之放流于奥兰岛和瑞典大陆之间的 132kV 交流电缆(AC)的北部。其洄游速度通过系泊监测接收浮筒在 4 个断面每 4km 的间隔进行检测。电缆从间隔中间横穿。通过校正水流引起的水平对流,可以发现鳕鱼的游速在有电缆的间隔中明显降低。虽然能够证实磁场对洄游具有影响,但这种影响是很小的,从这些间隔通过引起了平均约 30min 的延迟,根据调查结论,电缆不会影响其周围鱼类的洄游路线、总体分布和洄游形式。

(2) 电磁环境影响评价结论

①风机基群所产生的电磁环境影响效应不明显。在假设的理想条件即电缆金属护套完全接地情况下,电场将严格限制在每个电缆金属护套内部。对于 66kV 的集群海底电缆,由于磁场在海域介质中的衰减特性,在离机群中心距离 1m 外,磁感应强度已降为 1 μ T 以下,对海洋生物的影响在可接受范围内。

②据实验室模拟实验,风电场电磁环境对该海域中典型的海洋鱼类和底栖生物等受风电磁场影响在可接受范围内。

由于实验的时间、规模、经费等均有限,海洋生物对磁场的这种生理反应的持久性尚需要进一步评估。建议相关单位进一步开展此方向的研究,并在项目运营期进行海底电缆等电磁环境的跟踪监测。

4.3.6 对鸟类的影响

(一) 施工期影响

海上风电场施工期间,大型船只和机械活动一方面会对鸟类造成干扰,使鸟类远离施工区域,减少鸟类活动范围,另一方面会影响海洋和底栖生物分布,从而影响鸟类的食物分布;施工产生的噪声会对在施工区及邻近区域觅食的鸟类产生影响,使该区域鸟类的数量减少、多样性降低;晚上施工的照明系统会干扰夜间迁徙的鸟类,吸引鸟类与工程设施相撞。施工噪声对鸟类的干扰在施工结束后,其影响可以消除。

(二) 运营期影响

运营期鸟类环境的影响参考《阳江帆石海上风电场项目鸟类调查专题报告》(广东省科学院动物研究所,2022 年 6 月)的相关结论。建设项目在运行期会对鸟类造成多方面的影响,有直接的如碰撞、噪声等,也有间接的如破坏栖息地、

减少食物资源等。按性质分，主要有以下几个方面：

(1) 对鸟类的直接影响

① 风电机噪声影响

由于大多数鸟类对噪声具有较高的敏感性，在噪声环境条件下，大多数鸟类会选择回避，减少活动范围。文献研究显示鸟类在开阔范围对噪声的忍受阈值为47dB (Hirvonen, 2001)，因此每个风机因噪声而对鸟类的产生影响范围噪声衰减至47dB以下所需半径的圆形范围，该范围与视觉影响范围有重叠。受影响种类主要为在该区域活动的留鸟和中途停歇觅食的候鸟，如黑鸢、白腹海雕等猛禽，以及红嘴鸥、多种燕鸥等鸥形目鸟类。对飞行迁徙经过的候鸟因从高空经过时，与风电机的垂直距离超过200m（按飞行高度400m算），受到噪声影响较小。

此外，从风机噪声频率角度评价，噪声对主要依靠鸣声进行通讯的鸣禽影响较为严重 (Slabbekoorn and Ripmeester, 2008)，如吸引配偶、防卫领域、预警、乞食和求救、躲避天敌等。噪声干扰鸟类寻找觅食适合区和追赶猎物并辨别天敌位置的能力，使鸟类的捕食效率和生存力大大下降。在噪声环境中，鸟类可选用特定音节或鸣唱句型传递信息 (Kennedy et al, 2009)。当环境噪声水平提高时，声信号发出者改变频率和振幅，增大信噪比，降低噪声对声信号的干扰。近年的研究还发现，鸟类还会调节鸣唱时间避开噪声干扰 (Hardouin et al, 2008)。有研究表明风机噪声频率以低频噪声为主，一般风电场所采用的风机噪声峰值频率出现在1300~1600Hz。而鸟类鸣声频率主要分布在2~9kHz，环境噪声常会影响鸟类鸣声的低频部分。鸟类应对噪声频率干扰的主要方法是提高鸣唱最低频率和主频。一般地，当风速为8m/s时，兆瓦级以下的风电机组声功率级在98-104dB(A)之间，其噪声呈现明显的低频特性。随着风电机组输出功率的增大，其产生的噪声增大，并向更低频移动。

以菲尔德斯半岛黑背海鸥为例，幼海鸥“吱”声是由脉冲列与正弦调制波构成的连续波。波形重复频率变化很大，从0.12-3.3kHz，频率范围为200Hz-4.8kHz，分别在1.7、2.5和2.9kHz处出现谱峰；成体海鸥“咯”声波形具有明显的连续调制特征。波形重复周期约为0.5ms，谱峰在1.1、2和3kHz处，频率范围为1-4kHz；群体黑背海鸥“哦”和“哦啊”声系由多个波叠加而成的连续波，波形的周期变化较为复杂，谱峰分别出现在1.2、1.5、1.7和3kHz处，频率范围为1-4kHz。

可以看出海鸥鸣声主要频率高于风力发电机组的主要噪声频率。其他如白头鹎等鸣禽，其鸣声各音节的主频范围在 1.6-3.6kHz，也高于发电机组的主要噪声范围。

以上数据表明，风电场产生的低频噪声基本低于鸟类的最低频率鸣声，鸟类间的互相沟通及交流基本不会受风电场低频噪声的影响。结合本项目建设区域鸟类分布特征，经过风机所在海域的鸟类主要为非鸣禽类的水鸟，受噪音频率影响的可能性较雀形目鸣禽更低。

②光影响

日间风机叶片反射阳光可能会刺伤雀鸟的眼睛，使候鸟迷途，改变迁徙方向。而晚上风电场区域的照明是影响夜间迁徙鸟类安全的一个非常重要的因素，特别在遇上大雾、降雨、强逆风或无月的夜晚，鸟容易被光源吸引，向着光源飞行，这种趋光性极易造成鸟撞上光源附近的障碍物。北美 Virginia 西部山区风电场在 2003 年 5 月底某天大雾的夜晚发生 27 只夜间迁徙鸟死亡，变电站的钠蒸气灯是吸引鸟与风电机相撞的主要原因（Kerlinger, 2003），该风电场的鸟死亡情况的研究结果表明，夜间迁徙的鸟经常死于风电场内的灯下。目前有研究波长较长的光线，如红光和黄光不易吸引候鸟。因此，在工程区域可能受光影响的主要是夜间迁徙的鸟，需采取防护措施尽可能减少光对其产生的干扰。

③碰撞效应

本项目风机轮毂高度分别为 162m 和 172.9m，叶片长度分别为 133m 和 143m，叶片运行影响高度为 29~315.9m。虽然对于多数迁徙时飞行高度超过 400m 的种类无影响，但候鸟在迁徙中途停歇和觅食时，以及遇到不良气象条件时飞行高度一般都低于 100m。由于此时飞行高度较低，旋转着的巨大风电机叶轮将会阻止鸟类在风电场范围内飞行和停留。同时，风机叶片旋转的范围在离地面 29~315.9m 之间，是鸟类飞行通过风机的高风险区域，有被风机叶片撞击的危险。Tome et al (2017) 在葡萄牙 BSJ 风电场调查发现有近 3/4 的鸟类被记录到在风叶扫过的高度飞行，说明风机与飞行的鸟类碰撞风险很高（图 4.3.6-1）。但也有相关研究成果表明，候鸟迁徙路线中的风电场年撞鸟概率约为 0.0015%~0.009%。该概率同迁徙候鸟迁徙的规模、气象条件、风电场选址关系很大（Drewitt and Langston, 2006）。大规模的候鸟迁徙也意味着候鸟与风机和输电线路相撞的概率增加；在不良气象条件下，如大雾、降雨或强逆风时，大气能见度降低，鸟类会

降低飞行高度,从而增加相撞的概率;风电场选址是最显著影响鸟类死亡的因素,风电场占据的空间范围越大,迁徙鸟类撞击的概率也越大。而风电场内部风机的排布也可能对鸟类飞行产生影响。同时有研究发现鸟类在飞近风电场区域时,能够成功改变迁徙路线以避免塔柱和旋转的叶片,并且白天比夜晚更能精确地改变飞行方向。雷达对丹麦 Nysted 海上风电场鸟类迁徙监测说明,白天鸟类在 3000m 外,夜间鸟类在 1000m 外绕开风力发电场飞行,改变飞行方向 (Desholm and Kahlert, 2005)。

根据本项目的鸟类现状调查,本风电场可能发生碰撞效应的受影响对象主要是夜行性、飞行高度在 20-300m 之间的种类,晨昏活动期间概率较高,迁徙期 (3-5 月、9-10 月) 在不良天气期间最易发生碰撞事故。

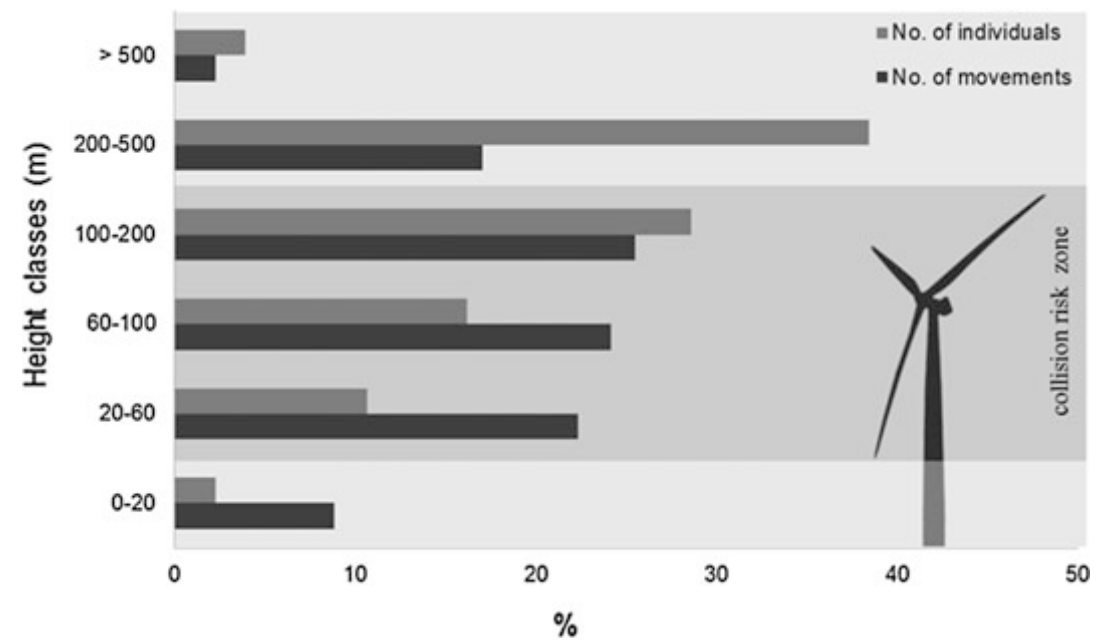


图 4.3.6-1 葡萄牙 BSJ 风电场鸟类飞行活动高度比例统计 (2010-2014 年)

④电磁辐射

研究结果表明,风机基群所产生的电磁环境影响效应不明显。在假设的理想条件即电缆金属护套完全接地情况下,电场将严格限制在每个电缆金属护套内部。由于磁场在海域介质中的衰减特性,66kV 的集群海底电缆在离机群中心距离 1m 外,磁感应强度已降在 1 μ T 以下。据该项目实验室模拟实验,对该海域中典型的海洋鱼类和底栖生物等海洋生物的影响不明显,也不会对以海洋生物为食的鸟类产生影响。

(2) 对鸟类的间接影响

风电场因占用一定场地，对鸟类栖息地及其生态环境造成多方面的影响，会间接影响在此区域栖息的鸟类种群数量。

①栖息地损失和破碎化

风电机直接占风电场的面积很小，大约 2%~5%，但风机可能会让候鸟不敢在附近海域降落生活，影响生活在当地和附近的海鸟繁殖、筑巢和觅食，导致这些海鸟不得不离开栖息地。丹麦的 Horns Rev 风力发电场建于沿海，对迁徙鸟类的行为观察发现，鸟类对风电场有避让行为（Noer et al, 2000），因此，如果场址选择在鸟类适宜栖息地内，将可能使鸟类失去整个风电场大的栖息地，这一点在近海湿地、内地草原修建的风电场十分突出。丹麦 Nysted 风力发电场建在沿海湿地，通过雷达监测鸟类的行为，风电场修建后，白天活动的雁鸭类进入风电场内原来适宜栖息地的次数显著减少（Drewitt and Langston, 2006）。原来的栖息地不能再利用，这些鸟类完全丧失了这块栖息地，这一过程也是鸟类栖息地破碎化的过程。由于沿海湿地和岛屿位于候鸟迁徙通道上，风电建设会对候鸟迁徙形成一定阻隔，从而缩窄候鸟飞行通道，如 Plonczkier & Simms（2012）通过四年雷达监测发现雁群逐渐避开离岸风力发电机组所在海域（图 4.3.6-2）。Krijgsveld 等（2011）在对鸟类穿过风电场飞行路线研究中也发现，在风电场建成后该区域鸟类的通量较之于风电场建设之前明显下降。

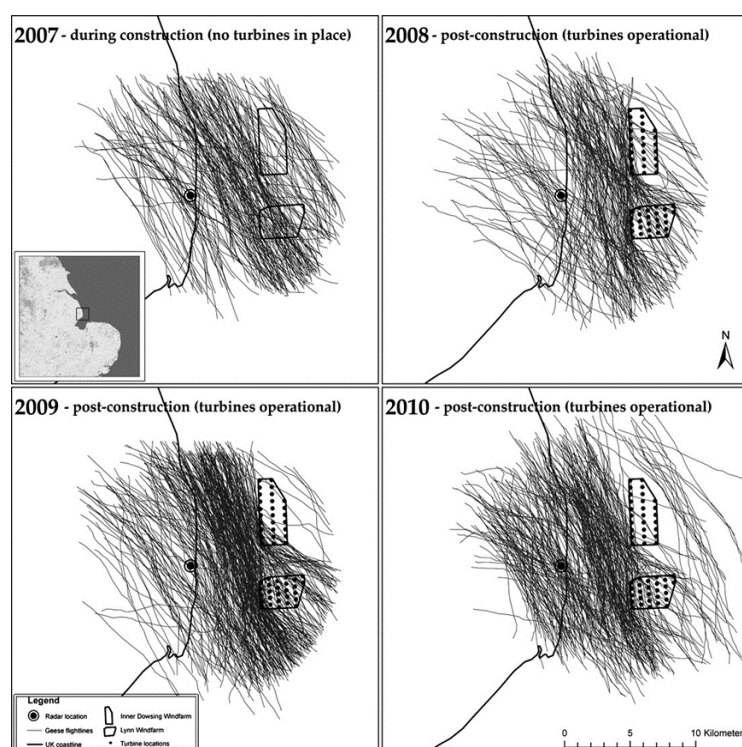


图 4.3.6-2 雷达监测雁群对风机组的回避情况（引自 Plonczkier & Simms 2012）

②生境质量下降

风电场建立在适宜栖息地处导致栖息地破碎化，更导致栖息地质量下降，风机的桩基和叶片的转动噪音将严重影响海洋生物的活动规律和分布，从而降低了以海洋生物为食的鸟类的栖息地质量。虽然鸟类可能对风电场习惯化，但是由于食物匮乏它们也可能永远放弃这些栖息地。风机叶片的旋转干扰，迫使鸟类避开原有之飞行路径，使得风机的排列很有可能产生栖息地切割的效应（Drewitt and Langston, 2006）。

综上所述，风电场对鸟类的影响是多方面的，各方面的作用是相互的，既有协同性的（如建设用地既造成栖息地损失，也引起食物资源的减少），也会互相抵消（如干扰会导致鸟类远离栖息地，但也减轻了碰撞风机的机会）。

4.3.7 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 4.3.7-1。

表 4.3.7-1 海上风电用海项目生态跟踪监测具体要求一览表

	海洋生态	海水水质	沉积物质量	海洋生物质量	地形地貌与冲淤	电磁环境	水下噪声
监测 站位	12 个	不少于 20 个	不少于 10 个	不少于 3 个	—	不少于 9 个	不少于 9 个
监测 频次	每年代表性 一季	每年代表性 一季	每年代表性一 季	每年代表性 一季	—	每年代表 性一季	每年代表性 一季
监测 内容	鸟类、叶绿 素 a、浮游 植物、浮游 动物（含鱼 卵仔鱼）、底 栖生物	水深、水温、 盐度、pH、 悬 浮 物 、 COD 、 BOD ₅ 、DO、 无机氮、活 性磷酸盐、 石油类、总 汞、铜、铅、 锌、铬、镉、 砷、硒、镍、 挥发性酚、 硅酸盐	粒度、有机碳、 pH、石油类、 硫化物、铜、 铅、锌、镉、 铬、总汞、砷、 锌、铬、镉、 砷	总汞、铜、 铅、锌、铬、 镉、砷、石 油烃	以工程外扩边界 2km 的海域，测 量 比 例 按 照 1:5000； 2km-15km 的 海域，测量图比例 尺按照 1:10000	工频电 场、工频 磁场	噪声频带有 效声压级、 噪声声压谱 级

(1) 浮游生物及初级生产力

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

（2）底栖生物

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

（3）地形地貌与冲淤

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。整体冲淤情况来看，桩基局部为冲刷，冲刷出来的泥沙落淤到桩基上下游，冲淤范围仅局限于风电桩基群的附近海区，桩基的最大可能冲刷深度和冲刷直径分别为 7.6m 和 27.2m，风电场工程后最大淤积幅度为 0.15m/a，风电场外冲淤基本不受本工程的影响。

（4）电磁环境

项目施工期间对电磁环境基本无影响，工频电场、工频磁场与本底值相近。

项目运营期的电场强度及最大磁感应强度应满足《电磁环境控制限制》（GB 8702-2014）中 4kV/m 和 0.1mT 的限值要求。

（5）水下噪声

结合本风电场区内海底地貌形态简单，水下地形较平坦，本项目导管架基础打桩源强约为 220dB。

运营期总体由于风机噪声而引起的强度变化不大，基本上与海域其它点测量到的背景噪声相近。

（6）海水水质

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

项目运营期间对风机及相关设备进行维护时需用到一定数量、不同种类的润滑油、废油等，检修工作人员需按照相应要求将废油储存在专设的废油箱中，维护结束后送交有处理能力的单位进行妥善处置。因此，项目运营期间基本不会对所在海域水质环境造成影响。

（7）沉积物质量

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

本工程运营期风机基础采用物理防护与电化学保护的联合保护方式，同时考虑预留腐蚀裕量，对沉积物环境不会产生不利影响。沉积物质量应与本底值相近。

（8）海洋生物质量

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

项目跟踪监测指标在施工期和运营期的合理变化范围详见下表，合理变化范围根据本报告引用的春秋季现状调查数据确定。

表 4.3.7-2 海上风电项目生态跟踪监测指标合理范围表

监测内容	监测指标		单个站位合理变化范围	
			建设期	运营期
海洋生态	叶绿素a (mg/m ³)	表层	<4.31	0.31~4.31
		10m水层	<3.96	0.26~3.96
		50m水层	<0.61	0.47~0.61
		底层	<2.83	0.20~2.83
		初级生产力含量 mg·C/ (m ² ·d)	<2620.266	213.642~2620.266
	浮游植物细胞 密度	×10 ³ ind/m ³	<13803.664	24.036~13803.664
	浮游植物种数		<68	47~68

	浮游动物个体密度	ind/m ³	<5884.312	839.053~5884.312
	浮游动物生物量	mg/m ³	<1142.76	63.18~1142.76
	浮游动物种数		<42	13~42
	底栖生物生物量	g/m ²	<190.525	<190.525
	底栖生物栖息密度	ind/m ²	<80.000	<80.000
地形地貌与冲淤		水深	45~49m	淤积<0.15m/a 冲刷<27.2m
电磁环境	工频电场	V/m	0.07~0.27	<4000
	工频磁场	μT	0.0067~0.0126	<100
水下噪声	噪声频带有效声压级	dB	<220	85-128
	噪声声压谱级	dB (20Hz-20kHz 频率范围内)	>48	48-120
海水水质	水温	°C	20.1~25.3	20.1~25.3
	盐度		32.624~33.989	32.624~33.989
	pH		8.04~8.18	8.04~8.18
	悬浮物	mg/L	>14.9	6.8~14.9
	COD	mg/L	0.16~1.88	0.16~1.88
	BOD ₅	mg/L	0.12~0.74	0.12~0.74
	DO	mg/L	<7.93	6.08~7.93
	无机氮	mg/L	0.0313~0.0811	0.0313~0.0811
	活性磷酸盐	mg/L	0.129~0.347	0.0006L~0.0047
	石油类	mg/L	0.0035L~0.0176	0.0035L~0.0176
	总汞	μg/L	0.007L~0.023	0.007L~0.023
	铜	μg/L	0.4~4.1	0.4~4.1
	铅	μg/L	0.19~0.99	0.19~0.99
	锌	mg/L	0.004~0.0189	0.004~0.0189
	铬	μg/L	0.4L~3.1	0.4L~3.1
	镉	μg/L	0.12~0.83	0.12~0.83
	砷	μg/L	0.8~3.2	0.8~3.2
	硒	mg/L	0.2L~1.1	0.2L~1.1
	镍	mg/L	0.5L~1.8	0.5L~1.8
	挥发性酚	μg/L	1.1L~1.8	1.1L~1.8
沉积物质量	粒度D ₅₀ (μm)		24.66~158	24.66~158
	有机碳	%	0.18~0.58	0.18~0.58
	pH		8.24~8.42	8.24~8.42
	石油类	×10 ⁻⁶	3.2~12.4	3.2~12.4
	硫化物	×10 ⁻⁶	0.5~16.5	0.5~16.5
	铜	×10 ⁻⁶	18.4~32.5	18.4~32.5
	铅	×10 ⁻⁶	9.5~30.6	9.5~30.6
	锌	×10 ⁻⁶	59.1~94.1	59.1~94.1
	镉	×10 ⁻⁶	0.04L~0.13	0.04L~0.13
	铬	×10 ⁻⁶	43~76.7	43~76.7
	总汞	×10 ⁻⁶	0.019~0.069	0.019~0.069
	砷	×10 ⁻⁶	3.8~13.7	3.8~13.7

海洋生物质量	铜	mg/kg	0.4L~10.7	0.4L~10.7
	铅	mg/kg	0.04L~0.12	0.04L~0.12
	锌	mg/kg	3.0~29.3	3.0~29.3
	镉	mg/kg	0.005L~0.076	0.005L~0.076
	铬	mg/kg	0.21~0.52	0.21~0.52
	总汞	mg/kg	0.008~0.25	0.008~0.25
	砷	mg/kg	0.2L~14	0.2L~14
	石油烃	mg/kg	6.8~19.6	6.8~19.6

5 海域开发利用协调分析

5.1 海域开发利用现状

5.1.1 社会经济概况

5.1.1.1 江门市社会经济概况

江门市，别称五邑、四邑，广东省辖地级市，粤港澳大湾区重要节点城市，在粤港澳大湾区中处于“承东启西”的位置，是大湾区通向粤西和大西南的枢纽门户、“珠江西岸新增长极和沿海经济带上的江海门户”。江门辖 3 个市辖区和 4 个县级市。2023 年末，全市常住人口 482.24 万人，其中城镇常住人口 331.13 万人。

由《2024 年江门经济运行简况》（江门市统计局，2025 年 2 月 26 日），根据广东省地区生产总值统一核算结果，2024 年，我市地区生产总值 4210.18 亿元，按不变价格计算，同比增长 3.4%。其中，第一产业增加值 371.70 亿元，同比增长 4.5%；第二产业增加值 1830.08 亿元，同比增长 5.7%；第三产业增加值 2008.40 亿元，同比增长 1.1%。

全市农林牧渔业总产值 682.59 亿元，同比增长 5.2%，增速较前三季度加快 0.3 个百分点，其中四季度增长 5.8%，较三季度加快 0.7 个百分点。分类别看，农业（种植业）产值 206.21 亿元、增长 6.9%，林业产值 14.32 亿元、增长 6.9%，牧业产值 137.55 亿元、增长 1.2%，渔业产值 290.97 亿元、增长 4.5%，农林牧渔专业及辅助性活动产值 33.54 亿元、增长 20.2%。

全市规模以上工业增加值同比增长 6.0%，增速较前三季度加快 0.5 个百分点，其中四季度增长 8.3%，较三季度加快 1.6 个百分点。分行业看，制造业增加值增长 6.4%，电力、热力、燃气及水生产和供应业增长 6.5%，采矿业下降 25.1%。分经济类型看，股份制企业增加值增长 5.0%，外商及港澳台投资企业增长 7.6%。分企业规模看，大型企业增加值增长 5.1%，中型企业增长 7.7%，微型企业增长 5.4%。全年全市工业用电量增长 6.4%。

全市固定资产投资同比下降 12.8%。分类别看，国有投资下降 53.2%，民间投资下降 1.6%。分产业看，第一产业投资下降 29.1%，第二产业投资增长 0.5%，

其中制造业投资增长 4.6%，第三产业投资下降 27.3%。

全市社会消费品零售总额 1363.48 亿元，同比增长 0.8%，增速较前三季度加快 0.4 个百分点，其中四季度增长 1.9%，较三季度加快 1.7 个百分点。按经营地分，城镇增长 0.6%，乡村增长 1.3%。按消费类型分，商品零售增长 0.6%，餐饮收入增长 2.3%。

全市地方一般公共预算收入 277.60 亿元，同比增长 0.2%，增速较前三季度提高 2.4 个百分点。

全市居民消费价格指数（CPI）同比上涨 0.2%，涨幅与 1-11 月持平。12 月份，CPI 下降 0.1%，降幅比 11 月收窄 0.3 个百分点。

5.1.1.2 台山市社会经济概况

台山市，广东省辖县级市，由江门市代管。位于珠江三角洲西南部，地处粤港澳大湾区和海上丝绸之路重要节点。

由《2024 年台山市经济运行情况》（台山市统计局，2025 年 2 月 26 日），根据江门市地区生产总值统一核算结果，2024 年，台山市地区生产总值 575.37 亿元，同比增长 3.7%。其中，第一产业增加值 152.32 亿元，同比增长 4.8%；第二产业增加值 191.64 亿元，同比增长 6.8%；第三产业增加值 231.41 亿元，同比增长 0.3%。

2024 年市农林牧渔业总产值 271 亿元，同比增长 5.3%。其中，农业产值 60.11 亿元，增长 4.8%；林业产值 3.57 亿元，增长 7.2%；牧业产值 37.72 亿元，增长 5.8%；渔业产值 164.62 亿元，增长 4.5%；农林牧渔专业及辅助性活动产值 4.98 亿元，增长 43.1%。

2024 年累计实现规模以上工业增加值 164.64 亿元，同比增长 8.5%。分行业看，采矿业增加值下降 45.5%；制造业增长 7.0%；电力、热力、燃气及水生产和供应业增长 11.6%。分经济类型看，股份制企业增加值增长 4.2%，外商及港澳台投资企业增长 25.9%。全市工业用电量达 26.81 亿千瓦时，同比增长 6.3%。

全市固定资产投资同比下降 23.7%。其中，国有投资下降 49.1%；民间投资增长 2.9%。分产业看，第一产业投资同比下降 0.8%；第二产业投资同比下降 18.6%；第三产业投资同比下降 30.5%。

全市社会消费品零售总额 241 亿元，同比增长 0.5%。其中，限上社零总额

39.57 亿元，同比下降 2.9%；限下社零总额 201.43 亿元，同比增长 1.2%。

全市地方一般公共预算收入 33.83 亿元，同比下降 11.9%，其中税收收入 16.76 亿元，同比下降 9.2%。

2024 年进出口总额 141.6 亿元，同比下降 4.6%。其中，出口 102.9 亿元，同比下降 0.6%；进口 38.7 亿元，同比下降 13.6%。

5.1.1.3 海洋产业发展概况

近年来，江门市海洋产业结构持续优化，基本形成了以滨海旅游业、海洋生物医药业、海洋电力、海洋渔业、海洋化工、海工装备、海洋船舶等构成的海洋产业体系。以滨海能源、海工装备、海洋船舶、纸业制造为主导的临港制造业发展良好，其中大广海湾已成为国家重大合作发展平台，银湖湾滨海新区建设加速推进，为粤港澳大湾区（珠西）高端产业集聚发展区建设奠定了坚实基础。

滨海旅游业是江门市海洋经济的重要增长极。近年来，江门市深挖侨乡海洋历史文化内涵，全力构建“海洋+侨乡”全域旅游发展格局，台山市成功创建国家级全域旅游示范区，开平碉楼文化旅游区被确立为国家 5A 级旅游景区。

江门市海产资源丰富，海水养殖业广布沿海，培育了南美白对虾、花蟹、青口等一大批名优特色水产品 and 台山鳗鱼、台山蚝、台山青蟹等地理标志产品，还建成了全国最大的鳗鱼养殖、出口基地。镇海湾一带是大湾区内最主要的鲜活水产品供应基地。

在基础设施方面，黄茅海跨海通道施工进展顺利，项目建成后将构筑起港澳地区连通珠海、直达江门、辐射粤西乃至大西南地区的主要高速通道。珠西综合交通枢纽江门站已建成运营；深中通道中开高速江门段实现通车；深茂铁路深江段、珠江肇高铁江肇段、银洲湖高速等重大交通项目正抓紧建设。在港口开发方面，位于西江黄金水道出海口的银洲湖区域已形成沿岸港口群，天马港二期已经正式开放，崖门出海航道二期已动工建设。此外，江门高新区公共码头（首期）项目已开港。该码头最终建成后将有 11 个 3000 吨级多用途泊位，成为珠三角最大规模的内河港口。在广海湾片区，已建成 1 个 10 万吨级码头和 2 个 5 万吨级码头，万吨级作业区码头正在建设中。

“十四五”期间，江门市将从全域旅游和全产业链旅游理念出发，加强海陆旅游资源的融合，打造陆海相接的精品旅游线路，并以生态化、休闲和健康为导

向，打造粤港澳大湾区高端滨海旅游目的地和国际海岛旅游集聚区。

5.1.1.4 海上风电行业发展现状

江门川岛海域是江门市当前海上风电开发的核心区域，规划总装机容量达800MW。其中，中广核江门川岛一海上风电场项目（本项目）、国能江门川岛二海上风电场项目规划装机容量分别为400MW，目前均已取得用海预审意见，未开工建设。

5.1.2 海域使用现状

经过管理部门调访、海域使用动态监管系统查询，本项目风电场所在及周边海域开发利用活动主要为海上风电项目、习惯航路。项目所在海域开发利用现状详见表5.1.2-1和图5.1.2-1。本项目调整前后场址不变，与周边开发利用活动相对位置基本不变。本项目不占用岸线。

表 5.1.2-1 项目所在海域开发利用现状表

序号	名称	与本项目相对位置和最 近距离
海上风电项目		
1	国能江门川岛二海上风电项目（拟申请）	北侧，紧邻
2	江门川岛一、川岛二海上风电集中送出工程项目（拟申请）	本项目集电海缆接入其 海上升压站
3	中广核阳江帆石一海上风电场项目（拟调整）	西北侧，约 1.0km
4	中广核阳江帆石二海上风电场项目（拟调整）	西侧，约 0.2km
5	华能阳江三山岛一海上风电场项目（拟申请）	西南侧，约 14.8km
6	华能阳江三山岛二海上风电场项目（拟申请）	西北侧，约 24.4km
7	国家电投阳江三山岛三海上风电场项目（拟申请）	西南侧，约 14.8km
8	华润阳江三山岛四海上风电场项目（拟申请）	西南侧，约 24.9km
9	中广核阳江三山岛五海上风电场项目（拟调整）	西南侧，约 14.6km
10	华电阳江三山岛六海上风电场项目（拟调整）	西南侧，约 27.1km
11	阳江三山岛海上风电柔直输电工程（海上工程）（拟调整）	西侧，约 14.0km
12	阳江三山岛五、六海上风电场集中送出工程项目（拟调整）	西侧，约 14.1km
航路		
13	粤西沿海江门上川岛南至琼州海峡北水道	西北侧，约 8.1km
14	广东沿海外航路	东南侧，约 18.7km
15	广东沿海内航路	西北侧，约 24.0km

2) 江门川岛一、川岛二海上风电集中送出工程项目（拟申请）

江门川岛一、川岛二海上风电集中送出工程项目建设单位为国能（江门）风能开发有限公司，该项目建设 1 座海上升压站、1 座海上无功补偿站和 2 回 500kV 海底电缆，500kV 送出海缆由海上升压站出发经海上无功补偿站至台山市赤溪镇登陆。目前已取得用海预审意见。

3) 中广核阳江帆石一海上风电场项目（拟调整）

中广核阳江帆石一海上风电场项目建设单位为中广核新能源（阳江阳东）有限公司，规划总装机容量为 1000MW，场址内拟布设 22 台 13.6MW 和 51 台 14MW 的固定式风电机组，建设一座 500kV 升压站，同时在南鹏岛项目场址范围内布置一座补偿站，风电机组发出电能通过 16 回 66kV 集电海底电缆接入海上升压站，升压后通过 2 回 500kV 海底电缆经补偿站后输送到陆上集控中心。目前正在申请用海调整。

4) 中广核阳江帆石二海上风电场项目（拟调整）

中广核阳江帆石二海上风电场项目（拟调整）建设单位为中广核新能源（阳江阳东）有限公司，规划装机容量为 1000MW，拟建设 25 台 16.2MW 和 33 台 18MW 的风电机组，建设一座 500kV 升压站，海上升压站设置在场址偏北位置，风电机组发出电能通过 14 回 66kV 集电海底电缆接入海上升压站，升压后通过 2 回 500kV 海底电缆经本项目海上补偿站后输送到陆上集控中心。目前正在申请用海调整。

5) 华能阳江三山岛一海上风电场项目（拟申请）

华能阳江三山岛一海上风电场项目（拟申请）建设单位为华能（阳江）清洁能源有限责任公司，规划装机容量为 500MW，拟布设 39 台 13MW 的风电机组，风电机组发出电能通过 8 回 66kV 集电海底电缆接入海上换流站，升压后送出海底电缆输送到陆上集控中心。目前正在办理用海手续。

6) 华能阳江三山岛二海上风电场项目（拟申请）

华能阳江三山岛二海上风电场项目（拟申请）规划装机容量为 500MW，拟布设 36 台 14MW 的风电机组，风电机组发出电能通过 6 回 66kV 集电海底电缆接入海上换流站，升压后送出海底电缆输送到陆上集控中心。目前正在办理用海手续。

7) 国电投阳江三山岛三海上风电场项目（拟申请）

国电投阳江三山岛三海上风电场项目（拟申请）规划装机容量为 500MW，拟由国家电力投资集团有限公司主导开发，收集电能由共用海上换流站升压后送出海底电缆输送到陆上集控中心。目前正在办理用海手续。

8) 华润阳江三山岛四海上风电场项目（拟申请）

华润阳江三山岛四海上风电场项目（拟申请）规划装机容量为 500MW，共建设 36 台风电机组（单机容量 14MW），风电机组发出电能通过 8 回 66kV 集电海底电缆接入海上换流站，升压后再通过 500kV 海底电缆接入陆上集控中心。目前正在办理用海手续。

9) 中广核阳江三山岛五海上风电场项目（拟调整）

中广核阳江三山岛五海上风电场项目（拟调整）总规划装机容量为 500MW，拟布设 12 台 16.2MW 的风机和 17 台 18MW 的风机，29 台风机通过 8 回 66kV 的集电海缆汇集至海上升压站。拟与三山岛六共同建设 1 座 1000MW 海上升压站和 2 回送出海缆以及 1 座陆上集控中心。目前正在申请用海调整。

10) 华电阳江三山岛六海上风电场项目（拟调整）

华电阳江三山岛六海上风电场项目（拟调整）规划装机容量为 500MW，拟布设 31 台 16.2MW 的风电机组，风电机组发出电能通过 8 回 66kV 集电海底电缆接入海上升压站。拟与三山岛五共同建设 1 座 1000MW 海上升压站和 2 回送出海缆以及 1 座陆上集控中心。目前正在申请用海调整。

11) 阳江三山岛海上风电柔直输电工程（海上工程）（拟调整）

阳江三山岛海上风电柔直输电工程（海上工程）（拟调整）建设单位为广东电网有限责任公司阳江供电局，拟建设 1 座海上换流站和 1 回（2 根）500kV 海底电缆，为三山岛一、三山岛二、三山岛三、三山岛四的配套输电工程。目前正在申请用海调整。

12) 阳江三山岛五、六海上风电场集中送出工程项目（拟调整）

阳江三山岛五、六海上风电场集中送出工程项目（拟调整）申请用海单位为中广核新能源（阳江）有限公司，拟建设 1 座海上升压站、1 座海上补偿站和 2 回 500kV 送出海底电缆，为三山岛五、三山岛六的配套输电工程。目前正在申请用海调整。

(2) 航路

本项目周边分布有位于项目西北侧约 8.1km 的粤西沿海江门上川岛南至琼州海峡北水道、东南侧约 18.7km 的广东沿海外航路、西北侧约 24.0km 的广东沿海内航路。

粤西沿海江门上川岛南至琼州海峡北水道为广东沿海内航路粤西支线，航路宽度 3 海里，长 121.7 海里。

广东沿海内航路为干线航路，中国沿海内航路广东沿海段，东接福建沿海中航路，西接湛江港进港航道，航路宽度为 3~4 海里，总长 396.3 海里。

广东沿海外航路为干线航路，中国沿海外航路广东沿海段，东接福建沿海外航路，西接琼州海峡中水道，航路宽度为 6~8 海里，总长 438.2 海里。

5.1.3 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，本项目周边已确权的项目为中广核阳江帆石一海上风电场项目、中广核阳江帆石二海上风电场项目，与本项目最近距离约 0.2km。

本项目申请用海范围与周边其他用海活动均无权属重叠。项目所在海域权属现状见表 5.1.3-1 和图 5.1.3-1。

表 5.1.3-1 项目周边权属一览表（不公开）

图 5.1.3-1 项目周边权属现状图（不公开）

5.2 项目用海对海域开发活动的影响

根据 5.1.2 节开发利用现状的分析，本项目风电场所在及周边海域开发利用活动主要为海上风电项目、航路，项目调整后 $>10\text{mg/L}$ 悬沙增量包络线（底层）与周边开发利用活动叠置图见图 5.2-1。

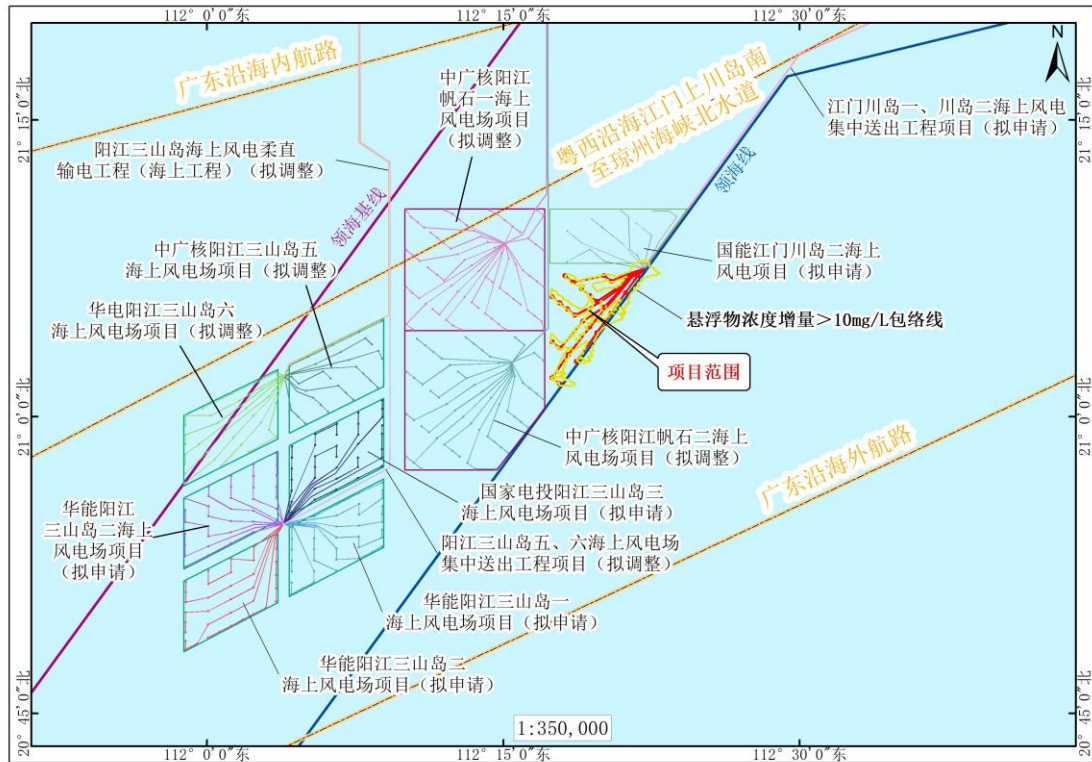


图 5.2-1 >10mg/L 悬沙增量包络线（底层）与周边开发利用活动叠置图

结合项目建设和运营情况，项目用海对海域开发活动影响分析如下：

5.2.1 对航路的影响分析

本项目风电场距离粤西沿海江门上川岛南至琼州海峡北水道、广东沿海外航路、广东沿海内航路较远（8km 以上），根据项目建设对所在海域地形地貌与冲淤环境影响预测分析，项目建设对海域冲淤影响主要出现在风机桩基附近，对一定距离外的航路所在海域冲淤环境基本无影响。

项目施工期将投入一定数量的施工船舶，会增大周边海域通航密度，且项目建设风电场场址占用海域面积大，以下对项目建设对航路的通航影响进行分析：

（1）施工期间影响分析

项目施工过程中，施工船舶较多，对周边航路可能产生以下影响：

- 1) 工程施工期间，施工作业船舶和施工作业机具将占用一定的通航水域，对于通过该水域航路船舶的正常航行有一定的影响；
- 2) 施工船舶频繁进出该水域客观上增加了船舶交通流量和密度，船舶在该水域中会遇局面增多并变得复杂；
- 3) 施工作业期间，若发生施工船舶火灾、爆炸、沉船、主机、舵机故障、

船舶失控漂航等事故，对施工水域附近航路的船舶航行安全会有很大的影响。

4) 另外，来往船只如果抛锚不准和航线运行不准，也可能对电缆或者风机基础造成破坏。

项目所在海域原本是航行条件优良的可通航海域，附近海域有一定的商船交通流量，渔船也多，因此，总体上看，项目施工期间对周边航路过往船舶的正常航行的影响是客观存在的，但考虑到项目所在海域有足够的空间供过往船舶操纵避让，通过严密、科学的施工组织和合理的生产调度，把工程安全、施工安全和通航安全放在首位，做好施工和运营作业的安全管理工作，施工船运用良好船艺，谨慎驾驶的驾驶员，可以最大限度地减少施工期对周边航路通航环境和船舶通航的影响。

(2) 运营期间影响分析

本项目风电场选址处在深水区，避开了沿岸小型船舶交通流的密集区，有足够空间供过往船舶航行，对周边航路影响较小。

5.2.2 对海上风电项目的影响分析

本项目集电海缆接入江门川岛一、川岛二海上风电集中送出工程项目（拟申请）的海上升压站，场址周边分布有与项目紧邻的国能江门川岛二海上风电项目（拟申请）、位于项目西侧约 0.2km 的中广核阳江帆石二海上风电场项目（拟调整）和西北侧约 1.0km 的中广核阳江帆石一海上风电场项目（拟调整），其余风电场项目均位于本项目 14km 以外。

本项目与国能江门川岛二海上风电项目（拟申请）共用海上升压站，集电海缆接入江门川岛一、川岛二海上风电集中送出工程项目（拟申请）的海上升压站，项目建设期间需相互沟通协调，做好集电海缆接入共用海上升压站的协调工作，确保项目顺利实施。

本项目对周边风电场的影响主要是施工期间的影响。由于各风电场项目场址处于同一片海域，施工周期长，难免存在同时施工、相互影响的可能。若多个风电场同时施工，施工船只频繁出入，必将会加大附近的通航密度，造成一定的通航安全风险。建设单位应该建立安全有效的联系机制，施工前应和海事局进行充分沟通协调，做好船舶的进出安排，确保船舶的通航安全。另外，如果本项目建设晚于上述项目，后期施工船只航行的区域可能有其他风电场已建好的海底电缆

设施和构筑物，若操作不慎或意外事故有可能破坏海底电缆。但由于海缆敷设在过航道段会加大埋深，并采取一定的保护措施降低船只航行、抛锚对海底电缆的损坏；风电场建成后会在适当位置设置相应的航标灯及警示标志，并将海底电缆具体位置、走向、埋深以及风电场位置海域范围等报请海事局等部门及时更新航海图书资料，申请发布航行通（警）告，其他船只只会采取相应的避让措施；加上项目建设海域宽阔，本项目施工船只通航时有较大空间进行避让。因此，本项目施工破坏其他海上风电场项目的构筑物和海缆的可能性不大。

本项目与周边海上风电场项目场址间均有一定距离，且由同一设计单位进行设计，机位布置时已考虑与周边风电项目机位间的相互影响，将彼此之间的尾流影响降至最低，因此项目运营期间对周边风电项目基本无影响。

5.2.3 对渔业生产活动的影响分析

根据水质影响预测结果分析，本项目施工过程悬沙扩散范围主要集中在风电场附近海域，对周边渔业生产活动会造成一定影响。项目所在海域渔业生产活动较少，但仍可能存在捕捞渔船，风电场建设过程中，施工船只作业会增加附近海域的通航密度，风电场建设完成后，将禁止任何船舶进入风电场场区，出海渔船必须避开风电场场区，因此风电场的建设对渔船通航、作业都会造成一定的影响。但风电场外围水域对渔船而言，可航水域开阔，满足其通航安全要求。

项目施工期产生的悬浮泥沙、桩基和海缆占用生境等，会对渔业资源造成一定的损失，项目施工尽可能的避开渔业敏感季节（如产卵期）；项目运营期风电场场址和海缆保护范围内禁止渔业底拖捕捞、张网、养殖作业等，也会造成在该海域从事渔业捕捞生产的渔民的捕捞空间减少。

5.3 利益相关者界定

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

根据本报告 5.2 节项目建设对周边开发活动的影响分析，界定本项目利益相关者为

项目调整前后利益相关者不变，详见表 5.3-1 及图 5.3-1。

表 5.3-1 利益相关者一览表（不公开）

图 5.3-1 利益相关者分布图（不公开）

5.4 需协调部门界定

项目建设过程中，施工船只作业会增加附近海域的通航密度，对所在海域通航环境造成一定的影响。

项目施工期产生的悬浮泥沙、桩基和海缆占用生境等，会对渔业资源造成一定的损失；项目运营期海缆保护范围内禁止渔业底拖捕捞、张网、养殖作业等，也会造成在该海域从事渔业捕捞生产的渔民的捕捞空间减少。

综上，界定本项目需协调部门为江门市农业农村局和江门海事局，项目调整前后需协调部门一致，详见表 5.4-1。

表 5.4-1 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
1	通航	江门海事局	施工船舶进出作业增大海域通航密度
2	渔业生产活动	江门市农业农村局	悬沙扩散、占用生境、捕捞空间

5.5 相关利益协调分析

5.5.1 与周边风电业主的协调分析

（不公开）

5.5.2 与江门海事局的协调分析

项目建设过程中将会有较多的施工船舶参与，工程海域的船舶流量会有所增加，对周边航行的过往船舶影响较大；项目的建设也改变了原有的海域条件，必须采取相应的安全措施保障附近海域的船舶通航安全。

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

5.5.3 与江门市农业农村局的协调分析

为提醒渔船注意，避免渔船进入项目施工区域，建设单位应在施工区域外围设置航标灯，引导过往船舶航行，避免渔船误入施工区域，在近海面塔桶上采用红色灯警示色，避免渔船碰撞引发事故。此外，风电场的海缆工程应重视埋深和保护工作。

本项目的建设将造成海洋生物资源损失，本项目建设单位应采取措施，实施生态保护修复，开展增殖放流的生态保护修复措施，建设单位应与江门市农业农村局充分沟通协调，明确实施地点、实施计划等，在江门市农业农村局的协调下有序开展。

表 5.5-1 利益协调情况一览表（不公开）

5.6 项目用海与国防安全和国家海洋权益的协调性分析

5.6.1 与国防安全和军事活动的协调性分析

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

5.6.2 与国家海洋权益的协调性分析

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

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

6 国土空间规划符合性分析

6.1 与国土空间规划符合性分析

6.1.1 所在海域国土空间规划分区基本情况

6.1.1.1 《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》

《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》（以下简称《省国空规划》）明确国土空间开发保护目标：积极推进国土空间保护、开发、利用和修复，到 2035 年，全面建成安全、繁荣、和谐、美丽的高品质国土。更可持续、更具韧性的安全国土——国土生态安全格局全面夯实，耕地质量提升和布局优化，综合防灾减灾和应急体系全面建成，粮食安全、**能源安全**、水安全、军事安全保障更加有力，应对气候变化和抵御自然灾害的能力显著增强，形成全天候、系统性、现代化的国土安全保障体系。更加集约、高效、开放的繁荣国土——自然资源利用效率和水平显著提升，集约、紧凑、高效的城镇化空间格局全面形成，高质量的现代化产业空间得到充分保障，**海洋资源开发能力持续增强，陆海统筹、内外联动的开放型国土开发格局更加优化**，国际竞争力显著增强，高质量发展成为全国典范。

《省国空规划》以“三区三线”为基础构建国土空间开发保护总体格局。立足资源环境承载能力，发挥各地区比较优势，统筹划定落实“三区三线”，深入实施主体功能区战略，优化资源要素配置与生产力空间布局，加快形成开发与保护相协调的国土空间开发保护新格局，有力支撑“一核一带一区”区域发展格局。

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

粤东和粤西地区建设海洋高技术成果高效转化基地和产业基地，打造海洋产业高质量发展典范。

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

本项目位于沿海经济带，该区域根据重要产业集群布局规划为新能源重要产业集群。通过将本项目与海洋空间功能布局图叠加分析，本项目拟建风电场位于海洋开发利用空间（图 6.1.1-1）。

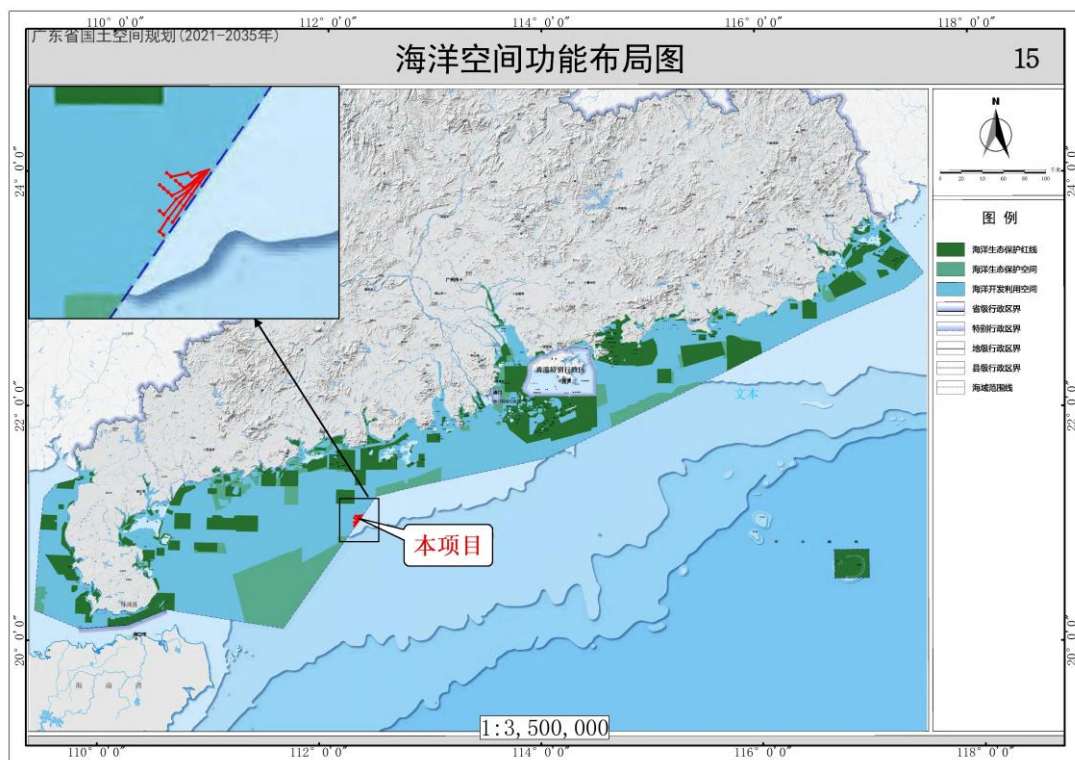


图 6.1.1-1 海洋空间功能布局图

6.1.1.2 《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》

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

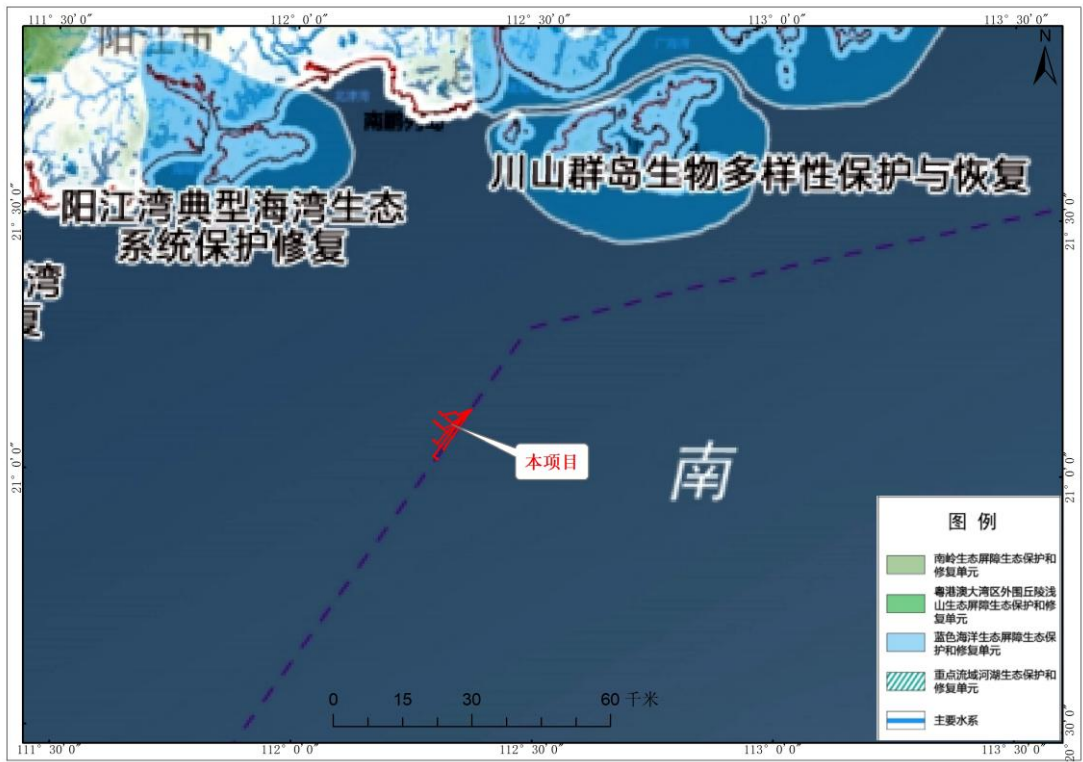
基于“三屏五江多廊道”生态安全格局，围绕生态、农业、城镇三大空间，聚焦重点单元，总体布局国土空间生态修复任务，形成安全健康、美丽的高品质国土空间。其中，生态空间——系统保护修复“三屏”“五江”等重点生态功能区，重点推进森林保育、水源涵养、水土保持生物多样性保护、沿海地区海岸带保护等。“三屏”：即加强对以南岭山地为核心的南岭生态屏障、以丘陵山地、森林为主体的粤港澳大湾区外围丘陵浅山生态屏障和以沿海防护林、滨海湿地、海湾、海岛等要素为主体的蓝色海洋生态屏障的系统性保护修复。

保障“一核一带一区”区域发展格局。一核——生态融核，打造人与自然和

谐共生的国际一流湾区。一带——陆海统筹，构建生态经济协调发展的黄金海岸带。一区——生态活区，打造生态引领的粤北生态发展区。

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

经与规划图件叠加分析，本项目不位于生态保护和修复单元内（图 6.1.1-2）。



6.1.1.3 《江门市国土空间总体规划（2021-2035 年）》

《江门市国土空间总体规划（2021-2035 年）》（以下简称《市国空规划》）提出，发展临港先进制造。加快推进海洋交通运输装备、船舶制造、船舶拆解及修理等产业转型升级。依托银洲湖中小船舶基地，重点发展特种工程船、高端游艇

修造及关键零部件产业。积极引进半潜式钻井平台和钻井船、海上供应船、海上钢结构、风电设备、海洋环保设备制造等海洋工程平台类装备制造业，配套海洋工程装备研发制造，突破核心技术，全面提升船舶和海洋工程装备制造竞争力。推动海洋牧场与海洋工程装备制造联动发展，建立现代化海洋养殖装备生产基地。

规划提出，培育海洋新兴产业。大力发展海洋新材料产业，重点研究开发海洋金属材料、高分子材料、无机非金属材料 and 复合材料。积极发展海洋基因技术、生物工程技术、药物与保健品等海洋高新技术产业，支持海洋创新药物、海洋生物基因资源开发，规划建设研发、中试、产业化一体化的海洋生物医药高新技术园区。做强滨海新能源产业，依托深水港口，引入大型天然气企业综合利用产业基地项目，构建 LNG 综合利用产业链。**统筹推进海上风电项目建设**，丰富大广海湾区建设能源支撑。

《市国空规划》提出，积分区管控近岸海域，划设海洋开发利用空间和海洋生态空间。规划明确，工矿通信用海——在赤溪半岛、广海湾、大襟岛西侧沿岸以及大帆石南部近海海域划出工矿通信用海区，配合海岸带临海工业和近海风电项目的规划与实施需求。

本项目用海不涉及海洋生态空间，项目位于海洋开发利用空间中的工矿通信用海区（图 6.1.1-3）。

图 6.1.1-3 项目与《江门市国土空间总体规划（2021-2035 年）》叠图（不公开）

6.1.2 对海域国土空间规划分区的影响分析

本项目规划装机容量为 400MW，拟建设 13 台 16MW 和 12 台 16.7MW 固定式风电机组，风电机组发出电能通过 6 回 66kV 集电海底电缆接入东北侧与国能江门川岛二海上风电项目合建的海上升压站，共同送出。海上升压站及送出海底电缆单独立项，不在项目申请用海范围内。

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），用海方式包括透水构筑物（风力发电机组）、海底电缆管道（66kV 集电海缆）。

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

根据海洋空间功能布局，项目风电场选址位于海洋开发利用空间。本项目施工产生的悬浮物扩散会对周边海域水质产生一定影响，根据悬浮泥沙扩散预测结果，海底电缆施工产生的悬沙增量大于 10mg/L 的底层包络线面积为 26.988km²。但这一影响是暂时的，可逆的，随着施工的结束，悬浮物浓度会在数小时内迅速衰减，在施工结束后影响随之消失。施工期及运营期生活污水、含油污水及固体废弃物均统一收集处理，不排海。本工程运营期运维会产生少量生活污水、生活垃圾等，由运维船舶收集后送交有资质单位进行妥善处置，不会对所在国土空间海域水质环境造成影响。

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

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

项目建设范围不涉及《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》中划定的广东省重要生态系统生态保护和修复布局范围。项目位于开阔海域，风电场场址水深在 45m~49m 之间，距离陆地最近距离约 65km。根据悬浮泥沙扩散预测结果，海底电缆施工产生的悬沙增量大于 10mg/L 的底层包络线面积为 26.988km²。项目施工对工程海域水质带来的影响是局部的、短期的和可逆的，影响很小，一旦施工结束，影响即可消除。本工程运营期运维会产生少量生活污水、生活垃圾等，由运维船舶收集后送交有资质单位进行妥善处置，不会对所在国土空间海域水质环境造成影响。

因此，项目的建设对广东省落实各项国土空间生态修复措施没有影响。

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

本项目用海不涉及海洋生态空间，项目位于海洋开发利用空间中的工矿通信

用海区。根据悬浮泥沙扩散预测结果,海底电缆施工产生的悬沙增量大于 10mg/L 的底层包络线面积为 26.988km²。本项目施工产生的悬浮物扩散会对周边海域水质产生一定影响,但这一影响是暂时的,可逆的,随着施工的结束,悬浮物浓度会在数小时内迅速衰减,在施工结束后影响随之消失。工程施工除对海底局部沉积物产生部分分选、位移、重组和松动外,并没有混入其它污染物,基本不会影响水质质量。本工程运营期运维会产生少量生活污水、生活垃圾等,由运维船舶收集后送交有资质单位进行妥善处置,不会对所在国土空间海域水质环境造成影响。

本项目建设海上风电场,项目建成后能够充分地开发利用广东省近海风能资源,减少化石资源的消耗、推动可再生资源开发利用,缓解环境保护压力,有利于促进风电装备及相关产业链的形成和发展,助力能源绿色低碳转型,增强区域电力供应,完善保障有力的供电系统。

6.1.3 项目用海与国土空间规划的符合性分析

本项目风电场场址水深在 45m~49m 之间,距离陆地最近距离约 65km,满足《广东省国土空间规划(2021-2035 年)》提出的海上风电项目应离岸距离 30 公里或水深 30 米的开发条件限制要求。

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

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

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

《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》（以下简称《省海岸带规划》）是国土空间规划体系下的专项规划，是对《广东省国土空间规划（2021-2035年）》的补充与细化，在国土空间总体规划确定的主体功能定位及规划分区基础上，统筹协调海岸带资源节约集约利用、生态保护修复、产业布局优化、人居环境品质提升等开发保护活动，有效传导至市级国土空间总体规划和海岸带专项规划，指导海岸带地区国土空间精细化管理。

本项目位于《省海岸带规划》提出的“六湾区一半岛”中的大广海湾区。规划针对大广海湾区提出，强化镇海湾—广海湾—川山群岛—银湖湾海域生物多样性保护；在镇海湾西北、镇海湾西、冲口湾岸段开展海岸植被修复与种植，在北陡岸段开展沙滩修复养护，在上川岛、大海湾等区域开展水环境治理工程和海岸线整治修复，加强对海滩的管理维护。

《省海岸带规划》明确，严守自然生态安全边界，加强人为活动管控。生态保护区内生态保护红线区域严格执行国家和省关于生态保护红线管理的相关要求。生态保护区内其他区域强化生态保育和生态建设，可开展生态保护红线允许的用海活动以及开发利用后生态功能可自然恢复的必要用海活动。

《省海岸带规划》承接《广东省国土空间规划（2021-2035年）》空间布局和沿海县主体功能定位，依据海岸带资源禀赋、生态功能、环境现状和经济社会发展需求，细化海洋生态保护区、海洋生态控制区和海洋发展区，明确海洋功能管理要求，作为用途管控依据。其中的海洋发展区是海洋开发利用活动集中分布区，总面积 44072.07 平方千米，占海域面积的 67.99%，结合资源禀赋特征、国家重大项目实施要求和地方发展实际需求，将海洋发展区进一步细分为渔业用海区、交通运输用海区、工矿通信用海区、游憩用海区、特殊用海区和海洋预留区。

经图件叠加分析，本项目风电场位于阳江-江门近海工矿通信用海区（图 6.2-1），项目与所在规划分区管控要求的符合性分析详见表 6.2-1。

工矿通信用海区的空间准入：允许盐业、固体矿产开采、油气开采、船舶工业、电力工业、海水综合利用等工业用海，电缆管道、海底隧道、海底场馆等海底工程用海。在开发利用前可兼容开放式养殖，浴场，游乐场用海；在开发利用

后，有条件兼容人工鱼礁、开放式养殖用海、游乐场用海、路桥和航道用海。**利用方式要求：**坚持节约集约用海，严格论证用海方式合理性，降低对生态系统服务功能、海岸地形的影响，构筑物等用海方式要避让海底电缆管道区域。**生态保护要求：**工业用海必须配套建设污水和生活垃圾处理设施，实现达标排放和科学处置。海上矿产、能源开发利用过程中应加强对海底地形和潮流水动力等海洋生态环境特征的监测。

本项目属于电力工业、海底电缆管道用海；项目用海不会改变海域自然属性；对海上交通安全的影响是可控的；项目建设及运营过程不会对水文动力、冲淤环境产生明显影响。项目对所在海域的影响主要存在于施工期间悬沙扩散对水质产生影响，但这一影响是暂时的，可逆的，随着施工的结束，悬浮物浓度会在数小时内迅速衰减，在施工结束后影响随之消失。在施工结束后及运营期不会对所在规划分区的基本功能造成不可逆转的改变，符合相关管控要求。

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

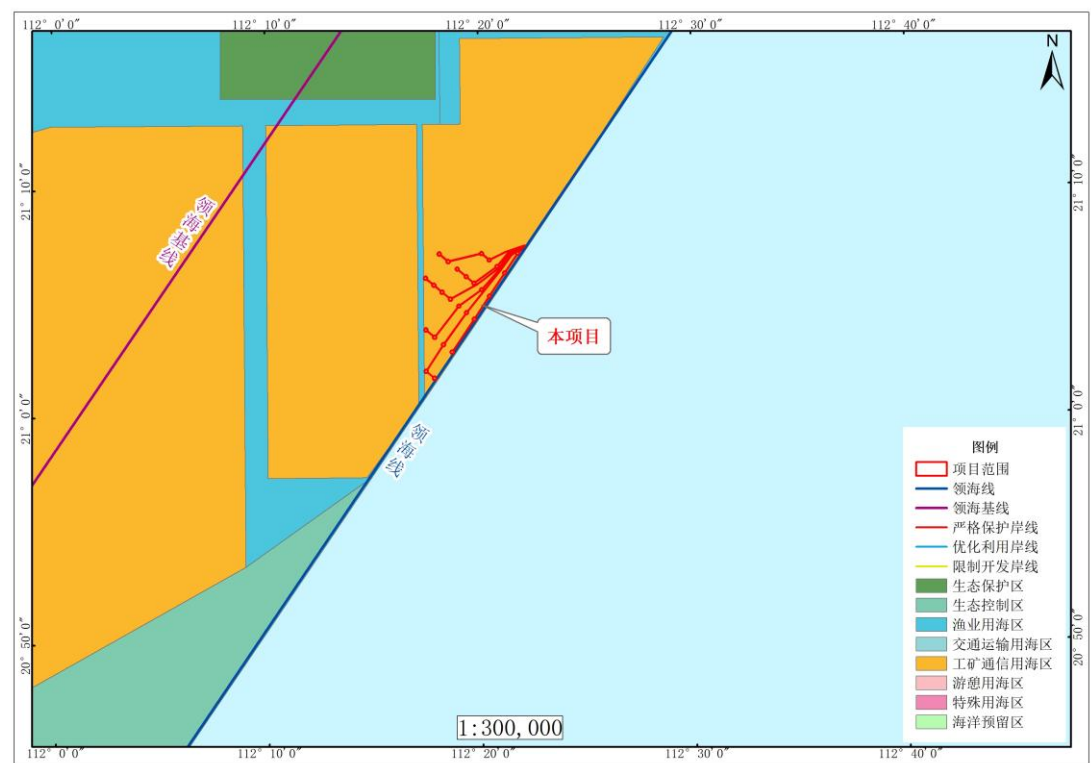


表 6.2-1 项目与所在规划分区管控要求的符合性分析一览表

规划分区名称	管控要求		影响分析	是否符合
阳江- 江门近海工矿通信用海区	空间准入	1.允许可再生能源、海底电缆管道用海； 2.可兼容人工鱼礁、开放式养殖等增养殖用海； 3.探索推进海域立体分层设权，海上风电、增养殖、海底电缆管道等用海空间可立体利用。	本项目为海上风电项目，属于可再生能源、海底电缆管道用海。	符合
	利用方式	1.严格限制改变海域自然属性； 2.不得妨碍海上交通及海底电缆管道的安全。	本项目建设透水构筑物及海底电缆管道，不会改变海域自然属性；本项目风电场距离周边航路均在 2 海里以上，对附近航路船舶的正常航行有一定的影响，通过采取优化和通过相应的安全保障等措施，其影响可控。	符合
	保护要求	海上能源开发利用过程中应加强对海底地形和潮流水动力等海洋生态环境特征的监测。	项目施工及运营期间将制定相关跟踪监测计划并执行。	符合
	其他要求	重点防范海浪灾害风险，加强海上交通、海上风电等海上作业防范。	本项目施工及运营期间将制定相关风险防范措施并执行。	符合

序号: [274]

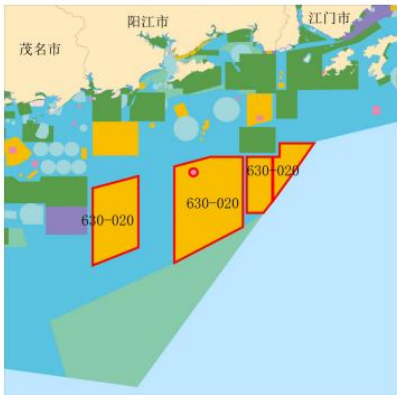
名称		阳江-江门近海工矿通信用海区		代码	630-020		功能区位置图 
分区类型		工矿通信用海区		位置	经度: 111° 56′ 39.489″ E 纬度: 21° 0′ 1.263″ N		
地理范围		阳江、江门近海海域					
空间资源现状	岸线长度 (千米)	0					功能区空间范围图 
	潮间带面积 (公顷)	0					
	海域面积 (公顷)	287903.9341					
	海岛数量 (个)	有居民海岛	0		无居民海岛	0	
开发利用现状		区内有粤电阳江青洲一期、二期, 华电青洲三, 明阳阳江青洲四, 中广核阳江帆石一等海上风电项目。					
岸线类型	严格保护岸段	位置 (岸段序号)	——		长度 (千米)	0	
	限制开发岸段		——			0	
	优化利用岸段		——			0	
有居民海岛主体功能		——					
无居民海岛 (名称)	生态保护区内	——					
	生态控制区内	——					
	海洋发展区内	——					
管控要求	空间准入	1. 允许可再生能源、海底电缆管道用海; 2. 可兼容人工鱼礁、开放式养殖等增养殖用海; 3. 探索推进海域立体分层设权, 海上风电、增养殖、海底电缆管道等用海空间可立体利用。					
	利用方式	1. 严格限制改变海域自然属性; 2. 不得妨碍海上交通及海底电缆管道的安全。					
	保护要求	海上能源开发利用过程中应加强对海底地形和潮流水动力等海洋生态环境特征的监测。					
	其他要求	重点防范海浪灾害风险, 加强海上交通、海上风电等海上作业防范。					

图 6.2-2 功能区登记表

6.3 项目用海与“三区三线”中的生态保护红线的符合性分析

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

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

通过将项目与“三区三线”成果中的生态保护红线叠加分析，本项目风电场址没有位于生态保护红线，项目周边的生态保护红线是“东平镇南珍稀濒危物种分布 II 区”，距离约 12.4km，具体位置见图 6.3-1。

根据项目建设水质环境影响预测分析，项目海缆施工导致的底层超第一、二类海水水质的海域面积为 26.988km²，根据叠图（图 6.3-2），项目施工悬沙没有扩散到周边生态保护红线区内。本工程运营期运维会产生少量生活污水、生活垃圾等，由运维船舶收集后送交有资质单位进行妥善处置。因此，项目建设对周边生态保护红线影响极小。

综上，本项目建设符合“三区三线”中的生态保护红线的管理要求。

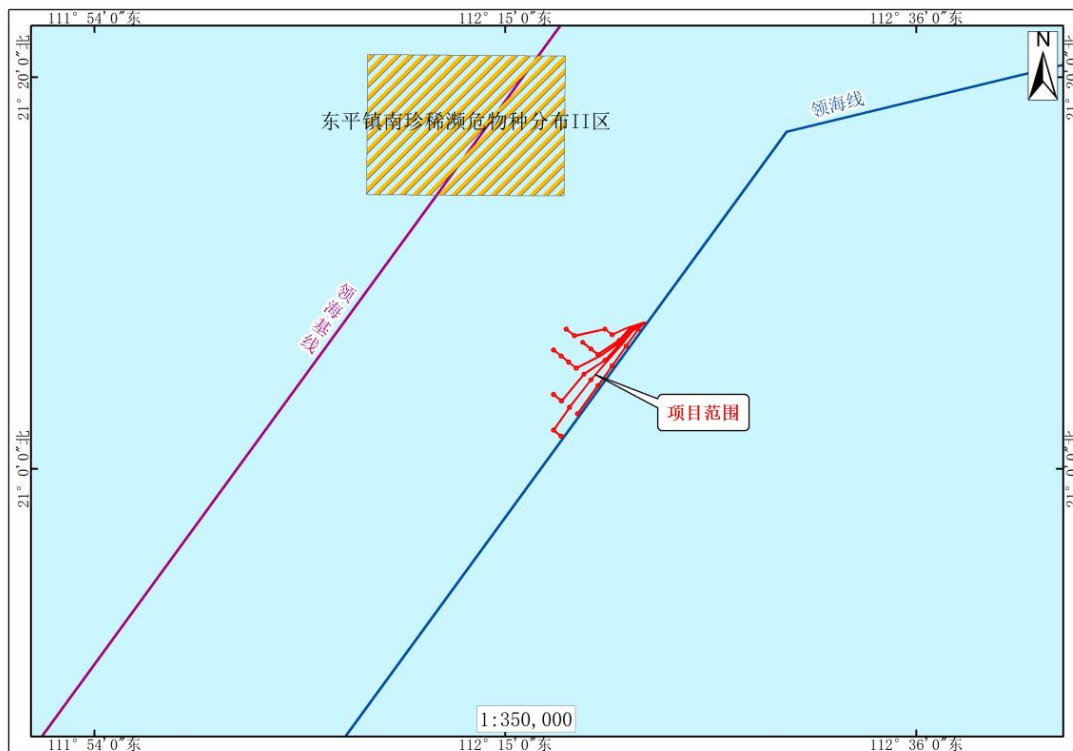


图 6.3-1 项目与海洋生态保护红线叠加示意图

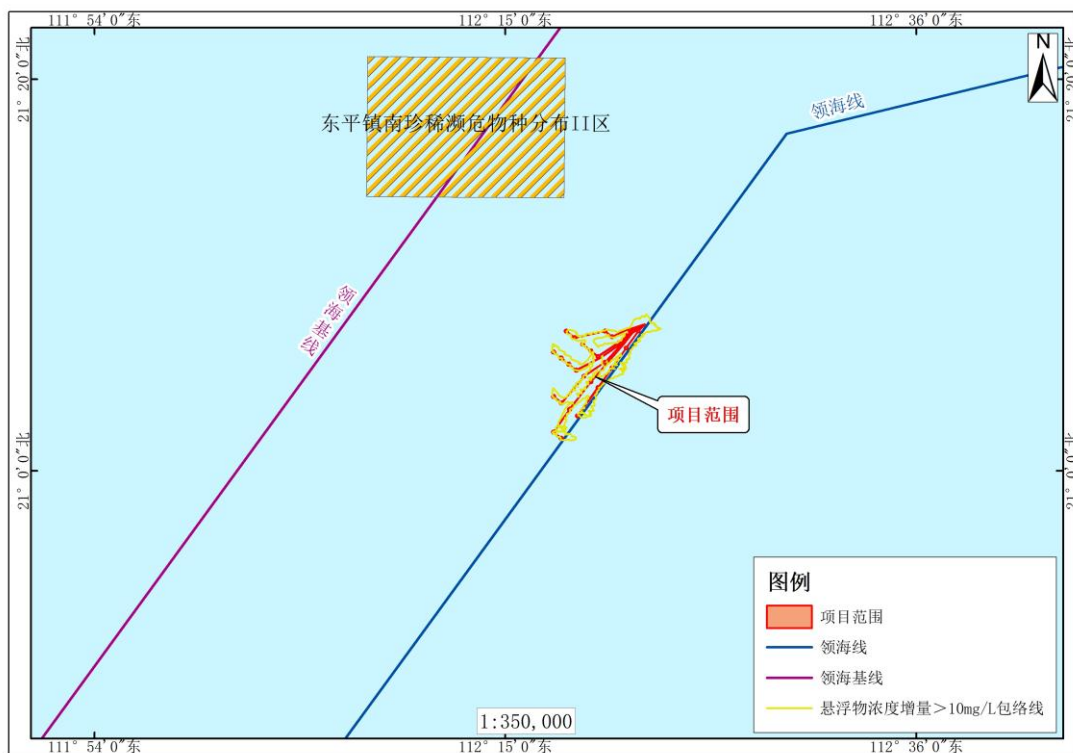


图 6.3-2 项目悬沙与海洋生态保护红线叠置图

6.4 项目用海与其他相关规划的符合性分析

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

为深入贯彻习近平总书记对广东系列重要讲话和重要指示批示精神，2021年1月26日省十三届人大四次会议审议批准《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》（以下简称《省“十四五”规划》），重点明确“十四五”时期（2021-2025年）广东经济社会发展的指导思想、基本原则、发展目标、发展要求，谋划重大战略，部署重大任务，并对2035年远景目标进行展望，是战略性、宏观性、政策性规划，是政府履行经济调节、市场监管、社会管理、公共服务和生态环境保护职能的重要依据，是未来五年广东省经济社会发展的宏伟蓝图和全省人民共同的行动纲领。

《省“十四五”规划》提出，围绕建设海洋强省目标，着力优化海洋经济布局，提升海洋产业国际竞争力，推进海洋治理体系与治理能力现代化，努力拓展蓝色发展空间，打造海洋高质量发展战略要地。坚持陆海统筹、综合开发，优化海洋+空间功能布局，提升海洋资源开发利用水平，积极拓展蓝色经济发展空间。

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

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

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

本项目对于改善广东省的电源结构，推动我国的海上风电事业的发展，促进我国深远海海上风电技术进步，开发可再生能源有着重要的意义，符合广东省可

再生能源发展战略和可持续发展方向，符合国家和地方风电规划的相关要求。

因此，项目建设符合《广东省国民经济和社会发展的第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》关于推动绿色低碳发展的规划目标。

6.4.2 与《广东省自然资源保护与开发“十四五”规划》的符合性分析

2021 年 11 月 3 日，《广东省自然资源保护与开发“十四五”规划》由广东省人民政府正式印发（以下简称《规划》），该《规划》是指导“十四五”时期全省土地、海洋、森林、矿产、湿地等自然资源保护与开发工作的指导性、纲领性文件。规划提出了 9 项重大工程，系统推进自然资源高水平保护高效率利用，全力支撑全省高质量发展。

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

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

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

广东省沿海风能资源丰富，具备海上风电规模开发的场地和效益，潜力巨大。

本项目所在的江门海域具有开发风力发电的有利条件。海上风电场的建设将有利于改善广东省的电源结构，推动我国海上风电产业的发展，并对开发可再生能源也有着重要的意义。本项目属于海上风电项目，不涉及大规模、高强度的工业和城镇建设，虽然工程施工期间对周边海域海水水质会产生一定影响，但工程施工符合周边海洋功能区的管控要求，且对其造成的悬浮物影响是暂时的，可逆的，随着施工结束，悬浮物对水质的影响也将逐渐消失，在施工结束后不会影响周边保护区、渔业区和红线区的功能。

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

6.4.3 与《广东省海洋经济发展“十四五”规划》的符合性分析

《广东省海洋经济发展“十四五”规划》要求，打造海上风电产业集群，推动海上风电项目规模化开发，基本建成已规划近海浅水区项目，推动省管海域近海深水区项目开工建设，争取粤东千万千瓦级海上风电基地纳入国家相关规划，并推动基地项目开工建设。强化省统筹工作力度，重点统筹做好项目前期工作、场址资源划分及配置、发展与安全，以及海上集中送出、登陆点和陆上送出通道、送出模式等。支持海洋资源综合利用，推动海上风电项目开发与海洋牧场、海上制氢、观光旅游、海洋综合试验场等相结合，力争到 2025 年底累计建成投产装机容量达到 1800 万千瓦。推动海上风电产业集群发展，加快建设阳江、粤东海上风电产业基地力争到 2025 年全省风电整机制造年产能达到 900 台（套）。推动技术进步和成本下降，以龙头企业为引领，重点开展低风速、大容量、抗台风、防盐雾风电机组研发制造。加快漂浮式风机基础、柔性直流送出等关键技术转化运用，进一步完善海上风电产业链。重点引进或鼓励收购新型材料、主轴承、齿轮箱、海上升压站、施工船机运维设备等产业链企业，补齐产业链供应链短板，提前谋划海上风电运维产业发展，重点在阳江、揭阳、汕尾等地布局建设海上运维基地，同时鼓励支持风电研发设计、装备制造、风电施工及运维企业加强合作，通过组建专业运维机构或委托开展社会第三方专业运维，推行运维服务专业化。

《规划》提出，海洋空间开发格局持续优化。以“一核”为引擎，以“一带”

为主战场的海洋空间开发格局基本形成。珠三角大力发展海洋高端制造业和现代服务业，与港澳在海洋运输、海工装备制造、油轮等领域的合作不断加强，成为全国海洋经济发展重要增长极。沿海经济带海上风电、海工装备、海洋生物、海洋电子信息、海洋油气化工、滨海旅游业等加快发展、集聚态势明显。

本项目能有力地开发珠三角地区的海上风电资源，有效提高风能资源的利用，有利于提高海上风电技术水平，有利于促进海上风电设备国产化、海上风机基础选型与施工技术的创新。同时，本项目对于促进区域经济社会发展有着积极意义。工程建成后，可带动地区相关产业如建材、交通、设备制造业的发展，对扩大就业和发展第三产业将起到促进作用，从而带动和促进地区国民经济的全面发展和社会进步。随着风电场的相继开发，风电将为地方开辟新的经济增长点，对拉动地方经济的发展起到积极作用。

因此，本项目的建设符合《广东省海洋经济发展“十四五”规划》关于打造海上风电产业集群、推动海上风电项目规模化开发的要求相符合。

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

《江门市国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》提出沿滨海地区谋划城市副中心。实施沿海沿江协同发展策略，依托银湖湾滨海新区，谋划建设现代化滨海城市组团，中长期逐步发展充实成为城市副中心。提升海洋资源开发利用水平，积极拓展蓝色经济发展空间。坚持项目带动、品牌引领、创新驱动、升级带动、服务保障的发展思路，紧盯高端化、绿色化、数字化的发展方向，积极谋划一批具有战略性、基础性、带动性的高能级优质招商引资项目，探索粤澳合作发展新模式，打造粤港澳大湾区产业服务平台。坚持绿色发展，统筹绿色廊道和景观建设，串联周边山体、水体，打造绿化开敞空间。

《江门市国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》要求，优化能源供给结构。大力发展清洁能源，发展太阳能发电，积极开展海上风电、氢能、天然气水合物等新能源研究，因地制宜开发利用生物质能。安全高效发展核电，推进台山核电二期工程。合理发展气电，有序建设抽水蓄能电站，大力推动储能产业发展，推动煤电清洁高效利用。拓宽天然气供应渠道，提高天

然气利用水平。完善天然气储备体系，以集中建设为主，建立健全政府储备与企业社会责任储备有机结合、互补联动的天然气储备体系，进一步提高天然气供气保障能力和储气调峰能力。

本项目属于海上风电项目，既能优化江门市的能源供给结构，又能促进广东经济低碳、可持续发展的需要，是符合国家能源发展战略和规划、优化调整我国能源结构的需要。

因此，本项目的建设符合《江门市国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》。

综上，本项目建设符合《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》《江门市国土空间总体规划（2021-2035 年）》《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》、生态保护红线的管理要求。

项目符合《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》《广东省自然资源保护与开发“十四五”规划》《广东省海洋经济发展“十四五”规划》以及《江门市国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》等各级相关规划的相关要求。

7 项目用海调整合理性分析

7.1 用海选址调整合理性分析

根据《广东发展和改革委员会关于调整全省海上风电场场址的通知（粤发改能源函〔2023〕48号）》，将《广东省海上风电发展规划（2017-2030年）（修编）》场址调整情况通知如下：“一、新增省管海域（领海线以内）海上风电场址7个、装机容量1830万千瓦，其中珠三角海域共新增场址2个，包括江门川岛场址和珠海高栏场址。江门川岛场址位于江门市大帆石海洋保护区南侧海域，场址最近端距离陆岸约47公里，最远端距离陆岸约77公里。场址面积约272平方公里，水深在36-49米之间，规划装机容量170万千瓦。”本项目为中广核江门川岛一海上风电项目，位于新增的江门川岛场址内。

风电场选址对于风电场的建设是至关重要的。风电场选址包括宏观选址和微观选址。宏观选址工作在风电场前期规划阶段进行，根据当地气象站的资料进行风资源评估，同时考虑电网、交通、地质等条件。微观选址工作主要在设计阶段进行，根据风电场风资源分布图，同时结合各项限制条件，确认每台风机的机位，以满足业主和相关部门的各项要求，使整个风电场具有较好的经济效益。

7.1.1 宏观选址

项目调整后宏观选址与原方案保持一致，位于新增的江门川岛场址内，不涉及各种保护区及重要、敏感和脆弱生态区域，与附近航路、锚地有一定的安全距离；工程风电机组、海缆方案均避开通信、电力、油气等海底管线的保护范围，宏观选址是合理的，本补充论证不再具体分析。

7.1.2 微观选址

微观选址是在宏观选址选定的小区域中确定工程位置，主要为风电场区域微观选址。随着海上风电技术的发展以及本项目招标的定标机型，项目风机调整为16MW和16.7MW风机，单机容量增大，机位总数减少，结合尾流损失、上网电量、满发小时数等指标对风机布置方案进行了调整，微观选址随之产生变化。

按照《风电场工程微观选址技术规范》（NB/T 10103-2018），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。对于主风能方向

不集中的风电场，可调整行间距、列间距。本项目调整后布置 13 台 16MW 和 12 台 16.7MW 风电机组，采用 6 列变间距布置的方案，列间距为 7.0~11.7D，行间距为 3.0~3.3D，满足上述布置要求。

根据《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》（自然资源部，2024 年 12 月 30 日），严格控制海上风电场实际占用海域面积，单位装机容量风电场面积等指标均要符合节约集约用海管控要求。本项目规划装机容量 400MW，风电场场址水深在 45m~49m 之间，距离陆地最近距离约 65km，风电场外缘边线包络海域面积 4435.0376 公顷，单位装机容量风电场面积约 11.09 公顷/兆瓦，海域利用率约 6%，投资强度约 1035.43 万元/公顷，符合“离岸 30 千米或水深大于 30 米，单位装机容量风电场面积 ≤ 15 公顷/兆瓦，海域利用率 $\geq 6\%$ ，投资强度 ≥ 800 万元/公顷”的要求。

项目调整后风机机位基本在原论证方案的包络线范围之内，项目选址所在区域的区位和社会条件能满足项目建设的要求；与自然资源和生态环境相适宜，风资源较丰富；场地稳定性和工程地质条件较好，项目选址能满足相应场地要求；项目选址符合所在国空规划分区；项目建设有利于该区域海洋经济的协调发展，对周边海域的资源环境影响较小。

因此，项目用海选址调整是合理的。

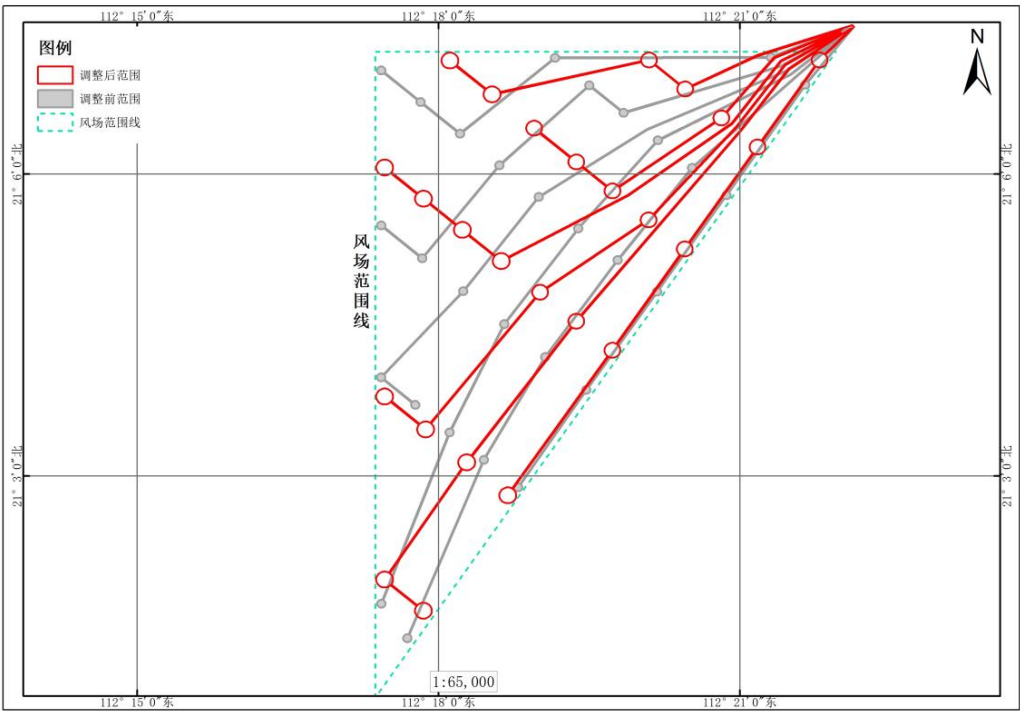


图 7.1.2-1 调整前后风电场区域微观选址对比图

7.2 用海平面布置调整合理性分析

7.2.1 平面布置调整合理性分析

7.2.1.1 布置原则

在布置风电机组时，应充分考虑风电机组之间相互的尾流影响，确定各风电机组的间距，把尾流影响控制在合理范围内。风电机组间距的变大会使风电机组间的尾流影响降低，但同时也会降低对风能资源的利用率，增加机组间电缆的长度，增大电量损耗。海上风电场风电机组应主要根据风电场区域内风能资源条件和海底地形地质条件进行布置，布置原则为：

- 1) 首先应充分考虑规划使用海域的周边环境限制条件，协调与港口、航道、油气管道等之间的关系。
- 2) 根据场区内风资源分布特点，充分利用风电场盛行风向进行布置，合理选择风电机组间距。
- 3) 布置时既要尽量避免风电机组之间的尾流影响，又要减小风电机组之间的海缆长度，以降低配套工程投资和场内输变电损耗。
- 4) 对不同的布置方案，要按整个风电场发电量最大，兼顾各单机发电量的原则进行优化。
- 5) 为了便于施工、运行维护和降低工程投资，同一风电场内的同期工程，尽量选用型号与单机容量相同的风电机组。
- 6) 现阶段风机布置主要从发电效益角度出发，充分利用风能资源，且不用海及环保冲突。
- 7) 本风电场轮毂高度处主导风向为 E，风向、风能分布相对集中。风机布置时按平行主导风向 8~18 倍叶轮直径，垂直主导风向 3~7 倍叶轮直径的范围进行试算（后排风机间距可按海域情况加大），并适当进行角度的偏转，调整个别风机点位，寻找风电场总体发电效益最优的方案。

7.2.1.2 风机布置方案

(1) 各容量机型比选机型布置方案

本工程装机容量为 400MW，根据以上风机布置原则，并综合考虑帆石一、帆石二、川岛二风机排布的影响，分别对 14.3MW 机型、16MW（16.2MW）机

型、16.7MW 机型以及 16MW 和 16.7MW 混排共 4 种方案进行布置，各布置方案见图 7.2.1-1 所示。

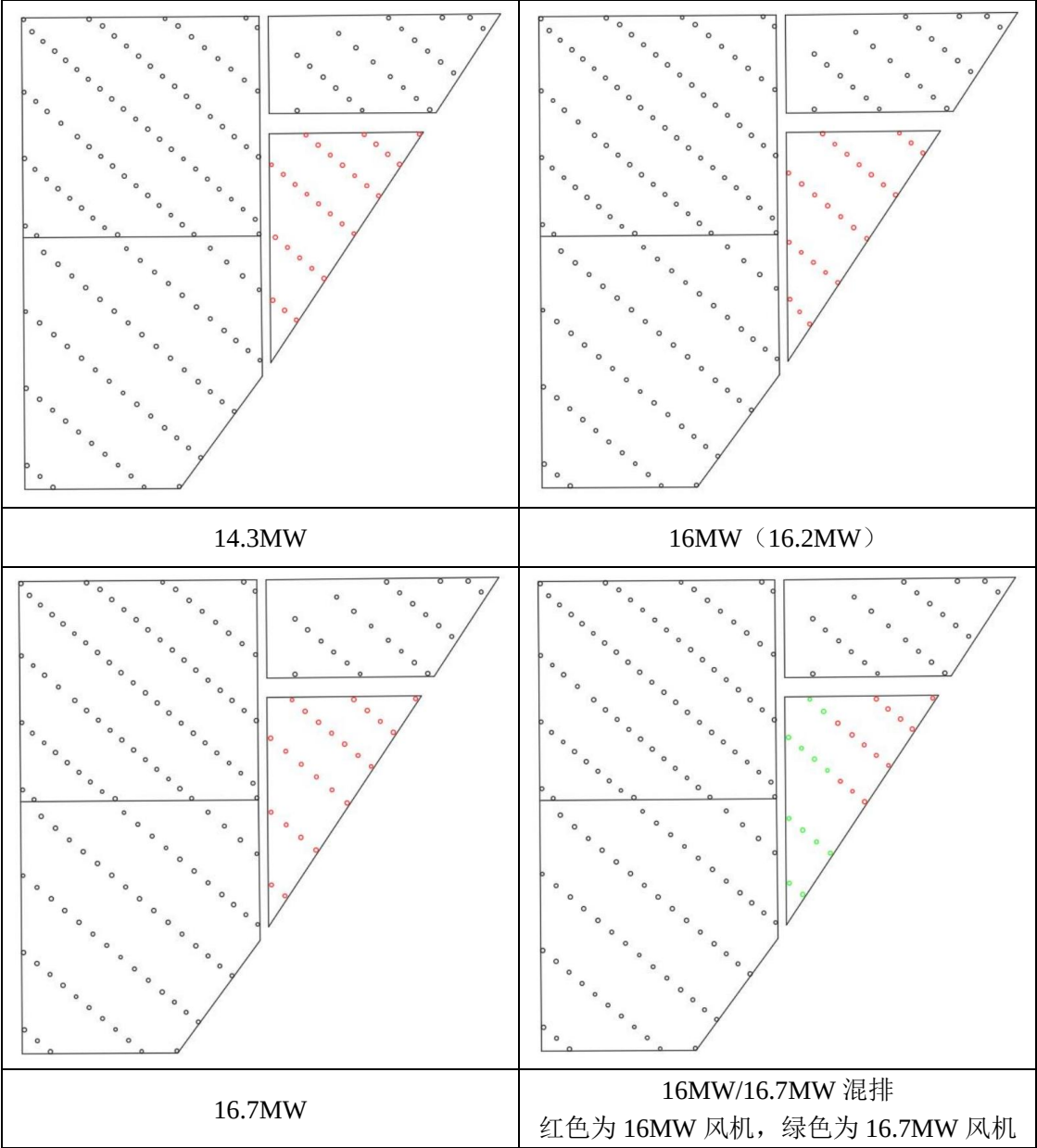


图 7.2.1-1 各容量风机机位布置示意图

对风机排布进行优化布置，计算各比选机型发电量详见表 7.2.1-1。

表 7.2.1-1 各机型及排布方案发电量计算结果对比表

方案	WTG1	WTG2	WTG3
单机容量（MW）	14.3	16	16
风机台数（台）	28	25	25
总容量（MW）	400.4	400	400
平均尾流（%）	13.15	12.36	11.73
最大尾流（%）	20.84	18.93	18.18
净发电量（GWh）	1587.216	1527.278	1589.771

上网电量 (GWh)	1253.901	1206.550	1255.919
满发利用小时数 (h)	3132	3016	3140
发电量排序	4	6	3
方案	WTG4	WTG5	WTG3/WTG5
单机容量 (MW)	16.2	16.7	16/16.7
风机台数 (台)	25	23	13/12
平均尾流 (%)	405	400.8	408.4
最大尾流 (%)	11.70	12.5	12.23
总容量 (MW)	18.15	200.58	19.80
净发电量 (GWh)	1546.034	1681.117	1665.219
上网电量 (GWh)	1221.366	1328.082	1315.523
满发利用小时数 (h)	3016	3314	3221
发电量排序	5	1	2

本阶段针对多个机型进行分析，结合各机型的发电量、收益率等综合考虑：

1) 发电效益比较

采用 WAsP 计算，16.7MW 机型发电效益最优，年等效满发小时数为 3314h，其次为 16MW 和 16.7MW 机型混排方案，年等效满发小时数为 3221h；排名第三为 16MW 机型，年等效满发小时数约 3140h；从尾流影响上看，各机型全场平均尾流最小为 16.2MW 机型，全场平均尾流 11.70%；最大为 14.3MW，全场平均尾流 13.15%。

2) 技术经济比较

按照同一计算原则、取费标准及价格水平计算各方案的投资，各方案投资差异主要体现在风机设备费、塔筒设备费、集电海缆线路投资、风机基础投资等方面。

从投资角度，14.3MW 机型最优，其次是 16MW 和 16.7MW 机型混排方案；从收益率角度，16.7MW 机型最优，其次是 16MW 和 16.7MW 机型混排方案。

从设备供货角度，16MW 和 16.7MW 机型混排方案使用两种机型，产能及批量供货可靠度更高，能满足项目建设需求。

因此，综合考虑各比选机型发电量及技术经济性因素，本阶段推荐发电量及技术经济性较优、且产能满足项目建设需求的 16MW 和 16.7MW 机型混排方案作为推荐机型。

(2) 推荐机型的优化布置方案

本项目对推荐机型进行了优化排布，推荐机型 16MW 和 16.7MW 风机布置方案如图 7.2.1-2 所示。

方案一采用了 6 列变间距布置的方案，列间距为 7.0~11.8D，行间距为 3.0~3.2D。

方案二采用了 6 列变间距布置的方案，列间距为 7.1~10.6D，行间距为 3.0~3.8D。

方案三采用了 6 列变间距布置的方案，列间距为 7.0~11.7D，行间距为 3.0~3.3D。

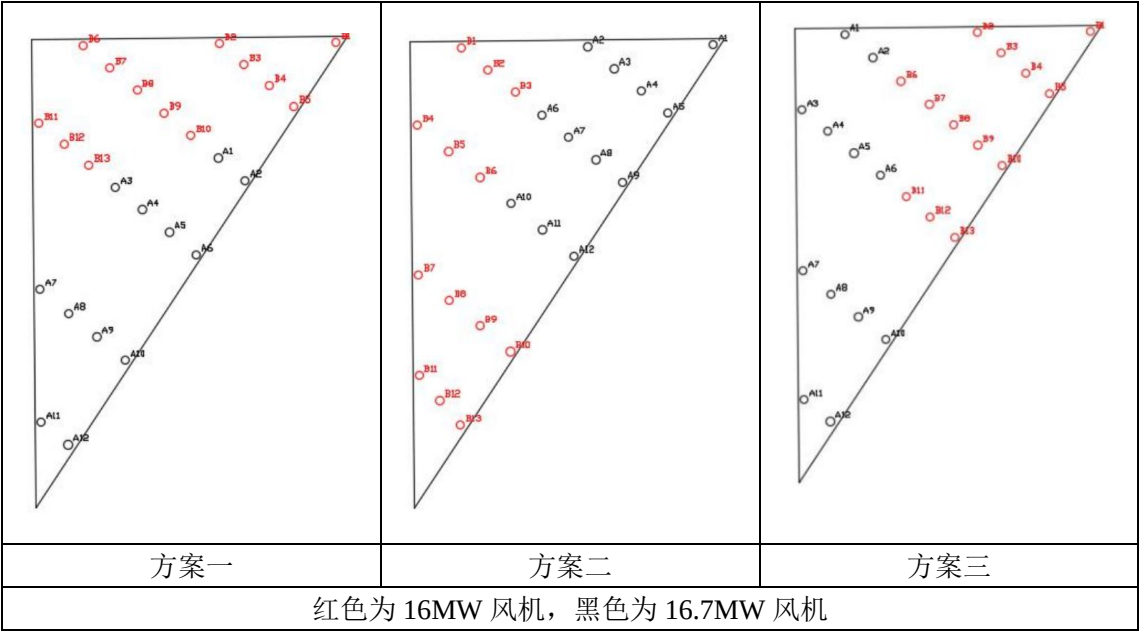


图 7.2.1-2 推荐机型的优化布置方案示意图

对推荐机型风机排布进行优化布置，计算各方案发电量详见表 7.2.1-2。

表 7.2.1-2 推荐机型的优化布置方案发电量计算结果对比表

布置方案	方案一	方案二	方案三
布置方式	6 列布置	6 列布置	6 列布置
列间距（D）	7.0~11.8D	7.1~10.6D	7.0~11.7D
行间距（D）	3.0~3.2D	3.0~3.8D	3.0~3.3D
风机台数	25	25	25
总容量（MW）	408.4	408.4	408.4
平均尾流损失率（%）	12.4	12.56	12.23
单机最大尾流（%）	20.57	20.55	19.86
年上网电量（GWh）	1312.876	1310.556	1315.523
满发小时数（h）	3215	3209	3221
推荐方案			推荐

由表 7.2.1-2，方案三发电量、整体平均尾流与单机最大尾流均优于方案一和方案二，说明通过调整优化风机阵列内部的间距取值，优化旋转阵列角度，可以在一定程度上改善部分风机点位因前排尾流叠加造成的发电量损失状况，最终

本阶段推荐方案三。

综上，本风电场综合考虑了风机的机型、安全等级等条件要求，从机组性能、经济效应、风机尾流影响等方面出发，同时能达到风电场最好的发电效益，充分利用场址风力资源，最终确定布置方案。风电机组的布置满足了项目建设、开发的需求，提高了项目的用海合理性，因此本项目调整后风电机组用海平面布置合理。

7.2.1.3 66kV 海底电缆

本项目 25 台风力发电机组采用 6 个回路接入海上升压站，电压等级为 66kV，采用链形拓扑结构，每串集电线路接 4~5 台风电机组。在连线优化的过程中，考虑线路截面随连接风机台数的不同而变化这一情况，使拓扑连线优化更加趋近最优解。基于最小生成树算法，提出一种“n-best 算法”，对于给定的点阵，从指定点出发，根据约束条件连接成拓扑，最后生成一棵最小树。“n-best 算法”每一步寻找 n 条权值最小边，对风机进行连接，通过若干次寻找后，便得出一批由最小权值边和所有风机组成的最小生成树形式的拓扑，在这些拓扑上再进行设备选型和经济性和可靠性计算，便能求出最优拓扑方案。算法的本质是寻求最短路径的最优解，因此优化的拓扑结构路径趋于最短，从而大大减少了集电海缆的用海面积。

集电海缆路由的选择除考虑常规的安全避让外，还应遵循以下原则：

1、集电海缆线路尽量的短，风机之间或风机与海上升压站之间的连线应尽量较少拐点以缩短海缆线路长度，从而减少集电海缆用海面积。

2、海缆路由应避开船舶经常抛锚的水域，远离锚地。海缆敷设经过施工时需要考虑施工期风机吊装船舶施工的安全距离，以及运行期间运维船舶抛锚的影响，因此集电海缆在风电场内敷设，应与风电机组基础保持一定的安全距离。

3、平行敷设的集电海缆严禁交叉、重叠。相邻的集电海缆应保持足够的安全距离，间距不宜小于最大水深的 1.2 倍，登陆平台段可适当缩小。

4、集电海缆登陆海上升压站海上构筑物基础周边冲刷影响范围内的预留电缆裕量不宜少于对应电缆设计路径长度的 20%。因此海缆在登海上升压站平台前一般考虑设置 Ω 弯用于预留海缆裕量。 Ω 弯曲半径约为 30m。即登陆海上升压站的 6 回集电海缆在靠近海上升压站的位置应相互分散布置，预留 Ω 弯曲的空

间。

5、海缆路由应尽量远离已建其他海底管线，尽量避免与其他管线交叉，若无法避免则应采取必要的安全措施。

综上，集电电海缆路由布置上可考虑点对点直连布置方案一及集电线路集约共通道的布置方案二。

集电线路布置方案一：风电场 6 回集电线路采用点对点直连的布置方案，该方案基于尽量减少全部集电海缆工程量为出发的集电拓扑方案，如下图所示。

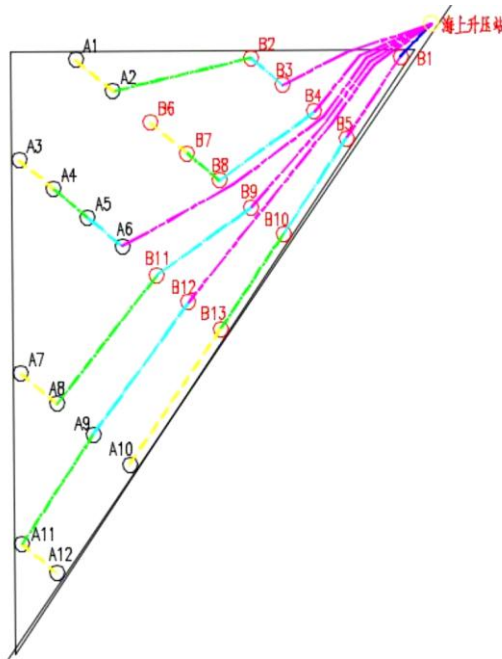


图 7.2.1-3 集电线路布置方案一

集电线路布置方案二：风电场 6 回集电线路采用点对点直连的布置方案，该方案基于尽量减少高价格的大截面（HYJQF41-F 38/66kV-3×1000+2×48、HYJQF41-F 38/66kV-3×500+2×48）集电海缆工程量为出发的集电拓扑方案，如下图所示。

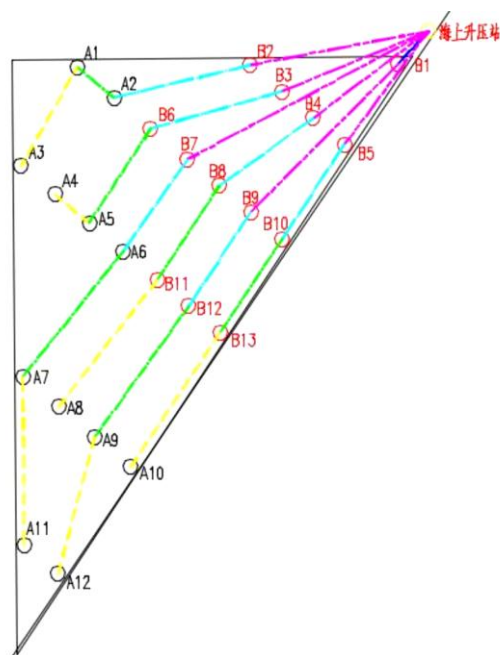


图 7.2.1-4 集电线路布置方案二

2 个方案的集电线路可比部分投资及全寿命成本对比表如下：

表 7.2.1-3 集电线路布置方案一经济性分析

方案一	初期建设费				运行费用		征海费用	
电缆规格	需采购长度	单价	安装费	总价	每年损耗费用	25 年折现费用	每年海域使用费	25 年海域使用费用
	km	万元						
HYJQF41-F 38/66kV 3×95+2×48	10.40	122.45	45	1741.54	53	585	15	159
HYJQF41-F 38/66kV 3×120+2×48	15.55	135.40	45	2804.41	89	975	22	238
HYJQF41-F 38/66kV 3×240+2×48	14.74	192.65	45	3502.12	91	999	21	226
HYJQF41-F 38/66kV 3×500+2×48	33.12	312.45	45	11839.04	226	2473	46	508
HYJQF41-F 38/66kV 3×1000+2×48	1.38	526.50	45	791.50	9	104	2	21
总	75.19			20678.62		5136		1152
全寿命可比成本（万元）	26967							

表 7.2.1-4 集电线路布置方案二经济性分析

方案二	初期建设费				运行费用		征海费用	
电缆规格	需采购长度	单价	安装费	总价	每年损耗费用	25 年折现费用	每年海域使用费	25 年海域使用费用
	km	万元						
HYJQF41-F 38/66kV 3×95+2×48	19.12	122.45	45	3201.44	98	1076	27	293
HYJQF41-F 38/66kV 3×120+2×48	17.28	135.40	45	3117.97	99	1084	24	265
HYJQF41-F 38/66kV 3×240+2×48	17.76	192.65	45	4221.55	110	1204	25	272
HYJQF41-F 38/66kV 3×500+2×48	26.57	312.45	45	9495.91	181	1984	37	407
HYJQF41-F 38/66kV 3×1000+2×48	1.38	526.50	45	791.50	9	104	2	21
总	82.12			20828.37		5451		1258
全寿命可比成本（万元）	27538							

表 7.2.1-5 集电线路布置经济性对比分析

项目	方案一：6 回集电海缆点对点布置	方案二：6 回集电海缆点对点布置
集电海缆需采购长度（km）	75.91	82.1
集电海缆涉海长度（km）	61.04	67.29
初期投资（万元）	20678.62	20828.37
初期投资差额（万元）	基准	149.75
全寿命可比成本（万元）	26967	27538
全寿命可比成本差额（万元）	基准	571

根据上述集电线路布置经济性对比分析，方案二从全寿命成本较方案一增加约 570 万，且方案一集电海缆涉海长度较短，用海面积较小。此外，根据第 4 章水质影响预测对比结果，方案一施工引起垂向平均浓度 $>10\text{mg/L}$ 的包络面积为 6.767km^2 ，方案二施工引起垂向平均浓度 $>10\text{mg/L}$ 的包络面积为 8.088km^2 ，方案一施工引起悬沙增量面积较小，方案一较优。

综上，本项目 66kV 集电线路综合考虑经济性、海缆长度、用海面积及悬沙扩散影响等因素，根据风电机组布置及考虑每个 66kV 母线段所带风电机组数量

尽量平衡，对布置方案进行比选，提高了项目的用海合理性，因此本项目 66kV 集电线路的平面布置合理。

7.2.2 是否体现集约、节约用海的原则

本项目规划装机容量 400MW，拟建设 25 台固定式风电机组，根据《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》（自然资源部，2024 年 12 月 30 日），严格控制海上风电场实际占用海域面积，单位装机容量风电场面积等指标均要符合节约集约用海管控要求。本项目规划装机容量 400MW，风电场场址水深在 45m~49m 之间，距离陆地最近距离约 65km，风电场外缘边线包络海域面积 4435.0376 公顷，单位装机容量风电场面积约 11.09 公顷/兆瓦，海域利用率约 6%，投资强度约 1035.43 万元/公顷，符合“离岸 30 千米或水深大于 30 米，单位装机容量风电场面积 ≤ 15 公顷/兆瓦，海域利用率 $\geq 6\%$ ，投资强度 ≥ 800 万元/公顷”的要求，符合集约节约的原则，提高了该海域资源利用效率。

综上，本项目用海平面布置体现了节约集约用海的原则。

7.2.3 项目用海平面布置是否有利于生态保护

本项目建设风电机组和 66kV 集电海底电缆，场址内风机排布采用 6 列变间距布置的方案，列间距为 7.0~11.7D，行间距为 3.0~3.3D，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，基本不会对海域不可逆的生态影响。风机桩基基础采用导管架基础结构，基础采用桩基础型式，通过沉桩施工打入海床底土，桩基可发挥人工鱼礁的功能，本项目正式运营后，场区范围禁止捕捞作业，具备人工鱼礁的属性，对改善海域生态环境，营造海洋生物栖息的良好环境，为鱼类等提供繁殖、生长、索饵和庇敌的场所。因此，项目平面布置基本不会对所在海域的生态环境保护造成不良影响。

根据《海上风电开发建设管理办法》：在各种海洋自然保护区、海洋特别保护区、自然历史遗迹保护区、重要渔业水域、河口、海湾、滨海湿地、鸟类迁徙通道、栖息地等重要、敏感和脆弱生态区域，以及划定的生态红线区内不得规划布局海上风电场。本项目风电场场址避开了生态红线区、海洋保护区，符合相关要求。

7.2.4 能否最大程度地减少对水文动力环境、冲淤环境的影响

本项目 66kV 集电海缆埋设于海床以下,不会对水动力及冲淤环境造成影响。就数值模拟结果来看,风电场桩基建设造成的影响较为有限。在规划装机总容量 400MW 的前提下,现阶段方案采用的风电机组单机容量较大,风电机组所需布设的台数相对减少,桩基施工数量较调整前有所减少,有利于减缓项目建设对水文动力环境、冲淤环境的影响。根据现阶段平面布置方案,本项目建设对周边海域的水文动力环境、冲淤环境总体影响不大,影响范围基本局限于风电场规划场址范围及周边一定范围的海域。

7.2.5 能否最大程度地减少对周边其他用海活动的影响

本项目风电场内布置 25 台风电机组,风电机组场内集电海缆均布置在规划场址范围内,不影响场址周边其他风电项目用海。

根据本报告第 5 章,本项目风电场周边海域开发利用活动主要为海上风电项目、航路等。根据本报告海域开发利用协调分析结论,本项目利益相关者为国能(江门)风能开发有限公司、中广核新能源(阳江阳东)有限公司,协调部门为江门海事局、江门市农业农村局。通过加强与各方的沟通和合作,本项目海域开发利用具有较好的可协调性,项目用海与周边其他用海活动不存在功能冲突,是相适宜的。

综上,根据现阶段平面布置方案,本项目的开发建设可与周边其他用海活动相适应。

7.3 用海方式合理性分析

本项目建设风机和 66kV 集电海缆,风机用海方式为透水构筑物,66kV 集电海缆的用海方式为海底电缆管道。项目调整后风机、66kV 集电海缆用海方式与原方案一致,本补充论证报告书不作分析。

7.4 占用岸线合理性分析

本项目风机和 66kV 集电海缆均位于近海深水区域,距离最近的陆地约 65km,不占用大陆岸线 and 海岛岸线。

7.5 用海面积调整合理性分析

7.5.1 项目用海面积调整合理性

按《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（自然资发〔2023〕234号），本项目海域使用类型为工矿通信用海（一级类）中的可再生能源用海（二级类），按《海域使用分类》（HY/T 123-2009），本项目海域使用类型为工业用海（一级类）中的电力工业用海（二级类），用海方式包括透水构筑物（风力发电机组）、海底电缆管道（66kV 集电海缆）。

本次调整后，风机机型调整，风机单机容量变大，风机台数由 29 台减少为 25 台，风机排列布置方案随之进行调整；66kV 集电线路根据风机的调整情况重新排布，海缆总长度由 68.99km 减小为 61.04km。

风机（透水构筑物）用海面积由 48.4967 公顷调整为 155.4147 公顷，66kV 集电海缆（海底电缆管道）用海面积由 130.2567 公顷调整为 109.5720 公顷。项目申请用海总面积由 178.7534 公顷调整为 264.9867 公顷。

表 7.5.1-1 用海情况变化表

项目		单位	调整前	调整后	变化	变化原因
用海面积	风机	公顷	48.4967	155.4147	+106.9180	风机台数变化，由 29 台风机变为 25 台风机，风机用海范围界定依据改变。
	66kV 海底电缆		130.2567	109.5720	-20.6847	风机单机容量、台数、排列、用海界定方式及海上升压站位置变化导致集电海缆调整，长度由 68.99km 变成 61.04km；集电海缆外径调整。
	总计		178.7534	264.9867	+86.2333	/

7.5.1.1 是否满足项目用海需求

本项目规划装机容量为 400MW，拟建设 13 台 16MW 和 12 台 16.7MW 固定式风电机组、6 回 66kV 集电海底电缆。

（1）风机用海需求

本项目规划场址范围内拟布置 13 台 16MW 和 12 台 16.7MW 风电机组，16MW 与 16.7MW 风轮直径分别为 272m、291.12m。

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。”16MW 风机、16.7MW 风机塔架中心点与风机叶片投影最外缘点连线长度分别为 136m、145.56m，因此 1 台 16MW 风机占用海域面积为 5.8107 公顷，1 台 16.7MW 风机占用海域面积为 6.6563 公顷，则本项目 13 台 16MW 和 12 台 16.7MW 风机用海需求为 155.4147 公顷。

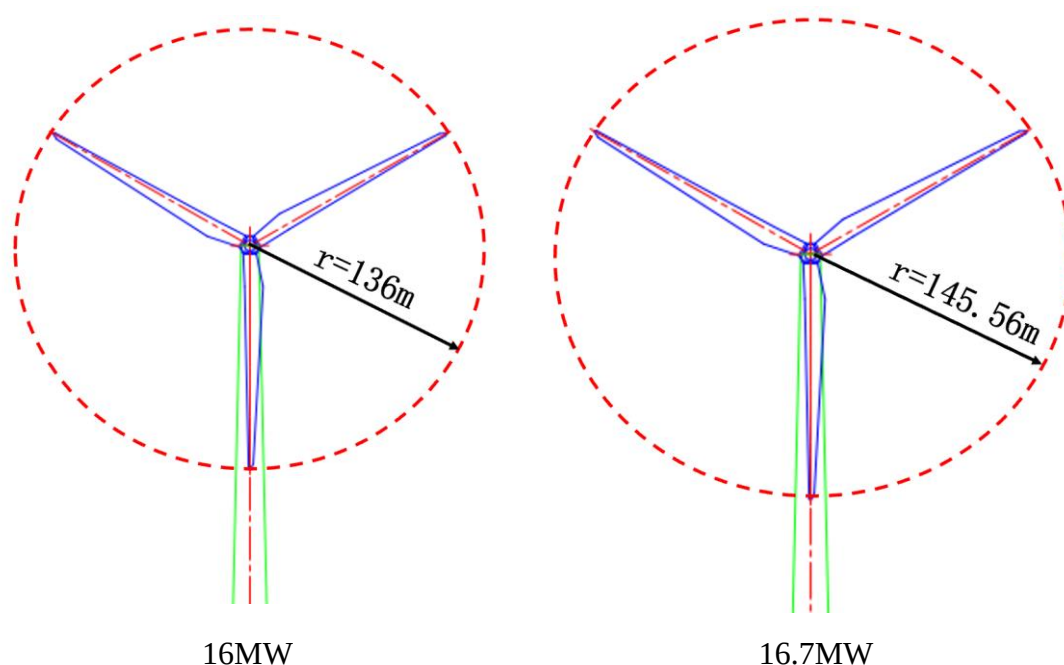


图 7.5.1-1 风机用海范围界定示意图（单位：m）

（2）66kV 集电海缆用海需求

根据项目需要，风电机组发出电能需通过 66kV 集电海缆接入海上升压站。66kV 集电海缆外径为 132.8mm~190.5mm，本项目取 190.5mm，66kV 集电海缆长度为 61.04km，66kV 集电海缆占用海域面积为 1.1628 公顷。

根据《海籍调查规范》中海底工程用海对电缆管道的规定：“以电缆管道外缘线向两侧外扩 10m 距离为界”，再结合海底电缆的布置，同时考虑到本项目 66kV 海缆与风机、升压站用海重叠，按照海域使用金征收标准的不同，采取就高不就低的原则：即风机和升压站用海优先，海底电缆次之，扣除风机、升压站

用海与 66kV 集电海缆重叠面积，计算得出 66kV 集电海缆项目用海需求为 109.5720 公顷。

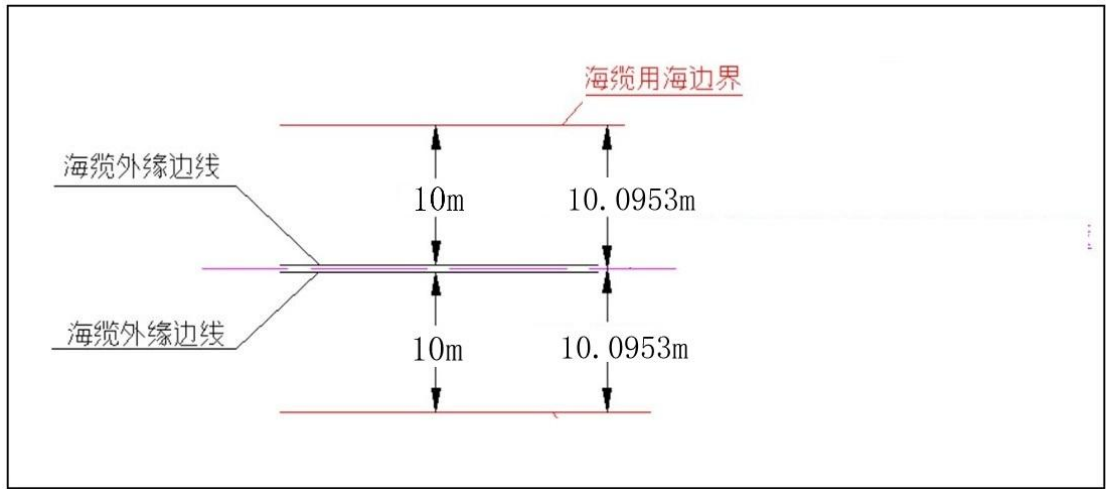


图 7.5.1-2 海底电缆用海范围界定示意图（单位：m）

综上，本项目用海面积符合项目用海需求。

7.5.1.2 是否符合相关行业的设计标准和规范

（1）项目用海面积符合用海控制指标要求

根据《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》（自然资源部，2024 年 12 月 30 日），严格控制海上风电场实际占用海域面积，单位装机容量风电场面积等指标均要符合节约集约用海管控要求。本项目规划装机容量 400MW，风电场场址水深在 45m~49m 之间，距离陆地最近距离约 65km，风电场外缘边线包络海域面积 4435.0376 公顷，单位装机容量风电场面积约 11.09 公顷/兆瓦，海域利用率约 6%，投资强度约 1035.43 万元/公顷，符合“离岸 30 千米或水深大于 30 米，单位装机容量风电场面积 ≤ 15 公顷/兆瓦，海域利用率 $\geq 6\%$ ，投资强度 ≥ 800 万元/公顷”的要求。

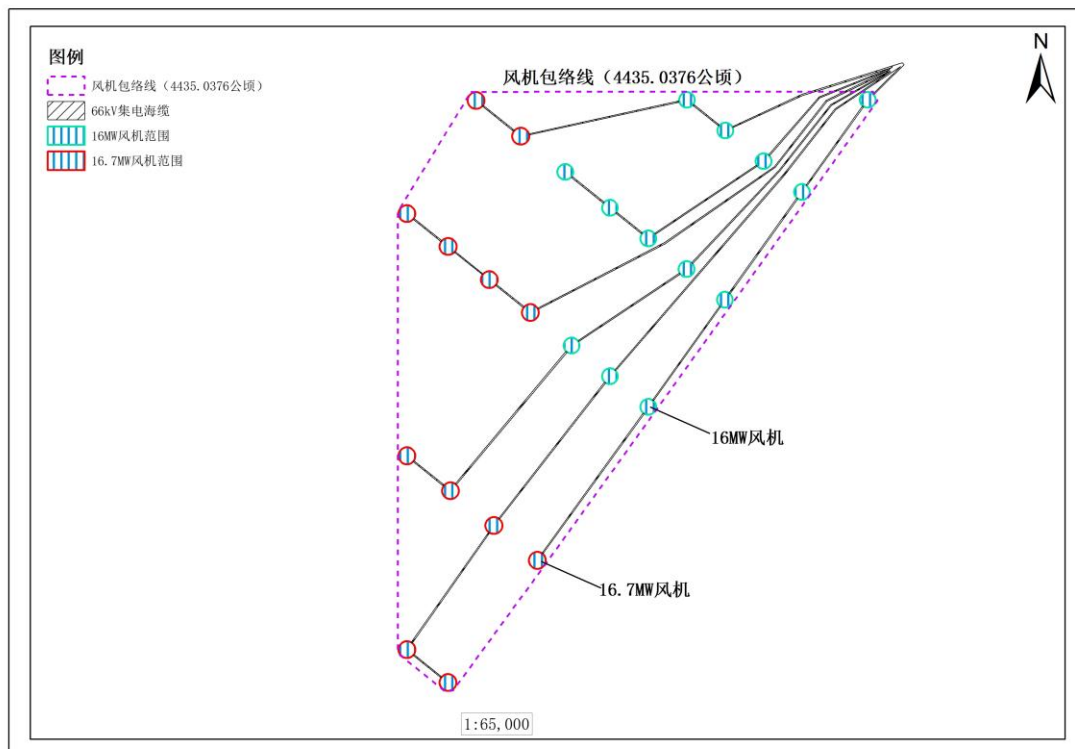


图 7.5.1-3 风机外围包络线示意图

表 7.5.1-2 节约集约控制指标表

序号	指标名称	指标值	本项目
		单机容量 ≥12 兆瓦	13 台 16MW 与 12 台 16.7MW
1	离岸距离和水深	离岸 30 千米，或水深大于 30 米。	离岸 65km、水深 45m~49m
2	单位装机容量风电场面积（公 顷/兆瓦）	≤15	11.09
3	海域利用率	≥6%	6%
4	投资强度（万元/公顷）	≥800	1035.43

1.近岸区域水深超过 30 米的，风电场离岸距离还需不少于 10 千米；滩涂宽度超过 30 千米的，风电场内水深还需不少于 10 米。离岸距离按照海上风电场外包络线与大陆（含海南岛本岛和县级及以上人民政府驻地的海岛）岸线最近距离计算，水深以最新海图所示的风电场内最浅水深为准。

2.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）。其中，风电场外包络线面积指风电场最外侧风机扇叶投影切线连接形成的区域面积。

3.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%。

4.投资强度=固定资产总投资（万元）/项目用海确权面积（公顷）。其中，固定资产总投资包括风电项目及复合利用项目的建筑安装工程、设备工器具购置

以及固定资产建造和购置过程中发生的其他费用；项目用海确权面积包括海上风电项目和复合利用设施的用海确权面积。

5.海上风电项目含多种单机容量机型混合布置的按照平均单机容量计算。

其中，平均单机容量=风电场总装机容量（兆瓦）/风机总台数。

6.离岸距离和水深、单位装机容量风电场面积为约束性指标，不能满足的，需调整项目用海方案；海域利用率、投资强度为鼓励性指标，不能满足的，需在海域使用论证报告中阐明不能满足的原因。

（2）与《风力发电场设计技术规范》等风电行业规范相符合

本项目风电场的设计按照《风力发电机组设计要求》（GB/T18451.1-2012）、《风力发电场设计技术规范》（DL/T5383-2007）、《风电场工程等级划分及设计安全标准》（FD002-2007）、《风电机组地基基础设计规定》（FD003-2007）、《风力发电场设计规范》（GB51096-2015）、《海上风电场工程施工组织设计技术规定》（NB/T31033-2012）等专业技术规范标准进行，海底电缆的布设满足《海底电力电缆输电工程设计规范》（GB/T51190-2016）、《海底电缆管道路由勘察规范》（GB17502-2009）等的要求，本项目设计符合风电等相关规范的设计要求。

（3）与《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》《海籍调查规范》和《海域使用面积测量规范》相符合

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

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

根据《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》（自然资源部，2024年12月30日）“海上风电项目风机部分用海方式界定为透水构筑物用海，用海范围包括塔架部分和塔架外扩一定距离的保护范围，具体以塔架中心点（风机系泊点）为圆心，以圆心至风机叶片投影最外缘点为半径的圆为界。”根据《海籍调查规范》中第5.4.2.5节电力工业用海，“海上风力发电使用的海底

电缆，以电缆管道外缘线向两侧外扩 10m 距离为界”。

本项目风机以其塔架中心点（风机系泊点）为圆心，以圆心至风机叶片投影最外缘点为半径的圆为界确定界址点；66kV 海底电缆以其外缘线向两侧外扩 10m 距离为界确定界址点。

同时，《海籍调查规范》中规定：当几种用海方式的用海范围发生重叠时，重叠部分应归入现行海域使用金征收标准较高的用海方式的用海范围。本项目海底电缆用海以外缘线向两侧外扩 10m 距离为界，66kV 海底电缆与风机、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。

按照《海域使用面积测量技术规范》，本次论证项目拟申请用海面积是根据坐标解析法进行计算的，利用经外扩后的各点平面坐标计算面积，借助软件计算功能直接求得透水构筑物及海底电缆管道用海面积。

因此，本项目拟申请用海面积的界定符合相关管理办法的要求。

7.5.1.3 减少项目用海面积的可能性

本项目风电场的设计在满足风电工程尾流控制和安全性等需求的基础上，已经按照集约节约用海的原则，并以尽可能减少风电场占用海域面积为目标，对本项目的平面布置做了优化；同时，考虑到本工程周边海域航道、锚地和保护区等开发利用现状的用海需求，设计单位对本项目的风机机组和海底电缆进行了优化。现阶段，综合考虑机组安全性、发电效益等因素，已无减少用海面积的可能性。

综上所述，项目用海面积是合理的。

7.5.2 宗海图绘制

7.5.2.1 测量相关说明

（1）宗海测量相关说明

根据《海域使用分类》《海籍调查规范》，广东海兰图环境技术研究有限公司负责进行本项目海域使用测量，测绘资质证书号为：乙测资字 44505356。

（2）执行的技术标准

《海域使用面积测量规范》（HY 070-2022）；

《海域使用分类》(HY/T 123-2009);

《海籍调查规范》(HY/T 124-2009);

《宗海图编绘技术规范》(HY/T 251-2018)。

7.5.2.2 宗海界址点的确定方法

本宗海有透水构筑物、海底电缆管道共两种用海方式,共 45 个用海单元构成,其中透水构筑物(风机)用海单元 25 个,66kV 海底电缆用海单元 20 个。

1) 风机用海界址以其塔架中心点(风机系泊点)为圆心,以圆心至风机叶片投影最外缘点为半径的圆为界确定,16MW 与 16.7MW 风机用海半径分别为 136m、145.56m;

2) 海底电缆用海界址是根据海底电缆设计宽度外扩 10m 距离为界确定。

本项目集电海缆连接了风机、海上升压站,风机、海上升压站用海方式均为透水构筑物,66kV 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,拟申请的海上升压站(平台尺寸为 67m×66.6m)用海范围按照《海籍调查规范》“第 5.3.2.2 节透水构筑物用海有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”确定。集电海缆与风机、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。

7.5.2.3 宗海图的绘制

(1) 宗海位置图的绘制方法

宗海位置图采用中国航海图书出版社2020年11月第5次印刷的海图《珠江口至海陵水道(图号15500)》作为底图,比例尺为1:250 000,坐标系为2000国家大地坐标系(CGCS2000),深度以理论最低潮面为基准(单位为米),高程以1985国家高程为基准(单位为米),地图投影为墨卡托投影(21°34'N),图式采用GB12319-1998。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。

(2) 宗海界址图的绘制方法

利用委托方提供的项目平面布置图及数字化地形图作为宗海平面图的基础

数据，利用软件矢量化地形图作为宗海界址图的底图，根据《海籍调查规范》《宗海图编绘技术规范》对宗海和宗海内部单元的界定原则，形成不同用海单元的界址范围。

7.5.2.4 宗海界址点坐标及面积的计算方法

(1) 宗海界址点坐标的计算方法

宗海界址点在软件中绘制属于高斯投影下的平面坐标，高斯投影平面坐标转化为大地坐标（经纬度）即运用了高斯反算过程所使用的高斯反算公式算出。根据数字化宗海平面图上所载的界址点 CGCS2000 大地坐标系，利用相关测量专业的坐标换算软件，输入必要的转换条件，自动将各界址点的平面坐标换算成以高斯投影、112°30'为中央子午线的 CGCS2000 大地坐标。

高斯投影反算公式：

$$l = \frac{1}{\cos B_f} \left(\frac{y}{N_f} \right) \left[1 - \frac{1}{6} (1 + 2t_f^2 + \eta_f^2) \left(\frac{y}{N_f} \right)^2 + \frac{1}{120} (5 + 28t_f^2 + 24t_f^4 + 6\eta_f^2 + 8\eta_f^2 t_f^2) \left(\frac{y}{N_f} \right)^4 \right]$$

$$B = B_f - \frac{t_f}{2M_f} y \left(\frac{y}{N_f} \right) \left[1 - \frac{1}{12} (5 + 3t_f^2 + \eta_f^2 - 9\eta_f^2 t_f^2) \left(\frac{y}{N_f} \right)^2 + \frac{1}{360} (61 + 90t_f^2 + 45t_f^4) \left(\frac{y}{N_f} \right)^4 \right]$$

(2) 宗海面积的计算方法

本次宗海面积计算采用坐标解析法进行面积计算，即利用经外扩后的各点平面坐标计算面积。借助于软件计算功能直接求得用海面积。

(3) 宗海面积的计算结果

根据《海籍调查规范》及本项目用海的实际用海类型，界定本项目用海为 1 宗海，宗海面积 264.9867 公顷，有透水构筑物、海底电缆管道共两种用海方式，共 45 个用海单元构成，其中风机（透水构筑物）用海面积 155.4147 公顷，66kV 海底电缆用海面积 109.5720 公顷。

7.5.3 项目用海面积量算

按《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（自然资发〔2023〕

234 号), 本项目海域使用类型为工矿通信用海(一级类)中的可再生能源用海(二级类), 按《海域使用分类》(HY/T 123-2009), 本项目海域使用类型为工业用海(一级类)中的电力工业用海(二级类), 用海方式为透水构筑物 and 海底电缆管道。按照《海域使用面积测量技术规范》, 本次论证项目申请用海面积是根据坐标解析法进行面积计算, 利用经外扩后的各点平面坐标计算面积, 借助于软件的计算功能直接求得。

因此, 本项目申请用海面积的界定符合《海籍调查规范》《海域使用面积测量规范》等相关规范的要求。

本项目宗海位置图见图 7.5.3-1, 宗海平面布置图见图 7.5.3-2, 宗海界址图见图 7.5.3-3。

中广核江门川岛一海上风电项目宗海位置图

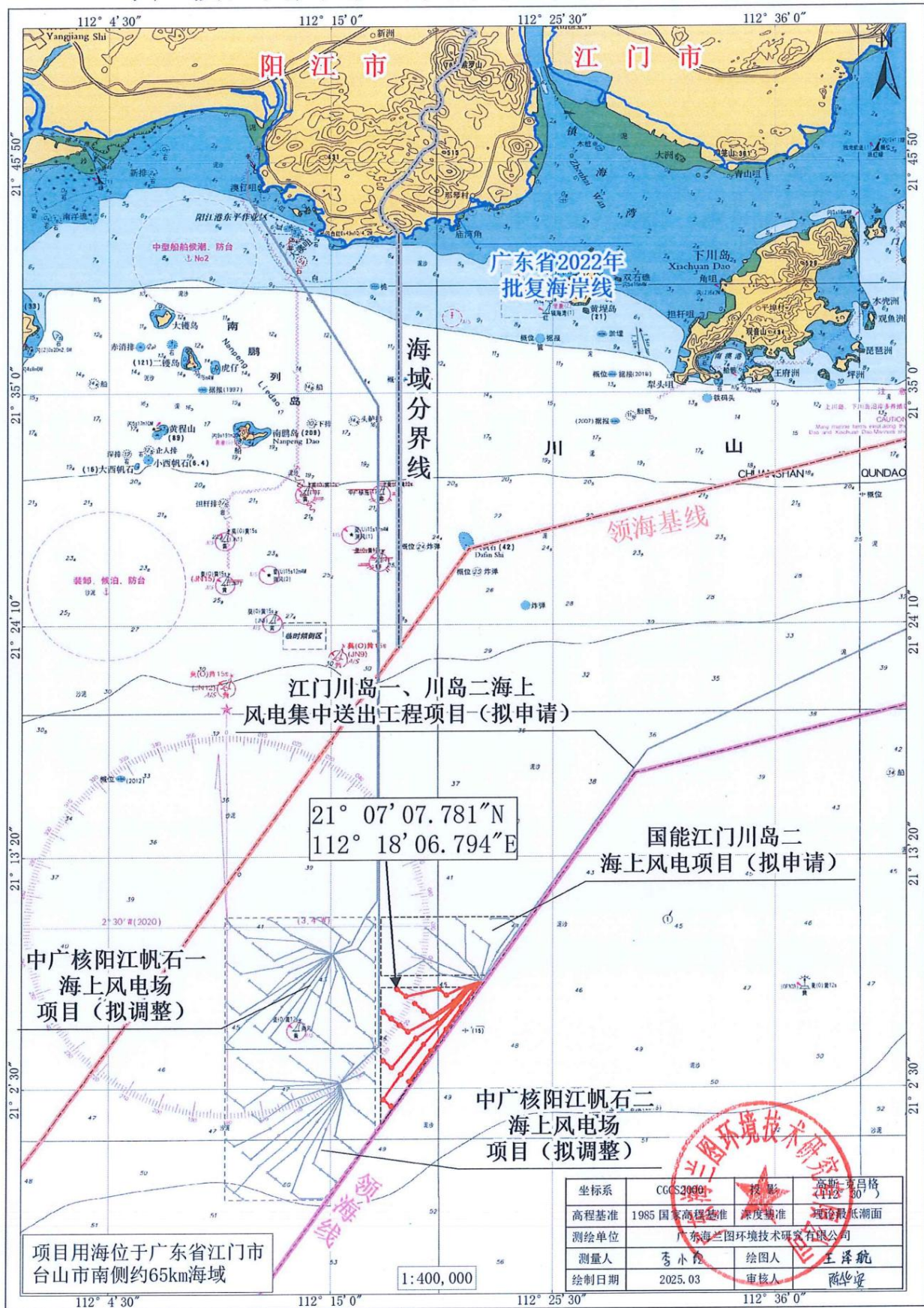


图 7.5.3-1 项目宗海位置图

中广核江门川岛一海上风电项目宗海平面布置图

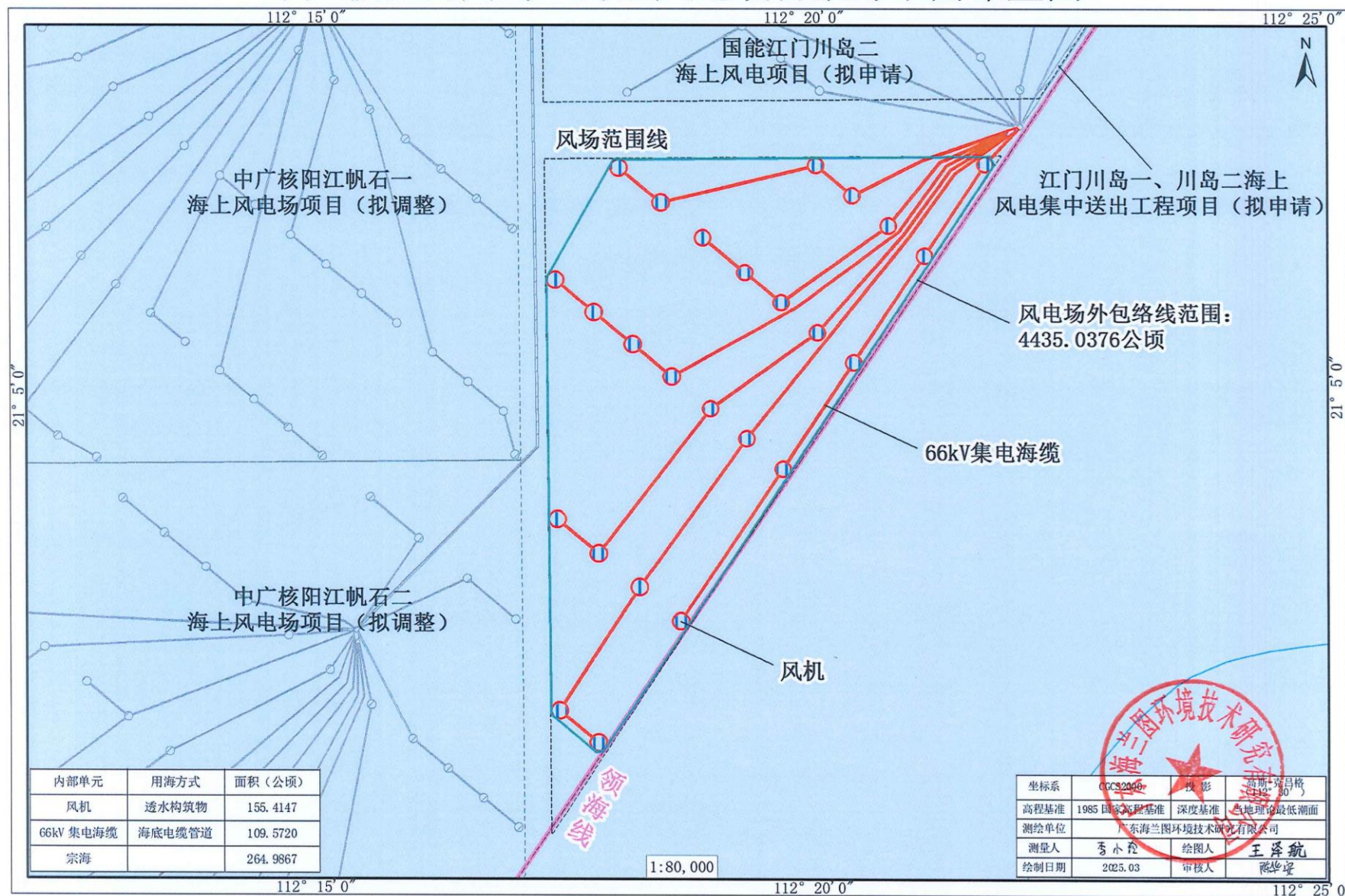


图 7.5.3-2 项目宗海平面布置图

中广核江门川岛一海上风电项目宗海界址图

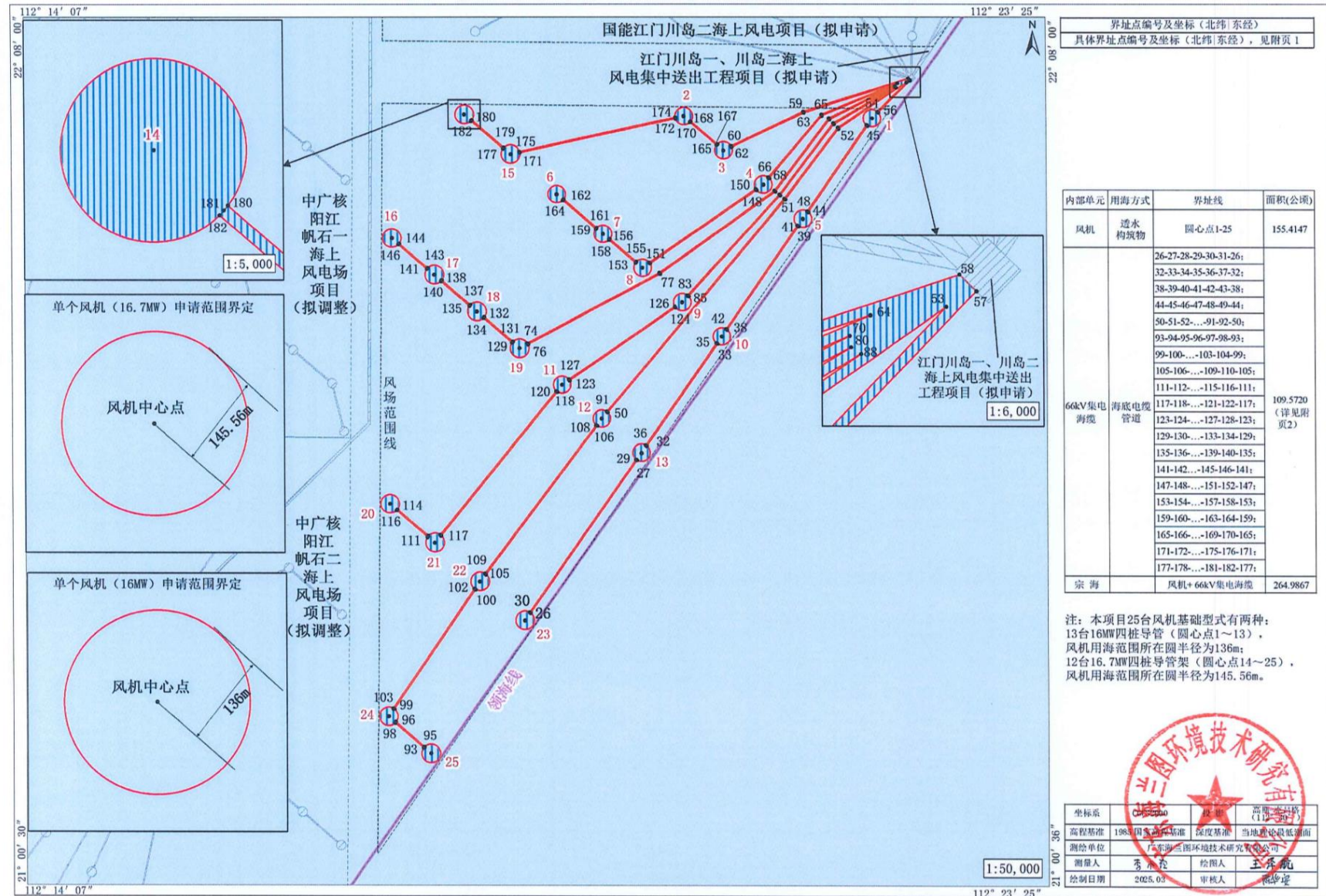


图 7.5.3-3 项目宗海界址图

表 7.5.3-1 项目宗海界址点表 1（不公开）

表 7.5.3-2 项目宗海界址点表 2（不公开）

表 7.5.3-3 项目宗海界址点表 3（不公开）

表 7.5.3-4 项目宗海界址线表（不公开）

7.6 用海期限合理性分析

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

根据《中华人民共和国海域使用管理法》第二十五条 海域使用权最高期限，按照下列用途确定：

- （一）养殖用海十五年；
- （二）拆船用海二十年；
- （三）旅游、娱乐用海二十五年；
- （四）盐业、矿业用海三十年；
- （五）公益事业用海四十年；
- （六）港口、修造船厂等建设工程用海五十年。

本项目风机设计服务年限为 25 年，总工期计划为 16 个月，因此，本项目调整后申请海域使用期限为 27 年，与调整前申请用海年限一致，符合《中华人民共和国海域使用管理法》对港口、修造船厂等建设工程用海年限的规定。

因此，本项目申请海域使用期限是合理的。期满后，如有需要可按照有关规定再行申请续期。已建海上风电项目海域使用权到期后不再续期的，要按照《海域使用管理法》等相关法律法规要求，拆除风机、桩基、海底电缆等用海设施，恢复海域原状，避免影响海上交通等其他用海活动。

8 生态用海对策措施

8.1 生态用海对策

8.1.1 设计阶段生态保护对策

本项目设计避让了生态敏感目标，体现了生态化理念。其中，本项目风电场布置在江门市台山市南侧海域，离岸最近距离 65km。本项目周边主要生态敏感目标包括生态保护红线、重要渔业水域等，其中，本项目不涉及生态保护红线，与生态保护红线中的“东平镇南珍稀濒危物种分布Ⅱ区”的距离约 12.4km。本项目位于海陵岛南部的长尾大眼鲷产卵场，但本项目全部风电机组和集电海缆布置在规划风电场址范围内，并通过优化平面布置，采用大容量风电机组，减少风机数量，相较于原方案，风机单机容量由 14MW 调整为 16MW 和 16.7MW，风机台数由 29 台减少为 25 台，尽可能减少对重要渔业水域的影响。

本项目尽可能减少对海洋自然资源占用。本项目在规划场址范围内通过计算、筛选，设计阶段开展了平面布置方案比选，使得风机布置充分利用风能资源。本次建设内容不涉及风电场送出海缆，本项目也不涉及占用岸线。

本项目设计阶段也考虑项目建设内容遵循尽最大可能不填海和少填海、不采用非透水构筑物，尽可能采用透水式、开放式的用海原则，本次用海方式包括透水构筑物和海底电缆管道。

8.1.2 施工期生态保护对策

（1）对海域底栖生物影响的减缓措施

①优化施工方案，加强科学管理，在保证施工质量的前提下尽可能缩短水下作业时间。

②严格限制施工区域和用海范围，在划定的施工作业海域范围，禁止非施工船舶驶入，避免任意扩大施工范围，以减小施工作业对底栖生物的影响范围。

③施工应避免恶劣天气，保障施工安全并避免悬浮物剧烈扩散。

（2）对渔业资源和渔业生产影响的减缓措施

①鉴于施工期的打桩噪声具有强度高、时间相对短的特点，海上施工期应对每日预计打桩数量（即最高数量）、打桩的持续时间做出预测，在时间上控制一

次一桩，首桩打设采用较低功率的“软启动”方法。

②施工期水下打桩中应严格确立在距离桩基一定范围为鱼类受水下噪声影响的危险区域，在该危险距离范围内应对鱼类、进行可能的驱赶、搬移等工作。

③注意鱼类在遭到水下噪声影响时所处的生命周期，尽力避免鱼类在繁殖期、产卵期时的施工。

④由于施工期相对时间较短，同时某些鱼类可以采用游离避开噪声源等方法远离施工区，在施工结束后再返回该区域。建议施工单位一方面应该尽量缩短总的施工时间，另一方面在打桩中每分钟的打桩次数尽量减少。在进行首次水下打桩时先进行小强度的“软启动”，以达驱赶海洋鱼类游离作业区，到达一定距离外的安全海域。

⑤施工期的一般施工活动中，应注意施工机械和运输机械的维护和更新，尽量采用低噪声环保机械，避免噪声过大的运输船只在海上运输作业。

⑥对施工海域设置明显警示标志，告知施工周期，明示禁止进行捕捞活动的范围、时间。

（3）对重要经济鱼类资源“三场一通道”影响的减缓措施

进行海缆敷设和打桩施工时应尽量降低施工强度，尽可能减少悬浮物扩散范围，以减小悬浮扩散对长尾大眼鲷产卵场的影响，避开每年 5-7 月的产卵盛期；如为保证海缆连续不间断铺设要求而无法完全避开，则在上述海域施工时应尽量降低施工强度，以减小悬浮扩散对产卵场渔业资源的损失影响，并做好相关渔业资源修复补偿工作。

（4）鸟类保护措施

施工时应对风电场施工机械及人员进行严格管理，禁止捕杀鸟类。

合理安排施工时间，在候鸟迁徙季节如遇到候鸟大量迁徙经过风电场址时应适当降低施工强度，必要时停工等待；同时合理布置施工运输路线，减小工程施工对鸟类的影响。

施工过程中，严格控制光源使用量，减少使用红色闪光灯和钠蒸汽灯，对光源进行遮蔽，减少漏光量，尤其是在有大雾或强逆风的夜晚，应该停止施工，减小施工对鸟类的影响。

8.1.3 运营期生态保护对策

（1）减轻风机噪声对海洋生物资源的影响

风机噪声主要包括机械和结构噪声、空气动力噪声以及通风设备噪声。

机械噪声和结构噪声是风力发电机组的主要噪声源，这部分噪声是能够控制的，其主要途径是避免或减少撞击力、周期力和摩擦力，使齿轮和轴承保持良好的润滑条件。为减小机械部件的振动，可在接近力源的地方切断振动传递的途径，如以弹性连接代替刚性连接；或采取高阻尼材料吸收机械部件的振动能，以降低振动噪声。

风电机组的主要部件安装于机舱内部，这些部件产生的振动直接传递给机舱，引起机舱振动并辐射产生噪声。为降低风机噪声源强建议可以在机舱内表面贴附阻尼材料对机舱进行表面自由阻尼处理，衰减振动，降低结构辐射噪声，同时隔离机舱内部的噪声向外传播。

（2）含油废弃物收集措施

对风机及相关设备进行维护时需用到一定数量、不同种类的润滑油。因此，在维护过程中应防止油类的跑、冒、漏、滴；废油储应存在专设的废油箱中，含油的连通软管和其他含油废物（揩布、废滤网）应统一存放在维修船上妥善保管。维护结束后，应将含油废物等一并送交具有工业固体废物（含废液）、危险化学品及危险废物处理资质的环保产业开发有限公司处理。

8.1.4 台风风险防范措施

（1）施工期间应尽量选择避开台风季节，在台风季节施工应做好各项防台抗台预案和安全措施，以减轻灾害带来的损失。

（2）根据工程特点，编制相关抵御热带气旋和台风暴雨入侵的详细计划，并严格贯彻执行。

（3）按规定及时收听预报信息，按照防台应急预案，做好防抗台风工作。警惕热带气旋预兆及“热带低压”的突然袭击。

（4）施工作业船在施工前应认真查阅有关航行通电、通告及潮汐表等资料，防止搁浅、风灾等事故发生；应按时收听气象预报，遇有暴雨、台风等恶劣气候，严格遵守有关航行规定，服从海事主管部门的指挥。

(5) 工程完工后,应加强对工程区域的监测,及时掌握工程海域稳定状况,把项目的用海风险和对环境影响降低到最小程度。

(6) 推荐使用装置性能可靠的测风仪器,建议使用受风面积小、不易受破坏且能精确测量风速、风向的红外超声波感应仪,避免因测风仪器损坏使风力发电机组不能正确偏航避风。

(7) 推荐使用强度高、质量轻的碳纤维增强型塑料作为风机叶片的填充材料以提高风机叶片的强韧性,从而提高风机设计荷载。

(8) 加强风机运行的强度监测,优化运行。在叶片上设置具有检测作用的光导纤维,实时了解叶片的载荷、温度、被伤害和疲劳程度,根据实际情况,及时维修并对其优化合理使用。

(9) 运营期应定期进行桩基监测,并根据监测结果来评估结果及时制定相应的安全措施。

8.2 生态跟踪监测

本项目建设海上风电场,用海方式包括透水构筑物和海底电缆管道,根据资源生态影响分析结果,结合相关管理要求,提出生态跟踪监测方案,包括生态监测内容、站位、频次等主要内容。

8.2.1 施工期环境监测

施工期对海水水质、沉积物质量、海洋生物质量、海洋生态、水下噪声进行监测,如有问题应及时采取防治措施。建设单位应委托有资质的单位开展施工期环境监测。

本项目监测站位在秋季海洋环境现状调查站位中选取,包括海水水质监测站位 20 个,沉积物质量监测站位 12 个,海洋生物生态监测站位 15 个,渔业资源监测站位 15 个。此外,布设水下噪声监测站位 9 个,与水下噪声现状调查站位保持一致。监测过程中可视情况做适当的调整。

(1) 海水水质

为了解项目施工期悬浮物的污染状况,评价施工期水质是否满足海水水质标准,为施工期环境管理提供依据,对项目施工期水环境质量进行跟踪监测。

监测项目:水温、盐度、pH、悬浮物、COD、BOD₅、DO、无机氮、活性

磷酸盐、石油类、总汞、铜、铅、锌、铬、镉、砷、硒、镍、挥发性酚、硅酸盐。

监测站位：共布设 20 个监测站位，监测点位见表 8.2.1-1 和图 8.2.1-1。

监测频率：1 次/年，春季或秋季（避开生物产卵期）。

（2）沉积物质量

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

监测站位：共布设 12 个监测站位，监测点位见表 8.2.1-1 和图 8.2.1-1。

监测频率：1 次/年，春季或秋季（避开生物产卵期）。

（3）海洋生物质量

监测项目：总汞、铜、铅、锌、铬、镉、砷、石油烃等。

监测站位：共布设 15 个监测站位，监测点位见表 8.2.1-1 和图 8.2.1-1。

监测频率：1 次/年，春季或秋季（避开生物产卵期）。

（4）海洋生态

监测项目：叶绿素 a 和初级生产力、浮游植物、浮游动物、底栖生物、渔业资源（鱼卵仔稚鱼、游泳生物）。

监测站位：共布设 15 个监测站位，监测点位见表 8.2.1-1 和图 8.2.1-1。由于本项目建设风电场，不涉及送出海缆敷设，风电场离岸距离远，风电场海域水深介于 45m~49m，因此，本项目不进行潮间带生物跟踪监测。

监测频率：1 次/年，春季或秋季（避开生物产卵期）。

（5）水下噪声

监测项目：噪声频带有效声压级、噪声声压谱级。

监测位置：在风电场施工区域布设 9 个噪声监测点，与现状调查站位保持一致，监测点位见表 8.2.1-2 和图 8.2.1-2。

监测频率：施工前监测 1 次，施工期高峰期监测一次（对打桩作业进行监测）。昼间噪声监测时段为晨 6:00~晚 10:00，夜间噪声监测时段为晚 10:00~晨 6:00，分别监测 15min（避开生物产卵期）。

施工期由受委托监测站根据工程施工进度按监测计划进行监测，若有异常情况应及时通知当地自然资源行政主管部门和当地生态环境局，以便采取相应的对策措施。

表 8.1.2-1 施工期海洋环境监测站位坐标表

站位	经度 E	纬度 N	调查项目
CD02	112°08'42.76"	21°00'47.65"	水质
CD03	112°08'42.54"	21°05'02.92"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
CD04	112°08'42.55"	21°09'53.41"	水质、生物生态、渔业资源
CD06	112°13'32.94"	21°14'46.53"	水质
CD07	112°13'24.42"	21°09'43.50"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
CD08	112°13'18.83"	21°04'41.40"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
CD09	112°13'22.38"	21°00'32.75"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
CD12	112°18'37.47"	20°59'37.60"	水质
CD13	112°18'40.49"	21°03'36.42"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
CD14	112°18'49.34"	21°06'42.95"	水质、生物生态、渔业资源
CD15	112°18'43.15"	21°09'51.29"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
CD16	112°18'57.08"	21°15'20.72"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
CD17	112°21'07.88"	21°09'51.64"	水质、生物生态、渔业资源
CD18	112°21'08.14"	21°06'39.01"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
CD19	112°24'12.15"	21°15'04.03"	水质
CD20	112°23'36.85"	21°09'50.90"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
CD21	112°23'55.28"	21°04'36.38"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
CD22	112°23'50.81"	20°59'45.09"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
CD25	112°30'13.10"	21°04'46.14"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
CD26	112°29'17.16"	21°09'47.16"	水质



图 8.1.2-1 施工期海洋环境监测站位图

表 8.1.2-2 水下噪声监测站位坐标表

站位	坐标		监测内容
	经度 E (°)	纬度 N (°)	
S1	112°21'58.05"	21°07'09.87"	噪声频带有效声压级、噪声声压谱级
S2	112°19'44.14"	21°07'10.29"	
S3	112°17'23.86"	21°07'09.83"	
S4	112°17'21.93"	21°04'36.76"	
S5	112°20'02.60"	21°04'26.87"	
S6	112°19'04.74"	21°05'47.06"	
S7	112°18'20.25"	21°03'32.34"	
S8	112°17'23.39"	21°00'44.25"	
S9	112°22'39.80"	21°05'01.33"	

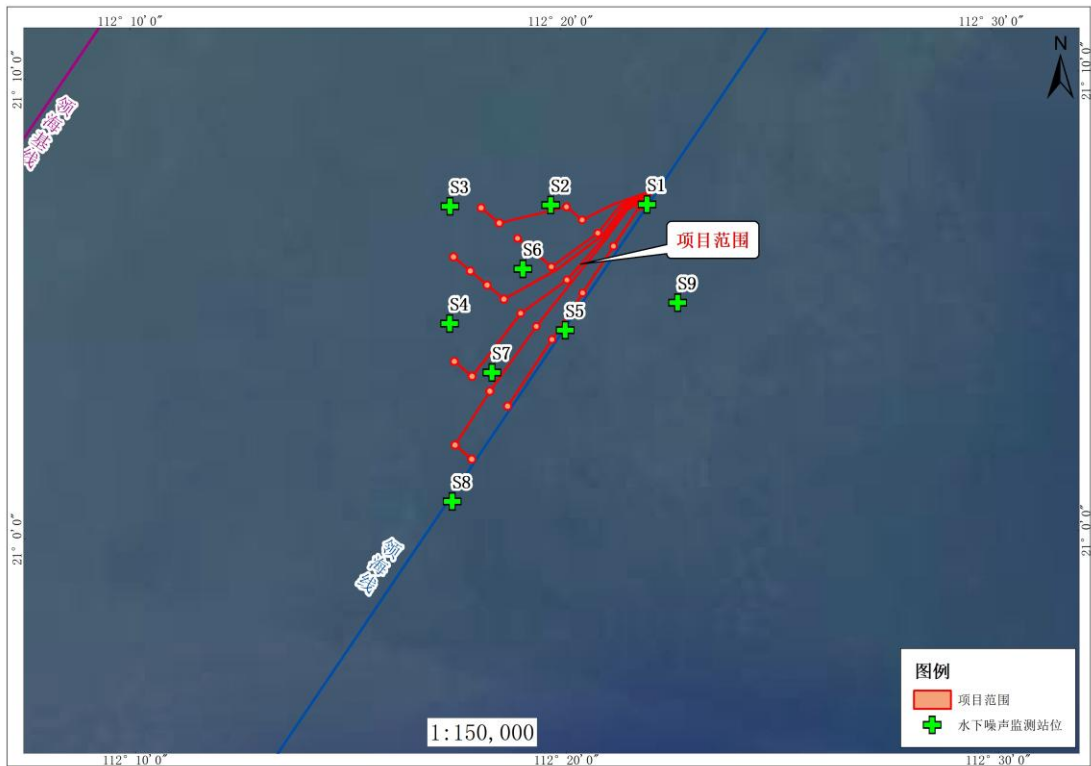


图 8.1.2-2 水下噪声监测站位图

8.2.2 运营期环境监测

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

本项目运营期监测点位与施工期一致，包括海水水质监测站位 20 个，沉积物质量监测站位 12 个，海洋生物生态监测站位 15 个，渔业资源监测站位 15 个，水下噪声监测站位 9 个。此外，布设电磁环境监测站位 9 个，与电磁环境现状调

查站位保持一致。监测过程中可视情况做适当的调整。

(1) 海水水质

监测项目：与施工期一致。

监测站位：共布设 20 个监测站位，监测点位与施工期一致，见表 8.2.1-1 和图 8.2.1-1。

监测频率：1 次/年，春季或秋季（避开生物产卵期）。

(2) 沉积物质量

监测项目：与施工期一致。

监测站位：共布设 12 个监测站位，监测点位与施工期一致，见表 8.2.1-1 和图 8.2.1-1。

监测频率：1 次/年，春季或秋季（避开生物产卵期）。

(3) 海洋生物质量

监测项目：与施工期一致。

监测站位：共布设 15 个监测站位，监测点位与施工期一致，见表 8.2.1-1 和图 8.2.1-1。

监测频率：1 次/年，春季或秋季（避开生物产卵期）。

(4) 海洋生态

监测项目：与施工期一致。

监测站位：共布设 15 个监测站位，监测点位与施工期一致，见表 8.2.1-1 和图 8.2.1-1。

监测频率：1 次/年，春季或秋季（避开生物产卵期）。

(5) 水下噪声

监测项目：与施工期一致。

监测位置：在风电场施工区域布设 9 个噪声监测点，监测点位与施工期一致，见表 8.2.1-2 和图 8.2.1-2。

监测频率：每年 1 次，低、中和额定风速输出时。

(6) 电磁环境

监测项目：工频电场强度、工频磁感应强度。

监测位置：布设 9 个监测点，监测点位与现状调查站位一致，监测点位见表

8.2.2-1 和图 8.2.2-1。

监测频率：每年 1 次。

表 8.2.2-1 电磁环境监测站位坐标

监测站位	经度	纬度	监测内容
S1	112°21'58.05"	21°07'09.87"	工频电场强度、工频磁感应强度
S2	112°19'44.14"	21°07'10.29"	
S3	112°17'23.86"	21°07'09.83"	
S4	112°17'21.93"	21°04'36.76"	
S5	112°20'02.60"	21°04'26.87"	
S6	112°19'04.74"	21°05'47.06"	
S7	112°18'20.25"	21°03'32.34"	
S8	112°17'23.39"	21°00'44.25"	
S9	112°22'39.80"	21°05'01.33"	



图 8.2.2-1 电磁环境监测站位图

(7) 地形地貌与冲淤

监测项目：水深地形、风机墩柱局部冲刷监测（冲刷深度、冲刷坑直径和冲刷坑形状等参数，若有必要，应对风机墩柱局部冲刷进行加测。在风暴潮等恶劣气象条件过后对风机墩柱局部冲刷情况进行必要的加测）。

监测位置：水深地形以工程外扩边界 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。风机墩柱局部冲刷监测选取场

址内风机基础进行监测。

监测时间及频次：工程运营期开展 1 次。

(9) 鸟类

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

监测时间：在项目营运初期（5 年），加强对区域鸟情、鸟类与风机撞击情况的观测研究。

监测频率：调查监测频次根据季节划分，在鸟类数量较集中的春秋季节迁徙期，可进行强化监测。

8.2.3 生态跟踪监测评价

根据生态跟踪监测结果，进行现状评价，将各类监测数据与本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检测，根据实际情况可适度调整部分站位，全面监督和检查各施工单位环境保护措施的落实和效果，根据评价结果，及时监督、处理和解决施工过程中出现的环境问题，保证项目环境保护措施得以全面落实并达到预期效果，并通过生态跟踪监测和评价，检验海洋生态修复措施的可行性和有效性。

8.3 主要生态问题

本项目用海方式为透水构筑物、海底电缆管道。根据前文资源生态影响预测分析结果，本项目建设可能产生的主要生态问题为海洋生物资源损失。

8.4 生态保护修复措施

针对项目可能产生的主要生态问题，根据海洋生态保护修复的相关要求，本项目提出海洋生物资源恢复作为生态修复措施。以“损害什么，修复什么，损害

多少，修复多少”为基本原则，修复的总体目标是着重进行海洋生物资源恢复。拟采取增殖放流方式进行，具体措施以农业部门审核后的方案为准。

(1) 增殖放流

本项目生态修复措施拟投放鱼苗总数量共 80 万尾，增殖放流可根据实际情况选择黑鲷、黄鳍鲷等，拟定取得用海批复 2 年内休渔期进行增殖放流，增殖放流位置拟定于广海湾海域。

表 8.4-1 生态保护修复一览表

保护修复类型	保护修复内容	工程量	实施计划	责任人
海洋生物资源恢复	增殖放流	投放鱼苗总数量共 80 万尾	取得用海批复 2 年内休渔期投放鱼苗 80 万尾	中广核新能源（江门）有限公司

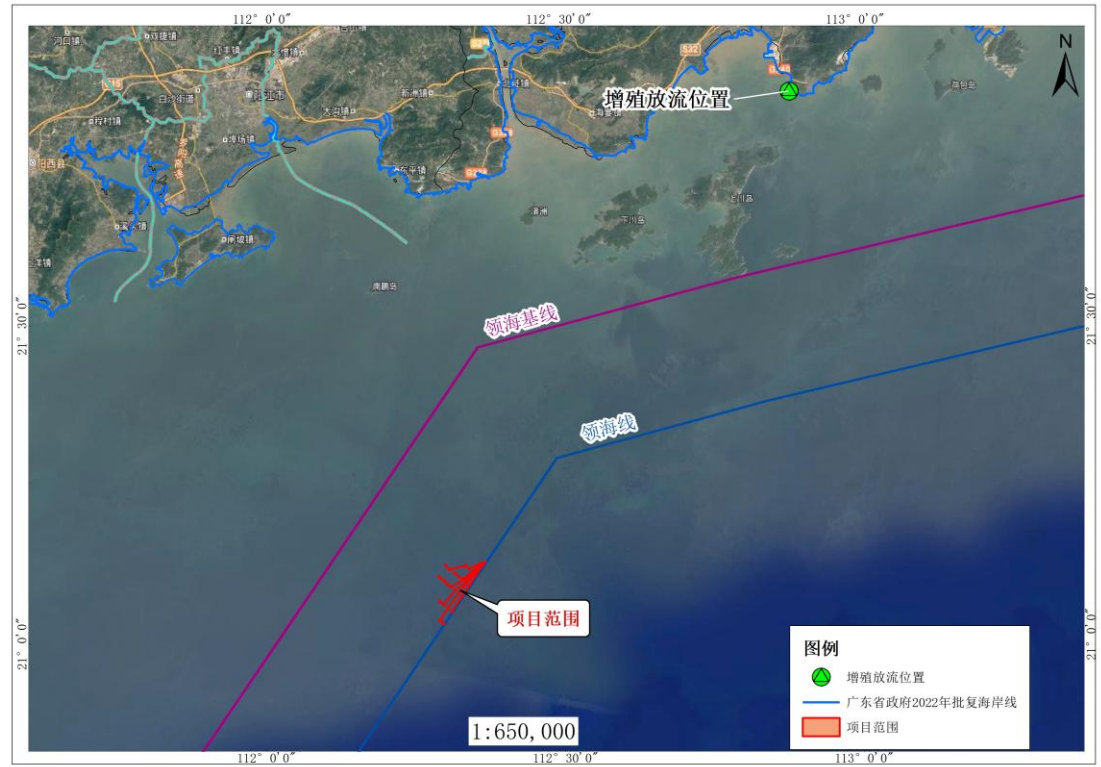


图 8.4-1 增殖放流位置图

(2) 生态保护修复实施效果监测

参照《围填海项目生态保护修复方案编制技术指南（试行）》，结合本项目生态保护修复重点，制定针对性的跟踪监测计划。

- 1、主要监测内容：海洋生物。
- 2、主要监测项目：浮游植物、浮游动物、鱼卵仔鱼、游泳生物、底栖生物以及增殖鱼种等。

3、监测频次：修复完成后首年春季各监测 1 次。

9 结论

(1) 项目用海基本情况

中广核江门川岛一海上风电项目由中广核新能源(江门)有限公司开发建设,项目位于江门市台山市南侧海域,场址面积约 47km²,风场场址水深在 45m~49m 之间。项目调整前规划装机容量为 400MW,拟布置 29 台 14MW 固定式风电机组,风电机组发出电能通过 6 回 66kV 集电海底电缆接入东北侧与国能江门川岛二海上风电项目合建的海上升压站,共同送出。海上升压站及送出海底电缆单独立项,不在项目申请用海范围内。项目申请用海面积为 178.7534 公顷,其中透水构筑物(风机)面积为 48.4967 公顷,海底电缆管道(66kV 集电海缆)用海面积为 130.2567 公顷;申请海域使用期限为 27 年,已于 2024 年 1 月 26 取得用海预审意见。

现阶段,根据本项目招标的定标机型,对风机台数、单机容量及平面布置进行调整。调整后拟布置 13 台 16MW 和 12 台 16.7MW 固定式风电机组,风电机组发出电能通过 6 回 66kV 集电海底电缆接入东北侧与国能江门川岛二海上风电项目合建的海上升压站,共同送出。海上升压站及送出海底电缆单独立项,不在项目申请用海范围内。

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),调整后项目申请用海面积为 264.9867 公顷,其中透水构筑物(风机)面积为 155.4147 公顷,海底电缆管道(66kV 集电海缆)用海面积为 109.5720 公顷;申请用海范围不占用岸线;申请海域使用期限为 27 年。

(2) 项目调整用海必要性

本项目调整后,机位总数减少了 4 个,机位减少的同时,减少了机组下部支撑结构工程量,降低了工程施工潜在风险;随着风机机型的变化,结合尾流损失、上网电量、满发小时数等指标对风机布置方案进行了调整;66kV 集电线路承担集电任务,根据风机的调整情况重新排布。因此,本项目的调整是必要的。

（3）资源生态影响分析

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恢复到原状，因此不对潮流动力产生影响，影响潮流主要是风机基座。由于流向与风机排列方向基本一致，涨急时刻表现为桩基后西北方向（下游）流速略减少，落急时刻表现为桩基后东南方向（下游）流速减少，模拟结果显示，风电场外 5.0km 外流场可基本可保持原来状态。

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。整体冲淤情况来看，桩基局部为冲刷，冲刷出来的泥沙落淤到桩基上下游，冲淤范围仅局限于风电桩基群的附近海区，风电场外冲淤基本不受本工程的影响。桩基的最大可能冲刷深度和冲刷直径分别为 7.6m 和 27.2m。工程后最大淤积幅度为 0.15m/a，发生在桩基的 NW 与 SE 方向，与潮流涨急、落急方向基本相似。

本项目风机桩基施工、电缆沟开挖对渔业资源的影响主要表现在对施工区附近高浓度悬浮物水域中的海洋生物的仔幼体可能造成的伤害。项目施工将造成的底层大于 10mg/L 悬沙浓度区的包络线面积为 26.988km²，桩基础建设将造成底栖生物直接损失 0.42kg，定位架施工将造成底栖生物直接损失 7.46kg，海缆施工将造成底栖生物直接损失 266.13kg。项目施工造成渔业资源直接损失量为游泳生物 66.84kg、鱼卵 2.73×10⁷ 粒、仔鱼 9.67×10⁶ 尾。

施工期间，由于人类活动、交通运输工具与施工机械作业产生的噪声、灯光等会对鸟类产生一定的影响，但施工期的影响是暂时、可逆的。工程运行期对过境鸟类可能产生的直接影响主要是光影响、风机（风叶）与鸟类发生撞击风险等，但鸟类有趋利避害的自然本能，因此风险有限。

（4）海域开发利用协调分析

本项目风电场周边海域开发利用活动主要为海上风电项目、航路等。根据本报告第 5 章海域开发利用协调分析结论，本项目利益相关者为国能（江门）风能开发有限公司、中广核新能源（阳江阳东）有限公司，协调部门为当地渔业主管部门以及海事主管部门。本项目在实施前，必须妥善安排施工计划，采取合理有效的防护措施，尽可能避免产生利益冲突；在实施过程中，如果发生利益冲突，

应该立即停工，等待利益冲突得到妥善解决后方可复工。

本项目用海属经营性用海，按国家有关规定交纳海域使用金，不存在损害国家权益的问题；根据本阶段工作，项目所在海域暂时无军事设施，但可能存在军方电缆。目前本项目尚未取得军方书面意见，建议业主积极协调军方意见，取得书面意见后，用海可行。

（5）国土空间规划符合性分析

本项目建设符合国家产业政策，符合《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》《江门市国土空间总体规划（2021-2035 年）》《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》和“三区三线”中的生态保护红线的管控要求。

项目与《“十四五”现代能源体系规划》《广东能源发展“十四五”规划》《广东省海上风电发展规划（2017-2030 年）（修编）》等能源行业规划的要求相符。项目符合《2030 年前碳达峰行动方案》《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》《广东省自然资源保护与开发“十四五”规划》《广东省海洋经济发展“十四五”规划》，以及《江门市国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》等各级相关规划的相关要求。

（6）项目用海调整合理性分析

依据风电场址规划，根据风能资源分布概况，综合考虑系统接入以及其他海洋水文条件优劣，本项目选址与相关规划、资源生态保护、军事等不相冲突，与对外交通运输条件、地质条件等较适宜，项目用海选址是合理的；本项目风电场场址区域离岸最近约 65km，水深 45m~49m，与“海上风电项目应满足离岸距离 30 公里或水深 30 米的开发条件限制”相符。风电场场址不涉及各种保护区及重要、敏感和脆弱生态区域，因此项目用海选址合理。

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

本项目规划装机容量 400MW，风电场场址水深在 45m~49m 之间，距离陆地最近距离约 65km，风电场外缘边线包络海域面积 4435.0376 公顷，单位装机容量风电场面积约 11.09 公顷/兆瓦，海域利用率约 6%，投资强度约 1035.43 万

元/公顷，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），“离岸 30 千米或水深大于 30 米，单位装机容量风电场面积 ≤ 15 公顷/兆瓦，海域利用率 $\geq 6\%$ ，投资强度 ≥ 800 万元/公顷”的要求。本项目用海面积可以满足项目用海需求，现阶段不存在减少用海面积的可能性，用海面积合理。

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

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

（7）项目用海调整可行性分析

中广核江门川岛一海上风电项目用海调整是必要的，与周边开发利用活动是可协调的，与所在国土空间规划分区、省海岸带及海洋空间规划功能区的管理要求均相符，与生态保护红线管理要求相符合。项目选址、用海方式、用海平面布置、用海面积和用海期限是合理的。在做好海域环境的保护工作的前提下，从海域使用角度出发，本项目调整用海是可行的。