

**莆田南日岛 C 区（调整）海上风电场工程
（北区项目）
海域使用论证报告书
（公示稿）**

厦门蓝海健工程咨询有限公司

2023 年 6 月

目 录

1 概述	1
1.1 论证工作由来.....	1
1.2 论证依据.....	4
1.3 论证工作等级和范围.....	8
1.4 论证重点.....	10
2 项目用海基本情况.....	12
2.1 用海项目建设内容.....	12
2.2 平面布置和主要结构、尺度.....	13
2.3 项目主要施工工艺和方法.....	25
2.4 项目申请用海情况.....	45
2.5 项目用海必要性.....	46
3 项目所在海域概况.....	49
3.1 自然环境概况.....	49
3.2 海洋生态概况.....	53
3.3 自然资源概况.....	53
3.4 开发利用现状.....	59
4 项目用海资源环境影响分析.....	73
4.1 项目用海环境影响分析.....	73
4.2 项目用海生态影响分析.....	95
4.3 项目用海资源影响分析.....	106
4.4 项目用海风险分析.....	109
5 海域开发利用协调分析.....	124
5.1 项目用海对海域开发活动的影响.....	124
5.2 利益相关者界定.....	131
5.3 利益相关者协调分析.....	132
5.4 项目用海对国防安全和国家海洋权益的影响分析.....	134
6 项目用海与海洋功能区划及相关规划的符合性分析.....	135
6.1 项目用海与《全国海洋主体功能区规划》符合性.....	135
6.2 与《福建省海洋功能区划（2011-2020 年）》的符合性分析.....	136
6.3 项目用海与相关规划的符合性分析.....	141
7 项目用海合理性分析.....	157
7.1 项目用海选址合理性分析.....	157
7.2 用海方式和平面布置合理性分析.....	163
7.3 用海面积合理性分析.....	180
7.4 生态用海分析.....	186
7.5 用海期限合理性分析.....	189
8 海域使用管理对策措施.....	190
8.1 区划实施对策措施.....	190

8.2 开发协调对策措施.....	191
8.3 风险防范对策措施.....	192
8.4 监督管理对策措施.....	201
8.5 生态修复措施.....	206
9 结论与建议.....	213
9.1 结论	213
9.2 建议	218

1 概述

1.1 论证工作由来

能源是经济社会发展的重要物质基础。工业革命以来，世界能源消费剧增，煤炭、石油、天然气等化石能源资源消耗迅速，生态环境不断恶化，特别是温室气体排放导致日益严峻的全球气候变化，人类社会的可持续发展受到严重威胁。目前，我国已成为世界能源生产和消费大国，随着经济和社会的不断发展，我国能源需求将持续增长。增加能源供应、保障能源安全、保护生态环境、促进经济和社会的可持续发展，是我国经济和社会发展的一项重大战略任务。为减少对一次能源的依赖，保护人类的生存环境，我国政府已承诺走可持续发展的道路，明确经济的发展不以牺牲后代生存环境、资源为代价，并研究、制定和开始执行经济、社会和资源相互协调的可持续发展战略。

为实现国家经济社会发展战略目标，加快能源结构调整，国家相继出台了《可再生能源法》、《国家能源局能源发展“十四五”规划》、《可再生能源发展“十四五”规划》指导可再生能源的发展，规划提出“十四五”期间要积极稳妥推进海上风电开发。开展海上风能资源勘测和评价，完善沿海各省（区、市）海上风电发展规划。加快推进已开工海上风电项目建设进度，积极推动后续海上风电项目开工建设，鼓励沿海各省（区、市）和主要开发企业建设海上风电示范项目，带动海上风电产业化进程。

风力发电是新能源领域中技术最成熟、最具规模开发条件和商业化发展前景的发电方式之一。与陆上风电场相比，海上风电场具有风资源优越、环保、节约土地、规模大等优势，海上风电场建设将成为今后世界风电发展的重点。

福建省海域广阔、海岸线长，全省海域面积有 13.6 万 km²，海岸线总长 6128km，风能资源丰富，风能理论蕴藏量大，开发海上风电具有得天独厚的条件。福建沿海受季风气候影响，风资源总体上丰富，其中闽江口以南至厦门湾部分位于台湾海峡中部，受台湾海峡“狭管效应”的影响，其年平均风速达 8.0m/s 以上，风向稳定，是全国风资源最丰富的地区。厦门以南地区与闽江口以北地区近海风资源也较为丰富。福建省近海区域靠近电网负荷中心，接入线路短，施工交通条件较好，具有较好的海上风电场建设条件，适合大规模开发海上风电。2022

年，福建省政府办公厅印发《福建省“十四五”能源发展专项规划》，规划要求，加大风电建设规模，积极推进规模化集中连片海上风电开发，在保障国防、海事、通航、生态等要求的前提下，科学组织海上风电开发建设。“十四五”期间有序择优推进《福建省海上风电场工程规划》内省管海域海上风电项目建设，新增开发规模 1030 万千瓦。

按照 2010 年 12 月莆田市政府与龙源电力集团签订的《南日海上风电和平海湾潮汐能发电项目投资协议书》，龙源电力负责开发莆田南日岛海上风电场，原规划分为 A、B、C 三个区域（见图 1.1-1），规划容量为 80 万 kW，分成一期和二期工程进行开发。

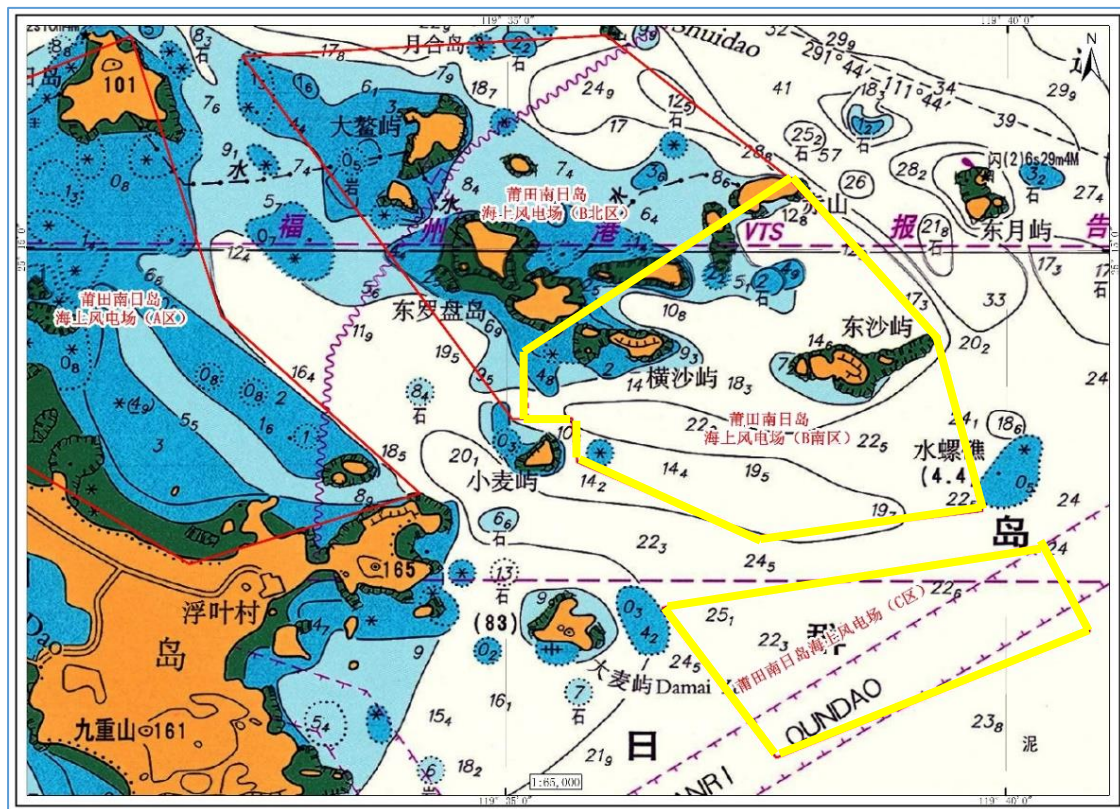


图 1.1-1 莆田南日岛海上风电场原规划范围示意图（黄线为二期范围）

其中一期工程开发部分为原规划得 A 区和 B 北区两个场区，开发容量 40 万 kW，已由福建龙源海上风电有限公司（以下简称“龙源福建”）于 2021 年底建成投用（一期红线表示，A 区和 B 北区）。一期共布置 100 台单机容量为 4.0MW 的风电机组，其中 A 区 53 台，B 北区 47 台。场址 A 区理论水深 0~10km，面积约 32.5km²；B 区理论水深 3~30m，面积 58.1km²。

二期工程规划范围为莆田南日岛海上风电场 B 南区和 C 区（图 1.1-1 黄色部

分），B 南区面积为 26.95km²；C 区面积为 13.4km²，规划设计容量 35 万 kW。随后《福建省近海海上风电场工程规划报告》（报批稿）对莆田南日岛海上风电场 B 南区和 C 区范围进行调整，并于 2022 年 5 月取得国家能源局批复，原莆田南日岛海上风电场二期项目调整为莆田南日岛 C 区（调整）海上风电场项目，调整后场址规划装机容量为 30 万千瓦。调整后场址位于南日岛东侧海域，场址中心离岸距离约 27km，离南日岛岸边 6km，规划面积 32km²，规划容量 30 万 kW，理论水深约 14~23m，见图 1.1-2。

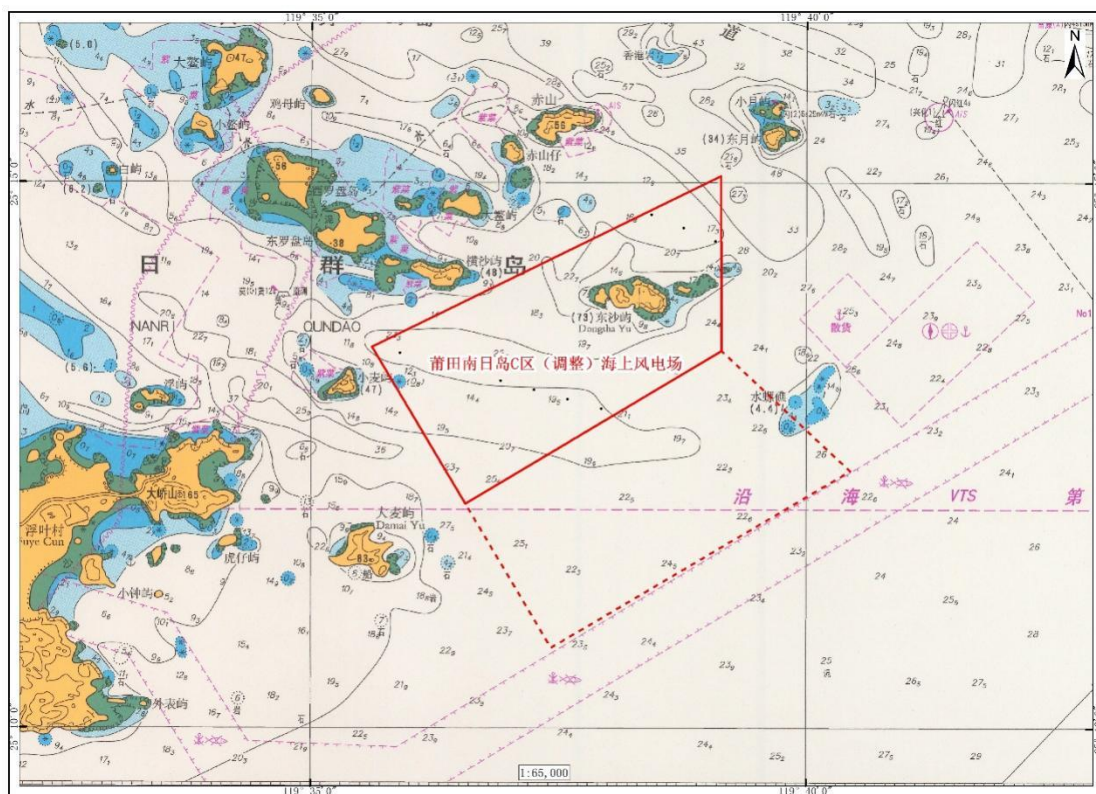


图 1.1-2 莆田南日岛 C 区（调整）海上风电场工程规划范围

由于 2018 年 4 月 17 日，福建省发改委出具《关于推进莆田大麦屿、南日岛二期海上风电项目开发工作的函》（闽发改能源函〔2018〕189 号），同意省投资集团开展莆田南日岛海上风电场二期项目等海上风电场项目前期工作（附件 1）。本着尊重历史的原则，经莆田市政府协调，福建省投资集团与龙源电力集团双方协商达成一致意见，共同开发建设莆田南日岛 C 区（调整）海上风电场项目，各自负责开发一半装机容量，并签订备忘录（附件 2）。

莆田南日岛 C 区（调整）海上风电场工程，规划装机容量 30 万 kW，经莆田市政府协调，省投资集团和龙源电力集团双方各自按照 15 万 kW 装机容量共

同开发建设。本工程为北区项目，拟安装 10 台单机容量 16MW 的风力发电机组。根据备忘录，龙源福建公司同意福建投资集团 15 万千瓦海上风电项目接入龙源福建公司已建东罗盘岛 220kV 升压站并统一送出至南日岛 220kV 升压站，再经已建的埭头汇流站～南日岛升压站的双回线路并入电网，目前埭头汇流站～南日岛升压站双回线路设计接入容量为 84.6 万 kW，已经接入容量为 51.1 万 kW，仍有 33.5 万 kW 容量冗余，可以满足南日岛 C 区 30 万 kW 的接入。莆田南日岛 C 区（调整）海上风电场项目投运后，需在已建东罗盘岛 220kV 升压站预留间隔新增一回容量 320MW 的送出线路至南日岛 220kV 升压站，新增 220kV 海缆段线路由龙源福建公司建设，不在本报告申请用海。

本报告书论证内容为福建中闽海上风电有限公司开发建设的莆田南日岛 C 区（调整）海上风电场工程（北区项目）（以下简称“本项目”）。本项目拟建的风力发电机组和海底电缆敷设均需占用海域，根据《中华人民共和国海域使用管理法》、《福建省海域使用管理办法》和《海域使用管理技术规范》的规定和要求，本工程总包单位福建永福电力设计股份有限公司委托厦门蓝海健工程咨询有限公司（以下简称“我司”）承担本项目海域使用论证报告书的编制工作（附件 3）。我司在现场考察、调查以及收集与本工程有关资料的基础上，按照《海域使用论证技术导则》和《海籍调查规范》的要求编制本报告书。本报告测绘工作由厦门蓝海天信息技术有限公司承担。

1.2 论证依据

本海域使用论证主要根据如下有关法律法规、标准、规范及相关图件资料等进行编制。

1.2.1 法律依据

- ◆ 《中华人民共和国海域使用管理法》，主席令〔2001〕61 号；
- ◆ 《中华人民共和国海洋环境保护法》，全国人民代表大会常务委员会，2017 年 11 月 4 日第三次修正；
- ◆ 《中华人民共和国港口法》，全国人民代表大会常务委员会，2018 年 12 月 29 日修正；
- ◆ 《中华人民共和国海岛保护法》，主席令〔2009〕22 号；

- ◆ 《中华人民共和国海上交通安全法》，全国人民代表大会常务委员会，2021.9.1；
- ◆ 《中华人民共和国湿地保护法》，主席令〔2021〕第 102 号；
- ◆ 《防治海洋工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》，国务院，2018 年 3 月 19 日修正；
- ◆ 《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》，国务院，2018 年 3 月 19 日修正；
- ◆ 《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；
- ◆ 《防治船舶污染海洋环境管理条例》，国务院令〔2017〕676 号；
- ◆ 《中华人民共和国水上水下活动通航安全管理规定》，中华人民共和国交通运输部令〔2016〕69 号；
- ◆ 《海域使用权管理规定》，国海发〔2006〕27 号；
- ◆ 《海域使用权登记办法》，国海发〔2006〕28 号；
- ◆ 《海域使用论证管理规定》，国海发〔2008〕4 号；
- ◆ 《海岸线保护与利用管理办法》，国海发〔2017〕2 号；
- ◆ 《产业结构调整指导目录（2019 年本）》，国家发展和改革委员会，2021 年 12 月 30 日；
- ◆ 《国家海洋局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；
- ◆ 《铺设海底电缆管道管理规定实施办法》，国家海洋局令〔1992〕3 号；
- ◆ 《铺设海底电缆管道管理规定》，国务院令〔1989〕27 号；
- ◆ 《海底电缆管道保护规定》，国土资源部令〔2004〕24 号；
- ◆ 《福建省海域使用管理条例》，福建省人民代表大会常务委员会，2016 年 4 月 1 日第三次修正；
- ◆ 《福建省海洋环境保护条例》，福建省人民代表大会常务委员会，2016 年 4 月 1 日修正；
- ◆ 《福建省湿地保护条例》，福建省人民代表大会常务委员会，2017.1.1；
- ◆ 《福建省海岸带保护与利用管理条例》，福建省人民代表大会常务委员会

会，2018 年 1 月 1 日施行；

- ◆ 《海上风电开发建设管理办法》，国能新能〔2016〕394 号；
- ◆ 《福建省海洋与渔业局铺设海底电缆管道管理办法》，闽海渔〔2002〕180 号。
- ◆ 《自然资源部关于规范海域使用论证材料编制的通知》，自然资源部，2021 年 1 月；
- ◆ 《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南（试行）》，自然资办发〔2020〕51 号；
- ◆ 《福建省自然资源厅关于做好高质量发展落实赶超用海服务保障工作的通知》，闽自然资发〔2019〕22 号；
- ◆ 《自然资源部关于积极做好用地用海要素保障的通知》，自然资发〔2022〕129 号；
- ◆ 《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。

1.2.2 相关规划

- ◆ 《全国海洋主体功能区规划》，国发〔2015〕42 号；
- ◆ 《福建省海洋功能区划》（2011-2020 年），福建省人民政府，2012 年 10 月；
- ◆ 《福建省海洋环境保护规划（2011-2020 年）》，闽政〔2011〕51 号；
- ◆ 《福建省海岸带保护与利用规划（2016-2020）》，闽发改区域〔2016〕559 号；
- ◆ 《“十四五”现代能源体系规划》，发改能源〔2022〕210 号；
- ◆ 《福建省“十四五”能源发展专项规划》，闽政办〔2022〕30 号；
- ◆ 《福建省近海海上风电场工程规划》报批稿；
- ◆ 《福建省“十四五”海洋强省建设专项规划》，闽政办〔2021〕62 号；
- ◆ 《福建省“十四五”渔业发展专项规划》，闽海渔〔2022〕46 号；
- ◆ 《福建省国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》，2021 年 1 月 27 日省十三届人大五次会议批准；
- ◆ 《莆田市“十四五”海洋强市建设专项规划》，莆政办〔2022〕53 号；

- ◆ 《莆田市"十四五"海洋生态环境保护规划》，莆政办〔2022〕1号；
- ◆ 《南日镇总体规划（2012-2030）》，南日镇人民政府，2013年10月；
- ◆ 《福建省海岛保护规划（2011-2020）》，福建省海洋与渔业厅，2012年11月；
- ◆ 《南日十八列岛无居民海岛保护和利用规划（2013-2020年）》，莆田市人民政府，2014年3月；
- ◆ 《莆田市南日岛海洋牧场总体规划（2014-2020年）》，莆田市海洋与渔业局，2014年4月。
- ◆ 《莆田市秀屿区海水养殖水域滩涂规划（2018-2030）》，莆田市秀屿区人民政府（莆秀政〔2018〕46号）

1.2.3 技术标准和规范

- ◆ 《宗海图编制技术规范》（HY/T251-2018）；
- ◆ 《海域使用论证技术导则》（国海发〔2010〕22号），2010年11月12日；
- ◆ 《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，2008.3.1；
- ◆ 《海籍调查规范》（HY/T124-2009），国家海洋局，2009.8；
- ◆ 《海域使用分类》（HY/T123-2009），国家海洋局，2009.5；
- ◆ 《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南（试行）》（自然资源部〔2020〕51号），2020.11；
- ◆ 《海洋调查规范》（GB/T12763-2007），国家标准化管理委员会，2008.2.1；
- ◆ 《海洋监测规范》（GB17378-2007），国家质量技术监督局，2008.2.1；
- ◆ 《海洋沉积物质量》（GB18668-2002），国家质量监督检验检疫总局，2002.10.1；
- ◆ 《海水水质标准》（GB3097-1997），国家环境保护局，1998.7.1；
- ◆ 《海洋生物质量》（GB18421-2001），国家质量监督检验检疫总局，2002.3；
- ◆ 《全球定位系统（GPS）测量规范》（GB/T18314-2009），国家质量监督检验检疫总局&国家标准化管理委员会，2009.6.1；
- ◆ 《海域使用面积测量规范》（HY070-2003），国家海洋局，2003.10.1；

1.2.4 项目基础资料

- ◆ 《莆田南日岛 C 区（调整）海上风电场工程（北区项目）可研阶段可行性研究报告》，福建永福电力设计股份有限公司，2023.4；
- ◆ 《莆田南日岛 C 区（调整）海上风电场工程（北区项目）海底电缆路由桌面研究报告》，厦门蓝海健工程咨询有限公司，2023.4；
- ◆ 《莆田南日岛 C 区（调整）海上风电场工程（北区项目）数值模拟研究报告》，厦门蓝海天信息技术有限公司，2023.4；
- ◆ 《莆田南日岛 C 区（调整）海上风电场工程（北区项目）海洋水文调查报告》，上海东海海洋工程勘察设计研究院，2018.9；
- ◆ 《莆田南日岛 C 区（调整）海上风电场工程（北区项目）通航安全分析报告》（送审稿），泛洋海事技术咨询服务公司，2023.4；
- ◆ 《莆田平海湾海上风电场二期项目海洋环境调查报告（秋季）》，国家海洋局东海预报中心，2023.2；
- ◆ 《莆田南日岛 C 区（调整）海上风电场工程（北区项目）海洋环境调查报告（春季）》，福建南方检测有限公司，2023.4；
- ◆ 《莆田南日岛 C 区（调整）海上风电场工程（北区项目）水下噪声及电磁环境对海洋生物影响专题研究报告》，厦门大学，2023.4；
- ◆ 《莆田南日岛 C 区（调整）海上风电场工程（北区项目）鸟类影响评估报告书》，福州榕邦林业技术服务有限公司，2023.4。

1.3 论证工作等级和范围

1.3.1 论证工作等级

本工程拟安装 10 台单机容量 16MW 的风力发电机组。分设 5 回 35kV 集电线路将电能送至东罗盘岛上龙源 220kV 升压站，每回 35kV 集电线路含 2 台风机，铺设 35kV 海底电缆路径长度约 35.9km，敷设至东罗盘岛东侧登陆点；登陆后利用海陆缆转换接头改为 220kV 陆缆，接入东罗盘岛上已经建成的升压站，之后依托福建龙源公司新建 1 回 220kV 线路接至龙源南日岛 220kV 升压站，再经埭头汇流站～南日岛升压站双回线路并入电网。新增东罗盘岛至南日岛 220kV 海缆送出线路由龙源福建公司建设，不在本报告申请用海。

本工程使用海域为风电机组和 35kV 海缆，根据《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南（试行）》中的相关规定，本工程用海类型一级类为“工矿通信用海”，二级类为“可再生能源用海”和“海底电缆管道用海”。根据《海域使用分类》（HY/T-123-2009），本工程用海类型一级类为“工业用海”和“海底工程用海”，二级类为“电力工业用海”和“电缆管道用海”。

本工程风电机组用海总面积 14.7515hm²；35kV 海缆路径 35.9km，海底电缆共计用海面积 104.8049hm²。对照《海域使用论证技术导则》，本项目风机基础用海方式为透水构筑物用海，用海面积 14.7515hm²，<30hm²。

根据最新的“三区三线”成果，规划场区周边海岛小麦屿以及横沙屿均为“生态保护红线”，风机基础周边有南日岛国家级海洋牧场示范区，因此界定本项目论证海域为敏感海域，论证等级为一级。本项目 35kV 海底电缆用海方式属于其它中的海底电缆管道用海，海底电缆路径总长 35.9km，所有海域论证等级均为三级。根据海域使用论证技术导则，同一项目用海类型、规模或者方式规定的等级不一致时，按照就高不就低的原则，本项目海域使用论证等级界定为一级。

表 1.3-1 论证工作等级确定结果一览表

一级用海方式	二级用海方式	用海单元	用海规模	所在海域特征	论证等级
构筑物用海	其他透水构筑物用海	导则	构筑物总长度（400~2000）m； 用海总面积（10~30）公顷	敏感海域	一级
		本工程	用海面积 14.7515 公顷	其他海域	二级
其他用海方式	海底电缆管道	导则	所有规模	敏感海域	一级
		本工程	长度 35.9km	所有海域	三级

1.3.2 论证范围

根据《海域使用论证技术导则》（GB/T42361-2023）对一级论证的要求，论证范围应依据项目用海情况、所在海域特征及周边海域开发利用现状，覆盖项目用海可能影响到的全部区域。最终确定本项目的论证工作范围为：西南起 A 点-B 点-C 点-D 点-E 点-F 点-G 点-西至 H 点所围成的海域（图 1.3-1）。本项目论证范围尽量包括海洋环境现状调查和海洋生态调查站位。本项目论证范围海域面积约 96.59km²。

A 点：位于项目东南侧，H 点正南侧约 17.9km；

B 点：位于 A 点正东向约 32.3km，T10 风机距 AB 点连线最近距离约 19.0km；

C 点：位于 B 点正北侧的东限岛上，距 B 点约 28.6km，T03 风机距 BC 点连线最近距离约 11.9km；

D 点：位于塘屿东北角；

E 点：位于福清市莲峰村西南侧，T01 风机距 DE 点连线最近距离为 10.6km；

F 点：位于福清市目屿东南侧；

G 点：位于南日岛西北角；

H 点：位于南日岛西侧海岸。

1.4 论证重点

海上风电场工程包括风机基础和输电电缆建设用海，根据项目用海区域的自然环境条件、海洋资源分布及开发利用特点，结合项目用海的性质及其可能造成的环境影响，确定论证重点内容如下：

- （1）项目用海必要性、用海选址、平面方式和平面布置合理性分析；
- （2）海域开发利用协调分析；
- （3）项目用海对海洋资源环境的影响分析。

（略）

图 1.3-1 本项目论证工作范围

2 项目用海基本情况

2.1 用海项目建设内容

(1) 项目名称：莆田南日岛 C 区（调整）海上风电场工程（北区项目）

(2) 建设单位：福建中闽海上风电有限公司

(3) 建设性质：新建

(4) 地理位置：本项目场址位于福建省莆田市秀屿区南日岛东侧海域，场址中心离岸距离约 27km，离南日岛岸边 6km。场区中心点地理坐标为东经 119°35'53.93"，北纬 25°13'26.57"（图 2.1-1）。工程区可由秀屿区石城码头乘船至南日岛，再由南日岛浮叶对台贸易码头乘船航行至本项目所在区域。



图 2.1-1 本项目地理位置图

(5) 建设内容与规模：

莆田南日岛 C 区（调整）海上风电场工程，规划装机容量 30 万 kW，经省投资集团和龙源电力集团双方协商，各自按照 15 万装机容量共同开发建设。本工程为北区项目，拟安装 10 台单机容量 16MW 的风力发电机组。

风力发电机组所发电量采用 5 回 35kV 集电线路将风力发电机组汇至东罗盘

岛龙源 220kV 升压站，每回 35kV 集电线路含 2 台风机，集电线路海缆路由总长度约 35.9km。项目发电量经 35kV 海缆方案沿小横沙峪西侧敷设至东罗盘岛东侧登陆点，再改为陆缆方案将电能送至东罗盘岛龙源 220kV 升压站，与南日岛海上风电场一期工程电能一并送出。

表 2.1-1 工程主要技术指标表

序号	项目	单位	数量	
1	装机规模	MW	150	
2	单机容量	MW	16	
3	年发电量	GWh	700.616	
4	年上网电量	GWh	679.598	
5	年等效满负荷利用小时数	h	4248	
6	35kV 海缆路由	km	35.9	
7	建设用地、用海面积	风机基础用海	hm ²	14.7515
		海底电缆	hm ²	104.8049
8	钢管桩	t	7484.31	
9	混凝土	万 m ³	3.79	
10	钢筋	t	4296.45	

（略）

图 2.1-2 本项目总平面布置方案

2.2 平面布置和主要结构、尺度

2.2.1 项目总平面布置

2.2.1.1 风电机组

1、风电机组布置原则

风电场通过风电机组把风能转化为电能，风经过风电机组转轮后速度下降并产生紊流，沿着下风向一定距离后才能消除前一台风电机组对风速的影响。因此，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综合考虑风电场区域内风能资源条件、风机之间尾流影响、航道、海底地形地质条件等因素进行布置，主要布置原则为：

- 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。本工程场址区域附近有规划的习惯航道，还有部分沿海航道，风机布置时应避开这些规划航道。场址范围属于南日岛农渔业区，避开了规划的港口航运区和习惯性航道。

② 南日岛 C 区（调整）场址南侧有军用缆经过，风机布置时应避让其两侧适当保护范围。根据相关部门要求南日 C 区海上风电项目与军事光缆平面距离应控制在 800 米及以上；垂直交叉应大于 1.5 米。本工程位于规划范围西北侧，不涉及军事光缆保护区范围。

③ 为了便于基础施工，本工程风机布置时尽量避开岛礁与生态红线，与岛礁保持至少 500m 以上的距离。

④ 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。

⑤ 布置时既要控制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。

⑥ 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。

⑦ 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。

⑧ 对于场址内涉及的养殖范围，风机布置时应进行避让。

2、风电机组布置方案

工程拟安装 10 台单机容量 16.0MW 风力发电机组，拟接入场址西侧已建的东罗盘岛 220kV 升压站。风电机组在规划控制范围区内按照矩阵布置，垂直于风能主导方向排列。10 台风机机位分别布置在理论水深约 22m~27m 范围内，机位处的水深条件均满足目前施工和安装船只的吃水深度要求。

由于后排的风机通过拉大行间距可有效降低尾流损失，另外行内间距增大可以减少其尾流对后排风机的影响，简单的说就是行间间距和行内间距越大，风机机组之间的尾流影响越小。考虑风电场受外部条件因素制约，在考虑海域位置、海域规划、海域水深以及规划区内岛屿位置等环境条件的限制因素后，通过专业风能资源评估软件 wasp 进行风能资源分析（计算时已考虑龙源南日岛 C 区的 160MW 风机的影响），按照风电场整体布置原则兼顾单机发电量和风电机组间的

相互影响，通过对风电机组布置方案的技术经济、风电机组间的相互影响和发电量等方面综合比较，确定在规划范围内，本工程风机按两排布置，北侧一排布置 3 台风机，距离东沙屿约 1.1km，南侧一排布置 7 台风机，距离东沙屿 1.7~3.7km 范围内，南北两排风机行内间距 2.27D，风电机组布置方案如图 2.2-1。



图 2.2-1 本项目风电机组布置方案

2.2.1.2 35kV 海底电缆布置方案

根据推荐风机布置方案，将 10 台风机分设 5 回 35kV 集电线路将电能送至东罗盘岛升压站，35kV 集电线路采用海缆敷设，每回 35kV 集电线路均含 2 台风机。两台风机之间海缆选型 HYJQF41 26/35 3×120+2×36B1，两台风机电能汇集后使用 HYJQF41 26/35 3×500+2×36B1 连接至登陆点，之后陆管连接至东罗盘岛 220kV 升压站。35kV 海缆路由布置方案见图 2.1-2。

2.2.1.3 登陆点

经建设单位与龙源福建电力公司协商，本项目 35kV 海缆接入龙源福建电力公司位于东罗盘岛的已建 220kV 升压站，沿原预留通道送出。因此海缆设计在东罗盘岛选址登陆。根据对东罗盘岛东侧和南侧海岸带现场踏勘、调访，综合考

考虑风电场区位置，经预选 3 个登陆点比选，推荐的预选登陆点位于在东罗盘岛升压站东侧，地理坐标为东经 119°35'26.996"，北纬 25°14'24.346"。

项目登陆点位置见图 2.2-3，登陆点地势比较平坦，属于海面较为开阔的内湾，浅滩处礁石较少，岸线为基岩海岸，向陆一侧为空闲地，距离陆域升压站直线距离约 350m；向海一侧现状有龙须菜和鲍鱼养殖。登陆点位置周边已有一条市政 10kV 海缆登陆。

（略）

图 2.2-2 本项目东罗盘岛 220kV 升压站周边情况

（略）

图 2.2-3 本项目海缆登陆位置及现场情况

2.2.2 主要结构形式及尺度

2.2.2.1 风机

根据福建省海上风电机组技术要求、工程海域环境特点和风能资源等情况，本项目工可通过 3 种目前市场先进机型的比选，推荐采用单机容量为 16MW 的 WTG16-262 风力发电机组。主要技术参数如下：

表 2.2-1 风机设备特性

名称	单位	数量
推荐机型		WTG16-262
台数	台	10 台
额定功率	MW	16
叶片数	片	3
叶片长度	m	128
风轮直径	m	262
风轮扫掠面积	m ²	53913
切入风速	m/s	3
额定风速	m/s	14.5
切出风速	m/s	25
安全风速	m/s	77
轮毂高度	m	150
发电机额定功率	kW	16000
发电机功率因素		0.95 感性-0.95 容性
额定电压	kV	1.14（变压器可内置于塔筒内）
运行寿命（最小）	年	25

2.2.2.2 风机基础

本工程区域地质条件复杂，风机基础及波浪荷载大，参考国内外海上风机基础及海上钢质固定平台的设计经验，混凝土管桩已经不适应本工程的承载要求，钢管桩是本项目风电基础的理想桩型。另外考虑到本工程区域强风化岩面起伏较大，对于部分岩面较高、岩面以上覆盖层较薄的区域需要采用嵌岩桩。

针对该种地质情况采用高桩承台（嵌岩）基础设计方案：

上部承台直径为 20.0m，高度为 5.5m，承台底标高为 11.6m，顶标高为 17.1m。风机塔筒通过锚栓笼与混凝土承台连接。承台基础采用 6 根钢管桩，6 根钢管桩在承台底部沿 14.0m 直径的圆周均匀分布，桩身斜率为 6:1。桩端以中风化花岗岩作为持力层，嵌岩部分进入中风化岩层深度大于 7.2m。风机基础采用预应力锚栓笼作为风机塔筒和承台的连接，预应力锚栓笼主要由 T 型法兰、预应力锚杆和工装底环 3 部分构成，其中 T 型法兰上部直接与风机塔筒连接，而 T 型法兰下部为高强度灌浆，灌浆下方为基础混凝土，预应力锚杆提供固定上部塔筒的预紧力，底环镶嵌在混凝土基础中，用于固定预应力锚杆。结构模型见图 2.2-4。

高桩承台嵌岩基础结构钢管桩桩径 2.6m，壁厚 30mm，总长度约 56.0m，桩入土深度约 19.36m，桩顶标高 11.6m，以中风化花岗岩为持力层，底部嵌岩钻孔 2.4m，深度 7.2m，6 根钢管桩在承台底部沿 14.0m 直径的圆周均匀分布，桩内灌注 C35 混凝土。上部承台为现浇 C45 高性能海工混凝土结构，承台直径为 20.0m，高度为 5.5m，承台底标高为 11.60m，顶标高为 17.10m。高桩承台基础立面见图 2.2-5。

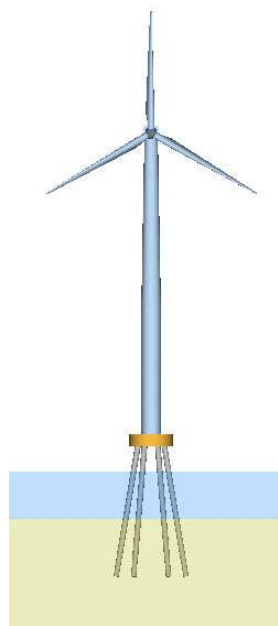


图 2.2-4 高桩承台结构模型

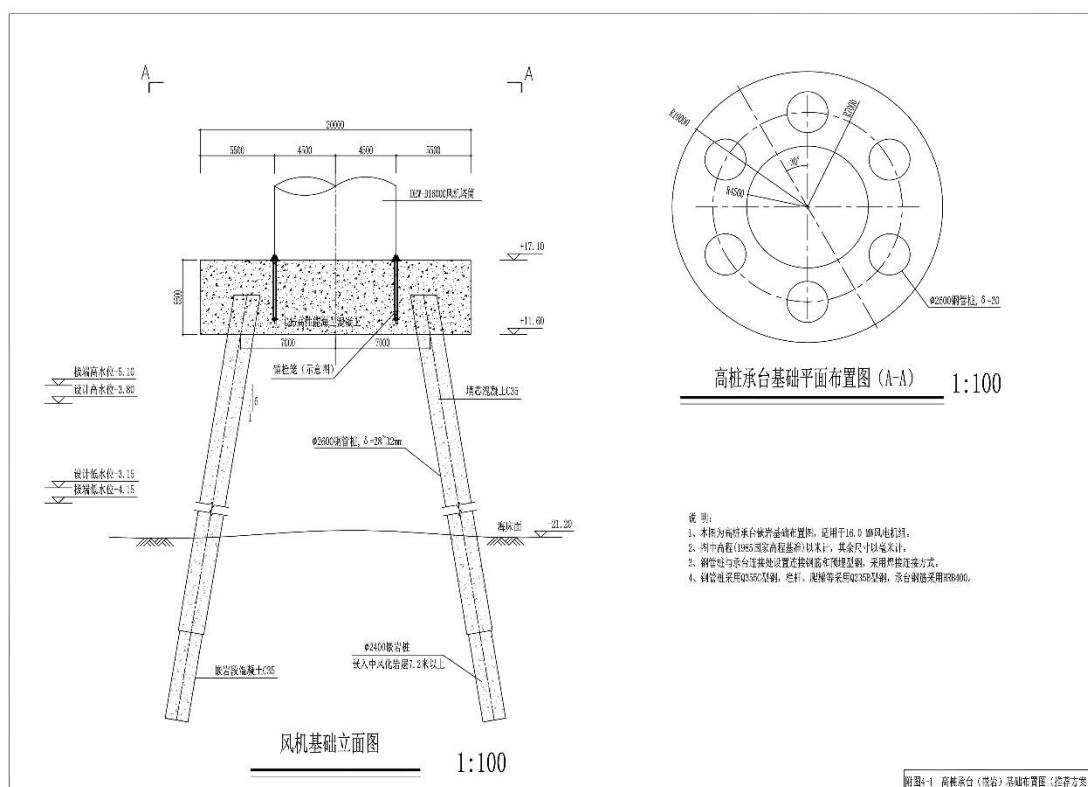


图 2.2-5 高桩承台基础立面图

2.2.2.3 海底电缆

根据东罗盘岛 220kV 升压站、海上风机位置及周边地理条件, 本工程 35kV 集电线路采用海缆敷设。本工程集电线路 5 回, 为缩小海缆海域使用面积和陆缆

走廊宽度，海缆选用三芯铜导体电缆。结合周边地理条件和风电场运动、通信及继电保护的要求，并考虑风电场系统特点及海缆维修的困难性，适当提高电缆的绝缘水平，选定海缆形式如下：三芯铜导体、交联聚乙烯绝缘、分相铅包、粗钢丝铠装、聚丙烯绳外被、复合 2*36 芯光纤的海底电缆，型号：HYJQF41-26/35-3 3×**+2*36B1。

考虑了 35kV 海缆的不同运行环境对电缆载流量的影响，对海缆在海水中、风机塔筒内、空气中及电缆沟内的载流量分别进行了计算，选定海缆的截面及负载能力如下：

表 2.2-2 海缆选择表

电缆型号		负载能力
集电线路海缆	HYJQF41 26/35 3*120+2*36B1	1 台
	HYJQF41 26/35 3*500+2*36B1	2 台

与集电线路配电装置型式配套，本工程海缆终端采用户内屏蔽型三芯复合光纤交联电缆终端。

2.2.3 工程相关设计

2.2.3.1 防腐蚀设计

1、钢结构防腐蚀设计

本工程风机基础结构设计使用年限为 25 年，工程建设期约 3 年（含前期），防腐蚀设计按 30 年考虑。钢结构在预留一定腐蚀余量的基础上采用物理防护与电化学保护的联合保护方式，即钢结构基础整体采用牺牲阳极保护，在浪溅区和水位变动区辅以长寿命重防腐涂料进行防腐，水下区、泥下区采用牺牲阳极阴极保护方式与防腐涂层结合的方式进行防腐。

（1）涂层防护

本工程钢结构防腐涂层系统见下表：

表 2.2-3 钢结构防腐涂层表

钢管桩外表面	腐蚀等级	ISO 12944-2 Im2	
	表面处理	喷射清理到 Sa 2 _{1/2} ，表面粗糙度 Rz 40-80μm	
	涂层	产品名称	干膜厚度/μm
	底漆	环氧漆或环氧粉末	400
	面漆	环氧漆或环氧粉末	400

	总厚度		800
架附件，爬梯、扶手栏杆等热浸镀锌表面	腐蚀等级	ISO 12944-2 Im2	
	表面处理	喷射清理到 Sa 2 _{1/2} ，表面粗糙度 Rz 50-100μm	
	涂层	产品名称	干膜厚度/μm
	底漆	耐磨环氧漆	200
	面漆	聚氨酯面漆	50
	总厚度		250

（2）电化学防护

本工程电化学防腐采用牺牲阳极阴极保护防腐，牺牲阳极材料选用目前最常用的铝-镉-锌合金材料。

采用涂层或阴极保护时，结构设计应留有适当的腐蚀裕量。根据相关计算，本阶段对于风电机组基础的浪溅区和水位变动区等腐蚀较为严重的区域，预留 4~5mm 的腐蚀余量。

2、混凝土结构防腐蚀设计

混凝土结构防腐蚀措施主要为混凝土采用高性能海工混凝土，设计等级为 C45，混凝土的质量和配合比严格按照《海港工程钢筋混凝土结构电化学防腐蚀技术规范》（JTS153-2-2012）的规定，并采取可靠的温控措施，防止混凝土浇筑时产生温度裂缝。另外采取增大钢筋混凝土保护层厚度，承台混凝土表面喷涂防腐涂层等辅助措施。

2.2.3.2 防冲刷设计

根据工可计算，在 22~27m 水深的工程区，在 50 年一遇的潮波作用下直径 8m 的桩墩最大冲刷深度约为 5.5m，直径 2.6m 的桩墩最大冲刷深度约为 3.6m。小于 3 米桩径的风机基础考虑局部冲刷深度，即确保风电基础结构在桩出露的条件下，风机基础稳定、强度和变形可满足要求。由于场区淤泥层厚约 5m，大于计算得出的最大冲刷深度，因此本阶段考虑仅采用预留冲刷深度的方式进行风机基础防冲刷设计。

同时在工程建成后加强巡视与测量，了解风机基础周边冲刷情况，若发生基础冲刷程度超过预期保护时及时采取扩底措施。

2.2.3.3 靠船与防撞设计

本工程规划风电场避开海上主要航道航线。风电场建设完成后，将在风电场外围设置航标灯，禁止除检修船舶及排水量在 200t 以下的渔船以外的所有过往

船只进入风电场。根据海上风电场在风机设备调试、运行和检修工作需要，本工程风机基础的靠船和防撞设计按 200~400t 日常工作船考虑。

本场址为无掩护海域，参考《港口工程荷载规范》（JTS144-1-2010），本阶段系缆设施系缆力标准值按 50kN 考虑，靠船防撞设施按 500t 级工作船舶法向靠泊速度 0.50m/s 设计。

（1）靠船设计

每座风机基础布置两套靠船构件（含爬梯），两套靠船构件的平面布置呈 90 度。靠船构件结合高桩承台基础的桩腿、吸力式三脚架基础的斜撑布置。

（2）基础防撞设计

本工程规划布置时，针对周边大中型船舶的习惯航路、规划的航道和船舶待泊锚地等均已按相关要求预留了足够的安全距离。因此，本工程综合考虑防撞设施布置的造价和本风电场周边的通航情况，拟定采用以预防措施为主，即风机基础顶部侧面喷涂警示反光漆，每座风机基础均设置警示灯和雷达应答器，除此之外不再设置专门的防护措施。风电场内部风机基础由于处于外围风机的遮挡下，受到碰撞的概率大为降低，在结构设计时已考虑较小吨位船只的意外撞击。对于更大速度的船舶靠泊撞击，防撞设施仅能起到有效缓冲撞击的作用，进而减小撞击对风机基础的影响，但不保证防撞设施的完好无损。对于更大吨位的船舶，从结构设计方面考虑抵抗其撞击是不经济也难以实现的，参考其他工程的做法，除在工程布置时，考虑风机与航道间预留一定的安全距离外，项目建成后，可以通过安装警示灯、AIS 以及业主单位向海事主管部门申请发布航行通告，提醒本风电场周围航路中的船舶加强值班与瞭望，并采取相应的安全措施。

（3）空中导航标志

本工程不在民用航线范围内，但本场址位于福建省东部海域，可能会受到军用航线的影响，因此空中导航标志按以下原则装设：

① 在机舱顶部设置中光强航空障碍标志灯，红色玻璃灯罩，采用 LED 光源，在白昼、黄昏或黎明及夜间全天候变光强闪光。同时考虑所有航空障碍标志灯的同时和顺序闪烁，以达到明显的警示作用。

② 在风电机组叶片的叶尖部位涂红白相间的反光漆。

③ 标志灯供电电源类型，属保安类，宜由塔筒内部不间断电源供电，电缆

采用铜芯塑料绝缘铠装电缆。标志灯回路，不允许“T”接其他用电负荷。

④ 风电机组的标志灯、导航灯、障碍灯的控制，宜采用光电自动控制。光电自动控制箱和自动换泡装置以及闪光装置构成全自动航空障碍灯装置。

（4）场区内导助航标志

风电场区的航标布置包括风机警示标志和风电场外围水上、路上助航标志两部分构成。其功能能够对附近过往船舶起到警示作用，使船舶能够避开风机和风电场区并保持一定安全距离航行。

① 施工期

工程建设期间，设置施工警戒区，防止过往船舶误进入工程施工场地。为保障施工作业安全，引导过往船舶安全通航，根据场区布置及周边现有通航环境，可以布置浮标以标识施工区边界范围。

② 运营期

每台风机塔筒筒身周围涂黄色，并在塔身上按顺序用阿拉伯数字标示风机编号。风电机身上安装航标灯并在灯体位置圆周涂黄，灯质为莫尔斯信号 U，要求任何方向均可见。

风电场区角点风机塔上设置射程 5nm 的警示航标灯，并配置雷达应答器、AIS 航标专用应答器、雾号等，提高不良天气条件下船舶对风电场的识别，以保障过往船舶安全通过风电场及其附近水域。风电场外围中间风机上设置射程 2nm 的警示用航标灯。

工程区附近存在过往船舶和渔业船舶，为保证安全，建议业主在下阶段委托专门机构进行施工水域和风电水域的助航标志和警戒标志设计，并拟定好从施工期到运营期的航标过渡方案。

2.2.4 主要配套工程

2.2.4.1 电气工程

（1）电气一次

本工程风电机组单机容量为 16MW，风机出口电压为 1.14kV，风电机组-升压变采用“1 机 1 变”单元接线方式。变压器高压侧电压等级采用 35kV 电压等级。

每台风机配套设置 1 套 35kV 升压设备，升压设备含 1 台容量为 18000kVA 的升压变压器与 1 套 35kV SF6 充气式环网柜（风机厂家配套提供）。升压设备布

置于风机塔筒内底层设备层，风机连接至升压变低压侧，升压变高压侧通过 35kV 电缆与 35kV 环网柜连接后送至集电线路。

现状东罗盘岛 220kV 陆上升压站，有生产楼 4 层，生活楼 3 层，设备楼 2 层、无功补偿楼 2 层，备件库 1 层，主变布置在设备楼南侧。规划建设 2 回出线间隔、2 回主变进线间隔、2 回母设间隔、1 回母联间隔，220kV 配电装置采用双母线接线形式。现状已投运 1 台容量 200MW 的三相双分裂油浸式变压器，2 段 35kV 母线，通过 1 回 220kV 送出间隔选用 3*500 截面的 220kV 海缆送至南日岛升压站 220kV 进线间隔。还预留有 1 回出线间隔，1 回主变间隔（设备均已配置），1 台主变空间，2 段 35kV 母线空间，以及 2 套无功补偿装置空间。经核算其前期建设的 220kV 配电装置导体参数和开关参数满足南日岛 C 区海上风电场 320MW 风场接入需求。

因此本工程需要在已建的东罗盘岛升压站预留范围内新建 1 台 220kV、容量 32000/16000-16000kVA、变比为 $230\pm 8*1.25\%/36.75-36.75kV5$ 的三相、铜绕组、自然油循环、分冷却型、油浸式、低损耗、低压双分裂的有载调压电力变压器。另外需在其预留间隔新增一回容量 320MW 的送出线路至南日岛 220kV 升压站，新增 220kV 送出海缆沿原路由走向布置，由龙源福建实施，不再本论证报告申请用海。

（2）电气二次

① 监控系统

本工程监控系统设备配置和功能按照东罗盘岛 220kV 升压站“无人值守（少人值守）”的运行管理方式设计，风电场计算机监控系统采用分层分布式结构，监控范围包含风电机组及其升压设备及 220kV 陆上升压站设备。

风电机组监控设备由风电场集控层设备、风机现地间隔层设备和数据通信网络设备组成。监控范围为全场风力发电机组及其配套升压变和环网柜。系统采用分层分布式结构，风场集控层采用星型以太网结构，风机现地间隔层采用光纤以太网环网结构与风场集控层连接。风力发电机组的监控设备随风力发电机组设备成套供货。

本工程东罗盘岛 220kV 升压站间隔层新增 220kV 海缆线路保护装置、220kV 海缆线路测控装置、主变保护装置、主变测控装置、35kV 母线保护装置、35kV

保护测控装置等。对升压站监控系统进行扩容和改造。

② 继电保护

风电机组及升压设备的保护装置随风力发电机组一起配套供货。

③ 系统调度自动化

系统调度自动化系统最终应根据接入系统设计报告及其审查意见要求设计和配置。

根据福建省电网调度管理方式与范围确定的原则，本风电场由福建省调调度，远动信息送往福建省调、省调备调。

风电场不配置独立的远动采集装置，与综合自动化系统共用数据采集系统，远动通信设备采用南日岛风电场 220kV 升压站计算机监控系统配置的两台双主运行的远动工作站。远动工作站采用无硬盘型专用装置。

升压站已配远动装置，满足本工程接入需求，本期不再配置。

2.2.4.2 消防工程

本工程消防设计考虑风力发电机组、升压站各类火灾的防止和扑灭，立足自救。贯彻“预防为主，防消结合”的原则，坚决执行国家有关消防设计规程、规范，针对工程的具体情况，积极采用先进的防火技术和措施，做到保障安全，使用方便，经济合理，以保障升压站的安全生产及人员的安全疏散。

对重要的建筑物及设备，设计安装火灾自动报警装置。对容易发生火灾的部位除上述措施外，还考虑分隔、封堵等阻燃措施，防止火灾向邻近蔓延。

风电场每台风电机组机舱内配备自动灭火系统，同时要求配备相应的手提式磷酸铵盐干粉灭火器，分别放置在第一节塔筒和机舱内，要求机舱内的灭火器采取固定措施；机舱内及风力发电机组升压变安装自动灭火系统。

本工程在已有 220KV 升压站扩建一台 320MV·A 的主变压器。220KW 升压站已建有完备的消防系统，扩建主变采用水喷雾灭火系统保护，消防水接自站内的室外消防管网。主变压器附近设置 1m³ 消防砂池和推车式灭火器。主变的事故排油接入已有的事故排油系统。

2.3 项目主要施工工艺和方法

2.3.1 施工条件

2.3.1.1 交通运输条件

（1）公路条件

莆田市公路网规划形成以“五纵三横”主干线公路为主骨架，县域干线公路网为补充，以农村道路网为基础，三个层次的公路网络布局。“五纵三横”是贯通莆田市辖区内各县区、连通沿海重要港口、沟通莆田与周边地区的重要通道。目前已形成以沈海高速公路、福厦公路（324 国道）及省道 S201、S202、S306 线为主框架，以县乡公路为干线的四通八达的交通运输网络。

县道 X224 线从秀屿黄石始至埭头镇石城码头。县道 X214 线从秀屿笏石始经埭头镇至平海镇。秀屿港至省道 S202 线为秀屿疏港路，为 56 米宽二级公路。东吴疏港公路（城港大道二期）36 米宽，为二级公路。石城疏港公路工程近期按二级公路标准实施，远期规划为市政道路，道路路基宽 30m 路面宽 24m。目前各港口对外交通可通过现有公路与外界相通。

（2）铁路条件

境内目前有福厦高速铁路经过，福厦铁路为是全国“八纵八横”的铁路网骨架之一，系国家一级双线电气化铁路。向莆铁路和湄洲湾港口铁路支线已建成通车，湄洲湾港口铁路支线直达东吴港区。

（3）航空条件

目前莆田无机场，可依托长乐国际机场，莆田至长乐国际机场距离约 82km。

（4）水运及码头

福州江阴港区位于兴化湾北岸中部，湾内港区风浪较小，常年不冻不淤，规划建设 55 个泊位，最大泊位为 25 万吨级。国道 324 线接长 11.6km 的新（厝）江（阴）公路直抵港区，渔平高速江阴疏港支线亦已通车运行，江阴疏港铁路支线也已通车，港口交通方便。江阴港区距离本项目区中心距离约 46km。2022 年江阴港区累计集装箱吞吐量突破 2000 万标箱，并且江阴三峡风电产业园区大型风电设备投产并开始海运出口。

石城渔港码头位于石城轮渡北码头东面，与工程所在区域相邻。该渔港建有

3000t 级码头岸线 126m，600t 级码头岸线 205m，陆域形成面积近 2 万 m²，该码头距施工场地较近，水运距离约为 24km，地理位置条件优越。

2.3.1.2 施工物资供应条件

（1）建筑材料供应条件

本工程建设所需的物资主要为钢材、水泥、木材和油料等，本工程地处福建沿海经济发达地区，建筑材料市场规模较大，当地资源储备充足。

工程建设所需的水泥可以向福建水泥厂、龙岩三德水泥厂、南平武夷水泥厂和大田红狮水泥厂等厂家采购供应，陆路从厂家可直接运至风电场施工临时租地。砂、碎石等其它建筑材料可在附近就近购买，必要时可在邻近的市区砂石料厂采购。亦可从当地混凝土搅和站直接采购所需标号的商品混凝土。

钢材可从福建三钢集团等厂家直接购买。基础钢构将生产厂家众多，主要集中在福州连江、厦门、漳州等地，由工厂生产，由运输驳船运至工程现场。

油料、气：工程周边地区（如莆田市）来源丰富，可直接从当地的油料、油气供应公司购买。

（2）水电供应条件

施工现场生产、生活用水分为陆上、海上两部分，陆上施工现场生产、生活、消防用水可通过引入附近乡镇城市供水系统。海上施工用水通过淡水补给船，从江阴码头、石城渔港码头接当地自来水管供水供应。

临时施工区施工电源拟从附近的 10kV 线路接至施工区，在施工区设置 10/0.38kV 的变压器，输出 380V 和 220V 的电压等级的电流，供施工使用。海上施工用电由各船只自备的柴油发电机等设备供应。

（3）通讯条件

场址附近已通固定电话网络（中国电信），施工通信线可从场址附近的交接箱引出，接至现场施工通信总机的引入端。另外，场址附近区域已有覆盖无线网络（中国移动、中国电信、中国联通），施工期间的通讯也可采用移动电话。施工单位可自主选择通讯网络进行联系。

（4）施工场地条件

本工程场区位于南日岛东南侧的海域，属于海上建设工程。南日岛陆域没有可供的大面积建筑材料和设备的堆放及施工、安装作业场地，在现有条件下可供

本工程规划使用的陆域施工场地拟选择在靠近风电场区的江阴港区和石城渔港一带进行租用。江阴港区设施比较完备，施工场地规模庞大，交通运输便利，为本工程的施工组织提供了良好的外部资源使用条件。

（5）船舶航行、避风条件

船舶避风区：施工中当预报 8 级大风时，施工船舶选择现场抛锚避风，当预报 9 级以上大风时，船舶必须拖航至临近等固定锚地避风。施工区域周边主要的避风渔港及避风锚地有：屿头乡东金码头避风港、福清市元洪码头、福清市泽湖二级渔港、长乐牛头湾作业区等。

（6）施工机械设备来源

a. 风机吊装设备

根据风机安装特性，调查国内可满足海上风机机组安装的设备主要有：浮式起重船、自升式起重平台、半潜驳安装船等。

起重船通常具备自航能力，船上配备起重机，可以运输和安装风机和基础。起重船除在过浅区域需考虑吃水外其余区域不受水深限制，且多为自航，在不同风机位置间的转移速度快，操纵性好，船源充足。但起重船极其依赖天气和波浪条件，对控制工期非常不利。

自升式起重平台采用分体吊装方案，安装速度较快，受海洋水文和天气影响小，但是造价偏高。

半潜驳安装船主要利用半潜驳作为施工平台，直接坐底海床，利用驳上平台承载履带吊安装，具有施工便捷、造价低的优点，但水深、海床地质条件有一定的限制。

通过对我国现有海上施工设备的调查，目前国内最大的海上起重船吊装能力已经超过 4000t，各航务局、打捞局和中国海洋石油总公司、中铁大桥局等均拥有一定数量的起重船。国内主要大型起重船包括：“华尔辰”、德瀛号、大力号、华天龙、蓝疆号及四航奋进等。国内目前自升式起重船包括有“华电 1001”、“龙源振华 2#”、“福船三峡”、三航“风华号”、普丰托本号、海洋风电 38、KOE01、“龙源振华 3#”、“海洋 69 号”、“精烟 2 号”以及“白鹤滩号”等接近 50 艘。

根据本工程海上风电机组安装方式的要求和施工设备的性能等，国内起重船等设备无论在起重能力还是起吊高度，基本都能满足了风机安装要求。

b.打桩设备

根据风机基础桩基特性，目前国内大型打桩船可满足本工程需要。

2.3.2 施工总体布置

2.3.2.1 施工基地布置

本工程拟计划按照 2 个临时施工租用场地设置基地：

1#施工临时租用场地——布置在江阴港附近，主要为风机设备临时堆存与拼装区域、施工临时设施、海缆敷设临时设施、风机基础中工作平台、爬梯、栏杆等临时堆存与仓库区、临时生活办公区等。主要功能为风机设备组装、设备部件临时堆存场地，同时具备风机装卸功能。本阶段拟初步选择在江阴港码头作为风电机组设备拼装的场地，利用码头上配套的大型起重设备作为风机拼装的起吊工具，沿码头停靠大型驳船作为风电机设备组合完成后的承载平台，大型驳船与码头配套的起重设备互为配合，风机基础中工作平台、钢套筒、爬梯、栏杆等临时堆存及临时生活办公设施、综合加工厂等，共同合用租用的码头。在码头堆场区内租用场地设施，布置风机设备堆存区、仓库区与综合临时设施区。

2#施工临时租用场地——布置在东罗盘岛升压站附近，主要作为陆上升压站的临时设施，主要布置施工生活福利区、钢筋、木材加工厂、机械保养厂、材料仓库、设备仓库、施工机械设备临时堆场等。

对于大直径单桩及导管架基础中的钢管桩等物资，优先考虑在福建沿海选择基础比较好的大型钢结构制造企业直接获取，自备的码头进行出运，通过海运至工程海域，不单独针对本工程的需求另行建造施工基地。

2.3.2.2 施工临时设施设置

（1）机械保养及综合加工厂

1#施工布置区主要为风机设备临时堆存拼装区域，没有生产加工的功能，因此仅布置机械保养设施，机械保养场主要承担施工机械的小修、保养及临时停放的功能，大中修理则委托莆田、福清等相关修配企业承担，占地面积 10000m²。

2#施工布置区为陆上升压站的临时设施，机械保养场的设置原则同 1#施工布置区，机械保养场占地面积约为 2000m²。

（2）仓库布置

1#施工生产区内的仓库主要为综合仓库及风电机组专用电气设备，风机基础需求而设置的生产物资和生活用品等专用仓库。综合仓库仅包括临时的生产、生活用品仓库等，建筑面积 1500m²，占地面积 3000m²；电气设备专用仓库主要堆存电缆及电气设备等，以堆存 5 台风机相关的设备物资为标准，建筑面积 5000m²，仓库占地面积共计 8800m²。

2#施工生产区内仓库主要为满足风机基础需求而设置的生产物资和生活用品等综合仓库，建筑面积 3000m²，占地面积 5000m²。

（3）风机拼装场地和风机设备堆场

1#施工布置区风机拼装场地采用大型履带式起重机作为主要的拼装起吊设备，场地主要考虑零散部件的临时堆存场地、起重机吊装半径区域、组合体临时堆放面积，共计三部分。本工程风电机组运至拼装场地时分为以下几个部分：机舱、轮毂、叶片（3 片）、塔筒等 4 类主要部件，考虑一定的储备系数，拼装场地面积为 20000m²。

风机设备临时堆场根据风机基础施工的进度情况同时参考其余工程风机设备的供货情况进行布设，本阶段风机供货的台数暂按每次 5 台考虑，临时堆存场地面积为 30000m²。

（4）混凝土生产系统及综合加工厂

1#施工布置区主要承担高桩承台及导管架基础高强混凝土骨料临时堆存、爬梯等工作，综合加工厂将布置综合平台、靠船构件等工作区，建筑面积 5000m²，占地面积为 10000m²。

2#施工生产区设置的混凝土生产系统鉴于量少，可直接采用商混。

2.3.2.3 施工管理及生活区布置

工程临时生活、办公区在各施工基地内设置，1#施工生产区内临时生活办公区建筑面积为 4000m²，占地面积共计 6000m²；2#施工生产区内临时生活办公区建筑面积为 2000m²，占地面积共计 3000m²。

2.3.3 施工组织

2.3.3.1 施工对外交通运输

（1）常规物资运输方案

生活物资、建筑材料及其它施工物资因为数量较少，运输强度较低，因此拟在莆田市或福清市周边的市场进行采购，通过公路直接运输至石城渔港码头及江阴码头施工基地。

（2）海缆运输方案

海缆卷盘体积大，重量大，采用公路或铁路运输方式难度较大，国内目前海缆主要生产厂家均建设在海边、江边，具备海运条件，因此海缆运输方案拟由海缆生产企业通过专用的运输船海运（或水运）至施工现场进行铺设。

（3）风机基础物资运输方案

10 台风机基础均采用高桩承台嵌岩基础，总长度 56.0m，单根钢管桩重约 106t。本工程基础钢管桩拟在宁波市、江苏等地沿海钢结构厂家中选择具有加工能力的厂家加工制作，加工件出厂后通过海路运输，在做好施工组织的前提下直接运至现场施工。海上基础其他建筑材料可通过陆路运输至主码头。

（4）风机设备运输方案

本工程单机容量为 16MW 的风力发电机组，其最重设备是塔架（含附件），可分段运输；其次为机舱（不含发电机）220t，发电机约 340t。最长件是风机叶片，长 128m，属超长运输。考虑上述风机部分高宽超限较多，铁路、高速公路以及国道运输困难。考虑到风机部件多为超大、超重部件，公路运输受沿线道路与桥梁等级设计标准、限高建筑物通行尺寸标准的限制较大，运输存在较大的困难和不确定性，而水运方案有运输限制少、运费低廉的优势，本工程采用水路方案作为本阶段风机设备推荐运输方案。

对于风机机舱、轮毂等小型尺寸设备，参考类似工程的设备运输经验，可与大型设备一同通过水运运输至工程区域，也可通过公路、海运联运至本工程区域。

2.3.3.2 场内交通运输

本工程海上风机基础的施工及风机设备吊装可通过运输驳船、打桩船、起重船等往返码头、风机机位之间，项目海域区内理论水深在 22m~27m 之间（平均海平面为基准），因此场内交通运输主要通过自航船只和拖轮牵引航行。施工人员往返码头和施工区采用小型船只或快艇，施工基地与风电场间交通图 2.3-1。

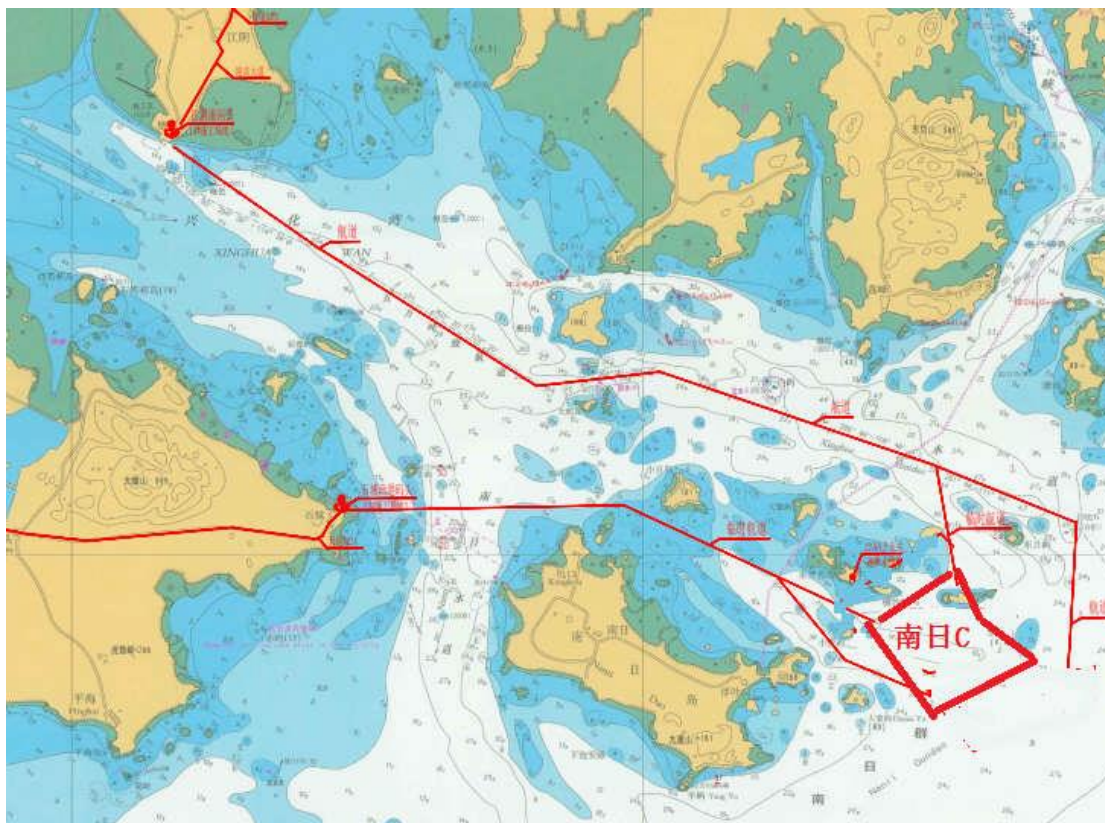


图 2.3-1 场内交通示意图

2.3.3.3 风电场施工码头

根据对风电场附近区域的港口资源调查成果，本阶段初步确定了几个条件较好的港口进行比较，主要对利用江阴港区、松下港区、平潭港区以及自建专用码头四种方案进行比选。通过可行性及技术经济比较，本阶段初步选定江阴港区作为施工主码头，以及风机部件堆存、拼装的施工场地基地。

已建成码头为集装箱码头，目前运输繁忙，无法长时间提供安装。在集装箱码头西侧可提供长 150m 左右的码头给风电安装。正在建设中西部码头为 5 万吨通用码头，均采用砼沉箱，承载力可以满足风电吊装要求。

选择江阴港作为施工基地，可充分利用现有完备的泊位、场地、供水、供电设施，可满足本工程对施工码头的需求。可减小对临时设施在建设时间与资金方面的投入。江阴港位于兴化湾内湾，受海洋环境影响相对较小，海上运输及施工可靠性较好，距离本工程较近。

2.3.4 主体工程施工

2.3.4.1 风机基础施工

高桩承台嵌岩基础结构钢管桩桩径 2.6m，壁厚 30mm，桩顶标高 11.6m，总长度约 56.0m，桩入土深度约 19.36m，以中风化花岗岩为持力层，底部嵌岩钻孔 2.4m，深度 7.8m，6 根钢管桩在承台底部沿 14.0m 直径的圆周均匀分布，桩内灌注 C35 混凝土。上部承台为现浇 C45 高性能海工混凝土结构，承台直径为 20.0m，高度为 5.5m，承台底标高为 11.60m，顶标高为 17.10m。塔筒底部法兰盘通过高强预应力螺栓与基础环相连，基础环固接于承台内部。

风机高桩承台基础的施工工序为：钢管桩制作、加工→钢管桩运输→钢管桩沉桩施工→钢管桩嵌岩及填芯混凝土施工→混凝土承台施工。

（1）钢结构加工制作及运输

本工程钢管桩采用开口桩，材质选用 Q355C，委托宁波市、江苏等地区具有加工风机基础钢结构能力的大型生产厂家制作，通过海路运输。施工现场选择 5000t 级及以上甲板运输驳船，每次运输 6 根钢管桩；驳船的配套拖轮考虑为 2000HP 及以上动力。

（2）钢管桩沉桩施工

由于本工程桩长较长，考虑到海上接桩施工难度较大，本工程拟采用整根管桩沉桩施工的方式。国内使用的沉桩系统多采用专业打桩船进行施工。经初步调查，在中交系统范围内的施工单位、大型船业租赁公司等企业均可以获得满足此要求的专业打桩船，可选余地较大，满足本工程桩基施工要求。

本工序需要在外海施工，打桩船抛锚就位后，设置 GPS 控制点及测倾仪，保证 6 根钢管桩的桩位平面位置及斜率。沉桩施工工艺流程可概括为“吊桩、定位、解套、打设”四个步骤，工艺流程见图 2.3-2。

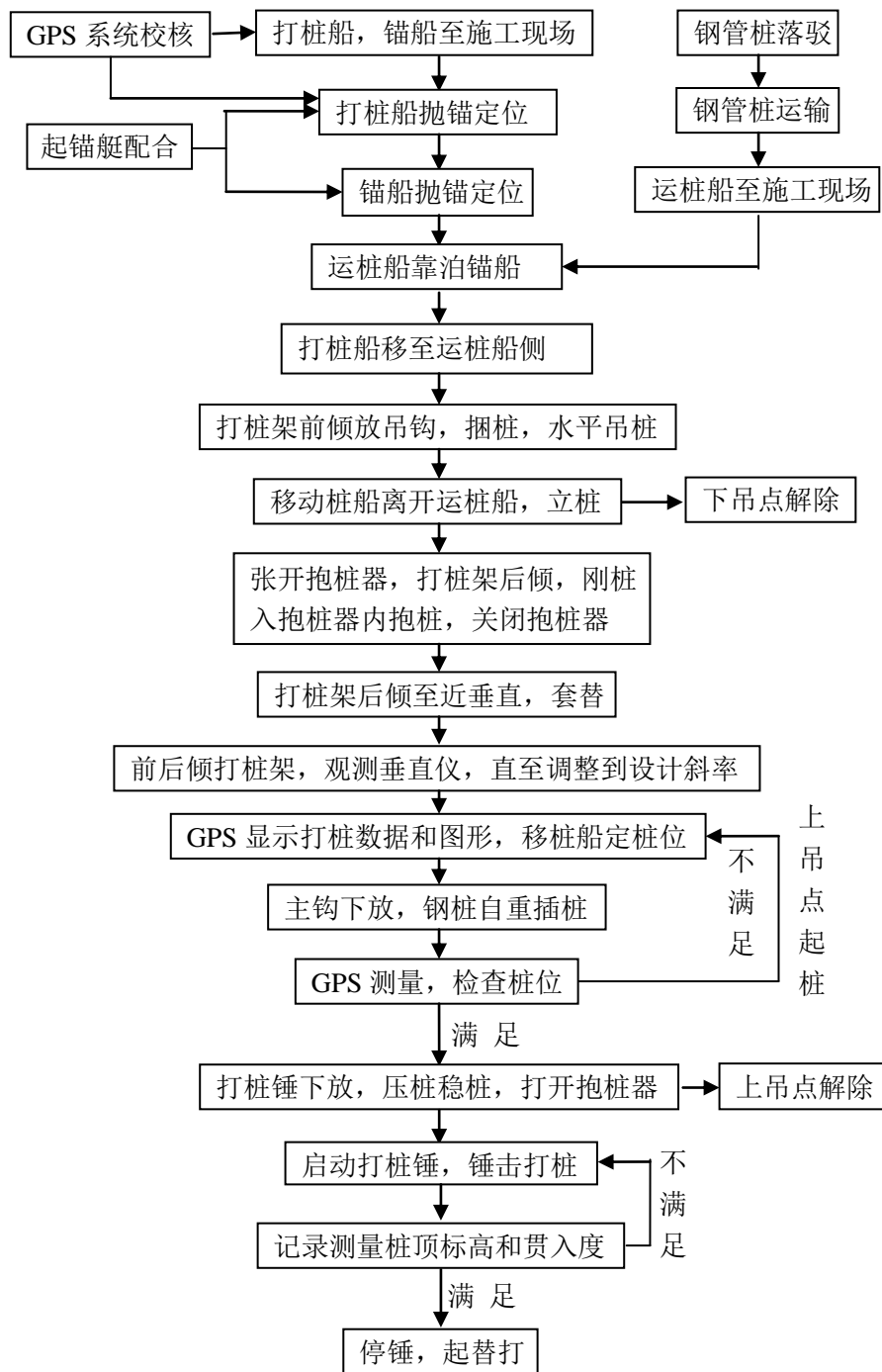


图 2.3-2 钢管桩打桩施工工艺流程图

（3）嵌岩桩嵌岩和填芯混凝土施工

在承台基础 6 根钢管桩沉桩结束后, 首先对承台基础 6 根桩体进行连接固定, 之后架设水上临时施工平台并固定回转钻机, 进而进行嵌岩桩及钢管桩填芯混凝土的施工。

施工平台是提供嵌岩桩作业的操作平台, 必须有足够的强度、刚度和作业面

积。本阶段考虑采用组合式钢平台施工方案，平台组装后吊放并搁置在预先焊接（或采用钢抱箍形式）在钢管桩上的钢牛腿上，施工平台搭设示意如图 2.3-3 所示。



图 2.3-3 施工嵌岩平台搭设

钢管嵌岩桩钻孔直径为 2.6m，嵌岩长度约 7.2m。为了提高钢管桩的刚度，同时减小桩基的上拔力，钢管桩内灌注 C35 微膨胀混凝土。

平台搭建完成后，采用回转钻机对桩内淤泥、砂石进行清理，并在为钻斜桩而设置的导向装置上安装钢丝刷清理钢桩内壁上的泥土，同时采用气举反循环或水射流反循环法进行清碴。嵌岩钻机见图 2.3-4。



图 2.3-4 嵌岩钻机

钢平台上设置泥浆池，嵌岩施工过程中产生的泥浆水等废弃物排入泥浆池内，并同时配套相应的船只及时外运至指定地点清理。

钢管桩内淤泥、砂石清理完成后，进行沿钢管桩内壁按设计要求，下放安置嵌岩钢筋再浇筑混凝土。填芯混凝土浇筑采用大型混凝土搅拌船，配备 2000t 甲板驳船携带 2 根钢管桩填芯混凝土所需要的混凝土骨料，浇筑强度约 100m³/h。

因本工程高桩承台基础钢管桩为斜桩，故钻孔时需设置导向装置，以保证钻孔精度达到设计要求。

（4）承台施工

本工程混凝土承台拟采用钢套箱工艺施工，底板需根据桩位事先开孔。主要施工步骤为：吊装钢套箱→安装封底钢板→浇筑混凝土封底板→绑扎、固定、校正基础环→承台混凝土施工→辅助设施安装→钢套箱拆除。

钢套箱预先在陆上整体拼装完毕，由 5000t 级驳船运输到位，采用 100t 级及以上全回转起重船整体吊装钢套箱，并在钢套箱与钢管桩之间加固固定。钢套箱安装完毕后，立即对钢套箱进行临时加固处理。

钢套箱吊装完成后，应安装封底钢板及采用垂直导管法浇筑水下封底混凝土，套箱底止水采用“半月形”钢板在套箱内封堵，模板接缝止水采用定制软橡胶条。

承台混凝土施工时，基础环由多功能驳上的吊机配合全回转式起重机进行安放、固定，待安放好后浇注混凝土，混凝土浇筑采用大型混凝土搅拌船，配备 5000t 甲板驳船携带一个墩台浇筑需要的混凝土骨料，浇筑强度约 100m³/h。基础环与钢筋混凝土承台浇筑同时进行，在模板拆除前，需采取措施保证基础环牢固、竖直、预埋螺栓顶部水平度及圆周分布尺寸等符合要求。

承台混凝土浇筑如图 2.3-5 和 2.3-6 所示：

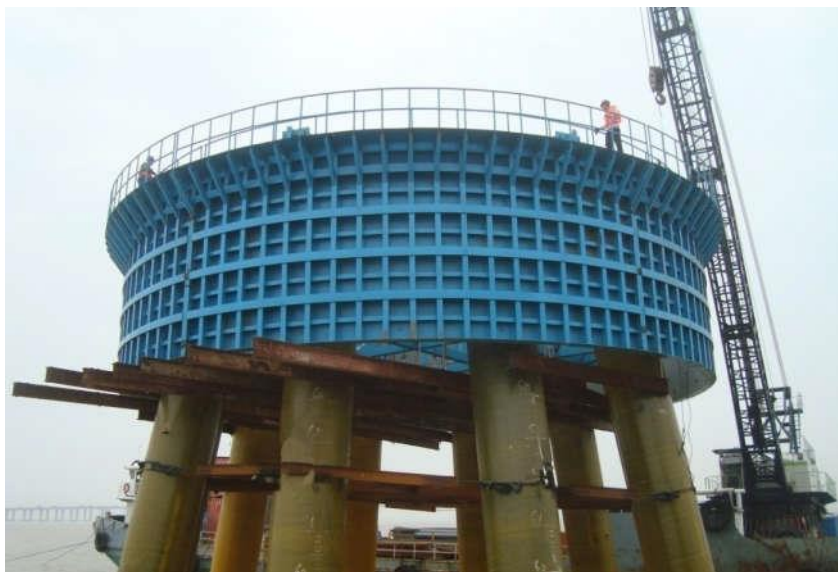


图 2.3-5 承台钢套箱安装



图 2.3-6 承台混凝土浇筑

2.3.4.2 风机安装工程施工

本工程推荐采用分体安装的风机设备组装与吊装方案。

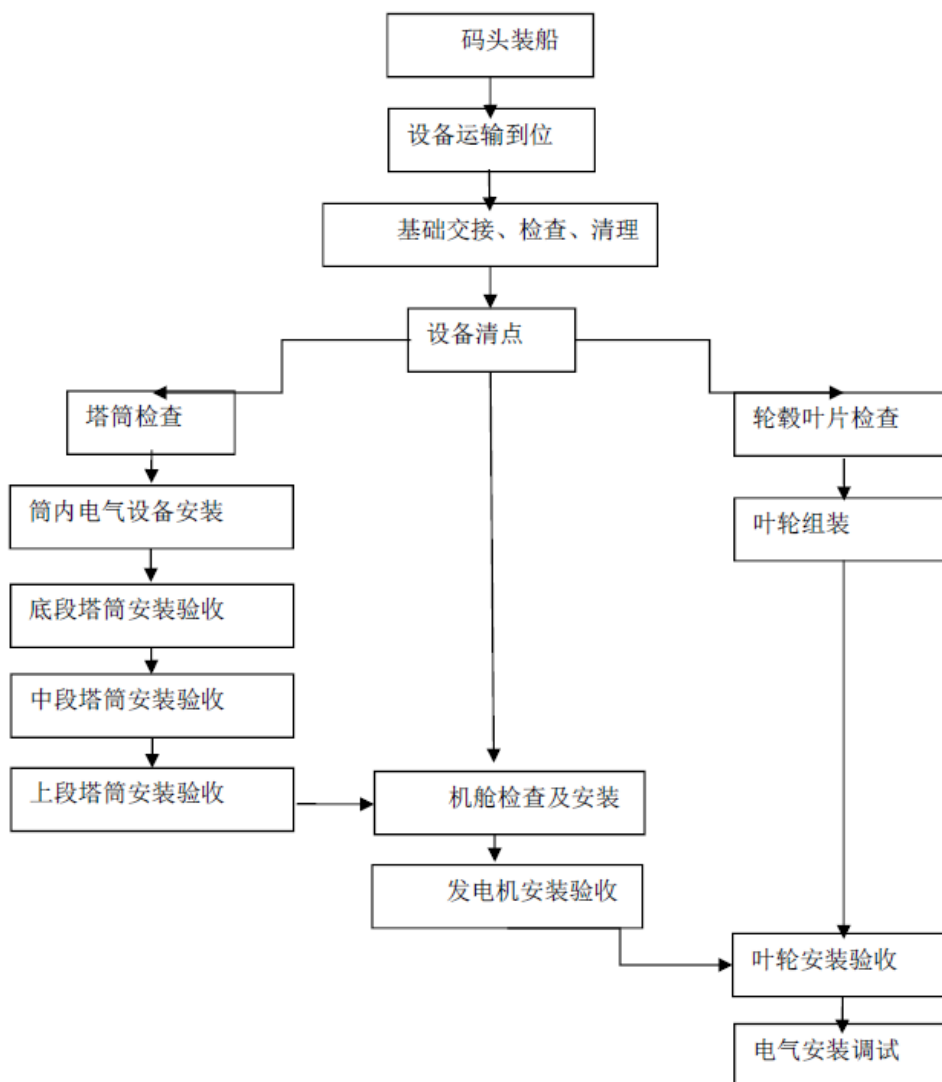


图 2.3-7 风机分体吊装安装施工工艺流程图

① 风机部件组装

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。

② 风机海上运输

风机各部件安放在运输驳船的制定位置，并采取可靠固定措施，防止在海上运输过程中发送滑动导致风机部件的损坏。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。

③ 基础交接

检查基础环法兰与塔筒底法兰对接标记，基础法兰内侧面做一个明显标记，表示与塔筒底法兰的对接位置，一般这个位置对应筒门的方向。

④ 塔筒内风机电器设备甲板面组装

考虑到在施工船甲板面组装操作相对比在导管架上操作方便、安全，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。

⑤ 自升平台船就位

自升平台船航行至风机基础附近，选择合适的地点就位、顶升。

⑥ 吊装塔筒

按照如下顺序，依次吊装 3 节塔筒：检查→安装吊具→起吊→就位→螺栓紧固。

⑦ 吊装机舱

将厂家提供的专用吊具安装在机舱指定的起吊处，用自升式平台主吊钩进行起吊，缓缓提起机舱，调整机舱位置；机舱提升超过上塔架的上法兰后，对准法兰标记位置，确保朝向正确，然后缓慢下落正确就位；在机舱的偏航齿圈端面离塔架上法兰的距离有 1cm 时，吊机停止。用导向棒对准安装螺孔，用螺栓、垫片进行装配，对称装上螺栓并拧紧。卸下吊具，吊机复位；安装完毕后进行下一步的线路的对接。

⑧ 组装叶轮

在叶片指定起吊处装好叶片专用吊具；吊车缓缓起升，将叶片缓缓的送进轮毂；依次完成其余叶片组装工作。

⑨ 吊装叶轮

组装好叶轮的吊装利用自升式平台主吊和辅吊配合进行作业。吊装时选用厂家提供的专用吊具安装在轮毂指定的起吊处。

主吊将叶轮起吊至轮毂高后，将叶轮与主轴对齐后安装螺母和垫圈，依次紧固螺栓，拆卸吊具。

⑩ 电气系统安装方案

按照厂家要求进行电气设备安装和电缆接线。

2.3.4.3 海底电缆敷设工程

本工程电缆主要连接风机与风机之间、风机与东罗盘岛升压站之间，海缆路由总长 35.9km，为 35kV 海底电缆路由。

工程场址海域海床表层土为淤泥，上陆部分为海涂和浅滩。海底电缆的敷设正常海况条件为六级以下风力，施工船舶受横流小于 2.5 节，海上正常作业条件

下的敷设速度为 8m/min，浅水与滩涂海域正常作业条件下海缆的敷设速度 40m/min。

常规海缆敷设主要施工工艺如下：



图 2.3-8 海缆敷设施工工艺

(1) 离岸段海底电缆施工：

水深 4m 以上的海底电缆为离岸段，施工时考虑落潮因素最大水深约 10m。离岸段管道采用铺缆船开沟铺缆的施工方法。通过陆上及海上运输设备运输电缆至铺缆船上。淤泥土、海泥、海砂开挖采用铺缆船自带高压水枪将管线两侧泥沙冲散，用气升式设备将其送到缆线周边地区，管道靠自重下沉。在敷设过程中，通过水下监视器和遥控车监视和调整，控制铺缆船的航行速度、电缆释放速度来控制电缆的入水角度以及敷设张力，避免由于弯曲半径过小或张力过大而损伤电缆。

(2) 近岸段海底电缆施工：

水深在 4m 以内的海底电缆段为近岸段，本段管道采用浮拖法进行施工。水下先预挖缆沟，采用抓斗式挖泥船开挖。浮拖法电缆施工，将铺缆船锚泊在 4m 左右水深处，岸上设绞车，电缆在铺缆船上连接后，捆绑漂浮物，下放海面上，由岸上绞车通过钢绞线拖拉至岸边管道陆上连接处，然后拆除漂浮物，辅以潜水

员，沉放到缆沟位置。缆沟原土回填采用抓斗式挖泥船回填。

（3）登陆段电缆施工：

为避免项目海底电缆登陆占用自然岸线，登陆段海缆敷设采用定向钻施工工艺，不会对岸滩产生开挖影响，电缆全部埋设于海底面以下，不会在岸线及潮间带形成实际的永久构筑物，不会改变自然岸线形态和海岸原始景观，不会对岸滩的稳定性和岸线自然生态造成影响。施工工艺流程及示意图见图 2.3-9~10。

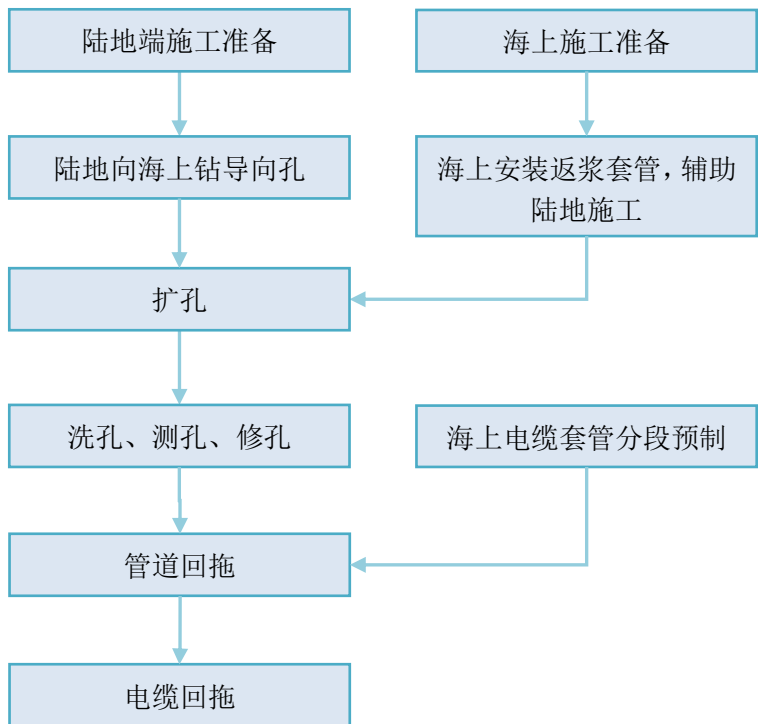


图 2.3-9 登陆段定向钻施工工艺

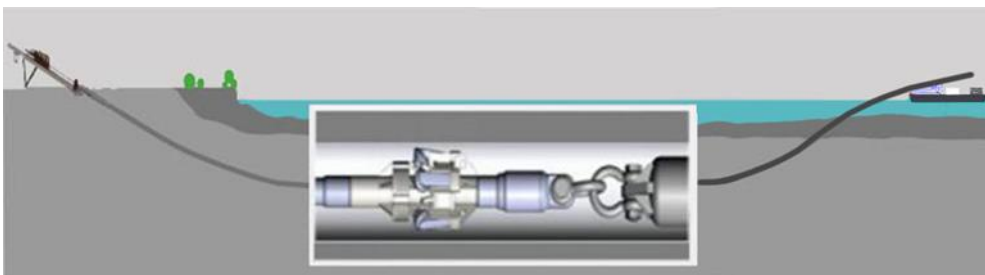


图 2.3-10a 管道回拖示意图

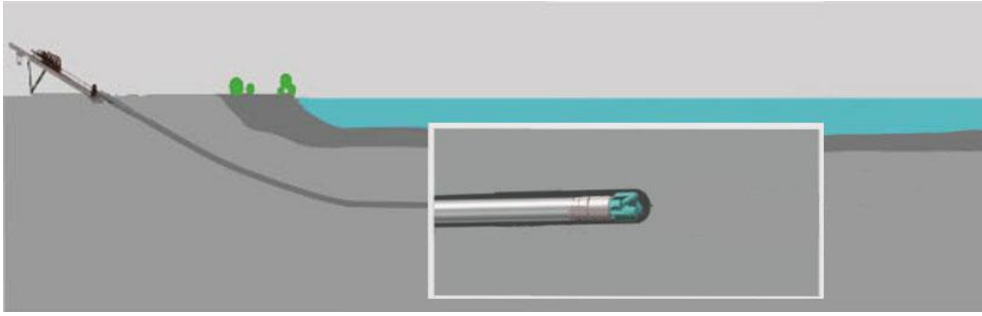


图 2.3-10b 导向孔工艺示意图

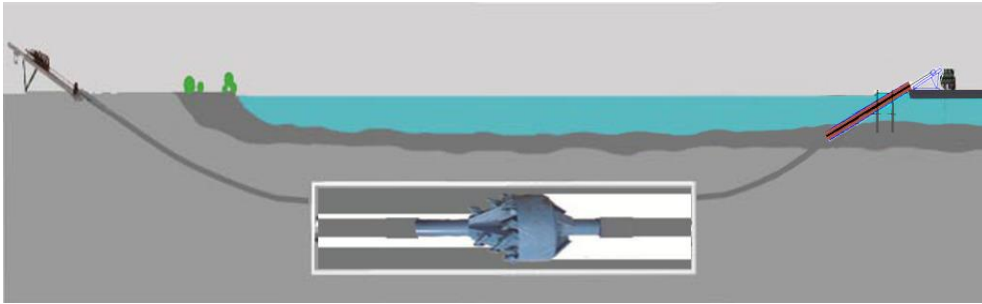


图 2.3-10c 扩孔示意图

施工为水平定向钻穿越“陆对海”登陆施工，计划在陆地端安装钻机及其配套设备在内的主要施工设备，由陆地向海上进行导向孔穿越，海上使用船只进行辅助。

① 根据路由方案，在陆域设定好路由定向钻入点坐标，海域设置钻出点坐标，海域钻出点位置使用船只进行辅助。在陆地端安装钻机及其配套设备，首先从陆地端向海域端进行导向孔穿越施工，导向孔从地下直接穿越岸线和潮间带，避免破坏岸线和形成永久构筑物。

② 导向孔完成后，扩孔采用常规拉扩工艺，扩孔方向可由海上向陆地上扩。

③ 洗孔、测孔、修孔：在每级扩孔施工中，要认真观察扩孔情况。如果发生扩孔不顺畅等，则需进行一次洗孔，实际扩孔尺寸可根据现场情况进行调整。完成扩孔后进行测孔（也可随扩孔、洗孔同时进行），若测孔参数不满足设计文件及相关规范对回拖管线的曲率要求，根据测孔数据针对有问题的部位进行修孔，直到满足回拖曲率要求。

④ 电缆套管回拖：从海上向陆地回拖电缆套管，电缆套管在辅助船上分段预制。在管线回拖过程中要根据钻机显示回拖力的大小控制好回拖的速度。

⑤ 电缆回拖：考虑到电缆套管施工与海底电缆施工时间不同步，登陆段电缆套管穿越完成后，采用预先在电缆套管内穿放钢丝绳，待登陆段海底电缆施工

时，使用钢丝绳在电缆套管中回拖牵引海底电缆登陆，海底电缆在电缆套管中牵引时采用聚氨酯护轮保护。

2.3.4.4 海缆裸露段保护

风机之间海缆铺设至机位处、基岩层电缆铺设段海缆需设置防冲刷保护措施，拟采用水泥压块（混凝土联排保护）方案。

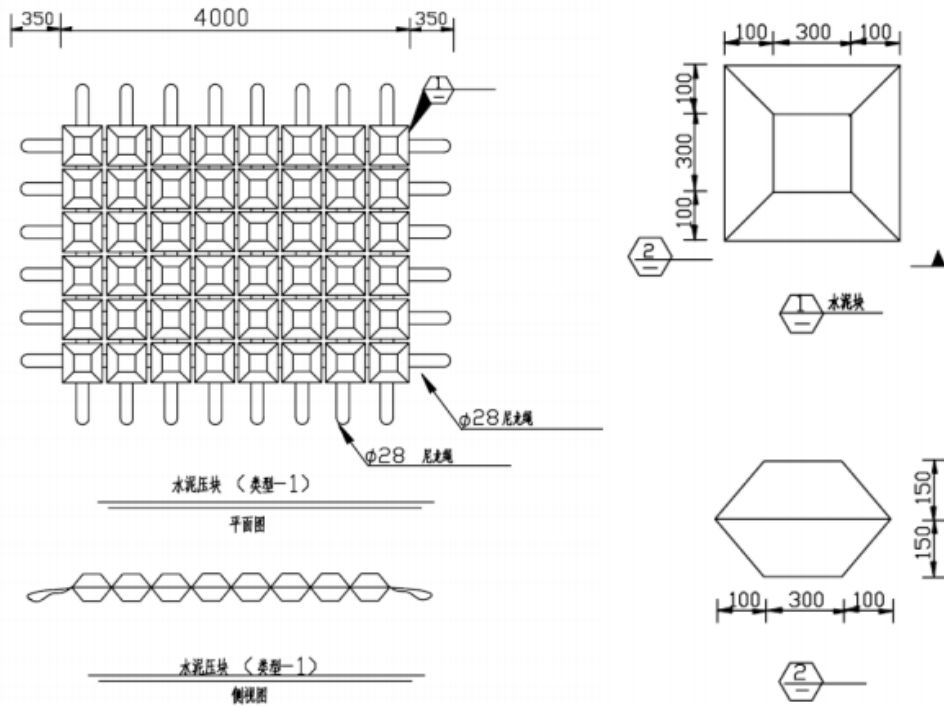


图 2.3-11 混凝土连排保护示意图

2.3.4.5 陆域电缆及升压站工程

本项目风机通过 5 回集电线路进线，登陆点至升压站采用电缆沟直埋的形式，电缆沟按宽 1.5m，埋深 1.3m 设计。主要的工艺如下：

基础部分：定位放线—挖土—人工清槽—测量放线—垫层混凝土浇筑/或铺河细沙—底板防水层施工—底板钢筋绑扎—底板混凝土浇筑—底板混凝土养护—侧壁定位放线—侧壁钢筋绑扎—满堂脚手架搭设—侧壁（及顶板）模板安装加固—（顶板钢筋绑扎）—混凝土浇筑—模板拆除—电缆防线敷设--铺设覆盖层--电缆保护盖板--电缆警示盖--回填表面土--电缆标识砖。

本项目利用既有陆上升压站进行扩建，主要包括部分土建施工及电气安装调试工作。根据先土建后电气的施工工序，电气部分的工作主要包括主变压器安装、

电缆线路安装和 GIS 安装。

2.3.4.6 海上施工主要机械设备

根据本工程的施工布置、主要工程量和计划采用的进度安排，本工程海上施工所需的主要机械设备汇总见表 2.3-1。

表 2.3-1 主要船机机械设备汇总表

编号	机械设备名称	单位	数量	备注
高桩承台基础施工				
1	运输驳船	艘	2	5000t 级及以上，钢管桩，钢套箱、混凝土、骨料、钢筋笼及钢材运输
2	打桩船（沉桩 Φ 桩船（沉）	艘	1	钢管桩沉桩，同时需满足桩长需求
3	打桩锤	台	1	IHC-S2000 型液压打桩锤
4	ZJD-2300/130 全 回转斜孔钻机	台	4	嵌岩桩施工
5	2000HP 拖轮	艘	2	拖非自航船
6	起重船	艘	1	500t 级，辅助风机基础施工（钢套箱、钢筋笼吊装就位）
7	100m ³ /h 混凝土 搅拌船	艘	1	现场拌制浇筑混凝土
8	钢套箱底模板（含 抱箍）	t	40	（约 10 吨/套）
9	临时夹桩安拆	t	160	1 套设备运转（40 吨/套）
10	钢套箱	t	396	1 套设备运转（99 吨/套）
11	嵌岩施工平台	t	660	1 套设备运转（220 吨/套）
12	嵌岩施工安拆	次	10	
风机吊装				
1	自升式支腿船	艘	1	1000t 及以上，风机吊装
2	甲板驳船	艘	1	8000t 级以上，风机组件现场转运装船运输
通用船舶				
1	交通艇	艘	2	运送施工人员和测量使用
2	补给船	艘	1	淡水与生活物资补给
3	抛锚船	艘	4	各类施工船舶抛锚
海缆敷设				
1	铺缆船	艘	1	3500t 载重量，自航式，浅水与滩涂区海底电缆敷设
2	2000HP 拖轮	艘	2	铺缆船拖航及稳定性控制
3	抛锚艇	艘	1	铺缆船抛锚

4	交通艇	艘	1	船上施工人员交通
5	卷扬机	台	2	电缆牵引
6	定向钻机	台	1	登陆段海缆施工

2.3.5 施工进度安排

工程筹建期内应完成海域征用补偿、土地征用补偿、青苗赔偿、海域封闭和施工申请等工作，为工程开工后能够尽快进行桩基建设提供良好的条件。

本工程于第一年 1 月开工，8 月底完成基础施工，9 月底完成风机吊装施工，10 台机组第一年 12 月底投产发电，总工期 36 个月（含前期工作 24 个月）。施工期内的平均人数为 300 人，高峰人数为 400 人。

工程控制性施工进度见表 2.3-2。

表 2.3-2 工程控制性施工进度表

序号	项目名称	施工起止时间
1	承包单位进场	第一年 1 月 1 日起
2	前期准备工作（征地、租地、用海、施工用水、用电等基础施工设施的准备）	第一年 1 月初至第一年 3 月末，约 3 个月
3	陆上升压站施工	第一年 1 月初到第一年 6 月底，共 6 个月
4	风力发电机组基础施工	第一年 4 月初到第一年 8 月底，共 5 个月
5	风机设备安装	第一年 6 月初到第一年 9 月底，共 5 个月
6	海缆敷设	第一年 7 月初到第一年 10 月底，共 4 个月
7	风机调试、发电	第一年 10 月初到第一年 12 月底，共 3 个月
8	工程完工	第一年 12 月底

2.3.6 风电场弃置

风电场运行期满后，升压变电站经简单技术改造后，可继续为后续或新建的发电项目提供服务。因此，本阶段仅考虑对海上风电机组及其基础进行拆除工作。

（1）风电机组拆除工作

① 选择与风电机设备整体安装方案中相同技术要求的起重船作为主吊船只，在自然条件允许的条件下进行拆除工作。

② 整体拆除步骤：风机基础法兰以上整体构件的预吊调整工作→拆除上部

塔筒法兰与基础法兰盘的螺栓连接→整体吊离风机设备至运输船只上→船运至风电场专用码头或临时租用的码头，起重设备吊装上岸后拆解。

③ 拆除前需先预调调整，然后方能拆除连接螺栓。

（2）风机基础拆除工作

① 选择与风机基础（含导管架及单桩基础，下同）施工方案中相同技术要求的起重船作为主吊船只，在自然条件允许的条件下进行拆除工作。

② 对处于海床泥面以下 3m 以上部分的钢管桩采用专用切割机切割，并采用起重设备吊装，船运至风电场专用码头或临时租用的码头，吊装上岸后拆解。

（3）海缆回收

在拆除风电场的同时，在驳船上安装卷扬机，沿路由回收海缆。

2.4 项目申请用海情况

2.4.1 项目申请用海类型

根据《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南（试行）》中的相关规定，本工程用海类型一级类为“工矿通信用海”，二级类为“可再生能源用海”和“海底电缆管道用海”。

2.4.2 项目申请用海面积与期限

2.4.2.1 项目申请用海面积

根据《海籍调查规范》（HY/T 124-2009）的相关规定：海上风力发电项目用海，单个风机塔架以塔架中心点为圆心，中心点至塔架基础最外缘点外扩 50m 为半径的圆为界；多个风机塔架，范围为所有单个风机所占海域范围之和。海底电缆用海面积按电缆外缘向两侧各外扩 10m 宽为界计算。

根据推荐的平面布置方案和工程结构，论证报告界定的用海总面积 119.5564hm²。其中风机基础用海方式为透水构筑物用海，单台基础用海面积为 14751.5m²，用海面积共计 14.7515hm²。35kV 海底输电电缆的用海方式为其它方式中的海底电缆管道用海，海缆总长度 35.9km，用海面积共计 104.8049hm²。

本项目登陆点拟使用定向钻穿越东罗盘岛东侧自然岸线，岸线类型为基岩海岸，工程海缆从地下定向穿越，不会造成岸线破坏，不会改变自然岸线的形态和

海岸原始景观。

本项目宗海位置图见图 7.3-1，宗海界址图及界址点坐标见图 7.3-2，海底电缆保护带范围及边界坐标见图 7.3-3。

2.4.2.2 项目申请用海期限

本项目建设期为 36 个月（含前期准备），风机基础结构、风机设计使用年限为 25 年，电缆的设计使用年限为 25 年，设计使用年限包含施工期；出于结构安全考虑，风机服役期满时必须退役，拆除期按 2 年计算，共计 27 年，因此，本项目拟申请使用海域 27 年。

2.5 项目用海必要性

2.5.1 项目建设必要性

开发利用可再生能源是我国能源发展战略的重要组成部分。风能因其可再生、无污染、资源分布广泛等特点，是新能源中具有极大发展潜力的一个领域。合理利用风能，既可减少环境污染，又可减轻能源短缺的压力，其综合社会效益十分可观。利用风能进行发电，既没有化石燃料的消耗，又没有温室气体二氧化碳排放以及废水、废气和废渣的排放，在促进当地经济发展的同时，不会破坏原有的生态环境和人居环境，是当今世界应对全球气候变暖、解决能源供应和可持续发展最佳的发电形式之一，是我国政府确定的发展重点。

为实现国家经济社会发展战略目标，加快能源结构调整，国家相继出台了《可再生能源法》、《国家能源局能源发展“十四五”规划》、《可再生能源发展“十四五”规划》指导可再生能源的发展，规划提出“十四五”期间要积极稳妥推进海上风电开发。开展海上风能资源勘测和评价，完善沿海各省（区、市）海上风电发展规划。加快推进已开工海上风电项目建设进度，积极推动后续海上风电项目开工建设，鼓励沿海各省（区、市）和主要开发企业建设海上风电示范项目，带动海上风电产业化进程。风力发电是新能源领域中技术最成熟、最具规模开发条件和商业化发展前景的发电方式之一。与陆上风电场相比，海上风电场具有风资源优越、环保、节约土地、规模大等优势，海上风电场建设将成为今后世界风电发展的重点。

福建电网隶属于华东电网，以水电和火电为主，水电开发已达 80%以上，火

电占总装机规模一半以上，但是福建省常规能源资源中，煤炭资源贫乏，石油、天然气尚未发现，属南方缺能省份之一。随着经济的发展，远景需用电负荷、电量将持续增长，发电用煤需求量将更大。燃煤电厂在消耗煤炭资源的同时，还产生了大量的 SO_2 、 CO_2 、 CO 、 NO_x 、烟尘等污染环境和造成温室效应的有害气体，对环境和生态造成不利的影 响。因此，积极调整优化能源结构、开发利用清洁的可再生能源，是保持福建经济可持续发展的能源战略。

福建省海域广阔、海岸线长，全省海域面积有 13.6 万 km^2 ，海岸线总长 6128km，风能资源丰富，风能理论蕴藏量大，开发海上风电具有得天独厚的条件。福建省近海区域靠近电网负荷中心，接入线路短，施工交通条件较好，具有较好的海上风电场建设条件，适合大规模开发海上风电。

根据福建省政府办公厅 2022 年印发的《福建省“十四五”能源发展专项规划》，规划要求，加大风电建设规模。积极推进规模化集中连片海上风电开发，在保障国防、海事、通航、生态等要求的前提下，科学组织海上风电开发建设。“十四五”期间有序择优推进《福建省海上风电场工程规划》内省管海域海上风电项目建设，新增开发规模 1030 万千瓦。根据《福建省近海海上风电场工程规划报告》（报批稿），南日岛 C 区（调整）海上风电场北区项目工程场址位于南日岛东侧海域，场址中心离岸距离约 27km，离南日岛岸边 6km，规划面积 32km^2 ，规划容量 30 万 kW，理论水深约 14~23m。本风电场位于福建莆田，开发本风电场符合国家能源发展规划及福建省风电发展规划。

莆田南日岛海上风电场位于全国风能资源最丰富的地区。充分利用莆田地区得天独厚的丰富的海上风能资源，建设海上风电场作为电网的补充电源，使清洁能源直接向当地负荷供电，有利于减轻省网的潮流输送并降低网损，适应区域负荷发展的需要，有利于当地风能资源转化为经济效益，促进地方经济的发展，对提高全省绿色新能源装机容量比例，优化全省能源供应结构，具有积极的推动作用。总体来看，符合我国能源可持续发展战略的要求，也符合福建省风电规划。因此，积极开发莆田南日岛海上风电项目是十分必要的。

2.5.2 项目用海必要性

风力资源是最具商业化和规模化开发条件的可再生能源，经过几年的规模化发展，技术条件日趋成熟。可以改善区域能源结构、大力发展绿色能源、保护环

境，但是开发风电场需要在风能资源优越的区域，才能规模化开发并产生经济效益。

由于福建陆域面积绝大部分属于山地或丘陵，除台湾海峡西岸沿海岸线风资源较好外，内陆大部分风能资源一般，可供建设风电场的场址有限。沿海岸线区域属于风能资源丰富或较丰富区，但是从福建省内已经建成和正在建设中的陆上风电场情况来看，大多数风电场所在区域人口密集、工业和经济开发区非常集中、城镇和乡村及码头彼此相邻，风电场规划用地愈来愈紧张，且我省沿海优良的陆上风电场场址也将在未来的几年时间内开发完毕，因此，今后福建风电发展向海上转移是必然的客观趋势。

福建省地处我国东南沿海，濒临东海和台湾海峡，受季风和台湾海峡“狭管效应”的双重影响，福建沿海风能资源十分丰富。福建省闽江口以南至厦门湾受台湾海峡“狭管效应”的影响，是全国风能资源最丰富的地区之一。海上风电具有资源丰富、远离居住区，不占地，不破坏防护林、适合兴建大型风电场且装机利用小时高等优势。莆田南日岛 C 区（调整）海上风电场工程位于全国风能资源最丰富的地区，适宜规模化开发，而海上风电场的建设，风机基础和海底电缆敷设均需要使用一定面积的海域，因此项目用海是必要的。

3 项目所在海域概况

3.1 自然环境概况

3.1.1 区域气候与气象状况

工程海区无历史长期观测资料，本项目采用距离本工程较近的平潭气象站、平潭海洋站的资料，资料统计时间为 1980 年~2008 年间。平潭海洋站位于福建省平潭东澳村，地理位置为：北纬 25°27'、东经 119°51'，距本工程场址约 40km。平潭气象站位于平潭城东郊，东经 119°47'，北纬 25°31'，观测场海拔高度为 32.5m，距本工程场址约 18km，与风电场同属于亚热带海洋性气候。

3.1.1.1 气温

平潭海洋站累年平均气温为 19.6℃。年平均气温最高为 21.2℃，出现在 2007 年；最低为 18.4℃，出现在 1984 年。极端最高气温为 41.1℃，出现在 2003 年 9 月 2 日；极端最低气温为 2.5℃，出现于 1986 年 2 月 28 日。

3.1.1.2 降水

（1）降水量

根据 1980~2008 年平潭海洋站降水实测资料统计，平潭海洋站年平均降水量为 1088.5mm。年最多降水量为 1739.9mm，出现于 1983 年；最少为 148.0mm，出现于 2005 年。降水量 60%集中在 3 月至 6 月的雨季和 7 月至 8 月的台风季节，其中 6 月最多，占全年的 17.3%，降水量以 12 月最少，仅占全年的 2.5%。

（2）降水日数

平潭海洋站年平均降水日数为 157.9 天。年最多降水日数为 229 天，出现在 1984 年，最少为 21 天，出现 2003 年。

3.1.1.3 气压

根据平潭海洋站 1980~2008 年气象资料，该站累年平均气压为 1010.3hPa。气压的年平均值差异不大，年平均气压最高为 1012.1hPa，出现于 2008 年；最低为 1008.7hPa，出现在 2001 年。极端最高气压为 1031.7hPa，出现于 2006 年 2 月 9 日；极端最低气压为 966.8hPa，出现于 1985 年 8 月 23 日。

3.1.1.4 相对湿度

平潭海洋站累年平均相对湿度为 83.1%。年平均相对湿度最大为 86.5%，出现于 1990 年；最小为 76.6%，出现于 2006 年。极端最小相对湿度为 0%，出现于 1996 年 4 月 24 日、2003 年 6 月 29 日、2003 年 7 月 2 日及 2004 年 4 月 24 日。

3.1.1.5 雾

平潭海洋站年平均雾日为 22.3 天。年最多雾日为 48 天，出现在 1987 年。除 9 月份没出现雾外，其余月份均有雾出现，其中 3 月至 5 月出现次数较多。日平均雾日最多为 5.9 天，出现在 4 月。

3.1.1.6 风速和风向

本区域内风况总体上是冬季以东北风为主，夏季台风影响较大；主导风向为 NNE，频率 33.7%。平潭 40 年最大风速、平均风速及累年风能风向频率，见表 3.1-1~3 和图 3.1-1。

表 3.1-1 平潭气象站近 40 年最大风速

单位：m/s

年份	最大风速	年份	最大风速	年份	最大风速	年份	最大风速
1975	19	1985	25	1995	15	2005	17
1976	24	1986	23	1996	15	2006	15
1977	21	1987	21	1997	17	2007	16
1978	22	1988	16	1998	16	2008	15
1979	22	1989	15	1999	17	2009	17
1980	25	1990	21	2000	17	2010	13
1981	16	1991	16	2001	18	2011	15
1982	23	1992	16	2002	11	2012	16
1983	16	1993	13	2003	9	2013	18
1984	16	1994	18	2004	14	2014	12

表 3.1-2 平潭气象站近 40 年历年平均风速

年份	平均风速	年份	平均风速	年份	平均风速	年份	平均风速
1975	5.8	1985	5.3	1995	4.6	2005	4
1976	6.5	1986	5.3	1996	4.8	2006	3.9
1977	6.8	1987	4.9	1997	3.9	2007	4
1978	6.5	1988	5.5	1998	4.3	2008	3.8
1979	6	1989	5.1	1999	4.4	2009	3.6
1980	5.8	1990	5	2000	4.2	2010	3.6
1981	5.2	1991	5	2001	3.9	2011	4.1

1982	5	1992	4.9	2002	3.5	2012	3.7
1983	5.5	1993	5.1	2003	3.5	2013	3.7
1984	5.6	1994	4.7	2004	3.3	2014	3.5

表 3.1-3 平潭气象站累年风能风向频率 (%)

风向	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S
频率	8.7	33.7	16.5	5.4	2.1	0.9	0.6	1.1	2.3
风向	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C	
频率	10.6	7.3	2.8	1.2	0.8	1.5	3.9	0.6	

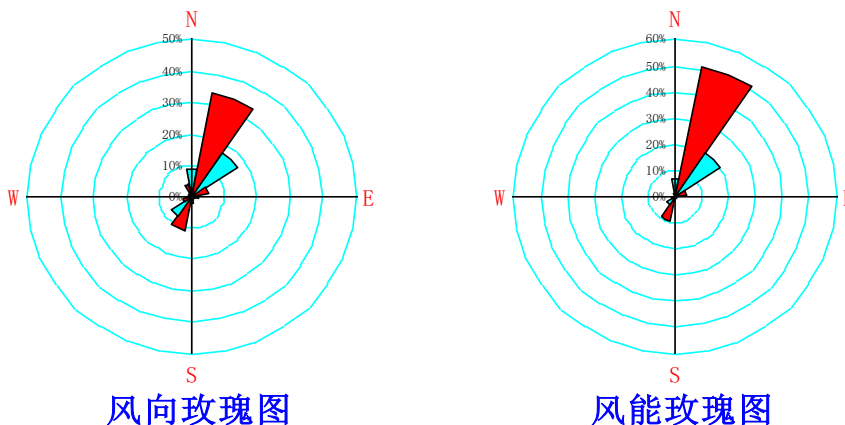


图 3.1-1 平潭气象站代表年整体平均风向、风能玫瑰图

3.1.2 地质条件

（略）

3.1.3 海洋水文

（略）

3.1.4 海洋自然灾害

3.1.4.1 台风、风暴潮

莆田市地处福建沿海中部，为台风多发地区，每年 7~10 月受台风影响较大。台风影响过程时间一般为 2~3 天。莆田地区台风造成的最大暴雨过程的降水量达 472mm。9914 号台风正面袭击莆田市，沿海及内陆普降 200~500mm 的特大暴雨，最大风力达 11 级；2004 年 8 月的“艾利”号台风先后 4 次在福建沿海登陆，本海区风力达到 10 至 12 级，造成经济损失极大；通过对 1959~2019 年影响中国近海的热带气旋进行统计分析，历年正面登陆或影响福建沿海的热带气旋（范

围为浙江温州以南，广东汕尾以北）共 204 场。登陆前 6 个小时内的最大风速表示登陆热带气旋的强度统计正面登陆福建沿海各种级别热带气旋出现的频率，可以看出 72.07% 的登陆强度在强热带风暴以上，登陆热带气旋中台风和强热带风暴居多，强台风和超强台风仅占登陆总数的 10.3%。

莆田市沿海是受台风暴潮威胁较严重的海域，台风增水影响明显。根据 1990~2019 年福建省潮位资料统计，30 年中发生台风增水 128 次，平均每年 4.27 次，其中最大增水达 252cm；风暴潮主要出现在 5~10 月，最多的是 8 月。1990~2019 年间，福建沿海风暴增水 $\geq 200\text{cm}$ 的有 13 次，在 150~200cm 之间的有 20 次，在 100~150cm 之间的达 84 次，增水幅度较大的主要位于闽江口岸段。近 30 多年来，福建省沿海风暴潮灾害呈频繁趋势，部分岸段高潮位常有超过当地警戒水位情况出现，其中 1990 年、1994 年、1997 年、1999 年、2010 年、2011 年、2016 年沿海多数验潮站的高潮位接近或超过历史记录，出现特大海潮。危害性风暴潮的发生多为台风过境时与天文大潮相遇，引起强降雨和高增水。

3.1.4.2 地震

区域范围内自公元 963 年就有了破坏性地震记载，一千多年来共记载到 $M\geq 4.7$ 级地震 59 次。区域地震活动总体呈现出由西北向东南、由内陆向沿海逐渐增强的趋势。区域内中小地震震源深度优势集中在 1~15km 范围内，说明区域内的中小地震属于地壳内的浅源构造地震。

区域范围大部分属华南沿海地震带，华南沿海地震带未来几十年仍处于第二活跃期的后期调整阶段，在未来几十年内地震将处于较高的活动水平，还可能发生 6 级左右的地震。

工程场地历史上共遭受到地震烈度 VI 度以上地震影响 2 次，即 1604 年泉州海外地震和 1517 年福建平潭地震，影响烈度分别为 VII 度和 VI 度，历史地震影响主要来自工程场地周围及滨海断裂带上发生的地震。

近场区处于华南沿海地震带东北部，近场区现今地震活动水平较低，现今小震震中分布总体呈零散状，只有弱震活动，属基本稳定地区。

3.1.4.3 暴雨

莆田暴雨出现在 5~9 月，特别是热带风暴季节的 7~9 月。1960~1980 年莆田出现暴雨（日降雨量 $\geq 50\text{mm}$ ）101 次，年均 4.8 次；大暴雨（日降雨量 $\geq 100\text{mm}$ ）

18 次，年均 0.9 次；特大暴雨（日降雨量 $\geq 150\text{mm}$ ）2 次，年均 0.1 次。历年日最大降雨量达 235.0mm。1974 年 6 月 21~22 日，莆田暴雨成灾，沿海降雨量在 200mm 以上。

3.1.5 海洋环境质量现状

（略）

3.2 海洋生态概况

（略）

3.3 自然资源概况

3.3.1 风能资源

（1）区域风能资源

莆田市地处台湾海峡中部，每年冬春季节，西伯利亚及蒙古高压气流南下，穿过台湾海峡时，受海峡两岸地形收缩作用而加速，至福建省中部地区风速加速至最大。莆田市位于福建省沿海中部，由于其特殊的地理位置，使得莆田市特别是平海半岛、南日岛及海域的风速大，风能资源名列全省前茅。

根据近年来在莆田市开展的风能资源普查及相关陆上风电场测风塔的观测资料，风能资源最为丰富地区为南日岛和平海湾海上，风速一般在 8.5~10.0m/s 之间，风功率密度在 650~1000W/m² 之间，风功率密度为 6~7 级，靠近南日岛北侧海上的风能资源更为丰富，靠近南日岛西南侧风能资源略差。

本风电场位于南日岛东侧海域，根据周边测风资料和场内所设立的测风塔测风资料，本海域 50m 高度年平均风速为 9.58m/s，年平均风功率密度为 857W/m²；推算到 90m 与 100m 高度年平均风速均为 9.81m/s、9.83m/s，年平均风功率密度分别为 919W/m²、926W/m²；风功率密度等级为 7 级，风能资源具有很好的开发价值。

（2）风电场风能资源

2017 年 10 月建设单位在场址西侧新建一座 100m 测风塔（1275#，25°10'13.45"北，119°33'3.27"东），目前已收集的数据从 2017.11.17~2018.12.31 一个完整年的测风数据。该塔位于场址的西南侧，距离场址距离 6.5km~12.6km

之间，所在位置海拔 26m，测风高度 100m，风电场处于测风塔 10km 半径范围内，测风仪周围无地形遮挡，盛行方向上基本无阻挡，测风数据基本上可反映本风电场风能资源情况，可满足《风电场风能资源测量方法》（GB/T18709-2002）及《风电场风能资源测量和评估技术规定》要求。

1275#测风塔测风仪测情况：风速测量高度为 100m、90m、80m、70m、60m、50m、10m，风向测量高度为 100m、80m、60m、10m。测风塔主要风况参数见表 3.3-1。

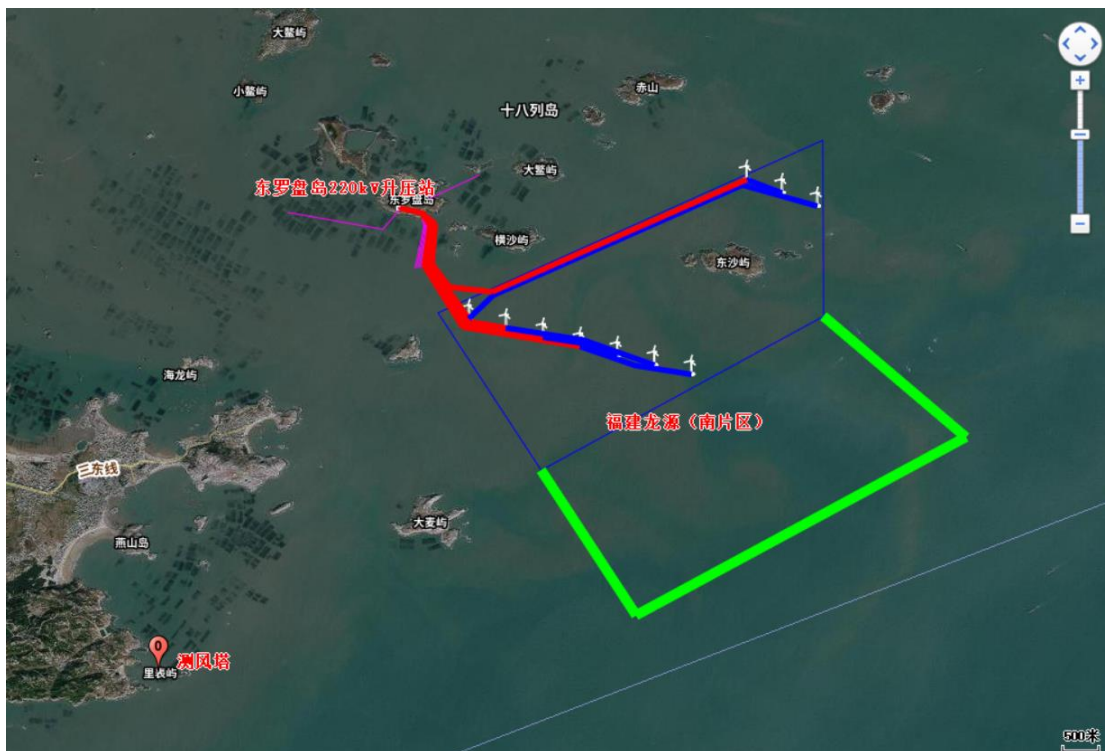


图 3.3-1 测风塔位置及场区规划范围示意图

1275#测风塔测风年 100m 高度年平均风速为 9.56m/s，年平均风功率密度为 855W/m²。有效风时为 8147h，全年有效风能密度为 7520kWh/m²，推算至海平面 150m 高度代表年平均风速为 9.63m/s，年平均风功率密度为 873W/m²，风功率密度等级为 7 级。数据表明本场址风能资源丰富，具有很好开发利用价值。

风电场风向主要集中在 NNE、NE，占全部风向的 56.68%，风能主要集中在 NNE、NE，占全部风能的 81.04%。由此可看出本风电场风能资源集中，有利于风能资源利用。

表 3.3-1 1275#测风塔主要风况参数表

测风塔主要风况参数表								
风场名称	莆田南日岛 C 区海上风电场							
测风塔地点	场址西南角 6.5km~12.6km 处岛礁							
测风塔编号	1275#							
测风塔地理位置	25°10'13.45"北, 119°33'3.27"东							
测风塔海拔高度	26m							
评估年测风时段	2018.1.1~2018.12.31							
有效数据完整率	93.18%~98.34%							
长期测站名称	平潭气象站							
长期测站地理位置	东经 119°47', 北纬 25°31'							
长期测站与风场中心直线距离	16.5km~25.5km							
1275#测风塔主要风况参数								
测风仪高度	150m（海平面高度）代表年推算	100（塔高）代表年订正	100m	90m	80m	70m	60m	50m
年平均风速（m/s）	9.63	9.56	9.64	9.57	9.52	9.5	9.41	9.26
风功率密度（W/m ² ）	873	855	877	858	844	839	815	777
标准空气密度下 100m 高度 50 年一遇最大风速（m/s）	46.65m/s（100m） 47.21m/s（150m）		风切变指数				0.0395	
主要风能方向	NNE、NE		平均空气密度（kg/m ³ ）				1.194	
100m 高度特征湍流强度 I ₁₅	0.083		与长期测站长期相关系数均值				--	

3.3.2 岛礁、岸线资源

莆田市拥有岸线长度 443km，占福建省岸线总长的 9.72%。莆田市大陆海岸线长度为 336km，拥有湄洲湾（北岸）、平海湾、兴化湾（南岸）三大海湾，约占全省大陆岸线总长的 8.6%，东自莆田县江口镇起，向西南沿着涵江、黄石、北高、埭头、平海、东峤、忠门、东庄、灵川等乡镇延伸，直至仙游县枫亭镇；海岛海岸线长度为 107km，约占全省岛屿岸线的 7.4%。

工程所在海域范围周边海岛资源主要为南日群岛。南日群岛位于福建沿岸及台湾海峡中北部，由 111 个岛礁组成，主岛为南日岛，面积 0.1km² 以上的有 18 个，故有“十八列岛”之称。“十八列岛”包括有 3 个有居民海岛和 15 个无居民海

岛，其中 3 个有居民海岛为大鳌屿、东罗盘岛和赤山，15 个无居民海岛为小月屿、东月屿、东都屿、东沙屿、尾沙屿、横沙屿、小横沙屿、莆田小麦屿、大鳌屿、赤山屿、小鳌屿、西罗盘岛、鸡母屿、鳌屿仔岛。

（1）大麦屿

属南日群岛，位于南日岛东侧，距南日岛最近点 1.88km，距大陆最近点 15.76km。形如海鸥展翅飞行，渔民谓“大鸥”，方言谐音成今名。东西长约 1000m，南北宽约 850m，面积 43.47 公顷，岸线长 3567m，海拔 83.3m。为大陆岛，由花岗岩组成，地表基岩裸露，间有红壤土，植被稀少。基岩海岸，周围暗礁密布，近岸海域水深 5~20 米，附近产石斑鱼、紫菜等。

（2）东罗盘岛

位于南日岛东北，西距大陆最近点 21.5km，属南日群岛。形如罗盘，位于罗盘东，故名。东西长 1km，南北宽 750m，面积 45 公顷。由花岗岩构成。中平周高，西南最高，海拔 36.4m。岸线长 3.77km。北南侧有陡岩，西侧有沙滩，东侧有垒石滩，东北侧有渔栅。周围水深 1.4~4m。年降水量 900mm，有淡水源。有 1 个自然村，耕地 1 公顷，产甘薯。

（2）小麦屿

属南日群岛、十八列岛，位于南日岛东侧，距南日岛最近点 1.7km，西距大陆最近点 22.37km。比其南的大麦屿小，故名。略呈三角形，长轴为北东—南西走向，面积 9.06 公顷，岸线长 1489m。地势较平缓，最高点海拔 42.6m。为大陆岛，由花岗岩组成，地表岩石裸露、破碎，间有红壤土。植被稀少。基岩海岸，岸陡，海域产石斑鱼等。

（3）横沙屿

属南日群岛、十八列岛，位于罗盘屿的东南部，南日岛的北东侧，距南日岛最近点 2.25km。一片沙滩横卧海中，形如横枕，故名。长轴为北西—南东走向，面积 19.66 公顷，岸线长 2141m。顶平缓，最高点海拔 48m。为大陆岛，由花岗岩组成，地表岩石裸露，红壤土薄，杂草稀疏。基岩海岸，南岸陡峭。周围海域水深 2~10m，产石斑鱼、紫菜等。

（4）东沙屿

属南日群岛、十八列岛，位于南日岛的北东侧海域中，西距大陆最近点

26.6km。屿东部名大沙，中部名中沙，西部名尾沙，以大、中沙合称东沙。形如葫芦，东西长 940m，南北宽 440m，面积 31.28 公顷，岸线长 2715m。海拔 72.6m。为大陆岛，由花岗岩组成，地表岩石裸露，植被不发育，有少许杂草。基岩海岸，周围水深 11~17 米，近岸多礁石，海域产石斑鱼、对虾等。

（5）小鳌屿

属南日群岛、十八列岛，位于南日岛东北侧，东罗盘岛的东侧。大鳌屿西且小，故名。略呈长条形，长轴为北西—南东走向，面积 7869m²，岸线长 505m，顶平缓，最高点海拔 17m。为大陆岛，由花岗岩组成，地表岩石裸露，红壤土薄，长少量杂草。基岩海岸，岩石滩突出，近岸海域水深 2~5 米。

（6）大鳌屿

属南日群岛、十八列岛，位于南日岛东北侧，西距东罗盘屿 1.2km。形如鳌鱼，大于其西小鳌屿，故名。呈东西走向，面积 9.35 公顷，岸线长 1643m，地势中部高四周低，最高点海拔 26m。为大陆岛，由花岗岩组成。地表基岩裸露，间有红壤土，植被稀少，以杂草为主。基岩海岸，岩石滩突出。近岸海域水深 2~10m。海域产对虾、石斑鱼等。渔汛期为渔民提供居住点。

（7）赤山仔

属南日群岛、十八列岛，位于大鳌屿东北侧，西距大陆最近点 24.6km。与赤山岛并列且小，故名。略呈长方形，长轴为北西—南东走向，南北长 360m，东西宽约 230m，面积 6.51 公顷，岸线长 1065m，最高点海拔 40m。为大陆岛，由花岗岩组成，地表岩石裸露，红壤土薄，植被稀少。海岸为陡峭的基岩海岸。周围海域水深 2~10 米，产对虾、小黄鱼、带鱼、石斑鱼等。

3.3.3 港口资源

莆田市位于福建省沿海中部，处于以厦门为中心的闽南经济圈和以福州为中心的闽江口经济圈的中间地带，是我国南北海运和诸多国际航线的必经之路。莆田港口资源得天独厚，拥有湄洲湾、兴化湾、平海湾三大海湾，共拥有 336km 大陆海岸线和 107km 岛屿岸线，可利用建港岸线 59.4km，其中秀屿、东吴、罗屿等处天然深水岸线 16km，经过疏浚后石门澳深水岸线 15~17km，可建各种码头泊位 120 多个，其中万吨级以上深水泊位 80 多个，具有发展港口明显的区位优势和良好的国际海运地理环境。莆田港口在资源性货物、外贸物资运输中发挥

了重要作用,对莆田市外向型经济、临海工业、产业结构调整将发挥促进性作用,对加强两岸经济往来、促进两岸“三通”发挥了积极的作用。

莆田港港口交通便利,公路经秀屿高速支线与 324 国道及沈海高速公路连接。莆田港包括秀屿港区的秀屿作业区、莆头作业区、石门澳作业区;东吴港区的东吴作业区、罗屿作业区;湄洲港区、三江口港区、枫亭港区。拥有码头岸线 1939m,3000 吨级以上的泊位 9 个、万吨级以上的深水泊位 7 个,最大靠泊能力为 10 万吨级。根据莆田港总体规划,秀屿港区秀屿作业区建成 3~10 万吨多用途泊位 4 个、1 万吨级杂货泊位 1 个;莆头作业区建成 1~2 万吨多用途泊位 14 个;石门澳作业区建成 0.5~2 万吨泊位 30 个。东吴港区罗屿作业区建成 5~15 万吨散货泊位 6 个;东吴作业区建成 10~15 万吨散货泊位 8 个。秀屿港区目前拥有 10 万吨 LNG 专用码头 1 座、5 万吨级多用途码头 1 座,1 万吨级杂货码头 1 座、3 千吨级码头 2 座,1 千吨级码头 2 座。秀屿港已辟为国家一类口岸和台轮停靠点,开通了秀屿至香港集装箱定期班轮,实现与 26 个国家和地区 41 个港口通航。秀屿港区距离项目区 60km。东吴港区目前拥有 50000 级驳船码头 3 座,8000 吨级驳船码头 1 座,2500 吨级码头 1 座。湄洲港区拥有 3000 吨级客运码头 1 座。石城港为国家一级鱼港,港内有 3000 吨级泊位。

3.3.4 海洋生物资源

莆田市拥有湄州湾、兴化湾和平海湾,现有围垦养殖面积 54.65km²,滩涂养殖面积 159.44km²,浅海养殖区面积 441.08km²,已基本形成四大水产养殖基地——秀屿海域的鲍鱼养殖基地、埭头海域的海带、紫菜、龙须等藻类养殖基地、枫亭海域的花蛤育苗基地、兴化湾海域的对虾、海蛭、跳跳鱼等水产养殖基地。

兴化湾海域面积大,滩涂宽阔,底质类型齐全,岛礁众多,湾内潮差大,潮流通畅,又有木兰溪、秋芦溪等河流注入,海水中有大量的有机质和无机盐类,水质肥沃,水域中浮游动物总量达 168mg/m³,为鱼、虾、蟹、贝和藻类等生物海产提供丰富的饵料,适宜于多种鱼、虾、藻、浮游生物等海洋生物的生长和繁殖。湾内海洋生态环境独特,是不可多得的优良“海洋牧场”,海洋生物物种繁多,共有 769 种海洋生物,其中浮游生物 225 种,底栖生物(包括潮间带)544 种,经济种 200 多种,可供增养殖的有数十种之多,海洋生物资源丰富。

3.3.5 旅游资源

莆田市，古称“兴化”，又称“莆阳”、“莆仙”。境域北连福州，南接泉州，西依戴云山脉，东南濒临台湾海峡。陆域面积 4200 平方公里，拥有“世界不多、中国少有”的湄洲湾秀屿深水良港和三江口、枫亭等辅助港，以及湄洲、南日等大小 150 多个岛屿。现辖城厢、涵江、荔城、秀屿 4 区和仙游县。人口 300 万人，有汉、回、满、畲、壮、苗、瑶、土家等 33 个民族。还有旅居海外的华侨、华裔及莆田籍港、澳、台同胞计 60 余万人，其中华侨、华裔 47 万人。莆田历来为闽中政治、经济、军事、文化中心，是一个物华天宝、人杰地灵、文化昌盛、经济繁荣而又充满生机活力的古府新市。莆田地属亚热带海洋性季风气候，风光旖旎，古迹众多，全市拥有风景名胜和文物古迹 250 多处，是福建省“历史文化名城”之一，主要旅游景区有湄洲岛国家旅游度假区、九鲤湖、广化寺、南少林等。

3.4 开发利用现状

3.4.1 社会经济概况

3.4.1.1 莆田市社会经济状况

据莆田市 2023 年政府工作报告，2022 年地区生产总值 3100 亿元，增长 5% 左右；一般公共预算总收入 264.6 亿元，增长 3%，地方一般公共预算收入 174 亿元，增长 10%；固定资产投资增长 9%；社会消费品零售总额 1833 亿元，增长 5%；外贸出口总额 375 亿元，增长 21%；实际利用外资 1.22 亿美元，增长 14.9%。2023 年，积极扩大有效投资，计划安排市重点项目 330 个，总投资 5880 亿元，年度计划投资 900 亿元。其中产业类项目有 162 个，总投资 4051.5 亿元，年度计划投资 499.3 亿元；基础设施类项目 141 个，总投资 1659 亿元，年度计划投资 360.9 亿元；民生类项目 27 个，总投资 169.6 亿元，年度计划投资 39.9 亿元。

3.4.1.2 秀屿区社会经济概况

据莆田市秀屿区 2023 年政府工作报告，2022 年秀屿区较好完成全年各项目标任务，实现地区生产总值 430 亿元，比增 5.8%；规模以上工业总产值 870 亿元，比增 13.8%；全社会固定资产投资 405 亿元，比增 19.2%；农业总产值 95.77

亿元，比增 6.2%；财政总收入首次突破 30 亿元，达 30.2 亿元，比增 6.9%；社会消费品零售总额 95 亿元，比增 11%；外贸出口总额 28 亿元，比增 10%；实际利用外资 1972 万美元。全区全社会固定资产投资总量、增幅均全市第一，247 个重点项目完成投资 348 亿元，30 个省重点项目完成年度投资计划的 120.4%、居全市第一。已投产风电总装机容量 207.9 万 KW，年创税收 3.8 亿元，均居全市第一。

3.4.1.3 南日镇社会经济概况

据莆田市秀屿区南日镇 2023 年政府工作报告，南日镇全镇 2022 年经济社会保持强劲发展势头，实现农业生产总值 56.38 亿元；全面完成区里下达的经济任务指标，规模以上工业产值完成 20 亿元，全社会固定资产投资达 15 亿元，限上商贸企业产值达 11.1 亿元；税收收入 1.23 亿元；财政总收入约 0.91 亿元。实现海上养殖转型升级行动，已将 17936 口传统养殖渔排升级为环保型塑胶养殖渔排或深水大网箱，完成总任务量的 98%，已将 22400 亩贝类筏式养殖泡沫浮球升级为环保型塑胶浮球；6 万方智能智能型高端深海养殖装备“闽投秀屿 1 号”进入建造阶段，龙源风电漂浮式海上风电融合深海养殖关键技术研发与工程示范项目已开工建设，全球首个漂浮式风电与网箱养殖融合示范项目实现新突破；深海装备养殖、九重山开发建设等项目实现从“点上突破”到“遍地开花”。

3.4.2 海域使用现状

据现场踏勘调查和收集到的相关资料可知，项目所在海域的海洋开发活动有：港口码头、航道、锚地、拟建和在建风电场、海底管线和养殖区等，项目所在海域的海洋开发利用现状见图 3.4-1。

（略）

图 3.4-1 工程区及附近海域使用现状图

3.4.2.1 渔业活动

据南日镇 2021 年政府工作报告，南日海域已开发利用的浅海滩涂面积有 7.05 万亩，其中浅海养殖面积 6.08 万亩，滩涂养殖面积 0.76 万亩。据南日镇 2023 年政府工作报告，2022 年，南日镇渔业产量达 23.38 万吨，产值约 53 亿元，占农业产值 94%以上，鲍鱼产业继续壮大，成功申报全市农业产业理镇，紫菜、海带、龙须菜产量和经济效益双提升，同比去年翻了一番。

据现场调查和调访，南日岛沿岸近海有渔民养殖活动，主要为浅海养殖，养殖海带、龙须菜以及鲍鱼等。工程区周边已经确权用海的项目见图 3.4-2，据初步估算，其中涉及养殖的用海确权面积共计 7757 公顷。

本项目风电场海域除部分岛礁区附近以外，大部分场区水深在 10m 以上，项目风机机位周边海域理论水深约 14~23m，附近海域风浪比较大，海流急，调查期间风机设计机位附近海域未发现养殖活动，附近水域进出港和捕捞的渔船较少。项目周边的养殖活动主要分布在东罗盘岛南部、东侧和横沙屿附近，渔民主要养殖海带、龙须菜和鲍鱼等。

本项目海缆登陆点位于东罗盘岛，登录段附近海域有养殖活动，约有 7 片养殖区（图 3.4-3），其中 2 片（①-②）养殖鲍鱼，5 片（③-⑦）养殖龙须菜和海带等，根据调查资料，登录段附近养殖活动未申请海域使用权。项目 3 号风机东侧约 0.356km 处有确权用海项目，申请用海单位为莆田市秀屿区南日岛海洋经济开发有限公司，申请用海类型为开放式养殖用海，本次出海调查期间该片海域未发现养殖设施（图 3.4-4）。

根据 2018 年 11 月莆田市秀屿区人民政府发布的“莆田市南日岛国家级海洋牧场示范区海域使用权的说明”，项目海域有规划建设的南日岛国家级海洋牧场示范区，并开展七期的渔礁投放工程，与本项目位置关系见图 3.4-5。本项目用海建设与规划海洋牧场片区二区域存在部分交叉，距离最近的人工渔礁投放区为 7 号风机，距离约 1.859km。

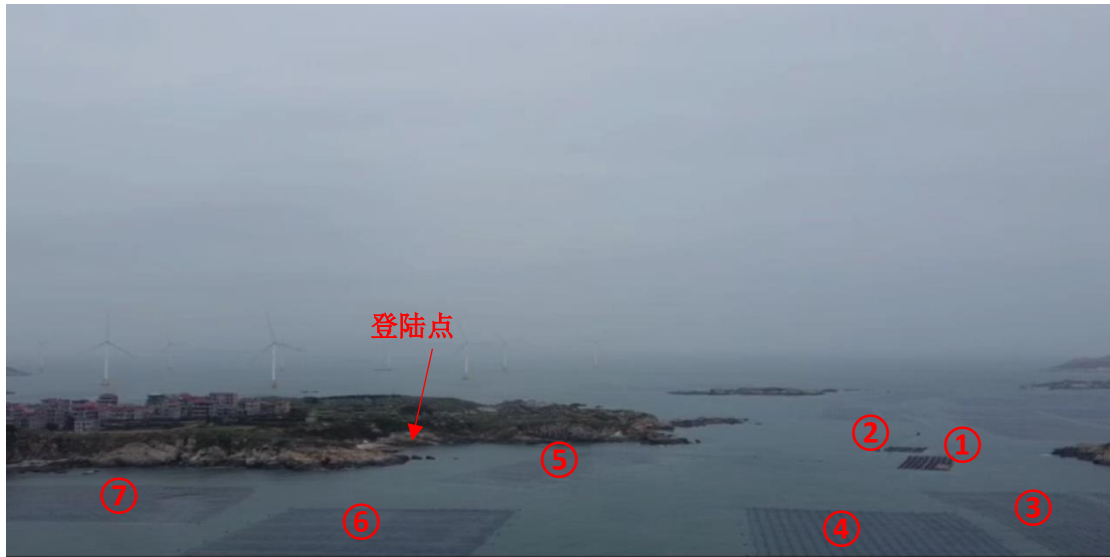


图 3.4-3 东罗盘岛东侧近岸海域的 7 片养殖区

（1-2：养殖鲍鱼；3-7：养殖海带、龙须菜等）



图 3.4-4 东沙屿东北侧近岸海域情况（8-10 号风机机位周边）（从风机位置向东沙屿方向）



图 3.4-5 国家级海洋牧场示范区和已投放渔礁（七期）与本项目位置关系图

3.4.2.2 海上交通

(1) 码头

工程区海域附近分布有多个码头，但除东罗盘岛渡船码头外，与本项目距离均在 2km 以上。

a. 东罗盘岛渡船码头

东罗盘岛渡船码头中心地理位置 $25^{\circ}14'43.813''N$ ， $119^{\circ}35'09.817''E$ ，码头长度约 30m，渡船与渔船共用。与本工程最近距离约 0.548km。

b. 赤山屿渡船码头

赤山屿渡船码头中心地理位置 $25^{\circ}15'29.497''N$ ， $119^{\circ}37'14.031''E$ ，码头长度约 30m，渡船与渔船共用。与本工程最近距离约 2.176km。

c. 大鳌屿渡船码头

大鳌屿渡船码头中心地理位置 $25^{\circ}15'52.629''N$ ， $119^{\circ}34'14.218''E$ ，码头长度约 40m，渡船与渔船公用。与本工程最近距离约 3.155km。

d. 东岱 500t 杂货码头

东岱 500t 杂货码头结构为岸壁式。码头中心位置 $25^{\circ}12'32.574''N$ ， $119^{\circ}33'33.673''E$ ，码头长约 90m。南日岛当地建筑商在该码头接卸建材，主要货

种是水泥。进出航道为天然水深习惯航路。与本工程最近距离约 4.065km。

e.东岱渡船码头

东岱渡船码头中心位置 $25^{\circ}12'30.232''N$, $119^{\circ}33'33.682''E$, 码头总长约 170m, 是东岱至鳌屿、东岱至赤山岛、东岱至罗盘岛的渡船码头, 当地渔船在该码头卸渔获、补给等, 也是在附近锚泊的渔船人员上下的码头。与本工程最近距离约 4.1km。

f.浮叶海防执勤码头

浮叶海防执勤码头中心位置 $25^{\circ}11'53.551''N$, $119^{\circ}32'51.370''E$, 码头分一座 300t 级对台贸易码头及 300t 级海防执勤码头, 码头全长 88m, 目前浮叶渔港渔船装卸鱼货主要依托该码头进行。进出码头航道为习惯航路。与本工程最近距离约 5.690km (图 3.4-6)。



图 3.4-6 浮叶海防执勤码头

(2) 渔港

根据现状调查, 项目登陆点附近现有浮叶渔港(图 3.4-7)、东岱三级渔港、鳌屿三级渔港以及罗盘三级渔港, 根据《莆田市渔港建设三年行动计划项目清单》, 2021 年对鳌屿三级渔港和罗盘三级渔港规划规划进行提升改造, 同时规划 2022 年建设浮叶一级渔港、小日二级渔港和万峰二级渔港。其中小日二级渔港和万峰二级渔港距本项目较远。

浮叶渔港位于南日岛东南部, 停靠有部分渔船, 在本港卸鱼或停靠的渔船主

要作业渔场为闽中渔场、南日东渔场和乌丘渔场，渔港离渔船主要作业生产的渔场 5~30 海里，作业渔场主要鱼类有带鱼、鳗鱼、马鲛鱼、石斑鱼、大黄鱼、头足类、虾蟹类及丰富的小杂鱼等。



图 3.4-7 浮叶渔港

东岱三级渔港为生产型渔港，距离本项目 7 号风机 6.2km。年卸港量为 1.6 万吨。在东岱村北侧海域依托后方护岸填海造地，形成总面积约 4.00 公顷，近似东西走向的陆域。陆域上布置有冷藏加工区、综合管理区、仓储管理区、休闲渔业区、卸渔区、交易市场、堆场及卸渔区等功能区。陆域前沿建 40HP 码头及护岸全长 566.5m，其中码头位于陆域西北侧，呈西南-东北走向，长 63m，码头顶高程 5.00m；北护岸位于陆域东北侧，长 190.5m，西护岸位于陆域西侧，长 157m，东护岸位于陆域东侧，长 156m，护岸前沿顶高程 5.0m；面积 4.2472hm²。

南日鳌屿三级渔港位于南日镇大鳌屿南侧海域，该渔港提升改造项目建设防波堤长 155 米，斜坡码头长 41 米，对现有的长度约 103 米的简易防波堤进行拆除，配套工程包括供电照明、给排水、消防等。

罗盘三级渔港位于东罗盘岛西侧，设计年渔货物卸港量为 1.48 万吨，将原罗盘三级渔港的长 50 米的防波堤加宽至 8 米，同时在港区南侧，自原防波堤端部向西北续建码头 120 米，设 80HP 渔船泊位 6 个，并配套供电照明、给排水、消防等。

浮叶一级渔港建设防波堤 1132 米、码头 688 米、护岸 219 米，改造拦沙堤

210 米；形成港内水域面积 53.6 万平方米，陆域形成 22.7 万平方米；建设渔港执法办证中心建筑面积 800 平方米；配套建设堤头灯、渔船进口港身份自动识别系统、通信导航设施、渔港 LED 显示屏及水电工程、环保工程等。根据现状调查，该渔港处于规划中。

（3）航道

① 工程区域航道

本工程风机布置区域的通行主航道为湄洲湾主航道与兴化湾水道，特别是境内拥有天然深水良港湄洲湾，湾内海域水深宽阔，长年不冻不淤，可开发的岸线 30km，5 万吨级船可自由进出，10 万吨级船能乘潮进出，全长 29.5km，底宽 250m，底标高-12.0m~-12.6m。

兴化湾水道为工程风机布置区域距离最近的大型航道，位于风电场北部区域（图 3.4-8），可满足 5 万吨级船舶自由进出。工程所在的南日岛及周边小型海岛通过南日水道、部分习惯性航道与湄洲湾主航道和兴化湾水道等大型水道连接，可航行至莆田、泉州等大型港口城市。

② 习惯航道

本项目周边有浮叶渔港和东岱渔港的进出习惯航道，工程区东南侧存在一条大型船舶沿海航行习惯航路，与风电场风机最近距离约 5.63km。

③ 航路和航线

南日岛及周边岛屿的轮渡航线包括坑口—小日岛航线、东岱—大鳌屿航线、东岱—东罗盘岛和赤山岛航线、南日—石城航线。

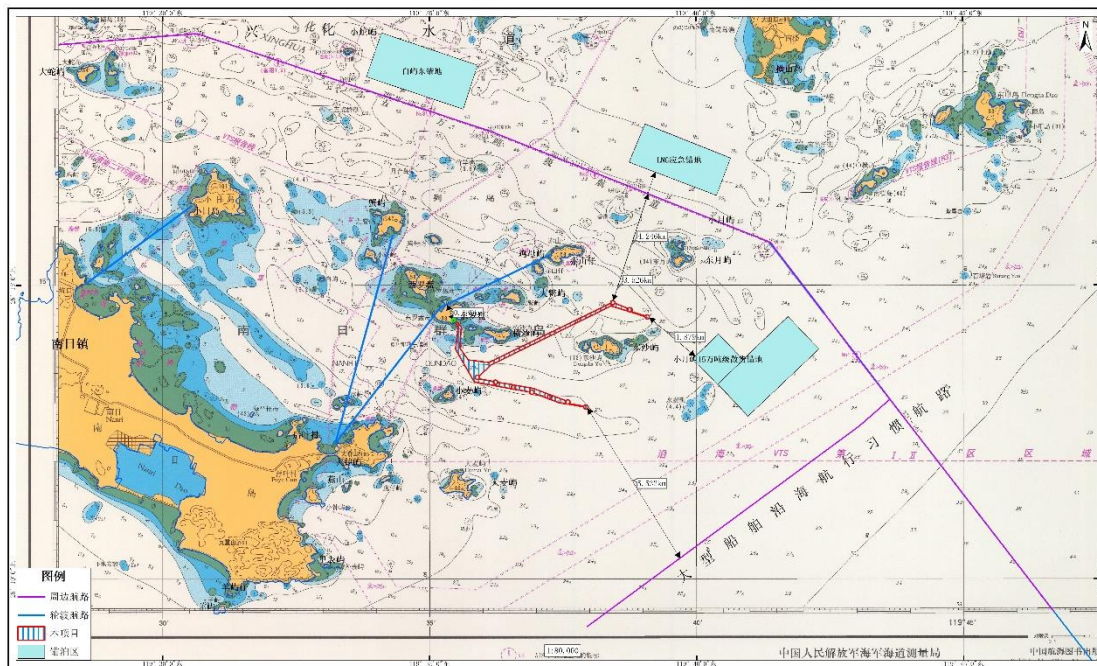


图 3.4-8 本项目周边航道及锚地位置图

(4) 锚地

本项目用海区域内无锚地，周边主要锚地有白屿东锚地、小月屿锚地和 LNG 应急锚地等（图 3.4-8）。

①白屿东锚地

白屿东锚地为引水联检备用定锚位锚地，位于白屿的东侧、仁屿西南侧，水域呈长方形，长约 3.3km，宽约 1km，水域面积约为 3.3km²，水深大部分在 30m 以上，可锚泊 20~30 万吨级的大型船舶。

②小月屿锚地

小月屿锚地为引航锚地，该锚地位于小月屿东南侧，为一长方形水域，长约 3.09km，宽约 1.41km，水域面积约为 4.31km²，水深约 22m，底质为泥沙。

③LNG 应急锚地

LNG 应急锚地位于塘屿岛西南侧，为一长方形水域，长约 3.1km，宽约 1.4km，水域面积约为 4.3km²，水深约 19.0m，底质为泥沙。

3.4.2.3 海底管线

本项目周边海底管线主要有海底供水管线、海底输电电缆线和军用光缆。

南日岛和秀屿区、周边岛屿与南日岛之间有海底供水管线。南日岛与秀屿区的海底管线属于平海湾跨海供水工程一期工程，海底管线长 9.59km，管材采用

500mmSPE 管，管顶埋深 2m，管顶回填中粗砂，表面覆盖 0.50m 双胶网格石笼作为压重防护。管线输水规模近期 0.75 万 m³/d、远期 1.5 万 m³/d，工程于 2007 年竣工。周边岛屿与南日岛之间的海底供水管线属于平海湾跨海供水工程二期工程，海底管线长约 15km，工程总投资约 7000 万元，主要包括南日岛-小日岛、小日岛-鳌屿、鳌屿-西罗盘、西罗盘-东罗盘、东罗盘-赤山，上述海底供水管线早已建成，与本工程不存在交叉。

海底输电电缆线包括小日岛海底输电电缆线、鳌屿海底输电电缆线、西罗盘屿海底输电电缆线、东罗盘屿海底输电电缆线以及南日岛 400MW 海上风电场工程建设的一条 220kV 海底电缆。小日岛海底输电电缆为南日岛向小日岛输送电力电缆鳌屿海底输电电缆为西罗盘岛向鳌屿输送电力电缆，西罗盘屿海底输电电缆为西罗盘岛向东罗盘岛输送电力电缆，东罗盘屿海底输电电缆为南日岛向东罗盘岛输送电力电缆，四条均于 2004 年 10 月铺设，有效期为 40 年。南日岛 400MW 海上风电场工程建设的一条 220kV 海底电缆于 2016 年铺设。

3.4.2.6 周边风电区

为加快开发福建沿海风能资源，龙源福建公司在莆田市南日岛以东 0~14km 海域建设了福建莆田南日岛海上风电场一期项目，布置单机容量为 4MW 的风电机组 100 台，总装机容量达 400MW。风电场分 A、B 北区两个场区，其中 A 区靠近南日岛北侧岸线，B 区在 A 区东侧。工程配套在南日岛和东罗盘岛上各新建一座 220kV 升压站，其中南日岛升压站作为风电场控制中心和运行管理人员办公生活基地。A 区海上风电机组通过 35kV 海底电缆接入南日岛 220kV 升压站，B 区及远期海上风电机组通过 35kV 海底电缆接入东罗盘岛 220kV 升压站升压后，再经 220kV 海底电缆接入南日岛升压站。

2017 年 11 月，莆田南日岛海上风电场一期项目第一批机组 200MW（50 台×4MW）并入省电网运行和电量上省电网。

平海湾 F 区海上风电场位于南日岛以西 0.3km，总装容量 200MW，安装单机容量 5MW 的风力发电机组共 40 台及场内集电线路和一座 220KV 升压变电站，由福建省三川海上风电公司开发，于 2017 年 5 月经福建省发展和改革委员会核准，并于 2019 年获得福建省工业和信息化厅同意与莆田石城海上风电场项目并网运行的批复。2021 年莆田平海湾海上风电场 F 区项目和石城项目已实现并网

（略）

图 3.4-2 工程区附近用海项目权属图

表 3.4-1 本项目风电场区及周边海域使用权属现状

（略）

4 项目用海资源环境影响分析

4.1 项目用海环境影响分析

4.1.1 对水动力条件的影响分析

采用丹麦水力学研究所研制的平面二维正压潮流数值模型 MIKE21，用以分析本项目的建设对周边海域潮流场的影响。模型采用非结构三角网格剖分计算域，能够较好的拟合陆地边界，网格设计灵活且可控制网格疏密，具有算法可靠、计算稳定、界面友好、前后处理功能强大等优点。MIKE21 FM 采用标准 Galerkin 有限元法进行水平空间离散，在时间上，采用显式迎风差分格式离散动量方程与输运方程。

4.1.1.1 控制方程

模型基于二维平面不可压缩雷诺平均 Navier-Stokes 浅水方程建立，对水平动量方程和连续方程在 $h=\eta+d$ 范围内进行积分后可得到下列二维深度平均浅水方程：

连续方程：

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial hu}{\partial x} + \frac{\partial hv}{\partial y} = hS \quad (1)$$

运动方程：

$$\begin{aligned} \frac{\partial hu}{\partial t} + \frac{\partial hu^2}{\partial x} + \frac{\partial hvu}{\partial y} = fvh - gh \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial P_a}{\partial x} - \frac{gh^2}{2\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial x} + \frac{\tau_{sx}}{\rho_0} - \frac{\tau_{bx}}{\rho_0} \\ - \frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial S_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{xy}}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial x} (hT_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (hT_{xy}) + hu_s S \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial hv}{\partial t} + \frac{\partial hv^2}{\partial y} + \frac{\partial hvu}{\partial x} = fuh - gh \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial P_a}{\partial y} - \frac{gh^2}{2\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial y} + \frac{\tau_{sy}}{\rho_0} - \frac{\tau_{by}}{\rho_0} \\ - \frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial S_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{yy}}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial x} (hT_{xy}) + \frac{\partial}{\partial y} (hT_{yy}) + hv_s S \end{aligned} \quad (3)$$

式中：

t ：时间。

g ：重力加速度 (m/s^2)；

η : 自由水面水位(m);

$h = \eta + d$: 总水深(m), d 为海底到静止海面的距离;

S_{xx} 、 S_{xy} 、 S_{yx} 、 S_{yy} 辐射应力张量的分量值;

u, v : x, y 方向垂线平均流速分量;

ρ : 水体密度;

ρ_0 : 水体相对密度;

P_a : 大气压力;

S : 源汇项流量值;

u_s, v_s : 源汇项流速值;

$f = 2\omega \sin \varphi$, 其中 ω 是地球自转角速度, φ 是地理纬度;

$(\tau_{xx}, \tau_{yy}), (\tau_{bx}, \tau_{by})$ 是 x, y 方向表面风和海底剪切应力的分量;

$T_{xx}, T_{xy}, T_{yx}, T_{yy}$ 横向应力, 包括粘性摩擦、湍流摩擦、平流摩擦;

4.1.1.2 计算区域和边界条件

(1) 计算基面及地形资料

计算的水准基面为 1985 国家高程基准面。采用直角坐标系右手系。工程区域水下地形采用 2018 年 8 月的实测地形资料以及 2020 年出版的最新海图资料, 台湾海峡部分海域采用 2020 年 GEBCO 全球大洋水深数据集资料, 精度 15 弧秒, 能够满足工程区附近水深精度要求。工程区海域水下地形见图 4.1-1。

模型采用非结构三角形网格剖分计算域, 可较好的拟合边界并进行局部加密, 为清楚了解本工程附近海域的潮流状况, 在工程区域对网格进一步细化, 工程区网格最小分辨率约 12m, 不同尺度网格之间通过设置实现平滑过渡, 远离工程海域网格相对稀疏; 整个区域内由 49951 个三角形和 26462 个节点组成。具体计算域网格及工程区网格见图 4.1-2。

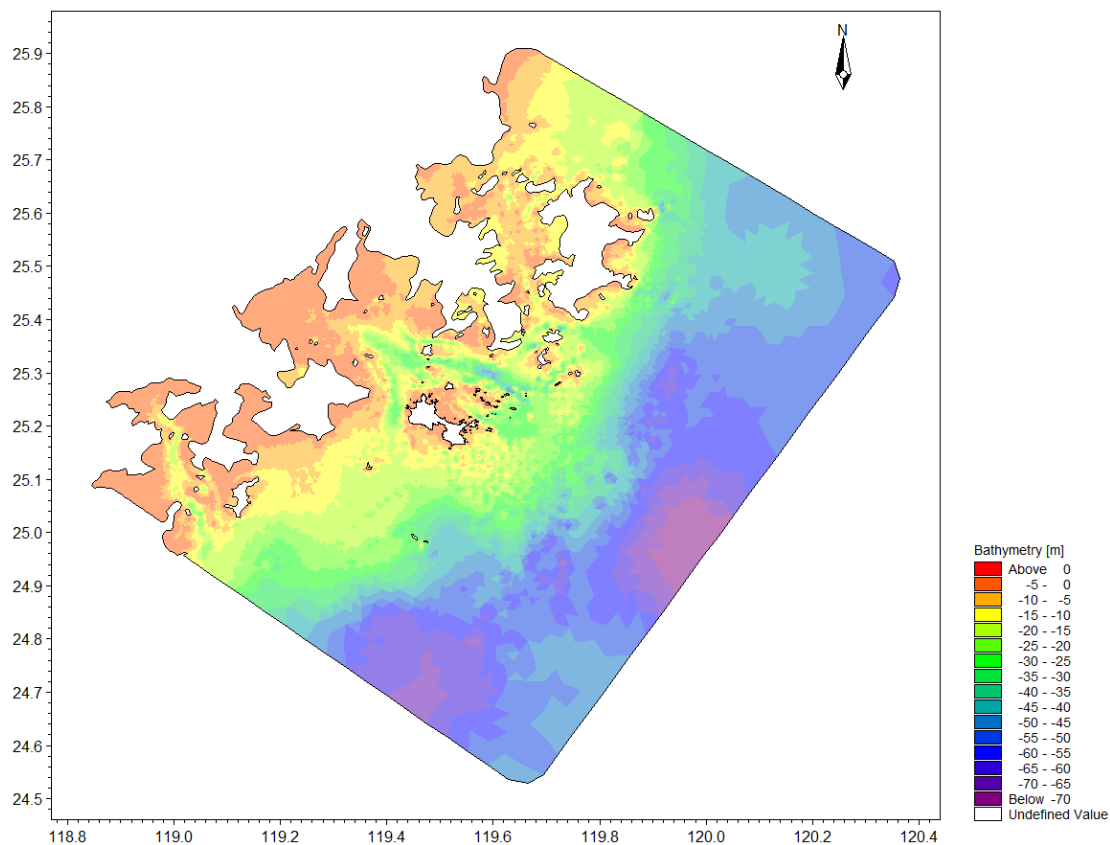


图 4.1-1 模型计算区域水下地形图

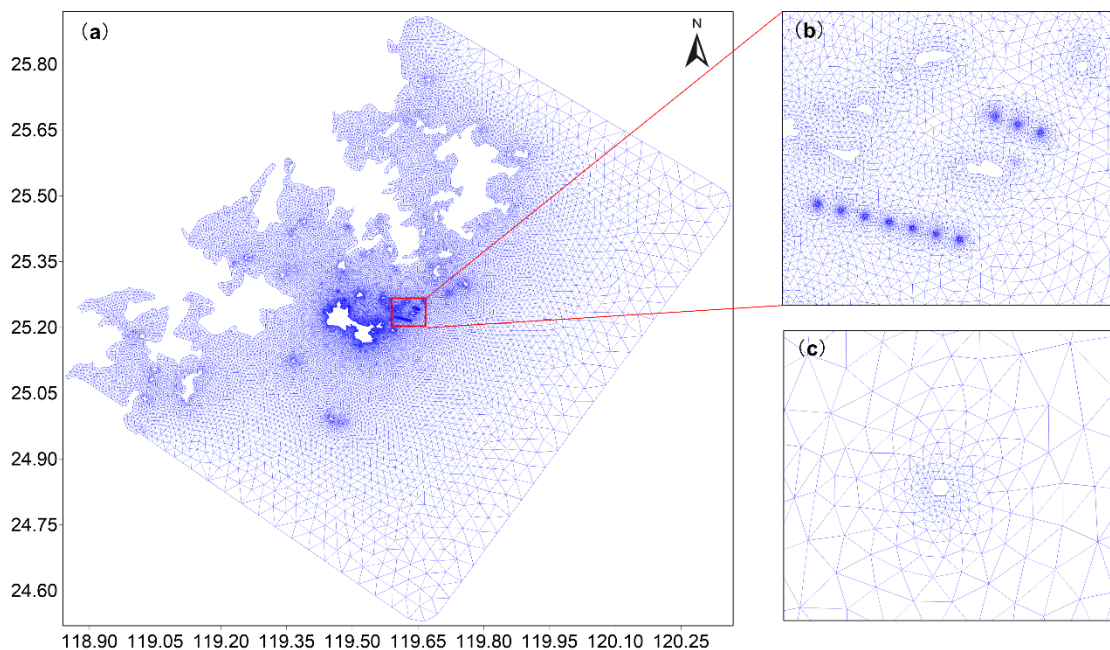


图 4.1-2 模型网格图（整个模型计算区域(a)，工程区域网格(b)及单个风机周围网格(c)）

(2) 边界条件

海岸线为固体边界，取法向流速为零。潮滩采用变边界处理。

外海流体开边界采用强制水位，水位为时间的已知函数：

$$E = E_0 + \sum_{i=1}^{34} f_i \cdot H_i \cdot \cos(\sigma_i t + v_{0i} + u_i - g_i) \quad (\text{式 4.1})$$

其中，E 为潮位， g_i 、 H_i 分别为分潮的调和常数， σ_i 为分潮的角速率， v_{0i} 为分潮格林威治天文初相角， u_i 、 f_i 为分潮的交点订正角和交点因子。模型基面统一到平均海平面。

在潮位表达式中，代入每个分潮与实测资料同步的交点因子 f_i 和格林威治天文相角 $v_{0i} + u_i$ ，即可预报出与实测资料同步的各开边界控制点的潮位曲线作为潮流场开边界条件。

4.1.1.2 潮流场的验证

验证资料采用 2018 年 7 月 28 日至 7 月 29 日（大潮）和 2018 年 8 月 4 日至 8 月 5 日（小潮）在用海区周边海域 10 个潮流站 25 小时同步连续观测数据；同时潮位采用 2018 年 7 月 28 日至 7 月 29 日（大潮）和 2018 年 8 月 4 日至 8 月 5 日（小潮）在工程附近海域布设的 1 个长期潮位站（T1 站）和 2 个临时潮位站（T2 和 T3 站）数据，其中 T1 长期潮位站位于南日岛东侧浮叶码头，T2 临时潮位站位于东岱码头，T3 临时潮位站位于鳌屿码头。站位布设见表 4.1-1，见图 4.1-3。

表 4.1-1 站位验证点坐标

站位	纬度 (N)	经度 (E)	项目
S1	25°08.700'	119°33.068'	潮流
S2	25°14.172'	119°32.579'	潮流
S3	25°10.446'	119°35.963'	潮流
S4	25°11.478'	119°37.578'	潮流
S5	25°13.148'	119°36.358'	潮流
S6	25°13.741'	119°39.080'	潮流
S7	25°11.554'	119°40.529'	潮流
S8	25°07.277'	119°36.172'	潮流
S9	25°17.030'	119°40.771'	潮流
S10	25°14.192'	119°42.894'	潮流
T1	25°11.872'	119°32.857'	潮位
T2	25°12.554'	119°33.574'	潮位
T3	25°15.871'	119°34.253'	潮位

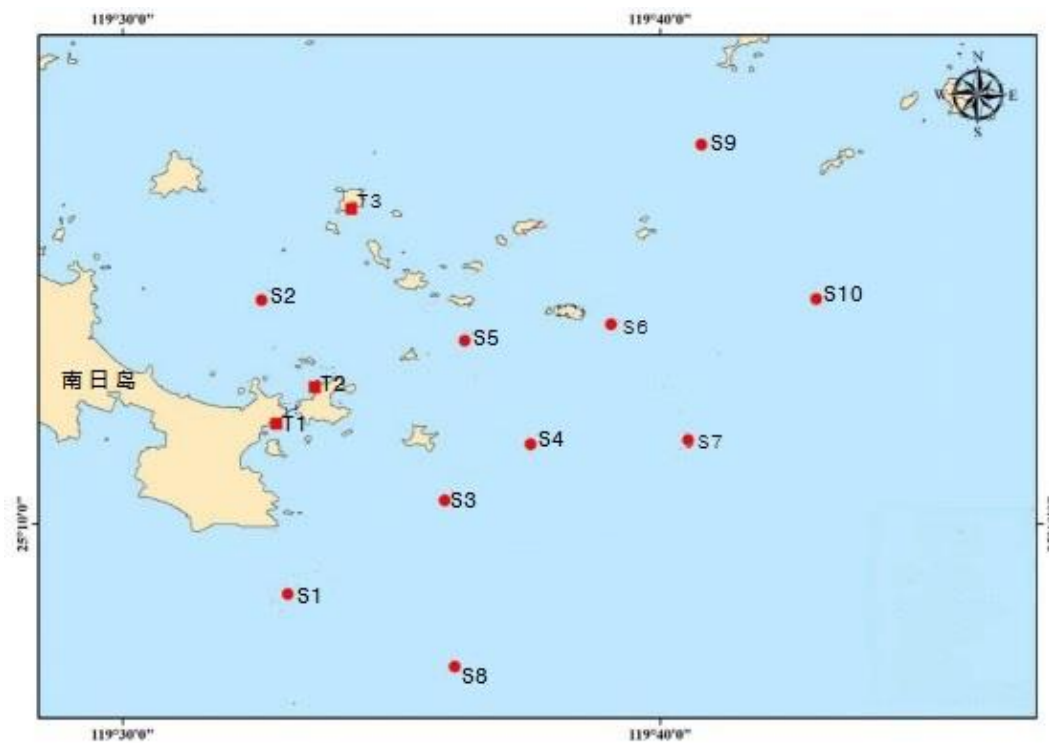


图 4.1-3 站位布设示意图

(1) 潮位验证

通过潮位实测值和计算值对比（图 4.1-4），无论是潮位过程还是高、低潮位值，计算与实测潮位验证吻合较好，个别时刻模拟潮位值与实测值偏差略大于 10cm，但整体上高低潮位出现的时间、计算值都符合的较好，说明本次所建立的水动力模型能够用以反映工程区域的实际情况。

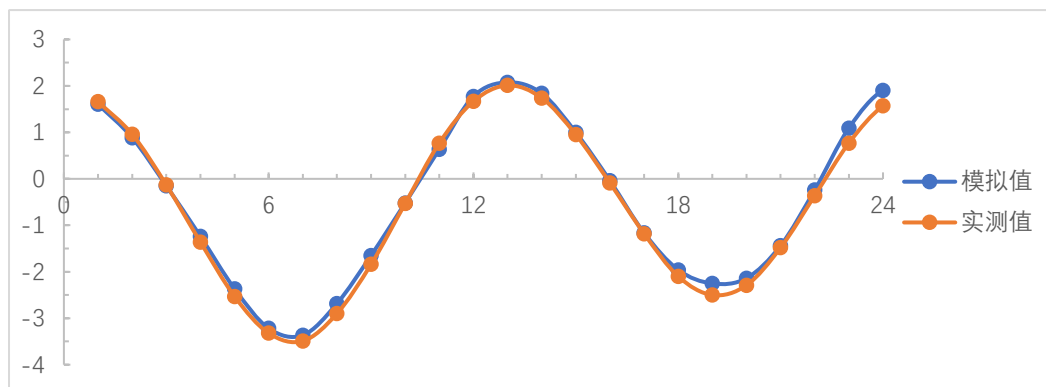


图 4.1-4a T1 站潮位验证曲线（7.28 12:00 至 7.29 12:00 大潮）

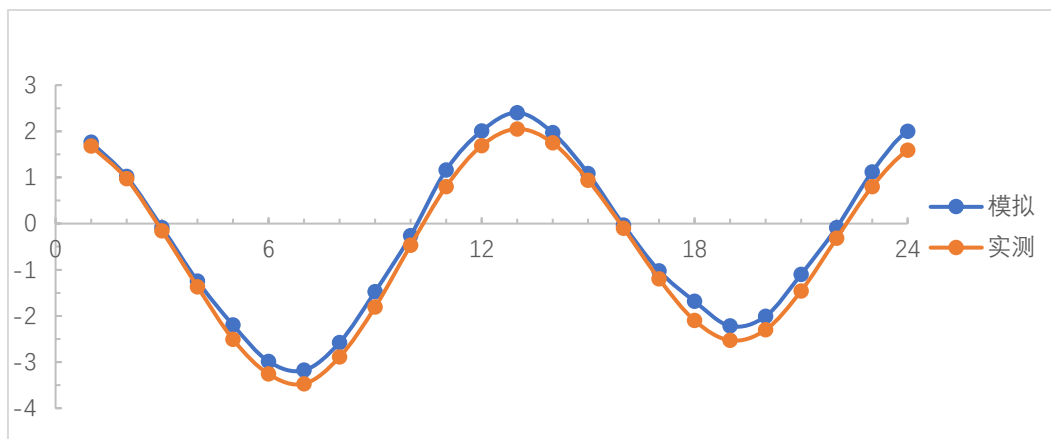


图 4.1-4b T2 站潮位验证曲线（7.28 12:00 至 7.29 12:00 大潮）

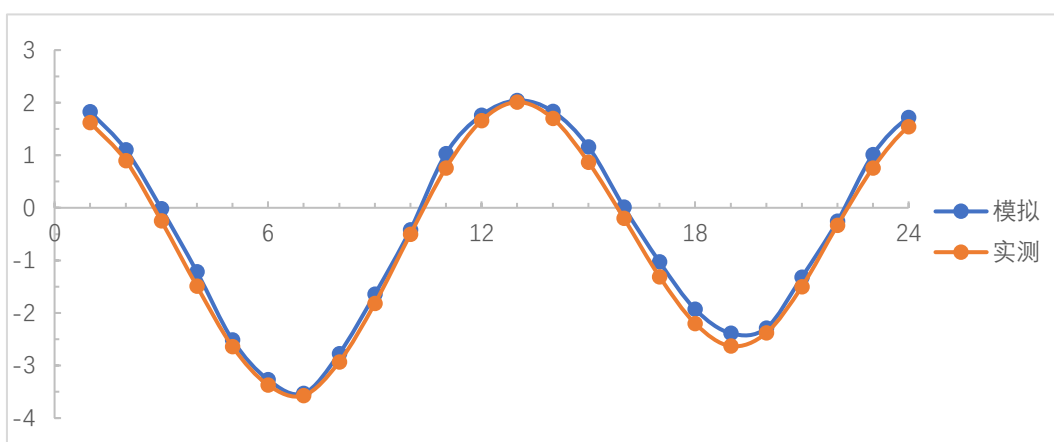


图 4.1-4c T3 站潮位验证曲线（7.28 12:00 至 7.29 12:00 大潮）

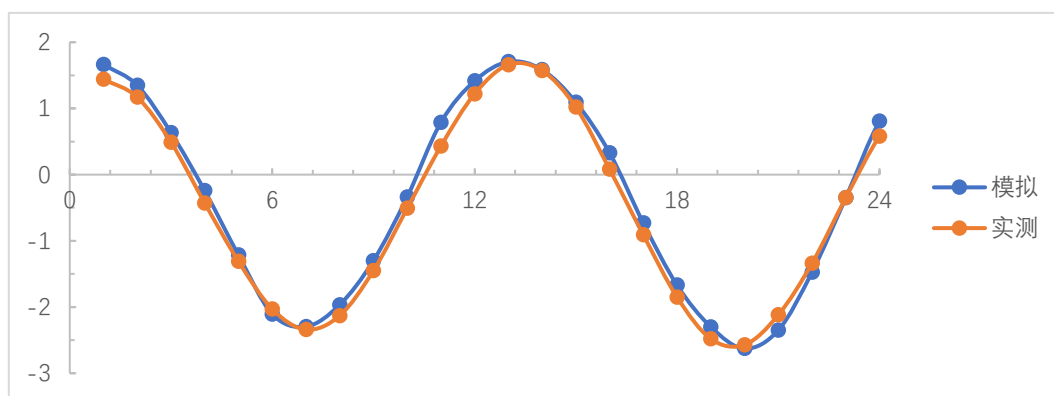


图 4.1-4d T1 站潮位验证曲线（8.4 16:00 至 8.5 16:00 小潮）

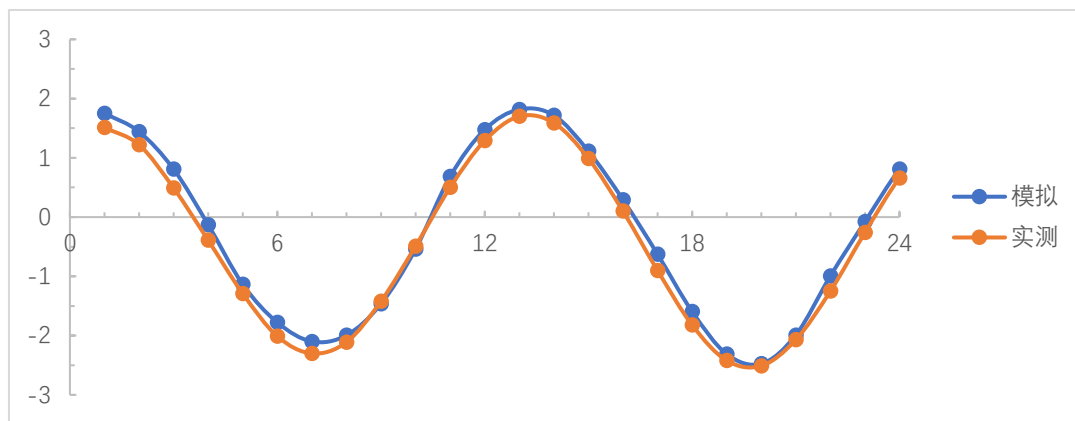


图 4.1-4e T2 站潮位验证曲线（8.4 16:00 至 8.5 16:00 小潮）

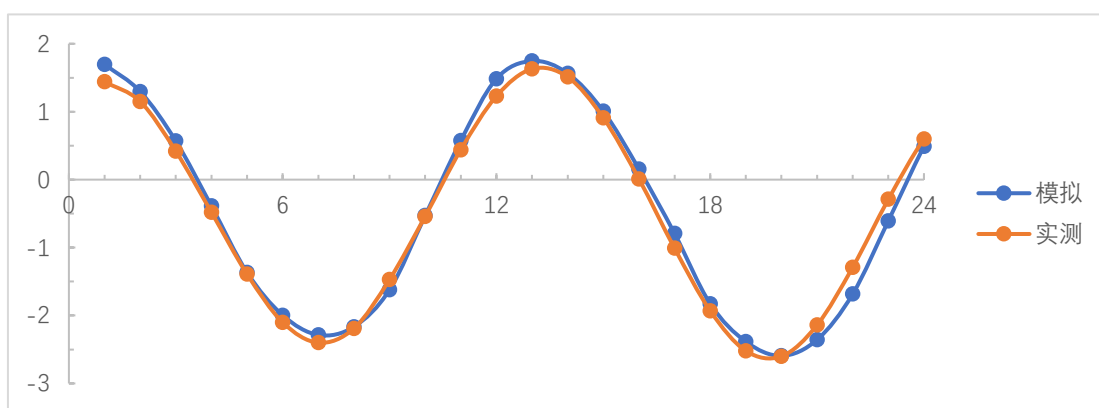


图 4.1-4f T3 站潮位验证曲线（8.4 16:00 至 8.5 16:00 小潮）

（2）潮流验证

潮流验证曲线见图 4.1-5，图 4.1-6。通过潮流对比，除在个别流速转向处略大外，模拟流向与实测流向趋势吻合较好，大小潮模拟数据与实测数据验证较好，除在个别流速转向处略大外，其余多数各时刻点的偏差在 10° 以内，说明模型正确反映了工程区域的潮流流态，可看出有明显的半日潮特征。模拟流速值的大小和实测流速值略有偏差，可能是受到气象、地形等复杂因素的影响。

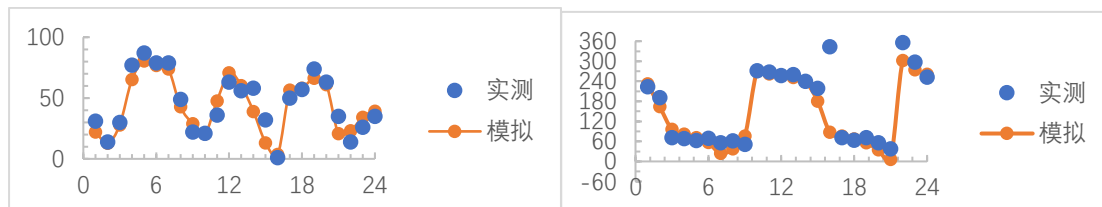


图 4.1-5a S1 潮流流向、流速验证曲线（大潮）

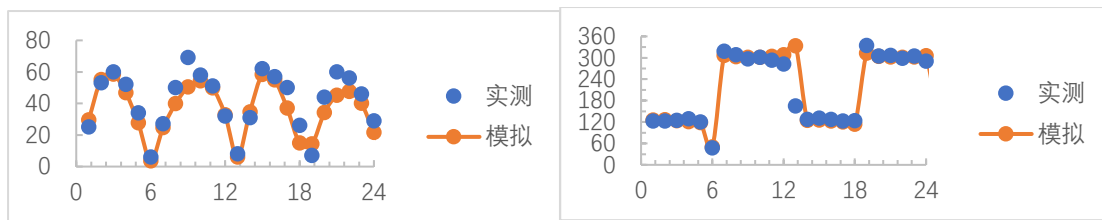


图 4.1-5b S2 潮流流向、流速验证曲线（大潮）

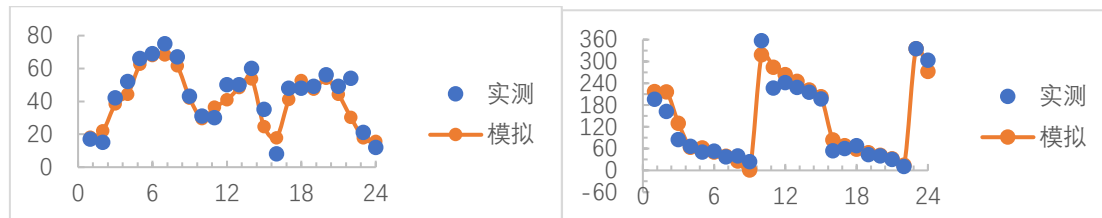


图 4.1-5c S3 潮流流向、流速验证曲线（大潮）

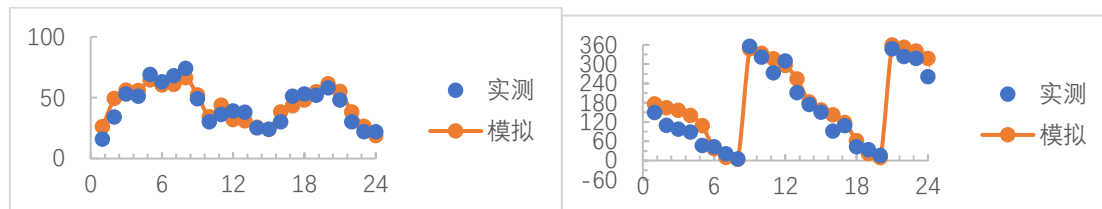


图 4.1-5d S4 潮流流向、流速验证曲线（大潮）

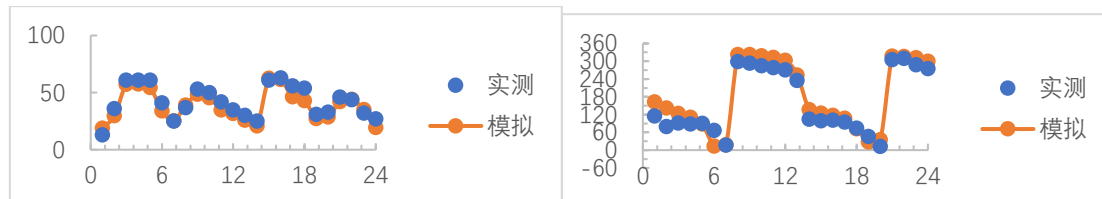


图 4.1-5e S5 潮流流向、流速验证曲线（大潮）

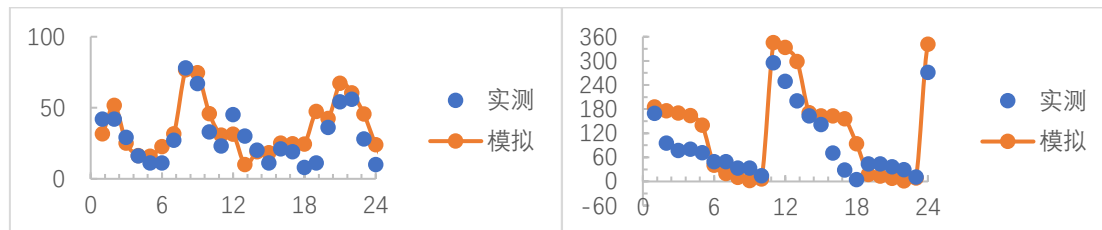


图 4.1-5f S6 潮流流向、流速验证曲线（大潮）

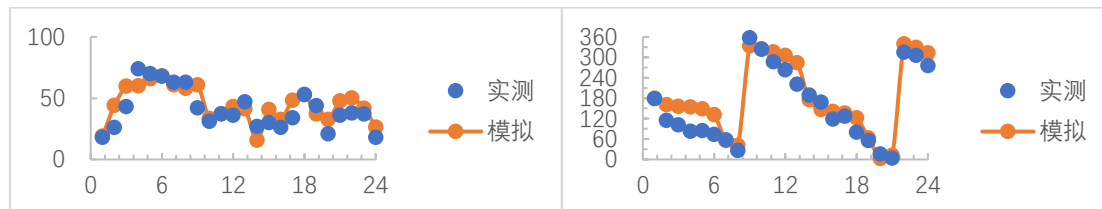


图 4.1-5g S7 潮流流向、流速验证曲线（大潮）

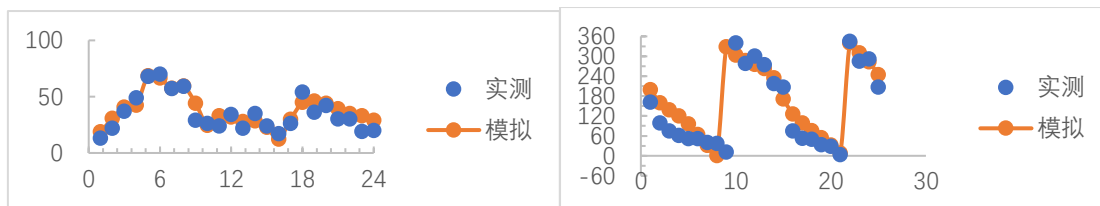


图 4.1-5h S8 潮流流向、流速验证曲线（大潮）

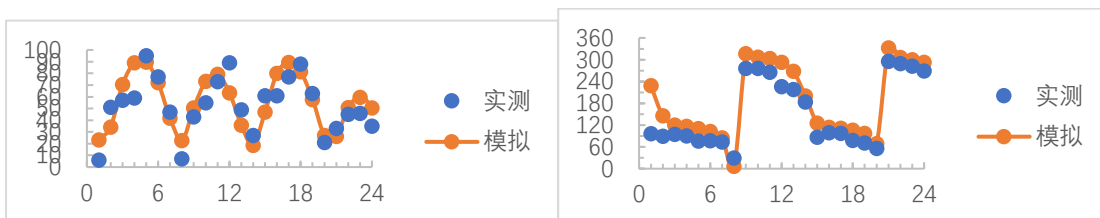


图 4.1-5i S9 潮流流向、流速验证曲线（大潮）

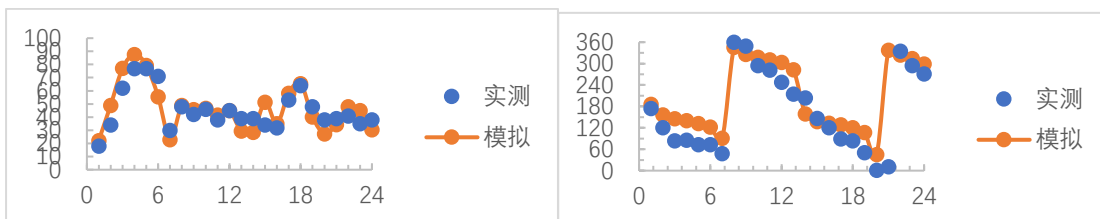


图 4.1-5j S10 潮流流向、流速验证曲线（大潮）

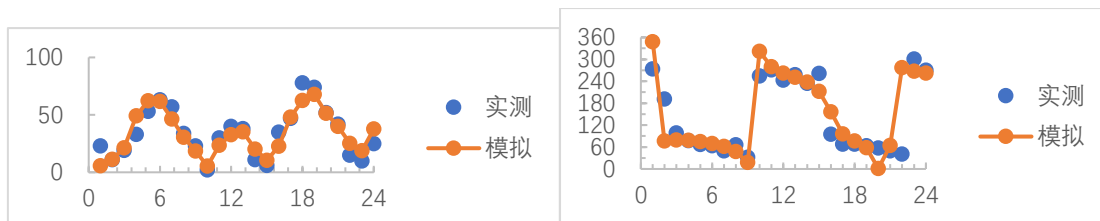


图 4.1-6a S1 潮流流向、流速验证曲线（小潮）

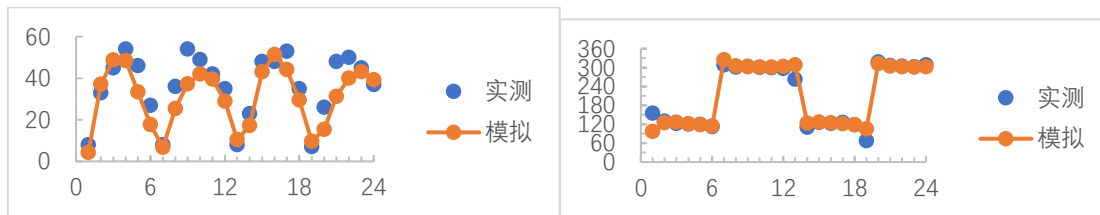


图 4.1-6b S2 潮流流向、流速验证曲线（小潮）

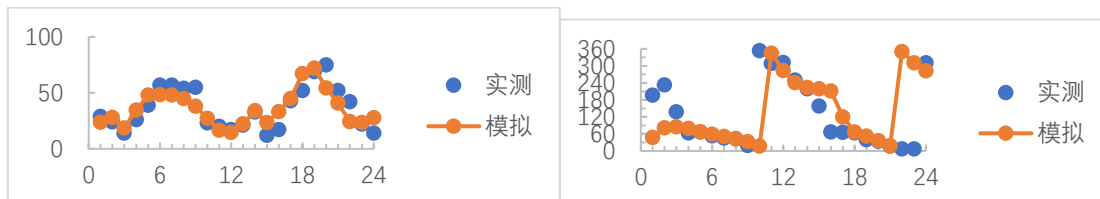


图 4.1-6c S3 潮流流向、流速验证曲线（小潮）

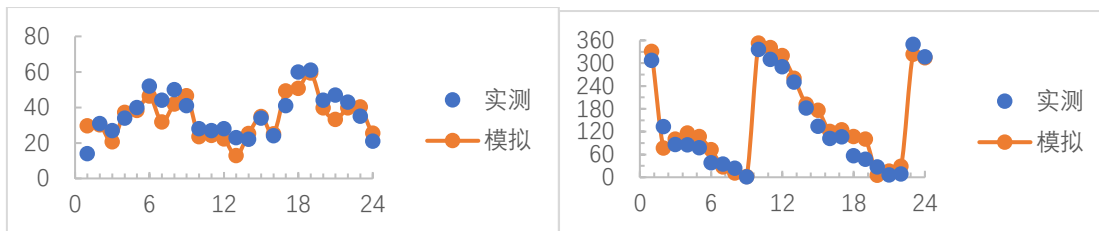


图 4.1-6d S4 潮流流向、流速验证曲线（小潮）

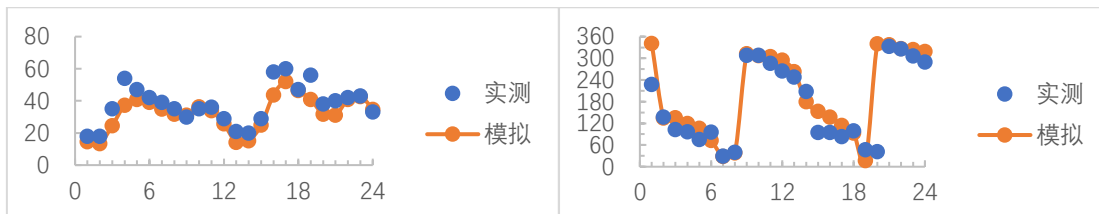


图 4.1-6e S5 潮流流向、流速验证曲线（小潮）

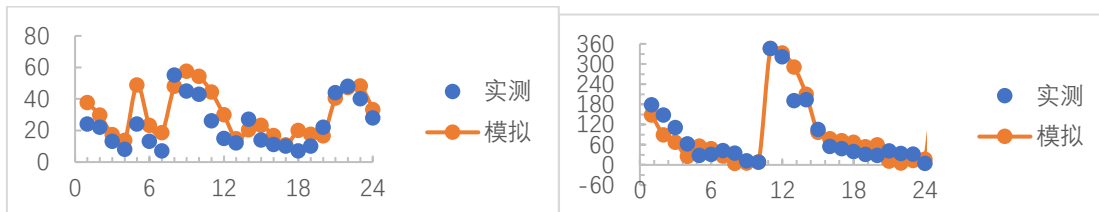


图 4.1-6f S6 潮流流向、流速验证曲线（小潮）

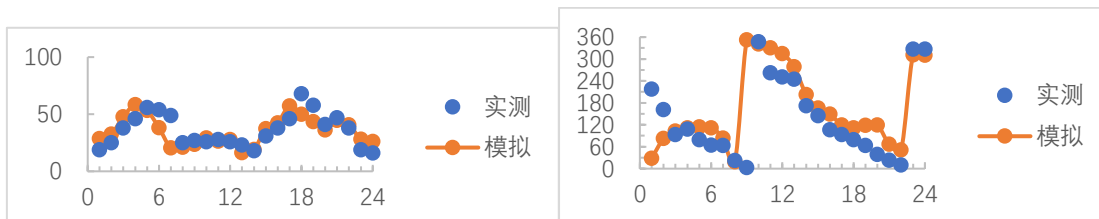


图 4.1-6g S7 潮流流向、流速验证曲线（小潮）

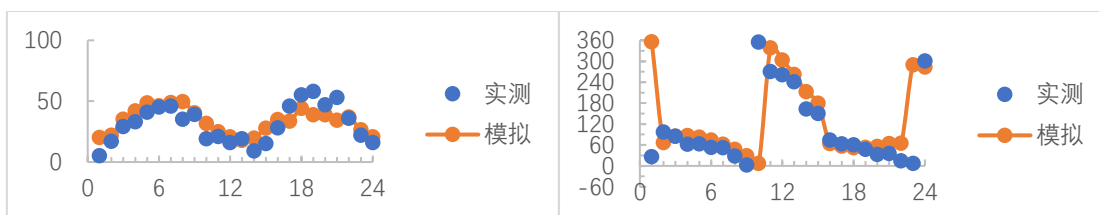


图 4.1-6h S8 潮流流向、流速验证曲线（小潮）

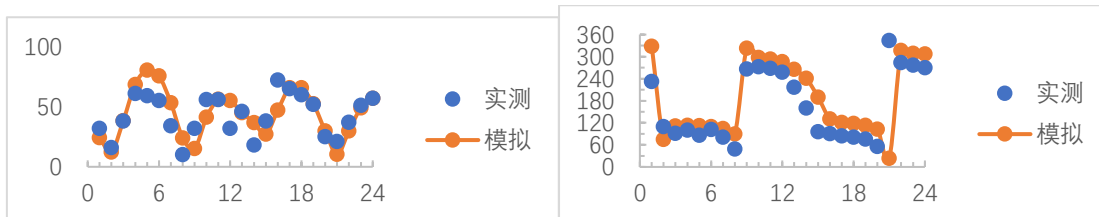


图 4.1-6i S9 潮流流向、流速验证曲线（小潮）

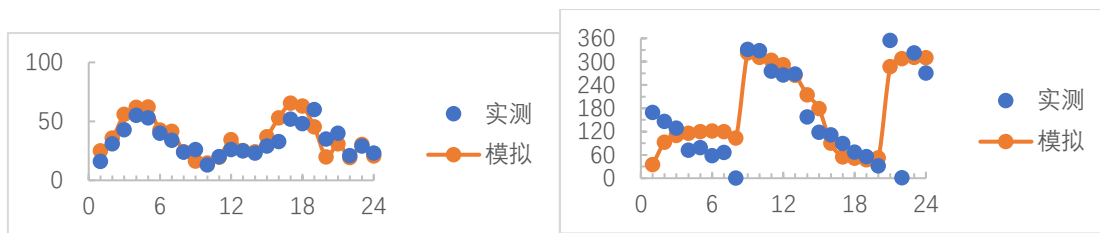


图 4.1-6j S10 潮流流向、流速验证曲线（小潮）

4.1.1.3 工程前后潮流场变化与分析

图 4.1-7~图 4.1-8 分别为风机建设前后大潮期涨落急时刻和小潮期涨落急时刻流矢叠加图。由图可以看出，风机的建设对大范围潮流场的影响很小，但风机的建设对风机桩基局部流态的变化存在一定影响，其影响范围基本限定在以风机桩基中心为圆心，直径约 200m~300m 的圆形范围内。因此，风机的建设仅仅影响风机桩基周边局部的潮流场。

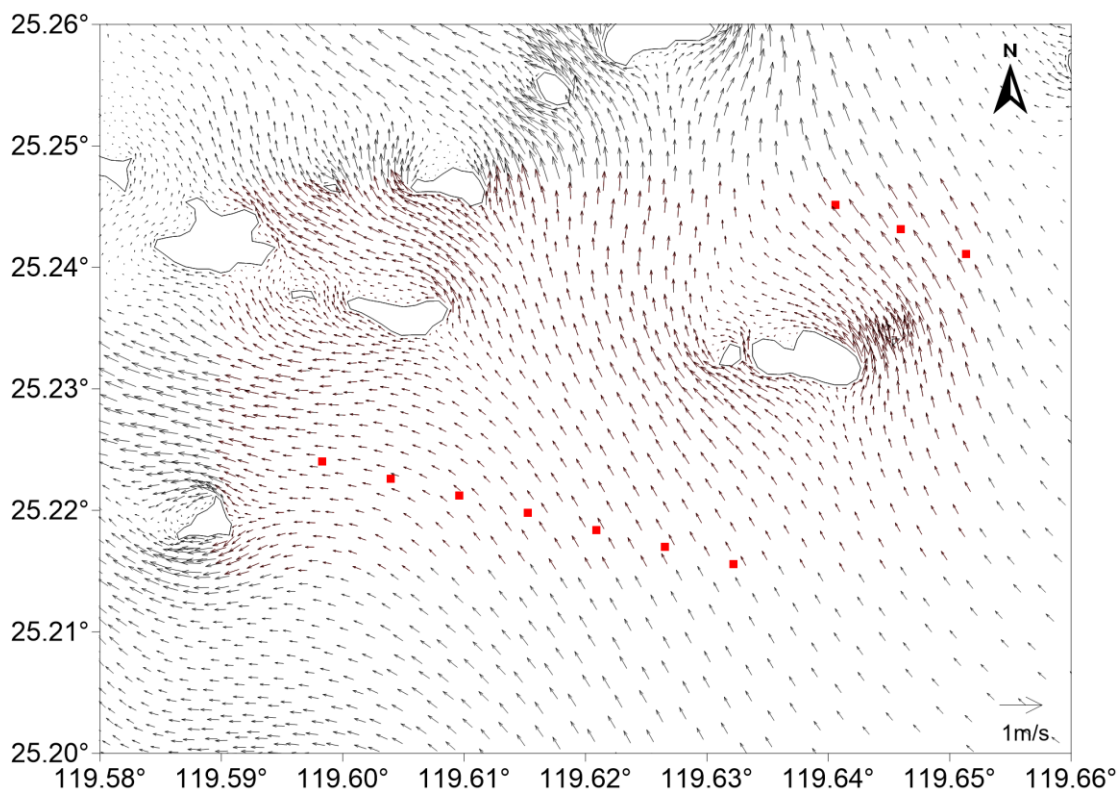


图 4.1-7a 大潮期风电场附近海域涨急时刻潮流场变化图

（黑色流矢：工程前；红色流矢：工程后）

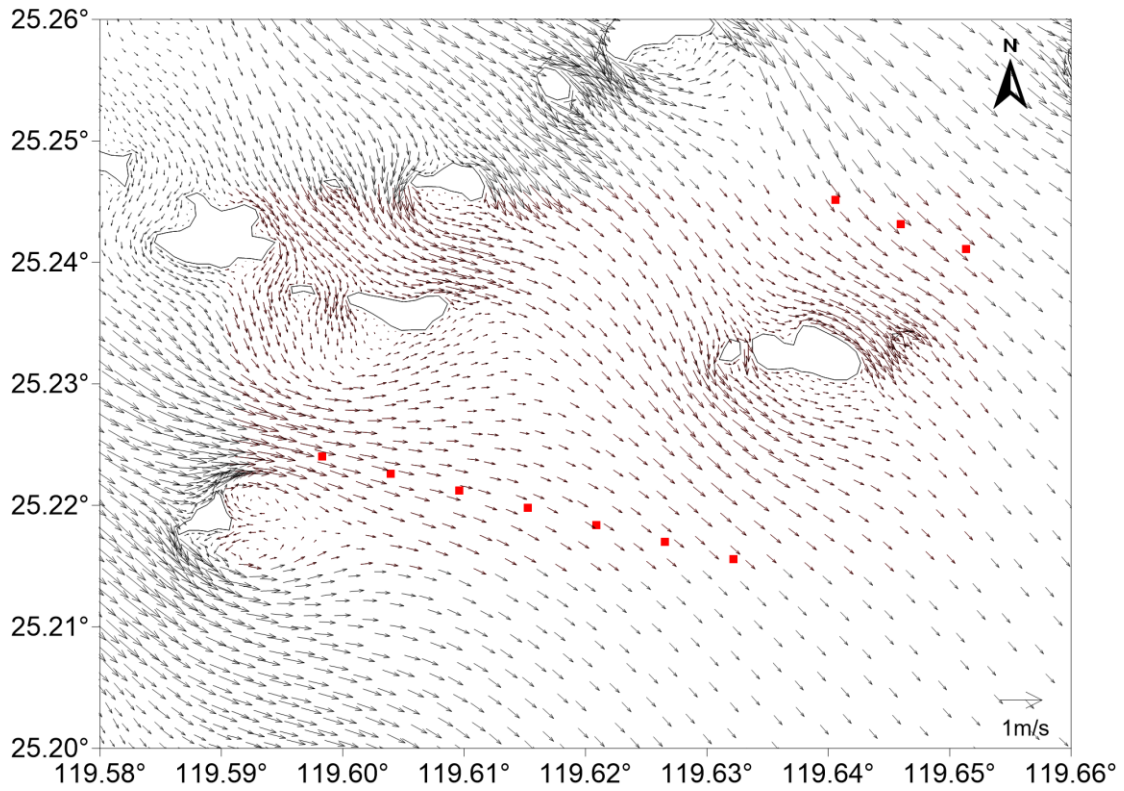


图 4.1-7b 大潮期风电场附近海域落急时刻潮流场变化图

（黑色流矢：工程前；红色流矢：工程后）

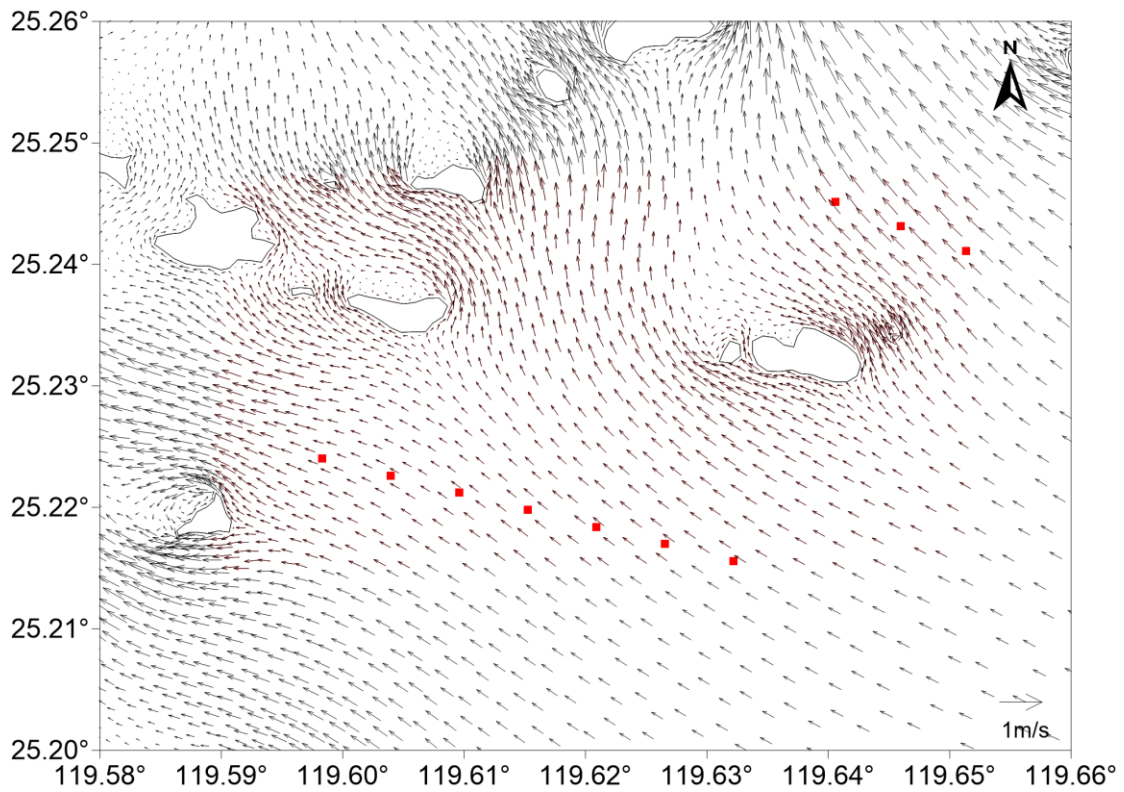


图 4.1-8a 小潮期风电场附近海域涨急时刻潮流场变化图

（黑色流矢：工程前；红色流矢：工程后）

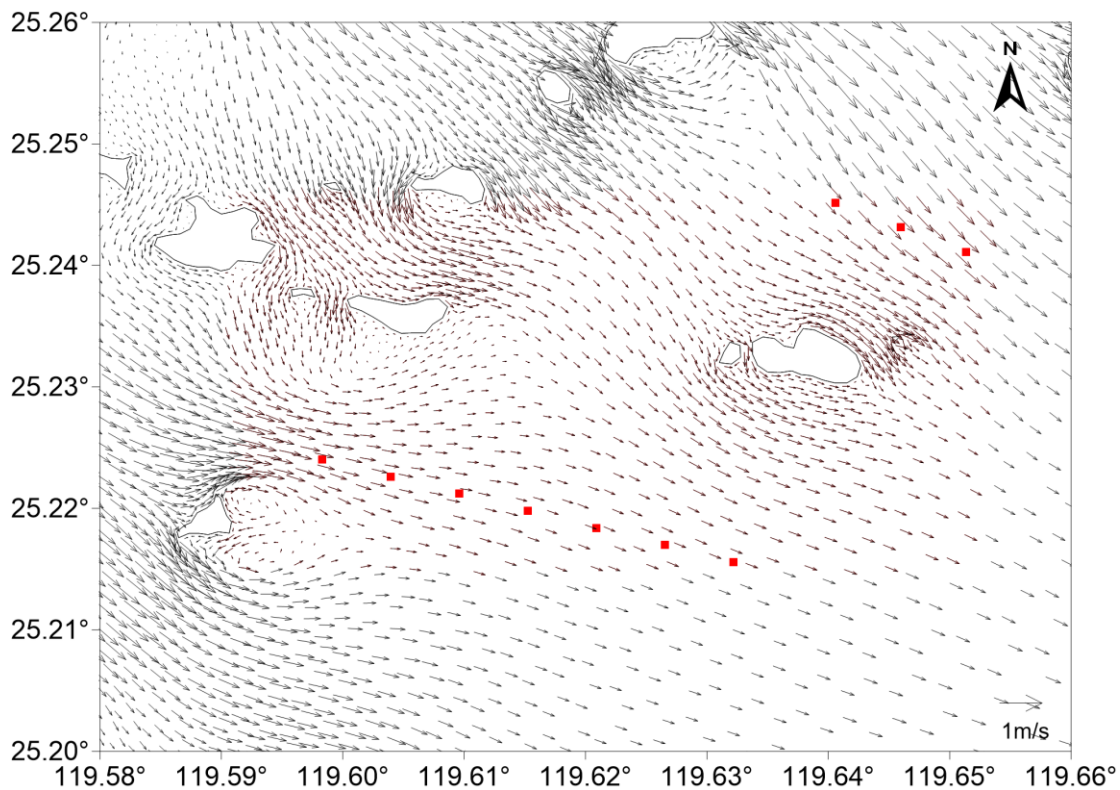


图 4.1-8b 小潮期风电场附近海域落急时刻潮流场变化图

（黑色流矢：工程前；红色流矢：工程后）

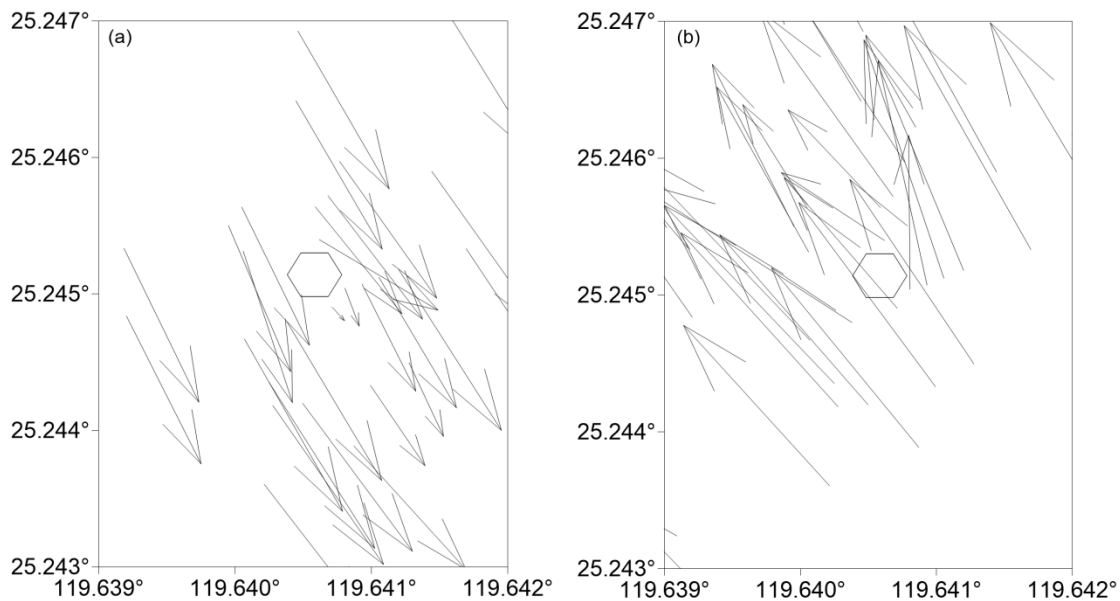


图 4.1-9 工程后风机周围潮流场分布（落潮（a），涨潮（b））

4.1.1.4 工程建设对场区周边流场的影响

为进一步了解建成后对附近海域潮流场的影响，选取工程区附近 10 个点，通过工程建设前后代表点的潮流计算结果和预测结果对比，说明该工程附近海域潮流场的变化。从代表点与工程的位置来看，工程建设使其工程周边流速有所变

化。在大潮期间流速变化的幅度最大变化在 5.09cm/s（5 号点），流向最大为 8°（10 号点）。因此选取的代表点流速相对变化均小于 10%，流向变化小于 8°，因此总体工程建设对周边海域流速和流向基本上影响小。

表 4.1-1 工程建成前后代表点流速对比

点号	最大流速(cm/s)				最大流速对应流向(°)		
	工程前	工程后	差值	百分比	工程前	工程后	差值
1	74.98	75.83	0.84	1.13	315	313	-2
2	79.90	83.72	3.83	4.79	322	325	3
3	78.49	82.68	4.19	5.34	140	141	1
4	64.59	59.94	-4.65	-7.20	105	103	-2
5	53.76	48.67	-5.09	-9.46	105	102	-3
6	47.60	44.78	-2.82	-5.93	293	287	-6
7	51.24	49.22	-2.02	-3.94	296	290	-5
8	53.70	52.80	-0.89	-1.66	295	290	-5
9	53.52	53.73	0.22	0.40	293	287	-6
10	52.45	53.72	1.27	2.42	291	284	-8

（略）

图 4.1-10 工程前后潮流变化对比点位置图

4.1.2 对水质环境的影响分析

水质环境影响主要是本项目施工期风机、桩基施工和电缆铺设产生的悬浮泥沙扩散造成的影响。

4.1.2.1 预测模式

平面二维悬沙输移扩散方程：

$$\frac{\partial ds}{\partial t} + \frac{\partial dus}{\partial x} + \frac{\partial dvs}{\partial y} + F_s = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_x d \frac{\partial s}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_y d \frac{\partial s}{\partial y} \right) \quad (\text{式 4.2})$$

式中：d 为水深；s 为垂向平均含沙量； D_x 、 D_y 分别 x 向和 y 向悬沙扩散系数； $F_s = \alpha \omega_g (S - S^*)$ ， F_s 为泥沙源、汇部分，包括水面抛入泥沙形成的悬浮泥沙部分； α 为悬沙颗粒沉降到海底的概率，即每一计算时段，由水体中沉降并脱离水体达到海底的百分比； ω_g 为泥沙沉降速率。

① 泥沙粒径的选取：模型中泥沙粒径主要输入中值粒径 D_{50} 。

② 沉降速度计算：悬浮泥沙沉降速度 ω_g ，按 Stocks 公式计算。

$$\omega_g = \frac{(\rho_s - \rho_g)}{18\rho_g v} gD_{s0} \quad (\text{式 4.3})$$

③ 水流作用下底部剪切应力计算：

$$\tau_{cx} = \frac{1}{2} \rho f_c V_x^2 \quad (\text{式 4.4})$$

$$\tau_{cy} = \frac{1}{2} \rho f_c V_y^2 \quad (\text{式 4.5})$$

式中： τ_c 为床面剪切力（N/m²）； ρ 为水体密度（kg/m³）； f_c 为水流底部摩擦因素 $f_c = 2(2.5(\ln(\frac{30h}{k}) - 1))^{-2}$ ； V_x ， V_y 分别为 x、y 方向速度（m/s）； h 为水深（m）； k 为底床糙率（m）。

④ 泥沙平面扩散系数的计算：

$$D_x = \frac{9.8 * 10^{-8}}{1 - \varepsilon} \sqrt{(s - 1)gd_{50}} \left(\frac{h}{d_{50}}\right)^{\frac{1}{6}} \frac{hV_x}{(g\nu)^{\frac{2}{3}}} \quad (\text{式 4.6})$$

$$D_y = \frac{9.8 * 10^{-8}}{1 - \varepsilon} \sqrt{(s - 1)gd_{50}} \left(\frac{h}{d_{50}}\right)^{\frac{1}{6}} \frac{hV_y}{(g\nu)^{\frac{2}{3}}} \quad (\text{式 4.7})$$

式中： s 为底床底层相对密度； d_{50} 为底床底层中值粒径； h 为水深； ε 为平均孔隙因素； V_x ， V_y 分别为 x、y 方向速度； ν 为运动粘滞系数； g 为重力加速度。

4.1.2.2 悬沙预测点位置

(1) 桩基施工悬浮物源强

风机桩基通过液压震动锤振动下沉，施工时导致海底泥沙再悬浮引起水体浑浊，污染局部海水水质，影响局部沉积物环境。根据类似工程，打桩悬浮物浓度不高，引起周围海域悬浮物浓度增加（>10mg/L）范围一般半径在 100m 内。工程共布置 10 台风机，风机基础推荐型式高桩承台基础方案，每个承台下方布置 6 根钢管桩，工程共 60 根钢管桩。打桩引起悬浮物浓度增量超过 10mg/L 的面积按半径为 100m 的范围计算，则单台风机桩基施工悬浮物影响范围为以风机中心半径约 107m 的圆形区域，单台风机 6 根钢管桩沉桩施工悬浮泥沙影响范围为 3.595hm²，10 台风机影响总面积为 35.95hm²。

(2) 电缆敷设悬浮物源强

电缆敷设深度不小于 2.0m，沟槽底宽 0.5~1m，沟上顶宽 1~1.5m，开挖沟

剖面为倒梯形，正常铺设速度为 8m/min。根据工程区附近海域沉积物粒度性质，底质中值粒径为 0.1223mm，工程区沉积物密度为 1191.34kg/m³，颗粒粒径小于 0.05mm 才会起浮，底泥中颗粒粒径小于 0.05mm 的约占 20%，粒径小于 0.05mm 的泥沙中取 20%悬浮计。

悬浮沙的产生量及产生速率如下：

产生速率=搅动沉积物的横截面积×管线埋铺设的速度×沉积物密度×起沙率；
根据以上公式计算可得，本工程电缆敷设悬浮沙的产生速率约为 15.88kg/s。

（3）源强位置

本工程电缆铺设为线性工程，受地形和潮流条件影响，不同点位施工产生的悬浮物影响范围不同。根据风电场区电缆布置，选取 17 个代表点，预测不同点位施工的悬浮物最大影响范围，电缆敷设悬浮物预测点位分别见图 4.1-11。

计算工况考虑全潮条件下，预测和统计分析施工期电缆敷设施工产生悬浮物的最大影响范围。

（略）

图 4.1-11 电缆铺设悬浮物预测点位分布图

4.1.2.3 预测悬浮泥沙浓度增量分布

（1）桩基施工悬浮物

本工程桩基基础打桩引起悬浮物浓度增量超过 10mg/L 的面积按半径为 100m 的范围计算，则风机桩基施工悬浮物影响范围约为 35.95hm²。

（2）电缆敷设悬浮物影响预测

全潮期间场区电缆敷设悬浮物浓度大于 10mg/L 影响范围叠加约为 5.93km²；悬浮物浓度大于 50mg/L 的影响范围约 1.65km²；悬浮物浓度大于 100mg/L 的影响范围约 0.93km²；悬浮物浓度大于 150mg/L 的影响范围约 0.69km²。

（略）

图 4.1-12 施工悬浮泥沙预测点最大扩散范围图（全潮）

（略）

图 4.1-13 施工悬浮泥沙最大扩散范围图（全潮）

由于工程区是旋转流，风电场区电缆施工造成的 10mg/L 悬沙增量扩散影响范围在源强周边扩散，10mg/L 的悬沙包络线基本上向电缆两侧扩散距离为 270m

左右，总影响面积约为 5.93km²（见图 4.1-12、图 4.1-13）。本阶段对悬浮物扩散范围预测为最大扩散范围，根据施工规划，电缆铺设速度约 8m/min，铺设完毕的电缆段区域，悬浮物浓度可较短时间内降低至 10mg/L 以下。因此，电缆敷设实际影响范围远小于预测范围。在进行电缆敷设时，应尽量避免大范围对海底的扰动，在水深较浅处或潮间带进行电缆敷设时，应按照施工管理，在低潮露滩时开挖作业，减少悬浮物的扬起和对周围海水水质的影响。

4.1.3 对海域泥沙冲淤变化影响分析

4.1.3.1 计算方法

（1）基本控制方程

$$\frac{\partial \bar{c}}{\partial t} + u \frac{\partial \bar{c}}{\partial x} + v \frac{\partial \bar{c}}{\partial y} = \frac{1}{h} \cdot \frac{\partial}{\partial x} (hD_x \frac{\partial c}{\partial x}) + \frac{1}{h} \cdot \frac{\partial}{\partial y} (hD_y \frac{\partial c}{\partial y}) + Q_L \cdot C_L \cdot \frac{1}{H} - S \quad (\text{式 4.8})$$

式中： \bar{c} ——平均质量浓度（kg/m³）；

u, v ——平均流速（m/s）；

D_x, D_y ——扩散系数（m²/s）；

h ——水深（m）；

S ——沉积或侵蚀项（kg/m³/s）；

Q_L ——单位水平面积上的源流量（m³/s/m²）；

C_L ——源浓度（kg/m³）。

（2）粘性沉积物

① 沉积过程

沉积是将悬浮泥沙转移到海底，沉积发生在海底剪切应力小于临界沉积剪切应力的情况下。沉积率描述为：

$$S_D = w_s \cdot c_b \cdot P_D \quad (\text{式 4.9})$$

式中： P_D ---沉积概率函数； w_s ---沉降速度（m/s）； c_b ---泥沙的近海底浓度。

沉积概率函数定义为：

$$P_D = \max \left[0, \min \left(1, 1 - \frac{\tau_b}{\tau_{cd}} \right) \right] \quad (\text{式 4.10})$$

式中： τ_b ---海底剪切应力（N/m²）； τ_{cd} ---沉积临界剪切应力（N/m²）。

② 冲刷侵蚀过程

冲刷是将沉积物转移到水体中去，发生在海底剪切应力大于临界剪切应力的活跃海底沉积层上。根据海底沉积物密实程度或固结程度可以给出两种冲刷率计算方法。对于密实的或固结的海底沉积物采用如下冲刷率：

$$S_E = E \left(\frac{\tau_b}{\tau_{ce}} - 1 \right)^n, \tau_b > \tau_{ce} \quad (\text{式 4.11})$$

式中： E ---侵蚀率（ $\text{kg/m}^2/\text{s}$ ）； τ_{ce} ---冲刷临界剪切应力（ N/m^2 ）； τ_b ---底床剪切应力（ N/m^2 ）； n ---侵蚀系数。

对于较软的或部分固结的海底沉积物采用如下冲刷率：

$$S_E = E \cdot \exp \left[\alpha (\tau_b - \tau_{ce})^{\frac{1}{2}} \right] \quad (\text{式 4.12})$$

式中： α ---冲刷系数（ $\text{m/N}^{1/2}$ ）

（3）非粘性砂质沉积物

平衡浓度定义如下： $\bar{c}_e = \frac{q_s}{u h}$ （式 4.13）

式中： \bar{u} ——平均流速； q_s ——悬移质输运率（ kg/m/s ）；

$$q_s = \int_a^h c \cdot u dy \quad (\text{式 4.14})$$

其中： c ---距离海底距离 y 的沉积物浓度； h ---水深（ m ）； a ---底床层的厚度（ m ）； u ---距离海底距离 y 的水体流速。

沉降率定义如下： $S_d = -\left(\frac{\bar{c}_e - \bar{c}}{t_s} \right), \bar{c}_e < \bar{c}$ （式 4.15）

其中： \bar{c}_e ---平衡浓度； \bar{c} ---水体泥沙质量浓度； $t_s = \frac{h_s}{w_s}$ ，时间尺度。

侵蚀率定义如下： $S_e = -\left(\frac{\bar{c}_e - \bar{c}}{t_s} \right), \bar{c}_e > \bar{c}$ （式 4.16）

（4）中值粒径分布

模型中泥沙颗粒大小主要依据项目实际调查的沉积物样品，根据项目取得的沉积物底质样品，在实验室进行了粒度分析，获得了各底质样品的中值粒径参数。

（5）泥沙临界起动剪切应力

泥沙临界起动剪切应力计算公式如下：

$$\tau_e = \rho (u_*)^2 \quad (\text{式 4.17})$$

其中： ρ ---水体密度； u_* ---摩阻流速。

对于临界起动流速 u_e ，采用武汉水利电力学院张瑞瑾经验公式：

$$u_e = \left(\frac{h}{d_{50}} \right)^{0.14} \left(17.6 \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} d_{50} + 0.000000605 \frac{10+h}{d_{50}^{0.72}} \right)^{0.5} \quad (\text{式 4.18})$$

其中： d_{50} ---底质中值粒径（mm）； h ---水深（m）。

临界起动流速与摩阻流速之间的关系如下：

$$\frac{u_m}{u_*} = 2.5 \ln \left(11 \frac{h}{\Delta} \right) \quad (\text{式 4.19})$$

其中： u_m 为临界起动流速， u_* 为摩阻流速， Δ 为糙率高度。

起动流速试验资料表明，对于平整泥沙床面，当粒径小于 0.5 mm 时，其糙率高度与粒径基本无关，保持为常值；在粒径大于 0.5 mm 小于 10 mm 时，糙率高度约为中值粒径的 2 倍；当粒径大于 10 mm 时，糙率高度与粒径的关系已为非线性。

（6）泥沙临界淤积剪切应力

根据窦国仁泥沙沉降时摩阻流速经验计算公式：

$$U_{*c} = k \left(\frac{d'}{d_*} \right)^{1/6} \sqrt{3.6 \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} g d} \quad (\text{式 4.20})$$

式中： d' ---糙率高度； d_* ---常数取值为 10 mm； k ---泥沙起动的判别标准，取值为 0.128，表示少量泥沙开始运动。

然后利用公式 $\tau_d = \rho U_{*c}^2$ ，计算获得泥沙开始发生沉降时的临界淤积剪切应力。

（7）泥沙干容重

泥沙干容重计算公式如下：

$$\gamma' = 1750 d_{50}^{0.183} \quad (\text{式 4.21})$$

其中： γ' ---干容重（kg/m³）； d_{50} ---淤积物中值粒径（mm）。

（8）沉降速率

沉降速度计算公式采用下式：

$$w_s = \frac{(\rho_s - \rho)gd^2}{18 \cdot \rho\nu} \quad (\text{式 4.22})$$

式中： ρ_s ---泥沙密度（ kg/m^3 ）； ρ ---海水密度； g ---重力加速度（ 9.8 m/s^2 ）； d ---泥沙粒径（ m ）； ν ---海水粘滞系数。

4.1.3.2 冲淤环境变化影响分析

风电场建成后，风机周边海域沿涨落潮流方向发生淤积现象，而垂直于潮流主轴方向的周边海域则表现为弱冲刷。风机桩基约 400m 范围内淤积厚度平均增加在 0.03m 以内（图 4.1-14）；工程建设所引起的泥沙回淤幅度和范围会随着桩基所处位置而呈现相应变化，个别区域如赤山东南侧、小麦屿东北侧，淤积厚度平均在 0.03~0.06m 之间，局部区域淤积厚度可达 0.06m 以上，随着冲淤过程的深入和场区地形向适应工程后水动力环境方向的调整，冲淤强度将逐年减小。风电场工程的建设会造成工程海域泥沙运动发生一定变化，但泥沙的淤积范围主要在风机桩基周围及厂区附近，整体冲淤幅度不大，且距离场区越远，影响越小，随着时间的推移，在经过一段时间的重新调整适应后，泥沙冲淤强度将逐渐趋于减弱，并逐渐恢复到自然淤积状态。

（略）

图 4.1-14a 风电场冲淤情况（首年）

（略）

图 4.1-14b 风电场冲淤情况（首年）

4.1.3.3 风机基础位置局部冲刷计算

（1）冲刷公式

风电场塔基建成后，破坏了原来的水流平衡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，迎水面周围泥沙形成局部冲刷坑。本报告采用国内应用较多的王汝凯提出的冲刷公式，结合本工程区域底质沙样测验成果，估算风机基础局部的冲刷情况。

总冲刷深度（total scour depth）：是普遍冲刷深度和局部冲刷深度的总和。

普遍冲刷深度

$$\lg\left(\frac{S_{wo}}{h} + 0.05\right) = -0.663 + 0.3649 \lg \alpha \quad (\text{式 4.23})$$

局部冲刷深度

$$\lg\left(\frac{S_{ul}}{h}\right) = -1.2935 + 0.1917 \lg \beta \quad (\text{式 4.24})$$

总的冲刷深度

$$\lg\left(\frac{S_u}{h}\right) = -1.4071 + 0.2667 \lg \beta \quad (\text{式 4.25})$$

其中，

$$\alpha = N_f \frac{H}{L} U_r N_s = \frac{H^2 L V^2 [V + (1/T - V/L) HL / 2h]^2}{[(\rho_s - \rho) / \rho] g^2 h^4 d_{50}} \quad (\text{式 4.26})$$

$$\beta = N_f \frac{H}{L} U_r N_s N_{rp} = \frac{H^2 L V^3 D [V + (1/T - V/L) HL / 2h]^2}{[(\rho_s - \rho) / \rho] \nu g^2 h^4 d_{50}} \quad (\text{式 4.27})$$

其中， N_f 为水流的弗汝德数的平方， $N_f = \frac{V^2}{gh}$ ， V 为行近流速， g 为重力加速度， h 为行近水深； $\frac{H}{L}$ 为波陡， H 为波高， L 为波长， T 为周期； U_r 为 Ursell 数， $U_r = \frac{H L^2}{h^2}$ ； N_s 为颗粒 sediment 数， $N_s = V_{fw}^2 / [(\rho_s - \rho) / \rho] g d_{50}$ ， V_{fw} 为波流合成速度， ρ_s 为泥沙密度， ρ 为水密度， d_{50} 为泥沙的中值粒径； N_{rp} 为桩的雷诺数， $N_{rp} = \frac{VD}{\nu}$ ， D 为桩的直径， ν 为水的运动粘滞系数。当 $\alpha > 0.02$ 时，将产生普遍冲刷；当 $\alpha < 0.02$ 时，不发生普遍冲刷，但存在局部冲刷。

（2）参数选取

类比同类工程，风机桩基周围局部冲刷坑半径主要基于王汝凯经验公式。该经验公式显示，冲刷半径会随床面泥沙水下休止角的不同而发生变化。而泥沙的水下休止角不仅与泥沙粒径有关，也与颗粒形状及泥沙级配有关。类比同类工程，砂和小砾石的水下休止角变化于 $31^\circ \sim 40^\circ$ 之间。结合海洋水文测验期间所采集的底质样品的粒径参数，最终比较确定本风电场工程桩基局部冲刷计算时的床面泥沙水下休止角为 32° 。本项目波浪要素参数引自国家海洋局第三研究所编制的《世行示范项目莆田市平海湾海上风电场海洋水文分析计算专题研究报告》（2011 年 4 月），参考两年重现期设计高水位数据。

根据项目工可报告及风电场各风机位置和桩基类型，选取 2 个不同水深代表

点进行桩基局部冲刷预测。计算参数见表 4.1-2。

表 4.1-2 风机桩基局部冲刷预测计算参数

环境参数	代表点	
位置编号	T01	T04
水深(m)	17.8	27.7
工程区最大流速(m/s)	1.29	1.29
设计高水位下 2 年一遇波浪有效波高 (m)	2.03	2.03
波浪周期(s)	8.1	8.1
波长(m)	92.89	92.89
泥沙中值粒径(mm)	0.1223	0.1223
泥沙水下休止角(°)	32	
桩径(m)	风机(高桩承台嵌岩基础) 6*Φ2.6	风机(高桩承台嵌岩基础) 6*Φ2.6

(3) 预测结果

参考《莆田平海湾海上风电场三期项目冲刷监测报告(PHWFD-III-CSJC-II)》中的有关桩基局部冲刷的监测结论，对于高桩承台基础施工，距风机中心半径 16m 范围内，桩基冲刷现象较明显，最大坑深范围为 0.12m~2.46m，总冲坑深度不大于 3m；16m 到 50m 半径范围内，冲刷不发育，最大冲淤深度不大于 1m。

结合王汝凯经验公式，计算得到本项目风电场区风机基础的冲刷深度为 2.99~3.88m，冲刷坑直径为 5.99~7.51m，造成冲刷形成原因应与施工冲击、海底地形自身形态及冲刷共同作用有关。总体上，风机基础成桩后对基础周边海底地形冲刷影响较小。可考虑预留一定的冲刷深度或者采取一些实体防护措施来增加桩基周围床面的抗冲蚀能力。本项目风机基础设计防冲刷方案为风机基础初步施工完成后，在海床表层铺设一层软体排，然后在软体排上方（基础泥面附近位置）进行抛石防护，桩基局部冲刷计算结果见表 4.1-3。

表 4.1-3 桩基冲刷计算结果

位置编号	T01		T04	
	冲刷深度	冲刷坑直径	冲刷深度	冲刷坑直径
王汝凯公式	3.88 m	7.51 m	2.94 m	5.99 m

4.1.4 对沉积物环境的影响分析

(1) 施工产生的悬浮泥沙扩散和沉降对沉积物的影响

施工期悬浮泥沙来源主要是海底电缆敷设所采用的敷缆船开沟犁开沟或管够开挖对工程区附近海域沉积物环境产生扰动，根据本项目数模专题报告，全潮期间场区电缆敷设悬浮物浓度大于 10mg/L 影响范围叠加约为 5.93km²，悬沙包络线向周边扩散半径为 270m 范围内。施工产生的悬浮泥沙进入水体之后，其中颗粒较大的悬浮泥沙将直接沉降于附近，形成新的表层沉积物环境，颗粒较小的悬浮泥沙将随流漂移扩散，并最终沉积在工程区周边海域海底，覆盖原有的表层沉积物。

现状调查资料表明，本工程区及其附近海域的海洋沉积物质量良好；并且施工期间产生的悬浮泥沙来源于附近海域表层沉积物，两者的环境背景值相近，一般情况下对沉积物大多是物理性质的改变，对沉积物化学性质的改变不大，因此对既有沉积物环境的影响甚微。在落实环保措施的情况下，悬浮泥沙扩散和沉降不会引起海域总体沉积环境质量的变化。

（2）营运期间牺牲阳极保护装置对沉积物的影响

钢管桩在水下区采用防腐涂料和牺牲阳极阴极保护措施，泥下区采用牺牲阳极阴极保护措施。营运期间，仅有少量牺牲阳极保护装置中的锌被释放到海域中。根据工可计算，工程牺牲阳极材料总用量为 150t，根据 GB/T 4948 《铝-锌-钢系合金牺牲阳极》，锌含量不超过 7.0%，使用寿命考虑一定的富余，按 30 年计算，则单台风机每年释放的锌小于 35kg/a。释放的锌按 13% 进入沉积物（87% 进入海水）。工程海域沉积物密度为 1191.34kg/m³ 计，单个阳极每年释放的锌在 1m 深度内纵横向迁移扩散，预计风机桩基周围 50m 范围内的沉积物中的锌含量增量约每年 0.5×10⁻⁶。以 25 年计，锌含量累积增量约 12.5×10⁻⁶，叠加海域沉积物的锌含量现状最高值 95.8×10⁻⁶，则 25 年后的锌含量最高值为 108.3×10⁻⁶，仍低于第一类海洋沉积物质量标准 150×10⁻⁶。因此，本工程采用的铝基牺牲阳极保护装置对海洋沉积物环境无明显不利影响。

4.2 项目用海生态影响分析

4.2.1 施工期入海泥沙对海洋生态的影响

（1）对浮游植物的影响

入海泥沙对浮游植物的影响首先主要反映在悬浮泥沙将导致海水混浊度增大，透明度降低，不利于浮游植物光合作用；另一方面，由于悬浮物快速下沉，

有部分浮游植物被携带下沉，导致浮游植物受到一定损害。

工程水域预测结果表明，悬浮泥沙浓度增量大于 10mg/L 的最大影响面积是 5.93km²；因此，施工过程中引起的悬浮泥沙入海对周围 5.93km² 范围的浮游植物有一定的影响，但施工结束后，悬浮泥沙会很快消失，而且海水流动将带来外海的浮游植物加以补充，因此施工作业对本海区的浮游植物数量不会产生长期不利影响。

（2）对浮游动物的影响

一是入海泥沙浓度增加，导致海水透明度和光照下降，使浮游植物生物量下降，进而影响以浮游植物为饵料的浮游动物；二是过量悬浮固体使浮游动物食物过滤系统和消化器官受到阻塞，高浓度增量甚至会导致其死亡，对浮游动物生长率、摄食率、丰度、生产量及群落结构等造成影响。

在悬沙浓度人为增量超过 10mg/L 影响范围内，悬沙最多持续 12 小时左右后基本落淤完毕，持续影响时间不长；同时较大增量的悬浮物虽然能致使浮游动植物死亡，但每天工程施工活动停止后，由于潮汐作用，会将外海浮游动植物带入施工区及其附近海域，使施工区浮游动植物得以补充。

（3）对渔业资源的影响

施工期间，高浓度悬浮颗粒扩散场对海洋生物仔幼体会造成伤害，主要表现为影响胚胎发育，悬浮物堵塞生物的鳃部造成窒息死亡，大量悬浮物造成水体严重缺氧而导致生物死亡，悬浮物有害物质二次污染造成生物死亡等。不同种类的海洋生物对悬浮物浓度的忍受限度不同，一般说来，仔幼体对悬浮物浓度的忍受限度比成鱼低得多。根据渔业水质标准要求，人为增加悬浮物浓度大于 10mg/L，会对鱼类生长造成影响。本项目电缆铺设开沟作业期间，将会对鱼卵仔鱼、游泳动物幼体产生不良影响。

4.2.2 风机基础占用海域对海洋生态的影响

风机基础占用海域对海洋生态环境的影响主要为对底栖生物造成的影响，本项目对底栖生物的影响主要表现在 10 台风机基础直接占用海域。在计算生态损失时，10 台风机基础直接占用海域面积 318.4m²，这将导致底栖生物栖息地的丧失，这部分生物量的减少可以根据在该海域调查所得的单位面积底栖生物平均生物量水平乘以占用面积进行估算。根据评价海域现状调查数据得底栖生物平均生

物量为 $9.21\text{g}/\text{m}^2$ 。则占用海域底栖生物量总损失量为 $2.9\text{kg}/\text{年}$ 。

风电场运行达到设计周期后，将对风电场进行拆除工作，风机基础钢结构在泥面以下进行切割，上部吊装上岸拆解，整个过程将会使沉积物有局部扰动，短时期间内造成局部海水悬浮物浓度升高，总体来说扰动范围小、扰动程度低，对周边海洋生态环境影响很小。

4.2.3 对鸟类及其生境的影响分析

以下内容引自《莆田南日岛 C 区（调整）海上风电场工程（北区项目）鸟类影响评估报告书》，福州榕邦林业技术服务有限公司，2023.4。

4.2.3.1 施工期对鸟类的影响分析与评估

本项目施工期对鸟类主要影响因素有：风力发电机组基础施工、风力发电机组安装、船舶运输、海上电缆铺设等施工活动。各种施工机械如施工和运输船舶、风机基础承台施工、海上整体吊装、海上电缆开挖、高压水枪冲散以及抛石等施工活动所产生噪声、干扰，会对风电场施工区及周边的水鸟产生一定的影响。

根据调查，东罗盘岛上分布主要是鸕鹚类、鹭类和鸥类等一些水鸟。风电场及周边主要为海域，有少量的黑尾鸥、银鸥、红嘴鸥等鸥类，其他鸟类较少。根据水鸟生物学和生态学特性，结合对水鸟行为学研究实践，针对施工期对水鸟类群的具体影响分析如下：

① 游禽类：包括普通鸕鹚、黑尾鸥、银鸥、红嘴鸥等游禽类，喜集群或单独活动，重度受人为活动干扰。在施工期，距离其 $150\sim 200\text{m}$ ，就会对其活动产生影响，在距离 200m 以上，影响会明显减弱。施工期会对风电场施工区及周边觅食活动的少量鸥类产生一定影响。

风力发电机组基础施工、机组安装及海底电缆铺设会破坏项目区的海洋底栖生物和鱼类的生境，使项目区的底栖生物和鱼类的种类和生物量减少，进而影响鸥类觅食。但由于施工作业属短期行为，施工结束后，底栖生物和鱼类可在一定时间内得以恢复，同时施工影响范围仅限于风机周边，施工活动对水域的扰动影响有限，仅局部影响周围水域内水生生物的种类和数量，而且在风电场施工区的鸥类活动较少，因此项目建设对鸥类产生较小影响。其他游禽类主要分布在南山水产养殖场，在风电场附近没有分布，离风电场施工区距离超过 10km ，基本无影响。

② 鸕鹚类：包括环颈鸕、矶鸕、黑腹滨鸕等鸕鹚类，主要分布在南山水产养殖场内，为冬候鸟，通常单独或者成群活动，中度或重度受人为活动干扰。在施工期，距离其 100m 左右，就会对其活动产生影响。南山水产养殖场距离风电场超过 10km，鸕鹚类离风电场施工区较远，风电场施工区及周边无鸕鹚类分布，对项目建设对鸕鹚类基本无影响。

③ 鹭类：包括苍鹭、大白鹭、白鹭等鹭类，主要分布在南山水产养殖场及沿岸，通常集群栖息，分散活动觅食，南山水产养殖场常见集群活动，轻度或中度受人为活动干扰。在施工期，距离其 20~50m，才会对其活动产生影响。鹭类分布区域离风电场施工区 10km 以上，在风电场施工区无鹭类分布，风电场施工对鹭类基本无影响。

综上所述，由于风电场施工区为海域，鸟类主要为鸥类，鸟类的种类和数量较少，属于广泛分布的种类，为常见物种，且多数属于轻微或者中度受干扰的种类。因此，施工期虽然对鸥类的觅食、活动将产生一定的负面影响，减少了一些觅食、活动地域，但受影响的物种及其数量有限，项目区周边可以容纳其继续生存，能有效缓解这些负面影响，其影响是可以接受的。

鉴于风电场施工期会对鸥类产生影响，为尽量减轻施工对风电场施工区周边鸥类的影响，建议项目施工时还应合理安排施工时间，尽量避开在鸥类觅食活动的时间作业，避免施工对鸥类的影响，同时合理布置施工船舶运输路线，减小施工期对鸥类的影响。

4.2.3.2 运营期对鸟类的影响分析与评估

a.运营期对冬候鸟觅食的影响分析与评估

根据调查，调查评价范围冬候鸟有蛎鹬、金鸕、灰鸕、环颈鸕、青脚鸕、黑腹滨鸕、红嘴鸥、黑尾鸥、西伯利亚银鸥、普通鸕鹚、苍鹭、大白鹭、云雀、白鸕鹚等 14 种，这些冬候鸟以水鸟为主，其中鸕鹚类、鸥类和鹭类等水鸟为优势种，数量较大，也是调查评价范围主要的迁徙鸟类，其栖息、觅食场所主要是在南山水产养殖场及沿岸潮间带等，风电场距离这些冬候鸟觅食地超过 10km。

由于风电机在运转过程中会产生叶片扫风噪声和机械运转噪声，多数风机轮毂处的噪声可达 100dB（A）以上。由于大多数鸟类对噪声具有较高的敏感性，与风机近距离的接触将使鸟类难以适应，在该噪声环境条件下，风机转动存在对

鸟类驱赶作用，大多数鸟类会选择回避，减少活动范围，使水鸟放弃风电场区域作为觅食地。风电场分布水鸟主要是鸥类，个别在此飞翔和觅食。另外，候鸟在迁移途中觅食时，飞行高度一般低于 200m，而风机叶片旋转高度约为 26~181m。因此，风机运行将直接对风电场内的鸟类觅食产生影响，直接影响部分鸟类在风电场范围内的觅食飞行，所以风电场范围将不适宜作为鸟类的栖息觅食场所。鸟类对栖息地大都有记忆，一旦生境破坏或改变，鸟类将避开原觅食地，这种影响将是长期的、不可逆的。

调查评价范围内海上风电场项目风电场造成鸥类等水鸟受影响觅食地面积约 8km²。海上风电场建成后将使风电场区域鸟类觅食的范围减小，水鸟将在风电场邻近海域重新选择觅食地，进入风电场内水鸟的次数显著减少，导致风电场附近海域水鸟种群密度降低，同时由于风机的转动噪音将影响海域中鱼类的活动规律和分布，降低了水鸟的食物量。

鸟类对噪声具有较大的忍耐力，对于稳定的噪声很快就会适应。德国曾在 1994~1999 年在 30 台风力发电机附近，研究风机噪声对鸟类的影响，结果发现，距离鸟类的栖息地 250m 以上，风力发电机组噪声对鸟类正常的栖息、觅食的影响较小。

虽然风电场理论占用水鸟可能的觅食地，风机基础占用海域，但由于调查评价范围海上风电场周围海域分布的水鸟种类和数量少，主要为鸥类，在此活动的鸥类数量少，风电场周边海域也不是候鸟迁徙途中的重要觅食地。而且被风机占用区域周边海域水生生物分布受影响小，不会使冬候鸟的觅食环境受到大的影响。因此，风电场对冬候鸟觅食地食物量影响小，对冬候鸟觅食造成直接影响很小。

项目建设海上风电场不占用潮间带、水产养殖场等冬候鸟的觅食地，调查评价范围沿岸潮间带和水产养殖场等水鸟的主要觅食地未受影响。鸬鹚类和鹭类主要分布在调查评价范围沿岸潮间带和水库，风机不会对鸬鹚类和鹭类等涉禽的觅食造成影响。因此，风电场对评价范围鸬鹚类和鹭类等越冬水鸟的觅食影响很小。

综上所述，风电场运营期主要是风电场对鸥类觅食范围和食物量产生较小的影响，对冬候鸟觅食的影响程度较小。

b.运营期对留鸟觅食活动的影响分析与评估

调查评价范围留鸟有白鹭、棕背伯劳、白头鹎、鹊鸚、喜鹊、麻雀等 6 种留鸟，这些留鸟主要是分布调查评价范围沿岸陆上，风电场海上建设对留鸟没有影

响。

c.运营期对夏候鸟觅食的影响分析与评估

项目调查评价范围夏候鸟有白鹭、白额燕鸥 2 种。白鹭主要分布在调查评价范围的沿岸潮间带和水产养殖场、南山水产养殖场附近，白鹭等鹭类觅食主要是在沿岸潮间带随着潮水的涨退而进行迁移，觅食地距离风电场 10km 以上，觅食地距离风电场较远，风电场对白鹭等鹭类等夏候鸟觅食基本无影响。调查评价范围无白额燕鸥繁殖地，觅食主要是在沿岸潮间带和浅海水域，觅食地距离风电场 20km 以上，觅食地距离风电场较远，风电场对白额燕鸥夏候鸟觅食基本无影响。

综上所述，本项目海上风电场没有直接占用鸟类的觅食地，而且风电场距离调查评价范围鸟类主要觅食地较远，风电场对冬候鸟、留鸟和夏候鸟觅食影响小。

（3）运营期对鸟类迁徙的影响分析与评估

a.风机高度对迁徙鸟类的影响

本工程海上风电场处于候鸟的迁徙通道上，调查评价范围鸟类以水鸟为主，其中鸕鹚类、鸥类和鹭类水鸟为调查评价范围鸟类的优势种，也是主要的迁徙鸟类。鸕鹚类、鸥类等的迁飞主要在高空中依靠气流来带动飞行，鸕鹚类、鸥类等迁徙大多是高空迁飞，这些候鸟迁飞高度超过 300m，调查评价范围海上风电场的风机轮毂高度 150m，叶片长度 128m，本项目风机叶片旋转的范围在离海面 22~278m，鸟类迁飞的高度超过风机的轮毂和叶片的高度。因此，风电场风机对水鸟迁徙影响较小。

但是在鸟类迁徙遇到逆风不能着陆时，飞得很低，几乎是近地面或近水面飞行，特别在夜间或有雾、烟、密云和透视度低的天气，发生误撞而死亡的几率会提高。但在调查评价范围冬季迁徙期一般很少发生有雾、烟和密云的天气，台风等不利天气主要是发生在夏季，非鸟类的迁徙季节。因此，不利天气因素造成对调查评价范围鸟类迁徙造成不利影响小。

风机主要对少数飞行高度较低的小型鸣禽迁徙构成威胁，但是这些鸣禽迁徙路线在陆地上，没有经过海面，本项目风机对小型鸣禽迁徙几乎无影响。

b.风机转动速度对迁徙鸟类的影响

由于鸟类与风机发生撞击而造成死亡通常与风机的转速呈一定的相关关系，一般变速的风机对鸟类的影响较大。据统计，有 80%以上的鸟类可以穿过变速的风机而不受丝毫损伤。

调查评价范围海上风电场风机的转速在 7~11r/min，速度较慢，而鸟类视觉极为敏锐，反应机警，能够发现并躲避障碍物，在飞行途中遇到障碍物都会在大约 100~200m 的距离下避开。因此，在天气晴好的情况下，鸟类误撞风电机器的几率极小。根据对周边已建的风电场观察，并未发现有鸟类撞风机死亡的现象。但是，为了更好地解决调查评价范围风能资源开发和候鸟资源保护之间的矛盾，建议长时期对鸟类进行连续观测，并在风电场周围建立鸟类观测站，加强对风电场区域鸟类生活习性（栖息、觅食、迁飞）的观察。

c.风电场对迁徙鸟类的影响

风力发电场占有鸟类迁徙通道较大的面积，而且巨大的风机横亘在鸟类迁徙路线上，有可能成为鸟类迁徙的障碍。风机与风机之间有一定的廊道供鸟类飞行通过。而且鸟类的视觉极为敏锐、反应机警，加之本项目风机周围鸟类分布很少。因此，发生鸟类碰撞风机致死现象的可能性很小。

据丹麦科学家对通过雷达对 Nysted 海上风电场鸟类迁徙监测发现，鸟类的视力很好，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，水鸟在距离风力发电场 100~3000m 的地方就对风力发电场有所避让，鸟类对风力发电场这类障碍物有一定的避让能力。

综上所述，鸟类在迁徙过程中与海上风电场风机相撞机率很低，风电场建成后不会对候鸟迁飞构成威胁，对鸟类迁飞影响较小。

（4）运营期对鸟类繁殖的影响分析与评估

风电场附近夏候鸟主要是白鹭、池鹭和白额燕鸥等水鸟，其繁殖地不在项目评价区范围，在项目评价区范围内未发现有鹭类繁殖地，白额燕鸥岸边繁殖。白鹭和白额燕鸥的生物学特性如下：

（1）白鹭

地理分布：陕西、甘肃、青海、山东、河南、江苏、上海、安徽、浙江、江西、湖北、湖南、福建、四川（夏候鸟）、云南、贵州、广东、海南、台湾（留鸟），陆域调查评价范围白鹭为冬候鸟和留鸟。

外形特征：白鹭体态纤瘦，乳白色；夏羽的成鸟繁殖时枕部着生两条狭长而软的矛状羽，状若双辫；肩和胸着生蓑羽，冬羽时蓑羽常全部脱落，虹膜黄色；脸的裸露部分黄绿色，嘴黑色，嘴裂处及下嘴基部淡角黄色；胫与脚部黑色，趾呈角黄绿色。

生活习性：白鹭常栖息于稻田、沼泽、池塘间以及海岸浅滩的红树林里，属涉禽类。呆立不动时常曲缩一脚于腹下，仅以一脚独立。白天觅食，寻食时不结群，而以分散的形式或单独在河滩、湖边窥视食物。繁殖前期有到较远的湖泊、河川、滩涂觅食的习性。好食小鱼、蛙、虾及昆虫等，对鱼、虾的养殖会造成一定损失。

繁殖习性：白鹭繁殖期 3~7 月。繁殖时成群，营群巢，巢营于树冠上部，常和夜鹭、大白鹭、中白鹭、苍鹭等其他鹭类在一起混群，雌雄均参加营巢，次年常到旧巢处重新修葺使用。卵蓝绿色，壳面滑。雌雄共同孵卵，卵 23d 出雏。

（2）白额燕鸥

分布范围：美国西部沿海、加勒比海、古北界西部、非洲、印度洋、印度、东亚及东南亚至印度尼西亚、澳大利亚。

外形特征：体小（24cm）的浅色燕鸥。尾开叉浅。夏季：头顶、颈背及过眼线黑色，额白。冬季：头顶及颈背黑色减小至月牙形，翼前缘黑色后缘白色。幼鸟：似非繁殖期成鸟但头顶及上背具褐色杂斑，尾白而尾端褐，嘴暗淡。

生活习性：白额燕鸥在中国台湾部分为留鸟，在大陆为夏候鸟，春季于 4~5 月迁来，秋季于 9~10 月迁走。栖居于海边沙滩，常成群结队活动，与其他燕鸥混群。振翼快速，常作徘徊飞行，潜水方式独特，入水快，飞升也快。寻觅水中食物。飞翔时嘴垂直朝下，头不断的左右摆动。当发现猎物时，则停于原位频繁的鼓动两翼，待找准机会后，立刻垂直下降到水面捕捉，或潜入水中追捕，直到捕到鱼类后，才从水中垂直上升入空中。以鱼虾、水生昆虫、水生无脊椎动物为主食。

繁殖习性：常见夏季繁殖鸟。指名亚种繁殖于中国新疆西部喀什地区；广泛繁殖于中国大部地区，从东北至西南及华南沿海和海南岛。内陆沿海均有繁殖。有记录迁徙时见于台湾。每年春夏之交，它们成群结队、越过重洋；夏天，它们在海滨湿地周边繁衍生息、生儿育女；秋风吹起，它们拖家带口，远赴万里之外。几百上千年以来，白额燕鸥就是这样，世世代代在南半球和北半球之间来来回回。

白额燕鸥的繁殖期为 5~7 月。成对或成小群繁殖。营巢于海岸、岛屿、河流与湖泊岸边裸露的沙地、沙石地或河漫滩上，或在水域附近盐碱沼泽地上营巢。巢甚简陋，主要在沙砾地上扒一浅坑，巢内无任何内垫物，有时垫有少量枯草。每窝产卵 2-3 枚，偶尔 1 枚。卵为梨形，卵的颜色为赭色或淡石色，被有小的黑

色或紫褐色斑点。雌雄亲鸟轮流孵卵。孵化期 20-22d。未发现白额燕鸥繁殖地。

风力发电场风机运转时发出的噪音以及风力发电场的工作人员的活动对风电场和周围的白鹭等繁殖水鸟也会造成一定的干扰，使这些鹭类远离风电场活动。而且在繁殖期育雏期间，飞行频繁而且风机的叶片运转所产生的噪音和气流干扰可能会改变觅食地区鱼类等水生生物的活动格局，会对白鹭等繁殖水鸟的觅食和繁殖生态造成影响，导致白鹭等繁殖水鸟繁殖成功率下降。但是，调查评价范围海上风电场风机南日岛离岸边最近距离 3km，距离大陆岸线大于 23km，风电场周边海域不是白鹭等繁殖水鸟主要觅食地，因此，风电场不会对白鹭等繁殖水鸟的繁殖造成直接影响，不会因为干扰白鹭等繁殖水鸟的活动而造成营巢成功率下降，对白鹭等繁殖水鸟繁殖期的觅食和繁殖影响轻微。

鸟类的繁殖是其生活史的重要阶段，晚成鸟育雏期亲鸟频繁往返于巢与觅食地之间，而且飞行高度通常在鸟撞风机的高风险区，亲鸟一旦发生意外，当年繁殖失败。白鹭等繁殖水鸟孵卵期间进出觅食地和繁殖地之间活动，在育雏期间更是密集进出觅食地和繁殖地捕捉食物来喂雏鸟，所以在繁殖期间通过风机间的白鹭等繁殖水鸟，伤害通常发生在它们在觅食地和繁殖地间的来回飞行中，有可能亲鸟发生意外，降低了雏鸟的存活率，但概率很低。

综上所述，调查评价范围海上风电场的建设不会造成繁殖水鸟放弃繁殖地，对调查评价范围水鸟的繁殖影响很小。

（5）运营期对鸟类栖息地的影响分析与评估

调查评价范围为海上风电场，距南日岛岸线 6km 以上，距离大陆岸线 27km 以上，风电场对海岸水鸟以及陆地的鸟类栖息、觅食产生的影响相对较小，而且分布在风电场周围的鸟类相对较少，对鸟类栖息地总体影响小。

（6）小结

① 在距离风电场 100m 范围内，为重度影响区。由于风机转动以及噪声等，干扰增大，该范围内鸟类种类和数量会减少。根据调查，在现有分布的鸟类中鸥类避开此区域活动。由于在距离本风电场项目区 100m 范围内，鸟类种类和数量不多，对其影响较小。

② 在风电场 100~250m 范围内，为中度影响区。本项目此区域主要为海域，在现有分布的鸟类中鸥类等鸟类会受到一些影响，但可以继续在此范围活动，受到影响较小。

③ 在距离风电场 250~400m 范围内，为轻度影响区。在此区域现有分布的鸟类中主要是鸥类，估计仅鸥类栖息活动会受到轻微的影响，但是少有其他鸟类在此区域内分布，影响较小。

④ 在风电场 400m 以外的区域，水鸟的活动几乎不受影响，为零影响区。

项目区 400m 以内的鸟类种类和数量较少，风电场的建设占用的面积较小，且风电场建设后，鸟类仍可以停留在项目区。因此风电场建设后，对当地鸟类的栖息地影响较小，项目的建设对鸟类的栖息地影响在可接受范围。

4.2.4 噪声对海洋生物的影响分析

以下内容引自《莆田南日岛 C 区（调整）海上风电场工程（北区项目）水下噪声及电磁环境对海洋生物影响专题研究报告》，厦门大学，2023.4；

（1）施工期水下噪声影响

① 本海上风电场采用的高桩承台基础，钢管桩（桩径 2.6m）撞击施工所产生的水下冲击波噪声将对周围海域的海洋渔业资源带来一定的影响。对于冲击式的非连续性水下脉冲噪声，目前国际导则要求对海洋哺乳动物的声压阈值超过 180dB/ μ Pa 为危险级。

对于本工程钢管桩基础撞击施工，水下打桩噪声在离桩基中心 190m 的距离范围内为危险级（噪声将损伤海洋动物的听觉，引起听阈改变）；在离桩中心 1.5km 左右距离范围内为警告级（噪声将干扰海洋生物行为等）。在这些距离内，施工打桩等水下噪声将对海洋动物造成一定影响。应对鱼类、海洋哺乳动物等海洋生物活动进行可能的驱赶、搬移等工作。

② 当该海域存在石首鱼科鱼类（如鮆鱼、梅童鱼、白姑鱼等），考虑鱼群在海域中游动性，以 158dB 作为对石首鱼科行为影响的噪声阈值，可算出对本工程在风机基础打桩施工时，与施工风机对应的距离为 1.9km。因此，当施工海域存在石首鱼类时，针对本工程的大直径单桩风机基础施工，应确立在离桩基 1.9km 的距离范围外为安全距离。

③ 风机打桩施工水下噪声将对该海域石首鱼科幼鱼产生一定的影响。本报告以 150dB 作为石首鱼科幼鱼的影响阈值，可算出在打桩施工中，对其保护的距为离施工桩基 4.3km。因此，在项目建设过程中必须高度重视石首鱼科幼鱼的保护，避开这些鱼类的繁殖期和育幼期。

④ 水下噪声的累加效应影响：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的鱼类等海洋动物造成直接的影响，但长时间较高声压水平（160dB 以上）的桩基施工对海洋动物特别是石首科鱼类可能造成慢性影响；长时间暴露于水下噪声对海洋哺乳动物、海洋鱼类等海洋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。水下打桩等的弱重复冲击波，可使鱼类等海洋动物的损伤呈现累积效应，表现在：损伤的发生率升高，阈值降低和程度加重，导致不可逆转性损伤。随着暴露次数增加，不仅损伤的发生率升高，而且损伤的阈值降低，程度加重，机体的潜在性病变等对致伤更为敏感。

⑤ 施工期其他一般施工活动如抛沙、抛石及航运等水下施工和海上运输活动将使水下噪声级在某些低频段上有所提高。如抛石、抛沙在离施工较近的海域（10m 范围）的水下噪声谱级可达 105~115dB；不同船型及运行速度产生的船舶噪声强度不同，但船运噪声主要在较低频率上，且噪声随着传播距离增大而逐渐衰落。根据目前国际上对连续存在的水下噪声可能对海洋动物的行为干扰的安全级阈值设定 120dB 的导则要求，本工程所采用的一般水下施工等活动基本上不会对海洋动物带来影响。

⑥ 由于施工期相对时间较短，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尽量缩短施工时间，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。

（2）营运期水下噪声影响

① 海上风电场在营运期总体的水下噪声强度比较低，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/1 μ Pa，总体噪声谱级都在 120dB/1 μ Pa 以下，已和海洋背景噪声相当。因此，营运期水下噪声对本工程海域的海洋动物基本上不会带来明显的影响。

② 根据不同强度的水下噪声对鱼类等海洋动物的海上现场和实验室模拟实验，同时结合本项目位于浅海海域，海底地质以粉土、粉砂、及粉质粘土为主，噪声传播衰减较快等特点，可得出营运期水下噪声强度对海域中典型鱼类、甲壳类、贝类等影响不明显。

③ 基于对石首鱼科的发声特性研究，专题研究报告采用 10dB 作为发声动

物掩蔽效应的信噪比临界值，将 1/3 倍频程声压级作为对比标准，可算出本工程营运期水下噪声对石首鱼科幼鱼的影响距离（掩蔽效应）为 50m。基于取海上风电场营运期水下噪声源强值为 150dB/1uPa，根据抛物方程声传播模型，可预测营运期水下噪声对声敏感石首科鱼类的影响距离为 100m。

④ 水下噪声对鱼卵、仔鱼的影响目前数据较少。目前噪声对鱼类产生影响的认识，仅限于成年鱼类，而噪声对于鱼卵和幼体的影响认识甚少。由于成年鱼类会主动远离噪声源，幼体是浮游生活且随海流而动，没有能力远离噪声源。因此，仔稚鱼与成熟阶段相比，可能会受到更多的水下噪声的影响。

4.2.5 电磁辐射对海洋生物的影响分析

以下内容引自《莆田南日岛 C 区（调整）海上风电场工程（北区项目）水下噪声及电磁环境对海洋生物影响专题研究报告》，厦门大学，2023.4；

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 35kV 的集群海底电缆，由于磁场在海域介质中的衰减特性，在离机群中心距离 1m 外，磁感应强度已降在 1 μ T 以下。

据本项目实验室模拟实验，风电磁场对该海域中典型的海洋鱼类和底栖生物（梅童鱼、白姑鱼、锚尾鰕虎鱼、半滑舌鳎；虾类和贝类有对虾，口虾蛄；菲律宾蛤仔等）等海洋动物的影响在可以接受范围。

本工程海底电缆均敷设于海底土层以下，电缆外层的金属屏蔽层、铠装层以及海底土层对磁场具有一定的屏蔽作为，且鱼类活动空间较大，在海底区域活动的鱼类种类及数量相对较少。根据类比陆上电缆线路磁场分布可知，本工程海底电缆上方 1m（中心处）工频磁感应强度远低于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）公众暴露控制限值 0.1mT。

4.3 项目用海资源影响分析

4.3.1 空间资源的占用

本项目 35kV 海底电缆在东罗盘岛东侧海岸登陆，电缆登陆端需申请使用东罗盘岛东侧自然岸线 20.9m。项目登陆段采用定向钻施工工艺，不会对岸滩产生开挖影响，电缆全部埋设于海底面以下，不会在岸线及潮间带形成实际的永久构

筑物，不会改变自然岸线形态、海岸原始景观和破坏岸线原有生态功能，不会对岸滩的稳定性和岸线自然生态造成影响。

因此，项目登陆段海缆铺设采用定向钻施工工艺，施工期不会对岸线和潮滩产生开挖影响，电缆全部埋设于地下岩石层中，未在岸线形成实际构筑物，施工和运营对自然岸线实际上并未构成占用事实，不会改变自然岸线形态和原始景观，海底电缆登陆申请使用岸线的实际意义为保护，而非直接占用，不会造成自然岸线的破坏和岸线资源消耗。

4.3.2 海洋生物资源的损失

（1）工程占用海域导致底栖生物的损失量

根据工程设计，本工程建设对底栖生物的影响主要为风机桩基和海底电缆占用海域导致底栖生物的损失。

风机桩基和海底电缆水深较大，登陆点位于东罗盘岛东侧海岸处，地貌为基岩海岸，登陆点处海缆施工定向钻施工工艺，不会对潮间带生物造成影响。对于工程占用造成底栖生物量的损失，本报告全部以潮下带底栖生物损失量计算。

根据 2022 年秋季和 2023 年春季海洋环境调查结果，2023 年春季调查站位和范围更有代表性，因此本报告书采用 2023 年春季调查结果进行海洋生物资源损耗计算。2023 年春季海域浮游植物细胞平均密度为 156.58×10^4 个/ m^3 ；浮游动物平均个体密度为 744ind/ m^3 ，平均生物量为 99mg/ m^3 。各测站大型底栖生物栖息密度平均值为 58ind/ m^2 ，平均生物量为 9.21g/ m^2 。潮间带生物平均栖息密度为 404ind/ m^2 ，平均生物量为 134g/ m^2 ；鱼卵平均密度为 0.95ind/ m^3 ；仔、稚鱼平均密度为 0.10ind/ m^3 。游泳动物重量资源密度平均值为 452.74kg/ km^2 ，数量资源密度平均值为 43.99×10^3 ind/ km^2 。本工程各建设项目占用海域导致底栖生物损失量见表 4.3-1：

表 4.3-1 工程占用海域导致底栖生物的损失量

建设项目	占用海域面积 m^2	潮下带底栖生物生物量 g/m^2	底栖生物损失量 kg	备注
风机桩基	318.4	9.21	2.9	单桩基础钢管桩桩径为 8.0m，共 50 台风机
海底电缆	38850	9.21	357.8	海缆沟槽宽度取最大 1.5m，总长度 35.9km
合计：	39168.4		360.7	

因此，本工程风机桩基和海底电缆占用海域总面积为 39168.4m²，占用海域导致底栖生物的损失量为 360.7kg。

(2) 悬浮泥沙入海导致海洋生物的损失量

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(SC/T9110-2007) 的规定，污染物扩散范围内的海洋生物资源损害评估分为一次性损害和持续性损害。

一次性损害：污染物浓度增量区域存在时间少于 15 天（不含 15 天）；

持续性损害：污染物浓度增量区域存在时间超过 15 天。

根据数模预测结果可知，风机桩基施工悬浮物浓度增量超过 10mg/L 的影响范围约为 0.36km²；全潮期间场区电缆敷设悬浮物浓度大于 10mg/L 影响范围叠加约为 5.93km²，悬浮物浓度大于 50mg/L 的影响范围约 1.65km²，悬浮物浓度大于 100mg/L 的影响范围约 0.93km²，悬浮物浓度大于 150mg/L 的影响范围约 0.69km²。本评价根据不同悬浮泥沙浓度影响面积和生物损失率计算海洋生物资源一次性受损量和持续性受损量见表 4.3-2 和表 4.3-3，风机基础施工和海缆敷设总持续性损失量见表 4.3-4。

表 4.3-2 海洋生物资源损失量计算表（风机基础施工）

	各类生物平均损失率（%）及生物资源密度				
	浮游植物	浮游动物	鱼卵	仔稚鱼	游泳动物
生物资源密度	1.5658×10 ⁹ cells/L	99mg/m ³	0.95ind/m ³	0.1ind/m ³	452.74kg/km ²
各类生物损失率（1<B _i ≤4 倍）	20%	20%	20%	20%	5%
一次性平均受损量	2.25×10 ¹² cells	142.56kg	1.39×10 ⁶ ind	1.44×10 ⁵ ind	163kg
持续性受损量（年）	2.25×10 ¹³ cells	1425.6kg	1.39×10 ⁷ ind	1.44×10 ⁶ ind	1630kg

注：平均水深取 20m。根据工程施工进度安排，风机基础施工需 5 个月，即风机基础施工年持续影响周期数以 10 计。

表 4.3-3 海洋生物资源损失量计算表（海缆敷设）

	各类生物平均损失率（%）及生物资源密度				
	浮游植物	浮游动物	鱼卵	仔稚鱼	游泳动物
生物资源密度	1.5658×10 ⁹ cells/L	99mg/m ³	0.95ind/m ³	0.1ind/m ³	452.74kg/km ²
各类生物损失率（≥9 倍）	50%	50%	50%	50%	20%
一次性平均受损量	1.46×10 ¹³ cells	920.7kg	8.84×10 ⁶ ind	9.3×10 ⁵ ind	1684kg
各类生物损失率（4<B _i ≤9 倍）	40%	40%	40%	40%	15%

一次性平均受损量	9.02×10^{12} cells	570.24kg	5.47×10^6 ind	5.76×10^5 ind	977.9kg
各类生物损失率（ $1 < B_i \leq 4$ 倍）	20%	20%	20%	20%	5%
一次性平均受损量	2.68×10^{13} cells	1694.9kg	1.63×10^7 ind	1.71×10^6 ind	1937.7kg
一次性受损总量	5.04×10^{13} cells	3185.8kg	3.06×10^7 ind	3.22×10^6 ind	4600kg
持续性受损量（年）	4.03×10^{14} cells	25486.6kg	2.45×10^8 ind	2.57×10^7 ind	36798.7kg

注：平均水深取 5m。根据工程施工进度安排，海缆敷设完成共需 4 个月，则海缆敷设年持续影响周期数计以 8 计。

表 4.3-4 海洋生物资源总持续性损失量（年）

持续性受损量（年）	浮游植物	浮游动物	鱼卵	仔稚鱼	游泳动物
	4.25×10^{14} cells	26912.2kg	2.59×10^8 ind	2.71×10^7 ind	38428.7kg

4.4 项目用海风险分析

4.4.1 通航环境风险分析

以下内容引自《莆田南日岛 C 区（调整）海上风电场工程（北区项目）通航安全分析报告》（送审稿），泛洋海事技术咨询服务公司，2023.4；

本项目周边有兴化湾内的人工航道（江阴港区进港航道）、大型船舶习惯航路，此外还有进出浮叶渔港和东岱渔港的习惯航路，附近还有南日岛至东罗盘和赤山岛的渡船航线，整体来说，风电场周边水域通航环境较为复杂。

本工程的建设在一定程度上改变该水域的通航环境和条件，使得船舶之间的会遇局面比现状条件下相对更为复杂，且风机组的存在可能会影响附近航行船舶的正常瞭望，增加驾驶人员的心理负担，对沿习惯航路和附近航行的船舶造成不利影响。风电场对海上通讯信号因电磁辐射会产生干扰，随距离增加电磁干扰会急剧减小。但船舶在距离风机 1km 以内范围航行时，船用雷达可能会受到较为明显的干扰。

本风电场与东南侧大中型船舶习惯航路的最近距离为 5.63km，与江阴港区进港航道的最近距离约为 3.0km。距离总体上较远，如果船舶在距离风电场区较近的地方发生失控情况，很可能会漂移至场区水域甚至与风机或工作船发生碰撞。

本工程的风机施工期间，需要一定的水域范围作为施工水域，施工水域的划定压缩了过往船舶的通航水域，同时施工船舶及施工作业本身对沿上述两航道航行的船舶具有一定的影响。

本工程位于农渔业区内，有小型渔船在工程水域进行捕鱼作业。工程附近存在多个渔港，进出港渔船穿越风电场水域，存在一定的碰撞风险。尤其在捕鱼及

养殖旺季，渔船活动于风电场附近水域，容易诱发水上交通事故，对本工程的施工及营运均构成威胁。

拟建风电场区内有附近渔港习惯航路，电缆本身不会对通航的船舶构成影响，但是通航船舶紧急抛锚时可能会落到海底电缆上，从而影响海底电缆的安全。

4.4.2 溢油事故风险分析

4.4.2.1 参数设定

根据项目数值模拟报告，采用油粒子模型对船舶事故溢油及其影响进行预测。

① 源强

本工程施工船舶和运行期检修作业船燃油最大储量约 100t，油品为柴油。假设工程船舶施工期或运行期发生碰撞或倾翻事故，按最大溢油量计，溢油点溢油量取 100t，考虑在 1 个小时内泄漏入海，单个时间步长内释放 20 个粒子，对工程溢油环境影响进行预测分析。

② 溢油发生点

鉴于海上溢油事故无论是溢油位置、溢油量、风条件以及溢油时间均有较大的随机性，根据施工路径上航路和航线分布，考虑施工船舶进入习惯性航道与过往船只发生碰撞事故，因此选择溢油位置为工程区和习惯性航道最近位置交叉点，坐标为（25°11'56"N，119°40'48"E），见图 4.4-1，环境敏感区见表 4.4-1。

③ 风速取值

根据提供的气象资料，计算冬季主导风向和风速、夏季主导风向和风速、不利风向条件下连续溢油情况下，涨、落潮期间溢油 72 小时扩散范围，模拟预测过程中风力系数取值 0.01。预测溢油事故工况见表 4.4-2。

（略）

图 4.4-1 溢油点位置示意图

表 4.4-1 环境敏感区信息

（略）

表 4.4-2 预测溢油事故工况

	风况	初始潮时
工况 1	夏季 S, 7.2m/s	高潮时、退潮
工况 2	夏季 S, 7.2m/s	低潮时、涨潮
工况 3	冬季 NNE, 8.6 m/s	高潮时、退潮
工况 4	冬季 NNE, 8.6 m/s	低潮时、涨潮
工况 5	不利风向和风速 S, 9.9m/s	高潮时、退潮

工况 6	不利风向和风速 S, 9.9m/s	低潮时、涨潮
------	-------------------	--------

4.4.2.2 计算结果及分析

(1) 夏季 S 风

夏季主导风工况下，高潮时刻发生溢油后，各时刻油膜分布见图 4.4-2，典型时刻瞬时油膜面积见表 4.4-3。高潮时发生溢油，油膜主体是在潮流和风的共同作用下漂移扩散，由于高潮时开始落潮，油膜最初向外海方向移动，油膜整体向北方前进，同时受潮流作用存在往复运动，溢油后 31h 到达塘屿和东甲列岛海洋保护区。72h 油膜扫海面积约为 240.7km²，对应的油膜最远漂移距离约为 17.7km。

夏季主导风工况下，低潮时发生溢油后，各时刻油膜分布见图 4.4-3，典型时刻瞬时油膜面积见表 4.4-3。低潮时刻发生溢油，油膜主体在潮流和风的共同作用下漂移扩散，由于低潮时开始涨潮，油膜最初向近岸方向移动，溢油 4h 后到达东沙屿海洋特别保护区，26h 后经过塘屿和东甲列岛海洋保护区，之后油膜经过平潭岛西南的塘屿和草屿，而后到达平潭岛西南部；溢油后油膜受潮流作用存在往复运动，但主体往北方移动。72h 油膜扫海面积约为 222.3km²，对应的油膜最远漂移距离约为 22.7km。

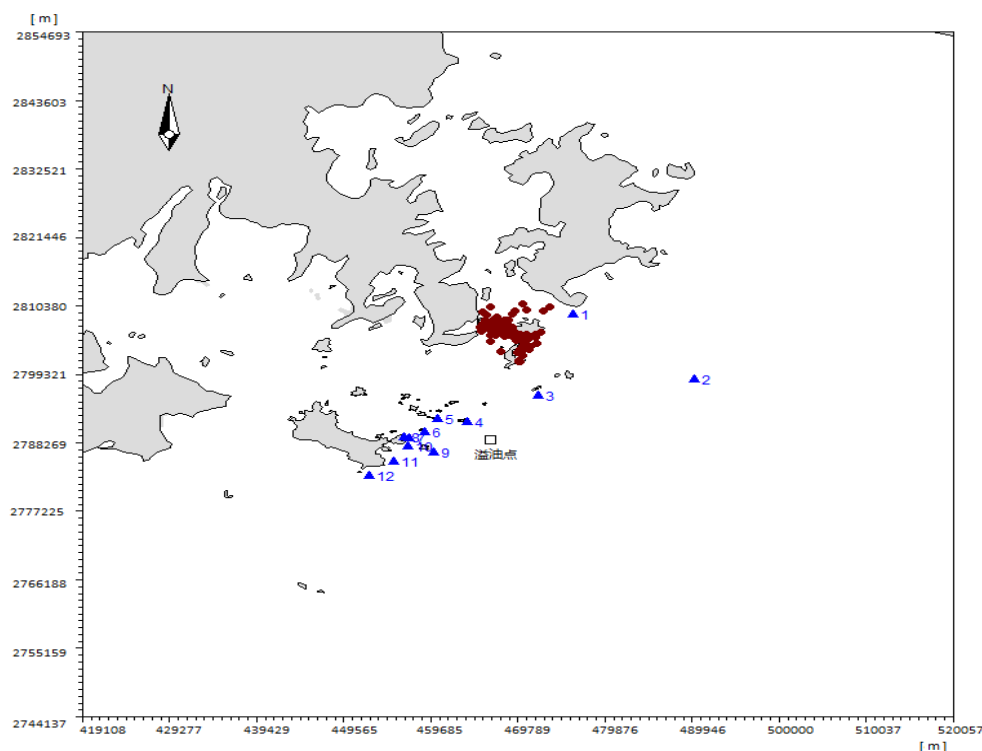


图 4.4-2(a) 夏季 S 风+高潮时溢油 72h 分布图

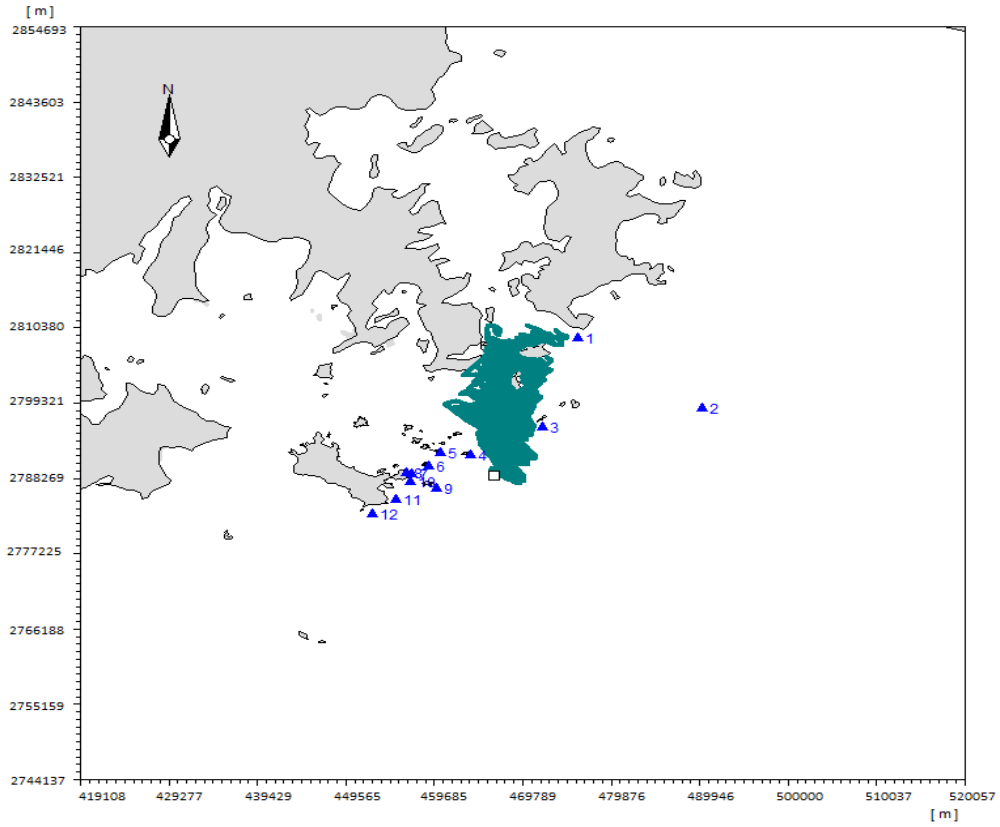


图 4.4-2(b) 夏季 S 风+高潮时溢油 72h 油膜扫海图

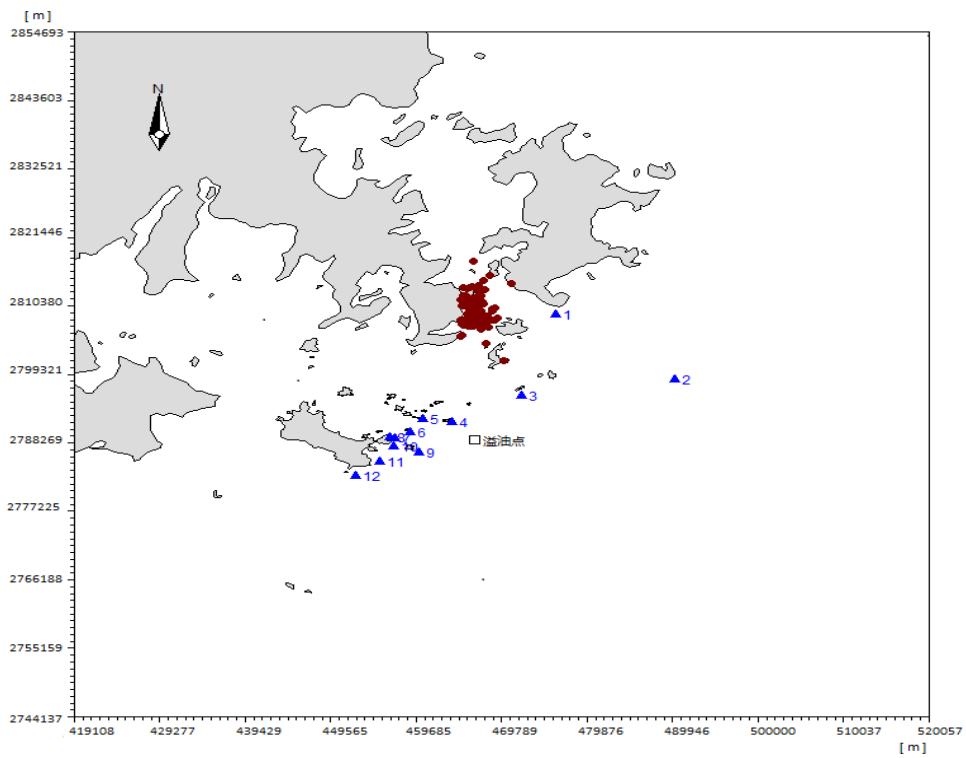


图 4.4-3(a) 夏季 S 风+低潮时溢油 72h 分布图

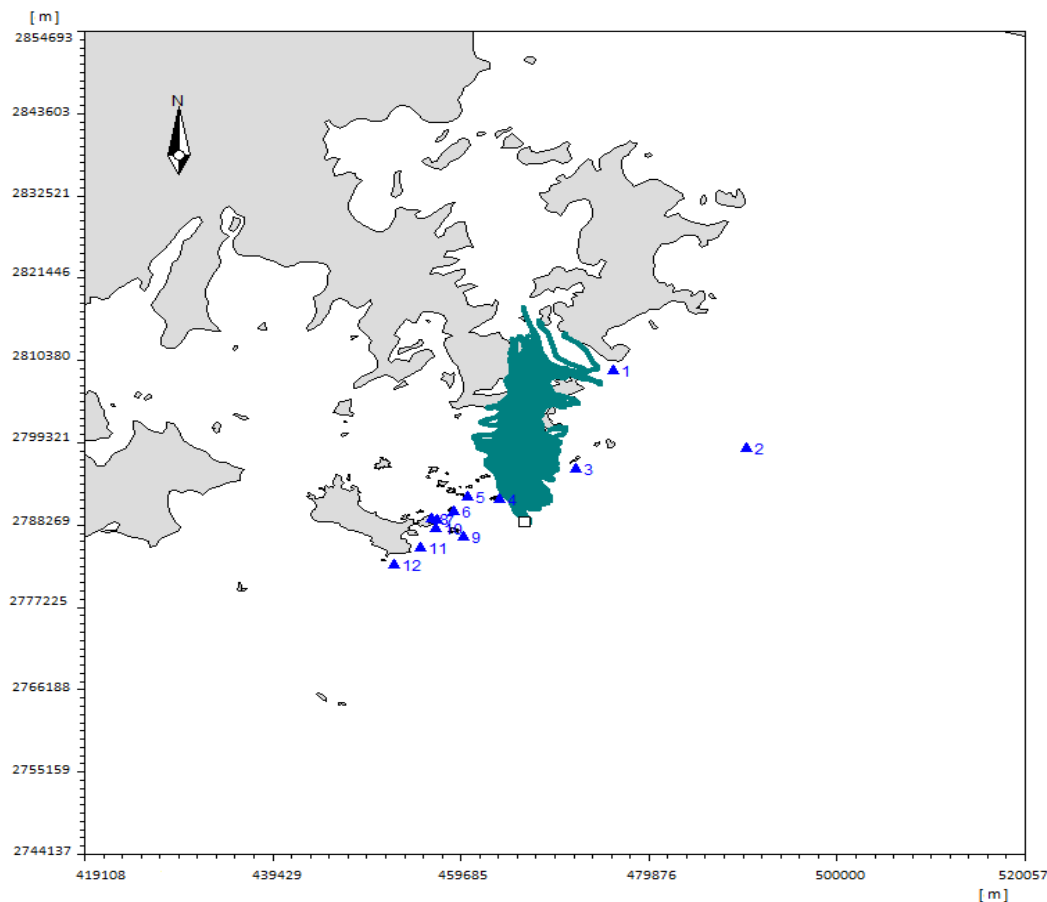


图 4.4-3(b) 夏季 S 风+低潮时溢油 72h 油膜扫海图

(2) 冬季 NNE 风

冬季主导风工况下，高潮时刻发生溢油后，各时刻油膜分布图见 4.4-4，典型时刻瞬时油膜面积见表 4.4-3。高潮时发生溢油，油膜主体在潮流和风的共同作用下漂移扩散，油膜整体向西南方向螺旋前进。由于高潮时溢油后潮流呈现为落潮流，油膜在初始阶段偏离南日岛往东南方向移动，对各保护区影响较弱。72h 油膜扫海面积约为 206.2km²，对应的油膜最远漂移距离为 21.3km。

冬季主导风工况下，低潮时刻发生溢油后，各时刻油膜分布图见 4.4-5，典型时刻瞬时油膜面积见表 4.4-3。低潮时发生溢油，油膜主体在潮流和风的共同作用下漂移扩散，油膜整体向西南方向螺旋前进。由于低潮时溢油后潮流呈现为涨潮流，油膜在初始阶段往南日岛方向移动，但随着潮流的减弱直至落潮，油膜并未到达各保护区代表位置点，对保护区的影响较弱。72h 油膜扫海面积约为 170.4km²，对应的油膜最远漂移距离为 20.1km。

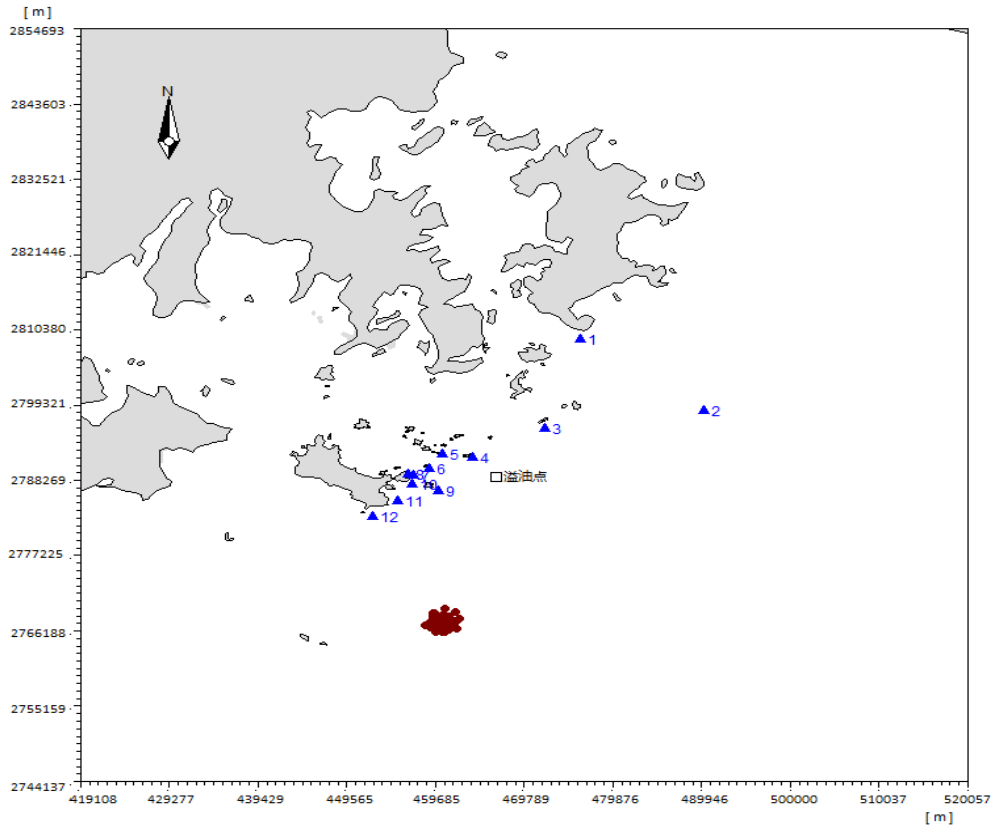


图 4.4-4(a) 冬季 NNE 风+高潮时溢油 72h 分布图

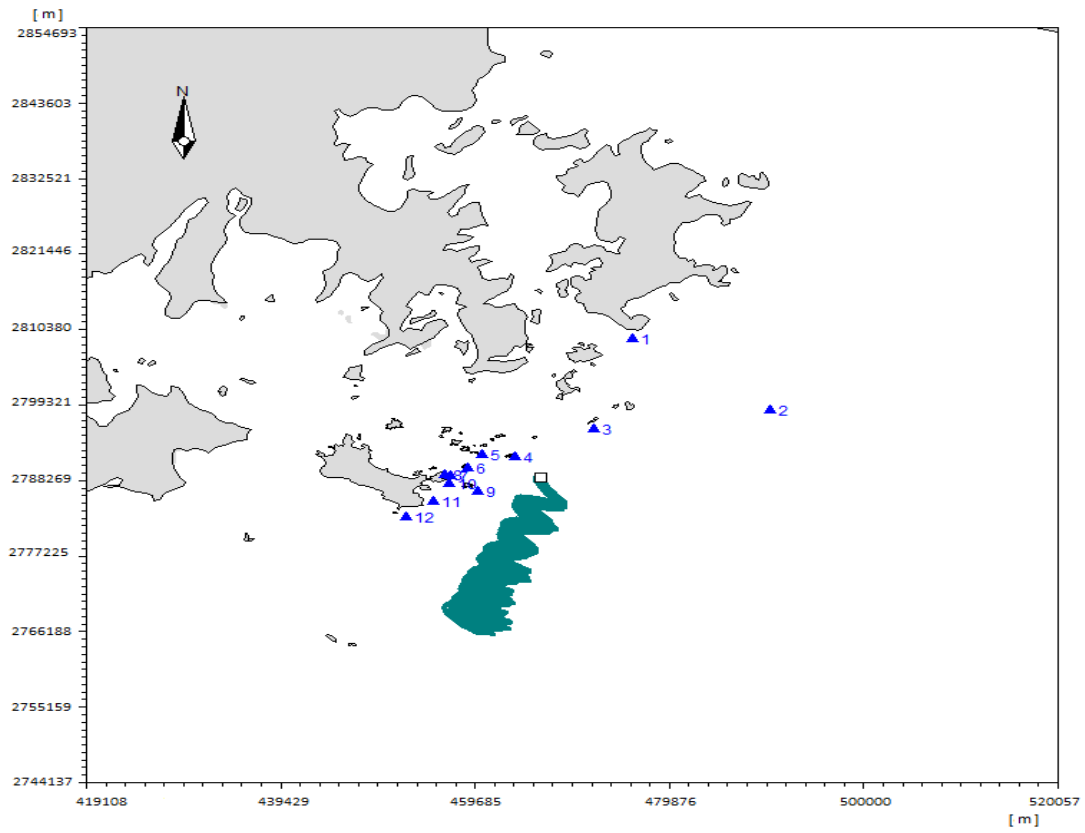


图 4.4-4(b) 冬季 NNE 风+高潮时溢油 72h 油膜扫海图

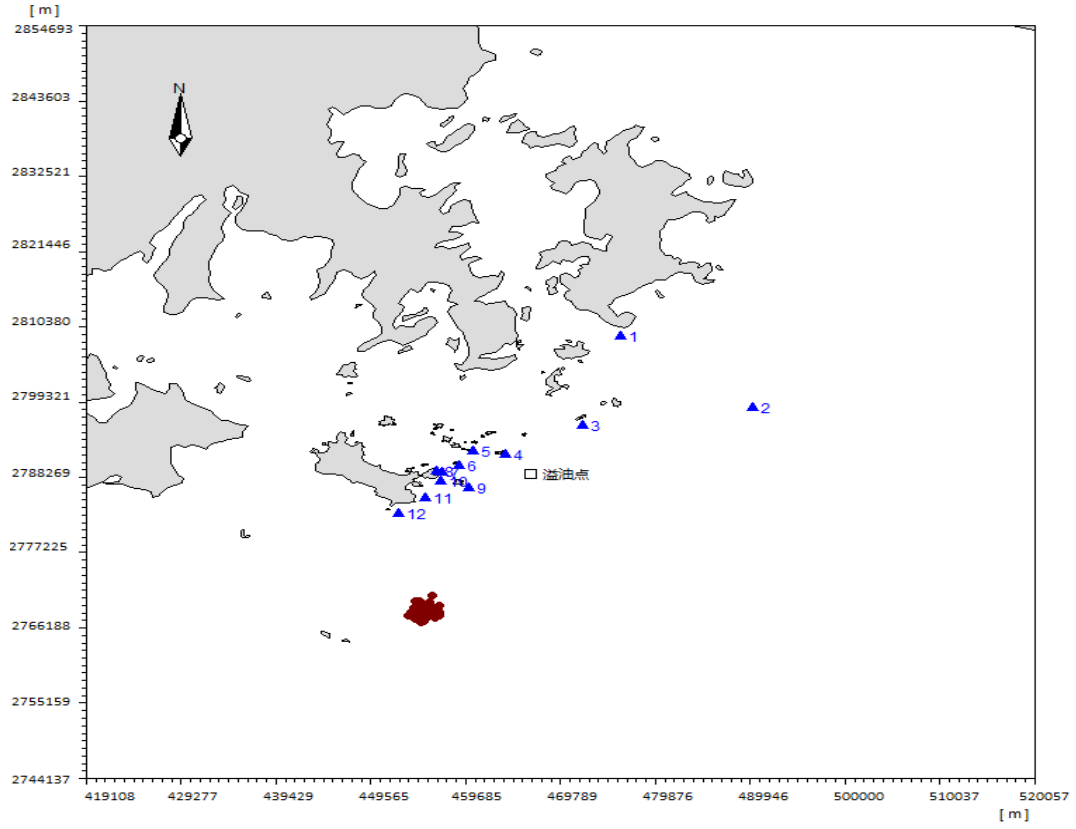


图 4.4-5(a) 冬季 NNE 风+低潮时溢油 72h 分布图

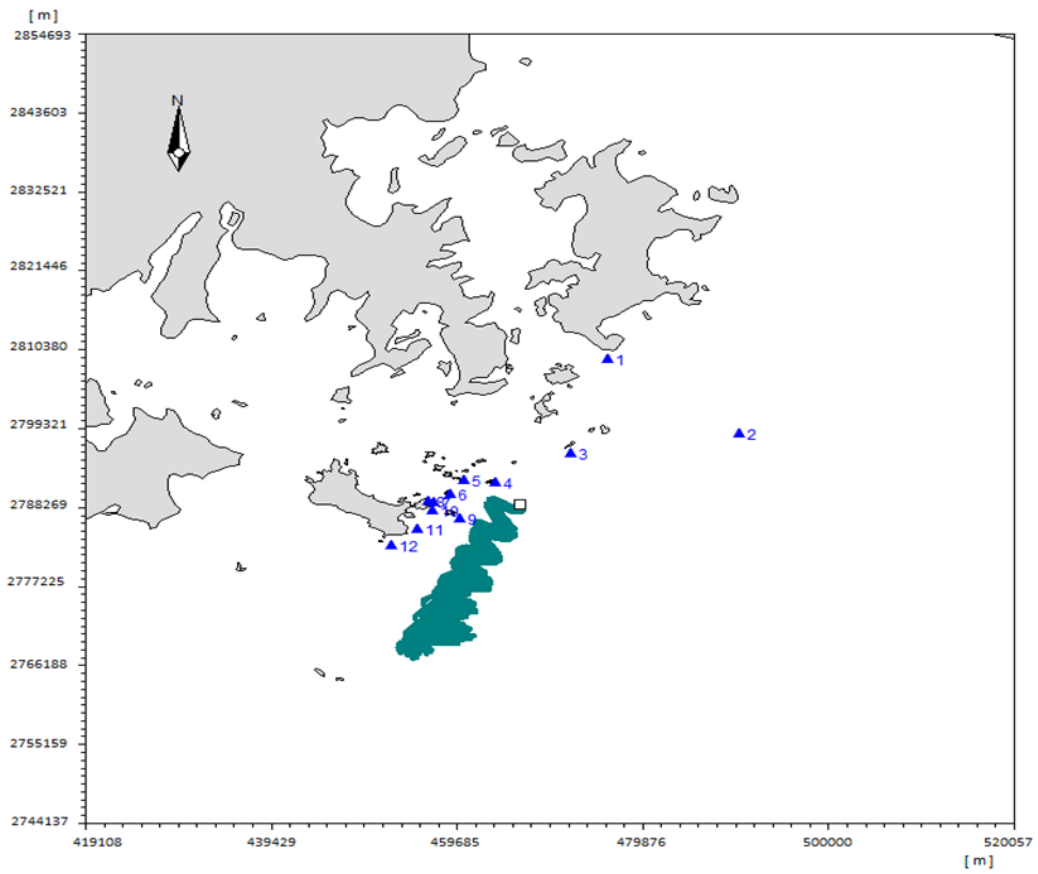


图 4.4-5(b) 冬季 NNE 风+低潮时溢油 72h 油膜扫海图

（3）不利风向

不利风工况下，低潮时刻发生溢油后，各时刻油膜分布图见 4.4-6，典型时刻瞬时油膜面积见表 4.4-3。低潮时发生溢油，油膜主体在潮流和风的共同作用下漂移扩散，油膜整体向北方移动。由于低潮时刻溢油后潮流呈现为涨潮流，油膜最初向近岸方向移动，溢油 4h 后到达东沙屿海洋特别保护区，之后油膜经过塘屿和草屿，而后到达平潭岛西南部；溢油后油膜受潮流作用存在往复运动，但主体往北方移动。72h 油膜扫海面积约为 244.8km²，对应的油膜最远漂移距离为 30.3km。

不利风工况下，高潮时刻发生溢油后，各时刻油膜分布图见 4.4-7，典型时刻瞬时油膜面积见表 4.4-3。高潮时发生溢油，油膜主体在潮流和风的共同作用下漂移扩散，油膜整体向北方移动，19h 后到达塘屿和东甲列岛海洋保护区，70h 后到达平潭岛南端平潭中国鲨海洋保护区，最终抵达平潭岛西南部区域。72h 油膜扫海面积约为 297.8km²，对应的油膜最远漂移距离为 26.2km。

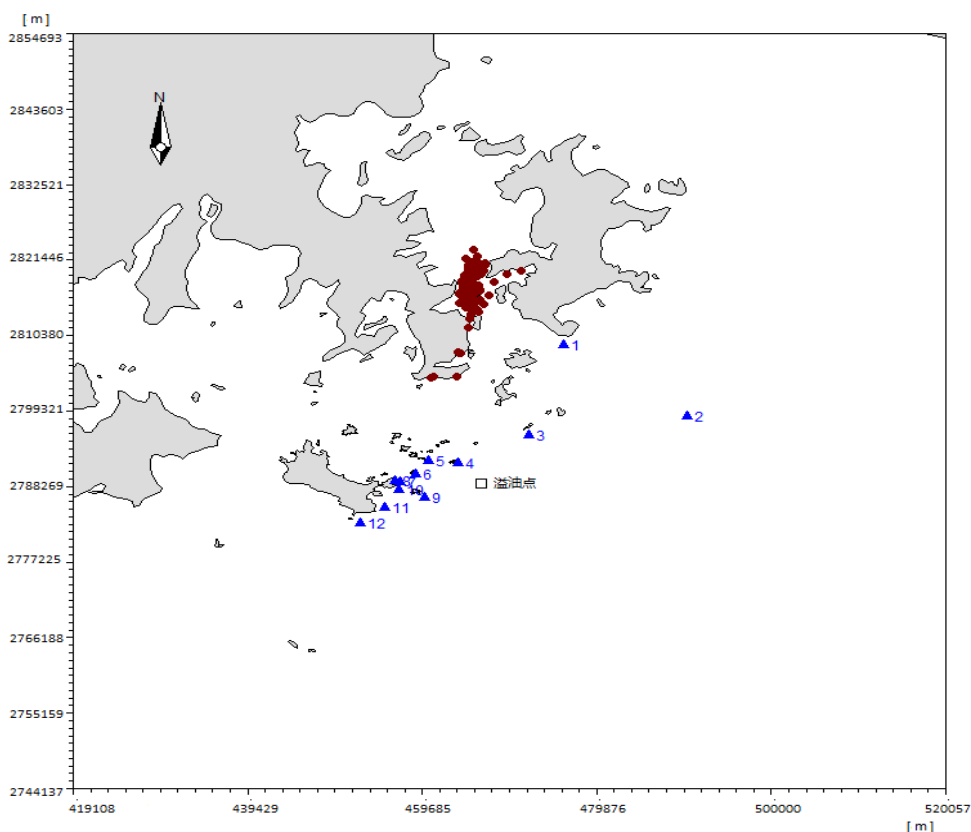


图 4.4-6(a) 不利风向+低潮时溢油 72h 分布图

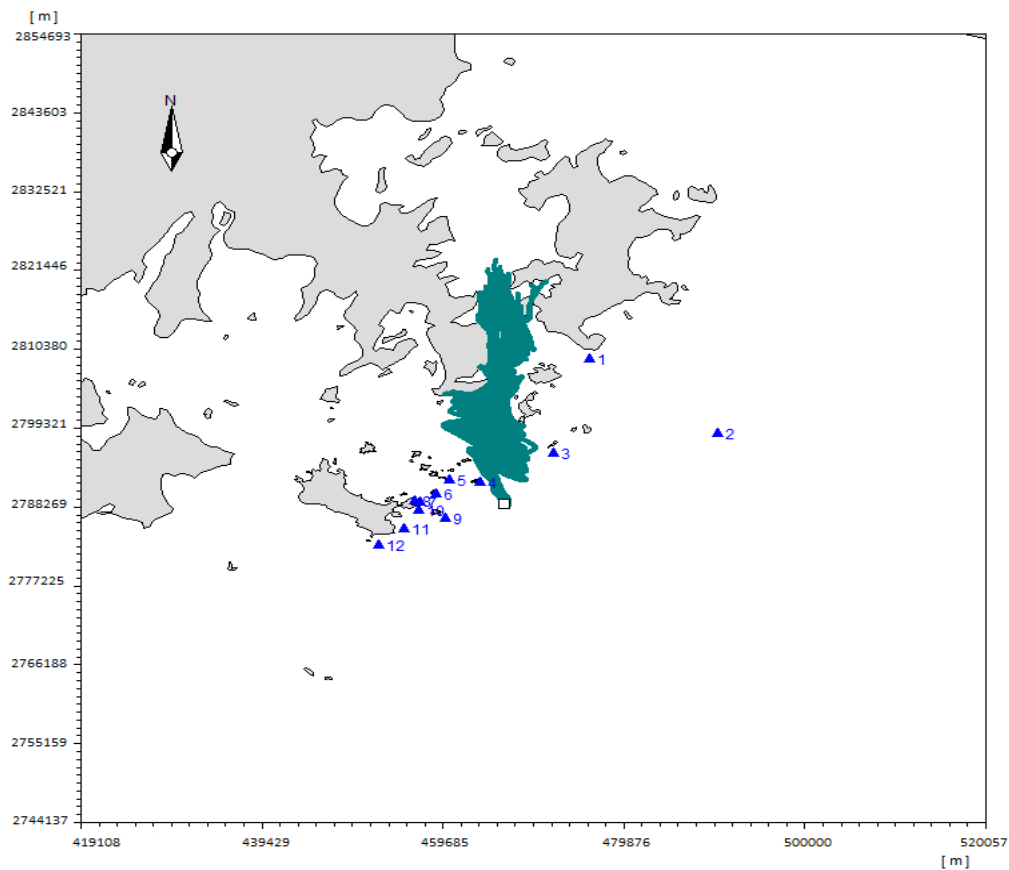


图 4.4-6(b) 不利风向+低潮时溢油 72h 油膜扫海图

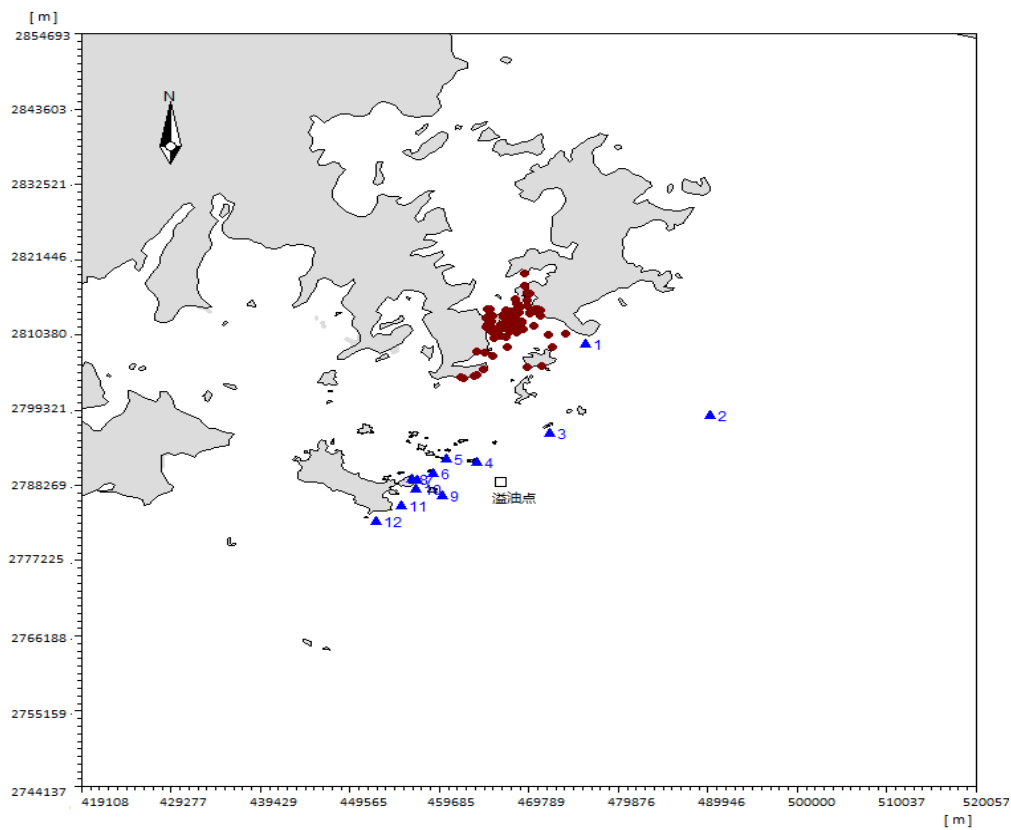


图 4.4-6(a) 不利风向+高潮时溢油 72h 分布图

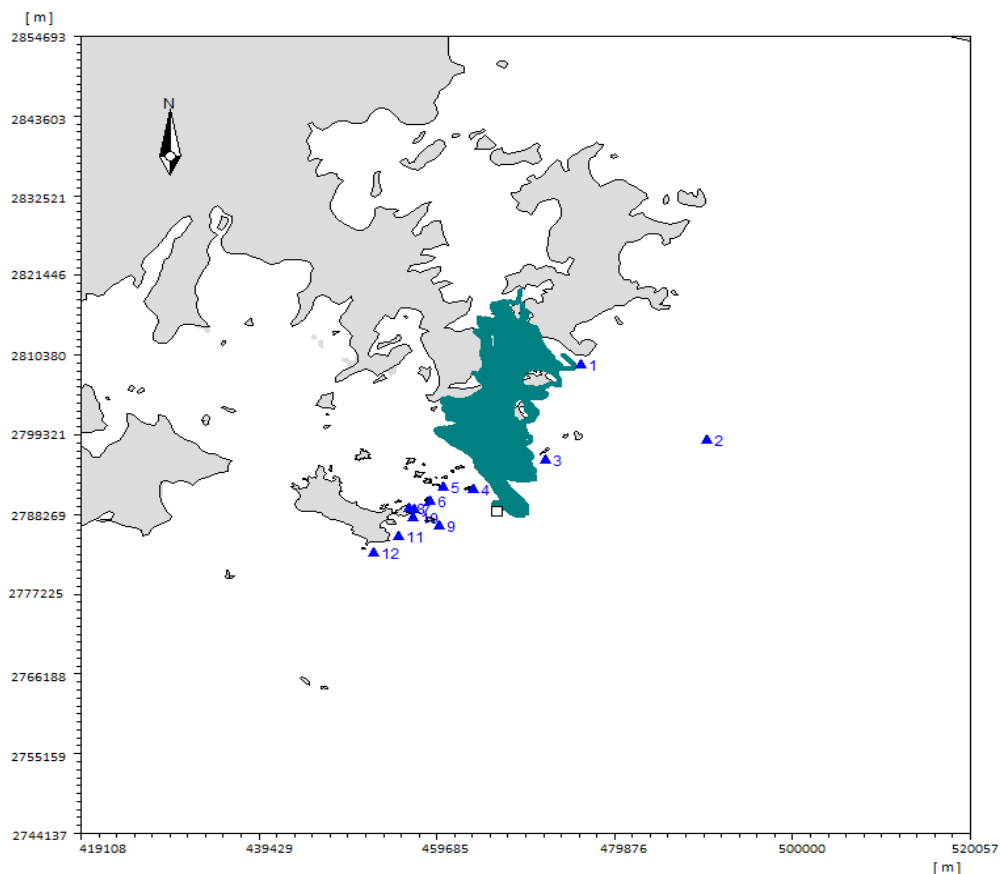


图 4.4-6(b) 不利风向+高潮时溢油 72h 油膜扫海图

表 4.4-3 溢油事故各时刻点影响范围

工况		夏季 S 风 高潮时	夏季 S 风 低潮时	夏季 NNE 风 高潮时	夏季 NNE 风 低潮时	不利风向 高潮时	不利风向 低潮时
溢油 后第 6 小时	与溢油点相 对位置 km	2.5	5.0	4.0	3.0	2.5	6.5
	油膜即时面 积 km ²	4.8	2.8	3.0	2.9	4.7	6.8
溢油 后第 12 小时	与溢油点相 对位置 km	4.5	4.0	3.7	4.0	6.5	6.5
	油膜即时面 积 km ²	5.9	7.0	4.9	5.5	7.3	8.0
溢油 后第 24 小时	与溢油点相 对位置 km	7.5	7.5	7.5	6.5	10.0	12.5
	油膜即时面 积 km ²	10.4	14.5	7.6	8.1	13.0	21.2
溢油 后第 48 小时	与溢油点相 对位置 km	12.5	15	12.5	14.0	17.5	20.0
	油膜即时面 积 km ²	23.1	29.1	15.1	13.5	52.0	21.4
溢油 后第 72 小时	与溢油点相 对位置 km	17.7	22.7	21.3	20.1	26.2	30.3
	油膜即时面 积 km ²	36.8	42.2	22.3	20.1	128.0	51.1

4.4.3 海底电缆及风机基础泥沙冲刷掏空风险分析

受长期泥沙冲刷的影响，在风电场海底电缆和海床之间有形成掏空的可能。根据数值模拟冲淤分析结果，风电场建成后，风机周边海域沿涨落潮流方向发生淤积现象，而垂直于潮流主轴方向的周边海域则表现为弱冲刷。风机桩基约 400m 范围内淤积厚度平均增加 0.03m；个别区域如小麦屿东南侧、东沙屿的东南和东北侧、横沙屿的南侧，淤积厚度在 0.03~0.06m 之间。

但工程海域可能受到风暴潮的影响，风暴潮带来的强劲潮流和波能共同作用也可能造成电缆及基础处的局部冲刷，威胁基础稳定和电缆安全。由预测结果可知，风电场区风机基础的局部冲刷深度为 2.99~3.88m，冲刷坑直径为 5.99~7.51m。本项目风机基础设计防冲刷方案为预留一定的冲刷深度，并采取一些实体防护措施来增加桩基周围床面的抗冲蚀能力。风机基础初步施工完成后，在海床表层铺设一层软体排，然后在软体排上方（基础泥面附近位置）进行抛石防护。因此，项目建成后电缆及风机基础泥沙掏空风险较小。

此外为进一步避免海底线缆损坏影响项目运行稳定，应遵守《中华人民共和国海上交通安全法》和《水上水下施工作业通航安全管理规定》的有关规定，敷设海底电缆施工作业，在适当的位置设立昼夜醒目的标志，并保证其完好、有效。敷设完毕后，向主管机关报送管线路由等相关资料，并申请发布航行通（警）告。并根据海底电缆保护规定要求禁止在海缆保护区范围内进行挖掘、采砂等作用。此外在项目建成运行后应开展定期的巡查观测潮滩冲刷变化情况，在风暴潮等恶劣气象条件过后加以必要的检查，如发生局部冲刷及时进行回填保护。

4.4.4 自然灾害风险分析

4.4.4.1 台风风险

福建省地处我国东南沿海濒临太平洋，每年夏、秋两季，台风活动频繁。台风登陆前后风向亦有明显的变化，登陆前刮偏北风，登陆后转向南风，台风中心也随之消失或远移。台风发生时，强度大，持续时间长，沿海地区风力一般达 8~12 级，岛屿可达 12 级以上。

我国东南沿海是台风多发地区，2001、2002 年，浙江苍南风电场连续两次在风速超过 40m/s 以上的强台风中，大量风速仪的风杯被吹断、风向标受损坏，影响大风天气的稳发、满发。2003 年“杜鹃”台风严重影响了我国南部地区风电

场的正常工作，汕尾红海湾风电场 25 台机组中就有 13 台受到不同程度损坏，其中有 9 台风力发电机组叶片被损坏，损坏率达 52%。2006 年“桑美”台风对浙江苍南风电场更是造成了毁灭性重创，全场 26 台机组中有 5 台倒塔，32 支叶片严重损坏，11 台开启式机舱罩的风电机组除倒塔损毁外，所有机舱盖全部吹掉等；2008 年“蔷薇”台风造成台湾 2MW 风电机组倒塔。2010 年“鲇鱼”台风造成福建六鳌风电场 2MW 风电机组损毁，1 台倒塔，1 台叶片严重损坏。

1945~2017 年的 73 年间，从登陆热带气旋的年内分布来看，在 5~10 月间登陆福建的热带气旋中，以 7~9 月份为最多，占全部登陆热带气旋的 81.0%，其中在 7 月份登陆的 47 个，占 23.9%，在 8 月份登陆的 59 个，占 30.0%；在 9 月份登陆的 54 个，占 27.4%。统计期间共约有 95 次侵台台风，平均每年约 1.08 个台风影响本工程海域。因此，风电场区域每年均存在遭受台风袭击的可能。

风电场海域海平面上 100m 高 50 年一遇最大风速为 45.92m/s，极大风速为 64.28m/s；海域的湍流强度一般情况下都低于 C 类，但热带气旋影响期间，湍流强度变化较剧烈，尤其是台风中心登陆时，湍流强度有一个突变过程，对风机的影响较大；阵风系数为 1.3，幂指数为 0.099，都远小于陆地。可见南日岛海上风电场所在区域的风能开发比沿岸陆地更具明显优势。由于工程风电场区域位于福建中部沿海地区，进入此区域的热带气旋 74%都经过台湾，强度减弱很多，因此热带气旋对风电场安全运行的影响不大，但也有遭遇强台风袭击的可能性，尤其要关注直接登陆福建的热带气旋。

台风对风电场的影响主要有以下几种情况：

（1）台风夹带的细小沙砾造成破坏叶片表面，轻则影响叶片气动性能，产生噪音，严重的将因此破坏叶片表面强韧性由此降低叶片整体强度；

（2）台风带来的狂风暴雨对输电线路的破坏非常严重，轻则出现小故障，重则损坏设备以及导致整个系统崩溃。

（3）破坏测风装置，使风力发电机组不能正确偏航避风，风轮无法调整对风，出现持续的各个方向的大风作用在叶片上产生持续的极大弯扭组合力矩，造成对叶片以及变桨系统的极大损伤。

（4）台风对风电场的影响包括极端风速、突变风向、和非常湍流，这些因素单独或共同作用往往使风电场机组受到不同程度损坏。在台风作用下叶片和塔筒将承受不同程度的疲劳荷载，当达到或者超过叶片和塔架的设计荷载极限，轻

则引起部件机械磨损，缩短风力发电机组的受命，严重的使叶片损坏及塔架倾覆。

4.4.4.2 雷击风险

雷电一般具有冲击电流大，持续时间短，雷电流变化梯度大和冲击电压高等特点。风机设备遭受雷击受损通常有下列情况：

- （1）风机直接遭受雷击损坏，主要指叶片遭感应雷和球形雷破坏；
- （2）雷电脉冲沿与设备相连的信号线、电源线或其他金属管线侵入使设备受损；
- （3）设备接地体在雷击时产生瞬间高电位形成地电位“反击”而损坏；
- （4）设备安装的方法或安装位置不当，受雷电在空间分布的电场、磁场影响而损坏。

4.4.5 地质构造及不良地质风险分析

（1）本工程所在海域不良地质现象不发育，未发现活动性断裂通过，海床除存在冲刷沟及暗礁以外，不存在浅层气、海底塌陷、滑坡等不良地质现象，区域稳定性属基本稳定区，工程区一带地震活动水平一般，工程场地不存在地震边坡效应，可不考虑地表地震断层位错效应。本场地适合进行工程建设。

（2）本工程所在区域地震基本烈度Ⅶ度，地震动峰值加速度 0.15g，地震分组为第三组。场地类别为Ⅱ类，设计特征周期 T_g 为 0.45s。场地内分布的①-2层砂质粉土按轻微地震液化，②层粉砂具严重地震液化。

（3）拟建场区内的海水对混凝土结构具有强腐蚀性，对钢筋混凝土结构中的钢筋在长期浸水条件下具有弱腐蚀性，在干湿交替条件下具有强腐蚀性，对钢结构具有中等腐蚀性。设计应采取防腐蚀措施。

（4）场地上部土层的力学性能均较差，根据基础的水平刚度、单桩强度和抗疲劳性能要求较高及本工程区海洋水文气象特点。建议场地水深较深，且覆盖层较厚区域可采用钢管桩基础，以⑥-1 砂土状强风化岩作为桩端持力层。而场地内岩质坚硬的风化岩相对埋深较浅区域，为满足抗拔要求，需达到一定桩长，建议该区域采用大直径冲孔灌注桩，以⑦层中风化花岗岩或⑧层微风化花岗岩作为桩端持力层。

（5）本工程拟建物的基础及结构型式，应有防冲刷、防潮流、防腐蚀、抗台风措施。

4.4.6 鸟类碰撞风机风险分析

本项目处于候鸟的迁徙通道上，风电场建设可能对鸟类迁徙路线具有一定的阻断影响，存在一定的鸟类与风机撞击的风险。由于大部分鸟类在迁徙飞行时高度较高，一般飞行高度为数百到上千米，与风电机发生碰撞的机会很小，而且大部分鸟类的迁徙是在天气晴好的夜晚，即使飞行高度较低的鸟类，也能够较好的识别障碍物，而避免与风机发生撞击。但在能见度较低或是天气较为恶劣的时候，迁徙鸟类的飞行高度会降低，而风电机上的灯光也会吸引它们，这就增加了鸟类与风机撞击的几率。

建议风电场建成后应建设鸟类观测站，开展长期的鸟类调查和监测项目，针对性地开展风电场对鸟类的影响研究，并及时采取相应的保护措施。

建设单位可借鉴中国电建集团海外投资有限公司（Power China Group）和新疆金风科技股份有限公司的子公司金风澳洲（Goldwind Capital Australia），在澳洲塔斯马尼亚的牧牛山（Cattle Hill）建设的风电场对澳洲最大猛禽楔尾雕保护成功的案例，采用摄像头和人工智能系统来防止鸟撞发生，通过摄像头探测到鸟类飞过来，电脑算法预判它的飞行方向，下令让它即将经过的风机关闭，虽然影响了发电效率，但是保障了鸟类飞行安全。特别在迁徙季，遇见大数量鸟类迁徙过境，采用摄像头和人工智能系统调整风机转速或关停，能有效保证过境候鸟安全。

4.4.7 运营期风机维护、维修中跑冒滴漏等用海风险

风机设计中已经设计了运营期风机维护、维修中跑冒滴漏的防止措施，所有的跑冒滴漏均限制在塔筒和机舱内，并采用专用设备回收处理。

4.4.8 海底电缆短路的事故风险分析

如果电缆制造时存在隐患、电缆运行过负荷、过热等原因使电缆老化，绝缘强度降低等原因引起电缆相间或相对地击穿短路；过电压使电缆击穿短路。安装不当、电缆敷设时曲率半径过小，致使绝缘损坏。同时还存在，场区来往船只、人员可能无意间对电力电缆施加外力，则可能发生电缆放炮事故。

若发生电缆短路事故，可能会对工程附近的渔业资源造成一定影响，发生死鱼现象。

为减少三相短路和单相短路事故产生的强电流危害影响，35kV 海缆线路保护配置微机型三段式带方向过流保护，保护动作于断开本进线断路器，并配置带方向零序电流保护动作于跳闸。保护动作时间均约为 1~2s，可以将短路产生的危害减少到最小。

5 海域开发利用协调分析

5.1 项目用海对海域开发活动的影响

5.1.1 对渔业活动的影响

5.1.1.1 施工期对渔业活动的影响

本项目海缆登录段施工会穿越部分渔民养殖区，施工期间养殖活动需避让，海缆敷设施工期间会产生悬浮泥沙扩散，由此对周边养殖活动产生一定影响。

风机基础打桩和电缆敷设会造成水体扰动，形成悬浮物高浓度区，引起水体浑浊，污染局部海水水质，对水体中养殖生物质量带来不利影响。根据项目数模研究报告，项目施工期间产生的悬浮泥沙超二类水质标准（大于 10mg/L 浓度范围）面积为 5.93km²，10mg/L 的悬沙包络线基本上向电缆两侧扩散距离为 270m 左右，项目施工导致悬浮泥沙扩散超 10mg/L 影响范围与开发利用现状的叠置图见图 5.1-1，除登陆点近海段影响少量藻类养殖外未发现其他养殖区。

项目施工期悬浮泥沙不会扩散到东北侧一处确权范围（莆田市秀屿区南日岛东海域开放式养殖区块（五））内，如果施工期间对方开展养殖活动，项目施工悬浮泥沙不会对其产生影响。

本项目申请用海与南日岛国家级海洋牧场示范区有部分重叠，重叠面积 31.48 公顷。本项目距离海洋牧场示范区项目已投放渔礁较远（图 3.4-8），离最近的人工渔礁投放区距离约 1.859km，项目施工不会影响渔礁设施。

工程施工期间，风机施工、电缆开沟引起悬浮物扩散，风机区和电缆区附近水域中的海洋生物鱼卵、仔幼个体受到伤害，渔业资源遭到一定损失，会暂时造成捕捞渔获率降低。施工期间限制或禁止渔船进入施工海域从事捕捞生产，导致渔船作业范围减少，进而影响捕捞产量。本项目海域捕捞作业较少，项目施工期间限制海域面积有限，总体上对捕捞产量的影响较小。

（略）

图 5.1-1 本项目施工导致悬浮泥沙扩散预测 10mg/L 包络线范围与开发利用现状的叠置图

5.1.1.2 运营期对渔业活动的影响

本项目建设风机和海底电缆将占用一定面积的海域，根据工程区附近已经确权用海项目情况，本工程风机、海缆路由均不占用已申请海域使用权的用海项目。

项目建设海缆和风机与莆田市秀屿区公布的南日岛国家级海洋牧场示范区权属范围有交叉和重叠，可能会对未来的海洋牧场示范区建设以及渔礁实施有一定影响。

根据《海底电缆管道保护规定》，海底电缆两侧各 100m 范围内将划定为海底电缆管道保护区，海底电缆管道保护区内禁止从事挖沙、钻探、打桩、抛锚、拖锚、底拖捕捞、张网、养殖或者其他可能破坏海底电缆管道安全的海上作业。

项目申请用海海域内不能再从事海水养殖活动，对于现状养殖活动的影响面积主要集中在登录段，约 2.597 公顷。保护区内禁止渔船从事捕捞和张网等作业，项目海缆保护区内面积约 340.43 公顷，由此对渔业捕捞产量的影响有限。

项目海上风电场建成后，电缆埋设深度为 1.5~2.0m，南日岛海域渔船吨位通常较小，渔船活动破坏到海底电缆的可能性较小。

本项目运营期海缆埋设于海底面以下，不会对海域水质环境和水产养殖造成不利影响。风机基础钢管表面采用重防腐涂层材料，具有附着力强、表面硬度高、耐磨性好、耐海水、耐化学腐蚀、耐干湿交替、耐阴极剥离等特点，对氧气、水、二氧化碳、水蒸气、各种离子，有极低的渗透率，属于无溶剂环保型涂料，无挥发性有机物，对海水水质影响较小。因此项目建设对渔业养殖环境的影响较小。

项目建成后，海上风电基座与人工鱼礁相辅相成互不影响使用功能，并且海上风电钢管桩基础与人工鱼礁产生的协同作用，更有利于贝藻类生物附着繁殖。

5.1.1.3 小结

本项目对渔业活动的影响主要是登陆段施工和海缆申请用海对东罗盘岛东侧养殖活动的影响，项目施工和运营会导致周边渔民捕捞海域面积缩减。

项目施工期和运营期间对海水水质、生态环境的影响较小。

项目建设与南日岛国家级海洋牧场示范区公布权属范围有一定重叠，可能会影响到海洋牧场后续的实施。

5.1.2 对港口、航道和锚地的影响

5.1.2.1 对港口、航道的影响分析

本工程与江阴港区距离较远，距离本项目区中心距离约 46km。工程附近有福清湾—兴化湾港口航运区，风机机位与其最近距离超过 3km，满足船舶通航要求。风电场区附近南日岛上有东岱渔港、浮叶渔港、东岱 500t 杂货码头、浮叶海防执勤码头，以及南日岛和莆田埭头镇之间渡船码头、南日群岛间的渡船码头。

本项目所处海域通行主航道为湄洲湾主航道与兴化湾水道，其中兴化湾水道为工程风机布置区域距离最近的大型航道，位于风电场北部区域，可满足 5 万吨级船舶自由进出，而且湄洲湾内海域水深宽阔，长年不冻不淤，可开发的岸线 30km，5 万吨级船可自由进出，10 万吨级船能乘潮进出，全长 29.5km，底宽 250m，底标高-12.0m~-12.6m。南日岛及周边岛屿之间轮渡航线主要是坑口至小日岛，东岱至大鳌屿，东岱至东罗盘岛、南日岛至石城渡口航线。工程区东南侧存在一条大型船舶沿海航行习惯航路，与风电场风机最近距离约 5.63km，周边习惯航路还包括进出东岱渔港和浮叶渔港的小型船舶航路。

本工程距离东南侧海域大型船舶沿海航行习惯航路最近距离约 5.63km，该航路通航密度较高，从距离、水域条件和多数船舶实际航路上看，根据本项目通航安全分析报告，工程建设并不明显影响该航路的船舶方法和交通流分布，但工程建设一定程度上改变了水域环境，对沿该航路航行船舶的驾驶员瞭望和心里具有一定影响，另外落潮流时潮流流向具有向风电场水域压拢作用，受风流等自然条件的影响，沿该航路航行的船舶与本工程的风机之间存在碰撞危险。本工程的风机施工期间，需要一定的水域范围作为施工水域，施工水域的划定压缩了过往船舶的通航水域，同时施工船舶及施工作业本身对沿上述航道航行的船舶具有一定的影响。由于拟建工程施工期施工船舶较小，施工水域通航条件较好，只要加强管理和沟通协调，其影响是可控的和有限的。营运期间，维护船舶较小，操纵性能较好，在加强管理核沟通协调的基础上，对沿岸中小型船舶航路上通航船舶的影响很小。

本项目风电场与江阴港区进港航道（五万吨级航道）的最小距离约为 3.63km（如图 3.4-8 所示），从风电场风机设施与江阴港区进港航道的位置关系上看，风机的布置已经考虑了与该航道的适应性，因此本工程与在该航道正常航行的船舶

之间不存在显著的影响。由于风电场建设，将改变航道附近现有环境和航行条件，因此需要结合风电场的建设配置相应的航标，以引导船舶安全航行。

项目与周边轮渡航线不交越，影响较小，由于本风电场附近有航道穿过，工程结束后，考虑在风电场范围线外围设置航标灯，禁止除运行检修船舶及排水量在 200t 以下的渔船以外的所有过往船只进入风电场内部。

项目主路由周边有进出东岱渔港和浮叶渔港的渔船习惯航道，与本项目主路由不交越。大量渔船结队进出港在航路交叉水域与过往商船交会，加上风电场水域的限制，也会对船舶避让造成一定的影响，带来一定困难。在捕鱼及养殖旺季，大量渔船活动于拟建工程附近水域，容易诱发水上交通事故，对拟建工程的施工及营运均构成一定威胁，对此，建设单位需要及早开展宣传工作，并对风电场水域进行有效的管理。过往船舶航经风电场附近水域时需要加强瞭望，谨慎操作，及早采取避让措施，以避免造成危险局面。

5.1.2.2 对锚地的影响

离本工程最近的锚地为小月屿候潮与引航锚地（设计船型：15 万吨级散货船），该锚地与本工程拟建的 T10 风机距离约 1.934km。锚地与风电场最近的风机距离大约为 15 万吨级散货船的 6.7 倍船长（15 万吨级散货船设计船型长度 289 m），按照航海经验并参照《海港总体设计规范》关于航道与锚地的距离要求，该锚地与拟建风电场的距离满足安全要求。该锚地设南北两个锚区，拟建锚地位于船舶航路附近，如果锚地内船舶走锚，由于距离较远，对风机无影响。

5.1.2.3 对雷达和海上通讯信号的影响

根据《南日岛 C 区（调整）海上风电场北区项目工程的通航安全分析报告》，海上风电项目的建设对雷达图像的影响，一方面需要考虑雷达本身的性能参数（如方位分辨力、距离分辨力），也要考虑影响雷达回波观测的诸因素，主要包括扇形阴影区及各种假回波干扰。

根据国外相关研究表明，选用 10cm 波段雷达且距离风机较近时，距离风机 1000m 时（0.54 海里），会产生比较大的干扰，尤其是船载雷达，跟踪风机附近小型船舶时，会存在一定的观测困难。拟建风电场位于风电场规划区域内的风机与大型船舶沿海航行习惯航路的最近距离 5.63km，对雷达观测会存在一定影响。

本工程附近有位于南日岛上的九重山雷达站、目屿雷达站、以及草屿雷达站，

九重山 VTS 雷达站距离本工程登陆点约 9.86km，草屿 VTS 雷达站与登陆点距离约为 17.36km，上述距离均明显大于 1000m，根据现有国内外风电场实际观测试验结果，结合雷达波理论，进行类比分析，初步判断，本风电场建设不会对九重山雷达站以及草屿雷达站的雷达观测构成显著影响。由于雷达波传播、反射和绕射的机理比较复杂，雷达性能差别较大，难以用固定的模型进行影响计算，因此，建议业主单位在本工程运营期与附近雷达站管理部门加强联系，注意收集雷达探测数据，分析本工程实际运营对该雷达站回波图像的影响，在对岸基雷达观测存在明显影响的情况下，由业主负责采取补救措施。

根据《南日岛 C 区（调整）海上风电场北区项目工程的通航安全分析报告》，工程建设对磁罗经、GPS、北斗导航系统、AIS 系统的影响较小。

5.1.3 对海岛的影响

本工程所在海域范围周边岛资源主要为南日群岛，位于福建沿海及台湾海峡中北部，隶属于莆田市秀屿区的南日镇，由 111 个岛礁组成，主岛为南日岛，面积 0.01km² 以上的有 18 个，故有“十八列岛”之称。“十八列岛”包括 3 个有居民海岛（大鳌屿、东罗盘岛和赤山岛）和 15 个无居民海岛。

项目建设风机和海底电缆均不占用周边海岛资源，项目主路由登陆点位于东罗盘岛东部基岩海岸，行政管辖属于南日镇罗盘村，项目用海确权将占用 20.9m 海岛自然岸线，根据登陆段施工方案，采用定向钻从地下岩石层穿越自然岸线，海岸线和潮间带范围内均不形成构筑物，项目施工不改变岸线自然属性，不会改变自然岸线形态、不会破坏岸线原有生态功能。陆域电缆沟采用明挖施工方案，但是实际施工电缆沟宽度控制在 1.5m 左右，且施工后将加固和回填，对陆域地表植被的破坏较小，对海岛生态环境的影响较小。

根据海缆走向，结合历史影像图（图 5.1-2），本项目施工可能会对 3、4 和 5 片养殖区（图 3.4-3）造成影响。



图 5.1-2 南日岛风电场海域历史影像图

考虑到周边海岛未来的开发利用建设，本工程风机布置时尽量避开岛礁。参考南日岛海上风电场一期工程，风机布设距离周边海岛保持 500m 以上的距离。本工程场址周边的岛屿如小麦岛风机布置在岛屿 500m 外；风机布置距离横沙岛和东沙岛最近距离为 1.0km 以上；风机布置在有居民海岛如东罗盘岛、大鳌岛等岛屿 1.5km 外，本工程的建设对周边岛屿未来开发利用影响较小。

工程的建设对南日群岛有居民海岛影响主要是对居民进出海岛影响，根据前述章节项目对周边航道和渔民习惯航路影响分析，项目与南日岛及周边轮渡航线不交越，影响较小。

5.1.4 对附近风电场的影响

本项目规划建设南日岛 C 区（调整）海上风电场北区项目工程与南日岛海上风电场一期工程共用东罗盘岛 220kV 升压站，建设单位为龙源福建公司。本项目与龙源福建公司建设的 15 万千瓦海上风电项目共用同一登陆点，属于不同业主，后续施工过程中可能会产生相互影响。

本项目建设距离莆田平海湾 F 区海上风电场项目距离较远（约 12km）区风电场以及规划大麦屿风电场区较远，项目建设不会对其产生影响。

5.1.5 对已建海底管线的影响

本工程所在海域由多条海底管线，根据已建管线资料，项目建设与已建海底供水管线、海底输电管线不交越，距离最近南日岛至东罗盘岛供电管线约 643.18m。本工程海缆与已建管线不交越，工程建设不会破坏已建海底管线。

风电场的建设会造成工程海域泥沙运动发生一定变化，但泥沙的淤积范围主要集中在风机桩基周围及风电场区附近，总体而言冲淤幅度不大，并且距离风电场区越远，影响越小。由于项目距离已建海底管线较远，且对周边海域冲淤环境影响有限，项目建设不会对已建海底管线造成影响。

5.2 利益相关者界定

根据前述对海域开发活动影响分析，项目申请用海以及施工期会影响到东罗盘岛登录段附近渔民养殖活动，悬浮物浓度达 10mg/L 影响范围约 5.93 公顷，因此，建设单位应与受影响养殖户渔民协商补偿。

项目海底电缆在东罗盘岛登陆，行政管辖属于南日镇东罗盘村。因此，本项目海缆登陆需征求南日镇罗盘村村委意见。

本项目所在南日岛 C 区（调整）海上风电场区分南北两区，项目海缆共用登陆点，且共同利用位于东罗盘岛的 220kv 升压站送出，因此建设单位需与南日岛 C 区（调整）海上风电场南区项目建设业主进一步协调海缆布置、施工等。

由于本工程海上风电场建设水域占用适合船舶航行的可航水域，工程建设将改变该水域的通航条件，在海上形成永久性碍航区，将对该水域的通航环境造成一定的影响。为保障本工程所在海域的航运畅通，保障船舶安全航行，防止水域污染，建设单位需征求莆田市海事部门意见。

项目建设与南日岛国家级海洋牧场示范区存在交叉，应征求其主管单位莆田市秀屿区海洋与渔业局意见。

综上，项目建设利益相关者为东罗盘岛登录段受影响的养殖户、南日镇罗盘村村委、龙源福建公司，项目建设需要协调的管理部门为莆田市海事部门、莆田市秀屿区海洋与渔业局以及当地军方，涉调部门一览表见表 5.2-1、表 5.2-2。

表 5.2-1 本项目用海利益相关者一览表

用海活动	具体位置	利益相关者	影响情况
海缆申请用海 登录段施工	东罗盘岛东侧海域	登录段受影响的养殖户	养殖海域缩减、养殖活动受影响
登陆点	东罗盘岛东侧海岸	南日镇罗盘村村委	海缆登陆占用自然岸线
风电场相邻、共用 海缆登陆点	风机和海缆按场区分别南北布置，登陆点均位于东罗盘岛东侧	龙源福建公司	申请宗海范围接边，施工互相影响

表 5.2-2 需协调部门一览表

部门名称	具体位置	影响情况
莆田海事局	本工程海上风电场建设水域占用适合船舶航行的可航水域	改变该水域的通航条件，在海上形成永久性碍航区
莆田市秀屿区海洋与渔业局	项目申请用海范围与海洋牧场范围交叉	项目建设与海洋牧场范围存在交叉，可能会影响到未来的海洋牧场示范区建设
当地军方	距离军事禁锚区 2.85km	考虑军用光缆的特殊性和保护需要

5.3 利益相关者协调分析

针对本项目用海施工期和运营期对周边海域的开发活动造成的影响情况，特作如下协调分析。

5.3.1 与受影响养殖户的协调分析

项目海缆登录段施工位于东罗盘岛东侧，需占用相应海域。该片海域有渔民养殖，主要是养殖海带、龙须菜、鲍鱼等，建议建设单位结合历史影像图，确定海缆登录段附近历史和现状养殖情况，通过镇政府与受影响养殖户进行充分沟通协商征海，采取适当的补偿，征得其同意后方可开工建设。

5.3.2 与莆田市南日镇罗盘村村委协调分析

项目建设海缆在东罗盘岛东部基岩海岸登陆，登陆段管道及海缆将下穿海岛自然岸线。登陆点后方陆域为砂岩，非居住区，开发利用活动较少，海缆登陆对周边的影响较小。建设单位需就海缆登陆点选址与当地南日镇罗盘村村委会协调，征得当地村委同意后方可开工建设。

5.3.3 与福建龙源海上风力发电有限公司的协调分析

本工程采用 5 回 35kV 集电线路接入东罗盘岛 220kV 升压站，在设计阶段，建设单位的业主所委托的设计单位已经沟通风机和海缆布置，本项目海缆已经西侧预留 5 回 35kv 海缆布置，经前期协调，龙源福建公司已经同意本项目利用其东罗盘岛 220kV 升压站，本项目单位前期已与龙源福建公司沟通并签订备忘录，具体见附件 2。

5.3.4 与莆田市海事部门的协调分析

项目建设与周边航道和大型船舶航路习惯航路距离可以满足航道航行要求，但对南日岛周边渔船习惯航路有一定影响，需通过管理手段来解决或缓解这些影响，同时施工期保障施工安全和过往渔船安全。建设单位应征求莆田海事局的意见，主动与当地海事主管机关进行充分的联系和协调，处理好与附近通航环境之间的关系，加强对风电场及附近水域的安全管理，保证风电设施和通航安全。

5.3.7 与莆田秀屿海洋与渔业局的协调分析

本项目与南日岛国家海洋牧场示范区存在交叉，由于海上风电基座与人工鱼礁相辅相成互不影响使用功能，并且海上风电钢管桩基础与人工鱼礁产生的协同作用，更有利于贝藻类生物附着繁殖。根据海域的条件和风电资源优势，将养殖和增殖结合起来，海洋牧场和海上风电场创新性相结合，可以互相兼容。

建设单位应与莆田秀屿海洋与渔业局积极沟通，开发风电资源的同时，注重渔业资源保护，配合南日镇做好海洋牧场试点工作及后续工作，从而使得风电场的建设与渔业养殖产业携手并进、创新发展。

5.3.9 利益相关方协调的可行性分析

海缆登录段施工会穿越部分养殖区，可与受影响养殖户进行充分沟通协调，同过采取适当的补偿，与受影响的渔民的协调是可行的。

风电场的开发建设能有效的促进地方经济，带动风电产业链的发展，改善当地电网的电源结构。海缆登陆采用定向钻施工工艺，下穿自然岸线和潮间带，对周边渔业活动开展影响较小，因此项目登陆点选择与东罗盘岛村委是可协调的。

本项目单位前期已与龙源福建公司沟通并签订备忘录，因此就风电场相邻、

共用海缆登陆点和龙源福建公司是可协调的。

项目对江阴港区进港航道正常航行的船舶之间不存在显著的影响，不会明显影响沿海航行习惯航路的船舶方法和交通流分布，但风电场建设将改变航道附近现有环境和航行条件，航路航行的船舶与本工程的风机之间存在碰撞危险。建设单位通过加强管理和沟通协调，其影响是可控的。本工程建成后对周边习惯航路航行的船舶的影响较小，适当调整航行习惯可以避开拟建风电场水域。本项目在严格落实通航安全保障措施、相关限制条件和建议的前提下，工程完成后可满足风电场周边海域过往船舶的安全通航要求。

本项目与南日岛国家海洋牧场示范区存在交叉，通过将海洋牧场和海上风电场创新性相结合，把养殖和增殖结合起来，两者可以互相兼容。因此与莆田秀屿海洋与渔业局协调沟通是可行的。

综上所述，拟建设项目的利益相关者协调是可行的，也是可以达成最后的协调方案的，项目存在发生重大利益冲突的可能性很小。

5.4 项目用海对国防安全和国家海洋权益的影响分析

本项目用海位于南日岛东侧海域，地处我国内海海域，远离领海基点和边界，对国家海洋权益没有影响。根据《中华人民共和国海域使用管理法》规定，海域属于国家所有，用海单位在依法取得海域使用权，履行相应义务后，不会对国家权益产生影响，同时也保证了国家海域所有权权益。项目用海不占用军事用地，不占用和破坏军事设施，不影响国防安全。

总体上，项目用海对国防安全和国家海域权益没有影响。

6 项目用海与海洋功能区划及相关规划的符合性分析

6.1 项目用海与《全国海洋主体功能区规划》符合性

《全国海洋主体功能区规划》是《全国主体功能区规划》的重要组成部分，是推进形成海洋主体功能区布局的基本依据，是海洋空间开发的基础性和约束性规划。规划范围为我国内水和领海、专属经济区和大陆架及其他管辖海域（不包括港澳台地区）。

根据《国务院关于印发全国海洋主体功能区规划的通知》国发〔2015〕42号，海洋体功能区按开发内容可分为产业与城镇建设、农渔业生产、生态环境服务三种功能。依据主体功能，将海洋空间划分为以下优化开发、重点开发、限制开发、禁止开发四类区域。

本项目用海位于莆田市南日岛东侧海域，本项目位于《规划》中的海峡西部海域，属于优化开发区。

优化开发的区域的发展方向与开发原则是：优化近岸海域空间布局，合理调整海域开发规模和时序，控制开发强度，严格实施围填海总量控制制度；推动海洋传统产业技术改造和优化升级，大力发展海洋高技术产业，积极发展现代海洋服务业，推动海洋产业结构向高端、高效、高附加值转变；推进海洋经济绿色发展，提高产业准入门槛，积极开发利用海洋可再生能源，增强海洋碳汇功能；严格控制陆源污染物排放，加强重点河口海湾污染整治和生态修复，规范入海排污口设置；有效保护自然岸线和典型海洋生态系统，提高海洋生态服务功能。

海峡西部海域发展方向为推进形成海峡西岸现代化港口群，发挥海峡海湾优势，建设两岸渔业交流合作基地。突出海洋生态和海洋文化特色，扩大两岸旅游双向对接。加强沿海防护林工程建设，构建沿岸河口、海湾、海岛等生态系统与海洋自然保护区条块交错的生态格局。完善海洋灾害预报预警和防御决策系统。

本项目为海上风电场工程，为可再生能源开发利用项目，符合海峡西部海域的发展方向与开发原则。

因此，本项目建设符合《全国海洋主体功能区规划》。

6.2 与《福建省海洋功能区划（2011-2020 年）》的符合性分析

6.2.1 项目与福建省海洋功能区划位置关系

根据《福建省海洋功能区划》（2011-2020），本项目用海均位于“南日岛农渔业区”，项目周围的海洋功能区包括“福清湾-兴化湾港口航运区”和“近海农渔业区”，本项目及其周边海域的海洋功能区划情况见表 6.2-1，相对位置关系见图 6.2-1。

表 6.2-1 工程区及周边海域海洋功能区登记表

海洋功能区划序号	名称	面积 (hm ²)	地理范围	用途管制	用海方式	海岸整治	海洋环境保护要求	与本项目的相对位置
A1-21	南日岛农渔业区	28488	南日群岛周围海域	保障开放式养殖用海、渔业基础设施用海，优化养殖结构，兼容新能源工业用海、滨海旅游用海。	严格限制改变海域自然属性。	保护海岛自然岸线。	保护海域自然环境，执行不劣于第二类海水水质标准、不劣于第一类海洋沉积物质量标准标准、不劣于第一类海洋生物质量标准。	部分占用
B1-01	近海农渔业区	2364444	领海外部界线以内	严格限制改变海域自然属性，兼容新能源和海岛海洋保护区建设用海。	保障国防和船舶通航安全用海，用于海洋渔业捕捞。	\	执行不劣于第一类海水水质标准、不劣于第一类海洋沉积物质量标准、不劣于第一类海洋生物质量标准。	东侧，最近距离约 2.6km
B2-05	福清湾-兴化湾港口航运区	12394	福清湾-海坛海峡-兴化湾	保障船舶停泊和通航用海。	除进行必要的航道疏浚外，禁止其他改变海域自然属性和影响航行安全的开发活动。	\	保护航道、锚地资源，执行不劣于第三类海水水质标准、不劣于第二类海洋沉积物质量标准、不劣于第二类海洋生物质量标准。	北侧，最近距离约 3.2km
B8-06	兴化湾保留区	53738	兴化湾	保障渔业资源自然繁育空间。	禁止改变海域自然属性。	\	重点保护海洋生态环境和渔业苗种场、索饵场、洄游通道，滨海湿地与鸟类栖息觅食环境，执行不低于现状的海水水质标准。	北侧，最近距离约 6.6km

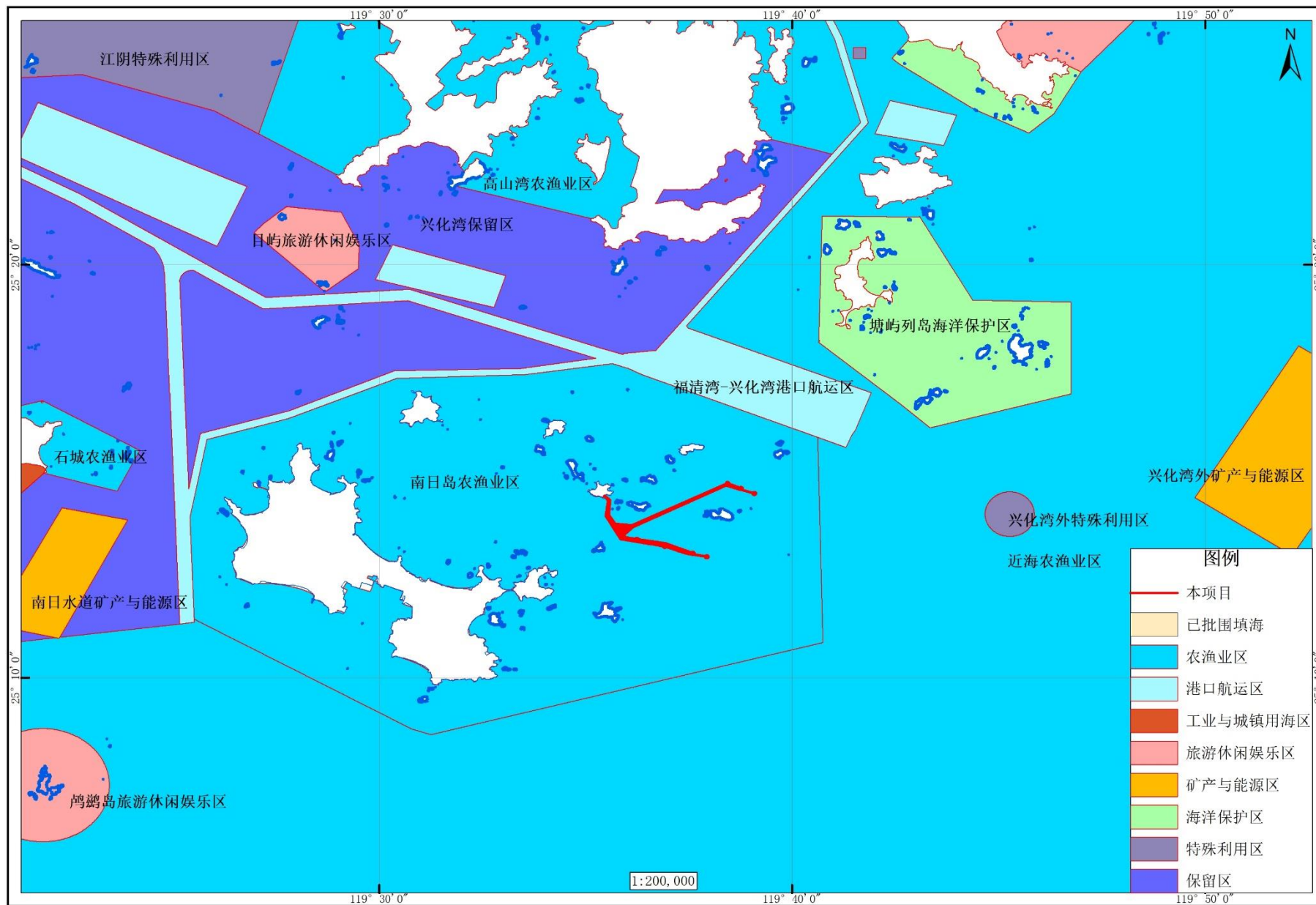


图 6.2-1 本项目与《福建省海洋功能区划（2011-2020）》的位置关系

6.2.2 项目用海对海洋功能区划的影响分析

（1）南日岛农渔业区

本项目风机及海底电缆都位于“南日岛农渔业区”，项目建设将占用该功能区一定海域面积。风电机组桩基通过液压震动锤振动下沉，施工时振动导致海底泥沙再悬浮引起水体浑浊，污染局部海水水质，影响局部沉积物环境，降低海洋中浮游植物生产力，桩基基础施工过程中将对该区域的底部栖生物造成影响，局部导致生物种类和数量的损失；铺设海底输电电缆时，埋设机开槽导致海底泥沙再悬浮引起水体浑浊，污染局部海水水质，影响局部沉积物环境，降低海洋中浮游植物生产力，对开槽周边一定范围内海洋生态系统带来影响。

根据《福建省海洋功能区划（2011-2020 年）》，该海洋功能区的管理要求为：“保障开放式养殖用海、渔业基础设施用海，优化养殖结构，兼容新能源工业用海、滨海旅游用海；用海方式为严格限制改变海域自然属性，保护海岛自然岸线；海洋环境保护要求是保护海域自然环境，执行不劣于第二类海水水质标准、不劣于第一类海洋沉积物质量标准、不劣于第一类海洋生物质量标准。”本项目为海上风电场项目，属可兼容的新能源工业用海，其用海方式为透水构筑物用海（风机）和海底电缆管道用海，不改变海域自然属性。项目施工期风机基础建设和电缆铺设产生的泥沙将对海域水环境造成一定是暂时的，随施工结束而逐渐消失，项目实施后，为保护海底电缆和风电机组的安全运行，该海域禁止底拖网、抛锚，同时由于风机基桩的分隔造成渔业捕捞面积缩小，会影响附近海域的海洋渔业捕捞，但所占面积相对较小，不影响该功能区主导功能。本项目符合该功能区的定位要求。

（2）近海农渔业区

项目位于近海农渔业区的西侧，邻近近海农渔业区。根据《福建省海洋功能区划（2011-2020 年）》，该海洋功能区的管理要求为：“严格限制改变海域自然属性，兼容新能源和海岛海洋保护区建设用海；用海方式为不改变用海属性，保障国防和船舶通航安全用海，用于海洋渔业捕捞；执行不劣于第一类海水水质标准、不劣于第一类海洋沉积物质量标准、不劣于第一类海洋生物质量标准。”本项目拟建海上风电场，属可兼容的新能源建设用海，且用海方式不改变用海属性，符合该区域的管理要求。

（3）福清湾-兴化湾港口航运区

项目距离福清湾-兴化湾港口航运区约 3.2km，位于福清湾-兴化湾港口航运区的南侧。根据《福建省海洋功能区划（2011-2020 年）》，该海洋功能区的管理要求为：“保障船舶停泊和通航用海；用海方式为除进行必要的航道疏浚外，禁止其他改变海域自然属性和影响航行安全的开发活动；保护航道、锚地资源，执行不劣于第三类海水水质标准、不劣于第二类海洋沉积物质量标准、不劣于第二类海洋生物质量标准。”本项目距离航运区较远，在风电场设计过程中，风电机组的布置避开了主要航道，与大型船舶沿海航行习惯航路距离 3km 以上、与锚地距离约 1.8km，风机布设时预留了渔船进出航路，不会影响到航运区航道和锚地资源，减少了对通航环境的影响，且用海方式不影响其海域自然属性，不会影响到航运区海洋环境。本项目与该功能区的管理要求可以兼容。

（4）兴化湾保留区

项目距离兴化湾保留区最近距离约 6.6km，该功能区用途管制要求为：“保障渔业资源自然繁育空间”，用海方式要求为禁止改变海域自然属性，海洋环境保护要求为：“重点保护海洋生态环境和渔业苗种场、索饵场、洄游通道，滨海湿地与鸟类栖息觅食环境，执行不低于现状的海水水质标准。”项目距离兴化湾保留区较远，不占用该功能区的自然空间，项目用海方式不改变海域自然属性，对保留区生态环境、“三场一通”、以及鸟类栖息环境影响较小。本项目与该功能区的管理要求可以兼容。

6.2.3 项目用海与海洋功能区划的符合性分析

根据《福建省海洋功能区划》（2011-2020），本项目用海位于“南日岛农渔业区”，周边功能区主要有“近海农渔业区”、“福清湾-兴化湾港口航运区”、“兴化湾保留区”。本项目的实施、运营不影响“南日岛农渔业区”主导功能的发挥，符合该功能区的管理要求，与周边海洋功能区可兼容。项目用海符合《福建省海洋功能区划》（2011-2020）。

6.3 项目用海与相关规划的符合性分析

6.3.1 与“三区三线”的符合性分析

随着国家空间规划和自然保护地体系的重构，第三次全国国土调查和海岸线修测等工作的开展，对生态保护红线划定和管理都提出了新的要求。按照“陆海统筹”“多规合一”“划管结合”的原则，福建省人民政府组织编制福建省生态保护红线划定方案，对原《福建省海洋生态保护红线划定成果》（闽政文〔2017〕457号）进行调整，根据《自然资源部办公厅关于北京等省（区、市）启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》（自然资办函〔2022〕2207号），从2022年10月14日起正式启用“三区三线”划定成果，划定成果作为建设项目用地用海报批的依据。

“三区三线”是根据城镇空间、农业空间、生态空间三种类型的空间，分别对应划定的城镇开发边界、永久基本农田保护红线、生态保护红线三条控制线。国土空间规划三区三线对于保护自然环境和生态环境有着重要的意义。根据项目在福建省“三区三线”划定成果中的位置，本项目未占用“三区三线”中的永久基本农田及生态保护红线，因此本项目用海符合“三区三线”的要求。

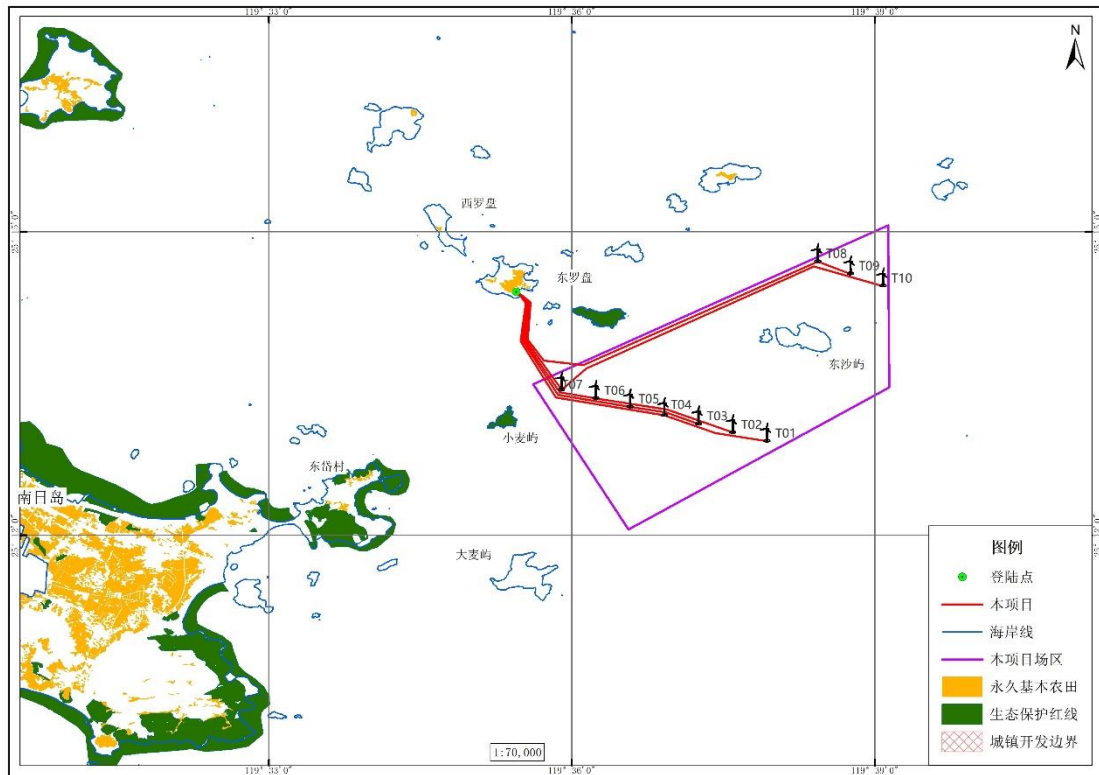


图 6.3-2 本项目在“三区三线”中的位置

6.3.2 与《莆田市国土空间总体规划（2021-2035 年）》（草案）的符合性分析

对应莆田市自然资源局 2023 年 3 月公示的《莆田市国土空间总体规划（2021-2035 年）》草案，至 2035 年，全市永久基本农田不低于 431.09km²，生态保护红线 2275.78km²，城镇开发边界 288.85km²，加强永久基本农田特殊保护，划定的生态保护红线，原则上禁止人为活动，严格禁止开发性、生产性建设活动。

本项目用海不涉及生态保护红线，项目符合《莆田市国土空间总体规划（2021-2035 年）》（草案）。

6.3.3 项目用海与相关产业规划的符合性分析

6.3.3.1 与《“十四五”现代能源体系规划》的符合性分析

2022 年 1 月 29 日，国家发改委、国家能源局印发《“十四五”现代能源体系规划》，提出坚持生态优先、绿色发展，壮大清洁能源产业，实施可再生能源替代行动，推动构建新型电力系统，促进新能源占比逐渐提高，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。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，重点建设广东、福建、浙江、江苏、山东等海上风电基地。

因此，本项目符合《“十四五”现代能源体系规划》。

6.3.3.2 与《国家海洋局关于进一步规范海上风电用海管理的意见》的符合性分析

《国家海洋局关于进一步规范海上风电用海管理的意见》（国海规范〔2016〕6 号）第一条规定：“鼓励海上风电深水远岸布局，在当前和未来开发强度低的海域选址建设，原则上应在离岸距离不少于 10 公里、滩涂宽度超过 10 公里时海域水深不得少于 10 米的海域布局。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。”本项目用海区域距大陆岸线距离为 23km，距南日岛海岸线最近距离约 2.7km，最远距离约 9km。由于福建地处台湾海峡西岸，海上还存在特殊的敏

感因素，在近海区域，还有多个岛屿在台湾当局的实际控制之下，现阶段能用于开发海上风电的海域较为有限，相对来说，本项目离岸距离已经较远；本项目场址未涉及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、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规划的生态红线区。本项目海底电缆埋设于海底面以下，施工期对渔业水域整体影响较小，项目建成后不会影响渔业养殖活动的开展。

根据国海规范〔2016〕6 号文规定：“充分考虑地区差异，科学论证，单个海上风电场外缘边线包络海域面积原则上每 10 万千瓦控制在 16 平方公里左右”，本项目外缘边线包络海域面积约 8km²，装机容量 16 万 kW，符合规定要求。总体来说，本风电场建设符合《国家海洋局关于进一步规范海上风电用海管理的意见》。

6.3.3.3 与《福建省“十四五”能源发展专项规划》的符合性分析

2022 年，福建省政府办公厅印发《福建省“十四五”能源发展专项规划》，规划要求，加大风电建设规模。积极推进规模化集中连片海上风电开发，在保障国防、海事、通航、生态等要求的前提下，科学组织海上风电开发建设。“十四五”期间有序择优推进《福建省海上风电场工程规划》内省管海域海上风电项目建设，新增开发规模 1030 万千瓦。

因此，本项目符合《福建省“十四五”能源发展专项规划》。

6.3.3.4 与《福建省近海海上风电场工程规划》的符合性分析

根据《福建省近海海上风电场工程规划报告》（报批稿），南日岛 C 区（调整）海上风电场北区项目工程场址位于南日岛东侧海域，场址中心离岸距离约 27km，离南日岛岸边 6km，规划面积 32km²，规划容量 30 万 kW，理论水深约 14~23m。根据协商，福建投资集团与龙源电力各负责开发一半装机容量，并签订备忘录。本项目位于规划区北区，见图 6.3-3，项目的建设符合《福建省近海海上风电场工程规划》。

物与生物制品、海洋工程装备制造、邮轮游艇、海洋环保、海水淡化等七大新兴产业。海洋能源产业中包含拓展海上风电产业链，有序推进福州、宁德、莆田、漳州、平潭海上风电开发，坚持以资源开发带动产业发展，吸引有实力的大型企业来闽发展海洋工程装备制造等项目，不断延伸风电装备制造、安装运维等产业链，建设福州江阴等海上先进风电装备园区。规划建设深远海海上风电基地。支持建设智慧海电大数据中心，开放共享海上基础设施，形成覆盖全省的海上风电行业资源共享平台。推进海上风电与海洋养殖、海上旅游等融合发展，探索建设海洋综合试验场。

本项目为莆田市南日岛 C 区海上风电场工程，符合《福建省海上风电场工程规划》，因此本项目符合《福建省“十四五”海洋强省建设专项规划》。

6.3.4.3 与《莆田市“十四五”海洋强市建设专项规划》的符合性分析

根据《莆田市“十四五”海洋强市建设专项规划》，以南日岛国家级海洋牧场示范区为试点，加快整合南日岛及平海湾岛湾岸资源，大力培育海洋经济发展新增长极，打造海洋牧场高质量、绿色发展的“南日岛样本”。积极推动生态高效渔业建设，促进养殖空间由近岸向深海拓展，鼓励发展深海养殖。探索发展“渔旅结合”新模式，推动海洋渔业同二三产业融合发展，实现海洋、文旅、绿色、数字经济深度融合，着力创建南日岛国家级海洋经济与文旅经济融合发展示范区。大力推进数字经济与海洋经济创新融合，建设“智慧渔场”。打造“海上牧场”多产业融合发展平台，推进海上风电与海洋牧场融合发展，探索渔光互补发展模式，深拓海上养殖与光伏发电立体空间。

本项目工程为风力发电工程，风电场运营期间，风机桩基可起到人工鱼礁的作用，可与海洋牧场建设融合发展，与《莆田市“十四五”海洋强市建设专项规划》的要求相符合。

6.3.4.4 与《南日镇总体规划（2012-2030 年）》符合性分析

根据《南日镇总体规划（2012-2030 年）》，本项目为规划产业方向第二产业“海洋清洁能源”，将“以培育战略性新兴产业为目标，科学规划建设海上风电场”。规划第一产业为“海洋牧场”，提出“以有效保护、修复南日海洋生态系统为建设重点，保护近海内湾环境，拓展外海养殖空间，建立海陆互补的新型生态渔业示范基地。海域建设风电基座、大型抗风浪网箱、鲍藻筏式养殖、人工鱼礁区、海

珍品生态底播等保护区。”规划第三产业为“滨海旅游”。“围绕莆田滨海旅游主题，一方面推出特色原生态海岛旅游，另一方面发展高端旅游业”。项目建设海上风电场为清洁能源，且可以与海洋牧场相结合，与旅游发展不冲突，符合其产业规划。

本项目建设海缆登陆点位于东罗盘岛东侧基岩岸线，登陆点位于“开放式养殖岸线”（见图 6.3-4）。项目登陆点不占用其规划用于码头、港口、渔港等建设用的“生产岸线”，项目海缆登录端使用定向钻施工工艺，从地下岩石层穿越现状基岩岸线，地面上不形成构筑物，不会影响周边景观，对周边海域和海岸带生态环境不会造成影响。

综上，项目建设符合《南日镇总体规划（2012-2030 年）》。

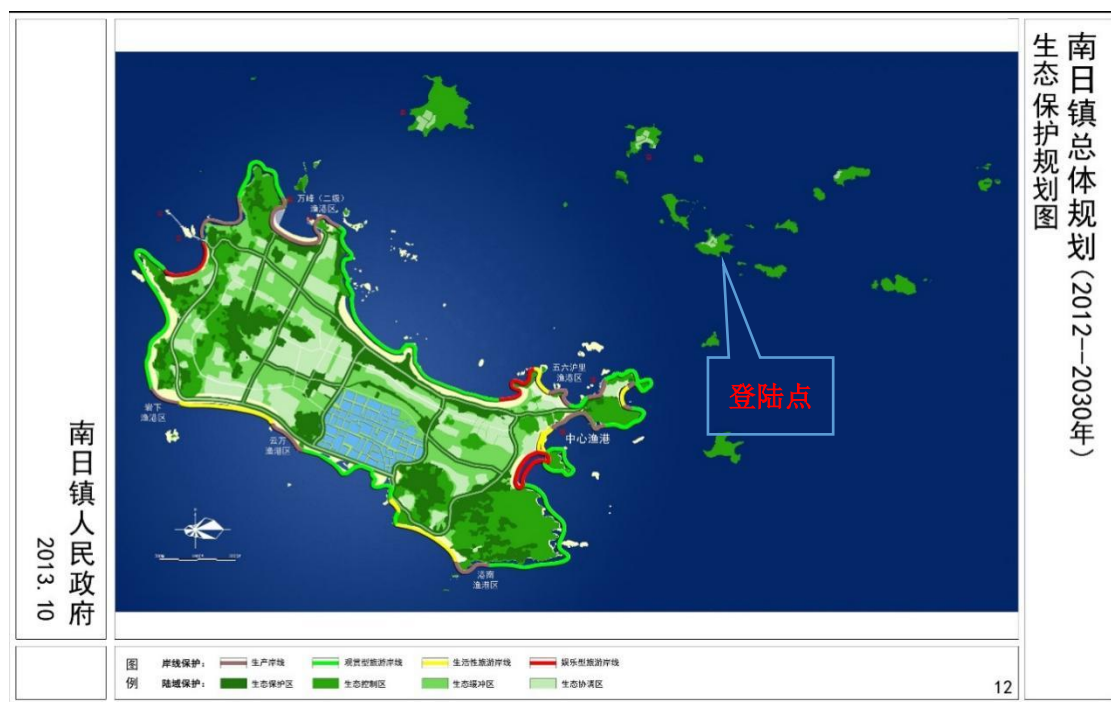


图 6.3-5 《南日镇总体规划（2012-2030 年）》

6.3.5 与其他相关规划的符合性分析

6.3.5.1 与《福建省海洋环境保护规划（2011-2020 年）》的符合性分析

根据《福建省海洋环境保护规划(2011-2020 年)》(图 6.3-6)，项目位于“2.1-20 南日岛渔业环境保护利用区”，其环保管理要求为：“严格控制陆源污染物的排放，合理控制养殖规模和选择养殖品种，防止养殖自身污染。恢复渔业资源、建设海洋牧场。”环境质量目标：海水水质执行二类标准，海洋沉积物质量近期执行一

类标准、远期执行一类标准，海洋生物质量近期执行一类标准、远期执行一类标准。本项目为海上风电工程，属于清洁的海洋可再生能源，对海洋环境的影响较小，施工期造成的影响是暂时的，可恢复的，运营期对环境基本不产生影响。项目建设符合“南日岛渔业环境保护利用区”的环保管理要求，因此，本项目可以与《福建省海洋环境保护规划（2011-2020年）》相衔接。

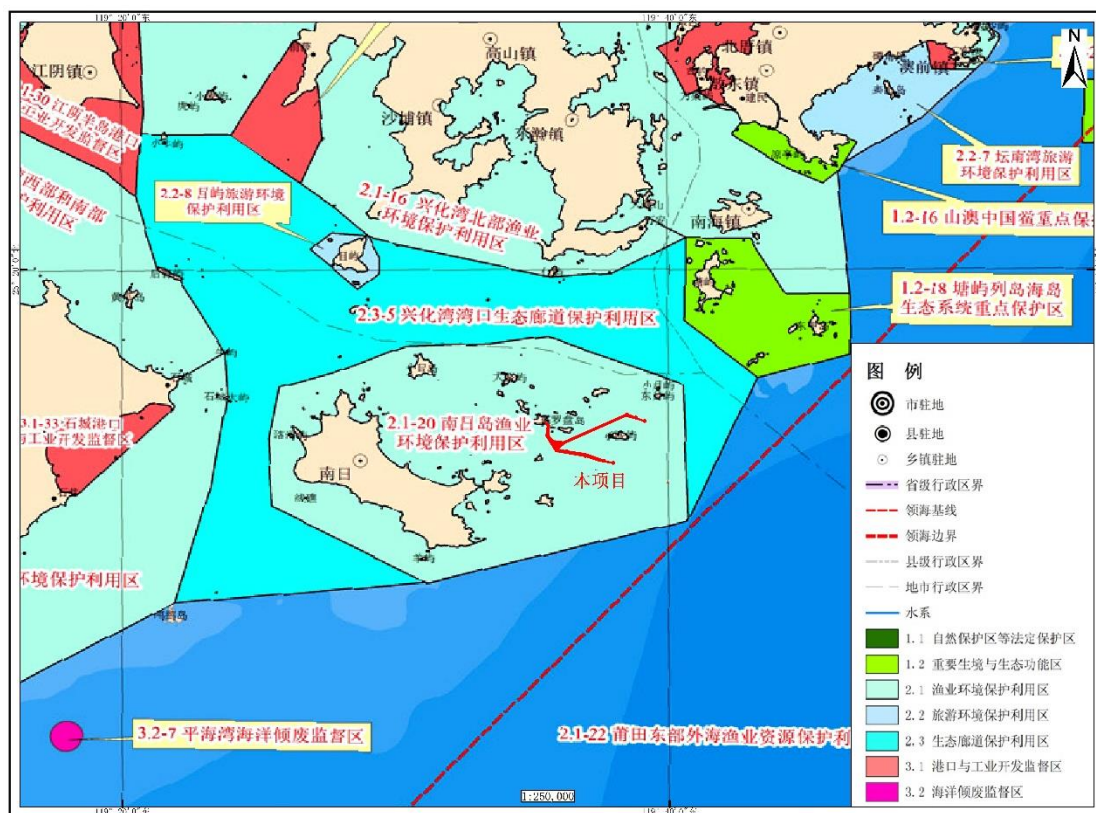


图 6.3-6 本项目与《福建省海洋环境保护规划》（2011-2020 年）关系

6.3.5.2 与《福建省海岛保护规划（2011-2020 年）》的符合性分析

工程区附近水域的海岛主要有大麦屿、小麦屿、横沙屿、东沙屿、大鳌屿、小鳌屿和赤山仔等无居民海岛。根据《福建省海岛保护规划》，南日群岛区域的无居民海岛主要定位为保留类海岛、渔业用岛和海洋保护区内海岛，在海岛分区规划中南日群岛整体属于近岸保留区（图 6.3-7）。

近岸保留区是指位于海湾口门以外的较开放海域范围内的海岛，已受到一定程度的人类活动干预，但因自然条件较差，目前对其进行开发的条件尚未成熟。因此，该区域内的海岛目前无法确定其保护与开发利用方向，主要确定为保留类，保持海岛保护与开发利用现状，在进行开发利用前，须进行严格的科学论证，确定其保护与开发利用类型及保护方案。该区域海岛近期不进行大规模开发利用，

主要维持现有的海岛自然状态，并对海岛景观进行适当保护，可允许不改变海岛自然属性和环境影响较小的开发利用活动；根据海岛资源特征和利用需求，经科学论证后确定海岛保护与开发利用方向，并制定针对性的保护对策。

本项目为海上风电场项目，不会在海岛上进行开发活动，不影响海岛地形地貌和岛上生态环境，可维持海岛现状。对照《福建省无居民海岛保护计划》，计划范围为大潮高潮面以上面积超出 500m² 海岛，包含无居民海岛岛陆、岛滩、岛礁及周围海域（通常距离岛屿海岸线 500~1000m 以内）。本工程风机布设距离周边海岛距离 600m 以上（最近为 T10 风机和小炉礁），整体对未来海岛规划建设影响较小，符合《福建省无居民海岛保护计划》要求。

综上所述，本项目的建设符合《福建省海岛保护规划》的管理要求。

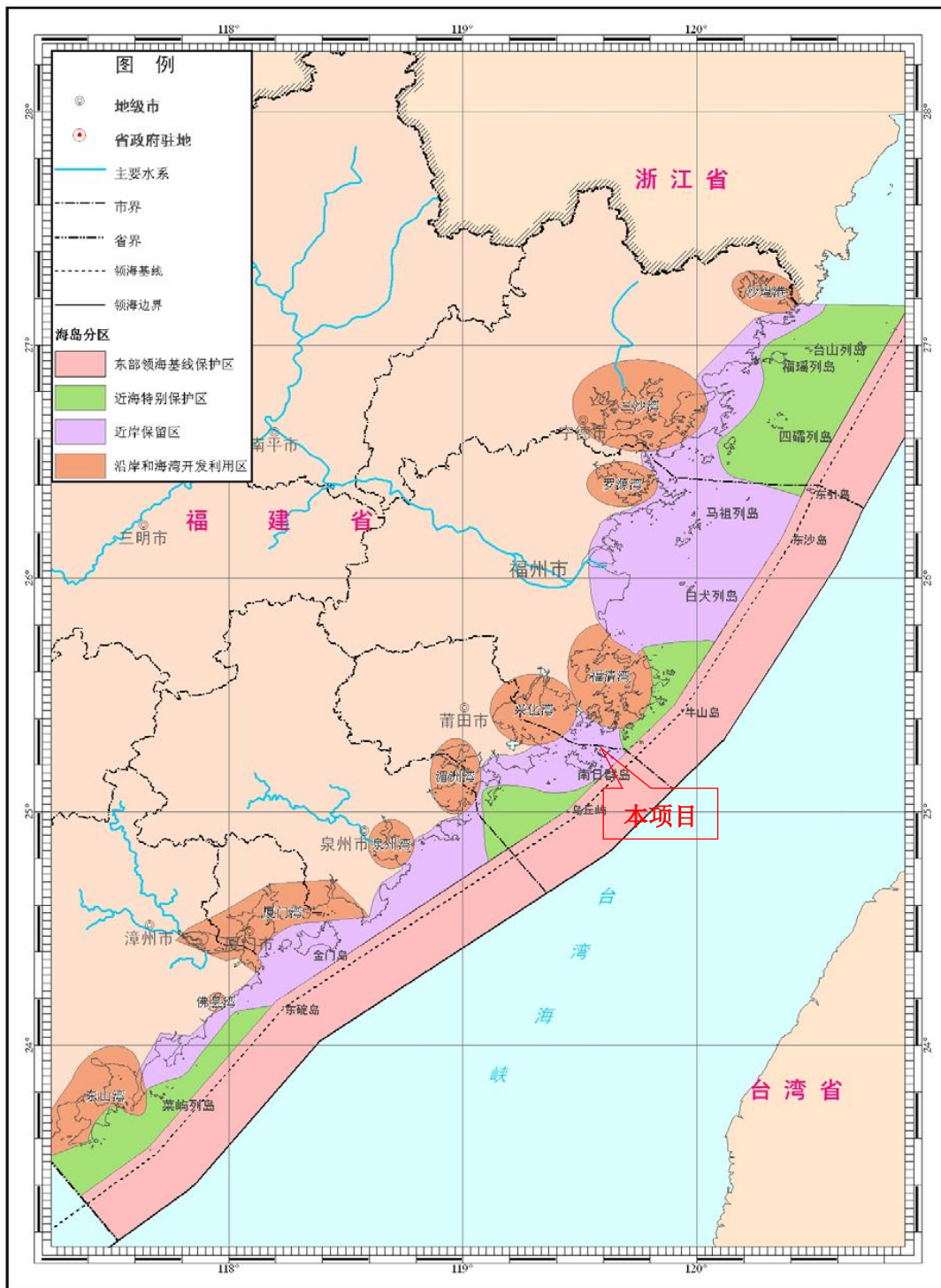


图 6.3-7 福建省海岛保护规划分区示意图

6.3.5.3 与《南日十八列岛无居民海岛保护和利用规划》（2013~2020 年）的符合性分析

项目区附近水域的无居民海岛主要有大麦屿、小麦屿、横沙屿、东沙屿、大鳌屿、小鳌屿和赤山仔。《南日十八列岛无居民海岛保护和利用规划》中规划的

海岛主要有小月屿、东月屿、东都屿、东沙屿、尾沙屿、横沙屿、小横沙屿、莆田小麦屿、大鳌屿、赤山仔、小鳌屿、西罗盘岛、鸡母屿、小鳌屿、鳌屿仔岛。

根据《南日十八列岛无居民海岛保护和利用规划》的分区规划（图 6.3-8），本项目区附近无居民海岛主要处于可再生能源区及生态保护区。其中，赤山仔、大鳌屿和小鳌屿规划为可再生能源区，主要规划用于风能、太阳能、潮流能、波浪能等可再生能源的开发利用，及利用无居民海岛构筑可再生能源开发的基础设施或辅助设施。区域规划要求加强海岛生态环境保护，防止造成海岛地形、岸滩、海岛生态和海洋环境的破坏。规划期内以可再生能源利用为主，兼容渔业用岛，赤山仔和大鳌屿还兼容公共服务用岛。

横沙屿、东沙屿、小麦屿规划为生态保护区，该区规划要求加强海岛资源和生态系统保护，特别应加强区内海鸟营巢地保护，促进无居民海岛生态系统良性循环，保护周边的岛礁，保护海岛景观，促进鸟类资源的繁殖恢复，消除和减少人为的不良影响。科学开展海岛生态修复，生态修复项目在实施前应进行严格论证，避免对莆田尾墩屿、月合岛、竹竿屿等较大规模海鸟营巢地造成影响。在海岛生态系统保护不受影响的前提下，可适当开展观光旅游，渔业生产，以及科研、测量等公共服务活动。

本项目为莆田南日岛 C 区（调整）海上风电场工程（北区项目），工程为风能开发利用建设，符合可再生能源区海岛分区规划的要求；项目建设不会在附近海岛上进行开发活动，为了便于基础施工，风机在布置时已尽量避开岛礁，与岛屿的避让距离按相关要求控制在 500m 以上，项目的建设不会对附近海岛的自然状态产生破坏，一定程度上保护了周边的海岛资源及其生态系统，符合生态保护分区的规划要求。综上所述，本项目建设符合《南日十八列岛无居民海岛保护和利用规划》的相关要求。

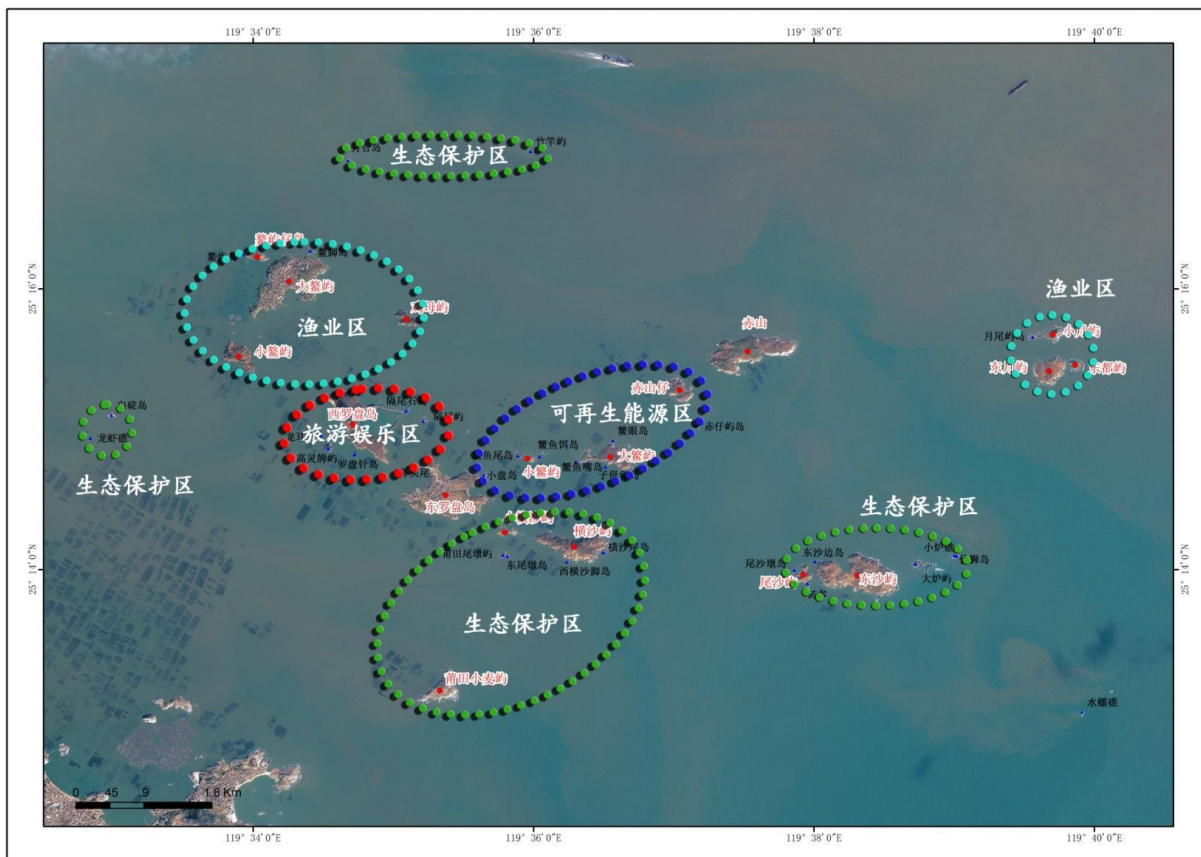


图 6.3-8 南日十八列岛无居民海岛保护和利用分区图（不包括海域）

6.3.5.4 与《福建省海岸带保护利用规划》（2016-2020 年）的符合性分析

根据《福建省海岸带保护利用规划》（2016-2020 年），规划工业开发的重点任务中提到：“积极培育发展海洋新兴产业。优先培育发展海洋生物制药、海洋生物制品、海洋生物材料等产业，重点发展海洋可再生能源装备、海洋矿产资源开发装备和海水淡化利用设备，积极推进莆田平海湾和南日岛、平潭长江澳和大练岛、宁德霞浦等一批海上风电项目建设，研究利用潮汐能和海洋天然气水合物等，培育具有较强示范带动作用的海洋能产业基地”，其中包括本项目海上风电建设。

本工程登陆点所在东罗盘岛规划为农渔业岸线，见图 6.3-9，根据福建省海岸带功能板块规划方案，项目周边海岸带功能板块为农业渔业板块，属于控制性保护利用区。农渔业板块规划“重点保护农渔业资源，积极推进大中小渔港的配套建设，优化发展现代渔业，加快转变农业发展方式”等。根据周边现状和规划渔港建设，项目登陆占用岸线不会影响渔港配套建设。本项目建设海上风电场，与渔业发展是可兼容的，风机基础可作为建设人工鱼礁的基础设施，与南日岛海

洋牧场结合建设，发展现代渔业。

综上，本工程建设符合《福建省海岸带保护利用规划》（2016-2020 年）。

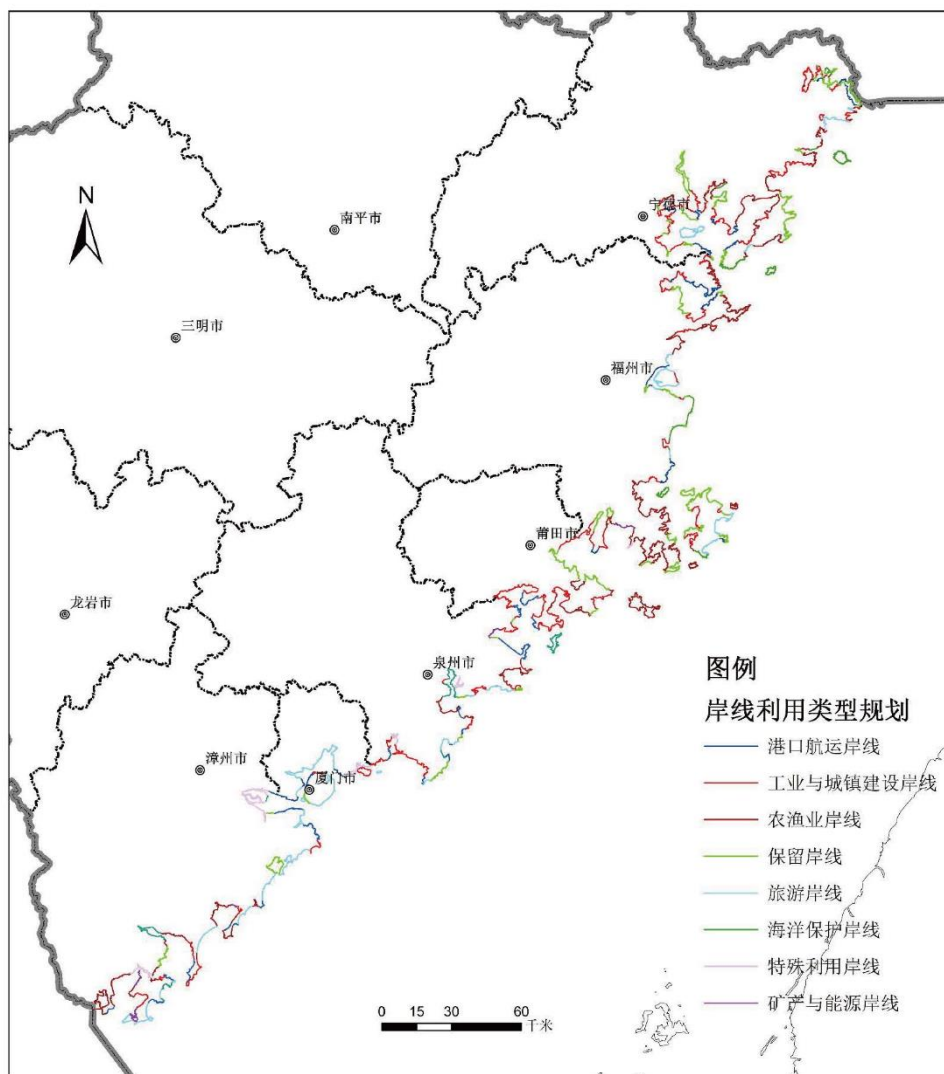


图 6.3-9 《福建省海岸带保护利用规划》（2016-2020 年）中岸线分类规划

6.3.5.5 与《福建省“十四五”渔业发展专项规划》的符合性分析

根据《福建省“十四五”渔业发展专项规划》，“十四五”期间要建设南日岛、诏安城洲岛等海洋牧场，投放人工鱼礁 2000 多个，5 万多空方。打造定海湾、南日岛、湄洲湾南岸、东山湾、诏安湾等 5 个绿色养殖示范区。重点培育打造南日岛等海洋牧场产业融合示范区，实现养殖业、休闲渔业、碳汇渔业、智慧渔业等产业融合发展。

本工程为风电工程，工程施工期主要影响为桩基施工、海缆敷设产生的悬浮物对周围海水水质的影响，施工结束后影响也随之消失，施工期间对海域的占用

以及对水质的局部影响都是暂时的，工程建成后对区域的渔业养殖发展影响较小，不影响养殖的主导功能，且可根据风电场风机布置与养殖业探索立体生态养殖，风电场运营期间，海上风机的基础部分可以起到人工鱼礁的作用，变相丰富了鱼类的食物来源。因此本项目符合《福建省“十四五”渔业发展专项规划》的要求。

6.3.5.6 与《莆田市南日岛海洋牧场总体规划（2014-2020年）》协调性分析

根据《莆田市南日岛海洋牧场总体规划（2014-2020年）》，海洋牧场规划“人工鱼礁区”、“藻类筏式养殖区”“国家级种质资源保护区”三个部分，见图 6.3-10。南日岛海洋牧场规划目标为“创建世界上首个海上风电与海洋牧场有机结合的示范区，打造一个全国规模最大、品种众多、模式先进的海洋牧场，建设一个陆海统筹、全产业链发展、生态安全的碳汇渔业基地。”海洋牧场总体规划依托风电产业，重点发展海水养殖和人工鱼礁，探索海上风电场与海洋牧场建设相结合的开发模式，着力提升海洋牧场生态养殖功能。规划策略是以生态环境保护优先为主导，并兼顾增养殖的有效产出；根据海域的条件和风电资源优势，将海洋牧场与海上风电场创新性的相结合；规划重点是优先布局海洋牧场的人工鱼礁核心功能区，以增殖放流结合多营养层次立体综合养殖模式为主要途径，对海域资源要素进行有序的利用和有效承载。

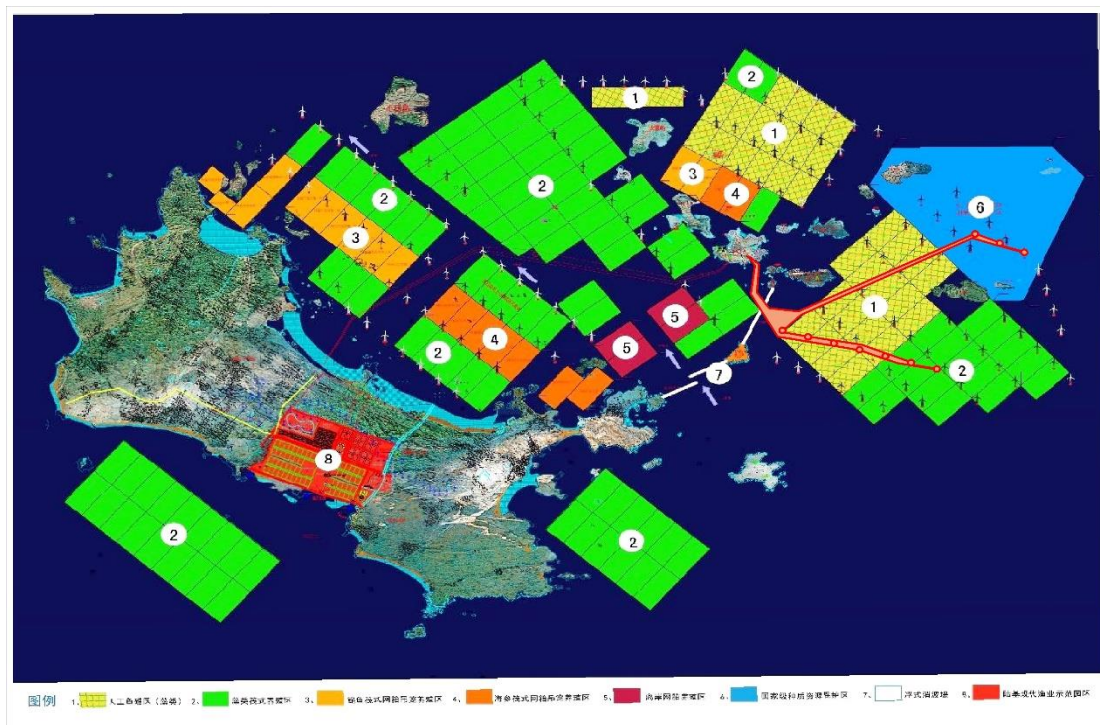


图 6.3-10 《莆田市南日岛海洋牧场总体规划（2014-2020年）》

根据 2018 年 11 月 19 日，莆田市秀屿区人民政府关于莆田市南日岛国家级海洋牧场示范区的海域施工权的说明，海洋牧场人工鱼礁区规划调整后位于秀屿区南日岛西北海域，临东罗盘岛、横沙屿，分二个片区，总面积 7.24km²，见图 6.3-11。该海洋牧场人工鱼礁区级周边海域尚未确认使用权属，规划至 2025 年总投资达 1 亿元，投放钢筋混凝土鱼礁构建总空方达 75000 立方米。该示范区人工鱼礁区（5~7 期）于 2020 年 7 月竣工，于 2021 年 11 月采用用高分辨率多波束测深系统(含声呐功能)对鱼礁分布位置、鱼礁形态(倾斜、堆积等)、鱼礁数量等内容进行探测测量，测得实际位置见图 6.3-11。

本工程 T05、T06 风机位于示范区内，海缆穿越规划南日岛国家级海洋牧场示范区，具体位置见图 6.3-11。



图 6.3-11 本工程与莆田市南日岛国家级海洋牧场示范区位置关系图

本项目风机基础的建设可以与海洋牧场规划相结合，开发风电基座与人工鱼礁结合的复合型鱼礁区增养殖模式。项目风机基础的鱼礁效应，可为海洋生物提供生存环境，促进渔业资源得到更好的生长和养护。因此，项目建设与“莆田市南日岛国家级海洋牧场示范区”是可协调的。

6.3.5.7 与《莆田市秀屿区海水养殖水域滩涂规划》的协调性分析

本工程位于南日岛养殖区，根据《莆田市秀屿区海水养殖水域滩涂规划

（2018-2030 年）》，规划海域面积 24678hm²，养殖现状为藻类、贝类养殖。管理措施“保障开放式养殖用海、渔业基础设施用海，优化养殖结构，兼容新能源工业用海、滨海旅游用海，该区水质需符合渔业水质标准。适宜养殖。严格控制养殖密度、污染物排放不得超过国家和地方规定的污染物排放标准。按照水产养殖技术规范要求，合理布局，控制养殖密度。加强养殖环境和产品质量检测。该区域有航道、海底线缆、供水管道、风电用海区域，养殖过程中应执行有关规定，禁止可能破坏海底线缆、管道安全的海上养殖行为，注意避开航道”。

本项目风机和海缆保护区范围内禁止养殖，工程建设将占用部分海域，导致养殖功能丧失，养殖水域面积减少，给现状养殖户造成一定的经济损失。同时，施工期悬浮泥沙增量浓度>10mg/L 的范围可能对周边浅海养殖的藻类、贝类的正常生理行为产生影响，提高其死亡率或影响生长。但该影响是暂时的，可恢复的，待工程施工结束后，悬浮泥沙迅速沉降。

本项目应制定相应的协调补偿方案，再落实补偿方案的情况下，项目建设与《莆田市秀屿区海水养殖水域滩涂规划（2018-2030 年）》可协调。

表 6.3-2 秀屿区养殖水域滩涂规划登记表（摘录）

代码	规划区名称	规划区类型	管理措施
3-1-1-01	南日岛养殖区	养殖区	保障开放式养殖用海、渔业基础设施用海，优化养殖结构，兼容新能源工业用海、滨海旅游用海，该区水质需符合渔业水质标准。适宜养殖。严格控制养殖密度、污染物排放不得超过国家和地方规定的污染物排放标准。按照水产养殖技术规范要求，合理布局，控制养殖密度。加强养殖环境和产品质量检测。该区域有航道、海底线缆、供水管道、风电用海区域，养殖过程中应执行有关规定，禁止可能破坏海底线缆、管道安全的海上养殖行为，注意避开航道

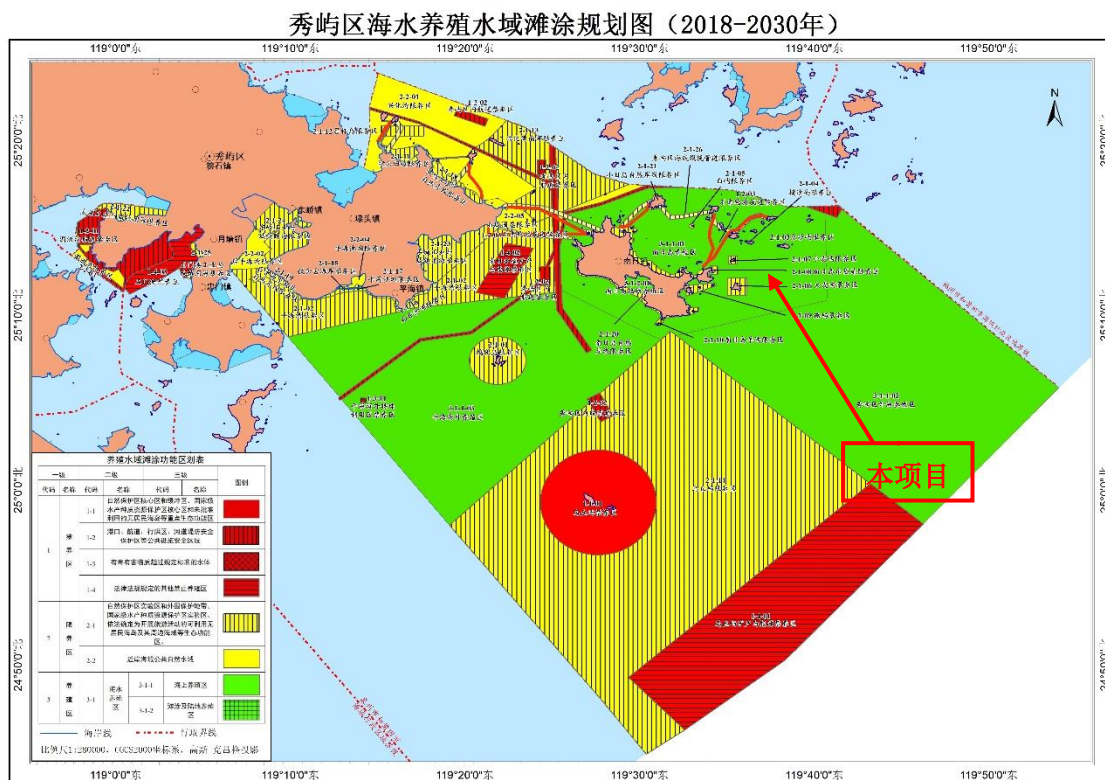


图 6.3-8 本项目在《莆田市秀屿区海水养殖水域滩涂规划（2018-2030）》位置

7 项目用海合理性分析

7.1 项目用海选址合理性分析

7.1.1 项目选址合理性

南日岛海上风电场一期工程已于 2013 年获准开始前期工作，由福建龙源海上风电有限公司投资建设，共布置 100 台单机容量为 4.0MW 的风电机组，总装机容量 40 万 kW。根据原《莆田南日岛海上风电场规划》，二期工程为原规划的 B 南区和 C 区，面积约 40km²，规划设计容量 35 万 kW。

根据《福建省近海海上风电场工程规划报告》（报批稿），二期工程调整为南日岛 C 区（调整）海上风电场工程，调整后的 C 区场址位于南日岛东侧海域，场址中心离岸距离约 27km，离南日岛岸边 6km，规划面积 32km²，规划容量 30 万 kW，理论水深约 14~23m。

根据协商，福建投资集团与龙源福建公司各负责开发一半装机容量，并签订备忘录。本项目为莆田南日岛 C 区（调整）海上风电场工程（北区项目），规划设计总装机容量为 15 万 kW，因此，本项目的用海选址符合规划风电场范围，其选址合理。

7.1.2 项目选址与区位、社会条件的适宜性

7.1.2.1 社会经济条件

福建省位于我国东南沿海，福建又有闽东、闽中、闽南、闽北、闽西之分，闽东是指东部闽江中下游及东北部山区的广大区域，临台湾海峡和东海；闽中主要指莆田；闽南指福建南部九龙江、晋江流域的区域、闽北指北部的闽江上游地区；闽西指福建最西端的州郡汀州。福建省是经济发展最快的省份之一，2017 年经济总量位居全国第十位。

莆田是海峡西岸一座正在崛起的新港口城市，地处福建沿海中部，北连福州，南接泉州，西依戴云山脉，东南濒临台湾海峡，是发展对台经贸的重要基地，也是福建省重点侨乡之一。陆域面积约 4200km²，总人口约 343 万人。境内海岸线长达 443km，拥有湄洲湾、兴化湾、平海湾等众多天然良港。福厦公路、福厦高速公路横贯市区东南，形成区域经济发展的“大动脉”。莆田市区含城厢区、荔

城区、涵江区、秀屿区四个区。莆田市主要工业有非金属矿物制品、化学原料及化学制品制造业、有色金属冶炼及压延加工业、通用设备制造业、电气机械及器材制造业、交通运输设备制造业、通信设备、计算机及其他电子设备制造业、仪器仪表、文化、办公用机械制造业、家具制造业、纺织服装、鞋、帽制造业等，产业结构优化升级，工业经济持续快速发展。因此，本项目的区域经济优势明显。

7.1.2.2 对外交通运输设施条件

本项目位于福建省莆田市秀屿区，莆田市地处福建沿海中部，交通便利，有着较发达完善的公路、铁路和水运等对外交通运输体系。

（1）公路条件

莆田市公路网规划形成以“五纵三横”主干线公路为主骨架，县域干线公路网为补充，以农村道路网为基础，三个层次的公路网络布局。“五纵三横”是贯通莆田市辖区内各县区、连通沿海重要港口、沟通莆田与周边地区的重要通道。目前已形成以沈海高速公路、福厦公路（324 国道）及省道 S201、S202、S306 线为主框架，以县乡公路为干线的四通八达的交通运输网络。

县道 X224 线从秀屿黄石始至埭头镇石城码头。县道 X214 线从秀屿笏石始经埭头镇至平海镇。秀屿港至省道 S202 线为秀屿疏港路，为 56 米宽二级公路。东吴疏港公路（城港大道二期）36 米宽，为二级公路。石城疏港公路工程近期按二级公路标准实施，远期规划为市政道路，道路路基宽 30m 路面宽 24m。目前各港口对外交通可通过现有公路与外界相通。

（2）铁路

境内目前有福厦高速铁路经过，福厦铁路为是全国“八纵八横”的铁路网骨架之一，系国家一级双线电气化铁路。向莆铁路和湄洲湾港口铁路支线已建成通车，湄洲湾港口铁路支线直达东吴港区。

（3）水路

福州江阴港区位于我省最大海湾——兴化湾的北岸中部，湾内港区风浪较小，常年不冻不淤，规划岸线 14.6km，规划建设 55 个泊位，最大泊位为 25 万吨级。国道 324 线接长 11.6km 的新（厝）江（阴）公路直抵港区，渔平高速江阴疏港支线亦已通车运行，江阴疏港铁路支线也已通车，港口交通方便。江阴港区距离本项目区中心距离约 46km。

石城渔港码头位于石城轮渡北码头东面，与工程所在区域相邻。该渔港建有 3000t 级码头岸线 126m，600t 级码头岸线 205m，陆域形成面积近 2 万 m²，该码头距施工场地较近，水运距离约为 24km，地理位置条件优越。该码头于 2009 年改扩建为国家一级渔港码头，以渔业运输为主，码头设施较为简单，日常使用的起重设备仅为轻量级的履带吊车。

平潭港区分为金井、流水、澳前等作业区。金井作业区：1 号泊位为 2 万吨级双船体高速滚装渡轮专用泊位一，2 号泊位为 2 万吨级对台客货滚装码头泊位，3 号泊位为 15 万吨级国际邮轮泊位；4、5 号泊位为 5 万吨级多功能泊位。2 号、3 号泊位已投入使用。金井港区距离本项目区中心距离约 33km。

7.1.2.3 施工物资供应条件

（1）主要建筑材料

本工程建设所需的物资主要为钢材、水泥、木材和油料等，本工程地处福建沿海经济发达地区，建筑材料市场规模较大，当地资源储备充足。工程建设所需的水泥可以向福建水泥厂、龙岩三德水泥厂、南平武夷水泥厂和大田红狮水泥厂等厂家采购供应，陆路从厂家可直接运至风电场施工临时租地。砂、碎石等其它建筑材料可在附近就近购买，必要时可在邻近的市区砂石料厂采购。亦可从当地混凝土搅和站直接采购所需标号的商品混凝土。钢材可从福建三钢集团等厂家直接购买。钢构将生产厂家众多，主要集中在福州连江、厦门、漳州等地，由工厂生产，由运输驳船运至工程现场。钢管桩委托宁波市、江苏等地区具有加工风机基础钢结构能力的大型生产厂家制作，通过海路运输。油料、气可直接从当地的油料、油气供应公司购买。

（2）施工水电条件

施工现场生产、生活用水分为陆上、海上两部分，陆上施工现场生产、生活、消防用水可通过引入附近乡镇城市供水系统。海上施工用水通过淡水补给船，从江阴码头、石城渔港码头接当地自来水管供水供应。

临时施工区施工电源拟从附近的 10kV 线路接至施工区，在施工区设置 10/0.38kV 的变压器，输出 380V 和 220V 的电压等级的电流，供施工使用。海上施工用电由各船只自备的柴油发电机等设备供应。

（3）施工机械设备条件

根据本工程特性，主要施工设备为打桩设备、吊装设备。

通过对我国现有海上施工设备的调查，根据海上风电机组安装方式的要求和施工设备的性能等，国内起重船等设备基本可以满足安装施工要求。

根据风机基础桩基特性，调查国内可满足施工要求的打桩设备，目前大型打桩船可满足本工程需要。

综上所述，本项目的选址区位条件优越、交通运输较便捷、配套资源和建设条件完善，均能较好的支撑本项目的建设。因此，本项目选址与社会条件是相适应的。

7.1.3 项目选址与自然资源、环境条件适宜性分析

7.1.3.1 风力资源适宜性分析

拟建工程附近海域属亚热带海洋性气候，又属于东亚季风区，该地区季风气候占主导地位，风向季节变化性强。根据风电场已建测风塔的实测数据，本场址具有：

（1）风能资源丰富

1275#测风塔 100m 高度年平均风速为 9.56m/s，年平均风功率密度为 855W/m²；风功率密度等级为 7 级。数据表明本场址风能资源丰富，具有很好开发利用价值。

（2）风向稳定，风能分布集中

风电场风向主要集中在 NNE、NE，占全部风向的 56.68%，风能主要集中在 NNE、NE，占全部风能的 81.04%。可看出本风电场风能资源集中，有利于风能资源利用。

7.1.3.2 工程地质条件适宜性分析

项目地处华南加里东褶皱系东部浙—闽—粤中生代火山断裂带中段，属新华夏第二隆起带的东南缘，地质构造上主要受 NNE 向长乐～南澳大断裂及其次级构造控制；陆地地震动峰值加速度为 0.15g，相当于地震基本烈度 VII 度，区域构造稳定性较差。项目区水深介于 5m～27m 之间，除岛礁区外，海底地形较为平缓，海底礁石分布较广，部分海域海底泥面坡面较陡，软土分布区域存在海底滑坡的可能性。工程区附近钻孔表层一般为海积堆积，沉积物为沙或淤泥，厚度不

一，大于 7.5m；基底为燕山期花岗岩，强风化层厚度大于 1.4m；沉积物厚度满足缆线埋深 2.0m 要求。电缆路由设计根据现有地形资料绕过礁石区或礁石浅埋区，尚未发现其它不良地质作用，场地适宜性分类属较适宜场地，从工程施工的角度来看，海底电缆的敷设应在进一步勘察的基础上选择合适的施工方案。

项目区海水对混凝土结构具强腐蚀性，对混凝土结构中钢筋在干湿交替的情况下具强腐蚀性，在长期浸水情况下具弱腐蚀性；项目区沉积物为中等强度腐蚀环境，对海底非金属材质（主要为钢）的电缆腐蚀影响较小，对钢的结构存在强的腐蚀作用。在施工过程中对钢结构需要进行电化学的防腐蚀处理。

7.1.3.3 冲淤环境适宜性分析

工程海域冲刷速率约在 2.99~3.88m/a，即呈弱冲刷态势。总的来说，工程海域海床相对稳定，冲淤变化不大，适宜风电场建设。

风电场建设后，由于桩基阻水效应有限，本风电场工程建设对当地潮汐和潮流特性影响较小，工程建设前后工程区所在海域的潮波特性及涨、落潮流场特征基本一致。虽然风机的建设对大范围潮流场的影响很小，仅对风机桩基局部流态的变化存在一定影响，其影响范围仅限于风机桩基周边局部的潮流场。

根据本项目数模报告，风电场建成后，风机周边海域沿涨落潮流方向发生淤积现象，而垂直于潮流主轴方向的周边海域则表现为弱冲刷。风机桩基约 400m 范围内淤积厚度平均增加在 0.03m 内；个别区域如小麦屿东南侧、东沙屿的东南和东北侧、横沙屿的南侧，淤积厚度在 0.03~0.06 之间。风电场的建设会造成工程海域泥沙运动发生一定变化，但泥沙的淤积范围主要集中在风机桩基周围及厂区附近，总体而言冲淤幅度不大，并且距离场区越远，影响越小。

综上所述，本项目选址区域具有丰富的风能资源，工程地质条件、冲淤环境适宜风电场的建设，在设计阶段已经考虑了气候条件的不利影响，因此项目的选址自然资源、生态环境适宜。

7.1.4 项目用海选址与区域生态系统的适应性分析

海上施工时泥沙入海将导致浮游生物数量减少，电缆埋设作业将彻底破坏该区内底栖生物的栖息环境，对该区域内的底栖生物造成不可逆转的损害，对周围海洋生物造成一定的影响。

风电场施工区域主要为鸥类，鸟类的种类和数量较少，属于广泛分布的种类，为常见物种，且多数属于轻微或者中度受干扰的种类。因此，施工期虽然对鸥类的觅食、活动将产生一定的负面影响，减少了一些觅食、活动地域，但受影响的物种及其数量有限，项目区周边可以容纳其继续生存，能有效缓解这些负面影响，其影响是可以接受的。项目区 400m 以内的鸟类种类和数量较少，风电场的建设占用的面积较小，且风电场建设后，鸟类仍可以停留在项目区。因此风电场建设后，对当地鸟类的栖息地影响较小，项目的建设对鸟类的栖息地影响在可接受范围。本项目施工噪声对渔业资源的影响主要体现于对鱼类的驱赶作用，经实验研究表明：风电场运营期总体的水下噪声强度比较低，对海洋生物的行为等不会带来明显影响。

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 35kV 的集群海底电缆，由于磁场在海域介质中的衰减特性，在离机群中心距离 1m 外，磁感应强度已降为 $1\mu\text{T}$ 以下，对海洋生物的影响在可接受范围内。据本项目实验室模拟实验，风电场电磁环境对该海域中典型的海洋鱼类和底栖生物（大黄鱼、锚尾鰕虎鱼、半滑舌鳎；虾类和贝类有对虾，口虾蛄；菲律宾蛤仔等）受风电磁场影响在可接受范围内。

工程所在地环境质量现状良好，工程建设对海洋环境和生态具有一定的影响，在严格落实环境影响报告所提出的环保措施，落实资源保护与补偿措施前提下，工程建设所造成的环境影响和环境资源损失在可以接受的范围内，从环境保护角度考虑，本工程建设是可行的。

7.1.5 项目选址与周边其他用海活动适宜性分析

本项目的开发建设，符合《福建省近海海上风电场工程规划》，2022 年 5 月，国家能源局批复原莆田南日岛海上风电场二期项目调整为莆田南日岛 C 区（调整）海上风电场项目，调整后的场址规划装机容量 30 万千瓦。风电场的开发建设能有效的促进地方经济，带动风电产业链的发展，改善当地电网的电源结构。项目建设登陆点和陆缆电缆沟占地面积较小，对当地村民渔业养殖和陆域生产活动干扰都较小。本项目登陆点位于东罗盘岛“开放式养殖岸线”，登陆点不占用其规划用于码头、港口、渔港等建设用的“生产岸线”，项目登陆段占用基岩岸线

20m，但是采用定向钻施工工艺，不会对岸线及潮滩的自然属性及原始景观产生影响，对周边海域和海岸带生态环境不会造成影响。因此登陆点利用自然岸线与南日镇罗盘村委是可协调的。

本项目占用现有渔业养殖区主要为岛屿周边的藻类养殖，施工期对周边养殖的影响是暂时的，可与相邻养殖项目业主协商错开养殖时间施工，或按实际影响协商经济赔偿。

项目对江阴港区进港航道正常航行的船舶之间不存在显著的影响，不会明显影响沿海航行习惯航路的船舶方法和交通流分布，但风电场建设将改变航道附近现有环境和航行条件，航路航行的船舶与本工程的风机之间存在碰撞危险。建设单位通过加强管理和沟通协调，其影响是可控的。本工程建成后对周边习惯航路航行的船舶的影响较小，适当调整航行习惯可以避开拟建风电场水域。本项目在严格落实通航安全保障措施、相关限制条件和建议的前提下，工程完成后可满足风电场周边海域过往船舶的安全通航要求。

本项目风电场距离小月屿锚地较近，但习惯航路和船舶航迹密集区均位于锚地的南侧，船舶实际航行时从锚地南侧航行和进出。建设单位应与当地港航管理部门福建湄洲湾港口管理局协调沟通，通过宣传和管理，引导船舶进出锚地时与本工程的风机保持足够的安全距离，避免碰撞危险。

项目风机布置已经避让了军用光缆，建设单位在施工期加强管理注意安全防范措施，禁止施工船在光缆区域抛锚，可以避免对光缆的损害。建设单位可以制定施工期对已建光缆保障措施，与军方积极沟通取得同意。

综上所述，拟建设项目的利益相关者协调是可行的，也是可以达成最后的协调方案的，项目存在发生重大利益冲突的可能性很小。

7.2 用海方式和平面布置合理性分析

7.2.1 风电机组平面布置合理性分析

7.2.1.1 风电场机组选型

风电场1275#测风塔实测100m高度代表年平均风速为9.56m/s,年平均风功率密度为855W/m²。有效风时为8147h，全年有效风能密度为7520kWh/m²，推算至海平面150m高度代表年平均风速为9.63m/s,年平均风功率密度为873W/m²，风功

率密度等级为7级。数据表明本场址风能资源丰富，具有很好开发利用价值。场区海平面150m 高度处标准空气密度下50年一遇最大风速为47.21m/s。考虑到风电场安全运行，应选择符合IEC标准的IC类及以上的风机机组。

综合考虑当前国内海上风电机组的制造供货能力，以及现场的风况特征、环境条件，设计阶段选择适合本风电场的三种机型进行技术经济比选，并确定装机方案，该三种机型均为目前市场先进机型。各机型的主要技术参数及其功率曲线参见表 7.2-1 和图 7.2-1。

表 7.2-1 备选机型的主要技术规范

项目		单位	WTG13-245	WTG13.6-252	WTG16-262
概况	单机额定功率	MW	13	13.6	16
	IEC 等级		S	S	S
	运行温度		常温	常温	常温
	风轮直径	m	245	252	262
	轮毂高度, m		150	150	150
	功率调节		变桨变速	变桨变速	变桨变速
	起动风速	m/s	3	3	3
	额定风速	m/s	15	13.5	14.5
	切出风速	m/s	25	25	25
	安全风速	m/s	77	77	77
	运行寿命 (最小)	年	25	25	25
叶片	长度	m	120	122	128
	数量	个	3	3	3
	扫风面积	m ²	47144	49876	53913
	材料		碳纤维增强环氧树脂复合材料	碳纤维增强环氧树脂复合材料	碳纤维增强环氧树脂复合材料
齿轮箱	型式		/	多级行星传动	/
	型式		直驱	中速永磁	直驱
发电机	额定功率	kW	13000	14250	16000
	额定电压	kV	1.14KV (变压器可内置于塔筒内)	1.14KV (变压器可内置于塔筒内)	1.14KV (变压器可内置于塔筒内)
	额定频率	Hz	50	50	50
	功率因素		0.95 感性- 0.95 容性	0.95 感性- 0.95 容性	0.95 感性- 0.95 容性
	控制系统		PLC	PLC	PLC
控制系统	变桨机构		电动	电动	电动

及其他	刹车系统		空气动力学制动+ 液压盘式制动	空气动力学制动+ 液压盘式制动	空气动力学制动+ 液压盘式制动
	偏航系统		电动机驱动	电动机驱动	电动机驱动
各部重量	机舱重量 (含发动机)	t	约 439	/	约 560
	风轮重量	t	256	/	310

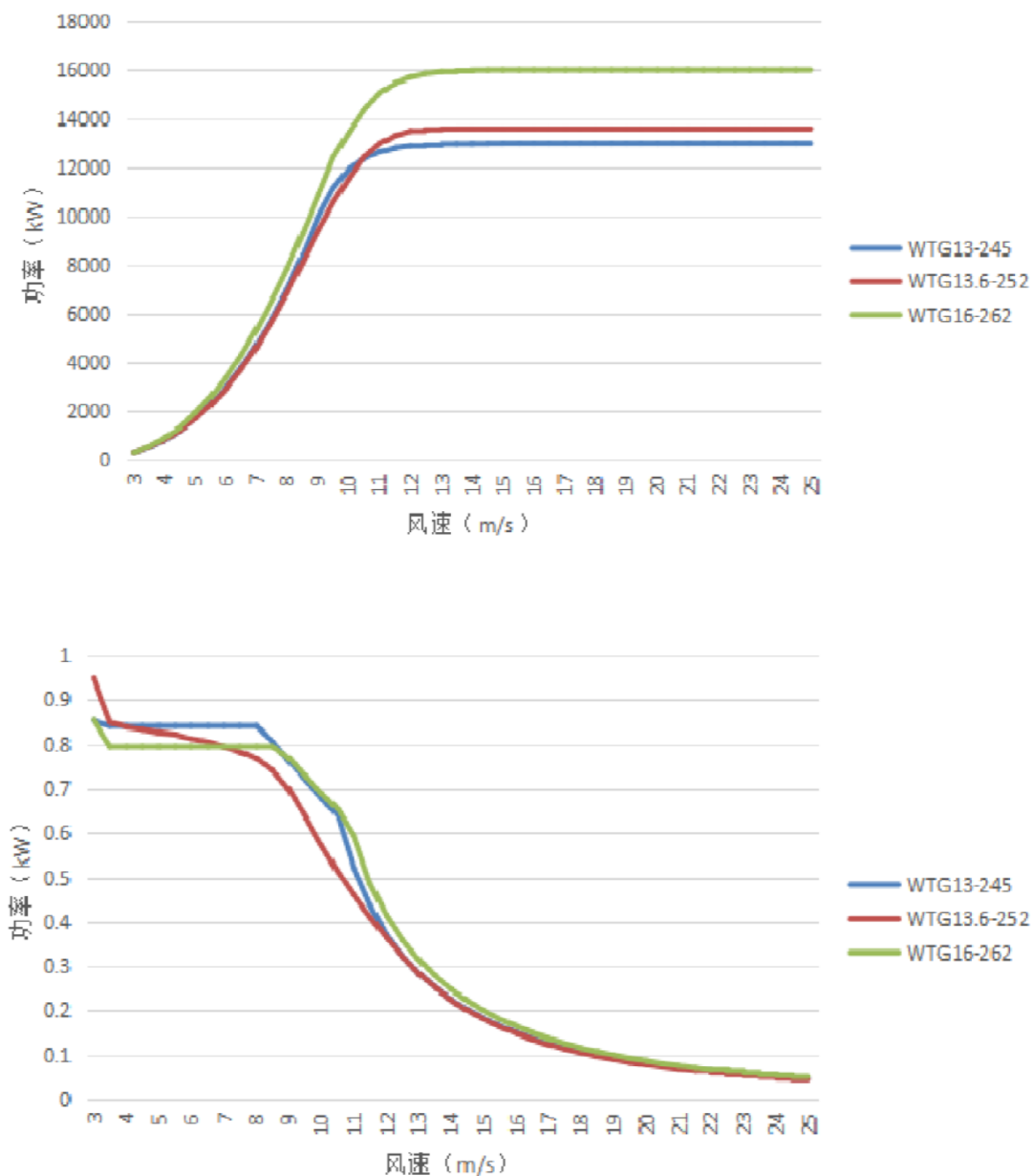


图 7.2-1 风电机组功率曲线（上）及推力系数（下）

风电场受外部条件因素制约，可布置机位有限，本工程建议采用更大单机容量风电机组，可减少机位数。从技术经济比较结果看，WTG16-262 机型单位千

瓦投资从低到高排名第一，度电成本也最低，因此从技术经济综合比选结果看，本工程设计推荐 WTG16-262 机型。

7.2.1.2 风电机组布置原则

风电场通过风电机组把风能转化为电能，风经过风电机组转轮后速度下降并产生紊流，沿着下风向一定距离后才能消除前一台风电机组对风速的影响。因此，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综合考虑风电场区域内风能资源条件、风机之间尾流影响、航道、海底地形地质条件等因素进行布置，主要布置原则为：

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。本工程场址区域附近有规划的习惯航道，还有部分沿海航道，风机布置时应避开这些规划航道。场址范围属于南日岛农渔业区。

2、场址范围内有军事用缆经过，风机布置时应避让其两侧适当的保护范围。根据相关部门要求南日 C 区海上风电项目与军事光缆平面距离应控制在 800m 及以上；垂直交叉应大于 1.5m。本工程位于规划范围北侧不涉及军事光缆保护区范围。

3、为了便于基础施工，风机布置时尽量避开岛礁与生态红线，与岛屿的避让距离按 500m~1000m 控制。

4、场址区域内如涉及部分养殖范围，风机布置时应进行避让。

5、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。

6、布置时既要控制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。

7、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。

8、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。

7.2.1.3 风电机组布置方案比选

本工程推荐 16MW 机组,风机布置方案按备选风机最大的风轮直径 262m 进行比较。综合考虑场址形状及周边限制性因素,风机布置整体按照南北向分为 2 排与 3 排方案布置,行内间距分别按照由小到大 2.0D~3.5D 进行布置,分别估算各种方案发电量并进行各项计算参数初步对比,以此进行布置方案的选择及确定。各布置方案示意图见图 7.2-2~4,各方案估算参数见表 7.2-2。

表 7.2-2 不同布置方案对比

排数	行内间距	单机容量(MW)	台数	装机规模(MW)	理论净发电量(GWh)	尾流损失(%)	理论小时数(考虑折减系数)
2 排	2.0D	16	10	160	861.834	2.31	4257
3 排	3.0D	16	10	160	849.724	3.64	4196
	3.5D	16	10	160	849.375	3.59	4194

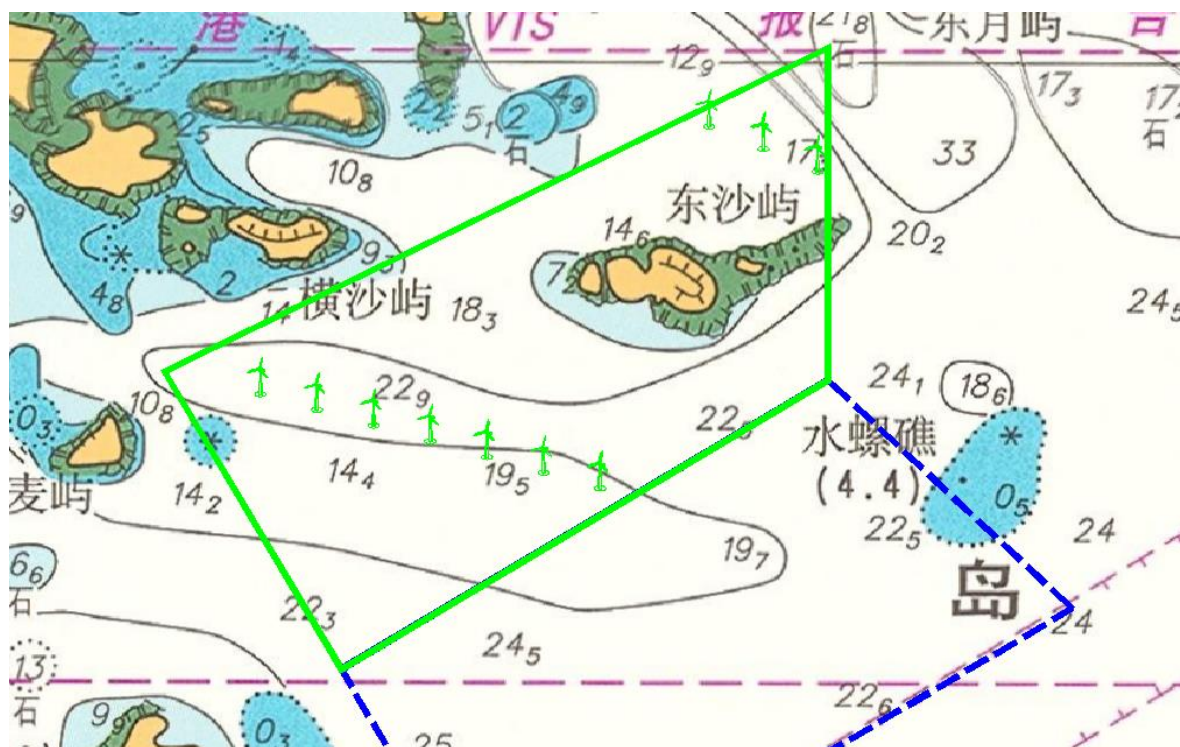


图 7.2-2 2.0D 间距布置方案（2 排）（推荐方案）

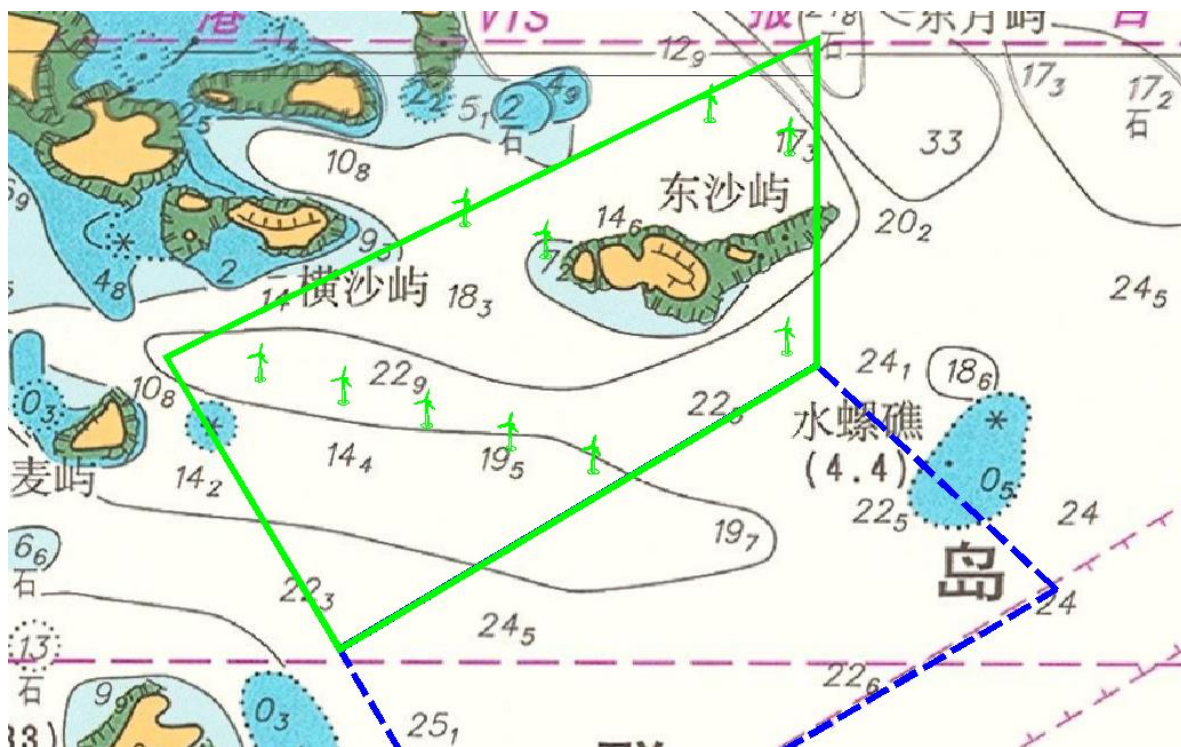


图 7.2-3 3.0D 间距布置方案（3 排）

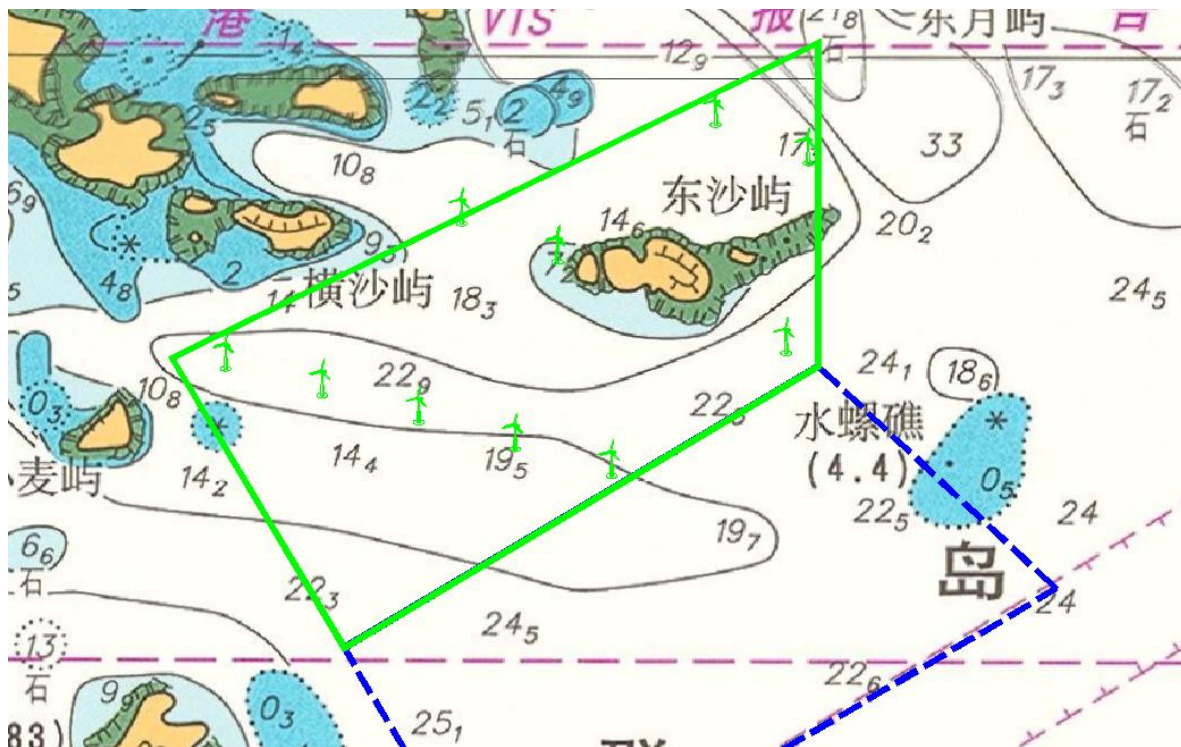


图 7.2-4 3.5D 间距布置方案（3 排）

以上分析可知，相同布置排数的情况下，如采用 3 排方布置方案，垂直主风向风机间距从 3.0D 增大至 3.5D，其尾流影响将降低，但中间这排离东沙岛的距离较近，无法按照离岛中心 1km 的距离进行避让；采用 2 排布置方案相较 3 排

布置方案，其整体尾流影响相对较小，相应的理论发电小时数较高。

综合考虑到风电场规划装机规模、尾流损失、以及外部限制等因素，风机布置时推荐采用 2 排布置方案，排内风机间距采用 $2D\sim 2.5D$ 。

7.2.2 登陆点比选

7.2.2.1 升压站方案比选

南日岛 C 区海上风电场工程规划海域距离南日岛 220kV 升压站约 10km，如果 C 区风电场直接接入南日岛 220kV 升压站，穿越南日岛海上风电场一期工程区域和南日岛北侧养殖区，工程投资高且实施难度大。

南日岛 C 区海上风电场工程规划海域距离南日岛东北角岸边距离仅 3km，但是南日岛东北角大部分为居民村落或较陡的山包，没有比较合适的场地建设陆上升压站，且 220kV 线路使用陆缆并入现状 220kV 南日岛需跨越居民区，直线距离约 7.5km，走向困难。

因此工可方案推荐南日岛 C 区海上风电场工程接入东罗盘岛已建的 220kV 升压站。东罗盘岛 220kV 升压站前期规划建设 2 台容量 200MW 主变；220kV 配电装置规划建设有 2 回出线间隔、2 回主变进线间隔、2 回母设间隔、1 回母联间隔，220kV 配电装置采用双母线接线形式；35kV 配电装置规划建设 4 段 35kV 母线，采用单母线接线形式。目前该站已投运 1 台容量 200MW 的三相双分裂油浸式变压器，2 段 35kV 母线，通过 1 回 220kV 送出间隔选用 $3*500$ 截面的 220kV 海缆送至南日岛升压站 220kV 进线间隔。还预留有 1 回出线间隔，1 回主变间隔（设备均已配置），1 台主变空间，2 段 35kV 母线空间，以及 2 套无功补偿装置空间。经核算其前期建设的 220kV 配电装置导体参数和开关参数满足南日岛 C 区海上风电场 320MW 风场接入需求。

根据东罗盘岛已建的 220kV 升压站的预留情况，满足南日岛 C 区海上风电场工程的升压站建设需求，且东罗盘岛周边没有其它风电场工程规划，因此利用东罗盘岛的 220kV 升压站的备用空间，作为南日岛 C 区海上风电工程的升压站，能够集约电网间隔资源及升压站线路走廊资源。

因此本工程 35kV 海缆接入东罗盘岛已建的 220kV 升压站为最优方案。

7.2.2.2 登录点比选

根据东罗盘岛 220kV 陆上升压站位置，以及前期已投运 200MW 海上风电 35kV 集电线路和 220kV 送出线路登陆点，本次登陆点拟选取三个位置进行比选：具体位置如下图：

（略）

图 7.2-5 登陆点比选位置示意图

南日岛 C 区海上风电场规划位置大部分在东罗盘岛东南侧，少部分位于东罗盘岛东侧。因此在登入点的选择上我们尽可能选择靠近风场的登入点。本项目拟定的三个登入点方案具体情况分析如下：

（1）登陆点 1：

预选登陆点 1 位于升压站前期规划预留的电缆沟朝向位置，位于东罗盘岛升压站东侧，地势比较平坦，属于海面较为开阔的内湾，浅滩处礁石较少，也是距离风机最近的一个登入点（距离 T07 机位约 1.9km）。但其距离升压站的位置较远，直线距离约 350m，路径中暂无建筑群影响，针对登陆点为自然岸线的限制采用定向钻施工工艺直接从地下岩石层穿越，可保持登陆段岸线的自然属性。

（2）登陆点 2：

预选登陆点 2 利用南日岛风电一期 35kV 集电线路登陆段岸线，不新增自然岸线占用，该登陆点位于东罗盘岛升压站东北侧，该登入点距离本项目东侧风场较近，东侧 3 台风机集电线长度能够最短。该登入点地势平坦，但其浅滩处礁石较多，属于位置较深的内湾，同时南侧有一半岛影响风电场海缆登入，距离升压站直线距离约 550m，且从登陆点至升压站需要穿越永久基本农田或者密集居住区。

（3）登陆点 3：

预选登录点 3 利用南日岛风电一期 220kV 送出线路登陆段岸线，位于东罗盘岛升压站南侧，距离升压站较近，该位置已建电缆隧道未预留本期空间，且原登陆点两侧由巨大的岩石和断崖构成，本期需增加 10 回 35kV 海缆（含 C 区龙源福建 5 回）和 1 回 220kV 出线海缆，若全部在原登陆点扩建，施工难度极大，有可能会破坏原有海缆，建设单位需要征求龙源福建公司意见。

另外现状 220kV 升压站规划预留的电缆沟朝向东侧，与登陆点 3 登陆方向

不同，且升压站南侧位置主要为前期 220kV 出线海缆登入位置，陆上 220kV 盘缆沟已占据大部分陆域空间，陆域施工场地及登陆电缆线空间受阻。

三个登陆方案比选如下表 7.2-3:

表 7.2-3 登陆点方案比选表

比选方案 比选条件	登陆点 1	登陆点 2	登陆点 3	备注
与生态红线和 三区三线关系	登陆点和路由 方案均不涉及	登陆点和路由 方案均不涉及	登陆点和路由 方案均不涉及	
岸线类型	基岩岸线，自然 岸线	基岩岸线，工业 岸线	基岩岸线，自然 岸线	登陆点 2 方案较 好
周边开发利用 活动 (见图 5.1-2)	周边有养殖	近岸海域有较 多渔民养殖；正 前方海域有 3 台 已建风机	龙源一期风电 路由登陆点 周边有养殖	登陆点 1 方案较 好
	位置已有 1 条市 政 10kV 海缆登 陆	位置已有南日 岛一期 35kV 集 线海缆登陆	位置已有 2 回 35kV 和 1 回 220kV 海缆登 录，后续需要扩 建 1 回 220kV 海 缆送出	登陆点 1 方案较 好
施工条件	地势平坦，面积 开阔，没有大量 礁石岛屿影响， 拥有较好的施 工条件	岸线高差达 8m，礁石较多。 集线海缆和风 机占用较大空 间，施工难度 大，不确定因素 极高	海域开阔，礁石 较少，但是落差 近 10m，施工难 度高	登陆点 1 方案较 好
陆域及升压站 接入	距离升压站大 约 300m，需要 从永久基本农 田南侧绕行，与 升压站预留电 缆沟朝向一致	距离升压站大 约 550m，陆域 管线需要穿越 基本农田或居 民区	距离升压站大 约 100m，与升 压站预留电缆 沟朝向不一致， 陆域面积可能 不足	登陆点 1 方案较 好

因此根据以上三个登陆点方案的定性比选，预选登陆点 1 具有较好的施工条件，周边开发利用活动较少的优点，施工期对海上养殖的影响可以协调解决，通过采用定向钻施工工艺，不会对自然岸线造成破坏，推荐以方案 1 作为本项目 35kV 集电线路的登入点，该位置拥有较好的地理位置，同时陆上部分能够很好的与前期项目预留的电缆沟连接进入升压站，同时为减少岸线占用，本次登陆段施工采用定向钻工艺，直接从地下岩石层穿越，不会对现状自然岸线造成影响，比选方案周边陆域环境及推荐路由见图 7.2-6。

（略）

图 7.2-6 登陆点周边环境及推荐路由示意图

7.2.3 35kV 集电线路路由比选

考虑 GB/T 501190-2016 中要求，电缆间距不宜小于该处最大水深的 1.2 倍。登陆段间距可适当缩小，但应满足电缆载流量和保护的要求。本项目最大水深不超过 30m，同时考虑敷设船的施工及船只抛锚等间距需求，因此本项目海缆间距暂按 50m 左右考虑，到登陆段汇集口位置可适当进行缩小间距，另外海缆敷设考虑到施工转弯角度不宜过小。

本项目 35kV 集电线路选择东罗盘岛登陆点登录，根据目前的风机布置位置和登陆点位置关系，设计阶段以下三个路由方案，具体如下。



图 7.2-7 35kV 集电线路路由方案一（推荐方案：登陆点 1）

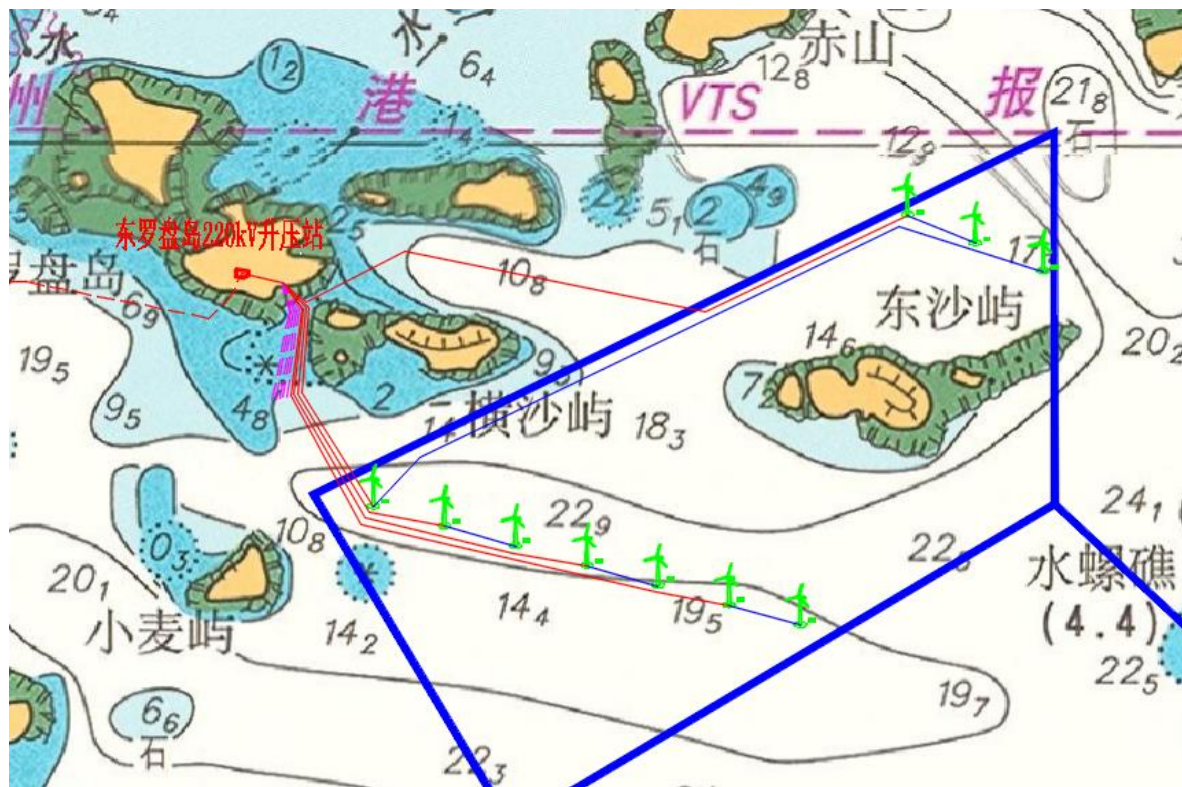


图 7.2-8 35kV 集电线路路由方案二（登陆点 1）

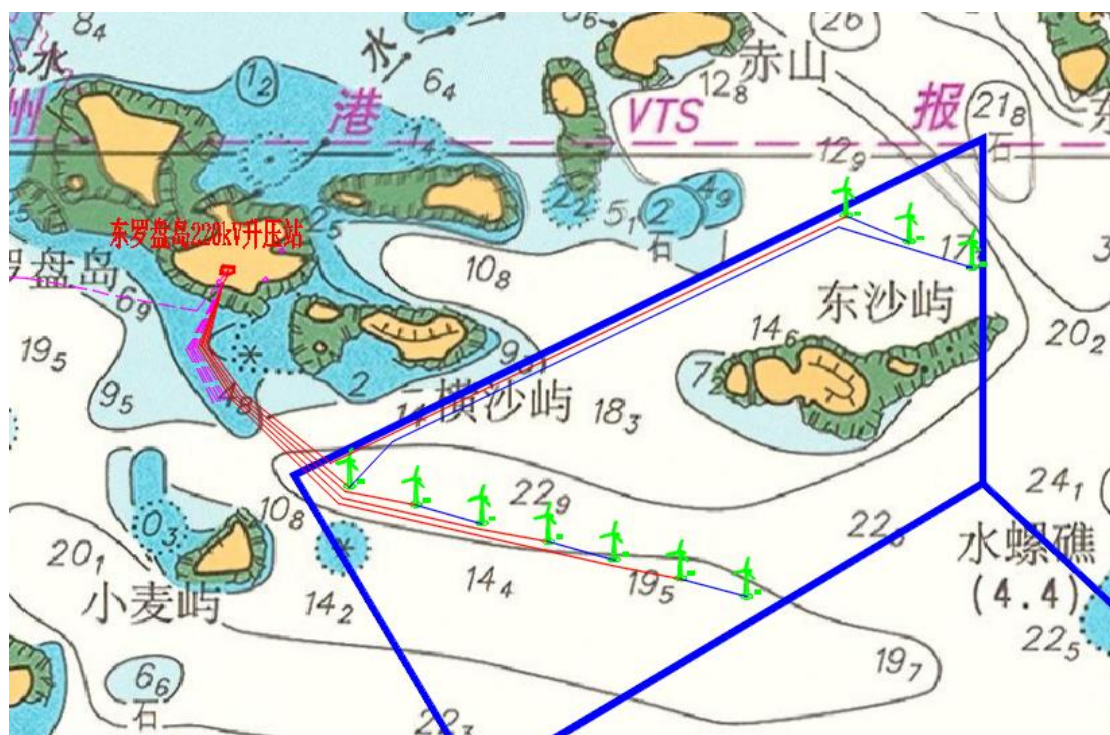


图 7.2-9 35kV 集电线路路由方案三（登陆点 3）

根据上述三种集电线路路由方案针对成本投资和技术要求进行分析比较，结果如下表：

表 7.2-4 路由方案成本投资比选表

序号	类型名称	单位	方案三		方案二		方案一（推荐）	
			数量	总价 （万元）	数量	总价 （万元）	数量	总价 （万元）
1	35kV 海缆 HYJQF41 26/35 3×120+2×36 B1	km	10.2	995.14	10.2	995.14 97.56	13.8	1346.36
2	35kV 海缆 HYJQF41 26/35 3×500+2×36 B1	km	24.1	6633.03	23.2	6385.32 275.23	22.1	6082.57
3	单芯电缆夹 具	套	30	1.14	30	1.14	30	1.14
4	品字形电缆 夹具	套	150	8.70	150	8.70	150	8.70
5	35kV 海缆保 护装置	套	15	186.15	15	186.15	15	186.15
6	海缆铠装锚 固装置	套	5	15.00	5	15.00	5	15.00
7	哈弗套管	m	500	50.00	500	50.00	500	50.00
8	35kV 海缆敷 设费用	km	34.3	1715.00	33.4	1870.00	35.9	1795.00
9	合计	/	/	9604.15	/	9511.45	/	9484.92

（1）投资成本比选

根据上述三种集电线路路由方案走向示意图所示，其中方案二单独有一回集电线路需要穿过岛屿间的礁石区域，虽然该回电缆路径相比于方案三短 1.1 公里，但该回路施工难度极高，岛间礁石较多，其施工成本远高于电缆节省成本。

方案一和方案三根据走向示意图和上表可以看出，方案三采用同一回路风机相邻风机直接连接的组合方式，方案一采用同一回路风机跳接方式，这节约了集电线路的大截面电缆，能够降低电缆成本，相比于方案三节约了 199 万元。这两种方案从整体成本投资上方案一具有更大的优势。

（2）路由比选方案与生态红线位置关系

三个比选方案均不占用生态红线区，方案均符合“三区三线”成果。

（3）利益相关方协调分析

项目风电场南侧有大中型船舶习惯航路和已建海底缆线的禁锚区，项目东北侧为兴化湾江阴港区进港航道和小月屿锚地，西侧有从南日岛浮叶渔港进出船舶以及东岱渔港船舶的习惯性航路，由图 3.4-8 可知，本项目与现有航道、锚地等

均有一定的距离，但是建设单位施工前应征求海上交通管理部门和港航主管部门的意见。三个预选路由方案，由于路由走向不同，涉及到的利益相关差异主要为海域的养殖活动。

根据预选路由方案周边开发利用活动情况，见图 7.2-11，方案二相比于方案三，单独一回海缆登陆段有较多养殖区，受工程影响的养殖户更多，协调周期长，较困难。且海缆分散布置，占用海域面积更大，有悖于集约用海原则。方案三登陆点施工可能会影响原龙源福建已经建设海缆，协调难度较高。



图 7.2-11 比选路由方案二与周边海域开发利用活动关系

方案一海缆用海面积小，对周边用海活动整体影响小，用海协调较可行。

综上，由于工程所在海域开发利用活动较多，海域空间资源紧张，在尽量减小对海洋环境的影响，同时考虑集约用海，与周边开发利用活动可协调的前提下，经与设计单位和业主单位充分沟通，选择方案一为本工程海缆推荐路由方案。

7.2.4 风机基础的比选

风机基础结构具有承受倾覆力矩大和动荷载等受力特点，海上风机基础还需充分考虑离岸距离、海床地质条件、海上风、浪、流以及冰等外部环境的影响，常用的结构型式有桩式结构、重力式结构、吸力桶式结构和浮式结构四类，其中重力式结构适合水深 0~15m，大直径单桩适合水深 0~30m，导管架适合水深 20~50m，桶式三柱适合水深 20~50m，吸力筒式适合水深 0~25m。

本工程所在区域海底地形起伏变化非常大，重力式基础不适用，桩基固定式

基础都可以适用。

7.2.4.1 基础选型比较

（1）单桩基础：

单桩基础采用一根直径 4~8m 甚至更大的钢管桩，上部与塔筒底部法兰相连。单桩基础桩长长，直径大，施工机具和技术均要求较高，本工程地质条件较差，大直径单桩沉桩施工困难，暂不考虑单桩基础。

（2）导管架基础

导管架基础采用空间钢桁架结构，主导管底部设置套筒，采用高强灌浆与桩连接。导管架基础结构在海上的沉桩施工精度要求较高，沉桩需至水面以下，另需水下浇筑导管架与桩的连接节点，无水上混凝土。导管架基础结构受力相对复杂，基础结构易疲劳，建造及维护成本较高，且导管架基础结构由于杆件众多，在节点处理上工序较为繁琐，对钢管加工制作、运输和吊运要求较高。当在预制工厂进行批量化生产作业时，具有较高的效率。本工程仅 10 台风机，数量较少，暂不考虑导管架基础。

（3）高桩承台基础

高桩承台基础通过出水面高桩使承台露出水面，降低了波浪对承台的作用力，便于混凝土承台的施工。其结构稳定性好，国内已有多个近海风电场均采用混凝土高桩承台基础，高桩承台基础适用于浅水及中等水深水域，采用现浇混凝土墩台施工工序，施工工艺成熟，大多数海上施工单位都有能力施工。本阶段考虑高桩承台基础作为本工程比选方案。

（4）多脚架基础

多脚架基础依靠由水平撑杆、斜向撑杆及竖向主导管形成整体的多脚架结构传递风机荷载，通过多根连接套筒将各项荷载传递给桩基础，适用于浅水及中等水深水域。可在陆上预制工厂内加工，并运输到风机所在位置进行沉放安装。多脚架沉放和与桩基连接前需要进行调平处理。

三角架基础是一种相对轻质的三角钢管架基础结构，由中心钢管柱、支撑钢管及桩套管组成。三角架基础具有较好的稳定性和结构刚度，适用于 50m 水深范围内的场地。本阶段考虑三角架基础作为本工程比选方案。

（5）吸力桩基础

吸力桩基础一般是底部敞开、顶部封闭的圆柱形空腔结构；在自重作用下将基础部分沉入海床，桩内水体与海床形成封闭水体，然后抽出基础空腔内水体，从而在基础内产生负压，在负压和自重共同作用下，基础继续沉入海床的预定位置；利用负压沉贯原理，承受上部的水平、竖向荷载和弯矩。吸力桩基础适用水深范围较广，施工安装方便，施工速度快，没有噪音，可重复利用，拆除方便；但基础安装对地基土层条件要求较高，需进行海床土壤详细调查，不适用于冲刷海床、岩性海床及可压缩的淤泥质海床；当地层不均匀分布时容易造成基础基底土层岩性不一，基础容易产生不均匀沉降，影响风电机组的安全和稳定。

总体而言，吸力桩基础是一种适用范围广、构造简单、环保节能、抗风荷载性能优越的海洋结构基础，其适用水深范围广，施工方便，无噪音，可重复利用，在世界范围内已经得到了广泛应用，多个项目均取得了成功经验。吸力基础是通过自身质量和对筒内施加的负压作用下沉至预定深度的一种基础，有单筒式和多筒脚架式。多筒脚架式能够承受更大的水平力和弯矩，本阶段考虑多脚架式吸力桩基础作为本工程比选方案。

（6）浮式基础

浮式基础主要应用于水深 50~500m 的海域，该基础型式的主体支撑结构浸于水中或浮置在水面上，通过缆索与海底的锚锭连接，塔架则通过螺栓与主体支撑结构相连。由于浮式基础目前在国际上尚处于研究开发阶段，国内尚无相关经验，本阶段不考虑采用浮式基础。

综上，本工程区域水深变化较大，结合国内成熟经验，风机基础方案考虑用高桩承台方案和吸力式三脚架方案进行比选，以确定合适的设计方案。

7.2.4.2 基础结构特性比较

通过基础结构静力计算、模态分析、抗震分析、疲劳分析、沉贯和屈曲分析、工程量对比分析表明，高桩承台基础和吸力式三脚架基础方案的承载力、强度和稳定性均能满足要求，基础的变形和倾斜均在允许的范围，两种方案均能满足极端工况和正常运行工况下风机对基础的有关要求。从基础结构特性的几个方面对几种基础类型的比较如下：

（1）结构特点与荷载传递

高桩承台基础受力较为明确，通过刚性承台传递风机荷载，承台下桩基以拉

力、压力和水平力的形式承担承台传递的荷载，桩基呈轴对称分布，当水平荷载较大时采用斜桩，可有效增加基础的抗水平力荷载的能力。

吸力式三脚架基础依靠由水平撑杆、斜向撑杆及竖向主导管形成整体的三脚架结构传递风机荷载，通过 3 根连接杆件将各项荷载传递给吸力桩基础，结构受力传递相对较为复杂一些，管节点应力较大。

（2）基础刚度

高桩承台基础由多桩和大体积混凝土承台组成，结构的整体性好，群桩基础的整体刚度较大，但由于混凝土承台下桩基悬臂较长，基础刚度取决于桩基的斜度和桩身刚度，同时由于大体积混凝土承台所受的波浪力较大，尽管整体刚度较大，但塔筒底部水平位移和倾斜率较大。

吸力式三脚架基础由于空间杆件较多，组成的结构整体刚度大，同时空间结构使得风机弯矩转化为桩基的压力和拉力，使得吸力桩基础所受的弯矩相对较小，无论是泥面位置还是塔筒底部的水平变形均较小。

（3）基础所受环境荷载

高桩承台基础中桩基所受的波浪力和水流力较为简单，但由于大体积混凝土承台的设置，承台所受的波浪浮托力和波浪力较大，对桩基础的抗水平力和抗拔能力提出了较高要求。

吸力式三脚架基础结构中空间杆件虽较多，但荷载大小与波浪方向角有关，因此与高桩承台基础相比，所受的波浪荷载、水流荷载相对较小。

（4）抗疲劳特性

在疲劳荷载一定的前提下，疲劳寿命与结构构件的名义应力和应力集中系数有关。高桩承台基础方案中桩身的连接形式简单，热点应力较小。

吸力式三脚架基础中钢结构杆件连接处应力集中系数较大，热点应力较大，对应的抗疲劳特性较差。

（5）基础灌浆连接

高桩承台基础和吸力式三脚架基础无灌浆连接。

7.2.4.3 施工比较

海上风机施工受到的制约因素较多，包括气象、水文、船舶运输和打桩设备等。海上风机所处的环境特点，决定了其对施工方便性提出了较高要求。

高桩承台的施工与港口工程靠船墩类似，国内一般的航务局均有较为丰富的施工经验。高桩承台的桩径较小，对施工机具的要求较低。混凝土承台的钢筋笼可采用预先绑扎，然后运输到现场起吊安装以节省施工时间。混凝土承台的浇筑和养护需要较长时间，需要混凝土搅拌、运输和淡水储备等配合措施。由于承台底面位于水面以上，承台施工前应结合工程桩采用型钢搭设临时施工平台。高桩承台基础与风机塔筒的连接通过基础环来实现，与陆上风机连接类似，国内相关施工经验较为丰富。

吸力式三脚架基础可在陆上预制工厂内加工，并运输到风机所在位置进行沉放安装。该基础结构海上作业工序少，施工关键点不多，综合风险低。

7.2.4.4 防撞方面

高桩承台基础在布置橡胶护舷及船只停靠方面较为方便，系船设施布设灵活性也大。吸力式三脚架基础由于竖向连接杆件短，需要通过斜撑杆到达平台，不利于靠船构件的布置。吸力式三脚架基础和高桩承台基础的整体性较强，可以抵抗较大的撞击力。

7.2.4.5 防腐蚀方面比较

高桩承台基础的桩基部分采用了钢结构基础型式，处于海洋条件下的钢结构在我国已形成较为成熟的防腐蚀处理措施和方法，一般施工单位均具有相当的施工经验。对于吸力式三脚架结构，部分钢结构的连接节点处在浪溅区，对于防腐蚀较为不利。高桩承台基础的承台部分主要涉及混凝土和钢筋的防腐蚀，当前海工工程中对于混凝土结构的防腐蚀技术较为成熟，可满足防腐蚀设计使用年限的相关要求。

7.2.4.6 风机基础比选结果

对于本工程，高桩承台基础和吸力式三脚架基础方案均是较为合适、可行的技术。两种方案通过以上技术、经济、施工等比较，结合地质与水文情况分析，吸力式三脚架基础具有多项优势，例如施工简单快捷、适应性抢、可维护性高，但考虑到场区覆盖层厚度最大为 23m，仅能刚好满足吸力式三脚架基础桩长 23m 的最低要求，因此设计推荐采用高桩承台嵌岩基础作为海上风电机组的基础方案，并将吸力式三脚架基础作为备选方案。

7.2.5 用海方式合理性分析

本项目用海主要涉及风机和海底电缆用海，用海方式有透水构筑物用海（风机基础）、海底电缆管道用海（35kV 海底电缆）。

本项目风机塔基采用高桩承台基础型式，对潮流的影响集中在风机基础局部水域，基本不改变周围海域水动力条件；工程后的淤积主要产生在风机基础周边水域，淤积强度变化幅度并不大，桩基础施工时产生的悬沙扩散的影响较小，拟建风电场占用南日岛国家海洋牧场示范区小部分面积，但风机基础的建设可以与海洋牧场规划相结合，开发风电基座与人工鱼礁结合的复合型鱼礁区增养殖模式。项目风机基础的鱼礁效应，可为海洋生物提供生存环境，促进渔业资源得到更好的生长和养护。与莆田市南日岛国家级海洋牧场示范区可以协调。

本项目风机和海底电缆建设需占用一定面积的海域，且风机周边 50m 内及电缆两侧各 100m 范围内不得从事养殖、底拖和张网捕捞，项目区现状除登陆点周边没有养殖等人为活动，对南日岛周边海域农渔业区的养殖与捕捞生产不会产生影响。但海岛电缆穿越莆田市南日岛国家级海洋牧场示范区，后续海洋牧场的开发建设应确保海底电缆安全。

本项目风机基础结构均采用透水构筑物的用海方式，海底电缆埋设于海底，项目建设施工干扰较少，不会改变该海域自然属性，不会对周边海域生态环境产生不可逆转的破坏。

综上所述，本项目用海方式合理。

7.3 用海面积合理性分析

7.3.1 项目用海界址确定及面积量算

根据国家海洋局颁布的海域使用分类体系，本项目的用海类型为“工矿通信用海”（一级类）中的“可再生能源用海”和“海底电缆管道用海”（二级类），用海方式主要有透水构筑物用海（风机）和海底电缆管道（35kV 海底电缆）用海。

本项目用海范围的界定和用海面积的量算，依据《海籍调查规范》（HY/T124-2009）以及《海上风电开发建设管理办法》（国能新能〔2016〕394号）中有关海上风电机组和海底电缆用海面积量算的规定，项目申请宗海总面积为 119.5564hm²，其中透水构筑物（10 台风机基础）申请用海 14.7515hm²，35kV

海底电缆路由总长 35.9km，申请用海 104.8049hm²。

本项目宗海位置图见图 7.3-1，宗海界址图及界址点坐标见图 7.3-2，海底电缆保护带范围及边界坐标见图 7.3-3。

7.3.1.1 风机用海界址确定及面积量算合理性

根据《海上风电开发建设管理办法》（国能新能〔2016〕394 号）第二十条：“海上风电项目建设用海面积和范围按照风电设施实际占用海域面积和安全区占用海域面积界定。海上风电机组用海面积为所有风电机组塔架占用海域面积之和，单个风电机组塔架用海面积一般按塔架中心点至基础外缘线点再向外扩 50m 为半径的圆形区域计算”。

根据《海籍调查规范》（HY/T124-2009）的相关规定：海上风力发电项目用海，单个风机塔架以塔架中心点为圆心，中心点至塔架基础最外缘点外扩 50m 为半径的圆为界；多个风机塔架，范围为所有单个风机所占海域范围之和。

本风电场 10 台风机均采用高桩承台嵌岩基础结构，钢管桩桩径 2.6m，壁厚 30mm，桩顶标高 11.6m，总长度约 56.0m，桩入土深度约 19.36m，以中风化花岗岩为持力层，底部嵌岩钻孔直径 2.4m，深度 7.2m，6 根钢管桩在承台底部沿 14.0m 直径的圆周均匀分布，桩内灌注 C35 混凝土。钢管桩和嵌岩部分总长 63.2m，根据工可桩基斜率为 1:6，计算可知桩基外边缘距中心点距离为 18.59m，外扩 50m 后得到基础计算半径 68.59m，单台风机的用海面积为 1.47515hm²，10 台风电机组面积总计 14.7515hm²。本项目风机用海是 10 台单个风机基础用海之和，风机基础总用海面积为 14.7515hm²。

7.3.1.2 海底电缆用海界址确定及面积量算合理性

电缆用海是根据《海籍调查规范》“5.4.2.5”和上述《海上风电开发建设管理办法》中关于电缆管道用海的规定：以电缆管道外缘线向两侧外扩 10m 距离为界。本项目电缆用海与风机用海有部分重叠，电缆用海不计重叠面积。本项目平行布置的 35kV 海底电缆间距离约为 50m，电缆外扩 10m 后缆线之间仍有空余海区，本项目申请使用海域后，空余海域不便再做它用，因此，多条相近海底电缆申请海域使用时以最外侧两条缆线外扩 10m 为界。海岸线以莆田市秀屿区提供的最新修测有居民海岛岸线成果为海岸线边界，据此，电缆用海面积为 104.8049hm²。

根据“海底电缆管道保护规定”确定本项目海底电缆保护区范围为海底电缆管道两侧各 100m，考虑到方便管理和风电场保护，对本项目海底电缆保护区范围进行了整合优化。

7.3.2 项目用海面积合理性分析

根据国家对风电场建设节约用海要求，本项目对风机平面布置进行了多方案的比选（详见 7.2.2 节），对工程用海面积、海缆长度、风机间尾流影响、资源环境适宜性、周边海洋开发活动现状等方面进行了综合分析，风机机型最终选择 WTG16-262 机型，10 台 16MW 风机分 2 排平行布置，排内间距 2.27D，总装机 150MW，达到用海和经济效益的最优化。因此，项目用海面积符合用海的原则，能够满足工程的实际用海需求。

本项目申请用海总面积 119.5564hm²，其中风机基础用海面积 14.7515hm²，海底电缆管道用海面积为 104.8049hm²。项目用海范围的界定和用海面积的量算，依据了《海籍调查规范》（HY/T124-2009）以及《海上风电开发建设管理办法》（国能新能〔2016〕394 号）中有关海上风电机组、透水构筑物、海底电缆用海面积量算的规定，坐标系采用 CGCS2000 坐标系，高斯投影，中央经线 119°30′。采用的界定方法可靠，面积量算准确。

本项目海底电缆登陆端利用东罗盘岛自然岸线 20.9m，登陆点为东罗盘岛东侧基岩海岸，海滩为岩滩，生物资源分布较少，工程海缆登陆段采用定向钻施工工艺，直接从地下岩石层穿越自然岸线和潮间带，不会在地表造成破坏和形成构筑物，对自然岸线并未造成实际占用和破坏，因此工程海缆登陆段建设不会破坏滩生态环境，能保持其原始景观及生物多样性。因此，项目岸线利用方式合理。

根据国家海洋局在 2016 年发布的《关于进一步规范海上风电用海管理的意见》，海上风电场应“坚持集约节约用海，严格控制用海面积”，“单个海上风电场外缘边线包络海域面积原则上每 10 万千瓦控制在 16 平方公里左右”，本项目拟建设 10 台风电机组，推荐方案单机容量 16MW，风电场外缘边线包络海域面积约 8km²，每 100MW 规模占用海域 5km²，说明该方案能够将用海面积控制在合理的范围内，体现了集约、节约海域资源的原则。

综上，本项目申请用海面积量算符合规范、满足项目用海的需求，且符合了集约节约用海的原则，项目申请用海面积合理。

莆田南日岛C区（调整）海上风电场工程（北区项目）宗海位置图

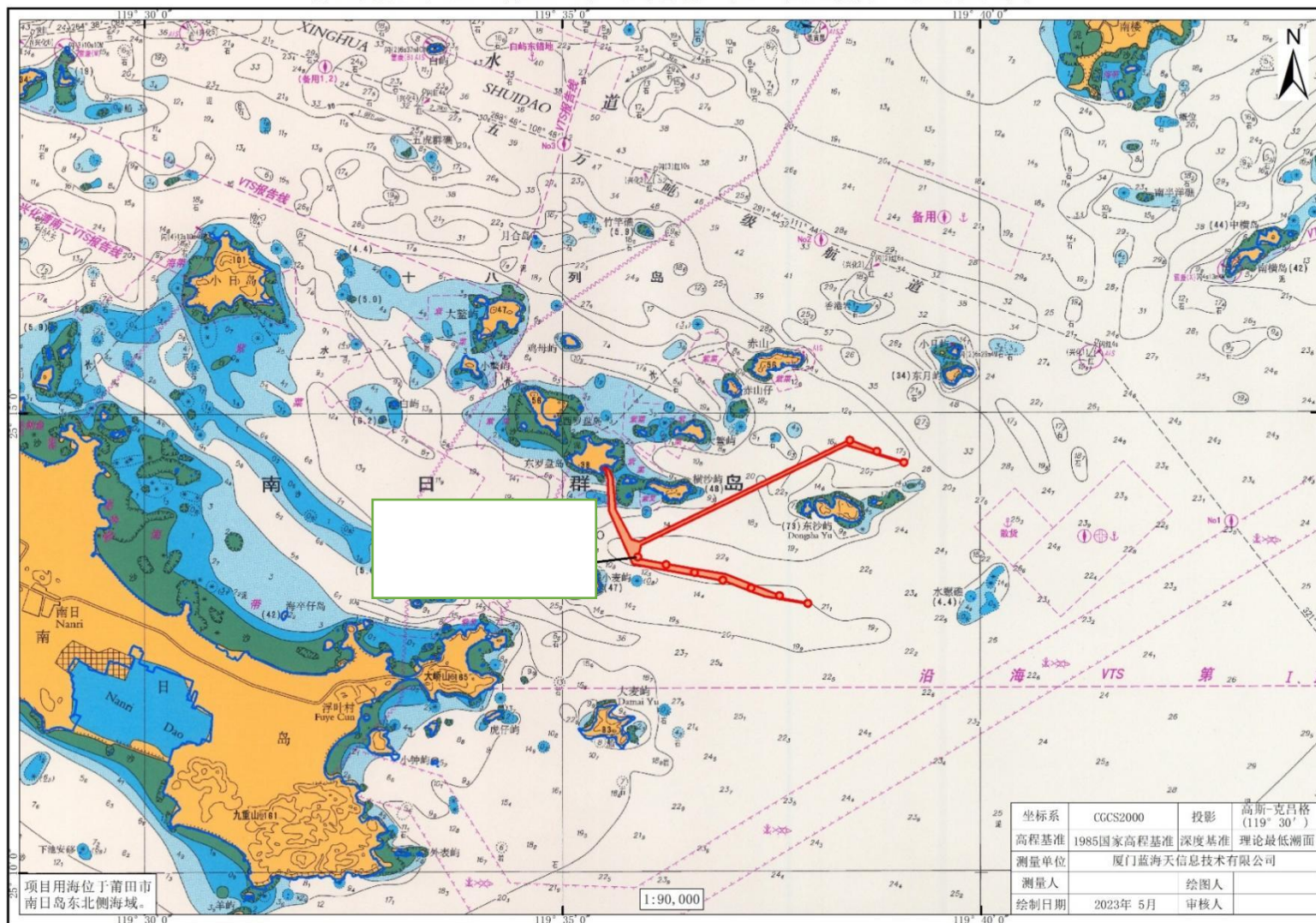


图 7.3-1 莆田南日岛 C 区（调整）海上风电场工程（北区项目）宗海位置图

莆田南日岛C区（调整）海上风电场工程(北区项目)宗海界址图

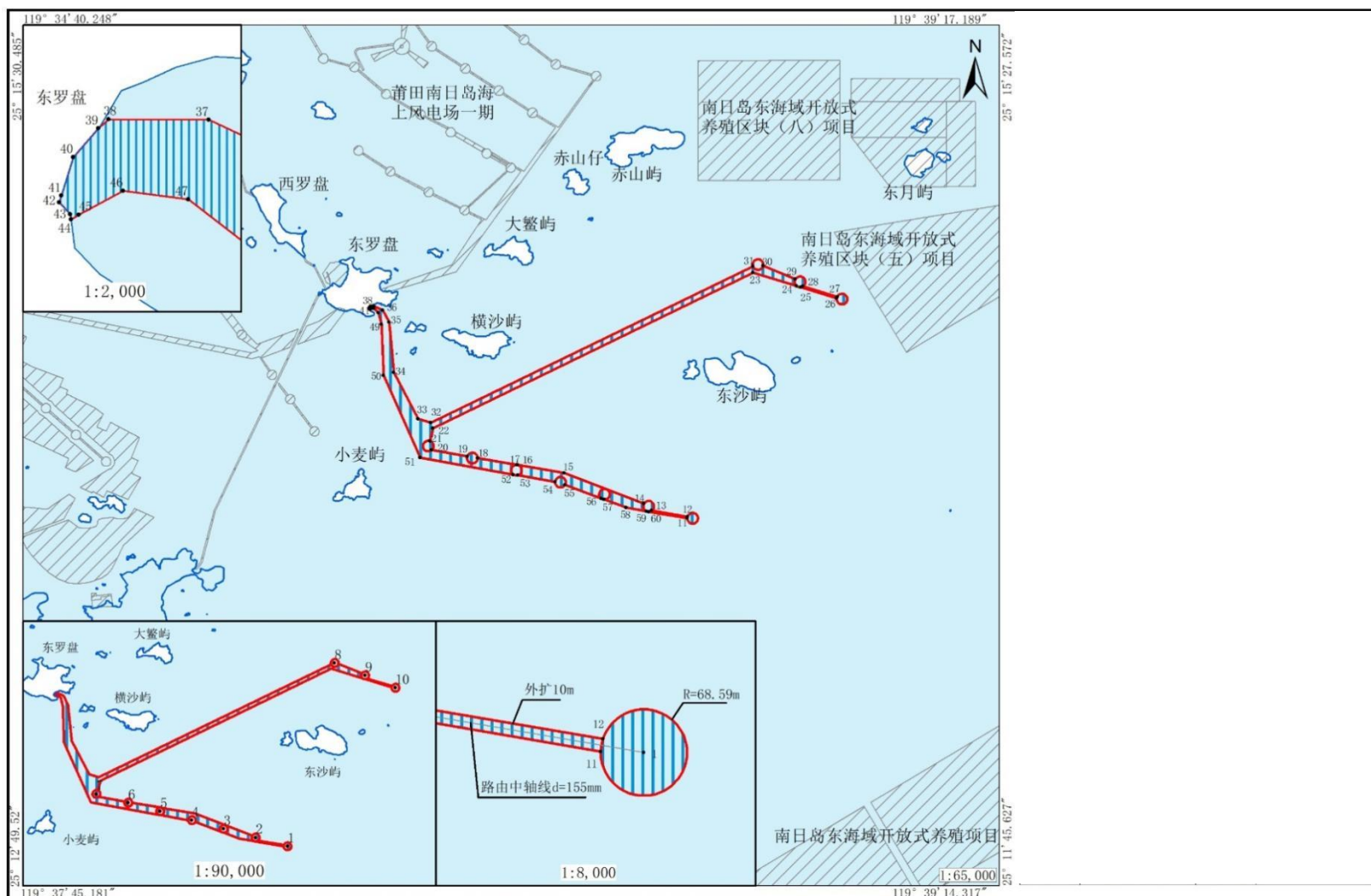


图 7.3-2 莆田南日岛 C 区（调整）海上风电场工程（北区项目）宗海界址图

（略）

图 7.3-3 莆田南日岛 C 区（调整）海上风电场工程（北区项目）海底电缆保护带范围图

7.4 生态用海分析

本工程建设符合所在海洋功能区的用途管制和用海方式控制要求。在工程建设和营运中最大限度地减少对海域功能、海洋生态环境造成的损害，以实现科学利用岸线和近岸海域资源，保护海洋生态环境。

7.4.1 生态用海工程方案

（一）项目选型减小对水动力和冲淤影响的生态用海分析

（1）项目选型减少对水动力和冲淤影响的生态用海分析

本工程在综合考虑现场的风况特征、环境条的情况下，根据当前国内海上风电机组的制造供货能力，选择了目前市场先进机型进行比选，最终采用更大单机容量风电机组，减少机位数的方案，相应的也减少了海上风机基础的数量，项目选型从减少基础方面来减弱项目建设对潮流场和冲淤环境的影响。

（2）基础选型对减少对水文动力环境、冲淤环境影响的生态用海分析

风机基础结构具有承受倾覆力矩大和动荷载等受力特点，海上风机基础还需充分考虑离岸距离、海床地质条件、海上风、浪、流以及冰等外部环境的影响，常用的结构型式有桩式结构、重力式结构、吸力桶式结构和浮式结构四类，由于工程所在区域海底地形起伏变化非常大，重力式基础不适用，浮式基础目前在国际上尚处于研究开发阶段，国内尚无相关经验，因此基础选型对桩式结构和吸力筒式结构进行比选。

工程推荐由6根直径2.6m的钢管桩作为基础的高桩承台基础，6根钢管桩在水中形成群桩结构，其功能类似于鱼礁，可以改善海域生态环境，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，达到保护、增殖的目的，符合莆田市南日岛海洋牧场总体规划。对比采用一根直径4~8m甚至更大的钢管桩的单桩基础，高桩承台基础占海面积与单桩基础相差不大，但群桩基础形成的类似人工鱼礁空间更有利于海域生态环境。

比选的吸力式三脚架基础方案，虽然有相同的人工鱼礁效果，但根据工程地质，吸力桩筒桩径为12.0m，占海面积为339.12m²，比推荐的高桩承台占海面积略大（318.4m²）。

因此本工程选择有利改善海域生态环境效果和桩基占海面积较小的基础方

案，来减弱项目建设对潮流场和冲淤环境的影响。

（二）减少登陆点施工影响的生态用海分析

根据登陆点比选方案可知，工程海缆集中登陆，减少对海域和海岸线的占用，选择距离项目风电场较近，地势比较平坦，浅滩礁石较少的登陆位置，可以减少海缆用海和海缆登陆施工期对岸线的影响。

海缆登陆段采用定向钻施工工艺，从地下岩石层直接穿越岸线和潮间带，不会对岸线和浅滩地形造成破坏，可以保持现有岸线和海域自然属性。

（三）节约用海面积的生态用海分析

本项目工程设计应遵循集约节约用海以及生态用海的原则，项目在设计过程中考虑到了尽量结合用地实际、减少用海面积的需要。根据国家对风电场建设节约用海要求，本项目对海缆布置进行了多方案的比选，经过优化并线减少了占海面积，不仅对运行维护有利，且体现了国家对风电场建设集约用海的要求。

7.4.2 施工期生态用海分析

（一）合理设置施工期，减小对海洋生态和渔业资源影响的生态用海分析

（1）施工期水质环境影响是短暂的，但应根据环境跟踪监测结果，发现悬浮泥沙明显增加时，要及时调整施工方案及施工作业时间，将施工期环境影响降到可控制范围内。

（2）建设单位应请有资质的单位对施工方案操作进行优化设计，关注项目施工对附近渔业资源等的影响；尽量避开鱼类的主要洄游、产卵季节；项目施工前，先用大马力渔船驱赶鱼群；留出足够的时间让鱼群游离，起到大范围驱赶作业，从而减少后续施工对渔业资源影响；施工时间应尽量避免避开鱼类繁殖生长旺盛的季节（4~7月）。

（二）减小悬浮泥沙扩散的生态用海分析

（1）施工期污染防治措施

施工单位在制定施工计划、安排进度时，应充分考虑到附近海域的环境保护问题，合理安排施工位置及进度，应有专人监督管理施工过程的环保问题，并采取以下环保措施：

①加强管理，文明施工。为了尽量减少泥沙的影响，施工单位必须加强管理，做到文明作业，定期对施工设备进行维修保养，确保设备长期处于正常状态。

②施工船舶产生的机舱油污水、生活污水、生活和生产垃圾等废物应按照船舶污染物排放标准（GB3552-83）的要求予以处置，若施工船本身无能力处理机舱油污水的，可将污水通过海事局船舶管理部门进行接收并处理，船舶垃圾应做好日常的收集、分类与储存工作，靠岸后交陆域处理；严禁向海域倾倒垃圾和废渣。

（2）生态保护措施

①施工船施工过程尽量做到精确定位，减少作业中不必要的重复作业。

②桩基施工过程中采取控制施工速度等手段减少对水体的扰动和悬浮物的发生量，从而减轻对水生生物的影响。

③严禁施工船舶向施工海域排放废油、残油等污染物，船舶含油废水经油水分离器处理后排海。

④项目所在海域的经济鱼类的产卵期主要集中在3~5月，因此项目在3~5月应避免海上施工，从而尽最大限度地减少项目对渔业资源的影响。

⑤对工程建设造成的海洋生物和渔业资源损失，可采取放流当地水生生物物种的形式进行补偿。

（三）降低对自然岸线的破坏的生态用海分析

本项目登陆点位于东罗盘岛自然岸线，岸线类型为基岩岸线，海缆登录施工应保障不破坏海岸地形地貌。

施工采用水平定向钻穿越“陆对海”登陆施工，在陆地端安装钻机及其配套设备在内的主要施工设备，由陆地向海上进行导向孔穿越，海上使用船只进行辅助。管道在焊接完成后用船只拖到指定海域，从海上向陆地上回拖。套管穿越完成后，从套管内回拖牵引海缆登陆。

考虑到电缆套管施工与海底电缆施工时间不同步，采用预先在电缆套管内穿放钢丝绳，待海底电缆施工时，使用钢丝绳再牵引海底电缆在电缆套管中穿放就位，海底电缆在电缆套管中牵引时，在海缆安装聚氨酯护轮减少表面抽拉摩擦力。

定向钻施工长度应保障在岸线两侧200米以上，以此登录施工方案不会对自然岸线造成破坏，且施工深度位于地下6m左右，不影响基本农田耕作。目前国内

已有多处海上风电场采用此施工方式登录自然岸线，例如：华能灌云海上风电场 220kV 海缆敷设项目（定向钻施工长度单根 360 米）；广东阳江明阳青洲四海上风电场登陆项目（定向钻施工长度单根 340 米）。

7.5 用海期限合理性分析

本项目用海属于电力工业用海，建设单位申请使用海域期限 27 年。项目建设期为 36 个月（3 年），风电机组设计使用年限最低为 25 年，电缆的设计使用年限为 25 年，出于结构安全考虑，风机服役期满时必须退役，拆除期按 2 年计算，共计 27 年，因此，本项目拟申请使用海域 30 年是合理的，能满足项目的建设和营运需要。

根据《中华人民共和国海域使用管理法》第二十五条：港口、修造船厂等建设工程用海最高期限为 50 年，本项目为工业用海中的电力工业用海，属建设工程用海，因此，风机和海底电缆用海申请用海期限为 27 年符合《中华人民共和国海域使用管理法》的有关规定。

8 海域使用管理对策措施

海域使用管理和海洋环境保护是关系到海洋经济可持续发展的一项重要举措，保护好海洋生态环境，才能促进海洋经济可持续发展。

8.1 区划实施对策措施

《中华人民共和国海域使用管理法》中要求，实施海域使用管理的主要目的是实现海洋资源的合理开发利用，维护海域国家所有权和海域使用权人的合法权益，建立“有序、有度、有偿”的海域使用秩序，实现海洋生态环境和海域资源的可持续利用。根据《中华人民共和国海域使用管理法》规定，海域使用项目的论证、审批必须把是否符合海洋功能区划列为重要条件，不符合海洋功能区划的项目不能批准实施。

根据《福建省海洋功能区划》（2011-2020），本项目风机用海和海底电缆用海均位于“南日岛农渔业区”，故应严格按照《海洋功能区划管理规定》（国海发〔2007〕18号）进行用海项目管理，海洋功能区划范围内的一切用海活动，都应遵守批准的海洋功能区划。严格执行和实施海洋功能区划各功能的管理要求，坚持把海洋功能区划作为工程海域使用管理的依据。海洋管理部门应根据工程周边海洋功能区划的主导功能及功能区范围，协调风电场工程用海与周边相邻功能区的关系，在确保风电场主导功能用海的前提下进行其他海域的功能使用。对暂时达不到主导功能要求的，允许在一定时期内发挥其兼容性功能的作用，坚持把海洋功能区划作为开发利用海洋资源、引导海洋生产力合理布局及工程海洋生态环境保护的依据。

本项目需切实落实所在海域海洋功能区划管理要求。施工期采取有效措施控制风机桩基施工和电缆路由开挖作业产生的悬浮物，电缆路由登陆需满足相关安全设计要求，运营期间定期维护风电设备，定期检查海底电缆路由，不得造成项目周边水域和沿海岸滩、植被以及海洋生态环境的破坏，避免对周边海域渔业资源、滩涂养殖区产生不利影响，减少对周边海洋功能区的不利影响。同时落实陆上升压站的污水和固体废弃物达标排放。

根据《海底电缆管道保护规定》，沿海宽阔海域电缆两侧各 100m 范围内属于电缆保护区，将禁止再从事挖砂、钻探、打桩、抛锚、拖锚、底拖捕捞、张网、

养殖或者其它可能破坏海底电缆管道安全的海上作业，以保障海底电缆安全。县级以上人民政府海洋行政主管部门有权依照有关法律、法规以及本规定，对海底电缆管道保护区进行定期巡航检查；对违反本规定的行为有权制止。

8.2 开发协调对策措施

本项目的开发建设，符合《福建省近海海上风电场工程规划报告》（报批稿）及 2022 年 5 月国家能源局批复，风电场的开发建设能有效的促进地方经济，带动风电产业链的发展，改善当地电网的电源结构。项目建设登陆点和陆缆电缆沟占地面积较小，对当地村民渔业养殖和陆域生产活动干扰都较小。根据南日镇总体规划，本项目登陆点位于“开放式养殖岸线”，登陆点不占用其规划用于码头、港口、渔港等建设用的“生产岸线”，项目占用基岩岸线 20.9 米，工程采用定向钻施工，不会影响岸线自然属性和原始景观，对周边海域和海岸带生态环境不会造成影响。项目海底电缆利用东罗盘岛自然岸线登陆需与南日镇罗盘村委协调。

本项目海缆登陆段占有部分浅海藻类渔业养殖区，风机场区内无养殖活动，施工期对周边养殖的影响是暂时的，可与养殖项目业主协商错开养殖时间施工，或按实际影响协商经济赔偿。

项目对江阴港区进港航道正常航行的船舶之间不存在显著的影响，不会明显影响沿海航行习惯航路的船舶方法和交通流分布，但风电场建设将改变航道附近现有环境和航行条件，航路航行的船舶与本工程的风机之间存在碰撞危险。建设单位通过加强管理和沟通协调，其影响是可控的。本工程建成后对周边习惯航路航行的船舶的影响较小，适当调整航行习惯可以避开拟建风电场水域。本项目在严格落实通航安全保障措施、相关限制条件和建议的前提下，工程完成后可满足风电场周边海域过往船舶的安全通航要求。

本项目风电场距离小月屿锚地较近，但习惯航路和船舶航迹密集区均位于锚地的南侧，船舶实际航行时从锚地南侧航行和进出。建设单位可与当地港航管理部门福建湄洲湾港口管理局协调沟通，通过宣传和管理，引导船舶进出锚地时与本工程的风机保持足够的安全距离，避免碰撞危险。

项目风机布置已经避让了军用光缆，建设单位在施工期应加强管理注意安全防范措施，禁止施工船在光缆区域抛锚，可以避免对光缆的损害。建设单位可以制定施工期对已建光缆保障措施，应与军方积极沟通取得同意。

8.3 风险防范对策措施

8.3.1 溢油风险事故防范及对策措施

本工程各项施工活动基本都需要依赖船舶，如一旦发生施工船舶碰撞、倾翻等突发性事件容易诱发海上溢油事故，将对海域生态环境带来严重的影响。因此，对海上溢油事故应进行防范及应急处理，实行“预防为主、平灾结合、常备不懈”的方针，最大程度减轻事故的危害与损失。

（1）施工期船舶事故防范措施

施工期的事故风险主要发生于施工船舶与施工船舶、过往渔船以及货运船舶之间事故碰撞而产生的燃油外溢及油舱破裂而造成油渗漏。所以施工期的风险防范措施要从海上施工的各个环节加以控制。施工船舶要严格遵守《中华人民共和国防治船舶污染海洋环境管理条例》（2010年3月）的有关规定，加强管理和监督，积极采取预防措施：

① 施工通告及对外界运输条件的要求：施工期间应注意与过往船只的相互避让，防止船舶碰撞；船舶进出应实施引航员制度和锚泊制度，以防船只拖锚、碰撞、挤压、搁浅、触礁等事故发生；施工船舶应实施值班、了望制度；在大雾、大风等不利气象条件下应按要求停止作业。

② 为保障项目涉海建设的顺利进行，施工时应加强对施工船只人员的安全教育和培训，在条件允许的情况下，建立统一的通讯系统，统一指挥。同时还要强化施工人员的环境保护意识。

③ 海事部门负责划定桩基、电缆铺设水域界限、施工作业区域、通航区域。保证施工期间主航道内船舶能安全通行。一定要严格划分好施工区域与车渡航线之间的关系，以最大可能地降低船舶碰撞风险发生的可能性。施工过程中海事与渔业部门要严格执法，严禁捕鱼船只靠近施工作业区。

④ 施工船舶的要求：施工船舶进行水上水下施工等作业活动的，应当遵守相关操作规程，并采取必要的安全和防治污染的措施；施工人员应当具备相关安全和防治污染的专业知识和技能。根据《沿海海域船舶排污设备铅封管理规定》（交海发〔2007〕165号），施工船舶污水不得向沿海海域排放油类污染物，船舶产生的油类污染物须定期排放至岸上或水上移动接收设施。

⑤ 对船舶驾驶员的业务技术要求：对所用船舶驾驶员及其他船上工作人员应进行严格培训，制定严格的操作规程，提高溢油危害的认识和安全运输的责任感，明确所应承担的防止船舶溢油的责任和义务，切实落实《中华人民共和国防治船舶污染海域管理条例》规定的防治污染有关措施。

（2）施工期船舶溢油事故应急生态保护措施

① 施工船舶事故的溢油应急处理应纳入溢油应急体系；

② 船舶发生溢油等造成海域污染事故时，应立即作出溢油应急处理的响应，及时上报所在海域溢油应急指挥中心，尽快启动应急预案；

③ 船舶在发生油污事故或违章排油后，不得擅自使用化学消油剂。如必需使用时，应事先用电话或书面方式向港务监督申请，说明消油剂的牌号、计划用量和使用地点，经批准后，方可使用；

④ 应积极配合海洋主管部门做好相关应急工作。施工营地应配备有海面溢油和油污回收器材，包括围油栏、撇油器、吸油材料、消油剂及喷洒消油剂的设备等。

（3）溢油事故的应急处理

船舶发生溢油等造成海域污染事故时，应立即作出溢油应急处理的响应，及时上报所在海域溢油应急指挥中心，尽快启动应急预案；同时船舶在发生油污事故后，不得擅自使用化学消油剂。如必需使用时，应事先用电话或书面向港务监督申请，说明消油剂的牌号、计划用量和使用地点，经批准后，方可使用。

（4）拟建工程需配备的应急处理设施

本项目建设应配备的溢油应急设施，包括围油栏、收油机、撇油器、吸油材料、消油剂及储油罐等设备。

8.3.2 通航环境风险防范对策措施

1、加强风电场自身应急应变能力

由于风电场的特殊性，附近通航密度较高，常有渔船活动，通常远离港口水域，建成后有工作船进行定期或不定期的检查维护工作，需要业主加强应急救援反应能力建设和日常巡航检查。

2、海底电缆防护

风电场集电线路海底电缆埋设深度不小于 2m。

3、协调与附近渔业生产的关系

风电场附近存在养殖业，建议业主协调好与相关利益方的关系，处理好相关事宜。本工程施工期间和营运期应设置相应的警示标志，以警示过往船舶，避开风电场水域。业主应注意加强风电场水域的安全管理，避免附近船舶活动造成风电设施损坏。

4、对工作船和风机靠船设施建议

（1）建议工作船舶根据有关要求和需要配备雷达、VHF、GNSS、AIS、电子海图设备、风速风向仪、测深仪、高音广播和其他必要的导航设备和安全设备。

（2）建议在风机建成后试运行期间，对船舶的靠离风机适应的环境条件和合适方法进行试验验证，以积累经验，提出改进措施。

（3）建议在风电场设计阶段同时确定好工作船的船型和靠离风机作业方案，充分考虑风机靠泊设施和船舶的附属设备要求，保证作业人员登离和物品转移作业安全。工作船系船柱不小于 50KN，防撞设施不小于 500 吨，法向速度不小于 0.5m/s 的防撞能力。

（4）风机设计阶段应注意风机承台的外部形状，尺度、直梯位置等对登离的影响。注意工作平台的尺度，位置等对船舶靠离风机和风机维护工作的影响和要求。

5、风电场的运行和维护管理

（1）建立和完善风电场运行维护的相关管理制度，规范运行管理，选用适合海上环境的风电设备，以维护海上风电设备的良好运行状态，提高运行的可靠性，减少风机的故障率，减少人员进入风机的次数需要。

（2）制定风电场安全作业程序，以指导工作人员进行安全作业。

（3）对风电场工作人员进行安全和职业技能方面的培训，以提高其应急响应能力和实际工作技能。

（4）建议在风机上安装风机运行状态监控设备，监视海上风电设施内重要设备的运行状况。

（5）为了保证风电场风机的安全，防止航行船舶碰撞风机，建议设置风电场监控系统，例如设置雷达、AIS、VHF 和远程控制的 CCTV 系统等。建议将风电场纳入台湾海峡 VTS 监控系统。依托海事管理部门，维护风电场附近良好的

通航环境，保证风机的安全。

工作船在风电场内进行日常作业和在锚地抛锚期间，也应随时注意风电场周围运输和渔业船舶的活动情况，若发现安全隐患或问题应及时及时提醒对方，并向海事管理机构或其他有关方面报告。

（6）海区浪的强度和方向与风力、风向，持续时间、海域水深、水流和遮蔽条件等因素密切相关。需要积累有关数据以掌握风电场海域风与浪对应关系，还需要收集和分析风电场的潮汐数据与附近水文观测站潮汐数据之间的关系。这些数据都是就风电设备的维护时机、维护方式、合适的设备运输方式等问题进行决策和判断海上安全作业条件重要依据。因此建议在风电场建设和运行期间，设置相关监控系统，监控和采集风电场风、浪、流、潮汐、雾和其他天气要素的实时数据，以便为现场工作和运行维护工作提供相关信息和依据。也为积累数据，分析这些因素风电场运行维护和安全作业的关系，进一步提高维护和安全作业的管理水平积累经验提供依据。

（7）在风电场建设和运行期间，建议组织有关方面跟踪和采集该水域的有关环境数据，以分析风电场的建设和运行对环境的影响。采集的数据包括通航环境、鱼类和其他水生生物环境、鸟类迁徙、水上水下噪声等。

（8）在风电场运行期间，应防止渔船人员或其他无关人员从海上登上风电设施，以免发生人身伤害，破坏和盗窃风电设施、设备等问题。建议在每一台风机的适当位置上用显著的颜色标注“高压危险”、“保持 50m 安全距离”、“禁止攀登风机设施”等警示性告语。并且通过 CCTV、相关报警设备和广播等监视和警告系统对风电设施进行监控。

（9）建议在风机的承台侧面制作水位标尺。

（10）天气和海况是影响风电场建设和运行重要因素，业主单位应注意获取及时准确的近期和中、远期气象服务，为建设和维护管理获取重要气象信息。

（11）根据相关要求，提出对渔船进入风电场内部进行捕鱼活动的限制规定。

此外，建议进出小月屿锚地的船舶在进出锚地时应注意与本工程的风机保持足够的安全距离，避免碰撞危险；同时在该锚地锚泊的船舶存在走锚的风险，船舶走锚后如发现不及时可能会造成与本工程风机的碰撞风险，因此建议在上述锚地中锚泊的船舶应加强锚泊值班，在船舶走锚后及时采取相应的应急措施，避免

造成与本工程风机的碰撞。

8.3.3 台风风险预防措施

为减少台风给风电场带来的损失，根据台风的破坏机理本报告提出下列防范措施：

（1）装置性能可靠的测风仪器，建议使用受风面积小、不易受破坏且能精确测量风速、风向的红外超声波感应仪，避免因测风仪器损坏使风力发电机组不能正确偏航避风。

（2）推荐使用强度高、质量轻的碳纤维增强型塑料作为风机叶片的填充材料以提高风机叶片的强韧性，从而提高风机设计荷载。

（3）加强风机运行的强度监测，优化运行。在叶片上设置具有检测作用的光导纤维，实时了解叶片的载荷、温度、被伤害和疲劳程度，根据实际情况，及时维修并对其优化合理使用。本项目风机设计安全风速可达 77m/s，大于推算的本场区 100m 高度处标准空气密度下 50 年一遇极大风速 46.65m/s，因此设备机型可基本保证风机经受台风袭击。

（4）一旦发生风机倒塌并造成溢油等次生危害，及时报告主管部门（环保局、海事局等）并在台风后实施溢油应急计划，及时用隔油栏、吸油材料等进行控制、防护，除对溢油泄漏点采取围挡，吸油等措施外，可采用在环境保护目标周围敷设围油栏封闭保护目标周围海域以阻隔油膜，使之避开敏感目标，保证保护目标受影响的程度最小。

8.3.4 风机损坏风险防范对策措施

8.3.4.1 风机损坏风险应急措施和预案

（1）应急措施

① 风电场设置有完整的现场监控系统，一旦发生损坏、倒塌事故可通过现场监控系统进行及时预警；

② 风电场运行维护期制定了严格的运行维护措施，一般在风暴潮、地震等自然灾害发生后，风电场运行维护人员将及时进入现场，并配合专业检测人员检查风机及基础结构损伤情况；

③ 若风机发生倒塌事故，应及时上报县、市、省相关主管部门及海事、海

监部门，对外发布预警通告，确保不对周边海上作业构成安全影响；风电场业主将及时组织吊装、施工单位，对倒塌风机及基础结构进行吊装、转运至陆地处理，现场视损伤情况确定是否进行重建工作。

（2）应急预案

为使本项目发生风机损坏事故能快速做出反应，最大限度地减少风机损坏对风机发电和安全的影响，建设单位应建立应付突发性事故的抢险指挥系统，组织制定风险应急预案，并定期进行演习。

① 应急指挥组织

结合本项目特点，项目运行管理机构可联合安全、电网部门组成风险应急指挥部。指挥部对各部门和人员的职责有明确分工，具体到职责、分工、协作关系，做到人人心中有数。经过应急事故处置培训的人员要轮流值班，并建立严格交接班制度。

② 信息收集和报告

根据对风机的日常运行与维护状况，一旦发现风机损坏或可能引起风机损坏情况，应及时向风险应急指挥部报告。

③ 应急响应和行动

发现风机损坏情况，应根据损坏程度和是否引起安全事故，采取相应措施，包括停止风机运行、对风机塔架进行维护等。

④ 应急培训和演习

对项目管理人员进行应急响应培训，同时对项目周边人员进行应急响应知识的宣传。进行演练准备、组织和训练，一旦遇到突发风险事故，可迅速展开应急抢险，及时控制事态发展和蔓延，降低风险损失。

8.3.4.2 风机防撞事故风险防范

建议最外围的风机桩基周围加装防撞保护圈，每隔 3 台在风机上布设警示灯，每隔 5 台设置雷达应答器，避免渔船碰撞引发事故。对电缆区设置警示标志，禁止打桩、抛锚。

8.3.5 防止鸟类碰撞风机防范措施

8.3.5.1 设计阶段保护措施

（1）风机叶片涂装警示色。鸟类通常以视觉判断飞行路线中的障碍物，为了降低迁飞时发生鸟撞的可能性，风力发电机机组叶片应涂装成橙红与白色相间颜色鲜艳的警示条带，对附近鸟类起到警示的作用，使鸟类在飞行中能及时分辨出安全路线，及时规避风机，防止鸟类撞上风机转动的叶片而死亡。

（2）在风机上适当的位置安设闪烁灯光以及采用不同色彩搭配，如旋转时形成鹰眼图案，促使鸟类产生趋避行为，可以降低撞击风险。

（3）慎选光源设备。风电场区域的照明设备应选用白色闪光灯，并且尽可能少安装灯，灯的亮度和闪烁次数也要尽可能小和低。禁用钠蒸气灯，禁止长时间开启明亮的照明设备，建议使用声控灯，需要照明的设备加装必要的遮光设施，以减少光源对夜间迁徙鸟类的干扰。

（4）风电场风机布置应注意：①将风电机分组排列，组间风电机距离大于组内风电机距离，组内风电机成排排列，排列方向要与鸟类迁徙方向平行，这样可以降低鸟类的死亡率；②相邻的风机之间要留有足够宽的飞行通道，防止风机间距离太近造成通过的鸟类伤亡；③位于迁徙通道附近的风电场，对没有达到影响鸟类飞行高度的风电机一律不准设光源。④不要安装红色的闪光灯，因为红色闪光灯对夜间迁徙鸟类的吸引更大，更容易扰乱夜间迁徙鸟类的迁徙活动。

（5）输供电线应当尽量把电线铺入地下和海底电缆。对于在空中架设的电线部分，要求两相电线之间要留有足够大的空间，防止猛禽在电线上停歇时触电。不要使用有闪光涂层的电线，电线应尽量粗大。

8.3.5.2 施工阶段保护措施

（1）尽可能选用低噪声设备，并加强设备的维护和保养，减少施工机械噪声和车辆运输噪声对鸟类的干扰。根据调查评价范围鸟类的的生活习性，合理安排施工期尽可能避开候鸟迁徙高峰期，在鸟类非迁徙季节竖立和组装风机。在鸟类迁徙高峰期要严格控制光源使用量，对光源进行遮蔽，减少对外界的漏光量，尤其是在大雾、小雨、强逆风或无月的夜晚，应停止施工。同时，在施工人员进场后，要立即进行鸟类保护的宣传教育，明确禁止施工人员进入候鸟群分布区，杜绝猎杀鸟类的行为。

（2）避开鸟类迁飞季节施工。风电场的施工期施工活动与鸟类迁徙路过高

峰时间相重叠，对鸟类产生短暂的负面影响。在迁徙强度大的季节（10 月~11 月），严格控制光源使用量，对光源进行遮蔽，减少对外界的漏光量，尤其是在有大雾、小雨或强逆风的夜晚，应该停止施工。在鸟类非迁徙季节竖立和组装风电机。

8.3.5.3 运营阶段保护措施

（1）加强鸟类监测。组织专业人员，开展风电场区域鸟类种类和数量监测。每年春季 3 月~4 月、秋季 10 月~11 月候鸟大规模迁徙期间，要密切观测候鸟动向，做好观测记录，在遇到大群候鸟路过和停歇风电场内及附近区域，必要时应当停机驱赶。风电场的鸟类监测应作为监测计划中一部分。风电场建成后，必须进行 3 年的鸟类通过量和死亡率监测研究，以便制定风电场科学管理的制度，一旦发现与夜间迁徙候鸟或白天集群迁徙、觅食的鸟类撞击率较高的风电机，要适时关闭风机。

（2）应在风电场区域建立鸟类观测站，为了更好地解决调查评价范围风能资源开发和候鸟资源保护之间的矛盾，建议长时期对鸟类进行连续观测，加强风电场区域鸟类活动特征（如觅食地、栖息地选择、迁徙路线、高度等）以及鸟类与风机撞击情况及鸟类在输电线路上的栖息情况的观测，合理调整运行及防范措施。将风电场对鸟类的影响防范工作纳入区域发展规划，协调区域滩涂及邻近地区的开发建设。

（3）特殊情况下的风电场运行管理。在有大雾、小雨或强逆风的夜晚，尤其在迁徙强度大的季节，应停止运行风机，以减少鸟的撞机伤亡。

（4）实施鱼类、甲壳类、贝类增殖放流。本工程占用调查评价范围鸟类的部分栖息地，导致鸟类觅食区域面积减少。建设单位应结合风电场建设进度，制定鱼类、甲壳类、贝类增殖放流计划，减少风电场占地对鸟类觅食的影响。

（5）可借鉴机场防治鸟撞的经验，如设置仿真人驱鸟，设置恐怖眼驱鸟，播放鸟类天敌声音驱鸟、电子炮驱鸟等。可尝试使用将上述驱鸟方式组合成的“三维梯度式驱鸟系统”。

（6）可借鉴中国电建集团海外投资有限公司（Power China Group）和新疆金风科技股份有限公司的子公司金风澳洲（Goldwind Capital Australia），在澳洲塔斯马尼亚的牧牛山（Cattle Hill）建设的风电场对澳洲最大猛禽楔尾雕保护成

功的案例，采用摄像头和人工智能系统来防止鸟撞发生，通过摄像头探测到鸟类飞过来，电脑算法预判它的飞行方向，下令让它即将经过的风机关闭，虽然影响了发电效率，但是保障了鸟类飞行安全。

8.3.6 防止泥沙冲刷危及风机基础和海缆安全防范措施

受长期泥沙冲刷的影响，在风电场海底电缆和海床之间有形成淘空的可能，风机基础也可能因局部冲刷产生深坑。

根据数模计算结果，风机桩基基础局部最大可能冲刷深度为 6.27~6.52m。可考虑预留一定的冲刷深度或者采取一些实体防护措施来增加桩基周围床面的抗冲蚀能力。本项目风机基础设计防冲刷方案为风机基础初步施工完成后，在海床表层铺设一层软体排，然后在软体排上方（基础泥面附近位置）进行抛石防护。

同时需要密切关注路由区、风机基础及附近海域后续采砂活动，禁止在海缆保护区范围内进行挖掘、采砂等活动。在项目建成运行后应开展定期的巡查，监测采砂导致的海床冲淤变化。

此外为进一步避免海底线缆损坏影响项目运行稳定，应遵守《中华人民共和国海上交通安全法》和《水上水下施工作业通航安全管理规定》的有关规定，敷设海底电缆施工作业，在适当的位置设立昼夜醒目的标志，并保证其完好、有效。敷设完毕后，向主管机关报送管线路由等相关资料，并申请发布航行通（警）告。并根据海底电缆保护规定要求禁止在海缆保护区范围内进行挖掘、采砂等作用。此外在风电场建成运行后应开展定期的巡查观测风电场区海床冲刷变化情况，在风暴潮等恶劣气象条件过后加以必要的检查，如发生局部冲刷及时进行回填保护。

8.3.7 噪声及电磁辐射影响防治措施

（1）施工中高桩承台风机基础水下冲击式打桩将对周围海域的海洋生物，特别是对石首鱼科如梅童鱼、大黄鱼、黄姑鱼等石首鱼类的行为活动将带来一定影响。鉴于施工期的打桩噪声具有强度高、时间相对短的特点，海上施工期应对每日预计打桩数量（即最高数量）、打桩的持续时间做出预测，在时间上控制一次一桩，首桩打设采用较低功率的“软启动”方法。

（2）施工期水下打桩中应严格确立在距离桩基一定范围为鱼类等海洋生物受水下噪声影响的危险区域，基于上述的分析在本项目中对于 2.6m 管径的钢管

桩撞击施工时所对应的保护距离为 1.5km，危险距离为 190m；在该危险距离范围内应对鱼类、海洋哺乳动物进行可能的驱赶、搬移等工作；当该海域中存在石首鱼科如大黄鱼、叫姑鱼等鱼种时，应确立在危险距离为 1.9km。

（3）注意鱼类等海洋生物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，建立水中作业时间窗概念。水中作业时间窗表示在该段时间中对某个物种的潜在影响最小，或者在该窗时间内物种本身的生命周期使之不受影响。如每年 5~9 月为该海域鱼类产卵期、洄游期的主要季节，应避开此时间段。

（4）确定打桩时间和形式前应该对海域内不同鱼类的活动和分布进行全面的考虑。由于鱼类具有多种行为使得它们遭受噪声影响的程度也不同。如产卵场、索饵场和洄游通道功能的作用有一定的季节性，每年 5~9 月是主要季节。工程中作业顺序应安排得当，电缆铺设和风机打桩尽可能的避开渔业敏感季节；如高机动游动的鱼类可以在打桩进行时离开该海域而停止施工后返回，而其他鱼类如虾虎鱼则具有较低的机动性，无法快速离开一个海域，因此，可以依据不同的鱼种其洄游迁徙的时间而确定打桩的时间。

（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。

8.4 监督管理对策措施

实施海域使用监控与管理旨在实现海域资源的合理开发利用，维护海域国家所有权和海域使用权人的合法权力，建立“有序、有度、有偿”的海域使用新秩序，实现海洋生态环境和海域资源的可持续利用。

8.4.1 监督管理体系的建设

工程开工建设前，建立工程环境管理体系，具体负责和落实工程建设过程中的环境保护管理工作。工程施工期应实施环境监理制度，设立专门的监理部门、专职人员，以便对各项环保措施的实施进度、质量及实施效果等进行监督控制，及时处理和解决可能出现的环境污染和生态破坏事件。

8.4.2 海域使用面积、用途、时间监控

（1）目前项目用海范围、面积是根据可行性研究阶段的工程总平面布置图量算的，在项目进行初步设计、施工图设计阶段后平面布置可能会优化，因此，需监控海域使用面积。在用海单位实施建设工程之前，应明确海域使用面积和界限。业主单位应严格在批准的用海范围内进行工程建设，不得擅自改变经批准的海域用途，不得随意扩大论证的工程用海范围和改变海域使用属性。

（2）在施工期，应加强对风机基础、电缆等用海范围和面积的监控，定期或不定期检查项目建设是否遵循海域使用界限，对于没有按照要求进行用海的，应责令其停止作业活动。

（3）在工程完工后应进行海籍测量，以准确界定用海面积。海域使用面积测量要按《海域使用面积测量规范》和《海籍调查规范》（国海管字〔2008〕273号）的有关规定执行。海洋行政主管部门应对项目用海的内容是否符合审批范围，包括用海位置、面积、用途进行核定。

（4）业主单位应在批准的用海范围内进行风机、电缆等的建设，不得随意扩大报告中论证的工程范围和改变海域使用属性，并积极配合海域使用的监管工作。

（5）业主单位应以批准的用海方式进行用海活动，不得随意改变本项目所有涉海工程的用海方式，用海方式发生改变要报原审批单位重新提交用海申请。

（6）海域使用权到期后，业主单位如需继续使用海域，应当最迟于期限届满前两个月向海洋主管部门申请续期，获批准后方可继续用海。

8.4.3 施工期监督管理措施

本工程在进行风机基础建设、海底电缆铺设等施工过程中要打桩、抛石等海上作业。为使施工产生的声波、悬浮物扩散及施工废水和生活污水的排放对周边海洋功能区和保护区的影响减小到最低程度，需采取以下相应的环境措施。

8.4.3.1 海域污废水处理

（1）海域施工期间，现场施工人员主要各类施工、补给船只上，每天产生一定量的生活污水，生活污水收集后运至陆域临时施工区与陆域生活污水一起处理。

（2）严格执行国家《船舶污染物排放标准》和 73/78 国际防止船舶污染海

洋公约的相关规定，严禁所有施工船只的含油废水等在施工海域排放。大型施工船舶设相应的防污设备和器材，并备油类记录簿，含油污水如实记录；设专用容器，回收施工残油、废油；含油废水运回陆地进行处理。

（3）甲板上偶尔出现的少量油（通常是润滑油）用锯末或棉纱吸净后冲洗，含油的棉纱等应收集后运回陆地。注意施工船舶等的清洁，及时维护和修理施工机械，施工机械若产生机油滴漏，应及时采取措施。

8.4.3.2 海洋生态环境保护措施

项目建设要坚持“预防为主、保护优先”的原则，指导设计、施工、环境管理，将海洋生态环境保护纳入工程方案设计过程中，使海上施工作业对海洋生态环境带来的不利影响降低到最低程度。

（1）为减轻工程施工建设对海域底栖生物的影响，建议：

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 严格限制工程施工区域在其用海范围内，划定施工作业海域范围，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；

④ 风机桩基和电缆铺设完成后，应修复水生生物栖息地，以加快生态修复。

（2）为减轻工程施工建设对渔业资源和渔业生产的影响，建议：

① 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，基于上述的分析在本项目中对应的保护距离为 500m，在该范围内应对鱼类活动进行可能的驱赶、搬移等工作。

② 春、夏季（5~7 月）是鱼类产卵高峰期，从减缓对渔业资源影响的角度出发，打桩、电缆铺设应避开海洋鱼类产卵高峰期。同时打桩前可采取预先轻打几下桩，以驱赶桩基周围的鱼类，为减缓后续正式打桩时产生的水下噪声和悬浮物对鱼类的影响。

③ 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。

④ 施工期对附近水域开展生态环境及渔业资源跟踪监测，及时了解工程施

工对生态环境及渔业资源的实际影响。在鱼类产卵期应该暂停打桩作业。

⑤ 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，每年 5~7 月是主要季节。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。建议在打桩作业中采取“软启动”使噪声源强缓慢增强等措施后，能驱使鱼类离开施工水域，可进一步减小水下噪声导致渔业资源的损失。

（3）为减轻工程施工建设对鸟类的影响，建议：

① 合理安排实施施工计划，工程施工尽量避开鸟类迁徙、集群的高峰期。根据区域鸟类季节性特征分析，区域鸟类数量以春秋季节迁徙期及冬季居多，则适宜的建设时期应为夏季。

② 合理选择升压变电所与电缆建设位置，减少对鸟类适宜栖息地的侵占。

③ 抓好施工组织和现场管理，文明施工，最大限度地减少施工期各污染源对周边环境的影响。施工单位应加强对施工人员的生态环境保护宣传和教育工作，提高施工人员对生态环境保护意识，严禁施工人员捕捉、猎杀鸟类。

（4）施工期悬浮泥沙对海水养殖影响的防范措施

① 从悬浮泥沙影响预测来看，施工期间悬浮泥沙浓度高于 10mg/L 的总影响包络面积基本沿海缆两侧线性分布，悬沙包络线向周边扩散半径为 270m 范围内。根据施工规划，电缆敷设实际影响范围远小于预测范围；

② 海底电缆管沟近岸段施工选择在低潮时进行，以减小悬浮泥沙对海水水质及海水养殖的影响；

③ 钻孔泥浆废水通过沉淀池沉淀后取上清液进行重复利用，以减少因钻孔泥浆废水排放对海水水质及海水养殖的影响；

④ 钢套筒与钢管桩衔接处做好密封，防止水泥浆外泄污染海水水质及海水养殖；

⑤ 在电缆近岸段，海水养殖以龙须菜、紫菜、鲍鱼养殖等为主，养殖期一般为每年 10 月份至翌年 6 月。建议施工期尽量避开养殖期。

8.4.3.3 自然岸线保护措施

① 完善定向钻施工设计，根据登陆端周边地质情况和水深关系，设置好陆域钻入点位置、海上钻出点位置，以及导向钻施工高程。确保施工完成的电缆套管位于地表标高以下。

② 定向钻施工形成的电缆套管长度不小于 200m，海域侧钻出位置必须位于低潮线之外，陆域钻入点位置必须距离岸线 50m 以上。

8.4.3.4 海上施工产生的固体废物污染防治措施

施工期陆、海域产生的固体废弃物以及人员的生活垃圾禁止随意丢弃，集中收集后运至陆上分开处置，避免二次污染。

8.4.4 运行期污染防治对策

本项目为风力发电项目，生产过程中无废气、废水排放，基本无固废排放，具有清洁生产特征。针对本项目运行期间可能对渔业生产、鸟类、声环境和电磁环境产生的影响，提出以下防治对策。

8.4.4.1 海洋生态保护措施

（1）加强风电场运营管理，保证各项工程设施完好、确保安全生产是海洋生态环境保护最基本的措施。同时，根据海域环境特征，在风电场附近海域设立长期监测点，对海洋生物资源（包括叶绿素 a、浮游植物、浮游动物（鱼卵、仔鱼）、游泳生物、潮间带生物、潮下带底栖生物和渔业资源）进行定期监测。并分析叶绿素 a 含量、分布与季节变化；浮游植物的种类组成、丰度、生物量与季节变化；浮游动物（鱼卵、仔鱼）和游泳生物的种类组成、数量、生物量及季节变化、主要优势种和经济种类；潮间带生物的种类组成、栖息密度和生物量及其季节变化和潮下带底栖生物的种类组成、生物量和栖息密度及季节变化、主要优势种和经济种类。

（2）风电场建成后应采取以底栖和潮间带生物增殖及鱼类增殖放流为主的生态修复补偿措施，增殖放流品种优先选取当地海域的常见种和优势种或经济价值高的种类，具体增殖放流应在当地海洋渔业主管部门指导下，按照当地海洋功能区划，鱼类产卵场位置确定，并与当地放流计划同步，便于增殖放流的组织和管理。

（3）风电场运行期，对风机及相关设备进行维护需用一定数量、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，废油应储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，应将废油、含油废物等一并送交有资质单位回收处理，尽量减小对海域水质和沉积物环境的影响。

8.4.4.2 风电场降噪措施

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。

8.5 生态修复措施

8.5.1 生态用海措施

8.5.1.1 管理措施

（1）加强海洋生态修复和建设

本工程风机基础用海造成的生物资源损失，建议通过人工放流增殖渔业资源的方式进行补偿，生态补偿是以保护和可持续利用生态系统服务为目的，以经济手段为主调节相关者利益关系的制度安排。通过生态补偿手段可以在科学、合理开发使用的同时，逐步恢复已受损或遭破坏的海洋生态环境，确保海域使用的生态安全。

（2）加强环保设施审查和污染物控制

本项目应在风机基础、海缆施工等主要产生的悬浮泥沙的施工环节有针对性制定施工组织方案，降低悬浮泥沙产生浓度和周边海域的污染，跟踪海域使用动态监测数据，严控悬浮泥沙扩散入海。

此外，落实生态用海还应对设计的相关利益方进行妥善处理，明确处理方案与落实情况。

（3）加强海洋生态损害的保护、恢复或补偿措施

海洋环境容量损失方面主要是采取区域削减和规划区自身减排等措施，本项目海洋生态保护与恢复措施主要有：

A. 施工保护措施

①工程施工建设要坚持“预防为主、保护优先”的原则，指导设计、施工、环境管理，把生态环境保护纳入工程方案设计过程中，把工程施工对海洋生态环境带来的不利影响控制到最低程度。

②控制施工进度，尽量避免或减少当地经济鱼类繁育的保护期施工，减少施工过程对海域生态环境的损害。

③桩基施工噪声缓解和对鱼类的保护措施。桩基础施工应避免采用撞击式的打桩作业方式，建议采用环保型液压式打桩机。

④严格限制工程施工和作业范围，以减小施工作业对鱼类和底栖生物的影响。

⑤尽量选用先进低噪的施工设备和船舶，并注意日常设备维护，降低施工噪音，减轻对鱼类的影响。

⑥加强施工期船舶生活污水的收集处理和生活垃圾的收集处置，严禁向海域倾倒各种垃圾与排放废污水。

B. 生态补偿和增殖放流

为弥补工程建设所造成的生态损失，减缓对海域的渔业资源造成的影响，建设单位应将本建设项目造成的生态损失补偿经费纳入工程投资预算中，交由当地主管部门统一补偿，严格用于生态恢复，生态恢复主要采取水生生物增殖放流的方式。

增殖放流必须坚持增殖与保护并重的原则，保持生物多样性，维护自然生态结构和生态安全，积极发展适宜品种的增殖放流。业主应委托有关技术单位编制生态补偿方案，并报相关行政主管部门审定后，科学、合理地海洋生态环境和资源进行修复。放流前业主要清理放流区域，划出一定范围的临时保护区，放流期间禁止保护区内拖网等作业。放流品种应为本地种的原种或子一代苗种，不得向天然水域投放杂交种、选育种及外来种或转基因种，苗种规格等质量标准须符

合相关技术规范。苗种供应单位应具良好信誉、管理规范、技术力量较雄厚、技术水平较高，并持有《水产苗种生产许可证》或《水生野生动物驯养繁殖许可证》。

根据《水生生物增殖放流管理规定》，当地渔业主管部门指导全市渔业资源增殖放流工作，进行渔业资源增殖放流的组织、协调和监督管理。项目实施后，具体放流数量、时间、地点及放流品种等应按照当地主管部门的增殖放流计划并结合本工程的建设实际情况进行实施。

①放流经费：根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》，对本项目施工期影响生物量损失进行货币量估算，参考市场价格鱼卵和仔稚鱼按1元/尾，游泳动物按10元/kg取值，估算生物量损失约为60万元，工程实施增殖放流费的生态补偿经费总费用不得低于60万元。

②放流水域：南日岛周边海域，在饵料丰富、水势平稳、环境符合放流品种生态习性进行放流。

③放流季节：一般在5~6月。

④放流组织和监理：建议为建设方组织，委托专业单位实施，渔业管理部门监理的方案。

⑤放流跟踪监测：结合渔业资源监测计划和竣工验收监测进行，经费不再另外列支。

⑥放流品种：工程所在海域主要洄游经济物种为大黄鱼和黄姑鱼，以黄姑鱼、大黄鱼、鲷科鱼类、蟹类和底栖生物放流为主。

⑦施工期对施工海域的渔业养殖户会造成影响，为有效减缓本工程实施对渔业生产的影响，建设单位应与当地渔业主管部门和养殖渔民协商，落实对造成直接经济损失的渔民的补偿措施，制定切实可行的补偿计划，落实补偿费用，以经济手段减轻项目实施对渔民的影响，以取得渔民的理解、支持和配合。

C. 环境监理、监测措施

①为保证项目环境保护措施得以全面落实并达到预期效果，减轻工程施工建设对渔业资源和渔业生产的影响，应做好施工期的环境监理工作，全面监督和检查各施工单位环境保护措施的落实和效果，及时监督、处理和解决施工过程中出现的环境问题，对未落实环保措施且不予整改的施工单位应及时上报主管海洋执法部门。

②对施工期附近水域开展生态环境及渔业资源跟踪监测，及时了解工程施工对生态环境及渔业资源的实际影响。工程施工前应将环境监测方案报主管部门备案。

③根据海域环境特征，在工程区附近设立长期的监测站点，对海域的各种水生生物资源（包括叶绿素a、浮游植物、浮游动物、底栖生物、渔业资源）等进行定期监测。各项海洋生态修复措施，有必要通过跟踪监测和评估，来检验措施的可行性和有效性。

8.5.1.2 生态环境监测

本项目应结合项目对周边敏感海洋环境影响，制定生态环境监测计划，具体监测计划可参见表8.5-1和表8.5-2。

表 8.5-1 施工期生态环境敏感区环境监测计划表

敏感区	工程与敏感区位置关系	环境监控内容	环境监控站位及调查频次	频次及站位统计
海洋牧场示范区	部分风机位于区域内，海缆穿越	海水水质：监测指标为SPM、石油类等。	高桩基础和海缆敷设施工高峰期时各监测一次，施工结束后进行一次监测。三个断面，每个断面3个展位	共监测3次，施工点周边共设9个站位。
		沉积物：监测指标为有机碳、硫化物、油类、铜、铅、锌等重金属。	施工结束后进行一次监测，监测站位与施工前调查站位相同。	监测一次，共设10个站位。
		海洋生物：监测指标为浮游植物、浮游动物、大型底栖生物、渔业资源、生物质量等。	选取60%水质站位，监测频次同水质调查	共监测3次，施工点周边共设5个站位。
		水下噪声	沿水深无显著变化的方位布设3个测量站位。测量站位最小距离须不小于3倍作业点水深；测量深度宜分布在水深的1/2和3/4，兼顾目标海洋生物活动的水深，测量深度2个；测量频次3次，同海水水质。	测量站位3个，每个站位测量深度2个，测量频次2次

表 8.5-2 运营期生态环境敏感区环境监控方案表

敏感区	工程与敏感区位置关系	环境监控内容	环境监控站位及调查频次	频次及站位统计
海洋牧场示范区	部分风机位于区域内，海缆穿越	沉积物：监测指标为有机碳、硫化物、油类、铜、铅、锌等重金属。	选取风机垂直潮流方向和平行潮流防线，设置5个站位，每年监测一次	运营期每年监测一次。

8.5.1.3 鸟类的保护措施

（1）施工期对鸟类的保护措施

为保护工程和周边区域的鸟类，施工期应采取以下保护措施：

①合理规划施工作业时间。施工单位在制定施工计划、安排进度时，应合理安排施工期，尽量避开鸟类迁徙期、繁殖期、越冬期。强调合理有序施工，优化施工组织。加强鸟类观测，在鸟类迁徙高峰期严格控制光源使用量，对光源进行遮蔽，减少对外界的漏光量，尤其是在有大雾、小雨或强逆风的夜晚，应该停止施工。

②做好施工组织和现场管理，文明施工，最大限度地减少施工期各污染源对周边环境的影响。应加强对施工人员关于鸟类保护的宣传教育，明确禁止施工人员进入候鸟群分布区，杜绝猎杀鸟类的行为。

③严格执行施工操作规程，施工机械设备应有消声减振措施，避免对鸟类造成惊吓，保护鸟类生境。

（2）运营期对鸟类的保护措施

①建议在风机基础、风叶等适当的位置安设闪烁灯光，以增加鸟类对风机的可见度，促使鸟类产生趋避行为，降低撞击风险。

②应在工程适当区域建立鸟类观测站，加强工程所处海域的鸟类活动特征（如觅食地、栖息地选择、迁徙路线、高度等）以及鸟类与风机撞击情况及鸟类在基础承台的栖息情况的观测，合理调整运行及防范措施。将工程运营对鸟类的影响防范工作纳入区域生态建设。

③运营阶段，若在迁徙季，则加强对工程沿线的鸟类跟踪监测，特别是遇见大数量鸟类迁徙过境，应调整风机转速或关停等措施。

④建议借鉴成功案例，配套摄像头和人工智能系统，识别周边鸟类飞行情况，预判飞行轨迹，通过计算后减缓风机转速或关停，兼顾发电效率与鸟类保护，特别是发现大数量鸟类迁徙过境，可能穿越风电场区域，应采取关停措施。

8.5.2 生态修复方案

8.5.2.1 生态修复区域、范围

本项目用海位于南日岛周边海域，项目采用透水构筑物的风机基础，本项目对海洋生态的影响主要体现在施工期，主要为高桩承台基础、海缆敷设施工悬浮泥沙影响。因此，施工期悬浮泥沙影响区域和海缆登陆段浅滩为本项目用海生态修复区域及范围。

8.5.2.2 生态修复重点

基于本项目所在区域的生态定位，结合项目建设产生的主要生态问题，确定本项目生态修复的重点包括以下 2 个方面：

（1）海洋生物资源损失补偿

通过采取在工程海域增殖放流等措施，恢复受损的海洋生物资源。可采用放流游泳生物、贝类底播人工增殖等方式，增殖放流的亲体、苗种等。

（2）海洋生态系统服务价值恢复

海洋生态系统服务价值损失的几个方面，从区域生态系统角度进行恢复：通过增殖放流等措施恢复供给功能损失；通过东罗盘岛滩涂整治、海岸修复等措施恢复文化功能和支持功能损失。

8.5.2.3 生态修复目标

用海区主要生态问题包括：施工期海洋生物资源损失。

基于用海区的生态本底条件，结合上位规划对项目所在区域的生态定位；以问题为导向，针对项目即将造成的生态影响，提出生态修复目标为：海洋生物资源损失补偿。

8.5.2.4 生态修复措施

本项目主要采用鱼类增殖放流和底播增殖等措施。

以上生态修复根据《海洋生态修复技术指南（试行）》（自然资办函[2021]1214号）相关要求。具体修复面积、修复目标指标、修复效果等修复内容等见表 8.5-3。

表 8.5-3 生态修复措施、内容及效果指标、计划一览表

序号	修复措施	修复内容	工程费用	实施时间	备注
1	海洋生物资源恢复	增殖放流和底播增殖，放流品种以黄姑鱼、大黄鱼、鲷科鱼类、蟹类和底栖生物	生态补偿费用 60 万元	工程建设完成后次年	5~6 月实施

		放流为主。			
--	--	-------	--	--	--

9 结论与建议

9.1 结论

9.1.1 项目用海基本情况

莆田南日岛 C 区（调整）海上风电场工程（北区项目）工程福建省莆田市秀屿区南日岛东侧海域，场址中心离岸距离约 27km，离南日岛岸边 6km，规划面积 32km²，规划容量 30 万 kW，理论水深约 14~23m。本工程为规划风电场北片区，场区中心点地理坐标为东经 119°35'53.93"，北纬 25°13'26.57"本工程依托现有东罗盘岛龙源 220kV 升压站预留范围内新建 1 台 220kV、容量 32000/16000-16000kVA、变比为 230±8*1.25%/36.75-36.75kV5 的三相、铜绕组、自然油循环、分冷却型、油浸式、低损耗、低压双分裂的有载调压电力变压器。依托福建龙源新增一回容量 320MW 的送出送出线路至南日岛 220kV 升压站，再经已建的埭头汇流站~南日岛升压站的双回线路并入电网。

本项目拟安装 10 台单机容量 16MW 的风力发电机组，分设 5 回 35kV 集电线路将电能送至东罗盘岛上龙源 220kV 升压站，每回 35kV 集电线路含 2 台风机，铺设 35kV 海底电缆路径长度约 35.9km，敷设至东罗盘岛东侧登陆点；登陆后利用海陆缆转换接头改为 220kV 陆缆，接入东罗盘岛上已经建成的升压站。工程总投资约 19.06 亿元，总建设工期 36 个月（含前期）。

本工程用海类型一级类为“工矿通信用海”，二级类为“可再生能源用海”和“海底电缆管道用海”。申请宗海总面积为 119.5564hm²，其中透水构筑物（风机）宗海面积为 14.7515hm²，海底电缆管道用海 104.8049hm²。本项目风电场拟申请用海期限为 30 年。

9.1.2 项目用海必要性结论

发展风能是国家能源产业发展战略和规划的需要，为了改善我省能源结构、大力发展绿色能源、保护环境，并推动我国海上风力发电机组制造技术的进步，探索积累我国东南沿海海上风电建设运行技术，在我省陆上风电项目基本开发完毕的情况下，海上风电的开发是我省电源开发和发展的新目标。在海上风能资源优越的区域开发风电场是必要的。海上风电场要建设风机基础和海底电缆，需要

使用一定面积的海域，因此项目用海是必要的。

9.1.3 项目用海对资源环境影响分析结论

（1）项目用海对环境影响结论

工程的实施仅影响风机桩基周边局部水域的潮流场，其影响范围基本限定在以风机桩基中心为圆心，直径约 200~300m 的圆形范围内，工程建设对周边海域流速、流向影响较小。

风电场的建设会造成工程海域泥沙运动发生一定变化，但泥沙的淤积范围主要集中在风机桩基周围及厂区附近，总体而言冲淤幅度不大，并且距离场区越远，影响越小。

风机基础和电缆铺设等施工时将产生悬浮物扩散，全潮期间场区电缆敷设悬浮物浓度大于 10mg/L 影响范围叠加约为 5.93km²，悬沙包络线向周边扩散半径为 270m 范围内。产生的悬浮泥沙会对生态环境造成一定影响，但此影响随施工结束而逐渐消失。

（2）项目用海对生态影响结论

本项目风电场施工区鸟类的种类和数量较少，且主要为鸥类，属于广泛分布的种类，为常见物种。项目建设对鸟类的综合影响较小，属于可接受范围。建设单位在严格执行环保“三同时”制度并严格落实本报告所提出的保护措施前提下，可将其对鸟类不利影响降低到最小程度，其影响是可接受的。

本项目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。根据目前国际上对连续存在的水下噪声可能对海洋生物的行为干扰的安全级阈值设定 120dB 的导则要求，本工程所采用的一般水下施工等活动基本上不会对海洋生物带来影响。海上风电场在营运期总体的噪声强度比较低。风机噪声基本上与海域其它点测量到的背景噪声相近。营运期水下噪声强度对海域中典型鱼类影响不明显。营运期水下噪声对产卵场、索饵场和洄游通道的影响还有待进一步深入的研究。风电场营运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，不会对该海域中其他的海洋哺乳动物的行为活动产生影响。

本项目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核内部。对于 35kV 的集群

海底电缆，由于磁场在海域介质中的衰减特性，在离机群中心距离 1m 外，磁感应强度已降在 $1\mu\text{T}$ 以下。根据本项目实验室模拟实验，对该海域中典型的海洋鱼类和底栖生物（大黄鱼、锚尾鰕虎鱼、半滑舌鳎；虾类和贝类有对虾，口虾蛄；菲律宾蛤仔等）的影响在可接受范围内。

（3）项目用海资源影响

本项目电缆登陆端将占用南日岛自然岸线 20.9m，项目施工采用定向钻工艺，从岩石层穿越岸线和潮间带，不改变岸线自然属性，不会改变自然岸线形态，岸滩生态环境能保持原貌。项目实施后，悬浮泥沙造成的海洋生物损失，鱼卵损失量为 $2.59 \times 10^8 \text{ind}$ ，仔稚鱼损失量为 $2.71 \times 10^7 \text{ind}$ ，游泳动物幼体损失量为 38428.7kg。本项目对底栖生物的影响主要表现在 10 台风机基础和海底电缆直接占用海域，占用海域底栖生物量总损失 360.7kg。

（4）项目用海风险

本项目存在的用海风险主要来自通航环境风险；海底电缆及风机基础泥沙冲刷风险；风机遭受雷电、台风等自然灾害风险；施工船舶碰撞溢油事故风险和鸟类碰撞风机风险等。

9.1.4 海域开发利用协调分析结论

海缆登陆段施工会穿越部分养殖区，可与受影响养殖户进行充分沟通协调，同过采取适当的补偿，与受影响的渔民的协调是可行的。

风电场的开发建设能有效的促进地方经济，带动风电产业链的发展，改善当地电网的电源结构。海缆登陆占用岸线较短，对周边渔业活动开展影响较小，采用定向钻施工工艺，不会造成自然岸线的实际占用，因此项目登陆点选择与东罗盘岛村委是可协调的。

本项目单位前期已与龙源风电沟通并签订备忘录，因此就风电场相邻、共用海缆登陆点和龙源福建是可协调的。

项目对江阴港区进港航道正常航行的船舶之间不存在显著的影响，不会明显影响沿海航行习惯航路的船舶方法和交通流分布，但风电场建设将改变航道附近现有环境和航行条件，航路航行的船舶与本工程的风机之间存在碰撞危险。建设单位通过加强管理和沟通协调，其影响是可控的。本工程建成后对周边习惯航路航行的船舶的影响较小，适当调整航行习惯可以避开拟建风电场水域。本项目在

严格落实通航安全保障措施、相关限制条件和建议的前提下，工程完成后可满足风电场周边海域过往船舶的安全通航要求。

本项目与南日岛国家海洋牧场示范区存在交叉，通过将海洋牧场和海上风电场创新性相结合，把养殖和增殖结合起来，两者可以互相兼容。因此与莆田秀屿海洋与渔业局协调沟通是可行的。

本项目距军事禁锚区最近距离 2.85km，建设单位可以制定施工期对已建光缆保障措施，与军方积极沟通取得同意。

综上所述，拟建设项目的利益相关者协调是可行的，也是可以达成最后的协调方案的，项目存在发生重大利益冲突的可能性很小。

9.1.5 项目用海与海洋功能区划及相关规划符合性分析结论

根据《福建省海洋功能区划》（2011-2020），本项目用海位于“南日岛农渔业区”，周边功能区主要有“近海农渔业区”、“福清湾-兴化湾港口航运区”、“兴化湾保留区”。本项目的实施、运营不影响“南日岛农渔业区”主导功能的发挥，符合该功能区的管理要求，与周边海洋功能区可兼容。项目用海符合《福建省海洋功能区划》（2011-2020）。

项目建设符合国家《“十四五”现代能源体系规划》，与《国家海洋局关于进一步规范海上风电用海管理的意见》（国海规范〔2016〕6号）、《福建省近海海上风电场工程规划》报批稿、《福建省“十四五”能源发展专项规划》，以及《福建省国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》、《莆田市“十四五”海洋强市建设专项规划》、《福建省海洋环境保护规划（2011-2020年）》等规划相衔接。

9.1.6 项目用海合理性分析结论

风电场区具有较丰富的风能资源，具备大规模开发条件；项目选址位于规划莆田南日岛海上风电场址内，场区工程地形地貌、工程地质条件适宜风电场建设；场区水深条件、工程地质条件、周边的港口码头等交通运输条件满足施工要求；项目建设对周边海域资源和环境的影响较小；对周边其它海洋开发活动的影响在可控范围，因此项目选址合理。

项目规划总装机规模为 150MW，10 台风电机组采用矩阵布置，垂直于风能

主导方向排列。排间距约为 3.4km，排内间距取 590m（2.27D）的布置方案，涉海面积最小，尾流影响较小，节省海域面积、集约节约用海。经预选海缆路由方案比选，选用较集中的 35kV 海缆布置方案，根据登陆点周边开发利用和协调情况，以及周边海洋红线区划定情况，推荐 35kV 海缆方案不占用海洋生态红线区、海缆长度最短、与周边开发利用活动可协调。通过技术、经济、施工等比较，选择高桩承台基础方案作为本工程海上风电机组基础的推荐方案。项目总平面布置较为合理。

项目风机基础结构采用透水构筑物的用海方式，海底电缆埋设于海底，没有改变该海域的自然属性，也没有对周边海域生态环境产生不可逆转的破坏，项目用海方式合理。

项目用海面积的界定是根据工程总平面布置，依据《海籍调查规范》和《海上风电开发建设管理暂行办法》中的相关规定进行面积计算。电缆用海与风机用海有部分重叠，电缆用海不计重叠面积。本项目申请用海总面积 119.5564hm²，其中风机基础用海面积 14.7515hm²，海底电缆管道用海面积为 104.8049hm²。本项目符合《关于进一步规范海上风电用海管理的意见》的要求，项目用海面积是合理的。

本项目用海期限申请为 27 年。用海期限是根据《中华人民共和国海域使用管理法》第二十五条和工程本身的需求进行界定的，项目用海期限界定合理。

9.1.7 项目用海可行性结论

本工程建设符合我国可持续发展能源战略，有利于推动东南沿海海上风电的开发，提高我国国产大功率海上风机装备制造水平，对探索和积累在我国高风速和台风多发地区建设和运营海上风电项目经验，为我国海上风电产业规模化发展提供借鉴有积极意义。有利于改善我省能源结构、大力发展绿色能源、保护环境，在我省陆上风电项目基本开发完毕的情况下，海上风电的开发是我省电源开发和发展的新目标。

项目用海总体符合《福建省海洋功能区划（2011-2020）》在该海域的功能定位和管理要求，符合福建省、莆田市相关产业发展规划的总体布局和发展方向；项目用海选址、用海方式、用海面积和期限的确定合理；相关利益者可以协调；工程区地形地貌、工程地质、海域水深及流场等自然条件和社会经济条件较适宜，

项目用海对海域资源、环境的影响较小且可控。项目建设在严格落实环境保护措施和海域使用管理对策的前提下，从海域使用管理角度出发，本项目工程用海可行。

9.2 建议

无