

长乐外海 I 区（南）海上风电场项目  
海域使用论证报告书  
（公示稿）

福建海科勘察设计研究院有限公司

(91350100M0001Q6A77)

二〇二四年九月

# 目 录

摘要 .....	1
1 概述 .....	4
1.1 论证工作来由 .....	4
1.2 论证依据 .....	6
1.3 论证工作等级和范围 .....	9
1.4 论证重点 .....	9
2 项目用海基本情况 .....	10
2.1 用海项目建设内容 .....	10
2.2 平面布置和主要结构、尺度 .....	10
2.3 项目主要施工工艺与方法 .....	14
2.4 项目用海需求 .....	18
2.5 项目用海必要性 .....	19
3 项目所在海域概况 .....	23
3.1 海洋资源概况 .....	23
3.2 海洋生态概况 .....	25
4 资源生态影响分析 .....	34
4.1 生态评估 .....	34
4.2 资源影响分析 .....	35
4.3 生态影响分析 .....	38
5 海域开发利用协调分析 .....	57
5.1 开发利用现状 .....	57
5.2 项目用海对海域开发活动的影响 .....	61
5.3 利益相关者界定 .....	63
5.4 需协调部门界定 .....	63
5.5 相关利益协调分析 .....	63
5.6 项目用海与国防安全 and 国家海洋权益的协调分析 .....	64

6	国土空间规划符合性分析.....	65
6.1	项目用海与福建省国土空间规划（2021-2035年）的符合性分析 ...	65
6.2	项目用海与海洋功能区划的符合性分析.....	65
6.3	项目用海与福州市国土空间总体规划的符合性分析.....	67
6.4	与相关规划的符合性分析.....	68
7	项目用海合理性分析.....	74
7.1	用海选址合理性分析.....	74
7.2	用海平面布置合理性分析.....	79
7.3	用海方式合理性分析.....	84
7.4	占用岸线合理性分析.....	89
7.5	用海面积合理性分析.....	89
7.6	用海期限合理性分析.....	92
8	生态用海对策措施.....	93
8.1	生态用海对策.....	93
8.2	生态跟踪监测.....	96
8.3	生态补偿监督.....	101
9	结论.....	104
9.1	项目用海基本情况.....	104
9.2	项目用海的必要性分析结论.....	104
9.3	项目资源生态影响分析结论.....	104
9.4	海域开发利用协调分析结论.....	105
9.5	项目用海与国土空间规划符合性分析结论.....	106
9.6	项目用海合理性分析结论.....	106
9.7	项目用海可行性结论.....	107

### 项目基本情况表

项目名称	长乐外海 I 区（南）海上风电场项目		
项目地址	福建省福州市长乐区		
项目性质	公益性（ <input type="checkbox"/> ）	经营性（ <input checked="" type="checkbox"/> ）	
用海面积	79.3049hm <sup>2</sup>	投资金额	251809.80 万元
用海期限	29 年	预计就业人数	40 人
占用岸线	总长度	0m	邻近土地平均价格 /万元/hm <sup>2</sup>
	自然岸线	0m	预计拉动区域经 济产值 /万元
	人工岸线	0m	填海成本 /万元/hm <sup>2</sup>
	其他岸线	0m	
海域使用类型	电力工业用海	新增岸线	0m
用海方式	面积		具体用途
透水构筑物	30.7078hm <sup>2</sup>		风机基础
海底电缆管道	48.5971hm <sup>2</sup>		海底电缆

## 摘要

长乐外海 I 区（南）海上风电场项目位于福州长乐外海，东犬岛东侧海域，场址中心点地理坐标为  $120^{\circ} 16' 55.80''$  ,  $25^{\circ} 57' 39.13''$  。风电场规划面积约  $36\text{km}^2$ ，场址风机距离大陆岸线最近距离约  $53\text{km}$ ，场址理论水深  $43\sim 51\text{m}$ 。项目计划建设 16 台  $18\text{MW}$  和 1 台  $26\text{MW}$  的风电机组，总装机规模为  $314\text{MW}$ 。项目  $66\text{kV}$  海底电缆路由长度约为  $26.82\text{km}$ 。

长乐外海 I 区（南）海上风电场项目拟安装 16 台  $18\text{MW}$  及 1 台  $26\text{MW}$  的风电机组，总装机规模为  $314\text{MW}$ 。年等效满负荷小时数 4469，容量系数 0.510，年上网电量为  $1403.17\text{GWh}$ 。本工程不新建海上升压站，项目通过  $66\text{kV}$  集电线路升压至海上换流站的交流侧。风机之间采用  $66\text{kV}$  海底电缆连接，以 5 回集电线路接入海上换流站。海上换流站由长乐外海 D、E 区、长乐外海 I 区（北）、长乐外海 I 区（南）、长乐外海 J 区、长乐外海 K 区等海上风电场项目的投资主体注册成立联营合资公司，由福建省投资开发集团有限责任公司牵头并控股，负责开展长乐海域集中统一送出工程项目前期工作及建设运营工作。

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。

项目用海申请单位为福州长乐国闽新能源有限公司，申请用海总面积  $79.3049\text{hm}^2$ ，其中风机基础用海面积  $30.7078\text{hm}^2$ ，海底电缆路由申请用海  $48.5971\text{hm}^2$ 。申请用海期限 29 年。

位于《福州市国土空间总体规划（2021-2035 年）》中的“工矿通信用海区”，符合“工矿通信用海区”的管理要求。

本项目建设符合国家产业政策，项目用海位于《福建省国土空间规划（2021—2035 年）》中的“海洋开发利用空间”内，位于《福州市国土空间总体规划（2021-2035 年）》中的“工矿通信用海区”内，项目用海符合国土空间规划；项目用海位于《福建省海洋功能区划（2011-2020 年）》的“近海农渔业区”，符合海洋功能区划；项目用海与《海上风电开发建设管理办法》《福建省海上风电场工程规划报告（2021 年修编）》《福建省“三区三线”划定成果》《福建省“十四五”海洋生态环境保护规划》等相关规划可相衔接。项目用海不占用岸线。

本项目实施后,由于风机桩基尺度较小,阻水效应有限,与工程建设前相比,工程建设后,大、小潮流态没有发生明显变化,工程建设对大范围流场影响较小,对流场的影响仅局限于桩基局部约 100m 范围内。

工程引起的冲淤影响主要在场区桩基基础附近,以淤积为主,对周边海床冲淤影响较小。由于工程海域悬沙浓度较低,水深较深,年冲刷淤积强度较小,最高年淤积强度为 1.6 cm; 桩基涡旋区以外的平衡后最大淤积强度小于 3.0 m, 最大冲刷强度为 0.44 m, 达到冲淤平衡所需时间较长。由于桩基存在会在桩基附近形成涡旋,从而引起桩基局部冲刷,利用 Richardson 公式计算得到最大冲刷深度可达 3.8 m, 冲刷距离 8.3 m。50 年一遇潮波作用下局部冲刷深度 6m 左右。工程建设对周边敏感目标冲淤基本无影响。

本项目风机桩基、自升式平台桩靴和电缆敷设施工悬浮物浓度增量大于 10mg/L 的最大包络线面积为 27.22km<sup>2</sup>。项目建设对海洋生态的影响主要表现在底栖生物、鱼卵仔鱼及游泳动物的损失。导致的海洋生物量的损失主要包括工程建设桩基占用海域导致底栖生物永久性消失、自升式平台桩靴和海缆敷设占用海域导致底栖生物临时性消失、桩基施工及海缆施工期间悬浮泥沙导致海洋生物的损失。根据项目施工对海洋生物影响的定量计算,本项目风机桩基施及电缆敷设施工导致生物资源损失生态补偿金总额为 68.56 万元。

项目附近的社会条件可满足项目施工的需求,项目所在位置与自然资源和环境条件相适宜,与生态生态系统的适宜性较好,与周边用海活动可协调,因此,本项目的选址是合理的。本项目的用海方式有“透水构筑物”和“海底电缆管道用海”。其用海方式与用海单元的功能需求相适应,项目的用海方式是合理的。

综合风电机组的布置方案、电缆路由方案、风机基础选择的比选结果来看。本项目平面布置有着电缆长度短、投资少、年电能损耗低的优点并且能够减小所占海域面积,同时机型能够满足本风电场对 300MW 规模的要求,在技术成熟度、发电量、产品价格以及工程造价都具有一定的优势,有利于本项目风能的合理利用。因此,本项目的平面布置是合理的。

本项目用海面积已充分考虑到了直接用海(风机基础、海底电缆垂直投影)、间接用海(风机基础最外缘点外扩 50m 为半径的圆和海底电缆管道外缘线向两侧外扩 10m)的范围等因素。项目用海面积能满足项目的用海需求且本项目申请

用海界址点界定和用海面积的量算符合《海籍调查规范》的要求。

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、海底电缆用海申请用海期限为 29 年，符合《中华人民共和国海域使用管理法》的有关规定，且能满足项目的建设和营运需要。

综上所述，本项目用海符合国家产业政策，符合国土空间规划及相关规划，项目建设对海洋生态环境影响较小，与周边的海洋开发活动总体上相适应，与利益相关者具备协调途径，项目用海在选址、用海方式和平面布置、用海面积和用海期限等各方面的确定是合理的，项目用海可行。

# 1 概述

## 1.1 论证工作来由

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 km<sup>2</sup>，大陆海岸线 3667 千米，有居民海岛岸线 1692 千米。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，其年平均风速较大，风向稳定，是全国风资源最丰富的地区。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。

2020 年 11 月，福建省发改委正式启动海上风电规划修编工作，并合理采纳福建省工信、自然资源、生态环境、交通运输、林业、海洋渔业、海事、电网等部门以及项目所在地主管部门反馈意见，于 2021 年 6 月完成了《福建省近海海上风电场工程规划（送审稿）（2021 年修编）》。2021 年 6 月 30 日，规划报告经过专家评审及修编完善，形成了《福建省海上风电场工程规划（报批稿）》，根据规划报告，长乐外海 I 区场址位于长乐东犬岛东侧海域，场址中心西距东犬岛约 32km，场址离岸边约 60km，规划面积 72km<sup>2</sup>，规划容量 600MW，理论水深约 43~51m。本项目长乐外海 I 区（南）海上风电场项目位于《福建省海上风电场工程规划（报批稿）》中长乐外海 I 区的规划场址内南侧，规划容量 300MW。项目建设符合《福建省海上风电场工程规划（报批稿）》。

2024 年 6 月，中国电建集团福建省电力勘测设计院有限公司编制完成《长乐外海 I 区（南）海上风电场项目可行性研究报告》。长乐外海 I 区（南）海上风电场项目拟安装 16 台 18MW 的风电机组和 1 台 26MW 的风电机组，总装机规模为 314MW。工程不新建海上升压站，项目通过 66kV 集电线路升压至海上换流站的交流侧（换流站非本项目工程范围）。

本项目的风机基础和海底电缆涉及海域使用。根据《中华人民共和国海域使用管理法》，在中华人民共和国内水、领海持续使用特定海域三个月以上的排他性用海活动，建设单位在向政府海洋行政主管部门申请使用海域时必须出具海域使用论证材料。2024 年 9 月，项目建设单位福州长乐国闽新能源有限公司委托福建海科勘察设计研究院有限公司(以下简称“我公司”)编制项目海域使用论证报告，我公司在现场考察、调研以及收集了与本工程有关资料的基础上，按照《海域使用论证技术导则》（GB/T42361-2023）等相关技术规范要求，编制了《长乐外海 I 区（南）海上风电场项目海域使用论证报告书》（送审稿）。

## 1.2 论证依据

### 1.2.1 法律、法规

- ◆ 《中华人民共和国海域使用管理法》，2002年1月起施行；
- ◆ 《中华人民共和国海洋环境保护法》，2023年10月24日修订；
- ◆ 《中华人民共和国渔业法》，2013年12月28日第三次修订；
- ◆ 《中华人民共和国港口法》，2018年12月29日修正；
- ◆ 《中华人民共和国航道管理条例》，2009年1月起施行；
- ◆ 《中华人民共和国海上交通安全法》，2016年11月修正；
- ◆ 《中华人民共和国可再生能源法》，2010年4月起实施；
- ◆ 《防治海洋工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》，2006年11月1日起施行，2018年3月修正；
- ◆ 《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》，2018年3月修正；
- ◆ 《防治船舶污染海洋环境管理条例》，2017年3月；
- ◆ 《海域使用权管理规定》，国家海洋局，2007年1月1日起施行；
- ◆ 《海域使用论证管理规定》，国家海洋局，2008年3月1日起施行；
- ◆ 《福建省海域使用管理条例》，2006年7月1日起施行，2018年3月修订；
- ◆ 《福建省海洋环境保护条例》，2002年12月1日实施，2016年4月修订；
- ◆ 《海底电缆管道保护规定》，国土资源部，2004年3月1日起施行；
- ◆ 《海上风电开发建设管理办法的通知》，国能新能[2016]394号，2016年12月；
- ◆ 《海岸线保护与利用管理办法》，国家海洋局，2017年3月31日施行；
- ◆ 《国家海洋局关于进一步规范海上风电用海管理的意见》，2016年10月；
- ◆ 《自然资源部关于进一步做好用地用海要素保障的通知》，自然资源部，自然资发〔2023〕89号，2023年6月13日；
- ◆ 《关于规范海域使用论证材料编制的通知》，自然资源部，自然资规〔2021〕1号，2021年1月8日；

◆《自然资源部办公厅关于进一步规范项目用海监管工作的函》自然资源部办公厅，自然资办公函[2022]640号）；

《国家海洋局关于进一步规范海域使用论证管理工作的意见》，国海规范（2016）10号，2016年12月；

### 1.2.2 技术标准和规范

- ◆《海域使用论证技术导则》（GB/T42361-2023）；
- ◆《宗海图编绘技术规范》（HY/T251-2018），自然资源部，2018；
- ◆《海籍调查规范》（HY/T124-2009），国家海洋局，2009；
- ◆《海域使用分类》（HY/T123-2009），国家海洋局，2009；
- ◆《海洋调查规范》（GB12763-2007），国家海洋局，2007；
- ◆《海洋监测规范》（GB17378.5-2007），国家海洋局，2007；
- ◆《海洋沉积物质量》（GB18668-2002），国家技术监督局，2002；
- ◆《海洋生物质量标准》（GB18421-2001），国家海洋局，2001；
- ◆《海水水质标准》（GB3097-2007）；
- ◆《海洋工程地形测量规范》（GB17501-1998）；
- ◆《海底电缆管道路由勘查规范》（GB/T17502-2009）；
- ◆《500KV 超高压送变电工程电磁辐射环境影响评价技术规范》（HJ/T24-1998）；
- ◆《声学水下噪声测量》（GB/T5265-2009）；
- ◆《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》，自然资源部，自然资发〔2023〕234号，2023年11月22日。
- ◆《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007），农业部，2008年3月；
- ◆《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规范》（国家海洋局，2002年4月）；
- ◆《风力发电场设计技术规范》（DL/T5383-2007）；
- ◆《辐射环境保护管理导则：电磁环境影响评价方法与标准》（HJ/T10.3-1996）；
- ◆《海岸带生态减灾修复技术导则》（T/CAOE21.1-2020）；
- ◆《海洋生态修复技术指南（试行）》（自然资源资办函〔2021〕1214；

### 1.2.3 相关规划和区划

- ◆《“十四五”可再生能源发展规划》，发改能源〔2021〕1445号，2021

年 10 月；

◆《福建省“十四五”能源发展专项规划》，闽政办〔2022〕30 号，2022 年 5 月；

◆《福建省海上风电场工程规划》，福建省发展和改革委员会，2021 年 5 月；

◆《福建省“十四五”海洋生态环境保护规划》，闽环保海[2022]1 号；

◆《福建省海岛保护规划》，闽政文〔2012〕436 号，2012 年 11 月；

◆《福建省“三区三线”划定成果》，自然资办函[2022]2207 号，2022 年 10 月 14 日；

◆《福建省国土空间规划 2021—2035 年》（国函 2023 年 131 号），国务院，2023 年 11 月 19 日；

◆《福州市国土空间总体规划（2021-2035 年）》（报批稿）；

◆《福建沿海航行指南》，福建海事局编著。

#### 1.2.4 项目基础资料

◆《长乐外海 I 区（南）海上风电场工程项目可行性研究报告》，中国电建集团福建省电力勘测设计院有限公司，2024 年 7 月；

◆《长乐外海 I 区（南）海上风电场工程项目海底电缆路由选择依据材料说明》，福建海科勘察设计院有限公司，2024 年 8 月；

◆《长乐外海 I 区（南）海上风电场工程项目海床稳定性分析报告》，福建海科勘察设计院有限公司，2024 年 8 月；

◆《长乐外海 I 区（南）海上风电场工程项目可行性研究阶段水文动力调查报告》，福建海科勘察设计院有限公司，2024 年 5 月；

◆《长乐外海 I 区（南）海上风电场工程项目环境现状调查专题报告》，福建恒广工程咨询有限公司，2024 年 5 月；

◆《长乐外海 I 区（南）海上风电场项目选址通航安全分析报告》，福建船政交通职业学院，2024 年 7 月；

◆《长乐外海 I 区（南）海上风电场项目鸟类影响评估报告》，福建恒广工程咨询有限公司，2024 年 5 月；

◆建设单位提供的项目其他有关材料。

## 1.3 论证工作等级和范围

### 1.3.1 论证工作等级

根据《海域使用论证技术导则》，海域使用论证工作实行论证等级划分制度，按照项目的用海方式、规模和所在海域特征，划分为一级、二级和三级。

按《海域使用分类》（HY/T123-2009）中的海域使用分类体系，本项目用海类型为“工业用海”—“电力工业用海”，风机基础用海方式为透水构筑物用海，海底电缆用海方式为海底电缆管道用海。

根据海域使用论证等级判据表，透水构筑物在所有海域用海总面积在 30 公顷以上的，论证等级为一级。本项目风机基础透水构筑物用海总面积为 30.7078 公顷，为一级论证；海底电缆管道中海底电（光）缆所有规模在其他海域均为三级论证。本项目的风机基础为一级论证，海底电缆为三级论证。根据“同一项目用海按不同用海方式、用海规模所判定的等级不一致时，采用就高不就低的原则确定论证等级”，确定本项目海域使用论证工作等级为一级。

### 1.3.2 论证范围

论证范围依据项目用海情况、所在海域特征及周边海域开发利用现状等确定，应覆盖项目用海可能影响到的全部区域。以项目用海外缘线为起点进行划定，一级论证向外扩展 15km。

## 1.4 论证重点

本项目作为海上风电项目，参照《海域使用论证技术导则》附录 C 论证重点参照表，结合所在海域自然环境条件、资源分布及开发利用现状，重点分析论证：

- （1）项目用海必要性分析；
- （2）项目用海选址合理性分析；
- （3）项目用海方式和平面布置合理性分析；
- （4）项目资源环境影响；
- （5）生态用海对策措施。

## 2 项目用海基本情况

### 2.1 用海项目建设内容

#### 2.1.1 项目所在地理位置

长乐外海 I 区（南）海上风电场项目位于福州长乐外海，东犬岛东侧海域，场址中心点地理坐标为  $120^{\circ} 16' 55.80''$  ,  $25^{\circ} 57' 39.13''$  。风电场规划面积约  $36\text{km}^2$ ，场址风机距离大陆岸线最近距离约  $53\text{km}$ ，场址理论水深  $43\sim 51\text{m}$ 。

#### 2.1.2 项目建设内容与规模

长乐外海 I 区（南）海上风电场项目拟安装 16 台  $18\text{MW}$  和 1 台  $26\text{MW}$  的风电机组，总装机规模为  $314\text{MW}$ 。年理论发电量约  $1916.44\text{GWh}$ ，年净发电量约  $1772.45\text{GWh}$ ，年上网电量  $1403.17\text{GWh}$ 。本工程不新建海上升压站，项目通过  $66\text{kV}$  集电线路升压至海上换流站的交流侧。海上换流站选址与长乐外海 D、E 区、长乐外海 I 区（北）、长乐外海 J 区、长乐外海 K 区接入统一考虑，位于本项目东南侧（换流站非本项目工程范围）。项目风机之间采用  $66\text{kV}$  海底电缆连接，以 5 回集电线路接入海上换流站。项目总投资  $259722.93$  万元，工程建设总工期 24 个月。

### 2.2 平面布置和主要结构、尺度

#### 2.2.1 项目总平面布置

根据《福建省海上风电场工程规划（报批稿）》，福州海域规划 8 个场址、 $350$  万  $\text{kW}$ 。长乐外海 I 区场址位于东犬岛东侧海域，场址中心西距东犬岛约  $32\text{km}$ ，西距长乐梅花镇岸边约  $60\text{km}$ ，规划面积  $72\text{km}^2$ ，规划容量  $60$  万  $\text{kW}$ ，理论水深约  $43\sim 51\text{m}$ 。本项目为长乐外海 I 区（北）海上风电项目，本项目风机布设在《福建省海上风电场工程规划（报批稿）》中长乐外海 I 区的规划场址内南侧，设计容量  $314\text{MW}$ 。

项目设计单位根据《长乐外海 I 区（南）海上风电场项目选址通航安全分析报告》专题分析结果，本次风机布设在规划场址中经过优化后的范围内进行风机布置设计。

长乐外海 I 区（南）海上风电场项目拟安装 16 台  $18\text{MW}$  和 1 台  $26\text{MW}$  的风电机组，总装机规模为  $314\text{MW}$ ，所选风力发电机组配套机组升压变压器，机组

变压器高压侧电压采用 66kV，设计推荐采用分段串接汇流接线方式进行集线汇流，共分 5 个回路。风电机组侧均采用 1 机 1 变接线，经机组升压变压器升压至 66kV 后，以 5 回集电线路接入海上换流站。本工程不新建海上升压站，项目通过 66kV 集电线路升压至海上换流站的交流侧。海上换流站选址与长乐外海 D、E 区、长乐外海 I 区（北）、长乐外海 J 区、长乐外海 K 区接入统一考虑，位于长乐 I 区南区东南侧。海上换流站通过 1 回±500kV 海上直流海缆送至陆上集控站，陆上集控站新建 2 回 500kV 线路接入 500kV 井门变（换流站及换流站至陆上集控站海缆为集中送出方案，非本项目申请用海范围）。总平面布置图见图 2.2-1。

**图 2.2-1 本项目平面布置图**

## 2.2.2 主要结构形式及尺度

### 2.2.2.1 风机

本阶段主要考虑风电机组的技术成熟度、产能、产品规格、装机规模等因素，经前期调研，本项目风电场以 16 台 18MW 风力发电机组进行布置。18MW 风机风轮直径 260m，18MW 风机风轮直径 260m。

此外，本项目拟建 1 台 26MW 风力发电机组，风轮直径 310m。

### 2.2.2.2 风机基础

根据场地工程地质及海洋水文条件，结合各类基础型式进行比选，经分析比较，本工程风机基础型式推荐采用四桩导管架基础。

四桩导管架基础由 4 根主导管和 4 层斜撑导管组成，斜撑导管采用“X”型连接型式。导管架顶部为过渡转换段，过渡转换段连接导管架与风机塔筒，过渡段由竖向主钢管与箱梁组成。导管架基础的 4 根主导管采用双斜布置方式，主导管底端设置内插连接段，并通过灌浆形式与桩基相连接。

### 2.2.2.3 66kV 海底电缆

随着中国海上风电场单机容量的不断增长，以 35kV 作为场内海缆的电压等级逐渐成为制约海缆系统设计的瓶颈。在使用大容量风电机组的海上风电场中，35kV 集电系统的海缆长度增加，电缆投资和相应工程费用增加，施工难度增大。

与 35kV 集电系统相比，应用于同样规模海上风电场，66kV 集电系统电缆数目减少，电缆投资和相应的电缆铺设工程费用下降。未来大容量海上风电机组将成为海上风电发展的必然趋势，综合考虑包括场内海缆、风机设备、升压平台设备在内的所有因素，从经济性和技术性两个角度来看，66kV 海上风电集电方案都具有良好的应用前景。目前，主流厂商已能够提供 66kV 风机的解决方案，相关设备已通过型式认证。本工程集电线路电压等级已在换流站设计中进行统一考虑，采用 66kV 电压等级。

本项目风电机组变压器高压侧电压采用 66kV，设计推荐采用分段串接汇流接线方式进行集线汇流，共分 5 个回路（其中 3 组每组 3 台风机和 2 组 4 台风机）。风电机组侧均采用 1 机 1 变接线，经机组升压变压器升压至 66kV 后，以 5 回集电线路接入海上换流站。各风力机组采用分段串接汇流接线方式，风场内共设 5 回 66kV 集电线路。各集电线路风机连接见表 2.2-1。

**表 2.2-1 集电线路连接情况表**

66kV 海缆截面应按电缆载流量来选择，并经热稳定、经济电流密度、电压降校核。根据初步规划的电缆路径，66kV 海缆有多种敷设方式，虽然大部分海缆在海底埋设，温度较低，土壤的热阻系数小，埋设的电缆载流量较大。但海缆在 J 型管底部采用弯曲限制器保护段、海缆在 J 型管位于空气中段，海缆载流量较小。本工程海缆载流量应按海缆在上述各种工况下的最小值来确定。通过上述原则选择，各段海缆型号规格如下：

**表 2.2-2 电缆选型表**

经计算，3 号集电线路的压降最大，压降计算值为 0.84%，在 5% 以内，满足要求。本项目各集电线路均能满足容量要求。

#### **2.2.2.4 海上换流站**

由于海上换流站非本次项目申请用海范围，本章节仅做介绍。

根据本工程风电场接入系统方案，本项目以 66kV 集电线路接入长乐海域共建的 ±500kV 海上换流站，海上换流站再通过 1 回直流海缆与陆上集控站连接，经陆上集

## 2.2.3 工程相关设计

### 2.2.3.1 防腐蚀设计

海上风机基础耸立于海洋环境中，所处环境腐蚀性较强为强电解质，且受波浪、水流等环境影响，海水表面供氧充分，腐蚀问题突出。海上风机基础应针对不同的防腐分区采用对应的防腐蚀措施。

大气区的防腐蚀多采用涂层或金属喷涂层保护。大气区涂料对涂层的耐候性要求比较高，主要的面漆品种有丙烯酸聚氨酯面漆、氟碳面漆、聚硅氧烷面漆。大气区金属喷涂层可采用喷锌或喷铝。

浪溅区的防腐蚀宜采用重防腐涂层或金属热喷涂加封闭涂层保护，也可采用复合包覆技术防腐。重防腐涂料主要品种有环氧重防腐涂料、厚浆型聚氨酯涂料、玻璃鳞片涂料。浪溅区热喷涂一般采用电弧喷涂铝，电弧喷铝是一种长效防腐方式，并且修复方便、修复费用较低，但是喷铝施工应首先做好工艺试验，并采取良好封闭措施，封闭涂层局部破坏后应及时修复。复合包覆技术防腐主要有矿脂包覆防腐、玻璃钢包覆防腐、包覆耐蚀金属、包覆聚乙烯等。

全浸区的防腐蚀一般采用阴极保护和涂层联合保护。涂层可以大大降低阴极保护所需的电流密度，减小牺牲阳极的消耗或节约外加电流需要量。而采取阴极保护后也可大大提高涂层保护的效率和寿命。只是涂层和阴极联合保护时需注意涂层应具有良好的抗阴极剥离属性。几十年的工程实践表明，牺牲阳极和涂层联合防腐蚀措施技术成熟，防腐效果好。泥下区防腐应采用阴极保护。当采用阴极保护和涂料联合防腐时，泥面以下 3.0m 可不采取涂料保护。

内部区的防腐蚀多采用涂层。涂层一般选用富锌底漆加环氧漆即可。

本项目根据风机基础构件所处的不同腐蚀分区，分别采取相应的防腐措施：

**表 2.2-3 本项目风机基础涂层防腐方案**

### 2.2.3.2 防冲刷设计

对于桩式导管架基础，由于其桩径相对较小，对水动力环境的影响相对较小，在对水动力环境的影响应相对较小，在海床整体形态相对稳定(不易侵蚀)的情况下，桩基周围的局部冲刷会比较轻微。因此，现阶段对四桩导管架基础不做防冲刷措施保护，但是在基础结构分析计算中，考虑了冲刷深度的影响。综合考虑工程区域整体冲刷和桩周局部冲刷的影响，结合局部冲刷深度成果和附近其他工程

经验，现阶段在结构计算时采用的预留冲刷深度为 5.0-6.0m。

对于海缆而言，基础冲刷坑形成后，电缆管及其末端海缆处于悬空摇摆状态，在波流的长期作用下，易发生疲劳破坏。本阶段采用在电缆管末端海缆设置弯曲限制器保护装置的方案对电缆管末端海缆进行保护。

考虑到本风电场海底地形复杂，不同区域海洋水动力环境具有一定的不确定性，下阶段将根据风电场区域内实测海洋水文资料对工程场区机位处海床冲刷情况和防冲刷保护措施作更进一步的分析与研究；此外在风电场建成后，应加强巡视与测量，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不足的情况应及时采取措施进行加强保护。

### 2.2.3.3 靠船和防撞设计

考虑到风电场调试和运行期间会有工作或运维检修船舶停靠，导管架基础结构安全对风机塔架安全运行至关重要，海上升压变电站导管架基础设备、海缆及管线众多，为防止过往船只因误操作造成对风机基础和海上升压变电站导管架基础的破坏性撞击，基础计算时考虑船舶撞击荷载，并在靠泊侧设置橡胶护舷以减小靠泊的冲击力。

每座风机导管架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。靠船构件结合导管架基础的主导管布置。

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，设置警示灯和雷达应答器。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。

## 2.3 项目主要施工工艺与方法

### 2.3.1 施工条件

#### 2.3.1.1 交通运输条件

本工程风电机组大件运输包括钢管桩、导管架、塔筒、机舱、发电机、轮毂、叶片等，这些部件均为超大、超重部件。陆路运输受沿线道路、桥梁、限高要求各因素影响，存在较大的困难和不确定性，而水路运输有限制少、运量大等优势，因此本工程采用水路运输方案作为钢管桩、导管架及风机设备推荐运输方案。

### 2.3.1.2 施工物资供应条件

#### (1) 施工用水、用电

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，从本工程附近有 10kV 农用电网，可引接 10kV 线路，以架空线路进入现场，在施工工区设 3 台 315kVA 变压器，降压至 380V，作为生产及生活用电源。海上施工用电由各船舶柴油发电机供应。

#### (2) 建筑材料

本工程所需物资材料主要为钢材、水泥、汽柴油等。材在福建省内有较可靠的供应来源，福建当地三明钢铁厂均有条件供给本工程进行使用；油料在工程周边地区来源丰富，可直接从当地的油料供应公司购买运输至本工程施工现场。福建省水泥厂家众多，产量质量均可满足要求，可以向福建水泥厂、三德水泥厂、南平武夷水泥厂和大田岩城水泥厂等厂家采购供应。

### 2.3.2 施工方案

#### 2.3.2.1 风机基础施工

本工程拟布置安装 16 台 18MW 和 1 台 26MW 风力发电机组，风机基础为四桩导管架基础。基础钢构加工制作优先选择场址周边的省内大型钢结构厂制作，经海路运输至现场。

钢管桩按照长度的运输要求，选用 10000t 以上运输船或甲板驳船。导管架运输计划采用 10000t 以上方驳运输，采取直立式运输方式。驳船的配套拖轮采用 2000HP 及以上动力。

四桩导管架基础采用吊高 100m 及以上打桩船进行钢管桩沉桩作业，配置 S-2500 型液压打桩锤。导管架吊装采用 5000t 以上浮吊起重船安装。打桩完成，清除钢管桩灌浆插入段内壁杂物后，浮吊起吊导管架，与钢管桩进行水下对位、安装，调平就位经现场监理验收合格后固定，进行连接段环形空间内灌浆作业。

风机基础为四桩导管架基础，18MW 风电机组四桩导管架基础桩基采用 Q355NC 直桩钢管桩，桩径约 3.4m，平均桩长约 90m，壁厚 45~60mm，每台 4 根；26MW 风电机组四桩导管架基础桩基采用 Q355NC 直桩钢管桩，桩径约 3.5m，平均桩长约 95m，壁厚 45~60mm，每台 4 根。导管架基础顶设置操作平台、栏杆等设施，导管架侧面设置靠船护舷与爬梯等附属构件。

四桩导管架基础采用内插式导管架的设计方案,先在海底打入四根呈正方形布置的钢管桩,然后进行导管架基础整体吊装。吊装过程通过导向板将导管架腿部插入钢桩,再完成导管架基础的定位及调平工作,最后进行水下灌浆连接固定。根据工程施工由下而上进行的特点,各主要工序施工顺序为导管架制作→桩基施工→导管架运输安装施工→导管架调平→高强灌浆施工。导管架基础形式如图 2.3-1 所示:

**图 2.3-1 导管架基础结构示意图**

### 2.3.2.2 风机机组安装

因福建海域风浪、涌浪大等气象条件复杂,采用整体吊装方案,海上施工作业环节少,但整体吊装的风险较高,且对海况要求高。而分体式安装对施工设备投入量较少,船舶自身可作为起吊设备停靠码头岸边进行设备组装工作,对陆域基地内的起重设备要求较低。因此,结合国内外风机设备海上安装经验及施工作业船舶,考虑工程场区的海洋水文、工程地质条件,本阶段推荐采用风机分体安装方案。

分体吊装方案主要由码头吊装、风机专用运输船运输、海上分体吊装3个部分。本工程分体吊装方案由风机厂家自备码头装船,后运输至工程现场,若由于天气等外界因素导致需二次转运,则采用平潭港区金井码头转运。由平潭港区金井码头配备的800t履带吊或浮吊船吊至风机专用运输船,运输至机位,由自升式平台船(800t以上主吊)吊装至机位安装完成。

自升式平台通过拖轮拖航至机位附近合适位置就位。10000t以上四锚定位驳船运输风机靠近自升平台,由自升式平台依次将塔筒、机舱组合体和叶片进行吊装。风力发电机组吊装应在厂家技术人员的指导下进行。风力发电机吊装分为3道工序,整个塔筒分4段分别吊装,安装完塔筒后吊装机舱+发电机+轮毂组合体,再分别吊3个叶片,共8吊。在满足风速、气象等条件下,塔筒采用分段吊装,由下至上逐节安装,调整好,按设备安装技术要求紧固连接螺栓。吊装机舱前,按照厂家技术文件要求,将机舱的三个吊点用专用工具与吊车的吊钩固定好。安装机舱时,需2名装配人员站在塔筒平台上,机舱由起重机提升,与塔筒顶法兰空中进行对接。轮毂吊装完毕后,进行叶片吊装,采用单叶片吊装。

### 2.3.2.3 海底电缆施工

本工程电缆主要连接风机与风机、风机与海上换流站之间。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。海缆敷设主要施工工艺如图 2.3-2 所示。

#### 图 2.3-2 海缆敷设施工工艺

本工程海缆施工采用牵引式敷埋方法，即在海缆施工船上设置牵引卷扬机，收绞预先敷埋在路由轴线上的牵引钢缆，牵引敷埋施工船前进。施工船的航向偏差由施工拖轮或舵桨侧推纠正。在敷埋施工船一侧船舷同时牵引水下埋设机，海缆由导缆笼进入埋设机后，被埋深于海床上。

敷缆船调遣至施工海域之后，对影响施工的海上渔业设施进行清理。施工船对海缆路由两侧各 20m 范围进行扫测。

### 2.3.3 施工人员配置及主要施工机械设备

本工程劳动力资源供应根据高峰与平均时段的施工强度，并参照类似工程实际的劳动力资源供应情况制定。根据工程不同的施工时段，高峰时段月投入劳动力为 390 人，平均时段月投入劳动力为 200 人。

### 2.3.4 土石方分析

根据项目工程预可行性研究报告可知，钢管桩基础采用 IHCS1200 液压锤进行沉桩，施工期间无钻渣产生，同时风机基础无防冲刷防护垫层等措施，因此，本项目施工期间土石方主要涉及环节包括：海缆管沟开挖和混凝土填芯及浇筑，其中：

#### （一）海缆管沟开挖

海域管沟开挖完成后直接进行覆盖回填，没有多余土石方产生。

#### （二）海工混凝土浇筑

风机基础混凝土填芯及风机基础灌浆，所需海工混凝土全部通过商业购买形式获得。

### 2.3.5 施工总布置

根据本工程风机基础施工与设备吊装的方案、施工强度要求，初步调查项目区附近港口条件。本工程拟在平潭港区金井码头附近设置施工临时设施布置区，主要布置有施工临时办公生活区、材料仓库、设备仓库、钢结构加工厂、钢管临

时堆场等部分施工临时设施。

### 2.3.6 施工进度安排

本工程关键线路为：施工前期准备→风机基础施工→风机安装→风机调试、投产发电→工程竣工。

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

(1) 施工准备从第一年 1 月 1 日开始，进行工程准备工作，主要有施工码头场地租用、场内外道路运输道路的修建等。施工码头场地租用、平整及场内外运输道路的工作于第一年 3 月底完成。

(2) 风力发电机组基础的施工是工期控制性工序。第一年 4 月风力发电机组基础开始施工。计划第一年 9 月底完成 13 台风机基础施工，第二年 6 月底完成剩余 4 台风机基础施工。

(3) 风力发电机组采用自带 DP 系统的自升式支腿船分批次吊装。第一年 5 月风机开始安装。计划第一年 9 月底完成 10 台风机安装，第二年 7 月中旬完成剩余 7 台风机安装。完成风机安装，机组调试工作在每台机组安装完成后即可进行。

(4) 本工程海上部分于第一年 3 月底完成施工准备，海上部分 4 月开工。首批 9 台机组第一年 6 月底并网发电，第一年 8 月底风机全容量并网发电，总工期 20 个月。

## 2.4 项目用海需求

### 2.4.1 项目申请用海类型和用海方式

根据《海域使用分类》(HY/T123-2009)，本项目用海类型一级类为工业用海(2)，二级类为电力工业用海(25)；根据《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》，本项目用海类型一级类为“19 工矿通信用海”，二级类为“1905 可再生能源用海”。

#### 2.4.1 申请用海面积及期限

本项目申请用海总面积 79.3049hm<sup>2</sup>，其中风机基础用海面积 30.7078hm<sup>2</sup>，海底电缆路由申请用海 48.5971hm<sup>2</sup>。项目不占用岸线。

项目建设单位拟申请使用海域 29 年。

## 2.5 项目用海必要性

### 2.5.1 项目建设的必要性

#### (1) 国家经济社会发展战略目标及国家能源发展的需要

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。

2020 年 9 月，国家主席习近平在第七十五届联合国大会一般性辩论上提出，“二氧化碳排放力争于 2030 年前达到峰值，努力争取 2060 年前实现碳中和”。2020 年 12 月气候雄心峰会上，习近平主席进一步宣布“到 2030 年，中国单位国内生产总值二氧化碳排放将比 2005 年下降 65%以上，非化石能源占一次能源消费比重将达到 25%左右，森林蓄积量将比 2005 年增加 60 亿立方米，风电、太阳能发电总装机容量将达到 12 亿千瓦以上”。2020 年 12 月 21 日，国务院新闻办公室发布《新时代的中国能源发展白皮书》，明确优先发展平价风电项目，推行市场化竞争方式配置风电项目。以风电的规模化开发利用促进风电制造产业发展，风电制造产业的创新能力和国际竞争力不断提升，产业服务体系逐步完善。

2021年3月发布的《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要（草案）》中提到“十四五”期间，加快发展非化石能源，坚持集中式和分布式并举，大力提升风电、光伏发电规模，加快发展东中部分布式能源，有序发展海上风电，加快西南水电基地建设，安全稳妥推动沿海核电建设，建设一批多能互补的清洁能源基地，非化石能源占能源消费总量比重提高到20%左右。

### (2)福建省能源供应结构优化调整的需要

福建省石油、燃气的全部及火电燃煤绝大部分依赖省外采购和进口，能源自给率较低。随着经济的快速增长，能源安全保障压力和环境压力日益增长，政府大力开展节能减排工作，鼓励支持开发可再生能源。福建省水电资源总量约1354万kW，目前开发程度达90%，可供开发潜力已经不大；而太阳能、海洋能、地热能、生物质能等可再生能源因技术、成本等因素，还处于小规模开发或试验阶段；开发利用省内丰富的风能资源，对于降低全省的煤炭消耗、缓解环境污染、改善电源结构等具有非常积极的意义，是发展低碳经济、建设节约型社会的具体体现，是福建省能源发展战略的重要组成部分。

2021年3月，福建省人民政府印发《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》，文件提出完善能源产供储销体系，构建更加清洁低碳的能源供应结构，因地制宜发展可再生能源，发展核电、海上等清洁能源，推进煤电清洁高效利用，推动非化石能源消费占比提升。加快海上装备产业升级。推进“光伏+”、微电网、风光储一体化、智慧能源等新能源应用新模式新业态发展。

### (3)福建省海上风电发展目标的需要

2022年6月1日，福建省人民政府发布关于《福建省“十四五”能源发展专项规划》的通知。《规划》指出，加大风电建设规模。“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。文件明确“十四五”期间将加大风电建设规模，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kW。稳妥推进国管海域深远海海上风电项目，加强建设条件评估和深远海大容量风电机组、远

距离柔性直流送电、海上风电融合发展技术论证，示范化开发 480 万 kW；按照闽台能源产业融合示范基地定位，高质量统筹发展闽南外海海上风电基地。将按照竞争配置规则、持续有序推进规模化集中连片海上风电开发，重点推进福州、宁德、莆田、漳州、平潭等资源较好地区的海上风电项目，稳妥推进深远海风电项目。本项目已列入《福建省海上风电场工程规划报告（报批稿）》。

#### (4)福建东部沿海海上风力资源利用的需要

福建省海域广阔、海岸线长，全省海域面积有 13.6 万 km<sup>2</sup>，大陆海岸线 3667 千米，有居民海岛岸线 1692 千米，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。本项目场区位于全国风能资源最丰富的地区，充分利用福州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。

#### (5)夯实海上风电产业基础，带动全产业链“走出去”战略的需要

目前，福建省海上风电场开发较临近沿海省份相对滞后，本项目的开发有利于当地风能资源转化为经济效益，有利于补充电网清洁能源，有利于地方经济的发展，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。

#### (6)当地社会经济发展需要

风力发电是一种清洁的可再生能源，没有大气、水污染问题和废渣堆放问题。海上风电能够减少当地的碳排放，能够更好地保护当地的空气环境质量，且风电场区在福州市长乐区东侧海域，产生的噪声不会对陆地居民造成影响，环境效益显著。开发利用风力资源是调整能源结构、实施能源可持续发展的有效手段。海上风电场建设充分利用境内丰富的绿色风能资源，直接向当地负荷供电，作为区域负荷发展的补充电源，有利于促进区域经济增长及社会发展。另外，风电场建设可以带动相关产业的发展，提供就业机会，同时，还可以增加当地财政收入，推动当地经济发展。本工程的开发建设对长乐区具有良好的社会效益和综合经济效益。

综上所述，本项目位于福建省福州市长乐区东部海域，风能资源具有很好的开发价值，其开发建设不仅符合国家可再生能源中长期发展规划的要求，符合福建省风电发展规划的要求，并且具有良好的社会效益和环保效益。

因此，积极开发长乐外海 I 区（南）海上风电场项目是十分必要的。

### 2.5.2 项目用海的必要性

风力发电是福建省优化改善电源供应结构、保证电力供应的重要部分。目前，福建省风资源丰富区也主要集中在离海岸线不到 5km 的陆地范围之内，陆上风电规模建设与城镇发展、土地利用规划、临港工业规划、耕地保护及沿海防护林保护存在较多矛盾。并且随着陆地风电场开发规模的加大，制约因素进一步加大，对风电场长远发展目标产生不利影响。本项目场区位于全国风能资源最丰富的地区，充分利用福州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。而海上具有丰富的风能资源、场址远离居住区、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，近海风电场开发成为进一步发展风电事业的必由之路。

本项目已列入《福建省海上风电场工程规划》（报批稿）中，为规划中的长乐外海 I 区场址，该场址位于东犬岛东侧海域，场址中心西距东犬岛约 32km，西距长乐梅花镇岸边约 60km，规划面积 72km<sup>2</sup>，规划容量 60 万 kW，理论水深约 43-51m。本项目为长乐外海 I 区（南）海上风电项目，本项目风机布设在长乐外海 I 区的规划场址内南侧，设计容量 314MW。具有风资源丰富，可开发规模大、地质条件较好，交通运输便利等优势。

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再外扩 50m 为半径的圆为界；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。在风机塔架及海底电缆外围进行外扩设置保护带，将减少损害设备风险出现的几率，有利于风力发电设备平稳安全的运行。因此，项目用海是必要的。

### 3 项目所在海域概况

#### 3.1 海洋资源概况

##### 3.1.1 海洋渔业资源

长乐区沿海滩涂和水域广阔，海洋生物种类繁多，资源丰富。据调查，海域有鱼、虾、蟹、藻等共 700 多种，其中鱼类 100 多种，经济价值较高的有 30 种以上。长乐区近海为闽中渔场，该渔场海洋生物资源丰富。是本市海域最主要的捕捞区，面积约 32138.2km<sup>2</sup>，渔业资源中有鱼类 487 种。常见捕捞种类有带鱼、鳓鱼、马鲛鱼类、虾类、蟹类、短尾大眼鲷、乌贼、毛虾、蓝圆鲹、鲐鱼、日本鯷、绒纹鳞纯等。

##### 3.1.2 风能资源

福建沿海地区为典型的亚热带季风气候，其气候特点是冬无严寒，夏少酷暑，雨量充沛。两个多雨时期，分别为梅雨季节的 5~6 月份及台风季的 7~9 月份。台风、干旱及洪涝为突出的灾害。福建沿海总体上受季风气候影响，其年平均风速较大，秋冬季以东北风为主，风向稳定，是风资源比较丰富的地区。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，其年平均风速大，风向稳定，是风资源最丰富的地区，与全国相比也是最丰富的地区之一。

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。长乐区位于福建省沿海中部，由于其特殊的地理位置，使得长乐外海的风速大，风能资源名列全省前茅。根据近年来在场址附近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，场址区域海平面以上 100m 高处风速一般在 9.5~10.0m/s 之间，风功率密度在 750~1000W/m<sup>2</sup> 之间，风能资源丰富。

##### 3.1.3 港口航运资源

###### 3.1.3.1 港口现状

据《福州港总体规划（2035）》，项目附近的港区主要为松下港区与平潭港区。

松下港区已建成 8 个泊位。同时，松下港区在建元洪作业区 1、2#泊位和牛头湾作业区 4#泊位。

平潭港区现有泊位 7 个，其中万吨级以上码头泊位 5 个。

### 3.1.3.2 航路现状

#### (1) 推荐航路

本项目风电场附近的主要沿海航路分为内航路、中航路和外航路。

内航路：推荐内航路距岸较近、水深较浅、可航水域宽度有限、转向点多，部分航段在岛屿间穿行，碍航物多，航路交叉多，水流情况复杂，但沿途助导航设施完备，能方便应用岛屿、灯塔、灯标等路标定位。通航船舶以 5000 吨级以下船舶为主，船舶通航密度较大，尤其是大风浪期间船舶交通流较为集中，部分航段因航路水深、航路可航宽度受限仅供小型船舶航行。本航路未设定宽度，建议南下航行船舶沿航路西侧或北侧可航水域航行，北上航行船舶沿航路东侧或南侧可航水域航行，以减少会遇局面。

中航路：中航路北自福建与浙江辖区沿海交界、台山岛东侧，南至福建与广东辖区沿海交界。该航路是中型船舶过境福建沿海或前往福建沿海各主要港口的常用航路，船舶通航密度较大。航路顺直，海域开阔，转向点少，水深和通航净空高度不受限制，助导航设施完备，可满足中型及以上船舶航行。本航路未设定宽度，建议南下航行船舶沿航路西侧可航水域航行，北上航行船舶沿航路东侧可航水域航行，以减少会遇局面。

外航路：外航路北自福建与浙江辖区沿海交界，南至福建与广大辖区沿海交界，海域开阔，航路顺直，转向点少，碍航物少，水深不受限。航路距岸较远，船舶航行受风浪影响大，可供定位的陆标较少。该航路可供大型船舶全天候航行，以及良好天气海况下中型船舶航行。该航路由相对分隔开的北向外航路和南向外航路组成，建议北上航行船舶沿北向外航路航行，南下船舶沿南向外航路航行。

#### (2) 穿越拟建场址的交通流情况

以拟建项目的四边组成的区间外扩 500m 安全距离为范围，分析 2023 年观测期间穿越场址（区间）的船舶交通流轨迹。

南北穿越场区的船舶主要为在中航路与外航路过渡地带南北向通航的商船，渔船航迹多为来自连江和平潭区域，且航行轨迹较为无序，而客船数量稀少。通过对船舶尺度的统计分析，南北向穿越场区的船舶尺度集中在 200m 以下，其载重主要处于 50000T 以下。

东西穿越场区的船舶主要闽江口与马祖对台的客、货船舶，并有一定数量来

自连江区域的渔船活动轨迹。东西向穿越场区的船舶其船长主要集中在 150m 以下，载重在 10000T 以下。

穿越拟建场址并进入闽江口的船舶主要以渔船为主，商船数量较少，轨迹稀疏。经计算，穿越拟建场址进出闽江口船舶总数为 266 艘次。以船长小于 50m、载重小于 1000T 的船舶为主，其中大部分为渔船。另有少量商船穿越场区，长度在 100m-200m 之间，载重在 10000T 以上。

穿越拟建场址并进出马祖岛的船舶主要以商船为主，渔船数量较少，轨迹稀疏。以船长小于 50-100m、载重小于 1000-10000T 的船舶为主，其中主要为马祖至台湾的直航船舶。经计算，穿越拟建场址进出马祖岛船舶总量为 199 艘次，其中货船 153 艘次、客船 21 艘次、捕捞船 9 艘次，其他 16 艘次。

### 3.1.3.3 锚地现状

松下港区设有两处锚地，分别为东洛锚地和签屿北锚地（即口外锚地），福清湾深水航道二期工程新增一座 2#锚地。

### 3.1.4 滨海旅游资源

项目所在海域周边滨海旅游资源主要有：下沙海滨度假村、东洛岛旅游度假区、大鹤海滨森林公园、海峡奥林匹克城、显应宫等。下沙海滨度假村开发于1986年，海峡奥林匹克城已经由外商投资建设并投入使用；大鹤海滨森林公园投资项目正在与外商洽谈中；东洛岛旅游度假区有待开发。

## 3.2 海洋生态概况

### 3.2.1 气象条件

项目所在地区属亚热带季风气候，其气候特点是冬无严寒，夏少酷暑，雨量充沛。本项目场区附近有平潭气象站（位于平潭城东郊，地理位置为东经 119°47'，北纬 25°31'）和平潭海洋站（位于福建省平潭东澳村，地理位置为：北纬 25°27'、东经 119°51'），与本项目场区的距离分别为 50km 和 52km。

本阶段搜集到平潭气象站和平潭海洋站两个参证测站的一些气象要素资料。考虑到平潭海洋站有关风况资料部分受密级限制，无法收集到与风电场测风塔同期的风速风向观测数据，而平潭气象站为国家基本站，实测项目齐全，资料系列较长，观测、整编规范，资料可靠，认为其测风资料对于本工程有比较好的代表

性。因此，气象要素部分综合参考平潭气象站及平潭海洋站的资料进行描述，而风速风向等风况要素主要以平潭气象站资料参证。

### (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。平均气温年变化曲线呈一峰一谷型，以 8 月的 27.5℃为最高，以 2 月的 10.8℃为最低。在降温过程中，以 11 月至 12 月降温最快，达 4.5℃；在升温过程中，以 4 月至 5 月升温最快，月际升温为 4.5℃。

极端最高气温为 41.1℃，出现在 2003 年 9 月 2 日。年最高气温高于 30℃，出现在 6 月至 10 月，其中出现在 6 月的占 13.7%，出现在 7、8 月的各占 28.4%，出现在 9 月的占 25.5%，出现在 10 月的占 3.9%。月最高气温、历年来自 7 月至 8 月多均高于 30℃，其中 8 月大多数高于 30℃。

极端最低气温为 2.5℃，出现于 1986 年 2 月 28 日。年最低气温低于 8℃，多数出现在 12 月至翌年 4 月，以 1 月和 2 月最多，分别占 30.8%和 29.7%。月最低气温、历年来自 12 月至翌年 4 月均有月份大于 8℃。从 1980~2008 年资料看，逐月的最低气温较早些年有所升高。

### (2) 降水

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%。

月最多降水量为 553.4mm，出现于 2000 年 6 月。月最少降水量为 0.0mm，1 月至 12 月每月都有出现，尤其是 2003 年以来，月最少降水量为 0.0mm 的情况较为常见。

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。月平均降水日数最多为 18.6 天，出现在 3 月；最少为 8.7 天，出现在 7 月。月降水日数最多为 31 天（大月）或 30 天（小月），出现在 2007 年 3 月、2008 年 7 月、2005 年 9 月和 11 月；最少为 0 天，各个月份都有出现，尤其是 2003 年以后，连续一个月无降水的情况常有出现。

一年中，暴雨除 12 月外，其它各月均有出现，以出现在 3 月、5 月~9 月出现日数较多，以 6 月最多，历年来累计暴雨日数共计 134 日。

### (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。月平均气压最高为 1018.1hPa, 出现在 12 月; 最低为 1001.8hPa, 出现在 8 月。累年逐月气压平均值最大为 1021.6hPa, 出现在 2007 年 1 月; 累年逐月气压平均值最小为 994.0hPa, 出现在 2001 年 7 月。一年之中, 12 月至翌年 8 月为降压期, 8 月至 12 月为升压期, 其中 4 月至 5 月的降压、9 月至 10 月的升压为全年最快, 分别为 3.8hPa 和 5.6hPa。

极端最高气压为 1031.7hPa, 出现于 2006 年 2 月 9 日。月最高气压: 历年来自 12 月至翌年 2 月多数高于 1020hPa。

极端最低气压为 966.8hPa, 出现于 1985 年 8 月 23 日。年最低气压低于 997hPa, 大多出现在 7 月至 9 月, 其中出现在 8 月的约占 38%。月最低气压: 历年的 8 月均小于 1000hPa, 部分低于 980hPa; 5~8 月份大部分小于 1000hPa; 7~8 月存在一些小于 980hPa 的情况, 9 月也有个别小于 980hPa。

### (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。月平均相对湿度以 6 月最大, 为 90.1%, 以 12 月最小, 为 76.6%。12 月起至翌年 6 月, 逐月增大, 7 月起至 10 月逐月减小。

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。

### (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。月最多雾日为 16 天, 出现在 1985 年 5 月。

### (6) 风

据平潭气象站风速监测数据显示: 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%。

## 3.2.2 海洋水文

略

### 3.2.3 海域地形地貌与冲淤环境

#### 3.2.3.1 区域地质背景

##### 3.2.3.1.1 区域地质与区域构造

在大地构造单元上，工程场地位于台湾海峡沉降带。台湾海峡沉降带东临台湾隆起带，西临闽东火山断拗带。

台湾海峡地区持续性的不均匀下沉运动：中生代至新生代以来，台湾海峡表现为持续性的下沉运动。在第三纪时期，由于裂陷作用，裂谷堆积了巨厚的基性火山岩和陆相、海相沉积物。晚第三纪—第四纪沉降作用减弱，但仍处于下降沉积环境。在总的下降背景下，由于沉降程度的差异，形成了凹隆结构的构造特征。

区域断裂构造主要以北东和北西走向为主，海域断裂第四纪以来仍有较强活动，特别是滨海断裂带等北东向断裂活动仍很强烈。区域新生代火山活动自第三纪开始至第四纪具有多期次间歇性喷发特征，主要分布在台湾海峡地区。澎湖列岛更新世以来火山活动强烈，称澎湖期玄武岩。

根据新构造运动发育的差异、地貌形态、第四纪沉积物的分布、断裂活动、岩浆活动、温泉、地震活动等特征，区域可划分为台湾隆起区（I）、台湾海峡沉降区（II）、武夷—戴云隆升区（III）。

台湾海峡沉降区大致位于长乐—诏安断裂带以东，台湾海峡东侧断裂以西，为大面积间歇性沉降带。根据运动形式和幅度的差异，大致以长乐—诏安断裂带和台湾海峡东侧断裂为界。

##### 3.2.3.1.2 区域主要断裂及其活动性

区域构造总体是由纵贯东南沿海的北北东—北东向滨海断裂带、台湾海峡东侧断裂带以及多组北西向断裂带形成本区域的构造格局。

区域内断裂构造发育，主要有：北北东—北东向的台湾海峡东侧断裂（F1）、滨海断裂带（F2）、长乐—诏安断裂带（F3）以及多组北西向断裂带形成本区域的构造格局，见错误!未找到引用源。。

其中，北北东—北东向一组规模较大，纵贯全区，尤以台湾海峡地区的北北东—北东向滨海断裂在晚第四纪时期强烈活动，是本区域强震发震构造。工程场地位于北北东—北东向滨海断裂带平潭海外段北西向约 27km 附近。

##### 3.2.3.1.3 区域地震

长乐外海 I 区（南）海上风电场项目场址位于东犬岛东侧海域，场址离岸距

离约 54~61km, 理论水深约 43~51m。参照《中国地震动参数区划图》(GB18306-2015)和《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010(2016 年版))有关规定, 工程区II类场地基本地震动峰值加速度为 0.10g, 基本地震动加速度反应谱特征周期为 0.45s, 对应的地震烈度为VII度, 设计地震分组为第三组。IV类场地基本地震动峰值加速度调整为 0.120g, 基本地震动加速度反应谱特征周期为 0.90s。最终的地震动参数及场区地震烈度应以场地的地震安全性评价报告为准。

场区内 20m 深度范围内②粉砂在地震作用下存在液化现象, 且海底上部存在淤泥等软弱土分布, 但无软土震陷现象, 本工程场地属抗震不利地段。

场址区地形总体呈西高东低。表面地层为静水沉积的淤泥, 未发现严重的冲刷现象, 未见冲刷槽、谷, 潮流沙脊, 沙丘, 活动沙坡, 陡坎等不良地质现象, 依据区域资料, 本场地海底稳定性中等, 福建大陆架海域为较稳定区域。综合分析, 本场区可不考虑海底滑坡、崩塌、地裂、采空区等不良地质现象。

拟建场区海洋水动力作用较强, 拟建场区的表层地基土为软弱土层, 在台风暴浪等较强的海洋水动力作用下易发生迁移和变形, 对风机基础稳定不利。场地表层存在饱和砂土液化现象, 但不存在软土震陷现象, 可通过采取桩基础等措施处理后可消除其不利影响。

### 3.2.3.2 表层沉积物粒度

根据现场调查, 福建长乐外海海上风电场项目 22 个海洋沉积物粒度类型均为粘土质粉砂 (YT)。

粘土质粉砂 (YT): 该类型全部覆盖在整个风电场区, 其平均粒径变化范围为 5.278 $\mu\text{m}$ ~18.496 $\mu\text{m}$ , 均值 8.002 $\mu\text{m}$ 。从组合含量来看, 砂组合含量范围在 0.000~8.348%, 平均值 0.961%; 粉砂组分含量范围在 58.922~72.440%, 平均值 64.778%; 粘土组分含量范围在 20.460~41.078%, 平均值 34.261%。

### 3.2.3.3 地形冲淤影响分析

2024 年 4 月多波束实测水深资料显示, 测区内实测最小水深 46.31m, 最大水深 54.01m, 平均水深 49.73m。水深主要集中于 46.8m~52.4m。(理论深度基准面); 场区所在海域等深线走向基本一致, 大致呈西南—东北向, 水深总体上由西向东逐渐变深, 坡度平缓。

通过对 62001 海图所载 2001 年历史水深资料与 2024 年 4 月多波束实测水深资料进行比对分析可以得知, 由上图可知, 场区西侧约 12.07 $\text{km}^2$  (约占场区总

面积 31.2%) 呈现淤积状态, 最大淤积 3.15m, 平均淤积 1.65m, 年冲淤速率约 +0.07m/a; 场区东侧剩余 26.52 km<sup>2</sup> (约占场区总面积 68.8%) 则呈现冲刷状态, 最大冲刷 7.69m, 平均冲刷 3.93m, 年冲淤速率约-0.16m/a。

场区预选平面布置方案中, 风机 2 所在区域冲刷程度最大, 达 7.56m, 年冲淤速率为-0.32m/a; 风机 17 所在区域淤积程度最大, 为+3.06m, 年冲淤速率为 +0.13m/a; 海上换流站所在区域冲刷达 1.87m, 年冲淤速率为-0.08m/a。位于地形冲刷区域的 10 台风机平均冲刷程度为-3.60m, 年冲淤速率为-0.15m/a; 位于地形淤积区域的 7 台风机平均淤积程度为+1.71m, 年冲淤速率为+0.07m/a。; 连接 17 台风机的 5 条预选路由中, 串联 1-2-3 风机至海上换流站的预选路由 1 实测水深均深于海图历史水深, 为冲刷状态, 最大冲刷 7.58m, 最小冲刷 1.90m, 平均冲刷 5.73m; 串联 17-16-15 风机至海上换流站的预选路由 5, 实测水深在海上换流站以西约 1.8km 区段浅于海图历史水深, 为淤积状态, 最大淤积 3.11m, 最小淤积 0m, 平均淤积 1.70m。

由于本场区位于福建外海区域, 缺乏历史水深资料, 海图所载水深因测量比例尺等因素限制, 场区附近的水深点和等深线均较稀疏, 尤其是海图历史水深在场区范围内有一较显著浅点 (43m), 使得整体对比分析显示场区东侧冲刷幅度较大, 前述地形冲淤分析仅供参考, 建议建设单位待项目正式核准后, 定期开展地形监测工作, 进一步分析评价地形冲淤对场区风机及海缆的影响。

### 3.2.4 工程地质

略

### 3.2.5 自然环境概况

#### 3.2.5.1 环境海域水质现状调查与评价

略

#### 3.2.5.2 海洋沉积物现状调查与评价

略

#### 3.2.5.3 海洋生物质量现状调查与评价

略

#### 3.2.5.4 海洋生态现状调查与评价

略

### 3.2.5.5 渔业资源现状

略

### 3.2.5.6 鸟类现状调查结果与评价

略

### 3.2.5.7 声环境现状调查结果与评价

略

### 3.2.5.8 电磁辐射环境现状

略

## 3.2.6 主要自然灾害

### (1) 台风

台风路径资料采用 1949~2011 年上海台风研究所编制的《台风年鉴》、《热带气旋年鉴》，以及 2012~2021 年国际台风路径报文资料中截取的台风路径点信息。台风影响期间的风雨资料选自福建省气象台站的观测值。

1949~2021 年登陆福建的热带气旋总计 107 个，年平均 1.52 个，达到台风等级的个数最多，为 42 个，占 39.25%；其次是强热带风暴，为 33 个，占 30.84%；热带风暴和强台风分别为 27 个和 5 个。登陆福建北部最强的热带气旋近中心最低气压为 955hPa，最大风速 42m/s（2013 年 23 号登陆福鼎的强台风“菲特”）；登陆福建中部最强的热带气旋为 2016 年 14 号登陆厦门的超强台风“莫兰蒂”，过程中心最低气压 900hPa，过程中心最大风速 70m/s，登陆厦门时近中心最低气压为 945hPa，最大风速 48m/s；登陆福建南部最强的热带气旋近中心最低气压为 960hPa，最大风速 50m/s（1980 年 15 号登陆漳浦的超强台风）。

热带气旋影响期间气象站观测到的 10 分钟平均最大风速出现在东山站，为 48.0m/s，由 1980 年登陆漳浦的 15 号超强台风“Percy”影响。瞬时风速最大出现在罗源站，为 56.1m/s，由 2018 年登陆罗源的第 8 号超强台风“玛利亚”所致。

### (2) 风暴潮

福建省沿海是受台风风暴潮威胁较严重的海域，台风增水影响明显。根据 1956~2000 年福建省潮位资料统计，45 年中发生台风增水 197 次，平均每年 4.4 次，暴潮增、减水的幅度在 -1.1m~1.5m 之间，其中最大增水值 2.52m。近 10 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。

近 10 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）地震危害性分析

本项目拟建场址位于福州长乐外海，东犬岛东侧海域，场址距离岸线最近距离约 60km，场址理论水深 43-51m。参照《中国地震动参数区划图》(GB18306-2015)和《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010(2016 年版))有关规定，工程区 II 类场地基本地震动峰值加速度为 0.10g，基本地震动加速度反应谱特征周期为 0.45s，对应的地震烈度为 VII 度，设计地震分组为第三组。IV 类场地基本地震动峰值加速度调整为 0.120g，基本地震动加速度反应谱特征周期为 0.90s。最终的地震动参数及场区地震烈度应以场地的地震安全性评价报告为准。

场址区地形总体呈西高东低。表面地层为静水沉积的淤泥，未发现严重的冲刷现象，未见冲刷槽、谷，潮流沙脊，沙丘，活动沙坡，陡坎等不良地质现象，依据区域资料，本场地海底稳定性中等，福建大陆架海域为较稳定区域。综合分析，本场区可不考虑海底滑坡、崩塌、地裂、采空区等不良地质现象。

拟建场区海洋水动力作用较强，拟建场区的表层地基土为软弱土层，在台风暴浪等较强的海洋水动力作用下易发生迁移和变形，对风机基础稳定不利。场地表层存在饱和砂土液化现象，但不存在软土震陷现象，可通过采取桩基础等措施处理后可消除其不利影响。

### （4）海洋气候危险性分析

风电场布置在近海海域，风力发电机升压变压器布置在塔筒内部设备平台上，风场区域若遭遇超标准潮水时，或者电缆从塔筒内穿出处密封不严，海水可能满溢塔筒内，导致机电设备被淹，机组配套升压设备等电气设备短路等事故。钢板桩基础施工后，由于对表层土的扰动和永久障碍物的存在，海水流速、流态在风机基础影响范围内发生变化，使得海床浅、表层局部可能产生一定的冲刷。潮流对风机基础的冲刷会引起基础振动或者不稳定。风机基础受不规则波浪的冲击会

引起基础振动或者不稳定。若设计采取的波浪参数未考虑波浪破碎值，基础的荷载设计有误会其稳定及安全。由于本工程区域及附近区域缺乏长期的海洋水文气象观测资料，若设计裕度不够，可能造成风电机组塔筒倾倒、倒塌或断裂，可能引起人员伤亡和设备、财产损失，给风电场的安全运行造成严重影响。

#### （5）风灾危险性分析

对本风电场影响较大的风灾主要有：台风、风暴潮等异常强风，有可能发生倒塔、折塔、基础松动等事故。

#### （6）腐蚀危险性分析

场区内的海水在干湿交替状态下，对钢结构具强腐蚀性；腐蚀性介质对建筑物、基础、构架等会造成损坏，严重时可能发生建筑物、风电机组倒塌的危险；使电气仪表受损、动作失灵；使电缆和电气设备电缆绝缘损坏，造成短路，产生电火花导致事故发生。

#### （7）海啸危险性分析

本风电场布置在近海海域，海啸所引起的起伏波浪，通常高达数米甚至更高，巨大的海浪冲上海岸，淹没岸边建筑，造成大面积洪涝灾害。巨浪可能摧倒海上风力发电机组塔架和其他设施，并且在海啸的过程中往往是微震+风荷载组合关系对机组的稳定产生不良影响。

## 4 资源生态影响分析

### 4.1 生态评估

#### 4.1.1 资源生态影响要素识别与预测因子

根据项目工程特点、规模及工程区域环境特征，本项目资源生态影响要素识别见表 4.1-1。

表 4.1-1 资源生态影响因素和预测因子识别

#### 4.1.2 资源生态影响程度

##### 4.1.2.1 水动力和冲淤环境影响程度

工程前后流态与流速对比分析表明，由于风机桩基尺度较小，阻水效应有限，与工程建设前相比，工程建设后，大、小潮流态没有发生明显变化，工程建设对大范围流场影响较小，对流场的影响仅局限于桩基局部约 100 m 范围内。工程建设引起周边生态红线保护区流速变化值小于 0.01 cm/s，各保护目标海流基本不受本工程影响。

工程引起的冲淤影响主要在场区桩基基础附近，以淤积为主，对周边海床冲淤影响较小。由于工程海域悬沙浓度较低，水深较深，年冲刷淤积强度较小，最高年淤积强度为 1.6 cm；桩基涡旋区以外的平衡后最大淤积强度小于 3.0 m，最大冲刷强度为 0.44 m，达到冲淤平衡所需时间较长。由于桩基存在会在桩基附近形成涡旋，从而引起桩基局部冲刷，利用 Richardson 公式计算得到最大冲刷深度可达 3.8 m，冲刷距离 8.3 m。50 年一遇潮波作用下局部冲刷深度 6m 左右。工程建设对周边敏感目标冲淤基本无影响。

##### 4.1.2.2 悬浮泥沙影响程度

根据数模计算，电缆敷设工程由于作业路线较长，起悬泥沙量大，会对场区及毗邻海域造成一定影响，引起悬沙浓度 >10 mg/L 的最大包络范围为 24.03 km<sup>2</sup>；电缆敷设与桩基施工造成的悬浮泥沙对周边保护目标无影响。桩基施工引起的悬浮泥沙范围较小，仅为 0.58 km<sup>2</sup>。

##### 4.1.2.3 海洋生态影响程度

本项目风机桩基及电缆施工导致底栖生物损失量为 500.71kg，施工产生的悬浮泥沙造成鱼卵、仔稚鱼和游泳动物损失量分别为 5408550 粒、5837800 尾和 505.16 kg。

## 4.2 资源影响分析

### 4.2.1 项目对海洋生物资源影响分析

#### 4.2.1.1 风机基础占用海域对底栖生物资源的影响

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，本工程桩基占用海域导致底栖生物永久性消失，这部分生物量的减少可以根据农业部 SC/T9110-2007《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》，因工程建设需要，占用渔业水域，使渔业水域功能被破坏或海洋生物资源栖息地丧失。

本项目共建设 17 台风机机位（16 台 18MW 风机和 1 台 26MW 风机），风机基础均采用四桩导管架基础，桩基为 4 根钢管桩，18MW 风机钢管桩直径 3.4m，26MW 风机钢管桩直径 3.5m，因此风机桩基共用钢管桩 68 根，占用海域面积约为 619.2m<sup>2</sup>。风机上部构件安装时大型船机设备自升式支腿船桩靴 4 根直径约为 7m，因此自升式支腿船共 68 根桩腿，占用海域面积约为 2615.6m<sup>2</sup>。

根据附近水文资料，本项目桩基占用的为大型底栖生物，根据生态环境调查资料可知，本项目大型底栖生物春秋季节生物量平均值为 11.52g/m<sup>2</sup>，根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007），风机桩基实施造成的底栖生物损失量为 619.2m<sup>2</sup>×11.52g/m<sup>2</sup>÷1000=7.13kg。自升式支腿船桩靴施工造成的底栖生物损失量为 2615.6m<sup>2</sup>×11.52g/m<sup>2</sup>÷1000=30.13kg。

#### 4.2.1.2 电缆敷设对底栖生物的影响

本工程电缆施工采用牵引式敷埋方法，沟槽顶宽约为 1.5m，考虑到槽沟开挖过程中堆向两侧的淤泥将会覆盖底栖生物生境，因此将 1.5m 作为开沟作业对底栖生物的影响宽度，本项目 66kv 海底电缆路由总长度约为 26.82km，则临时影响底栖生物面积为 40230m<sup>2</sup>，工程周边海域底栖生物量按平均 11.52g/m<sup>2</sup>，工程电缆铺设将引起底栖生物的损失量约为 463.45kg。

#### 4.2.1.3 占用海域对底栖生物的影响

本项目风机桩基实施造成的底栖生物损失量为 7.13kg；自升式支腿船桩靴施工造成的底栖生物损失量为 30.13kg；电缆敷设施工造成的底栖生物损失量为 463.45kg；本项目总体施工造成的底栖生物损失量为 500.71kg。

#### 4.2.1.4 施工期悬浮泥沙对海洋生物资源的影响

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。本项目风机桩基施工、电缆沟开挖作业期间，将会对鱼卵仔鱼、游泳动物幼体产生不良影响。

根据数模预测结果，本项目风机桩基、自升式平台桩靴和电缆敷设施工悬浮物浓度增量大于 10mg/L 的最大包络线面积为 27.22km<sup>2</sup>，其中悬浮泥沙扩散浓度为 10~20mg/L、20~50mg/L、50~100mg/L、>100mg/L 的包络线面积分别为 24.61km<sup>2</sup>、2.27km<sup>2</sup>、0.24km<sup>2</sup>、0.10km<sup>2</sup>。

在悬浮物浓度增量大于 10mg/L 的 27.22km<sup>2</sup> 水域范围内，鱼卵、仔鱼因高浓度的含沙量而发生死亡，在该范围内成鱼可以回避，但幼体由于缺乏足够的游泳能力将出现部分死亡。参照农业部颁布并于 2008 年 3 月 1 日起施行的《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007）中关于污染物对各类生物损失率的描述，依据本报告增量悬沙扩散面积计算的结果，悬沙扩散过程中浓度迅速衰减，因此高浓度面积大大低于低浓度面积，而且高浓度面积随着扩散以几何级数递减。故在  $1 < B_i \leq 4$  倍水平上，也就是增量悬沙在 10~50mg/L 区间扩散中，面积主要是 10~20mg/L，因此 10~50mg/L 影响水域中鱼卵仔鱼损失率分别取 15%是偏保守的。基于上述分析以及建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007）中关于污染物对各类生物损失率的描述，本报告中悬浮泥沙扩散浓度为 10~20mg/L、20~50mg/L、50~100mg/L、>100mg/L 的影响水域中鱼卵仔鱼损失率分别取为 5%、15%、40%和 50%，游泳生物的损失率分别取 1%、5%、15%和 20%。

根据不同浓度悬浮泥沙的扩散面积、生物资源密度、水深与损失量等条件，计算出本项目海缆和桩基施工期间悬浮泥沙造成鱼卵、仔稚鱼和游泳动物损失量分别为 5408550 粒、5837800 尾和 505.16 kg。

#### 4.2.1.5 生物资源损失补偿金额计算

项目风机桩基建设、自升式平台桩靴施工和海缆敷设施工永久或临时占用海域的生态损失补偿金额为 3.25 万元，风机基础施工和海缆敷设产生的悬浮泥沙造成的生态损失补偿金额为 65.31 万元；生态补偿金总额为 68.56 万元。

#### 4.2.2 项目建设与风能资源的影响分析

虚拟测风塔 100m 高度近十年年平均风速为 10.20m/s, 代表年年平均风功率密度 988W/m<sup>2</sup>, 在 160 米轮毂高度处, 年平均风速达到 10.54m/s, 相应的平均风功率密度为 1088W/m<sup>2</sup>。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 57.28%, 风能主要集中在 NNE、NE, 占全部风能的 68.11%。由此可看出本风电场风能资源集中, 有利于风能资源利用。

福建省是易受台风直接袭击的地区, 经本报告分析计算场址处海平面上 160m 高 50 年一遇最大风速为 52.9m/s, 考虑到风电场安全运行, 应选择符合 IEC 标准的 I 类及以上的风机机组。由于风电场受台风影响比较严重, 风机选型应充分考虑抗台风的安全因素, 同时建议开展热带气旋影响专题研究。

#### 4.2.3 项目用海对港口航运资源的影响

本项目所在水域存在多条推荐航路和习惯航路, 且在该水域进行交汇, 船舶类型涵盖所有种类, 船舶尺度也涉及较广, 船舶流量相对较大, 通航环境相对比较复杂。

拟建场址因位于中航路之外, 与渔船活动密集区(大多在渔港附近)距离较远。根据 AIS 数据资料显示, 工程附近水域主要存在渔船作业情况, 拟建场址的东南边界有一条较明显呈带状分布渔船活动密集区。此外, 仍有大量渔船并未配备 AIS, 对于这部分渔船, 难以监督其是否遵守水上交通安全管理规定。尤其在捕鱼及养殖旺季, 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, 对本工程的施工及营运均构成威胁。

风机组为海上固定建筑物, 且成片布置, 存在影响附近船舶正常瞭望的可能。本项目拟安装 16 台 18MW 的风电机组, 叶轮直径达到 260m, 1 台 26MW 的风电机组, 叶轮直径 310m。根据本报告的分析, 一般船舶距离风机至少 0.5n mile, 按此距离计算每个塔筒将形成最大 0.37° 的视觉盲区, 距离风机越远视觉盲区越小, 一般情况下船舶形成的视场角远不止 0.37°(与来船航向有关), 因此单个风机对视觉瞭望的影响是有限的。若从风电场总体的角度考虑, 可以参考东海大桥海上风电场的实际情况。东海大桥风电场风机塔身之间距离为南北向为 1000m, 东西向为 500m, 可见从总体上看风机对瞭望视线的阻挡也是有限的, 不会对船舶视觉瞭望造成根本影响。

因此，本项目对周边港口航运资源影响较小。

#### 4.2.4 项目用海对海上通讯信号的影响

风机平台会对邻近的无线电测向仪产生一定影响，若小船离风机太近（20m以内），会造成一定干扰；当小船与风机的距离大于 50m，这种影响可以基本消除，因此，在实际的海上搜救过程中，使用无线电测向仪需要考虑这种影响。

风机结构对雷达观测造成一定干扰，形成杂波干扰，通过调节雷达增益，可以明显减少这种干扰。风机设备将会对附近航行船舶的船载雷达的形成一定阴影区，该现象导致停泊在风机附近的小船不易被发现。当船舶与风机的距离大于 1km，扇形阴影区的影响小。通过设立禁航水域（小型渔船除外），本工程对习惯航路中的船舶雷达的影响较小。选用 10cm 波段雷达且距离风机较近时（距离风机 1km 以内时），会产生比较严重的干扰，尤其是使用 ARPA 跟踪风机附近小型船舶时，会存在较大困难。

风机对磁罗经、GPS、北斗导航系统、AIS 系统的影响较小。本工程海上风力发电机组对海上通讯信号因电磁辐射产生干扰很小。同时，本工程机组自身也可以抵抗外界电磁干扰对机组正常运行的影响。

### 4.3 生态影响分析

#### 4.3.1 海洋水文动力环境影响分析

（1）工程前后流态与流速对比分析表明，由于风机桩基尺度较小，阻水效应有限，与工程建设前相比，工程建设后，大、小潮流态没有发生明显变化，工程建设对大范围流场影响较小，对流场的影响仅局限于桩基局部约 100 m 范围内。

（2）工程前后流场对比分析表明，大潮时段流速减幅大部分在 0.02m/s 以内，最大减幅可达 0.3 m/s 且主要集中在背水面桩后 50 m 以内范围内，两侧附近存在小范围流速增大区，增幅基本不超过 0.05m/s。

（3）工程建设引起周边生态红线保护区流速变化值小于 0.01 cm/s，各保护目标海流基本不受本工程影响。

#### 4.3.2 冲淤环境影响分析

##### 4.3.2.1 场区冲淤环境影响

工程实施后场区海域主要以淤积为主。1 年的冲淤幅度较小，且集中于桩基周围 2 km 以内海域，淤积可以达到 0.6 cm/a 以上，最大值为 1.6 cm/a，在场区以外幅度小于 0.2 cm/a。从平衡后的冲淤分布图可以看出，床面冲淤幅度大值也主

要集中在桩基基础根部的邻近水域，其他区域的冲淤幅度较小，其量值远远大于一年冲淤结果，最大冲刷 0.44 m。在桩基附近，计算的淤积幅度可以达到 6 m 以上，但由于桩基周围形成的湍流涡旋后引起冲刷，已有海洋工程表明桩基附近以冲刷为主，故桩基附近十米左右范围内应考虑冲刷而不是淤积。桩基约十米以外淤积值在 3.0 m 左右。

对比一年与平衡冲淤结果可以看出，由于工程海域水深较深，理论上平衡冲淤值较大，但由于海域悬沙浓度低，年冲淤值较小，由此可见在潮流作用下达到冲淤平衡所需时间较长。

提取敏感目标特征点的冲淤结果见**错误!未找到引用源。**，从表中可以看出，工程建设对敏感目标冲淤几乎无影响，平衡后最大冲淤不大于 1.0 cm。

由于本工程冲淤变化采用半经验半理论公式进行计算，一些参数的选取采用经验值，且未考虑桩基基础附近涡流带来的挟沙能力增加造成的局部冲刷，因此工程引起的冲淤变化计算值存在一定的误差，桩基附近涡流区影响范围内的冲淤可采用 4.3.1 局部冲刷计算值。同时，由于该海域台风多发，冬季受寒潮影响，一次强天气过程即可能明显改变海床冲淤状态，且强天气过程的影响以冲刷为主，因此在后续施工期及运行期应当加强对工程周边海域及敏感目标的冲淤监测，以真实反映工程引起的冲淤变化。

#### 4.3.2.2 风机桩基础附近局部冲刷影响

风电场塔基建成后，破坏了原来的水流平衡，来流在墩柱周围形成马蹄形漩涡区，将可能会淘刷墩柱迎水面和周围泥沙，形成局部冲刷坑，即桩基在波浪、潮流及波流共同作用下会形成局部冲刷。对于桩墩局部冲刷计算公式，目前尚未有理论推导公式，国内外学者撰写发表的计算公式均为经验性或半经验性公式，且不同公式计算结果存在偏差，大多数采用试验资料建立局部冲刷深度的计算式，然后用野外实际观测资料修正系数和指数得到冲刷深度计算式。桩基局部冲刷的经验公式较多，本次采用 Richardson 公式进行计算分析。

Richardson 等（1995）提出最大冲刷深度：

$$S/D = 2.2 \times \left(\frac{h}{D}\right)^{0.35} \times Fr^{0.43}$$

其中， $s$  为潮流作用下桩基的局部冲刷深度（含一般冲刷和局部冲刷）； $h$  为全潮最大水深； $D$  为全潮最大水深条件下平均阻水宽度(墩宽)； $F_r$  为水流

Froude 数,  $F_r = \frac{u}{\sqrt{gh}}$ ,  $u$  为全潮最大流速,  $g$  为重力加速度。

计算参数如下表:

表 4.3-1 相关参数表

其中流速取 V5 观测全潮最大流速, 水深取全潮最大水深, 经过计算可得风机桩基础最大冲刷深度为 3.8m。

冲刷水平距离  $r$  采用 DNV-OS-J01 给出的公式:

$$r = \frac{D}{2} + \frac{S}{\tan\phi}$$

式中泥沙  $\phi$  为摩擦角度, 取  $30^\circ$ ,  $S$  取 3.8m, 冲刷水平距离为 8.3m。

#### 4.3.2.3 极端条件风机桩基础附近局部冲刷影响

本项目位于长乐外海海域, 周边长期资料较少, 鉴于本项目长年波浪调查工作正在开展中, 本次极端条件风机桩基础附近局部冲刷影响参考周边风电场情况。如长乐 A 区, 水深 44m, 50 年一遇潮波作用下局部冲刷深度 5.6m, 冲刷坑最大直径 21.1m; 长乐 C 区, 水深 40m 输入, 50 年一遇潮波作用下局部冲刷 4.2m。初步判断, 本项目风机桩基础 50 年一遇潮波作用下局部冲刷深度 6m 左右。

目前适用于海上风电行业的防冲刷方法主要有: 抛石保护、固化土、仿生草、结构预留冲刷深度等方式, 考虑到风电机组导管架基础的桩基分布较分散, 对海床表面保护较困难, 防冲层设置费用较高, 所以本阶段采用预留冲刷深度的办法从结构上解决表层土冲刷问题。

考虑本工程场区水深较深, 底层流速较低, 同时通过调研项目附近海域港口与海洋工程的局部冲刷情况, 风机基础暂考虑预留冲刷深度约 6.0 米, 即确保风机基础结构在桩基出露 6.0m 的条件下, 基础结构的稳定、强度和变形仍可满足规范规定的要求。

考虑到本风电场海底地形复杂, 不同区域海洋水动力环境具有一定的不确定性, 下阶段将根据风电场区域内实测海洋水文资料对风电场场区风机冲刷情况和防冲刷保护措施作更进一步的分析与研究。

#### 4.3.2.4 小结

(1) 工程引起的冲淤影响主要在场区桩基基础附近, 以淤积为主, 对周边海

床冲淤影响较小。由于工程海域悬沙浓度较低，水深较深，年冲刷淤积强度较小，最高年淤积强度为 1.6 cm；桩基涡旋区以外的平衡后最大淤积强度小于 3.0 m，最大冲刷强度为 0.44 m，达到冲淤平衡所需时间较长。由于桩基存在会在桩基附近形成涡旋，从而引起桩基局部冲刷，利用 Richardson 公式计算得到最大冲刷深度可达 3.8 m，冲刷距离 8.3 m。50 年一遇潮波作用下局部冲刷深度 6m 左右。

(2) 工程建设对周边敏感目标冲淤基本无影响。

(3) 实际冲淤过程会受天气、波浪、沙源等综合影响比较复杂，不同经验或理论公式计算的冲淤值存在一定的误差，在后续施工期及运行期应当加强对工程周边海域及敏感目标的冲淤监测，以真实反映工程引起的冲淤变化。

### 4.3.3 水质环境影响预测分析

#### 4.3.3.1 悬浮泥沙影响预测结果与分析

(1) 桩基施工悬浮物影响预测

**错误!未找到引用源。**为桩基施工时悬浮泥沙扩散包络线，**错误!未找到引用源。**为包络线面积。从图中可以看出，桩基施工影响范围较小，仅在桩基局部海域，对周边敏感目标无影响。从**错误!未找到引用源。**可以看出，由于海域平均水深达到 50 m 以上，泥沙稀释快，模拟结果未出现悬沙浓度大于 10mg/L 的范围，即单个桩基施工造成悬沙浓度 > 10mg/L 的影响面积小于网格尺度（边长为 2~3 m 的三角形），按半径为 3 m 的圆形计算，单个桩基影响面积为 28.3 m<sup>2</sup>。本项目共 17 台风机，共 68 根桩基，桩基施工造成悬沙浓度 > 10mg/L 的影响面积 1924.4m<sup>2</sup>。

施工作业的自升式平台定位采用 4 个桩靴，单个桩靴面积约为风机钢管桩面积 2 倍，因此类比风机桩基施工造成的悬浮泥沙影响范围，自升式平台单个桩靴施工造成悬沙浓度 10~20 mg/L 包络面积约为 56.6m<sup>2</sup>。本项目共 17 台风机，自升式平台施工造成悬沙浓度 > 10mg/L 的影响面积 3848.8m<sup>2</sup>。

(2) 电缆敷设悬浮物影响预测

选择完整的自然半月潮（包含一个大潮、中潮和小潮）进行施工期悬浮物扩散计算。由于悬沙将在结束施工后几个小时内完全沉降，因此选取 13 小时白天施工进行计算可以得出最不利影响。对本项目电缆敷设的悬沙计算结果最后求最大悬沙浓度包络线，结果见图 4.3-1。从图中可以看出，10 mg/L 包络线主要在场区附近，大于 100 mg/L 的范围仅限于源点附近。由于桩基附近网格较细，可刻

画源强点附近 100 mg/L 悬沙浓度场，而在网格相对较粗的电缆敷设海域则难以分辨出 100 mg/L 以上的悬沙场。

### 图 4.3-1 电缆敷设悬沙扩散包络线

对于悬浮浓度 >50mg/L 的包络线面积，由于范围较小（点源附近几十米），难以通过加密源强点的算法直接进行计算，本项目通过等效面积法进行估算。13 小时电缆敷设距离约 2.3 km，考虑不同涨落潮阶段悬沙影响区域不一样，单个源强点代表距离按 1 km 计。图 4.3-2 所示为场区中泥沙点源引起的最大悬浮泥沙场，其大于 50mg/L，100~150mg/L，150mg/L 悬沙浓度面积分别为 0.0093，0.0024km<sup>2</sup>，0.0016km<sup>2</sup>，可分别等效为长 l 为 1km，宽 w 为 0.0093km、0.0024km、0.0016km 的长方形。则悬沙浓度为 100~150mg/L，>150mg/L 影响面积 A 可按下列式计算：

$$A = L/l * w$$

式中 L 为铺设线缆总长度，本项目为 26.08 km。

### 图 4.3-2 单点源悬浮物影响范围图

#### 图 4.3-3 100mg/L 以上悬沙浓度面积算法示意图

分别统计电缆敷设工程悬沙浓度增量为 10~20 mg/L、20~50 mg/L、50~100 mg/L、100~150 mg/L 以及 >150 mg/L 浓度增量范围的包络面积，结果见表 4-6。从表中可以看出，电缆敷设工程引起的悬沙增量最大范围为 10~20 mg/L，20~50 mg/L 面积分别达到 24.03 km<sup>2</sup> 和 2.27 km<sup>2</sup>。由于水深较深，大于 50 mg/L 的面积较小，合计仅为 0.34 km<sup>2</sup>，悬沙增量浓度大于 100mg/L 的范围在电缆附近 10 m 范围内。

#### 表 4.3-2 电缆敷设工程不同悬沙浓度增量包络面积

为分析电缆敷设工程为周边敏感目标的影响，统计了 13 个特征点最大悬沙浓度，其结果见表 4.3-3。从统计结果可以看出，两种电缆敷设方案对闽江口重要渔业资源产卵场生态保护红线区、东沙-东引岛周边海域重要渔业资源产卵场生态保护红线区等影响较小，悬沙浓度增量均小于 1.0 mg/L。

#### 表 4.3-3 特征点最大悬沙浓度

### (3) 小结

由于水深深，稀释快，风机桩基工程施工造成的悬浮泥沙影响范围较小，本项目共 17 台风机，共 68 根桩基，桩基施工造成悬沙浓度 $>10\text{mg/L}$  的影响面积 $1924.4\text{m}^2$ 。对周边敏感目标不会造成影响。

类比风机桩基施工造成的悬浮泥沙影响范围，本项目共 17 台风机，自升式平台施工造成悬沙浓度 $>10\text{mg/L}$  的影响面积 $3848.8\text{m}^2$ 。

电缆敷设工程由于作业路线较长，起悬泥沙量大，会对场区及毗邻海域造成一定影响，引起悬沙浓度 $>10\text{mg/L}$  的最大包络范围为 $24.03\text{km}^2$ ；电缆敷设与桩基施工造成的悬浮泥沙对周边保护目标无影响。

#### 4.3.3.2 施工生产生活废水对海水水质的影响

在项目施工高峰期，在项目施工高峰期，同时施工船只最多有 24 艘，每艘船每天的含油废水产生量取 $0.5\text{m}^3/\text{d}$ ，则施工高峰期施工船舶含油污水产生量为 $12.0\text{m}^3/\text{d}$ 。施工船舶生活污水产生量为 $43.2\text{m}^3/\text{d}$ 。施工船舶含油污水禁止直接外排，应事先经海事部门对其排污设备实施铅封，施工船舶生活污水经收集后，污水由有资质的单位进行接收处理。

项目施工高峰期施工营车辆冲洗废水产生量总计为 $44\text{m}^3/\text{d}$ ，机修废水产生量为 $27.544\text{m}^3/\text{d}$ ，以上废水收集后利用施工营地隔油-沉淀设施处理后回用于车辆冲洗和场地洒水。施工人员生活污水产生量总计为 $38.4\text{m}^3$ ，主要污染物为 COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 。由于项目施工人员将租住于附近村庄中，并且利用居民区的化粪池处理，对海域水环境基本无影响。

总体而言，施工生产和生活污水排放量不大，各污染物排放量较小，对项目海域水质影响不大。通过加强施工过程的环境管理，认真实施污染控制措施，避免生产和生活污水直接排入施工海域，则能够将施工期废水排放对海洋水质环境的影响降低到最低程度。

#### 4.3.3.3 运营期对海水水质影响分析

运行期风电机组等设备每年检修一次，定期更换润滑油机油等，平均残废油产量为 $2\text{m}^3/\text{a}$ 。风机日常维护涉及的油类物质由风机厂家提供统一进行回收处置，对周边海域水环境基本无影响。

本项目风机防腐采用的是外加电流阴极保护方式，利用外部直流电源对被保

护体提供阴极极化，实现对被保护体的保护。项目运营过程中对重金属释放量较少，对海水水质影响较小。

#### 4.3.4 沉积物环境影响预测分析

##### 4.3.4.1 施工产生的悬浮泥沙扩散和沉降对沉积物的影响

施工期的悬浮泥沙主要是由于风电场施工引起的，它们的环境背景值与工程区海域沉积物背景值相近或相同，施工过程只是将沉积物的分布进行了重新调整。因此，施工期悬浮物对工程海域沉积物质量的影响很小，工程施工后，经沉淀后沉积物的性质基本不变，不会明显改变工程海域沉积物的质量，海域沉积物环境基本可以维持现有水平。

##### 4.3.4.2 施工期废水对海洋沉积物的影响

污染物排入海，污染物质在上覆水相、沉积物相和间隙水相三相中迁移转化，可能引起沉积物环境的变化，特别是悬浮物质可能通过吸附水体营养物质以及有毒、有害物质，并最终沉降到沉积物表层，从而对沉积物环境造成影响。

本项目施工污水主要为施工生产废水。施工废水量较少，污染排放量较小，对海域水质的影响不大，对沉积物环境基本上没有影响。此外，施工中只要加强管理，并将施工生活垃圾和施工废弃物一同清运至垃圾处理厂处理，避免直接排入海域，对工程海域沉积物的质量影响很小。

##### 4.3.4.3 运营期海洋沉积物环境影响分析

本项目风机防腐采用的是外加电流阴极保护方式，利用外部直流电源对被保护体提供阴极极化，实现对被保护体的保护。项目运营过程中对重金属释放量较少，其主要成分为 Al、Zn、In，溶解后将随海水扩散进入大范围的海水中，部分沉积于桩基附近沉积物中。类比同类其他项目，项目区海域沉积物锌含量仍然能够满足一类海洋沉积物质量标准  $150 \times 10^{-6}$  要求。因此工程实际运行中对区域海洋沉积物环境不会有明显不利影响。

#### 4.3.5 海洋生态环境影响预测分析

##### 4.3.5.1 施工期悬浮泥沙对海洋生态环境影响分析

###### (1) 对浮游生物的影响

悬浮泥沙对浮游生物的影响主要反映在对生长率的影响，对摄食率的影响以及对丰度、生产量及群落结构的影响。

类比长江口航道疏浚悬浮泥沙对水生生物的毒性效应的试验结果，当悬浮泥

沙浓度达到 9mg/L 时，将影响浮游动物的存活率和浮游植物光合作用。

1990 年，Kirk 研究了悬浮物对轮虫和枝角类生长率及种群增长率的影响。结果发现悬浮粘土对枝角类的丰度、存活率及繁殖率等有显著影响，这种影响与悬浮粘土的浓度、粒径及浮游动物的饵料生物—浮游植物的浓度有关。对网纹蚤（*Ceriodaphnia*）的繁殖实验表明：当悬浮粘土浓度为 10mg/L 时，繁殖出了第二代，且无个体死亡；当浓度为 50mg/L 时，则第一代个体仅存活了 5d，且无第二代产生。

另外，Kirk 还研究了水中的无机颗粒对浮游动物摄食率的影响作用。结果表明，悬浮于水中的粗粘土大大降低了枝角类的摄食率，C=50mg/L 时，摄食率下降 13%~83%，对轮虫则无影响。

Kirt 的研究结果显示，悬浮物的存在可以改变浮游动物的群落结构，当水中无悬浮物时，枝角类为优势种，当水中悬浮物浓度升高时，优势种则为轮虫。

总体来说，由于施工造成海域 SPM 浓度增大，从而对海域浮游生物造成的这种影响是不可避免的，但是该影响暂时的和有限的，一般情况下，施工停止 3~4 个小时后，悬浮泥沙绝大部分沉降于海底，海水水质就可恢复到原来状态。根据鲍建国等的研究，浮游生物群落的重新建立所需时间较短，一般只需要几天到几周的时间，因此随着项目工程结束后，浮游生物很快就建立起新的群落，而悬浮泥沙对浮游生物造成的影响也随之消失。

## （2）对底栖生物的影响

本工程海底电缆铺设过程中，除所占海域内的底栖生物完全被覆盖外，其外围周边海域的底栖生物也将受入海泥沙的影响。如果大量悬浮物的沉积将掩埋工程区两侧的底栖生物，可能引起底栖生物，特别是蛤、螺等双壳类动物水管受到堵塞致死，这种影响主要集中于工程区外围悬浮泥砂含量较高的局部区域内。

## （3）对渔业资源的影响

施工期间由于悬浮泥沙入海会在一定程度上对施工区附近海域的渔业资源环境产生影响。由于海洋生物的“避害”反应，施工区外围海域自然生长的游泳动物将变少。泥沙悬浮物在许多方面对鱼类产生不同的影响。首先，悬浮微粒对鱼类的机械作用，水体中含有大小不同的，从几十微粒到十余微米的矿质颗粒，在悬浮微粒过多时将导致海水的混浊度增大，透明度降低，不利于天然饵料的繁殖生长。其次，水中大量存在的悬浮物也会使鱼类造成呼吸困难和窒息现象，因为

这些微粒随鱼的呼吸动作进入鳃部，将沉积在鳃瓣、鳃丝及鳃小片上，不仅损伤鳃组织，而且将隔断了气体交换的进行，甚至严重时导致窒息。不同鱼类对悬浮物质含量高低的耐受范围有所区别。据有关实验数据，悬浮物质的含量水平为  $8 \times 10^4 \text{mg/L}$  时，鱼类最多只能存活一天；含量水平为  $6000 \text{mg/L}$  时，最多能存活一周；若每天做短时间搅拌，使沉淀的淤泥泛起，保持悬浮物浓度达到  $2300 \text{mg/L}$ ，则鱼类能存活 3-4 周。通常认为，悬浮物质的含量达到  $200 \text{mg/L}$  以下及影响期较短时，不会导致鱼类直接死亡。并且，由于本工程施工水域相对较开阔，鱼类的规避空间大，因此泥沙入海对其的影响更多表现为驱散效应，鱼类受此影响较小。而虾蟹类因其本身的生活习性，大多对悬浮泥沙有较强的抗性，总的来说，施工产生的悬浮泥沙对游泳生物的影响较小。

#### 4.3.5.2 桩基施工、电缆敷设对底栖生物的影响

本项目共建设 17 台风机机位（16 台 18MW 风机和 1 台 26MW 风机），风机基础均采用四桩导管架基础，桩基为 4 根钢管桩，18MW 风机钢管桩直径 3.4m，26MW 风机钢管桩直径 3.5m，因此风机桩基共用钢管桩 68 根，占用海域面积约为  $619.2 \text{m}^2$ 。风机上部构件安装时大型船机设备自升式支腿船桩靴 4 根直径约为 7m，因此自升式支腿船共 68 根桩腿，占用海域面积约为  $2615.6 \text{m}^2$ 。

根据附近水文资料，本项目桩基占用的为大型底栖生物，根据生态环境调查资料可知，本项目大型底栖生物春秋两季生物量平均值为  $11.52 \text{g/m}^2$ ，根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007），风机桩基实施造成的底栖生物损失量为  $619.2 \text{m}^2 \times 11.52 \text{g/m}^2 \div 1000 = 7.13 \text{kg}$ 。自升式支腿船桩靴施工造成的底栖生物损失量为  $2615.6 \text{m}^2 \times 11.52 \text{g/m}^2 \div 1000 = 30.13 \text{kg}$ 。

本工程电缆施工采用牵引式敷埋方法，沟槽顶宽约为 1.5m，考虑到槽沟开挖过程中堆向两侧的淤泥将会覆盖底栖生物生境，因此将 1.5m 作为开沟作业对底栖生物的影响宽度，本项目 66kv 海底电缆路由总长度约为 26.82km，则临时影响底栖生物面积为  $40230 \text{m}^2$ ，工程周边海域底栖生物量按平均  $11.52 \text{g/m}^2$ ，工程电缆铺设将引起底栖生物的损失量约为 463.45kg。

本项目风机桩基实施造成的底栖生物损失量为 7.13kg；自升式支腿船桩靴施工造成的底栖生物损失量为 30.13kg；电缆敷设施工造成的底栖生物损失量为 463.45kg；本项目总体施工造成的底栖生物损失量为 500.71kg。

#### 4.3.5.3 对区域生态环境的影响分析

根据上述预测分析，本项目的实施，由于风机桩基及海底电缆的施工造成悬浮泥沙入海，将对项目所在海区的浮游动植物、底栖生物、渔业资源等造成一定的影响；同时，工程将造成所占用海域范围内的浮游动植物、底栖生物和渔业资源的直接损失。本项目建设对海洋生态的影响主要表现在底栖生物、鱼卵仔鱼及游泳动物的损失。导致的海洋生物量的损失主要包括工程建设桩基占用海域导致底栖生物永久性消失、自升式平台桩靴和海缆敷设占用海域导致底栖生物临时性消失、桩基施工及海缆施工期间悬浮泥沙导致海洋生物的损失。根据项目施工对海洋生物影响的定量计算，本项目风机桩基及电缆施工导致底栖生物损失量为500.71kg，施工产生的悬浮泥沙造成鱼卵、仔稚鱼和游泳动物损失量分别为5408550粒、5837800尾和505.16kg。

从整体而言，风机桩基及海底电缆施工产生的影响将随着施工结束，其功能均将迅速恢复，生物生境也将随之改善，对于整个评价海域而言，其生物种类、群落结构、生物多样性和生态系统服务功能的影响和变化很小，不会导致当地海洋生态结构和功能发生明显改变；此外，项目调查区未发现珍稀濒危野生动物，项目施工直接影响区不涉及海洋自然保护区、濒危海洋生物保护区、海洋生物苗种场等生态敏感区，因此，本项目的施工对区域海域生态群落结构的影响较小，对生态系统的功能和稳定性不会产生重大影响。

#### 4.3.5.4 运营期海洋生态影响分析

##### (1) 对底栖生物的影响分析

运行期对海洋生态的影响主要是风机桩基和海底电缆等永久设施占地周围区的底栖生物的生境遭到永久的破坏，在该范围内的底栖生物不可恢复。但风机基础有一定的表面积，为底栖生物提供了一个较好的附着场所，具有一定的鱼礁效应，在一定程度上可增加风电场及周边区域藻类、贝类鱼类的生物多样性。

##### (2) 对海洋生态系统服务功能的影响分析

海上风电场项目建设对海洋生态和渔业的影响最终体现在造成部分生态系统服务功能的破坏或丧失。海洋生态系统服务功能是指生态系统与生态过程所形成及维持的人类赖以生存的自然环境条件与效用。项目建设所在海域的生态系统服务功能可划分为物种栖息地、养殖生产、污染净化等3个方面的主导功能。

##### ①物种栖息地

项目建设所在海域是部分水生动物栖息、繁殖场所。风电场项目建设施工期会对该区域的水生动物栖息、觅食产生一定的干扰，主要对幼体造成一定程度的伤害，对成体造成回避。但在运行期基本不受影响。

## ②养殖生产

海洋生态系统通过初级生产与次级生产，合成与生产人类生存必需的有机质及其产品。风机基础实际占用海域面积较小，项目海缆敷设区域 500m 范围内禁止养殖活动，项目区周边无养殖活动，因此不影响整个海域养殖主导功能的发挥。

### 4.3.6 工程建设对鸟类的影响

#### 4.3.6.1 施工期对鸟类的影响分析与评价

本项目施工期对鸟类主要影响因素有：风力发电机组和升压变电站基础施工、风力发电机组和升压变电站安装、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、风机高桩承台施工、海上分体组装与吊装、海上电缆铺设时两栖挖掘机挖沟和挖泥抛石船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。

##### (1) 施工期对鸟类栖息和觅食影响

根据调查，项目评价区周边主要分布有鸥类水鸟。风电场及周边主要为海域和浅海水域、岩石海岸，风电场周边分布有褐翅燕鸥、粉红燕鸥等鸥类，其他鸟类较少。

根据鸟类生物学和生态学特性，结合对鸟类行为学研究实践，针对施工期对栖息和觅食的具体影响分析如下：

游禽类：包括黑尾鸥、褐翅燕鸥、粉红燕鸥、普通燕鸥、黄脚银鸥和西伯利亚银鸥等游禽类，喜集群或单独活动，重度受人为活动干扰，褐翅燕鸥、粉红燕鸥等鸥类在福建省沿海广泛分布，数量较大。在施工期，距离其 150~200m，就会对其活动产生影响，在距离 200m 以上，影响会明显减弱。项目评价区水鸟主要分布在沿岸和附近海域。由于风机布置离鸟类分布区较远，施工期对风电场施工区及周边觅食活动的褐翅燕鸥、粉红燕鸥和黑尾鸥等鸥类产生影响较小，施工期活动虽然对鸥类的觅食、活动将产生一定的负面影响，减少了一些觅食、活动地域，但受影响程度为轻微影响，影响有限，项目区周边可以容纳其继续生存、觅食，能有效缓解这些负面影响，其影响是可以接受的。

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鱼类

的生境，使项目区的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。

综上所述，由于风电场施工区为海域，鸟类主要为鸥类，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。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，但项目建设区距鸥类停歇的部分岛屿较远，受项目建设影响的物种及其数量也有限，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。

#### (2) 施工期对鸟类迁徙影响

由于项目区域缺乏适合鸕鹚类、鹭类等涉禽类栖息的潮间带滩涂。施工区不涉及鸟类鸕鹚类、鹭类等涉禽类栖息地，同时项目评价区不是水鸟主要迁徙路线，因此施工时对鸕鹚类、鹭类等涉禽类迁徙基本上无影响。

项目评价区域迁徙鸟类主要为鸥类等游禽类，在评价区分布的种类和数量较少，属于广泛分布的种类。施工时仅涉及少量的涉禽类活动区域，而且在此区域活动鸥类等游禽类数量较少，同时项目建设区距离罗源湾、闽江河口、福清湾等鸟类迁徙主要越冬地和迁徙路线 50km 以上，项目评价区不是迁徙鸟类主要迁徙路线，对偶尔在上空迁徙路过的鸟类影响很小。因此，施工期对鸥类等游禽类迁徙影响较小。

综上所述，项目建设区距离罗源湾、闽江河口、福清湾等鸟类迁徙主要越冬地和迁徙路线 50km 以上，而项目评价区不是迁徙鸟类主要迁徙路线，项目建设施工期对迁徙鸟类影响较小。

#### (3) 施工期对鸟类繁殖影响

截至目前实地调查情况看，未发现项目评价区有褐翅燕鸥、粉红燕鸥等鸥类集中繁殖的区域，施工期不会对繁殖鸟类造成影响。但应加强监测，及时关注对燕鸥类活动的影响，并制定相应保护措施。

### 4.3.6.2 运营期对鸟类的影响分析与评价

#### 4.3.6.2.1 运营期对鸟类觅食的影响分析与评价

##### (1) 运营期对冬候鸟觅食的影响分析与评价

根据调查,项目评价区冬候鸟有黑尾鸥,是项目评价区主要的迁徙越冬候鸟,但这些冬候鸟种类数量均较少,且是常见、广泛分布的物种,黑尾鸥主要是在沿岸的岩石海岸和附近海域觅食或停歇。风电场距离鸕鹚类和鹭类觅食地超过50km,运营期对其觅食没有影响;由于在项目评价区分布冬候鸟游禽水鸟的数量较少,离风机距离大于50km,运营期对鸥类会产生较小影响。

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,偶尔在此飞翔和觅食。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29~291m。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。

项目评价区海上风电场建成后将使风电场区域鸟类觅食的范围基本不影响,在风电场邻近海域能够满足水鸟觅食需求,不会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,但是对水鸟的食物量影响有限。

但是,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年~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,本工程永久建设用海35.6139hm<sup>2</sup>,规划面积37.15km<sup>2</sup>,但是由于项目评价区海上风电场周围海域分布的水鸟种类少,在此活动的水鸟数量也少,风电场及周边海域不是候鸟迁徙途中的主要觅食地。而且被风机占用区域周边海域水生生物分布受到影响小,原有底栖生物的生境没有改变,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,对冬候鸟觅食造成影响很小。

而且本项目为海上风电场,不占用沿岸滩涂、水产养殖场等冬候鸟的觅食地,

项目评价区外的岛上和沿岸滩涂等水鸟的主要觅食地未受影响。鸬鹚类和鹭类主要分布在项目评价区外的沿岸滩涂，风机对鸬鹚类和鹭类等涉禽的觅食影响很小。

综上所述，风电场运营期主要是风电场对水鸟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。

#### (2) 运营期对留鸟觅食活动的影响分析与评价

项目评价区外有白鹭、白头鹎、八哥、麻雀等留鸟，这些留鸟主要是分布于项目评价区外岛上以及陆地上，海上风电场建设区域在海上，项目评价区不是留鸟栖息地，风电场海上建设对留鸟没有影响。

#### (3) 运营期对夏候鸟觅食的影响分析与评价

根据调查，调查评价范围夏候鸟有鸥类（褐翅燕鸥、粉红燕鸥），主要分布在沿岸海域和马祖列岛附近海域，项目评价区的鸥类觅食地距离风电场 8km 以上，觅食地距离风电场较远，风电场鸥类等夏候鸟觅食基本无影响。

项目评价区是夏候鸟游禽鸥类（褐翅燕鸥、粉红燕鸥）繁殖区，但未发现有鸥类在评价区内集群繁殖，且不是其主要觅食区。

综上所述，长乐 I 区（北）海上风电场工程仅占用少量鸟类的觅食地，而且风电场距离项目评价区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。

### 4.3.6.2.2 运营期对鸟类迁徙的影响分析与评价

#### (1) 风机高度对迁徙鸟类的影响

长乐 I 区（南）海上风电场虽然处于东亚—澳大利西亚候鸟迁徙大的通道上，但是经调查项目评价区并非是迁徙鸟类所经过迁徙路线。鸬鹚类和普通鸬鹚等水鸟为项目评价区外的鸟类，也是主要的迁徙鸟类。鸬鹚类和普通鸬鹚类的迁飞主要在高空中依靠气流来带动飞行，鸬鹚类和普通鸬鹚迁徙大多是高空迁飞，这些候鸟迁飞高度超过 300m，项目评价区海上风电场的风机叶片旋转的离地面小于 300m，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很小。

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。但在项目评价区秋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项

目评价区鸟类迁徙造成不利影响小。

据美国审计署统计，雀形目鸟类是与风机撞击更多的鸟类，占撞击死亡鸟类的 80%左右。小型鸣禽如往返于休息地与觅食地、饮水地等的迁徙活动中，都是低空飞行，飞行高度大都低于 100m，尤其在鸟类迁徙密集区域撞机风险更大，碰撞塔架或风机叶片造成伤亡。但是同撞飞机、汽车、建筑物、通讯塔、架空电线等鸟类死亡的数量相比，死于风电场风机下的鸟数量是很少的，海上风电场对于鸟类撞击死亡的影响比较小。

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，本项目海上风电场不存在风机对小型鸣禽迁徙的影响。

### (2) 风机转动速度对迁徙鸟类的影响

根据目前的研究监测资料，鸟撞风机与一系列因素相关，如鸟的种类、数量、行为、地形地貌、天气状况、风力电场的地理位置等。当风电场位于或靠近鸟类迁徙通道或鸟类局部大量集聚的区域时，鸟撞发生的概率会大大增加。鸟类在捕食时要降低飞行高度，更容易与风机相撞。

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。

项目评价区海上风电场风机的转速较慢，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，鸟类误撞风电机的几率极小。根据我们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，为了更好地解决项目评价区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点，加强对风电场区域鸟类生活习性（栖息、觅食、迁飞）的观察。

### (3) 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。根据建设单位提供的资料，间距 2.25D 以上，行间距控制在 11.95D 以上（D 按 310m 考虑），风机基座之间和风机叶片转圈之间保持一定的距离，风机与风机之间有一定的廊道供鸟类栖息飞行通过。有

些水鸟会在风机之间穿越飞行，迁徙候鸟有一定避让风电场的能力，而且项目评价区海上风电集电线路采用海底电缆，不是采用高压输电线，从而避免鸟类迁徙撞击电线现象发生。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。但是这种避让行为无疑会增加迁飞的能量消耗，风电场的存在影响水鸟飞行路线和分布。据台湾彰化风电场鸟类监测发现，冬季在涨退潮期间通过风机的数量较多，高度多在 40m 以下的低风险区，而在 40~120m 的高风险区数量很少，而且飞行通过的种类以小型鸕鹚为主。在丹麦的 Nysted 和 HornsRev 风力发电场鸭类能 480m 排间距的风机之间穿越飞行。

从以上分析来看，项目评价区迁徙候鸟有一定避让风电场的能力，风电场对迁徙鸟类影响较小。

综上所述，鸟类在迁徙过程中与海上风电场风机相撞机率低，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。

#### **4.3.6.2.3 运营期对鸟类繁殖的影响分析与评价**

在项目评价区范围内未发现繁殖地。

海上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繁殖鸟类也会造成一定的干扰，使这些鸟类远离风电场活动。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，会对繁殖鸟类的觅食和繁殖生态造成影响，导致繁殖鸟类繁殖成功率下降。但是，项目评价区海上风电场风机离岛屿最近距离约 32km，未发现项目评价区海域有主要的水鸟在这些区域繁殖，因此，风电场不会对繁殖鸟类繁殖造成影响，不会因为干扰繁殖鸟类的活动而造成繁殖鸟类的营巢成功率下降，对繁殖鸟类繁殖期的觅食和繁殖基本不会影响。

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。繁殖鸟类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繁殖鸟类，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，项目评价区海上风电场的建设对项目评价区繁殖鸟类的繁殖基本不影响。

#### 4.3.6.2.4 运营期对鸟类栖息地的影响分析与评价

项目评价区主要是海域，目前调查无水鸟分布。

本项目为海上风电场，场址离岸距离约 54~61km，距离东犬岛等岛屿 30km 以上，风电场对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。

项目建成后，风电场可能对本区鸟类活动的影响主要表现在两个方面：一是风电机组桨叶的运动，风机运行时，风轮机转动对低飞的鸟起到驱赶和惊扰的作用；主要是对留鸟产生影响，对候鸟和旅鸟影响不大，所以运行期产生的噪声对项目评价区迁徙候鸟的影响较小，项目评价区海上风电场范围内未发现有留鸟分布，不存在风电场对留鸟的影响。二是风电机组的噪声，风电机组的噪声超过 100dB，主要是气流与风机叶片作用产生的，属于比较稳定持续的噪声，该噪声对鸟类的有一定影响，对鸟类的栖息环境也将产生比较明显的影响。根据相似环境的已建成的风电场调查资料，由于整个风电场海上布置，鸟类对噪声的敏感性，在风电场及其周边候鸟栖息将不可避免地受到某种程度的影响，从而远离风电场，在风电场周边海域上停歇或栖息的候鸟将有所减少，同时风电场的建立占用一定面积的鸟类生境，从而迫使栖息在风电场范围内的鸟类迁移到别处，重新选择适宜的生境。风力发电机组噪声、风机以及气流干扰等会影响鸟类正常的栖息环境。

选择类似风电场作为参照物。根据对周边风电场（长乐 A 区）的鸟类调查监测，参照运营期对鸟类种群、数量与分布的影响，结合本项目评价区鸟类及生境现状的调查，分析本项目运营期对鸟类影响。

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不在此区域活动。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基本不受影响，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在距离风电场 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。

#### 4.3.7 噪声对海洋生物的影响分析

##### (1) 施工期水下噪声影响

类比监测和数值模拟表明，本工程风机和海上升压站施工中的水下打桩施工将对周围海域的海洋生物带来一定影响。根据公式可推算出本工程海域施工期距桩基的安全距离为 4km 以外。因此，本工程施工中，应采取一些保护措施，比如搬移距离桩基 4km 范围内的养殖鱼类，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。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。

##### (2) 营运期水下噪声影响

本工程营运期产生的水下噪声源强度较小，除了几个主频点外，总体与海洋环境噪声值相当，最大值小于 140dB。结合给出的参考门限值，此类噪声不会对海洋哺乳动物造成行为干扰，是安全的。对于鱼类，尤其是声敏感大黄鱼，虽然噪声源源级的最高值刚好处于其行为响应的门限值，根据公式计算，2m 距离处，声传播损失为 7.5dB，也即距风机 2m 距离处的接收声级约为 132.5dB，这个距离是安全的，因此，对大黄鱼的影响几乎可以忽略。但是，由于海上风电场运营周期较长，一般 20~30 年，风机运行产生的水下噪声带来的长期累积效应对海洋生物的行为甚至生理影响还有待进一步深入研究。

#### 4.3.8 电磁辐射对海洋生物的影响分析

本海上风电场电磁环境来源主要为风电场内 66kV 海底电缆。目前，对陆地架空高压传输线电磁环境影响的研究已经比较成熟，而针对海底电缆电磁环境的

研究仍比较少。海底电缆的传输方式(交流、直流)、电缆材料、电力传输特性和海水电导率等因素，都将对海底电缆的电磁环境有一定影响。

基于类比监测和仿真分析,可知本工程海上升压站产生的电磁辐射对海洋生物没有影响。66kV 海底电缆产生的电磁辐射对海洋生物影响也不显著,但由于水下电磁辐射原位测量困难,模拟仿真的准确度无法进行实测验证,并且电磁强度对海洋生物的影响数据缺乏,这部分工作将来还需进一步研究。

## 5 海域开发利用协调分析

### 5.1 开发利用现状

#### 5.1.1 社会经济概况

社会经济概况引自《2023年福州市国民经济和社会发展统计公报》。

##### （一）综合

初步核算，全年实现地区生产总值 12928.47 亿元，比上年增长 5.2%。其中，第一产业增加值 721.59 亿元，增长 4.0%；第二产业增加值 4675.12 亿元，增长 4.8%；第三产业增加值 7531.77 亿元，增长 5.5%。第一产业增加值占地区生产总值的比重为 5.6%，第二产业增加值比重为 36.1%，第三产业增加值比重为 58.3%。全年人均地区生产总值 152846 元，比上年增长 4.9%。

##### （二）农业

全年农林牧渔业总产值 1235.28 亿元，比上年增长 4.1%。粮食种植面积 8.73 万公顷，比上年增加 0.06 万公顷。粮食产量 49.63 万吨，比上年增加 0.26 万吨，增长 0.5%。其中，稻谷产量 24.04 万吨，减少 0.06 万吨，下降 0.2%。

##### （三）工业和建筑业

全年全部工业增加值比上年增长 2.7%。规模以上工业增加值增长 3.3%。其中，轻工业下降 9.0%，重工业增长 9.9%；采矿业增长 13.3%，制造业增长 2.8%，电力、热力、燃气及水生产和供应业增长 7.2%。工业产品销售率 95.11%。

##### （四）服务业

全年批发和零售业增加值 1668.69 亿元，比上年增长 8.9%；交通运输、仓储和邮政业增加值 501.76 亿元，增长 6.5%；住宿和餐饮业增加值 188.74 亿元，增长 9.9%；金融业增加值 1719.85 亿元，增长 7.8%；房地产业增加值 584.68 亿元，下降 9.7%。规模以上服务业企业营业收入比上年增长 7.9%。

##### （五）国内贸易

全年社会消费品零售总额 4963.76 亿元，比上年增长 6.1%。限额以上零售总额按经营地统计，城镇消费品零售额 2383.14 亿元，增长 3.9%；乡村消费品零售额 89.27 亿元，下降 1.3%；按消费形态统计，商品零售额 2218.80 亿元，增长 2.7%；餐饮收入 253.61 亿元，增长 13.5%。

##### （六）固定资产投资

全年固定资产投资比上年增长 3.2%。第一产业投资增长 9.2%；第二产业投资增长 31.4%，其中，工业投资增长 30.2%；第三产业投资下降 5.2%。基础设施投资增长 18.3%。全年到位资金比上年下降 3.0%。

#### （七）对外经济

全年进出口总额 3435.3 亿元，比上年下降 5.7%。其中，出口额 2558.5 亿元，增长 0.2%；进口额 876.8 亿元，下降 19.6%。

#### （八）财政金融

全年一般公共预算总收入 1189.77 亿元，比上年增长 12.3%，其中，地方一般公共预算收入 754.08 亿元，增长 8.0%。一般公共预算支出 1007.78 亿元，增长 0.2%。

#### （九）居民收入消费和社会保障

全年居民人均可支配收入 48861 元，比上年增长 5.3%。按常住地分，农村居民人均可支配收入 28636 元，增长 6.7%；城镇居民人均可支配收入 58009 元，增长 4.3%。

#### （十）福州市电力状况

福州市是福建省沿海主要负荷中心之一，2023 年福州全社会用电量与最高负荷分别达 606 亿 kWh、10867MW，分别较上年增长 3.5%和-2.0%。目前福州电网主要依靠省网供电，区内省网主力电源有华能福州电厂（一厂 700MW、二厂 1320MW）、水口水电站（1550MW）、可门电厂（4×600MW）、江阴电厂（2×600MW）、玉融核电（4×1089+2×1150MW）、新辉电厂（2×1000MW）外。

至 2023 年底，福州电网已有福州、东台、洋中、笠里、燕墩、井门 6 座 500kV 变电站，变电总容量 11900MVA；220kV 公用变电站 44 座，总容量 18240MVA。区域 500kV 电网是福建沿海双通道的重要组成部分。220kV 电网已形成以西部水口水电站/笠里变、东部华能福州电厂、北部福州 500kV 变电站、南部东台、井门 500kV 变电站为主电源，沿闽江下游两岸，以福州市区为中心的环网结构，连江、罗源电网以 500kV 洋中变和新澳电厂为主电源，福清、平潭电网形成以 500kV 燕墩变为中心的辐射、环网结构。

本工程临近的长乐地区 2023 年全社会用电量与最高负荷分别达 128.9 亿 kWh、2144MW，分别增长 5.7%、4.9%。长乐电网现有井门变 1 座 500kV 变电

站(2×1200MVA), 8座 220kV 变电站, 变电总容量 3840MVA; 另有安元 220kV 专用变。

### 5.1.2 海域使用现状

长乐外海 I 区(南)海上风电场项目场址位于福州长乐外海, 场址离岸距离约 54~61km, 理论水深约 43~51m。工程区及附近海域的海洋开发活动较少, 主要有港口、航路、锚地、海底管线、风电场等。

#### 5.1.2.1 港口

据《福州港总体规划(2035)》, 项目附近的港区主要为松下港区与平潭港区。

松下港区已建成 8 个泊位。同时, 松下港区在建元洪作业区 1、2#泊位和牛头湾作业区 4#泊位。

平潭港区现有泊位 7 个, 其中万吨级以上码头泊位 5 个。

#### 5.1.2.2 航路

##### (1) 推荐航路

本项目风电场附近的主要沿海航路分为内航路、中航路和外航路。

内航路: 推荐内航路距岸较近、水深较浅、可航水域宽度有限、转向点多, 部分航段在岛屿间穿行, 碍航物多, 航路交叉多, 水流情况复杂, 但沿途助导航设施完备, 能方便应用岛屿、灯塔、灯标等路标定位。通航船舶以 5000 吨级以下船舶为主, 船舶通航密度较大, 尤其是大风浪期间船舶交通流较为集中, 部分航段因航路水深、航路可航宽度受限仅供小型船舶航行。本航路未设定宽度, 建议南下航行船舶沿航路西侧或北侧可航水域航行, 北上航行船舶沿航路东侧或南侧可航水域航行, 以减少会遇局面。

中航路: 中航路北自福建与浙江辖区沿海交界、台山岛东侧, 南至福建与广东辖区沿海交界。该航路是中型船舶过境福建沿海或前往福建沿海各主要港口的常用航路, 船舶通航密度较大。航路顺直, 海域开阔, 转向点少, 水深和通航净空高度不受限制, 助导航设施完备, 可满足中型及以上船舶航行。本航路未设定宽度, 建议南下航行船舶沿航路西侧可航水域航行, 北上航行船舶沿航路东侧可航水域航行, 以减少会遇局面。

外航路: 外航路北自福建与浙江辖区沿海交界, 南至福建与广东辖区沿海交界, 海域开阔, 航路顺直, 转向点少, 碍航物少, 水深不受限。航路距岸较远,

船舶航行受风浪影响大,可供定位的陆标较少。该航路可供大型船舶全天候航行,以及良好天气海况下中型船舶航行。该航路由相对分隔开的北向外航路和南向外航路组成,建议北上航行船舶沿北向外航路航行,南下船舶沿南向外航路航行。

## (2) 穿越拟建场址的交通流情况

以拟建项目的四边组成的区间外扩 500m 安全距离为范围,分析 2023 年观测期间穿越场址(区间)的船舶交通流轨迹。

南北穿越场区的船舶主要为在中航路与外航路过渡地带南北向通航的商船,渔船航迹多为来自连江和平潭区域,且航行轨迹较为无序,而客船数量稀少。通过对船舶尺度的统计分析,南北向穿越场区的船舶尺度集中在 200m 以下,其载重主要处于 50000T 以下。

东西穿越场区的船舶主要闽江口与马祖对台的客、货船舶,并有一定数量来自连江区域的渔船活动轨迹。东西向穿越场区的船舶其船长主要集中在 150m 以下,载重在 10000T 以下。

穿越拟建场址并进入闽江口的船舶主要以渔船为主,商船数量较少,轨迹稀疏。经计算,穿越拟建场址进出闽江口船舶总数为 266 艘次。以船长小于 50m、载重小于 1000T 的船舶为主,其中大部分为渔船。另有少量商船穿越场区,长度在 100m-200m 之间,载重在 10000T 以上。

穿越拟建场址并进出马祖岛的船舶主要以商船为主,渔船数量较少,轨迹稀疏。以船长小于 50-100m、载重小于 1000-10000T 的船舶为主,其中主要为马祖至台湾的直航船舶。经计算,穿越拟建场址进出马祖岛船舶总量为 199 艘次,其中货船 153 艘次、客船 21 艘次、捕捞船 9 艘次,其他 16 艘次。

### 5.1.2.3 锚地

松下港区设有两处锚地,分别为东洛锚地和签屿北锚地(即口外锚地)。福清湾深水航道二期工程新增一座 2#锚地。

### 5.1.2.4 海底电缆管道

根据海图显示,项目周边海域存在“TSE-1”光缆、马祖岛至台湾岛海底电缆(南、北 2 条)、川石岛至淡水海底电缆等海底设施,本项目位于马祖岛至台湾岛海底电缆(北)北侧。本项目与周边四条海缆无交越,与马祖岛至台湾岛海底电缆(北)最近距离约 1.0km。

### 5.1.2.5 周边风电场

根据长乐外海海上风电场调研情况可知,本项目附近水域规划的海上风电场主要有长乐外海海上风电场 A 区、B 区、C 区、DE 区、I 区(北)、J 区、K 区、长乐外海集中统一送出工程、平潭外海海上风电场,其中长乐外海海上风电场 A 区、C 区以及平潭外海海上风电场已建成投入运营,D、E 区、I 区(北)、K 区、J 区、B 区用海申请在审查过程中,长乐外海集中统一送出工程拟申请用海。

本项目场址与已建长乐 C 区项目的距离约 31km,与长乐 A 区项目相距约 26km,与平潭外海项目相距约 38km,距离相对较远。

### 5.1.3 海域使用权属现状

根据福州市自然资源行政主管部门提供的海域使用权属资料,本工程外扩 15km 论证范围内海域无项目用海的权属。

## 5.2 项目用海对海域开发活动的影响

本项目位于福州长乐外海,场址离岸距离约 54~61km,理论水深约 43~51m。工程区及附近海域的海洋开发活动较少,主要有港口、航道、锚地、海底管线等。

### 5.2.1 项目用海对港口、锚地的影响分析

本项目风电场区附近的港区主要为松下港区与平潭港区,本项目与港区距离在 56km 以上,距离较远,不会对周边港口设施造成影响。

本项目与周边海域现有的东洛锚地、签屿北锚地和 2#锚地相距较远,相互距离符合规范要求,因此本项目对锚地无影响。

### 5.2.2 项目用海对航路的影响

根据《长乐外海 I 区(南)海上风电场项目选址通航安全分析报告》(备案稿),本项目所在地理位置与附近中航路集束交通流、外航路过渡地带习惯交通流轨迹产生冲突,为尽量减小风电场建设对附近航路的影响,将风电场区域进行了优化。优化后场址与航迹带保证率 85%边界之间的距离。

为了保障马祖-台北客运船舶的安全航行,本工程风场内部风电机列间距分别控制在 2.41D、2.62D,行间距控制在 2 海里以上。

优化场址与附近推荐推荐中航路、推荐外航路(南向)以及马祖-基隆客运航线之间的距离均大于 2km,满足船舶航行的安全距离要求,因此,优化风电场场址对附近推荐航路与客船航行的适应性较好。优化场址与西侧中航路和东侧外航路过渡地带航迹带 85%边界之间的距离均可满足安全距离要求。

目前，根据现行法律规定，大陆对台直航航线方案调整需开展专门的审批程序。本项目风电场内东西向航线航次较少，项目风机布置已预留 2 海里的航行通道，同时建设单位已按照主管部门要求编制了《长乐外海 I 区（南）海上风电场项目选址通航安全分析报告》，因此，本项目用海对航路的影响具备协调途径。

综上，项目场址优化后，并采取安全保障措施，项目对周边航路资源影响较小。

### 5.2.3 项目用海对海底电缆管道的影响分析

根据海图显示，项目周边海域存在“TSE-1”光缆、马祖岛至台湾岛海底电缆（南、北 2 条）、川石岛至淡水海底电缆等海底设施，本项目位于马祖岛至台湾岛海底电缆（北）北侧，与周边四条海缆无交越。本项目 66kV 海缆与马祖岛至台湾岛海底电缆（北）最近距离约 1.0km，与周边海缆距离符合《海底电缆管道保护规定》中“沿海宽阔海域为海底电缆管道两侧各 500 米”的保护要求，因此，本项目用海对周边海底电缆无影响。

### 5.2.4 项目用海对周边风电场的影响分析

本项目场址与已建长乐 C 区项目的距离约 31km，与长乐 A 区项目相距约 26km，与平潭外海项目相距约 38km，距离相对较远，66kV 路由方案一、方案二与周边已建风电场不造成相互影响。

根据《福建省海上风电场工程规划（报批稿）》，本项目周边水域存在其他海上风电场规划场址，本工程不新建海上升压站，项目通过 66kV 集电线路升压至海上换流站的交流侧。海上换流站由福建省投资开发集团有限责任公司牵头并控股，与长乐外海 D、E 区、长乐外海 I 区（北）、长乐外海 I 区（南）、长乐外海 J 区、长乐外海 K 区等海上风电场项目的投资主体注册成立联营合资公司，负责开展长乐海域集中统一送出工程项目（换流站）的前期工作及建设运营工作。本项目建设单位为集中统一送出工程的投资主体之一，因此集中统一送出工程不界定为利益相关者。

目前，长乐外海 D、E 区、I 区（北）、K 区、J 区、B 区用海申请在审查过程中，长乐外海集中统一送出工程拟申请用海，考虑到本项目与周边风电场项目建设时序，本项目施工期施工船舶需做好协调，加强管理和瞭望，确保施工安全。

### 5.3 利益相关者界定

根据项目对周边海域开发利用活动的影响分析，项目施工和运营过程中，与周边用海活动产生直接利益关系的主要有：用海申请审查过程中的长乐外海 D、E 区长乐外海 I 区（北）、长乐外海 J 区和长乐外海 K 区。

通过上述分析，可界定出与本项目实施存在直接利益关系的开发活动有周边海上风电项目，将其用海单位福建华亿新能源科技有限公司、福建省福能海韵发电有限公司、华电（福州）海上风电有限公司、福建东福新能源有限公司界定为利益相关者。

### 5.4 需协调部门界定

本项目风场区周边有多条推荐航路和习惯航路，需进行协调单位为福州海事局。

同时穿越拟建场址东西向的航迹主要为闽江口与马祖对台的客、货船舶。因此，协调部门为马祖至台湾航路业主或其主管部门。

本项目风场建设占用渔业捕捞面积，风电场占用海域包括长乐区海域，海缆保护区造成可捕捞作业范围减小，影响周边捕捞户的作业，需通过当地渔业部门与捕捞户进行协调，协调部门为渔业主管部门（长乐区）。

### 5.5 相关利益协调分析

#### （1）与海上风电场的协调

本项目与长乐外海 I 区（北）海上风电项目紧邻，建设单位与 I 区（北）用海单位的用海范围达成一致意见；与周边长乐外海 DE 区、I 区（南）、J 区和 K 区共同建设一个海上换流站，并统一建设送出线路；施工期海缆敷设位置应相互告知，尽可能避免施工干扰和海缆发生重叠、交越等现象；应根据不同建设时序协调与 DE 区、I 区（北）、J 区和 K 区的施工关系，避免施工相互影响。因此，本项目建设与长乐外海 DE 区、长乐外海 I 区（北）、长乐外海 J 区和长乐外海 K 区的利益关系可协调。

#### （2）与渔业部门的协调

建设单位应及时与福州市长乐区的渔业主管部门协调，在海缆路由及保护区范围内渔船不能从事底拖网、张网等可能影响海缆安全的捕捞作业活动，加强对周边捕捞渔民的宣传，通过多渠道公式、公告的形式告知捕捞渔民，避免渔业捕

捞活动对本路由安全造成影响。建设单位应与福州市长乐区渔业主管部门协商，给予当地主要捕捞户一定的经济补偿。

### (3) 与海事部门的协调

针对项目建设对通航环境影响，本项目已编制了《长乐外海 I 区（南）海上风电场项目选址通航安全分析报告》。根据该专题报告，本工程的建设对所在水域通航环境的影响是客观存在的，拟建风电场所在水域风能资源丰富，优化后选址合理，相关设计要素基本与所在海域通航环境基本相适应。营运期对通航环境和过往船舶航行安全影响有限，通过相关技术措施和管理手段能够解决或缓解风电项目建设对通航环境的影响，因此项目建设是可行的。风电场建设单位应充分认识和重视通航环境和安全生产的关系，投入必要的人力、物力和配套设施，与福州海事局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。

### (4) 与马祖至台湾航路业主或其主管部门的协调

针对项目建设对穿越拟建场址东西向马祖至台湾航路的环境影响，目前根据现行法律规定，大陆对台直航航线方案调整需开展专门的审批程序。本项目风电场内东西向航线航次较少，项目风机布置已预留 2 海里的航行通道，同时建设单位已按照主管部门要求编制了《长乐外海 I 区（南）海上风电场项目选址通航安全分析报告》，风电场建设单位应充分认识和重视场区内东西向航路环境和安全生产的关系，处理好与马祖至台湾航路业主或其主管部门之间的关系。

## 5.6 项目用海与国防安全和国家海洋权益的协调分析

### 5.6.1 对国防安全和军事活动的影响分析

本工程所在海域没有军事设施，项目用海没有占用军事用地、不破坏军事设施，但考虑到海域是国家的资源，任何使用都必须尊重国家的权力和维护国家的利益，遵守维护国家权益的有关规则，防止在海域使用中有损于国家海洋资源，破坏生态环境的行为。本项目所在长乐外海海域，建议本项目开工建设前，与军事部门做好沟通。

### 5.6.2 对国家海洋权益的影响分析

本项目位于中华人民共和国内水，海域属于国家所有，项目用海不涉及领海基点。用海单位依法取得海域使用权并履行义务后，不存在对国家海洋权益影响的问题。

## 6 国土空间规划符合性分析

### 6.1 项目用海与福建省国土空间规划（2021-2035年）的符合性分析

《福建省国土空间规划（2021—2035年）》于2023年11月19日取得国务院批复（国函〔2023〕131号），根据《福建省国土空间规划（2021—2035年）》，将海洋生态空间范围内具有特殊重要生态功能，必须强制性严格保护的1.18万平方千米区域划入海洋生态保护红线。重点保护漳江口、九龙江口和泉州湾红树林集中分布区，闽江河口、福清湾、三都澳和兴化湾等重要湿地，东山湾珊瑚群落，厦门中华白海豚和文昌鱼集中分布区，官井洋大黄鱼种质资源区和长乐海蚌资源繁殖区，台山列岛和七星列岛等重要岛礁生态系统，深沪湾海底古森林和漳州滨海火山等重要地质历史遗迹等。将允许集中开展开发利用活动的海域，以及允许适度开展开发利用活动的无居民海岛划为海洋开发利用空间，包括渔业用海区、交通运输用海区、工矿通信用海区、游憩用海区、特殊用海区以及海洋预留区。本项目为海上风电项目，属于新能源项目，项目用海均位于海洋开发利用空间，与海洋开发利用空间的定位相符，因此，本项目符合《福建省国土空间规划（2021—2035年）》。

### 6.2 项目用海与海洋功能区划的符合性分析

#### 6.2.1 项目所在海域海洋功能区划

根据《福建省海洋功能区划（2011-2020年）》，本项目的位于“近海农渔业区”。项目周边的海洋功能区分布有“东引导-东沙岛领海基点海洋保护区”，详见**错误!未找到引用源。**，各功能区地理范围、类型、面积、岸线、用途管制、用海方式、海岸整治和海洋环境保护要求见**错误!未找到引用源。**。

#### 6.2.2 项目用海对海洋功能区的影响分析

##### 6.2.2.1 项目用海对海洋功能区的利用情况

本项目对“近海农渔业区”的利用主要体现为在该区域内建设风机和布设海底电缆，总用海面积79.3049公顷，其中风机用海面积为30.7078公顷，海底电缆管道用海面积为48.5971公顷。

##### 6.2.2.2 项目用海对周边海域海洋功能的影响

本项目东北侧约8.7km为“东引岛-东沙岛领海基点海洋保护区”。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：“保障国家

权益和军事用海需求，保护海洋生态环境；禁止改变海域自然属性；保护海岛自然岸线；重点保护海岛地质地貌及周围海域生态环境。严格执行海洋特别保护区管理要求”。

本项目距离“东引岛-东沙岛领海基点海洋保护区”较远，海底电缆施工不会产生有害有毒的污水、油类、油性混合物、热污染物及其他污染物和废弃物，施工引起的悬浮泥沙不会进入“东引岛-东沙岛领海基点海洋保护区”，不会改变该海域的海洋环境现状，不会影响该功能区的水动力、冲淤环境条件，不会对该功能区的基本功能造成影响。

### 6.2.3 项目用海与海洋功能区划的符合性分析

#### (1) 与“用途管制”要求的符合性

“近海农渔业区”的用途管制要求为：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。

项目在建设的过程中，对海洋生态和环境的影响是有限的，并且这种影响是暂时的，将随着时间的推移，生态系统的自我修复而恢复到一定的水平。本项目涉及该功能区的用海方式为海底电缆管道和透水构筑物，不会改变该海域的自然属性。同时该项目属于海洋新能源建设项目，属于该区域可兼容建设的项目。

#### (2) 与“用海方式”要求的符合性

“近海农渔业区”的用途方式要求为：保障国防和船舶通航安全用海，用于海洋渔业捕捞。本项目涉及该功能区的用海方式为海底电缆管道和风机。本项目建设不涉及军事设施，不会对国防安全造成影响。项目风机选址已避开主要航道，项目的实施对整体海域的通航安全和海洋渔业捕捞影响较小。

#### (3) 与“海洋环境保护要求”的符合性

“近海农渔业区”的环境保护要求为：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。

本项目施工期间，项目涉及该功能区的电缆铺设和风机打桩会造成项目周边海域悬浮泥沙增加扩散，使得附近海域环境质量下降，但其影响是短暂的，会随着施工的结束而结束，并恢复至施工前的海洋环境质量水平。

在施工或者运营期间，针对控制施工污染和废水排放问题，将根据《中华人民共和国海洋环境保护法》相关条例，严格落实环境保护要求，不会对海域的生态环境造成不可逆的改变。在本项目营运期不会产生污染物，不会对周边海域的

环境质量造成影响，本项目的用海风险可控。

综上，项目用海符合《福建省海洋功能区划（2011-2020年）》。

## 6.3 项目用海与福州市国土空间总体规划的符合性分析

### 6.3.1 所在海域国土空间规划分区基本情况

根据《福州市国土空间总体规划（2021-2035年）》（报批稿），本项目用海均位于工矿通信用海区，项目西北侧和东侧为生态控制区，项目西侧为渔业用海区，东北侧为生态保护区，详见图 6.3-1。

图 6.3-1 项目与福州市国土空间总体规划位置关系

### 6.3.2 对周边海域国土空间规划分区的影响分析

#### （1）对生态控制区的影响

本项目西北侧和东侧为生态控制区，最近距离约 700m。生态控制区的管控要求为：执行国家和省级有关要求，保留原貌，加强生态保育和生态建设，限制开发建设；生态保护修复应以自然恢复为主、人工修复为辅为原则；经评估论证对生态环境不产生破坏的前提下，可适度开展观光、旅游、科研、教育、开放式养殖等活动，禁止开展对生态保护目标产生破坏的开发活动。

本项目属于新能源项目，项目采用透水构筑物 and 海底管道用海方式，不改变海域自然属性，项目施工再采取环保措施的前提下，对海水水质、沉积物环境影响可接受，且影响随施工结束随即消失。项目运营过程中，基本不会周边海域环境造成影响，因此项目的实施不会对生态控制区主导功能发挥造成影响。

#### （2）对生态保护区的影响

本项目桩基距离生态保护区的最近距离约 8.7km。生态保护区按生态保护红线的管控要求执行，本项目桩基距离东沙-东引岛周边海域重要渔业资源产卵场生态保护红线区 B 最近为 8.7km，根据数模预测，本项目施工不会影响到东沙-东引岛周边海域重要渔业资源产卵场生态保护红线区 B，不会改变该海域的海洋环境现状，建议建设单位电缆铺设应避开海洋鱼类产卵高峰期，尽可能的减小对东沙-东引岛周边海域重要渔业资源产卵场生态保护红线区 B 的影响，总体而言，项目的实施不会对生态保护区主导功能发挥造成影响。

#### （3）对渔业用海区的影响

本项目用海距离渔业用海区的最近距离约 600m，渔业用海区的管控要求为：

保障渔业用海，兼容不损害渔业用海功能的其他用海活动，除渔港、陆岛交通码头等基础设施建设需要外，严格限制改变海域自然属性，控制围海养殖和集中连片开放式养殖规模，发展外海深海网箱养殖。捕捞区严格执行伏季休渔制度，严格控制近海捕捞强度。

本项目属于新能源项目，项目采用透水构筑物和海底管道用海方式，不改变海域自然属性，项目施工再采取环保措施的前提下，对海水水质、沉积物环境影响可接受，且影响随施工结束随即消失。项目运营过程中，基本不会周边海域环境造成影响，不会对所在海域渔业资源造成影响。因此项目的实施不会对渔业用海区主导功能发挥造成影响。

### 6.3.3 项目用海与国土空间规划的符合性分析

本项目风机、海底电缆用海范围均位于工矿通信用海区。

工矿通信用海区的管控要求为：保障临海工业、矿产能源开发和海底工程建设用海，兼容不损害工矿通信用海功能的其他用海活动，允许适度改变海域自然属性，严格控制填海规模，严格按照围填海工程生态建设技术要求。

本项目属于新能源项目，项目用海均位于符合工矿通信用海区，符合工矿通信用海区的管控要求。

因此，本项目符合《福州市国土空间总体规划（2021-2035年）》（报批稿）。

## 6.4 与相关规划的符合性分析

### 6.4.1 与国家产业政策的符合性

本项目海上风电项目，属于《产业结构调整指导目录（2024年本）》中第一类鼓励类中“五、新能源-海上风电场建设与设备及海底电缆制造”。因此，项目建设符合国家产业政策。

### 6.4.2 与《海上风电开发建设管理办法》的符合性

国家能源局、国家海洋局关于印发《海上风电开发建设管理办法》的通知（国能新能[2016]394号）第七条“海上风电场应当按照生态文明建设要求，统筹考虑开发强度和资源环境承载能力，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”。

2022年10月14日，中共中央、国务院印发《全国国土空间规划纲要（2021-2035年）》（以下简称《纲要》）明确，“新增海上风电在离岸30千米以外或水深大于30米的海域布局”。为贯彻落实《纲要》要求，进一步规范海上风电用海管理、促进海上风电产业持续健康发展，自然资源部办公厅就新增海上风电用海选址要求的下发通知：1、《纲要》印发前，有关部门已合法合规核准的项目、不属于新增海上风电项目。2、《纲要》印发前，有关部门已合法合规完成竞争性配置、出具用海预审意见的项目，可不视为新增海上风电项目，允许继续办理后续相关手续。

本项目位于福建省福州市长乐市东侧海域，场址内风机离大陆岸线最近距离约57km，场区水深43-51m，项目场址不属于海洋自然保护区、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。因此项目建设符合《海上风电开发建设管理办法》的要求、符合“单30政策”。

#### 6.4.3 与《关于进一步规范海上风电用海管理的意见》的符合性分析

①根据《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），海上风电项目用海必须符合海洋主体功能区规划和海洋功能区划，优先选择在海洋功能区划中已明确兼容风电的功能区布置，一般不得占用港口航运区、海洋保护区或保留区等功能区；海洋功能区划中没有明确兼容风电功能的，应当严格科学论证与海洋功能区划的符合性，不得损害所在功能区的基本功能，避免对国防安全和海上交通安全等产生影响。

根据《福建省国土空间规划（2021—2035年）》，本项目用海位于海洋开发利用空间，根据《福州市国土空间总体规划（2021-2035年）》（报批稿），本项目用海均位于工矿通信用海区，经论证符合福建省国土空间规划和福州市国土空间总体规划的管控要求；根据《福建省海洋功能区划（2011-2020年）》，本项目位于近海农渔业区，兼容新能源和海岛海洋保护区建设用海，符合《福建省海洋功能区划（2011-2020年）》。

②根据《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），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，除因避让航道等情形以外，应当集中布置，不得随意分块。规划建设海上风电项目较多的地区，风电场应集中布局，统一规划海上送出工程

输电电缆通道和登陆点，集约节约利用海域和海岸线资源。

本项目拟安装 16 台 18MW 和 1 台 26MW 的风电机组，装机容量 31.4 万千瓦，包络面积约为 24 平方公里，平均每 10 万千瓦包络海域面积 7.84 平方公里，小于规定的 16 平方公里，实现了海域空间资源的集约节约利用。符合“国海规范〔2016〕6 号”文件“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”的规定。本项目周边规划建设长乐外海 I 区（北）、DE 区和 J 区等，周边拟规划换流站，统一规划海上送出工程输电电缆通道和登陆点，本项目 66kV 电缆汇入拟建设换流站，不单独设置升压站和送出工程输电电缆通道和登陆点，符合集约节约利用海域和海岸线资源的原则。

综上所述，本项目符合《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）的相关要求。

#### 6.4.4 与福建省“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。本项目用海范围均未占用“三区三线”中的永久基本农田、生态保护红线、城镇开发边界，详见图 6.4-1。

本项目桩基距离东沙-东引岛周边海域重要渔业资源产卵场生态保护红线区 B 最近为 8.7km，距离东沙岛领海基点生态保护红线区 17.6km，距离闽江口重要渔业资源产卵场生态保护红线区最近为 13.4km。本项目距离东沙-东引岛周边海域重要渔业资源产卵场生态保护红线区 B、东沙岛领海基点生态保护红线区和闽江口重要渔业资源产卵场生态保护红线区较远，不会对其产生影响。

综上，本项目用海与福建省“三区三线”可相衔接。

图 6.4-1 本项目用海与福建省“三区三线”位置关系

#### 6.4.5 与《福建省“十四五”海洋生态环境保护规划》的符合性

海洋是高质量发展的战略要地。福建省是海洋大省，海域面积 13.6 万平方千米，大陆海岸线长 3752 千米，大小海岛 2214 个，面积大于 500 平方米以上的海岛 1321 个，海岛总面积约 1156 平方千米，海岛岸线总长约 2458 千米。为统筹谋划“十四五”福建海洋生态环境保护目标指标、重点任务、重大工程与政策措施等，服务支撑“海上福建”建设，制定本规划。

规划中提到：依据“国家-省-市-海湾”的分级治理和管控体系，建立以海湾（湾区）为载体和基础管理单元的海洋生态环境管控体系，优化构建陆海统筹、整体保护、系统治理的海洋生态环境分区管治格局。突出“一湾一策”精准施策、整体保护和系统治理，实施海湾环境污染治理、生态保护修复、亲海品质提升等重点任务和重大工程，建设一批美丽海湾，以海湾生态环境的高水平保护促进湾区经济高质量发展。

本项目为海上风电场建设，属于清洁能源、海洋可再生资源新兴产业，用海方式为透水构筑物用海和海底电缆管道用海，未改变海域自然属性。本项目海底电缆施工时产生的悬浮泥沙将会对周边海域产生影响，但是这种影响是短暂的，随着施工的结束，海域水质会恢复。且本项目不涉及海缆登陆，不占用岸线，不会形成新的海岸线。

因此，本项目建设符合《福建省“十四五”海洋生态环境保护规划》。

#### 6.4.6 与《福建省“十四五”海洋强省建设专项规划》的符合性分析

2021 年 11 月，福建省人民政府办公厅印发了《福建省“十四五”海洋强省建设专项规划》，规划培育海洋新兴产业，重点发展海洋信息、海洋能源、海洋药物与生物制品、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。

本项目位于长乐海域，为海上风电场建设项目，属于海洋能源，项目的建设有助于海洋资源的开发利用，可促进海洋新兴产业的规模化发展。因此，本项目的建设符合《福建省“十四五”海洋强省建设专项规划》。

#### 6.4.7 与《福建省“十四五”能源发展专项规划》的符合性分析

《福建省“十四五”能源发展专项规划》第二章发展目标中提到“坚持清洁低碳，推进绿色发展。全面推进集中供热等多能互补梯次利用，提升化石能源清洁高效利用水平；安全高效发展核电，大力发展新能源和可再生能源，持续提高清洁低碳能源比重”；第三章主要任务中提到“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。稳妥推进国管海域深远海海上风电项目，加强建设条件评估和深远海大容量风电机组、远距离柔性直流送电、海上风电融合发展技术论证，示范化开发 480 万千瓦。按照闽台能源产业融合示范基地定位，高质量统筹发展闽南外海海上风电基地。”《福建省“十四五”能源发展专项规划》还提到：加快清洁能源建设，推进能源绿色低碳转型。持续提升能源高效利用水平，大力发展新能源和可再生能源构建智慧能源系统，创设能源应用与生态文明协调发展的示范省份。本项目属于大力发展的新能源和可再生能源，因此本项目建设符合《福建省“十四五”能源发展专项规划》。

#### 6.4.8 与《福建省海上风电场工程规划（报批稿）》的符合性分析

福建省于 2009 年开展近海海域风电规划工作。2017 年 3 月 2 日，国家能源局复函（国能新能〔2017〕61 号文）批复了福建省海上风电场工程规划报告，同意福建省海上风电规划总规模 1330 万 kW，包括福州、莆田、漳州、宁德和平潭所辖海域 17 个风电场。规划中，扣除已核准及已竞配项目，剩余场址受“双十”、海事通航、生态红线、军事因素等影响，多数场址不具备开发条件。

2020 年 11 月，福建省发改委正式启动规划修编工作，并合理采纳福建省工信、自然资源、生态环境、交通运输、林业、海洋渔业、海事、电网等部门以及

项目所在地主管部门反馈意见，2021年6月编制完成《福建省海上风电场工程规划（送审稿）（2021年修编）》。

2021年6月30日水电水利规划设计总院组织在北京组织召开审查会，规划报告编制团队根据审查会议纪要，对规划报告进行了修编和完善，形成了《福建省海上风电场工程规划报告（报批稿）》。规划中，福建省管海域规划海上风电场址31个、装机规模1880万kW，“十四五”期间，将根据福建省风能资源分布情况，综合考虑敏感因素、建设条件、项目经济性、消纳情况等因素，按有序推进省管海域1030万kW风电场项目前期工作，开工600万kW，力争2025年底新增并网400万kW以上。

根据《福建省海上风电场工程规划（报批稿）》，福州海域规划8个场址，350万kW。

长乐外海I区场址位于东犬岛东侧海域，场址中心西距东犬岛约32km，西距长乐梅花镇岸边约60km，规划面积72km<sup>2</sup>，规划容量60万kW，理论水深约43-51m。本项目为长乐外海I区（南）海上风电项目，风机布设在《福建省海上风电场工程规划（报批稿）》中长乐外海I区的规划场址内北侧，设计容量314MW，根据《福建省2023年海上风电市场化竞争配置工作文件（第一批）》规定，考虑技术进步，实际装机容量根据机型情况可略高于规划装机容量，超出容量不应大于任一单台风机容量，本项目最小单台风机容量为18MW，总装机容量超出规划容量14MW，项目建设符合《福建省海上风电场工程规划（报批稿）》。

## 7 项目用海合理性分析

### 7.1 用海选址合理性分析

#### 7.1.1 与区位、社会条件的适宜性

##### (1) 社会经济条件

福州市 2023 年实现地区生产总值(GDP)12928.47 亿元,比上年增长 5.2%。全年城镇新增就业 13.63 万人。就业困难人员实现再就业 5852 人,失业人员再就业 39561 人。全年居民消费价格比上年上涨 0.2%。全年全部工业增加值比上年增长 2.7%。规模以上工业增加值增长 3.3%;全年规模以上工业企业利润比上年增长 20.3%。全年建筑业增加值比上年增长 9.0%;全年固定资产投资比上年增长 3.2%。第一产业投资增长 9.2%;第二产业投资增长 31.4%,其中,工业投资增长 30.2%;第三产业投资下降 5.2%。基础设施投资增长 18.3%。全年到位资金比上年下降 3.0%。

由此可见,项目区域经济良好。

##### (2) 对外交通运输条件

本工程所在的福州市为福建省省会及著名、的海港城市,对外交通便利,其境内公路铁路与水路运输较为发达。

##### ①公路、铁路

本工程位于福建省福州市长乐区海域,距离工程场区最近的地级市为福州市。公路方面,福建省基本形成“两纵十横”高速公路主架网,2030 年将形成“四纵十横”高速公路网,并与省内国、省道路网形成“八纵十一横十五联”公路网布局。实现与周边浙、粤、赣三省八条高速公路进出省通道,在海峡西岸形成服务中西部发展的新的对外开放综合通道。这些公路网经过福州的公路有福州至宁夏银川的福银高速、福建至江西等的兴尤高速、京福高速、沈海高速公路、福州至广东的福广高速、福州罗源至宁德的罗宁高速、罗长高速等,目前福州可通过此公路网与国内主要的城市进行公路相通,对外公路交通条件十分便利。

铁路运输方面,福建省境内铁路里程 1051.1km,鹰厦线、峰福线、赣龙线、横南线、漳泉肖线、龙梅线贯穿全省。正在建设的东南沿海铁路,将使得福州的铁路运输能力得到进一步的提高。

长乐区建有高速公路与福州市连接,另外场区南面的平潭岛上建有避风港、环岛公路,与外界有京台、渔平高速公路直接连接。

本项目采购的风机机组设备、电气设备、建筑材料等均可通过福州市各等级公路网运至平潭金井码头，而后转海运至场区。

### ②航道及港口条件

航运是海上风电项目最主要的运输方式，本工程场区附近为福州港。福州港地处福建省海岸线的中点，闽江下游的河口段，北距沙埕港 125 海里，南距泉州港 157 海里、厦门港 200 海里。福州港主要包含闽江口内港区、江阴港区、松下港区、罗源湾港区、平潭港区、三都澳港区、白马港区、沙埕港区和三沙港区。这些为风电场的建设及运营提供了良好的水陆中转条件。

### ③船舶避风条件

本工程的主要施工项目为海上施工项目，工程船舶数量较多，福州市沿海属于受台风影响的海域，为确保工程实施期间的船舶作业及航行安全，应采取一定的措施保证施工船舶在大风、台风期间能顺利进入避风锚地避风，风力在 7 级以上，10 级以下，施工船舶应根据风向及海况，选择场址周边的锚地进行锚泊，具体锚地的选择应符合当地海事部门的要求。若遇热带气旋(台风)天气后，所有施工船舶应提前航行至施工基地港池、工程周边港区防风避台，同时人员上岸。另外，施工船舶的防风防台也应并接受当地海事部门统一安排。针对大型搅拌船、大型驳船等船舶应选择风浪海况较好的地方进行避风锚地。其中，松下港区设有三处锚地，分别为东洛锚地和笠屿北锚地（即口外锚地）以及 2 号锚地（新设 15 万吨级散货船候潮锚地）。平潭港区共有草屿、石牌、白姜三处锚地，另外，平潭水域存在吉钓锚地、看澳锚地、苏澳锚地等习惯锚地。

由此可见，项目区域交通条件良好，可满足项目建设需求。

## (3) 施工供应条件

### ①施工码头选择

本工程风机位于海上，施工物资与设备在到达工程现场后需要进行运输方式的转化与调整，以满足物资场内海上运输的要求。因此，必须在工程现场附近选择合适的港口码头作为物资运输的中转站，承担水陆运输方式的转化、设备物资临时堆场与调整的功能。若采用整体安装，风机设备的拼装工作亦需要在码头进行。

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，主要对利用松下港区、平潭港区 2 种方案进行比选。通过可

行性及技术经济比较，本阶段初步选定平潭港区金井码头作为施工主码头，以及风机部件堆存、拼装的施工场地基地。

### ②场外交通运输

本工程单机容量为 18MW 以上的风力发电机组，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，由供货厂家在专用码头装船出海，经中、外航路运至项目现场附近海域后转至内航路到场内。

### ③场内交通运输

海上风电场的场内交通运输，主要为工作人员水上交通与风电机组基础、导管架、塔筒、机舱、轮毂、叶片、其他超重构件、施工机械设备等的运输。

#### 1) 人员交通与生活用品运输

工作人员与生活用品运输水上交通运输应选用满足海事局要求的小型船只或快艇，经由平潭港区金井码头至项目现场。

#### 2) 基础施工运输

钢管桩、导管架等由大型钢结构工厂加工完成后用 10000t 驳船运至施工海域风机机位，由于其他因素导致需要在平潭港区金井码头倒运的，可在平潭港区金井码头用 10000t 以上驳船运至施工海域。高强灌浆材料由 1000t 驳船从平潭港区金井

码头运输至施工区，通过灌浆系统进行灌浆。

#### 3) 风机组件运输

本工程位于东犬岛东侧海域，场址离岸距离约 60km，理论水深约 43~51m。塔筒、机舱、轮毂、发电机、叶片及其他超重构件等在采购交货要求时，一般均要求在机位交货。因此在正常情况下，这些设备经福建省内海域的内、中、外航路直接运到场址内。在由于其他因素导致无法正常施工安装，需滞船、码头临时中转时，可先在平潭港区金井码头堆场堆载，再由码头海运转运至施工现场。

## 图 7.1-1 运输路线图

### ④施工供水、供电、通信条件

本工程周边大型港口的基础设施已经建设完成，其内部的水、电供应系统完备，施工期间陆上建设部分的水电供应有条件从附近的管网系统进行接引。对于

风机海上布置区域，受自然条件的影响，其不存在布置水电设施的条件，风电场布置区域内施工期间的水电供应需自备配置发电设备与淡水补给设施的工程补给船；项目区通信网络较发达，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通讯网络（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。

由此可见，项目施工供应条件良好，可保障项目建设。

### 7.1.2 与区域自然资源、环境条件的适宜性

#### （1）水深条件和离岸距离

本项目场址位于位于东犬岛东侧海域，场址内风机离大陆岸线最近距离约 56km，距离东犬岛约 27km，场区水深 43-51m，且本项目避开了在海洋自然保护区、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、鸟类迁徙通道、栖息地以及划定的生态红线区。本项目离岸距离大于 30km，场址所在海域水深大于 30m。项目建设符合《海上风电开发建设管理办法》的要求、符合“单 30 政策”。

#### （2）风能资源适宜性分析

长乐 I 区南区场址 100m 高度代表年平均风速为 10.20m/s，年平均风功率密度为 988W/m<sup>2</sup>；预装轮毂高度处 160m 的风速为 10.54m/s，风功率密度为 1088W/m<sup>2</sup>。本场址风能资源极为丰富，具有极好的开发利用价值。风电场风向主要集中在 NE、NNE，占全部风向的 57.28%，风能主要集中在 NE、NNE，占全部风能的 68.11%。由此可看出本风电场风能资源集中，有利于风能资源利用。

#### （3）工程地质条件适宜性分析

据区域地质资料及现场调查，场址范围内无全新活动断裂通过，距离滨海断裂带平潭海外段（F2-1）的最近距离约 28 公里，属于区域稳定区，无崩塌、滑坡、泥石流等不良地质作用，未见埋藏的古河道、沟浜、防空洞等对工程不利的埋藏物，适宜本工程建设。

#### （4）水动力条件及冲淤环境适宜性分析

拟建场地及其附近未发现活动性断裂通过，新构造运动表现微弱，主要表现为断块差异升降，地壳运动相对稳定。场址及其附近未发现海床冲刷沟、浅层气、海底塌陷、滑坡等等不良地质现象。场地稳定性属于基本稳定，适宜本工程建设。

拟建场区的表层地基土为软弱土层，在台风暴浪等较强的海洋水动力作用下易发生迁移和变形，对风机基础及海缆稳定不利，选址无法避开。可通过采取桩基础等措施处理后可消除其不利影响。通过上述处理措施，场地和地基的稳定性能得到保证，较适宜后期风电场的建设。

风电场建成后，仅在一定程度上改变了风机基础墩柱局部海底地形，但对海域附近的潮流场整体影响较小，工程前后海域的等流速线的分布几乎保持不变，仅墩柱基础周围的流速有较小变化，对附近海域断面的潮通量影响非常小，风机桩基基础对该海域潮位影响甚小；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；总体上，项目建设后工程区海域淤积强度的变化并不明显。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；项目的建设对所在海域水动力冲淤条件影响较小，项目的实施与水动力条件及冲淤环境可相适宜。

#### 7.1.3 与区域生态系统的适应性分析

风电场施工是逐步进行的，随着悬浮物的沉降每天的施工影响不会累积，因此其影响程度属于能被接受的范围内。风电场送出电缆施工采用直埋敷设方式，将电缆放入开挖好的电缆沟后随即利用旁边沙土填埋，仅暂时改变电缆沟沿线地貌，并引起少量底栖生物（贝类、蟹类等常见种类）生物量的损失，但由于施工作业面较小，电缆敷设完成后基本不会改变沿线生境。

风电场工程运行期对海洋生态的影响主要是风机桩基等永久设施占地周围区的底栖生物的生境遭到永久的破坏，在该范围内的底栖生物不可恢复。由于工程永久占地面积不大，因此工程占地对该区域的海洋生态环境影响有限。另外，风机基础有一定的表面积，为底栖生物提供了一个较好的附着场所，具有一定的鱼礁效应，在一定程度上可增加风电场及周边区域藻类、贝类和鱼类的生物多样性。项目建成后，对渔业生产影响有限，也不会对周围海域功能造成制约影响，在提高海域的利用率同时也节约了土地资源。

#### 7.1.4 周边用海活动的适宜性

本项目工程区附近海域的海洋开发活动主要有海底工程用海（电缆管道用海）、交通运输用海（航道、锚地）等。（详见第5章）。

与本项目实施存在直接利益关系的开发活动有周边海上风电项目，将其用海单位福建华亿新能源科技有限公司、福建省福能海韵发电有限公司、华电（福州）

海上风电有限公司、福建东福新能源有限公司界定为利益相关者。涉及的协调部门有福州海事局、马祖至台湾航路业主或其主管部门和渔业部门（长乐区）。本项目施工期海缆敷设位置应相互告知，尽可能避免施工干扰和海缆发生重叠、交越等现象；应根据不同建设时序协调与 DE 区、I 区（北）、J 区和 K 区的施工关系，避免施工相互影响。因此，本项目建设与长乐外海 DE 区、长乐外海 I 区（北）、长乐外海 J 区和长乐外海 K 区的利益关系可协调。建设单位应及时与福州市长乐区的渔业主管部门协调，在海缆路由及保护区范围内渔船不能从事底拖网、张网等可能影响海缆安全的捕捞作业活动，加强对周边捕捞渔民的宣传，通过多渠道公式、公告的形式告知捕捞渔民，避免渔业捕捞活动对本路由安全造成影响。建设单位应与福州市长乐区渔业主管部门协商，给予当地主要捕捞户一定的经济补偿。风电场建设单位应充分认识和重视通航环境和安全生产的关系，投入必要的人力、物力和配套设施，与福州海事局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。针对项目建设对穿越拟建场址东西向马祖至台湾航路的环境影响，目前根据现行法律规定，大陆对台直航航线方案调整需开展专门的审批程序。本项目风电场内东西向航线航次较少，项目风机布置已预留 2 海里的航行通道，同时建设单位已按照主管部门要求编制了《长乐外海 I 区（南）海上风电场项目选址通航安全分析报告》，风电场建设单位应充分认识和重视场区内东西向航路环境和安全生产的关系，处理好与马祖至台湾航路业主或其主管部门之间的关系。综上所述，本项目风电场建设与周边其他用海活动相适宜，协调单位具备协调途径。

## 7.2 用海平面布置合理性分析

### 7.2.1 风机布置方案合理性分析

#### 7.2.1.1 风机组布置原则

风电场通过每台风电机组把风能转化为电能，风经过风电机转轮后速度下降并产生紊流，沿着下风向一定距离后风速才能消除前一台机组的影响。因此，在布置风电机组时，应使风电机组沿着主导风向的距离足够大，尽量减少风电机组之间的尾流影响。风电机组的间距变大会降低区域风能资源的利用率，增加机组间电缆的长度，增大电量损耗。因此，布置风电机组的关键是根据工程区域的特点，确定各行的间距和行内各风电机组的间距，把尾流影响控制在合理的范围内。

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：风电场风机布置应避免生态保护红线、航道，距离无居民海岛、礁石应大于 300m。

(2) 涉海面积：海上风电场确权的用海面积小，但实际占用的海域面积大。涉海面积以风电场实际占用海域的外包络线面积计算。本项目严格执行国家海洋局《关于进一步规范海上风电场用海管理的意见》（国海规范〔2016〕6号）文件中关于海上风电场外缘边线包络用海面积的限定标准。风电机组布置时按照节约、集约用海原则，风电场控制面积不超过 16 平方公里进行了各机型方案布置，在技术可行的范围内尽量减小风电场涉海面积。

(3) 根据场区内风资源分布特点，充分利用风电场盛行风向（NNE、NE）进行布置，合理选择风电机组间距。应尽可能地充分利用场地资源和风能资源，合理考虑机组尾流损失和湍流损失、保证机组发电量。

(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，从风电机组安全角度考虑，列间距控制在 2.2D 以上。

(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。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。

综上，对 3 个不同的风电机组排布方案进行综合比较，进行机型和机位布置合理性分析。首先要考虑尾流，即布置方案需满足尾流控制要求，尾流不能过高，因为过高的尾流会影响风电场运行安全；其次在尾流允许的情况下，选择发电量较高的布置方案。

#### 7.2.1.2 风电机组布置方案

本阶段初步选择 116MW、16.7MW、18MW、26MW 不同单机容量的机型进行总体参数的比较，根据风电场风能资源分布具体情况，按照风电场整体布置原则，同时兼顾单机发电量和风电机组间的相互影响，进行多个方案的风电机组布置后，采用专业风能资源评估软件 Wasp11 进行发电量的初步计算比较，选出最优布置；同时检查并找出发电量比较低或受尾流效应影响较大的风机，进行优化布置，最终使风电场整体布置比较合理且发电量指标高。

根据布置原则及风电行业技术要求，海上风电场单台风电机组的最大尾流影响系数不宜超过 10%，整体不宜超过 8%。结合调研，项目行间距对于尾流影响

较大，除个别项目因通航、军事等外因影响，风机行间距应不小于 8D，且目前风流模型软件对于尾流计算数值较实际运行情况有偏低的情况。据此，本项目结合尾流影响和布置规范要求拟定行列间距。

本场址属狭长形，根据现有机型容量和尺寸应考虑两排风机布置。行间距设置方面：第一、二排风机间距 8D 以上，根据省海事局要求，保留 2 海里航行距离（确保台湾航线无法协调引流也能安全通行）。此外，场址边界考虑周边项目通航安全分析的成果，初步对场址进行切割处理。在满足风机检测试验需求的基础上，根据场址风能资源主导方向、场址形状特点，拟定以下布置方案：

五种风机布置方案均为 2 行，并考虑避开换流站一定距离。

其中方案一、二及方案三采用 WTG1（18MW）进行布置，均为第一行 10 台风机，第 2 行 7 台风机。方案一与方案二的机位完全相同，但方案一的 17 号风机考虑设置为 26MW 大容量机型。方案一、二第一行及第二行均保持与场址底边平行，并保持两行之间（包含海上换流站）的间距为 2 海里（3704m），该方案沿主导风向方向上行内间距为：第一行 2.41D（D=260m），第二行为 681.2m，对于 18MW 机型为 2.62D（D=260m），对于 26MW 机型为 2.2D（D=310m）；方案三第一行同场址上边界平行，第二行同场址下边界平行，两行之间（包含海上换流站）最近处控制为 2 海里（3704m），该方案行内间距为：第一行 2.49D（D=260m），第二行 2.62D（D=260m）。方案四采用 18 台 WTG2（16.7MW）布置，方案五采用 19 台 WTG3（16MW）布置，两种方案第一行及第二行也与场址底边平行，两行之间的间距（包含海上换流站）为 2 海里（3704m）。方案四行内间距为：第一行 2.49D（D=252m），第二行 2.32D（D=252m）；方案五行内间距为：第一行 2.24D（D=252m），第二行 2.32D（D=252m）。

拟定四种不同布置方案，见错误!未找到引用源。~错误!未找到引用源。5，发电量计算成果见错误!未找到引用源。，成本比较表见错误!未找到引用源。。从不同单机容量的计算结果分析，方案一的度电成本最低。

根据以上各方案发电效率和度电成本等比较，本阶段暂推荐方案一（16×18MW+26MW）的装机布机方案。

### 7.2.2 66kV 海缆路由方案比选

本项目风机以及长乐外海 I 区（北）、长乐外海 D、E 区分别通过 66kV 集电线路升压至海上换流站的交流侧，J 区、K 区风电场各自新建 220kV 海上升压

站，通过 220kV 海缆汇集至海上换流站柔直的交流侧。海上换流站再通过直流海缆与陆上集控站连接。

本工程不新建海上升压站，项目通过 66kV 集电线路升压至海上换流站的交流侧。海上换流站选址由换流站设计统一考虑，位于本项目东南侧。

风力发电机电压经机组变压器升压至 66kV 后用海缆接至升压变电站的 66kV 高压配电装置，机组变压器低压侧采用一机一变的单元接线方式，升高电压侧采用分段串接汇流接线方式。本风电场预选 2 个 66kV 海缆路由方案进行比选：方案一路由详图见图 7.2-1；方案二路由详图见图 7.2-2。

图 7.2-1 方案一路由布置图

图 7.2-2 方案二路由布置图

#### 7.2.2.1 造价比较

2 个支路由海缆方案的项目经济性比较表见**错误!未找到引用源。**，从海缆路由造价方面比较，方案二海缆投资较方案一节省 1.6 万元，方案二优于方案一；

#### 7.2.2.2 66kv 海缆用海面积比选

各方案路由长度比较详见**错误!未找到引用源。**，从海缆长度比较，方案二海缆长度总体比方案一少 0.50km，用海长度比较，方案二优于方案一；海缆确权采用外扩 10m 确权，因此从用海节约角度比较，方案二优于方案一。

因此，综合考虑国家关于集约用海的政策，本项目 66kV 海缆路由方案推荐方案二。

#### 7.2.2.3 工程地质、气象和海洋水文条件

本风电项目，由于 66kv 路由方案一、方案二均位于规划场址范围内，故两个方案在区域构造、海底地形地貌、海域冲淤环境以及海洋水文气象、海底腐蚀环境等方面的情况大致相同。

两个方案所在海域均位于北北东—北东向滨海断裂带平潭海外段北西向约 27km 附近，地壳运动相对稳定；场址理论水深约 43-51m，海底地形总体表现为西部地势相对较高，东部地势相对较低的变化趋势，地形坡度较为平坦；场区海域内主要分布的地层岩性为第四系海积淤泥、粉质黏土、粉中砂等，基岩岩性主要为燕山早期混合花岗岩。

本项目区域内年平均气温为 19.6℃，年平均降水量为 1088.5mm，年平均降

水日数为 157.9 天，年平均气压为 1010.3hPa，年平均相对湿度为 83.1%，年平均雾日为 22.3 天，年平均风速为 3.7m/s，本地区主导风向为 NNE。

#### 7.2.2.4 国土空间规划及相关规划符合性评价

本项目建设符合国家产业政策，从福州市国土空间总体规划符合性分析，本项目 66kv 路由方案一、方案二均位于工矿通信用海区，符合工矿通信用海区的管控要求。从福建省海洋功能区划符合性分析，本项目 66kv 路由方案一、方案二均位于近海农渔业区，符合近海农渔业区的管控要求。

本项目 66kv 路由方案一、方案二均未占用“三区三线”中的永久基本农田、生态保护红线、城镇开发边界，与福建省“三区三线”可相衔接。

从湿地保护影响方面分析，本项目不占用一般湿地，不占用省级重要湿地，符合《福建省湿地保护条例》。

本项目为海上风电场建设，属于清洁能源、海洋可再生资源新兴产业，项目的建设有助于海洋资源的开发利用，可促进海洋新兴产业的规模化发展。用海方式为透水构筑物用海和海底电缆管道用海，未改变海域自然属性。项目建设符合风电产业政策、符合《福建省“十四五”海洋生态环境保护规划》《福建省“十四五”海洋强省建设专项规划》《福建省“十四五”能源发展专项规划》。

本风电场项目 66kv 路由方案一、方案二均位于规划场址范围内，理论水深约 43-51m，属于《福建省近海海上风电场工程规划报告（2021 年修编）》中长乐外海 I 区，项目建设符合《福建省近海海上风电场工程规划报告（2021 年修编）》。

#### 7.2.2.5 海洋开发活动评价

本项目场址位于福州长乐外海，场址离岸距离约 54~61km，理论水深约 43~51m。工程区及附近海域的海洋开发活动较少，主要有港口、航路、锚地、海底管线、风电场等。

本项目 66kv 路由方方案一、方案二均位于规划场址范围内，与附近的松下港区和平潭港区距离较远，不会对周边港口设施造成影响；风机布置区域与中航路和外航路的距离满足海上风电场选址通航安全要求，推荐中航路和外航路影响较小，66kv 路由方案一、方案二对穿越拟建场址东西向交通流影响较小；66kv 路由方案一、方案二与现有的东洛锚地、签屿北锚地和 2#锚地相距较远，相互距离符合规范要求，因此对锚地无影响；与周边海底海缆无交越，距离符合《海底电

缆管道保护规定》中“沿海宽阔海域为海底电缆管道两侧各 500 米”的保护要求；66kv 路由方案一、方案二距离周边已建风电场较远，对其无影响；本项目通过 66kV 集电线路升压至海上换流站的交流侧，海上换流站选址与长乐外海 D、E 区、长乐外海 I 区（北）、长乐外海 J 区、长乐外海 K 区接入统一考虑，位于本项目东南侧（换流站非本项目工程范围），本项目对周边风电场规划场址影响较小。

综上所述，长乐外海 I 区（南）海上风电场项目 66kv 路由两个方案从海上地形地貌、底质类型、相关规划符合性、海洋开发活动等因素均相同，从 66kv 路由长度、工程投资造价等方面分析，方案二总体工程投资造价低于方案一，66kv 路由长度方案二比方案一少 0.50km，更为节约集约用海，因此综合比较，方案二优于方案一。

## 7.3 用海方式合理性分析

### 7.3.1 风电机组基础

#### 7.3.1.1 风机基础方案选型

本工程位于福建省福州市长乐区东部海域，场区内表层地基土以淤泥质土为主。从已收集的场区地质资料来看，①淤泥、②粉细砂、③淤泥质土夹砂和③-1粉砂工程性能较差，若采用浅基，其承载力和变形均不能满足结构要求；④粉质黏土、⑤粉砂、⑥粉质黏土夹砂力学性质一般，工程性能一般，但地层稳定性较差，埋深大，不宜采用天然地基的条件；⑦粉细砂及其以下地层，力学性质较好，工程性能较好，但埋藏较深，风机天然基础尺寸大，基础开挖工作量大，场区又位于外海，水深 49~55m，风浪及水力作用相对近海海域较大，因此本工程不宜采用重力式基础。而桩基础具有承载力高，沉降小且均匀、抗震性能好等特点，能够较好的承受垂直荷载、水平荷载、上拔力及由风机产生的振动或动力作用，故风机基础建议采用桩基础。根据钻孔资料，场地基岩面埋深较大（埋深 80~125m）且起伏变化较大，根据拟建物上部结构特征、上部荷载情况和场地的工程地质、水文地质条件及周边环境分析，拟建场地具有较好的沉桩条件，适宜钢管桩或冲（钻）孔灌注桩等施工。基础型式建议采用桩基础或其他基础型式（如吸力桩基础型式），如采用桩基础，桩型可选择打入式钢管桩，以⑦粉细砂或下部地层作为桩端持力层。如采用吸力桩基础型式，应注意浅部地层由于存在较密实的砂土层、或存在硬塑的粘性土以及地层的不均匀性的不利影响。

(1) 桩基础型式包括单桩、高桩承台基础、导管架基础等，其依靠桩基的竖向、水平承载力和自身刚度抵抗风机传来的荷载和各种环境荷载作用，从而维持整体结构的稳定和变形要求。

单桩基础结构型式简单，其对施工船舶和沉桩设备要求高，施工工序简单，施工速度快。随着我国海上风电产业链的不断发展和施工能力的不断提升，我国单桩基础的最大直径 10.5m、桩重超 2200t，适用的风电机组从早期的 2.5MW 逐渐突破至 10MW，场区最大水深达 40m。在具备单桩基础使用条件的基础上，除了施工工序简单、单台机基础投资费用少之外，适用于年可作业有效天数受限的风电场。本项目水深约 49~55m，波浪、海流等水动力条件恶劣，且单机容量大、轮毂中心高，为满足风机厂家提出的整机频率要求，单桩基础的桩径需要达到 10m 以上。目前国内单桩制作尺寸主要在 10m 以内，超过 10m 对制造工艺及设备升级提出了较大的挑战、建造周期也较长。同时超大直径单桩基础对沉桩设备、起重船及稳桩平台要求较高，国内施工单位通过引进和自主制造的大型沉桩设备数量较少，超大直径单桩也基本达到了目前国内起重船的极限，难以满足大规模海上风电开发建设的现状。本阶段单桩基础作为比选方案，后续阶段可通过和风机厂家配合，进行整体结构优化，对于水深较浅区域进一步探索单桩的可行性。

混凝土高桩承台基础是借鉴了跨海大桥的经验，采用传统的海上施工设备和施工工艺、大多数海上施工单位都有能力施工。混凝土承台基础的整体刚度较大，节省用钢量但海上施工需要采用钢套筒、钢筋笼吊装等多种施工措施，混凝土养护时间长，施工周期较长。由于本项目水深约 49~55m，高桩承台基础所受波流荷载较大，若高桩承台基础远离水面，则沉桩后钢管桩上部悬臂段可达 77m 以上，在海洋环境下存在结构破坏的风险，另外，高桩承台基础海上施工工序较多，需要在海上浇筑混凝土，所需工期较长。因此风机基础选型暂不考虑高桩承台基础。

多桩导管架基础来自于海上石油平台导管架结构形式，国外风电场中一般以四桩导管架形式居多。基础结构采用钢管相互连接形成的空间四边形棱柱结构，基础结构的 4 根主导管下设套筒，通过灌浆与桩基础相连接。由于该结构整体刚度相对较大，一般采用较小的管径和壁厚即可满足结构刚度要求。但该基础结构杆件众多，焊接工作量大，在管节点处理上工序较为繁琐，但当在预制工厂进

行批量化生产作业时,具有较高的效率。此外,基础结构可在陆上整体制作加工,预制完成后可以用驳船整体托运至安装地点进行安装,施工周期相对较短。该结构的空问整体性较强,刚度较大,因此较适用于水深较深的风电场风机基础。本工程水深约 49~55m,采用导管架时可以发挥该基础型式刚度大等特点,故多桩导管架基础型式可作为风机基础的主选方案。常见的多桩导管架基础有三桩导管架和四桩导管架基础,三桩导管架主腿数量少,导管架构件数量少,所受波流荷载有一定降低,但主腿数量减少会导致结构受力增加,杆件直径或者壁厚需增加;同时单根桩腿受力增加,导致桩基直径或者长度增加。四腿导管架结构抗扭转能力强,结构安全冗余度相对要高,国内外风电场设计的导管架基础采用四腿形式的居多。本项目场区水深较深,且风机荷载较大,因此本阶段四桩导管架基础可作为比选方案。

(2) 吸力桶导管架基础采用吸力桶与导管架结合,下部吸力桶与周围土充分作用提供较强的支撑。目前该基础形式已在国内海上风电项目上成功实施,国内海王星、烟台打捞局、广州打捞局等施工单位均有该基础结构形式的施工经验。相对于多桩导管架基础而言,吸力桶导管架基础具有施工简单、海上作业时间短的优点。由于本项目水深较深,水下嵌岩施工需要搭建施工平台,嵌岩施工周期较长,因此本阶段不考虑采用嵌岩桩基础,对于覆盖层厚度较薄或表层土体力学性能相对较好的,本阶段考虑将吸力桶导管架基础作为比选方案。

基于国内外海上风电场的建设经验,结合本工程的特点及国内海洋工程、港口工程施工能力,根据风电机组规模、工程地质钻孔条件以及海洋水文条件等设计输入参数,现阶段重点考虑桩基础型式,经初步分析拟定以导管架基础型式作为该场区的主要基础型式。18MW 风电机组进行单桩基础型式、四桩导管架基础型式和四桶吸力式基础导管架基础型式的对比。

### 7.3.1.2 风机基础比选分析

#### (1) 各方案基础结构特性:

通过计算表明,单桩基础、四桩导管架基础以及四桶吸力桶基础方案的基础受力、变形、稳定性均可满足规程规范关于承载能力、变形、位移以及桩身应力等的限制要求,满足正常运行工况以及极端工况的设计要求。

单桩基础结构较为简单,荷载传递明确,基础整体承载特性较好,可满足风机基础在正常运行工况下的变形要求以及极端工况下的强度要求与承载特性要

求。本工程水深较大，单桩基础桩长较长，自身刚度偏小，对局部冲刷较为敏感，为避免其在波浪、潮流等作用下造成桩周土被冲刷而减小基础刚度，可采取在桩周抛石加固海床的防冲刷保护措施。

四桩导管架基础四根桩呈正四边形均匀布置，桩身自由段较短，桩身弯矩较小。同时上部采用桁架式结构，管径较小，所受波浪力、水流力作用较小，受力较为有利。由于基础上部采用桁架式结构，基础刚度较大，抗弯能力较强，整个结构稳定性好。钢管桩与导管架通过灌浆连接，钢管桩打入一定深度的土层可充分发挥深层土体的承载特性，桩基稳定性好。

四桶吸力桶导管架基础采用吸力桶与导管架相结合，上部导管架基础与桩式导管架相同，受力特性相似。下部由吸力桶与周围土充分作用提供承载支撑，多个桶共同作用，桶基稳定性较好，但是由于吸力桶基础在设计过程中对表层土要求较高，因此需要充分结合地质钻探报告综合判断该基础型式的使用。

综上所述，以上三种方案基础结构强度、承载力、稳定性均可满足要求。

#### (2) 各方案施工难度比较分析：

单桩基础制作可在国内大型钢结构厂、造船企业预制厂内完成，由于单桩基础桩长较长，海上运输难度存在一定难度。由于本方案单桩基础最大桩径为12m，单桩平均桩长约160m，单桩重量约3950t，如此大直径的钢管桩沉桩对施工船机设备要求较高，现阶段同时满足此量级吊高及吊重的施工船舶极少。此外，单桩基础的施工对于垂直度精度的要求较高，对沉桩设备要求较高，需采用进口大型液压打桩锤并辅助采用稳桩平台等施工辅助措施，若沉桩过程中无法控制垂直精度则对于后续施工均存在影响。单桩基础虽然施工工序简单，海上作业时间短，但是目前国内尚未有该量级的单桩基础施工先例。

四桩导管架基础的钢管桩以及导管架均可以在陆上钢结构加工厂进行加工，施工质量可得到有效保证。导管架基础大部分工作在陆上完成，现场施工工序较少，施工效率较高，该区域水深较深，施工作业受海洋环境影响较为显著，存在一定的施工风险。桩式导管架基础采用先桩法进行施工，即先打桩后沉放导管架基础，导管架在主腿处预设插尖段与钢管桩通过灌浆组合成整体。导管架基础施工难点在于沉桩精度控制和调平施工，此外基础的管桩位于水面以下，需要进行水下灌浆作业，具有一定的施工难度。近年来，随着导管架基础型式在我国海上风电场得到大量应用，积累了一定的设计和施工经验，对本项目具

有较好的参考意义。

吸力桶导管架基础由吸力桶与上部导管架结构通过焊接连成整体，可在陆上工厂内预制完整体结构，再通过海上运输进行整体安装。吸力桶导管架基础整体结构均可在陆上完成，相较于桩式导管架现场施工工序更少，施工效率更高。此外，吸力桶通过自重沉贯以及负压抽泵的形式将基础沉贯至设计高程，具有安装就位简单，施工速度快等诸多优势。近年来，随着海上风电建设朝着40m水深以上的海域发展，吸力桶导管架基础的应用也逐渐增多，在广东阳江、大连庄河以及长乐外海等项目上均有实际工程应用，目前国内的相关施工单位也具备了吸力桶施工工艺，积累了较多负压沉贯的施工经验，对本项目具有一定的参考意义。

综上所述，从施工角度考虑，以上三种基础方案施工均基本可行。其中，单桩基础直径、长度较大，对于钢结构的加工制作要求较高，同时海上运输施工难度也较大，对于施工当中的吊装与沉桩存在一定难度。四桩导管架基础在国内有较多应用案例，海上施工经验丰富，可用施工机械较多，主要构件的建造在陆上完成，海上施工作业时间相对短，目前国内施工单位及船机设备等具备一定施工经验，具有较好的施工可行性。四桶导管架基础的施工效率相较于桩式导管架基础更为快速便捷，但是该基础型式对地质条件要求较高，需要充分结合地质勘探报告综合判断该基础形式的可行性。

综上，本阶段风机基础方案推荐优先采用四桩导管架基础，布置17台四桩导管架基础，选用钢管桩作为桩基础。

### 7.3.2 海底电缆铺设

水深4m以上的海底电缆为离岸段。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。

初步考虑采用专业海底电缆敷设船配备牵引式高压水射水埋设机或开沟犁进行敷埋施工，铺缆船队由铺缆施工船、锚艇、工作交通艇组成，铺缆施工船上布置有主要铺缆设备，根据电缆路由进行电缆的敷设施工。电缆埋深按不小于

2.0m 控制，对具有通航功能的海域敷设深度应适当加深，施工船依靠水力埋设机的开沟犁挖沟后敷设，敷设过程应通过船上监测仪器全程监控，控制铺埋速度，监测电缆张力和埋设深度。施工过程中施工船位控制由施工船转推进器和全回转拖轮进行辅助控制，以实现横向流的控制。

### 7.3.3 用海方式的合理性

本项目用海主要涉及风电机组和海底电缆，用海方式为透水构筑物用海和海底电缆管道用海。

风电场风机基础全部采用四桩导管架基础，均采用 4 根直径 3.4m 钢管桩，呈正方形均匀布设，上部导管架结构插入到钢管桩里，通过水下灌浆，构成组合式基础。海底电缆采用牵引式敷埋方法将其深埋于海底 2~3m。

综上所述，风机基础采用四桩导管架基础，选择粉质粘土作为持力层，粉质粘土具有中等压缩性、承载力高等工程性状，工程性能好的特点。透水构筑物的用海方式可使海水正常通过，减小了对海床原有自然属性的改变，是一种影响较小的用海方式。海底电缆管道深埋于水下 2~3m，充分利用海底空间资源，实现对海洋资源的立体开发的同时不改变海域自然属性。

综上，透水构筑物的用海方式，减小了对海床原有自然属性的改变，是一种影响较小的用海方式，海底电缆的用海方式可在实现对海洋资源的立体开发的同时不改变海域自然属性，因此，本项目的用海方式是合理的。

## 7.4 占用岸线合理性分析

本项目风电场布置于外海海域，根据本工程风电场接入系统方案，本项目以 66kV 集电线路接入长乐海域共建的 ±500kV 海上换流站，海上换流站再通过 1 回直流海缆与陆上集控站连接，经陆上集控中心就近送至变电网系统。其中本项目涉海工程为风机基础及接入 500kV 海上换流站的 66kV 集电线路。海上换流站及登陆海缆非本项目工程内容。因此本项目不涉及岸线占用。项目所属长乐外海海域风电场区采用集中送出方案从总体上也减少了周边风电场对岸线的占用，体现了集约节约用海。

## 7.5 用海面积合理性分析

### 7.5.1 项目用海界址确定及面积量算

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 79.3049hm<sup>2</sup>，其中透水构筑物申请用海 30.7078hm<sup>2</sup>，海底电缆路由申请用海 48.5971hm<sup>2</sup>。

#### 7.5.1.1 风机用海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。

本工程海上风力发电机组基础全部采用四桩导管架基础型式，根据基础结构设计，本场区采用桩式四桩导管架基础形式，导管架呈正四边形均匀布设，18MW 风机组四边形边长为 34.0m，导管架管径为 3.4m。单台风电机组中心点至风机基础最外缘点距离为 25.74m，再外扩 50m 半径的保护范围后，得到单个风电机组用海范围为半径 75.74m 的圆，18MW 风机组每座风机基础申请的用海面积为 1.8022hm<sup>2</sup>；26MW 风机组四边形边长为 36.0m，导管架管径为 3.5m。单台风电机组中心点至风机基础最外缘点距离为 27.21m，再外扩 50m 半径的保护范围后，得到单个风电机组用海范围为半径 77.21m 的圆，26MW 风机组每座风机基础申请的用海面积为 1.8728hm<sup>2</sup>，本项目共布设 16 台 18MW 风机和 1 台 26MW 风机，风机总用海面积为 30.7078hm<sup>2</sup>。（本项目风机叶片半径 130m，最低处和海面距离为 20m，风机超出外扩区域的风机距离远大于该距离，超出用海范围的风机叶片对所在海域用海活动基本没有排他性，同时，截至目前未有相关文件要求新型风机用海界定需要增加外扩距离，因此现阶段本项目风机用海界定按照《海上风电开发建设管理办法》和《海籍调查规范》要求的 50m 外扩范围界定用海。）

#### 7.5.1.2 海底电缆用海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。项目海缆

接入海上换流站（非本项目建设内容），换流站边界以项目建设单位提供的最新换流站设计边线为边界。据此，海底电缆用海面积为 48.5971hm<sup>2</sup>。

本项目海底电缆用海范围与风机、海上换流站用海范围有部分重叠区域，根据现行的海域使用金征收标准——《海域使用金征收标准》（财综〔2018〕15号），透水构筑物用海的海域使用金为 1.16~4.63 万元/公顷，海底电缆管道用海的海域使用金为 0.70 万元/公顷，透水构筑物用海海域使用金高于海底电缆管道用海的海域使用金，海底电缆用海与透水构筑物用海重叠部分应归入透水构筑物用海范围，因此，本项目宗海图绘制过程中，当海底电缆管道用海与风机、海上换流站用海范围发生重叠时，重叠区域归入风机或海上平台透水构筑物用海，海底电缆管道与风机、海上换流站透水构筑物用海范围的交界线为海底电缆管道的申请用海边界线，基于海上换流站暂未申请用海，本项目与换流站衔接处以换流站构筑物外缘线为边界，界定情况详见图 7.5-1~图 7.5-3。

图 7.5-1 海底电缆界址线界定示意图

图 7.5-2 风机与海底电缆管线用海界定示意图

图 7.5-3 海底电缆管线用海与换流站衔接界定示意图

## 7.5.2 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，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，本项目拟安装 16 台 18MW 的风电机组和 1 台 26MW 的风电机组，总装机 314MW，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 79.3049hm<sup>2</sup>，其中风机基础用海面积 30.7078hm<sup>2</sup>，海底电缆路由申请用海 48.5971hm<sup>2</sup>。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 120°30′。采用的界定方法可靠，面积量算准确。

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”，本项目拟安装 16 台 18MW 和 1 台 26MW 的风电机组，装机容量 31.4 万千瓦，包络面积约为 24 平方公里，平均每 10 万千瓦包络海域面积 7.64 平方公里，小于规定的 16 平方公里，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。

### 7.5.3 宗海图绘制

依据现场测量数据及该项目的平面布置，采用解析法计算出各项目用海面积及拐点的坐标，绘制该项目的宗海位置图和宗海界址图。

## 7.6 用海期限合理性分析

本项目用海属于电力工业用海。前期准备和建设期为 2 年，风电机组、电缆的设计运行年限为 25 年，退役拆除期约 2 年。考虑到本工程项目的建设和运行以及退役拆除，需要同时考虑风电机组、电缆的设计使用年限，因此，项目申请用海期限为 29 年，可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期限最高为 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、海底电缆用海申请期限为 29 年，符合《中华人民共和国海域使用管理法》的有关规定。

综上，项目申请用海期限满足项目建设和营运的需要，符合《中华人民共和国海域使用管理法》的有关规定，因此，项目的申请用海期限是合理的。

海域使用权即将到期前，如风机经评估后可结构稳定性良好且建设单位需继续用海，应当最迟于期限届满前两个月向海洋主管部门申请续期，获准后方可继续用海。

## 8 生态用海对策措施

### 8.1 生态用海对策

#### 8.1.1 生态用海对策分析

(1) 本工程风电机组建设采用透水结构形式，避免了采用对海洋环境影响最大的填海造地的用海方式。但项目风机建设仍不可避免的占用了部分海域海底，施工期海缆开挖也对海底造成了临时影响。

(2) 本项目风电场选址建设位置位于水深 43~51m 的区域，避免了浅水区建设对滩涂湿地资源的占用，保护了滩涂资源。

#### 8.1.2 施工期生态用海措施

##### (1) 水环境保护对策措施

1) 施工机械和船舶禁止直接向海域水体排放油污水和其它废水。

2) 海域施工期间，现场施工人员生活垃圾和生活污水禁止随意排放，应收集至陆域处理。

3) 加强施工设备的管理与养护，杜绝油类泄漏，避免海水受污染的可能性。

4) 施工期间避开大风天气，减少施工悬沙的影响。

##### (2) 噪声环境保护对策措施

1) 施工单位应选择低噪声设备，对噪声较高的施工设备采取降噪措施，禁止使用不符合国家噪声排放标准的施工机械设备。

2) 定期维护和及时修理施工机械，杜绝施工机械在运行过程中因维护不当而产生的异常噪声。

3) 加强对施工人员的个人防护，对在高噪声设备附近工作的施工人员配备必要的防噪声耳塞、头盔等防护用品。

4) 加强施工管理、文明施工，减少施工期不必要的噪声影响，尽可能减少产生噪声的夜间施工作业。

5) 春、夏季（4~6 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。同时打桩以“软启动”方法驱赶桩基周围的鱼类，减缓打桩时产生的水下噪声对鱼类的影响。

##### (4) 固体废物处置措施

1) 对施工产生的废料或者焊接垃圾等，应在作业点及时收集回收，交有资质的固体废弃物处置单位统一处置。

2) 施工中禁止任意向海洋抛弃各类固体废弃物, 同时应尽量避免各类物料散落海中。施工中产生的固体废弃物应由施工单位负责及时清理处置。施工结束时, 需做好施工现场的清理和固体废弃物的处理处置工作, 不得在地面有明显的固体废弃物残留。对有利用价值的施工废弃材料也应由施工单位负责及时清理处置。

3) 施工人员生活垃圾集中收集, 定期清运至陆上, 按当地环卫部门规定统一处置。

4) 各施工单位加强对施工人员的教育和管理, 保证生活垃圾集中处置。

#### (5) 施工期海洋生物保护措施

1) 合理设置施工期, 减小对海洋生态和渔业资源影响

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。

3) 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的要求予以处置。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

#### (6) 其他措施

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建议调整局部施工标段施工进度, 尽量避开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。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控制; 桩基周围建议采用气泡帷幕等屏蔽措施, 减缓噪声能量的散播。

④严格限制工程施工和作业范围, 以减小施工作业对经济鱼类繁育场和底栖生物的影响。

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。必须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。

### 8.1.3 运营期生态保护措施

#### (1) 水环境保护对策措施

检修船舶的污水均统一收集后送至有资质单位处理，均不外排。

#### (2) 噪声污染防治措施与对策

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：①避免或减少撞击和摩擦，使齿轮和轴承保持良好的润滑状态；②为减小机械部件的振动噪声，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；③尽可能选择低噪声的设备。

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，引起机舱振动并产生噪声。为降低风机噪声源强，建议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，降低结构噪声传递，同时隔离机舱内部的噪声向外传播。

#### (3) 固体废物处理措施

1) 运行期风机维护产生的少量废油（通常是润滑油）可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，并应委托具有相应资质的单位统一回收处置、处理。

2) 维修船工作人员对风机进行维修、监测及养护期间产生的固废应由维修船收集并运回陆域处理。

### 8.1.4 鸟类保护措施

(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) 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) 尽可能选用低噪声设备，并加强设备的维护和保养，减少施工机械噪声对鸟类的干扰。根据项目评价区鸟类的生活习性，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。

(5) 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。

(6) 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，以及每年5月~8月加强燕鸥类繁殖地及繁殖鸟的监测，要密切观测候鸟动向，做好观测记录，在遇到大群候鸟路过或经监测发现影响主要鸟类繁殖行为时，应当停机，并及时制定相应的保护措施。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，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。

(7) 应在风电场区域建立鸟类观测点，为了更好地解决项目评价区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。

(8) 特殊情况下的风电场运行管理。在有雾、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。

## 8.2 生态跟踪监测

为了及时了解和掌握本工程建设对海洋环境的影响，评价其影响范围和影响程度，及时发现并解决本工程建设引起的海洋环境问题。根据《自然资源部办公厅关于进一步规范项目用海监管工作的函》（自然资办公函[2022]640号）、《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》等有关规定，并结合本项目建设特点制

定相应的环境监测计划。环境监测可委托有相应资质的环境监测单位实施，监测单位应提交有效的计量检测认证的成果。

按照《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》的相关要求，本项目环境监测计划包括施工期和营运期两个时段。

#### (1) 施工期环境监测计划

##### 1) 水质

①监测位置：风场区附近设 20 个监测站位。

②监测时间及频次：施工期春季和秋季各监测 1 次，在施工高峰期（海缆施工时）实施，验收时监测 1 次。

③监测项目：pH 值、COD、DO、石油类、无机氮、活性磷酸盐、铜、铅、镉、锌、砷、铬、汞。

##### 2) 沉积物

①监测位置：风场区附近设 10 个监测站位。

②监测时间及频次：验收时监测 1 次。

③监测项目：pH、石油类、重金属（锌、镉、铅、铬）

##### 3) 海洋生态

①监测位置：风场区附近设 12 个监测站位。

②监测时间及频次：施工期春季和秋季各监测 1 次，在施工高峰期（海缆施工时）实施，验收时监测 1 次。

③监测项目：叶绿素 a、浮游植物、浮游动物、底栖生物。

##### 4) 渔业资源

①监测位置：场区附近海域设 12 个监测站位。

②监测时间及频次：

施工期监测 1 次，选择施工高峰时段。

③监测项目：海上风电项目对海洋生物的影响主要来自风机噪声及电磁辐射，由于国内风电项目关于噪声和电磁辐射对海洋渔业资源的影响并无相关研究，无前期工作方法可以参照，建议在工程前选择不同时间节点进行取样分析。

监测项目：鱼类、头足类、甲壳类及鱼卵仔鱼。

分析要素：种群结构、生物量、生物密度、多样性指数、优势种、优势度等。

建议建设单位委托相关专业单位开展实验室生物行为学研究，对噪声和电磁

辐射进行实验室模拟,开展在不同噪声级及电磁辐射强度下海洋生物反应的敏感性测试及阈值测定。

#### 5) 生物体质量

①监测位置:项目周边设置3处监测站位。

②监测时间及频次:施工期每年监测1次。

③监测项目:石油醚、重金属(锌、镉、铅、铬)等。

#### 6) 水下噪声

在风机基础施工期间,从施工期开始及时跟踪监测施工所产生的水下噪声特别是在施工期的第1个月,在风电站内安装的各类基础,至少应进行一次完整的水下噪声测量。在距离风机基础结构300-1000m处、不同的水层深度处(水听器离海面1-3m,垂直阵一般应布设到靠近海底)实时监测风机桩基打桩时产生的水下噪声。

监测内容:

打桩施工所产生的最大声压级  $L_{peak}(dBre1\mu Pa)$ ;

噪声频带有效声压级  $(dBre1\mu Pa)$ ;

噪声声压谱(密度)级;

分析水下噪声时-频特性。

#### 7) 鸟类

①监测位置:监测范围与本项目鸟类现状调查范围一致。

②监测时间及频次:施工期内选取代表性季节观测1次。

③监测项目:主要包括鸟类种类和数量,迁徙活动情况,栖息觅食情况等。

#### (2) 运营期

##### 1) 水质

①监测位置:同施工期。

②监测时间及频次:运营期每年监测1次。

③监测项目:pH、悬浮物、石油类、化学需氧量、溶解氧、无机氮、活性磷酸盐、铜、铅、镉、锌、砷、铬、汞等。

##### 2) 沉积物

①监测位置:同施工期。

②监测时间及频次:运营期每年1次。

③监测项目：pH、石油类、重金属（铅、镉、锌、铬等）。

### 3) 海洋生态

①监测位置：同施工期。

②监测时间及频次：运营期每年监测 1 次。

③监测项目：叶绿素 a、浮游植物、浮游动物、底栖生物。

### 4) 生物体质量

①监测位置：项目周边设置 3 处监测站位。

②监测时间及频次：运营期每年监测 1 次。

③监测项目：石油醚、重金属（铜、铅、镉、锌、砷、铬、汞）等。

### 5) 渔业资源

①监测位置：同施工期。

②监测时间及频次：

运营期开始 5 年内应开展跟踪监测，每年选择春、秋季节进行监测取样，运行

5 年之后根据前期监测分析结果，监测频次可调整为 2 年监测一次，监测时间可选择春季。

③监测项目：海上风电项目对海洋生物的影响主要来自风机噪声及电磁辐射，由于国内风电项目关于噪声和电磁辐射对海洋渔业资源的影响并无相关研究，无前期工作方法可以参照，建议在工程后选择不同时间节点进行取样分析。

监测项目：鱼类、头足类、甲壳类及鱼卵仔鱼。

分析要素：种群结构、生物量、生物密度、多样性指数、优势种、优势度等。

### 6) 鸟类

①监测位置：监测范围与本项目鸟类现状调查范围一致。

②监测时间及频次：每年代表性季节观测 1 次（原则每年观测季节一致）。

③监测项目：主要包括鸟类种类和数量，迁徙活动情况，栖息觅食情况等。

### 7) 地形地貌与冲淤

①监测位置：在风场区内选择四个风机，地形监测区域布置在风机周边 2km 范围内，测量比例按 1:5000。

②监测时间及频次

工程运营期前 5 年内，每年监测 1 次，遇灾害性天气加密监测，5 年之后根

据前期监测分析结果，可 2-3 年监测 1 次。

③监测项目：水深地形。

#### 8) 水下噪声

①监测位置：布设 9 个站位。

在海上风电场运营期，必须在不同风速风机的三个输出级别：低、中和额定风速输出时进行水下噪声测量。在距离风电场单个风机约 100m 处监测水下辐射噪声。同时应在距离风电场外部界限 3-4km 处进行水下背景噪声和风电噪声的综合测量。

②监测时间及频次：运营期每年测量 1 次。

③监测内容：噪声频带有效声压级(dBre1 $\mu$ Pa)；噪声声压谱（密度）级。

#### 9) 电磁辐射

①监测站位：布设 9 个站位。

工频电磁场：以海底电缆的边缘线为测试原点，沿垂直于线路方向为测量路径，按测点间距 10m 顺序布点，确认某测点工频电场测值已为环境背景值时，可不再向远处测点继续测量。

无线电干扰：测点的分布按工频电磁场测量路径，顺序测量各测点在 0.5 (1 $\pm$ 10%) MHz 频率的量值。在测量中确认某测点的无线电干扰测值已为环境背景值时，可不再向远处测点继续测量。

②监测时间及频次：运营期每年测量 1 次。

③监测项目：工频电场、工频磁场（水平分量和垂直分量）、无线电干扰。

### 表 8.2-1 环境监测计划一览表

### 表 8.2-2 监测站位信息表

### 表 8.2-3 生态跟踪监测指标合理范围表

图 8.2-1 监测站位布设示意图（水质、沉积物、生态）

图 8.2-2 监测站位布设示意图（渔业资源）

海洋生态监测应选择有资质单位进行，并应提交有效的计量认证分析检测成果，为管理部门执行各项环境法规、标准、开展环境管理工作提供可信的监测数据与资料。建设单位在制定环境监测计划时，应同时制定环境监测资料的存贮、

建档与上报的计划，并接受有关海洋环境保护行政主管部门的检查和指导。

## 8.3 生态补偿监督

### 8.3.1 生态修复重点及目标

根据本项目实际情况，以海洋生物资源恢复作为生态保护修复重点。根据前文本项目主要生态问题，本项目生态修复重点详细为：选择在长乐外海海域进行增殖放流，对本项目损失的海洋生物资源进行补偿和恢复。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，交由长乐区海洋与渔业局统一补偿，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。根据4.2节，项目建设生物资源损失经济补偿额不低68.56万元。

### 8.3.2 生态修复具体措施

渔业主管部门负责本行政区域内渔业资源增殖放流的组织、协调和监督管理。种苗供应单位须具有市级或市级以上水产原（良）种（繁育）场（基地）资质。本工程建成后，具体放流数量、时间、地点及放流品种等应按照渔业主管部门的增殖放流计划并结合本工程的建设实际情况，与当地渔业主管部门协商予以确定。增殖放流方案和计划如下：

#### 1、增殖放流品种选择原则

根据国务院发布的《中国水生生物资源养护行动纲要》（国发〔2006〕9号）等相关文件精神，人工增殖放流种类的选择坚持以下原则：

——“生物多样性”的原则。保护生物多样性的最基本途径是就地保护自然生境，在物种的自然环境中维持一个可生存种群。选择本地的鱼、虾、蟹、贝等多种类实施放流。

——“技术可行”原则。放流种类在人工增殖放流技术上是可行的，单各种类放流数量应具有一定的规模，利于形成群体优势，提高放流效果。

——“生物安全”原则。放流种类必须是在本海域自然生长，或者该种类是本海域的优势种或常见种，不会对其它种类带来伤害，且是子一代或子二代苗种。

——“注重修复生态、兼顾效益”原则。人工增殖放流重在修复海洋的生态功能兼顾经济和社会效益，优先选择生态系统中资源严重衰退，生态群落结构中的关键种。

#### 2、增殖放流苗种规格质量

根据人工增殖放流品种的选择原则，结合长乐区渔业资源增殖放流工作经验：

(1) 2021年8月10日,由元翔(福州)国际航空港有限公司主办,长乐区海洋与渔业局、自然资源和规划局、生态环境局、湖南镇政府协办的“水生生物增殖放流 修复海洋生态环境”福州临空经济区仓储基地陆域形成工程生态保护修复水生生物增殖放流活动在梅花海域举行,共投放黑鲷、真鲷等鱼苗共计约1600多万尾;(2)2021年5月13日,长乐区文岭农产品加工与冷链物流中心项目生态修复水生生物增殖放流活动在梅花镇五显鼻渔港码头举行,放流花鲈、黑鲷、黄鳍鲷等闽江口入海近岸海区主要传统本土经济鱼类品种鱼苗近800万尾。

因此,本项目生态可选择真鲷、黑鲷、花鲈为增殖放流对象。后期综合考虑本项目可直接用于渔业生态修复经费额度,最终确定增殖放流品种、数量及规格。

### 3、增殖放流区域和时间

#### (1) 放流区域

放流区域尽可能考虑选择在用海项目的邻近地区,同时各种海况等因子适合放流对象的生长,同时考虑到放流操作相对方便,管理措施能够落实的区域。根据这些原则储备选择的放流区域在用海项目附近海域,结合往年长乐海域增殖放流经验,可选择在梅花海域。

图 8.3-1 增殖放流区域选择示意图

#### (2) 放流时间

放流时间主要根据苗种培育的时间而定,同时尽可能将放流时间安排在伏季休渔期间,以减少捕捞对放流品种的伤害,提高放流品种的成活率。

### 8.3.3 生态修复实施计划及责任人

本项目生态修复工作应于在项目完成施工后开展,实施年度定为二年,修复责任单位为本项目建设单位,即福州长乐国闽新能源有限公司。

表 8.3-1 项目生态保护修复计划表

表 8.3-2 项目生态保护修复预算

### 8.3.4 生态修复监管措施

基于生态修复目标,定期开展生态修复绩效的考核评估工作,客观评价生态修复的实际效果,了解修复成效与预期目标的差距,系统分析存在问题及原因,为国家和地方生态修复管理部门提供科学支撑。

效果评价应包括生态保护修复内容是否达到生态修复目标,渔业资源的结构

和功能是否得到稳定和提升。如是否有效恢复了海洋生物资源。海洋生物资源恢复的工程费用不低于海洋生物资源经济损失，且工程前后海洋生物资源总量和生物多样性没有显著差异，视为合格。

增殖放流后第二年春、秋季各监测一次，可与工程生态跟踪监测同时实施。

## 9 结论

### 9.1 项目用海基本情况

长乐外海 I 区（南）海上风电场项目位于福州长乐外海，东犬岛东侧海域，建设 16 台 18.0MW 和 1 台 26.0MW 的风电机组，总装机规模为 314MW。项目 66kV 海底电缆路由长度约为 26.82km。

本项目用海类型一级类为“工业用海”，二级类为“电力工业用海”。根据《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》，本项目用海类型一级类为“19 工矿通信用海”，二级类为“1905 可再生能源用海”。本项目申请用海总面积 79.3049hm<sup>2</sup>，其中风机基础用海面积 30.7078hm<sup>2</sup>，海底电缆路由申请用海 48.5971hm<sup>2</sup>。

### 9.2 项目用海的必要性分析结论

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。

### 9.3 项目资源生态影响分析结论

本项目实施后，由于风机桩基尺度较小，阻水效应有限，与工程建设前相比，工程建设后，大、小潮流态没有发生明显变化，工程建设对大范围流场影响较小，对流场的影响仅局限于桩基局部约 100m 范围内。

工程引起的冲淤影响主要在场区桩基基础附近，以淤积为主，对周边海床冲淤影响较小。由于工程海域悬沙浓度较低，水深较深，年冲刷淤积强度较小，最高年淤积强度为 1.6 cm；桩基涡旋区以外的平衡后最大淤积强度小于 3.0 m，最大冲刷强度为 0.44 m，达到冲淤平衡所需时间较长。由于桩基存在会在桩基附近形成涡旋，从而引起桩基局部冲刷，利用 Richardson 公式计算得到最大冲刷深度可达 3.8 m，冲刷距离 8.3 m。50 年一遇潮波作用下局部冲刷深度 6m 左右。工程建设对周边敏感目标冲淤基本无影响。

本项目风机桩基、自升式平台桩靴和电缆敷设施工悬浮物浓度增量大于 10mg/L 的最大包络线面积为 27.22km<sup>2</sup>。项目建设对海洋生态的影响主要表现在

底栖生物、鱼卵仔鱼及游泳动物的损失。导致的海洋生物量的损失主要包括工程建设桩基占用海域导致底栖生物永久性消失、自升式平台桩靴和海缆敷设占用海域导致底栖生物临时性消失、桩基施工及海缆施工期间悬浮泥沙导致海洋生物的损失。根据项目施工对海洋生物影响的定量计算，本项目风机桩基施及电缆敷设施工导致生物资源损失生态补偿金总额为 68.56 万元。

#### 9.4 海域开发利用协调分析结论

本项目实施存在直接利益关系的开发活动有周边海上风电项目，将其用海单位福建华亿新能源科技有限公司、福建省福能海韵发电有限公司、华电（福州）海上风电有限公司、福建东福新能源有限公司界定为利益相关者。涉及的协调部门有福州海事局、马祖至台湾航路业主或其主管部门和渔业部门（长乐区）。

本项目施工期海缆敷设位置应相互告知，尽可能避免施工干扰和海缆发生重叠、交越等现象；应根据不同建设时序协调与 DE 区、I 区（北）、J 区和 K 区的施工关系，避免施工相互影响。因此，本项目建设与长乐外海 DE 区、长乐外海 I 区（北）、长乐外海 J 区和长乐外海 K 区的利益关系可协调。

建设单位应及时与福州市长乐区的渔业主管部门协调，在海缆路由及保护区范围内渔船不能从事底拖网、张网等可能影响海缆安全的捕捞作业活动，加强对周边捕捞渔民的宣传，通过多渠道公式、公告的形式告知捕捞渔民，避免渔业捕捞活动对本路由安全造成影响。建设单位应与福州市长乐区渔业主管部门协商，给予当地主要捕捞户一定的经济补偿。

风电场建设单位应充分认识和重视通航环境和安全生产的关系，投入必要的人力、物力和配套设施，与福州海事局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。

针对项目建设对穿越拟建场址东西向马祖至台湾航路的环境影响，目前根据现行法律规定，大陆对台直航航线方案调整需开展专门的审批程序。本项目风电场内东西向航线航次较少，项目风机布置已预留 2 海里的航行通道，同时建设单位已按照主管部门要求编制了《长乐外海 I 区（南）海上风电场项目选址通航安全分析报告》，风电场建设单位应充分认识和重视场区内东西向航路环境和安全生产的关系，处理好与马祖至台湾航路业主或其主管部门之间的关系。

综上所述，本项目风电场建设与周边其他用海活动相适宜，协调单位具备协

调途径。

## 9.5 项目用海与国土空间规划符合性分析结论

项目用海位于《福建省国土空间规划（2021—2035年）》的海洋开发利用空间，与海洋开发利用空间的定位相符；位于《福州市国土空间总体规划（2021-2035年）》中的“工矿通信用海区”，符合“工矿通信用海区”的管理要求；位于《福建省海洋功能区划（2011-2020年）》的“近海农渔业区”，本项目属于海洋新能源建设项目，属于该区域可兼容建设的项目；

本项目建设符合国家产业政策，符合《福建省国土空间规划（2021—2035年）》《福州市国土空间总体规划（2021-2035年）》，与《海上风电开发建设管理办法》《福建省海上风电场工程规划报告（2021年修编）》《福建省“十四五”海洋生态环境保护规划》和福建省“三区三线”等相关规划可相衔接。

## 9.6 项目用海合理性分析结论

项目附近的社会条件可满足项目施工的需求，项目所在位置与自然资源和环境条件相适宜，与生态生态系统的适宜性较好，与周边用海活动可协调，因此，本项目的选址是合理的。本项目的用海方式有“透水构筑物”和“海底电缆管道用海”。其用海方式与用海单元的功能需求相适应，项目的用海方式是合理的。

综合风电机组的布置方案、电缆路由方案、风机基础选择的比选结果来看。本项目平面布置有着电缆长度短、投资少、年电能损耗低的优点并且能够减小所占海域面积，同时机型能够满足本风电场对300MW规模的要求，在技术成熟度、发电量、产品价格以及工程造价都具有一定的优势，有利于本项目风能的合理利用。因此，本项目的平面布置是合理的。

本项目用海面积已充分考虑到了直接用海（风机基础、海底电缆垂直投影）、间接用海（风机基础最外缘点外扩50m为半径的圆和海底电缆管道外缘线向两侧外扩10m）的范围等因素。项目用海面积能满足项目的用海需求且本项目申请用海界址点界定和用海面积的量算符合《海籍调查规范》的要求。

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、海底电缆用海申请用海期限为29年，符合《中华人民共和国海域使用管理法》的有关规定，且能满足项目的建设和营运需要。

综上所述，本项目用海在选址、用海方式和平面布置、用海面积和用海期限

等各方面的确定是合理的。

## 9.7 项目用海可行性结论

长乐外海 I 区（北）海上风电场项目的建设符合我国可持续发展能源战略，增加电力供应并改善地区电源结构，项目建设和用海是十分必要的，项目用海总体满足国土空间总体规划，符合省、市、县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是合理的；项目用海与海域自然环境和社会经济条件相适宜，在正常运营条件下对周边的海洋开发活动和国土空间总体规划功能区无重大影响，但仍需加强海域使用监控管理和海洋环境监测，并采取有效防范措施降低项目的用海风险。

在本项目建设前期相关的工可、环评、水动力及泥沙冲淤、通航影响等专题的基础上认为：项目用海必要，总体满足国土空间总体规划，与相关发展规划相一致，用海选址、方式、面积、期限合理，用海不利影响较小。在采取积极有效的用海监控、跟踪、管理对策和环境保护措施前提下，本项目用海基本可行。