

福清兴化湾海上风电场一期项目
变更用海海域使用论证报告书

(公示稿)

自然资源部第一海洋研究所

统一社会信用代码：121000004274067046

2025年4月

项目基本情况表

| | | | | |
|-----------------------------|--|---------|----------------|-----------|
| 项目名称 | 福清兴化湾海上风电场一期项目 | | | |
| 项目地址 | 项目位于福清市牛头尾村西北侧，兴化湾北侧海域 | | | |
| 项目性质 | 公益性 () | 经营性 (√) | | |
| 用海面积 | 34.3304ha | 投资金额 | 160223.94 万元 | |
| 用海期限 | 至 2045 年 02 月 01 日 | 预计就业人数 | 17 人 | |
| 占用岸线 | 总长度 | 0m | 邻近土地平均价格 | /万元/ha |
| | 自然岸线 | 0m | 预计拉动区域 经济产值 | 331808 万元 |
| | 人工岸线 | 0m | 填海成本 | /万元/ha |
| | 其他岸线 | 0m | | |
| 海域使用 类型 | 根据《海域使用分类》，项目用海一级类为“工业用海”，二级类为“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 | 24.5150ha | | 风机 | |
| 海底电缆管道 | 9.8154ha | | 35kV 海底电缆 | |
| | | | | |
| 注:邻近土地平均价格是指用海项目周边土地的价格平均值。 | | | | |

目录

| | |
|------------------------------------|-----------|
| 摘要 | 1 |
| 1 概述 | 3 |
| 1.1 论证工作来由..... | 3 |
| 1.2 论证依据..... | 6 |
| 1.3 论证等级和范围..... | 10 |
| 1.4 论证重点..... | 12 |
| 2 项目用海基本情况 | 13 |
| 2.1 用海项目建设内容..... | 13 |
| 2.2 平面布置和主要结构和尺度..... | 14 |
| 2.3 项目用海变更情况..... | 23 |
| 2.4 主要施工工艺和方法..... | 25 |
| 2.5 项目调整后的用海情况..... | 29 |
| 2.6 项目用海调整的原因和必要性..... | 30 |
| 3 项目所在海域概况 | 32 |
| 3.1 海洋资源概况..... | 32 |
| 3.2 海洋生态概况..... | 32 |
| 4 资源生态影响回顾性分析 | 32 |
| 4.1 生态评估..... | 32 |
| 4.2 资源影响分析..... | 33 |
| 4.3 生态影响分析..... | 40 |
| 5 海域开发利用协调分析 | 71 |
| 5.1 海域开发利用现状..... | 71 |
| 5.2 项目用海对海域开发活动的影响..... | 74 |
| 5.3 利益相关者界定..... | 76 |
| 5.4 需协调部门界定..... | 77 |
| 5.5 相关利益协调分析..... | 78 |
| 5.6 项目用海对国防安全 and 国家海洋权益的影响分析..... | 78 |
| 6 国土空间规划符合性分析 | 79 |
| 6.1 项目用海与国土空间规划符合性分析..... | 79 |

| | |
|--------------------------|------------|
| 6.3 项目用海与相关规划的符合性分析..... | 82 |
| 7 项目用海合理性分析 | 91 |
| 7.1 选址合理性分析..... | 91 |
| 7.2 用海调整的平面布置合理性..... | 91 |
| 7.3 用海方式合理性分析..... | 91 |
| 7.4 岸线占用情况..... | 92 |
| 7.5 用海面积调整的合理性分析..... | 92 |
| 7.6 用海期限合理性分析..... | 95 |
| 8 生态用海对策措施 | 96 |
| 8.1 生态用海对策..... | 96 |
| 8.2 生态保护修复措施..... | 98 |
| 9 结论 | 104 |
| 附图 | 107 |

摘要

福清兴化湾海上风电场一期项目位于福清市牛头尾村西北侧，兴化湾北侧海域，建设风机样机 14 台（8 家风机厂家），单机容量为 5MW~6.7MW，总装机容量为 77.4MW，工程总投资 160223.94 万元。本项目于 2016 年 12 月 23 日开工建设，2018 年 8 月 29 日竣工，总施工工期 20 个月。用海申请单位为福清海峡发电有限公司，申请用海面积为 34.3304hm²，用海期限为 2018 年 2 月 2 日至 2045 年 2 月 1 日。

本项目所发电能接入系统采用过渡方案，即在福清核电东北侧设置 110kV 陆上临时升压站，14 台风机电能通过 3 回 35kV 海缆输送至陆上临时升压站再并入省电网。二期项目 220kV 送出工程投运后，一期项目输电路径由 Y10、Y1、Y6 风机改接至二期项目的 220kV 海上升压站，与二期电能一同输送至沙埔镇赤礁村西侧的电缆终端塔再并入省电网。原连接至陆上临时升压站的 35kV 海缆注销权证并进行拆除。一期项目改接至二期项目海上升压站的 3 条输电线路已同二期项目一同申请用海，一期项目登陆段 35kV 海底电缆计划拆除，同时与一期项目办理海域使用变更手续。

本项目风机在施工时，根据风机场区地质详勘报告，3 台风机位置地质条件较差，对 3 台风机的建设位置进行了调整，连接风机与风机之间的 35kV 海缆也随之调整。同时为适应场区内地质条件，将设计方案中的单桩和导管架基础改为高桩承台式基础。因此产生了实际用海与批复用海不一致的情况，需要根据实际情况进行用海变更。本项目调整后用海总面积为 34.3304hm²，其中透水构筑物宗海面积为 24.5150hm²，海底电缆管道用海 9.8154hm²。

项目于 2016 年 11 月 3 日取得了《福建省发展和改革委员会关于福清兴化湾海上风电试验样机建设的复函》（闽发改能源函〔2016〕621 号）（附件 2），2018 年 2 月 2 日取得了不动产权证（闽（2018）海不动产权第 0000010 号）（附件 7），因 35kV 临时登陆海缆与二期项目 220kV 海缆存在用海重叠，重叠部分采取立体分层确权，2024 年 7 月 15 日重新取得不动产权证（闽（2024）海不动产权第 0000055 号）（附件 8）。

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）》，不占用生态保护红线区，不占用

岸线。

本项目已施工完成，变更前利益相关方已协调完成，本次变更没有需协调的利益相关者和部门。

本次用海调整不会对水文动力环境和冲淤环境产生不利影响。与变更前相比，对潮流场和冲淤环境的影响几乎没有变化。

项目施工悬浮泥沙超二类水质标准（ $>10\text{mg/L}$ 浓度范围）面积为 4.68km^2 ，超三类水质标准（ $>100\text{mg/L}$ 浓度范围）面积为 1.26km^2 。

工程建设共造成浮游植物损失量 3.63×10^{11} 个，浮游动物损失量 1.33t ，底栖生物损失量 44.5kg ，鱼卵损失量 1.94×10^7 ，仔稚鱼损失量 8.53×10^6 ，游泳生物损失量 313.52kg 。

本项目为福清兴化湾海上风电场一期项目的用海调整，项目在场址内对 3 台风机和海缆进行调整，项目选址、用海方式和用海期限均不变化，用海平面布置调整合理。项目用海面积量算准确，宗海图绘制符合《海籍调查规范》（HY/T124-2009）《海上风电开发建设管理办法》（国能新能[2016]394 号）等要求。

综上所述，本项目所在海域自然条件适宜，区位条件优越，社会经济条件优良；用海调整布置合理、用海面积和使用期限符合有关法律法规，符合国土空间规划，与开发利用活动相适宜。因此，本项目用海变更是可行的。

1 概述

1.1 论证工作来由

1.1.1 项目背景

《中华人民共和国可再生能源法》已于 2006 年 1 月 1 日生效,2007 年 9 月,国家发改委提出了《可再生能源的中长期发展规划》。风力发电作为清洁能源,具有显著的社会和环保效益,对于推动我国可再生能源发展有着重要意义,国家支持和鼓励对风电的开发。随着我国经济快速健康发展,电力需求日益加大。风力发电作为一种清洁的可再生绿色能源,能有效降低对煤、石油等不可再生资源的依赖,减少温室气体的排放,是新能源中极具发展潜力的一个领域。2015 年底,全国风电总装机容量已达到 145362MW。2012 年国家能源局印发了《风电发展“十二五”规划》,规划到 2020 年风电总装机规模超过 2 亿 kW,其中海上风电装机容量达到 3000 万 kW。截止到 2023 年,全国风电总装机容量已达到 4.4 亿千瓦。

福建省海域广阔、海岸线长,全省海域面积有 13.6 万 km²,海岸线总长 375 2km,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,其年平均风速大,风向稳定,是全国风资源最丰富的地区之一,厦门以南地区与闽江口以北地区近海风资源也较为丰富。福建省近海区域靠近电网负荷中心,接入线路短,施工交通条件较好,具有较好的海上风电场建设条件,适合大规模开发海上风电。

2009 年 5 月 26 日,国家能源局下发了《国家能源局关于印发海上风电场工程规划工作大纲的通知》(国能新能〔2009〕130 号),布置开展全国和各省的海上风电场工程规划工作。福建省发改委高度重视此项工作,专门召开会议研究部署福建省海上风电场工程规划,并以闽发改交能〔2009〕442 号文转发了上述文件。《福建省海上风电场工程规划报告》2009 年 11 月底提交规划报告初稿,2010 年 7 月提交规划报告送审稿,2010 年 7 月通过省发改委组织的预审查,2014 年 3 月通过水电总院审查,福建省兴化湾海上风电场列入福建省海上风电场规划场址,规划总容量为 300MW,属于福建省海上风电场三个示范项目之一。

为促进福建经济发展“赶超战略”目标的实现，充分发挥福建在我国一带一路倡议布局中的引领作用，2015年6月，中国长江三峡集团公司（以下简称三峡集团）与福建省人民政府、福州市人民政府分别签署了合作框架协议，明确“福建省支持三峡集团参与投资开发陆上及海上风电项目……支持三峡集团参与海上风电研发工作，支持三峡集团在福建建设能源装备企业……打造具有国际国内先进水平的海上风电技术创新平台和装备制造的福建省海上风电装备产业园区”。

1.1.2 项目前期进展情况

项目于2016年11月3日取得了《福建省发展和改革委员会关于福清兴化湾海上风电试验样机建设的复函》（闽发改能源函〔2016〕621号）（附件2）；

2017年2月24日福州市海洋与渔业局出具《关于福清兴化湾海上风电样机试验风场项目用海的预审意见》（榕海审查[2017]2号，附件3），意见认为项目用海基本可行。

2017年3月30日，福建兴化湾海上风电场一期项目获得福建省发展和改革委员会核准批复（《福建省发展和改革委员会关于福清兴化湾海上风电场一期项目核准的复函》闽发改网能源函〔2017〕44号，附件4）。

2017年9月14日国家海洋局东海分局出具了《关于福清兴化湾海上风电场一期（样机试验风场）海底电缆路由审查意见的复函》（海东管[2017]465号，附件5），原则同意《福清兴化湾海上风电场一期（样机试验风场）海底电缆路由勘察报告（报批稿）》中推荐的海底电缆路由。

2018年1月11日福建省人民政府出具了《关于福清兴化湾海上风电场一期项目用海的批复》（闽政海域〔2018〕1号，附件6），同意项目用海72.8499公顷，其中透水构筑物用海16.3026公顷，海底电缆管道用海56.5473公顷。

2018年2月2日获得不动产权证书，证书编号为闽（2018）海不动产权0000010号（附件7），因35kV临时登陆海缆与二期项目220kV海缆存在用海重叠，重叠部分采取立体分层确权，2024年7月15日重新取得不动产权证（闽（2024）海不动产权第0000055号，附件8）。

2018年12月27日，福清兴化湾海上风电场一期项目工程竣工验收。

1.1.3 工作由来

福清兴化湾海上风电场一期项目已完工，根据项目建设对A、B场区开发的

协调安排和周边电网并入的要求，一期项目初期接入系统采用过渡方案，即在福清核电东北侧设置 110kV 陆上临时升压站，14 台风机电能通过 3 回 35kV 海缆输送至陆上临时升压站再并入省电网。二期项目 220kV 送出工程投运后，一期项目输电路径由 Y10、Y1、Y6 风机改接至二期项目的 220kV 海上升压站，与二期电能一同输送至沙埔镇赤礁村西侧的电缆终端塔再并入省电网，原连接至陆上临时升压站的 35kV 海缆注销权证并进行拆除。一期项目改接至二期项目海上升压站的 3 条输电线路已同二期项目一同申请用海，一期项目登陆段 35kV 海底电缆计划拆除，同时与一期项目办理海域使用变更手续。

同时，本项目风机在施工时，根据风机场区地质详勘报告，由于 3 台风机位置地质条件较差，故对 3 台风机建设位置进行了调整，连接风机与风机之间的 35kV 海缆也随之调整。同时为适应场区内地质条件，将单桩和导管架基础改为高桩承台式基础。因此产生了实际用海与批复用海不一致的情况，需要根据实际情况进行用海变更。受建设单位委托，自然资源部第一海洋研究所承担了本项目海域使用变更论证报告书的编制工作。接受委托后，我所组织相关技术人员对项目海域及周边地区开展了海洋环境质量现状资料收集和现场踏勘，走访相关单位，收集有关资料、文献等，在此基础上，编制完成了《福清兴化湾海上风电场一期项目海域使用变更论证报告书》。

1.2 论证依据

1.2.1 法律法规

- (1) 《中华人民共和国海域使用管理法》，2002年1月1日；
- (2) 《中华人民共和国海洋环境保护法》（2023年10月24日第十四届全国人民代表大会常务委员会第六次会议第二次修订），2024年1月1日；
- (3) 《中华人民共和国海岛保护法》（2009年12月26日第十一届全国人民代表大会常务委员会第十二次会议通过），2010年3月1日；
- (4) 《中华人民共和国湿地保护法》，全国人大常委会，中华人民共和国主席令第一〇二号，2021年12月24日；
- (5) 《中华人民共和国港口法》（2018年修订），2018年12月29日；
- (6) 《中华人民共和国海上交通安全法》，2021年4月29日；
- (7) 《国务院关于修改〈中华人民共和国航道管理条例〉的决定》，2009年1月1日；
- (8) 《中华人民共和国渔业法》（2013年修正本），2013年12月28日；
- (9) 《中华人民共和国可再生能源法》（2016年修订），2006年1月1日；
- (10) 《中华人民共和国防治海岸工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》国务院令（2018）698号，2018年3月19日；
- (11) 《中华人民共和国自然保护区条例》，国务院令 第588号，2017年10月；
- (12) 《海洋自然保护区管理办法》（国家海洋局），1995年5月29日；
- (13) 《自然资源部关于规范海域使用论证材料编制的通知》自然资规〔2021〕1号，自然资源部，2021年1月；
- (14) 《产业结构调整指导目录（2024年本）》，国家发展和改革委员会，2024年2月1日；
- (15) 财政部国家海洋局印发《关于调整海域无居民海岛使用金征收标准》的通知，财综〔2018〕15号；
- (16) 《中华人民共和国民法典》十三届全国人大三次会议，2021年1月1日；
- (17) 《海域使用测量管理办法》（国海发〔2002〕22号），2002年10月1日；
- (18) 《海底电缆管道保护规定》（国土资源部令第24号），2004年3月1日；
- (19) 《关于铺设海底电缆管道管理有关事项的通知》（国海规范〔2017〕8号），

2017年5月；

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

(21)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）2016年12月29日；

(22)《农业部办公厅关于进一步规范水生生物增殖放流工作的通知》，农业部，2017年8月20日；

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

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

(25)关于印发《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》的通知（自然资发〔2022〕234号）；

(26)《福建省环境保护条例》(2016年4月1日修订)，1995年7月5日；

(27)《福建省湿地保护条例》，2016年9月30日；

(28)《福建省海域使用管理条例》(2018年3月31日修订)，2006年5月26日；

(29)《福建省海岸带保护与利用管理条例》，2017年9月30日；

(30)《福建省自然资源厅关于进一步深化用地用海要素保障全力稳经济大盘的通知》，闽自然资发〔2022〕57号，福建省自然资源厅，2022年8月10日；

(31)《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，自然资源部，2022年10月14日；

(32)《福建省自然资源厅关于进一步加强自然岸线保护管理的通知》，闽自然资发〔2023〕46号，福建省自然资源厅，2023年8月15日；

(33)《福建海事局海上风电场选址通航安全分析技术指南（2021年修订版）》，中华人民共和国福建海事局，2021年9月1日；

1.2.2 规划区划

(1)《福建省国土空间规划（2021-2035年）》，2023年11月19日；

(2)《福建省海洋环境保护规划（2011~2020）》（2011年5月）；

(3)《福建省海岛保护规划》（2011~2020年）；

- (4) 《福建省海岸带保护与利用规划(2016-2020年)》，2016年7月28日；
- (5) 《可再生能源中长期发展规划》（2007年9月）；
- (6) 《福建省“十三五”能源发展专项规划》（2016年）；
- (7) 《福建省海上风电场工程规划报告》（2017年3月获国家能源局批复，国能新能〔2017〕61号）；
- (8) 《福建省人民政府关于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的通知》，2021年3月2日；
- (9) 《福州港总体规划（2035年）》，2021年10月；
- (10) 《福州市国土空间总体规划（2021-2035年）》，2024年12月9日；

1.2.3 标准和规范

- (1) 《海域使用论证技术导则》（GB/T42361-2023）；
- (2) 《海籍调查规范》（HY/T124-2009）；
- (3) 《海域使用分类》（HY/T123-2009）；
- (4) 《海洋调查规范》（GB/T12763-2007）；
- (5) 《海洋监测规范》（GB17378-2007）；
- (6) 《海水水质标准》（GB3097-1997）；
- (7) 《海洋生物质量》（GB18421-2001）；
- (8) 《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）；
- (9) 《海域使用面积测量规范》（国海管字〔2002〕222号）；
- (10) 《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025）；
- (11) 《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）；
- (12) 《海底电缆管道路由勘查规范》（GB/T17502-2009）；
- (13) 《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007）；
- (14) 《电力工程电缆设计规范》GB50217-2007；
- (15) 《宗海图编绘技术规范》（HY/T251-2018）；
- (16) 《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）；
- (17) 《环境影响评价技术导则输变电》（HJ24-2020）；

1.2.4 项目基础资料

- (1)《福清兴化湾海上风电场一期（样机试验风场）项目可行性研究报告》，上海勘测设计研究院有限公司、福建省水利水电勘测设计研究院，2016年；
- (2)《福清兴化湾海上风电场一期(样机试验风场)项目通航安全影响论证报告》，武汉理工大学，2016年；
- (3)《福清兴化湾海上风电场一期（样机试验风场）项目水下噪声及电磁辐射对海洋生物的影响专题研究报告》，福建省东海海洋研究院，2016年；
- (4)《福清兴化湾海上样机试验风场海底电缆路由桌面研究报告》，自然资源部第三海洋研究所，2016年；
- (5)《福清兴化湾海上风电场一期（样机试验风场）项目鸟类影响评估报告》，福建省东海海洋研究院，2016年；
- (6)《福建福清兴化湾海上风电项目海洋环境现状调查报告》，福建省东海海洋研究院，2016年；
- (7)《福建福清兴化湾 300MW 海上风电工程海洋水文专题分析及观测全潮水文测验分析报告（秋季）》，福建省东海海洋研究院，2016年；
- (8)《兴化湾海上风电场一期项目（施工期）海洋环境跟踪监测报告书》，厦门中集信检测技术有限公司，2018年12月；
- (9)《2019年兴化湾海上风电场一期项目（运营期）海洋环境跟踪监测报告》，国家海洋局厦门海洋环境监测中心站，2019年11月；
- (10)《2020年兴化湾海上风电场一期项目（运营期）海洋环境跟踪监测报告》，国家海洋局厦门海洋环境监测中心站，2021年1月；
- (11)《2021年兴化湾海上风电场一期项目（运营期）海洋环境跟踪监测报告》，国家海洋局厦门海洋环境监测中心站，2021年12月；
- (12)《2022年兴化湾海上风电场一期项目（运营期）海洋环境跟踪监测报告》，国家海洋局厦门海洋环境监测中心站，2023年2月；
- (13)《福清兴化湾海上风电场一期项目海域使用评估报告（报批稿）》，国家海洋局宁德海洋环境监测中心站，2022年1月；
- (14)《三峡能源福清兴化湾海上风电场一期、二期项目风机（升压站）基础冲刷扫测和海缆埋深浅地层剖面探测技术报告》，福州陆海工程咨询有限公司，2023年6月。

- (15)《福清兴化湾海上风电场一期(样机试验风场)项目海域使用论证报告书(报批稿)》,自然资源部第一海洋研究所,2017年3月;
- (16)《万华化学(福建)新材料有限公司石化产业园项目海洋环境现状调查报告(春季、秋季)》,自然资源部第三海洋研究所,2021年11月;
- (17)《2021年福清兴化湾海上风电场二期项目运营期海洋环境跟踪监测报告》,国家海洋局宁德海洋环境监测中心站,2021年11月;
- (18)《福清兴化湾海上风电场一期、二期项目湿地占补平衡方案》,福州榕邦林业技术服务有限公司,2020年8月;
- (19)《福建福清兴化湾海上风电样机项目 Y1~Y4 机位工程地质勘察报告》,福建省水利水电勘测设计研究院,2016年9月;
- (20)《福建福清兴化湾海上风电样机项目 Y5~Y14 机位工程地质勘察报告》,福建省水利水电勘测设计研究院,2016年11月;
- (21)《福清兴化湾海上风电场项目对水鸟及其栖息地影响监测报告(2019-2023年)》,福州榕邦林业技术服务有限公司,2024年6月;

1.3 论证等级和范围

1.3.1 论证等级

本项目为变更用海方案重新报批,项目项目于2016年11月3日取得了《福建省发展和改革委员会关于福清兴化湾海上风电试验样机建设的复函》(闽发改能源函〔2016〕621号),2018年2月2日取得了不动产权证(闽(2018)海不动产权第0000010号),因35kV临时登陆海缆与二期项目220kV海缆存在用海重叠,重叠部分采取立体分层确权,2024年7月15日重新取得不动产权证(闽(2024)海不动产权第0000055号)。本次变更后用海方式包括透水构筑物 and 海底电缆管道,变更内容是将场区内部分风机机位进行了调整,同时拆除并注销原35kV登陆海缆,同一期项目申请用海变更手续。因此,本项目论证等级和论证范围不完全按照导则要求执行,界定的论证等级和论证范围仅做参考。

本项目用海包括透水构筑物用海(风机)和海底电缆管道用海(35kV海缆)。根据《海域使用论证技术导则》(GB/T42361-2023),本项目构筑物用海面积为15.6188hm²,所在海域为兴化湾,为敏感海域,论证等级为一级;海底电缆用海所有规模、敏感海域,论证等级为二级。根据“就高不就低”的原则,本项目论证

等级为一级。

表 1.3.1 海域使用论证等级判定

| 论证等级判据 | | | | | 本项目论证等级 | |
|-----------|---------|--|------|------|--|------|
| 一级用海方式 | 二级用海方式 | 用海规模 | 海域特征 | 论证等级 | 用海方式及规模 | 论证等级 |
| 构筑物用海 | 透水构筑物用海 | 构筑物总长度 $\geq 2000\text{m}$; 用海总面积 $\geq 30\text{hm}^2$ | 所有海域 | 一级 | 本项目透水构筑物用海面积为 24.5150hm^2 (风机用海面积) | 一级 |
| | | 构筑物总长度(400~2000)m; 用海总面积(10~30) hm^2 | 敏感海域 | 一级 | | |
| | | | 其他海域 | 二级 | | |
| | | 构筑物总长度 $\leq 400\text{m}$; 用海总面积 $\leq 10\text{hm}^2$ | 所有海域 | 三级 | | |
| 其他用海方式 | 海底电(光)缆 | 所有规模 | 敏感海域 | 二级 | 用海面积为 9.8154hm^2 | 二级 |
| | | | 其他海域 | 三级 | | |
| 本项目论证工作等级 | | | | | | 一级 |

1.3.2 论证范围

论证范围应依据项目用海情况、所在海域特征及周边海域开发利用现状等确定，应覆盖项目用海可能影响到的全部区域。本项目海域使用论证等级为一级，论证范围以项目风电场用海外缘线为起点进行划定，一级论证向外扩展 15km，海底电缆用海论证范围一级论证每侧向外扩展 5km。本项目论证范围见图 1.3.2-1，论证范围面积约 977.98k m²，拐点坐标见表 1.3.2-1。

表 1.3.2-1 论证范围拐点坐标

图 1.3.2-1 论证范围

1.4 论证重点

根据本项目变更后申请用海类型和用海方式、所在海域特征和对资源生态的影响程度等因素，确定论证重点包括用海变更必要性、用海变更平面布置合理性、资源生态影响分析和生态用海对策措施。

2 项目用海基本情况

2.1 用海项目建设内容

(1) 项目名称：福清兴化湾海上风电场一期项目。

(2) 项目性质：已建工程。

(3) 投资主体：福清海峡发电有限公司

(4) 地理位置：项目位于福清市牛头尾村西北侧，兴化湾北侧海域，场址中心距岸约 5.7km，海域水深 4.9~20.7m 之间，地理位置图见图 2.1-1~图 2.1-3。



图 2.1-1 地理位置图（行政图）

图 2.1-2 地理位置图（卫星图）

图 2.1-3 地理位置图（海图）

(5) 用海类型：根据《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》，一级类为“工矿通信用海”，二级类为“可再生能源用海”。根据《海域使用分类》，一级类为“工业用海”，二级类为“电力工业用海”。

(6) 用海方式：根据《海域使用分类》，风机用海方式为“构筑物”中的“透水构筑物”；海底电缆用海方式为“其它方式”中的“海底电缆管道”。

(7)工程规模:本项目建设风机样机 14 台(8 家风机厂家),总装机容量 77.4MW,单机容量为 5MW 风机装设 8 台、单机容量为 6MW 风机装设 4 台、单机容量为 6.7MW 风机装设 2 台,风机轮毂高度 85~100m,风机直径 128~158m,样机风机基础采用高桩承台基础。

2.2 平面布置和主要结构和尺度

2.2.1 工程总体布置

本项目建设风机样机 14 台(8 家风机厂家),单机容量为 5MW 风机装设 8 台、单机容量为 6MW 风机装设 4 台、单机容量为 6.7MW 风机装设 2 台,总装机容量 77.4MW,风机轮毂高度 85~100m,风机直径 128~158m,样机风机基础采用高桩承台基础。本项目总平面布置如图 2.2.1-1 所示,风机所发电能接入二期项目如图 2.2.1-2 所示。

表 2.2.1-1 本项目风机容量、基础信息表

| 风机序号 | 风机容量 | 风机厂家 | 桩基基础 |
|------|-------|------|---------|
| Y1 | 5MW | 太重 | 高桩混凝土承台 |
| Y2 | 5MW | 太重 | 高桩混凝土承台 |
| Y3 | 5MW | 海装 | 高桩混凝土承台 |
| Y4 | 5MW | 海装 | 高桩混凝土承台 |
| Y5 | 5MW | 湘电 | 高桩混凝土承台 |
| Y6 | 6.7MW | 金风 | 高桩混凝土承台 |
| Y7 | 6.7MW | 金风 | 高桩混凝土承台 |
| Y8 | 5MW | 明阳 | 高桩混凝土承台 |
| Y9 | 5MW | 明阳 | 高桩混凝土承台 |
| Y10 | 6MW | GE | 高桩混凝土承台 |
| Y11 | 6MW | GE | 高桩混凝土承台 |
| Y12 | 6MW | GE | 高桩混凝土承台 |
| Y13 | 6MW | 上气 | 高桩混凝土承台 |
| Y14 | 5MW | 东气 | 高桩混凝土承台 |

2.2.2 风电机组

(1) 风机机型

本项目风机采用了 8 家不同厂家、3 种风机容量的不同机型（表 2.2.2-1）。

表 2.2.2-1 样机型号及厂家

| 序号 | 厂家 | 实际容量 | 机组型号 | 机组型式 | 叶轮直径 (m) | MW 扫风面积 (m ²) | 轮毂中心高度 (m) | 叶轮额定转速 (rpm) | 发电机转速 (rpm) | 静态额定风速 (m/s) |
|----|--------------|-------|----------------|------------|----------|---------------------------|------------|--------------|-------------|--------------|
| 1 | 太原重工 (Y1、Y2) | 5MW | TZ5000/153 | 高速永磁 (半直驱) | 154 | 3723 | 105 | 10.1 | 1000 | 10.3 |
| 2 | 海装重工 (Y3、Y4) | 5MW | H128-5.0MW | 高速永磁 (半直驱) | 128 | 2572 | 85 | 12.5 | 1212 | 11.8 |
| 3 | 湘电风能 (Y5) | 5MW | XE140-5000 | 中压直驱永磁 | 140 | 3077 | 95 | 14.5 | 14.5 | 11 |
| 4 | 金风科技 (Y6、Y7) | 6.7MW | GW154/6700 | 直驱永磁 | 154 | 2778 | 103 | 11.5 | 11.5 | 12 |
| 5 | 广东明阳 (Y8、Y9) | 5MW | Myse5.5-155 | 中速永磁 (半直驱) | 158 | 3919 3563 | 105 | 12 | 278.24 | 10.1 |
| 6 | GE Y10~Y12 | 6MW | Haliade150-6MW | 直驱永磁 | 150 | 2943 | 100 | 11.5 | 11.5 | 12 |
| 7 | 上海电气 (Y13) | 6MW | SWT-6.0-154DD | 直驱永磁 | 154 | 3102 | 100 | 11 | 11 | 12 |
| 8 | 东方风电 (Y14) | 5MW | DEW-G5000 | 高速永磁 (半直驱) | 140 | 3077 | 90 | 12.17 | 1100 | 11.8 |

(2) 风机平面布置

风机机组所在海域主风向为 NE 向，机组布置以垂直主风向为首要原则，风场沿 NW-SE 方向共布置 3 排机组，每排机组的风电机数量在 4~5 台之间，风机行内间距 500m 左右，排内间距 1000m 至 1500m 左右。风电机组外缘包络线总面积约 6.9km²，整个区域东西长约 2.6km，南北长约 2.7km（图 2.2.2-1）。

图 2.2.2-1 风机平面布置

(3) 风机基础结构型式

本项目风机基础结构采用高桩混凝土承台基础型式，基础情况介绍如下：

本项目风机采用高桩混凝土承台基础，本方案采用 4 根 D3200mm（壁厚 40mm）的钢管桩作为基桩，桩长约 47m，若遇散体状强风化花岗岩层较厚的地质，考虑钢管桩打入一定深度的散体状强风化花岗岩后，采用灌注桩的形式，桩端位于弱风化岩内 8.4m，直径为 2.8m。若遇强风化花岗岩层较浅的地质，考虑钢管桩打入碎裂状强风化花岗岩顶面后，采用灌注桩的形式，桩端位于弱风化岩内 8.4m，直径为 2.8m。4 根基桩在承台底面沿半径 R=6.0m 的圆周均匀布置，桩为直桩。混凝土承台直径 18m，厚度 4.50m，承台底高程 5.50m，承台顶高程为 10.00m，预埋基础环顶高程为 15.00m。

直径 6.3m 的风机预埋基础环钢管位于承台中心，底端埋进入承台混凝土中约 3.50m，以保证与承台的固端连接，另外为保证上部风机荷载能直接有效传递给钢管桩，在风机预埋基础环和桩基础之间设钢连接件连接。混凝土承台施工时为了能做到干地施工，在承台下设厚 0.8m 的 C35 封底混凝土，混凝土承台预埋基础环顶端设操作平台面并通过法兰与风机塔架连接，承台顶高程为 10.00m。

由于该场址地质条件复杂，岩基面起伏较大和强风化花岗岩深度变化大，高桩承台基础桩主要受抗拔控制，为尽可能减少海上打桩和灌注混凝土作业时间，以及考虑场址潮差大的影响，尽可能使桩受拔减小，确定高桩混凝土承台的底高程。承台底高程确定为 4.7m。

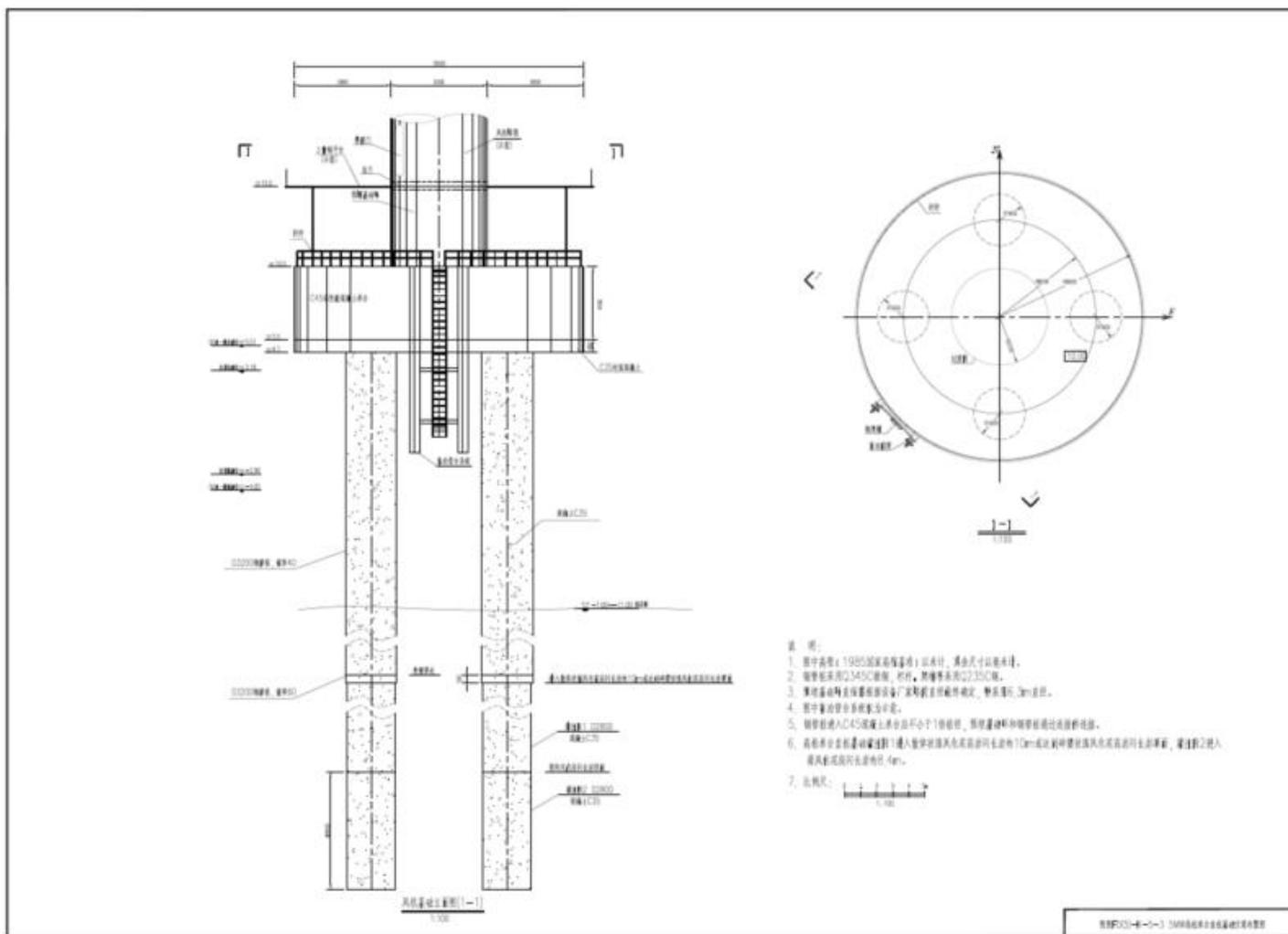


图 2.2.2-2 高桩承台基础方案示意图

2.2.3 海底电缆

本项目 35kV 电缆选用铜导体 3 芯交联聚乙烯绝缘分相铅护套钢丝铠装光复合海底电缆，规格为 HYJQF41-F1-26/35-3×120-300+24B1，26/35kV XLPE 绝缘电缆，电缆全程埋设于海底，埋设深度约为 3.0m。35kV 电缆结构断面图及说明见图 2.2.3-1。

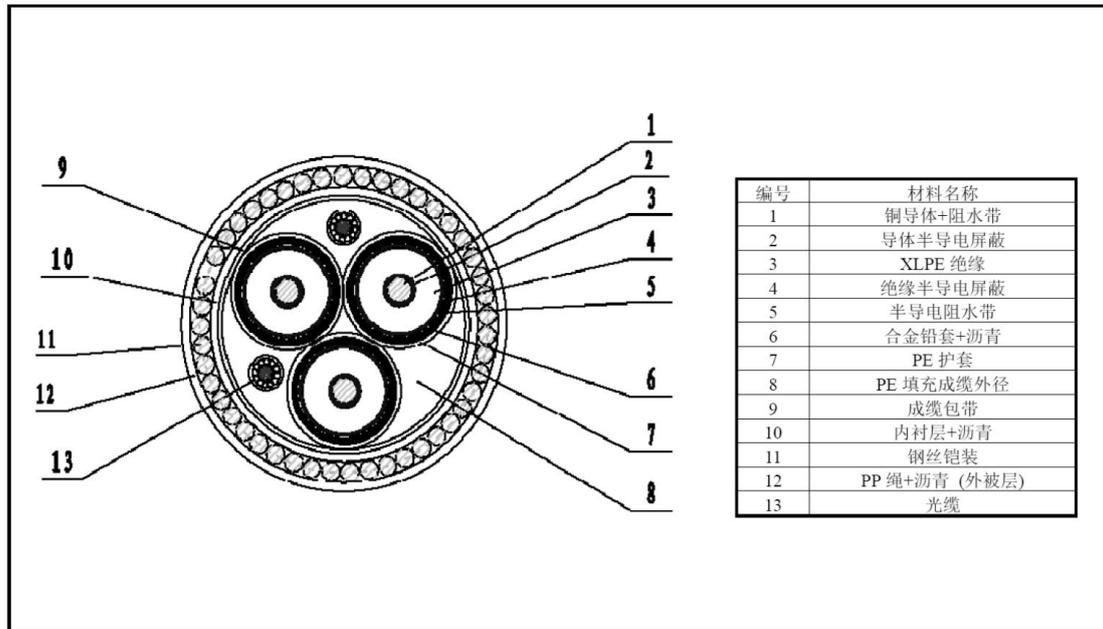


图 2.2.3-1 35kv 海底电缆结构剖面图

2.2.4 施工布置情况

本工程共设置 2 个施工临时布置区，其中 1#施工布置区设置在陆上升压站附近，主要为陆上升压站工程的临时设施，包括临时生活办公设施、综合加工厂等，2#临时生产生活区设置在江阴港码头后方陆域，主要为风机设备临时堆场、拼装区、各类仓库及生活、办公区。

1)施工现场作业区即兴化湾风电场样机工程场址，施工现场共有 14 台风机，现场布置船舶抛锚作业区、警戒区及设施等。

2) 1#施工布置区设置在陆上升压站附近，主要设施有综合仓库、综合加工厂、电气设备专用仓库、临时办公生活用房等。总建筑面积 1500m²，占地面积 5000m²。2#临时生产生活区设置在江阴港码头后方陆域，主要设施有风机设备堆场、组装机、风机工装设备与材料仓库、生活办公用房等。总建筑面积 5300m²，占地面积 42000m²。临时设施占地面积见表 2.3-1。

表 2.2.4-1 施工临时设施占地面积表

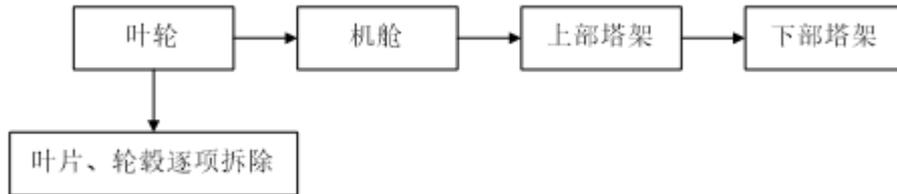
| 名称 | 1#施工布置区 | | 2#施工布置区 | |
|------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | 建筑面积 (m ²) | 占地面积 (m ²) | 建筑面积 (m ²) | 占地面积 (m ²) |
| 木材、钢筋加工厂 | 100 | 500 | 0 | 0 |
| 机械保养厂 | 50 | 200 | 0 | 0 |
| 材料仓库 | 150 | 400 | 0 | 0 |
| 设备仓库 | 200 | 600 | 2000 | 2000 |
| 砂石料堆场 | 0 | 500 | 0 | 0 |
| 钢结构堆场 | 0 | 500 | 0 | 8000 |
| 风机设备堆场 | 0 | 0 | 0 | 18000 |
| 风机安装场 | 0 | 0 | 0 | 10000 |
| 施工机械设备临时堆场 | 0 | 500 | 0 | 0 |
| 施工生活福利设施 | 1000 | 1800 | 3300 | 4000 |
| 合计 | 1500 | 5000 | 5300 | 42000 |

2.2.5 风电场弃置

风电场弃置时期需要进行各部位的拆除工作，此部分工作到时由建设单位另行委托单位进行影响分析，本报告仅对主要方法进行说明。

1、风机和塔架拆除工作

风机、塔架的拆除方案考虑采用分体拆除，由于风机拆除对船体稳定性要求不高，可采用浮船坞上 1000 吨履带式起重机实施分体拆除，将拆除后的风机、塔架吊放到方驳上，拖运至卸件码头，在陆上对叶片、轮毂各部件逐项拆除，整个拆除过程基本为风机设备安装的逆工序，施工顺序为：



2、风电机组基础拆除工作

(1) 先将承台下钢管桩肢解切割，承台由起重机吊至驳船。

(2) 下沉钢套箱

由于本工程区域地质为粉砂性土质，在不加以保护的情况下，开挖后海床受潮流的冲刷，在短时间内容易回淤，不能满足水下切割的作业要求，所以在钢管桩外下沉一钢套箱，阻断泥砂回淤。

利用起重船将钢套箱吊至基础钢管桩上方，确认基础钢桩位于钢套箱中央后，

起重船随之慢放吊缆，直至箱体底端与海底泥面接触，并靠自重初始入泥。潜水员进入钢套箱里面，使用清泥设备将箱内泥砂向下清理至 3m 深，形成水下切割工作环境。

(3) 水下切割

3、海底电缆拆除

各风机之间所经过的近海区域有大量的海底电缆需要拆除，计划采取的拆除方案为：敷缆船上牵引钢丝绳一端连接到船上的恒张力卷扬机上，另一端连接到装有退扭头的电缆拖拉头上，敷缆船沿电缆敷设方向边前行，边用开沟犁开挖，利用船舶卷扬机抽拉牵引钢丝绳，将电缆缓慢地抽出海床面。不能满足船驳吃水通行的区段和陆域部分，采用两栖挖掘机配合高压水枪或陆上挖掘机进行后拆除。

海底电缆拆除施工采用开沟犁开挖，会造成海域悬浮物起悬，对海水水质产生一定影响。对作业面上的底栖生物以及附近海域的海洋生物产生一定影响。相比于海底电缆施工时的水力冲射作业，其悬浮物起悬源强要小很多，造成的环境影响也相对较小。

因此，在做好废水、废物、油污产品以及生活垃圾等污染物接收工作后，严格施工管理的前提下，海缆拆除对于周边海域环境不会产生较大的影响。建议此部分工作到时由建设单位另行委托单位通过数值模拟等方式进行详细的影响分析。

2.2.6 工程量

本工程工程量主要包括风电机组基础工程量、升压变电站土建工程量、集电线路工程量等。主体工程主要工程量汇总见表 2.2.6-1。

表 2.2.6-1 高桩承台基础工程（下表为单台工程量）

| 项目编号 | 项目名称 | 单位 | 工程量 |
|---------|---|----------------|--------|
| 1.1 | 钢管桩工程 | t | |
| 1.1.1 | 钢管桩 (D3.2m, $\delta=4.0\sim 6.0\text{cm}$, L=47m,) Q345C | t | 626.1 |
| 1.1.2 | 桩外吊耳、加强环、牺牲阳极座, Q235C | t | 12.6 |
| 1.2 | 混凝土工程 | | |
| 1.2.1 | 混凝土承台基础 C45 高性能海工混凝土 | m ³ | 1202.4 |
| 1.2.2 | 桩混凝土 | | |
| 1.2.2.1 | 钢管桩内填芯微膨胀混凝土 C35 | m ³ | 1090.5 |
| 1.2.2.2 | 灌注段 1 混凝土 C35 | m ³ | 465.3 |
| 1.2.2.3 | 灌注段 2 混凝土 C35 | m ³ | 217.1 |
| 1.3 | 桩芯吸泥砂、灌注段工程 | | |
| 1.3.1 | 桩芯吸泥砂 (含约 10m 散体状强风化花岗闪长岩) | m ³ | 911.6 |
| 1.3.2 | 灌注段 1 造孔 $\phi 2800$ (4 根 18 米的灌注桩, 散体状强 | m | 72.0 |

| | | | |
|---------|--|----------------|--------|
| | 风化花岗闪长岩 10m 以下直到弱风化花岗闪长岩顶面) | | |
| 1.3.3 | 灌注桩 2 造孔 $\phi 2800$ (4 根 8.4 米的灌注桩, 弱风化花岗闪长岩) | m | 33.6 |
| 1.4 | 钢筋工程 | | |
| 1.4.1 | 承台钢筋 | | |
| 1.4.1.1 | 钢筋混凝土承台的钢筋(HRB400 为主) | t | 148.6 |
| 1.4.1.2 | 混凝土表面预埋件钢材(Q345C 为主) | t | 17.6 |
| 1.4.2 | 桩内填芯砼钢筋 | | |
| 1.4.2.1 | 桩内钢筋(HRB400 为主) | t | 212.7 |
| 1.5 | 防腐工程 | | |
| 1.5.1 | 钢管桩防腐工程量 | | |
| 1.5.1.1 | 800 μm 环氧玻璃鳞片漆 | m ² | 557.0 |
| 1.5.1.2 | AZ1 高效铝合金阳极(130kg/块) | t | 6.8 |
| 1.5.1.3 | PTC 包覆防腐 (其中 2 台基础用该防腐方案) | m ² | 591.2 |
| 1.5.1.4 | 800 μm 厚耐磨环氧玻璃鳞片重防腐漆 (其中 3 台基础用该防腐方案) | m ² | 591.2 |
| 1.5.2 | 混凝土承台表面防腐 | | |
| 1.5.2.1 | 表面硅烷浸渍 | m ² | 849.1 |
| 1.5.3 | 其它防腐工程 | | |
| 1.5.3.1 | 承台预埋件外表面 800 μm 厚双组份环氧漆+100 μm 厚聚氨酯面漆 | m ² | 170.1 |
| 1.5.3.2 | 承台上栏杆及爬梯的 316L 不锈钢防腐 | m ² | 63.0 |
| 1.5.3.3 | 防撞、靠船、系船柱表面 800 μm 厚耐磨环氧玻璃鳞片重防腐漆+100 μm 厚聚氨酯面漆 | m ² | 1200.6 |
| 1.5.3.4 | J 管固定钢管桩及支架等表面 800 μm 厚耐磨环氧玻璃鳞片重防腐漆 | m ² | 80.5 |
| 1.5.3.5 | 无机硅酸锌车间底漆 15 μm | m ² | 598.7 |
| 1.5.3.6 | 双组份环氧漆 800 μm +聚氨酯面漆 100 μm | m ² | 1687.5 |
| 1.5.3.7 | 双组份环氧漆 800 μm +环氧面漆 60 μm | m ² | 170.9 |
| 1.5.3.8 | 热浸镀锌, 锌层厚度 125 μm +环氧封闭漆 60 μm | m ² | 243.0 |
| 1.6 | 预埋基础环 (含法兰) 及连接件工程 | | |
| 1.6.1 | 预埋基础环 (含法兰) 安装 | 套 | 1 |
| 1.6.2 | 高桩承台连接件 | | |
| 1.6.2.1 | 连接件 Q345C 钢板 | t | 57.8 |
| 1.7 | 零星工程 | | |
| 1.7.1 | 靠船及防撞设施 | | |
| 1.7.1.1 | Q345C 钢材 | t | 94.5 |
| 1.7.1.2 | M36 锚栓, 特种型钢 | 套 | 360 |
| 1.7.1.3 | 橡胶护弦(DGH300 \times 2500) | 套 | 24 |
| 1.7.2 | J 型管 | | |
| 1.7.2.1 | J 型管制作安装 (Q345C, D325 \times 14) | t | 8.9 |
| 1.7.2.2 | J 型管喇叭口 (氯丁橡胶) | t | 0.04 |
| 1.7.2.3 | 固定钢管桩(D300mm, $\delta=12\text{mm}$) | t | 4.2 |
| 1.7.2.4 | 钢材 Q235C | t | 8.4 |
| 1.7.2.5 | 高强螺栓 (M30,8.8 级) | 套 | 100 |
| 1.7.3 | 工作平台 | | |
| 1.7.3.1 | 平台钢材 (Q345B) | t | 63.0 |
| 1.7.3.2 | 平台至工作平台楼梯 (Q235C) | t | 2.1 |
| 1.7.4 | 承台表面预埋件(Q345C 为主) | | |
| 1.7.4.1 | 钢材 Q235C | t | 6.3 |
| 1.7.4.2 | 锚固钢筋(HRB400 为主) | t | 6.3 |
| 1.7.5 | 钢爬梯 316L 不锈钢 | t | 2.3 |
| 1.7.6 | 平台栏杆钢材 (Q235C) | t | 4.3 |
| 1.7.8 | 预埋基础环外侧填缝和止水材料 | 套 | 1 |

| | | | |
|--------|-------------|---|-----|
| 1.7.9 | 砼承台表面集排水 | 套 | 1 |
| 1.7.10 | 系船柱钢材 Q345C | t | 2.1 |
| | | | |

2.3 项目用海变更情况

福清兴化湾海上风电场一期项目已完工，根据项目建设对 A、B 场区开发的协调安排和周边电网并入的要求，一期项目初期接入系统采用过渡方案，即在福清核电东北侧设置 110kV 陆上临时升压站，14 台风机电能通过 3 回 35kV 海缆输送至陆上临时升压站再并入省电网。

二期项目 220kV 送出工程投运后，一期项目输电路径由 Y10、Y1、Y6 风机改接至二期项目的 220kV 海上升压站，与二期电能一同输送至沙埔镇赤礁村西侧的电缆终端塔再并入省电网。原连接至陆上临时升压站的一期 35kV 海缆注销并拆除。一期项目改接至二期项目海上升压站的 3 条输电线路已同二期项目一同申请用海。一期项目登陆段 35kV 海底电缆计划拆除，同时与一期项目办理海域使用变更手续。

图 2.3-1 变更后总平面布置

图 2.3-2 变更前后平面布置对比

图 2.3-3 海缆实际敷设位置与变更前确权范围对比

2.3.1 风电机组变化情况

本次变更，风机厂家、数量、型号均未发生变化（表 2.3.1-1）。福建近岸海域地质条件和水文环境复杂，综合考虑施工条件和可行性，将风机基础由原方案中的单桩、导管架基础改为大直径嵌岩直桩承台基础（表 2.3.1-1）。同时根据地质详勘报告，由于原选定风机位置地质条件较差，存在大量中微风化岩夹层，将会给施工带来极大的施工风险和安全隐患，对 Y5、Y12 和 Y14 3 台风机位置进行了调整。其中 Y5 较原设计方案偏移 369m，Y12 偏移 92m，Y14 偏移 207m（图 2.3.1-1）。其他风机未超出原申请用海范围。

以下是地质详勘报告中关于部分风机移位的建议：“Y5 机位地表起伏较大，机位南、北两侧均有深槽，对风机基础稳定不利，建议设计对该机位进行移位。如无法移位，需采取必要的措施确保风机的稳定及安全。《福建福清兴化湾海上风电样机项目 Y5~Y14 样机工程地质勘察报告》”。

表 2.3.1-1 风机基础变化情况

| 风机序号 | 风机容量 | 风机厂家 | 变更前桩基基础 | 变更后桩基基础 |
|------|-------|------|---------|---------|
| Y1 | 5MW | 太重 | 高桩混凝土承台 | 高桩混凝土承台 |
| Y2 | 5MW | 太重 | 高桩混凝土承台 | 高桩混凝土承台 |
| Y3 | 5MW | 海装 | 高桩混凝土承台 | 高桩混凝土承台 |
| Y4 | 5MW | 海装 | 高桩混凝土承台 | 高桩混凝土承台 |
| Y5 | 5MW | 湘电 | 高桩混凝土承台 | 高桩混凝土承台 |
| Y6 | 6.7MW | 金风 | 导管架基础 | 高桩混凝土承台 |
| Y7 | 6.7MW | 金风 | 导管架基础 | 高桩混凝土承台 |
| Y8 | 5MW | 明阳 | 导管架基础 | 高桩混凝土承台 |
| Y9 | 5MW | 明阳 | 导管架基础 | 高桩混凝土承台 |
| Y10 | 6MW | GE | 高桩混凝土承台 | 高桩混凝土承台 |
| Y11 | 6MW | GE | 高桩混凝土承台 | 高桩混凝土承台 |
| Y12 | 6MW | GE | 高桩混凝土承台 | 高桩混凝土承台 |
| Y13 | 6MW | 上气 | 单桩基础 | 高桩混凝土承台 |
| Y14 | 5MW | 东方风电 | 单桩基础 | 高桩混凝土承台 |

图 2.3.1-1 变更前后风机位置对比

2.3.2 35kV 海缆变化情况

(1) 拟拆除 35kV 临时登陆海缆

一期项目登陆段 35kV 海缆计划拆除，施工前将办理一期项目海域使用变更手续，对一期权证中拆除的 3 回 35kV 海缆用海进行注销。

图 2.3.2-1 拟拆除 35kV 临时登陆海缆与其它项目位置关系

(2) 3 回改接海缆情况

一期项目所发电能经 Y10、Y1、Y6 风机通过 3 回 35kV 海缆改接至二期项目升压站，3 回 35kV 海缆长 3.3km。根据《福清兴化湾海上风电场二期（首运试验风场）项目海域使用论证报告书（报批稿）》，此部分海缆已并入二期项目建设内容，同二期工程一起申请用海（图 2.3.2-1、图 2.3.2-2）。经与业主沟通得知，此部分 3.3km 海缆目前尚未敷设。

图 2.3.2-2 福清兴化湾海上风电场二期（首运试验风场）项目申请宗海界址图

(3) 风机场区内 35kV 海缆变更情况

根据路由扫测结果，场内 35kV 海缆实际敷设结果超出了原确权用海范围，路由方案的调整导致用海范围和面积的变化，因此需要根据 35kV 海缆实际用海范围进行用海调整。根据地质详勘报告，由于风机场区地质条件的原因，对部分风机位置进行了调整，场区内 35kV 海缆走向也随之改变，场内 35kV 海缆实际敷设长度约 6.95km。

本报告根据《三峡能源福清兴化湾海上风电场一期、二期项目风机（升压站）基础冲刷扫测和海缆埋深浅地层剖面探测技术报告》（福州陆海工程咨询有限公司，2023 年 6 月）进行用海范围调整。

图 2.3.2-3 场区内 35kV 海缆布置变化对比

2.4 主要施工工艺和方法

2.4.1 风机基础施工

(1) 基础结构型式

高桩承台基础单个基础设四根直立嵌岩灌注桩，钢管桩段桩径 3.2m，钢管桩长度约 47m，壁厚 40mm~60mm，单根钢管桩重约 159.7t，材质 Q345C。钢管桩内灌注 C35 混凝土，嵌岩段采用 D2800 灌注桩。承台直径 9m，高度 5.3m。

(2) 钢管桩制作及运输

高桩承台基础单根钢管桩长约 47m，重约 159.7t，需超长大直径钢管桩 32 根。高桩承台基础钢管桩与单桩基础及导管架基础一样，统一在工程场区附近的大型钢结构制造企业进行卷制、焊接，钢管桩制作的工艺与单桩类似。

为减少运输船舶级别差异性，高桩承台基础钢管桩与单桩基础钢管桩运输船舶采用

同一级别驳船，即 2000t 级甲板运输驳船进行运输，由 2000HP 拖轮拖航。

（3）钢管桩沉桩施工

高桩承台基础单根钢管桩长约 47m，重约 159.7t，采用整根长管桩的沉桩施工方式，不考虑分段接桩焊接的处理。

针对整根管桩沉桩施工的方式，国内使用的沉桩系统多采用专业打桩船进行施工，对于专业打桩船的船型选择，需要船只的起吊设施具备植桩能力大于 180t，桩架高度大于 70m 的要求，受施工设备性能的限制，本工程采用起重船吊打的方式进行大直径超长管桩的沉桩施工。

综上所述，根据风电场水深情况，结合国内现有装备，本项目基础桩采用起重船配合定位架吊打沉桩。

根据高桩承台基础钢管桩施打尺寸，选择 S-800 型液压打桩锤作为首选锤型，S-1200 型液压打桩锤作为备选。

（4）钢管桩嵌岩施工

高桩承台钢管嵌岩桩钻孔直径 2800mm，钻孔岩性主要为花岗岩。目前，嵌岩桩施工所采用的国产钻机主要有 GZY-3000、ZD3000、ZJD-2800 可满足要求，本工程采用采用 ZJD-2800 反循环凿岩钻机钻孔。

①钻机选择

为满足本项目嵌岩桩桩径及孔深要求，选用 ZJD-2800 反循环凿岩钻机，ZJD2800/180C 型全液压钻机主要用于大口径、大深度或硬质岩等复杂地层的桩基或竖井的钻孔施工，其钻孔最大直径为 2.8m，钻孔最深深度为 150m，嵌岩最大强度可达 200MPa。

②嵌岩施工

嵌岩施工平台设置 2 套嵌岩钢平台。施工平台搭设后，利用起重船将钻机吊至平台需施工的桩位就位并进行安装。安装时根据已施打的钢管桩调整桩机机位，经反复校正完全符合要求后进行固定。钻进工艺参数根据工程地质条件、嵌岩深度确定。

当钻机就位后调节钻机底座和钻架液压杆，对中后即可开钻。

清孔成孔达到设计深度后，先进行检测，满足要求后方进行清孔。采用二次清孔，清孔采用气举反循环工艺清孔。一根管道连接空压机送至孔底，通过空压机使孔底沉渣上翻，再注清水使沉渣溢出。清孔时以一清为主，二清为辅，尽量确保一清达到效果，如一清沉渣仍大于设计要求，则进行二次清孔，清孔后孔底沉渣严禁大于 3cm。

③钢筋笼制作及安装

钢筋笼的制作场地设置在岸边，由于桩基的钢筋笼长度不大，因此在陆地加工时，拼装成完整的钢筋笼，钢筋笼制作完成后运输船运至现场，由浮吊安装钢筋笼。

④混凝土浇筑

混凝土采用搅拌船自拌，首灌料必须待料斗灌满混凝土后再打开塞子，靠混凝土的自重和向下的冲力将孔内的泥浆翻出，避免导管堵塞。随时注意测量混凝土的浇筑标高，防止导管埋管或将导管提出混凝土面的事故发生，混凝土浇筑前复查孔深及沉渣厚度，混凝土浇筑一次完成。承台混凝土采用钢套筒立模，混凝土达到龄期后分片拆除侧面模板。

(5) 高桩承台基础施工主要船机设备

表 2.4.1-1 高桩承台基础施工船机设备配置表

| 序号 | 机械设备名称 | 单位 | 型号规格 | 数量 | 备注 |
|----|--------|----|----------------------|----|----------------------------------|
| 1 | 浮式起重船 | 艘 | 600t 级（起重能力）及以上 | 1 | 立桩，稳桩（可考虑以全回转起重船为主，固定扒杆式起重船作为备选） |
| 2 | 浮式起重船 | 艘 | 350t 级（起重能力）及以上 | 1 | 辅助立桩，稳桩以及施工辅助平台吊装 |
| 3 | 甲板驳船 | 艘 | 2000t 级 | 1 | 钢管桩运输 |
| 4 | 振动锤 | 套 | 150t | 1 | 四联动，值桩、打桩 |
| 5 | 打桩锤 | 套 | S800 型液压打桩锤 | 1 | S1200 型液压打桩锤备用一套 |
| 6 | 嵌岩钻机 | 套 | ZJD2800 | 2 | 灌注桩嵌岩施工 |
| 7 | 甲板驳船 | 艘 | 1000t 级 | 1 | 附属设施运输 |
| 8 | 拖轮 | 艘 | 2000HP 及以上 | 4 | 拖运、移位船只 |
| 9 | 混凝土搅拌船 | 艘 | 120m ³ /h | 2 | 混凝土浇筑 |
| 10 | 交通艇 | 艘 | | 2 | 接送人员 |
| 11 | 抛锚艇 | 艘 | | 4 | 甲板驳、起重船等起抛锚 |
| 12 | 补给船 | 艘 | | 2 | 淡水与生活物资补给 |

2.4.2 风机机组安装

本工程采用风机分体安装方案。

(1) 风机组件预拼装

为减少海上操作的时间，提高海上作业效率，风机设备先在陆上进行部分部件的组装工作。本工程选择距离工程区域约 20km，场地条件较为成熟的江阴港 5#码头作为预拼装基地。风机底节塔筒及内部电气设备在码头预组装。基地预拼装和部件过驳采用 750t 履带吊，150t 轮胎吊配合。

(2) 风机部件场内运输

预拼装部件及其他散件采用 2000t 级甲板驳运输，1500HP 拖轮拖带，海上运输距离约 20km。

(3) 风机安装

1) 深水区风机安装

深水区共 5 台风机，风机设备采用分体安装，深水区安装设备采用自升降式支腿平台船，配置有 1000t 左右起重能力的全回转起重机。

自升式支腿平台船到达拟安装机位处后，完成桩腿预压、入泥下沉、顶升、平稳等工序后，船舶上升至海面以上形成稳定的操作平台，进行风机各零散设备的组装工作。

风机吊装顺序是：下段塔筒→中段塔筒→上段塔筒→机舱→发电机→叶轮，其中叶轮组合体事先在平台船上拼装完成。

2) 浅水区风机安装

浅水区共 9 台风机，采用充水式半潜驳进行安装。半潜驳配置 1000t 履带吊和 350t 履带吊各一台。

半潜驳趁高潮进入施工风机机位，退潮后座滩形成稳定的操作平台，进行风机各零散设备的组装工作。

风机各部件安装方式同深水区支腿式平台船安装方式。

2.4.3 施工进度回顾

本项目于 2016 年 12 月 23 日开工建设，2018 年 8 月 29 日工程竣工。

其中高桩承台钢管桩沉桩施工时间为 2017 年 2 月 27 日至 2017 年 10 月 27 日；

高桩承台基础施工时间为 2017 年 3 月 6 日至 2018 年 6 月 22 日；

风机安装施工时间为 2017 年 7 月 16 日至 2018 年 7 月 6 日；

海缆敷设起止时间 2017 年 8 月 29 日~2018 年 4 月 19 日；

风机并网发电时间为 2017 年 9 月 29 日至 2018 年 8 月 29 日。

2.5 项目调整后的用海情况

2.5.1 项目申请用海类型

项目调整后用海类型和用海方式未发生变化。项目用海类型一级类为“工业用海”，二级类为“电力工业用海”；风机用海方式为“构筑物”中的“透水构筑物”；海底电缆用海方式为“其它方式”中的“海底电缆管道”。

2.5.2 项目申请用海面积

本项目申请用海总面积 34.3304hm²，其中透水构筑物（风机）用海面积为 24.5150 hm²，海底电缆管道用海 9.8154hm²（场内 35kV 海缆）。

2.5.3 项目申请用海年限

本工程用海属于工业用海中的电力工业用海，根据《中华人民共和国海域使用管理法》第二十五条（六）的规定，港口、修造船厂等建设工程用海最高期限五十年。

由于本项目此前已取得海域使用权证，根据不动产权证书，本项目申请用海期限为 2018 年 2 月 2 日至 2045 年 2 月 1 日。

2.6 项目用海调整的原因和必要性

2.6.1 用海调整原因

福清兴化湾海上风电场一期项目已建设完工，根据项目建设对 A、B 场区开发的协调安排和周边电网并入的要求，一期项目接入系统采用过渡方案，即在福清核电东北侧设置 110kV 陆上临时升压站，14 台风机电能通过 3 回 35kV 海缆输送至陆上临时升压站再并入省电网。二期项目 220kV 送出工程投运后，一期项目输电路径改为接入二期项目的 220kV 海上升压站，与二期电能一同输送至沙埔镇赤礁村西侧的电缆终端塔再并入省电网，原连接至陆上临时升压站的 35kV 海缆注销权证并拆除。

根据地质详勘报告，由于地质条件的原因，原计划中的单桩和导管架基础无法达到施工条件，故将原方案中的单桩和导管架基础改为高桩承台基础，同时根据地质条件对 3 台风机位置进行了调整。

根据路由扫测结果，海缆实际敷设结果超出了原确权用海范围，需要根据实际敷设情况进行用海调整。

因此本项目需要根据实际建设情况进行用海变更。

2.6.2 用海调整必要性

根据《产业结构调整指导目录 2024 年本》，项目建设属于“五、新能源”中“风力发电技术与应用”为第 1 项鼓励类项目。本项目为海上风电场建设项目，属于产业结构调整鼓励类项目。因此，本项目建设符合国家产业政策的要求。

《福建省海上风电场工程规划报告》2009 年 11 月底提交规划报告初稿，2010 年 7 月提交规划报告送审稿，2010 年 7 月通过省发改委组织的预审查，2014 年 3 月通过水电总院审查，福建省兴化湾海上风电场列入福建省海上风电场规划场址，规划总容量为 300MW，属于福建省海上风电场三个示范项目之一。

根据路由扫测结果，部分海缆实际敷设结果超出了原确权用海范围，部分风机位置根据地质条件进行了调整。根据《中华人民共和国海域使用管理法》和《海域使用权管理规定》的有关规定，本项目需要根据实际建设情况进行用海调整。

根据《福清兴化湾海上风电场一期项目海域使用评估报告（报批稿）》（国家海洋局宁德海洋环境监测中心站，2022 年 1 月）的评估结果：经评估，本项目基本符合风电用海政策、海洋功能区划和生态保护红线的管控要求，基本落实海域使用管理对策措施，对

海洋生态环境的影响较小，生态修复措施切实可行，无海洋风险应急事故发生。在落实本报告提出的各项建议措施的前提下，本项目继续用海是可行的，建议予以保留。”

因此，项目用海调整是必要的。

3 项目所在海域概况

3.1 海洋资源概况

本节略。

3.2 海洋生态概况

本节略。

4 资源生态影响回顾性分析

4.1 生态评估

本项目为海上风力发电项目，用海方式包括透水构筑物 and 海底电缆管道。本项目已于 2018 年 8 月建成投产发电，因此生态评估和后续影响均为回顾性分析。

(1) 海域水动力和冲淤环境的影响

风电场建设对工程区附近海域水动力和冲淤环境产生一定影响，主要集中在风机周边的小范围内，影响程度和范围较小，海缆建设对水动力和冲淤环境几乎没有影响。关键预测因子为潮流。

(2) 水环境影响

风电场建设期，桩基基础施工和海缆敷设施工会造成区域悬浮物浓度升高，部分区域超过相应的海水水质标准；施工期和运营期的污水和固体废物均不向海域排放，不会破坏海水水质，关键预测因子为悬浮物。

(3) 沉积物环境

施工期，桩基基础施工、海缆敷设和风机安装船固定桩腿入土会造成海底沉积物的悬浮再沉降，无外部污染物输入，仅造成沉积物的分选、位移，不会对沉积物质量产生不利影响，因此沉积物环境不作为预测重点。

(3) 生态影响

桩基和海缆占用海底，造成底栖生物资源损失，风机桩基和电缆施工悬浮物造成水质超标，进而影响海洋浮游生物、鱼卵、仔稚鱼和游泳动物，预测因子为底栖生物、鱼卵仔鱼、浮游生物、游泳动物。

本项目的用海方式为透水构筑物和海底电缆管道，海底电缆管道对海洋水文和冲淤环境几乎无影响，风机的影响仅集中在桩基周边小范围内，不产生叠加影响，因此无需

开展不同平面布置的对比分析。

4.2 资源影响分析

4.2.1 海洋生物资源损失

根据《福清兴化湾海上风电场一期（样机试验风场）项目海域使用论证报告书（报批稿）》（自然资源部第一海洋研究所，2017年3月）计算结果，项目报批阶段的生态补偿金额为259.21万元。

本次变更为场内35kV海缆长度和风机基础进行了调整，生物资源损失也会有所差异。因此，本报告依据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007），根据项目实际建设情况对生态损失量重新进行了计算。

（1）评估方法

①悬沙造成的生物资源损失

污染物扩散范围内对海洋生物资源的损害评估，分一次性损害和持续性损害。

本工程施工期间产生的悬浮泥沙浓度增量在区域存在时间少于15天，因此按一次性平均受损量评估。

悬浮泥沙对海洋生物资源损害，按公式4.2.1-1计算：

$$W_i = \sum_{j=1}^n D_{ij} \times S_j \times K_{ij} \dots\dots\dots (4.2.1-1)$$

式中：

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

D_{ij} ——某一污染物第*j*类浓度增量区第*i*种类生物资源密度，单位为尾平方千米(尾/km²)、个平方千米（个/km²)、千克平方千米（kg/km²)；

S_j ——某一污染物第*j*类浓度增量区面积，单位为平方千米（km²)；

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

生物资源损失率取值参见表4.2.1-1。

n——某一污染物浓度增量分区总数。

②占用水域造成的生物资源损失

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。各种类生物资源损害量评估按以下公式计算：

$$W_i = D_i \times S_i$$

式中：

W_i ——第 i 种类生物资源受损量，单位为尾、个、千克（kg）；

D_i ——评估区域内第 i 种类生物资源密度，单位为尾（个）每平方千米[尾（个）/km²]、尾（个）每立方千米[尾（个）/km³]、千克每平方千米（kg/km²）；

S_i ——第 i 种类生物占用的渔业水域面积或体积，单位为平方千米（km²）或立方千米（km³）。

为了和项目审批阶段方案进行对比，生物量均采用原批复阶段海洋生态资料，来核算生物损失量。浮游植物、浮游动物、底栖生物、潮间带生物、鱼卵、仔稚鱼、渔业资源的生物资源密度根据 2016 年春季和 2016 年秋季的调查结果，取平均值，生物资源密度见表 4.2.1-2。

表 4.2.1-1 污染物对各类生物损失率

| 污染物 i 的超标倍数 (Bi) | 各类生物损失率 (%) | | | |
|------------------|-------------|-------|-------|-------|
| | 鱼卵和仔稚鱼 | 成体 | 浮游动物 | 浮游植物 |
| Bi≤1 倍 | 5 | <1 | 5 | 5 |
| 1<Bi≤4 倍 | 5~30 | 1~10 | 10~30 | 10~30 |
| 4<Bi≤9 倍 | 30~50 | 10~20 | 30~50 | 30~50 |
| Bi≥9 倍 | ≥50 | ≥20 | ≥50 | ≥50 |

注：1.本表列出污染物 i 的超标倍数(Bi)，指超《渔业水质标准》或超II类《海水水质标准》的倍数，对标准中未列的污染物，可参考相关标准或按实际污染物种类的毒性试验数据确定；当多种污染物同时存在，以超标标准倍数最大的污染物为评价依据。
2.损失率是指考虑污染物对生物繁殖、生长或造成死亡，以及生物质量下降等影响因素的综合系数。
3.本表列出的对各类生物损失率作为工程对海洋生物损害评估的参考值。工程产生各类污染物对海洋生物的损失率可按实际污染物种类，毒性试验数据作相应调整。
4.本表对 pH、溶解氧参数不适用。

表 4.2.1-2 工程附近海域生物资源密度

| 类别 | 平均生物量/生物密度 | 平均生物量/生物密度 | 监测时间 |
|------|------------|------------|----------|
| 浮游植物 | ██████████ | ██████████ | 2016 年春季 |
| | ██████████ | ██████████ | 2016 年秋季 |
| 浮游动物 | ██████████ | ██████████ | 2016 年春季 |
| | ██████████ | ██████████ | 2016 年秋季 |
| 底栖生物 | ██████████ | ██████████ | 2016 年春季 |
| | ██████████ | ██████████ | 2016 年秋季 |
| 鱼卵 | ██████████ | ██████████ | 2016 年春季 |
| | ██████████ | ██████████ | 2016 年秋季 |
| 仔稚鱼 | ██████████ | ██████████ | 2016 年春季 |
| | ██████████ | ██████████ | 2016 年秋季 |

| | | | |
|------|----------|----------|----------|
| 游泳动物 | ████████ | ████████ | 2016 年春季 |
| | ████████ | | 2016 年秋季 |

(3) 损失量计算

1) 风机管桩占用和海缆开挖造成的海洋生物资源损失

本工程高桩承台基础采用 4 根钢管桩，单根钢管桩半径 3.2m；导管架基础采用 4 根钢管柱，单根钢管柱直径 2.5m，风机占用海域面积共计 0.0423 公顷。场区内 35kV 海缆长度 6.95km，作业宽度按 1.0m 计算，电缆敷设占用海域面积约为 0.695hm²。场区内平均水深取 10m。

表 4.2.1-3 风机管桩占用和海缆开挖造成的生物资源损害评估

| 补偿类型 | 生物类型 | 平均生物量 | | 占用面积 S (hm ²) | 水深 h (m) | 损失数量 | | 单位 |
|------|------|--------------------|------|------------------------------|-------------|----------------------|--|----|
| | | D | | | | D×S×h | | |
| 海缆开挖 | 底栖动物 | g/m ² | ████ | 0.695 | / | 27.66 | | Kg |
| 风机管桩 | 浮游植物 | 个/m ³ | ████ | 0.0423 | 10 | 1.31×10 ⁸ | | 个 |
| | 浮游动物 | g/m ³ | ████ | 0.0423 | 10 | 477.99 | | g |
| | 鱼卵 | 粒/m ³ | ████ | 0.0423 | 10 | 7783.2 | | 粒 |
| | 仔稚鱼 | 尾/m ³ | ████ | 0.0423 | 10 | 3426.3 | | 尾 |
| | 游泳生物 | kg/km ² | ████ | 0.0423 | / | 0.35 | | Kg |
| | 底栖生物 | g/m ² | ████ | 0.0423 | / | 16.84 | | Kg |

本项目占用海域共造成浮游植物损失 1.31×10⁸ 个，浮游动物损失 0.48kg，鱼卵损失 7.8×10³ 粒，仔稚鱼损失 3.4×10³ 尾，游泳生物损失 0.35kg，底栖生物损失 44.5kg。

2) 悬浮泥沙扩散造成的海洋生物资源损失

根据水质影响模预测结果，海缆埋设施工产生的悬浮泥沙浓度在 10mg/L<S≤50mg/L 面积为 2.43km²，50mg/L<S≤100mg/L 面积为 0.99 km²，S>100mg/L 面积为 1.27km²。悬浮泥沙扩散影响海域内区平均水深 10m。施工悬沙造成的生物资源损失见下表。

表 4.2.1-4 悬浮泥沙造成的生物资源损害评估表

| 生物类型 | 平均生物量 | | 悬沙浓度范围 mg/L | 生物资源损失率% | 影响面积 (km ²) | 水深(m) | 损失量 | | |
|------|-------|--------------------|-------------|----------|-------------------------|-------|-----------------------|-----------------------|----|
| | D | | | | | | 损失量 | 合计 | 单位 |
| 浮游植物 | ████ | 个/m ³ | 10~50 | 10% | 2.43 | 7 | 7.51×10 ¹⁰ | 3.63×10 ¹¹ | 个 |
| | | | 50~100 | 30% | 0.99 | 7 | 9.18×10 ¹⁰ | | |
| | | | >100 | 50% | 1.27 | 7 | 1.96×10 ¹¹ | | |
| 浮游动物 | ████ | g/m ³ | 10~50 | 10% | 2.43 | 7 | 2.75×10 ⁵ | 1.33×10 ⁶ | g |
| | | | 50~100 | 30% | 0.99 | 7 | 3.36×10 ⁵ | | |
| | | | >100 | 50% | 1.27 | 7 | 7.18×10 ⁵ | | |
| 游泳生物 | ████ | kg/km ² | 10~50 | 1% | 2.43 | / | 20.2 | 313.17 | kg |
| | | | 50~100 | 10% | 0.99 | / | 82.2 | | |
| | | | >100 | 20% | 1.27 | / | 211 | | |

| | | | | | | | | | |
|-----|---|------------------|--------|-----|------|---|----------------------|----------------------|---|
| 鱼卵 | ■ | 粒/m ³ | 10~50 | 5% | 2.43 | 7 | 2.24×10 ⁶ | 1.94×10 ⁷ | 粒 |
| | | | 50~100 | 30% | 0.99 | 7 | 5.46×10 ⁶ | | |
| | | | >100 | 50% | 1.27 | 7 | 1.17×10 ⁶ | | |
| 仔稚鱼 | ■ | 尾/m ³ | 10~50 | 5% | 2.43 | 7 | 9.84×10 ⁵ | 8.53×10 ⁶ | 尾 |
| | | | 50~100 | 30% | 0.99 | | 2.41×10 ⁶ | | |
| | | | >100 | 50% | 1.27 | 7 | 5.14×10 ⁶ | | |

根据计算结果，本项目悬浮泥沙扩散共造成浮游植物总损失量为 3.63×10¹¹ 个，浮游动物总损失量为 1.33t，游泳生物损失量为 313.17kg，鱼卵损失量为 1.94×10⁷ 粒，仔稚鱼损失量为 8.53×10⁶ 尾。

3) 小结

综上，工程建设共造成浮游植物损失量 3.63×10¹¹ 个，浮游动物损失量 1.33t，底栖生物损失量 44.5kg，鱼卵损失量 1.94×10⁷，仔稚鱼损失量 8.53×10⁶，游泳生物损失量 313.52kg。

(4) 生物资源补偿分析

根据中华人民共和国水产行业标准《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》的规定：① “占用渔业水域的生物资源损害赔偿，占用年限 20 年以上的，按不低于 20 年补偿”，风机管桩建设属永久性占渔业水域，补偿年限按 20 年计算；② “一次性生物资源的损害赔偿为一次性损害额的 3 倍”，施工阶段因海缆敷设挖沟，造成的生物资源损害属一次性损害，按 3 倍进行补偿。

由于浮游生物价值量较低，不计算其经济损失。

鱼卵、仔稚鱼经济价值按下式计算：

$$M = W \times P \times E$$

式中：

M —鱼卵、仔稚鱼经济损失金额（元）；

W —鱼卵、仔稚鱼损失量（个，尾）；

P ——鱼卵和仔稚鱼折算为鱼苗的换算比例，鱼卵生长到商品鱼苗按 1%成活率计算，仔稚鱼生长到商品鱼苗按 5%成活率计算，单位为百分比（%）；

E ——鱼苗的商品价格，根据项目实际建设时间的主要鱼类苗种平均价格计算。

底栖生物经济价值按下式计算：

$$M = W \times E$$

式中：

M ——经济损失额，单位为元（元）；

W ——生物资源损失量，单位为千克（kg）；

E ——生物资源的价格，底栖生物的价格按当地当年的海洋捕捞产值与产量均值的比值计算。

表 4.2.1-5 生物资源损失经济补偿明细

| 补偿类型 | 生物类型 | 损失量 | 成活率 | 单价 | 补偿年限 (或倍数) | 补偿金额 (万元) |
|------------|----------|--------------------|-----|-----------|---------------|--------------|
| 悬浮泥沙 | 鱼卵(粒) | 1.36×10^7 | 1% | 0.5 元/粒 | 3 | 29.08 |
| | 仔稚鱼(尾) | 5.97×10^6 | 5% | 0.5 元/尾 | 3 | 64.0 |
| | 游泳生物(kg) | 313.17 | / | 10000 元/t | 3 | 0.94 |
| 海缆开挖 | 底栖生物(kg) | 27.66 | / | 10000 元/t | 3 | 0.08 |
| 风机管桩 占用 | 底栖生物(kg) | 16.84 | / | 10000 元/t | 20 | 0.34 |
| | 鱼卵(粒) | 5448.24 | 1% | 0.5 元/粒 | 20 | 0.08 |
| | 仔稚鱼(尾) | 2398.41 | 5% | 0.5 元/尾 | 20 | 0.17 |
| | 游泳生物(kg) | 0.35 | / | 10000 元/t | 20 | 0.01 |
| 合计 | | 94.7 万元 | | | | |

根据计算结果，生物资源损失经济补偿额共为 94.7 万元。

4.2.2 项目用海对渔业资源的影响

4.2.2.1 施工期对渔业的影响

本项目已于 2018 年 8 月建成投产发电，因此施工期影响仅做回顾性分析。

(1) 施工期间产生悬浮泥沙对渔业资源的影响

悬浮物对鱼类和其它水生生物的影响可分为两大类：一类是悬浮固体在水中的影响，一类是悬浮固体沉降到水底后产生的影响。

项目施工期对渔业资源的影响已在 4.2.1 节中进行分析计算。

(2) 施工噪声对渔业资源的影响分析

施工过程中由于施工现场的作业船舶过于频繁，会惊扰或影响部分仔幼鱼索饵、栖息活动，但绝大部分可能受到影响的鱼类可以回避。在拟建工程附近海域未发现珍稀和濒危物种。由于春夏季节是鱼、虾类产卵、仔幼鱼索饵季节，建议海上施工尽量避开这一季节。

(3) 施工期对捕捞作业的影响

本项目风电场施工作业期间，施工范围内划定安全作业区，渔船无法进入施工作业范围开展捕捞活动，作业范围受限。海缆敷设为线性施工，且施工作业时间较短，对捕捞活动的影响较小。施工产生的噪声、悬浮泥沙会造成一定的渔业资源损失，影响捕捞业的渔获量。项目施工期会对周边渔民的捕捞作业活动产生一定的影响。

4.2.2.2 运营期对渔业的影响

根据《海底电缆管道保护规定》（国土资源部令第 24 号），沿海宽阔海域为海底电缆管道两侧各 500 米范围内属于海底电缆管道保护区，“保护区内将禁止在从事挖砂、钻探、打桩、抛锚、拖锚、底拖捕捞、张网、养殖或者其它可能破坏海底电缆管道安全的海上作业。”本项目建成后，在该保护区范围内将禁止捕捞、养殖等渔业活动，对渔业生产产生一定影响。

同时，风电场建设后，风机基础具有岛礁效应，可有效恢复占用海域的渔业资源。

本项目为在海上建设固定位置的风机和海缆。海底电缆敷设对捕捞作业的影响主要是占用了一定空间水域，不能进行拖网式作业。对渔业捕捞作业产生一定影响。

4.2.3 对其他资源影响

（1）对岸线的影响

本项目变更后将不占用岸线，对岸线无影响。

（2）对滩涂的影响

本项目位于兴化湾内，存在对潮间带滩涂的影响。潮间带滩涂是重要的湿地资源，也是鸟类觅食主要场所。建设单位已就项目建设方案向省林业厅征求了意见。据省林业厅复函（闽林湿便函[2016]8 号），建议样机在场地选择时尽可能避开低潮时海拔-1 米线以内的潮间带滩涂区域，现有场地选择建议考虑整体向外（深水区）迁移，并考虑适当向牛头尾方向移动，减少对鸟类觅食地的影响。福清兴化湾海上风电场一期项目场址中心距岸线约 5.7km，海域水深-4.9~-20.7m 处，各机位平均水深-10m，避开了主要潮间带滩涂湿地区域，有效降低了对滩涂的影响。

（3）对海湾的影响

本项目位于兴化湾内，项目建设海上风机和海底电缆。根据水动力模拟结果，项目建设不会明显改变海湾的水文动力环境、纳潮量等。

（4）对岛礁的影响

本项目位于福清核电与牛头尾之间，场区邻近的岛屿主要有桃仁岛、三塔屿、牛耳屿、沙屿。

本项目风机距离桃仁岛、三塔屿、牛耳屿、沙屿的距离分别为 2.01km、0.68km、1.14km、1.37km，四个岛屿均为未开发利用海岛，主要保护要求为保护岛上生态环境。本项目为风机建设，项目的实施没有造成海岛生态系统的改变和海岛侵蚀。项目的建设未直接占用任何无居民海岛，对海岛本身的岛体环境未造成破坏，施工期和运营期对岛礁

生物影响较小，对岛礁生态系统影响不大，对周边岛礁岸滩稳定性没有产生明显不利的影响。工程建成后形成新的海岛景观，与可再生能源用岛开发利用要求相符。

4.3 生态影响分析

4.3.1 水动力环境影响分析

4.3.1.1 工程前后的水动力分析

(1) 工程前的潮流场

图4.3.1-1~4.3.1-2为兴化湾海域大潮期涨急和落急时刻潮流场分布图，图4.3.1-3~4.3.1-4为兴化湾海域小潮期涨急和落急时刻潮流场分布图，图4.3.1-5~图4.3.1-6本项目建设后大潮期兴化湾海域涨急和落急时刻潮流场分布图，图4.3.1-7~图4.3.1-8本项目建设后小潮期兴化湾海域涨急和落急时刻潮流场分布图。由下图可见，兴化湾主要受南日水道和兴化水道两股潮流影响，在南日岛~万安断面的涨潮流共有两股，主流沿北侧兴化水道-30m深槽内流动，另一股沿南侧大小麦屿之间-20m深槽内流动。其中南侧涨潮流在小日岛附近分流，一股汇入兴化水道深槽，一股通过南日岛~小日岛汇入南日水道。北侧兴化水道涨潮流在白屿~目屿一线分流，一股沿目屿南侧-20m深槽上溯后向兴化湾西侧湾顶运动，另一股通过牛头尾~目屿之间的深槽上溯后向兴化湾北侧湾内运动。

南日水道涨潮流也分为两股，主流偏口门东侧-20m深槽向北并与兴化水道涨潮流汇合，然后向西偏转流向湾顶；另一股偏于口门西侧，沿牛屿~后青屿南侧深槽上溯，在后青屿西侧，受到兴化水道涨潮流的顶托和挤压，该股水流主要沿南部海域向兴化湾西侧湾顶运动。

涨潮水体进入石城~江阴断面后，北侧主要受兴化水道潮流控制，南侧主要受南日水道潮流影响，由于受岸线约束，该区水流比较平顺。

落潮流场变化基本与涨潮流呈相反方向运动。

图4.3.1-9~4.3.1-10为风机建设前风电场附近海域大潮期涨急和落急时刻潮流场分布图，图4.3.1-11~图4.3.1-12风机建设前小潮期风电场附近海域小潮期涨急和落急时刻潮流场分布图。由图可见，风电场附近海域潮流的主要运动形式为往复流，涨潮流向为NW和N方向，落潮流向为S和SE方向，涨落潮方向与等深线走向基本平行。风电场附近海域的涨潮流流速略小于落潮流流速，小潮期潮流流速要明显小于大潮期。由于场区东南侧过水面积减小的原因，故无论是涨潮时，还是落潮时，拟建风电场北侧的东南侧附近海域的潮流流速相对较大，场区东北侧水深相浅的区域涨落潮流速要明显小于场区西侧水深较深的区域。涨急时刻，大潮期风电场海域平均流速为0.85~0.45m/s，小潮期风电场海域平均流速为0.65~0.35m/s，场区内浅水区流速稍弱于深水区；落急时刻，大潮期风电场

海域平均流速为0.95~0.55m/s，小潮期风电场海域平均流速为0.65~0.45m/s。

(2) 工程后潮流场

图4.3.1-13~图4.3.1-14为风机建设后风电场附近海域大潮期涨急和落急时刻潮流场分布图，图4.3.1-15~图4.3.1-16为风机建设后小潮期风电场附近海域小潮期涨急和落急时刻潮流场分布图。由图可以看出，风机建设后风电场附近海域的涨、落急流场与工程前趋于一致，风机桩基的建设对风电场附近的流场特征影响不明显。

(3) 风机建设后潮流场局部变化分析

图4.3.1-17~图4.3.1-20分别为风机建设前后大潮期、小潮期涨急和落急时刻流矢叠加图（图中蓝色流矢代表工程前，红色流矢代表工程后）。由图可以看出，虽然风机的建设对大范围潮流场的影响很小，但风机的建设对风机桩基局部流态的变化存在一定影响，其影响范围基本限定在以风机桩基中心为圆心，直径约200-350 m的圆圈范围内，而且大潮期的影响范围略大于小潮期。因此，风机的建设仅仅影响风机桩基周边局部的潮流场。

4.3.1.2 工程建设对流场的影响

为进一步分析风电场建设对工程区附近流场的影响，模型在风电场内、外附近选取27个特征点，位置见图4.3.1-21。表4.3.1-1给出了工程实施前后特征点流速和流向变化。由表可知，所选取的特征点处大、小潮期平均流速增减幅度约介于 $-0.04\sim 0.07\text{m/s}$ 之间，因此，风电场区和110 kV电缆路由附近大部分区域大、小潮期平均流速变化很小。

由此可见，风电场建成后，风机桩基对于流速的改变集中于风电场区附近海域，但浅水区和深水区的流速变化特征则不尽相同。大潮期涨急时刻，浅水区风机迎水面流速基本没有变化，而沿涨潮流方向的风机背水面的流速均有所减小，减小幅度约为 $0.02\text{m/s}\sim 0.04\text{m/s}$ ，每排相邻风机之间的流速则有所增加，增加幅度约为 $0.01\sim 0.03\text{m/s}$ ；深水区中风机迎水面前缘流速有所增加，增加幅度约为 $0.01\sim 0.03\text{m/s}$ ，而沿涨潮流方向的风机背水面的流速则变化不明显，但部分最南端的风机背水面的流速有所减小，减小幅度约为 $0.02\text{m/s}\sim 0.05\text{m/s}$ ，每排相邻风机之间流速有所增加，增加幅度约为 $0.02\sim 0.07\text{m/s}$ 。同时，风电场区的西北和东南两侧部分附近流速有所减小，减小幅度不超过 0.03m/s ，而风电场的东北和西南两侧部分附近流速有所增加，增加幅度不超过 0.03m/s ；大潮落急时刻，浅水区风机和深水区风机附近潮流场变化则基本相近，风机的迎水面流速基本没有变化，而风机背水面流速则有所减小，减小幅度约为 $0.01\sim 0.07\text{m/s}$ ，每排相邻风机之间的流速均有所增加，增加幅度约为 $0.01\sim 0.02\text{m/s}$ 。同时，风电场区的西北和东南两侧部分附近流速有所增加，增加幅度不超过 0.02m/s ，而风电场的东北侧部分附近流速有所减小，减小幅度不超过 0.03m/s 。小潮期风机局部潮流场变化同大潮期基本相同，只不过流速的变化幅度要明显小于大潮期。因此，流速场的改变主要集中于风机桩基的迎水面和背水面，且背水面的流速改变范围大于迎水面，且每排相邻风机之间涨落潮流速均有所增加。

表 4.3.1-1 特征点流速流向变化统计（单位：流速 m/s，流向 $^{\circ}$ ）

图 4.3.1-21 工程前后流速变化分析特征点位置

4.3.1.3 工程运营期对地形冲淤变化的影响

运营期工程对地形冲淤变化的影响从较大范围的数模预测分析、局部经验公式计算和 2021 年 5 月代表性风机桩基邻近海域地形实测结果三个方面进行分析。

(1) 大范围数模预测分析

风电场建成后，风机周边海域沿涨落潮流方向总体表现为淤积，而风机之间垂直于潮流主轴方向的周边海域则总体表现为冲刷（图 4.3.1.3-1）。风机桩基约 100-400 m 范围内淤积厚度平均增加 0.03m~0.07m；垂直涨落潮流方向，桩基两侧为弱冲刷，平均冲刷深度增加 0.02m~0.06m，冲刷量变化很小。工程后第一年淤积幅度不超过 0.12m，冲刷幅度不超过 0.1m。地形冲淤引起局部水沙条件变化，三者在一段时间后达到新的平衡，在此过程中冲淤强度将逐年较小。

综上，风机工程建设对地形冲淤的影响局限在风机工程区内，总体表现为垂直涨落潮流方向，桩基两侧弱冲刷，沿涨落潮流方向弱淤积，工程建设对风机群外海域地形冲淤基本没有影响。

图 4.3.1.3-1 风电场建成后年冲淤变化图（单位：m/a）
（负值代表冲刷，正值代表淤积）

(2) 局部冲刷经验估算

风电场塔基建成后，破坏了原来的水流平衡，来流在墩柱上游侧受阻后分成三股：一股受阻转而向上，引起壅水；一股转而向河底，产生下降水流，并在河床出产生一横流反向漩流，此漩流和来自上游底部集中了的纵向水流结合在一起，形成绕墩柱两侧靠近河底向下游的纵向水流结合在一起，形成绕墩柱两侧靠近河底流向下游的马蹄形漩涡，它在墩前使下降水流的流速更接近墩柱；另外一股水流绕墩柱两侧向下游，墩柱两侧由于流速梯度产生的边界分离，形成立轴漩涡，向下游移动的尾流涡旋，不断从圆柱两侧释放出来，促进冲刷过程发展，象真空吸尘器一样，每个漩涡形成一个低压中心，牵动马蹄形漩涡区内的流体不断地进行横向、竖向和前后摆动，剧烈淘刷墩柱迎水面和周围泥沙，形成局部冲刷坑。

根据 DNV 公式，本次风机桩基邻近水域可能形成冲刷坑，冲刷最大深度约 2.73m，冲刷最大直径在 3.24~4.24m 之间。

(3) 代表性风机桩基冲淤监测

根据《兴化湾海上风电场一期、二期项目桩基础冲淤监 2021 年度技术报告》

(监测时间：2021年5月)，对代表桩基进行地形扫测，并与2018年3月扫测资料进行对比(图4.3.1.3-2~图4.3.1.3-9)。结果显示，Y8、Y12风机桩基础附近均存在数个深水点，最深处相比周边海床面深1.2~3.2m；各特征风机桩基础周边区域整体处于弱淤积状态；Y1风机东北侧和西南侧的深水区域存在冲刷加深的现象。

4.3.2 海水水质环境影响分析

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

4.3.2.1 悬浮物影响分析

(一) 预测模式

平面二维悬沙输移扩散方程：

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

式中：

d 为水深；

s 为垂向平均含沙量；

D_x 、 D_y 分别 x 向和 y 向悬沙扩散系数；

$F_s = \alpha \omega_g (S - S^*)$ ， F_s 为泥沙源、汇部分，包括水面抛入泥沙形成的悬浮泥沙部分； α 为悬沙颗粒沉降到海底的概率，即每一计算时段，由水体中沉降并脱离水体达到海底的百分比； ω_g 为泥沙沉降速率。

(1) 泥沙粒径的选取

模型中泥沙粒径主要输入中值粒径 D_{50} 。

(2) 沉降速度计算

悬浮泥沙沉降速度 ω_g ，按 Stocks 公式计算：

$$\omega_g = \frac{(\rho_s - \rho_g)}{18\rho_g \nu} g D_{50}^2$$

(3) 水流作用下底部剪切应力计算

$$\tau_{cx} = \frac{1}{2} \rho f_c V_x^2$$

$$\tau_{cy} = \frac{1}{2} \rho f_c V_y^2$$

式中：

τ_c 为床面剪切力 (N/m²)；

ρ 为水体密度 (kg/m³)；

f_c 为水流底部摩擦因素 $f_c = 2(2.5(\ln(\frac{30h}{k}) - 1))^{-2}$ ；

V_x 、 V_y 分别为 x、y 方向速度 (m/s)；

h 为水深 (m)；

k 为底床糙率 (m)。

(4) 泥沙平面扩散系数的计算

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

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

式中：

s 为底床底层相对密度；

d_{50} 为底床底层中值粒径；

h 为水深；

ε 为平均孔隙因素；

V_x 、 V_y 分别为 x、y 方向速度；

ν 为运动粘滞系数；

g 为重力加速度。

(二) 悬沙预测点位置

施工期悬沙影响分析采用 MIKE 21 中的 MT 模块，利用已搭建的本项目二维潮流数值模型，在搭建悬沙模型时，将排放源处网格局部加密，局部网格可以达到 10 m 以内，计算得到悬沙浓度分布。

本项目海缆开挖深度 2~3m、沟槽底宽 0.5~1m、沟上顶宽 5m、开沟速度 2

0m/h, 工程区沉积物平均密度按 1325kg/m^3 , 悬浮物源强以施工土方量的 20% 计, 本项目施工过程中产生的悬浮泥沙计算按照所有参数的最大值计算, 超挖系数按 1 计。其中开沟挖深取 3m, 顶宽 5m, 底宽取 1m。悬浮沙的产生速率如下: 产生速率 = 搅动沉积物的横截面积 \times 管线埋铺设的速度 \times 沉积物密度 \times 起沙率 \times 超挖系数, 根据以上公式计算可得, 在潮间带滩涂区域施工条件下, 电缆埋设施工悬浮物释放强度为 12.1kg/s 。

由于本工程风机桩基施工产生的悬浮物起悬源强远小于海缆开挖源强, 且其位置与海管相连, 其造成的悬浮物影响将包含在海缆开挖造成的影响范围之内。因此, 本次评价不再单独计算桩基施工产生的悬浮物起悬源强。

根据风电场区 35 kV 电缆布置, 选取风电场多个分析点, 预测不同点位施工的悬浮物最大影响范围, 悬浮物预测特征点位见图 4.3.2-1。

图 4.3.2-1 施工期悬沙预测特征点位置示意图

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

图 4.3.2-2 是电缆施工时悬沙扩散最大影响范围包络图。由下图可见, 由于风电场所在海域相对开阔, 潮流流速相对较大, 故风电场区电缆施工造成的 10mg/L 悬沙增量扩散影响范围较大, 经统计, 施工期间产生的悬浮泥沙超二类水质标准 ($>10\text{mg/L}$ 浓度范围) 面积为 4.68km^2 , 大于 20mg/L 浓度范围为 3.43km^2 , 大于 50mg/L 浓度范围为 2.25km^2 , 超三类水质标准 ($>100\text{mg/L}$ 浓度范围) 面积为 1.26km^2 。

4.3.2.2 污废水影响分析

(一) 施工期

本工程污废水主要为海上和陆上两部分, 其中海上污废水主要包括海上施工人员生活污水和施工船舶机械油污水, 陆上污废水主要包括陆上施工区施工人员生活污水和施工机修含油废水。

(1) 海域污废水

施工期海上施工 80 人, 生活污水产生量为 $3.2\text{m}^3/\text{d}$ 。

船舶含油废水主要是施工船舶、设备产生的残油、废油及机舱油污水, 其主要污染因子为石油类, 施工期船舶含油污水产生量平均约 34.14t/d , 高峰约 48.36t/d , 其中石油类浓度约为 5000mg/L 。

施工期生活污水统一收集后运至岸上统一处理；船舶含油污水收集后交由有资质单位处理，不会对附近海域水质造成影响。

（2）陆域污废水

工程陆域施工人员 200 人，生活污水产生量 $16\text{m}^3/\text{d}$ 。

其中 1#施工区平均施工人员约 150 人，日产生污废水量约 $12\text{t}/\text{d}$ 。纳入处理站统一处理。不会对附近水体水质造成影响。1#施工区机修含油废水纳入基地统一处理。

2#施工区平均施工人员约 50 人，日产生污废水量约 $4\text{t}/\text{d}$ ，依托市政污水处理设施处理，不外排；少量机修含油废水收集后交由有资质处理，不会对附近水体水质造成影响。

（二）运行期

工程运行期不在海上设置升压站，运行期间无生活污水。

4.3.2.4 建设前、中、后水质结果对比

分别将施工前、2018 年 5 月施工期、2019 年 5 月运营期、2020 年 4 月运营期、2021 年 4 月运营期、2022 年 4 月运营期和 2023 年 4 月运营期的海水水质指标进行比较（表 4.3.2-2，图 4.3.2-3），结果表明：

盐度、溶解氧、化学需氧量和石油类含量变化幅度均较小，且溶解氧、化学需氧量和石油类含量均符合第一类海水水质标准；悬浮物略有上升；锌含量自 2020 年始逐年升高，2023 年部分站位水质锌含量超过第二类海水水质标准（样品超标率为 58.3%）。根据《福清兴化湾海上风电场一期（样机试验风场）项目海洋环境影响报告书（报批稿）》（浙江环科环境咨询有限公司，二〇一七年三月）每台风机装配 40 块牺牲阳极锌板，工程每年向海水中释放锌 15.71kg ，因此作为牺牲阳极的锌板是造成海水中锌含量逐年上升的原因之一，但由于附近存在其他涉海工程，不排除周边其他工程对本区海水锌含量带来影响。

4.3.3 地形地貌与冲淤环境影响预测与评价

4.3.3.1 工程海域的冲淤影响分析

(一) 模型简介

泥沙输运模型是在 Mike 21 HD 潮流模型中加入泥沙模块,用以模拟风机建设前后周边海域冲淤环境的变化。因为,本项目海缆深埋于海底 2-3m 深,故只预测风机周边海域的冲淤环境变化。

(1) 控制方程

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

式中:

\bar{c} —— 平均质量浓度 (kg/m^3);

u, v —— 平均流速 (m/s);

D_x, D_y —— 扩散系数 (m^2/s);

h —— 水深 (m);

S —— 沉积或侵蚀项 ($\text{kg}/\text{m}^3/\text{s}$);

Q_L —— 单位水平面积上的源流量($\text{m}^3/\text{s}/\text{m}^2$);

C_L —— 源浓度 (kg/m^3)。

(2) 粘性沉积物

1) 沉积过程

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

$$S_D = w_s \cdot c_b \cdot P_D$$

式中: P_D —— 沉积概率函数;

w_s —— 沉降速度 (m/s);

c_b —— 泥沙的近海底浓度。

沉积概率函数定义为:

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

式中: τ_b —— 海底剪切应力 (N/m^2);

τ_{cd} ——沉积临界剪切应力 (N/m²)。

2) 冲刷侵蚀过程

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

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

式中: E ——侵蚀率 (kg/m²/s);

τ_{ce} ——冲刷临界剪切应力 (N/m²);

τ_b ——底床剪切应力 (N/m²);

n ——侵蚀系数。

对于较软的或部分固结的海底沉积物采用如下冲刷率:

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

式中: α ——冲刷系数 (m/N^{1/2})

(3) 非粘性砂质沉积物

平衡浓度定义如下:

$$\bar{c}_e = \frac{q_s}{\bar{u} h}$$

式中: \bar{u} ——平均流速;

q_s ——悬移质输运率 (kg/m/s);

$$q_s = \int_a^h c \cdot u dy$$

其中: c ——距离海底距离 y 的沉积物浓度;

h ——水深 (m);

a ——底床层的厚度 (m)

u ——距离海底距离 y 的水体流速。

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

其中： \bar{c}_e ——平衡浓度；

\bar{c} ——水体泥沙质量浓度；

$t_s = \frac{h_s}{w_s}$ ，时间尺度。

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

(4) 中值粒径分布

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

(5) 泥沙临界起动剪切应力

泥沙临界起动剪切应力计算公式如下：

$$\tau_e = \rho(u_*)^2$$

其中：

ρ ——水体密度；

u_* ——摩阻流速。

对于临界起动流速 u_e ，采用武汉水利电力学院张瑞瑾经验公式：

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

其中：

d_{50} ——底质中值粒径（mm）；

h ——水深（m）。

临界起动流速与摩阻流速之间的关系如下：

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

其中： u_m 为临界起动流速， u_* 为摩阻流速， Δ 为糙率高度。

起动流速试验资料表明，对于平整泥沙床面，当粒径小于 0.5mm 时，其糙

率高度与粒径基本无关，保持为常值；在粒径大于 0.5mm 小于 10mm 时，糙率高度约为中值粒径的 2 倍；当粒径大于 10mm 时，糙率高度与粒径的关系已为非线性。

(6) 泥沙临界淤积剪切应力

根据窦国仁泥沙沉降时摩阻流速经验计算公式：

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

式中：

d' ——糙率高度；

d_* ——常数取值为 10mm；

k ——泥沙起动的判别标准，取值为 0.128，表示少量泥沙开始运动。

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

(7) 泥沙干容重

泥沙干容重计算公式如下：

$$\gamma' = 1750 d_{50}^{0.183}$$

其中：

γ' ——干容重 (kg/m^3)；

d_{50} ——淤积物中值粒径(mm)。

(8) 沉降速率

沉降速度计算公式采用下式：

$$w_s = \frac{(\rho_s - \rho) g d^2}{18 \cdot \rho \nu}$$

式中：

ρ_s ——泥沙密度 (kg/m^3)；

ρ ——海水密度；

g ——重力加速度 (9.8m/s^2)；

d ——泥沙粒径 (m)；

ν ——海水粘滞系数。

(9) 波浪

根据本工程可行性研究报告中的风电场区域平均有效波高和平均波周期等参数确定，平均波向为SE向，平均波高为1.82m，平均周期为10.10s。

（二）冲淤变化影响分析

根据数值模拟结果结果，风电场建成后，风机周边海域沿涨落潮流方向发生淤积现象，而风机之间垂直于潮流主轴方向的周边海域则表现为冲刷。风机桩基约 100-400 m 范围内淤积厚度平均增加 0.03m~0.07m；垂直涨落潮流方向，桩基两侧为弱冲刷，平均冲刷深度增加 0.02m~0.06m，冲刷量变化很小。工程后第一年淤积幅度不超过 0.12m，冲刷幅度不超过 0.1m。

随着冲淤过程的深入和场区地形向适应工程后水动力环境方向的调整，冲淤强度将逐年较小。工程后最终累积冲淤变化与首年冲淤变化相差较小，说明工程建设后首年该海域基本达到冲淤平衡状态。

4.3.4 海洋沉积物影响分析

工程建设对海洋沉积物的影响主要表现为电缆铺设对表层沉积物的影响，施工悬浮物扩散和沉降对沉积物的影响，施工期产施工船舶产生的污废水及固体废弃物不妥善处置对沉积物的影响；运行期对沉积物的影响主要表现为少量牺牲阳极保护装置中锌释放对沉积物的影响。

4.3.4.1 施工期

（1）电缆铺设对表层沉积物的影响

电缆铺设施工，由于开沟犁会引起工程区附近海域沉积物环境的扰动，而本工程所在海域沉积物环境质量良好，且电缆铺设后，仍使用原有的表层沉积物对电缆进行覆盖，电缆铺设对表层沉积物影响不大。

（2）施工悬浮物扩散和沉降对沉积物环境的影响

施工悬浮物泥沙进入水体中，其中颗粒较大的悬浮物泥沙会直接沉降在工程区附近海域，形成新的表层沉积物环境，颗粒较小的悬浮物泥沙会随海流漂移扩散，并最终沉积在工程区周围的海底，将原有表层沉积物覆盖，引起局部海域表层沉积物环境的变化。由于施工期间产生悬浮泥沙来源于附近海域表层沉积物，一般情况下疏浚对沉积物的改变大多是物理性质的改变，对沉积物的化学性质改变不大，对工程区既有的沉积物环境产生的影响甚微，不会引起海域总体沉积物环境质量的变化。

（3）施工船舶污废水及固废不妥善处置对沉积物的影响

施工期由于大型施工船舶在工程海域集结，施工船舶将产生生产废水、生活污水和垃圾等，若管理不善，可能发生船舶含油的机舱水和污染严重的压舱水、生活污水等废水未经处理直接排海，或生活垃圾、废机油等直接弃入海中，将直接污染区域海水水质，进而可能影响区域海域沉积物质量，造成沉积物中废弃物及其他、大肠菌群、病原体和石油类等指标超标。因此必须严格做好施工期管理、监理和监测的工作，保护沉积物环境。

4.3.4.2 运行期

(2) 类比分析

东海大桥海上风电场一期工程为国内首个海上风力发电项目，场址位于东海大桥东侧 1km 以外海域，风电场最北端距离南汇嘴岸线 8km，最南端距岸线 13 km。一期工程共安装 34 台华锐风电科技股份有限公司生产的单机容量 3MW 的 SL3000 离岸型风电机组，风机轮毂安装高度为 91m，叶轮直径 91m，塔筒直径 4.50m。风机基础采用三角架基础为导管架结合桩基的结构，每台风机基础为三根钢管桩。

为了较全面地了解东海大桥海上风电场一期工程的实施对附近海域沉积物的影响，根据 2004 年、2005 年、2006 年东海大桥海上风电场一期工程范围内的沉积物监测数据，对附近海域的沉积物进行回顾性分析评价。周边区域沉积物状况详见表 4.3.4-2。

表 4.3.4-2 东海大桥一期工程范围内沉积物现状监测数据

注：“—”表示未进行调查

东海大桥海上风电场一期工程沉积物评价标准为二类。通过沉积物现状监测数据分析发现，所有监测指标均达到功能区的沉积物要求。进一步对各因子进行分析发现，各因子在年际之间的变化呈现波动趋势，但总体上能够符合二类沉积物的标准要求。因此，评价认为一期工程近期运行对工程海域沉积物质量未造成长期不利影响。

同时根据跟踪监测报告结论，对于运行期有可能对海底沉积物造成影响的锌指标，从 2008 年~2011 监测数据来看，2008~2010 年逐年递增，2011 有所回落，但波动幅度不大，且均达到相应功能区的沉积物标准。其他指标无明显变化，并均达到相应沉积物标准。

由此可见，与报告结论基本一致，风电场风机施工和运行对工程海域沉积物

质量总体影响不大。

4.3.4.3 建设前、中、后沉积物质量结果对比

在工程施工前，环评单位对工程周边海域开展了沉积物质量调查，本次沉积物质量回顾评价选取《福清兴化湾海上风电场一期（样机试验风场）项目海洋环境影响报告书》（浙江环科环境咨询有限公司，2017年3月）中的3、4、11号站位（与本次跟踪监测站位经纬度相近）调查数据作为工程施工前的背景资料，调查时间为2016年3月。

将2023年4月运营期的沉积物质量监测结果与施工前、2018年5月施工期和2019年5月运营期、2021年4月运营期相近站位的监测结果进行比较（见表6.2-1），可得到以下结论：

硫化物有缓慢的逐年升高的趋势；油类在之前的监测中含量相对平稳，到2023年明显升高（主要出现在7号站）；锌含量为先升高后降低的趋势，最高值出现在2019年；有机碳含量基本没有变化。所有航次所有要素均符合第一类海洋沉积物质量标准。

4.3.5 海洋生态环境影响分析

4.3.5.1 工程施工对海洋生态的影响分析

（一）悬浮泥沙对海洋生物的影响

（1）对浮游生物的影响

工程风机桩基基础施工、海底电缆铺设施工都会引起海底泥沙再悬浮，在施工作业点周围水体中产生大量的悬浮物，形成一定范围的悬浮物高密度分布区域，从而引起水体悬浮物浓度增加，降低水体透光率，造成水体浮游植物生产力下降。从水生生态系食物链角度看，初级生产力下降，必将影响正常食物链的传递，最终导致水域可利用生物资源量下降。

一般而言，悬浮物的浓度增加量在10mg/L以下时，水体中的浮游植物不会受到影响；当悬浮物的浓度增加量在10~50mg/L时，浮游植物将会受到轻微的影响；而当悬浮物浓度增加量50mg/L以上时，浮游植物会受到较大的影响，特别是中心区域，悬浮物含量较高，海水透光性极差，浮游植物生长将受显著抑制。

（2）对游泳生物的影响

在工程风机桩基沉桩施工，以及电缆管沟开挖过程中，悬浮物将在一定范围内形成高浓度扩散场，悬浮颗粒将直接对海洋生物仔幼体造成伤害，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，第一、二类海水水质人为增加悬浮物浓度应 $\leq 10\text{mg/L}$ ，悬浮物浓度增量大于 10mg/L ，可能对鱼类生长造成影响。在悬浮物浓度增量大于 10mg/L 的水域范围内，成鱼可以回避，幼体由于缺乏足够的游泳能力将出现部分死亡，鱼卵、仔鱼将因高浓度的含沙量而发生死亡。但由于渔业资源生物量损失随着施工的结束，慢慢可以得到恢复，因此施工对渔业资源的影响是暂时的、可逆的。

（二）施工船舶含油污水对海域生态环境的影响

石油类污染是目前海洋环境污染中的几大问题之一，它对海洋水生生物的影响是多方面的：①石油类对浮游植物的致死浓度范围为 $0.1\sim 10\text{mg/L}$ ，对浮游动物的急性中毒致死浓度范围为 $0.1\sim 15\text{mg/L}$ ，致死的主要原因为浮游植物会因细胞溶化、藻体分解而死亡，浮游动物也会在石油的毒性和缺氧条件下大量死亡；②石油块（粒）覆盖生物体表后会影响动物的呼吸和进水系统；③石油随悬浮物沉降在潮间带和浅水区后，会使底栖生物的幼虫与孢子失去合适的固着基质，甚至发生严重的化学毒性效应。

在一定的海域范围内过量的排放含油污水或直接排放未经处理的高浓度含油污水，将会给海洋生态环境造成极大的危害。尤其是石油组分中的芳香烃类会对海洋生物构成威胁和危害，其特点是不论高、低沸点的组份对一切生物均有毒性。实验证明石油烃会破坏浮游植物细胞，油膜会阻碍海一气交换，影响光合作用。海洋浮游植物石油急性中毒致死浓度为 $0.1\sim 10\text{mg/L}$ ，一般约为 1.0mg/L 。对于更加敏感的种类，石油浓度低于 0.1mg/L 时，同样会影响细胞的分裂与生长速率。即使是达标排海的含油污水，在大量集中排放时仍然会对排放口周边水体中的浮游生物构成影响。

浮游动物的石油急性中毒致死浓度一般在 $0.1\sim 15\text{mg/L}$ 之间，当水体中的油含量为 0.05mg/L ，小型拟哲水蚤 *Paracalanus* sp. 的半致死时间为4天。一般情况下，浮游动物的幼体对油污染的敏感程度要大于成体。

底栖生物的种类和体积不同对石油浓度的适应程度有差异，多数底栖生物的

石油烃急性中毒致死浓度范围约在 2.0~15mg/L 之间（幼体的致死浓度范围更接近其下限）。例如：0.01mg/L 的石油可以使牡蛎产生明显的油味，甚至可以使耐油污性很差的海胆、海盘车等底栖生物死亡。当海水中石油浓度在 0.01~0.1mg/L 时，对藤壶幼体和蟹幼体就有明显的毒效。

长期处于低浓度含油废水中可影响鱼类的摄食和繁殖，使渔获物产生油臭味而影响其食用价值。据相关报导，20 号燃料油对黑鲷 *Sparusmacrocephalus* 的 20 天生长试验结果，其最低影响浓度和无影响浓度分别为 0.096mg/L 和 0.032mg/L。例如 20 号燃料油的浓度为 0.004mg/L 时，5 天就能使对虾产生油味，14 天使文蛤产生异味。

本工程施工船舶所产生的含油污水不排入工程区附近海域，均集中收集处理，因此只要严格施工管理，一般不会发生污染，不会对海域生态环境产生不良影响。

（三）施工对底栖生物的影响

工程风机基础液压式冲击锤进行沉桩施工，海缆埋设过程中的开挖、填埋作业都将对海洋底栖环境造成破坏，使底栖生物丧失。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。

（四）施工噪声对海洋生态的影响

海域中某些海洋生态对噪声较敏感，可能因高强度噪声产生的震动能量而受到较大影响甚至死亡。施工噪声主要来自风机桩基施打、施工船舶航行、设备和机械等产生的噪声。

4.3.5.2 运营期对海洋生态的影响分析

（一）运营期对底栖生物的影响

运行期对海洋生态的影响主要是风机桩基、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。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、贝类鱼类的生物多样性。

（二）风机噪声对海洋生态的影响

结合海上风电场运营期水下噪声测量结果，结合分析大黄鱼声学特性后，可以得出：风电场运营期总体的水下噪声强度比较低，与原海洋环境背景噪声相当，对海洋鱼类等生物的行为不会带来明显影响。

由运营期水下噪声对虾蟹及贝壳等的短时间实验的结果分析，运营期水下噪

声对其他的甲壳类、贝类等海洋生物基本上没有影响。

（三）电磁对海洋生态的影响

本工程海底电缆均敷设于海底土层以下，电缆外层的金属屏蔽层、铠装层以及海底土层对磁场具有强烈的屏蔽作用，且鱼类活动空间较大，在海底区域活动的鱼类种类及数量相对较少。且根据类比陆上电缆线路可知，电缆管廊外 5m 处的磁感应强度已接近环境本底值。因此本工程海底电缆建成运行后，不会对海洋生物产生不利的电磁场影响。

4.3.5.3 建设前、中、后海洋生态监测结果对比

根据项目施工前后海洋生态数据（表 4.3.5-1）：

与施工前相比，运营期（2019 年 5 月）叶绿素 a 含量最高，运营期（2022 年 4 月）叶绿素 a 含量最低。与施工期相比，除运营期（2021 年、2022 年）外其余航次均高于施工期。

运营期浮游植物种类数比较稳定，丰度高于施工前，表明工程海区浮游植物已恢复至施工前水平。

浮游动物种类数施工期最低，运营期有所升高，且运营期种类数高于施工前。丰度和生物量也高于施工前，说明浮游动物群落结构已恢复至施工前水平。

底栖生物的种类数和丰度均表现为施工期和 2019 年 5 月、2020 年 4 月以及 2021 年 4 月较低，2022 年 4 月和 2023 年 4 月逐渐升高的趋势，且逐渐恢复到施工前水平，表明工程海区底栖生物群落结构正逐渐恢复中。

潮间带生物的种类数、生物量、平均丰度在施工前、施工期与运营期没有明显变化趋势，表明工程建设对潮间带生物群落结构的影响较小。

运营期鱼卵、仔稚鱼的种类数和丰度较施工期有所回升，运营期游泳动物种类数、尾数资源密度和重量资源密度在 2020 年 4 月达到最高，且种类数高于施工前，说明渔业资源得到一定恢复。

综上，项目建成运行后，工程及周边海域水质和沉积物环境变化很小，水质和沉积物质量仍保持在良好状态。海域海洋生态生境条件较项目实施前无明显变化，项目建成后项目所在海域的浮游生物、底栖生物、潮间带生物种类、数量和多样性指数未有明显变化，项目运营期对海洋生态环境影响较小。

4.3.6 项目用海对生物体质量影响分析

（一）施工前调查结果

2016年春、秋季调查结果显示，贝类中铜、铅、锌、汞、砷、镉、石油烃测值均符合《海洋生物质量》（GB18421-2001）第一类生物质量标准；鱼类中铜、铅、锌、汞、镉测值均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规范》中海洋鱼类、甲壳类体内污染物评价标准。

（二）运营期调查结果

运营期生物体质量调查结果引自《万华化学（福建）新材料有限公司石化产业园项目海洋环境现状调查报告（春季、秋季）》（自然资源部第三海洋研究所，2021年11月）2021年春、秋两季3个定置张网站位的生物质量数据和《2021年福清兴化湾海上风电场二期项目运营期海洋环境跟踪监测报告》（国家海洋局宁德海洋环境监测中心站，2021年11月）2021年秋季6个生物体质量调查站位数据。

《万华化学（福建）新材料有限公司石化产业园项目海洋环境现状调查报告（春季、秋季）》（自然资源部第三海洋研究所，2021年11月）结果表明：

春季调查海域近江牡蛎的铬、汞和石油烃符合海洋生物质量一类标准，铅、镉和砷符合海洋生物质量二类标准，铜、锌符合海洋生物质量三类标准；鱼类、甲壳类和软体类中的铜、铅、锌、镉、汞含量均低于《全国海岛资源综合调查简明规程》生物质量评价标准；石油烃含量低于《第二次全国海洋污染基线调查报告》中规定的标准值。

秋季调查海域近江牡蛎的铬、汞和石油烃符合海洋生物质量一类标准，铅、镉和砷符合海洋生物质量二类标准，铜、锌符合海洋生物质量三类标准；鱼类、甲壳类和软体类中的铜、铅、锌、镉、汞含量均低于《全国海岛资源综合调查简明规程》生物质量评价标准；石油烃含量低于《第二次全国海洋污染基线调查报告》中规定的标准值。

《2021年福清兴化湾海上风电场二期项目运营期海洋环境跟踪监测报告》（国家海洋局宁德海洋环境监测中心站，2021年11月）结果表明：汞和铬含量均符合第一类海洋贝类生物质量标准，砷、镉、铅和石油烃含量均满足第二类海洋贝类生物质量标准，铜和锌含量除牡蛎外也都满足第二类海洋生物质量标准（牡

蛎为符合第三类生物质量标准)。

(三) 建设前后生物体质量变化分析

根据施工前和运营期的监测结果,项目建设前后生物体质量均符合相应的质量标准,表明本项目建设未对该海域生物体质量状况产生明显影响。

4.3.7 鸟类资源影响分析

4.3.7.1 项目建设主要影响因子

(1) 振动与噪声

风电场施工中运输船舶、风机基础承台施工、风力发电机组安装、海底电缆挖泥船开挖、海底电缆铺设、高压水枪冲散以及抛石等施工活动产生噪声。可能会对项目区活动的鸟类产生驱离作用。

(2) 人为活动干扰

施工人员的人为活动产生的扰动对鸟类栖息和活动产生影响。

(3) 占用浅海水域

兴化湾海上风电场占用浅海水域,其风机的桩基占用范围和叶片影响范围,造成了该区域鸟类的潜在觅食地面积的下降。

(4) 影响鸟类飞行路线

海上风电场的存在,会影响兴化湾水鸟对于飞行路线的选择,可能导致水鸟绕行避让风机集中分布区域,从而使水鸟的飞行能量消耗增加。

(5) 风机对鸟类飞行的阻挡

鸟类飞行时接近风机,风机旋转时的迎风面会对鸟类飞行造成阻挡,鸟类在躲避风机绕行的情况下会造成额外的能量损耗。在极端天气(大雾等)情况下,鸟类视线受到影响,鸟类可能会躲避不及时,造成碰撞风机事件的发生。

4.3.7.2 施工前后水鸟动态变化分析

(1) 数据来源

施工前的基础数据来源于《福清兴化湾海上风电场一期(样机试验风场)项目鸟类影响评估报告》(2016年9月,福建省东海海洋研究院)。施工后的基础数据来源于《福清兴化湾海上风电场项目对水鸟及其栖息地影响监测报告(2019-2023年)》(福州榕邦林业技术服务有限公司,2024年6月)。施工前后水鸟调查范围基本一致,因此,可满足时空的一致性。

(2) 陆域调查分析

从 2019~2023 年度福清兴化湾调查数据中抽取与基础数据相同月份的数据进行对比分析。结果详见图 4.3.7.2-3 和图 4.3.7.2-4。

图 4.3.7.2-3 施工前后水鸟数量变化图

图 4.3.7.2-4 施工前后水鸟种类变化图

(3) 陆域调查分析结果

根据分析结果，福清兴化湾海上风电场项目运营期间，福清兴化湾水鸟的数量和种类皆未下降。因此，福清兴化湾海上风电场项目的运营对福清兴化湾沿岸的鸟类种类和数量影响较小。

(4) 海上调查分析和结果

根据项目区海上调查数据，2019~2023 年项目运营期间，项目区及周边海域仍有水鸟活动，其数量和种类对比施工前有所增加。且项目区活动的鸟类数量较少，项目的运营未对水鸟的正常活动造成影响。因此，福清兴化湾海上风电场项目的运营对项目区海域范围内的鸟类种类和数量影响较小。

4.3.7.3 对水鸟迁徙的影响

风电场对鸟类迁徙造成的影响主要有两方面：

一是风电场建成后处于鸟类迁徙通道上，对鸟类迁徙飞行产生阻挡效应。鸟类视觉极为敏锐，反应机警，能够及时发现并躲避障碍物。一般情况下，在飞行途中遇到障碍物都会提早在大约 100~200m 距离下避开。但是这种行为会增加鸟类飞行的能量消耗，对鸟类的存活和繁殖不利。

二是风机的迎风面较大，与鸟类飞行高度部分重合，鸟类飞行通过风机，有被风机叶片撞击的风险。且在云、雾、雨天和夜间等低能见度的环境中，更易发生鸟类撞击风机事件。

(1) 对鸟类迁徙路径的阻挡

福清兴化湾海上风电场项目处于东亚—澳大利西亚候鸟迁徙路线上，根据现场调查，迁徙经过项目区的鸟类数量较少，在迁徙期调查中并未发现有大量的迁徙水鸟从项目建设区上空经过或在此停歇。

① 风机高度对迁徙鸟类的阻挡

鹤鹑类、雁鸭类、鸥类和鹭类等为东亚—澳大利西亚候鸟迁路线道上主要的迁徙鸟类。候鸟的迁徙飞行主要在高空中依靠气流来带动飞行。水鸟迁徙的飞行

高度一般超过 300m，大型鸟类有些可达 3000~6300m。福清兴化湾海上风电场项目的风机轮毂高度 85~100m。本项目风机叶片旋转的高度离地面 21~177m，水鸟迁徙飞行的高度远超过风机轮毂和叶片的高度（根据现有研究候鸟迁徙季节的迁飞高度超过 300m）。经现场调查，唯一一次观测到普通鸬鹚迁徙的飞行高度超过 200m，高于风机叶片旋转高度。因此，风电场风机对水鸟的迁徙飞行影响很小。

② 鸟类对风电场躲避造成的能量损耗

风力资源的地理分布大多与鸟类迁徙通道相重叠，尤其是我国，沿海、岛屿、内陆湖泊、河流、水库附近是风力资源最丰富的地区。无论海上还是陆地上，风力发电场常直接切入鸟类迁徙通道，横亘在鸟类迁徙路线上，对鸟类迁徙形成障碍。Christensen T K 和 Hountisen J P 于 2004 年通过雷达对世界上最大风力发电场 Horns Rev 电场地区鸟类迁徙行为的观察、监测发现，春季向北迁飞的鸟群在距离风力发电场 400m 左右开始变换飞行方向，向北改为向西飞行。这种行为说明鸟类对风力发电场这类障碍物有一定的避让能力。Kahlert J 于 2004 年利用雷达对丹麦 Nysted 海上风电场鸟类迁徙监测表明，白天鸟类在 3000m 外，夜间鸟类在 1000m 外绕开风力发电场飞行，改变飞行方向。Christensen T K 于 2003 年研究表明，水禽在距离风力发电场 100~3000m 的地方就对风力发电场有所避让。以上研究说明，迁徙鸟类在距离风电场较远的距离就对风力发电场有所避让。

鸟类改变迁徙路线或回避障碍物会造成不必要的能量损失（Langston et al. 2003），进而影响其迁徙路线上停歇地和取食地的选择、换羽以及区域间的固有联系，造成潜在的不利影响（Drewitt et al. 2006）。Masden 等人（2009 年）对丹麦南部的 Nysted 风电场（一个中型风电场：72 个涡轮机，面积约 60km²）研究表明，对于迁徙距离超过 1400km 的欧绒鸭来说，在风电场周围绕行所需的额外能量对于整个迁徙飞行微不足道。因此，对于长距离迁徙飞行的鸟类来说，经过风电场区绕行所消耗的能力不足以对整个迁徙行为造成影响。

短距离转移飞行经过风电场区产生绕飞行为同样会增加能量消耗，如果区域生态环境无法补充这些消耗的能量（即无法提供充足的食物），则区域范围内的鸟类种群数量和结构就会发生变化。根据项目施工前和运营期福清兴化湾沿岸水鸟数据监测结果，风电场的建设和运营对福清兴化湾沿岸水鸟数量和种类基本不造成影响。这个结果也从侧面证明短距离转移飞行途中遇到风电场进行的躲避行

为额外消耗的能量不对兴化湾范围内的水鸟存活造成明显影响。

(2) 对鸟类撞击风机影响

根据现有研究，风力发电设施导致鸟类死亡的原因主要有 3 个方面：

1) 云、雾、雨天等低能见度的环境更易发生鸟类撞击风机事件，迁徙过程中鸟类的飞行高度因为恶劣天气显著降低，导致碰撞风险的增加；

2) 风电场位置和所处的地形可潜在影响鸟类的死亡率，如处于鸟类聚集地和鸟类集中迁徙路径等地；

3) 风电机叶片设计和风电场布局会潜在影响鸟类相撞。比如，在高密度、小型、快速旋转的发电机区域的鸟类碰撞率较高。

① 鸟类撞击风机概率

Everaert (2003) 在比利时佛兰德斯风电场的研究发现，风力发电塔造成鸟类死亡的数量与当地候鸟迁徙路线密切相关，风电塔越接近迁徙通道，鸟类死亡数量越多。已有研究表明，在多数情况下，至少有 80% 以上的鸟类可以穿过变速的风机而不受丝毫损伤。一般情况下，在相应飞行高度下穿越风电场的鸟类撞击风机的概率只有 0.1%~0.01%。研究结果表明，鸟类对风机有一定的躲避能力，在视野正常的情况下撞击风机的概率极低。通过采用雷达研究兴化湾鸟类行为得出，福清兴化湾海上风电场周边的一些鸟类在飞行途径风机时，也会产生一定的行为适应性，通过改变飞行方向、飞行路线，降低在风机周边活动的频率，降低了潜在的鸟撞风险。

② 项目区鸟类密度

处于兴化湾陆域、周边岛屿等地迁徙停歇、繁殖和度夏的鸟类，在寻找觅食地的途中，转移飞行时可能途经海上风电场区，存在与风机发生碰撞致死的风险。根据现场调查，项目区活动的水鸟其觅食飞行高度多小于 30m，而转移飞行高度多在 40~120m，水鸟转移和觅食飞行的高度部分处于风机叶片旋转范围。观测期间，鸟类飞行行为正常，能主动躲避风机，未发现鸟类撞击风机事件。

调查期间，福清兴化湾海上风电场项目海域范围观测到鸟类 4 目 4 科 17 种，单日调查最高数量为 895 只，活动区域主要为项目西侧海域、一期和二期项目之间海域和项目周边海水养殖区，而在风电场范围内活动的鸟类数量较少。鸟类主要活动季节为春季（迁徙期）和冬季（越冬期）。主要活动行为包括转移飞行、觅食和在海水养殖区停歇。调查期间，在迁徙期调查中，并未发现有大量的迁徙

水鸟从项目建设区上空经过或在此停歇的现象。项目区不是鸟类的主要觅食地。监测期间未发现鸟类撞击风机事件。同时，根据对项目施工前和运营期风电场附近海域水鸟数据进行比较获知，在项目区及周边活动的水鸟种类和数量反而有所提升，说明项目周边海域活动的鸟类种类与数量受项目运营的影响较低。

③ 项目设计降低鸟类撞击概率措施

福清兴化湾海上风电场一期项目场区面积 514.27 公顷，布设 14 台风机，风机密度较低，为 36.73 公顷/台。

为了最大限度地减少对鸟类迁徙的影响，福清兴化湾海上风电场一期项目将风机排成 3 行，行间距最近为 1130m，行内风机间距最近为 520m。这种布设方式使风电场的风机间留有足够的距离可供鸟类活动，可在一定程度上降低风机与鸟类发生撞击的机会。

福清兴化湾海上风电场一期和二期项目在设计时提高了两期风电场的间距，为兴化湾南北岸之间转移飞行的鸟类提供了海上飞行通道。根据现场调查，栖息于江镜华侨农场、芦华盐场、泽岐盐场等兴化湾北岸的水鸟和鸡笼屿、大屿尾岛等兴化湾南侧海上岛屿的水鸟会通过海上通道进行转移飞行，而不是穿越或绕行风电场，而风电场西侧的江阴和东侧的牛头尾处栖息的水鸟数量较少，且不通过海上进行转移飞行，即水鸟不从海上东西向横穿福清兴化湾。

一期项目风机转速 5~11r/min，速度较慢，而鸟类视觉极为敏锐，反应机警，能够发现并躲避障碍物，在飞行途中遇到障碍物将提前 100~200m 的距离下避开，从而有效降低鸟类撞击风机的死亡率。

综上，福清兴化湾海上风电场项目采用的低密度、低转速、科学排布的风机和一期与二期间预留的海上通道能有效降低风电场对附近活动的鸟类造成的影响。

④ 项目区恶劣天气情况

鸟类视力很好，它们能在几百米开外发现类似风电场这样的障碍物并绕其飞行。研究表明，鸟类撞击率与天气相关。在雾天或雨天能见度低的情况下，可能导致更多的鸟类与风机相撞。此外，很强的逆风也会使鸟类降低飞行高度，从而增加鸟撞的几率。

雾影响：项目区位于福清兴化湾，参考兴化湾的气象数据（中国海湾志·第七卷），兴化湾雾日 12.8 天，大部分出现在 2 月下旬至 5 月上旬。兴化湾临近

平潭岛。根据平潭年鉴（2017），2016年平潭共出现雾日21天，其中中雾（ $50\text{m} \leq V$ （能见度） $< 1000\text{m}$ ）2天，浓雾（ $50\text{m} \leq V$ （能见度） $< 500\text{m}$ ）19天。最小能见度90m，仅为一天，其余皆在100m以上。综上，项目区雾季与兴化湾鸟类迁徙期（春季）基本重合，但最小能见度基本都在鸟类可目视闪避障碍物的范围（100~200m）。研究表明，鸟类有主动避免飞入雾中（M. Panuccio, 2018）的本能。经调查，迁徙期未发现有大量迁徙水鸟从项目建设区上空经过或在此停歇。因此，海上风电场项目在雾天的情况下对鸟类的影响不大。

台风影响：我国把南海与西北太平洋的热带气旋按其底层中心附近最大平均风力（风速）大小划分为6个等级，其中中心附近风力达12级或以上的，统称为台风。12级风力对应风速为32.7~36.9m/s。兴化湾风机的切出速度为25m/s（对应十级风力），当风力大于该值，风机需停机，以防止风速过快对风机造成损伤。因此，当台风来临时，福清兴化湾海上风电场项目风机均处于停机状态，此时风机对水鸟的活动基本不造成影响。

（3）小结

在福清兴化湾海上风电场项目区及附近海域活动的鸟类数量少，风电场区内鸟类密度较低，未发现项目区是鸟类迁徙的主要路径。在迁徙期调查过程中，并未发现有大量的迁徙水鸟从项目建设区上空经过或在此停歇现象。项目区不是鸟类主要觅食地。经采用雷达研究兴化湾鸟类行为得出，福清兴化湾海上风电场周边的一些鸟类在飞行途径风机时，会产生一定的行为适应性，通过改变飞行方向、飞行路线，降低在风机周边活动的频率，降低了潜在的鸟撞风险。且风电场采用低密度风机设计、足够远的风机间距布置和低转速风机，可有效降低鸟类与风机碰撞死亡的概率。同时，雾天最低能见度多在鸟类的可目视闪避障碍物的范围，调查期间未发现鸟类撞击风机事件。综上所述，根据现有调查数据，福清兴化湾海上风电场项目区对鸟类迁徙的影响较低。

4.3.7.4 对水鸟觅食的影响

根据现有研究，风机在运转过程中会产生叶片扫风和机械运转噪声，多数风机轮毂处的噪声可达100dB（A）以上。大多数鸟类对噪声具有较高的敏感性，与风机近距离接触将使鸟类产生不适。在该噪声环境条件下，风机转动将对鸟类造成驱赶作用，大多数鸟类会选择回避，减少活动范围，最终使鸟类放弃风电场区域作为觅食地。鸟类对栖息地大都有记忆，一旦生境破坏或改变，将避开原觅

食地。这种影响将是长期的、不可逆的。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能适应。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，结果表明，距离鸟类栖息地 250m 以上的风力发电机组噪声对鸟类正常的栖息、觅食的影响较小。

根据监测结果，在兴化湾范围栖息的水鸟以鸬鹚类、鹭类、雁鸭类和鸥类等涉禽和游禽构成。根据现场调查，兴化湾水鸟主要觅食地位于兴化湾沿岸的淤泥质海滩和水产养殖场。兴化湾海上风电场一期项目位于浅海水域，该区域仅有鸥类、鸭类和鸬鹚在此进行觅食活动。而在项目区及周边海域内觅食的水鸟较少。可见，本项目范围不是水鸟的主要觅食地。

根据 2023 年兴化湾海上调查结果，项目区域及附近海域由于养殖面积增加，其设置的养殖浮标和养殖浮排，为水鸟提供了停歇处，使得在区域范围活动的水鸟有所增加（对比历史观测数据），主要行为是休息和觅食。主要种类为西伯利亚银鸥、黑尾鸥、普通鸬鹚、赤颈鸭等。对比项目施工前和施工期，项目运营时在项目区及附近海域觅食的鸟类数量增加。同时，根据相关调查和雷达观测结果，上述鸟类在该区域的飞行和觅食行为正常，能主动绕行风机。因此项目运营对项目区及附近海域水鸟的觅食行为影响较小。

4.3.7.5 对水鸟繁殖地的影响分析

风力发电场一般由数十台或数百台风机组组成，这些风机同时运转时，将发出强大的噪音。此外，风力发电场工作和旅游人员活动，对风电场和周围的鸟类也会造成一定的干扰。这些干扰导致鸟类远离风电场活动，还会干扰繁殖鸟类的活动，使鸟类的营巢成功率下降。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穴与觅食地之间，而且飞行高度通常处于鸟撞的高风险区。亲鸟一旦发生意外，则当年繁殖失败。在白额燕鸥孵蛋期间，亲鸟频繁进出于觅食地和繁殖地之间。育雏期间，更是密集进出觅食地和繁殖地，以捕捉食物喂养雏鸟。故繁殖期间通过风机间的小燕鸥，意外通常发生于其往返于觅食地和繁殖地途中。亲鸟如发生意外，雏鸟必无法存活。

2023 年，在开展兴化湾鸟类调查中发现，夏候鸟有白额燕鸥、黑枕燕鸥、黄嘴白鹭等 3 种，留鸟有小鸬鹚、黑水鸡、长嘴剑鸰、鸥嘴噪鸥、红嘴巨燕鸥、池鹭、牛背鹭、白鹭等 8 种。兴化湾属于以上水鸟繁殖区域，其中白额燕鸥、黑枕燕鸥、鸥嘴噪鸥、红嘴巨燕鸥的繁殖地位于外海岛屿和沿岸的砂石海滩；小鸬鹚、

白胸苦恶鸟、黑水鸡繁殖地位于水草茂盛的陆地池塘、水产养殖场或地面库等地；夜鹭、池鹭、牛背鹭、大白鹭、白鹭、黄嘴白鹭繁殖地主要为岸上的树林，兴化湾范围主要为木麻黄林。以上鸟类繁殖地距离兴化湾海上风电场项目区皆较远。其中距离最近的白额燕鸥，繁殖地之一在江阴球尾角码头附近的水产养殖场，距项目二期风电场约 1.2km，不受福清兴化湾海上风电场的噪声干扰。根据现场调查，福清兴化湾海上风电场范围未发现水鸟育雏行为。在江阴半岛东侧繁殖的白额燕鸥，亲鸟觅食主要集中在江阴半岛东侧至二期风电场之间的海域，无需穿越风电场觅食，故受风电场影响较小。此外，根据现场调查以及水鸟觅食和水鸟撞击风机的风险分析，在视线良好的情况下，水鸟会自行避让风机，亲鸟在觅食期间撞击风机死亡的概率较低。

综上，福清兴化湾海上风电场不会造成繁殖水鸟放弃繁殖地，亲鸟觅食时撞击风机的概率较小。因此，对水鸟的繁殖影响较小。

4.3.7.6 对水鸟栖息地的影响分析

风电机直接占用风电场的面积很小，大约为 2%~5%。不同生境风电场对鸟类栖息地的影响也不同。丹麦的 Horns Rev 风力发电场建于沿海，对迁徙鸟类的行为观察（N Note, 2004）发现，鸟类对风电场有避让行为。因此，如果场址选择在鸟类适宜栖息地内，将可能使鸟类失去整个栖息地，这一点在过往近海湿地、内地草原修建的风电场中表现得十分突出。同时，因风电场建设导致动物栖息地丧失，其危害性可能比鸟类与风力涡轮机碰撞死亡有过之而无不及。Leddy 等（1999）指出，风电场的风力涡轮机及相关设备影响到鸟类对栖息地的选择，在没有风力涡轮机或与风力涡轮机距离超过 80 m 的草原上，鸟类种群密度显著高于风电场区域。德国曾于 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，距离鸟类栖息地 250m 以上的风力发电机组噪声对鸟类正常的栖息、觅食的影响较小。

兴化湾水鸟主要栖息地是浅海水域、沙石海滩、淤泥质海滩、红树林、河口水域、库塘、水产养殖场、盐田，所分布的水鸟主要为鸥类、鸻鹬类、鹭类以及雁鸭类等。本项目为海上风电场，位于浅海水域，离兴化湾水鸟栖息地均较远。且海上风电场范围内无水鸟栖息。因此，风电场对海岸水鸟的栖息基本不造成影响。

4.3.7.7 影响结论

综上所述,根据对项目运营期水鸟动态变化分析、施工前和运营期的水鸟监测数据进行对比分析,结果表明:福清兴化湾海上风电场运营对湾内在陆域栖息或海上活动鸟类的数量和种类没有显著影响。根据调查,福清兴化湾海上风电场项目区活动的鸟类较少,主要行为是觅食、转移飞行和海上养殖区停歇,即该区域不是水鸟主要觅食地。水鸟迁徙飞行高度远超过风机轮毂和叶片的高度,未发现有大量的迁徙鸟类从项目建设区上空经过或在此停歇。风机运行对水鸟迁徙造成的影响很小。鸟类对风力发电场这类障碍物有一定的避让能力,在迁徙飞行和短距离转移飞行途中,遇到风电场进行躲避行为所额外消耗的能量不对鸟类存活造成明显影响。在项目区活动的鸟类密度低,风电场采取的布置能有效降低鸟类撞击的概率。同时,根据雷达监测结果,风电场周边的一些鸟类在飞行途径风机时,已产生一定的行为适应性,通过改变飞行方向、飞行路线,降低了潜在的鸟撞风险。项目区雾天最小能见度基本都在鸟类可目视闪避障碍物的范围,且鸟类有主动避免飞入雾中的本能,故雾天对鸟类的影响较小。当台风来临时,风机需停机,因此对水鸟的活动基本不造成影响。福清兴化湾海上风电场项目位于浅海水域,距最近的水鸟栖息地和繁殖地 1.2 km,对水鸟的栖息不造成影响,对水鸟的觅食和繁殖影响较小。总的来说,福清兴化湾海上风电场项目对水鸟的迁徙、觅食、繁殖和栖息影响较小。

4.3.8 噪声环境影响预测分析

本项目建设前后的噪声监测及评估采用数据见表 4.3.8-1,监测点位置见图 4.3.8-1~图 4.3.8-3。

施工期监测期间船舶发动机关机,分别在距离 Y5 桩机 30m、370m、1540 m 的 3 个位置进行了施工期水下噪声现场监测,其中测点 3 (距离施工平台 1540m) 可视为背景噪声,施工平台与各测点之间的关系距离见图 4.3.8-2。

运营期监测期间船舶发动机关机,分别在距离 Y4 桩机 20m 和 260m 的位置设置 2 个测量点,站点 3 为背景噪声 (距离桩机 1670m), Y4 风机与各测点之间的关系距离见图 4.3.8-3。

表 4.3.8-1 噪声监测数据来源

| 监测时期 | 数据来源 | 调查时间 | 调查内容 | 调查单位 |
|------|---|------------|---------------------|------------|
| 施工前 | 《福清兴化湾海上风电场一期(样机试验风场)项目水下噪声及电磁辐射对海洋生物的影响研究专题报告》 | 2016 年 9 月 | 噪声监测点 12 个 (含水上、水下) | 福建省东海海洋研究院 |

| | | | | |
|-----|-------------------------------|---------|---------------------|---------------|
| 施工期 | 《福清兴化湾海上风电场一期项目海洋环境影响跟踪监测报告书》 | 2018年5月 | 噪声监测点3个 (含水上、水下) | 厦门中集信检测技术有限公司 |
| 运营期 | 《福清兴化湾海上风电场一期项目海洋环境影响跟踪监测报告书》 | 2018年5月 | 噪声监测点3个 (含水上、水下) | 厦门中集信检测技术有限公司 |

图 4.3.8-1 施工前监测点位

图 4.3.8-2 施工期监测点位（红色为正在施工风机）

图 4.3.8-3 运营期监测点位（红色为监测点）

（一）施工前调查结果

由海上声环境现状调查结果可知，海面上环境等效噪声级主要分布在 69~82 dB 之间，最大声级为 121dB。在 20Hz~20kHz 的频率分布范围内，等效连续 A 声级的动态范围为 13.0dB。

（二）施工期调查结果

由施工期嵌岩施工水下噪声监测结果可知：嵌岩施工中，在离施工风机不同的距离处所产生的水下噪声的强度随距离衰减：在 30m 处测得的全频带累积声压级为 144dB/1uPa，在 370m 测得的全频带累积声压级为 141dB/1uPa，比远处背景水下噪声分别提高了 19dB 和 16dB。施工期水下噪声在 20Hz~20kHz 的分析频带内，声压谱级的分布区间是 133dB~56dB，并随着频率增高而减小，100Hz 以上频率的噪声声压谱级分布在 109dB 以下，500Hz 以上的声压谱级在 105dB 以下，1kHz 以上的声压谱级在 97dB 以下，而在 5kHz 以上的声压谱级在 76dB 以下。

由施工期海上噪声监测结果可知，在离施工风机平台最近距离（30m）上，等效噪声级（A 计权）为 75.2dB，在 370m 处等效噪声级（A 计权）已降为 72.2 dB。施工期海面上不同距离环境等效噪声级（A 计权）主要分布在 69~76dB 之间，平均值为 72.8dB。最大声级（A 计权）为 110.7dB。在 20Hz~20kHz 的频率分布范围内，各频带噪声级（A 计权）的最大动态范围为 31dB。

（三）运营期调查结果

运营期水下噪声监测结果表明：风机运行中，在离开风机不同的距离处水下噪声的频谱级较为相似，总体强度上随频率增加而明显较小，运营期在近营运风

机 20m 处所测的水下噪声全频带累积声压级为 139dB/1uPa，距离风机 260m 处所测的全频带累积声压级为 142dB/1uPa，此处为 Y4、Y3 中点，且 2 台风机都在运行中。总体上，在 20Hz~20kHz 的分析频带内，声压谱级的分布区间是 134dB~54dB，并随着频率增高而减小，100Hz 以上频率的噪声声压谱级分布在 119dB 以下，500Hz 以上的声压谱级在 96dB 以下，1kHz 以上的声压谱级在 92dB 以下，而在 5kHz 以上的声压谱级在 79dB 以下。因此总体水下噪声由于风机运行而引起的强度变化不大，基本上与海域其它点测量到的海洋环境背景噪声场相近。

运营期海上噪声监测结果表明，由海上声环境现状调查结果可知，海面上环境等效噪声级（A 计权）主要分布在 68~74dB 之间，算术平均值为 71.2dB。最大声级（A 计权）的算术平均值为 106.6dB。在 20Hz~20kHz 的频率分布范围内，各频带噪声级（A 计权）的最大动态范围为 29dB。

（四）小结

风电场施工期间，海上噪声与远处背景水下噪相差不大。在离风机不同的距离处水下噪声的频谱级较为相似，强度随频率增加而明显较小。根据目前国际上对连续存在的水下噪声可能对海洋生物的行为干扰的安全级阈值设定 120dB 的导则要求，本工程所采用的一般水下施工等活动短期内基本上不会对海洋生物资源等造成危害，并且随着施工期的结束而消失。渔场的产卵场、索饵场和洄游通道功能的作用有一定的季节性，每年 5-7 月是主要鱼群繁殖季节，风机打桩已避开渔业敏感季节，以减少施工对产卵场、索饵场和洄游通道的影响。

风电场营运期间，海上噪声强度总体比较低，等效噪声级（A 计权）主要分布在 68~74dB 之间，算术平均值为 71dB，风机噪声基本上与海域其它点测量到的背景噪声（69dB）相近。风电场运营期间，总体水下噪声由于风机运行而引起的强度变化不大，基本上与海域其它点测量到的海洋环境背景噪声场相近，噪声强度对海洋生物影响不明显。

4.3.9 电磁环境影响

本项目建设前后的电磁辐射监测及评估采用数据见表 4.3.9-1，监测点位置见图 4.3.9-1~图 4.3.9-3。

2021 年 11 月 8 日，福州市华测品标检测有限公司对兴化湾海上风电场海底电缆外缘和赤礁村（兴化湾海上风电场二期项目登陆点）周边开展电磁辐射监测，监测内容包括工频电场强度和工频磁感应强度（图 4.3.9-2 和图 4.3.9-3）。

表 4.3.9-1 电磁辐射数据来源

| 监测时期 | 数据来源 | 调查时间 | 调查内容 | 调查单位 |
|------|-----------------------------------|----------|--------|---------------|
| 施工前 | 《福清兴化湾海上风电场二期(首运试验风场)项目海洋环境影响报告书》 | 2016年9月 | 8个监测点 | 福建省东海海洋研究院 |
| 运营期 | 《兴化湾海上风电场电磁辐射检测报告》 | 2021年11月 | 12个监测点 | 福州市华测品标检测有限公司 |

图 4.3.9-1 施工前监测点位

图 4.3.9-2 赤礁村附近监测站位图

图 4.3.9-3 二期项目海底电缆外缘监测点位

(一) 施工前调查结果

工程海域周边电场强度分布在 0.4~4.6V/m 之间，磁感应强度分布在 43.8~79.9nT。1#、3#点位的数值高于其他点位，可能与陆地上的电网、通信基站、电视广播塔等有密切关系。

(二) 运营期调查结果

二期项目海底电缆外缘的工频电场强度范围介于 0.87V/m~6.52V/m 之间，平均值为 2.94V/m；磁感应强度在 9.2nT~25.9nT 之间，平均值为 16nT。海上升压站附近的工频电场强度范围介于 0.89V/m~2.93V/m 之间，平均值为 1.65V/m；磁感应强度在 17nT~46.7nT 之间，平均值为 35.8nT。赤礁村附近（二期项目登陆点位置）的工频电场强度范围介于 5.69V/m~51.87V/m 之间；磁感应强度在 45.3nT~365nT 之间。

(三) 电磁辐射变化分析

本项目和二期项目场内海缆均为 35kV 海缆，登陆海缆分别为 35kV 和 220kV，具有可比性。

二期项目建设后，海底电缆及海上升压站附近海面的电场强度与施工前相差不大，登陆点附近地面的电场强度和磁感应强度存在不同程度的增强，可能与陆上电网、通信基站、电视广播塔等有密切关系，但是各监测点的工频电磁强度均低于国家电磁环境控制限值（GB8702-2014）（工频电场强度 \leq 4kV/m，工频磁感应强度 \leq 0.1mT），风机基群产生的电磁环境影响效应不明显。

本项目输电海缆容量小于二期项目，可知本项目工频电磁场对所在海域中的典型海洋鱼类和底栖生物基本没有影响。

5 海域开发利用协调分析

5.1 海域开发利用现状

5.1.1 社会经济概况

(1) 福州市

根据《2024年福州市经济运行情况简析》（福州市统计局，2025年1月26日）：

初步核算，2024年全市实现地区生产总值（GDP）14236.76亿元，增长6.1%。其中，第一产业增加值723.23亿元，增长3.2%；第二产业增加值5124.34亿元，增长7.9%；第三产业增加值8389.19亿元，增长5.2%。

（一）农业生产态势良好。1-12月，全市农林牧渔业实现总产值1249.48亿元，增长3.2%。从分行业看，农业产值372.71亿元，增长4.5%；林业产值41.51亿元，增长3.9%；牧业产值116.37亿元，增长2.6%；渔业产值679.99亿元，增长2.7%；农林牧渔服务业产值38.89亿元，增长3.9%。

（二）工业发展质量稳定提升。1-12月，全市规模以上工业增加值增长9.0%。

（三）投资实现提质增量。1-12月，全市（不含平潭，下同）固定资产投资增长6.9%。

（四）市场消费保持增长。1-12月，全市实现社会消费品零售总额5224.9亿元，增长5.3%。

（五）服务业总体平稳。1-11月，全市规上服务业实现营业收入3473.57亿元，增长4.8%。

（六）居民消费价格当月同比上涨。12月份，福州市区居民消费价格同比上涨0.4%，构成居民消费价格总水平的八大类商品及服务价格同比“五涨三降”。其中：其他用品及服务类上涨6.6%，衣着类上涨2.6%，医疗保健类上涨2.4%，食品烟酒类上涨0.8%，居住类上涨0.5%，生活用品及服务类下降0.2%，教育文化娱乐类下降0.8%，交通通信类下降2.6%。

（七）财政收支承压运行。2024年，全市一般公共预算总收入1151.47亿元，下降3.2%；一般公共预算收入750.50亿元，下降0.5%。一般公共预算支出102

2.43 亿元，增长 1.7%。

（八）金融保障稳步增强。12 月末，全市金融机构本外币各项存款余额 25209.67 亿元，增长 7.1%；本外币各项贷款余额 25817.65 亿元，增长 5.4%。

（2）福清市

2024 年 1-12 月份福清市经济运行情况：

（一）地区生产总值。1-12 月，全市完成 1900.79 亿元，同比增长 6.8%。

（二）第一产业增加值。1-12 月，全市完成 143.06 亿元，同比增长 2.2%。

（三）规模以上工业增加值。1-12 月，同比增长 12.2%。

（四）建筑业增加值。1-12 月，全市完成 234.70 亿元，同比增长 7.4%。

（五）第三产业增加值。1-12 月，全市完成 799.78 亿元，同比增长 3.9%。

（六）固定资产投资。1-12 月，同比增长 10.6%。

（七）工业固定资产投资。1-12 月，同比增长 22.4%。

（八）社会消费品零售总额。1-12 月，全市完成 466.27 亿元，同比增长 7.1%。

（九）一般公共预算总收入。1-12 月，全市完成 200.12 亿元，同比增长-2.1%。

（十）地方一般公共预算收入。1-12 月，全市完成 131.59 亿元，同比增长 0.2%。

（十一）实际利用外资。1-12 月，全市完成 17613 万美元。

（十二）进出口总额。1-12 月，全市完成 795.05 亿元，同比增长 8.2%。

5.1.2 海域开发利用现状

工程区及附近海域的海洋开发活动主要有开放式养殖、航路、锚地、核电温排水用海等，海域开发利用现状见图 5.1.2-1。

5.1.2.1 港口、航道

本项目位于兴化湾内，周边现有福州港江阴港区和湄洲湾港的兴化港区，是福建沿海重要港口之一，其中江阴港区是福建的两集区域中心之一，是对外经济发展的重要基地，为海西枢纽港。

5.1.2.2 锚地

目前，兴化湾已开辟小月屿锚地、塘屿南锚地、白屿东锚地、引航备用锚地、江阴锚地、危险品船舶专用锚地。锚地总面积 19.1km²，各锚地情况如下：小月屿锚地：为引航锚地，位于小月屿东侧，面积约为 5.6km²，水深在 22.7m 以上。塘屿南锚地：为引水联检锚地，位于塘屿岛的西南侧，面积约为 4.3km²，水深在 18.8m 以上。白屿东锚地：为引水联检备用定锚位锚地，位于白屿的东侧、仁屿西南侧，面积约为 3.3km²，水深在 17.8m 以上。引航备用锚地：位于白屿锚地西北侧，面积约为 0.7km²，水深在 16.0m 以上。江阴待泊锚地：为待泊锚地，位于牛屿东南侧，面积约为 5.9km²，水深在 13.5m 以上。危险品船舶专用锚地：为 5 万吨级危险品船舶锚地，位于牛屿北侧，面积约 1.3km²，水深在 16.1m 以上。

距离工程区较近的锚地有江阴锚地和小型危险品船舶专用锚地，江阴锚地位于江阴半岛东南侧，距离工程区最近约 3.1km，小型危险品船舶专用锚地位于江阴半岛南侧，距离工程区约 12km。

5.1.2.3 海底管线

工程区附近海域有 2 条海底电缆，分别为塔后至黄瓜岛的 10kV 海底电缆、过屿至目屿的 10kV 海底电缆，海缆走向及与工程区位置关系见图 5.1.2-6。

塔后至黄瓜岛海底电缆距离工程区较远，距离工程区大于 13km，过屿至目屿海底电缆距离工程区最近约 4km，两条海底电缆距离工程区距离均比较远，对工程区无影响。

5.1.2.4 养殖区

工程区及附近海域养殖主要有设施养殖和池塘养殖。

设施养殖：在工程区的大片滩涂区广泛分布，主要位于牛头尾西北侧，面积约 8km²，在福清核电东南侧海域有零星分布。主要养殖牡蛎、海带、龙须菜等。

池塘养殖：工程区沿岸沙埔、东薛均有分布，工程区北部还有大片围垦养殖，主要养殖吓、蟹、贝类等。

5.2 项目用海对海域开发活动的影响

5.2.1 对水产养殖和渔业捕捞的影响

本项目施工时将会占用福清核电东南侧无权属海上设施养殖（主要养殖牡蛎、海带、龙须菜等）（图 5.2.1-1），且项目施工悬沙会对周边养殖产生短暂影响。项目施工前建设单位已与三山镇、沙埔镇政府就项目实施与影响的无权属设施养殖达成相关协议。目前本项目已施工完成，着重分析运营期对周边养殖活动的影响。

本项目运行期基本不会影响周边海域水质环境。风机基础永久占用海域，项目建设单位已与三山镇、沙埔镇政府就风机建设和运营影响的养殖区达成相关协议。本项目场内海底电缆穿越了部分养殖区，且海底电缆铺设完毕后，根据《海底电缆管道保护规定》，由于本海域属于兴化湾，且周边有许多海洋开发利用活动，故海底电缆两侧各 100m 范围内将划定为海底电缆管道保护区，保护区内禁止从事挖沙、钻探、打桩、抛锚、拖锚、底拖捕捞、张网、养殖或者其他可能破坏海底电缆管道安全的海上作业。因此，本项目的建设会永久占用场区内的养殖区，且使该海域养殖面积有所减小，但项目建设单位同意本项目除风机基础、海缆及后续生产运行通道用海外，其他海域允许养殖。

5.2.2 对港口、锚地、航道的影响

5.2.2.1 对港口影响

本项目距离附近大型港口作业区均较远，因此项目建设对附近港口影响很小。项目与周边港口、航道位置关系见图 5.2.2-1。

图 5.2.2-1 本项目与港口、航道关系图

图 5.2.2-2 本项目与港口关系图

5.2.2.2 对航道影响

根据本项目通航安全影响论证的有关结论，本工程附近的航道、航路主要有兴化湾五万吨级航道、福清下垄码头进港航道、福清核电厂大件码头进港航道和国电江阴码头进港航道等，另有牛头尾渡口至目屿（野马屿）渡口渡船航线，航线长约 1.1 海里。

5.2.2.3 对锚地影响

根据本项目通航安全影响论证的有关结论，本工程附近的锚地主要有江阴待泊锚地和下垄临时港外候潮锚地。江阴待泊锚地可供 50000 吨级及以下船舶候泊

使用，也作为防台锚地。下垄临时港外候潮锚地可供 1000 吨级及以下船舶候潮使用。

本工程与江阴待泊锚地的最近距离约 3900m，工程与锚地间距离大于代表船型的 16 倍船长（5 万吨级散货船设计船型长度 223m）；与下垄临时港外候潮锚地的最近距离约 1900m，大于代表船型的 20 倍船长（1000 吨级杂货船设计船型长度 85m）；按照航海经验并参照《海港总体设计规范》（JTS165-2013）关于航道与锚地的距离要求，该锚地与项目场址的距离满足安全要求。

本项目与附近锚地具有足够的安全距离，从距离上看，即使发生走锚，也有较为充分的时间采取应急措施。因此本项目建设不影响工程附近锚地。

但是进出以上两个锚地的船舶可能会从本工程附近通过，与本工程的风机较近，存在一定的碰撞风险，因此建议船舶在进出锚地时应注意与本工程的风机保持足够的安全距离，避免碰撞危险；同时在该锚地锚泊的船舶存在走锚的风险，船舶走锚后如发现不及时可能会造成与本工程风机的碰撞风险，因此建议在上述锚地中锚泊的船舶应加强锚泊值班，在船舶走锚后及时采取相应的应急措施，避免造成与本工程风机的碰撞。

图 5.2.2-3 本项目与锚地、航道关系图

5.2.2.4 对雷达和海上通讯信号的影响

本工程附近有位于目屿岛上在建的目屿雷达站以及位于石城作业区的兴化湾雷达站，各雷达站位置如图 5.2.2-4 所示。在建目屿雷达站距离本工程约 3200 m，拟建兴化湾雷达站与风电场最近的风机距离约为 16000m。上述距离均明显大于 3000m，由于本工程位于近岸水域，除可能对福清核电码头以及融侨码头进出港船舶雷达观测存在影响外，对兴化湾大部分范围观测影响较小。

另根据现有国内外风电场实际观测试验结果，结合雷达波理论，进行类比分析，初步判断，该风电场建设不会对雷达站的雷达观测构成显著影响。由于雷达波传播、反射和绕射的机理比较复杂，雷达性能差别较大，难以用固定的模型进行影响计算，因此，建议业主单位在工程营运期与雷达站的管理部門加强联系，注意收集雷达探测数据，分析本工程实际运营对该雷达站回波图像的影响。如本工程的建设对航海雷达构成不利影响，业主单位应根据影响的情况采取必要的措施以弥补本工程的建设对航海雷达所构成不利影响。

风机对磁罗经、GPS、北斗导航系统、AIS 系统的影响较小。

5.2.3 对福清核电的影响

福清核电站位于中国福建省福清市三山镇前薛村。工程规模为 6 台百万千瓦级压水堆核电机组。福清百万千瓦核电机组是目前中国自主化、国产化程度最高的核电机组，安全性非常可靠。2008 年 11 月 21 日，总投资近千亿元人民币的福建福清核电站开工动建。福建福清核电站工程规划装机容量为 6 台百万千瓦级压水堆核电机组。一次规划、分期建设。

福清核电站一期工程建设的两台百万千瓦级机组，计划分别于 2013 年、2014 年建成发电。3 号机组于 2016 年 11 月 1 日进入商业运营，4 号机组已经入安装阶段，5、6 机组也已于 2015 年开工建设。

本项目与核电位置关系见图 5.2.3-1。

(1) 与核电 5km 限制区的关系

核电 5km 限制区指以反应堆为中心外扩 5km。该限制区禁止建设可能威胁核设施安全的易燃、易爆、腐蚀性物品的生产、贮存设施以及各类人口密集场所。

本项目风机均位于 5km 限制区外，风机距离 5km 限制区最近距离为 211m。项目建设符合 5km 限制区要求。

(2) 对核电取水的影响

项目建设位置距离核电取水口较远，不会造成核电取水口的淤积。

(3) 对核电温排水的影响

从 4.3.1 节可知，项目建设后对流场影响较小，大、小潮期平均流速增减幅度约介于-0.04~0.07m/s 之间，对水动力环境改变的区域也局限在风机局部，风机建设不会造成核电温排水确权用海范围的变化。

从图 5.2.3-2b 可以看出，项目 Y1 风机距离核电温排水用海确权边界约 136 m，两者用海边界相距约 80m，本项目用海边界与核电确权用海范围无冲突。

图 5.2.3-1 本项目与核电位置关系

5.3 利益相关者界定

(1) 变更前利益相关者

本项目变更前的利益相关者为福清核电、福清核电东南侧的无权属设施养殖以及临时海砂开采 J2 区块。目前利益相关者已协调完成，项目建设对无权属设施养殖造成的影响进行了补偿；临时海砂开采 J2 区块招拍挂中标单位闽台（福

州)蓝色经济产业园开发投资有限公司就彼此项目用海冲突和影响达成了协议,海砂于2017年12月结束开采,结束后本项目邻近风机和海缆继续进行建设;同时,项目建设位置距离福清核电较近,海底电缆也穿越核电5km限制区,项目建设单位也已取得福清核电建设单位同意建设的意见。

表 5.2-1 项目变更前利益相关者界定及协调一览表

| 用海活动 | 权属人 | 影响方式 | 协调解决措施 | 是否利益相关者 |
|------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|---------|
| 福清核电东南设施养殖 | / | 占用、悬沙影响、海缆保护区 | 予以补偿 | 是 |
| 福清核电 | 福清核电有限公司 | 位于核电5km限制区内 | 加强沟通、协调 | 是 |
| 临时海砂开采J2区块 | 闽台(福州)蓝色经济产业园开发投资有限公司 | 用海重叠、施工期彼此间影响,风机和海缆安全 | 已达成相关协议,海砂开采活动结束后进行附近项目建设 | 是 |

(2) 项目变更后利益相关者情况

根据本项目用海变更对周边海域开发利用活动的影响分析,本项目用海变更区域涉及海域开发活动为福清兴化湾海上风电场二期(样机试验风场)项目,该项目与本项目为同一建设单位,利益相关问题可在公司内部协调解决。

本项目风机用海面积按照《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》(自然资源部,2024年12月30日)相关规定进行计算,风机用海范围与福清兴化湾海上风电场二期(样机试验风场)项目海缆产生用海重叠,重叠部分采用立体分层确权,由于该项目与本项目为同一建设单位,利益相关问题可在公司内部协调解决。

项目变更前的利益相关者已妥善解决,本次用海变更不会产生新的利益冲突,因此项目用海变更利益相关者问题可协调。

5.4 需协调部门界定

项目用海对交通、渔业、水利等公共利益产生影响的,应将上述公共利益的相关管理机构界定为需协调部门。

本项目在施工前已与福清市海洋与渔业局、福州市海事局进行了充分的联系与协调,项目施工时对部分风机位置和海缆进行了调整,调整后的风机和海缆仍全部位于规划风电场内,不会对通航产生新的影响。

目前项目已施工完毕。建设单位在项目运营期间仍应加强调度,保障项目正常营运和周边海域的通航安全,本次变更没有需协调的部门。

5.5 相关利益协调分析

本项目用海调整后对周边养殖区、保护区均无影响，对周边渔业活动、海底电缆工程、通航环境的影响与变更前一致，无新增不利影响。

根据《自然资源部关于探索推进海域立体分层设权工作的通知》，海域是包括水面、水体、海床和底土在内的立体空间，在不影响国防安全、海上交通安全、工程安全及防灾减灾等前提下，鼓励对跨海桥梁、养殖、温（冷）排水、海底电缆管道、海底隧道等用海进行立体分层设权，生产经营活动存在冲突的除外。

本项目风机用海范围与福清兴化湾海上风电场二期（样机试验风场）项目海缆产生用海重叠，为最大化合理利用海域空间资源，对重叠区域申请立体分层设权，风机申请用海空间层为水面，海缆申请用海空间层为底土。

项目用海新增利益相关者为福建省福能海峡发电有限公司，与本项目为同一建设单位，本项目权属利益关系可内部协调解决。

5.6 项目用海对国防安全 and 国家海洋权益的影响分析

风电场区不占用军事设施，远离我国领海基点，周围亦无国家涉密工程。因此，本项目实施对国家权益、国防安全和海洋权益没有影响。

6 国土空间规划符合性分析

6.1 项目用海与国土空间规划符合性分析

6.1.1 所在海域国土空间规划分区情况

6.1.1.1 所在海域《福建省国土空间规划（2021~2035年）》情况

《福建省国土空间规划（2021-2035年）》指出：“积极推进规模化集中连片海上风电开发，研究开发远海风电，重点推进平海湾、兴化湾、漳州六鳌、平潭等地区海上风电项目建设。支持风电与光伏储能一体化、屋顶太阳能光伏分布式发电、潮汐能发电、农光互补、海上养殖场渔光互补、远海海上光伏发电、中小型分布式中低温地热发电等新兴能源项目研发建设。加快建设抽水蓄能电站，选点布局储能电站示范项目，提高电网调峰能力。”本项目在《福建省国土空间规划（2021-2035年）》中规划的兴化湾地区建设海上风电场，属于国土空间规划支持的建设项目。

《福建省国土空间规划（2021-2035年）》指出：按照耕地和永久基本农田、生态保护红线、城镇开发边界的优先序统筹划定落实三条控制线，确保三条控制线不交叉不重叠不冲突。将三条控制线纳入国土空间规划“一张图”，作为国土空间用途管制的基本依据，统筹优化国土空间开发保护格局。落实最严格的耕地保护制度，扎实推进数量、质量、生态“三位一体”保护，对永久基本农田实行“特殊保护”，“严守生态保护红线，实现一条红线管控重要生态空间，确保生态功能不降低、面积不减少、性质不改变”。

项目位于兴化湾内，在《福建省国土空间规划（2021-2035年）》中的位置属于海洋开发利用空间区域，不占用海洋生态空间和三条控制线（图 6.1.1-1、图 6.1.1-2）。

图 6.1.1-1 项目在《福建省国土空间规划（2021-2035年）》海洋开发利用空间位置

图 6.1.1-2 项目与《福建省国土空间规划（2021-2035年）》三条控制线位置

6.1.1.2 所在海域《福州市国土空间总体规划（2021~2035年）》基本情况

2024年12月9日，国务院正式批复《福州市国土空间总体规划（2021—2035年）》，根据《福州市国土空间总体规划（2021-2035年）》，本项目风电场区位于“工矿通信用海区”，项目周边分布有“特殊用海区”“渔业用海区”“交通运输用海区”等（图6.1.1.2-1）。

图6.1.1.2-1 项目所在《福州市国土空间总体规划（2021-2035年）》中的位置

（1）工矿通信用海区

工矿通信用海区管控要求为：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开展围填海生态建设。

（2）特殊用海区

该功能区管控要求为：保障污水达标排放用海，兼容不损害污水达标用排放用海功能的其他用海活动，严格限制改变海域自然属性；排污用海须进行专题论证确定其具体位置、范围、面积，确保不影响毗邻海域功能区的环境质量；严格执行污水达标深水排放标准。

（3）渔业用海区

该功能区管控要求为：保障渔业基础设施、增养殖、捕捞等渔业用海，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。

（4）交通运输用海区

该功能区管控要求为：保障港口用海，兼容不损害港口用海功能的其他用海活动，除码头、堆场等建设外，严格限制改变海域自然属性，统筹陆海基础设施建设，节约集约利用海域资源。

6.1.2 对周边海域国土空间规划分区影响分析

6.1.2.1 对福建省国土空间规划中周边规划功能分区的影响

项目位于福清沙埔镇牛头尾村西北侧和三山镇前薛村东南侧之间海域，距离最近生态保护红线约6km，项目施工悬沙不会影响到生态保护红线（图6.1.2-1）。

本次用海调整在规划风电场内进行，未超出规划场址范围。变更后项目对水

动力和冲淤环境的影响与变更前基本一致。项目为清洁能源，施工和运营期各项污染物均得到有效处理，不随意排放，对周边生态环境影响很小。综上，项目建设和运营对福建省国土空间规划中周边空间规划分区影响较小。

图 6.1.2-1 施工期悬沙与福建省国土空间规划叠置图

6.1.2.2 对福州市国土空间规划中周边规划功能分区的影响

根据《福州市国土空间总体规划（2021-2035 年）》，本项目风电场区位于“工矿通信用海区”，项目周边分布有“特殊用海区”“渔业用海区”“交通运输用海区”（图 6.1.2.2-1）。

本项目距离生态保护区较远，施工悬沙不会扩散至生态保护区。根据数模结果，项目施工悬沙会扩散到“特殊用海区”和“渔业用海区”，但施工悬沙影响较为短暂，随着施工的结束影响将随之消失，不会影响“特殊用海区”和“渔业用海区”的用海功能。

图 6.1.2.2-1 施工期悬沙与福州市国土空间规划叠置图

6.1.3 项目用海与国土空间规划符合性分析

6.1.3.1 与福建省国土空间规划的符合性

本项目位于福州市兴化湾内，属于海洋开发空间利用区域，项目不占用《福建省国土空间规划（2021~2035 年）》中的三条控制线。

风机用海方式为透水构筑物，海底电缆的用海方式为海底电缆管，用海方式均不会改变海域的自然属性，不会对周边保护区水文动力环境产生影响。施工期产生各类污染物均有合理的处置措施，不外排。运营期风力发电为清洁能源，基本不会产生其他污染物。

综上，项目建设符合《福建省国土空间规划（2021~2035 年）》的要求。

6.1.3.2 与福州市国土空间总体规划的符合性

根据《福州市国土空间总体规划（2021-2035 年）》，本项目风电场区位于“工矿通信用海区”，项目已取得不动产权证，风电场区与变更前一致，风机和海缆位置仅在场区内调整。

工矿通信用海区管控要求为：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开展围填海生态建设。

本项目为海上风电项目，为“工矿通信用海”中的“可再生能源用海”，此次用海变更在场区内进行调整，项目风电场区符合该区工矿通信用海的基本功能要求。本项目 35kV 海缆位于“工矿通信用海区”，海底电缆全程埋设于海底，电缆用海不会改变“工矿通信用海区”的海域自然属性，海缆建设符合“工矿通信用海区”的管控要求。

综上，本项目符合《福州市国土空间总体规划（2021-2035 年）》。

6.3 项目用海与相关规划的符合性分析

6.3.1 与国家政策符合性

6.3.1.1 与产业结构调整指导目录符合性

根据《产业结构调整指导目录 2024 年本》，项目建设属于“五、新能源”中“风力发电技术与应用”为第 1 项鼓励类项目。本项目为海上风电场建设项目，属于产业结构调整鼓励类项目。因此，本项目建设符合国家产业政策的要求。

6.3.1.2 与《可再生能源中长期发展规划》符合性

《可再生能源中长期发展规划（2007-2020 年）》中指出“在广东、福建、江苏、山东、河北、内蒙古、辽宁和吉林等具备规模化开发条件的地区，进行集中连片开发条件的地区，进行集中连片开发，建成若干个总装机容量 200 万 KW 以上的风电大省。”

本项目风电场位于我国东南沿海福建中部海域，风能资源丰富，是《可再生能源中长期发展规划（2007-2020 年）》提出的风电发展重点区域。本项目的建设充分利用海区的海上风能，从一定程度上缓解了福建省的用电紧张，与《可再生能源中长期发展规划（2007-2020 年）》中大力发展风电的指导意见相符合。

6.3.1.3 与《海上风电开发建设管理暂行办法实施细则》符合性

国家能源局、国家海洋局联合下发的《海上风电开发建设管理暂行办法实施细则》中第五条规定：“海上风电场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。”

2016 年 10 月，国家海洋局发布《国家海洋局关于进一步规范海上风电用海管理的意见》（国海规范[2016]6 号），其中提到：“深入贯彻落实生态文明建设要求，统筹考虑开发强度和资源环境承载能力，科学选定风电建设区域。鼓励海上风电深水远岸布局，在当前和未来开发强度低的海域选址建设，原则上应在离岸

距离不少于 10 公里、滩涂宽度超过 10 公里时海域水深不得少于 10 米的海域布局（以下简称“双 10”规定）。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。”

由于受到福建海洋地形地貌以及风电场选址局限性的限制，在福建海域离岸 10km 外布置海上风电难度很大，国家能源局于 2017 年 3 月（16 年“双 10”规定发布之后）还是批复了《福建省海上风电场工程规划报告》，提出了 17 个不是严格满足“双十”的规划场址，本项目场址是这 17 个规划场址之一。本项目选址位于《福建省海上风电场工程规划报告（报批稿）》的福清兴化湾海上风电场规划范围内，离岸距离在 1.9km~4.7km、海域水深-4.9~-20.7m 处，各机位平均水深-10m。

依据自然资源部办公厅《关于做好海上风电用海有关问题处置工作的通知》（自然资办函[2021]1713 号）以及福建省自然资源厅办公室《关于做好海上风电用海有关问题处置工作的通知》的要求，本项目涉及未严格执行“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”，需开展风电用海评估工作。2021 年 12 月，福清海峡发电有限公司委托国家海洋局宁德海洋环境监测中心站编制的《福清兴化湾海上风电场一期项目海域使用评估报告》通过专家评审，报告评估认为：本项目基本符合风电用海政策、海洋功能区划和生态保护红线的管控要求，基本落实海域使用管理对策措施，对海洋生态环境的影响较小，生态修复措施切实可行，无海洋风险应急事故发生。在落实本报告提出的各项建议措施的前提下，本项目继续用海是可行的，建议予以保留。”

综上所述，本项目建设选址虽然距离岸线较近，但项目选址区域不存在国家能源局、国家海洋局公布“双 10”时所担忧的主要问题，项目选址符合《福建省风力开发计划》和《福建省海上风电场工程规划报告》，项目选址贴近岸边也符合通航安全要求。本项目组织开展风电用海后评估，经评估对海洋生态环境不存在严重影响，可见项目选址与“双 10”规定不矛盾。

6.3.2 与《福建省海上风电场工程规划报告》的符合性

根据《福建省海上风电场工程规划报告（报批稿）》，福清兴化湾海上风电场

已列入福建海上风电规划场址，位于福清兴化湾内，邻近福清核电站址，由 A-C 三块区域组成，总面积约 48.7km²，规划装机规模为 45 万 KW，其中 A 区与 B 区合计 35 万 KW，C 区 10 万 KW，其中 A 块区域即本项目所在位置（图 6.3.2-1）。

本项目选址位于规划范围之内，与福建省海上风电场工程规划相符。

图 6.3.2-1 项目在《福建省海上风电场工程规划报告》中的位置

6.3.3 与《福建省海岛保护规划》符合性

根据《福建省海岛保护规划(2011-2020年)》，福建省海岛资源主要有港口航运资源、渔业资源、景观旅游资源、海洋能资源、风能资源、林业资源等该规划通过加强对无居民海岛和特殊用途海岛的保护，严格限制岛礁及其周边海域的开发利用活动，削除和减少人为活动对海岛岸滩地形、岸线形态和海岛海域资源和生态的破坏。

本项目位于福清核电与牛头尾之间，场区邻近的岛屿主要有桃仁岛、三塔屿、牛耳屿、沙屿。本项目风机距离桃仁岛、三塔屿、牛耳屿、沙屿的距离分别为2.01km、0.68km、1.14km、1.37km，四个岛屿均为未开发利用海岛，主要保护要求为保护岛上生态环境。本项目为风机建设，项目的实施不会造成海岛生态系统的改变和海岛侵蚀，因此，项目建设与规划符合。

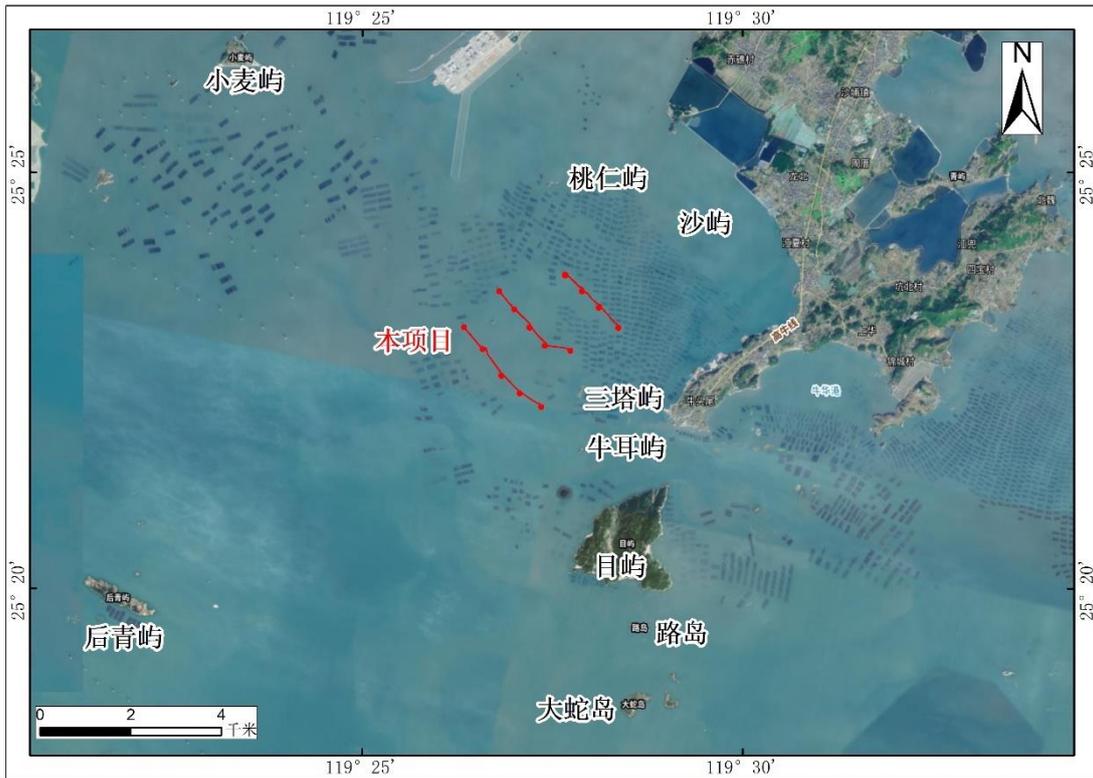


图 6.3.3-1 项目与周边海岛位置关系

6.3.4 与《福建省湿地保护条例》符合性

《福建省湿地保护条例》已由福建省第十三届人民代表大会常务委员会第三十六次会议于2022年11月24日修订，2023年1月1日起实施。为了贯彻落实保护条例的具体措施，福建省发布了第一批省重点湿地保护名录，兴化湾湿地列入其中，保护面积20571公顷，其中湿地面积为7660.18公顷，湿地类型为浅海

水域、水产养殖场。本项目不涉及重要湿地和一般湿地，距离一般湿地最近约 85m，见图 6.3.4-1。

风电场建设对周边海域水文动力、地形地貌与冲淤环境、海水水质、海洋沉积物、生物生态、噪声环境、电磁辐射等影响很小，对鸟类资源及迁徙通道的影响较小。项目建设符合《福建省湿地保护条例》。

图 6.3.4-1 项目与周边湿地位置关系

6.3.5 与《福建省“十四五”海洋生态环境保护规划》符合性

以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，全面贯彻党的十九大和十九届历次全会精神，深入践行习近平生态文明思想，立足新发展阶段，贯彻新发展理念，服务和融入新发展格局，锚定 2035 年远景目标，坚持减污降碳协同增效，更加突出精准治污、科学治污、依法治污，以海洋生态环境质量持续改善为核心，以“美丽海湾”保护与建设为统领，按照“贯通陆海污染防治和生态保护”的总体要求，以“管用、好用、解决问题”为出发点和立足点，统筹污染治理、生态保护和风险防范，推动解决突出海洋生态环境问题，推进海洋生态环境领域治理体系和治理能力现代化建设，协同推进沿海地区经济高质量发展和生态环境高水平保护，不断满足人民日益增长的优美海洋生态环境需求，为建设美丽福建奠定坚实的海洋生态环境基础。规划期限为 2021-2025 年，展望至 2035 年。

生态优先，绿色发展。践行绿水青山就是金山银山理念，以生态优先、绿色发展为引领，把海洋生态环境保护主动融入经济社会发展全过程，坚持减污降碳协同增效，推动沿海海洋产业结构优化调整，促进生态、生产、生活空间合理布局和绿色高质量发展。

陆海统筹，区域联动。建立强化陆海统筹、河海兼顾、区域联动、协同共治的治理模式，以海湾为重点，强化陆海整体谋划和有机联动，统筹陆域流域和海域污染协同治理。加强沿海地区入海河流域及近岸海域生态环境目标、政策标准衔接，实施区域流域海域污染防治和生态保护修复责任衔接、协调联动和统一监管，推动陆海协同治理。

问题导向，稳中求进。面向 2035 年美丽福建建设的战略目标和总体要求，以解决突出海洋生态环境问题为导向，以改善海洋环境质量、恢复典型生态系统、提高社会公众获得感为核心，锚定 2035 年远景目标，倒排工期、精准发力，巩固成效、提升质量，确保海洋生态环境质量持续稳定改善。

一湾一策，精准施策。以海湾（湾区）为管理单元、以沿海市县为责任主体，针对不同河口、海湾和不同海域的突出生态环境问题特征，“一湾一策”科学谋划重点任务和行动方案，合理制定有针对性、可操作的差异化政策措施，建立完善考核机制，提高海洋生态环境保护成效。

上下联动，多方共治。加强组织协调，明确省级各部门责任和分工，强化目标要求，鼓励市县及有关部门根据各自实际情况创新实践。会同有关部门、沿海市县、涉海企事业单位、科研机构和社会公众等群策群力编制和实施规划，形成共抓海洋生态环境大保护的格局。

根据《福建省“十四五”海洋生态环境保护规划》，项目建设风电场，不设置入海排污口，施工期主要存在桩基施工和海缆开挖产生的悬沙扩散影响，运营期不会向海中排放污染物，项目建设不会涉及周边无居民海岛和生态红线区，不会改变岸线自然形态和生态功能。总体来说，本项目建设除施工期间暂时性的泥沙增量扩散影响，施工结束后一段时间可自行恢复，运营期对海洋水质、沉积物、生物生态环境基本没有影响。

本次变更仅涉及场区内 35kV 海缆和局部风机位置调整，项目用海变更对资源生态产生的影响很小，符合《福建省“十四五”海洋生态环境保护规划》的要求。

6.3.6 与福州市“三区三线”符合性

2022 年 10 月 14 日，福州市自然资源和规划局积极落实自然资源部和福建省自然资源厅统一部署，按照《全国“三区三线”划定规则》等规范要求完成了福州市“三区三线”（永久基本农田、生态保护红线、城镇开发边界）划定工作，成果顺利通过自然资源部质检，经自然资源部正式批准启用，作为建设项目用地用海组卷报批的依据。

根据《福州市“三区三线”划定成果》，本项目未涉及生态保护红线（图 6.3.6-1），与周边生态红线保持了一定距离，根据前述海域环境影响评估结果，风电场建设对水文动力、地形地貌与冲淤变化、海水水质、海洋沉积物、生物生态、噪声环境、电磁辐射等影响很小，对鸟类资源及迁徙通道的影响很小，项目运营不会对周边生态红线产生影响，符合“三区三线”划定成果的管控要求。

图 6.3.6-1 项目与福州市“三区三线”位置关系图

6.3.7 与福州市湿地保护规划符合性

根据《福州市湿地保护规划（2014-2025）》，福州市湿地分为三个湿地生态功能区等级进行保护管理，见图 6.3.7-1。其中，一级湿地生态功能区的管理目标是保护具有代表性、典型性的湿地生态系统和生物多样性丰富区域等；保护珍稀濒危野生动物栖息地以及候鸟集中分布的繁殖地、越冬地和停歇地；保护湿地淡水资源供给服务功能和生态旅游资源服务功能。三级湿地生态功能区的管理目标是对湿地资源进行合理、可持续的利用，保护湿地的整体生态服务功能。兴化湾海上风电场位于一级湿地功能区范围内，详见图 6.3.7-1。

本项目用海方式包括风机透水构筑物用海和海底电缆管道用海，不会改变海域自然属性和湿地性质，通过海域环境影响评估结果，风电场建设对周边海域水文动力、地形地貌与冲淤环境、海水水质、海洋沉积物、生物生态、噪声环境、电磁辐射等影响很小，不会破坏湿地生态系统及其生物多样性水平。

据省林业厅复函（闽林湿便函[2016]8号），建议样机在场地选择时尽可能避开低潮时海拔-1米线以内的潮间带滩涂区域，现有场地选择建议考虑整体向外（深水区）迁移，并考虑适当向牛头尾方向移动，减少对鸟类觅食地的影响。福清兴化湾海上风电场一期项目场址中心距岸线约5.7km，海域水深-4.9~-20.7m处，各机位平均水深-10m，避开了主要潮间带滩涂湿地区域。

图 6.3.7-1 项目在《福州市湿地保护规划》中的位置

2022年1月27日，福建省人民政府发布了《福建省人民政府关于同意建立福清兴化湾水鸟省级自然保护区的批复》（闽政文[2022]67号文），新增建立福清兴化湾水鸟省级自然保护区，保护区总面积7518.36hm²，其中核心保护区面积2282.66hm²，实验区面积5235.70hm²。自然保护区以自然湿地的近海与海岸湿地为主，由淤泥质海滩、浅海水域、岩石海岸（包括岛屿）、潮间盐水沼泽、红树林和水产养殖场等组成。自然保护区有国家重点保护野生动物30种，其中以黑脸琵鹭、黑嘴鸥等众多珍稀濒危动物物种、丰富水鸟资源和滨海湿地生态系统为主要保护对象。

图 6.3.7-2 项目与福清兴化湾鸟类自然保护区叠置图

本项目位于福清核电以东、紧邻牛头尾附近，风机距离福清兴化湾鸟类自然保护区最近约6.5km（图 6.3.7-2）。根据《福清兴化湾海上风电场一期（样机试验风场）项目鸟类影响评估报告》（福建省东海海洋研究院，2016.9），本项目与福清兴化湾水鸟省级自然保护区存在一定距离，项目建设对水鸟的觅食、繁殖、

迁徙、栖息及迁徙通道的影响较小。

综上，本项目建设虽对湿地有所影响，但影响有限可控，不会破坏湿地生态系统基本功能，建设单位积极落实了相关生态保护修复措施，完成红树林种植、增殖放流、海洋环境跟踪监测、鸟类临时观测点建设、水下实时在线监测等各项修复工作，生态保护修复效果良好，尽量减轻了对湿地的不利影响。而且，风电场建设打破了周边海域单一的景观格局，对区域景观具有一定的美化作用，有助于提升湿地旅游服务价值，符合《福州市湿地保护规划（2014~2025）》的管理要求。

6.3.8 与《福州港总体规划（2035年）》符合性

根据《福州港总体规划 2035 年》，2019 年底，福州港共有生产性泊位 200 个，其中万吨级以上泊位 64 个，码头通过能力货运 16833 万吨（含集装箱 273 万 TEU）、客运 241 万人次和滚装 45 万辆。其中，福州市（含平潭区，下同）港口共有生产性泊位 138 个，其中万吨级以上泊位 53 个，码头通过能力货运 13825 万吨（含集装箱 270 万 TEU）、客运 219 万人次和滚装 15 万辆；宁德市港口共有生产性泊位 62 个，其中万吨级以上泊位 11 个，码头通过能力货运 3008 万吨（含集装箱 3 万 TEU）、客运 22 万人次和滚装 30 万辆。

本项目距离较近的作业区为壁头作业区，距其约 9km。壁头作业区以集装箱运输为主，并为后方化工、能源电力等临港产业发展服务。位于兴化湾江阴半岛南部，后方依托江阴工业集中区，目前已建 5 万吨级及以上集装箱泊位 5 个、5 万吨级液体化工泊位 3 个、3000 吨级液体化工泊位 7 个、国电福州发电厂有限公司建有 10 万吨级煤炭泊位 1 个、1.5 万吨级滚装泊位 1 个、在建 5 万吨级集装箱泊位 4 个。

风电场与壁头作业区距离较远，对其影响很小。因此，本项目建设与福州港总体规划是相符合的。

图 6.3.8-1 项目在《福州港总体规划（2035 年）》中位置

6.3.9 与《福清市养殖水域滩涂规划（2018-2030 年）》符合性

根据《福清市养殖水域滩涂规划(2018-2030 年)》，本项目位于限养区，所在功能区代码为 2-2-5，限养区管控要求为“在特殊用海、工矿通信用海、可再生能源利用、海上交通等非水产养殖功能规划建设区内的限养区，在规划项目尚未开发建设时，且不影响建设规划实施的，暂时保留水产养殖功能，依法依规发放

水域滩涂养殖证；在开发建设时，水产养殖依法退出。”

本项目为工矿通信用海，项目场址分布有临时养殖区，为无确权养殖用海，主要为邻近村镇的无权属、无序设施养殖。项目风机和电缆建设不可避免对涉及到的设施养殖造成一定影响。对涉及到的无权属养殖区，目前已在沙浦镇政府和三山镇政府的统一引导下，对养殖区进行了统一规划和布局，并进行了补偿。同时，本项目风机为透水结构形式，后期风机可作为筏式养殖用海的固定设施，实现风、渔协同发展。因此项目用海与《福清市养殖水域滩涂规划(2018-2030年)》相协调。

图 6.3.9-1 本项目与福清市养殖水域滩涂规划(2018-2030年)叠置图

7 项目用海合理性分析

7.1 选址合理性分析

项目已建设完成，项目仍位于原规划场址。部分风机原选定风机位置地质条件较差，对部分风机位置进行了调整，导致 35kV 海缆随之发生变化，需要根据实际情况进行用海变更，项目选址、用海方式和用海期限均不变化。根据原论证报告，项目所在区域自然条件好，地质条件较好，海域宽阔，具备建设工程的基本条件。

7.2 用海调整的平面布置合理性

本项目部分风机原选定风机位置地质条件较差，对部分风机位置进行了调整，部分 35kV 海缆产生了超出确权用海范围的情况，需要根据实际建设情况进行用海调整，因此调整后的平面布置是合理的。

本报告根据项目海底电缆路由探测技术报告进行用海范围调整，将实际铺设时超出原确权用海范围的海缆纳入项目用海范围，用海调整后用海范围界定符合《海籍调查规范》等相关要求。本次用海调整与实际情况相符，调整后的海缆仍全部位于规划的场址范围内，因此海缆布置调整是合理的。

7.3 用海方式合理性分析

本次用海调整后的用海方式未发生变化，项目用海涉及风电机组基础、海底电缆，用海方式有透水构筑物用海（风电机组基础）和海底电缆管道用海（35kV 海底电缆）。根据《海域使用论证技术导则》，用海方式合理性与否，需要考虑用海方式是否有利于维护海域基本功能，能否最大程度地减少对水文动力环境、冲淤环境的影响、是否有利于保护和保全区域海洋生态系统等。

风机基础采用高桩混凝土承台型式基础，对潮流的影响仅集中在基础附近，对潮流影响较小，基本不改变周围海域水动力条件，且风机基础之间距离较大，不影响水流在风机之间养殖区域流通。建成后风电场区及周边海域将有所淤积，除基础附近淤积幅度较大之外，其余区域冲淤幅度较小。风机的建设将占用少量海域，但由于面积较小，不会影响海域功能的发挥。因此，风机采用透水构筑物的用海方式是合理的。

本项目 35kV 输电线路采用海底电缆，海缆全程埋设于海底，对海洋环境影响较小，因此海缆用海方式合理。

综上所述，项目采用透水构筑物 and 海底电缆管道用海方式有利于维护海域基本功能，能最大程度地减少对水文动力、冲淤环境的影响，同时有利于保护海洋生态系统等。

因此，本项目用海方式合理。

7.4 岸线占用情况

本项目原 35kV 临时登陆海缆将计划注销用海并拆除，14 台风机所发电能通过 3 条 35kV 海缆改接至二期项目海上升压站，与二期电能一同输送至沙埔镇赤礁村西侧的电缆终端塔再并入省电网，故本项目变更后将不占用岸线。

7.5 用海面积调整的合理性分析

7.5.1 用海面积调整合理性

（一）用海面积满足项目用海需求

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、升压变电站布置、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，最终选择垂直于主风向的风机布置方案，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。

（二）与《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》的符合性

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

本项目单个风电机组基础用海面积以塔架中心点为圆心，以圆心至风机叶片投影最外缘点为半径的圆形区域计算；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。本项目用海面积符合《自然资源部关于进一步加强海上风

电项目用海管理的通知》对风电用海面积的要求。

(三) 与《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》用海控制指标的符合性

2024年12月30日发布了《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》，该“通知”对海上风电项目用海节约集约控制指标做出了新要求，控制指标包括离岸距离和水深、单位装机容量风电场面积、海域利用率、海域利用率、投资强度。

本项目单机容量均小于8兆瓦，总装机容量77.4MW，风机外包络面积6.9km²，单位装机容量风电场面积（公顷/兆瓦）为8.91公顷/兆瓦；风电场包络线范围内确权面积34.3304公顷，海域利用率为4.98%；项目总投资160223.94万元，项目用海确权面积34.3304公顷，投资强度为4667.12万元/公顷。

表 7.5.1-1 海上风电项目用海节约集约控制指标（部分）

| 指标名称 | 指标值 | | | 本项目 |
|--------------------|------------------|----------------|---------------|---------|
| | 单机容量 ≤8兆瓦 | 单机容量 8-12兆瓦 | 单机容量 ≥12兆瓦 | |
| 离岸距离和水深 | 离岸30千米，或水深大于30千米 | | | 1.8km |
| 单位装机容量风电场面积（公顷/兆瓦） | ≤13 | ≤14 | ≤15 | 8.91 |
| 海域利用率 | ≥10% | ≥7% | ≥6% | 4.98% |
| 投资强度（万元/公顷） | ≥600 | ≥700 | ≥800 | 4667.12 |

(四) 面积进一步减少的可能性

根据自然资源部《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》，单机容量≤8兆瓦的风电场，单位装机容量风电场面积（公顷/兆瓦）需≤13，本项目风电场占用的海域面积符合该意见的要求。项目已按照原设计方案完成建设14台风机和配套的海缆建设。项目施工时对部分风机位置进行了微调，避开了不利于风机建设的地质条件，布置已尽可能减少海缆长度，因此用海面积不宜再小。

本项目风机和海底电缆管道，根据最终确定的工程平面布置方案和工程断面结构确定，符合《海籍调查规范》、《海上风电开发建设管理办法》和《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》。用海面积符合实际需求，符合集约、节约用海原则，无需进一步优化和压缩，因此项目用海面积是合理的。

7.5.2 宗海图绘制

利用委托方提供的海缆实际测扫结果作为宗海界址图的基础数据，采用CG

CS2000 坐标系，在 AutoCAD 和 ArcGis 等软件界面下，形成有项目用海及用海布置图等为底图，以用海界线形成不同颜色区分的用海区域。

根据《宗海图编绘技术规范》（HY/T251-2018）及工程建设的要求，所采用的技术标准为：平面控制：CGCS2000 坐标系；深度基准：当地理论深度基准；投影方式：高斯-克吕格（中央经线 119°30'），并填上《宗海图编绘技术规范》（HY/T251-2018）上要求的其他海籍要素，形成宗海位置图和宗海平面布置图。

7.5.3 用海面积量算

本项目调整后的用海总面积 34.3304hm²，用海类型一级类为工业用海，二级类为电力工业用海。其中，风机用海面积为 24.5150hm²；风机用海方式一级方式为构筑物，二级方式为透水构筑物；海底电缆用海面积 9.8154hm²，用海方式一级方式为其他方式，二级方式为海底电缆管道。

（1）风电机组

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

根据上述《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》，本项目单台风机的用海面积是以塔架中心点（风机系泊点）为圆心，以圆心至风机叶片投影最外缘点为半径的圆形区域。根据业主提供的风机参数，经计算单台风机的用海面积情况如下表：

图 7.5.3-1 风机基础用海面积界定示意图

表 7.5.3-1 风机用海面积计算

| 序号 | 风机编号 | 塔架中心至风机叶片投影最外缘点距离(m) | 用海面积(ha) |
|----|-----------------|----------------------|----------|
| 1 | Y1、Y2、Y6、Y7、Y13 | 77.4788 | 9.4295 |
| 2 | Y3、Y4 | 64.5489 | 2.6180 |
| 3 | Y5、Y14 | 70.5142 | 3.1242 |
| 4 | Y8、Y9 | 79.4776 | 3.9689 |
| 5 | Y10~Y12 | 75.5145 | 5.3744 |
| 合计 | | | 24.5150 |

（2）海底电缆

根据《海籍调查规范》(HY/T124-2009) 5.3.6.3, 当几种用海方式的用海范围发生重叠时, 重叠部分的用海方式按照现行海域使用金征收标准较高的确定。根据现行的海域使用金征收标准, 透水构筑物海域使用金高于海底电缆管道的海域使用金, 海底电缆管道与透水构筑物用海有部分重叠, 重叠部分应归入透水构筑物用海范围。因此本项目海底电缆管道与风机用海重叠部分归入风机的申请用海面积。

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暂行办法》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。经计算, 电缆用海面积为 9.8154hm²。各用海单元界址点如下表。

表 7.5.3-1 项目各内部单元面积

| 内部单元 | 用海方式 | 界址线 | 面积 (公顷) |
|-----------|--------|---|---------|
| 风机 | 透水构筑物 | 圆心点 1-2、6-7、13 (半径=77.4788m) | 9.4295 |
| 风机 | 透水构筑物 | 圆心点 3-4 (半径=64.5489m) | 2.6180 |
| 风机 | 透水构筑物 | 圆心点 5、14 (半径=70.5142m) | 3.1242 |
| 风机 | 透水构筑物 | 圆心点 8-9 (半径=79.4776m) | 3.9689 |
| 风机 | 透水构筑物 | 圆心点 10-12 (半径=75.5145m) | 5.3744 |
| 35kV 海底电缆 | 海底电缆管道 | 15-16-...-21-22-15; 23-24-...-29-30-23; 31-32-...-39-40-31; 41-42-...-45-46-41; 47-48-...-53-54-47; 55-56-...-63-64-55; 65-66-...-71-72-65; 73-74-...-77-78-73; 79-80-...-87-88-79; 89-90-...-101-102-89; 103-104-...-111-112-103 | 9.8154 |
| 宗海 | | 风机+海底电缆 | 34.3304 |

7.6 用海期限合理性分析

根据本项目工程可行性研究报告, 风机基础、海缆设计使用年限为 25 年, 工程总体施工期为 20 个月, 考虑到建设中的不确定因素和风电场的拆除时间, 项目原确权用海期限 27 年。

本次用海调整仅对用海范围进行调整, 调整后用海期限与原确权用海期限一致, 用海期限至 2045 年 2 月 1 日。

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五十年”。本项目为电力工业用海, 属于建设工程用海。因此本项目调整后的用海期限是合理的。

8 生态用海对策措施

8.1 生态用海对策

8.1.1 生态化设计

(1) 用海方式生态化

本项目风机用海方式为透水构筑物用海,相对与非透水构筑物的用海方式来说,对潮流的影响仅集中在基础附近,对潮流影响较小,基本不改变周围海域水动力条件,且风机基础之间距离较大,不影响水流在风机之间流通。建成后风电场区及周边海域将有所淤积,除基础附近淤积幅度较大之外,其余区域冲淤幅度较小。风机的建设将占用少量海域,但由于面积较小,不会影响海域功能的发挥。因此,风机采用透水构筑物的用海方式是合理的,体现了用海方式的生态化设计。

本项目 35kV 输电线路采用海底电缆,利用海底电缆输电的方式对海洋资源进行立体开发,充分利用了海底空间资源。海底电缆全部埋设至海底,不改变海域地形和岸线,对海洋环境影响较小,体现了用海方式的生态化设计。

综上,项目用海方式对水文动力环境、冲淤环境的影响很小,利于保持潮汐通道畅通,有利于保持海域自然属性,符合用海方式生态化设计要求。

(2) 平面设计生态化

总平面布置时充分利用风电场盛行风向进行布置,较大程度利用风资源,风电机组布置合理,兼顾了各单机的发电量。在技术可行的范围内将用海面积降到最低,项目建设对周边海域的影响较小,体现了集约节约的用海原则。

(3) 资源利用生态化

项目变更后将不占用岸线,风机成排集中布置,可有效避免了风机分散布置有利于对海域资源的集约节约利用。风机采用透水构筑物用海方式,对周边水动力环境和泥沙冲淤环境影响很小,有利于保持所在海域的自然属性。

本项目用海方式和用海面积合理,有利于保持自然岸线和海域自然属性,体现了尽可能减少对海洋自然资源占用的生态化用海理念。

8.1.2 施工期生态保护措施

由于项目已施工完成,不再对施工期生态保护措施进行分析。

8.1.3 运营期生态保护措施

1) 运维船舶产生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 生态跟踪监测

建设单位委托国家海洋局厦门海洋环境监测中心站于 2019 年 5 月、2020 年 4 月、2021 年 4 月、2022 年 4 月和 2023 年 4 月进行了 5 年的运营期跟踪监测。其中海水水质监测频次为 2019 年 5 月、2020 年 4 月、2021 年 4 月、2022 年 4 月和 2023 年 4 月各一次；海洋生态监测频次为 2019 年 5 月、2020 年 4 月、2021 年 4 月、2022 年 4 月（其中潮间带生物为同年 5 月）和 2023 年 4 月（其中潮间带生物为同年 5 月）各监测 1 次；渔业资源监测频次为 2019 年 4 月、2020 年 4 月、2021 年 4 月、2022 年 4 月和 2023 年 4 月各监测 1 次。调查站位见表 8.1.4-1，图 8.1.4-1。

表 8.1.4-1 运营期调查站位坐标

图 8.1.4-1 运营期调查站位

8.2 生态保护修复措施

8.2.1 生态修复方案内容

本项目建设过程中的风机沉桩施工、海缆敷设及其导致的悬浮泥沙扩散，均会造成项目周边的浮游植物、浮游动物、底栖生物、鱼卵仔鱼、游泳动物损失。为弥补工程建设所造成的生态损失，应进行海域生态修复工作。

根据《福清兴化湾海上风电场一期（样机试验风场）项目海域使用论证报告书（报批稿）》（自然资源部第一海洋研究所，2017年3月）生物资源损失计算结果，本项目生态补偿金为 259.21 万元。本项目与二期工程的生态修复工作一同开展，其中二期工程生态补偿金为 946.62 万元，两个项目生态补偿金共计 1205.83 万元。实施的生态修复费用为 1253.23 万元（表 8.2-2）。实施的生态补偿金额大于 1205.83 万元，生态补偿增量为 47.4 万元，无需采取新的生态补偿措施。

福清海峡发电有限公司委托福州榕邦林业技术服务有限公司编制了《福清兴化湾海上风电场项目湿地生态评估及湿地生态修复方案（报批稿）》，生态修复方案针对湿地生态评估的结果提出了相应的修复措施，湿地生态修复保护方案内容为：

（1）红树林生态修复，选址共两个地块新造红树林 3hm²，地块 1 位于福清兴化湾水鸟自然保护区水鸟调节区西南侧海堤外的淤泥质滩涂区域，地块 2 位于福清兴化湾水鸟自然保护区水鸟调节区西南侧海堤外的淤泥质滩涂区域；

（2）增殖放流，规划在风机运营期持续开展增殖放流，年投入不低于 120 万元；

（3）湿地生态环境监测，包括水质、沉积物、冲淤环境、海洋生态、渔业资源、鸟类（水鸟）、水文动力、水上噪声、水下噪声、电磁辐射、红树林种植区域生物多样性监测。

（4）鸟类观测站，设立鸟类观测站一座，位于福清兴化湾水鸟自然保护区水鸟调节区内，建筑面积 100m²；

（5）水下实时在线监测，包括水下传感器在线监测和水下摄像头在线监测，及对应数据管理与分析。

8.2.2 生态修复方案落实情况

8.2.2.1 方案落实过程中出现的问题

红树林生态修复、鸟类观测和水下实时在线监测是兴化湾湿地生态保护修复方案中最主要的三项湿地修复保护措施,但在具体的实施过程中均遇到了以下困难:

(1) 设计的红树林造林范围在当地村民渔船出海的水道旁,当地村民集体担心红树林种植后会对其生产生活造成影响,不同意在该区域种植红树林。

(2) 涉及的鸟类观测站选址已被村集体承包给个体户经营,在短时间(1-2年)内无法谈妥土地及房屋的承包经营权并办理土地证。

(3) 水下实时在线监测的水下传感器采集系统根据现阶段市场调研情况,技术尚不成熟,采集的数据与现场取样分析结果存在一定的偏差,不可作为环境变化的分析数据。

修复方案实施受阻后又对原修复方案进行优化,调整内容:

(1) 新造红树林地点改为福清市新厝镇峰头村,地块总面积 3hm²。

(2) 鸟类观测站改为设立三处鸟类临时观测站(点),位于福清泽岐盐场、福清港头盐场、福清兴化湾海上风电场项目海上升压站;并采购鸟类观测设备、野生鸟类救助设备、鸟类笼舍及救护药品等救护设施设备放置于福清市江镜镇林业站或福清永鸿野生动物园的福清野生动物救护站内。

(3) 删除水下实时在线监测系统的水下传感器监测内容和对应的数据管理和分析工作,仅保留水下摄像头在线监测的内容。

8.2.2.2 生态修复方案完成情况

(1) 互花米草清理和红树林种植情况

根据生态修复方案的要求,项目建设单位于 2021 年 3 月开展新厝镇峰头村滨海湿地互花米草除治和植被恢复工作,于 2021 年 8 月委托福建益森林业开发有限公司开展红树林生态修复验收工作,并出具《新厝镇峰头村滨海湿地互花米草除治和植被恢复项目验收报告》。

验收报告提出,建设单位在新厝镇峰头村滨海湿地除治互花米草 4.28hm²(64.2 亩),互花米草除治效果符合要求,造林地整平符合造林要求,现场垃圾杂物清理完成。新造红树林面积为 3.09hm²(46.3 亩),平均造林密度为 2840 株/亩,造林树种为秋茄,平均造林苗木合格率 95%,平均成活株数 2696 株/亩,平均造

林成活率为 95%。综合评价该地块互花米草治理及红树林种植验收为合格，完成修复方案设计指标要求（新造红树林 3hm²）。



图 8.2-1 红树林种植前



图 8.2-2 红树林种植后

（2）增殖放流落实情况

在 2018 年 9 月至 2022 年 6 月共进行了 5 次增殖放流活动，分别为：2018 年 9 月、2019 年 6 月、2020 年 11 月、2021 年 8 月和 2022 年 6 月。合计增殖放流金额为 221.33 万元。

（3）湿地生态环境监测落实情况

水质、沉积物、海洋生态、渔业资源、鸟类（水鸟）、水文动力、水上噪声、水下噪声、冲淤环境、电磁辐射等生态环境监测工作均已落实，详见表 8.2-2。

（4）设立鸟类临时观测点落实情况

根据生态修复方案的要求，项目建设单位委托福州榕邦林业技术服务有限公司在福清泽岐盐场、福清港头盐场、福清兴化湾海上风电场项目海上升压站设立三处鸟类临时观测站（点），观测频次为每月观测一次，连续观测 5 年。

已完成三座临时观测站鸟类观测设备、野生鸟类救助设备、鸟类笼舍及救护药品等救护设施设备的采购工作。



图 8.2-3 鸟类临时观测点（福清兴化湾海上风电场项目海上升压站）



图 8.2-4 鸟类临时观测点（福清港头盐场）



图 8.2-5 鸟类临时观测点（福清泽岐盐场）

(5) 水下实时在线监测设备落实情况

水下实时在线监测设备已于 2022 年 3 月安装完成并投入使用，4 月完成验收。

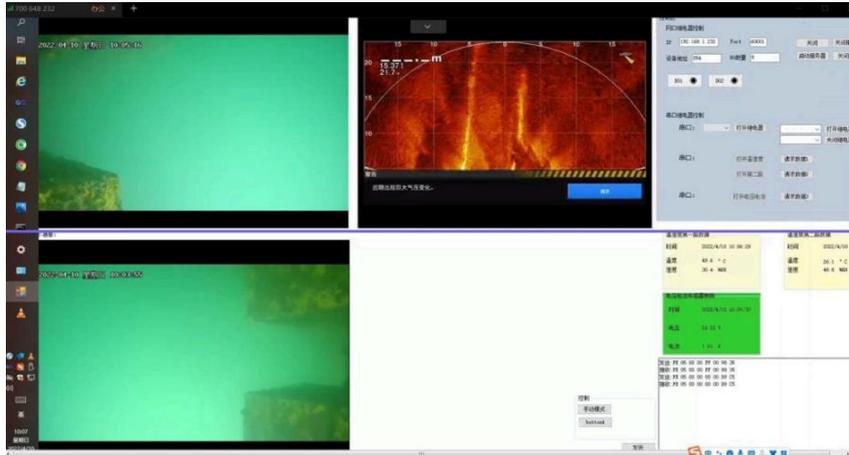


图 8.2-6 水下实时在线监测示意图

表 8.2-2 福清兴化湾海上风电场湿地生态保护修复整改情况与投资对比表单位：万元

| 题目 | 湿地生态保护修复项目 | 设计要求 | 投资概算 | 修复完成情况 | 修复投资 | 总体完成情况 | 总计投资 | 备注 | | | |
|------------|------------|--------------|------------------------------|--|------------------------------|--|------|---------|----------------|---------------------------------|---------|
| 湿地生态修复 | 红树林 | 种植 45 亩 | ■ | 除治互花米草 64.2 亩，新造红树林面积为 46.3 亩，目前完成种植，通过验收 | ■ | 除治互花米草 64.2 亩，新造红树林面积为 46.3 亩，目前完成种植，通过验收 | ■ | 已出具验收报告 | | | |
| | 增殖放流 | 2 年 | ■ | 2021 年 8 月增殖放流，2022 年 6 月增殖放流 | ■ | 实施增殖放流 5 次，2018 年 9 月，2019 年 6 月，2020 年 11 月，2021 年 8 月，2022 年 6 月 | ■ | 已出具活动报告 | | | |
| 湿地生态保护 | 湿地生态环境监测 | 水质 | 2 次 | 2021 年，完成兴化湾一期、二期运营期监测；2022 年完成兴化湾一期、二期运营期监测 | ■ | 2019 年至 2022 年，每年风电场一期和二期各监测一到两次 | ■ | 已出具监测报告 | | | |
| | | 沉积物 | 1 次 | | | | | | | | |
| | | 海洋生态 | 2 次 | | | | | | | | |
| | | 渔业资源 | 2 次 | | | | | | | | |
| | | 水文动力 | 1 次 | | | | | | | | |
| | | 噪声 | 1 次 | | | | | | 完成一次监测（2021 年） | 风电场一期（2019 年）和二期（2021 年）各完成一次监测 | 已出具监测报告 |
| | | 电磁辐射 | 1 次 | | | | | | 完成一次监测（2021 年） | 完成一次监测（2021 年） | 已出具监测报告 |
| | | 冲淤环境 | 1 次 | | | | | | ■ | 2021 年，完成 1 次监测，2022 年持续开展监测 | ■ |
| | 鸟类 | 2 次 | ■ | 2021 年，完成监测，2022 年完成监测 | ■ | 2019 年至 2022 年，完成四年监测 | ■ | 已出具监测报告 | | | |
| | 鸟类临时观测站 | 3 座，配置鸟类救助物资 | ■ | 完成 3 座临时观测站设置，已完成鸟类救助物资采购工作 | ■ | 完成 3 座临时观测站设置和鸟类救助物资采购工作 | ■ | 已出具验收报告 | | | |
| 水下实时在线监测系统 | 1 套 | ■ | 2022 年 3 月安装完成并投入使用，4 月完成验收。 | ■ | 2022 年 3 月安装完成并投入使用，4 月完成验收。 | ■ | | | | | |
| 合计 | | | ■ | | ■ | | ■ | | | | |

9 结论

（一）项目用海基本情况

福清兴化湾海上风电场一期项目位于福建省福清市江阴半岛东南侧，在海图水深 4.9~20.7m 处（平均水深 10m），建设风机样机 14 台（8 家风机厂家），单机容量为 5MW~6.7MW，总装机容量为 77.4MW，工程总投资 160223.94 万元。本项目于 2016 年 12 月 23 日开工建设，2018 年 8 月 29 日竣工，总施工工期 20 个月。福清兴化湾海上风电场一期项目所发电能接入系统采用过渡方案，即在福清核电东北侧设置 110kV 陆上临时升压站，14 台风机电能通过 3 回 35kV 海缆输送至陆上临时升压站再并入省电网。二期项目 220kV 送出工程投运后，一期项目输电路径由 Y10、Y1、Y6 风机改接至二期项目的 220kV 海上升压站，与二期电能一同输送至沙埔镇赤礁村西侧的电缆终端塔再并入省电网，原连接至陆上临时升压站的 35kV 海缆废弃拆除。一期项目改接至二期项目海上升压站的 3 条输电线路已同二期项目一同申请用海，一期项目登陆段 35kV 海底电缆计划拆除，同时与一期项目办理海域使用变更手续。

本项目风机在施工时，根据风机场区地质详勘报告，3 台风机位置地质条件较差，对 3 台风机的建设位置进行了调整，连接风机与风机之间的 35kV 海缆也随之调整。同时为适应场区内地质条件，将原方案中的单桩基础和导管架基础改为高桩承台式基础。因此产生了实际用海与批复用海不一致的情况，需要根据实际情况进行用海变更。本项目调整后用海总面积为 34.3304hm²，其中透水构筑物宗海面积为 24.5150hm²，海底电缆管道用海 9.8154hm²。本项目申请用海年限不进行调整，用海期限至 2045 年 2 月 1 日。本项目调整后将不占用岸线。

（二）项目用海调整必要性结论

根据地质详勘报告，部分风机位置地质条件较差，对部分风机位置进行了调整，连接风机与风机之间的 35kV 海缆随之调整，调整后的风机和海缆位置仍位于规划场区内。同时为适应场区内地质条件，将风机基础改为高桩承台式基础。因此，产生了实际用海超出原确权用海范围的情况。根据《中华人民共和国海域使用管理法》的有关规定，项目用海调整是必要的。

（三）项目用海资源环境影响分析结论

本项目用海对环境影响主要包括对水文动力环境、水质环境、地形地貌与冲

淤环境的影响等。

(1) 水文动力环境

风电场建成后，风机桩基对于流速的改变集中于风电场区附近海域，但浅水区和深水区的流速变化特征则不尽相同。大潮期涨急时刻，浅水区风机背水面的流速有所减小，减小幅度约为 0.02m/s~0.04m/s，每排相邻风机之间的流速有所增加，增加幅度约为 0.01~0.03m/s；深水区中风机迎水面前缘流速有所增加，增加幅度约为 0.01~0.03m/s，每排相邻风机之间流速有所增加，增加幅度约为 0.02~0.07m/s。

同时，风电场区的西北和东南两侧部分附近流速有所减小，减小幅度不超过 0.03m/s，而风电场的东北和西南两侧部分附近流速有所增加，增加幅度不超过 0.03m/s；流速场的改变主要集中于风机桩基的迎水面和背水面，且背水面的流速改变范围大于迎水面，且每排相邻风机之间涨落潮流速均有所增加。

(2) 地形地貌与冲淤环境的影响

根据数值模拟结果结果，风电场建成后，风机周边海域沿涨落潮流方向发生淤积现象，而风机之间垂直于潮流主轴方向的周边海域则表现为冲刷。风机桩基约 100-400 m 范围内淤积厚度平均增加 0.03m~0.07m；垂直涨落潮流方向，桩基两侧为弱冲刷，平均冲刷深度增加 0.02m~0.06m，冲刷量变化很小。工程后第一年淤积幅度不超过 0.12m，冲刷幅度不超过 0.1m。

随着冲淤过程的深入和场区地形向适应工程后水动力环境方向的调整，冲淤强度将逐年较小。工程后最终累积冲淤变化与首年冲淤变化相差较小，说明工程建设后首年该海域基本达到冲淤平衡状态。

(3) 水质环境

悬浮泥沙超二类水质标准 (>10mg/L 浓度范围) 面积为 4.68km²，超三类水质标准 (>100mg/L 浓度范围) 面积为 1.26km²。

(4) 对生态环境影响

工程建设共造成浮游植物损失量 3.63×10^{11} 个，浮游动物损失量 1.33t，底栖生物损失量 44.5kg，鱼卵损失量 1.94×10^7 ，仔稚鱼损失量 8.53×10^6 ，游泳生物损失量 313.52kg。

(四) 海域开发利用协调分析结论

项目已建设完成，利益相关者和相关部门已协调完成，本次变更没有利益相

关者和部门需协调。

（五）项目用海与国土空间规划符合性分析结论

项目用海符合《福建省国土空间规划（2021-2035年）》，不占用生态保护红线。

（六）项目用海调整合理性分析结论

从区位优势、地质地貌条件、水文泥沙和海洋动力条件，以及工程建设、运营对海洋资源环境的影响等方面看，本项目用海选址、用海方式是合理的。

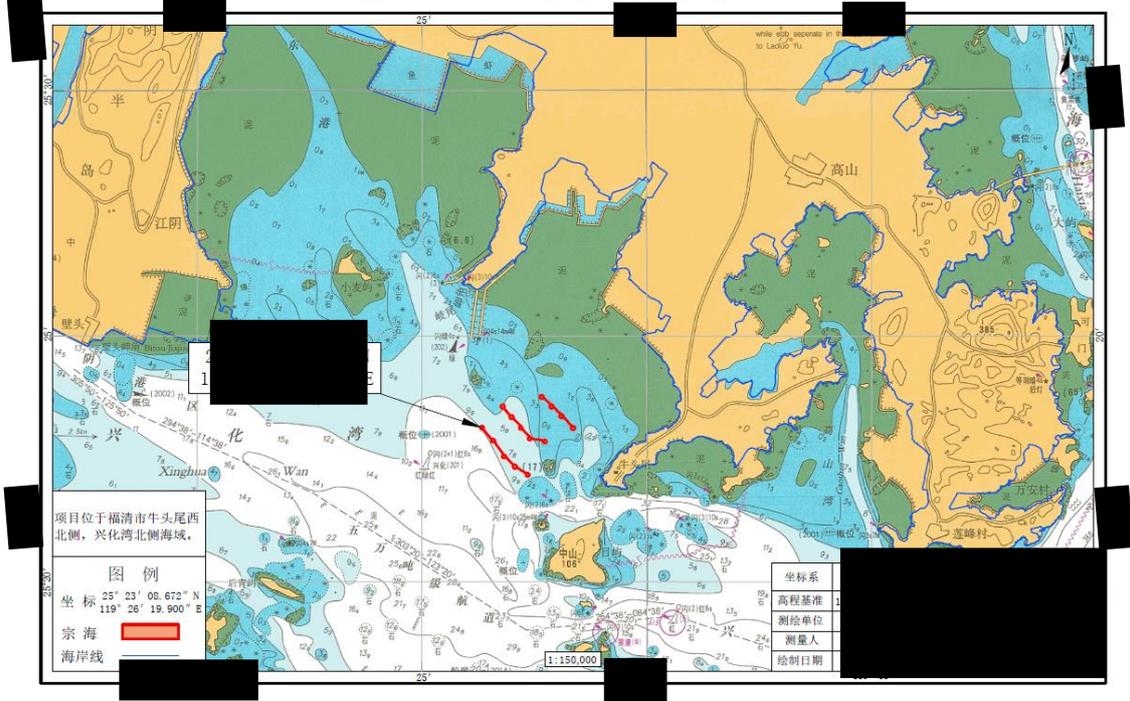
项目用海面积符合《海籍调查规范》和《海域使用分类》的相关规定。项目用海期限与调整前确权用海期限一致，用海期限至2045年2月1日，符合《中华人民共和国海域使用管理法》中有关条款的规定。

（七）项目用海调整可行性结论

综上所述，本项目所在海域自然条件适宜，区位条件优越，社会经济条件优良；选址合理、用海面积和使用期限符合有关法律法规，符合国土空间规划和相关规划要求，用海调整前后对周边环境和用海活动影响变化不大，利益相关协调完成。因此，本项目用海调整是可行的。

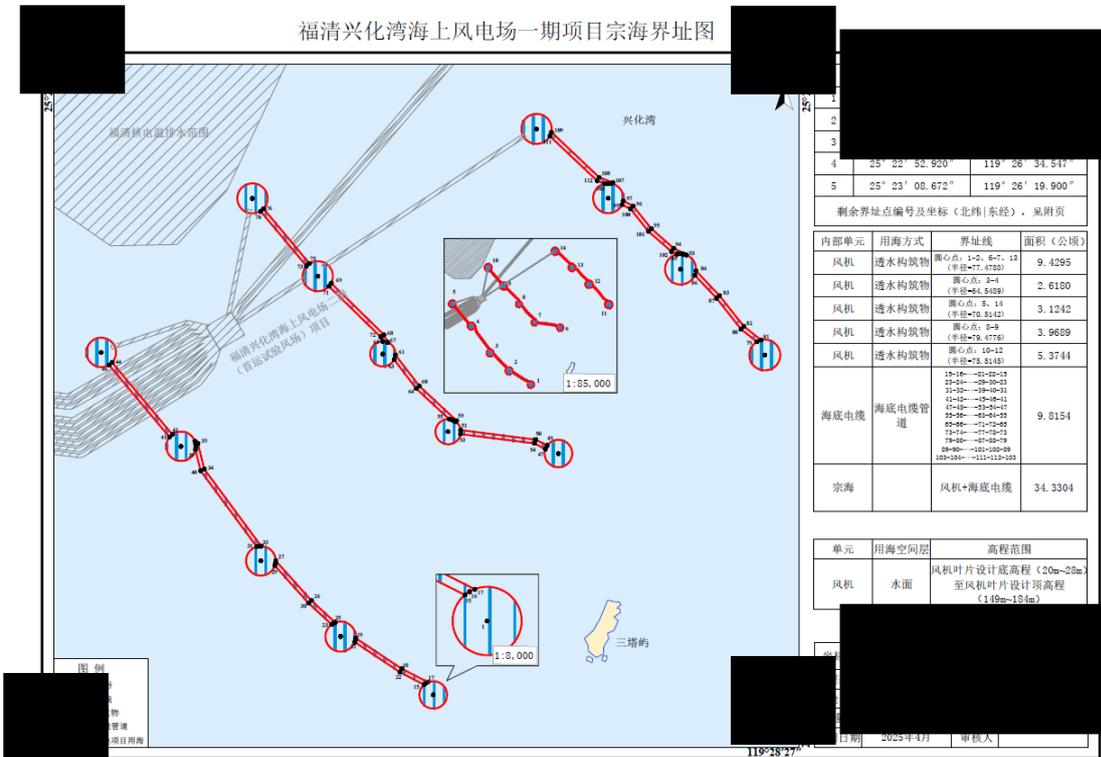
附图

福清兴化湾海上风电场一期项目宗海位置图



附图 3a 宗海位置图

福清兴化湾海上风电场一期项目宗海界址图



附图 3b 宗海界址图