

# 平潭外海风电一期项目

## 海洋环境影响报告书

(送审稿)

建设单位：平潭海峡发电有限公司

编制单位：青岛国海浩瀚海洋工程咨询有限公司

二〇二〇年十月



## 目 录

概 述 .....	1
<b>1 总论 .....</b>	<b>1</b>
1.1 报告书编制依据 .....	1
1.2 环境影响评价执行标准 .....	5
1.3 环境影响要素识别与评价因子筛选 .....	8
1.4 环境影响评价工作等级 .....	9
1.5 评价范围 .....	11
1.6 评价重点 .....	13
1.7 环境敏感区与环境保护目标 .....	13
<b>2 工程概况 .....</b>	<b>20</b>
2.1 项目概况 .....	20
2.2 建设方案概述 .....	30
2.3 施工方案 .....	44
2.4 申请用海状况 .....	56
2.5 工程量分析 .....	60
2.6 施工进度安排 .....	61
<b>3 工程分析 .....</b>	<b>62</b>
3.1 生产工艺与过程分析 .....	62
3.2 工程各阶段污染环境的影响分析 .....	64
3.3 工程各阶段非污染环境的影响分析 .....	75
3.4 环境影响要素识别及评价因子筛选 .....	76
<b>4 自然环境和社会环境概况 .....</b>	<b>78</b>
4.1 自然环境概况 .....	78
4.2 社会环境概况 .....	112
4.3 海洋资源及开发利用现状 .....	114
<b>5 环境质量现状调查与评价 .....</b>	<b>135</b>
5.1 水文动力环境调查与评价 .....	135
5.2 地形地貌与冲淤环境现状调查与评价 .....	142
5.3 海水水质环境现状调查与评价 .....	146

5.4 海洋沉积物环境现状调查与评价 .....	161
5.5 海洋生物质量现状调查与评价 .....	164
5.6 海洋生态质量现状调查与评价 .....	167
5.7 渔业资源现状调查与评价 .....	177
5.8 哺乳动物及海洋珍稀濒危动物现状 .....	183
5.9 主要经济鱼类“三场一通道”分布 .....	184
5.10 鸟类及栖息地现状调查与评价 .....	191
5.11 其它环境要素现状评价 .....	199
<b>6 环境影响预测与评价 .....</b>	<b>206</b>
6.1 潮流水动力环境影响预测分析 .....	206
6.2 水质环境影响预测分析 .....	225
6.3 海底地形地貌及冲淤环境影响预测分析 .....	232
6.4 沉积物环境影响预测分析 .....	238
6.5 退役期环境影响分析 .....	240
6.6 海洋生态环境及渔业资源影响分析 .....	240
6.7 噪声环境影响预测分析 .....	251
6.8 电磁环境影响预测与评价 .....	258
6.9 工程建设对鸟类的影响 .....	261
6.10 工程建设对周边用海活动及敏感目标的影响 .....	268
6.11 其他环境影响预测与评价 .....	283
<b>7 环境事故风险分析与评价 .....</b>	<b>285</b>
7.1 事故识别 .....	285
7.2 溢油事故影响预测分析 .....	287
7.3 通航风险事故分析 .....	295
7.4 自然灾害风险分析 .....	296
7.5 其它事故风险分析 .....	298
7.6 事故防范措施和应急预案 .....	300
<b>8 清洁生产 .....</b>	<b>321</b>
8.1 清洁生产分析 .....	321
8.2 清洁生产水平分析 .....	322

<b>9 总量控制</b>	<b>325</b>
<b>10 环境保护对策措施</b>	<b>326</b>
10.1 施工期污染防治对策	326
10.2 运营期污染防治对策	330
<b>11 环境保护的技术经济分析</b>	<b>335</b>
11.1 环保投资估算	335
11.2 环境损益	335
11.3 环境经济损益综合分析	337
<b>12 海洋工程的环境可行性</b>	<b>338</b>
12.1 与海洋功能区划的符合性	338
12.2 与区域和行业规划的符合性分析	345
12.3 工程选址与布置合理性	358
12.4 环境影响可接受性分析	369
<b>13 环境管理与环境监测</b>	<b>371</b>
13.1 环境管理	371
13.2 环境监测	374
13.3 环境监测计划	375
<b>14 海洋生态建设方案</b>	<b>379</b>
14.1 生态建设方案概况	379
14.2 岸线利用与保护	380
14.3 风机及海缆布置	380
14.4 污染物排放与控制	381
14.5 生态保护与修复	381
<b>15 环境影响综合评价结论及对策建议</b>	<b>385</b>
15.1 工程分析	385
15.2 环境现状评价	385
15.3 环境影响分析与预测评价结论	387
15.4 环境事故风险	390
15.5 环境保护对策措施	390
15.6 结论与建议	391

附录：	错误!未定义书签。
附件 1 委托书	错误!未定义书签。
附件 2 国家能源局关于福建省海上风电规划的复函	错误!未定义书签。
附件 3 福建省发展和改革委员会关于长乐 H 区更名的函	错误!未定义书签。
附件 4 福建省发展和改革委员会关于加快平潭外海一期工作的函	错误!未定义书签。
附件 5 福州市自然资源和规划局关于长乐 A 区项目用海预审意见	错误!未定义书签。
附件 6 长乐外海海上风电场 A 区通航安全分析审核意见	错误!未定义书签。
附件 7 报告书内部审查意见	错误!未定义书签。
附件 8 项目预选路由复函	错误!未定义书签。

# 概 述

## (一) 建设项目由来

《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、石油等不可再生能源的依赖，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。截至 2015 年底，全国风电总装机容量已达到 145362MW。2016 年国家能源局印发了《风电发展“十三五”规划》，规划到 2020 年底风电累计并网装机容量确保达到 2.1 亿千瓦以上，其中海上风电并网装机容量达到 500 万千瓦以上。

福建省石油、燃气的全部及火电燃煤绝大部分依赖省外采购和进口，能源自给率较低。福建省水电资源可供开发潜力已经不大，但在风能方面福建省属于全国风能资源最丰富的地区之一，其中陆域风能资源一般。福建省海域广阔、海岸线长，全省海域面积有 13.6 万 km<sup>2</sup>，海岸线总长 3752km，受季风气候影响，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。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 月通过福建省发改委组织的预审查，2014 年 3 月通过水电总院审查，2017 年 3 月获国家能源局批复（国能新能[2017]61 号）。

根据国家能源局正式批复《福建省海上风电场工程规划报告》，其中长乐外海海上风电场场址位于福州长乐海岸线以东 29~68km 海域，分为 A-H 区（H 区隶属平潭海域），

合计 3500MW。2017 年 6 月，福建省发改委复函表示由于规划调整长乐外海 H 区海上风电场位于平潭海域（图 1），同意更名为平潭外海海上风电项目（附件 3）。本项目为平潭外海海上风电场一期工程，考虑到海域用海活动现状、风电选址制约因素，在集约节约用海总指导思路下，选址于长乐外海海上风电场 A 区南侧、平潭海域。

长乐外海海上风电场场址位于台湾海峡北口门，周边用海活动以船舶通航为主，并建有福州-淡水海缆项目(TSE-1)海底光缆，海域开发利用活动相对单一，但极为复杂。在长乐外海海上风电场 A 区项目推进前期工作过程中，由于 TSE-1 闽台海缆、密集的通航交通流等各项制约因素，根据福建省发改委和地方海事主管部门的相关协调意见进行了多次场址调整，平潭外海海上风电场一期工程若考虑原规划选址，亦需要开展多方面协调，平潭外海海上风电场一期工程选址与现有风电场并拢但不影响海域主体功能，符合集约用海原则，也更与海域开发利用活动相协调。长乐外海海上风电场 A 区项目主要调整过程有：

#### 一、与光缆衔接的调整：

由于福州-淡水海缆项目(TSE-1)海底光缆路径横穿 2017 年版次的长乐外海海上风电场 AC 区场址，为避免风电场及海缆与已建福州-淡水海缆项目(TSE-1)海缆路径交叉，对规划的长乐外海海上风电场分区进行调整。鉴于 AC 区均跨越了 TSE-1 光缆，保留 2017 年版次 ABC 三区的总体外轮廓，故以 TSE-1 光缆为界，将 A 区全部调整到 TSE-1 光缆以南，C 区位于该光缆以北，BC 区紧密相接，调整后的分区布置见图 2。



图 1 长乐外海海上风电规划（2017 年版次）



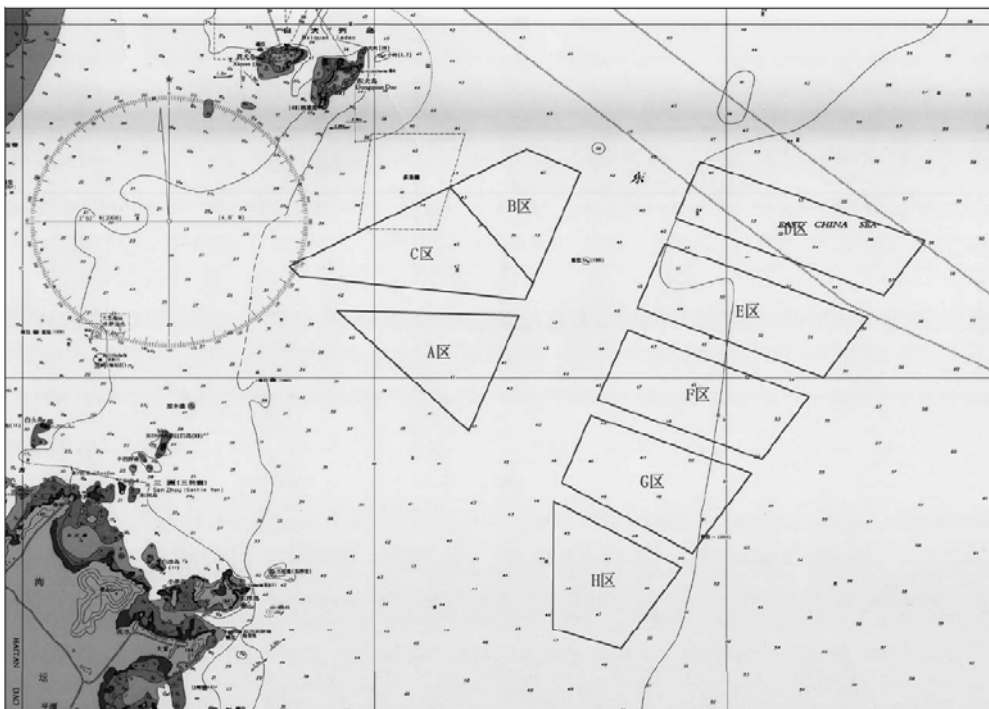


图 2 长乐外海海上风电规划（2018 年版次）

## 二、与习惯航路衔接的调整：

根据 2019 年通过审查的《长乐外海海上风电场 A 区通航安全分析报告》（武汉大学），长乐外海海上风电场 A 区场址水域船舶航路较为复杂，为船舶航路主要交汇区，部分船舶沿推荐航路（图 3a）航行，但相当一部分船舶并非沿推荐航路航行，并且形成了典型的习惯航路，长乐外海海上风电场 A 区原设计场址位于船舶习惯航路上，对场址位置进行优化（图 3b）。



图 3a 2019 年通航安全分析优化方案与福建省沿海推荐航路、习惯航路位置关系图

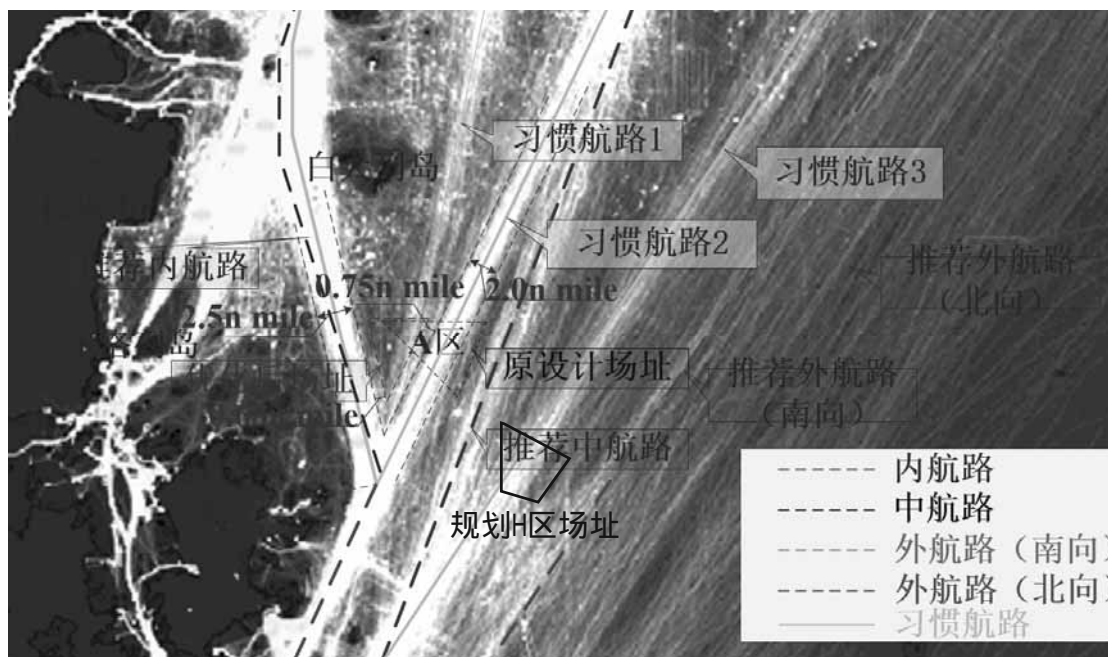


图 3b 2019 年通航安全分析优化方案与福建省沿海推荐航路、习惯航路位置关系图

平潭外海海上风电项目同样存在着海事制约因素，导致项目开发阻力较大(图 3b)。考虑到平潭外海海上风电场范围与海上交通的位置关系、长乐 A 区确权用海范围为福州长乐海域(图 3c 中红色三角区上部)，在长乐 A 区项目新场址的相邻平潭海域具备相对较好开发建设条件，也符合集约节约用海的原则，拟将此海域作为平潭外海海上风电场一期项目进行优先开发(见图 3c)，并和长乐 A 区项目统一规划建设海上升压站，统一送出。2020 年 3 月 24 日，福建省发改委出具了《关于加快莆田平海湾 DE 区、漳浦六鳌海上风电场二期、平潭外海海上风电场一期项目前期工作的函》(附件 4)，明确三峡集团抓紧落实项目电力接入系统和消纳条件，深入论证充分利用资源条件、优化技术方案。福建省发改委将在相关条件基本具备时抓紧开展海上风电配置和项目核准工作。

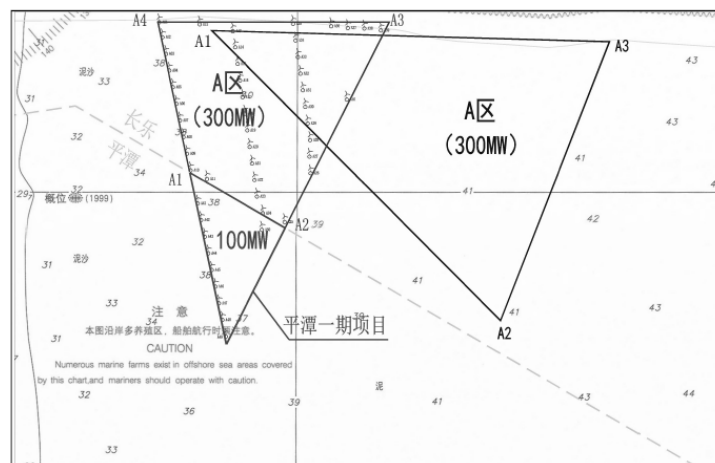


图 3c 长乐外海 A 区优化场址及与本项目相对关系图

根据场地范围内地形和海洋水文条件，平潭外海海上风电场一期项目共布置单机容量 10MW 的风力发电机组 10 台，总装机容量 100MW，集电线路拟采用 4 回 35kV 海缆送至 A 区的 220kV 海上升压站的 35kV 开关柜。本项目依托长乐外海海上风电场 A 区的 220kV 海上升压变电站、220kV 海缆和陆上集控中心。长乐外海海上风电场 A 区项目的 220kV 海上升压变电站、陆上集控中心、220kV 海上升压变电站至陆上集控中心的 220kV 海缆及 220kV 送出线路设计时，均已考虑了本风电场的接入。

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国海洋环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》、《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 版）》和《海洋工程环境影响评价管理规定》等法律法规要求，本工程为新建海洋能源开发利用工程，属于总装机容量 5 万千瓦及以上的海上风电工程，需编制海洋环境影响报告书。项目建设单位—平潭海峡发电有限公司委托青岛国海浩瀚海洋工程咨询有限公司编制本项目海洋环境影响评价报告书（委托书见附件 1）。接受委托后，编制单位组织相关技术人员对工程建设地区进行了多次实地查勘，对周边地区进行了走访调查，收集了与本项目有关的资料和文献报告，在此基础上，编制完成了《平潭外海风电一期项目海洋环境影响评价报告书》。

本次评价内容为平潭外海风电一期项目 10 台风机、场内 35kV 海缆，其他依托项目北侧长乐外海海上风电场 A 区项目（依托工程于 2019 年 10 月 22 日取得福州市长乐生态环境局的审批意见，长环评[2019]58 号）。本次评价包括施工期、运行期及退役期的环境影响评价工作。

## （二）环境影响评价工作过程

评价的技术工作程序见图 4。

## （三）关注的主要环境问题

本次评价关注的主要环境问题包括：工程建设与海洋功能区划和相关规划的符合性；风机基础、电缆铺设施工对海洋环境、生态及渔业资源的影响；水下噪声对海洋动物的影响；风机运行对区域鸟类迁徙、栖息及其生境的影响；工程建设对环境敏感区以及其它海洋环境保护目标的影响；溢油环境事故风险分析评价。

## （四）环境影响报告书的主要结论

平潭外海风电一期项目建设符合我国可持续发展能源战略，符合国家相关产业政策及《全国海洋主体功能区规划》、《福建省海洋功能区划》、《福建省海洋环境保护规划》、《福建省海洋生态保护红线划定成果》、《福建省海岛保护规划》等相关规划，增加电力

供应并改善地区电源结构，推动福建沿海风能资源的开发，社会效益、经济效益和环境效益明显。工程建设和运行带来的海洋生物损失可通过适当的生态补偿等进行修复，其它不利环境影响大多可以通过采取相应的环保措施予以减免。只要在工程建设和运行过程中加强管理，确保实施报告书中提出的各项环保措施，工程建设对环境的影响可接受，从海洋环境保护角度看，不存在制约本工程建设的环境因素，本工程建设是可行的。

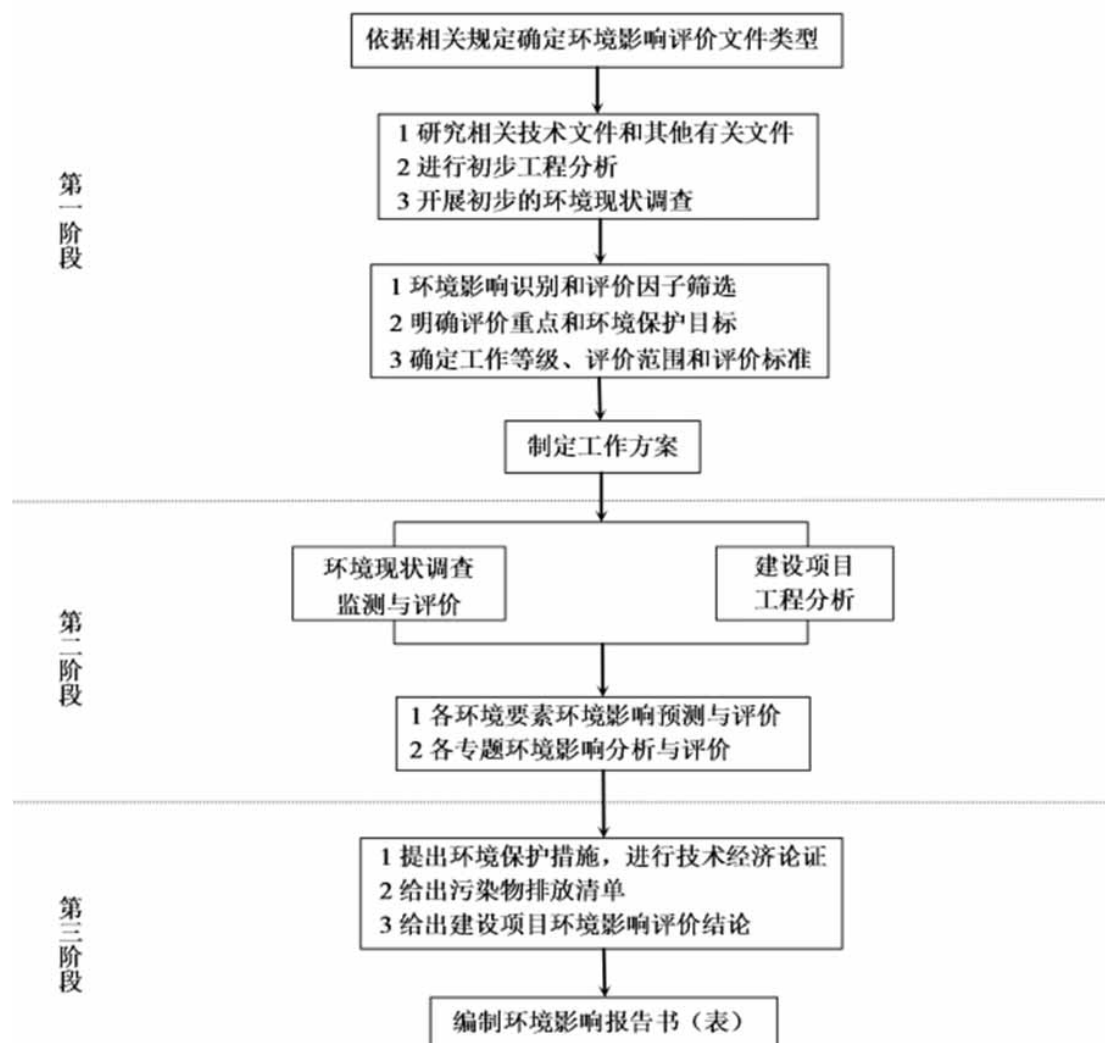


图 4 技术工作程序图

# 1 总论

## 1.1 报告书编制依据

### 1.1.1 法律、法规依据

- 1) 《中华人民共和国环境保护法》(2014年4月24日修订),1989年12月26日;
- 2) 《中华人民共和国海洋环境保护法》(2017年11月4日修订),2000年4月1日;
- 3) 《中华人民共和国环境影响评价法》(2018年12月修订),2018年12月29日;
- 4) 《中华人民共和国海域使用管理法》,2002年1月1日;
- 5) 《中华人民共和国水污染防治法》(2017年6月27日修正),2008年6月1日;
- 6) 《中华人民共和国大气污染防治法》(2018年10月修订),2018年10月26日;
- 7) 《中华人民共和国环境噪声污染防治法》(2018年12月29日修订),1997年3月1日;
- 8) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》(2016年11月7日修订),1996年4月1日;
- 9) 《中华人民共和国清洁生产促进法》(2012年2月29日修订),2003年1月1日;
- 10) 《中华人民共和国可再生能源法》(修正)(2009年12月),2010年4月1日;
- 11) 《中华人民共和国电力法(2018年修正)》,2018年12月29日;
- 12) 《中华人民共和国海上交通安全法》(2016年修正),2016年11月07日;
- 13) 《中华人民共和国渔业法》(2013年12月修订),2013年12月28日;
- 14) 《建设项目环境保护管理条例》(2017年7月修订),2017年10月1日;
- 15) 《中华人民共和国防治海洋工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》国务院令(2018)698号,2018年3月19日;
- 16) 《中华人民共和国防治船舶污染海洋环境管理条例》国务院令[2009]第561号(2017年修订),2017年3月1日;

- 17) 《中华人民共和国噪声污染防治法》(2018 修正), 2018 年 12 月 29 日;
- 18) 《中华人民共和国海洋倾废管理条例》(2017 年修订), 2017 年 03 月 01 日;
- 19) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》(2021 年版), 2020 年 12 月 03 日;
- 20) 《国家能源局 国家海洋局关于印发<海上风电开发建设管理办法>的通知》, 国能新能[2016]394 号, 2016 年 12 月 29 日;
- 21) 《国家能源局 国家海洋局关于印发海上风电开发建设管理暂行办法实施细则的通知》, 国能新能〔2011〕210 号, 2011 年 7 月 6 日;
- 22) 《风电场工程建设用地和环境保护管理暂行办法》, 发改能源[2005]1511 号, 2005 年 8 月 9 日;
- 23) 《全国生态环境保护纲要》, 国务院, 2000 年 12 月 20 日
- 24) 《国务院关于落实科学发展观加强环境保护的决定》, 国发[2005]39 号, 2005 年 12 月 3 日;
- 25) 《关于加强资源开发生态环境保护监管工作的意见》, 环发[2004]24 号, 2004 年 2 月 12 日;
- 26) 《环境影响评价公众参与办法》, 生态环境部, 2018 年 第 48 号, 2019 年 1 月 1 日;
- 27) 《近岸海域环境功能区管理办法》, 国家环护总局, [1999]8 号, 1999 年 12 月 10 日;
- 28) 《海洋工程环境影响评价管理规定》(2017 年修订), 2017 年 4 月 27 日;
- 29) 《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;
- 30) 《海洋自然保护区管理办法》(国家海洋局), 1995 年 5 月 29 日;
- 31) 《国务院办公厅关于加强湿地保护管理的通知》, 2004 年 6 月 26 日;
- 32) 《产业结构调整指导目录(2019 年本)》, 国家发展和改革委员会, 2019 年 10 月 30 日;
- 33) 《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
- 34) 《国家突发公共事件总体应急预案》, 国务院, 2006 年 1 月 8 日;
- 35) 《关于国际海事组织《73/78 防污公约》附则 I、II、III 和 V 修正案生效的通知》, 交通部; 1996 年 4 月 19 日;
- 36) 《海上风电开发建设管理办法》(国家能源局、国家海洋局, 国能新能[2016]394 号), 2017 年 1 月 7 日;

- 37) 《国家海洋局关于进一步规范海上风电用海管理的意见》(国家海洋局,国海规范〔2016〕6号)2016年11月02日;
- 38) 《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;
- 39) 《福建省环境保护条例》(2016年4月1日修订),1995年7月5日;
- 40) 《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;
- 41) 《福建省海岸带保护与利用管理条例》,2017年9月30日;
- 42) 《福建省湿地保护条例》,2016年9月30日;

### 1.1.2 国际公约

- 1) 《国际防止废物和其它物质倾倒入海洋公约》,联合国,1972年;
- 2) 《经1978年议定书修正的1973年国际防止船舶污染海洋公约(MARPOL73/78)》,国际海事组织;
- 3) 《生物多样性公约》,1992年6月5日,签订于里约热内卢;
- 4) 《关于特别是作为水禽栖息地的国际重要湿地公约》,1982年3月12日议定书修订;
- 5) 《国际重要湿地特别是水禽栖息地公约》,1971年2月;
- 6) 《中华人民共和国和澳大利亚政府保护候鸟及其栖息环境的协定》,1986年10月20日;
- 7) 《中华人民共和国政府和日本政府保护候鸟及其栖息环境的协定》,1981年3月3日;

### 1.1.3 规程、规范和导则

- 1) 《海洋工程环境影响评价技术导则》(GB/T 19485-2014);
- 2) 《环境影响评价技术导则 总纲》(HJ2.1-2016);
- 3) 《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ2.2-2018);
- 4) 《环境影响评价技术导则地表水环境》(HJ2.3-2018);
- 5) 《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ2.4-2009);
- 6) 《环境影响评价技术导则 生态影响》(HJ 19-2011);
- 7) 《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ169-2018);
- 8) 《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(SC/T9110-2007);

- 9) 《海洋监测规范》(GB17378-2007);
- 10) 《海洋调查规范》(GB12763-2007);
- 11) 《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》(国家海洋局,2002年);
- 12) 《海上风电工程环境影响评价技术规范》(国家海洋局,2014年);
- 13) 《海洋生物质量》(GB18421-2001);
- 14) 《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》(海洋出版社,1986年);

#### 1.1.4 规划区划

- 1) 《全国海洋主体功能区规划》,国务院,2015年8月;
- 2) 《全国海洋功能区划(2011~2020年)》,国务院,2012年3月3日;
- 3) 《福建省海洋功能区划(2011-2020年)》,国务院,2012年10月;
- 4) 《福建省近岸海域环境功能区划(2011~2020年)》,福建省人民政府,2011年6月;
- 5) 《福建省海洋环境保护规划(2011~2020)》,福建省海洋与渔业厅,2011年5月;
- 6) 《福建省海上风电场工程规划》,福建省水利水电勘测设计研究院,2014年8月;
- 7) 《福建省海岛保护规划》(2011~2020年),福建省海洋与渔业厅,2012年11月;
- 8) 《福建省海洋生态保护红线划定成果》,福建省海洋与渔业厅,2017年11月;
- 9) 《福建省海岸带保护与利用规划(2016-2020年)》,福建省发展和改革委员会/福建省海洋与渔业厅,2016年7月;
- 10) 《福州市海上风电场专项规划报告》,中国长江三峡集团福建分公司/福建省水利水电勘测设计研究院,2017年9月;
- 11) 《平潭综合实验区总体规划》(2010-2030),福建省城乡规划设计研究院。

#### 1.1.5 基础依据和资料

- 1) “平潭外海海上风电场一期项目海洋环境影响评价委托书”,2020年9月;
- 2) 《平潭外海海上风电场一期项目可行性研究报告》,福建省水利水电勘测设计研究院、福建永福电力设计股份有限公司,2020年7月;
- 3) 《长乐外海海上风电场A区项目海洋水文专题分析及观测全潮水文测验分析报告(秋季)》,自然资源部第一海洋研究所,2017年;



- 4) 《平潭外海海上风电场一期项目通航安全分析报告》,厦门海磐海事咨询服务有  
限公司,2020年12月;
- 5) 《长乐海上固定测风塔、漂浮式测风雷达年度测风数据分析报告》,上海勘测设  
计研究院有限公司,2020年9月。

## 1.2 环境影响评价执行标准

### 1.2.1 环境质量标准

#### 1、海水水质

根据《福建省海洋功能区划(2011~2020年)》、《福建省近岸海域环境功能区划(2011~2020年)》和《福建省海洋环境保护规划(2011~2020)》,工程涉及的近海农渔业区海水水质执行《海水水质标准》(GB3097-1997)第一类标准。工程评价范围内的山洲列岛海洋保护区均执行《海水水质标准》(GB3097-1997)第一类标准,海坛岛北部保留区、东庠岛农渔业区均执行《海水水质标准》(GB3097-1997)第二类标准,闽江口矿产与能源区执行《海水水质标准》(GB3097-1997)第四类标准。标准限值见表 1.2.1-1。

表 1.2.1-1 海水水质评价标准 单位:mg/L (pH 除外)

序号	项目	第一类	第二类	第三类	第四类
1	悬浮物质	人为增加的量≤10		人为增加量≤100	人为增加的量≤150
2	pH	7.8-8.5,同时不超出该海域正常变动范围的 0.2pH 单位		6.8-8.8,同时不超出该海域正常变动范围的 0.5pH 单位	
3	溶解氧 >	6	5	4	3
4	化学需氧量≤	2	3	4	5
5	活性磷酸盐≤	0.015	0.030		0.045
6	无机氮≤	0.20	0.30	0.40	0.50
7	石油类≤	0.05		0.30	0.50
8	铜≤	0.005	0.010	0.050	
9	铅≤	0.001	0.005	0.010	0.050
10	锌≤	0.020	0.050	0.10	0.50
11	镉≤	0.001	0.005	0.010	
12	铬≤	0.05	0.10	0.20	0.50
13	汞≤	0.00005	0.0002		0.0005
14	砷≤	0.020	0.030	0.050	
15	挥发性酚	0.005		0.010	0.050

#### 2、海洋沉积物

根据《福建省海洋功能区划(2011~2020年)》和《福建省海洋环境保护规划(2011~2020)》,工程涉及的近海农渔业区执行《海洋沉积物质量》(GB18668-2002)第一类标准。工程评价范围内的海坛岛北部保留区、山洲列岛海洋保护区、东庠岛农渔业区

均执行《海洋沉积物质量》(GB18668-2002) 第一类标准, 闽江口矿产与能源区执行《海洋沉积物质量》(GB18668-2002)第三类标准, 标准限值见表 1.2.1-2。

表 1.2.1-2 沉积物评价标准 (单位:  $10^{-6}$ )

项目		单位	第一类	第二类	第三类
重金属	镉	$(10^{-6})$	$\leq 0.50$	$\leq 1.50$	$\leq 5.00$
	铅		$\leq 60.0$	$\leq 130.0$	$\leq 250.0$
	锌		$\leq 150.0$	$\leq 350.0$	$\leq 600.0$
	铜		$\leq 35.0$	$\leq 100.0$	$\leq 200.0$
	铬		$\leq 80.0$	$\leq 150.0$	$\leq 270.0$
	汞		$\leq 0.20$	$\leq 0.50$	$\leq 1.00$
	砷		$\leq 20$	$\leq 65$	$\leq 93$
硫化物		$\leq 300.0$	$\leq 500.0$	$\leq 600.0$	
石油类		$\leq 500.0$	$\leq 1000.0$	$\leq 1500.0$	
有机碳	$(10^{-2})$	$\leq 2.0$	$\leq 3.0$	$\leq 4.0$	

### 3、海洋生物质量

根据《福建省海洋功能区划(2011~2020年)》和《福建省海洋环境保护规划(2011~2020)》, 工程涉及的近海农渔业区按《海洋生物质量》(GB18421-2001)一类标准执行。工程评价范围内的海坛岛北部保留区、山洲列岛海洋保护区、东庠岛农渔业区均按《海洋生物质量》(GB18421-2001)一类标准执行, 闽江口矿产与能源区按《海洋生物质量》(GB18421-2001)三类标准执行, 详见表 1.2.1-3。

表 1.2.1-3 海洋生物质量评价标准 (mg/kg)

项目		第一类	第二类	第三类
生物体质量	镉	$\leq 0.20$	$\leq 2.0$	$\leq 5.0$
	铅	$\leq 0.1$	$\leq 2.0$	$\leq 6.0$
	锌	$\leq 20$	$\leq 50$	$\leq 100$ (牡蛎 500)
	铜	$\leq 10$	$\leq 25$	$\leq 50$ (牡蛎 100)
	铬	$\leq 0.5$	$\leq 2.0$	$\leq 5.0$
	汞	$\leq 0.05$	$\leq 0.10$	$\leq 0.30$
	砷	$\leq 1.0$	$\leq 5.0$	$\leq 8.0$
	石油烃	$\leq 15$	$\leq 50$	$\leq 80$

表 1.2.1-4 海洋生物体内污染物评价标准 (单位: mg/kg)

项目	铜	锌	镉	总汞	铅	砷	铬	石油烃
鱼类	20	40	0.6	0.3	2	0.5	2.0	20
甲壳类	100	150	2	0.2	2	0.5	2.0	20

### 4、环境空气

根据《平潭综合实验区总体规划》(2010-2030), 本项目所在区域环境空气质量功能区划执行 GB3095-2012《环境空气质量标准》中的二级标准。标准限值见表 1.2.1-5。

表 1.2.1-5 环境空气质量标准

污染物名称	取样时间	浓度限值 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
		一级标准	二级标准
PM <sub>2.5</sub>	年平均	15	35

	24 小时平均	35	75
NO <sub>2</sub>	年平均	40	40
	24 小时平均	80	80
	1 小时平均	200	200
SO <sub>2</sub>	年平均	20	60
	24 小时平均	50	150
	1 小时平均	150	500

## 5、环境噪声

本项目对声环境影响的位置主要分布在：松下港港口区租用组装场地及码头、海上风电机组施工区和海缆施工区。其中港口区环境噪声执行《声环境质量标准》(GB 3096-2008) 中 3 类标准。海上施工区附近，环境噪声执行《声环境质量标准》(GB3096-2008) 中 2 类标准，限值见表 1.2.1-6。

表 1.2.1-6 环境噪声限值 单位：dB(A)

标准号	名称	类别	数值
GB3096-2008	声环境质量标准	2 类	Leq：昼间 60dB，夜间 50dB
		3 类	Leq：昼间 65dB，夜间 55dB

## 6、工频电磁场

根据《电磁环境控制限值》(GB8702-2014) 控制限值，以 4kV/m 作为工频电场强度评价标准，以 0.1mT 作为工频磁感应强度评价标准。《电磁环境控制限值》同时规定“100kV 以下电压等级的交流输变电设施”产生的电磁场属于豁免管理范围，不需要进行环境评价。

## 1.2.2 污染物排放标准

### 1、废水

本项目陆地依托现港区风机组装施工期生产废水处理后循环使用或回用于道路洒水，执行《城市污水再生利用杂用水水质标准》(GB/T 18920-2002)，不外排；海上施工船舶污水执行《船舶水污染物排放控制标准》(GB3552-2018)，油污水按规定收集并排入接收设施，不排放。

表 1.2.2-1 《城市污水再利用杂用水水质标准》(摘录) 单位：除 pH 外均为 mg/L

用途	PH 值	浊度	DO	氨氮	BOD5
城市绿化	6-9	10	1.0	20	20
车辆冲洗		5		10	20
道路清扫、消防		10		10	15

船舶含油废水处置执行《沿海海域船舶排污设备铅封管理规定》(交海发[2007]165号)，实施铅封，禁止排放。

### 2、废气

本项目施工期废气排放执行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)中的新污染源无组织排放监控浓度限值,标准限值见表 1.2.2-2。

表 1.2.2-2 大气污染物综合排放标准

污染物	无组织排放监控浓度限值	
	监控点	浓度 (mg/m <sup>3</sup> )
颗粒物	周界外浓度最高点	1.0
SO <sub>2</sub>	周界外浓度最高点	0.4
NO <sub>x</sub>	周界外浓度最高点	0.12

### 3、噪声

施工期噪声排放执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB 12523-2011),标准限值见表 1.2-9。运营期噪声主要产生自风电机组,由于场区无声环境功能区划,噪声排放参照执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)中的 2 类标准,保护区附近执行 1 类标准,标准限值见表 1.2.2-3。

表 1.2.2-3 建筑施工场界环境噪声排放标准 单位: dB(A)

昼间	夜间
70	55

表 1.2.2-4 工业企业厂界环境噪声排放限值 单位: dB(A)

边界外声环境功能区类别	昼间	夜间
0	50	40
1	55	45
<b>2</b>	<b>60</b>	<b>50</b>
3	65	55
4	70	55

### 4、电磁辐射

《电磁环境控制限值》(GB8702-2014)中 220kV 变电站控制限值:工频电场强度 $\leq 4\text{kV/m}$ ,工频磁感应强度 $\leq 100\mu\text{T}$ 。

## 1.3 环境影响要素识别与评价因子筛选

### 1.3.1 环境影响要素识别

本工程环境影响要素主要为:

#### (1) 污染要素

施工期间,海域主要污染物为海缆管沟开挖、桩基施工和辅助桩拔除等产生的悬浮泥沙,施工船舶产生的含油污水、生活污水及垃圾,施工机械产生的噪声和废气;陆地依托现港区风机组装场地主要污染物为施工扬尘、机械噪声、生活污水、生活垃圾以及生产固体废弃物等。

运营期间,海上风场产生的风机运转噪声;设备维修时产生的含油污水、柴油机供

电时产生的废气；电缆产生的电磁辐射和无线电干扰。

## (2) 非污染要素

地形地貌改变、水动力环境变化、冲淤环境变化、海洋渔业生态环境影响、鸟类生态栖息环境的影响、海域通航环境影响等。

### 1.3.2 评价因子筛选

通过对工程附近海域的环境质量现状调查，结合环境影响因素识别，对环境影响评价因子进行了初步筛选，确定本项目的的环境评价因子为：

#### 1、环境质量现状评价因子

##### (1) 海水水质

现状评价因子：水温、pH、溶解氧、化学需氧量、无机氮、活性磷酸盐、铜、铅、锌、镉、总铬、石油类和悬浮物。

##### (2) 海洋沉积物

现状评价因子：有机碳、总汞、铜、锌、铅、镉、铬、砷、石油类、硫化物。

##### (3) 海洋生物质量

现状评价因子：贝类、鱼类、甲壳类。

##### (4) 海洋生态

现状评价因子：叶绿素 a、浮游植物、浮游动物、底栖生物、潮间带生物。

##### (5) 渔业资源

现状评价因子：鱼卵、仔鱼、游泳动物。

#### 2、环境影响预测因子

(1) 施工过程海水中产生的悬浮物 (SS)；

(2) 工程建设造成地形冲淤变化、水动力潮流场 (流速、流向) 变化；

(3) 生物量损失、渔业资源补偿；

(4) 溢油事故发生时，油膜扫海面积、残油量、扩散时间；

(5) 电磁场和无线电干扰；

(6) 噪声 (Leq)、扬尘 (TSP)。

## 1.4 环境影响评价工作等级

### 1.4.1 水文生态环境评价等级

本项目工程类型包括海洋能源开发利用工程和海底电缆工程，根据《海洋工程环境

影响评价技术导则》(GB/T 19458-2014)海洋工程建设项目各单项环境影响评价内容要求,风电场工程必选评价内容为海水水质环境、海洋沉积物环境、海洋生态和生物资源环境、海洋地形地貌与冲淤环境、海洋水文动力环境和环境风险;海底电缆工程必选评价内容为海水水质环境、海洋沉积物环境、海洋生态和生物资源环境及环境风险。

根据《海洋工程环境影响评价技术导则》(GB/T 19458-2014)和《海上风电工程环境影响评价技术规范》(2014年)中评价等级判定标准,本工程的风电场工程属于海洋能源开发利用工程类型,规划装机100MW,风电场内连接风机及风机与海上升压站之间的4回35kV(17.9km),工程规模为大型,风场、海缆所在区域远离周边生态红线区、海洋保护区,风场所在海域水深在37~38m,属于近岸海域,为其他海域。

根据上述分析,采用“就高不就低”的原则,结合本项目工程特点及周边开发利用情况,最终确定本次评价工作的评价等级为:水文动力2级,水质2级,沉积物2级,生态2级。判定依据见表1.4-1。

1.4-1 评价等级判定依据

工程类型和工程内容	工程规模	工程所在海域特征和生态环境类型	单项海洋环境影响评价等级			
			水文动力环境	水质环境	沉积物环境	生态环境
潮汐发电,波浪发电,温差发电,地热发电,海洋生物能等海洋能源开发利用、输送设施及网络工程;海洋风力发电,太阳能发电及其输送设施及网络工程;海洋空间能源(资源)利用工程;需要填海的火电站工程	大型(≥100MW)	生态环境敏感区	1	1	2	1
		其它海域	2	2	2	2
	中型(>20MW- <100MW)	生态环境敏感区	1	1	2	1
		其它海域	2	2	3	2
	小型(≤20MW)	生态环境敏感区	2	2	2	2
		其它海域	3	3	3	3
海上和海底电(光)缆等工程;海上和海底输水管道工程;无毒无害物质输送管道工程;海洋电(光)缆废弃、拆除工程;一般管道废弃、拆除工程	长度大于100km	生态环境敏感区	1	1	1	1
		其它海域	2	2	2	1
	长度(100~20)km	生态环境敏感区	2	1	2	1
		其它海域	3	2	3	2
	长度(20~5)km	生态环境敏感区	2	2	2	1
		其它海域	3	3	3	2

### 1.4.2 海洋地形地貌评价等级

本项目总用海面积为44.5215hm<sup>2</sup>,属于表1.4-2中(50~30)×10<sup>4</sup>m<sup>2</sup>范畴,最终界定项目地形地貌与冲淤环境影响评价等级界定为2级。

表1.4-2 海上风电项目海洋地形地貌与冲淤环境影响评价等级判据

评价等级	工程类型
1	海上风电项目所有工程类型总占海面积超过50×10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup> 以上的或严重改变海岸线、滩涂、海床自然性状和产生较严重冲刷、淤积的工程项目。
2	海上风电项目所有工程类型总占海面积在(50~30)×10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup> 的或较严重改变岸线、滩涂、海床自然性状和产生冲刷、淤积的工程项目。
3	海上风电项目所有工程类型总占海面积在(30~20)×10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup> 的或有改变海岸线、滩涂、海床自然性状和产生较轻微冲刷、淤积的工程项目。

### 1.4.3 环境风险评价等级

本项目主要由风电场工程及海底电缆工程等组成，不包括升压站，风机润滑油含量较低，与油类物质临界量比值  $Q < 1$ ；根据《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ169-2018)， $Q < 1$  时，项目环境风险潜势为 I，对应的环境风险评价工作等级为简单分析。

### 1.4.4 电磁评价等级

根据《海上风电工程环境影响评价技术规范》(2014年)，35kV 输电线路为海底电缆，电磁环境评价等级为三级。

### 1.4.5 其他

本工程风电场距离周边声环境、空气环境敏感目标较远，环境影响较小，因此评价中仅对空气、声环境影响做影响分析，其评价内容从简，评价等级均为三级。

根据《海上风电工程环境影响评价技术规范》(2014年)，海上风电项目鸟类生态和 水下声环境影响评价工作不划定具体评价等级。

## 1.5 评价范围

根据拟建工程所处的海洋功能区、海域环境的特点、本项目涉海工程的内容、以及各单项海洋环境影响评价等级的确定，按照《海洋工程环境影响评价技术导则》确定海域评价的范围如下：

#### (1) 水文动力评价范围

导则要求：1 级、2 级和 3 级评价项目的水文动力环境调查和评价范围，垂向（垂直于工程所在海区中心点潮流主流向）距离：一般不小于 5km，3km 和 2km；纵向（潮流主流向）距离：1 级和 2 级评价项目不小于一个潮周期内水质点可能达到的最大水平距离的两倍，3 级评价项目不小于一个潮周期内水质点可能达到的最大水平距离。

水质环境现状调查与评价范围，应能覆盖建设项目周边环境影响所及区域，并充分满足评价与预测要求，另外附近有敏感区时，调查范围应扩展到敏感区边界；

沉积物调查范围应覆盖影响海域，反映环境状况，满足预测要求；

生态环境调查评价范围根据导则要求，2 级评价扩展距离在 5 ~ 8km；

根据上述原则，确定本项目环境评价范围为：以场区为中心，向四周外扩 8km，评价范围约 399.4km<sup>2</sup>。评价范围见图 1.5-1，评价范围点坐标见表 1.5-1。

#### (2) 大气环境

根据《环境影响评价技术导则大气环境》(HJ2.2-2018),三级评价项目不需设置大气环境影响评价范围。

### (3) 噪声影响评价范围

根据《海上风电工程环境影响评价技术规范》(2014年),水下声环境影响评价范围与海洋生态评价范围一致。

根据《环境影响评价技术导则声环境》(HJ2.4-2009),水上声环境等影响评价范围为风机及临时施工区外侧500m范围。

### (4) 电磁辐射评价范围

参照《海上风电工程环境影响评价技术规范(2014)》要求,输电线路走廊两侧40m带状区域。

### (5) 鸟类

鸟类评价范围为涵盖工程边界线向外扩展8km区域,即工程所涉及的平潭岛东北侧海域。评价范围见图1.5-2。

表 1.5-1 评价范围点坐标

点号	纬度(N)	经度(E)
A	25° 37' 56.39"	119° 53' 12.51"
B	25° 37' 56.39"	120° 04' 15.95"
C	25° 49' 38.29"	120° 04' 15.95"
D	25° 49' 38.29"	119° 53' 12.51"

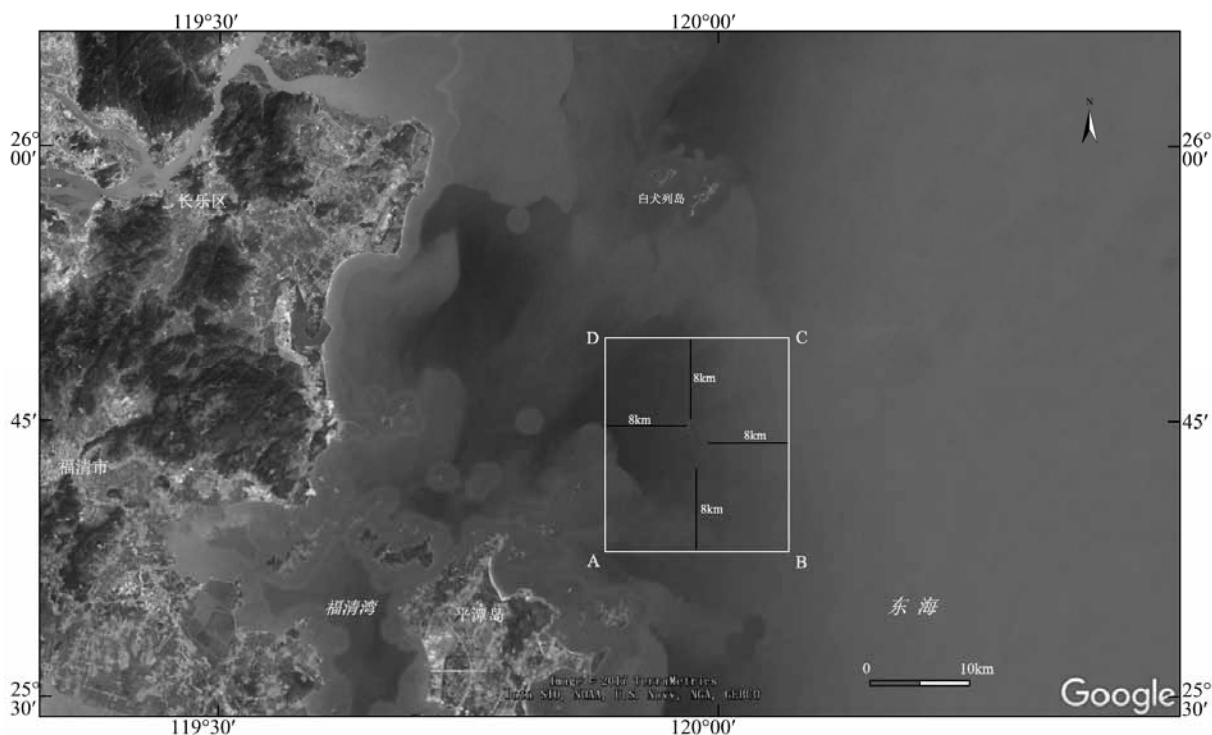


图 1.5-1 拟建项目评价范围





图 1.5-2 拟建项目鸟类评价范围（上方为秋季调查路线，下方为春季调查路线）

（引自《长乐外海海上风电场 A 区项目海洋环境影响报告书（报批版）》，2019 年 9 月，中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司）

## 1.6 评价重点

根据工程特点和周围环境状况，本次评价的重点为：工程建设与海洋功能区划和相关规划的符合性；风机基础、电缆铺设施工对海洋环境、生态及游泳动物的影响；水下噪声对海洋动物的影响；风机运行对区域鸟类迁徙、栖息及其生境的影响；工程建设对环境敏感区以及其它海洋环境保护目标的影响；溢油环境事故风险分析评价。

## 1.7 环境敏感区与环境保护目标

### (1) 环境保护目标

根据《福建省海洋功能区划(2011~2020 年)》，工程涉及近海农渔业区，近海农渔业区环境管理要求海水水质不劣于第一类海水水质标准，海洋沉积物不劣于第一类海洋沉积物质量标准，海洋生物质量不劣于第一类海洋生物质量标准。

根据《福建省海洋环境保护规划(2011~2020)》，工程涉及福州东部外海渔业资源保护利用区。福州东部外海渔业资源保护利用区环境管理要求近期和远期海水水质均不劣于第一类海水水质标准，海洋沉积物均不劣于第一类海洋沉积物质量标准，海洋生物质量均不劣于第一类海洋生物质量标准。

根据上述要求，确定环境保护目标如下：

海水水质环境

项目实施后工程海域农渔业区水质维持《海水水质标准》(GB3097-1997)第一类标准。

#### ② 海洋沉积物环境

项目实施后工程海域农渔业区海洋沉积物维持《海洋沉积物质量标准》(GB18668-2002)第一类标准。

#### ③ 海洋生物质量环境

项目实施后工程海域农渔业区海洋生物质量(双壳贝类)维持《海洋生物质量》(GB18421-2001)一类标准。

#### ④ 生态环境

工程区域海洋生态环境(包括游泳动物)、水生生物群落结构不因本工程建设而发生明显改变。

工程区域周围鸟类种类等不因本工程建设而发生明显变化。风电场区周边的保护区等不因本工程建设受到重大影响。

#### ⑤ 环境空气

项目实施后工程区域环境空气质量维持二级标准。

#### ⑥ 声环境

项目实施后港口作业区声环境质量维持 3 类标准。

#### (2) 环境敏感目标

工程风电场周边 500m、施工布置区周边 200m 范围内均无居民区。工程评价范围内的环境敏感区主要为山洲列岛海洋保护区、山洲列岛厚壳贻贝海洋保护区生态保护红线区和牛山岛渔场重要渔业水域生态保护红线区。工程风电场及送出海缆均不占用各环境敏感区。

水文动力及冲淤敏感目标方面，风电场东侧 10.8km、西侧 3.9km 分别有中航路、内航路。风电场东侧 14.7m、36.4km 分别有笠屿锚地、东洛锚地。另外，本项目北侧 6.5km 为中国联通福州-淡水海缆国内延伸段配套光缆(TSE-1 光缆)。

工程风电场及海缆路由位于闽中渔场，主要捕捞对象有带鱼、大黄鱼、鲳鱼等。工程风电场及海缆路由不占用养殖区，周边养殖主要分布于海坛岛北侧长江澳、东洲岛、东庠岛附近，主要养殖贻贝、红蛤等，与本工程风电场及海缆最近距离约 15.4km。风电场及周边有鸟类 13 目 22 科 47 种。风电场区及周边有东洛列岛、笠屿等岛礁。



图 1.7-1a 环境敏感区分布-工程用海、养殖区

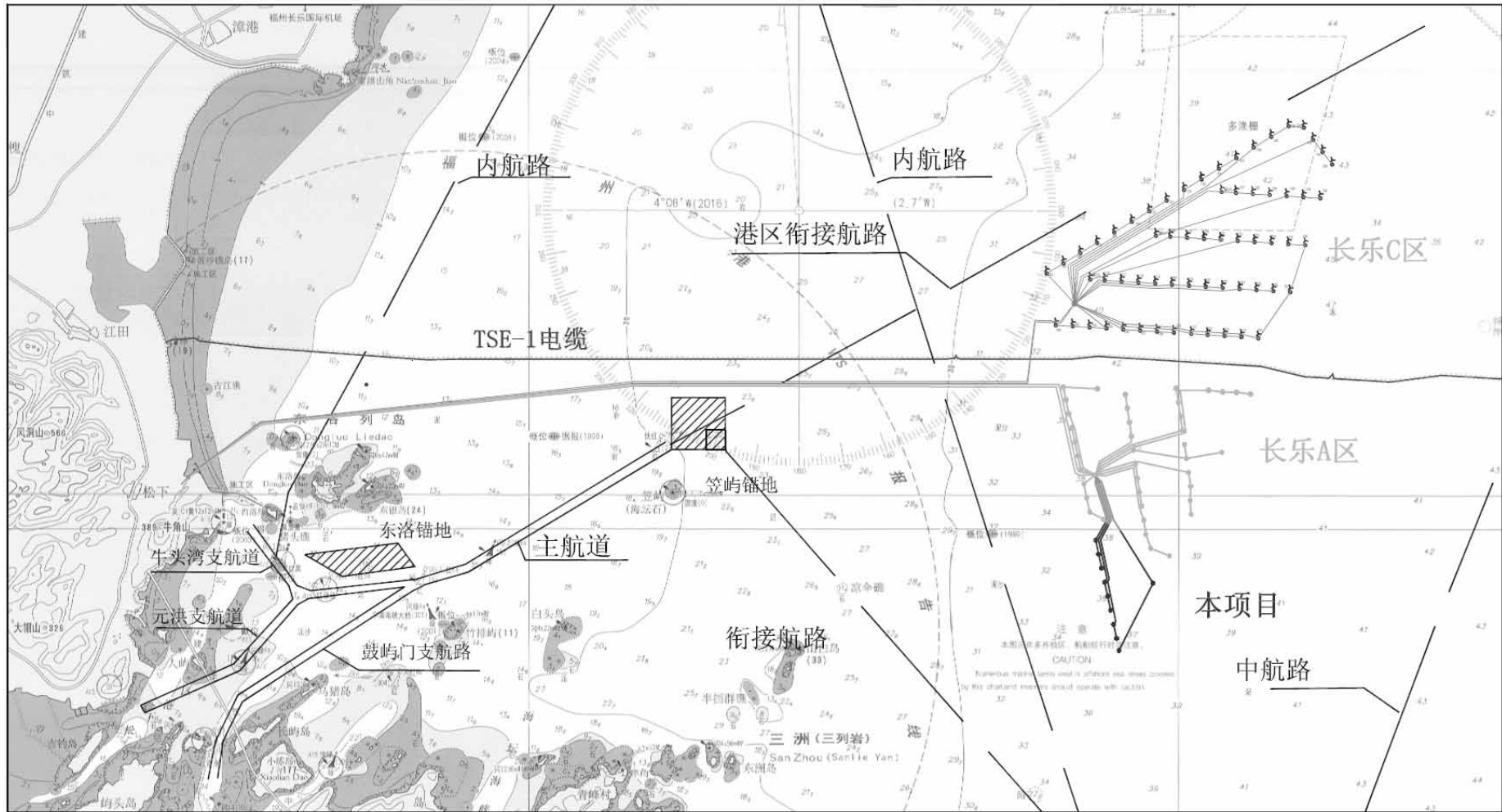


图 1.7-2b 环境敏感区分布-港口航道、光缆

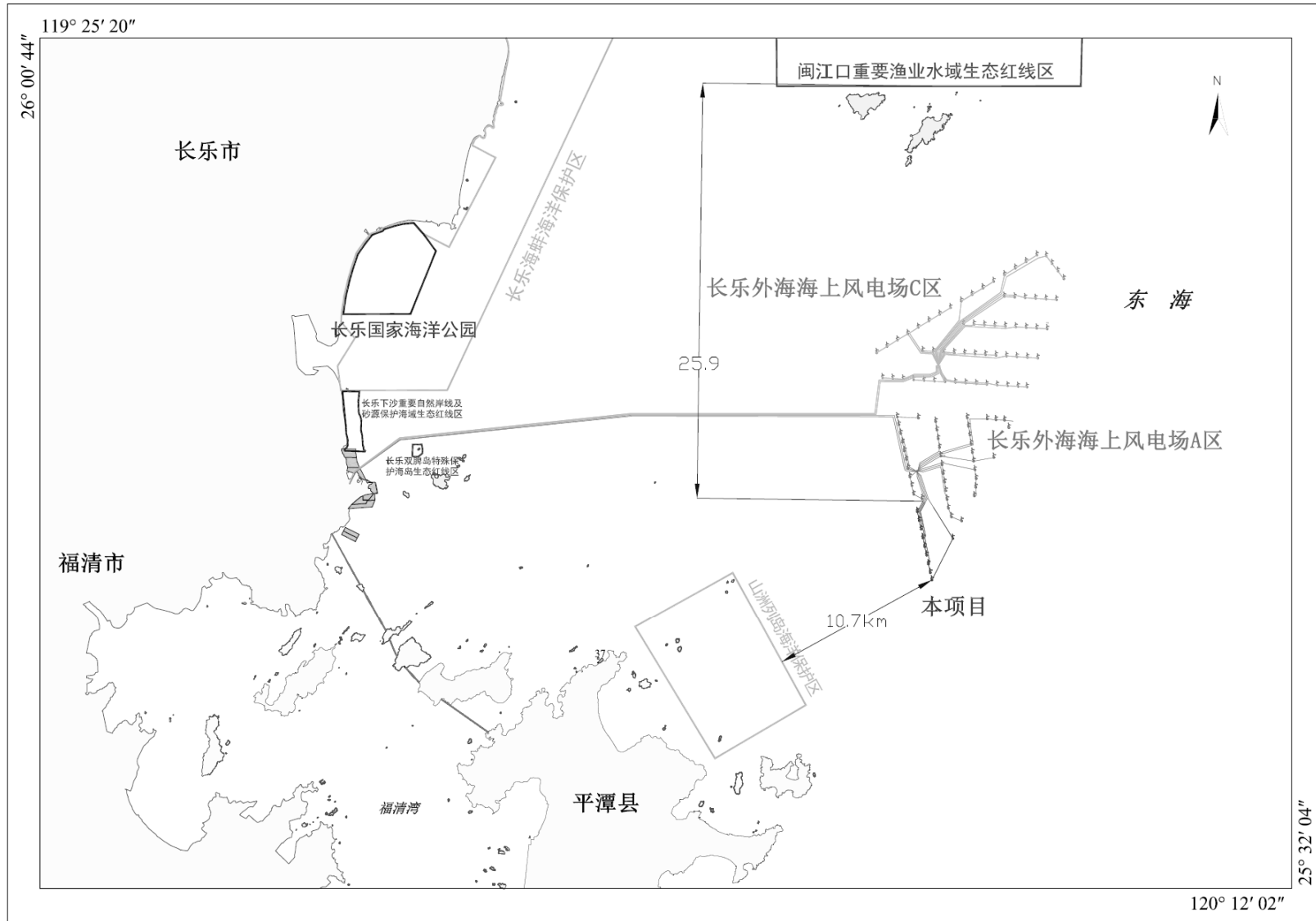


图 1.7-3c 环境敏感区分布-保护区

平潭外海风电一期项目海洋环境影响报告书

表 1.7-1 工程环境保护目标一览表

项目	敏感/保护对象	影响要素	与工程位置关系	敏感对象/敏感区概况	环境保护管理要求
环境保护目标	海水水质	水质	工程区周边海域	主要超标水质因子是无机氮和活性磷酸盐。	项目实施后工程海域水质维持海水水质第一类标准。
	海洋沉积物	沉积物	工程区周边海域	现状均符合一类海洋沉积物质量标准	项目实施后工程海域海洋沉积物维持海洋沉积物质量第一类标准。
	海洋生物及游泳动物	生态	工程区周边海域	包括浮游动物、浮游植物、潮下带大型底栖生物、潮间带大型底栖生物、游泳动物等	保护海域生态环境，工程区域海洋生态(包括游泳动物)、水生生物群落结构不因本工程建设而发生明显改变。

表 1.7-2 工程环境敏感目标一览表

项目	敏感/保护对象	影响要素	与工程位置关系	敏感对象/敏感区概况	环境保护管理要求
环境敏感区	山洲列岛海洋保护区	海洋生态、溢油风险	位于风电场西南侧，与该红线区最近距离约 10.7km。	海坛岛东北海域山洲列岛及 周围海域，东至 119°53'53.9" E、西至 119°47'29.2" E、南至 25°36'24.2" N、北至 25°42'43.7" N。调整后的保护区包括 4 个区域：峻山岛及周围海域、山洲列岛及周围海域、山白岛及周围海域、白冰岛及周围海域，调整后的保护面积为 15.16km <sup>2</sup> 。	重点保护厚壳贻贝、海岛及周围海域生态系统。严格执行海洋特别保护区管理要求。
	山洲列岛厚壳贻贝海洋保护区生态保护红线区		位于风电场西南侧，与该红线区最近距离约 11.8km。	山洲列岛海域。四至：119°45'3"-119°45'41"E，25°39'56"-25°40'27"N	管控措施：执行《海洋特别保护区管理办法》等相关规定。环境保护要求：按照海洋环境保护法律法规及相关规划要求进行管理，禁止排放有害有毒的污水、油类、油性混合物、热污染物及其他污染物和废弃物，禁止新设污染物集中排放口，禁止倾废，改善海洋环境质量。
	牛山岛渔场重要渔业水域生态保护红线区		位于风电场及海缆南侧，风电场及海缆与该红线区最近距离约 8.2km。	牛山岛周围海域。四至：119°49'50.94"-120°14'19.47"E，25°13'29.26"-25°38'5.2"N。	管控措施：维持海域自然属性，保护渔业资源产卵场、育幼场、索饵场和洄游通道。禁止围填海、截断洄游通道、水下爆破施工等开发活动；禁止破坏性捕捞方式，合理有序开展捕捞作业；严格执行禁渔期、禁渔区制度以及渔具渔法规定。开展增殖放流活动，保护和恢复水产资源。确需在生态保护红线区内进行航道锚地、海底管线、能源等公益或公共基础设施建设的，要经严格科学论证并经相关主管部门审批后实施。环境保护要求：按照海洋环境保护法律法规及相关规划要求进行管理，禁止排放有害有毒的污水、油类、油性混合物、热污染物及其他污染物和废弃物，禁止倾废，改善海洋环境质量。

平潭外海风电一期项目海洋环境影响报告书

	闽江口重要渔业水域生态保护红线区		风电场北侧，最近约 25.9km	黄岐半岛至闽江口海域。 四至：119°49'15.80"-120°7'18.47"E， 25°59'12.55"-26°22'55.08"N	管控措施：维持海域自然属性，保护渔业资源产卵场、育幼场、索饵场和洄游通道。禁止围填海、截断洄游通道、水下爆破施工等开发活动；禁止破坏性捕捞方式，合理有序开展捕捞作业；严格执行禁渔期、禁渔区制度以及渔具渔法规定。开展增殖放流活动，保护和恢复水产资源。确需在生态保护红线区内进行航道锚地、海底管线、能源等公益或公共基础设施建设的，要经严格科学论证并经相关主管部门审批后实施。环境保护要求：按照海洋环境保护法律法规及相关规划要求进行管理，禁止排放有害有毒的污水、油类、油性混合物、热污染物及其他污染物和废弃物，禁止新设污染物集中排放口，禁止倾废，改善海洋环境质量。
其它环境敏感目标	鸟类	生态	工程区及周边	13 目 22 科 47 种鸟类	/
	岛礁	生态、岸滩稳定	风电场北侧 20.5km 为东犬岛，西侧 16.2km 为笠屿，西南 12.1km 为山白岛、15.6km 为东洲岛、16.3km 为白冰岛、13.6km 为东庠岛	有居民海岛：东庠岛 无居民海岛：白冰岛、东洲岛、山白岛	合理利用土地资源，禁止破坏海岛植被，保护沙滩和海蚀地貌景观，减少污染物排放
	航道		风电场东侧 10.8km、西侧 3.9km	中航路、内航路	/
	锚地	水动力、冲淤	风电场东侧 14.7m、36.4km 分别有笠屿锚地、东洛锚地	东洛锚地面积 400hm <sup>2</sup> ，水深 12.0m 以上；笠屿锚地面积 300hm <sup>2</sup> ，水深 19.7m 以上	/
	管线		风电场北侧 6.5km	中国联通福州-淡水海缆国内延伸段配套光缆（TSE-1 光缆），海缆全长约 270km，共 16 芯光纤。	/
	养殖		风电场及海缆西南侧约 15.4km	主要养殖贻贝、红蛤等	/

## 2 工程概况

### 2.1 项目概况

#### 2.1.1 工程概况

(1) 项目名称：平潭外海海上风电场一期项目

(2) 建设单位：平潭海峡发电有限公司

(3) 项目性质：海洋工程，新建

(4) 地理位置

平潭外海海上风电场一期项目位于福建省东部沿海、平潭岛东北部，东濒台湾海峡，西与松下镇相望。本项目位于平潭海岸线东北，理论海图水深在 37-38m 之间，场址中心离岸距离约 35.8km，该区域水下地形相对平缓。地理位置图见图 2.1-1。

(5) 工程建设规模

本项目规划装机 100MW。本项目涉海工程包括：单机容量 10MW 的风力发电机组 10 台、风电场内连接风机及风机与海上升压站之间的 4 回 35kV(17.9km)海底电缆。根据场地工程地质及海洋水文条件，风机基础型式采用四桩导管架基础。

本项目采用 220kV 海上升压变电站+陆上集控站方案，均依托长乐 A 区项目。本项目集电线路拟采用 4 回 35kV 海缆送至 A 区的 220kV 海上升压站的 35kV 开关柜，并利用 A 区的 2 回 220kV 海缆送出至陆上集控中心后，并入省电网。

风电场年发电量为 34893.1 万 kW·h，平均年发电利用小时数为 3489h，年上网电量 33865.2 万 kW·h，等效满负荷小时数 3387h，容量系数为 0.39。

本项目总工期 18 个月，动态总投资为 196524.69 万元。

本项目评价对象包括：单机容量 10MW 的风力发电机组 10 台、风电场内连接风机及风机与海上升压站之间的 4 回 35kV(17.9km)海底电缆风电场退役期的环境影响。



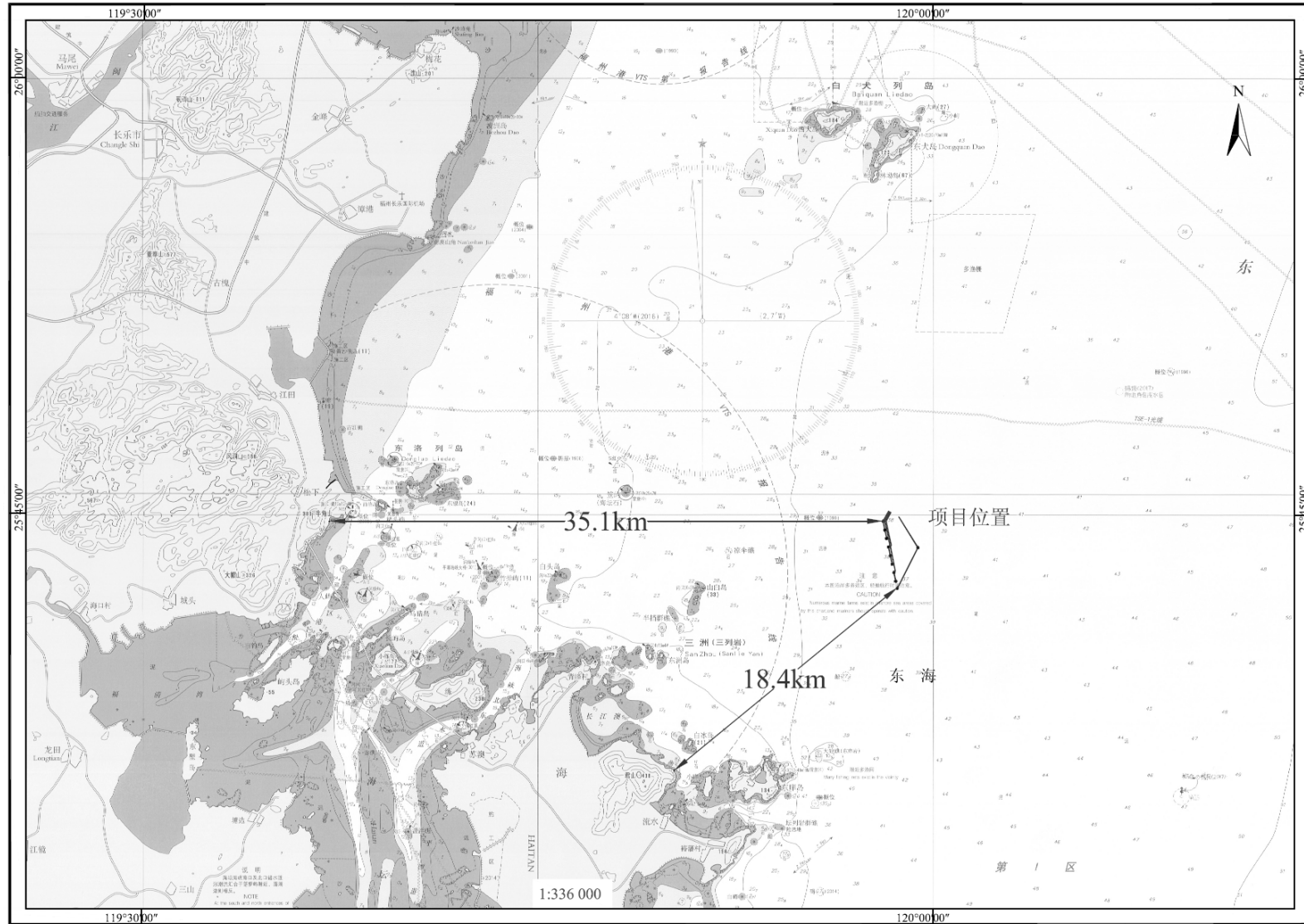


图 2.1-1a 工程地理位置图

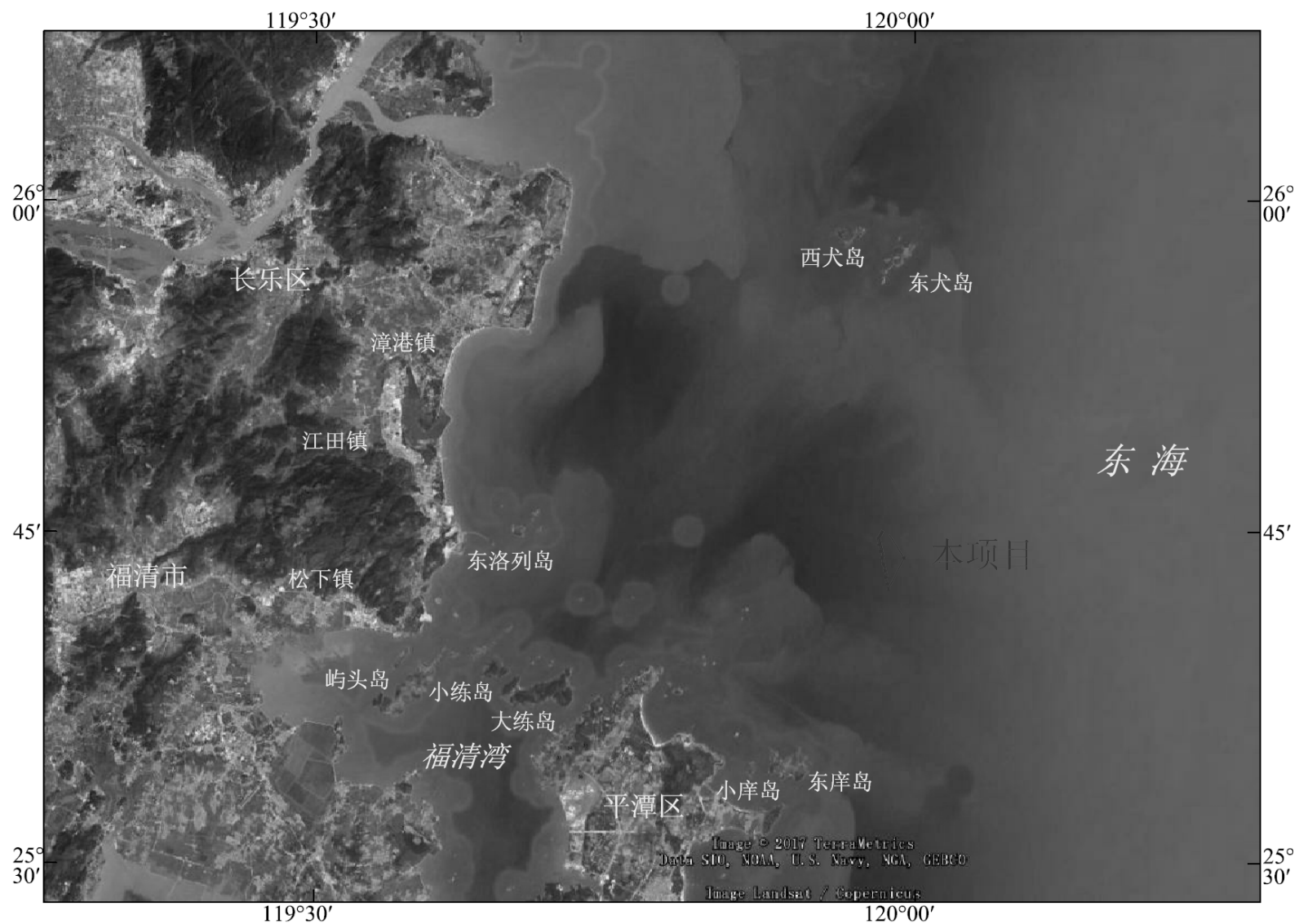


图 2.1-1b 工程地理位置图（遥感图）

## (6) 接入方案

本项目接入系统方案见图 2.1-2。

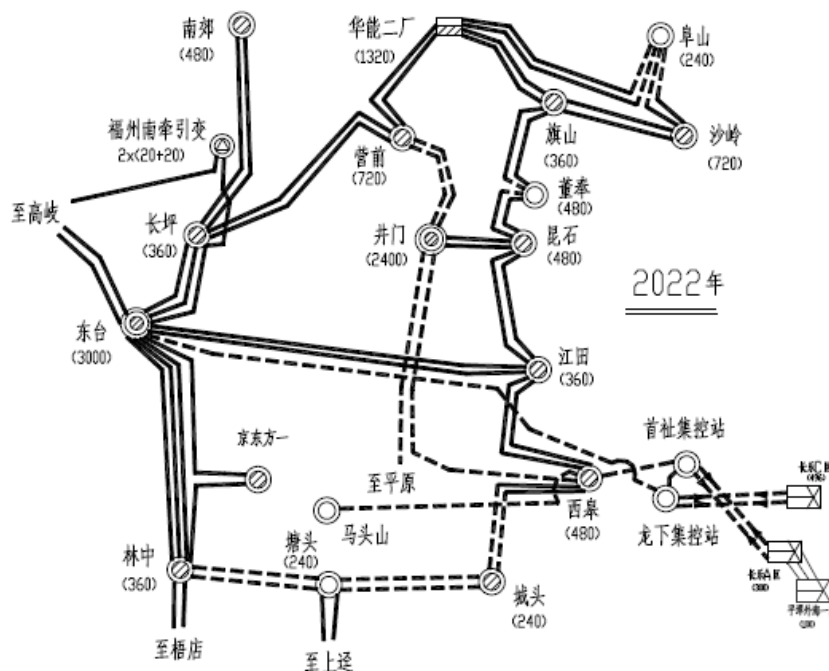


图 2.1-2 项目接入系统方案

## (7) 依托工程

本项目依托工程为长乐 A 区项目海上升压站、220kV 海底电缆和陆上集控中心，依托工程于 2019 年 10 月 22 日取得福州市长乐生态环境局的审批意见（长环评[2019]58 号）。

### 1) 长乐 A 区项目海上升压站、220kV 海底电缆和陆上集控中心

项目电力输送依托长乐 A 区项目海上升压站、220kV 海底电缆和陆上集控中心，施工建设和运营期维护需依托其施工场地和运维人员。

长乐外海 A 区海上风电场项目位于长乐海岸线以东海域，理论水深在 39~44m 之间，离岸距离约 32~40km，规划装机 300.5MW，安装 15 台单机容量为 6.7MW 和 25 台单机容量为 8.0MW 的风力发电机组，总装机容量 300.5MW。采用 220kV 海上升压变电站+陆上集控中心方案，配套建设 1 座海上升压变电站和 1 座陆上集控中心。集电线路通过 35kV 海底电缆先接入海上升压变电站，升压至 220kV 后，再经 2 回 220kV 海底电缆接入 220kV 陆上集控中心，电能汇流后再以双回 220kV 线路接入 220kV 西皋变，并入省电网。长乐外海 A 区海上风电场项目场内 35kV 集电线路路径总长约 43.7km，220kV 汇流线路路径总长约 78.5km，其中需敷设海底电缆路径总长约 77.5km，另外 1km

为河道入海口至登陆点长度。陆地电缆路径总长约 1.3km。

长乐外海 A 区海上风电场项目陆上集控中心位于在靠近风电场的长乐市松下镇脚头村南侧山地上，规划本期及远景新建双回 220kV 线路接入 220kV 昆石变。集控中心布置有主控楼、附属楼、无功补偿装置室、35kV 配电装置室、220kV GIS 配电装置室、主变、备品库、消防泵房及水池、事故油池及警卫室等。

长乐外海 A 区海上风电场项目风机基础为内插式四桩导管架基础和四筒（吸力桩）导管架基础，风机安装采用整体安装方案；海上升压变电站采用整体式布置，下部结构采用后桩法导管架基础型式。本项目年上网电量约 96073 万 kW·h，等效满负荷小时数 3197h。建设总工期为 36 个月。

本项目依托工程长乐外海海上风电场 A 区项目自 2019 年起算申请使用海域 30 年。

### 2) 长乐 A 区项目 35kv 海缆

单回 220 海缆 kV 海缆最经济输送电力在 260MW 左右，长乐 A 区项目拟建设 2 回 220 海缆 kV，能够满足长乐 A 区项目及本项目海上风力发电陆送。

同时，项目四回海缆敷设至长乐、平潭海域分界线后，至长乐 A 区项目 220kv 海上升压站需依托长乐 A 区项目四回 35kv 海缆，长度自左至右依次为 1.9km、2km、2km、2.5km。

### 3) 长乐 A 区项目建设情况

长乐外海 A 区项目已获取海域使用预审意见，取得水上水下施工许可证书，2020 年 5 月设置了施工期临时航标及电子围栏系统，完成了 14 台机位的钢管桩和导管架制作，并运至附近码头储存，待季风期结束后即可全面开工建设。



图 2.1-3a 项目依托长乐海上风电场 A 区总平图

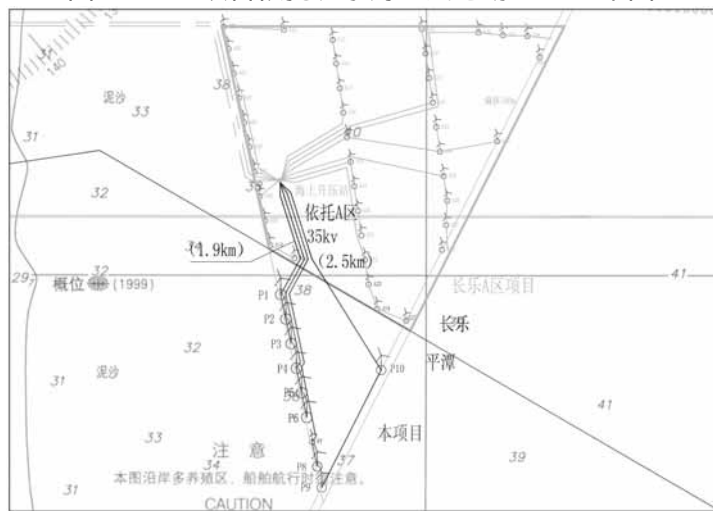


图 2.1-3b 项目依托长乐海上风电场 A 区 35kv 海缆

## 2.1.2 建设必要性

### 一、风电建设政策及规划

能源是经济和社会发展的物质基础。随着煤炭、石油、天然气等常规化石能源供需矛盾的日益突出和全球生态环境的进一步恶化, 加快发展可再生能源, 促进能源结构转型, 推动人类可持续发展已经成为全球共识。2015 年 12 月 12 日, 联合国气候变化大会在巴黎气候达成具有里程碑意义的《巴黎协定》, 要求到 2030 年全球碳排放量控制

在 400 亿 t，到本世纪下半叶实现全球温室气体的净零排放。《巴黎协定》标志着全球气候新秩序的起点，将极大促进全球可再生能源发展。

我国已成为世界能源生产和消费大国。随着经济和社会的不断发展，我国能源需求还将持续增长。为减少对一次能源的依赖，保护人类的生存环境，2014 年 9 月我国出台了《国家应对气候变化规划（2014-2020 年）》，提出了中国 2020 年前应对气候变化主要目标和重点任务；2015 年 6 月，我国向政府间气候变化专业委员会（IPCC）提交了中国国家自主决定贡献文件，成为第 15 个提交国家自主贡献的缔约方，明确了中国二氧化碳排放 2030 年左右达到峰值，并力争尽早达峰等一系列目标，并提出了确保实现目标的政策措施。《国家十三五规划纲要》进一步提出了能源气候方面更高要求的目标指标：单位 GDP 能源消耗年均累计下降 15%，单位 GDP 二氧化碳排放年均累计下降 18%。大力发展风电、太阳能等可再生能源，构建低碳能源体系是实现以上目标的重要途径。

截至 2016 年底，我国风电累计装机容量达到 1.49 亿 kW，其中海上风电已经建成 126 万 kW。根据《风电发展“十三五”规划》，到 2020 年底，风电累计并网装机容量确保达到 2.1 亿 kW 以上，其中海上风电并网装机容量达到 500 万 kW 以上；风电年发电量确保达到 4200 亿 kWh，约占全国总发电量的 6%。根据《福建省“十三五”能源发展专项规划》，2020 年全省电力总装机容量将达 6500~7000 万 kW，其中风电装机 500 万 kW。根据《福建省海上风电场工程规划报告（报批稿）》，福建省共规划海上风电场装机规模 1330 万 kW，规划提出的至 2020 年底，全省建成海上风电装机规模 200 万 kW 以上。长乐外海共规划有 8 个海上风电场，分别为 A~H 区项目。本风电场属于规划中的长乐外海 H 区海上风电场项目，开发本风电场符合国家能源发展规划及福建省风电发展规划。

## 二、地区能源结构优化要求

福建电网隶属于华东电网，以火电和水电为主，其中火电占总装机规模一半以上。随着经济的发展，远景需用电负荷、电量将持续增长，发电用煤需求量将更大。另一方面，燃煤电厂在消耗煤炭资源的同时，还产生了大量的 SO<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub>、CO、NO<sub>x</sub>、烟尘等污染环境和造成温室效应的有害气体，对环境和生态造成不利的影 响。因此，积极调整优化能源结构、开发利用清洁的可再生能源，是保持福建经济可持续发展的能源战略。

积极开发利用福建丰富的风力资源，大力发展风力发电，替代一部分矿物能源，对于降低福建省的煤炭消耗、缓解环境污染和交通运输压力、改善电源结构等具有非常积极的意义，是发展循环经济、建设节约型社会的具体体现，是福建省能源发展战略的重

要组成部分。

### 三、风电建设的促进作用

风电场的开发建设将促进风电产业链的快速发展，推动国内风机制造业在产品研发、行业管理等方面日趋发展和完善。风电机组由单一化向多样化转变，机组设计的针对性更强，可开发的区域更广；行业管理上国家能源局依托各科研机构和开发企业，开展基础研究，制定了一系列的技术检测及行业标准，风电行业管理趋于完善。

随着国家风电发展的逐步推进，主机及配套企业纷纷在地方落户建厂，利用风电发展提供的市场机遇发展设备制造业。风电场建设可以增加当地财政收入，推动经济发展，提供就业机会，对地方经济社会发展有较好的促进作用。

### 四、工程建设优势和作用

风力资源是最具商业化和规模化开发条件的可再生能源，经过几年的规模化发展，技术条件日趋成熟。福建省地处欧亚大陆的东南边缘，濒临东海和台湾海峡，受季风和台湾海峡“狭管效应”的共同影响，沿海风能资源十分丰富。

本项目具有开发建设的有利条件和资源优势：

（一）场区风能资源丰富，具备开发建设风电场的资源条件。根据对周边测风塔测风数据的分析，测风塔 90m 高度处年平均风速 10.0m/s，风功率密度为 963W/m<sup>2</sup>，风电场风功率密度等级为 7 级，风能资源具有很好的开发价值。

（二）福建处于我国经济发达的东南沿海，又是海峡西岸经济区的主体，港口、航运业发达，具有大型海上风电场建设的有利条件，也可极大促进本地区风电相关产业的进一步发展。

（三）项目建成后，不会对电网稳定产生较大影响，并且可补充电网的电力缺口，满足当地的用电需求；

（四）风电场的建设周期短，投入发电运行快，发挥效益早；

（五）风电作为清洁能源，不排放任何有害气体，对环境保护有利。

（六）风电场建设可以增加当地财政收入，推动经济发展，提供就业机会。

（七）风电场建成后，可向电网输送清洁可再生能源，改善电源结构。

综上所述，本项目的开发建设，符合《可再生能源中长期发展规划》、《福建省“十三五”能源发展专项规划》和《福建省海上风电场工程规划》的要求，风电场的开发建设能有效的促进地方经济，带动风电产业链的发展，对于改善当地电网的电源结构，推动福建省海上风电事业的发展，开发可再生能源有着积极的意义，并且社会效益、环保

效益显著。

## 五、项目建设对区域系统电力系统的支持

### (一) 福州市电力系统平衡

根据电力需求预测推荐方案，对福州市电网年最大负荷的 8 月大、小方式进行电力平衡分析，平衡原则：

- 1、大方式负荷取当年最高负荷，小方式负荷按大方式负荷的 60%考虑；
- 2、火电按满发，风电按 25%，水电按 30%，垃圾电厂、热电及光伏（大方式）均按 80%考虑，小方式下光伏出力按零发考虑；
- 3、电量平衡中区域中小电源发电量按照各自的历史发电利用小时数计算；
- 4、接入 500kV 主网的大型电源机组均不参与平衡。

计算结果见表 2.1-1~2.1-3（未含本工程所发电力及电量）。

根据福州地区电力电量平衡结果，福州地区将在较长一段时间内为福建省电力盈余区，福州 500kV 电网盈余电力需送至省网消纳；本工程（300MW，年上网电量 9.1746 亿 kWh）接入福州电网后可优先在福州地区 220kV 及以下电网消纳，盈余电力送至省网缺电区域。

表 2.1-1 福州电网 8 月大方式电力平衡分析 单位：MW

项 目	年 份						
	2019	2020	2021	2022	2023	2025	2030
<b>1.最大负荷</b>	<b>8662</b>	<b>9305</b>	<b>9826</b>	<b>10417</b>	<b>10988</b>	<b>12000</b>	<b>14225</b>
<b>2.220kV 及以下电源出力</b>	<b>4941</b>	<b>4402</b>	<b>4565</b>	<b>4740</b>	<b>4792</b>	<b>4818</b>	<b>5748</b>
<b>(1) 110kV 及以下电源出力</b>	<b>721</b>	<b>882</b>	<b>1045</b>	<b>1220</b>	<b>1272</b>	<b>1298</b>	<b>1568</b>
其中：水电	192	192	193	193	195	193	194
风电	319	475	637	812	862	890	1054
垃圾电厂	65	65	65	65	65	65	94
热电	99	99	99	99	99	99	175
光伏	46	51	51	51	51	51	51
<b>(2) 220kV 电源出力</b>	<b>4220</b>	<b>3520</b>	<b>3520</b>	<b>3520</b>	<b>3520</b>	<b>3520</b>	<b>4180</b>
其中：水口电厂	180	180	180	180	180	180	180
华能电厂一厂	1400	700	700	700	700	700	700
华能电厂二厂	1320	1320	1320	1320	1320	1320	1320
华能罗源	1320	1320	1320	1320	1320	1320	1320
江阴电厂二期一台机							660
<b>3.福州 220kV 及以下电网电力缺额（盈+亏-）</b>	<b>-3721</b>	<b>-4903</b>	<b>-5261</b>	<b>-5677</b>	<b>-6196</b>	<b>-7182</b>	<b>-8477</b>
<b>4.500kV 电源出力</b>	<b>8756</b>	<b>11916</b>	<b>15076</b>	<b>15076</b>	<b>15076</b>	<b>15076</b>	<b>15736</b>
其中：可门电厂+可门三期	2400	2400	4400	4400	4400	4400	4400
江阴电厂	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1860



项目	年份	2019	2020	2021	2022	2023	2025	2030
	水口电站		800	800	800	800	800	800
福清核电		4356	5516	6676	6676	6676	6676	6676
神华罗源湾			2000	2000	2000	2000	2000	2000
<b>5.福州 500kV 及以下电网电力缺额(盈+亏-)</b>		<b>5035</b>	<b>7013</b>	<b>9815</b>	<b>9399</b>	<b>8880</b>	<b>7894</b>	<b>7259</b>

表 2.1-2 福州电网 8 月小方式电力平衡分析 单位：MW

项目	年份	2019	2020	2021	2022	2023	2025	2030
	<b>1.最大负荷</b>		<b>5197</b>	<b>5583</b>	<b>5896</b>	<b>6250</b>	<b>6593</b>	<b>7200</b>
<b>2.220kV 及以下电源出力</b>		<b>4895</b>	<b>4351</b>	<b>4514</b>	<b>4689</b>	<b>4741</b>	<b>4767</b>	<b>5697</b>
<b>(1) 110kV 及以下电源出力</b>		<b>675</b>	<b>831</b>	<b>994</b>	<b>1169</b>	<b>1221</b>	<b>1247</b>	<b>1517</b>
其中：水电		192	192	193	193	195	193	194
风电		319	475	637	812	862	890	1054
垃圾电厂		65	65	65	65	65	65	94
热电		99	99	99	99	99	99	175
光伏		0	0	0	0	0	0	0
<b>(2) 220kV 电源出力</b>		<b>4220</b>	<b>3520</b>	<b>3520</b>	<b>3520</b>	<b>3520</b>	<b>3520</b>	<b>4180</b>
其中：水口电厂		180	180	180	180	180	180	180
华能电厂一厂		1400	700	700	700	700	700	700
华能电厂二厂		1320	1320	1320	1320	1320	1320	1320
华能罗源		1320	1320	1320	1320	1320	1320	1320
江阴电厂二期一台机								660
<b>3.福州 220kV 及以下电网电力缺额(盈+亏-)</b>		<b>-302</b>	<b>-1232</b>	<b>-1382</b>	<b>-1561</b>	<b>-1852</b>	<b>-2433</b>	<b>-2838</b>
<b>4.500kV 电源出力</b>		<b>8756</b>	<b>11916</b>	<b>15076</b>	<b>15076</b>	<b>15076</b>	<b>15076</b>	<b>15736</b>
其中：可门电厂+可门三期		2400	2400	4400	4400	4400	4400	4400
江阴电厂		1200	1200	1200	1200	1200	1200	1860
水口电站		800	800	800	800	800	800	800
福清核电		4356	5516	6676	6676	6676	6676	6676
神华罗源湾			2000	2000	2000	2000	2000	2000
<b>5.福州 500kV 及以下电网电力缺额(盈+亏-)</b>		<b>8454</b>	<b>10684</b>	<b>13694</b>	<b>13515</b>	<b>13224</b>	<b>12643</b>	<b>12898</b>

表 2.1-3 福州市电量平衡 单位：亿 kWh

项目	年份	2019	2020	2021	2022	2023	2025	2030
	<b>1.福州全社会用电量</b>		<b>481</b>	<b>511</b>	<b>536</b>	<b>563</b>	<b>592</b>	<b>643</b>
<b>2.福州电源发电量</b>		<b>255.5</b>	<b>243.5</b>	<b>261.5</b>	<b>281.5</b>	<b>286.5</b>	<b>290.5</b>	<b>315.5</b>
<b>(1) 110kV 及以下电源</b>		<b>67.5</b>	<b>85.5</b>	<b>103.5</b>	<b>123.5</b>	<b>128.5</b>	<b>132.5</b>	<b>157.5</b>
其中：水电		20	21	21	21	21	21	21
风电		36	53	71	91	96	100	118
垃圾电厂		5	5	5	5	5	5	7
热电		6	6	6	6	6	6	11

项 目	年 份						
	2019	2020	2021	2022	2023	2025	2030
光伏	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
<b>(2) 220kV 电源</b>	<b>188</b>	<b>158</b>	<b>158</b>	<b>158</b>	<b>158</b>	<b>158</b>	<b>158</b>
其中：水口电厂	19	19	19	19	19	19	19
华能电厂一厂	59	29	29	29	29	29	29
华能电厂二厂	55	55	55	55	55	55	55
华能罗源	55	55	55	55	55	55	55
江阴电厂二期一台机							28
<b>3.福州地区电量(盈+亏-)</b>	<b>-225.5</b>	<b>-267.5</b>	<b>-274.5</b>	<b>-281.5</b>	<b>-305.5</b>	<b>-352.5</b>	<b>-443.5</b>
<b>4.福州 500kV 电源发电量</b>	<b>442.0</b>	<b>602.0</b>	<b>741.0</b>	<b>741.0</b>	<b>741.0</b>	<b>741.0</b>	<b>769.0</b>
其中：可门电厂+可门三期	77	77	141	141	141	141	141
江阴电厂	50	50	50	50	50	50	78
水口电站	32	32	32	32	32	32	32
福清核电	283	359	434	434	434	434	434
神华罗源湾		84	84	84	84	84	84
<b>5.福州 500kV 及以下电网电量(盈+亏-)</b>	<b>216.5</b>	<b>334.5</b>	<b>466.5</b>	<b>459.5</b>	<b>435.5</b>	<b>388.5</b>	<b>325.5</b>

## (二) 本项目建设在区域系统中的地位

福建省闽江口以南至厦门湾受台湾海峡“狭管效应”的影响，是全国风能资源最丰富的地区之一。省内水力资源较为丰富，但常规能源资源中，煤炭资源贫乏，石油、天然气尚未发现，属南方缺能省份之一。大规模开发本省丰富的风能资源，有利于减少对省外一次能源输入的依赖，满足能源与环境协调发展的要求，实现能源资源的合理开发利用和优化配置。

根据电力电量平衡结果来看，本项目投产后主要送电方向为长乐电网以及省网，其建设可充分利用境内丰富的绿色风能资源，直接向当地负荷供电，作为区域负荷发展的补充电源，有利于促进区域经济增长及社会发展，推进福建风电规模化和产业化发展；另外远景长乐华能二厂存在退出不确定性，待其退出后，远景本工程结合储能设备可为片区电力需求提供电源支撑。

所以，积极开发本风电场工程是十分必要的。

## 2.2 建设方案概述

### 2.2.1 工程组成及说明

本项目建设内容包括：单机容量 10MW 的风力发电机组 10 台、风电场内连接风机及风机与海上升压站之间的 35kV 海缆(4 回共 17.9km)。

依托工程包括：长乐 A 区海上升压站、220kv 海缆、陆上电缆敷设、集控中心建设；临时辅助工程为依托码头等。工程组成一览表及说明见表 2.2.1-1。

表 2.2.1-1 工程组成一览表

工程组成		数量/规模		说明
主体工程	风电机组工程	单机容量	10MW	风机布置按主要风能方向(NNE、NE)的垂直方向分排布置。 单机容量：10MW；风轮直径：185m；轮毂高度：115m；切入风速：3m/s；切出风速：25m/s；额定风速：12m/s。 年上网电量约 34893.1 万 kWh，等效满负荷小时数 3489h，容量系数为 0.39。
		装机台数	10 台	
	海缆敷设	35kV 海缆路径 17.9km		35kV 海缆连接风机及风机至升压站
	气体绝缘开关柜	4 台		在 A 区的 220kV 海上升压站内增设 4 台 35kV SF6 气体绝缘开关柜
	控制保护设备及安装工程	/		包括：防腐蚀、防冲刷和防撞、桩基基础监测等
依托工程	长乐 A 区 220kV 升压站 220kV 海缆等	2 台主变		2 台主变。主变规模为 2×300MVA，电压等级为 220/35kV。主变高压 220kV 侧为线变组接线，主变低压 35kV 侧为单母线 4 分段环形接线。出线电压 220kV。
临辅工程	施工场地	1 处		施工布置区设置在松下港山前作业区鑫海码头附近。
	施工供电、供水	—		租用码头依托码头设施；施工场地依托附近设施；海上依靠补给船和船体发电机
工程总投资		196524.69 万元		
工期		18 个月		

## 2.2.2 风机机型及参数

根据工程特点、风电市场现状、近岸海域环境和风能资源等综合因素，本项目工可推荐采用单机容量为 10MW 的风机。风机设备特性见表 2.2.2-1。

表 2.2.2-1 风机设备特性表

	项目	单位	参数
概况	单机额定功率	MW	10
	推荐机型	/	WTG4
	运行温度	/	常温
	风轮直径	m	185
	轮毂高度	m	115
	功率调节	/	变桨变速
	起动风速	m/s	3
	额定风速	m/s	12
	切出风速	m/s	25
	设计极大风速	m/s	77
	发电机额定功率	KW	10500
	运行寿命(最小)	年	25
	风机	叶片直径	m
数量		个	3

	扫风面积	m <sup>2</sup>	26880
	材料	/	玻璃纤维

### 2.2.3 总平面布置

本项目风机场拟安装 10 台单机 10MW 的风力发电机组，场内各风电机组由 35kV 海缆进行连接，场址由 ABC 三点外边缘包络形成面积 7.6km<sup>2</sup>。依托长乐 A 区 220kV 海上升压站+陆上集控站方案。集电线路采用分段串接汇流接线方式，集电线路通过 35kV 海底电缆先接入长乐 A 区海上升压变电站，升压至 220kV 后，再经 220kV 海底电缆接入 220kV 陆上集控站，电能汇流后再以 220kV 线路接入 500kV 东台变，并入省电网。陆上集控站拟布置在长乐区松下镇首祉村南侧的山地上。总平面布置见图 2.2.3-1。

# 平潭外海风电一期项目海洋环境影响报告书

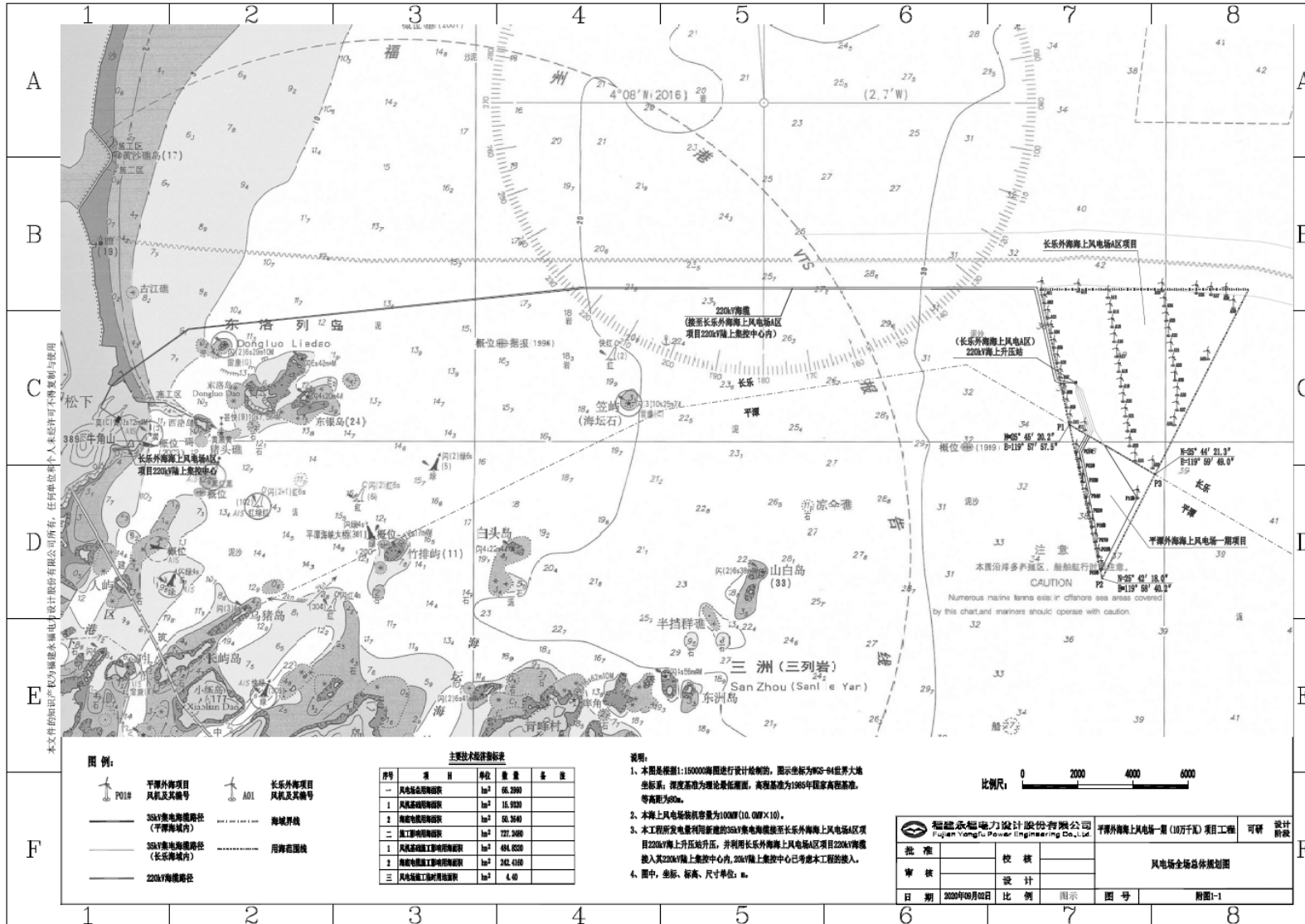


图 2.2.3-1 本项目总平面布置图

### 2.2.3.1 风电机组

本项目风电场海域盛行风向集中在 NNE，风能集中度很高；充分利用风电场风能资源集中特点，结合场址范围，选择较小的列间距、少行布置方案，可避免征迁养殖区面积减少 35kV 海缆投资，同时减少尾流对项目的影响。根据场区内风资源分布特点，充分利用风电场盛行风向进行布置，合理选择风电机组间距，一般列间距取  $3D\sim 3.5D$ ，行间距取  $9D\sim 11D$ 。推荐方案布置如下：

本项目布置行列间距采用  $3D\times 10D$ ，布置 2 排，均沿着东西边界布置。装机规模为 10 台 10MW，总装机规模 100MW。

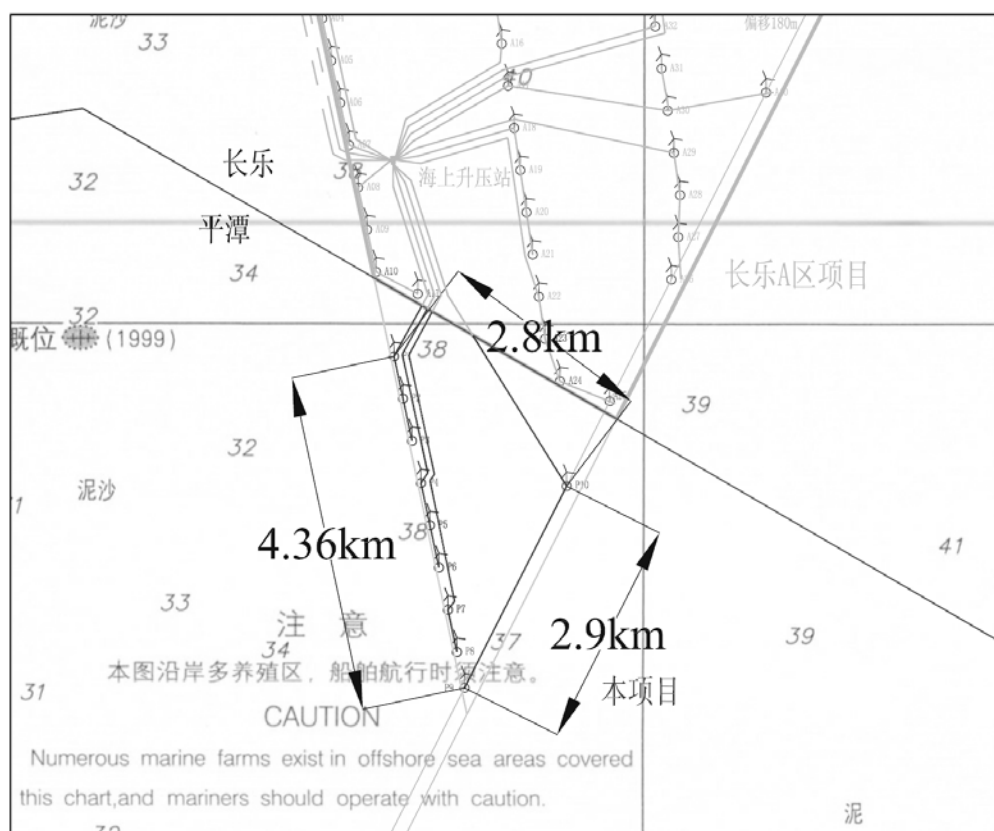


图 2.2.3-2 风电机组平面布置方案

### 2.2.3.2 海底电缆

本工程海底电缆主要连接风机与风机、风机与海上风电场升压变电站，均按电缆直埋方式布置。根据布置，本工程场内 35kV 集电线路路径总长约 17.9km。

35kV 海缆：各风电机组采用分段串接汇流接线方式，风场内共设 4 回 35kV 集电线路，每回集电线路容量按不超过 30MW 设计。

海缆平面布置见图 2.2.3-3。



图 2.2.3-3 35kv 海缆平面布置方案

## 2.2.4 主要结构形式及尺度

### 2.2.4.1 风机基础结构型式

#### (1) 风机结构

根据风机基础方案的比选结论、场址各钻孔地质揭示情况统计结果及本工程场址的地质情况预判,工程场区 10 台机位的基岩埋深很深,推荐采用内插式四桩导管架基础,内插式四桩导管架基础钢管桩为端承摩擦桩,设计以中砂或粉质粘土为持力层。该基础由 4 根主导管、上下 2 层水平撑导管和 3 层斜撑导管组成,均采用圆形钢管焊接而成,斜撑导管为“X”型连接形式。导管架顶部为过渡转换段,由过渡段主钢管、主斜撑导管、水平连杆、水平幅杆和平台板组成,其中过渡段主钢管顶部设置与风机塔筒相连接的法兰,将风机塔筒传递来的荷载通过竖向主钢管、主斜撑钢管等传递到四桩导管架顶部,同时导管架承受波浪力、水流力和风荷载等,通过灌浆连接段将荷载传递给桩基础。竖向主钢管直径 8.3m,管壁厚度 70mm 4 根主斜撑钢管直径 1.7m~2.3m,管壁厚度 50mm。导管架主导管采用双斜布置方式,主导管顶部间距 15.0m,底部间距 30m,直径 1.5m~2.6m,管壁厚度 45mm~70mm。导管架 4 个侧面的斜撑导管直径为 0.6m~0.9m,管壁厚度 30mm~50mm,上、下水平撑导管直径为 0.7m~0.9m,管壁厚度 35mm~45mm,水平幅杆直径为 1.0m,管壁厚度 50mm。导管架主体结构均采用船用钢板 DH36 型钢。

导管架顶部预设与风机塔筒相连接的法兰。考虑波浪和风机底部设备布置需要，基础顶标高取+21.00m。

## (2) 结构设计参数及计算

依据项目可行性研究，基础结构计算中首先确定设计输入条件资料，包括海洋环境资料、风机荷载、等效刚度矩阵和水深等基本输入，确定极端工况和正常运行工况下风机荷载和环境荷载的最不利荷载组合，验算结构的 ULS 静力分析、疲劳分析、防撞分析以及地震分析等，验算桩基的竖向承载力和桩身结构强度与稳定性以及验算基础泥面处的位移、沉降、基础刚度等。

四桩导管架结构强度计算结果如图 2.2.4-1 所示。

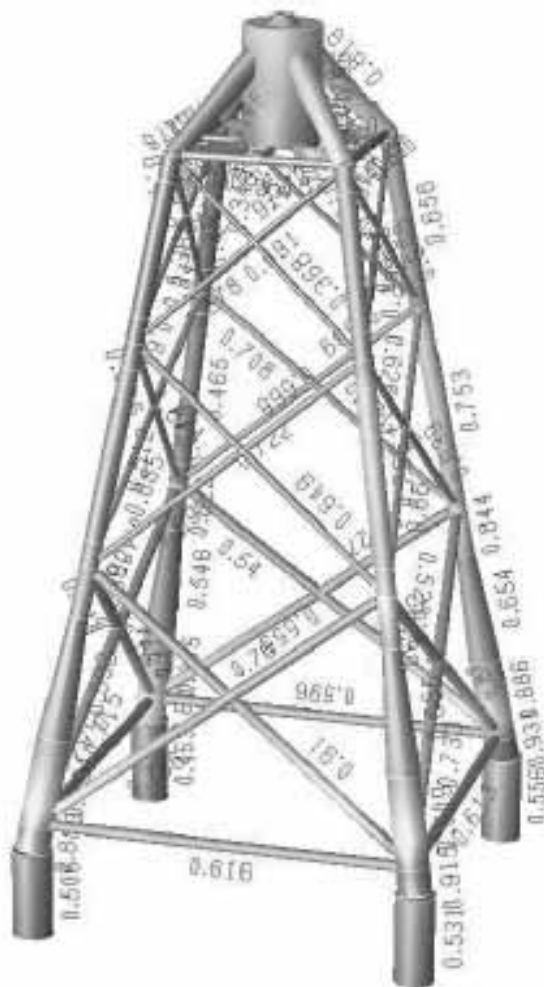


图 2.2.4-1 桩基结构强度计算 UC 云图



表 2.2.4-1 吸力式导管架基础型式计算结果汇总表

项目	计算值	允许值	是否满足要求
导管架综合应力 (UC 值)	0.916	1.0	是
桩身架综合应力 (UC 值)	0.854	1.0	是
单桩竖向抗压承载力 (kN)	25438	36785	是
单桩抗拔承载力 (kN)	18758	23479	是
单桩水平承载力 (kN)	7824	12578	是
塔筒底部水平位移 (mm)	134.79	\	\
最大沉降 (mm)	53.78	100	是

从计算结果分析，四桩导管架基础各项指标均满足规范要求。

### 2.2.4.3 海底电缆

本工程场内 35kV 集电线路路径总长约 17.9km。

35kV 海底电缆本阶段选用铜导体 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，推荐选用 3×95 ~ 400 26/35kV XLPE 绝缘电缆。

三芯海底电缆结构断面见图 2.2.4-3。

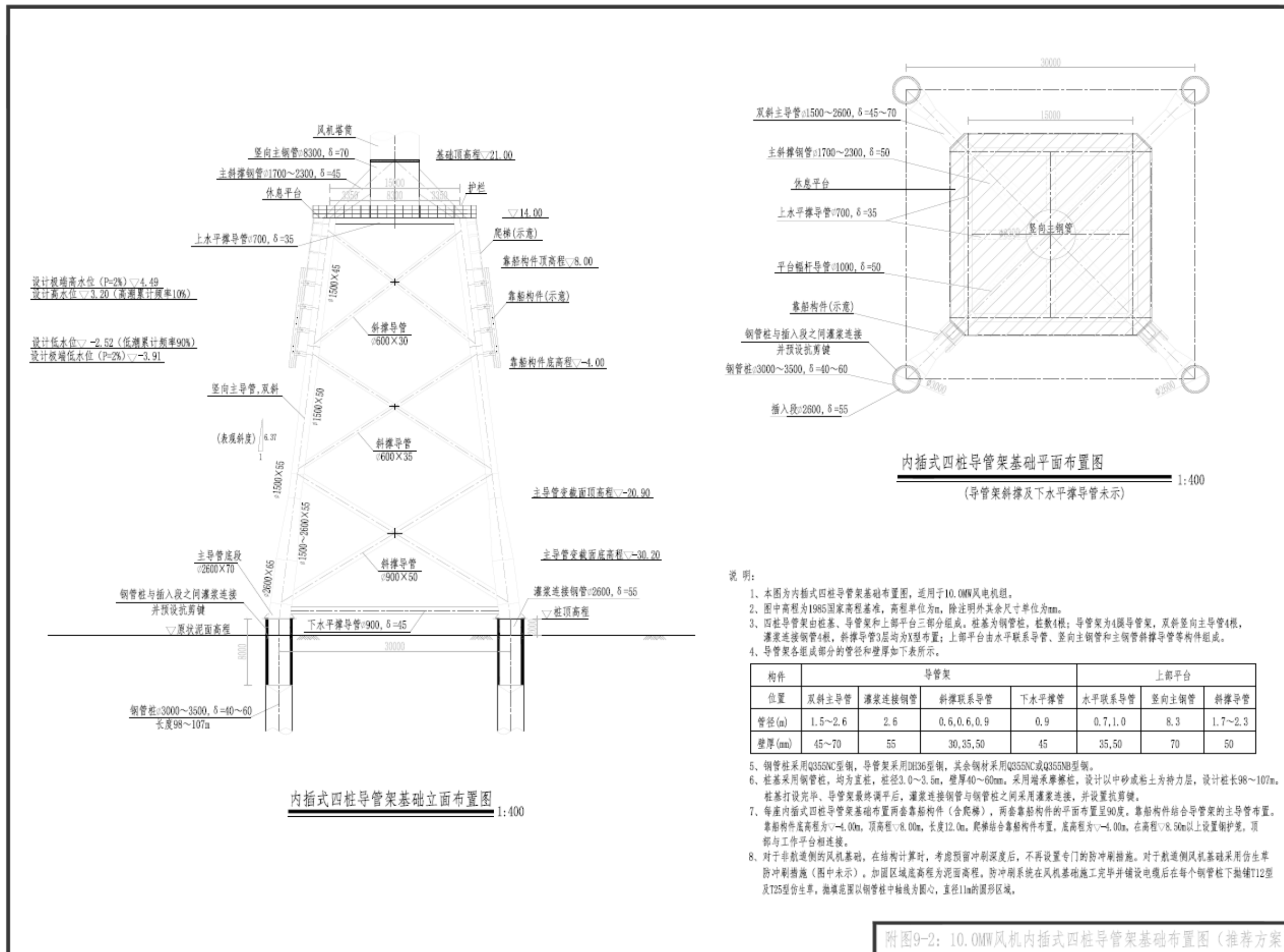


图 2.2.4-2 风机机组基础结构形式

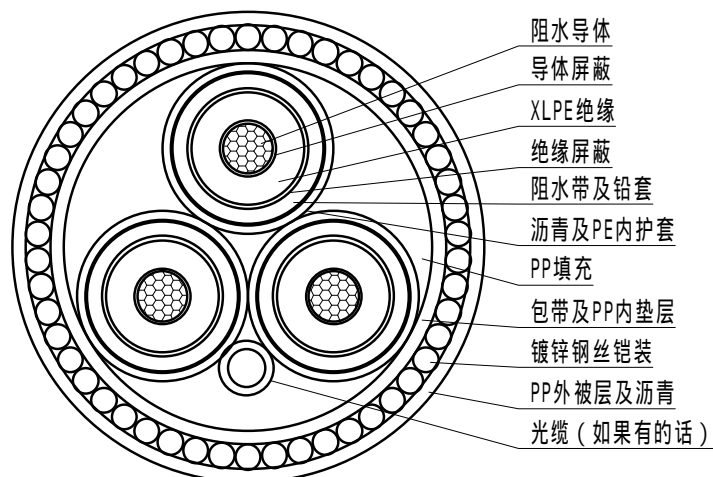


图 2.2.4-3 三芯海底电缆结构简图

表 2.2.4-1 主体工程主要工程量表

序号	项目名称	规格型号	单位	数量
1	钢管桩	Φ 3.0~3.5m, Q355NC, δ=40~60mm	t	1570
2	钢管桩沉桩	98~107m/根, 直桩	根	4
3	钢管桩及附属防腐	环氧重型防腐涂料, 平均涂层厚度 (干膜厚度) 为800 μm	m <sup>2</sup>	1370
4	铝合金牺牲阳极	高效铝-锌-铟-钛合金牺牲阳极	t	15.5
5	导管架制作	DH36	t	1250
6	过渡段顶法兰	DH36	套	1
7	导管架防腐	环氧重型防腐涂料, 平均涂层厚度 (干膜厚度) 为800 μm	m <sup>2</sup>	2500
8	导管架安装	海上运输, 含调平	个	1
9	设备布置平台(含爬梯、栏杆制作安装)	Q355NC	t	35
10	靠船型钢制安	Q355NC	t	50
11	电缆保护管制作安装 (含抱箍)	Q355NC, φ325×14无缝钢管	t	20
12	弯曲限制器 (含海缆保护管中心夹具和密封装置)	与35kv海缆配套, 长度15m	套	1
13	电缆支架	Q235B	t	7.5
14	仿生草防冲刷		台	1
15	高强灌浆连接材料		m <sup>3</sup>	60

## 2.2.5 工程相关设计

### 2.2.5.1 基础防腐蚀设计

由于本工程导管架基础（导管架）直接处于海水环境中，其飞溅区、全浸区腐蚀问题严重，考虑到本工程基础结构的重要性，根据邻近海域港口及近海工程的防腐蚀设计经验，参考《海上风电场钢结构防腐蚀技术规范》（NB/T 31006）、《海港工程钢结构防腐蚀技术规范》（JTS153-3）等相关规范，对钢结构采用预留腐蚀裕量的同时，同时采用物理防护与电化学保护的联合保护方式，即采用牺牲阳极保护，在飞溅区、全浸区辅以长寿命重防腐涂料双层改性环氧涂层（1000 $\mu\text{m}$ ）进行防腐，泥下区采用牺牲阳极阴极保护方式进行防腐。

考虑风机基础结构防腐可靠性、风电场场址水环境条件和运行管理等因素。本工程电化学防腐采用牺牲阳极阴极保护防腐，牺牲阳极材料选用目前最常用的铝-镉-锌合金材料，规格为：Al-Zn-In-Mg-Ti 合金牺牲阳极。经计算，每台导管架基础所需牺牲阳极块重量约为 15.5t。

### 2.2.5.2 基础防冲刷设计

考虑到导管架基础整体性较好，基础刚度相对较大。因此，在结构分析计算时，按预留冲刷深度考虑，基础不再采取专门的防冲刷措施，即风机导管架基础结构计算时，泥面高程采用天然泥面冲刷 7.5m 后的高程。对于风电场靠航道侧的风机基础，由于流速相对较大，且受航道出地形条件影响，基础附近流线的突变和压差变化将更明显也较为复杂，使得冲坑深度存在一定的不确定性和误差，可能影响整个风电机组基础的水平刚度，改变结构的自振周期，进而影响基础整体结构的安全稳定，应采取防冲刷措施。对位于航道侧的基础防冲刷采用仿生草防冲刷措施，在每个钢管桩下均设置仿生草，加固区域底标高为泥面标高。防冲刷系统在风机基础施工完毕并铺设电缆后施工。

### 2.2.5.3 靠船防护设计

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

参考《港口工程荷载规范》，工程区按无掩护海域考虑，本阶段系统设施系缆力标准值按 50kN 考虑，靠船防撞设施按 500t 级工作船舶法向靠泊速度 0.50m/s 设计。对于更大速度的船舶靠泊撞击，防撞设施仅能起到有效缓冲撞击的作用，进而减小撞击对风机基础的影响，但不保证防撞设施的完好无损，当防撞设施损坏时，应进行及时的修

补。对于更大吨位的船舶，从结构设计方面考虑抵抗其撞击是不经济也难以实现的，参考其他工程的做法，除在工程布置时，考虑风机与航道间预留一定的安全距离外，项目建成后，可以通过安装警示灯、AIS 以及业主单位向海事主管部门申请发布航行通告，提醒本风电场周围航路中的船舶加强值班与瞭望，并采取相应的安全措施。

#### 2.2.5.4 监测设计

本风电场共布置 10 台风电机组，为能够实时掌控基础结构的服役状态，判定风机基础的运行性能是否与设计预期一致，同时可通过反分析可以进一步积累设计经验。根据工程布置，本阶段拟结合各风机基础型式及机位布置处地质条件和水深条件选取部分风机基础进行重点监测，其余风机基础进行常规监测。平潭外海海上风电场一期项目拟安装单机容量为 10.0 MW 的风机，10 个机位的风机基础均采用内插式四桩导管架基础，选取 1 台风机基础进行重点监测，其余 9 台风机基础进行常规监测。监测的主要内容为：基础应力应变监测、基础斜度监测、振动监测等。同时，为判定基础附近的冲刷特性及腐蚀情况对基础结构安全稳定的影响程度，考虑对所有风机基础附近的冲刷情况及基础的防腐蚀系统进行监测。

##### (1) 应力应变监测

四桩导管架基础导管架与过渡段的结构应力监测通过钢板计来量测。在 4 根斜撑与过渡段主钢管连接处外表面、导管架主导管与斜撑导管连接处分别均匀布置 4 个对称的钢板计，同时代表性选择 2 根水平连接钢管和 6 根斜撑导管（上中下层各 2 根）分别布设 2 个对称钢板计来测量结构的应力大小。对于被监测风机基础的钢管桩，在导管架基础每根桩全长选择 3 个监测断面，沿桩身外壁对称性布置 2 个钢板计，监测桩身应力（应变）情况。

##### (2) 沉降监测

为及时掌握风机运行过程中基础自身的变形情况，以确保风电机组在安装和运行过程中的安全稳定，本工程拟采用多天线 GPS 观测系统对所有风机基础的沉降进行观测。对需要监测的风机基础，基础施工时，每座监测风机基础平台上对称性地预埋 4 个沉降观测点，可在平台上焊接不锈钢成品观测头作为沉降观测点，并采取相应措施保护其在施工时的完好。运行期中，由 GPS 定期进行复核，以确定基础的沉降量。

##### (3) 倾斜和振动监测

四桩导管架基础在导管架过渡段的竖向主钢管内壁底部、顶部和风机塔筒内壁每 18m 设置一套倾角计，测量结构的倾角，推算整个风机结构的水平变位。每座导管架基

基础和塔架共设倾角计 7 套。

在导管架基础过渡平台高程处设置一组双向拾振器，测量基础振动的加速度、速度和位移。在导管架基础过渡段主钢管顶部设置一组双向拾振器，在风机塔筒顶部内侧设置一组双向拾振器，测量风机与基础整体作用下的加速度、速度和位移。另外在塔筒部分沿高度均匀布设 3 个测量断面，每个断面设置一组双向拾振器。拾振器应采用粘合剂在指定高程与塔筒内壁连接牢靠。

#### (4) 冲刷监测

工程区设置风机基础后，由于基础的阻水作用，使得基础周边水流变化更为剧烈，易引起基础周边部分表层地基土的冲刷，导致钢管桩悬臂段加长，将直接影响整个风机基础的水平刚度，改变结构的自振周期，因此需要对基础附近的冲刷深度进行监测。在基础施工结束后运行期间内，定时对每个机位在以风机基础中心为圆心，直径 100m 的圆形区域内泥面处的海床面进行测量，定期监测机位处海床面的冲刷情况，充分掌握基础泥面处海床冲刷或演变情况。当发生较大改变时，应及时通知或委托设计单位对基础结构和模态进行复核，并通过海床加固或调整风机设备运行策略等技术手段确保基础整体的刚度和模态，从而达到确保风机安全运行的目的。

#### (5) 防腐蚀系统监测

风机基础在海水中易受到腐蚀，随着时间的增长，防腐涂层会存在老化、损坏，牺牲阳极有可能被损坏、损耗。为确保基础与牺牲阳极处于正常工作状态，应定期对防腐措施进行监测和维护。应重点关注防腐涂层破坏情况，牺牲阳极块焊脚完整性、消耗情况，并对基础的保护电位进行监测。测试导线集中露出平台表面，测试时利用参比电极配合万用表或其他电位监测设备进行测量。若测得的保护电位超过或低于相关要求的电位范围，可能对风机基础钢管桩造成过保护或保护不足，需要及时采取相应的修补措施，以确保防腐蚀系统可以正常工作。同时，对位于水位变动区及以上的钢结构增加每三个月一次的人工目视检查。

#### (6) 收集发送系统

上述除冲刷监测及防腐蚀系统监测采用定期巡检的方式外，其他所有监测元件包括钢板计、钢筋应力计、倾角计、拾振器等均应连接到数据采集装置，该装置安放于风电机组操作平台上，并配置无线传输设备，将观测信息通过模拟信号转化为数字信号，然后发射到陆上控制室系统内。

表 2.2.5-1 主要观测设备表 ( 单台 )

序号	项目名称	规格型号	单位	数量
1	沉降观测点	不锈钢成品观测头	个	4
2	钢板 ( 应变 ) 计	VWS-10B, 灵敏度 $<0.5\mu\epsilon$	支	22
3	倾角计	双轴, 测量范围 ( $\pm 15^\circ$ ), 分辨率 $<0.001^\circ$	套	4
4	拾振器	分辨率 $<10^{-6}$ , 配放大器	组	4
5	信号传输线		m	1100
6	自动化测量装置	FWC2020, 配套软件	套	1
7	信号转换器	XP系列, 精度 $\leq\pm 0.1\%RO$	台	1
8	信号防雷器	TTS-VF-12/4S	台	1
9	天线		支	1
10	通用遥测数传仪	通信距离 $>50\text{km}$	台	1
11	太阳能电池		只	2
12	GPS 全球定位系统		套	1

### 2.2.5.5 空中导航标志

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

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

② 在风电机组叶片的叶尖部位涂红白相间的反光漆。

③ 上述用电设备的供电电源类型均属保安类, 宜由不间断电源供电, 电缆采用铜芯塑料绝缘铠装电缆。用电回路不允许“T”接其他用电负荷。

④ 导航系统用声、光信号对来往的飞机、船只发出警示, 以保证风机、船只、风机机组的安全。风电机组的标志灯宜采用光电自动控制。光电自动控制箱和自动换泡装置以及闪光装置构成全自动航空障碍灯装置。

### 2.2.5.6 场区内导助航标志

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

风电场区航标布置考虑将施工期和运营期统筹考虑, 有利于根据建设进度向运营期有序过渡。

### (1) 施工期

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

### (2) 运营期

每台风机塔筒最高潮位至其以上 15m 或风机警示标志处(取大值)的筒身周围方向涂黄色，并在塔身上按顺序用阿拉伯数字标示风机编号。风电机身上安装航标灯并在灯体位置圆周涂黄，灯质为莫尔斯信号 U，要求任何方向均可见。

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

运营期风电场场区外围灯浮标可沿用施工期的海上作业区专用标。

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

## 2.3 施工方案

### 2.3.1 施工总体布置原则

根据本工程特点，在施工布置中考虑以下原则：

(1) 施工总布置应综合分析海上风电场工程布置特点、施工条件和工程所在地区交通条件、社会资源、自然条件等因素，妥善处理好环境保护和水土保持与施工场地布局的关系，统筹规划为工程施工服务的临时设施及各种材料和设备供应，确定合理的材料、设备的存放以及施工场地布置方案。

(2) 施工总布置应遵循因地制宜、有利生产、方便生活、环境友好、节约资源、经济合理的原则，满足工程建设和运行管理要求。

(3) 施工总布置方案应力求协调紧凑，节约用地，最大限度地减少对当地群众生产、生活不利影响，尽量避让文物古迹和环境保护敏感对象。

(4) 主要施工场地和临时设施的防潮水标准应根据工程规模、施工安排、海洋水文特性等因素，在 5 年~20 年重现期内分析采用，重要及与永久结合的施工场地防潮(水)标准，经论证可适当提高。



(5) 施工总布置设计应遵守环境保护和水土保持的有关规定。

(6) 遵循“水下施工尽量转化为水上施工、水上施工尽量转化为陆上施工”的原则，进行施工总布置；

(7) 根据工程特点，施工基地集中布置，现场施工逐点进行，各风机位置点打桩、安装等均依靠船只水上作业；

(8) 施工基地应具有满足起重船和运输船吃水要求的码头泊位；

(9) 施工场地应结合场外与场内交通运输方案进行规划，满足方便施工转场要求：施工场地宜采用相对集中布置方式，并结合利用永久设施，尽量缩小临建设施规模，临时工程充分利用港口现有的配套设施条件，尽量采取租用为主的方式；应重点研究风电设备组装及堆放场地布置方案。

### 2.3.2 施工布置分区

根据本工程风机基础施工与设备吊装的方案、施工强度要求，初步调查项目区附近港口条件。本工程共设置 1 个施工临时布置区，设置在松下港山前作业区鑫海码头附近，主要布置施工生活福利区、材料仓库、设备仓库、木材、钢筋加工厂、砂石水泥堆放场以及钢管临时堆场等部分施工临时设施。

本项目海上风电施工人员宿营区依托松下镇民房。

### 2.3.3 施工交通运输

#### 2.3.3.1 场外交通运输

##### (1) 常规物资的场外运输

本工程所涉及到的常规外来建筑材料和物资主要为钢材、油料、小型电气设备等，运输量小同时运输强度低，其对外运输方案的选择与制定，主要考虑灵活机动的公路运输。上述常规物资考虑从福州、泉州、宁德等区域的建材市场进行购买，物资来向相对单一，同时距离工程区域较近，依托周边发达的公路网络，可以选择公路运输的方式运送至各港口码头。需要运输至海上施工现场的，再通过各港口码头采用驳船运输在现场。陆路运输经京台高速、G1501 至松下镇互通，再经省道 S201 转至山前作业区鑫海码头。

##### (2) 海缆运输方案

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

### (3) 风机基础物资运输方案

本阶段 10 台风机采用四桩导管架基础形式，需考虑特殊运输方式的物资为钢管桩、导管架基础等。

本工程基础钢管桩、导管架及筒型基础拟在浙江、江苏等地沿海钢结构厂家中选择具有加工能力的厂家加工制作，加工件出厂后通过海路运输，在做好施工组织的前提下直接运至现场施工。海上基础其他建筑材料可经京台高速至长乐，再经省道 S201 至松下港山前作业区鑫海码头。

### (4) 风机设备运输方案

根据本阶段推荐选用的风机设备各组件潜在的生产基地与运输来向，对主要风机设备部件的交通运输方案进行规划设计。

本工程共有单机容量 10 MW 的风力发电机组 10 台，其中最重设备是塔架，重约 503.294t，可分段运输，分段后最重件约 157.106t；其次为发电机 245t。最长件是风机叶片，长 90m，属超长运输。最高件为塔筒底段，属超宽高运输。考虑上述风机部分高宽超限较多，铁路、高速公路以及国道运输困难。考虑到风机部件多为超大、超重部件，公路运输受沿线道路与桥梁等级设计标准、限高建筑物通行尺寸标准的限制较大，运输存在较大的困难和不确定性，而水运方案有运输限制少、运费低廉的优势，本工程采用水路方案作为本阶段风机设备推荐运输方案。

场内外交通布置见图 2.3-1。

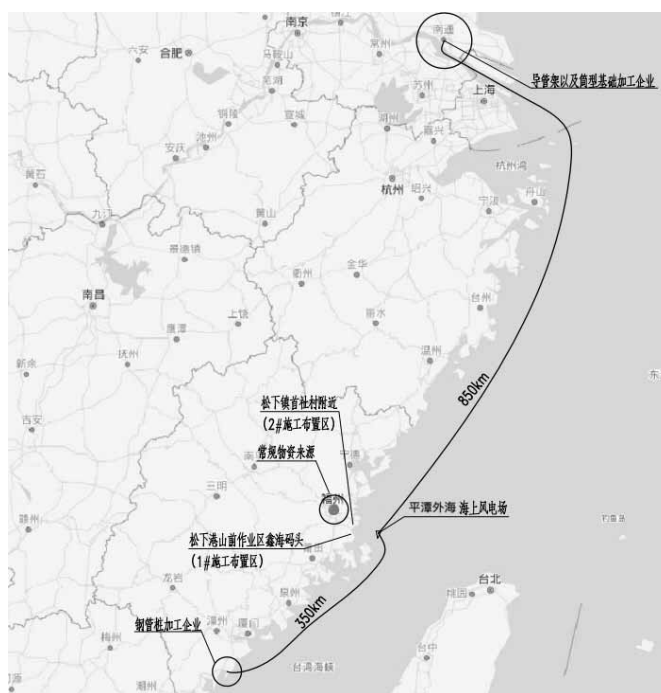


图 2.3-1 场内外交通布置图

### 2.3.3.2 场内交通运输（依托长乐 A 区）

场内交通主要包括松下港山前作业区鑫海码头至风电场、陆上集控中心（脚头村附近）至风电场运输。本工程项目区内理论水深 40~43m，可以满足各类施工船只的正常航行。打桩船、起重船、半潜驳和运输驳船均可顺利通行，因此场内交通运输主要通过自航船只和拖轮牵引航行。施工人员往返码头和施工区采用小型船只或快艇。

#### (1) 基础施工运输

钢管桩、导管架和筒型基础等由大型钢结构工厂加工完成后运至施工现场。

#### (2) 风机运输

本工程位于平潭外海海域，离岸直线距离较远，平均、理论水深 40~43m。风机安装方案，充分考虑风浪、潮汐等海洋环境条件对风机安装的影响，结合本工程优越的港口设施条件，依据国内目前吊装设备情况，根据本工程基础型式，本阶段采用分体吊装方案。

风机分体吊装的风机机组采用松下港山前作业区鑫海码头租场 1250t 履带吊和 160t 汽车吊至风机专用运输船，运输至机位。

施工场内交通图见图 2.3-2。

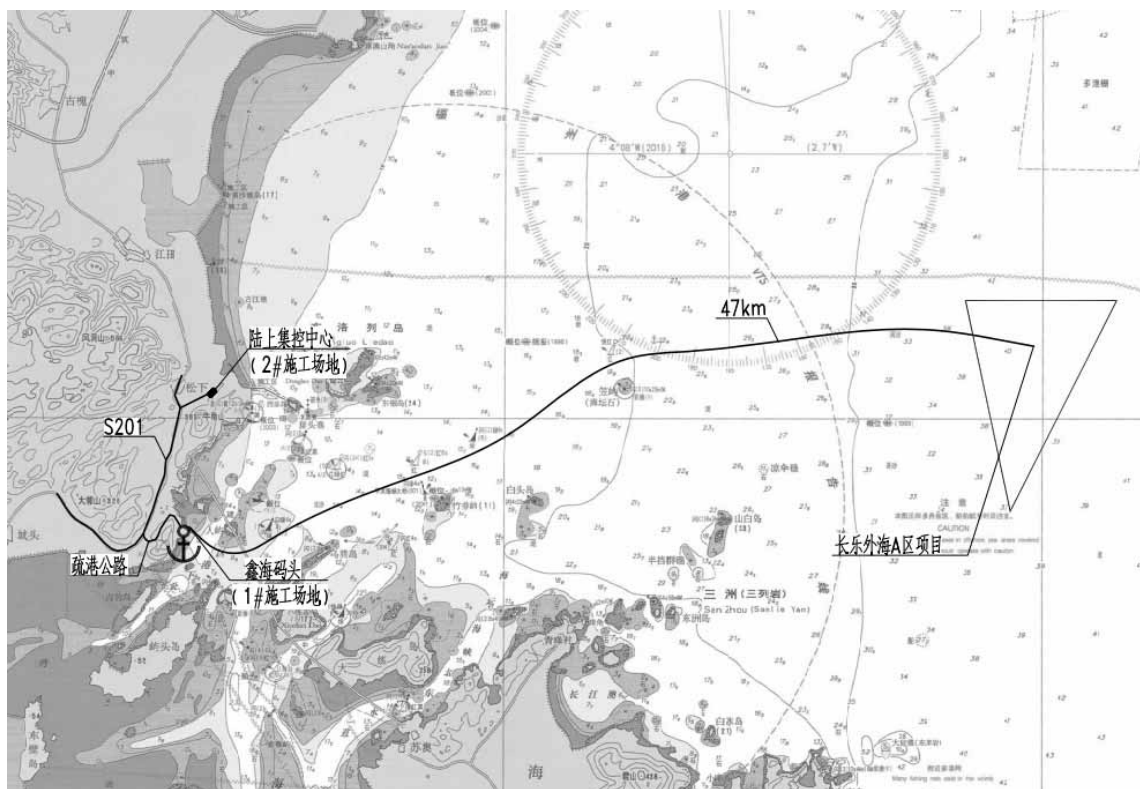


图 2.3-2 施工场内交通示意图（依托长乐 A 区项目）

## 2.3.4 施工方法

### 2.3.4.1 风机基础施工

平潭外海海上风电场一期项目，位于调整后的长乐外海海上风电场 A 区项目南侧，规划面积 7.63km<sup>2</sup>，中心距岸线 35km，理论水深在 38m 左右。根据场地范围内地形和海洋水文条件，共布置 10 台 10.0 MW 风力发电机组，总装机容量 100MW。根据场地工程地质及海洋水文条件，本风电场风机基础共有 10 台四桩导管架基础。

根据工程施工由下而上进行的特点，各主要工序施工顺序为导管架制安→桩基施工→导管架运输安装施工→导管架调平→高强灌浆施工。导管架基础形式见图 2.3-3。

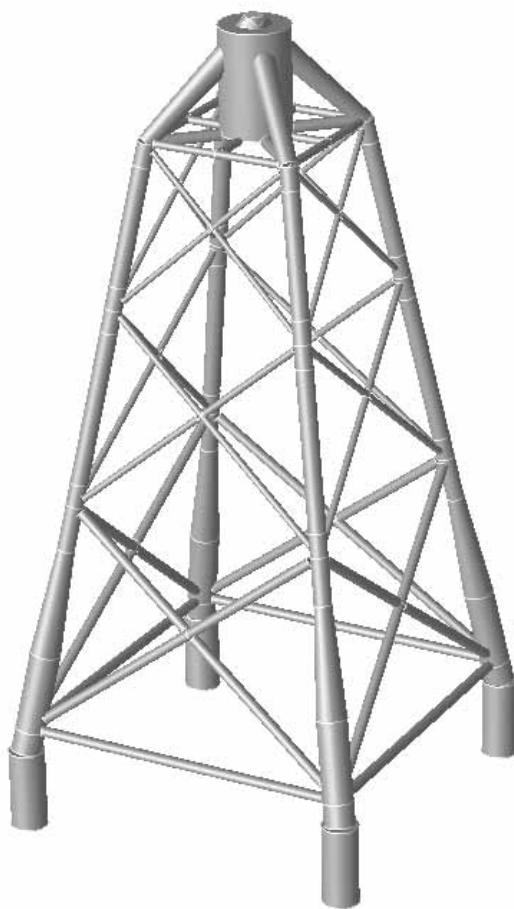


图 2.3-3 导管架基础结构模型图

#### 1) 钢结构制作与场外运输

本工程共 10 座四桩导管架基础。四桩导管架基础单根钢管桩直径为 3.0m~3.5m，桩长约 98m~107m，单根桩重约 392.5t。单个基础的导管架钢结构重量约（不含钢管桩）在 1250t，需要配备大型的起重船舶及驳船用于风机基础的运输及安装。

海上风电场风机基础钢结构加工制作属于专业的海洋钢结构建造项目，对生产厂家

的生产能力及加工制作质量控制要求较高，经过前期市场调查，福船一帆新能源公司拟扩建后钢结构年生产能力约 20 万 t，厂家附近现有港口码头及航道条件满足需求，且距离本风场运输距离较近。本阶段推荐钢管桩制作在福船一帆新能源公司，而导管架制作推荐在有丰富导管架制作经验的南通地区钢结构加工制作厂，后续阶段将与建设单位一同对满足导管架和钢结构制作要求的厂家进行调研并通过指标确定制作厂家。

本工程风机基础钢管桩需求量较大，总重约 1.57 万 t。钢管桩制作主要工艺如下：

#### （一）钢管桩分节制作

钢管桩采用钢板直缝卷制，埋弧自动焊焊接。焊接采用双面埋弧自动焊，埋弧自动焊不能到达的部位采用手弧焊，按设计要求开设焊接坡口，确保焊透。

钢板放样下料时，根据工艺要求预放切割、磨削刨边和焊接收缩等的加工余量。钢板卷制前，清除坡口处有碍焊接的毛刺和氧化物；钢板放样下料用自动火焰切割机进行，并按图纸要求开好相应坡口，钢管节卷制在大型三辊卷板机卷制。

#### （二）钢管桩拼装

钢管分节拼装前清除坡口内及其附近范围内的铁锈、油污、水气、杂物，并对钢管桩拼接段按规范要求开好过渡坡口，在专用台座架上进行。钢管拼接环缝采用双面焊接，先焊内环缝，后焊外环缝。外环缝焊接前对焊根进行清理，采用碳弧气刨工艺，辅以电动砂轮修磨。

#### （三）钢结构场外运输

根据对钢管桩运输的分析，管桩运输长度是船舶选型的控制要素，按照运输要求，本阶段配套选择 2000t 级及以上甲板运输驳船；本工程导管架底面为 27x27m，重约 1250t。根据对导管架运输要素的分析，钢构架运输宽度是船舶选型的控制要素，按照导管架的运输要求，本阶段选择 5000t 级及以上甲板运输驳船，驳船的配套拖轮均考虑为 2000HP 及以上动力。导管架立式装船示意图见图 2.3-4。



图 2.3-4 导管架立式装船示意图

## 2) 沉放（贯入）

本工程单根钢管桩直径为 3.0~3.5m,桩长为 98~100m,单根桩重约 392.5t,考虑到海上接桩施工难度较大,本工程拟采用整根钢管桩沉桩施工的方式,打桩船需满足起吊设施具备植桩能力大于桩身重、起吊高度大于桩长等要求,因此需采用专业的打桩船、运桩船、抛锚艇、拖轮与交通艇等船舶组合,参考国内外相关施工经验,可采用起重船吊打的方式进行本工程钢管桩的沉桩施工。同时需根据本工程钢管桩设计参数与海洋环境的特点对打桩船的各主要内容进行分析,选址适合的设备配置。本工程根据钢管桩的主要设计参数,选择具有吊高 110m 工况下起重 1000t 以上的船舶,同时配备锤击沉桩系统,初步估算选 S-1200 型液压打桩锤。

钢管桩桩基沉桩采用“设置工艺辅助桩及工艺定位架、先采用振动锤进行钢管桩插桩及稳桩、再采用液压打桩锤沉桩”的施工方法。沉桩完成之后,通过打设辅助桩设置稳桩平台进行后续打桩施工。

本工序需要在外海施工,打桩船抛锚采用八字形式,在抛锚位置处挂浮筒。沉桩施工采用设置工艺辅助桩及导向架的方式来保证钢管桩沉桩的质量控制,通过打设工艺辅助桩保证导向架的稳定,在工艺导向架上设置四个 GPS 控制点及两台测倾仪,并通过设置在定位导向架上的液压调平装置进行工艺定位架的调平来保证四根钢管桩的桩位平面位置及垂直度。

每台基础沉桩施工设置 4 根工艺辅助桩,工艺辅助桩布置在导管架每边的中心,形成一个正方形。工艺辅助桩顶部设置整体式工艺定位架,采用型钢与四个定位桩套筒制作,桩套筒内径比设计钢管桩直径大,同时在定位架的上、下层设置液压定位系统,定位架的每边中心底部位置设置双向和高程(X、Y、Z 向)均可调节的三维调平装置,

该装置与定位架连成整体一并吊装，通过液压系统的调节可纠正钢管桩在沉桩过程中的平面位置和垂直度偏差，工艺定位导向架布置如下图所示：

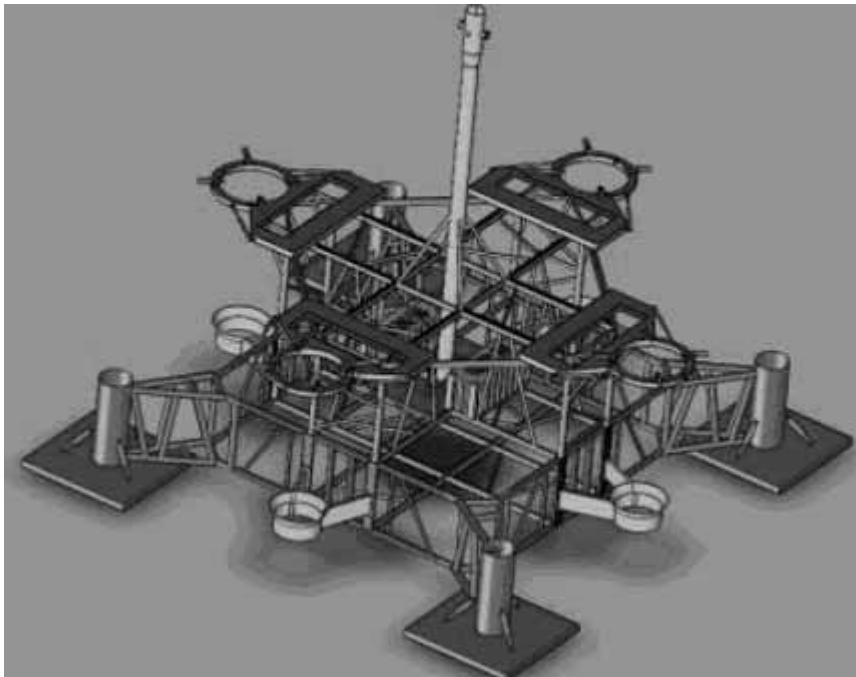


图 2.3-5 稳桩平台示意图

钢管桩沉桩施工工艺为：船机就位——>定位辅助桩采用振动锤沉桩——>定位导向架定位安装——>钢管桩首轮沉桩至指定高程——>拆除辅助桩，定位架滑移入水至海床——>钢管桩复打至设计高程——>定位架提出水面拆除——>船机移位至下一机位。

起重船使用专用的吊桩设备起吊钢管桩，吊入至工艺定位架的桩位固定位置，测量桩的垂直度，下桩并准确定位，完成植桩，沉桩过程中，通过定位导向架的作用控制桩的相对位置和垂直度，并随时监控桩的垂直度，直至沉桩完成。

借鉴国内外海上风电场的建设经验，风机基础施工时，利用钢管桩稳桩平台辅助钢管桩沉桩，沉桩完成后进行桩顶处理及数据测量，将数据反馈至导管架加工厂对导管架桩腿部分进行适用性调整，然后进行导管架安装并进行灌浆施工。

### 3) 导管架沉放

根据初步导管架吊重、吊装尺寸的要求，本方案初拟采用 2000t 级及以上的浮式起重船一般可满足进行导管架的安装工作（具体根据基础导管架的最终尺寸或重量确定起重船的吊重），考虑到吊装工序的复杂性、多次回转调整的需求，本阶段推荐全回转式起重船为推荐船型，各航务局、打捞局和中国海洋石油总公司、中铁大桥局等均拥有一定数量的起重船。无论在起重能力还是起吊高度，均有能力完成导管架的起吊、安装工作，工程船舶可选择范围相对较大。备选起重船只以扒杆式起重船为主，此种起重船属

于固定臂架，无法灵活完成导管架的安装工作，需要运输船与起重船“T”型交叉摆位后才可以完成起吊安装，工艺相对复杂，在组织合理、布置准确，海况条件相对平稳的情况下，仍然可以完成导管架的安装工作，作为备选方案，国内目前大型的固定扒杆式起重船，均可以完成本工程导管架的安装工作，船只能力满足要求。本方案导管架安装初步选择 2000t 级及以上起重船起吊安装，具体可根据选定的导管架型式进行调整。

导管架安装在平潮时候进行。结合导管架参数，制作本工程导管架专用吊架。吊架上设置有液压油缸，用于调节导管架吊装的吊索长度，保证导管架吊装时支腿垂直于水平面。

#### 4) 导管架调平与临时锁定

导管架调平主要测量控制顶部法兰面的水平度。

导管架完成之后，拆除测倾仪和 GPS，采用激光平面度测量系统进行水平度测量控制工作。

测量导管架顶部法兰面的水平度，使用激光器内置的水平仪使激光器水平，把探测靶安装在一个参考点上，上下调节使其探测到激光面。在参考点将探测靶清零，在表面上将其移动到其他任意一点，就会产生一个测量的水平度，探测靶就会显示相对于参考点的测量点的偏差，以此监控导管架顶部法兰面的水平度。

在水平调节完成之后，利用下部水平向的液压油缸工作顶撑在导管架上进行导管架与钢管桩的临时固定。

#### 5) 灌浆施工

导管架立管与钢管桩间的环形空间内通过高强灌浆材料连接。在导管架安放完成后，灌浆工作船应立即就位开始灌浆作业。压力灌浆工艺采用工作船上的灌浆泵进行施工。灌浆用水采用淡水（一般为饮用自来水），出海前将饮用自来水存储在灌浆施工用水船的水舱内备用。

灌浆施工工艺如下：船舶准备——→管路注水压力试验，检查封隔器密封情况——→灌浆管线清洗——→灌浆——→灌浆质量检查。施工前对整个灌浆系统的设备、管线、压力表等进行检查，确保设备运转正常、管线连接完好。灌浆作业前，应进行原材料和配合比设计，并进行相关的试验工作。

#### 6) 防腐措施

对于钢结构防腐设计，在大气区采用防腐涂层方案；在飞溅区采用防腐涂层和预留腐蚀裕量的措施；水下区采用防腐涂层和牺牲阳极保护的措施。



表 2.3-1 四桩导管架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	起重船	艘	1000t 以上	1	吊高不小于 110m，用于基础钢管桩沉桩
2	起重船	艘	2000t 以上	1	导管架安装
3	甲板驳船	艘	2000t 级	2	定位导向架及其他附属结构运输
4	多功能驳船	艘	2000t 级	1	灌浆作业船
5	甲板驳船	艘	5000t 级	2	导管架及钢管桩运输
6	打桩锤	艘	S1200 型液压打桩锤	1	钢管桩沉桩
7	振动锤	套	锤芯 150t 级	1	辅助桩沉桩
8	拖轮	艘	2640HP	2	拖运、移位船只
9	拖轮	艘	1670HP	2	拖运、移位船只
10	交通艇	艘		2	接送人员
11	抛锚艇	艘		4	甲板驳等起抛锚
12	补给船	艘		2	淡水与生活物资补给

#### 2.3.4.2 风机安装

在风机基础施工完成，风机分体设备部件运输至施工现场后，即可以进行风电机组的安装工作。根据风机安装的主要内容与先后顺序，可将风机安装工作划分为风机部件组装与海上场内运输、风机现场安装两大工作内容，以下针对各分项工程的特点和要求制定相应的施工方案。

风机安装工程施工方案的制定考虑如下原则：

- 一、风机安装各分项工程尽量选择成熟的海上工程常规施工方案,减少不确定因素对风机安装的影响；
- 二、尽量减少和缩短风机海上安装作业的工作内容与工作时间，减少风浪等海洋环境条件对风机安装的影响；
- 三、充分利用现有起重设备的吊装能力 ,涉及到需对船只改造的环节与工程量最少；
- 四、利用工程周边松下港优越的港口设施条件，减少临时设施的建设工程。

#### 2.3.4.3 海底电缆敷设施工

本工程电缆主要连接风机与风机之间、风机与海上升压站之间，海缆长度总计 17.9km，工程场址海域海床表层土为淤泥。海底电缆的敷设正常海况条件为六级以下风力，施工船舶受横流小于 2.5 节，海上正常作业条件下的敷设速度为 8m/min。施工区域主要为各风机之间、风机与升压站之间所经过的近海水域。

常规海缆敷设主要施工工艺如下：



图 2.3-6 海缆敷设施工工艺

#### (1) 电缆敷设准备

工程前期，需办理海缆施工专项许可证书，在海洋渔业厅办理海域使用证书，海底管道施工许可证书等相关施工手续，确保海缆工程合法，有效；还需要得到施工区域港务，航道，渔政等相关部门的配合，在此期间可以先进行以下准备工作：

- 1) 敷设前，进行电缆敷设路由调查并根据相关部门意见确定最终敷设路由；
- 2) 施工方案报送相关部门审批并取得作业许可证；
- 3) 尽可能采用铺缆船直接装缆运输的方式，敷设前对电缆质量进行必要的检查；
- 4) 敷设施工前，对施工设备及各种仪器仪表进行检查，完成相关的准备工作，落实安全措施，确保其能满足施工要求；
- 5) 在施工前，应对预定海域电缆路由进行扫海作业；
- 6) 始端登陆和终端登陆准备。

#### (2) 海缆敷设施工

根据国内目前海上电缆铺设施工安装经验、项目区海缆路由调查情况等条件，本工程本阶段海缆施工采用牵引式敷埋方法，即在海缆施工船上设置牵引卷扬机，收绞预先敷埋在路由轴线上的牵引钢缆，牵引敷埋施工船前进。施工船的航向偏差由施工拖轮或舵桨侧推纠正。在敷埋施工船一侧船舷同时牵引水下埋设机，海缆由导缆笼进入埋设

机后，被埋深于海床上。

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

#### 1) 电缆装船

① 铺缆船开始动员，在码头将出海所需的一切设备、机具、材料都一起装船。设备和机具在装船前都已经进行了调试，上船后做好加固，装船结束后，进行清点，按计划拖航至电缆厂码头或指定电缆交接地点。

② 采用吊装或其他形式在电缆交接地点将需要铺设的电缆安放至铺缆船甲板上，所有电缆配件全部上船，特别注意电缆附件种类多、结构较小、易损坏，需要妥善放置船上，并与厂家人员办好交接手续。全部完成后，清点物品，准备驶往施工地点。

#### 2) 海域施工

海缆采用专业海底电缆敷设船配备牵引式开沟犁进行敷埋施工，铺缆船队由铺设施工船、锚艇、工作交通艇组成，铺设施工船上布置有主要铺缆设备，根据电缆路由进行电缆的敷设施工。电缆埋深按不小于 2.0m 控制，对具有通航功能的海域敷设深度应适当加深，施工船依靠水力埋设机的开沟犁挖沟后敷设，敷设过程应通过船上监测仪器全程监控，控制铺埋速度，监测电缆张力和埋设深度。

施工过程中施工船位控制由施工船转推进器和全回转拖轮进行辅助控制，以实现横向流速控制。

### 2.3.4.4 项目服役期后拆除

#### 一、风电机组拆除工作

(一) 选择与风机设备安装方案中相同技术要求的起重船作为主吊船只，在自然条件允许的条件下进行拆除工作。

(二) 整体拆除步骤：风机基础法兰以上整体构件的预吊调整工作 拆除上部塔筒法兰与基础法兰盘的螺栓连接 整体吊离风机设备至运输船只上 船运至风电场专用码头或临时租用的码头，起重设备吊装上岸后拆解。

(三) 拆除前需先预调调整，然后方能拆除连接螺栓。

#### 二、风机基础拆除工作

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

(二) 清除风机基础海床面周边的防护工程, 主要包括防冲刷用的大块石与仿生草等。

(三) 风机基础在海床面清楚完毕后, 四桩导管架基础对处于海床泥面以下 3m 以上部分的钢管桩采用专用切割机切割, 并采用起重设备吊装, 船运至风电场专用码头或临时租用的码头, 吊装上岸后拆解。四筒(吸力桩)导管架基础拆除时, 往吸力桩内充气使其上浮, 再采用起重设备吊装, 船运至风电场专用码头或临时租用的码头, 吊装上岸后拆解。

## 2.4 申请用海状况

### 2.4.1 项目名称、申请用海单位

项目名称: 平潭外海海上风电场一期项目

申请用海单位: 平潭海峡发电有限公司

### 2.4.2 项目申请用海类型

本项目用海类型为“工业用海”(一级类)中的“电力工业用海”(二级类), 用海方式为透水构筑物用海(风电机组基础)、海底电缆管道用海(35kV 海底电缆)。

### 2.4.3 项目申请用海面积

本项目申请用海总面积  $44.5215\text{hm}^2$ , 其中透水构筑物用海面积为  $16.6090\text{hm}^2$ (风机基础用海面积), 海底电缆管道用海  $27.9125\text{hm}^2$ (35kV 海缆用海面积)。

本项目申请用海界址点坐标见表 2.4.4-1, 宗海界址图见图 2.4.4-1, 宗海位置图见图 2.4.4-2。

表 2.4.4-1 本项目申请用海宗海界址点坐标

附页 平潭外海海上风电场一期项目宗海界址点 (续)

界址点编号及坐标 (北纬   东经)					
编号	北纬	东经	编号	北纬	东经
1	25°42' 28.972"	119°58' 39.083"	32	25°43' 58.282"	119°58' 24.841"
2	25°43' 53.201"	119°59' 26.042"	33	25°43' 55.537"	119°58' 22.818"
3	25°42' 43.941"	119°58' 35.576"	34	25°43' 05.179"	119°58' 34.090"
4	25°43' 01.582"	119°58' 31.442"	35	25°43' 21.445"	119°58' 26.421"
5	25°43' 19.224"	119°58' 27.308"	36	25°43' 21.580"	119°58' 27.123"
6	25°43' 36.865"	119°58' 23.174"	37	25°43' 34.643"	119°58' 24.062"
7	25°43' 54.506"	119°58' 19.040"	38	25°43' 34.508"	119°58' 23.360"
8	25°44' 12.148"	119°58' 14.905"	39	25°43' 39.087"	119°58' 22.287"
9	25°44' 29.809"	119°58' 10.770"	40	25°43' 39.222"	119°58' 22.988"
10	25°44' 47.430"	119°58' 06.634"	41	25°43' 52.285"	119°58' 19.927"
11	25°42' 31.207"	119°58' 39.927"	42	25°43' 52.150"	119°58' 19.225"
12	25°42' 30.914"	119°58' 40.567"	43	25°43' 56.633"	119°58' 20.175"
13	25°43' 50.965"	119°59' 25.198"	44	25°43' 56.273"	119°58' 20.772"
14	25°43' 51.258"	119°59' 24.557"	45	25°43' 58.680"	119°58' 22.546"
15	25°43' 55.018"	119°59' 24.375"	46	25°44' 48.280"	119°58' 10.833"
16	25°43' 55.360"	119°59' 24.985"	47	25°45' 07.127"	119°58' 22.256"
17	25°44' 55.929"	119°58' 43.475"	48	25°45' 07.455"	119°58' 21.636"
18	25°44' 56.628"	119°58' 42.152"	49	25°44' 48.380"	119°58' 10.075"
19	25°42' 46.162"	119°58' 34.688"	50	25°43' 58.812"	119°58' 21.781"
20	25°42' 46.297"	119°58' 35.390"	51	25°44' 14.370"	119°58' 14.018"
21	25°42' 59.360"	119°58' 32.330"	52	25°44' 14.505"	119°58' 14.720"
22	25°42' 59.225"	119°58' 31.628"	53	25°44' 27.587"	119°58' 11.657"
23	25°43' 03.626"	119°58' 32.750"	54	25°44' 27.452"	119°58' 10.955"
24	25°43' 03.226"	119°58' 33.316"	55	25°44' 32.030"	119°58' 09.881"
25	25°43' 05.015"	119°58' 34.859"	56	25°44' 32.165"	119°58' 10.583"
26	25°43' 55.401"	119°58' 23.581"	57	25°44' 45.209"	119°58' 07.522"
27	25°43' 58.150"	119°58' 25.606"	58	25°44' 45.074"	119°58' 06.820"
28	25°44' 47.895"	119°58' 13.859"	59	25°44' 49.638"	119°58' 07.563"
29	25°45' 05.920"	119°58' 24.544"	60	25°44' 49.326"	119°58' 08.192"
30	25°45' 06.247"	119°58' 23.924"	61	25°45' 08.437"	119°58' 19.775"
31	25°44' 47.993"	119°58' 13.102"	62	25°45' 08.764"	119°58' 19.155"

测绘单位	青岛海洋工程勘察设计研究院
测量人	徐凤新 绘图人 王明
绘制日期	2020年9月 审核人 王明



平潭外海海上风电场一期项目宗海界址图

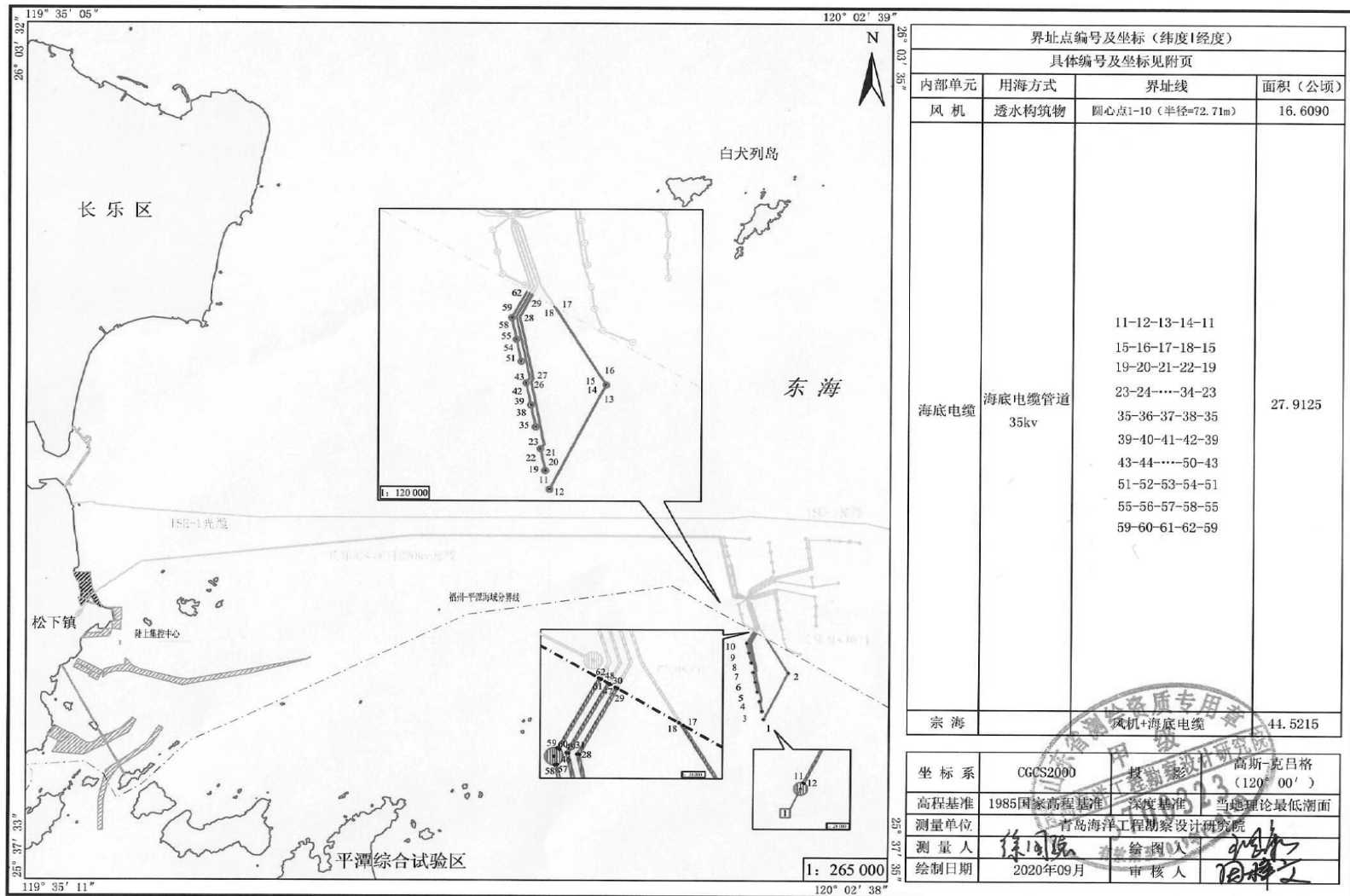


图 2.4.4-1 申请用海宗海界址图

平潭外海海上风电场一期项目宗海位置图

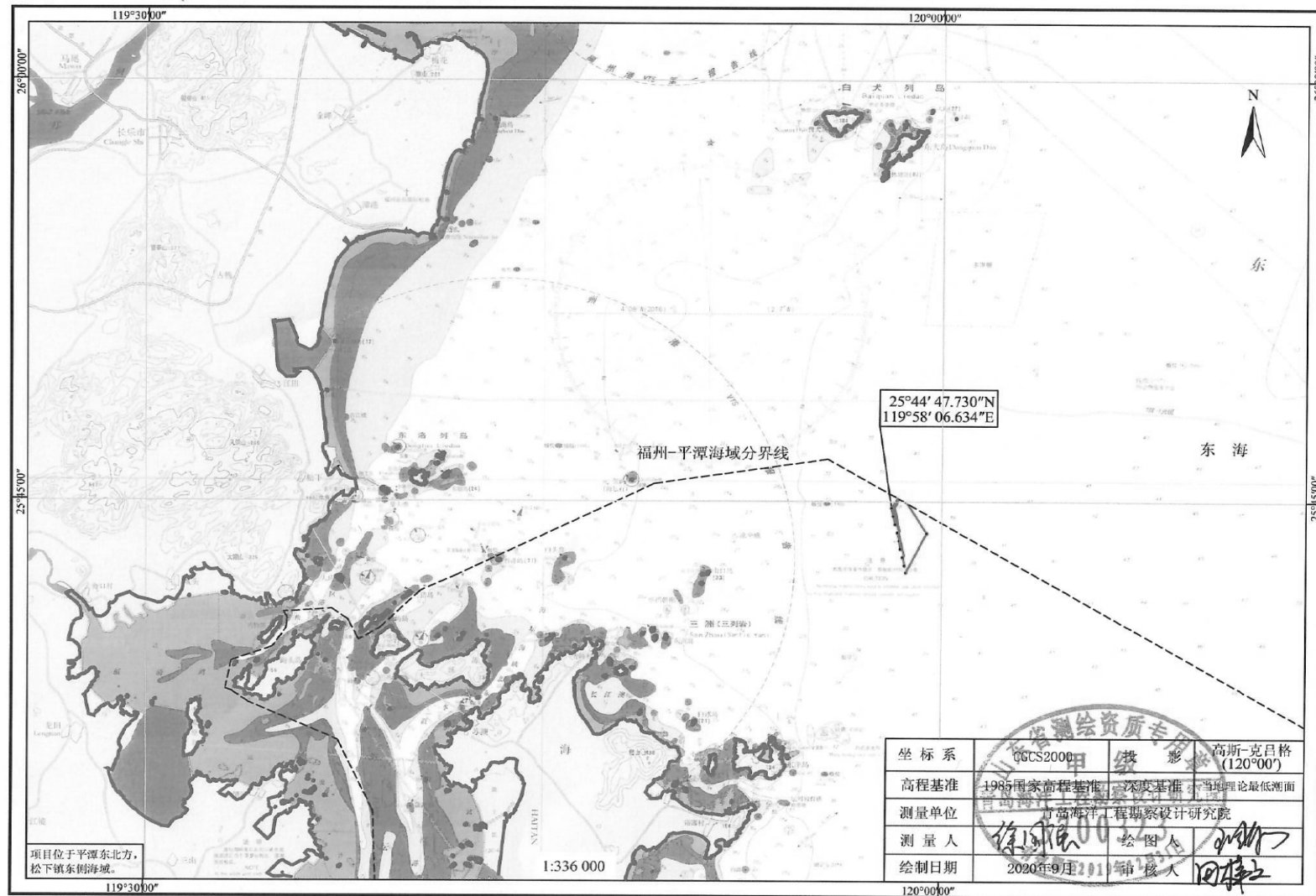


图 2.4.4-2 申请用海宗海位置图

## 2.5 工程量分析

工程土建工程量见表 2.5-1。

表 2.5-1 主体工程主要工程量表

序号	项目	规格	单位	合计
1	风机基础	四桩导管架基础	台	10
1.1	钢管桩	Φ3.0~3.5m, Q355NC, δ=40~50mm	t	15700
1.2	钢管桩沉桩	98~107m/根, 直桩	根	40
1.3	钢管桩及附属防腐	环氧重型防腐涂料, 平均涂层厚度(干膜厚度)为 800μm	m <sup>2</sup>	13700
1.4	铝合金牺牲阳极	高效铝-锌-铜-钛合金牺牲阳极	t	155
1.5	导管架制作	DH36	t	12500
1.6	过渡段顶法兰	DH36	套	10
1.7	导管架防腐	环氧重型防腐涂料, 平均涂层厚度(干膜厚度)为 800μm	m <sup>2</sup>	25000
1.8	导管架安装	海上运输, 含调平	个	10
1.9	内、外平台(含爬梯、栏杆制作安装)	Q355C	t	350
1.10	靠船构件	Q355C	t	500
1.11	电缆保护管制作安装(含抱箍)	Q355C, φ325×16 无缝钢管	t	200
1.12	电缆支架	Q235B	t	75
1.13	高强灌浆连接材料		m <sup>3</sup>	600
1.14	灌浆系统	含密封圈, 灌浆管线	套	40
2	基础监测			
2.1	不均匀沉降监测	几何水准点	个	40
2.2	基础倾斜监测	双向动态倾角仪	个	22
2.3	塔架变形监测	双向动态倾角仪、双向低频位移拾振器	个	22
2.4	振动监测	双向加速度计	个	22
2.5	基础应力监测	钢板应力计	个	24
2.6	腐蚀监测	参比电极	个	3
2.7	冲刷监测	基础及海缆冲刷监测	个	10
2.8	监测自动化系统	含数据采集器, 服务器, 数据采集软件等	项	1
3	其他			
3.1	航标工程	含永久航标、雷达应答器、警示灯等	项	1



## 2.6 施工进度安排

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

一、施工准备从第一年 1 月 1 日开始，进行工程准备工作，主要有施工码头场地租用、场内外道路、水电系统、施工临时房屋的修建，第一年 3 月底完成。

二、风力发电机组基础的施工是工期控制性工序。第一年 4 月风力发电机组基础开始施工。计划第一年 11 月底完成，包括钢管桩及导管架制作及运输。

三、10 台风力机组安装主要安装起吊设备自升式支腿船，目前国内自升式支腿船较多，但能满足本工程深水海域施工的数量有限，因此主起吊设备配置 1 台，分批次吊装。鉴于施工功效及成本考虑，本工程风机安装统一一次性吊装完成，安排在第一年 12 月至第二年 1 月底，机组调试工作在每台机组安装完成后即可进行。

四、海缆敷设安排在风机吊装完成后，安排在第二年 2 月初至 3 月底。

五、第二年 4 月初开始调试，6 月底竣工完成。

本工程于第一年 1 月开工，第二年 6 月底全部机组投产发电，总工期 18 个月。

### 3 工程分析

#### 3.1 生产工艺与过程分析

本工程生产工艺较简单，施工期主要为风机基础施工、风机安装，以及电缆敷设等。营运期风机利用风能转化为机械能，然后通过风机机舱内的发电机转化为电能，通过风机内变压器和升压站两级升压后送出。

##### 3.1.1 施工期

根据前文“2.3 施工方案”，施工期间海上施工主要涉及的施工作业内容有风机基础施工与吊装、电缆敷设，在施工过程中可能对周围海域产生一定的环境影响，其产污环节分析如下。

##### 1、风机施工

##### (1) 施工顺序

风电机基础施工流程为施工准备——施工船定位——导管架吊放——导管架下沉。

风机机组采用整体吊装方案，施工流程为：施工准备——半潜驳就位——塔筒分节吊装——机舱吊装——叶轮吊装——分体吊装完成。

##### (2) 产污环节分析

风机基础施工与吊装施工工序和产污环节见图 3.1-1。

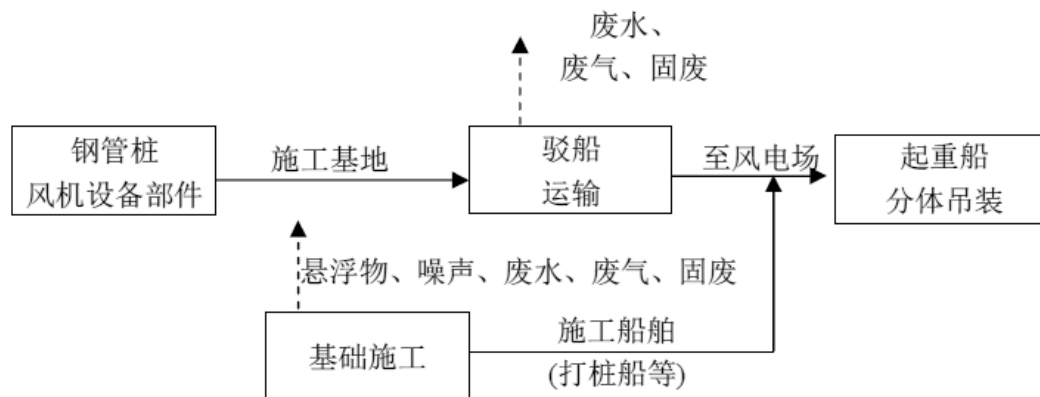


图 3.1-1 四桩导管架风机基础施工与吊装施工工序和产污环节图

由图 3.1-1 可知，风机基础施工与吊装过程中海域主要污染环节为桩基基础施工产生的悬浮物、施工船舶产生的含油废水、废气、噪声以及固体废物等，其中废气主要为施工机械燃油废气，固体废物主要为施工人员生活垃圾以及施工废料等。风机安装与吊装过程中基本无污染物排放。

##### 2、电缆敷设

海底电缆施工工序和产污环节见图 3.1-2。

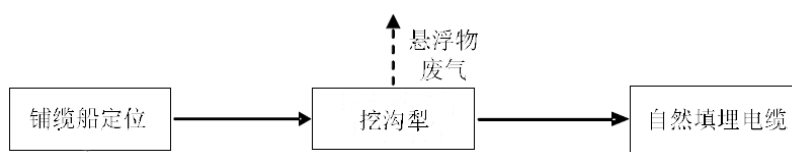


图 3.1-2 海底电缆施工工序和产污环节图

由图 3.1-2 可知，海底电缆施工过程中海域主要污染环节为开沟犁开沟过程中以及埋设电缆过程中产生的悬浮物，其中废气主要为施工机械燃油废气。此外，由于施工多在海上进行，因此还包括施工船只、运输船只的燃油废气、噪声、含油废水等；同时施工人员有生活污水、生活垃圾排放。

### 3.1.2 运营期

运行期仅是风能向电能的转化过程，该转化过程本身不产生污染物。运行期风电场主要环境污染因素包括风机机组运行噪声、风机基础牺牲阳极系统锌释放等。另外，风机运行维护船舶将产生少量的船舶废气和噪声影响，以及风机维护维修的少量废油。

工程运行期间的运行工序及产污流程详见图 3.1-4

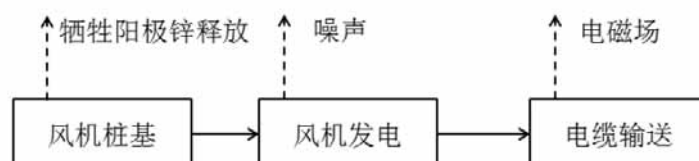


图 3.1-4 风电场运营期运行工序及产污环节示意图

风力发电机组结构详见图 3.1-5；风电场系统工艺流程详见图 3.1-6。

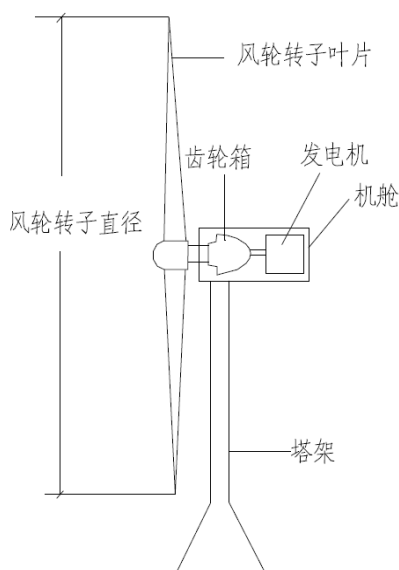


图 3.1-5 风力发电机组结构图

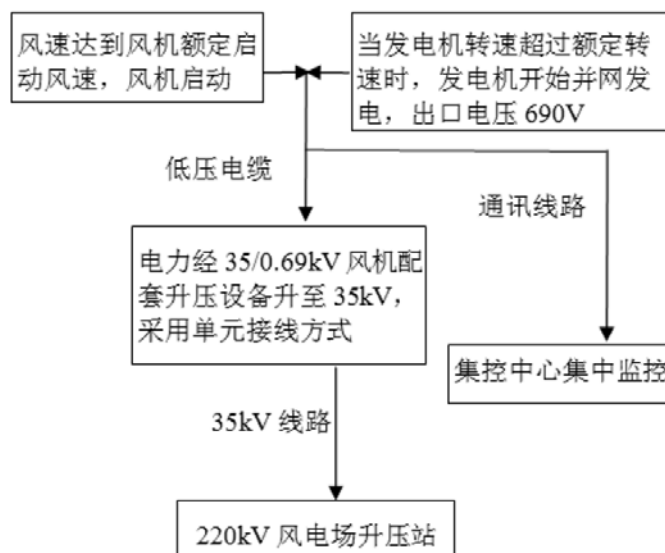


图 3.1-6 风力发电场工艺流程图

## 3.2 工程各阶段污染环境的影响分析

### 3.2.1 工程各阶段环境影响因素识别

#### 1、施工期主要污染环境的影响因素识别

##### (1) 水环境影响

施工期管沟开挖等环节产生的悬浮泥沙对海洋水质环境造成影响，施工场地产生的生活污水、生产废水，施工船舶产生的生活污水及含油废水。

##### (2) 沉积物环境

悬浮泥沙沉降造成周边海域海底沉积物类型变化。

##### (3) 大气环境

施工机械、船舶、设备、车辆产生的尾气、粉尘、扬尘等。

(4) 声环境

施工船舶、机械、设备、车辆等产生的噪声。

(5) 固体废物

工程挖填方处理，施工期间陆域及海上产生的生活垃圾。

2、运营期主要污染环境影响因素识别

(1) 声环境影响

风机产生的噪声。

(2) 电磁辐射和干扰影响

输电线产生的电磁辐射及无线电干扰影响。

(3) 废水、废气、固废

风机维护及检查期间，工作船人员日常生活及维修过程。上述过程都会产生废水、废气和固废。

3、工程弃置阶段主要污染环境影响因素识别

(1) 海上拆除产生悬浮泥沙对水质环境造成影响；

(2) 拆除过程产生的噪声；

(3) 施工机械、船舶产生尾气。

### 3.2.2 工程各阶段污染因子源强估算

#### 3.2.2.1 施工期污染因子源强估算

##### 3.2.2.1.1 废水

(1) 含油污水

1) 船舶含油污水

施工期间船舶含油污水主要来自机舱油污水，根据统计本项目施工期共投入各种船舶 17 艘，其中桩基施工船 2 艘，起重船 2 艘，方驳 5 艘，半潜驳 1 艘，拖轮 6 艘，专用敷缆船 1 艘，根据《港口工程环境保护设计规范》(JTS149-1-2007)，船舶舱底油污水产生量依据船型而不同，具体统计情况见表 3.2-1。

根据《港口工程环境保护设计规范》(JTS149-1-2007) 要求，舱底油污水含油量按实测资料确定，无实测资料时，可取 2000~20000mg/L，计算时取平均值 11000mg/L，按保守考虑，所有船舶同时施工作业，施工期作业时间为 9 个月，则施工期船舶含油污水产生量为 6.79m<sup>3</sup>/d，石油类污染物产生量为 74.69kg/d (共计 20.2t)。

表 3.2-1 船舶含油污水产生量统计

船机名称	生产能力	数量	舱底油污水产生量 (m <sup>3</sup> /d.艘)	油污水产生量 (m <sup>3</sup> /d)
桩基施工船	115m 架高	2	0.14	0.28
起重船	800T	1	0.21	0.21
起重船	350T	1	0.14	0.14
方驳	4000T	1	1.1	1.1
方驳	2000T	4	0.54	2.16
半潜驳	5000t	1	1.39	1.39
拖轮	3235kw	1	0.54	0.54
拖轮	1941kw	1	0.14	0.14
拖轮	1228kw	4	0.14	0.56
专用敷缆船	载重 1000t	1	0.27	0.27
合计		17		6.79

## 2) 机修油污水

本项目施工期大型设备包括：起重机、履带吊机、装载机、塔机、自卸汽车等，施工高峰时同时投入使用量约 30 台，若每天设备检修率按照 1% 计算，机修用水量按 1m<sup>3</sup>/台.次计，陆域年施工作业天数按 300 天计，则每天机修用水量为 0.3m<sup>3</sup>，年用水量为 90m<sup>3</sup>，污水产生吸水按 0.8 计，则污水产生量为 72m<sup>3</sup>/a，石油类浓度约为 500mg/L，则石油类污染物产生量为 0.036t/a。

由于本项目位于平潭东北部海域，距离岸边较远，施工期间船舶产生的油污水禁止排放，统一收集后交由专业的接收船舶予以接收处置。

## (2) 生活污水

### 1) 船舶生活污水

本项目施工期按照每艘施工船配置 10 人考虑，高峰时船舶上工作人员数量可达 170 人，生活污水的发生量按照每人每天 50L 计算，则船舶工作人员生活用水量为 8.5m<sup>3</sup>/d，生活污水产生系数按 0.8 计算，则船舶工作人员生活污水产生量为 6.8m<sup>3</sup>/d，施工期海上作业时间共计 9 个月，则施工期船舶工作人员生活污水产生量为 1836m<sup>3</sup>/a；由于本项目位于平潭东北部海域，距离岸边较远，施工期间船舶产生的生活污水禁止排放，统一收集后交由专业的接收船舶予以接收处置。

### 2) 施工场地生活污水

施工工作人员高峰时按照按 80 人考虑，生活污水的发生量按照每人每天 80L 计算，则工作人员生活用水量为 6.4m<sup>3</sup>/d，生活污水产生系数按 0.8 计算，则工作人员生活污水

产生量为  $5.12\text{m}^3/\text{d}$ ，陆域施工场地年工作日按 300 天计算，则施工场地工作人员生活污水产生量为  $1536\text{m}^3/\text{a}$ 。

综上所述，本项目施工期生活污水产生总量为  $3372\text{m}^3/\text{a}$ ，污水中 COD、氨氮和 SS 浓度按照  $500\text{mg/L}$ 、 $45\text{mg/L}$  和  $400\text{mg/L}$  计算，则 COD、氨氮和 SS 的年排放量分别为  $1.69\text{t/a}$ 、 $0.15\text{t/a}$ 、 $1.35\text{t/a}$ 。生活污水禁止随意排放，施工场地建设沉淀池和化粪池，施工区生活污水采用化粪池处理后由环卫部门定期清运。

### (3) 混凝土搅拌船冲洗废水

工程施工期间配备 5 艘混凝土搅拌船，一次载料达  $1000\text{m}^3$ ，单艘船舶配备 2 台搅拌设备，每组一天冲洗 2 次，每组单次  $5\text{m}^3$  冲洗水量，则混凝土搅拌船每天的冲洗废水量约为  $100\text{m}^3/\text{d}$ ，主要含 SS 浓度达  $5000\text{mg/L}$ ，pH 值约为 11。

混凝土搅拌船一般在到岸码头冲洗，冲洗废水收集至陆域进行沉淀处理后回用。

### (4) 悬浮泥沙

#### 1) 桩基施工

风机桩基通过液压振动锤震动下沉，施工时震动导致海底泥沙再悬浮引起水体浑浊，污染局部海水水质，影响局部沉积物环境。根据类似工程，打桩悬浮物浓度不高，引起周围海域悬浮物浓度增加( $>10\text{mg/L}$ )范围一般半径在 100m 内。

#### 2) 辅助桩拔除

风机基础施工辅助桩拔起过程中，由于振动锤的振动，钢管内及外壁上附着的泥沙会进入水体，使得海水中悬浮沙含量增加。施工辅助桩直径 1000mm，沉入海底 20m 左右，一次拔起过程约 3h。最不利情况下，钢管拔起过程中，管内泥沙全部进入水体，悬沙容重按  $1650\text{kg}/\text{m}^3$  计，则悬浮物发生速率为  $2.39\text{kg}/\text{s}$ 。

#### 3) 海缆敷设产生的悬浮泥沙

电缆敷设悬浮物源强按以下公式进行计算：

$$S = A \cdot v \cdot \rho \cdot p \cdot f$$

其中  $S$  为悬浮物源强， $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ； $A$  为海缆开挖横截面积， $\text{m}^2$ ； $v$  为海缆施工速度， $\text{m}/\text{s}$ ； $\rho$  为底质沉积物湿密度， $\text{kg}/\text{m}^3$ ； $p$  为含水率，无量纲； $f$  为起沙率，无量纲。

根据项目施工组织设计，电缆敷设深度不小于 2.0m，沟槽底宽 0.5~1m，沟上顶宽 1~1.5m，开挖沟剖面为倒梯形，平均开挖横截面积取  $2.0\text{m}^2$ ，正常铺设速度为  $3\text{m}/\text{min}$ 。根据《工程岩土勘查报告》，表层淤泥干密度平均值为  $1055\text{kg}/\text{m}^3$ ，海缆施工的悬浮物源强按开挖土石方量的 15%计。

根据公式计算可得，本工程电缆敷设悬浮沙的产生速率约为 15.8kg/s。

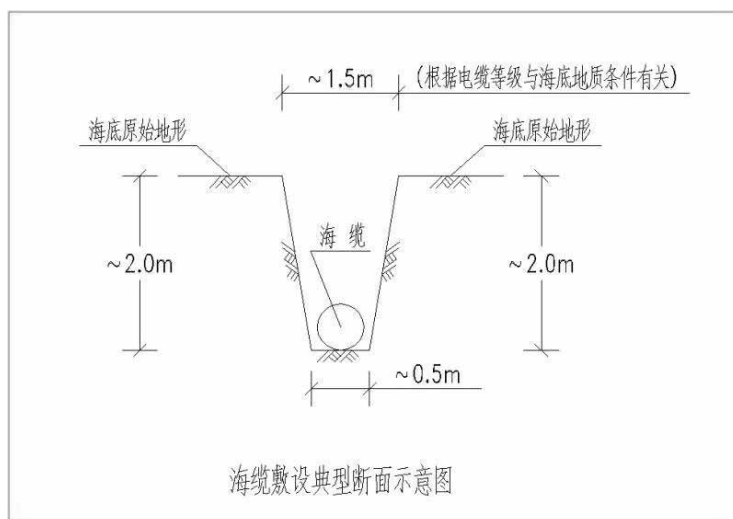


图 3.2-1 海缆敷设典型断面示意图

### 3.2.2.1.2 噪声

本次工程施工噪声源主要包括以下几类：

#### ① 水上噪声

海上施工噪声污染源主要包括风机基础桩基施打、施工船舶行驶和电缆线铺设等。相对于其他船舶运输等间歇性噪声源，风机桩基施打产生的噪声持续时间较长，根据相关资料，打桩震动锤 10m 处噪声约 85dB。

#### ② 水下噪声源强

施工期水下噪声主要来自桩基施打。桩基施打产生的水下噪声源强主要取决于桩柱管径。根据国外工程经验，小型桩施打时 1km 外实测水下声压值为 135-145dB re 1 $\mu$ Pa-m(参考声压 1 微帕时，距噪声源 1m 处的水下声强)，折算源强值为 190-200dB re 1 $\mu$ Pa-m。大型桩施打时噪声源强可达到 225-236 dB re 1 $\mu$ Pa-m。

本项目风机桩径为 3m，均属小型桩，参考上述资料，桩基施打时水下噪声源强预计可达 190~200dB re 1 $\mu$ Pa@1m 以上。

各施工环节主要施工机械设备产生的噪声源强情况见表 3.2-1。

表 3.2-1 施工机械噪声源强

序号	机械设备名称	噪声源强 (距声源 10m), dB(A)
1	两栖式多履带式打桩机	90
2	打桩锤	90
3	液压振动锤	85
4	拖泵	70
5	牵引车	75
6	轮式施工小型平台	70
7	潜水泵	70



序号	机械设备名称	噪声源强 (距声源 10m), dB(A)
8	伸缩立柱式履带起重机	75
9	装载机	75
10	混凝土运输搅拌车	81
11	混凝土泵	68
12	插入式振捣器	70
13	SC150 液压打桩锤	90
14	卷扬机	80

### 3.2.2.1.3 废气

#### (1) 施工现场污染源强估

类比同类项目的建设,在沙石料堆存过程中的风蚀起尘、卡车卸料时产生的粉尘污染、道路二次扬尘、水泥拆包的粉尘污染、场地扬尘等共同作用下,未采取环保措施时,施工现场面源污染源强为 539g/s。采取环保措施时,施工现场面源污染源强为 140g/s。

#### (2) 船舶排放废气

施工船舶工作时两台发电机运行,发电机功率按 500kW 计,一艘船舶大气污染源强计算如下:

停靠船舶发电机总功率:  $P=500\text{kW}\times 2=1000\text{kW}$ , 换算成马力 ( $0.735\text{kW}=1$  马力):  $1000\text{kW}/0.735=1360.5$  马力。按 1 马力的功需要耗油 150g, 则船舶停靠每小时的耗油量为:  $B_0=150\times 1360.5\times 10^{-3}=204.08\text{kg}$ 。

燃烧的油料以轻柴油计算,  $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$  和  $\text{CO}$  的源强如下:

#### I. $\text{SO}_2$ 源强

$$G_s=2B_0S_0(1-\eta)$$

式中:  $G_s$ — $\text{SO}_2$  排放量 (kg);

$B_0$ —燃油量 (kg);

$S_0$ —油中硫的含量 (%);

$\eta$ — $\text{SO}_2$  的脱除效率 (%)。

柴油中 S 的含量一般为 0.5%~0.75%, 船舶没有脱硫装置, 所以  $\eta$  取 0, 计算船舶每小时  $\text{SO}_2$  的排放量为:

$$G_s=2B_0S_0(1-\eta)=2\times 204.08\times 0.75\%\times (1-0)=3.06\text{kg/h}$$

#### II. $\text{NO}_x$ 源强

燃烧 1t 柴油约产生 12.3kg  $\text{NO}_x$ , 船舶每小时耗油量为 204.08kg, 则  $\text{NO}_x$  排放量约为 2.51kg/h。

### III.CO 源强

$$G_c = 2.33 \cdot B_0 \cdot q \cdot C$$

式中：G<sub>c</sub>——CO 排放量（kg）；

B<sub>0</sub>——燃油量（kg）；

q——燃料的燃烧不完全值（%），取 2%；

C——燃料含碳量，85%~90%。

计算得到，船舶每小时 CO 的排放量为：

$$G_c = 2.33 \cdot B_0 \cdot q \cdot C = 2.33 \times 204.08 \times 2\% \times 90\% = 8.56 \text{ kg/h}$$

本项目海上作业船舶数约为 17 艘，每天工作按 10h 计，年施工作业天数按 270d 计，每年则船舶排放的 SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、CO 废气量分别为 140.5t/a、115.2t/a、392.9t/a。

#### （3）车辆排放废气

车辆排放废气计算参考《公路建设项目环境影响评价规范》（JTGB03-2006）附录 E 中表 E.2.7 平均车速为 50.0km/h 时车辆单车排放因子推荐值，具体见表 3.2-2。根据单车污染物平均排放量、最大车流量，本项目陆域年施工作业天数按 300d 计，每天工作时间 8h，车辆平均行驶距离按 10km/h·辆计算，每天车辆按 20 辆计，均为大型车，则 CO、NO<sub>x</sub> 的年排放量分别 2.52t/a、5.01t/a。相关调查所得到的资料表明，如果施工场区通风条件良好，车辆在怠速工况下排放的废气中污染物对外界环境的影响基本上可以接受。

表 3.2-2 车辆单车排放因子推荐值 单位：g/km·辆

污染物	小型车	中型车	大型车
CO	31.34	30.18	5.25
NO <sub>x</sub>	1.77	5.40	10.44

#### 3.2.2.1.4 固体废物

（1）施工期高峰时船舶上工作人员数量可达 170 人，施工场地工作人员数量可达 80 人，共计 250 人，按照每人 1kg/d 的产生量估算，则垃圾产生量为 250kg/d。由于本项目位于平潭东北部海域，距离岸边较远，施工期间船舶产生的生活垃圾，统一收集后交由专业的接收船舶予以接收处置。

（2）海域管沟开挖完成后直接进行覆盖回填，没有多余土石方产生；桩基入泥过程中冲刷土方全部在桩基四周自然沉降。

（3）钢管桩上部的高承台钢管箱内，将使用高性能海工混凝土浇筑灌浆。钢管桩与钢套筒的连接处采用定制橡胶条密封止水，在混凝土浇筑过程中，不会与海水直接接

触，不存在向海水中扩散的可能，其不会对海洋环境构成不利影响。

(4) 陆域组装场地的加工车间，在零配件加工及制作过程中会产生少量废物，主要为木屑、铁渣，由港区环卫部门统一收集处理，对环境没有污染。

表 3.2-3 施工期主要污染物产生情况一览表

环境要素	污染源		发生情况	主要污染物	排放/处理方式	
水环境	含油污水	船舶含油污水	6.79m <sup>3</sup> /d	石油类	收集至陆域,交有资质单位处理	
		机修油污水	36m <sup>3</sup> /a			
	生活污水	船舶生活污水	6.8m <sup>3</sup> /d	COD、氨氮和SS	松下港港区统一接收处理回用,港区污水处理站处理	
		陆域生活污水	5.12m <sup>3</sup> /d			
		冲洗废水		100 m <sup>3</sup> /d	SS	回用,陆域沉淀池处理
		泥浆废水		18.75m <sup>3</sup> /d	SS	清运至岸上处理
	悬浮泥沙	海缆铺设	15.8kg/s	SS	自然排放	
		辅助桩拔除	2.39kg/s			
声环境	风机基础桩基施打、施工船舶行驶、机械作业		70 ~ 90dB	噪声	自然传播	
	陆域加工、车辆运输		70 ~ 85dB			
大气环境	陆域施工场地		539g/s	扬尘	间断排放	
	汽车废气		CO、NO <sub>x</sub> 排放量分别 2.52t/a、5.01t/a	CO、Nox		
	船舶废气		SO <sub>2</sub> 、NO <sub>x</sub> 、CO 废气量分别为 140.5t/a、115.2t/a、392.9t/a	SO <sub>2</sub> 、NO <sub>x</sub> 、CO		
固体废弃物	生活垃圾		250kg/d	固废	统一收集处理	
	灌浆及预制块		—	固废	全部使用	
	土石方		—	土石及渣土	回填	

### 3.2.2.2 运营期污染因子源强估算

#### 3.2.2.2.1 噪声

运营期的水下噪声主要由风机运转而产生，尤其是低频噪声通过结构振动经塔筒、风机桩基等不同路径传入水中而产生了水下噪声。

风力发电机组工作过程中在风及运动部件的激励下，叶片及机组部件产生了较大的噪声，其噪声源主要有：

##### A、机械噪声及结构噪声

① 齿轮噪声。啮合的齿轮对或齿轮组，由于互撞和摩擦激起齿轮体的振动，而通过固体结构辐射齿轮噪声。

② 轴承噪声。由轴承内相对运动元件之间的摩擦和振动及转动部件的不平衡或相对运动元件之间的撞击引起振动辐射产生噪声。

③ 周期作用力激发的噪声。由转动轴等旋转机械部件产生周期作用力激发的噪声。

④ 电机噪声。不平衡的电磁力使电机产生电磁振动,并通过固体结构辐射电磁噪声。

机械噪声和结构噪声是风力发电机组的主要噪声源,而且对人的烦扰度最大。这部分噪声是能够控制的,其主要途径是避免或减少撞击力、周期力和摩擦力,如提高加工工艺和安装精度,使齿轮和轴承保持良好的润滑条件等。为减小机械部件的振动,可在接近力源的地方切断振动传递的途径,如以弹性连接代替刚性连接;或采取高阻尼材料吸收机械部件的振动能,以降低振动噪声。

#### B、空气动力噪声

空气动力噪声由叶片与空气之间作用产生,它的大小与风速有关,随风速增大而增强。处理空气动力噪声的困难在于其声源处在传播媒质中,因而不容易分离出声源区。

#### C、通风设备噪声

散热器、通风机等辅助设备产生的噪声。

#### D、单台风机噪声

风机运行过程中产生的噪声主要由有机械及结构噪声和空气动力噪声组成。其中空气动力噪声是其主要对环境的影响。空气动力噪声主要由叶片快速转动从而形成气流湍流扰动形成,因此叶片转速越高造成的空气动力噪声越强。

本工程共由 10 台风机组成,单机容量 8MW,风机轮毂高度为 175m,根据同类型风机运行时噪声源强可知,工程运行期风机噪声源强最大值约为 105dB。

本项目采用的风机工作风速在 3~25m/s,额定风速为 12.5m,当风速达到或超过额定风速时,叶片转速达到最高约 18rpm(叶尖处线速度为 188.4m/s),而风机噪声源强(主要为空气动力噪声)亦达到最高。当环境风速进一步升高时风机噪声不会进一步增强,而周围自然风和树木等的背景噪声会进一步提高,因此风电机组在额定转速条件下的噪声影响最为明显。

### 3.2.2.2.2 废水

#### (1) 残废油

运行期风电机组等设备每年检修一次,定期更换润滑油机油等,平均残废油产量为 2m<sup>3</sup>/a。风机日常维护涉及的油类物质由具备资质的专业处理单位收集回用。运行期每 6 个月进行一次风机维护,风机维护船舶每次维护产生的生活污水量约为 6m<sup>3</sup>,船舶生活污水收集后运至岸上,纳入依托的长乐 A 区陆上集控中心生活污水处理系统处理。

#### (2) 海缆保护层溶解稀释

本项目海底电缆外护层采用石油沥青，由不同分子量的碳氢化合物及其非金属衍生物组成的黑褐色复杂混合物，呈液态、半固态或固态，是一种防水防潮和防腐的有机胶凝材料。沥青被长期暴露在海底腐蚀环境下，其浸出物质对海洋水质及生态环境存在一定潜在影响。根据《电缆沥青技术标准》(SH/T 0001-1990)(2004 年确认)，电缆外护层的防腐涂料的沥青是经由天然石油减压蒸馏的渣油经氧化制得。

沥青的主要组分为油分、树脂和沥青质，其次有高沸点矿物油和少量的氧、硫和氯的化合物。电缆沥青理化性质见表 3.2-5。由于构成沥青的直链烷烃化学性质极稳定，在常温条件下沥青与强酸、强碱、强氧化剂和强还原剂等都不起化学反应或反应速度很慢，沥青更不会与水发生反应，所以沥青表现出水稳定性。针对沥青对生物，包括农作物及水生生物的影响，国外曾做过一系列研究。首先由于沥青不溶于水，其对水中有机生物的影响很小(King et al. 2001)。对于沥青的生物毒性，Miller 于 1980 年在实验室进行了一次为期 56 天的植物生长实验，结果显示沥青对豆类和谷物的生长基本无影响。(Miller et al. 1980)。Morgan & Mulder 于 1960 年在农田进行的沥青物质喷洒实验，将沥青乳状液喷洒于土壤表面并形成薄膜，实验结果同样显示其对农作物生长无影响影响(Morgan & Mulder 1995)。可见，沥青对植物生长基本无影响。

表 3.2-5 电缆沥青理化性质表

项目	指标
含量	99.48%
外观与性状	黑色液体、半固体或固体
沸点(°C)	< 470
相对密度(水=1)	1.15-1.25
闪点(°C)	204.4
引燃温度(°C)	485
溶解性	不溶于水、不溶于丙酮、乙醚、稀乙醇，溶于二硫化碳、四氯化碳等有机溶剂

此外，自 1980 年以来全世界 50 个国家和地区的 230 多项与饮水工程有关的水工构筑物中使用沥青作为防渗材料，而大部分供水钢管在其内有采用沥青防腐涂层，这也可以从另一个侧面说明沥青对水质和生态环境基本无影响。

综上，石油沥青不含有酚和苯等有毒物质和重金属，不溶于水，化学性质稳定，与水不发生化学反应，没有反应产物。沥青用于本项目海底电缆外保护层不会污染项目海域的海水水质和生态环境。

### 3.2.2.2.3 废气

海上风场运营期主要是风力发电，工艺过程无废气产生。

#### 3.2.2.2.4 固体废物

工程运行期间产生的固体废物主要为风机机舱和轮毂中更换的润滑油，润滑油约每3~5年更换一次，每台风机内部润滑油约1.4t。按每3年更换一次，则风电场运行25年润滑油总产生量约117t。风电场风机更换的润滑油（废物代码900-214-08）收集后交由有资质单位处理、处置。运行期每6个月进行一次风机维护，维护船舶每次维护产生的生活垃圾约为200kg，船舶生活垃圾收集后运至岸上，委托当地环卫部门统一收集、妥善处置。危险废物临时储存场所的设置应严格按照《危险废物贮存污染物控制标准》要求执行。

#### 3.2.2.2.5 沉积物环境

工程运行期间，用于保护金属构筑物(如风机塔基)的牺牲阳极保护装置中的锌会释放到海水中。工程风机采用导管架基础，采用的牺牲阳极规格为：Al-Zn-In-Mg-Ti 合金牺牲阳极(A21-I)，具体见《铝-锌-铟系合金牺牲阳极》(GB4948-2002)。每块重230kg。工程单台风机基础所需牺牲阳极块数量为64块，10台风机共计640块。

A21-I 型 Al-Zn-In-Mg-Ti 合金牺牲阳极除金属锌外，还有铝、铟、镁、钛金属及杂质元素。其中铟、钛含量均低于0.08%，含量很低，释放影响很小；镁含量低于1.5%，除硅等杂质外，其余金属主要为铝，由于海水pH一般大于7，为碱性，铝、镁释放后大部分形成Mg(OH)<sub>2</sub>、Al(OH)<sub>3</sub>沉淀，而不是以离子形式大量存在于海水和沉积物中，在强酸性海水中才会以离子形式大量存在。所以，牺牲阳极主要考虑锌释放影响。

依据《铝-锌-铟系合金牺牲阳极》(GB4948-2002)，Al-Zn-In-Mg-Ti 合金牺牲阳极电流效率90%，实际消耗率 $\mu$ 的数值为3.37kg/(A.a)。依据《海港工程钢结构防腐蚀技术规范》(JTS153-3-2007)，每块阳极初期发生电流量为1.6A，末期发生电流量为2.2A，本次计算取平均，则每块阳极发生电流量 $I$ 为1.9A，牺牲阳极平均发生电流量 $I_m$ 为1.045A/块(按(0.50~0.55) $I$ 选取，本报告 $I_m$ 按0.55 $I$ 选取)，则每块牺牲阳极每年消耗3.522kg( $I_m \times \mu$ )。则单台风机基础每年释放牺牲阳极量约225kg(64块)，释放的锌约15.78kg(锌限值4%~7%，按7%计)；风电场每年共计消耗牺牲阳极2.25t，每年释放的锌分别约为0.16t。参照王恕昌等(1980年)对海洋环境中锌存在的分布研究结果，本项目释放的锌约有87%进入海水、13%进入海洋沉积物中。单台风机基础水中、沉积物锌释放量分别为13.73kg/a、2.05kg/a。

#### 3.2.2.2.6 电磁辐射及无线电干扰

运营期输电线路运行产生的电磁场及无线电干扰值大小与线路的电压等级、运行电

流、导线排列及周围环境相关。

无线电干扰由高压输电线产生，主要干扰频率在 0.15 ~ 30MHz。无线电干扰主要影响无线电设施的发射和接收。

风电场输电电缆埋设于海底 3m 以下，海缆有加强铠装保护，敷设与海底后有较好的屏蔽作用，根据类比监测情况，电缆敷设后对沿线基本无电磁、无线电干扰影响。

### 3.2.2.2.7 环境风险

工程单台风机内部设置 35kV 变压器，其油品为脂油，主要用于降温作用，油量约为 1.2t，呈密封状态；同时风机机舱和轮毂中还存在较多润滑油，油品主要为油脂、液压油等，约 1.4m<sup>3</sup>。当风机桩基失稳倒塌导致内部油料泄漏后，对周边海洋环境会产生影响。

运行期风电场距离西侧内航路较近，存在航路船舶与风机发生碰撞溢油事故的风险。根据项目通航分析报告，中航路航行船舶大多数为 1 万吨级以下，本次以 1 万吨级船舶为例，燃油舱容量取为船舶吨位的 10%，最多可装燃油 1000t，分 5 个燃油舱，平均一个舱装燃油 200t，溢油量取为 200t。

表 3.2-6 运营期主要污染物产生情况一览表

种类	污染源	污染物	产生量	削减量	排放量	拟采取措施
废水	含油污水	油类	2m <sup>3</sup> /a	2m <sup>3</sup> /a	0	交由有资质单位处理
	维护生活污水	COD、SS、氨氮等	6m <sup>3</sup> /次	6m <sup>3</sup> /次	0	纳入依托的长乐A区集控中心统一处理
固体废物	风机内部	润滑油 (废物代码 900-214-08)	117t	117t	0	交由有资质单位处理
	运行维护	生活垃圾	200kg	200kg	0	运至岸上处置
噪声	风机运转	噪声	105dB(A)	0	105dB(A)	/
电磁环境	海缆	电磁场 无线电	0.15 ~ 30MHz	/	/	/
海水	单台风机牺牲阳极	锌	13.73kg/a	0	13.73kg/a	/
沉积物	单台风机牺牲阳极	锌	2.05kg/a	0	2.05kg/a	/
环境事故风险溢油	风机 35kV 主变油	石油类	1.2t/台	/	/	环境风险事故溢油防范措施
	风机齿轮箱润滑油	石油类	1.4m <sup>3</sup> /台	/	/	
	航路船舶	石油类	200 t	/	/	

## 3.3 工程各阶段非污染环境影响分析

### (1) 工程建设对水动力环境的影响

本项目建成后,风机基础受涨落潮影响,风机基础在一定程度上改变局部海底地形,对周边海域潮流场产生一定影响,尤其是风机墩柱周围的流速和流向均会发生变化。

#### (2) 工程建设造成海底地形地貌及冲淤变化

本项目在区域内呈斑点状分布,风机之间间距较大。由于底流在风机基础周围产生涡流和局部冲刷,风机基础在一定程度上改变局部海床自然性状,其地形地貌也将有所改变,产生局部的冲刷或淤积。

#### (3) 对鸟类的影响

##### ● 对鸟类栖息和觅食的影响

风电机在运转过程中会产生叶片扫风噪声和机械运转噪声。风机运行将直接对发电场鸟类栖息和觅食产生影响。鸟类在风电场范围内的飞行,存在鸟类碰撞叶片而伤亡的风险,所以风电场范围不再适宜作为鸟类的栖息觅食场所。

##### ● 对鸟类迁徙的影响

风力发电场都占有鸟类迁徙通道很大的面积,横亘在鸟类迁徙路线上,对鸟类迁徙形成障碍。

##### ● 对鸟类存活的影响

风机叶片旋转的范围在离地面 40~120 m 之间,是鸟类飞行通过风机的高风险区域,有被风机叶片撞击的危险。

#### (4) 通航影响

施工期船舶增加对周边航道船舶通行造成影响;运营期由于风电场存在可能影响周边航道的正常通行。

#### (5) 海洋生态和渔业生产

本工程风机基础等永久占用海域,将减少海域资源,造成底栖生物死亡;电缆铺设施工对海底进行开挖,将造成部分底栖生物的掩埋或死亡;施工产生的悬浮物对海洋生物造成影响。

风场所在海域具有渔业捕捞功能,风场建成后将造成渔业捕捞面积减少;风场建设导致部分养殖户无法继续进行养殖生产。

### 3.4 环境影响要素识别及评价因子筛选

通过前文的工程分析,对本项目施工、运营、弃置等阶段的主要污染及非污染影响因素有了进一步的认识,主要环境影响因素分析见表 3.4-1。



表 3.4-1 项目环境影响因素识别

评价时段	环境影响要素	评价因子	产生影响内容及其表征	影响程度与分析评价深度
施工期	海洋生态	底栖生物	管沟开挖、构筑物建设	+++
		鱼卵、仔鱼	悬浮泥沙扩散	++
		浮游生物	悬浮泥沙扩散	++
	海水水质	SS	管沟开挖、打桩产生悬浮物	+++
		石油类	船舶作业	+
		COD、氨氮	施工人员	+
	海洋水文动力	潮流	海上构筑物影响	+++
	海洋沉积物	底质	悬浮物扩散	++
	海洋地形地貌与冲淤	冲淤环境	海上构筑物影响	+++
	噪声环境	噪声	船舶、车辆和机械作业	+
	大气环境	TSP	材料堆放、车辆运输	+
		SO <sub>2</sub> 、NO <sub>2</sub>	船舶作业、车辆运输	+
固体废弃物	生活垃圾、船舶垃圾、加工废料	作业船舶、施工人员、组装场地	+	
运营期	水环境	石油类	工作船含油污水	+
		重金属	牺牲阳极废水	+
		SS、COD、氨氮	检修人员生活污水	+
	噪声环境	噪声	风机运转噪声	++
	大气环境	SO <sub>2</sub> 、NO <sub>2</sub>	工作船	+
	电磁环境	无线电干扰	输电线路	+
	固体废弃物	生活垃圾	工作船舶	+
	生态环境	鸟类的栖息、迁徙及生境	风场对鸟类的影响	++
其它	通航	风场建设	+	
弃置期	水环境	SS	施工拆除	+
	大气环境	SO <sub>2</sub> 、NO <sub>2</sub>	施工船舶、机械	+
	噪声环境	噪声	施工船舶、机械	+
	固体废弃物	拆除物	废弃装置、设备	+

+ 表示环境影响要素和评价因子所受到的影响程度为较小或轻微，需要进行简要的分析与影响预测；

++ 表示环境影响要素和评价因子所受到的影响程度为中等，需要进行常规影响分析与影响预测；

+++ 环境影响要素和评价因子所受到的影响程度为较大或敏感，需要进行重点的影响分析与影响预测。

## 4 自然环境和社会环境概况

### 4.1 自然环境概况

#### 4.1.1 气候气象

##### (1) 气象要素特征

工程海域属于亚热带海洋性季风气候，常年温和，冬暖夏凉，全年无霜。根据气象站多年长期观测资料统计，平潭多年平均气温为 20.0℃。平均气温的月变化较大，7、8 月平均气温最高，为 28.1℃；最低为冬季的 2 月，为 11.3℃。平潭极端最高气温为 37.4℃，出现在 1966 年 8 月 16 日，极端最低气温是 0.9℃，出现日期是 1977 年 1 月 31 日。平潭多年平均气压为 1011.3hPa。冬季受大陆冷气团控制，气温低，空气密度大，气压较高；夏季受热带海洋气团控制，气温高，空气密度小，气压较低。平潭多年平均水汽压为 20.2hPa，平均水汽压月际变化与气温相似，呈单峰型，峰值出现在 7 月，谷值出现在 1 月，总体变化为夏季较大，春秋次之，冬季较小。平潭多年平均降水量为 1299.8mm，多年平均相对湿度为 80%，多年平均雾日数 20.8 天，多年平均雷暴日数 22.8 天。气象站多年气象要素统计表见表 4.1.1-1。

表 4.1.1-1 气象站多年气象要素统计表

项目	单位	指标	发生时间
气温	多年平均	℃	20.0
	多年极端最高	℃	37.4
	多年极端最低	℃	0.9
气压	多年平均大气压	hPa	1011.3
降水量	多年平均降水量	mm	1299.8
湿度	多年平均相对湿度	%	80
特殊性天气	多年平均雾日数	d	20.8
	多年平均雷暴日数	d	22.8

##### (2) 风速、风向

参考场区附近气象站多年风况。1987 年~2016 年平均风速为 4.2m/s，最大值出现在 10、11 月，平均风速为 4.9m/s；最小值出现在 5 月，风速为 3.4m/s；就季节分布而言，月平均风速以秋季（10~11 月）最大，冬季（12~2 月）次之。

根据平潭气象站多年实测风向频率统计，本地区主导风向为 NE、NNE，比例分别为 23.8%、25.4%。

表 4.1.1-2 平潭气象站历年逐月平均风速统计成果表 单位：m/s

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年均
1987~2016 年	4.5	4.3	3.9	3.6	3.4	3.9	4.1	3.8	4.0	4.9	4.9	4.7	4.2

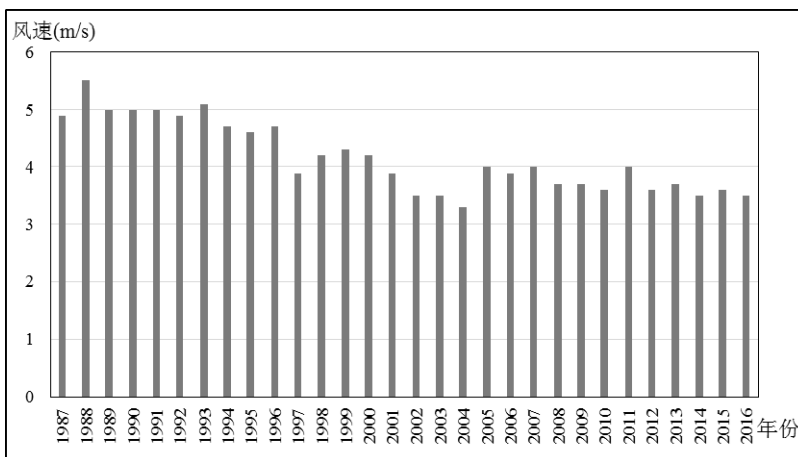


图 4.1.1-1 平潭年平均风速年际变化直方图

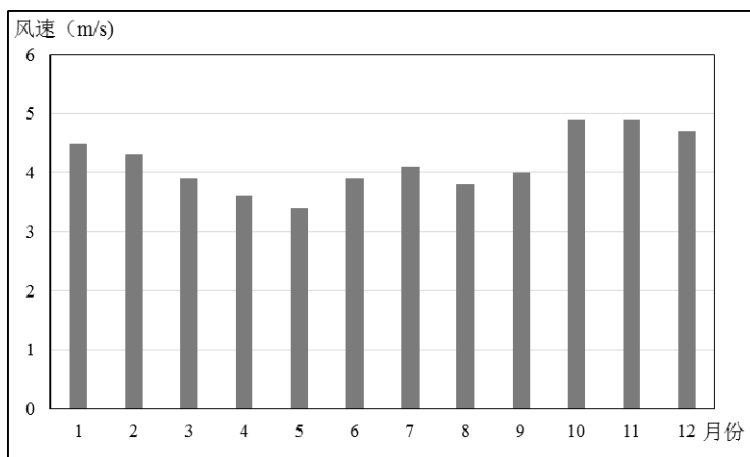


图 4.1.1-2 平潭各月平均风速直方图（1987~2016 年）

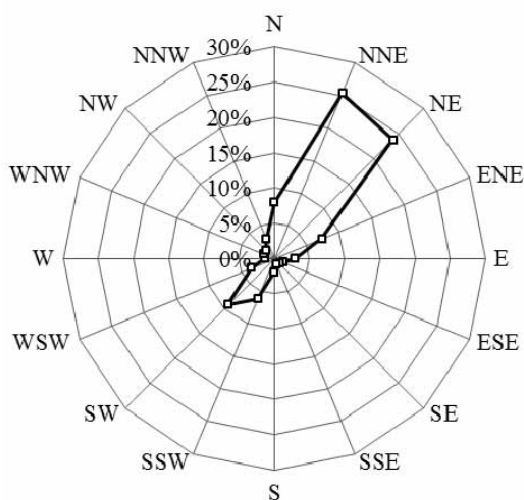


图 4.1.1-3 平潭气象站多年风向玫瑰图（1987~2016 年）

### (3) 区域风能资源概况

目前风电场未设立测风塔，业主利用激光雷达测风仪对风电场的风资源情况进行测

风，时间为一年。测风仪位于风电场 A 区的西侧，东经 119°57'11.00"、北纬 25°49'39.00"，所在位置海拔 0m，测风高度 100m，于 2017 年 1 月 1 日开始测风，至 2017 年 12 月 31 日，测风仪设备未发生故障，数据完整率在 98.5%以上。

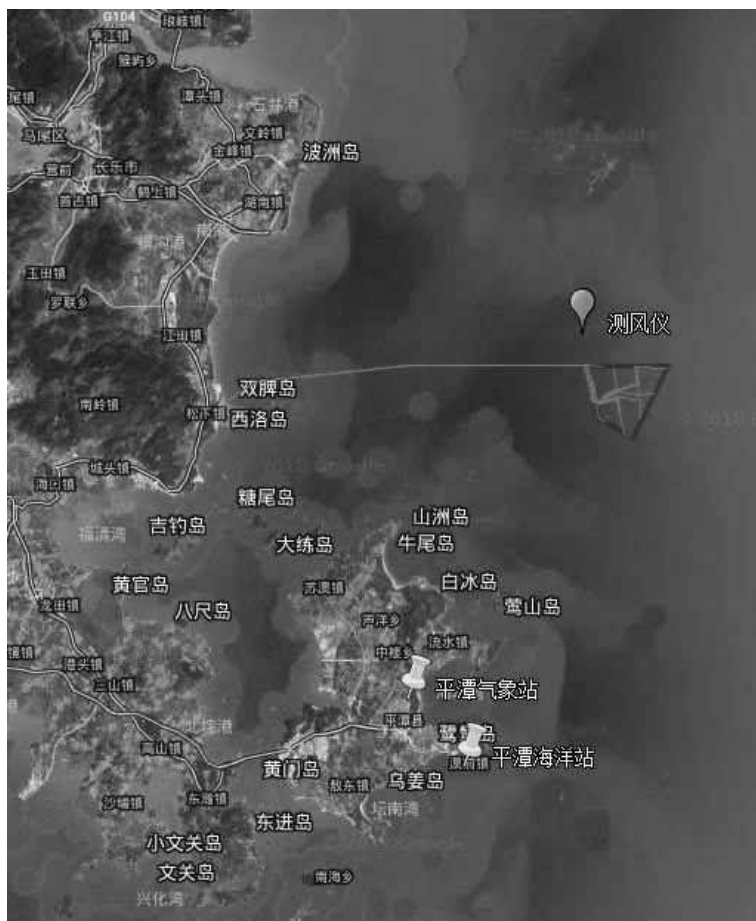


图 4.1.1-4 测风仪位置示意图

风电场场区 30m、70m、90m、100m 高度测风仪实测逐月平均风速分别为 8.93m/s、9.33 m/s、9.46 m/s、9.52 m/s。经平潭气象站数据订正后，测风仪 100m 高度代表年平均风速为 9.42 m/s，平均风功率密度为 818W/m<sup>2</sup>，风功率密度等级为 7 级，风能资源具有很好的开发价值。风电场 100m 高度月平均风速、风功率密度最大均出现在 10 月，月平均风速为 12.37m/s，风功率密度为 1534W/m<sup>2</sup>；月平均风速、风功率密度最小均出现在 6 月，月平均风速为 7.22m/s，风功率密度为 394W/m<sup>2</sup>。风功率密度的变化与风速类似。风电场风向较集中，场区主导风向为 NNE、NE，相应频率分别为 36.44%、29.55%，主要风能方向为 NNE、NE，相应频率分别为 53.12%、34.11%。

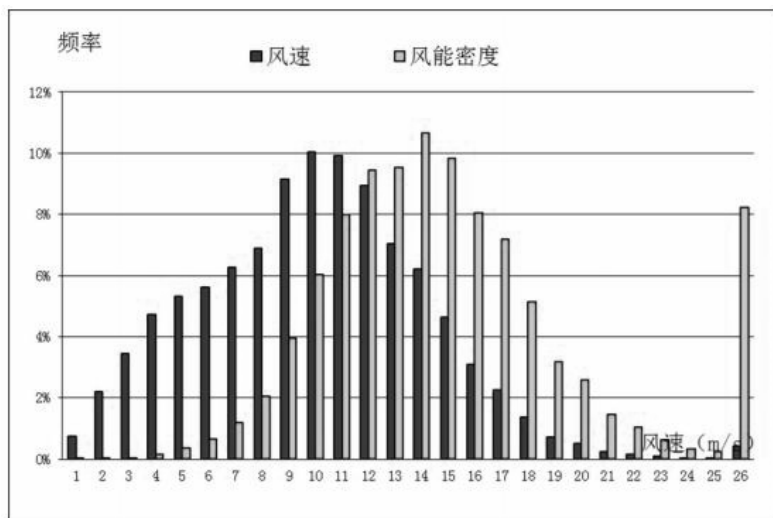


图 4.1.1-5 风电场代表年 100m 高度的风速和风能频率分布直方图

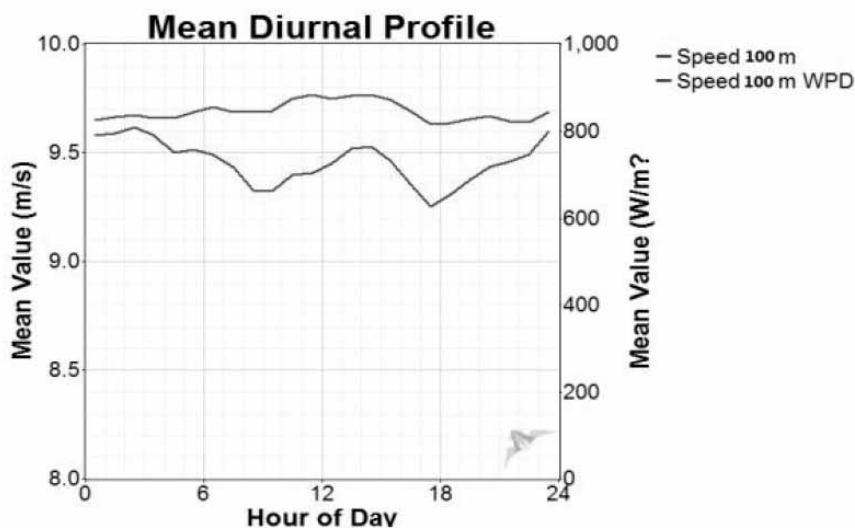


图 4.1.1-6 风电场代表年 100m 高度的风速和功率密度日变化曲线图

#### (4) 最大风速分析

平潭海上浮标站位于平潭以东海面，距离场址中心 47km 左右，距平潭气象站 39.4km。海上浮标站 2011-2016 年观测到的最大风速为 35.1m/s，极大风速为 42.0m/s，均为 2016 年登陆惠安的 17 号超强台风“鲇鱼”造成，期间气象部门在长乐松下设立的区域自动气象观测站的极大风速达 47.9m/s。

### 4.1.2 水文

#### 4.1.2.1 潮汐

根据工程场区邻近专用潮位站为期 1 年的潮位资料分析可知，该海域潮汐特征比值

$$\frac{H_{K1} + H_{O1}}{H_{M2}} < 0.5$$

，属正规半日潮海区。

根据工程场区邻近专用潮位站为期 1 年潮位资料分析计算得该海域的潮位特征值如表 4.1.1-3 所示。

表 4.1.1-3 潮位特征值（1985 国家高程基准）

项目	专用潮位站
采用的潮位资料	2012 年 10 月~2013 年 9 月
最高高潮位	4.07m
最低低潮位	-3.77m
平均高潮位	2.57m
平均低潮位	-1.88m
平均潮差	4.45m
最大潮差	6.91m
最小潮差	1.52m
平均海面	0.37m
平均涨潮历时	6h02min
平均落潮历时	6h21min

#### 4.1.2.2 潮流

根据《长乐外海 A 区海上风电场冬季全潮同步综合水文测验外业调查概况暨初步分析》，自然资源部第一海洋研究所分别于 2017 年 11 月 6 日至 13 日和 2018 年 1 月 10 日至 17 日，在长乐外海海上风电场海域进行了秋、冬季大、中、小潮海流、悬沙、水位、海水温度、盐度、气象的多船定点同步连续观测。水文、悬沙等观测共设 10 个站位（C1-C10）。各潮位观测点和水文观测点的位置见图 4.1.1-7。

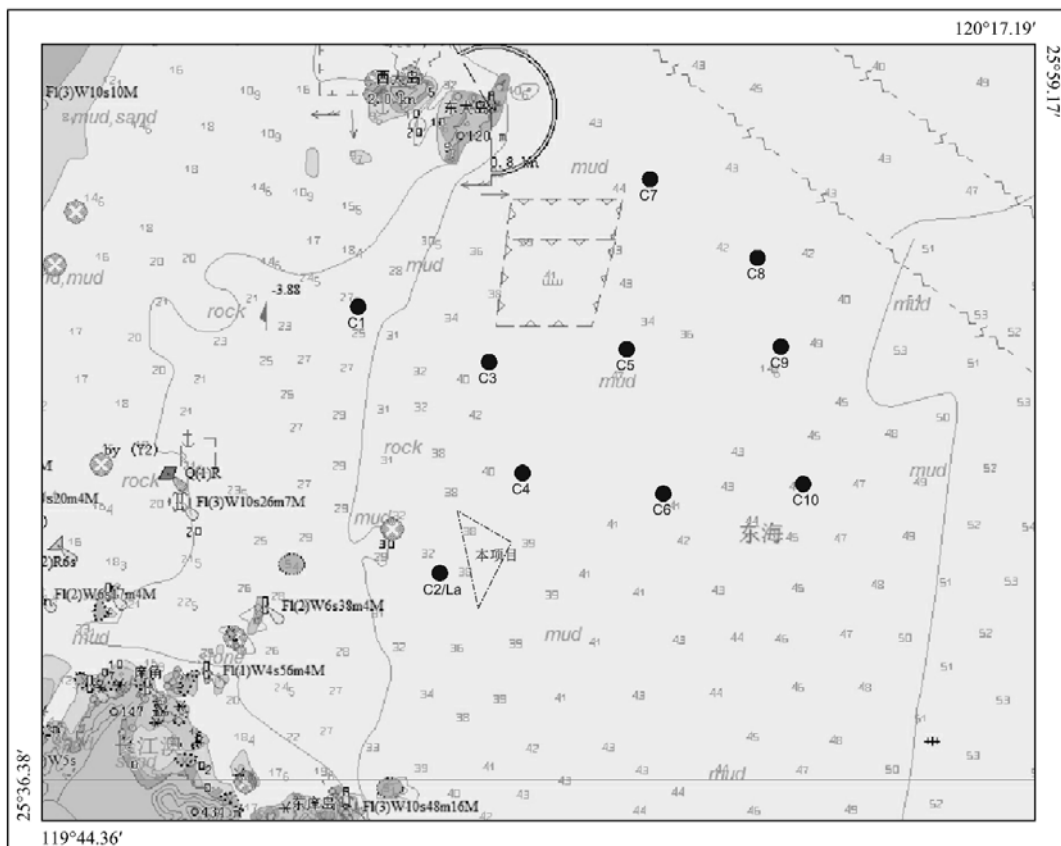


图 4.1.1-7 水文观测站位图

#### 4.1.2.2.1 实测海流分析

##### 一、冬季各站实测涨落潮流的最大流速

**平面海流：**大潮期落潮流平均流速最大为 43cm/s，流向为 63°，出现在 C10 站，涨潮流平均流速最大为 41cm/s，流向为 201°，出现在 C9 站；中潮期落潮流平均流速最大为 42m/s，流向为 80°，出现在 C9 站，涨潮流平均流速最大为 26cm/s，流向为 201°，出现在 C8 站；小潮期，落潮流平均流速最大为 36m/s，流向为 77°，出现在 C9 站，涨潮流平均流速最大为 19cm/s，流向为 160°，出现在 C7 站。

在三次观测中，各站涨落潮平均流速总的看来大潮期最大，小潮期最小。

**垂向海流：**大潮期，落潮流最大流速为 92cm/s，流向为 57°，出现在 C9 站 0.2H 层，涨潮流最大流速为 70cm/s，流向为 140°，出现在 C9 站 0.4H 层。中潮期，落潮流最大流速为 79cm/s，流向为 94°，出现在 C9 站表层，涨潮流最大流速为 62cm/s，流向为 139°，出现在 C9 站 0.2H 层。小潮期，落潮流最大流速为 65cm/s，流向为 102°，出现在 C9 站表层，涨潮流最大流速为 47m/s，流向为 141°，出现在 C8 站 0.2H 层。

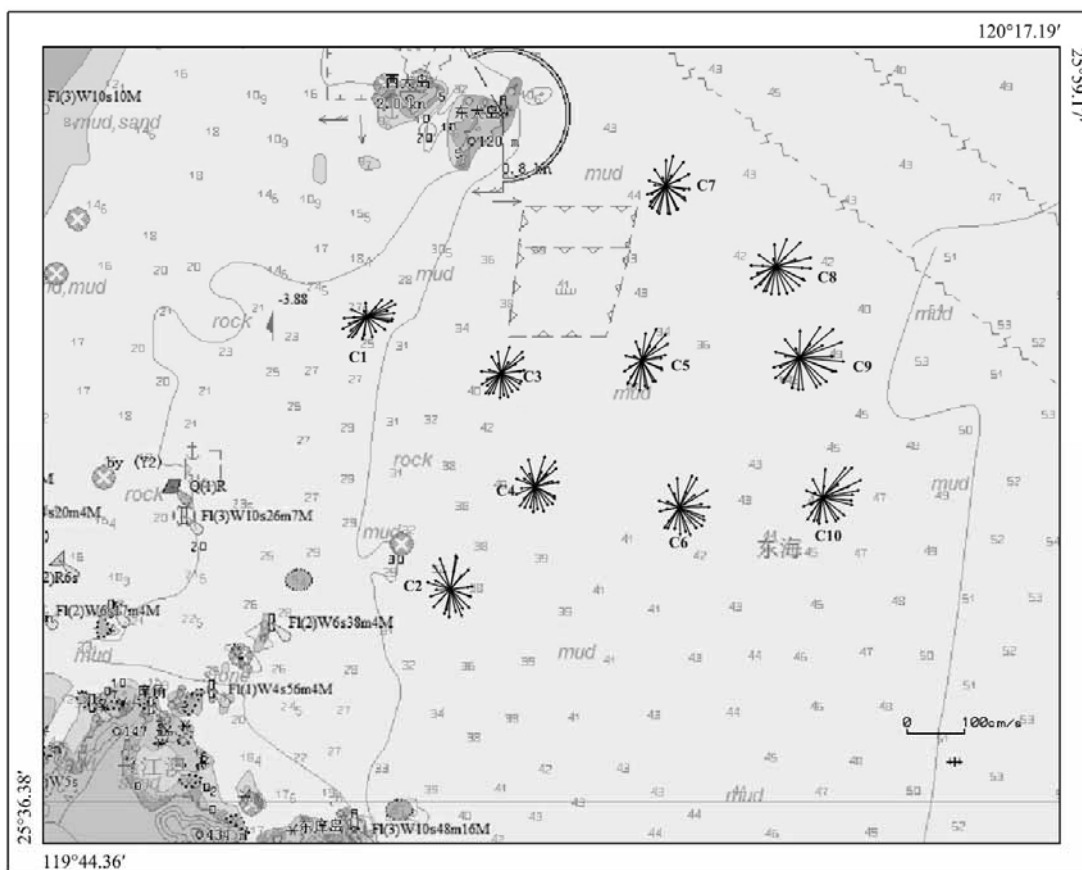


图 4.1.1-8 各站大潮期垂线平均海流矢量图

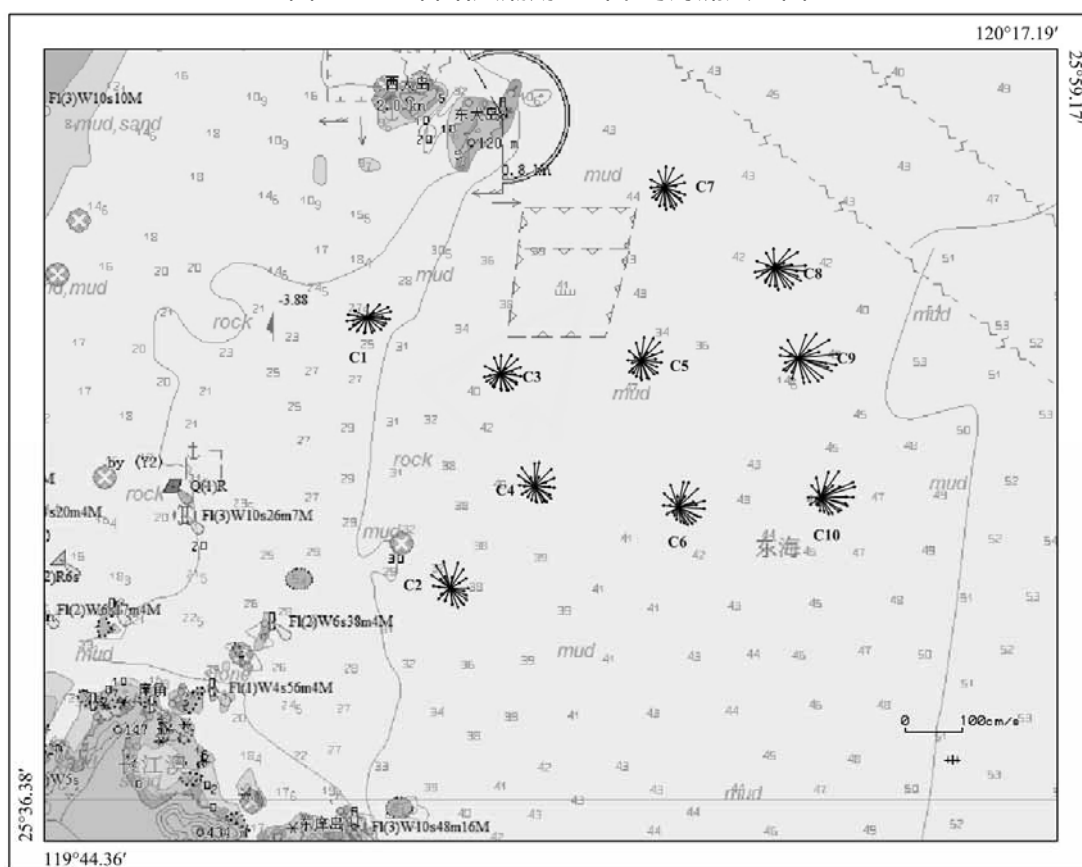


图 4.1.1-9 各站中潮期垂线平均海流矢量图



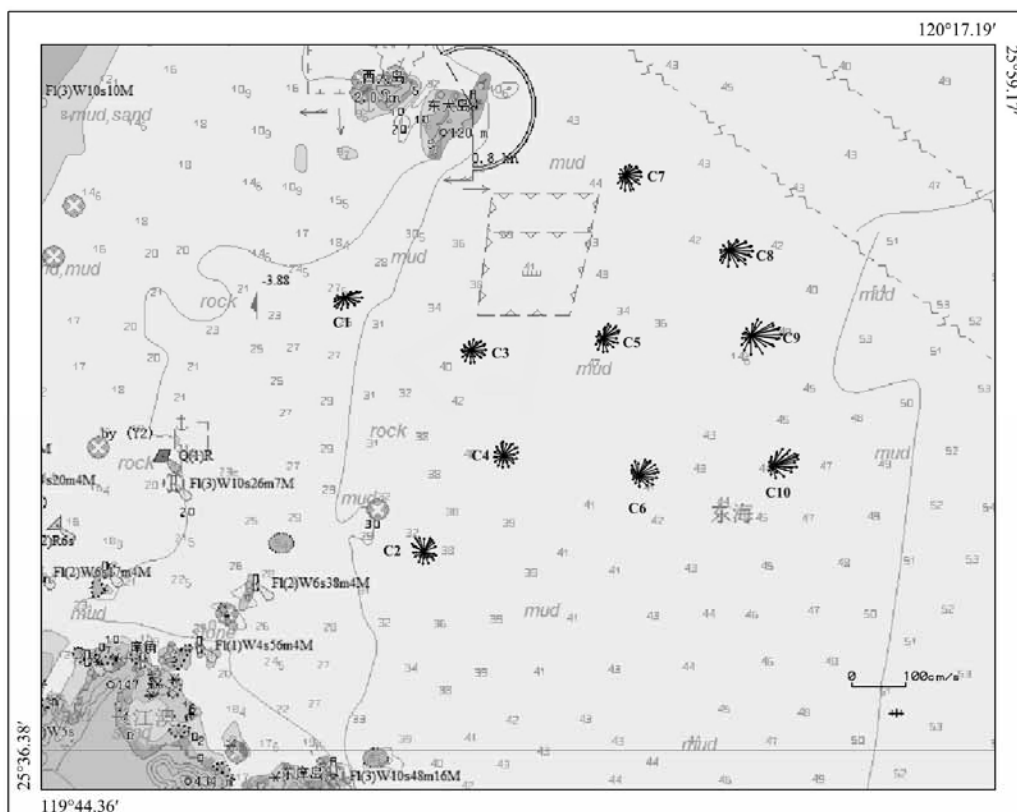


图 4.1.1-10 各站小潮期垂线平均海流矢量图

## 二、秋季各站实测涨落潮流的最大流速

海流在平面上的分布：各站实测海流表现为一定的旋转性流动，涨潮流向为偏 SW 向，落潮流向为偏 NE 向。

### （一）涨、落潮流平均流速及流向

大潮期，C9 站涨落潮平均流速最大，C1 站位涨落潮平均流速最小，总体呈现岸边站小于离岸站的趋势。中潮期，各站涨落潮流平均流速规律基本与大潮期一致。小潮期，各站涨落潮流平均流速规律也与大潮期一致。

各站中，大潮期，除 C1 站、C3 站、C10 站涨潮流平均流速小于落潮流平均流速外，其余各站涨潮流平均流速大于落潮流平均流速。中潮期，除 C1 站、C4 站、C6 站、C9 站、C10 站涨潮流平均流速小于落潮流平均流速外，其余各站涨潮流平均流速大于落潮流平均流速。小潮期，各站落潮流平均流速均大于涨潮流平均流速。小潮期，除 C7 站涨潮流平均流速大于落潮流平均流速外，其余各站涨潮流平均流速小于落潮流平均流速。

大潮期落潮流平均流速最大为 51cm/s，流向为 55°和 56°，出现在 C9 站和 C10 站，涨潮流平均流速最大为 54cm/s，流向为 208°，出现在 C9 站；中潮期落潮流平均流速最

大为 44m/s，流向为 58°，出现在 C9 站，涨潮流平均流速最大为 38cm/s，流向为 201°，出现在 C5 站；小潮期，落潮流平均流速最大为 33m/s，流向为 73°，出现在 C9 站，涨潮流平均流速最大为 21cm/s，流向为 203°，出现在 C9 站。

在三次观测中，各站涨落潮平均流速总的看来大潮期最大，小潮期最小。

## （二）最大涨、落潮流流速及流向

大潮期垂线平均的落潮流最大流速的变化范围在 68cm/s~96cm/s 之间，最大值出现在 C9 站，流向为 42°，垂线平均的涨潮流最大流速的变化范围在 61cm/s~84cm/s，最大值为出现在 C9 站，流向为 210°。中潮期，垂线平均的落潮流最大流速的变化范围在 50cm/s~75cm/s 之间，最大值出现在 C9 站，流向为 60°，垂线平均的涨潮流最大流速的变化范围在 49cm/s~67cm/s，最大值为出现在 C2 站，流向为 280°。小潮期，垂线平均的落潮流最大流速的变化范围在 31cm/s~56cm/s 之间，最大值出现在 C9 站，流向为 76°，垂线平均的涨潮流最大流速的变化范围在 28m/s~41cm/s，最大值为出现在 C9 站，流向为 145°。

**海流在垂向上的分布：**大潮期，落潮流最大流速为 106cm/s，流向为 39°，出现在 C9 站 0.2H 层，涨潮流最大流速为 94cm/s，流向为 207°，出现在 C9 站 0.2H 层。中潮期，落潮流最大流速为 84cm/s，流向为 42°，出现在 C9 站 0.2H 层，涨潮流最大流速为 74cm/s，流向为 284°，出现在 C2 站表层。小潮期，落潮流最大流速为 60cm/s，流向为 88°，出现在 C9 站表层，涨潮流最大流速为 49m/s，流向为 155°，出现在 C9 站表层。

大、中、小潮期三次观测中，海流流速大部分站的最大值出现在表层或 0.2H 层，流速基本上均自表至底逐渐减小，流向在垂直线上的分布比较一致。

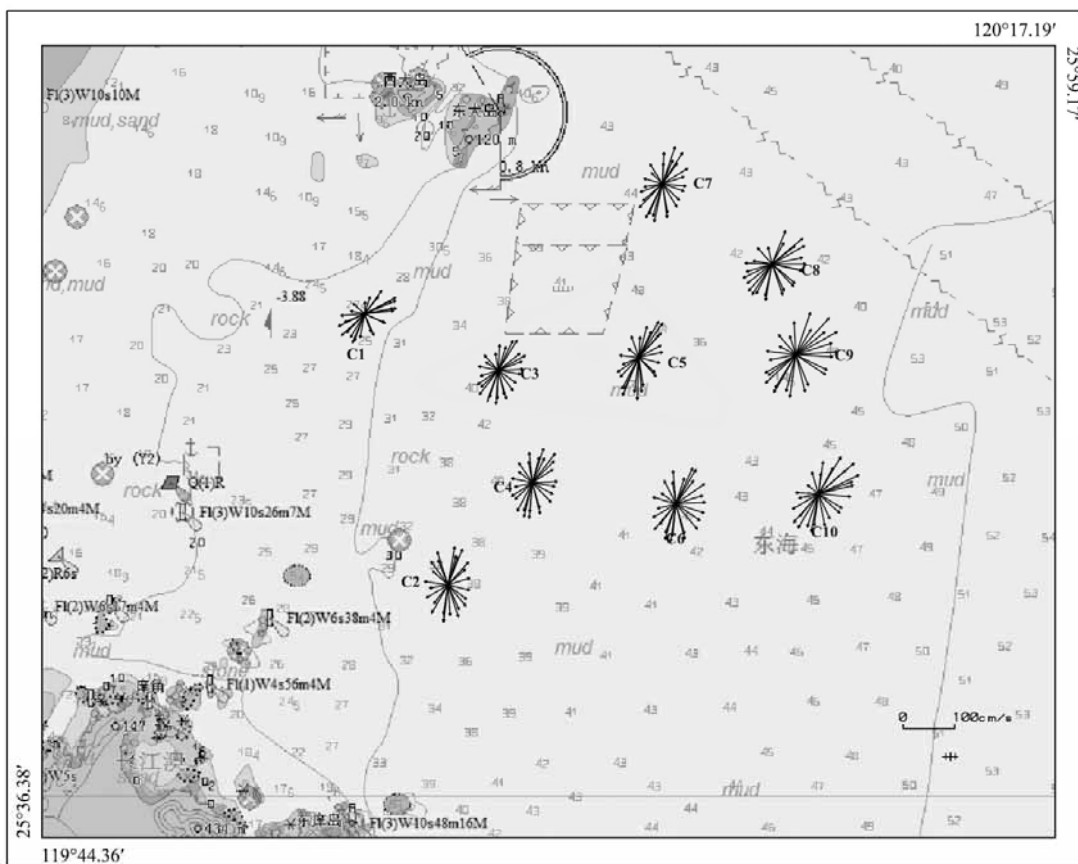


图 4.1.1-11 各站大潮期垂线平均海流矢量图

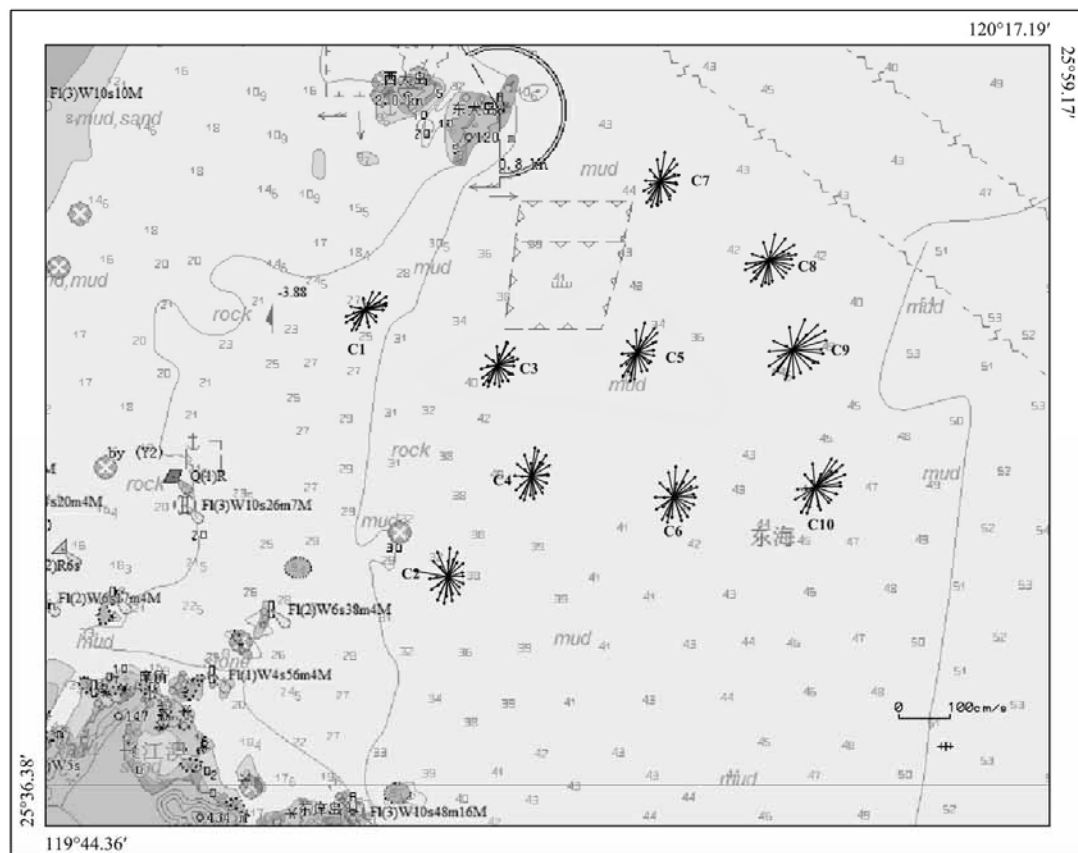


图 4.1.1-12 各站中潮期垂线平均海流矢量图

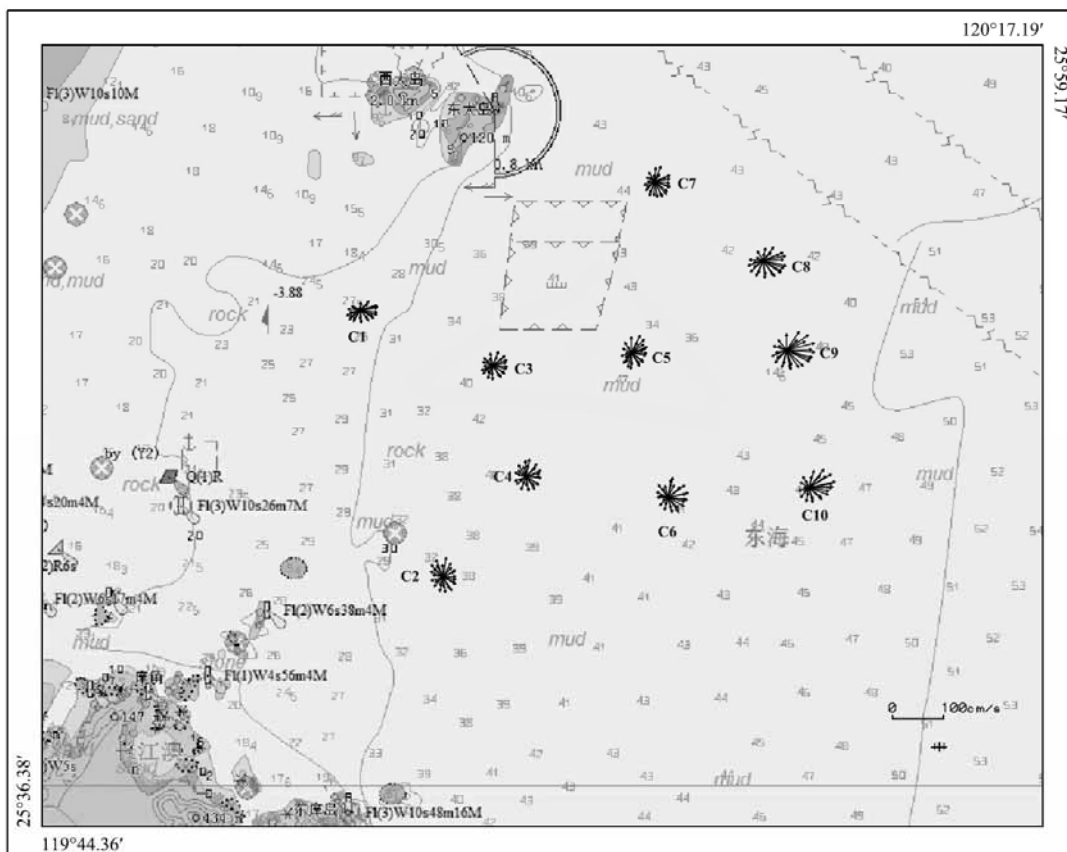


图 4.1.1-13 各站小潮期垂线平均海流矢量图

#### 4.1.2.2.2 潮流状况

##### 一、潮流性质

按《海港水文规范》潮流可分为规则的、不规则的半日潮流和规则的、不规则的全日潮流，其判别标准为：

- $(W_{O1}+W_{K1})/W_{M2} \leq 0.5$  为规则半日潮流
- $0.5 < (W_{O1}+W_{K1})/W_{M2} \leq 2.0$  为不规则半日潮流
- $2.0 < (W_{O1}+W_{K1})/W_{M2} \leq 4.0$  为不规则全日潮流
- $(W_{O1}+W_{K1})/W_{M2} > 4.0$  为规则全日潮流

$(W_{O1}+W_{K1})/W_{M2}$  称为潮流类型系数。

通过潮流调和计算分析计算出各实测海流观测站的潮型系数列入表 3.1.2-1。

由表 4.1.1-4 可知，在各站的潮型系数中，各站各层潮流类型判别数均小于 0.5，其潮流性质为规则半日潮流。

表 4.1.1-4 各站潮流类型判别数  $(W_{O1} + W_{K1})/W_{M2}$

项目 \ 站位号	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10

$(W_{01}+W_{kl})/W_{M2}$	表层	0.28	0.32	0.35	0.29	0.37	0.39	0.38	0.24	0.31	0.28
	0.2H	0.17	0.31	0.31	0.31	0.33	0.44	0.31	0.24	0.27	0.31
	0.4H	0.24	0.32	0.32	0.31	0.28	0.29	0.30	0.26	0.30	0.32
	0.6H	0.18	0.26	0.31	0.29	0.36	0.29	0.33	0.31	0.30	0.30
	0.8H	0.24	0.29	0.29	0.35	0.35	0.35	0.31	0.25	0.26	0.24
	底层	0.15	0.31	0.28	0.30	0.30	0.31	0.34	0.20	0.27	0.25

## 二、潮流的运动形式

潮流的运动形式分旋转流和往复流，通常以椭圆率  $K$  的绝对值大小来判断，当  $|K|=1$  时，潮流椭圆成圆形，各方向流速相等，为纯旋转流；当  $|K|=0$  时，潮流椭圆为一直线，海水在一直线上往返流动，为典型往复流。 $|K|$  值通常在 0-1 之间， $|K|$  值越大，旋转流的形式越显著， $|K|$  值越小，往复流的形式越显著。

由于观测海域为规则半日潮流类型，因此，主要以 M2 分潮流的椭圆率来对潮流运动形式作近似分析。各分潮流椭圆率计算结果见表 4.1.1-5。

潮流的旋转方向，通常是以旋转率  $K$  前面的符号来判断。 $K$  前面为“+”，表示潮流逆时针旋转（左旋）， $K$  前面为“-”，说明潮流是顺时针旋转（右旋）。

表 4.1.1-5 为各站各层 M2 分潮流的  $K$  值表，各站各层 M2 分潮流的  $|K|$  值均在 0.5 左右，各站潮流运动形式以旋转流为主。

潮流的旋转方向，因本海域是规则半日潮流，讨论潮流的旋转方向时，可以 M2 分潮流的  $K$  值变化来讨论各站各层的潮流旋转方向，因此，各站各层 M2 分潮流的  $K$  值均大于 0，潮流旋转方向表现为逆时针旋转。

表 4.1.1-5 各站各层 M<sub>2</sub> 分潮流的 k 值表

项目	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
表层	0.58	0.68	0.68	0.71	0.50	0.74	0.62	0.67	0.68	0.57
0.2H	0.53	0.64	0.67	0.61	0.51	0.72	0.67	0.65	0.68	0.57
0.4H	0.49	0.62	0.68	0.67	0.55	0.71	0.60	0.68	0.67	0.65
0.6H	0.52	0.66	0.66	0.66	0.53	0.75	0.67	0.67	0.68	0.60
0.8H	0.54	0.69	0.72	0.71	0.56	0.74	0.68	0.65	0.72	0.63
底层	0.56	0.67	0.72	0.71	0.53	0.77	0.64	0.71	0.67	0.67

### 4.1.2.2.3 余流

余流流速：本次观测海域余流流速，大潮期各站各层余流流速在 1.8~18.6cm/s 之间，最大余流流速出现在 C9 站 0.4H 层，流向为 125°；中潮期余流流速在 0.7~19.4cm/s 之间，

最大余流流速出现在 C10 站 0.2H 层，流向为  $91^\circ$ ；小潮期各站各层余流流速在 1.9~18.4cm/s 之间，最大余流流速出现在 C9 站的 0.2H 层，流向为  $97^\circ$ 。

余流流向：大潮期各站各层余流流向偏 SE 向。中潮期，除 C2、C6、C10 站余流流向偏 E 向外，其他各站各层余流流向偏 SE 向。小潮期 C2 站余流流向偏 NE 向，C1、C7、C8 站余流流向偏 SE 向，其他各站各层余流流向偏 E 向。

垂向上各层余流流速由表至底逐渐减小，流向基本一致。

#### 4.1.2.3 波浪

根据工程场区邻近专用波浪站为期 1 年的实测波浪资料进行统计分析。

##### (1) 波要素年月分布

该站全年有效波高 (Hs) 平均值为 1.09m，最大值为 5.51m；最大波高 (Hmax) 最大值为 8.48m；周期 (Ta) 平均值为 4.29s，最大值为 8.97s。从有效波高 (Hs) 平均值看，总体较大，在 0.47~1.92m 之间。从最大波高 (Hmax) 的最大值看，7 月份出现全年最大值 8.48m，发生时间为 2013 年 7 月 13 日 09:00。周期 (Ta) 的平均值和最大值各月变化均不大，分别在 3.30~5.10s 和 6.29~8.97s 之间，详见表 4.1.2-2。

表 4.1.2-2 波浪要素统计表

月份 波要素		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	全年
		Hs (m)	平均	1.82	1.78	1.19	1.00	0.77	0.63	0.47	0.62	1.59	1.62	1.40
	最大	4.12	4.45	3.87	3.35	2.79	2.90	5.51	4.34	4.28	3.76	3.59	3.74	5.51
Hmax (m)	最大	6.58	7.54	6.55	5.14	4.28	4.88	8.48	6.99	7.49	6.14	5.38	5.80	8.48
Ta (s)	平均	4.70	4.97	4.53	4.41	4.49	3.95	3.30	3.47	4.68	4.79	4.66	5.10	4.29
	最大	6.54	8.54	8.10	6.29	7.16	7.11	8.97	8.87	8.39	7.41	6.45	6.58	8.97

##### (2) 各级波高年季分布

春季有效波高 (Hs) 以 3 级浪占多数，频率为 41.72%；夏季有效波高 (Hs) 以 2 级浪占多数，频率为 70.08%；秋季和冬季有效波高 (Hs) 均以 4 级浪占多数，频率分别为 54.03% 和 50.01%。全年有效波高 (Hs) 以 4 级浪占多数，频率为 34.91%，其次为 3 级浪，频率为 30.72%，2 级浪出现频率为 26.09%。

##### (3) 波高和周期联合分布

该站全年有效波高 (Hs) 和平均周期 (Ta) 的联合分布可以看出，有效波高主要集中在 3.1m 以内，所占频率为 97.86%，其中，波高在 0.0~0.4m 之间最多，占 24.89%；周期主要集中在 2~6s，所占频率为 93.47%，其中，周期在 4~5s 之间最多，占 37.69%。

#### 4.1.2.4 风暴潮

福建省沿海是受台风暴潮威胁较严重的海域，台风增水影响明显。根据 1956 ~ 2000 年福建省潮位资料统计，45 年中发生台风增水 197 次，平均每年 4.4 次，暴潮增、减水的幅度在 -1.1m ~ 1.5m 之间，其中最大增水值 2.52m。近 10 年来，福建省沿海风暴潮灾害呈频繁趋势，部分岸段高潮位常有超过当地警戒水位情况出现，其中 1990 年、1994 年、1997 年、1999 年沿海多数验潮站的高潮位接近或超过历史记录，出现特大海潮。危害性风暴潮的发生多为台风过境时与天文大潮相遇，引起强降雨和高增水。

近 10 多年来，福建省沿海风暴潮灾害呈频繁趋势，部分岸段高潮位常有超过当地警戒水位情况出现，其中 1990 年、1994 年、1997 年、1999 年沿海多数验潮站的高潮位接近或超过历史记录，出现特大海潮。危害性风暴潮的发生多为台风过境时与天文大潮相遇，引起强降雨和高增水。

### 4.1.3 海底地质地貌

本项目位于福建省东部沿海，东濒台湾海峡。项目位于福建东部海岸线以东约 30.0 公里处，该区域水下地形相对平缓。

项目区域地貌类型丰富，主要为沿海侵剥蚀丘陵、滨海海积平原、海积海岸、丘陵海岸以及海底阶地地貌。距长乐海岸线约 30.0km，低潮位时水深约 41.0m，高潮位时水深约 44.0m。地貌类型为丘陵海岸地貌。

#### (1) 区域主要断裂及活动性

工程所在区域在大地构造划分上属于闽东火山断拗带，在新构造运动分区上，本区域属闽东 ~ 粤东沿海差异隆起区，区域总体表现为缓慢的抬升状态。场区处于北北东——北东向长乐——诏安断裂带的北段，区内断裂构造发育，具多期和不同性质的活动特点。据断层活动年代测定资料表明，上述这些断裂明显活动时代为中更新世，晚更新世以来，仅在断裂某些局部地段，特别是北西向断裂交汇部位(漳州、泉州断陷盆地等地)仍有活动，对工程区的影响甚微。区内未发现对工程区有影响的活动构造，本区地质构造相对简单。本区历史上地震活动和近期地震活动相对较低，只有弱震活动，属基本稳定地区。

本工程临近海岸陆域 II 类场地基本地震动峰值加速度为 0.10g，基本地震动加速度反应谱特征周期为 0.45s，相应的抗震设防烈度为 7 度，设计地震分组为第三组。场地位于海域且浅部主要为淤泥及淤泥质土，为抗震不利地段。场地 20m 深度范围内以粘

性土为主，可不考虑砂土液化问题。场地类别建议按IV类考虑。根据IV类场地调整后的地震动峰值加速度为 0.12g，地震动加速度反应谱特征周期为 0.65s。

对拟建工程场地影响较大的断裂构造主要有北北东 - 北东向的滨海断裂带、长乐 - 诏安断裂带（见图 4.1.3-1、表 4.1.3-1）。现将区域主要断裂构造简述如下。

#### 1) 北北东 - 北东向断裂带

##### (1) 滨海断裂带 (F2)

位于台湾海峡的滨海断裂带，由多条次级断裂斜列组合而成，走向北北东 - 北东，各次级断裂之间被北西向断裂所分隔。该断裂整体倾向南东，局部倾向北西，倾角较陡，甚至近于直立。受北西向断裂的分割作用，滨海断裂带可分成东海段 (F2-1)、平潭海外段 (F2-2)、泉州海外段 (F2-3)、金门海外段 (F2-4)。活动性最强并且对工程场地影响最大的是泉州海外段，而距场址较近的是平潭海外段。

东海段 (F2-1) 分布在东海陆架盆地西侧，大致在海域 50 - 60m 等深线附近呈雁列式分布。总体走向北东至北北东，倾向南东。主要由数条压扭性的断裂沿台湾拗陷盆地西侧和东海盆地西侧断续展布。其所处环境构造作用不强，自中新世以来进入相对平稳阶段，但断裂对地貌有一定控制作用。该段断裂属第四纪早期断裂。

平潭海外段 (F2-2) 断裂在新生代以来具有较强活动，第三纪时期断裂的活动性质为正断层，但断裂的最新活动性质为逆断层，断裂倾角近直立，断裂错动了晚渐新世到中新世褶皱变形地层，垂直断距达 25m。该段断裂附近历史上曾发生 1992 年南日岛东南 5.2 级地震、1517 年在平潭海外  $5\frac{1}{2}$  级地震和 1881 年台湾海峡 6 级地震。

泉州海外段为台湾海峡段滨海断裂带中部的段落，该断裂的两侧在地貌上反差强烈，表现为水下岸坡转折带。断裂西侧为平缓坡状的水下岸坡区，普遍存在两级水下阶地。一级阶地水深在 10 - 20m，二级阶地发育在水深 35 - 60m 之间。在海底阶地东侧滨海断裂处存在高 10m 左右的坡坎，滨海断裂东侧为地势平坦的海底深水槽，深 60 - 70m。滨海断裂历史上在该段曾发生过 1604 年泉州海外  $7\frac{1}{2}$  级地震。因此，该段断裂为全新世活动断层。

金门海外段倾角较陡，倾向南东，由 2~3 条次级断裂平行组合而成。该段断裂错断地层达至第四系底界。金门海外段不仅是海底地形坡度变化的转折点，而且是大陆隆起与沉积拗陷的分界，因此，是一条活动时代很新的断裂带。在金门海外段附近曾发生



过 1906 年等的 3 次破坏性地震，分别为 1906.03.28 福建厦门海外  $6\frac{1}{4}$  级、1906.03.29 福建厦门海外  $5\frac{1}{2}$  级、1906.08.19 福建厦门近海  $5\frac{1}{4}$  级地震。对比构造特征相似的泉州海外段和南澳海外段，金门海外段应是一条全新世活动断裂。

综上所述，滨海断裂带中的泉州海外段和金门海外段属全新世活动断裂，东海段和平潭海外段为第四纪早期断裂。

## (2) 长乐 - 诏安断裂带 (F3)

该带位于东南沿海丘陵地带，呈北东向平行海岸线展布。断裂带北起闽江口川石岛、琅岐岛，经长乐、福清、笏石、晋江、厦门、漳浦至诏安一带，延伸总长度大于 350 公里。该断裂带由一系列近于平行、长度不等的断层组成，带宽 38-58 公里。断裂带具多期活动，主要表现为燕山早期侵入岩和侏罗系火山岩普遍发生韧性剪切和动力变质作用，沿断裂带可见糜棱岩以及片理化、硅化等现象；燕山晚期和喜山期沿断裂有基性、超基性岩侵入；新第三纪有火山岩浆喷溢以及现代温泉分布。

在长乐 - 诏安断裂带的一些地段，特别是与北西向断裂交汇地带，历史上有破坏性地震发生，如莆田、惠安、安溪、泉州、晋江安海等地  $4\frac{3}{4}$  ~  $5\frac{1}{4}$  级地震等。

## 2) 北西向断裂带

本区域内北西向断裂主要有：闽江断裂带 (F5)、永安 - 晋江断裂带 (F7)、九龙江断裂带 (F8) 等。这些断裂走向北西  $310-320^\circ$ ，倾向南西或北东，倾角  $70-85^\circ$ 。它们近于等间距展布，属于张性或张扭性力学性质，局部地段为压扭性，形成于燕山期，并与北东向断裂相互交切，构成本区醒目的菱形网络构造格局。北西向断裂断续延伸约 100 多公里。断裂明显控制了河流谷地和盆地的发育。其中，闽江断裂带、永安 - 晋江断裂带的东南段为晚更新世活动断裂，沙县 - 南日岛断裂带、九龙江断裂带为早更新世断裂。历史上北西向断裂附近发生过一些破坏性地震，如 1574 年福州—连江间  $5\frac{3}{4}$  级地震、1934 年安溪  $5\frac{3}{4}$  级地震、1607 年泉州湾  $5\frac{1}{4}$  级地震等，现今小震活动也较为频繁。在北西向断裂与北东向断裂交汇部位往往构成破坏性地震发生部位。

### (1) 近东西向断裂带

近东西向断裂形成地质历史较早，受多期构造运动破坏、干扰、截接，形迹多呈片段不连续分布。断裂走向多为北东  $80 \sim 90^\circ$  或北西  $290 \sim 270^\circ$ ，倾向北西或南西，倾角

70~80°，以压性力学性质为主，后期多转化为压扭性。本区域近东西向断裂形迹主要是清流 - 连江断裂带 (F9)、漳平 - 莆田断裂带 (F10)，为南岭东西向构造带东部的断裂带。其构造形迹由一系列压性或压扭性断层、挤压带、破碎带、片理化带、破劈理带、脉岩等组成。同时，在新构造运动以来，控制山脉和水系发育，见有断层沟、断崖、断层三角面地貌景观，或者导致同级河流阶地呈南低北高的特征。在尤溪、闽清等地有基性超基性岩呈近东西向带状分布，以及宁化、明溪等地晚第三纪至早更新世喷发的玄武岩出露。此外，还可见有温泉和小震活动沿近东西向断裂某些地段分布，说明近东西向断裂在第四纪时期于某些地段仍有一定活动性。

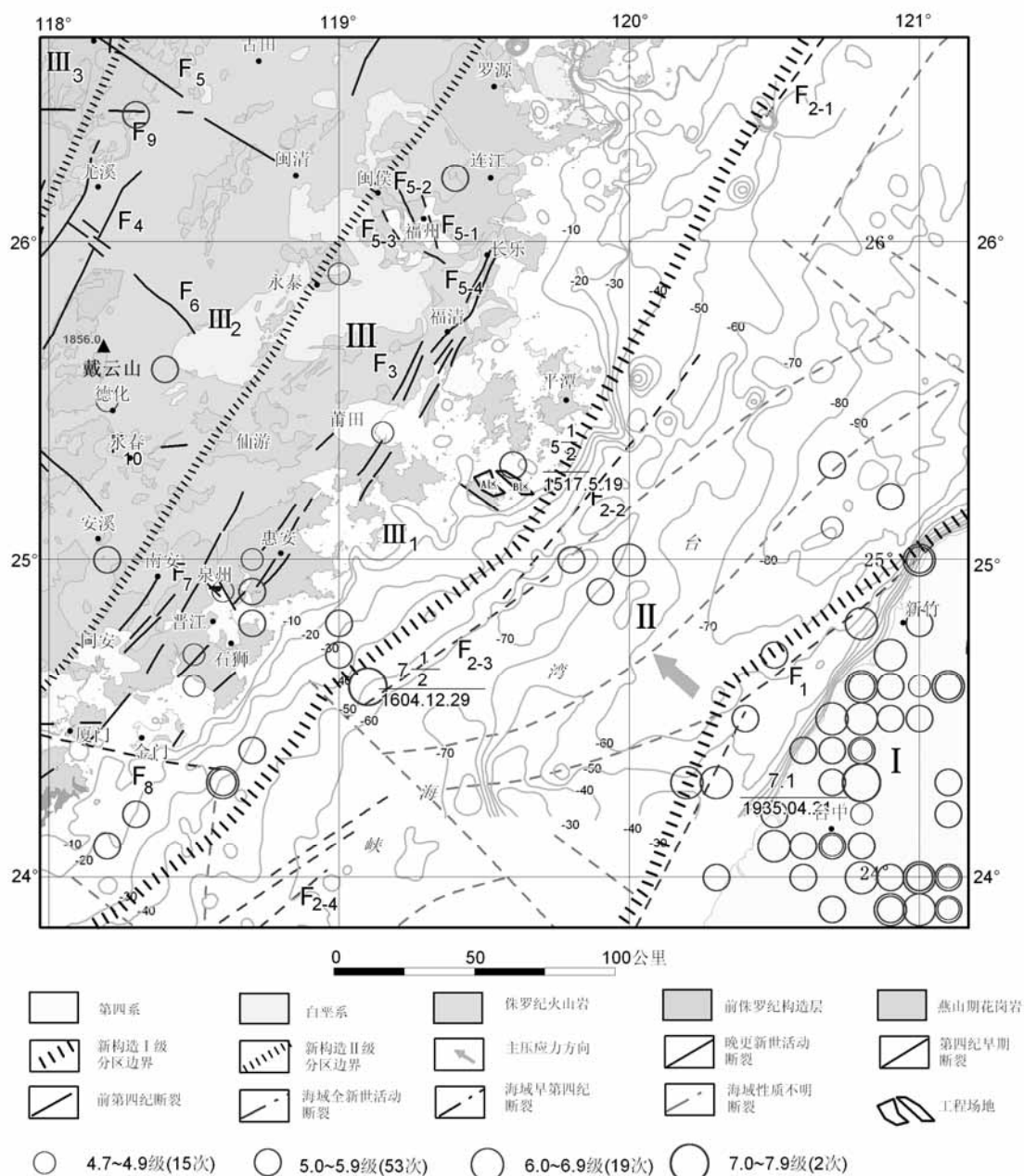


图 4.1.3-1 区域构造图

表 4.1.3-1 区域主要断裂基本特征一览表

断裂编号	断裂名称	断层产状	基本特征	最新活动年代
F <sub>1</sub>	台湾海峡东侧断裂	总体走向 NNE - NE	断裂西侧为台湾海峡拗陷盆地，东侧为台湾西部平原。断裂控制晚第三纪至第四纪更新世玄武岩喷溢活动。沿断裂发生过多次 6-7 级地震。	全新世
F <sub>2</sub>	滨海断裂带	走向 NE-NNE, 倾向 SE, 局部倾向北西, 倾角较陡	由数条斜列式压扭性断裂组成, 断裂以西主要为火山岩、变质岩区, 以东为第三纪以来沉积层, 厚约 3-5km。沿断裂发生过 7 $\frac{1}{2}$ 级地震。	第四纪早期-全新世
F <sub>3</sub>	长乐 - 诏安断裂带	走向 NE-NNE, 倾向多为 SE, 倾角较陡	沿断裂岩石普遍发生韧性剪切和动力变质作用, 沿断裂带可见糜棱岩及片理化、硅化等现象; 燕山晚期和喜山期沿断裂有基性、超基性岩侵入。	第四纪早期
F <sub>4</sub>	政和 - 海丰断裂带	走向 NE25-30°, 倾向 SE, 倾角 65-75°	断裂以压性为主, 兼有扭性。沿断裂有基性、超基性岩侵入。断裂控制晚白垩-早第三纪小型断陷盆地发。	第四纪早期
F <sub>5</sub>	闽江断裂带	走向 NW310-320°, 倾向 NE 或 SW, 倾角 75-85°	断裂断续延伸, 以张性或张扭性为主。	第四纪早期-晚更新世早期
F <sub>7</sub>	永安 - 晋江断裂带	走向 NW300-330°, 倾向 SW, 倾角 70-80°	由压性、压扭性断裂组成, 控制北西向串珠状红色盆地发育。	第四纪早期-晚更新世早期
F <sub>8</sub>	九龙江断裂带	走向 NW290-320°, 倾向 SW, 倾角 75-80°	具多期次活动特征, 断裂西北段与东南段第四纪以来的活动性存在明显差异。	第四纪早期-晚更新世早期
F <sub>9</sub>	清流 - 连江断裂带	走向近东西向, 倾向 NW 或 SW, 倾角 70-80°	以压性和压扭性为主, 发育挤压破碎带、片理化带、破劈理带。	前第四纪
F <sub>10</sub>	漳平 - 莆田断裂带	走向近东西向, 倾向 NW 或 SW, 倾角 70-80°	以压性和压扭性为主, 发育挤压破碎带、片理化带、破劈理带。	前第四纪

## 2、近场区主要断裂及活动性

近场区位于区域上的北北东 - 北东向长乐 - 诏安断裂带北段、北西向沙县 - 南日岛断裂带东南段交汇地区。区内断裂主要走向有北北东 - 北东向和北西向。现将近场区内主要断裂构造及其活动性分述如下：

### (1) 中楼断裂 (f3)

中楼断裂断续分布于平潭岛芦洋平原东侧, 往南在龙高半岛的莲峰村仍可见零星出露。在中楼北东采石场剖面, 在花岗闪长岩中见走向北东 25°, 倾向北西, 倾角 80°节理, 及走向北东 10-15°, 倾向南东或北西, 倾角 75-80°的节理滑动面, 节理滑动面上见左旋走滑擦痕。该断裂是前第四纪断裂。该断裂位于场址东北, 最近距离约 8.1km, 断裂指向场址。

### (2) 东瀚断裂 (f4)

断裂展布于北后澳和东瀚村附近，由北东东向和北北东向两组多支断裂组成，呈断裂带，单条断裂长度一般小于 5km，全长达 13km，走向北东 20-50°，总体倾向西，沿断裂糜棱岩发育，并有片理化、硅化构造角砾岩。该断裂主要表现为糜棱岩、片理化、硅化构造角砾岩等特征，为前第四纪断裂。该断裂位于场址北面，最近距离约 9.4km。

### (3) 高山断裂 (f5)

该断裂位于福清半岛东部高山一带。断裂由若干条次级断裂组成，长度约 6km。走向北东 40-50°，倾向北西，倾角 60~80°。在断裂带内，花岗闪长岩普遍被挤压，形成片麻状构造。每条断裂由糜棱岩或超糜棱岩，糜棱岩化花岗闪长岩和压碎岩组成。该断裂中更新世还在活动，未发现晚更新世以来的活动现象。

### (4) 韩瑶山断裂 (f6)

断裂分布于三山以南的韩瑶山 - 庄下山一带，西起韩瑶山西面海岸，向东经韩瑶山、庄下山等山丘，止于后郑以北，全长约 7.0km，总体产状为走向北东 70°，倾向南东，倾角 70-80°。

该断裂主要由一系列断面组成，沿韧性剪切带中片理发育，早期为张性的正断倾滑运动，晚期为扭性的左旋走滑运动；据断裂的硅化蚀变强及地貌表现、未断错地层及区域构造活动背景，判定韩瑶山断裂的最新活动时代应为前第四纪。

### (5) 海口 - 江阴断裂 (f7)

该断裂是长乐 - 诏安断裂带的主干断裂之一，位于近场区中北部，长约 40km。该断裂展布于福清炎寨山、海口、南西亭、江阴岛的下垄、下石村一带，走向北东 25~30°，倾向南东，倾角 70°以上。

海口 - 江阴断裂主要分布于海口至江阴岛的基岩区，由 5 条次级断裂组成，最长的次级断裂长 11.5km。断裂主要表现为破碎带，片理化及硅化等蚀变现象，局部发育糜棱岩或糜棱岩化。该断裂的断层破碎带、构造岩及断层面具蚀变现象，断裂被晚更新世地层覆盖，而且未见断层微地貌表现，断裂破碎带物质或断层泥测年显示断裂最新在中更新世活动过。

## 4.1.4 工程地质条件

本项目工程地质资料引自《长乐外海海上风电场 A 区项目新场址区工程地质勘察报告 (2019 年 5 月)》(福建省水利水电勘测设计研究院，福建永福电力设计股份有限公

司) 调查结论。

### 一、地层岩性

根据本阶段 8 个钻孔资料,并结合浅震物探成果,场区海域内主要出露的地层岩性如下:第四系海(冲)积砂、淤泥、淤泥质土、粉质粘土及风化土层等。场区内下伏基岩岩性主要为燕山期侵入的花岗岩。具体岩土层分布特征描述(自上而下)如下:

#### (一) 海相堆积( $Q^m$ )、冲洪积( $Q^{al+pl}$ )

淤泥:深灰色,饱和,流塑~软塑,以粘性土为主,含有机质及少量碎贝壳,局部夹薄层状粉砂。干强度中等,韧性中等,具有腥臭味,切面有光泽。钻孔均有揭示并揭穿,揭示厚度 8.2~19.0m。

粉砂:浅灰色,饱和,松散~稍密,以粉砂为主,泥质含量一般大于 20%,颗粒较均匀,标贯击数介于 8~14 击。本层在 ZKA4、ZKA14 有揭示并揭穿,揭示厚度 2.2~3.1m。

淤泥质粉质粘土:深灰色,饱和,软塑,稍臭,局部夹细砂及云母片。粘性感强,捻面光滑,有光泽,干强度中,韧性中。本层在 ZKA4、ZKA16 有揭示并揭穿,揭示厚度 6.5~8.6m。

粉质粘土:浅灰色,湿,软塑~可塑,成分以粉、粘粒为主,局部夹薄层状粉细砂。粘性感较强,无摇晃反应,切面较光滑,有光泽,干强度高,韧性强。各钻孔多有揭示并揭穿,揭示厚度 6.0~14.7m。

1 粉细砂:浅灰色,饱和,稍密~中密,以细、粉砂为主,含少量泥质,级配较好,呈透镜体分布于粉质粘土层。本层在 ZKA4、ZKA11、ZKA15、ZKA16 有揭示并揭穿,揭示厚度介于 2.3~7.3m。

细中砂:浅灰色,饱和,密实,以细砂为主,泥约占 20~30%。本层大部分钻孔有揭示并揭穿,揭示厚度 5.4~27.4m。

粉质粘土:浅灰色,湿,可塑,成分以粉、粘粒为主,局部夹薄层状粉细砂。粘性感较强,无摇晃反应,切面较光滑,有光泽,干强度高,韧性强。本层大部分钻孔有揭示并揭穿,揭示厚度 4.7~28.2m。

1 细中砂:浅灰色,饱和,密实,以细、中砂为主,含少量泥质,级配较好,呈透镜体分布于粉质粘土层。本层仅在 ZKA3、ZKA13 有揭示并揭穿,揭示厚度

2.2~2.8m。

2 细中砂：浅灰色，饱和，密实，以细、中砂为主，含少量泥质，级配较好，呈透镜体分布于粉质粘土层。本层仅在 ZKA3 有揭示并揭穿，揭示厚度 2.6m。

细中砂：灰黄、浅黄色，冲洪积，饱和，密实，以中、细砂为主，含少量泥质，级配较好。本层仅在 ZKA3、ZKA16 有揭示并揭穿，揭示厚度 2.8~14.2m。

中砂：灰白、灰绿色，冲洪积，饱和，密实，以中砂为主，含少量泥质，级配较差。本层大部分钻孔有揭示，最大揭示厚度 43.4m。

粉质粘土：浅白、浅黄色，湿，硬塑，成分以粉、粘粒为主。粘性感较强，无摇晃反应，切面较光滑，有光泽，干强度高，韧性高。仅钻孔 ZKA3、ZKA11 揭示，最大揭示厚度 10.65m。

## (二) 基岩及风化岩

场区内基岩岩性主要为燕山期侵入的花岗岩，按岩性及风化程度分述如下：

全风化花岗岩：浅黄、浅红，硬塑，岩石组织结构完全破坏，除石英以外的矿物多已风化成土状，岩芯呈砂土状，遇水崩解、软化。仅在 ZKA15 钻孔有揭示并揭穿。

1 全风化辉绿岩：脉岩，灰黄色，硬塑，岩石组织结构完全破坏，除石英以外的矿物多已风化成土状，岩芯呈砂土状，遇水崩解、软化。仅在 ZKA16 钻孔有揭示并揭穿。

1 散体状强风化花岗岩：浅灰、浅黄色，硬塑，岩石组织结构大部分已破坏，大部分矿物已风化蚀变，岩芯呈砂土状，遇水崩解、软化。钻孔多有揭示并揭穿，部分孔位未揭示，埋藏起伏较大。

2 碎块状强风化花岗岩：褐黄色，浅黄色，岩石节理、裂隙发育，岩芯呈碎裂状。换算岩石饱和单轴抗压强度介于 10.7~22.6Mpa，属软岩，岩体破碎，岩体基本质量等级级，仅局部钻孔有揭示，埋藏起伏较大。其中 ZKA11、ZKA15、ZKA16 钻孔有揭示，层顶高程一般介于-99.96~-118.22m。

中风化花岗岩：青灰色、灰白色，粗粒花岗结构，块状构造，岩石较新鲜、坚硬，岩石节理、裂隙一般发育，岩芯多呈短柱~长柱状，岩石饱和单轴抗压强度一般介于 70.7~104.1Mpa，属较硬~坚硬岩，岩体基本质量等级 ~ 级。其中 ZKA4、ZKA11、ZKA12、ZKA15、ZKA16 钻孔有揭示，层顶高程一般介于-58.06~-119.02m。

地质剖面图见图 4.1.4-1。

勘察结果表明，从区域地质来看，拟建场地及其附近未发现活动性断裂通过，新构造运动表现微弱，无破坏性地质灾害，区域构造相对稳定，场地稳定性较好。除海底表层分布有软弱、液化土层，未发现其它不良地质作用发育，故本场地适宜风电场的建设。

## 二、岩土层性状、基础方案分析评价

### （一）地基土条件分析评价

淤泥，一般呈流塑状，物理力学性状较差，易被冲刷，不宜选做基础持力层。

粉砂：呈松散~稍密状，局部地段泥质含量较高，且具有轻微~中等地震液化，不建议选作基础持力层。

淤泥质粉质粘土，软塑状，局部夹细砂及云母片，物理力学性质差，高压缩性，不宜选做基础持力层。

粉质粘土：软塑~可塑状，物理力学性质一般，埋藏较深，厚度分布不均匀，不宜选做基础持力层。

1 粉细砂：稍密~中密状，呈透镜体分布，表层具轻微地震液化，不宜选做基础持力层。

细中砂：密实状，物理力学性质良好，但埋藏起伏大，分布不均匀，不宜选作基础持力层。

粉质粘土：可塑状，物理力学性质一般，埋藏较深，厚度分布不均匀，不宜选做基础持力层。

1 细中砂、 2 细中砂：密实状，呈透镜体分布，物理力学性质良好，分布不均匀，不宜选做基础持力层。

细中砂：密实状，物理力学性质良好，但埋藏起伏大，分布不均匀，不宜选作基础持力层。

中砂：密实状，物理力学性质良好，但埋藏起伏大，分布不均匀，埋藏深厚处可选作基础持力层。

粉质粘土：硬塑状，物理力学性质良好，但埋藏起伏大，分布不均匀，埋藏深厚处可选作基础持力层。

全风化花岗岩、 1 全风化辉绿岩，物理力学性质良好，埋藏较深，但厚度分布

不均匀，且大部分地段缺失，不建议选作基础持力层；

1 散体状强风化花岗岩，硬塑状，物理力学性质良好，但埋藏起伏大，分布不均匀，可选作基础持力层。

2 碎块状强风化花岗岩，物理力学性质良好，但埋藏起伏大，分布不均匀，可选作基础持力层。

中风化花岗岩，物理力学性质良好，但埋藏起伏大，分布不均匀，可选作基础持力层。

## （二）基础方案分析评价

场址区覆盖层较厚，建议构筑物基础采用桩基础或其他基础型式（如吸力桩基础型式），如采用桩基础，桩型可选择打入式钢管桩或嵌岩桩，以中砂或下部风化基岩作为桩端持力层，且桩长应满足结构稳定性要求。如采用吸力桩基础型式，应注意局部风机位浅部地层由于存在较密实的砂土层、或存在硬塑的粘性土以及地层的不均匀性的不利影响。

## 三、海缆路由工程地质条件评价

### （一）路由区地质概况

路由区内未发现活动性断裂通过，新构造运动表现微弱，地壳运动相对稳定。场地广泛分布的淤泥、淤泥质粉质粘土层会震陷，且表部砂层具轻微~中等液化性。路由海域水深约为 0~50m，除了登陆段的岸滩、水下岸坡外，主体路由区海底地形平缓。路由海域全新世海相淤泥质地层发育，除礁石区附近外，土层厚度均在 10m 以上，浅上部地层以淤泥、淤泥质粉质粘土、粉砂等为主，局部在岸边和岛礁附近海域表部主要为砂土。

### （二）不良地质和人类活动

路由区主要不良地质为近岸海域及登陆点附近分布的岛礁、海底暗礁，除此之外未发现其他明显不良工程地质现象。路由区及附近海域的海洋开发活动主要有养殖与捕捞、船舶通航与锚泊、海砂开采等。养殖和捕捞渔网将对路由施工造成很大障碍，船舶抛锚会对海缆运营期安全造成威胁，持续采砂会导致海域海床冲刷，危及海缆安全。

### （三）开挖和埋设条件

路由海域大部分区域覆盖层较厚，可以采用开挖埋设施工方式，海缆埋深应考虑路



由区及附近海域的渔业捕捞、采砂和抛锚等人类活动。对于局部暗礁或礁石出露地段宜避让或采取其他适合的施工工艺和保护措施。

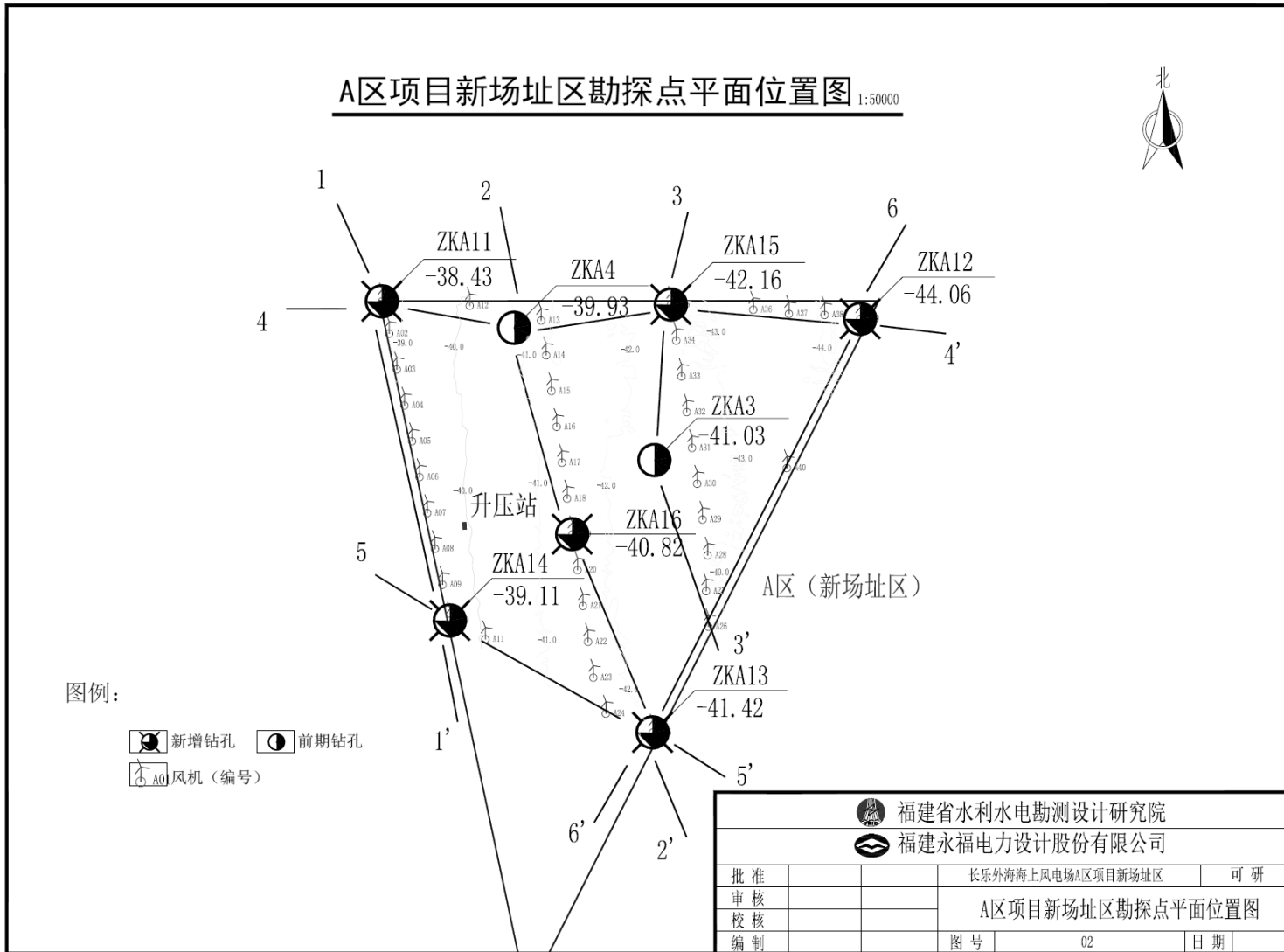


图 4.1.4-1 钻孔平面布置图

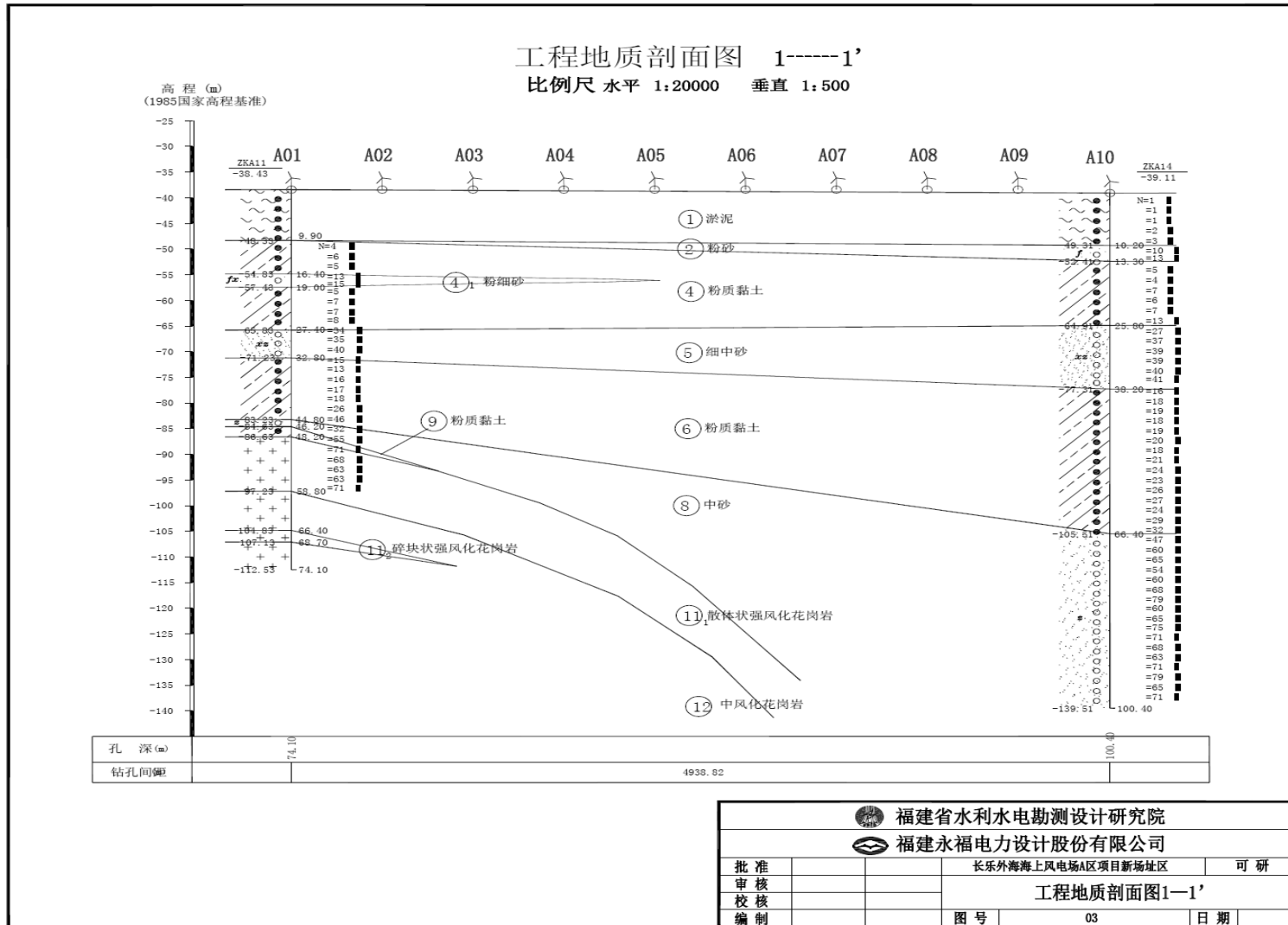


图 4.1.4-2a 典型工程地质剖面图

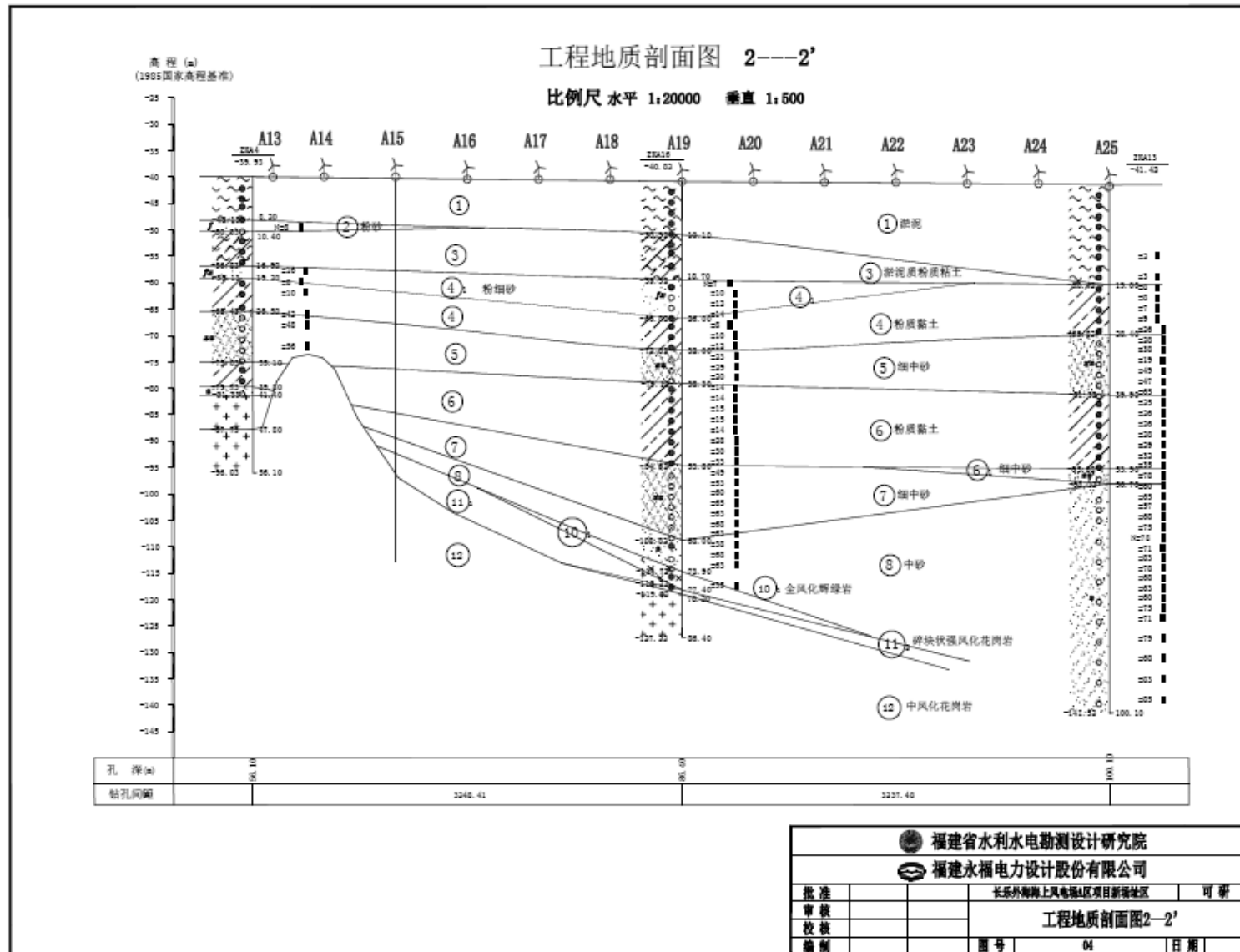


图 4.1.4-2b 典型工程地质剖面图

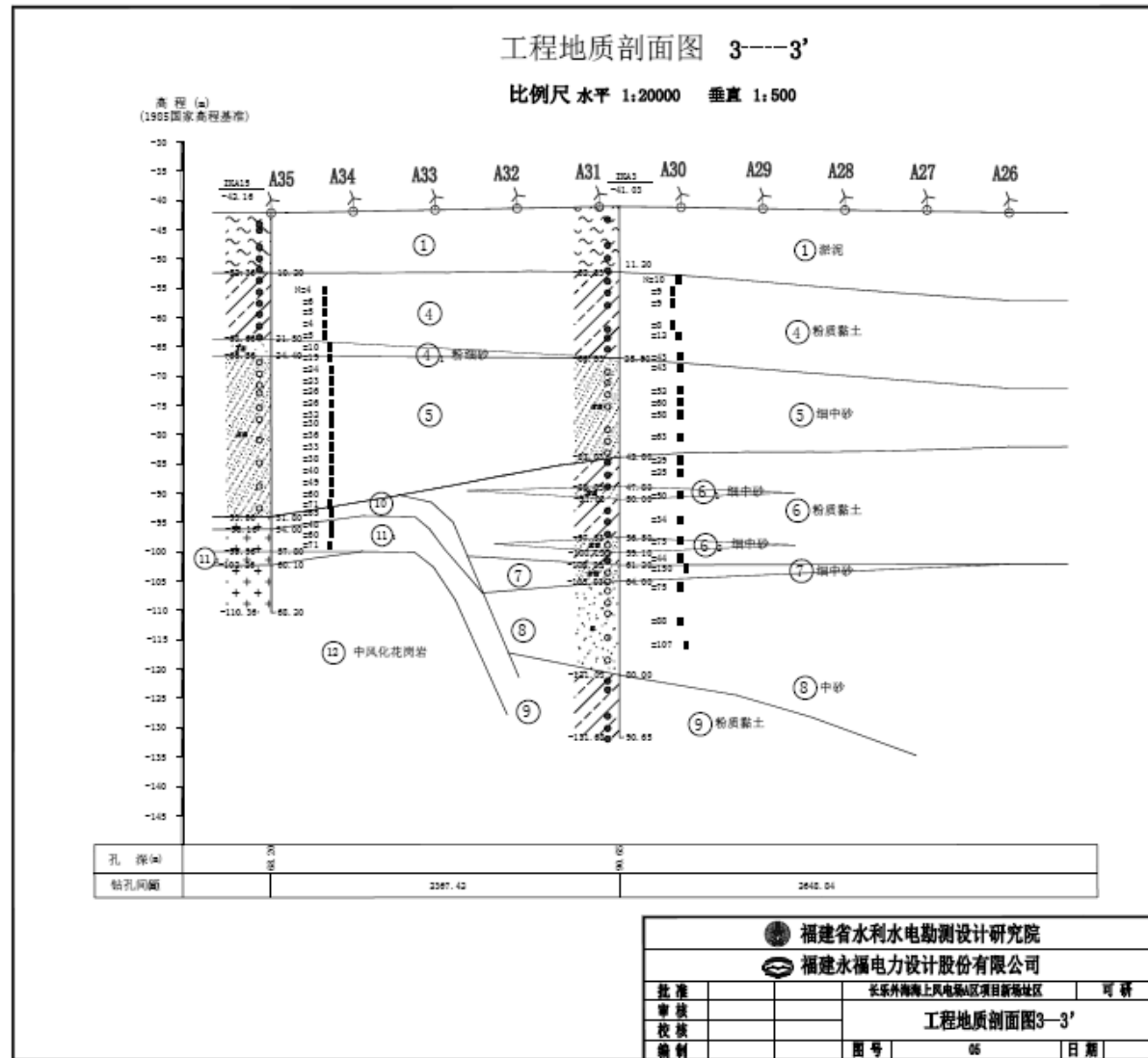


图 4.1.4-2c 典型工程地质剖面图

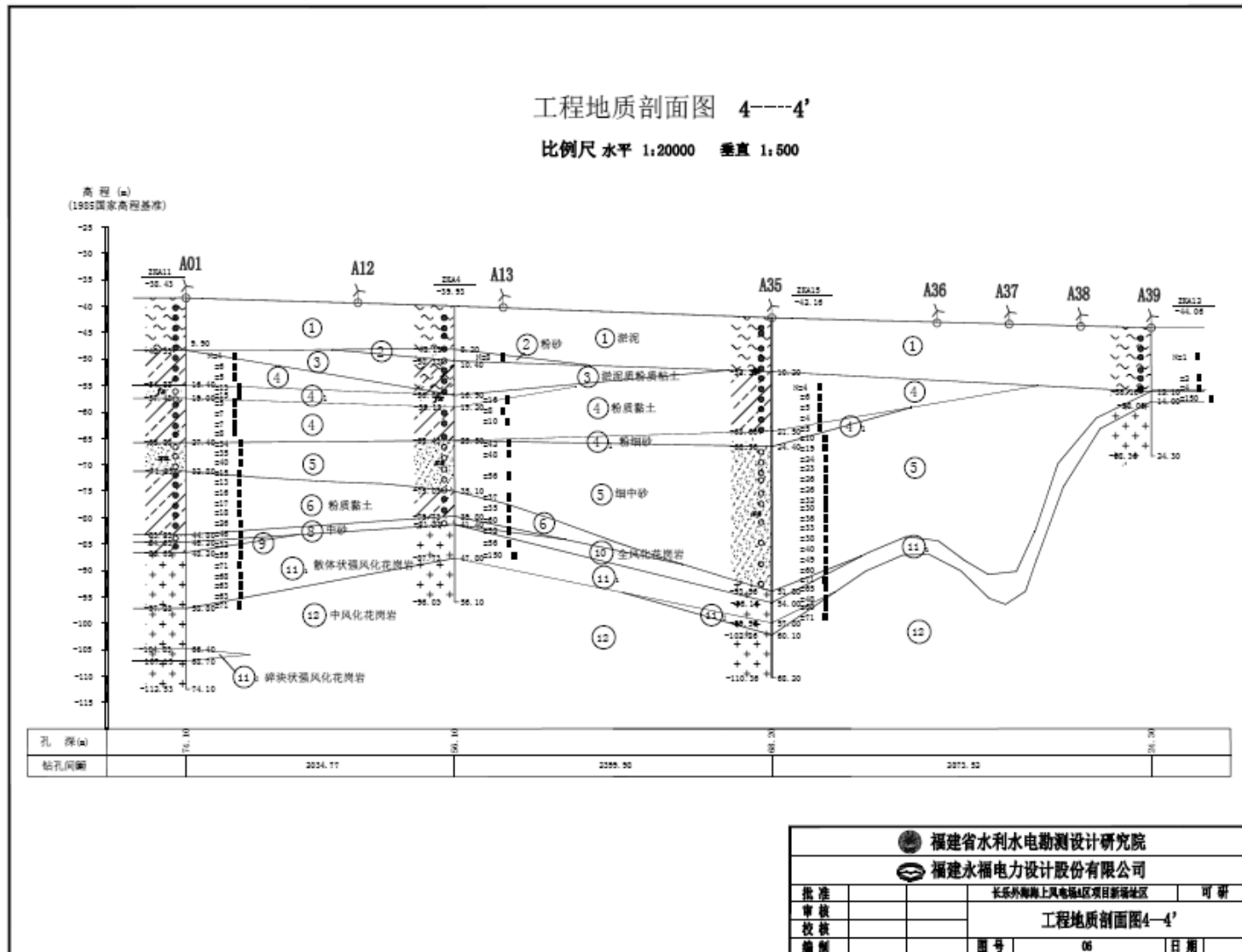


图 4.1.4-2d 典型工程地质剖面图

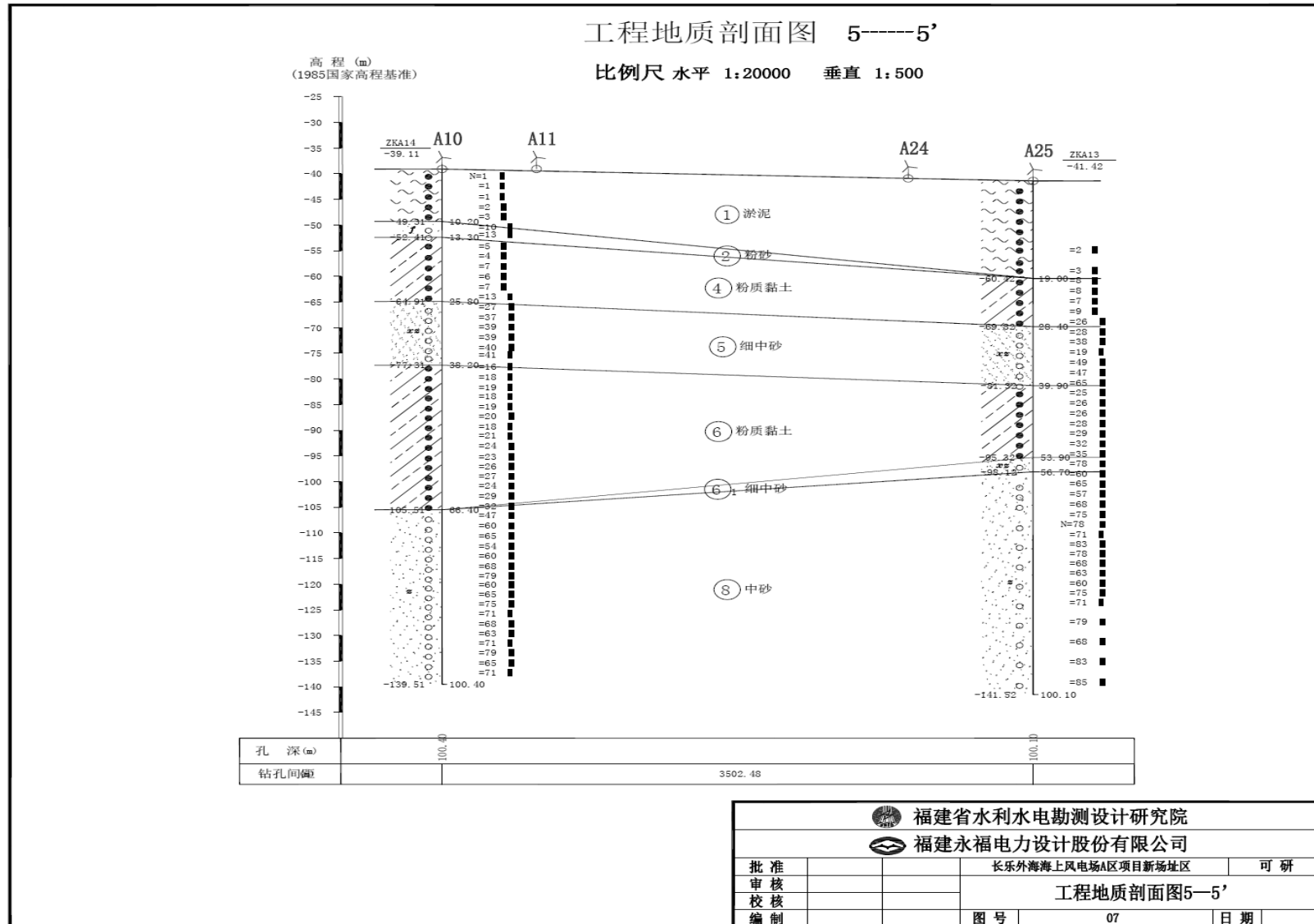


图 4.1.4-2e 典型工程地质剖面图

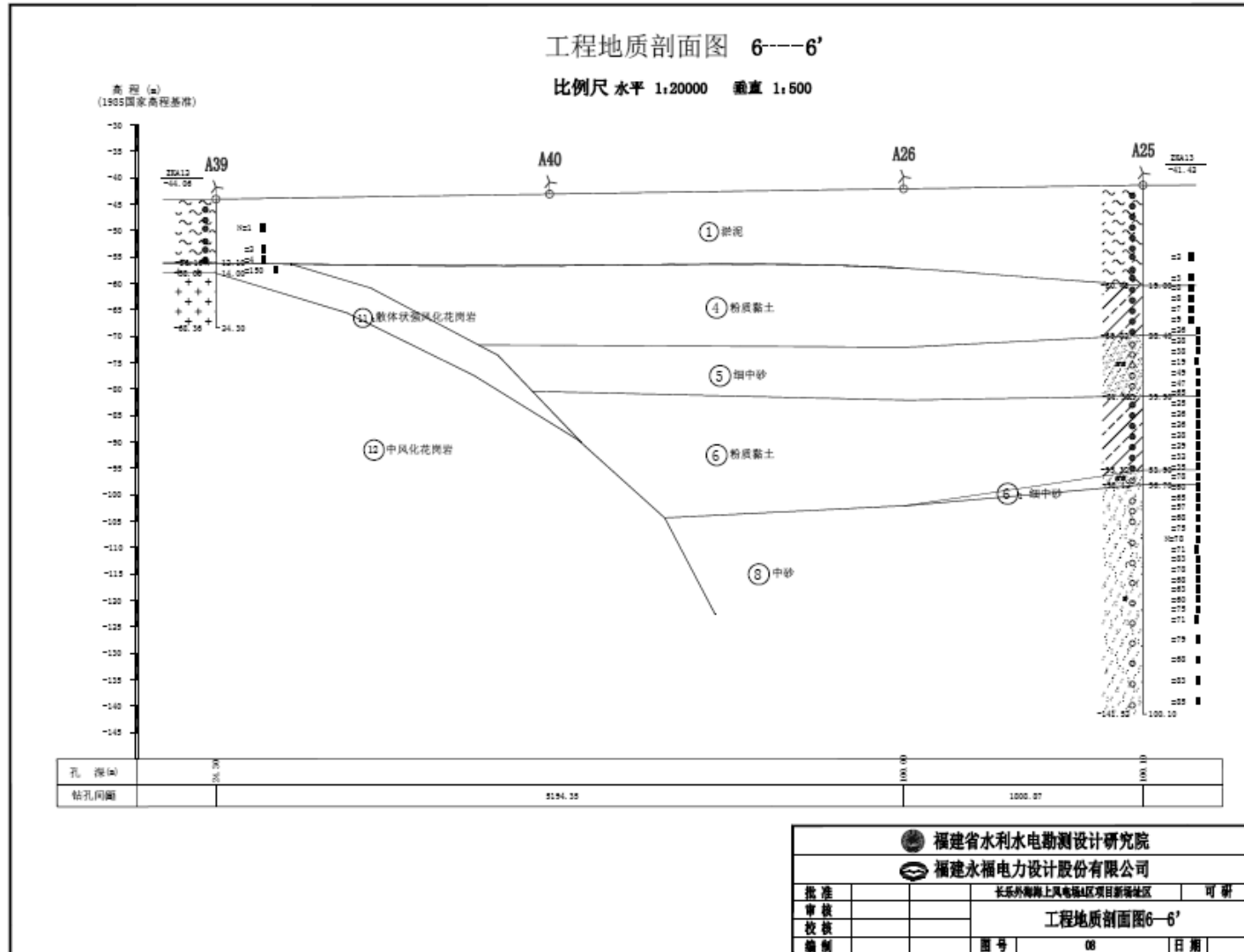


图 4.1.4-2f 典型工程地质剖面图



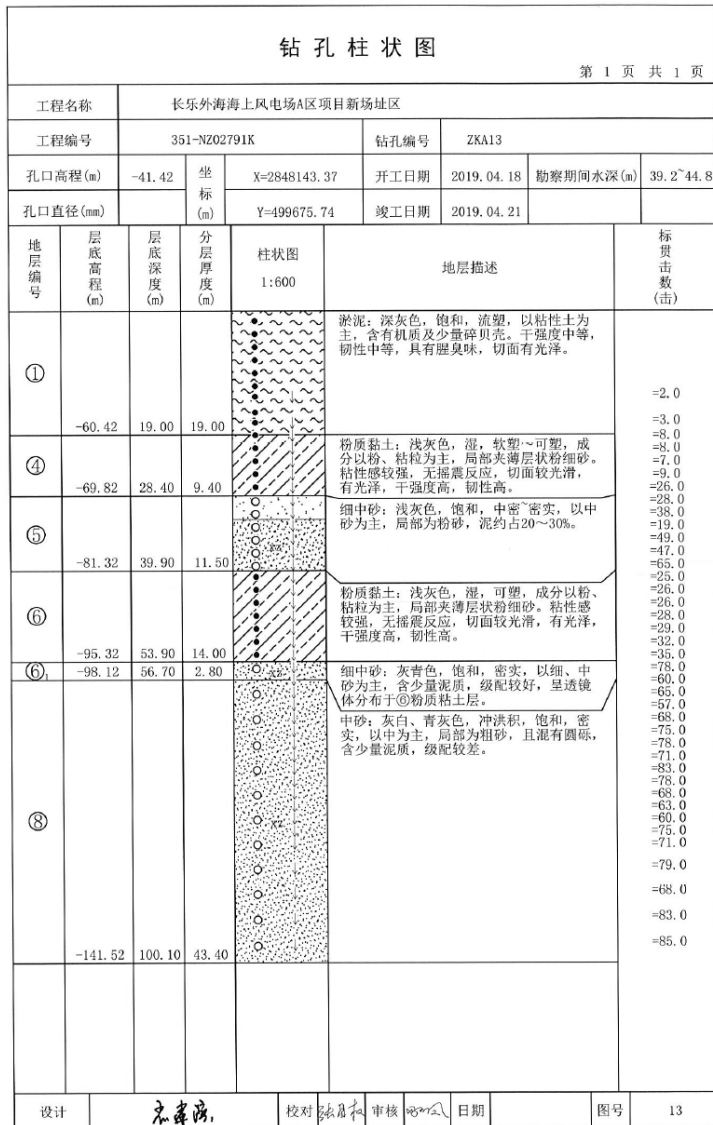


图 4.1.4-3a 典型钻孔柱状图

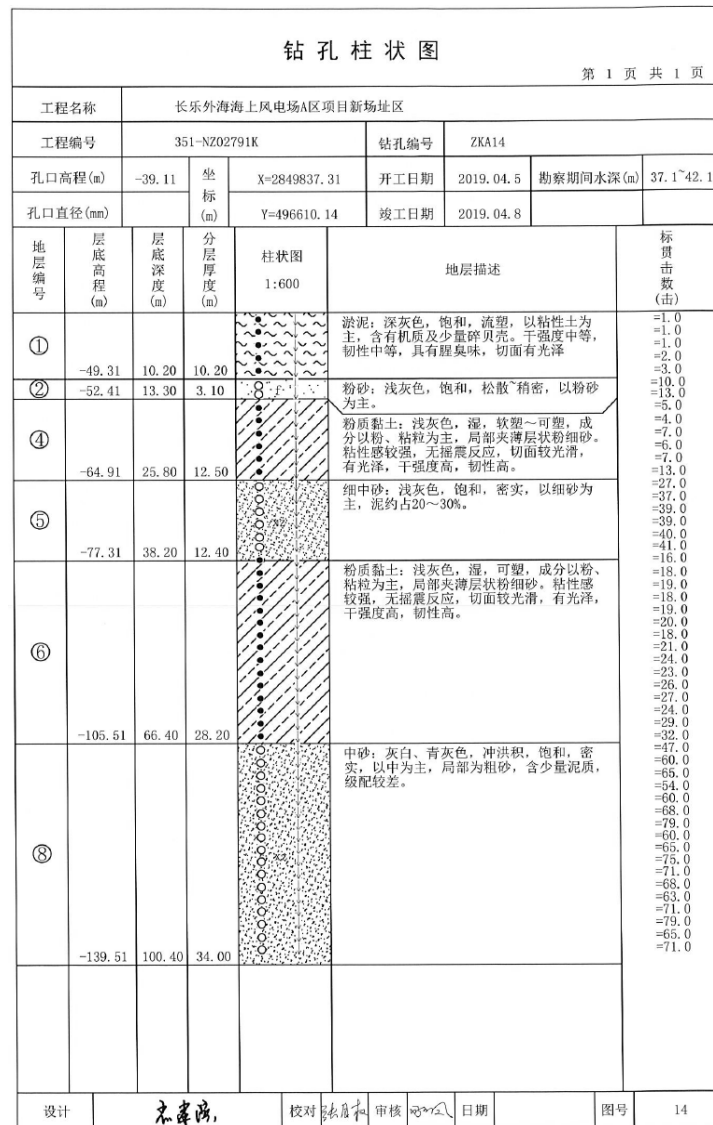


图 4.1.4-3b 典型钻孔柱状图

#### 4.1.5 自然灾害

工程区及附近海域的主要自然灾害是台风、风暴潮、地震、海冰和雷电等，除此之外，盐雾、低温、腐蚀等灾害近年来也频频发生。

##### 1、台风

项目地处福建沿海中部，为台风多发地区，每年7~10月受台风影响较大。台风影响过程时间一般为2~3天。福建地区台风造成的最大暴雨过程的降水量达472mm。9914号台风正面袭击，沿海及内陆普降200~500mm的特大暴雨，最大风力达11级；2004年8月的“艾利”号台风先后4次在福建沿海登陆，本海区风力达到10至12级，造成经济损失极大。因此，应十分重视台风对本工程带来的影响。

通过对1959~2014年共56年影响中国近海的热带气旋进行统计分析，历年正面登陆福建沿海的热带气旋（范围为浙江温州以南，广东汕尾以北）共151场。以登陆前6个小时内的最大风速表示登陆热带气旋的强度，统计正面登陆福建沿海各种级别热带气旋出现的频率，成果见表4.1.5-1，从中可以看出，72.19%的登陆强度在强热带风暴以上，登陆热带气旋中台风和强热带风暴居多，强台风和超强台风仅占登陆总数的13.25%，历年登陆福建省的超强台风和强台风路径示意图见图4.1.5-1。

表 4.1.5-1 正面登陆福建各级别热带气旋出现的频数（1959-2014年）

强度	超强台风	强台风	台风	强热带风暴	热带风暴	热带低压	合计
总数	11	9	49	40	26	16	151
年平均	0.2	0.16	0.88	0.71	0.46	0.29	2.7
频率(%)	7.28	5.96	32.45	26.49	17.22	10.6	100

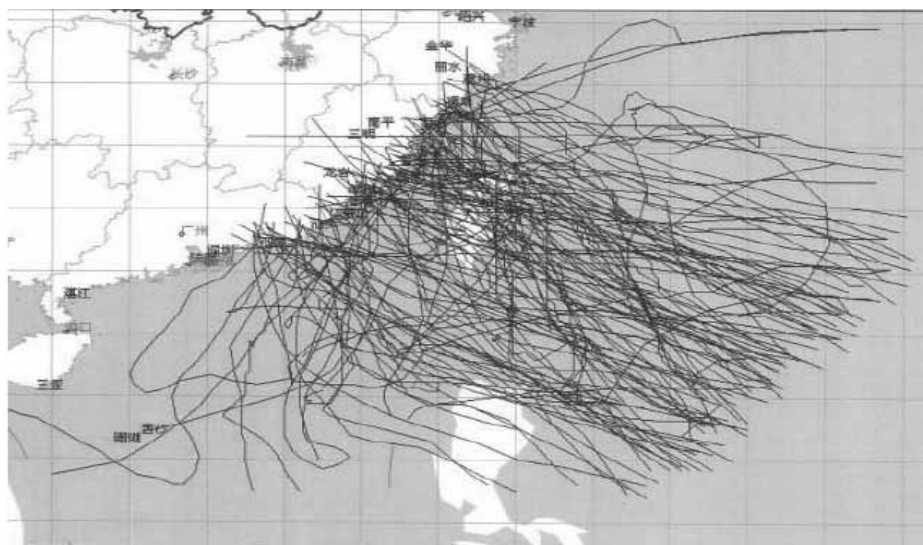


图 4.1.5-1 历年热带气旋登陆路线示意图

## 2、风暴潮

福建省沿海是受台风风暴潮威胁较严重的海域，台风增水影响明显。根据 1956 ~ 2000 年福建省潮位资料统计，45 年中发生台风增水 197 次，平均每年 4.4 次，暴潮增、减水的幅度在 -1.1m ~ 1.5m 之间，其中最大增水值 2.52m。近 10 年来，福建省沿海风暴潮灾害呈频繁趋势，部分岸段高潮位常有超过当地警戒水位情况出现，其中 1990 年、1994 年、1997 年、1999 年沿海多数验潮站的高潮位接近或超过历史记录，出现特大海潮。危害性风暴潮的发生多为台风过境时与天文大潮相遇，引起强降雨和高增水。

近 10 多年来，福建省沿海风暴潮灾害呈频繁趋势，部分岸段高潮位常有超过当地警戒水位情况出现，其中 1990 年、1994 年、1997 年、1999 年沿海多数验潮站的高潮位接近或超过历史记录，出现特大海潮。危害性风暴潮的发生多为台风过境时与天文大潮相遇，引起强降雨和高增水。

## 3、地震危险性分析

地震能够导致建（构）筑物裂缝、倾斜、甚至坍塌，设备损坏，造成重大的经济损失及人员伤亡，因而建（构）筑物和设备采取合适的抗震设防烈度及防震措施非常重要。若风机基础和场内建筑物抗震设防烈度不满足设计要求；风机基础、变电站建构筑物基础未充分考虑工程地质条件不利因素；施工质量低劣或遭遇超强地震时，可能发生风机塔架、变电站建筑物坍塌事故、人民生命财产受损等灾难性的事故。风电场遭遇地震可能引发海啸，可能会淹没风力发电场、摧倒风力发电机组塔架和其他设施、甚至淹没附近地区，造成大面积洪涝灾害。

## 4、海洋气候危险性分析

风电场布置在近海海域，风力发电机升压变压器布置在塔筒内部设备平台上，风场区域若遭遇超标准潮水时，或者电缆从塔筒内穿出处密封不严，海水可能满溢塔筒内，导致机电设备被淹，机组配套升压设备等电气设备短路等事故。钢板桩基础施工后，由于对表层土的扰动和永久障碍物的存在，海水流速、流态在风机基础影响范围内发生变化，使得海床浅、表层局部可能产生一定的冲刷。潮流对风机基础的冲刷会引起基础振动或者不稳定。风机基础受不规则波浪的冲击会引起基础振动或者不稳定。若设计采取的波浪参数未考虑波浪破碎值，基础的荷载设计有误会影其稳定及安全。由于本工程区域及附近区域缺乏长期的海洋水文气象观测资料，若设计裕度不够，可能造成风电机

组塔筒倾倒、倒塌或断裂，可能引起人员伤亡和设备、财产损失，给风电场的安全运行造成严重影响。

#### 5、风灾危险性分析

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

#### 6、腐蚀危险性分析

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

#### 7、海啸危险性分析

本风电场布置在近海海域，海啸所引起的起伏波浪，通常高达数米甚至更高，巨浪可能摧倒海上风力发电机组塔架和其他设施，并且在海啸的过程中往往是微震+风荷载组合关系对机组的稳定产生不良影响。

## 4.2 社会环境概况

### 4.2.1 社会经济概况

#### 一、福建省

福建省位于我国东南沿海，东隔台湾海峡与台湾岛相望。全省陆地平面形状似一斜长方形，东西最大间距约 480km，南北最大间距约 530km。全省土地总面积为 12.4 万 km<sup>2</sup>，海域面积达 13.6 万 km<sup>2</sup>。境内地势西北高，东南低，山地丘陵面积约占全省土地总面积的 90%。全省大部分属中亚热带，闽东南部分地区属南亚热带，年平均气温 17 ~ 21℃，年平均降水量 1400 ~ 2000mm，年平均日照时数 1700 ~ 2300h，属于热带气旋影响区。

福建省近年来经济发展较快，2019 年全年实现地区生产总值 42395.00 亿元，比上年增长 7.6%。其中，第一产业增加值 2596.23 亿元，增长 3.5%；第二产业增加值 20581.74 亿元，增长 8.3%；第三产业增加值 19217.03 亿元，增长 7.3%。三次产业增加值占地区生产总值的比重，第一产业为 6.1%，第二产业为 48.6%，第三产业为 45.3%。全年人均地区生产总值 107139 元，比上年增长 6.7%。

全年网络零售额 4589.2 亿元，比上年增长 24.8%。全年限额以上批发和零售企业实现网上商品零售额 1223.30 亿元，增长 24.1%。全年互联网重点企业实现互联网业务收入 617.4 亿元，比上年增长 4.4%。

年末常住人口 3973 万人，比上年末增加 32 万人。其中，城镇常住人口 2642 万人，占总人口比重（常住人口城镇化率）为 66.5%，比上年末提高 0.7 个百分点。全年出生人口 51 万人，出生率为 12.9‰；死亡人口 24.1 万人，死亡率为 6.1‰；自然增长率为 6.8‰。年末户籍人口数为 3896.47 万人，比上年末增加 35.16 万人。

## 二、平潭综合试验区社会经济概况

2019 年全年实现生产总值 282.85 亿元，按可比价格计算，比上年增长 8.1%。其中：第一产业增加值 35.90 亿元，同比增长 2.2%；第二产业增加值 80.64 亿元，同比下降 2.5%；第三产业增加值 166.31 亿元，同比增长 15.3%。全区人均生产总值 61489 元，比上年增长 7.0%。三次产业结构由上年 13.5:30.7:55.8 调整为本期的 12.7:28.5:58.8。从三次产业对经济增长贡献率及拉动情况看，第一产业贡献率为 4.3%，拉动 GDP 增长 0.3 个百分点；第二产业贡献率为负 8.6%，拉低 GDP 0.7 个百分点；第三产业贡献率为 104.3%，拉动 GDP 增长 8.5 个百分点。

全年居民消费价格指数 102.2%，上涨 2.2%。八大类商品和服务价格呈“六升一降一平”的格局，其中：食品烟酒类价格上涨 6.2%，衣着类上涨 0.6%，居住类上涨 0.8%，生活用品及服务类与上年同期持平，交通和通信类下降 1.6%，教育文化和娱乐类上涨 1.1%，医疗保健类上涨 1.0%，其他用品和服务类上涨 3.5%。

全年一般公共预算总收入 70.83 亿元，增长 17.0%，同比提升 0.7 个百分点。其中，地方一般公共预算收入 45.51 亿元，增长 18.4%，同比回落 11.2 个百分点。从收入结构看，税收收入 27.70 亿元，同比增长 14.0%；非税收入 17.81 亿元，同比增长 25.8%。区县财政总支出 166.90 亿元，比增 23.9%。其中，一般公共预算支出 95.27 亿元，增长 6.0%。

### 4.2.2 地区能源资源状况

福建省内能源资源主要是水能资源、风能资源以及少量的煤炭资源，目前未发现石油、天然气资源和核电燃料，属缺能省份。2016 年，全省能源消费总量 12358 万 t 标准煤，一次能源生产总量 4491 万 t 标准煤，原煤、水力发电、风力发电、核电占能源生产总量的比重分别为 22.0%、44.2%、3.4%、27.3%。

截至 2015 年底，全省电力总装机容量达 4930 万 kW，其中：水电装机 1180 万 kW，煤电装机 2478 万 kW，气电装机 386 万 kW，风电装机 176 万 kW，核电装机容量 545 万 kW。

《福建海上风电场工程规划报告》指出：福建省海上风资源丰富，其中闽江口以南至厦门湾的台湾海峡中部，受台湾海峡“狭管效应”的影响，其年平均风速大，风向稳定，是风资源最丰富的地区，与全国相比也是最丰富的地区之一。

福建省人口众多，经济发展快，能源需求量大，现有本地矿物能源产量有限，需要大力发展以风能资源为主的可再生能源。

### 4.2.3 地区电力系统状况

福建电网是华东四省一市电网的重要组成部分，电网形成“全省环网、沿海双廊”500kV 超高压骨干网架，已建成福州—浙北特高压工程，实现电压等级从 500kV 超高压向 1000kV 特高压跨越。根据规划，福建省“十三五”期间将完善“省内环网、沿海双廊”的 500kV 电网，建成具有自动化、信息化、互动化特征的坚强智能电网。至 2020 年，全省 110kV 及以上输电网变电总容量和线路总长度分别达到 24300 万 kVA 和 46650km；城网、农网供电可靠率分别达 99.975%、99.930%。

目前福建电力需求也呈现较快增长的态势，福建省 2015 年全社会最高负荷约 3150MW，全社会用电量约 1852 亿 kWh。“十三五”期间，全社会用电量预测增长率约 6.2~8.5%，至 2020 年达到 2500~2750 亿 kWh；用电最高负荷预测增长率约 7~9%，至 2020 年达到 4420~4850 万 kW。

## 4.3 海洋资源及开发利用现状

### 4.3.1 工程海域海洋资源

#### 4.3.1.1 港口航道资源

福州港是中国沿海主要港口之一和综合运输体系的重要枢纽，是福州市及闽江流域发展外向型经济和连接国际市场的重要支撑，是福建省对台“三通”的重要口岸。地处福建省海岸线的中点，闽江下游的河口段，北距沙埕港 125 海里，南距泉州港 157 海里、厦门港 200 海里。

根据《福州港总体规划（修订）》，调整后的福州港港区划分方案如下：福州市域包

括闽江口内、江阴、松下、罗源湾和平潭等五个港区，宁德市域包括三都澳、白马和沙埕等三个港区。规划福州港由闽江口内、江阴、松下、罗源湾、平潭、三都澳、白马、沙埕八个港区组成，形成“一港八区”的总体发展格局。其中，福州市域港口是整合后的福州港的重要组成部分，是腹地能源、原材料和外贸物资中转运输的重要港口，是对台“三通”的主要口岸，以集装箱、能源和原材料运输为主，积极拓展对台运输、旅游客运功能；宁德市域港口是发展临港产业的重要依托，是对台客货运输的重要通道，以通用散、杂货运输为主。



图 4.3-1 松下港区泊位情况图

#### 4.3.1.2 海岛资源

##### 一、平潭岛

工程区域周边的大小岛屿 126 个，主要海岛为平潭岛。

海坛岛，亦称平潭岛，是福建省第一大岛，全国第五大岛，地处中国东南沿海，位于中国福建省福州市平潭县境内，是平潭县主岛，距福州市区 128 公里，东面与台湾省新竹港相距仅 68 海里，是中国大陆距台湾最近处，岛屿南北长 29 公里，东西宽 19 公里，面积为 274.3 平方公里，占平潭县总面积的 72%，以形似坛、兀峙海中得名。岛上时常“东来岚气弥漫”，简称“岚”，别称“东岚”，旧称“海山”。

##### (一)、地形地貌

由白垩系石帽山群流纹岩、熔结凝灰岩、凝灰砂砾岩、粉砂岩、燕山期花岗闪长岩等构成，并有第四系海积平原和风积砂堆积。受新构造运动影响，形成三十六脚湖。岛上海蚀地貌十分典型，有罕见的花岗岩海蚀柱、风动石和球状风化花岗岩等，被誉为“海蚀地貌博物馆”。地势低平，中部略高，最高点君山海拔 434.6 米。以丘陵，平原为主，海岸曲折，长 204.45 公里。

## （二）、地理构造

海坛岛位于福建省武夷—戴云隆褶带东侧沿海地带，即闽东南沿海变质带，西邻闽东火山断拗带，东邻滨海断陷带，属中国东南沿海华夏古陆地质区域的一部分。

在中生代以前，闽东南沿海为一隆起区，自中生代侏罗纪后的燕山运动起，发生强烈的断裂活动和大规模火山岩浆喷发及岩浆岩侵入。由于遭受到强烈的构造应力挤压和左旋扭动作用，带内岩石普遍产生韧性剪切变形或破碎带，或破劈理带，以及长乐—诏安断裂带等。经后期的岩脉活动和岩浆热液作用，上述变质带及其断裂大多数被酸性、基性脉岩贯入或被硅质充填与硅化作用所固结而稳定。

新生代第三纪的地壳运动（即喜马拉雅运动，简称喜山运动），以及第四纪的世界性冰河期的影响，又导致陆海一系列的升降运动。升降运动的基本特征是：以继承性的隆起回升为主，局部地段沉降或相对稳定；差异升降活动幅度大，速率快；以竹屿口—县城为隆起中心，与其他的隆起或沉降地段成波浪式起伏状的构造形态；升降幅度和速率的差异反映断层和断块构造的差异。

至全新世早期，海坛岛礁仍因海侵而下降，但幅度不大，惟芦洋埔和七里埔一带同时受断陷的影响，下降最烈，海积—风积层厚度达 40 余米。从全新世中期开始，海坛岛岸转为上升为主，海岸线继续外移，岛屿面积不断扩大，整个平潭岛的雏形基本完成。这时期，三十六脚湖所在的古海湾在上升中因湾口为泥沙淤积而形成泻湖。近 2000 年内，芦洋埔在缓慢上升中形成为平原。

环绕主岛海坛岛周围，西北有屿头岛、鼓屿、小练岛、大练岛；东北有小庠岛、东庠岛；南部有塘屿、草屿。季节性有人居住的有：山白岛、三洲岛、大嵩岛、大怀屿、横屿、老箩屿、姜山岛、牛山岛、东甲岛、南横岛等 10 个小岛屿。

## 二、其他岛屿

屿头岛面积 7.6km<sup>2</sup>，户籍人口约 1.6 万，为有居民海岛。岸线长度约 22km，岛上最高点高程约 77.9m。小练岛，东南与大练岛相对，因水道泛滥，浪花如银带（白练），且面积小于大练岛。面积 2.6km<sup>2</sup>，户籍人口约 2200 人，岸线长度约 7.6km。大练岛，



海岛附近水道浪花如白练翻滚，且本岛面积较大。面积  $10.4\text{km}^2$ ，户籍人口约 6500 人，岸线长度约 20.3km。小庠岛，岛小，如一屏障竖立海中，面积较小，由俗称“小墙”雅化成小庠岛。海岛面积  $0.5\text{km}^2$ ，户籍人口约 2800 人，岸线长度 3.5km。东庠岛，位于海坛岛东北部，如海上屏障，当地俗称“东墙”，雅化成今名。海岛面积  $4.9\text{km}^2$ ，户籍人口约 1 万人，岸线长度 19.7km，岛上最高点高程 134.6m。塘屿，古为荒岛，岛上溪流围堤成塘，供南来北往船只取水饮用。海岛面积  $3\text{km}^2$ ，户籍人口约 4500 人，岸线长度 16.6km。岛上最高点高程约 90m。草屿，岛上杂草丛生。海岛面积  $5.4\text{km}^2$ ，户籍人口约 5200 人，岸线长度约 16.1km，岛上最高点约 210m。

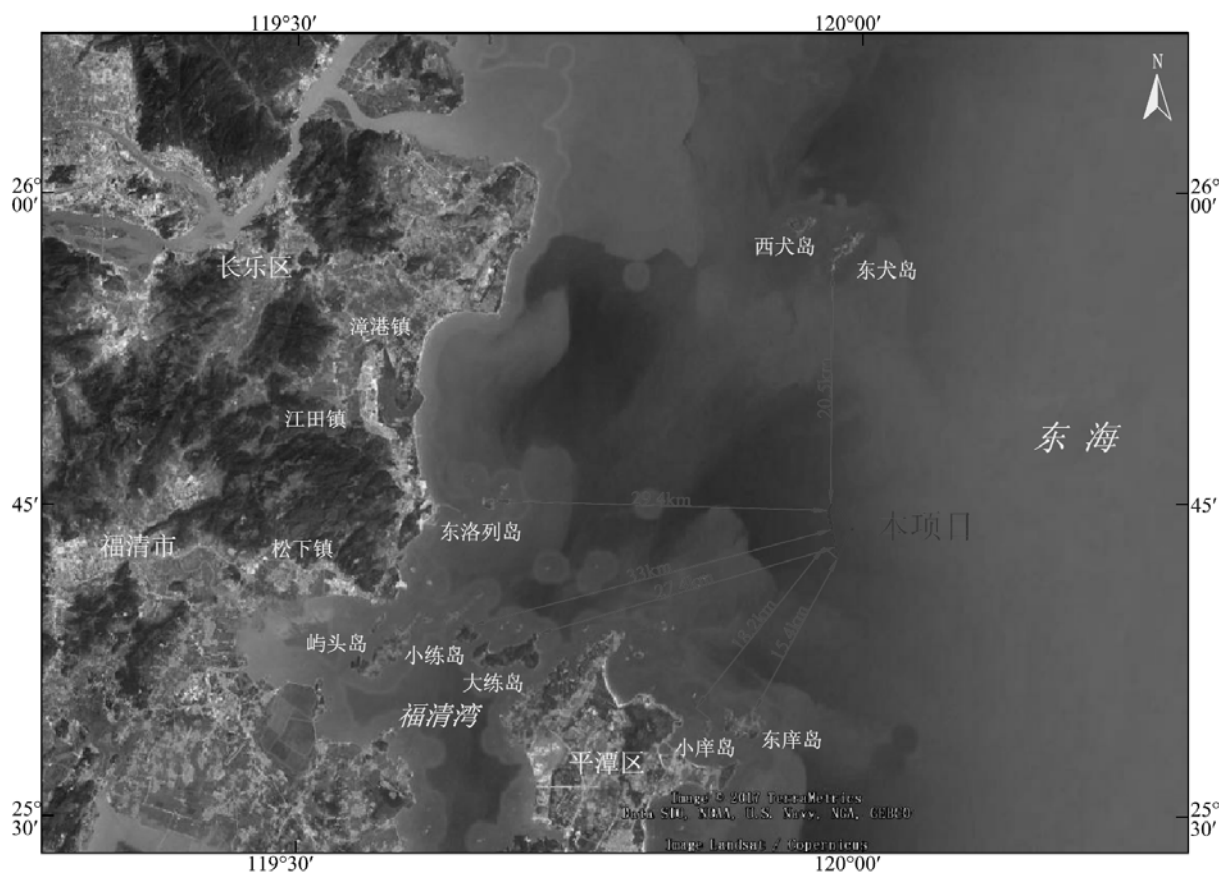


图 4.3-2 项目周边海岛示意图

#### 4.3.1.3 渔业资源

工程海域海洋生物种类繁多，资源丰富。据调查，海域有鱼、虾、蟹、藻等共 700 多种，其中鱼类 100 多种，经济价值较高的有 30 种以上。近海为闽中渔场，该渔场海洋生物资源丰富。渔业资源中有鱼类 487 种。常见捕捞种类有带鱼、鳓鱼、马鲛鱼类、虾类、蟹类、短尾大眼鲷、乌贼、毛虾、蓝圆鲀、鲐鱼、日本鯷、绒纹鳞纯等。

#### 4.3.1.4 旅游资源

平潭共有 126 座岛屿，648 座有名岩礁，海岸线长度 408.73 km，占全省陆域和海岛海岸线总长 8.3%，海域广阔，海岸曲折。旅游资源丰富，素有“海滨沙滩冠全国”、“海蚀地貌甲天下”之称。其中有“天下奇观”的半洋石帆，“形体逼真”的海坛天神，“石头动物园”的南寨石林、雄奇壮丽的东海仙境、钟灵毓秀的三十六脚湖等一系列垄断性景观，有自然天成的海坛湾、坛南湾、山岐澳三大海滨沙滩和山岐澳的凤凰沙坡等自然景观，有全国唯一的海岛风力发电科普景观和距今 2000 多年的新石器时代遗址——壳丘头文化遗址等人文景观。早在 1994 年岛内八大景区就已被确定为海坛国家重点风景名胜区。

平潭现有一级景点 8 个、二级景点 23 个、三级景点 97 个，6 大景区，其中旅行社经营的常规路线景点是石牌洋、东海仙境、南寨石林、将军山、龙王头沙滩等知名景点。

#### 4.3.1.5 风能和海洋能资源

福建省内能源资源主要是水能资源、风能资源以及少量的煤炭资源，目前未发现石油、天然气资源和核电燃料，属缺能省份。2016 年，全省能源消费总量 12358 万 t 标准煤，一次能源生产总量 4491 万 t 标准煤，原煤、水力发电、风力发电、核电占能源生产总量的比重分别为 22.0%、44.2%、3.4%、27.3%。截至 2015 年底，全省电力总装机容量达 4930 万 kW，其中：水电装机 1180 万 kW，煤电装机 2478 万 kW，气电装机 386 万 kW，风电装机 176 万 kW，核电装机容量 545 万 kW。

《福建海上风电场工程规划报告》指出：福建省海上风资源丰富，其中闽江口以南至厦门湾的台湾海峡中部，受台湾海峡“狭管效应”的影响，其年平均风速大，风向稳定，是风资源最丰富的地区，与全国相比也是最丰富的地区之一。福建省人口众多，经济发展快，能源需求量大，现有本地矿物能源产量有限，需要大力发展以风能资源为主的可再生能源。

海洋能资源：海洋能资源包括潮汐能、海洋的温差能、盐度能和波浪能等。沿海地区潮差一般在 4m 左右，梅花地区有 4.5m，最大潮差 9.8m。潮汐能资源丰富，目前潮汐能的利用仅处于实验阶段。海域秋冬两季多偏北风浪，风大浪高，夏季多偏南向风浪，海域波浪能蕴藏量十分丰富。

风能资源：沿海地区面向台湾海峡，风速大，年（日）有效风速一般在 3.5~20.4m/s，

沿海平均风速 3m/s 的天数都在 200 天以上，可开发利用风能资源丰富。详细风资料统计引自《长乐海上固定测风塔、漂浮式测风雷达年度测风数据分析报告》（上海勘测设计研究院有限公司，2020 年 9 月），分析的数据为固定式测风塔和漂浮式激光雷达测风仪 2019 年 8 月 1 日~2020 年 7 月 31 日一个完整年的数据，主要结论如下：

1、场址区风能资源较为丰富场区内激光雷达测风仪 100m 高度代表年平均风速分别为 10.03m/s，对应的年平均风功率密度分别为 891W/m<sup>2</sup>。海上固定式测风塔 100m 高度代表年平均风速分别为 10.27m/s，对应的年平均风功率密度分别为 918W/m<sup>2</sup>。两个测风设备 100m 高度代表年对应的风功率密度等级为 6 级。

2、场址区主风向较稳定，风能分布较集中场区漂浮式测风仪与海上固定测风塔 100m 高度代表年主风向和主风能均为 NE、ENE 方向，主风向占比分别为 52.94%和 52.95%，主风能风向占比分别为 64.34%和 65.09%。场区内风向比较集中，有利于风机布置。

3、空气密度本次确定风电场场址区域空气密度为 1.188kg/m<sup>3</sup>。

4、湍流强度

按照 IEC 标准，判别风电场预装轮毂高度湍流强度为 C 类。

#### 4.3.1.6 项目周边保护区、生态红线区

工程周边分布有山洲列岛海洋保护区（山洲列岛厚壳贻贝海洋保护区生态保护红线区）等。

##### 一、保护区历史沿革

2004 年 1 月，福州市人民政府批准建立了福州市平潭岛礁海洋特别保护区。2016 年 4 月平潭综合实验区农村发展局对山洲列岛海洋保护区进行了调整，保护区主管部门平潭综合实验区管委会以岚综管综[2016]230 号文批复“同意将福州市平潭岛礁海洋特别保护区更名为平潭岛礁海洋特别保护区，同意山洲列岛厚壳贻贝繁育特别保护区范围调整方案”。

##### 二、保护对象

保护区主要保护对象为厚壳贻贝、海岛及周围海域生态系统。

##### 三、保护区范围及要求

###### A 调整后的保护区范围

根据《平潭综合实验区管委会关于同意福州市平潭岛礁海洋特别保护区更名及山洲列岛厚壳贻贝繁育特别保护区范围调整的批复》，调整后的保护区包括4个区域：峻山岛及周围海域、山洲列岛及周围海域、山白岛及周围海域、白冰岛及周围海域，调整后的保护面积为15.16km<sup>2</sup>。

#### B 海洋功能区划中的保护区范围

《福建省海洋功能区划(2011~2020年)》划定的山洲列岛海洋保护区范围包括海坛岛东北海域山洲列岛及周围海域，东至119°53'53.9"E、西至119°47'29.2"E、南至25°36'24.2"N、北至25°42'43.7"N，保护区总面积6540hm<sup>2</sup>。由于福建省海洋功能区划(2011~2020年)于2012年划定，保护区范围于2016年调整，海洋功能区划中的保护区范围尚未能来得及根据最新保护区范围进行调整。

#### 四、工程与保护区位置关系

本工程不占用山洲列岛海洋保护区，风电场位于保护区东侧约10.7km处。

### 4.3.2 开发利用现状

工程区及附近海域的海洋开发活动主要有码头、航道、锚地、海底管线、养殖区、保护区等，海域开发利用现状见图4.3-3、4.3-4、4.3-5。



图 4.3-3 海域开发利用现状 (工程用海、养殖) (注: 图中序号与表 4.3-3 中序号对应)

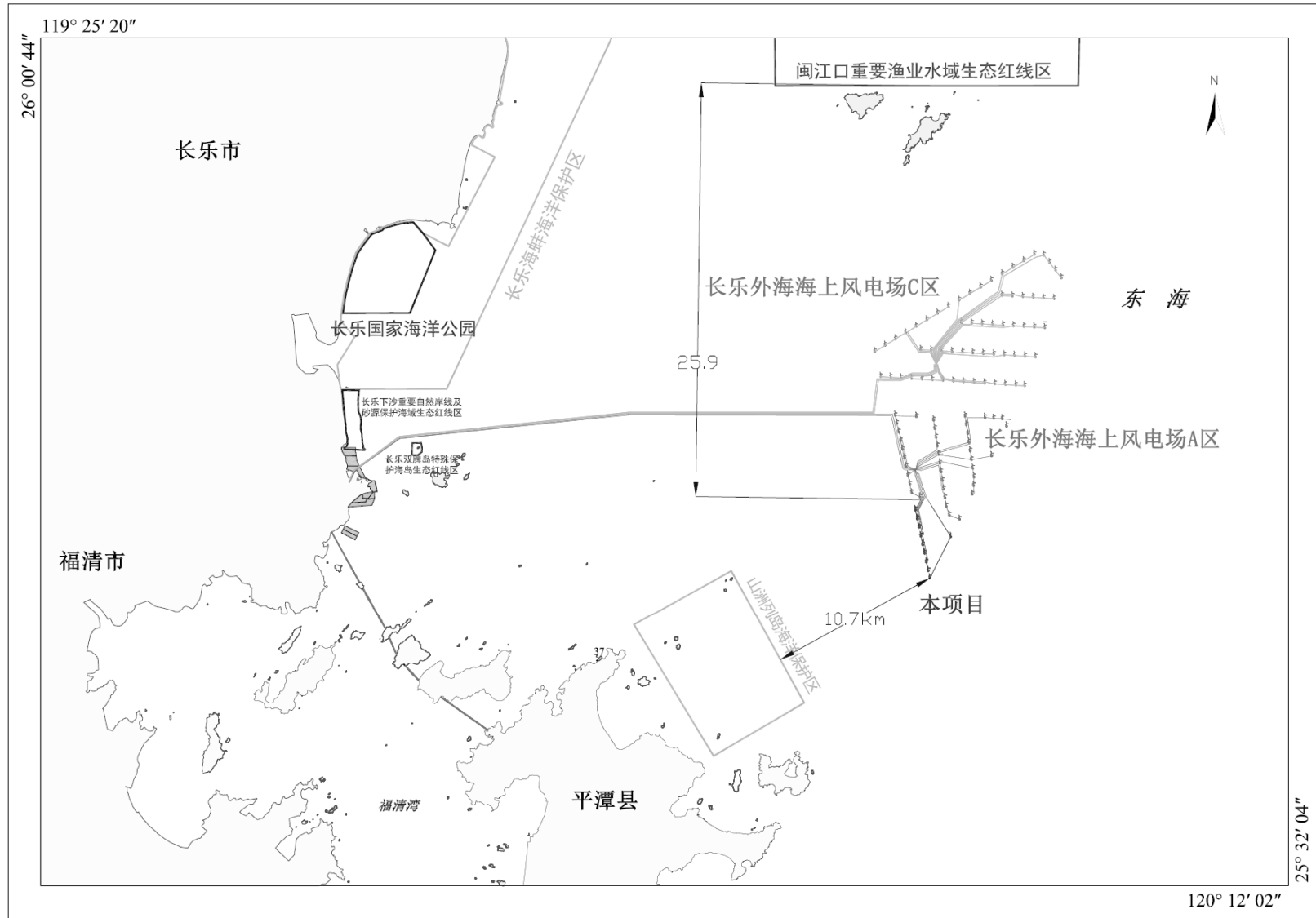


图 4.3-4 项目周边保护区

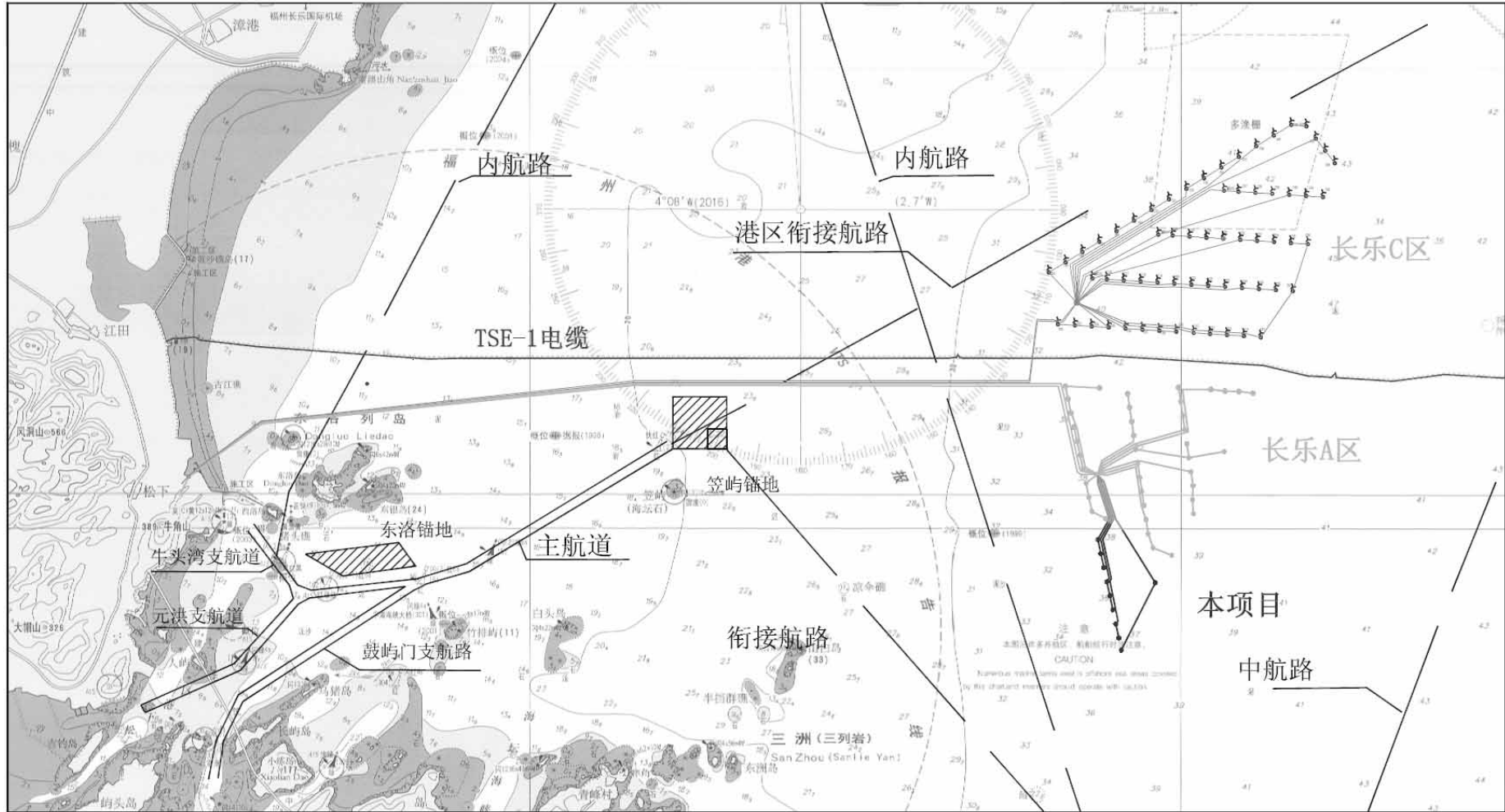


图 4.3-5 项目周边航道、光缆现状图

平潭外海风电一期项目海洋环境影响报告书

表 4.3-3 项目周边海域开发利用现状统计表（注：表中序号与图 4.3-1 中序号对应）

序号	项目名称	使用权人	用海面积(公顷)	用海一级类	用海二级类	用海方式
1	长乐市外文武海堤管理保护区用海	长乐市海堤管理处	52.0059	其它用海	其它工业用海	港池、蓄水等
2	福建港隆仓储、加工建设项目用地填海工程	福建港隆物流有限公司	43.32	工业用海	其它工业用海	建设填海造地
3	福州松下码头物流园区仓储建设项目用地填海工程	福建康宏物流有限公司	88.68	工业用海	其它工业用海	建设填海造地
4	福州松下码头物流园区配套填海工程	福建康宏物流有限公司	48.382	工业用海	其它工业用海	建设填海造地
5	福州松下码头物流园区配套填海工程					
6	福州松下码头物流园区配套填海工程					
7	福州松下码头物流园区配套填海工程					
8	福州港松下港区 7 万吨级散杂货码头	福州松下码头有限公司	43.9003	交通运输用海	港口用海	建设填海造地
9	福州港松下港区 7 万吨级散杂货码头	福州松下码头有限公司	28.9182	交通运输用海	港口用海	港池、蓄水等
10	福州港松下港区牛头湾作业区 2#泊位	福州松下码头有限公司	33.71	交通运输用海	港口用海	建设填海造地
			21.58	交通运输用海	港口用海	港池、蓄水等
11	福州港松下港区牛头湾作业区 3# 泊位	福州松下码头有限公司	21.58	工业用海	其它工业用海	港池、蓄水等
12	福州港松下港区牛头湾作业区 3# 泊位	福州松下码头有限公司	43.95	工业用海	其它工业用海	建设填海造地
13	福州港松下港区牛头湾作业区 12# 泊位	福州松下码头有限公司	24.4367	交通运输用海	港口用海	建设填海造地
14	福州港松下港区牛头湾作业区 12#泊位	福州牛头湾码头有限公司	13.8348	交通运输用海	港口用海	港池、蓄水等
15	福州港松下港区牛头湾作业区 13#泊位	福州牛头湾码头有限公司	24.4367	交通运输用海	港口用海	建设填海造地
16	福州港松下港区牛头湾作业区 13#泊位	福州牛头湾码头有限公司	17.2075	交通运输用海	港口用海	港池、蓄水等
17	福州港福清湾深水航道二期工程	长乐市交通运输局	241.5757	交通运输用海	航道用海	专用航道、锚地及其它开放式
18	福州港松下港区鑫海冶金专用码头工程	福建鑫海冶金散装码头有限公司	34.2058	交通运输用海	港口用海	建设填海造地
19	福州港松下港区鑫海冶金专用码头工程	福建鑫海冶金散装码头有限公司	24.1418	交通运输用	港口用海	港池、蓄水等



平潭外海风电一期项目海洋环境影响报告书

序号	项目名称	使用权人	用海面积(公顷)	用海一级类	用海二级类	用海方式
				海		
20	福州至平潭铁路平潭海峡大桥桥区航道工程	福建福平铁路有限责任公司	452.8365	交通运输用海	航道用海	专用航道、锚地及其它开放式
21	福州至平潭铁路平潭海峡大桥桥区航道工程		/			
22	长乐松下长屿二级渔港一期工程	长乐长屿渔港建设有限公司	6.3212	渔业用海	渔业基础设施用海	非透水构筑物、港池、蓄水等
23	福州至平潭铁路平潭海峡公铁两用大桥项目	福建福平铁路有限责任公司	71.5025	交通运输用海	路桥用海	跨海桥梁、海底隧道等
24	福州至平潭铁路平潭海峡公铁两用大桥项目					
25	福州至平潭铁路平潭海峡公铁两用大桥项目					
26	福州至平潭铁路平潭海峡公铁两用大桥项目					
27	福州至平潭铁路平潭海峡公铁两用大桥项目					
28	福州至平潭铁路平潭海峡公铁两用大桥项目					
29	渔港	平潭县苏澳镇苏澳村委会(罗澳自然村)	4.4502	渔业用海	渔业基础设施用海	港池、蓄水等
30	花蛤底播	林云平 林学建	50.7707	渔业用海	围海养殖用海	围海养殖
31	三山镇八尺岛后海水养殖区	三山镇泽旺海水养殖联合体	71.8734	渔业用海	围海养殖用海	围海养殖
32	三山镇后洋海藤头幸福养殖区	林述云	48.7534	渔业用海	围海养殖用海	围海养殖
33	翁其善围海养殖	翁其善	89.7	渔业用海	围海养殖用海	围海养殖
34	刘常明围海养殖	刘常明	91.9	渔业用海	围海养殖用海	围海养殖
35	余乃钦围海养殖	余乃钦	75.9	渔业用海	围海养殖用海	围海养殖
36	俞宏义围海养殖	俞宏义	79.3	渔业用海	围海养殖用海	围海养殖
37	渔港	白青乡丰田村委会	5.0419	渔业用海	渔业基础设施用海	港池、蓄水等
38	贻贝养殖	林载大	3.3505	渔业用海	围海养殖用海	围海养殖
39	贻贝养殖	王名华	3.1966	渔业用海	围海养殖用海	围海养殖
40	贻贝底播养殖	刘必兴	6.0982	渔业用海	围海养殖用海	围海养殖
41	贻贝底播养殖	刘必兴	21.4764	渔业用海	围海养殖用海	围海养殖
42	文蛤养殖	平潭县平原剑湖村委会	7.5075	渔业用海	围海养殖用海	围海养殖

平潭外海风电一期项目海洋环境影响报告书

序号	项目名称	使用权人	用海面积(公顷)	用海一级类	用海二级类	用海方式
43	滩涂养殖	平原上攀村委会	33.2363	渔业用海	开放式养殖用海	开放式养殖
44	鲍鱼底播养殖	福建省平潭县东庠渔场	29.6601	渔业用海	围海养殖用海	围海养殖
45	避风港	平潭县白青乡南盘村	2.8013	渔业用海	渔业基础设施用海	港池、蓄水等
46	贻贝底播养殖	刘必兴	9.7401	渔业用海	围海养殖用海	围海养殖
47	泽朗坪乾养殖区	郭初挺(公推)	13.335	渔业用海	围海养殖用海	围海养殖
48	郑文杰围海养殖	郑文杰	89.1	渔业用海	围海养殖用海	围海养殖
49	长乐外海 A 区海上风电场项目	福州海峡发电有限公司	435.7269	工业用海	电力工业用海	透水构筑物、海底电缆
50	长乐外海 C 区海上风电场项目	福建省福能海峡发电有限公司	574.6979	工业用海	电力工业用海	透水构筑物、海底电缆

#### 4.3.2.1 港口

##### 1、港口

福州港是中国沿海主要港口之一和综合运输体系的重要枢纽，是福州市及闽江流域发展外向型经济和连接国际市场的重要支撑，是福建省对台“三通”的重要口岸。地处福建省海岸线的中点，闽江下游的河口段，北距沙埕港 125 海里，南距泉州港 157 海里、厦门港 200 海里。

根据《福州港总体规划（修订）》，调整后的福州港港区划分方案如下：福州市域包括闽江口内、江阴、松下、罗源湾和平潭等五个港区，宁德市域包括三都澳、白马和沙埕等三个港区。规划福州港由闽江口内、江阴、松下、罗源湾、平潭、三都澳、白马、沙埕八个港区组成，形成“一港八区”的总体发展格局。其中，福州市域港口是整合后的福州港的重要组成部分，是腹地能源、原材料和外贸物资中转运输的重要港口，是对台“三通”的主要口岸，以集装箱、能源和原材料运输为主，积极拓展对台运输、旅游客运功能；宁德市域港口是发展临港产业的重要依托，是对台客货运输的重要通道，以通用散、杂货运输为主。

##### （一）、闽江口内港区

闽江口内港区航道以马尾为界，分为闽江通海航道和台江内港航道两段。由于台江、马尾作业区未来将结合马尾新城的规划建设情况逐步改造为城市功能，台江内港航道也将逐步以客运为主。闽江通海航道维持现状，满足 3 万吨级杂货船乘潮通航要求。

##### （二）、江阴港区

江阴港区主航道利用兴化水道，自湾口小月屿，经兴化湾水道至各作业区，主航道按 20 万吨级集装箱船单向全潮通航标准规划，同时满足 5 万吨级集装箱船双向全潮通航和 15 万总吨级 LNG 船单向全潮通航的要求。湾口小月屿附近至集装箱码头区航道全长 47.4km，宽度 300~360m，设计底标高-17.1~-19.9m，主要利用天然水深，仅在野马屿等局部航段需要炸礁；集装箱码头区至西部化工区航道长度 1.2km，宽度 235m，设计底标高-15.2m，满足 5 万吨级化学品船单向全潮通航要求。万安作业区支航道规划自江阴主航道引出，按照 26.6 万方 LNG 船单向全潮通航标准规划，长 5.7km，航道有效宽度 330 m，设计底标高-14.8m。

##### 三）、松下港区

松下港区航道由主航道和牛头湾支航道、元洪支航道共同组成。主航道自笠屿北侧

锚地附近至东洛锚地附近，全长约 13.8 km，航道宽度 420 m，底高程-16.0m，规划满足 20 万吨级散货船单向乘潮通航要求。牛头湾支航道自东洛锚地至牛头湾作业区全长约 3.4 km，宽度 190~290m，设计底标高-11.5~-16.0m，规划满足 5~20 万吨级散货船单向乘潮通航要求；元洪支航道受平潭上岛铁路通航净空限制，全长约 12.5 km，宽度 180m，设计底标高-10.6m，规划满足 5 万吨级散货船单向乘潮通航要求。

#### （四）、罗源湾港区

罗源湾港区航道由主航道、北航道、南航道、淡头航道和下屿航道共同组成。主航道按 30 万吨级船舶单向全潮、15 万吨级船舶双向全潮通航标准规划，主航道全长 6.2 km，航道有效宽度 410 m，底高程-26.0 m，基本利用天然水深。

主航道自可门口分为北航道、南航道两支。北航道自可门角至狮歧头 共分为三段，其中可门角至将军帽段航道长 6.5km，航道宽度 350m，底高程-26.0 m，满足 30 万吨级散货船单向全潮通航要求；将军帽至碧里作业区段航道长 6.5km，航道宽度 200m，底高程-13.5 m，满足 10 万吨级散货船双向乘潮通航要求；碧里作业区至狮歧头段航道长 2.3km，航道宽度 170m，底高程-11.5m，规划满足 5 万吨级散货船单向乘潮通航要求。南航道自可门角至牛坪山角共分为两段，其中可门角至 8#泊位段航道长 7.0km，航道宽度 350m，底高程-20.5m，满足 20 万吨级散货船单向全潮通航要求；

8#泊位至牛坪山角段航道长 3.0km，宽度 200m，底高程-13.5m，满足 10 万吨级散货船单向乘潮通航要求；下屿岛支航道自可门南航道牛坪山角 段延伸至至规划码头前方，长度约 3.0km，航道按照 2 万吨级化工品船单向通航标准规划，有效宽度 120m，设计底标高-9.0m，未来根据临港产业发展需求，结合航道开发建设条件，可提升至 3~5 万吨级散货船通航标准。

淡头航道接北航道，自狮歧头至淡头航道长 4.7km，航道宽度 150m，底高程-6.3m，满足 5000 吨级船舶单向乘潮通航要求。下屿航道接南航道，自牛坪山角至下屿航道长 2.7km，航道宽度 90m，底高程-8.3m，满足 5000 吨级化学品船单向通航。

#### （五）、平潭港区

平潭港区近期主要开发金井作业区和澳前作业区。金井航道按照 10 万吨级集装箱船单向乘潮、5 万吨级集装箱船双向全潮通航标准规划，兼顾 15 万 GT 邮轮单向全潮通航要求，长度 11.63 km，宽度 300 m，设计底标高-15.4 m。澳前航道按 1 万 GT 客货滚装船兼顾 1 万 GT 高速滚装渡轮船单向全潮通航标准规划，长度 5.2 km，宽度 200 m，设计底标高-8.0 m，基本利用天然水深。

根据《福州港总体规划》，规划松下港区下辖元洪、山前和牛头湾三个作业区，各作业区分工如下：

#### 1、元洪作业区

位于福清湾北岸，后方紧邻松下村和元洪投资区，目前采用栈桥式已建成 3 万吨级元洪码头和 5 万吨级元载码头，主要为后方的元洪面粉厂及其它食品工业配套服务，兼顾煤炭和矿石运输。港区以通用散杂货运输为主，主要为元洪投资区和长乐工业区物资进出口服务的作业区。

#### 2、山前作业区

以通用散杂货运输为主，主要为长乐工业区临港工业发展服务。目前作业区最北侧已建 5 万吨级和 2 万吨级通用散货泊位各 1 个，规划形成码头岸线 1464m，布置 2~5 万吨级泊位 6 个，后方布置港口物流园区，陆域总面积 93 万 m<sup>2</sup>。

#### 3、牛头湾作业区

以粮食、散杂货等运输为主，主要为后方冶金、粮食等临港产业发展服务。目前防波堤内侧粮食码头区 0#-3#泊位已建成，占用岸线 1136m，主要服务散粮堆存和加工。

#### 4.3.2.2 航道、航路

福清湾内现有航道——深水航道一期工程位于自福清湾口笠屿至牛头湾作业区、山前作业区及元洪作业区的海域内，该工程于 2010 年建成，湾口外段主航道为 10 万吨级乘潮双向航道，牛头湾作业区支航道为 10 万吨级乘潮单向航道，山前作业区支航道为 5 万吨级乘潮单向航道。2013 年 10 月 31 日，该工程通过福州市环保局组织的环保竣工验收。航道设计为乘潮通航 5~10 万吨级航道，总里程 37.1km。其中口外航段 13.8km 按双向乘潮通航 10 万吨级航道，航道底宽 420m，设计底标高-12.0m~-13.0m，航道转弯半径 1250m~2500m。山前作业区航道 8.22km 及牛头湾作业区航道 5.07km 按单向乘潮通航 10 万吨级航道，航道宽度 250m，设计底标高-12.0m。松下作业区航道 10.01km 按单向乘潮通航 5 万吨级航道，航道设计宽度 180m，航道设计底标高-10.2m~-11.5m，航道转弯半径 1125m~2250m。5~10 万吨级船舶需乘潮通航，乘潮水位取 5.19m，乘潮历时 3 小时，保证率为 90%。随着松下港区近年来的快速发展，牛头湾部分泊位的水工结构已按照 15 万吨级建设，而现有航道的设计规模（5~10 万吨）无法满足港区 15 万吨级船舶通航要求，目前福州港福清湾深水航道二期工程已经在建设中。

港区现有东洛锚地，位于东洛岛南侧，锚地长 3000m，宽 1000m，水深 12~15m。

#### 4.3.2.3 锚地

风电场区及预选路由线路周边海域共现有锚地 2 处，位于路由区南侧，均为松下港锚地。福州市域港口锚地规划情况见表 4.3-4。

### 1、闽江口内港区

规划取消马杭洲锚地，其他锚地暂维持现状，未来结合各作业区码头关停或搬迁，相应调整或取消。

### 2、江阴港区

为满足壁头作业区大型集装箱船舶通航要求，解决港区危险品锚地不足的问题，结合万安作业区开发需要，新增 5000 吨级危险品应急锚地 2 处和 5 万吨级危险品锚地 1 处，扩建小月屿锚地 1 处，由 15 万吨级扩建为 20 万吨级。规划调整后共布置 8 处锚地。

### 3、松下港区

规划调整口外的笠屿北锚地位置和范围，作为 10 万吨级及以上大型船舶的引水、联检、候潮锚地，水域面积为 2.4km<sup>2</sup>。保留现状东洛锚地。

### 4、罗源湾港区

罗源湾港区规划可门口北锚地、可门口南锚地、岗屿北锚地和化学品锚地。具体锚地方案应结合锚地选址专项研究进一步确定。

### 5、平潭港区

平潭港区水域共布置草屿、石碑和澳前三块锚地，其中草屿锚地为港外锚地，主要供到港船舶引航、联检；石碑和澳前锚地为港内锚地，主要供船舶待泊。

表4.3-4 福州市域港口锚地规划表

港区名称	锚地名称	功能	面积(万m <sup>2</sup> )	水深(m)	坐标控制点	经度	纬度
闽江口外	七星礁	待泊、检疫、引水	600	9.5~18	M1	119°48'17"	26°05'20"
					M2	119°49'28"	26°05'20"
					M3	119°48'17"	26°06'57"
					M4	119°49'28"	26°06'57"
闽江口内港区	罗星塔锚地	待泊	24.75	7~10	M1	119°27'12"	25°58'53"
					M2	119°27'48"	25°59'03"
					M3	119°27'50"	25°58'54"
					M4	119°27'14"	25°58'47"
	营前锚地	候潮、待泊	21.74	7~10	M1	119°27'13"	25°58'36"
					M2	119°27'39"	25°58'41"
					M3	119°27'25"	25°58'18"
	亭江过驳、候泊锚地	过驳、待泊	61.34	10.5	M1	119°30'39"	26°04'00"
					M2	119°30'49"	26°04'00"
					M3	119°31'25"	26°04'39"

平潭外海风电一期项目海洋环境影响报告书

	亭江侯泊锚地	待泊	100	10.5	M4	119°31'23"	26°05'00"
					M1	119°31'41"	26°05'03"
					M2	119°31'37"	26°04'29"
					M3	119°31'55"	26°04'38"
					M4	119°32'09"	26°05'00"
	琯头 2 号锚地	待泊	12.56	4.9~8	M0	119°32'57"	26°06'57"
	琯头 1 号锚地	待泊、过驳	76.92	4.9~8	M1	119°34'24"	26°08'01"
					M2	119°34'24"	26°07'47"
					M3	119°33'39"	26°07'32"
					M4	119°33'19"	26°07'13"
M5					119°33'12"	26°07'19"	
乌猪口 1 号锚地	薰舱	12.56	6~7.5	M0	119°36'44"	26°08'11"	
乌猪口 2 号锚地	薰舱	12.56	5~9.5	M0	119°36'50"	26°07'53"	
江阴港区	江阴锚地	待泊	590	>14	M1	119°21'53"	25°23'03"
					M2	119°21'38"	25°22'31"
					M3	119°24'09"	25°21'29"
					M4	119°24'24"	25°21'58"
	引航备用锚地	引航	75	>16	M1	119°32'20"	25°20'12"
					M2	119°32'03"	25°19'48"
					M3	119°32'28"	25°19'33"
					M4	119°32'46"	25°19'56"
	塘屿南锚地	引水联检	370	>18.8	M1	119°39'04"	25°17'45"
					M2	119°38'47"	25°17'06"
					M3	119°40'24"	25°16'31"
	小月屿锚地	引航	560	>22.7	M4	119°40'41"	25°17'11"
					M1	119°40'24"	25°13'19"
					M2	119°40'58"	25°12'46"
					M3	119°42'18"	25°13'55"
	小月屿 20 万吨级锚地	引航	196	24.3 ~ 29	M4	119°41'43"	25°14'28"
					M1	119°39'49"	25°13'52"
					M2	119°40'24"	25°13'19"
					M3	119°41'00"	25°13'50"
	5 万吨级危险品应急锚地	应急	130	15.6 ~ 23.7	M4	119°40'25"	25°14'23"
					M1	119°24'53"	25°21'28"
					M2	119°24'30"	25°20'57"
					M3	119°25'04"	25°20'37"
	5000 吨级危险品应急锚地	应急	71	7.6 ~ 13.3	M4	119°25'27"	25°21'08"
					M1	119°18'32"	25°23'18"
					M2	119°18'19"	25°22'53"
					M3	119°18'47"	25°22'41"
	5000 吨级危险品应急锚地	应急	71	18.4 ~ 24.3	M4	119°18'59"	25°23'06"
M1					119°25'24"	25°20'58"	
M2					119°25'07"	25°20'35"	
M3					119°25'33"	25°20'20"	
东洛锚地	5 万吨级及以下船舶候潮、待泊、联检	321	12~15	M4	119°25'49"	25°20'43"	
				M1	119°39'49"	25°44'28"	
				M2	119°40'39"	25°44'02"	
				M3	119°42'19"	25°44'14"	
					M4	119°41'58"	25°44'44"

	笠屿北锚地	10~20 万吨级大型船舶引水、联检、候潮	239	21~22	M1	119°48'55"	25°47'13"
					M2	119°48'55"	25°46'37"
					M3	119°50'12"	25°46'37"
					M4	119°50'12"	25°47'14"
罗源湾港	可门口北	5~30 万吨	493	15~	M1	119°50'12"	26°28'04"

#### 4.3.2.4 海底电缆管道

风电场区及预选路由线路周边海域海底电缆管道最近的仅为闽台海底光缆工程 (TSE-1), 其余较远的均为与平潭连接的海缆管道, 包括长乐-屿头、乐屿岛-屿头岛、苏沃-大练、大练岛-小练岛等一系列管线。

“福州-淡水海缆项目”(TSE-1 光缆)由中国联通联合、中国移动、台湾远传、台湾大哥大、台湾国际缆网和台湾中华电信共同投资建设, 海域权属由中国联通联合办理, 海缆连接大陆福州和台湾淡水, 海缆全长约 270 公里(其中海中段 205 公里), 共计 16 芯光纤, 采用目前最先进的波分复用技术, 一期设计容量高达 6.4T。该项目是首条全部由海峡两岸电信运营商共同投资建设并运营的连接大陆至台湾本岛的直达通信电路。项目建成后, 将大幅度提高两岸通信能力, 改善通信品质, 为两岸人民提供质优价廉的通信服务。

#### 4.3.2.5 渔业活动

##### 1、渔场和渔区

风电场区及预选路由海区位于中国东部福建中部沿海的闽中渔场, 其范围为 24°30'~26°00'N, 121°30'E 和台湾北部以西海区, 面积约 1.2 万余平方海里。中心渔场位于牛山岛、乌丘屿以东海域和崇武半岛以南和祥芝角与围头角以东水深 30~70m 海域。本渔场受闽浙沿岸水、台湾暖流、黑潮和黑潮支梢的影响, 渔场的水温、盐度明显偏高。海底底质以粉砂、砂为主。

闽中渔场主要捕捞对象有带鱼、大黄鱼、大眼鲷、绿鳍马面鲀、白姑鱼、鲳鱼、鳓鱼、蓝点马鲛、竹荚鱼、海鳗、鲨、蓝园鲈、鲈鱼、乌贼、剑尖枪乌贼、黄鳍马面鲀等。主要作业类型有对拖网、单拖网、灯光围网、底层流刺网、灯光敷网和钓等。

##### 2、渔港及休渔期

预选路由区及其周边海域的由于地处保护区—旅游休闲娱乐区—港口航运区岸段, 其附近渔港均较少, 主要分布在漳港附近、海坛岛东部以及松下港南侧屿头岛附近。本项目预选路由与渔港距离均较远, 海缆敷设完成后一般无影响, 但施工期间场



区及预选路由线路也与渔港相距较远，不会影响渔船进出港作业。此外，周边渔船在打渔时会有临时性的无定点抛锚，建议海缆敷设一定的深度，避免因抛锚而发生事故。

根据《福建省海洋与渔业厅关于印发福建省实施 2017 年度海洋伏季休渔制度工作方案的通知》(闽海渔〔2017〕58 号)，5 月 1 日 12 时至 8 月 1 日 12 时，全省海域禁止灯光围(敷)网、张网、刺网、桁杆虾拖和笼壶作业； $26^{\circ}30'N$  纬度线以南海域从 5 月 1 日 12 时至 8 月 16 日 12 时， $26^{\circ}30'N$  以北海域从 5 月 1 日 12 时至 9 月 16 日 12 时，禁止拖网、杂渔具和围网(围缙)作业。

### 3、海上养殖

风电场区周边确权海上养殖位于海坛岛东北部，主要分布于海坛岛北角的长江澳、东部的东庠岛西南侧、东洲岛附近及屿头岛附近，如图 4.3-3，其中平潭附近绝大部分养殖已过期，目前还未办理续期手续，但也未注销，仅东庠岛附近三宗尚未过期。其中，海坛岛北角的长江澳附近主要养殖底栖和附着的贻贝、红蛤、鲍鱼等水产品，规模较小，用海方式为围海。东洲岛附近三宗养殖距离本项目最近，其为刘必兴的贻贝底播养殖，规模较大。东庠岛西南侧养殖分为底播、池塘和网箱养殖，其中，仅福建省平潭县东庠渔场的鲍鱼底播养殖和东庠乡沃星村王文浩、东庠乡东霞村林在晶的池塘养殖未过期。屿头岛附近有渔港较多，其附近有较大面积渔业养殖。

#### 4.3.2.6 海上风电项目

##### 一、长乐外海 A 区海上风电场项目

长乐外海 A 区海上风电场项目位于福建省东部沿海、长乐海岸线以东，理论水深在 39~44m 之间，离岸距离约 32~40km，规划装机 300.5MW。

根据场地范围内地形和海洋水文条件，安装 15 台单机容量为 6.7MW 和 25 台单机容量为 8.0MW 的风力发电机组，总装机容量 300.5MW。采用 220kV 海上升压变电站+陆上集控中心方案，配套建设 1 座海上升压变电站和 1 座陆上集控中心，其中陆上集控中心为长乐外海海上风电场 A、B、C 区三个风电场共用。集电线路通过 35kV 海底电缆先接入海上升压变电站，升压至 220kV 后，再经 2 回 220kV 海底电缆接入 220kV 陆上集控中心。该工程电缆主要连接风机与风机之间、风机与海上升压站之间、海上升压站与陆地电网之间，场内 35kV 集电线路路径总长约 43.7km，220kV 汇流线路路径总长约 78.5km。

海缆登陆点位于长乐区松下镇东北方海岸线附近，东侧临海。陆上集控中心位于在

靠近风电场的长乐市松下镇脚头村南侧山地上,规划本期及远景新建双回 220kV 线路接入 220kV 昆石变。集控中心布置有主控楼、附属楼、无功补偿装置室、35kV 配电装置室、220kV GIS 配电装置室、主变、备品库、消防泵房及水池、事故油池及警卫室等。

该项目涉海工程内容包括:单机容量 6.7MW 的风力发电机组 15 台、单机容量 8MW 的风力发电机组 25 台、220kV 海上升压变电站、风电场内连接风机及风机与海上升压站之间的 35kV 海缆(总长约 43.7km) 连接海上升压站与陆上集控中心的 220kV 海缆(涉海部分总长约 77.5km)。风机基础为内插式四桩导管架基础和四筒(吸力桩)导管架基础,风机安装采用整体安装方案;海上升压变电站采用整体式布置,下部结构采用后桩法导管架基础型式。本项目年上网电量约 96073 万 kW·h,等效满负荷小时数 3197h。

## 二、长乐外海 C 区海上风电场项目

长乐外海 C 区海上风电场项目规划装机 500MW。本项目涉海工程包括:单机容量 8MW 的风力发电机组 62 台、220kV 海上升压变电站、风电场内连接风机及风机与海上升压站之间的 35kV(139.7km)海底电缆以及升压站与陆上集控中心之间的 220kV 海底电缆(42.5×2km)和 1 座陆上集控中心(依托工程)。根据场地工程地质及海洋水文条件,风机基础型式采用三桩吸力筒基础。

本项目采用 220kV 海上升压变电站+陆上集控站方案,配套建设 1 座海上升压变电站和 1 座陆上集控站,220kV 海上升压变电站拟布置在 C 区风电场西南侧海域。海上升压变电站包括基础和上部平台两部分,拟选用导管架平台结构形式。全场集电线路采用分段串接汇流接线方式,集电线路通过 35kV 海底电缆先接入海上升压变电站,升至 220kV 后,再经 220kV 海底电缆接入 220kV 陆上集控站,电能汇流后再以 220kV 线路接入 500kV 东台变,并入省电网。陆上集控站拟布置在长乐区松下镇首祉村南侧的山地上,陆缆和陆上集控中心等陆域设施由建设单位依托长乐 A 区集控中心。年上网电量约 173915 万 kWh,等效满负荷小时数 3506h,容量系数为 0.40。工程静态投资为 1011474.96 万元,建设总工期为 48 个月。

## 5 环境质量现状调查与评价

### 5.1 水文动力环境调查与评价

根据《长乐外海 A 区海上风电场冬季全潮同步综合水文测验外业调查概况暨初步分析》，国家海洋局第一海洋研究所分别于 2017 年 11 月 6 至 13 日和 2018 年 1 月 10 日至 1 月 17 日，在长乐外海海上风电场海域进行了秋、冬季大、中、小潮海流、悬沙、水位、海水温度、盐度、气象的多船定点同步连续观测。水文、悬沙等观测共设 10 个站位（C1-C10）。各潮位观测点和水文观测点的位置见图 5.1-1。

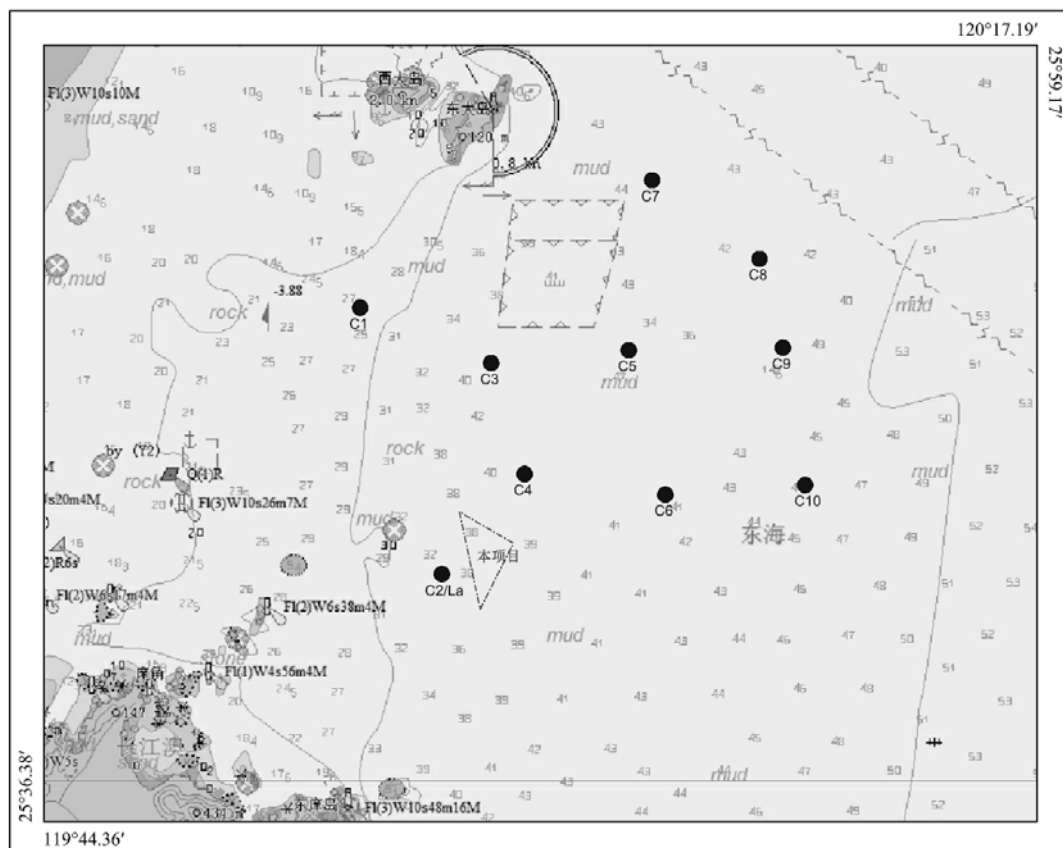


图 5.1-1 水文观测站位图

#### 5.1.1 实测海流分析

##### （一）冬季各站实测涨落潮流的最大流速

平面海流：大潮期落潮流平均流速最大为 43cm/s，流向为 63°，出现在 C10 站，涨潮流平均流速最大为 41cm/s，流向为 201°，出现在 C9 站；中潮期落潮流平均流速最大为 42m/s，流向为 80°，出现在 C9 站，涨潮流平均流速最大为 26cm/s，流向为 201°，出现在 C8 站；小潮期，落潮流平均流速最大为 36m/s，流向为 77°，出现在 C9 站，涨

潮流平均流速最大为 19cm/s，流向为 160°，出现在 C7 站。

在三次观测中，各站涨落潮平均流速总的看来大潮期最大，小潮期最小。

**垂向海流：**大潮期，落潮流最大流速为 92cm/s，流向为 57°，出现在 C9 站 0.2H 层，涨潮流最大流速为 70cm/s，流向为 140°，出现在 C9 站 0.4H 层。中潮期，落潮流最大流速为 79cm/s，流向为 94°，出现在 C9 站表层，涨潮流最大流速为 62cm/s，流向为 139°，出现在 C9 站 0.2H 层。小潮期，落潮流最大流速为 65cm/s，流向为 102°，出现在 C9 站表层，涨潮流最大流速为 47m/s，流向为 141°，出现在 C8 站 0.2H 层。

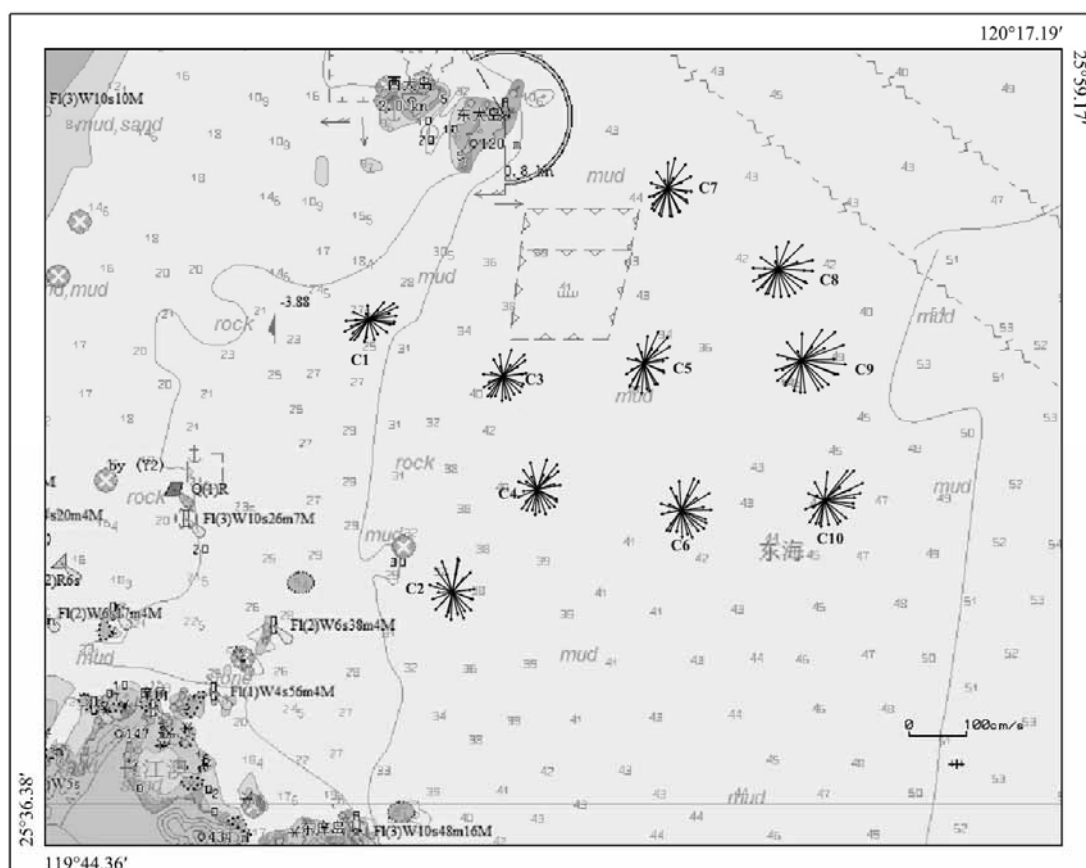


图 5.1-2 各站大潮期垂线平均海流矢量图

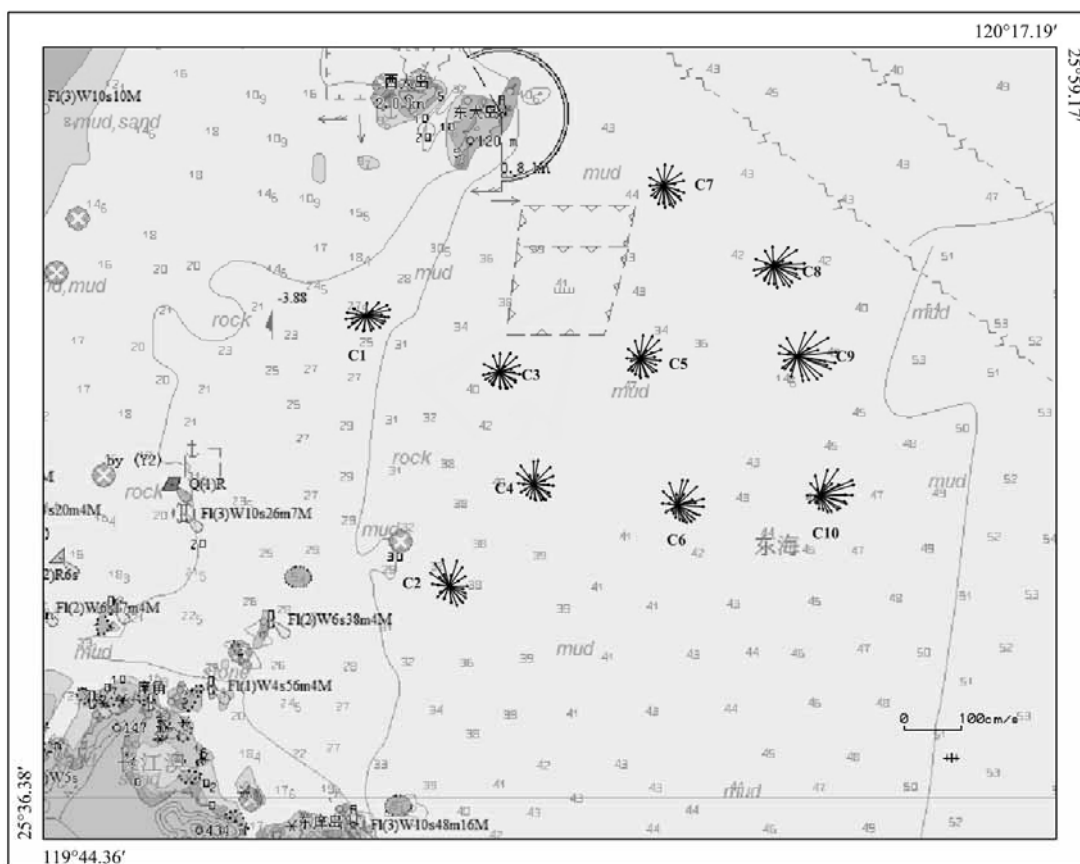


图 5.1-3 各站中潮期垂线平均海流矢量图

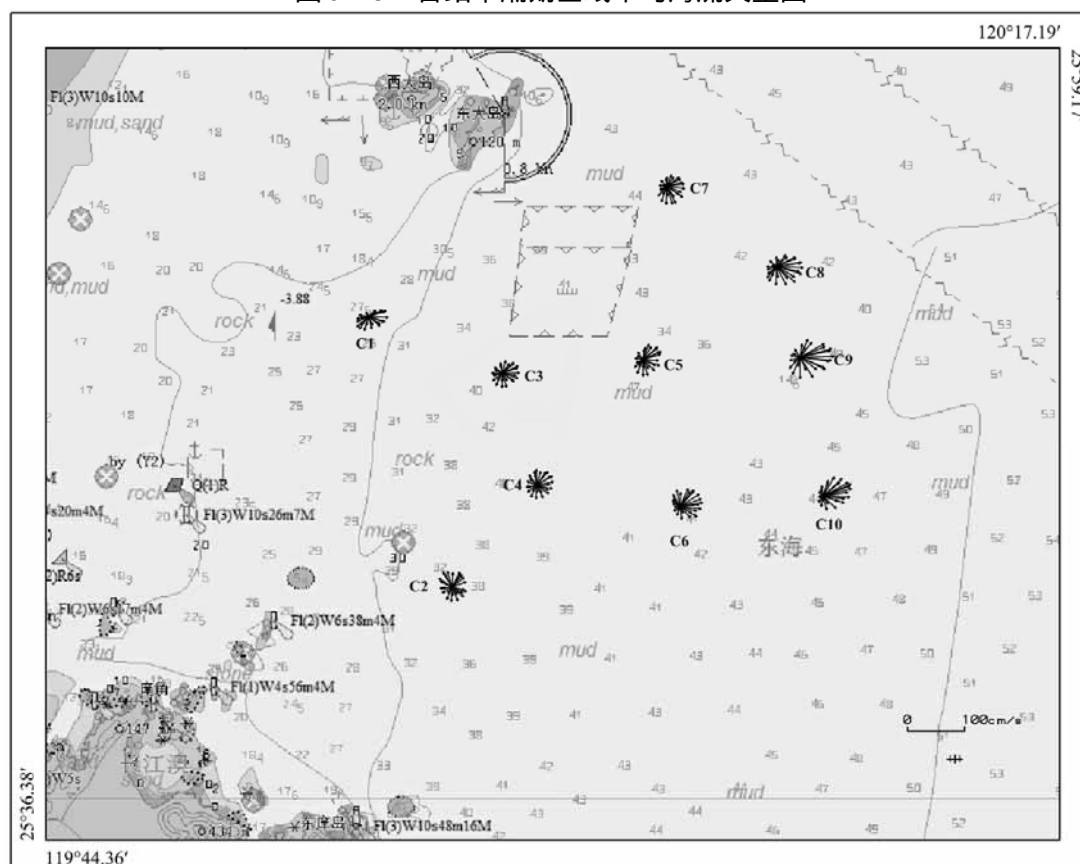


图 5.1-4 各站小潮期垂线平均海流矢量图

## (二) 秋季各站实测涨落潮流的最大流速

海流在平面上的分布：各站实测海流表现为一定的旋转性流动，涨潮流向为偏 SW 向，落潮流向为偏 NE 向。

### (1) 涨、落潮流平均流速及流向

大潮期，C9 站涨落潮平均流速最大，C1 站涨落潮平均流速最小，总体呈现岸边站小于离岸站的趋势。中潮期，各站涨落潮流平均流速规律基本与大潮期一致。小潮期，各站涨落潮流平均流速规律也与大潮期一致。

各站中，大潮期，除 C1 站、C3 站、C10 站涨潮流平均流速小于落潮流平均流速外，其余各站涨潮流平均流速大于落潮流平均流速。中潮期，除 C1 站、C4 站、C6 站、C9 站、C10 站涨潮流平均流速小于落潮流平均流速外，其余各站涨潮流平均流速大于落潮流平均流速。小潮期，除 C7 站涨潮流平均流速大于落潮流平均流速外，其余各站涨潮流平均流速小于落潮流平均流速。

大潮期落潮流平均流速最大为 51cm/s，流向为 55°和 56°，出现在 C9 站和 C10 站，涨潮流平均流速最大为 54cm/s，流向为 208°，出现在 C9 站；中潮期落潮流平均流速最大为 44m/s，流向为 58°，出现在 C9 站，涨潮流平均流速最大为 38cm/s，流向为 201°，出现在 C5 站；小潮期，落潮流平均流速最大为 33m/s，流向为 73°，出现在 C9 站，涨潮流平均流速最大为 21cm/s，流向为 203°，出现在 C9 站。

在三次观测中，各站涨落潮平均流速总的看来大潮期最大，小潮期最小。

### (2) 最大涨、落潮流流速及流向

大潮期垂线平均的落潮流最大流速的变化范围在 68cm/s~96cm/s 之间，最大值出现在 C9 站，流向为 42°，垂线平均的涨潮流最大流速的变化范围在 61cm/s~84cm/s，最大值为出现在 C9 站，流向为 210°。中潮期，垂线平均的落潮流最大流速的变化范围在 50cm/s~75cm/s 之间，最大值出现在 C9 站，流向为 60°，垂线平均的涨潮流最大流速的变化范围在 49cm/s~67cm/s，最大值为出现在 C2 站，流向为 280°。小潮期，垂线平均的落潮流最大流速的变化范围在 31cm/s~56cm/s 之间，最大值出现在 C9 站，流向为 76°，垂线平均的涨潮流最大流速的变化范围在 28m/s~41cm/s，最大值为出现在 C9 站，流向为 145°。

海流在垂向上的分布：大潮期，落潮流最大流速为 106cm/s，流向为 39°，出现在 C9 站 0.2H 层，涨潮流最大流速为 94cm/s，流向为 207°，出现在 C9 站 0.2H 层。中潮期，落潮流最大流速为 84cm/s，流向为 42°，出现在 C9 站 0.2H 层，涨潮流最大流速为 74cm/s，流向为 284°，出现在 C2 站表层。小潮期，落潮流最大流速为 60cm/s，流向为 88°，出现在 C9 站表层，涨潮流最大流速为 49m/s，流向为 155°，出现在 C9 站表层。

大、中、小潮期三次观测中，海流流速大部分站的最大值出现在表层或 0.2H 层，流速基本上均自表至底逐渐减小，流向在垂直线上的分布比较一致。

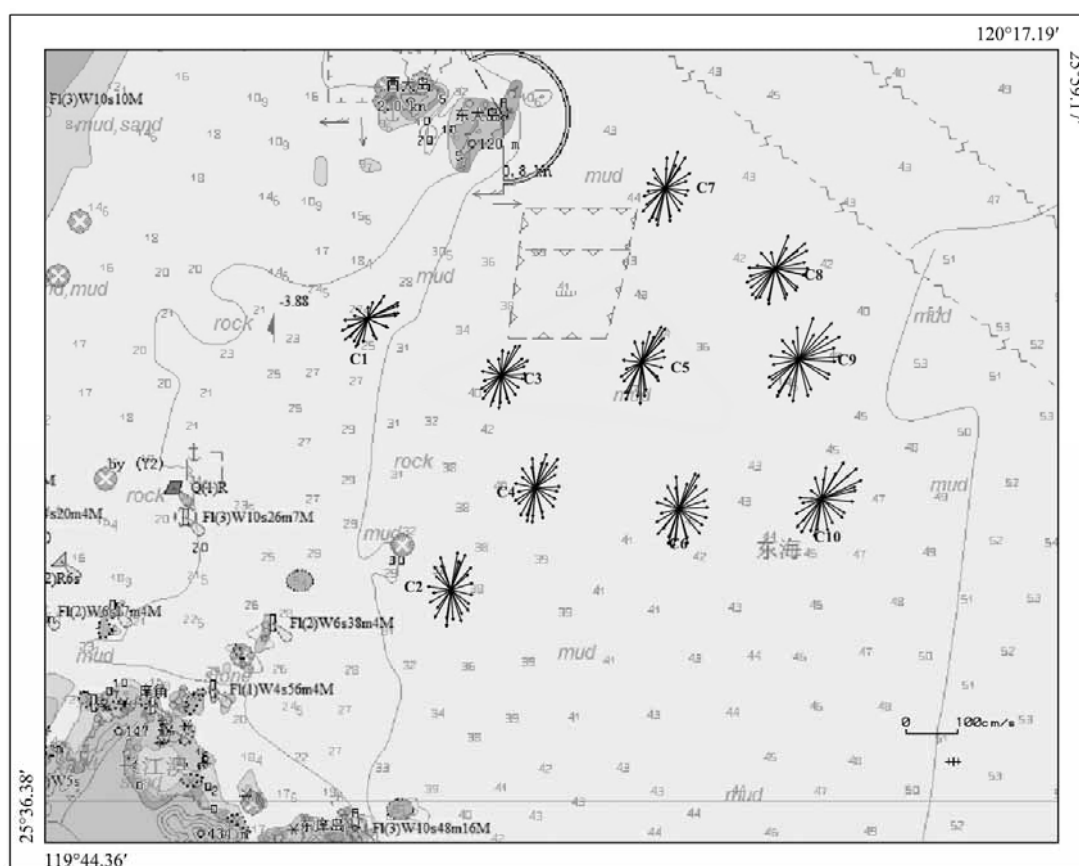


图 5.1-5 各站大潮期垂线平均海流矢量图

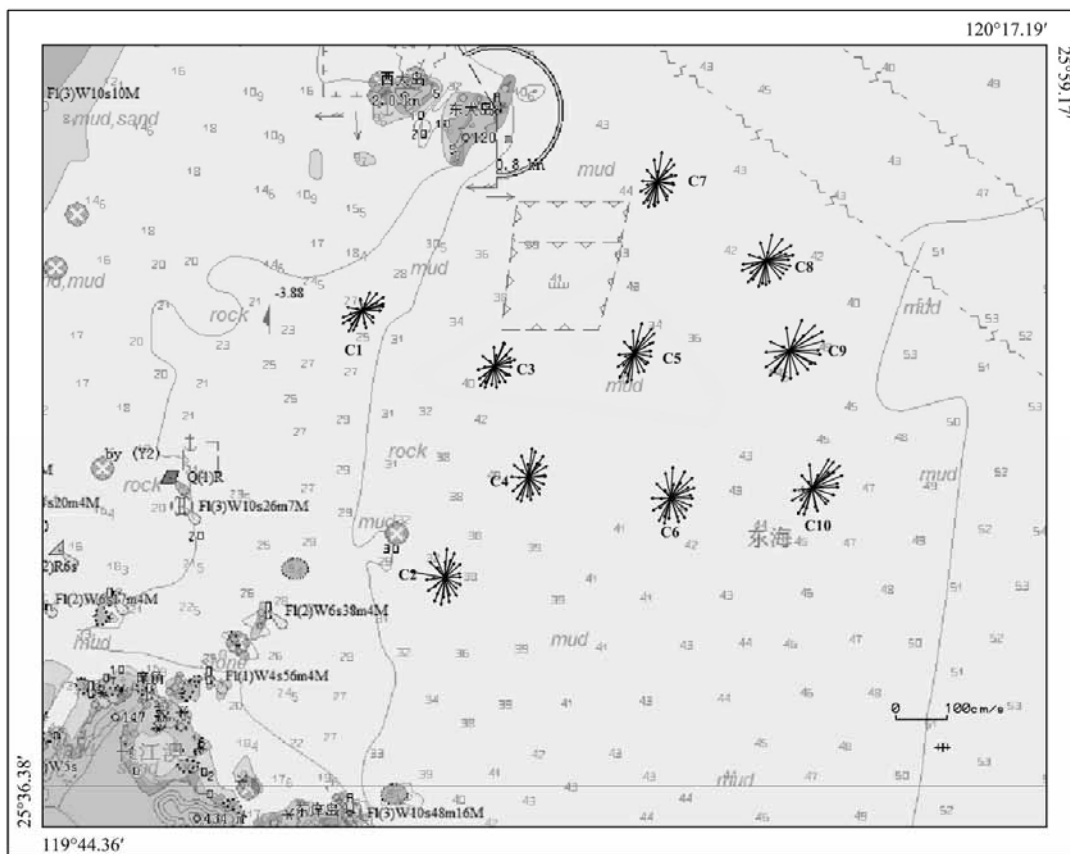


图 5.1-6 各站中潮期垂线平均海流矢量图

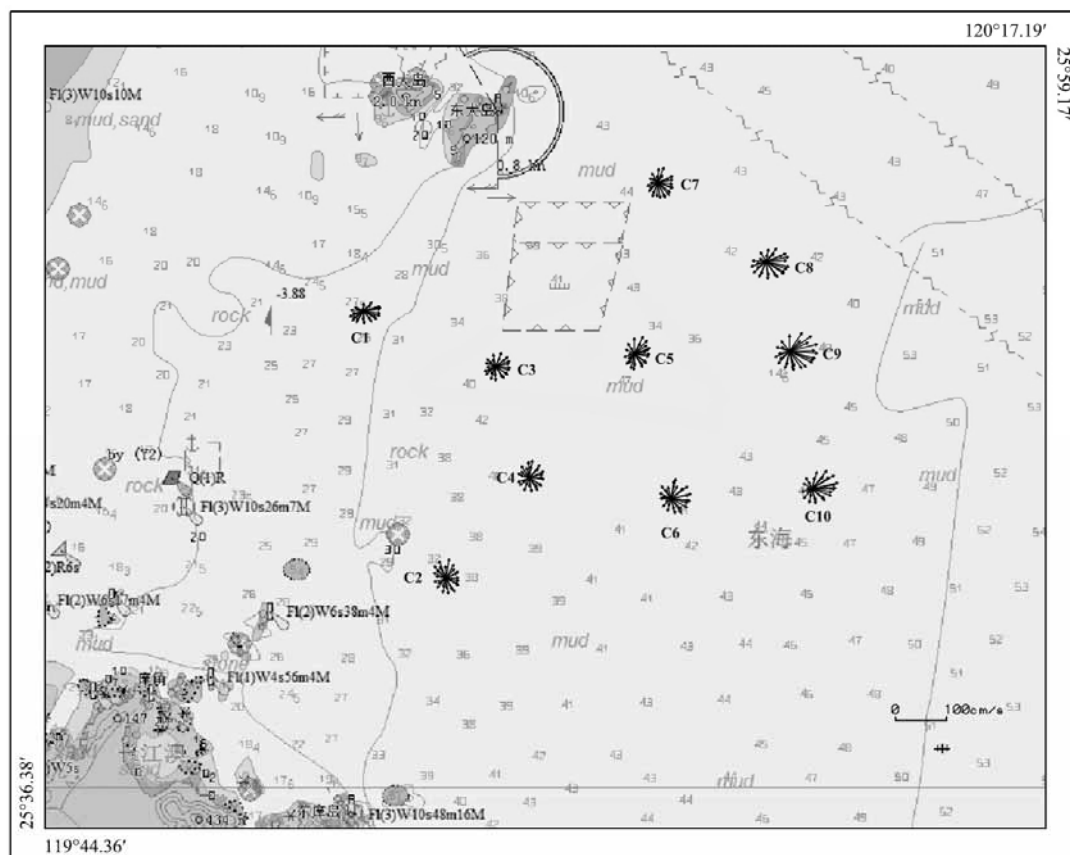


图 5.1-7 各站小潮期垂线平均海流矢量图



## 5.1.2 潮流状况

### 1、潮流性质

按《海港水文规范》潮流可分为规则的、不规则的半日潮流和规则的、不规则的全日潮流，其判别标准为：

$(W_{O1}+W_{K1}) / W_{M2} \leq 0.5$	为规则半日潮流
$0.5 < (W_{O1}+W_{K1}) / W_{M2} \leq 2.0$	为不规则半日潮流
$2.0 < (W_{O1}+W_{K1}) / W_{M2} \leq 4.0$	为不规则全日潮流
$(W_{O1}+W_{K1}) / W_{M2} > 4.0$	为规则全日潮流

$(W_{O1}+W_{K1}) / W_{M2}$  称为潮流类型系数。

通过潮流调和计算分析计算出各实测海流观测站的潮型系数列入表 5.1-1。

表 5.1-1 各站潮流类型判别数  $(W_{O1} + W_{K1}) / W_{M2}$

站位号 项目		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
		$(W_{O1}+W_{K1}) / W_{M2}$	表层	0.28	0.32	0.35	0.29	0.37	0.39	0.38	0.24
0.2H	0.17		0.31	0.31	0.31	0.33	0.44	0.31	0.24	0.27	0.31
0.4H	0.24		0.32	0.32	0.31	0.28	0.29	0.30	0.26	0.30	0.32
0.6H	0.18		0.26	0.31	0.29	0.36	0.29	0.33	0.31	0.30	0.30
0.8H	0.24		0.29	0.29	0.35	0.35	0.35	0.31	0.25	0.26	0.24
底层	0.15		0.31	0.28	0.30	0.30	0.31	0.34	0.20	0.27	0.25

由表 5.1-1 可知，在各站的潮型系数中，各站各层潮流类型判别数均小于 0.5，其潮流性质为规则半日潮流。

### 2、潮流的运动形式

潮流的运动形式分旋转流和往复流，通常以椭圆率  $K$  的绝对值大小来判断，当  $|K| = 1$  时，潮流椭圆成圆形，各方向流速相等，为纯旋转流；当  $|K| = 0$  时，潮流椭圆为一直线，海水在一直线上往返流动，为典型往复流。 $|K|$  值通常在 0-1 之间， $|K|$  值越大，旋转流的形式越显著， $|K|$  值越小，往复流的形式越显著。

由于观测海域为规则半日潮流类型，因此，主要以 M2 分潮流的椭圆率来对潮流运动形式作近似分析。各分潮流椭圆率计算结果见表 5.1-2。

潮流的旋转方向，通常是以旋转率  $K$  前面的符号来判断。 $K$  前面为“+”，表示潮流

逆时针旋转（左旋），K 前面为“-”，说明潮流是顺时针旋转（右旋）。

表 5.1-2 为各站各层 M2 分潮潮流的 K 值表，各站各层 M2 分潮流的  $|K|$  值均在 0.5 左右，各站潮流运动形式以旋转流为主。

潮流的旋转方向，因本海域是规则半日潮流，讨论潮流的旋转方向时，可以 M2 分潮流的 K 值变化来讨论各站各层的潮流旋转方向，因此，各站各层 M2 分潮流的 K 值均大于 0，潮流旋转方向表现为逆时针旋转。

表 5.1-2 各站各层 M<sub>2</sub> 分潮流的 k 值表

项目	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
表层	0.58	0.68	0.68	0.71	0.50	0.74	0.62	0.67	0.68	0.57
0.2H	0.53	0.64	0.67	0.61	0.51	0.72	0.67	0.65	0.68	0.57
0.4H	0.49	0.62	0.68	0.67	0.55	0.71	0.60	0.68	0.67	0.65
0.6H	0.52	0.66	0.66	0.66	0.53	0.75	0.67	0.67	0.68	0.60
0.8H	0.54	0.69	0.72	0.71	0.56	0.74	0.68	0.65	0.72	0.63
底层	0.56	0.67	0.72	0.71	0.53	0.77	0.64	0.71	0.67	0.67

### 5.1.3 余流

余流流速：本次观测海域余流流速，大潮期各站各层余流流速在 1.8~18.6cm/s 之间，最大余流流速出现在 C9 站 0.4H 层，流向为 125°；中潮期余流流速在 0.7~19.4cm/s 之间，最大余流流速出现在 C10 站 0.2H 层，流向为 91°；小潮期各站各层余流流速在 1.9~18.4cm/s 之间，最大余流流速出现在 C9 站的 0.2H 层，流向为 97°。

余流流向：大潮期各站各层余流流向偏 SE 向。中潮期，除 C2、C6、C10 站余流流向偏 E 向外，其他各站各层余流流向偏 SE 向。小潮期 C2 站余流流向偏 NE 向，C1、C7、C8 站余流流向偏 SE 向，其他各站各层余流流向偏 E 向。

垂向上各层余流流速由表至底逐渐减小，流向基本一致。

## 5.2 地形地貌与冲淤环境现状调查与评价

项目区域地貌类型丰富，主要为沿海侵剥蚀丘陵、滨海海积平原、海积海岸、丘陵海岸以及海底阶地地貌。距长乐海岸线约 30.0km，低潮位时水深约 41.0m，高潮位时水深约 44.0m。

### 5.2.1 海底表层沉积物

由于本项目距离 A 区风电场较近，因此海底表层沉积物引用《长乐外海海上风电场

A 区项目海洋环境影响报告书》中 A 区所在海域海底表层沉积物资料。自然资源部第一海洋研究所 2017 年 11 月在工程海域近岸海域布设取样站位 60 站，利用蚌式取样器实际获取海底表层样品个数 60 个。

### (1) 底质类型分布

根据现场调查，工程海域底质沉积物为黏土质粉砂，沉积物类型分布见图 5.2-1。

黏土质粉砂是调查区的最重要沉积物。沉积物以粉砂组分为主，黏土组分含量其次，砂组分含量极少，不含砾石组分。

依据粒度分析结果：砂组分的含量在 0%~5.1%，平均含量为 0.6%；粉砂组分的含量在 53.3%~63.0%，平均含量为 58.7%；黏土组分的含量在 37.0%~45.3%，平均含量为 40.7%；中值粒径在  $7.37\Phi\sim 7.75\Phi$  (0.006~0.005mm)。

### (2) 中值粒径分布

整个调查区域沉积物中值粒径变化很小，整体在  $7.0\Phi$  (0.008mm)~ $8.0\Phi$  (0.004mm) 之间。其中调查区东北部海域的沉积物中值粒径在  $7.3\Phi\sim 7.5\Phi$  之间，大部分区域的沉积物中值粒径在  $7.5\Phi\sim 7.8\Phi$  之间。调查区沉积物粒径整体较小。

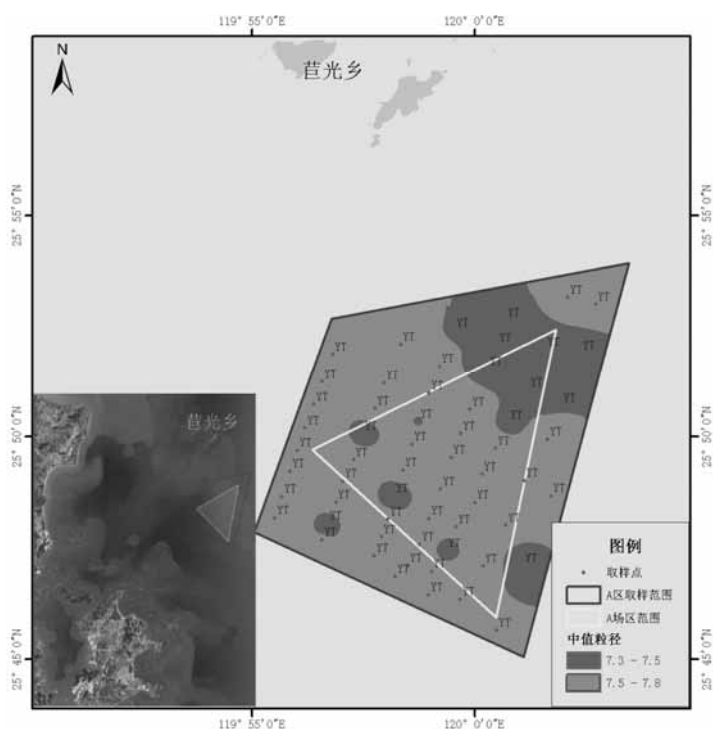


图 5.2-1 沉积物类型及中值粒径分布图

### 5.2.2 冲淤趋势分析

为对比分析工程海域海底地形冲淤变化特征，搜集工程海域中国人民解放军海军司令部航海保证部出版的2张海图：1:15万百犬列岛至南日群岛2016年出版(14110#)、海图1:7.5万海坛海峡及附近2005年出版(14129#)。上述两张图件在工程海域的水深分别于2014年、2005年测量。由于风电场位于水深大于30m的海域，水动力对海底作用力较小，海底地形变化不明显，因此文中仅对工程区海底0m、2m、5m、10m、20m等深线变化进行分析。

将上述两张海图，在ArcGis支持下，统一至同一比例尺、同一基面和同一坐标系下，制成0m、2m、5m、10m、20m等深线对比图(见图5.2-2)，从图中看出以下变化：

0m等深线：与2005年相比，2014年0m等深线向岸凹入，9年间平均向岸凹入约70m，海岸呈0m线呈侵蚀状态，侵蚀速率约7.8m/a。

2m等深线：自2005年至2014年的9年间2m等深线平均向岸凹入约55m，侵蚀速率约6.1m/a，侵蚀主要发生在登陆点附近海域，而登陆端两侧基本呈淤积状态。

5m等深：工程海域5m等深线自2005年至2014年间变化趋势与0m和2m等深线不一致，5m等深线向海淤进，海底呈淤积趋势，9年间平均淤积幅度约120m，淤积速率平均13.3m/a。

10m等深线：10m等深线整体向岸凹入，海底侵蚀，自2005年至2014年的9年间平均侵蚀幅度约240m，侵蚀速率约26.7m/a。

20m等深线：20m等深线变化较复杂，9年间，部分呈侵蚀趋势，其余海域局部有冲有淤，变化规律不明显。

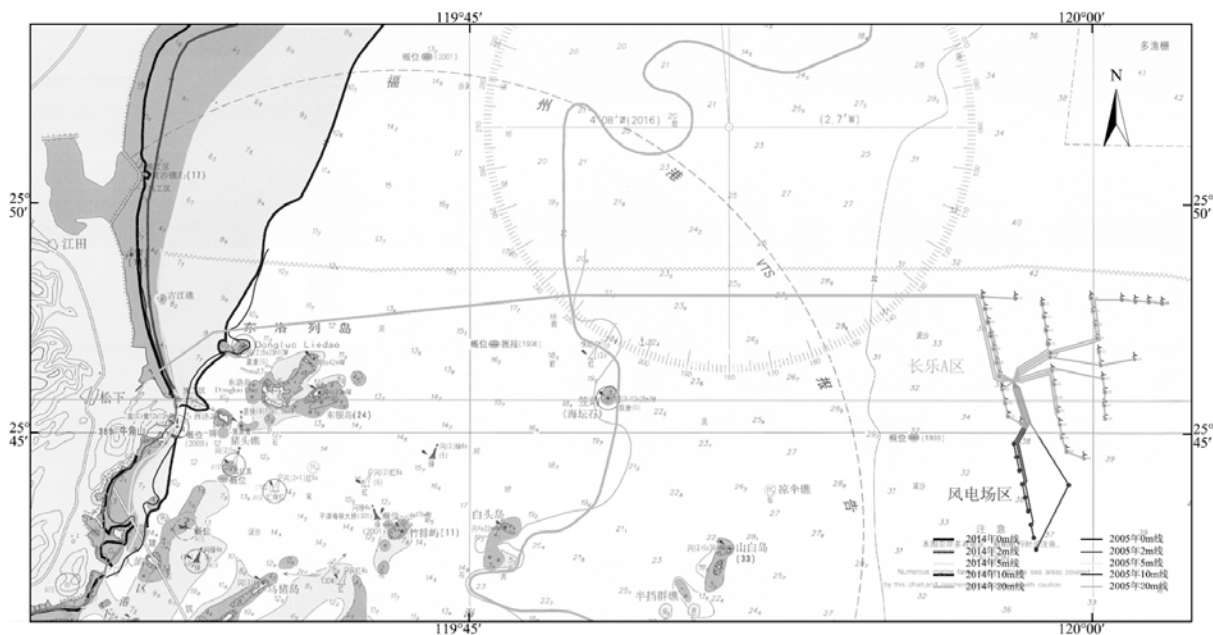


图 5.2-2 0m、2m、5m、10m、20m 等深线对比图

### 5.2.3 海洋腐蚀环境

海水是一种复杂的多种盐类的平衡体系，含有悬浮泥沙、溶解气体、生物以及腐败的有机物等，腐蚀性很强，各种金属材料在海洋环境中极易发生劣化破坏。海水腐蚀受化学因素、物理因素和生物因素等三类因素影响，且其影响是相互关联的。

海洋腐蚀环境一般分为海洋大气区、浪花飞溅区、潮差区、海水全浸区和海泥区五个腐蚀区带。有三个腐蚀峰值，其中一个峰值出现在平均高潮线以上的浪花飞溅区，该区域海水飞溅、干湿交替，氧的供应最充分，同时阳光和浪花冲击破坏金属的保护膜，造成腐蚀最为强烈，是钢铁设施腐蚀最严重的区域，也是最严峻的海洋腐蚀环境，年平均腐蚀率为 0.2~0.5mm，第二个峰值出现在平均低潮线以下 0.5~1.0m 处，该区域溶解氧充分、流速较大、水温较高、海生物繁殖快，年平均腐蚀率为 0.1~0.3mm，第三个峰值出现在海水海泥交界处下方，年平均腐蚀率为 0.03~0.07mm。

根据利用资料可知：

本场地海水对混凝土结构具中腐蚀性；对混凝土结构中的钢筋在长期浸水环境条件下具有弱腐蚀性，在干湿交替环境条件下具有强腐蚀性；对钢结构具有中等腐蚀性。设计应根据结构耐久性要求等采取相应的防腐措施。

## 5.3 海水水质环境现状调查与评价

### 5.3.1 调查时间

为了解工程区域及附近海域海水水质、沉积物及海洋生态现状，引用《长乐外海海上风电场 C 区海洋环境现状与渔业资源调查》中厦门大学海洋与地球学院于 2020 年 4 月 14-16 日在工程海域进行的春季调查资料。调查内容包括海洋水质、海洋沉积物、海洋生态(叶绿素 a、浮游植物、浮游动物、浅海大型底栖生物、潮下带大型底栖生物、鱼卵和仔、稚鱼)、生物体质量及渔业资源等。共布设海水水质 24 个站位，海底表层沉积物 12 个站位，生物体质量、海洋生态、渔业资源 14 个站位，潮间带断面 3 条。

调查过程中严格按照《海洋环境监测规范》(GB17378-2007)和《海洋调查规范》(GB12763-2007)以及相应的标准和规范进行。

调查站位具体位置见表 5.3-1 和图 5.3-1。

表 5.3-1 调查海域环境质量现状调查站位表 (2020 年春季)

站位	东经	北纬	水质	沉积物质量	海洋生态	海洋生物体质量	渔业资源	潮间带生物
1	119°38.6744'	25°50.7816'	√					
2	119°38.7012'	25°43.1801'	√	√	√	√	√	
3	119°43.4887'	25°50.8014'	√	√	√	√	√	
4	119°43.5062'	25°43.1926'	√					
5	119°50.7063'	25°35.6030'	√					
6	119°57.9370'	25°35.6077'	√	√	√	√	√	
7	120°05.0357'	25°35.6065'	√					
8	120°11.9686'	25°35.5998'	√	√	√	√	√	
9	119°47.9901'	25°41.1413'	√	√	√	√	√	
10	119°56.6658'	25°41.1489'	√		√	√	√	
11	120°05.0396'	25°41.1481'	√					
12	120°11.9778'	25°41.1413'	√	√	√	√	√	
13	119°47.9788'	25°47.8972'	√					
14	119°56.6627'	25°47.9048'	√	√	√	√	√	
15	120°05.0443'	25°47.9040'	√	√	√	√	√	
16	120°11.9891'	25°47.8972'	√					
17	119°47.9674'	25°54.6384'	√					
18	119°56.8632'	25°53.5299'	√	√	√	√	√	
19	120°05.0491'	25°54.6453'	√		√	√	√	
20	120°12.0004'	25°54.6385'	√	√	√	√	√	
21	119°47.9567'	26°00.9701'	√	√	√	√	√	

22	119°56.6164'	26°01.5825'	√					
23	120°05.0536'	26°00.9770'	√	√	√	√	√	
24	120°12.0111'	26°00.9702'	√					
C1	119°35.8805'	25°42.7735'						√
C2	119°37.1878'	25°46.4646'						√
C3	119°36.7177'	25°51.2881'						√

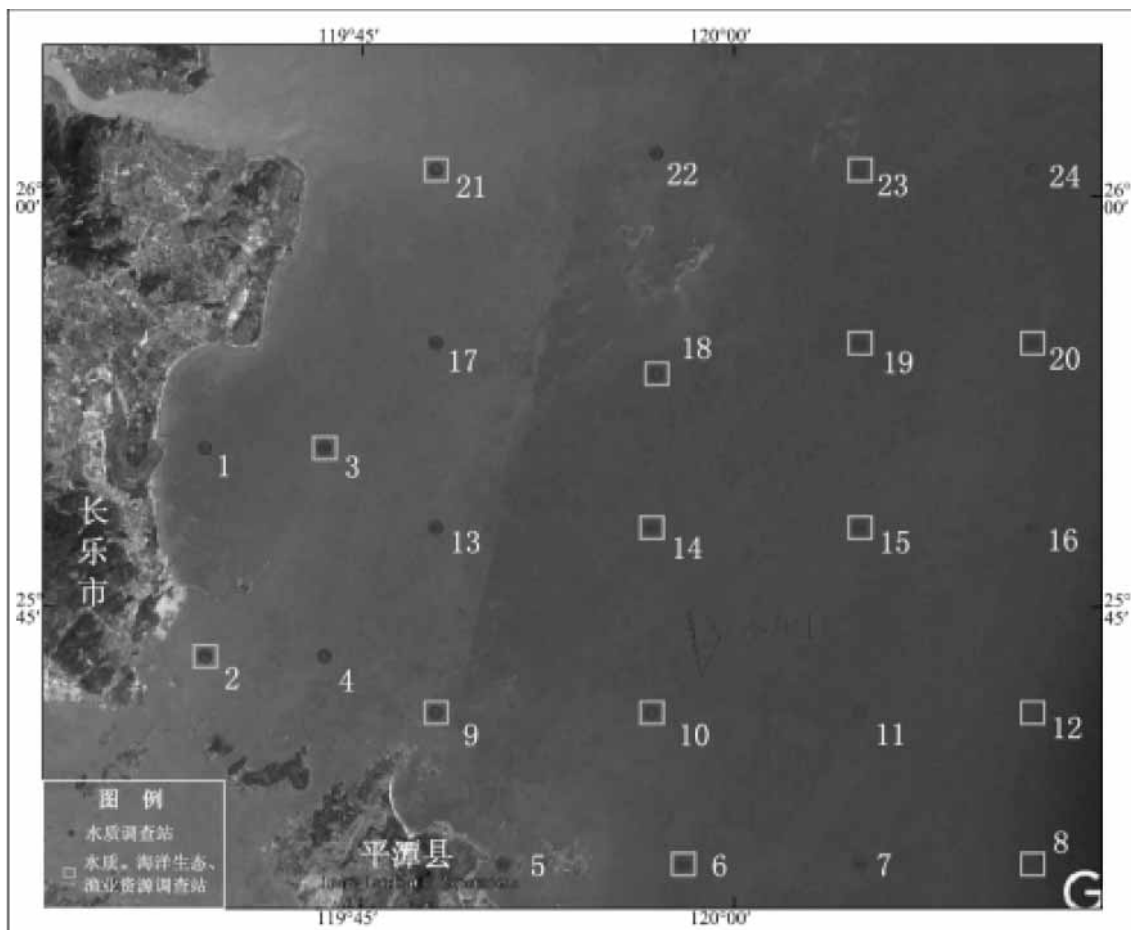


图 5.3-1a 海洋环境质量及渔业资源调查站位图 (2020 年春季)

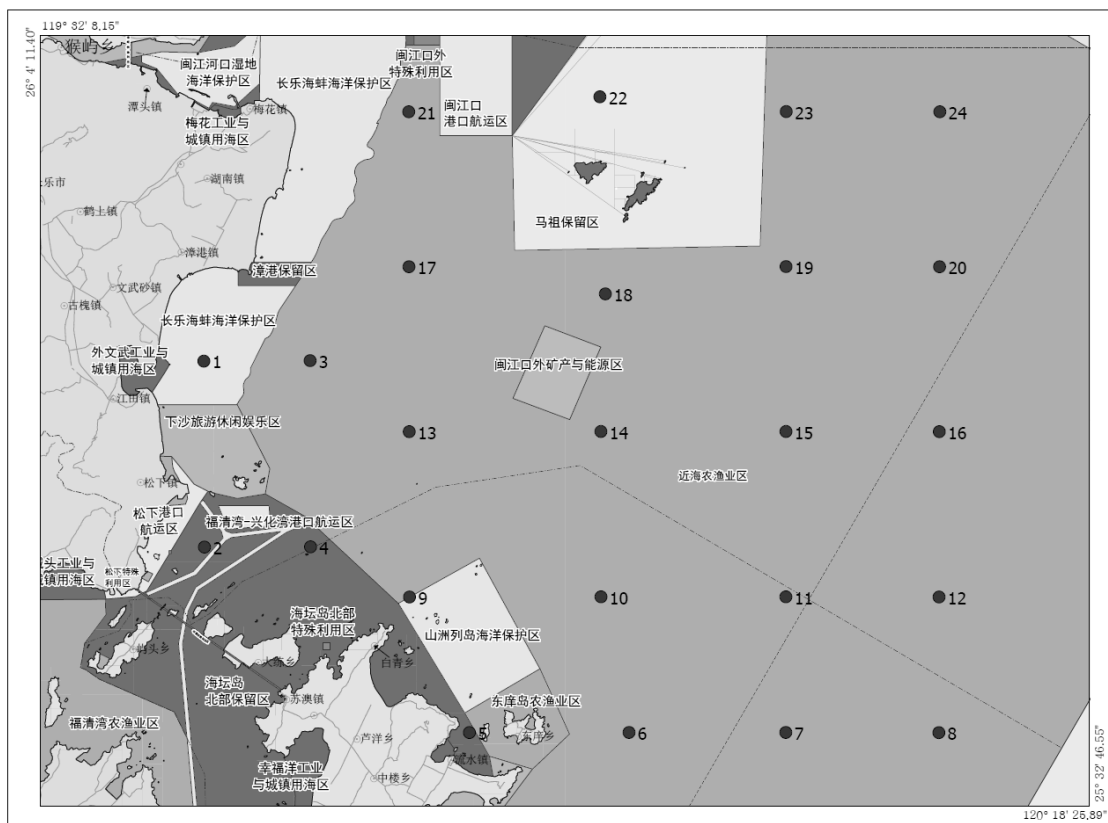


图 5.3-1b 海洋环境质量调查站位与海洋功能区划关系图（2020 年春季）

### 5.3.2 水质分析方法

监测项目：海洋水质环境调查参数为水深、水温、盐度、透明度、浊度、悬浮物、化学需氧量、pH、溶解氧、无机氮（硝酸盐、亚硝酸盐和铵盐）、活性磷酸盐、石油类、重金属（总汞、铜、铅、锌、镉、铬、砷）等 21 个指标。

海水水质样品分析方法、采用分析标准、检出限见表 5.3-2。

表 5.3-2 水质监测项目分析及检出限

序号	项目	分析方法	方法来源
1	水文	水温	《海洋调查规范》 GB/T 12763-2007
2		盐度	
3		悬浮物	
1	水质	DO	《海洋监测规范》 第 4 部分：海水分析 GB 17378.4-2007
2		pH	
3		COD	
4		氨	
5		硝酸盐	
6		亚硝酸盐	
7		活性磷酸盐	
8		油类	
9		铜	



序号	项目	分析方法	方法来源	
10		铅		
11		镉		
12		铬		
13		锌		火焰原子吸收分光光度法
14		砷		原子荧光法
15		汞		
16		硫化物		亚甲基蓝分光光度法
1		沉积物		铜
2	铅			
3	镉			
4	铬			
5	锌		火焰原子吸收分光光度法	
6	砷		原子荧光法	
7	汞			
8	硫化物		亚甲基蓝分光光度法	
9	石油类		紫外分光光度法	
10	有机碳		重铬酸钾氧化-还原容量法	
1	生物体质量	铜	《海洋监测规范》 第6部分：生物体分析 GB 17378.6-2007	
2		铅		
3		镉		
4		铬		
5		锌		火焰原子吸收分光光度法
6		砷		原子荧光法
7		汞		原子荧光法
8		石油烃		荧光分光光度法

### 5.3.3 评价方法

本次评价采用单因子评价标准指数法对海域水质现状进行评价。

(1) 单项水质评价因子 i 在第 j 取样点的标准指数：

$$S_{i,j} = C_{i,j} / C_{si}$$

式中：C<sub>i,j</sub> - 水质评价因子 i 在第 j 取样点的实测浓度值，mg/L；

C<sub>si</sub> - 水质评价因子 i 的评价标准，mg/L。

(2) DO 的标准指数为：

$$S_{DO,j} = |DO_f - DO_j| / (DO_f - DO_s) \quad \text{当 } DO_j \geq DO_s \text{ 时；}$$

$$S_{DO,j} = 10 - 9DO_j / DO_s \quad \text{当 } DO_j < DO_s \text{ 时；}$$

$$DO_f = 468 / (31.6 + T)$$

式中： $S_{DO_j}$ ：饱和溶解氧在第j取样点的标准指数；

$DO_f$ ：饱和溶解氧浓度，mg/L；

$DO_j$ ：j取样点水样溶解氧的实测浓度值，mg/L；

$DO_s$ ：溶解氧的评价标准，mg/L；

T：水温，℃。

(3) pH 的标准指数为：

$$PI_{pH} = \frac{|pH - pH_{SM}|}{D_S}$$

$$\text{其中， } pH_{SM} = \frac{pH_{su} + pH_{sd}}{2}; D_S = \frac{pH_{su} - pH_{sd}}{2}$$

式中： $PI_{pH}$ ——pH 的污染指数；

$pH$ ——pH 的实测值； $pH_{su}$ ——pH 评价标准的上限值；

$pH_{sd}$ ——pH 评价标准的下限值。

表 5.3-3a 海水水质标准 (GB 3097-1997) 单位：mg/L(pH 除外)

评价项目	第一类	第二类	第三类	第四类	
酸碱度 (pH)	7.8 ~ 8.5		6.8 ~ 8.8		
悬浮物质 (SS)	人为增加的量 ≤ 10		人为增加的量 ≤ 100	人为增加的量 ≤ 150	
溶解氧 (DO) >	6	5	4	3	
化学需氧量 (COD) ≤	2	3	4	5	
活性磷酸盐 (以 P 计) ≤	0.015	0.030		0.045	
无机氮 (以 N 计) ≤	0.20	0.30	0.40	0.50	
硫化物 ≤	0.02	0.05	0.10	0.25	
石油类 ≤	0.05		0.30	0.50	
重金属 ≤	铜 ≤	0.005	0.010	0.050	
	铅 ≤	0.001	0.005	0.010	0.050
	镉 ≤	0.001	0.005	0.010	
	总铬 ≤	0.05	0.10	0.20	0.50
	锌 ≤	0.020	0.050	0.100	0.500
	砷 ≤	0.020	0.030	0.050	
	汞 ≤	0.00005	0.0002	0.0005	
水温	人为造成的海水温升夏季不超过当时当地 1℃，其它季节不超过 2℃		人为造成的海水温升不超过当时当地 4℃		

表 5.3-3b 调查站位与海洋功能区划水质标准关系

功能区	2020 年 4 月(春季)	水质标准等级
近海农渔业区	3、6-8、10-21、23、24	一类
闽江口港口航运区	/	三类
长乐海蚌海洋保护区	1	一类
下沙旅游休闲娱乐区	/	二类
海坛海峡保留区	2、4、5	一类
山州列岛海洋保护区	9	一类
马祖保留区	22	一类

注：保护区和保留区均按一类标准执行

### 5.3.4 水质现状监测及评价结果

海水水质评价结果如下：

#### 1) 水温、盐度、悬浮物、pH 值

各站位水温 17.0°C~19.8°C 之间，平均值为 18.3°C。

各站位盐度 19.9~30.0 之间，平均值为 27.6。

各站位的悬浮物在 17.9mg/L ~ 33.0mg/L 之间，平均值为 26.0mg/L。

各站 pH 值在 7.84~8.48 之间，平均值均为 8.05，各测站海水中 pH 的 Si 值均小于 1，符合第一类海水水质标准。

#### 2) 溶解氧

各站溶解氧值在 7.84mg/L~9.70mg/L 之间，平均值为 8.88mg/L，各测站海水中溶解氧的 Si 值均小于 1，符合第一类海水水质标准。

#### 3) 化学需氧量

各站位化学需氧量在 0.17mg/L ~ 0.81mg/L 之间，平均值为 0.42mg/L，各测站海水中化学需氧量的 Si 值均小于 1，符合第一类海水水质标准。

#### 4) 无机氮

各站位无机氮含量在 0.238mg/L ~ 1.196mg/L 之间，平均值为 0.410mg/L，各测站海水水质超过一类水质标准 60.7%，其中二类的超标率为 30.2%，三类的超标率为 17.3%，四类的超标率为 6.8%。

#### 5) 活性磷酸盐

各站位活性磷酸盐的含量在 0.014mg/L ~ 0.046mg/L 之间，平均值为 0.022mg/L，各测站海水水质超过一类水质标准 30.5%，二三类的超标率为 13.8%，四类的超标率 2.1%。

6) 石油类

各站位石油类含量在 0.01mg/L ~ 0.42mg/L 之间，平均值为 0.19mg/L，各测站海水中石油类的 Si 值，均符合四类海水水质标准。

7) 铜

各站位铜含量在 0.16 $\mu$ g/L ~ 0.67 $\mu$ g/L 之间，铜含量的平均值为 0.37 $\mu$ g/L，各测站海水中铜的 Si 值均小于 1，符合第一类海水水质标准。

8) 铅

各站位铅含量在 0.07 $\mu$ g/L ~ 0.22 $\mu$ g/L 之间，铅的平均值为 0.15 $\mu$ g/L，各测站海水中铅的 Si 值均小于 1，符合第一类海水水质标准。

9) 锌

各站位锌含量在 0.47 ~ 2.80 $\mu$ g/L 之间，锌的平均值为 1.55 $\mu$ g/L，各测站海水中锌的 Si 值均小于 1，符合一类海水水质标准。

10) 镉

各站位镉含量在 0.004 $\mu$ g/L ~ 0.012 $\mu$ g/L 之间，镉的平均值为 0.008 $\mu$ g/L，各测站海水中镉的 Si 值均小于 1，符合一类海水水质标准。

11) 汞

各站位汞含量在 0.006 $\mu$ g/L ~ 0.041 $\mu$ g/L 之间，汞的平均值为 0.019 $\mu$ g/L，各测站海水中汞的 Si 值均小于 1，符合一类海水水质标准。

12) 砷

各站位砷含量在 0.028 $\mu$ g/L ~ 0.188 $\mu$ g/L 之间，平均值为 0.076 $\mu$ g/L，各测站海水中砷的 Si 值均小于 1，符合一类海水水质标准。

13) 铬

各站位铬含量在 0.07 $\mu$ g/L ~ 0.28 $\mu$ g/L 之间，平均值为 0.15 $\mu$ g/L，各测站海水中铬的 Si 值均小于 1，符合一类海水水质标准。

按照逐级标准评价方法评价，结果表明（表 5.3-4c、表 5.3-4d），项目附近海域海水中的监测因子：所有站位的化学需氧量、溶解氧、铜、镉、铅、砷、汞、锌含量均符合该海域功能区划的要求；无机氮和磷酸盐的部分站位含量均超第四类海水水质标准，石油类所有站位均符合四类海水水质标准。

按照调查站位所在功能区要求标准进行评价（表 5.3-4b），结果显示（表 5.3-4e），项目附近海域海水中的监测因子：所有站位的化学需氧量、溶解氧、铜、镉、铅、砷、汞、锌含量均符合该海域功能区划的要求，即一类水质标准；无机氮全部站位均超一类水质标准，活性磷酸盐仅 14 号表层、16 号底层符合一类水质标准；，石油类部分站位符合一类海水水质标准，所有站位均符合四类海水水质标准。

表 5.3-4a 2020 年 04 月水质监测结果 单位：mg/L(pH 无量纲、水温℃)

项目 站位	层次	pH	水温	盐度	化学需氧量	溶解氧	硝酸盐	亚硝酸盐	铵盐	无机氮	活性磷酸盐	悬浮物
1	1-S	8.35	19.3	24.2	0.63	9.02	0.243	0.044	0.105	0.383	0.022	19.6
1	1-B	8.01	18.3	26.0	0.64	8.59	0.198	0.038	0.083	0.332	0.018	30.5
2	2-S	8.09	17.3	25.6	0.81	9.33	0.940	0.102	0.156	1.196	0.046	21.2
2	2-B	8.03	17.0	25.9	0.47	9.28	0.337	0.049	0.070	0.431	0.026	27.8
3	3-S	7.92	19.1	25.5	0.19	8.33	0.775	0.088	0.148	1.021	0.042	31.1
3	3-B	8.02	17.3	26.5	0.41	8.42	0.242	0.045	0.061	0.374	0.021	20.4
4	4-S	7.96	17.1	25.7	0.22	8.84	0.779	0.090	0.138	1.067	0.043	31.5
4	4-B	8.07	17.1	25.8	0.42	9.20	0.266	0.045	0.058	0.343	0.021	31.1
5	5-S	7.86	17.1	27.5	0.58	8.47	0.256	0.040	0.103	0.420	0.021	23.7
5	5-B	7.92	17.3	28.4	0.55	8.87	0.202	0.039	0.087	0.299	0.017	24.9
6	6-S	8.17	19.1	28.1	0.20	7.84	0.438	0.055	0.094	0.573	0.030	30.8
6	6-B	8.08	18.3	28.5	0.34	9.12	0.204	0.039	0.085	0.333	0.019	31.0
7	7-S	7.84	17.9	29.1	0.64	8.55	0.542	0.074	0.104	0.728	0.036	21.1
7	7-B	7.94	17.6	29.4	0.50	8.62	0.190	0.037	0.084	0.351	0.019	27.7
8	8-S	8.17	18.8	29.8	0.45	9.35	0.463	0.067	0.149	0.702	0.032	27.7
8	8-B	8.11	17.8	30.0	0.70	8.83	0.251	0.044	0.088	0.374	0.023	32.2
9	9-S	7.93	18.2	27.1	0.72	8.84	0.247	0.045	0.110	0.392	0.020	23.9
9	9-B	7.95	17.8	27.6	0.68	9.09	0.186	0.038	0.099	0.328	0.018	20.3
10	10-S	8.33	18.0	29.4	0.28	8.57	0.172	0.033	0.088	0.296	0.017	27.1
10	10-B	8.29	17.6	29.7	0.55	9.35	0.154	0.031	0.062	0.238	0.017	22.7
11	11-S	8.06	19.8	29.3	0.53	9.01	0.229	0.042	0.062	0.314	0.021	20.9
11	11-B	8.01	18.2	29.5	0.36	8.65	0.156	0.034	0.069	0.265	0.018	30.9
12	12-S	7.93	19.0	28.9	0.55	9.05	0.264	0.044	0.094	0.414	0.021	25.0
12	12-B	7.99	17.8	29.9	0.39	9.11	0.169	0.035	0.079	0.270	0.017	31.2
13	13-S	7.95	19.0	25.4	0.45	9.31	0.152	0.035	0.077	0.283	0.017	24.1
13	13-B	7.95	18.0	27.0	0.23	8.94	0.149	0.031	0.087	0.263	0.018	28.8
14	14-S	8.00	17.9	29.5	0.26	8.53	0.156	0.032	0.082	0.273	0.015	27.2
14	14-B	7.94	17.6	29.7	0.28	9.29	0.160	0.037	0.101	0.315	0.017	31.8
15	15-S	7.94	19.7	28.9	0.29	9.13	0.152	0.032	0.077	0.275	0.017	19.2
15	15-B	7.90	18.7	29.5	0.24	8.23	0.164	0.035	0.120	0.357	0.016	26.7
16	16-S	7.89	18.7	29.5	0.42	9.40	0.268	0.048	0.051	0.344	0.024	17.9
16	16-B	7.96	18.2	30.0	0.35	8.19	0.182	0.036	0.063	0.285	0.014	27.0
17	17-S	8.02	19.7	25.3	0.17	8.64	0.164	0.032	0.061	0.266	0.016	22.7

平潭外海风电一期项目海洋环境影响报告书

17	17-B	8.10	18.0	26.0	0.20	8.28	0.152	0.030	0.081	0.254	0.016	25.0
18	18-S	8.22	17.6	26.5	0.36	9.70	0.178	0.038	0.086	0.289	0.017	32.5
18	18-B	8.22	17.0	27.0	0.30	9.44	0.156	0.035	0.102	0.271	0.016	31.3
19	19-S	7.88	19.3	29.5	0.19	9.62	0.278	0.045	0.093	0.417	0.020	33.0
19	19-B	7.96	18.2	29.8	0.21	9.14	0.156	0.035	0.118	0.310	0.018	23.5
20	20-S	8.27	18.5	28.1	0.26	8.77	0.273	0.046	0.070	0.401	0.021	18.3
20	20-B	8.20	18.1	29.0	0.28	9.16	0.167	0.037	0.088	0.310	0.017	22.9
21	21-S	8.48	19.8	19.9	0.74	8.60	0.539	0.072	0.111	0.705	0.034	25.4
21	21-B	8.45	18.3	24.2	0.41	8.68	0.197	0.038	0.078	0.341	0.021	22.9
22	22-S	8.00	18.8	21.8	0.51	9.03	0.540	0.061	0.144	0.671	0.031	25.2
22	22-B	8.00	17.8	23.9	0.70	8.18	0.275	0.042	0.081	0.392	0.023	21.1
23	23-S	8.02	18.8	28.3	0.79	8.71	0.232	0.044	0.115	0.402	0.021	28.3
23	23-B	8.03	18.2	29.0	0.63	9.23	0.196	0.038	0.093	0.343	0.021	22.2
24	24-S	8.01	19.0	27.5	0.34	9.70	0.168	0.033	0.083	0.266	0.018	30.8
24	24-B	7.99	18.8	28.4	0.58	8.73	0.157	0.031	0.067	0.258	0.018	20.9
	Max	8.48	19.8	30.0	0.81	9.70	0.940	0.102	0.156	1.196	0.046	33.0
	Min	7.84	17.0	19.9	0.17	7.84	0.149	0.030	0.051	0.238	0.014	17.9
	Average	8.05	18.3	27.6	0.42	8.88	0.273	0.044	0.091	0.410	0.022	26.0

表 5.3-4b 2020 年 04 月水质监测结果 单位：金属  $\mu\text{g/L}$  石油类  $\text{mg/L}$

项目 站位	层次	铜	铅	锌	镉	汞	砷	铬	石油类
1	1-S	0.39	0.14	1.83	0.006	0.015	0.090	0.14	0.02
1	1-B	0.51	0.07	1.95	0.007	0.022	0.080	0.16	0.08
2	2-S	0.27	0.20	1.56	0.007	0.022	0.075	0.08	0.05
2	2-B	0.49	0.16	0.77	0.005	0.011	0.098	0.17	0.07
3	3-S	0.41	0.12	1.95	0.006	0.017	0.098	0.16	0.01
3	3-B	0.55	0.13	1.98	0.008	0.024	0.090	0.18	0.23
4	4-S	0.22	0.13	0.72	0.004	0.030	0.053	0.13	0.10
4	4-B	0.42	0.09	1.56	0.009	0.006	0.100	0.12	0.11
5	5-S	0.22	0.19	0.95	0.005	0.033	0.071	0.17	0.25
5	5-B	0.47	0.14	1.91	0.011	0.009	0.113	0.15	0.23
6	6-S	0.53	0.11	2.28	0.011	0.009	0.086	0.16	0.19
6	6-B	0.35	0.15	2.03	0.009	0.026	0.104	0.13	0.21
7	7-S	0.59	0.15	1.91	0.006	0.037	0.105	0.23	0.06
7	7-B	0.67	0.20	2.07	0.006	0.019	0.074	0.08	0.23

平潭外海风电一期项目海洋环境影响报告书

8	8-S	0.66	0.19	1.41	0.008	0.041	0.075	0.07	0.09
8	8-B	0.30	0.17	1.44	0.010	0.032	0.080	0.10	0.02
9	9-S	0.16	0.19	2.21	0.009	0.007	0.095	0.08	0.05
9	9-B	0.46	0.17	1.78	0.007	0.023	0.098	0.21	0.18
10	10-S	0.30	0.14	1.36	0.008	0.012	0.091	0.28	0.04
10	10-B	0.47	0.19	1.13	0.010	0.017	0.095	0.18	0.13
11	11-S	0.40	0.15	0.74	0.011	0.018	0.084	0.17	0.13
11	11-B	0.27	0.21	0.81	0.009	0.015	0.084	0.18	0.29
12	12-S	0.30	0.15	1.83	0.009	0.020	0.082	0.15	0.23
12	12-B	0.34	0.14	1.89	0.009	0.024	0.050	0.17	0.29
13	13-S	0.45	0.19	1.61	0.007	0.028	0.071	0.21	0.24
13	13-B	0.54	0.13	1.12	0.010	0.014	0.188	0.27	0.25
14	14-S	0.38	0.17	2.05	0.008	0.030	0.041	0.19	0.23
14	14-B	0.30	0.15	1.69	0.008	0.019	0.086	0.15	0.27
15	15-S	0.34	0.15	1.33	0.008	0.029	0.085	0.20	0.31
15	15-B	0.52	0.19	1.72	0.006	0.014	0.043	0.21	0.28
16	16-S	0.57	0.16	2.12	0.008	0.019	0.062	0.18	0.25
16	16-B	0.29	0.13	0.53	0.008	0.025	0.042	0.12	0.28
17	17-S	0.46	0.13	0.80	0.012	0.024	0.053	0.13	0.42
17	17-B	0.23	0.15	1.37	0.008	0.025	0.070	0.13	0.35
18	18-S	0.27	0.22	2.45	0.007	0.007	0.050	0.15	0.36
18	18-B	0.22	0.18	2.06	0.009	0.010	0.065	0.13	0.01
19	19-S	0.21	0.22	2.80	0.007	0.026	0.082	0.17	0.25
19	19-B	0.34	0.13	1.03	0.010	0.024	0.065	0.13	0.12
20	20-S	0.25	0.21	2.24	0.008	0.008	0.062	0.14	0.27
20	20-B	0.28	0.08	0.47	0.008	0.022	0.028	0.10	0.19
21	21-S	0.42	0.10	0.56	0.011	0.021	0.042	0.12	0.15
21	21-B	0.24	0.10	1.09	0.006	0.020	0.056	0.11	0.14
22	22-S	0.25	0.11	1.62	0.008	0.007	0.035	0.13	0.18
22	22-B	0.21	0.11	2.08	0.006	0.006	0.057	0.12	0.02
23	23-S	0.21	0.13	1.95	0.006	0.023	0.065	0.11	0.12
23	23-B	0.33	0.07	0.89	0.008	0.020	0.055	0.10	0.04
24	24-S	0.25	0.11	1.67	0.005	0.008	0.064	0.13	0.22
24	24-B	0.23	0.07	1.54	0.005	0.007	0.058	0.13	0.22
	Max	0.67	0.22	2.80	0.012	0.041	0.188	0.28	0.42
	Min	0.16	0.07	0.47	0.004	0.006	0.028	0.07	0.01
	Average	0.37	0.15	1.55	0.008	0.019	0.076	0.15	0.19



表 5.3-4c 2020 年 04 月水质评价结果 Si 值

编号	站号	pH	溶解氧 (一类)	化学需氧 量(一类)	无机氮 (一类)	无机氮 (二类)	无机氮 (四类)	活性磷酸 盐(一类)	活性磷酸 盐(一类)	活性磷酸 盐(四类)	油类(一 二类)	油类(四 类)
1	1-S	0.58	0.54	0.31	1.92	1.28	0.77	1.45	0.73	0.48	0.40	0.04
1	1-B	0.39	0.27	0.32	1.66	1.11	0.66	1.19	0.59	0.40	1.66	0.17
2	2-S	0.18	0.50	0.40	5.98	3.99	2.39	3.05	1.52	1.02	1.07	0.11
2	2-B	0.33	0.46	0.24	2.16	1.44	0.86	1.75	0.87	0.58	1.38	0.14
3	3-S	0.65	0.20	0.10	5.11	3.40	2.04	2.81	1.41	0.94	0.21	0.02
3	3-B	0.39	0.12	0.21	1.87	1.25	0.75	1.37	0.69	0.46	4.68	0.47
4	4-S	0.53	0.27	0.11	5.33	3.56	2.13	2.86	1.43	0.95	1.92	0.19
4	4-B	0.24	0.43	0.21	1.71	1.14	0.69	1.41	0.70	0.47	2.26	0.23
5	5-S	0.82	0.15	0.29	2.10	1.40	0.84	1.41	0.71	0.47	5.03	0.50
5	5-B	0.66	0.38	0.27	1.49	1.00	0.60	1.15	0.58	0.38	4.65	0.47
6	6-S	0.06	0.02	0.10	2.86	1.91	1.15	1.99	1.00	0.66	3.74	0.37
6	6-B	0.19	0.63	0.17	1.66	1.11	0.67	1.27	0.64	0.42	4.17	0.42
7	7-S	0.88	0.31	0.32	3.64	2.43	1.46	2.40	1.20	0.80	1.25	0.13
7	7-B	0.59	0.32	0.25	1.75	1.17	0.70	1.25	0.63	0.42	4.60	0.46
8	8-S	0.05	0.88	0.22	3.51	2.34	1.40	2.16	1.08	0.72	1.83	0.18
8	8-B	0.12	0.47	0.35	1.87	1.25	0.75	1.51	0.76	0.50	0.40	0.04
9	9-S	0.63	0.42	0.36	1.96	1.31	0.78	1.35	0.67	0.45	1.01	0.10
9	9-B	0.57	0.52	0.34	1.64	1.09	0.66	1.18	0.59	0.39	3.70	0.37
10	10-S	0.50	0.34	0.14	1.48	0.99	0.59	1.16	0.58	0.39	0.70	0.07
10	10-B	0.39	0.70	0.28	1.19	0.79	0.48	1.10	0.55	0.37	2.62	0.26
11	11-S	0.27	0.82	0.26	1.57	1.05	0.63	1.39	0.70	0.46	2.51	0.25
11	11-B	0.40	0.40	0.18	1.32	0.88	0.53	1.21	0.60	0.40	5.80	0.58
12	12-S	0.63	0.70	0.27	2.07	1.38	0.83	1.39	0.69	0.46	4.60	0.46
12	12-B	0.45	0.62	0.20	1.35	0.90	0.54	1.15	0.58	0.38	5.80	0.58

平潭外海风电一期项目海洋环境影响报告书

13	13-S	0.57	0.69	0.23	1.42	0.94	0.57	1.10	0.55	0.37	4.80	0.48
13	13-B	0.58	0.45	0.12	1.32	0.88	0.53	1.21	0.61	0.40	5.00	0.50
14	14-S	0.43	0.31	0.13	1.36	0.91	0.55	0.98	0.49	0.33	4.60	0.46
14	14-B	0.59	0.67	0.14	1.57	1.05	0.63	1.15	0.58	0.38	5.40	0.54
15	15-S	0.61	0.85	0.14	1.38	0.92	0.55	1.13	0.56	0.38	6.20	0.62
15	15-B	0.71	0.23	0.12	1.79	1.19	0.71	1.07	0.53	0.36	5.60	0.56
16	16-S	0.74	0.88	0.21	1.72	1.15	0.69	1.57	0.79	0.52	5.00	0.50
16	16-B	0.55	0.18	0.17	1.42	0.95	0.57	0.93	0.47	0.31	5.60	0.56
17	17-S	0.37	0.42	0.08	1.33	0.89	0.53	1.10	0.55	0.37	8.50	0.85
17	17-B	0.14	0.10	0.10	1.27	0.85	0.51	1.05	0.52	0.35	7.03	0.70
18	18-S	0.20	0.74	0.18	1.44	0.96	0.58	1.16	0.58	0.39	7.29	0.73
18	18-B	0.21	0.57	0.15	1.36	0.90	0.54	1.05	0.52	0.35	0.20	0.02
19	19-S	0.77	1.11	0.10	2.08	1.39	0.83	1.32	0.66	0.44	4.92	0.49
19	19-B	0.55	0.68	0.11	1.55	1.03	0.62	1.20	0.60	0.40	2.31	0.23
20	20-S	0.35	0.46	0.13	2.01	1.34	0.80	1.43	0.71	0.48	5.40	0.54
20	20-B	0.13	0.64	0.14	1.55	1.03	0.62	1.13	0.57	0.38	3.71	0.37
21	21-S	0.94	0.24	0.37	3.52	2.35	1.41	2.25	1.13	0.75	3.06	0.31
21	21-B	0.85	0.26	0.20	1.70	1.14	0.68	1.39	0.69	0.46	2.75	0.28
22	22-S	0.42	0.41	0.26	3.35	2.24	1.34	2.08	1.04	0.69	3.66	0.37
22	22-B	0.43	0.02	0.35	1.96	1.31	0.78	1.55	0.78	0.52	0.40	0.04
23	23-S	0.38	0.47	0.39	2.01	1.34	0.80	1.40	0.70	0.47	2.45	0.25
23	23-B	0.35	0.69	0.31	1.71	1.14	0.69	1.37	0.68	0.46	0.87	0.09
24	24-S	0.39	0.99	0.17	1.33	0.89	0.53	1.22	0.61	0.41	4.44	0.44
24	24-B	0.47	0.48	0.29	1.29	0.86	0.52	1.22	0.61	0.41	4.38	0.44
	Max	0.94	1.11	0.40	5.98	3.99	2.39	3.05	1.52	1.02	8.50	0.85
	Min	0.05	0.02	0.08	1.19	0.79	0.48	0.93	0.47	0.31	0.20	0.02
	Average	0.47	0.49	0.21	2.05	1.37	0.82	1.45	0.73	0.48	3.73	0.37

表 5.3-4d 2020 年 04 月水质评价结果 Si 值

编号	站号	铜	铅	锌	镉	汞	砷	铬
1	1-S	0.08	0.14	0.09	0.01	0.31	0.00	0.00
1	1-B	0.10	0.07	0.10	0.01	0.44	0.00	0.00
2	2-S	0.05	0.20	0.08	0.01	0.44	0.00	0.00
2	2-B	0.10	0.16	0.04	0.01	0.22	0.00	0.00
3	3-S	0.08	0.12	0.10	0.01	0.35	0.00	0.00
3	3-B	0.11	0.13	0.10	0.01	0.48	0.00	0.00
4	4-S	0.04	0.13	0.04	0.00	0.60	0.00	0.00
4	4-B	0.08	0.09	0.08	0.01	0.12	0.01	0.00
5	5-S	0.04	0.19	0.05	0.01	0.66	0.00	0.00
5	5-B	0.09	0.14	0.10	0.01	0.18	0.01	0.00
6	6-S	0.11	0.11	0.11	0.01	0.19	0.00	0.00
6	6-B	0.07	0.15	0.10	0.01	0.53	0.01	0.00
7	7-S	0.12	0.15	0.10	0.01	0.74	0.01	0.00
7	7-B	0.13	0.20	0.10	0.01	0.39	0.00	0.00
8	8-S	0.13	0.19	0.07	0.01	0.81	0.00	0.00
8	8-B	0.06	0.17	0.07	0.01	0.64	0.00	0.00
9	9-S	0.03	0.19	0.11	0.01	0.14	0.00	0.00
9	9-B	0.09	0.17	0.09	0.01	0.46	0.00	0.00
10	10-S	0.06	0.14	0.07	0.01	0.24	0.00	0.01
10	10-B	0.09	0.19	0.06	0.01	0.35	0.00	0.00
11	11-S	0.08	0.15	0.04	0.01	0.36	0.00	0.00
11	11-B	0.05	0.21	0.04	0.01	0.31	0.00	0.00
12	12-S	0.06	0.15	0.09	0.01	0.39	0.00	0.00
12	12-B	0.07	0.14	0.09	0.01	0.48	0.00	0.00
13	13-S	0.09	0.19	0.08	0.01	0.56	0.00	0.00
13	13-B	0.11	0.13	0.06	0.01	0.28	0.01	0.01
14	14-S	0.08	0.17	0.10	0.01	0.59	0.00	0.00
14	14-B	0.06	0.15	0.08	0.01	0.37	0.00	0.00
15	15-S	0.07	0.15	0.07	0.01	0.59	0.00	0.00
15	15-B	0.10	0.19	0.09	0.01	0.27	0.00	0.00
16	16-S	0.11	0.16	0.11	0.01	0.39	0.00	0.00
16	16-B	0.06	0.13	0.03	0.01	0.49	0.00	0.00
17	17-S	0.09	0.13	0.04	0.01	0.48	0.00	0.00
17	17-B	0.05	0.15	0.07	0.01	0.51	0.00	0.00
18	18-S	0.05	0.22	0.12	0.01	0.14	0.00	0.00
18	18-B	0.04	0.18	0.10	0.01	0.20	0.00	0.00
19	19-S	0.04	0.22	0.14	0.01	0.53	0.00	0.00
19	19-B	0.07	0.13	0.05	0.01	0.48	0.00	0.00
20	20-S	0.05	0.21	0.11	0.01	0.16	0.00	0.00
20	20-B	0.06	0.08	0.02	0.01	0.44	0.00	0.00
21	21-S	0.08	0.10	0.03	0.01	0.42	0.00	0.00
21	21-B	0.05	0.10	0.05	0.01	0.39	0.00	0.00
22	22-S	0.05	0.11	0.08	0.01	0.15	0.00	0.00
22	22-B	0.04	0.11	0.10	0.01	0.12	0.00	0.00
23	23-S	0.04	0.13	0.10	0.01	0.46	0.00	0.00
23	23-B	0.07	0.07	0.04	0.01	0.39	0.00	0.00

平潭外海风电一期项目海洋环境影响报告书

24	24-S	0.05	0.11	0.08	0.01	0.15	0.00	0.00
24	24-B	0.05	0.07	0.08	0.01	0.14	0.00	0.00
	Max	0.13	0.22	0.14	0.01	0.81	0.01	0.01
	Min	0.03	0.07	0.02	0.00	0.12	0.00	0.00
	Ave	0.07	0.15	0.08	0.01	0.39	0.00	0.00

表 5.3-4e 2020 年 04 月水质评价结果 Si 值

编号	站号	pH	溶解氧	化学需氧量	无机氮	活性磷酸盐	石油类	铜	铅	锌	镉	汞	砷	铬
1	1-S	0.58	0.54	0.31	1.92	1.45	0.40	0.08	0.14	0.09	0.01	0.31	0.00	0.00
1	1-B	0.39	0.27	0.32	1.66	1.19	1.66	0.10	0.07	0.10	0.01	0.44	0.00	0.00
2	2-S	0.18	0.50	0.40	5.98	3.05	1.07	0.05	0.20	0.08	0.01	0.44	0.00	0.00
2	2-B	0.33	0.46	0.24	2.16	1.75	1.38	0.10	0.16	0.04	0.01	0.22	0.00	0.00
3	3-S	0.65	0.20	0.10	5.11	2.81	0.21	0.08	0.12	0.10	0.01	0.35	0.00	0.00
3	3-B	0.39	0.12	0.21	1.87	1.37	4.68	0.11	0.13	0.10	0.01	0.48	0.00	0.00
4	4-S	0.53	0.27	0.11	5.33	2.86	1.92	0.04	0.13	0.04	0.00	0.60	0.00	0.00
4	4-B	0.24	0.43	0.21	1.71	1.41	2.26	0.08	0.09	0.08	0.01	0.12	0.01	0.00
5	5-S	0.82	0.15	0.29	2.10	1.41	5.03	0.04	0.19	0.05	0.01	0.66	0.00	0.00
5	5-B	0.66	0.38	0.27	1.49	1.15	4.65	0.09	0.14	0.10	0.01	0.18	0.01	0.00
6	6-S	0.06	0.02	0.10	2.86	1.99	3.74	0.11	0.11	0.11	0.01	0.19	0.00	0.00
6	6-B	0.19	0.63	0.17	1.66	1.27	4.17	0.07	0.15	0.10	0.01	0.53	0.01	0.00
7	7-S	0.88	0.31	0.32	3.64	2.40	1.25	0.12	0.15	0.10	0.01	0.74	0.01	0.00
7	7-B	0.59	0.32	0.25	1.75	1.25	4.60	0.13	0.20	0.10	0.01	0.39	0.00	0.00
8	8-S	0.05	0.88	0.22	3.51	2.16	1.83	0.13	0.19	0.07	0.01	0.81	0.00	0.00
8	8-B	0.12	0.47	0.35	1.87	1.51	0.40	0.06	0.17	0.07	0.01	0.64	0.00	0.00
9	9-S	0.63	0.42	0.36	1.96	1.35	1.01	0.03	0.19	0.11	0.01	0.14	0.00	0.00
9	9-B	0.57	0.52	0.34	1.64	1.18	3.70	0.09	0.17	0.09	0.01	0.46	0.00	0.00
10	10-S	0.50	0.34	0.14	1.48	1.16	0.70	0.06	0.14	0.07	0.01	0.24	0.00	0.01
10	10-B	0.39	0.70	0.28	1.19	1.10	2.62	0.09	0.19	0.06	0.01	0.35	0.00	0.00
11	11-S	0.27	0.82	0.26	1.57	1.39	2.51	0.08	0.15	0.04	0.01	0.36	0.00	0.00
11	11-B	0.40	0.40	0.18	1.32	1.21	5.80	0.05	0.21	0.04	0.01	0.31	0.00	0.00
12	12-S	0.63	0.70	0.27	2.07	1.39	4.60	0.06	0.15	0.09	0.01	0.39	0.00	0.00
12	12-B	0.45	0.62	0.20	1.35	1.15	5.80	0.07	0.14	0.09	0.01	0.48	0.00	0.00
13	13-S	0.57	0.69	0.23	1.42	1.10	4.80	0.09	0.19	0.08	0.01	0.56	0.00	0.00
13	13-B	0.58	0.45	0.12	1.32	1.21	5.00	0.11	0.13	0.06	0.01	0.28	0.01	0.01
14	14-S	0.43	0.31	0.13	1.36	0.98	4.60	0.08	0.17	0.10	0.01	0.59	0.00	0.00
14	14-B	0.59	0.67	0.14	1.57	1.15	5.40	0.06	0.15	0.08	0.01	0.37	0.00	0.00
15	15-S	0.61	0.85	0.14	1.38	1.13	6.20	0.07	0.15	0.07	0.01	0.59	0.00	0.00
15	15-B	0.71	0.23	0.12	1.79	1.07	5.60	0.10	0.19	0.09	0.01	0.27	0.00	0.00
16	16-S	0.74	0.88	0.21	1.72	1.57	5.00	0.11	0.16	0.11	0.01	0.39	0.00	0.00
16	16-B	0.55	0.18	0.17	1.42	0.93	5.60	0.06	0.13	0.03	0.01	0.49	0.00	0.00
17	17-S	0.37	0.42	0.08	1.33	1.10	8.50	0.09	0.13	0.04	0.01	0.48	0.00	0.00
17	17-B	0.14	0.10	0.10	1.27	1.05	7.03	0.05	0.15	0.07	0.01	0.51	0.00	0.00
18	18-S	0.20	0.74	0.18	1.44	1.16	7.29	0.05	0.22	0.12	0.01	0.14	0.00	0.00
18	18-B	0.21	0.57	0.15	1.36	1.05	0.20	0.04	0.18	0.10	0.01	0.20	0.00	0.00
19	19-S	0.77	1.11	0.10	2.08	1.32	4.92	0.04	0.22	0.14	0.01	0.53	0.00	0.00
19	19-B	0.55	0.68	0.11	1.55	1.20	2.31	0.07	0.13	0.05	0.01	0.48	0.00	0.00
20	20-S	0.35	0.46	0.13	2.01	1.43	5.40	0.05	0.21	0.11	0.01	0.16	0.00	0.00
20	20-B	0.13	0.64	0.14	1.55	1.13	3.71	0.06	0.08	0.02	0.01	0.44	0.00	0.00
21	21-S	0.94	0.24	0.37	3.52	2.25	3.06	0.08	0.10	0.03	0.01	0.42	0.00	0.00
21	21-B	0.85	0.26	0.20	1.70	1.39	2.75	0.05	0.10	0.05	0.01	0.39	0.00	0.00
22	22-S	0.42	0.41	0.26	3.35	2.08	3.66	0.05	0.11	0.08	0.01	0.15	0.00	0.00
22	22-B	0.43	0.02	0.35	1.96	1.55	0.40	0.04	0.11	0.10	0.01	0.12	0.00	0.00
23	23-S	0.38	0.47	0.39	2.01	1.40	2.45	0.04	0.13	0.10	0.01	0.46	0.00	0.00
23	23-B	0.35	0.69	0.31	1.71	1.37	0.87	0.07	0.07	0.04	0.01	0.39	0.00	0.00
24	24-S	0.39	0.99	0.17	1.33	1.22	4.44	0.05	0.11	0.08	0.01	0.15	0.00	0.00
24	24-B	0.47	0.48	0.29	1.29	1.22	4.38	0.05	0.07	0.08	0.01	0.14	0.00	0.00
	Max	0.94	1.11	0.40	5.98	3.05	8.50	0.13	0.22	0.14	0.01	0.81	0.01	0.01
	Min	0.05	0.02	0.08	1.19	0.93	0.20	0.03	0.07	0.02	0.00	0.12	0.00	0.00
	Average	0.47	0.49	0.21	2.05	1.45	3.73	0.07	0.15	0.08	0.01	0.39	0.00	0.00

## 5.4 海洋沉积物环境现状调查与评价

### 5.4.1 沉积物监测

沉积物调查监测站位见图 5.3-1。

监测项目：汞、铜、铅、镉、锌、铬、砷、石油类、有机碳和硫化物共 10 项。

监测方法和仪器设备：用蚌式采泥器采集样品。本次调查项目及分析方法依据《海洋监测规范》(GB 17378-2007)、《海洋调查规范》(GB/T 12763-2007) 等有关技术规程执行。

### 5.4.2 沉积物质量评价标准与方法

根据《福建省海洋功能区划》(2011~2020)，项目地附近海域海洋沉积物质量执行第一类标准。沉积物质量评价标准采用《海洋沉积物质量》(GB 18668-2002) 进行评价，标准见表 5.4-1。

表 5.4-1 海洋沉积物质量 (GB 18668-2002)

项目	单位	第一类	第二类	第三类	
重金属	(10 <sup>-6</sup> )	镉	≤ 0.50	≤ 1.50	≤ 5.00
		铅	≤ 60.0	≤ 130.0	≤ 250.0
		锌	≤ 150.0	≤ 350.0	≤ 600.0
		铜	≤ 35.0	≤ 100.0	≤ 200.0
		铬	≤ 80.0	≤ 150.0	≤ 270.0
		汞	≤ 0.20	≤ 0.50	≤ 1.00
		砷	≤ 20	≤ 65	≤ 93
硫化物		≤ 300.0	≤ 500.0	≤ 600.0	
石油类		≤ 500.0	≤ 1000.0	≤ 1500.0	
有机碳	(10 <sup>-2</sup> )	≤ 2.0	≤ 3.0	≤ 4.0	

评价方法采用标准指数法，其公式为：

$$S_{ij} = C_{ij} / C_{si}$$

式中：

$S_{ij}$  //  $i$  污染物  $j$  点的标准指数； $C_{ij}$  //  $i$  污染物  $j$  点的实测浓度； $C_{si}$  //  $i$  污染物的标准浓度。

### 5.4.3 沉积物监测及评价结果

检测结果见表 5.4-2，评价结果见表 5.4-3。调查海域沉积物中：

#### 1) 有机碳

有机碳的含量范围为 0.46%~2.16%，平均值为 1.20%， $S_i$  值的范围为 0.23~1.08，平均值为 0.60；调查海域各测站中有机碳污染指数  $S_i$  值多小于 1，符合第一类海洋沉积

物质质量标准，仅有一站超一类标准，但符合两类海洋沉积物质量标准，整体上符合功能区要求的沉积物质量标准。

#### 2) 硫化物

硫化物的含量范围为 2.5mg/kg ~ 24.6mg/kg，平均值为 11.6mg/kg，Si 值的范围为 0.01~0.08，平均值为 0.04；调查海域各测站中硫化物污染指数 Si 值均小于 1，符合第一类海洋沉积物质量标准，符合功能区要求的沉积物质量标准。

#### 3) 石油类

石油类的含量范围为 31.6mg/kg ~ 125.3mg/kg，平均值为 73.0mg/kg，Si 值的范围为 0.06~0.25，平均值为 0.15；调查海域各测站中石油类污染指数 Si 值均小于 1，符合第一类海洋沉积物质量标准，符合功能区要求的沉积物质量标准。

#### 4) 铜

铜的含量范围为 14.7mg/kg ~ 33.4mg/kg，平均值为 23.8mg/kg，Si 值的范围为 0.42~0.95，平均值为 0.68；调查海域各测站中铜污染指数 Si 值均小于 1，符合第一类海洋沉积物质量标准，符合功能区要求的沉积物质量标准。

#### 5) 铅

铅的含量范围为 20.5mg/kg ~ 38.0mg/kg，平均值为 27.4mg/kg，Si 值的范围为 0.34~0.63，平均值为 0.46；调查海域各测站中铅污染指数 Si 值均小于 1，符合第一类海洋沉积物质量标准，符合功能区要求的沉积物质量标准。

#### 6) 锌

锌的含量范围为 34.5mg/kg ~ 92.9mg/kg，平均值为 63.0mg/kg，Si 值的范围为 0.23~0.63，平均值为 0.46；调查海域各测站中锌污染指数 Si 值均小于 1，符合第一类海洋沉积物质量标准，符合功能区要求的沉积物质量标准。

#### 7) 镉

镉的含量范围为 0.08mg/kg ~ 0.43mg/kg，平均值为 0.22mg/kg，Si 值的范围为 0.16~0.86，平均值为 0.42；调查海域各测站中镉污染指数 Si 值均小于 1，符合第一类海洋沉积物质量标准，符合功能区要求的沉积物质量标准。

#### 8) 汞

汞的含量范围为 0.01mg/kg ~ 0.12mg/kg，平均值为 0.08mg/kg，Si 值的范围为 0.05~0.60，平均值为 0.39；调查海域各测站中汞污染指数 Si 值均小于 1，符合第一类海洋沉积物质量标准，符合功能区要求的沉积物质量标准。

## 9) 砷

砷的含量范围为 6.0mg/kg~12.2mg/kg ,平均值为 9.8mg/kg ,Si 值的范围为 0.30~0.61 ,平均值为 0.49 ;调查海域各测站中砷污染指数 Si 值均小于 1 ,符合第一类海洋沉积物质量标准 ,符合功能区要求的沉积物质量标准。

## 10) 铬

铬的含量范围为 18.2mg/kg ~ 33.0mg/kg ,平均值为 25.6mg/kg , Si 值的范围为 0.23~0.41 ,平均值为 0.32 ;调查海域各测站中铬污染指数 Si 值均小于 1 ,符合第一类海洋沉积物质量标准 ,符合功能区要求的沉积物质量标准。

沉积物评价小结 :沉积物所有调查项目有机碳、硫化物、石油类、铜、铅、镉、铬、锌、汞和砷含量均符合执行《海洋沉积物质量》( GB18668-2002 ) 第一类标准 ,符合功能区要求的沉积物质量标准。

表 5.4-2 沉积物监测结果

项目 站位	铜	铅	锌	镉	汞	砷	铬	硫化物	石油类	有机碳
	mg/kg									
2	20.9	22.4	54.5	0.33	0.12	9.3	28.3	12.0	103.1	1.22
3	23.6	29.8	55.5	0.16	0.08	8.9	23.8	2.5	31.6	1.14
6	14.7	33.3	34.5	0.19	0.11	6.0	28.3	24.6	125.3	1.21
8	31.6	38.0	92.9	0.43	0.12	7.9	25.0	6.2	57.9	2.16
9	28.0	35.2	38.2	0.20	0.03	11.4	33.0	14.7	87.0	0.56
12	22.9	22.2	63.7	0.20	0.06	10.4	25.7	22.5	46.7	1.43
14	22.4	20.5	80.6	0.28	0.01	9.6	19.4	3.4	81.5	0.46
15	17.3	26.7	76.2	0.11	0.10	9.6	18.2	12.1	42.5	1.25
18	19.0	24.0	77.3	0.08	0.10	11.8	27.4	2.7	74.7	1.27
20	28.1	22.6	73.6	0.21	0.10	10.3	22.1	13.4	58.2	1.93
22	33.4	27.0	46.0	0.20	0.02	12.2	30.7	13.5	94.9	0.53

表 5.4-3 沉积物监测 Si 值

项目 站位	铜	铅	锌	镉	汞	砷	铬	硫化物	石油类	有机碳
	Si									
2	0.60	0.37	0.36	0.67	0.59	0.47	0.35	0.04	0.21	0.61
3	0.67	0.50	0.37	0.33	0.40	0.45	0.30	0.01	0.06	0.57
6	0.42	0.55	0.23	0.38	0.56	0.30	0.35	0.08	0.25	0.60
8	0.90	0.63	0.62	0.86	0.60	0.39	0.31	0.02	0.12	1.08
9	0.80	0.59	0.25	0.40	0.14	0.57	0.41	0.05	0.17	0.28
12	0.65	0.37	0.42	0.39	0.32	0.52	0.32	0.08	0.09	0.71
14	0.64	0.34	0.54	0.55	0.05	0.48	0.24	0.01	0.16	0.23
15	0.49	0.44	0.51	0.22	0.52	0.48	0.23	0.04	0.08	0.62
18	0.54	0.40	0.52	0.16	0.49	0.59	0.34	0.01	0.15	0.63
20	0.80	0.38	0.49	0.42	0.52	0.52	0.28	0.04	0.12	0.97
22	0.95	0.45	0.31	0.40	0.12	0.61	0.38	0.05	0.19	0.27

## 5.5 海洋生物质量现状调查与评价

### 5.5.1 生物质量监测项目

生物体质量调查站位见图 5.3-1。

2020 年 4 月于附近海域采集生物体质量样品均取自渔业资源，监测项目：石油烃、铜、铅、镉、铬、锌、总汞和砷共 8 项。

监测方法和仪器设备：本次调查项目及分析方法依据《海洋监测规范》(GB 17378-2007)、《海洋调查规范》(GB/T 12763-2007)等有关技术规程执行，具体分析方法详见表 5.5-1。

### 5.5.2 生物质量调查分析方法

海洋生物质量(双壳贝类)评价标准按《海洋生物质量》(GB18421-2001)，其他参考《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》。海洋鱼类、甲壳类生物质量评价，目前国家尚未颁布统一的评价标准，本报告采用《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》中的“海洋生物质量评价标准”进行评价，由于该规程对砷和铬没有评价标准，参照《海洋生物质量》(GB 18421-2001)第一类标准进行评价，石油类含量采用《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》中的生物质量标准进行评价，标准见表 5.5-1、5.5-2。

表 5.5-1 全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程 单位：mg/kg

生物类别	铜≤	铅≤	镉≤	锌≤	总汞≤	石油类≤
鱼类	20	2.0	0.6	40	0.3	20
甲壳类	100	2.0	2.0	150	0.2	20

采用标准指数法，其公式为：

$$S_{ij}=C_{ij}/C_{si}$$

式中：

$S_{ij}$ // $i$  污染物  $j$  点的标准指数； $C_{ij}$ // $i$  污染物  $j$  点的实测浓度； $C_{si}$ // $i$  污染物的标准浓度。

表 5.5-2 海洋生物质量 (GB 18421-2001)

项目		第一类	第二类	第三类
生物体质量	镉	≤ 0.20	≤ 2.0	≤ 5.0
	铅	≤ 0.1	≤ 2.0	≤ 6.0
	锌	≤ 20	≤ 50	≤ 100 (牡蛎 500)
	铜	≤ 10	≤ 25	≤ 50 (牡蛎 100)
	铬	≤ 0.5	≤ 2.0	≤ 5.0
	汞	≤ 0.05	≤ 0.10	≤ 0.30
	砷	≤ 1.0	≤ 5.0	≤ 8.0
	石油烃	≤ 15	≤ 50	≤ 80



表 5.5-3 生物体质量各调查项目的分析方法

序号	项目	分析方法	方法依据	方法检出限	
1	海洋生物质量	汞	原子荧光法	GB 17378.6-2007 第 5.1 条	$0.002 \times 10^{-6}$
2		铜	无火焰原子吸收分光光度法	GB 17378.6-2007 第 6.1 条	$0.4 \times 10^{-6}$
3		铅	无火焰原子吸收分光光度法	GB 17378.6-2007 第 7.1 条	$0.04 \times 10^{-6}$
4		镉	无火焰原子吸收分光光度法	GB 17378.6-2007 第 8.1 条	$0.005 \times 10^{-6}$
5		锌	火焰原子吸收分光光度法	GB 17378.6-2007 第 9.1 条	$0.4 \times 10^{-6}$
6		砷	原子荧光法	GB 17378.6-2007 第 11.1 条	$0.2 \times 10^{-6}$
7		铬	无火焰原子吸收分光光度法	GB 17378.6-2007 第 10.1 条	$0.04 \times 10^{-6}$
8		石油烃	荧光分光光度法	GB 17378.6-2007 第 13 条	$0.2 \times 10^{-6}$

### 5.5.3 生物质量品种的生物特性

检测结果见表 5.5-4，评价结果见表 5.5-5。

#### 1) 石油烃

石油烃的含量范围为 0.96mg/kg ~ 8.45mg/kg，平均值为 3.51mg/kg，各调查站位的鱼类生物体的石油烃含量均符合《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》中的“海洋生物质量评价标准”限值；甲壳类生物体石油烃含量均符合《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》中的“海洋生物质量评价标准”限值，符合功能区要求的沉积物质量标准。

#### 2) 铜

铜的含量范围为 2.7mg/kg ~ 15.1mg/kg，平均值为 9.69mg/kg，各调查站位的鱼类和甲壳类生物体的铜含量均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》中的“海洋生物质量评价标准”限值，符合功能区要求的沉积物质量标准。

#### 3) 铅

铅的含量范围为 0.47mg/kg ~ 0.85mg/kg，平均值为 0.61mg/kg，各调查站位的鱼类和甲壳类生物体的铅含量均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》中的“海洋生物质量评价标准”限值，符合功能区要求的沉积物质量标准。

#### 4) 镉

镉的含量范围为 0.05mg/kg ~ 0.12mg/kg，平均值为 0.09mg/kg，各调查站位的鱼类和甲壳类生物体的镉含量均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》中的“海洋生物质量评价标准”限值，符合功能区要求的沉积物质量标准。

### 5) 铬

铬的含量范围为 0.09mg/kg ~ 0.21mg/kg，平均值为 0.14mg/kg，各调查站位的鱼类和甲壳类生物体的铬含量均符合《海洋生物质量》(GB 18421-2001) 第一类标准；由于《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》中对砷和铬没有评价标准，所以生物体铬的含量参照《海洋生物质量》(GB 18421-2001) 第一类标准进行评价，符合功能区要求的沉积物质量标准。

### 6) 锌

锌的含量范围为 25.9mg/kg ~ 97.2mg/kg，平均值为 61.1mg/kg，各调查站位的锌含量均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》中的“海洋生物质量评价标准”限值，符合功能区要求的沉积物质量标准。

### 7) 汞

汞的含量范围为未检出 ~ 0.02mg/kg，平均值为 0.01mg/kg，各调查站位鱼类和甲壳类生物体的汞含量符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》中的“海洋生物质量评价标准”限值，符合功能区要求的沉积物质量标准。

### 8) 砷

砷含量范围为 0.60 mg/kg ~ 1.23 mg/kg，平均值为 0.60mg/kg，各站位的鱼类和甲壳类生物体的砷含量均符合《海洋生物质量》(GB 18421-2001) 标准中的一级标准限值；由于《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》中对砷和铬没有评价标准，所以生物体砷的含量参照《海洋生物质量》(GB 18421-2001) 第一类标准进行评价，符合功能区要求的沉积物质量标准。

### 生物体质量评价小结

本次采集到的生物体中甲壳类和鱼类的铜、铅、镉、总汞的含量均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规范》中的“海洋生物质量评价标准”限值；铬和砷含量均符合《海洋生物质量》(GB 18421-2001) 中的第一类标准，符合功能区要求的沉积物质量标准。

综述，工程附近海域的生物体质量总体良好。

表 5.5-4 生物体质量监测记录表

项目		石油烃	铜	砷	铅	锌	镉	总汞	铬
		mg/kg							
虾类	哈氏仿对虾	0.96	10.8	1.21	0.47	61.4	0.11	0.01	0.09
鱼类	龙头鱼	1.12	2.7	0.60	0.52	25.9	0.05	0.00	0.10
贝类	牡蛎	8.45	15.1	1.23	0.85	97.2	0.12	0.02	0.21
备注	砷的检出限<0.2 mg/kg，铅的检出限<0.04 mg/kg。								

表 5.5-5 生物体监测各项目 Si 值

项目		Si 值							
		石油烃	铜	砷	铅	锌	镉	总汞	铬
虾类	哈氏仿对虾	0.07	0.13	0.07	0.26	0.65	0.08	0.00	0.21
鱼类	龙头鱼	0.56	0.15	0.15	0.08	0.39	0.02	0.33	0.42
贝类	牡蛎	0.06	0.11	0.15	0.23	0.41	0.05	0.19	0.19

## 5.6 海洋生态质量现状调查与评价

### 5.6.1 调查方法

海洋生态调查过程中严格按照《海洋环境监测规范》(GB17378-2007)和《海洋调查规范》(GB12763-2007)以及相应的标准和规范进行。

**叶绿素 *a* 和初级生产力**：按《海洋调查规范》(GB12673-2007)规定的深度采集水样，水样上岸后立即过滤，过滤时用 1%碳酸镁溶液固定，滤膜对折，用铝箔包好，冷冻保存。实验室分析检测采用分光光度法，仪器型号 UV-2102C。初级生产力按照《海洋调查规范》(GB12673-2007)进行分析。

**浮游植物**：定量分析样品在大面观察站采用装有流量计的浅水III型浮游生物网自底至表层作垂直拖网进行采集，采集的样品在现场用饱和 Lugos 溶液固定，经浓缩后用显微镜观察、鉴定和计数，再进行种类组成、数量变化、优势种、物种多样性等分析和计算。

**浮游动物**：样品采集时采用浅水I型和浅水II型浮游生物网进行由底至表层垂直拖网，并按照《海洋监测规范》(GB17378.7-2007)的要求进行样品处理、分析鉴定及数据计算分析；浅水II型浮游生物网采集的浮游动物样品用于浮游动物种类及个体密度的分析计算，浅水I型浮游生物网采集的浮游动物样品用于浮游动物生物量的计算，再进行种类组成、数量变化、优势种、物种多样性等分析和计算。

**潮下带大型底栖生物**：潮下带大型底栖生物定量采样用面积为 0.05 m<sup>2</sup> 抓斗式采泥器，每站连续采集沉积物 3 次，然后 3 斗沉积物样合并在一起进行淘洗。沉积物样品经淘洗后，用网目为 0.5 mm 的套筛分选，分离出底栖生物标本。

**潮间带大型底栖生物**：潮间带大型底栖生物采用 0.25 m×0.25 m 的样框，将表层 0.30 m 厚度的沉积物用网目为 1.0 mm 的筛网淘洗，再将底栖生物分选出；每条潮间带断面高、中、低潮区各采样 1 个站位，每个站位取 8 个样方。

**鱼卵和仔、稚鱼**：即将到达调查站位时，进行鱼卵和仔、稚鱼调查。下网前，先检查网具是否有破损，网底管是否处于正常状态。放网前降低调查船速度至约 1.5n mile/h，

放网入水，并使网口全部位于水下，连续水平拖网 10min 后起网。调查中采用大型浮游生物网（内径 80cm，长 270cm，孔径 0.505mm）水平拖曳，水平拖曳 10min，平均拖速 1.5n mile/h。把网升至适当高度，用冲水设备自上而下反复冲洗网衣外表面，使黏附于网上的标本集中于网底管内；将网收入甲板，开启网底管阀门，把标本装入标本瓶，再关闭网底管阀门，用洗耳球吸水洗筛绢套，如此反复多次，直至残留标本全部收入标本瓶中，按样品体积 5% 的量加入福尔马林溶液固定。在显微镜下鉴定样品中的鱼卵和仔、稚鱼的种类组成，并分品种统计鱼卵和仔、稚鱼的数量。

## 5.6.2 评价方法

### (1) 叶绿素和初级生产力计算方法

叶绿素a含量采用Jeffrey-Humphrey (1975)的改进公式计算：

$$\text{Chla} = (11.85 \times (E_{664} - E_{750}) - 1.54 \times (E_{647} - E_{750}) - 0.08 \times (E_{630} - E_{750}))v / VL$$

其中，Chla为叶绿素a浓度， $\mu\text{g/L}$ ；v为样品提取液体积，mL；V为海水样品实际用量，L；L为测定池光程，cm； $E_{750}$ 、 $E_{664}$ 、 $E_{647}$ 、 $E_{630}$ 分别为750 nm，664 nm，647 nm，630 nm波长处的吸光值。

初级生产力采用叶绿素法，按照Cadee和Hegeman (1974)提出的简化的计算真光层初级生产力公式估算： $P = PED/2$ 。

式中， $P$ 为每日现场的初级生产力（ $\text{mgC} / \text{m} \cdot \text{d}$ ）； $E$ 为真光层深度（m），取透明度的3倍（Yukuya, 1980）； $D$ 为白昼时间（h），即日出到日落的时间长度； $P$ 为表层水浮游植物的潜在生产力（ $\text{mgC} / \text{m} \cdot \text{h}$ ）。

$$P = CnQ$$

$Q$ 为同化系数，采用附近海域平均同化系数 5.0，参考王宪等在《罗源湾和闽南-台湾浅滩海域浮游植物的光合参数》的计算值； $Cn$ 为表层叶绿素 a 含量。

### (2) 生物生态优势度及计算方法

#### ① 优势度 ( $Y$ )

优势种的概念有两个方面涵义，一方面指占有广泛的生境，可以利用较高的资源，具广泛适应性，在空间分布上表现为空间出现频率（ $f_i$ ）较高，另一方面，表现为个体数量（ $n_i$ ）庞大，丰度百分比（ $n_i/N$ ）较高。

设： $f_i$ ——第  $i$  个种在各样方中的出现频率；

$n_i$ ——群落中第  $i$  个物种在空间中的丰度；

$N$ ——群落中所有物种的总丰度；

综合优势种概念的两个方面，得出优势种优势度（ $Y$ ）的计算公式：

$$Y = n_i / N \times f_i$$

本报告规定优势度  $Y \geq 0.02$  时为优势种。

### ② 优势度（ $D_2$ ）

优势度  $D_2$  采用 McNaughton 公式：

$$D_2 = \frac{N_1 + N_2}{N}$$

式中： $S$  为样品中的种类总数； $N$  为样品中的总个体数； $p_i$  为样品中第  $i$  种的个体数占总个体数的比例； $N_1$ 、 $N_2$  为样品中居第一、二位的优势种的个体数。

### (3) 物种多样性计算公式

海洋生物生态和游泳动物群落物种多样性指数，包括物种多样性、均匀度、丰富度和单纯度四个方面。计算公式如下：

#### 香农 - 威纳（Shannon—Weaner）多样性指数：

$$H' = -\sum_i^S p_i \log_2 p_i$$

式中， $H'$ ——为物种多样性指数值； $S$ ——为样品中的总种数； $p_i$ ——为第  $i$  种的个体丰度（ $n_i$ ）与总丰度（ $N$ ）的比值（ $n_i/N$ ）。

一般认为，正常环境，该指数值高；环境受污，该指数值降低。

#### 均匀度指数：

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

式中， $J'$ ——表示均匀度指数值； $H'$ ——表示物种多样性指数值； $S$ ——表示样品中总种数。

#### 丰富度指数：

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

式中， $d$ ——表示丰富度指数值； $S$ ——表示样品中的总种数； $N$ ——表示群落中所有物种的总丰度。

#### 单纯度指数：

$$C = \text{SUM}(n_i/N)^2$$

式中， $C$ ——表示单纯度指数； $N$ ——为群落中所有物种丰度或生物量， $n_i$  为第  $i$  个物种的丰度或生物量。

一般而言，健康的环境，物种均匀度和丰富度指数值高，单纯度指数值低；污染环

境，物种均匀度和丰富度指数值低，单纯度指数值高。

### 5.6.3 现状调查与评价结果

#### (1) 叶绿素-a 和初级生产力

##### 1) 叶绿素-a

调查海域各调查站位表层叶绿素-a 值的变化范围在 (0.86~2.52)  $\text{mg}/\text{m}^3$ ，平均值为  $1.66\text{mg}/\text{m}^3$ ，最高值出现在调查海域 3 号站，最低值出现在调查海域 15 号站，见表 5.6-1。

##### 2) 初级生产力

调查海域各调查站位初级生产力值的变化范围在  $105.3 \text{ mgC}/\text{m}^2\cdot\text{d} \sim 771.0 \text{ mgC}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ ，平均值为  $334.2 \text{ mgC}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ ，见表 5.6-1。

表 5.6-1 叶绿素-a 含量及初级生产力

站位	透明度 (cm)	叶绿素-a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	初级生产力 ( $\text{mgC}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ )
2	210	0.84	117.4
3	210	2.52	351.9
6	200	2.24	298.3
8	450	1.54	460.9
9	100	1.58	105.3
10	300	1.49	298.7
12	450	2.36	706.6
14	350	1.11	257.8
15	300	0.96	191.4
16	400	1.23	328.1
18	170	1.42	161.2
19	550	2.10	771.0
20	400	1.48	395.2
21	80	2.27	121.1
23	400	1.69	451.2
最小值	80	0.84	105.3
最大值	550	2.52	771.0
平均值	305	1.66	334.4

#### (2) 浮游植物

1) 种类组成：监测海域共鉴定出浮游植物 6 门 139 种，主要隶属硅藻门。其中种类数最多的为硅藻门，83 种，占总种数的 59.7%，甲藻门，27 种，占总种数的 19.4%，蓝藻门 9 种，占总种数的 6.4%，绿藻门，9 种，占 6.4%，隐藻门，占 3.6%，裸藻门和鞭毛藻门，为 3 种，占总种数的 2.2%。

##### 2) 细胞数量和平面分布

监测海域浮游植物细胞数量变化范围在  $(20.7 \sim 102.2) \times 10^3 \text{ cells}/\text{m}^3$  之间，均值为  $62.0 \times 10^3 \text{ cells}/\text{m}^3$ 。

表 5.6-2 监测海域浮游植物分析结果

站位	种类数	细胞数量	多样性指数	均匀度	丰度	优势度指数
----	-----	------	-------	-----	----	-------

	(种)	(cells/m <sup>3</sup> )	H'	J	d	D
2	34	50000	3.05	0.87	7.42	0.93
3	42	102160	3.41	0.92	9.07	0.99
6	67	44160	3.24	0.89	5.89	0.95
8	54	71790	3.31	0.89	8.30	0.96
9	30	35360	2.62	0.91	5.26	0.94
10	70	93810	3.29	0.88	7.42	0.99
12	25	20754	2.74	0.97	5.66	0.97
14	63	97330	3.10	0.90	4.78	0.95
15	57	87790	3.30	0.89	7.55	0.99
18	39	96580	2.89	0.85	4.38	0.92
19	49	56360	2.97	0.87	4.80	0.93
20	46	48050	3.30	0.90	8.70	0.96
21	21	35960	2.54	0.94	5.25	0.91
23	22	28210	2.73	0.97	5.63	0.94
最小值	21	20754	2.54	0.85	4.38	0.91
最大值	70	102160	3.41	0.97	9.07	0.99
平均值	44	62022	3.03	0.90	6.43	0.95

### 3) 优势种

该海区的浮游植物的主要优势种有：中骨肋条藻、旋链角毛藻、菱形藻、圆筛藻、斯克里普藻、原甲藻、双菱藻、小环藻、膝沟藻和具翼漂流藻，其中中骨肋条藻是细胞数量最多的优势种，其优势度为 0.072。

### 4) 浮游植物综合性指数分析

2020 年 4 月浮游植物综合性指数值统计见表 5.6-2。

浮游植物的多样性指数 (H') 可以反映群落的多样性情况，也可以从一定程度上反应出水体受到污染的程度。一般认为 H' 值在 3~4 为清洁区域，2~3 为轻度污染，1~2 为中度污染，<1 为重度污染。

由表可知评价区内浮游植物多样性指数 H' 的平均值为 3.03，多样性指数 H' 的变化范围在 2.54~3.41 之间。所有站位，多样性指数均大于 2。

均匀度 (J) 是调查站各物种间数量的分布的是否均衡的一个量度，J 值的范围为 0~1，J 值大时，体现种间个体数量分布较为均匀；反之，J 值小反映种间个体数分布欠均匀。由表 5-3 可知评价区内的均匀度 J 平均值为 0.90，变化范围在 0.85~0.97 之间。

评价区内的丰度 d 平均值为 6.43，变化范围在 4.38~9.07 之间。

评价区内的优势度指数 D 平均值为 0.95，变化范围在 0.91~0.99 之间。

浮游植物植物多样性指数和均匀度反映监测海域环境大多良好，浮游植物的群落种类间数量分布较均匀，群落稳定。

## (3) 浮游动物

### 1) 种类组成和生态类型

监测海域共鉴定出浮游动物 92 种。其中浮游幼体种类最多，达 36 种，占总种数的 36.6%；其次是腔肠动物类为 18 种，占总数的 25.4%；桡足类为 14 种，占总数的 19.7%；磷虾类、端足类、介形类、十足类和糠虾类，各占总数的 4.2%，2.8%，2.8%，和 2.8%；其余为毛颚类和磷虾类等。

## 2) 生物量(湿重)平面分布

浮游动物生物量(湿重)：平均值为  $10,167\text{mg}/\text{m}^3$ ，其波动范围在  $(816 \sim 41713)\text{mg}/\text{m}^3$  之间，各测站之间存在差异。

## 3) 丰度(生物密度)平面分布

监测海域浮游动物个体数(生物密度)介于  $(24 \sim 883)\text{ind}/\text{m}^3$  之间，总个体数均值为  $256\text{ind}/\text{m}^3$ 。

## 4) 优势种

表 5.6-3 为监测海域浮游动物主要种类及优势度。从表中可以看出，分布在该海区的浮游动物的主要优势种有中华哲水蚤、瘦尾胸刺水蚤、中华箭虫、中华假磷虾、假磷虾幼体、短尾类溞状幼体、真刺唇角水蚤、箭虫幼体，其中分布在该海区的浮游动物的主要优势种有中华哲水蚤的密度占总浮游动物的 22.7%，是数量最大的优势种。

表 5.6-3 监测海域浮游动物主要种类及优势度

生物种中文名	优势度 Y
中华哲水蚤	0.28
瘦尾胸刺水蚤	0.17
中华箭虫	0.12
中华假磷虾	0.08
假磷虾幼体	0.08
短尾类溞状幼体	0.08
真刺唇角水蚤	0.06
箭虫幼体	0.05
拟细浅室水母	0.05

## 5) 浮游动物综合性指数分析

2020 年 4 月浮游动物综合性指数值统计见表 5.6-4。

表 5.6-4 监测海域浮游动物分析结果

站位	总丰度 N	单纯度 C	多样性 H'	均匀度 J'	丰富度 d
2	527	0.20	3.12	0.72	2.28
3	333	0.12	3.44	0.79	3.22
6	1191	0.23	3.24	0.64	3.03
8	37	0.27	2.14	0.90	0.85
9	378	0.10	3.70	0.86	3.26



10	307	0.14	3.96	0.75	4.24
12	141	0.21	3.46	0.70	4.48
14	389	0.42	2.48	0.49	3.63
15	604	0.10	4.03	0.77	3.58
16	349	0.36	2.65	0.56	4.26
18	422	0.45	2.23	0.44	3.94
19	331	0.13	3.81	0.76	3.58
20	329	0.35	2.74	0.52	4.52
21	192	0.14	3.74	0.77	4.16
23	219	0.22	3.46	0.67	4.29
最小值	37	0.10	2.14	0.44	0.85
最大值	1191	0.45	4.03	0.90	4.52
平均值	383	0.23	3.21	0.69	3.55

浮游动物监测结果表明：评价区内浮游动物多样性指数  $H'$  的平均值为 3.21，多样性指数  $H'$  的变化范围在 2.14 ~ 4.03 之间。评价区内的均匀度  $J$  平均值为 0.69，变化范围在 0.44 ~ 0.90 之间。评价区内的丰度  $d$  平均值为 3.55，变化范围在 0.85 ~ 4.52 之间。评价区内的单纯度指数  $C$  平均值为 0.23，变化范围在 0.10 ~ 0.45 之间。

#### (4) 潮间带生物

##### 1) 种类组成

在拟建工程附近共设 3 条潮间带断面 C01~C03，共鉴定出 9 门 74 种大型潮间带生物。各类群分别是：双壳类软体动物 11 种，占总数的 14.9%；多板类 2 种，占总数的 2.7%；多毛类 20 种，占总数的 27%；昆虫类 1 种，占总数的 1.4%；星虫类 3 种，占总数的 4.1%；甲壳类 13 种，占总数的 17.6%；纽形类 2，占总数的 2.7%；腹足类 18 种，占总数的 24.3%；藻类 4 种，占总数的 5.4%。双壳类，多毛类，甲壳类，和腹足类是组成该区潮间带生物物种的主要成分。双壳类，多毛类，甲壳类，和腹足类是组成该区潮间带生物物种的主要成分，三者占全区总种数的 83.5%。

##### 2) 主要种类及分布

本区调查表明，潮间带生物以多毛类和双壳类分布为主。该工程附近海域 3 个断面潮间带生物的主要优势种为寡鳃齿吻沙蚕，其优势度  $Y$  为 0.04，其次为肋(虫昌)螺（表 5.6-5）。

表 5.6-5 监测海域底栖动物主要种类及优势度

序号	类群	中文名	拉丁文名	优势度 $Y$
1	多毛类	寡鳃齿吻沙蚕	<i>Nephtys oligobranchia</i>	0.04
2	腹足类	肋 蛞 螺	<i>Umbonium costatum</i>	0.02

##### 3) 生物量和栖息密度组成及分布

潮间带生物生态调查 C01 断面的平均生物量为  $339.5\text{g/m}^2$ ，平均栖息密度为  $504$  个/ $\text{m}^2$ ；C02 断面的平均生物量为  $4.2\text{g/m}^2$ ，平均栖息密度为  $32$  个/ $\text{m}^2$ ；C03 断面的平均生物量为  $961.4\text{g/m}^2$ ，平均栖息密度为  $3236$  个/ $\text{m}^2$ 。

调查结果表明，生物量组成以软体动物为最高，其次为环节动物；密度组成以软体动物位居首位，其次为节肢动物（表 5-9）。

潮间带 C01 断面的栖息密度为中潮区（ $1084$  个/ $\text{m}^2$ ）>高潮区（ $1064$  个/ $\text{m}^2$ ）>低潮区（ $664$  个/ $\text{m}^2$ ），C01 断面的生物量为中潮区（ $1104.5\text{g/m}^2$ ）>高潮区（ $370.2\text{g/m}^2$ ）>低潮区（ $61.6\text{g/m}^2$ ）。

潮间带 C02 断面的栖息密度为中潮区（ $18059$  个/ $\text{m}^2$ ）>低潮区（ $583$  个/ $\text{m}^2$ ）>高潮区（ $340$  个/ $\text{m}^2$ ），C02 断面的生物量为中潮区（ $2796.8\text{g/m}^2$ ）>低潮区（ $1631.7\text{g/m}^2$ ）>高潮区（ $28.0\text{g/m}^2$ ）。

潮间带 C03 断面的栖息密度为低潮区（ $624$  个/ $\text{m}^2$ ）>中潮区（ $304$  个/ $\text{m}^2$ ），C03 断面的生物量为低潮区（ $5.7\text{g/m}^2$ ）>高潮区（ $1.71\text{g/m}^2$ ）>中潮区（ $0.8$ ）。

表 5.6-6 监测海域潮间带生物栖息密度和生物量分布

断面	潮区	种数(n)	个数(个/ $\text{m}^2$ )	湿重( $\text{g/m}^2$ )
C1	H	5	1064	61.6
C1	L	7	664	370.2
C1	M	14	1084	1104.5
C2	H	6	340	28.0
C2	L	23	583	1631.7
C2	M	19	18059	2796.8
C3	L	8	624	5.7
C3	M	5	304	0.8
C3	H	2	1064	115.3

#### 4) 潮间带生物综合性指数分析

潮间带生物综合性指数分析结果见表 5.6-7。

潮间带生物监测结果表明：评价区内潮间带生物多样性指数  $H'$  的平均值为  $1.77$ ，变化范围在  $0.77 \sim 2.53$  之间，最小值出现在断面 C02；均匀度  $J$  平均值为  $0.54$ ，变化范围在  $0.26 \sim 0.78$  之间，最小值出现在断面 C02，最大值出现在断面 C01；丰度  $d$  平均值为  $1.37$ ，变化范围在  $0.51 \sim 2.24$  之间，最小值出现在断面 C02，最大值出现在断面 C03。各断面的多样性指数相对处于较低水平。

表 5.6-7 各采样站位潮间带生物生态学参数

断面	种类数 (种)	栖息密度 (个/ $\text{m}^2$ )	生物量 ( $\text{g/m}^2$ )	多样性 指数 $H'$	均匀度 $J$	丰度 $d$
C1	18	504	339.5	2.27	0.78	1.22

C2	38	3236	961.4	2.1	0.56	2.24
C3	10	144	0.7	1.16	0.45	0.71
最大值	38	3236	961.4	2.27	0.78	2.24
最小值	10	144	0.7	1.16	0.45	0.71
平均值	22	1294.7	433.9	1.84	0.60	1.39

### (5) 浅海大型底栖生物

#### 1) 种类组成

经过外业采样和室内样品鉴定分析，共鉴定出 5 门 61 种浅海大型底栖生物。各类群分别是：双壳类 3 种，占总数的 4%；多毛类 42 种，占总数的 69%；棘皮类 2 种，占总数的 4%；甲壳类 13 种，占总数的 21%；纽形类 1 种，占总数的 2%；多毛类和甲壳类是组成该区浅海大型底栖生物物种的主要成分。

#### 2) 主要种类及分布

该工程附近海域，浅海大型底栖生物的优势种有刚鳃虫，其次还有秀丽波纹蛤和菲律宾蛤及中国中蛭虫等，见表 5.6-9。

表 5.6-9 监测海域浅海大型底栖生物主要种类及优势度

序号	类群	中文名	拉丁文名	优势度 Y
1	多毛	刚鳃虫	<i>Chaetozone setosa</i>	0.02

#### 3) 生物量和栖息密度组成及分布

浅海大型底栖生物生态调查 14 个站位的平均生物量为  $1.76\text{g}/\text{m}^2$ ，范围在  $0.510\text{g}/\text{m}^2\sim 5.04\text{g}/\text{m}^2$ ；平均栖息密度  $71\text{个}/\text{m}^2$ ，范围在  $16\text{个}/\text{m}^2\sim 137\text{个}/\text{m}^2$ 。由于生物量大值出现在 12 站位，栖息密度最大值出现在#1（表 5.6-10）。

表 5.6-10 各采样站位浅海大型底栖生物生态学参数

站位	种类数 (种)	总栖息密度 ( $\text{个}/\text{m}^2$ )	总生物量 ( $\text{g}/\text{m}^2$ )	多样性指数 $H'$	均匀度 J	丰度 d
2	20	143	1.10	3.58	0.83	3.24
3	9	26	0.93	2.78	0.96	1.67
6	19	91	3.84	3.39	0.78	3.21
8	20	80	1.17	3.99	0.88	3.53
9	22	78	3.01	4.43	1.02	3.82
10	19	68	1.24	4.07	0.92	3.08
12	5	17	0.90	2.36	0.98	1.08
14	22	126	5.25	4.40	1.00	3.47
15	16	100	0.58	3.48	0.87	2.62
16	14	44	0.52	3.60	0.97	2.52
18	9	24	3.00	3.06	1.00	2.07
19	12	96	0.67	2.82	0.79	1.97
20	16	103	0.59	3.55	0.91	2.65
21	15	42	0.55	3.53	0.96	2.74
23	9	24	2.98	3.14	1.03	2.06

站位	种类数 (种)	总栖息密度 (个/m <sup>2</sup> )	总生物量 (g/m <sup>2</sup> )	多样性指 数 H'	均匀度 J	丰度 d
最大值	22	143	5.25	4.43	1.03	3.82
最小值	5	17	0.52	2.36	0.78	1.08

表 5.6-11 监测海域浅海大型底栖生物生物量和密度分布

站位	类群	密度 (个/m <sup>2</sup> )	生物量 (g/m <sup>2</sup> )	站位	类群	密度 (个/m <sup>2</sup> )	生物量 (g/m <sup>2</sup> )
1	双壳	40	1.720	10	多毛	280	1.334
1	多毛	537	0.002		棘皮	20	0.284
1	甲壳	140	0.032	10	甲壳	80	5.016
1	纽形	20	0.093	10	纽形	30	0.134
	合计	737	1.847		合计	410	6.768
3	双壳	20	0.360	11	多毛	80	0.282
3	多毛	90	0.194	11	甲壳	40	0.084
3	棘皮	40	0.020		合计	120	0.366
3	甲壳	20	3.668	12	多毛	460	0.185
3	纽形	40	0.682	12	甲壳	190	3.402
	合计	210	4.924	12	纽形	30	0.136
6	多毛	497	0.040		合计	680	3.723
6	棘皮	20	1.076	14	多毛	387	0.026
6	甲壳	40	0.024	14	甲壳	60	0.018
6	纽形	20	0.192	14	纽形	20	0.043
	合计	577	1.332		合计	467	0.087
7	双壳	60	0.394	16	多毛	290	1.136
7	多毛	353	0.036	16	甲壳	40	0.622
7	棘皮	20	1.308	16	纽形	20	0.002
7	甲壳	60	0.002		合计	350	1.760
7	纽形	20	0.100	18	多毛	60	0.202
	合计	513	1.840	18	星虫	20	0.016
8	刺胞	20	0.004	18	棘皮	20	4.114
8	双壳	20	4.528	18	甲壳	90	0.012
8	多毛	287	0.028	18	纽形	20	0.002
8	棘皮	20	0.665		合计	560	6.106
8	甲壳	133	0.002	20	多毛	417	0.010
8	纽形	20	0.068	20	甲壳	93	0.658
	合计	500	5.295		合计	510	0.668

## 4) 浅海大型底栖生物综合性指数分析

浅海大型底栖生物监测结果表明：浅海大型底栖生物生态调查 14 个站位的多样性指数 H 平均值为 3.29，最小值 2.20,最大值 4.09，最大值出现在#8 站。浅海大型底栖生物生态调查 14 个站位的均匀度 J 平均值为 0.88，最小值 0.72,最大值 0.95，最大值出现在#8。浅海大型底栖生物生态调查 14 个站位的丰度 d 平均值为 2.57，最小值 1.03,最大值 3.53，最大值出现在#8。

## 5.7 渔业资源现状调查与评价

### 5.7.1 鱼卵仔鱼现状调查与评价

#### 1、调查内容及方法

##### (1) 调查内容

鱼卵仔鱼调查内容包括种类组成、数量分布和优势种等。

##### (2) 鱼卵、仔鱼调查方法

鱼卵仔稚鱼样品采集时采用浅水I型浮游生物网由底至表层进行垂直拖网和表层拖网，其中垂直拖网样品为定量样品，水平拖网样品为定性样品，并按照《海洋监测规范》（GB17378.7-2007）的要求进行样品处理、分析鉴定及数据计算分析。

#### 2、调查结果

##### 1) 种类组成

本次调查共采集到共 20 种，其中鱼卵 6 种，仔稚鱼 14 种。鱼卵以康氏小公鱼和鲱鱼占优势。仔、稚鱼数量以黑尾小沙丁和康氏小公鱼占优势，种类表 5.7-1。

##### 2) 数量分布

###### a 种类数的分布

调查海域各站的鱼卵种类在 0~3 种，仔稚鱼在 1~5 种，调查海域的#1、#7、#11 站种类较多。

###### b 鱼卵和仔、稚鱼密度分布

###### 垂直拉网

调查海域垂直拉网的鱼卵的平均密度为  $2.09 \text{ ind/m}^3$ ，仔、稚鱼为  $0.47 \text{ 尾/m}^3$ 。鱼卵在大部分站位都有出现，数量分布不均匀，主要分布在近岸站点，密度范围在  $0 \text{ ind/m}^3 \sim 3.91 \text{ ind/m}^3$ ，高密度出现在调查海域西部的#1，#7，#11 站，量值分别为 3.91, 3.79,  $2.65 \text{ ind/m}^3$ 。仔、稚鱼的密度范围在  $0 \text{ 尾/m}^3 \sim 1.11 \text{ 尾/100m}^3$ ，密度以#7 站最高，为  $1.451 \text{ 尾/m}^3$ 。

###### 水平拖网

调查海域水平拖网的鱼卵的平均密度为  $0.037 \text{ ind/m}^3$ ，仔、稚鱼为  $0.020 \text{ 尾/100m}^3$ 。鱼卵在大部分站位都有出现，数量分布较少，密度范围在  $0.0 \text{ ind/m}^3 \sim 0.109 \text{ ind/m}^3$ ，高密度出现在调查海域西部的#3，量值分别为  $0.130 \text{ ind/m}^3$ 。仔、稚鱼的分布趋势类似，以海域#8 站较多，为  $0.0515 \text{ 尾/m}^3$ ，密度范围在  $0.00 \text{ 尾/m}^3 \sim 0.0515 \text{ 尾/100m}^3$ 。

### 3) 优势种类

本次调查鱼卵的优势种类为康氏小公鱼,垂直拉网的平均密度和水平拖网的平均密度分别为  $0.342\text{ind}/\text{m}^3$  和  $1.77\text{ind}/\text{m}^3$ , 主要分布在调查海域西部。仔、稚鱼主要优势种为小公鱼,垂直拉网#08 站密度最高,密度为  $0.0475\text{尾}/\text{m}^3$ ; 水平拖网#07 站密度最高,密度为  $0.0475\text{尾}/\text{m}^3$ , 其他站的密度较低。

## 5.7.2 渔业资源现状调查与评价

### 1、调查内容及方法

#### (1) 调查内容

渔业资源调查除鱼卵\仔、稚鱼外,主要为游泳动物,调查内容包括拖网游泳动物种类组成、资源密度(重量、尾数)、优势种、渔获物生物学特征和物种多样性等。近三年渔业生产和海水养殖情况。

#### (2) 游泳动物调查方法

春季渔业资源调查按《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(SC/T 9110-2007)、《海洋渔业资源调查规范》(SC/T 9403-2012)和《海洋调查规范》(GB12673-2007)进行;调查船为闽莆渔运 05808 船,使用单拖网[5.0m(宽)×3.0m(高)],网目范围 2~6cm,每网拖曳约 1.0h,平均拖速 3.0 节,对渔获物进行分品种渔获重量和尾数统计,记录网产量,并对每个品种进行生物学测定(体长、体重、成幼体等)。依据调查海域物种分布和经济种类等情况,本次调查海域渔获物主要分为鱼类、甲壳动物类和头足类 3 大类群进行分别描述,其中,甲壳动物类又分为虾类、蟹类和口足类,其中在计算资源密度时将口足类归入虾类进行统计。

### 2、评价方法

#### (1) 渔业资源密度(重量、尾数)估算方法

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(SC/T 9110-2007),本报告设定拖网网具鱼类、甲壳动物类和头足类尾数、重量逃逸率均为 0.5。调查水域各测站拖网资源密度的估算采用扫海面积法,渔业资源密度以各站拖网渔获量(重量、尾数)和拖网扫海面积来估算,计算式为:

$$\rho_i = C_i/a_iq$$

式中: $\rho_i$ ——第  $i$  站的资源密度(重量:  $\text{kg}/\text{km}^2$ ; 尾数:  $10^3\text{ind.}/\text{km}^2$ );

$C_i$ ——第  $i$  站的每小时拖网渔获量(重量:  $\text{kg}/\text{h}$ ; 尾数:  $\text{ind.}/\text{h}$ );

$a_i$ ——第  $i$  站的网具每小时扫海面积( $\text{km}^2/\text{h}$ )(网口水平扩张宽度(km)×拖

曳距离 (km)), 拖曳距离为拖网速度 (km/h) 和实际拖网时间 (h) 的乘积;

$q$ ——网具捕获率 (可捕系数,  $= 1 - \text{逃逸率}$ ), 其中:  $q$  均取 0.5。

## (2) 渔业资源优势种计算方法

游泳动物优势种的确定往往需要考虑到鱼类季节分布特点和个体大小差异, 朱鑫华和唐启生 (2002 年) 经比较多种优势种测定模型, 认为相对重要性指数能较好地刻画鱼类优势种特征 (Pinkas, 1971)。所谓优势种, 应具有数量和重量上占居显著比例的成分属性。相对重要性指数计算公式如下:

$$IRI = (N\% + W\%) \times F\%$$

上式中,  $IRI$  为相对重要性指数;  $N\%$  为某一物种尾数占总尾数的百分比;  $W\%$  为该物种重量占总重量的百分比;  $F\%$  为某一物种出现的站数占调查总站数的百分比 (既出现频率)。本报告中各类群的优势种以该类群渔获物占总渔获物的  $IRI$  指数前五位为主要优势种。

## (3) 物种多样性计算公式

游泳动物现状评价采用物种多样性、均匀度、丰富度和单纯度等四个指标。

**香农 - 威纳 (Shannon—Weaner) 多样性指数:**

$$H' = -\sum_i^S P_i \log_2 P_i$$

式中,

$H'$ ——为物种多样性指数值;

$S$ ——为样品中的总种数;

$P_i$ ——为第  $i$  种的个体丰度 ( $n_i$ ) 与总丰度 ( $N$ ) 的比值 ( $n_i/N$ )。

一般认为, 正常环境, 该指数值高; 环境受污, 该指数值降低。

**均匀度指数:**

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

式中,

$J'$ ——表示均匀度指数值;

$H'$ ——表示物种多样性指数值;

$S$ ——表示样品中总种数。

**丰富度指数:**

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

式中，

$d$ ——表示丰富度指数值；

$S$ ——表示样品中的总种数；

$N$ ——表示群落中所有物种的总丰度。

一般而言，健康的环境，种类丰富度高；污染环境，种类丰富度较低。

**单纯度指数：**

$$C=\text{SUM}(n_i/N)^2$$

式中，

$C$ ——表示单纯度指数；

$N$ ——为群落中所有物种丰度或生物量，

$n_i$ 为第  $i$  个物种的丰度或生物量。

### 5.7.3 调查结果

#### 1) 种类组成及平面分布

2020年4月调查游泳动物种类数为61种。其中，鱼类39种(63.93%)，虾类12种(19.67%)，蟹类8种(13.11%)；头足类2种(3.28%)。各站位间种类数分布较均匀，主要集中在20-35种左右，其中#16站最高，出现36种，而#3站出现19种为最低(表5.7-1)。

表 5.7-1 渔获物种类组成及百分比

类群	种数	百分比(%)
鱼类	39	63.93
虾类	12	19.67
蟹类	8	13.11
头足类	2	3.28
合计	61	100.00

#### 2) 渔获物(尾数、重量)分类群组成

2020年4月航次调查渔获物尾数和重量中，鱼类所占百分比分别为44.02%；虾类占22.68%；蟹类为30.54%；头足类分别占2.76%，(表5.7-2)。

渔获物尾数中，鱼类尾数所占比例最高，其次为虾类，蟹类和头足类相对较低，虾类、鱼类、蟹类和头足类分别占43.27%、40.95%、11.23%和4.55%；渔获物重量中，蟹类所占比例为最高，其次为鱼类，蟹类、鱼类、虾类和头足类分别占36.38%、34.91%、26.36%和2.35%。

表 5.7-2 渔获物(重量、尾数)分类群百分比组成



类群	2020.04	
	尾数(%)	重量(%)
鱼类	40.95	34.91
虾类	43.27	26.36
蟹类	11.23	36.38
头足类	4.55	2.35

### 3) 资源密度 (重量、尾数)

调查海域渔业资源重量和尾数密度均值分别为  $253.86\text{kg}/\text{km}^2$  和  $24.16 \times 10^3 \text{ind.}/\text{km}^2$  , 其中, 鱼类均值为  $116.79\text{kg}/\text{km}^2$  和  $7.47 \times 10^3 \text{ind.}/\text{km}^2$  ; 虾类均值分别为  $55.56\text{kg}/\text{km}^2$  和  $11.76 \times 10^3 \text{ind.}/\text{km}^2$  ; 蟹类均值为  $74.20\text{kg}/\text{km}^2$  和  $4.26 \times 10^3 \text{ind.}/\text{km}^2$  ; 头足类均值分别为  $7.31\text{kg}/\text{km}^2$  和  $0.67 \times 10^3 \text{ind.}/\text{km}^2$  , (表 5.7-3)。

调查海域渔业资源重量和尾数密度均值为  $20.70 \times 10^3 \text{ind.}/\text{km}^2$  ( $12.81 \times 10^3 \sim 36.57 \times 10^3 \text{ind.}/\text{km}^2$ )。其中, 鱼类均值为  $8.95 \times 10^3 \text{ind.}/\text{km}^2$  ; 虾类均值为  $8.48 \times 10^3 \text{ind.}/\text{km}^2$  ; 蟹类均值为  $2.32 \times 10^3 \text{ind.}/\text{km}^2$  ; 头足类均值为  $0.94 \times 10^3 \text{ind.}/\text{km}^2$ 。

表 5.7-3 渔获物各类群渔业资源平均密度(重量  $\text{kg}/\text{km}^2$ 、尾数  $10^3 \text{ind.}/\text{km}^2$ )

类群	2020.04	
	尾数	重量
鱼类	8.95	72.98
虾类	8.48	55.15
蟹类	2.32	76.07
头足类	0.94	5.26
合计	20.70	209.46

### 4) 资源密度 (尾数、重量) 分布

渔获物总尾数和重量密度分布均匀, 尾数密度最高值出现在南侧附近的#16号站位, 为  $36.57 \times 10^3 \text{ind.}/\text{km}^2$  , #5号站尾数密度最低, 为  $12.81 \times 10^3 \text{ind.}/\text{km}^2$ 。重量密度最高值出现#16号站位, 而#6号站位的重量密度为最低, 分别为  $106.82 \text{kg}/\text{km}^2$ 。其余站位重量密度主要集中在  $150 \sim 400 \text{kg}/\text{km}^2$ 。

### 5) 渔获物优势种及其生态特征

渔获物中鱼类优势种为鳞鳍叫姑鱼、短吻舌鳎、赤鼻棱鯧、拉氏狼牙虾虎鱼和龙头鱼。虾类优势种有口虾蛄、哈氏仿对虾、刀额新对虾、周氏新对虾和扁足异对虾。蟹类优势种有三疣梭子蟹、矛形梭子蟹和寄居蟹, (表 5.7-4)。

表 5.7-4 渔获物相对重要性指数 (IRI 指数)

类别	种类	2020.04			
		F%	W%	N%	IRI
鱼类优势	龙头鱼	93.33	5.13	1.88	654.07
	赤鼻棱鯧	100.00	2.61	6.57	918.07

种	鳞鳍叫姑鱼	100.00	2.32	15.27	1758.55
	拉氏狼牙虾虎鱼	100.00	3.80	4.85	864.80
虾类 优势 种	口虾蛄	100.00	20.98	24.80	4578.73
	哈氏仿对虾	100.00	3.43	9.30	1273.27
	周氏新对虾	80.00	0.89	1.21	167.83
	刀额新对虾	80.00	0.89	4.04	394.55
	扁足异对虾	53.33	0.06	0.70	40.18
蟹类 优势 种	三疣梭子蟹	80.00	32.51	6.36	3109.34
	矛形梭子蟹	93.33	0.31	0.67	92.09
	寄居蟹	26.67	0.36	0.30	17.74

## 6) 渔获物体重、体长和幼体比例

调查海域鱼类平均幼体比例为 54.61%，虾类为 16.69%，蟹类为 26.54%，头足类 94.58%；鱼类平均体重 10.15g，虾类 6.51g，蟹类 32.74g，头足类为 5.23g；鱼类平均体长为 10.95cm，虾类为 6.16cm，蟹类为 9.35cm，头足类为 5.23cm。

表 5.7-5 分类群平均体重、体长和幼体比例

类群	2020.04		
	平均体长(cm)	平均体重(g)	幼体比
鱼类	10.95	10.15	54.61
虾类	6.16	6.51	16.69
蟹类	9.35	32.74	26.54
头足类	6.29	5.23	94.58

## 7) 渔获物物种多样性分析

调查渔获物中，重量和尾数多样性指数( $H'$ )均值分别为 3.14 和 3.21。

调查海域渔获物重量多样性指数( $H'$ )均值为 3.13 (2.53-3.92)，丰富度指数 ( $d$ ) 均值为 2.12(1.63-2.78)，均匀度指数 ( $J'$ ) 均值为 0.68(0.53-0.83)，单纯度指数 ( $C$ ) 均值为 0.20(0.09-0.31)；尾数多样性指数( $H'$ )均值为 3.44(2.67-3.88)，丰富度指数 ( $d$ ) 均值为 2.98(2.35-3.89)，均匀度指数 ( $J'$ ) 均值为 0.74(0.60-0.81)，单纯度指数 ( $C$ ) 均值为 0.15(0.10-0.30)，(表 5.7-8)。

调查渔获物中，重量和尾数多样性指数( $H'$ )均值分别为 3.21。调查海域渔获物重量多样性指数( $H'$ )均值为 3.13 (2.53-3.92)，尾数多样性指数( $H'$ )均值为 3.44(2.67-3.88)。

综合各项生态指标可见，调查水域渔业资源生物物种丰富，多样性指数值和资源密度较高，大部分站位优势种优势度低，种间分布较均匀，群落结构稳定，适合资源生物繁殖、幼育和生长。

表 5.7-6 渔获物多样性指标 (2020.04)

站位	重量密度				尾数密度			
	$C$	$H'$	$J'$	$d$	$C$	$H'$	$J'$	$d$

1	0.16	3.25	0.76	1.63	0.15	3.17	0.75	2.35
3	0.23	2.86	0.66	1.72	0.18	3.39	0.78	2.45
6	0.22	2.85	0.64	1.99	0.18	3.17	0.71	2.81
7	0.17	3.48	0.71	2.53	0.11	3.74	0.76	3.48
8	0.22	2.89	0.67	1.74	0.16	3.22	0.75	2.45
10	0.17	3.21	0.74	1.72	0.14	3.29	0.76	2.47
11	0.15	3.46	0.71	2.39	0.13	3.46	0.71	3.22
12	0.28	2.58	0.58	1.94	0.30	2.67	0.60	2.55
14	0.31	2.73	0.53	2.78	0.11	3.88	0.75	3.89
16	0.15	3.37	0.67	2.60	0.10	3.86	0.77	3.85
18	0.31	2.53	0.58	1.72	0.12	3.54	0.81	2.61
20	0.26	2.72	0.57	2.16	0.13	3.48	0.72	3.08
平均值	0.20	3.13	0.68	2.12	0.15	3.44	0.74	2.98
幅度	0.09-0.31	2.53-3.92	0.53-0.83	1.63-2.78	0.10-0.30	2.67-3.88	0.60-0.81	2.35-3.89

## 5.8 哺乳动物及海洋珍稀濒危动物现状

福建海域的哺乳动物及海洋珍稀濒危动物主要以鲸豚为主。

鲸属于脊索动物门、哺乳纲，包含了大约 98 种生活在海洋、河流中的有胎盘哺乳动物，我国海域有 30 余种。鲸目主要分为两个子目：须鲸亚目和齿鲸亚目，其中齿鲸亚目包括了海豚科等。

鲸目体长 1~30 余米，体形似鱼，皮肤裸露，仅吻部具有少数毛，无汗腺和皮脂腺。前肢呈鳍状，后肢完全退化，体内仅存 1 对小骨片。尾末皮肤左右扩展而成水平尾鳍，无耳廓，由于皮肤下有 1 层厚的脂肪，借此保温和减少身体比重，有利于游泳，有的种类具有背鳍。眼小，无瞬膜，也无泪腺，视力较差。外鼻孔 1~2 个，位于头顶，俗称喷气孔。虽无耳廓，但听觉灵敏。肺左右各 1 叶。水中哺乳。胃分 4 室。

鲸类在我国沿海海域有分布，不同鲸类分布情况也有差异，但大部分鲸类主要分布在外洋。例如布氏鲸主要分布于外洋，只有极少量个体会出现在沿岸；髯鲸在黄海南部、东海、南海均有分布，但沿岸数量很少；长须鲸我国各海域均有分布，主要分布于黄海、东海；蓝鲸在我国各海域均有分布，但主要分布于外洋远离沿岸，而且个体数量很少。鲸类在涨潮时偶尔也会进入近海，落潮时若不能及时游走则会出现搁浅情况。

鲸类中的海豚科在近海分布较多，在福建海域也有分布。张荔锋等(2008)研究表明，中华白海豚在福建海域有分布，主要分布在福建泉州湾至厦门、闽江口以北至福鼎沿海，其主要分布区与工程距离在 20km 以上。

另外，本次海洋环境现状调查期间未发现哺乳动物及海洋珍稀濒危动物活动。

## 5.9 主要经济鱼类“三场一通道”分布

项目周边海域地理位置优越，位于台湾海峡西北部，东海南部，是闽中渔场的一部分，渔业资源丰富，种类繁多。分布在该海域的鱼类主要是暖水性种类和暖温性种类，优势种大多为短距离洄游鱼类。

### (1) 带鱼

带鱼属于洄游性鱼类，有昼夜垂直移动的习惯，白天群栖息于中、下水层，晚间上升到表层活动，我国南方沿海的带鱼每年沿东海西部边缘随季节不同作南北向移动，春季向北作生殖洄游，冬季向南作越冬洄游，故东海带鱼有春汛和冬汛之分。带鱼的产卵期很长，一般以4月~6月为主，其次是9月~11月，一次产卵量在2.5万粒~3.5万粒之间，产卵最适宜的水温为17°C~23°C。

生殖洄游：每年三月底或四月初，随着台湾暖流的增强、沿岸水温逐渐上升。性腺逐渐成熟的鱼群，由外海向沿岸10~25m浅水区、15~18°C水温海域洄游。每年四至九月，向北产卵洄游的带鱼沿途在温台渔场、舟山渔场、吕泗渔场产卵。产卵时的最适水温为18°C，五月下旬至七月为主要产卵期。舟山海域是主要产卵场。

本项目风电场所在海域为幼鱼分布区，但距离洄游通道较远。福建及广东等地的南方带鱼往往有沿岸产卵，60-80m水深海域越的习性，但这部分群体很小。

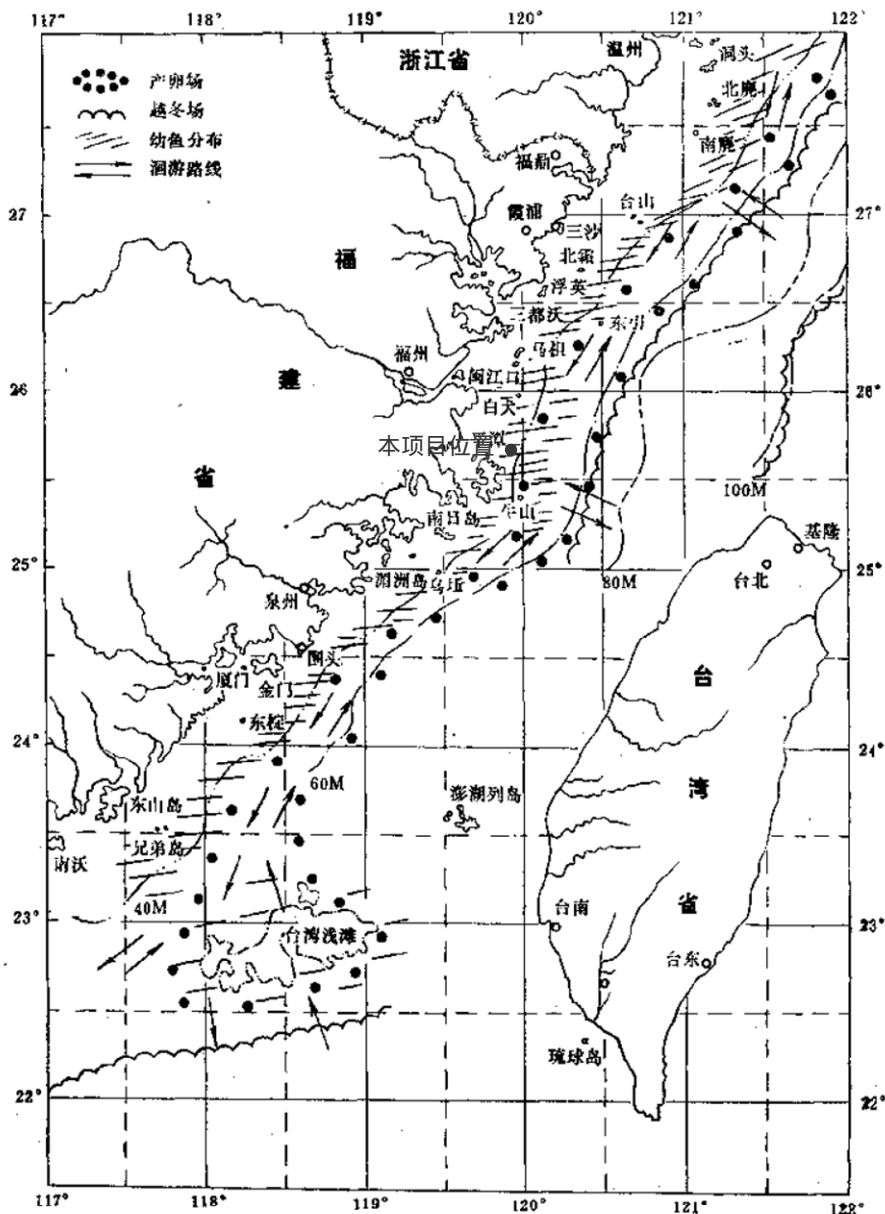


图 5.9-1 带鱼洄游示意图 (引自福建省近内海水产资源)

(2) 三疣梭子蟹

三疣梭子蟹产卵群体分布较广，遍布江、浙、闽沿岸浅海及岛屿周围水域，以浙江近海数量较多。3~4 月分布在浙江中南部沿海，5~6 月，密集于浙江北部海域。主要分布在 30°00' ~ 32°00'N，124°00'E 以西海域，抱卵雌蟹主要分布在沿岸 20~40m 水深海域，产卵场底层水温 13.0~17.0℃，底层盐度内侧海区为 16.00~30.00，外侧海区为 33.00。

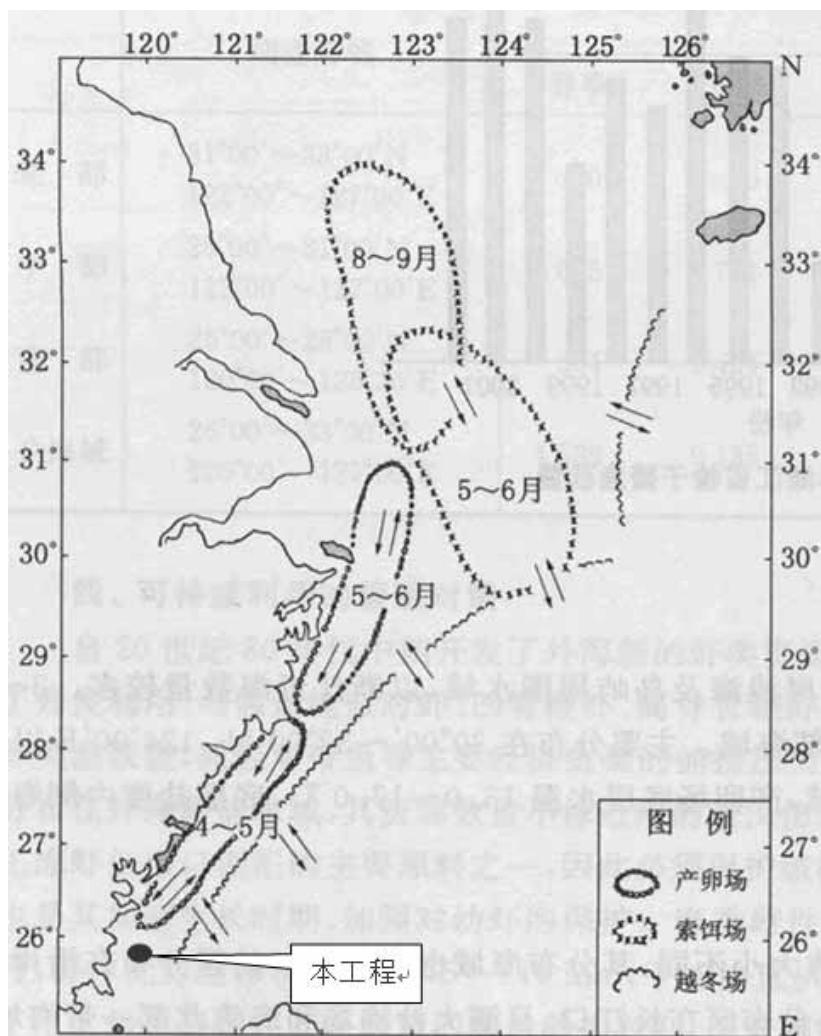


图 5.9-2 三疣梭子蟹洄游示意图 (来自张秋华等, 2006)

索饵群体包括幼蟹和成蟹两个群体。由于个体大小不同,其分布海域也不一样。幼蟹分布在沿岸浅水海区,成蟹分布在外侧深水海域。8~9月其中心分布区在长江口、吕泗大沙渔场和海礁北部一带海域,中心渔场底层水温 19.0~22.0℃,底层盐度 30.00~34.00。10~11月,渔场高盐水舍向南退缩,吕泗、长江口区水温开始下降,索尔群体南移,在浙江中南部的鱼山、大陈以东海域,形成中心渔场。

东海区梭子蟹比较集中的越冬场有两处,一是在鱼山、温台渔场水深 40~70m 的海域,底层水温 15.0~18.0℃,盐度 32.00~34.00。另一处在福建沿海水深 25~50m 海域。

冬季梭子蟹分布在底层水文 12.0℃以上海域越冬,春季随着水温回升,性成熟个体自南向北,从越冬海区向近岸浅海、河口、港湾作产卵洄游。3~4月在福建沿岸 10~20m 水深海域,4~5月在浙江中南部沿岸海域,5~6月在舟山、长江口 30m 以浅海域产卵。产卵后的群体,分布在长江口、舟山渔场索饵。6~8月孵出的幼蟹分布在沿岸浅海区肥育、成长,秋季个体逐渐长大并向深海水区移动,8~9月近海水温继续上升,外海高盐

水向北推进，产卵后的索饵群体和当年成长的群体一起，北移至长江口、吕泗、大沙渔场，10月以后，随着北方冷空气南下，沿岸水温逐渐下降，索饵群体自北向南，自浅水区向深水区作越冬洄游（图 5.9-2）。

东黄海三疣梭子蟹主要群体的洄游路线离项目所在地较远，在 30km 以上，但是福建中部等地的三疣梭子蟹往往有沿岸产卵，40-60m 水深海域越冬的习性，但这部分群体很小。

### (3) 大黄鱼

有关大黄鱼的具体洄游路线大致是，1~3 月为大黄鱼的越冬期；4~6 月暖流势力增强，沿海海区水温升高，鱼群从越冬海区集群游向近海产卵场做产卵洄游，其中在江外、舟外越冬场的鱼群主群大致从东南方游向长江口渔场北部和吕四渔场南部，支群从偏西方向进入岱衢、大戢海区产卵场，尚有部分鱼群北上进入大沙渔场，混同该越冬场鱼群进入吕四洋；在大沙越冬渔场的鱼群，除主要进入吕四洋以外，尚有一定数量鱼群进入海州湾产卵场。此外，朝鲜西南部岩泰岛附近有大黄鱼的产卵场，推测其产卵鱼群主要来自大沙越冬场外侧及江外、舟外越冬场东北部；在浙南、闽东、闽中越冬场的鱼群则主要进入浙闽沿海产卵场，其中闽东渔场大黄鱼群主要进入官井洋和东引渔场，并有部分鱼群混同浙南越冬海区的鱼群北上，分别进入洞头洋、大目洋、猫头洋和岱衢洋产卵场。产卵期为 4~6 月。大黄鱼重要产卵场在福建并不多见，主要受大黄鱼产卵特有条件限制。来自闽江口外海域越冬场的大黄鱼，往往向北进行产卵洄游官井洋和东引渔场产卵，本项目位于闽江口以南，不是大黄鱼主要产卵场，索饵场，也不是洄游通道，距离大黄鱼三场一通道最近约 15km。

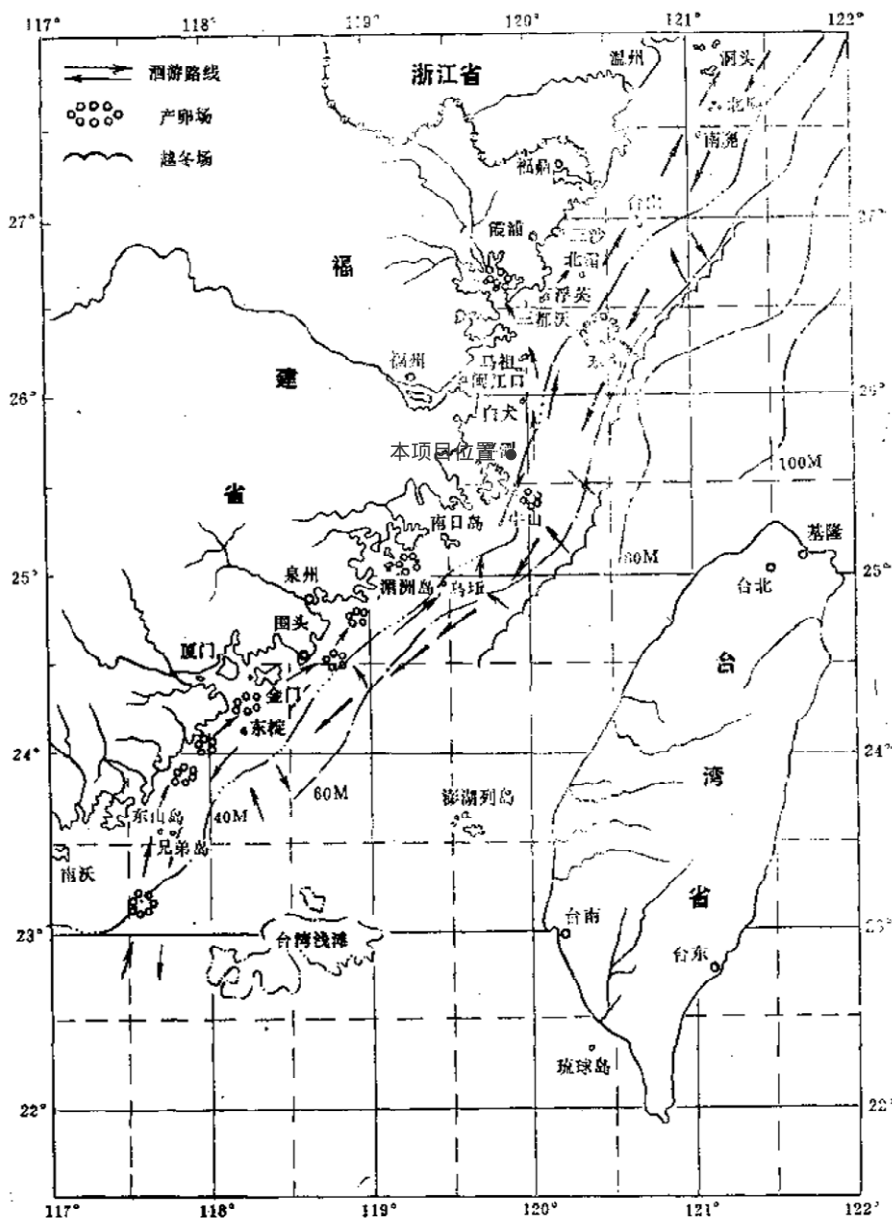


图 5.9-3 大黄鱼洄游路线图 (引自福建省近内海水产资源)

#### (4) 蓝圆鲹

蓝圆鲹可分为二个种群：一是东海种群，二是闽南、粤东近海种群。东海种群有二个越冬场：一是在台湾海峡中南部(与闽南、粤东近海种群的分布有交错)；另一个是在台湾北部彭佳屿附近水深 100~150 米的海域。每年 3 月开始，位于台湾海峡越冬的鱼群，随着性腺的逐渐发育，离开越冬场向西和向北方向作生殖洄游，在闽中、闽东近海的产卵期为 4~7 月，盛期为 5~6 月。产卵过后的亲鱼继续向北洄游，部分鱼群可达浙江中部沿海。孵化出来的仔幼鱼也随风、随流飘到浙江近海索饵成长，到秋末随着水温的下降，亲体和幼鱼均返回越冬场越冬。彭佳屿越冬的鱼群,约于 3~4 月间分批向浙江近海作产卵洄游，进入产卵场的大致时间为：南、北亮近海为 4~5 月，鱼山、大陈近



海为 5~6 月，舟山近海为 6~7 月，产卵期可延长至 9 月，盛期为 5~6 月。当年生幼鱼在产卵场附近索饵，有部分会逐步向北扩展，到夏末和秋季在舟山和长江口渔场，与当年生幼鱼混合成为秋汛捕捞鲈鲙鱼的汛期。秋末，随着水温的下降，亲体和当年生幼鱼陆续返回越冬场越冬。

工程距蓝圆鲈三场一通道最近距离为 20km。

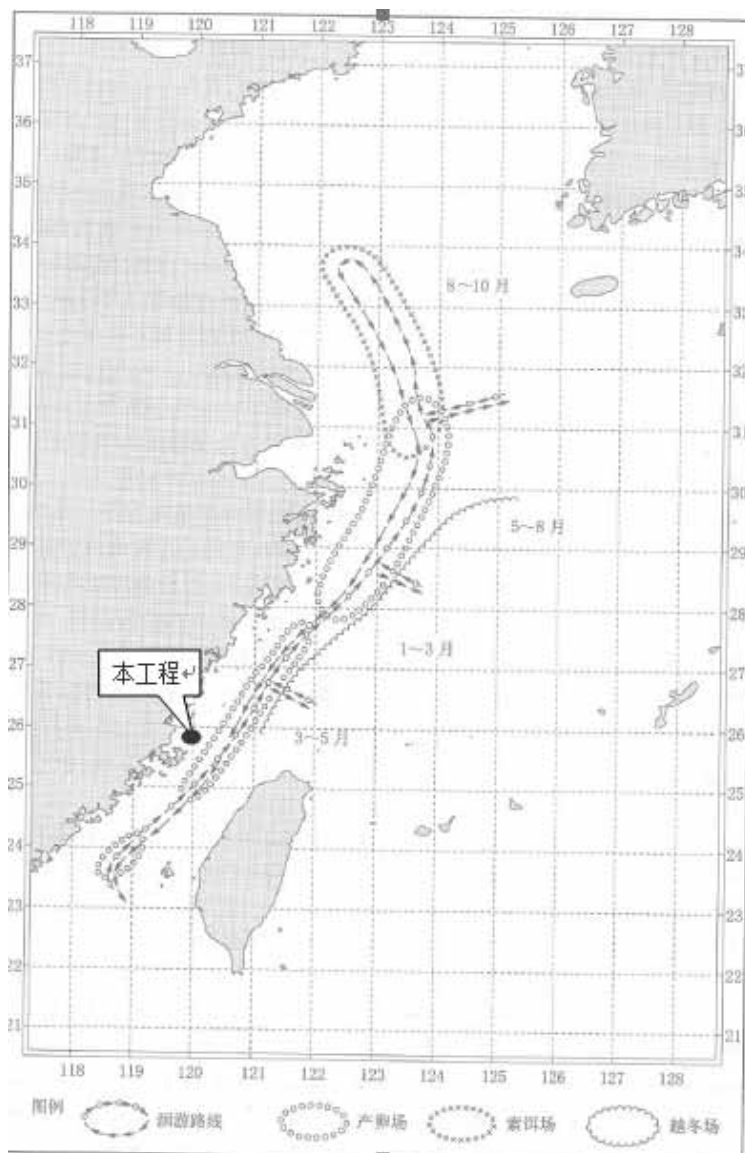


图 5.9-4 蓝圆鲈洄游示意图 (郑元嘉等, 2003)

#### (5) 蓝点马鲛

东海、南海、黄海蓝点马鲛的洄游基本模式为：1~3 月在东海近外海越冬，越冬场范围相当广泛，南起 28°N，北至 33°N，西自禁渔区线附近海域，东迄 120m 等深线附近海区，其中舟山渔场东部和舟外渔场西部到大沙渔场东部至沙外渔场西部海区是其主要越冬场。4 月在近海越冬的鱼群首先进入沿海产卵，在外海越冬的鱼群陆续向西或西

北方向洄游，相继到达浙江，上海和江苏南部沿海河口、港湾、海岛周围海区产卵，主要产卵场分布在禁渔区线以内海区，产卵期福建南部沿海较早，为3~6月。以5月中旬至6月中旬为盛期，浙江至江苏南部沿海稍迟，为4~6月，以5月为盛，产卵期间形成沿海马鲛的春汛。产卵后的亲体一部分留在产卵场附近海区与当年生幼鱼一起索饵，另一部分亲体向北洄游索饵，敖江口、三门湾、象山港、舟山群岛周围海区、长江口渔场、吕四渔场和大沙渔场西南部海区是重要的索饵场，形成秋汛捕捞马鲛的良好季节。秋末，索尔鱼群先后离开索饵场向东或东南方向洄游，12月至翌年1月相继回到越冬场越冬而在济州岛至大黑山岛一带海域越冬的马鲛，主要向黄海和渤海海域洄游。

工程距蓝点马鲛三场一通道最近距离约9km。

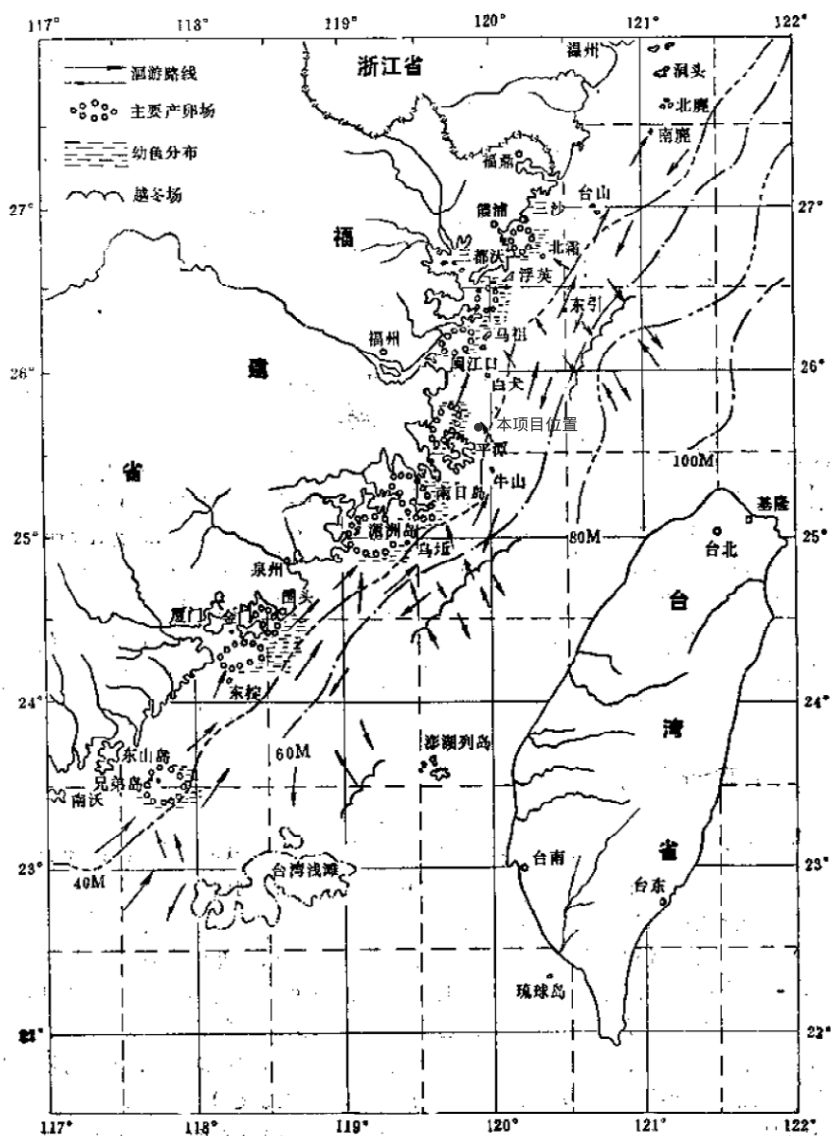


图 5.9-5 蓝点马鲛产卵场、索饵场、越冬场、洄游通道分布图（引自福建省近内海水产资源）

## 5.10 鸟类及栖息地现状调查与评价

鸟类调查资源引自引自《长乐外海海上风电场 A 区项目海洋环境影响报告书（报批版）》，2019 年 9 月，中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司。

### 5.10.1 调查时间和方法

#### (1) 调查时间

调查季节包括：秋季（候鸟南迁过境期）、冬季（越冬期冬候鸟）、春季（候鸟北迁过境期）和夏季（夏候鸟），每次调查时间为 1~2 天；其中，冬季以收集资料为主，其余季节以现场调查为主，并结合历史资料分析，具体调查时间见表 5.10-1。

表 5.10-1 鸟类调查时间表

调查时间	季节	资料来源	备注
2006 年 2 月 13 日	冬季	2006 年福建省越冬水鸟调查	《福建省越冬水鸟调查报告（2006 年 2 月 8~27 日）》（马克·巴特、余希、曹垒主编）
2008 年 1 月 15 日	冬季	2008 年福建省越冬水鸟调查	内部数据
2010 年 1 月 14 日	冬季	2010 年福建省越冬水鸟调查	内部数据
2016 年 1 月 10 日	冬季	湿地水鸟资源专项调查	内部数据
2016 年 10 月 23 日	秋季	湿地水鸟资源专项调查	内部数据
2016 年 11 月 6 日	秋季	湿地水鸟资源专项调查	内部数据
2017 年 4 月 24 日	春季	湿地水鸟资源调查	内部数据
2017 年 11 月 12 日	秋季	本项目调查	
2017 年 11 月 26 日	秋季	本项目调查	
2017 年 11 月 28 日	秋季	本项目调查	海上调查
2018 年 11 月 25 日	秋季	本项目调查	海上调查
2018 年 5 月 13 日	春季	本项目调查	
2018 年 7 月 15 日	夏季	本项目调查	
2018 年 9 月 23 日	夏季	本项目调查	
2018 年 11 月 11 日	秋季	本项目调查	
2018 年 12 月 16 日	冬季	本项目调查	
2019 年 5 月 11 日	春季	本项目调查	海上调查

#### (2) 调查路线和监测点

调查路线：从长乐漳港镇小厝沿海岸到牛头湾。

沿岸监测点：包括小厝、沙坡边、沙尾、十七孔水库和牛头湾等区域布设的调查点。越冬调查监测点以水鸟集中分布的十七孔水库。具体见图 5.10-1。

海上调查路线：从平潭县苏澳码头到项目建设区域（图 5.10-1）。由于时间原因，进行秋季和春季实地调查。本项目海上调查主要是对海上是否有迁徙过境、夏候鸟以及繁殖情况进行调查。



图 5.10-1 调查路线与监测点位置图（上方为秋季调查路线，下方为春季调查路线）

### (3) 调查方法

① 直接计数法：调查方法根据《全国第二次陆生野生动物资源调查技术规程》，采用直接计数法进行调查，直接记录物种种类，计数调查区域中水鸟的绝对数量，统计数量以观察记录到最多一次的个体数量为准，在调查区域调查以步行为主，在比较开阔、生境均匀的大范围区域借助汽车进行调查；在调查海域时以船只调查为主。

调查是主要在高潮位前后的 1~2h 内进行调查统计。记录所有观察到的鸟类种类、数量以及分布，观察记录后，对个别种类进行摄影记录。

在原有调查的基础上对重点区域重复观察统计，陆上监测点设在高处，以观察到区域范围内的水鸟为准，海上船舶调查重点以能观察到水鸟数量分布较密集的地方。

② 访问法和收集历史资料法：在调查过程中结合对当地的村民进行访问调查，以补充野外调查的不足。收集历史资料，主要对 2006 年以来陆域调查评价范围及周边春季、秋季迁徙期和越冬期候鸟调查进行收集和整理。

### (4) 调查设备

调查工具设备采用单筒望远镜（leica Televid77）、双筒望远镜、GPS、《香港及华南鸟类》、《中国鸟类野外识别手册》和《A FIELD GUIDE TO THE WATER BIRDS OF ASIA》（亚洲水鸟野外识别手册）、潮汐表、汽车等。

## 5.10.2 现状调查结果与评价

鸟类主要分布在陆域沿岸区域。2017 年 11 月 28 日、2018 年 11 月 25 日、2019 年 5 月 11 日对海上评价范围进行调查，没有发现有鸟类分布。

### (1) 鸟类种类组成

2006 年到 2019 年调查监测数据显示,在评价区域记录到鸟类 13 目 22 科 47 种,约占福建省 550 种鸟类的 8.5%,其中水鸟有 7 目 8 科 31 种,陆鸟 6 目 14 科 16 种。常见鸟类有白鹭、大白鹭、苍鹭、普通鸬鹚、环颈鸬、黑腹滨鹬、红嘴鸥、银鸥、棕背伯劳、八哥、家燕和麻雀等。水鸟包括游禽类(鸬鹚目、鸬形目、雁形目、鸥形目)、涉禽类(鹤形目、鸻形目、鸻形目);陆鸟包括隼形目、鸡形目、鸽形目、鹁形目、佛法僧目和雀形目(表 5.10-2)。

调查评价范围水鸟有小鸬鹚、凤头、普通鸬鹚、苍鹭、池鹭、牛背鹭、大白鹭、白鹭、夜鹭、东方白鹳、小天鹅、绿翅鸭、绿头鸭、斑嘴鸭、赤颈鸭、斑背潜鸭、普通秧鸡、白胸苦恶鸟、黑水鸡、骨顶鸡、环颈鸬、蒙古沙鸬、白腰杓鹬、青脚鹬、矶鹬、黑腹滨鹬、三趾鹬、黑尾鸥、银鸥、红嘴鸥、白额燕鸥等 31 种。

调查评价范围陆鸟有黑翅鸢、鸮、红隼、雉鸡、珠颈斑鸠、褐翅鸦鹃、普通翠鸟、戴胜、家燕、白鹳、白头鹎、棕背伯劳、丝光椋鸟、八哥、红嘴蓝鹳、麻雀等 16 种

调查评价范围鸟类种类主要是集中分布在雀形目(8 种)、鸻形目(7 种)、鸻形目(7 种)、雁形目(6 种)、共 28 种,占评价范围鸟类总种数的 59.6%。

表 5.10-2 调查评价范围鸟类目、科、种组成表

类群	合计	水鸟							陆鸟					
		游禽类				涉禽类			隼形目	鸡形目	鸽形目	鹁形目	佛法僧目	雀形目
目	13	鸬鹚目	鸬形目	鸥形目	雁形目	鹤形目	鸻形目	鸻形目						
科	22	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	2	7
种	47	2	1	4	6	4	7	7	3	1	1	1	2	8

### (2) 鸟类区系和居留型

#### 1) 鸟类区系

调查评价范围动物地理区划上属于华南区闽广沿海亚区闽沿海地带海滨亚带。分布的 47 种鸟类中,按区系组成可分为东洋种、古北种和广布种,其中东洋种 21 种,占鸟类总数的 44.7%;古北种 22 种,占 46.8%;广布种 4 种,占 8.5%(见表 5.10-3)。调查评价范围鸟类成分以古北界和东洋界鸟类为主要特征。

表 5.10-3 鸟类区系组成情况表

类型	合计	比例(%)
合计	47	100
东洋种	21	44.7
古北种	22	46.8
广布种	4	8.5

## 2) 鸟类居留型

鸟类按鸟类居留型可分为留鸟、夏候鸟、冬候鸟和旅鸟，以冬候鸟和留鸟为主。留鸟 15 种，占鸟类总数的 31.9%；冬候鸟 24 种，占 51.1%，鸟类种类以冬候鸟为主，冬天在这里越冬或者迁徙经过的鸟类种类较多；夏候鸟 5 种，占 10.6%；旅鸟 3 种，占 6.4%（表 5.10-4）。

表 5.10-4 调查评价范围鸟类居留型情况表

居留型	合计	留鸟	夏候鸟	冬候鸟	旅鸟
数量	47	15	5	24	3
比例 (%)	100	31.9	10.6	51.1	6.4

项目建设区域地处东亚—澳大利亚候鸟迁徙通道上，鸟类居留型以冬候鸟为主，有部分留鸟和夏候鸟，旅鸟很少。鸟类成分以古北界鸟类为主要特征，虽然地处东亚—澳大利亚候鸟迁徙通道上，但不是水鸟主要的驿站地和越冬地，发现有白额燕鸥鸟类在沿岸繁殖。

### (3) 鸟类种群数量

#### 1) 鸟类数量

2006 年 2 月到 2019 年 5 月调查监测数据显示，在陆域调查评价范围记录到的鸟类最大数量 3973 只。其中目 36 只，占 0.9%；鸕形目 416 只，占 10.5%；鸥形目 164 只，占 4.1%；雁形目 1467 只，占 36.9%；鹤形目 365 只，占 9.2%；鸽形目 733 只，占 18.4%；鸕形目 658 只，占 16.5%；隼形目 4 只，占 0.1%；鸡形目 3 只，占 0.1%；鸽形目 4 只，占 0.1%；鹃形目 2 只，占 0.1%；佛法僧目 7 只，占 0.2%；雀形目 114 只，占 2.9%；陆域调查评价范围的鸟类数量以冬候鸟（水鸟）为主（表 5.10-5）。

从数量统计看，鸟类数量较为集中的科属，在调查到的 22 科鸟类中，其中科最大数量是鸭科 1467 只、鹭科 780 只、鸽科 558 只，秧鸡科 365 只、鸕鹚科 233、鹬科 198 只、鸥科 164 只，这 7 科鸟类合计 3765 只，占最大数量总数的 94.8%。

表 5.10-5 2006 年到 2018 年调查评价范围鸟类最大数量按目统计表

目	总计	鸕鹚目	鸕形目	鸥形目	雁形目	鹤形目	鸽形目
数量	3973	36	416	164	1467	365	733
比重 (%)	100	0.9	10.5	4.1	36.9	9.2	18.4
目	鸕形目	隼形目	鸡形目	鸽形目	鹃形目	佛法僧目	雀形目
数量	658	4	3	4	2	7	114
比重 (%)	16.5	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	2.9

#### 2) 鸟类优势种类数量

按鸟类种群最大数量依次为斑嘴鸭 573 只、环颈鸪 535 只、斑背潜鸭 497 只、白鹭 390 只、骨顶鸡 276 只、普通鸬鹚 233 只、苍鹭 190 只、赤颈鸭 190 只、绿翅鸭 163 只、大白鹭 135 只等。因此，陆域调查评价范围数量占优势鸟类主要是斑嘴鸭、环颈鸪、斑背潜鸭、白鹭、骨顶鸡、普通鸬鹚、苍鹭、赤颈鸭、绿翅鸭、大白鹭等水鸟，没有发现其它集大群栖息的鸟类。

### (3) 水鸟数量

调查评价范围调查到的最大数量 3973 只鸟类中，水鸟的数量有 3839 只，占调查评价范围鸟类最大数量的 96.6%，水鸟数量占绝大多数。

### (4) 鸟类珍稀濒危性分析

#### (1) 国家和福建省重点保护鸟类

调查评价范围 47 种鸟类中，国家重点保护野生动物有小天鹅、黑翅鸢、鸮、红隼、褐翅鸦鹃等 5 种；属于福建省重点保护野生动物有小鸬鹚、凤头、普通鸬鹚、苍鹭、大白鹭、白鹭、白腰杓鹬、银鸥、戴胜、家燕等 10 种（表 5.10-6）。

#### (2) 珍稀濒危鸟类

在调查评价范围鸟类中，《世界自然保护联盟》（IUCN）濒危 1 种（东方白鹳）和《中国濒危动物红皮书》濒危 1 种（东方白鹳）、易危 3 种（小天鹅、黑翅鸢、褐翅鸦鹃）、稀有 1 种（鸮）。

#### (3) 中日、中澳候鸟保护协定鸟类

调查评价范围鸟类中，属双边国际性协定保护的候鸟有 22 种，其中属于“中日候鸟保护协定”有 22 种，“中澳候鸟保护协定”有 11 种

#### 4) “三有动物”的鸟类

调查评价范围记录鸟类中，42 种属于“三有动物”（表 5.10-6）。

表 5.10-6 调查评价范围珍稀濒危鸟类分析统计表

序号	内容	数量（种）
1	国家二级保护野生动物	5
2	IUCN	濒危 1
3	濒危红皮书	濒危 1、易危 3、稀有 1
4	福建省重点保护	10
5	“中日候鸟保护协定”	22
6	“中澳候鸟保护协定”	11
7	“三有动物”	42

综上所述，调查评价范围鸟类种类较少，有国家重点保护野生动物水鸟，有易危、

濒危物种，工程海域不是水鸟的主要栖息地，没有关键种和特有种分布。

#### (5) 鸟类栖息地现状

调查评价范围湿地地貌类型主要为砂砾质海岸和水库；土壤类型主要为滨海盐土和潮土等。属于亚热带海洋性季风气候，调查评价范围潮汐为正规半日潮，主要植物群落类型包括南方碱蓬群落、互花米草群落、盐地鼠尾粟群落、芦苇群落和狗牙根群落。

调查评价范围湿地类型包括沙石海滩、水库和水产养殖场等。沙石海滩主要分布在调查评价范围沿岸区域，水产养殖场主要分布在沿岸内侧，水库为十七孔水库。

本项目风电机位不占用湿地，但海底电缆部分管道临时占用湿地。

#### (6) 鸟类分布

##### 1) 鸟类生态分布

通过比较分析陆域调查评价范围水鸟分布在福建省主要海湾中属于水鸟分布种类、数量较少的一个区域，鸟类多样性较低。从区位分析上来看项目选址陆域调查评价范围对水鸟影响方面来考虑是比较合理和可行的。而且海上风电离岸较远，因此项目建设对主要在岸边潮间带活动的水鸟来说影响是很小的。

##### ① 鸕鹚类分布

鸕鹚类属于小型涉禽，是陆域调查评价范围鸟类最主要的一个生态类群。他们在低潮位时主要分布在陆域调查评价范围的潮间带，高潮位时一部分停留水产养殖场土堤上，另一部分飞离陆域调查评价范围，到周边有高潮位停歇湿地区域。

陆域调查评价范围的不是鸕鹚类主要分布区域。鸕鹚类主要分布在调查评价范围外北侧的闽江河口国家级自然保护区和南侧的福清湾湿地的滩涂区域。调查评价范围的沿岸均为沙石海滩，在这里活动栖息的鸕鹚类很少，只是个别少量零星分布，十七孔水库是鸕鹚类是本区域高潮位时停歇地，但鸕鹚类等鸟类在调查评价范围分布较少。

##### ② 鸥类分布

鸥类是调查评价范围分布鸟类的另一个主要类群，鸥类中红嘴鸥、银鸥和黑尾鸥等冬候鸟主要分布在十七孔水库，在调查评价范围海面上有少量的鸥类分布。白额燕鸥为夏候鸟，目前发现在未完成的机场填海工地沿岸繁殖。

##### ③ 鹭类分布

鹭类也是调查评价范围鸟类的一个主要类群，在调查评价范围沿岸区域分布，低潮位时主要分布在调查评价范围潮间带。高潮位时在十七孔和水产养殖场和岸边等地休息。



#### ④ 农田和伴人居鸟类分布

主要是褐翅鸦鹃、普通翠鸟和雀形目鸟类等农田和伴人居鸟类主要分布在调查评价范围沿岸的农田、树上、水域、居民房附近或者水产养殖场边出现。

#### 2) 调查评价范围鸟类活动特点

部分鸟类在调查评价范围沿岸常年可见，如麻雀、白头鹎等，这主要是一些留鸟，种群数量较少，主要是分布在陆域。

冬季鸟类的种类及数量较多，主要是一些鸫鹛类、鹭类、鸥类等冬候鸟活动较频繁，通常种群数量不大。根据近几年的调查统计，鸫鹛类、鹭类及鸥类等，冬候鸟数量约 2000 只，分布较分散。

每年秋季、翌年春季，是以鸫鹛类为代表的候鸟迁徙期，从调查评价范围上空飞过，在 10 月开始陆续从北往南迁飞（南迁），至翌年 3 月前后从南往北迁飞（北迁）。

#### (7) 鸟类迁徙特征

##### 1) 鸟类迁徙通道

鸟类的迁徙是指鸟类中的某些种类，每年春季和秋季，有规律的、沿相对固定的路线、定时地在繁殖地区和越冬地区之间进行的长距离的往返移居的行为现象。鸟类的迁徙区指对南北候鸟迁徙适宜的环境地域，是它们在繁殖地、停歇地和越冬地之间往返的主要路径区域。

我国 3 条候鸟迁徙通道分别是：东亚—澳大利亚迁徙通道、中亚—印度迁徙通道以及东非—西亚迁徙通道。我国东部沿海海岸及海上岛屿是我国鸟类迁徙的重要通道和停歇地、觅食地、繁殖地。调查评价范围处于东亚—澳大利亚迁徙通道上。



图 5.10-2 全球候鸟迁徙路线图

## 2) 鸟类迁徙规律

鸟迁徙方向由于受地面构造、景观类型、植被、食物以及天气等各种条件的影响，鸟类迁徙并不是沿着直线迁徙。多数陆栖鸟类不喜欢在宽阔的水面上迁徙，遇到大海时一般都是顺着海岸绕行。而雁鸭类水鸟则大都沿着内陆湖泊、河流迁徙，因为那里有丰富的食物资源，可以随时补充能量。鸟类迁徙基本上是南北方向迁徙。少数种类先是东西方向迁徙，然后再南北方向迁徙。仅有个别种类基本是沿东西方向迁徙。

CHRISTENSEN T K 和 HOUNISEN 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 左右开始变换飞行的方向，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。雷达对丹麦 Nysted 海上风电场鸟类迁徙监测说明，白天鸟类在 3000m 外，夜间鸟类在 1000m 外绕开风力发电场飞行，改变飞行方向，还有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。

## 3) 鸟类迁徙飞行高度

鸟类迁徙时的飞行高度一般不超过 1000m。候鸟迁徙季节的迁飞高度超过 300m。小型鸣禽（林鸟）的飞行高度一般不超过 300m，大型鸟类有些可达 3000~6300m，有些大型种类（如天鹅）能飞越珠穆朗玛峰，飞行高度达 9000m。鸟类夜间迁徙的高度常低于白天。候鸟迁徙的高度亦与天气有关。天晴时鸟飞行较高；在有云雾或强逆风时，则降至低空。

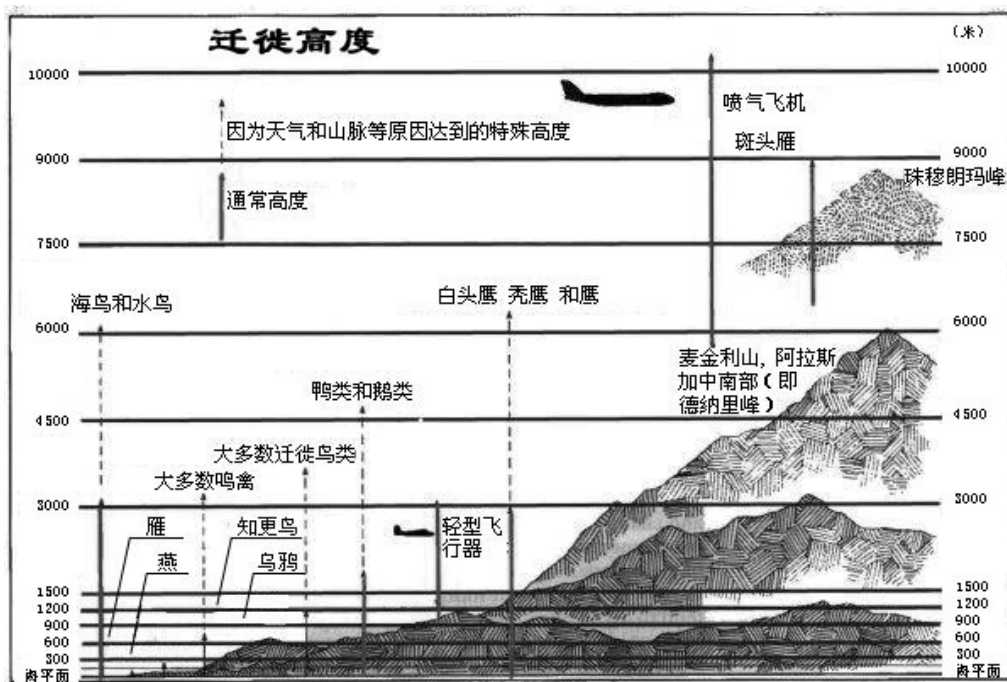


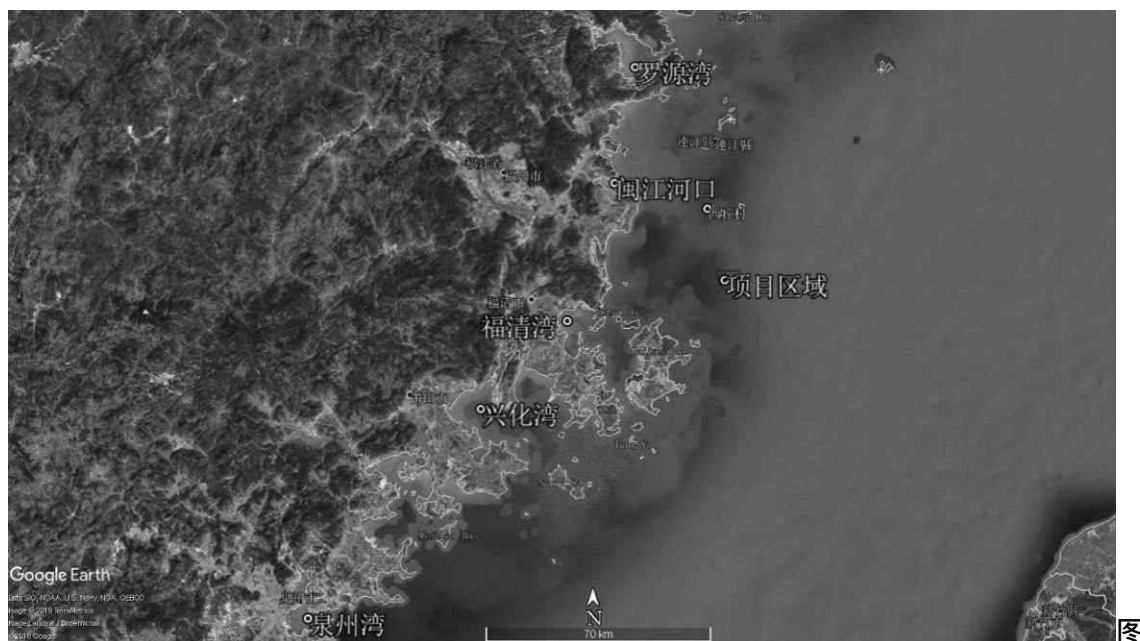
图 5.10-3 鸟类迁徙高度

#### 4) 调查评价范围迁徙鸟类情况

调查评价范围是鸥类、鸕鹚类和雁鸭类等候鸟的迁徙通道，调查评价范围外闽江河口与福清湾滩涂是鸕鹚类和雁鸭类等候鸟的迁徙驿站地和停歇地，每年10月~3月有群多候鸟在调查评价范围外的闽江河口与福清湾滩涂停歇或觅食，在滩涂停歇数日或越冬于此。但是在项目区及周边的浅海水域和沙石海滩越冬和迁徙中转的候鸟较少。

根据《福建沿海越冬水鸟调查报告（2006年2月8~27日）》及近年相关资料情况分析可知，福建沿海中部水鸟主要分布于罗源湾、闽江河口、福清湾、兴化湾和泉州湾4个海湾和1个河口区域（见图5.10-4）。在此海湾、河口范围内，分布有大面积的淤泥质海滩与水产养殖场，为水鸟的栖息和觅食（包括迁徙、越冬和繁殖）提供了优良的条件。在此区域中，多数水鸟沿滨海湿地或直线（即沿大陆沿海）飞行栖息和觅食，形成彼此互通的活动路径。

项目风电场区虽然处于东亚—澳大利亚迁徙通道上，但是项目距离大陆海岸线约30km，距离大陆海岸线滨海湿地超过20km，风电场区并非是迁徙期鸟类迁徙所经过的路线，调查单位在迁徙期（11月28日）和繁殖期（5月11日）调查中并未发现有大量的迁徙或繁殖鸟类从项目建设区上空经过。



5.10-4 福建沿海中部区域水鸟主要分布区域图

## 5.11 其它环境要素现状评价

### 5.11.1 声环境质量现状评价

为了解工程海域声环境质量现状,资料引自《长乐外海海上风电场 A 区项目海域使用论证报告书(报批版)》(自然资源部第一海洋研究所),调查资料由中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司委托厦门大学于 2018 年 7 月 23 日-24 日对工程海域的声环境质量进行了现场调查。

### 5.11.1.1 监测点位

共设置 8 个环境噪声监测点位(包括 8 个水上监测点和 8 个水下监测点)。水上噪声和 8 个水下噪声监测点位点位相同,每个测点监测 1 次。监测点位详见表 5.11.1-1,点位分布见图 5.11.1-1。

表 5.11.1-1 工程海域声环境监测点位坐标一览表

测点名称	经纬度	测点名称	经纬度
1	25°43'29.76"N, 119°56'59.88"E	12	25°47'50.74"N, 120°06'24.82"E
2	25°46'34.38"N, 119°59'22.98"E	13	25°45'12.57"N, 120°03'17.26"E
3	25°47'29.60"N, 119°53'16.74"E	14	25°43'55.81"N, 120°08'33.44"E
5	25°49'54.82"N, 120°02'24.67"E	15	25°41'17.70"N, 120°03'46.38"E



图 5.11.1-1 海上风电场工程海域声环境监测点位图

### 5.11.1.2 监测条件

声环境调查期间，天气阴，海况 1-2 级，各点位监测时环境条件见表 3.2.11-2。

表 3.2.11-2 工程海域声环境监测时环境条件

监测点位编号	风速与风向	水深(m)	海况(级)	天气	潮汐	水温(1m 深)
1	2.6 m/s, 西	31.0	1-2	晴	涨潮	28.6 °C
2	3.9 m/s, 西南	40.0	1-2	晴	涨潮	28.8 °C
3	3.9 m/s, 西南	31.0	1-2	晴	高平潮	28.9 °C
5	3.8 m/s, 西南	41.0	1-2	晴	退潮	29.1 °C
12	2.7 m/s, 西南	45.0	2-3	晴	低平潮	28.7 °C
13	2.4 m/s, 西南	40.0	2-3	晴	涨潮	28.4 °C
14	3.1 m/s, 南	42.0	2-3	晴	涨潮	28.5 °C
15	2.8 m/s, 南	41.0	2-3	晴	涨潮	28.4 °C

### 5.11.1.3 水上声环境现状

#### 一、监测内容

根据《海上风电工程环境影响评价技术规范》，水上声环境监测内容包括：等效连续声级 LAeq，测量期间所测到的最大声压级。

共监测 8 个点，每个监测点连续监测时间为 10min 以上。

#### 二、监测结果

工程海域水上声环境监测结果见表 5.11.1-3。由海上声环境现状调查结果可知，海面上环境噪声等效连续 A 声级主要分布在 79.4~92.1dB 之间，最大噪声级为 116.7dB。在 20Hz~20kHz 的频率分布范围内，等效连续 A 声级的动态范围为 12.7dB。

表 5.11.1-3 工程海域水上声环境监测结果

监测点位编号	监测位置	噪声源	最大声压级(dB)	等效连续声级(dB)
1	25°43'29.76"N, 119°56'59.88"E	海上声环境	101.0	79.4
2	25°46'34.38"N, 119°59'22.98"E	海上声环境	108.4	85.3
3	25°47'29.60"N, 119°53'16.74"E	海上声环境	107.7	84.7
5	25°49'54.82"N, 120°02'24.67"E	海上声环境	112.5	85.5
12	25°47'50.74"N, 120°06'24.82"E	海上声环境	116.7	92.1
13	25°45'12.57"N, 120°03'17.26"E	海上声环境	116.1	92.0
14	25°43'55.81"N, 120°08'33.44"E	海上声环境	115.6	91.4
15	25°41'17.70"N, 120°03'46.38"E	海上声环境	108.8	89.4

### 5.11.1.4 水下声环境现状

#### 一、监测内容

根据《海上风电工程环境影响评价技术规范》，水上声环境监测内容包括：水下噪

声频带声压级  $L_{pf}$ 、水下噪声声压谱 [密度] 级  $L_{ps}$ 、声压的瞬时值(峰值声压  $L_{peak}$ )。频率测量覆盖范围为 20 Hz~20 kHz。

共监测 7 个点, 根据各测点水深设置 4 个水层深度进行测量, 每点测量记录时间均为 3min 以上。

## 二、参数说明

### ① 频带声压级 $L_{pf}$

$$L_{pf} = 20 \lg \frac{P_f}{P_0}$$

式中:  $L_{pf}$  — 噪声频带声压级, 单位为分贝 (dB);

$P_f$  — 测得的一定带宽噪声声压, 单位为帕 (Pa);

$P_0$  — 基准声压, 单位为单位为帕 (Pa), 通常取  $P_0 = 1 \mu \text{Pa}$ 。

### ② 水下噪声声压谱[密度]级 $L_{ps}$

在海洋中基准声压的谱密度级为  $1 \mu \text{Pa} / \sqrt{\text{Hz}}$ , 当声能  $\Delta f$  中均匀分布时:

$$L_{ps} = L_{pf} - 10 \lg \Delta f$$

式中:  $L_{ps}$  — 噪声声压谱级, 又称为等效谱级, 单位为分贝 (dB), 基准值为  $1 \mu \text{Pa} / \sqrt{\text{Hz}}$ ;

$L_{pf}$  — 测得的中心频率为  $f$  的频带声压级, 单位为分贝 (dB), 基准值为  $1 \mu \text{Pa}$ ;

$\Delta f$  — 带通滤波器的有效带宽。

## 三、干扰噪声修正

在水下噪声测量中, 为减小背景干扰噪声对测量目标的影响, 应对测得的结果进行修正, 即将实测频带声压级  $L_{pf0}$  减去修正值  $K$ , 得到修正后的频带声压级  $L_{pf}$ , 如下式所示:

$$L_{pf} = L_{pf0} - K$$

本工程所进行的海洋背景噪声测量用船载方式进行, 测量中船位抛锚并关闭发动机和辅机, 水下没有其他的干扰声源存在, 因此干扰噪声修正值  $K=0$ 。

## 四、监测结果

工程海域水下环境背景噪声声谱级随着频率的增高而下降, 在 20 Hz~20 kHz 频率

范围内，全频段累积声压级为 134.0 dB，噪声谱级的总动态变化范围是 90 dB，而在特定频率（如 100 Hz）的噪声功率谱级的动态变化范围为 25 dB。

工程海域水下声环境监测结果见表 5.11.1-4。典型测点(监测点 5)所测量结果时域及功率谱图如图 5.11.1-2 所示。

表 5.11.1-4 工程海域水下声环境监测结果-峰值声压级

测点编号	测点位置	声压谱级 (dB/1uPa)				
		测点深度 (m)	20	1000	10k	20k
1	25°43'29.76"N , 119°56'59.88"E	1	123	78	54	54
		5	127	77	54	53
		15	121	85	54	53
		30	134	61	47	44
2	25°46'34.38"N, 119°59'22.98"E	1	103	78	58	57
		5	99	77	59	58
		20	102	75	59	57
		39	118	68	53	51
3	25°47'29.60"N , 119°53'16.74"E	1	106	82	62	57
		5	93	71	58	57
		15	106	72	59	57
		30	112	63	51	49
5	25°49'54.82"N , 120°02'24.67"E	1	102	73	54	53
		5	94	72	56	55
		20	100	72	56	54
		40	121	64	48	46
12	25°47'50.74"N , 120°06'24.82"E 25°45'12.57"N , 120°03'17.26"E	1	106	79	51	58
		5	113	77	59	58
		22	131	91	61	58
		44	125	69	61	50
		1	104	75	52	56
		5	122	76	57	56
13	25°43'55.81"N , 120°08'33.44"E	20	128	84	59	56
		39	129	68	58	47
		1	102	75	50	57
		5	113	75	58	57
14	25°41'17.70"N , 120°03'46.38"E	21	128	83	59	57
		41	125	64	59	49
		1	127	79	51	52
		5	129	79	59	53
15	25°47'50.74"N , 120°06'24.82"E	21	128	81	54	53
		41	134	63	53	45
		1	106	79	47	58
		5	113	77	51	58

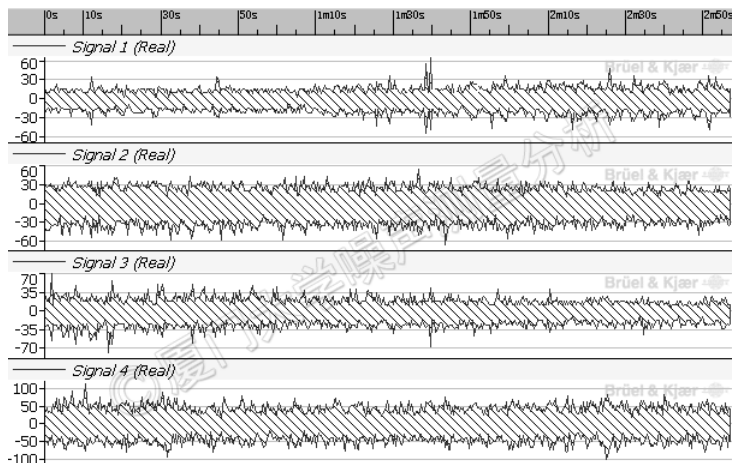
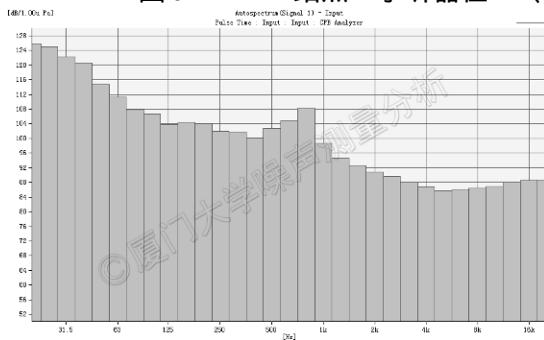
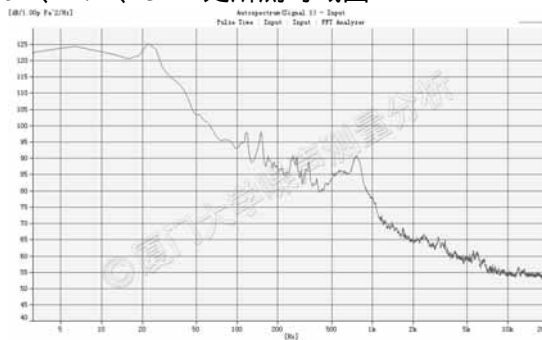


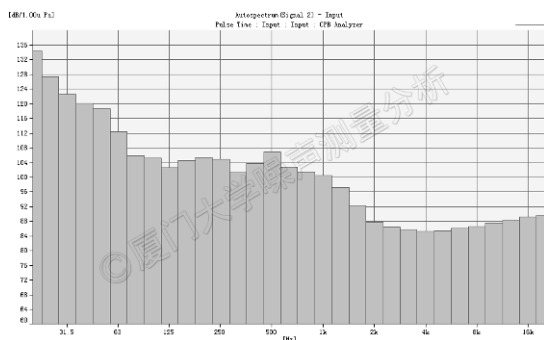
图 5.11.1-2a 站点 1 水听器在 1m、5m、17m、34m 处所测时域图



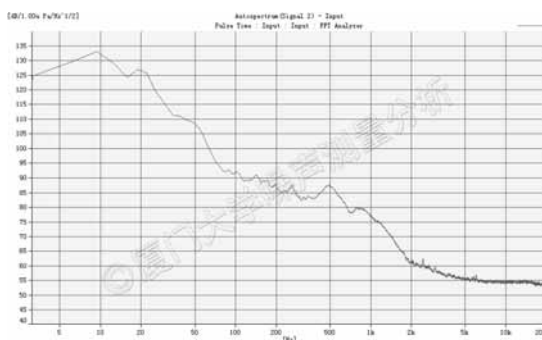
(a) 频带声压级



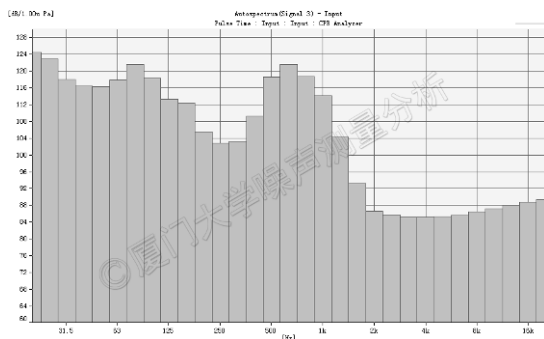
功率密度谱-对数坐标



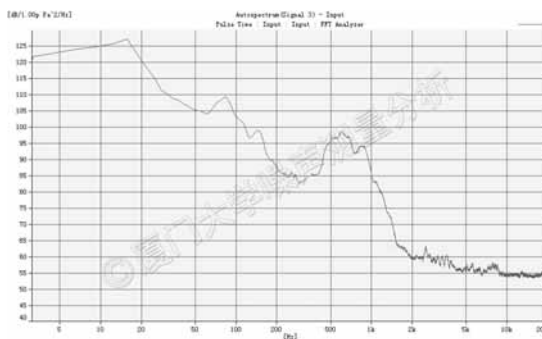
(b) 频带声压级



功率密度谱-对数坐标

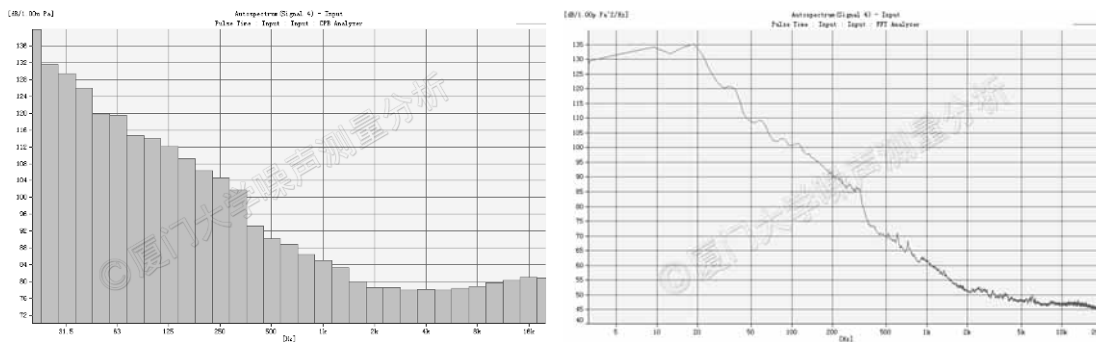


(c) 频带声压级



功率密度谱-对数坐标





(d) 频带声压级

功率密度谱-对数坐标

图 5.11.1-2b 站点 5 水深 1m(a)、5m(b)、17m(c)、34m(d)处噪声分析结果

### 5.11.2 环境空气质量现状评价

根据平潭综合实验区环境与国土资源局 2017 年 11 月 17 日~23 日发布的环境空气质量数据可知，平潭综合实验区的环境空气质量良好。

根据 2020 年 1-6 月福建省设区城市环境空气质量情况表显示：平潭环境空气质量综合指数为 2.11，排名全省九市一区第一，环境空气质量达标率为 98.9%，与 2019 年同期持平，空气质量稳步提升。二氧化硫、二氧化氮、PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub> 四项污染物平均浓度皆为全省九市一区最低，尤其是 PM<sub>2.5</sub> 平均浓度仅为 16 微克/立方米，远优于全省平均浓度。

## 6 环境影响预测与评价

### 6.1 潮流水动力环境影响预测分析

#### 6.1.1 水动力模型及控制条件

采用丹麦水力学研究所研制的平面二维正压潮流数值模型 MIKE 21 ,用以分析本项目风机的建设对周边海域潮流场、施工期悬沙扩散和泥沙冲淤环境的影响。所采用的模型采用非结构三角网格剖分计算域,能够较好的拟合陆地边界,网格设计灵活且可随意控制网格疏密,该软件具有算法可靠、计算稳定、界面友好、前后处理功能强大等优点,已在全球 70 多个国家得到应用,有上百例成功算例,计算结果可靠,为国际所公认。MIKE 21 FM 采用标准 Galerkin 有限元法进行水平空间离散,在时间上,采用显式迎风差分格式离散动量方程与输运方程。

#### 6.1.2 基本控制方程

连续方程:

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

运动方程:

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

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

式中:

$t$ : 时间。

$g$ : 重力加速度( $m/s^2$ );

$\eta$ : 自由水面水位(m);

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

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

$u, v$  :  $x, y$  方向垂线平均流速分量；

$\rho$  : 水体密度；

$\rho_0$  : 水体相对密度；

$P_a$  : 大气压力；

$S$  : 源汇项流量值；

$u_s, v_s$  : 源汇项流速值；

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

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

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

### 6.1.3 边界条件与初始条件

#### (一) 边界条件

在闭边界处法向流速为零。

开边界处输入潮波 
$$\zeta = \sum_{i=1} \{f_i H_i \cos[\sigma_i t + V_i + \theta_i - G_i]\}$$

这里  $\sigma_i$  是第  $i$  个分潮的角速度 (共取五个分潮:  $M_2, S_2, N_2, O_1, K_1$ ) ,  $f_i, \theta_i$  是第  $i$  个分潮的交点因子和迟角订正,  $H_i$  和  $G_i$  是调和常数, 分别为分潮的振幅和迟角,  $V_i$  是分潮的时角。

#### (二) 初始条件

计算开始时“冷态”起动, 即:

$$\zeta(x, y, t)_{t=0} = 0$$

$$h(x, y, t)_{t=0} = h_0(x, y)$$

$$u(x, y, t)_{t=0} = 0$$

$$v(x, y, t)_{t=0} = 0$$

### 6.1.4 模拟区域及计算参数

#### (1) 计算范围及网格划分

模型计算范围北至  $27^{\circ}08'N$ ，南至  $23^{\circ}41'N$ ，西至  $118^{\circ}36'E$ ，东至  $123^{\circ}02'E$ ，南北长约 347km，东西宽约 165km，模型范围约  $5.7 \times 10^4 km^2$ ，水深以平均海平面为基准。为了真实刻画研究区域内的海底地形特征，模型网格三层嵌套，逐层加密，研究区域外网格尺寸较大，单元格边长约 9000m，工程区网格较密，单元格边长约 300m，为了有效模拟风机桩基的阻水效应，根据桩基的实际阻水面积，采用局部网格加密法，将风机桩基概化为边长为 6.4m 的正六边形，即模型最小单元格边长为 6.4m。模型网格节点数为 29856 个，单元总数为 48349 个，计算范围、网格划分及地形见图 6.1-1。

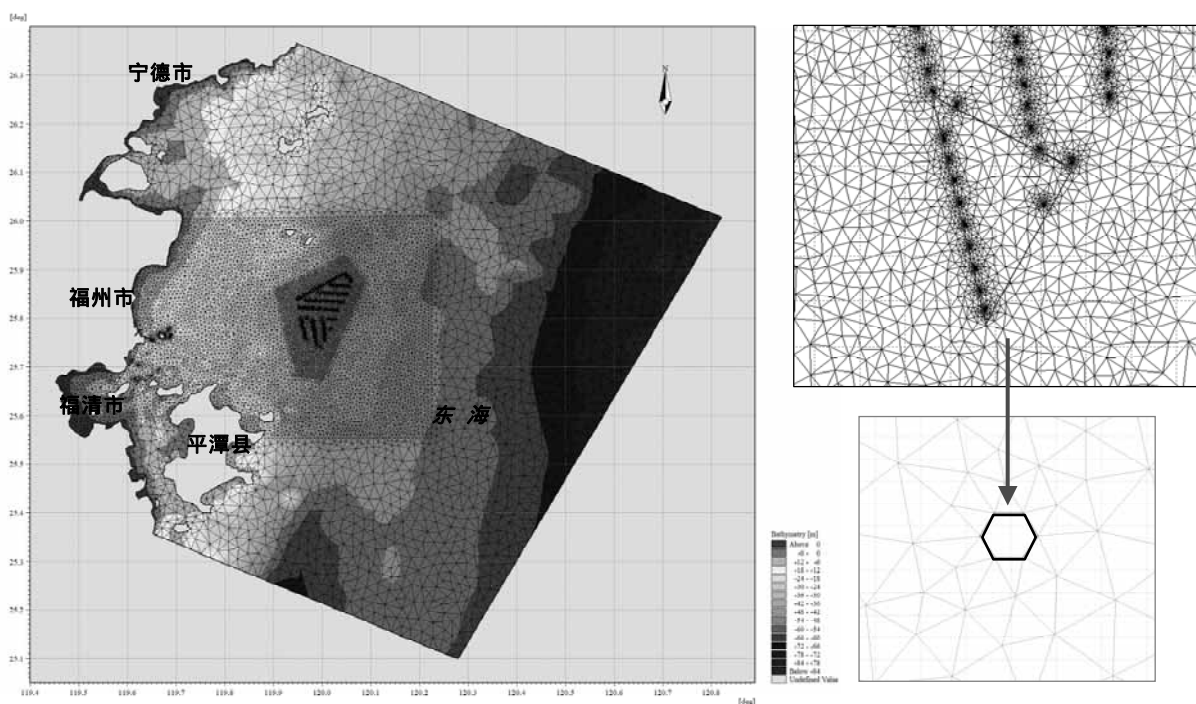


图 6.1-1 计算范围、网格划分及地形图

## (2) 参数选取及定解条件

模型中水平涡粘系数采用 Smagorinsky 公式估算，相应 Smagorinsky 系数取值为  $0.28m^2/s$ 。

计算海域的糙率是个综合影响因素，是数值计算中十分重要的参数，与当地的水深、床面形态及植被条件等因素有关。本模型选用曼宁糙率系数，根据各海域的不同特点，不同区域取不同的值，岸边潮间带取 0.025 左右，外海取 0.016 左右。模型的时间步长为 0.01~60s。

计算时，初值均取零；北、东、南三个开边界根据 MIKE 21 全球潮汐模型提供的调和常数生成外海潮位过程；闭边界处法向流速为零。

### 6.1.5 模型验证

在工程场区及其周边海域进行了 6 个测点和 1 个临时潮位站的海洋水文测验工作。验证时间：大潮时段为 2017 年 11 月 6 日 12 时至 11 月 7 日 14 时，中潮时段为 2017 年 11 月 9 日 08 时至 11 月 10 日 10 时，小潮时段为 2017 年 11 月 12 日 11 时至 11 月 13 日 13 时，具体点位见图 6.1-2 和表 6.1-1。利用工程海域 L1 潮位站的实测潮位资料对模型计算得到的潮位进行率定，L1 潮位验证见图 6.1-3。

利用工程海域 6 个潮流测点的实测潮流资料对模型计算得到的潮流进行率定，C1~C6 测点流速流向验证见图 6.1-4~图 6.1-6。

表 6.1-1 水文观测点位置表

测点	东经	北纬	观测项目
C1	119°54.530'	25°51.713'	潮流、悬沙
C2	119°57.352'	25°43.396'	潮流、悬沙
C3	119°59.048'	25°49.986'	潮流、悬沙
C4	120°0.202'	25°46.518'	潮流、悬沙
C5	120°3.798'	25°50.387'	潮流、悬沙
C6	120°5.055'	25°45.874'	潮流、悬沙
L1	119°57.352'	25°43.396'	潮位
L2	119°51.942'	25°37.360'	潮位

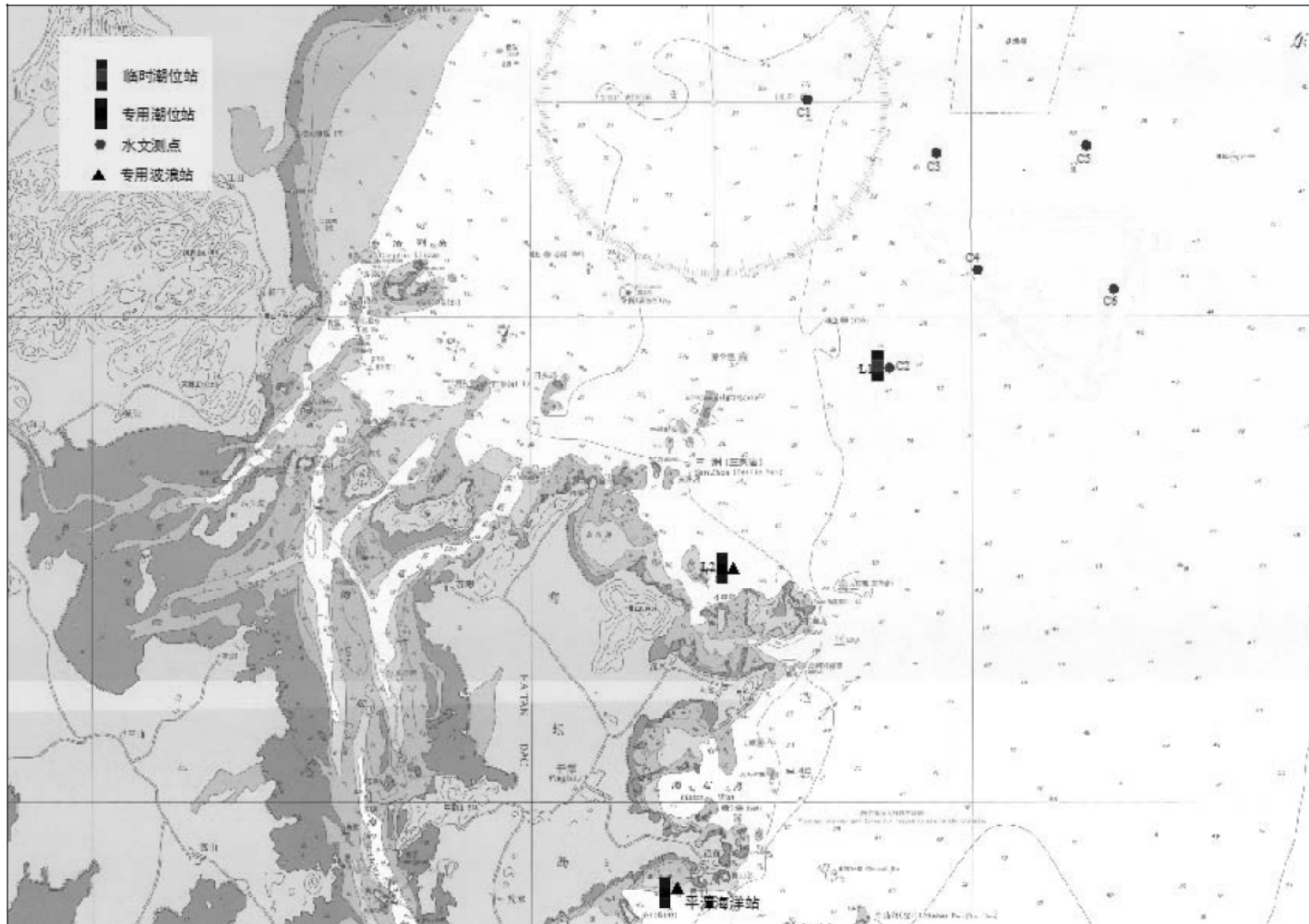


图6.1-2 水文观测点示意图

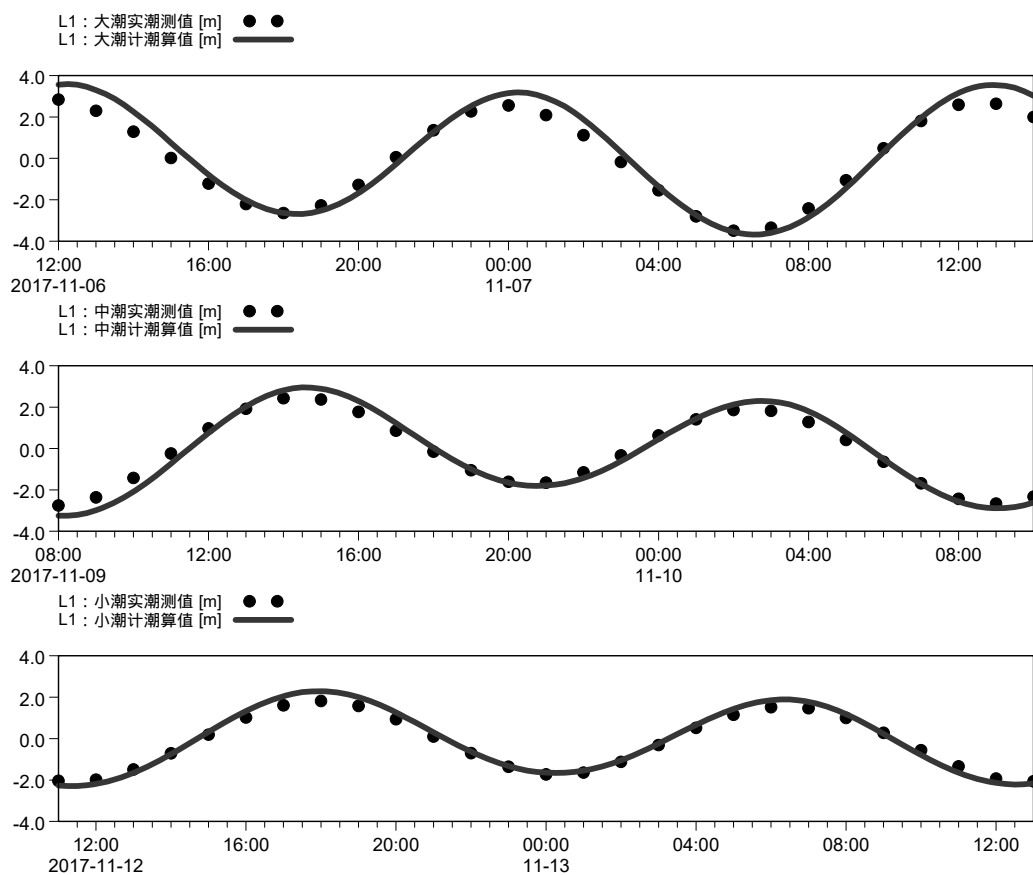


图 6.1-3 临时潮位站潮位验证图

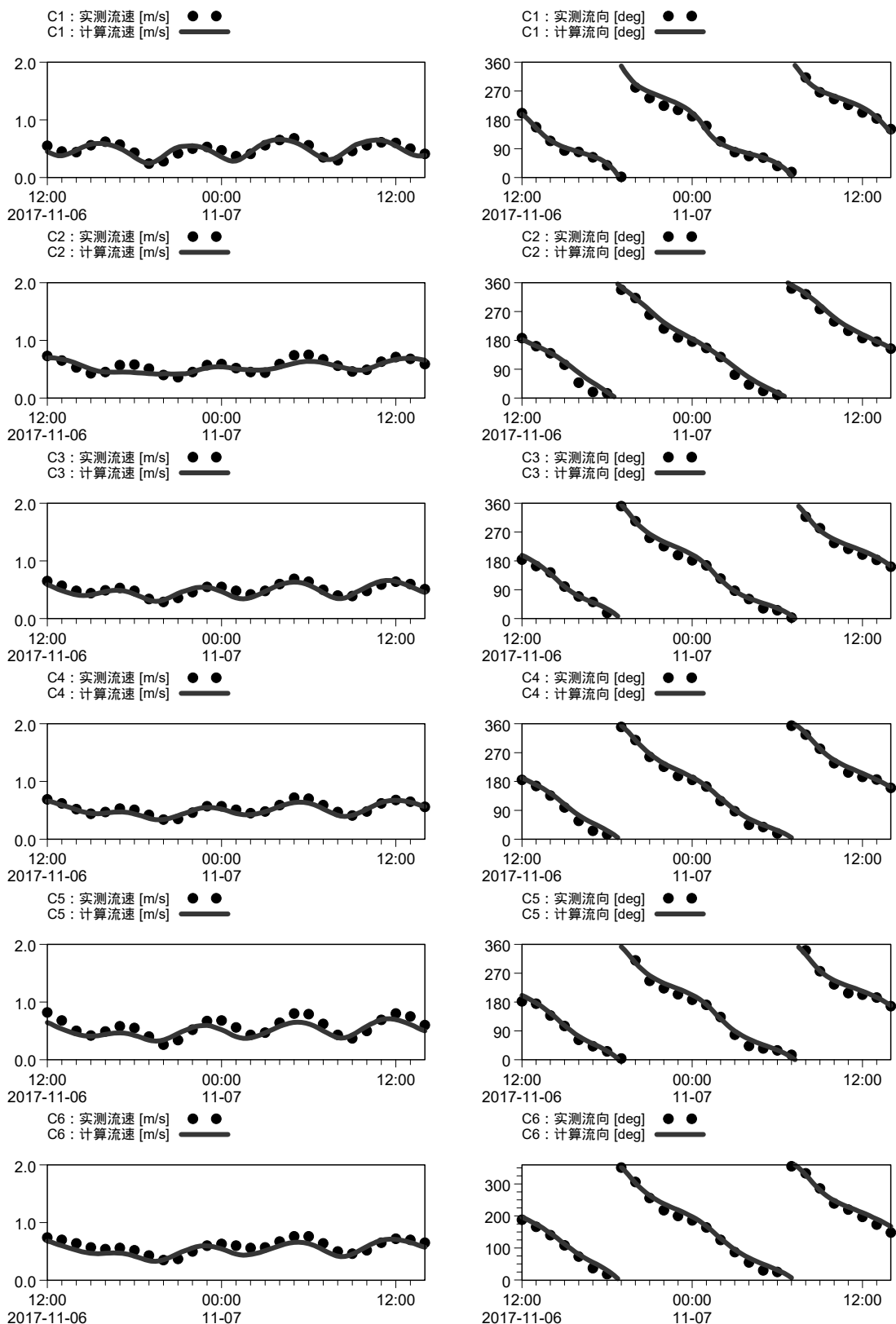


图 6.1-4 大潮流速流向验证图



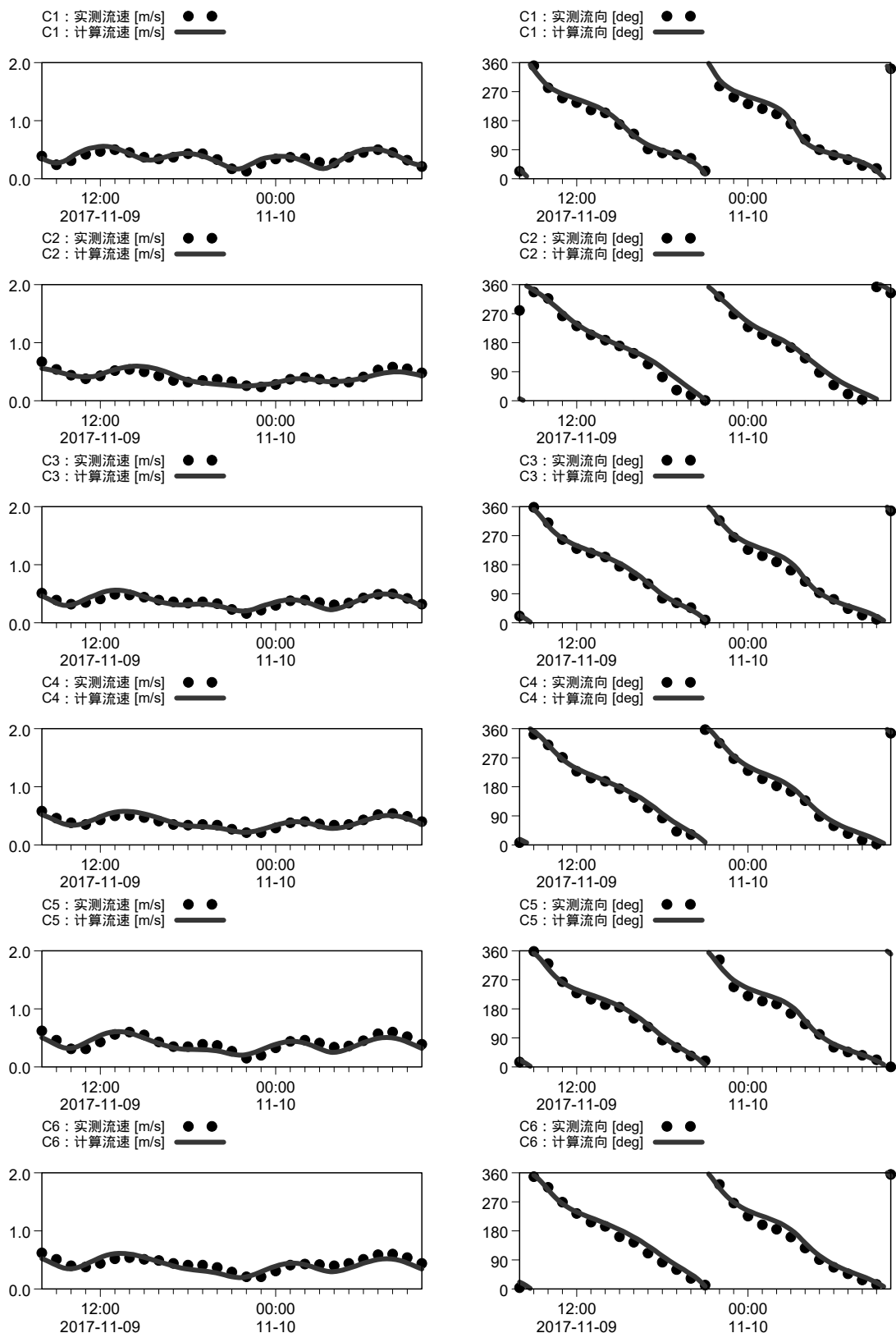


图 6.1-5 中潮流速流向验证图

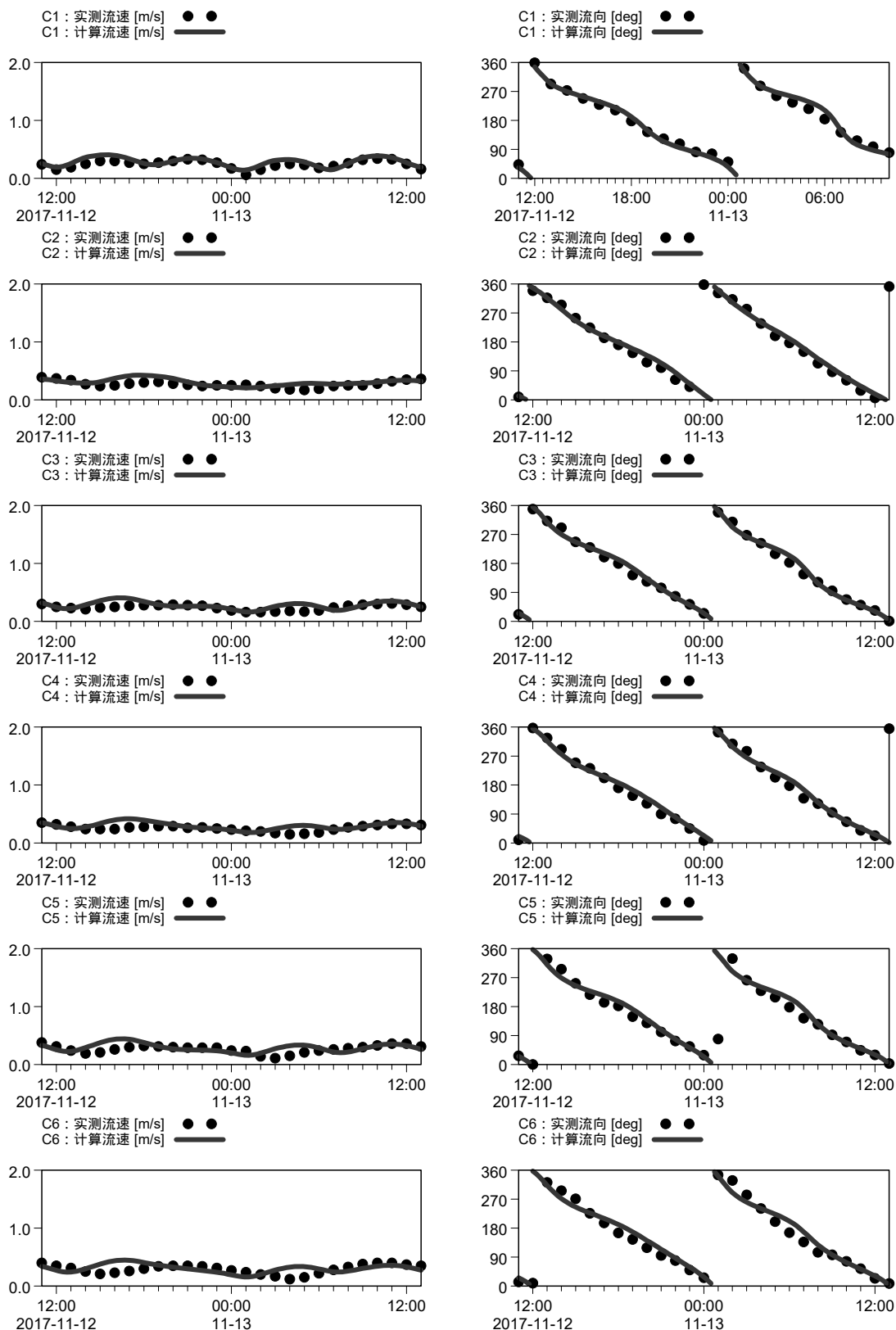


图 6.1-6 小潮流速流向验证图

从潮位验证结果来看，大、中、小潮各潮位站计算值与实测值基本一致。计算的高、低潮位出现的时间与实测高、低潮位出现的时间都吻合的较好。潮位平均偏差在 0.02m 左右，偏差小于 10%，满足规范要求。总体来看，潮位验证结果良好。

从流速、流向验证结果来看，大、中、小潮各测点流速、流向计算值与实测值吻合较好，相位偏差较小，流速过程与现场基本一致，平均流速大小计算值与实测值偏差在 10% 左右，平均流向小于  $10^\circ$ ，满足规范要求。总体来看，流速流向验证结果良好。

总的来说，无论潮位、流速和流向，本模型计算值与实测值基本一致，因此，可以认为本模型计算得出的结果是合理的，模拟的流场反映了工程海域的潮流运动特征。

表 6.1-2 流速误差统计表

测点	大潮			中潮			小潮		
	实测均值(m/s)	计算均值(m/s)	相对误差(%)	实测均值(m/s)	计算均值(m/s)	相对误差(%)	实测均值(m/s)	计算均值(m/s)	相对误差(%)
1#	0.48	0.47	-2	0.35	0.36	3	0.24	0.28	15
2#	0.56	0.54	-3	0.42	0.41	-1	0.27	0.30	12
3#	0.50	0.48	-5	0.37	0.37	-1	0.24	0.28	15
4#	0.53	0.51	-4	0.39	0.39	-1	0.26	0.29	14
5#	0.57	0.51	-11	0.42	0.39	-7	0.27	0.29	8
6#	0.59	0.53	-9	0.44	0.41	-7	0.29	0.30	4

## 6.1.6 潮流计算结果分析

大海域潮流场数值模拟分析结果如下，分析过程中潮位时刻采用工程附近海域潮位时刻。

### 6.1.6.1 工程建设前流场

根据对工程建设前工程海域的流场数值模拟结果，绘出其大、小潮期间的涨急、落急时刻流场图，分别见图 6.1-7~图 6.1-10。由图可以看出，涨潮时，水体从东北流向西南，落潮时，水体从西南流向东北。工程场区离岸较远，潮流总体平顺，大潮涨急时刻，流速在 0.67m/s 左右，落急时刻，流速在 0.72m/s 左右，小潮涨急时刻，流速在 0.28m/s 左右，落急时刻，流速在 0.24m/s 左右。

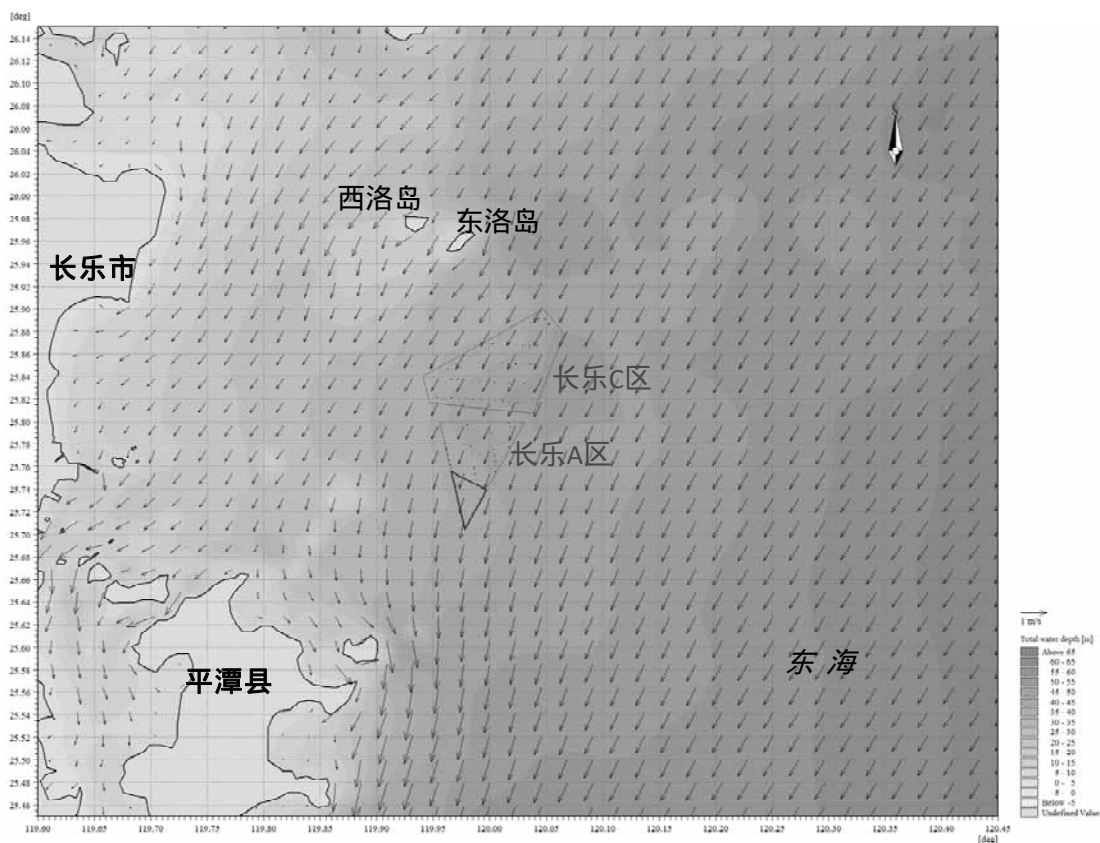


图 6.1-7 工程前大潮涨急时刻流场图

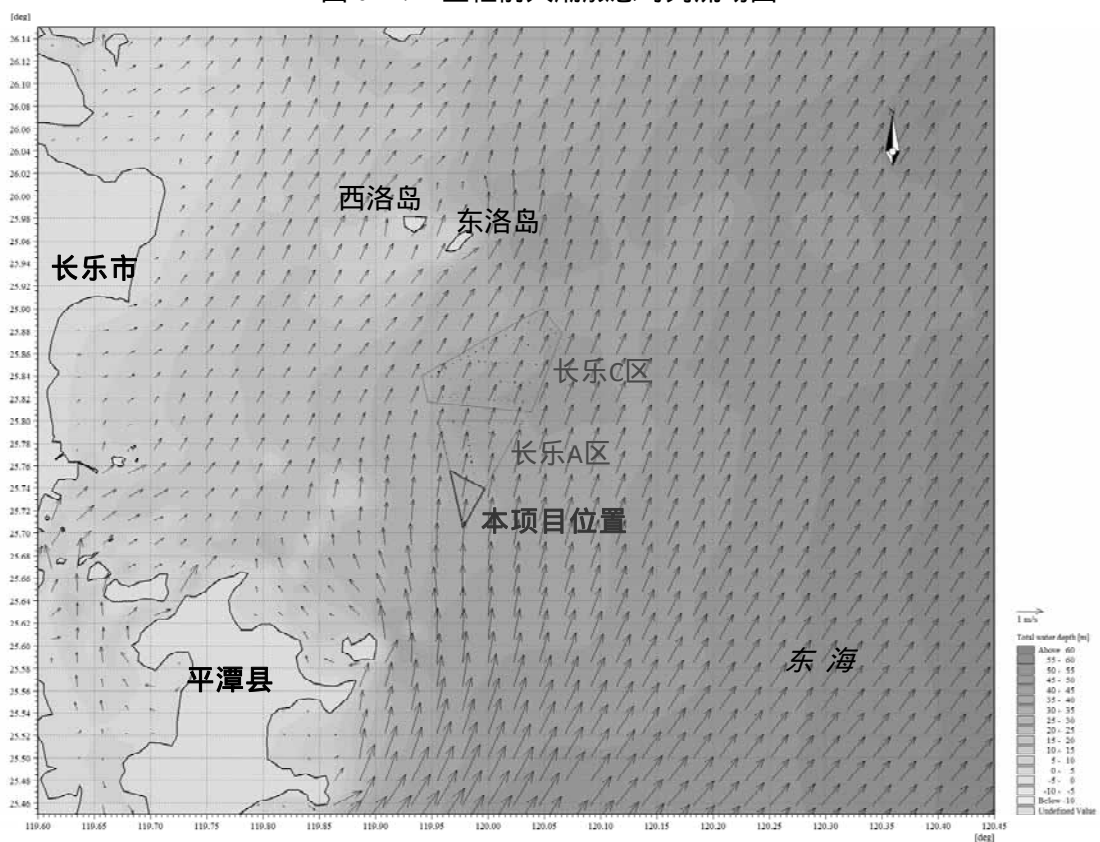


图 6.1-8 工程前大潮落急时刻流场图

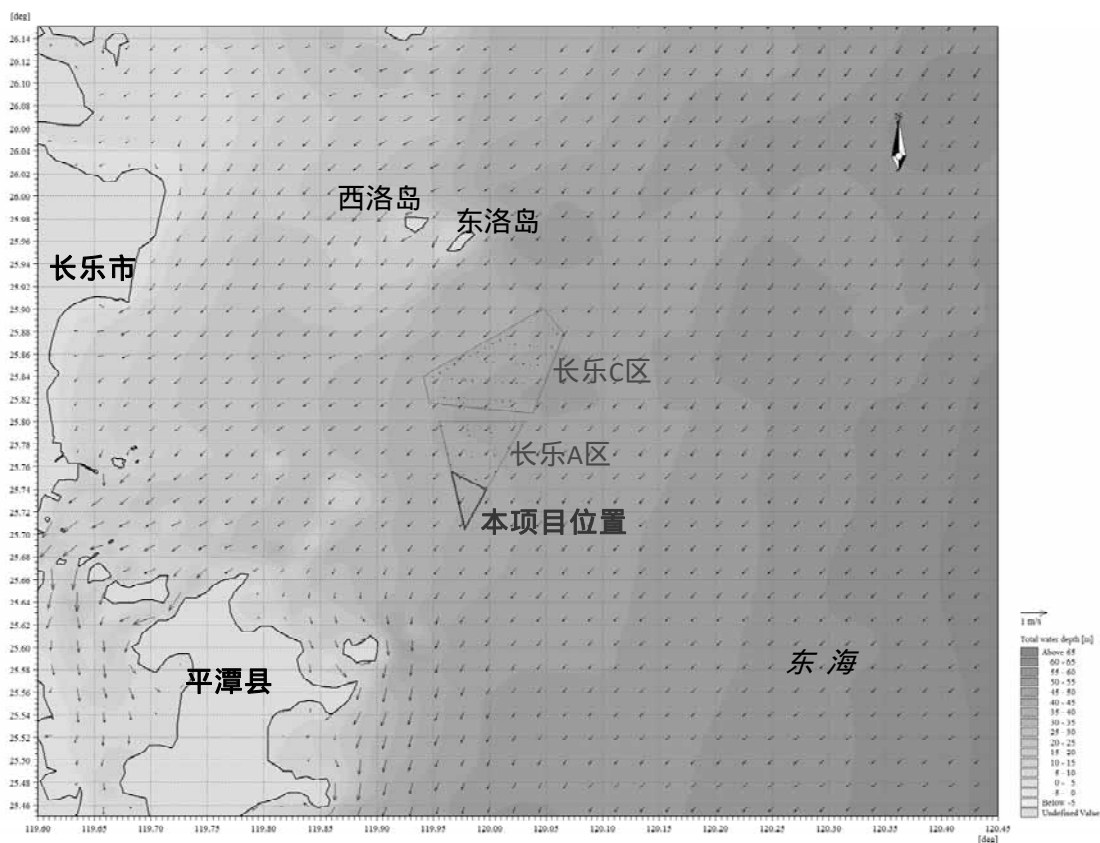


图 6.1-9 工程前小潮涨急时刻流场图

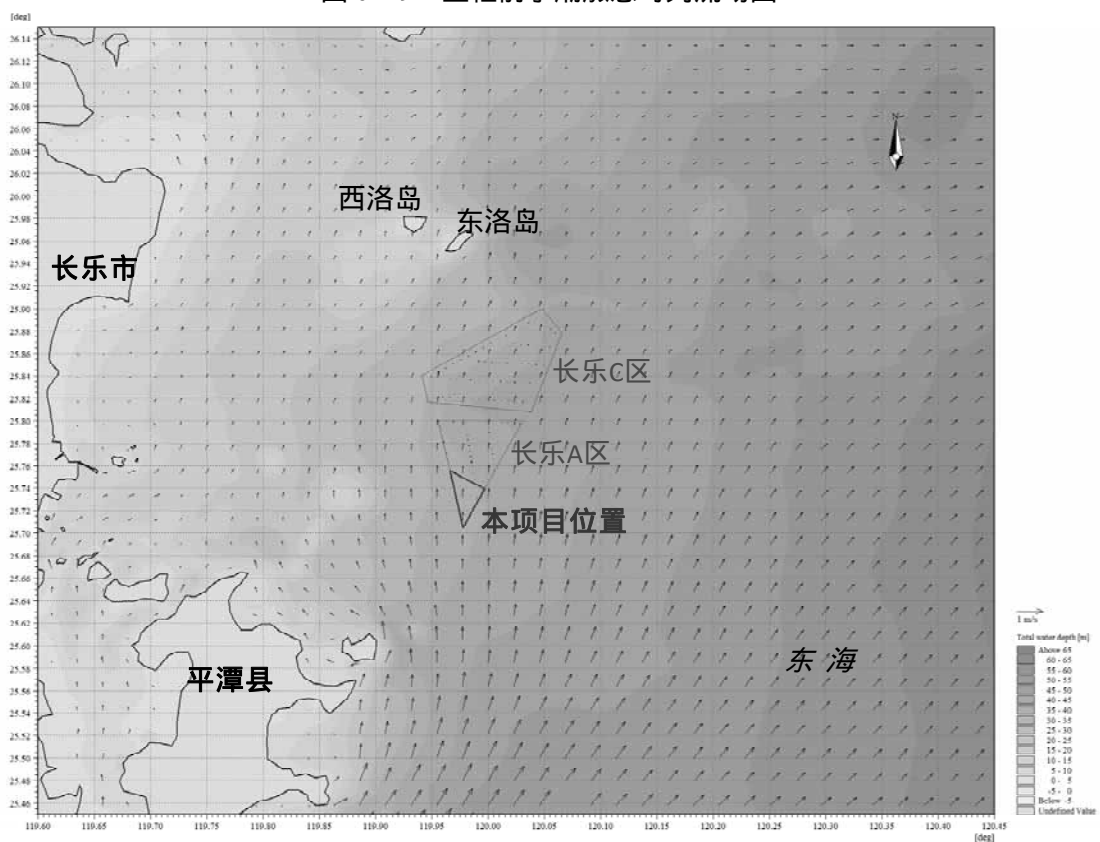


图 6.1-10 工程前小潮落急时刻流场图

### 6.1.6.2 工程建设后流场

工程建设后，由于桩基的存在，会导致局部流态的改变。根据对工程建设后工程海

域的流场数值模拟结果，绘出其大、小潮期间的涨急、落急时刻流场图，分别见图 6.1-11~6.1-14。由图可以看出，由于桩基尺度较小，阻水效应有限，与工程建设前相比，工程建设后，大、小潮流态没有发生明显变化，即本工程建设对大范围流场影响甚微，对流场的影响仅局限于桩基局部范围内，对这种局部流场变化分析的微观描述见下文。

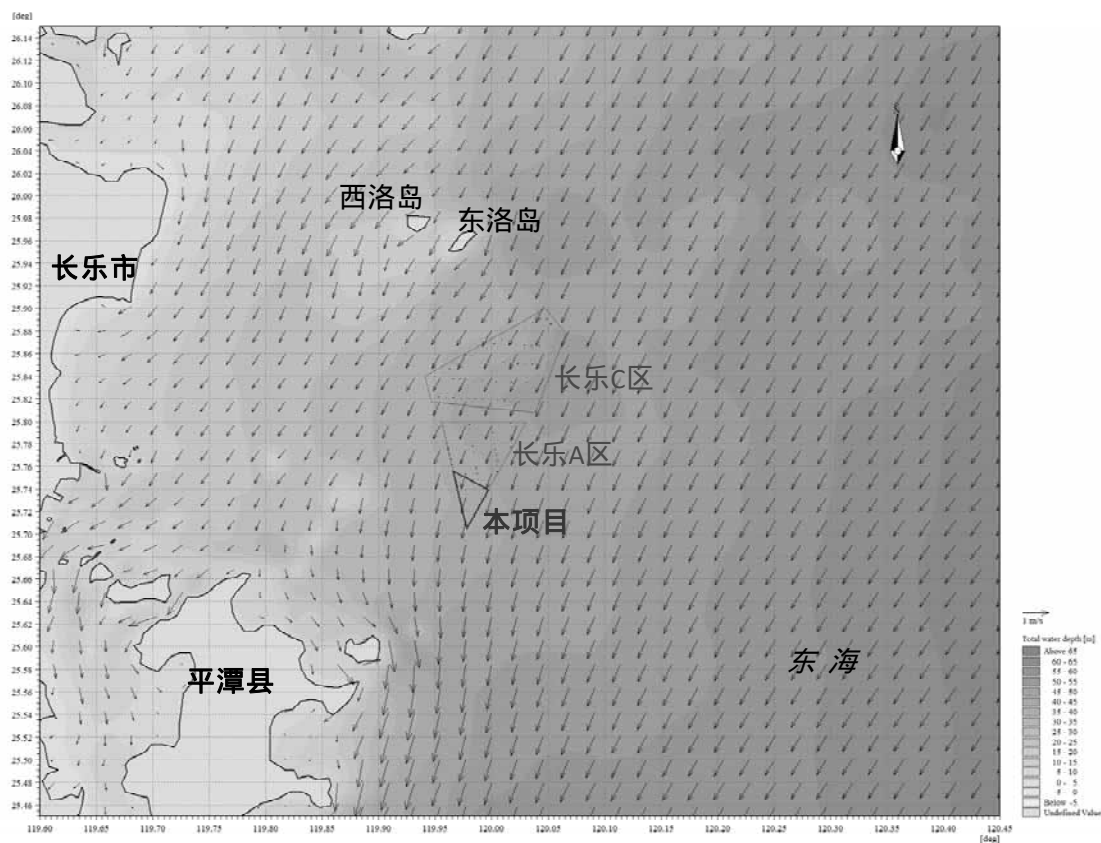


图 6.1-11 工程后大潮涨急时刻流场图

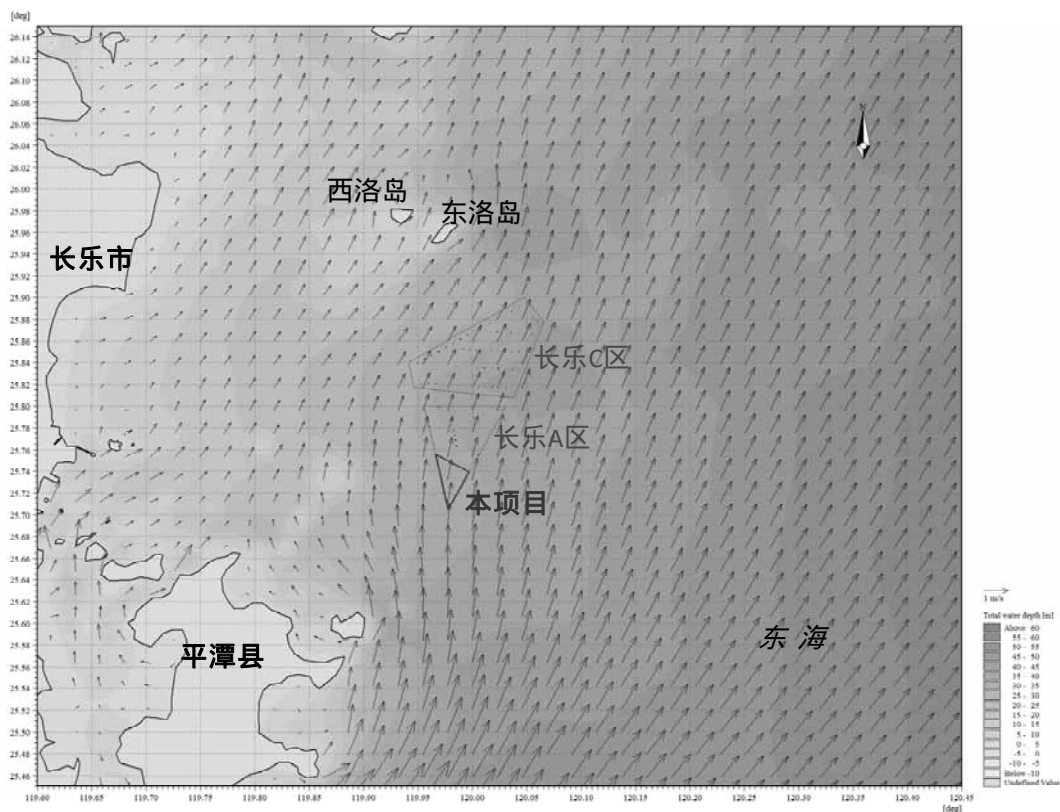


图 6.1-12 工程后大潮落急时刻流场图

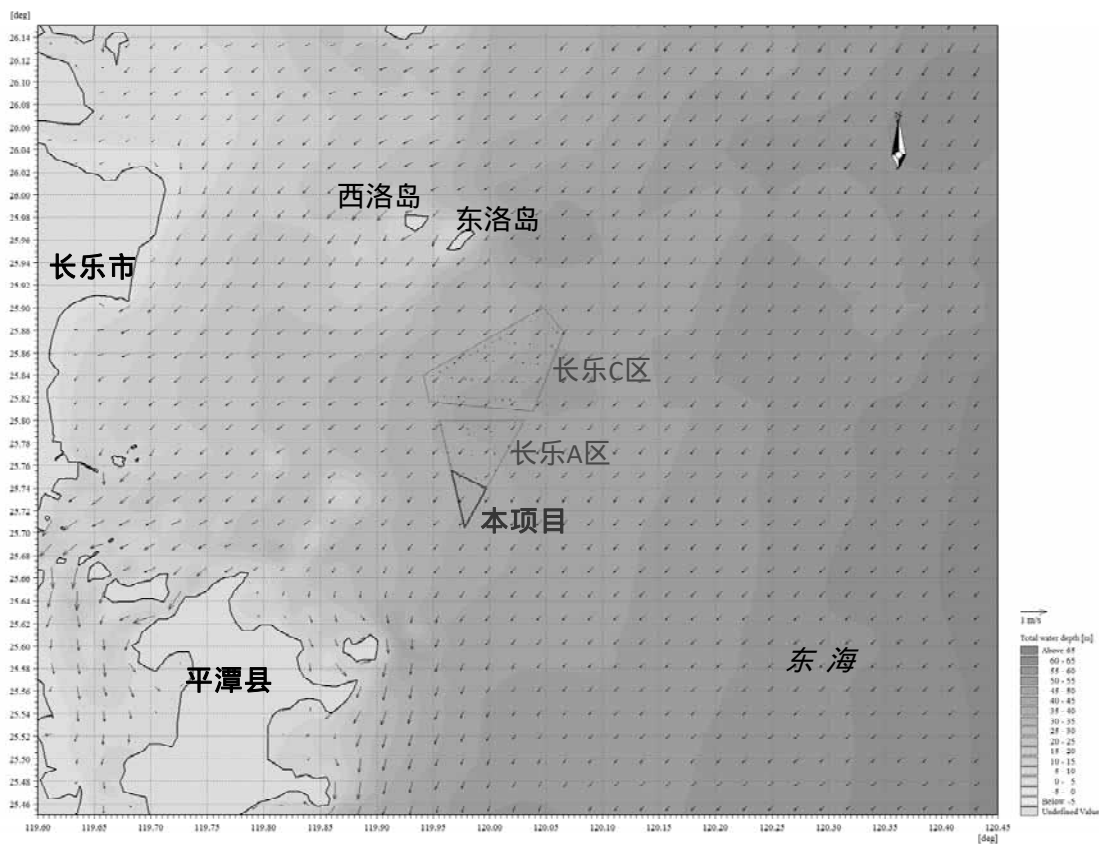


图 6.1-13 工程后小潮涨急时刻流场图

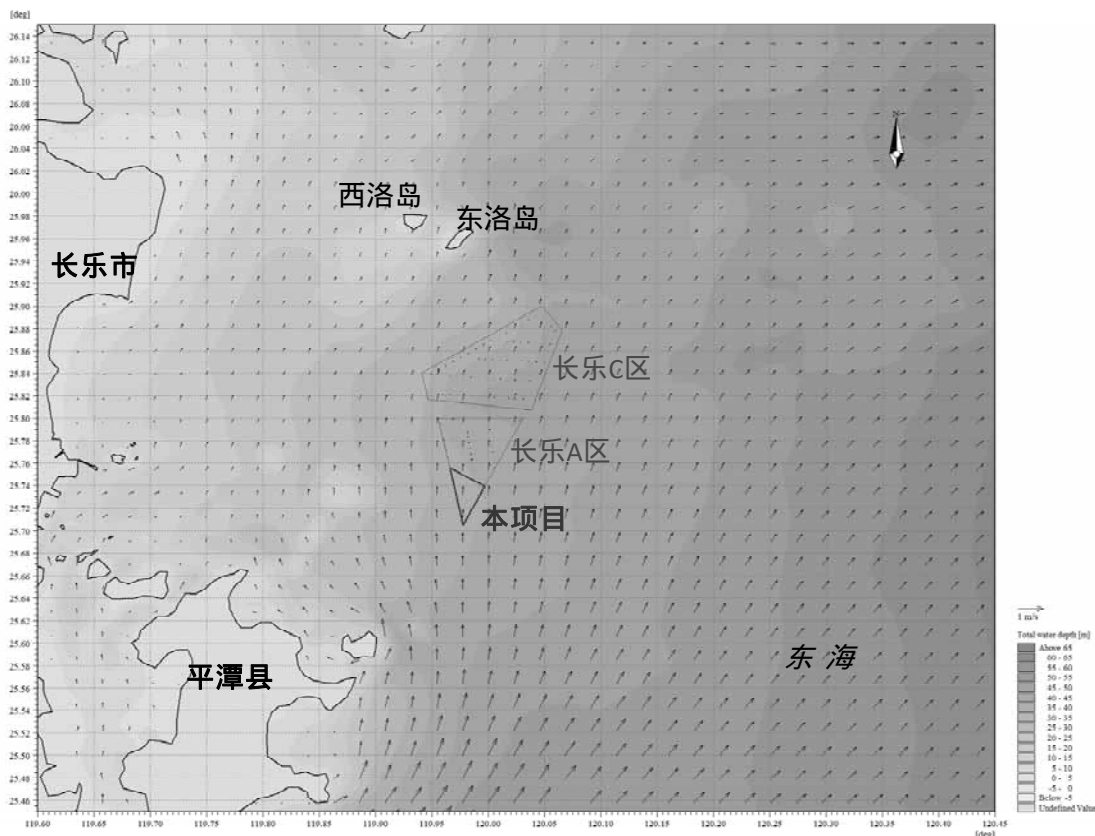


图 6.1-14 工程后小潮落急时刻流场图

### 6.1.7 工程建设前后流场变化

工程建设后，由于桩基的存在，会导致局部流态的改变，即受桩基阻水绕流作用的影响，在风电场工程建设后，桩基周围的流速会发生一定的变化。

根据数模计算结果，提取工程场区及附近工程建设前后大、小潮期间 1 个涨落潮周期平均流速，并用工程后平均流速减去工程前平均流速，得到工程建设前后工程场区及附近平均流速变化图，分别见图 6.1-15~图 6.1-16。由图可见，由于桩基的阻水作用，桩基周围均出现了一定的流速减小区域，且桩基背流面流速减小值大于迎流面流速减小值。

由图 6.1-15 和图 6.1-16 可见，大潮段，流速减幅大于 0.03m/s 的范围，迎水面基本为桩前 0~80m 左右，背水面范围则相对较大，但大部分出现在桩后 0~180m 附近。由于工程海域旋转流特征明显，工程后流速增加不明显，且流速增大的范围比流速减小的范围小很多，流速增大最大值约 0.03m/s，主要集中在桩基根部；小潮段，流速减幅大于 0.03m/s 的范围，迎水面基本为桩前 0~20m 左右，背水面范围则相对较大，但大部分出现在桩后 0~40m 附近。由于工程海域旋转流特征明显，工程后流速增加不明显，且流速增大的范围比流速减小的范围小很多，流速增大最大值约 0.02m/s，主要集中在桩基



根部。

因此，工程建设前后流场的改变主要集中在桩基的周围，且背水面的流速变化范围大于迎水面的流速变化范围，工程后流速增加不明显，且流速增大的范围比流速减小的范围小很多。

总体上，工程建设前后涨、落流场变化较小，流速变化主要集中在风电场风机桩基附近。

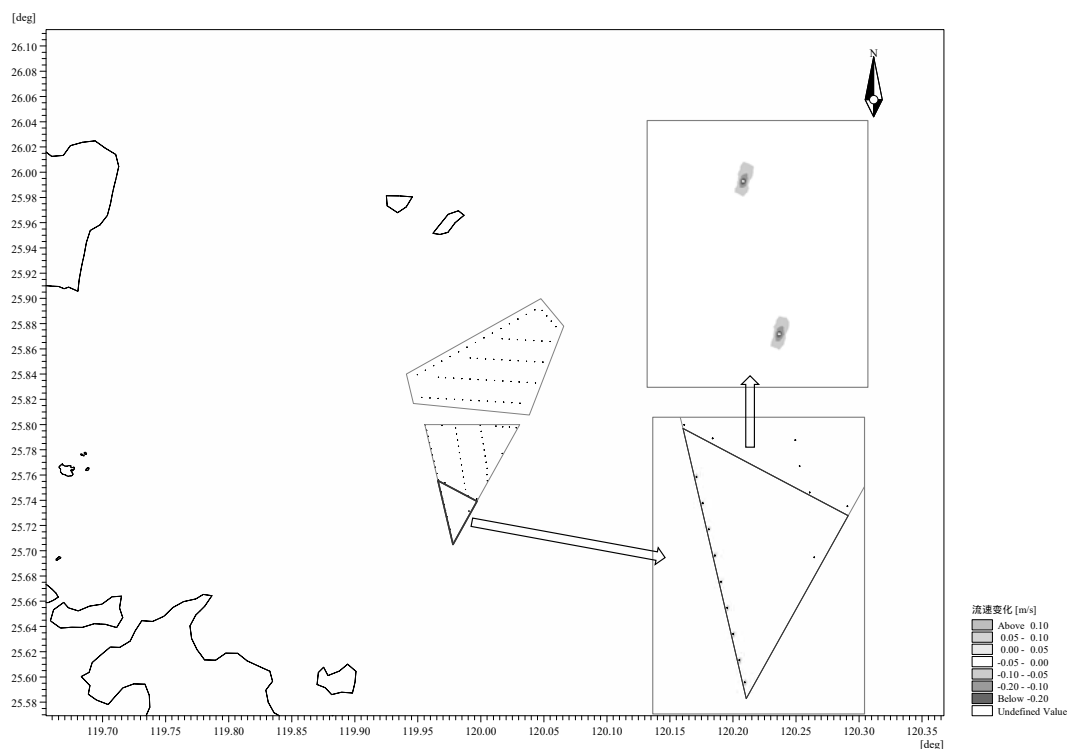


图 6.1-15 工程建设前后大潮 1 个涨落潮周期平均流速变化图

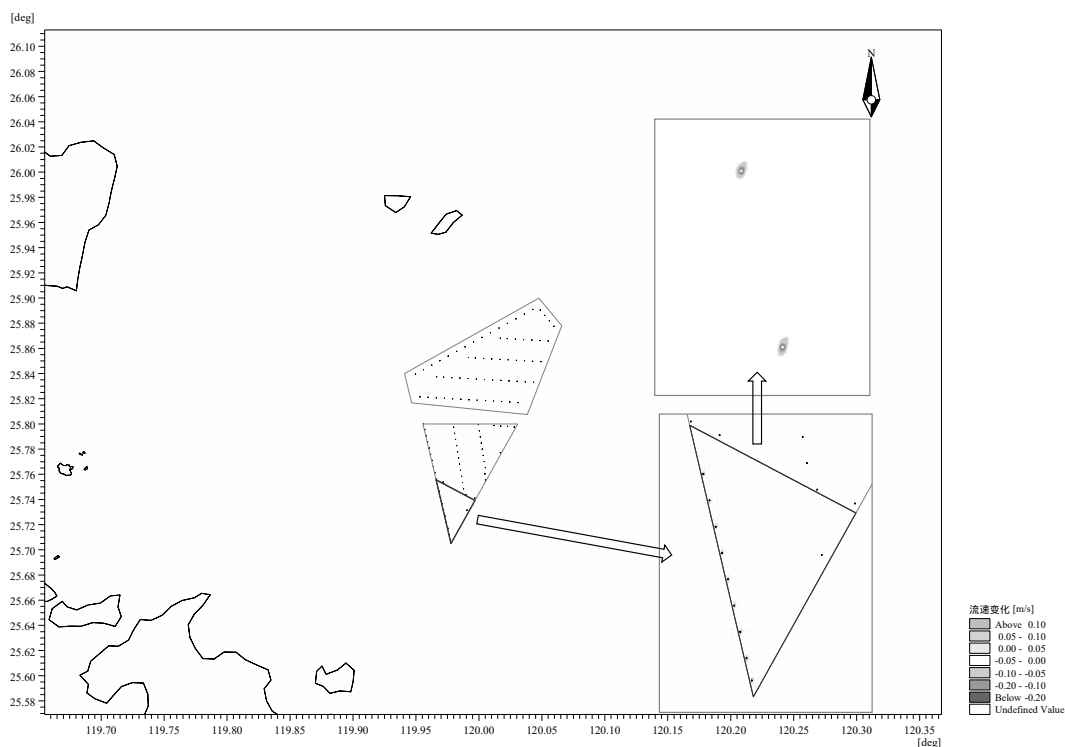


图 6.1-16 工程建设前后小潮 1 个涨落潮周期平均流速变化图

此外，为了进一步说明工程实施对工程场区及附近海域流场的影响，特别在工程场区风机与风机之间、外围风机的外侧布置 11 个代表点（见图 6.1-17），定量分析这些代表点在工程前后大潮、小潮时流速发生的变化情况。

由表 6.1-3 可见，在 11 个代表点中，大潮涨急时刻流速增加最大值发生在 2#点，大小为 0.008m/s，大潮涨急时刻流速减小最大值发生在 5#点，大小为 0.049m/s；大潮落急时刻流速增加最大值发生在 5#点，大小为 0.001m/s，大潮落急时刻流速减小最大值发生在 6#点，大小为 0.051m/s；大潮平均流速增加最大值发生在 2#点，大小为 0.001m/s，大潮平均流速减小最大值发生在 6#点，大小为 0.029m/s。

由表 6.1-4 可见，在 11 个代表点中，小潮涨急时刻流速增加最大值发生在 5#点，大小为 0.001m/s，小潮涨急时刻流速减小最大值发生在 11#点，大小为 0.011m/s；小潮落急时刻流速增加最大值发生在 2#点，大小为 0.011m/s，小潮落急时刻流速减小最大值发生在 2#点，大小为 0.001m/s；小潮平均流速减小最大值发生在 5#点，大小为 0.007m/s。

以上分析可以看出，不论是大潮还是小潮，均表现为距离桩基相对近一点的地方，流速变化相对大一些，距离桩基相对远一点的地方，流速变化相对小一些。涨、落潮期间，流速变化最大的区域主要出现在桩基周边较近范围内的水域。

总的来说，本工程的实施，对流场的影响有限，影响主要集中在桩基附近水域，距离工程场区较远的地方，几乎不受影响。

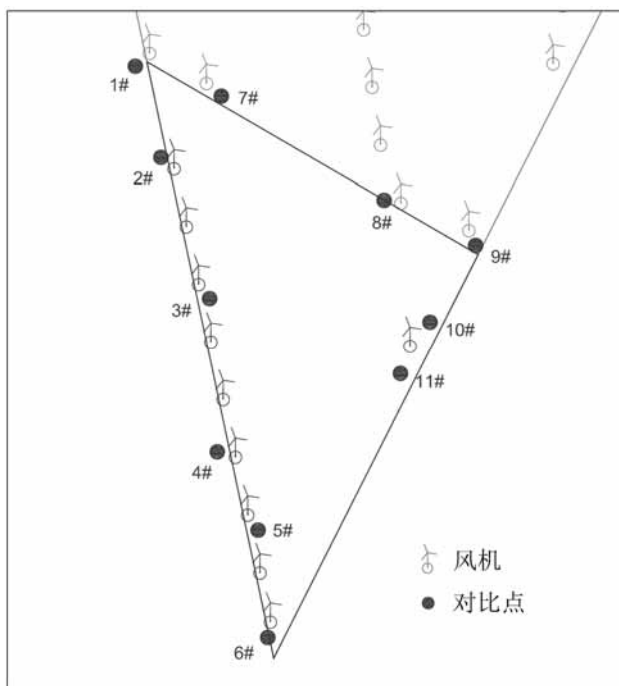


图 6.1-17 桩基周围流速特征点布置图

表 6.1-3 工程前后特征点大潮流速变化 (单位: m/s)

特征点	涨急时刻				落急时刻				全潮平均			
	工程前	工程后	变幅(后-前)	变率(%)	工程前	工程后	变幅(后-前)	变率(%)	工程前	工程后	变幅(后-前)	变率(%)
1#	0.764	0.764	0.000	0.0	0.595	0.595	0.000	0.0	0.469	0.469	0.000	0.0
2#	0.791	0.799	0.008	1.0	0.615	0.610	-0.005	-0.8	0.485	0.486	0.001	0.2
3#	0.833	0.794	-0.039	-4.6	0.645	0.644	-0.001	-0.2	0.510	0.496	-0.014	-2.7
4#	0.860	0.850	-0.010	-1.1	0.661	0.640	-0.021	-3.1	0.525	0.514	-0.010	-2.0
5#	0.864	0.815	-0.049	-5.7	0.669	0.670	0.001	0.2	0.529	0.513	-0.016	-3.1
6#	0.875	0.841	-0.034	-3.9	0.678	0.627	-0.051	-7.5	0.536	0.507	-0.029	-5.4
7#	0.791	0.791	0.000	0.0	0.627	0.627	0.000	0.0	0.489	0.489	0.000	0.0
8#	0.826	0.826	0.000	0.0	0.639	0.639	0.000	0.0	0.505	0.505	0.000	0.0
9#	0.811	0.811	0.000	0.0	0.589	0.589	0.000	0.0	0.483	0.483	0.000	0.0
10#	0.850	0.841	-0.009	-1.1	0.658	0.649	-0.009	-1.4	0.520	0.514	-0.006	-1.2
11#	0.864	0.850	-0.014	-1.6	0.667	0.649	-0.018	-2.7	0.528	0.517	-0.011	-2.1
统计	最大值		0.008	1.0	最大值		0.001	0.2	最大值		0.001	0.2
	最小值		-0.049	-5.7	最小值		-0.051	-7.5	最小值		-0.029	-5.4

表 6.1-4 工程前后特征点小潮流速变化 (单位: m/s)

特征点	涨急时刻				落急时刻				全潮平均			
	工程前	工程后	变幅(后-前)	变率(%)	工程前	工程后	变幅(后-前)	变率(%)	工程前	工程后	变幅(后-前)	变率(%)
1#	0.259	0.259	0.000	0.0	0.264	0.264	0.000	0.0	0.180	0.180	0.000	0.0

2#	0.267	0.266	-0.001	-0.4	0.276	0.276	-0.001	-0.2	0.188	0.187	-0.001	-0.3
3#	0.270	0.268	-0.002	-0.8	0.299	0.281	-0.018	-6.0	0.196	0.189	-0.007	-3.5
4#	0.270	0.266	-0.004	-1.4	0.317	0.309	-0.008	-2.4	0.202	0.199	-0.004	-1.9
5#	0.267	0.267	0.000	0.1	0.322	0.300	-0.022	-6.7	0.203	0.196	-0.007	-3.6
6#	0.264	0.259	-0.005	-2.0	0.330	0.319	-0.011	-3.4	0.205	0.199	-0.006	-2.8
7#	0.268	0.268	0.000	0.0	0.272	0.272	0.000	0.0	0.187	0.187	0.000	0.0
8#	0.265	0.265	0.000	0.0	0.294	0.294	0.000	0.0	0.193	0.193	0.000	0.0
9#	0.258	0.258	0.000	0.0	0.291	0.291	0.000	0.0	0.189	0.189	0.000	0.0
10#	0.263	0.259	-0.004	-1.5	0.308	0.302	-0.006	-2.0	0.197	0.193	-0.003	-1.7
11#	0.266	0.255	-0.011	-4.1	0.315	0.306	-0.009	-2.8	0.200	0.194	-0.007	-3.4
统计	最大值		0.000	0.1	最大值		0.000	0.0	最大值		0.000	0.0
	最小值		-0.011	-4.1	最小值		-0.022	-6.7	最小值		-0.007	-3.6

### 6.1.8 流场变化对环境保护目标的影响

工程附近主要环境保护目标有牛头湾作业区、东洛锚地、笠屿锚地、闽江口内航路、TSE-1 光缆、闽江口重要渔业水域生态红线区等，具体见图 6.1-18。

由表 6.1-5 可知，环境保护目标距离工程场区较远，工程对环境保护目标的流场变化影响极小，工程建设后对其影响可以忽略不计。

表 6.1-5a 工程建设对场区附近环境保护目标的流场影响分析表（单位：m/s）

敏感点	大潮全潮平均			名称
	工程前	工程后	变幅（后-前）	
1#	0.096	0.096	0.000	牛头湾作业区
2#	0.604	0.604	0.000	东洛锚地
3#	0.464	0.464	0.000	笠屿锚地
4#	0.505	0.505	0.000	闽江口内航路
5#	0.491	0.494	0.003	TSE-1 光缆
6#	0.521	0.522	0.001	港区衔接航路
7#	0.549	0.550	0.001	中航路
8#	0.500	0.500	0.000	闽江口重要渔业水域生态红线区
9#	0.504	0.505	0.001	山白岛

表 6.1-5b 工程建设对场区附近环境保护目标的流场影响分析表（单位：m/s）

敏感点	小潮全潮平均			名称
	工程前	工程后	变幅（后-前）	
1#	0.072	0.072	0.000	牛头湾作业区
2#	0.373	0.373	0.000	东洛锚地
3#	0.276	0.276	0.000	笠屿锚地
4#	0.291	0.291	0.000	闽江口内航路

5#	0.285	0.287	0.002	TSE-1 光缆
6#	0.289	0.290	0.001	支航路
7#	0.311	0.312	0.001	中航路
8#	0.284	0.285	0.001	闽江口内航路
9#	0.271	0.271	0.000	衔接航路

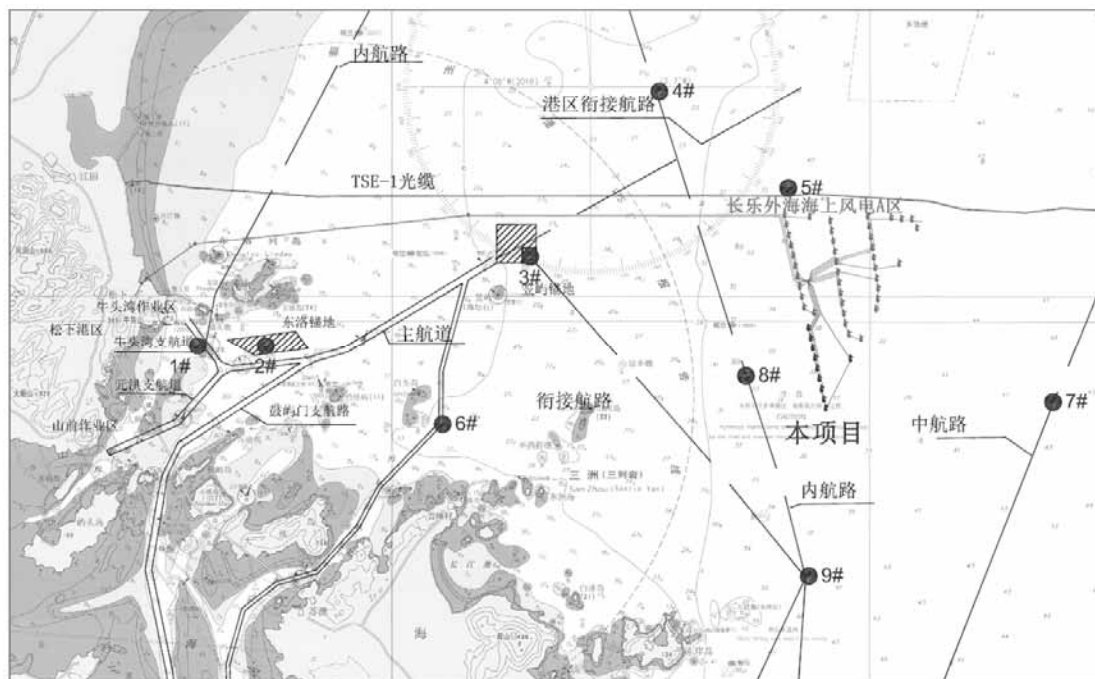


图 6.1-18 环境敏感目标位置图

## 6.2 水质环境影响预测分析

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。

### 6.2.1 悬浮物影响分析

#### 6.2.1.1 预测模式

施工产生的悬浮泥沙在潮流作用下向周围输运，其输移方式可按照物质的对流扩散方程进行数值模拟，其基本方程如下：

$$\frac{\partial S}{\partial t} + \frac{\partial(uS)}{\partial x} + \frac{\partial(vS)}{\partial y} = \frac{F_s}{H} + D_x \frac{\partial^2 S}{\partial x^2} + D_y \frac{\partial^2 S}{\partial y^2} \quad (1)$$

式中： $S$  垂线平均含沙量(kg/m<sup>3</sup>)，在此代表悬沙增量；

$u, v$  分别为  $x, y$  方向上的垂线平均流速分量(m/s)；

$H$  水深(m)；

$D_x, D_y$  泥沙紊动扩散系数(m<sup>2</sup>/s) ;

$F_s$  源汇项 kg/(m<sup>2</sup>.s) ,  $F_s = F_s' + F_s''$

其中,  $F_s' = -\alpha\omega S$  为沉降项,  $F_s''$  为施工产生的悬浮泥沙源项,  $\alpha$  为泥沙沉降机率, 本次取为 0.8,  $\omega$  为泥沙沉速(m/s), 取 0.0004m/s。

方程的初始条件 :

$$S(x, y)|_{t=0} = S_0(x, y) = 0$$

边界条件 :

流入计算域时 :  $s(x, y, t) = s^*(x, y, t) = 0$  ; “\*” 表示已知值 ;

流出计算域时 :  $\frac{\partial(HS)}{\partial t} + \frac{\partial(HuS)}{\partial x} + \frac{\partial(HvS)}{\partial y} = -\alpha\omega S$  ;

陆边界 :  $\partial\bar{V}/\partial n = 0$  法线方向流速为零 ;

$\partial S/\partial n = 0$  法线方向泥沙通量为零。

计算采用迎风格式的有限元方法求解。在  $n\Delta t \rightarrow (n+1)\Delta t$  内, 方程离散为下面方程进行求解 :

$$S_i^{n+1} = S_i^n - \Delta t \left[ u_i^n \left( \frac{\partial S}{\partial x} \right)_i^n + v_i^n \left( \frac{\partial S}{\partial y} \right)_i^n - D_x \left( \frac{\partial^2 S}{\partial x^2} \right)_i^n - D_y \left( \frac{\partial^2 S}{\partial y^2} \right)_i^n - \frac{F_{si}^n}{H_i^n} \right] \quad (2)$$

### 6.2.1.2 计算网格

悬浮泥沙模型本身是基于水动力模型提供的水流场进行计算的, 其计算网格与水动力模型一致。

### 6.2.1.3 源强概化

#### (1) 电缆敷设悬浮物源强

电缆敷设悬浮物源强按以下公式进行计算 :

$$S = A \cdot v \cdot \rho \cdot p \cdot f$$

其中  $S$  为悬浮物源强, kg/(m<sup>2</sup>.s) ;  $A$  为海缆开挖横截面积, m<sup>2</sup> ;  $v$  为海缆施工速度, m/s ;  $\rho$  为底质沉积物湿密度, kg/m<sup>3</sup> ;  $p$  为含水率, 无量纲 ;  $f$  为起沙率, 无量纲。

根据项目施工组织设计，正常铺设速度为 3m/min。根据《工程岩土勘查报告》，表层淤泥干密度平均值为  $1055\text{kg/m}^3$ ，海缆施工的悬浮物源强按开挖土石方量的 15% 计。根据计算，本工程电缆敷设悬浮沙的产生速率约为  $15.8\text{kg/s}$ 。

根据公式计算可得，本工程电缆敷设悬浮沙的产生速率约为  $15.8\text{kg/s}$ 。

## (2) 风机基础悬浮物源强

风机桩基通过液压震动锤振动下沉，施工时导致海底泥沙再悬浮引起水体浑浊，污染局部海水水质，影响局部沉积物环境。根据类似风电工程，打桩悬浮物浓度不高，引起周围海域悬浮物浓度增加( $>10\text{mg/L}$ )范围一般半径在 100m 内。风机桩基施工悬浮物影响范围据此给出，因此不作预测。

### 6.2.1.4 预测点设置

本工程风机之间以及风机与升压站之间敷设 35kV 集电海缆，电缆铺设为线性工程，受地形和潮流条件影响，不同点位施工产生的悬浮物影响范围不同。根据风电场区电缆布置，选取 9 个代表点，预测不同点位施工的悬浮物最大影响范围，电缆敷设悬浮物预测点位见图 6.2-1。

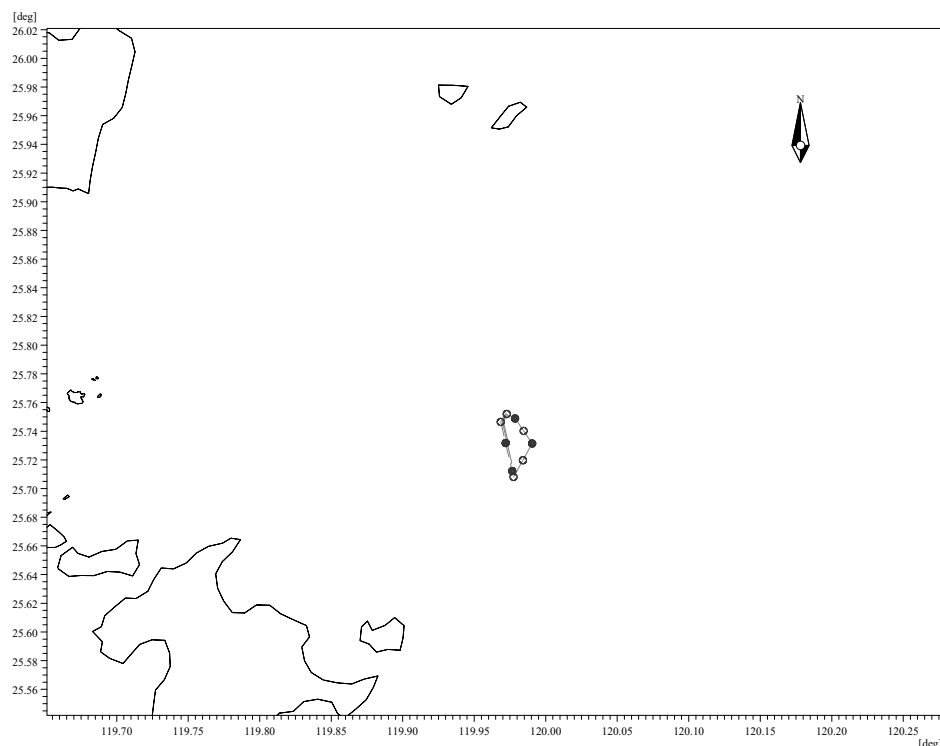


图 6.2-1 电缆铺设悬浮物预测点位分布图

### 6.2.1.5 预测结果

计算工况考虑大潮、小潮和全潮期，预测在不同潮期电缆敷设施工产生悬浮物的扩散范围和浓度，统计分析悬浮物的最大影响范围。

### (1) 风机桩基施工悬浮物

本项目风机基础采用吸力桩基础，通过抽取吸力筒内水气而下沉，施工最后阶段因筒顶接近泥面线，最后 0.5h 抽出部分底泥而引起水体浑浊，污染局部海水水质，影响局部沉积物环境。根据类似工程，由于吸力筒结合导管架基础下沉施工过程悬浮泥沙源强为 10.33kg/s，由于影响时间段，仅为 0.5h，项目所在海域水深较大，悬浮物浓度不高，引起周围海域悬浮物浓度增加(>10mg/L)范围一般半径在 100m 内。

工程共布置 10 台风机，悬浮物影响距离按 100m 计算，风机基础施工悬浮物影响范围约为 0.31km<sup>2</sup>。

### (2) 电缆敷设悬浮物影响预测

电缆敷设悬浮物影响预测结果见图 6.2-2~6.2-3。图 6.2-2~6.2-3 分别为大潮、小潮工况下悬浮物单点预测结果。由预测结果可知，悬浮物强度以及分布范围主要受地形以及潮流水动力控制。

图 6.2-4 为根据悬浮物单点预测结果绘制的悬浮物影响包络线，由最大包络范围图可知，电缆敷设悬浮物浓度增量大于 10mg/L 影响范围叠加约为 20.13km<sup>2</sup>，悬浮物浓度大于 20mg/L 影响范围叠加约为 10.74km<sup>2</sup>，悬浮物浓度增量大于 50mg/L 的影响范围为 0.01km<sup>2</sup>。由于工程涉及的大部分区域水深较大，水体对悬浮物稀释性较强，悬浮物浓度增量基本在 100mg/L 以内。

本节对悬浮物扩散范围预测为保守考虑，根据施工规划，电缆敷设速度约 3m/min，敷设完毕的电缆段区域，悬浮物浓度增量可较短时间内减低至 10mg/L 以内。因此，电缆敷设实际影响是暂时的，随着工程结束，悬浮物对水环境的影响也将消失。

表 6.2-2 施工悬浮物增量影响范围单位：km<sup>2</sup>

项目	≥10mg/L	≥20mg/L	≥50mg/L	≥100mg/L	≥150mg/L
桩基施工	0.31	/	/	/	/
电缆敷设	19.82	10.74	0.01	0.0	0.0
叠加	20.13	10.74	0.01	0.0	0.0



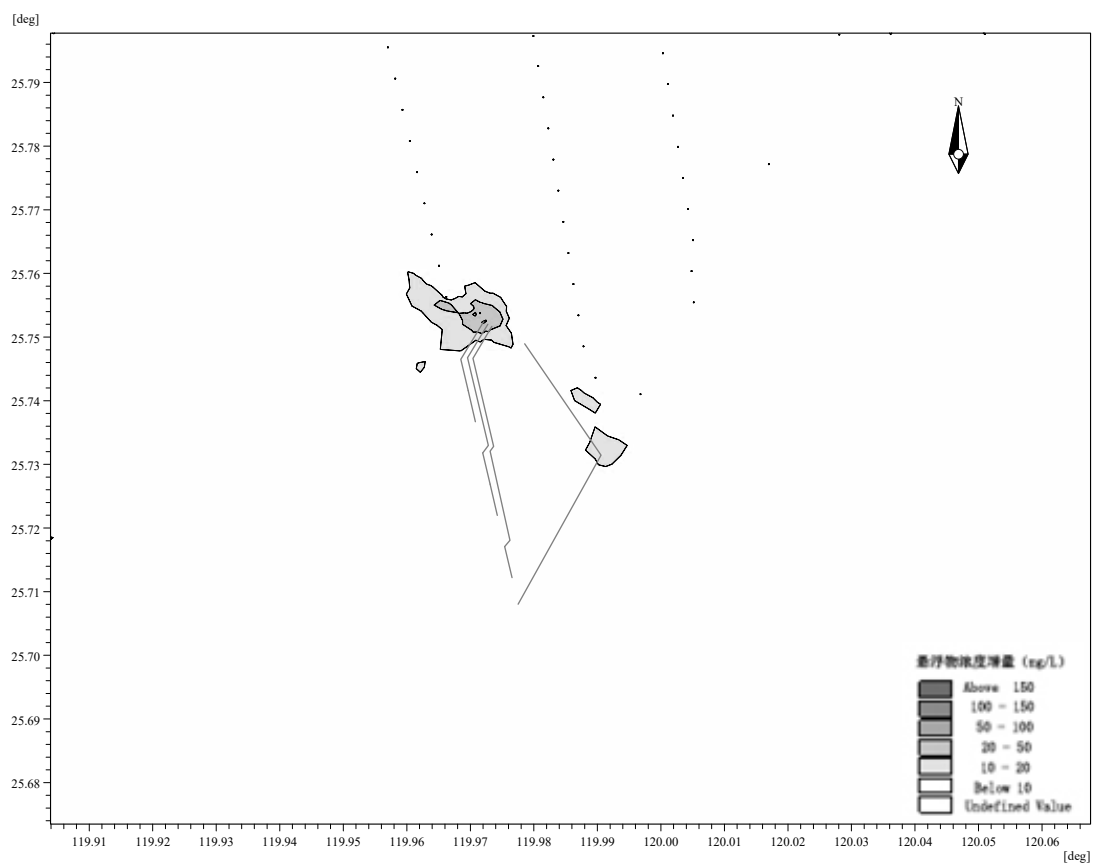


图 6.2-2 电缆敷设不同作业点悬浮物影响范围(大潮)

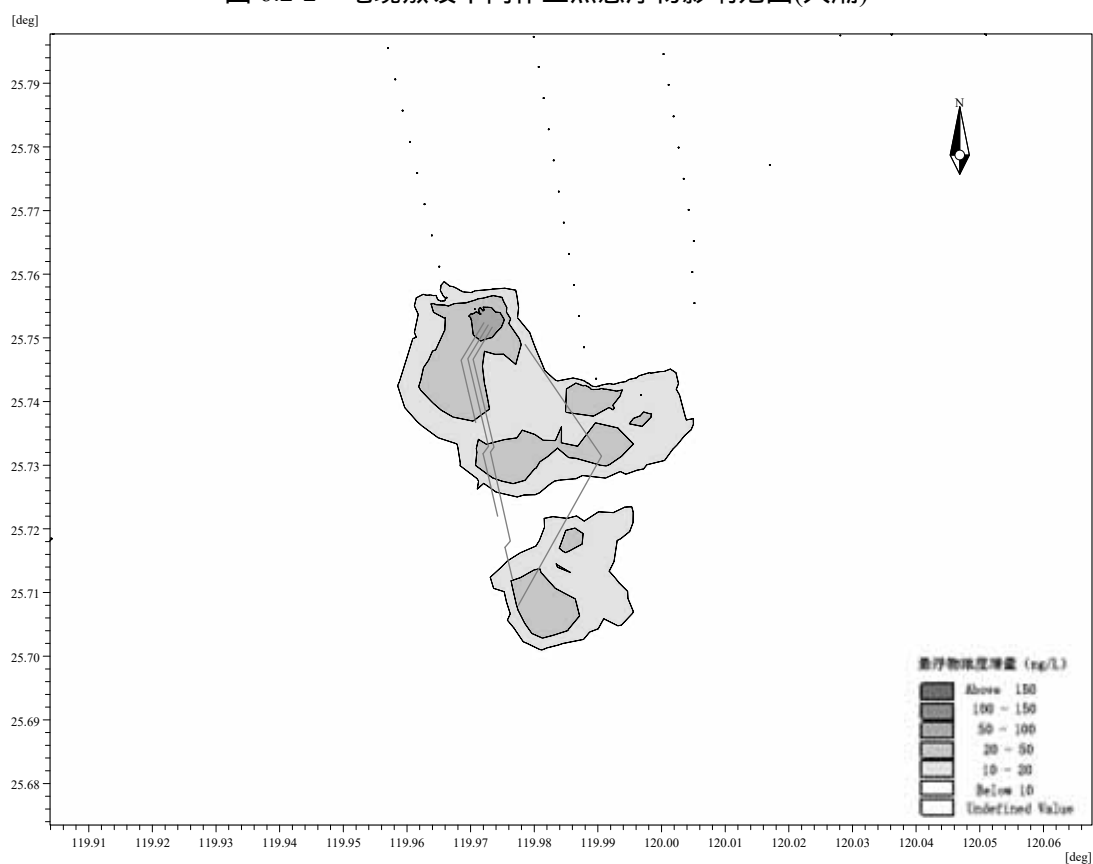


图 6.2-3 电缆敷设不同作业点悬浮物影响范围(小潮)

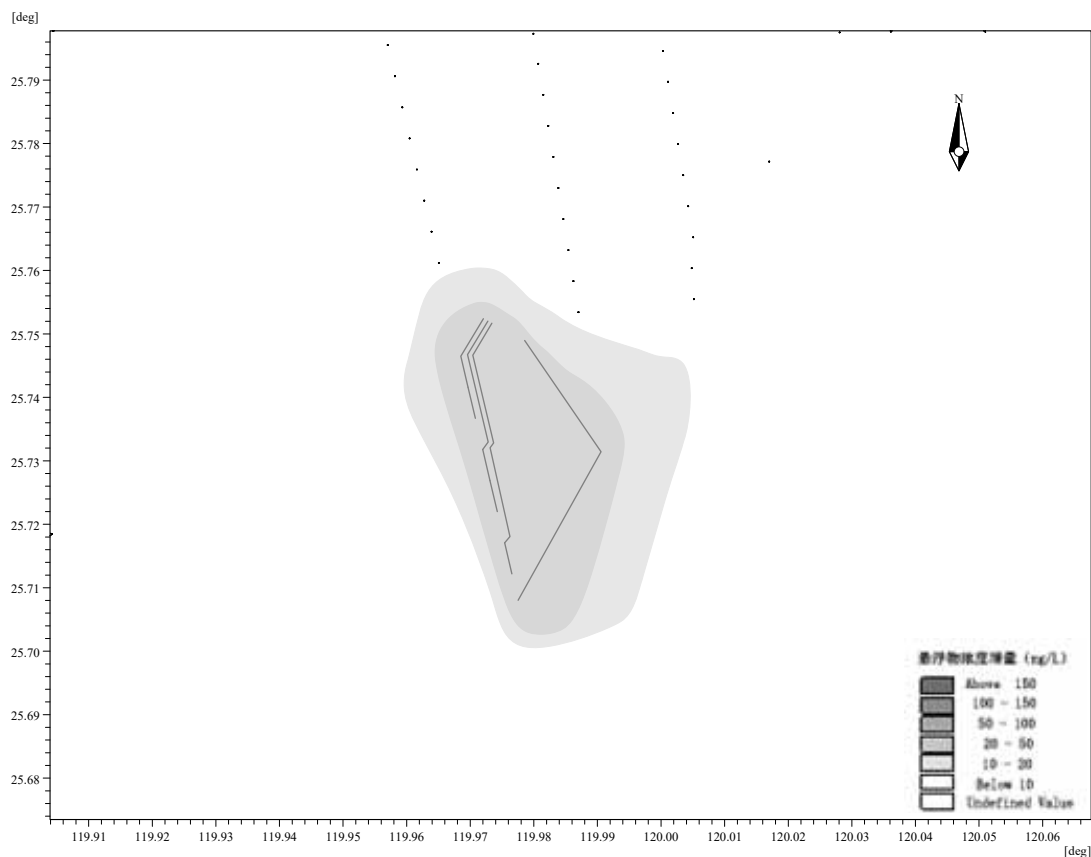


图 6.2-4 电缆敷设不同作业点悬浮物影响范围(全潮)

## 6.2.2 污废水影响分析

### 6.2.2.1 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、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

工程海上施工人员平均约 140 人，生活用水量按 50L/人·d 计，污水量取用水量的 80%，则生活污水产生量为 5.6m<sup>3</sup>/d，海上施工人员生活污水运至岸上处理。

船舶含油废水主要是施工机械油污水，其主要污染因子为石油类。根据《港口工程环境保护设计规范》(JTS 149-1-2007)，施工期船舶含油污水产生量平均 7.18t/d，高峰约 15.78t/d，收集后委托有资质单位接收处理。

因此，施工期间，船舶含油废水收集后委托有资质单位接收处理，生活污水收集后运至岸上处理，不会对附近海域水质造成影响。

#### (2) 陆域污废水

工程陆域施工人员平均约 80 人，生活用水量按 180L/人·d 计，污水量取用水量的 80%，则生活污水产生量 11.52m<sup>3</sup>/d。陆地施工生产区主要为风机设备临时堆存与拼装区域、施工临时设施与仓库区、临时生活办公区等，位于松下港，生活污水采用地埋式生活污水处理系统处理后回用于施工区绿化或道路洒水。

陆地施工生产区设有机械保养场及综合加工厂。机械保养场和综合加工厂产生少量机修含油废水，生产量均约 0.1m<sup>3</sup>/d，高峰废水量约 0.15m<sup>3</sup>/d。污染物石油类含量约 2000mg/L，采用隔油沉淀池处理后回用于道路洒水。

因此，施工期间，机修含油废水采用隔油沉淀池处理后回用，生活污水处理后回用于施工区绿化或道路洒水，不会对附近水体水质造成影响。

#### 6.2.2.2 运行期

本项目依托长乐外海海上风电场 A 区项目升压站，不新建升压站。运行期风机检修等产生的少量含油废水收集后同样交由资质单位处理，不会对周边海域水质产生影响。

### 6.2.3 牺牲阳极锌释放对海水水质影响

A21-I 型 Al-Zn-In-Mg-Ti 合金牺牲阳极除金属锌外，还有铝、镉、镁、钛金属及杂质元素。其中镉、钛含量均低于 0.08%，含量很低，释放影响很小；镁含量低于 1.5%，除硅等杂质外，其余金属主要为铝，由于海水 pH 一般大于 7，为碱性，铝、镁释放后大部分形成 Mg(OH)<sub>2</sub>、Al(OH)<sub>3</sub> 沉淀，而不是以离子形式大量存在于海水和沉积物中，在强酸性海水中才会以离子形式大量存在。所以，牺牲阳极主要考虑锌释放影响。

牺牲阳极附着在风机桩基的钢管桩上，均浸泡在水中，根据王恕昌等的研究成果，海水中的无机锌以 Zn<sup>2+</sup>、Zn(OH)<sup>+</sup>及 Zn(CO<sub>3</sub>)的形式存在，近岸及河口区含量相对较高，其存在形式有颗粒态、不稳定态、弱结合态和结合态。较大的颗粒态锌会较快沉降下来。由于锌的形态转化、与沉积物、生物的交流较为复杂，目前尚缺乏系统的研究。根据工程设计及工程分析，单台风机基础每年释放牺牲阳极量约 0.23t（64 块），释放的锌约 15.78kg（锌限值 4%~7%，按 7%计）。释放的锌按 87%进入海水中随潮流扩散，则单台风机释放速度约合 0.435mg/s。在工程海域最小流速（最不利工况）扩散条件情况下，其扩散至不同距离时每年增加的锌浓度见表 6.3-3。

由表可知，在最不利工况条件下，单台风机牺牲阳极释放的锌浓度增量 10m 处为 0.0098μg/L，相比于海水锌现状监测最大值 2.8μg/L 增量很小，叠加海水锌现状监测最大值后为 2.810μg/L，低于海水水质第一类标准值 20μg/L。由于风电场所在海域潮流动

力较强，实际运行中牺牲阳极释放的锌将随海水输移扩散，不会在风电场区持续线性叠加，且风电场寿命为 25 年，风电场退役后牺牲阳极影响随之消失。因此，牺牲阳极锌释放不会对区域海水水质造成显著影响。

表 6.3-3 风电场区域单台风机周边海水锌浓度增量一览表

序号	距离(m)	风机基础锌的浓度增量(μg/L)
1	10	0.0098
2	20	0.0049
3	30	0.0033
4	50	0.0020
5	100	0.0010
6	150	0.0007
7	200	0.0005
8	500	0.0002

## 6.3 海底地形地貌及冲淤环境影响预测分析

### 6.3.1 工程海域大范围冲淤预测分析

#### 6.3.1.1 计算方法

工程建设后，改变了局部水流条件和含沙量分布，从而引起海床变化。虽然可以采用床面变形方程计算海床的冲淤量，但泥沙冲淤是个长历时的过程。若采用该方法计算，计算量非常大，而且由于资料有限，参数取值较为困难。因此对于工程后引起的海床最终冲淤面貌，目前较多的采用半经验半理论公式进行估算。

根据窦国仁悬沙输沙方程：

$$\frac{\partial HS}{\partial t} + \frac{\partial qS}{\partial x} + \alpha\omega(S - S^*) = 0 \quad (1)$$

其中， $H$  为水深，m； $S$  为含沙量， $\text{kg}/\text{m}^3$ ； $q$  为单宽流量， $\text{m}^2/\text{s}$ ； $\alpha$  为泥沙沉降机率； $\omega$  为悬沙沉降速度， $\text{m}/\text{s}$ ； $S^*$  为挟沙力含沙量， $\text{kg}/\text{m}^3$ 。

对式 (1) 在一个潮周期  $T$  内积分，并经差分变换后，可得到一个潮周期  $T$  内的海床冲淤强度：

$$\Delta Z = \frac{(\Delta q_2 S_2 - \Delta q_1 S_1)T}{\Delta x \gamma_0} = \frac{\alpha\omega}{\gamma_0} [(S_2 - S_1) + (S_1^* - S_2^*)]T \quad (2)$$

其中， $S_1$ 、 $S_2$  分别为工程前、后的含沙量， $\text{kg}/\text{m}^3$ ； $\gamma_0 = 1750d_{50}^{0.183}$  为泥沙干容重（ $d_{50}$  为中值粒径，mm）， $\text{kg}/\text{m}^3$ ； $S_1^*$ 、 $S_2^*$  分别为工程前、后的挟沙力含沙量， $\text{kg}/\text{m}^3$ 。

如果工程前后来沙量不发生变化，即  $S_2 = S_1$ ，则有：

$$\Delta Z = \frac{\alpha \omega T S_1^*}{\gamma_0} \left(1 - \frac{S_2^*}{S_1^*}\right) \quad (3)$$

一年中冲淤强度为：

$$p = n \Delta Z = \frac{n \alpha \omega T S_1^*}{\gamma_0} \left(1 - \frac{S_2^*}{S_1^*}\right) \quad (4)$$

其中， $T$  为潮周期，s； $n$  为一年中的潮周期数。

将挟沙力公式  $S^* = k \frac{v^2}{gH}$  代入式 (4.2-4)，得：

$$p = n \Delta Z = \frac{n \alpha \omega T S_1^*}{\gamma_0} \left[1 - \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2 \frac{H_1}{H_2}\right] \quad (5)$$

其中， $H_1$  为工程前水深，m； $H_2$  为工程后水深，m； $v_1$  为工程前流速，m/s； $v_2$  为工程后流速，m/s。

对式 (4.2-5) 求解得到  $H_2$ ，经推导可得  $\Delta H$  的两个解：

$$\Delta H = H_1 - H_2 = 0.5 \left[ (H_1 + \beta \Delta t) - \sqrt{(\beta \Delta t - H_1)^2 + 4 \beta \Delta t K^2 H_1} \right] \quad (6)$$

$$\Delta H = H_1 - H_2 = 0.5 \left[ (H_1 + \beta \Delta t) + \sqrt{(\beta \Delta t - H_1)^2 + 4 \beta \Delta t K^2 H_1} \right] \quad (7)$$

其中， $\beta = \frac{\alpha \omega S_1^*}{\gamma_0}$ ， $K = \frac{v_2}{v_1}$ ， $\Delta t$  为计算时间，s。当  $\Delta t \rightarrow \infty$  时，式 (7) 所得  $\Delta H \rightarrow \infty$ ，此解不符合实际情况，应舍去。

水动力模型计算表明，本工程建设引起的局部流场变化主要表现为工程场区附近局部流速的减小和增大，由工程海域水体含沙量、悬沙粒度、底质粒度等分析结果并结合水动力模型得到的流场，可计算本工程建设引起的桩基附近滩面泥沙冲淤强度。

### 6.3.2.2 参数选取

#### (1) 悬沙沉降速度

根据《港口与航道水文规范》(JTS 145-2015)，分散体的中值粒径小于等于 0.03mm 时，絮凝沉降速度  $\omega$  取 0.04~0.05cm/s，分散体的中值粒径大于 0.03mm 时，可按有关的

泥沙沉降速度公式计算。工程海域悬沙颗粒中值粒径较小，小于 0.03mm，悬沙以絮凝沉降为主，絮凝沉降速度  $\omega$  可取为 0.045cm/s。

### (2) 挟沙力含沙量

式(4)中的  $S^*$  不是任意的实测含沙量，而是波浪和潮流综合作用下的挟沙力含沙量，可取夏季和冬季大、中、小潮全潮平均含沙量，夏季为  $0.034\text{kg/m}^3$ ，冬季为  $0.044\text{kg/m}^3$ ，计算时含沙量可取均值  $0.039\text{kg/m}^3$ 。

### (3) 其他

一般大潮期间流速较大，含沙量也相应较大，工程前后流速取大潮平均流速；泥沙沉降机率  $\alpha$  取 0.6；泥沙干容重  $\gamma_0$  取  $850\text{kg/m}^3$ 。

#### 6.3.2.3 结果及分析

根据以上方法，估算得到工程建设后工程海域年冲淤强度见图 6.3-3。

工程建设后，工程海域冲淤强度在  $-0.01\sim 0.31\text{m}$  之间。由于桩基的阻水作用，在桩基周围均出现了一定的流速减小区域，导致桩基周围 300m 范围内的淤积强度普遍在  $0.03\text{m}$  之上，淤积强度超过  $0.10\text{m}$  的范围主要集中在桩基根部；桩基的周围 300m 范围以外的淤积强度普遍在  $0.03\text{m}$  以下。由于工程海域旋转流特征明显，工程后流速增加不明显，冲刷幅度很小，一般小于  $0.03\text{m}$ 。工程建设后 1~2 年内即可达到冲淤平衡。随着冲淤过程的深入和地形向适应工程建设后动力环境方向的调整，冲淤强度将逐年减小。

因此，工程建设前后床面冲淤强度大值主要集中在桩基周围及相邻风机之间区域，其他地方的冲淤强度较小。

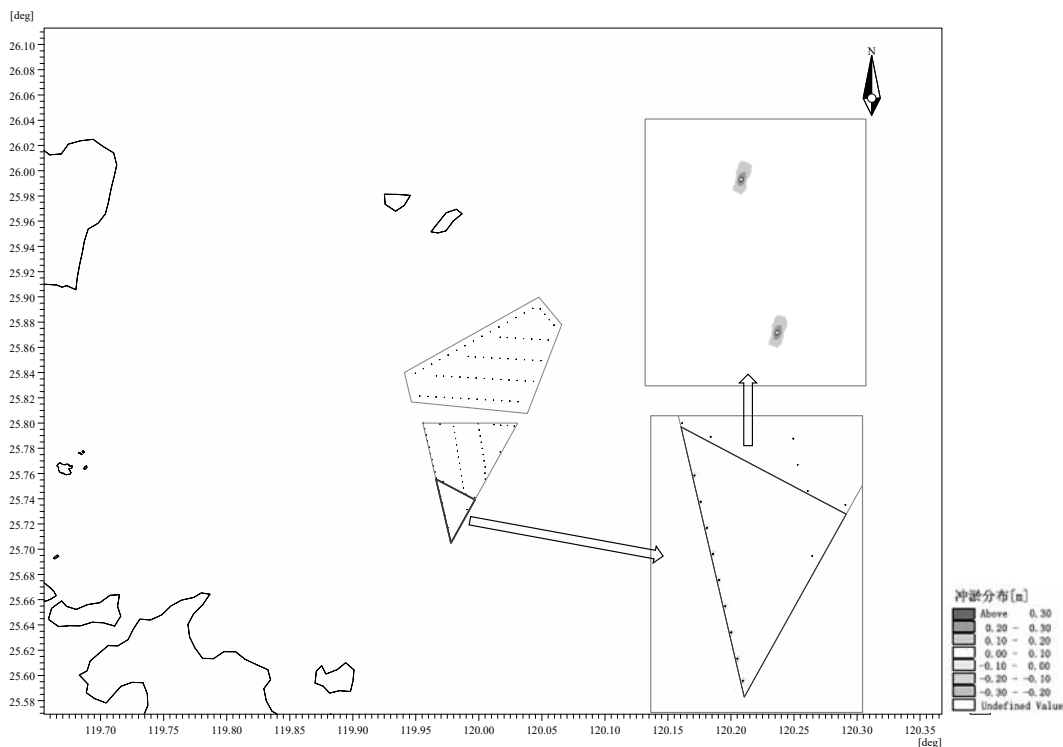


图 6.3-3 工程建设后年冲淤强度分布图

在工程场区风机与风机之间、外围风机的外侧布置 11 个代表点（见图 6.3-3），进一步分析工程建成后工程海域冲淤分布情况。表 6.3-1 给出了工程实施后特征点泥沙冲淤值。由表可知，工程建成后，所取特征点的年淤积强度不超过 0.02m。

表 6.3-1 特征点冲淤变化特征（单位：m）

特征点	年冲淤强度	特征点	年冲淤强度
1#	-0.0061	7#	-0.0137
2#	-0.0104	8#	-0.0163
3#	0.0174	9#	-0.0196
4#	-0.0122	10#	0.0019
5#	0.0162	11#	0.0031
6#	0.0177		

总体上看，泥沙冲淤的影响范围主要集中在桩基附近，此外，泥沙冲淤的强度和范围会随着桩基所处的位置而呈现相应变化。

综上所述，工程建成后，工程场区及附近海床将产生一定的冲淤变化，但冲淤强度及范围较小，对周围海域环境影响也相应较小。

#### 6.3.2.4 冲淤变化对环境保护目标的影响

工程附近主要环境保护目标有牛头湾作业区、东洛锚地、笠屿锚地、闽江口内航路、TSE-1 光缆、闽江口重要渔业水域生态红线区等。

由表 6.3-2 可知，环境保护目标距离工程场区较远，工程对环境保护目标的冲淤变化极小，工程建设后对其无影响。

表 6.3-2 工程建设对场区附近环境保护目标的冲淤影响分析表（单位：m）

敏感点	年冲淤强度	名称
1#	0.000	牛头湾作业区
2#	0.000	东洛锚地
3#	0.000	笠屿锚地
4#	0.000	闽江口内航路
5#	0.000	TSE-1 光缆
6#	0.000	支航路
7#	-0.001	中航路
8#	0.000	闽江口内航路
9#	-0.001	衔接航路

## 6.3.2 局部冲刷估算

### 6.3.2.1 计算方法

海上风电机组基础建成后，潮流和波浪引起的水体粒子的运动会受到显著的影响。首先，在风机基础的前方会形成一个马蹄涡；其次，在风机基础的背流处会形成涡流（卡门涡街）；再次，在风机基础的两侧流线会收缩（见图 6.3-4）。这种局部流态的改变，会增加水流对底床的剪切应力，从而导致水流挟沙能力的提高。如果底床是易受侵蚀的，那么在风机基础局部会形成冲刷坑，进而影响基础的稳定性。

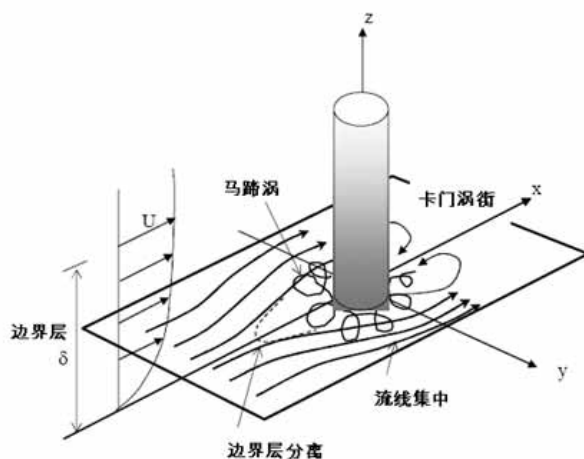


图 6.3-4 桩基周围流态示意图

目前，国内桩基局部冲刷经验公式中，韩海骞公式比较适合计算深水工程桩基局部冲刷深度。



韩海骞研究了潮流作用下杭州湾大桥、金塘大桥和沽渚大桥的实测冲刷数据，结合水槽试验（60多组试验数据），采用因次分析法，得出潮流作用下的局部冲刷公式，通过与实测及试验结果的对比，该公式可以反映出在潮流的作用下桥墩局部冲刷深度与潮流、泥沙及桥墩等各因子之间的关系，显示出了较高的精度。

$$\frac{h_b}{h} = 17.4k_1k_2 \left(\frac{B}{h}\right)^{0.326} \left(\frac{d_{50}}{h}\right)^{0.167} Fr^{0.628}$$

，式中： $h_b$  为潮流作用下桥墩的局部冲刷深度，m； $h$  为全潮最大水深，m； $B$  为全潮最大水深条件下平均阻水宽度（墩宽或桩径），

m； $d_{50}$  为河床泥沙的平均中值粒径，m； $Fr$  为水流 Froude 数， $Fr = \frac{u}{\sqrt{gh}}$ ； $u$  为全潮最大流速，m/s； $g$  为重力加速度， $m/s^2$ ； $k_1$  为基础桩平面布置系数，条带型  $k_1=1.0$ ，梅花型  $k_1=0.862$ ； $k_2$  为基础桩垂直布置系数，直桩  $k_2=1.0$ ，斜桩  $k_2=1.176$ 。

### 6.3.2.2 估算结果

本报告中采用韩海骞公式对风机基础的局部冲刷加以计算，结合工程区域底质沙洋的测验结果，估算风机基础的局部冲刷情况。

由表 6.3-5 可见，各代表点局部冲刷深度在 3m 左右，最大深度为 3.14m。本风电场对应的代表点，最大深度为 3.14m，由于局部冲刷计算尚无成熟、完善的数学模型，上述经验公式计算结果仅供设计参考，本工程四桩桩径分别为 3m 钢管桩。建议在工程建设期间及工程建成后，对风机基础局部冲刷情况加强监测，及时采取防护措施。

表 6.3-5a 风电场代表桩基位置的海洋动力环境参数

环境参数		代表点						
水深（设计高水位下，m）		36.5	37	38				
工程区最大流速（m/s）		0.81						
设计高水位下 5 年一遇	有效波高（m）	9.08	8.92	8.77	最大深度（m） （韩海骞公式）			
	平均周期（s）	10.27	10.26	10.26				
	波长（m）	157.68	156.97	155.15				
泥沙中值粒径（mm）		0.09						
泥沙水下休止角（°）		32						
阻水宽度（m）		3						
/		/						
					3.12	3.13		
						3.14		

表 6.3-5b 局部冲刷深度（阻水宽度=1.6m）（单位：m）

组别	代表点					
	最大深度	最大深度	最大深度	最大深度	最大深度	最大深度
韩海骞公式	3.2	3.02	2.63	3.07	3.22	3.00

## 6.4 沉积物环境影响预测分析

工程建设对海洋沉积物的影响主要表现为风机基础施工、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。

### 6.4.1 施工期

#### (1) 风机基础施工对沉积物的影响

风机基础施工时会对桩基附近海域沉积物环境产生扰动影响，使桩基附近表层沉积物以悬浮物形式扩散至周边，底层沉积物裸露出来，由于风机基础打桩施工对附近海域沉积物的影响范围和影响深度很有限，不会造成区域沉积物环境组分明显改变，对附近海域沉积物环境影响不大。

#### (2) 电缆铺设对沉积物的影响

海缆铺设施工时，开沟机作业会引起工程区附近海域沉积物环境的扰动，海缆埋设挖深约为 2.0m，地勘结果显示，海底表层 2m 为淤泥，局部夹少量贝壳碎屑。海缆开挖会造成沉积物底部淤泥裸露，但仍属海域既有的沉积物；另一方面，海缆开挖出的表层淤泥在潮流作用下仍有部分覆盖回开挖沟内。因此，海缆铺设仅会使海缆附近海域沉积物造成一定的扰动，对该海域整体沉积物质量和沉积物环境不会产生恶化影响。

#### (3) 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，一般情况下对工程周围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。

#### (4) 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、钻渣等直接弃入海中，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，造成沉积物理化性质改变，大肠菌群、病

原体和石油类等指标超标。工程施工船舶污废水及固废均经收集至岸上后统一处理，不排放至海域，对工程海域海洋沉积物影响很小。

## 6.4.2 运行期

工程运行期间，仅有少量牺牲阳极保护装置中锌释放到海域中，无其他污染物排放入海。根据前述工程分析中源强分析，单台风机基础每年释放牺牲阳极量约 225kg（64 块），释放的锌约 15.78kg（锌限值 4%~7%，按 7%计）；风电场每年共计消耗牺牲阳极 2.25t，每年释放的锌分别约为 0.16t。参照王恕昌等(1980 年)对海洋环境中锌存在的分布研究结果，本项目释放的锌约有 87%进入海水、13%进入海洋沉积物中。单台风机基础水中、沉积物锌释放量分别为 13.73kg/a、2.05kg/a。参照王恕昌等(1980 年)对海洋环境中锌存在的分布研究结果，按 13%的锌量扩散后沉降进入距离风机桩基不同距离的沉积物中，按沉积于表层 1m 内且单次距离计算时按距离之内均匀分布、距离之外不分布考虑，25 年沉积累积锌增量和叠加锌现状监测最大值后锌含量见表 6.4-1。

表 6.4-1 距离风机桩基不同距离的沉积物锌含量最大值

距离风机桩基距离	风机基础	
	25 年累积锌增量	叠加锌现状监测最大值后
100m	$1.63 \times 10^{-6}$	$14.56 \times 10^{-5}$
200m	$4.08 \times 10^{-7}$	$14.44 \times 10^{-5}$
500m	$6.52 \times 10^{-8}$	$14.41 \times 10^{-5}$

由上表可知，在最不利工况条件下，100m 处单桩基础风机的牺牲阳极释放的锌含量最大值为  $1.63 \times 10^{-6}$ ，与工程所在区域海洋沉积物锌含量最大值  $92.9 \times 10^{-6}$  叠加后，含量为  $94.53 \times 10^{-6}$ ，牺牲阳极释放的锌含量均低于海洋沉积物第一类标准值  $150.0 \times 10^{-6}$ 。由于风电场所在海域潮流动力较强，实际运行中牺牲阳极释放的锌将随海水输移扩散，不会在风电场区持续叠加，且风电场寿命为 25 年，风电场退役后牺牲阳极影响随之消失。因此，不会对区域沉积物环境造成显著影响。

根据方宁对东海大桥海上风电场沉积物环境影响的研究结果，东海大桥海上风电场运营 4 年期间，沉积物中锌含量存在一定的增长，该增长与长江及陆源排污有关，也与风电场桩基牺牲阳极存在一定的关系。文章中并未说明风电场牺牲阳极、长江及陆源排污分别贡献了多少比例锌增长，也未明确风电场牺牲阳极型号、使用量及发生电流等与锌释放有关的参数，尚无法根据该文章确定牺牲阳极会造成多大程度沉积物锌含量增长。针对本项目，根据上面分析结果，牺牲阳极不可避免会造成沉积物锌含量增长，运

行期间建设单位应加强沉积物锌含量跟踪监测，若出现因风电场造成沉积物锌明显增长情况，应及时采取应对措施减缓影响。

## 6.5 退役期环境影响分析

风电场运行达到设计周期后，将对风电场进行拆除工作，风电机组基础拆除工艺为与2章建设工艺相反过程，上部吊装上岸拆解，拆除完成后局部恢复，整个过程将会使沉积物有局部扰动，短时期内造成局部海水悬浮物浓度升高，总体来说扰动范围小、扰动程度低，对周边海洋生态环境影响很小。

退役期对施工船舶机舱油污水将由有资质单位进行收集处理，海上各类作业船只产生的施工人员生活垃圾，按要求收集后上岸处理。

可见，在退役期，只要做到合理科学安排工作流程，注意严格按相关要求收集回收相关废水、废物、油污产品以及生活垃圾等，风电场退役期对于周边海域生态环境不会产生较大的影响。

## 6.6 海洋生态环境及渔业资源影响分析

### 6.6.1 施工期对海洋生态环境的影响分析

#### 6.6.1.1 悬浮泥沙对海洋生物的影响

##### (1) 对浮游生物影响

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

悬浮物含量增高，对游泳生物的分布也有一定影响。游泳生物是海洋生物中的一大类群，海洋鱼类是其典型代表，它们往往具有发达的运动器官和很强的运动能力，从而

具有回避污染的效应。室内生态实验表明，悬浮物含量为 300mg/L 水平，而且每天做短时间的搅拌，鱼类仅能存活 3~4 周，悬浮物含量在 200mg/L 以下水平的短期影响，鱼类不会直接致死。工程不会产生的悬浮物含量高浓度区，不会造成成体鱼类死亡，且鱼、虾、蟹等游泳能力较强的海洋生物将主动逃避，游泳生物的回避效应使得该海域的生物量有所下降，从而影响使该区域内的生物群落的种类组成和数量分布。至于经济鱼类等，由于移动性较强，更不至于造成明显影响。随着施工结束，游泳生物的种类和数量会逐渐得到恢复。因此，施工期间产生的悬浮物不会对游泳生物造成较大的影响。

#### 6.6.1.2 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 0.1~10mg/L，对浮游动物的急性中毒致死浓度范围为 0.1~15mg/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 - 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 0.1~10mg/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 0.1~15mg/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 *Sparus macrocephalus* 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。

根据施工期环境影响评价可知，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。

#### 6.6.1.3 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作业都将对海洋底栖环境造成破坏，使底栖生物丧失。风机塔架基础结构采用导管架结构，桩基将破坏海底底栖生物。在该范围内的底栖生态环境全部被破坏，栖息于这一范围内的底栖动物将全部丧失。

#### 6.6.1.4 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。施工噪声主要来自桩基施打、施工船舶航行、设备和机械等产生的噪声，具体分析见6.7.1章节。

### 6.6.2 运营期对海洋生态环境的影响分析

#### 6.6.2.1 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。

#### 6.6.2.2 风机噪声对海洋生态的影响

风机运行过程中产生的噪声主要由机械及结构噪声和空气动力噪声组成，根据6.7.2章节分析，风机运行产生的噪声到达海面时衰减为55dB，声波传入水体中将进一步衰减。因此，风机运行产生的噪声不会引起桩基周围的水生生物和鱼类晕厥、死亡等现象，且当风机噪声影响鱼类正常栖息和生存时，鱼类将游离该处，寻找适合生存的栖息地。

因此，风机运行期产生的噪声对周围环境影响很小。

#### 6.6.2.3 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（见 6.8 章节分析），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。

#### 6.6.2.4 牺牲阳极对水产养殖生物的影响

牺牲阳极主要影响为锌释放。根据 6.2.3 节和 6.4 节关于锌释放到水体和沉积物的影响分析可见，工程锌释放速度和浓度源强贡献、占标率很小。根据中国海洋大学仲晓丽《皱纹盘鲍微量金属元素锌及其铜的交互作用的营养生理研究》（2009 年）中关于锌对鲍鱼影响实验表明，当饲料中还有最低需求量过量的锌，没有在生长存活方面表现出毒性。因此，本工程牺牲阳极对水产养殖生物特别是鲍鱼的影响较小。

### 6.6.3 对海洋生态系统服务功能的影响

我国近海生态系统服务功能划分为供给功能、调节功能、文化功能和支持功能四大类（见图 6.6-1）。

根据工程分析，本工程建设对海洋生态系统服务功能的影响表现为对供给功能的食品生产和支持功能中初级生产力、物种多样性造成影响。

#### （1）工程建设对食品生产功能的影响

食品生产功能是指海洋生态系统提供给人类的贝类、鱼类、虾蟹、海藻等海产品的功能。海洋是一个巨大的食物库，从藻类到鱼虾贝类数十万种生物在其中繁衍生息。海洋是全球蛋白质的重要来源。工程施工产生的悬浮泥沙会对贝类、鱼类、虾蟹、海藻造成影响，从而对海洋的食品生产功能产生影响，但随着施工结束，悬浮泥沙对海域影响将随之消失。

#### （2）工程建设对初级生产力的影响

初级生产：通过浮游植物、其它海洋植物和细菌生产固定有机碳，为海洋生态系统提供物质和能量来源。本项目施工期间填海工程会造成浮游植物和其它海洋生物造成影响，从而影响海洋服务系统的支持功能。

#### （3）工程建设对物种多样性的影响

物种多样性维持：海洋不仅生活着丰富的生物种群，还为其提供重要的产卵场、越冬场和避难所等庇护场所。本工程所在海域不是重要的产卵场、越冬场，在工程区内也没有发现需保护的珍稀海洋生物；由工程建设引起丧失的各种底栖生物种类，在当地的

广阔海域均有大量分布。因此工程建设不会造成物种多样性降低的生态问题。

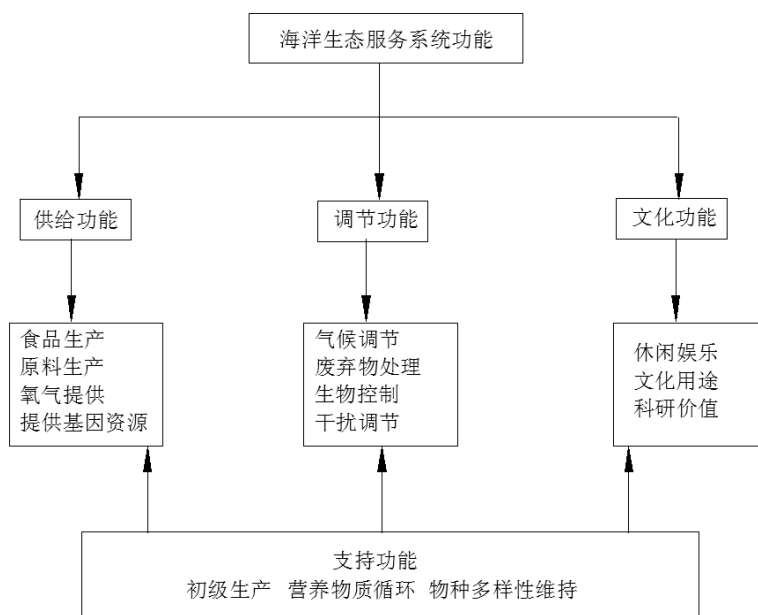


图 6.6-1 海洋生态系统功能

## 6.6.4 项目用海对渔业资源的影响

### 6.6.4.1 施工期对渔业环境影响分析与评价

#### (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。

欧洲大陆渔业咨询委员会（EIFAC，1965）评价了悬浮固体对鱼类的影响。把悬浮固体对鱼类和鱼类饵料生物种群所产生的不良影响分成四种方式：直接影响鱼类在有悬浮固体的水体中游泳，造成鱼类死亡或者是降低鱼类的生长速率，对疾病的抵抗力等等；妨碍鱼卵和幼体的良好发育；限制鱼类的正常运动和洄游；使鱼类得不到充分的食物。

覆盖在水底的沉淀物会损害无脊椎生物种群，堵塞产卵的砾石层，而且如果有有机物的话，还会消耗其上面水体的溶解氧。当沉淀固体堵塞了鱼类产卵的砾石层时，鱼卵就会大量死亡。无机悬浮物的增加还会妨碍光线向水体的投射，结果减少了透光层深度，从而减少了初级生产量并减少了鱼类的饵料。美国科学院和美国工程科学院联合委员会建议，光透射深度不得减少 10%（美国科学院，NAS，1974）。同时，由于颗粒物吸收了较多的热量，从而使水体趋于稳定，阻止了上下水混合，致使近表层水被加热，上下水混合程度的减少，也减少了溶解氧和营养物向水体下部的扩散。长期生活在水浑浊水



中的海洋生物，其鳃部会被悬浮物质充满而影响呼吸和发育，甚至引起窒息死亡。此外，水中悬浮物质长期过量会妨碍海洋生物的卵及幼体的正常发育，破坏其栖息环境，并抑制水生生物的光合作用，减少海洋动物的饵料。

水域悬浮物含量超标，对渔业资源的影响是多方面的，它不仅影响鱼类的存活和生长，而且会对鱼卵和仔稚鱼造成损害。由于悬浮性泥沙颗粒粘附在鱼卵的表面，会妨碍鱼卵的呼吸，阻碍与水体之间氧与二氧化碳的充分交换，可能导致鱼卵大量死亡；影响幼体的发育，发育不健康的仔稚鱼生存能力大大降低；悬浮物含量超标能使浮游生物繁殖受阻，导致水域基础生产力下降，减少鱼类的饵料生物，从而影响到鱼类的正常索饵；另外，悬浮物超标还会改变鱼类的洄游和摄食行为。

Bonvicinipagliai 等人曾研究意大利卡格里亚海湾一次大规模挖掘对周围海洋环境和生物的影响。结果表明，在所观察的非生物参数中，除有机碳外，都没有明显的影响，但大型底栖生物却丧失殆尽；Erman 和 Mahoney 曾研究悬浮物对鱼类和无脊椎动物的影响，其结果表明，水体中悬浮物浓度升高会减少鱼类和无脊椎动物的生物量和多样性。1990 年在深圳蛇口海区曾因疏通航道挖掘底泥使海水污浊，水质变异，海水中悬浮物浓度升高，从而导致周围养殖的牡蛎死亡；1993 年大亚湾东山珍珠养殖场附近因推土填海造成大量黄泥水在潮汐等作用下扩散至养殖场水域，导致养殖水体混浊、悬浮物浓度升高、大量珍珠贝死亡；1994 年广东电白县博贺文蛤养殖场，因其近旁有人抽沙，大量污泥浊水排入文蛤养殖区，导致 2500 亩养殖文蛤死亡。

总而言之，悬浮泥沙对鱼类和水生生物的影响主要包括：

A 造成生物栖息环境的改变或破坏，引起食物链（网）和生态结构的逐步变化，导致生物多样性和生物丰度下降。

B 造成水体溶解氧、透光率和可视性下降，使光合作用强度和初级生产力发生变化，影响某些种类的生长发育（如鱼卵和幼体）。

C 混浊的水体使某些种类的游动、觅食、躲避敌害、抵抗疾病和繁殖的能力下降，降低生物群体的更新能力。

D 影响基础饵料生物生长，使鱼类得不到充足的食物。

E 影响鱼类的正常活动和洄游。

## （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。

#### 6.6.4.2 运营期对渔业生产的影响

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，将形成面积为 11.3km<sup>2</sup> 保护区，见图 6.6.4-1，在该保护区范围内将禁止捕捞、养殖等渔业活动。

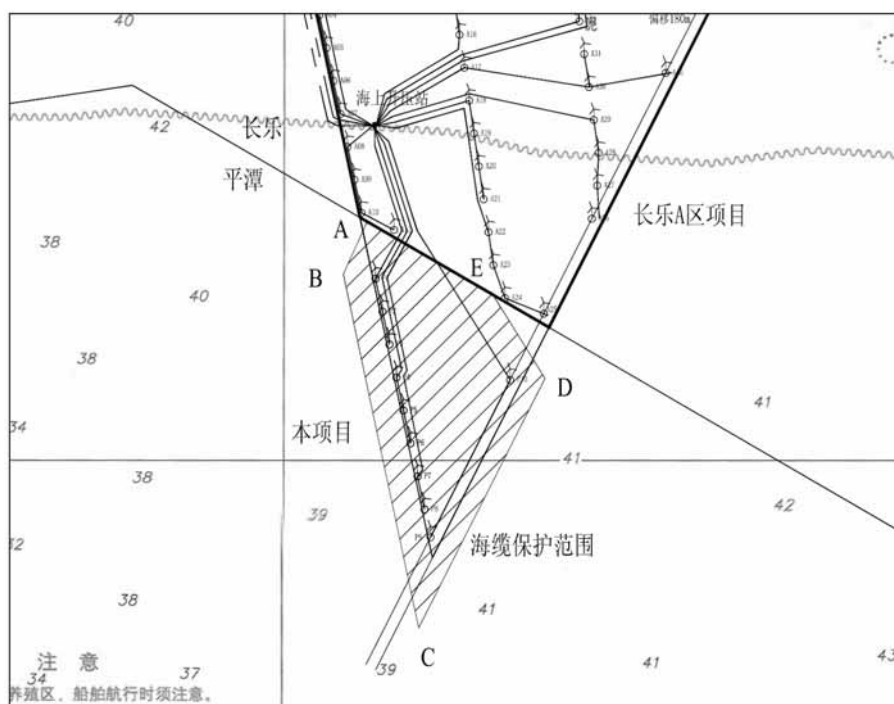


图 6.6.4-1 保护区范围示意图

#### 6.6.5 生态损失量计算

采用《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(SC/T 9110-2007) 进行生态损失量计算。

##### (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 6.6-1 计算：

$$W_i = \sum_{j=1}^n D_{ij} \times S_j \times K_{ij} \dots\dots\dots (式 6.6-1)$$

式中：

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

$D_{ij}$  - ——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 / km<sup>2</sup>)、个平方千米（个/km<sup>2</sup>）、千克平方千米（kg/km<sup>2</sup>）；

$S_j$  - ——一污染物第  $j$  类浓度增量区面积，单位为平方千米（km<sup>2</sup>）；

$K_{ij}$  - ——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(%)；

$n$  - ——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公式 6.6-2 计算：

$$W_i = D_i \times S_i \dots\dots\dots (式 6.6-2)$$

式中：

$W_i$  - —— $i$  种类生物资源受损量，单位为尾、个、千克（kg）；

$D_i$  - ——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)/km<sup>2</sup>]、尾(个)每立方千米[尾(个)/km<sup>3</sup>]、千克每平方千米（kg/km<sup>2</sup>）；

$S_i$  - —— $i$  种类生物占用的渔业水域面积或体积，单位为平方千米（km<sup>2</sup>）或立方千米（km<sup>3</sup>）。

(3) 评价参数

场区电缆敷设及桩基施工悬浮物浓度大于 10mg/L，即超一（二）类水质面积约为 21.48km<sup>2</sup>，悬浮物浓度大于 50mg/L 影响面积约为 0.01km<sup>2</sup>。

本项目 35kv 海底电缆长度共约 17.9km，电缆敷设深度不小于 2.0m，沟槽底宽 0.5m，沟上顶宽 1m，电缆实际占用海域面积为 5.2600hm<sup>2</sup>。本项目海底管缆路由段平均水深按 38m 计。

工程风机桩基永久设施占地周围区的潮下带大型底栖生物的生境遭到永久的破坏。桩基占用主要为风机基础，面积为 0.0283hm<sup>2</sup>，其中风机基础全部位于海上，见表 6.6.5-1a。

表 6.6.5-1a 桩基占用面积统计

破坏性质	项目	影响种类	数量	桩径	桩数	影响面积(hm <sup>2</sup> )
------	----	------	----	----	----	------------------------

永久影响	风机基础	底栖生物	10 台	3m	4	0.0283
小计	/	/		/	/	0.0283

浮游植物、浮游动物、底栖生物和游泳生物的生物资源密度根据两季现状调查结果数据平均值，站位布设及调查结果见 5 章。本节生物资源密度统计结果见表 6.6.5-1b。

表 6.6.5-1b 工程附近海域生物资源密度

类别	平均生物量/生物密度
浮游植物	$62.0 \times 10^4$ 个/m <sup>3</sup>
浮游动物	256 个/m <sup>3</sup>
底栖生物	1.76 g/m <sup>2</sup>
鱼卵	2.09 粒/m <sup>3</sup>
仔稚鱼	0.47 尾/m <sup>3</sup>
游泳生物	253.86 kg/km <sup>2</sup>

#### (4) 损失计算

##### 1) 风机基础占用和海缆开挖造成的海洋生物资源损失

本项目风机基础管桩透水构筑物实际占用海域面积为 0.0283hm<sup>2</sup>，管桩占用区域水深取平均水深 38m 计算。项目海缆总长约 17.9km，沟槽底宽 0.5m，沟上顶宽 1m，电缆实际占用海域面积为 5.2600hm<sup>2</sup>。本项目海底管缆路由段平均水深按 38m 计。该部分生物损失量见下表。

表 6.6.5-2 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 <sup>2</sup> )	水深 h (m)	损失数量	单位
		D				D×S×h	
海缆开挖	底栖动物	g/m <sup>2</sup>	1.76	5.2600	/	$9.26 \times 10^{-2}$	t
风机管桩	鱼卵	粒/m <sup>3</sup>	2.09	0.0283	38	$2.25 \times 10^4$	粒
	仔稚鱼	尾/m <sup>3</sup>	0.47	0.0283	38	$5.05 \times 10^3$	尾
	游泳生物	g/m <sup>2</sup>	0.254	0.0283	/	$7.19 \times 10^{-5}$	t
	底栖生物	g/m <sup>2</sup>	1.76	0.0283	/	$4.98 \times 10^{-4}$	t

##### 2) 悬浮泥沙扩散造成的海洋生物资源损失

根据水质影响模拟预测结果，海缆埋设施工产生的悬浮泥沙浓度在 10mg/L < S≤50mg/L 面积为 2147hm<sup>2</sup>。悬浮泥沙扩散影响海域内区平均水深 38m。施工悬沙造成的生物资源损失见下表。

表 6.6.5-3 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 (hm <sup>2</sup> )	水深(m)	损失量
------	-------	-------------	----------	-------------------------	-------	-----

	D			K	S	h	损失量	合计	单位
浮游植物	620000	个/m <sup>3</sup>	10~50	10%	2147	38	5.06 × 10 <sup>13</sup>	5.06 × 10 <sup>13</sup>	个
			50~100	30%	/	/	/		
			>100	50%	/	/	/		
浮游动物	256	个/m <sup>3</sup>	10~50	10%	2147	38	2.09 × 10 <sup>10</sup>	2.09 × 10 <sup>10</sup>	个
			50~100	30%	/	/	/		
			>100	50%	/	/	/		
游泳生物	0.254	g/m <sup>2</sup>	10~50	10%	2147	/	0.545	0.545	t
			50~100	30%	/	/	/		
			>100	50%	/	/	/		
鱼卵	2.09	粒/m <sup>3</sup>	10~50	5%	2147	38	8.53 × 10 <sup>7</sup>	8.53 × 10 <sup>7</sup>	粒
			50~100	30%	/	/	/		
			>100	50%	/	/	/		
仔稚鱼	0.47	尾/m <sup>3</sup>	10~50	5%	2147	38	1.2 × 10 <sup>7</sup>	1.92 × 10 <sup>7</sup>	尾
			50~100	30%	/	/	/		
			>100	50%	/	/	/		

根据计算结果，本工程悬浮泥沙扩散共造成浮游植物总损失量为  $5.06 \times 10^{13}$  个，浮游动物总损失量为  $2.09 \times 10^{10}$  个，游泳生物损失量为 0.545t，鱼卵损失量为  $8.53 \times 10^7$  粒，仔稚鱼损失量为  $1.92 \times 10^7$  尾。

#### (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：“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；“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。

#### 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 6.6.5-4 渔业资源损失经济补偿明细

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）
鱼卵（粒）	$8.57 \times 10^7$	1%	0.5 元/粒	3	127.5
仔稚鱼（尾）	$1.9 \times 10^7$	5%	0.5 元/尾	3	142.5
游泳生物（t）	0.55	/	10000 元/t	3	1.65
底栖生物（t）	0.093	/	10000 元/t	3	0.279
合计：271.93 万元					

渔业生物资源损失经济补偿额共为 271.93 万元。建设单位应将对渔业资源的补偿费用纳入环保投资。

#### （4）生态损失评价结果

建设单位做为生态补偿的责任主体，应采取生态修复和补偿措施，缓解和减轻工程对所在海域生态环境的不利影响。本项目海洋生物资源补偿可采用海洋生物资源增殖放流的补偿措施，进行海洋生物资源的恢复与补偿。

建设单位在海洋生物资源增殖放流过程中，必须在进行生态调查、资源研究、制定实施规划的基础上，根据项目对海洋生态环境的损害，有针对性的对海洋生态环境和渔业资源进行修复。目前，福州海域正在规划和实施多项海上风电工程，这些海洋工程对海洋环境都有一定的影响，并且都有各自的环保措施和生态修复措施，如果每项工程的生态恢复各自为政，分别向海里投放海洋生物和渔业资源，势必造成资源和资金的浪费，为此建议海域生态修复工作应由海洋渔业行政主管部门统一协调，统一规划，统一实施，事先进行生态修复规划设计，以达到海洋生态修复效益的最大化。

建议放流时间选择在休渔初期的 6 月初，放流地点、种类和放流量应与当地海洋渔业主管部门协商确定。

项目建设完成后，由于风机基础采用透水构筑物方式，随着时间的增长，可以起到人工鱼礁的作用，营造的良好生态环境为大量海洋生物提供了理想的栖息场所，生物多

样性将更加丰富。风电场建成后在迎流面产生一定程度的壅水，在背流面产生涡流。壅水的形成促使工程附近水体垂直交换，海底的营养盐被翻起和扩散，壅水不断将底层海水带至表层，为海洋生物带来饵料，可能引起浮游生物的增加，使该区域成为鱼类的聚集地。塔基附近海域由于上下层水体的充分交换，形成可供鱼类选择的不同水流条件，为鱼类提供了优良的饵料场、繁殖场和栖息场所，海洋生物资源因此得到更好的生长和养护，从而促进了海洋生物的生长，提高海区生产力。

## 6.7 噪声环境影响预测分析

### 6.7.1 施工期噪声分析

#### 6.7.1.1 水上噪声影响分析

本项目施工噪声污染源主要来自风机桩基施工打桩产生的噪声。根据类似工程，按点声源衰减公式预测各主要施工机械的噪声值及影响距离见表 6.7-1。

表 6.7-1 主要施工机械噪声衰减情况表

设备名称	不同距离处的噪声 dB(A)							
	10m	30m	50m	70m	100m	200m	250m	300m
打夯机	90	80.5	76.0	73.1	70.0	64.0	62.0	60.5
起重机	75	65.5	61.0	58.1	55.0	49.0	47.0	45.5
回旋钻机	90	80.5	76.0	73.1	70.0	64.0	62.0	60.5
混凝土泵	68	58.5	54.0	51.1	48.0	42.0	40.0	38.5
插入式振捣器	70	60.5	56.0	53.1	50.0	44.0	42.0	40.5

另外，施工船舶航行时也将有一定的噪声，但声压级均较小。由表可见，根据建筑施工场界噪声控制要求，昼间距离施工设备 100m 外的平均 A 声级均能满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)；夜间要求施工机械距离施工场界 250m 外，噪声值才能符合噪声限值要求。本工程为海洋工程，主体风电场区距离陆岸在 40km 以上，风电场址声环境评价范围内无声环境敏感目标分布，陆上施工区、海缆评价范围内同样无声环境敏感目标分布，工程主体施工产生的噪声不会对区域声环境产生明显影响。

#### 6.7.1.2 水下噪声对海洋生物影响

##### (1) 打桩施工水下噪声预测

根据参考国外文献资料，估算其打桩施工时的影响范围。采用的声衰减计算公式为：

$$TL = F \log(D/R) \quad (1)$$

式中：TL 为传播损失，为声源级减去目标声级值（即保护阈值）的差，单位为 dB；

D 为目标声级值所在的位置与声源的距离，单位为 m；

R 为计算传播损失时的参考距离，根据声源级计算点与声源本身的距离而定。

F 是衰减因子，其值会随着海况（如水深、底质状况、海面宽阔程度）和打桩的工程参量（如桩的类型材质、以及桩机功率）而变化。而衰减因子 F 依据施工海域水深较浅，声传播衰减较大，一般的数值在 10~30 之间。

#### ① 打桩源强设置

根据源强分析的情况，在风机基础打桩施工中，钢管桩打桩噪声级为 228dB re1 $\mu$ Pa@1m。

#### ② 预测结果

本项目风机打桩源强以 228 dB re1 $\mu$ Pa@1m 来计算，估算其打桩施工时的影响范围。通过公式可算出在保护阈值为 190 dB re1 $\mu$ Pa@1m（对鳍足目，如斑海豹，听力保护范围）、180 dB re1 $\mu$ Pa@1m（对鲸豚目，如江豚，听力保护范围）和 160 dB re1 $\mu$ Pa@1m（对海洋哺乳动物行为干扰）时，单个风机桩基在撞击式施工时所对应的影响距离。

由于施工打桩作业中产生的水下噪声具有不连续，持续时间较短，无多声源叠加等特点。工程风机基础打桩施工确立在距离桩基最大 905m 范围内为警告区域（对海洋哺乳动物行为产生干扰）。当海域中有石首鱼科大黄鱼幼鱼时，根据实际海域环境鱼类可以游开远离噪声干扰区，以 150 dB re1 $\mu$ Pa@1m 将对大黄鱼幼鱼产生伤害影响为阈值，可算出单桩基础打桩下，与施工风机的相应最大距离为 1780m。见下表 6.7-2。

表 6.7-2 海洋生物安全距离

声源级保护阈值	风机基础施工 (228 dB re1 $\mu$ Pa@1m)
190 dB re1 $\mu$ Pa@1m (对鳍足目, 如斑海豹, 听力保护范围)	45 m
180 dB re1 $\mu$ Pa@1m (对鲸豚目, 如江豚, 听力保护范围)	123 m
160 dB re1 $\mu$ Pa@1m (对海洋哺乳动物行为干扰)	905 m
150 dB re1 $\mu$ Pa@1m (石首鱼科)	1780

同时根据施工安排，风机打桩施工基本都是每次打一桩，不会几根桩同时进行，因此风机基础打桩产生的水下噪声不会存在叠加问题。

### (2) 打桩施工对海洋动物的影响

#### ① 施工期对石首鱼科影响分析

大黄鱼幼苗的敏感频率在 800Hz，声压级约 140 dB re1 $\mu$ Pa@1m 时仔稚幼鱼对声波即有明显反应，当声压级达到 172 dB re1 $\mu$ Pa@1m 时有些仔稚幼鱼直接死亡；大黄鱼小鱼的声敏感频率转移至 600Hz，当声强达到 150 dB re1 $\mu$ Pa@1m 以上小鱼有主动避开声



源的行为，当声源强度达到 187 dB re $1\mu\text{Pa}@1\text{m}$ ，在声源正上方的小鱼开始变得十分迟钝进而死亡；大黄鱼成鱼的声敏感频率也在 600Hz 附近，当声源达到 192 dB re $1\mu\text{Pa}@1\text{m}$  时，鱼群受惊吓明显，反应迟钝，虽未产生直接死亡，但在其后行为发生明显变化，出现不进食等现象。

本工程单桩基础打桩在离桩基 45m 距离内，打桩所产生的水下脉冲噪声将超过 190 dB re $1\mu\text{Pa}@1\text{m}$ ，造成大黄鱼成鱼惊吓；在离桩基 123m 处，打桩所产生的水线下噪声将达到 180 dB re $1\mu\text{Pa}@1\text{m}$ ，长时间暴露于此噪声下可能会使得大黄鱼小鱼开始变得十分迟钝进而死亡；在离桩基 261m 处，打桩所产生的水线下噪声将达到 170 dB re $1\mu\text{Pa}@1\text{m}$ ，长时间暴露于此噪声下可能会使得仔稚幼鱼直接死亡；在离桩基 1780m 处，打桩所产生的水线下噪声将达到 150 dB re $1\mu\text{Pa}@1\text{m}$ ，对石首鱼科将会造成一些干扰。

#### ② 施工期对非石首鱼科影响分析

根据厦门大学在江苏沿海现场实验在脉冲式频率（频率小于 500Hz）水下噪声有效声压级为 166 dB re $1\mu\text{Pa}@1\text{m}$  时，观测到实验海域鲮鱼、辫子鱼出现明显游动的现象；水下噪声有效声压级为 189 dB re $1\mu\text{Pa}@1\text{m}$  时，观测到鳗鱼出现头部稍微动振动的反应。根据本工程单桩基础打桩施工噪声影响预测计算，单桩基础水下打桩噪声在离桩基中心 1520m 的距离范围内将对该海域的鲮鱼、鲮等海洋生物行为产生某些影响，在离桩基中心 137m 的距离范围内将对鳗鱼产生一定影响。

#### ③ 施工期对“三场一通道”的影响分析

风电场与主要经济鱼类“三场一通道”距离较远，风电场施工对主要经济鱼类“三场一通道”主洄游通道影响不大。

#### ④ 施工期对海域中的鲸豚影响分析

根据分析结果表明，当鲸豚听觉系统所接收到水下噪声的有效声压级超过 180dB 时，其听觉系统有可能会暂时出现暂时性听力损失（TTS）。钢管桩在用打桩锤打设时水下噪声的声源级为 228 dB re $1\mu\text{Pa}@1\text{m}$ ，已远远大于 180 dB re $1\mu\text{Pa}@1\text{m}$ ，可对其听觉系统造成直接伤害，应确立对鲸豚保护的安全距离（123m），进行驱赶后施工；本工程的船舶噪声声源级可达到 167 dB re $1\mu\text{Pa}@1\text{m}$ ，可能对鲸豚的行为产生干扰，而一般的水下噪声，如铺缆施工等噪声，噪声声压级 154 dB re $1\mu\text{Pa}@1\text{m}$ ，和海洋环境噪声相当，不会对鲸豚的行为产生影响。

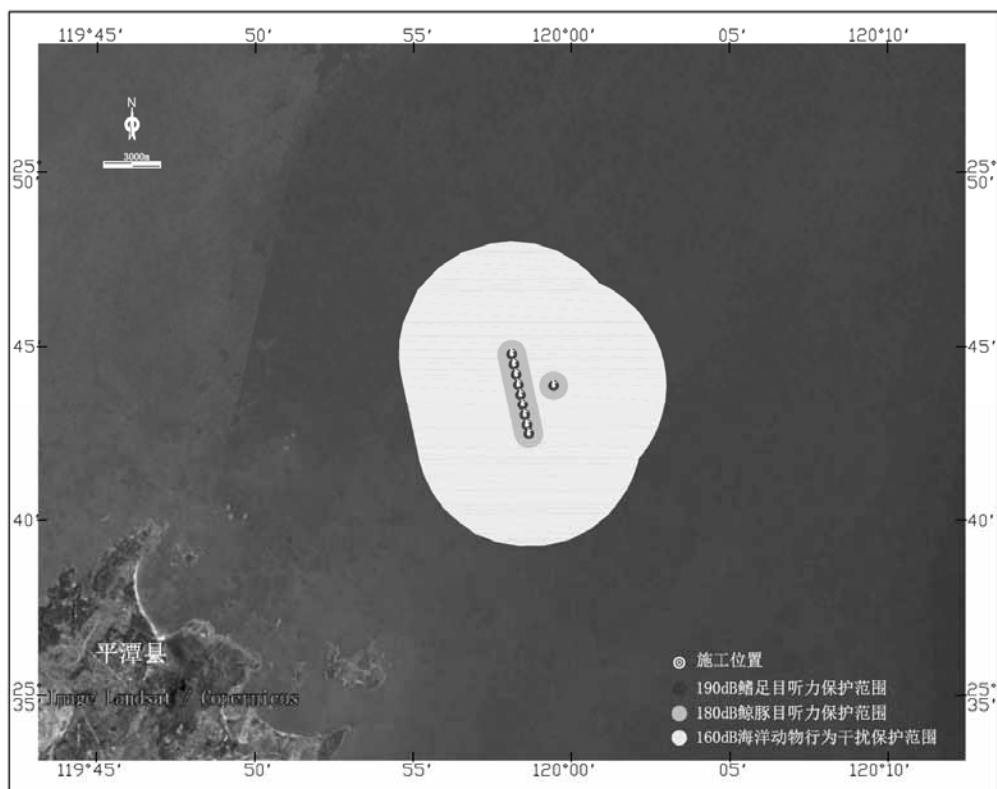


图 6.7-1 施工期打桩噪声影响范围图

## 6.7.2 运营期噪声分析

### 6.7.2.1 水上噪声影响分析

本工程运行期主要噪声为风机运行噪声。

#### (1) 风机噪声预测

海上风电场噪声属于户外噪声。辐射声波在传播过程中，其波阵面会随距离的增加而增大，声能量扩散，声压或声强随距离的增加而衰减。除此之外，空气吸收、地面吸收、阻挡物的反射或屏障等因素的影响，也会使噪声产生衰减。海上风电场部分声波在由空气传播到海水中，由于传播媒质的改变，使其产生一定的折射和散射，会使部分声能改变传播方向。

根据实测结果与点声源衰减模式预测结果的拟合，在距风力发电机组较近情况下，声源为一面源，同时受机械噪声等高频噪声的影响，其噪声不符合点声源的衰减规律；在风力发电机组较远情况下，计算点大于风力发电机组几何体 1 倍距离后，其噪声衰减规律与点声源模式的衰减规律基本一致。甚至在距离风力发电机组水平 50m 以外，噪声计算值与实测值衰减趋势就基本一致。

根据《海上风电工程环境影响评价技术规范》附录 C 推荐的预测模式，风力发电机

组影响预测公式如下：

即假定声音从一个点无衰减传播开来，则距离单台风机声源  $r$  处预测点 A 声级  $LP(r)$  计算为式 (C.1)：

$$L_p(r) = L_w(r_0) - 10 \lg(2\pi r^2) \quad (1)$$

式中： $LP(r)$ —单台风机声源  $r$  处预测点 A 声级，dB(A)

$LW(r_0)$ —单台风机声源  $r_0$  处 A 声级，dB(A)

N 台风轮机距离声音源  $r$  处的噪音水平总效应  $LP_{total}(r)$  计算为式 (C.2)：

$$L_{p,total} = 10 \lg \sum_{i=1}^N (10^{L_{p,i}/10}) \quad (2)$$

经预测单台风力发电机组衰减趋势见图 6.7-2，采用最大声功率 105dB 计算，可知在距风力发电机组直线距离在 280m 处，噪声已衰减至低于 45dB，即国家规定的《声环境质量标准》(GB3096-2008)中 1 类标准限值。

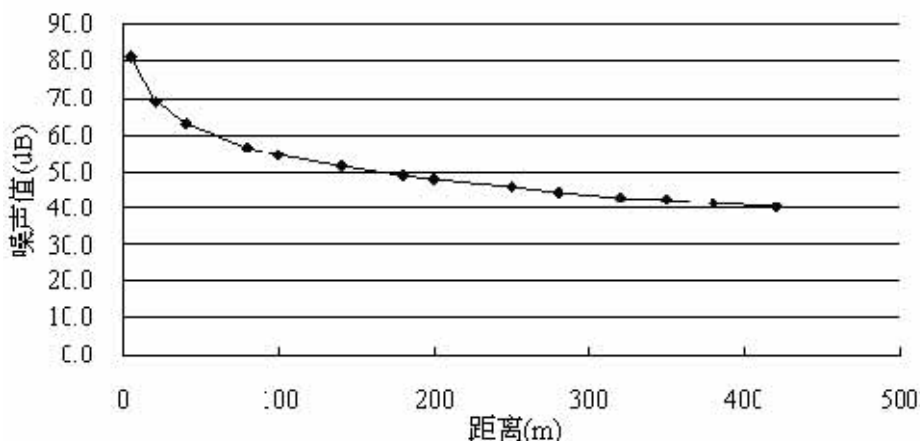


图 6.7-2 风力发电机组噪声衰减模拟计算结果

表 6.7-3 风电噪声衰减距离表

与轮毂直线距离(m)	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800	1000
噪声级 dB(A)	54.0	50.5	48.0	46.0	44.5	43.1	42.0	40.9	40.0	38.4	37.1	35.9	34.0

本工程海上风电场区域两排风机之间距离约 1850m，行内间距约 660m，预测风机机群的噪声情况见图 6.7-3。根据风电场噪声预测结果，在单排风机外 300m 处，风机噪声可衰减至 45.0dB(A)。根据厦门大学对风电场区域的海上噪声背景值监测，场区的背景值在 57.9~81.2dB(A)，考虑最大噪声背景值水平，在 280m 处，叠加风电场运行噪声后仍为 81.2dB，由于背景值海上风声和海浪声较大，风电场运行噪声对海上声环境影响

仅限于风机附近。

根据风力发电机组的特性，风力发电机组噪声具有指向性，即在顺风向的风机两侧噪声较大，垂直风向的风机叶片两侧噪声较小；而风机布置时为尽可能减小风机之间的尾流影响，控制湍流发生，一般在垂直于主风向上布置风机较多且间距较窄，而在主风向上布置的排数少且排距大，因此风力发电机组间噪声叠加影响非常小，多台风机间仅是影响范围的扩大，基本不增加影响程度。



图 6.7-3 风电场噪声影响预测图

## (2) 风机噪声影响

风机运行后，海平面最大噪声值约为 70dB(由于参考声压级的不同进入水体不考虑衰减则为 96dB)，由于工程场区水深大，水下噪声随深度增加和温度降低衰减量不大，但在从空气介质进入海水介质过程中气~水界面能量损耗较大，进入水体后将接近海域的海洋水体噪声背景值，目前风机的机械结构噪声源强较小，传入水体后可能不会对周边声环境造成显著影响。总体看来，水下噪声不会引起桩基周围的水生生物特别是鱼类具有驱赶效应，但对鱼类机体、种群数量等影响有限。

风电场周围 5km 内无村庄等环境敏感点，风电场运行期对周围声环境影响较小。

### 6.7.2.2 水下噪声对海洋生物的影响

#### (1) 运行期水下噪声对成鱼影响

结合海上风电场营运期水下噪声测量结果,在综合分析对声音最为敏感的大黄鱼声学特性后,可以得出:本项目位于浅海区域,属海积地貌单元,为典型的浅海水声传播信道,噪声在水下传播衰减较快等特点,风电场营运期总体的水下噪声强度比较低,与目前海洋环境背景噪声相当。本风电场营运期所带来的轻微的水下噪声增加对一般鱼类等海洋生物影响在可以接受范围内,即这些海洋生物对海上风电场营运噪声做出行为响应的可能性不大。

根据厦门大学许肖梅课题组对典型鱼类所做的水下噪声实验,同时结合本项目地处陆域边缘和海域交回处,水深较浅,噪声在水下传播衰减较快等特点,可得出本工程对海洋鱼类等生物的行为不会带来明显影响。但风机营运期在 120Hz~1.5kHz 的某些特定频段上,出现强度高于背景噪声 10~20dB 的现象,有些功率谱幅度达到 120dB,由于幅度较小,对成年及 7-8 个月大的中等大黄鱼影响不大。

#### (2) 运行期水下噪声对鱼卵仔鱼影响

挪威学者研究了使用空气枪和水枪作为地震声源,进行海洋三维地质调查中产生的水下强噪声对鳕鱼鱼卵和仔鱼的影响。他们把鳕鱼的鱼卵和仔鱼(鱼卵为在受精后 2、5、10 天;鱼幼体为在孵化后的 1, 5, 37, 38, 40, 41, 56, 69, 110 天)暴露于水下空气枪所产生的噪声场中,得出了在使用小强度的空气枪(声源级 222dB)声源级所产生的水下噪声对鳕鱼鱼卵的影响不明显的结论(John Dalen, 1986)。

同时根据现场调查,工程与周边产卵场距离较远,工程运行过程中风机噪声不会对产卵场产生影响。

#### (3) 运行期水下噪声对鲸豚影响

上海东海大桥海上风电场类比监测结果表明:风机运行中水下噪声的频谱级基本上都相似,总体强度随频率增加而明显减小,在 1~20kHz 中功率谱级分布在 140dB/re 1 $\mu$ Pa 到 65dB/re 1 $\mu$ Pa 之间,在 120Hz 到 1.5kHz 有一较宽的裙带状谱,强度增加为 10~20dB/re 1 $\mu$ Pa,总体噪声谱级都在 120dB/1 $\mu$ Pa 以下,低于海洋哺乳动物行为干扰阈值 160 dB re 1 $\mu$ Pa@1m。丹麦 Horns Rev 和 Nysted 海上风电场运行结果表明,风电场运行期海豚又逐渐回到了风电场周边海域。因此,工程建设对鲸豚影响不大。

#### (4) 营运期水下噪声对其它海洋生物的影响

营运期水下噪声对虾蟹及贝壳等其它海洋生物的初步的实验结果分析表明,营运期水下噪声对其他的甲壳类、贝类等海洋生物的影响不明显,在可以接受的范围。

#### (5) 营运期风机噪声对渔场捕捞作业影响

长乐地区周边海域地理位置优越,位于台湾海峡西北部,东海南部,是闽中渔场的一部分,渔业资源丰富,种类繁多。分布在该海域的鱼类主要是暖水性种类和暖温性种类,优势种大多为短距离洄游鱼类。

东黄海带鱼主要群体的洄游路线离项目所在地较远,在 100km 以上,但是福建及广东等地的南方带鱼往往有沿岸产卵,60-80m 水深海域越的习性,但这部分群体很小。

东黄海三疣梭子蟹主要群体的洄游路线离项目所在地较远,在 30km 以上,但是福建中部等地的三疣梭子蟹往往有沿岸产卵,40-60m 水深海域越的习性,但这部分群体很小。

本项目位于闽江口以南,不是大黄鱼主要产卵场,索饵场,也不是洄游通道,距离大黄鱼三场一通道最近约 35km。

工程位置距蓝点马鲛三场一通道最近距离 10km,距蓝圆鲹三场一通道最近距离为 20km。

综上所述,本工程距离闽中渔场内主要鱼类的产卵场,索饵场、洄游通道均较远,风电场营运期所带来的轻微的水下噪声增加对一般鱼类等海洋生物影响在可以接受范围内,因此,本项目对风机运行噪声对周边渔场捕捞作业的影响较小。

## 6.8 电磁环境影响预测与评价

目前陆上埋地电缆运用较多,陆上电缆电磁场传播介质为空气,海底电缆电磁场传播介质为海水,但海底电缆与陆上电缆均埋设于地下,海水和土层对电磁场均有一定的屏蔽作用,且额定电压相同,因此类比陆上电缆线路有较好的可比性。工程送电线路均采用海底电缆形式进行电力输送,由于电缆线经过电缆外层遮蔽后产生的工频电磁场强度水平较小,通过类比监测已运行的中水电江苏如东海上风电场(潮间带)100MW 示范项目 35kV 潮间带电缆进行分析。

### 6.8.1 35kV 海缆电磁环境影响类比分析

#### ① 可比性分析

本风电场运行后,35kV 海底电缆电磁场影响预测采用类比分析方法,类比对象为中水电江苏如东海上风电场(潮间带)100MW 示范项目的 35kV 潮间带电缆。可比性分析

见表 6.8-2。

表 6.8-2 35kV 海底电缆可比性分析

海底电缆	中水电江苏如东海上风电场(潮间带)100MW 示范项目 35kV 潮间带电缆 (类比电缆)	本工程 35kV 海底电缆
电压等级	35kV	35kV
电缆结构	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	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
敷设深度	泥面以下 1.0m	泥面以下 2.0m
外围环境	潮间带，地形平坦	海底，地形较为平坦

中水电江苏如东海上风电场潮间带电缆在电压等级、电缆结构、外围环境方面与本工程海底电缆较为相似；敷设深度为泥面下 1.0m，浅于本工程海缆敷设深度 2.0m，影响更为不利。因此，选用中水电江苏如东海上风电场潮间带电缆进行类比是合适的。

#### ② 监测时间及环境

监测时间：2015 年 4 月 14 日；

监测气象条件：天气晴，气温 11~19℃，风速 3.8~4.7m/s，大气压 100.9~101.3kPa。

#### ③ 监测结果分析

中水电江苏如东海上风电场潮间带电缆工频电磁场类比监测结果见表 6.8-3。

表 6.8-3 中水电江苏如东海上风电场潮间带电缆工频电磁场监测结果一览表

序号	监测点位	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 ( $\times\mu\text{T}$ )	备注
E1	线路中心线正上方	0.253	0.012	
E2	线路中心线外	1m	0.231	0.014
E3		2m	0.207	0.012
E4		3m	0.221	0.012
E5		4m	0.212	0.012
E6		5m	0.209	0.012

由表 6.8-3 可以看出，中水电江苏如东海上风电场潮间带电缆正常运行的情况下，监测断面各点工频电场强度在 0.207 ~ 0.253V/m 之间，由于受屏蔽影响，潮间带电缆对地面基本无影响，远小于 4kV/m 的限值要求；工频磁感应强度在 0.012 ~ 0.014 $\mu\text{T}$  之间，远小于 100 $\mu\text{T}$  的限值要求。

总体而言，海上风电场 35kV 潮间带电缆由于电缆外保护层的遮蔽，产生的电磁场强度非常小，远低于标准限值(工频电磁强度 4kV/m，工频磁感应强度 100 $\mu\text{T}$ )。

#### ④ 本工程 35kV 海缆电磁影响分析

由类比分析可知，电缆线路由于电缆外层遮蔽产生的电磁场强度非常小，基本与背

景值一致。由于工频电场影响与电压等级大小、电缆结构、埋设深度等有关。本工程海底电缆与中水电江苏如东海上风电场潮间带电缆电压等级一致，电缆结构基本相同，但本工程 35kV 海底电缆埋设深度深于中水电江苏如东海上风电场潮间带电缆，产生的工频电磁场影响较中水电江苏如东海上风电场潮间带电缆低。因此，可以预测工程 35kV 海缆工频电场强度和工频磁感应强度均能满足 4kV/m 和 100 $\mu$ T 的限值要求。

### 6.8.2 海底电缆电磁环境对海洋生物的影响

本工程海底电缆敷设在近岸海域。目前学术界对于海底电缆产生的电磁场对海洋生物产生的影响还未有科学的定论。理论上而言，对于三相电缆输配电线路，在其敷设位置上方的磁场水平，取决于电缆埋设深度、3 条相线之间的距离、导线的相对排列方式以及电缆中的工作电流。将三相 3 根电缆的间距减小，由于不同相位的三相磁场互相抵消的作用，可明显降低地面的磁场；采用 3 芯电缆或将三相单芯电缆布置成三角形也可有效降低地面磁场。

工程产生工频电场和工频磁场的设备主要为海底电缆，海底电缆主要在海底敷设，对海洋生物存在电磁环境影响的主要为海底电缆运行过程中产生的工频电磁场。目前学术界对于海底电缆产生的电磁场对海洋动物产生的影响还未有科学的定论，电磁环境对海洋动物的影响目前还在研究中。

McCleave, Rommel, Catchart 等(1971,1973)对美洲鳗鲡进行的磁场变化条件测试时所得出的结果却不很明确。幼体鳗鱼 (Plathichthys flesus) 在受到强度为 3.7mT 的静电磁场影响几个星期时并未受到影响 (Bochert, Rea at.,2004), Westerberg(1994)还从研究的角度直接考虑近岸风力发电场电磁强度情况，测试了南波罗的海一座风力发电机附近的欧洲鳗鲡的洄游形式。遥测跟踪监测并未显示洄游形式发生任何改变。

工程海底电缆均敷设在海底土层以下，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，由类比分析可知，本工程海缆上方 2m(中心处)工频磁感应强度远低于《电磁环境控制限值》(GB 8702-2014) 公众暴露控制限值 100 $\mu$ T。

根据国内外现有电磁场对海洋鱼类的影响研究资料分析，风电场运行期间，电压等级不高，海底电缆经保护层及沉积物屏蔽后，产生的工频电磁场不会改变鱼类的洄游路线及洄游形式，对鱼类的影响有限。



## 6.9 工程建设对鸟类的影响

### 6.9.1 施工期对鸟类的影响分析与评估

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

根据调查，陆域调查评价范围分布主要是鸕鹚类、鹭类和鸥类等一些水鸟。风电场及周边主要为海域，有少量的黑尾鸥、银鸥、红嘴鸥等鸥类，其他鸟类较少。

根据水鸟生物学和生态学特性，结合对水鸟行为学研究实践，针对施工期对水鸟类群的具体影响分析如下：

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

风力发电机组基础施工、机组安装及海底电缆铺设会破坏项目区的海洋底栖生物和鱼类的生境，使项目区的底栖生物和鱼类的种类和生物量减少，进而影响鸥类觅食。但由于施工作业属短期行为，施工结束后，底栖生物和鱼类可在一定时间内得以恢复，同时施工影响范围仅限于风机周边，施工活动对水域的扰动影响有限，仅局部影响周围水域内水生生物的种类和数量，而且在风电场施工区的鸥类活动较少，因此项目建设对鸥类产生较小影响。其他游禽类主要分布在十七孔水库，在风电场附近没有分布，离风电场施工区距离超过 38km，基本无影响。

② 鸕鹚类：包括环颈鸕、白腰杓鸕、青脚鸕、矶鸕、黑腹滨鸕等鸕鹚类，主要分布在十七孔水库内，为冬候鸟，通常单独或者成群活动，中度或重度受人为活动干扰。在施工期，距离其 100m 左右，就会对其活动产生影响。十七孔水库距离风电场超过 38km，鸕鹚类离风电场施工区较远，风电场施工区及周边无鸕鹚类分布，对项目建设对鸕鹚类基本无影响。

③ 鹭类：包括苍鹭、大白鹭、牛背鹭、池鹭、白鹭等鹭类，主要分布在十七孔水库及沿岸水产养殖场，通常集群栖息，分散活动觅食，十七孔水库常见集群活动，轻度或中度受人为活动干扰。在施工期，距离其 20~50m，才会对其活动产生影响。鹭类分布

区域离风电场施工区 38km 以上，在风电场施工区无鹭类分布，风电场施工对鹭类基本无影响。

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

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

## 6.9.2 运营期对鸟类的影响分析

### (1) 对冬候鸟觅食的影响分析

根据调查，调查评价范围冬候鸟有小鸕鶿、凤头、普通鸕鶿、苍鹭、大白鹭、东方白鹳、小天鹅、绿翅鸭、绿头鸭、斑嘴鸭、赤颈鸭、斑背潜鸭、黑翅鸢、红隼、普通秧鸡、黑水鸡、骨顶鸡、环颈鸪、蒙古沙鸪、青脚鹬、黑腹滨鹬、黑尾鸥、银鸥、红嘴鸥等 24 种，这些冬候鸟以水鸟为主，其中鸕鶿类、鸥类和鹭类等水鸟为优势种，数量较大，也是调查评价范围主要的迁徙鸟类，其栖息、觅食场所主要是在十七孔水库及沿岸潮间带、水产养殖场等，风电场距离这些冬候鸟觅食地超过 38km。

由于风电机在运转过程中会产生叶片扫风噪声和机械运转噪声，多数风机轮毂处的噪声可达 100dB (A) 以上。由于大多数鸟类对噪声具有较高的敏感性，与风机近距离的接触将使鸟类难以适应，在该噪声环境条件下，风机转动存在对鸟类驱赶作用，大多数鸟类会选择回避，减少活动范围，使水鸟放弃风电场区域作为觅食地。风电场分布水鸟主要是鸥类，个别在此飞翔和觅食。另外，候鸟在迁移途中觅食时，飞行高度一般低于 200m，而风机叶片旋转高度约为 26~181m。因此，风机运行将直接对风电场内的鸟类觅食产生影响，直接影响部分鸟类在风电场范围内的觅食飞行，所以风电场范围将不适宜作为鸟类的栖息觅食场所。鸟类对栖息地大都有记忆，一旦生境破坏或改变，鸟类将避开原觅食地，这种影响将是长期的、不可逆的。

调查评价范围海上风电场建成后将使风电场区域鸟类觅食的范围减小，水鸟将在风电场邻近海域重新选择觅食地，进入风电场内水鸟的次数显著减少，导致风电场附近海

域水鸟种群密度降低，同时由于风机的转动噪音将影响海域中鱼类的活动规律和分布，降低了水鸟的食物量。

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

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

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

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

### **(2) 对留鸟觅食活动的影响分析**

调查评价范围留鸟有夜鹭、雉鸡、白胸苦恶鸟、褐翅鸦鹃、普通翠鸟、戴胜、白头鹎、棕背伯劳、丝光椋鸟、八哥、红嘴蓝鹊、麻雀等 11 种留鸟，这些留鸟主要是分布调查评价范围沿岸陆上，风电场海上建设对留鸟没有影响。

### **(3) 对夏候鸟觅食的影响分析**

根据调查，调查评价范围夏候鸟有牛背鹭、池鹭、白鹭、白额燕鸥、家燕等 5 种。牛背鹭、池鹭、白鹭主要分布在调查评价范围的沿岸潮间带和水产养殖场、十七孔水库附近，牛背鹭、池鹭、白鹭等鹭类觅食主要是在沿岸潮间带随着潮水的涨退而进行迁移，觅食地距离风电场 38km 以上，觅食地距离风电场较远，风电场对牛背鹭、池鹭、白鹭等鹭类等夏候鸟觅食基本无影响。白额燕鸥繁殖于机场东面、牛头湾岸边、十七孔水库和闽江河口湿地自然保护区，觅食主要是在沿岸潮间带和浅海水域，觅食地距离风电场 20km 以上，觅食地距离风电场较远，风电场对白额燕鸥夏候鸟觅食基本无影响。

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

## 6.9.3 风电场对鸟类迁徙的影响分析

### (1) 风机高度对迁徙鸟类的影响

调查评价范围海上风电场处于候鸟的迁徙通道上，调查评价范围鸟类以水鸟为主，其中鸕鹚类、鸥类和鹭类水鸟为调查评价范围鸟类的优势种，也是主要的迁徙鸟类。鸕鹚类、鸥类和雁鸭类的迁飞主要在高空中依靠气流来带动飞行，鸕鹚类、鸥类和雁鸭类迁徙大多是高空迁飞，这些候鸟迁飞高度超过 300m，调查评价范围海上风电场的风机轮毂高度 118m，风轮直径 185m，本项目风机叶片旋转的范围在离地面 22~208m，鸟类迁飞的高度远超过风机的轮毂和叶片的高度。因此，风电场风机对水鸟迁徙影响很小。

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

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

风机主要对少数飞行高度较低的小型鸣禽迁徙构成威胁，但是这些鸣禽迁徙路线在陆地上，没有经过海面，本项目海上风电场不存在风机对小型鸣禽迁徙的影响。

### (2) 风机转动速度对迁徙鸟类的影响

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

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

调查评价范围海上风电场风机的转速在 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都会在大约 100~200m 的距离下避开。因此，在天气晴好的情况下，鸟类误撞风电机的几率极小。根据我们对周边已建的风电场观察，并未发现有鸟类撞风机死亡的现象。但是，为了更好地解决调查评价范围风能资源开发和候鸟资源保护之间的矛盾，建议长时期对鸟类进行连续观测，并在风电场周围建立鸟类观测站，加强对风电场区域鸟类生活习性（栖息、觅食、迁飞）的观察。

### （3）风电场对迁徙鸟类的影响

风力发电场占有鸟类迁徙通道较大的面积，而且巨大的风机横亘在鸟类迁徙路线上，有可能成为鸟类迁徙的障碍。根据建设单位提供的资料，风电机组行内间距为 601m，行间距为 1850m 进行布置，即扣除叶片长度，风机叶片转圈与转圈之间的距离保持在约 430m。风机与风机之间有一定的廊道供鸟类飞行通过。而且鸟类的视觉极为敏锐、反应机警，加之本项目风机周围鸟类分布很少。因此，发生鸟类碰撞风机致死现象的可能性很小。

据丹麦科学家对通过雷达对 Nysted 海上风电场鸟类迁徙监测发现，鸟类的视力很好，白天鸟类在 3000m 外，夜间鸟类在 1000m 外绕开风力发电场飞行，改变飞行方向，水鸟在距离风力发电场 100~3000m 的地方就对风力发电场有所避让，鸟类对风力发电场这类障碍物有一定的避让能力。但是这种避让行为无疑会增加迁飞的能量消耗，风电场的存在影响水鸟飞行路线和分布。

据台湾彰化风电场鸟类监测发现，冬季在涨退潮期间通过风机的数量较多，高度多在 40m 以下的低风险区，而在 40~120m 的高风险区数量很少，而且飞行通过的种类以小型鸕鹚为主。在丹麦的 Nysted 和 Horns Rev 风力发电场鸭类能 480m 排间距的风机之间穿越飞行。

根据《福建沿海越冬水鸟调查报告（2006 年 2 月 8~27 日）》及近年相关资料，福建沿海中部水鸟主要分布于罗源湾、闽江河口、福清湾、兴化湾和泉州湾 4 个海湾和 1 个河口区域。在此海湾、河口范围内，分布有大面积的淤泥质海滩与水产养殖场，为水鸟的栖息和觅食（包括迁徙、越冬和繁殖）提供了优良的条件。在此区域中，多数水鸟沿滨海湿地或直线（即沿大陆沿海）飞行栖息和觅食，形成彼此互通的活动路径。

从以上分析来看，且项目距离大陆海岸线约 38km，距离大陆海岸线滨海湿地超过 20km，与水鸟迁飞路径距离较远，因此，风电场对迁徙鸟类影响较小。

风电机组行内间距约 462m，行间距为 1848m 进行布置，即扣除叶片长度，风机叶

片转圈与转圈之间的距离保持在约 308m。每台风机叶片转动形成阻隔面积为 1.9hm<sup>2</sup>，62 台共计阻隔面积为 157.7hm<sup>2</sup>，风机与风机之间有一定的廊道供鸟类飞行通过。

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

#### 6.9.4 风电场对鸟类繁殖的影响分析

风电场附近夏候鸟主要是牛背鹭、白鹭、池鹭和白额燕鸥等水鸟，其繁殖地不在项目评价区范围，在项目评价区范围内未发现鹭类繁殖地。

风力发电场风机运转时发出的噪音以及风力发电场的工作人员的活动对风电场和周围的鹭类也会造成一定的干扰，使这些鹭类远离风电场活动。而且在繁殖期育雏期间，飞行频繁而且风机的叶片运转所产生的噪音和气流干扰可能会改变觅食地区鱼类等水生生物的活动格局，会对鹭类的觅食和繁殖生态造成影响，导致鹭类繁殖成功率下降。但是，调查评价范围海上风电场风机离岸边最近距离大于 38km，风电场周边海域不是鹭类主要觅食地，因此，风电场不会对鹭类繁殖造成直接影响，不会因为干扰繁殖鹭类的活动而造成鹭类的营巢成功率下降，对鹭类繁殖期的觅食和繁殖影响轻微。

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

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

#### 6.9.5 风电场对鸟类栖息地的影响分析

调查评价范围主要是水库、沙石海滩、浅海水域、水产养殖场，分布的鸟类主要为鸥类、鸬鹚类、鹭类以及普通鸬鹚等。项目区离风电场较远，约 40km 以上，分布鸟类主要是鸬鹚类、红嘴鸥以及鹭类等。

调查评价范围为海上风电场，距离 40km 以上，风电场对海岸水鸟以及陆地的鸟类栖息、觅食产生的影响相对较小，而且分布在风电场周围的鸟类相对较少，对鸟类栖息地总体影响小。

调查评价范围海上风电场风力发电机 62 台，位于调查评价范围海上，距离海岸 40km

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

选择类似风电场作为参照物。根据对风电场的周边鸟类调查监测，参照营运期对鸟类种群、数量与分布的影响，结合本项目区域鸟类及生境现状的调查，分析本项目营运期对鸟类影响。

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

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

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

④ 在距离风电场 400m 以外的区域，水鸟的活动几乎不受影响，为零影响区。

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

### 6.9.6 小结

本项目项目建设对鸟类的综合影响较小，属于可接受范围。建设单位在严格落实本

报告所提出的保护措施前提下，可将其对鸟类不利影响降低到最小程度，其影响是可接受的。

## 6.10 工程建设对周边用海活动及敏感目标的影响

### 6.10.1 对海洋敏感区的影响分析

本项目周边保护区包括山洲列岛海洋保护区，与本项目相对位置见图 6.10.1-1。

本项目风电场距离山洲列岛海洋保护区最近约 10.7km。图 6.10.1-1 为施工期 10mg/L 悬浮泥沙包络线与周边保护区及生态红线区的叠置图。

#### (1) 对山洲列岛海洋保护区及红线区的影响

山洲列岛海洋保护区、山洲列岛厚壳贻贝海洋保护区生态保护红线区均位于风电场西南侧，最近距离分别为 10.7km、11.8km。

由于风电场及海缆均不占用山洲列岛海洋保护区和山洲列岛厚壳贻贝海洋保护区生态保护红线区，且距离较远，风电场施工期间的悬浮物、噪声及运行期的风机噪声、锌释放对山洲列岛海洋保护区和山洲列岛厚壳贻贝海洋保护区生态保护红线区均无影响。因此，工程建设对山洲列岛海洋保护区和山洲列岛厚壳贻贝海洋保护区生态保护红线区影响均较小。

#### (2) 对牛山岛渔场重要渔业水域生态保护红线区的影响

牛山岛渔场重要渔业水域生态保护红线区位于风电场及海缆南侧，风电场及海缆与该红线区最近距离约 8.2km。

由于风电场及送出海缆均不占用牛山岛渔场重要渔业水域生态保护红线区，且距离较远，风电场施工期间的悬浮物、噪声及运行期的风机噪声、锌释放对牛山岛渔场重要渔业水域生态保护红线区无影响。因此，工程建设对牛山岛渔场重要渔业水域生态保护红线区影响较小。



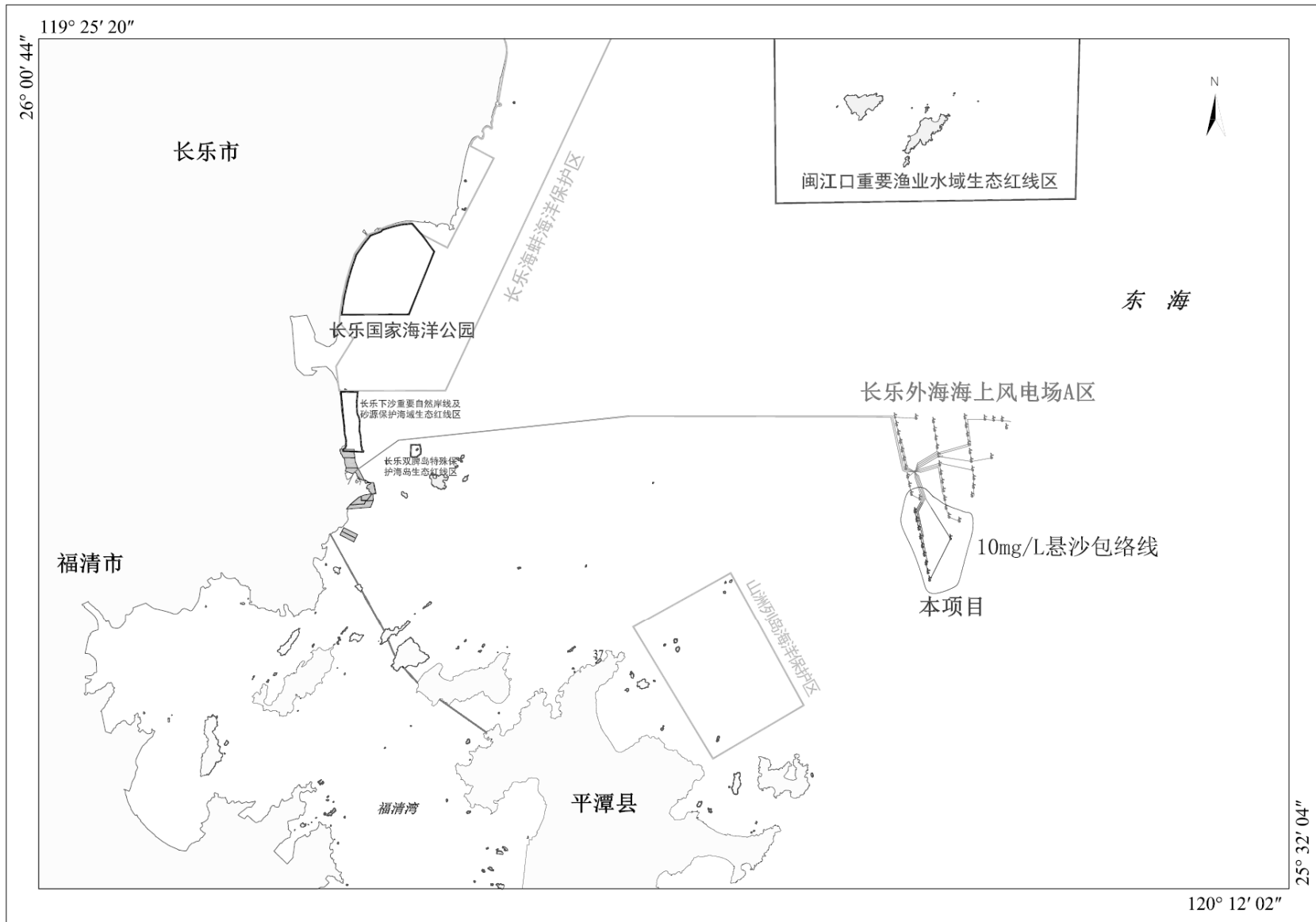


图 6.10.1-1 本项目悬浮泥沙扩散范围与周边海洋保护区的叠置关系图

## 6.10.2 对渔业活动的影响分析

### 6.10.2.1 对周边渔港及渔船的影响分析

本项目周边海域主要处于保护区、旅游休闲娱乐区、港口航运区岸段，其附近渔港均较少，主要分布在南侧漳港附近、海坛岛东部以及松下港南侧屿头岛附近。本项目与渔港距离均较远，海缆敷设完成后一般无影响，施工期间场区也与渔港相距较远，不会影响渔船进出港作业。

### 6.10.2.2 对海上养殖的影响分析

本项目风电场区、风电场内海底电缆附近均无确权养殖，见图 6.10.2-1。

风电场区周边确权海上养殖位于海坛岛东北部，主要分布于海坛岛北角的长江澳、东部的东庠岛西南侧、东洲岛附近及屿头岛附近。其中，海坛岛北角的长江澳附近主要养殖底栖和附着的贻贝、红蛤、鲍鱼等水产品，规模较小，用海方式为围海。东洲岛附近三宗养殖距离本项目最近，其为刘必兴的贻贝底播养殖，规模较大。东庠岛西南侧养殖分为底播、池塘和网箱养殖，屿头岛附近有渔港较多，其附近有较大面积渔业养殖。

本项目风电场区及场内海底电缆路由区距离各养殖区均较远，施工期及运营期均不会对养殖区产生影响。



图 6.10.2-1 风电场区附近海域海上养殖位置图

### 6.10.2.3 对闽中渔场的影响分析

福建海域按群众的生产习惯分为闽东、闽中和闽南三大浴场，包括台山、东引、横

山、官井洋、牛山、乌坵、东北定、兄弟岛和外斜等渔场，渔场总面积达到 4 万多平方公里。其中闽东渔场为北起福鼎沙埕港，南至闽江口之间的东海南部海区，渔场范围在北纬 27°00"-26°00"，包括台山、东引、横山、官井洋等渔场；闽中渔场位于台湾海峡北部，北起闽江口，南至晋江围头，渔场范围在北纬 26°00"-27°30"，包括牛山、平潭、乌坵、崇武等渔场；闽南渔场位于台湾海峡、北起晋江围头，南至台湾浅滩，渔场范围在北纬 24°30"-23°00"，还包括台湾浅滩（外斜）、汕头渔场及甲子渔场等一部分。根据地理位置，本项目位于闽中渔场北部海域。

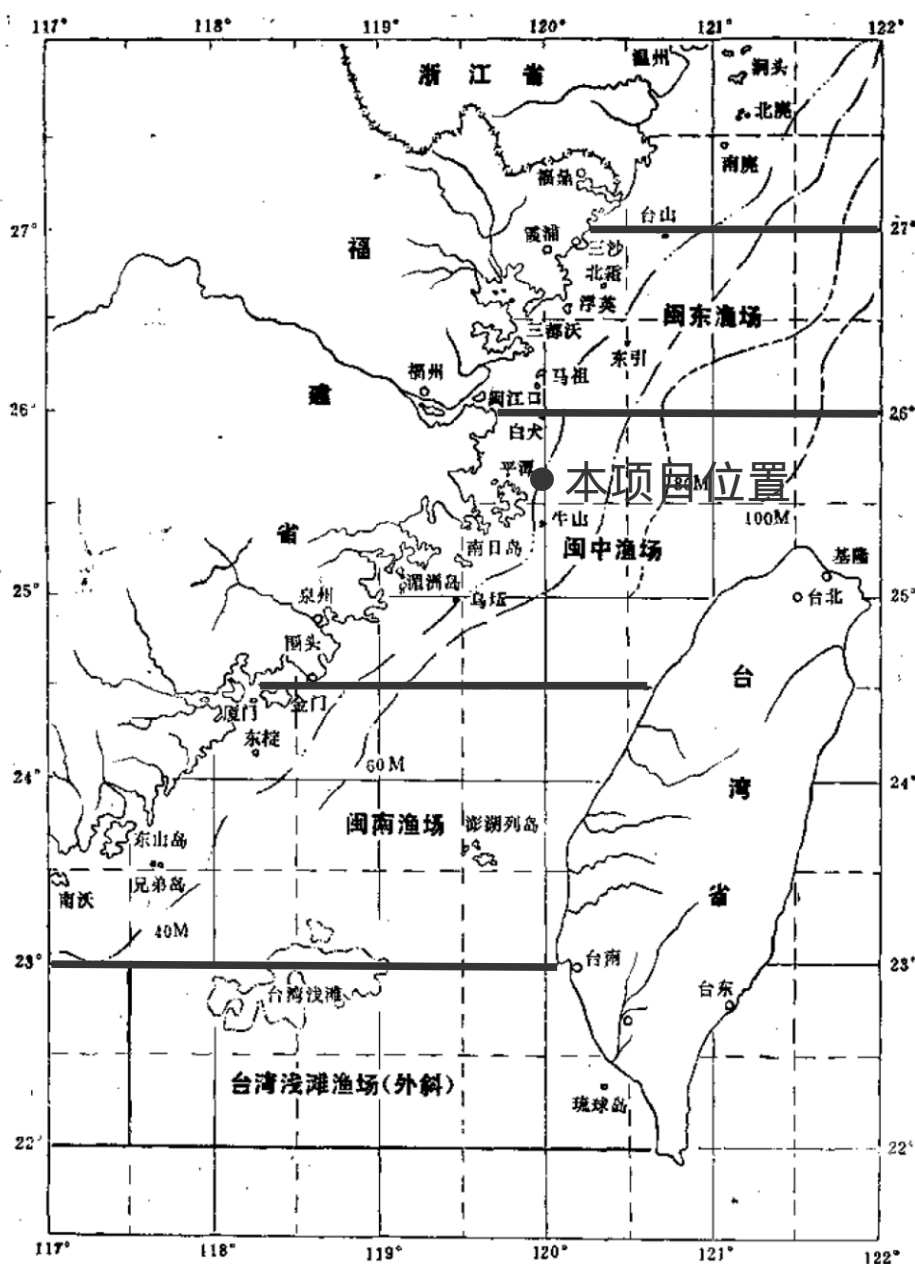


图 6.10.2-2 本项目与福建渔场位置关系叠放图

(1) 闽中渔场基本概况

闽中渔场位于福建中部沿海，其范围为 24°30' ~ 26°00'N，121°30'E 和台湾北部以

西海区，渔场总面积 32135.83 平方公里，可作业面积 18812.57 平方公里，其中沿岸渔场面积 4987.12 平方公里，内海渔场面积 13825.45 平方公里。中心渔场位于牛山岛、乌丘屿以东海域和崇武半岛以南和祥芝角与围头角以东水深 30~70m 海域。

渔场海域生态环境特征：水温年平均表层为 22.6~26.6°C，盐度年平均表层为 31.3~34.1，水深 5~82 米。本海区受闽浙沿岸水、台湾暖流、黑潮和黑潮支梢的影响。渔场的水温、盐度明显偏高。闽中渔场游泳生物 60 种，发光鲷占 18.95%，带鱼占 11.59%，刺鲷占 8.40%，灰鲳占 5.31%，蓝园鲀占 5.25%；浮游动物共有 205 种，中华哲水蚤占 9.657%，软拟海樽占 8.777%，异尾宽水蚤占 5.507%，五角水母占 4.697%，藤壶幼体占 3.87%；共有 50 种浮游植物，中肋骨条藻占 54.22%，短角弯角藻占 9.16%，掌状冠盖藻占 6.18%，旋链角毛藻占 5.66%，菱形海线藻占 4.24%；底栖生物 148 种，粒致纹蚶占 54.29%，指纹蛤占 12.51%，秀丽波纹蛤占 5.26%，红色扇形珊瑚占 1.49%，中华海因螺占 1.44%。

渔场主要捕捞对象：带鱼、大黄鱼、大眼鲷、绿鳍马面鲀、白姑鱼、鲳鱼、鳓鱼、蓝点马鲛、竹荚鱼、海鳗、鲨、蓝园鲀、鲈鱼、乌贼、剑尖枪乌贼、黄鳍马面鲀等，估计可捕捞量 6~7 万吨，其中春汛（3~6 月）主要捕捞大黄鱼、带鱼、银鲳、乌鲳、鳓鱼、鲨鱼、海鳗、马鲛、蓝园鲀、鲈鱼、乌贼、毛虾；夏汛（7~9 月）主要捕捞蓝园鲀、短尾、大眼鲷、乌鲳、白姑鱼、鲨鱼、鳓鱼、绒纹线、鳞鲀、小公鱼、梅桐鱼、对虾；秋汛（10~11 月）主要捕捞鲨鱼、鲷鱼、海鲈、对虾、海蜇；冬汛（12~2 月）主要捕捞大黄鱼、带鱼、蓝园鲀、鲈鱼、海鳗、鲷鱼、日本鳗、小公鱼、乌贼、毛虾、梭子蟹。

主要作业类型：对拖网、单拖网、灯光围网、底层流刺网、灯光敷网和钓等。

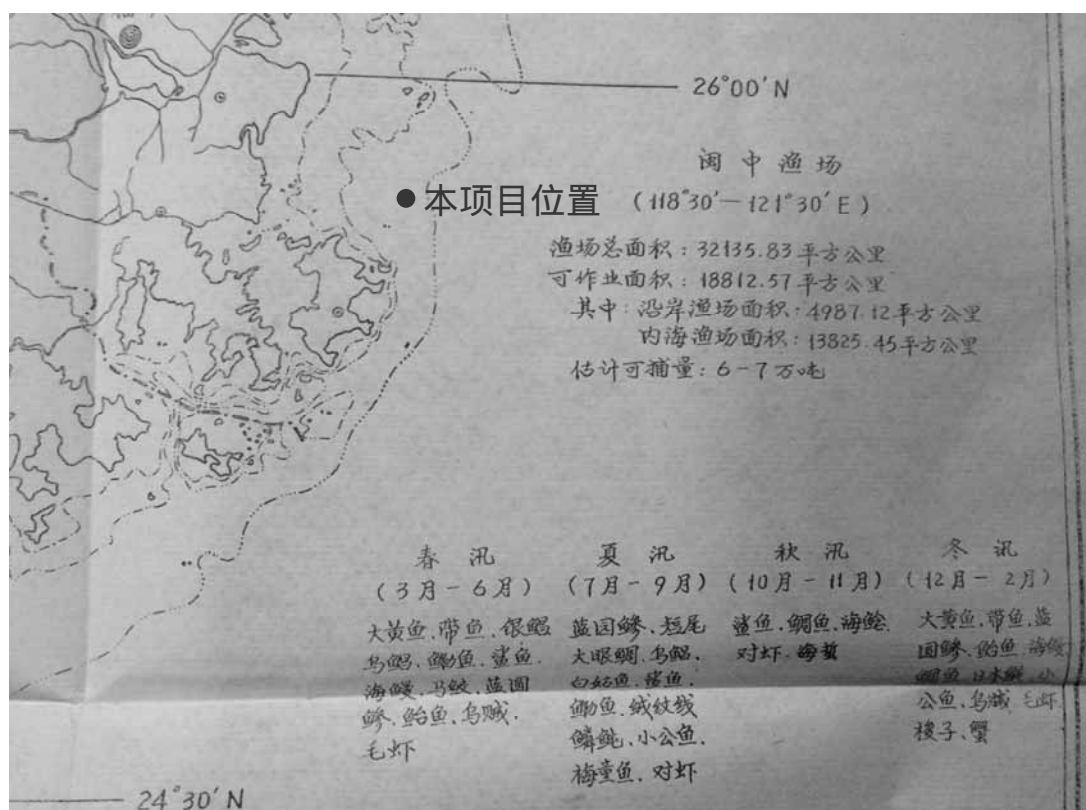


图 6.10.2-3 本项目与闽中渔场关系叠放图

## (2) 项目建设对闽中渔场的影响

每个海上工程建设项目都不可避免的对周边海洋生态环境造成一定的影响, 本项目建设也存在这样的影响, 但与其他项目相比, 本项目对所在海域生物的生存存在一定的正面效应, 如风机基础有人工鱼礁的作用。

我国海上风电场建设起步较晚, 由于海洋环境的复杂性, 海上风电场对生态环境的影响尚未可知, 国内鲜有相应的研究; 国外海上风电场建设较早, 相应的研究较多, 不少研究表明风机基础有明显的人工鱼礁效应, 包括近岸和近海的风电场。Marie Maar 等运用 Dynamic Energy Budget (DEB) 模型模拟了丹麦位于波罗的海近岸的 Nysted 风电场中贻贝的生长和反馈, 结果显示, 风机基础处的贻贝数量是冲刷保护区的 7~18 倍, 是周边海床中贻贝数量的 500 多倍, 因为风机基础能提供更多更稳定的食物; 高密度的贻贝还能通过自身的摄食、排泄等在风机基础处形成生物活动“热点 (hot spots)”。Reubens J.T. 等于 2009 年 1 月至 2011 年 12 月对比利时部分北海中的风机基础、遇难船和沙质海底的鳕鱼和大头鱼的数量进行监测, 结果显示, 沙质海底中的鱼群数量最少, 风机基础处数量最多, 鱼群明显地聚集在风机基础附近, 且数量随季节改变, 在捕食期间即夏、秋两季最为密集。Tara Hooper 等收集丹麦 Horns Rev 风电场风机基础及冲刷保护区内黄道蟹 (Cancer Pagurus) 连续三年春、秋的检测数据, 数据显示, 黄道蟹在

风电场内的密度很高，有个风机甚至每平方米约有 1900 个幼蟹，高密度的黄道蟹也表明风机基础及其冲刷保护区可以提供适宜的生境，对蟹的数量也有正面的影响，各种不同年龄的黄道蟹表明风机基础可以作为繁殖区域，同时也表明噪声和电磁场并不足以阻止幼蟹的生存和发展或是驱赶成年蟹。

综上所述，无论是近岸还是近海风电场，风机基础和冲刷保护区均有一定的人工鱼礁效应。风机基础作为硬基质引入砂质底质的海域，为贝类、蟹类或鱼类提供繁殖、摄食、生长、栖息、抵御天敌的场所，经过充分的时间，这些生物群落与海上风力发电场将形成类似于天然的硬底质生物群落。当然，人工鱼礁效应也因风机所在海域的温度、盐度、水文和底质条件的不同而不同。

可见，在本项目选定海域建设海上风电场，能有效改善当地海洋生态环境，风机基础作为大型藻类、贝类等的附着基，并为鱼类、蟹类繁殖、摄食、栖息等环境有显著的改善，有利于当地捕捞业的可持续发展，对于近年来高强度捕捞作业影响下的闽中渔场的生态恢复具有积极的一面。

### （3）项目建设对闽中渔场捕捞作业的影响

由于海上风电场建设，风机孤立式基础分散布置在海中，对海上渔船通航、捕捞作业带来影响，并且海底电缆建设划定保护海域，该海域内禁止捕捞作业，也减少了捕捞作业水域。

#### （一）作业水域的影响

本项目 10 台风机连线圈闭海域面积 7.63 平方公里，海底电缆保护水域面积 13.8 平方公里，分别占渔场总面积( 32135.83 平方公里 )的 0.02%、0.04%，可作业面积( 18812.57 平方公里 )的 0.04%、0.07%。总体看，项目实施占用闽中渔场面积较小，不会改变海域的捕捞总体趋势。

#### （二）作业方式的影响

闽中渔场主要作业方式有对拖网、单拖网、灯光围网、底层流刺网、灯光敷网和钓等捕捞作业方式。

本项目为在海上建设固定位置的风机和海缆，占用了一定空间水域，因此对该海域不同捕捞作业方式影响方式不同，主要影响的是需要在海中航线捕捞作业方式，如对拖网、单拖网，对其他捕捞作业方式（灯光围网、底层流刺网、灯光敷网和钓）几乎无影响。

根据《平潭外海海上风电场一期项目通航安全分析报告》（厦门海警海事咨询服务

有限公司，2020年12月），海峡内渔船作业方式多，主要包括拖网、定置网（张网）、光诱、流刺网、虾拖、笼捕及杂渔具作业等。据渔业管理方面的调查资料，海峡内海洋捕捞渔船分布如图5.1-2d所示。图中蓝色线表示拖网作业渔船；桃红色线表示张网作业渔船；绿色线表示中小渔船；橘色线机轮拖网渔业禁渔区线。可见项目所在海域近岸以张网作业为主，远海区以拖网作业为主。

同时，本项目建设位置位于福州松下港区东侧海域、已批长乐外海海上风电场A区南侧，该海域为福州松下港区出海航线，且是海坛海峡、台湾海湾相关航路的交汇处，周边航道主要包括松下港区主航道衔接段、沿海内航路、中航路等，项目建设位置在航道中间三角海域建设，为人类海上航行活跃海域，该海域的原有商船航线自身也对该海域的捕捞作业有所影响。加之本项目北侧长乐A区海上风电场已经获批用海，局部海域已经由渔业用海主导功能属性转变为工业用海，因此，项目实施对当地渔民传统作业影响可接受。

#### （4）对闽中渔场生产作业影响

从上述分析可知，本项目建设对于闽中渔场的生态环境修复具有积极改善的作用，有利于渔场生物量的丰富，但项目建设占用并划定一定保护水域，减少了生产作业水域，带来一定安全影响。但由于本项目远离闽中渔场的中心渔场（中心渔场位于牛山岛、乌丘屿以东海域和崇武半岛以南和祥芝角与围头角以东水深30~70m海域），且占用和保护水域为人类海上航行活动高活跃海域、占闽中渔场面积比例极低，因此，项目建设对闽中渔场不利的影响较小。

同时，建议在风电场边界风机建设航行和捕捞作业警示设施，避免渔船发生碰撞风机的风险事故。具体通航风险评估及警示装置设置以通航环境条件评估中具体分析和要求。

### 6.10.3 对周边海底电（光）缆管道的影响分析

据海域海图情况，风电场区周边海域海底电缆管道较近的为福州-淡水海缆项目（TSE-1），其余较远的均为与平潭连接的海缆管道，包括长乐-屿头、乐屿岛-屿头岛、苏沃-大练、大练岛-小练岛等一系列管线。

福州-淡水海缆项目（TSE-1光缆）由中国联通、中国移动、台湾远传、台湾大哥大、台湾国际缆网和台湾中华电信共同投资建设，海域权属人为中国联合网络通信集团有限公司，海缆连接大陆福州和台湾淡水，海缆全长约270公里（其中海中段205公里），共计16芯光纤，采用目前最先进的波分复用技术，一期设计容量高达6.4T。该项目是

首条全部由海峡两岸电信运营商共同投资建设并运营的连接大陆至台湾本岛的直达通信电路。项目建成后，将大幅度提高两岸通信能力，改善通信品质，为两岸人民提供质优价廉的通信服务。

本项目本身距离 TSE-1 海缆 6.5km，对其无影响。

#### 6.10.5 对长乐外海海上风电场 A 区项目的影晌

根据《福建省海上风电场工程规划报告》，长乐外海区域共规划有八个项目，分别为长乐 A~H 区项目，其中福州海峡发电有限公司拟在长乐外海 A 区风电场规划海域建设长乐外海海上风电场 A 区项目。

由于近年来风机单机发电量逐步提高，原长乐外海 A 区风电场规划场址范围内可装机容量可在规划区北侧建设。据此项目建设单位拟依托长乐外海风电场 220kV 送出海缆、海上升压站建设平潭外海海上风电场一期项目（本项目）。

项目建设单位与相邻的长乐外海 A 区风电场属于同一集团，利益相关问题可在单位内部协调解决。

#### 6.10.6 工程建设对通航安全影响分析

《平潭外海海上风电场一期项目通航安全分析报告》（厦门海磐海事咨询服务有限责任公司，2020 年 12 月）对本项目通航环境影响进行了专题论证。

##### 一、与《福建航海航行指南》的相关推荐航路位置关系

根据福建海事局在 2015 年出版的《福建沿海航行指南》（以下简称“航行指南”），长乐海上风电场附近水域主要推荐航路有中航路、内航路（闽江口经牛山岛至乌丘屿航路）以及松下港进出港推荐航路。这些间距中，反映出本项目规划场址与“内航路：闽江口至牛山岛航段”的间距最小，即场址东南侧端点（控制点 P2）与内航路是 3.32km。



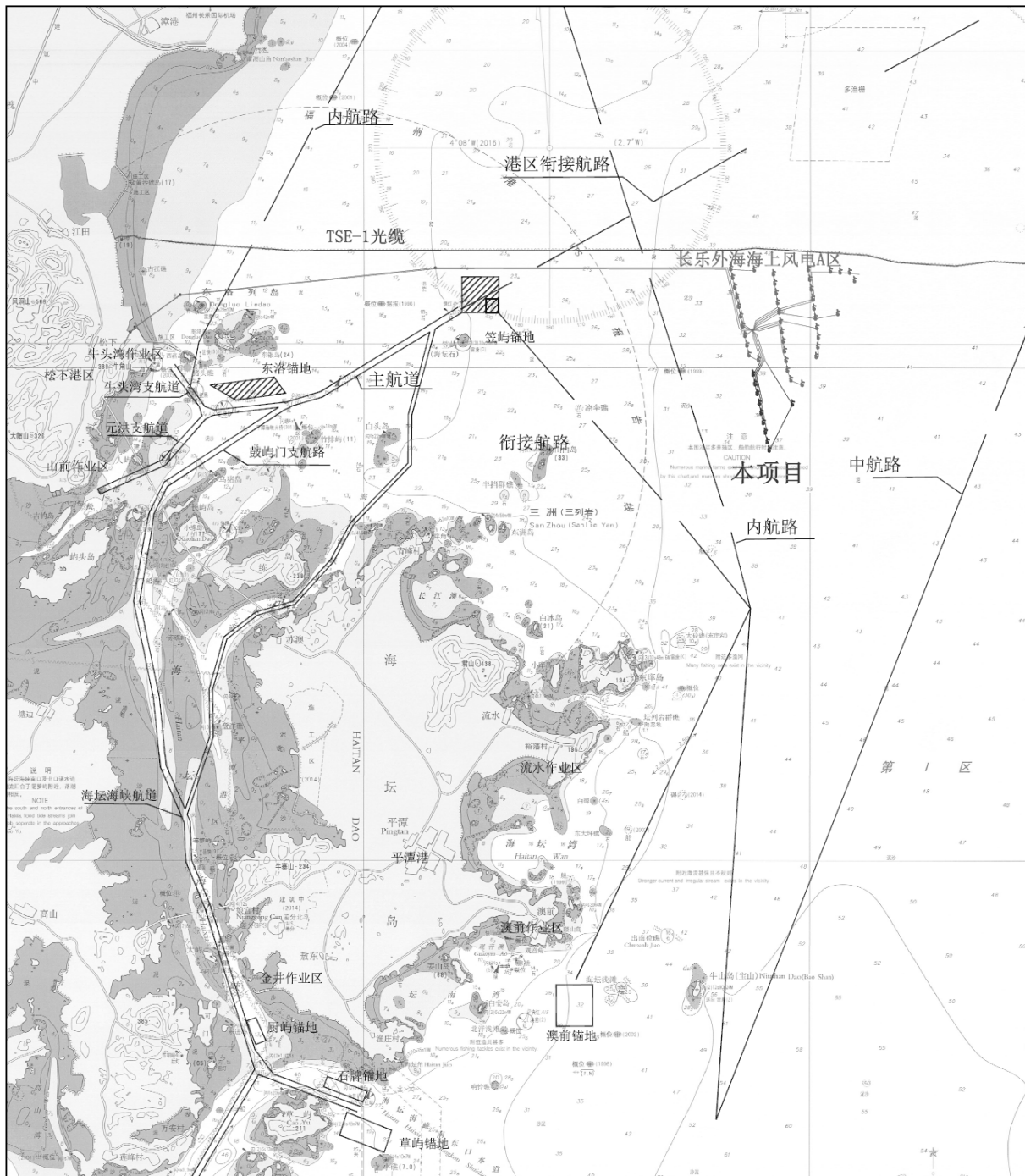


图 6.10.6-1a 项目周边码头、航道、光缆分布图

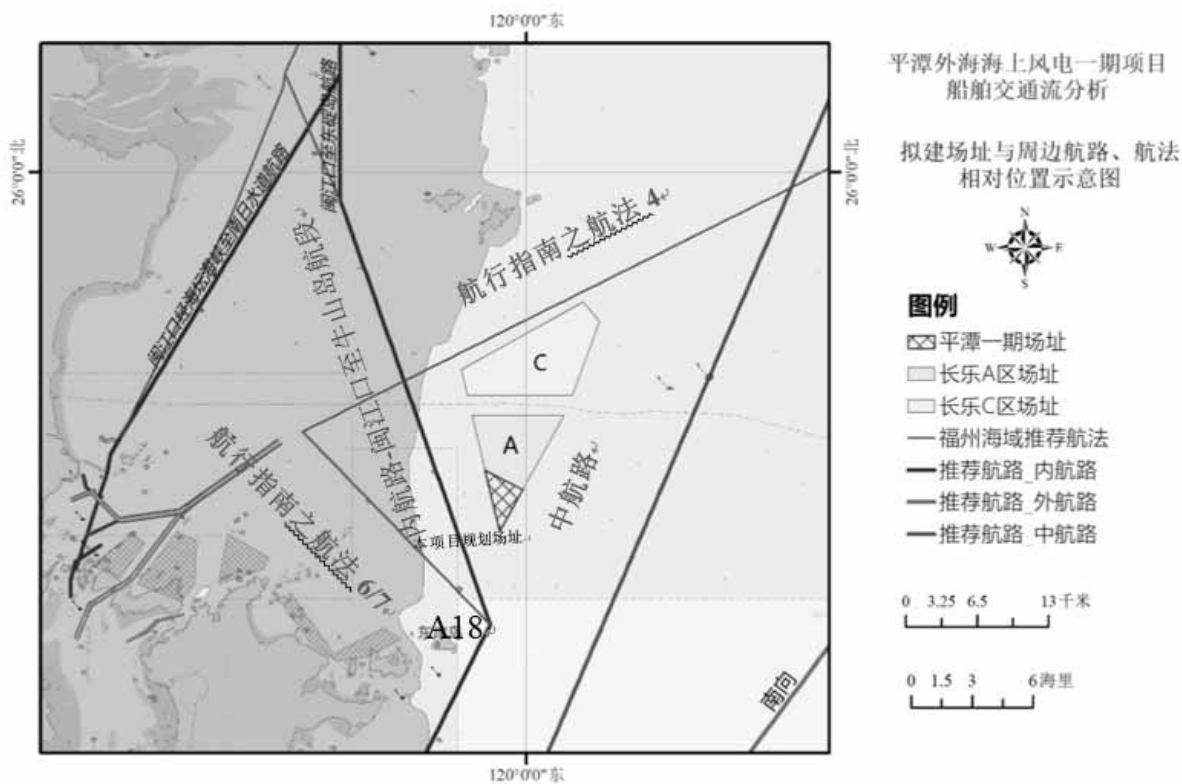


图 6.10.6-1b 本项目与周边推荐航路、进出松下港区航法空间关系示意图

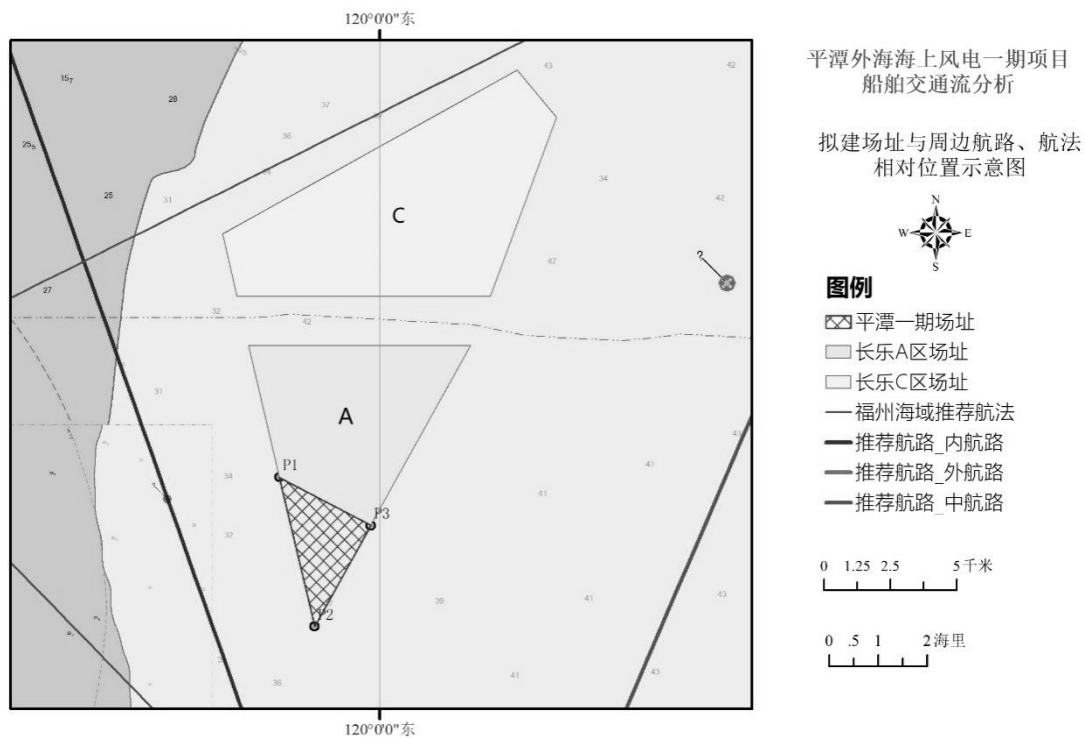


图 6.10.6-1c 本项目与周边推荐航路、进出松下港区航法空间关系示意图—局部放大

## 二、与习惯航路位置关系

通过专业 GIS 软件绘制出本项目周边海域的船舶活动核密度图，在海图（纸质海图或电子海图）中叠加 2019 年 9 月至 2020 年 8 月商船的交通流密度图层，可大致看到本项目场址范围（红色网格）周边水域的主要航迹带。

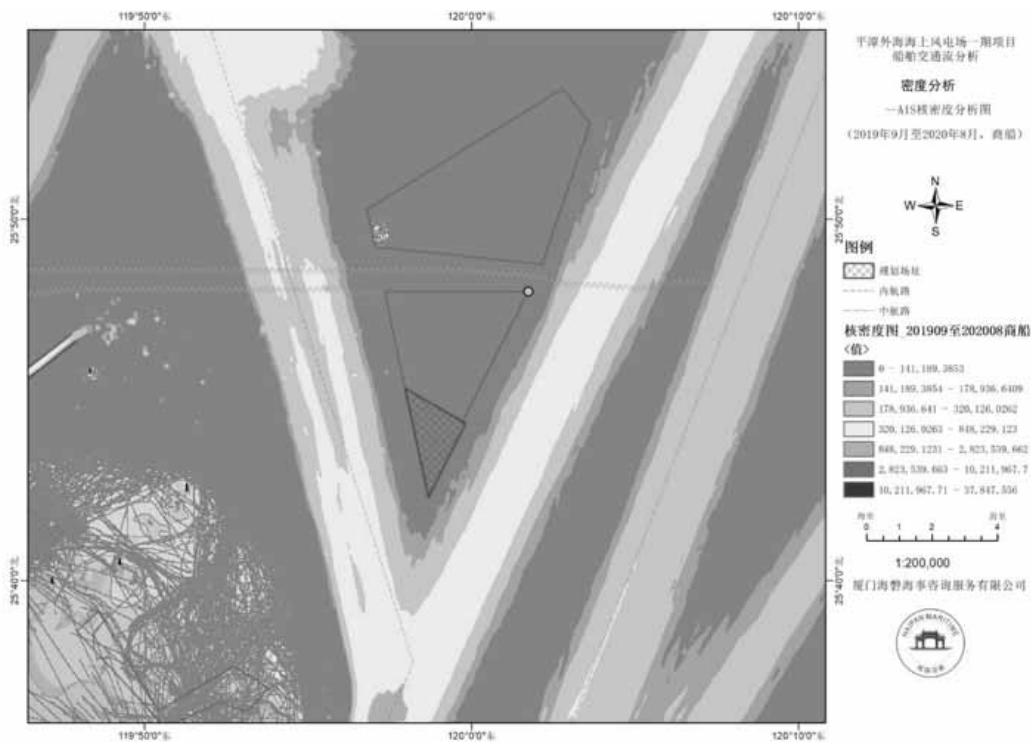


图 6.10.6-1d 本项目周边海域的商船 AIS 轨迹核密度分布图 (2019 年 9 月至 2020 年 8 月)

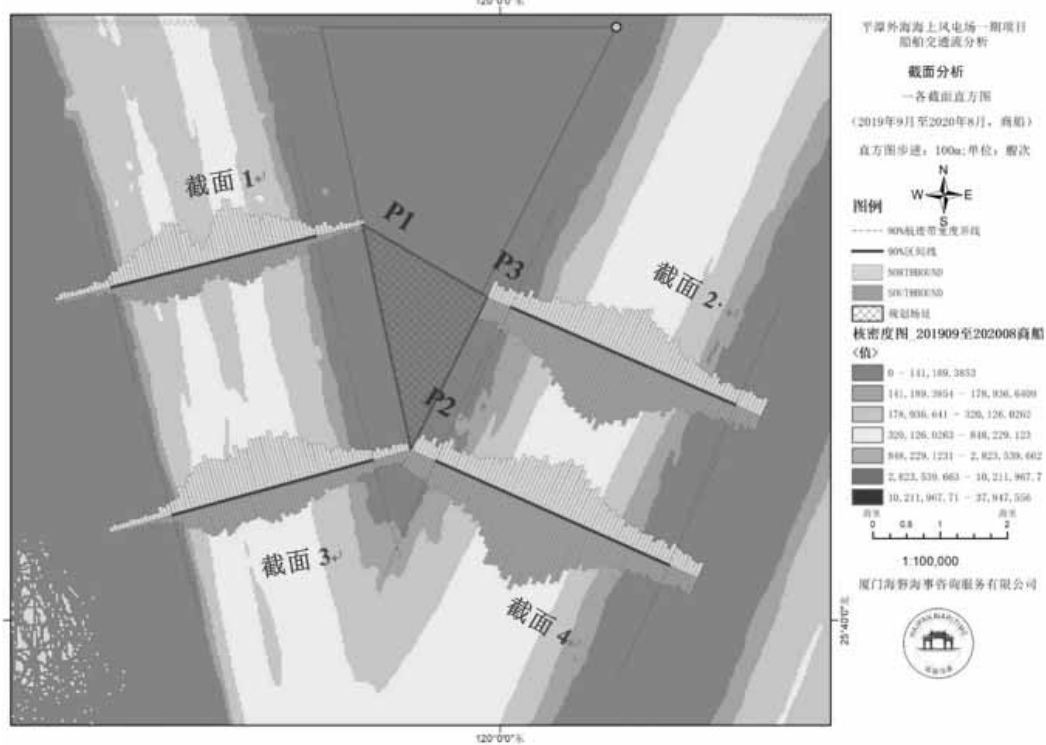


图 6.10.6-1e 观测期间通过四个截面且区分航向的商船交通流量直方图叠加商船全年核密度分布图 (2019 年 9 月至 2020 年 8 月; 步进值为 100 米, 黄棕色是北上方向, 青蓝色是南下方向)

### 三、场址周边海域渔船活动总体分布

根据 2019 年 9 月至 2020 年 8 月期间的船舶 AIS 数据资料,可绘制出拟建工程附近水域的全年渔船活动核密度分布情况,如图 5.1-3f 所示。拟建场址因位于内航路之外,因此与渔船活动密集区(大多在渔港附近)距离较远。

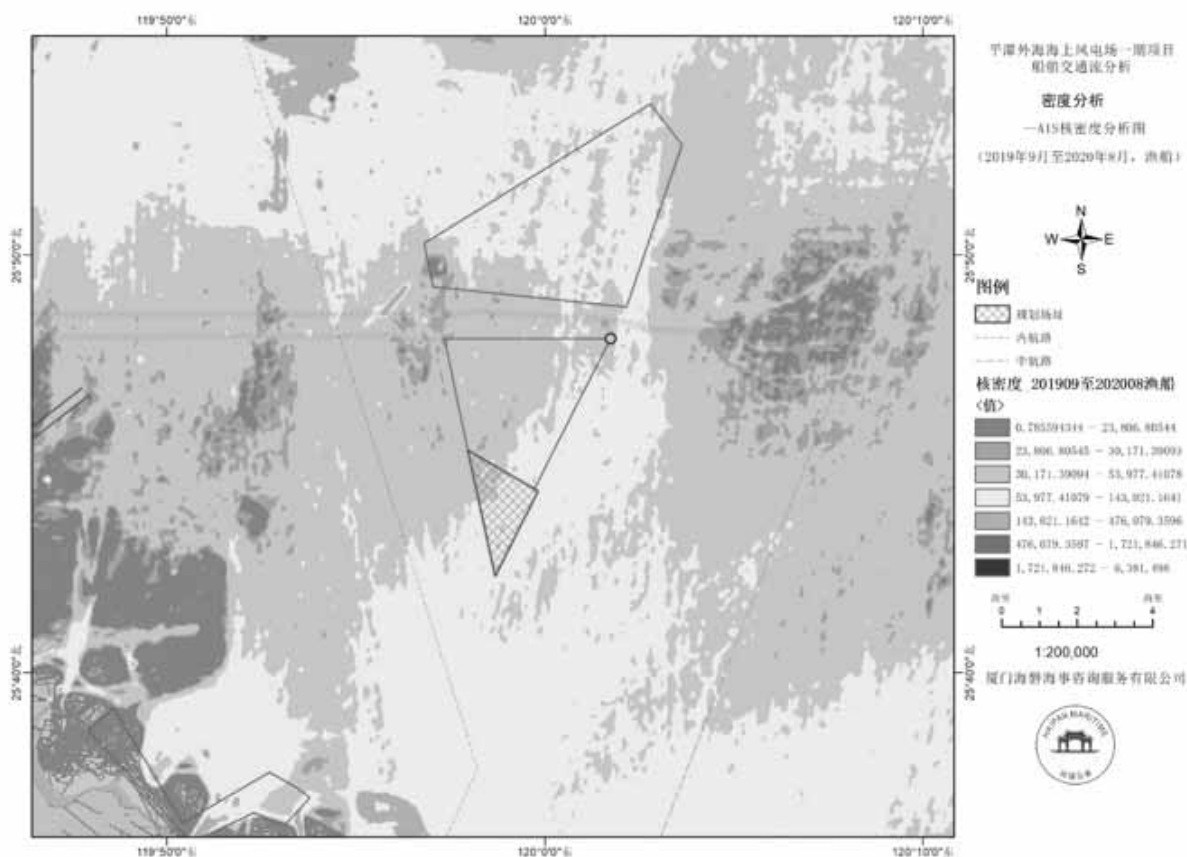


图 6.10.6-1f 本项目周边海域的渔船活动核密度分布图 (2019 年 9 月至 2020 年 8 月)

#### 四、风电场场址优化

本项目拟建场址与两侧航迹带的间距是否满足参考安全距离,是依赖于长乐 A 区一期、二期建设情况。

此外,考虑到拟建场址与西侧内航路的参考安全距离是 1910 米、拟建场址与东侧习惯航路的参考安全距离是 1946.6 米,即场址与东侧航迹带的安全间距要求更大,加上东北风季节拟建风电场位于东侧习惯航路的下风;为此,本报告建议拟建场址东侧界线(即风机 9#和 10#连线)与长乐 A 区二期建设方案的东侧边界保持一致。即风机 9#和 10#风机机位沿着 P2P3 连线,后退 180 米,因此 P3 与截面 2 的间距、P2 与截面 4 的间距都相应增大 180 米。

平潭外海一期项目的北侧有两个涉水工程,且其施工期航标均已布设,具体时间如下:

1) 长乐外海风电场 A 区施工专用标是 2020 年 5 月 31 日完成布设,航标效能验收时间是 2020 年 6 月 10 日;

2) 长乐外海风电场 C 区施工专用标于 2020 年 9 月 9 日完成布设,航标效能验收时间是 2020 年 9 月 15 日。

考虑上述风电场在施工期阶段，对本项目周边的船舶交通流具有一定的影响，特别是更临近本项目的长乐外海 A 区。为此，本项目特提取长乐外海 A 区施工专用标布设后的 2020 年 7 月至 8 月期间的平均值来表征本项目优化后的效果。从表 4.3-2 所示：

在 2020 年 7 月至 8 月期间，就场址西侧的习惯航路而言，P1 与截面 1 的间距为 2133.8 米、P2 与截面 3 的间距为 1819.5 米，前者略大于参考的安全距离（1910.6 米），而后者略小于参考的安全距离。

在 2020 年 7 月至 8 月期间，就场址西侧的习惯航路而言，P3 与截面 2 的间距为 1955.6 米、P2 与截面 3 的间距为 1998.7 米，两者略大于参考的安全距离（1946.6 米）。

进一步考察本项目场址西侧习惯航路间距，如表 4.3-2 所示数据，该间距近两年（2019 年和 2020 年）8 月均比 7 月略有缩减；当然 2020 年 7 月比 2019 年 7 月的间距扩大，而且 2020 年 8 月比 2019 年 8 月的间距扩大。

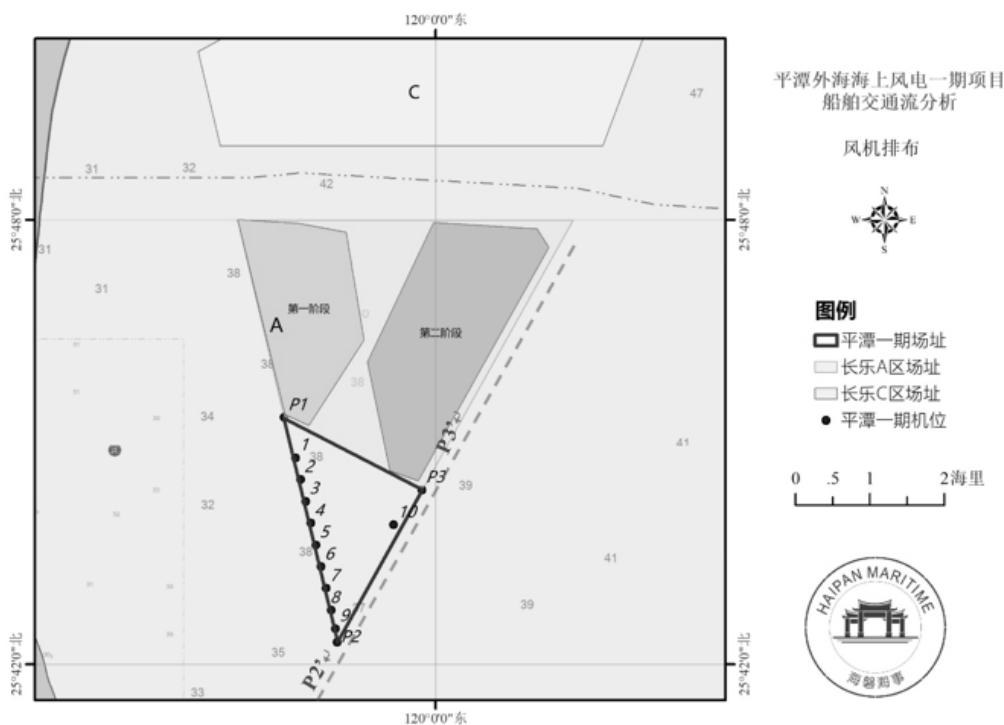


图 6.10.6-1g 平潭外海海上风电场一期项目风机排布与长乐 A 区项目的空间关系

## 五、建议

### 1) 拟建风电场对航路、航道的影响

风电场优化后场址与习惯航路上 90% AIS 航迹带边界与西侧内航路最小距离 1819.5m，与东侧中航路之间最小距离 2135.6m，依据福建海事局《技术指南》计算得出的安全距离参考值分别为 1768.6m-1910.6m 和 1798.6m-1946.6m。优化后场址与东、西侧航路间距离满足要求。

考虑到本项目水域目前未布设航标，船舶在该水域处于自由航行状态，参考长乐外海海上风电场 A 区施工期航标布设及电子围栏投入使用前后，船舶运动轨迹明显外移的实际情况，以此类推，在本项目在布设施工期航标及电子围栏并投入使用后，通过本项目场址的船舶能够被引导到本项目水域外侧通行。

大风天气条件下部分小型船舶在东庠岛东侧水域与白犬列岛之间南北向航行以减小风浪的影响，这些船舶经过拟选场址的西北角部附近，在相应航路航行的船舶需要根据风电场的建设适当调整航法，风电场场址优化调整后总体上可以适应船舶的航行要求。为了进一步改善船舶在大风浪天气条件下特殊航法的航行要求，可在大砣礁上设置灯桩，并清除本报告“4.3.2.4 场址西侧海域沉船扫测”中的碍航物 2，改善船舶航行条件。同时，根据本次扫测结果：海图中标示碍航物 1 和碍航物 5 沉船概位周围 2000m × 2000m 区域，没有发现沉船或其他可疑物体，建议按相关程序将结果上报有关部门。

#### 风电场安全设施配备

##### A 警示标志和监控设备配备

业主应委托专门机构设计和设置风机警示标志和风电场助航标志，角部风机设置雷达应答器和雷达反射器，风电场外围水域设置电子围栏。

建议施工期将整体风电场水域边界外扩 500m 作为工程建设期的施工水域，设置电子围栏，发布航行通（警）告，更新海图资料，以便船舶及早适应风电场建设环境。

建议业主在风电场区域（特别是拐角处风机）配备 CCTV 监控设备，并将其申请纳入海事监控系统；监控值班室配备 VHF、AIS 等设备，配备有航海经验的值班管理人员，加强对风电场周围环境的监控管理，确保风电场的安全施工和运营。

##### B 建议采取必要的风机防撞措施

为了满足海上风电场在风机设备调试、运行和检修等日常工作船的靠船需要，在基础靠泊侧设置靠船构件减小靠泊的冲击力。综合考虑防撞设施布置的造价和风电场周边所处的通航情况，以预防为主。对风电场全部风机基础采用预警措施，即风机基础顶部侧面喷涂警示反光漆，海上升压变电站导管架基础及每座风机基础均设置警示灯和雷达应答器等。

对于风电场角部的风机位置较为突出，外围风机邻近航路，为防止过往船舶碰撞风机，外围和突出部位的风机，建议设计一定程度的抗撞击能力。同时在部分重要风机上应设置雷达增强器、雷达应答器及 AIS 虚拟航标等设施设备。

建议根据国内外防撞技术，结合风电场附近水域实际通航环境，对风电场防撞进行进一步的专题研究。

## 6.11 其他环境影响预测与评价

### 6.11.1 大气环境影响预测分析

本工程在施工过程中对大气环境的影响主要为施工机械、船舶和运输车辆产生的废气以及陆上运输车辆的物料装卸、堆放、运输等产生的扬尘，运营期主要是柴油发电机燃烧产生的废气。

#### (1) 扬尘

施工期扬尘污染因子为 TSP，扬尘污染有以下特点：

① 道路扬尘、装卸作业和施工工地扬尘，占全部施工过程扬尘的 85%，土方和砂石的堆放过程产生的扬尘占 15%。

② 施工及运输车辆引起的扬尘对路边 30m 范围以内影响较大，路边的 TSP 浓度较高，影响范围可达其下风向 100m 之内的地段。

③ 道路扬尘产生量最少的是水泥路面，其次是坚实的土路，再次是一般土路，最差的是浮土多的土路。

④ 工地扬尘对 TSP 浓度的影响表现为：下风向一侧 0~50m 为重污染带、50~100m 为较重污染带、大于 100m 为轻污染带。

由于本项目施工期起尘环节多属无组织排放，在时间和空间上均较零散，因此本评价采用类比调查的方法对施工期的大气环境影响进行分析。

① 根据类比调查结果可知：当风速为 3.2m/s 时，工地内距离工作点 100m 以下的下风向范围内，TSP 浓度在 0.5~2.0mg/m<sup>3</sup> 之间，相当于环境空气质量二级标准的 1.7~6.7 倍；扬尘的影响范围在工地下风向 50~200m 之间，在下风向 200m 处 TSP 可达到环境空气质量二级标准。

② 根据 1997 年北仑港现场监测资料，砂石料汽车运输线路两侧 20~25m、车流量 400 辆/d 的 TSP 监测结果，增加量在 0.072~0.158 mg/m<sup>3</sup> 之间，平均为 0.115mg/m<sup>3</sup>。

#### (2) 车辆、机械设备和船舶作业废气

施工期海上船舶作业，机械设备使用及陆域的车辆运输等过程会产生少量尾气，燃料都为轻质柴油，产生的主要污染物为 CO 和 NO<sub>x</sub> 等，由于作业地点零散，且为间断无组织排放，对环境影响较小。

### (3) 柴油燃烧废气

柴油发电机组工作时产生的大气污染物主要为烟尘和氮氧化物等,会对空气环境产生一定的不利影响,为减小对空气环境的污染影响,柴油发电机组应采用轻柴油作燃料,严禁使用重油、渣油为燃料。柴油发电机组仅在正常供电中断时启动,使用频率很低,产生废气量很少,不会对周围空气环境质量产生明显的影响。

综上所述,海上施工区周围无环境敏感点,各类施工机械、船舶产生的废气对大气环境影响较小。陆上运输车辆流量小,在采取诸如对运输道路硬化、清扫、洒水及对运输车辆进行覆盖等减少扬尘量措施的前提下,产生的扬尘对陆域环境空气影响较小。

## 6.11.2 固体废弃物影响预测与评价

### (1) 施工期

工程施工活动无弃渣,工程施工期间固废主要为施工人员生活垃圾。

按每人每天产生量为 1.0kg 计,施工人员平均 220 人/d,则施工人员生活垃圾产生量为 220kg/d。海上生活垃圾通过船舶清运至陆上,陆上生活垃圾通过垃圾桶收集,由当地环卫部门定时清运,对周围环境影响很小。

### (2) 运行期

运行期固体废物主要来自陆上集控中心管理人员产生的生活垃圾,管理人员管理与生活区设置于陆上集控中心内,其固体废物影响评价纳入依托的长乐 A 区陆上集控中心环评内,本次环评不再对其重复评价。风电场运行期间风机润滑油约每 3~5 年更换一次,每台风机内部润滑油约 1.4t,按每 3 年更换一次,则风电场运行 25 年润滑油总产生量约 117t,风电场风机更换的润滑油(废物代码 900-214-08)收集后交由有资质单位处置,对周围环境影响很小。



## 7 环境事故风险分析与评价

### 7.1 事故识别

本项目为海上风电场，由海上风电机组和电气接线两部分组成。回顾国外海上风电项目建造、运行经验，并参考国内外相关资料，上述项目组成部分在建设期和运行期均存在潜在的事故风险和环境风险。主要包括：

#### 7.1.1 溢油事故风险分析

##### (1) 船舶碰撞事故风险分析

本工程为海上风力发电项目，主体工程本身不涉及易燃易爆、有毒有害物品。施工期主要溢油风险为施工船舶碰撞溢油事故，运营期环境风险包括船舶与风机碰撞溢油风险和风机桩基失稳内部油料泄漏。油料是由各种烷烃、环烷烃和芳香烃组成的混合物，大部分为液态烃，伴有气态烃和固态烃，所含基本元素是碳和氢，两种元素的总含量平均为 97%~98%，同时含有少量硫、氧、氮等，化学组分因产地不同有所差异。

根据交通部海事部门有关统计资料，我国 1990 年~2010 年各类等级的溢油事故分档统计见表 7.1.1-1。由于船舶溢油事故 50t 以下的数据不够完整，该表对一般船舶污染事故不做统计。

表 7.1.1-1 我国 1990 年~2010 年船舶、码头溢油事故分档统计表

年份	较大船舶污染事故		重大船舶污染事故		特别重大船舶污染事故	
	事故次数	溢油总量/t	事故次数	溢油总量/t	事故次数	溢油总量/t
1990	1	100	0	0	0	0
1991	0	0	0	0	0	0
1992	2	430	0	0	0	0
1993	0	0	0	0	0	0
1994	3	300	0	0	0	0
1995	5	1367	1	700	0	0
1996	3	785	2	1532	0	0
1997	3	490	0	0	1	1000
1998	2	392	0	0	0	0
1999	0	0	2	1089	0	0
2000	1	230	0	0	0	0
2001	1	200	0	0	1	2000
2002	4	825	1	900	0	0
2003	2	650	1	670	0	0
2004	1	100	0	0	2	3268
2005	2	571	1	950	0	0
2006	2	664	0	0	0	0
2007	2	350	0	0	0	0
2008	0	0	0	0	0	0
2009	2	532	1	500	0	0
2010	0	0	0	0	0	0
总计	36	7986	9	6341	4	6268

1990~2010 年期间，共发生船舶溢油事故（溢油量 $\geq$ 50t），71 起，其中我国海域

发生较大船舶溢油污染事故 36 起，发生频率为 1.71 次/a，所占比例 50.7%；发生重大船舶溢油事故 9 起，发生频率为 0.43 次/a，所占比例为 12.7%；发生特别重大船舶溢油污染事故 4 起，发生频率为 0.19 次/a，所占比例为 5.6%。根据分析结果可知，发生较大船舶溢油污染事故的频率较高，应引起重视。

船舶溢油事故按事故原因可分为操作性事故和海损性事故。操作性事故一般指在装/卸货油、加燃油、其他作业期间发生的事故，包括违章故意排放。海损性事故一般指由于碰撞、触礁/搁浅、船体损坏、火灾爆炸等引起的船舶事故。根据《我国沿海港口船舶溢油事故分析及对策研究 [J]》，对于溢油量在 1t 以下的船舶溢油事故，其原因主要是操作性事故。对于溢油量在 7t 以上的船舶溢油事故，原因则主要是海损性事故。从图 7.1.1-1 对船舶溢油事故原因分析可以看出，7 种事故原因所引起的船舶溢油事故次数和溢油总量的变化规律基本一致。即碰撞是船舶溢油事故的最主要原因，共发生溢油事件 42 起，其发生次数占总溢油次数的 59.15%，其导致的溢油总量也最高，占有所有溢油事故溢油总量的 44.35%；其次是触礁/搁浅而引起的船舶溢油事故，共发生溢油事件 14 起，占总船舶溢油事件次数的 19.72%，其溢油总量为 6564t，占有所有溢油事故溢油总量的 29.79%。由操作性原因和船体倾覆所导致的船舶事故次数最低，都为 2 起，占总船舶溢油事故的 2.82%。

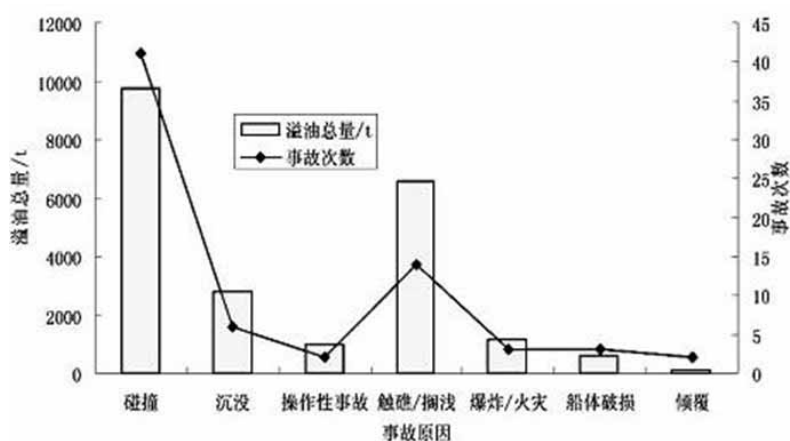


图 7.1.1-1 我国船舶溢油事故原因分析

## (2) 风机损坏风险事故

风机荷载计算时不仅考虑了导致风力发电机组最不利工况的风轮启动位置(风轮启动位置的间距应不超过 30°)，且考虑了极端暴风的初期电网失效，无独立电网系统来保证控制系统至少运行 7 天和偏航系统工作 6 小时(假设偏航角误差为正负 180°)。海上风机及支撑结构设计时，考虑 50 年一遇最大风速情况下，风机发生上述故障无法偏航，叶片正面迎风情况下风机极端荷载，并将其与 50 年一遇极端高潮位下累计频率 H1%

波浪联合作用，以确保风机、基础结构安全可靠。

台风、风暴潮等恶劣天气会对风机产生较大危害，台风施加在设备上的静力效应和动力效应共同作用下不断施加疲劳载荷，最后达到或者超过叶片和塔架的设计载荷极限，轻则引起部件机械磨损，缩短风力发电机组的寿命，严重的使叶片损坏及塔架倾覆。

本工程单台风机内部塔架中设置 35kV 变压器，其油品为脂油，油量约为 1.2t，呈密封状态；同时风机机舱和轮毂中还存在较多润滑油，油品主要为油脂、液压油等，约 1.4m<sup>3</sup>。根据其组成特性，该类油具有较好的分水性，由于其油量远小于施工船舶油量，并且密封于风机机舱内的变速箱内，当风机桩基失稳倒塌导致内部油料泄漏后，对周边海洋环境影响相对较小。

### 7.1.2 通航环境风险

运营期本项目将占用部分海域，在海上建设 10 台风机，项目周边分布有港口、航道和锚地等，对通航环境造成一定的影响。

### 7.1.3 自然灾害风险事故

风机遭受雷电、台风等自然灾害风险事故。

### 7.1.4 其它风险事故

包括：鸟类撞击风机、风机自身设计缺陷损坏或倒塌、长时期冲刷造成电缆和海床之间形成掏空等。

## 7.2 溢油事故影响预测分析

### 7.2.1 溢油风险预测分析

#### （一）预测模型

溢油在海洋水体中的运动主要表现为两种过程：在平流作用下的整体位移和在剪流、湍流作用下的扩散。溢油自身的表面扩散过程持续时间很短，而持续时间较长的运动形式主要表现为平流输运和湍流扩散。本报告采用“油粒子”方法来模拟溢油在海洋环境中的时空行为，用随机方法模拟扩散过程，用定性方法模拟平流过程。

#### （1）动力学过程

动力学过程包括平流过程和扩散过程，溢油在每一瞬时的三维空间位置和分布状态则是各种运动过程的综合作用结果。

##### ① 漂移过程（平流运动）

漂移过程是油膜在外界动力场（如风应力，油水界面切应力等）驱动下的整体运动。

海流的预测模式选择上述垂向积分的浅水方程组作为海流的控制方程。

### ② 扩展过程

扩展过程是油料溢出到海面上，受到惯性力、重力、粘性力和表面张力共同作用，使油与海水产生了不平衡的压力分布面向四周扩散，分为惯性—重力阶段、重力—粘性阶段和粘性—表面张力阶段。对实际溢油事件的观察发现，在溢油的最初数小时里，扩展过程占支配地位。

扩散速度分量可以通过用拉格朗日独立粒子（随机游动）算法来模拟粒子云团在水中扩散，在  $\Delta t$  时间内平均移动为：

$$S_{rmsL} = \sqrt{2 * D_L * \Delta t} \quad S_{rmsT} = \sqrt{2 * D_T * \Delta t} \quad (7.2-1)$$

式中： $S_{rmsL}$  和  $S_{rmsT}$  分别是纵向和横向方向上的距离的平均平方根， $D_L$  和  $D_T$  是水平扩散系数， $\Delta t$  为时间步长。

### (2) 非动力学过程

非动力学过程包括蒸发和乳化作用。

#### ① 蒸发

蒸发是由于石油烃类从液态向气态的相变而造成的油膜与空气之间的物质交换。溢油的组份、表面积及其物理特征、风速、海气温度、海况以及太阳辐射的强度等都影响蒸发的速率。低烃类组份有较高的饱和蒸发压，因此有较高的蒸发速率，蒸发后溢油中的低沸点烃类迅速减少。

蒸发率随着溢油区域的厚度变化。

对于溢油厚的部分：

$$F = (1/C) [\ln P_0 + \ln(K_m AvtC / RTV + 1/P_0)] \quad (\text{式 } 7.2-2)$$

式中： $F$ —蒸发部分； $V$ —溢出体积 ( $m^3$ )； $R$ —空气常数； $C$ —常数；

$A$ —溢油面积（厚部分）( $m^2$ )； $T$ —海表温度 (K)； $v$ —摩尔体积；

$t$ —时间；

$K_m$ —质量输运系数，与  $U_{0.78}$  成比例， $U$  为风速；

$$P_0 = C_r \cdot \exp\left(1 - \frac{T_0}{T}\right), \quad C_r \text{ 为常数, } T_0 \text{ 为油的沸点 (K)}$$

对于溢油薄的部分：

$$R_{eva} = C_{eva} (t/t_{max}^c) \quad (\text{式 } 7.2-3)$$

式中： $R_{eva}$ —蒸发率； $C_{eva}$ —系数；

$t_{max}^c$ —蒸发的最大时间，决定于溢油的组份。

### ② 乳化作用

溢油在海水中乳化，形成毫米量级的乳化物（油包水颗粒）。海况能影响乳化的速度，但最终的乳化总量与海况无关，而仅取决于溢油中乳化剂的含量。形成的乳化物具有较高的密度和粘性，可以影响溢油的扩散过程。轻质的易挥发的油很少形成乳化物，重质燃料油或原油会形成相当大量的乳化物。当乳化颗粒与碎屑或生物残骸结合而重量增加时，将沉降到海底。

计算乳化物含水量的公式（Mackay 等 1980）为：

$$Y_w = \frac{1}{K_B} (1 - e^{-K_A K_B (1 + U_w) 2t}) \quad (\text{式 7.2-4})$$

式中： $Y_w$  为乳化物的含水量（%）； $K_A = 4.5 \times 10^{-6}$ ； $U_w$  为风速；

$$K_B = \frac{1}{Y_w^F} \approx 1.25；Y_w^F \text{ 是最终含水量；} t \text{ 为时间。}$$

### ◆ 密度变化

乳化对油密度的影响表示为：

$$\rho_e = (1 - Y_w) \rho_0 + Y_w \rho_w \quad (\text{式 7.2-5})$$

式中： $\rho_e$  为乳化后油的密度； $\rho_0$  为乳化前油的初始密度； $\rho_w$  为海水密度； $Y_w$  为乳化物含水量。

蒸发对油密度的影响表示为：

$$\rho = (0.6 \rho_0 - 0.34) F + \rho_0 \quad (\text{式 7.2-6})$$

综合两者的影响，油的密度表达为：

$$\rho = (1 - Y_w) [(0.6 \rho_0 - 0.34) F + \rho_0] + Y_w \rho_w \quad (\text{式 7.2-7})$$

### ◆ 粘性变化

溢油在风化过程中粘性会增加，主要是由于蒸发和乳化，此外粘性很大程度上与油面温度有关。

用 Hossain and Mackay 提出的方程在实际温度和水含量下计算油面粘性。

$$\eta = \eta^{oil} \exp \frac{2.5y_w}{1-0.654y_w} \quad (\text{式 7.2-8})$$

式中： $\eta$  为乳化后油的运动粘性系数；

$\eta^{oil}$  为乳化前油的运动粘性系数；

$y_w$  为乳化物含水量。

蒸发也可以引起粘性的增加，计算为：

$$\eta^{oil} = \eta_0^{oil} \exp(C_4 F_e) \quad (\text{式 7.2-9})$$

式中： $C_4$  为油中无量纲量[wt%]；

$F_e$  为油蒸发的部分。

乳化和蒸发两种影响结合起来运算如下，它是两种影响不同形式的总和：

$$\frac{d\eta^{oil}}{dt} = C_4 \eta_0^{oil} \frac{1}{V_{oil}^0} \frac{dV_e}{dt} + \frac{2.5\eta^{oil}}{(1-y_w^{\max} y_w)^2} \frac{dy_w}{dt} \quad (\text{式 7.2-10})$$

## (二) 溢油预测条件

### (1) 流场参数

在进行流场良好验证的基础上，在 2017 年 11 月实测潮型中选择大潮汛期的水动力场作为计算流场。

### (2) 气象参数

工程区属于季风气候，冬夏两季的风向差异明显，根据本项目测风站风速资料统计，工程区冬季常风向为 NNE，平均风速约为 9.83m/s；夏季常风向为 SSW 向，平均风速为 7.84m/s。

因此，气象工况取夏季主导风向 SSW（平均风速 7.84m/s）、冬季主导风向 NNE（平均风速 9.83m/s）。

### (3) 溢油源强

本项目北侧为已批长乐 A 区海上风电项目，结合通航环境分析，选择风电场西侧作为船舶溢油预测点。

结合通航分析，项目所在海域船舶通航及施工船型总吨约为 2000t。根据《船舶污染海洋环境风险评价技术规范（试行）》附录 4 中的方法一，燃油载油量=燃油舱最大载油量×实载率，船舶燃油舱最大载油量一般取船舶总吨的 8~12%。工程海域施工及通

航船舶燃油舱载油量取船舶总吨的 10%，则燃油载油量约为 200t。因此，本工程船舶碰撞燃油泄漏量约为 200t。

#### (4) 预测条件组合

综合考虑潮流、风向等因素，对每个溢油点按照天气类型和溢油时刻进行组合：大潮×(SW 向 + NNE 向) ×(涨潮+落潮) = 4 组次，总的方案组合条件情况见表 7.2-1。

表 7.2-1 溢油计算工况表

溢油类型	污染物	溢油规模	典型风向	风速	潮型
船舶碰撞溢油事故 (持续泄漏 1h)	燃料油	200t	夏季主导风向 SW	7.84m/s	涨潮/落潮
			冬季主导风 NNE	9.83m/s	涨潮/落潮

#### (三) 溢油预测结果

事故后溢油污染物迁移扩散路径、范围和扩散浓度、时空分布预测分析结果见图 7.2-1~图 7.2-4，图中亦反映了典型油粒子的运动轨迹和油膜的扫海范围。

表 7.2-2 为发生溢油事故后不同工况下的残油量以及扫海面积统计，由统计表可知，油膜在漂移过程中扫海面积逐渐增大，因此对海洋的影响范围逐渐变大；残油量逐渐减少，一部分原因是生物化学作用下残油逐渐消耗，另一部分原因是溢油被岸滩逐渐吸收。由图表可知，如果风电场发生溢油事故，最大扫海面积将达到 788.36km<sup>2</sup>，出现在夏季主导风向作用下落潮期间发生溢油工况。

在夏季主导风情况下，涨潮期间发生溢油，3~72h 内扫海面积在 6.47~757.32m<sup>2</sup>，残油量在 84.36%~61.59%；落潮期间发生溢油，3~72h 内扫海面积在 10.67~788.36m<sup>2</sup>，残油量在 84.36%~61.57%。

在冬季主导风情况下，涨潮期间发生溢油，3~72h 内扫海面积在 10.59~179.33m<sup>2</sup>，残油量在 84.36%~61.49%；落潮期间发生溢油，3~72h 内扫海面积在 5.23~406.27m<sup>2</sup>，残油量在 84.36%~61.51%。

计算结果表明如果发生溢油事故，并且如果未采取有效拦截措施，溢油对海洋将造成较为严重的污染。

表 7.2-3 为油膜抵达各环境敏感目标的时间统计。计算结果表明如果发生溢油事故，并且如果未采取有效拦截措施，溢油对海洋将造成较为严重的污染。如果风电场区发生溢油事故，在夏季主导风向条件下 (SSW) 涨潮及落潮时溢油后，油膜将会迁移扩散至山洲列岛海洋保护区范围内，抵达时间分别为 28.0h 和 17.3h；在冬季主导风向条件下

(NNE) 涨潮及落潮时溢油后，油膜将会迁移扩散至山洲列岛海洋保护区范围内，抵达时间分别为 16.6h 和 20.0h。

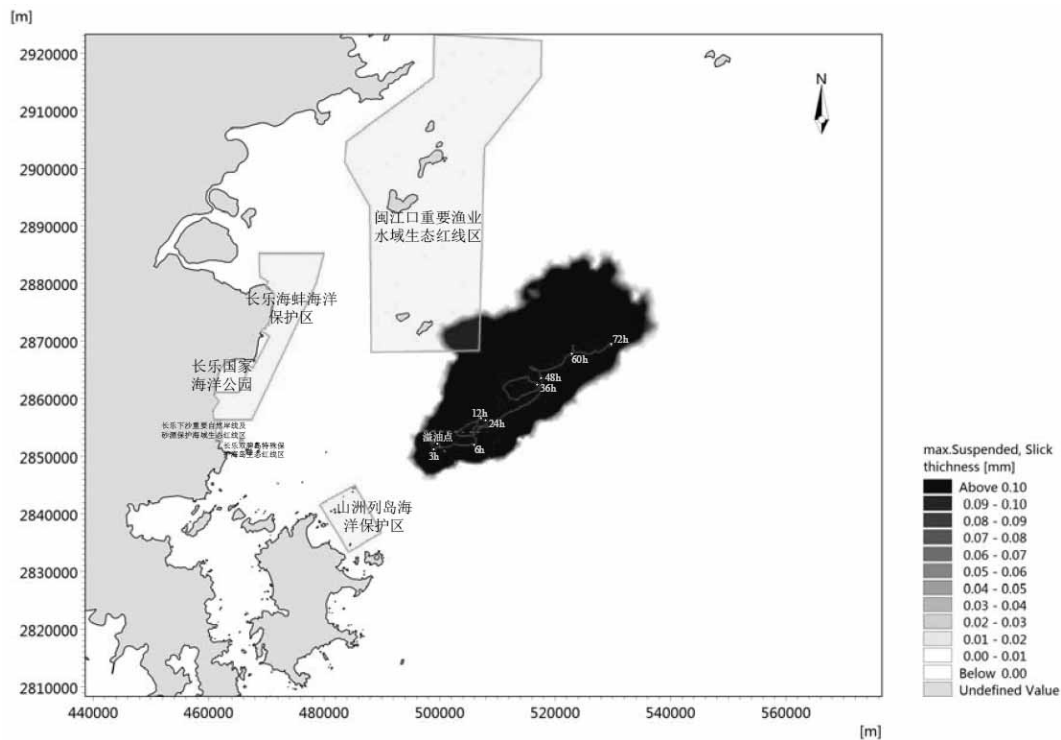


图 7.2-1 夏季主导风向(SW 方向)条件下涨潮溢油油膜扫海范围和典型油粒子运动轨迹

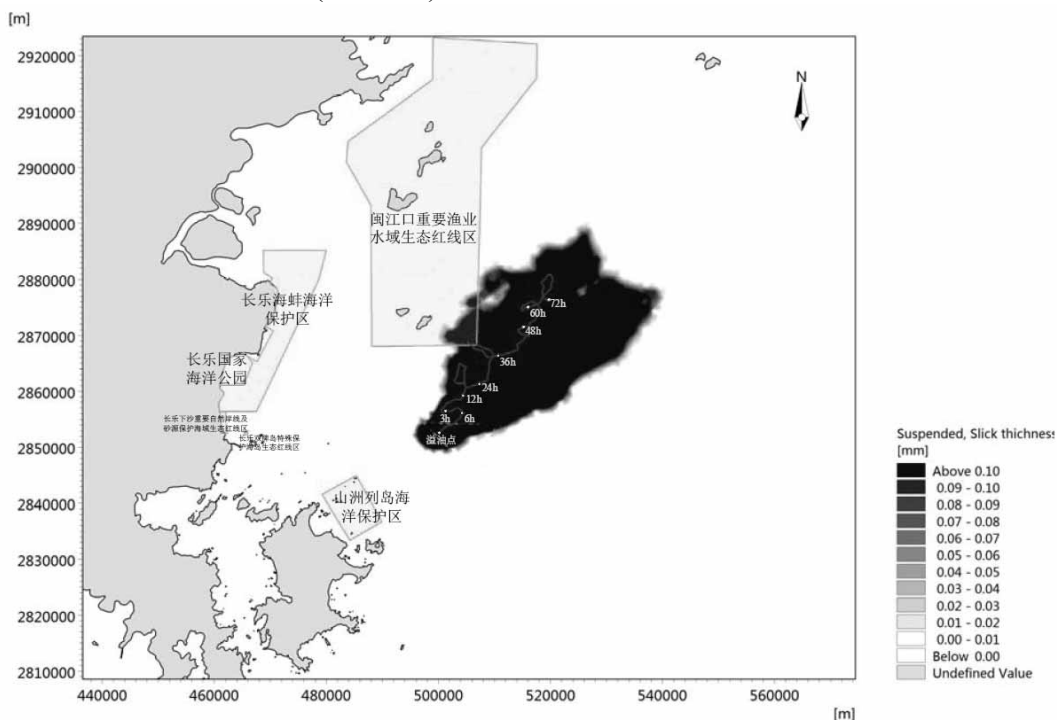


图 7.2-2 夏季主导风向(SW 方向)条件下落潮溢油油膜扫海范围和典型油粒子运动轨迹



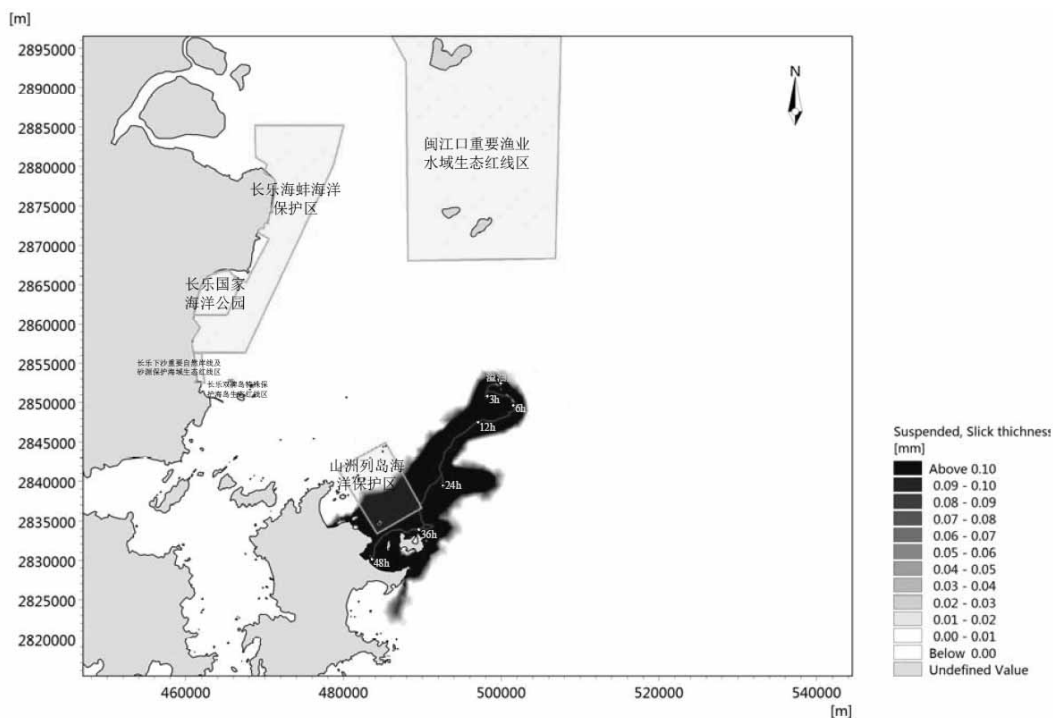


图 7.2-3 冬季主导风向(NNE 方向)条件下涨潮溢油油膜扫海范围和典型油粒子运动轨迹

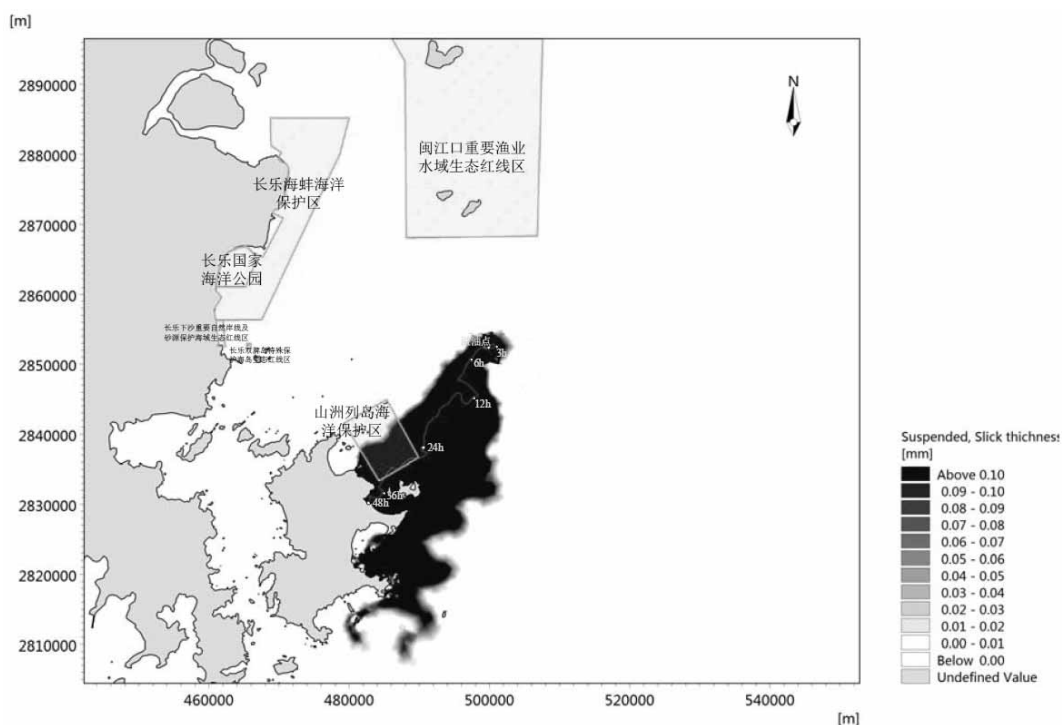


图 7.2-4 冬季主导风向(NNE 方向)条件下落潮溢油油膜扫海范围和典型油粒子运动轨迹

表 7.2-2 溢油扫海面积与残油量

溢油时间		3h	6h	12h	24h	36h	48h	60h	72h	
夏季主导风 (SW)	涨潮	扫海面积(km <sup>2</sup> )	6.47	30.93	60.14	202.70	346.40	440.84	597.57	757.32
		残油量 (%)	84.36%	81.27%	76.63%	72.89%	69.64%	65.78%	62.99%	61.59%
	落潮	扫海面积(km <sup>2</sup> )	10.67	23.94	90.58	186.93	295.56	454.63	602.16	788.36

		残油量 (%)	84.36%	81.29%	76.64%	72.89%	69.65%	65.78%	62.97%	61.57%
冬季主导风 (NNE)	涨潮	扫海面积 (km <sup>2</sup> )	10.59	23.46	33.07	98.07	146.36	165.07	172.82	179.33
		残油量 (%)	84.36%	81.29%	76.63%	72.89%	69.64%	65.76%	62.98%	61.49%
	落潮	扫海面积 (km <sup>2</sup> )	5.23	14.19	63.78	176.05	290.31	350.24	373.61	406.27
		残油量 (%)	84.36%	81.29%	76.64%	72.89%	69.65%	65.78%	62.94%	61.51%

表 7.2-3 溢油抵达各敏感目标时间

单位：小时

计算工况		闽江口重要渔业水域生态红线区	长乐海蚌海洋保护区	长乐国家海洋公园	长乐下沙重要自然岸线及砂源保护海域生态红线区	长乐双脾岛特殊保护海岛生态红线区	山洲列岛海洋保护区
夏季主导风 (SW)	涨潮	27.0	-	-	-	-	-
	落潮	16.2	-	-	-	-	-
冬季主导风 (NNE)	涨潮	-	-	-	-	-	17.5
	落潮	-	-	-	-	-	21.1

## 7.2.2 溢油风险对海洋生物影响分析

### (1) 对浮游生物的影响

浮游植物是海洋生物的初级生产者，最容易受到油污染的影响。0.1mg/L 的油浓度就会影响其正常生长，对于以其为食的浮游动物也随之而受到影响。完全性浮游动物、动物幼体、卵、一些动物的某一个生长期等对油污染更为敏感。表 7.2-4 和表 7.2-5 列举了油污染对一些海洋生物的影响情况。

表 7.2-4 石油产品对海洋生物的致死浓度(1)

生物种类	2 号燃料油或煤油	废油(ppm)
海洋植物	<100 $\mu$ L/L	10
鲭鱼	50 $\mu$ L/L	1700
幼体和卵	0.1 $\mu$ L/L	1.25
浮游甲壳动物	5 ~ 50PPm	15 ~ 20
底栖甲壳动物	0.56mg/L	

表 7.2-5 石油产品对海洋生物的致死浓度(2)

种类	石油产品种类	浓度(ppm)	亚致死反应
普通小球藻	精制萘	1	抑制生长
硅藻、双鞭毛藻	油	0.1 ~ 0.0001	抑制或减缓细胞分裂
日本星杆藻	煤油	3 ~ 38	降低生长速度
海胆幼体	船用燃油的萃取物	0.1 ~ 1	影响受精卵发育
大西洋鳕鱼幼体	BP1002	0 ~ 10	破坏捕食行为

种类	石油产品种类	浓度(ppm)	亚致死反应
大 虾	原油、煤油	10	影响化学感受捕食行为
贻贝	原油	1	加快呼吸、减少捕食
滨螺	BP1002	30	明显抑制生长

### (2) 对游泳生物的影响

鱼类是海洋中主要的游泳生物，它们对油污染的抵抗能力比其他生物较强，但是，1mg/L 的油浓度也会引起鱼类的中毒反应，而对于幼小的鱼苗，它们的敏感程度比成熟的鱼高 100 倍，而且它们不能象成体那样避开被油污染的水域。

### (3) 对其它海洋生物的影响

对于哺乳动物类、鸟类等这样大型的海洋脊椎动物，它们虽能逃离污染区，但是如果是在生殖季节，油类污染了正在栖息生殖的海滩，他们将极易受到伤害，它们的幼体有被窒息的危险，溢油还会污染它们的皮毛，甚至眼睛、鼻孔和嘴，造成不同程度的伤害，威胁其生命。此外，油类中的石油烃在某些不敏感的有机物的同化作用下，能以各种不同方式富集于它们的食物链中，尤其在鱼类、软体类动物体内的富集，使这些动物受到污染。渔业生产也会受到油污染的影响。一方面可能降低渔业产量，另一方面因造成肉质带有油味而降低其商业价值，因而造成较大的经济损失。

综上所述，一旦发生大规模溢油事故，受污染区域内的海洋生物将会受到较严重的破坏。因此，杜绝溢油事故发生，或者是当发生溢油事故后，及时采取应急抢险措施，最大限度降低溢油事故对生态环境的影响。

## 7.3 通航风险事故分析

本工程建设对通航安全的影响分析详见 6.10.6 节。

工程位于福建大陆海岸线以东约 35km 处，风电场西北侧、西南侧有船舶航路，由于风电场与该航道保持了一定距离，对其航行影响较为有限。

工程施工材料由船舶从松下港运往施工水域，需要穿越闽江口内航路，施工船舶穿越航道时应谨慎驾驶、注意瞭望，密切注意航道上及邻近泊位船舶动向，听从调度部门的统一调度，切忌冒险穿越。另一方面，工程周边有小型渔船航行，工程海底电缆施工过程中，应设置施工警戒区，防止周围中小型船舶或渔船误闯施工区域，对本工程施工造成影响。

营运期，本工程风电场远离周边港口码头，选址了也避开了主要航道，但周边仍分布有部分航道，对航道的影 响是主要通航风险。

## 7.4 自然灾害风险分析

工程建成后，所在海域将竖立起 10 台风机，场区形状呈不规则多边形。本工程拟采用风机的轮毂高度为 118m，转轮直径为 185m，在开阔无遮拦的海面上，当遇到暴雨雷电、台风、海雾等恶劣气候条件时，风机可能遭受雷击和台风摧毁的危险。

### 7.4.1 雷击风险

空中的尘埃、冰晶等物质在大气运动中剧烈摩擦生电以及云块切割磁力线，在云层上下层分别形成了带正负电荷的带电中心，运动过程中当异性带电中心之间的空气被其强大的电场击穿时，就形成放电。对风电场运行带来危害的主要是云地放电，带负电荷的云层向下靠近地面时，地面的凸出物、金属等会被感应出正电荷，随着电场的逐步增强，雷云向下形成下行先导，地面的物体形成向上闪流，云和大地之间的电位差达到一定程度时，即发生猛烈对地放电。雷电一般具有：冲击电流大；持续时间短；雷电流变化梯度大和冲击电压高等特点。通常雷击有三种形式，直击雷、感应雷、球形雷。

风机设备遭受雷击受损通常有下列 4 种情况：

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

### 7.4.2 台风风险

根据对 1949-2009 年共 61 年影响福建省近海的 140 场热带气旋进行分析统计，以热带气旋的登陆点为圆心，50km 为半径，若莆田平海湾海上风电场在此范围内，就认为该热带气旋正面登陆风电场，共 34 场，平均每年约 0.6 个。以登陆点为圆心，取 150km 为 10 级风圈半径，而对强度较小的热带气旋、热带低压，只考虑 50km 的登陆半径，若莆田平海湾海上风电场在此范围内，就认为该热带气旋影响风电场，据统计，历年影响莆田平海湾海上风电场的热带气旋共 62 场，平均每年约 1 个。因此，风电场区域每年均存在遭受台风袭击的可能。

风电场海域海平面上 100 米高 50 年一遇最大风速为 49.5m/s，极大风速为 64.4m/s；海域的湍流强度一般情况下都低于 C 类，但热带气旋影响期间，湍流强度变化较剧烈，尤其是台风中心登陆时，湍流强度有一个突变过程，对风机的影响较大；阵风系数为 1.3，

幂指数为 0.10，都远小于陆地。可见平海海上风电场所在区域的风能开发比沿岸陆地更具明显优势。由于平海海上风电场区域位于福建中部沿海地区，进入此区域的热带气旋 74%都经过台湾，强度减弱很多，因此热带气旋对风电场安全运行的影响不大，但也有遭遇强台风袭击的可能性，尤其要关注直接登陆福建的热带气旋。

台风是对我国海上风电发展的一个很大的威胁，由于我国海上风电产业刚刚起步，技术以及设备发展有限，加上海上环境恶劣，投资海洋风电有较大的风险性。台风是对风电场的巨大考验，过去几年里，我国东南沿海风电场因受到台风的袭击而蒙受了很大的损失。2003 年台风“杜鹃”使红海湾风电场的 25 台风力发电机组中的 13 台受到不同程度的损坏，其中有 9 台叶片被损坏；2006 年台风“桑美”登陆浙江省苍南县，造成苍南鹤顶山风电场的 28 台风力发电机组全部损坏，其中 5 台倒塌，损失惨重；2010 年，台风“鲇鱼”在福建漳浦县六鳌镇正面登陆，受此影响，六鳌风电场一期两台箱变线圈短路烧损，二期两台机组轮毂进水、控制柜内元器件损坏，三期 Z13 号风电机组倒塔、Z10 号机组叶片折断。

台风对风电场的可能造成的损害包括：

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

(2) 台风带来的狂风暴雨对输电线路的破坏。

(3) 台风破坏测风装置，使风力发电机组不能正确偏航避风，设备不能降低受风面积，超过设计载荷极限，使设备遭到破坏。

(4) 台风施加在设备上的静力效应和动力效应共同作用下不断施加疲劳载荷，最后达到或者超过叶片和塔架的设计载荷极限，导致引起部件机械磨损，缩短风力发电机组的寿命，严重的使叶片损坏及塔架倾覆。

### 7.4.3 海雾风险

海雾作为影响船舶航行的不安全因素，给海上航行安全带来的最大影响是能见度下降，造成船舶了望、陆标定位困难等，从而易发施工船舶碰撞、航行船舶雾航撞击风机等海上交通事故。雾天发生的海上交通事故以碰撞为最多，并且大多数是人为因素造成或与人为因素有关，主要表现为：(1) 不遵守避碰规则，无视安全航行规章；(2) 风险意识不强，存在盲目、粗心、逞能等不良心里状态，使船舶陷于困境；(3) 应变能力差，缺乏应急措施预案，关键时刻慌乱、操纵失误；(4) 对周围环境估计不足或思想麻痹而失去应有的戒备，造成避让行动迟缓或疏漏；(5) 技术素质低、经验不足，导致判断能

力差和操船能力差；(6) 维护保养不善，船舶的动力装置、通导设备、电力系统等出现故障，使得驾驶人员对船舶操纵失去控制，或航线、船位的准确度和可靠性受到影响，以及船岸、船船间的通信中断。因此，为确保雾航安全、避免发生事故，全体船员要严格遵守规章，加强维护保养，增强风险意识，克服不良心理；驾驶人员尤其要加强学习，积累经验，不断提高航海技术、操作能力和应变能力。

## 7.5 其它事故风险分析

### 7.5.1 鸟类飞行撞击风机

根据相关研究，大部分鸟类的迁徙是在天气晴好的白天，而且大部分鸟类飞行高度较高，即使飞行高度较低的鸟类，也能够较好的识别障碍物，避免与风机发生撞击。在飞行条件较差的时候，如下雨或者起雾时，则有可能发生鸟类与风机的撞击，目前的研究总体结果表明概率较低，特别是在离岸建设风电场，撞击概率就更小。本工程位于南日岛南侧近岸海域，场址周边不是鸟类迁徙路线，加上鸟类的趋避行为，因此实际损失的鸟类数量很有限。

### 7.5.2 海底电缆及风机基础泥沙冲刷淘空

受长期泥沙冲刷的影响，风电场海底线缆和海床之间有形成淘空的可能。根据数模冲淤分析结果，风电场区以淤积为主，最终累计淤积幅度不超过 1.6m，最终累计冲刷幅度不超过 0.5m，因此项目建成后电缆及基础泥沙淘空风险较小。根据风机基础局部冲刷预测结果，工程区风机基础最大冲刷深度为 2.9m。因此，在潮流和波浪的作用下，风机基础附近存在局部冲刷的可能，最大冲刷深度可达 2.9m，而风机海缆如埋设在局部冲刷坑范围内则可能出现海缆出露甚至泥沙冲刷掏空的可能。

此外，考虑工程海域可能遭受风暴潮的影响，风暴潮带来的强劲潮流和风能共同作用也可能造成海缆及基础处的局部冲刷，威胁基础稳定和海缆安全。在施工过程中应避免在电缆和海床之间形成空间，减小局部冲刷，同时应在基础承载设计中预留必要的冲刷余量，基础处电缆敷设深度仍按 2m 控制，在接入风机 J 型管时采用预留长度余量，减缓潮流冲刷影响，确保海缆安全。

为进一步避免海底线缆损坏影响项目运行稳定，应遵守《中华人民共和国海上交通安全法》和《水上水下施工作业通航安全管理规定》的有关规定，敷设海底电缆施工作业，在适当的位置设立昼夜醒目的标志，并保证其完好、有效。敷设完毕后，向主管机关报送管线路由等相关资料，并申请发布航行通(警)告。根据海底电缆保护规定要求禁

止在海缆保护区范围内进行挖掘、采砂等作用。项目建成运行后应开展定期的巡查观测潮滩冲刷变化情况，在风暴潮等恶劣气象条件过后加以必要的检查，如发生局部冲刷及时回填保护。

### 7.5.3 风机损坏及倒塌

兆瓦级新型风电机组产品投入规模化生产运行后，质量和运行可靠性还未在海上得到充分检验。同时，本项目风电场区海域台风、风暴潮发生概率较大，且台风、风暴潮等恶劣天气会对风机产生较大危害，台风施加在设备上的静力效应和动力效应共同作用下不断施加疲劳载荷，最后达到或者超过叶片和塔架的设计载荷极限，轻则引起部件机械磨损，缩短风力发电机组的寿命，严重的使叶片损坏及塔架倾覆。

### 7.5.4 电缆线路短路风险

当集电线路发生短路故障以后，其主要特征是短路点将流过强大的短路电流。这一短路电流将比系统的正常工作电流大许多倍，乃至几十倍，短路电流的危害主要有：

(1) 对人身的伤害。当电气设备发生接地或线路一相落地时，故障电流就会从接地点向四周扩散，形成电压梯度。离接地点越近，电位越高，电位梯度越高。若人处在故障电流区域，不同身体之间会形成电压差，对人体造成伤害。

(2) 短路电流热效应危害。短路电流往往会有电弧产生，它不仅能烧坏故障元件本身，也可能烧坏周围设备和伤害周围人员。巨大的短路电流通过导体时，一方面会使导体大量发热，造成导体过热甚至熔化，以及绝缘损坏。

(3) 短路电流的电动力效应危害。巨大的短路电流将在电气设备中产生很大的电动力，可引起电气设备的机械变形、扭曲、甚至严重损坏。

(4) 短路电流的磁效应危害。当系统发生不对称短路时，不对称短路电流产生不平衡的交变磁场，对送电线路周围的通讯线路可能产生干扰破坏。

(5) 短路电流产生电压降影响其它设备正常工作。很大的电流通过线路时，在线路上产生很大的电压降，影响用电设备的正常工作。

### 7.5.5 地质灾害风险

施工期及运行期，工程所在海域若发生岩溶、海底滑坡、滑移、崩塌、塌陷、泥石流等地质灾害，可能造成地基承载力不足、持力层变形、抗剪强度低等现象，导致风机倒塌，从而出现油料泄露等不利影响。

据《工程岩土勘察报告》，本工程风电场区及其附近未发现活动性断裂通过，新构造运动表现微弱。本阶段勘察未发现海床冲刷沟、浅层气、海底塌陷、滑坡等等不良地

质现象。场地稳定性属于基本稳定，适宜本工程建设。

在工程设计上，本工程风机基础设计级别设置为 1 级，建筑物结构安全等级均按一级考虑，洪（潮）水标准分别按 50 年一遇和 100 年一遇进行考虑。风机基础设计时均充分考虑工程区域地质条件，并从基础持力层、设计载荷、结构强度及稳定性、基础疲劳等多方面进行桩型比选，最终选择了风机基础刚度、强度和抗疲劳性能较好的导管架基础方案。

总体来说，工程场地地质构造基本稳定，在采用相应的工程设计措施且严格按照设计要求施工建设后，工程地质灾害风险能够降低至最低限度，发生因地质灾害风险引起风机倒塌事故的概率较小。

### 7.5.6 风机火灾爆炸风险

风力发电机绝缘严重过热、老化、绝缘受潮、受蚀均可引起绝缘强度降低；线圈绝缘质量差 耐磨耐蚀性差、施工质量差、检修质量低劣等将会引起绝缘松动磨损；在检修或施工过程中，槽中掉进焊渣、铁屑、钢屑或检修工具等易使绝缘严重损伤、强度降低；定子铁芯芯片间材质低劣、绝缘漆受损、绝缘脱落、压紧螺栓的绝缘破坏等将使铁芯涡流增大，从而引起铁芯发热，铁芯烧熔，线圈绝缘破坏时，均会导致线圈短路电弧着火。风电机组灭火设施配备不符合规范要求，未装设火灾自动监测报警及灭火系统等；运行维护不当或误操作引起机端短路时，强大的电流和电动力冲击也常会引起绝缘薄弱部位损坏产生电弧，进而引发火灾爆炸等灾害。

## 7.6 事故防范措施和应急预案

### 7.6.1 溢油防范措施及应急预案

工程各项施工活动基本都需要依赖船舶，如一旦发生装卸作业事故，运输船舶碰撞、倾翻等突发性海上溢油事故，将可能对海域生态环境带来严重的影响。因此，对海上溢油事故应进行防范及应急处理，实行“预防为主、平灾结合、常备不懈”的方针，最大程度减轻事故的危害与损失。

#### 7.6.1.1 施工期溢油风险防范措施

- 1) 加强教育，提高意识
- 2) 施工前，需指定切实有效的安全管理措施和风险事故应急预案，并由建设单位负责组织对海域施工人员的安全环保培训教育，特别针对施工船舶航线安全进行专业培训，同时加强设备的维护和管理，提高施工人员的安全防范意识，切实贯彻“安全第一，



预防为主”的方针，预防溢油事故的发生。

3) 加强施工船舶的安全管理，施工船舶必须接受安全检查，海域施工人员必须经过水上作业安全培训和教育，落实施工期间的安全措施。

4) 施工作业开工前按规定向平潭海事局申办妥水上、水下施工作业手续，申请发布有关施工作业航行通告和航行警告。

5) 施工船进行打桩作业时，应于明显处显示白天显示旗号、夜间显示灯号等港口规定信号。

6) 施工期间各作业船舶应配置有效的通讯工具，指派专人负责联络，密切注视周围船舶动态。

7) 施工作业船应派专人值守了望，当发现来船可能危及施工船舶安全时，应立即通过扩音喇叭向来船发出警告。必要时停止施工，立即松缆避免事故的发生。

8) 在施工现场进行打桩作业时，打桩船舶及服务船舶均需抛锚，为避免施工船抛锚对过往船舶造成危害影响，应白天在艏悬挂经旗，夜间用探照灯向开锚锚位处水面照射。

9) 海域海况差会增加发生船舶碰撞的几率，因此海域风力增加，海浪较大时，当达到施工船舶的抗风浪等级前，施工船应停止施工作业，在气象预报风浪超过施工船抗风浪等级前，应提前撤离施工现场，就近避风。

#### 7.6.1.2 运行期溢油风险防范措施

风电场场区及周边有较多的渔业船舶航行，为防范运行期船舶碰撞及溢油事故风险，必须采取相应的安全措施以保证船舶航行和风机的安全运行。

海上风机应涂有醒目的警示色、夜间需采用警示灯的办法。在风电场场界外侧考虑设置航行警示标，以警示船舶有效避让。

设定专门机构，定期对风电场场区进行巡视，安装海上风机监视系统随时掌握风电场设施水域周围的船舶航行动态。并配置有效的通讯设备，与海事主管机关随时保持通讯联系，以在发生突发事件时能及时获得海事主管机的应急援助。

向海事主管机关申请发布航行通告和航行警告，提出协助进行水上安全维护申请。并在以后出版的有关海图上进行标记。

在风电场区域建立海上溢油事故风险监视监控系统，对项目涉及的风机进行无死角覆盖，并设置 24 小时人员值班监视，将信号接入平潭海事局网络监控系统，与企业应急响应机制挂钩，对溢油事故做到及时发现减少响应时间。

### 7.6.1.3 本项目溢油事故应急预案

当发生海上溢油时，溢油流入海面，对海洋生物将产生严重影响，为将溢油环境风险造成的危害降低到最小，建设单位应根据《中国海上船舶溢油应急计划》、《防治船舶污染海洋环境管理条例》等相关要求和说明，制定溢油事故应急预案，提交属地海事管理机构备案，溢油应急预案应包括以下几个方面：

#### (1) 应急计划区

本工程应急计划区主要为风电场区、电缆敷设线路附近。

应急事件包括船舶碰撞、倾翻和风机桩基失稳内部油料泄漏等突发性海上溢油事故。

#### (2) 应急组织机构、人员

##### 应急领导机构

应急总领导机构由平潭海事部门承担，统一领导突发公共事件的应急处置工作，其他各相关部分负责协助工作。

建设单位分管环保的领导、环境保护管理办公室负责人、承包商单位分管环保的领导为现场应急领导机构主要成员。

##### 现场指挥

由应急领导机构指定现场指挥，各类事故应急行动由安全科科长负责指挥。

##### 溢油应急救援小组

应急指挥部按各自职责设立溢油应急救援小组：清污组、通信组、工艺组、警戒组、物资供应组、现场救护组、设备保障组、防火组、油污处理组。各小组部门主管和主要职责见表 7.6.1-1。

表 7.6.1-1 溢油应急救援小组部门主管和主要职责

应急小组	部门主管	主要职责
清污组	安全环保组	做好溢油围控工作；做好溢油清除作业
通信组	技术组	负责应急指挥与事故现场的通信联络，确保作战命令的下达和现场各种信息的反馈及通信的畅通
工艺组	储运调度科	及时关闭相关阀门，控制溢油源，防止事故进一步扩大
警戒组	安全环保科	保持交通畅通，注意现场警戒，实行隔离，注意溢油漂移动向，并及时向指挥部报告
物资供应组	综合科	提供运输防污所需的器材、材料
现场救护组	综合科	负责处置(运输、焚烧)油污物的工作，防止二次污染
设备保障组	工务科	保障电力能源共给，负责应急设备的维修
防火组	安全环保科	防止火灾发生。一旦发生火灾立即实施灭火应急计划
油污处理组	油品检验科	负责处置油污物的工作，防止二次污染

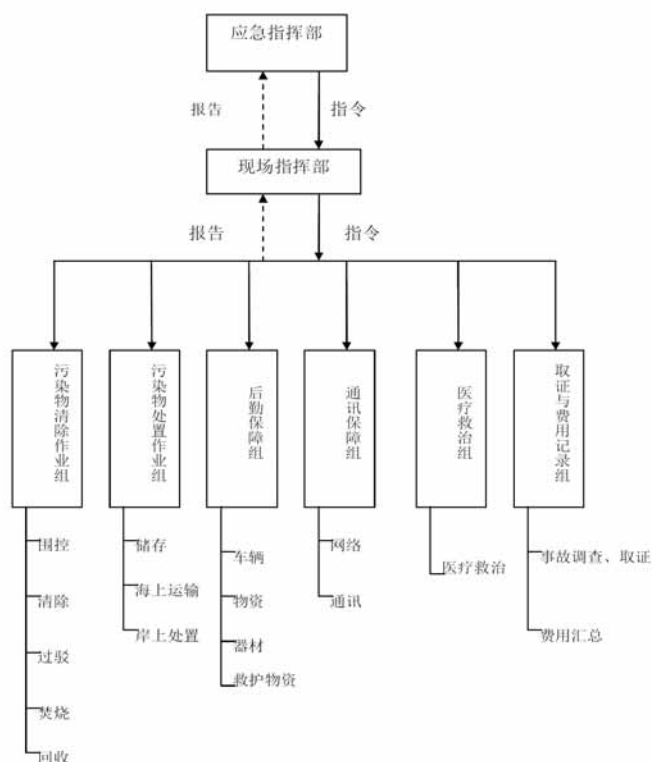


图 7.6.1-1 溢油事故应急组织机构

### (3) 预案分级响应

响应等级以对公共安全、社会秩序和生态环境可能造成的危害与威胁程度作为优先考虑原则。参考《防治船舶污染海洋环境管理条例》，海域发生船舶污染事故，其事故等级分为四级：一般事故、较大事故、重大事故、特大事故。风电场范围内船舶发生的污染事故，及时报搜救中心，由搜救中心办公室根据专家的意见，进行综合分析，确定应急等级。

一般污染事故：溢油量不足 100t 或者造成直接经济损失不足 5000 万元。

较大污染事故：溢油量大于 100t 不足 500t，或者造成直接经济损失 5000 万元以上不足 1 亿元。

重大污染事故：溢油量在 500t 以上不足 1000t，或者造成直接经济损失 1 亿元以上不足 2 亿元。

特大污染事故：溢油量在 1000t 以上，或者造成直接经济损失 2 亿元以上。

本工程发生溢油事故发生时，应立即启动并实施本部门应急预案。I级响应：现场指挥在事故应急领导机构的统一领导下，具体安排组织重大事故应急救援预案的组织和实施；组织所有应急力量按照应急救援预案迅速开展抢险救援工作；根据事故，对应急工作中发生的争议采取紧急处理措施；根据预案实施过程中存在的问题和险情的变化，

及时对预案进行调整、修订、补充和完善，确保人员各尽其职、应急工作灵活开展；现场应急指挥与应急领导机构要保持密切联系，定期通报事故现场的态势，配合上级部门进行事故调查处理工作，做好稳定社会秩序的善后及安抚工作，适时发布公告，将危机的原因责任及处理决定公布于众，接受社会的监督。III级、II级响应：各相关职能部门按照各自职责开展应急处置工作，防止事故扩大、蔓延，保证信息渠道畅通，及时向领导机构通报情况。

因环境污染事故存在不可预见、作用时间较长、容易衍生发展的特点，现场指挥可根据现场实际情况随时将响应等级升级或降级。溢油事故应急反应程序如图 7.6.1-2。

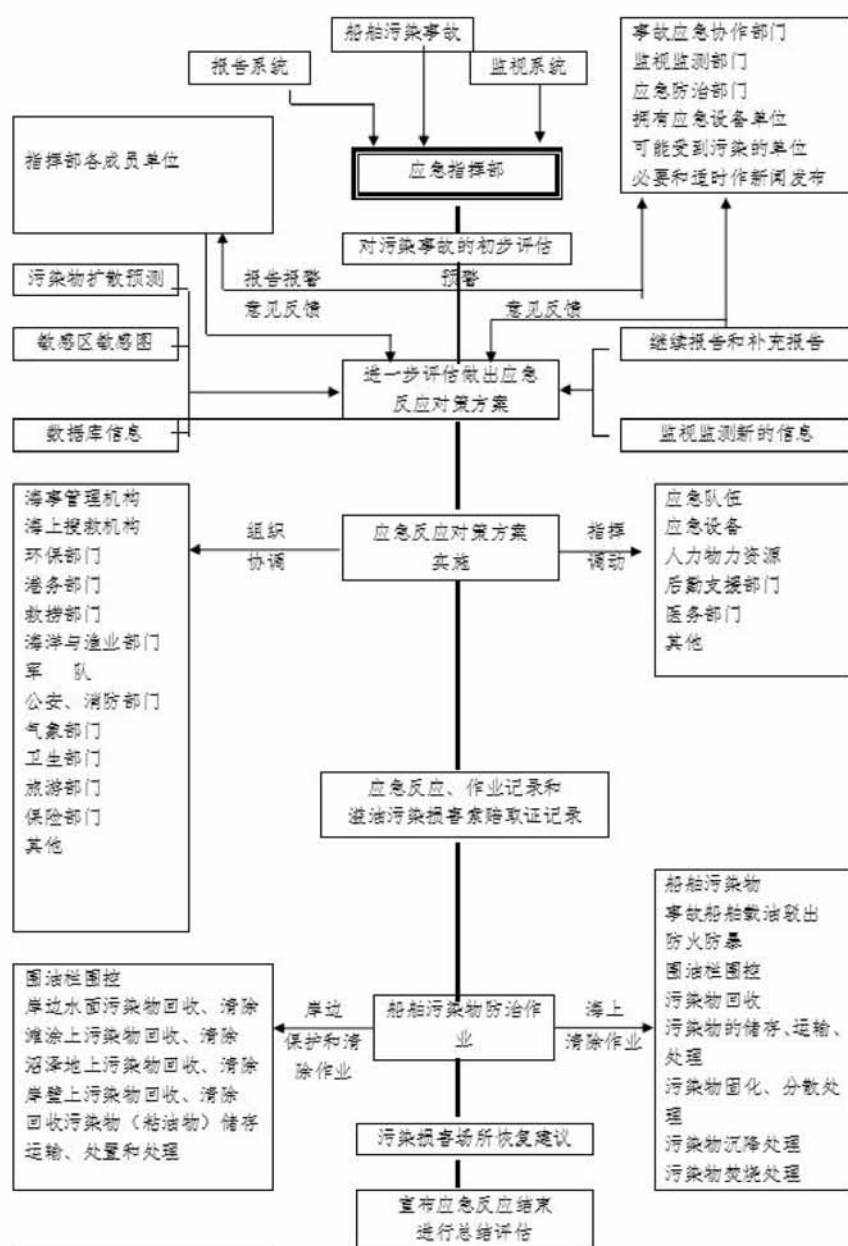


图 7.6.1-2 溢油事故应急反应程序

若出现：a) 预计溢油量超过 500 吨，且可能受污染的海域位于敏感区域，或者可能造成重大国际影响，或者造成了重大社会影响的；b) 预计溢油量在 1000 吨以上的。则属国家重大海上溢油，应按《国家重大海上溢油应急处置预案》实施。

若因溢油事故引起海上险情，需开展海上搜救时，应按《平潭综合实验区突发公共事件总体应急预案》实施。

#### (4) 溢油评估

现场指挥部负责组织开展海上溢油评估工作，评估内容包括查明溢油源、海上溢油量，预测海上溢油扩散范围、评估海上溢油损害等，并适时组织相关单位评估海上溢油应急所需物资、装备、人员等，及时报告上级部门。

#### (5) 溢油应急救援保障

应急防治队伍：原则上由工程全体工作人员组成，一旦发生溢油事故，指挥部可根据情况的需要，动员、调配储备的人力资源投入行动。

应急防治设备：项目位于福州市和平潭海域分界线附近，本工程可依托附近码头以及平潭海事局的溢油应急设备和应急队伍进行溢油应急处理，另外可视溢油事故发生情况就近依托平潭岛或邻近的福州市内溢油应急单位进行处置，项目所在海域溢油应急抢险处置力量主要有福州加利亚船舶服务有限公司及平潭港区、福州海事局国家专款配置的应急设备等。一旦发生船舶碰撞溢油事故，应由溢油应急救援小组就近协调调用周边的应急力量及设备实施应急预案。作为福建海事局直属分支机构，平潭海事局具体承担工程附近海域通航环境管理与通航秩序维护、防止船舶污染水域、水上险情事故应急处置及调查、船员管理等海事监管服务职责。

项目紧邻海域的福州海事局海区现有国家专款配置的溢油应急防治设备较为齐全，有污油船、吸油毡、消油剂、围油栏等，具体应急防治设备见表 7.6.1-2。

表 7.6.1-2 福州海事局海区现有溢油应急防治设备表

项目	单位	数量
橡胶浮子式围油栏	m	2510
油水接受处理船	艘	14
撇油器	台	4
吸油栏	m	200
吸油材料	kg	2500
油拖网	套	1

福州加利亚船舶服务有限公司为沿海一级资质的船舶污染清除单位，配备了较大数量的溢油设备和应急处置船，极大增加了辖区的应急设备力量。表 7.6.1-3 是福州加利

亚船舶服务公司目前已购置的应急设备。

表 7.6.1-3 福州加利亚船舶服务有限公司溢油应急防治设备表

项目	功能要求		福州加利亚船舶服务有限公司
围油栏	开阔水域	总高 1500mm	600m
	非开阔水域	总高 900mm	1000m
	岸线防护	总高 600mm	1600m
	防火	总高 900mm	400m
收油机	回收能力	高粘度	300m <sup>3</sup> /h
		中、低粘度	100 m <sup>3</sup> /h
喷洒装置	船上固定式		4 台
	便携式		8 台
清洁装置	热水		4 台
	冷水		4 台
吸油材料	吸油拖栏		2400m
	吸油毯		4.2t
溢油分散剂	常规型		4t
临时存储装置	临时存储能力		1860m <sup>3</sup>
船舶	溢油应急处置船		3 艘
	辅助船舶		8 艘

工程周边福州加利亚船舶服务有限公司及当地海事局已配备了较为全面的溢油应急防治设备，其应急防治设备主要存放于福州马尾港区、平潭港区，与本项目场区距离分别约 65km、35km，应急处置船航速按 10 节计，福州马尾港区、平潭港区的应急防治设备抵达工程场区的最短时间分别约 3.5h、1.9h；根据“7.2 节 溢油事故影响分析预测”结果可知，油膜将会迁移扩散至山洲列岛海洋保护区范围内，抵达时间分别为 28.0h 和 17.3h；在冬季主导风向条件下（NNE）涨潮及落潮时溢油后，油膜将会迁移扩散至山洲列岛海洋保护区范围内，抵达时间分别为 16.6h 和 20.0h；在信息报告及时、反应迅速的情况下，应急船具有足够的时间从存放港区出发并抵达事发海域，在油污抵达保护区前对其作出有效控制。因此，福州加利亚船舶服务有限公司等应急力量可作为本项目溢油事故应急处置的依托。项目周边溢油事故应急救援力量将纳入本项目溢油事故应急预案，工程建设中及运营期间建设单位应与以上周边应急力量做好对接，加强联动，一旦发生溢油事故，尽快向应急救援小组上报险情并通知周边应急救援单位，依托应急救援单位的溢油防治设备进行事故溢油的控制和消除。

#### （6）报警、通讯联络方式

报警方式：在岸上临时生活办公区设置专线报警电话。

应急通讯：应急领导机构与现场指挥通过对讲机、电话进行联系；现场指挥与应急救援人员通过对讲机进行联系；应急过程中对讲机均使用一频道(消防频道)；如无线通

讯中断，应急领导机构和现场指挥可组织人员进行人工联络。

信息报送程序：发生溢油环境风险事故时，必须及时上报，报告应急领导机构和其它相关部门、上级部门，报送方式可采用电话、传真、直接派人、书面文件等。

#### (7) 应急监测措施

环境监测组负责人带领环境监测人员及应急查询资料到达现场，对事故原因、性质进行初步分析、取样、送样、并做好样品快速检测工作，及时提供监测数据、污染物种类、性质、控制方法及防护、处理意见，并发布应急监测简报，对事故发生后周围的安全防护距离、应急人员进出现场的要求等提供科学依据。

#### (8) 后期处置

现场指挥部应当妥善处置清污作业中回收的海上溢油、油污及其他固体、液体废弃物，避免造成二次污染和次生灾害。必要时，可以通过地方人民政府向上级人民政府申请相关支援。

海上溢油应急处置行动结束后，由部际联席会议委托或者组织相关单位，就事件造成的人员及财产损失、环境污染损害、应急资源投入和使用状况、应急组织与命令执行情况、综合保障情况、应急效果等开展后评估。受委托的单位应当向海事部门提交评估报告。

#### (9) 事故应急救援关闭程序与恢复措施

整个应急处置和救援工作完成后，即溢油现场得到控制，事件条件已经消除；油品的泄漏或释放已降至规定限值以内；事件所造成的危害已被彻底消除，无续发可能；事件现场的各种专业应急处置行动已无继续的必要；采取了必要的防护措施已能保证公众免受再次危害，并使事件可能引起的中长期影响趋于合理且尽量低的水平。经现场指挥提议、领导小组批准，由现场指挥宣布解除应急状态，并发布有关信息。

岸上临时生活办公区工作人员协同有关部门做好现场清洁与清理，消除危害因素。善后处理，对可能造成的危害提供处置建议等相关技术支持，并对事故现场和周边环境进行跟踪监测，直至符合国家环境保护标准。

#### (10) 应急培训计划

为了确保应急计划的有效性和可操作性，必须预先对计划中所涉及的人员、设备器材进行训练和保养，使参加应急行动的每一个人都能做到应知应会、熟练掌握。

定期进行一次应急演练，在模拟的事故状态下，检查应急机构，应急队伍，应急设备和器材，应急通讯等各方面的实战能力。通过演习，发现工作中薄弱环节，并修改、

完善应急计划。

#### (11) 公众教育和信息

对可能发生事故的附近区域居民进行宣传教育，并发布相关信息。

### 7.6.2 设备漏油风险防范措施

(1) 设备前期设计应科学合理，进行严格的质量把关；

(2) 设备应定期检查和检修，对发电机备用柴油罐及主变压器储油容器和压力装置进行仔细核查，对主变压器内油量进行记录，排设备损坏和运转不正常等导致漏油可能。

### 7.6.3 防雷措施

针对雷电对设备的破坏特性，风机应需安装一套综合的内外部避雷保护系统，保证在直接受雷击的情况下避雷系统可用低阻抗体与基础接地极相连，保证雷击电流的可靠转移。建议在叶片上翼面复合材料中加入具有良好导电性能和比重轻的碳纤维，并在叶尖部位装一个接闪器，通过电缆与叶片法兰连接，再由轮毂通过塔架内的接地线接入地网形成雷电通道。当雷电击中叶片时，强大的雷电流通过雷电通道泻入大地，达到避雷效果，而不致使对叶片及其他设备造成损坏。

对于雷电脉冲的危害，每台升压变压器高压侧均装设一组氧化锌避雷器，避雷器能把因雷电感应而窜入电力电缆线、信号传输线的高电压限制在一定范围内，保证设备不被击穿而达到防雷效果。

本项目风电场风力发电机组和升压变压器部分接地电阻小于  $4\Omega$ ，风力发电机塔架基础可作为自然接地体，再敷设必要的人工接地体。对地电阻小，雷电流能够迅速散流到大地，设备不会因地电位“反击”而损坏。

通过风电场的合理布置并采取上述防雷击措施，风机及电气接线能有效抵御雷击造成的损害。

### 7.6.4 台风、风暴潮预防措施

近年来，海上风机在抵御台风方面采用了多项新技术、新设计。比如增加质量阻尼器，减少台风对风机的振动，加强机舱罩，保护机舱完好，加强风速风向仪的固定，保证其在台风期间正常运行。当有强台风来袭时，需要停机，叶片变桨至顺桨角度，并进入自动偏航模式，实时以风轮正面对准风向，保证台风对风轮的载荷最小。台风过后，需检查叶片、机舱罩等是否出现损坏、发电机构是否能正常工作。即使没有台风预报，



风力机自身的控制系统也能在风速过大时做出反应，进入防风状态。据了解，现在已有更先进的技术，可使海上风电机抵御 18 级的超强台风。

为减少台风、风暴潮给风电场带来的损失，根据台风、风暴潮的破坏机理及相关工程研究，本报告提出下列防范措施：

(1) 装置性能可靠的测风仪器，建议使用受风面积小、不易受破坏且能精确测量风速、风向的红外超声波感应仪，避免因测风仪器损坏使风力发电机组不能正确偏航避风。

(2) 风场应设立气象站，气象数据要定期采集、分析、贮存。风场运行人员每天应按时收听和记录当地天气预报，作好风电场安全运行的事故预防对策。

(3) 风轮、塔架、发电机等设备应根据风场区域的自然条件，具有防强风、防雷、防盐雾等措施。在设计、制造时没有充分考虑到当地极端风速、风暴潮、台风等极端气象条件对风电机组的影响。

(4) 推荐使用强度高、质量轻的碳纤维增强型塑料作为风机叶片的填充材料以提高风机叶片的强韧性，从而提高风机设计荷载。

(5) 加强风机运行的强度监测，优化运行。在叶片上设置具有检测作用的光导纤维，实时了解叶片的载荷、温度、被伤害和疲劳程度，根据实际情况，及时维修并对其优化合理使用。

(6) 运行期为防止海上油品泄漏造成较大危害，工程应配备围油栏以及一定数量的撇油器、活性炭、吸油棉体等，一旦有事故发生，可及时提供相关物资。

### 7.6.5 能见度低雾航防范措施

在能见度不良情况下船舶施工要严格执行安全操作，将风险控制措施落实到位：

(1) 船舶在雾天施工前应严格执行安全管理体系文件中的相关规定，完成各项准备工作；船长应督促驾驶员对各种航行仪器、雾号和航行灯进行检查，以确保施工中正常使用，督促有关人员检查排水和水密设备，使之处于良好状态。

(2) 当视线恶劣、渔船密集、避让困难、航道复杂及船长对航行安全无把握时，为确保船舶雾航安全，在条件许可的情况下，船长有权择地锚泊或滞航，切勿盲目航行。

(3) 能见度小于 5 海里时，即认为能见度不良，应处于雾航的戒备状态，做好一切雾航准备工作，开启雷达并调整到最佳状态，注意守听 VHF 和加强了望等。

(4) 当航经近岸、船舶密集、水道狭窄、风电场区周边等复杂水域遇雾时，应视情在驾驶台或船首增加了望人员，船首了望人员应及时将所发现或听到的情况及疑点报告驾驶台。

(5) 充分利用 AIS、雷达、VHF 等助航仪器，获取他船的信息跟踪其动态，视情发布本船雾航警报，以提醒过往船舶注意。对碍航船应及早协调避让，避免造成行动上的误会。

(6) 对于海上固定的渔区在设计航线时就应考虑远离，沿岸航行应注意到渔网渔船随时出现的可能性，谨慎驾驶提前警惕防止事故发生。

### 7.6.6 集电线路短路防范措施

风力发电机组配置过载、短路、缺相、过压、失压、三相不平衡及振动超限保护等保护，保护装置由风力发电机厂家配置并成套供货。机组升压变保护配置速断保护、过电流保护、过负荷信号和温度保护等，采用微机型自供电保护装置，安装于 35kV 环网柜内。

针对短路故障，本工程 35kV 采用接地变压器经小电阻接地方式，同时集电线路设置微机继电保护装置，单相接地时短路电流较小，且继电保护装置能快速切除故障回路，对环境影响较小。

### 7.6.7 鸟类保护措施

#### 7.6.7.1 设计阶段保护措施

(1) 风机叶片涂装警示色。鸟类通常以视觉判断飞行路线中的障碍物，为了降低迁飞时发生鸟撞的可能性，风力发电机组叶片应涂装成橙红与白色相间颜色鲜艳的警示条带，对附近鸟类起到警示的作用，使鸟类在飞行中能及时分辨出安全路线，及时规避风机，防止鸟类撞上风机转动的叶片而死亡。

(2) 在风机上适当的位置安设闪烁灯光以及采用不同色彩搭配，如旋转时形成鹰眼图案，促使鸟类产生趋避行为，可以降低撞击风险。

(3) 慎选光源设备。风电场区域的照明设备应选用白色闪光灯，并且尽可能少安装灯，灯的亮度和闪烁次数也要尽可能小和低。禁用钠蒸气灯，禁止长时间开启明亮的照明设备，建议使用声控灯，需要照明的设备加装必要的遮光设施，以减少光源对夜间迁徙鸟类的干扰。

(4) 风电场风机布置应注意：将风电机分组排列，组间风电机距离大于组内风电机距离，组内风电机成排排列，排列方向要与鸟类迁徙方向平行，这样可以降低鸟类的死亡率；相邻的风机之间要留有足够宽的飞行通道，防止风机间距离太近造成通过的鸟类伤亡；位于迁徙通道附近的风电场，对没有达到影响鸟类飞行高度的风电机一

律不准设光源。不要安装红色的闪光灯,因为红色闪光灯对夜间迁徙鸟类的吸引更大,更容易扰乱夜间迁徙鸟类的迁徙活动。

(5) 输供电线应当尽量把电线铺入地下和海底电缆。对于在空中架设的电线部分,要求两相电线之间要留有足够大的空间,防止猛禽在电线上停歇时触电。不要使用有闪光涂层的电线,电线应尽量粗大。

#### 7.6.7.2 施工阶段保护措施

(1) 尽可能选用低噪声设备,并加强设备的维护和保养,减少施工机械噪声和车辆运输噪声对鸟类的干扰。根据调查评价范围鸟类的的生活习性,合理安排施工期尽可能避开候鸟迁徙高峰期,在鸟类非迁徙季节竖立和组装风机。在鸟类迁徙高峰期要严格控制光源使用量,对光源进行遮蔽,减少对外界的漏光量,尤其是在大雾、小雨、强逆风或无月的夜晚,应停止施工。同时,在施工人员进场后,要立即进行鸟类保护的宣传教育,明确禁止施工人员进入候鸟群分布区,杜绝猎杀鸟类的行为。

(2) 避开鸟类迁飞季节施工。风电场的施工期施工活动与鸟类迁徙路过高峰时间相重叠,对鸟类产生短暂的负面影响。在迁徙强度大的季节(10月~11月),严格控制光源使用量,对光源进行遮蔽,减少对外界的漏光量,尤其是在有大雾、小雨或强逆风的夜晚,应该停止施工。在鸟类非迁徙季节竖立和组装风电机。

#### 7.6.7.3 运营阶段保护措施

(1) 加强鸟类监测。组织专业人员,开展风电场区域鸟类种类和数量监测。每年春季3月~4月、秋季10月~11月候鸟大规模迁徙期间,要密切观测候鸟动向,做好观测记录,在遇到大群候鸟路过和停歇风电场内及附近区域,必要时应当停机驱赶。风电场的鸟类监测应作为监测计划中一部分。风电场建成后,必须进行3年的鸟类通过量和死亡率监测研究,以便制定风电场科学管理的制度,一旦发现与夜间迁徙候鸟或白天集群迁徙、觅食的鸟类撞击率较高的风电机,要适时关闭风机。

(2) 应在风电场区域建立鸟类观测站,为了更好地解决调查评价范围风能资源开发和候鸟资源保护之间的矛盾,建议长时期对鸟类进行连续观测,加强风电场区域鸟类活动特征(如觅食地、栖息地选择、迁徙路线、高度等)以及鸟类与风机撞击情况及鸟类在输电线路上的栖息情况的观测,合理调整运行及防范措施。将风电场对鸟类的影响防范工作纳入区域发展规划,协调区域滩涂及邻近地区的开发建设。

(3) 特殊情况下的风电场运行管理。在有大雾、小雨或强逆风的夜晚,尤其在迁徙强度大的季节,应停止运行风机,以减少鸟的撞机伤亡。

(4) 实施鱼类、甲壳类、贝类增殖放流。拟建风电场占用调查评价范围鸟类的部分栖息地，导致鸟类觅食区域面积减少。建设单位应结合风电场建设进度，制定鱼类、甲壳类、贝类增殖放流计划，减少风电场占地对鸟类觅食的影响。

(5) 可借鉴机场防治鸟撞的经验，如设置仿真人驱鸟，设置恐怖眼驱鸟，播放鸟类天敌声音驱鸟、电子炮驱鸟等。可尝试使用将上述驱鸟方式组合成的“三维梯度式驱鸟系统”。

## 7.6.8 风机损坏风险应急预案

### 1) 应急措施

① 风电场设置有完整的现场监控系统，一旦发生损坏、倒塌事故可通过现场监控系统进行及时预警；

② 风电场运行维护期制定了严格的运行维护措施，一般在风暴潮、地震等自然灾害发生后，风电场运行维护人员将及时进入现场，并配合专业检测人员检查风机及基础结构损伤情况；

③ 若风机发生倒塌事故，应及时上报县、市、省相关主管部门及海事、海监部门，对外发布天气预警通告，确保不对周边海上作业构成安全影响；风电场业主将及时组织吊装、施工单位，对倒塌风机及基础结构进行吊装、转运至陆上处理，现场视损伤情况确定是否进行重建工作。

### 2) 应急预案

为使本项目发生风机损坏事故能快速做出反应，最大限度地减少风机损坏对风机发电和安全的影响，建设单位应建立应付突发性事故的抢险指挥系统，组织制定风险应急预案，并定期进行演习。

#### ① 应急指挥组织

结合本项目特点，项目运行管理机构可联合安全、电网部门组成风险应急指挥部。指挥部对各部门和人员的职责有明确分工，具体到职责、分工、协作关系，做到人人心中有数。经过应急事故处置培训的人员要轮流值班，并建立严格交接班制度。

#### ② 信息收集和报告

根据对风机的日常运行与维护状况，一旦发现风机损坏或可能引起风机损坏情况，应及时向风险应急指挥部报告。

#### ③ 应急响应和行动

发现风机损坏情况，应根据损坏程度和是否引起安全事故，采取相应措施，包括停

止风机运行、对风机塔架进行维护等。

#### ④ 应急培训和演习

对项目管理人员进行应急响应培训，同时对项目周边人员进行应急响应知识的宣传。进行演练准备、组织和训练，一旦遇到突发风险事故，可迅速展开应急抢险，及时控制事态发展和蔓延，降低风险损失。

### 7.6.9 风机基础冲刷防范措施

虑可能存在的局部冲刷以及海缆淘空风险，应采取的风险防范措施如下：

① 海缆为粗钢丝铠装海缆，有较强的强度保护海缆。

② 当出现淘空现象，使一部分海缆悬浮在海底，当海缆异常晃动时，海缆监测系统可及时监测并定位，应及时派出水下机器人、蛙人等方式进行检查，发现异常后采取相应的措施处理。

③ 在施工过程中应避免在电缆和海床之间形成空间，减小局部冲刷，同时应在基础承载设计中预留必要的冲刷余量，基础处电缆敷设深度仍按 2m 控制，在接入风机 J 型管时采用预留长度余量，减缓潮流冲刷影响，确保海缆安全。

④ 为进一步避免海底线缆损坏影响项目运行稳定，应遵守《中华人民共和国海上交通安全法》和《水上水下施工作业通航安全管理规定》的有关规定，敷设海底电缆施工作业，在适当的位置设立昼夜醒目的标志，并保证其完好、有效。

⑤ 敷设完毕后，向主管机关报送管线路由等相关资料，并申请发布航行通(警)告。根据海底电缆保护规定要求禁止在海缆保护区范围内进行挖掘、采砂等作用。项目建成运行后应开展定期的巡查观测潮滩冲刷变化情况，在风暴潮等恶劣气象条件过后加以必要的检查，如发生局部冲刷及时进行回填保护。

⑥ 风机基础暂考虑预留冲刷深度，此外在风电场建成后，应加强巡视与测量，了解风机基础周边冲刷情况，若发生基础冲刷程度超过预期保护不足的情况应及时采取措施进行加强保护。

⑦ 工程建成后期如果发生明显的局部冲刷致海缆淘空的情况，为防止海缆保护管和海缆因处于悬空摇摆状态而损坏，初步提出海缆保护管下沉、桩基支撑和人工海草防护 3 项防护方案：

A、保护管下沉防护：将海缆保护管垂直段切断后加长，使海缆保护管及海缆下沉到预估冲刷面以下进行保护；

B、桩基支撑：根据实际情况，可通过在海缆一侧打桩固定海缆的方式进行保护；

C、人工海草防护：基于海洋仿生学原理，利用仿生海草的柔性粘滞作用，降低海流流速，减缓水流对海床的冲刷作用，同时由于流速的降低和仿生海草的阻滞，促使水流中携带的泥沙不断沉积，逐渐复合海床，达到防护海缆的目的。

### 7.6.10 通航安全防范措施

本节内容主要引自《平潭外海海上风电场一期项目通航安全分析报告》（厦门海磐海事咨询服务有限公司，2020年12月）中的主要结论。

#### 7.6.10.1 风电场区域划定

为保证风电场附近水域通航安全，建议划定风电场水域，并制定相应安全管理规定。

##### 1. 风电场水域

风电场水域为风电场助航标志所标示的水域，该水域内其他活动应受到禁止或限制。建议以风电场 P1-P2-P3 三点连城的区域外扩 500m，作为风电场水域。同时将本项目的运营并入长乐外海海上风电场 A 区项目共同管理，设置电子围栏，禁止除工作船、公务船和小型渔船外的其他船舶进入相应区域。

##### 2. 风电水域安全管理

###### （1）风电水域的安全管理模式

东海大桥是我国第一座海上风电项目，该风电场采取封闭式管理方式，在风电场外围设置禁航区专用标志，除风电维护船外，其他船舶禁止进入风电场。

国内外风电场采取封闭式管理还是开放式管理目前还没有统一做法。由于风电场占据水域范围大，采取完全的封闭式管理对于渔船、游艇之类的小型船舶还存在一定困难，因此国外多数风电场并没有禁止船舶进入。英国 MCA 规定对风机设置安全区，包括施工期间安全区（距风机 500m）和运行期安全区。部分风电场对渔船在风电场内从事渔业捕捞提出了限制，禁止从事拖网和除小型渔船外的其他船舶从事渔业捕捞。

总体来说，目前关于风电水域安全管理还没有一个标准的模式。

###### （2）拟建风电场水域安全管理初步建议

根据拟建风电场风电机组的布置、附近通航环境以及风电场安全管理方面存在的问题等情况，建议拟建风电场采取有限制的管理模式，具体管理要求如下：

1) 为保证风电场水域在营运阶段的通航安全，建议划定风电场水域，并制定相应安全管理规定；

2) 拟建风电场宜设置风电设施安全区。任何船舶，除处于紧急状态、建设或维护目的、已获得海事部门的同意外，不得进入风电设施安全区以内的水域；

3) 除风电维护船、风电设施维修工程船、执行公务和搜救任务船舶、小型渔业船舶外，除非紧急情况其他船舶禁止进入风电场水域；

4) 过往船舶在风电场附近航路航行时建议船长上驾驶台，保持正规瞭望，正确使用各种仪器设备，保持船舶沿航道航行，保持足够的安全距离；

5) 禁止渔船在风电场内从事捕捞作业（小型渔船除外），禁止渔船在风电场场区从事帆张网、拖网作业和其他可能对风电设施和海底电缆构成危险的作业；

6) 在外围风机上标明可进入船舶尺度和从事作业方式，警示过往船舶不要误入风电场区域和伤害风电场安全运营；

7) 渔船进入风电场航行，应尽量沿风机阵列的列间水域航行，并与风机保持宽裕的安全距离，渔船进行捕捞作业时应与风机保持足够的安全距离；

8) 风力超过 6 级、能见度小于 1000m 时，禁止所有船舶进入风电场水域航行和作业；

9) 除风电工作船、风电维修工程船和海洋小型捕捞渔船外，其他船舶禁止在风电场内部水域抛锚；

10) 对于风电场场区灯光应进行设计与控制，避免造成背景灯光，保证通航安全。

11) 风电场业主单位应及时向海事主管机关申请发布航海通告，发布风电场的区域范围、各风机的位置、安全区设置以及海底电缆的路由走向和埋深深度等情况，以便过往船舶在进行航线设计时避开风电场区域。

### 3. 拟建电场风电设施安全区设置建议

目前我国还没有关于海上设施安全区的规定，建议通过制定风电水域通航安全管理规定的形式确定本风电场风电设施安全区。

(1) 风机安全区范围：距离风机下部结构 50m 以内的范围。

(2) 风电维修工程船安全区：当有施工船正在对建设中的风机或海底电缆进行施工，或正在风机、海底电缆旁从事维修作业时，距离正在作业的施工船舶 500m 以内的范围。

管理要求：任何船舶，除非处于紧急状态、出于建设或维护目的、已获得海事部门的同意外，均不得进入风电设施安全区以内的水域。

### 4. 电缆保护区

海底电缆铺设完成后，应满足《海底电缆管道保护规定》的有关规定。《海底电缆管道保护规定》第七条规定：国家实行海底电缆管道保护区制度。省级以上人民政府海

洋行政主管部门应当根据备案的注册登记资料向有关部门划定海底电缆管道保护区，并向社会公告。海底电缆管道保护区的范围，按照下列规定确定：

- 1) 沿海宽阔海域为海底电缆管道两侧各 500m；
- 2) 海湾等狭窄海域为海底电缆管道两侧各 100m；
- 3) 海港区内为海底电缆管道两侧各 50m。

建议本项目场区外电缆按照路由两侧各 500m、场区内及登陆点附近电缆按照路由两侧各 50m 设置电缆保护区。禁止在海底电缆保护区内从事挖砂、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。海缆保护区还应设置禁锚标志，以提醒过往船舶不得在保护区内锚泊。海底电缆管道保护区划定后，应当报送国务院海洋行政主管部门备案。

风电设施维修工程船、航道施工维护船舶和从事航标布设维护的船舶从事相关作业时，按照有关作业标准确定锚具和支腿与电缆的安全距离和保护方案。

#### 7.6.10.2 风电场导、助航设施建议

##### 1. 导、助航设施设置依据

为确保拟建项目附近水域的船舶通航安全和风电场自身安全，需要为船舶安全航行和便利提供类型简单、作用明显、特征明显、易于辨认的海区助航标志。导助航设施必须遵循相关技术标准，主要包括：

- (1) 中国海区水上助航标志 GB 4696-2016；
- (2) 航标灯光信号颜色 GB12708-91；
- (3) 航标灯光强测量和灯光射程计算 JT7007-93；
- (4) 浮标 JT7004-79；
- (5) 浮标锚链 JT/T100-91；
- (6) 国际航标协会关于太阳能光电系统的规范 IALA1988；
- (7) IALA Recommendation O-139 On The Marking of Man-Made Offshore Structures ,

Edition 2 , January 2016。

##### 2. 拟建工程风电场区及附近导、助航标志总体布置建议

拟建工程风电场区及附近导、助航标志布置包括风机警示标志和风电场外围及附近水上、陆上助航标志两部分构成。其功能一方面要求能够对附近过往船舶起到警示作用，使船舶能够避开风机和风电场区并保持一定安全距离航行。另一方面助航标志和警示标志要求能够通过视觉、听觉和无线电等多种方式提供全天候的助航和警示作用。



风机警示标志、风电场外围和附近水域助航标志的设置、布局应将建设期和营运期统筹考虑，有利于根据建设进度向营运期有序过渡。

### 3. 风机警示标志

#### (1) 国际航标协会的建议

根据国际航标协会关于海上风电场警示标志的建议，风电场警戒标志包括单个风机的标志和整个风电场标志。

##### 1) 单个风机标志建议

在每一风机的机身自最高天文潮面至其以上 15m 或助航标志安装位置（取大者）的圆周涂黄色；

每一风机应夜间闪烁莫尔斯信号 U 的一个或多个白光，要求在任何方向均可见；

风机助航标志的位置应设在风机叶片旋转弧最低点以下，在最高天文潮面以上不小于 6m；

同时，建议在每一风机的机身上标明风电场内可以通过的渔船的吨位大小和水面以上高度，要求不受风机叶片旋转的影响；

所有风机的信号标志的有效率应不小于 99%。

##### 2) 整个试验风电场标志建议

对于整个风电场，其警示标志由重要外围构造、风电场区外围中间风机和单个风机标志组成。重要外围构造（Significant Peripheral

Structure，SPS，指位于风电场区拐角处或是在风电场外围其他比较特别位置的风机），每个都应符合在任何方向上的光可见性，且与国际航标协会的“特殊标志”特征一致，闪黄色光，覆盖半径不小于 5nmile。每个 SPS 显示出同步的闪光特征，且每个 SPS 之间的距离不宜大于 3nmile。

风电场区外围中间风机（Intermediate structures，IS）也应有闪烁黄色光标，并保证从水平面任何方向可以看到，这些风机上的闪光特征应该与 SPS 的有明显不同，覆盖半径不小于 2nmile；相邻 IS 风机间以及 IS 与 SPS 之间的距离不宜大于 2nmile。

除了上述 SPS 和 IS 外，还应考虑：

照亮场区内的所有风机；

必要位置安装雷达应答器；

必要位置安装雷达反射器和/或雷达目标增强设备；

安装 AIS 设备。

如果条件允许，还可以安装声波讯号装置，以供能见度不良天气情况下使用，声讯装置的作用半径应不小于 2nmile。

此外，还应考虑：

在未设灯光的风机上设置反光面；

在风机上设置向下照射爬梯或登离平台的照明灯；

使用射程不小于 2nmile 的黄色闪光灯；

对每个风机进行编号。

#### (2) 拟建风电场风机警示标志设置建议

根据拟建风电场所处水域的通航环境和风机布置情况，就本项目运行期风机塔柱上固定标志提出以下建议：

##### 1) 每一台风机

在每一风机塔筒最高潮位至其以上 15m 或风机警示标志处（取大者）的筒身圆周方向涂黄色，并在塔身上按顺序用阿拉伯数字标示风机编号。

在每一风机上设置闪摩斯信号 U 的灯标。

##### 2) 风电场外围风机

根据风电场风机布置，结合 IALA 建议，建议将 01、09、10 风机作为外围重要风机，将 05 风机作为外围中间风机。

#### 4. 风电场区外围助航标志设置建议

考虑到风电场水域水深等环境条件的影响，建议在风电场外围设置电子围栏。

上述设标方法需要达到的目的就是将风电场水域与通航水域区分开，并且与施工期的航标配布保持了连贯性和一致性。航标的性质上，利用了固定标与浮标系统相结合，采用视觉（包括形状、颜色、灯光、灯质等多方式）听觉和无线电等多系统警示船舶。

建议采用航标遥测遥控系统监视风电场航标的工作状态。

#### 5. 航标的设计、设置和维护

建设单位应根据相关规定和要求委托专门机构结合导助航和安全保护设施建设方案研究成果开展风机和风电场航标的设计和设置工作，并报主管机关批准。

拟建风电场助航标志的设计，近期应综合考虑海上风电场区在施工阶段和建成营运阶段的助航标志要求，并注意有序过渡。

助航标志应由相关部门负责维护，风电维护时也应经常检查标志的有效性，发现问

题及时报告。任何助航标志失效应及时发布航行通（警）告，并及时修复。

业主应保证风电场通航安全配套设施维护费用，根据实际做好相应预算工作。

### 7.6.10.3 风电场防撞安全设施建议

#### 1. 施工期防撞建议

由于考虑到风电场水域为水深条件良好的施工水域，在风电场进行开始施工前应根据相关规定向海事部分申报施工水域，并发布航行通告。施工过程中严格按照划定的施工水域范围进行施工。

在施工水域划定后，首先应设置施工水域警示标志，标明施工水域。在每座风机基础承台的第一根钢管桩沉桩前，应设置相应的警示标志，提醒过往船舶与其保持一定距离航行，保证航行安全。沉桩完毕后，由于沉桩主要在水下，不易被过往船舶发现，在施工船舶撤离前，应在出水的桩体上布设临时警示标志，并且需要有备用设备，确保临时警示标志能够正常投入使用，桩基施工后应抓紧后续风机主体的安装工作。

施工期警示标志的设置应综合考虑风电场营运期助航标志要求，并有效过渡，且导航设施应于施工前布置到位。

#### 2. 营运期防撞安全设施建议

由于风机结构本身抗撞击能力差，本工程场址区水深大，构筑有效的防撞设施存在一定的难度。为了满足海上风电场在风机设备调试、运行和检修等日常工作船的靠船需要，在基础靠泊侧设置靠船构件减小靠泊的冲击力。综合考虑防撞设施布置的造价和风电场周边所处的通航情况，以预防为主，对风电场全部风机基础采用预警措施，即风机基础顶部侧面喷涂警示反光漆，海上升压变电站导管架基础及每座风机基础均设置警示灯和雷达应答器，除此之外不再设置专门的防护措施。另外，所有基础及风电机组顶部均要求配备相应的海上和空中导航标志。

### 7.6.11 地质灾害风险防范措施

(1) 应做好地质详勘、设计、监理、施工等各方面的工作，任何环节不得出现错误，保证基础质量，确保风电机组运行安全。

(2) 风机地基基础设计要查明各风电机组基础的地质条件，考虑桩端进入基础持力层深度、各土层的物理力学参数及桩基力学参数、特别应重视软弱土层的分布情况及特性分析，并对软弱下卧层进行强度和变形验算，进一步明确粉土、粉砂层的液化可能性和液化等级，为基础型式和持力层的选择提供地质依据。

(3) 应结合风机位置进行详细勘察，逐个对风机机组塔架基础工程地质条件、环境

条件、荷载、结构设计、地基处理等内容的进行设计。在风电机组基础施工过程中，施工单位应严格按施工图纸执行。

(4) 要求供货厂家做好设备质量，在订货时提出具体要求，风机塔架应满足防腐蚀、防盐雾的要求，定期检查桨距螺母的腐蚀和磨损情况。

(5) 倒塌应急措施

① 风电场设置有完整的现场监控系统，一旦发生倒塌事故可通过现场监控系统进行及时预警；

② 风电场运行维护期制定严格的运行维护措施，一般在海底滑坡、滑移、崩塌、塌陷等地质灾害发生后，风电场运行维护人员将及时进入现场，并配合专业检测人员检查风机及基础结构损伤情况；

③ 如果发生风机倒塌事故，将及时上报县、市、省相关主管部门及海事、海监部门，对外发布航行预警通告，确保不对周边海上作业构成安全影响；风电场业主将及时组织吊装、施工单位，对倒塌风机及基础结构进行吊装、转运至陆上处理，现场视损伤情况确定是否进行重建工作。

### 7.6.12 火灾爆炸风险防范措施

风电场每台风电机组机舱内配备自动灭火系统，同时要求配备 4 只 MFA4 手提式磷酸铵盐干粉灭火器，分别放置在第一节塔筒和机舱内，要求机舱内的灭火器采取固定措施；机舱内及风力发电机组升压变安装自动灭火系统。

根据国内外海上风电场设计经验及国内石油平台设计经验，结合灭火系统的灭火特点，主变压器、柴油发电机等容易引发 B 类火灾的设备及其设置场所均采用高压细水雾灭火系统保护。低压配电盘、应急配电盘、继电保护装置、高压开关柜等柜式设备中使用火探管式气体灭火系统。对平台上其他所有封闭房间的初期火灾采用高压细水雾系统进行抑止保护。在公共区域设置细水雾喷枪，供巡检人员使用。同时在每个房间配置灭火器供巡检人员使用。

## 8 清洁生产

### 8.1 清洁生产分析

#### 8.1.1 清洁能源

清洁能源，指在生产和使用过程、不产生有害物质排放的能源。清洁能源的具体特征主要包括：资源量丰富、环境友好、技术经济可行等。狭义上的清洁能源主要指可再生能源，包括水能、太阳能、风能、地热能、潮汐能等。可再生能源不存在能源耗竭的可能，因此日益受到许多国家的重视，尤其是能源短缺的国家。

风能是清洁的可再生能源，近年来风能在我国得到了前所未有的利用。风力发电对国家调整能源结构、缓解环境污染等方面均有积极的推动作用。表 8-1 对目前常见的几种发电能源的环境影响进行了比较。

表 8-1 电力工业环境影响

能源类别 评价内容		风能	水能	地热	生物质	石油	核能	煤炭	备注
土地占用	原始能源	0	5	2	4	3	5	5	对环境影响等级 0~极小或无影响 1~很小潜在影响 2~较少潜在影响 3~中等潜在影响 4~较多潜在影响 5~很大潜在影响
	加工运输	0	0	0	3	4	4	4	
	发电厂	3	3	3	3	3	3	4	
	废物处理	0	0	1	3	1	4	5	
水质	设备使用	0	0	1	3	3	3	3	
	泄漏及事故	0	0	3	0	4	1	5	
	现场外影响	0	0	0	1	3	4	4	
气体排放	二氧化碳	0	0	1	4	4	4	0	
	酸性烟气	0	0	1	3	4	4	0	
	颗粒金属	0	0	1	3	2	4	0	
	放射物	0	0	1	0	1	2	5	
	非甲烷烃类	0	0	0	2	4	4	0	
生物影响		2	5	1	3	2	4	4	
废物发生		0	0	1	3	2	5	4	

从上表可见，比较传统的化石燃料如石油、煤炭等为原料的火电及水电和核电，风电具有污染物排放量少，生态环境影响小，环境风险低等优点。同时风电无需矿石燃料钻探、开采、加工和运输的经济成本，且运行成本低，有利于保护环境和可持续发展。

#### 8.1.2 节能减排

风电的节能效益主要体现在风电场运行时不需要消耗其他常规能源，环境效益主要体现在不排放任何有害气体和不消耗水资源。风电与火电相比，在提供能源的同时，不排放烟尘、SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub> 和其他有害物质。SO<sub>2</sub> 和 NO<sub>x</sub> 在大气中形成酸性物质，造成酸雨，危害植物和水生生物，破坏生态，CO<sub>2</sub> 是影响全球气候变暖的温室效应气体。

本工程计算年上网电量 34893.1 万 kW·h，折合成同等发电量的火力电厂（标准煤

按 307.6g/kW·h), 本工程建成后每年可替代 10.73 万 t 标准煤, 可减少 SO<sub>2</sub> 排放量约 69.79t、NO<sub>x</sub> 排放量约 66.30t、CO<sub>2</sub> 产生量约 29.34 万 t、烟尘排放量约 13.96t。因此, 有害物质排放量的减少, 减轻了大气污染。本风电场建设具有明显的节能和环境效益。

## 8.2 清洁生产水平分析

### 8.2.1 原材料节约

本项目钢材消耗主要为风机本身, 其次为风机基础建筑物及基础、接地等。为减少风机耗钢量, 风机叶片应采用玻璃纤维树脂一类的材料; 为减少配套设施耗钢量, 对配套设施刚才可采取防腐涂层及镀锌等措施, 以减少钢材腐蚀量, 尽量采用复合材料代替钢材, 减少钢材消耗。

本项目水泥消耗主要为风机基础承台与钢管桩之间的灌浆等, 为减少水泥使用量, 可适当掺入减水剂。

本项目木材消耗主要为施工期的模板等, 为减少木材消耗, 节约原材, 保护环境, 项目实施中可采用钢制模板。

### 8.2.2 平面布置

#### 1、线路布置

风电场线路工程主要包括风电场送出线路和风电场集电线路。

线路设计有其固有的特点, 不同工程其外部自然条件、障碍物等不可能完全相同, 千差万别, 造成线路设计的多变性。结合本工程的实际情况, 在线路设计节能降耗的原则指导下, 从路径方案、导线选型、绝缘配合及金具设计、交叉跨越、基础设计、杆塔规划、设计等几个方面采取措施, 选择最优化的设计路线。

#### 2、风机布置

尽量集中布置、减小风电机组之间尾流影响、避开障碍物的尾流影响区、满足风电机组的运输条件和安装条件、视觉上要尽量美观。采取上述原则可提高风电场发电效益, 减少用海面积, 充分利用海域, 充分利用地区风力资源, 在同样面积的海域上安装更多的机组; 其次, 集中布置还能减少电缆和场内道路长度, 降低工程造价, 降低场内线损。

### 8.2.3 施工期节能降耗措施

#### (1) 主要施工设备选型及其配套

本工程针对风电场的主要建筑物及风机布置特点, 综合考虑现有施工条件、海洋水文气象及地质条件等因素, 海上风电场土建及安装工程的施工采用以船为载体的常规施

工方案，主要包括吊装设备、运输设备、牵引设备、打桩设备、开挖设备及泵送设备。陆上集控中心土建施工及设备安装采用陆上常规施工设备。

## （2）主要施工技术工艺选择

在施工技术及工艺选择的过程中，始终贯彻执行节能标准，将节能降耗指标作为施工工艺设计、机械设备选型的重要考察内容。施工机械的选择是提高施工效率及节能降耗的工作重点。本工程按各单项工程工作面、施工强度、施工方法进行施工机械设备配套的设计与选择，使各类设备均能充分发挥效率，以满足工程进度的要求，保证供质量，降低施工期能耗。

## （3）施工工艺节能降耗措施

### ① 综合加工修配企业

综合加工修配企业在设计规模时，充分利用地方资源，减少工区各企业的设置规模，从而减少了企业内的加工和机修设备配置数量。在选择设备时，考虑选用新型节能设备，钢筋、钢材加工厂耗能大的为各类焊机、切割设备，因此在该类设备选择时，采用能耗较低的产品，以达到节能降耗的效果。另外在选择切削机床、木材加工等设备时采用具有一机多用设备，以减少设备配置，提高设备负荷率，可较大程度地提高节能降耗的效果；

### ② 施工水电系统

施工供水利用现有的供水管网，未设本工程的供水系统，因而无水泵提升及加压的电能损耗，有效地节约了用电能耗；

施工供电系统从电网接引电力线至施工负荷区附近布置施工变压器，最大限度的减少了施工用电的传输损耗。

## （4）施工临时建筑及办公、生活区节能降耗措施

施工期临时建筑及办公、生活区，主要采取以下节能降耗措施：

① 因地制宜，结合场地状况布置建筑物及临时设施，尽量减小场地面积，减少土方开挖，合理利用土地资源，贯彻节约理念；

② 对施工仓库等少有人员活动范围的建筑物设计，如无特殊要求，不考虑保温隔热设计，原则上不采取采暖制冷等空气调节，建筑物内照明及供水考虑工业普通照明及供水

③ 施工临时建筑及办公、生活区周围做好截排水设施，减少洪水对临时建筑的影响；

④ 有条件的情况下生活区尽可能多的利用太阳能设备。

## 8.2.4 营运期节能降耗措施

- 1) 要制定节能考核方法，努力提高生产管理水平和降低生产和生活能耗水平；
- 2) 使用智能电控设备科学管理，降低生产成本，节约能耗，提高效率，包括：尽量使用节能高效设备，在满足运行值班、巡视、检修要求情况下，关闭一些场合的照明灯具；
- 3) 科学合理配生产运行和管理人员及生活设备设施，努力降低人均生活能源消耗；
- 4) 控制生产和生活场所空调温度。生产场所空调温度不超过设计值，生活场所一般夏季空调温度不低于 26℃，冬季空调温度不高于 20℃；
- 5) 加强对职工的节能宣传，教育和培训力度；
- 6) 加强电站运行过程的监督检查，确保节能减排措施与能效指标的落实。



## 9 总量控制

污染物排放总量控制是我国环境保护管理的一项重要内容，是考核各级政府和企业的环保目标责任制的重要指标，也是改善环境质量的具体措施之一。其原则是将污染物排放总量控制在某一限度之内。总量控制方案的确定，应在考虑区域总量控制目标及当地环境质量、环境功能和环境管理要求的基础上，结合项目的实际条件和污染控制措施的经济技术可行性进行。目前，国家实施污染物总量控制的基本程序是：由各级政府层层分解、下达区域控制指标，各级政府再根据辖区内企业发展状况和污染防治规划情况，给企业分解、下达具体控制指标。

根据《“十三五”主要污染物总量控制规划编制指南》，在“十二五”化学需氧量(COD)和二氧化硫(SO<sub>2</sub>)两项主要污染物的基础上，“十三五”期间国家将氨氮和氮氧化物(NO<sub>x</sub>)纳入总量控制指标体系，对上述四项主要污染物实施国家总量控制，统一要求、统一考核。“十三五”期间水污染物总量控制还把污染源普查口径的农业源纳入总量控制范围。

本项目运行期主要污染物包括风机设备维护产生的废油等，风机维护废油委托有资质的单位进行处置，因此，本工程不涉及总量控制。

## 10 环境保护对策措施

### 10.1 施工期污染防治对策

#### 10.1.1 水污染防治对策

##### 10.1.1.1 海上污水处理与防治措施

(1) 对于本项目水上作业时，禁止直接向海域水体排放油污水和其它废水。

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

(3) 加强施工设备的管理与养护，杜绝油类泄漏，避免海水受污染的可能性。

##### 10.1.1.2 滩涂施工作业水污染防治措施

(1) 优化施工方案，按照潮流条件科学制定作业流程，并合理安排施工进度，尽量选择流速低时施工，尤其对于工期较短的电缆铺设施工，避免大量泥沙随潮流入海；

(2) 严格控制施工设备及人员作业范围，施工机械按照电缆铺设路线行驶，禁止任意穿行，禁止超出作业带作业，可减小施工扰动造成的滩涂表层泥沙流失。

(3) 电缆沟槽开挖产生的沙土应在电缆入沟槽后及时回填夯实，防止沙土随潮流入海。

##### 10.1.1.3 施工污废水处置措施

(1) 松下港组装场地生活污水由港区污水处理站接收处理，含油污水由相关资质单位收购处理。

(2) 施工船舶产生的生活污水及含油污水全部由船舶运回松下港码头，由港区污水收集设施收集处理，含油污水由相关资质单位收购处理。

#### 10.1.2 生态环境保护措施

项目建设要坚持“预防为主、保护优先”的原则，指导设计、施工、环境管理，把生态环境保护纳入工程方案设计过程中，把项目施工对海洋生态环境带来的不利影响降至最低程度。

##### 10.1.2.1 海洋生态环境保护措施

(1) 底栖生物保护措施

① 在满足施工技术要求的前提下尽可能减少施工设备对底栖生物影响。

② 优化施工方案，加强科学管理，在保证施工质量的前提下尽可能缩短作业时间。

③ 施工应避免恶劣天气，保障施工安全并避免施工中土方开挖和回填、电缆铺设等

产生的悬浮物在不利天气下大量扩散入海。

④ 对施工方案进行合理优化，选择科学合理的施工方法和顺序，减少施工对海洋环境的影响。

⑤ 施工机械、设备和人员产生的所有污染物禁止随意排放和丢弃，应收集至陆域处理，减少对周边水体环境影响。

#### (2) 渔业资源和渔业生产保护措施

① 优化施工进度安排，电缆铺设应选择海况良好的低流速施工，以减少悬浮泥沙扩散对渔业资源的影响。

② 从减缓对渔业资源影响的角度出发，工程施工高峰期应尽量避免春、夏季海洋鱼类产卵高峰期。

③ 对施工海域设置明显警示标志，告知施工周期，明示禁止进行捕捞、养殖作业活动的范围、时间。尤其禁止施工人员在鱼类产卵高峰期抓捕鱼类。

④ 施工期对附近水域开展生态环境及渔业资源跟踪监测调查，及时了解项目施工对生态环境及渔业资源的实际影响。

⑤ 施工期对在项目海域从事捕捞作业的渔民造成收入下降的，建设单位应与当地渔业主管部门及渔民协商，落实补偿措施。

#### 10.1.2.2 鸟类及其生境保护措施

(1) 做好施工组织 and 现场管理，文明施工，最大限度地减少施工期各污染源对周边环境的影响。应加强对施工人员的环保教育，提高其对鸟类尤其是珍稀保护级鸟类的保护意识，严禁捕杀。

(2) 严格执行施工操作规程，使工区的排尘排放量控制在最低水平，烟气达标排放。施工机械设备应有消声减振措施，避免对鸟类造成惊吓，保护鸟类生境。

(3) 严格施工管理，减少施工机械设备油类的跑、冒、滴、漏；施工中废油、生活污水、渣土等合理处置，避免污染滩涂生态环境。

(4) 施工期间生活垃圾等固废要求各施工单位负责处理，不得随意抛弃或填埋，以免污染环境，传播疾病，使鸟类误食而致病。建设单位应在施工招标文件中提出相应的处置和处罚条款。

(5) 合理规划施工作业时间，尽量避免在鸟类迁徙的高峰期进行工区全面铺开作业，建议分区域施工，宜以电缆回路为单元进行分区，避免施工区域多点零散施工，并尽可能缩短日施工时间，避免夜间施工，以减少对鸟类栖息、觅食等的影响。

(6) 施工结束后，应及时拆除施工临时设施，尽可能恢复滩涂原貌，为当地海洋生物资源的自然恢复创造有利条件。

### 10.1.3 固体废物污染防治措施

本项目施工期产生的固体废弃物主要包括组装场地加工废料和施工人员生活垃圾等几部分。

(1) 风机塔基与塔架焊接过程产生的废弃焊头和拆卸下来的材料设备包装废弃物不得随意丢弃，应在作业点及时收集回收。建议在每个施工现场设置废料回收桶，交有资质的固体废弃物处置单位统一处置。

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

(3) 对能利用的施工废弃材料由施工单位负责及时清理处置。

(4) 应设立施工人员生活垃圾收集点，定期清运至陆上，按当地环卫部门规定统一处置。

(5) 各施工单位加强对施工人员的教育和管理，不随地大小便，不随处随手乱扔垃圾，保证粪便和生活垃圾集中处置。

### 10.1.4 声环境保护措施

施工噪声主要来自施工机械设备，由于周边附近无居民集中区等声环境敏感目标，但为保护鸟类及其生境，同时也为保障施工人员健康安全，尽量减小施工噪声的不利影响，拟采取如下防护措施。

#### 1、海域施工保护措施

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

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

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

(4) 加强施工管理、文明施工，减少施工期不必要的噪声影响，尽可能减少产生

噪声的夜间施工作业。

(5) 春、夏季(4~6月)是鱼类产卵高峰期,从减缓对渔业资源影响的角度出发,打桩、电缆铺设应避免海洋鱼类产卵高峰期。同时打桩前可采取预先轻轻打几下桩,以“软启动”方法驱赶桩基周围的鱼类,为减缓后续正式打桩时产生的水下噪声对鱼类的影响。

## 2、陆域施工场地保护措施

(1) 避免在同一地点安排大量动力机械设备,以避免局部声级过高。

(2) 合理安排施工计划,严格禁止在夜间进行产生噪声污染的建筑施工作业,夜间22:00~6:00需施工,应向有关环保部门申报,获批准后方可进行。

(3) 施工单位应选用噪声低的施工机械,严格按照《建筑施工场界噪声限值》(GB12523-90)中的有关规定执行;选用符合《机动车辆允许噪声》(GB1495-79)标准的施工车辆,禁止不符合国家噪声排放标准的机械设备和运输车辆进入工区。

(4) 加强施工设备的维护保养,发生故障应及时维修,保持润滑,紧固各部件,减少运行震动噪声;改进施工机械,整体设备应安放稳固,并与地面保持良好接触,有条件的应使用减振机座。加强施工管理、文明施工,杜绝施工机械在运行过程中因维护不当而产生的其它噪声。

### 10.1.5 通航环境保护措施

为保证项目施工安全和最大程度降低对附近海域航行的不利影响,施工单位应有水上施工经验,施工过程中需科学合理安排施工工序,周密考虑项目施工期间的安全措施,主要包括:

(1) 加强对施工作业的安全管理。施工作业的施工设备应经过相关的安全检测,有关人员应经过水上作业的安全培训和教育,并认真落实施工作业的安全措施和发生突发情况的应急措施。

(2) 为确保本项目顺利进行和附近水域船舶的通航安全,施工单位应拟定施工期间水上交通安全维护方案,利用报刊、广播、电视等媒体开展广泛的宣传,使有关航运单位、航行船舶及从事捕捞作业的渔民能及时了解项目内容、施工范围和工期等,以取得社会各方面的理解、支持和配合。

### 10.1.6 环境空气保护措施

(1) 加强对施工机械,运输车辆维修保养。禁止不符合国家废气排放标准的机械

和车辆进入工区，禁止以柴油为燃料的施工机械超负荷工作，减少烟度和颗粒物排放。

(2) 施工场地、道路、土方堆场应定期洒水，防止表面产生大量浮尘，在大风天加大洒水量及洒水次数，保持车辆出入的路面整洁、湿润，以免行车时产生大量扬尘。

(3) 施工单位应加强施工区的规划管理，建筑材料的堆场以及混凝土拌和处应定点定位，并采取适当的防尘措施。

(4) 加强施工管理，合理安排施工车辆行驶路线，应尽量避免居民集中区。

(5) 加强对施工人员的环保教育，提高全体施工人员的环保意识，坚持文明施工、科学施工，减少施工期的空气污染。

## 10.2 运营期污染防治对策

本项目为风力发电项目，生产过程中无废气、废水排放，基本无固废排放，具有清洁生产特征。针对本项目运行期间可能对渔业生产、鸟类、声环境、通航和电磁环境产生的影响，提出以下防治对策。

### 10.2.1 海洋生态影响减缓和修复措施

(1) 本项目实施不可避免地对海洋生态和渔业资源造成直接损害。为减少项目建设对海洋生态和渔业资源的影响，项目建成后应立即采取以底栖和潮间带生物增殖及鱼类增殖放流为主的生态修复补偿措施，增殖放流品种优先选取当地海域的常见种和优势种或经济价值高的种类。放流品种、规格和数量可根据本工程所在地的环境特征和工程特征执行，具体应在当地渔业主管部门指导下，按照当地海洋功能区划，鱼类产卵场位置确定，并与当地放流计划同步，便于增殖放流的组织和管理。

(2) 建设单位应与当地渔业主管部门和渔民协商，落实对经济损失的渔民的补偿措施，制定切实可行的补偿计划，落实补偿费用，以经济手段减轻项目实施对渔民的影响，以取得渔民的理解、支持和配合。

(3) 项目运行期，对风机及相关设备进行维护时需用到一定数量、不同种类的润滑油。因此，在维护过程中应防止油类的跑、冒、漏、滴，废油应储存在专设的废油箱中。含油的连通软管和其他含油废物（揩布、废滤网）应统一存放在维修船上妥善保管。维护结束后，应将废油、含油废物等一并送交有资质单位回收处理，避免污染项目海域海水水质和沉积物环境。

### 10.2.2 鸟类影响对策措施

(1) 采用在风机上适当的位置安设闪烁灯光、以及采用不同色彩搭配，如旋转时

形成鹰眼图案，促使鸟类产生趋避行为，降低撞击风险。由于海上导航指示灯会增加鸟类撞击的概率，所以避免使用连续的红光或是旋转光柱，建议采用低亮度的白色闪光。

(2) 建议用紫外光固化涂料涂漆在风电机叶轮表面，以增加鸟类对风电机的可见度。

(3) 采用生态工程措施，对陆域建设区域侵占的鸟类栖息地进行补偿。主要通过邻近地区滩涂种青、促淤以及适当圈围，形成鸟类适宜栖息地来实现，但是相应的补偿区可以根据区域景观建设、结合旅游产业发展进行。

(4) 加强区域鸟类活动特征以及鸟类与风机撞击情况的观测，合理调整运行及防范措施。将风机鸟撞防范工作纳入区域发展规划，协调区域滩涂及邻近地区的开发建设。

(5) 至今为止，大部分有关风电场对鸟类影响的研究缺乏长期的监测数据。对于不同地区、不同的鸟类物种而言，风电场的影响可能是多样化的。在风电场建成后应开展长期的鸟类调查和监测项目，针对性地开展风电场对鸟类的影响研究，并及时采取相应的改进措施。

### 10.2.3 风机环境保护措施

#### 10.2.3.1 噪声防护措施

##### (1) 风机噪声控制

机械噪声和结构噪声是风力发电机组的主要噪声源，这部分噪声是能够控制的，其主要途径是：① 避免或减少撞击和摩擦，使齿轮和轴承保持良好的润滑状态；② 为减小机械部件的振动噪声，可在接近力源的地方切断振动传递的途径，如以弹性连接代替刚性连接或采取高阻尼材料吸收机械部件的振动能；③ 尽可能选择低噪声的设备。

风电机组的主要部件安装于机舱内部，这些部件产生的振动直接传递给机舱，引起机舱振动并产生噪声。为降低风机噪声源强，建议在机舱内表面贴附阻尼材料对机舱进行表面自由阻尼处理，衰减振动，降低结构噪声传递，同时隔离机舱内部的噪声向外传播。

##### (2) 加快水下噪声研究

建设单位先期委托技术单位进行了噪声电磁辐射环境影响专题工作，但鉴于时间、经费等因素的考虑，关于水下噪声对海洋生物的影响的相关工作还需在后续的工作中继续开展，应重点关注：

- 1) 海洋鱼类及哺乳动物的听阈值和声信号的敏感性研究；
- 2) 对海洋鱼类生物生活、生长和发育的影响；

3) 对海洋鱼类及哺乳动物的通讯影响。

#### 10.2.3.2 固体废物

(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。

#### 10.2.4 通航环境保护措施

(1) 按照相关管理规定及本工程的特点设置足够的导助航设施。

(2) 风电场风机机柱上应涂有醒目的警示色,夜间需采用灯光照射的办法;或在最外排的风机连线外布置一排黄色航行警示标,以警示航行船只进行有效避让。

(3) 安装海上风机监视系统,随时掌握风电场设施水域周围的船舶航行动态。并配备有效的通讯设备,与海事主管部门联系保持畅通,以在发生突发性事件时能及时获得海事部门的应急援助。

(4) 加大相关风机等抗风、流、浪的能力,并做好相关设施防撞配件的安装和维护,以防止附近船舶由于恶劣天气可能导致撞击风机的事故发生。

(5) 做好对环境的预测,对气象水文资料的收集,准确的预测出重大的险情,比如台风、海浪等严重威胁风电场及船舶安全的恶劣自然环境。

(6) 风电场建成后应及时发布航行通告,通知相关船舶及船舶管理部门,并设置禁航区和导助航设施。



表 10.2-1 主要环保对策措施及相应设备、工具一览表

时间	保护要素	主要环保对策措施	投入主要设备和工具						
			规模/型号	数量	处置效果	实施地点	实施时间	责任主体	运行机制
施工期	水环境	海上船舶油污水铅封上岸处置	油污水收集装置	各施工船自配	全部收集	船体	施工期	施工船	建设单位委托施工单位进行环境保护相关工作的开展，由建设单位和监理单位负责监督
		船舶生活污水禁止随意排放，陆域收集处置	污水收集装置	各施工船自配	全部收集	船体	施工期	施工船	
	生态环境	严格划定施工作业范围	管理措施、方法，配套装置等		减少生态环境影响	施工区域	施工期	委托单位、施工单位及建设单位	
		优化施工方案，加强科学管理							
		施工高峰期应尽量避免春、夏季海洋鱼类产卵高峰期							
		施工海域设置明显警示标志，告知施工周期							
		开展生态环境及渔业资源跟踪监测调查							
	落实补偿措施								
	固体废物	建筑垃圾，不得随意倾倒，应运至制定垃圾处理点进行处理	垃圾运输车	1 辆	定期清理	陆域施工区	施工期	施工单位	
		设置废料回收桶，收集废弃物	垃圾桶	5	定期清理	陆域施工区		施工船	
		禁止任意向海洋抛弃各类固体废弃物，收集至陆域进行处理	垃圾桶	施工船舶自配	全部收集	船体		施工单位	
		设立施工人员生活垃圾收集点，定期清运至陆上	垃圾中转点	1 处	定期收集清理	陆域施工区		施工单位	
	声环境	选择低噪声设备	配套设施、管理措施和方法		减噪、降噪	施工区域	施工期	施工单位	
		定期维护和及时修理施工机械							
		加强对施工人员的个人防护							
		加强施工管理							
通航环境	以“软启动”方法驱赶桩基周围的鱼类	管理措施和方法		保证通航安全	海上施工区域	施工期	施工单位和建设单位		
	加强对施工作业的安全管理								
		施工期间水上交通安全维护方案							

	大气环境	加强对施工机械，运输车辆维修保养	管理措施方法		施工区	陆域施工区	施工期	施工单位	
		施工场地、道路、土方堆场应定期洒水	洒水车	1 辆	定期洒水	陆域施工区	施工期	施工单位	
		施工单位应加强施工区的规划管理	管理措施、方法		减少大气环境影响				
运营期	生态环境	增殖放流为主的生态修复补偿措施	管理措施方法		减少生态环境影响	用海区域	运营期	建设单位和委托相关单位	建设单位内部设立专门的环境保护管理部门，对各生产运行环节环保工作进行管理和监督及具体工作的协调处理。
		落实对经济损失的渔民的补偿措施							
		维护结束后，应将废油、含油废物等一并送交有资质单位回收处理	接收装置	各一套					
	鸟类	风机上适当的位置安设闪烁灯光	闪烁灯	每个风机一个	降低对鸟类影响、积累数据	用海区域	运营期	建设单位	
		紫外光固化涂料涂漆在风电机叶轮表面	紫外光涂料	每个风机一套					
		加强区域鸟类活动特征以及鸟类与风机撞击情况的观测	相关措施和方法						
		开展风电场对鸟类的影响研究							
	声环境	风机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	配套装置和材料	每个风机	隔音、吸音、减噪、减震	风机	运营期	风机设计制造单位	
		减少撞击和摩擦，使风机齿轮和轴承保持良好的润滑状态							
	固体废物	含油的棉纱等应收集后运回陆地	吸油棉	配套	及时收集	使用地点	运营期	建设单位	
		维修、监测及养护期间产生的固废、生活垃圾收集并运回陆域处理	船舶垃圾桶	维护船自配	全部清理	维护船			
	通航环境	设置足够的导助航设施	导航设施	对应设施进行配备	保证通航安全	风机	运营期	建设单位和设计单位	
		风机机柱上应涂有醒目的警示色	警示标志						
安装海上风机监视系统		监视系统							
相关设施防撞配件的安装和维护		防撞装置							
	及时发布航行通告	管理措施方法			用海区域				
水环境	海上维修船生活污水收集至陆域处理	污水收集装置	船体自配	全部收集	维修船	运营期	建设单位		

# 11 环境保护的技术经济分析

## 11.1 环保投资估算

本项目环保投资共计 1168.93 万元，占总投资 196524.69 万元的比例为 0.54%。工程环保投资一览表见表 11.1-1。

表 11.1-1 工程环保投资一览表

序号	项目		费用 (万元)
1	水环境保护工程	施工生产、生活污水收集和处理	52
		运行期生活污水收集和处理装置	100
2	大气环境保护工程		20
3	声环境保护工程		50
4	固体废物处置工程		15
5	施工船舶污染物收集处置		100
6	陆生生态保护工程	风机叶片警示色	50
7	水生生态保护工程	施工期水生态保护措施	100
		运行期海洋资源修复(含生态补偿)	271.93
8	事故溢油应急设备		20
9	环境监测	施工期监测费	84
		运行期监测费	176
10	施工期环境监理费		80
11	其它临建工程		50
合计			1168.93

## 11.2 环境损益

### 11.2.1 节能减排效益

随着石油和煤炭的大量开发，不可再生能源保有储量越来越少，终有枯竭的一天，因而新能源的开发已经提到了战略高度。《中华人民共和国可再生能源法》已明确提出“国家鼓励和支持风能、太阳能、水能、生物质能和海洋能等非化石能源并网发电”。风能是清洁的、可再生的能源，开发风能符合国家环保、节能政策，风电场的开发建设可有效减少常规能源尤其是煤炭资源的消耗，保护生态环境，营造出山川秀美的旅游胜地。

本工程建成后每年可替代 10.73 万 t 标准煤，可减少 SO<sub>2</sub> 排放量约 69.79t、NO<sub>x</sub> 排放量约 66.30t、CO<sub>2</sub> 产生量约 29.34 万 t、烟尘排放量约 13.69t。因此，本风电场建设具有明显的节能和环境效益。

### 11.2.2 经济效益

本项目拟定含税上网电价为 0.75 元/kWh 进行经济分析，计算全部投资财务内部收益率 8.27% ( 所得税后 )，财务净现值为 182837.21 万元 (  $I_c=6%$  )；资本金财务内部收益率为 13.88 %，财务净现值为 189517.84 万元 (  $I_c=7%$  )。投资回收期为 12.47 年 ( 含建设期、所得税后 )，总投资收益率为 5.91%，资本金净利润率为 12.07%。

以上各项指标说明本项目具有较好盈利能力。

### 11.2.3 社会效益

#### (1) 国家能源产业发展战略和规划的需要

目前，为减少对一次能源的依赖，保护人类的生存环境，我国政府已承诺走可持续发展的道路，明确经济的发展不以牺牲后代生存环境、资源为代价，并研究、制定和开始执行经济、社会和资源相互协调的可持续发展战略。因此风能资源作为洁净能源受到高度重视。

福建省水电开发已达 90%以上；常规能源资源中，煤炭资源贫乏，石油、天然气尚未发现，属南方缺能省份之一。在风能资源方面，福建省属于全国最丰富的地区之一，大规模开发福建省丰富的风能资源，有利于减少对省外一次能源输入的依赖，满足能源与环境协调发展的要求，实现能源资源的合理开发利用和优化配置。

#### (2) 可促进当地旅游业的发展

风电场不但可给地区电网提供电力，而且，其本身也可成为旅游景点，促进当地旅游业的发展。

#### (3) 可促进当地经济的发展

项目建设会促进地区相关产业，如建材、交通、设备制造业的大力发展，对扩大就业和发展第三产业将起到一定的促进作用，从而带动和促进地区国民经济的发展和社会进步。

### 11.2.4 环境损失

本项目建成后仅对风机基础局部水域的潮流场产生影响，其他海域的潮流场基本不受影响。本项目建设后工程区海域淤积强度的变化并不明显，但存在局部冲刷现象。风机基础和电缆铺设等施工时将产生悬浮物扩散，施工期对近岸养殖区会造成一定影响，此影响随施工结束而逐渐消失。施工人员生活污水和施工船舶污废水在正常情况下不会对海域环境造成影响。

海上施工时泥沙入海将导致浮游生物数量减少，电缆挖沟作业将彻底破坏该区内底栖生物的栖息环境，对该区域内的底栖生物造成不可逆转的损害。

本项目风电场区不涉及鸟类栖息和觅食生境，工程施工期间可能对鸟类的觅食、迁徙造成一定的干扰，但施工期的影响是暂时、可逆的，施工结束后，对鸟类的影响也随之消失。本项目施工噪声对渔业资源的影响主要体现于对鱼类的驱赶作用，

经实验研究表明：风电场营运期总体的水下噪声强度比较低，对海洋生物的行为等不会带来明显影响。

海底电缆在埋深 2~3m 所产生的电磁环境影响效应不明显。在假设的理想条件即电缆金属护套完全接地情况下，电场将严格限制在每个核内部。对于三芯 35kV 的集群海底电缆，在离机群中心距离 1m 外，磁感应强度已降在  $10^{-6}$ T 以下。根据本项目实验室模拟实验，对该海域中典型的海洋鱼类和底栖生物基本上没有影响。

### 11.3 环境经济损益综合分析

本风电场工程具有明显的节能减排和环境效益，其施工和运行期间所造成的环境影响在采取污废水处理、防尘降噪、固废收集处理、海洋生态资源修复、鸟类保护措施、渔业生产补偿等一系列环保措施后，可予以减免和补偿。因此，本风电场建设过程应加强环境保护对策措施的实施，以便更大限度的发挥其本身具有的经济效益、社会效益和节能减排等环境效益。

从环境经济损益综合分析，本项目环境效益远大于损失，环境、社会、经济效益明显。

## 12 海洋工程的环境可行性

### 12.1 与海洋功能区划的符合性

海洋功能区划是我国海域使用管理法规定的一项基本制度，海域使用必须符合海洋功能区划。本项目在福建省海洋功能区划中的位置见图 12.1-1，所在功能区的管制要求见表 12.1-1。

#### 12.1.1 项目用海与所在功能区符合性分析

本项目风电场、35kV 海底电缆位于近海农渔业区（B1-01）内。

##### 1) 管制要求

该功能区的管制要求为：保障国防和船舶通航安全用海，用于海洋渔业捕捞。

本项目风机基础未占用主航道、支航道、周边航路及国防军事用海区，海底电缆路由与两条内航路、一条港区衔接航路有交越。海底电缆施工时采用开沟犁进行开沟作业，电缆埋设深度为 2.0m。内航路和港区衔接航路均为自然水深，且本项目施工期较短，电缆敷设后随即掩埋，不会对航路的水深条件产生不利影响。施工期，在海缆敷设期间可能会在一定程度上影响过往船舶的通航，建设单位应与港航、海事部门提前协调沟通，合理调度，避免施工船舶与其他航行船舶的冲突。建议委托具有通航安全论证资质的单位开展相应论证工作，并经相关管理部门评审同意。营运期，建设单位应与当地渔业主管部门及时沟通，避免捕捞作业渔船对风机基础的不利影响。营运期海底电缆埋设于海底面以下，不会对船舶通航、海洋捕捞作业产生影响。

因此，在建设单位与相关部门进行有效协调沟通的前提下，本项目建设符合该功能区的管制要求。

##### 2) 用海方式

该功能区的用海方式要求为：严格限制改变海域自然属性，兼容新能源和海岛海洋保护区建设用海。

本项目为新能源项目，符合该功能区用海方式。另外，本项目风机基础用海方式为“非透水构筑物”，海底电缆用海方式为“海底电缆管道”，且埋设于海底面以下，对工程区域海域的自然属性仅局部改变，海底电缆管道的用海方式不会影响船舶通航安全用海。因此，本项目建设符合该功能区的用海方式要求。

##### 3) 海洋环境保护要求

该功能区的海洋环境保护要求为：执行不劣于第一类海水水质标准、不劣于第一类

海洋沉积物质量标准、不劣于第一类海洋生物质量标准。

本项目制定了相应的施工环境管理监测计划，加强海洋环境监测。项目建成后海底电缆埋于海底面以下，风机场主要采用风力驱动，无污染物产生，不会导致周边水质、沉积物、海洋生物体质量下降。因而符合该功能区的海洋环境保护要求。

因此，本项目建设符合《福建省海洋功能区划（2011-2020年）》“近海农渔业区（B1-01）”的用途管制、用海方式及环保要求，因此本项目与“近海农渔业区（B1-01）”相符。

### 12.1.2 项目用海对周边邻近功能区的影响分析

#### （1）闽江口外矿产与能源区（B4-03）

该功能区的用途管制要求为保障固体矿产开采工业用海，须经科学论证确定开发范围与规模。用海方式要求为严格限制改变海域自然属性。海洋环境保护要求为保护海域自然环境，开发过程中执行不劣于第四类海水水质标准、不劣于第三类海洋沉积物质量标准、不劣于第三类海洋生物质量标准。

本项目位于该功能区东南侧约8.4km。本项目为风机基础及海底电缆建设，不占用该功能区。本项目建设不会影响该功能区的固体矿产开采作业。

#### （2）长乐海蚌海洋保护区（A6-05）

该功能区的用途管制要求为保障海洋保护区用海。用海方式要求为禁止改变海域自然属性；岸线整治要求为保护自然岸线。海洋环境保护要求为重点保护海蚌。严格执行保护区管理要求。

本项目位于该功能区东南侧30.6km。本项目实施对该功能区的影响主要考虑施工期悬浮对水质的影响。依据水动力、施工期悬浮泥沙扩散及泥沙冲淤影响预测，该功能区距离本项目较远，施工期悬浮泥沙不会影响到该功能区。

因此，本项目建设对该功能区无影响。

#### （3）福清湾-兴化湾港口航运区（B2-05）

该功能区的用途管制要求为保障船舶停泊和通航用海。用海方式要求为除进行必要的航道疏浚外，禁止其他改变海域自然属性和影响航行安全的开发活动。海洋环境保护要求为保护航道、锚地资源，执行不劣于第三类海水水质标准、不劣于第二类海洋沉积物质量标准、不劣于第二类海洋生物质量标准。

本项目位于该功能区东侧32.7km。本项目实施对该港口航运区的影响主要考虑工程

建设和运营期间施工船舶来往及水动力条件变化对港口航运区的影响。在施工期间应注意施工船舶来往对航道的影响；运营期应布设相关标记设施，降低通过此航运区的船舶误闯入风场区的风险。依据水动力及泥沙冲淤影响预测，本项目距离该功能区较远，工程建设不改变港口航运区的冲淤环境，不影响该功能区港口航运区的基本功能。

#### **(4) 山洲列岛海洋保护区 (B6-08)**

该功能区的用途管制要求为保障海洋保护区用海，保护厚壳贻贝资源。用海方式要求为禁止改变海域自然属性。岸线整治要求为保护海岛自然岸线。海洋环境保护要求为重点保护厚壳贻贝、海岛及周围海域生态系统。严格执行海洋特别保护区管理要求。

本项目位于该功能区东北侧 11.1km，距离较远。根据水动力、悬浮泥沙和泥沙冲淤影响预测可知，项目建设不会对该功能区的水质、水动力及冲淤环境产生影响。不影响该功能区的海洋保护区的基本功能。

#### **(5) 东庠岛农渔业区 (A1-15)**

该功能区的用途管制要求为保障开放式养殖用海，优化养殖结构，兼容休闲渔业用海。用海方式要求为禁止改变海域自然属性。岸线整治要求为保护海岛自然岸线。海洋环境保护要求为重点保护海域自然环境，执行不劣于第二类海水水质标准、不劣于第一类海洋沉积物质量标准、不劣于第一类海洋生物质量标准。

本项目位于该功能区东北侧 11.5km，距离较远。根据水动力、悬浮泥沙和泥沙冲淤影响预测可知，项目建设不会对该功能区的水质、水动力及冲淤环境产生影响，不影响该功能区的养殖用海的基本功能。

#### **(6) 马祖保留区 (B8-03)**

该功能区的用途管制要求为严格限制改变海域自然属性，兼容新能源和海岛海洋保护区建设用海。用海方式要求为保障国防和船舶通航安全用海，用于海洋渔业捕捞。海洋环境保护要求为执行不劣于第一类海水水质标准、不劣于第一类海洋沉积物质量标准、不劣于第一类海洋生物质量标准。

本项目位于该功能区南侧 19.6km，距离较远。根据水动力、悬浮泥沙和泥沙冲淤影响预测可知，施工期产生的悬浮泥沙不会影响到该功能区，项目建设不会对该功能区的水质、水动力及冲淤环境产生影响，不影响该功能区的基本功能。

可见，项目建设对周边海洋功能区基本无影响。



### 12.1.3 项目用海与海洋功能区的符合性分析

本项目风电场及 35kV 海底电缆位于近海农渔业区 ( B1-01 ) 内。项目用海符合所在功能区的 management 要求，对邻近功能区无影响，因此项目用海符合《福建省海洋功能区划 ( 2011-2020 年 ) 》。



图 12.1-1 项目用海在福建省海洋功能区划中的位置图

平潭外海风电一期项目海洋环境影响报告书

表 12.1-1 福建省海洋功能区划登记表

代码	功能区名称	地区	地理范围	功能区类型	面积 (公顷)	用途管制	用海方式	海岸整治	海洋环境保护要求
A5-07	下沙旅游休闲娱乐区	福州市 长乐市	长乐下沙及东洛列岛周围海域,东至 119°41'39.7" E、西至 119°36'35.2" E、南至 25°45'10.1" N、北至 25°49'01.0" N。	旅游休闲娱乐区	4387	保障旅游基础设施、浴场、游乐场用海,兼容休闲渔业用海。鼓励建设国家海洋公园	严格限制改变海域自然属性	保护大陆和海岛自然岸线,保护与修复沙滩和防护林	保护海岛景观和地形地貌;执行不劣于第二类海水水质标准、不劣于第一类海洋沉积物质量标准、不劣于第一类海洋生物质量标准
A2-16	松下港口航运区	福州市 长乐市和福清市	长乐市松下镇沿岸海域,东至 119°38'52.1" E、西至 119°34'09.2" E、南至 25°41'03.5" N、北至 25°46'53.0" N。	港口航运区	1678	保障港口用海,兼容不损害港口功能的用海	填海控制前沿以内允许适度改变海域自然属性,以外禁止改变海域自然属性;控制填海规模,优化码头岸线布局,尽量增加码头岸线长度	加强海岸景观建设	重点保护港区前沿的水深地形条件,执行不劣于第四类海水水质标准、不劣于第三类海洋沉积物质量标准、不劣于第三类海洋生物质量标准
B1-01	近海农渔业区	福建省	领海外部界线以内,东至 121°12'34.1" E、西至 117°11'24.0" E、南至 23°9'42.1" N、北至 27°10'00.7" N。	农渔业区	2364444	保障国防和船舶通航安全用海,用于海洋渔业捕捞。	严格限制改变海域自然属性,兼容新能源和海岛海洋保护区建设用海	----	执行不劣于第一类海水水质标准、不劣于第一类海洋沉积物质量标准、不劣于第一类海洋生物质量标准
B4-03	闽江口外矿产与能源区	福州市 长乐市	海坛岛以北 25km,东至 119°56'39.3" E、西至 119°52'40.4" E、南至 25°48'23.4" N、北至 25°52'13.5" N。	矿产与能源区	2720	保障固体矿产开采工业用海,须经科学论证确定开发范围与规模	严格限制改变海域自然属性	----	保护海域自然环境,开发过程中执行不劣于第四类海水水质标准、不劣于第三类海洋沉积物质量标准、不劣于第三类海洋生物质量标准
A6-05	长乐海蚌海洋保护区	福州市	闽江口至漳港。东至 119°47'50.3" E、西至 119°36'19.8" E、南至 25°48'59.8" N、北至 26°5'26.8" N。	海洋保护区	21448	保障海洋保护区用海	禁止改变海域自然属性	保护自然岸线	重点保护海蚌。严格执行保护区管理要求。

平潭外海风电一期项目海洋环境影响报告书

B2-05	福清湾-兴化湾港口航运区	莆田市、福州市、平潭	福清湾-海坛海峡-兴化湾,东至 119°43'58.7" E、西至 119°15'07.1" E、南至 25°11'18.1" N、北至 25°45'06.3" N。	港口航运区	12394	保障船舶停泊和通航用海	除进行必要的航道疏浚外,禁止其他改变海域自然属性和影响航行安全的开发活动。	----	保护航道、锚地资源,执行不劣于第三类海水水质标准、不劣于第二类海洋沉积物质量标准、不劣于第二类海洋生物质量标准
B6-08	山洲列岛海洋保护区	福州市平潭县	海坛岛东北海域山洲列岛及周围海域。东至 119°53'53.9" E、西至 119°47'29.2" E、南至 25°36'24.2" N、北至 25°42'43.7" N。	海洋保护区	6540	保障海洋保护区用海,保护厚壳贻贝资源	禁止改变海域自然属性	保护海岛自然岸线	重点保护厚壳贻贝、海岛及周围海域生态系统。严格执行海洋特别保护区管理要求。
A1-15	东庠岛农渔业区	福州市平潭县	东庠岛周围海域,东至 119°55'14.1" E、西至 119°50'29.5" E、南至 25°27'48.3" N、北至 25°38'13.0" N。	农渔业区	2946	保障开放式养殖用海,优化养殖结构,兼容休闲渔业用海	禁止改变海域自然属性	保护海岛自然岸线	重点保护海域自然环境,执行不劣于第二类海水水质标准、不劣于第一类海洋沉积物质量标准、不劣于第一类海洋生物质量标准
B8-04	马祖保留区	连江县和长乐市	马祖列岛、白犬列岛,东至 120°4'32.6" E、西至 119°50'02.8" E、南至 25°55'18.3" N、北至 26°21'10.2" N。	保留区	83689	严格限制改变海域自然属性,兼容新能源和海岛海洋保护区建设用海	保障国防和船舶通航安全用海,用于海洋渔业捕捞。	----	执行不劣于第一类海水水质标准、不劣于第一类海洋沉积物质量标准、不劣于第一类海洋生物质量标准

## 12.2 与区域和行业规划的符合性分析

### 12.2.1 与国家政策的符合性

#### (一) 与《国家产业结构调整指导目录》(2019年本)的符合性

根据国家发展改革委发布的《产业结构调整指导目录(2019年本)》，鼓励类项目：“五、新能源”项目包括“12 海上风电场建设与设备制造”。

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。

#### (二) 与可再生能源产业政策的符合性

2005年通过的《中华人民共和国可再生能源法》明确将包括风能在内的可再生能源开发利用列为能源发展的优先领域，通过制定可再生能源开发利用总量目标和采取相应措施，推动可再生能源市场的建立和发展。

《可再生能源中长期发展规划》(2007-2020年)中指出随着传统石油等能源的不可逆转的减少，在新世纪里要想获得发展先机，壮大经济实力，必须壮大经济实力，必须要大力发展可再生能源，以便更好地满足经济和社会持续发展的需要。可再生能源包括水能、生物质、风能、太阳能、地热能和海洋能等。从目前可再生能源的资源状况和技术发展水平看，今后发展较快的可再生能源除水能外，主要是生物质能、风能和太阳能。规划提出“到2020年，全国风电总装机容量达到3000万kW。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。”

本项目位于东南沿海福建东部海域，风资源丰富，是可再生能中长期发展规划提出的风电发展重点区域。本项目的建设充分利用此处的海上风能，从一定程度上缓解福建省的用电紧张并与可再生能源中长期发展规划中大力发展风电相协调，符合可再生能源产业政策要求。

#### (三) 与海上风电管理法规的符合性

根据国家海洋局发布国海规范[2016]6号文《国家海洋局关于进一步规范海上风电用海管理的意见》，其中提到：“海上风电项目用海必须符合海洋主体功能区规划和海洋功能区划，优先选择在海洋功能区划中已明确兼容风电的功能区布置，一般不得占用港口航运区、海洋保护区或保留区等功能区；海洋功能区划中没有明确兼容风电功能的，应当严格科学论证与海洋功能区划的符合性，不得损害所在功能区的基本功能，避免对

国防安全和海上交通安全等产生影响。鼓励海上风电深水远岸布局，在当前和未来开发强度低的海域选址建设，原则上应在离岸距离不少于 10 公里、滩涂宽度超过 10 公里时海域水深不得少于 10 米的海域布局。在各种海洋自然保护区、海洋特别保护区、自然历史遗迹保护区、重要渔业水域、河口、海湾、滨海湿地、鸟类迁徙通道、栖息地等重要、敏感和脆弱生态区域，以及划定的生态红线区内不得规划布局海上风电场。”

根据《海上风电开发建设管理办法》（国能新能[2016]394 号），海上风电场应当按照生态文明建设要求，统筹考虑开发强度和资源环境承载能力，原则上应在离岸距离不少于 10 公里、滩涂宽度超过 10 公里时海域水深不得少于 10 米的海域布局。在各种海洋自然保护区、海洋特别保护区、自然历史遗迹保护区、重要渔业水域、河口、海湾、滨海湿地、鸟类迁徙通道、栖息地等重要、敏感和脆弱生态区域，以及划定的生态红线区内不得规划布局海上风电场。

本项目建设符合全国海洋主体功能区规划和福建省海洋功能区划，本项目风电场所所在的海洋功能区兼容新能源用海。风电场离岸距离超过 10km，所在海域滩涂宽度未超过 10km。风电场不占用海洋自然保护区、海洋特别保护区等生态敏感区。因此，本项目建设与国海规范[2016]6 号文、海上风电开发建设管理办法要求是相符合的。

### 12.2.2 与福建省海洋生态红线的符合性分析

海洋生态红线区指“为维护海洋生态健康与生态安全，以重要生态功能区、生态敏感区和生态脆弱区为保护重点而划定的实施严格管控、强制性保护的区域”。本节从重要生态功能区 and 生态敏感/脆弱区的概念和内涵分析，并结合我国现行法律法规中的海洋生态保护内容，归纳并识别需纳入海洋生态红线的海洋生态系统（区域）类型。

本项目与福建省海洋生态红线位置关系见图 6.2-1。根据《福建省海洋生态红线》，本项目不占用限制利用区和禁止利用区。

本项目风电场与邻近的牛山岛渔场重要渔业水域生态保护红线区最近距离为 8.2km，山洲列岛厚壳贻贝海洋保护区生态保护区域红线区（二）最近距离为 11.8km，山洲列岛厚壳贻贝海洋保护区生态保护区域红线区（三）最近距离为 14.4km，山洲列岛厚壳贻贝海洋保护区生态保护区域红线区（四）最近距离为 16.5km。

根据数值模拟预测结果可知，本项目距离周边生态红线区较远，施工期对周边邻近的生态红线区无影响。本项目海底电缆埋设在海床表层，不存在将工程海域底土开挖至他处的作业行为，海缆埋设施工结束后，项目建设不影响岸线自然形态，对海域整体海

底地形和水动力环境无影响。同时，施工期产生的污水、固废等均运至岸上处置，不排海，不会影响邻近的红线区的水质。营运期风电场与各生态红线区距离较远，风机噪声和锌释放对各生态红线区影响较小。

营运期海底电缆埋设于海底面以下，无污染物产生，对各生态红线区均无影响。因此，工程建设与邻近的红线区管控措施和环境保护要求是相符合的。

根据上述分析可知，本项目建设不占用、不影响《福建省海洋生态红线》中划定的限制利用区和禁止利用区，项目用海符合《福建省海洋生态红线》。



### 12.2.3 与福建省海洋环境保护规划的符合性分析

根据《福建省海洋环境保护规划（2011-2020）》，本项目风机和海底电缆位于福州东部外海渔业资源保护利用区（2.1-19）。

本项目与福建省海洋环境保护规划位置关系见图 12.2-2。

福州东部外海渔业资源保护利用区（2.1-19）环保管理要求：加强对鱼虾类的产卵场、索饵场、洄游通道等渔业环境的保护，控制捕捞强度。环境质量目标为近、远期海水水质、海底沉积物质量、海洋生物质量执行一类标准。

本项目风机基础在该利用区的用海面积较小，水生生物洄游时可避开风机基础，对水生生物影响不大；施工时避开鱼类产卵期，施工期对鱼类产卵场、索饵场影响不大，运营期在工程周边较近区域内可能对鱼类产卵造成一定影响，但影响范围有限。工程与主要经济鱼类“三场一通道”最近距离约10km，对主要经济鱼类“三场一通道”影响不大，工程在施工期及运行期仍应采取加强施工管理、跟踪观测、增殖放流等措施减缓对海洋生态环境的影响，并协调好与海域渔业生产的关系。工程施工期，运营期均采取措施防范溢油风险。因此本项目基本符合福州东部外海渔业资源保护利用区的环保管理要求。

本项目为海上风电场基础和海底电缆的建设。施工期产生的悬浮泥沙会对该利用区的水质产生一定影响，但这种影响是暂时的，随着施工的结束而逐渐消失，不产生其他有毒有害的污染物质。且本项目制定了相应的施工环境管理监测计划，加强海洋环境监测。运营期，风电场和海底电缆均无污染物产生，不会对海水水质和海洋生物质量产生不利影响。风电场基础采用透水构筑物的用海方式，海底电缆埋设于海底面以下，不会对工程区的沉积物质量产生影响。因此本项目基本符合福州东部外海渔业资源保护利用区的环境质量目标要求。

综上所述，本项目建设符合福建省海洋环境保护规划的要求。



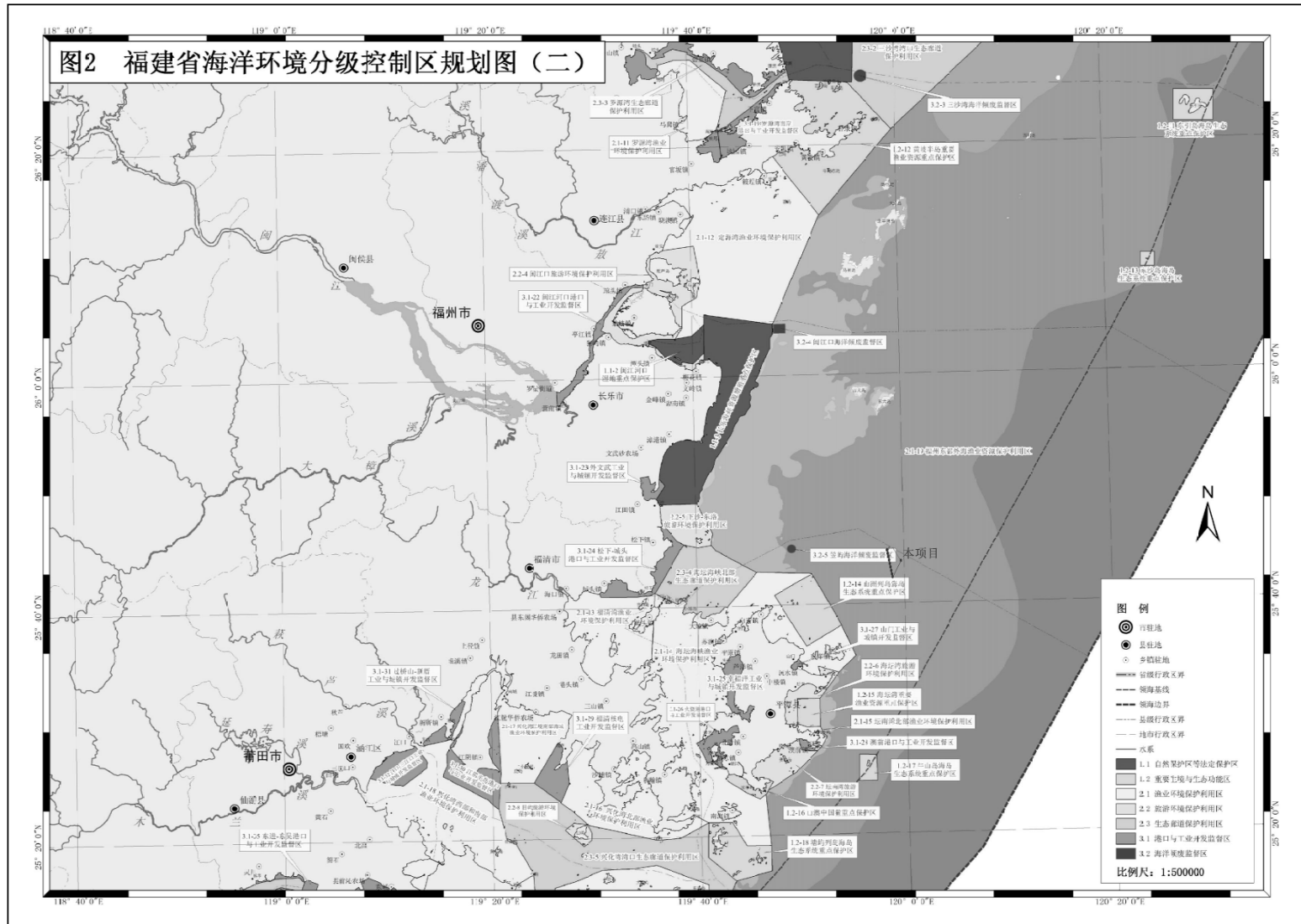


图 12.2-2 本项目在福建省海洋环境保护规划中的位置

#### 12.2.4 与福建省海上风电场工程规划报告的符合性

2017年3月，国家能源局正式批复《福建省海上风电场工程规划报告》，其中长乐外海海上风电场场址位于福建海岸线以东 29~68km 海域，分为 A-H 区（H 区隶属平潭海域），合计 3500MW。

2017年6月，福建省发改委复函表示由于规划调整长乐外海 H 区海上风电场位于平潭海域，同意更名为平潭外海海上风电项目场，并要求加快开展相关前期工作（附件 4）。

在推进前期工作过程中，长乐外海海上风电场 A 区项目由于 TSE-1 闽台海缆、密集的通航交通流等各项制约因素，根据福建省发改委和地方海事主管部门的相关协调意见进行了场址调整。平潭外海海上风电项目同样存在着海事制约因素导致项目开发阻力较大。在考虑尽量减少对海上交通的相关影响后，在长乐 A 区项目新场址的相邻平潭海域具备相对较好开发建设条件，拟将此海域作为平潭外海海上风电场一期项目进行优先开发，并和长乐 A 区项目统一规划建设海上升压站，统一送出。

经协调，平潭一期项目获得福建省发改委的认可和同意。2020年3月24日，福建省发改委出具了《关于加快莆田平海湾 DE 区、漳浦六鳌海上风电场二期、平潭外海海上风电场一期项目前期工作的函》（附件 4），明确三峡集团抓紧落实项目电力接入系统和消纳条件，深入论证充分利用资源条件、优化技术方案。福建省发改委将在相关条件基本具备时抓紧开展海上风电配置和项目核准工作。

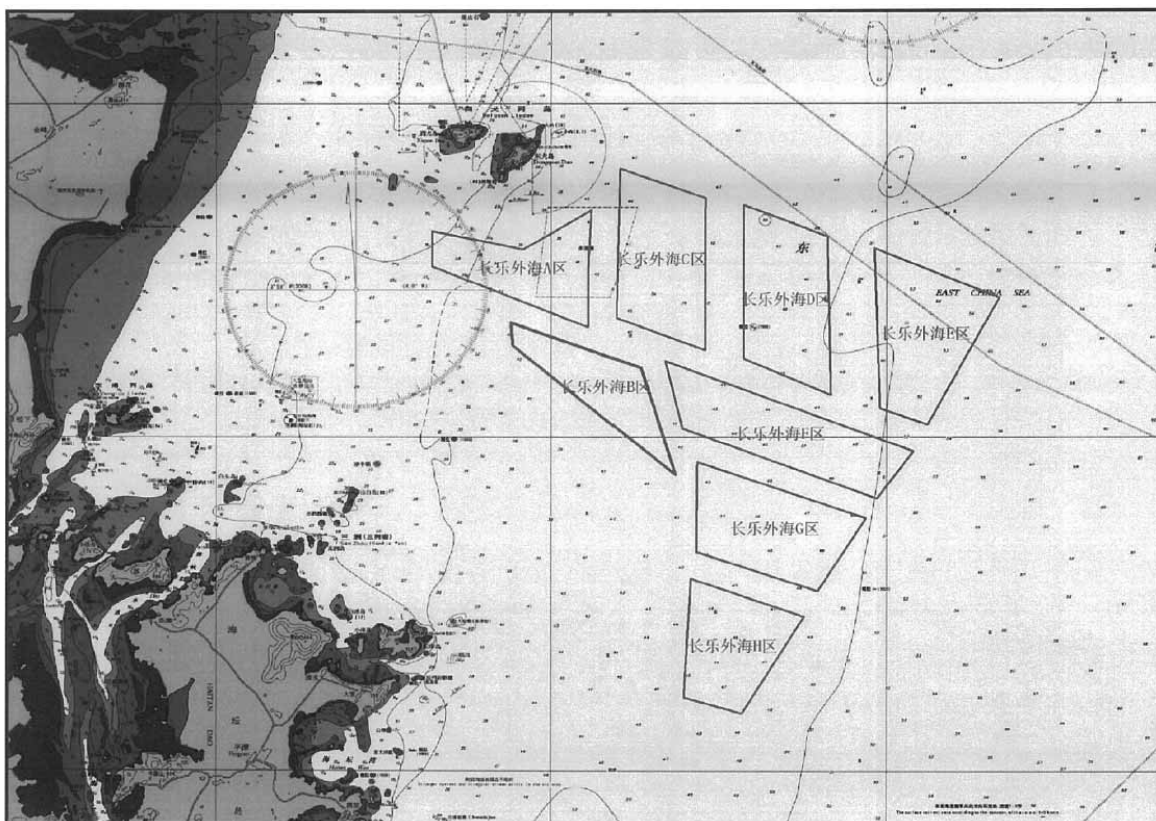


图 12.2.4-1a 长乐外海规划风电场场址范围

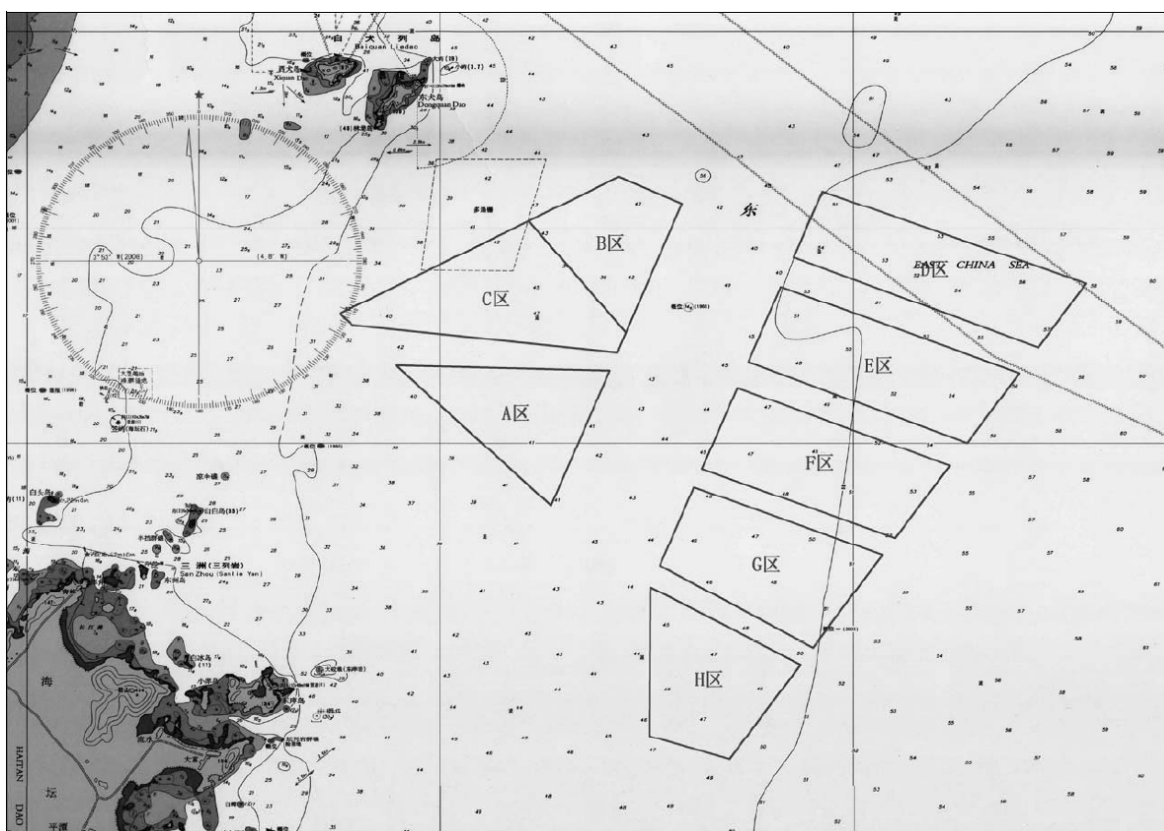


图 12.2.4-1b 福州市海上风电场专项规划场区

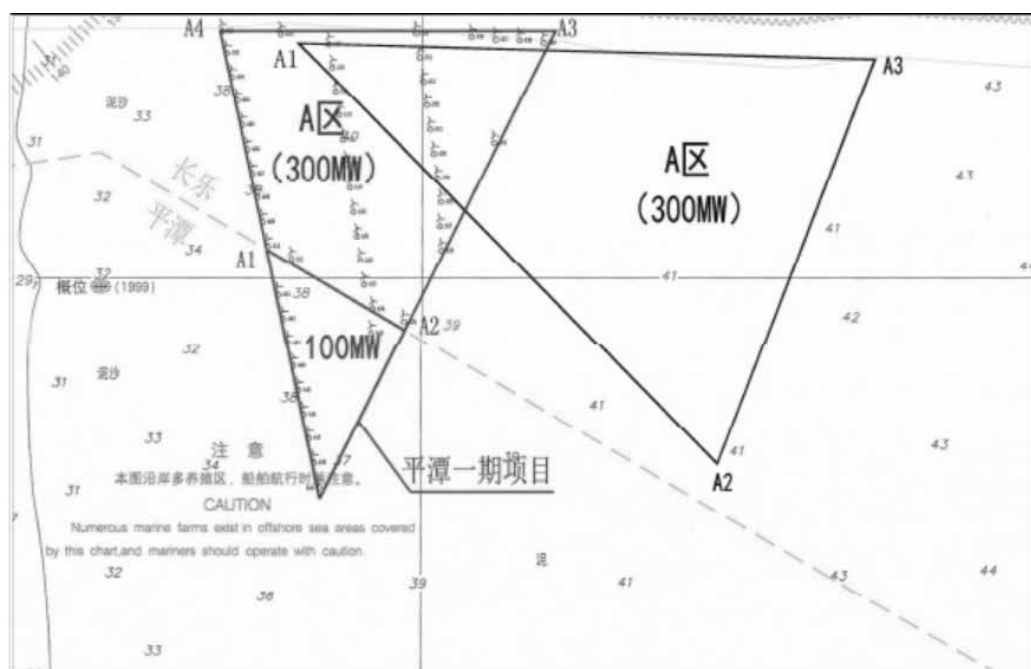


图 12.2.4-1c 2019 年通航安全分析优化调整后场址范围

### 12.2.5 与福建省海岛保护规划的符合性

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。

本项目风电场范围内无岛礁，距离周边海岛较远，均在 10km 以上，对其均无影响。

因此，本项目建设符合福建省海岛保护规划。

### 12.2.6 与福州港总体规划的符合性

根据《福州港总体规划(修编)》，福州港将形成“一港九区”的总体发展布局，即全港由闽江口内、江阴、松下、罗源湾、平潭、三都澳、白马、三沙、沙埕 9 个港区组成。其中，松下港区主要服务福清元洪投资区和长乐松下工业区临港产业发展，以粮食、杂货等清洁货类运输为主，兼顾部分干散货运输。工程与福州港总体规划的位置关系见附图 6.2-4。

本项目风电场不占用福州港各规划港区，附近的港区主要为松下港区牛头湾作业区，风电场与牛头湾作业区最近距离分别约 40km。风电场与牛头湾作业区距离较远，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。

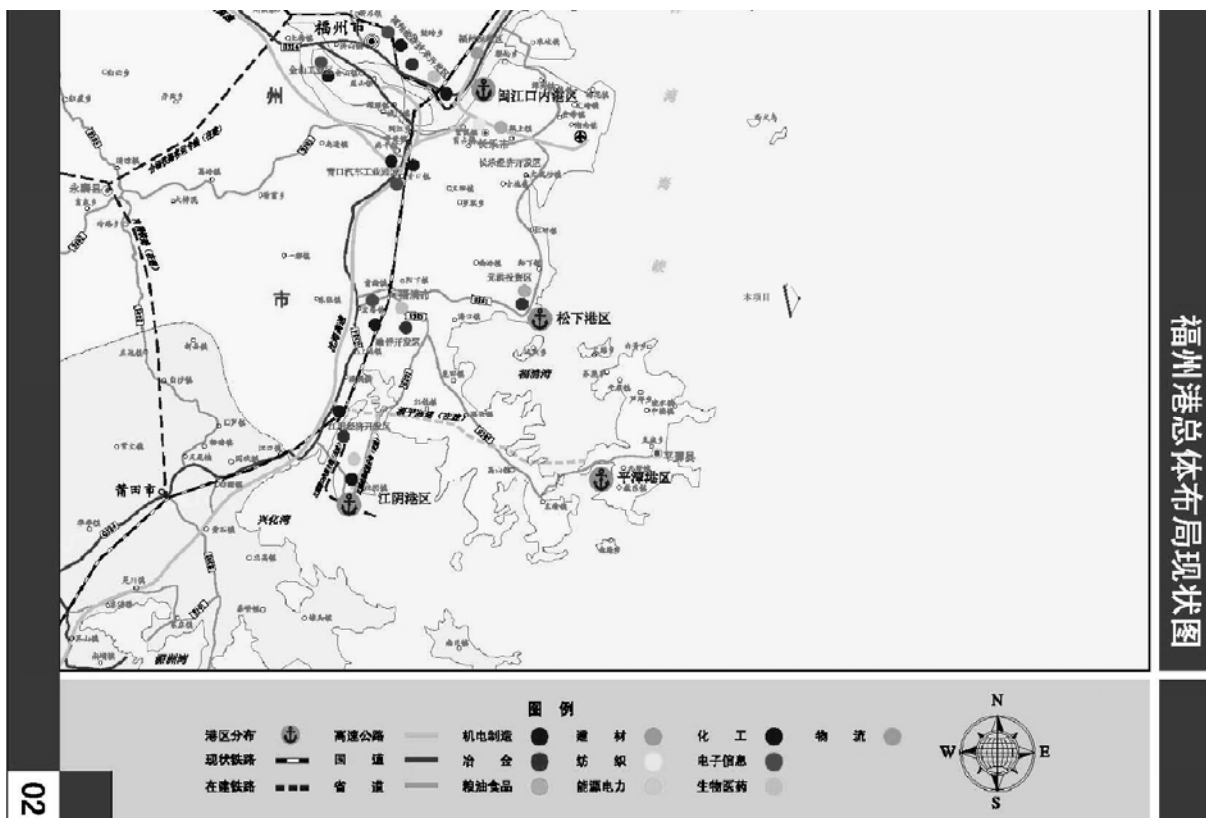


图 12.2-6 本项目与福州港总体规划的位置图

### 12.2.7 与福建省湿地保护规划的符合性

根据福建省林业厅《福州市湿地保护规划（2014~2025）》，本项目风电场不占用湿地功能区，详见图 12.2-7。

因此，本项目建设符合《福州市湿地保护规划（2014~2025）》。

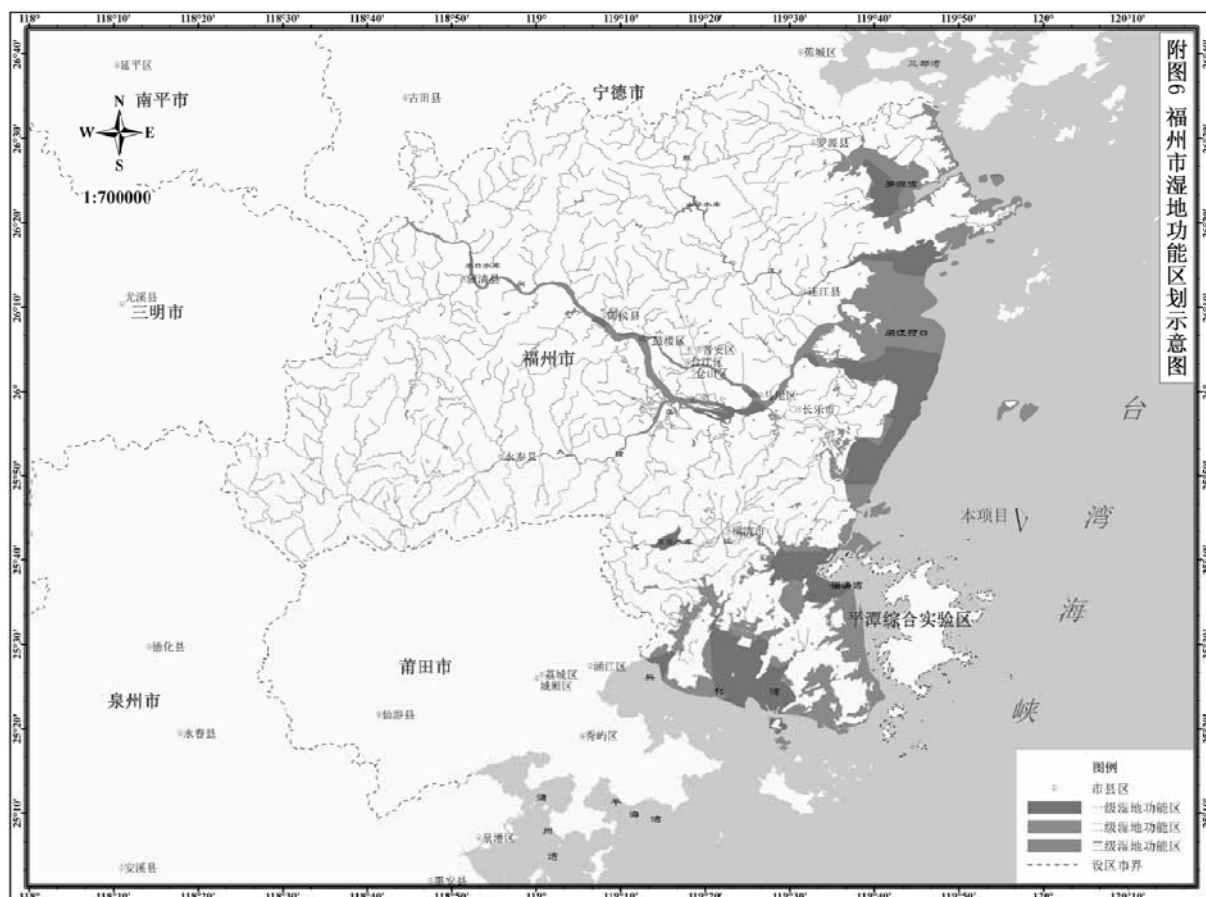


图 12.2-7 本项目与福州市湿地功能区划的位置图

### 12.2.8 与《福建省“十三五”海洋经济发展专项规划》的符合性分析

根据《福建省“十三五”海洋经济发展专项规划》，规划期间将推进海洋新兴产业规模化发展，而海洋工程装备业则作为海洋新兴产业重大项目（工程）被纳入规划中。规划中指出：大力发展以海洋油气开发装备为代表的海洋矿产资源开发装备，加快推进以海洋风能工程装备为代表的海洋可再生能源开发装备、以海水淡化和综合利用装备为代表的海洋化学资源开发装备的产业化，积极培育潮流能、波浪能、天然气水合物、海洋生物质资源开发利用装备等相关产业，实施一批海洋工程装备制造关键技术产业化示范工程，打造从装备设计、集成到设备制造、基础材料、配套服务于一体的产业链。

本项目为风电场工程，属于海洋风能工程的一部分，项目建设后对促进福建省海洋经济能源发展具有重要的意义，符合规划中提出的“加快推进以海洋风能工程装备为代表的海洋可再生能源开发装备”的要求，海洋风电能源有助于福建省海洋可再生资源的开发利用，可促进海洋新兴产业的发展。

因此，本项目的建设符合《福建省“十三五”海洋经济发展专项规划》。

### 12.2.9 与《福建省近岸海域环境功能区划（2011～2020年）》符合性分析

《福建省近岸海域环境功能区划》于1998年4月27日经省政府批准实施,并于1999年根据GB3097-1997《海水水质标准》进行了调整(闽政〔1999〕文65号)。近岸海域环境功能区是为执行《海洋环境保护法》和《海水水质标准》,根据海域水体的使用功能和地方经济发展的需要对海域环境划定的按水质分类管理的区域。

福建省近岸海域共划分为151个环境功能区,总面积22506平方公里。本项目与《福建省近岸海域环境功能区划》的位置叠置图见图12.2-8。本项目位于第二类环境功能区,水质要求为“适用于水产养殖区,海水浴场,人体直接接触海水的海上运动或娱乐区,以及与人类食用直接有关的工业用水区,执行不低于第二类海水水质标准”。

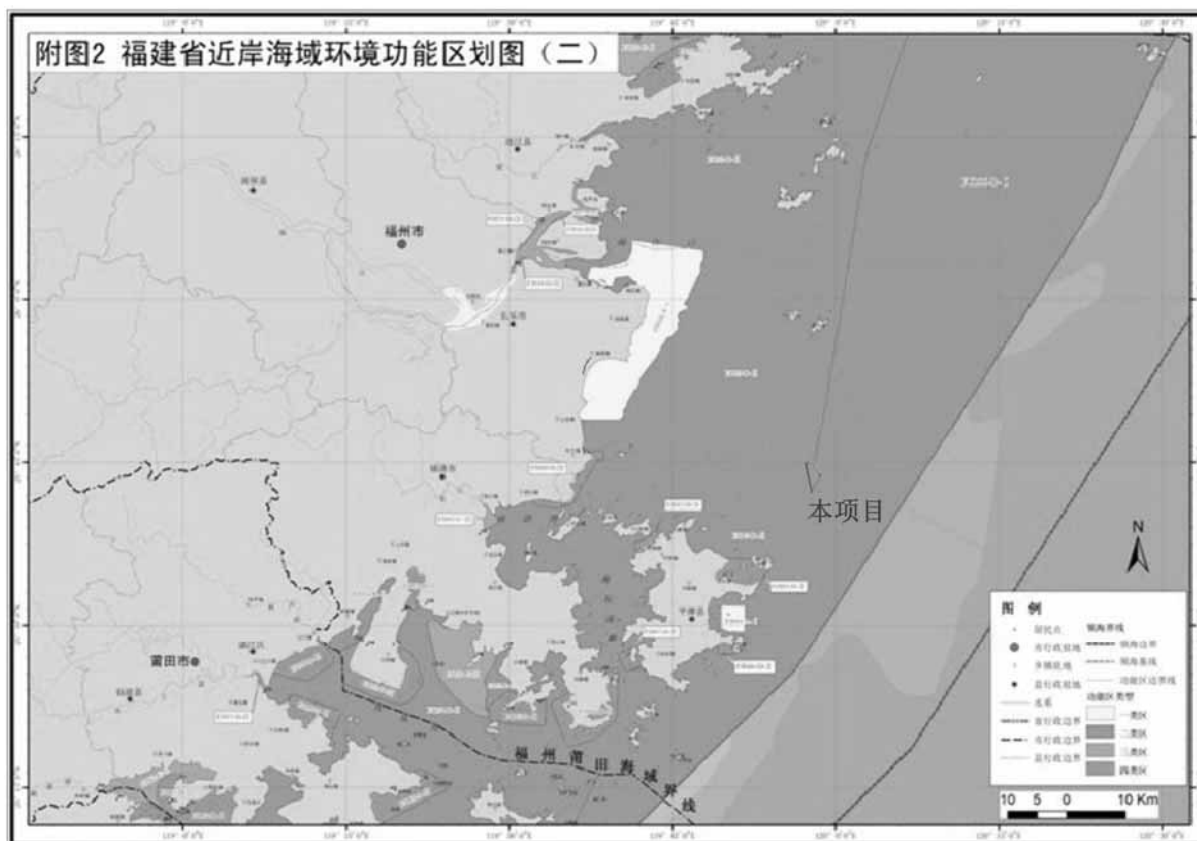


图 12.2-8 本项目与《福建省近岸海域环境功能区划》的位置叠置图

本项目制定了相应的施工环境管理监测计划,加强海洋环境监测。项目建成后海底电缆埋于海底面以下,风机场主要采用风力驱动,无污染物产生,不会导致周边水质、沉积物、海洋生物体质量下降。因而符合该功能区的海洋环境保护要求。

因此,本项目与《福建省近岸海域环境功能区划(2011~2020年)》相符。

### 12.2.10 与平潭综合实验区养殖水域滩涂规划的符合性

《平潭综合实验区养殖水域滩涂规划》规划范围为平潭综合实验区管辖水域滩涂内,

已经进行水产养殖开发利用和目前尚未开发但适于水产养殖开发利用的所有水域和滩涂。该规划划定禁止养殖区、限制养殖区和养殖区。共划定禁止养殖区 40 个，面积 18338.34 公顷，限制养殖区 17 个，面积 36103.29 公顷，养殖区 4 个，面积 15932.50 公顷，详见图 12.2-9。

《平潭综合实验区养殖水域滩涂规》主要对近岸区进行了规划，对离岸深水区未做规划。本项目在深水区，远离各划定区。

因此，本项目建设符合《平潭综合实验区养殖水域滩涂规》。





## 12.3 工程选址与布置合理性

### 12.3.1 工程选址的合理性

#### 12.3.1.1 项目选址与区位、社会条件适应性分析

##### (1) 对外交通运输设施条件

本项目位于福建省平潭自贸区，西为福州市长乐区，地处福建沿海中部，交通便利，有着较发达完善的公路、铁路和水运等对外交通运输体系。

##### 1) 公路条件

本工程位于福建省平潭自贸区境内，距离工程场区最近的陆地一侧地级市为福州市。

公路方面，经过福州的公路有福州至宁夏银川的福银高速、福建至江西等的兴尤高速、京福高速、沈海高速公路、福州至广东的福广高速、福州罗源至宁德的罗宁高速、罗长高速等，目前福州可通过此公路网与国内主要的城市进行公路相通，对外公路交通条件十分优越。

铁路运输方面，现已建成有福厦高铁、外福铁路、横南铁路、鹰厦铁路等。正在建设的东南沿海铁路、京福铁路，将使得福州的铁路运输能力得到进一步的提高。

项目西侧陆地建有高速公路与福州市连接，另外场区南面的海坛岛上建有避风港、环岛简易公路，与外界有渔平高速公路直接连接。海坛岛上建有码头，可通过客轮至福州市及全国各港口。

##### 2) 航运条件

航运方面，工程场区附近的松下港为国家一类口岸、对台直航港口，港区岸滩及水下地形基本稳定，属不冻不淤的天然深水良港。其北上至马尾港 49 海里，至上海 442 海里；南下至厦门 154 海里，海运条件优越。

##### 3) 航道及港口条件

松下水道与鼓屿门水道是工程场区周边大型的航运水道，水道向东南方向延伸可至风电场周边海域。其中属于松下港进场主航道的松下水道底宽 250m，主航道水深 15~25m，且无礁石无淤积，可充分满足 5 万吨级及以上船舶航行。

##### (2) 施工物资供应条件

##### 1) 主要建筑材料

本工程建设所需物资主要为水泥、钢材与油料等，工程区域为沿海经济发达地区，

建筑材料等物资丰富，为本工程的施工提供了便利条件。

油料在工程周边地区来源丰富，可直接从当地的油料供应公司购买运输至本工程施工现场。

砂石骨料及混凝土：本工程所在的福州市及周边区域没有可开采利用的骨料料源，工程建设的混凝土多采用外购商品混凝土的方式，目前城市市政工程中均采用外购商品混凝土的方式进行施工。本工程中仅陆上集控中心及导管架灌浆工作存在混凝土工程，同时混凝土总量较少，因此参照周边工程建设的实际情况，本阶段采取外购商品混凝土进行施工的方案。

#### 2) 水电供应条件

本工程周边大型港口的基础设施已经建设完成，其内部的水、电供应系统完备，施工期间的水电供应有条件从附近的管网系统进行接引。对于风机海上布置区域，受自然条件的影响，其不存在布置水电设施的条件，风电场布置区域内施工期间的水电供应需自备配置发电设备与淡水补给设施的工程补给船。

#### 3) 施工机械设备条件

本工程施工机械设备主要为起重船、运输船、专业工程船舶等近海类工程船只与港口内大型起重机械。工程附近的松下港和江阴港为国家一类口岸，码头前沿设有大型起重设备，同时工程周边地区分布有大型的船舶制造企业和港航施工类企业，拥有数量与种类众多的工程施工船只，满足工程建设对施工船机设施条件的需求。

#### 4) 运输安装条件

工程位于福建省东部距离岸线约 40km 的海域，水深约 41~47m，距离工程场区最近的陆地一侧地级市为福州市。工程场区附近的松下港为国家一类口岸，港区岸滩及水下地形基本稳定，属不冻不淤的天然深水良港。足以满足大型施工安装船只作业要求。

因此，风电场交通十分便利，安装运输条件优越，所需的机舱、叶片、塔筒通过陆海联动的方式运至工程场区，可满足大型安装船只作业条件。

### 12.3.1.2 项目选址与自然资源、环境条件适应性分析

#### (1) 风力资源适宜性分析

1) 场址风能资源较丰富，年有效利用小时较高。参考场区周边测风塔情况，100m、50m 高度（以平均海平面计）年平均风速分别为 10.0m/s、9.3m/s，平均风功率密度分别为 945W/m<sup>2</sup>、774W/m<sup>2</sup>，风功率密度等级为 6 级，风能资源具有很好的开发价值。

2) 场址所在区域主风向稳定，主要风向、风能方向主要集中在 NNE、NE，占全部

风向的 53.47%，风能主要集中在 NNE、NE，占全部风能的 75.74%。由此可看出本风电场风能资源集中，有利于风能资源利用

3) 根据经验初步判断，本区域可采用 IEC C 类及以上风电机组。

4) 根据福建区域海上风电场 50 年一遇最大风速，本风电场周边项目 50 年一遇最大风速均在 46.6m/s~48.7m/s 之间。本项目场址属于多台风区域。

综上，本风电场厂址风能资源具有很好的开发价值。

## (2) 工程地质条件适宜性分析

根据本阶段海底地形图及物探成果揭示，海域地形平坦，地形总体呈西高东低。表面地层为静水沉积的淤泥，未发现严重的冲刷现象，未见冲刷槽、谷，潮流沙脊，沙丘，活动沙坡，陡坎等不良地质现象，依据区域资料，本场地海底稳定性中等，福建大陆架海域为较稳定区域。综合分析，本场区可不考虑海底滑坡、崩塌、泥石流、地裂，无采空区等不良地质现象，全场地大部分地段需考虑砂土液化及软土震陷影响。

### 12.3.1.3 项目用海选址与区域生态系统的适应性分析

本项目施工期风机基础结构施工、电缆铺设等产生的悬浮泥沙，会对该区域的海洋生物产生一定的影响，但此影响是短暂的，随施工期结束而消失。运行期风机、电缆等工程用海，将彻底破坏该区域底栖生物的栖息环境，对该区域内的底栖生物造成不可逆转的毁灭性损害，由于工程永久占海面积不大，因此工程占地对该区域的海洋生态环境影响有限。

风电场施工区鸟类的种类和数量较少，且主要为鸥类，属于广泛分布的种类，为常见物种。因此，施工期虽然对鸥类的觅食、活动将产生一定的负面影响，减少了一些觅食、活动地域，但受影响的物种及其数量有限，项目区周边可以容纳其继续生存，能有效缓解这些负面影响，其影响是可以接受的。选址是合理的。

本项目不占用渔业资源自然繁育空间，工程区内没有渔业苗种场、索饵场、洄游通道。

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

#### 12.3.1.4 项目选址与周边其他用海活动适宜性分析

本项目附近海域现有的海洋开发活动主要有：保护区、养殖区、航道、航路和港口码头。

本项目距离周边的保护区有一定距离。根据数值模拟结果，海缆施工期部分悬浮物对周边生态红线区无影响，且悬浮物影响随着施工结束而消失。

本项目距离南侧养殖区较远，施工期和营运期均不会对其产生影响。项目西侧和东侧距离现有航路中心线大于 1 海里。在建设单位与港航、海事部门协调沟通，合理规划船只调度后，可有效避免施工船舶与进出港船舶的冲突。

#### 12.3.1.5 项目选址与相关法律、法规及管理细则的符合性分析

##### （一）选址规划依据

2009 年 4 月底，国家能源局印发了《海上风电场工程规划工作大纲》（国能新能[2009]130 号），大纲对海上风电场工程规划的工作内容和深度提出了明确要求。大纲中规定风电场选址需考虑场区水动力、岸线稳定、地形地貌和工程地质等环境因素，应满足风电场建设要求，应符合当地的海洋功能区划及沿海规划，考虑港口、航道、滩涂等海洋开发活动现状及远景规划，同时应避免避开军事用海、用地限制区域等环境与军事保护区，在不涉及保护区范围，不影响保护区功能的条件下规划风电场场址。

根据《福建省海上风电场工程规划报告》，长乐外海区域共规划有八个项目，分别为长乐 A~H 区项目。2017 年 6 月，福建省发改委复函表示由于规划调整长乐外海 H 区海上风电场位于平潭海域，同意更名为平潭外海海上风电项目场，并要求加快开展相关前期工作。

在推进前期工作过程中，长乐外海海上风电场 A 区项目由于 TSE-1 闽台海缆、密集的通航交通流等各项制约因素，根据福建省发改委和地方海事主管部门的相关协调意见进行了场址调整。平潭外海海上风电项目同样存在着海事制约因素导致项目开发阻力较大。在考虑尽量减少对海上交通的相关影响后，在长乐 A 区项目新场址的相邻平潭海域具备相对较好开发建设条件，拟将此海域作为平潭外海海上风电场一期项目进行优先开发，并和长乐 A 区项目统一规划建设海上升压站，统一送出。

经协调，平潭一期项目获得福建省发改委的认可和同意。2020 年 3 月 24 日，福建省发改委出具了《关于加快莆田平海湾 DE 区、漳浦六鳌海上风电场二期、平潭外海海上风电场一期项目前期工作的函》，明确三峡集团抓紧落实项目电力接入系统和消纳条件，深入论证充分利用资源条件、优化技术方案。福建省发改委将在相关条件基本具备

时抓紧开展海上风电配置和项目核准工作。

因此，项目场址选择符合《福建省海上风电场工程规划报告》的规划。

(二) 选址与国海规范(2016)6号文《国家海洋局关于进一步规范海上风电用海管理的意见》的符合性分析

根据国家海洋局发布国海规范[2016]6号文《国家海洋局关于进一步规范海上风电用海管理的意见》，其中提到：“海上风电项目用海必须符合海洋主体功能区规划和海洋功能区划，优先选择在海洋功能区划中已明确兼容风电的功能区布置，一般不得占用港口航运区、海洋保护区或保留区等功能区；海洋功能区划中没有明确兼容风电功能的，应当严格科学论证与海洋功能区划的符合性，不得损害所在功能区的基本功能，避免对国防安全和海上交通安全等产生影响。鼓励海上风电深水远岸布局，在当前和未来开发强度低的海域选址建设，原则上应在离岸距离不少于10公里、滩涂宽度超过10公里时海域水深不得少于10米的海域布局。在各种海洋自然保护区、海洋特别保护区、自然历史遗迹保护区、重要渔业水域、河口、海湾、滨海湿地、鸟类迁徙通道、栖息地等重要、敏感和脆弱生态区域，以及划定的生态红线区内不得规划布局海上风电场。”

根据《海上风电开发建设管理办法》(国能新能[2016]394号)，海上风电场应当按照生态文明建设要求，统筹考虑开发强度和资源环境承载能力，原则上应在离岸距离不少于10公里、滩涂宽度超过10公里时海域水深不得少于10米的海域布局。在各种海洋自然保护区、海洋特别保护区、自然历史遗迹保护区、重要渔业水域、河口、海湾、滨海湿地、鸟类迁徙通道、栖息地等重要、敏感和脆弱生态区域，以及划定的生态红线区内不得规划布局海上风电场。

本项目建设符合全国海洋主体功能区规划和福建省海洋功能区划，本项目风电场所所在的海洋功能区兼容新能源用海。风电场中心离岸距离40km，所在海域滩涂宽度未超过10km。风电场不占用海洋自然保护区、海洋特别保护区等生态敏感区。因此，本项目建设与国海规范[2016]6号文、海上风电开发建设管理办法要求是相符合的。

## 12.3.2 风电机组工程平面布置的合理性

### 12.3.2.1 风电机组布置原则

风电场通过每台风电机组把风能转化为电能，风经过风电机组转轮后速度下降并产生紊流，沿着下风向一定距离后才能消除前一台风电机组对风速的影响。因此，在布置风电机组时，应充分考虑风电机组之间相互的尾流影响，确定各风电机组的间距，把尾

流影响控制在合理范围内。风电机组间距的变大会使风电机组间的尾流影响降低，但同时也会降低对风能资源的利用率，增加机组间电缆的长度，增大投资。因此，布置风机的关键是根据工程区域的特点，确定各行的间距和行内各风机的间距，把尾流影响控制在合理的范围内。布置原则为：

1、根据相关规划，工程区附近海域的海洋开发活动主要活动有海上航线、锚地，距工程区最近的港口作业区有牛头湾作业区和松下作业区。工程所处水域附近主要有福清湾深水航道，福清湾深水航道规划为 20 万 t 单向航道、10 万 t 双向航道，与场区最近机位距离超过 10km。

根据《福建省海洋功能区划（2011-2020 年）》，近海规划长乐海蚌海洋保护区、下沙旅游休闲娱乐区、近海农渔业区、海坛岛特殊利用区、海坛岛北部保留区，与最近风机距离超过 25km。根据福建省海洋生态红线规划，沿海近岸规划海蚌资源增殖海洋保护红线一级区、二级区，海洋生态保护红线一级区、二级区，自然岸线及沙源生态保护红线二级区、重要渔业水域生态二级区，与最近风机机位距离超过 17km。

风电场周边主要涉及四条航路，内航路、中航路、外航路和大型游轮进出松下港航路，风电场内有 2 条习惯航路穿越项目区，根据通航安全分析报告结论，场址边界与内航路航迹密集区距离 0.68~1.0 海里，内航路航迹密集区宽度 1.85~2.0 海里；场址边界与习惯航路 2 航迹密集区距离按照 0.75~0.85 海里考虑，习惯航路 2 航迹密集区宽度 1.85~2.0 海里；场址边界北面与南下外航路进出松下港航法最近距离 3.0 海里，南面与南下外航路进出松下港航法最近距离 3.4 海里；中航路与最近风机超过 10km，外航路与最近风机超过 29km。习惯航路 1 航迹密度较低，沿习惯航路 1 航行的船舶考虑按照自适应的原则进行绕避。东犬岛与风电场最近风机超过 18km。

二、风电场盛行风向集中在 NNE，风能集中度很高；充分利用风电场风能资源集中特点，结合场址范围特点，选择较小的列间距、少行布置方案，35kV 海缆投资，同时减少尾流对风电机组的影响。

三、根据场区内风资源分布特点，充分利用风电场盛行风向进行布置，合理选择风电机组间距，从风电机组安全角度考虑，列间距应大于 3D，行间距大于 7D。

四、布置时既要控制风电机组之间的尾流影响，又要减小风电机组之间的海缆长度，以降低配套工程投资和场内输变电损耗。考虑施工难度的因素，适当调整风电机组间距。

五、对不同的布置方案，要按整个风电场发电量最大，兼顾各单机发电量的原则进行优化。还应尽量减少对长乐外海风电场 A 区的影响。

六、为了便于施工、运行维护和降低工程投资，同一风电场内的同期工程，尽量选用型号与单机容量相同的风电机组。

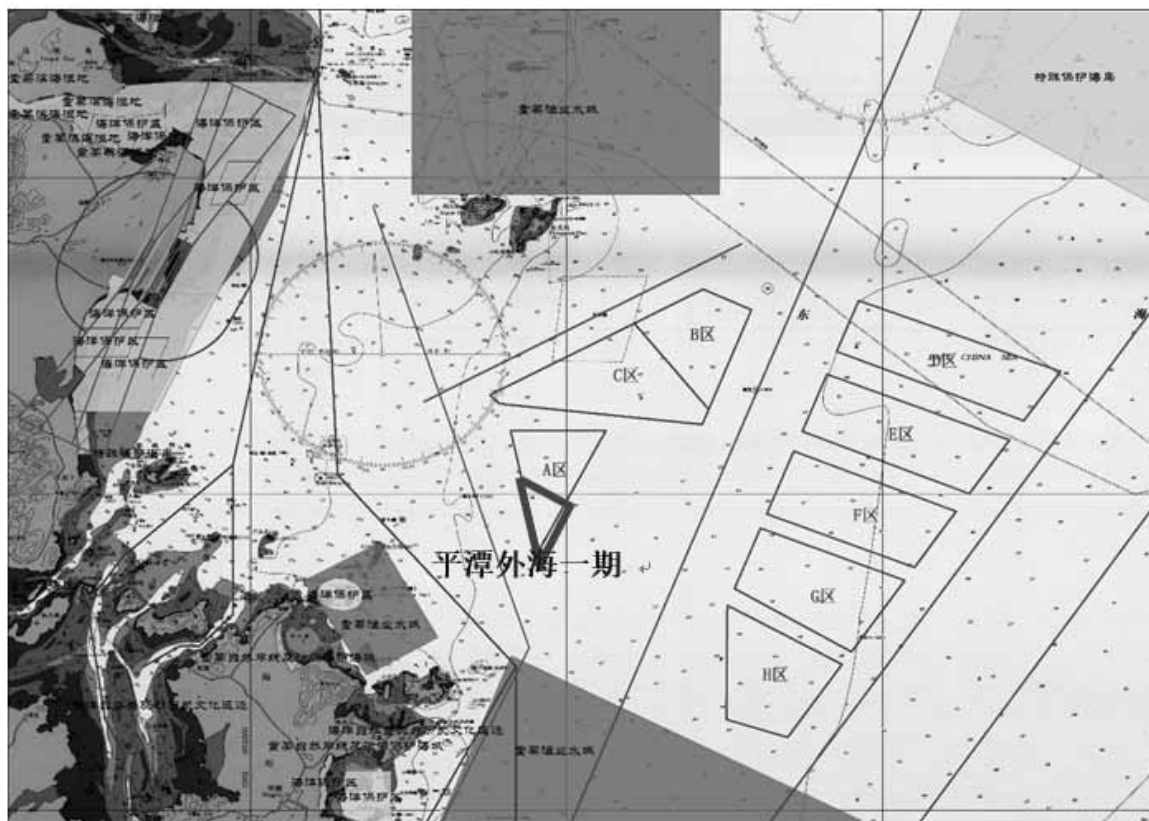


图 12.3.2-1 场址范围及周边外部条件示意图

### 12.3.2.2 风电场机组初步选型

受制于调整后场址面积小，本场址在保证最大容量的同时，按照同等装机容量 100MW 左右为原则进行比选，风电场最大可供布置台数仅 14 台，采用单机容量 7MW、8 MW、10 MW 风电机组，风电机组比选初步拟定以下三个布置方案：

机型一：采用 14 台 WTG1 单机容量为 7MW 风电机组，总装机容量 98MW；行列间距采用  $3D \times 10D$ ， $D=154m$ 。

机型二、三：采用 12 台 WTG2~3 单机容量为 8MW 风电机组，总装机容量 96MW，行列间距采用  $3D \times 10D$ ， $D=175m$ 。；

机型四：采用 10 台 WTG4 单机容量为 10MW 风电机组，总装机容量 100MW；行列间距采用  $3D \times 10D$ ， $D=185m$ 。

各机型推荐初步方案计算结果如下：

表 12.3.2-1 各机型推荐初步方案计算结果

序号	项目	机型一	机型二	机型三	机型四
1	单机容量(MW)	7	8	8	10



2	台数	14	12	12	10
3	装机容量(MW)	98	96	96	100
4	净发电量(GWh)	429.957	429.562	435.857	436.407
5	上网电量(GWh)	333.647	333.340	338.225	338.652
6	尾流损失%	10.69	10.72	10.82	9.85
7	等效满负荷小时数 h	3405	3425	3523	3387
8	排名	3	2	1	4

通过度电成本比较分析，机型四的度电成本排名第一，这是由于深海的单台基础造价超过 4000 万，即使 10MW 的发电效率有所降低，但是基础造价的节约有效的降低了度电成本。机型一同理，由于 7MW 方案布置台数较多，经济性比不占优。本项目初步推荐机型四作为本风电场的推荐机型。

表 12.3.2-2 平潭外海一期项目度电成本比较表

序号	项目	机型一	机型二	机型三	机型四
1	单机容量(kW)	7	8	8	10
2	台数	14	12	12	10
3	装机容量(MW)	98.00	96.00	96.00	100.00
4	计算年发电量(GWh)	329.084	326.304	331.968	347.400
5	25 年发电量现值(GWh)	4638	4599	4679	4896
6	主机单位千瓦(不含塔架)价格(元/kW)	6700	6800	6800	6500
	主机投资(不含塔架, 万元)	65660	65280	65280	65000
7	轮毂高度(m)	100	110	110	115
	单机塔架重量(t)	416.9	430	450	503
	塔架投资(万元)	7588	6708	7020	6539
8	基础总费用(万元)	70280	63840	63840	54650
9	单台机组安装费(万元)	450	470	470	550
10	全部机组安装费(万元)	6300	5640	5640	5500
11	施工辅助工程费用(万元)	6136.00	6136.00	6136.00	6135.90
12	项目建设用海(地)费(万元)	1090	1090	1090	1090
13	升压站(万元)	3247	3247	3247	3247
14	集电线路(万元)	7000	6800	6800	6669
15	其他费用(万元)	15189	15189	15189	15189
16	配套工程造价小计(万元)	116550	109010	109322	99020
17	初投资(万元)	182490	173930	174242	164020
18	25 年运行维护费用现值(万元)	105968	98183	98467	89171
19	度电成本(元/kWh)	0.6219	0.5917	0.5829	0.5171
20	排名	4	3	2	1

### 12.3.2.3 风机行列间距初步选择

根据推荐机型四拟定若干个 10MW 风电机组方案 (D=185m) 进行比选推荐：

方案一：10 台×10MW 布置方案，分 2 排布置，行列间距采用 3D×10D，从东往西首排 1 台，第二排 9 台。

方案二：10 台×10MW 布置方案，分 2 排平行布置，行间距为 9D，从东往西首排 2 台列间距采用 3D，第二排 8 台列间距采用 3.25D。

方案三：10 台×10MW 布置方案，分 2 排布置，行间距为 7.5D~10D，从东往西首排采用 2 台，列间距采用 3D，平行于长乐 A 区 A24、A25 机位，第二排 8 台列间距采用 3.25D。

通过以上发电量和尾流分析，方案一的发电量最高且风电机组间的尾流最小。因此推荐方案一布置方案作为推荐方案。

表 12.3.2-2 风电场不同布置方案计算成果比较表

行列间距	单机容量 (MW)	台数	装机规模 (MW)	净发电量 (GWh)	C 区尾流损失 (%)	等效满负荷小时数 (0.741 折减系数)	A 区的尾流损失 (%)
3D×12D	7	71	497	2270.003	7.01	3384	10.17
3.5D×10D	7	71	497	2257.591	7.51	3366	10.11
3D×10D	8	62	496	2332.144	7.64	3484	10.56
3D×11D	8	58	464	2196.129	7.02	3507	10.55
3.25D×10D	8	58	464	2189.999	7.28	3497	10.47
3.25D×12D	10	50	500	2257.521	6.72	3346	10.65

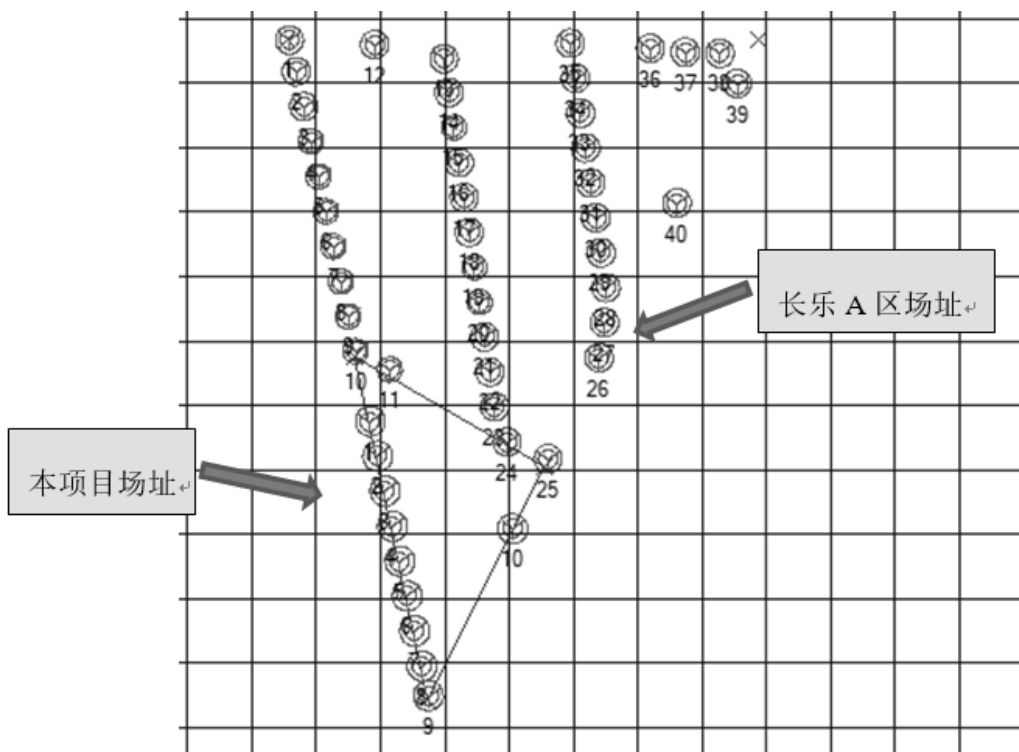


图 12.3.2-2a 风机布置方案一

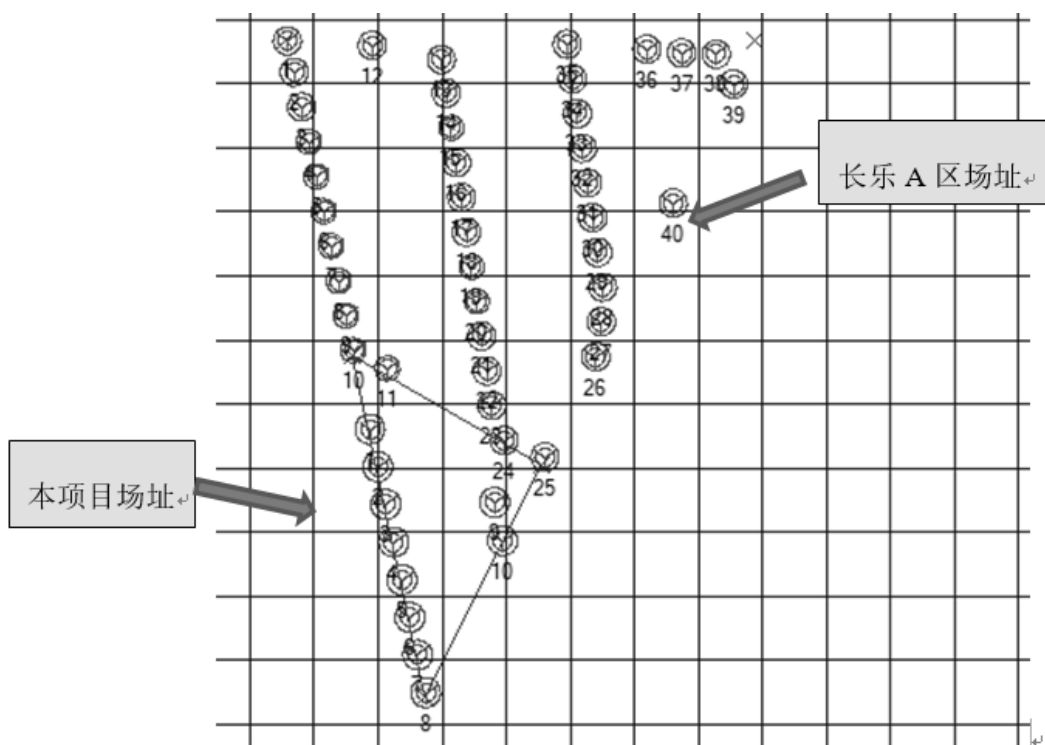


图 12.3.2-2b 风机布置方案二

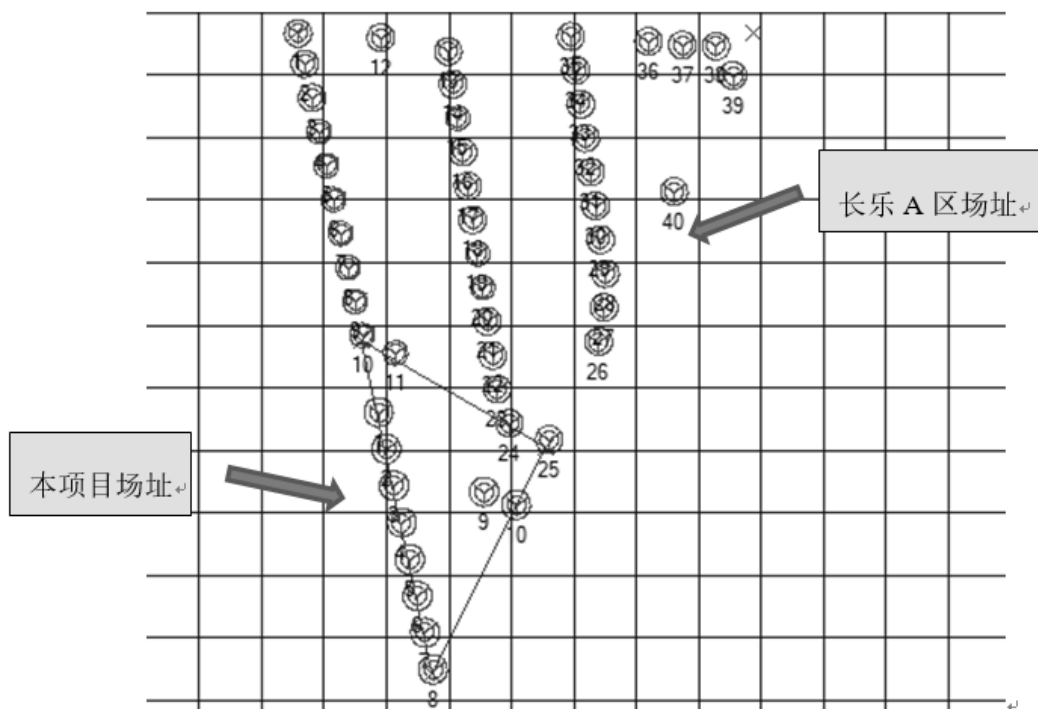


图 12.3.2-2c 风机布置方案三

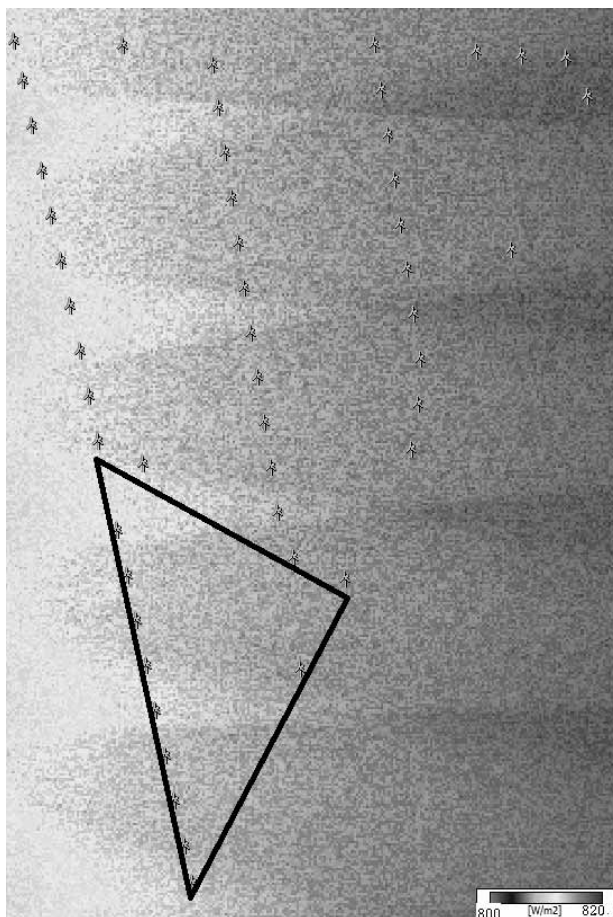


图 12.3.2-3 风电场风能资源分布图（115m 高度）

#### 12.3.4 海底电缆路由平面布置的合理性

根据风电场装机规模及接入系统电压等级，升压变高压侧电压等级有 10kV 或 35kV 两种电压可供选择：当采用升压 10kV 方案时，由于电压等级较低，10kV 电缆集电线路输送容量不大，输电回路及电缆数量较多，且联合单元输电回路电缆截面大，电缆本体及敷设费用很高，且占用海域面积较大，同时线路损耗和压降也较大；当采用 35kV 方案时，输电回路及电缆数量较 10kV 电缆输电方案少，投资较低，占用海域面积小，电能损耗明显比 10kV 电缆输电方案低。综上所述，本工程机组升高电压采用 35kV。风电机组-升压变采用“1 机 1 变”单元接线方式。

根据风电机组容量和布置情况，机组高压侧采用 3~4 台风电机为一个联合单元接线方式。

根据场内 10 台风机的布置位置，考虑避免海缆交叉，拟定了集电线路接线方案。根据布置，本工程场内 35kV 集电线路路径总长约 17.9km，各风电机组采用分段串接汇流接线方式，风场内共设 4 回 35kV 集电线路，每回集电线路容量按不超过 30MW 设计。

## 12.4 环境影响可接受性分析

### 12.4.1 污染影响可接受性分析

#### (1) 施工期

施工期水环境影响主要来源于主要为施工人员生活污水、船舶含油废水以及生活垃圾和建筑垃圾等。本工程施工期施工生产区含油废水收集后采用隔油沉淀池处理后回用于道路洒水；食堂污水经隔油池处理、粪便污水经化粪池处理后，与其他海上施工区生活污水处理后排入清水池，处理达标后回用于道路洒水和绿化。船舶含油废水由有资质单位接收处理；固体废物由当地环卫部门清运。因此施工期对周边环境的影响较小。

#### (2) 运行期

本工程实施后对流场的影响有限，影响主要集中在桩基附近水域，距离工程场区较远的地方，几乎不受影响。工程场区及附近海床将产生一定的冲淤变化，但冲淤强度及范围较小，在对周围海域环境影响也相应较小。

### 12.4.2 生态环境影响可接受性分析

#### (1) 施工期

施工期对生态影响主要为施工打桩噪声对海洋动物的影响以及电缆、桩基施工占压和悬浮物对海洋生态和渔业资源的影响。根据影响分析，风机打桩通过采取“软启动”方式，使打桩噪声源的强度缓慢增强，能驱使鱼类离开施工水域，可达到减小水下噪声导致渔业资源的损失，避免造成大范围鱼类死亡。施工活动对海洋生态和渔业资源影响主要集中在风电场区域及送出电缆两侧，不会对区域生物多样性带来较大影响，通过增殖放流等措施可以减缓对海洋生态损失的影响。

#### (2) 运行期

运行期对海洋生态环境影响主要为风机运行对鸟类的影响以及水下噪声对海洋动物的影响。运行期对鸟类的影响主要为鸟类撞击风机影响，目前的研究总体结果表明概率较低，在一般飞行高度下穿越风电场的鸟类撞击风机的概率约 0.01%。总体而言，虽然项目建设会带来一定的鸟类撞击风机的可能，但发生的概率总的来说较低，不会对区域鸟类的数量种类造成明显影响。海上风电场在营运期总体的噪声强度比较低，且工程海域非大黄鱼等重要石首科鱼类栖息生境，对海洋动物影响较小。

### 12.4.3 环境风险影响可接受性分析

工程施工过程中可能会发生船舶碰撞发生溢油事故，本工程可依托平潭以及福州海事部门的溢油应急设备。运行期还会产生一定的风险事故，主要为风机损坏、倒塌以及海底电缆及风机基础泥沙冲刷淘空风险，通过加深电缆埋设深度等措施将环境风险减小到最小。

因此，在工程的建设和运行过程中落实各项环保措施，通过加强监督管理，确保环保措施稳定运行实施，本工程建设对环境影响是可以接受的。

## 13 环境管理与环境监测

### 13.1 环境管理

#### 13.1.1 环境管理的目的和任务

环境管理是工程管理的一部分，是工程环境保护工作有效实施的重要环节。环境管理目的在于保证工程各项环境保护措施的顺利实施，使工程施工和运行产生的不利环境影响得到减免，以实现工程建设与生态环境保护、经济发展相协调。

本项目环境管理工作由建设单位、监理单位和施工单位共同承担。建设单位具体负责和落实从项目施工开始至结束的一系列环境保护管理工作。对施工期工区内的环境保护工作进行检查、落实，协调各有关部门之间的环保工作，并配合地方海洋环保部门共同作好工区的环境保护监督和检查工作。

环境监理单位承担环境保护监理工作，按照国家对建设项目环境保护管理要求，依据海洋环境影响报告书、环境保护设计文件和合同、标书中的有关内容对施工过程中的环境保护工作进行监理，制定具体监理方案，确保落实各项保护措施、实施进度和质量。项目环境保护监理贯穿于项目施工全过程。海底线缆和风机桩基在施工期产生一定量的悬浮物、生活污水和含油污水废水及其它施工垃圾等，对环境产生一定程度的不利影响，施工单位应严格按照环境保护有关条例规定开展施工活动。主要包括：

根据项目设计文件中有关环保内容，落实项目的环保措施和各项经费，合理安排施工时间、方式，确保将项目建设对渔业资源和鸟类的影响减到最小；确保施工期间施工废水处理循环使用，生活污水收集定期清运；合理安排施工方式、时间，确保施工场界噪声达标；保持场地整洁，保证施工机械和车辆废气排放符合国家有关规定；做好施工人员卫生防疫工作。

委托有资质单位按照有关监测技术规范进行环境监测，定期提供监测数据和分析报告。

#### 13.1.2 环境管理体系

工程环境管理分为外部管理和内部管理两部分。

外部管理是指国家及地方海洋环境保护行政主管部门依法对工程建设进行管理。内部管理是指建设单位执行国家和地方有关环境保护的法律、法规、政策，贯彻环境保护标准，落实环境保护措施，并对工程的过程和活动按环保要求进行管理。内部管理分施工期和运行期两个阶段。

施工期内部管理由建设单位负责，对工程施工期环境保护措施进行优化、组织和实施，保证达到建设项目环境保护要求。施工期内部环境管理体系由建设单位、施工单位、设计单位和监理单位共同组成，通过各自成立的相应机构对工程建设的环保负责。

运行期由工程运行管理单位负责，对环境保护措施进行优化、组织和实施。工程环境管理体系见图 13.1-1。

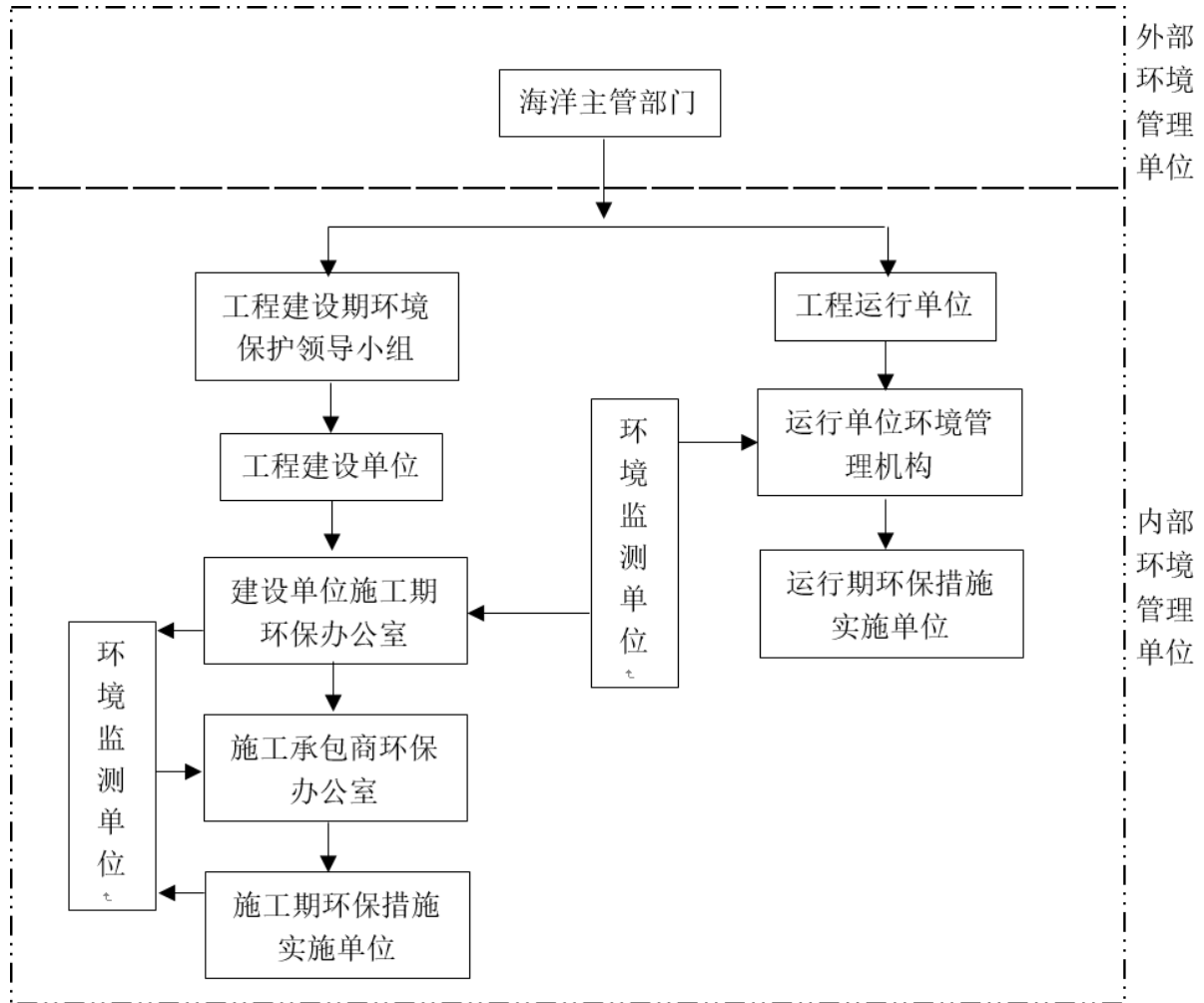


图13.1-1 工程环境管理体系框架图

### 13.1.3 环境管理职责

#### 13.1.3.1 施工期

##### (1) 建设单位

工程开工前建设单位应设置“环境保护领导小组”和“环境保护办公室”。“环境保护领导小组”成员由建设单位、监理单位、设计单位及施工单位等各有关。



单位的主要领导组成，其中建设单位主要领导任主要负责人，负责确定工程环保方针、审查项目环境目标和指标、审批环保项目立项和投资投入报告、审批环保项目实施方案和管理方案、检查环境管理业绩、培养职工环境保护意识等工作。

“环境保护办公室”为工程施工期“环境保护领导小组”的常设办事机构，设专职人员 1 人。具体负责和落实工程建设过程中环境保护管理工作，其主要职责包括：

通过开展调查研究，确定适合本工程的环境保护方针和经济技术政策，确立环境保护目标，并结合工程施工方案予以分解；

制定、贯彻工程环境保护的有关规定、办法、细则，并处理执行过程中的有关事宜；

组织编制工程环境保护总体规划和年度计划，组织规划和计划的全面实施，做好环境保护年度预决算，配合财务部门对环境保护资金进行计划管理；

委托进行环保专项设计，检查设计进度，组织设计成果的验收和审查，并保证各项环境保护措施的有效实施；

依照法律、规定和方法，对整个工程各项环境保护措施的实施情况进行监督和管理，实施环境质量一票否决制；

协调各有关部门之间的关系，听取和处理各环境管理机构提交的有关事宜和汇报，不定期向上级海洋环境保护行政主管部门汇报工作，配合地方海洋、环保部门共同作好工区的环境保护监督和检查工作；

督促承包商环境管理机构的工作，内部处理环境违法、违规行为，表彰先进事迹；

检查督促接受委托的环境监测部门监测工作的正常实施，加强环境信息统计，建立环境资料数据库；

完善内部规章制度，搞好环境管理的日常工作，作好档案、资料收集、整理等工作。

## （2）施工单位

施工期的污废水处理、声环境保护、环境空气保护、固体废弃物保护、生态环境保护等环境保护费用应由施工单位承担，并在招标文件中明确。施工单位应切实确保措施到位，落实相关费用。

各施工承包单位在进场后均应设置“环境保护办公室”，设专职人员 1~2 人，实施工程招标文件中或设计文件中规定的环境保护对策措施，及时处理施工过程中出现的环境问题，接受有关部门对环保工作的监督和管理。主要包括以下内容工作：

制定环境保护年度工作计划和编写环境保护工作季报、年报；

检查所承担的环保设施的建设进度、质量及运行、检测情况，处理实施过程中的有关问题；

核算年度环境保护经费的使用情况；

接受环保管理办公室和环境监理单位的监督，报告承包合同中环保条款的执行情况。

### (3) 监理单位

为了更加有效地实施工程环境保护管理，成立风电场环境监理部。环境监理部的机构组织、监理内容和监理制度见“11.2 环境监理”。

### (4) 设计单位

根据国家法律法规、海洋环境保护主管部门要求、海洋环境影响报告书和批复等有关文件，从环境保护角度优化工程设计，选用对环境影响小的设计方案，反馈于建设单位和施工单位。

#### 13.1.3.2 运行期

运行期间，环境管理职能由项目运营方承担，安排专职人员对风电场运行期环境保护工作统一管理、并配合地方环保、渔政和海事部门共同做好项目运行期环境管理，包括海洋渔业资源补偿、鸟类活动及撞机情况观测和通航安全管理等的监督和检查工作。工程建成运行后，在工程管理部门中设置“环境保护办公室”，设兼职人员 1 人，具体负责和落实工程建成运行后的环境保护管理工作，其主要职责包括：

根据相关的环境保护法律、法规及技术标准，确定工程运行期环境保护方针和环境保护目标，制定运行期环境保护管理办法；

负责落实环保经费及环境监测工作的正常实施，做好环境信息统计；

协调处理运行期工程影响区出现的各项环境问题，配合地方海洋、环保、渔政和海事部门共同做好工程运行期环境管理工作，主要包括生态补偿、鸟类活动及撞机情况观测和通航安全管理等的监督和检查工作。

## 13.2 环境监理

工程施工期应实施环境监理制度，以便对各项环保措施的实施进度、质量及实施效果等进行监督控制，及时处理和解决可能出现的环境污染和生态破坏事件。

### 13.2.1 机构设置与工作方式

根据工程规模和施工规划，施工期环境保护监理部门拟设专职监理人员 1 人。环境监理人员采用定期巡视方式，对施工区环境保护工作进行动态管理。监理随时检查各项环境监测数据，现场巡视发现问题后，立即要求承包商限期治理，并以公文函件确认。对于限期处理的环境问题，按期进行检查验收，将检查结果形成纪要下发承包商。

### 13.2.2 工作范围及职责

施工环境监理的工作范围包括施工区及所有因工程建设可能造成环境污染和生态破坏的区域。

施工环境监理的主要职责为：

依照国家环境保护法律、法规及标准要求，以经过审批的工程海洋环境影响报告书、环境保护设计及施工合同中环境保护相关条款为依据，监督、检查承包商或环保措施实施单位对施工区环保措施的实施进度、质量及效果。

指导、检查、督促各施工承包单位环境保护办公室的设立和正常运行。

根据实际情况，就承包商提出的施工组织设计、施工技术方案和施工进度计划提出清洁生产等环保方面的改进意见，以保证方案满足环保要求。

审查承包商提出的环境保护措施的工艺流程、施工方法、设备清单及各项环保指标。

加强现场的监控，重点监督检查船舶含油废水、其它生产生活污废水收集和处理系统的施工质量、运行情况。对在监理过程中发现的环境问题，以书面形式通知责任单位进行限期处理改进。

对承包商施工过程及施工结束后的现场，依据环境保护要求进行检查和质量评定。

监理工作制度：

环境监理工程师根据工作情况作出监理记录；每季编制环境监理季报，每年编制一份环境保护工作总结报告，进行阶段性总结。

## 13.3 环境监测计划

本项目风电场区及电缆路由附近海域环境敏感区较多，建设单位应制定具体的资源环境动态监测计划。监测工作可委托有相应资质的环境监测部门实施，技术要求及监测计划的制定可参照《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规范》（国家海洋局，2002年4月），环境监测单位应具备 CMA 计量认证资质，技术要求满足环境监测规范要求，并在施工完成后及时向海洋行政主管部门提交符合要求的跟踪监测计量认证分析测试

报告。

本项目风电场区建设规模大，涉及区域面积广，附近海域环境敏感区较多，因此在施工、运营期及拆除期内应制定具体的环境监测计划。环境监测的主要要素为水文动力、水下地形、海洋生态、渔业环境、海水水质、鸟情观测等。环境监测可委托有相应资质的环境监测部门实施，技术要求及监测计划的制定可参照《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规范》（国家海洋局，2002年4月），监测单位应提交有效的计量检测认证的成果。

### (1) 环境监测计划一览表

表 13.6-1 环境监测计划一览表

监测期	监测内容	监测站位	监测时间、频率	监测项目
施工期	海水水质	5个，风电场内1个、周边4个	施工高峰期(第2年)春、秋季监测1次	pH、悬浮物、石油类、无机氮、活性磷酸盐、重金属(锌)
	海洋生态	4个	施工高峰期(第2年)春、秋季监测1次	叶绿素a、浮游植物、浮游动物、底栖生物
	游泳动物	4个		鱼卵仔鱼和游泳动物
	生物质量	4个	施工高峰期(第2年)监测1次	双贝壳类锌、石油烃含量
	生产废水	1个	施工高峰期(第2年)监测1次	SS、氨氮、石油类
	水下噪声	距风电场边界风机100m(Z1)、600m(Z2)、2600m(Z3)水下噪声	施工高峰期(第2年)监测1次	水下噪声频带声压级、水下噪声声压谱[密度]级
	噪声	施工临时场地场界	施工高峰期(第2年)监测1次	Leq
运行期	海水水质	5个	春秋两季各测1次	pH、悬浮物、石油类、无机氮、活性磷酸盐、重金属(锌)
	海洋生态	4个		叶绿素a、浮游植物、浮游动物、底栖生物、潮间带生物。
	游泳动物	4个		鱼卵仔鱼和鱼类资源
	生物质量	4个		双贝壳类锌、石油烃含量
	沉积物	4个	监测1次，工程运行3年后监测1次	pH、石油类、重金属(锌)
	噪声	距风电场边界风机100m(Z1)、600m(Z2)、2600m(Z3)水下噪声	竣工验收时昼间监测1次	水上噪声：Leq 水下噪声：频带声压级、声压谱[密度]级
	鸟类	风电场内	进行长期观测。运行初期5年，前2年每年每	活动观测：鸟类种类、数量、居留型和栖息觅食情况，候鸟种类、数量、迁徙特征

			季 1 次, 后期根据跟踪监测情况适时调整跟踪监测计划	及在场区内活动情况; 撞击观测: 鸟类穿越风电场情况 撞击数量、种类及致死率情况
	局部冲淤和地形	桩基附近	运行初期共 5 年, 每年 1 次	淤深(厚)度、冲淤坑(包)直径
拆除期	海水水质	5 个	拆除期 1 次	pH、悬浮物、石油类、无机氮、活性磷酸盐、重金属(锌)
	海洋生态	4 个	拆除期 1 次	叶绿素 a、浮游植物、浮游动物、底栖生物
	沉积物	4 个	拆除期 1 次	pH、石油类、重金属(锌)

(2) 范围及站点布设

设置 5 个海水水质监测点、5 个沉积物监测点、4 个海洋生物质量监测点、5 个海洋生态监测点、5 个游泳动物监测点, 1 个噪声观测断面, 结合工程场区和影响, 按均匀布设原则选取有代表性的站位, 监测站点位置见图 13.6-1~13.6-2 和表 13.6-2。

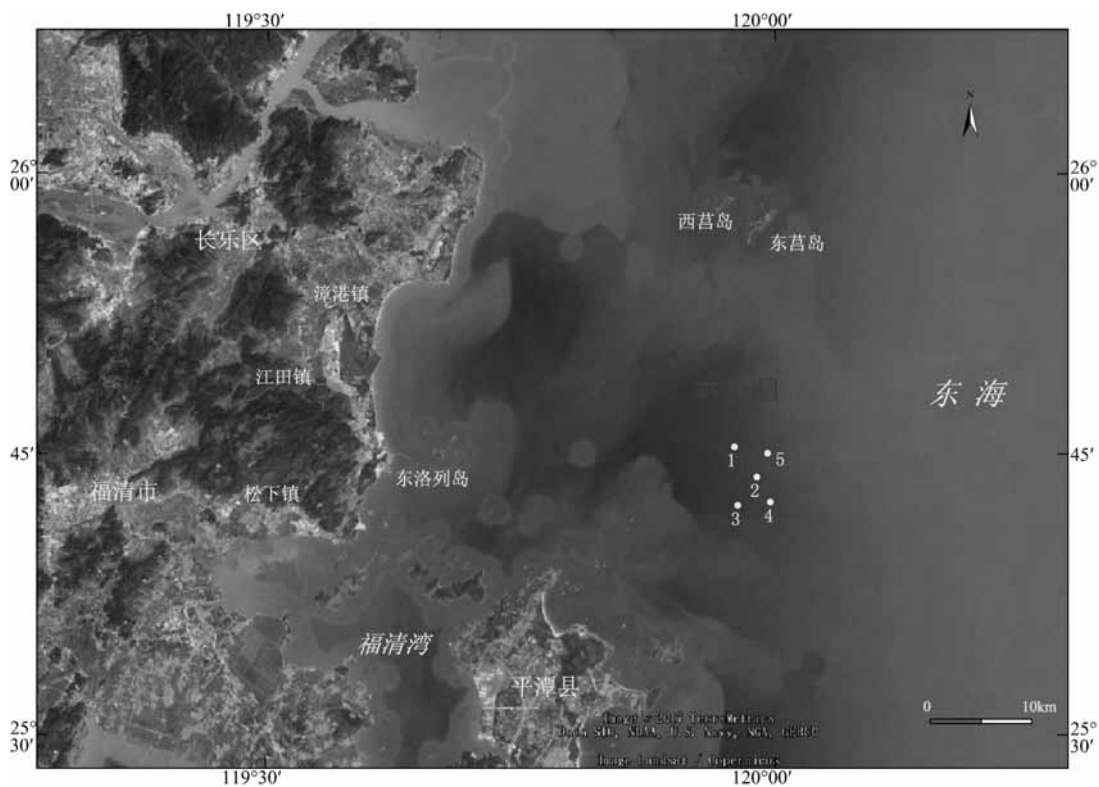


图 13.6-1 海洋环境跟踪监测点位设置图

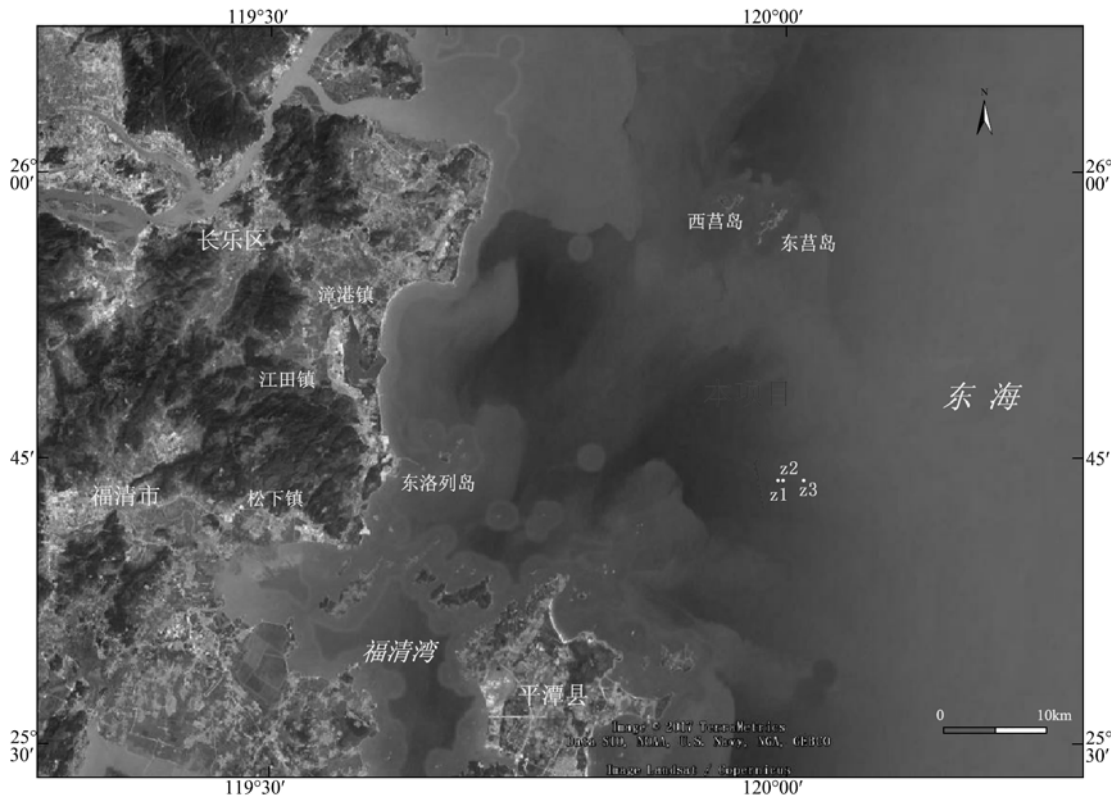


图 13.6-2 噪声环境跟踪监测点位设置图

表 13.6-2 跟踪监测点位设置

项目	坐标	对应监测站位
水质	119°57'34.655",25°45'27.795"(1)	1-5
海洋生态	119°58'53.695",25°43'51.138"(2)	2、3、4、5
游泳动物	119°57'46.355",25°42'20.089"(3)	2、3、4、5
生物质量	119°59'41.539",25°42'30.712"(4)	2、3、4、5
沉积物	119°59'31.768",25°45'07.153"(5)	2、3、4、5
噪声	119°59'29.630",25°43'53.201" ( Z1 ) 119°59'47.568",25°43'53.202" ( Z2 ) 120°00'59.321",25°43'53.198" ( Z3 )	Z1、Z2、Z3
鸟类	119°58'53.695",25°43'51.138"(2)	2

## 14 海洋生态建设方案

### 14.1 生态建设方案概况

#### 14.1.1 生态用海建设原则

可持续发展原则：以可持续发展理论为指导，科学规划、合理利用、积极保护，构建生态安全格局，努力实现资源可持续利用，增强生态环境对社会经济发展的保障能力。

经济效益、社会效益与生态效益相协调的原则：积极促进经济、社会与生态环境之间的良性循环，实现经济、社会、生态环境之间的良性互动，达到社会经济发展与生态环境保护“双赢”。

集约与和谐原则：在生态优先的基础上，以经济建设为重点，整合区域资源优势，注重城乡建设与生态环境建设的结合，确保生态系统结构完整性、生态过程连续性，实现系统结构与功能的和谐。

产业发展与生态建设同步推进原则：积极推进海上风电产业建设的同时，加大生态经济、生态环境、生态人居、生态文化等方面建设力度，确保产业发展与环境建设同步推进，实现经济效益与生态效益的良性互动。

#### 14.1.2 用海布局

(1) 海工平面布置最大程度地减少对水文动力环境、冲淤环境影响的生态用海分析

通过对风电场海域全潮水文观测和水动力分析，在纯潮流环境下工程前潮流动力不大，工程后潮流动力强度变化有限无明显泥沙运动，海床基本不发生冲淤变化。

根据数值模拟结果结果，工程建设后，工程海域冲淤强度在-0.02~0.31m 之间。由于桩基的阻水作用，在桩基周围均出现了一定的流速减小区域，导致桩基周围 300m 范围内的淤积强度普遍在 0.03m 之上，淤积强度超过 0.10m 的范围主要集中在桩基根部；桩基的周围 300m 范围以外的淤积强度普遍在 0.03m 以下。由于工程海域旋转流特征明显，工程后流速增加不明显，冲刷幅度很小，一般小于 0.03m。工程建设后 1~2 年内即可达到冲淤平衡。随着冲淤过程的深入和地形向适应工程建设后动力环境方向的调整，冲淤强度将逐年减小。

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。

综上所述，项目平面布置方案与主流向有一定偏差，在海流主流向上，风机间隔分

散布置，有效的减弱了项目建设对潮流场和冲淤环境的影响。

## (2) 用海方式对减少对水文动力环境、冲淤环境影响的生态用海分析

在不同用海方式中，填海造地的用海方式对水文动力、冲淤环境的影响相较于其他的用海方式，影响也是比较大的。本项目设计上，结合风机实际情况，采用桩基基础结构形式，用海方式为透水构筑物；海底电缆全部埋设至海底，不改变海域地形和岸线。从数模计算结果来看，项目对水动力、泥沙冲淤环境影响均不大，因此从对水文动力环境、冲淤环境的影响来看，采取的用海方式合理。

## 14.2 岸线利用与保护

本工程风电场布置于近海海域，风电场建设不占用现有岸线，也不形成新的岸线。

## 14.3 风机及海缆布置

### 14.3.1 风机平面布置

#### (1) 风机平面布置思路

本工程风电场风电机组应根据风电场内风能资源特点和海底地形地质条件进行布置，布置思路为：

① 风电场风机布置避开了中航路、外航路、锚地等，场址远离岸线，避开了码头作业区。

② 风电场布置需统一考虑长乐外海 ABC 区风机布置的互相影响；

③ 为减少噪音和其他影响，风电机组布置时距离陆地岸线应大于 1000m，距离岛屿、暗礁应大于 300m；

④ 根据场区内风资源分布特点，充分利用风电场盛行风向（NNE、NE）进行布置，合理选择风电机组间距。应尽可能地充分利用场地资源和风能资源，合理考虑机组尾流损失和湍流损失、保证机组发电量

⑤ 根据场区内风资源分布特点，充分利用风电场盛行风向进行布置，合理选择风电机组间距，从风电机组安全角度考虑，列间距应大于 3D，行间距大于 7D。

⑥ 布置时既要尽量减小风电机组之间的尾流影响，又要缩短风电机组之间的海缆长度，以降低配套工程投资和场内输变电损耗；

⑦ 对不同的布置方案，要按整个风电场发电量最大，兼顾各单机发电量的原则进行优化。

风机平面布置方案根据以上风机平面布置思路，风电场场址面积小，可供布置的风



机机位少，采用不同单机容量布置，因此，风机布置时尽量按紧凑方式布置。

### 14.3.2 海缆布置

根据机型的比选推荐，本风电场所选风力发电机组配套机组升压变压器，机组变压器高压侧电压推荐为 35kV，在变压器高压侧装设 35kV 环网柜。各风力机组采用分段串接汇流接线方式，风场内共设 4 回 35kV 集电线路，每回集电线路容量按不超过 32MW 设计。

## 14.4 污染物排放与控制

### 14.4.1 施工期污染物排放与控制

陆地依托港区施工区生活污水采用化粪池处理后由环卫部门定期清运，不外排。机械保养场和综合加工厂机修含油废水收集后采用隔油沉淀池处理后回用。船舶含油废水收集运至岸上委托有资质单位接收处理。船舶生活污水运至岸上处置。施工期施工船舶产生的生活垃圾不弃于海中，集中收集后，待船靠码头时送至岸上与岸上生活垃圾一起委托当地环卫部门清运。

### 14.4.2 运行期污染物排放与控制

工程属于清洁能源，风机基础牺牲阳极锌释放不会对区域海水水质、海洋沉积物造成显著影响，海水水质、海洋沉积物叠加最大背景值后可满足第一类海水水质标准和第一类海洋沉积物质量标准。风机日常维护涉及的油类物质委托具备资质的专业处理单位回收。当主变压器、高压电抗器检修或发生事故时产生主变油泄漏，主要污染物为石油类，废油、含油废水委托具备资质的专业处理单位回收。

## 14.5 生态保护与修复

### 14.5.1 海洋生态损害评估

根据《海洋生态损害评估技术指南(试行)》，本次海洋生物资源损失参照《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(SC/T 9110-2007)计算，即 6.6 节的海洋生物资源损失。

本项目造成的生态损失分别为：浮游植物总损失量为  $5.06 \times 10^{13}$  个，浮游动物总损失量为  $2.09 \times 10^{10}$  个，游泳生物损失量为 0.545t，鱼卵损失量为  $8.53 \times 10^7$  粒，仔稚鱼损失量为  $1.92 \times 10^7$  尾，底栖生物损失量为  $9.26 \times 10^{-2}$ t。

## 14.5.2 生态保护与恢复措施

### (1) 施工保护措施

工程施工建设要坚持“预防为主、保护优先”的原则，指导设计、施工、环境管理，把生态环境保护纳入工程方案设计过程中，把工程施工对海洋生态环境带来的不利影响控制到最低程度。

优化施工方案，加强科学管理，在保证施工质量的前提下，尽可能减少海底开挖面积、开挖量，缩短水下作业时间，避免施工悬浮物剧烈扩散。

严格限制工程施工区域在其用海范围内，控制送出海缆施工设备及人员作业范围，施工机械按照电缆划定施工作业海域范围，禁止非施工船舶驶入，避免任意扩大施工范围，以减小施工作业对潮下带大型底栖生物的影响范围。尽量选用先进低噪的施工设备和船舶，并注意日常设备维护，降低施工噪音，减轻对鱼类的影响。

电缆铺设后及时填埋，恢复原地貌，加快生态修复。滩涂区域 220kV 海缆采取落潮露滩施工。

风机基础打桩前可采取预先试打桩，增加两次打桩时间间隔，以驱赶桩基周围的鱼类，减缓后续正式打桩时产生的水下噪声和悬浮物对鱼类的影响。施工期间，针对石首鱼科应建立 3.7km 的安全距离，在打桩中应对离桩基 3.7km 范围内的石首鱼科鱼类进行必要的驱赶。

施工期的一般施工活动中，应注意施工机械和运输机械的维护和更新，尽量采用低噪声环保机械，避免噪声过大的运输船只在海上运输作业。

施工时施工人员应远离无人岛礁，禁止随意到无人岛礁活动。

海底电缆施工时禁用爆炸施工工艺。

建设单位在施工现场张贴通告和投诉电话，建设单位在接到投诉后应及时处理各种环境纠纷。

### (2) 生态补偿和增殖放流

为弥补工程建设所造成的生态损失，减缓对海域的渔业资源造成的影响，建设单位应将本建设项目造成的生态损失补偿经费纳入工程投资预算中，严格用于生态恢复，生态恢复采取增殖放流、岸线整治等补偿等方式。

工程周边分布有山洲列岛海洋保护区和牛山岛渔场重要渔业水域生态保护红线区，考虑取保护区内主要保护对象、场区周边养殖生物进行增殖放流。

建设单位应在海洋主管部门指导下制定生态修复方案,按方案统筹实施增殖放流等生态补偿措施,拟放流品种根据海洋生态及渔业现状调查结果,并结合该海域往年人工放流品种确定。同时应对增殖放流效果进行跟踪监测,提放流效果的调查分析报告,根据监测结果调整放流的种类和规模。

### (3) 管理和补偿措施

建设单位加强鱼类资源保护宣传和对施工人员的教育。

严格执行禁渔期和禁渔区制度。结合福建省的禁渔要求,禁止在施工期间进行任何渔业活动,尤其在鱼类集群产卵容易捕捞的时段禁止捕鱼,以保护鱼类能够顺利完成生命过程。

### (4) 环境监理、监测措施

为保证项目环境保护措施得以全面落实并达到预期效果,减轻工程施工建设对渔业资源和渔业生产的影响,应做好施工期的环境监理工作,并应委托专业的单位进行环境监理,全面监督和检查各施工单位环境保护措施的落实和效果,及时监督、处理和解决施工过程中出现的环境问题,对未落实环保措施且不予整改的施工单位应及时上报主管海洋执法部门。

对施工期附近水域开展生态环境及游泳动物跟踪监测,及时了解工程施工对生态环境及渔业资源的实际影响。工程施工前应将环境监测方案报海洋主管部门备案。

根据海域环境特征,在工程区附近设立长期的监测站点,对海域的各种水生生物资源(包括叶绿素 a、浮游植物、浮游动物、底栖生物、游泳动物)等进行定期监测。

## 14.5.3 责任主体、实施机构

本工程海洋生态保护、恢复和补偿措施主要为增殖放流。增殖放流即采用人工方式向海洋放流水生生物苗种或亲体的活动。人工增殖放流是补充渔业资源种群与数量,改善与修复因捕捞过度或工程建设等遭受破坏的生态环境,保持生物多样性的一项有效手段。

生态保护、恢复和补偿措施的责任主体和实施单位为平潭海峡发电有限公司。

表 14.5-3 生态保护与恢复措施一览表

项目	环境保护对策措施	具体内容	规模及数量	预期效果	实施地点	投入使用时间
海洋生态保护	海洋生物资源补偿	采用增殖放流方法补偿	以当地海域常见的经济贝类、鱼、虾类为主,结合周边保护区保护对象、养殖对象进行放流。	按照相关主管部门的要求,按时完成增殖放流的品种、数量,不会对工程海域生物资源造成明显影响。	风电场影响海域	施工结束后的3年内完成

环境管理	环境管理情况	风电场环保管理	设专职人员对风电场环境保护工作统一管理		风电场内	施工期及运行期
	环境监理	环境监理	采用巡视方式进行环境监理	落实施工期生态保护措施	工程影响范围	施工期
	环境监测	环境监测	海洋生态、渔业环境、海水水质监测以及鸟情观测、冲淤观测		监测计划范围内	施工期及运行期

## 15 环境影响综合评价结论及对策建议

### 15.1 工程分析

平潭外海海上风电场一期项目位于福建省东部沿海、平潭东北部，东濒台湾海峡，西与松下镇相望。本项目位于福建海岸线以东，理论海图水深在 37-38m 之间，场址中心离岸距离约 35.8km，该区域水下地形相对平缓。

本项目规划装机 100MW。本项目涉海工程包括：单机容量 10MW 的风力发电机组 10 台、风电场内连接风机及风机与海上升压站之间的 4 回 35kV(17.9km)海底电缆。根据场地工程地质及海洋水文条件，风机基础型式采用四桩导管架基础。

本项目采用 220kV 海上升压变电站+陆上集控站方案，均依托长乐 A 区项目。本项目集电线路拟采用 4 回 35kV 海缆送至 A 区的 220kV 海上升压站的 35kV 开关柜，并利用 A 区的 2 回 220kV 海缆送出至陆上集控中心后，并入省电网。

风电场年发电量为 34893.1 万 kW·h，平均年发电利用小时数为 3489h，年上网电量 33865.2 万 kW·h，等效满负荷小时数 3387h，容量系数为 0.39。

本项目总工期 18 个月，动态总投资为 196524.69 万元。

本项目申请用海总面积 44.5215hm<sup>2</sup>，其中透水构筑物用海面积为 16.6090hm<sup>2</sup>（风机基础用海面积），海底电缆管道用海 27.9125hm<sup>2</sup>（35kV 海缆用海面积）。本项目申请用海期限 30 年。

## 15.2 环境现状评价

### 15.2.1 水文动力

在各站的潮型系数中，各站各层潮流类型判别数均在 0.5 以下，该海区潮流类型为正规半日潮流，各站实测海流均表现为较强的往复性流动，涨急时刻主流向偏 S 向，落急时刻主流向偏 N 向。

大潮期落潮流平均流速最大为 60cm/s，流向为 162°，出现在 1#站，涨潮流平均流速最大为 66cm/s，流向为 325°，出现在 5#站；中潮期落潮流平均流速最大为 51m/s，流向为 150°，出现在 1#站，涨潮流平均流速最大为 54cm/s，流向为 321°，出现在 5#站；小潮期，落潮流平均流速最大为 37m/s，流向分别为 161°、133°，分别出现在 1#、3#站，涨潮流平均流速最大为 43cm/s，流向为 335°，出现在 1#站。

大潮期垂线平均的落潮流最大流速的变化范围在 52cm/s~85cm/s 之间，最大值出现

在 1#站，流向为  $145^{\circ}$ ，垂线平均的涨潮流最大流速的变化范围在  $59\text{cm/s}\sim 85\text{cm/s}$ ，最大值为出现在 5#站，流向为  $317^{\circ}$ 。中潮期，垂线平均的落潮流最大流速的变化范围在  $36\text{cm/s}\sim 67\text{cm/s}$  之间，最大值出现在 1#站，流向为  $146^{\circ}$ ，垂线平均的涨潮流最大流速的变化范围在  $47\text{cm/s}\sim 69\text{cm/s}$ ，最大值为出现在 4#站，流向为  $336^{\circ}$ 。小潮期，垂线平均的落潮流最大流速的变化范围在  $29\text{cm/s}\sim 54\text{cm/s}$  之间，最大值出现在 1#站，流向为  $157^{\circ}$ ，垂线平均的涨潮流最大流速的变化范围在  $43\text{cm/s}\sim 53\text{cm/s}$ ，最大值出现在 1#、6#站，流向分别为  $340^{\circ}$ 、 $297^{\circ}$ 。

### 15.2.2 海水水质

2020 年 4 月调查结果显示：所有站位的化学需氧量、溶解氧、铜、镉、铅、砷、汞、锌、石油类含量均符合该海域功能区划的要求；无机氮和磷酸盐的含量调查结果均超第二类海水水质标准。

### 15.2.3 海洋沉积物

2020 年 4 月调查结果表明，沉积物所有调查项目有机碳、硫化物、石油类、铜、铅、镉、铬、锌、汞和砷含量均符合执行《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）第一类标准，符合功能区要求的沉积物质量标准。

### 15.2.4 海洋生物质量

2020 年 4 月，本次采集到的生物体中甲壳类和鱼类的铬和砷含量均符合《海洋生物质量》（GB 18421-2001）中的第一类标准，符合功能区要求的沉积物质量标准。

### 15.2.5 海洋生态

2020 年 4 月调查海域各调查站位表层叶绿素-a 值的变化范围在  $(0.86\sim 2.52)\text{mg/m}^3$ ，平均值为  $1.66\text{mg/m}^3$ 。调查海域各调查站位初级生产力值的变化范围在  $105.3\text{mgC/m}^2\cdot\text{d}\sim 771.0\text{mgC/m}^2\cdot\text{d}$ ，平均值为  $334.2\text{mgC/m}^2\cdot\text{d}$ 。监测海域共鉴定出浮游植物 6 门 139 种，浮游植物细胞数量变化范围在  $(20.7\sim 102.2)\times 10^3\text{cells/m}^3$  之间，均值为  $62.0\times 10^3\text{cells/m}^3$ 。监测海域共鉴定出浮游动物 92 种，浮游动物生物量(湿重)：平均值为  $10,167\text{mg/m}^3$ ，其波动范围在  $(816\sim 41713)\text{mg/m}^3$  之间。拟建工程附近共设 3 条潮间带断面 C01~C03，共鉴定出 5 门 47 种大型潮间带生物，以环节动物种类分布为主。共鉴定出 5 门 61 种浅海大型底栖生物，多毛类和甲壳类是组成该区浅海大型底栖生物物种的主要成分。

### 15.2.6 渔业资源

2020 年 4 月调查游泳动物种类数为 61 种，其中鱼类 39 种（63.93%）。调查海域

渔业资源重量和尾数密度均值分别为  $253.86\text{kg}/\text{km}^2$  和  $24.16 \times 10^3 \text{ind.}/\text{km}^2$ 。渔获物中鱼类优势种为鳞鳍叫姑鱼、短吻舌鳎、赤鼻棱鯧、拉氏狼牙虾虎鱼和龙头鱼。虾类优势种有口虾蛄、哈氏仿对虾、刀额新对虾、周氏新对虾和扁足异对虾。蟹类优势种有三疣梭子蟹、矛形梭子蟹和寄居蟹，调查水域渔业资源生物物种丰富，多样性指数值和资源密度较高，大部分站位优势种优势度低，种间分布较均匀，群落结构稳定，适合资源生物繁殖、幼育和生长。

## 15.3 环境影响分析与预测评价结论

### 15.3.1 水文动力环境

由于桩基尺度较小，阻水效应有限，与工程建设前相比，工程建设后，大、小潮流态没有发生明显变化，即本工程建设对大范围流场影响甚微，对流场的影响仅局限于桩基局部范围内，且背水面的流速变化范围大于迎水面的流速变化范围，工程后流速增加不明显，且流速增大的范围比流速减小的范围小很多。各环境保护目标距离工程场区较远，工程对环境保护目标的流场变化影响极小，工程建设后对其影响可以忽略不计。

总体而言工程建设前后场变化较小，流速变化范围主要集中在风电场风机桩基附近。

### 15.3.2 地形地貌与冲淤环境

一、工程建设后，工程海域冲淤强度在  $-0.02 \sim 0.31\text{m}$  之间。由于桩基的阻水作用，在桩基周围均出现了一定的流速减小区域，导致桩基周围  $300\text{m}$  范围内的淤积强度普遍在  $0.03\text{m}$  之上，淤积强度超过  $0.10\text{m}$  的范围主要集中在桩基根部；桩基的周围  $300\text{m}$  范围以外的淤积强度普遍在  $0.03\text{m}$  以下。由于工程海域旋转流特征明显，工程后流速增加不明显，冲刷幅度很小，一般小于  $0.03\text{m}$ 。工程建设后 1~2 年内即可达到冲淤平衡。随着冲淤过程的深入和地形向适应工程建设后动力环境方向的调整，冲淤强度将逐年减小。因此，工程建设前后床面冲淤强度大值主要集中在桩基周围及相邻风机之间区域，其他地方的冲淤强度较小。

二、根据韩海骞公式进行局部冲刷计算，结果表明局部冲刷深度在  $3.0\text{m}$  左右，最大深度为  $3.14\text{m}$ 。工程在风机基础结构计算时已经考虑冲刷影响，并预留相应的冲刷深度；建议在工程建设期间及工程建成后，对风机基础局部冲刷情况加强监测，及时采取防护措施。

### 15.3.3 海洋水质环境

工程共布置 10 台风机，悬浮物影响距离按 100m 计算，水下打桩施工悬浮物影响范围约为 0.31km<sup>2</sup>。

电缆敷设悬浮物浓度增量大于 10mg/L 影响范围叠加约为 21.48km<sup>2</sup>，悬浮物浓度大于 20mg/L 影响范围叠加约为 11.82km<sup>2</sup>，悬浮物浓度增量大于 50mg/L 的影响范围为 0.01km<sup>2</sup>。由于工程涉及的大部分区域水深较大，水体对悬浮物稀释性较强，悬浮物浓度增量基本在 50mg/L 以内。

施工期船舶含油废水将交由有资质单位处理；海域生活污水将收集后运至岸上，纳入施工生产区采用化粪池处理后由环卫部门定期清运，对周边海域基本无影响。施工生产区生活污水采用化粪池处理后由环卫部门定期清运，不外排，对陆上施工区周边环境影响不大。运行期风机检修等产生的少量含油废水收集后交由有资质单位处理，不会对周边海域水质产生影响。

多台风机牺牲阳极锌释放的叠加影响不显著，牺牲阳极锌释放不会对区域海水水质造成显著影响。

### 15.3.4 海洋沉积物环境

在严格施工管理条件下，施工船舶将产生生产废水、生活污水和垃圾经收集处理后运至陆上处置，海上工程施工不会对海洋沉积物质量产生明显影响。运行期在最不利工况条件下，100m 处单桩基础风机的牺牲阳极释放的锌含量均低于海洋沉积物第一类标准值  $150.0 \times 10^{-6}$ 。多台风机牺牲阳极锌释放的叠加影响不显著，工程建设不会对区域沉积物环境造成显著影响。

### 15.3.5 海洋生态(含游泳动物)

#### 一、施工期影响

工程场址范围主要为近海海域，场区内种类组成与场区周边海域种类基本相同，工程施工不会对区域生物多样性带来较大影响。

工程风机桩基基础施工、海底电缆铺设施工都会破坏海洋生物生境、引起海底泥沙再悬浮，造成水体浮游植物生产力下降，并造成底栖生物和游泳动物的损失。海洋生物损失随着施工结束，慢慢可以得到恢复，因此施工对海洋生物的影响是暂时的、可逆的。

#### 二、运行期影响



项目建成后项目所在海域的生物类型、数量、组成等均不会发生明显变化，牺牲阳极锌释放不会对海洋生物产生明显不利的影响，项目运行期对海洋生态环境影响较小。但风机基础的修筑会造成少量底栖生物生境的永久丧失。

本项目造成的生态损失分别为：浮游植物总损失量为  $5.06 \times 10^{13}$  个，浮游动物总损失量为  $2.09 \times 10^{10}$  个，游泳生物损失量为 0.545t，鱼卵损失量为  $8.53 \times 10^7$  粒，仔稚鱼损失量为  $1.92 \times 10^7$  尾，底栖生物损失量为  $9.26 \times 10^{-2}$ t。

### 三、对海洋生态系统服务功能的影响

风电场项目建设施工期会对该区域的水生动物栖息、觅食产生一定的干扰，运行期基本影响不大；海缆施工过程中对鸟类的觅食范围产生一定影响。风电场及送出海缆均不占用养殖区水域，悬浮物对周边海域养殖也无影响，工程对养殖生产功能影响很小。工程建设不会对海域污染物净化功能造成明显改变，对当地海洋生物多样性、海洋生态系统多样性维持不会产生明显的影响。

### 四、对主要经济鱼类三场和洄游通道的影响

工程海缆铺设和打桩避开主要经济鱼类的产卵季节，施工期对鱼类产卵场、索饵场和洄游通道会有一定的负面影响，但属于可以接受范围。风机管桩产生的局部涡流和人工鱼礁效应，一定程度上有利于鱼类的聚集，对渔业资源的保护可能产生正面效应。

## 15.3.6 其它环境影响

### 一、水下噪声影响

(一) 在风机基础水下打桩施工时，应确立在 340m 范围内为危险区域，在 3.0km 范围内为警告区域。打桩施工中在这些海域范围内应对鱼类活动进行可能的驱赶等工作。当施工海域存在石首鱼类时，应确立在离桩基 3.7 km 的距离范围外为安全距离。

(二) 本工程的其他水下施工噪声，如施工船舶噪声等噪声声源级可达到 150 dB，可能对该海域中的石首鱼科幼鱼等的行为产生某些干扰；而一般的水下噪声，噪声声压级已低于 120dB，基本上已和海洋环境噪声相当，对鱼类等海洋生物的影响在可接受范围内。

(三) 本工程营运期水下噪声对石首鱼科的影响距离(掩蔽效应)定为 50m。本风电场营运期所带来的轻微的水下噪声增加对一般鱼类等海洋生物影响在可以接受范围内。对鱼卵仔鱼、主要经济鱼类“三场一通道”总体上不会产生明显不利的影响。

(四) 运行期风机在水中辐射的水下噪声总体都不高，与海洋背景噪声相当。除了在离桩基 50m 范围内对石首鱼科的通讯距离会产生掩蔽效应影响外，对一般的鱼类和

海洋哺乳动物的影响在可以接受范围内。

## 二、水上噪声影响

(一) 本工程风电场址声环境评价范围内无声环境敏感目标分布,不会对区域声环境产生明显影响。建议严格施工作业时间,尽量减少施工对周边居民点的声环境影响。

(二) 风电场周围无村庄等环境敏感点,风电场运行期对周围声环境影响较小。

## 三、对鸟类的影响

本项目项目建设对鸟类的综合影响较小,属于可接受范围。建设单位在严格落实本报告所提出的保护措施前提下,可将其对鸟类不利影响降低到最小程度,其影响是可接受的。

## 四、电磁环境影响

根据类比分析,工程 35kV 海缆工频电场强度和工频磁感应强度均能满足 4kV/m 和 0.1mT 的限值要求。

电场运行期期间,海底电缆经保护层及沉积物屏蔽后,产生的工频电磁场不会改变鱼类的洄游路线及洄游形式,对鱼类的影响有限。

# 15.4 环境事故风险

本工程主要环境风险包括施工期施工船舶碰撞溢油事故;运营期环境风险包括风机遭受雷电、台风等自然灾害风险,长期冲刷造成电缆和海床之间形成掏空的事故风险。针对可能发生的环境事故,本报告提出了相应的事故防范措施,采取上述措施后,上述环境事故的发生概率可明显降低,事故发生对环境的影响可明显减小。

# 15.5 环境保护对策措施

## 15.5.1 施工期环境保护对策措施

污废水、固废等收集后统一处理,废气、扬尘、噪声等采用预防、管理和治理措施。针对海洋生态采取:加强管理、优化施工方案、合理选择施工时间、生态修复与补偿等措施。针对鸟类影响采取:宣传教育并加强管理、噪声防范措施、合理选择施工作业时间和范围、生态恢复等措施,

## 15.5.2 运营期环境保护对策措施

为减少工程建设对海洋生态和渔业资源的影响,建议在建设单位采取适当补偿后由主管部门统一规划和实施区域的增殖放流等资源恢复工作。

为减小对鸟类的影响,采取:设置保护色彩、采取生态工程、加强鸟类撞击观测、

进行鸟类研究等措施。

为减小通航影响采取：设置导助航设施、涂警示色、安装监视系统、配防撞设施、加强环境监测等措施。

运行期管理人员施工污废水处理回用，固废统一收集处置。此外对于风机的噪声等，建议通过采取在机舱内表面贴附阻尼材料降低结构噪声，减小上述影响。

## 15.6 结论与建议

### 15.6.1 环境影响综合评价结论

平潭外海风电一期项目建设符合我国可持续发展能源战略，符合国家相关产业政策及《福建省海洋功能区划》、《福建省海洋环境保护规划》、《福建省海洋生态保护红线》、《福建省海上风电场工程规划报告》等相关规划，增加电力供应并改善地区电源结构，推动福建沿海风能资源的开发，社会效益、经济效益和环境效益明显。工程建设和运行带来的海洋生物损失可通过适当的生态补偿等进行修复，其它不利环境影响大多可以通过采取相应的环保措施予以减免。只要在工程的建设和运行过程中加强管理，确保实施报告中提出的各项环保措施，工程建设对环境的影响可接受，从海洋环境保护角度看，不存在制约本工程建设的因素，本工程建设是可行的。

### 15.6.2 建议

(1) 风电场四周均分布有航道，建议在施工期间应设置醒目、易懂的临时标志，并考虑先设临时标志再进行施工作业。施工期各施工船舶应严格按照施工方案选择的施工航线行驶，禁止随意穿越现有航道，确保施工期和运营期船舶通航安全。同时，建成后建议配备符合海事局航标主管部门要求的助航标志，包括设置雾灯设备。

(2) 潮流作用下的风机墩柱冲刷过程是十分复杂的，在工程运行期定期对风电场海域潮流场状况进行监测，监测内容包括风机墩柱局部冲刷监测和风电场临近局部海域，在台风、风暴潮等恶劣气象条件过后进行必要的加测

(3) 海底电缆施工完成后，应向海事部门申请发布航行通告，设置保护区，保证海底电缆的安全。

(4) 拟建海上风电场虽然不是鸟类栖息地、觅食地和迁徙路线，但仍建议建设单位在项目结束后定期对鸟类活动进行监测，研究该区域风电建设对鸟类影响。

(5) 工程运行后 5 年内进行环境影响后评价，对工程实际影响进行跟踪分析，评价环保措施有效性，必要时提出补充措施。

