中广核象山涂茨海上风电场项目

环境影响报告书

(报批稿)

浙 江 碧 扬 环 境 工 程 技 术 有 限 公 司

二 O 二 二 年 一 月

目录

概述 1
1 总论 1
1.1 评价任务由来与评价目的 1
1.2 编制依据 4
1.3 功能区划 8
1.4 评价标准 8
1.5 评价工作等级 18
1.6 环境影响评价范围 20
1.7 环境影响评价重点 21
1.8 环境保护目标和环境敏感目标 23
2 工程概况 32
2.1 项目概况 32
2.2 建设方案概述 33
2.3 施工方案概述 53
2.4 项目用海情况 69
3 工程分析 71
3.1 生产工艺和过程分析 71
3.2 工程各阶段污染影响分析 72
3.3 工程各阶段生态影响分析 78
3.4 环境影响要素识别和评价因子筛选 80
4 区域自然环境和社会环境概况 83
4.1 工程区域自然环境概况 83
4.2 工程区域社会环境概况 91
4.3 工程区域海洋资源和海域开发利用与保护概况 91
4.4 环境敏感区、环境敏感目标和主要保护对象现状及分布 112
5 环境质量现状调查与评价 119
5.1 水文动力环境现状调查与评价 119
5.2 海洋地形地貌与冲淤环境现状调查与评价 128
5.3 海水质量现状调查与评价 131
5.4 海域沉积物质量调查与评价 136
5.5 生物体质量监测与评价 139
5.6 生态调查与评价 140
5.7 渔业资源调查与评价 150

5.8 鸟类现状调查与评价 183
5.9 声环境现状监测与评价 203
5.10 大气环境质量现状 211
5.11 陆域环境现状现状 212
6 环境影响预测与评价 **213**
6.1 海洋水文动力环境影响预测与评价 213
6.2 海洋地形地貌与冲淤环境影响预测与评价 229
6.3 海洋水质环境影响预测与评价 235
6.4 海洋沉积物环境影响预测与评价 241
6.5 海洋生态环境影响预测与评价 242
6.6 水下噪声影响预测与评价 249
6.7 水上噪声影响预测与评价 261
6.8 鸟类及其生境影响评价 264
6.9 其它环境要素环境影响预测与评价 278
6.10 对海洋开发利用活动影响分析 280
6.11 对敏感区的影响分析 291
7 环境事故风险分析与评价 **296**
7.1 环境风险识别及事故概率估算 296
7.2 环境风险影响预测 303
7.3 溢油事故防范措施 320
7.4 溢油事故应急预案 322
8 清洁生产与污染防治对策 **330**
8.1 清洁生产 330
8.2 环境保护对策措施 331
8.3 总量控制 339
8.4 环境保护措施汇总 340
9 海洋生态建设方案 **342**
9.1 生态建设方案概况 342
9.2 岸线利用与保护 342
9.3 风机及海缆布置 343
9.4 污染物排放与控制 343
9.5 生态保护与修复 344
9.6 生态环境监测 346
10 环境经济损益分析 **349**

10.1 环境保护设备与环境保护投资估算.....349
10.2 经济效益分析.....349
10.3 环境损失估算.....350
10.4 环境收益估算.....350
10.5 环境经济损益综合分析与评价.....352
11 海洋工程的环境可行性 353
11.2 项目用海与相关规划符合性分析.....365
11.3 建设项目的政策符合性分析.....386
11.4 工程选址与平面布置的合理性 388
11.5 环境影响可接受性分析 392
11.6 与“三线一单”的符合性分析.....393
12 环境管理与监测计划 396
12.1 环境管理计划.....396
12.2 环境监理.....399
12.3 环境监测计划.....400
13 环境影响评价结论及建议 403
13.1 工程分析结论.....403
13.2 环境现状分析与评价结论.....403
13.3 环境影响预测分析与评价结论.....408
13.4 环境风险分析与评价结论.....411
13.5 清洁生产和总量控制结论.....411
13.6 环境保护对策措施.....411
13.7 规划相符性结论.....414
13.8 公众意见采纳情况 414
13.9 综合评价结论.....415
附件 1：浙江省能源局复函..... **错误!未定义书签。**
附件 2：风电竞争配置结果的通知..... **错误!未定义书签。**
附件 3：关于中广核象山涂茨海上风电项目核准的批复..... **错误!未定义书签。**
附件 4：关于同意调整中广核象山涂茨海上风电项目核准内容的批复. **错误!未定义书签。**
附件 5：中广核象山涂茨海上风电场项目通航安全专题会会议纪要. **错误!未定义书签。**
附件 6　用海预审意见..... **错误!未定义书签。**
附件 7　陆上升压站环评批复..... **错误!未定义书签。**

附件 8　数模评审意见 ..... 错误!未定义书签。
附件 9　鸟类专题评审意见 ..... 错误!未定义书签。
附件 10　水下噪声及电磁环境专题评审意见 ..... 错误!未定义书签。
附件 11　专家评审意见 ..... 错误!未定义书签。
附件 12　修改单 ..... 错误!未定义书签。
附件 13　现场踏勘照片 ..... 错误!未定义书签。
附件 14　项目负责人社保证明 ..... 错误!未定义书签。
附件 15　质量控制记录 ..... 错误!未定义书签。

概述

一、建设项目的特点

浙江省位于我国东部沿海经济发达地区，常规能源资源较为贫乏，对外依存度高，而风能资源则比较丰富，海上风能资源开发潜力比陆地更大。为加快开发浙江沿海风能资源，中广核新能源(象山)有限公司拟在浙江省象山县东北部海域建设中广核象山涂茨海上风电场项目，工程包括 38 台 8.0MW 风机、66kV 海缆 71.94km，66kV 陆缆 265m（地下电缆），风电机组所发电能通过 66kV 电缆送入陆上升压站，然后经架空线路接入系统变电站。

二、环境影响评价的工作过程

中广核新能源(象山)有限公司 2020 年 10 月委托浙江碧扬环境工程技术有限公司承担本项目的环境影响评价工作。评价单位接受委托后，在项目区域进行了多次现场调查，了解工程区域自然环境状况及环境功能区划，收集了与本工程相关的规划等文件，同时开展环境保护目标调查。本项目环评阶段，中广核新能源(象山)有限公司采取了网站公示、现场张贴公告、报纸公示三种信息公开方式征求公众意见。 在上述工作的基础上，编制单位依据项目建设方案及相关专题报告，针对工程特点和工程区域环境概况，进行环境现状评价和影响预测，制定防治污染和减缓生态影响的措施，编制完成《中广核象山涂茨海上风电场项目环境影响报告书》。

三、分析判定相关情况

根据《产业结构调整指导目录(2019 年)》，本项目为海上风电场建设，属于鼓励类项目。同时，本项目属于《市场准入负面清单》（2018 年版）许可准入类项目，并符合清单中与市场准入相关的禁止性规定，因此本项目的建设符合国家产业政策。

本项目选址符合《浙江省海上风电场工程规划报告》、《浙江省海岸线保护与利用规划（2016-2020 年）》、《浙江省海洋功能区划（2011-2020 年）》、《宁波市海洋功能区划（2013-2020 年）》、《浙江省海洋生态红线划定方案》等。

“三线一单”符合性分析见表 1。

表 1 “三线一单”符合性分析

内容	符合性分析	相符性
生态保护红线	根据《浙江省海洋生态红线划定方案》和《象山县生态保护红线划定方案》，本项目不涉及生态红线区。	符合
环境质量底线	本工程在落实环评提出的污染物防治措施后，工程建设和运行带来的海洋生物和渔业资源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，区域环境质量能维持的现状。	符合
资源利用上线	符合《海上风电开发建设管理办法》及实施细则、《关于进一步规范海上风电用海管理的若干意见》等文件对用海面积的要求。	符合
环境准入负面清单	根据《浙江省海洋功能区划》(2011-2020 年)和《象山县“三线一单”生态环境管控方案》，本项目不在负面清单之列。根据《象山县“三线一单”生态环境管控方案》，本项目拟建地位于海洋重点管控单元、海洋一般管控单元和陆域一般管控区，本项目建设与该管控单元“三线一单”生态环境准入清单的要求不冲突。	符合

四、关注的主要环境问题及环境影响

根据拟建项目特点，本次评价关注的主要环境问题及环境影响为：

① 风机基础、电缆铺设施工对海洋环境（包括水文水动力、冲淤和海水水质等）、生态及渔业资源的影响；

② 水下噪声对海洋生物的影响；

③ 风机运行对区域鸟类迁徙、栖息及其生境的影响；

④突发溢油风险事故对海洋环境和环境敏感目标的影响。

五、环境影响评价的主要结论

中广核象山涂茨海上风电场项目建设符合我国可持续发展能源战略、增加电力供应并改善地区电源结构，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和渔业资源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，确保实施报告书中提出的环保措施，从环境保护角度看，工程建设是可行的。

1 总论

1.1 评价任务由来与评价目的

1.1.1 评价任务由来

当前，能源发展正处于深刻变革和重大调整的关键时期。面对全球气候和环境挑战，为满足不断增长的能源需求，大力发展可再生能源已成为能源发展的必然趋势。欧美发达国家普遍把发展可再生能源确立为国家能源战略，并大幅提高可再生能源消费比重，在调整能源结构和应对气候变化的双重约束下，大力发展风电、太阳能等技术成熟、经济性较好的可再生能源就显得十分重要。近年来，全球风电发展十分迅速，装机规模以年均30%的速度增长。根据《全球风能展望2010》报告，2010年中国风电装机容量已达3000万千瓦，提前10年完成了原先规划的2020年风电装机容量达3000万千瓦的目标。预计2030年中国的风电装机容量会达到5.13亿千瓦。我国风电可能超过核电成为第三大主力发电电源，在2050年甚至可能超过水电，成为第二大主力发电电源，届时风力发电可能成为我国的主要战略能源之一。

目前我国“三北”地区限电形势依旧严峻，东南沿海优质风能资源基本开发殆尽，内陆山地风电场受生态环境和土地紧缺的制约开发难度和成本逐步加大。在这种背景下，海上风电受到我国政府、投资企业、机组制造商的重视。与陆上风电相比，海上风电具有风能资源更加丰富，不占用宝贵的土地，不影响人类日常生活，离电力负荷中心更近等诸多优势。

浙江省位于我国东部沿海，其沿海地区风能资源较为丰富，交通和接入系统条件便利，具有较好的海上风电场建设条件，根据《浙江省可再生能源十四五规划》，截至2020年底，全省累计核准海上风电项目14个，核准装机容量408万千瓦，其中并网装机容量45万千瓦，“十四五”期间，全省海上风电力争新增装机容量450万千瓦以上，累计装机容量达到500万千瓦以上。

近些年来，浙江省经济快速发展，对能源的需求量迅速增加，电力的缺口十分明显，电力供需矛盾突出。浙江省潮汐发电和生物质能发电进展缓慢，短期内难以形成规模化开发，陆上风电开发基本趋于饱和状态。在海上风电政策的号召下，同时立足浙江省电力发展和海上风能资源的实际，弥补电力缺口、调整优化

能源结构，为开发利用浙江沿海地区较丰富的风能资源，中广核新能源(象山)有限公司拟在象山县东北部海域建设中广核象山涂茨海上风电场项目。

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》、《防治海洋工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》和《建设项目环境保护管理条例》等法律法规要求，工程需编制环境影响报告书，报环境保护主管部门核准。为此，建设单位委托我公司承担该项目环境影响报告书的编制工作。接受委托后，我公司组织相关技术人员对工程拟建地进行了多次实地查勘、外业调查，对周边地区进行了走访调查，收集与本项目有关的资料和文献报告，在分析、影响预测和评价的基础上，在此基础上，编制完成了本工程环境影响报告书(送审稿)，并于2022年1月13日通过宁波市生态环境局象山分局组织的专家评审。会后，课题组根据专家意见进行了相应的修改和完善，现形成报告书（报批稿），报请核准。

本工程内容包括38台风机、66kV海缆71.94km，66kV陆缆265m（海缆登陆点至陆上升压站之间的地下电缆）和陆上升压站，其中陆上升压站环评报告已由宁波市生态环境局象山分局以浙象环许[2021]63号文批复，但用地面积和总平面布置有所变更，本环评仅对陆上升压站作补充分析。

本评价包括施工期及运行期的环境影响评价，陆上升压站至接入系统等工程由建设单位另行委托开展环评，对服务期满的退役期影响建设单位根据相关规定另行开展工作。

1.1.2 评价目的

(1)对评价区域环境现状进行系统调查，了解工程海域的环境特点，包括环境质量现状、目前存在的主要环境问题、工程评价范围内的环境敏感目标等；

(2)通过工程分析确定本工程的主要环境影响因子及其污染源强，进而对可能产生的主要环境影响进行科学的分析和预测；

(3)针对工程可能带来的主要环境影响，提出切实可行的污染防治方案和生态保护措施，确保污染物达标排放，将工程建设引起的环境影响减小到最低程度；

(4)提出本工程环境管理的要求和建议，实现环境、经济和社会效益的高度统一以及社会经济可持续发展的目标，同时为建设单位实施环境保护措施和环境管理部门监督管理提供依据。

1.1.3 工程建设的必要性

（1）项目建设是落实风电建设政策及规划的要求

当前，能源发展正处于深刻变革和重大调整的关键时期。面对全球气候变化和生态环境恶化的双重挑战，大力发展清洁可再生能源已成为能源发展的必然趋势。我国已将可再生能源的开发利用作为能源战略的重要组成部分。

2020 年 9 月 22 日，习近平主席在第七十五届联合国大会一般性辩论上发表重要讲话时宣布：“中国将提高国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，二氧化碳排放力争于 2030 年前达到峰值，努力争取 2060 年前实现碳中和”。2020 年 12 月 12 日，习近平主席在气候雄心峰会上宣布：“到 2030 年，中国单位国内生产总值二氧化碳排放将比 2005 年下降 65%以上，非化石能源占一次能源消费比重将达到 25%左右……风电、太阳能发电总装机容量将达到 12 亿 kW 以上”。

截止 2020 年底，浙江省全省累计风电装机容量达到约 186 万 kW，其中海上风电累计装机容量约为 45 万 kW。《浙江省可再生能源发展“十四五”规划》明确要大力发展风电、光伏，实施“风光倍增计划”。到“十四五”末，力争全省风电装机达到 640 万千瓦以上，新增装机在 450 万千瓦以上，主要为海上风电。

宁波象山县位于长三角地区南缘、浙江省东部沿海，风能资源具有一定的开发价值，在该地区开发建设风电场不仅符合国家可再生能源“十四五”发展规划的要求，也符合浙江省风电发展规划的要求。

（2）地区能源结构优化要求

浙江电网隶属于华东电网，基本以火电为主。目前网内主要为燃煤电厂，发电用煤需求量大，由于本省产煤能力有限，每年的发电用煤大部分依靠区外供给。随着经济的发展，远景用电负荷和用电量都将持续增长，发电用煤需求量将更大。燃煤电厂在消耗煤炭资源的同时，还产生了大量的 SO_2、CO_2、CO、NO_X、烟尘等有害气体，对生态环境造成不利的影响。

积极调整优化能源结构、开发利用浙江沿海地区较丰富的风能资源，对于降低浙江省的煤炭消耗、缓解环境污染、改善电源结构等具有积极的意义，是发展循环经济、建设节约型社会的具体体现，是浙江省能源发展战略的重要组成部分。本风电场建成后，可向当地电网输送大量清洁的可再生能源，有力的加强了电网末端的电力供应，改善了当地的电源结构。

1.2 编制依据

1.2.1 法律、法规与政策

(1)《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日；

(2)《中华人民共和国海洋环境保护法》，2017 年 11 月 5 日；

(3)《中华人民共和国海域使用管理法》，2002 年 1 月 1 日；

(4)《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日；

(5)《中华人民共和国水污染防治法》(修订)，2017 年 6 月 27 日；

(6)《中华人民共和国大气污染防治法》，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；

(8) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020 年修订），2020 年 4 月 29 日；

(9)《中华人民共和国可再生能源法》，2009 年 12 月 26 日；

(10)《中华人民共和国清洁生产促进法》，2012 年 7 月 1 日；

(11)《中华人民共和国渔业法》，2014 年 3 月 1 日；

(12)《中华人民共和国水生野生动物保护实施条例》，2016 年 2 月 6 日；

(13)《建设项目环境保护管理条例》(2017 年修正)，国务院令第 253 号，1998 年；

(14)《中华人民共和国海上交通安全法》(2021 年修订)，2021 年 9 月 1 日；

(15)《中华人民共和国海洋倾废管理条例》（2017 年修正），2017 年 3 月 1 日；

(16)《防治海洋工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》，国务院第 475 号(2018 年修正)，2018 年 3 月 19 日；

(17)《中华人民共和国防治陆源污染物污染损害海洋环境管理条例》，1990 年；

(18)《防治船舶污染海洋环境管理条例》(2018 年修正)，2018 年 3 月 19 日；

(19)《沿海海域船舶排污设备铅封管理规定》，交海发[2007]165 号，2007 年 5 月 1 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；

(21)《国家海洋局关于进一步规范海上风电用海管理的意见》，国海规范[2016]6 号；

(22)《全国生态环境保护纲要》，国务院，2000 年 12 月 20 日；

(23)《全国海洋经济发展规划纲要》，国发[2003]13 号，2003 年 5 月 9 日；

(24)《国务院关于进一步加强海洋管理工作若干问题的通知》，国发[2004]24 号；

(25)《海底电缆管道保护规定》，国家海洋局，2004 年 3 月 1 日；

(26)《铺设海底电缆管道管理规定实施办法》，国家海洋局，1992 年 8 月 26 日；

(27)《国家突发公共事件总体应急预案》，国务院，2006 年 1 月 8 日；

(28)关于国际海事组织《73/78 防污公约》1995 年修正案(附则 V)生效的通知，交通部；

(29)《产业结构调整指导目录(2019 年本）》（2021 年修订），2021 年 12 月 30 日；

(30)《浙江省海洋环境保护条例》(2017 年修正)，2017 年 9 月 30 日；

(31)《水生生物增殖放流管理规定》，农业部令 20 号，2009 年 5 月 1 日；

(32)《浙江省渔业管理条例》（2014 年修订），2014 年 12 月 24 日；

(33)《象山县人民政府关于印发象山县“三线一单”生态环境管控方案的通知》，象政发[2020]162 号，2020 年 12 月 22 日。

1.2.2 中国加入有关国际公约

(1)《防止废物和其它物质倾倒污染海洋公约》，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(MARPOL 73/78)》，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。

1.2.3 规程、规范、导则

(1)《海洋工程环境影响评价技术导则》，(GB/T19485-2014)；

(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》，(HJ/T2.2-2018)；

(4)《环境影响评价技术导则地面水环境》，(HJ/T2.3-2018)；

(5)《环境影响评价技术导则声环境》，(HJ/T2.4-2009)；

(6)《环境影响评价技术导则生态影响》(HJ/T19-2011)；

(7)《建设项目环境风险评价技术导则》，(HJ/T69-2018)；

(8)《海上风电工程环境影响评价技术规范》，国家海洋局，2014 年；

(9)《环境影响评价技术导则输变电工程》，(HJ/T24-2014)；

(10)《辐射环境管理导则电磁环境影响评价方法与标准》(HJ/T10.3-1996)；

(11)《电磁环境控制限值》(GB8702-2014)；

(12)《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》，(SC/T 9110-2007)；

(13)《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；

(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；

(15) 《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》(第二分册)；

(16)《海洋监测规范》(GB 17378.1~7-2007)；

(17)《海洋调查规范》(GB 12763.1~11-2007)。

1.2.4 区划规划

(1)《全国海洋主体功能区规划》，国务院，2015 年 8 月；

(2)《浙江省海洋功能区划》（2011-2020 年）（国务院，2012 年 8 月）；

(3)《浙江省海洋主体功能区规划》（浙江省发展和改革委员会，浙江省海洋与渔业局，2017 年 4 月）；

(4)《浙江省海洋生态红线划定方案》（浙江省海洋与渔业局，2017 年 5 月）；

(5)《浙江省能源发展“十四五”规划》；

(6)《浙江省可再生能源发展“十四五”规划》（浙江省发改委，浙江省能源局，2021 年 5 月）；

(7)《浙江省海上风电场工程规划》（国能新能[2016]14 号）；

(8)《宁波-舟山港总体规划（2014-2030 年）》；

(9)《浙江省海岸线保护与利用规划（2016-2020 年）》；

(10)《浙江省海岛保护规划（2017-2022 年）》；

(11)《浙江省海洋生态环境保护“十四五”规划》（浙江省发改委，浙江省生态环境厅，2021 年 5 月 31 日）；

(12) 《浙江省生态环境保护“十四五”规划》（浙江省发改委，浙江省生态环境厅，2021 年 5 月 31 日）；

(13)《浙江省海底路由“十四五”规划》（浙江省自然资源厅，2021 年 4 月）。

1.2.5 工程技术报告及相关文件

(1)《中广核象山涂茨海上风电场工程可行性研究报告》（华东勘测设计研究院有限公司，2021 年 10 月）；

(2)《中广核象山涂茨海上风电场工程海底电缆路由选择依据说明材料》（舟山静远海洋研究有限公司，2019 年 11 月）；

(3)《中广核象山涂茨海上风电项目水下噪声及电磁环境对海洋生物影响专题研究报告》（厦门大学，2021 年 12 月）；

(4)《中广核象山涂茨海上风电场工程鸟类现状调查及影响评价研究报告》（浙江智海环境科技有限公司，2021 年 12 月）；

(5)《中广核象山涂茨海上风电场工程数学模型专题报告》（宁波市盛甬海洋技术有限公司、浙江智海环境科技有限公司，2021 年 12 月）；

(6)《象山涂茨海上风电项目海洋生态环境及渔业资源调查评价报告（春季）》，（浙江省海洋水产研究所、农业农村部渔业环境及水产品质量监督检验测试中心(舟山)，2021 年 7 月）；

(7)《象山涂茨海上风电项目海洋生态环境及渔业资源调查评价报告（秋季）》，（浙江省海洋水产研究所、农业农村部渔业环境及水产品质量监督检验测试中心(舟山)，2020 年 11 月）；

(8)工程相关的其它相关资料。

1.3 功能区划

1.3.1 近岸海域环境功能区划

根据《浙江省近岸海域环境功能区划（调整）》，本工程涉及浙中近岸一类区（编号 A04I）和大目洋二类区（编号 B08II），其水质保护目标分别为一类海水水质标准和二类海水水质标准，详见图 1.3-1。

1.3.2 海洋功能区划

根据《浙江省海洋功能区划（2011-2020 年）》，本工程位于象山农渔业区（代码：B1-4）和大目洋农渔业区（代码：A1-2），详见图 1.3-2。

1.3.3“三线一单”生态环境分区

根据《象山县“三线一单”生态环境分区管控方案》，本工程风电场风机机组、66kV 海底电缆位于海域，涉及宁波市中部海洋重点管控单元（ZH3302002001）和宁波市近海海域海洋一般管控单元（ZH3302003001），登陆点至陆上升压站的 66kV 地下电缆和陆上升压站位于宁波市象山县一般管控单元（ZH3302253001），详见图 1.3-3 和图 1.3-4。

1.4 评价标准

1.4.1 环境质量标准

1.4.1.1 海水环境

(1) 根据《浙江省近岸海域环境功能区划（调整）》，本工程涉及的浙中近岸一类区（编号A04I）和大目洋二类区（编号B08II）水质保护目标分别为一类海水水质标准和二类海水水质标准。根据《浙江省海洋功能区划（2011-2020年）》，本工程涉及的象山农渔业区（代码：B1-4）和大目洋农渔业区（代码：A1-2）海水水质质量执行不劣于第二类。因此综合从严考虑，本工程涉及的海域水质执行

第一类和第二类标准。海水水质标准详见表1.4-1。

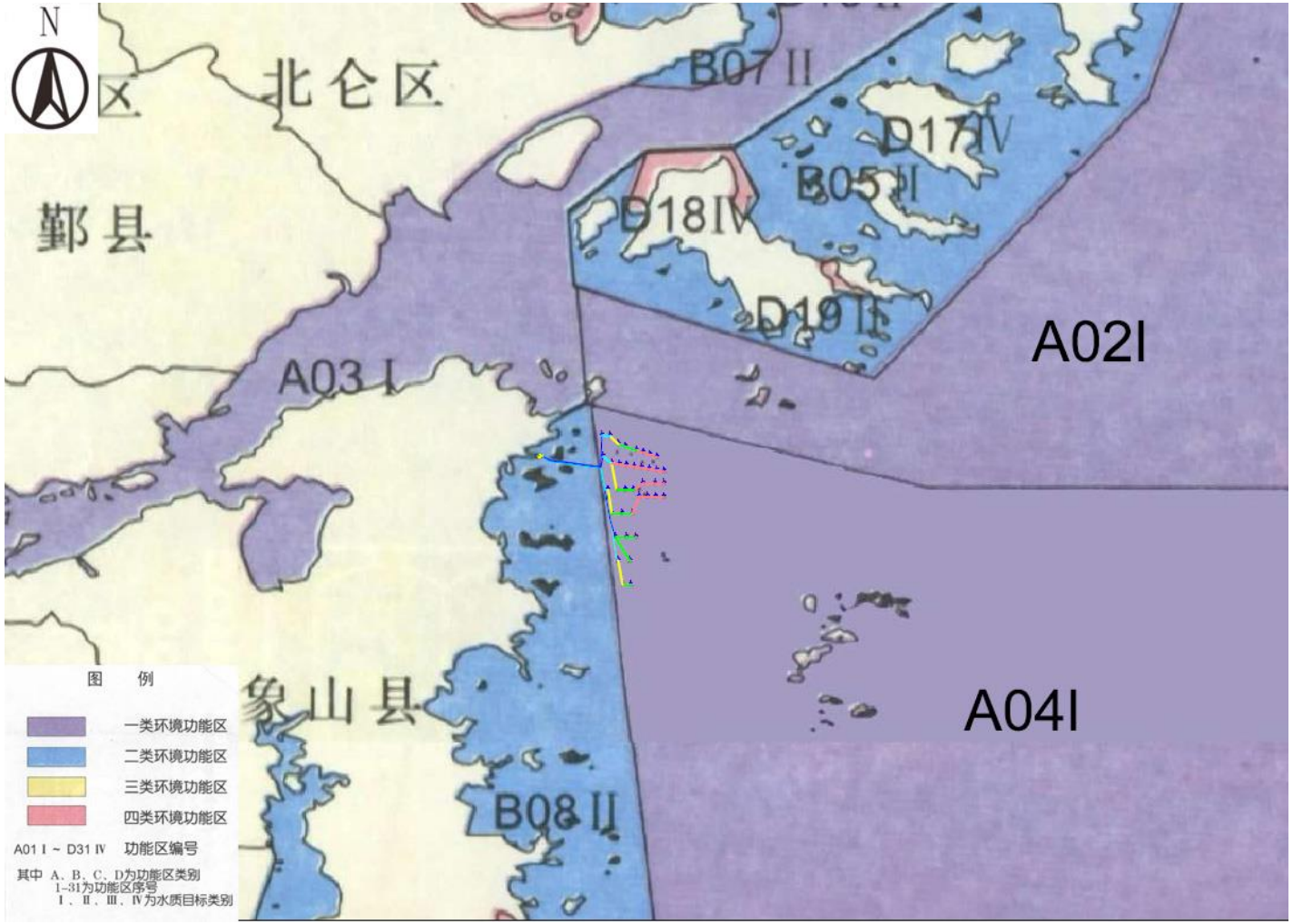


图1.3-1　近岸海域环境功能区划图

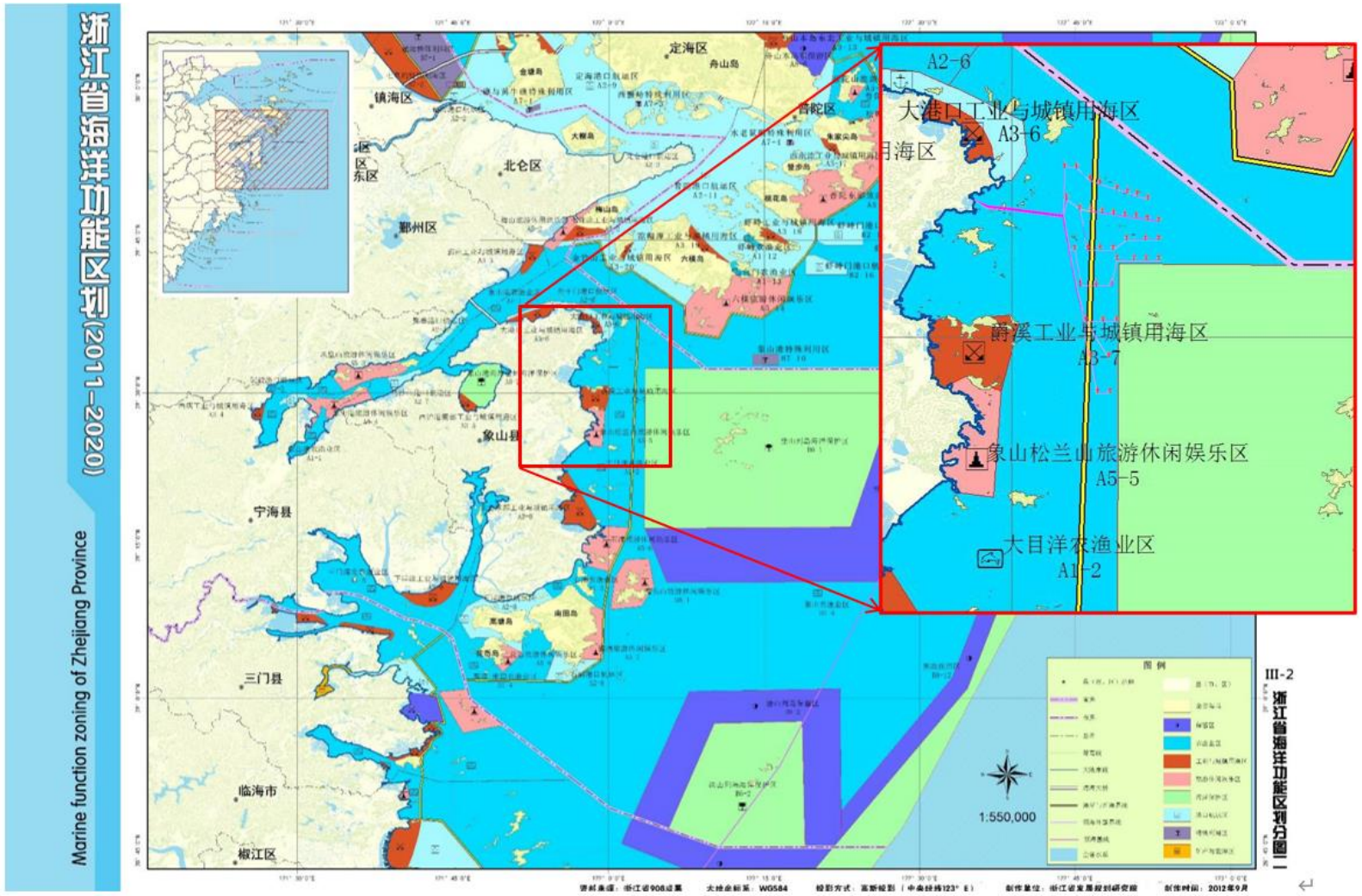


图 1.3-2　海洋功能区划图

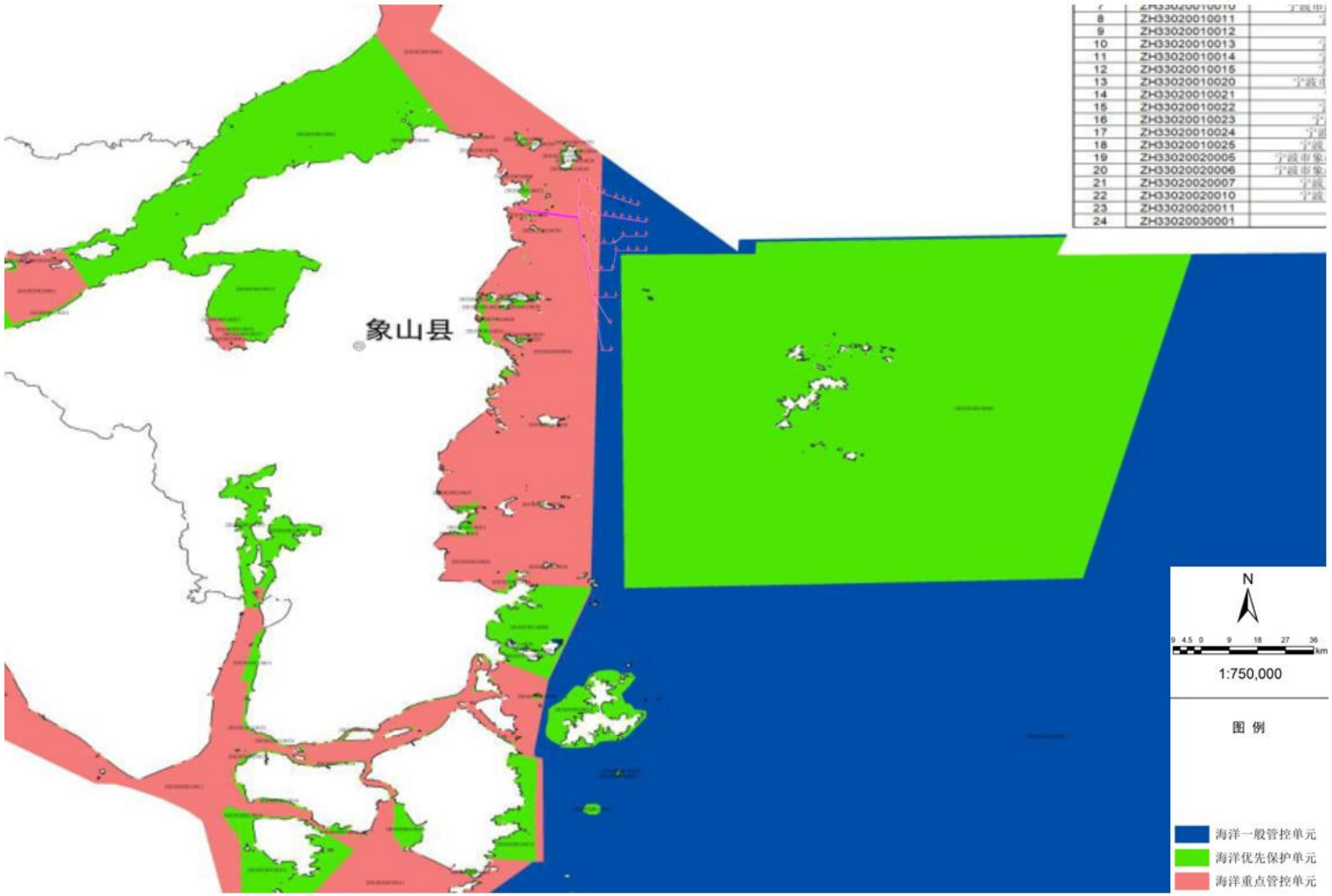


图1.3-3 “三线一单”生态环境分区管控方案图（海域）

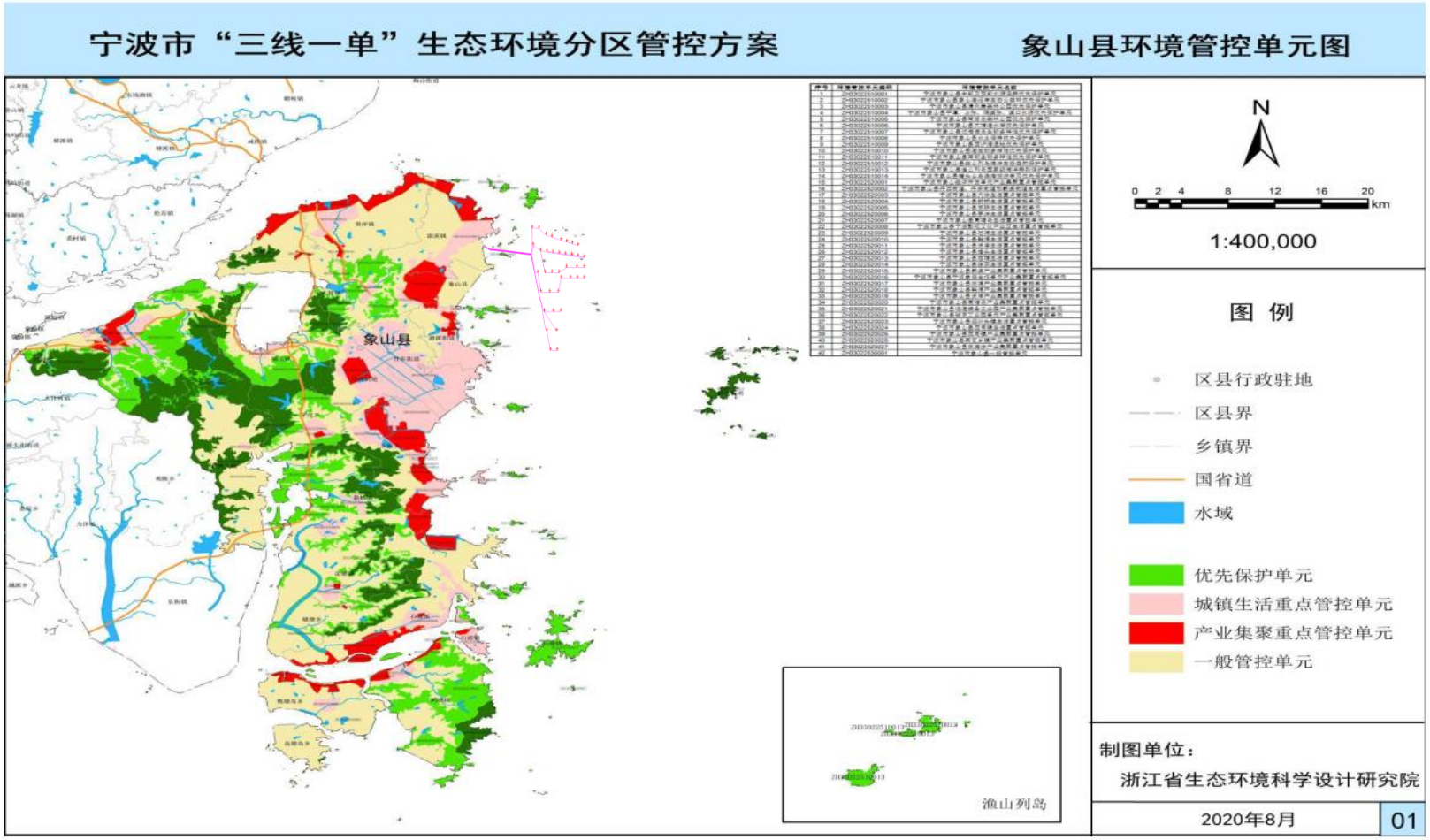


图1.3-4 “三线一单”生态环境分区管控方案图（陆域）

表 1.4-1　海水水质标准(摘录)　　单位：除 pH 外均为 mg/L

序号	项目	第一类	第二类	第三类	第四类
1	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	
2	溶解氧＞	6	5	4	3
3	化学需氧量≤	2	3	4	5
4	活性磷酸盐≤	0.015	0.03		0.045
5	无机氮≤	0.2	0.3	0.4	0.5
6	石油类≤	0.05		0.3	0.5
7	铜≤	0.005	0.01	0.05	
8	铅≤	0.001	0.005	0.01	0.05
9	锌≤	0.02	0.05	0.1	0.5
10	镉≤	0.001	0.005	0.01	
11	铬≤	0.05	0.1	0.2	0.5
12	汞≤	0.00005	0.0002		0.0005
13	砷≤	0.02	0.03	0.05	

1.4.1.2 沉积物

根据《浙江省近岸海域环境功能区划（调整）》，本工程所在海域海洋沉积物执行《海洋沉积物质量》(GB18668-2002)第一类标准；根据《浙江省海洋功能区划（2011-2020年）》，工程涉及的象山农渔业区和大目洋农渔业区海洋沉积物质量执行不劣于《海洋沉积物质量》(GB18668-2002)第一类标准，详见表1.4-2。

表 1.4.2　海洋沉积物质量标准

序号	项目	第一类	第二类	第三类
1	硫化物($\times10^{-6}$)≤	300.0	500.0	600.0
2	石油类($\times10^{-6}$)≤	500.0	1000.0	1500.0
3	有机碳($\times10^{-2}$)≤	2.0	3.0	4.0
4	铜($\times10^{-6}$)≤	35.0	100.0	200.0
5	铅($\times10^{-6}$)≤	60.0	130.0	250.0
6	锌($\times10^{-6}$)≤	150.0	350.0	600.0
7	镉($\times10^{-6}$)≤	0.50	1.50	5.00
8	铬($\times10^{-6}$)≤	80.0	150.0	270.0
9	汞($\times10^{-6}$)≤	0.20	0.50	1.00
10	砷($\times10^{-6}$)≤	20.0	65.0	93.0

1.4.1.3 海洋生物质量

根据《浙江省近岸海域环境功能区划（调整）》，本工程所在海域海洋贝类生物质量执行《海洋生物质量》(GB18421-2001)第一类标准；根据《浙江省海洋功能区划（2011-2020年）》，工程涉及的象山农渔业区和大目洋农渔业区海洋贝类生物质量执行不劣于《海洋生物质量》(GB18421-2001)第一类标准。鱼类、

甲壳类(除石油烃外)按《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》推荐的评价标准进行评价，砷、铬、石油烃按《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》(第二分册)中规定的标准进行评价，具体评价标准见表1.4-3、表1.4-4。

表 1.4-3　海洋生物质量单位：mg/kg

项目	第一类	第二类	第三类
铜≤	10	25	50(牡蛎 100)
铅≤	0.1	2.0	6.0
锌≤	20	50	100(牡蛎 500)
镉≤	0.2	2.0	5.0
铬≤	0.5	2.0	6.0
总汞≤	0.05	0.10	0.30
砷≤	1.0	5.0	8.0
石油烃	15	50	80
注：以贝类去壳部分的鲜重计。			

表 1.4-4　鱼类、甲壳类海洋生物质量评价标准单位：鲜重×10^{-6}

类型	铜≤	砷≤	铅≤	铬≤	锌≤	镉≤	汞≤	石油烃≤
鱼类	20	0.5	2.0	1.5	40	0.6	0.3	20
甲壳类	100	1.0	2.0	1.5	150	2.0	0.2	20

1.4.1.4 环境空气

工程所在地区环境空气质量评价标准执行《环境空气质量标准》(GB3095-2012)二级标准，详见表1.4-5。

表 1.4-5　　环境空气质量标准

污染物名称	浓度限值（μg/Nm^3）			备注
	年平均	日平均	小时浓度	
SO_2	60	150	500	《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中的二级标准
NO_2	40	80	200	
NO_X	50	100	250	
PM_{10}	70	150	/	
$PM_{2.5}$	35	75	/	
CO	/	4000	10000	
O_3	/	160(日最大 8 小时平均)	200	

1.4.1.5 声环境

根据《象山县声环境功能区划分（调整）方案》（象政办发〔2019〕62 号），本项目拟建区域未划分声环境功能区。根据《声环境质量标准》（GB3086-2008），本项目陆缆和陆上升压站拟建地位于乡村，执行 1 类声环境功能区要求。相应标准见表 1.4-6。

表 1.4-6　声环境质量标准

标准限值		标准来源
昼间	55 dB(A)	《声环境质量标准》（GB3096-2008） 1 类声环境功能区
夜间	45 dB(A)	

1.4.1.6 电磁环境

根据《电磁环境控制限制》(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。

1.4.2 污染物排放标准

1.4.2.1 废水排放标准

(1)施工期机修含油废水经隔油池处理与施工期和营运期的生活污水经化粪池处理达到《农村生活污水处理设施污水排入标准》（DB33/T1196-2020）后用槽罐车送至毛湾村农村生活污水处理设施进行处理，废水经毛湾村农村生活污水处理设施处理达到《农村生活污水处理设施水污染物排放标准》（DB33/973-2015）二级标准后排入周边水环境。

施工期和营运期生活污水纳管和排放标准见表 1.4-7。

表 1.4-7　农村生活污水处理设施污水排入标准

序号	项目		浓度限值
1	常规性指标	pH	6.0~9.0
2		化学需氧量(CODcr，mg/L)≤	450
3		氨氮(mg/L)≤	40
4		总氮(mg/L)≤	50
5		总磷(mg/L)≤	7
6		悬浮物 SS(mg/L)≤	200
7		水温℃≤	35

8		色度	70
9	餐饮类	动植物油(mg/L) ≤	50

表 1.4-8　农村生活污水处理设施水污染物排放标准

序号	项目	二级标准
1	pH	6.0~9.0
2	化学需氧量(CODcr，mg/L)≤	100
3	氨氮(mg/L)≤	25
4	总磷(以 P 计，mg/L)≤	3
5	悬浮物 SS(mg/L)≤	30
6	类大肠杆菌(个/L)≤	10000
7	动植物油 [2](mg/L) ≤	5
注 2：仅针对含农家乐废水的处理设施执行		

(2) 船舶污水执行《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）、《73/78 防污公约》附则中的相应标准和《沿海海域船舶排污设备铅封管理规定》，详见表 1.4-9。

表 1.4-9 船舶水污染物排放要求（汇总）

污染物种类	排放区域	排放浓度(mg/L)或规定	备注
污压载水、洗舱水、泵舱舱底水	距最近陆地 50 海里以上海域	航行途中，瞬间油量排放率不超过 30 升/海里，总油量不超过上航次载油量的 1/30000。	《73/78 防污公约》附则 I
	距最近陆地 50 海里以内海域	禁排	
机舱所处的舱底含油污水	距最近陆地 12 海里以上海域	航行途中，排出物含油量小于 15mg/l	
	沿海海域禁排	铅封管理，禁止向沿海海域排放	沿海海域船舶排污设备铅封管理规定交海发[2007]165 号）

船舶生活污水	距最近陆地3海里以内	2012年1月1日以前安装的	BOD_5不大于50mg/l SS不大于150mg/l 耐热大肠菌群数小于2500个/L	船舶污染物排放标准（GB3552-2018）
		2012年以后安装的	BOD_5不大于25mg/l SS不大于35mg/l 耐热大肠菌群数小于1000个/L CODcr不大于125mg/L pH6~8.5 总氯不大于0.5mg/L	
	距最近陆地3~12海里	同时满足以下条件： （1）使用设备打碎固形物和消毒后排放； （2）船速不低于4节，且生活污水排放速率不超过相应船速下的最大允许排放速率		
	距最近陆地大于12海里	船速不低于4节，且生活污水排放速率不超过相应船速下的最大允许排放速率		

1.4.2.2 环境空气

施工期大气污染物排放执行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)表2新污染源的大气污染物无组织排放限值，即TSP浓度小于1.0mg/m^3。

1.4.2.3 噪声

施工期噪声控制标准执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)，即昼间70dB，夜间55dB。

1.5 评价工作等级

(1)海洋环境评价等级

根据《海洋工程环境影响评价技术导则》(GB/T 19485-2014)，参照《海上风电工程环境影响评价技术规范》，本工程总装机容量300MW，工程总用海面积为186.2705公顷，海底电缆总长71.94km，工程位于农渔业区，属于重要的渔业水域，为生态环境敏感区，各主要单项评价等级见表1.5-1。工程水文动力环境、水质环境、海洋生态、海洋地形地貌与冲淤环境的评价等级均为1级，沉积物环境为2级。

表1.5-1　工程主要评价工作等级

海洋工程类型	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	海洋环境影响评价内容				
				水文动力环境	水质环境	沉积物环境	生态环境	海洋地形地貌与冲淤

								环境
海上潮汐电站、波浪电站、温差电站等海洋能源开发利用类工程	海洋风力发电、太阳能发电及其输送设施及网络工程	大型(≥100MW)	生态环境敏感区	1	1	2	1	1
海底管道、海底电（光）缆类工程	海上和海底电（光）缆工程；	长度(100km~20km)	生态环境敏感区	2	1	2	1	3
最终评价等级				1	1	2	1	1

(2)电磁环境评价等级

根据《环境影响评价技术导则输变电工程》(HJ24-2014)、《海上风电工程环境影响评价技术规范》(2014 年 4 月)，66kV 电缆电磁评价等级低于三级评价，根据《电磁环境控制限值》（GB8702-2014），100kV 以下电压等级的交流输变电设施属于豁免范围，本报告采用专题结论简单分析。

(3)环境风险评价等级

项目主要由风电场工程及海底电缆工程等组成，运行期 38 台风机总油量45.6t，根据《建设项目环境风险评价技术导则》中评价等级判定标准，与油类物质临界量比值 Q＜1，项目环境风险潜势为 I，对应的环境风险评价等级为简单分析。但考虑到溢油事故对周边敏感目标的危害性较大，因此对溢油事故影响预测采用数值模拟方式，达到二级评价深度。

(4)土壤环境评价等级

根据《环境影响评价技术导则土壤环境（试行）》(HJ964-2018)，本项目为IV类建设项目，不开展土壤环境影响评价。

(5) 声环境评价等级

根据《环境影响评价技术导则　声环境》(HJ2.4-2009)对噪声环境影响评价工作等级划分的依据，本项目陆缆所在区域农村，执行 1 类声环境功能区标准，项目建成前后评价范围内的敏感目标噪声增加级较小(3dB 之内)且受影响人口变化不大，因此声环境影响评价级别定为二级。考虑到陆缆营运期无噪声产生，且评价范围内无保护目标，因此重点评价风电场噪声的影响，根据《海上风电工程环境影响评价技术规范》(2014 年)，海上风电项目声环境影响评价工作不划定具体评价等级。

(6)环境空气评价等级

工程位于近岸海域，营运期无废气排放，且风电场周边无空气环境敏感目标，环境影响较小，因此评价内容从简。

(7)陆域生态环境评价等级

本项目陆域影响区域生态敏感性为一般区域，陆缆占地面积小于2km^2，根据《环境影响评价技术导则生态影响》(HJ19-2011)，确定陆域生态环境评价等级为三级。考虑到陆缆仅为265m，且评价范围内无保护目标，因此重点评价鸟类生态影响，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环境影响评价工作不划定具体评价等级。

1.6 环境影响评价范围

（1）水质、沉积物、生态环境影响评价范围

根据《海洋工程环境影响评价技术导则》(GB/T19485-2014)，参考《海上风电工程环境影响评价技术规范》（2014 年），海洋水质、海洋沉积物、海洋生态环境影响评价范围主要依据评价区域及周边区域生态完整性确定；以主要评价因子受影响方向的扩展距离确定，1 级评价以海上风电项目所有工程外缘线为起点向外扩展不小于 15km。海底管线沿垂直海底管线路由方向从管线外缘向两侧扩展不少于 5km。

（2）海洋水文动力和地形地貌与冲淤环境影响评价范围

根据《海洋工程环境影响评价技术导则》(GB/T19485-2014)，1 级评价垂向（垂直于工程所在海域中心的潮流主流向）距离不小于 5km；纵向（潮流主流向）距离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，根据初步计算，一个潮周期水质可能达到最大水平距离约 18.4km，因此水文动力评价范围为风电场南北两侧各 18.4km、东西两侧各 15km 的海域。

综合考虑结合各项评价因子影响范围，确定工程海域评价范围为：风电场南北两侧各 18.4km、东西两侧各 15km 的海域。海域评价范围面积 1537km^2。

（3）陆域声环境

陆域仅有临时施工设施，陆上声环境等影响评价范围为施工生产区范围外 200m。海域评价范围见图 1.6-1，海域评价范围控制坐标见表 1.6-1。

表 1.6-1　海域评价范围坐标表

序号	坐标	
A	121.8864 东	29.7166 北
B	122.1665 东	29.8004 北
C	122.3004 东	29.3671 北
D	121.9880 东	29.2751 北
E	121.8102 东	29.6026 北
F	121.7903 东	29.6651 北

（4）陆域生态环境

陆域生态环境评价范围为陆缆两侧各 300m 以内的区域，临时设施用地边界外 200m 以内的区域。

1.7 环境影响评价重点

根据本工程特点和周围环境状况，本工程环境影响评价的重点为：

项目建设与海洋功能区划和相关规划特别是浙江省海洋生态红线划定方案的符合性；海上施工对海洋环境、生态及渔业资源的影响；施工对保护海岛的影响；建设方案和施工工艺的环境合理性分析、溢油环境事故风险分析评价；风机运行对区域鸟类迁徙、栖息及其生境的影响；对周围海域开发利用活动的影响；环境保护对策措施。

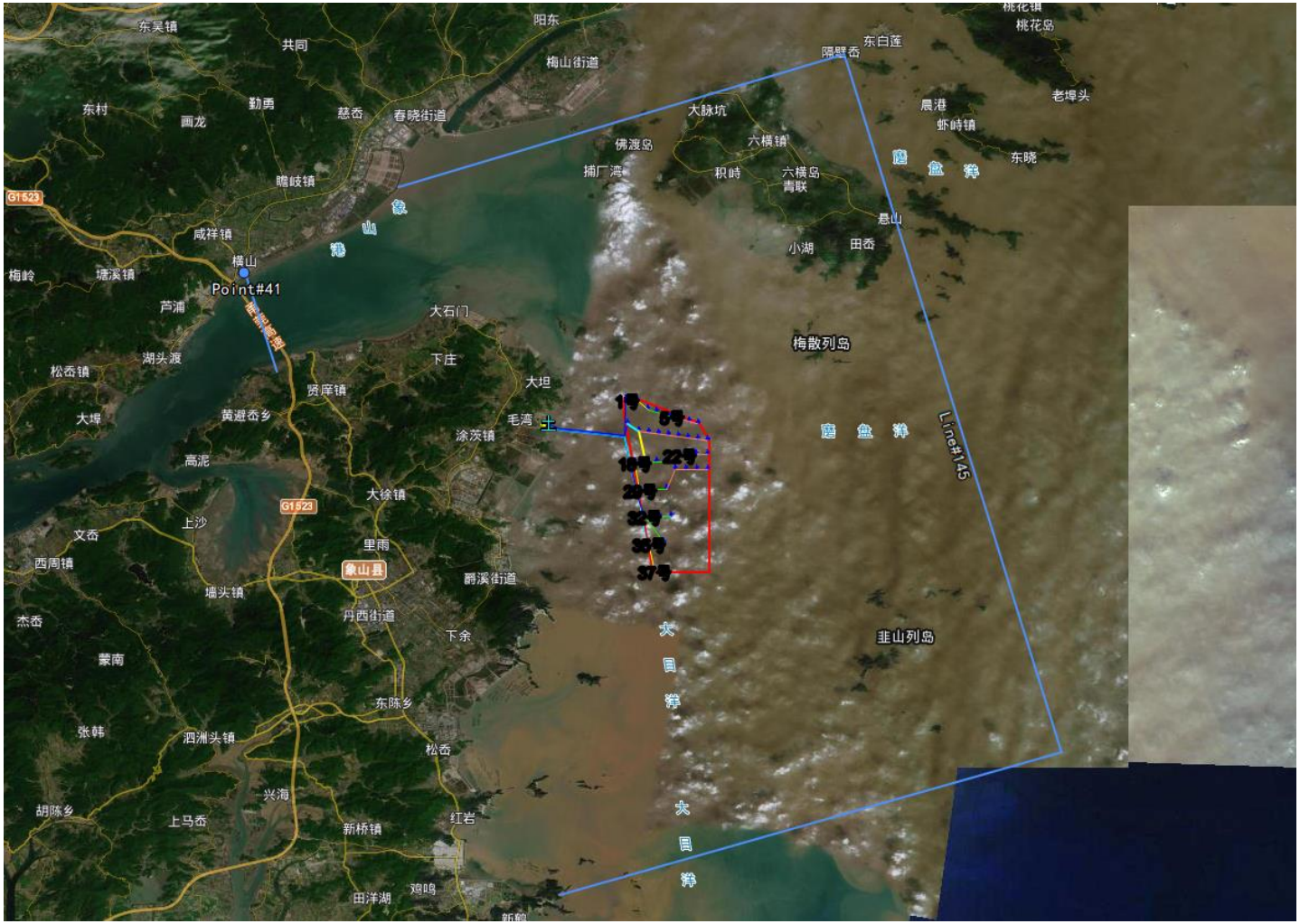


图 1.6-1　海域评价范围图

1.8 环境保护目标和环境敏感目标

1.8.1 环境保护目标

根据《浙江省近岸海域环境功能区划（调整）》和《浙江省省海洋功能区划(2011~2020 年)》，确定环境保护目标如下：

(1)海水水质环境

项目实施后工程海域分别维持《海水水质标准》(GB3097-1997)第一类和第二类标准。

(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，海洋鱼类、甲壳类和软体类生物（除双壳贝类）生物质量维持《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”。

(4)生态环境

工程区域海洋生态环境(包括渔业资源)、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。

(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

项目实施后附近区域声环境质量维持 1 类标准。

各环境保护目标一览表见表 1.8-1。

1.8.2 环境敏感目标

各环境敏感区概况及管理要求见表 1.8-2。海域主要保护目标分布见图 1.8-1，东海带鱼国家级水产种质资源保护区与本工程位置关系见图 1.8-2。

表 1.8-1 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。	项目实施后保持原水质类别，不因本工程建设发生恶化。
	海洋沉积物	沉积物	工程区周边海域	均符合一类沉积物质量标准	项目实施后工程海域沉积物保持现有质量类别，不因本工程建设发生恶化。
	海洋生物及渔业资源	生态	工程区周边海域	包括浮游动物、浮游植物、底栖生物、潮间带生物、游泳动物等	工程区域海洋生态(包括渔业资源)、水生生物群落结构不因本工程建设而发生明显改变。
	鸟类	水质、生态、噪声、溢油风险	工程区周边海域	鸟类生境	保护鸟类栖息地、觅食地、迁徙通道等生境，维持现状水平

表 1.8-2 环境敏感目标一览表

项目		功能	环境影响要素	与工程位置关系	敏感对象/敏感区概况	环境保护管理要求	依据
环境敏感区	象山农渔业区	农渔业区	海洋生态、水质、溢油风险、水下噪声	位于该区内	/	海水水质质量执行不劣于第二类，海洋沉积物质量执行不劣于第一类，海洋生物质量执行不劣于第一类	浙江省海洋功能区划
	大目洋农渔业区	农渔业区	海洋生态、水质、溢油风险、水下噪声	位于该区内	/	海水水质质量执行不劣于第二类，海洋沉积物质量执行不劣于第一类，海洋生物质量执行不劣于第一类	浙江省海洋功能区划
	象山港农渔业区	农渔业区	海洋生态、水质、溢油风险、水下噪声	风电场区西北侧约 8.5km	/	严格保护象山港水域生态系统，防止典型生态系统的消失、破坏和退化； 不应造成外来物种侵害，防止养殖自身污染和水体富营养化，维持海洋生物资源可持续利用，保持海洋生态系统结构和功能的稳定，不应造成滩涂湿地等生物栖息地的破坏； 海水水质质量执行不劣于第二类，海洋沉积物质量执行不劣于第一类，海洋生物质量执行不劣于第一类。 加强各类污染物（含热废水）排放标准、规模、排放	浙江省海洋功能区划

项目		功能	环境影响要素	与工程位置关系	敏感对象/敏感区概况	环境保护管理要求	依据
						口的控制管理，充分考虑水交换条件和能力，合理选划排污口，排污口附近海域海水水质质量执行不劣于第三类，海洋沉积物质量执行不劣于第二类，海洋生物质量执行不劣于第二类。	
	普陀农渔业区	农渔业区	海洋生态、水质、溢油风险、水下噪声	风电场区东北侧约 2.8km	/	严格保护鱼、虾、蟹等多种水产资源以及产卵、索饵育肥、洄游栖息场所，和大黄鱼、石斑鱼、鲷科类等一些岩礁性鱼类资源； 不应造成外来物种侵害，防止养殖自身污染和水体富营养化，维持海洋生物资源可持续利用，保持海洋生态系统结构和功能的稳定； 海水水质质量执行不劣于第二类，海洋沉积物质量执行不劣于第一类，海洋生物质量执行不劣于第一类。	浙江省海洋功能区划
	六横旅游娱乐区	旅游休闲娱乐区	海洋生态、水质、溢油风险	风电场区东北侧约 5.6km	面积 98.48 km^2，海岸线长度 88km	保护区域内景观资源；不应破坏自然景观，严格控制占用海岸线、沙滩和沿海防护林的建设项目和人工设施，妥善处理生活垃圾，不应对毗邻海洋基本功能区的环境质量产生影响；海水水质质量执行不劣于第三类，海洋沉积物质量执行不劣于第二类，海洋生物质量执行不劣于第二类。	浙江省海洋功能区划
	象山松兰山旅游娱乐区	旅游休闲娱乐区	海洋生态、水质、溢油风险	风电场区西南侧约 5km	面积 1.257km^2，海岸线长度 25km	保护区域内沙滩资源和景观资源；不应破坏自然景观，严格控制占用海岸线、沙滩和沿海防护林的建设项目和人工设施，妥善处理生活垃圾，不应对毗邻海洋基本功能区的环境质量产生影响；海水水质质量执行不劣于第二类，海洋沉积物质量执行不劣于第一类，海洋生物质量执行不劣于第一类。	浙江省海洋功能区划
	石浦旅游娱乐区	旅游休闲娱乐区	洋生态、水质、溢油风险	风电场区南侧约 23km	面积 32.12km^2，岸线长度 41km，保护对象自然景观 和岛礁资 源	严格保护三门湾湾口水域生态系统，防止典型生态系统的消失、破坏和退化； 应减少对海洋水动力环境、岸滩及海底地形地貌形态的影响，防止海岸侵蚀，不应对毗邻海洋基本功能区	浙江省海洋功能区划

项目	功能	环境影响要素	与工程位置关系	敏感对象/敏感区概况	环境保护管理要求	依据
					的环境质量产生影响； 海水水质质量执行不劣于第三类，海洋沉积物质量执行不劣于第二类，海洋生物质量执行不劣于第二类。	
韭山列岛海洋保护区	海洋保护区	海洋生态、水质、溢油风险、水下噪声	风电场区东南侧约 140m	面积 966.64 km^2，海岸线长度 73km	严格保护江豚、大黄鱼、曼氏无针乌贼、珍稀鸟类等海洋生物资源和海洋生态环境；维持、恢复、改善海洋生态环境和生物多样性，保护自然景观；海水水质质量执行不劣于第一类，海洋沉积物质量执行不劣于第一类，海洋生物质量执行不劣于第一类。	浙江省海洋功能区划
象山港蓝点马鲛国家级水产种质资源保护区	重要渔业海域	海洋生态、水质、溢油风险、水下噪声	风电场区西北侧约 8km 为核心区，西北侧约 6.3km 为外围保护水域	面积 187.5 km^2，海岸线长度 103.30km，保护对象为蓝点马鲛	禁止围填海、截断洄游通道、水下施工爆破及其他可能会影响蓝点马鲛鱼产卵、索饵、越冬、洄游的开发活动；严格按照《中华人民共和国渔业法》、《水 产种质资源保护区管理暂行办法》等有关法律、法规及相关文件的具体要求执行。	浙江省海洋生态红线划定方案、农业部第 1491 号公告
韭山列岛外侧重要渔业海域	重要渔业海域	海洋生态、水质、溢油风险、水下噪声	风电场区东南侧约 140m	面积 583.79km^2，保护对象为小黄鱼、大黄鱼、鲳鱼、曼氏无针乌贼、鳓鱼等渔业资源	禁止围填海、截断洄游通道、水下爆破施工以及其他可能影响渔业资源育幼、索饵、产卵的开发活动；严格执行《中华人民共和国渔业法》、《浙江省渔业管理条例》和《渔业捕捞许可管理规定。	浙江省海洋生态红线划定方案
韭山列岛海洋生态自然保护区-实验区	海洋自然保护区	海洋生态、水质、溢油风险、水下噪声	风电场区东侧约 7.4km	面积 308.78km^2，保护对象为江豚、大黄鱼、曼氏乌贼、珍稀鸟类等生物资源和海洋生态环境及所处独特而又敏感的海洋生态系统	按照国家有关法律法规和《宁波市韭山列岛海洋生态自然保护区条例》执行；禁止开展与海洋保护区保护方向不一致的开发建设活动。	浙江省海洋生态红线划定方案、象山韭山列岛国家级自然保护区总体规划
韭山列岛海洋生态自然保护区-核心	海洋自然保护区	海洋生态、水质、溢油风险、水下噪声	风电场区东南侧约 9.3km	面积 176km^2，海岸线长度 72km，保护对象为江豚、大黄鱼、曼氏乌贼、珍稀鸟类等生物资源和	按照国家有关法律法规和《宁波市韭山列岛海洋生态自然保护区条例》执行。核心区和缓冲区禁止开展任何形式的开发建设活动。	

项目	功能	环境影响要素	与工程位置关系	敏感对象/敏感区概况	环境保护管理要求	依据
区和缓冲区				海洋生态环境及所处独特而又敏感的海洋生态系统		
六横岛旅游区	重要滨海旅游区	海洋生态、水质、溢油风险	风电场区东北侧约 5.6km	面积 98.48km^2，海岸线长度 97.40km，保护对象为自然景观和人文景观	禁止实施可能改变或影响滨海旅游的开发建设活动；不得新增入海陆源工业直排口；严格控制岸线附近的景区建设工程；不得破坏自然景观和人文景观资源；实行海洋垃圾巡查清理制度，有效清理海洋垃圾；允许实施海岸整治和生态修复工程。	浙江省海洋生态红线划定方案
石浦滨海旅游区	滨海旅游区	海洋生态、水质、溢油风险	风电场区南侧约 23km	面积 32.12km^2，岸线长度 41km，保护对象自然景观 和岛礁资 源	禁止实施可能改变或影响滨海旅游的 开发建设活动；不得新增入海陆源工业 直排口；不得破坏自然景观和人文景观 资源；加强实施海岸整治和生态修复 程。	浙江省海洋生态红线划定方案
东海带鱼国家级水产种质资源保护区	水产种质资源保护区	海洋生态、水质、溢油风险、水下噪声	风电场区东侧约 13km	保护区位于东海中北部近海的中间海域，由三个拐点（123°40′E，30°30′N；123°05′E，29°00′N；122°40′E，28°30′N）连线以西至沿岸 10 米等深线的海域。核心区是由六个拐点连线围成的区域，拐点坐标分别为（123°10′E，30°30′N；122°35′E，29°00′N；122°10′E，28°30′N；122°30′E，28°30′N；122°55′E，29°00′N；123°30′E，	工程建设需符合《水产种质资源保护区管理暂行办法》的规定	农业部公告（第 1130 号文）、农办渔[2011]114 号

项目		功能	环境影响要素	与工程位置关系	敏感对象/敏感区概况	环境保护管理要求	依据
					30°30′N）。实验区范围为保护区内除核心区外的其他水域。		
	韭山列岛产卵场保护区	产卵场保护区	海洋生态、水质、溢油风险、水下噪声	风电场东侧约14.5km	保护区面积1800km^2	主要保护种类为小黄鱼、大黄鱼、鲳、曼氏无针乌贼、鳓	浙海渔政[2017]16号
	道人山岛群	保护海岛	海洋生态、水质、溢油风险	由岛群内四角山、大捕山岛礁中间穿过，海缆距离南侧最近的大捕山岛约80m，距离北侧最近的小癞头礁岛120m	海岛数量：38个； 海岛总面积：155.5公顷； 类型：一般保护型； 主导功能：在海岛景观和岸线自然属性保护基础上，适度发展生态旅游和现代农渔业，注重开发过程中海岛资源与环境保护	实行保护优先、适度开发的总体方针。严格限制改变或影响岸线自然属性和地形地貌的开发建设活动，保护岸线的自然属性和景观。利用海岛应最大限度减少对海岛地形、岸滩、植被的破坏，注重海岛水土防治，尽可能减少对自然生态系统的干扰，严禁污染物直接排海，保护海岛及周边海域生态环境。	浙江省海岛保护规划
	乱礁洋岛群	保护海岛	海洋生态、水质、溢油风险	海缆穿过该岛群，与岛群内重点保护的天胆礁等四个海岛相距约2km	海岛数量：19个； 海岛总面积：12.5公顷； 类型：一般保护型； 主导功能：在海岛景观、岸线自然属性和渔业资源保护基础上，少量开展对环境影响较小的利用活动。	重点保护天胆礁、下四礁等4个海洋生态红线区内海岛。严格限制改变或影响岸线自然属性和地形地貌的开发建设活动，保护岸线的自然属性和景观。在不影响区域生态环境稳定性的条件下，允许开展少量对环境影响较小的利用活动。南部的天胆礁、和尚山礁、上四礁、下四礁区域禁止围填海、截断洄游通道、水下爆破施工以及其他可能影响渔业资源育幼、索饵、产卵的开发活动。为满足通航需要，经科学论证，允许在岛上少量建设助航设施。	

表 1.8-3　海域开发利用保护目标一览表

名称	功能	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
外干门作业区（规划）	码头	水动力、冲淤	风电场西北侧约 5km	/	维持水动力、冲淤现状
猫头咀码头	码头	水动力、冲淤	海缆北侧约 60m	/	维持水动力、冲淤现状
象山县道人山海防执勤码头工程	码头	水动力、冲淤	海缆南侧约 700m	/	维持水动力、冲淤现状
象山港进港航道	航道	水动力、冲淤	风电场区北侧约 5km	/	维持水动力、冲淤现状
外干门作业区进港航道（规划）	航道	水动力、冲淤	风电场北侧约 1km	/	维持水动力、冲淤现状
西航路	航道	水动力、冲淤	风电场东侧约 1km	/	维持水动力、冲淤现状
六横岛南侧进港航道	航道	水动力、冲淤	风电场东北侧约 10km	/	维持水动力、冲淤现状
小型船只习惯性航道	航道	水动力、冲淤	风电场西侧约 1.1km	/	维持水动力、冲淤现状
道人山西侧农业围垦区	农业围垦区	海洋生态、水质、溢油风险	登陆点西南侧约 260m，水闸位于登陆点南侧约 1.1km	围涂面积约 2.14 万亩，主要任务是围涂造地补充耕地及发展海水养殖业、种植业等综合农业	维持正常渔业生产
宁波市水产种业园区	养殖区	海洋生态、水质、溢油风险	登陆点西北侧约 270m，水闸位于登陆点西北侧约 270m 和 820m	面积共约 42.5778 公顷，主要养殖梭子蟹、南美白对虾、青蟹、滩涂贝类	维持正常渔业生产
开放式养殖	养殖区	海洋生态、水质、溢油风险	与海缆最近距离约 400m	养殖贝类和藻类	维持正常渔业生产
亚帆比赛活动区域	体育比赛场地	水质、溢油风险	风电场西南侧约 2.7km	/	保障亚运会比赛

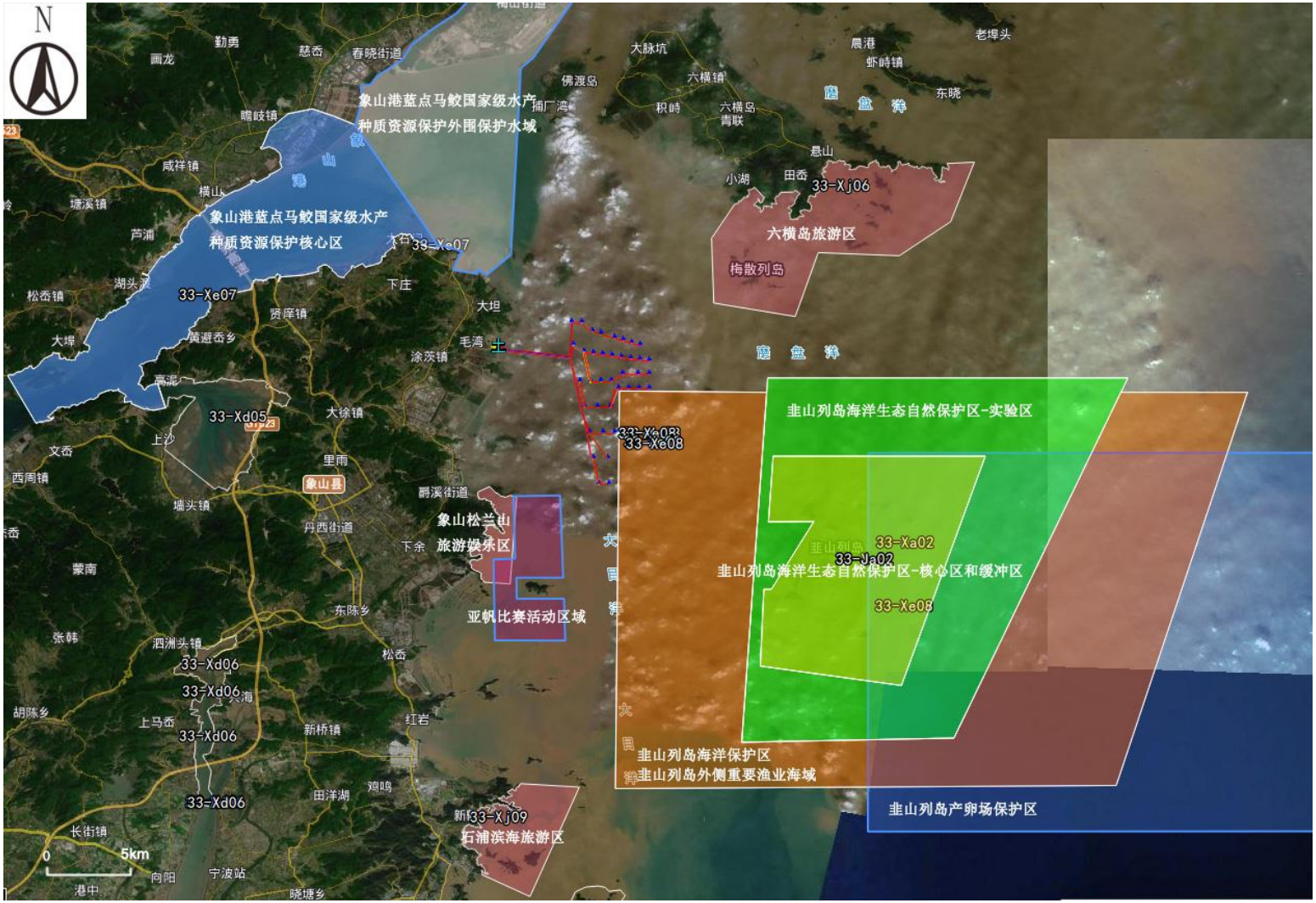


图 1.8-1　海域主要保护目标分布图

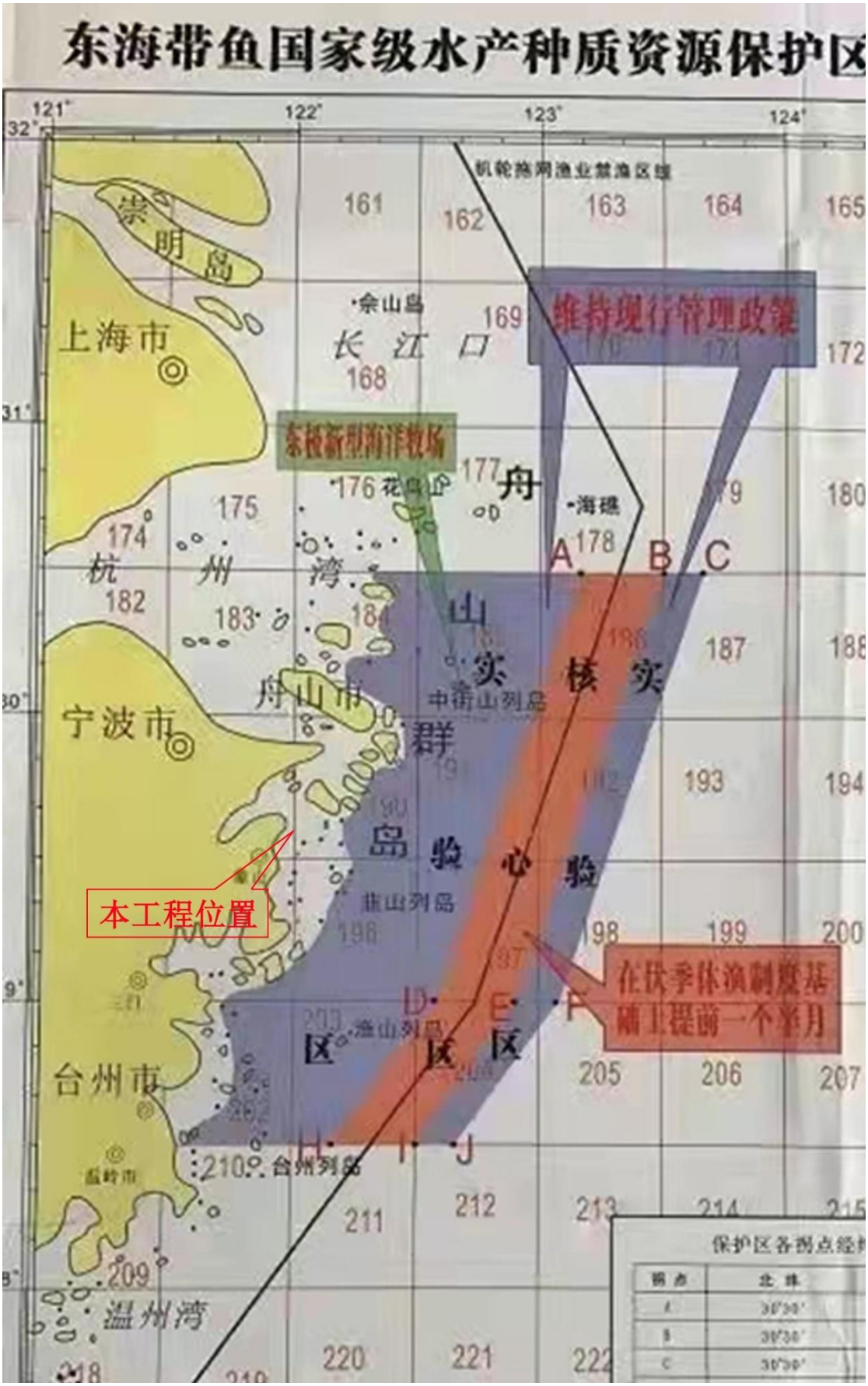


图 1.8-2　本工程与东海带鱼国家级水产种质资源保护区位置关系图

2 工程概况

2.1 项目概况

项目名称：中广核象山涂茨海上风电场项目；

项目性质：海洋工程，新建；

投资规模：规划装机容量 300MW，总投资 420058.58 万元；

项目地理位置：中广核涂茨海上风电场位于浙江省宁波市象山县东北部海域，西北 2.7km 为东屿山岛，东靠牛鼻山水道，向东 5km 为普陀 6 号海上风电场。场区中心点离岸距离约 8.2km，海底高程约-11.3~-6.9m（85 高程二期，特殊说明除外）。场区南北最长约 12.2km，东西最宽约 4.7km，涉海面积为 33km^2。风电场规划装机容量 300MW，拟布置 38 台单机容量 8MW 的风电机组，拟在象山县涂茨镇毛湾村建设一座 220kV 陆上升压站，风电机组所发电能通过 66kV 海缆和陆缆送入陆上升压站，然后经架空线路接入系统变电站。



图 2.1-1　本项目地理位置图

工程规划装机容量300MW，工程内容包括38台单机容量为8.0MW的风电机组，风机基础采用单桩基础形式，轮毂高度127 m，66kV海缆 71.94km，66kV陆缆265m（地下电缆），设置一座220kV陆上升压站，其中陆上升压站环评报告已由宁波市生态环境局象山分局以浙象环许[2021]63号文批复，但用地面积和总平面布置有所变更，本环评仅对陆上升压站作补充分析。项目组成见表2.1-1。

本评价包括施工期及运行期的环境影响评价，陆上升压站至接入系统等工程由建设单位另行委托开展环评，对服务期满的退役期影响建设单位根据相关规定另行开展工作。

表2.1-1　项目组成

项目	工程内容	规模
主　体工程	风机	38台单机容量为8.0MW的风电机组
	陆上升压站	220kV陆上升压站一座
	电缆	66kV海缆路由总长71.94km，66kV陆缆总长265m
	给排水工程	施工期所需的生活、生产用水来自市政自来水管网。
临　时工程	施工临时工程	陆上升压站施工场地，总占地面积5500m^2。
环　保工程	废水处理	生活污水经化粪池处理达到《农村生活污水处理设施污水排入标准》（DB33/T1196-2020）后用槽罐车送至毛湾村农村生活污水处理设施进行处理，废水经毛湾村农村生活污水处理设施处理达到《农村生活污水处理设施水污染物排放标准》（DB33/973-2015）二级标准后排入周边水环境。

2.2 建设方案概述

2.2.1 工程总布置

中广核象山涂茨海上风电场中心点离岸距离约 8.2km，海底高程约-11.3~-6.9m，场区南北最长约12.2km，东西最宽约4.7km，涉海面积为33km^2，规划容量300MW。

2.2.1.1 风电场风机总平面布置情况

中广核象山涂茨海上风电项目规划拟安装38台单机容量8MW的风电机组，总装机容量为300MW。8MW风机转轮直径220m，轮毂高度127m。每台风电机组配套设置一套塔筒内升压设备，升压变高压侧电压等级为66kV。

综合考虑场区形状、主要风能方向及场区内岛礁分布、基岩面高程情况，最北部

机位沿基岩面-80m以深区域的边界布置，中部和南部机位平行于场区边线（东西方向）成行布置，风电机组行间距1700~1845m，行内间距626~714m，风电机组间最小间距为626m（约3.0D）。

风电场总平面布置和水下地形图见图 2.2-1。

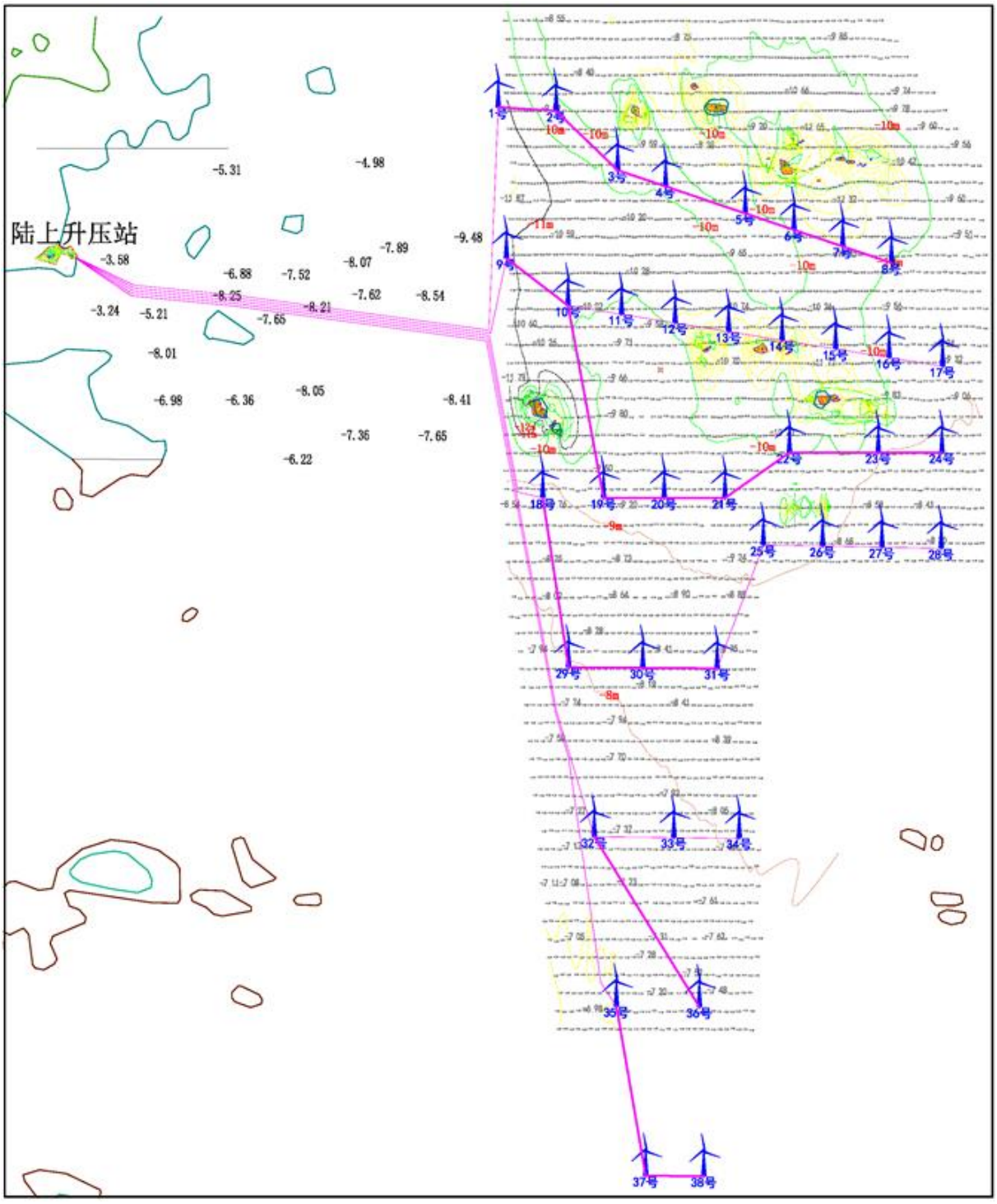


图 2.2-1　风电场总平面布置图（附水下地形图）

2.2.1.2 电气一次

（1）接入系统

本工程总装机容量 300MW，初拟安装 38 台单机容量 8MW 的风电机组，考虑以 220kV 电压等级接入系统电网。

本工程场区离岸距离较近，最远端风机离岸距离约 10km，场区西侧风机靠近陆地。根据风电场区域布置，结合当地海洋部门意见，考虑登陆点及送出路由限制，本阶段考虑的接入方案如下：缆集电线路拟选用 66kV，在登陆点附近新建一座 220kV 陆上升压站，风电机组所发电能经 66kV 海缆送到陆上升压站升压至 220kV 后接入系统。

（2）主接线

本工程风电机组单机容量 8MW，风电机出口电压为 1140V，根据风电场装机规模及接入系统电压等级，风电场输变电系统采取两级升压方式。每台风电机组配套设置一套升压设备，考虑到海上风电场设备运行环境较差、腐蚀及盐雾重，在塔筒内部单独设置设备平台，升压设备布置在该专用平台上，升压后接入陆上 220kV 升压站 66kVGIS。

风电机组-升压变采用“1 机 1 变”单元接线方式。

根据风电机组布置情况，机组高压侧采用 7～8 台风电机组为一个联合单元接线方式。

本工程陆上升压站 66kV 侧采用单母线接线，场区规划容量约 300MW，根据每回集电线路输送容量，风电场设 5 回 66kV 集电线路。

本工程 220kV 升压站推荐采用 1 台 300MVA 的主变压器，主变型式推荐采用三绕组变压器。220kV 配电装置暂推荐采用 1 进 1 出单母线接线，远景预留扩建间隔场地，并在母线上预留 1 把扩建隔离开关；66kV 配电装置共 5 回风机进线、1 回主变进线，采用单母线接线；35kV 配电装置采用单母线接线。

2.2.1.3 电缆布置

（1）66kV 海缆

本项目每台风电机组配套设置一套 69/1.14kV 升压设备，所发电能升压后由 66kV 海缆传送至陆上升压站升压至 220kV 后由架空线路接入系统，根据风电机组布置情况，

机组高压侧采用 7～8 台风电机组为一个联合单元接线，风电场共设 5 回 66kV 集电线路上岸。

5 回 66kV 海缆在场区西北侧汇集，之后向西延伸约 4km，穿越大捕山岛和四角山岛之间海域，至饭罩山西南角再向西偏北方向延伸至猫头咀码头登陆。

66kV 海缆路由总长约 71.94km。海缆路由见图 2.2-2。

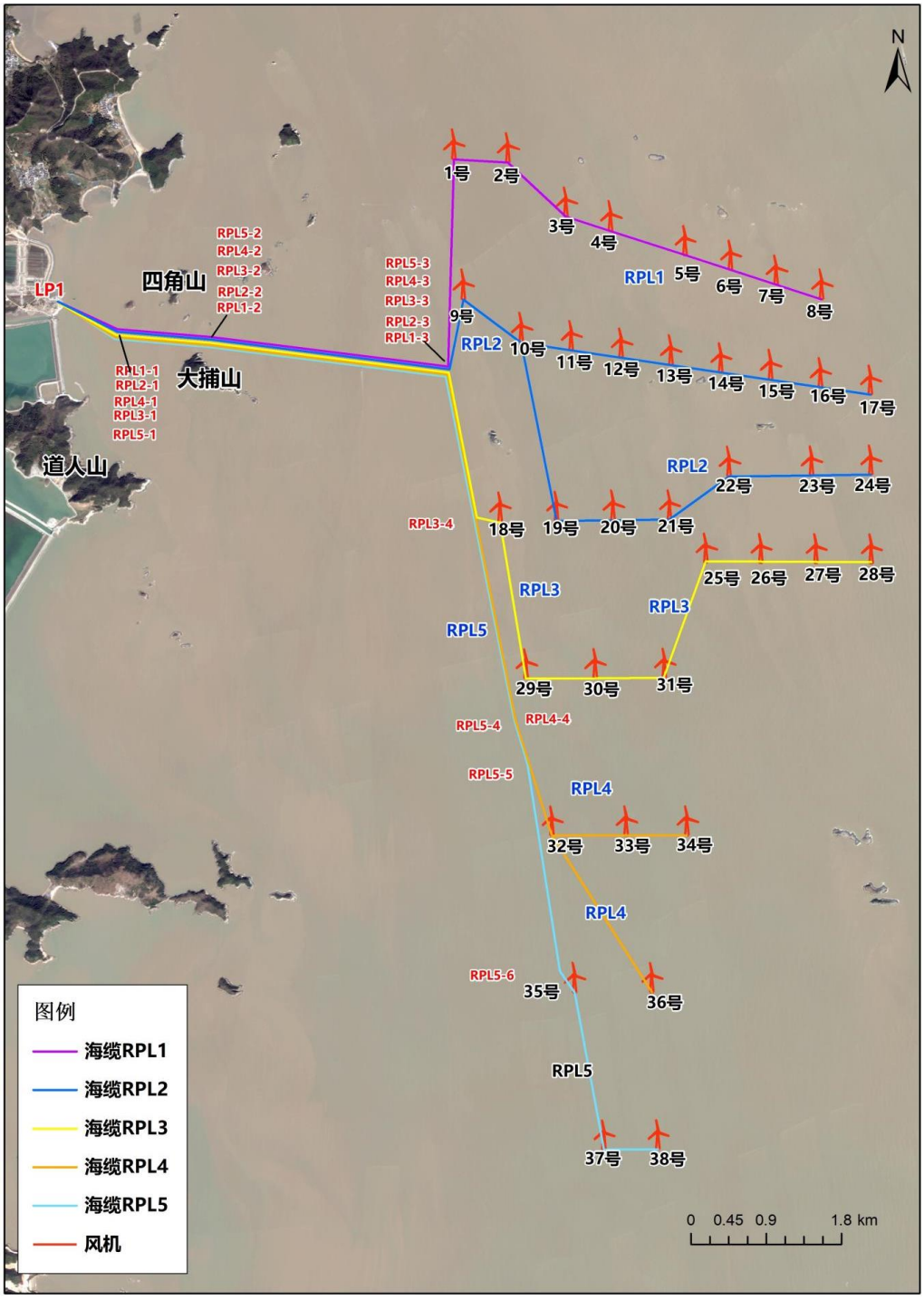


图 2.2-2　海缆路由布置图

（2）登陆点

本项目采用 5 回 66kV 海缆连陆，海缆路拟在象山县涂茨镇毛湾猫头咀登陆，登陆点处原建护岸已部分区域发生坍塌。登陆点中心位置为 29°34′12.314″，121°58′51.741″，按照海缆各向两侧外扩 10m 计算，北侧位置为 29°34′13.087″，121°58′51.276″，南侧位置为 29°34′11.834″，121°58′51.489″。



图 2.2-3　海缆登陆点现状图

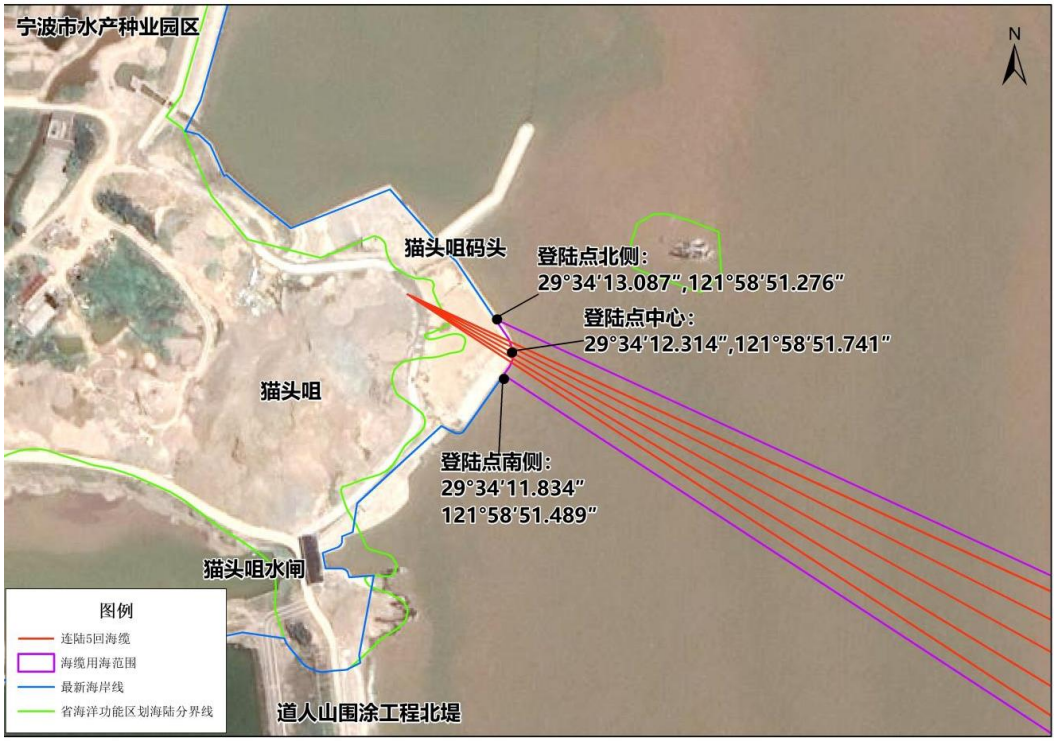


图 2.2-4　海缆登陆点位置图

（3）66kV 陆缆

66kV 海缆登陆后向西地下埋线连接至陆上升压站，66kV 陆缆总长 265m，陆缆走向见图 2.2-5。

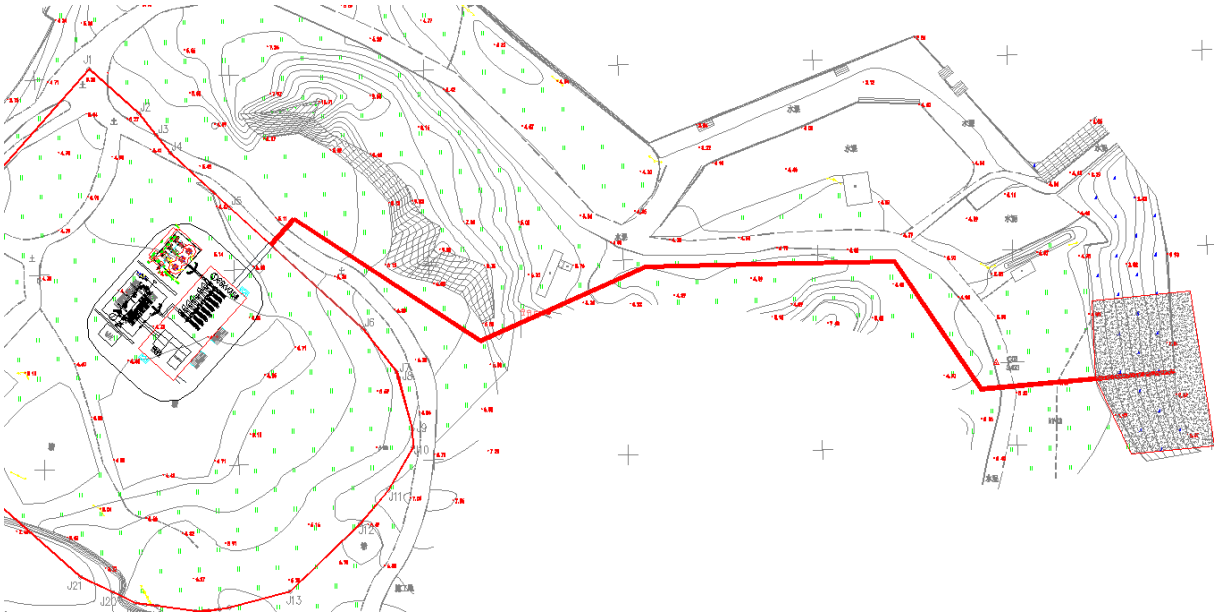


图 2.2-5　陆缆走向图

2.2.2 设计标准

（1）工程等别

根据风电场极大风速及湍流强度分析结果和《风力发电机组安全要求》（GB 18451.1）的有关规定，本工程属 IEC C 类风场。参照《风电场工程等级划分及设计安全标准》（NB/T 10101-2018）规定，按装机容量划分，其工程规模为大型。

本工程风电机组单机容量为 8.0MW，场区上部分布厚度较大的淤泥质软土（参考附近海域地质情况），且受潮汐、波浪影响，根据《风电场工程等级划分及设计安全标准》，以单机容量、轮毂高度及地基复杂程度划分，本工程风机地基基础设计级别为甲级，风电机组基础结构安全等级为一级。

（2）靠船防撞设计标准

本工程风机基础防撞系统按照日常运行维护船舶停靠设计，对于偏离航道误闯入风电场区的大中型船只，则主要通过警戒标示、航标灯、AIS 系统予以导助航。

根据海上风电场在风机设备调试、运行和检修工作的需要，参照附近已建风电场的设计经验，本工程选择日常工作船按 50~500t 计。参考《港口工程荷载规范》

（JTS144-1），工程场区按无掩护海域考虑，参照本工程附近已有风场建设，系缆设施系缆力标准值按50kN考虑，靠船防撞设施按500t级工作船舶法向靠泊速度0.5m/s、50t级工作船舶法向靠泊速度1.5m/s设计。

表2.2-1 本项目工程特性表

名称				单位（或型号）	数 量	备 注
基本概况	工程场区海底高程			m	-11.3~ -6.9	1985国家高程基准
	设计高潮位			m	2.51	
	设计低潮位			m	-1.82	
	极端高水位（50年一遇）			m	4.33	
	极端低水位（50年一遇）			m	-2.86	
	场址中心离岸距离			km	8.2	
	年平均风速			m/s	6.76	127m高度
	风功率密度			W/m2	358	
	主导风向				N	
	主要风能方向				N、NNW	
主要设备	风电场主要机电设备	风电机组	总装机容量	MW	300	
			台 数	台	38	
			额定功率	MW	8.0	
			叶片数	片	3	
			转轮直径	m	220	
			切入风速	m/s	3	
			额定风速	m/s	9.8	
			切出风速	m/s	25	
			50年一遇最大风速（10min平均）	m/s	57	安全风速
			轮毂高度	m	127	
			额定电压	V	1140	
		主要机电设备	塔筒内升压设备	套	38	
			66kV海缆型号	YJQ41-3×120~630,38/66kV		三芯
			66kV海缆长度	km	88.4	
	升压站	主变压器	型 号	SSZ11-300/220 300MVA/300MVA/90MVA YNyn0d11230±8×1.25%/66/35kV		
			台 数	台	1	
			容 量	MVA	300	
			额定电压	kV	220	
海工及土建	风电机组基础		台数	台	38	
			型式	单桩基础（38台）		
			风机基础结构特性	全钢结构，工厂内整体预制		
			地基特性	海相沉积的软土地基为主		

施工	主要工程量	钢材（钢筋）		万 t	6.5	
		海缆		km	71.94	66kV 海缆
		总工期	总工期	月	18	
			首批风机并网发电	月	12	
投资估算指标	工程静态投资			万元	414751.80	
	单位千瓦静态投资			元/kW	13643	
	工程总投资			万元	420058.58	不含陆上送出
	单位千瓦动态投资			元/kW	13818	
财务指标	年上网电量			万 kW·h	83776	
	年等效满负荷小时数			h	2756	
	平均尾流影响系数			%	9.63	
	上网电价			元/kW·h	0.4153	
	投资回收期			年	14.0	

2.2.3 风机

（1）风机结构及尺寸

风力发电机组主要由风轮、机舱、塔架和基础组成。风轮是获取风中能量的关键部件，由叶片和轮毂组成；机舱由底盘和机舱罩组成，底部与塔架连接；塔架支撑机舱达到所需要的高度；基础为保证风机稳定的重要部件。本项目代表机型推荐单机容量为 8MW 的 WTG3 风电机组，代表机型主要参数如表 2.2-2。

表 2.2-2　风机机组各部件尺寸及重量表

部　件	运输尺寸(m)	重量 (t)	备　　注
机　舱	12(长)×6(宽)×6.9(高)	235	（含舱内发电机、齿轮箱等）
轮　毂	7.9(直径)×6.3(长)	105	（不含叶片）
叶　片	107×6.6×4.92	37×3	
第一段	Φ（5.130～7.468）×76.242	317.75	（含内附件）
第二段	Φ（7.465～7.498）×35.000	307.88	
机组和塔筒总重：1076.63t			

（2）风机基础结构及尺寸

针对 8MW 风机机型特点，结合本场区水深、海洋地质及水文条件，综合考虑国内现阶段施工设备能力，全场 8MW 风机均采用单桩基础。

① 桩径

单桩基础为国外近海风电机组基础的最常用结构型式，其结构相对简单，主要由一根钢管桩组成。该区拟定单桩基础结构型式为：采用单根大直径钢管桩定位于海底（采用大型沉桩机械打入海床），承受波浪、海流荷载及上部风电机组传递的风荷载

和风机荷载。桩顶通过法兰系统连接上部塔筒。根据现有的 ZK1~ZK3 钻孔资料及结构计算成果初步拟定单桩结构形式如下：

I. ZK1 区域：桩径 7.5~8.3m，钢管桩平均桩长约 93m，壁厚 70mm～95mm，入土深度约 63.0m，桩端进入第⑥-1 粉砂层，桩底平均高程约-80.0m，桩顶高程为 13.0m。

II. ZK2 区域：桩径 7.5~9.3m，钢管桩平均桩长约 93.5m，壁厚 78mm～95mm，入土深度约 66.5m，桩端进入第⑦-1 强风化层，桩底平均高程约-80.5m，桩顶高程为 13.0m。

III. ZK3 区域：桩径 7.5~9.2m，钢管桩平均桩长约 92m，壁厚 77mm～95mm，入土深度约 66.5m，桩端进入第⑥-2 粉质粘土层，桩底平均高程约-79.0m，桩顶高程为 13.0m。

经综合比较分析确定：单桩直径分别为 8.3m、9.2m 和 9.3m，钢管桩平均桩重分别为 1494.52t、1641.12t 和 1700.35t，平均桩长分别为 93m、92m 和 93.5m，单桩结构尺寸和重量见表 2.2-3。

表 2.2-3　风机基础主要钢结构尺寸及重量表

部　件	部　件	运输尺寸(m)	重量(t)	备　注
单桩基础	钢管桩	93.0×Φ8.3	1494.52	单根桩
		92.0×Φ9.2	1641.12	单根桩
		93.5×Φ9.3	1700.35	单根桩

②单桩基础顶高程

本工程风电机组基础位于近海海域，基础顶高程的确定应避免塔架底部受潮水、波浪的影响，确保风电机组塔筒内电气设备不浸水，参考《海上风电场工程风电机组基础设计规范》，综合周边场区已有风电项目单桩基础建设经验，本阶段单桩基础顶高程暂定为 13.0m。

③靠船构件

靠船设施、钢爬梯、电缆管以及内外平台等附属构件均集成于套笼结构上，集成式附属构件在陆上工厂进行加工制作，在沉桩及防冲刷措施施工完成之后，在海上整体吊装安装。

建议在监控值班室配备 CCTV、AIS 等设备，配备能够随时在风电水域实施监管的工作船只，以监控风电场区附近船舶的活动，主动防止附近活动的渔船或过往船舶

进入风电场区或影响风机安全的行为。建议在风电场周边设置警戒措施，避免渔船等在场区内随意停靠，损坏防撞结构。

④防冲刷设施

单桩结构设计时考虑预留 6m 的冲刷深度，即确保单桩基础在冲刷 6m 的条件下，基础结构的稳定、强度和变形仍可满足规范规定及风电机组正常运行的要求。为防止桩周冲刷，沿单桩基础 20m 范围内采用固化土冲刷防护方案。本工程在沉桩完成后及时吹填固化土，保护桩周土体免受冲刷。固化土防冲刷保护措施已在国内海上风电场工程中成功应用，固化土通常采用滩涂或海底淤泥掺入一定比例的固化剂制成，料源广泛；现场直接向海底吹填或泵送，海上施工方便快捷。



图 2.2-6a　单桩基础概念与实体图

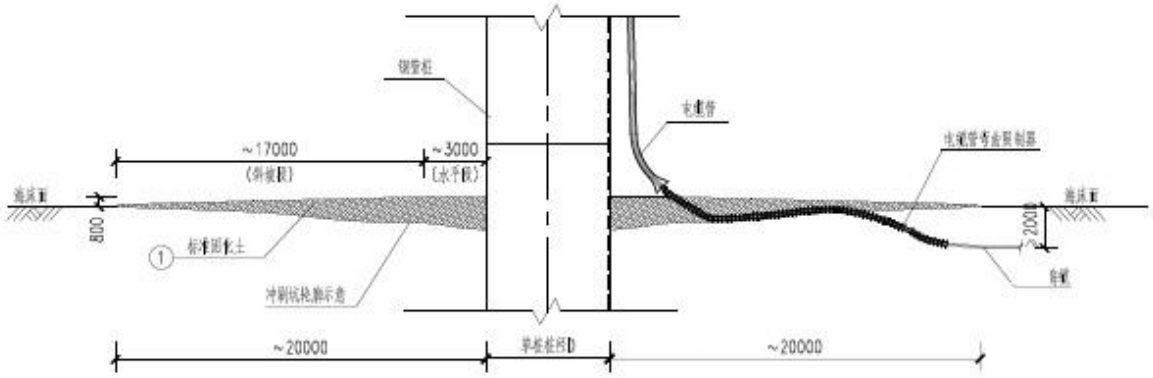


图 2.2-6b　防冲刷设施示意图

⑤防腐设计

拟建场区内的海水对混凝土结构具弱腐蚀性；对混凝土结构中钢筋在干湿交替的情况下具强腐蚀性，在长期浸水情况下具弱腐蚀性。设计应采取防腐蚀措施。海水化学类型为高矿化度的氯化钠（钾）型水（Cl—-Na++K+），应根据工程耐久性要求采取相应的防腐蚀措施。

I.腐蚀环境分区

本工程 50 年一遇极端高潮位 4.33m，50 年一遇极端低潮位-2.86m，设计高潮位 2.51m，设计低潮位-1.82m。场区 50 年一遇平均波高 Hmean 为 4.16m。

参照《海上固定平台入级与建造规范》，考虑到基础施工制作情况及基础防腐蚀保护的可靠性，最终确定场区内各腐蚀环境分区如下：

大气区：▽5.5m 以上区域；

飞溅区：▽-3.5m～▽5.5m 区域；

全浸区：▽-3.5m～桩基冲刷海床面以下 3m 区域；

泥下区：桩基冲刷海床面以下 3.0m 至桩底区域。

II.钢结构防腐蚀设计

本工程风机基础结构设计年限按 25 年标准设计，考虑风电场 2 年建设期，防腐蚀设计按 27 年考虑。若风电场运营 25 年后还需继续运行，需对风机基础结构进行检修和维护的基础上（包括基础主体油漆修复、附属构件和阴极保护系统检修更换等），还须对风机基础结构安全性能进行复核和分析，确定继续使用期限或周期。

根据国内外海洋工程、港口工程防腐蚀设计经验，结合本工程风电场场址区域水环境特点，本工程采用的风机基础结构防腐蚀方案具体见表 2.2-4。

表 2.2-4　风机基础防腐蚀方案

腐蚀分区	防腐蚀部位	防腐蚀措施	备　注
大气区	钢结构	主要采用物理防护的保护方式，单层改性环氧玻璃鳞片+聚氨酯面漆（共 600um）。	
飞溅区	钢管桩	主要采用物理防护与电化学保护的联合保护方式，辅以长寿命重防腐涂料双层改性环氧玻璃鳞片漆进行防腐，漆膜干膜厚度 800μm～1000μm。	
全浸区	钢管桩	采用物理防护与电化学保护的联合保护方式，辅以长寿命重防腐涂料双层改性环氧玻璃鳞片漆进行防腐，漆膜干膜厚度 800μm～1000μm。	
泥下区	钢管桩	采用物理防护和外加电流的阴极保护方式进行防腐。	

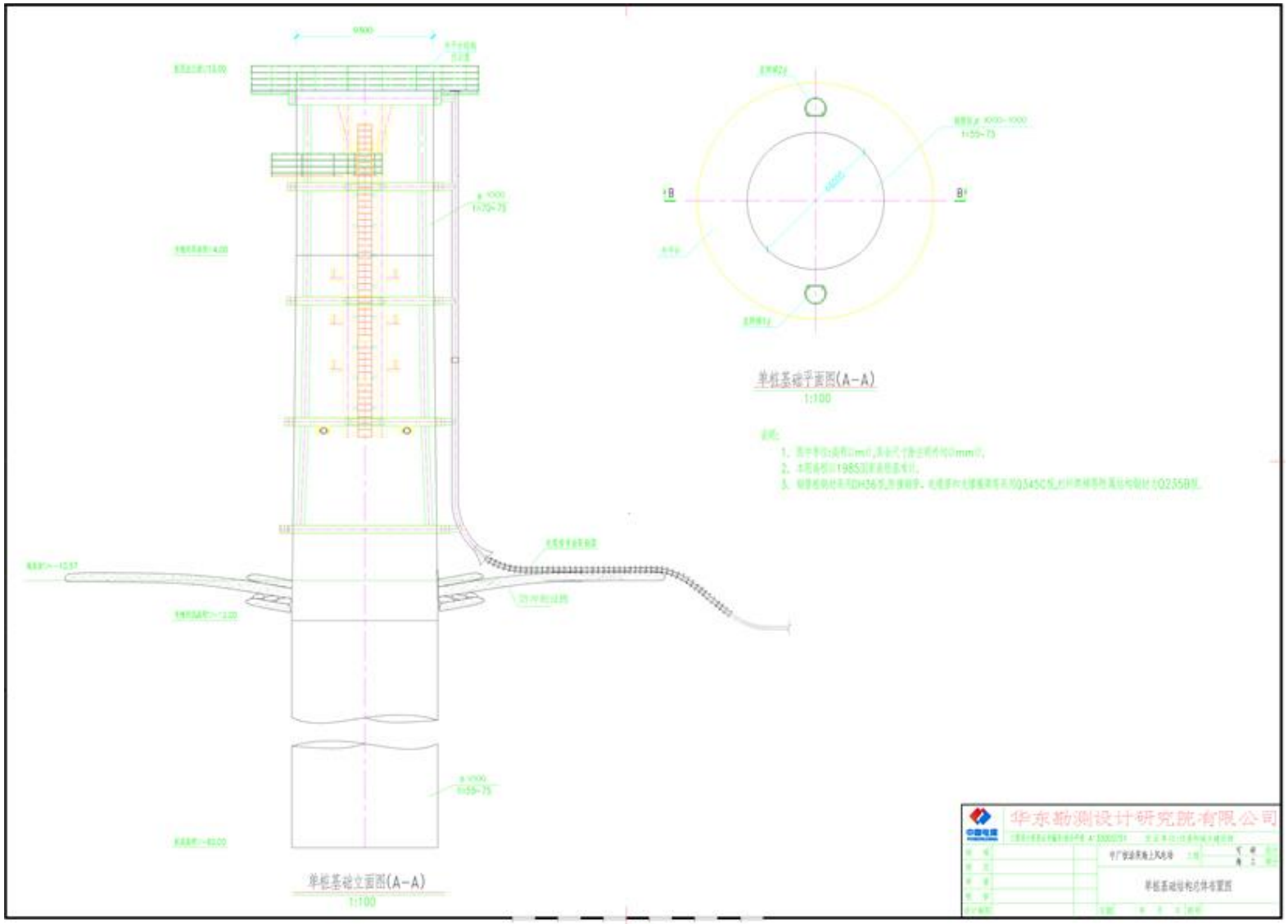


图 2.2-7　风机单桩基础结构图

（3）机组配套升压设备

每台风电机组配套设置一套 69/1.14kV 升压设备，升压设备主要由低压柜、66kV 升压变、66kV 全绝缘封闭式配电装置组成。

由于风电场位于海上，湿度高、盐雾重。因此，结合环境及运行工况条件，变压器选用油（高燃点、可降解的合成酯/天然酯）式变压器，高压侧选用气体绝缘高压配电装置，低压侧配置抽屉式断路器柜，塔筒内部配套建设消防灭火系统。

经国内主流风机厂家调研，8MW 级别机组普遍采用电气设备下置方案，所有电气设备（包括变压器、环网柜、控制柜、辅助变压器、变流器等）均布置在塔底设备构架上，设备构架分三层，分别主要用于放置变压器、环网柜或 SF6 配电装置；控制柜、辅助变压器；变流器，各层布置及运维通道空间如下图 2.2-8 所示。

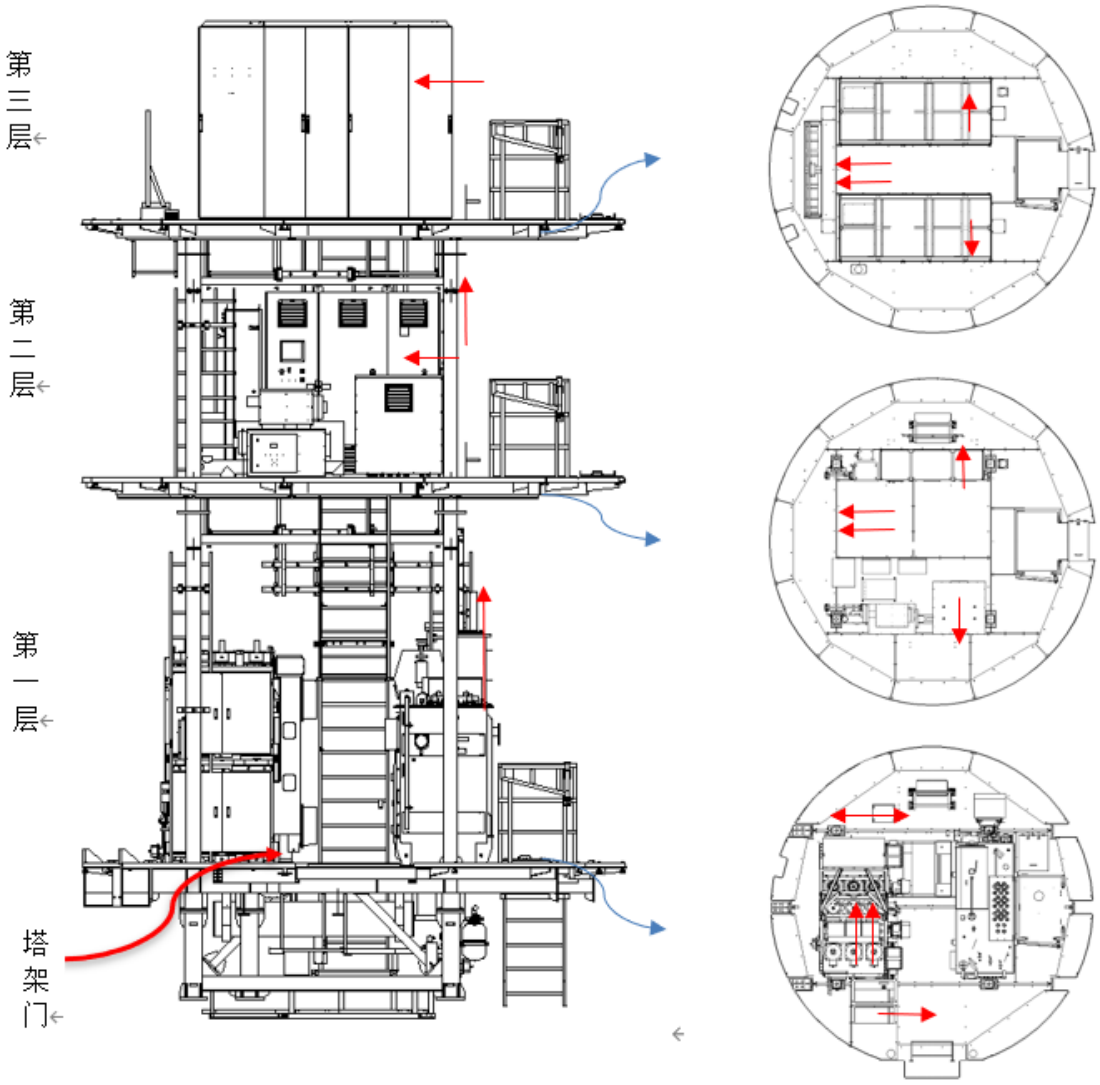


图 2.2-8a　风机机组配套升压设备布置图一

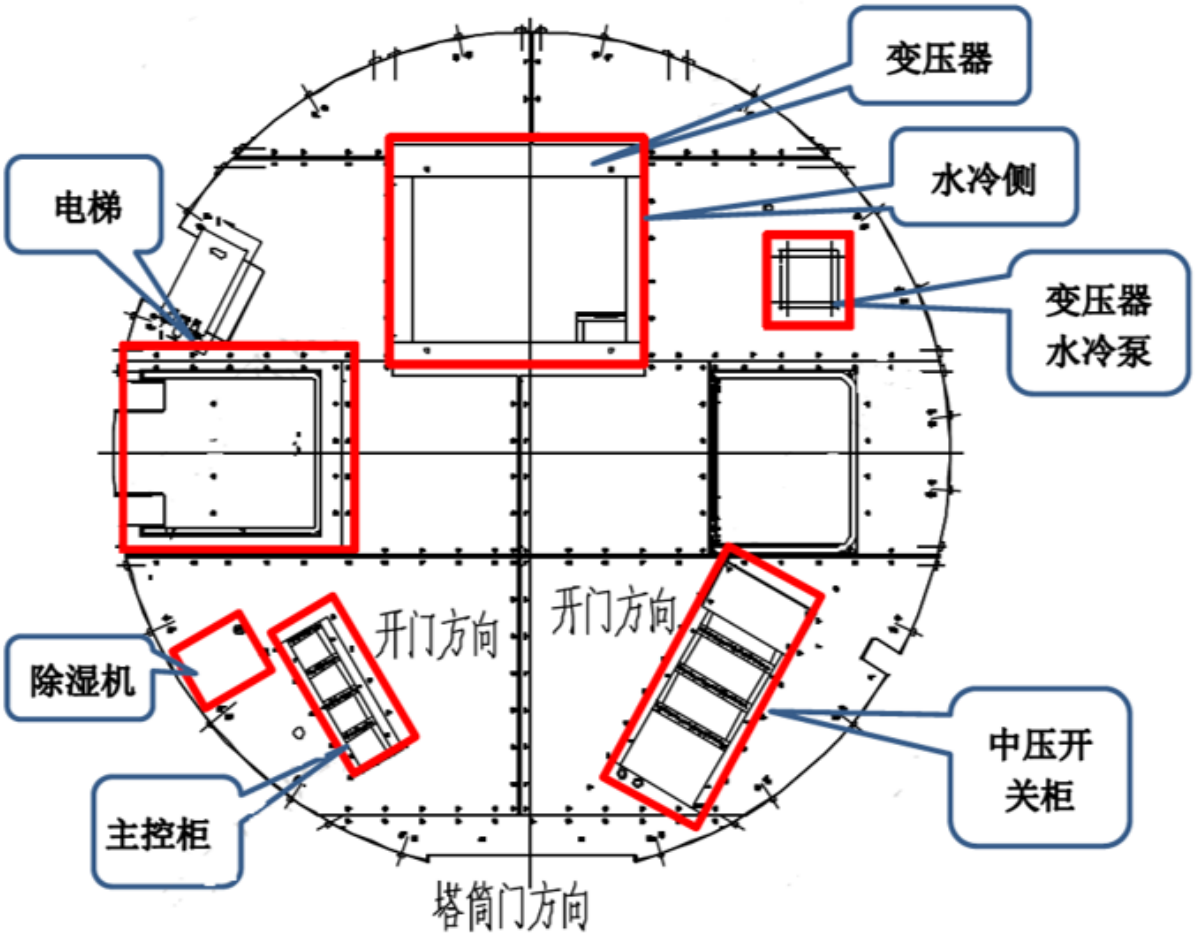


图 2.2-8b　风机机组配套升压设备布置图二

2.2.4 电缆

根据风电机组布置情况，机组高压侧采用 7~8 台风电机组为一个联合单元接线方式。本工程陆上升压站 66kV 侧采用单母线接线，场区规划容量约 300MW，每台风机高压侧可接 1~3 回 66kV 海缆。

本工程 66kV 海底电缆选用铜导体 3 芯交联聚乙烯绝缘分相铅护套钢丝铠装光复合海底电缆，型号为 HYJQ41-F-3×120~630+2×36B 38/66kV。连接 1~3 台风机的电缆采用 3×120 38/66kV，连接 4~5 台风机的电缆采用 3×185 38/66kV，连接 6 台风机的电缆采用 3×300 38/66kV，连接 7 台风机的电缆采用 3×500 38/66kV，连接 8 台风机的电缆采用 3×630 38/66kV。电缆方案采用海底直埋敷设方式，海缆埋深原则上不小于 2m，穿越航道时海缆埋设不小于 3m。海缆登陆段采用明敷方式经电缆沟敷设至陆上升压站。若海缆登陆前为基岩，可采用铸铁套管和混凝土连锁排的方式进行保护。

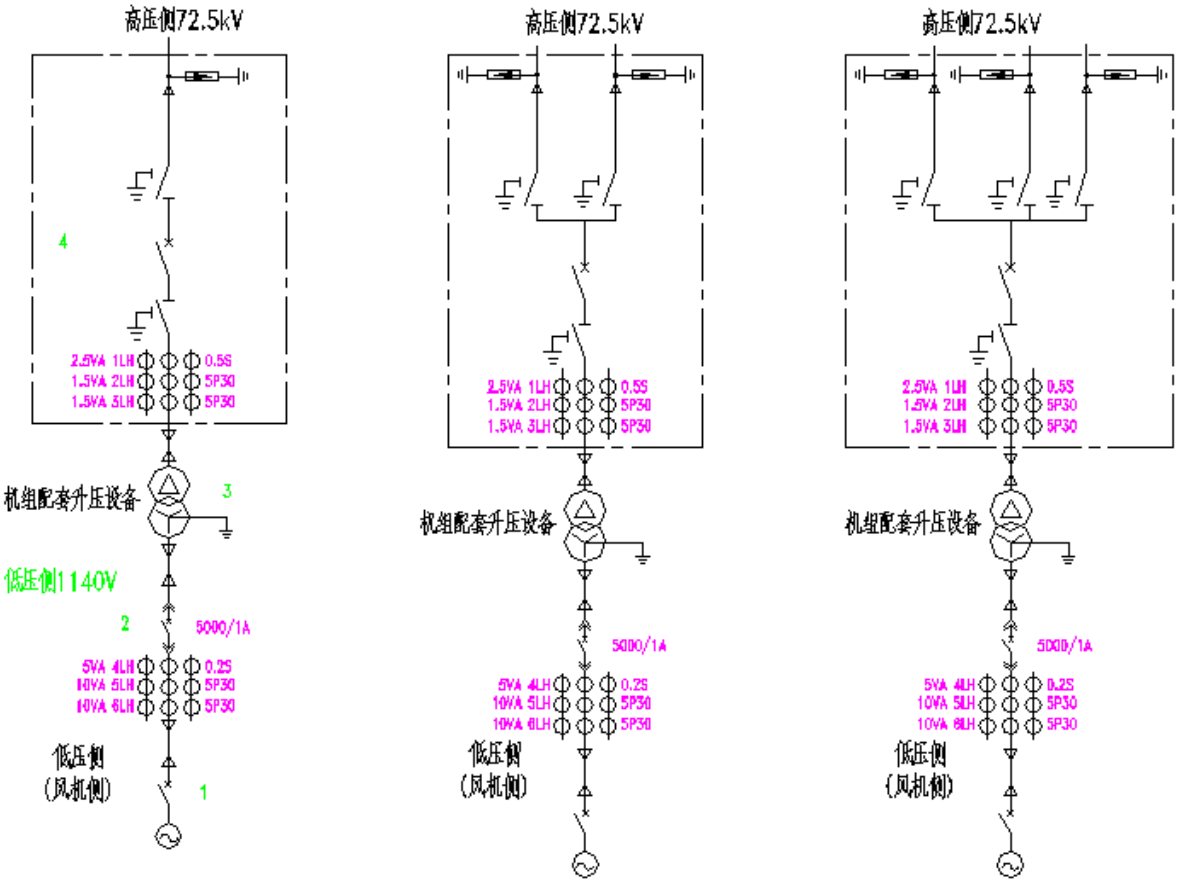


图 2.2-9　风电机组内部接线典型示意图

2.2.5 陆上升压站

陆上升压站环评报告已由宁波市生态环境局象山分局以浙象环许[2021]63 号文批复，但用地面积和总平面布置有所变更，本报告对其作补充分析。

2.2.5.1 陆上升压站工程内容

根据《风电场工程等级划分及设计安全标准据》NB/T 10101-2018 第 6.0.2 条规定，升压站的洪（潮）水设计标准为 100 年一遇。根据第 4.0.3 条规定，升压站内建筑物级别为 2 级。根据第 5.0.2 条规定，升压站内建筑物结构安全等级为二级。进站道路采用公路型道路，宽 10.0m。进站道路与主干道以小于 10%的坡度连接。

（1）集控楼建筑

集控楼为三层建筑，建筑面积 2154.07m^2。一层布置蓄电池室、低压配电室、通信继保室等；二层布置中控室、办公室等；三层布置办公室、会议室等。

建筑物及主要承重构件的耐火等级均为二级。

集控楼设两部楼梯，楼梯间宽度为 3.9/3.5m。一层设三个对外出口。

集控楼低压配电室、蓄电池室、办公室、会议室采用釉面砖地面，通信继保室、中控室采用架空活动防静电地板，门厅、走廊采用花岗岩地面，卫生间采用防滑釉面砖地面。除卫生间外，所有内墙均采用乳胶漆墙面，外墙采用真石漆和外墙涂料饰面。屋面保温层采用挤塑聚苯板，防水层采用聚氯乙烯自粘型防水卷材。中控室和通信继保室防火区域各设二个出口。中控室、通信继保室、低压配电室、蓄电池室设甲级防火门，其余防火区门均为乙级防火门，所有防火门均向疏散方向开启。

（2）生产辅助楼建筑

生产辅助楼楼为三层建筑，建筑面积 2154.07m^2。一层布置厨房、餐厅、标准间等；二层布置标准间等；三层布置标准间和洗衣房等。

建筑物及主要承重构件的耐火等级均为二级。

生产辅助楼设两部楼梯，楼梯间宽度为 3.9/3.5m。一层设四个对外出口。

标准间均采用复合强化地板，门厅、走廊采用花岗岩地面，卫生间采用防滑釉面砖地面。除卫生间外，所有内墙均采用乳胶漆墙面，外墙采用真石漆和外墙涂料饰面。屋面保温层采用挤塑聚苯板，防水层采用聚氯乙烯自粘型防水卷材。

（3）其他建筑物

附属房内布置消防水池、消防泵房、备品备件间、工器具间、油品库、废品库、安全工器具间、危废暂存间。

SVG 楼布置室内 SVG 设备。

220kVGIS 楼布置 220kVGIS 设备。

66kVGIS 楼布置 66kVGIS 设备。

（4）调整变化情况

陆上升压站总用地面积由 11748m^2 调整为 15053m^2，增加用地面积 28.1%。调整后站内建（构）筑物情况见表 2.2-5。调整后总平面布置见图 2.2-10。站内电气设备、人员配置均不变。

2.2.5.2 陆上升压站调整环境影响补充分析

陆上升压站的产生的废水主要为管理人员生活污水，固废主要为管理人员生活垃圾和主变压器运行期检修及事故等情况产生的废油、油污水等含油废物，大气污染物主要为厨房油烟废气，环境风险主要为变压器油泄漏的风险，电磁影响主要为主变的

电磁影响，由于由于陆上升压站电气设备、人员配置等均不变，因此生活污水、生活垃圾、含油废物、厨房油烟废气、变压器油泄漏的风险均不变，对电磁环境影响、水环境影响、固废影响、大气环境影响、环境风险也均不变，唯一存在变化的是因总平面布置调整，导致主要噪声源（主变压器）与场界距离变化，而引起场界噪声的变化。根据总平面布置，调整后主变压器噪声预测表见表 2.2-6。

表 2.2-5　调整后站内建（构）筑物情况一览表

序号	项目名称	层数(层)		建筑高度（m）	构筑物占地面积 m^2	建筑占地面积 m^2	建筑面积 m^2	火灾危险性类别	耐火等级	
		地上	地下							
1-1	生产辅助楼	3F	0	13.20	／	628.88	2154.07	／	二级	
1-2	集控楼	3F	0	13.20	／	628.88	2154.07	戊类	二级	
2	220kVGIS楼	1F	0	8.40	／	322.44	322.44	戊类	二级	
3	66kVGIS楼	1F	0	8.40	／	347.28	347.28	戊类	二级	
4	SVG楼	2F	0	12.30	／	335.72	671.44	戊类	二级	
5	附属楼	1F	0	5.70	／	456.65	456.65	丁类	二级	
6	门卫室	1F	0	3.30	／	18.76	18.76	／	二级	
7	主变基础	／	／	／	141.75	／	／	／		
8	滤波设备基础	／	／	／	75	／	／	／		
9	事故油池	／	／	／	19.20	／	／	／		
10	旗台	／	／	／	5.00	／	／	／		
11	站用变	／	／	／	16.4	／	／	／		
12	污水处理装置	／	／	／	30.0	／	／	／		
13	停车场	／	／	／	236.00	／	／	／		

表 2.2-6　调整后主变压器噪声预测表

声源	场界	调整前距离（m）	调整后距离（m）	贡献值（dB）	叠加本底后预测值（dB）	是否达标
主变压器	西侧围墙外 1m 处	43	72	21.57	昼间：39.86；夜间：44.82	是
	北侧围墙外 1m 处	30	55	23.93	昼间：40.89；夜间：42.56	是
	东侧围墙外 1m 处	67	53	24.26	昼间：40.70；夜间：44.05	是
	东侧围墙外 1m 处	49	47	25.31	昼间：41.80；夜间：40.14	是

根据表 2.2-6 预测结果可知，调整后陆上升压站场界噪声能够满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）1 类标准要求。

综上所述，陆上升压站用地面积和总平面布置调整对环境的影响基本不变，调整幅度较小，不属于重大变更，因此陆上升压站相应的环保措施和要求仍按《中广核象山涂茨海上风电场工程 220kV 陆上升压站项目环境影响报告表》以及批复执行。

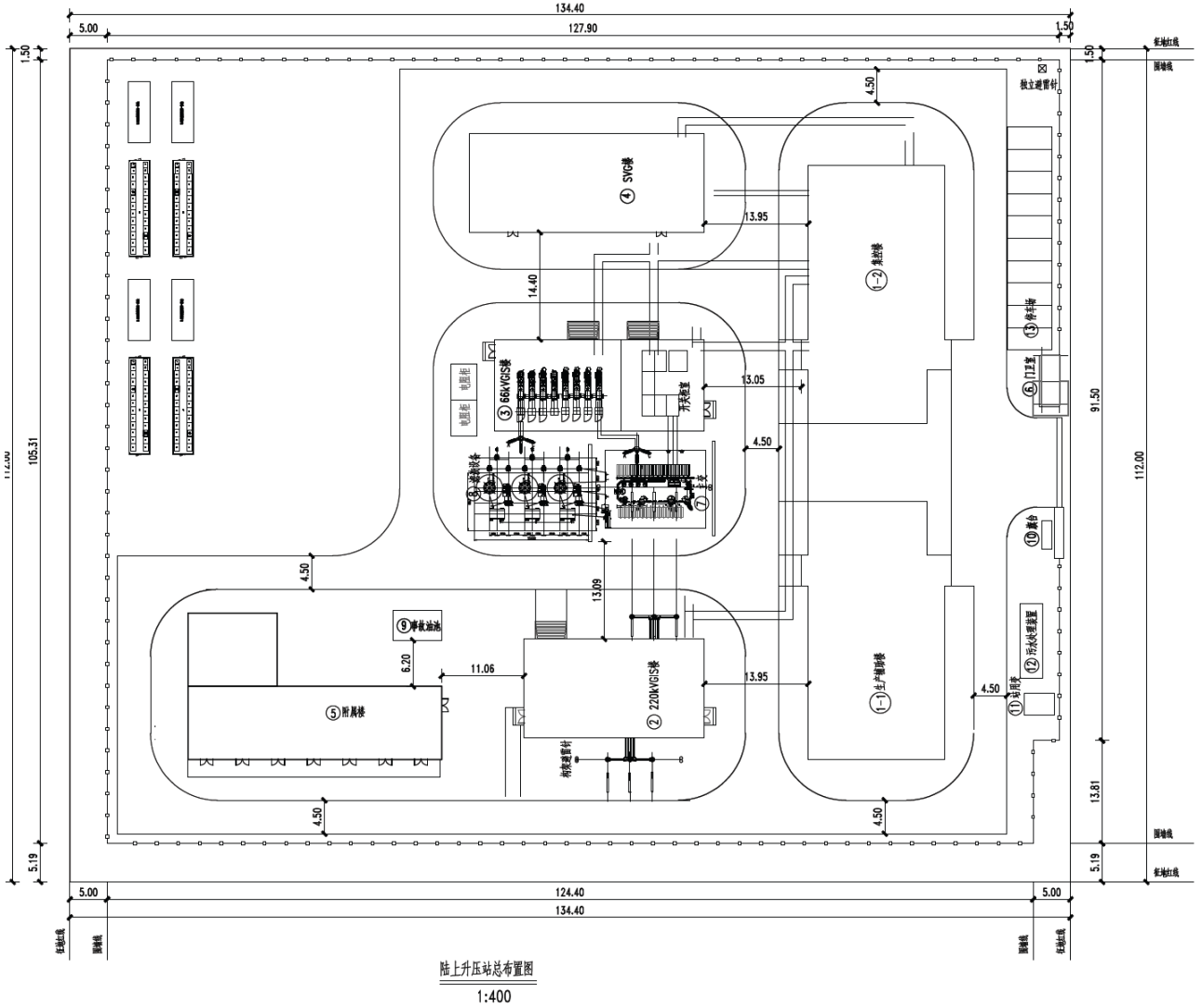


图 2.2-10　调整后陆上升压站总平面布置图

2.2.6 主要电气设备

表 2.2-7　主要电气设备清册

序号	名称	规格	单位	数量	备注
风机设备					
1	风力发电机组	8000kW 1140V 50Hz	台	38	
2	机组升压设备(含连接66kV 开关设备的电缆及终端)	金属封闭式开关设备 72.5kV 1250A 25kA 升压变 8800/69　8800kVA D，yn11 69±2×2.5%/1.14kV 低压柜 1140V 6300A 80kA	套	38	风电机组厂家配套提供
线路部分					
1	海底电缆	HYJQF41-F-38/66 3×120+2×36B1	km	18.4	配 34 套户内终端
2	海底电缆	HYJQF41-F-38/66 3×185+ 2×36B1	km	4.3	配 10 套户内终端
3	海底电缆	HYJQF41-F-38/66 3×300+ 2×36B1	km	8.7	配 10 套户内终端
4	海底电缆	HYJQF41-F-38/66 3×500+ 2×36B1	km	22.8	配 10 套户内终端
5	海底电缆	HYJQF41-F-38/66 3×630+2× 36B1	km	26.6	配 6 套户内终端
8	海缆保护装置	J 型管中心夹具及弯曲限制器	套	65	
9	海缆锚固装置		套	65	
10	海缆陆地锚固装置		套	5	
陆上 220kV 升压变电站主要设备					
1	252kV GIS	252kV　2000A　50kA	套	1	1 进 1 出 1 母设单母线
2	主变压器	SSZ11-300/220 300MVA/300MVA/90VA YNyn0d11 230±8×1.25%/69/37kV	台	1	
3	主变中性点设备	THT-TNP-220	套	1	
4	66kV GIS	66kV　3150A　31.5kA	套	1	6 进 1 出 1 母设
5	35kV 空气开关柜	40.5kV 2000、1250A 31.5kA	套	4/1	断路器柜/母设柜
6	电阻柜	50 欧姆 800A 10s	面	1	配隔离开关
7	动态无功补偿装置	40.5kV ±40MVar	组	2	容量暂定
8	66kV 滤波装置	69kV 12MVar	组	1	
9	站用变	SC10-800kVA，容量 800kVA D,yn11 37 ±2×2.5%/0.4kV	台	1	
10	外来电源箱变	S11-800kVA/10 10±2×2.5%/0.4kV	台	1	

序号	名称	规格	单位	数量	备注
11	66kV 陆缆	ZA-YJLW03-1×500 38/66kV	m	100	主变中性点至中性点电阻柜,包含 2 套电缆终端（三相）
12	35kV 电力电缆	ZA-XLPE-1×630 26/35kV	m	600	开关柜至降压变兼接地变主变，开关柜至 SVG，包含 4 套电缆终端（三相）
13	35kV 电力电缆	ZA-XLPE-3×120 26/35kV	m	10	开关柜至站用变，包含 2 套电缆终端
14	35kV 全绝缘管母	40.5kV，2000A　31.5kA	m	15	

2.3 施工方案概述

2.3.1 施工条件

（1）交通运输条件

本工程位于浙江省象山县境内，目前已经形成公路、铁路、水运以及民航等各种运输方式齐备的交通运输系统，尤其水路和公路交通最为发达。

（1）公路

公路方面，本工程区域所在的宁波市依托其良好的地理、交通和经济区位优势，大力发展公路交通运输事业，宁波是浙江东部的交通枢纽，宁波绕城高速公路（G1501）、杭甬高速公路（杭州湾环线高速公路，G92）、甬台温高速公路（沈海高速公路，G15）、甬金高速公路（G1512）、甬舟高速公路（舟山跨海大桥，G9211）、甬台温复线高速（G15W3，象山港大桥及其连接线）、穿山疏港高速（S20）等多条高速公路的穿境而过，随着杭州湾跨海大桥的落成，宁波到上海的时间从原先的 4 个小时缩短为 2 个小时。

（2）港口及航运条件

工程场区附近港口众多，海运、内河航运发达，象山县内港口多为旅游业和渔业码头，基本难以满足工程建设需求。工程周边区域满足风机部件等大件水陆转运条件的港口、码头及基地有：宁波—舟山港、台州三门湾的健跳港区、岱山海上风电专用基地等，与本项目区距离分别约 17 海里、52 海里、65 海里。

（2）施工用水

海上作业区：现场施工和生活用水均使用船舶储存的饮用水，同时考虑到常驻现场船舶上的生活用水补给，拟配置300立方的加水船一艘，船舶加水均从施工基地设置的水源点接入。

施工基地用水：考虑到工程施工高峰时段施工用水和生活用水强度不大，因此，用水计划从施工基地设置的水源点接引。

（3）施工用电

本工程施工用电主要包括施工基地内用电与及海上施工作业用电两部分。

其中施工基地内的用电主要为各施工临时设施内的设备用电与照明用电和临时生活办公区内的生活、办公与照明用电，总体用电量较少，基地现有供电设施齐全，可满足施工期用电需要。

海上作业施工用电主要为船舱通风、人员生活办公、部分施工设备用电，海上作业所需的生产、生活用电通过自带的发电机提供。

（4）通讯系统

采取网络视频、无线和有线通信等方式构成综合性的通讯网络。项目部施工管理人员全部配备手机，另外配置无线电甚高频对讲机，保证与施工船舶、施工人员、海上救助、港航部门的无线电联系。海洋气象预报由专人收集并即时传递到每一条施工船上。

（5）建筑材料

钢材、油料：钢材在浙江省及周边省份内有较可靠的供应来源，本工程风机基础用特种钢材在国内大型钢铁企业均有生产并可供给本工程使用，油料在工程周边地区来源丰富，可直接从当地的油料供应公司购买通过陆运或水运方式运输至本工程施工现场。

（6）施工机械设备来源

本工程施工机械设备主要为大型的运输驳、起重船及常规的机械设备等。宁波、江苏及周边地区大型的船舶、钢结构加工类企业和海港施工企业较多，各类船舶使用频繁，可满足本工程施工需要。本工程单桩基础钢管桩桩径大、桩长长且桩重较重，目前国内满足本工程施工要求的大型施工机械，需通过租借或者合作共建的方式来一定程度上满足本工程的施工需求。中交系统、中铁大桥局、中海油等专业海洋工程施工单位均配备有各种类型的驳船、起重船、打桩船等海上施工作业船只和各类打桩设备，相对同期开展的项目，可供本项目施工的船机设备有一定的来源。

2.3.2 施工交通运输

（1）施工期外来物资运输各类与特征

本工程施工期内的外来物资虽然种类相对较少，运输量与运输强度较小，但运输的物资中，绝大部分属于风机设备等超大、重件，需考虑特殊运输方式，因此对场外运输方案与路线的选择提出了较高的要求，运输难度较大，其中有代表性的大件运输物资为风机机组设备与钢管桩等大型钢结构体。

（2）常规物资场外运输

外来物资对外运输方案见表 2.3-1。

表 2.3-1　外来物资对外运输方案表

种类	物资来向	目的地	运输方案
常规物资	象山、宁波市区域建筑市场	施工基地、工程现场	公路运输、海

				运
钢管桩（风机单桩基础）		南通市区域钢结构加工企业	工程现场	海运至工程场区
风机设备	机舱、轮毂、桨叶	南通市加工基础	工程现场	海运至工程现场
	塔筒	南能市区域钢结构加工企业	工程现场	

2.3.3 施工临时设施布置

本工程风机机组及设备均由生产厂家组装完成后直接运输至海上施工现场，陆上220kV升压站工程施工临时设施布置在陆上220kV升压站附近的平坦区域，称为1#施工生产区，陆缆施工工程量很小，可由1#施工生产区兼顾；2#施工生产区主要为海上风电机组及海底电缆的施工作业区，其施工作业区域均在海上，故不需要布置施工临时设施。本工程区属浙江省经济发达区域，部分施工辅助企业可充分利用当地的资源，考虑到本工程主体项目内容较单一，陆上220kV升压站工程规模较小，因此其规模尽量简化。

（1）机械保养场及综合加工厂

1#施工生产区主要为陆上220kV升压站的临时设施，机械保养场的设置原则同1#施工布置区，机械保养场占地面积为1000 m^2，综合加工厂占地面积为500m^2。

（2）仓库布置

1#施工生产区内仓库主要为陆上220kV升压站土建工程与电气安装工程配套的生产生活综合仓库与电气等设备物资仓库，占地面积2000m^2。

（3）临时生活、办公区设置

1#施工临时办公生活区建筑面积约1000m^2，占地面积约2000 m^2。

各施工临时设施建筑、占地面积详见表2.3-2。

表2.3-2 施工临时建筑、占地面积一览表

序号	设 施 名 称	1#施工生产区（陆上220kV升压站施工）
		建筑/占地面积单位(m^2)
1	机械保养场	0/1000
2	综合加工厂	250/500
3	电气设备专用仓库	500/1000
4	综合仓库	500/1000
5	临时生活办公区	1000/2000
6	总计	2250/5500

2.3.4 施工方法

2.3.4.1 风机施工

一、风机基础施工

（1）钢管桩的制作、施工

本工程共 38 台风机，基础为单桩基础，单桩直径分为为 8.3m、9.2m 和 9.3m 三种，钢管桩平均桩重分别为 1494.52t、1641.12t 和 1700.35t ，平均桩长分别为 93m、92m 和 93.5m。钢管桩采用开口桩，材质选用 DH36 和 Q355ND，拟采用定型钢板卷制。

考虑到管桩属于特殊型号与尺寸的大型钢构件，若选择在工程现场进行加工，其施工质量很难满足要求，因此钢管桩拟在南通市的某大型钢结构加工企业内进行制作。

（2）钢管桩运输

风电场区北侧海床高程低于-9m 所在区域，基本可满足施工船全天候作业要求；南侧海床高程约在-7m 左右所在区域，当潮位较低时，无法满足部分施工船舶作业要求，该区域施工时需避开低潮位时段。选择 5000t 级平底驳船，驳船的配套拖轮考虑为 2000HP 及以上动力。在存储、运输、装卸和沉桩施工过程中，应避免碰撞、摩擦等造成涂层的破损、管端变形和损伤。夏季施工时，由于现场堆放及海上运输等日照强烈，成品钢管桩在存储和运输过程中应遮盖防晒帆布。

（3）钢管桩沉桩

本工程无法采用专业打桩船进行整桩施工，可采用起重船吊打的方式进行超长大直径管桩的沉桩施工。

钢管桩海上沉桩系统包括打桩船、运桩船、抛锚艇、拖轮与交通艇等船舶组合，其中以打桩船为主要施工设备。打桩船主要由以下几个部分组成：船体系统（包括船体、锚位系统、动力系统）、桩架及其吊装系统、锤击沉桩系统（包括打桩锤、替打）、海上沉桩 GPS 测量定位系统。

本阶段推荐采用常规浮式起重船舶（360°全旋转式起重机）进行单桩基础的沉桩施工。

（4）沉桩定位工艺

本工程单桩基础对打桩精度要求较高，通常浮式起重船仅靠船舶自身无法将打桩精度控制在设计要求的范围内，因此推荐采用定位架进行辅助沉桩施工。

定位架为多层钢桁架结构形式以适应不同潮位水深条件，采用 4 根钢管桩定位于海上，钢管桩桩长 40~50m，桩径 1.5~2.0m。沉桩定位架钢管桩采用振动锤沉桩和拔桩，可重复使用。选择 2000t 级以上浮式起重船配备 S-2000 打桩锤来完成单桩基础的沉桩工作，驳船的配套拖轮均考虑为 2000HP 及以上动力。

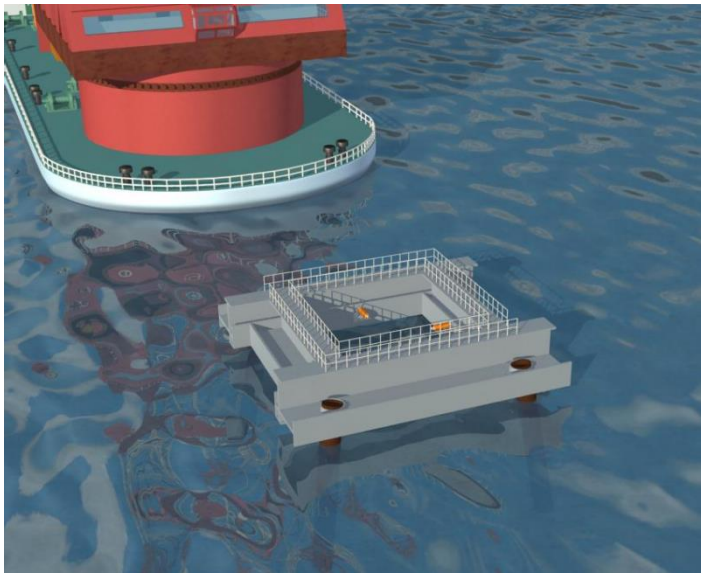


图 2.3-1　单桩定位架示意图

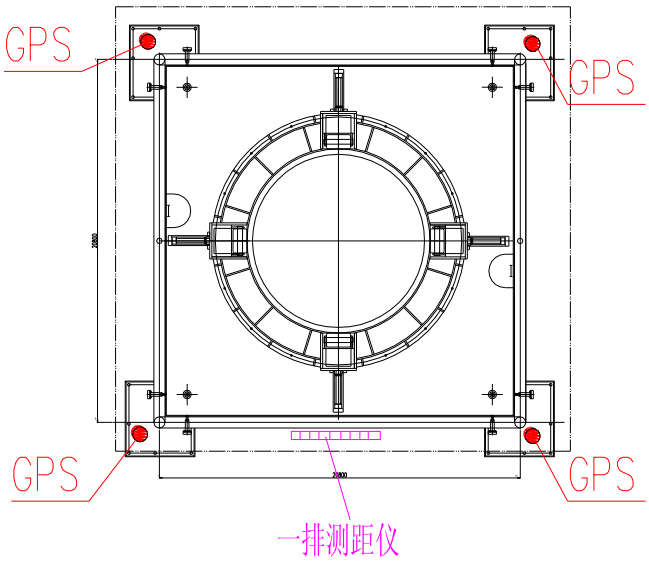
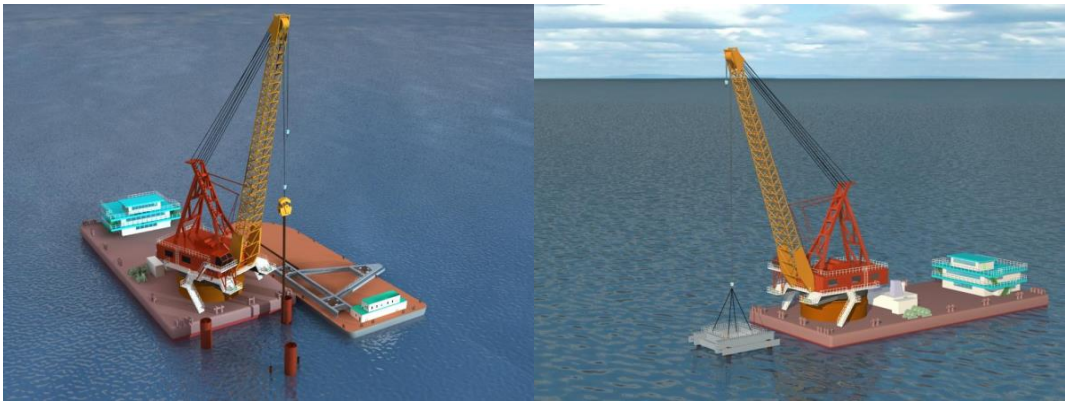
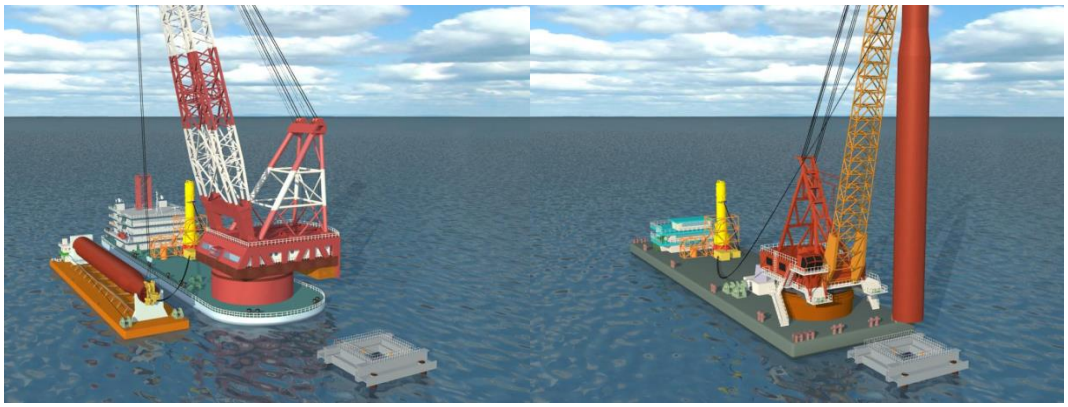


图 2.3-2 单桩定位架构造图

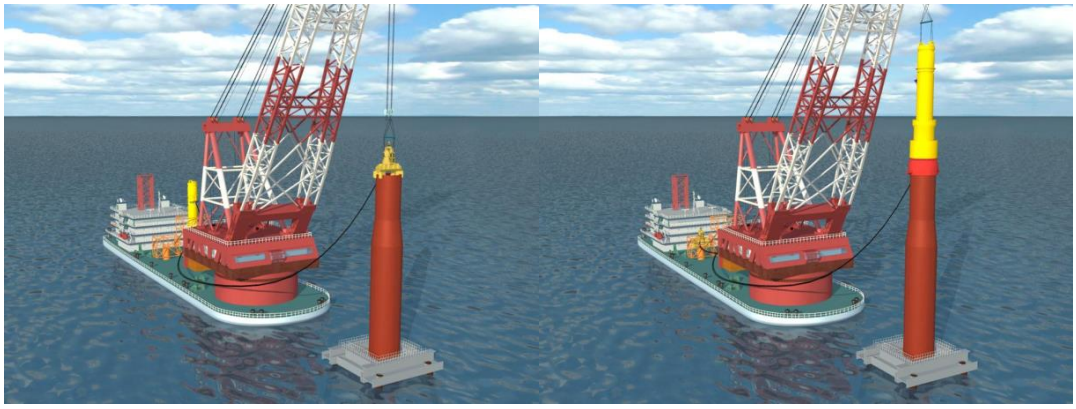
下图给出了本工程施打钢管桩的主要施工工序：



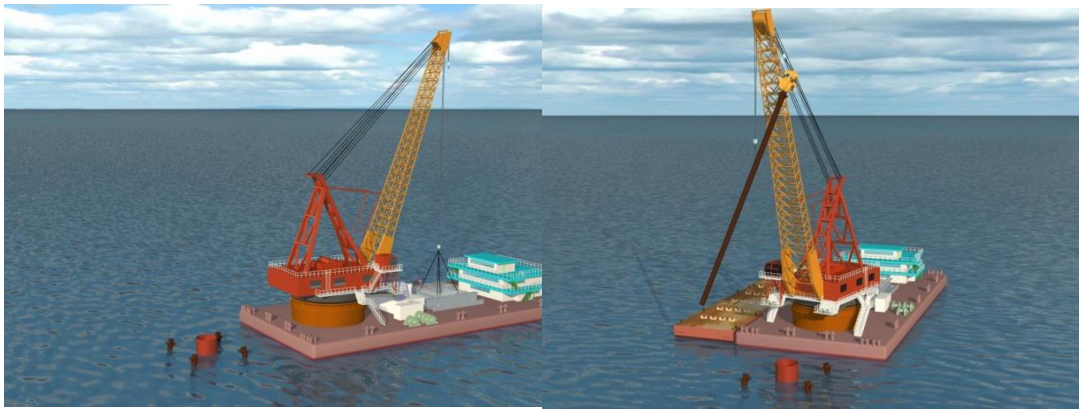
(a) 施打辅助桩　　(b) 吊放定位架



(c) 起吊钢管桩　　(d) 放置钢管桩



(e) 振动锤植桩　　(f) 冲击锤沉桩



(g) 吊开定位架　　(h) 拔出辅助桩

图 2.3-3 施打钢管桩主要工序图

（5）沉桩精度控制与纠偏

当单桩基础由驳船乘潮运至安装点后，通过起重设备进行起吊，并通过扶正导向结构夹紧桩身，调平扶正后，单桩可在自身重量的作用下插入海床一定深度，桩顶的液压打桩锤放置后，锤重亦可让单桩基础下沉一定的量。在正式打桩前，应采用小功率轻打，并在打桩过程中，随时监测桩身的垂直度，再逐步加大功率至额定功率打桩。在靠自重、锤重自沉一定深度以及开始打桩的初期，垂直度控制相对容易，且初期的垂直度控制对于控制桩身最终垂直度的敏感性非常大。一旦发现倾斜超过允许值，应停止沉桩，上拔，通过抱桩扶正装置进行纠偏。

（6）防冲刷沙被沙袋保护

桩基础周围 20m 采用固化土方案进行基础外部裸露表面的保护工作。

防冲刷保护的施工顺序为：沉桩完成→取泥→调制标准泥浆→制备固化土→海底充填。充填结束后，固化土自然成型，在完工后应进行扫测固化土存留及成型情况，以检测防护材料完整性。

（7）附属构件运输及安装

本工程单桩基础采用集成式附属构件，即将外平台、栏杆、爬梯、电缆护管、靠船构件等附属构件在陆上加工厂整体组装为一个集成式套笼结构，通过驳船运输至风电场拟安装机位，采用起重船整体吊装至钢管桩上，施工时需注意套笼的方向满足设计要求。

二、风机安装工程施工

与风机基础施工一样，风机安装也分为北区和南区两个区。

（1）风机设备海上运输

风机基础运输中选择 5000t 级及以上的甲板驳船进行场内外运输；本阶段风机设备运输同样考虑 5000t 级及以上的甲板驳船，驳船的配套拖轮均考虑为 2000HP 及以上动力。

（2）风机安装

根据本阶段初步选择的选用自升式平台船为施工载体进行风机设备分体安装的施工方案，基本满足风机安装所需要的稳定性要求。同时分体安装方案较灵

活，还可减小了风机安装在港口陆域环境下的工作内容，降低了本工程对陆上施工临时设施的要求。

自升式平台船：目前主要作为海上施工作业基地进行自然条件恶劣的外海工程，船舶吃水深度在 3.5m 以内。其船体通过升降系统将桩腿伸入海底，当桩腿到达海底时，能将船身升离水面一定距离以承载船体重量，为海上风机安装作业提供一个类似陆域环境的平稳工作平台，基本不受风、浪、潮流的影响，通过调节支腿的下放长度可在高低不平的海床上保持平衡稳定，通过对国内外类似船舶的调研，大部分平台船可在浪高 2m、风速 15m/s(相当于 7 级)，潮差 4m 的海况条件下正常施工作业，此种平台船是目前应用最为广泛的自升类船舶。目前有“华电 1001 号”、“龙源振华 2 号”自升式船舶。

根据初步选择的风机设备运输尺寸与重量参数，参考国内外相似的工程实例，本阶段配套选择 800t 级以上吊重自升式平台船为载体进行风机设备海上分体式吊装。

风电机组运至安装场地时分为机舱—轮毂结构组合体、三片叶片、塔筒等主要部件，风机吊装顺序为下段塔筒→上段塔筒→机舱-轮毂组合结构→叶片。各结构的吊装过程中提前安排好各个环节，每安装完成一个塔架必须经检验确认合格后才能进行下一风机的吊装作业。

①塔筒安装

塔筒的吊装按照自下而上的顺序，分节吊装。先吊下部塔筒，依次向上。塔筒安装前，应掌握安装期间工程区的气象、潮汐条件，以确保安装作业安全。底节塔筒电气设备组装预先在大件码头内完成。安装时，先利用平台船吊机（主吊）提升下段塔筒顶部，250t 履带吊作为辅助吊提升塔筒下部，慢慢将塔筒竖立，使塔架的下端准确与基础顶部的法兰盘对接，并按要求拧紧法兰盘上连接螺栓，确保连接牢固可靠。上部塔筒的安装方法与下部塔筒类同。

②机舱-轮毂结构组合体安装

风机机组部件安装前要对机舱、轮毂进行预拼装，组成机舱—轮毂结构组合体。该组合体的组装在大件码头内完成。

组合好的机舱—轮毂结构组合体利用船载吊机整体提升，提起至安装高度后，再慢慢下落，机舱应完全坐落在塔筒的法兰盘上，按设计要求连结法兰盘。所有

安装作业完成并经验收合格后，撤除施工设施。

③叶片安装

机舱—轮毂结构组合体吊装完成后，剩余三片叶片的安装工作。单个叶片的安装利用船载吊机整体提升，150t 辅助履带吊及连接于叶片的揽风绳协助控制风轮叶片的方位，完成叶片与轮毂的对接安装。上述作业完成后经验收合格之后，撤除吊索及揽风绳，移除施工设备转场进行下一台风机的安装。

风速是影响风机机组安装的主要因素之一，当风速超过风机设备厂家安装环境限制及规范要求时，不得进行风机安装作业。因此，风机机组安装作业期间应加强与当地气象部门联系，在现场设置风力观测站，便于现场施工人员作出准确、可靠判断，确保风机机组安装顺利进行。

2.3.4.2 电缆施工

一、敷设分区

本工程电缆主要连接风机与风机之间、风机与陆上升压站之间。工程场址海域海床表层为淤泥或淤泥质粘土，根据锚重与投入地表层深度的关系，电缆敷设深度选择为泥面 2.0m 以下，铺缆正常海况条件为六级以下风力，海上正常作业条件下的敷设速度为 3-5m/min，其中一般区域敷设速度为 5m/min，敷设深度为泥面以下 2m，跨越航道区域敷设速度为 3m/min，敷设深度为泥面以下 3m。本工程海缆路由所经过的海域水深基本在 5m 以上，根据电缆敷设区域海洋环境的不同，可将电缆敷设区分为以下 2 个主要区域进行：

（1）始端登陆段 66kV 海缆施工；

（2）近海海域 66kV 至风机，风机之间 66kV 所经过的近海区域。

二、电缆敷设准备

（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。

三、电缆敷设施工

（1）施工工艺流程

海底电缆工艺流程：装缆运输—→施工准备（牵引钢缆布放、扫海等）—→始端登陆施工—→电缆敷埋施工—→终端登平台施工—→电缆冲埋、固定—→终端电气安装—→测试验收。

（2）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。



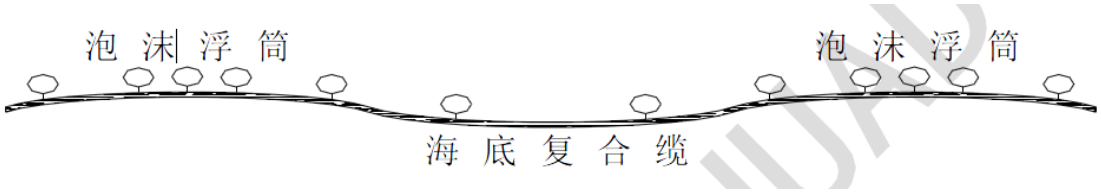
图 2.3-4 海缆装船示意图

（3）始端登陆段电缆路径敷设

①电缆始端登陆前，在高潮位时将施工船锚泊就位在靠近登陆点附近，以减小登陆距离，并利用 DGPS 测量系统定位于路由轴线上，抛“八”字开锚锚泊固定。

②在始端登陆点处设置 1 台 3 吨绞磨机。登陆时，电缆头从缆盘内通过退扭架拉出，从船头通过入水槽入海，水面段在电缆下方每隔 2m 垫以充气内胎进行助浮，充气内胎与电缆利用白棕绳绑扎固定；利用预先设置在始端登陆点处的绞磨机牵引电缆浮运登陆。在电缆牵引至滩涂处，人工解除助浮充气内胎，将电缆搁置在预先设置在电缆登陆路由的滚轮上方滚动或滑动，减少电缆牵引的阻力。

③完成电缆始端登陆施工后，小艇沿登陆段电缆逐个拆除浮运电缆的轮胎，将电缆沉放至海床上。



（a）海缆泡沫浮筒绑扎位置示意图



（b）海缆绑扎泡沫浮筒敷设示意图

图 2.3-5 海缆泡沫浮筒绑扎位置示意图

（4）终端登陆段施工

根据现场的踏勘，66kV 海缆登陆点位于陆上升压站东北侧，登陆点现状为冲毁的岸边工程。海缆登陆前需对该处岸边进行护坡处理，海缆通过电缆沟的方式登陆，登陆后一直采用电缆沟进入陆上升压站。若海缆登陆前为基岩，可采用铸铁套管和混凝土连锁排的方式进行保护。

（5）近海海域 66kV 海缆敷设施工

近海海域水深条件较好，工作水深大于 5m，可满足敷缆船只正常施工的近海海域，此海域范围内海缆敷设施工主要由两方面施工内容。

①海底电缆风机之间近海海域正常敷设

在海底电缆登陆铺设结束至海底电缆结束端上风机平台铺设过程中，海域水深条件相对较好，满足铺缆船正常航行所需要的水深条件，同时也满足射水挖沟犁高压射水挖沟所需要的水压条件，铺缆船进入海底电缆正常铺设状态，另外在风机与风机之间中间段电缆铺设过程中，也同样进入海底电缆正常铺设状态。

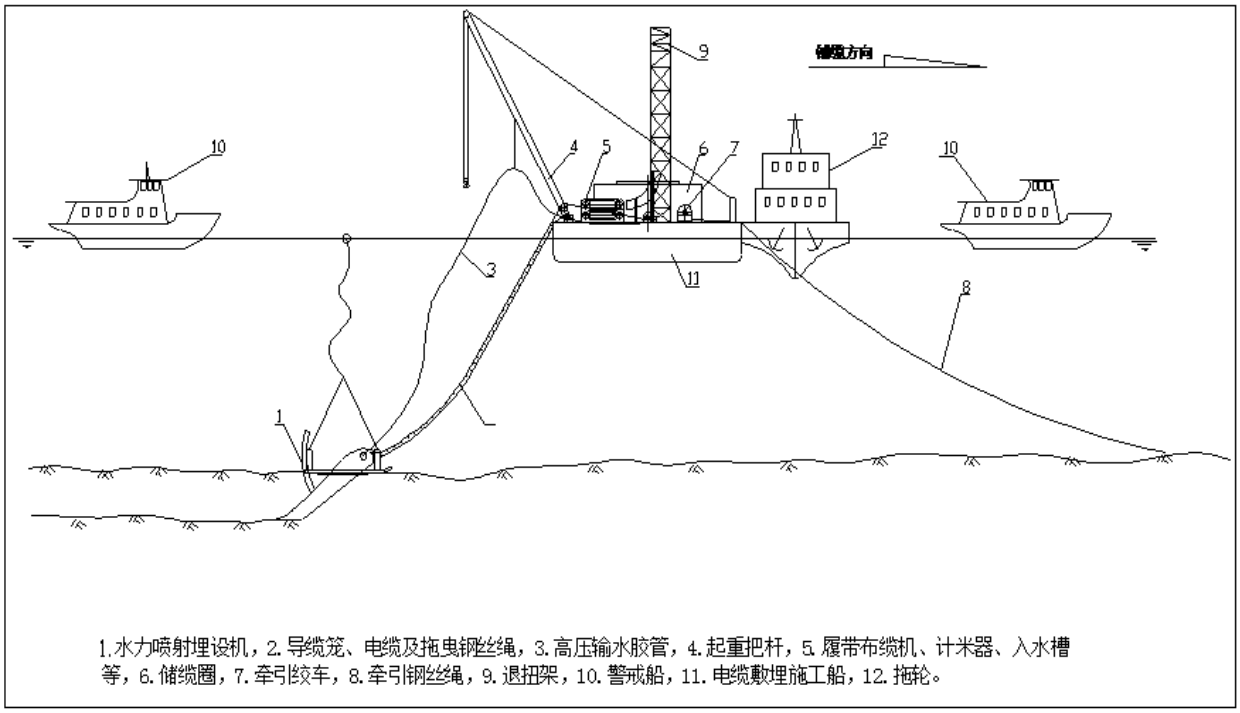
1）在铺缆船船尾将海底电缆装入电缆挖沟犁头内，用铺缆船自身的吊机将电缆挖沟犁吊离甲板，慢慢放入水中，然后潜水员下水检查海底电缆及电缆挖沟犁姿态，如果海底电缆及电缆挖沟犁姿态正常，则进入正常铺缆状态。

2）在水位满足铺缆船可移动的深度条件下，开启电缆挖沟犁的射流泵，同时铺缆船向前移动铺缆。

3）电缆正常铺设过程中，埋设机姿态仪随时反映出埋设机的姿态。

4）海缆埋深按 2.0m 控制，对具有通航功能的海域敷设深度应适当加深，埋深需提高至 3.0m。

5）铺缆船铺缆时，高压水冲击联合作用形成初步断面，在淤泥坍塌前及时铺缆，一边开沟一边铺缆，开沟与铺缆同时进行，电缆敷设时采用 GPS 定位系统进行定位。



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

图 2.3-6　电缆正常敷设施工示意图



图 2.3-7　常规射水挖沟犁设备示意图

②海底电缆结束端上风机铺设

1）当海底复合缆被铺设到风机附近后，将电缆挖沟犁吊放到甲板上，铺缆船调整前行方向，用船上吊机抽放海底电缆，当到达设定的电缆截止点后，用电砂轮将海底电缆截断，并将海底电缆头做好绝缘和水密，绑扎好海底电缆拖网（Cable Stoper），再用吊机将电缆头吊放到电缆护管底部（同时在海底电缆吊放过程中，在海底电缆上绑扎适当的浮袋）。

2）在风机 J 型护管上端出口正上方安装一个导向滑轮，潜水员在 J 型护管下端喇叭口检查方向，另外需要检查是否有海洋生物阻塞喇叭口。

3）在电缆护管上部喇叭口处，将备好的电缆拖拉钢缆与铁球/其它重物相联接，然后将铁球/其它重物放入电缆护管内，靠铁球/其它重物的重力将电缆拖拉钢缆带到电缆护管底部，同时潜水员下水，到电缆护管底部将已到电缆护管底部的铁球/其它重物与电缆拖缆解掉，然后把由电缆拖拉钢缆与弃到海底的电缆拖拉网头联接。

4)通过电缆护管上部的导向滑轮将拖拉缆绳引回铺缆船上，通过船上锚机，并在潜水员水下指挥下，慢慢拖拉海底电缆穿过电缆护管登上终点平台（或风机）。

根据现阶段工程物探报告，风电场场区基岩面起伏变化较大，存在埋藏较浅区域，报告选择测区内基岩基本无出露。后续海缆路由调查详勘报告如揭露海缆路径上存在出露基岩或不满足直埋要求，需对该段海缆增加相应的保护措施（例如安装铸铁套管保护+混凝土连锁排覆盖）。

四、 电缆测试与保护

（1）电缆测试

施工过程中，电缆供应商和施工单位应对电缆进行绝缘测试和光纤的跟踪测试工作。电缆敷设安装完成后，从电缆终端进行最终测试，确认电缆施工顺利完成。

（2）电缆的保护

本工程选用加强铠装的海缆，以提高海缆的机械强度，并通过海缆深埋的方式，避免海缆受到损坏。在施工完成后，设置相关标志并及时将实际敷设路由向国家海洋管理部门申报，由海图出版部门将该路由标于新颁海图，对船只、人员加以警示。

2.3.5 主要施工设备

海上施工主要设备表见表 2.3-8。

表 2.3-3 主要施工设备配置表

序号	机械设备名称	型号规格	单位	数量	备注
风机基础施工主要设备					

1	全回转起重船	2000t 级及以上（起重能力）	艘	1	单桩基础钢管桩沉桩，配置 S-2000 型液压打桩锤作为首选打桩锤，S-2400 型液压打桩锤，作为备选桩锤
2	起重船	600t 级及以上（起重能力）		1	辅助立桩及辅助平台搭设、拆除、钢管桩翻身
3	平底驳船	5000t 级	艘	2	钢管桩运输
4	平底驳船	2000t 级	艘	2	附属构件运输
5	深舱存储船	3000t 级	艘	1	基础保护施工
6	拖轮	2000HP 及以上	艘	3	拖运、移位船舶
7	交通艇		艘	2	接送人员
8	抛锚艇		艘	2	起重船抛锚
9	补给船		艘	2	淡水与生活物资补给
10	辅助定位架	约 500t	艘	2	钢管桩施工精度控制设施
风机分体安装主要设备					
1	自升式起重平台船	800t 级及以上（起重能力）	艘	1	风机安装船舶，性能满足本工程吊高（120m 以上）、吊重要求
2	甲板驳船	5000t 级及以上	艘	2	风机设备运输
3	履带式起重机	起吊能力 500t	台	2	风机组件现场转运和装船
4	拖轮	2000HP	艘	3	拖运船舶
5	交通艇		艘	2	
6	抛锚艇		艘	2	甲板驳、起重船等抛锚
7	补给船		艘	1	淡水与生活物资补给
海缆敷设施工主要设备					
1	带埋设机的铺缆船	2500t 载重量	艘	1	66kV 海底电缆铺设
2	卷扬机		台	1	电缆牵引
3	拖轮	2000HP	艘	1	铺缆船拖航及稳定性控制
4	抛锚艇		艘	2	铺缆船抛锚
5	交通艇		艘	2	

2.3.6 施工进度

本项目施工总进度根据风机土建及机组安装施工程序，选用先进的施工设备和工艺，力求加快建设速度，缩短首台机组发电工期。根据风机分期、分批逐台

建设依次投产的特点，合理安排土建与机电安装的施工程序，使土建、安装工程施工进度做到连续、均匀、有序的进行，以降低施工高峰强度。

根据本项目规模并比拟周边类似工程的施工进度安排，初步规划本项目建设期进度为 18 月，前 6 个月主要为陆上升压站土建施工，第 7 个月开始海上施工，首批机组发电工期为 12 个月。

第 1 年 1 月初本工程开工进点，承包人即开展供水供电及临时生产生活设施修建等施工前期准备工作。陆上 220kV 升压变电站于第 1 年 3 月初进行施工，第 1 年 10 月底土建施工完成，第 1 年 12 月中旬完成电气设备的安装、调试，具备送电条件。第 1 年 5 月初开始钢管桩加工制作，第 1 年 7 月初开始风机基础施工，第 1 年 12 月中旬具备输送电条件。第 1 年 10 月初首期海底电缆敷设，第 1 年 11 月底敷设完成。

第 1 年 8 月初首批机组到岸后开始卸货、办理有关手续、运输至施工生产基地，并逐台进行风机安装。第 1 年 12 月底完成首批风机调试、并网发电。第 2 年 4 月底全部 风机安装完成，第 2 年 1 月初开始剩余海底电缆敷设，第 2 年 5 月底敷设完成，第 2 年 6 月底全部机组调试完成并发电，工程竣工。

第 1 年 1 月初本工程开工，第 1 年 7 月初开始风机主体工程施工，第 1 年 12 月底首批风机发电，至第 2 年 6 月底全部机组投产发电，工程竣工。首批机发电工期为 12 个月，总工期 18 个月。

施工控制性进度详见表 2.3-9。

表 2.3-9 施工进度表

序号	项目名称	施工起止时间
1	项目开工	第 1 年 1 月 1 日
2	施工准备工作（施工用水、电、场地等临时设施）	第 1 年 1 月初至第 1 年 2 月底进行，共 2 个月
3	主体工程施工（风机机组基础、电缆施工、风机安装）	第 1 年 7 月初至第 2 年 5 月底，共 11 个月
4	首批机组到现场	第 1 年 8 月初
5	首批机组发电	第 1 年 12 月底
6	全部机组安装完毕，投产发电	第 2 年 6 月底

2.3.7 主要工程量

本工程主要工程量如下表所示。

表 2.3-10a 风机基础工程量汇总表

序号	项　目	单位	ZK1 单台工程量（10 台）	ZK2 单台工程量（10 台）	ZK3 单台工程量（18 台）	总工程量（38 台）	备注
1-1	钢管桩 1-1	t	836.52	1072.35	1048.12	34737.81	DH36
1-2	钢管桩 1-2	t	658	628	593	21650	Q355ND
2	内外平台、栏杆及爬梯	t	28.00	28.00	28.00	980.00	Q355C/Q235B
3	附属构件主体结构	t	52.47	58.78	58.16	1983.18	DH36/Q355C
4	靠船、爬梯结构	t	6.00	6.00	6.00	210.00	DH36/Q355C
5	电缆管结构	t	11.00	11.00	11.00	385.00	DH36/Q355C
6	固化土	m^3	1500	2000	1800	61400	标准固化土
7	重防腐涂层	m^2	1971.11	2040.81	2064.36	71155.47	1000um
8		m^2	1784.71	1713.11	1715.22	60712.91	600um
9	外加电流	套	1.00	1.00	1.00	35.00	
合计	钢材	t	1591.99	1804.13	1744.28	59945.85	

表 2.3-10b 海缆登陆点工程量汇总表

序号	项目	规格	单位	数量
1	电缆沟	3m 宽，1.2m 深	m	330
2	铸铁套管		m	1000
3	混凝土连锁排		m2	10000
4	海堤护坡浆砌石处理		m3	1000
5	电缆标识和警示标识	钢材 50t，含指示灯等	项	1

2.3.8 施工人数

高峰期施工人数 450 人（海上 370 人，陆上 80 人），平均施工人数 380 人（海上 330 人，陆上 50 人）。

2.4 项目用海情况

（1）海域使用类型和用海方式

本项目用海类型为工业用海——电力工业用海；

用海方式有构筑物用海——透水构筑物用海，其他用海——海底电缆管道。

（2）用海面积

用海总面积 186.2705 万 m^2，其中风电机组基础（桩基基础）用海 35.6543

万 m^2，66kV 海底电缆用海面积 150.6162 万 m^2。

（3）用海期限

本项目申请用海期限 28 年。

3 工程分析

3.1 生产工艺和过程分析

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，以及升压站施工，电缆敷设等。运行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升压后送出接入电网。

3.1.1 施工期

根据前文“2.4 施工方案概述”，施工期间海上施工主要涉及的施工作业内容主要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）风机基础施工与吊装

风机基础施工与吊装施工工序和产污环节见图 3.1-1。

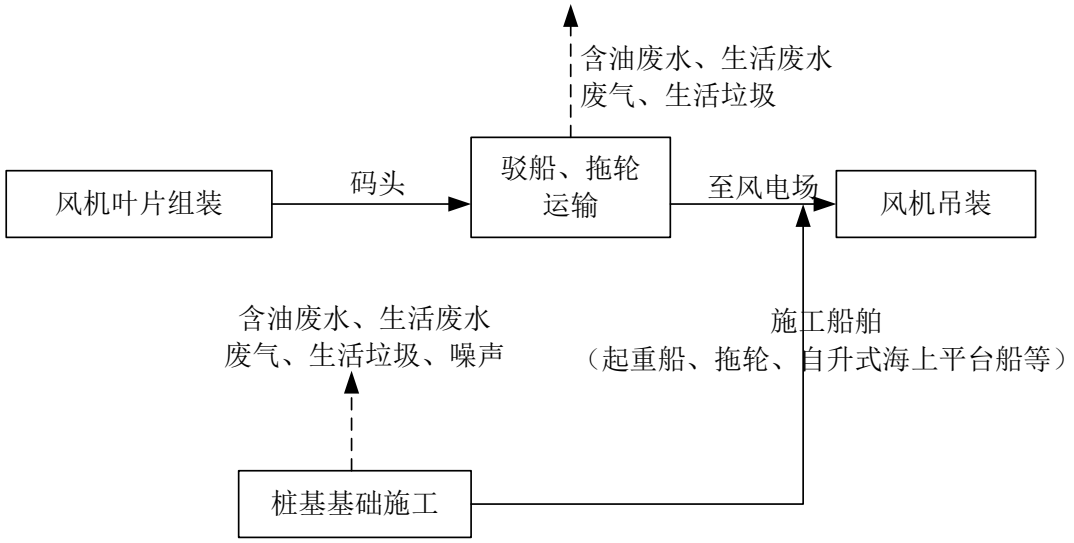


图 3.1-1 风机基础施工与吊装施工工序和产污环节图

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打桩时产生的悬浮物、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）电缆施工

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埋设电缆过程中高压水和挖沟犁联合作用产生的悬浮物。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 运行期

运行期仅是风电向电能的转化过程，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。升压站则有主变噪声、工频电磁场等。另外，风机运行维护船舶将产生少量的船舶废气、噪声、生活污水和生活垃圾，以及风机维护维修的少量废油。

本工程运行期间的运行工序及产污流程详见图 3.1-3。

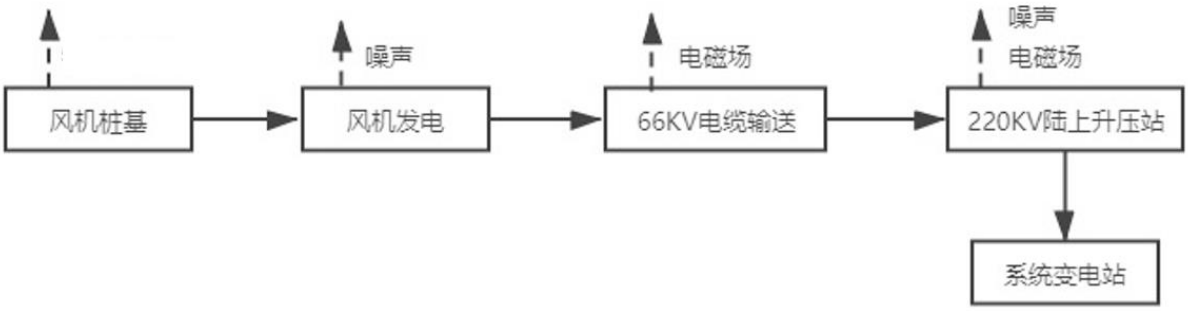


图 3.1-3　本工程运行期间的运行工序及产污流程图

3.2 工程各阶段污染影响分析

3.2.1 施工期污染影响分析

3.2.1.1 废水

（1）生活污水

根据工程可研报告，海上高峰期施工人数 370 人，陆上施工人数 80 人。海上生活用水量按 50L/人•d 计，陆上生活用水量按 100L/人•d 计，废水产生量按用水量的 80%计，则施工期产生的生活污水量约 24.9t/d，其中海上生活污水量为 18.5t/d，陆上生活污水量 6.4t/d。海上生活污水集中收集后运至岸上，与陆域生活污水一起清运至毛湾村农村生

活污水处理设施进行处理，见表 3.2-1。

表 3.2-1 生活污水主要污染物浓度

污染物	SS	COD	氨氮	动植物油	总磷
浓度(mg/L)	150	300	35	30	8

（2）施工机械油污水

工程施工期主要为海上作业，施工船舶 38 艘，主要为起重船、混凝土搅拌船、驳船和电缆敷设船等。施工机械油污水主要是施工船舶、设备产生的残油、废油及机舱油污水，其主要污染因子为石油类，浓度差异较大。

根据《水运工程环境保护设计规范》（JTJ149-1-2018），施工期船舶含油污水产生量为 17.62t/d，委托有资质的公司接收处理。不同吨位船舶含油污水产生量详见表 3.2-2。由于目前处于设计阶段，待施工单位确定后，由施工单位与相关有资质单位签订船舶油污水接收协议。

3.2-2 船舶舱底油污水量

船舶载重吨(t)	施工船舶数量(艘)	舱底油污水(t/d•艘)	小计(t/d)
500	25	0.14	3.50
500-1000	4	0.14-0.27	1.08
1000-3000	4	0.27-0.81	3.24
3000-7000	5	0.81-1.96	9.80
合计	38		17.62

注：舱底油污水量按上限取值。

此外，本工程陆域在 1#施工生产区设置机修保养场地，本着充分利用当地资源的原则，本工程不考虑机械设备的大修，只设置小规模的机械保养场地，主要承担施工机械的小修，大中修委托当地相关修理厂承担。1#施工生产区检修过程中含油废水产生量 0.1m^3/d，经隔油池处理后与生活污水一起清运至毛湾村农村生活污水处理设施进行处理。

（3）施工悬浮物

①风机桩基施工悬浮物

风机桩基和升压站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(>10mg/L)范围一般半径在 100m 内。

②电缆铺设悬浮物

近海区域电缆敷设考虑采用专业海底电缆敷设船进行敷埋施工，考虑到项目周边环境的敏感性，在和建设单位和设计单位沟通后，确定 66kv 海缆铺设速度控制在 3-5m/min，其中一般区域敷设速度为 5m/min，敷设深度为泥面以下 2m，跨越航道区域敷设速度为 3m/min，敷设深度为泥面以下 3m。施工悬浮泥沙主要由粘土质粉砂扰动产生，海洋中悬浮泥沙主要为粒径小于 4μm 黏土。根据水文测验报告，本工程区域底质主要为粉砂。根据同类项目类比，起沙率取保守值 15%。按电缆敷设深度分别为 2.0m 和 3.0m，沟槽底宽 1m，沟上顶宽 1.5m，开挖沟剖面为倒四边形。

泥沙干容重按照公式 $\gamma d=1750（D_{50}）^{0.183}$ 计算，D_{50} 为泥沙中值粒径，根据工程区附近海域沉积物粒度性质，工程区沉积物密度为 766.68kg/m^3。因此，一般区域电缆施工悬浮物源强为 2.5×5/60×766.68×15%=23.96kg/s；跨越航道区域电缆施工悬浮物源强为 3.75×3/60×766.68×15%=21.56kg/s。

工程海上施工期生活污水、施工污废水均收集运至岸上处理或由有资质单位接收处理，不排放入海。施工期污废水污染源统计见表 3.2-3。

表 3.2-3 施工期海水水环境污染源统计一览表

污染源	产生量	主要污染物	排放方式	拟采取措施
生活污水	24.9t/d	COD、NH_3-N、总磷	间断	收集经化粪池处理后清运至毛湾村污水处理设施处理达标后排放
机修含油废水	0.1t/d	石油类	间断	经隔油池处理后清运至毛湾村污水处理设施处理达标后排放
船舶含油废水	17.62t/d	石油类	间断	交由资质单位接收处理
风机桩基施工、升压站桩基施工	悬浮物浓度增加大于 10mg/L 的范围半径为 100m		间断	自然沉降
电缆铺设	23.96kg/s	悬浮物	自然排放	自然沉降

3.2.1.2 噪声

海上施工噪声源主要为风机和升压站基础打桩、施工船舶行驶和电缆线铺设等。

（1）施工机械

施工机械噪声主要为打桩噪声。

水下冲击打桩是海洋工程的典型主要强噪声来源，其特点为高声源级，单次冲击表现为脉冲式宽频波形，而对于一根桩柱需要多次冲击才能完成作业，因此表现为连续

多个脉冲的脉冲串。本工程采用液压打桩锤进行施工，属于水下冲击打桩方式。本工程单桩基础沉桩，选择 S-2000 型液压打桩锤作为首选锤型，S-2400 型液压打桩锤作为备选，属于水下冲击打桩方式。

本工程 38 台风机为单桩风机，根据厦门大学水下噪声及电磁影响报告专题，打单桩施工所产生的均方根声源级取 249/uPa-m dB。

（2）运输船只

施工设备、材料等运输将动用大量运输船只，这些运输船的频繁行驶经过和施工将对施工海域产生较大干扰噪声。船舶噪声包括机械噪声、螺旋桨噪声和水动力噪声，其中机械噪声和螺旋桨噪声为主要噪声源。船舶机械噪声是船上各种机械振动通过基座传递引起船壳振动并辐射至水下产生的噪声，其来源包括机械运动不平衡产生的噪声、机械碰撞噪声以及轴承噪声等。机械噪声与船速的关联度较低，在低速情况下，螺旋桨噪声和水动力噪声的强度相对较小，船舶噪声主要为机械噪声。在高速情况下，螺旋桨噪声成为船舶噪声的主要成分。螺旋桨噪声的来源包括螺旋桨叶片振动以及螺旋桨空化。

根据厦门大学在厦门五缘湾海域、珠海海域对海洋环境噪声与船舶噪声进行的记录，结果表明，一般货运船舶噪声的均方根声压级平均值约为 125.5dB/re1μPa，比海洋环境噪声提高了约 10~15dB/re1μPa。部分航速较快、吨位较大、航行中仍在施工或其他增大水下噪声的原因的船舶其峰值声压级可以达到 150dB/re1μPa 以上。

3.2.1.3 大气

工程在施工过程中所使用的施工船舶会产生一定量废气，主要污染物质包括 NOx、CO、SO_2 等。

工程施工船舶发电机功率按 2000HP 计，1HP 的功耗油按 150g 计，则单艘船舶每小时耗油量为 300kg。燃油以轻柴油计算，船舶 SO_2、NOx、CO 的源强如下：

（1）船舶 SO_2 源强

$Gs=2\times B_0\times S_0\times(1-\eta)$

式中：Gs—SO_2 排放量，kg；

B_0—燃油量，kg；

S_0—油中硫的含量，%；

η—SO_2 的脱除效率，%；

根据《船舶大气污染物排放控制区实施方案》，柴油中 S 的含量取 0.5%；船舶无脱硫装置，脱硫效率取 0，则单艘船舶每小时 SO_2 的排放量为：2×300×0.5%×(1-0)=3.0kg/h。

（2）船舶 NOx 源强

燃烧 1t 柴油约产生 12.3kg NOx，船舶每小时耗油量为 300kg，则 NOx 排放量约为 3.69kg/h。

（3）船舶 CO 源强

$$Gc=2.33\times B_0\times q\times C$$

式中：Gc—CO 排放量，kg；

B_0—燃油量，kg；

q—燃料的燃烧不完全值，取 2%；

C—燃料含碳量，85%~90%；

单艘船舶每小时 CO 的排放量为：2.33×300×2%×90%=12.58kg/h。

工程施工船舶平均数量为 38 艘，则船舶 SO_2、NOx、CO 每小时排放量分别为 114kg/h、140.22kg/h、478.04kg/h。

3.2.1.4 固体废弃物

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，施工期施工人数为 450 人，则生活垃圾产生量为 450kg/d。海上生活垃圾由施工船舶收集后运至陆域和陆上生活垃圾一并纳入当地垃圾处理系统处理。

3.2.1.5 环境风险

本工程施工期各类船舶数量较多，存在施工船舶之间以及施工船舶与渔船可能发生碰撞溢油事故风险。本工程施工船舶燃油一般实际载油量为 300t(5000 吨级船舶)，共计四个油舱，则单个油舱油量约为 75t，因此考虑最不利情况取 75t 作为泄漏事故预测的源强。

3.2.1.6 施工期污染排放量汇总

施工期污染物排放量统计见表 3.2-4。

表 3.2-4 施工期污染物排放量统计一览表

种类	污染源	污染物	产生量	削减量	排放量
悬浮泥沙	电缆铺设	SS	23.96kg/s	0	23.96kg/s
污水	生活污水	废水量	24.9m^3/d	0	24.9m^3/d
		COD	7.47kg/d	4.98kg/d	2.49kg/d
		NH_3-N	0.87kg/d	0.25kg/d	0.62kg/d
		总磷	0.20kg/d	0.12kg/d	0.08kg/d
	船舶含油污水	废水量	17.62t/d	17.62t/d	0
施工废气	船舶	SO_2	114kg/h	/	114kg/h
		NOx	140.22kg/h	/	140.22kg/h
		CO	470.04kg/h	/	470.04kg/h
固体废弃物	船舶	生活垃圾	450kg/d	450kg/d	0
施工噪声	施工机械和船舶	噪声	125.5-249dB	/	125.5-249dB
环境事故风险溢油	施工船舶	石油类	75t/次	/	/

3.2.2 运行期污染影响分析

3.2.2.1 废水

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污水量约为 6m^3，船舶生活污水收集后运至岸上，纳入陆上升压站生活污水处理系统经化粪池处理达到《农村生活污水处理设施污水排入标准》（DB33/T1196-2020）后用槽罐车送至毛湾村农村生活污水处理设施进行处理，废水经毛湾村农村生活污水处理设施处理达到《农村生活污水处理设施水污染物排放标准》（DB33/973-2015）二级标准后排入周边水环境。

3.2.2.2 噪声

工程运行期主要噪声源为风力发电机组运行产生的噪声，本工程风力发电机组声功率级在 100～106dB 之间。

3.2.2.3 固体废弃物

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。

风电机组等设备每年检修2次，定期更换齿轮箱润滑油等，平均残废油产量为2m^3/a。风机日常维护也将产生少量含油棉纱废物，根据同类工程类比情况，维护产生的废物量约为 100kg/a。运行期产生的废油、含油棉纱等均属危险废物，需由具备资质的专业处

置单位运至岸上进行妥善处置。由于目前处于设计阶段，尚未确定具体接收处置单位，在工程建成前建设单位须与相关有资质单位签订危险废物接收处置协议。

3.2.2.4 环境风险

工程单台风机内部设置变压器，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^3。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。

3.2.2.6 运行期污染物排放汇总

运行期污染物排放量见表 3.2-5。

表 3.2-5 运行期主要污染物排放情况

种类	污染源	污染物	产生量	消减量	排放量	拟采取措施
废水	运行维护生活污水	废水量	12m^3/a	0	12m^3/a	在船舶上收集后纳至陆上集控中心，回用处理
		COD	3.6kg/a	2.4kg/a	1.2kg/a	
		NH_3-N	0.42kg/a	0.12kg/a	0.3kg/a	
		总磷	0.096kg/a	0.06kg/a	0.036kg/a	
固体废物	运行维护生活垃圾		200kg/a	200kg/a	0	环卫部门清运
	废油、含油废物		1.7t/a	1.7t/a	0	委托资质单位处置
噪声	风机运转	噪声	106dB(A)	/	/	/
环境事故风险溢油	风机主变油	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^3/台	/	/	环境风险事故溢油防范措施

3.3 工程各阶段生态影响分析

3.3.1 施工期非污染环境影响源分析

3.3.3.1 对海洋生态和渔业的影响

海底泥沙再悬浮主要来自电缆沟开挖，增加所在海域的含沙量，降低海洋中浮游植物生产力，局部高浓度的悬浮物对浮游生物和鱼类等也可能造成伤害，使鱼类呼吸系统受到影响。风机基础钢管桩打桩噪声对海洋生物也可能产生影响，不同鱼类在不同声压级条件下会产生逃离、昏迷、死亡等的反应。

3.3.1.2 对鸟类的影响

工程施工期间，由于人类活动、交通运输工具、施工机械的机械运动等人为因素增加，近岸施工过程中产生的噪声、灯光等将对工程附近地区栖息和觅食的鸟类产生一定影响，使施工区域及周边区域中分布的鸟类迁移，导致数量减少、多样性降低。

3.3.1.3 陆生生态

陆缆开挖埋设施工区域现状植被覆盖率较小，主要为杂草，对陆生生态影响很小。

3.3.2 运行期非污染影响分析

3.3.2.1 海洋水文动力环境

风电场建成后，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，对项目海域的潮流场将产生一定影响，尤其是风机单桩基础周围的流速可能发生变化。

3.3.2.2 区域地形地貌和冲淤环境

工程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，分别有局部冲刷和淤积产生。

3.3.2.3 海洋生态和渔业生产

（1）海洋生态

风电场运行期对海洋生态的影响主要为运行期工程风机基础、升压站等永久占用海域，将减少底栖生物的栖息面积，对其造成一定的不利影响；工程风机基础同时增加了栖息空间，对鱼类和海洋生物的增加带来一定积极影响。

（2）渔业生产

目前，登陆海缆附近存在紫菜养殖活动，是开放式养殖，养殖时间 9～10 月至翌年 4～5 月。施工期悬浮泥沙可能影响紫菜的产量和质量，将与养殖户签订协议进行补偿。本项目风电场区周边存在数十座岛礁，该区域存在附近渔业的张网作业，本工程建成后确权海域将不能进行张网捕捞作业，对渔业生产产生一定影响。

（3）鸟类

工程施工期间，主要由于人类活动、交通运输工具、施工机械的机械运动，相应施工过程中产生的噪声、灯光等，可能会对鸟类迁徙、栖息和觅食等活动产生一定的扰动。

风电场运行时，一方面会引起鸟撞的发生从而直接给鸟类带来影响，同时也可能影响到鸟类的觅食。

3.3.2.4 通航环境

（1）施工期

①当施工船舶吊桩作业时，如果受风较大，吊缆容易发生晃动，有可能与施工船舶本身发生碰撞。风的作用可能会导致锚泊的工程船移位，或者辅助作业船舶脱（断）缆漂移。

②拟建工程与附近航线之间的影响主要体现在风电场工程施工期间施工船舶进出本项目海域时可能会利用周边航道，增加了该航线的水上交通密度，增大了船舶避让难度。

③海底电缆敷设深度选择为泥面 2.0m 以下。如果船舶抛锚于电缆埋设位置，存在破坏海底电缆风险。

（2）营运期

①拟建风电场工程周边最近航路为西侧 1.1km 的小船习惯性航路、北侧 1km 规划建设的外干门作业区进港航道和东侧 1km 的西航路。船舶航行中，可能出现失控的危险局面，船舶失控后受风、流影响会发生漂移现象，威胁到拟建工程的安全。

②根据国外风电场运行的经验，每台风机至少每半年要进行一次定期的维护保养，另外还有因风机设备故障而发生的临时性修理。人员进入风机，是对其进行检查、保养和维修的前提条件，但由于海上的风、流、浪、涌、能见度和潮汐等复杂因素的影响，在风浪较大的季节，可能会发生连续数天无法进入风电场或登上风电设施的情况。

3.4 环境影响要素识别和评价因子筛选

根据上述生产工艺过程及产污环节，进行环境影响要素识别分析，根据影响情况筛选主要评价因子。施工期及运行期影响评价因子详见表 3.4-1、表 3.4-2。

表 3.4-1 施工期环境影响评价因子一览表

影响因素	影响原因	影响范围	评价因子	影响程度	评价深度
海洋水质	施工悬浮物、施工污废水排放	风机及海底电缆沿线周边海域	悬浮物、COD、石油类	可逆，较小	详细评价
沉积物环境	施工污水排放及废弃物丢弃		沉积物质量，如石油类等	可逆，较小	一般评价
空气环境	施工机械和船舶废气排放	海上工程施工区域	TSP、NO_2、CO、SO_2	可逆，较小	一般评价
声环境	施工机械运行噪声、打桩水下噪声		L_{eq}、功率谱级、峰值声压级	可逆，较小	一般评价
海洋生态	悬浮物浓度增加、破坏浮游动植物及底栖生境	风机及海底电缆沿线周边海域	浮游植物、浮游动物、底栖生物、潮间带生物、渔业资源	部分不可逆，较大	详细评价
鸟类	施工活动干扰鸟类迁徙等	施工区附近的鸟类栖息地	鸟类数量、多样性	较小	详细评价
航运	施工影响附近船舶航行和渔船作业	海上施工海域及设备运输航线	通行船只数量、航行安全	可逆，较小	一般评价
渔业生产	影响渔业水域环境及生产活动	风机及海底电缆沿线周边海域	渔业生产面积、养殖等	部分不可逆，较大	详细评价
固体废物	施工人员生活垃圾	海上工程施工区域	垃圾排放量	可逆，较小	一般评价
环境风险	溢油事故	海上工程施工区域及周边海域	柴油	较大	详细评价

表 3.4-2 运行期环境影响评价因子一览表

影响因素	影响原因	影响范围	评价因子	影响程度	评价深度
海洋水文动力	对区域海洋水文动力环境造成一定影响	风电场附近海域	潮汐、潮流	不可逆，较小	详细评价
海洋地形地貌与冲淤环境	改变区域海域的地形地貌和冲淤环境	风电场附近海域及近岸	冲淤程度	不可逆，较小	详细评价
声环境	风机运行产生噪声	风电场区域	L_{eq}	较小	一般评价
电磁环境	输电线路产生电磁场	海上风电场区域	电、磁场强度	较小	一般评价
海洋生态	风机桩基破坏底栖生物生境	风机桩基周围	底栖生物量	部分不可逆，较小	详细评价
鸟类	旋转叶片对鸟类飞行有一定影响	鸟类迁徙、飞行路线	鸟类数量、多样性	中等	详细评价
社会经济	促进地区社会经济发展	风电场供电地区	可持续能源利用	较小	一般评价
航运、路由管线	风电场对航运交通、路由管线影响	风电场及电缆附近	通航安全、管线安全	较小	一般评价
渔业生产	影响常规渔业捕捞	征用海域	捕捞作业	较小	一般评价
固体废物	维护生产固废和维护人员生活垃圾	风电场	固废排放量	较小	一般评价
环境风险	油料泄漏	风电场及周边海域	绝缘油、脂油	较大	详细评价

4 区域自然环境和社会环境概况

4.1 工程区域自然环境概况

4.1.1 气候气象

（1）概况

象山县属于亚热带季风性湿润气候，冬季受北方冷高压南下影响，夏季受东南季风影响，同时受海洋对大气的调节影响，具有一定的海洋气候特性，夏无酷暑，冬少严寒，降水量充沛。

项目海域属于亚热带季风湿润气候区，风的变化具有明显季节特征：全年呈现两个常、强风向，偏北向（NW~NE）风占主导地位，合计频率占一半以上（54.0%）；偏南向（SE~SW）风合计频率仅占 32.9%。偏北风（6.3~7.5m/s）大于偏南风（4.1~6.4m/s）。各向平均风速最大值为 7.5m/s（分布在 NNW 向），其次为 7.2m/s（分布在 N 向）。

项目海域秋、冬季月平均风速明显地大于春、夏季。春、夏季（3~7 月）月平均风速在 4.7~5.6m/s 左右，小于年平均值（6.2m/s）；秋、冬季（9~翌年 2 月）月平均风速较大，除了 11 月份外（5.5m/s），一般大于 6.0m/s，10 月份最大，月平均风速高达 8.1m/s。

（2）气象要素统计

根据石浦气象站多年长期观测资料统计，多年平均气温 16.7℃，多年平均大气压 1001.3hPa，多年平均水汽压 17.3hPa。多年平均降水量 1425mm，年最大降水量为 1974mm，多年平均相对湿度为 80.3%。气象站多年平均大风日数 54.5d，年平均雷暴日数为 27.3d，年最多雷暴日数为 42d，年最大积雪深度为 1.5mm。多年气象要素统计表见表 4.1-1。

表 4.1-1 多年气象要素统计表

项目		单位	指标
气温	多年平均气温	℃	16.7
气压	多年平均大气压	hPa	1001.3
水气压	多年平均水汽压	hPa	17.3
降水	多年平均降水量	mm	1425
	年最大降水量	mm	1974
湿度	多年平均相对湿度	%	80.3
特殊性天气	年平均大风日数	d	54.5
	年平均雷暴日数	d	27.3
	年最多雷暴日数	d	42
	年最大积雪深度	mm	1.5

（3）区域风况分析

大陈气象站属国家基本气象站，有完整连续的气象观测资料，为海岛气象站，气象环境与风电场相似，本报告选大陈气象站为主要参考站。根据收集到的大陈气象站资料，风速年际变化直方图见图 4.1-1，大陈气象站历年逐月平均风速统计成果见表 4.1-3。气象站风速年内变化直方图见图 4.1-2，多年风向玫瑰图见图 4.1-3。

从大陈气象站 1983 年至 2020 年平均风速看，风速变化较平稳，近 38 年平均风速为 6.5m/s。从月平均风速看，1 月至 3 月、7 月至 12 月属一年中风速较大时段，4 月至 6 月是一年中风速较小时段。从风向玫瑰图来看，大陈气象站主要风向为 N、NNE、SSW，相应频率分别为 22.0%、21.0%、12.0%。

表 4.1-2　大陈气象站风速年际变化表

单位：m/s

年	平均风速	年	平均风速	年	平均风速	年	平均风速
1983	6.78	1993	6.02	2003	6.85	2013	6.66
1984	6.94	1994	5.85	2004	6.78	2014	5.87
1985	7.20	1995	6.03	2005	6.95	2015	6.08
1986	6.95	1996	6.30	2006	6.78	2016	5.97
1987	6.68	1997	6.18	2007	6.98	2017	6.27
1988	6.87	1998	6.75	2008	6.48	2018	6.03
1989	6.43	1999	6.41	2009	6.35	2019	6.07
1990	6.59	2000	7.14	2010	6.23	2020	6.40
1991	7.06	2001	6.81	2011	6.57		
1992	6.30	2002	6.45	2012	6.54		

表 4.1-3　大陈气象站历年逐月平均风速统计成果表

单位：m/s

月 年	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1
1983-2002	7.2	6.4	5.3	4.9	5.8	6.6	6.2	7.0	7.2	7.3	7.4	7.6
2003-2020	7.0	6.1	5.3	4.9	5.4	6.8	5.8	6.5	7.4	6.8	7.6	7.4

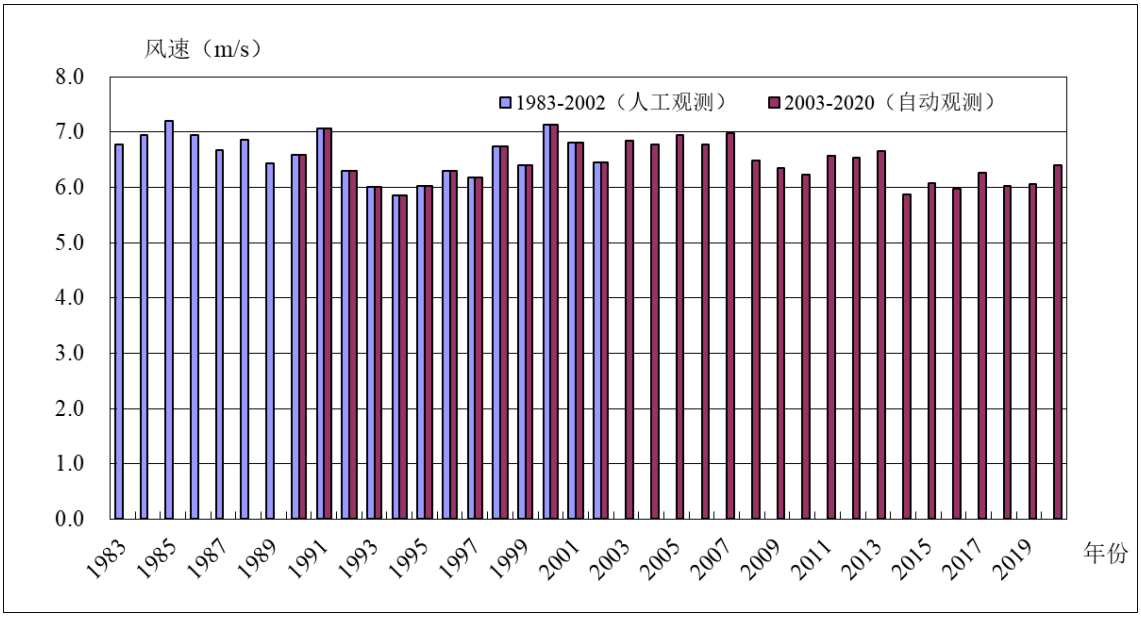


图 4.1-1　大陈气象站风速年际变化直方图

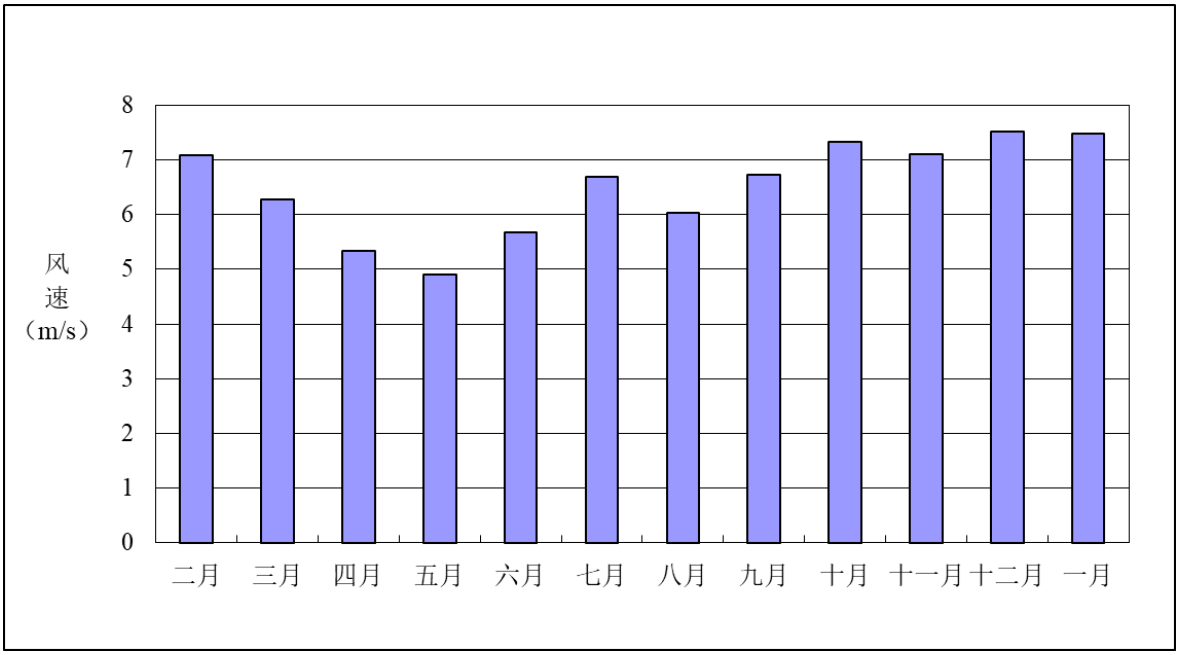


图 4.1-2　大陈气象站风速年内变化直方图（1983 年~2020 年）

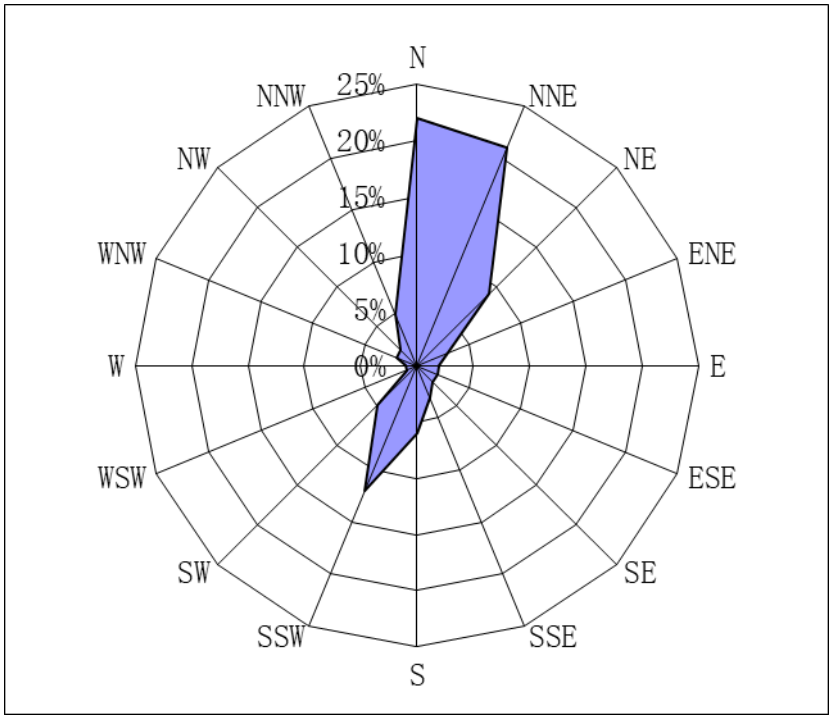


图 4.1-3　大陈气象站多年风向玫瑰图（C=2%）

4.1.2 海洋水文动力

见第五章。

4.1.3 地形地貌

4.1.3.1 地形地貌

中广核象山涂茨海上风电场项目位于象山东北部海域，属于东海水域，为滨海相沉积地貌单元，水下滩面远离岛礁区地形相对平缓，岛礁周围因岛礁影响，地形起伏较大。

本项目风电场地周边区域附近海域总体呈现出槽冲淤的态势。除道人山至炮台山一线由于道人山围涂工程南堤建设，2015 年 0m 等深线已基本消失。长沙码头往北区域，0m、5m、10m 等深线有所缩窄，推测可能受象山港口围涂工程影响，导致该区水深有所刷深。在太平岗以南海域，0m 等深线有所扩展，呈淤积状态。路由区以淤积为主，但冲淤幅度不大，海底冲淤基本稳定，可进行工程建设。

4.1.3.2 地质

根据《中广核象山涂茨海上风电场工程可行性研究报告》，拟建风电场上部为全新世（Q4）浅海相沉积的淤泥、淤泥质粘土、粉砂等，下部为晚更新世（Q3）

河口～滨海相沉积的粘质粉土、粉砂、粉质粘土、粉细砂，下伏侏罗系上统茶湾组（J3c）凝灰岩。场区地层自上而下分述如下：

③-1 层 淤泥：灰黄～灰色，流塑。土质不均匀，切面较粗糙，干强度高，韧性高，工程性能极差。该层全区分布，厚度一般为 10.60～24.00m。

③-2 层 淤泥质粉质粘土：灰色，流塑～软塑。土质不均匀，切面粗糙，干强度中等，韧性中等。该层局部分布，顶板标高为-10.60～-12.00m，厚度约 6.20～8.20m。

③-3 层 淤泥质粘土：灰色，流塑～软塑。土质均匀，切面光滑，局部偶见粉细砂团块及粉细砂微薄层，干强度中等，韧性中等。该层局部分布，顶板标高约-30.00m，厚度约 6.50～8.00m。

③-t 层 粉砂：灰绿～灰色，饱和，中密。砂质不纯，颗粒较均匀，局部夹淤泥质粘性土薄层， 层厚约 2.0cm。该层在勘察区以透镜体存在于③层内， 仅局部分布，顶板标高为-30.70m，厚度为 2.30m。

结合场区物探调查成果，③-1 层淤泥、③-2 层淤泥质粉质粘土、③-3 层淤泥质粘土、③-t 层粉砂为场区第二覆盖层，除局部受基岩起伏较大影响外，层底一般较平缓，层底高程在-22m～-32m 之间。

④-1 层 粉质粘土：灰黄、兰灰、灰色，可塑。土质不均匀，切面较粗糙，夹少量粉细砂薄层或团块，干强度中等～高， 韧性中等～高。该层分布广泛，顶板标高一般为-32.87～-37.96m，厚度一般为 4.90～10.50m。

⑤-1 层 粉砂：灰绿、灰黄、灰色，饱和，密实。砂质纯，颗粒均匀，局部偶见夹粘性土薄层。该层在勘察区分布广泛，顶板起标高为一般-37.70～-47.96m，厚度一般为 4.00～15.00m，局部厚度达 30.30m。

⑤-1t 层 粉质粘土：灰色，可塑。土质不均匀，切面较粗糙，混少量粉细砂，干强度中等～高，韧性中等～高。该层以透镜体的形式分布于⑤-1 层内，顶板标高一般为-50.46～-56.80m， 厚度一般为 6.10～10.30m。

⑥-1 层 粉砂：灰、灰黄色，饱和，密实。砂质纯，颗粒均匀，偶见夹粘性土薄层。该层在勘察区分布广泛，顶板标高为一般-60.38～-68.07m，未揭穿，揭露厚度为 17.00～28.00m。

结合场区物探调查成果，⑤-1 层粉砂、⑥-1 层粉砂为场区第三覆盖层，该层场区南侧层底高程在-68～-75m 之间，层底较平缓；场区中部和北部区域受基岩起伏较大影响，层底高程在-47m～-80m 之间不等。

⑥-2 层 粉质粘土：灰黄、灰绿色，硬塑。土质不均匀，切面较粗糙，夹少量粉细砂薄层或团块，干强度中等～高，韧性中等～高。该层在场区分布较广泛，顶板标高一般-62.26～-62.90m，未揭穿，揭露厚度为 11.30～14.40m。

结合场区物探调查成果，⑥-2 层粉质粘土为场区第四覆盖层，该层场区南侧层底标高在-110～-120m 之间，层底较平缓；受场区中北部基岩面起伏影响，该层自南向北层底逐渐抬升，北侧层底标高一般在-90～-100m 之间。

⑦-1 层 强风化凝灰岩：灰黄、灰白色，湿，密实。风化程度较高，结构模糊，大部分已风化呈砂砾状，粒径约 0.2～0.4cm，局部达 2.0～3.0cm，局部见少量碎块石，工程性能好～良好。仅局部揭示，顶板标高为-76.46m，已揭示厚度为 3.10m。

4.1.3.3 地震

工程区位于浙江省东北部，处于长江中下游地震区下扬子－南黄海地震带南缘，弱震、小震比较频繁，无强震记录，地震影响主要来自南黄海地震、溧阳地震及台湾地震。据记载，距工程区最近的为 1523 年镇海及 1855 年 3 月 17 日嵊泗西北海中均发生 4¾级地震。

参考邻近场地地震安全性评价成果，本场区II类场地地震动峰值加速度为 0.05g，相当于地震烈度VI度。

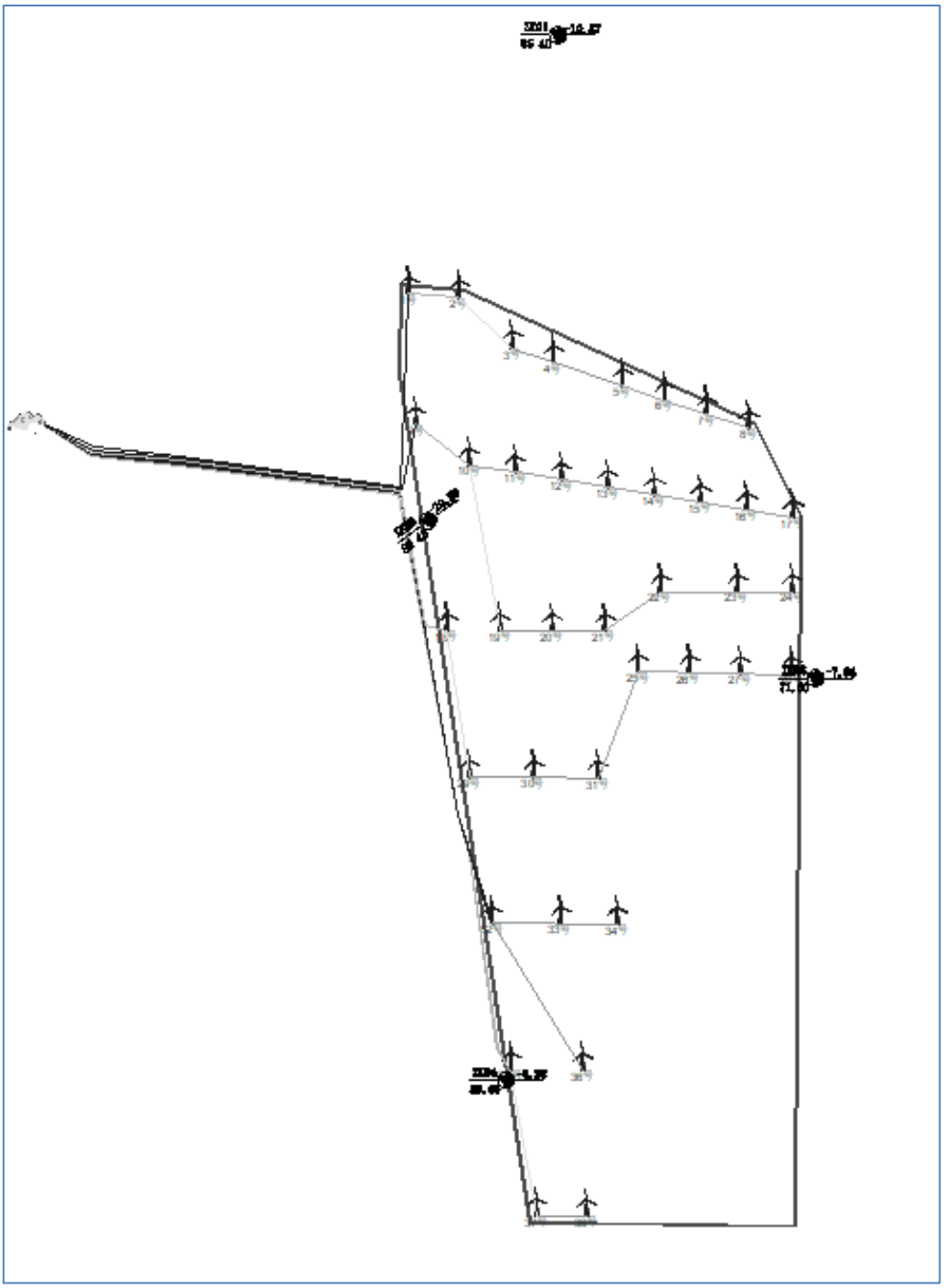


图 4.1-5 地质勘探平面位置图

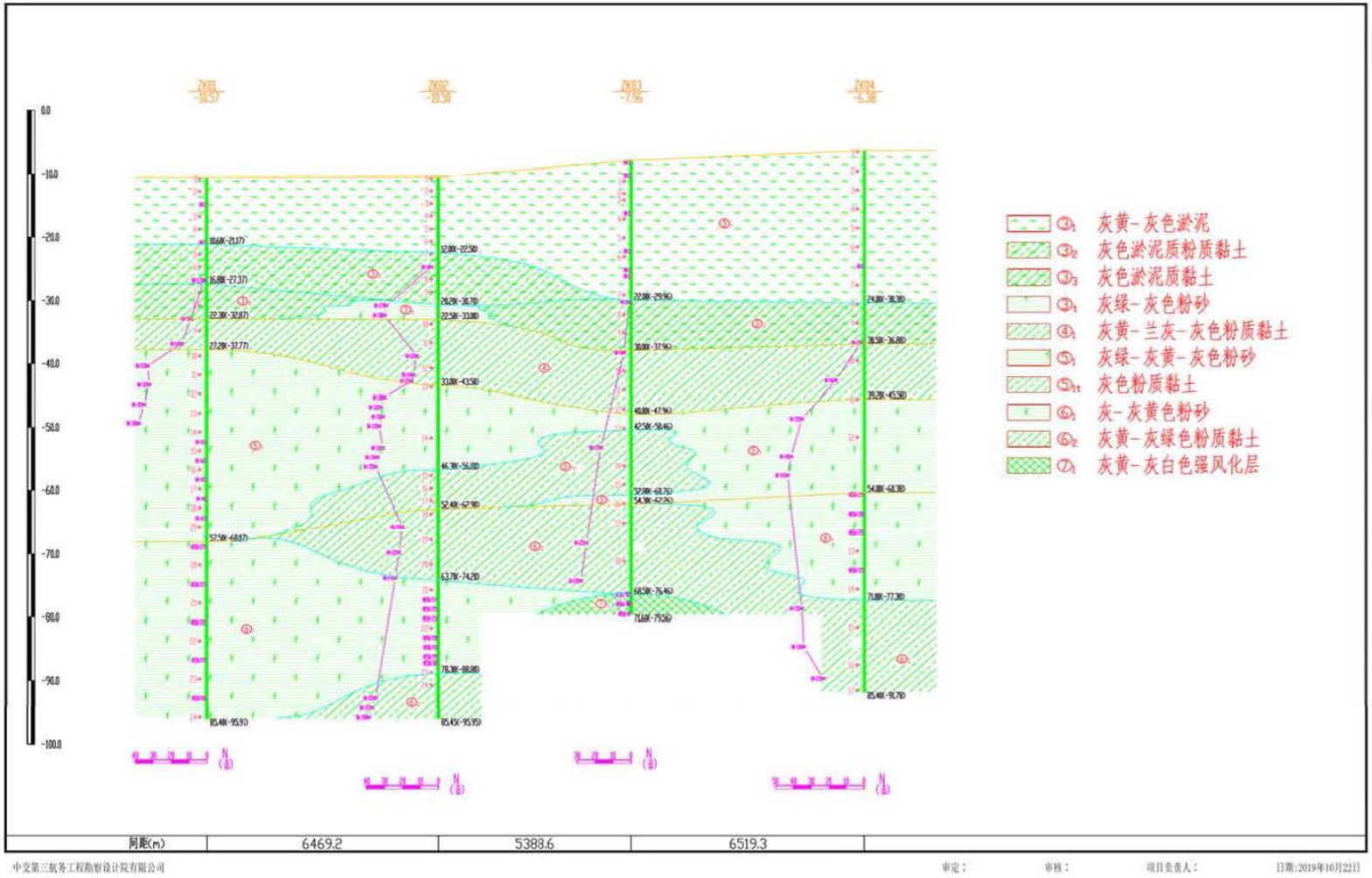


图 4.1-6 工程地质剖面图

4.2 工程区域社会环境概况

4.2.1 社会经济概况

根据《2020 年宁波市国民经济和社会发展统计公报》，2020 年全市实现地区生产总值 12408.7 亿元，按可比价格计算，比上年增长 3.3%。分产业看，第一产业实现增加值 338.4 亿元，增长 2.1%；第二产业实现增加值 5693.9 亿元，增长 3.0%；第三产业实现增加值 6376.4 亿元，增长 3.6%。三次产业之比为 2.7∶45.9∶51.4。

全年全市完成财政总收入 2835.6 亿元，比上年增长 1.8%，全年全市完成一般公共预算支出 1767.9 亿元，增长 10.9%。全年全市完成农林牧渔业增加值 352.4 亿元，比上年增长 2.3%。全年全市实现工业增加值 5045.6 亿元，比上年增长 3.6%；规模以上工业增加值增长 5.2%，其中民营企业增加值增长 7.1%；全年全市规模以上工业企业完成销售产值 17608.6 亿元，增长 0.6%；规模以上工业企业完成利税总额 2329.8 亿元，增长 11.4%。全年全市固定资产投资比上年增长 5.5%。

象山县是中国浙江省宁波市下辖县，位于东海之滨，居长三角地区南缘、浙江省东部沿海，三面环海，两港相拥。2017 年末，全县辖有 3 个街道、10 个镇和 5 个乡，共有 47 个社区居委会（按 2017 年统计用区划代码计数则为 49 个）和 490 个行政村，常住人口 52.6 万，户籍人口 55.0 万。

根据《2020 年象山县国民经济和社会发展统计公报》，2020 年全县地区生产总值 563 亿元，按可比价格计算，比上年增长 1.6%。分产业看，第一产业增加值 81.69 亿元，增长 2.7%；第二产业增加值 234.65 亿元，增长 0.4%；第三产业增加值 246.67 亿元，增长 2.4%。三次产业结构比例为 14.5:41.7:43.8。按户籍人口计算，人均生产总值 103226 元，比上年增长 1.8%。全年完成财政总收入 81.68 亿元，比上年增长 6.3%，一般公共预算支出 83.96 亿元，增长 8.4%。

全年完成农林牧渔业增加值 84.16 亿元，比上年增长 2.9%。全年规模以上工业完成增加值 137 亿元，比上年增长 3.3%。规模以上工业企业完成利税 66.61 亿元，增长 9.6%，其中利润 43.55 亿元，增长 21.4%。规模以上工业产销率 95.3%，营业收入利润率 8.2%，分别比上年提高 1.9 个、1 个百分点。全县规模以下工业增加值增长 2.7%。全年完成固定资产投资比上年增长 3.5%。一、二、三产业完成投资分别增长 202.2%、19%和下降 4%。

4.3 工程区域海洋资源和海域开发利用与保护概况

4.3.1 工程区域海洋资源

4.3.1.1 锚地资源

目前本项目场区附近仅有一块已建成锚地，即条帚门南锚地，另外风电场附近规划锚地有六横南锚地（规划）、象山港内#1 锚地（规划）。

（1）条帚门外锚地

原象山港外候潮锚地取消，调整至进港航道北侧的条帚门南锚地内，该锚地功能为进出条帚门（包括梅山港区）、六横港区临港工业及配套码头区、象山港等 20 万级及以下船舶的待泊、引航、候潮锚地、兼顾舟山保税燃油供应。锚地水深约 10~32m，面积 32.8km^2。

（2）规划六横南锚地

位于六横岛南、鸦鹊礁东、春晓油气田管道北侧，锚地功能主要为六横临港工业及物流园区 2 万吨级以下船舶港内待泊、避风锚地。锚地水深约 7~13m，整体呈南浅北深、东浅西深，面积 6.0km^2，锚地边线距六横南侧进港航道边线最近距离仅约 490m。

（3）规划象山港内#1 锚地

该规划锚地位于象山港内、贤庠作业区北侧，距离象山港大桥 3km，为港内贤庠等作业区 2 万吨级及以下船舶的待泊锚地。锚地水深约 8.5~13m，面积 7.8km^2。

4.3.1.2 航道资源

工程区附近主要的航道资源为象山港进港航道、西航路、沿岸小型船舶航路，以及规划的外干门航道和六横南侧进港航道。

4.3.1.3 海岛资源

本项目风电场布置于位于浙江省宁波市象山县东北部海域，根据《浙江省海岛保护规划（2017-2022 年）》风电场位于象山乱礁洋岛群（IV-06）内，风电场内有小红岩岛、大红岩礁、柴山礁、东柴山岛、小柴山岛、灯笼块礁、灯笼山礁、灯笼石礁、灯笼小礁等无居民海岛。风电场连陆海缆经过象山道人山岛群（IV-05），附近有大野猪礁、小野猪礁、对棋山礁、大捕山岛、小捕脚岛、四角山岛等。

象山乱礁洋岛群（IV-06）为一般保护型，共 19 个海岛，陆域总面积约 12.5 公顷，其中陆域面积最大的海岛为下四礁，面积约 2.1 公顷。对棋山礁、大红岩礁、下四礁等岛上建有航标灯塔等设施。

象山道人山岛群（IV-05）为一般保护型，共 38 个海岛，陆域总面积约 155.5 公顷，其中陆域面积最大的海岛为道人山岛，面积约 122 公顷。鸡娘礁和红生礁等岛上建有航标灯塔等设施。大凉帽屿、道人山岛、小凉帽礁、鸡冠嘴礁等海岛已与大陆相连。

4.3.1.4 旅游资源

涂茨镇下辖 21 个行政村，有着丰富的旅游资源，境内有“海山仙子国，万象画图里”的乱礁洋，东方不老岛——道人山，象山百里黄金海岸起始沙滩——长沙，象山港守护——外干门港，宁波最神秘山峰——珠山等自然景观，山海旅游资源丰富。其中道人山和乱礁洋两景点已被列入象山县黄金海岸旅游带规划。

4.3.1.5 风能资源

引用《中广核象山涂茨海上风电项目可行性研究报告》（华东勘测设计研究院有限公司，2021 年 10 月）中的相关资料。

1994#、1995#测风塔 127m 高度年平均风速分别为 6.70m/s、6.81m/s，年平均风功率密度为 352W/m^2、368W/m^2，风功率密度等级为 2 级，风能资源具有一定的开发价值。

风速年内分布不均匀，变化范围较大，1994#、1995#测风塔最大月平均风速出现在 12 月份，月平均风速分别为 8.0m/s、8.2m/s，最大月平均功率密度出现在 8 月份，最大平均功率密度分别为 621W/m^2、636W/m^2。1994#、1995#测风塔最小月平均风速出现在 6 月份，月平均风速分别为 5.3m/s、5.4m/s，最小月平均功率密度出现在 6 月份，最小平均功率密度分别为 179 W/m^2、185W/m^2。

1994#、1995#测风塔塔顶高度主导风向均为 N，对应频率分别为 18.47%、18.85%；主要风能方向与主导风向基本一致，均为 N 和 NNW，相应频率分别为 23.71%和 17.70%和 21.17%、21.81%。

从风速风功率日变化曲线上看，风速存在明显日变化，上午 8 时为风速低谷时段，上午 9 点左右风速开始逐渐增大，下午 4 点左右风速达到峰值，日落之后风速开始逐渐减小。风功率密度的日变化情况与风速基本一致。

经统计，测风年（2019.2～2021.1）1994#塔 127m 高度有效风速小时数（3～25m/s）为 15826h，在 3m/s～25m/s 之间的风速频率为 90.2%，风能频率为 98.6%；1995#塔

127m 高度有效风速小时数（3～25m/s）为 15884h，在 3m/s～25m/s 之间的风速频率为 90.5%，风能频率为 98.0%。

4.3.2 工程区海域开发利用

象山涂茨海上风电场位于浙江省宁波市象山县东北部海域，向西北 2.7km 为东屿山岛，东靠牛鼻山水道（即西航路），向东 5km 为普陀 6 号海上风电场。场区中心点离岸距离约 8.2km，周边主要海洋开发利用活动为航道、锚地、海底管道用海、风电场。

本项目海缆登陆点 LP1 选址于涂茨镇毛湾猫头咀，附近周边主要有围涂工程、海堤、水闸、码头、渔港、浅海养殖等开发利用活动。

（1）港口

根据《宁波－舟山港总体规划（2014-2030 年）》，本风电场区附近海域港口主要为象山港区（见 4.3-1），主要服务地方经济、临港产业和旅游客运发展，港区陆域范围象山湾两岸，西起强蛟，东至外干门，港区划分为松岙、强蛟、西周、贤庠、外干门共 5 个作业区。松岙作业区位于小列山至盘池山沿岸，强蛟作业区位于白象山西侧沿岸，西周作业区为海螺水泥码头至大唐乌沙山电厂码头，贤痒作业区位于西泽至内门山沿岸，外干门作业区位于湾口东侧外干门一线，主要布置海洋产业及配套码头区。象山港港区的最大泊位等级为 5 万吨级（浙江国华浙能电厂），其他大部分为中小型码头，其中公共货运码头仅有宁海磨盘山 5000 吨级码头和象山西泽 5000 吨级战备码头。

本项目风电场位于港区东南侧，已避开港区各作业区，距最近的外干门作业区约 5km。

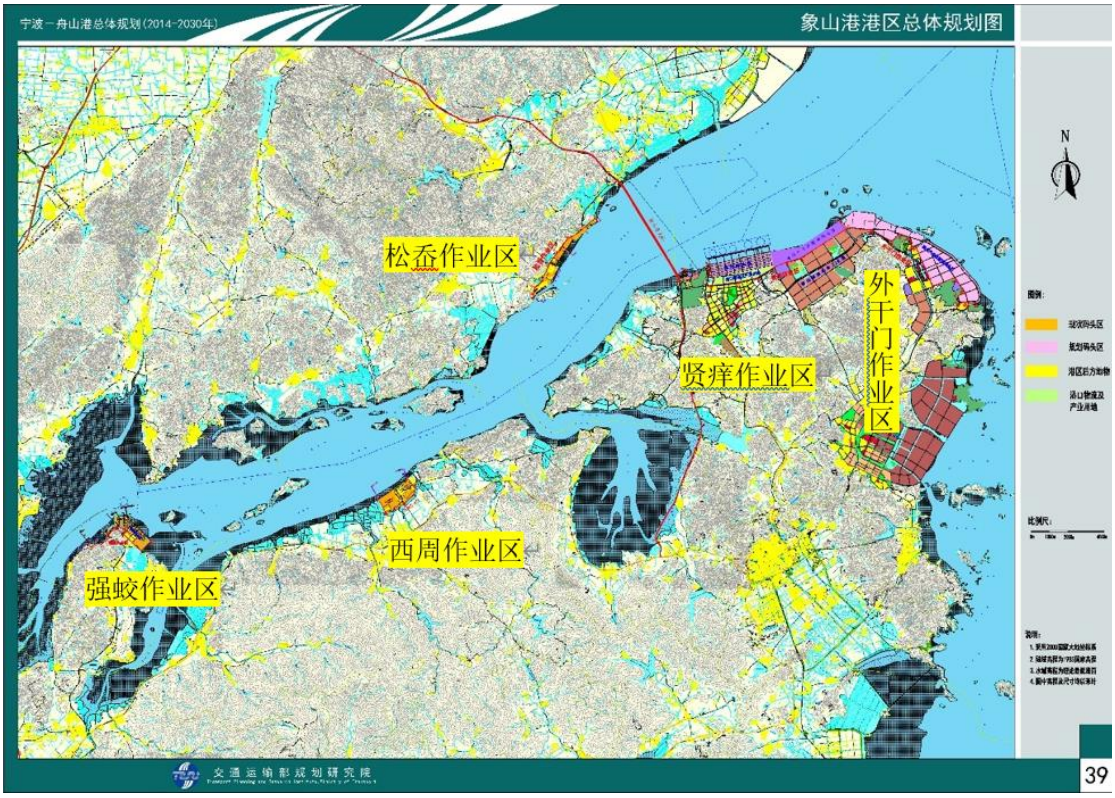


图 4.3-1　《宁波-舟山港总体规划》—象山港区规划图

（2）航道

依据《宁波-舟山港总体规划（2014-2030 年）》《宁波－舟山港航道与锚地专项规划》，工程区附近主要的航道资源为象山港进港航道、西航路、沿岸小型船舶航路，以及规划的外干门航道和六横南侧进港航道。本项目与各航道之间的位置关系见图 4.3-2。

1）象山港进港航道

象山港进港主航道：该航道是进出象山港区的两条现状航道之一。船舶由六横岛东侧起，经象山港外锚地起经西磨盘、牛鼻山水道、小东屿、鹊礁、双德山、深水角、风水礁至国华宁海电厂码头，其中进港主航道在大猪娘礁附近分支进入乌沙山电厂码头航道，航道全长约 79km，为国华宁海电厂和大唐乌沙山电厂运煤船舶进港主航道。航道最浅水深 7.8m，设计深度 13.0m，航道宽度 300m，可满足 3.5 万吨级散货船乘潮进港，浅吃水经济型 3.5 万吨级散货船（满载吃水 10.0m）乘潮通航保证率约为 90%，其中象山港大桥通航等级为 5 万吨级，根据《宁波-舟山港总体规划（2014~2035 年）》，象山港进港航道远期规划扩建 5 万吨级双向通航，航道宽度 350m。

本项目位于象山港进港主航道南侧，最近距离约 5km。

2）规划外干门航道

根据《宁波－舟山港航道与锚地专项规划》，在象山港区规划建设象山港外干门作业区进港航道，该规划航道口外段仍利用现有象山港区航道。航道位于外门山和张咀山之间水域，中间有外干门岛相隔。外干门岛以北区域规划航道从双泡礁北侧进入，规划航道全长约 7.4km，按 2 万吨级船舶双向通航控制，航道宽度 300m，设计通航水深 12.5m，航道需疏浚后乘潮通航；外干门岛以南区域规划航道从东屿山南侧进入，口外从西磨盘礁北侧起，沿东屿山南、瓦牌礁北进入港区，并与北侧规划航道连接。规划航道全长约 20.4km，按 2 万吨级船舶双向通航控制，航道宽度 300m，设计通航水深 12.5m，航道需疏浚后乘潮通航。

本项目位于规划外干门作业区航道南侧，最近距离约 1km。

3）西航路

西航路自长江口南支灯船起，从经过东海大桥主通航孔至鱼腥脑灯塔方位 96°距离 4.6 海里处，或经金山航路经大戢山西、洋山东支航道、金山航道，至唐脑山南侧转航向 226°，至鱼腥脑灯塔方位 96°距离 4.6 海里处南行，经西堠门大桥或金塘大桥南下，接宁波舟山港核心港区船舶定线制后，在小洋猫灯桩南侧经佛渡水道、双屿门、牛鼻山水道、西磨盘礁西、半潮礁西、乌礁东、油菜花峙至石浦港东侧水域。主要服务 5000 吨级及以下中小型船舶。航路北段与长江口南槽交通流支流衔接，南段向南延伸与福建沿海推荐内航路衔接，航路宽度为中心线两侧各 1 海里。

根据 2021 年 8 月 30 日浙江海事局关于调整浙江沿海主要公共航路的公告，原西航路在本项目附近位置航段整体向东移约 550m，坐标如下表 3.4-1 所示。项目场区附近主要的现状与规划航路（航道）如下图所示。

本项目位于西航路西侧，与西航路西侧航道边线的最近距离约 1.05km。

表 4.3-1 局部调整西航路转向点位置坐标列表

转向点	中心线坐标		航向/航程	概位	宽度
	纬度	经度			
1	29°42.60′N	122°01.82′E	154°/9.69nm	双屿门	2 海里
2	29°33.90′N	122°06.70′E	180°/27.02nm	西磨盘礁	
3	29°06.90′N	122°06.70′E	193°/21.92nm	檀头山	

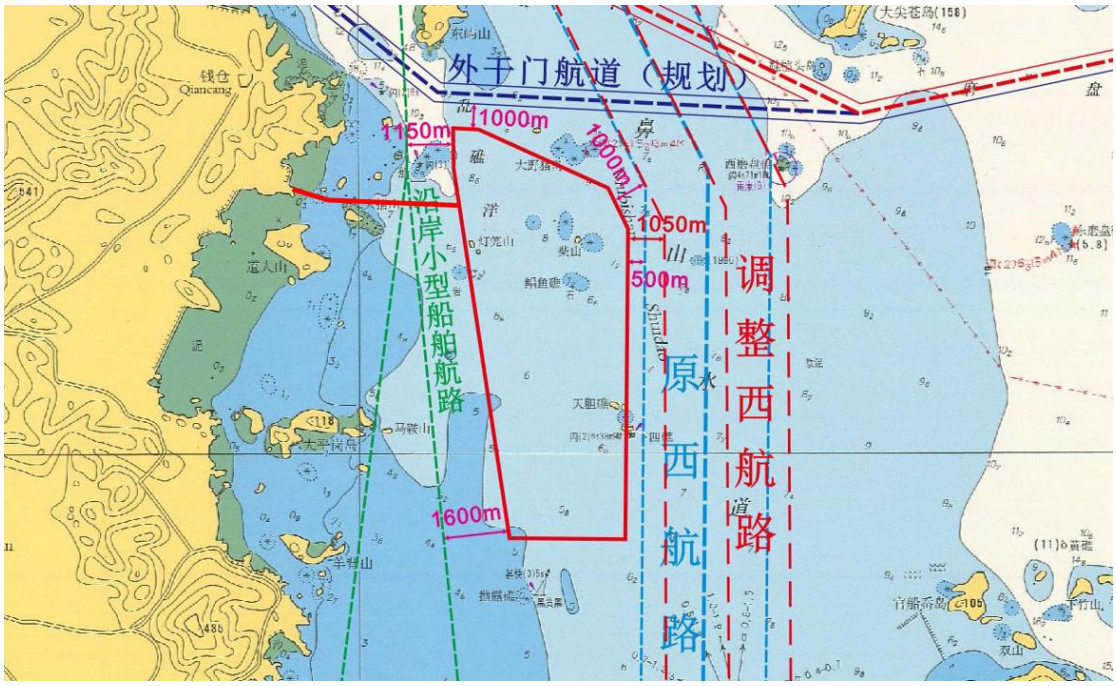


图 4.3-2 本项目附近航道、航路分布图

4）沿岸小型船舶航路

西航路还有部分小型船舶驶出双屿门后，以航向 192°驶往东屿山-西屿山之间的狭窄航门，然后以航向 174°直接贴近稻蓬山、大捕山、大岩洞岛、大漠山西（或东）、大目山西（或东）、长山咀东南下接石浦港铜瓦门航路，主要为 500~1000 吨级小型船舶习惯航线，通航等级较低。

本项目场区内海缆路由避开该航道，最近距离 1150m，但场区西侧连陆海缆路由穿越沿岸小型船舶航路，海缆在此区应适当深埋。

5）规划六横岛南侧进港航道

六横岛南侧进港航道为配合沙头山作业区黄风咀至短礁咀岸线码头泊位建设、海洋产业集聚区发展而规划。航道由东航路起、经条帚门航道南侧，沿大黄帽礁南、菜子岛北西向至六横南临港工业及物流园区，并在鸦鹃礁西侧与西航路相连通。航道全长约 47.3km，最浅水深位于大蚊虫岛南 9.8m。规划航道为 5 万吨级双向乘潮航道，规划航道通航水深 15.0m，自然水深段航道控制宽度 800m。 本项目不占用该航道，位于该航道西南侧，相距约 10km。

（3）锚地

目前本项目场区附近仅有一块已建成锚地，即条帚门外锚地，另外风电场附近规划锚地有六横南锚地（规划）、象山港内#1 锚地（规划）。

条帚门外锚地位于六横岛南侧，该锚地功能为进出条帚门（包括梅山港区）、六横港区临港工业及配套码头区、象山港等 20 万级及以下船舶的待泊、引航、候潮锚地、兼顾舟山保税燃油供应。锚地水深约 10~32m，面积 32.8km^2。

规划六横南锚地位于六横岛南、鸦鹊礁东、春晓油气田管道北侧，主要为六横临港工业及物流园区 2 万吨级以下船舶港内待泊、避风锚地。锚地水深约 7~13m，面积 6.0km^2。

规划象山港内#1 锚地位于象山港内、贤庠作业区北侧，距离象山港大桥 3km，为港内贤庠等作业区 2 万吨级及以下船舶的待泊锚地。锚地水深约 8.5~13m，面积 7.8km^2。

本项目距条帚门外锚地、规划六横南锚地、规划象山港内#1 锚地最近距离分别为 15km、9km、20km。

（4）助航设施

本工程附近水域的助航标志较为完善，沿途设有灯桩、灯浮等多座助航标志，满足船舶进出本工程水域的要求。风电场区内有一座柴山灯桩，场区北侧较近处有一座东小野猪礁灯桩。

柴山灯桩位置为 29°33.4′ N，122°04.1′ E，灯质为闪白 2 秒，灯高 15.3m，射程 4 海里，构造为黑白相间横带圆柱形混凝土，7.3m。

东小野猪礁灯桩位置为 29°34.8′ N，122°04.2′ E，灯质为闪（2）红 5 秒，灯高 14.5m，射程 4 海里，构造为红白相间横带圆柱形混凝土，7.3m。

鸡娘礁灯桩：位置为 29°35.8′ N，122°00.4′ E，灯质为闪（2）白 6 秒，灯高 17m，射程 4 海里，构造为白色圆锥形，7.0m。

到目前为止，宁波船舶交通管理系统已形成十五站一中心的格局，拥有北仑山、大榭、峙头、虾峙、游山、大鹏山、穿鼻山、东浪咀、荒屿山、象山角、松兰山、檀头山、南田、黄岩头、元山共 15 个雷达站和宁波海事局船舶交通管理中心。

（5）海底管线

工程区海域海底管线较少，已建的海底电缆管道主要为东海春晓气田群海底管道。该海底管道将春晓气田所产天然气通过海底管道输送至宁波春晓处理站，管道全长约

350km，于 2005 年建成。春晓气田群海底管道用海于 2004 年确权，权证号：041100023，使用权人为中海石油（中国）有限公司。

本项目风电场位于春晓管道西南侧，最近相距 5.8km。

（6）围填海工程和海岸防护工程

①道人山围涂工程

道人山围涂工程位于象山县东部白岩山一期标准海塘东侧，东临大目洋，为省、市重点工程，主要任务是围涂造地补充耕地及发展海水养殖业、种植业等综合农业，通过围涂工程的建设，提高该区域的防潮能力。工程围涂面积约 2.14 万亩，新建 50 年一遇标准海塘长 5345m（由猫头咀－道人山－馒头山－炮台山三段海堤组成），新建水闸 3 座净孔 84m，以及配套的纳排河道、交通桥、交通堤、船闸、防波堤等工程。项目于 2011 年 6 月开工，2014 年 12 月完工。

本项目连陆海缆路由登陆点该围涂工程北堤北侧的猫头咀，不经过北堤。北堤自猫头咀－道人山，按 50 年一遇标准建设，总长 840m，堤顶高程 8.2m。堤顶路面高层 7.4m，宽度为 6m，采用混凝土路面。海堤背水坡为浆砌石结合拱圈植草护坡，现场照片见图 4.3-3 至图 4.3-5。

②水闸和船闸

猫头咀水闸：位于道人山围涂工程北堤北端，本项目连陆海缆登陆点南侧，最近距离约 160m，该水闸水闸净宽为 9m（3 孔×3m），闸底高程为-2m，闸顶高程为 9.4m。闸室的结构型式为胸墙式，采用钢筋混凝土。闸上交通桥宽度 5m，高程 7.4m，与道人山围涂工程北堤平顺连接，现场照片见图 4.3-5。

竹湾船闸：位于道人山围涂工程北堤南端，道人山北侧竹湾咀，本项目连陆海缆西南侧，最近距离约 860m，为后缘渔港船舶进出通道。船闸位于规模 1 孔 10m，启闭机采用卷扬式双吊点启闭机，单台功率 26kW，现场照片见图 4.3-3。

③宁波市水产种业园区填海工程

宁波市水产种业园区位于猫头咀西北侧，与登陆点相距约 270m。该园区属于围填海工程，由象山县农业发展投资有限公司于 2010 年左右年实施，用海面积为 42.5778 公顷。目前该园区内主要为道路和水产围塘养殖，现场照片见图 4.3-7。

（7）码头

①象山县道人山海防执勤码头工程

象山县道人山海防执勤码头工程位于道人山围涂工程北堤南侧，码头为岸壁式，前沿停船区为斜坡式，长约 50m，该码头直面东海，风浪大，泊稳条件不佳，为此在码头调头回旋区前设置非透式大“V”型防波堤，长约 160m，该防波堤也有利于附近渔船安全进出竹湾船闸（现场照片见图 4.3-3）。海上风电场位于该码头外侧约 4.5km，连陆海缆位于该码头北侧，最近距离约 700m。

②猫头咀码头

本项目连陆海缆登陆点北侧为猫头咀码头，为突堤式重力码头，为当地渔民渔船靠泊所用（现场照片见图 4.3-6），由涂茨镇毛湾村管理，码头与登陆点之间的距离约 60m。



图 4.3-3　道人山围涂工程北堤南段附近现场照片



图 4.3-4　竹湾船闸及后方渔港现场照片



图 4.3-5　道人山围涂工程北堤北段附近现场照片

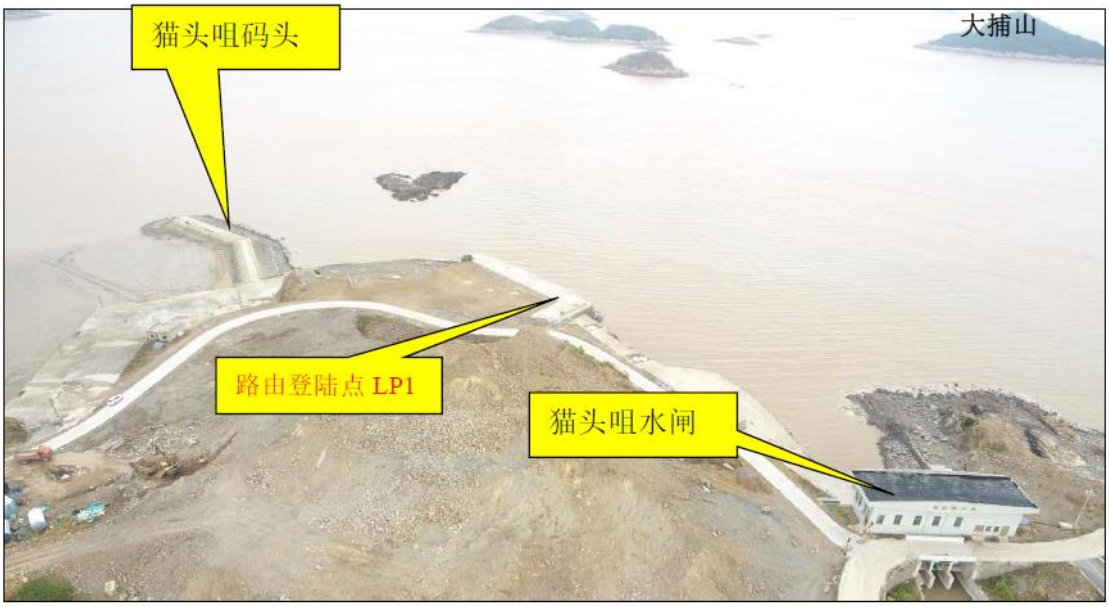


图 4.3-6　猫头咀码头及附近现场照片



图 4.3-7　宁波市水产种业园区现场照片

（7）渔业活动

①养殖用海

根据象山县最新的养殖调查成果，本项目风电场区西侧存在部分开放式养殖，主要养殖贝类和藻类，总用海面积为 139.8329 公顷，具体见表 4.3-2 和图 4.3-8（图中序号与表中序号一致）。

表 4.3-2 本项目附近海域开放养殖情况统计表

序号	用海主体	用海面积（公顷）	养殖方式	养殖种类	承包承租方
1	宁波浮田生物技术有限公司	43	筏式养殖	藻类	/
2	象山县涂茨镇农业农村办公室	2.2562	筏式养殖	藻类	楼财友，肖若苗，莫根土
3		0.9044	筏式养殖	贝类	王林凯
4		1.0379	筏式养殖	贝类	郑水挺
5		1.0341	筏式养殖	贝类	夏增乾
6		5.8908	插网养殖	贝类	陈夏忠
7		2.1344	筏式养殖	贝类	夏增乾
8		2.9065	筏式养殖	藻类	孙宾富
9		16.8503	筏式养殖	藻类	冯海航
10		1.6462	筏式养殖	藻类	王成良
11		0.7862	筏式养殖	藻类	林国营
12		4.9504	筏式养殖	藻类	林国营
13		29.7538	筏式养殖	藻类	陈祖根，高文权，乐振品，戎良革，王成良，王绍峰，严春祥，张满仓，王传国，严永诚，叶成军
14		16.2755	筏式养殖	藻类	高文权，张满仓，乐振品，章华葵，叶成军，张选华
15		4.4181	筏式养殖	藻类	李永平，蔡武昌，孙和平
16		0.7713	筏式养殖	藻类	李永平，蔡武昌，孙和平
17		0.5234	筏式养殖	藻类	张满仓
18		0.4913	插网养殖	贝类	李永平，蔡武昌，孙和平
19		1.4734	插网养殖	贝类	何兴吉和何兴国
20		1.6762	筏式养殖	藻类	薛建尺，胡凯平
21		0.6764	筏式养殖	藻类	周秀成



道人山东侧紫菜养殖（莫根土）



四角山西北侧贝类养殖



猫头咀北侧筏式贝类养殖



外干门岛南侧牡蛎养殖

图 4.3-8　本项目附近海域养殖用海现场照片

② 渔业捕捞

本项目风电场区周边存在数十座岛礁，该区域存在附近渔业的张网作业，季节性采捕鳗苗等。主要渔民来自涂茨镇和石浦镇一带。据调查，涂茨镇现有渔船 119 艘，其中 30~50 吨渔船 6 艘，其余均为 10 吨以下的小渔船。

（8）海上风电项目

国电普陀 6 号海上风电项目位于舟山市六横岛东南侧海域，项目总投资约 41 亿元。整个风电场用海面积约为 50km2，装机容量 252MW，布置 63 台单机容量 4.0MW 的风电机组，风机基础结构型式为高桩承台基础结构。风电场配套建设一座 220kV 海上升压站、一座陆上集控中心及一座陆上计量站，220kV 海上升压站将 35kV 电压升压至 220kV，经 220kV 海底电缆将风机所发电能输送至陆上登陆点后，经陆上计量站转入电网系统。

该风电场位于本项目东侧，距离约 5km。



图 4.3-9　普陀 6 号海上风电场现场照片

（9）其他用海项目

本项目北侧的用海项目还有中油重工（宁波）基地建设项目的船舶工业用海、象山港外干门作业区大中庄通用码头工程、象山临港产业园大中庄临港装备制造基地围填海工程、浙江新乐造船有限公司船舶建造一期、宁波中洋船舶工业有限公司船舶建造及码头建设项目。

本项目南侧的用海项目还有宁波正源电力有限公司配套专用码头升级改造工程、象山县爵溪污水处理厂尾水排海工程、平安银行股份有限公司宁波明州支行沙石建材

码头、象山县爵溪街道边海防执勤码头（渔业码头）建设工程、象山东华液化石油气储配站南塘 1 号岸壁码头、象山爵溪海滨装卸队装卸码头、爵溪牛昌咀巨鹰东海岸度假酒店观光平台等配套设施工程、宁波三立经控实业有限公司磨石礁码头、金沙湾度假村配套码头（松兰山）、象山县旅游集团有限公司旅游度假村浴场、象山东海明珠岛围海工程、松兰山验潮站搬迁工程、中国·浙江海洋运动中心（亚帆中心）项目、新城滨海花园建设工程、新城疗养中心建设工程、新城商业街建设工程、象山县大目湾新城度假中心建设项目填海工程、象海出 96 号至 132 号开放式养殖用海。

其中中国·浙江海洋运动中心（亚帆中心）项目确权海域位于本项目西南侧约 8km。比赛活动区域初步拟定本项目的外海船艇活动范围（警戒区）面积为 36km^2。为减少对近海习惯航路的影响，同时避开周边岛屿地形，亚帆中心运动船艇活动范围（警戒区）总体呈不规则形，西起松兰山海岸，东至习惯航路（东），北至羊背山，南至大漠山以南 3km，长 10.5km，宽 1.5km~4.5km，具体如图 4.3-13 所示。比赛活动区域位于风电场西南侧约 2.7km。

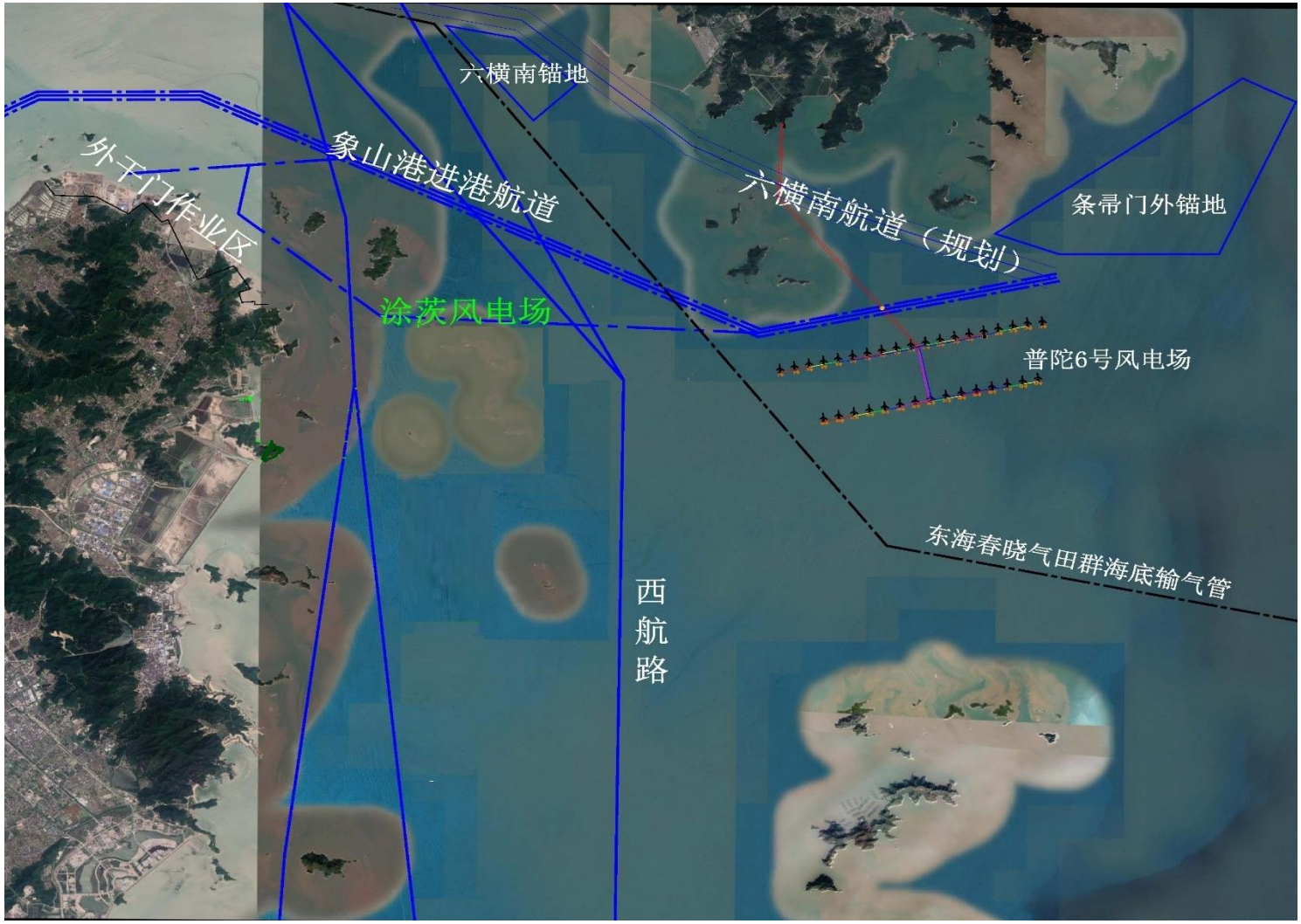


图 4.3-10 本工程区周边航道、锚地及输气管道位置图



图 4.3-11　本项目连陆海底电缆登陆点附近开发利用现状图

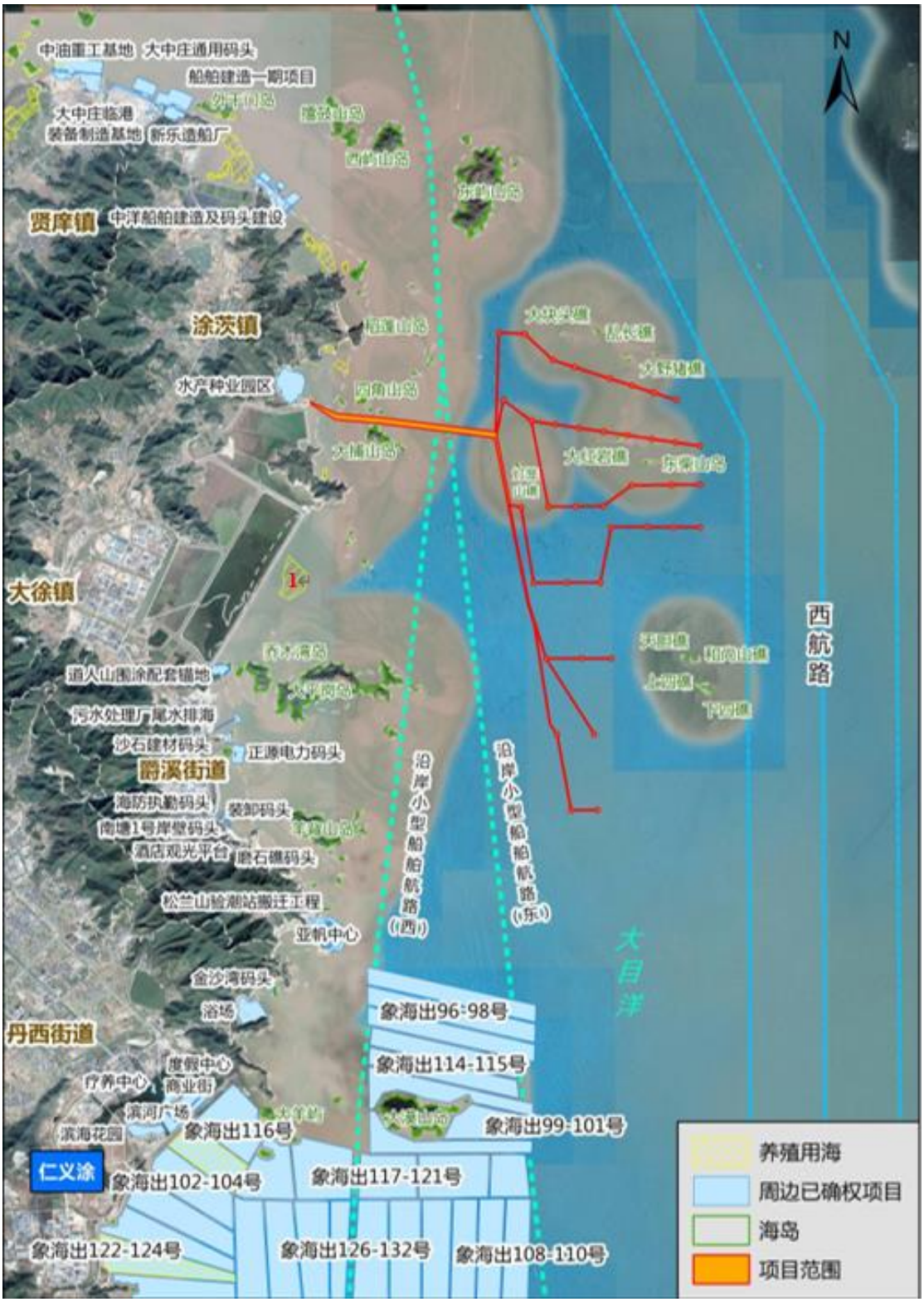


图 4.3-12　本项目附近海域权属情况分布图

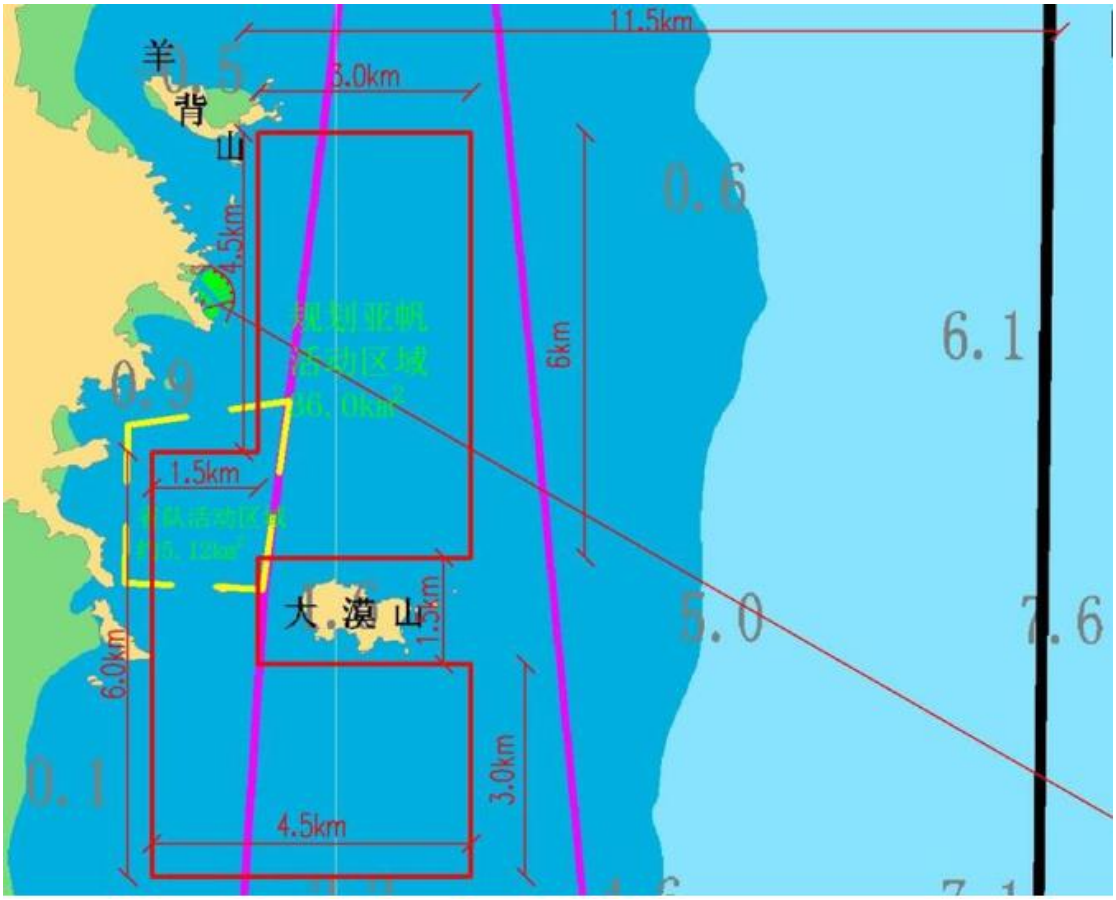


图 4.3-13　亚帆比赛活动区域示意图(初步方案)

4.4 环境敏感区、环境敏感目标和主要保护对象现状及分布

本项目评价范围的环境敏感区主要有六横岛旅游区（六横旅游娱乐区）、石浦滨海旅游区（石浦旅游娱乐区）、象山松兰山旅游娱乐区、象山港蓝点马鲛国家级水产种质资源保护区、韭山列岛外侧重要渔业海域（韭山列岛海洋保护区）、韭山列岛海洋生态自然保护区-实验区、韭山列岛海洋生态自然保护区-核心区和缓冲区、象山县韭山列岛国家级自然保护区等。

4.4.1 六横岛旅游区（六横旅游休闲娱乐区）

根据《浙江省海洋生态红线划定方案》，风电场区东北侧约 5.6km，为六横岛旅游区，根据《浙江省海洋功能区划》，该区又划分为六横旅游娱乐区，该区面积 98.48km^2，海岸线长度 88km。

根据《浙江省海洋生态红线划定方案》，六横岛旅游区为重要滨海旅游区，禁止实施可能改变或影响滨海旅游的开发建设活动；不得新增入海陆源工业直排口；严格控制岸线附近的景区建设工程；不得破坏自然景观和人文景观资源；实行海洋垃圾巡查清理制度，有效清理海洋垃圾；允许实施海岸整治和生态修复工程。

根据《浙江省海洋功能区划》，六横旅游休闲娱乐区的海域使用管理要求为：重点保障旅游娱乐用海，在不影响旅游娱乐基本功能前提下，兼容交通运输用海，在未开放前兼容养殖用海；严格限制改变海域自然属性；保持重要自然景观和人文景观的完整性和原生性；禁止建设与旅游无关的永久性建筑物；合理控制旅游开发强度，科学确定游客容量，使旅游设施建设与生态环境的承载能力相适应。海洋环境保护要求为：保护区域内景观资源；不应破坏自然景观，严格控制占用海岸线、沙滩和沿海防护林的建设项目和人工设施，妥善处理生活垃圾，不应对毗邻海洋基本功能区的环境质量产生影响；海水水质质量执行不劣于第三类，海洋沉积物质量执行不劣于第二类，海洋生物质量执行不劣于第二类。

4.4.2 石浦滨海旅游区（石浦旅游娱乐区）

根据《浙江省海洋生态红线划定方案》，石浦滨海旅游区位于风电场区西南侧约 23km，属于限制类生态红线区，面积 32.12km^2，海岸线长度 41.0km，保护对象为自然景观和岛礁资源，环境保护管理要求为：禁止实施可能改变或影响滨海旅游的开发建设活动；不得新增入海陆源工业直排口；不得破坏自然景观和人

文景观资源；加强实施海岸整治和生态修复工程。

根据《浙江省海洋功能区划》，石浦旅游休闲娱乐区位于风电场区南侧约23km，面积32.12公顷，岸线长度41km。海域使用管理要求为：重点保障旅游娱乐用海，在不影响旅游娱乐基本功能前提下，兼容交通运输用海，在未开放前兼容养殖用海；严格限制改变海域自然属性；保持重要自然景观和人文景观的完整性和原生性；禁止建设与旅游无关的永久性建筑物；合理控制旅游开发强度，科学确定游客容量，使旅游设施建设与生态环境的承载能力相适应。海洋环境保护要求为：保护区域内景观资源；不应破坏自然景观，严格控制占用海岸线、沙滩和沿海防护林的建设项目和人工设施，妥善处理生活垃圾，不应对毗邻海洋基本功能区的环境质量产生影响；海水水质质量执行不劣于第三类，海洋沉积物质量执行不劣于第二类，海洋生物质量执行不劣于第二类。

4.4.3 象山松兰山旅游娱乐区

根据《浙江省海洋功能区划》，象山松兰山旅游娱乐区位于本工程西南侧约5km，面积1.257km^2，海岸线长度25km。海域使用管理要求为：重点保障旅游娱乐用海，在不影响旅游娱乐基本功能前提下，兼容渔业用海和交通运输用海；除海域海岛海岸线整治修复外，禁止改变海域自然属性；保持重要自然景观和人文景观的完整性和原生性；禁止建设与旅游无关的永久性建筑物；合理控制旅游开发强度，科学确定游客容量，使旅游设施建设与生态环境的承载能力相适应。海洋环境保护要求为：保护区域内沙滩资源和景观资源；不应破坏自然景观，严格控制占用海岸线、沙滩和沿海防护林的建设项目和人工设施，妥善处理生活垃圾，不应对毗邻海洋基本功能区的环境质量产生影响；海水水质质量执行不劣于第二类，海洋沉积物质量执行不劣于第一类，海洋生物质量执行不劣于第一类。

此外，根据《宁波象山松兰山旅游度假区总体规划（2015-2025）》，度假区总面积为31.22平方公里，其中，陆域9.77平方公里，海域21.45平方公里。区域范围：西以位于大目湾新城东北侧的松兰山南旅游集散中心、梅岙村、游仙寨连线成界；南以龙洞、大羊屿、大漠山连线成界；北以位于东海铭城北端的松兰山北旅游集散中心、温泉休闲中心、希尔顿酒店连线成界；东至大漠山海域，海域部分包括羊屿山、大漠山、小漠山等3个岛屿，岛屿面积总计约1.49平方公里。本项目位于宁波象山松兰山旅游度假区总体规划范围外（见图4.4-1），距离约6km。

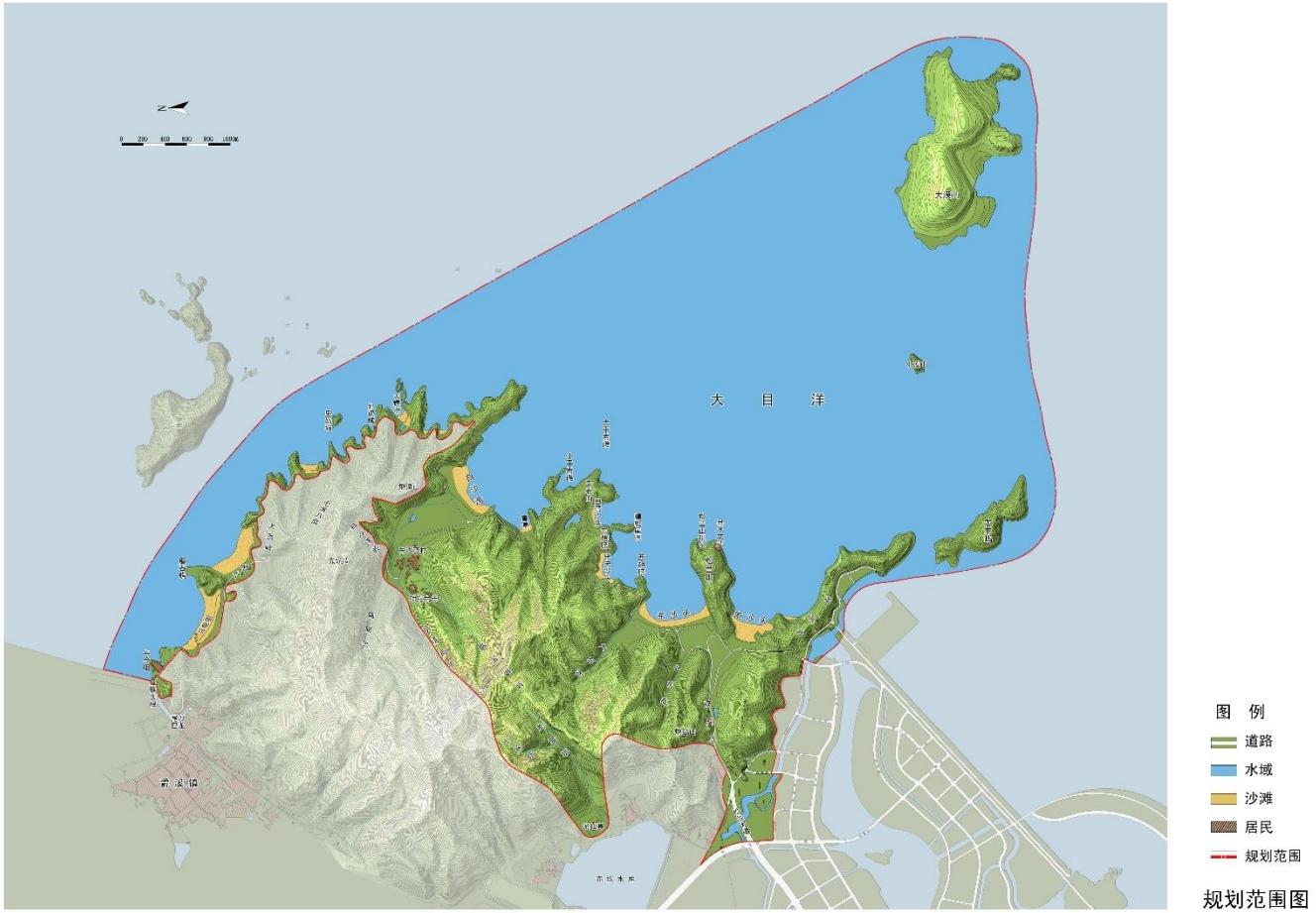


图 4.4-1　宁波象山松兰山旅游度假区总体规划规划范围图

4.4.4 象山港蓝点马鲛国家级水产种质资源保护区

根据《浙江省海洋生态红线划定方案》，风电场区西北侧约 8km 为象山港蓝点马鲛国家级水产种质资源保护核心区，该区面积 187.50km^2，海岸线长度 103.30km。

根据《浙江省海洋生态红线划定方案》，象山港蓝点马鲛国家级水产种质资源保护核心区为限制类生态红线区，保护对象为蓝点马鲛，环境保护管理要求为禁止围填海、截断洄游通道、水下施工 爆破及其他可能会影响蓝点马鲛鱼产 卵、索饵、越冬、洄游的开发活动；严 格按照《中华人民共和国渔业法》、《水产种质资源保护区管理暂行办法》等有 关法律、法规及相关文件的具体要求执行。

此外，根据农业部第 1491 号公告，象山港蓝点马鲛国家级水产种质资源保护核心区两侧还有实验区和外围保护水域。其中，外围保护水域位于本项目西北侧约 6.3km。主要保护对象为蓝点马鲛，其他保护对象包括银鲳、大黄鱼、小黄鱼、黄姑鱼、黑鲷、鳓、鳀、海鳗、鮸、鲻、花鲈、棘头梅童鱼、日本（囊）对虾、脊尾白虾、秀丽白虾、三疣梭子蟹、锯缘青蟹、毛蚶、泥蚶、缢蛏、文蛤、菲律宾帘蛤、坛紫菜等。

4.4.5 韭山列岛外侧重要渔业海域（韭山列岛海洋保护区）

根据《浙江省海洋生态红线划定方案》，风电场区东南侧约 140m 为韭山列岛外侧重要渔业海域，根据《浙江省海洋功能区划》，该区又划分为韭山列岛海洋保护区，该区面积 966.64km^2，海岸线长度 73km。

根据《浙江省海洋生态红线划定方案》，韭山列岛外侧重要渔业海域为限制类生态红线区，保护对象为小黄鱼、小黄鱼、大黄鱼、大黄鱼、鲳鱼、曼鲳鱼、曼氏无针乌贼、鳓鱼等渔业资等渔业资源，环境保护管理要求为禁止围填海、截断洄游通道、水下爆破施工以及其他可能影响渔业资源育幼、索饵、产卵的开发活动；严格执行《中华人民共和国渔业法》、《浙江省渔业管理条例》和《渔业捕捞许可管理规定》。

根据《浙江省海洋功能区划》，韭山列岛海洋保护区的海域使用管理要求为：重点保障保护区用海，在不影响整体保护区基本功能前提下，兼容旅游娱乐功能、科研教学用海、交通运输用海和渔业用海，但需严格控制养殖规模；除保护区基础设施配套建设外，禁止改变海域自然属性；严格按照国家关于海洋环境保护以

及海洋保护区管理的法律、法规和标准进行管理；对海洋保护区内的用海活动，进行海域生态环境动态监测。海洋环境保护要求为：严格保护江豚、大黄鱼、曼氏无针乌贼、珍稀鸟类等海洋生物资源和海洋生态环境；维持、恢复、改善海洋生态环境和生物多样性，保护自然景观；海水水质质量执行不劣于第一类，海洋沉积物质量执行不劣于第一类，海洋生物质量执行不劣于第一类。

4.4.6 象山县韭山列岛国家级自然保护区

2011 年 4 月，国务院办公厅（国办发〔2011〕16 号文）公布，批准建立象山韭山列岛国家级自然保护区。2014 年 12 月，国家海洋局以国海环字[2014]747 号批复保护区总体规划。同时，《浙江省海洋生态红线划定方案》也将其划定为生态红线，保护区范围以及核心区、缓冲区和实验区范围两者划定一致。本工程位于实验区西侧约 7.4km，核心区和缓冲区西侧约 9.3km。

根据《象山韭山列岛国家级自然保护区总体规划》（2014-2024 年），象山韭山列岛国家级自然保护区总面积为 484.78 km^2，其中核心区面积 58.84km^2，缓冲区 117.16 km^2，实验区面积为 308.78km^2。地理坐标范围是北纬 29°18′ 31.6″~29°32′ 57.1″，东经 122°08′ 29.6″~122°23′ 48.3″，是以保护大黄鱼、曼氏无针乌贼产卵区、繁育区，中华凤头燕鸥等繁殖鸟类和国家重点保护动物江豚的栖息环境以及与之相关的海岛和海洋生态系统为主的保护区。属于自然生态系统类别中的海洋和海岸生态系统类型自然保护区。

根据《浙江省海洋生态红线划定方案》，韭山列岛海洋生态自然保护区-实验区为限制类生态红线区，保护对象为江豚、大江豚、大黄鱼、曼黄鱼、曼氏乌贼、珍稀鸟类等生物资源和海洋生态环境及所处独特而又敏感的海洋生态系统，环境保护管理要求为按照国家法律法规和《宁波市韭山列岛海洋生态自然保护区条例》执行；禁止开展与海洋保护区保护方向不一致的开发建设活动。

韭山列岛海洋生态自然保护区-核心区和缓冲区为禁止类生态红线区，保护对象为江豚、大江豚、大黄鱼、曼黄鱼、曼氏乌贼、珍稀鸟类等生物资源和海洋生态环境及所处独特而又敏感的生态系统，环境保护管理要求为按照国家法律法规和《宁波市韭山列岛海洋生态自然保护区条例》执行。核心区和缓冲区禁止开展任何形式的开发建设活动。

4.4.7 韭山列岛产卵场保护区

为保护浙江渔场主要经济鱼类资源，修复振兴浙江渔场。2017 年 7 月 6 日，浙江省海洋与渔业局发文（浙海渔政[2017]16 号）在浙江省近岸海域设立 10 个产卵场保护区，位于本工程评价范围内的为韭山列岛产卵场保护区，位于本工程东侧约 14.5km。韭山列岛产卵场保护区保护区面积 1800km^2，主要保护种类为小黄鱼、大黄鱼、鲳、曼氏无针乌贼、鳓。

4.4.8 东海带鱼国家级水产种质资源保护区

东海带鱼国家级水产种质资源保护区位于东海中北部近海的中间海域，由三个拐点（123°40′E，30°30′N；123°05′E，29°00′N；122°40′E，28°30′N）连线以西至沿岸 10 米等深线的海域。核心区是由六个拐点连线围成的区域，拐点坐标分别为（123°10′E，30°30′N；122°35′E，29°00′N；122°10′E，28°30′N；122°30′E，28°30′N；122°55′E，29°00′N；123°30′E，30°30′N）。实验区范围为保护区内除核心区外的其他水域。本工程位于实验区西侧约 13km。

保护区重点保护带鱼产卵亲体和幼鱼，主要保护对象为带鱼、大黄鱼、小黄鱼、鲐、蓝圆鲹、灰鲳、银鲳、鳓、蓝点马鲛等重要经济鱼类，其他保护物种包括海蜇、发光鲷、细条天竺鲷、短尾大眼鲷、黄鳍马面鲀、刺鲳、龙头鱼、黄鲫、鳄齿鱼、日本(囊)对虾、假长缝拟对虾、葛氏长臂虾、菲赤虾、须赤虾、鹰爪虾、中华管鞭虾、凹管鞭虾、大管鞭虾、哈氏仿对虾、东海红虾、高脊管鞭虾、戴氏赤虾、细巧仿对虾、三疣梭子蟹、细点圆趾蟹、日本蟳、锈斑蟳、武士蟳、光掌蟳、红星梭子蟹、双斑蟳、荧光梭子蟹、长手隆背蟹、卷折馒头蟹、逍遥馒头蟹及乌贼等 46 种水生动物，核心区特别保护期为每年的 4 月 16 日至 9 月 16 日。

4.4.9 保护海岛

本项目风电场布置于位于浙江省宁波市象山县东北部海域，根据《浙江省海岛保护规划（2017-2022 年）》风电场位于象山乱礁洋岛群（IV-06）内，风电场内有小红岩岛、大红岩礁、柴山礁、东柴山岛、小柴山岛、灯笼块礁、灯笼山礁、灯笼石礁、灯笼小礁等无居民海岛。风电场连陆海缆经过象山道人山岛群（IV-05），附近有大野猪礁、小野猪礁、对棋山礁、大捕山岛、小捕脚岛、四角山岛等。

象山乱礁洋岛群（IV-06）为一般保护型，共 19 个海岛，陆域总面积约 12.5 公顷，其中陆域面积最大的海岛为下四礁，面积约 2.1 公顷。对棋山礁、大红岩礁、下四礁等岛上建有航标灯塔等设施。

象山道人山岛群（IV-05）为一般保护型，共 38 个海岛，陆域总面积约 155.5 公顷，其中陆域面积最大的海岛为道人山岛，面积约 122 公顷。鸡娘礁和红生礁等岛上建有航标灯塔等设施。大凉帽屿、道人山岛、小凉帽礁、鸡冠嘴礁等海岛已与大陆相连。

5 环境质量现状调查与评价

5.1 水文动力环境现状调查与评价

根据《中广核象山涂茨海上风电场工程海洋水文测验分析报告》（浙江华东建设工程有限公司，2021 年 4 月），工程场区及附近海洋水文测站情况如下：

（1）工程海域共布置 6 个测点于 2020 年 8 月 12 日~2020 年 9 月 11 日（夏季）和 2020 年 12 月 7 日~2021 年 1 月 6 日（冬季）分别进行大、中、小潮全潮水文测验，测验项目为流速、流向、水温、盐度、水体含沙量、底质及水深等。

（2）在工程场区附近海域设立 1 个临时潮位测 L1，位于六横岛西南侧，夏冬两季获取不少于一个月（包含水文测验期间）的潮位实测资料。临时潮位测站在全潮水文测验首次测验前 1-2 天开始观测，并连续观测至全潮水文测验结束。

表 5.1-1 潮位站位置坐标表

站位名称	纬度	经度	海图水深(m)
临时潮位站 L1	29°39.406′	122°09.171′	岸边
测点1#	29°39.991′	122°01.156′	7.5m
测点 2#	29°34.753′	122°02.142′	8.0m
测点 3#	29°30.491′	122°03.919′	5.5m
测点 4#	29°23.654′	122°05.201′	6.4m
测点 5#	29°35.270′	122°11.910′	10.0m
测点 6#	29°30.605′	122°11.372′	9.3m

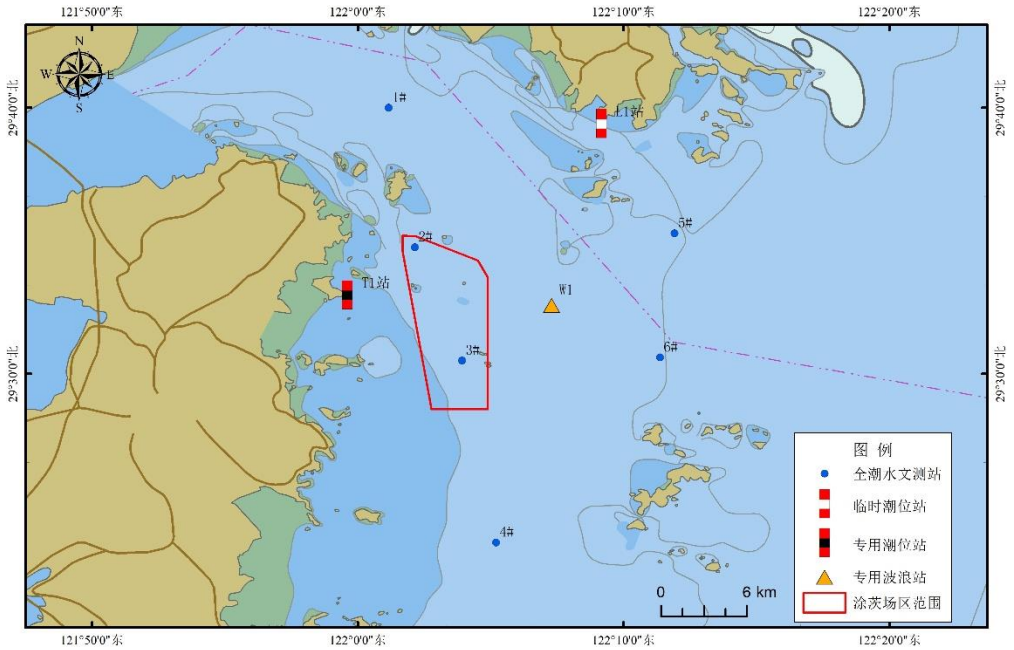


图 5.1-1 水文测验布置图

5.1.1 潮 汐

夏冬两季观测期间特征潮位值列于表 5.1-2。工程水域潮汐变化相当规律，即潮位在一太阴日中有规则地出现两次高潮和两次低潮；潮汐变化中的“日不等”现象较为显著，即一天中既有相邻的两个高潮的不等，又有相邻的两个低潮的不等；其中低潮不等更为明显；随之，相邻的涨潮潮差与落潮潮差亦不相等；相邻的涨潮历时与落潮历时也不相等。

(1)潮差

夏季观测期间 L1 测站月平均潮差为 2.77m，最大潮差为 4.72m，最大潮差出现在 8 月 20 日（农历七月初二）。

冬季观测期间 L1 测站月平均潮差为 2.62m，最大潮差为 4.38m，最大潮差出现在 12 月 16 日（农历十月初二）。

风电场区潮差较大，夏季最大潮差、平均潮差大于冬季。

(2)潮位

夏季观测期间测区平均海面为 0.27m，L1 站平均高、低潮位分别为 1.72m 和 -1.05m；最高潮位为 3.02m（9 月 2 日，农历十五），最低潮位为-2.27m（8 月 20 日，农历初二）。

冬季观测期间测区平均海面为 0.22m，L1 站平均高、低潮位分别为 1.58m 和 -1.04m；最高潮位为 2.53m（12 月 14 日，农历三十），最低潮位为-1.95m（12 月 16 日，农历初二）。

(3)平均涨、落潮历时

夏季观测期间 L1 测站平均涨潮历时为 5h55min，平均落潮历时为 6h31min，涨、落潮历时相差约 35 分钟。冬季观测期间 L1 测站平均涨潮历时为 6h3min，平均落潮历时为 6h23min，涨、落潮历时相差约 20 分钟。

夏冬两季涨落潮历时基本一致，均呈涨潮历时略小于落潮历时。

表 5.1-2 工程海域潮位特征值

（1985 国家高程基准）

季节	项目	潮汐特征值	L1 潮位站
夏季	潮位	最高潮位	3.02
		最低潮位	-2.27

		平均高潮位	1.72
		平均低潮位	-1.05
		平均海面	0.27
	潮差	最大潮差	4.72
		最小潮差	0.87
		平均潮差	2.77
	涨落潮历时	平均涨潮历时	5h55min
		平均落潮历时	6h31min
	观测时间	2020 年 8 月 12 日~9 月 11 日	
冬季	潮位	最高潮位	2.53
		最低潮位	-1.95
		平均高潮位	2.58
		平均低潮位	-1.04
		平均海面	0.22
	潮差	最大潮差	4.38
		最小潮差	1.14
		平均潮差	2.62
	涨落潮历时	平均涨潮历时	6h3min
		平均落潮历时	6h23min
	观测时间	2020 年 12 月 7 日-2021 年 1 月 6 日	

5.1.2 潮流

（1）实测流速统计

夏季水文观测期间各测站最大流速见表 5.1-3。夏季观测期间测区流速普遍较大，场区附近的 2#、3#测站夏季实测最大涨潮流速分别为 1.61m/s（338°）、1.17m/s（348°），最大落潮流速分别为 1.35m/s（150°）、1.20m/s（156°）；北侧的 1#测站夏季实测最大涨潮流速为 1.56m/s（319°），最大落潮流速为 1.41m/s（128°）；南侧的 4#测站夏季实测最大涨潮流速为 1.18m/s（356°），最大落潮流速为 1.00 m/s（169°）；东侧的 5#、6#测站夏季实测最大涨潮流速分别为 1.10m/s（306°）、1.23m/s（301°），最大落潮流速分别为 1.14m/s（119°）、1.32m/s（87°）。

冬季水文观测期间各测站最大流速见表 5.1-4。冬季观测期间测区流速普遍小于夏季，场区附近的 2#、3#测站冬季实测最大涨潮流速分别为 1.17m/s（344°）、0.98m/s（340°），最大落潮流速分别为 1.21m/s（154°）、0.96m/s（162°）；北侧的 1#测站冬季实测最大涨潮流速为 1.11m/s（323°），最大落潮流速为 0.96m/s（191°）；南侧的 4#

测站冬季实测最大涨潮流速为 0.74m/s（353°），最大落潮流速为 0.94m/s （151°）；东侧的 5#、6#测站冬季实测最大涨潮流速分别为 0.96m/s（308°）、0.85m/s（310°），最大落潮流速分别为 0.84m/s（142°）、0.89m/s（166°）。

表 5.1-3 夏季水文测验期间实测最大流速（m/s）及流向（°）统计

站号	潮汛	潮流	表层		0.2H		0.4H		0.6H		0.8H		底层		垂向	
			流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向
1#	大潮	落潮	1.41	128	1.30	131	1.21	137	1.11	130	0.96	150	0.84	134	1.14	131
		涨潮	1.46	327	1.56	319	1.44	319	1.32	317	1.22	315	1.06	314	1.35	318
	中潮	落潮	0.78	169	0.88	155	0.83	181	0.72	166	0.61	171	0.56	181	0.73	180
		涨潮	1.12	333	1.03	343	0.91	304	0.82	292	0.67	311	0.61	310	0.81	303
	小潮	落潮	0.65	171	0.63	169	0.64	163	0.60	171	0.47	189	0.42	173	0.55	177
		涨潮	0.64	348	0.67	335	0.59	307	0.49	317	0.41	333	0.34	324	0.47	328
2#	大潮	落潮	1.35	150	1.34	150	1.24	151	1.13	151	0.99	149	0.88	150	1.15	151
		涨潮	1.61	338	1.56	336	1.46	334	1.38	333	1.23	333	1.12	332	1.40	334
	中潮	落潮	1.00	143	0.96	144	0.86	147	0.77	147	0.68	147	0.61	148	0.80	146
		涨潮	1.05	335	1.05	333	1.03	333	0.99	331	0.93	330	0.85	329	0.99	332
	小潮	落潮	0.72	148	0.70	149	0.62	155	0.56	155	0.42	162	0.35	169	0.54	156
		涨潮	0.85	347	0.85	345	0.82	341	0.70	334	0.60	332	0.50	328	0.72	339
3#	大潮	落潮	1.11	180	1.11	180	1.20	156	1.16	163	1.04	183	0.97	166	1.06	181
		涨潮	1.06	355	1.17	348	1.06	356	1.04	356	0.91	352	0.74	351	1.00	347
	中潮	落潮	0.96	176	0.91	182	0.84	180	0.80	181	0.71	181	0.70	179	0.81	181
		涨潮	1.07	1	0.91	350	0.82	348	0.74	343	0.74	345	0.66	355	0.77	348
	小潮	落潮	0.61	176	0.61	176	0.64	182	0.68	183	0.60	186	0.52	183	0.61	181
		涨潮	0.64	7	0.63	10	0.58	354	0.54	353	0.43	347	0.40	332	0.52	343
4#	大潮	落潮	0.99	172	1.00	169	0.91	173	0.84	173	0.75	169	0.70	176	0.86	170
		涨潮	1.14	356	1.18	356	1.16	356	1.00	354	0.89	355	0.83	357	1.02	356
	中潮	落潮	0.69	196	0.76	190	0.70	169	0.61	169	0.54	184	0.50	171	0.60	187
		涨潮	0.76	1	0.82	6	0.64	4	0.55	7	0.47	14	0.39	23	0.60	6
	小潮	落潮	0.48	166	0.53	190	0.61	197	0.49	200	0.44	195	0.35	201	0.48	195
		涨潮	0.63	19	0.65	357	0.60	17	0.52	1	0.42	5	0.34	359	0.51	5
5#	大潮	落潮	1.09	115	1.14	119	1.00	121	0.92	132	0.83	126	0.57	135	0.92	127
		涨潮	1.04	302	1.10	306	1.05	307	0.98	306	0.88	311	0.62	314	0.95	307
	中潮	落潮	0.80	138	0.81	130	0.72	128	0.69	133	0.53	129	0.42	136	0.63	127
		涨潮	0.97	306	0.97	312	0.90	311	0.82	305	0.72	303	0.57	305	0.83	306
	小潮	落潮	0.53	149	0.61	149	0.56	131	0.48	135	0.43	1133	0.30	140	0.45	128
		涨潮	0.50	309	0.58	313	0.62	304	0.60	299	0.60	295	0.40	302	0.45	303
6#	大潮	落潮	1.28	92	1.32	87	1.23	90	1.10	89	1.00	87	0.89	89	1.13	90
		涨潮	1.19	294	1.23	301	1.17	301	1.08	299	0.95	304	0.90	305	1.09	299

	中潮	落潮	0.69	118	0.69	133	0.63	133	0.60	135	0.56	134	0.55	136	0.60	130
		涨潮	0.64	312	0.59	303	0.54	309	0.53	294	0.51	293	0.50	301	0.52	303
	小潮	落潮	0.45	103	0.42	100	0.43	97	0.31	101	0.29	111	0.25	122	0.32	120
		涨潮	0.49	294	0.47	299	0.41	320	0.40	315	0.37	295	0.29	320	0.42	305

表 5.1-4 冬季水文测验期间实测最大流速（m/s）及流向（°）统计

站号	潮汛	潮流	表层		0.2H		0.4H		0.6H		0.8H		底层		垂向	
			流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向
1#	大潮	落潮	0.96	191	0.91	176	0.87	140	0.87	116	0.85	111	0.82	115	0.83	130
		涨潮	1.11	323	1.04	324	1.00	326	0.99	327	0.97	317	0.96	317	0.97	331
	中潮	落潮	0.77	172	0.76	206	0.73	180	0.71	155	0.70	151	0.66	151	0.69	169
		涨潮	0.84	327	0.81	326	0.80	323	0.78	331	0.75	324	0.71	333	0.77	323
	小潮	落潮	0.47	146	0.42	155	0.33	155	0.31	151	0.22	185	0.20	163	0.29	137
		涨潮	0.54	319	0.52	328	0.49	315	0.48	346	0.46	321	0.32	335	0.46	330
2#	大潮	落潮	1.17	153	1.21	154	1.15	152	1.03	163	0.97	151	0.95	154	1.04	154
		涨潮	1.17	344	1.14	345	1.11	343	1.05	329	0.97	322	0.93	328	1.03	327
	中潮	落潮	0.99	146	0.94	151	0.91	147	0.91	145	0.84	150	0.80	145	0.89	146
		涨潮	1.13	335	1.10	332	1.10	329	1.04	330	1.08	329	1.00	329	1.05	331
	小潮	落潮	0.80	152	0.82	149	0.73	150	0.68	147	0.64	147	0.57	145	0.69	147
		涨潮	0.89	335	0.86	338	0.80	340	0.77	338	0.73	336	0.69	327	0.77	339
3#	大潮	落潮	0.96	162	0.96	162	0.96	162	0.95	166	0.90	167	0.87	166	0.93	163
		涨潮	0.98	340	0.95	341	0.88	339	0.84	344	0.81	349	0.76	350	0.84	350
	中潮	落潮	0.89	178	0.89	178	0.86	176	0.84	178	0.80	179	0.78	179	0.84	178
		涨潮	0.93	358	0.89	356	0.83	351	0.79	350	0.74	354	0.72	346	0.81	355
	小潮	落潮	0.80	176	0.79	178	0.74	171	0.72	171	0.68	171	0.63	179	0.72	171
		涨潮	0.77	351	0.75	350	0.74	348	0.66	349	0.62	351	0.54	349	0.68	349
4#	大潮	落潮	0.94	151	0.93	150	0.91	151	0.88	155	0.87	174	0.85	174	0.88	150
		涨潮	0.74	353	0.72	11	0.71	302	0.71	11	0.66	302	0.61	301	0.69	10
	中潮	落潮	0.80	183	0.78	181	0.78	180	0.74	180	0.73	188	0.69	181	0.75	181
		涨潮	0.73	358	0.72	351	0.67	350	0.65	358	0.65	356	0.62	328	0.67	354
	小潮	落潮	0.80	176	0.77	198	0.72	198	0.68	170	0.64	205	0.61	193	0.67	207
		涨潮	0.55	5	0.53	11	0.48	9	0.47	11	0.47	3	0.46	0	0.49	8
5#	大潮	落潮	0.84	142	0.75	93	0.72	132	0.71	170	0.69	137	0.64	121	0.70	129
		涨潮	0.96	308	0.92	294	0.89	298	0.88	297	0.86	306	0.77	292	0.87	309
	中潮	落潮	0.76	197	0.73	189	0.70	187	0.66	174	0.64	167	0.62	177	0.67	186
		涨潮	0.79	323	0.76	328	0.70	328	0.67	321	0.66	318	0.62	303	0.67	328
	小潮	落潮	0.64	142	0.59	146	0.58	146	0.57	147	0.53	152	0.51	145	0.56	148
		涨潮	0.63	299	0.59	301	0.59	302	0.55	296	0.53	294	0.48	297	0.55	301
6#	大潮	落潮	0.89	166	0.85	184	0.85	188	0.83	188	0.81	187	0.77	185	0.83	187
		涨潮	0.85	310	0.84	312	0.83	313	0.77	309	0.74	323	0.67	325	0.78	310

	中潮	落潮	0.83	193	0.82	169	0.80	181	0.79	196	0.76	193	0.72	173	0.78	193
		涨潮	0.72	305	0.71	320	0.70	325	0.64	324	0.62	346	0.60	322	0.66	323
	小潮	落潮	0.65	182	0.61	180	0.60	182	0.59	178	0.47	186	0.42	161	0.55	183
		涨潮	0.67	302	0.64	310	0.62	317	0.53	323	0.48	321	0.45	317	0.55	319

（2）实测流向特征

测区各站垂向平均的流矢图见图 5.1-2～图 5.1-8，由图可见，夏、冬季各站潮流流向分布基本一致，场区内的 2#流向较为集中，表现为比较明显的西北-东南向涨落潮往复流特征，其余测站流向较为分散，呈现比较强的旋转流特征。

场内的 2#测站涨、落潮流主流向大致为 325°—145°，其余各测站流向较为分散，呈现旋转流特征，但也可判断出其最大涨、落潮流主轴方向，其中 1#测站最大涨、落潮流流向大致为 320°—140°，3#测站最大涨、落潮流流向大致为 350°—170°，4#测站最大涨、落潮流流向大致为 355°—175°，5#测站最大涨、落潮流流向大致为 310°—130°，6#测站最大涨、落潮流流向大致为 310°—130°。

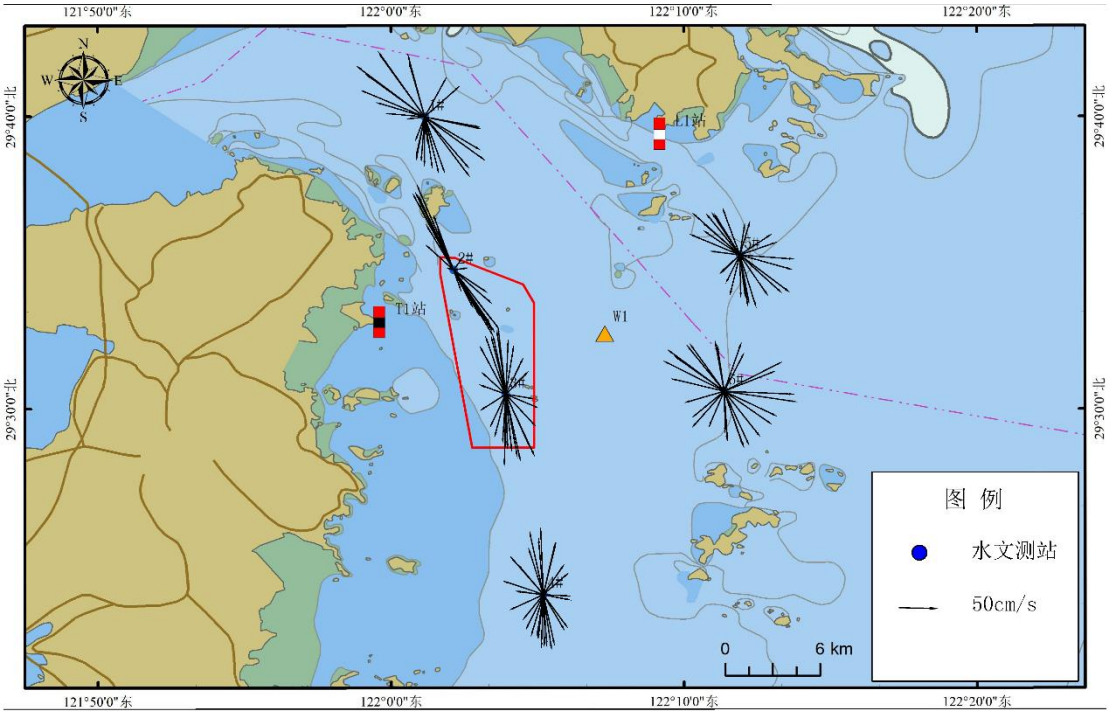


图 5.1-3　夏季大潮流矢图（垂线平均）

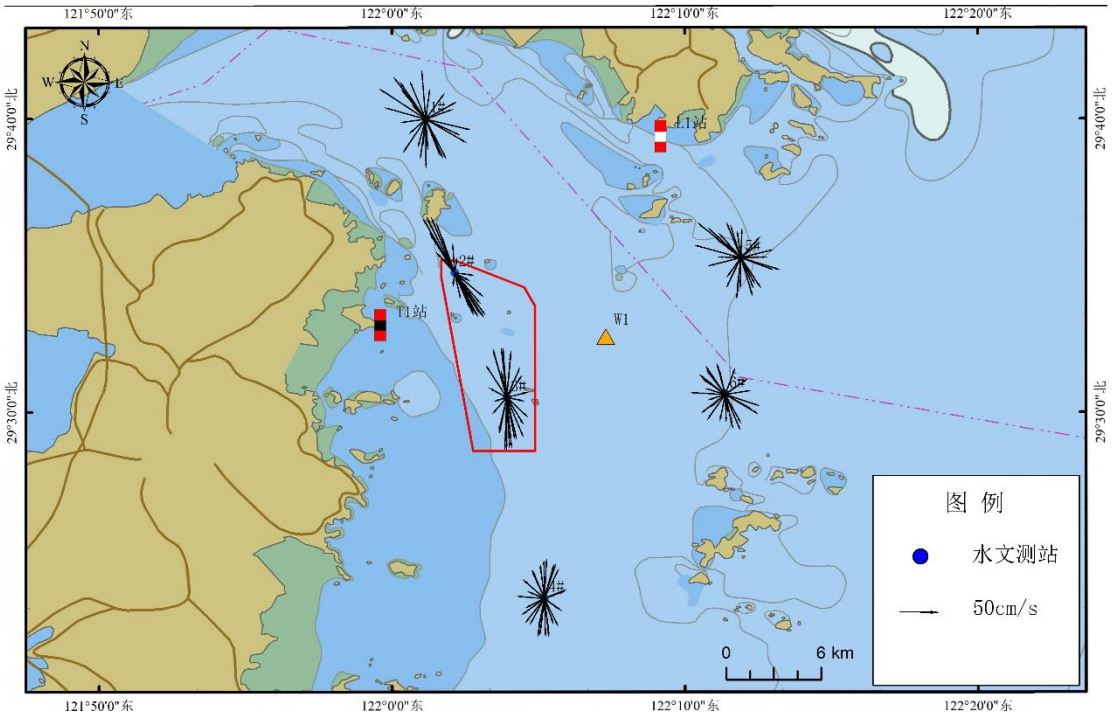


图 5.1-4 夏季中潮流矢图（垂线平均）

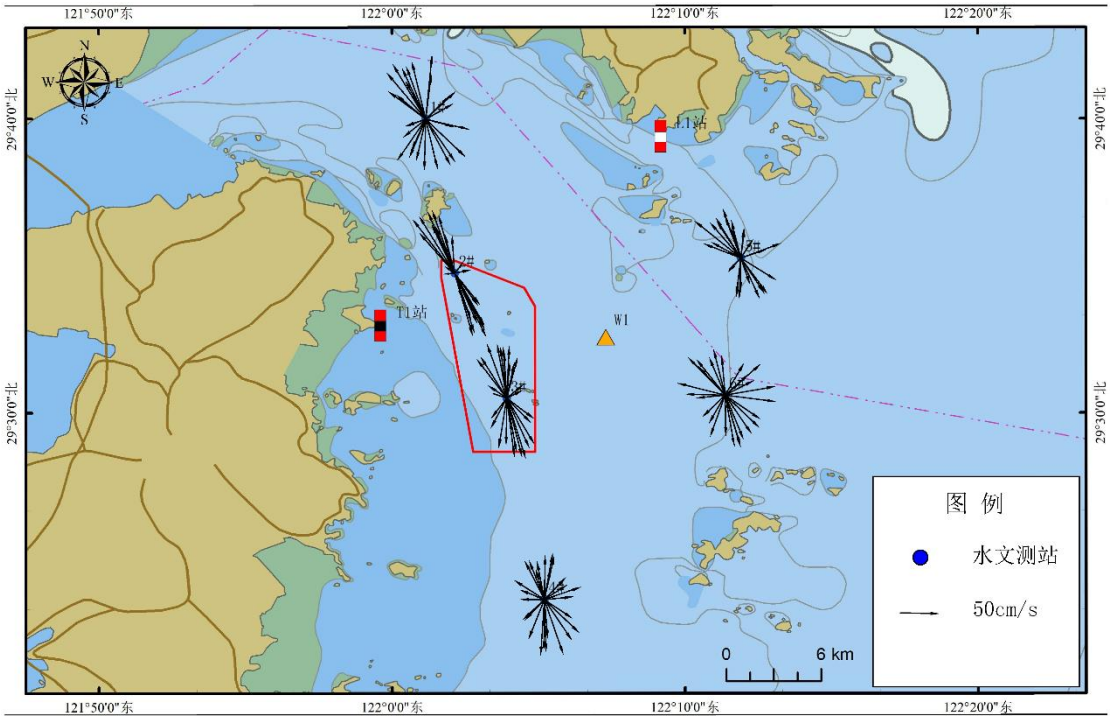


图 5.1-5 夏季小潮流矢图（垂线平均）

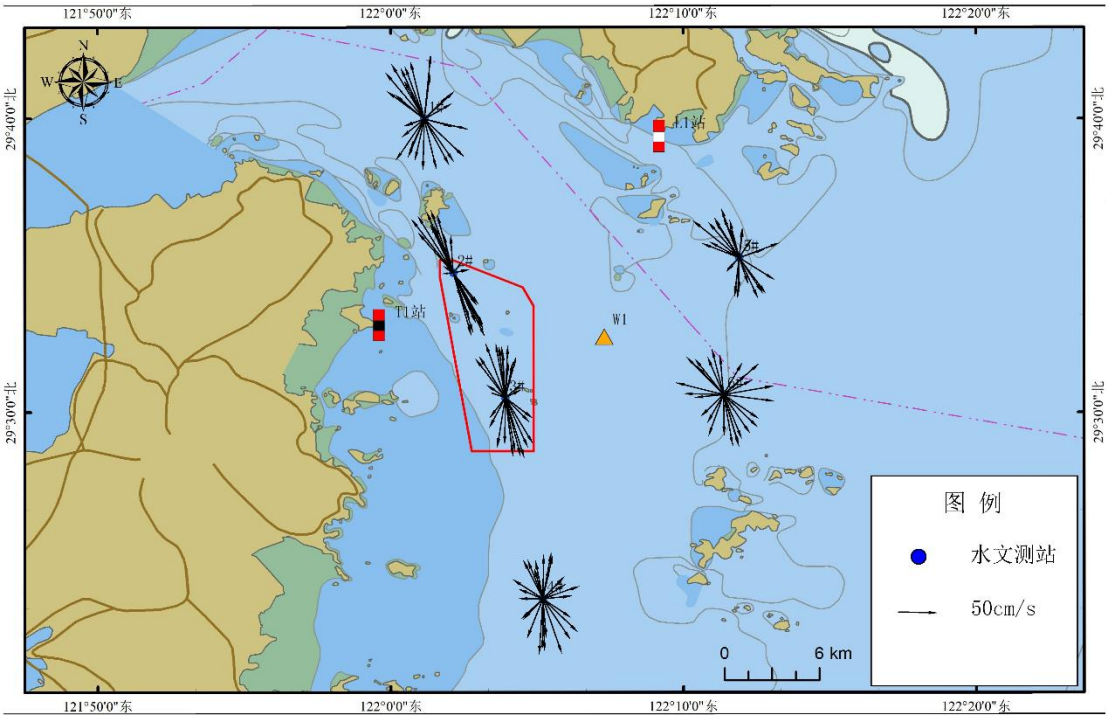


图 5.1-6 冬季大潮流矢图（垂线平均）

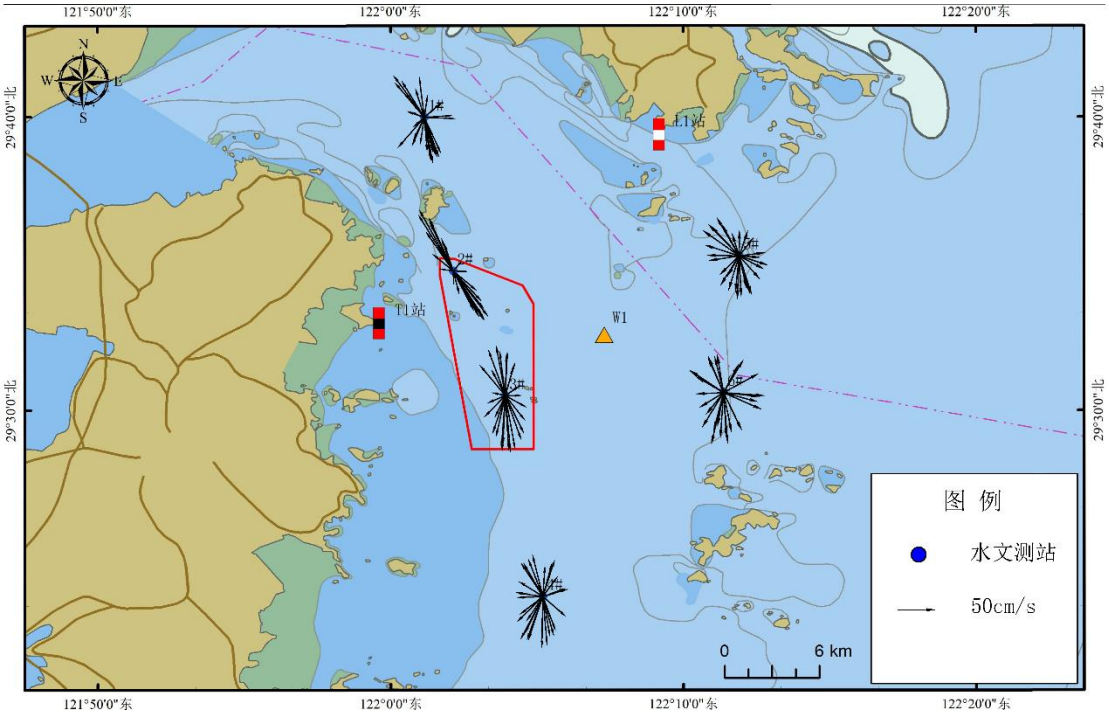


图 5.1-7 冬季中潮流矢图（垂线平均）

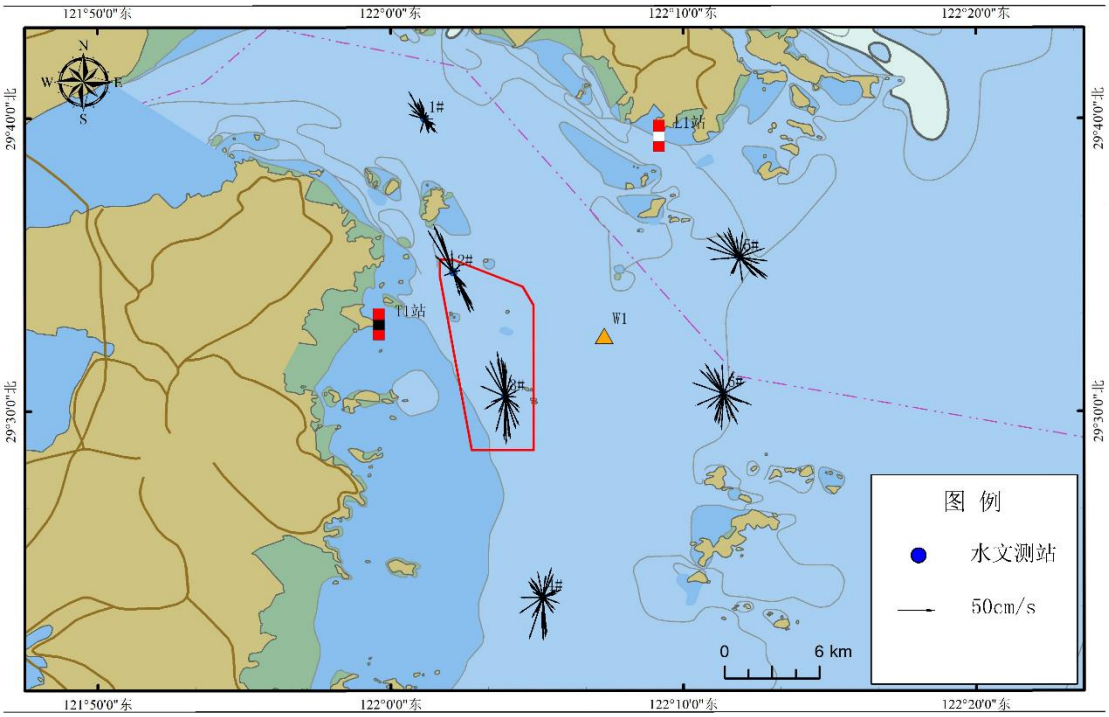


图 5.1-8 冬季小潮流矢图（垂线平均）

5.1.3 悬沙

（1）含沙量

测区夏季平均含沙量为 0.912kg/m^3，大、中、小潮期间平均含沙量分别为 1.049kg/m^3、0.852kg/m^3 和 0.836kg/m^3，各站垂向平均含沙量的日均值在 0.646~1.214kg/m^3 之间。测区冬季平均含沙量为 1.021kg/m^3 ，大、中、小潮期间平均含沙量分别为 1.293kg/m^3、0.920kg/m^3 和 0.850kg/m^3，各站垂向平均含沙量的日均值在 0.555~1.620kg/m^3 之间。整体来看，冬季含沙量大于夏季。

（2）悬沙粒径

夏季测验期间粉砂是悬沙主体，其次是砂，粘土含量较少。冬季测验期间粉砂是悬沙主体，其次是粘土，砂含量较少。

夏季水文测验：大潮期间，悬沙中值粒径在 10.20～92.00m 之间，平均值为 17.98m；中潮期间，悬沙中值粒径在 11.30～189.00m 之间，平均值为 42.81m；小潮期间，悬沙中值粒径在 15.80～108.00m 之间，平均值为 36.12m。

由于测区地形、来沙、水流、波浪等因素的复合作用，泥沙颗粒起、落情况复杂，本次测验中悬沙粒径变化与潮流急、憩的相关性不明显。夏季测验期间，涨急、涨憩、落急、落憩时平均值分别为 33.42m、27.79m、33.48m、34.52m。

冬季水文测验：大潮期间，悬沙中值粒径在 7.88～17.00m 之间，平均值为 9.99m；中潮期间，悬沙中值粒径在 8.12～12.00m 之间，平均值为 9.49m；小潮期间，悬沙中值粒径在 8.43～13.80m 之间，平均值为 10.04m。

由于测区地形、来沙、水流、波浪等因素的复合作用，泥沙颗粒起、落情况复杂，本次测验中悬沙粒径变化与潮流急、憩的相关性不明显。冬季测验期间，涨急、涨憩、落急、落憩时平均值分别为 9.87m、9.98m、10.19m、9.31m。

（3）底质粒度

夏季水文测验：各测站夏季底质以粉砂为主，沉积物中粉砂含量较高，粘土次之，砂含量极少。砂、粉砂、粘土含量平均值分别为：7.74%、75.34%、16.91%。夏季各测站中值粒径在 12.50～24.90μm 之间，平均值为 16.38μm。4#站中值粒径最小，1#站位中值粒径最大。

冬季水文测验：各测站冬季底质以粉砂为主，沉积物中粉砂含量较高，粘土次之，砂含量极少。砂、粉砂、粘土含量平均值分别为：11.63%、65.50%、22.87%。冬季各测站中值粒径在 8.46～18.60μm 之间，平均值为 13.75μm。6#站中值粒径最小，1#站位中值粒径最大。

5.2 海洋地形地貌与冲淤环境现状调查与评价

本项目位于宁波市象山县东北部海域，场区呈不规则八边形，场区南北最长约 12.2km，东西最宽约 4.7km，涉海面积为 33km^2。规划装机容量 300kW。

5.2.1 地形地貌

风电场属于东海水域，为滨海相沉积地貌单元，风电场位置高程为-12.0~-6.9m，水下滩面远离岛礁区地形相对平缓，岛礁周围因岛礁影响，地形起伏较大。

工程所在象山半岛自晚更新世以来，伴随着全球海平面升降，曾先后经历了三次海侵和两次海退的沧桑变迁。进入全新世后，海平面上升，在古海岸的基础上，主要由来自长江口的泥沙逐次充填形成淤泥质海积平原。随着泥沙不断充填、岸线渐趋夷平，海岸曲折，港汊密布，并与周边其他岛屿间形成多条潮汐通道和海湾。在自然状态下岸坡基本处于动态平衡，冲淤变化较小。

为分析工程所在滩涂及周边海域的演变特征，收集到了风电场所在海域部分水下地

形图主要有海图 15351 牛鼻山水道（1:5 万，2006 年）；海图 15351 牛鼻山水道（1:5 万，2017 年）（工程区地形为 2015 年测量）；以及为本项目安排的工程近区大比尺水下地形测图。

本工程位于象山半岛东侧的牛鼻山水道，根据本次收集到的测图，对 2006~2015 年，2015~2019 年工程所在海域的海床变化做如下分析。工程海域在海洋动力的作用下，在象山岛东侧形成较为广阔的水下缓坡，岛屿之间水道受地形、涨落潮流的影响，发生侵蚀切割，形成局部的沟槽。

图 5.2-1 为 2006 年～2015 年的工程所在海域的冲淤面貌。由图可见，工程所在海域 2006 年～2015 年间在场区的北侧的局部范围内有所冲刷，冲刷幅度在 1.0~2.0m，场区南侧海床呈现淤积的态势，淤积幅度约为 0~0.6m，场区内冲刷区面积小于淤积区面积，其中冲刷区约占 1/3，淤积区约占 2/3；场区 2006~2016 年间场区内有冲有淤，冲刷区范围小而幅度略大，淤积区范围大而幅度较小。

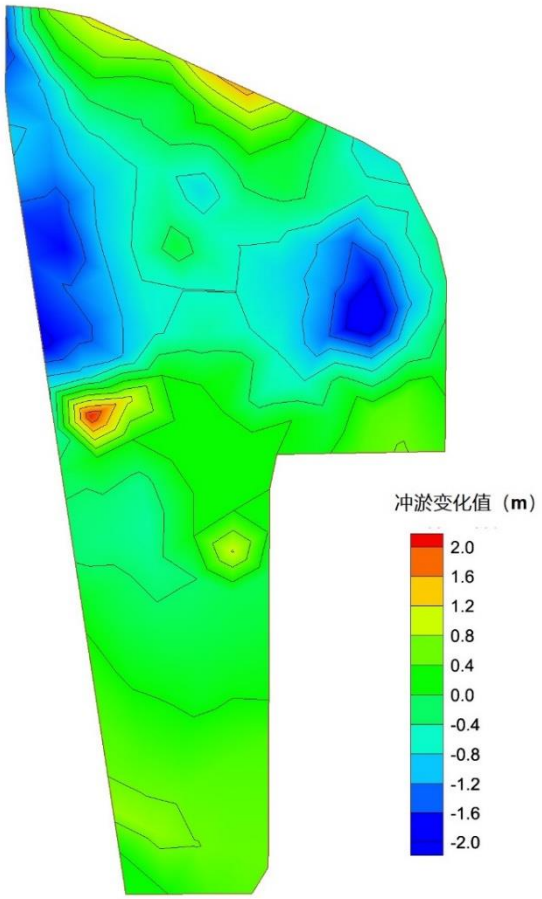


图 5.2-1 2006-2015 年工程海域冲淤变化图

图 5.2-2 为 2015 年～2019 年的工程所在海域的冲淤面貌。由图可见，工程所在海域 2015 年～2019 年间在场区海床较为稳定，除局部区域内有 0.6m 以内的冲刷外，场区内大部分区域呈现稳定的弱淤积态势，幅度在 0.4m 以内。由于场区离岸较近，周边人类活动干较多，海床受人为直接影响较多，总体来说海床处于较为稳定的状态。

风电场属于象山东部海域，因此该海域的床面稳定性主要受大环境的水沙变化影响，受长江来沙减少的影响，导致潮滩和水下浅滩泥沙交换受阻，在近 15 年工程区域水下浅滩区域床面存在稳定略有冲刷的状态。

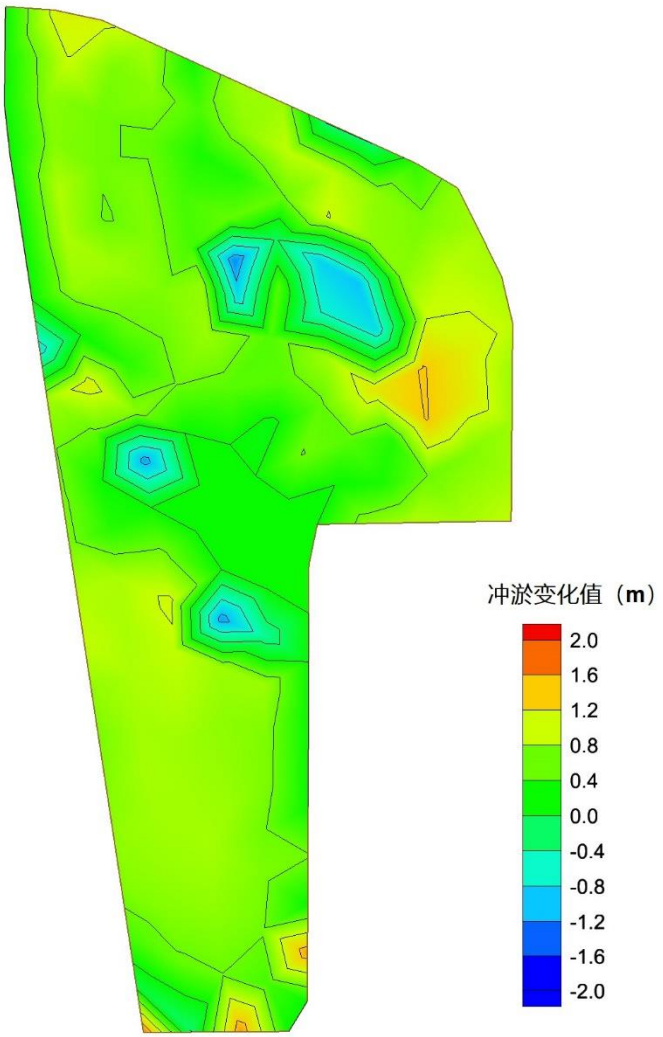


图 5.2-2 2016-2019 年工程海域冲淤变化图

5.3 海水质量现状调查与评价

本项目海域水质、沉积物、生物体质量、生态和渔业资源现状引用浙江省海洋水产研究所和农业农村部渔业环境及水产品质量监督检验测试中心（舟山）编制的《象山涂茨海上风电项目海洋生态环境及渔业资源调查评价报告》（春季和秋季）。

5.3.1 海水水质现状调查

（1）调查时间与布设站位

根据项目的性质及其附近海域的环境特征、所在海域海洋功能区的划分，选取于2020 年 9 月和 2021 年 4 月 26 日~4 月 27 日和 5 月 14 日在本项目附近海域的环境调查结果。

海洋环境调查站位分布情况详见表 5.3-1 及图 5.3-1。

（2）调查项目

温度、盐度、SS、pH、DO、COD、无机氮(包括 NO3-N、NO2-N 和 NH3-N)、活性磷酸盐、硫化物、石油类和 Cu、Zn、Pb、Cd、Cr、Hg、As。

（3）调查方法和采样要求

水质要素的分析参照国家标准《海洋调查规范 第 2 部分：海洋水文观测》（GB/T12763.2-2007）、《海洋调查规范 第 4 部分：海洋化学要素观测》（GB/T12763.4-2007）、《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》（GB17378.4-2007）、水和废水监测分析方法（第四版，2002 年 12 月）等。具体方法见表 5.3-2。

表5.3-2　海水水质测定方法一览表

项目名称	分析方法	检出限	方法标准
温度	表层水温表法	/	GB 17378.4-2007
SS	重量法	/	GB 17378.4-2007
盐度	盐度计法	/	GB 17378.4-2007
pH	pH 计法	/	GB 17378.4-2007
DO	电化学探头法	/	HJ 506-2009
COD	碱性高锰酸钾法	0.10 mg/L	GB 17378.4-2007
硝酸盐	流动注射比色法	0.003 mg/L	HJ 442-2008
亚硝酸盐	流动注射比色法	0.001 mg/L	HJ 442-2008
氨氮	流动注射比色法	0.005 mg/L	HJ 442-2008
活性磷酸盐	流动注射比色法	0.001 mg/L	HJ 442-2008

石油类	石油醚萃取荧光分光光度法	0.0010 mg/L	GB 17378.4-2007
Pb	无火焰原子吸收分光光度法	0.05 μg/L	GB 17378.4-2007
Cu	无火焰原子吸收分光光度法	0.2 μg/L	GB 17378.4-2007
Cd	无火焰原子吸收分光光度法	0.01 μg/L	GB 17378.4-2007
Hg	原子荧光法	0.001 μg/L	GB 17378.4-2007
As	原子荧光法	0.5 μg/L	GB 17378.4-2007
Zn	火焰原子吸收光谱法	0.0031 mg/L	GB17378.4-2007
Cr	无火焰原子吸收分光光度法	0.4 μg/L	GB17378.4-2007
硫化物	流动注射-亚甲基蓝分光光度法	0.006 mg/L	HJ 824-2017

（4）海水水质现状监测结果

水质调查结果见表 5.3-3 和表 5.3-5。

5.3.2 海水水质现状评价

2020 年 9 月调查海域水质大面调查评价结果具体见表 5.3-4、表 5.3-6。由表可以看出：在海域环境质量现状调查中，除无机氮、活性磷酸盐外，水质 pH、DO、石油类、COD、铜、锌、铅、镉、铬、汞、砷、硫化物的含量均符合第一类海水水质标准，其中，无机氮、活性磷酸盐的站位超标率均为 100.0%。

2021 年 5 月调查海域水质大面调查评价结果具体见表 5.3-7、表 5.3-8。由表可以看出：在海域环境质量现状调查中，除无机氮、活性磷酸盐外，水质 pH、DO、石油类、COD、铜、锌、铅、镉、铬、汞、砷、硫化物的含量均符合第一类海水水质标准，其中，无机氮、活性磷酸盐的站位超标率分别为 95%、100%。

两次调查结果可知，工程所在海域主要受无机氮和活性磷酸盐富营养化污染为主，污染原因与入海河流污染物排放有关。

表 5.3-4　2020 年 9 月调查海域水质现状调查结果标准指数值

站位	层次	pH	DO	COD	无机氮	活性磷酸盐	石油类	铜	锌	铅	镉	铬	汞	砷	硫化物
1	表	0.49	0.22	0.10	4.89	1.20	0.14	0.14	0.70	0.26	0.04	0.01	0.17	0.09	-
2	表	0.51	0.18	0.16	3.94	2.67	0.15	0.08	0.40	0.04	0.03	0.01	-	0.09	-
3	表	0.49	0.24	0.17	4.14	2.33	0.15	0.19	0.27	0.10	0.04	0.02	-	0.09	-
4	表	0.71	0.26	0.32	4.24	2.67	0.14	0.18	0.95	0.07	0.04	-	-	0.09	-
	底	0.57	0.22	0.24	4.11	2.80	/	0.09	0.70	0.09	0.03	0.01	0.14	0.09	-
5	表	0.49	0.56	0.26	4.25	3.27	0.15	0.13	-	0.09	0.03	-	-	0.09	-
6	表	0.37	0.25	0.28	4.06	2.13	0.15	0.12	0.28	0.12	0.03	-	-	0.09	-
	底	0.43	0.46	0.30	4.37	3.00	/	0.10	0.16	0.05	0.03	-	-	0.09	-
7	表	0.46	0.64	0.16	4.03	3.27	0.12	0.14	0.33	0.22	0.06	-	-	0.09	-
8	表	0.37	0.25	0.29	3.76	2.73	0.20	0.12	0.49	0.14	0.03	0.01	0.14	0.09	-
9	表	0.37	0.27	0.28	3.95	4.13	0.18	0.08	0.19	0.09	0.03	0.01	0.18	0.09	-
	底	0.40	0.36	0.16	4.23	3.27	/	0.16	0.39	0.07	0.03	0.01	-	0.09	-
10	表	0.43	0.13	0.19	4.00	3.33	0.11	0.18	0.23	0.23	0.03	0.01	0.34	0.09	-
11	表	0.34	0.13	0.24	3.74	2.73	0.16	0.07	0.37	0.24	0.03	0.01	0.15	0.09	-
12	表	0.34	0.17	0.21	3.67	2.73	0.14	0.07	0.33	0.13	0.03	0.01	0.28	0.09	-
13	表	0.40	0.23	0.20	4.11	3.13	0.12	0.09	0.23	0.08	0.04	0.01	0.48	0.09	-
14	表	0.37	0.21	0.23	4.15	3.40	0.19	0.16	-	0.29	0.04	0.01	0.40	0.09	-
15	表	0.40	0.12	0.23	3.60	5.40	0.22	0.20	0.17	0.05	0.03	0.02	0.36	0.09	-
	底	0.34	0.22	0.28	3.65	3.13	/	0.09	0.31	0.07	0.01	0.01	0.17	0.09	-
16	表	0.34	0.45	0.24	4.16	3.47	0.15	0.10	0.17	0.06	0.03	0.02	0.26	0.09	-
17	表	0.37	0.12	0.21	7.28	2.80	0.16	0.64	0.47	0.09	0.04	0.01	0.30	0.09	-
18	表	0.31	0.18	0.17	3.95	3.20	0.14	0.07	0.30	0.14	0.03	0.01	0.24	0.09	-
19	表	0.37	0.09	0.19	3.84	2.53	0.22	0.09	0.25	0.06	0.03	0.02	0.22	0.09	-
20	表	0.31	0.23	0.24	3.91	3.33	0.17	0.09	-	0.10	0.03	0.01	0.30	0.09	-
	底	0.31	0.13	0.16	3.71	2.80	/	0.17	0.16	0.20	0.04	0.01	-	0.09	-

表 5.3-6　2021 年 4~5 月调查海域水质现状调查结果标准指数值

站位	层次	pH	DO	COD	无机氮	活性磷酸盐	石油类	铜	铅	锌	镉	铬	汞	砷	硫化物
1	表	0.44	0.03	0.54	1.27	2.20	0.08	0.38	0.08	0.30	0.03	0.01	0.74	0.05	—
	底	0.43	0.03	0.52	1.45	2.27	/	0.36	0.13	0.39	0.03	0.01	0.64	0.05	—
2	表	0.44	0.03	0.53	1.90	2.47	0.10	0.18	0.19	0.24	0.02	—	0.58	0.06	—
3	表	0.40	0.05	0.46	1.94	1.87	0.07	0.19	0.12	0.18	0.02	0.01	0.76	0.05	—
4	表	0.41	0.00	0.50	1.86	2.13	0.12	0.34	0.11	0.19	0.02	0.01	0.54	0.07	—
5	表	0.39	0.00	0.40	1.78	2.00	0.08	0.15	0.12	0.26	0.03	0.01	0.58	0.05	—
6	表	0.40	0.03	0.54	1.35	1.67	0.03	0.14	0.11	0.23	0.03	0.01	0.32	0.07	—
7	表	0.36	0.10	0.61	1.83	2.87	0.09	0.13	0.18	0.19	0.02	0.01	0.40	0.04	—
8	表	0.37	0.01	0.54	1.90	2.27	0.05	0.19	0.18	0.20	0.03	—	0.88	0.06	—
9	表	0.38	0.00	0.57	1.78	1.73	0.04	0.84	0.15	0.29	0.04	0.01	0.94	0.06	—
10	表	0.38	0.06	0.66	2.00	2.20	0.04	0.24	0.07	0.27	0.02	0.01	0.72	0.06	—
11	表	0.36	0.05	0.48	1.61	2.60	0.13	0.15	0.09	0.17	0.02	0.02	0.68	0.06	—
12	表	0.42	0.08	0.59	1.74	2.20	0.03	0.20	0.16	—	0.03	0.01	0.58	0.06	—
13	表	0.43	0.03	0.53	2.16	2.40	0.32	0.16	0.16	0.23	0.03	0.01	0.26	0.03	—
14	表	0.42	0.06	0.57	2.09	2.60	0.22	0.20	0.14	0.25	0.03	0.01	0.38	0.06	—
15	表	0.33	0.03	0.48	1.94	2.47	0.12	0.16	0.16	—	0.03	0.01	0.40	0.07	—
16	表	0.39	0.03	0.55	2.04	2.67	0.09	0.07	0.22	0.36	0.02	0.01	0.30	0.07	—
17	表	0.42	0.03	0.55	1.75	1.73	0.09	0.14	0.14	—	0.02	0.01	—	0.06	—
18	表	0.44	0.01	0.53	1.87	2.13	0.04	0.14	0.24	0.17	0.02	—	0.36	0.06	—
19	表	0.46	0.08	0.42	2.10	1.40	0.30	0.30	0.10	0.21	0.03	0.01	0.34	0.05	—
20	表	0.39	0.02	0.54	0.97	1.47	0.04	0.15	0.08	—	0.03	0.01	0.32	0.06	—

注：“/”表示未采样；“—”表示未检出

5.4 海域沉积物质量调查与评价

5.4.1 海洋沉积物现状调查

（1）调查时间与布设站位

为了解区域海洋沉积物现状，于 2020 年 9 月（秋季）和 2021 年 4 月 26 日~4 月 27 日和 5 月 14 日（春季）对工程附近海域进行了监测，具体调查站位分布详见表 5.3-1 和图 5.3-1。

（2）调查项目

有机碳、硫化物、石油类、Cu、Zn、Pb、Cd、Cr、Hg、As。

（3）调查方法和采样要求

用 0.1m^2 的采泥器采集底泥，取表层样。现场采样方法具体按照《海洋监测规范》（GB17378-2007）、《海洋调查规范》（GB/T 12763-2007）相关技术规程进行。

根据《海洋监测规范 第 3 部分：样品采集、贮存与运输》（GB17378.3-2007）。

将样品置于室内阴凉通风处风干，剔除砾石和颗粒较大的动植物残骸，将样品装入玛瑙钵中，手动研磨至全部通过 160 目筛，充分混匀后取样用于化学元素分析。化学测试方法按照《海洋监测规范 第 5 部分：沉积物分析》（GB17378.5-2007）中规定的相关方法进行，详见表 5.4-1。

表 5.4-1　沉积物化学分析方法

项目名称	分析方法	检出限	方法标准
有机碳	重铬酸钾氧化-还原容量法	2×10^{-4}%	GB 17378.5-2007
石油类	石油醚萃取荧光分光光度法	1.0 mg/kg	GB 17378.5-2007
硫化物	离子选择电极法	0.3 mg/kg	GB 17378.5-2007
Cu	火焰原子吸收分光光度法	2.0 mg/kg	GB 17378.5-2007
Pb	无火焰原子吸收分光光度法	3.0 mg/kg	GB 17378.5-2007
Zn	火焰原子吸收分光光度法	6.0 mg/kg	GB 17378.5-2007
Cd	无火焰原子吸收分光光度法	0.04 mg/kg	GB 17378.5-2007
Hg	冷原子吸收光度法	0.002 mg/kg	GB 17378.5-2007
As	原子荧光法	0.002 mg/kg	GB 17378.5-2007
Cr	火焰原子吸收分光光度法	5.0 mg/kg	GB17378.5-2007

（4）海洋沉积物现状监测结果

2020 年 9 月和 2021 年 4 月 26 日~4 月 27 日和 5 月 14 日调查海域沉积物质量大面调查结果见表 5.4-2~表 5.4-5。

表 5.4-4　2020 年 9 月评价海域沉积物质量各评价因子的标准指数值

站位	硫化物	有机碳	石油类	铜	锌	铅	镉	汞	砷	铬
1	-	0.67	0.00	0.97	0.65	0.42	0.22	0.18	0.34	0.65
3	0.02	0.85	0.02	0.77	0.54	0.37	0.20	0.19	0.46	0.58
5	0.02	1.27	0.02	1.03	0.63	0.43	0.22	0.18	0.32	0.65
7	0.14	0.64	0.01	0.83	0.55	0.37	0.24	0.35	0.35	0.46
9	0.00	0.93	0.02	1.03	0.45	0.27	0.36	0.24	0.50	0.45
11	-	1.16	0.01	0.91	0.60	0.38	0.30	0.19	0.28	0.48
13	-	0.49	0.02	0.97	0.61	0.45	0.36	0.17	0.44	0.50
15	0.27	0.35	0.00	0.80	0.53	0.38	0.28	0.16	0.45	0.40
17	0.00	0.67	0.02	0.83	0.55	0.38	0.26	0.16	0.41	0.46
19	0.00	0.53	0.01	0.77	0.53	0.37	0.28	0.24	0.31	0.45

注：“-”表示未检出。

表 5.4-5　2021 年 5 月评价海域沉积物质量各评价因子的标准指数值

站位	石油类	有机碳	硫化物	铜	铅	锌	镉	铬	汞	砷
1	0.004	0.60	0.00	0.63	0.22	0.52	0.19	0.75	0.21	0.30
3	—	0.41	0.00	0.71	0.22	0.55	0.20	0.79	0.22	0.35
5	0.002	0.41	—	0.80	0.23	0.63	0.24	0.80	0.23	0.33
7	0.002	0.44	0.002	0.63	0.22	0.49	0.18	0.66	0.30	0.30
9	0.009	0.36	—	0.71	0.18	0.59	0.20	0.84	0.21	0.48
11	0.007	0.35	0.002	0.86	0.22	0.60	0.19	0.80	0.24	0.29
13	—	0.39	0.022	0.91	0.23	0.64	0.22	0.84	0.50	0.22
15	0.007	0.55	—	0.94	0.22	0.68	0.22	0.89	0.24	0.28
17	—	0.65	0.014	0.69	0.18	0.55	0.18	0.78	0.25	0.25
19	0.012	0.35	—	1.03	0.23	0.75	0.22	0.94	0.25	0.34

注：“—”表示未检出。

5.4.2 海洋沉积物现状评价

（1）评价标准

海洋沉积物按照《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）的第一类标准进行标准。

（2）评价结果

2020年9月海域沉积物质量各评价因子的标准指数值见表5.4-4，由表可知，评价海域沉积物中，除有机碳、铜外，硫化物、石油类、锌、铅、镉、汞、砷、铬的含量均符合《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）中第一类海洋沉积物质量标准，其中有机碳、铜的站位超标率均为20%。

2021年5月海域沉积物质量各评价因子的标准指数值见表5.4-5，由表可知，评价海域沉积物中，除铜外，有机碳、硫化物、石油类、锌、铅、镉、汞、砷、铬的含量均符合《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）中第一类海洋沉积物质量标准，其中铜的站位超标率为10%。

调查海域部分站位有机碳和铜超标与入海河流污染物排放携带和洋流搬运作用有关。

5.5 生物体质量监测与评价

2020 年 9 月，从渔业资源拖网 12 个大面站采集的生物样品中选取当地代表性生物叫姑鱼、梅童鱼、银鲳、黄鲫、龙头鱼、日本蟳、口虾蛄、三疣梭子蟹等作为生物质量评价对象，调查海域生物质量监测结果见表 5.5-1。

2020 年 9 月，调查海域生物体种类为鱼类和甲壳类。评价海域海洋生物质量评价标准指数值见表 6.2-1。结果表明，调查海域代表性物种叫姑鱼、梅童鱼、银鲳、黄鲫、龙头鱼、日本蟳、口虾蛄、三疣梭子蟹，生物体中铜、锌、铅、镉、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“海洋生物质量评价标准”；砷、铬和石油烃的含量符合《第二次全国海洋污染基线调查报告》中的“海洋生物质量评价标准”

2021 年 4 月，从渔业资源拖网 12 个大面站采集的生物样品中选取当地代表性生物光鲆、中华栉孔鰕虎鱼、细螯虾、日本蟳、口虾蛄、三疣梭子蟹等作为生物质量评价对象，调查海域生物质量监测结果见表 5.5-2。

2021 年 4 月，调查海域生物体种类为鱼类和甲壳类。评价海域海洋生物质量评价标准指数值见表 6.2-1。结果表明，调查海域代表性物种光鲆、中华栉孔鰕虎鱼、细螯虾、日本蟳、口虾蛄、三疣梭子蟹中，除细螯虾中镉不符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规范》中“海洋生物质量评价标准”，超标倍数为 1.36，其他生物其他监测指标均符合相应标准要求。细螯虾中镉超标与入海污染物排放有关。

表 5.5-2　2021 年 4 月调查海域的生物质量现状评价结果

站位	种名	生物类别	铜（mg/kg)	铅（mg/kg)	锌（mg/kg)	镉（mg/kg)	铬（mg/kg)	汞（μg/kg)	砷（mg/kg)	石油烃（mg/kg)
5	光鲆	鱼类	1.3	<0.02	3.3	0.0061	<0.05	66	0.19	19
9	中华栉孔鰕虎鱼	鱼类	1.8	0.084	7.5	0.11	<0.05	86	0.17	19
1	细螯虾	甲壳类	10	0.13	10	4.7	0.23	19	0.26	13
3	口虾蛄	甲壳类	40	0.37	12	0.72	0.14	14	0.23	18
7	三疣梭子蟹	甲壳类	15	<0.02	17	0.65	<0.05	52	0.30	7.8
8	三疣梭子蟹	甲壳类	17	<0.02	21	1.1	<0.05	46	0.31	9.7
11	三疣梭子蟹	甲壳类	12	0.042	14	0.97	<0.05	39	0.39	7.7
12	三疣梭子蟹	甲壳类	11	<0.02	22	0.62	<0.05	45	0.28	16
13	三疣梭子蟹	甲壳类	16	<0.02	17	0.84	<0.05	75	0.35	14
15	三疣梭子蟹	甲壳类	13	<0.02	16	0.54	<0.05	41	0.35	11
19	三疣梭子蟹	甲壳类	10	<0.02	19	0.74	<0.05	42	0.28	8.3

17	日本蟳	甲壳类	32	0.024	22	0.87	0.21	64	0.29	15

注：“-”表示未检出。

5.6 生态调查与评价

5.6.1 调查站位及调查时间

（1）调查时间与布设站位

2020 年 9 月和 2021 年 4 月 26 日~4 月 27 日和 5 月 14 日。具体调查站位分布详见表 5.3-1 和图 5.3-2。

（2）调查项目

叶绿素 a、浮游植物、浮游动物、底栖生物、潮间带生物的多样性指数、丰度、均匀度、优势度。

（3）调查方法和采样要求

1）叶绿素 a

叶绿素 a 样品的分析方法根据《海洋调查规范》(GB/T 12763-2007)和《海洋监测规范》(GB17378-2007)相应的规定进行，样品采集、处理后用紫外分光亮度法进行测定。

2）浮游植物

在大面观察站用装有流量计的浅水 III 型浮游生物网自底至表层垂直拖网作浮游植物定量分析用；并用有机玻璃采水器采取浮游植物水样 1000 ml 作浮游植物种类组成用。样品用甲醛溶液固定；样品经浓缩后用日本产 Olympus-VANOX-AHB:LB-2 万用显微镜观察、鉴定和计数。所有操作均按 2007《海洋调查规范》和《海洋监测规范》进行。

3）浮游动物

用浅水 I 型浮游生物网（网口内径 50cm，网长 145cm，筛绢孔径为 505μm）自底至表层垂直拖网采集一次样品，装入容积为 600cm^3 的塑料瓶中，水样加 5%甲醛溶液固定保存。实验室内挑去杂物后，以湿重法称量浮游动物生物量（包括水母类）。显微镜和体视镜下对样品进行鉴定和计数。调查分析按《海洋调查规范》、海洋生物调查（GB/T12763.6-2007）方法进行。

4）底栖生物

用采泥器(0.1 m^2)进行采集，每站采集 2 次，取 2 次平均值为该站的生物量和栖息密度。底栖动物样品在船上用 5%甲醛溶液固定保存后带回实验室称重(软体动物带壳称重)、分析，计数，鉴定到种，并换算成单位面积的生物量(g/m^2)和栖息密度(个/m^2)。

5）潮间带生物

潮间带生物在各断面潮间带的高、中、低潮区分别采集定性样品和定量样品。定性样品在各断面垂线随机采取；定量样品则用大小为 25cm×25cm 的取样框随机抛投 3 次，先拾取框内滩面上的底栖生物，再挖取至 30cm 深处内的底泥，用 0.5mm 孔径的套筛淘洗，所获底栖生物样品用 7%甲醛溶液固定保存，带回实验室分析、鉴定。室内分析时吸干样品表面水分，称重。栖息密度和生物量的单位分别换算成个/m^2 和 g/m^2。

6）生物体质量

海洋生物质量调查方法按照《海洋监测规范》（GB17378-2007）第 3 部分样品采集贮存与运输、《海洋监测规范》（GB17378-2007）第 6 部进行生物体分析。

5.6.2 调查结果及评价

5.6.2.1 叶绿素 a

2020 年 9 月，调查海域叶绿素 a 值在 0.185 ~1.541μg/L，平均叶绿素 a 值为 0.897μg/L，2021 年 5 月调查海域叶绿素 a 值在 0.079 ~4.125μg/L，平均叶绿素 a 值为 1.657μg/L，调查结果见表调查结果见 5.6-1。

表 5.6-1 调查海域叶绿素 a 现状调查结果

站位	2020 年秋季叶绿素 a(μg/L)	2021 年春季叶绿素 a(μg/L)
1	1.024	1.648
3	0.607	1.021
5	0.508	0.639
7	0.889	2.036
8	0.982	4.125
9	0.185	1.357
11	0.781	1.783
12	0.795	3.977

13	1.002	2.122
15	1.449	0.813
17	1.003	1.861
19	1.541	0.079
最小值	0.185	0.079
最大值	1.541	4.125
平均值	0.897	1.657

5.6.2.2 浮游植物

1、浮游植物种类组成

2020 年秋季调查海域调查期间共获有浮游植物 6 门 75 种。其中，硅藻门 54 种，占 72.0%；甲藻门 13 种，占 17.3%；绿藻门、金藻门、蓝藻门和隐藻门各 2 种，分别占 2.7%。见表 5.6-2。

2021 年春季调查海域调查期间共获有浮游植物 6 门 71 种。其中，硅藻门 54 种，占 76.1%；甲藻门 10 种，占 14.1%；绿藻门、金藻门和蓝藻门各 2 种，分别占 2.8%，隐藻门 1 种，占 1.4%。见表 5.6-3。

2、浮游植物细胞丰度分布

2020 年秋季调查期间浮游植物丰度在 420~3120ind/L，平均丰度为 1613ind/L。丰度高值区位于站位 15，低值区位站位 9。

2021 年春季调查期间浮游植物丰度在 410~1840ind/L，平均丰度为 1026ind/L。丰度高值区位于站位 9，低值区位站位 13。

3、浮游植物优势种类组成

2020 年秋季浮游植物优势种为琼氏圆筛藻 *Coscinodiscus jonesianus*、中肋骨条藻 *keletonema costatum*，其 Y 值分别为 0.68 和 0.05。

2021 年春季浮游植物优势种为琼氏圆筛藻 *Coscinodiscus jonesianus*、骨条藻 *Skeletonema costatum* sp.，其 Y 值分别为 0.47 和 0.03。

4、浮游植物现状评价结果

2020 年秋季浮游植物多样性指数 H' 值 0.617 ~1.235，平均值为 0.958；丰富度 d 为 0.331~0.870，平均值为 0.542；均匀度 J'为 0.384 ~0.768，平均值为 0.612；优势度为 0.286 ~0.633，平均值为 0.476。调查期间各个站位的浮游植物多样性指数 H'、均匀度 J'、丰富度 d 和优势度详见表 5.6-4。

表 5.6-4　2020 年秋季调查海域浮游植物现状调查与评价结果表

站位	丰度（ind/L）	丰富度 *d*	均匀度 *J'*	多样性 *H'*	优势度
1	1920	0.529	0.768	1.235	0.633
3	1200	0.423	0.737	1.022	0.545
5	1080	0.573	0.761	1.224	0.616
7	1740	0.536	0.681	1.096	0.537
8	1280	0.419	0.618	0.857	0.448
9	420	0.331	0.563	0.619	0.327
11	1240	0.562	0.384	0.617	0.286
12	1180	0.424	0.744	1.031	0.551
13	1740	0.536	0.558	0.897	0.455
15	3120	0.870	0.567	1.180	0.539
17	1800	0.534	0.470	0.756	0.348
19	2640	0.762	0.495	0.962	0.430
最小值	420	0.331	0.384	0.617	0.286
最大值	3120	0.870	0.768	1.235	0.633
平均值	1613	0.542	0.612	0.958	0.476

2021 年春季浮游植物多样性指数 H' 值 0.497~1.814，平均值为 1.079；丰富度 d 为 0.774~1.995，平均值为 1.323；均匀度 J'为 0.256~0.707，平均值为 0.475；优势度为 0.190~0.752，平均值为 0.453。调查期间各个站位的浮游植物多样性指数 H'、均匀度 J'、丰富度 d 和优势度详见表 5.6-5。

表 5.6-5　2021 年春季调查海域浮游植物现状调查与评价结果表

站位	丰度（ind/L）	丰富度 *d*	均匀度 *J'*	多样性 *H'*	优势度
1	1090	1.859	0.394	1.039	0.386
3	830	1.637	0.542	1.347	0.571
5	1500	1.126	0.417	0.867	0.354
7	920	1.319	0.466	1.074	0.491
8	1640	0.774	0.378	0.677	0.283
9	1840	1.040	0.276	0.573	0.221
11	890	0.884	0.256	0.497	0.190
12	1530	1.913	0.707	1.814	0.752

13	410	1.995	0.704	1.806	0.722
15	530	1.275	0.601	1.321	0.626
17	520	0.959	0.414	0.806	0.340
19	610	1.091	0.543	1.128	0.502
最小值	410	0.774	0.256	0.497	0.190
最大值	1840	1.995	0.707	1.814	0.752
平均值	1026	1.323	0.475	1.079	0.453

5.6.2.3 浮游动物

1、种类组成

2020 年秋季调查海域调查期间共采获有大型浮游动物 6 类 52 种，其中桡足类 32 种，占 61.5%；水母类 8 种，占 15.4%；浮游幼体 6 种，占 11.5%；毛颚动物 3 种，占 5.8%；樱虾类 2 种，占 3.8%；磷虾类 1 种，占 1.9%。见表 5.6-6。

2021 年春季调查海域调查期间共采获有大型浮游动物 6 类 50 种，其中桡足类 32 种，占 64.0%；水母类 8 种，占 16.0%；浮游幼体 5 种，占 10.0%；毛颚动物和樱虾类各 2 种，分别占 4.0%；磷虾类 1 种，占 2.0%。见表 5.6-7。

2、浮游动物丰度分布

2020 年秋季调查期间浮游动物丰度为 24.7 ~65.5 ind/m^3，平均丰度为 46.0ind/m^3。最高丰度位于站位 7，最低丰度位于站位 15。

2021 年春季调查期间浮游动物丰度为 28 ~103 ind/m^3，平均丰度为 57 ind/m^3。最高丰度位于站位 13，最低丰度位于站位 12。

3、浮游动物生物量分布

2020 年秋季调查期间浮游动物生物量为 63.2 ~175.1 mg/m^3，平均生物量为 111.6mg/m^3，生物量高值区分布在站位 7，低值区分布在站位 15。

2021 年春季调查期间浮游动物生物量为 45.8 ~195.3 mg/m^3，平均生物量为 117.3mg/m^3，生物量高值区分布在站位 3，低值区分布在站位 13。

4、浮游动物优势种

2020 年秋季浮游动物优势种为双生水母 *Diphyes chamissonis* 和肥胖箭虫 *Sagitta enflata*，优势度分别为 0.72 和 0.16。

2021 年春季浮游动物优势种为双生水母 *Diphyes chamissonis* 和中华哲水蚤 *Calanus sinicus*，优势度分别为 0.12 和 0.23。

5、浮游动物现状评价结果

2020 年秋季调查期间浮游动物多样性指数值 H'在 0.645 ~1.265，平均值为 0.913；丰富度 d 在 0.928~1.560，平均值为 1.390；均匀度 J'在 0.387 ~0.686，平均值为 0.505，优势度值在 0.307~0.629，平均值为 0.445。调查期间，各站位浮游动物多样性指数 H'、丰富度 d、均匀度 J'和优势度，详见表 5.6-8。

表 5.6-8 2020 年秋季调查海域浮游动物现状调查与评价结果

站位	丰度（个/m3）	生物量（mg/m^3	丰富度 *d*	均匀度 *J'*	多样性 *H'*	优势度
1	33.8	82.9	1.420	0.577	1.034	0.524
3	49.1	114.0	1.798	0.387	0.805	0.342
5	39.9	92.9	1.357	0.411	0.736	0.345
7	65.5	175.1	0.956	0.426	0.685	0.312
8	27.6	70.4	1.507	0.478	0.857	0.427
9	45.0	117.3	1.313	0.360	0.645	0.307
11	74.3	157.5	0.928	0.686	1.104	0.563
12	26.0	60.2	1.842	0.650	1.265	0.629
13	69.6	159.6	1.414	0.622	1.211	0.604
15	24.7	63.2	1.560	0.471	0.844	0.406
17	47.4	118.8	1.296	0.523	0.937	0.463
19	48.9	127.2	1.285	0.464	0.832	0.416
最小值	24.7	63.2	0.928	0.387	0.645	0.307
最大值	65.5	175.1	1.560	0.686	1.265	0.629
平均值	46.0	111.6	1.390	0.505	0.913	0.445

2021 年春季调查期间浮游动物多样性指数值 H'在 0.769~2.015，平均值为 1.313；丰富度 d 在 0.863 ~2.492，平均值为 1.795；均匀度 J'在 0.395~0.840，平均值为 0.637，优势度值在 0.361~0.855，平均值为 0.613。调查期间，各站位浮游动物多样性指数 H'、丰富度 d、均匀度 J'和优势度详见表 5.6-9。

表 5.6-9 春调查海域浮游动物现状调查与评价结果

站位	丰度（个/m3）	生物量（mg/m^3	丰富度 *d*	均匀度 *J'*	多样性 *H'*	优势度
1	30	125.3	1.764	0.573	1.114	0.508
3	46	195.3	2.090	0.533	1.171	0.508
5	30	154.1	1.764	0.801	1.558	0.763
7	59	75.2	1.471	0.540	1.050	0.496
8	37	161.3	2.492	0.730	1.680	0.719
9	55	189.5	1.996	0.518	1.139	0.547
11	67	78.6	1.427	0.395	0.769	0.361
12	28	136.2	1.200	0.665	1.071	0.614
13	103	45.8	0.863	0.731	1.176	0.593

15	69	54.2	1.889	0.710	1.561	0.734
17	85	52.4	2.251	0.840	2.015	0.855
19	73	139.2	2.331	0.607	1.456	0.662
最小值	28	45.8	0.863	0.395	0.769	0.361
最大值	103	195.3	2.492	0.840	2.015	0.855
平均值	57	117.3	1.795	0.637	1.313	0.613

5.6.2.4 底栖生物

1、底栖生物种类组成

2020 年秋季调查海域调查期间采集到大型底栖生物 4 大类 33 种，其中多毛类 13 种，占 39.4%；软体动物 10 种，占 30.3%；甲壳动物 6 种，占 18.2%；棘皮动物 4 种，占 12.1%。见表 5.6-10。

2021 年春季调查海域调查期间采集到大型底栖生物 4 大类 32 种，其中多毛类 13 种，占 40.6%；软体动物 10 种，占 31.2%；甲壳动物 6 种，占 18.8%；棘皮动物 3 种，占 9.4%。见表5.6-11。

2、丰度分布

2020 年秋季调查海域底栖生物丰度在 20~60ind/m^2。平均丰度为 43ind/m^2，高分布在站位 1 和 15，最低在站位 12。

2021 年春季调查海域底栖生物丰度在 10~102ind/m^2。平均丰度为 47ind/m^2，高分布在站位 15，最低在站位 1。

3、生物量分布

2020 年秋季调查海域底栖生物生物量在 1.5~6.3g/m^2，平均底栖生物生物量为 4.1g/m^2。生物量最高分布在站位 1，最低在站位 12。

调查海域底栖生物生物量在0.1 ~11.6 g/m2，平均底栖生物生物量为3.4 g/m^2。生物量最高分布在站位 13，最低在站位 1。

4、优势种

2020年秋季调查海域底栖生物优势种为不倒翁虫*Sternaspis scutata*和异足索沙蚕 *Lumbriconeris heteropoda*，其 Y 值分别为 0.29 和 0.07。

调查海域底栖生物优势种为不倒翁虫 *Sternaspis scutata* 和异足索沙蚕 *Lumbriconeris heteropoda*，其 Y 值分别为 0.07 和 0.18。

5、底栖生物现状评价结果

2020 年秋季底调查海域底栖生物多样性指数值 H'为 0.562 ~1.332，平均值为 0.940 ；丰富度 d 值为 0.256 ~0.767，平均 0.485；均匀度 J'为 0.811 ~1.000，平均值为 0.936；优势度值在 0.385 ~0.735，平均值为 0.587，详见表 5.6-12。

表 5.6-12　2020 年秋季调查海域底栖生物现状调查与评价结果表

站位	丰度（ind/m²）	生物量（g/m²）	丰富度 *d*	均匀度 *J'*	多样性 *H'*	优势度
1	60	6.3	0.733	0.896	1.242	0.678
3	30	2.9	0.294	0.918	0.637	0.460
5	40	4.2	0.542	0.946	1.040	0.641
7	50	4.6	0.767	0.961	1.332	0.735
8	40	4.4	0.542	0.946	1.040	0.641
9	30	3.5	0.294	0.918	0.637	0.460
11	50	4.4	0.511	0.960	1.055	0.653
12	20	1.5	0.334	1.000	0.693	0.526
13	40	3.2	0.271	0.811	0.562	0.385
15	60	6.0	0.733	0.959	1.330	0.734
17	40	4.2	0.542	0.946	1.040	0.641
19	50	3.9	0.256	0.971	0.673	0.490
最小值	20	1.5	0.256	0.811	0.562	0.385
最大值	60	6.3	0.767	1.000	1.332	0.735
平均值	43	4.1	0.485	0.936	0.940	0.587

2021年春季调查海域底栖生物多样性指数值 H'为 0.046 ~1.483，平均值为 0.926 ；丰富度 d 值为 0.433 ~0.875，平均 0.645；均匀度 J'为 0.067 ~0.982，平均值为 0.735；优势度值在 0.017 ~0.752，平均值为 0.544，详见表5.6-13。

表 5.6-13　2021 年春季调查海域底栖生物现状调查与评价结果表

站位	丰度（ind/m²）	生物量（g/m²）	丰富度 *d*	均匀度 *J'*	多样性 *H'*	优势度
1	10	0.1	0.433	0.067	0.046	0.017
3	41	0.9	0.539	0.595	0.654	0.411
5	32	1.6	0.869	0.899	1.246	0.720
7	54	4.3	0.751	0.968	1.342	0.741
8	30	0.4	0.586	0.640	0.703	0.476
9	54	4.3	0.501	0.817	0.897	0.564
11	60	0.3	0.732	0.643	0.891	0.513
12	51	1.4	0.508	0.555	0.609	0.362
13	31	11.6	0.875	0.863	1.197	0.708
15	102	2.9	0.866	0.921	1.483	0.752
17	72	6.4	0.468	0.876	0.963	0.587
19	26	6.5	0.611	0.982	1.079	0.680
最小值	10	0.1	0.433	0.067	0.046	0.017

最大值	102	11.6	0.875	0.982	1.483	0.752
平均值	47	3.4	0.645	0.735	0.926	0.544

5.6.2.5 潮间带生物

1、潮间带生物种类组成

2020 秋季调查 3 个潮间带，断面 T1、T2 和 T3，中高潮带为岩石，低潮带为滩涂。生物种类组成 4 大类 32 种，其中软体动物 11 种，占 34.3%；甲壳类 10 种，占 31.3%；大型藻类 5 种，占 15.6%；其他种类 6 种，占 18.8%。（见表 5.6-14）。

2021 年春季调查 3 个潮间带，断面 T1、T2 和 T3，中高潮带为岩石，低潮带为滩涂。生物种类组成 5 大类 33 种，其中软体动物 12 种，占 36.4%；甲壳类 10 种，占 30.3%；大型藻类 5 种，占 15.2%；腔肠动物和多毛类各 3 种，分别占 9.1%。见表 5.6-15。

2、数量组成与分布

2020 年秋季 T1 断面平均栖息密度为 32 个/m^2，平均生物量为 34.1g/m^2。T2 断面平均栖息密度为 32 个/m^2，平均生物量为 17.6g/m^2。T3 断面的平均栖息密度为 30 个/m^2，平均生物量为 29.3g/m^2。3 个断面平均栖息密度为 30 个/m^2，平均生物量为 27.0g/m^2。潮间带生物各类别种数、生物量和栖息密度详见表 5.6-16。

表 5.6-16　2020 年秋季调查海域断面各类别种数和密度及生物量分布

类别	生境(断面)	T1 断面(上岩下泥)			T2 断面(上岩下泥)			T3 断面(上岩下泥)		
	潮区	高	中	低	高	中	低	高	中	低
软体动物	种数(n)	2	0	0	1	1	2	2	0	0
	密度(个/m^2)	64	0	0	16	16	48	32	0	0
	生物量(g/m^2)	38.4	0	0	6.4	4.8	11.2	19.2	0	0
甲壳动物	种数(n)	0	2	0	0	1	0	0	1	0
	密度(个/m^2)	0	32	0	0	16	0	0	32	0
	生物量(g/m^2)	0	64.0	0	0	30.4	0	0	67.2	0
其它	种数(n)	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	密度(个/m^2)	0	0	0	0	0	0	0	0	16
	生物量(g/m^2)	0	0	0	0	0	0	0	0	1.6
合计	种数(n)	2	2	0	1	2	2	2	1	1
	密度(个/m^2)	64	32	0	16	32	48	32	32	16

	生物量(g/m^2)	38.4	64.0	0	6.4	35.2	11.2	19.2	67.2	1.6
各断面平均	密度(个/m^2)	32			32			27		
	生物量(g/m^2)	34.1			17.6			29.3		
总平均	密度(个/m^2)	30								
	生物量(g/m^2)	27.0								

T1 断面平均栖息密度为 75 个/m^2，平均生物量为 155.2g/m^2。T2 断面平均栖息密度为 64 个/m^2，平均生物量为 120.8g/m^2。T3 断面的平均栖息密度为 53 个/m^2，平均生物量为 133.7g/m^2。3 个断面平均栖息密度为 64 个/m^2，平均生物量为 136.6 g/m^2。潮间带生物各类别种数、生物量和栖息密度详见表 5.6-17。

表 5.6-17　2021 年春季调查海域断面各类别种数和密度及生物量分布

类别	生境(断面)	T1 断面(上岩下泥)			T2 断面(上岩下泥)			T3 断面(上岩下泥)		
	潮区	高	中	低	高	中	低	高	中	低
软体动物	种数(n)	2	2	1	1	0	0	1	4	1
	密度(个/m^2)	48	96	49	32	0	0	16	80	16
	生物量(g/m^2)	11.2	124.8	164.8	5.4	0.0	0.0	9.2	196.8	76.8
甲壳动物	种数(n)	0	0	1	0	1	1	0	0	1
	密度(个/m^2)	0	0	32	0	144	16	0	0	48
	生物量(g/m^2)	0.0	0.0	164.8	0.0	340.8	16.2	0.0	0.0	118.4
其它	种数(n)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	密度(个/m^2)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	生物量(g/m^2)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合计	种数(n)	2	2	2	1	1	1	1	4	2
	密度(个/m^2)	48	96	81	32	144	16	160	80	64
	生物量(g/m^2)	11.2	124.8	329.6	5.4	340.8	16.2	19.2	196.8	195.2
各断面平均	密度(个/m^2)	75			64			53		
	生物量(g/m^2)	155.2			120.8			133.7		
总平均	密度(个/m^2)	64								
	生物量(g/m^2)	136.6								

3、潮间带生物主要种类

2020 年秋季调查期间潮间带动物高潮带优势种为短滨螺，中潮带和低潮带优势种为疣荔枝螺齿纹蜒螺和不倒翁虫。

2021 年春季调查期间潮间带动物高潮带优势种为短滨螺，中潮带和低潮带优势种为疣荔枝螺齿纹蜒螺和不倒翁虫。

4、生物多样性

2020 年秋季调查海域潮间带 3 个调查断面生物种类多样性指数 H'为 1.330 ~1.561，平均值为 1.408；丰富度 d 为 0.657 ~0.876，平均值为 0.739；均匀度 J'为 0.959 ~0.970，平均值为 0.963；优势度为 0.729 ~0.786，平均值为 0.748（表 5.6-18）。

表 5.6-18　2020 年秋季调查海域潮间带生物现状调查与评价结果表

断面	丰富度 *d*	均匀度 *J'*	多样性 H'	优势度
T1	0.657	0.959	1.330	0.730
T2	0.876	0.970	1.561	0.786
T3	0.685	0.961	1.332	0.729
最小值	0.657	0.959	1.330	0.729
最大值	0.876	0.970	1.561	0.786
平均值	0.739	0.963	1.408	0.748

2021 年春季调查海域潮间带 3 个调查断面生物种类多样性指数 H'为 1.352 ~1.523，平均值为 1.456；丰富度 d 为 0.761 ~0.824，平均值为 0.797；均匀度 J'为 0.840 ~0.946，平均值为 0.905；优势度为 0.698 ~0.771，平均值为 0.742，详见表 5.6-19。

表 5.6-19　　2021 年春季调查海域潮间带生物现状调查与评价结果表

断面	丰富度 *d*	均匀度 *J'*	多样性 H'	优势度
T1	0.805	0.946	1.523	0.771
T2	0.824	0.928	1.494	0.756
T3	0.761	0.840	1.352	0.698
最小值	0.761	0.840	1.352	0.698
最大值	0.824	0.946	1.523	0.771
平均值	0.797	0.905	1.456	0.742

5.7 渔业资源调查与评价

5.7.1 鱼卵、仔稚鱼现状调查

（1）评价项目

渔业资源：（1）鱼卵、仔鱼种类组成、数量分布、优势种；（2）渔获物种类组成、渔获物生物学特征、优势种分布、渔获量分布和资源密度（重量、尾数）、物种多样性及其分布。

（2）调查方法

渔业资源调查按《海洋调查规范》（GB12673-2007）和《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007）进行，使用单拖网（宽×高，8.0m×4.0m），网囊最小网目尺寸 20mm，每网拖曳 1h，平均拖速 3 节。对渔获物进行分品种渔获重量和尾数统计，记录每网次产量，并对每个品种进行生物学测定（体长、体重、性腺成熟度等）。本次调查海域渔获物主要分为鱼类和甲壳类 2 大类群进行分别描述。其中，甲壳动物类共出现虾类、蟹类和口足类（虾蛄类），口足类中仅出现口虾蛄 1 种，故在统计分析中将其并入虾类中进行数据分析。

（3）样品及数据处理

拖网获取的样品在现场记录拖网卡片（包括站点、时间、航次、航速、经纬度信息），除现场记录的样品外，剩余的样品经福尔马林溶液固定后带回实验室，进行鉴定，记录数量、重量、优势体长组等数据。

1）渔业资源密度（重量、尾数）估算方法

渔业资源密度估算方法根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007）进行，计算公式如下：

$$D = C / aq$$

式中：

D—渔业资源密度，单位为尾每平方千米(ind/km^2)或千克每平方千米(kg/km^2)；

C—平均每小时拖网渔获量，单位为尾每小时(ind/h)或千克每小时(kg/h)；

a—每小时网具扫海面积，单位为平方千米每小时(km^2/h)；

q—网具捕获率，取值为 0.5。

2）优势种计算公式

优势种的计算采用相对重要性指数，计算公式如下：

$$IRI = [(n_i/N + w_i/W)\cdot f_i/m]\cdot 10^5$$

式中：

ni、wi—分别为第i种生物的个体数和生物量；

N、W—分别为总个体数和总生物量；

fi—第i种生物在 m 次取样中出现的频率；

m—取样次数。

3）物种多样性计算公式

物种多样性主要采用 Shannon~Wiener（H'）指数、均匀度（J'）、丰富度（d）3 个公式计算，计算公式如下：

①Shannon~Wiener（H'）指数计算公式：

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

式中：H'—生物多样性指数；

Pi—是第i种生物占总个体数或总生物量的比例；

S—生物总种数。

②均匀度（J'）指数计算公式：

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

式中：J'—均匀度指数；

H'—生物多样性指数；

S—生物总种数。

③丰富度（d）指数计算公式：

$$d = (S-1)/\log_2 N \text{ 或 } d = (S-1)/\log_2 G$$

式中：d—丰富度指数；

N—渔获物总尾数；

G—渔获物总生物量；

S—生物总种数。

（4）调查结果

①种类组成及优势种

2020 年 9 月拖网采集方式进行鱼卵、仔鱼调查，此次调查中共出现种类 7 种，隶属于 3 目，5 科（表 5.7-1）。其中，采集到的鱼卵 23 粒，采集到仔稚鱼 109 尾。项目工程海域鱼卵的优势种为斑鰶，仔稚鱼的优势种为日本鳀。

2021 年 4 月拖网采集方式进行鱼卵、仔鱼调查，此次调查中共出现种类 15 种，隶属于 6 目，11 科（表 5.7-2）。其中，采集到鱼卵 258 粒，采集到仔稚鱼 174 尾。项目工程海域鱼卵优势种为斑鰶，仔稚鱼优势种为矛尾虾虎鱼和日本鳀。

②数量分布

2020 年 9 月在项目工程海域调查使用表层拖网和垂直拖网两种网具采集鱼卵仔鱼。各个站位密度分布如表 5.7-1。其中，水平拖网中鱼卵平均密度为 0.011 粒/m^3，垂直拖网中鱼卵平均密度为 0；水平拖网中仔稚鱼平均密度为 0.049 尾/m^3，垂直拖网中仔稚鱼平均密度为 0。

表 5.7-1　2020 年秋季调查海域鱼卵、仔稚鱼数量密度分布

站位	鱼卵（粒/m^3）		仔稚鱼（尾/m^3）	
	水平网	垂直网	水平网	垂直网
1	0.012	0	0.025	0
3	0	0	0.038	0
5	0	0	0.100	0
7	0.010	0	0.095	0
8	0	0	0.047	0
9	0	0	0.1	0
11	0.032	0	0.048	0
12	0	0	0.042	0
13	0	0	0.030	0
15	0.021	0	0.017	0
17	0.023	0	0.034	0
19	0.033	0	0.016	0
平均值	0.011	0	0.049	0

2021 年 4 月在项目工程海域调查使用表层拖网和垂直拖网两种网具采集鱼卵仔鱼。各个站位密度分布如表 5.7-2。其中，水平拖网中鱼卵平均密度为 0.126 粒/m^3，垂直拖网中鱼卵平均密度为 0.008 粒/m^3；水平拖网中仔稚鱼平均密度为 0.100 尾/m^3，垂直拖网中仔稚鱼平均密度为 0.004 尾/m^3。

表 5.7-2　2021 年春季调查海域鱼卵、仔稚鱼数量密度分布

站位	鱼卵（粒/m^3）		仔稚鱼（尾/m^3）	
	水平网	垂直网	水平网	垂直网

1	0.306	0	0.349	0
3	0.087	0	0.041	0
5	0	0	0.100	0
7	0.029	0	0.012	0.042
8	0.121	0	0.364	0
9	0.167	0	0.080	0
11	0.070	0	0	0
12	0.008	0	0.011	0
13	0.024	0	0.030	0
15	0	0	0.063	0
17	0.632	0.091	0.140	0
19	0.063	0	0.012	0
平均值	0.126	0.008	0.100	0.004

5.7.2 游泳动物调查结果

（1）渔获物种类组成

2020 年 9 月调查海域共鉴定游泳动物 42 种（表 5.7-3）。其中，鱼类 26 种，占渔获种类总数的 61.90%，隶属于 8 目，17 科，23 属；虾类 10 种，占渔获种类总数的 23.81%，隶属于 2 目，6 科，8 属；蟹类 6 种，占渔获种类总数的 14.29%，隶属于 1 目，2 科，4 属。其中，渔获种类出现最多的站位出现在 11 号站位，为 25 种，渔获种类出现最少出现在 3 号站位，为 7 种。

2021 年 4 月调查海域共鉴定游泳动物 43 种（表 5.7-4）。其中，鱼类 24 种，占渔获种类总数的 55.81%，隶属于 8 目，15 科，22 属；虾类 12 种，占渔获种类总数的 27.91%，隶属于 2 目，8 科，9 属；蟹类 7 种，占渔获种类总数的 16.28%，隶属于 1 目，4 科，6 属。其中，渔获种类出现最多的站位出现在 15 号站位，为 24 种，渔获种类出现最少出现在 3 号和 8 号站位，均为 10 种。

（2）渔获物（重量、尾数）分类群组成

2020 年 9 月渔获物重量中，鱼类渔获重量 62467.2g，占总渔获量的 62.63%，虾类渔获重量 19589.7g，占总渔获量的 19.64%，蟹类渔获重量 17683.5g，占总渔获量的 17.73%；渔获物尾数中，鱼类渔获尾数 9480 尾，占总渔获尾数的 65.13%，虾类渔获尾数 4467 尾，占总渔获尾数的 30.69%，蟹类渔获尾数 609 尾，占总渔获尾数的 4.18%详见表 5.7-3。

表 5.7-3　2020 年秋季调查海域渔获物（重量、尾数）分类群百分比组成

时间	重量		尾数	
	重量(g)	百分比（%）	尾数(尾)	百分比（%）

秋季	鱼类	62467.2	62.63	9480	65.13
	虾类	19589.7	19.64	4467	30.69
	蟹类	17683.5	17.73	609	4.18

2021 年 4 月渔获物重量中，鱼类渔获重量 8127.0g，占总渔获量的 33.93%，虾类渔获重量 5017.4g，占总渔获量的 20.95%，蟹类渔获重量 10806.0g，占总渔获量的 45.12%；渔获物尾数中，鱼类渔获尾数 6758 尾，占总渔获尾数的 55.93%，虾类渔获尾数 4370 尾，占总渔获尾数的 36.16%，蟹类渔获尾数 956 尾，占总渔获尾数的 7.91%详见表 5.7-4。

表 5.7-4　2021 年春季调查海域渔获物（重量、尾数）分类群百分比组成

时间		重量		尾数	
		重量(g)	百分比（%）	尾数(尾)	百分比（%）
春季	鱼类	8127.0	33.93	6758	55.93
	虾类	5017.4	20.95	4370	36.16
	蟹类	10806.0	45.12	956	7.91

（3）资源密度（重量、尾数）

2020 年 9 月调查海域渔获物重量和尾数密度如表 5.7-5 所示，分别为 302.22kg/km^2（58.47～568.38kg/km^2）和 44.11×10^{3}ind./km^2（10.69×10^3～80.07×10^{3}ind./km^2）。其中，鱼类资源重量和尾数密度均值分别为 189.28kg/km2（43.83～353.97kg/km2）和 28.72×10^{3}ind./km^2（5.45×10^3～53.78×10^{3}ind./km^2）；虾类资源重量和尾数密度均值分别为 59.36kg/km^2（8.03～120.16kg/km^2）和 13.54×10^{3}ind./km^2（4.58×10^3～23.45×10^{3}ind./km^2）；蟹类资源重量和尾数密度均值分别为 53.58kg/km2（3.28～144.83kg/km^2）和 1.85×10^{3}ind./km^2（0.22×10^3～5.35×10^{3}ind./km^2）。

2020 年 9 月调查海域渔获物中龙头鱼对总重量资源密度和总尾数资源密度贡献均最大；鱼类中龙头鱼对总重量资源密度和总尾数资源密度贡献均最大；虾类中口虾蛄对总重量资源密度和总尾数资源密度贡献均最大；蟹类中三疣梭子蟹对总重量资源密度和总尾数资源密度贡献均最大。

表 5.7-5　2020 年秋季调查海域渔业资源（重量、尾数）

类群	2020 年 9 月（秋季）	
	重量密度（kg/km^2）	尾数密度（10^{3}ind./km^2）
鱼类	189.28	28.72
虾类	59.36	13.54
蟹类	53.58	1.85
合计	302.22	44.11

2021 年 4 月调查海域渔获物重量和尾数密度如表 5.7-6 所示，分别为 179.61kg/km^2（33.19～376.49kg/km^2）和 90.62×10^{3}ind./km^2（18.18×10^3～235.96×10^{3}ind./km^2）。其中，鱼类资源重量和尾数密度均值分别为 60.95kg/km^2（7.02～200.59kg/km^2）和 50.68×10^{3}ind./km^2（4.14×10^3～155.51×10^{3}ind./km^2）；虾类资源重量和尾数密度均值分别为 37.63kg/km^2（15.95～73.76kg/km^2）和 32.77×10^{3}ind./km^2（8.82×10^3～73.25×10^{3}ind./km^2）；蟹类资源重量和尾数密度均值分别为 81.04kg/km^2（0.45～246.98kg/km^2）和 7.17×10^{3}ind./km^2（0.18×10^3～22.50×10^{3}ind./km^2）。

2021 年 4 月调查海域渔获物中三疣梭子蟹对总重量资源密度贡献最大，矛尾虾虎鱼对总尾数资源密度贡献最大；鱼类中栉孔虾虎鱼对鱼类总重量资源密度贡献最大，矛尾虾虎鱼对鱼类总尾数资源密度贡献最大；虾类中口虾蛄对虾类总重量资源密度贡献最大，细螯虾对虾类总尾数资源密度贡献最大；蟹类中三疣梭子蟹对蟹类总重量资源密度和总尾数资源密度贡献均最大。

表 5.7-6　2021 年春季调查海域渔业资源（重量、尾数）

类群	2021 年 4 月（春季）	
	重量密度（kg/km^2）	尾数密度（10^{3}ind./km^2）
鱼类	60.95	50.68
虾类	37.63	32.77
蟹类	81.04	7.17
合计	179.61	90.62

（4）渔获物资源密度（重量、尾数）平面分布

2020 年 9 月调查水域渔业资源重量密度最大值出现在 11 号站位，为 568.38kg/km^2，最小值出现在 1 号站位，为 58.47kg/km^2；调查水域渔业资源尾数密度最大值出现在 11 号站位，为 80.07×10^{3}ind./km^2，最小值出现在 3 号站位，为 10.69×10^{3}ind./km^2。

2021 年 4 月调查水域渔业资源重量密度最大值出现在 11 号站位，为 376.49kg/km^2，最小值出现在 3 号站位，为 33.19kg/km^2；调查水域渔业资源尾数密度最大值出现在 15 号站位，为 235.96×10^{3}ind./km^2，最小值出现在 8 号站位，为 18.18×10^{3}ind./km^2。

（5）渔获物优势种组成

采用相对重要性指数（IRI 指数）来确定调查海域内游泳动物各类群的优势

种。规定 IRI 指数大于 1000 的种类为调查海域中的优势种。根据此标准：2020 年 9 月（秋季）项目海域鱼类优势种依次为龙头鱼和棘头梅童鱼 2 种；虾类优势种为口虾蛄、葛氏长臂虾和哈氏仿对虾 3 种；蟹类优势种为三疣梭子蟹和日本蟳 2 种，见表 5.7-7。

表 5.7-7　2020 年 9 月（秋季）优势种及其占各类群渔获物的出现率（F%）、尾数百分比（N%）、重量百分比（W%）和相对重要性指数（IRI）

类别	种名	2020 年 9 月（秋季）			
		F%	*N%*	*W%*	*IRI*
鱼类	龙头鱼	100.00	78.77	58.25	13702
	棘头梅童鱼	100.00	5.73	14.02	1974
虾类	口虾蛄	100.00	49.83	79.54	12937
	葛氏长臂虾	83.33	18.27	4.72	1915
	哈氏仿对虾	75.00	12.49	5.56	1354
蟹类	三疣梭子蟹	100.00	60.10	58.94	11904
	日本蟳	75.00	26.11	33.79	4493

2021 年 4 月（春季）项目海域鱼类优势种依次为矛尾虾虎鱼、栉孔虾虎鱼和小黄鱼 3 种；虾类优势种为细螯虾、口虾蛄和葛氏长臂虾 3 种；蟹类优势种为三疣梭子蟹 1 种，见表 5.7-8。

表 5.7-8　2021 年 4 月（春季）优势种及其占各类群渔获物的出现率（F%）、尾数百分比（N%）、重量百分比（W%）和相对重要性指数（IRI）

类别	种名	2021 年 4 月（春季）			
		F%	*N%*	*W%*	*IRI*
鱼类	矛尾虾虎鱼	83.33	74.79	13.57	7363
	栉孔虾虎鱼	100.00	6.90	33.10	4000
	小黄鱼	66.67	13.40	2.36	1051
虾类	细螯虾	91.67	37.34	15.24	4821
	口虾蛄	83.33	7.05	44.29	4278
	葛氏长臂虾	91.67	18.03	19.80	3468
蟹类	三疣梭子蟹	100.00	93.72	86.24	17997

（6）渔获物体重、体长和幼体比例

2020 年 9 月（秋季）调查海域鱼类、虾类和蟹类平均幼体比例分别为 60.42%、72.53%和 42.07%（表 5.7-9）。其渔获物体重范围、平均体重、体长范围、平均体长以及幼体比例见表 5.7-10。

表 5.7-9　2020 年 9 月（秋季）分类群平均体重、体长和幼体比例

类群	2020 年 9 月（秋季）

	平均体重（g）	平均体长（mm）	幼体比例（%）
鱼类	6.59	85.50	60.42
虾类	4.39	58.40	72.53
蟹类	29.04	87.10	42.07

表 5.7-10　2020 年 9 月（秋季）不同种类体长、体重和幼体比例

种类名称	体长（mm）		体重（g）		幼体比例（%）
	范围	平均值	范围	平均值	
白姑鱼	30～79	45.8	0.8～10.8	2.55	100.00
带鱼	60～115	86.5	4.5～63.5	12.51	100.00
刀鲚	79～202	124.5	6.2～39.8	13.06	80.00
凤鲚	63～187	105.2	3.2～28.8	7.53	80.32
海鳗	120～229	150.5	74～305.2	155.16	14.29
海鲇	104～104	104	15.4～15.4	15.40	100.00
横纹东方鲀	64～134	82.4	7.4～65.8	14.20	100.00
红狼牙虾虎鱼	49～133	100.2	4.2～18.8	10.21	39.22
黄鲫	76～149	120	6.8～29.8	14.15	40.00
黄鳍东方鲀	60～119	105.8	7～24.8	15.80	25.00
棘头梅童鱼	63～188	116.6	6.4～50.2	16.12	37.20
尖头黄鳍牙鲆	70～149	100.8	3.2～30.4	12.13	66.67
叫姑鱼	36～114	86.5	3～14	6.23	100.00
鳓	43～63	46.8	2～5.4	3.55	100.00
六指马鲅	42～96	69	2.8～11.8	7.30	50.00
龙头鱼	60～233	89.6	1.2～104.5	4.87	88.36
矛尾虾虎鱼	34～79	56.2	1～5.8	2.41	41.03
鮸	43～53	50.2	2～5.2	3.62	100.00
丝背细鳞鲀	140～140	140	29.8～29.8	29.80	0.00
四指马鲅	86～86	86	11.2～11.2	11.20	100.00
小带鱼	68～119	101.1	6.8～33.4	15.10	66.67
小黄鱼	149～149	149	45.8～45.8	45.80	0.00
银鲳	68～187	128.6	9.8～107.4	20.16	35.71
鲬	170～170	170	92～92	92.00	0.00
长吻红舌鳎	69～140	110.2	5.6～46.8	10.98	71.43
栉孔虾虎鱼	60～122	88.9	4～15.4	7.14	35.09
安氏白虾	20～41	25.5	0.1～1	0.34	59.09
鞭腕虾	26～26	26	0.6～0.6	0.60	100.00
葛氏长臂虾	26～53	34.8	0.4～3.2	1.13	69.36
哈氏仿对虾	32～89	52.2	0.6～7.8	1.95	69.71
脊尾白虾	46～86	52.2	1.8～6.8	3.58	56.79
口虾蛄	63～149	96.5	4.2～25.8	7.00	83.69
日本鼓虾	30～38	34	0.4～0.8	0.50	84.44
鲜明鼓虾	36～36	36	1.2～1.2	1.20	100.00
中华管鞭虾	45～82	52.2	1～4.8	2.07	64.10
周氏新对虾	65～133	74.4	2.8～12.8	4.58	38.10

红星梭子蟹	49～60	54.5	4.8～11.8	8.30	100.00
拟穴青蟹	136～136	136	187.6～187.6	187.60	0.00
日本蟳	46～98	78.5	12.4～75.6	37.58	37.11
三疣梭子蟹	63～199	117.8	8.6～120.4	28.48	48.63
双斑蟳	46～78	60	4～10.4	7.89	33.33
长手隆背蟹	63～89	75.5	8.2～26.8	11.71	33.33

2021年4月（春季）调查海域鱼类、虾类和蟹类平均幼体比例分别为64.18%、70.25%和59.70%（表5.7-11）。其渔获物体重范围、平均体重、体长范围、平均体长以及幼体比例见表5.7-12。

表5.7-11　2021年4月（春季）分类群平均体重、体长和幼体比例

类群	2021年4月（春季）		
	平均体重（g）	平均体长（mm）	幼体比例（%）
鱼类	1.20	59.80	64.18
虾类	1.15	33.60	70.25
蟹类	11.30	88.60	59.70

表5.7-12　2021年4月（春季）不同种类体长、体重和幼体比例

种类名称	体长（mm）		体重（g）		幼体比例（%）
	范围	平均值	范围	平均值	
大黄鱼	174～174	174	92.8～92.8	92.80	0.00
大银鱼	34～34	34	0.8～0.8	0.80	100.00
带鱼	104～104	104	27.6～27.6	27.60	100.00
凤鲚	46～148	88.4	2.4～24	6.37	80.00
光鳀	300～420	360	304.4～555.4	429.90	0.00
褐菖鲉	28～28	28	0.3～0.3	0.30	100.00
红狼牙虾虎鱼	22～119	80.2	0.8～11.1	4.74	28.57
黄鲫	130～164	144.8	20.4～40.8	26.43	0.00
棘头梅童鱼	138～177	165.4	28～70.2	40.20	0.00
尖头黄鳍牙鲬	24～69	52.2	1.2～5.4	2.65	100.00
尖牙鲈	20～29	24	0.1～0.5	0.29	100.00
叫姑鱼	48～90	69	4～8.6	6.30	100.00
宽体舌鳎	76～187	115.6	7.2～43.3	13.67	84.62
龙头鱼	49～224	108.1	2.4～67.8	10.00	81.25
麦氏犀鳕	46～46	46	1.5～1.5	1.50	0.00
矛尾虾虎鱼	14～36	22.2	0.1～0.8	0.22	95.47
拟矛尾虾虎鱼	39～39	39	0.8～0.8	0.80	100.00
七星底灯鱼	20～49	26.4	0.1～1.1	0.25	75.00
细鳞鲴	54～54	54	1.6～1.6	1.60	100.00
小黄鱼	14～59	22	0.1～3	0.21	100.00
银鲳	49～120	80.7	6.2～48.2	15.44	80.00
长吻红舌鳎	36～136	76.5	2.1～24.3	5.76	83.33
栉孔虾虎鱼	36～142	72.4	1.4～13.4	5.77	31.97

钟馗虾虎鱼	76～76	76	5.2～5.2	5.20	0.00
安氏白虾	18～42	24.8	0.1～1.6	0.49	53.33
鞭腕虾	20～29	24.5	0.4～0.6	0.50	100.00
葛氏长臂虾	20～73	42.5	0.4～4.8	1.26	39.09
哈氏仿对虾	64～64	64	3.2～3.2	3.20	100.00
脊尾白虾	36～94	73.4	2.8～8.8	5.16	35.00
口虾蛄	49～187	99.2	2.2～28.9	7.22	64.94
日本鼓虾	24～70	43.2	0.4～4.4	1.22	84.84
细螯虾	14～49	24.7	0.1～1.4	0.47	73.53
细巧仿对虾	23～30	28.6	0.4～1.2	0.60	100.00
鲜明鼓虾	23～73	50.2	0.6～4.8	1.68	22.22
中国毛虾	14～30	18.6	0.1～0.4	0.20	85.71
中华管鞭虾	24～70	30.4	0.2～4	0.55	84.38
隆线强蟹	43～96	72.8	3.2～15.4	8.00	33.33
拟穴青蟹	226～226	226	241.7～241.7	241.70	0.00
日本关公蟹	51～51	51	1.2～1.2	1.20	100.00
日本蟳	76～134	96.4	18.4～92.3	30.54	15.38
三疣梭子蟹	42～189	82.9	2.4～89.2	10.40	69.20
双斑蟳	23～39	31	0.2～0.8	0.50	100.00
中华绒螯蟹	60～60	60	6.4～6.4	6.40	100.00

（7）渔获物物种多样性

2020 年 9 月（秋季）渔获物重量密度丰富度指数（d）平均值为 1.77（0.77～2.49），重量多样性指数（H'）均值为 1.96（1.64～2.20），重量均匀度指数（J'）均值为 0.71（0.61～0.84）；渔获物尾数密度丰富度指数（d）平均值为 2.24（1.06～3.12），尾数多样性指数（H'）均值为 1.71（1.47～1.96），尾数均匀度指数（J'）均值为 0.62（0.52～0.75）。（表 5.7-13）

由此可见，2020 年秋季调查海域物种多样性按重量密度和尾数密度计算相比，尾数密度计算结果与重量密度计算结果相差不大。两者计算所得的物种多样性水平与邻近海域相比，物种多样性处于中等水平。

表 5.7-13　2020 年 9 月（秋季）调查海域游泳动物物种多样性指数

站位	重量密度多样性			尾数密度多样性		
	d	*H'*	*J'*	*d*	*H'*	*J'*
1	1.35	1.89	0.79	1.71	1.49	0.62
3	0.77	1.64	0.84	1.06	1.47	0.75
5	2.12	2.17	0.75	2.38	1.88	0.65
7	1.78	2.17	0.75	2.33	1.71	0.59
8	1.97	2.07	0.70	2.51	1.53	0.52
9	1.94	1.78	0.61	2.45	1.54	0.52

11	2.49	2.10	0.65	3.12	1.72	0.53
12	1.15	1.70	0.71	1.37	1.49	0.62
13	2.08	2.08	0.68	2.71	1.94	0.64
15	2.17	2.04	0.67	2.76	1.83	0.60
17	1.56	1.66	0.61	1.97	1.96	0.73
19	1.83	2.20	0.79	2.50	1.91	0.69
平均值	1.77	1.96	0.71	2.24	1.71	0.62
范围	0.77～2.49	1.64～2.20	0.61～0.84	1.06～3.12	1.47～1.96	0.52～0.75

2021 年 4 月（春季）渔获物重量密度丰富度指数（d）平均值为 2.16（1.25～2.79），重量多样性指数（H'）均值为 1.84（1.37～2.32），重量均匀度指数（J'）均值为 0.66（0.46～0.83）；渔获物尾数密度丰富度指数（d）平均值为 2.36（1.41～3.19），尾数多样性指数（H'）均值为 1.64（0.96～2.23），尾数均匀度指数（J'）均值为 0.59（0.37～0.79）。（表 5.7-14）

由此可见，2021 年春季调查海域物种多样性按重量密度和尾数密度计算相比，尾数密度计算结果与重量密度计算结果相差不大。两者计算所得的物种多样性水平与邻近海域相比，物种多样性处于中等水平。

表 5.7-14　2021 年 4 月（春季）调查海域游泳动物物种多样性指数

站位	重量密度多样性			尾数密度多样性		
	d	H’	J’	d	H’	J’
1	1.75	1.48	0.58	1.88	0.96	0.37
3	1.52	1.72	0.75	1.41	1.20	0.52
5	1.97	2.13	0.83	1.77	1.50	0.58
7	2.52	2.28	0.79	2.51	1.66	0.58
8	1.25	1.70	0.74	1.70	1.82	0.79
9	2.64	2.25	0.76	2.80	1.90	0.65
11	1.92	1.41	0.50	2.52	1.83	0.65
12	2.33	2.20	0.75	2.36	1.26	0.43
13	2.55	1.84	0.60	3.19	2.23	0.72
15	2.79	2.32	0.73	2.92	2.01	0.63
17	2.09	1.42	0.49	2.26	1.37	0.47
19	2.56	1.37	0.46	3.01	1.92	0.64
平均值	2.16	1.84	0.66	2.36	1.64	0.59
范围	1.25～2.79	1.37～2.32	0.46～0.83	1.41～3.19	0.96～2.23	0.37～0.79

5.7.3 主要渔业经济物种“三场一通”分布

本工程附近海域主要渔业经济物种有白姑鱼、大黄鱼、凤鲚、黄鲫、宽体舌鳎、蓝点马鲛、鳓、曼氏无针乌贼、日本（囊）对虾、三疣梭子蟹、鲳、小黄鱼、银鲳等，它们的“三场一通”与本工程的位置关系如下表：

表 5.7-7 本工程与各经济鱼类“三场一通道”的位置关系

种类	产卵场	索饵场	越冬场	产卵洄游路线	索饵洄游路线	越冬洄游路线
白姑鱼	——	——	——	——	——	——
大黄鱼	西北侧约 5km	——	——	——	——	——
凤鲚	——	——	——	——	——	——
黄鲫	√	——	——	——	——	——
宽体舌鳎	√	——	——	——	——	——
蓝点马鲛	√	——	——	√	——	——
鳓	——	——	——	——	——	——
曼氏无针乌贼	√	√	——	——	——	——
鲳	西北侧距离约 5km	√	——	——	——	——
日本（囊）对虾	西北侧距离约 5km	——	——	——	——	——
三疣梭子蟹	√	——	——	——	——	——
鲳	√	——	——	——	——	——
小黄鱼	西北侧约 5km	——	——	——	——	——
银鲳	西北侧约 10km	——	——	——	——	——

注：打“√”表示占用，“——”表示距离很远，无影响。

（1）白姑鱼

白姑鱼属暖温性近底层鱼类，广泛分布于印度洋和太平洋西部海域，我国沿岸均有分布，一般栖息在水深 40~100m 泥沙底海区。主要以底栖十足类、小型鱼类和头足类为食。产卵期为 5-9 月，6-7 月为盛期。初次性成熟年龄为 1 龄，大量性成熟年龄为 2 龄左右。白姑鱼具有年龄结构较为简单、生殖期长、产卵场较广而分散等特点。分布在东海区的白姑鱼大致分为黄海种群和东海种群两个种群。

①黄海种群

黄海种群产卵场主要在海州湾，越冬场在黄海东南部外海，越冬期 1-3 月，鱼群于每年 3-4 月分批离开越冬场游向西北方向，于当年 5-6 月进入海州湾，黄

海北部各海湾的产卵场。仔幼鱼主要在产卵场附近水域索饵肥育，9月开始集群，边索饵边开始游向外海，12 月返回越冬场。

②东海种群

东海种群主要有南、北两个越冬场，越冬期 12 月至翌年 2 月。北部越冬场位于舟外和江外两处渔场，该越冬场的群体常与黄海越冬群体相混合。东海北部鱼群春季从越冬场向近海移动，于 5-9 月密集于长江口，舟山渔场产卵，6-7 月为产卵盛期，而后逐渐向北进行索饵洄游，随着水温下降，鱼群转向越冬场。东海南部鱼群的越冬场大致在浙江南部至福建北部近海较深海区，鱼群沿东海南部的大陆沿岸作南北回游，34 月由外侧海区向沿岸移动，5-8 月密集于闽中及舟山渔场一带产卵，仔幼鱼在产卵场附近水域索饵育肥，产卵鱼群尔后继续北上，约 10 月开始掉头向南移动，逐步返回南部越冬场。此外，在上述两个主要越冬场之间尚存在一个较小的越冬场，位于舟山渔场和渔山渔场，124E 以西至禁渔区线之间。

从图 5.7-1 可看出，本项目位于白姑鱼产卵场西侧，相距 20km 以上；距白姑鱼索饵场和越冬场 50km 以上；距离洄游路线 30km 以上。

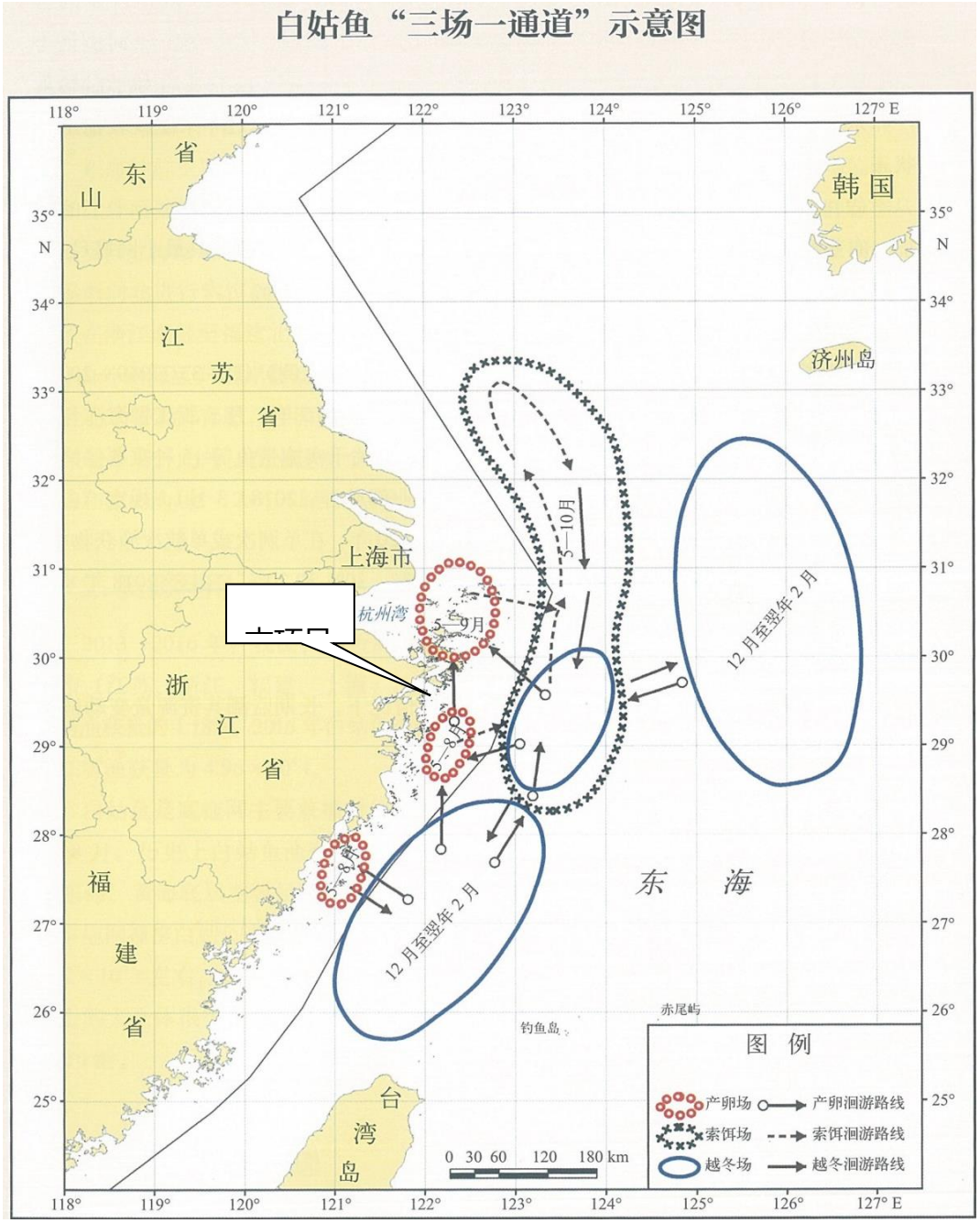


图 5.7-1 白姑鱼“三场一通道”示意图

（2）大黄鱼

大黄鱼为暖温性近海集群洄游鱼类，通常栖息在 80m 以浅的水域，主要以小鱼及虾、蟹等甲壳类为食。根据一些学者对我国沿海大黄鱼形态和生态地理学研究查明，大黄鱼有 3 个地理种群（族）：分布在黄海南部和东海北部近海的鱼群（包括吕泗、岱衢、猫头洋等产卵场的生殖鱼群）属岱衢族；分布在东海南部和南海东北部近海的鱼群（包括官井洋，南澳、汕尾等产卵场的生殖鱼群）属闽粤东族；分布在南海珠江口以西到琼州海峡以东近海的鱼群（包括硇洲岛附近产

卵场的生殖鱼群）属硐洲族。大黄鱼一年内有两个生殖期，大部分在春夏季产卵的称“春宗”（产卵期 4-6 月），少数在秋季产卵的称“秋宗”（产卵期 9-10 月）。

根据 20 世纪 70-80 年代东海区大陆架的调杏结果显示，分布于东海区的大黄鱼主要有两大越冬场：①江外舟外油场及大沙沙外渔场越冬场，50~80m 水深海域；②浙南、闽东，闽中外侧海区越冬场，30~60m 水深海域。其中，第一个越冬场泡围较大，鱼群数量也较多。越冬场的水温为 9~11C，盐度 33 左右。越冬期一般为 12 月至翌年 2 月，随着沿岸春季水温升高，暖流势力增强，4-6 月春夏季产卵鱼群从越冬场结群游向沿岸产卵场产卵。9-10 月有少量群体向沿岸作秋季产卵洄游。在江外、舟外、大沙越冬场的鱼群主群朝西和西北游向长江口渔场北部和吕泗渔场南部，支群朝偏西方向进入岱衢洋，大戢洋海区产卵场；在大沙越冬场的鱼群，除主要进入吕泗洋外，尚有一定数量鱼群进入海州湾产卵场。此外，大沙越冬场外侧及江外、舟外越冬场东北部的部分产卵鱼群进入朝鲜半岛西南部岩泰岛附近的产卵场。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人官井洋和东引海域，并有部分鱼群混同浙南越冬场的鱼群北上，分别进入洞头洋、大目洋、猫头洋和岱衢洋产卵场。

大黄鱼的产卵场一般位于河口湾岙附近及岛屿间的低盐区（盐度 27~31），水深一般在 20m 以浅，透明度不超过 1m，流速不低于 1.02m/s，水温一般为 16~22C。幼鱼摄食以桡足类，端足类、糠虾、磷虾为主要饵料，成鱼主要捕食小型鱼类和甲壳类。产卵后的亲鱼一般移向产卵场外侧海区分散索饵，当年生幼鱼则随着逐渐发育成长由浅水区向稍深水区移动。秋末冬初随着渔场水温降低，成鱼和幼鱼又先后向较深水区的越冬场洄游。

从图 5. 7-2 可看出，本项目位于大黄鱼产卵场西北侧，距离约 5km；距离索饵场、越冬场 50km 以上。

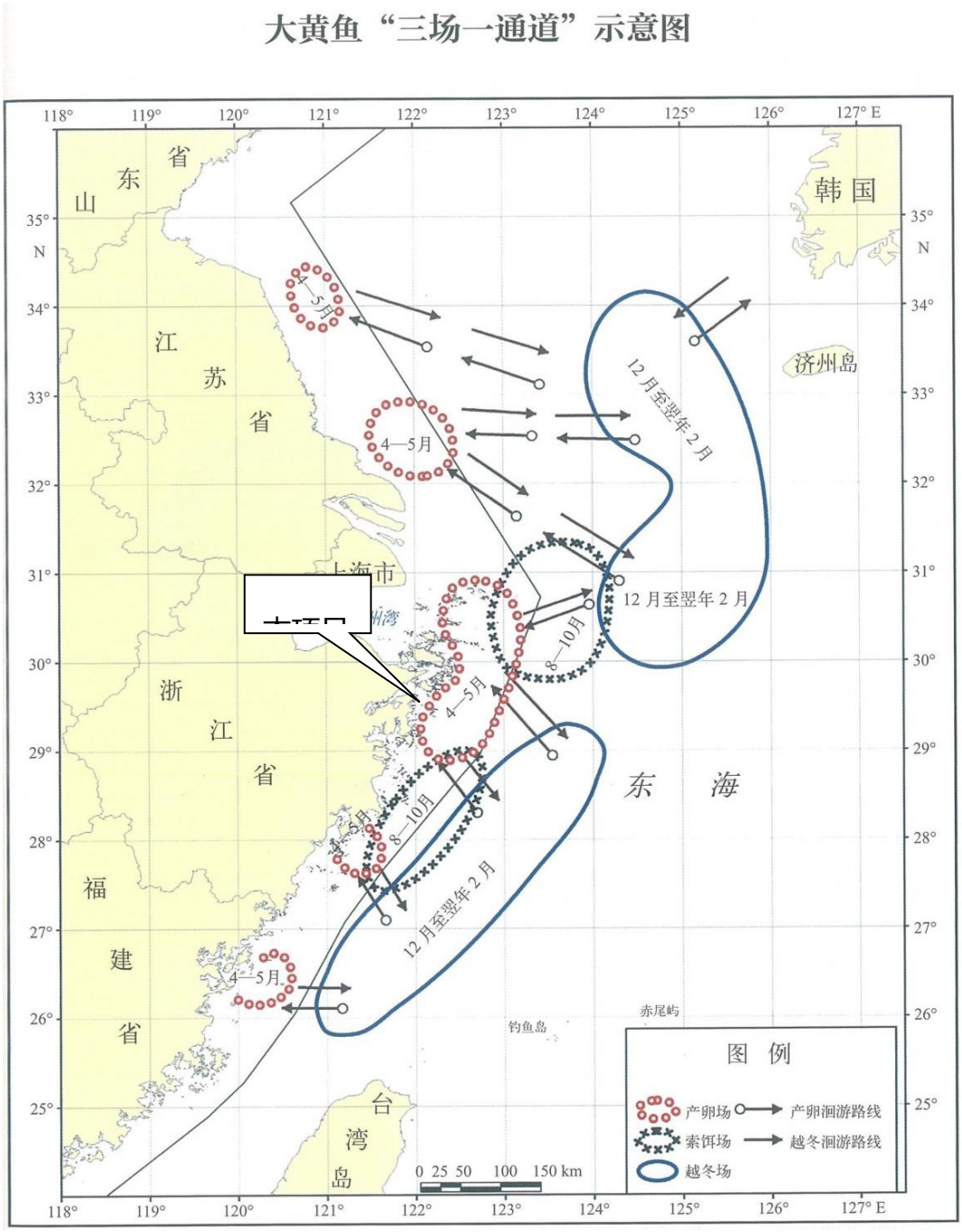


图 5.7-2　大黄鱼“三场一通道”示意图

（3）凤鲚

凤鲚属暖水性中下层鱼类，广泛分布于北太平洋西部沿岸。我国渤海、黄海和东海都有分布，在较大的江河河口均有出产，尤其以长江口最多。凤鲚为河口区洄游鱼类，通常栖息于近海，每年春季 4 月下旬已有少量性成熟亲鱼游向长江，钱塘江和瓯江等河口区产卵，最迟可延续到 8 月底和 9 月初，其中 5 月上旬至 7 月上旬为产卵盛期。

舟山渔场幼鱼的高峰期一般出现在 8 月。凤鲚雌鱼个体较大，一般为 150~180mm，雄鱼个体较小，一般为 100~130mm，捕获的最大个体为 218mm。目前发现的凤鲚最大年龄为 5 龄。

从图 5.7-3 可看出，本项目距离凤鲚索饵场 20km 以上，距产卵场越 30km 以上，距越冬场和洄游通道均在 50km 以上。

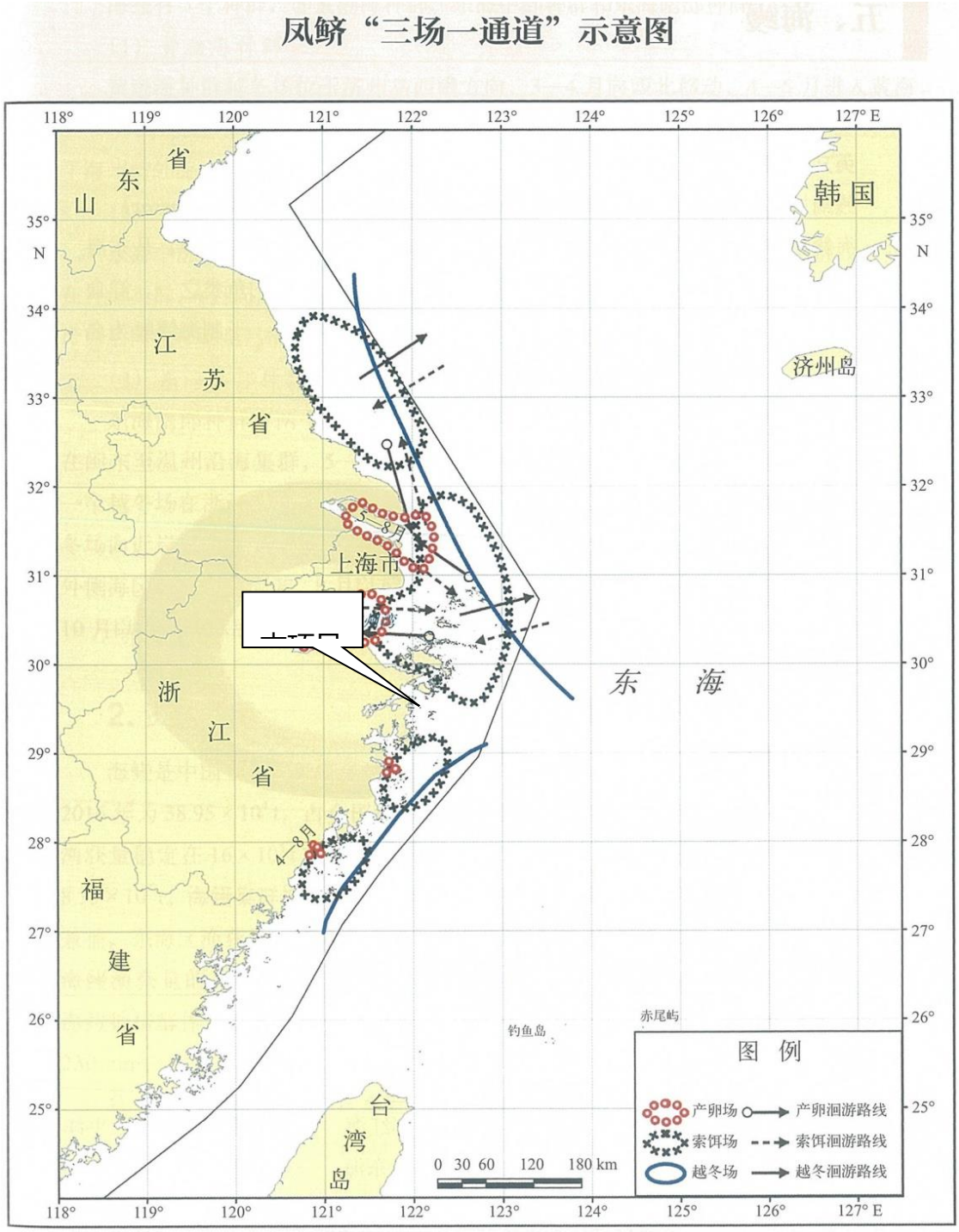


图 5.7-3　凤鲚“三场一通道”示意图

（4）黄鲫

黄鲫属近海暖水性中下层鱼类。广泛分布于缅甸、马来西亚，印度尼西亚，印度、朝鲜、韩国、日本及中国沿岸泥沙底质海区。我国黄鲫产卵海区一般位于河口附近水深 20m 以浅水域，越冬场在黄海南部和东海 60~100m 水深海区，有明显的季节性洄游现象。冬季，黄鲫群体开始移动到黄海南部至东海海域越冬。黄鲫主要有南、北两个越冬场，南部越冬场位于浙闽近海，北部越冬场位于黄海中部至济州岛西南海域。3 月中旬，向近岸作生殖洄游，产卵场主要位于南北麂列岛附近海域、三门湾口、象山港口、六横岛及其附近海域，杭州湾口以及江苏近海一带，产卵期 5-7 月，5-6 月为盛期。自 7 月开始，亲鱼及幼鱼分布在各产卵场外侧或近岸进行索饵，索饵场相对集中在黄海中南部，11-12 月开始越冬洄游。

从图 5.7-6 可看出，本项目位于黄鲫产卵场西侧边缘，距索饵场、越冬场 50km 以上。

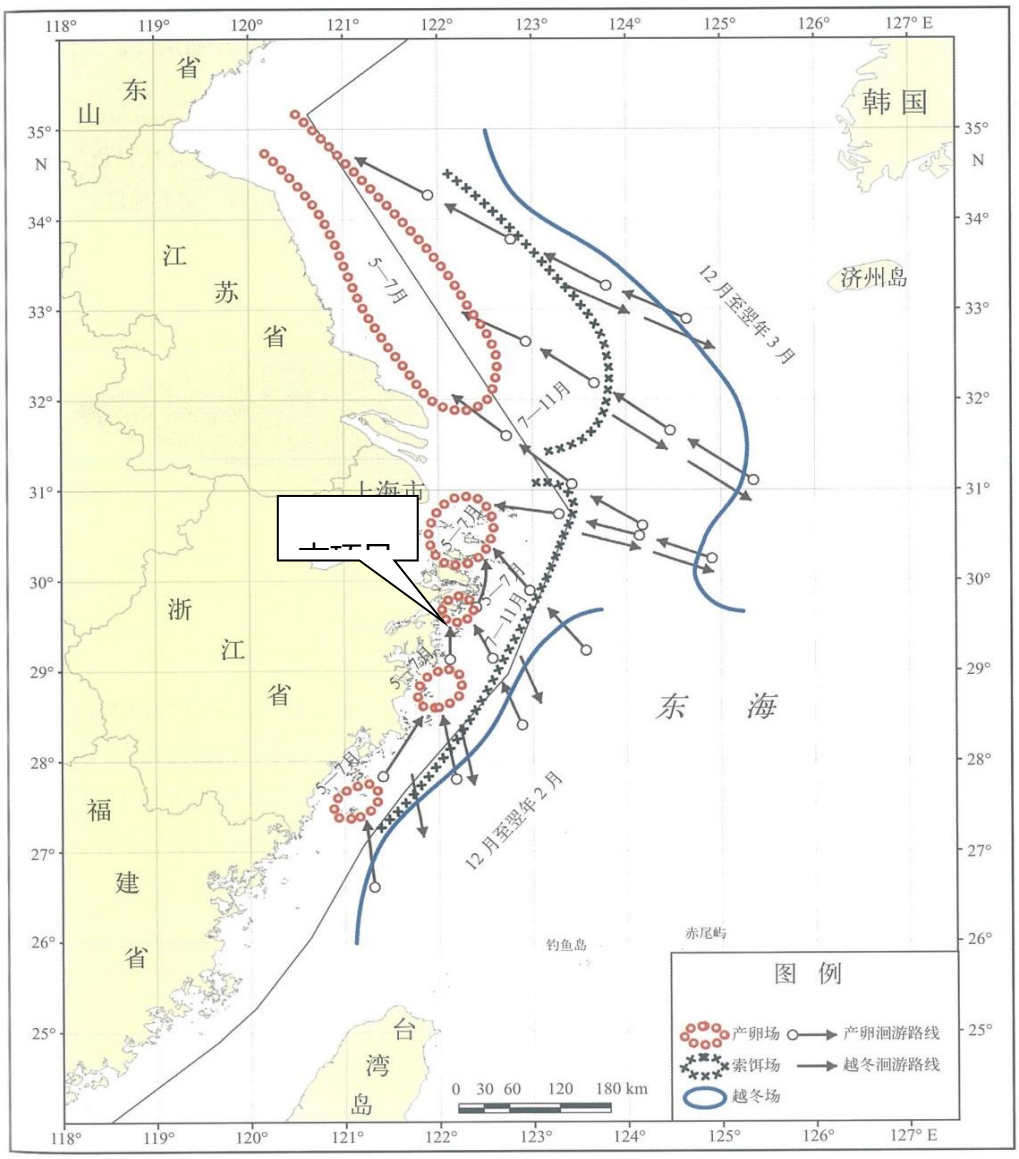


图 5.7-4 黄鲫“三场一通道”示意图

（5）宽体舌鳎

宽体舌鳎为暖温性底层鱼类，喜栖息在泥沙底质的近海，广泛分布于我国渤海、黄海、东海到南海北部。宽体舌鳎的游泳能力不强，活动范围较小，洄游路线短，东海的宽体舌鳎以江浙沿岸河口水域分布较多，一股作东西向短距离洄游，越冬期在 12 月至翌年 2 月，越冬场位于 40~60m 水深的海区；3-4 月从深水区游往浙江南部至长江口沿岸水域；5-8 月在江苏和浙江沿岸我水区产外，付椎鱼在产卵场附近索馆，为浮性孵化后在发育过程中变态并沉底，宫底栖生沽，仕河口和近岸觅食；成鱼大 10 月以后逐渐返回越冬场。

从图 5.7-5 可看出，本项目局部位于宽体舌鳎产卵场西南部，距洄游通道、越冬场 50km 以上。

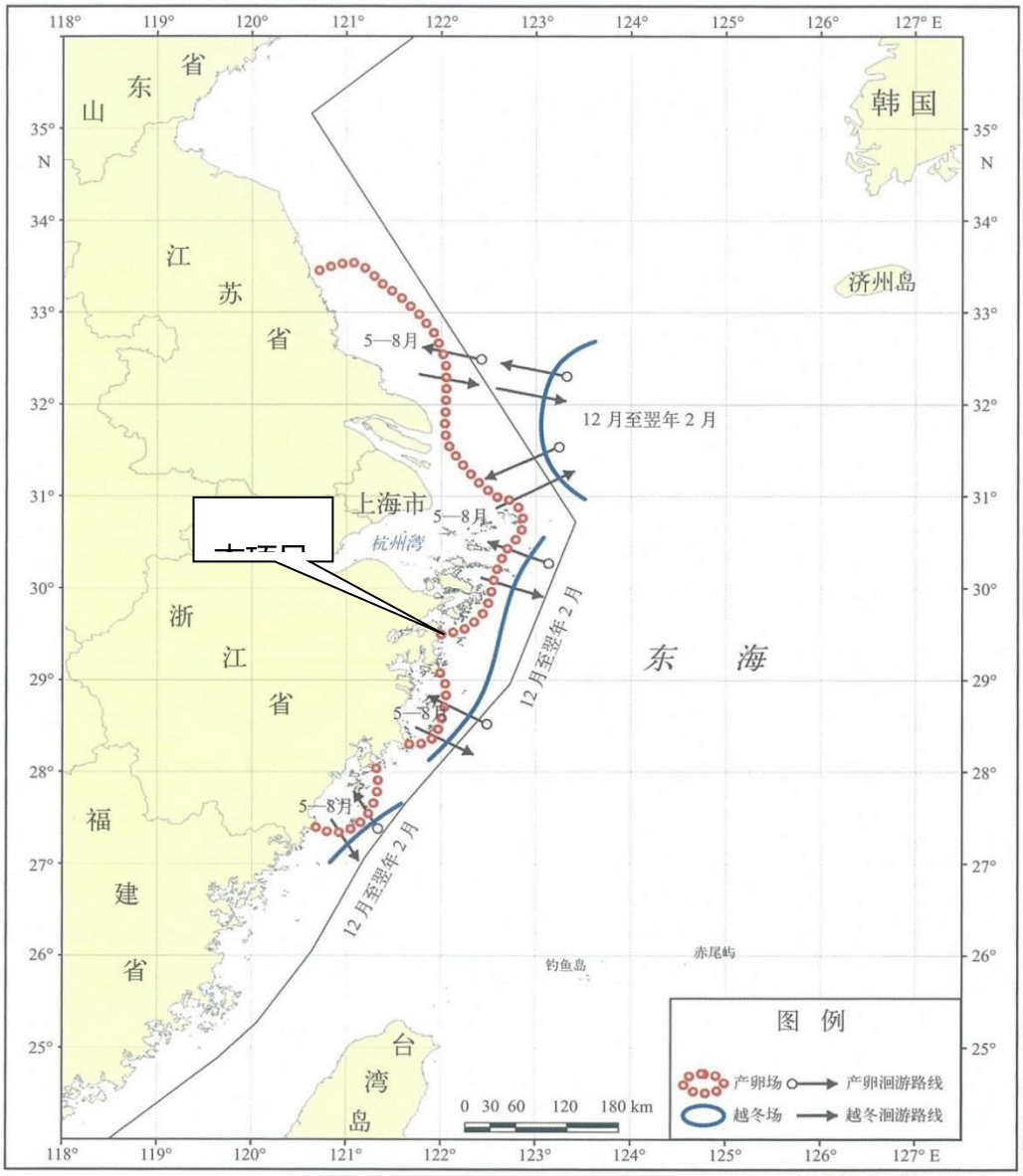


图 5.7-5 宽体舌鳎“三场一通道”示意图

（6）蓝点马鲛

蓝点马鲛属于暖水性中上层鱼类，广泛分布于西北太平洋的日本、朝鲜半岛及中国沿海。为大型长距离洄游性鱼类，产卵场多位于沿岸港湾和河口水域。一般划分为黄渤海种群和东海种群。东海种群越冬场位于 25°30′~31°30′N 的浙闽外海，西自禁渔区线附近海域，东至 120m 等深线。越冬期为 1~2 月。3 月开始向近岸作产卵洄游，4 月在近海越冬的鱼群进入沿岸产卵场，在外海越冬的鱼群继续向西或西北方向洄游，相继到福建、浙江至江苏沿岸的河口、港湾、岛礁附近

海域产卵。产卵场主要包括厦门近海至兄弟岛、牛山、闽东、瓯江口、象山港口、舟山大戢洋至岱衢洋。产卵期为 3~6 月，5 月为盛期，福建沿岸较早，浙江至江苏南部沿岸稍迟。夏季幼鱼在沿岸水域索饵生长，秋末索饵鱼群先后离开索饵场向东或东南方向洄游，12 月至翌年 1 月到达越冬场越冬。

从图 5.7-6 可看出，本项目局部位于蓝点马鲛产卵场西北部边缘，占用部分产卵洄游部分路线，距索饵场、越冬场 50km 以上。

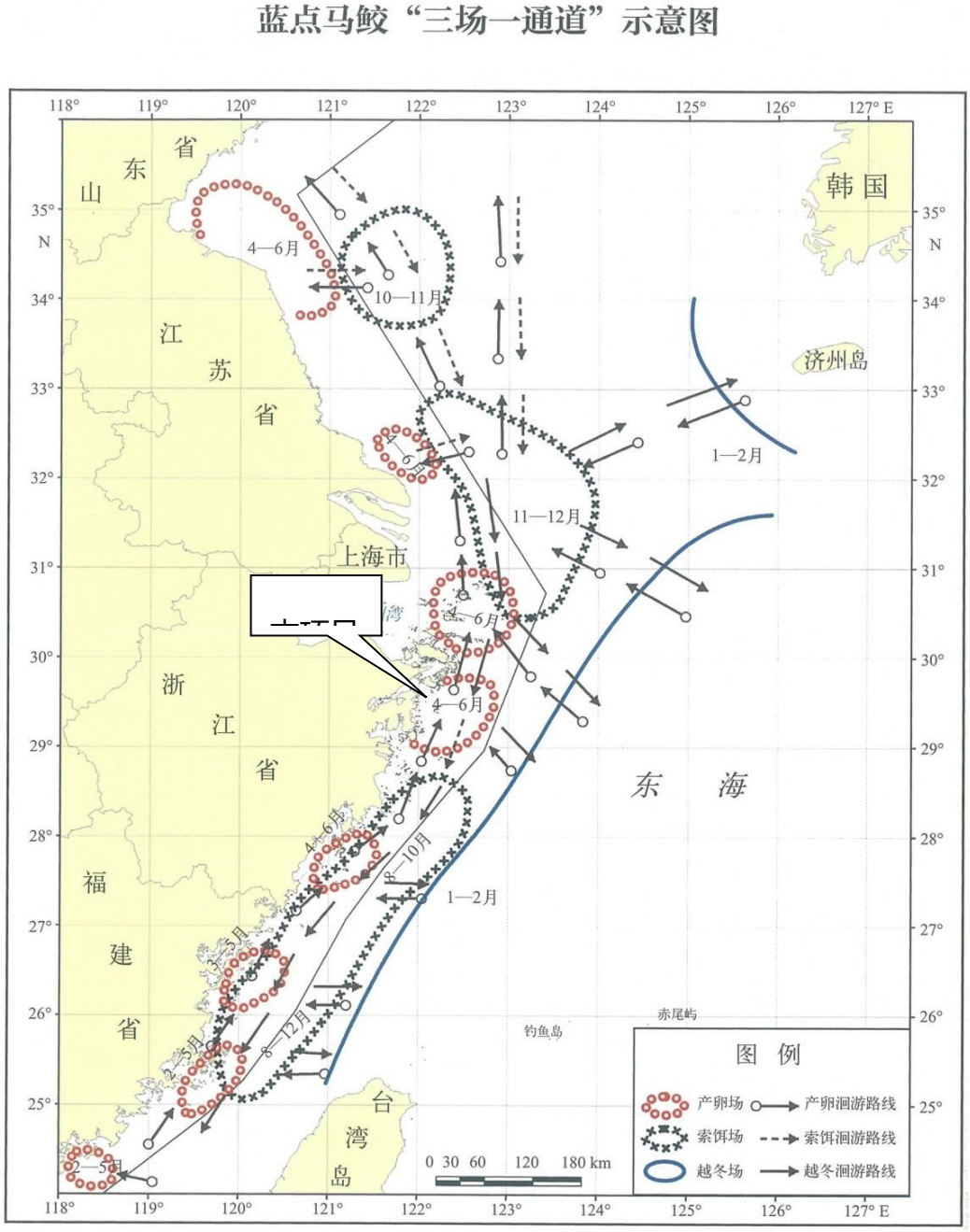


图 5.7-6 蓝点马鲛“三场一通道”示意图

（7）鳓

鳓属暖水性中上层鱼类，分布于印度洋和太平洋西部。我国沿岸均有分布，其中以东海最多。东海区鳓的产卵场多分布于沿岸河口和港湾水域，产卵期为4-7月，主要产卵期在5-6月。一般分为3股产卵鱼群，分别为福建种群，浙江种群和江苏种群。

①福建种群

福建产卵群体自5月中旬开始在福建近海产卵，约6月上旬产卵群体经马祖、西引、西洋抵达崴山水深20~35m一带产卵。6月下旬，鱼群北上索饵，进入浙南近海，秋后（9-10月）陆续从浙江沿海南下。

②浙江种群

浙江近海产卵群体于5月初前后自南向北在温州沿岸、大陈至渔山近海产卵，月下旬至7月到达猫头洋，大目洋、灰鳖洋及舟山以北至长江口以南海区产卵。产卵后，鱼群向外海索饵，并有向北移动趋势。入冬以后，鱼群逐渐向深水移动，返回越冬场。

③江苏种群

江苏近海产卵群体于5-7月在吕泗渔场与海州湾渔场产卵，鱼群产卵后分别向江办近海南北两个索饵场移动，入冬以后鱼群开始作越冬洄游，12月至翌年1月，到达沙外渔场、江外渔场和舟外渔场越冬。

从图5.7-7可看出，本项目距离鳓产卵场约10km，距离产卵洄游通道约20km，距离索饵和越冬洄游通道、索饵场、越冬场50km以上。

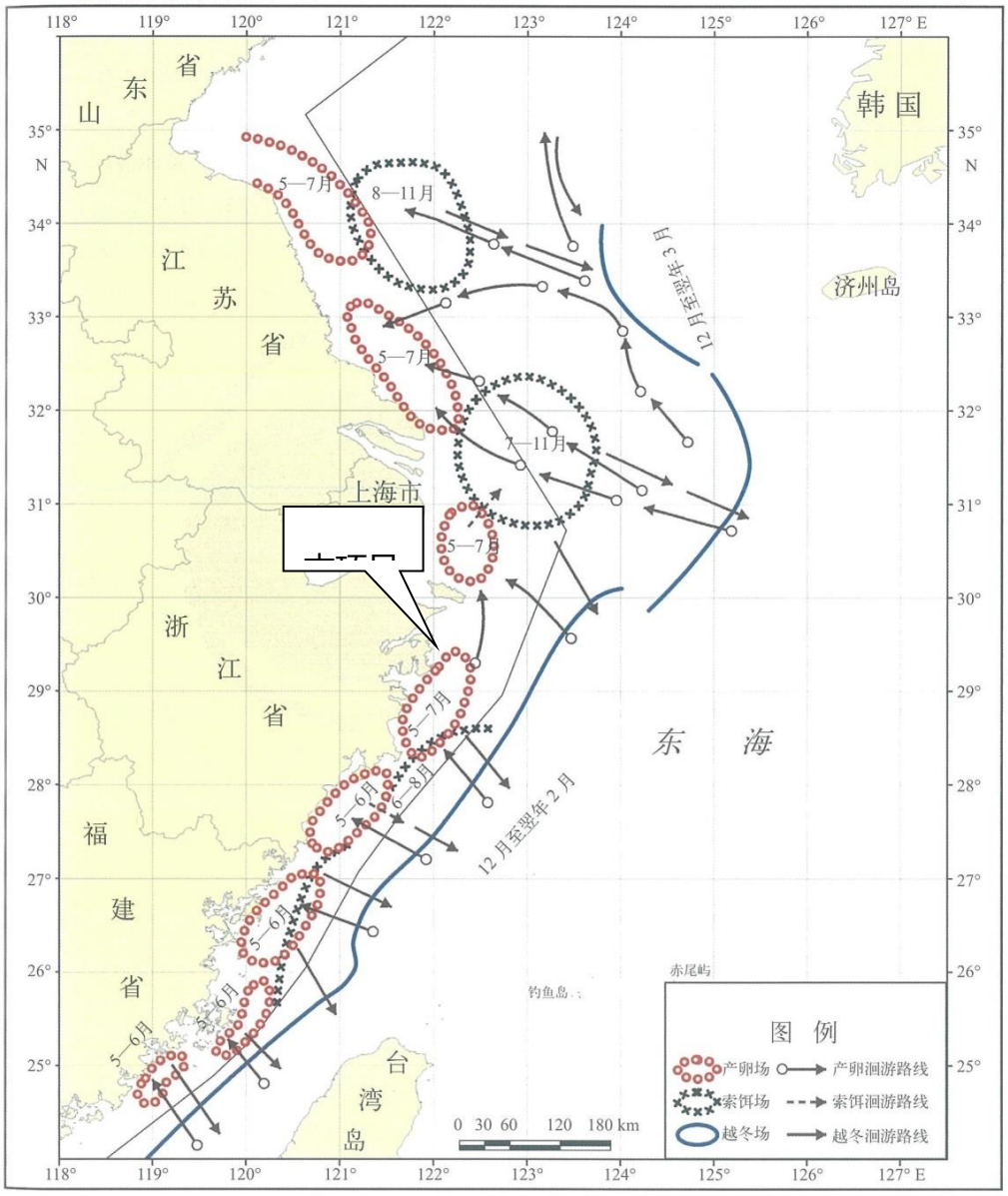


图 5.7-7 鳓“三场一通道”示意图

（8）曼氏无针乌贼

曼氏无针乌贼为印度-西太平洋广布种，北到日本海，南到马来群岛海域，西到印度东海岸均有分布，我国近海均有分布，集中分布仕浙江近海和闽东海域主要渔场有闽东的大嵛山海域，浙江中南部的南麂别品，北虎别品，大陈岛海域，浙江北部的中街山列岛，嵊泗列岛附近海域。

根据历中及调查资料，我国近海曼氏龙针马城作东销王四北，浅水至深水闻的绿距离洄游，一般分为浙北种群和浙南-闽东种群。

①浙北种群

浙江中北部的大陈、渔山、舟山近海广卵场春夏汛期的曼氏无针乌贼来自其禁渔区线外侧 50~70m 的越冬场。每年 4 月，曼氏无针乌贼亲体从深水区游向沿岸岛礁产卵场，4 月下旬至 5 月，先后进入渔山列岛、韭山列岛及中街山列岛、嵊泗渔场，并深入岛礁周围进行产卵。6 月中下旬，产卵基本结束，产后的乌贼亲体陆续死亡。孵化后的幼体在沿岸约 25m 等深线至 10m 等深线附近索饵成长。9 月后逐渐向深水区移动。11 月开始作越冬洄游。

②浙南一闽东种群

春季 3-4 月，曼氏无针乌贼亲体从温台渔场、闽东渔场深水区越冬场向沿岸洄游，4-5 月，进入闽东近海和浙江南部的南麂、北麂、披山岛礁海域产卵，孵化后的幼体在产卵场周边水域索饵成长，9 月后向外侧移动。12 月至翌年 3 月在禁渔区线外侧 60~80m 水深处越冬。

从图 5.7-8 可看出，本项目位于曼氏无针乌贼索饵场和产卵场西北部，不占用洄游通道，距离越冬场 50km 以上。

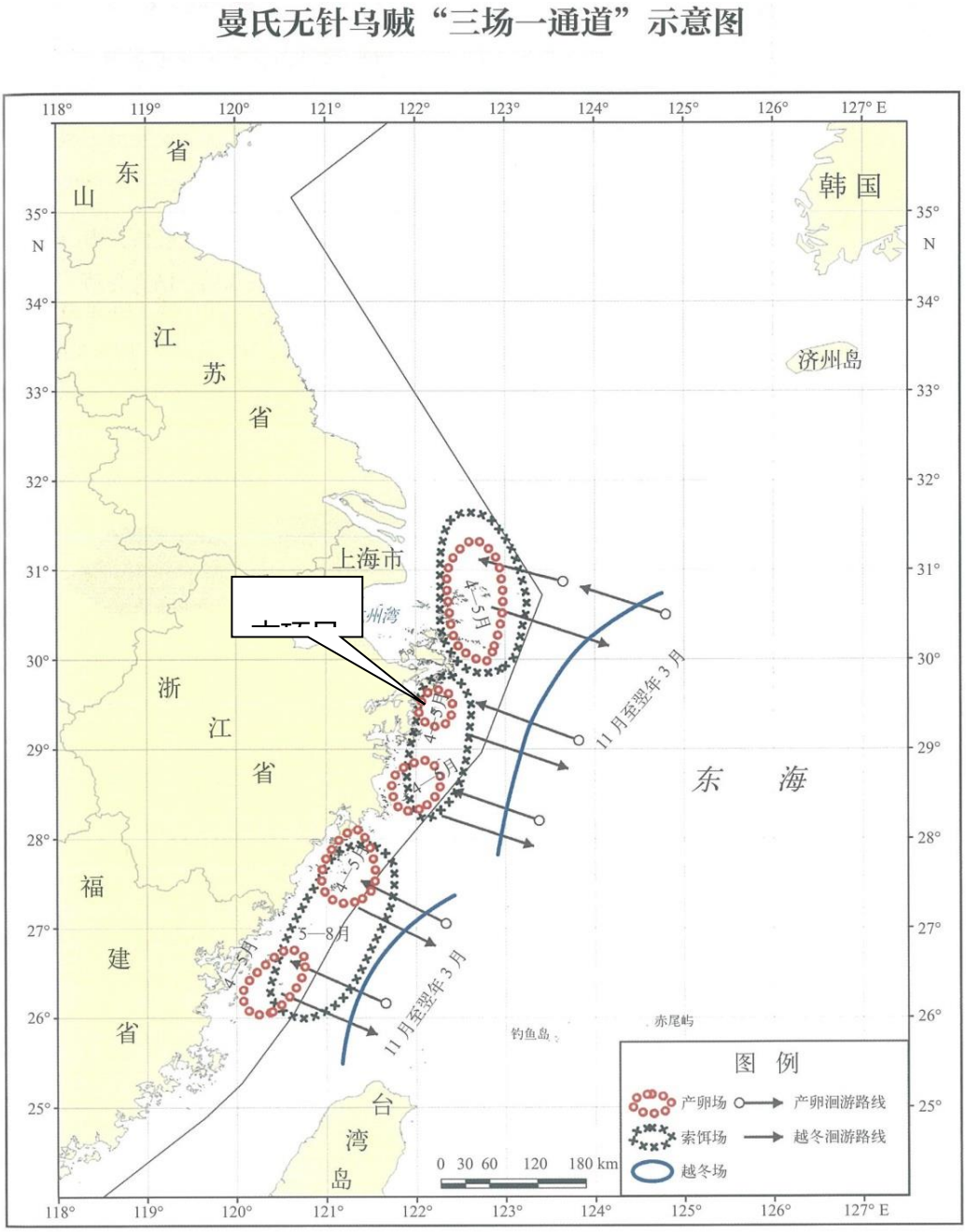


图 5.7-8 曼氏无针乌贼“三场一通道”示意图

（9）鮸

鮸为近海暖温性中下层鱼类，主要分布于西太平洋的中国、朝鲜和日本沿海。东海区产卵场位于杭州湾、舟山嵊泗和岱衢洋海域、洞头南麂岛周边以及江苏沿岸海域，浙江沿海海域产卵期为 8~10 月，江苏沿岸产卵期为 9~10 月。索饵场基本位于产卵场及周边水域，范围稍大于产卵场，索饵期为 3~11 月。越冬场位于沙外渔场、江外渔场、舟外渔场、温外渔场 70m 以深的外海，越冬期为 12 月至翌年 2 月。

8~10 月，在江浙近海的索饵群体进入产卵场产卵，产卵高峰期为 8 月底至 9 月。孵化后的幼体在产卵场周边河口、岛礁海域索饵育肥。产卵后的亲体索饵后于 11~12 月向外海进行越冬洄游，12 月至翌年 2 月在外海越冬场越冬，春夏季外海越冬鱼群进入近海海域索饵。从图 5.7-9 可看出，本项目位于鮸的索饵场范围内，距离产卵场约 5km，距洄游通道、越冬场 50km 以上。

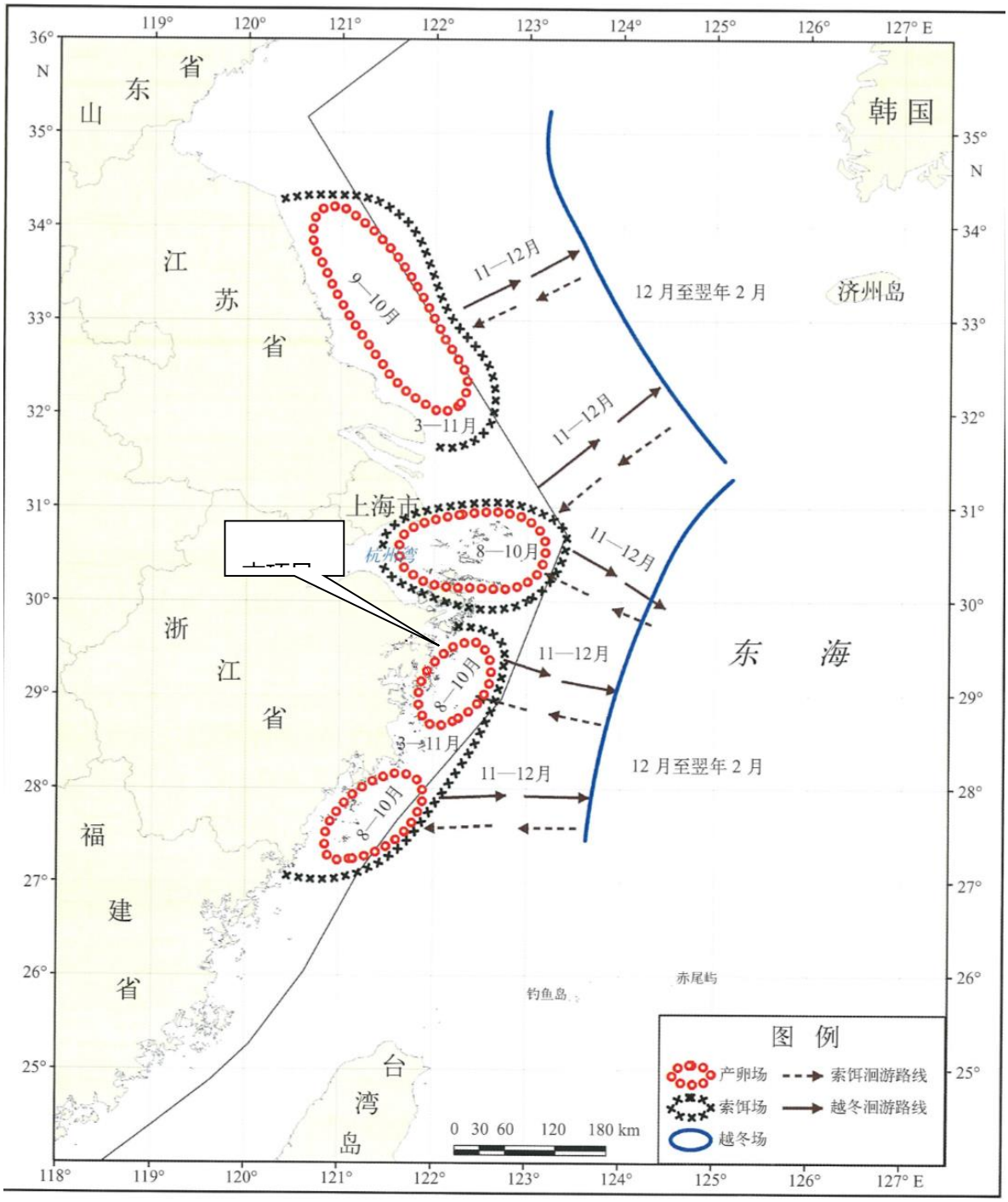


图 5.7-9 鮸“三场一通道”分布图

（10）日本（囊）对虾

日本（囊）对虾为短生命周期的大型虾类，一般寿命不超过 2 年，喜栖息在泥沙质或沙质底的沿岸浅水区。广泛分布于中国南黄海、东海、南海及日本北海道以南、朝鲜半岛、非洲懂不、红海、澳大利亚北部、斐济及东南亚各国等诸海域。

浙江沿岸的产卵场主要有舟山岱山岛北侧、洋鞍-南韭山-三门湾口北侧、三门湾口南侧-椒江口北侧、洞头洋、北关岛等周边滩涂及河口水域。越冬场主要分布在东海大陆架中南部 60~100m 的深水海域。春季随着暖流实力的增强，外海越冬场亲虾进入沿岸海区产卵，5 月在沿岸港湾、滩涂及岛屿周五海域可捕到幼虾，6~7 月体长 30~70mm 的小虾在沿岸滩涂及浅水海区索饵成长。8 月以后，体长 100mm 以上的个体逐渐从沿岸浅水区移向外侧海域继续索饵成长，索饵场分布在北自吕泗、长江口渔场，南至温台、闽东渔场之间的 40~80m 水深海域，并于秋季进行交配。

从图 5.7-10 可看出，本项目距离日本（囊）对虾的产卵场约 5km，距索饵场、洄游通道、越冬场较远。

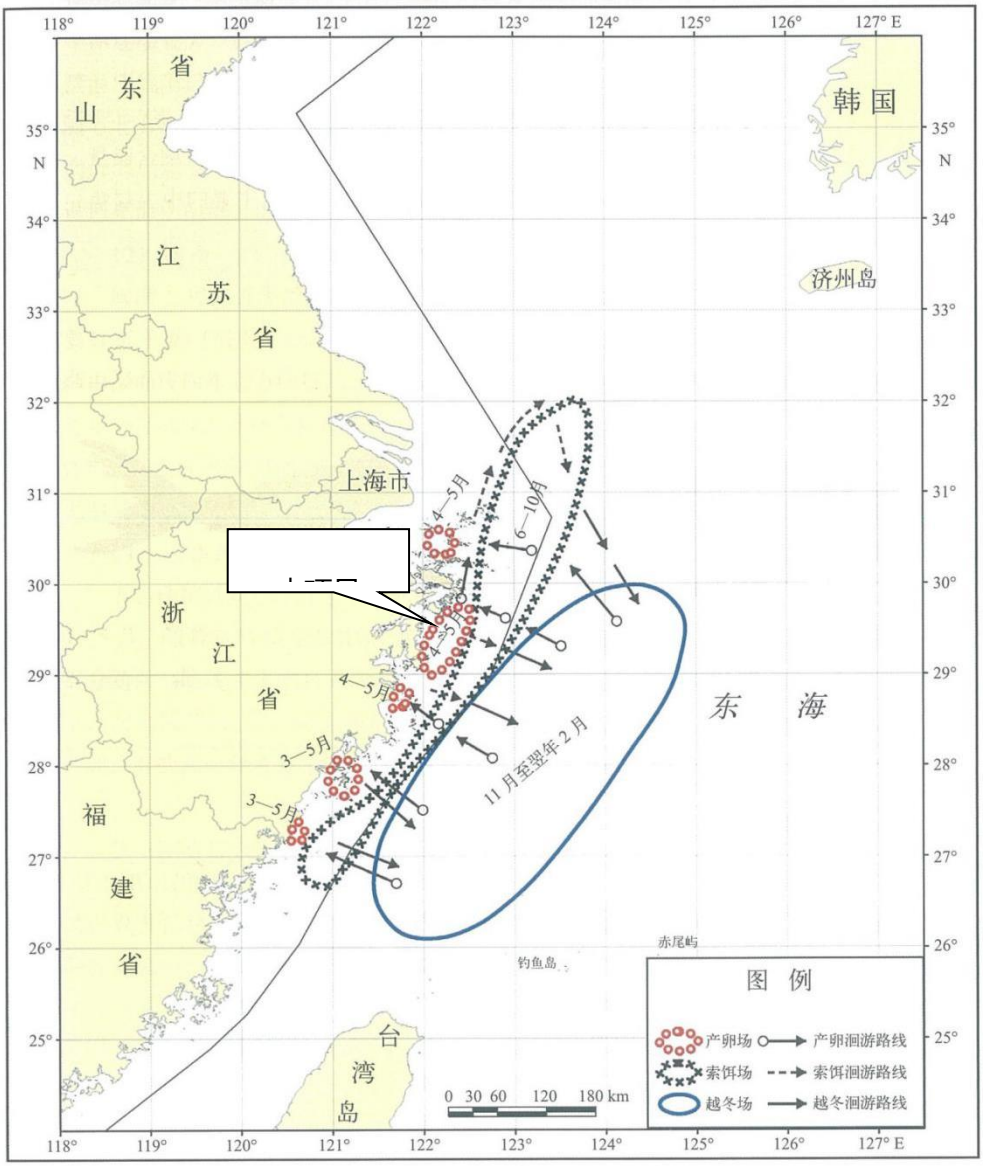


图 5.7-10 日本（囊）对虾“三场一通道”分布图

（11）三疣梭子蟹

三疣梭子蟹属沿岸河口性栖息种类，分布于日本、韩国、朝鲜、菲律宾、马来群岛、红海，我国黄海、渤海、东海、南海均有帆布，尤以东海数量最多。

春季，性成熟个体从越冬海区向近岸浅海、河口、港湾作产卵洄游。3~5 月在福建沿岸海区 10~20m 水深海域，4~6 月在浙江中南部沿岸海域，5~7 月在舟山、长江口 30m 以浅海域进行繁殖，产卵场底质以泥沙质为主；繁殖后的群体分布在沿海索饵，索饵区主要集中在长江口、舟山渔场。6~8 月孵出的幼蟹在沿岸浅海区索饵，并向深海区移动；8~9 月，繁殖群体和当年生群体的一部分北移至长江口渔场、吕泗渔场、大沙渔场索饵，另一部分于 9~11 月在嵊泗周边海域

索饵；10 月以后，索饵群体开始自北向南，自内侧浅水区向外侧深水区作越冬洄游。

从图 5.7-11 可看出，本项目位于三疣梭子蟹的产卵场西北侧，距离约 5km；距洄游通道约 10km；距索饵场、越冬场 50km 以上。

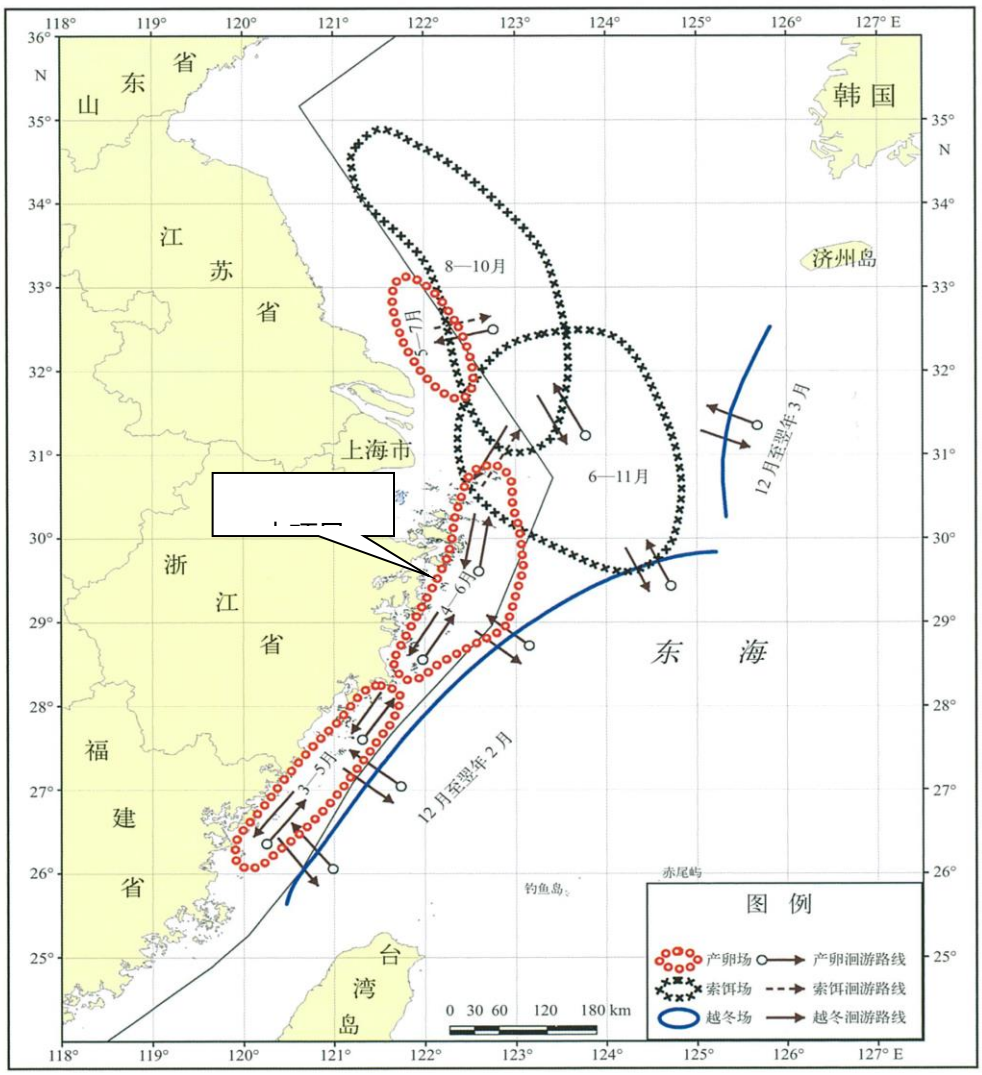


图5.7-11 三疣梭子蟹“三场一通道”分布图

（12）鳀

鳀属集群性小型中上层鱼类，广泛分布于我国的渤海、黄海和东海。其越冬场主要分布在东海、黄海南部水深 60~80m 海域。产卵场广泛分布在东黄海沿海的河口、海湾水域。浙江沿岸和近海的鳀产卵期主要在 3~5 月。从图 5.7-12 可看出，本项目局部占用鳀产卵场，距洄游通道约 10km，距索饵场、越冬场 50km 以上。

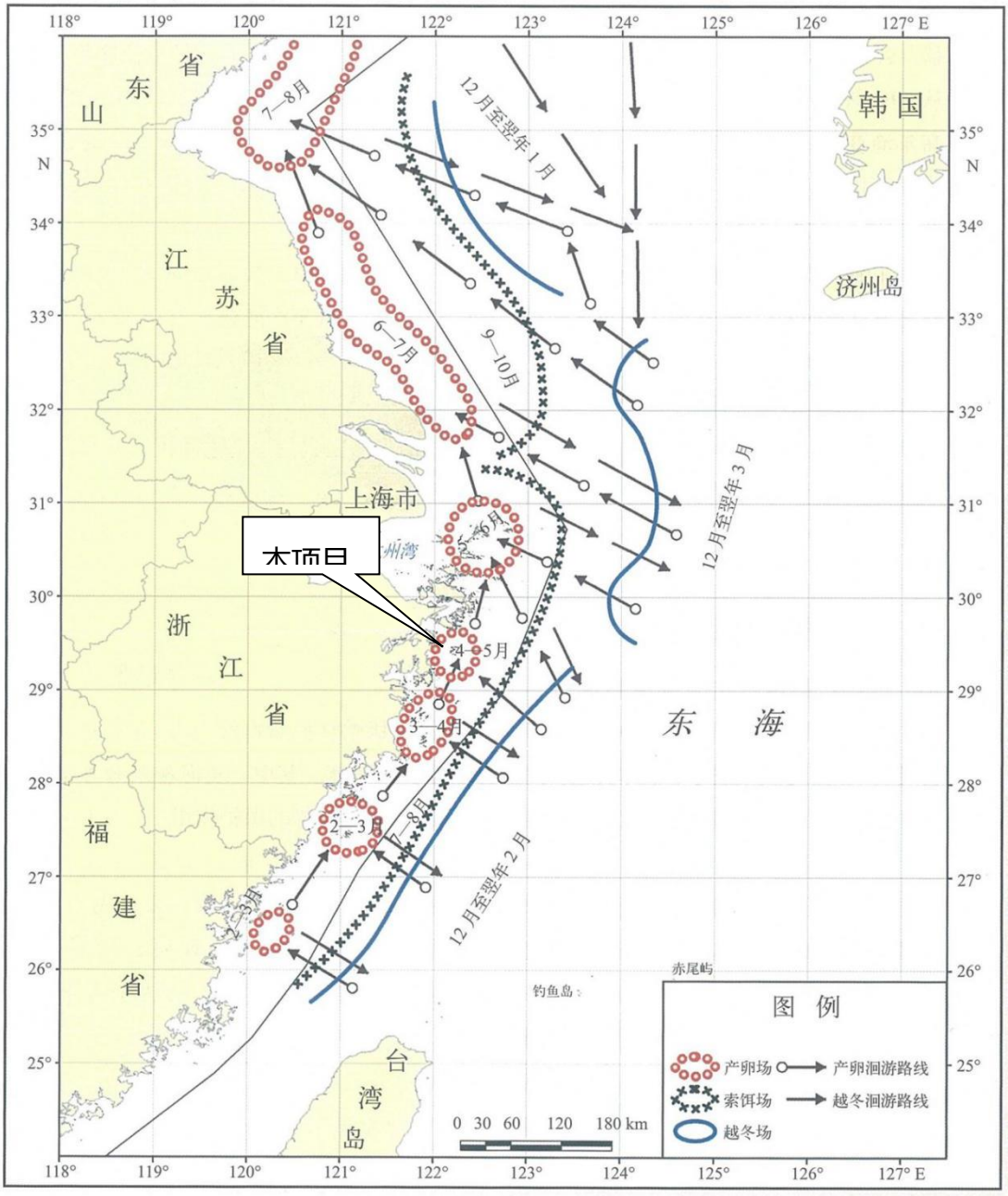


图 5.7-12　鲲“三场一通道”分布图

（13）小黄鱼

小黄鱼属近海底层结群性洄游鱼类，为暖温种，在东海、黄海、渤海广泛分布。根据历史调查资料和相关研究，分为黄渤海种群、南黄海种群和东海种群。东海种群越冬场位于浙江外海海域，产卵场在浙江近海洞头洋至舟山群岛附近海域。3 月，外海小黄鱼经由长江口外侧以南水域向近海作产卵洄游，3 月下旬进入舟山渔场，在舟山渔场，这部分鱼群与从东海中南部近海北上的产卵群体汇合，部分就地产卵，部分于 4 月北上与黄海中部越冬场而来的种群汇合在吕泗渔场产

卵；5~6 月，产卵后的小黄鱼成鱼和稚幼鱼群体集中在舟山渔场、长江口渔场和吕泗渔场禁渔线外侧索饵；7~9 月进入大沙渔场索饵；10 月以后，索饵场的小黄鱼大部分游向外海的越冬场，小部分南下回到东海中南部近海的越冬场。从图 5.7-13 可看出，本项目位于小黄鱼的产卵场西北侧约 5km，距洄游通道、索饵场、越冬场 50km 以上。

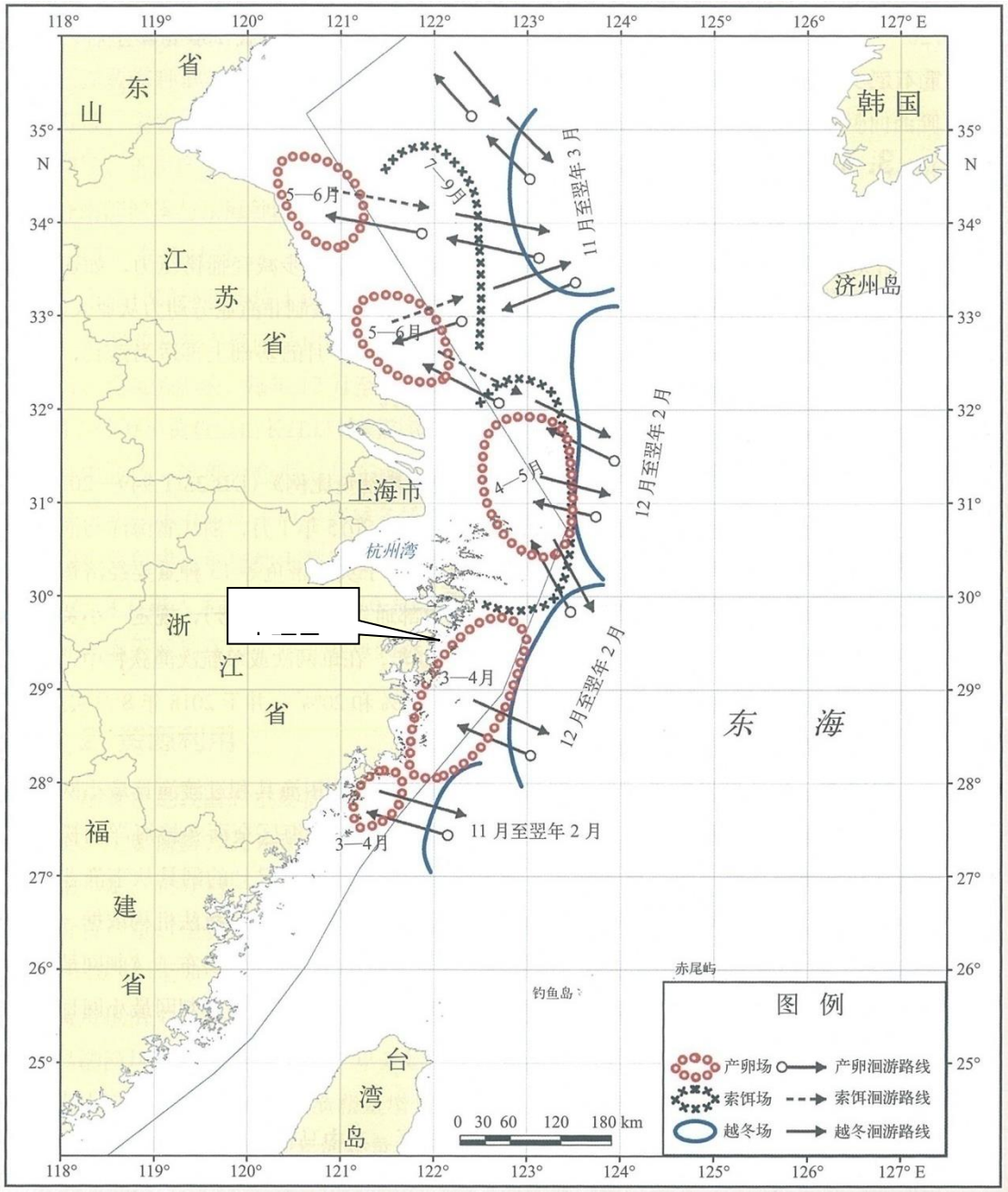


图5.7-13　小黄鱼“三场一通道”分布图

（14）银鲳

银鲳属暖水性中上层鱼类，广泛分布于印度洋、太平洋，我国渤海、黄海、东海、台湾海峡及南海北部均有分布。我国近海的银鲳主要可划分为黄渤海种群和东海种群。东海种群产卵场主要位于吕泗渔场、舟山渔场、渔山渔场、温台渔场和闽东渔场等海域。春季，随着台湾暖流的增强，银鲳自东南向西北由水深70~100m的深海区向近海岩礁、沙滩水深10~20m一带河口附近水域作产卵洄游，产卵期4~6月，产卵盛期在4月中下旬至5月。夏季，产卵后分散在近岸索饵育肥。秋末，鱼群离岸向深水区作越冬洄游。从图5.7-14可看出，本项目位于银鲳的产卵场西北侧，相距约10km；距洄游通道、索饵场、越冬场50km以上。

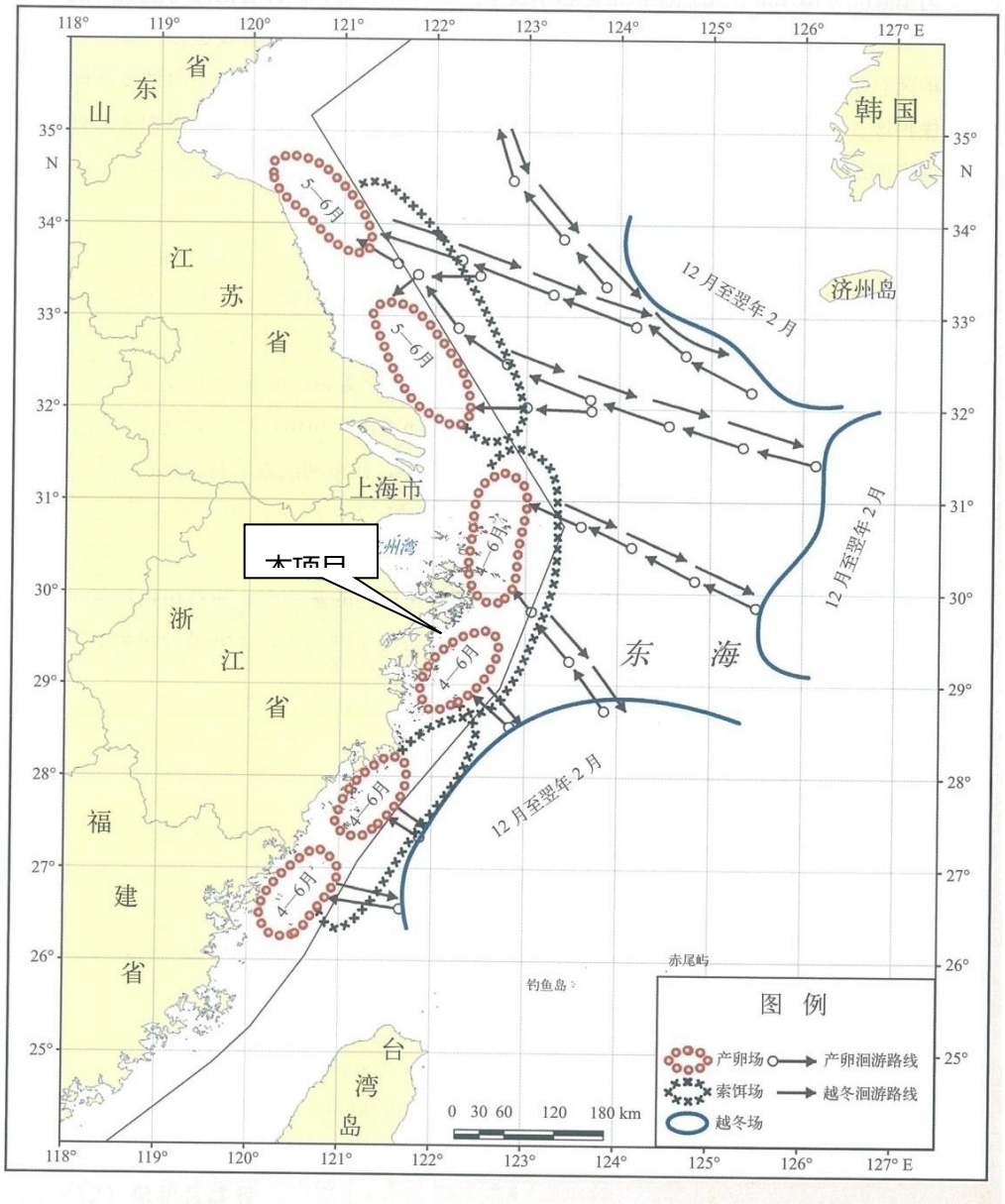


图5.7-14 银鲳“三场一通道”分布图

5.8 鸟类现状调查与评价

本项目鸟类现状调查与影响评价内容引用浙江智海环境科技有限公司编制的《中广核涂茨海上风电场工程鸟类现状调查及影响评价研究报告》，该报告于2021年12月16日通过专家评审，并采纳了专家意见和作了相应的修改完善。

5.8.1 调查方案和数据分析

根据象山涂茨海上风电项目场址的位置确定来了调查范围并布设了调查样线（图5.8-1）。调查时间为2019年12月-2020年10月，调查范围整体上包括三个部分，即陆域或者大型岛屿岸线、海域与岛屿（图 5.8-1）。岛屿包括象山乱礁洋岛群、韭山列岛，海域主要是风电场选址区及邻近海域设置的对照样线，陆域沿海岸线主要是象山县沿岸和六横岛沿岸。



图5.8-1 中广核象山涂茨海上风电场项目鸟类观测范围和观测区域布置

鸟类区系及季节型划分参考《中国动物地理》（张荣祖，1999）、《浙江动物志：鸟类》、《上海鸟类资源及其生境》等。水鸟的划定参照《中国湿地水鸟》（丁平、陈水华，2008）。保护鸟类名录参考 2016 世界自然保护联盟（IUCN）的濒危物种红色名录、1988 年12 月国务院批准的《国家重点保护野生动物名录》、 1986 年的《中华人民共和国政府和澳大利亚政府保护候鸟及其栖息环境的协定》以及 1981 年的《中华人民共和国政府和日本国政府保护候鸟及其栖息环境的协定》以及 2016 年浙江省人民政府公布的浙江省重点保护陆生野生动物名录（浙政办发〔2016〕17 号）。本报告中鸟类名录及分类系统参考世界鸟类学家联会世界鸟类名录。

根据研究区域所处地理位置、气候特征，本报告中 12 月到 2 月为冬季，3 月-5 月为春季，6 月-8 月为夏季，9 月-11 月为秋季。数据的统计和分析分工程场区、对照区、海域、陆域以及岛屿进行。各分区域的单次调查鸟类数量为该区域各样线或者岛群各岛屿单次调查记录到的鸟类数量合计，不同季节鸟类数量取各月调查的最大值，各区域鸟类数量以各季数量累加获得，整个区域鸟类数量以各区域累加获得。

鸟类群落特征的种类组成、数量组成、生态类群等分析针对整个区域鸟类群落、海域鸟类群落、象山沿岸鸟类群落、六横沿岸鸟类群落以及岛屿鸟类群落进行分析，居留型、季节动态、区系分析针对整个区域鸟类群落；鸟类及保护鸟类分布按照合计、海域、工程场区、对照区、乱礁洋岛群、南韭山岛、象山沿岸和六横沿岸区域进行分析。

5.8.2 种类组成

调查期间共记录到鸟类 17 目 52 科 115 属 198 种：海域记录到 3 目 7 科 15 属 23 种；岛屿记录 16 目 43 科 87 属 140 种，象山沿岸记录 16 目 47 科 93 属 153 种，六横沿岸记录 11 目 29 科 51 属 73 种。总计数量约 6.37 万余只次。

海域共记录到鸟类 7 科，鸻形目记录到 4 科，57.1%，雀形目 2 科，占 28.6%，鹈形目 1 科，占 14.3%；海岛共记录 43 科，雀形目 23 科，占 53.5%，鸻形目记录到 5 科，占 11.6%，鹰形目记录到 2 科，占 4.7%；象山沿岸记录到 47 科，雀形目记录到 25 科，占 53.2%，鸻形目记录到 5 科，占 10.6%，鹰形目、佛法僧目和鹈形目各记录到 2 科，分别占 4.3%；六横沿岸记录到鸟类 29 科，雀形目 15

科，占 51.7%，鸻形目 4 科，占 13.8%，鹅形目记录到 2 科，占 6.9%。区域合计记录到鸟类 53 科，雀形目 28 科，占 52.8%，鸻形目 6 科，占 11.3%，鹅形目 3 科，占 5.7%，鹰形目和佛法僧目各 2 科，分别占 3.8%。从目水平科组成来看，海岛和陆域沿线均以雀形目鸟类科最多，其次均为鸻形目，海域以鸻形目鸟类科占比最多，其次为雀形目。

调查期间，海域共记录到鸟类 23 种，其中鸻形目 18 种，占 78.3%，鹅形目 3 种，占 13.0%，雀形目 2 种，占 8.7%；海岛共记录到鸟类 140 种，其中雀形目 79 种，占 56.4%，鸻形目 22 种，占 15.7%，鹅形目 10 种，占 7.1%，鹰形目 8 种，占 5.7%，隼形目 4 种，占 2.9%；象山沿岸记录鸟类 153 种，雀形目鸟类 72 种，占 47.1%，鸻形目鸟类 27 种，占 17.6%，鹅形目和雁形目鸟类各 12 种，分别占 7.8%，雁形目记录到 7 种，占 4.6%，鸡形目记录到 4 种，占 2.6%。六横沿线记录到鸟类 73 种，其中雀形目和鸻形目各 25 种，分别占 34.2%，鹅形目记录到 8 种，占 11.0%，雁形目记录到 6 种，占 8.2%，鹤形目、鹬鹬目各记录到 2 种，分别占 2.7%；区域合计记录到鸟类 199 种，其中雀形目 94 种，占 47.2%，鸻形目 41 种，占 20.6%，鹅形目 14 种，占 7.0%，雁形目 13 种，占 6.5%，鹰形目 10 种，占 5.0%，隼形目 5 种，占 2.5%。岛屿、陆域沿线均以雀形目鸟种最多，其余依次为鸻形目、鹅形目和雁形目，海域以鸻形目记录到鸟种最多，其次为雀形目和鹅形目。

5.8.3 数量组成

海域目水平上鸻形目鸟类数量占 95.4%%，鹅形目占 3.2%，雀形目占 1.4%；海岛上雀形目鸟类数量占 57.7%，鸻形目占 29.1%，雁形目占 5.2%，鹅形目占 3.8%；象山沿岸鸟类数量占比最高的是雀形目鸟类，占 34.2%，其次为雁形目鸟类，占 25.3%，鸻形目鸟类占 15.5%，鹅形目占 11.5%，鹤形目占 9.0%；六横沿岸鸻形目鸟类数量占比最高，占 48.5%，其次为雀形目鸟类，占 16.0%，雁形目占 15.3%，鹤形目占 12.1%，鹤形目占 4.5%；整个区域以雀形目鸟类数量占比最高，占 32.3%，其次为鸻形目鸟类，占 25.2%，雁形目鸟类占 20.7%，鹅形目占 9.2%，鹤形目占 8.5%。整体上海域、六横沿岸以鸻形目鸟类数量占比最高，其次为雀形目或者鹅形目鸟类，海岛、象山沿岸和区域合计以雀形目鸟类占比最高，其次为鸻形目鸟类。

物种水平上，数量占到区域鸟类总数量 3%以上的鸟类，海域有黑尾鸥（26.7%）、褐翅燕鸥（24.0%）、普通燕鸥（17.7%）、大凤头燕鸥（10.6%）、黑枕燕鸥（6.1%）、白额燕鸥（3.2%）等；海岛有褐翅燕鸥（11.3%）、白头鹎（10.0%）、黑尾鸥（8.2%）、麻雀（4.1%）、燕雀（3.3%）、斑嘴鸭（3.1%）；象山沿岸有骨顶鸡（6.6%）、赤颈鸭（6.4%）、环颈鸻（5.1%）、白鹭（5.1%）、红头潜鸭（4.7%）、斑嘴鸭（4.6%）、麻雀（3.8%）、牛背鹭（3.7%）等；六横沿岸有环颈鸻（10.5%）、斑嘴鸭（9.6%）、骨顶鸡（9.0%）、青脚鹬（5.8%）、反嘴鹬（5.4%）、鹤鹬（4.1%）、红脚鹬（3.7%）、黑翅长脚鹬（3.2%）、黑水鸡（3.1%）、白鹭（3.0%）；整个区域有骨顶鸡（6.3%）、环颈鸻（5.6%）、斑嘴鸭（5.3%）、赤颈鸭（4.8%）、白鹭（4.1%）、红头潜鸭（3.2%）、麻雀（3.1%）、白头鹎（3.0%）。数量占优势的鸟类主要是水鸟，非水鸟只有白头鹎、麻雀、燕雀等。

5.8.4 居留型和区系组成

根据鸟类迁徙行为的有无以及在特定区域出现的季节性特征划分鸟类的居留型，包括冬候鸟（在区域越冬的鸟类）、旅鸟（迁徙经过该区域的鸟类）、夏候鸟（夏季迁入该区域，繁殖结束以后再迁走的鸟类）和留鸟（四季均在区域出现的鸟类）。工程用海区及周边区域鸟类按居留型特征分为冬候鸟、旅鸟、夏候鸟和留鸟。

调查期间整个区域记录到冬候鸟、留鸟、旅鸟和夏候鸟分别为 58 种、52 种、53 种和 36 种，分别占 29.1%、26.1%、26.6%和 18.1%；海域记录到冬候鸟、留鸟、旅鸟、夏候鸟分别为 8 种、4 种、3 种和 8 种，分别占 34.8%、17.4%、13.0%和 34.8%；海岛记录到冬候鸟、留鸟、旅鸟和夏候鸟分别为 29 种、41 种、40 种和 30 种，分别占 20.7%、29.3%、28.6%、21.4%；象山沿岸记录到冬候鸟、留鸟、旅鸟和夏候鸟分别为 49 种、48 种、30 种和 26 种，分别占 32.0%、31.4%、19.6%和 17.0%；六横沿岸分别记录到冬候鸟、留鸟、旅鸟和夏候鸟 21 种、25 种、14 种和 13 种，分别占 28.8%、34.2%、19.2%和 17.8%。

调查期间整个区域冬候鸟、留鸟、旅鸟和夏候鸟数量分别占 33.3%、44.8%、10.4%和 11.5%；海域记录到冬候鸟、留鸟、旅鸟和夏候鸟数量分别占 3.2%、5.6%、19.4%和 71.8%；海岛记录到冬候鸟、留鸟、旅鸟和夏候鸟数量分别占 13.2%、

45.2%、11.7%和 29.9%；象山沿岸记录到冬候鸟、留鸟、旅鸟和夏候鸟数量分别占 38.3%、47.6%、5.6%、8.5%；六横沿岸记录到冬候鸟、留鸟、候鸟、夏候鸟数量分别占 30.1%、39.2%、24.8%和 6.0%。

从居留型种类组成来看，海域主要是夏候鸟和冬候鸟，数量上夏候鸟占绝对优势，旅鸟的数量其次，夏候鸟在邻近岛屿繁殖在海域觅食或者游弋，冬候鸟迁徙期飞行经过海域，在海域越冬；海岛种类和数量上都以留鸟占比多，旅鸟和冬候鸟种类也比较多，数量上夏候鸟比较多；象山沿岸冬候鸟和留鸟种类和数量比较多；六横沿岸留鸟和冬候鸟种类和数量比较多；整个区域冬候鸟种类最多，其次为旅鸟和留鸟，数量上留鸟最多，其次为冬候鸟。

海域冬候鸟以矶鹬和黄脚银鸥最多；留鸟以牛背鹭、环颈鸻、白鹡鸰记录到数量最多；旅鸟普通燕鸥和红颈滨鹬比较多，夏候鸟数量较多的有为黑尾鸥、褐翅燕鸥、大凤头燕鸥和黑枕燕鸥等。

海岛常见冬候鸟有灰头鹀、灰椋鸟、赤颈鸭、树鹨、针尾鸭、矶鹬、小鸦等，常见留鸟有白头鹎、麻雀、斑嘴鸭、白鹡鸰、远东山雀、蓝矶鸫、牛背鹭、暗绿绣眼、金翅雀和红头长尾山雀等，常见旅鸟有燕雀、普通燕鸥、灰山椒鸟、斑鸫、红胁蓝尾鸲、红颈瓣蹼鹬、黑翅长脚鹬、黄眉鹀等，常见夏候鸟有褐翅燕鸥、黑尾鸥、大凤头燕鸥、黑短脚鹬、家燕、远东树莺和黑枕燕鸥等。

象山沿岸区域常见冬候鸟有骨顶鸡、赤颈鸭、红头潜鸭、青脚鹬、凤头潜鸭、琵嘴鸭、罗纹鸭、灰头鹀等，常见留鸟有环颈鸻、白鹭、斑嘴鸭、麻雀、牛背鹭、白头鹎等，常见旅鸟有普通燕鸥、红颈滨鹬、红脚鹬、燕雀、鹤鹬、黄眉鹀等，常见夏候鸟有黑水鸡、家燕、黑短脚鹬、中白鹭、黑尾鸥、褐翅燕鸥和金眶鸻等。六横沿岸常见冬候鸟有骨顶鸡、青脚鹬、黑腹滨鹬、琵嘴鸭、灰斑鸻和树鹨等，常见留鸟有环颈鸻、斑嘴鸭、白鹭、白头鹎、暗绿绣眼等，常见旅鸟有反嘴鹬、鹤鹬、红脚鹬、黑翅长脚鹬、红颈滨鹬和黑尾塍鹬等，常见夏候鸟有黑水鸡、黑尾鸥、家燕、中白鹭和远东树莺等。

整个区域常见冬候鸟有骨顶鸡、赤颈鸭、红头潜鸭、青脚鹬、琵嘴鸭、罗纹鸭、凤头潜鸭、灰头鹀、黑腹滨鹬和树鹨等，常见留鸟有环颈鸻、斑嘴鸭、白鹭、麻雀、白头鹎、牛背鹭、暗绿绣眼和白鹡鸰等，常见旅鸟有普通燕鸥、红脚鹬、

红颈滨鹬、反嘴鹬、鹤鹬、黑翅长脚鹬和燕鸥等，常见夏候鸟有黑水鸡、褐翅燕鸥、黑尾鸥、家燕、黑短脚鹎和中白鹡等。

调查期间记录到在该区域繁殖鸟类（留鸟和夏候鸟）共 88 种，其中东洋界分布种 29 种，古北界分布种 21 种，广布种各 38 种，分别占 33.0%、23.9%和 43.2%，东洋界分布种占比相对较高，区域鸟类区系表现为东洋界分布特征。

5.8.5 生境现状及鸟类分布

5.8.5.1 生境现状

项目用海区位于宁波象山县海域，除了直接影响工程占用海域，周边海域以及岛屿也有可能受到影响，生境现状主要针对邻近岛屿，与鸟类调查区域和样线基本一致。

（1）六横沿岸

风电工程西北侧为六横岛，沿岸有较大型的围区——六横小郭巨二期围填海工程（图5.8-2）。围区形成以后主要为水体，有部分区域为淤泥质滩涂。其余区域为基岩岸线。水鸟主要分布在围区水体和滩涂区域。



图 5.8-2 六横沿岸生境现状

（2）象山县沿岸

象山县沿岸有山体，也有淤泥质海滩和沙滩，有几处比较大的围区，围区往往形成较大的水面，是鸟类分布的主要区域，包括道人山围区、大目涂围区等。道人山围区保留有大面积水体，大目涂围区大部分处于开发状态，残留部分水体和撂荒地区域，是鸟类的主要分布区域，也有部分雁鸭类出现在沿岸浅水区域（图5.8-3）。其余沿岸山体为雀形目鸟类以及其他非水鸟栖息地提供了条件。整个象山县沿岸从北到南包括象山港内沿岸（乌屿山沿岸），从象山港大桥到外门山一

线，海岸线外侧为淤泥质滩涂和米草，围区为养殖和农作物地为主；接下来是一系列的沿海山体（炮台山沿岸），从炮台山到老虎嘴到牛屁股，主要为沿海山体，分布有多个沙滩和淤泥质滩涂分布的小湾，包括大坦村沙滩、长沙村沙滩等；再往南是道人山围区（道人山沿岸），为一大型围垦区域，围区有大面积水体、撂荒地，围区大堤外侧低潮时有少量淤泥质滩涂；再往南是爵溪和松兰山沿岸，主要为沿海山体，分布有部分沙滩，鸟类以雀形目等非水鸟为主（松兰山沿岸）；再往南为大目涂围区（大目涂沿岸）。

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>大目涂围区</td><td>大坦村</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>道人山围区</td><td>道人山围区的骨顶鸡</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>爵溪沿岸</td><td>松兰山沿岸</td></tr>
</table>

	
旦门乡沿岸	象山沿岸的养殖排

图 5.8-3　象山县沿岸

（3）海域和岛屿

风电场建设在海上，海域为大面积水体，现场调查期间有遇到褐翅燕鸥、普通燕鸥、白额燕鸥、大凤头燕鸥、中华凤头燕鸥和黑尾鸥等成群跟随船只，这些鸥类主要来自风电场区域邻近的岛屿；风电场场址整体位于象山乱礁洋岛群区域，包括乱长礁、柴山礁、大野猪礁、灯笼山礁、天胆礁、和尚山礁、上四礁、下四礁等岛屿。这些岛屿基本为基岩岛屿，部分岛屿覆盖有植被。繁殖季节有大量褐翅燕鸥、黑尾鸥等在岛上聚集（图5.8-4）。

	
柴山礁	柴山礁上的蛎鹬



大野猪礁



柴山礁上的褐翅燕鸥群





图 5.8-4 乱礁洋岛群

风电场场址东南侧为韭山列岛。调查期间主要登陆南韭山岛开展鸟类调查（图5.8-5）。调查没有针对铁墩岛到中华凤头燕鸥和大凤头燕鸥集群繁殖的岛屿。南韭山岛植被茂盛，有林地、草地和灌丛，也有废弃的村庄，生境类型多样，主要分布各种非水鸟。





图5.8-5 南韭山岛

5.8.5.2 种类和数量分布

风电工程用海区及周边共记录到鸟类 17 目 52 科 115 属 198 种。

海域、海岛、象山沿岸和六横沿岸分别记录到 23 种、140 种、153 种和 73 种，分别占区域记录到鸟类种数的 11.6%、70.4%、76.9%和 36.7%；工程场区记录到 15 种，占 7.5%，对照区记录到 19 种，占 9.5%；各岛屿中，南韭山记录到 137 种，占 68.8%，乱礁洋岛群记录到 22 种，占 11.1%；象山沿岸中，乌屿山、炮台山、道人山、松兰山和大目涂沿岸分别记录到 72 种、80 种、111 种、84 这个和 103 种，各占 36.2%、40.2%、55.8%、42.2%和 51.8%。

海域、海岛、象山沿岸和六横沿岸分别占区域记录到鸟类总数量的 2.1%、10.4%、67.5%和 20.0%；工程场区占 0.6%，海域对照区占 1.5%；岛屿中，南韭山占 7.2%，乱礁洋岛群占 3.1%；象山沿岸乌屿山、炮台山、道人山、松兰山、大目涂沿岸分别占 7.1%、8.0%、30.1%、5.6%和 16.7%。

整体上海域记录到的鸟种比较少，风电场区比海域对照略少，陆域和海岛鸟种数记录到比较多；岛屿里南韭山记录到的鸟种数远超乱礁洋岛群，象山沿岸，围区（道人山围区和大目涂围区）记录到的鸟种数要多于沿岸山体（松兰山）和其他类型的海岸带（乌屿山和炮台山）。数量分布上，主要集中在象山沿岸，尤其是道人山和大目涂围区，岛屿和海域相对较少，尤其是风电场工程区和对照区。

5.8.6 保护鸟类

5.8.6.1保护鸟类简介

整个区域共记录到列入各类保护名录鸟类135种，隶属于15目36科135属，占所记录鸟类的 68.2%。其中列入国家重点保护野生动物、浙江省重点保护鸟类和世界自然保护联盟濒危物种红色名录的鸟类共 67 种，分属 12 目 22 科 41 属（表 5.8-1）。

这 67 种保护鸟类中，国家 1 级保护鸟类 5 种，包括青头潜鸭、中华凤头燕鸥、黑嘴鸥、黄嘴白鹭和小青脚鹬，国家 II 级重点保护鸟类 11 种，包括大凤头燕鸥、白腰杓鹬、云雀、红隼、凤头鹰、凤头蜂鹰、灰脸鵟鹰、普通鵟、游隼、小鸦鹃、岩鹭、鹗、松雀鹰、红脚鹬、赤腹鹰、红喉歌鸲、白琵鹭、黄胸鹀、翻石鹬、白腹鹞、黑翅鸢、燕隼、蓝喉歌鸲、灰背隼、白尾鹞和画眉等。

浙江省重点保护鸟类 34 种，包括斑嘴鸭、赤颈鸭、红头潜鸭、琵嘴鸭、黑尾鸥、褐翅燕鸥、罗纹鸭、凤头潜鸭、绿翅鸭、绿头鸭、棕背伯劳、大凤头燕鸥、

黑枕燕鸥、凤头鹬鹬、青头潜鸭、戴胜、针尾鸭、红尾伯劳、赤膀鸭、大杜鹃、白眉鸭、四声杜鹃、三宝鸟、小鸦鹃、黑枕黄鹂、黑嘴鸥、粉红燕鸥、蚁鵰、中杜鹃、黄胸鹀、虎纹伯劳、斑背潜鸭、画眉、牛头伯劳等。

列入世界自然保护联盟濒危物种红色名录鸟类 17 种，包括极危（CR）3 种：青头潜鸭、中华凤头燕鸥和黄胸鹀；濒危（EN）1 种：小青脚鹬；易危（VU）4 种：红头潜鸭、黑嘴鸥、黄嘴白鹭和硫黄鹀，近危（NT）9 种：罗纹鸭、红颈滨鹬、黑尾塍鹬、白腰杓鹬、蛎鹬、日本鹌鹑、红腹滨鹬、灰尾漂鹬和紫寿带等。此外，有 106 种鸟类列入《中华人民共和国政府和日本国政府保护候鸟及其栖息环境协定》保护鸟类名录，有 39 种鸟类列入《中华人民共和国政府和澳大利亚政府保护候鸟及其栖息环境的协定》保护鸟类名录。

表5.8-1 中广核象山涂茨海上风电场项目用海区及周边保护鸟类组成

种　类	居留型	区系	生态类型	保护类型			合计	分布					
				C	ZJ	IUCN		场区	对照区	海域	海岛	象山沿岸	六横沿岸
鸡形目 GALLIFORMES													
雉科 Phasianidae													
1.日本鹌鹑 Coturnix japonica	冬	古	非			NT	**				**	*	
雁形目 ANSERIFORMES													
鸭科 Anatidae													
2.白眉鸭 Spatula querquedula	冬	古	水		r		**					**	
3.琵嘴鸭 Spatula clypeata	冬	古	水		r		****					****	***
4.赤膀鸭 Mareca strepera	冬	古	水		r		**					**	
5.罗纹鸭 Mareca falcata	冬	古	水		r	NT	****					****	**
6.赤颈鸭 Mareca penelope	冬	古	水		r		****				**	****	***
7.绿头鸭 Anas platyrhynchos	冬	古	水		r		***					***	**
8.斑嘴鸭 Anas zonorhyncha	留	广	水		r		****				***	****	****
9.针尾鸭 Anas acuta	冬	古	水		r		**				**		
10.绿翅鸭 Anas crecca	冬	古	水		r		***					***	***
11.红头潜鸭 Aythya ferina	冬	古	水		r	VU	****					****	
12.青头潜鸭 Aythya baeri	冬	古	水	I	r	CR	*					*	
13.凤头潜鸭 Aythya fuligula	冬	古	水		r		****					****	
14.斑背潜鸭 Aythya marila	冬	古	水		r		*					*	
鸊鹈目 PODICIPEDIFORMES													
鸊鹈科 Podicipedidae													
15.凤头鸊鹈Podiceps cristatus	冬	古	水		r		***					***	**
鹈形目 PELECANIFORMES													
鹮科 Threskiornithidae													

16.白琵鹭 Platalea leucorodia	冬	古	水	II		*						*
鹭科 Ardeidae												
17.岩鹭 Egretta sacra	旅	东	水	II		**		*	*		**	
18.黄嘴白鹭 Egretta eulophotes	夏	古	水	I	VU	*				*	*	
鹰形目 ACCIPITRIFORMES												
鹗科 Pandionidae												
19.鹗 Pandion haliaetus	留	东	非	II		**				*	*	*
鹰科 Accipitridae												
20.黑翅鸢 Elanus caeruleus	留	东	非	II		*				*	*	
21.凤头蜂鹰 Pernis ptilorhynchus	旅	广	非	II		**				**		
22.凤头鹰 Accipiter trivirgatus	留	东	非	II		**				**	*	
23.赤腹鹰 Accipiter soloensis	留	东	非	II		*				*		
24.松雀鹰 Accipiter virgatus	留	广	非	II		**				*	*	
25.白腹鹞 Circus spilonotus	冬	古	非	II		*					*	
26.白尾鹞 Circus cyaneus	冬	古	非	II		*					*	
27.灰脸鵟鹰 Butastur indicus	旅	古	非	II		**				**		
28.普通鵟 Buteo buteo	冬	古	非	II		**				*	*	
鸻形目 CHARADRIIFORMES												
蛎鹬科 Haematopodidae												
29.蛎鹬 Haematopus ostralegus	冬	古	水		NT	**	*		*	**	**	
丘鹬科 Scolopacidae												
30.白腰杓鹬 Numenius arquata	冬	古	水	II	NT	***	*		*		***	**
31.黑尾塍鹬 Limosa limosa	旅	古	水		NT	***						***
32.翻石鹬 Arenaria interpres	旅	古	水	II		*				*		
33.红腹滨鹬 Calidris canutus	旅	古	水		NT	**						**
34.红颈滨鹬 Calidris ruficollis	旅	古	水		NT	***		**	**		***	***
35.灰尾漂鹬 Tringa brevipes	旅	古	水		NT	*				*		
36.小青脚鹬 Tringa guttifer	旅	古	水	I	EN	*					*	*

鸥科 Laridae													
37.黑嘴鸥 Saundersilarus saundersi	冬	古	水	I	r	VU	*		*	*			
38.黑尾鸥 Larus crassirostris	夏	古	水		r		****	**	***	***	***	***	***
39.大凤头燕鸥 Thalasseus bergii	夏	广	水	II	r		***	**	***	***	***		
40.中华凤头燕鸥 Thalasseus bernsteini	夏	广	水	I		CR	**		*	*	*		
41.褐翅燕鸥 Onychoprion anaethetus	夏	广	水		r		****	***	***	***	***	***	
42.粉红燕鸥 Sterna dougallii	夏	广	水		r		*		*	*			
43.黑枕燕鸥 Sterna sumatrana	夏	东	水		r		***	**	**	**	**	*	
鹃形目 CUCULIFORMES													
杜鹃科 Cuculidae													
44.小鸦鹃 Centropus bengalensis	留	东	非	II	r		**					**	
45.四声杜鹃 Cuculus micropterus	夏	广	非		r		**				*	**	
46.中杜鹃 Cuculus optatus	夏	古	非		r		*				*	*	
47.大杜鹃 Cuculus canorus	夏	古	非		r		**				*	**	
佛法僧目 CORACIIFORMES													
佛法僧科 Coraciidae													
48.三宝鸟 Eurystomus orientalis	夏	广	非		r		**				*	**	
犀鸟目 BUCEROTIFORMES													
戴胜科 Upupidae													
49.戴胜 Upupa epops	冬	古	非		r		**				**	**	
鴷形目 PICIFORMES													
啄木鸟科 Picidae													
50.蚁䴕Jynx torquilla	冬	古	非		r		*				*	*	
隼形目 FALCONIFORMES													
隼科 Falconidae													
51.红隼 Falco tinnunculus	留	东	非	II			**				*	**	*
52.红脚隼 Falco amurensis	冬	古	非	II			*				*		
53.灰背隼 Falco columbarius	冬	古	非	II			*					*	

54.燕隼 Falco subbuteo	夏	广	非	II			*				*			
55.游隼 Falco peregrinus	冬	古	非	II			**				**	*		
雀形目 PASSERIFORMES														
伯劳科 Laniidae														
56.虎纹伯劳 Lanius tigrinus	夏	古	非		r		*				*			
57.牛头伯劳 Lanius bucephalus	冬	古	非		r		*				*			
58.红尾伯劳 Lanius cristatus	夏	古	非		r		**				*	**		*
59.棕背伯劳 Lanius schach	留	东	非		r		***				**	***		**
黄鹂科 Oriolidae														
60.黑枕黄鹂 Oriolus chinensis	夏	广	非		r		**				**			
王鹟科 Monarchidae														
61.紫寿带 Terpsiphone atrocaudata	旅	古	非			NT	*				*			
百灵科 Alaudidae														
62.云雀 Alauda arvensis	冬	古	非	II			**					**		
噪鹛科 Leiothrichidae														
63.画眉 Garrulax canorus	留	东	非	II	r		*					*		
鹟科 Muscicapidae														
64.蓝喉歌鸲 Luscinia svecica	旅	古	非	II			*					*		
65.红喉歌鸲 Calliope calliope	旅	古	非	II			*				*	*		
鹀科 Emberizidae														
66.黄胸鹀 Emberiza aureola	旅	古	非	II	r	CR	*				*	*		
67.硫黄鹀 Emberiza sulphurata	旅	古	非			VU	*				*	*		
合 计				31	34	17	67	6	9	11	40	48		18

注：鸟类名录及分类系统参考世界鸟类学家联合会世界鸟类名录所采用的分类系统。

居留型：冬表示冬候鸟，夏表示夏候鸟，旅表示旅鸟，留表示留鸟；地理型：古表示古北界分布种，东表示东洋界分布种，广表示广布种。

生态类型：“水”表示生态类型为水鸟，“非”表示生态类型为非水鸟。

C——国家重点保护野生动物名录（2021年2月），I表示列入国家重点保护野生动物名录I级保护，II表示列入国家重点保护野生动物名录II级保护；ZJ——浙江省重点保护陆生野生动物名录（2016）；IUCN——世界自然保护联盟的濒危物种红色名录（2016年更新版本），CR表示极危，EN表示濒危，VU表示易危，NT表示近危；CJ——《中华人民共和国政府和日本国政府保护候鸟及其栖息环境协定》保护鸟类名录，CA——《中华人民共和国政府和澳大利亚政府保护候鸟及其栖息环境的协定》保护鸟类名录；“r”表示列入或有记录。

相对数量：区域合计数量为各季数量累加，分区域的数量为该区域各季历次调查记录最大值的累加，“*”<10只、“**”10-99只、“***”100-999只、“****” >1000只。

5.8.6.2 保护鸟类空间分布

列入国家重点保护野生动物、浙江省重点保护鸟类和世界自然保护联盟濒危物种红色名录的保护鸟类在区域记录到67种，总数量约18621只次，分布情况如图5.8-6所示。

海域记录到11种，其中场区6种，对照区9种，海岛记录40种，象山沿岸记录48种，六横沿岸记录18种，岛屿里南韭山岛记录到38种，乱礁洋岛群记录到7种。数量上，海域占5.2%，其中场区占1.5%，对照区占3.7%；海岛占11.5%，象山沿岸占67.5%，六横沿岸占15.9%。保护性鸟类种类和数量比较多的集中在陆域象山沿岸，岛屿相对较少。

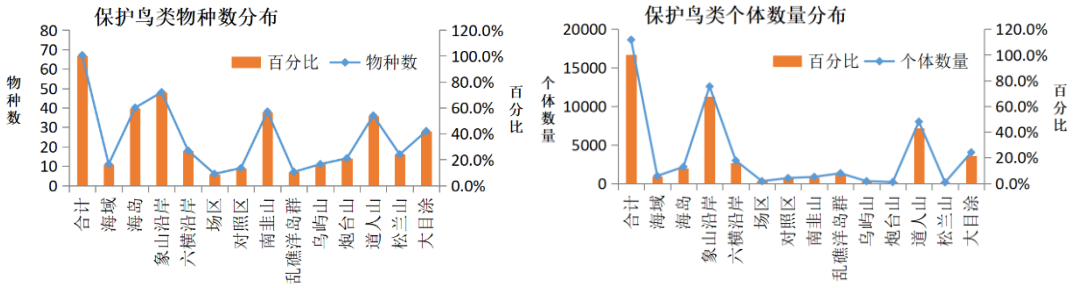


图 5.8-6 保护鸟类种类和数量分布

5.8.6.3 保护鸟类时间分布

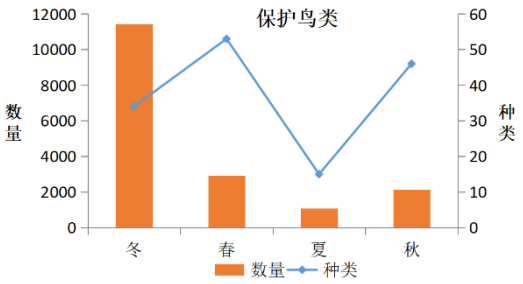


图 5.8-7 保护鸟类时间分布

调查期间区域记录到的保护鸟类的时间分布如图 5.8-7 所示。所有保护鸟类，种类上，春季和秋季种类最多，夏季和冬季种类比较少；数量上，冬季最多，其次为春季，夏季最少。

5.8.7 繁殖栖息地及繁殖鸟类

根据现场调查，海鸟集群繁殖栖息地主要位于铁墩岛，位于韭山列岛国家级海洋自然保护区内，距离风电场边缘 19 公里左右。其他繁殖鸟类主要是在区域陆域繁殖的雀形目鸟类，分散在岛屿和陆域沿岸。共记录到繁殖鸟类（夏候鸟和留鸟）88 种 35862 只次，非水鸟 62 种，水鸟 26 种。种类和数量分布情况见图 5.8-8。种类分布上，海域记录

到 12 种，其中场区 9 种，对照区海域 11 种，主要是飞行经过海域；海岛记录到 71 种，其中南韭山记录到 68 种，乱礁洋岛群记录到 13 种；象山沿岸记录 74 种，六横沿岸记录 38 种。数量上，海域记录到 2.9%，场区约 0.9%，对照区 2.0%；海岛记录占 13.8%，象山沿岸占 67.2%，六横沿岸占 16.0%。

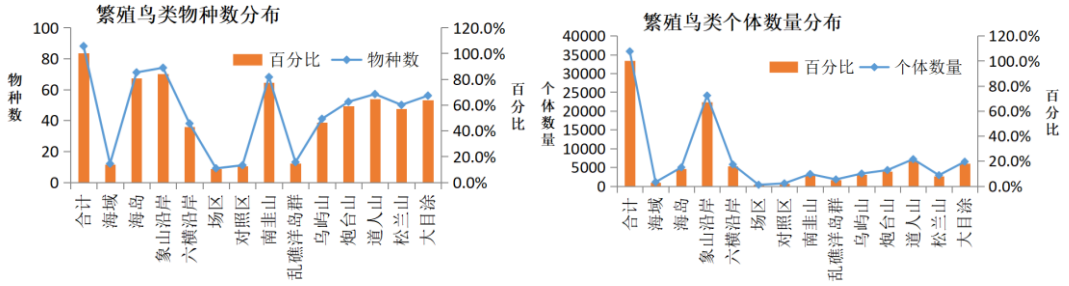
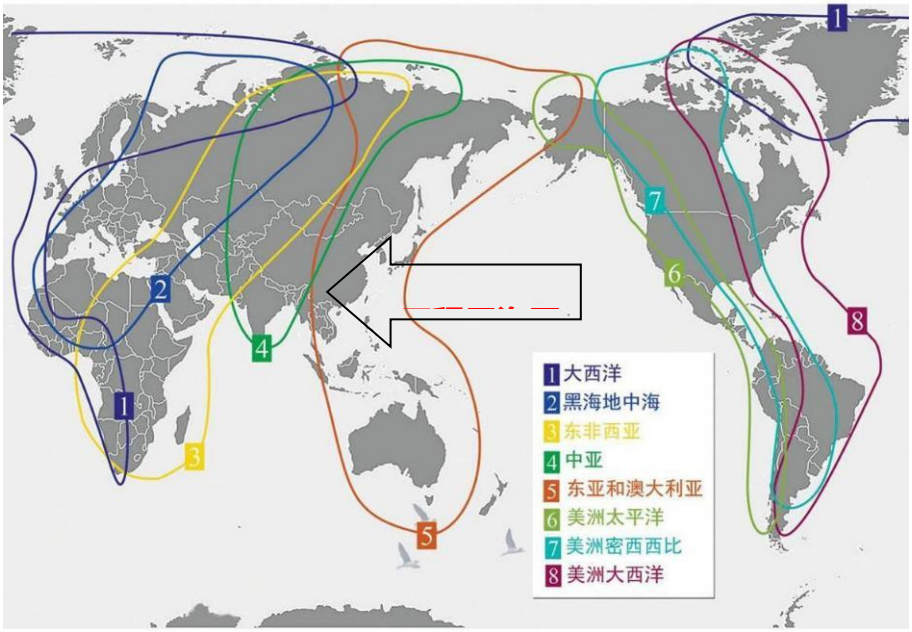


图 5.8-8 繁殖鸟类种类和数量分布

5.8.8 迁徙通道与迁徙鸟类

5.8.8.1 鸟类迁徙通道

工程用海区位于中国东部海岸线中段。中国东部沿海滨海湿地一直是鸟类尤其是鸻鹬类等湿地鸟类迁徙的重要中途停歇区域，同时也有大量的越冬鸟和夏候鸟迁徙停留在区域或者经过区域。国际上将全球划分为八大迁徙通道，本工程位置处于东亚-澳大利西亚通道中段，见图 5.8-9 上图。长期的研究和观测表明在这条路线上迁徙的鸟类主要以长江口-杭州区域滩涂湿地以及黄渤海沿海滩涂湿地作为中途停歇栖息地，尤其是较大的滩涂湿地面积是承载这些迁徙鸻鹬的重要条件，从图 5.8-9 下图可以看出主要迁徙鸟类的迁徙的节点位于长江口周边以及往北的黄渤海区域，也即本工程以北。



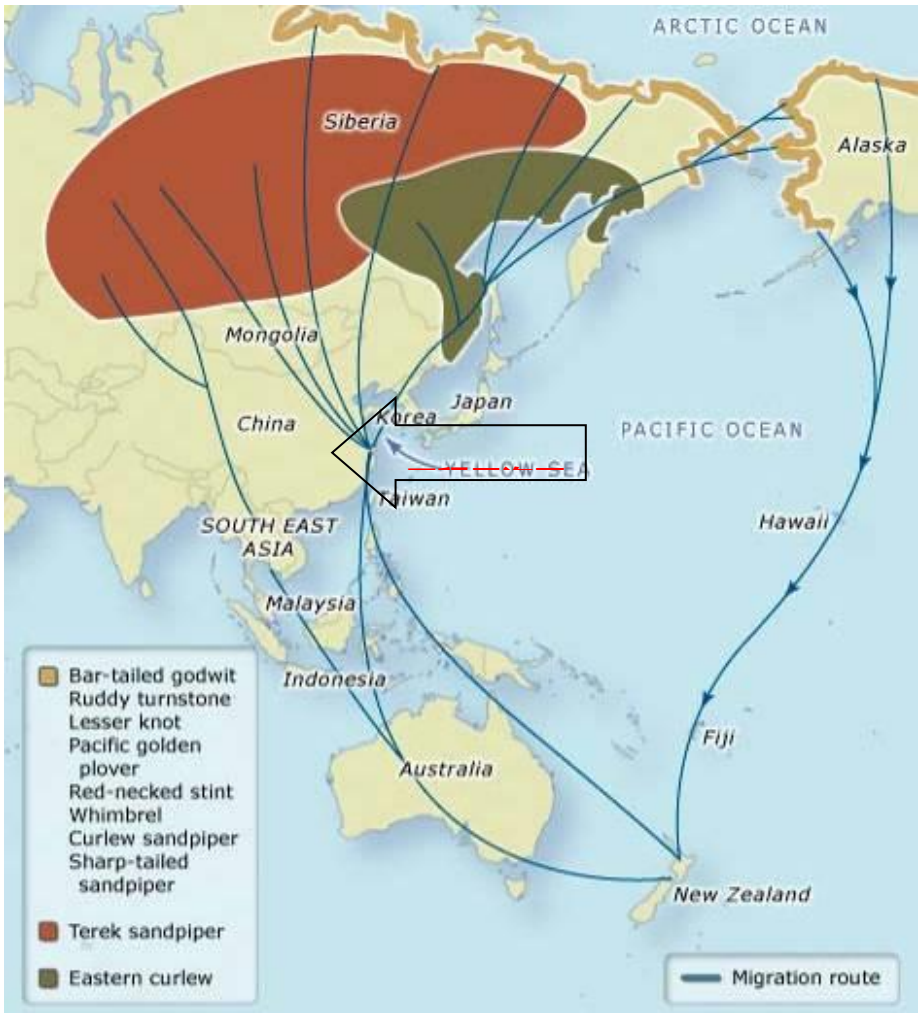


图 5.8-9 工程用海区与全球候鸟迁徙路线的关系（上图：工程用海区在候鸟迁徙通道中的位置；下图：东亚-澳大利西亚通道中主要迁徙鸟种中途停歇节点）

从本工程调查期间所获取的鸟类数据来看，鸻鹬类等迁徙鸟类在区域鸟类群落中占比较多，从鸟类分布来看，鸻鹬的种类和数量都主要分布在滩涂区域，海域有飞行经过的记录，整体上数量占比很少。在一定程度上表明沿着东亚-澳大利西亚候鸟迁徙路线上迁徙的鸟类主要分布在近岸的滨海湿地区域。鸟类的迁徙主要是沿着海岸线进行，较少穿越海域区域。

5.8.8.2 工程用海区及周边迁徙鸟类

工程建设区为海域，缺乏停歇的条件，也不能为非水鸟提供栖息和觅食的条件，不具备适合鸟类的栖息地，风电场海域活动的鸟类种类和数量相对较少。评价范围内海域年周期调查共记录到鸟类 3 目 7 科 23 种 1360 只次，除少量在海面停歇，绝大部分是飞行经过调查海域，尤其是一些燕鸥类和鸥类会集群跟随调查船只飞行，而风电场场区的海域记录到鸟类 3 目 7 科 15 种 398 只次，主要是飞行经过该海域，数量最多的是褐翅燕鸥、黑尾鸥、普通燕鸥和牛背鹭等。在风电场区记录到的这些鸟类的数量占整个观测区域这些鸟类数量的 3%，是所有鸟类的 0.6%。可见工程用海区不是鸥类主要分布区，也不是主要觅食区。虽然鸥类在工程用海区的统计数量有一部分要归功于鸥类跟随调查船只的行为，但是在一定程度上说明风电场区为鸥类提供觅食区有一定的作用。工程建设区处于东亚—澳大利亚迁徙通道上，距离西侧三门湾等大面积滨海湿地区域在 25km 以上，作为迁徙期鸟类迁徙所经过的主要路线的可能性比较小，迁徙期的调查也表明风电场海域并未发现有大规模的迁徙鸟类迁飞经过。

5.9 声环境现状监测与评价

本项目水上和水下声环境现状调查与影响评价内容引用厦门大学编制的《中广核涂茨海上风电场项目水下噪声及电磁环境对海洋生物影响专题研究报告》，该报告于2021年12月23日通过专家评审，并采纳了专家意见和作了相应的修改完善。

5.9.1 水上噪声环境现场调查

5.9.1.1 调查站点

厦门大学课题组于2020年12月8~9日对中广核象山涂茨海上风电场项目海域的声环境质量进行了现场调查。根据国家海洋局关于《海上风电项目海洋环境影响评价技术规范》的通知（2014.4）要求，在工程海域共设置9个噪声调查站点（各站点均开展水上、水下声测量），各站点经纬度坐标分别是：

(1) 29°37'14.91"N，122°0 3'10.57"E

(2) 29°35'06.89"N，122°04'57.09"E

(3) 29°33'38.65"N，122°07'19.23"E

(4) 29°32'11.53"N，122°05'07.99"E

(5) 29°32'52.33"N，122°03'16.51"E

(6) 29°28'27.45"N，122°0 2'56.96"E

(7) 29°30'54.93"N，122°01'54.14"E

(8) 29°32'49.38"N，122°00'58.38"E

(9) 29°35'16.02"N，122°01'03.18"E

5.9.1.2调查时间及海况

2020年12月8~9日课题组对中广核象山涂茨海上风电场项目海域开展了声环境现场调查。声环境调查期间，天气晴，海况1-2级，工程海域布设各站点在进行水上、水下声环境调查时的环境条件见表5.9-1。

表5.9-1各站点开展声环境调查时的环境条件

站点编号	风速（m/s）与风向	水深(m)	海况(级)	天气	潮汐	水温(1m深)（℃）
#1	2.0 北	9.0	1	阴	涨潮	16.4
#2	1.6 北	9.0	1	阴	涨潮	16.3
#3	2.5 北	10.0	1	阴	涨潮	16.2
#4	2.8 北	6.0	1	阴	涨潮	16.3
#5	3.2 北	8.5	1	阴	涨潮	16.2

#6	1.8 北	7.5	1-2	阴	涨潮	16.0
#7	2.4 北	8.0	1-2	阴	涨潮	16.2
#8	2.5 北	8.5	1-2	阴	涨潮	16.3
#9	2.0 北	23.0	1-2	阴	高平潮	16.4

5.9.1.3调查内容及测量时间

根据《环境影响评价技术导则声环境》（HJ/T 2.4-2009）的要求，共进行了9个调查站点的声调查，每个站点连续测量时间均为10 min以上。测量计算结果为：

② 等效连续声级 L_{eq}；

②最大声级Lmax；

③给出在10 Hz~20 kHz 频率范围内的1/3倍频程的频带声压级分布。

5.9.1.4调查结果

工程海域水上声环境调查结果见表5.9-2。

表5.9-2工程海域水上声环境质量调查结果单位：dB/20uPa

站点编号	站点位置	噪声源	最大声级(dB)	等效连续声级(dB)	累积百分声级L10(dB)	累积百分声级L50(dB)	累积百分声级L90(dB)
#1	29°37'14.91"N，122°03'10.57"E	海上声环境	97.3	55.3	57.2	47.1	40.6
#2	29°35'06.89"N, 122°04'57.09"E	海上声环境	88.0	50.3	52.6	47.8	43.2
#3	29°33'38.65"N, 122°07'19.23"E	海上声环境	94.4	54.6	56.8	49.4	43.5
#4	29°32'11.53"N, 122°05'07.99"E	海上声环境	95.5	52.5	55.4	48.6	43.8
#5	29°32'52.33"N，122°03'16.51"E	海上声环境	93.2	50.7	53.9	45.9	42.0
#6	29°28'27.45"N，122°02'56.96"E	海上声环境	98.1	55.1	55.4	46.7	41.4
#7	29°30'54.93"N, 122°01'54.14"E	海上声环境	92.0	54.6	55.8	52.0	48.8
#8	29°32'49.38" N, 122°00'58.38" E	海上声环境	92.9	55.8	56.8	50.6	45.9
#9	29°35'16.02" N, 122°01'03.18" E	海上声环境	86.5	58.5	62.6	55.9	50.7

5.9.1.5调查结果评价

由海上声环境现状调查结果可知，该工程海域海面上环境噪声（A计权）的等效连续声级主要分布在50~59dB之间，等效连续声级平均值为54.9dB。最大声级（A计权）的平均值为94.4dB。在20Hz~20kHz的频率分布范围内，各频带噪声级（A计权）的最大动态范围为38dB。

5.9.2 水下噪声环境现场调查

（1）调查站点

与水上环境噪声各测点位置相同。共调查9个站点。根据各站点不同的海域深度，设置3个水层深度：1 m、中间层和底层（接近海底），进行同步测量，测量记录时间均为3 min以上。

（2）调查内容

调查内容为频带声压级、声压谱级以及各测点的峰值声压级。

（3）监测结果及评价

调查结果见表5.9-3~5.9-5。该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~20kHz频率范围内，全频带累积声压级为126.6 dB，噪声谱级的总动态变化范围是73 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24 dB。总体上，在100 Hz以上的频率的噪声谱级在102 dB以下；500 Hz以上频率的噪声谱级均在96 dB以下；1 kHz以上频率的噪声谱级在88 dB以下；而在5 kHz以上频率，噪声谱级在70 dB以下。

表 5.9-3　各站点设计的测量深度与对应的峰值声压级

站点编号	站点位置	测点深度(m)	峰值声压(dB/1uPa)	全频带累积声压级 L_p(dB/1uPa)		
				各测量点	各站点平均值	调查海域平均值
#1	29°37'14.91"N，122°0 3'10.57"E	1	144	109	109	126.6
		4	142	110		
		8	141	109		
#2	29°35'06.89"N，122°04'57.09"E	1	152	113	115	
		4	146	112		
		8	145	117		
#3	29°33'38.65"N，122°07'19.23"E	1	152	118	128	
		5	148	113		
		9	151	133		
#4	29°32'11.53"N，	1	146	119	132	
		4	152	133		

	122°05'07.99"E	7	152	134		
#5	29°32'52.33"N，122°03'16.51"E	1	144	115	125	
		4	154	125		
		8	151	129		
#6	29°28'27.45"N，122°0 2'56.96"E	1	163	126	130	
		4	160	133		
		7	162	129		
#7	29°30'54.93"N，122°01'54.14"E	1	144	115	118	
		4	149	119		
		7	146	118		
#8	29°32'49.38"N，122°00'58.38"E	1	153	123	125	
		4	150	126		
		8	149	126		
#9	29°35'16.02"N，122°01'03.18"E	1	151	120	120	
		11	150	120		
		22	152	120		

表5.9-4　工程海域水下噪声环境调查结果－声压谱级（1） 单位：$re\ 1uPa/\sqrt{Hz}$ ）

站点编号	站点位置	测量深度	声压谱级															
			20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630
#1	29°37'14.91"N，122°0 3'10.57"E	1	96	96	99	98	93	90	84	81	78	76	77	77	73	78	77	73
		4	95	91	89	89	90	85	79	78	75	74	75	70	68	66	65	65
		8	92	92	91	90	89	89	85	81	77	73	68	66	63	66	70	69
#2	29°35'06.89"N，122°04'57.09"E	1	96	88	92	93	89	88	81	84	78	79	81	87	77	78	75	73
		4	96	91	87	88	88	88	84	83	78	75	71	71	74	71	68	66
		8	106	101	99	94	96	95	91	90	88	87	86	83	81	80	76	72
#3	29°33'38.65"N，122°07'19.23"E	1	96	96	100	97	96	93	89	87	83	85	82	88	79	84	80	77
		5	102	96	90	93	91	89	86	84	80	80	78	75	78	72	73	69
		9	119	121	111	106	103	99	98	97	95	90	91	85	81	79	82	76
#4	29°32'11.53"N，122°05'07.99"E	1	108	102	102	97	92	94	87	86	81	94	82	85	77	82	79	78
		4	122	114	118	107	102	103	98	98	96	100	94	98	96	93	93	95
		7	120	123	115	109	105	102	99	97	94	92	85	86	82	76	80	69
#5	29°32'52.33"N，122°03'16.51"E	1	103	100	101	98	99	93	85	88	90	81	84	87	78	78	73	70
		4	111	104	105	101	99	100	100	100	95	94	92	95	95	90	93	89
		8	121	114	106	100	93	95	94	92	87	84	77	71	71	71	69	67
#6	29°28'27.45"N，122°0 2'56.96"E	1	115	111	110	107	104	101	98	97	94	94	96	96	92	92	91	89
		4	122	116	117	110	109	107	104	102	99	97	95	98	98	96	96	94
		7	119	117	112	106	100	98	99	99	95	95	91	90	89	93	92	87
#7	29°30'54.93"N，122°01'54.14"E	1	92	92	93	95	90	90	95	84	81	79	77	78	77	80	80	78
		4	102	97	96	95	96	96	101	95	91	90	89	86	89	86	87	85
		7	107	105	96	91	90	90	103	91	88	87	83	83	85	83	86	84
#8	29°32'49.38"N，122°00'58.38"E	1	105	103	105	101	98	96	93	92	94	90	89	87	86	88	86	87
		4	104	98	98	98	99	98	94	96	97	93	94	93	92	95	92	93
		8	111	106	98	94	99	98	95	95	98	93	95	92	92	95	90	92
#9	29°35'16.02"N，122°01'03.18"E	1	92	89	92	94	93	87	85	88	81	87	80	81	82	82	82	85
		11	92	88	90	93	96	91	93	94	86	91	87	87	88	86	85	87
		22	96	95	91	90	98	85	91	96	84	91	87	86	88	86	86	87

表 5.9-4　工程海域水下噪声环境调查结果－声压谱级（2） 单位：$re\ 1uPa/\sqrt{Hz}$ ）

站点编号	站点位置	测量深度	声压谱级													
			800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10k	12.5k	16k	20k
#1	29°37'14.91"N，122°0 3'10.57"E	1	68	71	67	55	53	54	53	55	57	57	54	53	51	50	50
		4	60	61	57	55	54	54	53	56	58	57	55	53	52	52	52
		8	62	59	58	59	55	55	54	56	56	58	59	55	53	51	52
#2	29°35'06.89"N，122°04'57.09"E	1	69	67	67	57	55	56	59	61	57	57	54	52	51	50	50
		4	66	63	70	57	55	57	59	61	58	56	55	53	52	52	52
		8	72	68	78	62	59	58	56	59	57	55	54	53	51	51	51
#3	29°33'38.65"N，122°07'19.23"E	1	73	70	67	58	52	56	60	61	58	54	51	51	50	50	50
		5	64	60	57	55	55	57	61	61	58	55	53	52	52	52	52
		9	74	64	58	58	56	56	56	54	54	52	52	51	51	51	51
#4	29°32'11.53"N，122°05'07.99"E	1	73	69	63	59	58	64	68	69	67	59	58	58	54	51	51
		4	90	83	78	67	62	66	71	71	68	61	59	59	54	53	52
		7	66	63	60	57	57	60	65	66	64	57	55	55	53	52	52
#5	29°32'52.33"N，122°03'16.51"E	1	70	69	62	57	57	57	61	61	60	57	54	52	51	50	50
		4	87	80	75	66	58	59	63	64	67	58	56	54	53	52	53
		8	67	61	59	56	55	56	56	59	60	57	55	53	52	52	51
#6	29°28'27.45"N，122°0 2'56.96"E	1	86	81	76	67	65	68	70	69	67	64	61	60	57	54	52
		4	92	89	83	75	70	71	72	71	70	66	63	61	59	56	54
		7	83	76	68	64	63	70	63	64	64	60	56	56	54	54	53
#7	29°30'54.93"N，122°01'54.14"E	1	78	76	78	71	70	68	68	69	65	63	59	57	55	52	51
		4	82	79	79	72	70	69	69	70	67	64	60	58	55	54	53
		7	83	80	77	67	61	63	64	65	65	63	59	56	55	54	52
#8	29°32'49.38"N，122°00'58.38"E	1	85	85	91	77	72	70	68	68	67	67	64	62	58	58	54
		4	89	89	96	79	74	72	71	70	69	68	66	63	60	57	55
		8	88	90	94	80	76	73	69	67	66	65	64	63	61	57	54
#9	29°35'16.02"N，122°01'03.18"E	1	87	86	83	83	76	75	71	69	68	67	65	63	61	58	56
		11	88	87	84	82	75	74	72	70	69	67	66	64	61	58	56
		22	86	84	82	80	75	75	73	71	69	67	65	62	60	58	56

表5.9-5　工程海域水下噪声环境调查结果－频带声压级（1）　单位：dB/1uPa

站点编号	站点位置	测量深度	1/3oct 倍频程频带声压级															
			20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630
#1	29°37'14.91"N，122°0 3'10.57"E	1	99	95	99	102	98	97	92	89	89	85	84	85	87	99	99	91
		4	105	102	101	100	97	97	94	94	93	92	91	90	88	89	87	83
		8	100	98	98	100	99	101	99	96	92	91	86	84	83	86	89	89
#2	29°35'06.89"N，122°04'57.09"E	1	108	97	101	103	101	101	97	97	92	94	98	103	99	98	97	97
		4	108	103	100	101	101	101	99	97	94	93	91	92	94	92	90	91
		8	111	108	107	104	107	107	104	102	102	101	101	100	99	99	97	96
#3	29°33'38.65"N，122°07'19.23"E	1	105	106	110	109	109	107	104	102	101	103	102	105	100	105	103	101
		5	106	102	101	103	103	103	100	99	97	96	93	95	94	93	96	92
		9	126	131	121	118	116	113	113	112	111	107	108	104	103	102	104	102
#4	29°32'11.53"N，122°05'07.99"E	1	109	107	109	106	106	112	107	103	100	110	102	104	104	101	99	98
		4	130	119	125	117	114	116	112	113	112	115	114	116	115	113	115	116
		7	128	132	124	121	117	116	114	112	109	108	104	105	102	97	101	95
#5	29°32'52.33"N，122°03'16.51"E	1	108	106	107	106	107	103	98	100	102	95	99	101	95	97	94	92
		4	118	110	112	111	111	112	113	114	111	110	109	112	112	111	114	111
		8	127	122	114	110	105	107	108	106	103	101	95	89	90	90	90	88
#6	29°28'27.45"N，122°0 2'56.96"E	1	119	118	118	115	114	112	108	109	108	108	109	111	110	110	109	108
		4	130	121	125	118	116	115	114	112	110	111	109	112	115	114	114	113
		7	125	124	119	114	109	108	110	110	107	105	107	106	106	105	104	102
#7	29°30'54.93"N，122°01'54.14"E	1	100	101	105	108	102	101	99	100	97	96	98	95	98	99	100	101
		4	110	104	104	104	105	106	107	108	106	105	107	104	107	106	108	108
		7	109	107	101	99	100	102	105	107	104	103	106	102	107	104	107	108
#8	29°32'49.38"N，122°00'58.38"E	1	108	108	111	110	108	108	109	107	108	107	107	105	108	110	110	111
		4	109	105	107	108	110	110	109	110	109	110	112	111	113	117	115	117
		8	113	110	104	104	111	111	111	108	108	111	113	110	113	117	114	116
#9	29°35'16.02"N，122°01'03.18"E	1	96	96	103	105	99	99	100	103	99	104	100	98	103	104	107	109
		11	96	96	103	105	99	99	100	103	99	104	100	98	103	104	107	109
		22	104	102	99	100	103	100	106	110	101	109	106	105	108	108	108	110

表5.9-5　工程海域水下噪声环境调查结果－频带声压级（2）　单位：dB/1uPa

站点编号	站点位置	测量深度	1/3oct 倍频程频带声压级														
			800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10k	12.5k	16k	20k
#1	29°37'14.91"N，122°0 3'10.57"E	1	91	93	87	82	79	81	82	85	88	87	87	86	86	86	87
		4	84	90	84	81	81	81	81	85	88	88	87	87	87	87	88
		8	86	84	84	85	82	82	82	85	86	90	91	89	88	87	88
#2	29°35'06.89"N，122°04'57.09"E	1	93	92	92	88	84	84	87	89	87	89	88	86	86	86	87
		4	90	91	94	90	84	85	88	90	88	88	89	87	87	87	88
		8	94	94	100	91	86	87	86	89	88	87	86	86	86	87	88
#3	29°33'38.65"N，122°07'19.23"E	1	98	95	92	88	81	85	88	89	88	86	84	84	85	86	87
		5	88	85	83	83	83	86	90	90	89	87	86	86	86	87	88
		9	99	92	86	86	86	86	86	85	85	84	85	85	86	87	88
#4	29°32'11.53"N，122°05'07.99"E	1	96	92	86	84	84	92	97	98	97	92	91	91	89	87	87
		4	113	107	103	97	92	95	99	100	99	94	92	92	90	89	89
		7	91	88	85	83	84	89	94	96	94	90	88	89	88	87	88
#5	29°32'52.33"N，122°03'16.51"E	1	93	95	91	83	83	84	89	91	90	88	86	86	86	86	87
		4	110	105	100	93	85	88	90	93	94	90	90	92	88	89	89
		8	88	85	83	82	83	83	85	87	89	88	87	86	87	87	88
#6	29°28'27.45"N，122°0 2'56.96"E	1	107	105	102	95	92	96	99	99	98	96	94	93	91	89	88
		4	112	109	104	98	96	98	101	101	100	98	96	95	93	91	90
		7	99	96	90	87	85	87	90	93	93	91	89	89	88	89	89
#7	29°30'54.93"N，122°01'54.14"E	1	101	102	105	99	99	98	98	100	97	95	94	93	90	88	88
		4	106	104	105	99	98	98	99	100	99	96	94	92	91	90	89
		7	106	104	103	96	90	92	94	95	97	95	91	90	90	89	89
#8	29°32'49.38"N，122°00'58.38"E	1	112	111	115	104	101	100	99	98	99	99	96	93	92	91	90
		4	116	114	119	106	104	103	102	101	101	99	97	96	94	93	92
		8	115	116	114	107	105	101	99	98	97	98	98	97	95	93	91
#9	29°35'16.02"N，122°01'03.18"E	1	111	112	110	108	105	103	101	101	102	100	100	98	97	95	94
		11	111	112	110	108	105	103	101	101	102	100	100	98	97	95	94
		22	109	107	107	108	105	104	105	104	102	100	99	98	96	95	94

5.9.3 陆域声环境现状调查

2021年10月14日杭州路喜检测技术有限公司对本项目陆域升压站附近的声环境进行了现状监测。

（1）监测项目

等效连续A声级（Leq dB(A)）。

（2）监测方法

环境噪声监测方法执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）和《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）。

（3）监测布点

在拟建220kV陆上升压站站址四周场界布设声环境测量点。

（4）监测结果

表5.9-6 陆域声环境现状监测结果

测点编号	检测点位描述	噪声检测结果（Leq dB(A)）	
		昼间	夜间
1	升压站场界西北侧	39.8	44.8
2	升压站场界东北侧	40.8	42.5
3	升压站场界东南侧	40.6	44.0
4	升压站场界西南侧	41.7	40.0

由表5.9-6可知，升压站四周场界昼、夜间噪声均满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）1类标准要求。

5.10 大气环境质量现状

根据《环境影响评价技术导则　大气环境》（HJ2.2-2018），项目所在区域达标情况判定优先采用国家或地方生态环境主管部门公开发布的环境质量公报或环境质量报告中的数据或结论。

根据《象山县生态环境质量报告书（2016-2020年）》，2020 年度象山城区环境空气常规监测点监测结果见表5.10-1。由表可见，项目所在区域环境空气质量为达标区。

表 5.10-1　区域空气质量现状评价表

污染物	年评价指标	现状浓度（ug/m^3）	标准值（ug/m^3）	占标率（%）	达标情况
SO_2	年平均浓度	6	60	10.0	达标
NO_2	年平均浓度	19	40	47.5	达标
PM_{10}	年平均浓度	37	70	53.0	达标
$PM_{2.5}$	年平均浓度	18	35	51.0	达标
CO	24h 平均浓度 95 百分位	0.6	4000	15.0	达标
O_3	最大 8h 平均浓度 90 百分位	93	160	58.0	达标

5.11 陆域环境现状现状

象山半岛为天台山余脉，地势由西北向东南倾斜，主要地貌属侏罗系晚期火山岩低山丘陵，地貌形态破碎。溪流多短促而独注入海，河网密度小。平原由冲积、洪积或海积而成，散布于沿海一带。低山、山地、丘陵、平原、滩涂、海湾、 岛礁为主要地貌要素。植被以丘陵植被为主，属中亚热带常绿阔叶林北部亚地带， 浙闽甜桔、木荷林区。象山森林覆盖面积达 58%，人均公绿面积 11.89m^2，每立方厘米大气中，负氧离子含量高达 1.47 万个，完全达到国家度假区一级标准， 被誉为“天然氧吧”。

根据《象山县 2020 年度生态环境质量公报》：2019 年，象山县生态环境状况指数 EI 为 84.6，等级为优（EI≥75），生态环境状况排名位于全市第二。对比上年，与宁波市其他区县（市）生态环境状况指数总体下降的趋势不同，象山县生态环境状况指数未发生变化，同为 84.6，生态环境状况等级评价常年为“优”。

陆缆开挖埋设施工区域现状植被覆盖率较小，主要为杂草。

6 环境影响预测与评价

本项目水文动力、冲淤、悬浮泥沙扩散影响预测内容引用宁波市盛甬海洋技术有限公司和浙江智海环境科技有限公司编制的《中广核涂茨海上风电场工程数学模型专题报告》，该报告于 2021 年 12 月 16 日通过专家评审，并采纳了专家意见和作了相应的修改完善。

6.1 海洋水文动力环境影响预测与评价

6.1.1 水动力模型建立

（1）控制方程

根据《中广核象山海上风电场工程数学模型专题报告》，本次平面二维水动力计算采用丹麦水利研究所（DHI）的 MIKE21 软件进行计算。MIKE21 软件是丹麦水利研究所开发的二维数学模拟软件，属于平面二维自由表面流模型。该软件具有用户界面友好、前后处理功能强大、计算稳定等优点。

模型控制方程是基于二维平均纳维埃-斯托克斯（Navier-Stokes）浅水方程建立，对水平动量方程和连续方程在 h=η+d 范围内进行积分后可得到下列二维深度平均浅水方程：

$$\frac{\partial h}{\partial t}+\frac{\partial h\bar{u}}{\partial x}+\frac{\partial h\bar{v}}{\partial y}=hS \tag{6.1-1}$$

$$\frac{\partial h\bar{u}}{\partial t}+\frac{\partial h\bar{u}^2}{\partial x}+\frac{\partial h\bar{v}\bar{u}}{\partial y}=f\bar{v}h-gh\frac{\partial \eta}{\partial x}-\frac{h}{\rho_0}\frac{\partial p_a}{\partial x}-\frac{gh^2}{2\rho_0}\frac{\partial \rho}{\partial x}+\frac{\tau_{sx}}{\rho_0}-\frac{\tau_{bx}}{\rho_0}-\\+\frac{\partial}{\partial x}\left(hT_{xx}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(hT_{xy}\right)+hu_s s \tag{6.1-2}$$

$$\frac{\partial h\bar{v}}{\partial t}+\frac{\partial h\bar{u}\bar{v}}{\partial x}+\frac{\partial h\bar{u}^2}{\partial y}=-f\bar{u}h-gh\frac{\partial \eta}{\partial y}-\frac{h}{\rho_0}\frac{\partial p_a}{\partial y}-\frac{gh^2}{2\rho_0}\frac{\partial \rho}{\partial y}+\frac{\tau_{sy}}{\rho_0}-\frac{\tau_{by}}{\rho_0}-\\+\frac{\partial}{\partial x}\left(hT_{xy}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(hT_{yy}\right)+hv_s s \tag{6.1-3}$$

式中：η-潮位（m），即水面到某一基准面的距离；h、d-水深，h 是未扰动水深，即某一基准面下的水深（m），$h=\eta+d$；$\bar{u}$、$\bar{v}$ 为 x、y 方向平均流速的分量；S 为源汇项排放量；u_s、vs 为源项排水量的 x、y 向速度分量；f 为科氏力系数（f＝2Ωsinφ，φ为纬度，Ω 为地球自转速度）；g 为重力加速度；ρ 为海水密度；ρ_0 为基准水密度；S_{xx}、

S_{xy}、S_{yx}、S_{yy}为辐射应力张量分量；T_{ij}为水质点侧向应力，包括粘滞摩擦力、紊流摩擦力、对流力等，在该模型中采用一个涡旋粘滞系数，根据垂直平均流速梯度场对上述几种力进行总和估计，可按下式计算：

$$T_{xx}=2A\frac{\partial\bar{u}}{\partial x},\quad T_{xy}=2A\left(\frac{\partial\bar{v}}{\partial x}+\frac{\partial\bar{u}}{\partial y}\right),\quad T_{yy}=2A\frac{\partial\bar{v}}{\partial y}$$

式中：A 为水平涡动粘滞力系数，可按下列各式计算：

$A=c_s^{\ 2}l^2\sqrt{2S_{ij}S_{ij}}$；$S_{ij}=\frac{1}{2}\left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j}+\frac{\partial u_j}{\partial x_i}\right)$，（i，j=1，2），在该模型中通过输入 C_s 来确定 A 值，S_{ij}由系统自动计算捕获。

τ_{sx}、τ_{sy}为海面风摩阻 x、y 方向分量；τ_{bx}、τ_{by}为海底摩阻 x、y 方向分量，可按下列各式确定：$\vec{\tau}_b=(\tau_{bx},\tau_{by})$，$\frac{\vec{\tau}_b}{\rho_0}=c_f\vec{u}_b|\vec{u}_b|$，$c_f=\frac{g}{(Mh^{1/6})^2}$，$M=\frac{25.4}{k_s^{\ 1/6}}$，在该模型中通过输入曼宁系数 M 值来实现对海底摩阻的模拟。在 MIKE 系统中的曼宁系数与有些文献资料中的曼宁系数呈倒数关系。

（2）边界条件

①固壁边界

利用岸壁法，取法向不可入条件，即法向流速为零

$$V_n=V\cdot n=0 \qquad (6.1\text{-}4)$$

②开边界

可采用边界水（潮）位过程或流速过程，即按边界网格线方向，求得流速分量 u 和 v，然后再纳入过程计算。本次计算开边界采用潮位过程。大区域外海开边界潮位由 16 个主要分潮（M_2，S_2，N_2，K_2，K_1，O_1，P_1，Q_1，M_4， MS_4，和 M_6）调和常数推算得到；

$$\zeta=\zeta_0+\sum_{i=1}^{16}f_iH_i\cos(\omega_it+(V_i+u_i)-g_i) \qquad (6.1\text{-}5)$$

其中ζ为潮位，ζ_0为余潮位，f 为节点因子，H_i为振幅，ω_i为角频率，g_i为迟角，V_i+u_i为订正角，它可由具体的年、月、日求得。

小模型边界从大模型中提取。

③动边界

模型区域内边滩随着潮涨潮落，存在淹没和露滩交替的现象，具有可移动边界的特点。对于此类边界的处理，采用干湿点判别法对动态边界水域进行处理。即在模拟中，当潮位下降出现露滩时，则计算中去除相应的网格；当潮位上升淹没时，计算中添加上相应网格。如果流速点处的总水深小于临界水深，此点为“干点”，流速值取为 0；如果流速点处的总水深增加，大于临界水深值，则此点再变为“湿点”，取计算的流速值。为提高模型计算的稳定性，一般从干到湿的临界水深值要略大于从湿到干的临界水深值。

（3）网格设置

模型计算范围见图 6.1-1~图 6.1-2。由图可知：模型南边界取温岭石塘～外海，东边界设置在外海约-80m 等深线处，北边界为芦潮港~外海，整个计算域面积约 80000km^2。工程距模型南边界约 140 km，距东边界约为 230km，距北边界约 150km。本模型采用三角形网格，为保证流场计算的精度，在水流、地形变化梯度比较大的区域适度加密网格，在桩基结构附近对网格进行细化。全域共布设 75855 个计算节点，145679 个计算单元，工程附近区域平均网格距约为 10~20m，最小网格距约为 3.5m。

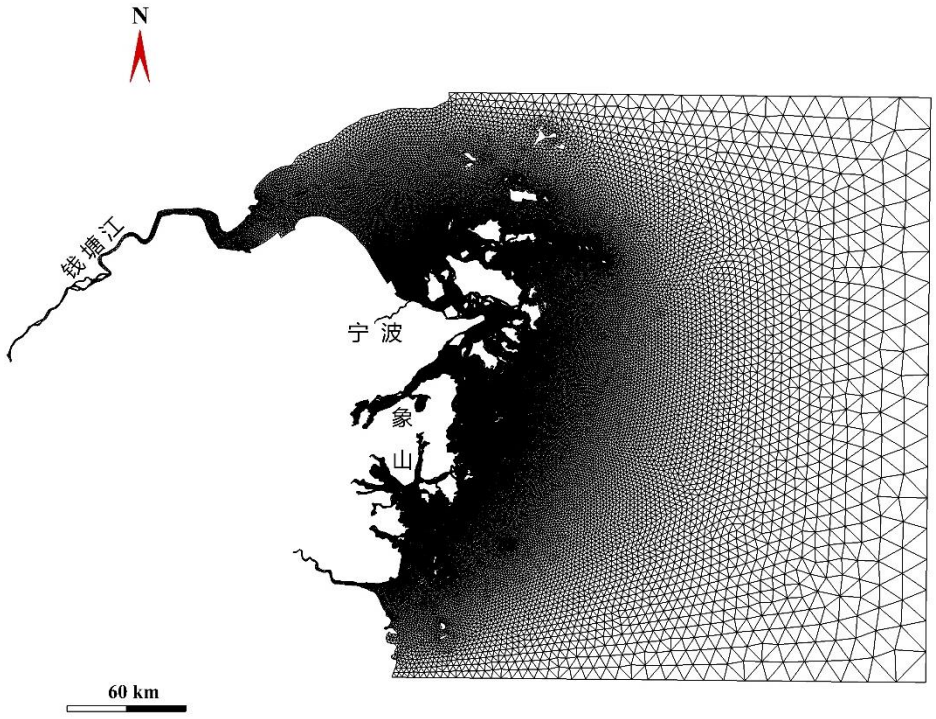


图 6.1-1 计算范围及网格布置

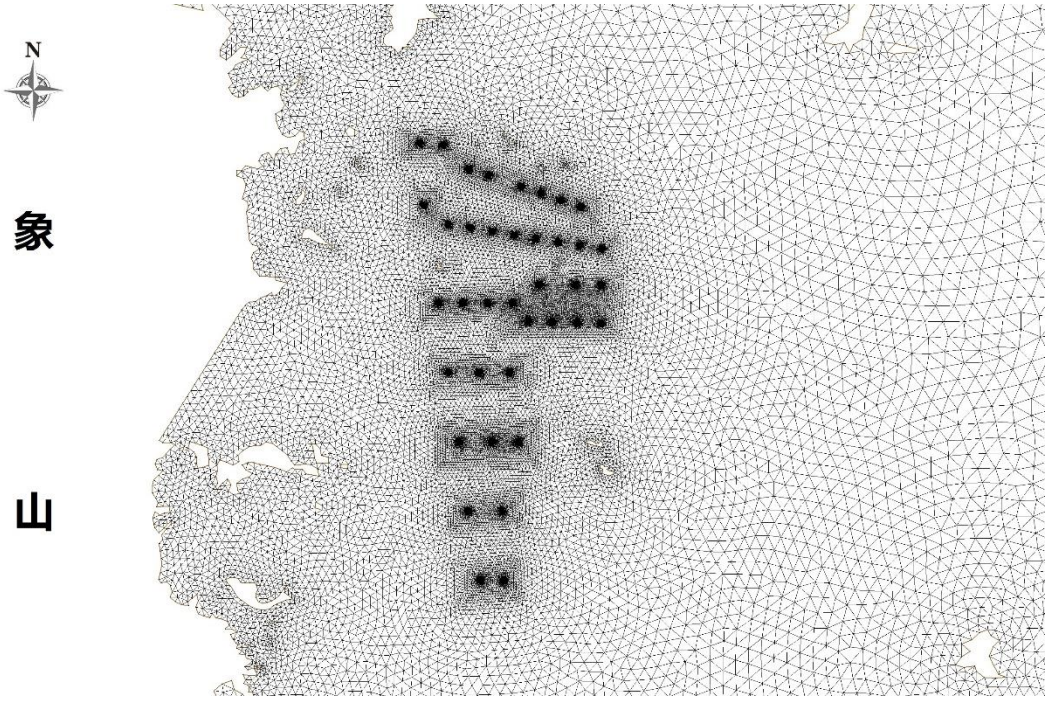


图 6.1-2 工程局部网格图

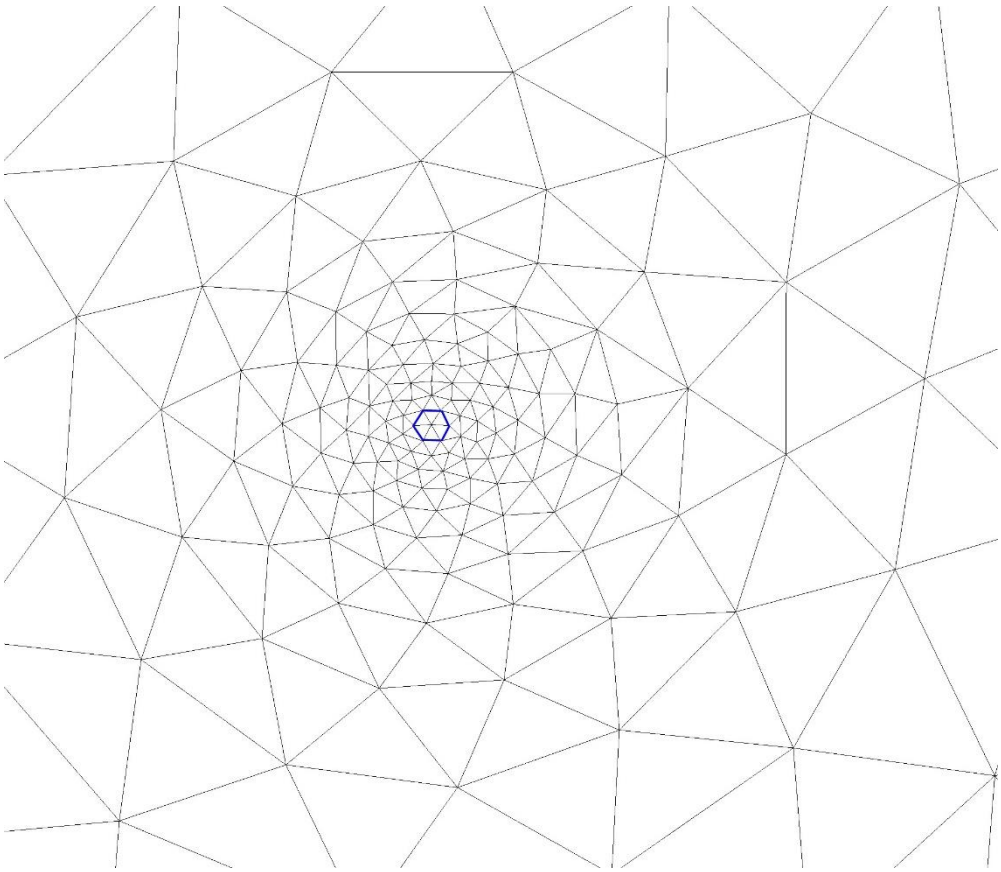


图 6.1-3 桩基附近网格布置

（5）模型验证

采用工程区水域的潮位和潮流的实测观测资料，对模型进行验证，从而评估模型的可靠性。验证资料使用2020年8月在工程区附近的实测水文资料，测站布置见图6.1-4。

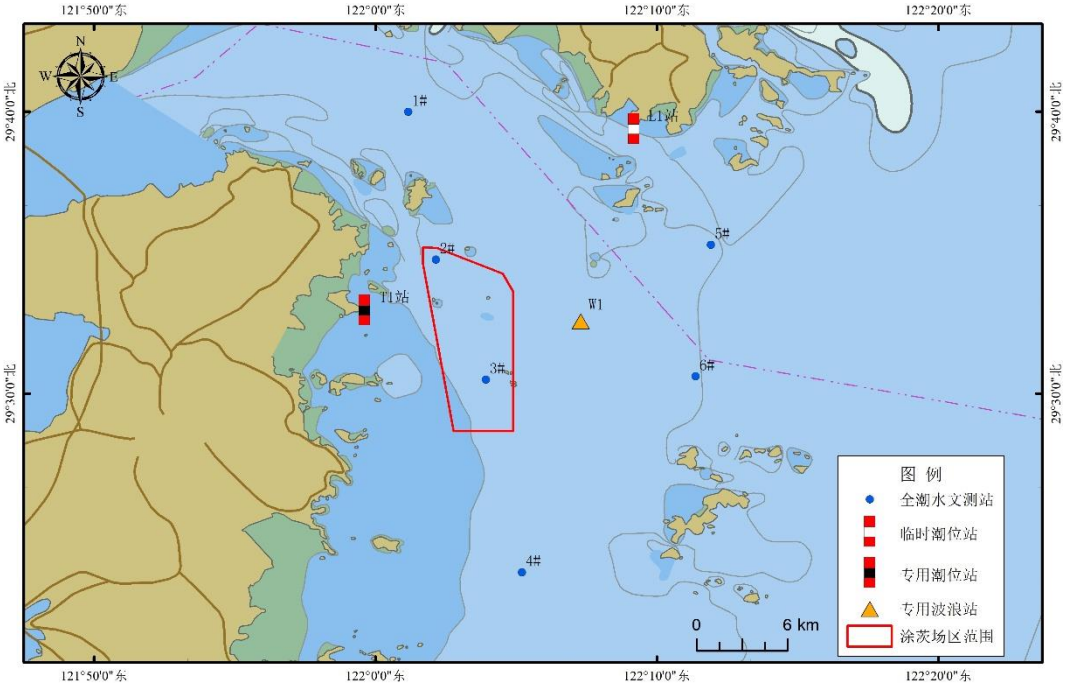


图 6.1-4 水文测验点位置示意图

①潮位验证

潮位验证结果见图6.1-5。从图可见，无论潮位过程还是高、低潮位值，高、低潮位出现的时间，计算与实测值均符合良好，大部分点位大、小潮高、低潮位计算误差小于0.10m，个别点位最大计算误差为0.19m，高低潮位误差均在10%以内，而所有点位高、低潮位平均计算误差仅为0.06m。

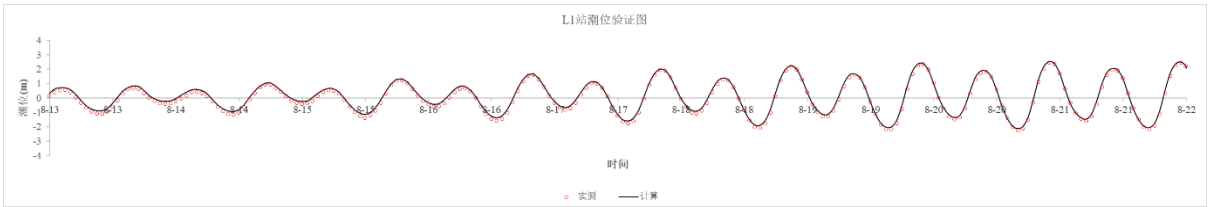


图 6.1-5 潮位潮位验证图

②潮流验证

流速流向验证结果见图 6.1-6a~图 6.1-6c。由图可见：涨、落潮最大流速和平均流速计算值与实测值基本吻合，流速方向的模拟值与实测值也较为一致，除个别点位外，其余点位最大流速及平均流速计算误差均小于 20%，验证精度较高，符合相关规程要求。以上模型的验证计算结果表明：模型采用的计算参数基本合理，计算方法可靠，能够模拟工程附近海域的潮波运动特性。

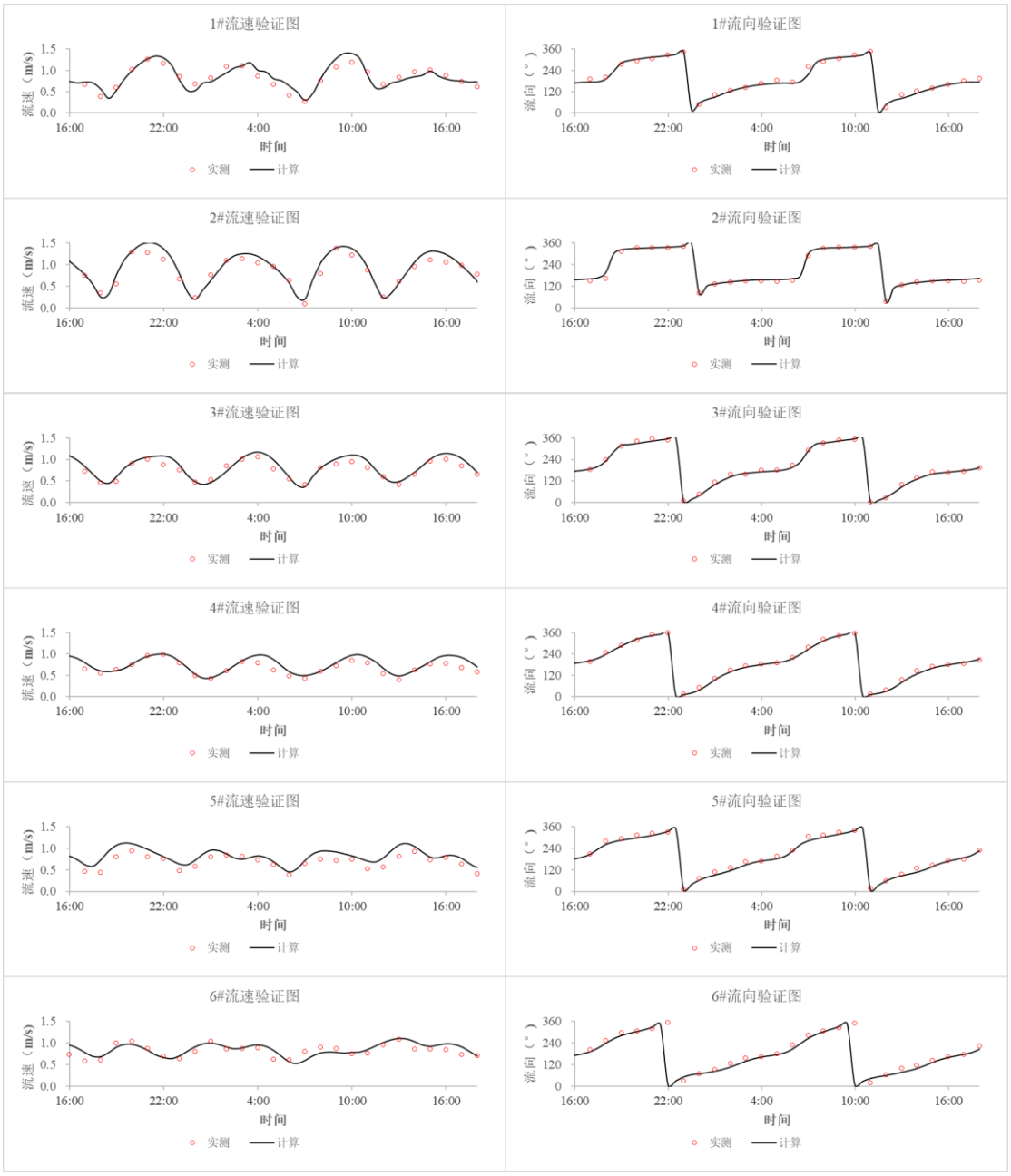


图 6.1-6a　大潮潮流验证图

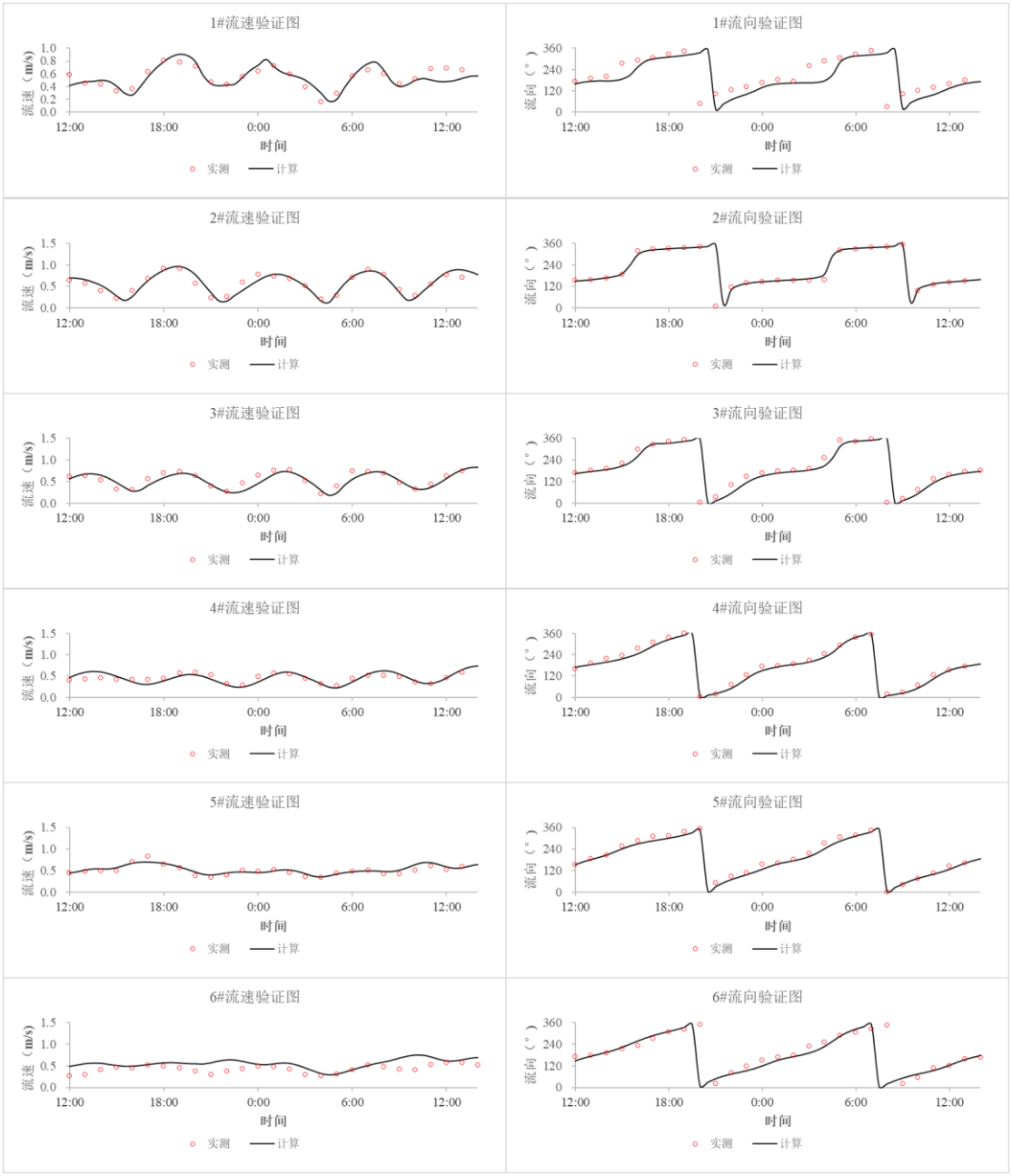


图 6.1-6b 中潮潮流验证图

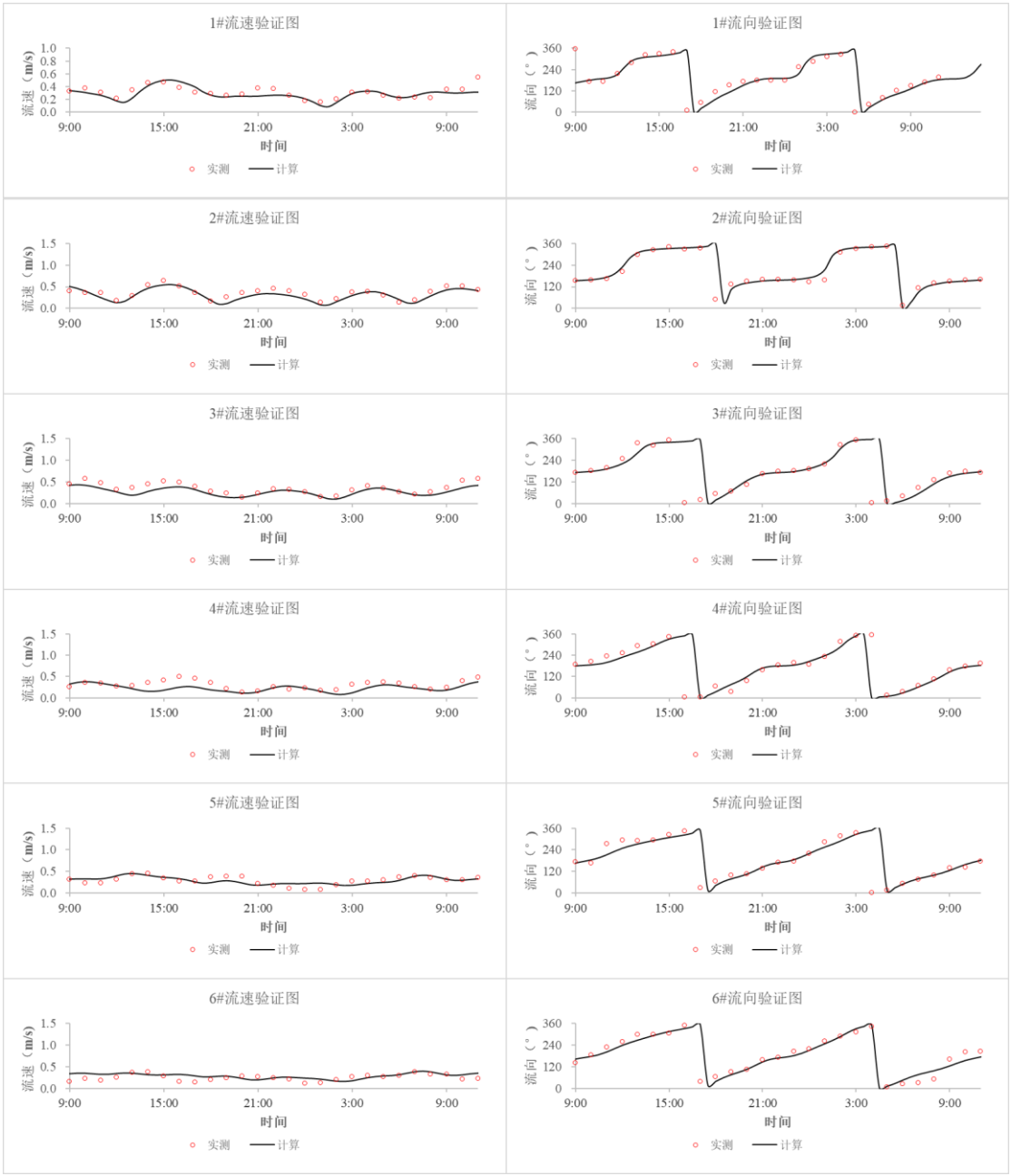


图 6.1-6c 小潮潮流验证图

③ 工程区流场特征

图 6.1-7a~图 6.1-7d 给出了大潮期间工程海域大范围的流场分布。从图中可以看出，涨潮流从东南方向往西北方向进入象山海域，在韭山列岛南侧分为两股，一股绕过韭山列岛西侧往北，另一股绕过韭山列岛东侧后转为西北方向，两股潮流汇合后进入牛鼻山水道，随后分为两支，一支往西进入象山港内，另一支经六横岛北侧的佛渡水道进入峙头洋。落潮流方向基本与涨潮流方向相反。工程区周边涨落潮流基本呈东南-西北走向，涨潮流往西北方向，落潮流往东南方向。

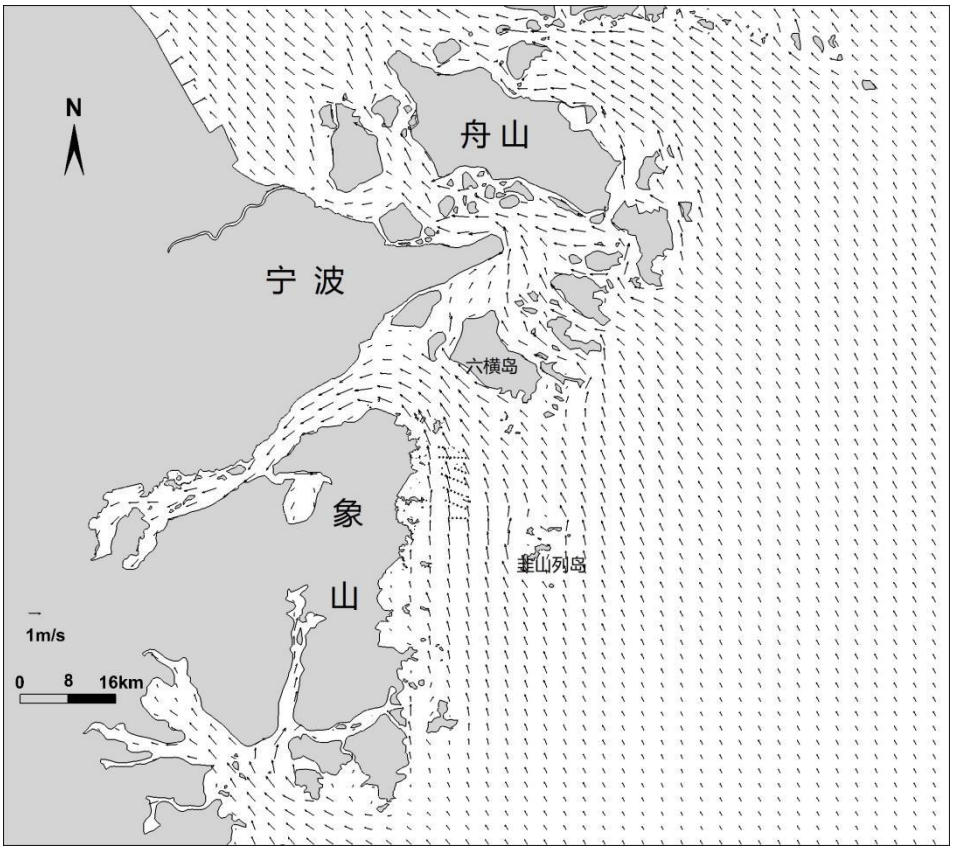


图 6.1-7a 工程海域大范围涨急流矢图

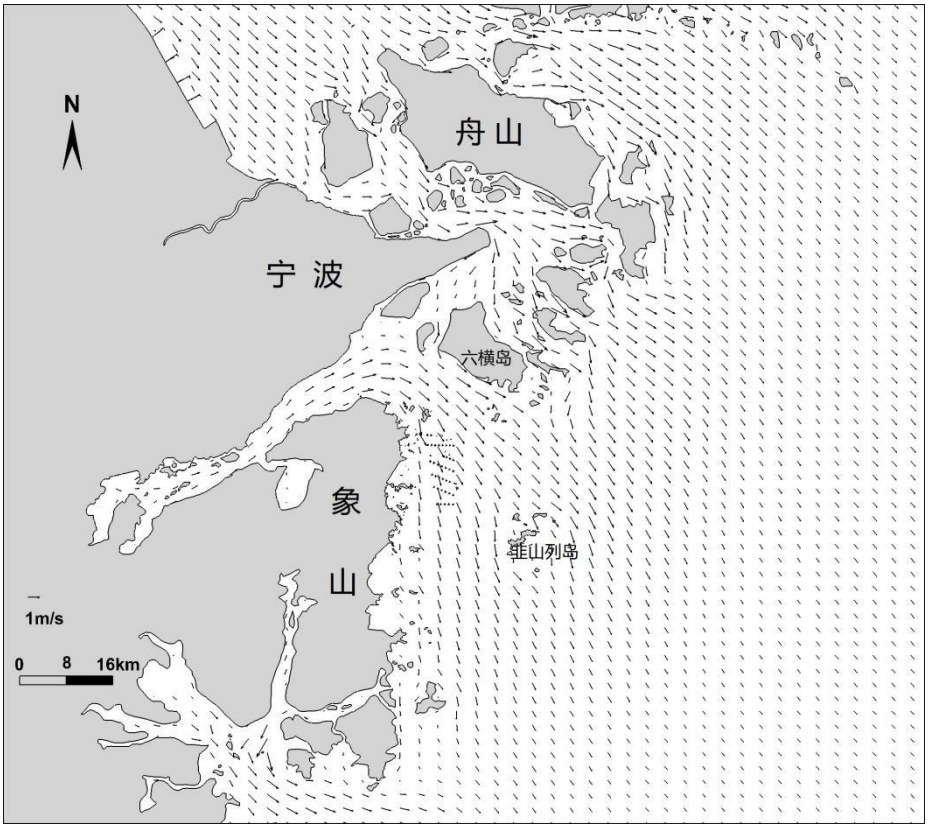


图 6.1-7b 工程海域大范围落急流矢图

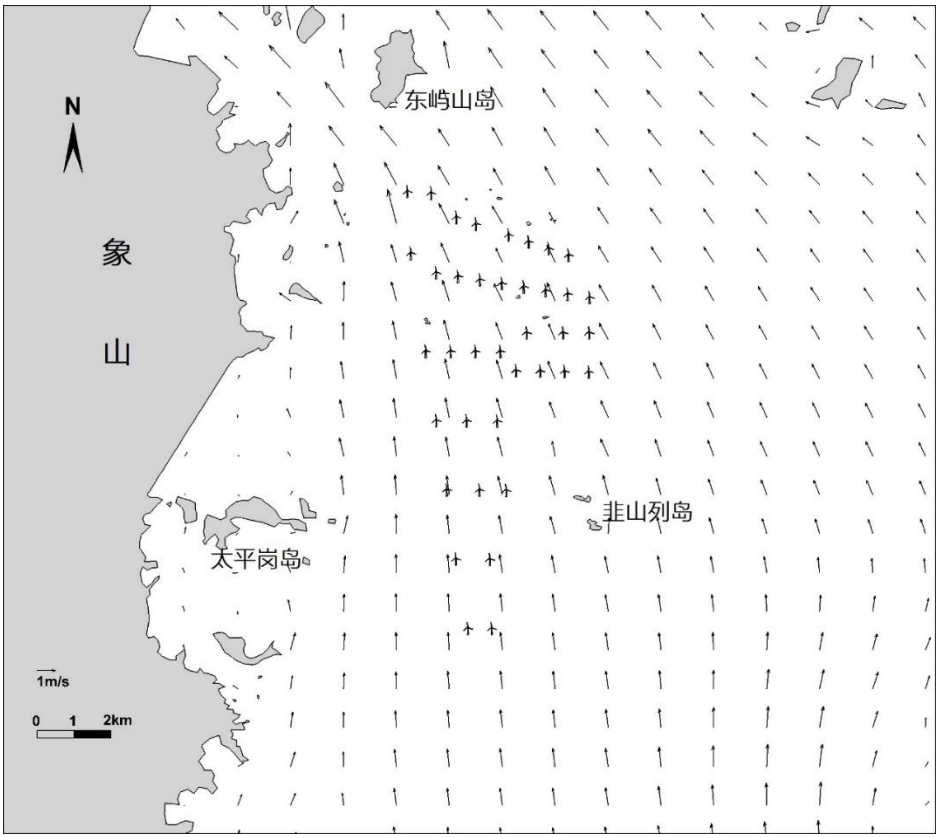


图 6.1-7c 工程周边海域涨急流矢图

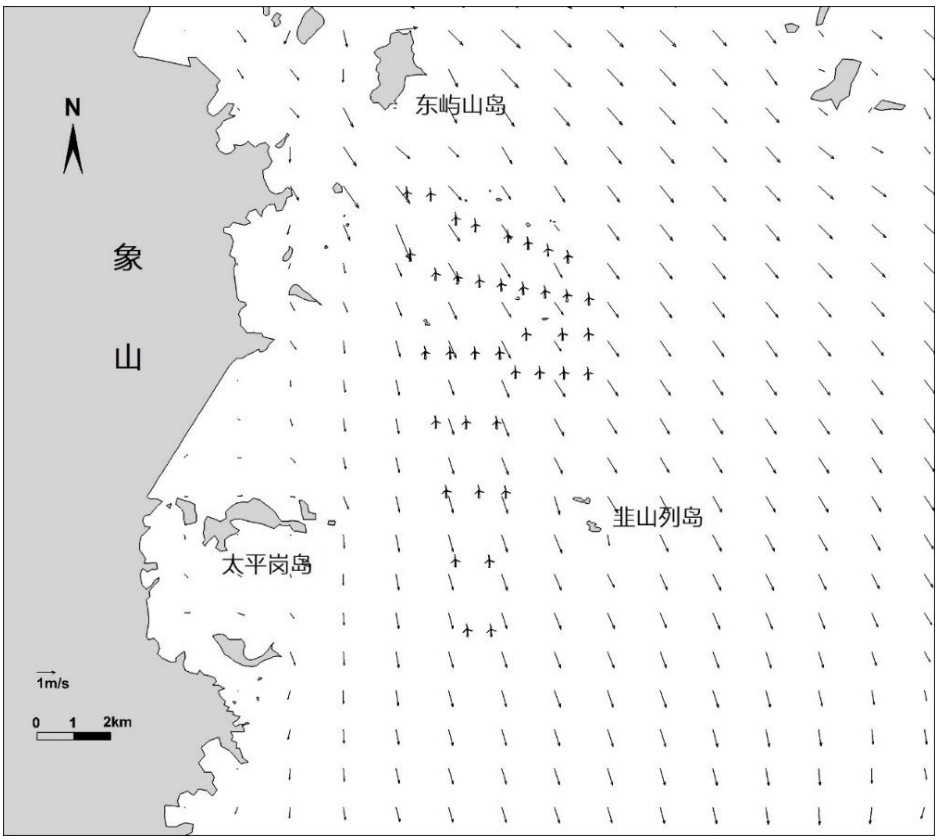


图 6.1-7d 工程周边海域落急流矢图

6.1.2 流场变化分析

本工程实施前后，工程海域的大潮涨落急流矢叠加见图 6.1-8a~图 6.1-8b，工程海域桩基局部的大潮涨落急流矢叠加图见图 6.1-9a~图 6.1-9b。由图可见，工程建设后，由于桩基的存在，会导致局部流态的改变，但桩基尺度较小，对整体流场影响较小，工程周边的海域的流速流向在工程实施前后未发生明显改变。

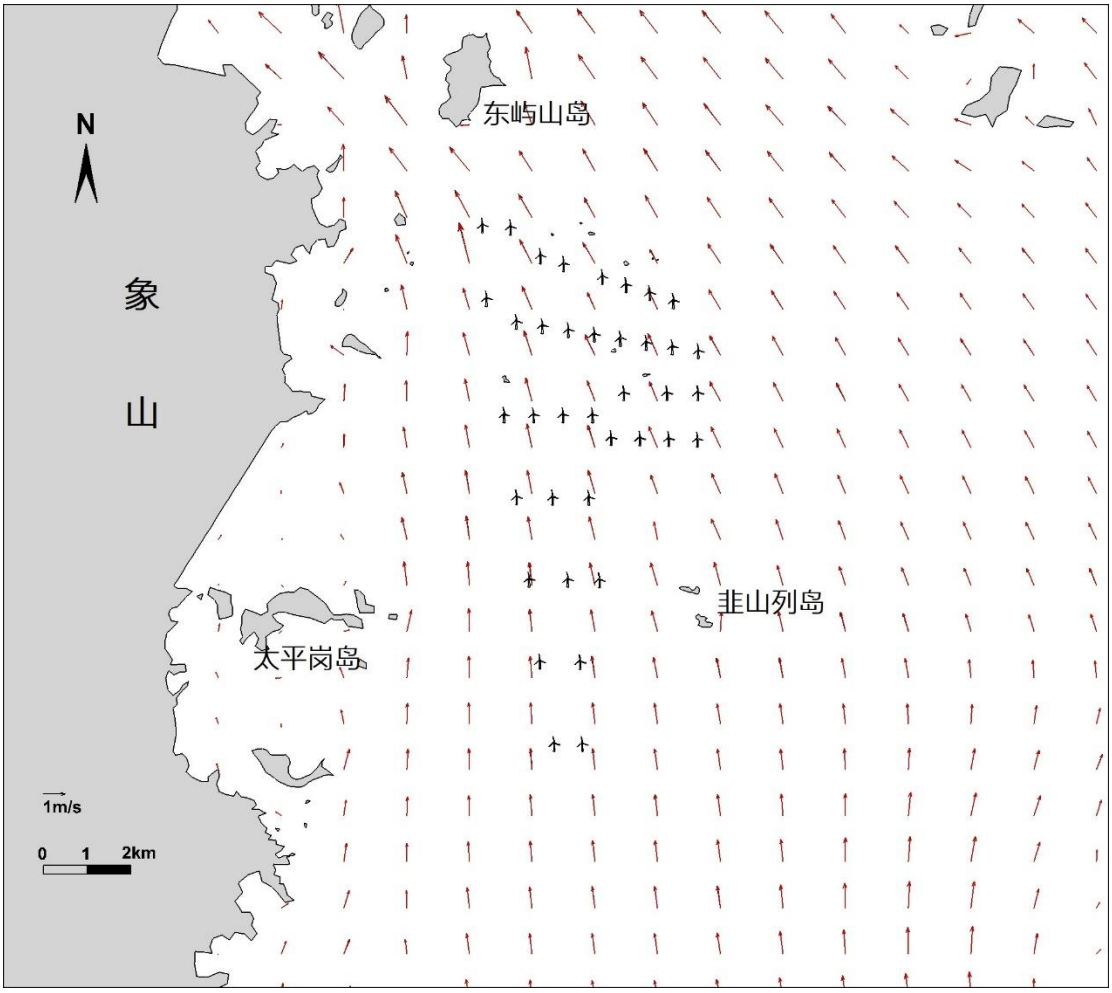


图 6.1-8a 工程前后涨急流矢叠加图（红色为工程后，黑色为工程前）

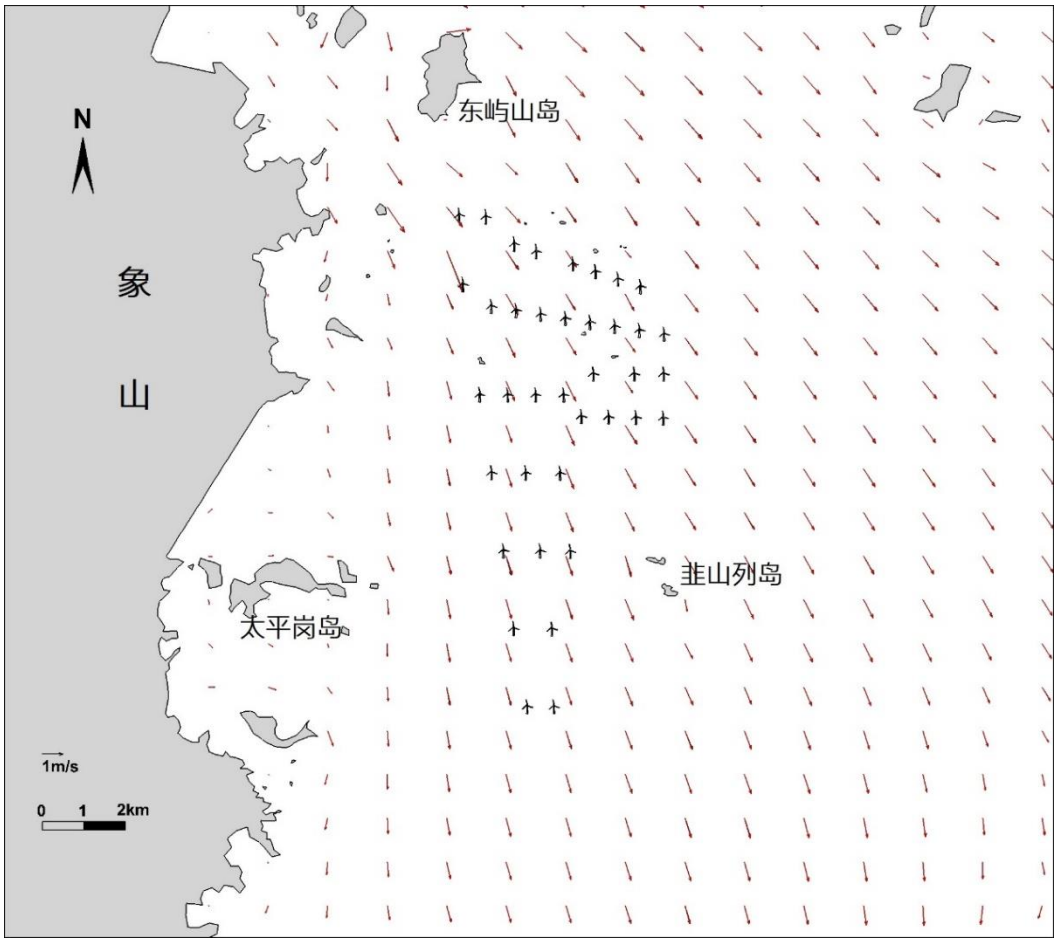


图 6.1-8b 工程前后落急流矢叠加图（红色为工程后，黑色为工程前）

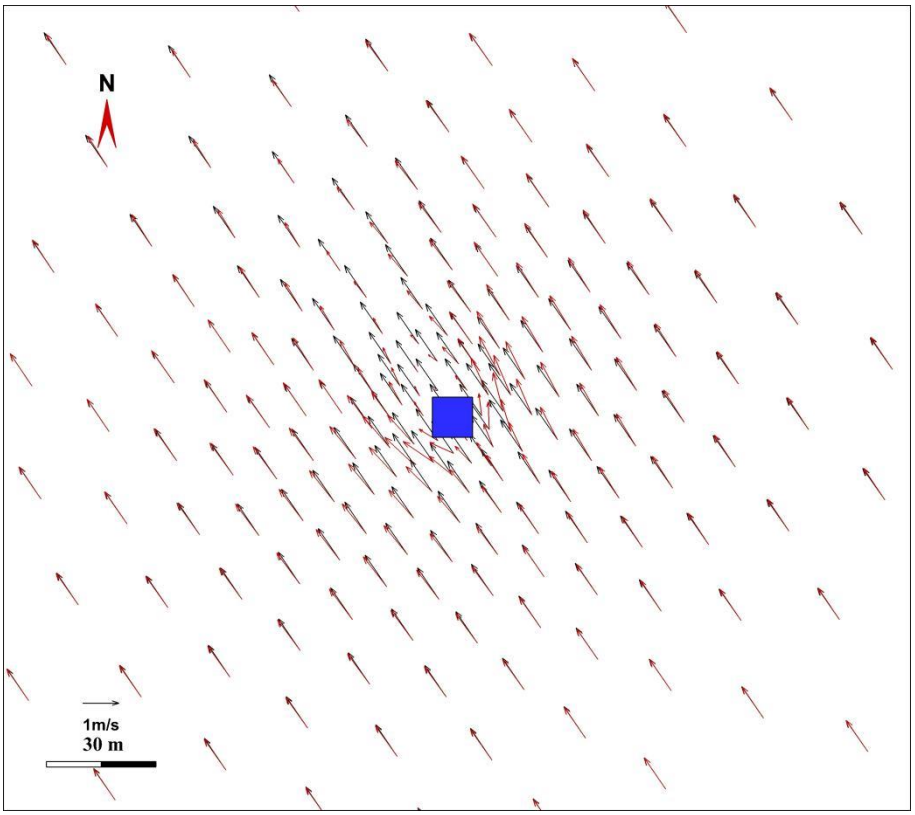


图 6.1-9a 工程前后桩基局部涨急流矢叠加图（红色为工程后，黑色为工程前）

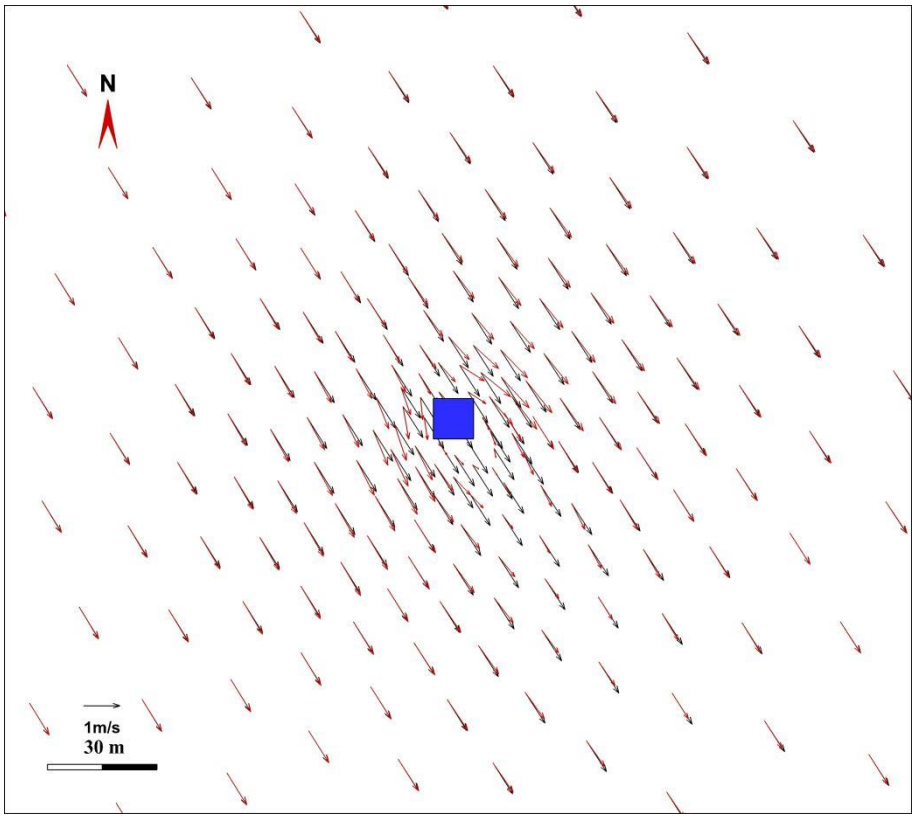


图 6.1-9b 工程前后桩基局部落急流矢叠加图（红色为工程后，黑色为工程前）

6.1.3 对周边水动力的影响

工程实施前后周边的涨落潮平均流速变化值见图 6.1-10~图 6.1-11。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。由于桩基的阻水作用，桩基在迎流面和背流面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。大潮期间，流速减幅大于 0.02m/s 的范围，迎水面基本为桩前 0~100m 左右，背水面范围则相对较大，但大部分出现在桩后 0~1000m 附近。涨潮时风电场的建设对韭山列岛外侧重要渔业海域的流速基本没有影响，落潮时仅在韭山列岛外侧重要渔业海域的西北侧局部区域内流速略有减小，幅度在 0.02m/s 左右，对韭山列岛海洋保护区的实验区、核心区和缓冲区没有影响。

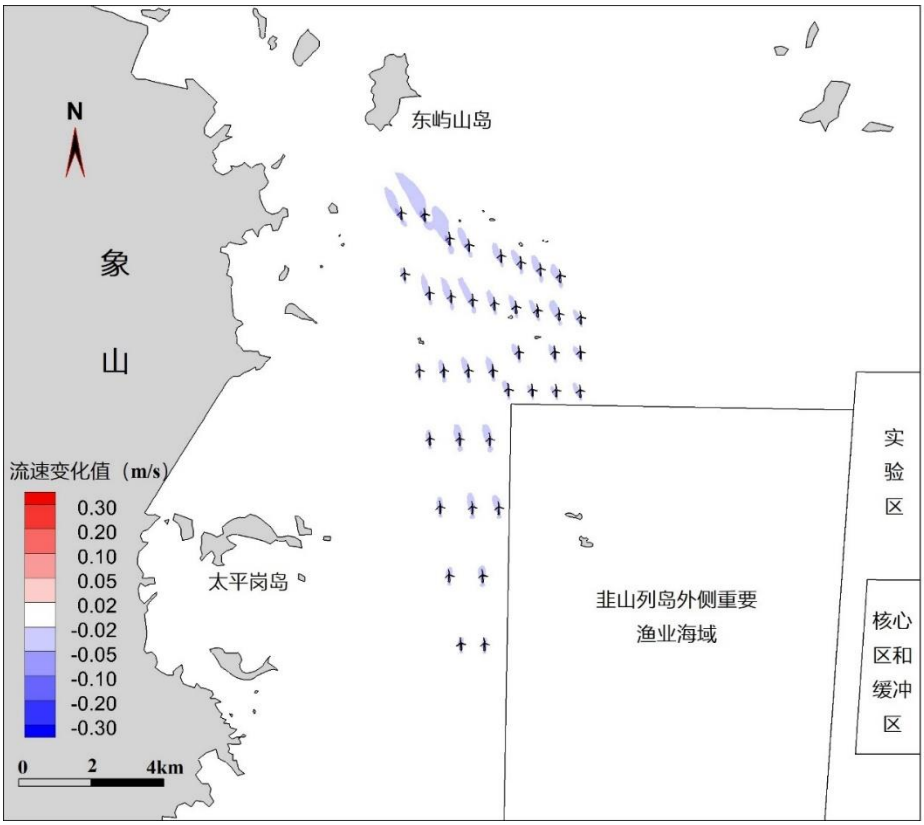


图 6.1-10 工程前后涨潮平均流速变化值

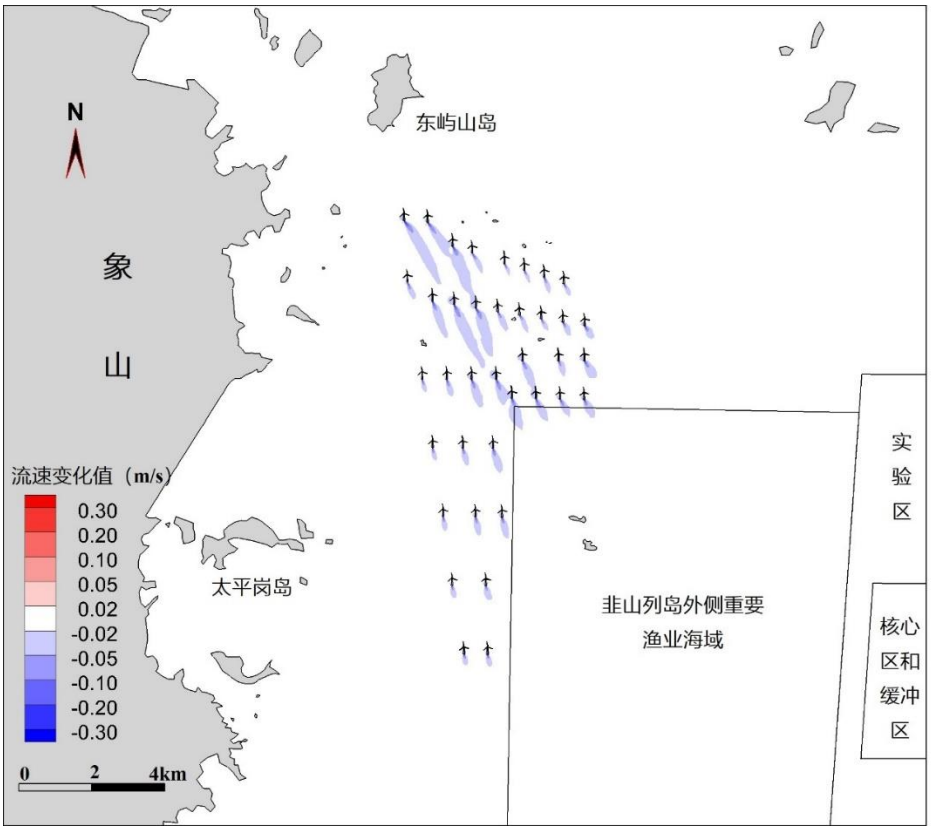


图 6.1-11 工程前后落潮平均流速变化值

为了解本工程的建设对周边区域的影响，在风电场四周布置了 26 个代表点，各点均匀分布在风电厂区边界外侧，具体分布见图 6.1-12。工程前后各点涨落潮平均流速及最大流速变化统计见表 6.1-1 和表 6.1-2。

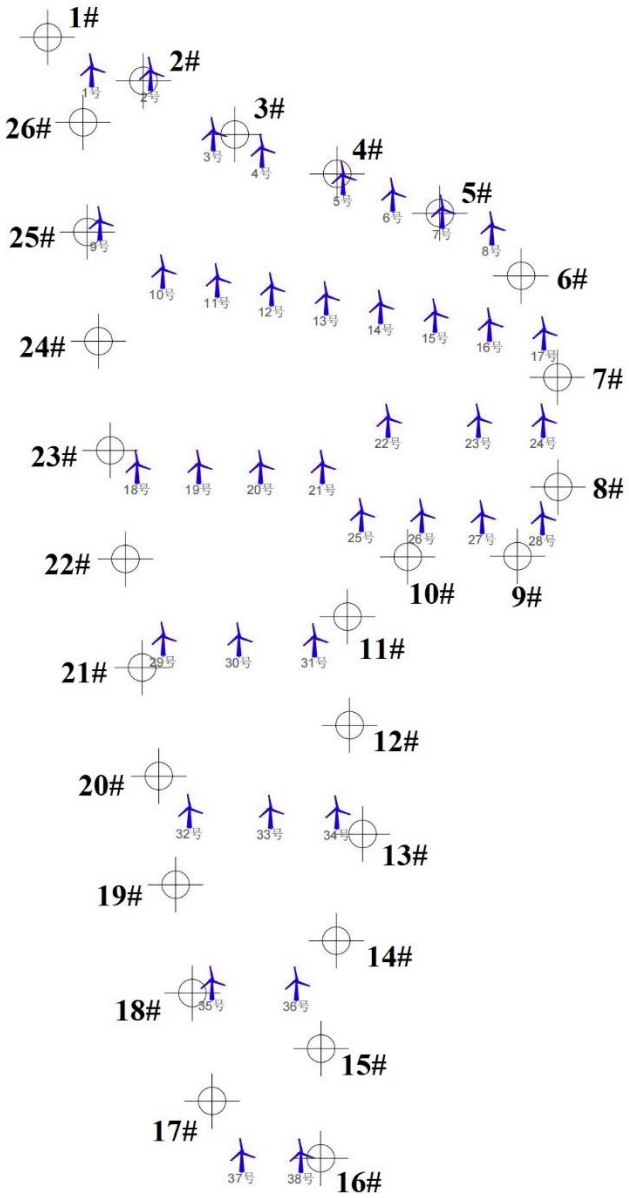


图 6.1-12 工程周边代表点位置分布图

表 6.1-1 工程周边敏感区涨潮流速变化值

点号	涨潮平均流速（m/s）		涨潮最大流速（m/s）	
	工程前	变化值	工程前	变化值
1#	0.73	-0.01	1.30	-0.02
2#	0.83	-0.09	1.42	-0.19
3#	0.73	-0.01	1.16	-0.01
4#	0.61	-0.03	0.98	-0.03

5#	0.63	-0.04	1.01	-0.07
6#	0.67	-0.01	1.04	-0.01
7#	0.68	0.00	1.01	0.00
8#	0.68	0.00	1.02	0.00
9#	0.68	0.00	1.03	-0.01
10#	0.71	0.00	1.01	0.00
11#	0.75	-0.01	1.09	0.00
12#	0.78	-0.01	1.09	-0.01
13#	0.78	-0.01	1.07	0.00
14#	0.75	-0.01	1.03	0.00
15#	0.72	-0.01	1.00	-0.02
16#	0.72	0.00	1.01	0.00
17#	0.71	0.00	1.01	0.00
18#	0.73	0.00	1.03	0.00
19#	0.74	0.00	1.06	-0.01
20#	0.74	0.00	1.08	0.00
21#	0.72	0.00	1.07	-0.01
22#	0.70	0.00	1.08	-0.02
23#	0.64	0.00	1.01	0.00
24#	0.62	0.00	1.04	-0.02
25#	0.57	0.00	0.96	0.01
26#	0.90	-0.01	1.59	-0.02

表 6.1-2 工程周边敏感区落潮流速变化值

点号	落潮平均流速（m/s）		落潮最大流速（m/s）	
	工程前	变化值	工程前	变化值
1#	0.88	-0.01	1.19	-0.01
2#	0.89	-0.02	1.23	-0.03
3#	0.77	0.00	1.07	0.00
4#	0.62	0.00	0.87	0.00
5#	0.69	-0.01	0.95	-0.01
6#	0.74	-0.01	0.95	-0.01
7#	0.78	-0.02	1.01	-0.02
8#	0.79	-0.02	1.08	-0.02
9#	0.76	-0.01	1.03	-0.01
10#	0.77	0.00	1.11	0.00
11#	0.77	-0.01	1.09	-0.01
12#	0.75	-0.01	1.05	-0.02
13#	0.75	-0.01	1.05	-0.01
14#	0.73	-0.01	1.01	-0.01
15#	0.69	-0.02	0.94	-0.03
16#	0.68	-0.01	0.92	-0.01
17#	0.65	-0.01	0.90	0.00
18#	0.69	-0.01	0.94	0.00

19#	0.68	0.00	0.94	0.00
20#	0.67	0.00	0.92	0.00
21#	0.65	0.00	0.91	0.01
22#	0.66	0.00	0.94	0.01
23#	0.63	0.00	0.91	0.01
24#	0.59	0.00	0.84	0.01
25#	0.58	0.00	0.82	0.00
26#	1.15	0.00	1.62	0.00

涨潮时，风电场西北侧（涨潮方向）流速影响较大，布置在风电场西北侧的代表点（1#~9#）涨潮平均流速有所减小，2#点最靠近风机，其变化幅度最大，减幅为 0.09m/s，风电场西侧的代表点流速基本不受影响；落潮时风电场东南侧（6#~15#）（落潮方向）影响较大，风电场东侧的代表点流速有所减小，幅度在 0.01~0.02m/s，个别代表点由于桩基束窄了水道导致落潮最大流速略有增加，主要集中在风电场的西侧。

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且幅度较小，变化值基本在 0.02m/s 以内，仅桩基附近流速变幅最大可达 0.1m/s 左右。

6.2 海洋地形地貌与冲淤环境影响预测与评价

6.2.1 冲淤环境影响预测与评价

6.2.1.1 计算方法

海上风电场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

$$\frac{\partial HS}{\partial t}+\frac{\partial qS}{\partial x}+\alpha\omega(S-S^{*})=0 \qquad (6.2\text{-}1)$$

其中，H为水深，m；S为含沙量，kg/m^3；q为单宽流量，m^2/s；α为泥沙沉降机率；ω为悬沙沉降速度，m/s；S^{*}为挟沙力含沙量，kg/m3。

对式（6.2-1）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

$$\Delta Z=\frac{(\Delta q_2 S_2-\Delta q_1 S_1)T}{\Delta x\gamma_0}=\frac{\alpha\omega}{\gamma_0}[(S_2-S_1)+(S_1^{*}-S_2^{*})]T \qquad (6.2\text{-}2)$$

其中，S_1、S_2分别为工程前、后的含沙量，kg/m^3；$\gamma_0 = 1750{d_{50}}^{0.183}$为泥沙干容重（$d_{50}$为中值粒径，mm），kg/m^3；$S_1^*$、$S_2^*$分别为工程前、后的挟沙力含沙量，kg/m^3。

如果工程前后来沙量不发生变化，即$S_2 = S_1$，则有

$$\Delta Z = \frac{\alpha\omega T S_1^*}{\gamma_0}(1 - \frac{S_2^*}{S_1^*}) \quad （6.2\text{-}3）$$

一年中冲淤强度为：

$$p = n\Delta Z = \frac{n\alpha\omega T S_1^*}{\gamma_0}(1 - \frac{S_2^*}{S_1^*}) \quad （6.2\text{-}4）$$

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（6.2-4），得

$$p = n\Delta Z = \frac{n\alpha\omega T S_1^*}{\gamma_0}\left[1 - (\frac{v_2}{v_1})^2\frac{H_1}{H_2}\right] \quad （6.2\text{-}5）$$

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（6.2-2）求解得到H_2，经推导可得ΔH的两个解

$$\Delta H = H_1 - H_2 = 0.5\left[(H_1 + \beta\Delta t) - \sqrt{(\beta\Delta t - H_1)^2 + 4\beta\Delta t K^2 H_1}\right] \quad （6.2\text{-}6）$$

$$\Delta H = H_1 - H_2 = 0.5\left[(H_1 + \beta\Delta t) + \sqrt{(\beta\Delta t - H_1)^2 + 4\beta\Delta t K^2 H_1}\right] \quad （6.2\text{-}7）$$

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$\Delta t \to \infty$时，式（6.2-7）所得$\Delta H \to \infty$，此解不符合实际情况，应舍去。

水动力模型计算表明，工程海域风电场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，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，可计算海上风电场工程建设引起的桩基附近滩面泥沙冲淤强度。

6.2.1.2 计算条件及参数

(1)悬沙沉降速度

根据《港口与航道水文规范》（JTS145-2015），分散体的中值粒径小于等于 0.03mm 时，絮凝沉降速度取 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，絮凝沉降速度可取为 0.05cm/s。

(2)挟沙力含沙量

水体挟沙能力受到众多条件影响，风浪、潮流、底质状况等因素共同决定了水体含沙量的高低，不同时段以及不同位置上的水体含沙量变化很大。本次夏季水文测验期间，测区的平均含沙量为 0.912kg/m^3；冬季水文测验期间，测区的平均含沙量为 1.021kg/m^3，两者较为接近，且与往年测次相比，含沙量略微偏高，本次计算采用冬夏季的平均含沙量，即 0.97kg/m^3。

(3)泥沙干容重

泥沙干容重按$\gamma_0 = 1750{d_{50}}^{0.183}$计算，工程区（2#和 3#）的平均悬沙中值粒径为 9.37μm，计算得到γ_0为 745kg/m^3。

(3)泥沙沉降几率

泥沙沉降几率 α＝0.35。

6.2.1.3 对周边区域的影响

工程建设后对周边海域的冲淤影响结果见图 6.2-1a 和图 6.2-1b。风电场周边代表点的冲淤变化情况统计见表 6.2-1，代表点位置见图 6.1-12。

由图表可得，风电场建设引起工程海域的水动力条件及泥沙运动发生变化，由此造成工程海域的水下地形发生冲淤变化，主要表现为，沿涨落潮流方向的桩基周围发生淤积现象，即工程建设后大体呈现流速减小的地方发生淤积，流速增加的地方发生冲刷。总体上看，冲淤的影响范围主要集中在桩基附近，此外，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。

由风电场四周代表点的冲淤强度来看，冲淤主要发生在涨落潮主流方向上即东南-西北向；由于工程海域较为开阔，风电场四周代表点的冲淤量最大值为 1.2m。由工程建设引起的最终冲淤来看，距风电场 2km 的海域冲淤量在 0.1m 左右，仅在桩基局部有大于 1m 的淤积，范围较小。由于 25#~28#风机距离韭山列岛外侧重要渔业海域距离较近，对该海域最西北侧约 1.5km×2.km 的区域内大概有 0.2m 以内的淤积，对韭山列岛海洋保护区的实验区、核心区和缓冲区的海床冲淤基本没有影响。

总体来说，风电场建设对海床的冲淤影响基本集中在风电场场区内，对周边海域的海床冲淤环境的影响较小。

表 6.2-1　风电场周边代表点的冲淤变化情况表（单位:m）

特征点	现状地形	最终冲淤量

1#	-14.2	0.24
2#	-9.6	1.20
3#	-9.5	0.02
4#	-8.8	0.39
5#	-11.2	0.68
6#	-9.6	0.17
7#	-9.0	0.29
8#	-8.5	0.23
9#	-8.3	0.05
10#	-9.0	0.00
11#	-8.7	0.00
12#	-8.5	0.20
13#	-8.1	0.00
14#	-7.7	0.11
15#	-7.6	0.20
16#	-7.3	0.00
17#	-7.0	0.00
18#	-6.8	0.00
19#	-7.1	0.00
20#	-7.3	0.00
21#	-7.8	0.00
22#	-8.0	0.00
23#	-9.2	0.00
24#	-10.8	0.00
25#	-12.5	0.10
26#	-11.0	0.00

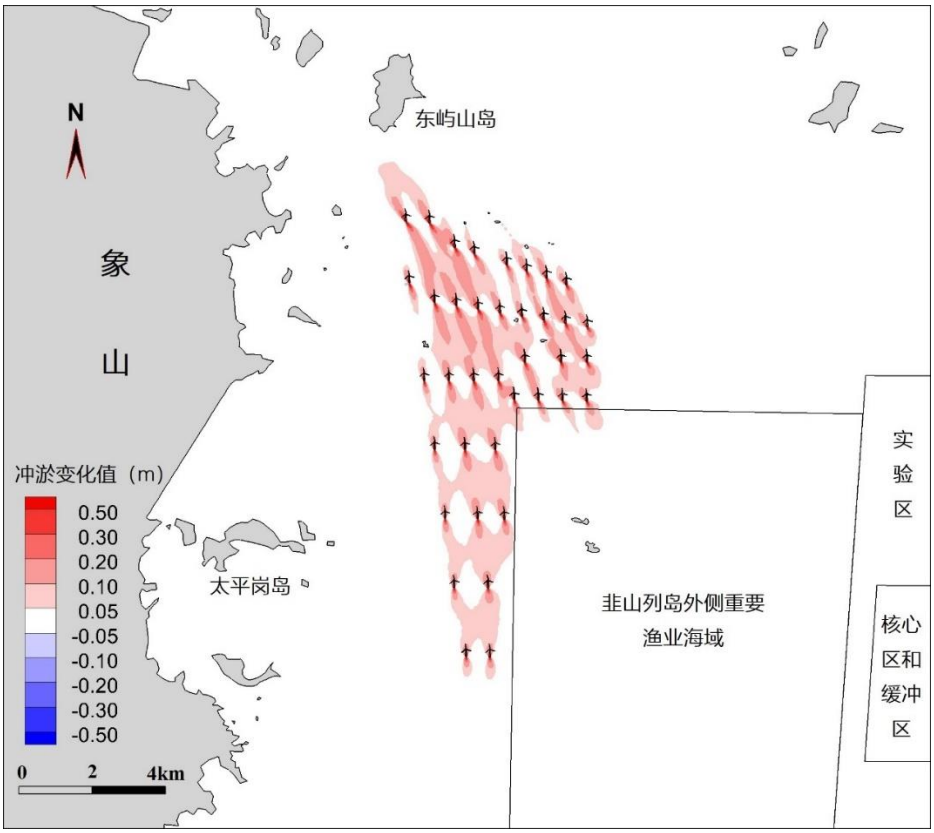


图 6.2-1a 工程后周边海域首年的冲淤变化

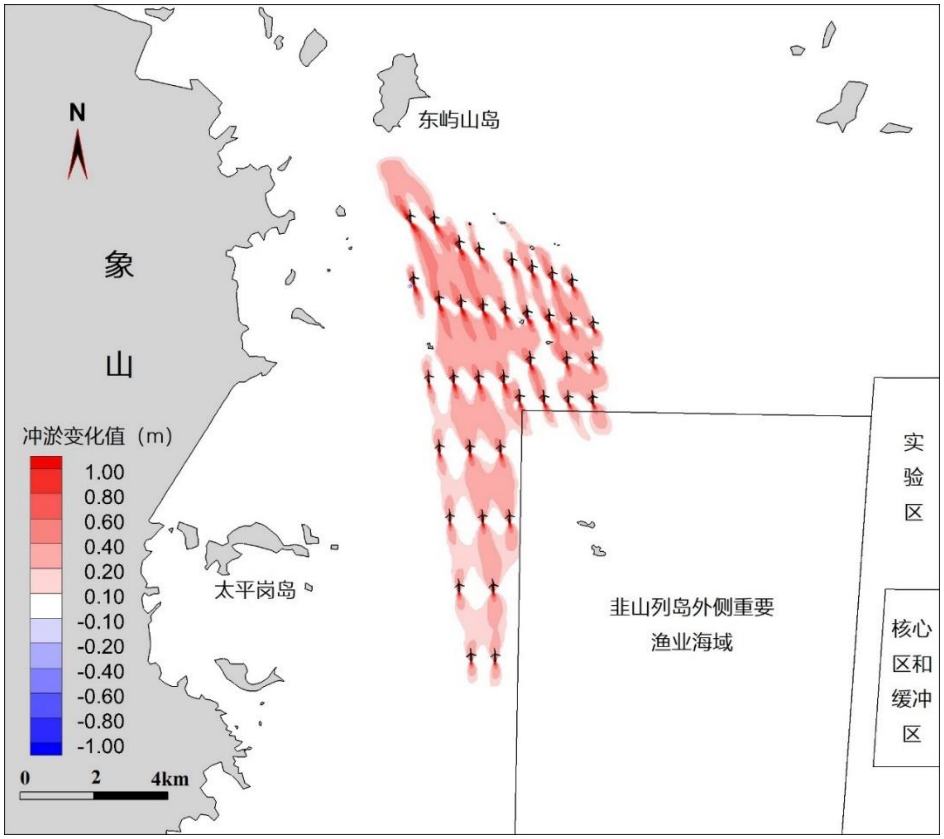


图6.2-2b 工程后周边海域的最终冲淤变化

6.2.2 桩基局部冲刷估算

海上风电机组基础建设后，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。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，这种冲刷坑会影响基础的稳定性。

目前，还很难完全从理论上建立描述风机基础局部冲刷物理现象的模型，因此，国内学者结合现场实测资料、模型试验、因次分析及多变量相关等方法，建立了许多局部冲刷的经验公式。本阶段，采用国内外使用较多的 DNV 挪威船级社风电场设计规范推荐公式、Briaud 公式以及韩海骞公式来估算基础局部区域的冲刷情况，以供桩基结构设计时参考。

根据本工程海域的动力环境条件并结合各公式要求，考虑到波浪的影响选择波浪要素计算点位（3 点）作为局部冲刷计算代表点位。各代表点位计算工况环境参数及冲刷成果见表 6.2-2，表中所列最大深度、最大半径均为单根钢桩周围的冲刷坑尺寸。由表可知，DNV 公式近似取局部最大冲刷深度为桩基直径的 1.3 倍。韩海骞公式综合了桩基周围的流速、水深和海床底质粒径等因素，工程海域的环境条件与试验参数范围较为符合；此外，本报告在计算时还考虑了波生流对桩基冲刷的影响，将其与潮流叠加，得到波流混合流速。因此，建议在进行桩基基础结构设计时，参考韩海骞公式计算结果；同时，可考虑预留一定的冲刷深度或者采取一些实体防护措施来增加桩基周围床面的抗冲蚀能力。

表 6.2-2　工程代表桩基位置的海洋动力环境参数值

代表点		I#	II#	III#
设计高水位下水深（m）		13.2	12.3	11.8
工程区垂向平均可能最大流速（m/s）		1.80	1.80	1.45
设计高水位下 50 年一遇波浪要素	有效波高（m）	5.38	5.03	4.86
	周期（s）	10.6	9.8	9.6
	波长（m）	110.99	98.73	94.46
波浪水质点的平均流速（m/s）		0.86	0.82	0.81
波流混合流速（m/s）		2.66	2.62	2.26
底质泥沙中值粒径（mm）		0.012	0.012	0.012
泥沙水下休止角（°）		32	32	32

表 6.2-3　局部冲刷坑规模计算结果

代表点	韩海骞公式		DNV 公式	
	最大深度（m）	最大半径（m）	最大深度（m）	最大半径（m）
I#	7.84	16.90	11.31	22.45
II#	7.67	16.63	11.31	22.45
III#	6.94	15.45	11.31	22.45

6.3 海洋水质环境影响预测与评价

6.3.1 悬浮物影响预测与评价

6.3.1.1 基本方程

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：

$$\frac{\partial S}{\partial t}+\frac{\partial (uS)}{\partial x}+\frac{\partial (vS)}{\partial y}=\frac{F_s}{H}+D_x\frac{\partial^2 S}{\partial x^2}+D_y\frac{\partial^2 S}{\partial y^2} \tag{6.3-1}$$

式中：S　　垂线平均含沙量(kg/m^3)，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^2/s)；

F_s　　源汇项 kg/(m^2.s)，$F_s=F_s'+F_s''$

其中，$F_s'=-\alpha\omega S$ 为沉降项，F''为施工产生的悬浮泥沙源项，α 为泥沙沉降机率，本次取为 0.35，ω为泥沙沉速(m/s)，根据底沙粒径取 0.0004m/s。

方程(4-1)为饱和输沙情况下悬沙输移的增量方程。方程的初始条件：

$$S(x,y)\big|_{t=0}=S_0(x,y)=0$$

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：$\partial\vec{V}/\partial n=0$　　法线方向流速为零；

$\partial S/\partial n=0$　　法线方向泥沙通量为零。

方程采用有限体积法进行离散，具有较好的物质守恒性。

6.3.1.2 悬浮物源强

本工程悬浮泥沙主要由桩基施工以及海缆铺设引起。

1、电缆铺设悬浮物

本次悬浮泥沙扩散计算源强按保守的 23.96 kg/s 进行取值。

2、桩基施工悬浮物

风机桩基和升压站桩基通过液压打桩锤下沉，施工时打桩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。 根据工程设计推荐方案采用单桩基础，风机基础桩基采用桩径 8.3~9.3m 的钢管桩，入土深 63~66.5m，按照桩基基础外围 0.1m 挤淤，则单根桩打桩过程搅动泥沙最大约 196.4m^3，悬浮物产生量按 15%计算，产生悬浮泥沙量为 29.46m^3，底泥密度 766.68kg/m^3，单根桩打桩间约为 4 小时，则风机基础施工产生悬浮泥源强约为 1.57kg/s。

由以上计算可知，桩基施工产生的悬浮物源强远低于电缆敷设施工的悬浮物源强，引起周围海域悬浮物浓度范围较小，因此，本次计算仅对海缆铺设时产生的悬浮泥沙进行预测，对桩基施工的悬浮泥沙不做预测。

6.3.1.3 源强概化

海底电缆铺设为线性工程，受地形和潮流条件影响，在模型计算中，将源强概化为位置随时间移动的点，其位置沿着将要敷设的海缆随时间移动， 移动速度取决于海缆敷设速度，取 5m/min，海缆路由见图 6.3-1。

按风电机布置及线路走向划分，风电场本期设置的电缆规格 66kv，海缆总长约 88.4km，总共设置 41 个代表点，每个代表点施工时间约 7.2 小时，见图 6.3-2。

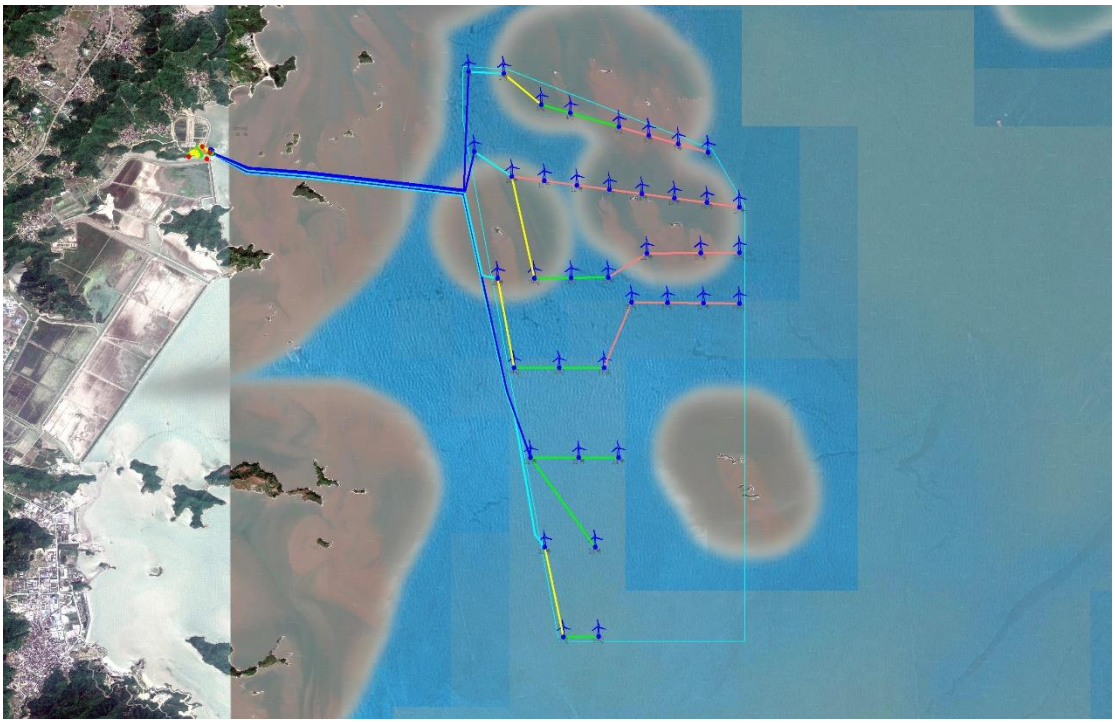


图 6.3-1　海缆路由走向图

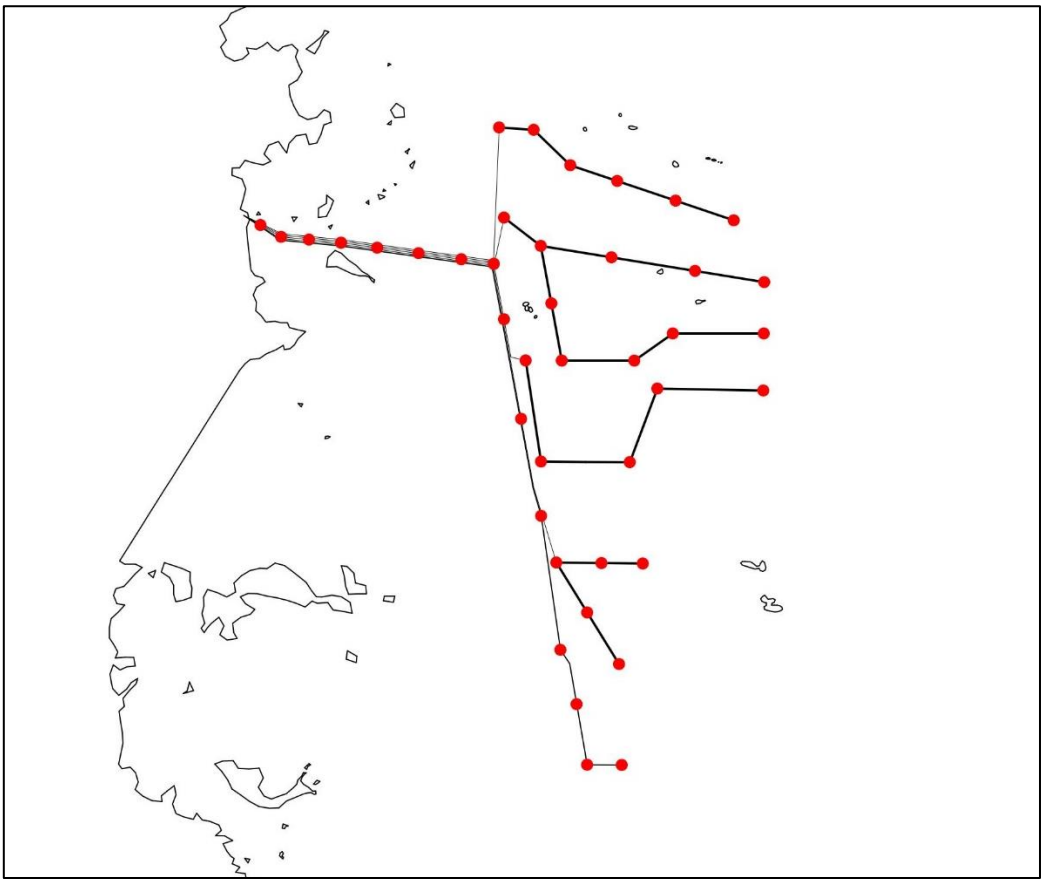


图 6.3-2 海缆路由悬浮泥沙计算源强概化点

6.3.1.4 计算结果

悬浮泥在不同潮型、不同时刻释放会形成不同的扩散形态，故本次计算对各概化代表点分大潮和小潮两个典型潮型进行源强投放，每个潮型从涨憩、涨急、落憩到落急连续投放，投放时间约为每个代表点所代表海缆长度的施工时间，约 7.2h，计算 5 天至输移稳定。统计各处最大浓度增量，叠加后得到整个海底电缆施工后的悬浮物最大浓度增量分布情况。

由于涨、落潮流的作用，工程海域施工引起的悬浮物将伴随工程海域的潮流进行对流扩散运动，悬浮物输移方向与潮流方向基本一致。悬浮物随着涨、落潮水流发生扩散，趋势与流向大体一致。

作业开始后，进入水体的悬浮物除部分发生落淤之外，另一部分则在潮流作用下，在作业点附近水域作输移扩散，且随着时间延长，施工产生的悬浮泥沙增量浓度将逐渐趋于 0，海域水体含沙量也将逐渐恢复到自然状态的含沙量。

本次计算统计各点连续施工后整个施工过程的悬浮泥沙浓度增量包络结果，电缆铺设施工产生的悬浮泥沙增量包络范围见图 6.3-2~图 6.3-4，包络面积统计见表 6.3-1。

由图表可见：电缆敷设施工期间，大潮期流速大，扩散条件好，其高浓度区较小；小潮期则正好相反，流速较小，扩散条件弱，其高浓度区大。悬浮泥沙高浓度区域主要集中在源强点周围，且由于工程海域流态为旋转流，其包络范围为近似椭圆形，长轴与涨落潮主流向一致。

由于工程位于开敞海域，流速较快，扩散条件较好。电缆施工期间海域内全潮悬浮泥沙浓度增量在 150mg/L 以上的包络面积约为 3.941km^2；浓度增量大于 10mg/L 的扩散范围总包络面积为 215.955 km^2。海缆铺设施工仅对东南侧的韭山列岛外侧重要渔业海域（33-Xe08）有所影响，最大影响浓度约为 50mg/L，对韭山列岛海洋保护区的实验区、核心区和缓冲区没有影响基本无影响。

表 6.3-1　海缆施工期悬沙浓度增量最大值包络线面积统计表（单位：km^2）

浓度	≥10mg/L	≥20mg/L	≥50mg/L	≥100mg/L	≥150mg/L
小潮	160.309	104.880	31.411	10.573	3.046
大潮	184.152	72.437	25.501	8.432	2.083
全潮	215.955	107.794	32.791	11.855	3.941

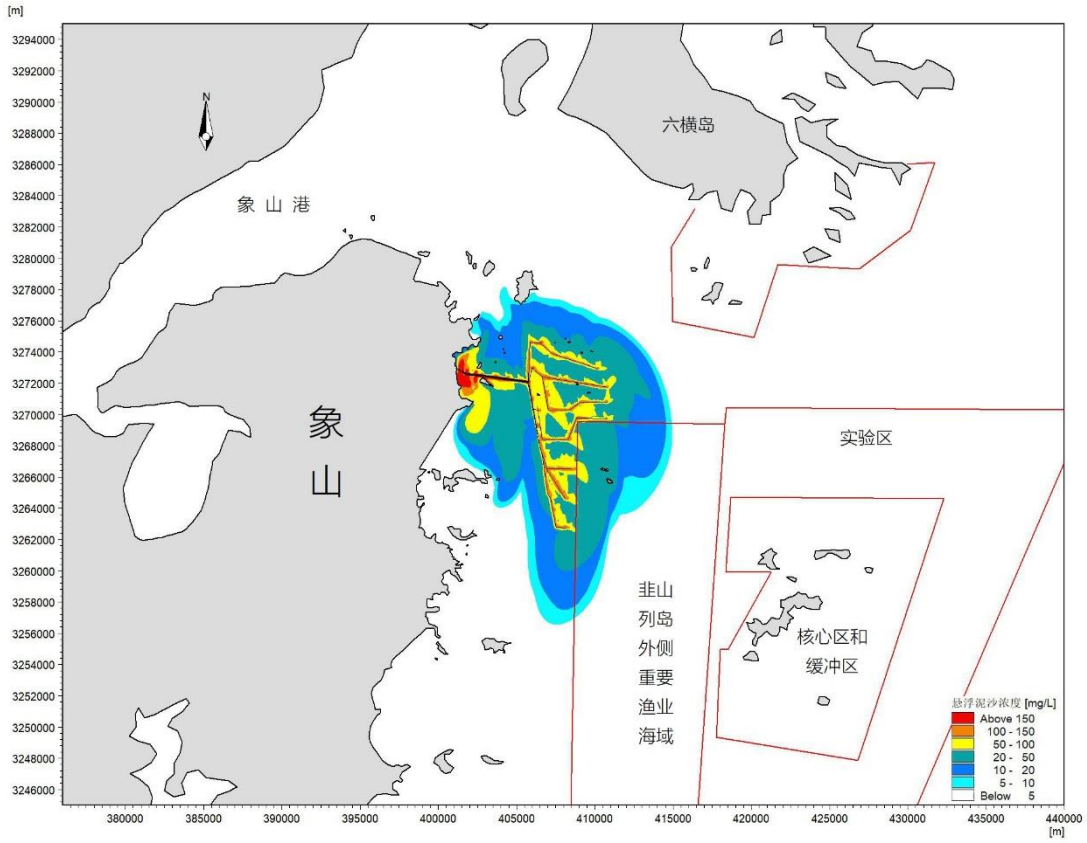


图 6.3-2　小潮期施工期悬浮泥沙增量的最大包络线分布图

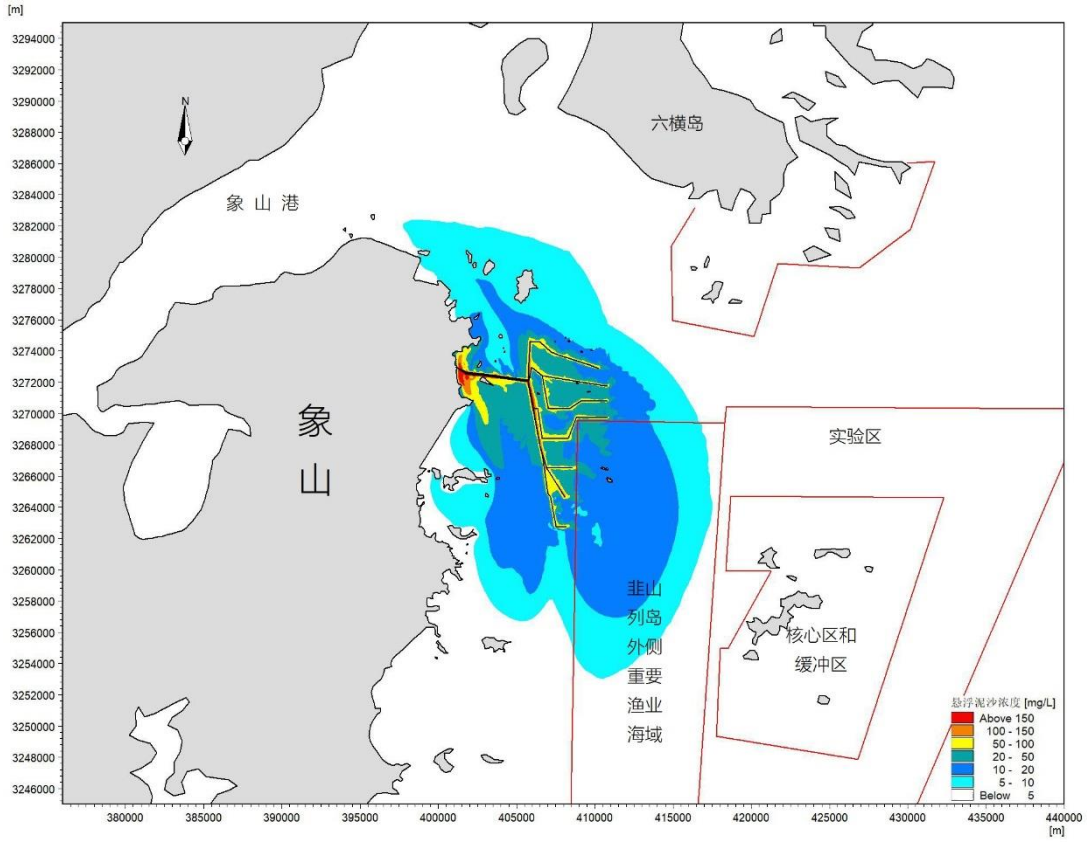


图6.3-3　大潮期施工期悬浮泥沙增量的最大包络线分布图

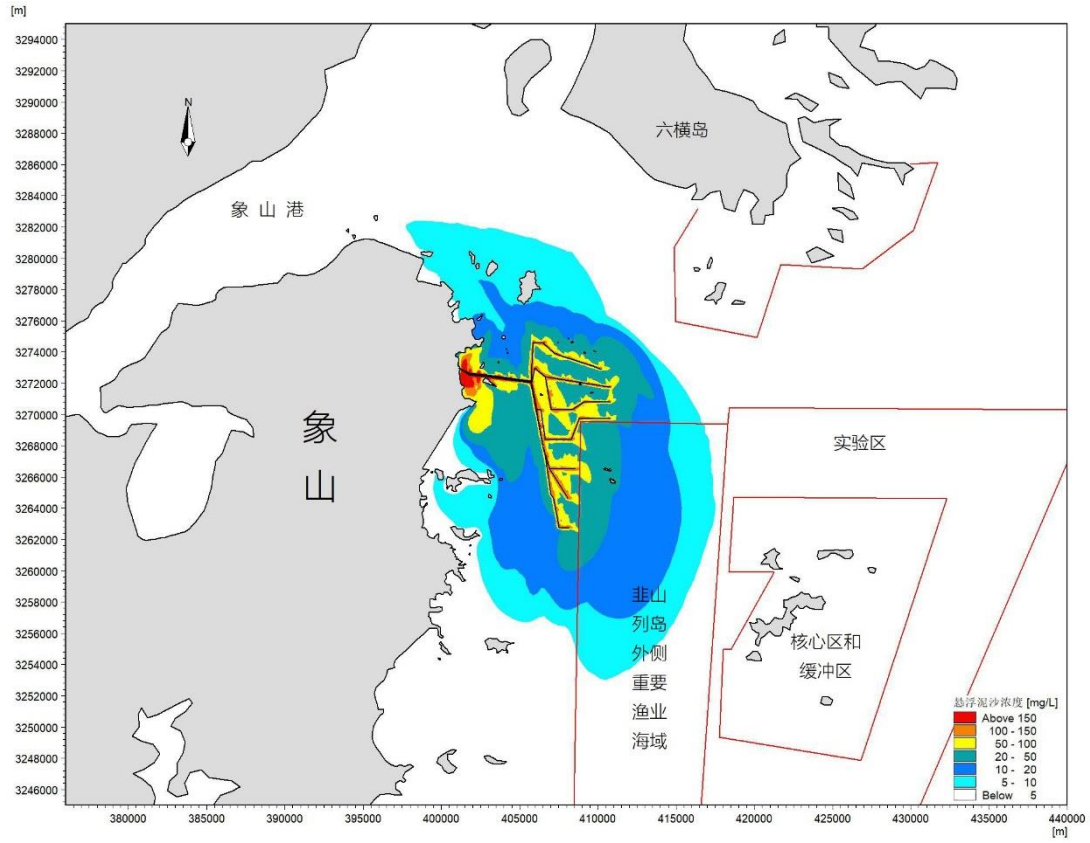


图 6.3-4　全潮悬浮泥沙增量的最大包络线分布图

6.3.2 污废水影响分析

6.3.2.1 施工期

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

(1)　海域污废水

施工期高峰期海上施工人数约 370 人，生活污水产生量为 18.5m^3/d。施工含油污水主要是施工船舶及机舱油污水和机械设备产生的残油、废油，其主要污染因子为石油类。根据《沿海海域船舶排污设备铅封管理规定》和《<73/78 防污公约>2011 年附则修正案》，船舶含油污水禁止排入海域，委托有资质的公司接收处理。海域生活污水收集后，与陆域升压站施工人员生活污水一同由罐车送至毛湾村农村生活污水处理设施进行处理达标后排入附近地表水，不排入海域，因此海域施工污废水对周边海域基本无影响。

(2)　陆域污废水

施工期，陆上临时施工区、生活办公区将产生污废水，陆上施工人员平均 80 人，陆上生活污水总量平均约 6.4t/d。施工生产区生活污水由罐车送至毛湾村农村生活污水处理设施进行处理。

本工程陆域在 1#施工生产区设置机修保养场，在检修过程中将产生含油废水 0.1m^3/d，经隔油池处理后与生活污水一起清运至毛湾村农村生活污水处理设施进行处理。

因此工程施工期各项污废水均收集处理不排入海域，对周边海域水质无影响。

6.3.2.2 营运期水质影响分析

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。运行期生活污水主要为风机维护人员生活污水，纳入陆上升压站生活污水收集系统经化粪池处理后利用槽罐车送至毛湾村农村生活污水处理设施进行处理达标后排入附近地表水，不排入海域，对周边海域水质无影响。

6.3.3 工程防腐层及防护层对水质影响分析

工程基础上部钢组合结构、钢管桩在水位变动区和浪溅区采用改性环氧玻璃鳞片+聚氨酯面漆进行防腐；在水下区、泥下浅表区采用环氧玻璃鳞片和电化学阴极保护方式进行联合防腐。环氧玻璃鳞片涂层是由环氧树脂、玻璃鳞片、颜料、固化剂、助剂和稀释剂等组成，具有很强的耐水性、耐盐水性、耐油性，在海水环境中基本不会物质溶出，对海水水质基本不产生影响。

海底电缆主要采用沥青及 PP 绳（聚丙烯绳），由于沥青和 PP 绳性质极为稳定，这两类物质在海水中等腐蚀环境中也基本不会有物质溶出，因此对海水水质环境也基本无影响。

6.4 海洋沉积物环境影响预测与评价

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，可能发生船舶含油污水、生活污水等废水未经处理直接排海，或生活垃圾、废机油等直接弃入海中，将直接污染区域海水水质，进而可能影响区域海域沉积物质量，造成沉积物中的酸碱度、有机污染物、大肠菌群、病原体和石油类等指标超标。因此，必须严格做好施工期管理、监理和监测的工作，保护沉积物环境。

施工悬浮物影响范围内的悬浮泥沙将会沉积到海底，由于悬浮泥沙主要是来源于原有的海底沉积物、数量较少且持续时间较短，施工产生的悬浮泥沙与影响范围内的沉积物理化指标基本相同，因此施工产生的悬浮物不会对周边海域沉积物环境质量明显影响。

施工期生活污水和施工机械油污水均收集运至岸上处理，不会对附近海域沉积物造成影响。

6.5 海洋生态环境影响预测与评价

6.5.1 施工期对海洋生态环境的影响分析

(1) 对底栖生物的影响

工程风机基础采用液压式打桩锤进行沉桩施工，海缆埋设过程中的开挖、填埋作业都将对海洋底栖环境造成破坏，使底栖生物部分丧失。

① 风电场桩基塔架造成的底栖生物损耗

风机塔架基础结构采用单桩基础，本工程共有 38 台风机，采用单桩基础，桩直径 8.3m~9.3m。同时，沿单桩基础 20m 范围内采用固化土冲刷防护方案。经计算，共占用面积为 38×3.14×24.65×24.65=72502m^2 。

根据海洋环境调查结果，项目周边海域底栖生物平均生物量约 3.75g/m^2。则风机塔架占用海域造成的一次性损失最大为 3.75g/m^2×72502m^2=271.9kg。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），永久性损失按照 20 年计算，损失量共为 271.9kg×20=5438kg=5.438t。

② 海底电缆施工造成的底栖生物损耗

本工程海底海缆总长度为 71.94km，其中 71.74km 位于平均低潮位以下，近海海域海底电缆施工机械作业宽度按 10m 计算，影响范围 71.74 公顷。海底电缆铺设时，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。根据海洋环境调查结果，项目周边海域底栖生物平均生物量约 3.75g/m^2。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），一次性损失按照 3 年计算。则造成的潮间带生物损失量为 3.75g/m^2×717400×3=8070750g=8.07t

生物资源经济价值取单价为 1 万元/t 进行估算，则工程风机桩基基础永久占压底栖生物的经济损失为 5.438 万元，海缆铺设造成底栖生物的经济损失为 8.07 万元。

表 6.5-1 底栖生物损失估算表

破坏性质	项目	影响面积(m^2)	平均生物量(g/m^2)	年生物损失量（kg）	影响年限(a)	累计损失量(t)
底栖生物损失	38 台风机基础	72502	3.75	271.9	20	5.438
	海缆施工	717400	3.75	2690.25	3	8.07
合计			—			13.508

（2）对潮间带生物的影响

本工程海底海缆约有 200m 位于潮间带，作业宽度按 10m 计算，影响范围约 2000m^2。春秋两季潮间带生物平均生物量约 81.8g/m^2。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），永久性损失按照 20 年计算，则项目用海导致潮间带生物损失量：81.8g/m^2×2000m^2×3=490.8kg。

根据市场平均价，生物资源经济价值取单价为 1 万元/t 进行估算，则海缆施工临时占用潮间带的经济损失为 0.491 万元。

表 6.5-2　潮间带生物损失量一览表

项目	影响面积(m^2)	平均生物量(g/m^2)	年生物损失量(g)	影响年限(a)	累计损失量(kg)
海缆施工	2000	81.8	163600	3	490.8
合计	2000	—	163600	—	490.8

(3)　对渔业资源的影响

①施工悬浮物对渔业资源的影响

施工过程中，产生的悬浮物将在一定范围内形成高浓度扩散场，悬浮物在许多方面对鱼类产生不同的影响。首先是悬浮微粒中含有大小不同、从几十微米到十余微米的矿质颗粒，悬浮微粒过多时将导致水体混浊度增大，透明度降低，不利于天然饵料的繁殖生长。其次水体中大量存在的悬浮物会造成鱼类呼吸困难和窒息现象，因为悬浮物微粒随鱼的呼吸动作进入鳃部，会沉积在鳃瓣鳃丝及鳃小片上，不仅损伤鳃组织，而且会阻断气体交换，严重时导致窒息。

悬浮颗粒将直接对海洋生物仔幼体造成伤害，主要表现为影响胚胎发育，悬浮物堵塞生物的鳃部造成窒息死亡，大量悬浮物造成水体严重缺氧而导致生物死亡，悬浮物有害物质二次污染造成生物死亡等。不同种类的海洋生物对悬浮物浓度的忍受限度不同，一般说来，仔幼体对悬浮物浓度的忍受限度比成鱼低得多。

根据王云龙等(1999)长江口疏竣泥悬沙对中华绒螯蟹早期发育的试验结果，当悬沙浓度为 8 g/L 时，不会对中华绒螯蟹的交配、产卵和胚胎发育造成影响。在原肠期以前，

胚胎成活率几乎为 100%，但当胚胎发育至色素形成期产生一定程度的影响，试验结果三组数据最大死亡率为 60-70%，最小为 5~10%，平均为 30%。但本工程悬浮物浓度持续时间远低于试验条件。可以认为，工程悬浮物增量引起的幼体死亡率应低于 5%。此外，在自然环境中，由于悬沙量增加，降低水中透光率，从而引起浮游植物生产量的下降，进而影响以浮游植物为食的浮游动物的丰度，间接影响溞状幼体和大眼幼体的摄食率，最终影响其发育和变态。海水中悬浮物增加，会对游泳鱼类的正常生理行为产生影响，由于海洋生物的“避害”反应，工程附近海域自然生长的游泳动物将变少。

②悬浮物对渔业资源造成的损失估算

A　施工悬浮物影响面积

根据渔业水质标准，第一、二类海水水质人为增加悬浮物浓度应≤10mg/L，悬浮物浓度增量大于 10mg/L，可能对鱼类生长造成影响。根据数模预测结果，本项目风机基础、电缆铺设施工悬浮物浓度增量大于 10mg/L 的最大包络线面积为 149.761km^2，其中悬浮泥沙扩散浓度为 10~20mg/L、20~50mg/L、50~100mg/L、>100mg/L 的包络线面积分别为 108.161km^2、75.003 km^2、20.936km^2、11.855km^2；在工程施工悬浮物影响范围内，鱼卵、仔鱼因高浓度的含沙量而发生部分死亡。另外，大部分成鱼可以回避，但幼体由于运动能力较弱无法及时有效躲避高浓度悬浮物水体，会出现一定比例的死亡。

B　生物损失率取值

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)(农业部，2008 年 3 月 1 日起施行)，关于污染物对各类生物损失率的描述(见表 6.5-3)，本报告中施工悬浮泥沙扩散浓度为 10~20mg/L、20~50mg/L、50~100mg/L、>100mg/L 的影响水域中鱼卵仔鱼损失率分别取 5%、30%、50%和 50%，成体损失率分别取 1%、10%、20%、20%和 20%。

表 6.5-3　工程对海洋生物资源影响损失计算表

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

注：1.污染物 i 的超标倍数(Bi)，指超出《渔业水质标准》或超Ⅱ类《海水水质标准》对标准中未列的污染物，科参考相关标准或按实际污染物种类的毒性试验数据确定；当多种污染物同时存在，以超标准倍数最大的污染物为评价依据；2.损失率是指考虑污染物对生物繁殖、生长或造成死亡，以及生物质量下降等影响因素的综合系数；3.本表列出的对各类生物损失率作为工程对海洋生物损

害评估的参考值。工程产生各类污染物对海洋生物的损失率可按实际污染物种类，毒性试验数据作相应调整；4.本表对 pH、溶解氧参数不适用。

C　生物密度取值

工程周边海域鱼卵、仔鱼密度和渔业资源密度按二季调查的平均密度，鱼卵密度取0.004ind./m^3，仔鱼密度取 0.002ind./m^3，鱼类成体为 48.37 kg/km^2；虾类成体为13.75kg/km^2；蟹类成体为 31.85kg/km^2；鱼类幼体为 76.74 kg/km^2；虾类幼体为34.74kg/km^2；蟹类幼体为 35.46kg/km^2。

D　损失量和损失经济价值估算

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》，SC/T9110-2007，鱼卵、仔鱼损失量计算，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。

工程施工共造成的渔业资源损失量和金额计算见表 6.5-4。渔业资源损失量应海缆敷设和风机基础施工产生的悬浮物增量扩散面积依据上述数模预测结果。生物资源经济价值取单价 1 万元/t 进行估算；鱼苗价格参照浙江省养殖场单价，取值 0.5 元/尾进行估算。悬浮物增量扩散导致的生物资源损害和损失补偿额按照一次性损害额的 3 倍。综上本项目渔业资源直接经济损失总计 300.06 万元。

渔业资源损失量计算过程见表 6.5-4。

表 6.5-4　渔业资源损失估算表

悬浮物扩散范围	渔业资源	资源密度	水深(m)	损失率	生态损失量	单价	经济损失(万元)
108.161（10~20mg/L）	鱼卵	0.069ind./m^3	10	5%	37315.55	0.5 元/尾	1.866
	仔鱼	0.075ind./m^3	10	5%	202801.88	0.5 元/尾	10.140
	鱼类	48.37kg/km^2		1%	52.32	1 万元/t	0.052
	虾类	13.75kg/km2		1%	14.87	1 万元/t	0.015
	蟹类	31.85kg/km2		1%	34.45	1 万元/t	0.034
	鱼类幼体	76.74kg/km2		5%	4.15	1 万元/t	0.004
	虾类幼体	34.74kg/km2		5%	1.88	1 万元/t	0.002
	蟹类幼体	35.46kg/km2		5%	1.92	1 万元/t	0.002
75.003 (20~50mg/L)	鱼卵	0.069ind./m^3	10	30%	155256.21	0.5 元/尾	7.763
	仔鱼	0.075ind./m^3	10	30%	843783.75	0.5 元/尾	42.189
	鱼类	48.37kg/km^2	/	10%	362.79	1 万元/t	0.363
	虾类	13.75kg/km2		10%	103.13	1 万元/t	0.103
	蟹类	31.85kg/km2		10%	238.88	1 万元/t	0.239
	鱼类幼体	76.74kg/km2		30%	86.34	1 万元/t	0.086
	虾类幼体	34.74kg/km2		30%	39.08	1 万元/t	0.039

	蟹类幼体	35.46kg/km2		30%	39.89	1 万元/t	0.040
20.936 (50-100mg/L)	鱼卵	0.069ind./m^3	10	50%	72229.20	0.5 元/尾	3.611
	仔鱼	0.075ind./m^3	/	50%	392550.00	0.5 元/尾	19.628
	鱼类	48.37kg/km^2	/	20%	202.53	1 万元/t	0.203
	虾类	13.75kg/km2		20%	57.57	1 万元/t	0.058
	蟹类	31.85kg/km2		20%	133.36	1 万元/t	0.133
	鱼类幼体	76.74kg/km2		50%	40.17	1 万元/t	0.040
	虾类幼体	34.74kg/km2		50%	18.18	1 万元/t	0.018
	蟹类幼体	35.46kg/km2		50%	18.56	1 万元/t	0.019
11.855 (>100mg/L)	鱼卵	0.069ind./m^3	10	50%	40899.75	0.5 元/尾	2.045
	仔鱼	0.075ind./m^3	10	50%	222281.25	0.5 元/尾	11.114
	鱼类	48.37kg/km^2	/	20%	114.69	1 万元/t	0.115
	虾类	13.75kg/km2		20%	32.60	1 万元/t	0.033
	蟹类	31.85kg/km2		20%	75.52	1 万元/t	0.076
	鱼类幼体	76.74kg/km2		50%	22.74	1 万元/t	0.023
	虾类幼体	34.74kg/km2		50%	10.30	1 万元/t	0.010
	蟹类幼体	35.46kg/km2		50%	10.51	1 万元/t	0.011
合计	鱼卵						15.285
	仔鱼						83.071
	鱼类						0.680
	虾类						0.208
	蟹类						0.482
	头足类						0.000
	鱼类幼体						0.153
	虾类幼体						0.069
	蟹类幼体						0.071
	头足类幼体						0.000
	小计						100.020
总计	一次性损害额的 3 倍						300.060

上述渔业资源生物量损失随着施工的结束，慢慢可以得到恢复，因此施工对渔业资源的影响是暂时的、可逆的。

6.5.2 营运期对海洋生态环境影响分析

根据前章水文动力和泥沙冲淤影响评价结论，项目建成后除风机墩柱周围局部区域外，海域的水文动力和泥沙冲淤环境基本不会改变，且项目建成运行后基本不会造成海域水质和沉积物环境的变化，因此海域生境条件较项目实施前无明显变化，项目建成后项目所在海域的生物类型、数量、组成等均不会发生明显变化，项目运行期对海洋生态环境影响较小。但风机基础和升压站的修筑会造成少量底栖生物生境的永久丧失，项目运行期无法恢复。

风电场建成后，该海域原有的平稳流态受到扰动，形成有快、有慢以及产生滞留带，该海域水流的变动必然与鱼群移动和栖息有着相互的关联性。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、近底层低温、高盐富营养的海水涌升至表层，从而加快营养物质循环速度，并可能引起浮游生物的增加和水质的改善，使该区域成为鱼类的聚集地。基础后部的涡流，影响作用是多方面的，在背面会产生负压区，海底的泥沙，大量的悬浮物等都会在此停滞，从而引来鱼群。塔基附近海域由于水的充分交换，不但形成理想的营养盐运转环境，而且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，从而对渔业资源增殖产生有利影响。

6.5.3 对海洋生态系统服务功能的影响分析

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

(1)物种栖息地

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

(2)污染物净化

海洋是一个巨大的净化器，对入海污染物具有一定的稀释、扩散、氧化、还原和降解的综合能力。项目建设施工期使海域悬浮泥沙增加，光合作用减弱，对污染物净化功能会产生一定影响，但影响时间短暂。在运行期，项目实施不会明显改变海域的潮流场特征，同时也不会改变海域污染物负荷，不会产生悬浮物，因此也不会对海域污染物净化功能造成明显改变。

(3)生物多样性维持

生物多样性主要考虑物种多样性维持、生态系统多样性维持。

根据海洋环境现状调查结果，工程海域春秋季调查出的浮游动植物、潮间带生物、底栖生物、游泳动物为常见种类，未调查到珍稀海洋动植物。工程施工期间的悬浮物会

造成浮游动植物、潮间带生物、底栖生物和鱼卵仔鱼一定的损失，运行期风机噪声影响较为有限。因此，工程建设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。

6.5.4 对主要经济鱼类三场和洄游通道的影响

根据 5.6.3 节“三场一通”内容，本项目位于象山县涂茨镇近岸海域，位于象山县黄鲫产卵场内西侧边缘、宽体舌鳎产卵场西南部、蓝点马鲛产卵场西北部边缘、曼氏无针乌贼索饵场和产卵场西北部、三疣梭子蟹的产卵场西北侧，同时局部占用鳀产卵场。因此，本工程对黄鲫、宽体舌鳎、蓝点马鲛、曼氏无针乌贼、三疣梭子蟹、和鳀的产卵场存在影响。

工程建设对产卵场的影响主要表现在风机对渔业水域的占用，打桩和电缆铺设产生的增量悬沙，风机打桩和风机运转的噪声。在施工期，工程对产卵场的影响是负面的，主要是打桩和电缆铺设产生的增量悬沙，风机打桩形成的噪声。在运行期，工程对产卵场、索饵场和洄游通道的影响有两个方面，首先是改变渔场地形环境，一方面形成对渔场水域的占用，另一方面，风机管桩存在，增加了海底的粗糙度，造成紊流的出现，起到人工鱼礁的作用，有利于渔业资源的繁殖和生长，对渔业资源的保护和发展是有益的。运行期工程对产卵场的影响还表现为风机运转的噪声。其中，主要是风机运转噪声的影响。一般认为，空中噪声和水下噪声位于两个介质，空中噪声难以对鱼类、贝类、蟹类和虾类有明显影响。

由于风电场位于黄鲫、宽体舌鳎、蓝点马鲛、曼氏无针乌贼、三疣梭子蟹、和鳀的产卵场范围内或边缘，根据 6.3 节悬浮物预测结果、6.6 节水下噪声影响评价结果，海缆铺设产生的悬浮物以及风机打桩噪声会对产卵场产生一定的负面影响，因此建议建设单位在风机打桩施工和场区内海缆铺设尽量避开这些主要经济鱼类的 3-7 月份产卵季节。本工程风机和海上升压站距离主要经济鱼类的索饵场、越冬场和洄游通道有一定的距离，依据对主要渔业资源洄游通道分析，拟建工程不堵塞石首鱼科鱼类的洄游通道。由于项目实际永久占用海域面积较小，因此在采取风场区风机打桩施工和场区内海缆铺设尽量避开这些主要经济鱼类 3-7 月份产卵季节措施后，项目建设对邻近海域产卵场影响较小。而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，而本工程机组排间距较宽，风电场内不同风机不会对石首鱼科的影响产生叠加影响，对石首鱼科的生

存空间影响仅限于桩基周边 50m 范围内，对其生存的影响空间较小；风机运行期噪声为水上噪声，基本不会对水下的产卵场的产生影响。

6.5.5 海洋生态损失

本工程施工期造成的大型底栖生物经济损失约为 13.508 万元，大型潮间带生物经济损失约 0.491 万元，游泳动物和鱼卵仔鱼经济损失约 300.06 万元，合计经济损失约 314.059 万元。

6.6 水下噪声影响预测与评价

本节引用厦门大学编制的《中广核涂茨#300MW 海上风电项目水下噪声及电磁环境对海洋生物影响专题研究报告》（2021 年 12 月）。

6.6.1 施工期水下噪声对海洋动物的影响

6.6.1.1 打桩施工水下噪声预测

打桩施工噪声的声船舶损失采用的声衰减计算公式为：

$$TL=F\log(D/R) \qquad （6.6\text{-}1）$$

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。

基于对大连庄河 III 期海上风电场打桩施工的监测结果，参考了课题组近期在港珠澳大桥打桩水下噪声源传播衰减和厦门五缘湾打桩噪声传播衰减，考虑本工程所处海域水深在 6.9～11.3m 之间。场区上部分布厚度较大的淤泥质软土，对水下声波传播衰减快，本项目评估中的扩展系数 F 取 23。

（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 249/uPa-m dB。

（2）海洋生物受水下噪声影响的声压阀值

由于水下打桩噪声的强声源特点及对海洋中各类生物所产生的危害，自上世纪90年代，美国和欧洲等海洋国家就开始了针对水下打桩噪声的监测和研究。1997年，美国高

能源地质勘探组织专家小组，针对海洋哺乳动物可能遭到海上地质勘探中水下空气枪所发出的脉冲噪声伤害而进行了噪声暴露的估测分析，最后认定180dB RMS re 1μPa为“超过该声级则可能具有行为、生理及听力影响的潜在危害”；同时也表明视不同的动物，该阈值可能有上下10dB的浮动。而后，美国国家海洋渔业局(NMFS)继续采用该门限值作为“不可逾越”的最高声级；随后又对鳍足类调整至190dB；而160dB的行为影响门限则是基于早期80年代对鲸类遭到脉冲噪声所产生反应的观察结果（Southall BL；2007）。表6.6-1为美国国家海洋渔业局现行采用的（过渡性）保护门限值（NOAA Fisheries Northwest Regional Office，2012）。

表6.6-1　美国对海洋哺乳动物和鱼类的水下噪声（过渡性）门限值

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

（3）预测结果

由声衰减计算公式，可算出在均方根声压级保护阈值取为 190dB、180dB 和 160dB（对海洋动物行为干扰）时的安全距离要求。

对本工程单桩钢管桩直径 8.3-9.3m 的钢管桩风机打桩施工，根据本报告第 3 章 3.2.1（工程施工打桩噪声源强评估）结果，取打桩施工所产生的水下噪声有效声源级为 249dB、 声传播损失 TL=23lgr。在不同噪声级门限下的海洋生物安全距离见表 6.6-2，单桩打桩施工水下噪声影响分布图见图 6.6-1（黄色对应于 160 dB 的影响距离）；图 6.6-2 为 38 台单桩风机打桩施工影响范围预测结果。

表6.6-2　单桩（桩径8.3-9.3m）基础施工不同声压级下对应的距离要求

声源级 SL=249dB/1uPa；　传播损失 TL=23lgr					
声压级（dB）	190	180	160	158	150
距离（m）	367.5	1000.0	7405.7	9047.4	20153.4

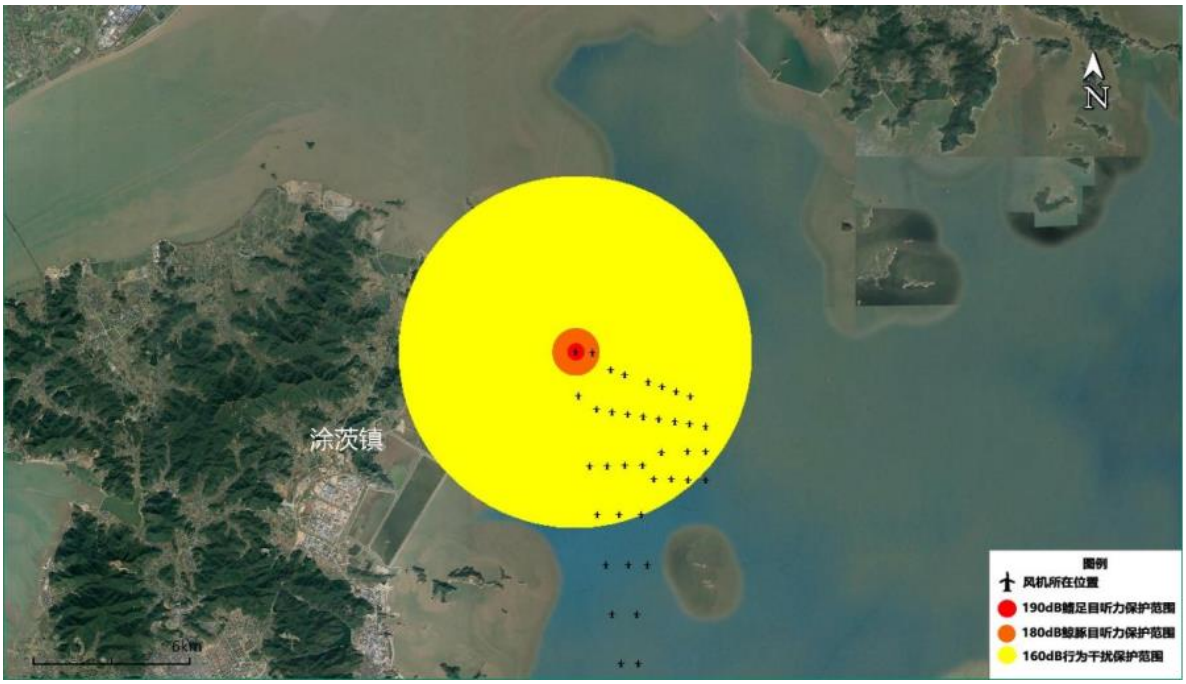


图 6.6-1　单桩基础单台风机（桩径 8.3-9.3m）打桩施工影响范围示意图



图 6.6-2　38台单桩风机基础（整体）打桩施工影响范围示意图

（注：桩基的施工为一次一根桩，不考虑几桩同时施打下的重叠影响）

6.6.1.2施工噪声对海洋生物影响距离评估

一、施工噪声对一般海洋鱼类影响距离

对本工程所采用的单桩风机基础，在钢管桩直径（8.3~9.3m）风机基础水下打桩施工时，在应确立在1km范围内为危险区域，在7.4km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、搬移等工作。

二、对石首鱼类的影响

该海域存在石首鱼科鱼类（如小黄鱼、大黄鱼等），在海域中存在石首科鱼类时，考虑鱼群在海域中游动性，以158dB作为对石首鱼如大黄鱼、小黄鱼等产生行为影响为阈值，可算出对本工程在大直径单桩风机基础打桩施工时，与施工风机对应的距离为9.0km。

三、施工噪声对经济鱼类“三场一通道”的影响

本工程风电场位于东海近海中上层、底层鱼类“三场”和洄游通道边缘外侧。工程海域是多种经济鱼类生长、繁育的优良场所。因此，风机打桩施工水下噪声将对该海域经济鱼类“三场一通道”产生一定程度的影响。根据厦门大学课题组对大黄鱼幼鱼（出生 1 个月左右）水下噪声影响实验结果表明：大黄鱼幼鱼对声音较为敏感，发声信号微弱，当声源级为150dB时，就出现幼鱼游动避开声源等明显的行为变化现象 。 本报告以150dB作为石首鱼科幼鱼的影响阈值，可算出在大直径单桩风机基础打桩施工中，对其保护的距离约为离施工打桩桩基20.1km。 因此，在项目建设过程中必须高度重视幼鱼的保护，避开这些鱼类的繁殖期和育幼期。

四、施工期对江豚等海洋哺乳动物的影响

（1）江豚资源及其生存环境

江豚（Neophocaena phocaenoides, Cuvier, 1829）是一种小型齿鲸，英文名为 finless porpoise，隶属于鲸目（Cetacea）、齿鲸亚目（Odontoceti）、鼠海豚科（Phocoenidae）、江豚属（张万青等，1992）。江豚是国家二级重点保护动物，在国际自然资源保护联盟（IUCN）将其定为濒危等级。濒危野生动植物种国际贸易公约（CITES）将江豚列入附录I，禁止贸易。韭山列岛海域为江豚较大种群的分布区，江豚已经列为韭山列岛国家级自然保护区的主要保护对象。

韭山列岛岛礁很多，底层环境复杂，尤其是在南韭山岛之北，官船岙、牛轭山、下竹山、中竹山、上竹山、小青山、大青山等岛从西北到东北呈孤形分布，形成一个环状

的相对稳定的环境。在该区域内水面较为平静，水流相对较缓，但上升流的涌动较急，形成水体对流，由于有机物很多，生物资源十分丰富，小型鱼群、乌贼等正是江豚的主要食物，因此在该区域及其周围海域形成江豚较大种群的分布区。

江豚虽然生活在海域中，但由于属于哺乳动物，需要定时浮到水面上进行呼吸，因而可以通过目击调查估测其种群的资源和分布现状。根据象山韭山列岛国家级自然保护区总体规划的调查，在 2002 年~2006 年的 4 个繁殖季节中，共调查了 33 条样带，江豚的初始调查的平均密度为 0.49 头/ km^2，校正后的平均密度为 6.81 头/ km^2。根据调查，韭山列岛的江豚主要分布在核心区及其附近海域，约为 100 km^2 的范围，距离本项目约 9km。据此推算，韭山列岛保护区有江豚数量 500－1000 头，不同的年份间种群数量存在一定的波动。

（2）施工噪声对江豚的影响主要有：

A、 屏蔽声音

因为噪声增加而使声音难以被听到时就会出现声音屏蔽。在这种情况下，动物的行为可能会受到影响，因为它无法检测、解释和应对相关的生物学声音。屏蔽可能的影响有：（a）不能听到远处发声的潜在配偶；（b）不能有效沟通，母子间的沟通和区分会受到影响；（c）动物无法侦察到猎物或动物合作狩猎时不能有效沟通，觅食就会受到影响；（d）如果不能侦测到天敌或其它威胁，就会影响到生存。

一般来说只有接收到的声音比能引起明显反应的声音小时才会出现屏蔽。自然界中的声音，如雨水，海浪和其它海洋哺乳动物的发声可能会屏蔽一些重要信号。海洋哺乳动物有成熟的方法去克服声音屏蔽，如通过增强信号强度、改变时间模式、变换发生频率等，这些方法也可用于克服人为和其它噪声引起的屏蔽。至少一些海洋哺乳动物具有良好的水下定向听力，这也有助于从不是同一方向的噪声源中区分出他们感兴趣的信号。

B、 生理作用

海洋哺乳动物暴露在声能下可能会引起一系列的生理反应。听觉系统被认为对声音是最为敏感的，但是暴露在声源之下也可能导致诸如压力增大和组织损伤等非听觉生理影响。即使是相对较低的水平，随处可听到的噪声也会增加海洋哺乳动物的压力感，激烈的声音会增加白鲸血液的压力水平，然而温和的声音却不会引起同样的现象。

暴露在高强度的声音之下可能导致海洋哺乳动物出现暂时性听觉缺失或暂时性的听觉灵敏度减弱。听觉灵敏度的减弱是哺乳动物暴露在强烈的或长期的一定限度内的声音刺

激时的一种通常反应，是可逆的。然而，由于声音在海洋哺乳动物的日常生活中的重要性，即使是暂时性的缺失有可能增加动物的捕食难度，减少其觅食的效率，或阻碍彼此间的沟通。

C 、身体损伤

当哺乳动物暴露在以下情况中：短暂地非常激烈的声音、长时间的中等程度的声音、或间歇性重复的但足以造成听力暂时性缺失的声音，可以导致动物听力永久性缺失，或听力的灵敏度的永久减弱，永久缺失导致感觉细胞和神经纤维的损失。有报道座头鲸因暴露在爆炸引起的压力波下而使听觉受到损伤。科学家还假设了其他的一些身体损伤，如耳组织受损、耳鸣、幻听或者听力放大等。

D 、生态影响

相关的生态物种由于受到人为声音的影响，从而改变其与海洋哺乳动物的关系或改变生态结构，这就发生了间接生态影响。研究表明，在某些情况下，地震活动可能会导致调查地区鱼类的数量减少。间接生态影响产生时，可能会降低海洋哺乳动物的觅食效率，有可能影响他们的成长条件、繁殖和生存。

E、 累计效应

在某个个体身上不是非常明显的影响过一段时间或者与其它声源的影响结合起来时可能会变成非常重要的影响。比如须鲸使用低频率的声音沟通，因此可能会受地震气枪和航运噪音的影响。同样，声音影响可能会相互作用或与其它影响因素相互作用。例如白鲸，如果气候变化改变了他们食物的分布情况以及取得的难易程度，可能会影响他们的生存和繁殖；持久的有机污染物使他们免疫功能变化，使它们容易感染疾病和寄生虫；石油和天然气作业，破冰船，或商业船只的噪音使它们放弃重要的栖息地。

长时间暴露于水下噪声对鲸豚类动物可能造成的慢性威胁包括：遮蔽效应和听力损失；行为模式改变；紧张等。

对本工程大直径单桩打桩风机施工，应确立在 1.0km 范围内为危险区域；在 7.4km 范围内为行为影响区域。根据前述对江豚生境的调查，韭山列岛的江豚主要分布在核心区及其附近海域，约为 100 km^2 的范围，距离本项目约 9km，因此本项目打桩水下噪声对江豚集中分布区影响不大，不会造成对江豚种群的影响。但江豚的活动范围较广，不排除个别江豚在本工程及附近海域活动的可能，因此在这些海域施工过程中对江豚的活动需要进行观测、驱赶等工作，考虑到打桩施工作业时间较短，单桩作业时间在一天以

内，总共 38 根桩，因此该影响是暂时性的，施工结束后即消失。在采用“软启动”打桩方式和避开主要江豚繁殖期的基础上，打桩水下噪声对江豚的影响不大。

五、其他施工活动的影响

本工程的其他水下施工噪声，如施工船舶噪声、水下钻孔等噪声声源级可达到150dB，可能对该海域中的石首鱼科幼鱼等的行为产生某些干扰，但对成鱼不会造成明显以下。

六、施工期水下噪声对海洋生物的累加影响

虽然相关测量数据及研究表明中小幅度的撞击式桩基施工不会对一定距离外(如200m左右)的鲸豚类动物及海洋鱼类造成直接致死或致伤，但长时间较高声压水平的桩基施工对海洋生物的累积效应可能造成慢性影响。这些慢性影响包括：遮蔽效应和听力损失，行为模式改变和紧张等。

水下打桩施工噪声可能会对鱼类的交流、行为、觅食和避敌产生短期的有害影响，施工船将会对在这一带水域活动的鱼类、特别是石首科鱼类造成滋扰，受影响的鱼类将因回避而离开施工区。但当环境滋扰消失或较少时这些鱼类会恢复其原来的生活状态，如当航道施工作业完成或滋扰减少时，部分海洋生物会恢复其原来的活动范围，迁移到较远水域的个体一般还会回迁。

丹麦国家环境研究所研究了海上风电场是否对活动于该海域中的斑海豹和灰海豹的影响研究（Svend Tougaard, et al，2006），研究跟踪了从1999~2005年间风电场在施工期和营运期下的水下噪声对海豹的影响。结论是：在风电场施工建设期，斑海豹的数量减少，但建设期结束，斑海豹又恢复原来数量，甚至增加；在该风电场施工打桩期，斑海豹的数量明显减少，在另一斑海豹繁殖地施工打桩期甚至没有见到斑海豹；但营运期风机的运转并没有对斑海豹产生影响。风电场中风车的运转噪声在空气中一般为50~70dB（林丽华，2008），与观测到的现象一致，这些空气噪声对斑海豹没有产生影响。

风机基础打桩作业对该海域中的渔业资源将产生一定的影响，在打桩作业中应采取“软启动”方式，使打桩噪声源的强度缓慢增强，即前几桩使用小强度的打桩措施，能驱使鱼类离开施工水域，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。

6.6.2 运行期水下噪声对海洋生物的影响

根据厦门大学对上海东海大桥、福建平海湾一期海上风电项目、本工程临近海域如

东海上风电在营运期的监测结果初步表明：风机运行中水下噪声的频谱级基本上都相似，总体由于风机噪声而引起的强度变化不大，基本上与海域其它点在没有风机运行的下测量到的背景噪声相近；风机在水中不同风速下产生的噪声强度变化不明显。与海洋环境背景噪声相比，不同风速（风速分别为6m/s和13m/s）运转下的风机在水下辐射噪声时，高风速13m/s时在低频段（63Hz以下）风机所辐射的水下噪声与海洋环境背景噪声相当（即淹没在背景噪声中），在125Hz频点上风机在高风速（13m/s）比低风速(6m/s)下在水中辐射的水下噪声谱级高10dB/re 1μPa左右，但总体都不高，与海洋背景噪声相当。

本评估分析报告与英国的4个海上风电场在营运期的监测结果进行了比较。英国的4个海上风电场分别是英国North Hoyle海上风电场(2003年建成，机组容量60MW，30台2MW，水深12m，单桩基础类型)；英国Scroby Sands海上风电场（2004建成，机组容量60MW，30台2MW，水深21m，单桩）；英国Kentish Flats海上风电场（2005建成，机组容量90MW，30台3MW，水深5m，单桩）；英国Barrow 海上风电场（30台）。比较分析结果表明，厦门大学课题组对我国5个海上风电场营运期所进行的水下噪声监测结果与英国4个海上风电场的结论基本相近。

6.6.2.1 风电场营运期水下噪声对海洋生物影响距离预测

根据厦门大学课题组对我国已建海上风电场营业期水下噪声监测结果，影响预测中营运期水下噪声源强值取 140~1450dB/1uPa。本项目以 145dB/1uPa 作为营运期风机水下噪声的源强并进行水下噪声场分布预测。图 6.6-3 和图 6.6-4 分别为中广核象山涂茨海上风电场营运期水下噪声水平分布预测图和垂直分布预测图。

根据目前国际上对海洋哺乳动物和海洋鱼类的影响阈值门限要求，当噪声低于 127 dB/1μPa 以下已和水下背景噪声相当（本工程外业调查表明，该海域海洋背景噪声调查值为 126.6 dB/1μPa），基本上不会对海洋生物产生影响。本分析以此为门限阈值，从噪声分布图可见影响距离为 100m 以内。

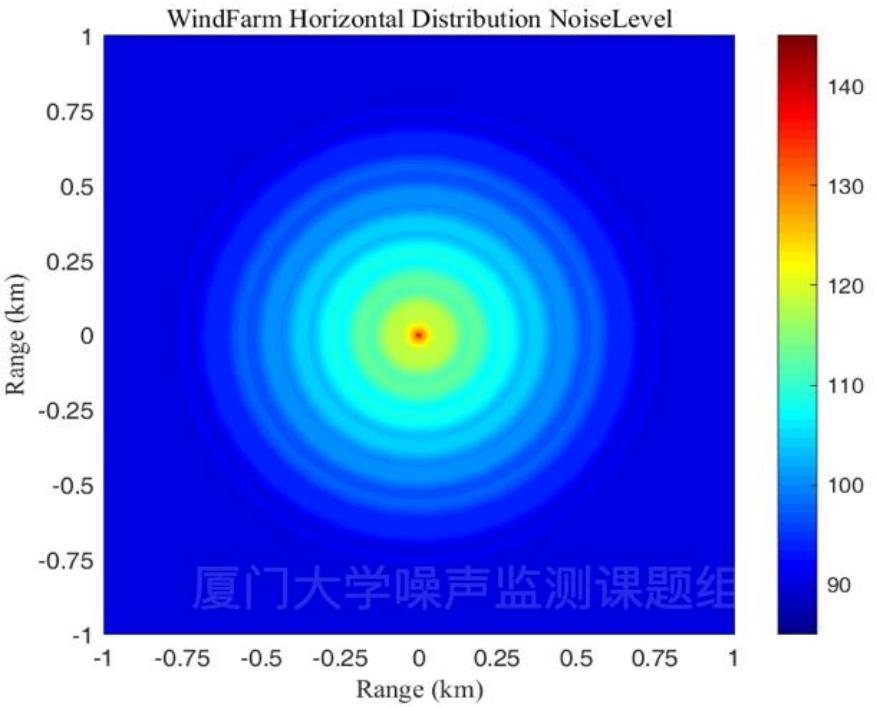


图 6.6-3 中广核象山涂茨海上风电场营运期水下噪声水平分布预测图
（噪声源强 145dB/uPa，PE 模型）

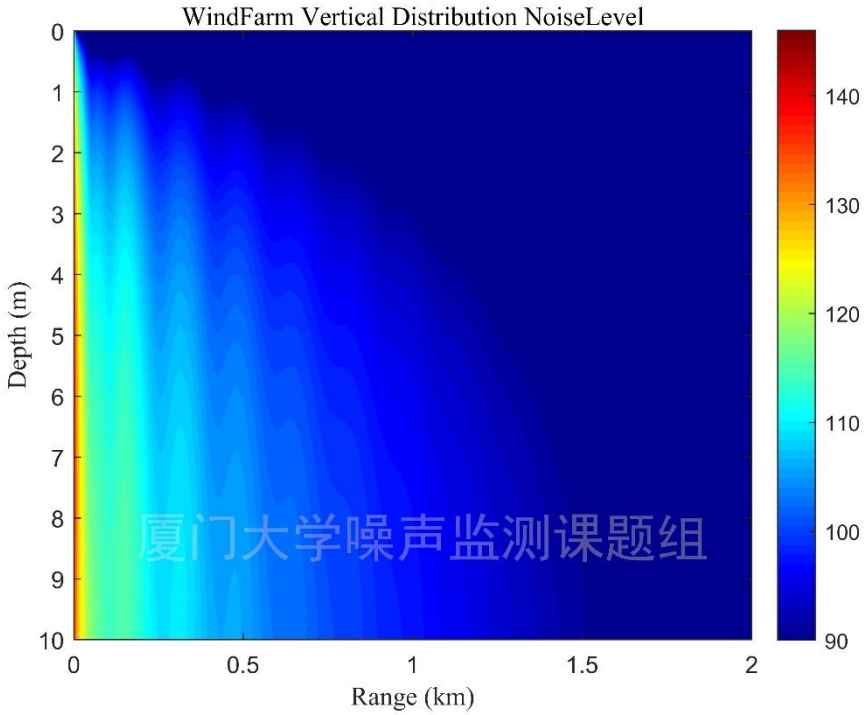


图 6.6-4 中广核象山涂茨海上风电场营运期水下噪声垂直分布预测图
（噪声源强 145dB/uPa，水深 10m，PE 模型）

6.6.2.2风电场营运期水下噪声对石首鱼科（黄姑鱼、大黄鱼）的影响

评估噪声对动物发声的掩蔽效应，通常要考虑动物发声信号的声学特征。发声信号

首先要在相应频率上大于动物的听力阈值（HT），才能保证动物的发声可以被远处的同伴听到。Holt D. E.（2015）研究结果表明【80】：对于纯音信号，在来自同一声源的噪声下，如果信噪比低于20-25 dB，鱼类将不能探测到该纯音信号；当噪声来自不同方向时，信噪比临界值变为10-15 dB。Holt等人在研究交通噪声对迷人真小鲤（Cyprinella venusta）的敲门声和咆哮声（growl）（两者都是脉冲型信号）的掩蔽影响时，将信噪比的临界值定为10 dB【80】。

本专题研究报告采用10 dB作为信噪比临界值，将1/3倍频程声压级作为对比标准，即当黄姑鱼发声信号与海上风电场营运水下噪声1/3倍频程声压级的差值小于10 dB时，视为风电场噪声对黄姑鱼接收同伴发声信号产生影响，也称掩蔽效应。

（1）水下噪声对黄姑鱼发声影响距离预测

在估算影响距离时，我们以黄姑鱼自由状态发声信号最大1/3倍频程声压级对应的中心频率为研究频率，将风电场噪声在海域内的传播视为按球面波扩展，得到扩展损失TL=20*lgR，由此可以得到风电场噪声的最大影响距离公式：

$$20 * lgR = N_{1/3OBSL}(f_p) - Sig_{1/3OBSL}(f_p) + 10$$

$$R = 10^{((N_{\frac{1}{3}OBSL} - Sig_{\frac{1}{3}OBSL} + 10)/20)} \qquad (6.6\text{-}2)$$

其中，f_p为黄姑鱼自由状态发声信号最大1/3倍频程声压级对应的中心频率，$N_{1/3OBSL}$和$Sig_{1/3OBSL}$分别为风电场噪声和黄姑鱼发声信号的1/3倍频程声源级。

根据厦门大学课题组对黄姑鱼发声信号的监测分析，黄姑鱼自由状态发声信号与离风机 100m 处测得的风电场水下噪声的 1/3 倍频程声压级分布如图 9-3 所示。其中黄姑鱼自由状态发声信号的 1/3 倍频程声压级为 120 个发声信号分析样本的平均值。由图可知黄姑鱼自由状态发声信号最大 1/3 倍频程声压级对应的中心频率为 630 Hz。在 630 Hz 中心频率处黄姑鱼发声信号的 1/3 倍频程声压级为 133dB；在中心频率 630 Hz 100m 处风电场噪声的 1/3 倍频程声压级为 115 dB，根据声传播损失按球面扩散规律估算公式，可得海上风电场噪声在中心频率 630 Hz 距离 1m 处风电场噪声的 1/3 倍频程声压级为 155 dB:

115+20*lg100=155 dBμPa/1m (6.6-3)

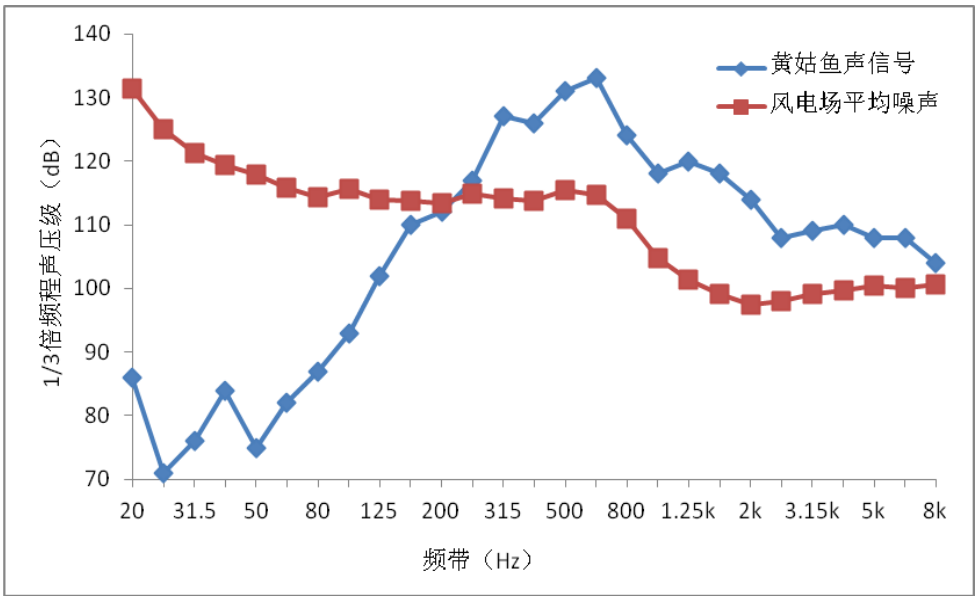


图6.6-3　风电场噪声和黄姑鱼自由状态发声信号1/3倍频程声压级

由图 6.6-3 中可得，在离风机 100m 处海上风电场水下噪声中心频率 630 Hz1/3 倍频程的声压级为 115 dB，而黄姑鱼发声信号的 1/3 倍频程声压级在 630 Hz 中心频率为 133 dB，已大于风电场噪声且差值大于 10dB，因此在离风机 100m 处的风电场水下噪声不会对黄姑鱼叫声产生影响。由公式（6.6-4）可以算出风机运行时水下噪声对黄姑鱼叫声的影响距离：

$$R=10^{((155-133+10)/20)}=40\ \mathrm{m} \qquad (6.6\text{-}4)$$

可知海上风电场营运中的水下噪声对黄姑鱼叫声影响的距离为40m。

（2）风电场营运期水下噪声对小黄鱼的影响距离预测

根据厦门大学课题组对不同年龄大黄鱼发声发声信号的研究结果（见图6.6-3），在大黄鱼的叫声中，幼鱼、小鱼和成鱼的发声的最高声压谱级（630Hz）分别为110dB/re 1μPa、125 dB/re 1μPa、140 dB/re 1μPa。根据频带声压级和声压谱级的关系，1/3倍频程声压级为声压谱级加上1/3倍频程滤波器频带宽度10lgΔfi，对中心频率630 Hz的1/3倍频程频带声压级，即为声压谱级加上21.6dB ，可得三种不同大小大黄鱼在630 Hz中心频率处黄姑鱼发声信号的1/3倍频程声压级为131.6 dB/re 1μPa、146.6 dB/re 1μPa和161.6 dB/re 1μPa。

由公式（6.6-4）可分别算得：海上风电场在营运期中水下噪声对对幼鱼小黄鱼叫声的影响距离为46.7m，而对成鱼小黄鱼叫声基本上没有影响。

因此，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。

6.6.2.3营运期水下噪声对一般成鱼的影响

结合海上风电场营运期水下噪声测量结果，同时根据本课题对该海域几种实际鱼种所做的水下噪声实验，结合本项目位于浅海区域，平均水深约 6m～12m。该处海域宽阔，场区内未见岛屿、礁石分布，水下地形较为平坦，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，可以得出：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，即鱼类等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。

6.6.2.4营运期水下噪声对鱼卵、仔鱼的影响

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

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)。

欧洲鳎分布在北海、地中海，向南到塞内加尔直至佛得角，栖息水深范围是0～150m，在海底的底泥或沙子中埋栖生活。荷兰学者研究了海上风电场噪声对鳎鱼幼体（sole larvae）的影响。他们利用实际录到的打桩现场噪声（直径4m钢桩，水深20m，峰值声压级最大值为211dB）刺激鳎鱼幼体，根据鳎鱼幼体的身体发育程度，把鳎鱼幼体分为4个阶段的鳎鱼幼体，观测每个阶段鳎鱼的死亡率。结论是：在两个实验阶段中，不管何种噪声刺激何种发育阶段的鳎鱼幼体，与对照组相比（即未进行噪声刺激），鳎鱼幼体的存活率没有明显的差别，这表明这些鳎鱼幼体能够忍受峰值声压级高达211dB打桩噪声的刺激（Loes J.bolle et,al, 2012）。同时，他们分析指出鱼鳔是一种对声压敏感的器官，有鱼鳔的鱼比没有鱼鳔的鱼更容易受到噪声的影响。 鳎鱼幼体发育期间只有部分阶段有一个鱼鳔。这可能是在第1阶段和第2阶段中，噪声对幼体无明显影响的原因。 然而，对大菱鲆仔鱼的卵黄囊观察研究中发现，噪声对其的显著影响，且这时幼体并没有鱼鳔（Loes J.bolle et,al, 2012）。

水下噪声对产卵场、索饵场和洄游通道的不同鱼类目前研究不多，因此在营运期水下噪声对产卵场、索饵场和洄游通道的鱼类影响还有待进一步深入的研究。

6.6.2.5 营运期对江豚等海洋哺乳动物的影响

根据目前国际上对海洋哺乳动物和海洋鱼类的影响阈值门限要求，当噪声低于 127 dB/1μPa 以下已和水下背景噪声相当（本工程外业调查表明，该海域海洋背景噪声调查值为 126.6 dB/1μPa），基本上不会对海洋生物产生影响。本分析以此为门限阈值，从噪声分布图可见营运期水下噪声对工程海域海洋哺乳动物的行为活动有影响的距离为 100m 以内。

6.7 水上噪声影响预测与评价

本节引用厦门大学编制的《中广核象山涂茨海上风电场工程水下噪声及电磁环境对海洋生物影响专题研究报告》。

本项目风机切入风速在 3m/s，额定风速为 9.8m/s，当风速达到额定风速时，风机噪声源强亦达到最高。根据浙江省环境监测中心、华东勘探设计院对近年来浙江、江苏等区域沿海或内陆不同风电场、不同单机容量的风力发电机组噪声水平所进行的多次实测结果表明：监测值的平均值范围为 38.7～65.8dB，经过点声源衰减模型反推，国产风力发电机组轮毂处的最大声功率级一般在 95～106dB/re 20μPa之间。 本项目为 风机轮毂高度为127m， 风机噪声源以113 dB(A)作为评估分析。

6.7.1 营运期海域噪声预测

海上风电场风机辐射噪声在声传播过程中，其波阵面会随着距离的增加而增大，声能随距离的增加而按球面波扩展规律衰减。当声波由空气中传导海水中，由于水介质的界面的存在，会使声传播产生折射和散射现象。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的情况下，声源为一面源，其声传播不能按点声源的衰减规律计算；但在风力发电机组较远的情况下，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。通常认为在距风力发电机组水平距离50m以外，噪声计算值与实测值衰减趋势就基本一致。

对近年来国内浙江、江苏等区域沿海或内陆不同风电场、不同单机容量的风力发电机组噪声水平所进行的实测结果（浙江省环境监测中心）表明，风机在不同风速下地面附近所测量的平均值分布范围为 38.7~65.8dB。

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：

假定声音从一个点源无吸收衰减传播，则距离单台风机声源r处预测点A声级L_P（r）计算公式为：

$$L_P(r) = L_W(r_0) - 10\lg(2\pi r^2) \quad (6.7\text{-}1)$$

式中：L_P（r）为单台风机声源r处预测点A声级，单位dB(A)

L_W（r_0）单台风机声源r_0处A声级，单位 dB(A)

经过声源衰减模式（6.7-1）的反推，风力发电机组轮毂处的最大功率级一般在95~110dB之间。

N 台风轮机距离声源r 处的噪声水平总效应$L_{p,total}$(r)为：

$$L_{P,total}(r) = 10\lg\sum_{i=1}^{N}(10^{\frac{L_{P,i}}{10}}) \quad (6.7\text{-}2)$$

本工程风力单台风力发电机组噪声采用最大声功率 113dB（A）计算。经预测多台风机之间噪声的叠加仅是影响范围的扩大，基本不增加强度，总体上风机组的叠加噪声影响较小。

由于风电机组间相距较远，每个风电机组可视为一个点声源，多个噪声在同一点的噪声叠加值比单个噪声值只略有增加，增加值基本可以忽略。

6.7.2 风机噪声预测

6.7.3 风机组噪声影响预测表及等声级图

风机组噪声影响预测见表6.7-1。

表6.7-1 风机组噪声影响预测表单位：dB(A)/20μP

与轮毂直线距离(m)	159	252	317	399	564	632	709	796	1002
与桩基水平距离(m)	98	219	291	379	550	620	698	786	994
风机噪声(dB)	61	57	55	53	50	49	48	47	45

由计算结果可知，在距离风机轮毂直线距离159m处（海面上距桩基水平距离分别为98m），营运期风机噪声降为61dB (A)；在离风机直线距离564m处（海面上距桩基水平距离分别为550m），营运期风机运行噪声降为50dB (A)；在离风机直线距离1002m处（海

面上距桩基水平距离分别为994m），营运期风机运行噪声降为45dB (A)，可满足声环境质量1类标准要求。

多台风机叠加后仅是影响范围的扩大，基本不增加强度，总体上风机组产生的叠加噪声影响很小。预测结果可知：叠加影响后在单排风机外 320m 处，风机噪声可衰减至55.0dB(A)。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。

噪声影响等声级图见图6.7-1。图中6.7-1（a）为单个风机噪声（空气）影响预测等级图，6.7-1（b）为整体风机噪声（空气）影响预测等级图。

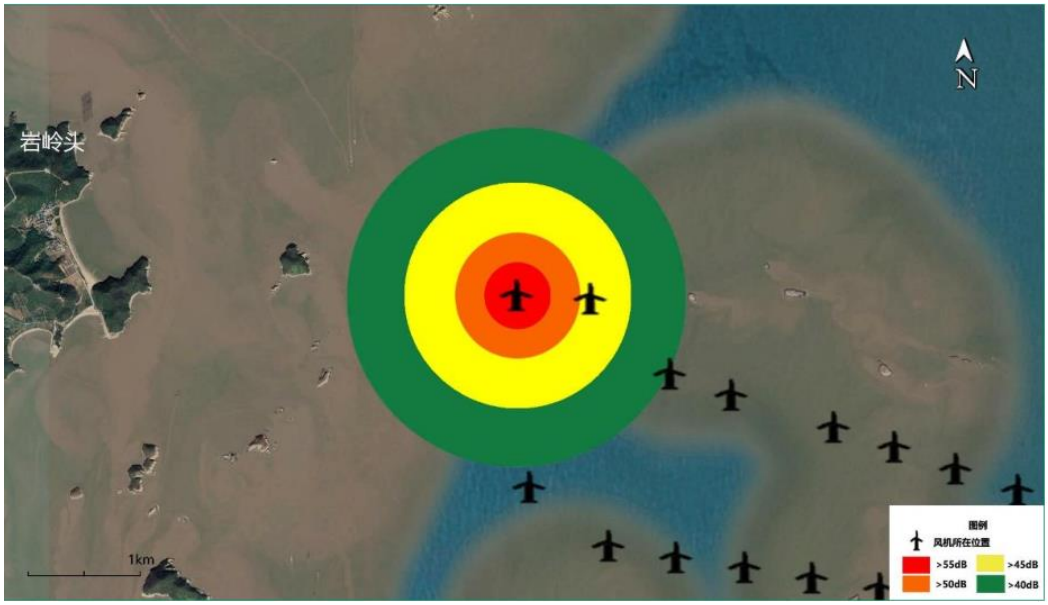


图 6.7-1(a)单个风机噪声影响预测

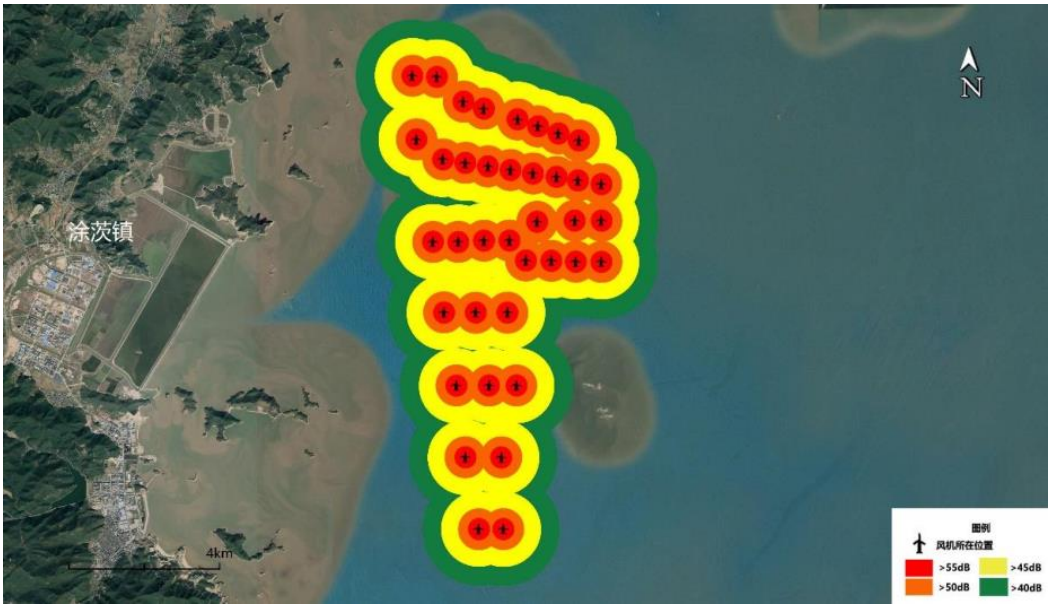


图 6.7-2（b）整体风机噪声影响预测

6.8 鸟类及其生境影响评价

6.8.1 施工期对鸟类的影响分析与评价

6.8.1.1 风电场施工对鸟类栖息和觅食的影响分析

本工程海上风电场周边为海域，针对风电场及邻近海域现场观测记录到的主要是鸥类、鹭类、鸻鹬类以及少量雀形目鸟类，数量相对较少。风电场施工期主要是打桩施工对周边鸟类会产生驱赶作用；海底电缆铺设会破坏工程建设区域的海洋底栖生物和鱼类的生境，减少工程建设区域底栖生物和鱼类的种类和生物量，进而有可能影响鸟类（主要是水鸟）的觅食。由于施工作业时间较短，随着施工结束，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范围有限，只能影响风机周边水域内水生生物的种类和数量，而且工程占用海域面积相对较少，风电场区域不是水鸟唯一的栖息和觅食地。在风电场海域觅食和栖息的水鸟种类和数量比较少，记录到 13 种，数量约占这 13 种鸟类在区域总数量的 2.5%，占所有鸟类总数量的 0.9%，主要是燕鸥类和鸥类，现场观测时，这些鸟类集群跟随观测船只取食船只搅起的水生生物。

鸟类整体上分布在岛屿及周边以及陆域沿岸，距离风电场区较远，风电场风机安装施工对这些区域鸟类的栖息和觅食基本不会产生影响，对在风电场海域活动或者习惯在该海域活动的鸟类来说，会因为驱赶作用而受到一定的影响，受影响的种类和数量相对较少，风电场施工对整个鸟类群落的影响有限。由于风电场周边海域还存在替代的栖息地，一般情况下，鸥类也更习惯于在沿海岸线附件的滨海湿地或者岛屿周边的海域栖息和觅食，这些在海域活动鸟类能找到更合适的栖息和觅食场所，而雀形目鸟类以及鹭类只是飞行经过海域，并不进行觅食或者停歇，因而鸟类栖息和觅食受到风电场施工的影响有限。

6.8.1.2 风电场施工对鸟类繁殖的影响分析

根据象山韭山列岛国家级自然保护区总体规划的调查，海鸟繁殖岛屿并不需要好的植被，好的植被可能反而不利于海鸟繁殖。海鸟选择外围的小型岛屿可能与避开人为干扰有关。尤其是将军帽、南耳朵和麒麟头，是韭山列岛中相对偏远且险峻难登的岛屿，因而也成为海鸟繁殖的首选场所。韭山列岛适宜海鸟繁殖的岛屿，以及历年最大的繁殖种群数量见表 6.8-1。

表 6.8-1　韭山列岛繁殖海鸟种类、最大种群数量和分布

种类 岛屿	黑尾鸥	大凤头燕鸥	中华凤头燕鸥	褐翅燕鸥	粉红燕鸥	黑枕燕鸥	黄嘴白鹭	岩鹭
将军帽	200	4000	20	600			20	2
南耳朵	500	2		40				
马补山	300						12	
铁墩岛		3200	19					
五当礁	400							
犁头礁	650							
小青山	200							
麒麟头	500				200	12		

在本区域繁殖的海鸟主要以上层海洋小型鱼类为食，食物主要包括小带鱼、凤鲚、圆鲹、鲱鱼、舌鳎、龙头鱼、银鱼等。黑尾鸥和鹭类主要在岩礁边探食，或浮在水面取食的方式，燕鸥类以俯冲的形式入水捕食鱼类。黑尾鸥和燕鸥可常跟随在船只后边，取食被螺旋桨打昏的鱼类，或在渔船周边取食废弃的小鱼。黑尾鸥也常停留在张网的网绳上捕食网中的小鱼。根据调查，作为海鸟食物的鱼类在保护区范围有足够的资源。

从 2004 年起，在韭山列岛进行的多次繁殖海鸟调查，曾在将军帽、南耳朵、小青山、麒麟头、马补山等记录中华凤头燕鸥、大凤头燕鸥、粉红燕鸥、黑枕燕鸥、褐翅燕鸥、黄嘴白鹭等繁殖海鸟。据 2011~2013 年的调查和以前的记录比较，韭山列岛历年繁殖海鸟的种类、数量和分布均很不稳定，呈现非常大的波动。这也说明韭山列岛海鸟繁殖状况极不稳定，存在脆弱的一面。

从现场调查的结果来看，集群繁殖海鸟（包括中华凤头燕鸥）分布在铁墩岛，位于韭山列岛国家级海洋自然保护区内，距离风电场边缘 19 公里左右。风电场周边的乱礁洋岛群部分岛屿有部分鸥类集群出现，但未观测到繁殖行为，有待进一步确认。从鸥类集群繁殖的觅食和活动半径来看，风电场对这些集群繁殖海岛鸟类的影响有限，但是考虑到铁墩岛是全球数量非常少的中华凤头燕鸥的繁殖栖息地之一，风电场对铁墩岛作为鸟类繁殖栖息地的影响以及对鸟类繁殖的影响需要格外重视。

此外其他一些繁殖鸟类包括白鹭、环颈鸻、苍鹭、小鸊鹈、夜鹭等水鸟留鸟和麻雀、白头鹎、八哥、珠颈斑鸠、白鹡鸰等非水鸟留鸟以及牛背鹭和池鹭等区域夏候水鸟和家燕、棕背伯劳等夏候陆鸟。这些繁殖鸟类中，陆鸟主要是在岛屿上或者邻近陆域的山中

繁殖，水鸟主要是分散在岛屿和岛屿周边围堤内侧的荒地或者林地中繁殖。距离风电场施工区域比较远，繁殖活动受到风电场施工直接影响的可能性比较小。同时，这些繁殖鸟类中，水鸟主要在近岸湿地潮间带滩涂或者陆域的水域觅食，部分鸥类和燕鸥类会出现在风电场海域觅食和/或者飞行经过，家燕等飞行经过风电场用海区域。风电场占用海域及邻近海域不是这些鸟类的重要繁殖栖息地，也不是这些到海域活动的繁殖鸟类的主要觅食区，施工对这些鸟类的栖息和觅食基本不会产生负面影响。

6.8.1.3 风电场施工对鸟类迁徙的影响分析

风电场海域也有记录到少量迁徙路过或者飞行经过的鸟类，从施工特点分析，风机等施工具有时间短和间断施工的特点，风机安装施工均需要在白天进行。

从施工阶段分析，在风机基础施工、升压站施工期间，由于均为近海面作业，施工设备的高度一般在 20m 以下。在风机安装阶段，根据风机的轮毂高度和叶片半径，总高度约 230m，加上基础高度，在 250m 左右，在这一阶段，鸟类正常迁飞一般不会受影响，只有在云雾、小雨等不利天气情况下，有些鸟类会飞至工程风机总高度甚至以下。在施工期间，由于有施工噪声，施工阶段安装好的风机不运转，也比较大，容易被迁飞鸟类注意到。丹麦 Tjaerebor 等通过雷达对迁徙鸟类的研究发现，不管是在白天或黑夜，在 2MW 叶片直径 60m 的风力机前 100 至 200m 鸟能发现它的存在，而且提前改变飞行路径，飞行在高于风力机的安全高度。综上所述，工程施工期对迁徙鸟类影响较小。

6.8.1.4 环境事故风险对鸟类的影响

风电场施工过程中要大量用到船舶运输装备和材料、用船舶进行打桩和吊装施工等，存在施工船舶溢油风险。如发生溢油事故，将对海洋生物和海洋生态系统将产生深远的不利影响。尽管不同油品的影响程度和持续时间不同，但是总体上，漂浮在水面上的油类会直接导致海洋生物的死亡，也会波及海岸带和邻近岛屿，进入沉积物，尤其是滩涂沉积物中，缓慢释放，形成持久的毒性。鸟类进入含油水面或者油污染的滩涂，身体上会沾上油污，影响其活动，进而影响生存。油类物质会通过食物链或者直接被摄入鸟类体内，毒害鸟类。溢油事故也会产生长期影响，影响溢油区域活动或者觅食的鸟类的繁殖。

6.8.2 运营期鸟类影响

6.8.2.1 风电场运营对鸟类栖息地利用的影响

海上风电场建设导致直接的栖息地丧失实际上很小。研究人员估计整个风电场只有2~5%的面积被风机建设直接改变。风电场选址避开了鸟类重要的栖息地，直接的栖息地丧失对鸟类的影响非常有限。

海上风电场的建设也有可能形成新的栖息环境，从而增加鸟类的栖息地。风电场的水下构造有可能形成人工鱼礁等，加上风机的存在限制了各种船只的捕捞活动，区域鱼类密度会增加，进而吸引食鱼性鸟类前来觅食。风机基础建设增加鱼类丰度已经得到部分研究的证实，有经验的海钓爱好者也更加喜欢在风电场区域垂钓。风电场的风机基础即邻近区域也会聚集表层生活的底栖动物。随着时间的增加，底栖动物的生物多样性会增加，群落主要由区域本土物种占优势。如果鸟类不避开风电场，且没有明显的撞击死亡，鱼类和底栖动物的增加将有助于形成适宜的鸟类栖息地（Drewitt and Longton 2006，Fox et al. 2006，Inger et al. 2009），进而吸引海鸟前来觅食。比如在丹麦的 Horns Rev 风电场，监测表明风电场建成以后鸥类和燕鸥都有偏好于风电场区域的趋势（Petersen et al. 2004）。

中广核象山涂茨海上风电场项目场区中点离岸距离约 8.2km，场区南北最长 12.2km，东西最宽 4.7km，涉海面积约 46km^2，对于绝大多数鸟类来说，不适宜作为栖息地。

从现场调查来看，风电场场区海域鸟类数量约占到整个区域鸟类数量的 0.6%。主要是飞行经过海面的燕鸥类、鸥类、鹭类、雀形目鸟类。这些鸟类出现在海面上的数量占整个区域记录到的这些鸟类数量比例相对较小，且主要是在海域飞行经过，部分鸥类和燕鸥类鸟类会跟随观测船只在海面觅食，也即把海域当做觅食栖息地，风电场海域记录到的鸥类和燕鸥类鸟类数量占区域记录到的鸥类和鸥类数量约 6.9%。风电场占用海域对绝大部分鸟类来说并不是适宜栖息地，鸟类在海域活动的数量比例较低，能够利用海域、在海域觅食的鸟类数量占比也比较低。风电场占用海域并不是鸟类的主要分布区域，也不是鸥类等可以在海域觅食的鸟类的主要觅食和活动场所，且周边存在大量的替代海域可以弥补风电场区占用的海域。风电场对海域作为鸟类栖息地的直接影响比较小。

6.8.2.2 风电场阻碍驱赶对鸟类迁徙和飞行的影响

阻碍、驱赶影响主要是指风电场的存在改变了鸟类的飞行路线和方向，鸟类必须消耗较多的能量来绕过风电场。从鸟类的角度，则是鸟类避开利用或者出现在风电场建设

海域。目前为止，研究还没有发现种群水平的影响，但是如果风机处在觅食地和繁殖地之间，对繁殖鸟类的影响会很大。如果多个风电场连续影响鸟类的飞行路线而增加鸟类的能量消耗，也有可能产生累积效应而影响鸟类种群。风电场对鸟类的阻碍和驱赶影响以及由此产生的鸟类躲避反应而对鸟类的干扰程度变化很大，取决于一系列的因素，包括季节、鸟类物种、鸟类的集群规模、鸟类的适应程度、鸟类对风电场建设区域的利用格局、风电场建设区域到重要栖息地的距离、风电场周边可替换栖息地的可提供性、风机的类型以及鸟类所处的生活史周期（越冬、换羽、繁殖等）等，具体的海上风电场工程对鸟类的影响，需根据具体情况来分析和评估。

风电场的阻碍、驱赶影响，加上鸟类的躲避效应，通常情况下，海上风电场的建设对区域鸟类数量会有负面的影响。从已有证据来看，海上风电场直接导致的鸟类死亡率比较低，海上风电场区域鸟类丰度的降低主要还是因为鸟类避开出现在风电场区域。

鸟类飞行过程中在 100 到 3000 米左右开始出现对风电场的躲避行为，即在 100 到 3000 米左右开始改变其飞行路线，绕开风电场。在 Horns Rev 风电场和 Nysted 风电场（72 个 2.3MW 风机），大量证据表明迁徙飞行的绒鸭会避开风电场。根据风机的间距，有些鸟类个体会在风机间飞行，比如在丹麦的 Nysted 海上风电场用雷达进行的研究表明白天大部分鸟类在距风电场 3km 以外就开始改变飞行路线，而晚上在 1km 左右改变方向，在风机群周边飞行时表现出明显的躲避行为（如图 5-2），部分鸟类个体会从风机间穿过，虽然这方面的观察研究很有限，但是已有的观察为风电场设计提供了很好的依据，比如东海大桥一期建设中，为迁徙鸟类提供迁徙通道，就是减缓风电场建设对鸟类迁徙飞行影响很好的措施。

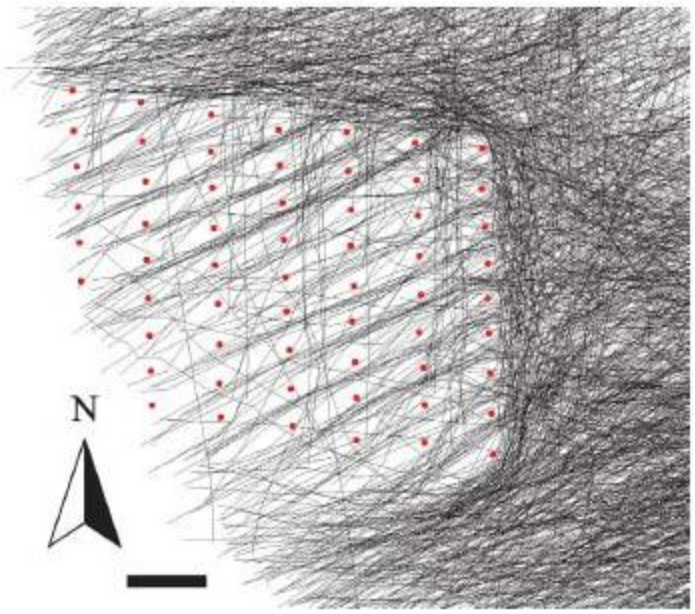


图 6.8-2 雷达监测显示大部分绒鸭都绕道经过 Nyted 海上风电场（图中红点为风机位置，每条黑线代表一只次绒鸭飞行路线）（自 Desholm & Kahlert 2005）

中广核象山涂茨海山风电工程所处海域及周边岛屿的鸟类在分布上主要是分布在沿岸和岛屿上，海域鸟类的种类和数量相对较少；从区域迁徙鸟类的种类和种群规模来看，所处海域不是鸟类重要的迁徙通道，风机的阻碍驱赶影响对鸟类迁徙影响有限，可能受到影响的主要是针对海域活动的鸥类、燕鸥类、少量雀形目鸟类和鹭类，而这部分鸟类的种类和数量都非常少，总数不到区域鸟类的 0.6%。

此外，风电场海域整体上处在北面、西面、东南面有岛屿的海域，位于这些岛屿和陆域岸线的鸟类都有可能穿越风电场所在海域，比如岛屿栖息的雀形目迁徙鸟类，应该会在岛屿与大陆之间或者岛屿与岛屿之间穿越海域飞行；在岛屿上雀形目鸟类种类和数量比较多，这些鸟类南北飞行或者东西向飞行时都有可能经过风电场所在海域。风电场的存在必然会对这些鸟类的行为产生影响。

根据前述鸟类的这种针对风电场风机的躲避行为或者躲避能力表明鸟类飞行或者迁飞过程中，即使进入到的风电场区域，也能绕开风电场而不受到风电场的影响。风电场场址场区南北最长 12.2km，东西最宽 4.7km。鸟类飞行经过海域时如果要绕行风电场区域，所增加的飞行距离也不会太大，尤其是邻近岛屿可以作为暂时的歇脚点，对南北向迁徙或者飞行的影响有限。

6.8.2.3 鸟类-风机撞击致死分析

海上风电场鸟类撞击致死有三种可能途径：鸟类撞上风机塔或者支架、鸟类撞上旋转的叶片或者被叶片旋转形成的旋涡甩到海中。

由于海上很难探测或者观测到鸟类与风机及其附属物的撞击，海上风电场鸟撞死亡率相关的信息比较少。探测撞击和飞行躲避，目前常用的技术有雷达、热成像和声学探测等。在丹麦的 Nysted 海上风电场用雷达进行的研究表明白天大部分鸟类在距风电场 3 公里以外就开始改变飞行路线，而晚上在 1 公里左右改变方向，在风机群周边飞行时表现出明显的躲避行为。绒鸭的躲避行为加上热成像照相的结果表明绒鸭只有很低的撞击死亡率。同样的，瑞典的 Kalmar Sound，目视观察绒鸭的移动对两个近岸风机的反应，在 1.5 百万迁徙水鸟中，只有 1 次撞击事件（Pettersson 2005）。而在德国北海一个海上研究平台上的研究发现，13,037 只迁徙雀形目鸟类中有 442 个个体撞死于该平台，天气原因（大雾和小雨）是导致这些雀形目鸟类撞上海上研究平台的主要诱因（Huppop et al. 2006）。上述或有或无的撞击死亡率研究记录是否会对鸟类产生种群水平的影响还未可知，因为这些鸟类具有相对较大的全球种群。如果有多个风电场对鸟类种群形成累积影响的话，鸟类撞击风机致死的影响在某些区域可能会更严重（Drewitt and Langton 2006）。

海上风电场鸟类撞击死亡也取决于很多因素，比如风电场位置、鸟类物种、季节、气候、灯光、风机排列、地形、风机技术、距离迁徙通道的远近、附近出现的鸟类物种以及鸟类丰度等。同一个物种不同个体年龄、行为、所处繁殖期的不同阶段等也可能会影响到撞击死亡发生的风险（Drewitt and Longston 2006，Kuvlesky et al. 2007，Sovacool 2009）。从已有的陆上风电场鸟击记录来看，单个风机年鸟类撞击率在 0.01 到 23 只鸟个体之间变动，而撞击率最大的风电场达到了每个风机每年 64.3 次撞击（Drewitt and Langston 2006）。风电场的位置对鸟类撞击死亡率以及对鸟类种群潜在影响有很大影响，这种差异主要由风电场选址造成：那些选址在远离大量鸟类集中分布区域的风电场，鸟类撞击死亡非常低（Drewitt and Langton 2006）。即使是同一个风电场内，不同单个风机对鸟类影响的差异也很大（Everaert and Stienen 200）。

鸟类的飞行高度相对于风机的高度对鸟类风机撞击率有很大影响。鸟类迁徙经过海上时飞行高度的研究很少见。在德国北海的一个研究表明，大约一半的迁徙鸟个体的飞行高度处在风机高度范围内（如图 6.8-3，低于 200 米高度）（Huppop et al. 2006）。从陆域研究记录来看，鸟类在直接的长距离迁徙飞行过程中，特别是在天气晴好的夜晚，飞行高度通常较高，如表 6.8-1 所示，绝大部分鸟类的飞行高度在 150m 以上：小型鸻鹬类迁飞高度在 50 到 250 米，大中型鸻鹬类迁飞高度在 100 米到 400 米，鹭类一般在

150-600 米，鹳类在 350 米到 750 米，鹤类在 300 米到 700 米，鸭类迁飞高度在 150-500 米。但是在天气恶劣或遇上异常天气条件，许多鸟类会降低飞行高度，或作中途停歇。鸟类在迁徙的中途停歇地，由于觅食的需要，通常需要在觅食地和栖息地之间往返迁飞。这种迁飞由于飞行距离通常较短，其飞行高度通常要低于直接的长距离迁飞。

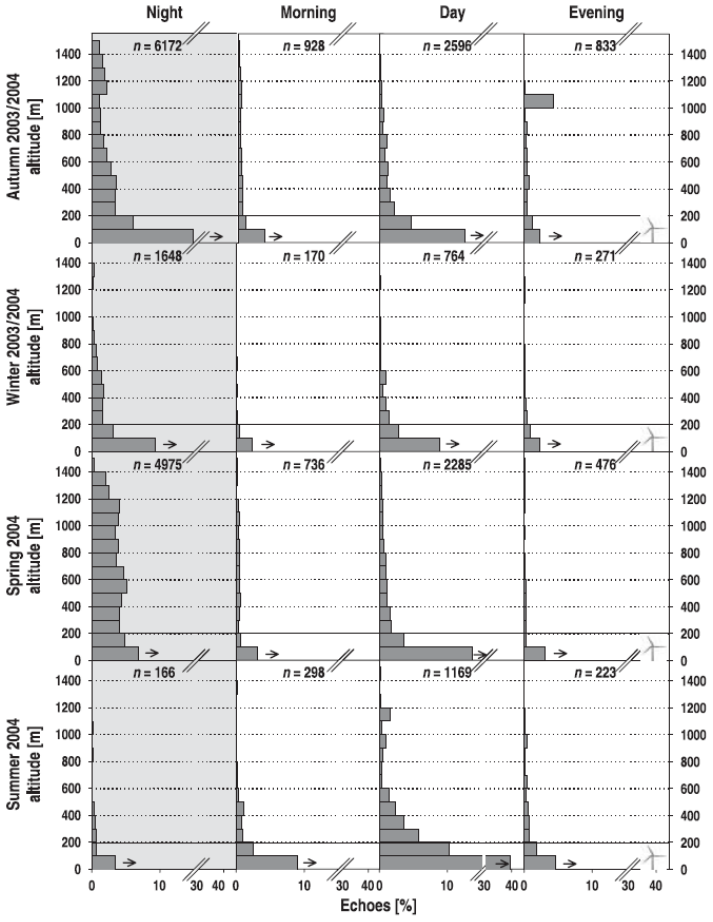


图 6.8-3 德国北海一个海上研究平台记录到的鸟类飞行高度分布（自 Huppop et al. 2006）

表 6.8-1 风机叶片和主要迁徙鸟类在陆域飞行高度一览表

考察物	高度（m）
风机叶片	30-110
小型鸻鹬类/雀形目鸟类	50-250
中型鸻鹬类	100-300
大型鸻鹬类	150-400
鹭类	150-600
鹳类	350-750
鹤类	300-700
鸭类	150-500
雁类（包括天鹅）	350-12000

另外一些研究或者观测记录表明，大多数鸟类迁徙时的飞行高度在 150m～1000m 之间，大型鸟类有些可达 3000～6300m，有些大型种类（如斑头雁）的飞行高度能达 9000m（图 6.8-4）。由于大部分鸟类的迁徙是在天气晴好的夜晚，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，而避免与风机发生撞击(Able，1999；Dillon Consulting Limited，2000)。而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(Winkelman，1995)。

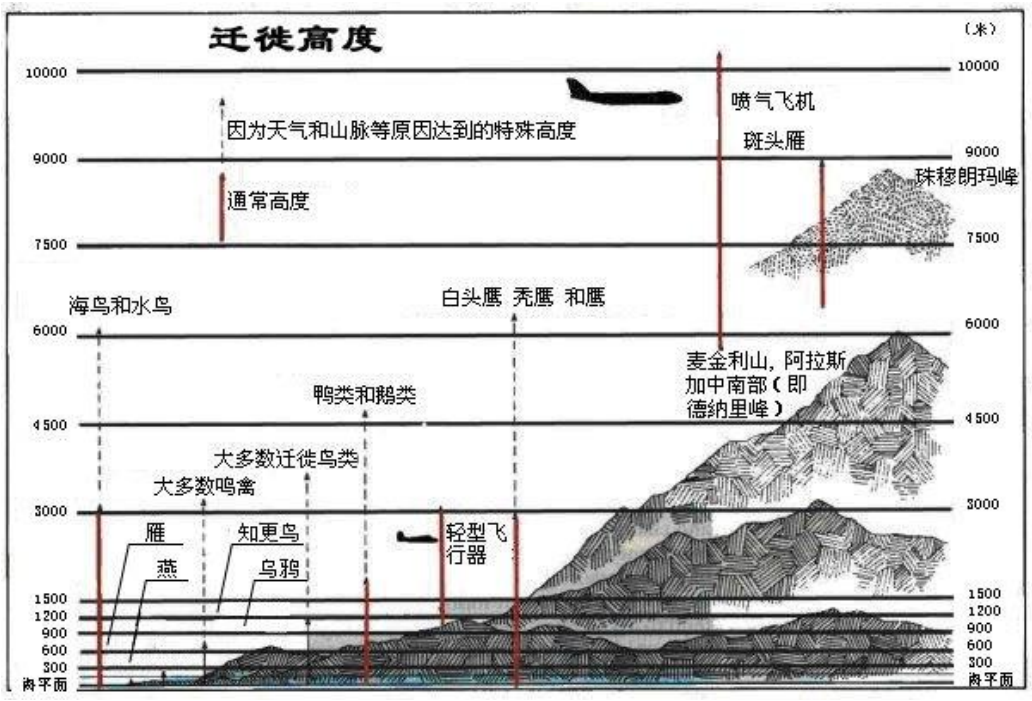
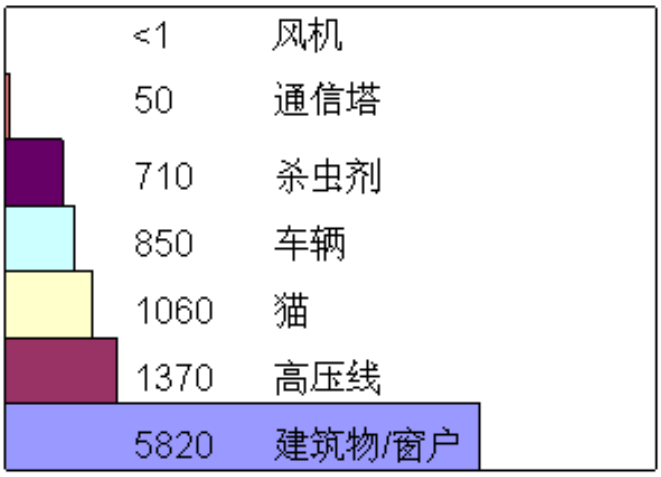


图 6.8-4 鸟类迁徙飞行高度示意

鸟类与风机发生撞击而造成死亡与与风机的转速也有一定的相关关系(Orloff and Flannery，1995)，一般变速的风机对鸟类的影响较大。但即使如此，在许多情况下仍然有 80％以上的鸟类可以穿过变速的风机而不受丝毫损伤(Winkelman，1992)。特别是在离岸建设风电场，撞击概率就更小。如在 Utgrunden 的海上风电场，观察到有 500000 只海鸭穿过风电场，但没有发生一起撞击事件(Petersson and Stalin，2003)。丹麦西部的 Tjaereborg 通过雷达研究风力机与鸟的关系，表明不管是在白天或黑夜，在 2MW 叶片直径 60m 的风力机前 100 到 200m，鸟就发现它的存在而提前改变飞行路径，飞行在高于风力机的安全高度。Erickson（2005）根据大量的统计资料指出，风力发电对鸟类造成的伤害远小于城市建筑物、通信设施等对鸟类造成的伤害（图 6.8-5）。



(每10000只鸟中死亡个数)

图 6.8-5 鸟类死亡原因统计 (Erickson，2005)

已有针对鸟只撞击风机的研究表明鸟类-风机撞击的概率比较低，为便于进行定量估算，采用Percival(2003)关于一般飞行高度下穿越风电场的鸟类撞击风机的概率的统计结果作为估算依据，即以0.01%预测鸟类撞击风机的次数，风电场所在海区四次调查共记录到鸟类398只个体，则每台风机每年发生碰撞的次数约0.0398次，38台风机年发生撞击约1.51次。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，但发生的概率以及发生的次数总的来说比较低，不会对区域鸟类的种类和种群数量造成可探测的影响，也不会因为撞击或者撞击致死对迁徙路线上鸟类种群数量产生可探测的影响。

6.8.2.4 风机特性对迁徙鸟类的影响

① 风机高度对迁徙鸟类的影响

本工程风电场区域处于东亚—澳大利亚候鸟迁徙的通道上，鸻鹬类、鸥类和鹭类和雀形目鸟类为本工程风电场海域及邻近岛屿鸟类的优势类群，也是主要的迁徙鸟类。鸻鹬类、鸥类和鹭类的迁飞高度超过300m，本工程的风机轮毂高度127m，叶片直径220m，总高度237m，风机叶片旋转的范围在离地面15～237m之间，鸟类迁飞的高度一般都会超过风机的轮毂和叶片的高度，加上鸟类的躲避行为，天气状况良好的情况下，迁飞的鸟类基本都能都开风机叶片扫过的区域。风电场风机对水鸟迁徙影响较小。

但是在鸟类迁徙遇到逆风不能着陆时，飞得很低，几乎是近地面或近海面飞行，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。但在工

程风电场区春秋季鸟类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，非鸟类的主要迁徙季节。因此，不利天气因素造成对项目评价区鸟类迁徙造成不利影响小。

据美国审计署统计，雀形目鸟类是与风机撞击更多的鸟类，占撞击死亡鸟类的 80%左右。小型鸣禽如往返于休息地与觅食地、饮水地等的迁徙活动中，都是低空飞行，飞行高度大都低 100m，尤其在鸟类迁徙密集区域撞机风险更大，碰撞塔架或风机叶片造成伤亡。但是同撞飞机、汽车、建筑物、通讯塔、架空电线等鸟类死亡的数量相比，死于风电场风机下的鸟数量是很少的，而海域本身不是雀形目鸟类常规的栖息和活动场所，只有少数雀形目鸟类飞行经过风电场海域，种类和数量相对较少，加上其飞行过程中可以绕开风电场区域、躲避海上风电场，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主要在陆域，只记录到少量雀形目鸟类种类和数量会飞行经过海面，基本不存在风机对小型鸣禽迁徙的影响。

但是从风电场周边岛屿鸟类组成来看，雀形目鸟类是岛屿鸟类群落的主要组成部分，这些雀形目鸟类在进入和离开岛屿或者南北迁徙的时候，或多或少会经过海域，虽然在现场观测中没有观测到大量雀形目鸟类飞经海域，但是这种可能性是存在的。

② 风机转动速度对迁徙鸟类的影响

根据现有研究监测资料，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。因此，在天气晴好的情况下，鸟类误撞风电机的几率极小。

③ 风电场布置对鸟类的影响

如果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。本风电场工程风机布置上，风电机组行间距1541~1890m，行内间距 646~865m，风电机组间最小间距 646m。每台风机叶片转动形成阻隔面积约为3.80hm^2，38台共计阻隔面积为144.45hm^2。南北方向的通

道在646m以上，最少4个风机一行，最多7个风机一行，相当于在风电场东西方向上最大会形成26.61hm^{2}的阻隔面积；东西方向风机之间间隔最小不到1541米，最多7行风机排列，风电场在南北方向上形成阻隔面积约相当于26.61hm^2。风电场东西、南北这种规模的阻隔面积相对于广袤的海面来说占比很小，而且鸟类的视觉比较敏锐、反应机警，加之本项目风机周围鸟类种类和数量分布较少，发生鸟类碰撞风机致死现象的可能性很小。

据施月英等对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鸟类数量较多，飞行高度多在 40m 以下的低风险区，而在 40～120m 的高风险区的鸟类数量很少，而且飞行通过的种类以小型鸻鹬为主。在丹麦的 Nysted 和 Horns Rev 风力发电场鸭类能在 480m 排间距的风机之间穿越飞行。总之，迁徙候鸟有一定避让风机和风电场的能力，风电场对迁徙鸟类影响较小。

综上所述，鸟类在迁徙过程中与海上风电场风机相撞机率低，风电场建成后对候鸟迁飞影响较小。

6.8.2.5 风机低频噪声对鸟类的影响

噪声对鸟类等主要依靠声音进行通讯的类群的影响更为严重(Slabbekoorn & Ripmeester，2008；Francis et al.，2009)。因为鸟类尤其是鸣禽主要通过鸣声进行通讯，如吸引配偶、防卫领域、预警、乞食和求救、躲避天敌等。噪声干扰动物寻找觅食适合区和追赶猎物并辨别天敌位置的能力，使动物的捕食效率和生存力大大下降。

在遗传和环境共同作用下，鸟类鸣声具有种或个体特异性(Xia et al.，2010)，在噪声环境中，鸟类可选用特定音节或鸣唱句型传递信息（Robisson etal.，1993；Kennedy et al.，2009），但当环境噪声太大时，声信号被淹没，鸟类的特异性鸣声会失去作用，此时要通过调整声信号来完成通讯（Aubin & Jouventin，2002）。鸟类主要通过 Lombard 效应应对噪声干扰，即当环境噪声水平提高时，声信号发出者改变频率和振幅，增大信噪比，降低噪声对声信号的干扰，这一现象普遍存在于动物的通讯中（Rabin &Greene，2002；Brumm & Slabbekoorn，2005；Warren etal.，2006）。近年的研究还发现，鸟类还会调节鸣唱时间来避开噪声干扰(Ward et al.，2003；Erne & Am rhein，2008；Hardouin et al.，2008)。

鸟类生活环境中的噪声可分为人为噪声和自然噪声。前者如各种交通噪声，可瞬时爆发、频率低、能量高、持续时间短、作用面积小；后者如晨鸣合唱，进行缓慢、频率

多样、延续时间长、作用范围广。城市噪声属于低频高能（Katti & Warren，2004；Slabbekoorn & Ripmeester，2008），频率一般低于 2kHz，最高不超过 5kHz（Skiba，2000；Patricelli& Blickley，2006）。许多动物的发声频率在这一范围内，包括鸟类（Slabbekoorn & Peet，2003；Brumm，2004b），受噪声影响很严重。在长期的适应和演化过程中，动物的声音具有一定可塑性，在声通讯过程中，能根据外界声音环境的声级变化，在一定程度上调整发声频率，避开噪声干扰（Sober & Brainard，2009）。与其他动物相比，鸟类鸣声可塑性更高(Boteroet al.，2009)。鸟类鸣声频率主要分布在 2 ~9 kHz（Rheindt，2003)，环境噪声常会影响鸟类鸣声的低频部分。鸟类能通过提高鸣唱最低频率和主频应对噪声频率的干扰（Slabbekoorn & Peet，2003；Catchpole & Slater，2008；Nemeth & Brumm，2009）。

与本工程风电场区距离较远的大陆以及部分岛屿和岛群上栖息的鸣禽基本不会受到风电场低频噪声的影响，距离较近的岛屿，比如乱长礁、柴山礁、大野猪礁、灯笼山礁、天胆礁、和尚山礁、上四礁、下四礁等栖息的鸣禽会受到一定的影响；场区海域以及邻近的这些岛屿上，不是鸟类的主要栖息地，鸣禽种类和数量相对较少，受到风电场低频噪声影响的鸟类占比很小，对整个区域鸟类种类和数量不会有明显的影响。

6.8.2.6 工频电磁场对鸟类的影响

风电场运行期输电线路会产生工频电磁场，工程集电线路主要为 66kV 电压等级。本工程 66V 海底电缆拟选用三芯绝缘海缆。电缆外层包裹有金属屏蔽层和铠装层，可以有效地屏蔽电缆带电芯线在周围所产生的电场。而海水对交流海底电缆产生的 0.5MHz 磁场的屏蔽作用极强，磁场能量会迅速衰减。

国内外关于极低频电磁场对鸟类迁徙活动影响的研究较少，根据已有的研究表明，没有足够的生物学或生理学的证据表明低频电磁场会对鸟类群落产生影响。许多鸟类在迁徙过程中借助地球磁场定位及导航(Wiltschko and Wiltschko 1988)。研究发现，极弱的电磁场或许会干扰信鸽方向辨别神经系统，造成信鸽的方向迷失 (Wiltschko and Wiltschko，1988)。研究同时发现，虽然开始时较弱的电磁场会对鸟类个体产生一定的方向迷惑，但整个鸟群可以很快的适应电磁场的异常改变，并再次成功的定位。

Beaver （1994）利用树燕研究了极低频电磁场会不会改变鸟类迁徙的导航能力，结果表明极低频电磁场不会造成显著的变化。Hanowsk 等（1996）根据美国密歇根州北部

输电线路架设前后历时 8 年的实测数据，分析了极低频电磁场对鸟类繁殖和迁徙的潜在影响，同样得出结论，鸟类繁殖和迁徙均不受极低频电磁场影响。

鸟类在迁徙过程中，只有非常短的时间暴露在风电场电磁环境中，而工程采用的电缆敷设于海底泥面以下 2m，海缆有加强铠装保护，敷设于海底后有较好的屏蔽作用，根据类比监测情况，工频电场基本受屏蔽，工频磁场逐步衰减，正常情况下在 20m 内衰减至接近本底值，而进入海水后衰减更快，因此对海面以上的电磁环境影响基本可以忽略，因此风电场运行期电缆电磁环境变化不会对鸟类迁徙活动产生影响。

6.8.2.7 对繁殖鸟类的影响

根据现场调查，海鸟集群繁殖栖息地主要位于铁墩岛，位于韭山列岛国家级海洋自然保护区内，距离风电场边缘 19 公里左右。其他繁殖鸟类主要是在区域陆域繁殖的雀形目鸟类，分散在岛屿和陆域沿岸。种类分布上，主要分布在陆域和岛屿，岛上又比较集中的分布在南韭山岛，海风电场所在海域记录到 9 种，主要是鸥类、燕鸥类，在繁殖季节分析经过海域或者在海域觅食，数量上，风电场区域记录到的繁殖鸟类数量占 0.2%，83%的繁殖鸟类数量分布在沿岸，13%以上分布在南韭山岛等岛屿。集群繁殖的鸟类主要是大凤头燕鸥，集中分布在铁墩岛，其中有少量中华凤头燕鸥繁殖，风电场周边的乱礁洋岛群部分岛屿有部分鸥类集群出现，但未观测到繁殖行为，有待进一步确认。从鸥类集群繁殖的觅食和活动半径来看，由于距离风电场较远，有 19 公里左右，远大于鸥类集群繁殖的期间觅食活动范围，风电场对在韭山列岛国家级海洋自然保护区内铁墩岛上集群繁殖海鸟的影响有限，但是考虑到铁墩岛是全球数量非常少的中华凤头燕鸥的繁殖栖息地之一，风电场对铁墩岛作为鸟类繁殖栖息地的影响以及对鸟类繁殖的影响需要格外重视。

此外其他一些繁殖鸟类包括白鹭、环颈鸻、苍鹭、小鹊鹞、夜鹭等水鸟留鸟和麻雀、白头鹎、八哥、珠颈斑鸠、白鹡鸰等非水鸟留鸟以及牛背鹭和池鹭等区域夏候水鸟和家燕、棕背伯劳等夏候陆鸟。这些繁殖鸟类中，陆鸟主要是在岛屿上或者邻近陆域繁殖，水鸟主要是分散在岛屿和岛屿周边围堤内侧的荒地或者林地中繁殖。距离风电场施工区域比较远，繁殖活动受到风电场施工直接影响的可能性比较小。同时，这些繁殖鸟类中，水鸟主要在近岸湿地潮间带滩涂或者陆域的水域觅食，部分鸥类和燕鸥类会出现在风电场海域觅食和/或者飞行经过，家燕等飞行经过风电场用海区域。风电场占用海域及邻近

海域不是这些鸟类的重要繁殖栖息地，也不是这些到海域活动的繁殖鸟类的主要觅食区，施工对这些鸟类的栖息和觅食基本不会产生负面影响。

6.8.2.8 对保护鸟类的影响

从重点保护鸟类的空间分布来看，重点保护鸟主要分布在岛屿以及陆域沿岸，距离风电场较远的岛屿以及陆域沿岸分布的保护鸟类基本不会受到风电场的影响。

直接出现在风电场海域的保护鸟类约 6 种 276 只次，主要是鸥类，这些鸟类会受到风电场的驱赶或者阻碍影响，考虑到数量占比很低，对区域保护鸟类种群基本没有影响。

距离风电场较近乱礁洋岛群几个岛屿上，记录到保护鸟类 7 种 1306 只次，包括鸥类，也有少量受保护的雀形目鸟类和鸻鹬类，这些保护鸟类或者会被因为驱赶作用而被迫离开这些岛屿而改变他们的栖息地，或者由于躲避风机的能力等逐渐适应风电场的存在而不受影响。这些岛屿分布的保护鸟类数量比例相对不多，算不上保护鸟类的重要栖息地，有可能被驱离改变栖息地而受影响，但是不会对整个区域保护鸟类群落造成明显的影响。尽管如此，仍需重点关注这些岛屿上保护鸟类的种群动态，监测其动态变化及对风电场建设和运营的响应。

6.8.2.8 累积影响分析

中广核象山涂茨海上风电场项目周边海域东北侧有已建成的舟山普陀 6#，南侧有在建的象山 1#风电场，虽然距离比较远，不会连接成片，但是横亘在鸟类迁徙路线上，有可能对鸟类迁徙产生累积影响，建议本工程建成后定期鸟类累计影响环境监测并适时开展环境影响后评价。

6.9 其它环境要素环境影响预测与评价

6.9.1 环境空气影响分析

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。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敏感点不会产生影响。陆上运输车辆流量小，产生的扬尘对陆域环境空气影响较小。

由于管理人员较少，用餐人数不多，厨房产生的油烟废气量较少，经脱排油烟机收集后排放室外，通过稀释扩散后废气排放对空气环境基本无影响。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。

6.9.2 固体废物影响分析

施工高峰期生活垃圾产生量约 450kg/d。生活垃圾产生量较少，且收集后由当地环卫部门统一清运，对周围环境影响很小。

运行期固体废物主要来自风电机组检修维护过程中产生的废油和含油棉纱废物，属于危险废物，需由具备资质的专业处置单位运至岸上进行妥善处置。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。

6.9.3 电磁环境影响分析

本工程海底电缆均敷设于海底土层以下，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。由类比分析可知，本工程海缆上方 1m(中心处)工频磁感应强度远低于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）公众暴露控制限值 0.1mT。因此工程产生的电磁场对底栖贝类和鱼类、虾蟹类影响较小。另外根据国内外现有电磁场对海洋鱼类的影响研究资料分析，风电场运行期期间，产生的工频电磁场不会改变鱼类的洄游路线及洄游形式。

6.9.4 陆域声环境影响分析

陆缆施工时，主要施工机械有挖掘机、推土机、运输车等，其施工噪声预测结果见表 6.9-1。施工期间，施工机械是组合使用的，噪声影响将比表 6.9-1 列出的要大，将使场界噪声超标。故施工单位应合理安排施工时段，施工场地边界设置临时隔声围屏，夜间禁止高噪声施工活动。由于陆缆及施工场地附近没有声环境保护目标，且陆缆仅 265m，工程量很小，工期很短，因此陆域施工噪声对周围环境影响不大。

表 6.9-1 陆缆施工噪声影响预测值 单位：dB（A）

施工	噪声源与预测点距离（m）									
设备	5	10	20	30	40	50	80	100	150	200
挖掘机	90	83.5	77.8	74.1	71.5	69.5	65.1	63.0	59.0	56.0
推土机	88	82.0	75.8	72.1	69.5	67.5	63.1	61.0	57.0	54.0
运输车	90	83.5	77.8	74.1	71.5	69.5	65.1	63.0	59.0	56.0

6.9.5 陆域生态环境影响分析

陆缆施工在开挖期间会对施工区域生态环境造成阶段性破坏，受影响植被主要草地，且覆盖率极地，工程占地只对局部区域植被产生一定的影响，但不会造成植物物种多样性的减少，本项目对陆域生态环境影响很小。

6.10 对海洋开发利用活动影响分析

6.10.1 对港口的影响

根据《宁波－舟山港总体规划（2014-2030 年）》，本风电场区海域港口主要为象山港区。港区划分为松岙、强蛟、西周、贤庠、外干门共 5 个作业区。风电场位于港区南侧，已避开港区各作业区，距最近的外干门作业区约 5km。

通过本项目水动力、冲淤预测分析可知，风电场实施带来局部水动力和冲淤变化不影响港口区域的水深地形，不影响港口的建设。风电场的建设对为象山港区无影响。

6.10.2 对航道的影响

依据《宁波-舟山港总体规划（2014-2030年）》《宁波－舟山港航道与锚地专项规划》，工程区附近主要的航道资源为象山港进港航道、西航路、沿岸小型船舶航路，以及规划的外干门航道和六横南侧进港航道。

（1）对象山港进港航道的影响分析

本项目位于象山港进港航道的南侧，最近距离约 5km，由本项目水动力、冲淤预测分析可知，本项目实施对海域水动力和冲淤环境的影响范围未至该航道，对该航道的水深地形无影响。本项目施工船舶若需经过该航道进出项目区，需做好通航安全防范措施，避免发生通航安全事故。

（2）对西航路的影响分析

本项目位于西航路西侧，与西航路西侧航道边线的最近距离约 1.05km，与航路中心线最近距离约 2.9km，本项目的实施对该航路将产生一定的影响。

1）施工期影响

本项目施工需使用较多船舶，大量施工船、警戒船汇集在工程水域，尤其是以上船舶因转运人员、施工材料等需要频繁进出施工水域，势必对周边船舶的通航安全带来影响。为此，本项目施工期需做好通航安全防范措施，避免发生通航安全事故，具体为：

①本项目施工期前需进行通航环境影响评价，取得港航部门的同意意见，施工和建设单位需按照港航管理部门的要求做好相应的安全防范措施。

②还需根据海事部门要求，施工前清除风电场及周边水域影响施工作业的沉船、礁石，改善施工水域通航条件；施工单位应编制施工作业方案、保障措施方案、应急预案，并向海事部门申请办理施工作业许可；同时，建设单位应建立健全施工安全管理制度，有效协调组织风机基础建设、风机安装、海缆敷设等多支队伍同时施工作业，严格落实安全保障措施。在风电场施工前应及时向海事主管机关申请发布航海通告，避开本项目风电场施工区域。

2）营运期影响

由本项目水动力、冲淤预测分析可知，本项目实施对海域水动力和冲淤环境的影响范围未至该航路，对该航路的水深地形无影响。

根据《象山涂茨海上风电场附近水域交通流研究报告》，大连海事大学对风电场附近的西航路和沿岸小型船舶航路进行了从 2020 年 1 月至 2020 年 12 月为期一年的船舶交通流统计，结果显示：2020 年全年，西航路日均通过船舶数量 66~67 艘次（商船数量:渔船数量～2.5~3.5），本项目场区与西航路主交通流边界的距离为 1000m~1137m，主交通流宽度为 2249m~3160m，见图 6.10-1。

风电场与附近航路及航道之间的距离，对通航环境的安全性产生重要影响。英国海事和海岸警备局(Maritime andcoastguard Agency，MCA）于 2008 年 8 月发布了《靠近海上可再生能源装置的海员操作指南》(以下简称“MCA 指南”)。2016 年，MCA 根据风机对雷达的干扰，对“MCA 指南”进行了更新。根据更新后的 MCA 指南，风机场边线与船舶航路（90%交通流边界）的距离在 0.5 海里（926m）以内是不允许的；当风机场边线与航路(90%交通流边界)的距离达到 0.5 海里以上时，在合理和切实可行的情况下可以接受。目前我国还没有关于风电场风机与航道或航路之间距离的规范要求。因此，在本项目可参照 MCA 指南，并结合拟建风电场水域的实际情况进行分析评价，本项目风电场区与西航路西侧边界及主交通流边界的距离大于 1000m，可见，本项目场区布置与西航路交通流现状适应性较好，能满足通航安全需求。

风电场的建设客观上改变了场区附近水域的通航环境，对附近过往船舶的航线设计、视觉了望、避碰方式、航海仪器性能等都不可避免地产生一定的影响。但这些影响可以通过完善、落实相关管理措施进行有效的控制，具体有：

①在风电场建成后应及时向海事主管机关申请更新海图和其他航海图书资料，将风电场的区域范围、各风机的位置等情况告知过往船舶，以便过往船舶避开本项目风电场区域。

②开展项目配套防撞、导助航、电子围栏等安全设施的配备专题研究，并按照“三同时”要求与风电场同步设计、建设、投入使用。如对风电场单个风机或整个风电场设置涂刷反光漆、安装摩尔斯信号灯、安装雷达应答器等警示标志，以达到白天或夜晚对附近船舶的提醒作用；尽可能配备如电子围栏、小目标雷达、声光报警等安全技术措施，为周边船舶的通航安全提供信息服务；加快建设本项目 CCTV 海事监控设备，以切实增强海事主管机关对项目水域的监管能力。

（3）对沿岸小型船舶航路的影响分析

本项目风电厂区西侧为沿岸小型船舶航路，最近距离为 1150m，但场区西侧连陆海缆路由穿越该航路。本项目的实施对该航路将产生一定的影响。

1）施工期影响

本项目施工需使用较多船舶，大量施工船、警戒船汇集在工程水域，尤其是以上船舶因转运人员、施工材料等需要频繁进出施工水域，势必将穿越该航路，对船舶的通航安全产生影响。而且本项目连陆海缆敷设时需穿越该航路，一定短时间将影响航路的通航。为此，本项目施工期需做好通航安全防范措施，避免发生通航安全事故，具体要求与上文西航路施工期影响分析相同，另外针对连陆海缆的安全防范措施有：

①该航路通航的最大船型为 1000t（单锚重量通航大于 2t），结合本项目区域水深及地质状况，根据《海港总体设计规范》《海轮航道通航标准》的要求，本项目海缆覆土厚度不小于 2.0m，航路穿越段海缆覆土厚度不小于 4.0m；在垂直于航路方向，本项目海缆穿越段埋设宽度按不小于航路宽度的 2 倍控制。

②施工前，做好海缆所在海域的工程地质勘察工作，根据工程地质合理设施海缆敷设方式及相应的保护措施。

③连陆海缆施工时需合理安排施工时序、采用先进的施工设备，在保证安全的情况下，尽可能缩短施工时间，减小对该航路通航的影响。

2）营运期影响

由本项目水动力、冲淤预测分析可知，本项目实施对海域水动力和冲淤环境的影响范围未至该航路，对该航路的水深地形无影响。

根据《象山涂茨海上风电场附近水域交通流研究报告》，大连海事大学对风电场附近的西航路和沿岸小型船舶航路进行了从 2020 年 1 月至 2020 年 12 月为期一年的船舶交通流统计，结果显示：2020 年全年，沿岸小型船舶航路（本工程西侧航段）日均通过船舶数量 156 艘次（商船数量：渔船数量～4.8~8.1）。本项目场区与西航路主交通流边界的距离为 1017m~1038m，主交通流宽度为 252m~1140m，见图 6.10-1。本项目风电场区与该航路东侧边界及主交通流边界的距离大于 1000m，可见，本项目场区布置与该航路交通流现状适应性较好，满足 MCA 指南要求，能满足通航安全需求。

风电场的建设客观上改变了场区附近水域的通航环境，对附近过往船舶的航线设计、视觉了望、避碰方式、航海仪器性能等都不可避免地产生一定的影响。但这些影响可以通过完善、落实相关管理措施进行有效的控制，具体措施与上文西航路营运期影响分析相同，另外针对连陆海缆的安全防范措施有：

①根据《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，海底电缆管道保护区的范围，按照下列规定确定：沿海宽阔海域为海底电缆管道两侧各 500m；海湾等狭窄海域为海底电缆管道两侧各 100m；海港区内为海底电缆管道两侧各 50m。因此，建议业主单位在海底电缆铺设好后，及时向海事主管部门申请发布航海通告，通告海底电缆路由及海底电缆保护区（两侧各 500m)，避免过往船舶在海底电缆保护区内抛锚，从而影响海底电缆的安全。

②营运期做好海缆的安全管理措施，定期对海缆进行检查，避免应水动力环境变化引起的冲刷造成海缆出露于海底，若发现该问题，需及时采取保护措施，如采用块石等重现埋设或采用铸铁套管的方式进行保护。

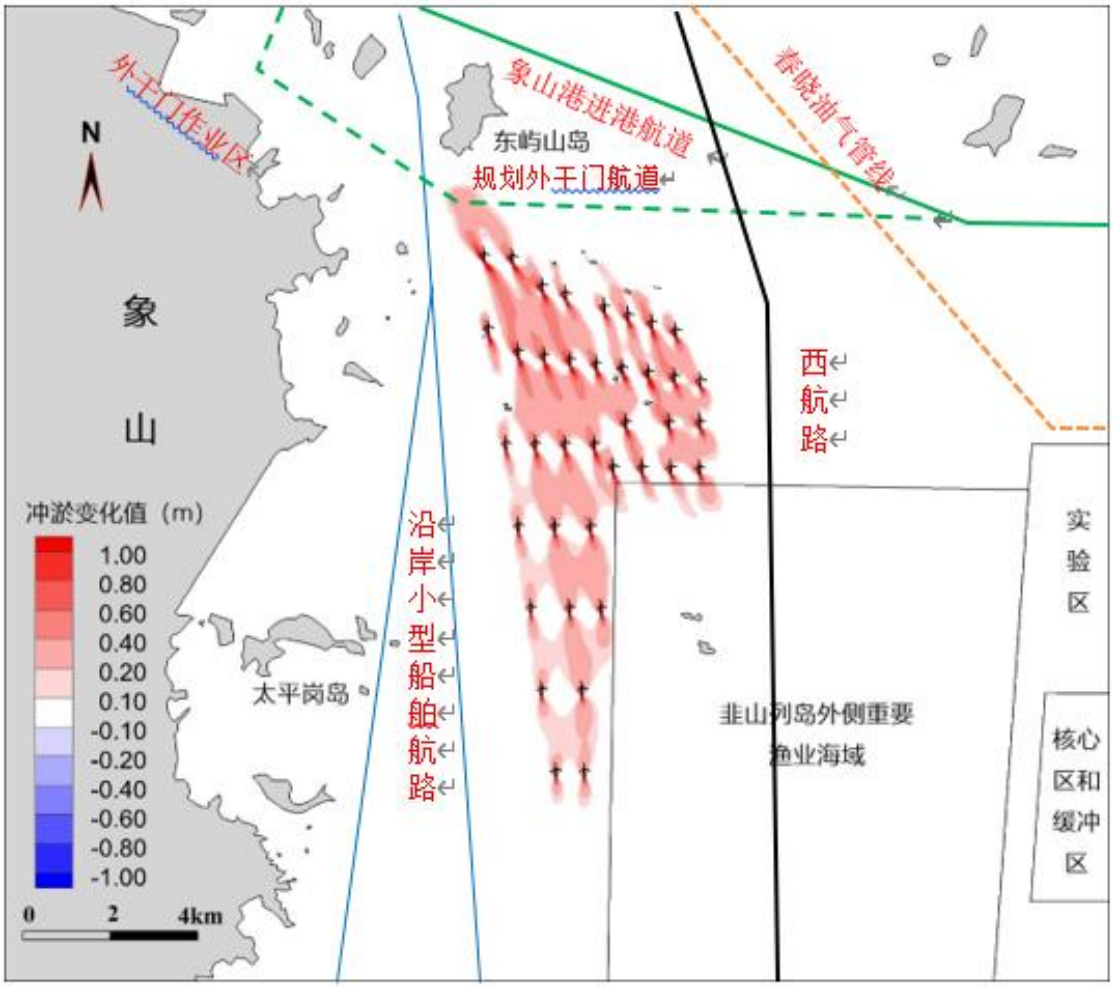


图 6.10-1 航道、锚地、管线和冲淤平衡叠置图

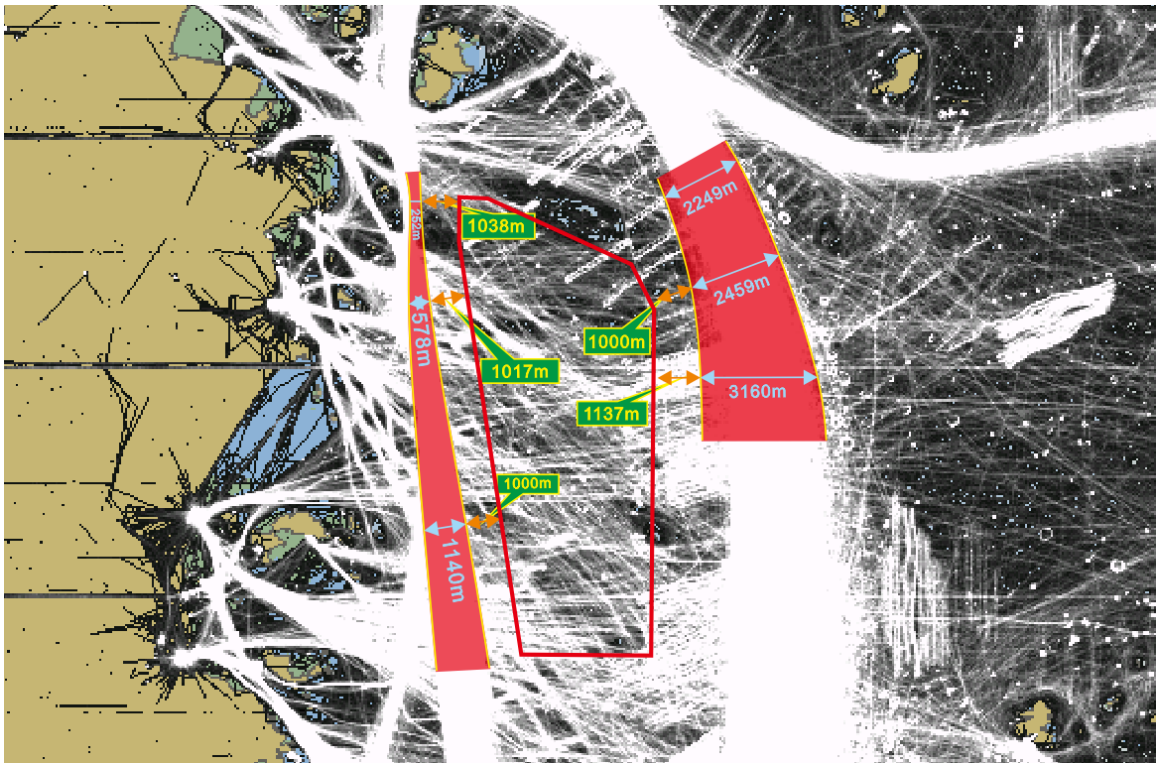


图 6.10-2 本项目附近航道交通流与风电厂区关系示意图

表 6.10-1 主交通流（90%交通流）与场区边界的距离关系

关系航路	主交通流边界至场区距离	主交通流宽度
西航路	-	2249m
	1000m	2459m
	1137m	3160m
沿岸小型船舶航路	1038m	252m
	1017m	578m
	1000m	1140m

（4）对规划外干门航道的影响分析

本项目位于规划外干门航道的南侧，最近距离约 1km，距离较近，本项目的实施将对该航道产生一定的影响。

1）施工期影响

根据本项目附近航道交通流分析可知，本项目北侧段航道通航密度较小，非主要通航区，但是为了避免发生通航安全事故，本项目施工时也需做好相应的安全防范措施，具体措施同上文西航路营运期影响分析。

2）营运期影响

由本项目水动力、冲淤预测分析可知，冲淤平衡时，风机桩基附近有局部淤积，风电场建设对该规划航道带来一定的淤积，淤积量为 0.2~0.4m，该处原水深条件良好，可达 9m，少量淤积不会影响航道的通行。

本项目风机与该航道的距离大于 1000m，满足 MCA 要求，在做好通航安全风险防范措施的情况下，可满足安全通航的要求。风电场的建设客观上改变了场区附近水域的通航环境，对附近过往船舶的航线设计、视觉了望、避碰方式、航海仪器性能等都不可避免地产生一定的影响。但这些影响可以通过完善、落实相关管理措施进行有效的控制，具体措施与上文西航路营运期影响分析相同。

（5）对规划六横岛南侧进港航道的影响分析

本项目与该航道距离约 10km，距离远，本项目实施对该航道无影响。

6.10.3 对锚地的影响

目前本项目场区附近仅有一块已建成锚地，即条帚门外锚地，另外风电场附近规划锚地有六横南锚地（规划）、象山港内#1锚地（规划），本项目与这三个锚地的距离分别为15km、9km、20km，距离远，本项目实施对这些锚地无影响。

6.10.4 对周边海底管线的影响

本项目风电场与东海春晓气田群海底管道位于相距 5.8km，根据项目实施带来的水动力和冲淤影响数模预测，本工程实施不会造成海底管道的覆土被冲刷，不会导致油气管线暴露于海底，但若本项目施工船只从舟山六横岛的沙岱码头进入施工场地，需经过管线上方，需做好施工管理，严禁在管线区域抛锚等破坏管线的行为。

6.10.5 对围涂工程和海岸防护工程的影响分析

（1）对道人山围涂及海岸防护的影响分析

本项目风电场场区位于海上，与道人山围涂工程距离远，不会影响该围涂工程及海堤、水闸。

本项目 66kV 连陆海缆需在该围涂工程北堤北侧的猫头咀登陆，不经过北堤和猫头咀水闸，与北堤、猫头咀水闸相距分别约 200m、170m。竹湾船闸位于道人山围涂工程北堤南端，与本项目海缆登陆点相距约 1km。

本次电缆采用明敷方式上岸，需在登陆点设施电缆沟，电缆沟规模小，主要采用钢筋混凝土，施工范围很小，不会对北堤造成破坏。且电缆沟沿岸斜坡入海，对附近海域

水动力和冲淤环境影响很小，对北堤、猫头咀水闸、竹湾船闸前沿的水深地形和地形地貌无影响。

由于登陆海缆与水闸距离较近，根据悬沙预测，海缆施工产生的悬浮物将对水闸处水质构成超标影响，造成该影响的施工海缆长度约 1.5km，根据 5m/min 的海缆敷设速度，海缆敷设施工作业时间为 5 小时，施工结束后海水水质将逐步恢复，可见影响时间较短，因此建设单位应与围涂管理单位做好沟通协调工作，合理选择施工时段，避开水闸开闸纳潮时段，从而避免对围涂内养殖造成影响，在此基础上本工程对围涂工程和海岸防护工程的影响不大。

（2）对宁波市水产种业园区的影响分析

本项目风电场场区位于海上，与宁波市水产种业园区距离远，不会影响该园区外侧围堤、水闸。

该园区与本工程连陆海缆登陆点相距约 270m，与陆上升压站相距较近。本次电缆采用明敷方式上岸，需在登陆点设施电缆沟，电缆沟规模小，主要采用钢筋混凝土，施工范围很小，对该园区无影响。

由于登陆海缆与水闸距离较近，根据悬沙预测，海缆施工产生的悬浮物将对水闸处水质构成超标影响，造成该影响的施工海缆长度约 1.5km，根据 5m/min 的海缆敷设速度，海缆敷设施工作业时间为 5 小时，施工结束后海水水质将逐步恢复，可见影响时间较短，因此建设单位应与围涂管理单位做好沟通协调工作，合理选择施工时段，避开水闸开闸纳潮时段，从而避免对围涂内养殖造成影响，在此基础上本工程对宁波市水产种业园区的影响不大。

6.10.6 对码头的影响

（1）象山县道人山海防执勤码头工程

象山县道人山海防执勤码头工程位于道人山围涂工程北堤南侧的道人山沿岸，码头为岸壁式，本次电缆登陆位于北堤北侧的猫头咀，与其距离较远。海上风电场位于该码头外侧约 4.5km，对该码头无影响。

（2）猫头咀码头

66kV 连陆海缆登陆点北侧为猫头咀码头，相距约 60m，该码头为突堤式重力码头，为当地渔民渔船靠泊所用，码头无权属，由涂茨镇毛湾村管理，渔船主要停靠码头北侧

区域。本次登陆点位于码头南侧，海缆采用明敷方式，需在登陆点处设置钢筋混凝土形成的电缆沟，海缆登陆段施工时会可能对码头正常船只靠泊有所影响。

海缆登陆采用的电缆沟沿岸斜坡式入海，对海域周边的水动力和冲淤环境影响很小，对码头停泊区的水深无影响，营运期本项目不影响码头船只的正常靠离泊。根据《海底电缆管道保护规定》，海港区内为海底电缆管道两侧各 50m，本项目海缆与码头距离较近，码头在海缆保护范围附近，为了避免船舶抛锚对海缆造成影响。营运期，该码头南侧应禁止船舶停靠，同时在海缆保护范围边界设置警示标志，避免船舶在海缆区抛锚。

本项目实施前需做好与毛湾村的沟通协调工作，确保本项目顺利实施和海缆的安全。

6.10.7 对渔业生产的影响

（1）对养殖用海的影响分析

根据象山县最新的养殖调查成果，本项目风电场区西侧存在部分开放式养殖，主要养殖贝类和藻类，总用海面积为 139.8329 公顷。根据施工悬浮泥沙扩散模拟结果可知，海缆施工造成的悬浮泥沙扩散将影响本项目海缆登陆点周边的养殖作业（即张嘴山屿至大平岗岛之间的养殖作业），距离登陆点和海缆越近，受影响程度越高，稻蓬山岛至道人山之间的养殖区，悬浮泥沙浓度增量浓度约 50-150mg/L，其他养殖区的悬浮泥沙增量浓度约 10-50mg/L。悬浮泥沙的增高会使水体的透明度下降，光线减弱，降低紫菜和浮游植物的光合作用，并且残留的泥沙也会影响收成紫菜的口感，可能会使紫菜携带泥沙，浮游植物的减少对贝类养殖将产生影响。因此，本项目实施对养殖用海造成一定影响。本项目海缆施工期较短，若能避开主要养殖期，可大大减小对养殖用海的影响，若无法避开，应提高施工技术，尽可能减小悬浮泥沙的产生量。

本项目营运期对紫菜养殖无影响。

为了减小对养殖户的影响，本项目施工前需与养殖用海主体（象山县涂茨镇农业农村办公室）及承租人做好沟通协调工作。

表 6.10-2　悬沙扩散对本项目附近海域开放养殖影响情况统计表

序号	用海主体	用海面积（公顷）	养殖种类	承包承租方	悬沙影响程度
1	宁波浮田生物技术有限公司	43	藻类	/	5-10mg/L
2	象山县涂茨镇农业农村办公室	2.2562	藻类	楼财友，肖若苗，莫根土	50-150mg/L
3		0.9044	贝类	王林凯	
4		1.0379	贝类	郑水挺	
5		1.0341	贝类	夏增乾	

6		5.8908	贝类	陈夏忠	
7		2.1344	贝类	夏增乾	
8		2.9065	藻类	孙宾富	10-50mg/L
9		16.8503	藻类	冯海航	10-50mg/L
10		1.6462	藻类	王成良	5-10mg/L
11		0.7862	藻类	林国营	5-10mg/L
12		4.9504	藻类	林国营	5-10mg/L
13		29.7538	藻类	陈祖根，高文权，乐振品，戎良革，王成良，王绍峰，严春祥，张满仓，王传国，严永诚，叶成军	5-10mg/L
14		16.2755	藻类	高文权，张满仓，乐振品，章华葵，叶成军，张选华	5-10mg/L
15		4.4181	藻类	李永平，蔡武昌，孙和平	5-10mg/L
16		0.7713	藻类	李永平，蔡武昌，孙和平	5-10mg/L
17		0.5234	藻类	张满仓	5-10mg/L
18		0.4913	贝类	李永平，蔡武昌，孙和平	5-10mg/L
19		1.4734	贝类	何兴吉和何兴国	5-10mg/L
20		1.6762	藻类	薛建尺，胡凯平	5-10mg/L
21		0.6764	藻类	周秀成	5-10mg/L

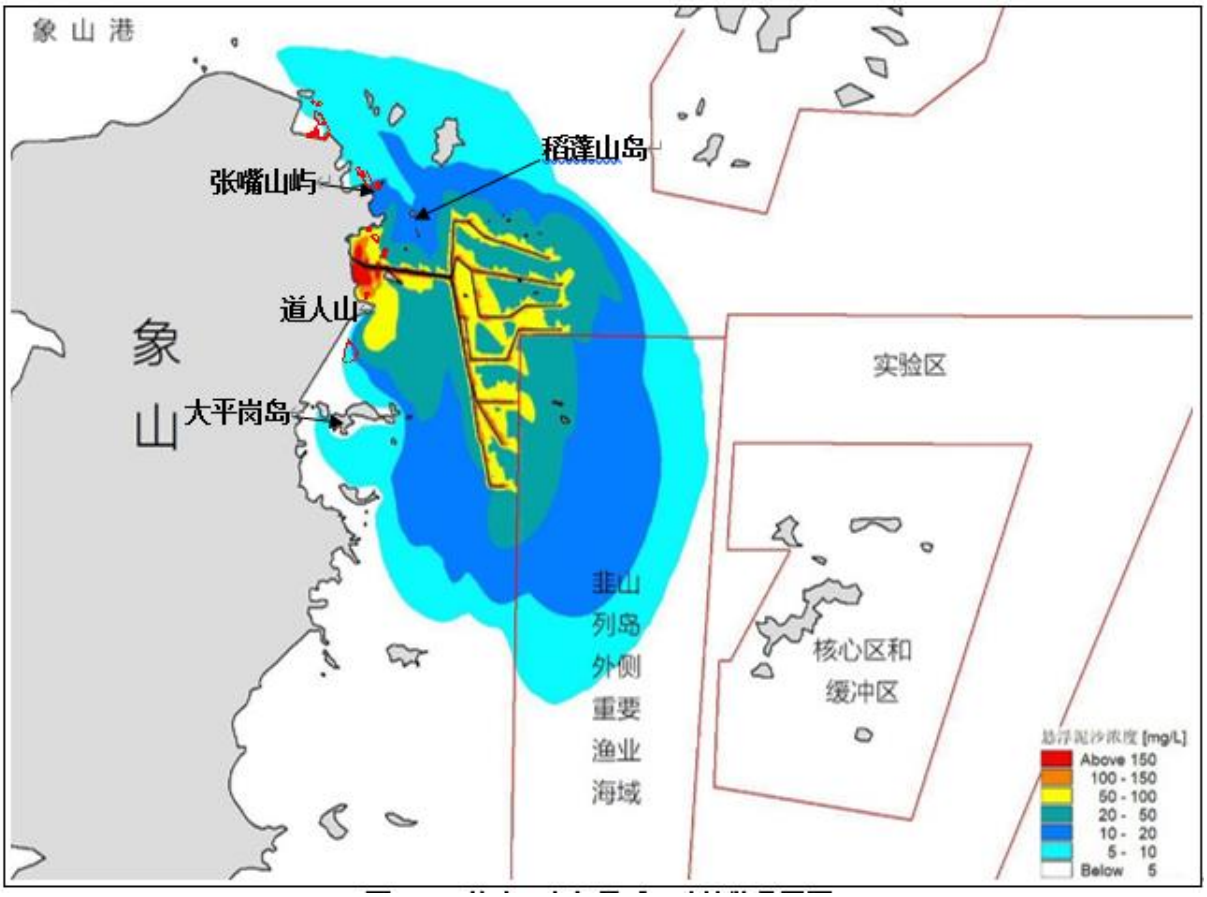


图 6.10-2　养殖永海与悬浮泥沙扩散叠置图

（2）对渔业捕捞的影响分析

本项目风电场区存在渔业张网作业。施工期，本项目区将无法进行捕捞作业。风电场建设后，根据《海底电缆管道保护规定》，连接风电机的海缆两侧 50~500m 范围为保护区。在保护区范围内禁止从事挖砂、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。并且风力发电设施周围 50m 范围内为风机的保护及用海确权区，同样不能进行张网捕捞等作业。因此，工程建成后，导致部分区域捕捞作业终止。

营运期，风机的存在也将对周边渔船通航产生一定的影响。研究表明风机在存在对渔船的通航通信将产生一定的影响。根据相关研究，建议风电场内禁止船长 12m 或 60 马力以上、以及净空高度 8.81m 的渔船在风电场内从事捕捞作业，禁止张网或其他可能导致海底电缆损坏的作业方式在风电场内从事捕捞作业，禁止渔船在场区内抛锚。渔船航经风电场水域时，应与风电设施保持 50m 以上的安全距离。建设单位应当主动与当地海洋与渔业相关单位进行联系，加大风电场建设的宣贯力度，避免风电场建成后渔船频繁进入风电场从事渔业活动，对附近的通航安全带来不利影响。另外，为进一步规范本工程附近渔船进出渔港的航行行为，建议业主单位积极联系当地海洋渔业部门和相关渔业生产单位，对渔船的进出港航线进行调整并公告。建议本工程西侧岸线渔港的渔船进出港时尽量在本工程南、北两侧航行，尽可能避免穿越风电场。

6.10.8 对国电普陀 6 号海上风电项目的影响

国电普陀 6 号海上风电项目位于舟山市六横岛东南侧海域，与本项目风电场相距约 5km。本项目实施对其无不良影响。两者同作为风电项目，在浙江省电力资源紧缺的情况下，不存在市场竞争行为，共同填补浙江省的用电缺口。

6.10.9 对亚帆中心的影响

中国·浙江海洋运动中心（亚帆中心）项目确权海域位于本项目西南侧约 8km，比赛活动区域位于风电场西南侧约 2.7km。根据水动力、冲淤预测，本项目对亚帆中心和比赛活动区域无影响；根据悬浮泥沙预测，本项目对亚帆中心无影响，对比赛活动区域存在 10~20 的悬浮泥沙增量影响，超过了海水水质标准第二类标准；本工程施工期和营运期其他污废水、固体废物等均收集后运至陆域处理，对亚帆中心和比赛活动区域也基本无影响。根据环境事故风险预测结果，在不利风险条件下，油膜将漂移至亚帆中心和比赛活动区域，并对其产生影响。

因此，本项目应与亚帆中心充分沟通协调，在第 19 届亚运会前停止施工，防止悬浮泥沙对比赛活动区域造成超标影响，待亚运会结束后即可恢复施工。

6.11 对敏感区的影响分析

6.11.1 对滨海旅游区的影响

根据《浙江省海洋生态红线保护划定方案》，本项目评价范围内涉及的滨海旅游区为六横岛旅游区和石浦滨海旅游区。其中，六横岛旅游区位于风电场区东北侧约 5.6km，石浦滨海旅游区位于风电场区西南侧约 23km。

根据《浙江省海洋功能区划》，本项目评价范围内涉及的旅游休闲娱乐区有六横岛旅游娱乐区、石浦旅游娱乐区和象山松兰山旅游娱乐区，其中，六横岛旅游娱乐区和石浦旅游娱乐区与《浙江省海洋生态红线保护划定方案》中的六横岛旅游区和石浦滨海旅游区一致，象山松兰山旅游娱乐区位于风电场西南侧约 5km。

根据水动力和冲淤预测，本项目实施对六横岛旅游区（六横岛旅游娱乐区）、石浦滨海旅游区（石浦旅游娱乐区）和象山松兰山旅游娱乐区均无影响。综合《浙江省海洋功能区划》和《浙江省近岸海域环境功能区划》并从严考虑，六横岛旅游区水质执行第一、二类标准，石浦滨海旅游区（石浦旅游娱乐区）和象山松兰山旅游娱乐区执行二类标准。根据悬浮泥沙预测，悬浮泥沙增量大于 10mg/L（第一、二类标准）的包络范围未涉及六横岛旅游区（六横岛旅游娱乐区）、石浦滨海旅游区（石浦旅游娱乐区）和象山松兰山旅游娱乐区，因此悬浮泥沙对滨海旅游区影响不大。

本工程施工期和营运期其他污废水、固体废物等均收集后运至陆域处理，对滨海旅游区也基本无影响。

根据环境事故风险预测结果，在不利风险条件下，油膜将漂移至滨海旅游区，并对其产生影响。

6.11.2 对韭山列岛海洋保护区的影响

根据《浙江省海洋功能区划》，本项目东南侧约 140m 为韭山列岛海洋保护区。

通过本项目水动力预测分析可知，涨潮时风电场的建设对韭山列岛海洋保护区的流速基本没有影响，落潮时仅在韭山列岛海洋保护区的西北侧局部区域内流速略有减小，幅度在 0.02m/s 左右，根据水文测验，该保护区处（3#测点）的平均流速为 0.8m/s，因

此本工程实施后，落潮时韭山列岛海洋保护区的东北侧局部区域内流速减幅为 2.5%，可见影响较小。

根据本项目冲淤预测分析可知，冲淤平衡后对韭山列岛海洋保护区最西北侧约 1.5km×2.km 的区域内大概有 0.2m 以内的淤积，相对该处水深 10m 左右来说，淤积影响较小。

根据悬浮泥沙预测分析可知，海缆铺设施工产生的悬浮泥沙对其有所影响，最大影响浓度约为 50mg/L，但由于悬浮物影响为暂时性影响，按海缆总长度和施工速度估算，实际海缆施工时间约 1 个月，施工结束后该影响将逐步消失，水质得到恢复，因此在海缆敷设避开韭山列岛海洋保护区保护的海洋生物（如**江豚、大黄鱼、曼氏无针乌贼**等）的繁殖期 3-7 月份的基础上，悬浮泥沙对韭山列岛海洋保护区的影响不大。

本工程施工期和营运期其他污废水、固体废物等均收集后运至陆域处理，对韭山列岛海洋保护区也基本无影响。

根据施工期打桩水下噪声预测分析可知，对石首鱼类的影响距离为 9km，对一般鱼类的影响距离为 7.4km，对江豚的影响距离为 7.4km，由于江豚主要分布在韭山列岛国家级海洋自然保护区的核心区及附近海域，距本项目约 9km，因此打桩噪声对江豚影响不大，但对石首鱼类和其他一般经济鱼类存在影响。考虑到打桩施工作业时间较短，单桩作业时间在一天以内，总共 38 根桩，因此该影响是暂时性的，施工结束后即消失。在采用“软启动”打桩方式和避开主要经济鱼类产卵期 3~7 月份的基础上，打桩噪声对韭山列岛海洋保护区的影响不大。

根据鸟类专题分析，本工程附近鸟类栖息、觅食、繁殖和迁徙的影响较小，因此不会对韭山列岛海洋保护区保护珍稀鸟类造成明显影响。

另根据环境事故风险预测结果，在不利风险条件下，油膜将漂移至韭山列岛海洋保护区，并对其产生影响。

综上所述，在落实各项环保措施和风险防范措施的基础上，本工程对韭山列岛海洋保护区影响不大。

6.11.3 对象山港蓝点马鲛国家级水产种质资源保护区的影响

根据《浙江省海洋生态红线保护划定方案》，本项目西北侧约 8km 为象山港蓝点马鲛国家级水产种质资源保护核心区，西北侧约 6.3km 为外围保护水域，由于距离较远，通过本项目水动力、冲淤、悬浮泥沙预测分析可知，本项目对象山港蓝点马鲛国家级水

产种质资源保护核心区无影响。根据水下噪声预测，对象山港蓝点马鲛国家级水产种质资源保护核心区主要经济鱼类成鱼无影响，但对幼鱼存在影响，预测需采用“软启动”打桩方式和避开主要经济鱼类产卵期 3~7 月份。

根据环境事故风险预测结果，在不利风险条件下，油膜将漂移至象山港蓝点马鲛国家级水产种质资源保护核心区，并对其产生影响。

6.11.4 对韭山列岛外侧重要渔业水域的影响

根据《浙江省海洋生态红线保护划定方案》，本项目东南侧约 140m 为韭山列岛外侧重要渔业海域。

通过本项目水动力预测分析可知，涨潮时风电场的建设对韭山列岛外侧重要渔业海域的流速基本没有影响，落潮时仅在韭山列岛外侧重要渔业海域的西北侧局部区域内流速略有减小，幅度在 0.02m/s 左右，根据水文测验，该保护区处（3#测点）的平均流速为 0.8m/s，因此本工程实施后，落潮时韭山列岛外侧重要渔业海域的东北侧局部区域内流速减幅为 2.5%，可见影响较小。

根据本项目冲淤预测分析可知，冲淤平衡后对韭山列岛外侧重要渔业海域最西北侧约 1.5km×2.km 的区域内大概有 0.2m 以内的淤积，相对该处水深 10m 左右来说，淤积影响较小。

根据悬浮泥沙预测分析可知，海缆铺设施工产生的悬浮泥沙对其有所影响，最大影响浓度约为 50mg/L，但由于悬浮物影响为暂时性影响，按海缆总长度和施工速度估算，实际海缆施工时间约 1 个月，施工结束后该影响将逐步消失，水质得到恢复，因此在海缆敷设避开韭山列岛外侧重要渔业海域保护的海洋生物（如小黄鱼、大黄鱼、鲳鱼、曼氏无针乌贼、鳓鱼等）的繁殖期 3-7 月份的基础上，悬浮泥沙对韭山列岛外侧重要渔业海域的影响不大。

本工程施工期和营运期其他污废水、固体废物等均收集后运至陆域处理，对韭山列岛外侧重要渔业海域也基本无影响。

根据施工期打桩水下噪声预测分析可知，对石首鱼类的影响距离为 9km，对一般鱼类的影响距离为 7.4km，可打桩噪声对石首鱼类和其他一般经济鱼类存在影响。考虑到打桩施工作业时间较短，单桩作业时间在一天以内，总共 38 根桩，因此该影响是暂时性的，施工结束后即消失。在采用“软启动”打桩方式和避开主要经济鱼类产卵期 3~7 月份的基础上，打桩噪声对韭山列岛外侧重要渔业海域的影响不大。

另根据环境事故风险预测结果，在不利风险条件下，油膜将漂移至韭山列岛外侧重要渔业海域，并对其产生影响。

综上所述，在落实各项环保措施和风险防范措施的基础上，本工程对韭山列岛外侧重要渔业海域影响不大。

6.11.5 对象山韭山列岛国家级自然保护区的影响

根据《象山韭山列岛国家级自然保护区总体规划》（2014-2024 年），本工程距象山韭山列岛国家级自然保护区实验区 7.4km，距缓冲区 9.3km，距核心区 12km。根据《浙江省海洋生态红线保护划定方案》，本工程距韭山列岛海洋生态自然保护区-实验区 7.4km（实验区范围与韭山列岛国家级自然保护区实验区一致），距韭山列岛海洋生态自然保护区-核心区和缓冲区 9.3km（与象山韭山列岛国家级自然保护区总体规划中缓冲区和核心区合并的范围一致）。

由于本工程对该保护区距离较远，根据水动力、冲淤、悬浮泥沙预测分析可知，本项目对该保护区基本无影响。

本工程施工期和营运期其他污废水、固体废物等均收集后运至陆域处理，对象山韭山列岛国家级自然保护区也基本无影响。

根据施工期打桩水下噪声预测分析可知，对石首鱼类的影响距离为 9km，对一般鱼类的影响距离为 7.4km，对江豚的影响距离为 7.4km，由于江豚主要分布在韭山列岛国家级海洋自然保护区的核心区及附近海域，距本项目约 9km，因此打桩噪声对江豚影响不大，但对石首鱼类和其他一般经济鱼类存在影响。考虑到打桩施工作业时间较短，单桩作业时间在一天以内，总共 38 根桩，因此该影响是暂时性的，施工结束后即消失。在采用“软启动”打桩方式和避开主要经济鱼类产卵期 3~7 月份的基础上，打桩噪声对象山韭山列岛国家级自然保护区的影响不大。

根据环境事故风险预测结果，在不利风险条件下，油膜将漂移至象山韭山列岛国家级自然保护区，并对其产生影响。

综上所述，在落实各项环保措施和风险防范措施的基础上，本工程对象山韭山列岛国家级自然保护区影响不大。

6.11.6 对东海带鱼国家级水产种质资源保护区的影响

本项目东侧约 13km 为东海带鱼国家级水产种质资源保护区实验区，由于距离较远，通过本项目水动力、冲淤、悬浮泥沙预测分析可知，项目实施对东海带鱼国家级水产种

质资源保护区无影响。根据水下噪声预测，对东海带鱼国家级水产种质资源保护区主要经济鱼类成鱼无影响，但对幼鱼存在影响，预测需采用“软启动”打桩方式和避开主要经济鱼类产卵期 3~7 月份。本工程施工期和营运期其他污废水、固体废物等均收集后运至陆域处理，对东海带鱼国家级水产种质资源保护区也基本无影响。根据环境事故风险预测结果，在不利风险条件下，油膜将漂移至东海带鱼国家级水产种质资源保护区，并对其产生影响。

6.11.7 对韭山列岛产卵场保护区的影响

本项目东侧约 14.5km 为韭山列岛产卵场保护区。由于距离较远，通过本项目水动力、冲淤、悬浮泥沙预测分析可知，项目实施对韭山列岛产卵场保护区无影响。根据水下噪声预测，对韭山列岛产卵场保护区主要经济鱼类成鱼无影响，但对幼鱼存在影响，预测需采用“软启动”打桩方式和避开主要经济鱼类产卵期 3~7 月份。本工程施工期和营运期其他污废水、固体废物等均收集后运至陆域处理，对韭山列岛产卵场保护区也基本无影响。根据环境事故风险预测结果，在不利风险条件下，油膜将漂移至韭山列岛产卵场保护区，并对其产生影响。

6.11.8 对保护海岛的影响

本项目连陆海缆预选路由方案穿越象山道人山岛群（IV-05），风电场内的风机及海缆位于象山乱礁洋岛群（IV-06）。本项目各海缆不从上述岛群的岛礁和海岛经过，不影响岛礁的资源。风机距离各岛礁最近的为大红岩礁 98m。本次风机采用透水结构，对区域水动力和冲淤影响均很小，冲淤仅集中在桩基附近，不会对岛礁周围的地形地貌产生显著影响，不影响岛礁的稳定性和岸滩结构；海缆埋设于海底，对海域水动力和冲淤环境无影响。

根据鸟类专题，该区域不是鸟类重要栖息地，也不是水鸟唯一的栖息地和觅食地，该区域的鸟类数量约占到整个区域鸟类数量的 0.6%，本项目实施对邻近的海岛鸟类可能会产生一定干扰，会因为驱赶作用而受到一定的影响，但受影响的种类和数量相对较少，对整个鸟类群落的影响有限。

7 环境事故风险分析与评价

7.1 环境风险识别及事故概率估算

7.1.1 环境风险源项识别

根据本工程规模、建设特点及周边环境特征，工程施工期和运行期存在潜在的环境事故风险。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。因此本海上风电工程主要环境风险为：

（1）溢油风险

①施工船舶之间、施工船舶与风机、其他船舶与风机碰撞溢油风险；

②风机桩基失稳内部油料泄漏风险；

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。

（2）运营期风机有遭受雷电、台风等自然灾害的风险

7.1.1.1 船舶碰撞事故溢油量分析

根据施工组织设计，本工程施工期主要采用 2000HP 拖轮，2000HP 拖轮所带的燃料油油品为柴油。柴油又称油渣，是石油提炼后的一种油质的产物。它由不同的碳氢化合物混合组成。它的主要成分是含 10 到 22 个碳原子的链烷、环烷或芳烃。它的化学和物理特性位于汽油和重油之间，沸点在 170℃至 390℃间，比重为 0.82~0.845kg/L。

根据《船舶污染海洋环境风险评价技术规范(试行)》推荐方法，计算最可能发生的溢油量：

燃油载油量=燃油舱最大载油量×实载率

船舶总吨=船舶载重吨(满载排水量吨)×转换系数

非油轮船舶燃油最大携带量可用船舶总吨推算，一般可取船舶总吨的 8%~12%(本评价按照 10%计)。为考虑最大风险，船舶载重按 5000t 计。根据《船舶工业统计报表制度》附录三载重吨与总吨转换系数表和方法，5000t 级以下散货船的转换系数为 0.76。实际载油率取 90%，则 5000t 级施工船舶实际载油量为 300t。一般 4 个油舱，则一个燃油舱的燃油约为 75t。因此最有可能的溢油量为 75t。

本项目营运期维护船舶为 500 吨级，小于施工船舶吨级，载油量也小于施工船舶，

因此施工期船舶溢油为最不利工况。

7.1.1.2 风机损坏事故溢油量分析

本工程单台风机内部设置变压器，位于塔架中，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^3。根据其组成特性，该类油具有较好的分水性，由于其油量较小，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 事故概率估算

7.1.2.1 船舶溢油概率

（1）国内事故统计资料

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。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 我国 1990 年～2010 年船舶、码头溢泊事故分档统计表

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≥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》，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 7 t 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 对船舶溢油的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%。因此，碰撞、触礁/搁浅是我国溢油量在 50 t 以上船舶溢油事故发生的主要原因。

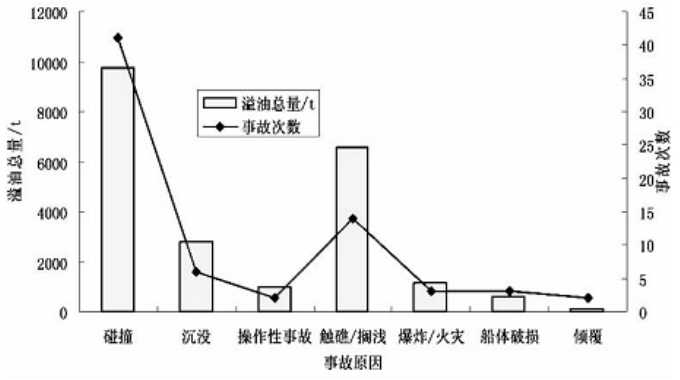


图 7.1-1　我国船舶溢油事故原因分析

（2）宁波海域船舶交通事故统计分析

根据宁波海事局2009年至2014年统计资料和浙江海事局2015至2018年统计资料，2015年至2018年间，宁波水域共发生船舶交通事故236起，具体事故数量统计见表7.1-2。船舶交通事故类型统计见表7.1-3及图7.1-2。

表 7.1-2　　2009～2014 年宁波辖区船舶交通事故统计表

年份	重大事故	大事故	一般事故	小事故	合计
2009	9	15	5	22	51
2010	7	16	2	23	48
2011	4	9	3	14	30
2012	4	12	5	12	33
2013	3	6	4	16	29
2014	4	3	2	11	20
2015	1	1	7	未统计	9
2016	1	0	6	未统计	7
2017	0	0	2	未统计	2
2018	0	2	5	未统计	7
合计	33	64	41	98	236

表7.1-3　　2009～2014 年宁波辖区船舶交通事故类型统计表

年份	总计	碰撞	触损	自沉	触礁	搁浅	火灾	浪损	其它	风灾
2009	51	31	5	12	1	1	1	0	0	0
2010	48	37	2	6	1	1	1	0	0	0
2011	30	18	4	4	3	0	0	0	1	0
2012	33	9	4	12	4	4	0	0	0	0
2013	29	12	3	7	3	2	1	0	1	0
2014	20	10	3	5	1	0	1	0	1	0
2015	9	5	0	3	0	0	0	0	1	0
2016	7	5	1	0	0	0	0	0	1	0
2017	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0
2018	7	3	0	3	0	0	0	0	1	0
合计	236	131	22	53	13	8	4	0	6	0

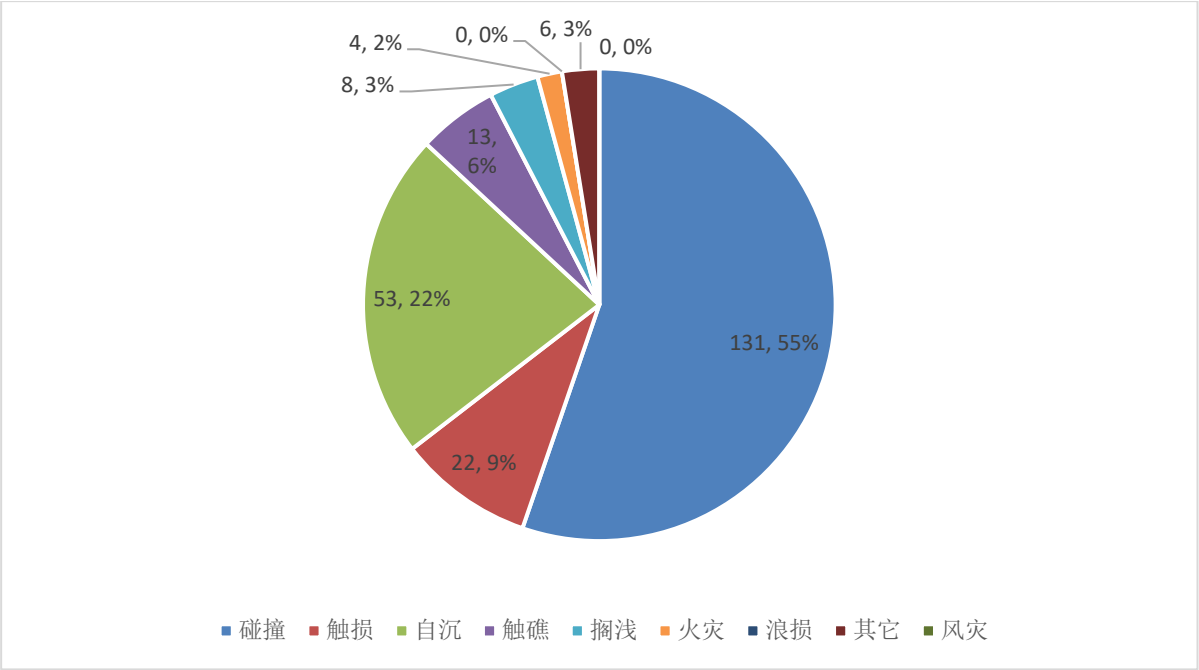


图 7.1-2 宁波港 2009～2018 年交通事故类型统计图

从事故时间分布看，2009年为宁波辖区事故高发期，共发生船舶交通事故 51 起，随后事故总数明显降低。

从事故类型看，宁波辖区船舶交通事故的主要事故类型为碰撞，占事故总数的55%。其次是自沉和触损事故，分别占总数的22%和9%。

事故原因主要与以下几方面的因素有关：

①特有的地理环境、恶劣的天气海况是造成宁波-舟山海区重大事故多发的客观因素。

②渔船不良航行习惯、作业特点及船体自身固有缺陷是导致舟山海区涉及渔船的碰撞事故多发的重要因素。

③商船船员不熟悉渔船的航行作业特点，对穿越渔船密集作业区的危险性认识不足。

④小型运输船舶，特别是砂石运输船技术状况差，在遭遇大风浪时极易造成船舶沉没事故；小型船舶船员安全意识差，违章冒险航行、货物积载系固不当是导致风灾自沉类事故多发的直接原因。

（3）宁波辖区船舶污染事故原因、污染量统计分析

宁波辖区船舶污染事故数据量较少，1979年~2012年157起船舶溢油污染事故，并对操作性事故和海难性事故进行了详细的统计分类，详见表7.1-4。

表 7.1-4 宁波辖区船舶溢油事故原因分类统计单位：起

溢油量事故原因		0～9 吨	10～49 吨	50～699 吨	>700 吨	合计
操作性事故	装卸货油	37	0	1	0	38
	加燃油	12	0	0	0	12
	其它作业	9	0	0	0	9
	违章排放	36	0	0	0	36
	小计	94	0	1	0	95
海难性事故	碰撞	11	1	1	0	13
	搁浅	1	0	0	0	1
	触礁/触碰	2	0	0	0	2
	沉没	0	0	0	0	0
	船体损坏	19	1	0	0	20
	火灾和爆炸	0	0	0	0	0
	小计	33	2	1	0	36
其它/未知		25	1	0	0	26
合计		152	3	2	0	157
注：溢油量 0.1 吨以上事故统计时段 1979～2012 年						

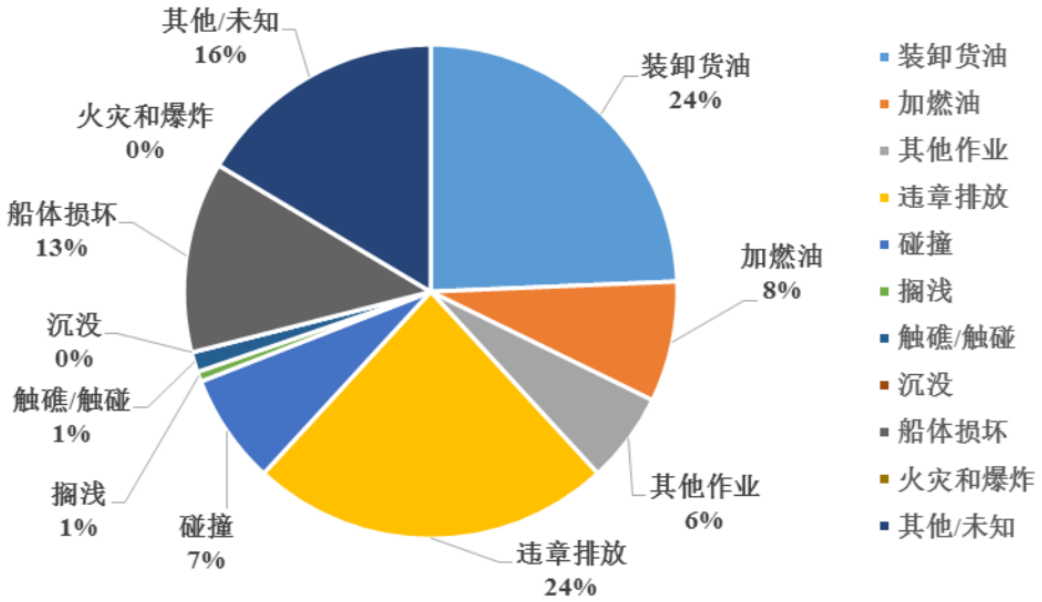


图 7.1-3 宁波港 1979 年~2012 年污染事故类型统计图

按不同溢油量等级统计，宁波辖区157起船舶溢油事故中，溢油量小于9吨的事故共152起，占事故总数的97%，说明宁波辖区船舶溢油以小事故为主，污染物种类以成品油和机舱污油为主。10吨以上溢油事故仅发生过5起，尚未有重大溢油事故发生。

从船舶污染事故事故类型来看，宁波辖区157起船舶溢油事故中，操作性事故95起，占事故总数的60%，海难性事故36起，占事故总数的23%，其它/未知类事故26起，占事故总数的16.6%。操作性和海难性事故是宁波辖区船舶溢油的主要事故类型。

（4）宁波辖区事故发生频率统计分析

①船舶交通事故发生频率和概率

2009年~2018年宁波辖区共发生船舶交通事故236起，平均每年发生约23.6起。根据宁波船舶交通事故类型统计分析，碰撞、自沉、触损故发生的概率最高，发生频率分别为13.1起/年、5.3起/年、2.2起/年。

②船舶溢油污染事故发生频率

1979年~2012年宁波辖区共发生船舶溢油污染事故157起，船舶溢油污染事故发生的频率为4.8起/年。其中操作性船舶溢油污染事故为95起，事故频率为2.9起/年；海难性船舶溢油污染事故为36起，事故频率为1.1起/年；其它未知类事故26起，事故频率为0.78起/年。

（5）船舶污染事故泄漏量统计分析

1979年~2012年宁波辖区发生的157起船舶溢油污染事故中，溢油量大（50~699t）的事故发生2次，操作性事故和海难性事故各1次；0~9t小事件漏油事故中，操作性事故发生95起，占总事故的60.5%。

（6）事故多发区

根据宁波海事局的统计数据，1979年~2012年宁波海域共发生157起船舶溢油污染事故，图7.1-4为1979年~2012年宁波辖区船舶污染事故分布图，从图中可以看出，大榭岛、甬江口水域及穿山半岛东北部的峙头洋水域是船舶污染事故的多发区，本项目附近海域不属于船舶污染事故多发区。

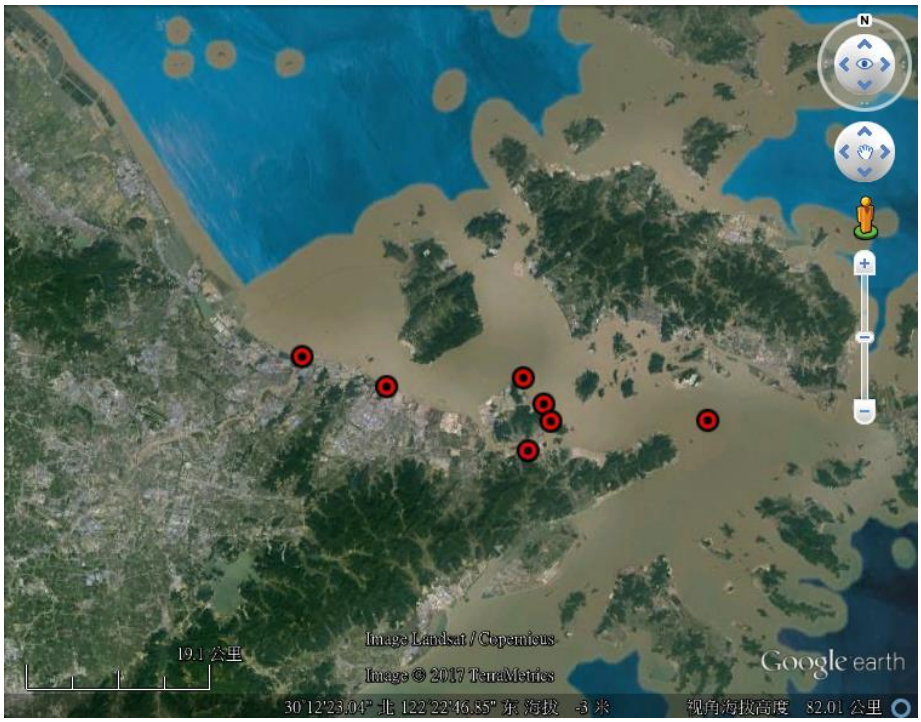


图 7.1-4 宁波海域船舶污染事故多发区示意图

（7）本项目船舶碰撞溢油事故概率

参考国际油气生产商协会(OGP)编制的《风险评估数据指南》(2010年3月版)，船舶发生重大事故的概率为1.1×10^{-6}次/年。根据本工程施工组织设计，本工程平均施工船舶按38艘计，则本工程发生船舶碰撞事故的概率为4.2×10^{-5}次/年。发生碰撞事故后，再发生溢油事故的概率按50%计算，则本工程发生船舶碰撞溢油风险的概率为2.1×10^{-5}次/年。

7.1.2.2 风机损坏溢油事故概率

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，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平率H1%波浪联合作用，以确保风机、基础结构安全可靠。风机结构在多种作用力的同时作用下其结构才可能发生损坏，发生事故的概率较小。

7.2 环境风险影响预测

本项目溢油影响预测内容引用宁波市盛甬海洋技术有限公司和浙江智海环境科技有限公司编制的《中广核涂茨海上风电场工程数学模型专题报告》，该报告于 2021 年 12 月 16 日通过专家评审，并采纳了专家意见和作了相应的修改完善。

7.2.1 溢油模型基本原理

7.2.1.1 模型基本原理

本次计算采用丹麦水利研究所 DHI 最新的 MIKE2012FMSA 模块，进行溢油的数值模拟，在模型中油被分为两部分：轻质挥发部分（分子量小于 160g/mol，沸点小于 300°C ）和重质部分（分子量大于 160 g/mol，沸点 300°C 以上），石蜡和沥青作为油中的特殊成分，不参与降解、蒸发和溶解过程。模型中油被离散为大量的油粒子，每个油粒子代表一定的油量，每个粒子都在模型被单独计算。溢油发生后，油残留物的化学组分变化是物理和生物过程的结果、这通常称为油的风化过程，在模型中油的风化过程主要包括蒸发、扩散、乳化、溶解、沉降、感光氧化和生物降解等。

7.2.1.2 溢油的风化过程

（1）蒸发

在溢油刚发生的开始几个小时或几天中，油膜表面的蒸发是最主要的风化过程。如果溢出的油品为像汽油一样的高度精炼轻质油，蒸发可能会在 24 小时内将所有的溢油都去除。如果溢出的是中质原油的话在起初的 24 小时后蒸发会带走 10~30%的溢油量。其它影响蒸发的因素包括油滴与海水接触的面积、风和海水表面状态。

（2）溶解

溢油中可溶于水的碳氢化合物以被水溶解的方式消散，虽然溶解会降低溢油量，但是这会造成更严重的环境问题 ，因为溶于水的芳香烃碳氢化合物都是有毒的。影响油粒子溶解的因素除了油组分外还有油膜与海面的接触面积，风，海表情况，空气温度和日照强度，油粒子的乳化率。

（3）乳化

乳化是指两种明显不同的液体的混合，在溢油模型中就是海水和油的混合，表现为细小的油粒子悬浮在水中（并不溶解），乳化状态的液体体积最高可达油体积的 4 倍。乳化作用形成的黏性乳化物比原始的油粒子在环境中存在的时间更久，而且乳化状态会减弱像蒸发等其他风化过程的作用。乳化一般在强风或大浪的情况下容易发生且一般在溢油发生几小时后才会发生。

（4）沉降

在海水中很少有原油本身密度大而沉入水体，中有少数产生的残留的一些组分密度很大可以在海水中下沉。

（5）生物降解

微生物引起的降解是溢油发生后最重要的后期自然风化过程，也是把油污从天然环境中去除的最终一步。原油化合物的生物降解最快是通过发生降解组织中的好氧代谢的，因此预测生物降解最快发生在有丰富而活性的石油降解生物群存在的富氧环境中。相反缺氧的海洋沉积物（通常是原油污染点）处在好氧菌严格受限的环境，生物破坏必须通过缓慢的厌氧的方式进行。即使这些点的降解很慢，它仍然具有重要的累积效应。

（6）氧化

溢出的油会发生化学氧化，而油膜暴露在阳光下则加剧了这一过程。氧化使得可溶于水的油组分增加，不完全氧化也会增加焦油（沥青）这一稳定的油组分的含量。总的来说，感光氧化去除的油污只占溢油量的很小一部分，甚至暴露在强烈的阳光下氧化作用也一天中也仅仅能去除总油量的 0.1%左右。

7.2.2 溢油事故预测

7.2.2. 1 设计计算工况

水文条件：油膜在潮流作用下运移，一般在落憩时发生溢油，在涨潮方向上影响距离最远，而在涨憩时刻发生溢油，在落潮方向上影响距离最远，因此选择落憩和涨憩两个时刻分别进行溢油释放计算。

气象参数：工程区属于季风气候，冬夏两季的风向差异明显。根据工程附近的大目涂站实测资料，工程区冬季主导风向为 NE，平均风速约为 4.2m/s；夏季主导风向为 S 向，平均风速为 5.4m/s。 根据工程周边保护区的分布位置，不利风向考虑 NW，不利风速选择六级风 10.8m/s 作为计算条件。

溢油点位、油品：综合考虑风电场区溢油事故发生可能性，与溢油事故可能对环境敏感目标造成的最不利影响，本次计算选一个典型溢油点，位于场区中间位置，如图 7.2-1 所示。溢油投放点坐标为（29.5493°N，122.0540°E），持续泄漏时间为 1 小时。

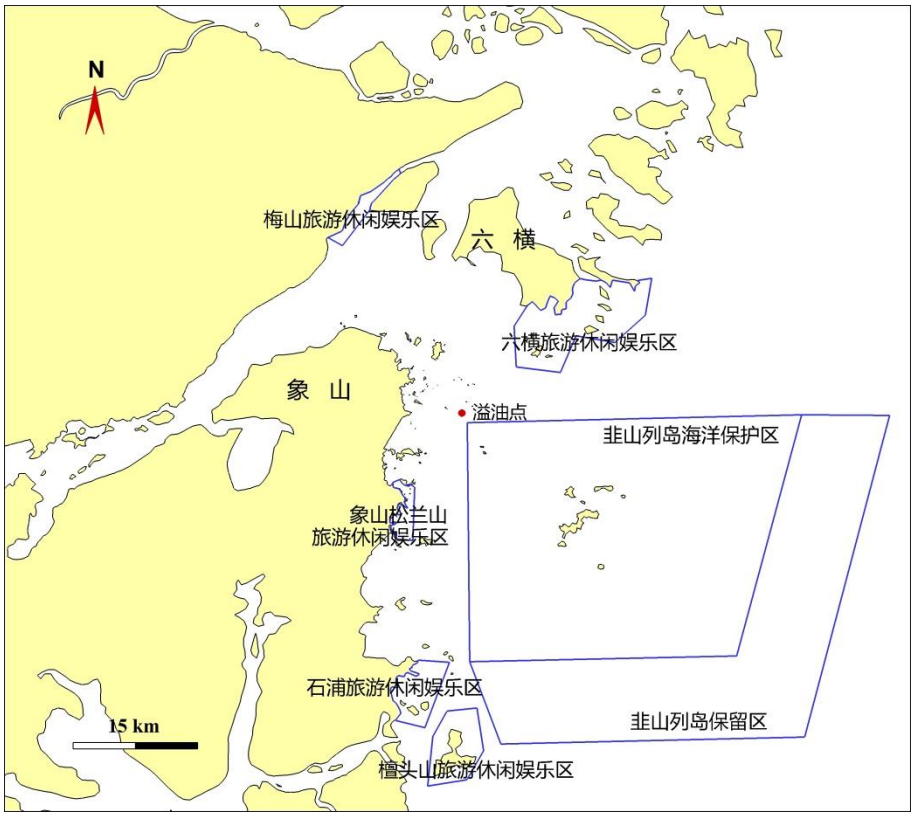


图 7.2-1 溢油点位置及工程区附近主要敏感区位置图

预测条件组合：综合考虑潮流、风向等因素，对溢油点按照天气类型和溢油时刻进行组合，并按照海洋环评单位的要求，确定的预测组合条件为：溢油点为大潮×(冬季主导风 NE+夏季主导风 S+不利风向 NW)×(落憩+涨憩)。具体计算工况组合见表 7.2-1。

表 7.2-1 计算工况

工况序号	风向风速	溢油时刻	源强
1	冬季主导风向 NE，4.2m/s	涨潮	100t，1 小时内泄漏
2		落潮	
3	夏季主导风向 S，5.4m/s	涨潮	
4		落潮	
5	不利风向 NW，10.8m/s	涨潮	
6		落潮	

模型中相关参数取值见表 7.2-2。

表 7.2-2 溢油模型参数设置

参数名称	取值	说明
源强	100t	1 个溢油点，1 小时溢完
潮流情景	2 个	潮流分为： 涨潮、落潮 2 个情景

时间步长 时间步长	60s	100t 的源强每一步分别释放 500 个油粒子， 平均每个油粒子代表 3.33kg 油量
水温和气温	气温取 16.2℃ 水温取 18.3℃	取工程区多年平均值

7.2.2.3 残油量及扩散面积统计

溢油点位于风电场场址居中位置，发生溢油事故时，各工况下油膜的扫海面积、各时刻的油膜面积以及残油量见表各工况下的油膜扫海面积如表 7.2-2 所示和表 7.2-3 所示。

表 7.2-2 溢油事故发生后各工况下的扫海面积统计表（km^2）

潮型	风况	项目	1h	3h	6h	12h	24h	48h	72h
涨潮/落憩	NE 常风	扫海面积	0.63	5.07	8.76	13.96	--	--	--
		油膜面积	0.09	0.2	0.29	0.19	--	--	--
	S 常风	扫海面积	0.26	2.34	9.43	35.47	37.63	--	--
		油膜面积	0.08	0.21	0.59	2.22	0.52	--	--
	NW 不利风	扫海面积	0.41	3.06	5.47	14.28	36.54	111.35	184.65
		油膜面积	0.08	0.08	0.21	0.23	0.65	2.06	2.62
落潮/涨憩	NE 常风	扫海面积	0.18	2.38	8.03	14.9	30.33	31.31	--
		油膜面积	0.05	0.09	0.23	0.08	0.17	0.08	--
	S 常风	扫海面积	0.59	7.61	21.26	37.25	97.81	161.81	181.35
		油膜面积	0.1	0.29	0.87	0.18	1.23	1.41	1.22
	NW 不利风	扫海面积	0.4	6.11	21.46	32.1	57.45	117.88	171.99
		油膜面积	0.08	0.35	0.78	0.32	0.73	2.83	2.81

注：“——”表示油膜贴岸

表 7.2-3 溢油事故发生后各工况下残油量统计表（t）

潮型	风况	1h	3h	6h	12h	24h	48h	72h
涨潮/落憩	NE 常风	83.63	73.58	68.50	63.52	58.59	53.70	50.03
	S 常风	83.62	73.58	68.51	63.33	57.90	53.71	50.02
	NW 不利风	83.63	73.59	68.51	63.52	58.59	53.70	50.01
落潮/涨憩	NE 常风	83.63	73.58	68.50	63.52	58.60	53.71	50.02
	S 常风	83.63	73.58	68.51	63.52	58.60	53.71	50.03
	NW 不利风	83.64	73.59	68.51	63.52	58.59	53.69	50.00

7.2.2.4 油膜漂移路径

（1）落憩时刻（涨潮）冬季常风 NE 向工况

涨潮时冬季常风 NE 向工况下发生溢油，溢油事故发生后，油膜首先在涨潮流和 NE 风的共同作用下往 NW 向运动，6 小时后油膜运动至距离溢油点约 20km 处海面，此后潮流转落，油膜主要受 NE 风影响往 SW 向运动，12 小时后油膜到达岸边贴岸，不再随风和潮流运动，此时油膜扫海面积为 13.96km^2。该工况下 12 小时后的油膜扫海范围见图 7.2-2，油膜漂移轨迹见图 7.2-3。

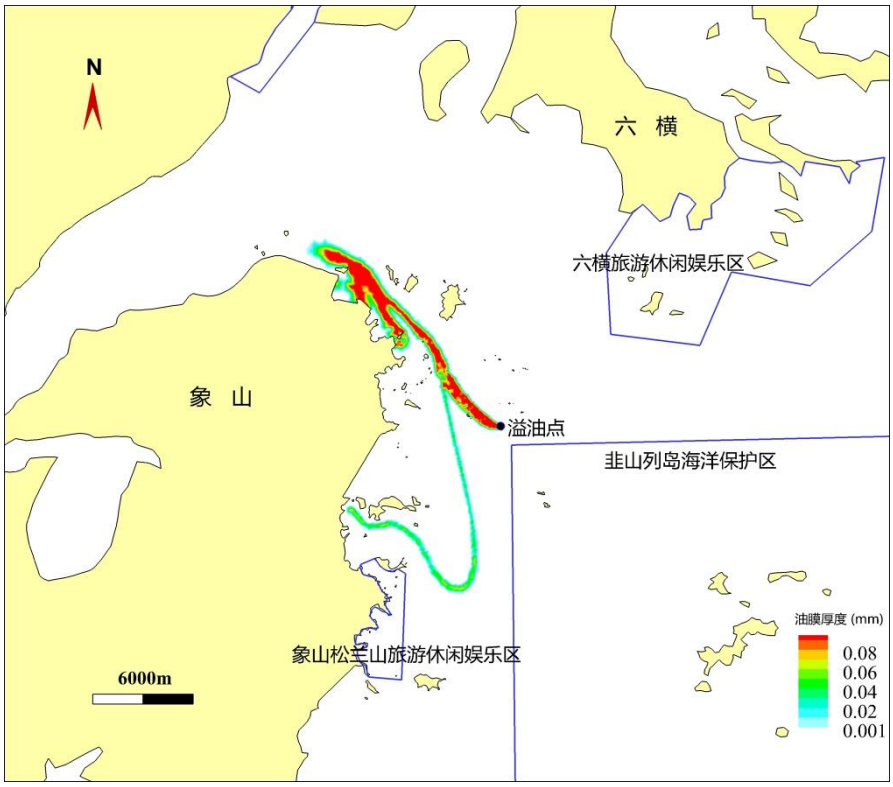


图 7.2-2 落憩时刻冬季常风 NE 工况溢油 12H 油膜扫海面积图

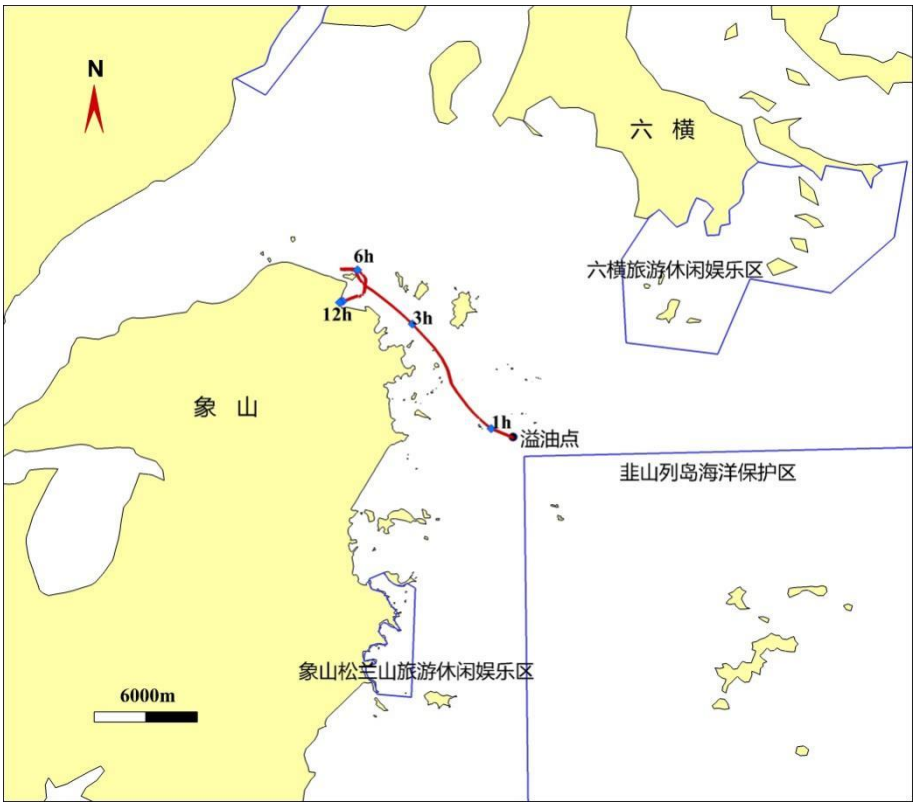


图 7.2-3 落憩时刻冬季常风 NE 工况油膜轨迹漂移路径

（2）落憩时刻（涨潮）夏季常风 S 向工况

涨潮时夏季常风 S 向工况下发生溢油，溢油初期，油膜在涨潮流和 S 风的共同作用下往溢油点西北方向运动，6 小时后潮流转落，油膜在落潮流和 S 风的共同作用下往东运动，12 小时后到达六横岛南侧，随后油膜在 S 风的作用下往 N 向运动，在六横岛南侧岸边贴岸，不再随风和潮流运动，24 小时后油膜扫海面积为 37.63km^2。该工况下 24 小时后的油膜扫海范围见图 7.2-4，油膜漂移轨迹见图 7.2-5。

（3）落憩时刻（涨潮）不利风向 NW 向工况

涨潮时不利风 NW 向工况下发生溢油，油膜在 NW 向风和潮流的共同作用下先往西北方向运动，随后随落潮流往东南方向运动，期间有部分油膜在 NW 风的作用下往东南方向运动，8.2 小时后油膜进入韭山列岛海洋保护区。此后油膜继续在涨落潮流和 NW 向风的共同作用下往东南方向运动，呈带状扫过大面积海域，35.5 小时后油膜进入韭山列岛保留区，72 小时后油膜扫海面积为 184.65km^2。该工况下 72 小时后的油膜扫海范围见图 7.2-6，油膜漂移轨迹见图 7.2-7。

（4）涨憩时刻（落潮）冬季常风 NE 向工况

落潮时冬季常风 NE 向工况下发生溢油，油膜在 NE 向风和潮流的共同作用下往溢

油点东南侧运动，1.8 小时后油膜进入韭山列岛海洋保护区，潮流转涨后油膜在涨潮流和 NE 风的共同作用下转为往西北方向运动，随后油膜在涨落潮流和 NE 风的共同作用下在溢油点西南侧呈带状运动，25 小时后油膜进入象山松兰山旅游休闲娱乐区，48 小时后油膜在岸边贴岸，不再随风和潮流运动，此时油膜扫海面积为 31.31km^2。该工况下 48 小时后的油膜扫海范围见图 7.2-8，油膜漂移轨迹见图 7.2-9。

（5）涨憩时刻（落潮）夏季常风 S 向工况

落潮时夏季常风 S 向工况下发生溢油，溢油初期，油膜在落潮流和 S 风的共同作用下往溢油点东南侧运动，2.3 小时后油膜进入韭山列岛海洋保护区，6 小时后潮流转涨，油膜在涨潮流和 S 风的共同作用下往西北方向运动，此后油膜在涨落潮流和 S 风的共同作用下呈带状往东北方向运动，15 小时后油膜进入六横旅游休闲娱乐区，72 小时后油膜扫海面积为 181.35km2。该工况下 72 小时后的油膜扫海范围见图 7.2-10，油膜漂移轨迹见图 7.2-11。

（5）涨憩时刻（落潮）不利风向 NW 向工况

落潮时不利风 NW 向工况下发生溢油，油膜在 NW 向风和潮流的共同作用下先往溢油点东南侧运动，1.5 小时后油膜进入韭山列岛海洋保护区，随后油膜继续在涨落潮流和 NW 向风的共同作用下往东南方向运动，27.8 小时后油膜进入韭山列岛保留区，72 小时后油膜扫海面积为 171.99km2。该工况下 72 小时后的油膜扫海范围见图 5-12，油膜漂移轨迹见图 5-13。

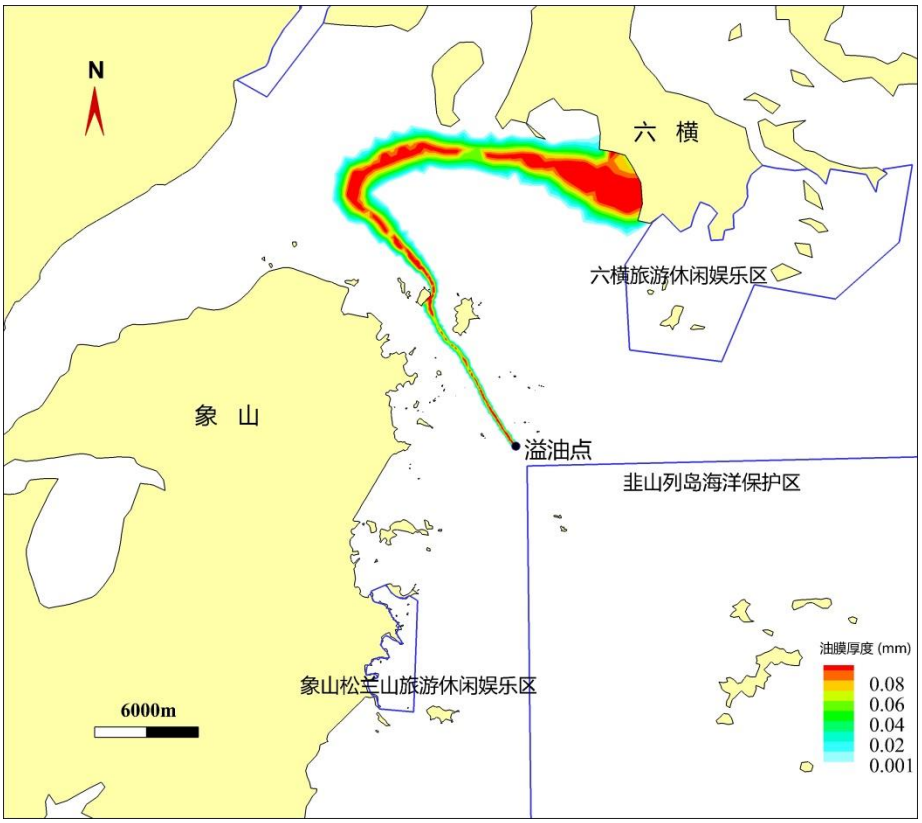


图 7.2-4 落憩时刻夏季常风 S 向工况溢油 24H 油膜扫海面积图

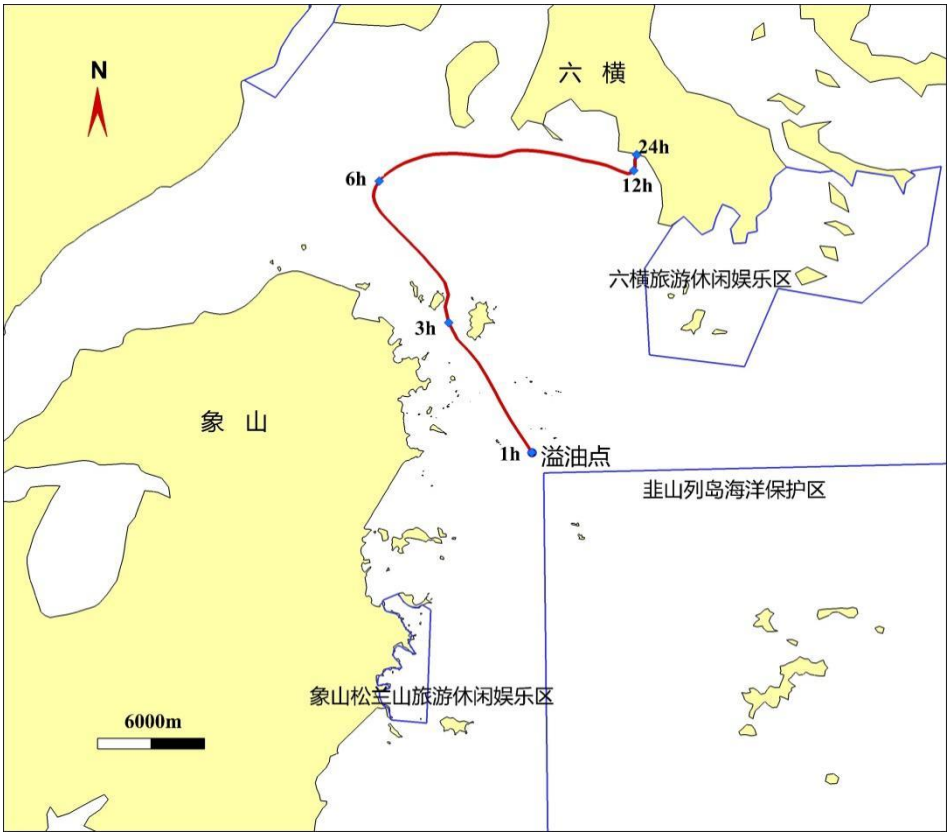


图 7.2-5 落憩时刻夏季常风 S 向工况油膜轨迹漂移路径

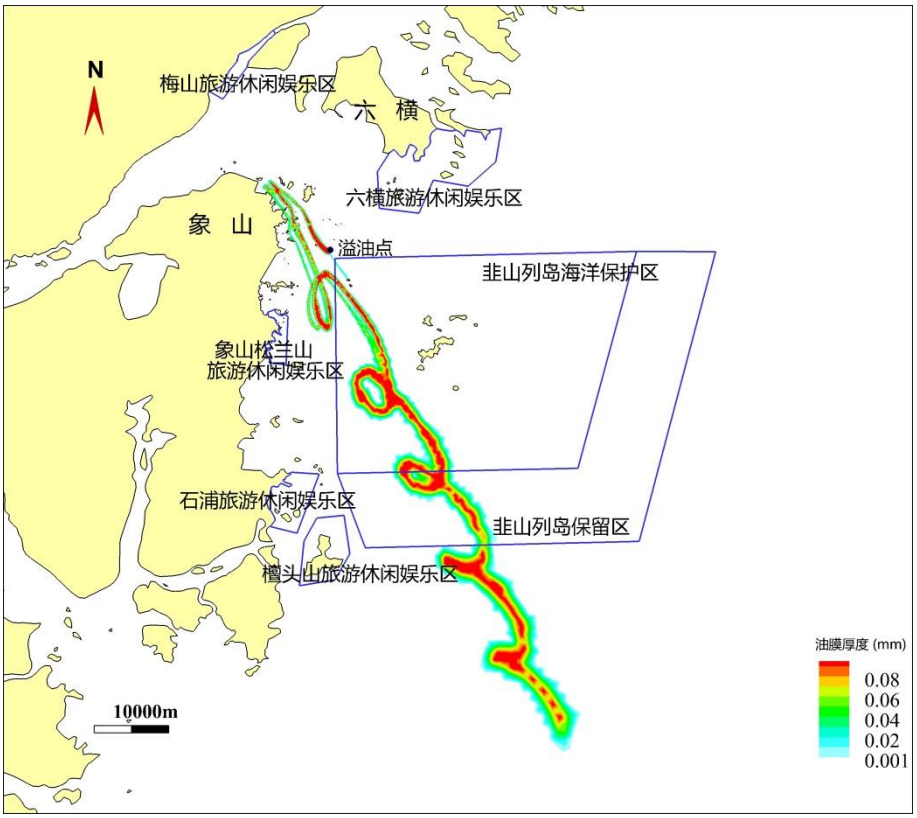


图 7.2-6 落憩时刻不利风 NW 向工况溢油 72H 油膜扫海面积图

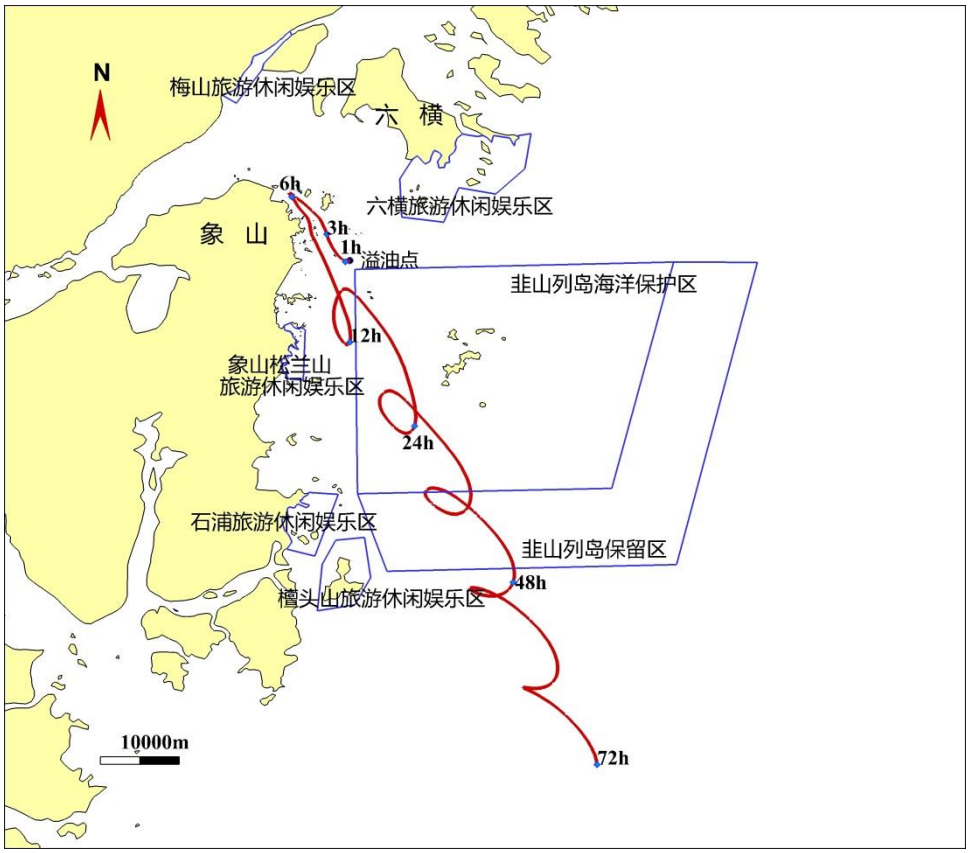


图 7.2-7 落憩时刻不利风 NW 向工况油膜轨迹漂移路径

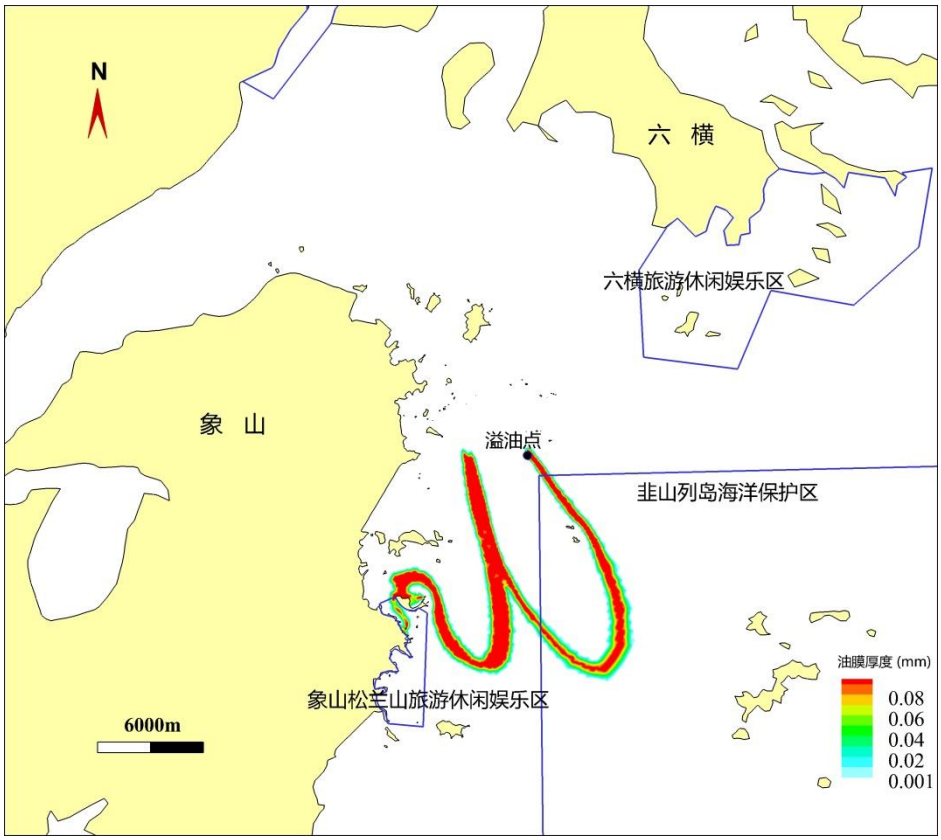


图 7.2-8 涨憩时刻冬季常风 NE 工况溢油 72H 油膜扫海面积图

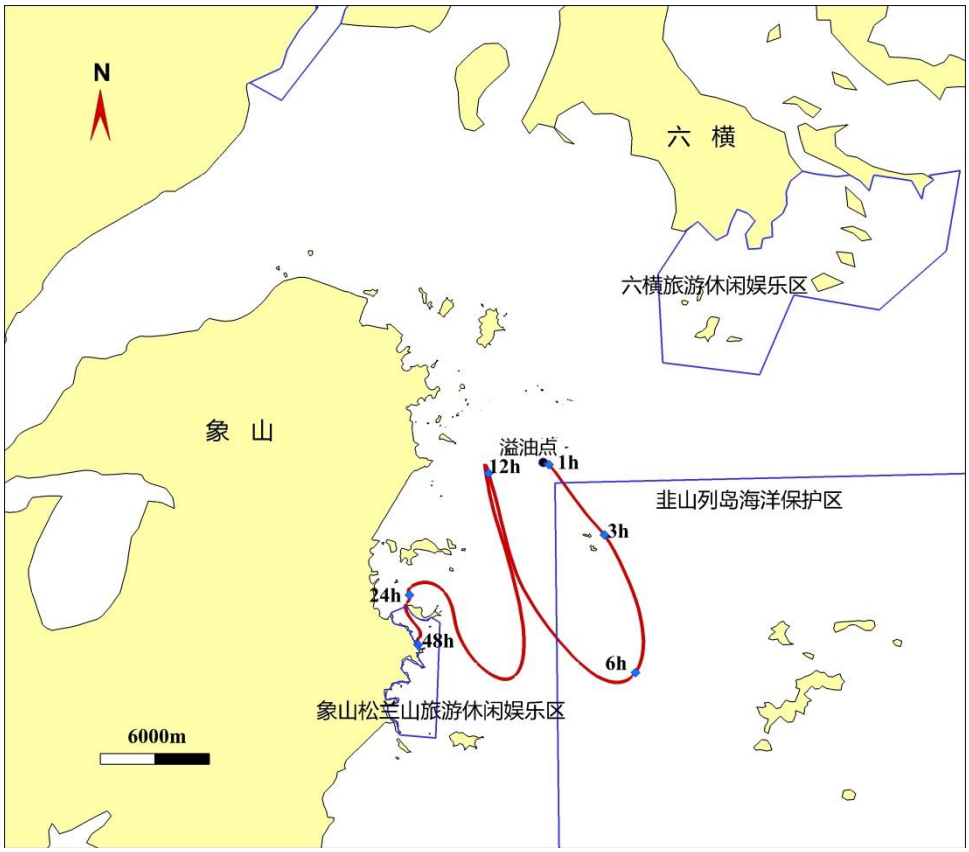


图 7.2-9 涨憩时刻冬季常风 NE 工况油膜轨迹漂移路径

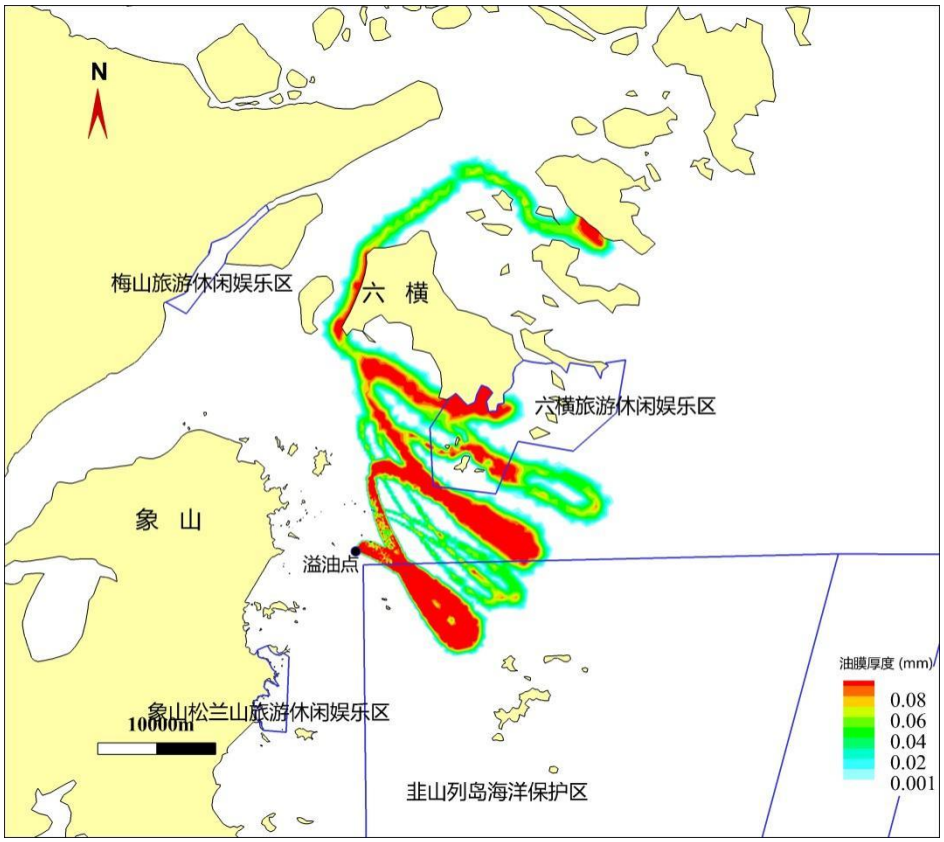


图 7.2-10 涨憩时刻夏季常风 S 向工况溢油 72H 油膜扫海面积图

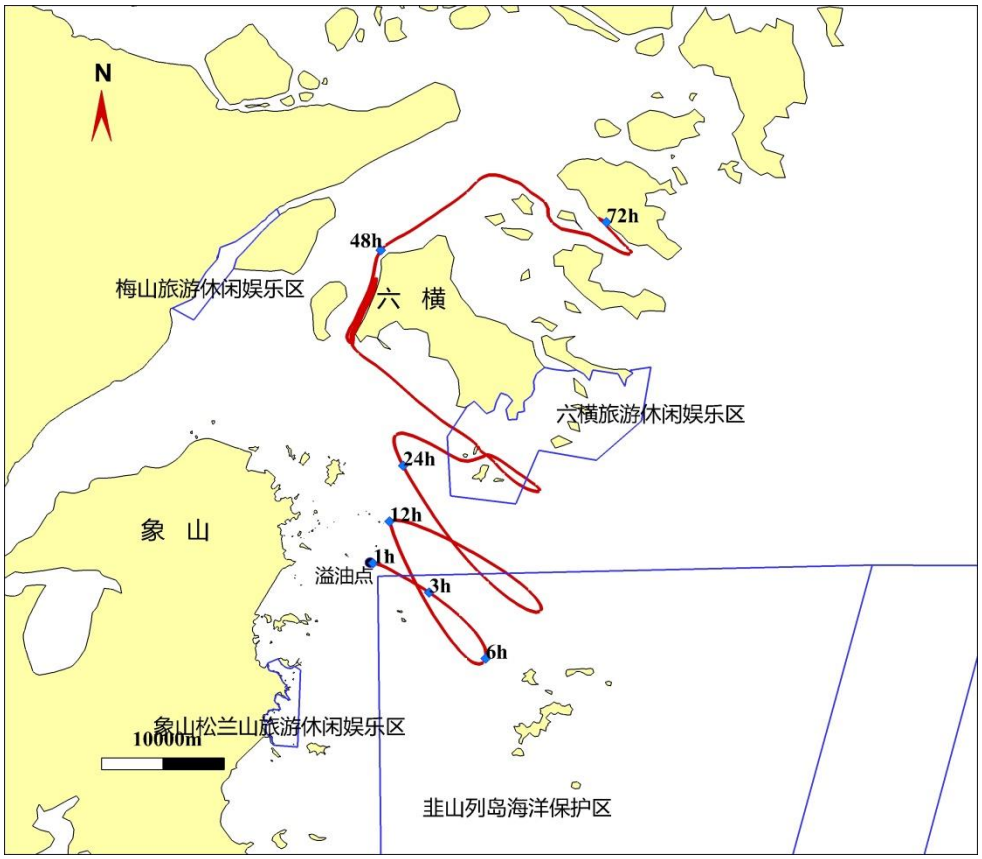


图 7.2-11 涨憩时刻夏季常风 S 向工况油膜轨迹漂移路径

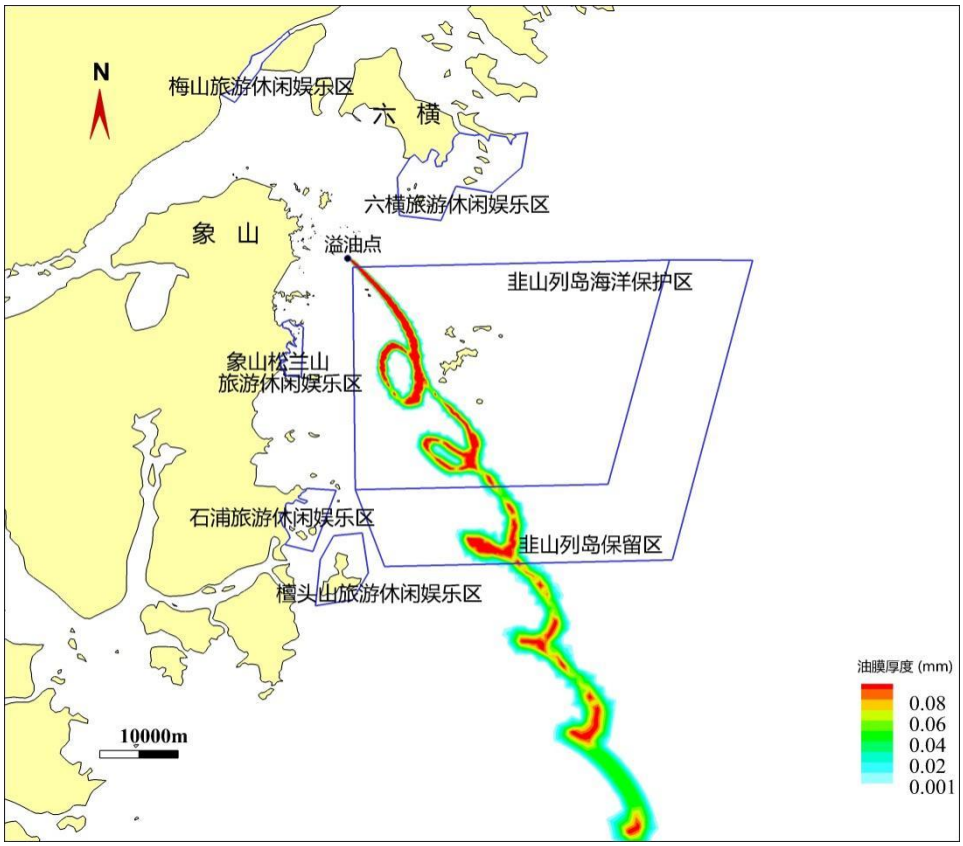


图 7.2-12 涨憩时刻不利风向 NW 向工况溢油 72H 油膜扫海面积图

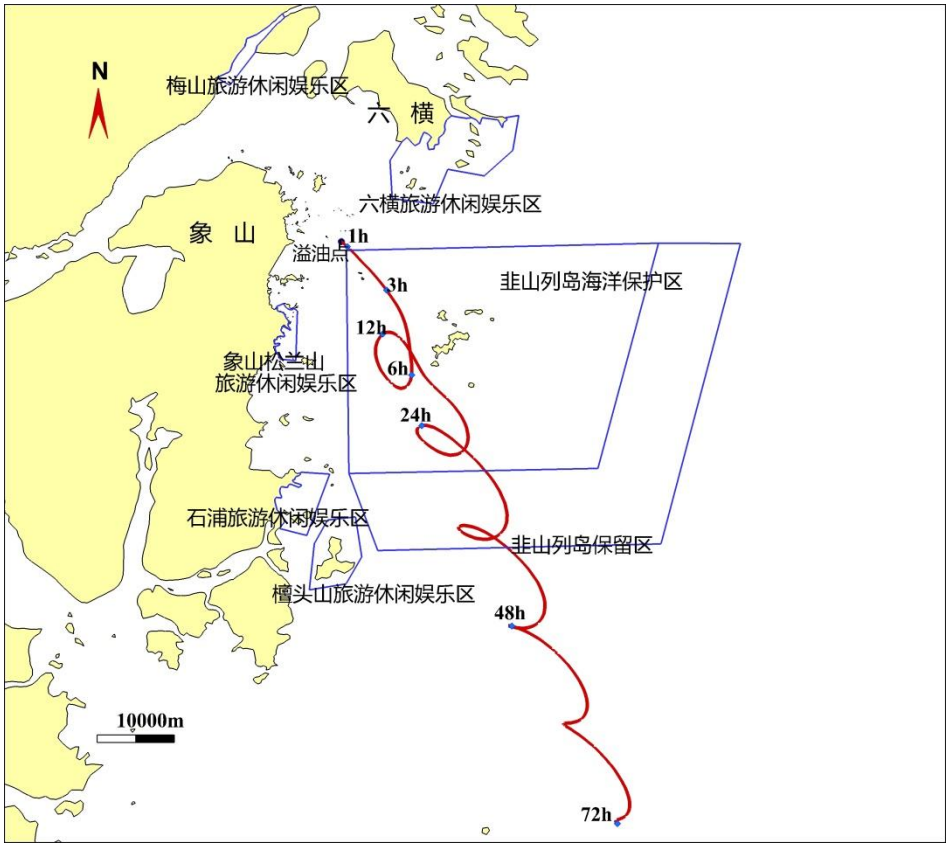


图 7.2-13 涨憩时刻不利风向 NW 向工况油膜轨迹漂移路径

7.2.2.5 油膜对附近主要敏感区的影响

各工况下发生溢油事故后油膜到达周边敏感区域的时间见表 7.2-4。

表 7.2-4 涨潮时发生溢油各工况下油膜到达敏感区的时间表单位：h

工况 敏感区	落憩时刻（涨潮）			涨憩时刻（落潮）		
	冬季常风 NE 向	夏季常风 S 向	不利风向 NW 向	冬季常风 NE 向	夏季常风 S 向	不利风向 NW 向
韭山列岛海洋保护区	——	——	8.2	1.8	2.3	1.5
韭山列岛保留区	——	——	35.5	——	——	27.8
檀头山旅游休闲娱乐区	——	——	——	——	——	——
石浦旅游休闲娱乐区	——	——	——	——	——	——
梅山旅游休闲娱乐区	——	——	——	——	——	——
六横旅游休闲娱乐区	——	——	——	——	15.0	——
象山松兰山旅游休闲娱乐区	——	——	——	25.0	——	——

涨潮（落憩）时刻：

冬季常风 NE 向和夏季常风 S 向工况下，油膜未对周边敏感区造成影响。

不利风向 NW 向工况下，油膜 8.2 小时后进入韭山列岛海洋保护区，35.5 小时后进入韭山列岛保留区。

落潮（涨憩）时刻：

冬季常风 NE 向工况下，油膜 1.8 小时后进入韭山列岛海洋保护区，25 小时后进入象山松兰山旅游休闲娱乐区。

夏季常风 S 向工况下，油膜 1.5 小时后进入韭山列岛海洋保护区，27.8 小时后进入韭山列岛保留区。

不利风向 NW 向工况下，油膜 2.3 小时后进入韭山列岛海洋保护区，27.8 小时后进入六横旅游休闲娱乐区。

综上所述，溢油事故发生后，油膜最快影响的敏感区为韭山列岛海洋保护区，最快到达时间为 1.5 小时。

7.2.3 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 7.2-5 和表 7.2-6 列举了油污染对一些海洋生物的影响情况。

表 7.2-5 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	<100μL/L	10
鳍鱼	50μL/L	1700
幼体和卵	0.1μL/L	1.25
浮游甲壳动物	5～50PPm	15～20
底栖甲壳动物	0.56mg/L	

表 7.2-6 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
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。

7.2.4 雷击风险分析

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。

7.2.5 台风、风暴潮等灾害风险分析

本项目所在海域风暴潮伴随台风或寒潮而来，尤其是当风暴潮发生的时间与天文潮高潮时间相重，易造成特大增水。

台风风暴潮，多见于夏秋季节，占全年的 90%，且来势猛、速度快、强度大、破坏力强。中国东南沿海是这类风暴潮的多发地段。温带气旋风暴潮多发生在春、秋季节，对于我国东海地区来说，此类型的风暴潮增水幅度比台风增水小，成灾机会也小。

台风是强烈的热带气旋，是发生在热带海洋上的中心附近最大风力达到 12 级以上的暖性低压强烈天气系统。台风蕴涵的巨大自然能量将给风电机组造成破坏，其破坏机

理主要是对设备结构施加静载荷和动载荷叠加效应。

台风、风暴潮对风电场的可能造成的损害包括：

①台风、风暴潮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、风暴潮带来的狂风暴雨对输电线路的破坏。

③台风、风暴潮破坏测风装置，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、风暴潮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。

7.2.6 风机损坏、倒塌风险分析

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，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。

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°）。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平率 H1%波浪联合作用，以确保风机、基础结构安全可靠。

7.2.7 海底电缆及风机基础泥沙冲刷淘空风险分析

由于桩基的存在缩窄了相邻机位之间的过水断面，同时迎流面阻水迫使原通过桩基处的水流涌向两侧，导致迎水面两侧流速均有所增大，进而引起滩面冲刷，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，而海缆如埋设在局部冲刷坑范围内则可能出现海缆出露，风电场海底电缆和海床之间有形成淘空的可能。

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。

7.2.8 鸟类飞行碰撞风机风险分析

由于大部分鸟类的迁徙是在天气晴好的夜晚，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撞击，目前的研究总体结果表明概率较低。

7.3 溢油事故防范措施

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。

7.3.1 施工期溢油风险防范措施

（1）加强教育，提高意识

施工前，需制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。

（2）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。

（3）工程陆域风机组装生产基地距风电场施工区航行距离较远，需根据工程施工方案制定施工区及附近海域通航环境安全管理措施，提出加强施工期通航安全秩序管理的对策和措施，确保通航安全。

（4）施工作业开工前按规定向海事局申请办妥水上、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，应白天在艉悬挂经旗，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。

（10）为防止施工船舶出现故障无法移动，建议在施工区附近安排一艘拖轮，并配备一定数量集油设备和器材，如围油栏、吸油材料、消油剂等，以便随时出动进行应急抢救等救助工作，同时发生少量溢油事故时，可现场及时进行围栏清理。

（11）施工单位需向海事主管机关申请划定施工作业区，设置航行警戒标，配置现场警戒船。

7.3.2 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。

（1）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。

（2）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。

（3）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。

（4）加强风机基础冲刷监控，定期进行跟踪监控，防止风机基础淘空倒塌，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，防止风机内部润滑油料泄

漏，一旦发生泄漏，立即采取围油栏围挡，采取吸油毡等对泄漏油料吸附回收。

7.4 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》相关要求和说明，制定本工程应急预案。本章节主要给出应急预案的主要框架以及主要应急措施，建设单位在此基础上对应急预案进行补充和完善，并报海事主管部门备案。

（1）应急计划区

工程应急计划区主要为风电场区、电缆敷设线路附近；应急事件包括船舶装卸、加燃油、碰撞、倾翻等突发性海上溢油事故。

（2）应急组织机构、人员

①应急领导机构

应急组织机构由应急指挥部、现场指挥部和应急作业组组成。

应急组织机构框图如图 7.4-1。

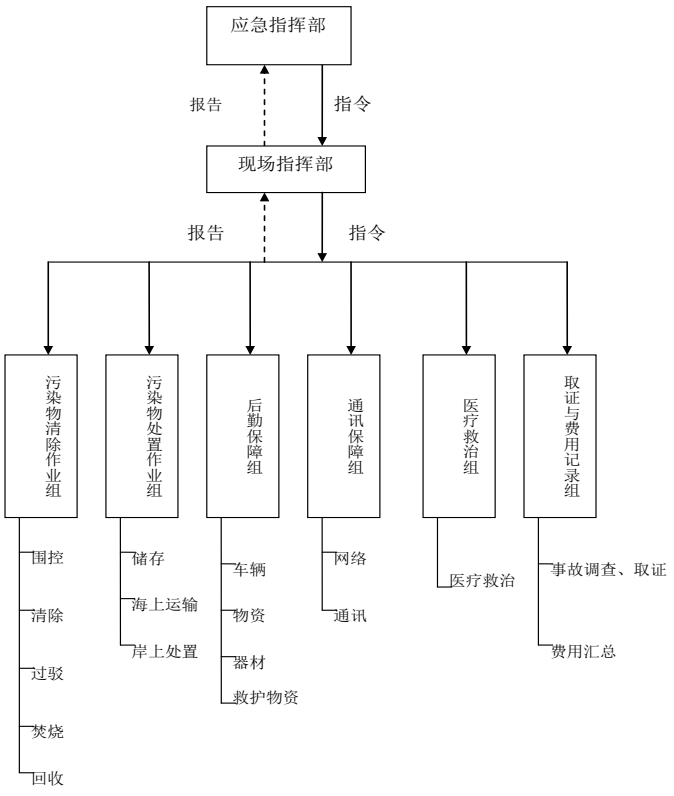


图 7.4-1　溢油事故应急组织机构

②应急指挥部

由签订协议的清污单位成立应急指挥部，负责船舶污染应急防备和应急清除工作的组织和指挥，并设日常办公机构，挂靠在行政人事部，负责应急指挥部的日常工作。应急指挥部成员由公司领导层、高级指挥人员和公司各部门负责人组成。

总指挥可由应急指挥部指定，必须是高级指挥人员。总指挥应当具备对船舶污染事故应急反应的宏观掌控能力，能够根据事故情形综合评估风险，及时做出应急反应决策，有效组织实施，并应当通过中华人民共和国海事局组织的培训、考试和评估，取得培训合格证书。

③现场指部

现场指挥部，由应急指挥部指派到溢油事故现场的临时指挥机构，在应急指挥机构的统一领导下，负责船舶污染事故现场的应急组织、协调和指挥。根据船舶污染事故现场情况，制定具体的污染清除作业方案，并组织应急作业组开展污染物清除和污染物处置作业。现场指挥官由应急指挥部指派，必须由中级以上指挥人员担任。

现场指挥官应能根据指挥机构的对策，结合现场情况，制定具体的清污方案并能组织应急操作人员实施，并应当通过中华人民共和国海事局组织的培训、考试和评估，取得培训合格证书。

④应急作业组

根据应急救援的需要，在应急指挥部领导下组建应急作业组，包括污染物清除作业组、污染物处置作业组、后勤保障组、通讯保障组、医疗救治组、取证与费用记录组等，具体负责协议单位船舶各类突发事件的污染处置工作。

污染物清除作业组和污染物处置作业组人员应由应急操作人员组成。应急操作人员应具备应急反应的基本知识和技能，正确使用应急设备和器材，实施清污作业，并应当通过当地局组织的培训、考试和评估，取得培训合格证书。

（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《中国海上船舶溢油应急计划》和《东海海区溢油应急预案》，海域发生船舶污染事故，其事故及相应应急响应等级分为三级：一般事故(Ⅲ级响应)、较大事故(Ⅱ级响应)、重大事故(Ⅰ级响应)，依次分别用蓝色、黄色和红色表示。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 10t，且事故发生在非敏感区域，水面溢油不威胁环境敏感区和岸线，动用本工程预案溢油应急反应队伍和设备能够控制溢油源，并能围控和清除海面溢油。

较大污染事故：溢油量大于 10t 不足 50t，或满足以下条件之一的：

①溢油事故发生在敏感区内或距离敏感区有一定距离但极有可能对敏感区域或岸线造成污染损害；

②围控和清除水面溢油所需资源超出所在地应急清污能力，需调用本辖区内其他应急资源。

重(特)大污染事故：溢油量在 50t 以上，或满足下列条件之一的：

①溢油对环境敏感区及岸线构成一般或严重威胁，动用本辖区资源较难防护敏感区和清除溢油；

②溢油源不能控制，围控和清除水面溢油所需资源明显超出本辖区应急清污能力，需请求政府部门启动相应预案的应急行动。

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。

（4）溢油应急救援保障

①项目自身应急设备配置

为确保发生溢油风险事故期间可及时开展清污作业，防止溢油事故发生后油污大范围扩散，建议建设单位拟配备一定数量的防油污应急物资，以备发生事故期间应急响应。

针对该溢油应急防备目标，建议本项目应配置的应急设备如下：

表 7.4-1 项目溢油应急设备配置明细表

序号	应急设备名称	单位	单价(万元)	数量	投资额(万元)	备注
1 溢油围控设备						
1.1	固体浮子围油栏	m	0.03	400	12	满足抗风速大于 10m/s，抗波高大于 1.2m，且栏高≥1100mm。
1.2	围油栏布拖轮	艘	-	-	-	可由拖轮实施围油栏应急布放功能，租用
2 溢油分散剂及喷洒设备						
2.1	溢油分散剂	t	3	6	18	生物降解型消油剂
2.2	溢油分散剂喷洒装置	套	1.25	2	2.5	为便携式，消油剂喷洒速率为 0.18t/h。
3 吸油材料						
3.1	吸油毡	t	2.7	6	16.2	吸油性应达到本身重量 10 倍以上，吸水性为本身重量 10%以下，持油性保持率 90%以上；
合计					48.7 万元	

施工期本工程所配置的应急设备可放置在施工拖轮或者驳船上，或者放置于施工码头。

②工程区周边溢油防治力量

根据《国家水上交通安全监管和救助系统布局规划》（2005-2020），按照国家原油运输网络和敏感资源区分布，在沿海综合基地设置16个国家船舶溢油应急设备库，其中在宁波建设1个大型（可对抗1000吨船舶溢油）溢油应急设备库，在上海建设1个中型设备库（可对抗500吨船舶溢油），在舟山建设1个小型设备库（可对抗200吨船舶溢油）。

1）宁波港区溢油防控能力

当发生重大及特大海洋环境风险事故，或者风险事故后果直接影响宁波港区的情况下，将通过舟山-宁波两市应急联动机制启动宁波港区应急预案，调动宁波港区应急救援力量。以下为宁波港区内本工程可依托应急力量基本情况。

现有溢油防控能力：

A、浙江海事局宁波船舶溢油应急设备库

浙江海事局宁波船舶溢油应急设备库是国家投资4920万元建设的三个国家大型溢油应急设备库之一，于2011年11月正式交工验收。主要建设内容为新建溢油应急设备库1966m^2，辅助用房839m^{2}及相应配套设施，库内配备溢油应急卸载、围控、回收、储运、溢油分散、吸附物资及配套设备共6大类50多种，并配有两艘自航式收油机，一次溢油综合清除控制能力达1000吨。本项目与浙江海事局宁波船舶溢油应急设备库直线距离90km，应急救援力量可在4小时内到达。

B、宁波甬洁溢油应急服务有限公司

宁波甬洁溢油应急服务有限公司位于宁波市北仑区，在2012年2月交通运输部海事局公布的《经审查通过的船舶污染物清除单位名单》中为一级资质的清污企业。该公司是由从事海上救助打捞、溢油清除、围油栏作业、固废回收处理和油污水接收处理等8家相关企业组成的股份公司，是宁波港区目前应急能力最强的社会应急及救援力量。本项目与宁波甬洁溢油应急服务有限公司直线距离约100km，应急救援力量可在5小时内到达。

规划溢油防控能力：

规划在2020年前，宁波市政府将投资建设一座溢油应急设备库，具备一次处置溢油500吨的能力。该设备库距离本项目90km，应急救援力量可在4小时内到达。

宁波港区应急救援力量汇总：

根据以上应急能力介绍，宁波港区现有及规划，溢油一次应急处置能力合计约为2500吨。具体见表7.4-2。

表 7.4-2　宁波港区内本工程可依托应急救援力量汇总表

名称		应急能力	距离/达到时间	备注
现有	浙江海事局宁波船舶溢油应急设备库	1000 吨	90km/4h	政府救援力量
	宁波甬洁溢油应急服务有限公司	1000 吨	100km/5h	社会救援力量
规划	宁波政府溢油应急设备库	500 吨	90km/4h	政府救援力量
合计		2500 吨		/

2）舟山港区溢油防控能力

本工程位于宁波—舟山港区，在发生溢油或液化品泄漏等环境风险事故时，也可依托舟山港区溢油及液化品泄漏应急能力开展事故应急。舟山港区应急能力概况如下：

现有能力：

A、浙江海事局舟山船舶溢油应急设备库

按照2007年国务院批准的《国家水上交通安全监管和救助系统布局规划》，舟山溢油应急设备库工程于2010年7月开工建设，2011年4月完工，总投资2700万元，总建筑面积2031m^2，工作场地1800m^2，清洗水池108m^3，建有溢油应急设备库房、辅助用房，配备了应急卸载设备、溢油围控设备、机械回收设备、溢油分散物资、溢油吸附物资、污油储运装置、配套设备等共计18大项53小项，设备库一次溢油综合清除控制能力达200吨。

舟山溢油应急设备库位于岱山，距离本工程130km，应急力量可在5小时内到达。

B、舟山海安溢油应急处理有限公司

舟山海安溢油应急处理有限公司在2012年2月交通运输部海事局公布的《经审查通过的船舶污染物清除单位名单》中为一级资质的清污企业，是舟山港区目前应急能力最强的社会应急及救援力量。该公司拥有3艘应急溢油清除船舶，8艘辅助应急船舶，应急物资仓库面积800m^2，存放有完善的清污设备设施，并配有2台5吨横吊，具备快速、有效的溢油应急反应能力，海上总回收能力达到2000m^3（约合1700吨）以上。

舟山港区应急处置设备情况：

舟山港区应急处置设备的细明、数量能力如下：

表 7.4-3　　舟山港区应急处置设备

序号	名称	数量
1	溢油回收船	96 艘（舱容量共计 10924t）
2	应急辅助船（包括工作船、拖船、消防船等）	48 艘
3	橡胶围油网、浮子式围油网等各类围油网	60524m
4	收油机（转盘式收油机、真空式收油机等）	60 套
5	储油罐、浮动油囊等临时储存装置	3656.4m^3
6	各类消油剂喷洒装置(船用喷洒装置、手持喷砂装置）	100 套
7	应急卸载泵、齿轮泵等泵机	80 套
8	吸油毡	217.575t
9	吸油拖栏、吸油索	20279m
10	收油网、油拖网	36 套
11	消油剂、分散剂	180t
12	化学吸附剂	12.8t
13	冷热水高压清洗器	24 套

（5）应急程序

海上溢油事件按照先企业自救，本工程位于浙江省宁波市，属于宁波海事局管理范围内，本工程所编制的应急预案应纳入宁波市以及浙江省的船舶污染应急预案中。发生任何海上溢油事件，首先是企业利用自身具备的应急救援资源积极自救，第一时间防止污染扩散，同时将事故上报宁波市海事局海上搜救中心；宁波市海上搜救中心在接到求救信息后必须积极响应；如果发生大型事故，则启动省级预案，省级预案启动前事发地海上搜救中心必须启动市级预案进行先期处置。

在发生油污溢漏事故时，建设单位与施工单位应迅速采取应急处置措施，以控制和减少溢漏。建设单位与施工单位应编制溢油应变部署表，张贴于施工船上适当位置。所有施工人员都应熟知其在事故应急中的职责分工。一旦发生泄漏事故，一经发现，船长或其他工程负责人应立即发出报警，组织全体海上施工人员开展应急反应。

（6）报警、通讯联络方式

①报警方式：在岸上临时生活办公区设置专线报警电话。

②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。

③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、救援及控制措施

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，对事故出现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）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。

（9）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习，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船能力。通过演习，发现工作中薄弱环节，并修改、完善应急计划。

（10）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。

8 清洁生产与污染防治对策

8.1 清洁生产

8.1.1 设备先进性分析

工程风机选用单机容量为 8.0MW 的风电机组，叶片数 3 片，轮毂高度 127m。

工程设计采用的变速变桨能主动以全顺桨方式来减少转轮所承受的风压力，具有结构轻巧和良好的高风速性能等优点，风能利用系数较传统定桨距失速风机高，且适宜本工程海域大风日出现几率较多、风功率密度较高的特点。从国际上兆瓦级风机技术发展趋势分析，变桨距调节方式将逐渐取代失速调节方式。因此本工程设备选型符合海上风电机组技术发展方向，设备选型技术成熟先进，满足清洁生产要求。

8.1.2 施工工艺先进性分析

工程施工中采取环境友好的施工方案，采用较为先进的施工机械设备。目前大型的海上打桩机械主要有筒式柴油打桩锤、液压打桩锤、液压振动锤三种型式，根据已施工的风机单桩基础相关施工经验，可研推荐单桩基础沉桩选择 S-2000 型液压打桩锤作为首选锤型，S-2400 型液压打桩锤作为备选。液压打桩锤在噪声、烟气、油泄漏等各方面均优于柴油打桩锤，采用该类型打桩锤可提高项目清洁生产水平，防范油污染产生。

海缆施工采用电缆沟直埋电缆；本项目近海段采用铺缆船施工。铺缆船具有施工效率高，自动化程度高，便于控制施工工作面范围，能大大缩短施工影响时间，因此对潮间带和近岸海域生态环境、海水水质及海洋生态环境影响较小，是目前最优的施工方式。

因此，工程的施工工艺符合清洁生产要求。

8.1.3 生产过程控制分析

风能是一种洁净、可再生的一次能源，本工程利用风能发电，发电过程中不消耗矿物质能源、同时不产生废水、废气、废渣，生产过程清洁。

8.1.4 污染物排放控制水平

船舶含油废水交由资质单位处理，船舶生活污水运至岸上，并清运到至毛湾村污水处理设施；对施工设备，要求选用低噪声设备，并加强设备的维护和保养，以降低噪声的影响；生活垃圾由当地环卫部门统一收集处理。工程建设过程中充分考虑了事故风险的防范和应急预案，对周边环境影响较小。

8.1.5 节能减排贡献

（1）节能效益

本项目总装机 300MW，年上网电量 83776 万 kWh。根据国家能源局 2015 年公布的统计资料，与同等发电量的火电相比，本项目运行每年可减少标准煤耗约 25.1 万 t/a（全国平均发电煤耗 315gce/kWh）。随着煤炭资源的日益减少，尤其是优质煤的快速消耗，风电场项目的节能效益将愈加显著。

（2）减排效益

风力发电作为一种清洁能源，不会产生 SO2、NOx 和烟尘等大气污染物。相应可减少废气排放量：SO2（脱硫 80%）1004.4t，NO22008.8t，CO255.2 万 t，减少灰渣 10.0 万 t。此外，还可节约淡水 241.1 万 m3，并减少相应的水力排灰废水和温排水等。

综上所述，本项目利用风能这一清洁能源进行发电，比较传统的火电，本项目具有节约能源、降低污染物排放等明显的优点，符合《中华人民共和国清洁生产促进法》中“使用清洁的能源和原料、采用先进的工艺技术与设备、从源头削减污染、减少或避免污染物的产生和排放、减轻或消除对人类健康和环境的危害”的清洁生产要求。

8.2 环境保护对策措施

8.2.1 施工期环境保护对策措施

8.2.1.1 水污染防治措施

工程风机桩基为钢结构，打桩采用打桩船直接将桩打入海底，无钻渣和泥浆。仅打桩锤的振动下沉，将短时间内导致海底泥沙悬浮引起水体浑浊，影响局部海水水质，但打桩历时较短，施工结束即很快恢复。因此，工程废水主要为施工人员的生活污水、船舶机舱含油废水和机修含油废水。

根据工程分析，施工期生活污水主要污染因子为 COD 和氨氮；工程施工船舶主要为起重船、驳船和电缆敷设船等。施工含油污水主要是施工船舶及机舱油污水和机械设备产生的残油、废油，其主要污染因子为石油类。

①海域施工期间，现场施工人员每天产生一定量的生活污水，经船舶统一收集，生活污水产生量为 24.9t/d，经化粪池处理后运至岸上清运至毛湾村污水处理设施。机修含油废水经隔油池处理后清运至毛湾村污水处理设施。

毛湾村已设置 3 个污水处理设施，每个设施处理能力为 50 吨/日，处理能力合计 150 吨/天，还有余量可满足本项目废水处理的要求。处理工艺采用厌氧+人工湿地工艺。废

水经处理达到《农村生活污水处理设施水污染物排放标准》（DB33/973-2015）二级标准后排入周围水环境，清运至污水处理厂具有可行性。

②严格执行国家《沿海海域船舶排污设备铅封管理规定》(2007 年)和《船舶污染物排放标准》和 73/78 国际防止船舶污染海洋公约的相关规定，严禁所有施工船只的含油废水等在施工海域排放。本项目船只无压舱水排放，大型施工船舶设相应的防污设备和器材，并备油类记录簿，含油污水如实记录；设专用容器，回收施工残油、废油；含油废水经收集后运至岸上，交由有资质单位处理。

③甲板上偶尔出现的少量油(通常是润滑油)用棉纱吸净后冲洗，含油的棉纱、废油等应收集后运回陆地交具资质单位统一处理。注意施工船舶等的清洁，及时维护和修理施工机械，施工机械若产生机油滴漏，应及时采取措施，用专用装置收集并妥善处理。建立溢油应急体系。船舶非正常排放油类、油性混合物等有害物质时，应立即采取措施，控制和消除污染，并向就近的海事局报告。

④加强施工设备的管理与养护，杜绝石油类物质泄漏，减少海水受污染的可能性。

⑤施工活动应尽量选择在风浪较小的时段施工，既能保障施工安全，利于施工进行，也能减小悬浮物的影响范围和影响程度。招标时应优先选择先进的施工工艺，进一步控制和减缓施工对水质的影响。

⑥本项目应与亚帆中心充分沟通协调，在第 19 届亚运会前停止施工，防止悬浮泥沙对比赛活动区域造成超标影响，待亚运会结束后即可恢复施工。

8.2.1.2 固体废物处理

①对于施工期产生的生活垃圾，主要在各施工船舶上，返回时与陆上施工人员产生的生活垃圾一并纳入岸上固废处理系统统一处置。

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。

8.2.1.3 海洋生态保护措施

（1）对海洋生物和底栖生物的环境保护措施：

①优化施工方案，加强科学管理，在保证施工质量的前提下，尽可能减少海底开挖面积、开挖量，缩短水下作业时间，避免施工悬浮物剧烈扩散。

②严格限制工程施工区域在其用海范围内，控制潮间带电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。

③电缆铺设后及时填埋，恢复原地貌，加快生态修复。

（2）对渔业资源和渔业生产的环境保护措施：

①对施工海域设置明显警示标志，告知施工周期，明示禁止进行张网捕捞活动的范围、时间。

②做好施工期的海水环境跟踪监测与环境监理工作。对施工期附近水域开展生态环境及渔业资源跟踪监测，及时了解工程施工对生态环境及渔业资源的实际影响。

（3）水下噪声对海洋动物影响减缓措施

①施工中的水下冲击式打桩将对周围海域的海洋鱼种等的行为活动将带来一定影响。鉴于施工期的打桩噪声具有强度高、时间相对短的特点，风机打桩尽可能的避开主要经济鱼类产卵季节，同时海上施工期应对每日预计打桩数量(即最高数量)、打桩的持续时间做出预测，在时间上控制一次一桩。

②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。

③为减缓工程打桩噪声对主要经济鱼类产卵的影响，建议建设单位尽可能避开在主要经济鱼类产卵高峰期（3-7 月）打桩施工作业。同时须在打桩时采用液压桩，并采用软启动方式，首桩采用小幅度的冲击，而后强度逐渐增强，用于声驱赶海中一些游动的海洋生物。

④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。

⑤施工期水下打桩中应严格确立在距离桩基一定范围为鱼类受水下噪声影响的危险区域，本项目中对于风机基础打桩施工时所对应的警告保护距离为 7.4km（一般鱼类和江豚）和 9.0km（石首鱼类）。

（4）下阶段风机防冲刷保护时进行砂被或沙袋等方式铺设前应对抛填物进行填充物质成分检测，确保满足《围填海工程填充物质成分限值》（GB30736-2014）第一类限值后方可进行铺设。

（5）建设单位应通过增殖放流补偿本建设项目造成的生态损失，减缓对海域的渔业资源造成的影响。

8.2.1.4 鸟类保护措施

（1）合理规划施工作业时间。强调合理有序施工，优化施工组织。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。风电场处于东亚—澳大利西亚迁徙路线的海域，不是迁徙鸟类重要的栖息区域，也不是主要的迁徙路线上主要迁徙区域，但在秋季 10 月是候鸟迁徙的高峰时段，秋季鸟类迁徙时段应谨慎施工。

（2）应尽量避免在施工工区全面铺开作业，建议分区域分时段施工，避免施工区域多点零散施工，登陆段避免夜间施工，以减少对鸟类栖息、觅食等的影响。

（3）做好施工组织和现场管理，文明施工，最大限度地减少施工期各污染源对周边环境的影响。应加强对施工人员的环保教育，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；禁止施工船舶以及施工人员登上邻近的岛屿干扰鸟类栖息和繁殖，禁止施工人员登岛捡拾鸟蛋；可与当地公安机关和鸟类保护志愿者配合，打击捕猎鸟类和捡拾鸟蛋的违法行为。

（4）尽可能选用低噪声设备，并加强设备的维护和保养，减少施工机械噪声和车辆运输噪声对鸟类的干扰。严格执行施工操作规程，施工机械设备应有消声减振措施，避免对鸟类造成惊吓，保护鸟类生境。

（5）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。

（6）在工程区域可能受光影响的主要是夜间迁徙鸟类，在候鸟迁移期间，应严格加强灯光使用管理，尽可能减少光对其产生的干扰，避免鸟类与风机相撞死亡。另外减少红光的使用，选用合适的光源，照明光源应该尽量使用对鸟类影响较小的 LED 灯。在鸟类迁飞季节，应调暗或尽量关闭升压站夜间及凌晨时段的灯光照明，以免在趋光性的作用下使鸟只大量飞入风电场区域而增加鸟只与风机相撞的风险。

8.2.1.5 噪声防治

（1）施工船舶应有效控制主辅机噪声。船舶可在发动机排气管安装弹簧吊架加以固定；机舱上布置主辅机消声器；合理设置消声器和机舱室结构；限制突发性高噪声，避免不必要的船舶汽笛鸣放。

（2）应加强各类施工设备的维护和保养，保持其良好的运转，以便从根本上降低噪声源强。

（3）尽可能选用低噪声设备，采用液压打桩锤，减少打桩产生的噪声和振动；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；加强施工管理、文明施工。

8.2.1.6 大气环境保护措施

（1）《MARPOL73/78 附则 VI--防止船舶造成空气污染规则》于 2005 年 7 月 1 日生效，工程施工船舶大气污染物应按该附则规定实施。

（2）加强施工船只管理，避免施工区域船舶拥堵，加剧噪声和废气等污染物产生。加强对施工机械的维修保养，禁止不符合国家废气排放标准的机械进入工区，禁止以柴油为燃料的施工机械超负荷工作，减少烟尘排放。

（3）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，减少施工的大气污染。

8.2.1.7 通航安全保障措施

本工程应严格根据《中华人民共和国水上水下施工活动通航安全管理规定》要求进行施工，主要措施要求如下：

①本风电场施工属于影响通航水域交通安全或对通航环境产生影响的水上水下施工，必须附图报经海事主管机关审核同意，由海事机关核准并发布航行警告、航行通告，详细通告施工作业区域和安全警戒水域范围、施工的内容、施工船舶情况及注意事项等。

②施工方施工前应根据施工情况，申请安全作业区。划定与施工作业相关的安全作业区必须报经海事局核准、公告，与施工无关的船舶、设施不得进入施工作业安全作业区，施工作业者不得擅自扩大施工作业安全区的范围。

③建设、施工单位应制定并落实相应的安全生产和防污染规章，采取相应的安全措施，避免事故的发生。

④施工方应根据国家有关安全生产的各种规定和要求，制定应急预案和应急计划，包括船舶碰撞事故应急预案、雾季船舶航行应急预案、船舶溢油污染应急预案、人员落水应急处置预案、火灾爆炸事故应急处置预案、船舶搁浅应急处置预案、对失控船舶的应急处置预案等。施工方应将上述预案报海事主管部门批准，并在遇到紧急情况时及时启动预案，并通知海事主管部门。

⑤施工方在施工期间应组建通航安全管理与监督小组，保持与海事部门的沟通，与施工水域附近的过往船舶协调行动，按期完成工程，使本风电场建设给附近水域通航安全带来的影响降低到最低程度。

⑥业主应选择具有优良设备的施工单位，并督促施工单位落实安全生产措施，协调施工单位与其他相关部门间的工作；施工单位应提供适航的施工船舶并保持其适航状态，遵守有关安全航行的规则和安全作业程序，加强对施工作业船舶的安全管理，同时应将参与施工作业的船舶及时报当地海事主管机关，自觉接受海事部门的监督检查，避免施工船舶引起水上交通安全事故的发生。

⑦船舶进入施工水域，应谨慎驾驶，加强瞭望，避让时注意运用良好船艺，注意与操纵能力较差的施工船舶的避让，尽量避免在施工水域附近会船和追越。在与大型施工船时注意保持足够的会遇距离，防止因大船的兴波造成船舶的横摇而产生危险。施工单位应避免在大风、急流和大浪等影响安全的条件下强行作业。

⑧工程区域风浪天气较多，而且由于整体组合后组合体属重大件货物，对其进行运输与安装操作时需充分考虑施工船舶的施工安全。

⑨船舶在运输和安装的施工过程中尽量减小风浪对施工的影响：需要运用良好的船艺，避免船舶横风横浪；同时针对驳船的载重量，留出足够的储备浮力，以减少甲板上浪对船舶和所装载设备的安全的影响。施工方应制定详细的风浪中施工操作的应急预案并严格执行，以确保风浪中施工的安全。由于装载重大件货降低船舶的稳性，在装载、运输和安装操作时需进行详细的稳性计算，确定合理的装载与绑扎方案，装载方案应充分考虑风浪天气对船舶动稳性的影响。

⑩施工方应将施工进展情况上报海事部门，征得海事部门对施工水域进行有效监管，以利航经该水域的船舶安全避让。如施工期间发生突发事故，立即启动和执行紧急预案外，应及时向海事主管机关报告。

严禁施工作业者随意倾倒废弃物，且施工作业者有责任清除其遗留在施工作业水域的碍航物体。施工后应注意检查不要遗留碍航物。

8.2.2 运行期环境保护对策措施

风机在风力带动下将风能转变为机械能，在齿轮箱和发电机作用下机械能转变为电能，生产过程中无废气、废水和灰渣等三废排放，针对工程运行期间可能的一些的影响提出减缓和修复措施。

8.2.2.1 海洋生态保护措施

（1）加强管理，确保风电场正常运行

加强风电场运营管理，保证各项工程设施完好和确保安全生产是海洋生态保护最基本的措施。建议开展 ISO14000 的认证，以提高环境管理水平，杜绝海洋环境污染事故。

（2）设立海洋生态环境跟踪监测系统

根据海域环境特征，在风电场附近内设立长期的监测站点，对海域的各种水生生物资源(包括叶绿素 a、浮游植物、浮游动物、底栖生物、渔业资源)等进行定期监测。

（3）海洋生态及渔业资源增殖放流

目前国内对于海岸带开发，采取的生态修复和补偿措施主要包括海洋生物人工放流增殖技术和人工鱼礁技术。建设单位应参考报告书中生态补偿估算结果，按照生态环境和渔业主管部门意见实施生态补偿，并接受上述主管部门的监督。可采取增殖放流等生态补偿措施，增殖放流方案可委托有资质单位进行制定，拟放流品种应根据海洋生态及渔业现状调查结果，并结合往年人工放流品种确定，如大黄鱼、曼氏无针乌贼、黑鲷等。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。同时，可以由当地渔业主管部门根据当地海域情况统筹考虑人工鱼礁增殖技术，减缓风电场工程对海洋的生态影响。

8.2.2.2 鸟类保护措施

（1）根据中国众多已建风电场的成功经验，风机的叶片选用整体白色加红色叶尖的警示色，使鸟类在飞行中能及时分辨出安全路线，及时规避风机，以减少鸟只撞机的几率。

（2）慎选光源设备。风电场区域的照明设备应选用白色闪光灯，并且尽可能少安装灯，灯的亮度和闪烁次数也要尽可能小和低。不要使用钠蒸气灯，禁止长时间开启明亮的照明设备，给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。

（3）在遇到大群候鸟迁徙经过风电场内及附近区域，要密切观测候鸟动向，做好观测记录，如遇鸟类撞机事件，必要时应当停机避让。在有大雾、小雨或强逆风的夜晚，尤其在迁徙强度大的季节，如有大规模迁徙鸟类从场区经过，应停止运行风机，以减少鸟的撞机伤亡风险。

（4）应保护好周边陆域和岛屿鸟类栖息地，近岸湿地建设中，应做好鸟类栖息地保

护和修复，为鸟类栖息觅食预留空间和通道。通过在周边近岸海域制定鱼类、甲壳类、贝增殖放流计划，以加大鸟类在周边海域觅食和栖息的几率作为补偿。

（5）开展鸟类与风机碰撞的防范工作，如果发现工程造成鸟类大量死亡的，应停机甚至移除风机，并通过栖息地修复等补偿鸟类撞击风机的损失。

（6）建设单位应委托专业单位和人员，要定期开展鸟类种类、数量和撞机情况监测。风电场的鸟类监测全部纳入风电场跟踪监测计划中，本风电场应开展鸟类及其栖息地变化的跟踪观测。

(7)建设单位应对员工进行法律、法规培训，并适当开展自然保护知识培训，教育管理人员注重对保护区重点保护对象和生物多样性的保护。禁止员工对鸟类进行捕杀以及登岛捡取鸟蛋等行为，严格控制管理和运维船只靠近或者登岛干扰岛屿鸟类栖息和繁殖。

8.2.2.3 污废水处理措施

（1）运行期要进行风机维护，周期为一年二次，维护船舶每次产生的生活污水量约为 6t，船舶生活污水收集后运至岸上，纳入陆上升压站污水处理系统处理达标后清运至毛湾村污水处理设施。

8.2.2.4 噪声防治措施

工程风力发电机组位于海上，周边均无噪声敏感目标。

风机噪声主要包括机械和结构噪声、空气动力噪声。机械噪声和结构噪声是风力发电机组的主要噪声源，这部分噪声是能够控制的，其主要途径是避免或减少撞击和摩擦，使齿轮和轴承保持良好的润滑状态。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。

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。为降低机械噪声可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；为降低风机结构噪声，建议可在机舱内表面贴附阻尼材料。

8.2.2.5 固体废物处置措施

（1）风电场运行维护时，维护人员产生的少量生活垃圾在船舶上统一收集后运至岸上，委托当地环卫部门统一收集、妥善处置。

（2）运行期风机维护产生的少量废油(通常是润滑油)可用棉纱吸净后冲洗，含油的棉纱等应收集后运回陆地集控中心暂存场所，暂存场地必须有防渗漏措施，并在外设置警示标志，暂存过程应符合《危险废物暂存标准》要求，并委托有资质单位接收处理。

8.2.2.6 安全运营

风电场工程投产运营后，业主应定期检查风电场桩基的安全状况，特别是在恶劣天气以后应及时检查风机基础、设备的安全状况及专用航标的工作状况，防止影响通航安全的因素发生。出海检查时，应选择良好的气象、水文和海浪条件，保证执行检查工作船舶的航行和作业安全。并在靠船时注意减轻碰撞，防止漏油污染。

业主经检查发现存在影响附近水域通航安全的情况应及时通知海事主管部门，申请发布相应的航行警告；发现存在安全隐患时及时处理，并向海事主管机关报告。

在运行期对风电机桩基周围加装防撞保护圈，在近海面塔筒上采用黄色等警示色，避免渔船碰撞引发事故。在风电场四周根据需要设置助航和警戒标志，对附近水域现有助航标志进行必要的调整，以避免无关船舶随意穿行风电场内部水域，有效引导船舶避开风电场区域。建议在监控值班室配备 CCTV、AIS 设备等设备，配备能够随时在风电水域实施监管的工作船只，以监控风电场区附近船舶的活动，主动防止附近活动的渔船或过往船舶进入风电场区或影响风机安全的行为。

工程选用加强铠装的海缆，以提高海缆的机械强度，并通过海缆深埋的方式，在施工完成后，对电缆区设置相关标志并及时将实际敷设路由向国家海洋管理部门申报，由海图出版部门将该路由标于新颁海图，对车辆、船只、人员加以警示，避免各种人为活动影响电缆的正常运行，禁止打桩、抛锚等。同时在海底电缆两侧 500m 保护范围内，加强渔业养殖管理，采取设置浮标，限制底拖捕捞、抛锚等作业方式，并加强对渔民的教育和管理，避免海缆受到损坏。另外，建议建设单位下阶段对海缆埋深进行专项研究，确保埋深满足海缆安全要求。

运行期应对风机桩基冲刷状况实施观测，加强巡视与测量，了解风机基础周边冲刷情况，并做好记录，若发生基础冲刷程度超过预期的情况，及时采取防冲刷砂被及砂袋保护措施。

8.3 总量控制

本项目运行期主要污染物包括维修人员产生的生活污水、生活垃圾和风机设备维护产生的废油等，维修人员产生的生活污水由船舶收集后送至岸上的陆上升压站处理后

清运至毛湾村污水处理设施，生活垃圾由船舶收集后送至岸上由环卫部门清运。升压站检修废油和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。

8.4 环境保护措施汇总

工程建设中必须严格执行环境保护“三同时”制度，确保各类环保设施的正常运转。本工程环境保护对策措施一览表详见表 8.4-1。

8.4-1 环境保护措施一览表

项目	环境保护对策措施	具体内容	规模及数量	预期效果	实施地点及投入使用时间	责任主体及运行机制
污水处理	施工期生活污水处理	生活污水收集装置	施工船舶均设置船舶生活污水和船舶含油污水的收集装置，船舶生活污水和陆上生活污水(18.4t/d)经化粪池处理后清运至毛湾村污水处理设施	生活污水清运至毛湾村污水处理设施。	工程区域，进入工程区域施工时使用	建设单位监制，施工单位使用和管理、维护
	施工期含油污水处理	含油废水处理装置	机修含油废水经隔油池处理后，清运至毛湾村污水处理设施；船舶含油废水交由有资质单位外运处理。	船舶含油污水委托处置，机修含油污水清运至毛湾村污水处理设施。	工程区域，进入工程区域施工时使用	建设单位监制，施工单位使用和管理、维护
	运行期生活污水处理	隔油池、化粪池、生活污水暂存池	运行期风机维护生活污水运至岸上纳入陆上升压站污水处理系统，清运至毛湾村污水处理设施。	生活污水经处理达《农村生活污水处理设施污水排入标准》（DB33/T1196-2020）后纳入毛湾村污水处理设施。	进场时同步设置	施工单位、建设单位建设、建设、使用和管理
固体废弃物处置	生活垃圾处置	垃圾桶	风机维护生活垃圾收集后运至岸上，委托当地环卫部门统一处置	统一收集后委托当地环卫部门清运处理，对周边环境无污染影响。	施工场地内，与其建设同步	施工单位、建设单位建设、使用和管理
	风机维护垃圾	含油废物箱	风机维护含油废物箱 2 个。	外送具有相应资质的单位进行处置，对周边环境无污染影响。	陆上升压站场地内，与陆上升压站建设同步	建设单位建设、使用和管理
海洋生态保护	渔业资源补偿	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。	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，施工完成后的 3 年内完成	建设单位落实，可委托专业单位
	鸟类及其生境	风机页片涂色	风机的叶片全部涂色	增加风机叶片可见度，减少鸟撞概率。	风机叶片，与风机安装同步	建设单位落实，可委托叶片厂家及护套厂家
		植被恢复	陆缆施工区域和临时施工场地		陆缆路线周边及临时占用区域	建设单位落实，可委托专业单位
声环境保护	噪声防治	管理措施	施工车辆和施工设备的维护保养。 打桩施工采用软启动方式。即首桩采用小幅度的冲击，而后强度逐渐增强。		施工临时场地，施工期间实施	施工单位、建设单位实施和管理
环境空气保护	大气污染物控制	管理措施	施工船只管理、机械设备维护保养等管理措施		施工临时场地，施工期间实施	施工单位、建设单位实施和管理
环境风险预防措施	防撞设施	防撞笼、监控管理	采用防撞笼等防撞设施，风电场设现场监控系统，制定运行维护安全措施		风电场内，与其建设同步	施工单位、建设单位建设、使用和管理
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	建设单位实施和管理
	环境监理	环境监理	采用巡视方式进行环境监理		工程影响范围，施工期	建设单位落实，可委托专业单位
	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	建设单位落实，可委托专业单位
	其它	环保措施设计、专项科研，环保知识培训等	环保措施设计，开展专项科研，竣工环保验收调查等。		工程影响范围，施工期及运行期	建设单位实施和管理

9 海洋生态建设方案

9.1 生态建设方案概况

9.1.1 生态用海建设原则

（1）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。

（2）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”。

（3）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。

（4）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。

9.1.2 用海布局

本项目风机平面布置避开了岛礁，并从尾流影响、经济性和涉海面积等因素综合分析，对所在海域的水动力条件、泥砂冲淤等海洋环境的影响较小；路由方案采用线路最短，自然条件和海洋开发活动最为有利，本项目平面布置合理。本项目风机采用透水式的桩基结构，用海方式界定为透水构筑物；海底电缆埋深兼顾到通航需求，用海方式界定为海底电缆用海，从保护生态的环境的角度考虑是合理的，项目的用海方式是合理的。

9.2 岸线利用与保护

本项目海底电缆登陆点位于象山县涂茨镇猫头咀，属于人工岸线，不属于生态红线大陆自然岸线；本项目登陆海缆未占用道人山无居民岛群岸线，最近距离的为大捕山岛80m。本项目风机及连接风机的海缆未占用乱礁洋无居民海岛群的岸线，距离最近的为大红岩礁 98m。

本项目登陆电缆与岸线垂直，占用岸线长度仅 43.7m，对岸滩和海底形态和生态功能改变很小，对周边海域水动力条件无影响，施工期和营运期对海域环境影响很小。因此，本项目登陆电缆对岸线影响很小。

9.3 风机及海缆布置

9.3.1 风机平面布置

（1）风机平面布置思路

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，确定各行和行内各风机的合理间距，并把尾流影响控制在合理的范围内。风电机组布置时按照节约、集约用海原则，在技术可行的范围内尽量减小风电场涉海面积。风电场布置时同时考虑了周边的海洋环境保护和海域开发利用，风电场避免了占用自然保护区、种质资源保护区等生态敏感区，并尽量远离港口、航道和锚地，减小对周边港口、航道、锚地等的影响。

（2）风机平面布置方案

综合考虑场区形状、主要风能方向及场区内岛礁分布、基岩面高程情况，最北部机位沿基岩面-80m 以深区域的边界布置，中部和南部机位平行于场区边线（东西方向）成行布置，风电机组行间距 1700~1845m，行内间距 626~714m，风电机组间最小间距为 626m（约 3.0D）。

9.3.2 海缆布置

根据可研报告，本工程拟安装 38 台单机容量 8.0MW 的风电机组，总装机容量 300MW，风机所发电能经塔筒内升压变升压后通过 66kV 海底电缆传送并在登陆点附近向陆侧登陆后送至陆上升压站，最终接入系统。本项目场区内电缆，在风机合理布置的基础上，进一步考虑避开岛屿、暗礁，综合考虑水文、气象、地形起伏，本项目 66kV 海缆路由总长约 71.94km。

9.4 污染物排放与控制

9.4.1 施工期污染物排放与控制

海缆施工采用电缆沟直埋电缆；近海段采用铺缆船施工。铺缆船具有施工效率高，自动化程度高，便于控制施工工作面范围，能大大缩短施工影响时间，因此对潮间带和

近岸海域生态环境、海水水质及海洋生态环境影响较小，是目前最优的施工方式。

船舶含油废水交由资质单位处理，船舶生活污水运至岸上与陆上生活污水和机修含油废水一并清运至毛湾村污水处理设施。

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理。对周围海域环境影响较小。

9.4.2 运行期污染物排放与控制

工程属于清洁能源，运行期维护人员生活污水经化粪池处理后清运至毛湾村污水处理设施，生活垃圾统一收集后由环卫部门清运。运行期风电机组等设备少量检修废油由具备资质的专业处理单位收集处理。因此，不会对周边环境产生影响。

9.5 生态保护与修复

9.5.1 生态保护与恢复措施

（1）施工保护措施

①工程施工建设要坚持“预防为主、保护优先”的原则，指导设计、施工、环境管理，把生态环境保护纳入工程方案设计过程中，把工程施工对海洋生态环境带来的不利影响控制到最低程度。

②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。

③严格限制工程施工区域在其用海范围内，控制潮间带电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。

④电缆铺设后及时填埋，恢复原地貌，加快生态修复。

⑤施工中的水下打桩将对周围海域的海洋鱼种等的行为活动将带来一定影响。鉴于施工期的打桩噪声具有强度高、时间相对短的特点，风机打桩尽可能的避开主要经济鱼类产卵季节，同时海上施工期应对每日预计打桩数量（即最高数量）、打桩的持续时间做出预测，在时间上控制一次一桩。

⑥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。

⑦打桩时采用软启动方式。即首桩采用小幅度的冲击，而后强度逐渐增强，用于声驱赶海中一些游动的鱼群。

（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，交由渔业部门统一补偿，严格用于生态恢复，生态恢复主要采取水生生物增殖放流的方式。

增殖放流方案和计划如下：

本地原种或子一代的苗种或亲体；能大批量人工育苗；品质优良(属优质经济鱼、虾类、贝类)；适应工程附近海域生态环境且生势良好；工程附近海域自然生态状况中曾经拥有的种类，确需放流其他苗种的，应当通过渔业行政主管部门组织的专家论证；鱼类品种以象山海域常见经济鱼类品种为主，或在资源结构中明显低于自然生态状况中的比例，资源衰退难以自然恢复；禁止使用外来种、杂交种、转基因种以及其他不符合生态要求的水生生物物种进行增殖放流。

（3）渔政管理和补偿措施

①建设单位配合当地渔政部门加强渔政队伍及其能力建设，提高对工程及周边区域的违法捕鱼的执法能力和力度。加强鱼类资源保护宣传和对施工人员的教育，要严格禁止电鱼、炸鱼、毒鱼等违法捕鱼行为。

②严格执行禁渔期和禁渔区制度。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。

③施工期对施工海域的渔业捕捞户会造成影响，为有效减缓本工程实施对渔业生产的影响，建设单位应与当地渔业主管部门和捕捞渔民协商，落实对造成直接经济损失的渔民的补偿措施，制定切实可行的补偿计划，落实补偿费用，以经济手段减轻项目实施对渔民的影响，以取得渔民的理解、支持和配合。

（4）环境监理、监测措施

①为保证项目环境保护措施得以全面落实并达到预期效果，减轻工程施工建设对渔业资源和渔业生产的影响，应做好施工期的环境监理工作，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。

②对施工期附近水域开展生态环境及渔业资源跟踪监测，及时了解工程施工对生态环境及渔业资源的实际影响。工程施工前应将环境监测方案报海洋主管部门备案。

③根据海域环境特征，在工程区附近设立长期的监测站点，对海域的各种水生生物资源(包括叶绿素 a、浮游植物、浮游动物、底栖生物、渔业资源)等进行定期监测。

9.5.2 责任主体、实施机构、验收与监管机构

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建设单位，验收与监管机构为宁波市生态环境局。

9.6 生态环境监测

为了掌握、分析、验证和复核本工程施工和运行期对海洋生态环境的评价结果；及时反映工程对周围海域环境状况的影响，对海洋生态环境进行跟踪监测。

9.6.1 生态环境监测

(1)范围及站点布设

海洋生态监测范围在工程及周边海域，结合原现状调查站位布置，叶绿素 a、浮游植物、浮游动物、底栖生物、渔业资源分别设置 12 个站位，设置 2 个潮间带调查断面。

(2)监测内容

叶绿素 a、浮游植物、浮游动物、潮间带生物、底栖生物、渔业资源。

(3)监测方法

按照《海洋调查规范》(GB/T 12763-2007)中相应方法开展，具体如下：

①叶绿素 a

叶绿素 a 采用有机玻璃采水器采取表层水样 1000ml。过滤后的滤膜用 90%(体积比)丙酮提取其叶绿素，应用分光光度法测定，根据三色分光光度法方程，计算海水中叶绿素 a 的浓度。

②浮游植物

浮游植物样品在大面调查时用浅水 III 型浮游动物网自底至表层进行垂直拖网。各

水层用有机玻璃采水器采取浮游植物水样 500mL 作定量分析比较用。样品用 5%甲醛固定，经浓缩后用显微镜观察、鉴定和计数。

③浮游动物

浮游动物样品在大面调查时采用装有流量计的浅水 I 型浮游动物网自底至表层垂直拖网采集一次样品，装入容积为 600mL 的塑料瓶中，水样加 5%甲醛溶液固定保存，在室内挑去杂物后，以湿重法称量浮游动物生物量(包括水母类)，而后在显微镜和体视镜下对样品进行鉴定、计数和称重。

④底栖生物

采用 0.1m^2 采泥器进行各站位泥样采集，每站采集 4 个平行样，所采泥样放入 0.5mm 孔径的筛中用海水冲洗，挑拣出其中底栖生物，现场用 5%的福尔马林固定，在室内挑去杂物后以湿重法称取底栖生物的生物量，然后在体现显微镜下对标本进行鉴定、计数和称重。

⑤潮间带生物

潮间带生物在各断面潮间带的高、中、低潮区分别采集定性样品和定量样品。定性样品在各断面周围随机采取；定量样品则用大小为 25cm×25cm 的取样框随机抛投，先拾取框内滩面上的底栖生物，再挖取至 30cm 深处内的底泥，用 0.5mm 孔径的套筛淘洗，所获底栖生物样品用 5%甲醛溶液固定保存，带回实验室鉴定、计数和称重。

9.6.2 海水水质、沉积物环境监测

为了解工程施工期对海洋水环境的影响，应在施工期和项目运行初期对海域海水水质、沉积物环境进行跟踪监测。

(1)范围及站点布设

施工期与运营期均设水质站位 12 个、沉积物站位 6 个。

(2)监测项目

水质：悬浮物、石油类、化学需氧量、无机氮、活性磷酸盐。

沉积物：pH、石油类、重金属(锌)。

9.6.3 海底冲淤观测

应加强对工程附近海域冲淤条件的观测，建议在运行初期期观测 1 次，在风暴潮等恶劣气象条件过后应进行必要的加测。观测调查参数主要包括桩基附近及周围海域海底

地形变化及冲淤变化趋势，为桩基及周边航道安全提供技术依据。

9.6.4 鸟类及其生境监测

(1)监测对象

开展鸟类种类和数量监测，监测候鸟迁徙及在区内活动、撞击数量、种类及致死情况。

(2)监测方法及点位布设

采用样线法和样点法相结合，通过船只在风电场区航行和在风电场区内调查风电场场区鸟类种类和数量以及撞击情况，通过船只登岛对纱帽山屿、弥陀屿和油菜花屿鸟类及其生境开展调查。

9.6.5 水下噪声监测

为了解工程施工期和运行期对水下噪声对海洋生物的影响，应在施工期和项目运行初期对海域水下噪声进行跟踪监测。

(1)范围及站点布设

施工期水下噪声监测点位于风电场区内打桩处，运营期共设 5 个监测站位。

(2)监测项目

水下噪声：频带声压级 L_{pf}、噪声声压谱[密度]级 L_{ps}、声压的瞬时值(峰值声压 L_{peak})。

10 环境经济损益分析

10.1 环境保护设备与环境保护投资估算

工程环保投资主要包括水环境保护、固废处理、渔业资源修复和鸟类保护、环境监测及独立费用等，总投资 1774.059 万元，具体详见表 10.1-1。

表 10.1-1　环保投资概算表

序号	项目	费用	备注
一	生态保护措施	414.059	
1	海洋生态资源修复	314.059	渔业资源生态补偿
2	鸟类及其生境修复	100	鸟类救护、宣传教育等， 叶片警示色等列入招标要求
二	环境监测措施	220	
1	海洋生态、海水水质等监测	90	施工期、验收
2	渔业资源监测	40	
3	施工期废水、大气、噪声等监测	10	具体按监测规划
4	水下噪声影响跟踪评价	20	
5	鸟类观测	60	
6	冲刷观测	0	纳入主体工程投资
三	环境保护设备	90	
1	运行期生活污水收集处理及外运	50	设备及运行费
2	施工期生活污水收集处理及外运	30	设备及运行费
3	施工期含油废水收集处理及外运	10	设备及运行费
四	环境保护措施	165	
1	施工期船舶含油废水委托处理	60	包括委托处理费用
2	固体废物处理	15	固废收集装置及清运处置费用
3	噪声防治	0	设备等纳入招标要求， 其他以管理为主
4	溢油事故防范与处置依托	90	
五	独立费用	885	
1	竣工环保验收调查	55	
2	环境保护措施设计	170	
3	施工期环境监理	50	
4	专项科研	250	
5	环境影响后评价	360	
	合计	1774.059	

10.2 经济效益分析

10.2.1 直接经济效益

风力发电是新能源中技术最成熟、最具规模开发条件和商业化发展前景的发电方式之一。本工程经济效益主要为风力发电收入。本工程装机容量 300MW，设计年平均上

网发电量 83776 万 kWh。项目的风力发电收入计算方法如下：

发电收入＝上网电量×上网电价

上网电量是指在设计电量中扣除各项损耗之后的电量。

根据新出台的《中华人民共和国可再生能源法》，风能发电上网电价由国务院价格主管部门根据不同类型可再生能源发电的特点和不同地区的情况，按照有利于促进可再生能源开发利用和经济合理的原则确定，并根据可再生能源开发利用技术的发展适时调整。项目可研阶段初拟上网电价为 0.76 元/kWh，因此预计项目生产期内年均产生经济效益约 63670 万元/a。

10.2.2 社会效益

工程利用海洋风能资源进行发电，具有显著的社会效益。浙江省电网为一以火电为主的电网，电源结构不合理，本风电场的建设增加了可再生能源在电网中的份额，对缓解电力供需矛盾和改善电源结构有重要的意义。另外本风电场的建设能有效的促进地方经济，带动风电产业链的发展，同时通过引进、消化国外先进技术，选用国产风电机组，使我国风电机组制造能力进一步提升。该效益难以量化，本报告暂不计入。

10.3 环境损失估算

根据“6.5　海洋生态环境影响预测与评价”章节的海洋生态损失估算，本工程造成海洋生态经济损失约 314.059 万元。

10.4 环境收益估算

风能是清洁的可再生能源，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。目前我国电力结构中，火电仍占有很大比例，比较传统的化石燃料如石油、煤炭等为原料的火电技术，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。同时风电技术无需其他能源开采、钻探、加工和运输的经济成本和运行成本，有利于保护环境和推动可持续发展。

10.4.1 节能效益

本项目总装机 300MW，年上网电量 83776 万 kWh。根据国家电网公司公布的中国电力工业主要技术指标，与同等发电量的火电相比，本项目运行每年可减少标准煤消耗约 25.1 万 t/a（全国平均发电煤耗 315gce/kWh）。近年随着国家经济发展，工业化进程的推进，煤炭资源日益趋紧，价格逐年走高，目前发电用煤常超过 800 元/t。随着煤炭资源的日益减少，尤其是优质煤的快速消耗，风电场项目的节能效益将愈加显著。

10.4.2 污染物减排效益

风力发电作为一种清洁能源，相比火电工业在运行过程中不会产生包含 SO_2、NO_x 和烟尘在内的大气污染物。

根据《全面实施燃煤电厂超低排放和节能改造工作方案》(环发[2015]164 号)，“全国新建燃煤发电项目原则上平均供电煤耗低于 300 克标准煤/千瓦时”“到 2020 年，全国所有具备改造条件的燃煤电厂力争实现超低排放（即在基准氧含量 6%条件下，烟尘、二氧化硫、氮氧化物排放浓度分别不高于 10、35、50 毫克/立方米）”。风电场项目装机规模 300MW，年上网电量 82192 万 kWh。与相同发电量的常规燃煤火电机组相比，每年可节约标煤约 22.1 万 t。根据《第一次全国污染源普查工业污染源产排污系数手册》的数据，每吨标煤产生的烟气量大约为 10150Nm^3，相应可减少废气排放量：SO_2（脱硫 80%）1004.4t，$NO_2$2008.8t，$CO_2$55.2 万 t，减少灰渣 10.0 万 t。此外，还可节约淡水 241.1 万 m^3。

对于减排 SO_2 等带来的经济价值，暂按其在中国的排污费用折算(相比实际环境效益显著偏小)。根据《中华人民共和国环境保护税法》(2018 年 1 月 1 日实施)，大气污染物每污染当量取值为 1.2 元，SO_2 的污染当量值为 0.98kg，NO_x 的污染当量值为 0.98kg，烟尘污染当量值为 2.26kg。

针对减排 CO_2 所能带来的经济价值，不能仅从 CDM 收益来判断，CDM 受政策和商业因素影响较大，采用碳税法计算固定 CO_2 的经济价值更为合理，根据国际通用的瑞典碳税率，每减少排放 1tCO_2 所带来的经济效益折合人民币为 339.80 元。

据此计算，本工程大气污染物减排效益约 16826 万元/a，详见表 10.4-1。

表 10.4-1　大气污染物减排效益

序号	项目	减排量(万 t/a)	环境效益(万元/a)
1	CO_2	55.2	18858
2	SO_2	1004.4	118.10
3	NO_x	2008.8	236.20
4	合计		19212.3

此外，本风电场项目实施不会产生温排水，也不会排放含油废水、锅炉酸洗水、化学处理水等废水；也没有锅炉煤渣和粉煤灰需要处理，运行期不需要进行发电资源的勘探和采集，从而也避免了相应的地质和生态风险，具有明显的环境效益。

10.5 环境经济损益综合分析与评价

综上所述，本项目具有明显的环境效益，节约能源原材料消耗等，减少温室气体等污染物的排放；同时还具有一定社会效益，缓解电力供需矛盾和改善电源结构，并促进国内制造业等的发展。本项目在建设和运行过程中会造成渔业资源和海洋生态等方面的环境损失，但其主要发生在施工期，且可通过补偿措施进行恢复。

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。

11 海洋工程的环境可行性

11.1.1 与海洋功能区的符合性分析

（1）浙江省海洋功能区划（2011-2020 年）

项目位于象山县东部外海，根据《浙江省海洋功能区划（2011-2020 年）》，项目所在海域属于象山农渔业区（B1-4）、大目洋农渔业区（A1-2）范围内。具体见图 1.3-2 和图 11.1-1。

象山农渔业区（B1-4）的海域使用管理要求：1、重点保障渔业用海和捕捞用海，在不影响农渔业基本功能前提下，兼容交通运输用海、旅游娱乐用海、风能用海和倾倒用海；2、禁止改变海域自然属性。

其环境保护要求：1、严格保护各类海洋生物资源，以及重要渔业品种洄游区、索饵场；2、不应造成外来物种侵害，防止养殖自身污染和水体富营养化，维持海洋生物资源可持续利用，保持海洋生态系统结构和功能的稳定；3、海水水质质量执行不劣于第二类，海洋沉积物质量执行不劣于第一类，海洋生物质量执行不劣于第一类。

大目洋农渔业区（A1-2）的海域使用管理要求为：1、重点保障渔业用海和农业围垦，在不影响农渔业基本功能前提下，兼容旅游娱乐用海和交通运输用海；2、除农业围垦、基础设施建设外，严格限制改变海域自然属性；3、维护自然岸线，维持水动力条件稳定；4、合理控制养殖、捕捞的规模和密度，确保渔业资源的可持续利用。

其环境保护要求为：1、严格保护大目洋海域生态系统；2、不应造成外来物种侵害，防止养殖自身污染和水体富营养化，维持海洋生物资源可持续利用，保持海洋生态系统结构和功能的稳定，不应造成滩涂湿地等生物栖息地的破坏；3、海水水质质量执行不劣于第二类，海洋沉积物质量执行不劣于第一类，海洋生物质量执行不劣于第一类。

本项目周边的海洋功能区有韭山列岛海洋保护区（B6-1）、爵溪工业与城镇用海区（A3-7）、外干门港口航运区（A3-6），具体见表 11.1-1。

（2）宁波市海洋功能区划（2013-2020 年）

项目位于象山县东部外海，根据《宁波市海洋功能区划（2013-2020 年）》，工程区位于大目洋捕捞区（A1-2-3）和象山捕捞区（B1-4-1），具体见图 11.1-2。

大目洋捕捞区的海域使用管理要求为：用途管制：在不影响捕捞基本功能前提下，兼容养殖用海和交通运输用海；用海方式控制：除捕捞作业和兼容功能外，严格限制其他用海方式；整治修复：维护自然岸线，维持水动力条件稳定。

大目洋捕捞区的生态保护重点目标：严格保护大目洋海域生态系统，合理控制捕捞的规模和密度，确保渔业资源的可持续利用。环境保护要求为：1、不应造成外来物种侵害，防止养殖自身污染和水体富营养化，维持海洋生物资源可持续利用，保持海洋生态系统结构和功能的稳定，不应造成滩涂湿地等生物栖息地的破坏；2、海水水质质量执行不劣于第一类，海洋沉积物质量执行不劣于第一类，海洋生物质量执行不劣于第一类。

象山捕捞区的海域使用管理要求为：用途管制：重点保障渔业用海和捕捞用海，在不影响农渔业基本功能前提下，兼容交通运输用海、旅游娱乐用海、风能用海和倾倒用海。用海方式控制：禁止改变海域自然属性。合理选划倾倒区。整治修复：无。

象山捕捞区的生态保护重点目标：严格保护各类海洋生物资源，以及重要渔业品种洄游区、索饵场。环境保护：1、不应造成外来物种侵害，防止养殖自身污染和水体富营养化，维持海洋生物资源可持续利用，保持海洋生态系统结构和功能的稳定；2、海水水质质量执行不劣于第二类，海洋沉积物质量执行不劣于第一类，海洋生物质量执行不劣于第一类。

项目周边的海洋功能区有韭山列岛海洋保护区（B6-1）、爵溪工业与城镇用海区（A3-7）、道人山西侧农业围垦区（A1-2-1）、外干门港口区（A2-6-1），具体见表 11.1-2。

表 11.1-1 浙江省海洋功能区划登记表（2011~2020 年）——部分摘录

代码	功能区名称	地区	地理范围	面积（公顷）	岸线长度（km）	海域使用管理	海洋环境保护
B1-4	象山农渔业区	象山县	象山近海（西至东经121°46′8″，南至北纬28°45′22″，东至东经122°51′57″，北至北纬29°37′36″）	280248	14	1、重点保障渔业用海和捕捞用海，在不影响农渔业基本功能前提下，兼容交通运输用海、旅游娱乐用海、风能用海和倾倒用海； 2、禁止改变海域自然属性。	1、严格保护各类海洋生物资源，以及重要渔业品种洄游区、索饵场； 2、不应造成外来物种侵害，防止养殖自身污染和水体富营养化，维持海洋生物资源可持续利用，保持海洋生态系统结构和功能的稳定； 3、海水水质质量执行不劣于第二类，海洋沉积物质量执行不劣于第一类，海洋生物质量执行不劣于第一类。
A1-2	大目洋农渔业区	象山县	象山东部大目洋海域（西至东经121°55′31″,南至北纬29°16′45″,东至东经122°2′51″,北至北纬29°40′21″）	25337	119	1、重点保障渔业用海和农业围垦，在不影响农渔业基本功能前提下，兼容旅游娱乐用海和交通运输用海； 2、除农业围垦、基础设施建设外,严格限制改变海域自然属性； 3、维护自然岸线，维持水动力条件稳定； 4、合理控制养殖、捕捞的规模和密度，确保渔业资源的可持续利用。	1、严格保护大目洋海域生态系统； 2、不应造成外来物种侵害，防止养殖自身污染和水体富营养化，维持海洋生物资源可持续利用，保持海洋生态系统结构和功能的稳定，不应造成滩涂湿地等生物栖息地的破坏； 3、海水水质质量执行不劣于第二类，海洋沉积物质量执行不劣于第一类，海洋生物质量执行不劣于第一类。
B6-1	韭山列岛海洋保护区	象山县	韭山列岛周边海域（西至东经122°3′29″,南至北纬29°16′41″,东至东经122°28′33″,北至北纬29°32′26″）	96664	73	1、重点保障保护区用海，在不影响整体保护区基本功能前提下，兼容旅游娱乐功能、科研教学用海、交通运输用海和渔业用海，但需严格控制养殖规模； 2、除保护区基础设施配套建设外，禁止改变海域自然属性； 3、严格按照国家关于海洋环境保护以及海洋保护区管理的法律、法规和标准进行管理； 4、对海洋保护区内的用海活动，进行海域生态环境动态监测。	1、严格保护江豚、大黄鱼、曼氏无针乌贼、珍稀鸟类等海洋生物资源和海洋生态环境； 2、维持、恢复、改善海洋生态环境和生物多样性，保护自然景观； 3、海水水质质量执行不劣于第一类，海洋沉积物质量执行不劣于第一类，海洋生物质量执行不劣于第一类。

代码	功能区名称	地区	地理范围	面积（公顷）	岸线长度（km）	海域使用管理	海洋环境保护
A3-7	爵溪城镇与工业用海区	象山县	象山县东部爵溪附近海域（西至东经121°57′15″,南至北纬29°28′13″,东至东经122°0′13″,北至北纬29°30′44″）	1391	26	1、重点保障工业与城镇建设用海，在未开发前可兼容渔业用海； 2、经严格论证后，允许改变海域自然属性； 3、优化围填海平面布局，将海洋环境整治、生态建设与围填海相结合，节约集约利用海域资源； 4、严格论证围填海活动，保障合理填海需求，填海范围不得超过功能区前沿线，区内水域面积不得少于功能区面积的 12%，填海规模接受国家和省海洋部门指标控制； 5、维持水动力条件稳定，维持防洪纳潮功能； 6、施工期间必须采取有效措施降低对周边功能区的影响； 7、加强对海域使用的动态监测。	1、严格控制使用海域的开发活动，减少对周边水域环境的影响； 2、应减小对海洋水动力环境，岸滩及海底地形地貌形态的影响，防止海岸侵蚀，加强岛、礁的保护，不应对毗邻海洋基本功能区的环境质量产生影响； 3、海水水质质量、海洋沉积物质量、海洋生物质量维持现状水平。
A2-6	外干门港口航运区	象山县	象山北部，象山港口围垦区域以北（西至东经121°50′5″,南至北纬29°35′11″,东至东经122°0′30″,北至北纬29°39′2″）	1845	16	1、重点保障港口用海、航道和锚地，在不影响港口航运基本功能前提下，兼容工业用海、城镇建设用海，未开发前可兼容养殖用海； 2、允许适度改变海域自然属性； 3、优化港区平面布局，节约集约利用海域资源； 4、改善水动力条件和泥沙冲淤环境，加强港区海洋环境动态监测。	1、严格保护象山港水域生态系统，严格控制使用海域的开发活动，减少对周边水域环境的影响； 2、应减少对海洋水动力环境、岸滩及海底地形地貌形态的影响，防止海岸侵蚀，不应对毗邻海洋基本功能区的环境质量产生影响； 3、海水水质质量执行不劣于第四类，海洋沉积物质量执行不劣于第三类，海洋生物质量执行不劣于第三类。

表 11.1-2 宁波市海洋功能区划登记表（2013-2020 年）——部分摘录

代码	功能区名称	地理范围	面积（公顷）	岸线长度（m）	海域使用管理	海洋环境保护	其它管理要求
B1-4-1	象山捕捞区	象山东部海域（121°46′8″E~122°44′50″E,28°48′21″N~29°37′35″N）	209121	14213	用途管制：重点保障渔业用海和捕捞用海，在不影响农渔业基本功能前提下，兼容交通运输用海、旅游娱乐用海、风能用海和倾倒用海。 用海方式控制：禁止改变海域自然属性。合理选划倾倒区。 整治修复：无	生态保护重点目标：严格保护各类海洋生物资源，以及重要渔业品种洄游区、索饵场。 环境保护：1、不应造成外来物种侵害，防止养殖自身污染和水体富营养化，维持海洋生物资源可持续利用，保持海洋生态系统结构和功能的稳定； 2、海水水质质量执行不劣于第二类，海洋沉积物质量执行不劣于第一类，海洋生物质量执行不劣于第一类。	无
A1-2-3	大目洋捕捞区	象山县东部海域（121°57′16″E~122°2′51″E,29°16′45″N~29°40′21″N）	22252	78527	用途管制：在不影响捕捞基本功能前提下，兼容养殖用海和交通运输用海 用海方式控制：除捕捞作业和兼容功能外，严格限制其他用海方式。 整治修复：维护自然岸线，维持水动力条件稳定。	生态保护重点目标：严格保护大目洋海域生态系统，合理控制捕捞的规模和密度，确保渔业资源的可持续利用。 环境保护：1、不应造成外来物种侵害，防止养殖自身污染和水体富营养化，维持海洋生物资源可持续利用，保持海洋生态系统结构和功能的稳定，不应造成滩涂湿地等生物栖息地的破坏；2、海水水质质量执行不劣于第一类，海洋沉积物质量执行不劣于第一类，海洋生物质量执行不劣于第一类。	在不影响主导功能定位的前提下，新设排污口应进行科学论证。
B6-1	韭山列岛海洋保护区	韭山列岛周边海域（122°3′29″E~122°28′33″E,29°16′41″N~29°32′26″N）	104013	74346	用途管制：重点保障保护区用海，在不影响整体保护区基本功能前提下，兼容旅游娱乐功能、科研教学用海、交通运输用海和渔业用海，但需严格控制养殖规模。 用海方式控制：1、除保护区基础设施配套建设外，禁止改变海域自然属性； 2、严格按照国家关于海洋环境保护以及海洋保护区管理的法律、法规和标准进行管理；3、对海洋保护区内的用海活动，进行海域生态环境动态监测。 整治修复：无	生态保护重点目标：1、严格保护江豚、大黄鱼、曼氏无针乌贼、珍稀鸟类等海洋生物资源和海洋生态环境；2、维持、恢复、改善海洋生态环境和生物多样性，保护自然景观。 环境保护：海水水质质量执行不劣于第一类，海洋沉积物质量执行不劣于第一类，海洋生物质量执行不劣于第一类。	无

代码	功能区名称	地理范围	面积（公顷）	岸线长度（m）	海域使用管理	海洋环境保护	其它管理要求
A3-7	爵溪工业与城镇用海区	象山县东部爵溪附近海域（121°57′15″E~122°0′13″E,29°28′13″N~29°30′44″N）	1495	26858	用途管制：重点保障工业与城镇建设用海，在未开发前可兼容渔业用海。 用海方式控制：1、经严格论证后，允许改变海域自然属性；2、优化围填海平面布局，避免截弯取直，减少自然岸线破坏，延长人工岸线，将海洋环境整治、生态建设与围填海相结合，节约集约利用海域资源；3、严格论证围填海活动，保障合理填海需求，填海范围不得超过功能区前沿线，区内水域面积不得少于功能区面积的 12%，填海规模接受国家和省海洋部门指标控制；4、维持水动力条件稳定，维持防洪纳潮功；5、禁止建设污染环境、破坏景观的海岸工程建设项目；6、施工期间必须采取有效措施降低对周边功能区的影响；7、加强对海域使用的动态监测。 整治修复：整治修复岸线 5070m。	生态保护重点目标：严格控制使用海域的开发活动，减少对周边水域环境的影响。 环境保护：1、应减小对海洋水动力环境、岸滩及海底地形地貌形态的影响，防止海岸侵蚀，加强岛、礁的保护，不应对毗邻海洋基本功能区的环境质量产生影响；2、海水水质质量、海洋沉积物质量、海洋生物质量维持现状水平。	在不影响主导功能定位的前提下，新设排污口应进行科学论证。
A1-2-1	道人山西侧农业围垦区	象山县东部海域（121°56′9″E~121°58′56″E,29°30′35″N~29°34′14″N）	1437	24059	用途管制：重点保障农业围垦，在未开发前兼容渔业用海、旅游娱乐用海和交通运输用海。 用海方式控制：除农业围垦、基础设施建设外,严格限制改变海域自然属性；减少自然岸线破坏，延长人工岸线。 整治修复：无。	生态保护重点目标：严格保护大目洋海域生态系统。 环境保护：1、严格控制围垦区农业种植和养殖环境污染；2、周边海水水质质量执行不劣于第二类，海洋沉积物质量执行不劣于第一类，海洋生物质量执行不劣于第一类。	在不影响主导功能定位的前提下，新设排污口应进行科学论证。
A2-6-1	外干门港口区	象山港口门海域（121°50′5″E~122°0′30″E，29°35′11″N~29°39′2″N）	1982	16124	用途管制：重点保障港口用海、航道和锚地，在不影响港口航运基本功能前提下，兼容工业用海、城镇建设用海，未开发前可兼容养殖用海。 用海方式控制：1、允许适度改变海域自然属性；2、优化港区平面布局，节约集约利用海域资源；3、改善水动力条件和泥沙冲淤环境，加强港区海洋环境动态监测。 整治修复：无	生态保护重点目标：严格保护象山港水域生态系统，严格控制使用海域的开发活动，减少对周边水域环境的影响。 环境保护：1、应减少对海洋水动力环境、岸滩及海底地形地貌形态的影响，防止海岸侵蚀，不应对毗邻海洋基本功能区的环境质量产生影响；2、海水水质质量执行不劣于第四类，海洋沉积物质量执行不劣于第三类，海洋生物质量执行不劣于第三类。	1、象山港区域仅允许对现有排污口进行提升改造，禁止新设排污口； 2、合理配置港口岸线和城市建设生活岸线。

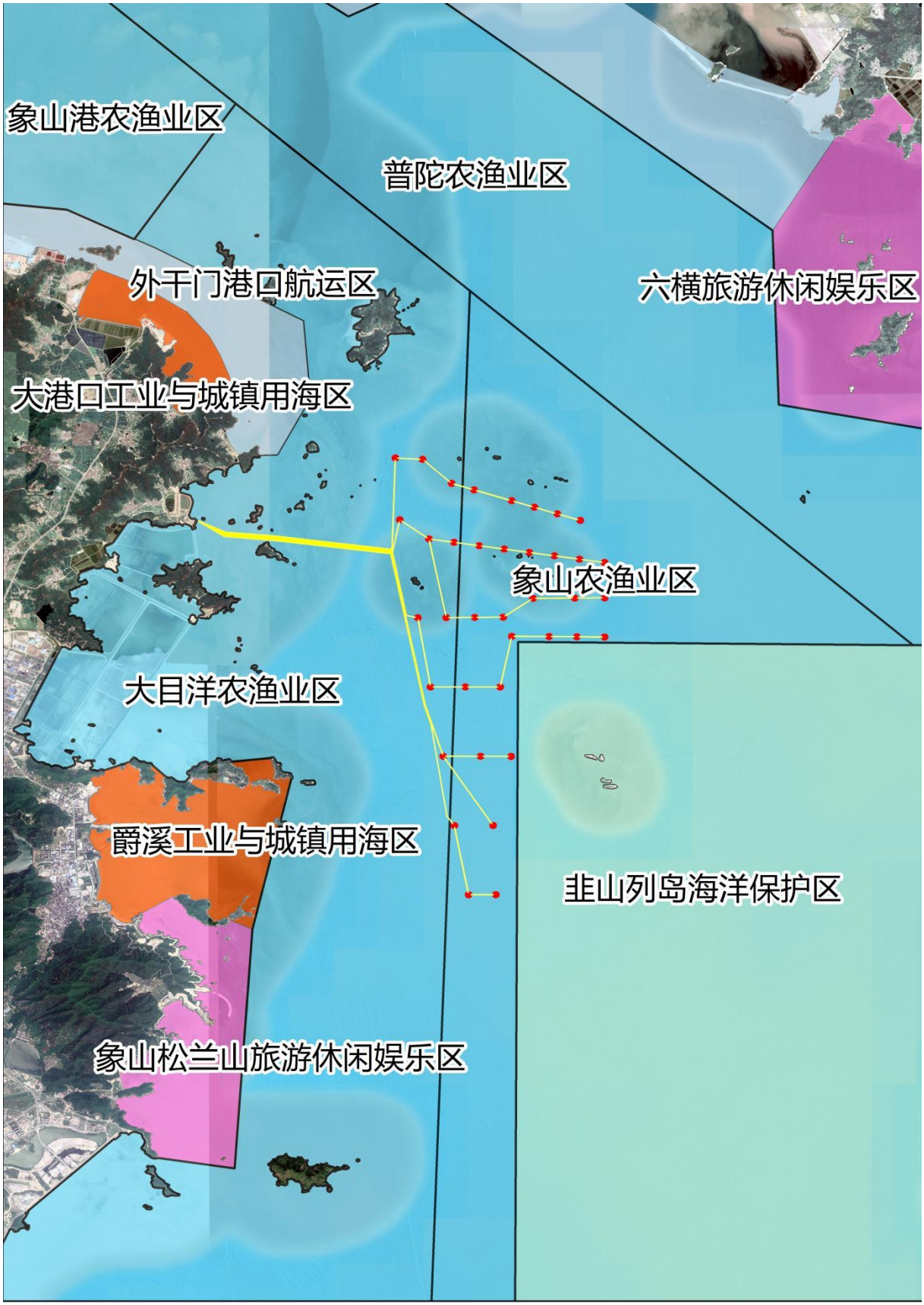


图 11.1-1　项目与浙江省海洋功能区划叠图

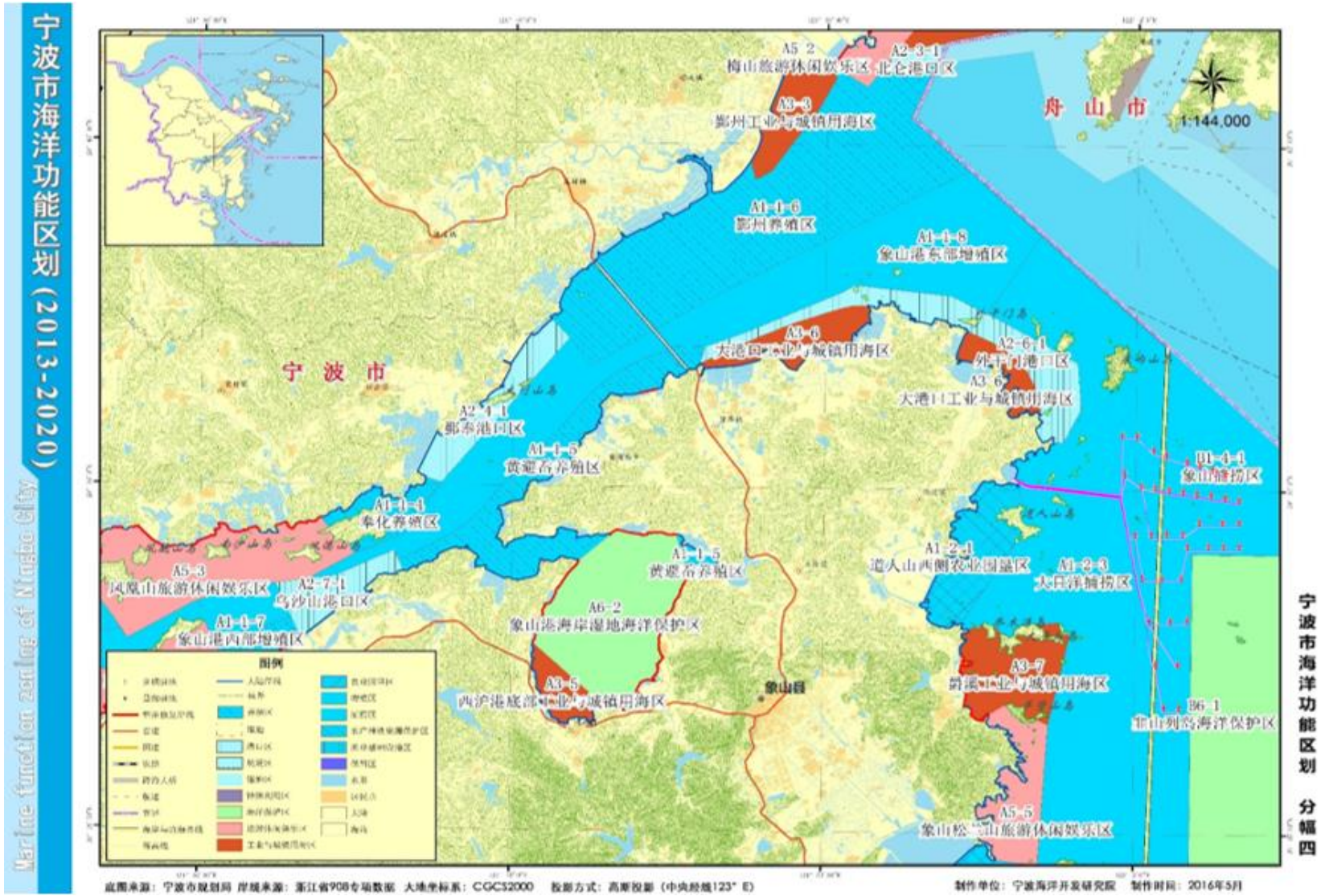


图 11.1-2 宁波市海洋功能区划图（2013-2020 年）

根据《中华人民共和国海域使用管理法》第四条规定：“国家实行海洋功能区划制度，海域使用必须符合海洋功能区划。”第十五条规定：“养殖、盐业、交通、旅游等行业规划涉及海域使用的，应当符合海洋功能区划。沿海土地利用总体规划、城市规划、港口规划涉及海域使用的，应当与海洋功能区划相衔接。”

根据《浙江省海洋功能区划（2011-2020 年）》，本项目位于象山农渔业区（B1-4）、大目洋农渔业区（A1-2）范围内；根据《宁波市海洋功能区划（2013-2020 年）》，本项目位于大目洋捕捞区（A1-2-3）、象山捕捞区（B1-4-1）范围内。由于大目洋捕捞区（A1-2-3）为大目洋农渔业区（A1-2）下的二级功能区，象山捕捞区（B1-4-1）为象山农渔业区（B1-4）下的二级功能区，因此，省、市两级海洋功能区划对项目区的功能定位是一致的。

项目与省、市两级海洋功能区划符合性分析见表 11.1-3。通过对海洋功能区海域使用管理要求和海洋环境保护要求等逐一对比分析可知，本项目实施基本符合省、市两级海洋功能区划中象山农渔业区（B1-4）和大目洋农渔业区（A1-2）的海域使用管理要求和海洋环境保护要求。

表 11.1-3 海洋功能区划符合性分析表

功能区	单元	要求	符合性	备注
象山农渔业区/象山捕捞区	海域使用管理	1、重点保障渔业用海和捕捞用海，在不影响农渔业基本功能前提下，兼容交通运输用海、旅游娱乐用海、风能用海和倾倒用海；	本项目属于风能用海，与农渔业区的兼容功能一致。项目风机属于透水构筑物，占用海域面积小，桩基之间距离大，未完全阻隔各类海洋生物资源的生活环境；项目的输电电缆埋设于底泥，不影响海洋生物资源活动；项目实施也未占用周边的航道区和锚地区，不影响捕捞船只作业。经第六章分析可知，本项目实施海洋环境和资源有一定影响，但在采取相应环保措施和生物资源补偿措施的情况下，影响很小，因此本项目实施不影响农渔业基本功能，与象山农渔业区的兼容功能是相符合的。	省、市功能区划共同要求
		2、禁止改变海域自然属性。	本项目为海上风电场，风机塔架采用透水架空的形式，输电电缆采用海底敷设的方式，不改变海域的自然属性。	
		3、合理选划倾倒区	本项目不涉及倾倒区选划。本项目产生的固废主要为废弃建筑材料和生活垃圾。废弃建筑材料和生活垃圾可分类收集后运至陆上进行处置，不排海。	市级功能区划要求
	海洋环境保护	1、严格保护各类海洋生物资源，以及重要渔业品种洄游区、索饵场；	本项目实施占用海域，施工引起海域悬浮泥沙含量暂时升高，会对底栖生物、浮游生物、渔业资源产生一定的影响，对此，建设单位需采取合理可行的环保措施，以减小对海洋生物资源的影响，对因海域占用等造成不可避免的渔业资源损害进行补偿，在此基础上，项目实施对海洋生物资源影响较小，本项目场区位于部分主要渔业经济种的“三场一通”区域，由于本项目主要构筑物均为透水式桩基，占用海域面积小，对渔业经济种的洄游区、索饵场的影响较小。	省、市功能区划共同要求
		2、不应造成外来物种侵害，防止养殖自身污染和水体富营养化，维持海洋生物资源可持续利用，保持海洋生态系统结构和功能的稳定；	本项目属于风电场建设，不会带来外来物种，施工期和营运期产生的污水量很少，采取相应的环保措施处理后，对海域环境影响很小，不会引起水体富营养化；项目实施造成的生物资源损失量不大，在采取相应的环保措施后，损失量可进一步减小，可维持海洋生物资源的可持续利用，对于保持海洋生态系统结构和功能的稳定无影响。	
		3、海水水质质量执行不劣于第二类，海洋沉积物质量执行不劣于第一类，海洋生物质量执行不劣于第一类。	本项目施工和营运期产生的废水、固废量不大，经收集处理达标后排放，对海域环境影响小；桩基和海缆施工引起的海水悬浮泥沙含量暂时性升高，但随着施工结束而消失。项目实施可维持现有的水质、沉积物海洋生物质量的现状类别。	
大目洋农渔区/大目洋捕捞区	海域使用管理	1、重点保障渔业用海和农业围垦，在不影响农渔业基本功能前提下，兼容旅游娱乐用海和交通运输用海；	1、本项目属于风能用海，风机为透水式桩基，占用海域面积小，桩基之间距离大，未完全阻隔各类海洋生物资源的生活环境；本项目输电电缆埋设于底泥，不影响海洋生物资源活动；项目实施也未占用周边的航道区和锚地区，不影响捕捞船只作业。本项目场区中心离岸约 8.2km，海底电缆埋设于底泥中，这些均不影响沿岸的农业围垦。经第六章分析可知，本项目实施海洋环境和资源影响不大，在采取相应环保措施和生物资源补偿措施的情况下，可进一步减小影响，因此本项目实施不影响农渔业基本功能，且象山县自然资源和规划局已出具用海预审意见，见附件 6。 2、面对全球气候和环境挑战，大力发展可再生能源已成为能源发展的必然趋势。风电是可再生的清洁能源，发展风电对优化浙江省能源结构、保护生态环境具有重要意义，与陆上风电相比，海上风电具有风能资源更加丰富，不占用宝贵的土地，不影响人类日常生活，离电力负荷中心更近等诸多优势。项目区位于东海，风能资源丰富，拟建场区在区位、资源条件均适宜发展风电，项目区与海洋生态红线划定方案、海岸线保护与利用规划、区域发展规划等均符合。 3、因此，本项目建设与大目洋农渔区的功能定位不冲突。	省、市功能区划共同要求

功能区	单元	要求	符合性	备注
		2、除农业围垦、基础设施建设外，严格限制改变海域自然属性；	本项目为海上风电场，风机塔架属于透水构筑物，输电电缆采用海底敷设的方式，不改变海域的自然属性。	
		3、维护自然岸线，维持水动力条件稳定；	本项目场区用海设施不占用周边的岛礁岸线资源，风机采用透水构筑物，电缆埋设于底泥下方，对附近海域水动力和冲淤环境影响小，对岛礁岸滩形态、稳定性和生态功能无影响。发电送出海缆在象山涂茨镇猫头咀登陆，现状岸线为人工岸线，不影响自然岸线，海缆占用岸线长度短，仅施工时需对沿岸进行扰动，施工结束后，海缆埋设于底泥中，岸线可恢复原状，对岸线影响小。	
		4、合理控制养殖、捕捞的规模和密度，确保渔业资源的可持续利用。	本项目不涉及养殖、捕捞，不会对渔业资源长生影响。	省级功能区要求
	海洋环境保护	1、严格保护大目洋海域生态系统；	本项目实施占用海域，施工引起海域悬浮泥沙含量暂时升高，会对底栖生物、浮游生物、渔业资源产生一定的影响，对此，建设单位需采取合理可行的环保措施，以减小对海洋生物资源的影响，对因海域占用等造成不可避免的渔业资源损害进行补偿，在此基础上，项目实施对海洋生物资源影响较小；本项目场区位于部分主要渔业经济种的“三场一通”区域，由于本项目风机为透水式构筑物，占用海域面积小，对渔业经济种的“三场一通”影响较小。总的来说本项目实施对海洋生物资源影响小，不会对海域生态系统产生影响。	省、市级功能区共同要求
		2、不应造成外来物种侵害，防止养殖自身污染和水体富营养化，维持海洋生物资源可持续利用，保持海洋生态系统结构和功能的稳定，不应造成滩涂湿地等生物栖息地的破坏；	本项目属于风电场建设，不会带来外来物种，施工期和营运期产生的污水量很少，采取相应的环保措施处理后，对海域环境影响很小，不会引起水体富营养化；项目实施造成的生物资源损失量不大，在采取相应的环保措施后，损失量可进一步减小，可维持海洋生物资源的可持续利用，对于保持海洋生态系统结构和功能的稳定无影响。	
		3、海水水质质量执行不劣于第一类，海洋沉积物质量执行不劣于第一类，海洋生物质量执行不劣于第一类。	本项目施工和营运期产生的废水、固废量不大，经收集处理达标后排放，对海域环境影响小；桩基和海缆施工引起的海水悬浮泥沙含量暂时性升高，但随着施工结束而消失。项目实施可维持现有的水质、沉积物海洋生物质量的现状类别。	

11.1.2 对相邻功能区影响分析

本项目周边的海洋功能区有韭山列岛海洋保护区（B6-1）、爵溪工业与城镇用海区（A3-7）、外干门港口航运区（A3-6）。

（1）对韭山列岛海洋保护区的影响分析

本项目离改保护区最近的 4 台风机位于保护区北侧，距其 140m。最近的电缆位于保护区西北角附近，距离保护区 190m。其余风机和电缆距离保护区较远。

韭山列岛海洋保护区的海域使用管理要求为：1、重点保障保护区用海，在不影响整体保护区基本功能前提下，兼容旅游娱乐功能、科研教学用海、交通运输用海和渔业用海，但需严格控制养殖规模；2、除保护区基础设施配套建设外，禁止改变海域自然属性；3、严格按照国家关于海洋环境保护以及海洋保护区管理的法律、法规和标准进行管理；4、对海洋保护区内的用海活动，进行海域生态环境动态监测。

本项目不占用韭山列岛海洋保护区，不影响海洋保护区用海。海上风电场的风机塔架等工程均采用透水架空的形式，输电电缆采用海底敷设的方式，不会改变海域的自然属性。因此，本项目不会对韭山列岛海洋保护区的海域使用产生影响。

韭山列岛海洋保护区的海洋环境保护要求为：1、严格保护江豚、大黄鱼、曼氏无针乌贼、珍稀鸟类等海洋生物资源和海洋生态环境；2、维持、恢复、改善海洋生态环境和生物多样性，保护自然景观；3、海水水质质量执行不劣于第一类，海洋沉积物质量执行不劣于第一类，海洋生物质量执行不劣于第一类。

从海洋环境保护方面，本项目对韭山列岛海洋保护区的影响分析见 6.11.2 节，根据分析，在落实各项环保措施和风险防范措施的基础上，本工程对韭山列岛海洋保护区影响不大，能够保持江豚、大黄鱼、曼氏无针乌贼、珍稀鸟类等海洋生物资源和海洋生态环境维持现状水平；维持海洋生态环境和生物多样性，不影响自然景观；海水水质、海洋沉积物、海洋生物质量维持现状水平。

综上分析，本项目实施对韭山列岛海洋保护区影响小。

（2）对爵溪工业与城镇用海区的影响分析

本项目西侧与爵溪工业与城镇用海区相距约 16km。由于距离较远，不会影响到该区的海域使用和海洋环境保护等管理要求。

（3）对外干门港口航运区的影响

本项目西北测与外干门港口航运区最近处相距约 5km。由于距离较远，不会影响到该区的海域使用和海洋环境保护等管理要求。

11.2 项目用海与相关规划符合性分析

11.2.1 风电发展“十三五”规划

根据国家能源局《风电发展“十三五”规划》中的要求：“十三五”期间应开展海上风能资源勘测和评价，完善沿海各省（区、市）海上风电发展规划。加快海上风电项目建设进度，鼓励沿海各省（区、市）和主要开发企业建设海上风电示范项目。规范精简项目核准手续，完善海上风电价格政策。加强标准和规程制定、设备检测认证、信息监测工作，形成覆盖全产业链的成熟的设备制造和建设施工技术标准体系。

积极稳妥推进海上风电建设重点推动江苏、浙江、福建、广东等省的海上风电建设，到 2020 年四省海上风电开工建设规模均达到百万千瓦以上。积极推动天津、河北、上海、海南等省（市）的海上风电建设。

本项目风电场位于浙江省宁波市象山县东部海域，属于《风电发展“十三五”规划》积极推进的海上风电建设区，因此，项目符合《风电发展“十三五”规划》。

11.2.2 浙江省海上风电场工程规划报告

根据《浙江省海上风电场工程规划报告》（报批稿），浙江省共规划 24 个海上风电场，规划总面积 1673km^2。根据规划的海上风电场分布特点，可将其划分为大衢洋海域、舟山东部海域、宁波象山海域、台州海域和温州海域等 5 个海上风电建设区域。

宁波象山海域规划区域处于浙江省宁波市象山东部海域，隶属宁波市。本区域共规划了1个风电场，总装机规模40万kW。本项目并不在该规划内。

2019年宁波市能源局向浙江省能源局请示将象山涂茨海上风电项目场区列入省风电规划，2019年11月4日，省能源局2019年第11次局长办公会议审议通过了将象山涂茨海上风电项目场区列入省风电规划事项，原则同意将该风电场区列入浙江省海上风电规划（具体见附件）。

11.2.3 浙江省能源发展“十四五”规划

根据《浙江省能源发展“十四五”规划》指出：“十四五”期间重点任务有：

一、着力系统优化，构建“一链一区四基地五张网”发展布局

其中“四基地”指沿海核电基地、华东抽水蓄能基地、海上风电基地和清洁煤电基

地，海上风电基地依托浙江沿海的区位基础，积极推进海上风电 项目开发建设，打造若干个百万千瓦级海上风电基地。

二、着力绿色转型，构建节约高效的现代能源消费体系

其中包括着力安全发展，构建清洁低碳的现代能源供给体系。大力发展生态友好型非水可再生能源。重点推进海上风电发展，打造近海及深远海海上风电应用基地+海洋能+陆上产业基地发展新模式，到 2025 年，力争全省风电装机容量达到 630 万千瓦，其中海上风电 500 万千瓦。建成嘉兴 1#、 2#，嵊泗 2#、5#、6#等海上风电项目，打造若干个百万千瓦级海上风电基地，开展象山、洞头和苍南深远海风电开发。

本项目具备较好的开发价值，已纳入浙江省海上风电规划，可见，本项目建设符合《浙江省能源发展“十四五”规划》。

11.2.4 浙江省可再生能源发展“十四五”规划

根据《浙江省可再生能源发展“十四五”规划》，重点任务包括积极推进近海海上风电，探索深远海试验示范。大力推进海上风电建设。积极推进已核准项目的开发建设，适时开展一批规划项目前期核准工作，加快海上风电规划修编，积极争取新增海上风电项目入规，逐步探索利用我省临近的专属经济区建设海上风电，实现我省海上风电规模化发展。“十四五”期间，全省海上风电力争新增装机容量 450 万千瓦以上，累计装机容量达到 500 万千瓦以上。

因此，本项目符合规划中“大力推进海上风电建设”的发展计划要求，有利于促进我省可再生能源基础设施建设。

11.2.5 宁波-舟山港总体规划（2014-2030 年）

《宁波-舟山港总体规划（2014-2030 年）》于 2016 年 12 月获得中华人民共和国交通运输部的批复（交规划函[2016]854 号），同意宁波-舟山港划分为十九个港区。其中，北仑、洋山、刘横、衢山、穿山、金塘、大榭、岑港、梅山等九个港区为主要港区，以综合运输为主；嵊泗、岱山、镇海、白泉、马岙等五个港区为重要港区，以服务海洋产业为主，兼顾综合运输；定海、石浦、象山港、甬江、沈家门等五个港区为一般港区，主要服务地方经济发展。

港区划分为松岙、强蛟、西周、贤庠、外干门共 5 个作业区。松岙作业区位于小列山至盘池山沿岸，强蛟作业区位于白象山西侧沿岸，西周作业区为海螺水泥码头至大唐

乌沙山电厂码头，贤痒作业区位于西泽至内门山沿岸，外干门作业区位于湾口东侧外干门一线，主要布置海洋产业及配套码头区。

本项目风电场位于港区南侧，已避开港区各作业区，距最近的外干门作业区约 5km。

根据《宁波－舟山港航道与锚地专项规划》，本项目与周边的象山港区进港航道、西航路、沿岸小型船只习惯性航道及周边锚地均存在一定距离，不占用航道区和锚地区。

综上，本项目实施与《宁波-舟山港总体规划》不冲突。

11.2.6 浙江省海洋主体功能区划

根据《浙江省海洋主体功能区划》中的划分，象山海域属于优化开发区域（图 11.2-1）。该区域的开发导向为：重点保障工业、旅游基础设施、城镇建设填海造地、渔业基础设施等用海，优化建设临港装备工业园、东部沿海（象保合作区）等海洋创业创新平台，大力发展滨海旅游，大力发展湾区经济，打造湾区经济半岛，扎实推进国家级海洋渔文化（象山）生态保护实验区建设，打造精美滨海之城、海洋新兴产业基地、滨海休闲度假胜地、现代农渔业示范基地、海洋特色文化高地。

项目属于电力工业用海，电力供给对于浙江省、象山县能源规划与工业发展十分重要。本项目位于海洋优化开发区域内，符合《浙江省海洋主体功能区划》重点保障工业的要求。

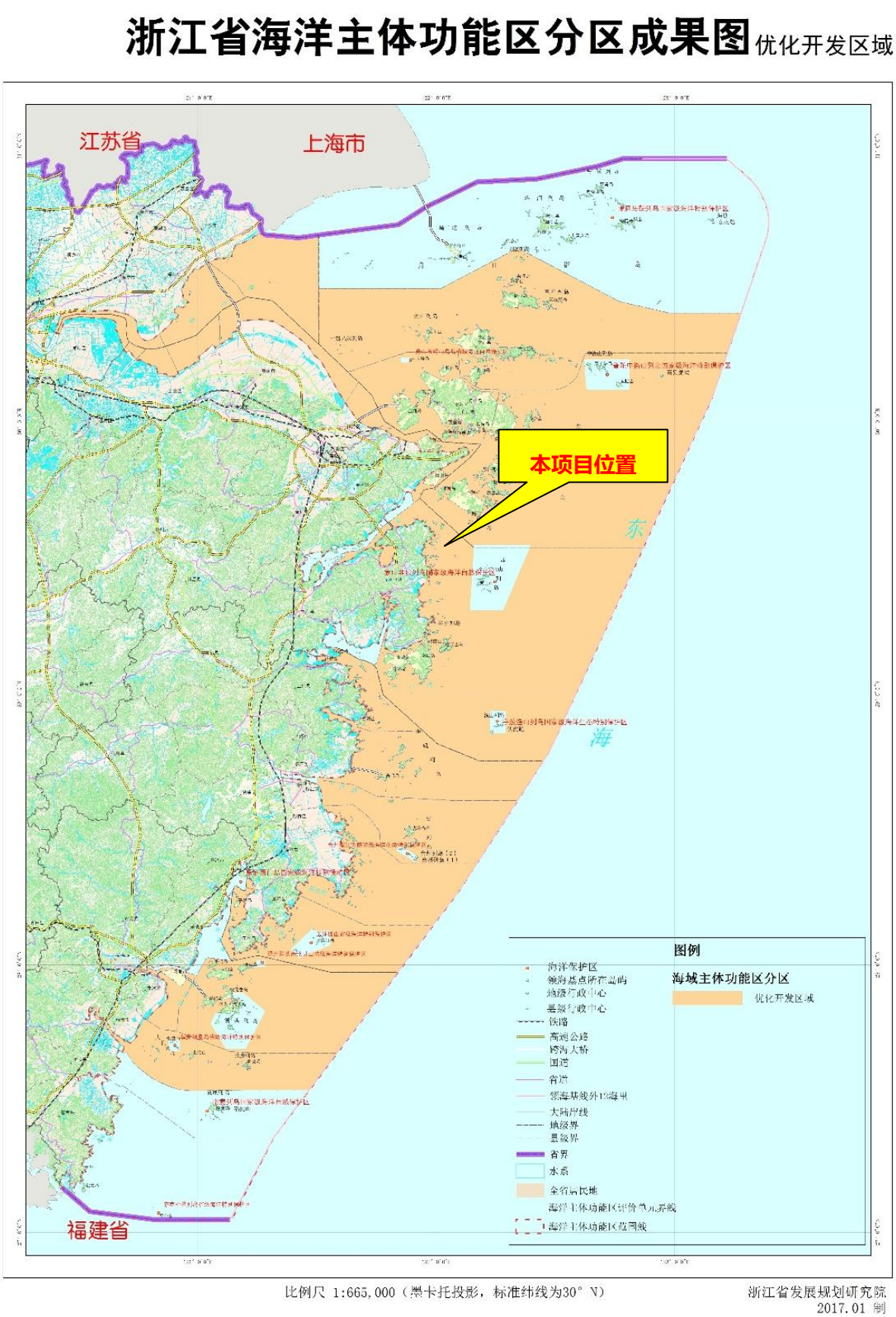


图 11.2-1 浙江省海洋主体功能区划——优化开发区

11.2.7 浙江省海洋生态红线划定方案

11.2.7.1 项目对海洋生态红线区的影响分析

项目选址位于象山县东部海域。根据图 11.2-2 可知，项目所在海域不属于生态红线区。附近的生态红线区有：韭山列岛外侧重要渔业海域（33-Xe08）、韭山列岛国家级海洋自然保护区-实验区（33-Xa02）、韭山列岛国家级海洋自然保护区-核心区和缓冲区（33-Ja02）、六横岛旅游区（33-Xj06）。各区的管控要求详见表 11.2-1。

（1）对韭山列岛外侧重要渔业海域的影响分析

本项目距离韭山列岛外侧重要渔业海域约 140m。该红线区生态保护目标为：小黄鱼、大黄鱼、鲳鱼、曼氏无针乌贼、鳓鱼等渔业资源。管控要求为：禁止围填海、截断洄游通道、水下爆破施工以及其他可能影响渔业资源育幼、索饵、产卵的开发活动；严格执行《中华人民共和国渔业法》、《浙江省渔业管理条例》和《渔业捕捞许可管理规定》。

根据 6.11.4 节对韭山列岛外侧重要渔业海域的影响分析，在落实各项环保措施和风险防范措施的基础上，本工程对韭山列岛外侧重要渔业海域影响不大，不会对小黄鱼、大黄鱼、鲳鱼、曼氏无针乌贼、鳓鱼等渔业资源构成影响；此外，本项目风机塔架采用透水架空的形式，桩基为钢管桩，输电电缆采用海底敷设的方式施工，无围填海作业和水下爆破作业，不影响渔业资源育幼、索饵、产卵等活动，对重要渔业品种洄游通道无截断影响，不会造成外来物种侵害、养殖污染和富营养化；符合《中华人民共和国渔业法》、《浙江省渔业管理条例》和《渔业捕捞许可管理规定》。

综上所述，本项目实施对韭山列岛外侧重要渔业海域影响小。

（2）对韭山列岛国家级海洋自然保护区-实验区的影响分析

韭山列岛国家级海洋自然保护区-实验区位于本项目东侧，最近距离约 7.4km。该区的生态保护目标为：江豚、大黄鱼、曼氏乌贼、珍稀鸟类等生物资源和海洋生态环境及所处独特而又敏感的海洋生态系统。管控措施为：按照国家有关法律法规和《海洋自然保护区管理办法》《国务院办公厅关于做好自然保护区管理有关工作的通知》《宁波市韭山列岛海洋生态自然保护区条例》执行；禁止开展与海洋保护区保护方向不一致的开发建设活动。

本项目距离该区较远，之间隔着韭山列岛外侧重要渔业海域，根据 6.11.5 节分析，在落实各项环保措施和风险防范措施的基础上，本工程对韭山列岛国家级海洋自然保护

区-实验区影响不大；能够维持江豚、大黄鱼、曼氏乌贼、珍稀鸟类等生物资源和海洋生态环境现状，保护海洋生态系统；项目建设符合《海洋自然保护区管理办法》《国务院办公厅关于做好自然保护区管理有关工作的通知》《宁波市韭山列岛海洋生态自然保护区条例》。

（3）对韭山列岛国家级海洋自然保护区-核心区和缓冲区的影响分析

韭山列岛国家级海洋自然保护区-核心区和缓冲区位于本项目东南侧，与该区最近约 9.3km。该红线区生态保护目标为：江豚、大黄鱼、曼氏乌贼、珍稀鸟类等生物资源和海洋生态环境及所处独特而又敏感的海洋生态系统。管控要求为：按照国家有关法律法规和《海洋自然保护区管理办法》《国务院办公厅关于做好自然保护区管理有关工作的通知》《宁波市韭山列岛海洋生态自然保护区条例》执行；核心区和缓冲区禁止开展任何形式的开发建设活动。

本项目距离该区较远，之间隔着韭山列岛外侧重要渔业海域、韭山列岛国家级海洋自然保护区-实验区，根据 6.11.5 节分析，在落实各项环保措施和风险防范措施的基础上，本工程对韭山列岛国家级海洋自然保护区-核心区和缓冲区影响不大；能够维持江豚、大黄鱼、曼氏乌贼、珍稀鸟类等生物资源和海洋生态环境现状，保护海洋生态系统；项目建设符合《海洋自然保护区管理办法》《国务院办公厅关于做好自然保护区管理有关工作的通知》《宁波市韭山列岛海洋生态自然保护区条例》。

（4）对六横岛旅游区的影响分析

六横岛旅游区位于本项目东北侧，最近距离约 5km。该红线区生态保护目标为：自然景观和人文景观。管控要求为：禁止实施可能改变或影响滨海旅游的开发建设活动；不得新增入海陆源工业直排口；不得破坏自然景观和人文景观资源；加强实施海岸整治和生态修复工程。本项目与该区距离较远，不影响其滨海旅游业开发建设，对其自然景观和人文景观资源无破坏，本项目无陆源工业直排口，项目实施对海域环境影响小，对该区无影响。

11.2.7.2 项目对生态红线自然岸线的影响分析

根据图 11.2-2、图 11.2-3 可知，象山县涂茨镇沿岸海岸线均未被划为生态红线管理的自然岸线，登陆电缆穿越的区域有道人山无居民岛群岸线（238，，33-q217Ic），风场区域存在乱礁洋无居民海岛群岸线（237，33-q216Ic）。

通过比较分析（见图 11.2-3b），本项目海底电缆登陆点位于象山县涂茨镇猫头咀，

属于人工岸线，不属于生态红线大陆自然岸线；本项目登陆海缆未占用道人山无居民岛群岸线，最近距离的为大捕山岛 80m。本项目风机及连接风机的海缆未占用乱礁洋无居民海岛群的岸线，距离最近的为大红岩礁 98m。

（1）对登陆点人工岸线的影响

本项目登陆电缆与岸线垂直，占用岸线长度仅 43.7m，对岸滩和海底形态和生态功能改变很小，对周边海域水动力条件无影响，施工期和营运期对海域环境影响很小。因此，本项目登陆电缆对岸线影响很小。

（2）对道人山无居民岛群岸线和乱礁洋无居民海岛群岸线的影响

道人山无居民岛群和乱礁洋无居民海岛群岸线均为海岛基岩岸线；管控措施为：严格限制改变或影响岸线自然属性和地形地貌的开发建设活动。为了不影响两个岛群内各岛礁自然属性和地形地貌，本项目风机和电缆建设均避开岛礁，并与岛礁保持一定的距离。由数模预测结果可知，本项目构筑物建设仅引起的桩基周边局部海域潮流场发生少量变化，引起的冲淤变化集中在桩基周边，对附近岛礁的影响很小，不影响岛礁岸线的地形地貌。

表 11.2-1 浙江省海洋生态红线登记表——部分摘录

所在行政区域	代码	管控类别	类型	名称	地理位置（四至）	覆盖区域		生态保护目标	管控措施
						面积（km^2）	海岸线长度（km）		
宁波市象山县	33-Xe08	限制类	重要渔业海域	韭山列岛外侧重要渔业海域	29.28°-29.54°N;122.06°-122.48°E	583.79	0	小黄鱼、大黄鱼、鲳鱼、曼氏无针乌贼、鳓鱼等渔业资源	禁止围填海、截断洄游通道、水下爆破施工以及其他可能影响渔业资源育幼、索饵、产卵的开发活动；严格执行《中华人民共和国渔业法》《浙江省渔业管理条例》和《渔业捕捞许可管理规定》。
宁波市象山县	33-Xa02	限制类	海洋自然保护区	韭山列岛海洋生态自然保护区-实验区	29.31°-29.55°N;122.14°-122.40°E	308.78	0	江豚、大黄鱼、曼氏乌贼、珍稀鸟类等生物资源和海洋生态环境及所处独特而又敏感的海洋生态系统	按照国家有关法律法规和《海洋自然保护区管理办法》《国务院办公厅关于做好自然保护区管理有关工作的通知》《宁波市韭山列岛海洋生态自然保护区条例》执行；禁止开展与海洋保护区保护方向不一致的开发建设活动。
宁波市象山县	33-Ja02	限制类	海洋自然保护区	韭山列岛海洋生态自然保护区-核心区和缓冲区	29.35°-29.50°N;122.16°-122.20°E	176.00	72		按照国家有关法律法规和《海洋自然保护区管理办法》《国务院办公厅关于做好自然保护区管理有关工作的通知》《宁波市韭山列岛海洋生态自然保护区条例》执行；核心区和缓冲区禁止开展任何形式的开发建设活动。
舟山市普陀区	33-Xj06	限制类	重要滨海旅游区	六横岛旅游区	29.59°-29.69°N;122.12°-122.30°E	98.48	97.40	自然景观和人文景观	禁止实施可能改变或影响滨海旅游的开发建设活动；不得新增入海陆源工业直排口；不得破坏自然景观和人文景观资源；加强实施海岸整治和生态修复工程。
宁波市象山县	33-q216Ic	——	基岩岸线	乱礁洋无居民岛群岸线	122.06°E-122.07°E;29.56°N-29.56°N	——	6.29	海岛基岩岸线	严格限制改变或影响岸线自然属性和地形地貌的开发建设活动。
宁波市象山县	33-q217Ic	——	基岩岸线	道人山无居民岛群岸线	122.01°E-122.01°E;29.58N-29.58°N	——	11.01	海岛基岩岸线	严格限制改变或影响岸线自然属性和地形地貌的开发建设活动。

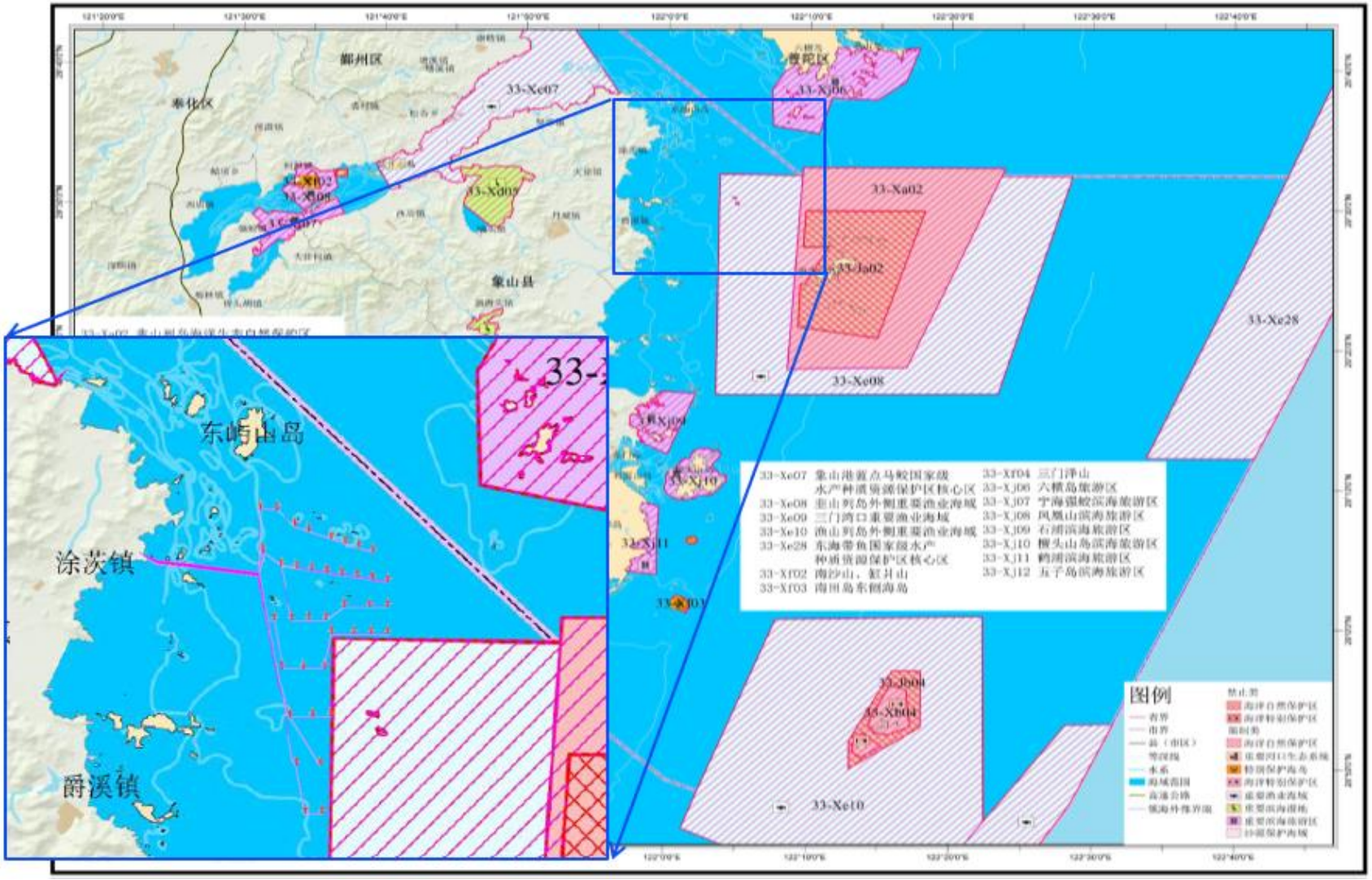


图 11.2-2a 浙江省海洋生态红线区控制图



图 11.2-2b　项目与红线区叠置图

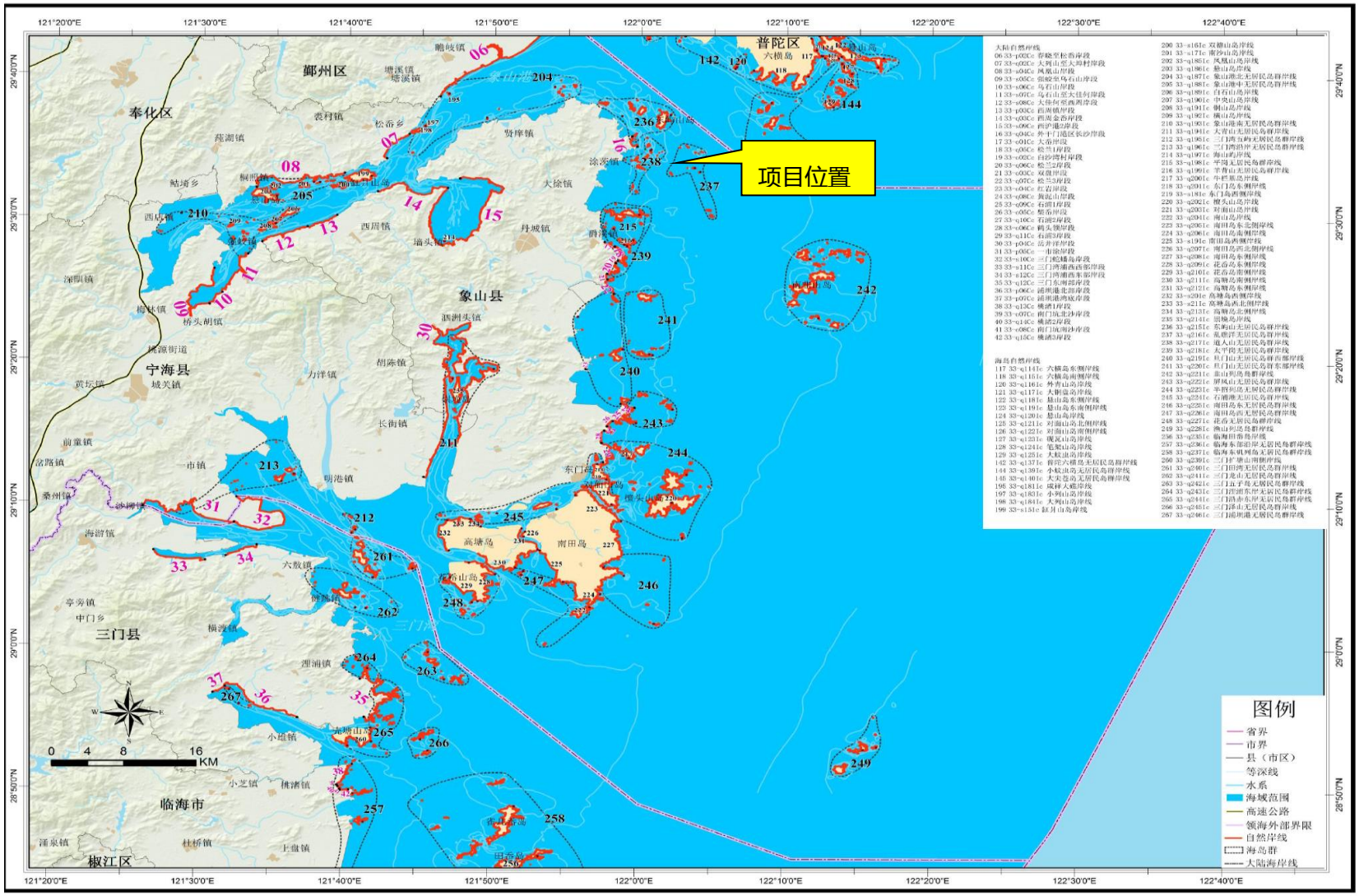


图 11.2-3　浙江省海洋生态红线自然岸线控制图

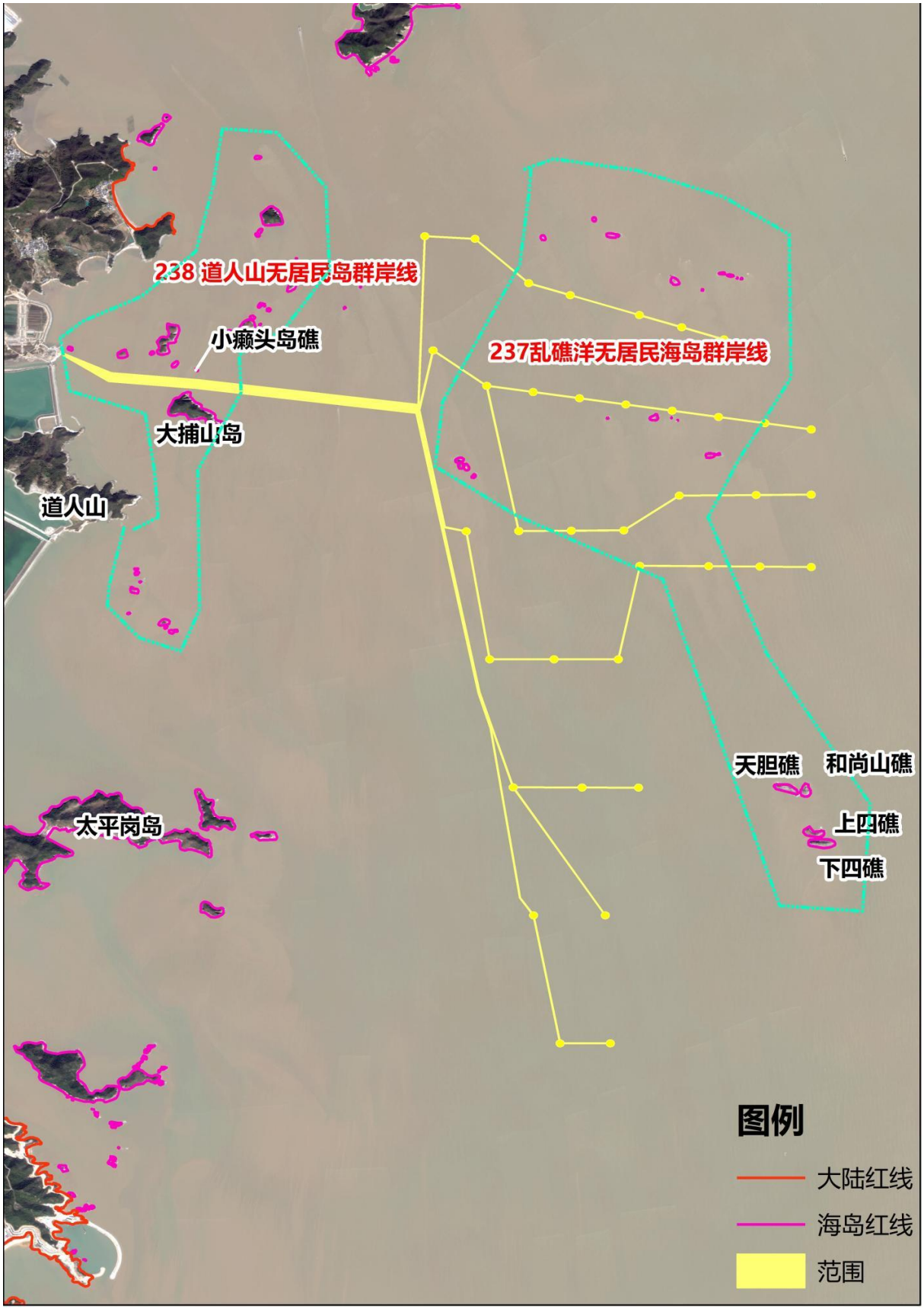


图 11.2-3b 本项目与浙江省海洋生态红线自然岸线叠置图

11.2.8 浙江省海岸线保护与利用规划（2016-2020 年）

根据《浙江省海岸线保护与利用规划（2016-2020 年）》，海岸线保护等级分为严格保护、限制开发和优化利用三类，全省大陆海岸线严格保护类长度 748km，限制开发类长度 600km，优化利用类长度 786km；全省海岛岸线严格保护类长度 1428km，限制开发类长度 1761km，优化利用类长度 1307km。

根据该规划，海底电缆路由登陆点位于象山县的大目洋岸段（岸段编号 59），保护等级为优化开发（见图 11.2-4a）。风电场区周边为乱礁洋岛群岸段（岸段编号 134），登陆海缆周边有道人山岛群岸段（岸段编号 135），保护等级为严格保护（见图 11.2-4b）。

（1）与大目洋岸段的符合性分析

大目洋岸段位于象山县东北部沿岸，起点位置为 121.9960°，29.5858°，终点位置为 121.9577°，29.5093°；长度 15.99km。管理要求为：1、允许改变岸滩或海底形态和生态功能，允许围填海；2、围填海占用自然岸线须占补平衡；3、在符合海域功能前提下，优化开发布局，实现海岸线集约高效利用；4、开发利用活动不应对周边水道水动力条件产生不利影响，不应对本功能区和周边功能区的基本功能产生不利影响。

本项目海缆路由登陆点位于猫头咀，属于人工岸线，本次占用岸线 43.7m，对岸滩和海底形态和生态功能改变很小，对周边海域水动力条件无影响，海缆占用海域面积小，施工简单，施工期短，营运期位于底泥中，仅用于输电，对周边海域环境影响很小，不会对周边水道水动力条件及附近大目洋农渔业区的基本功能产生不利影响，本项目实施符合大目洋岸段的管理要求。

（2）对乱礁洋岛群岸段和道人山岛群岸段的影响分析

乱礁洋岛群岸段位于象山县东北侧海域，包含大野猪礁、柴山礁、大红岩礁等岸线，长度 6.29km。道人山岛群岸段包含大捕山岛、下青石礁等岸段，具体见图。两个岛群岸段管理要求：1、保持岸滩或海底形态和生态功能，禁止占用海岸线围填海，因国家重大和省级重点工程建设确需占用海岸线围填海的，应严格论证，自然岸线须占补平衡；2、提倡保持岸线原生态或开发式利用，仅允许建设少量透水构筑物，禁止损害海洋生态的开发活动，因地制宜开展湿地养护等提升生态功能的整治修复活动。

本项目风电场场区主要设施为风机，这些设施均不占用岛礁及岸线，与岛礁之间保持一定的距离，对该岸段的岸滩或海底形态和生态功能无影响；风机属于少量可建设的

透水构筑物，不会损害海洋生态功能。海堤电缆埋设于底泥之下，更不会影响海域的生态功能。本工程实施对附近海域水动力和冲淤环境影响小，对乱礁洋岛群岸段无影响。

综上分析，本项目用海符合《浙江省海岸线保护与利用规划（2016-2020 年）》。

11.2.9 浙江省海岛保护规划（2017-2020 年）

《浙江省海岛保护规划（2017-2022 年）》根据海岛资源环境保护要求和经济社会发展需求，有居民海岛按整岛主导功能定位分为综合利用岛、港口物流岛、临港工业岛、清洁能源岛、滨海旅游岛、现代渔业岛、海洋科教岛、海洋生态岛等 8 类，无居民海岛规划为特殊保护类和一般保护类 2 个二级类，其中特殊保护类划分为国家权益海岛、自然保护区内海岛、海洋特别保护区内海岛、其他重要保护海岛 4 个三级类；一般保护类划分为保留类海岛和限制开发类海岛 2 个三级类。

海缆穿越象山道人山岛群（IV-05），风机及海缆穿越象山乱礁洋岛群（IV-06）（图 11.2-5），两岛群的功能定位及保护和管理要求及符合性分析如下：

（1）道人山岛群（IV-05）

道人山岛群保护类型属于“一般保护型”，主导功能：在海岛景观和岸线自然属性保护基础上，适度发展生态旅游和现代农渔业，注重开发过程中海岛资源与环境保护。保护管理要求：实行保护优先、适度开发的总体方针。严格限制改变或影响岸线自然属性和地形地貌的开发建设活动，保护岸线的自然属性和景观。利用海岛应最大限度减少对海岛地形、岸滩、植被的破坏，注重海岛水土防治，尽可能减少对自然生态系统的干扰，严禁污染物直接排海，保护海岛及周边海域生态环境。

上岸的 5 条海缆穿越道人山岛群，由岛群内四角山、大捕山岛礁中间穿过。5 条海缆距离南侧最近的大捕山岛约 80m，距离北侧最近的小癞头礁岛 120m。该方案已避开岛群内各岛礁，且未在岛群内海岛登陆，对岛群内岸线的自然属性和景观没有影响。

（2）乱礁洋岛群（VI-06）

乱礁洋岛群保护类型属于“一般保护型”，主导功能：在海岛景观、岸线自然属性和渔业资源保护基础上，少量开展对环境影响较小的利用活动。保护和管理要求：重点保护天胆礁、下四礁等 4 个海洋生态红线区内海岛。严格限制改变或影响岸线自然属性和地形地貌的开发建设活动，保护岸线的自然属性和景观。在不影响区域生态环境稳定性的条件下，允许开展少量对环境影响较小的利用活动。南部的天胆礁、和尚山礁、上四礁、下四礁区域禁止围填海、截断洄游通道、水下爆破施工以及其他可能影响渔业资源

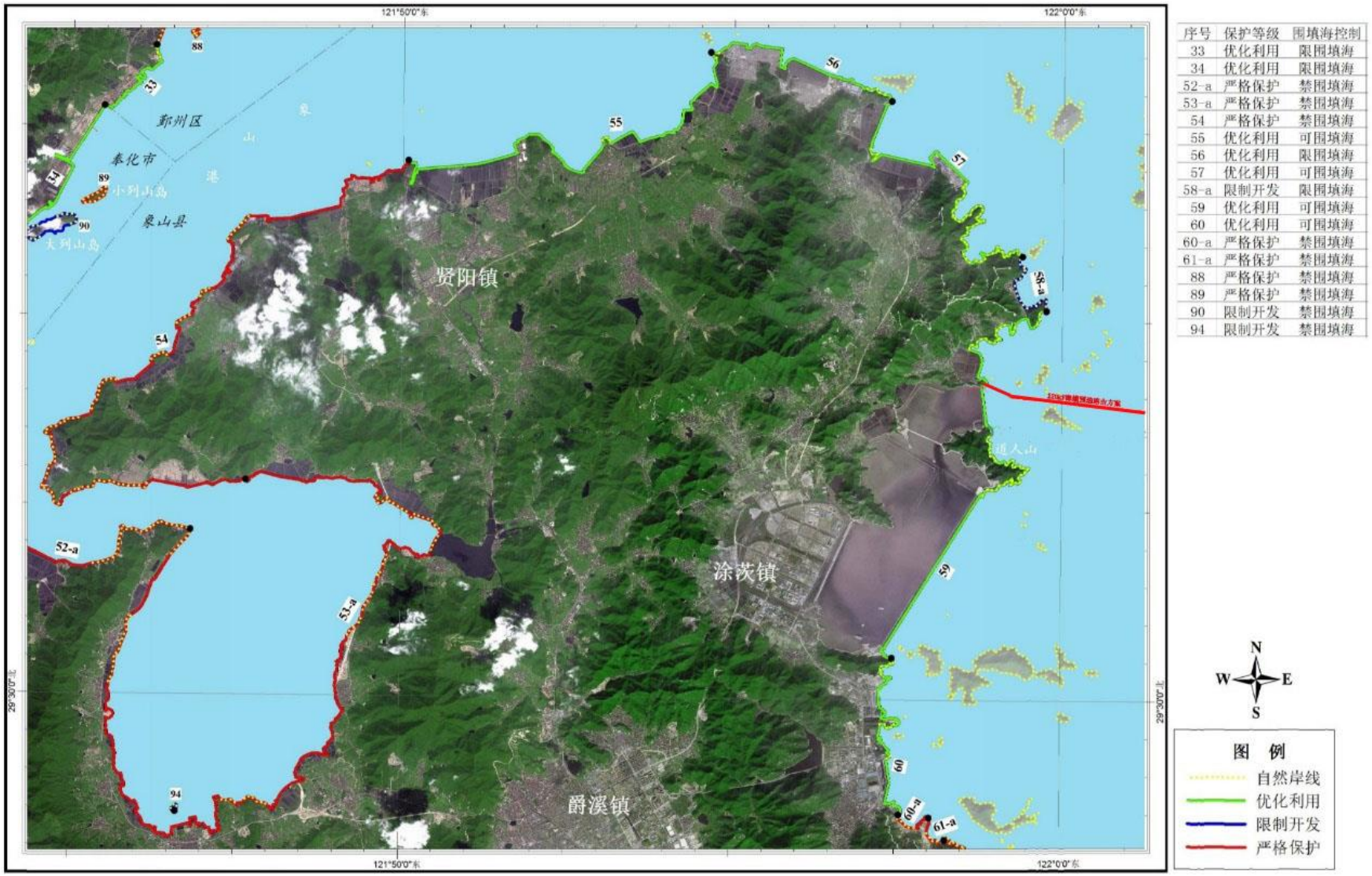
育幼、索饵、产卵的开发活动。为满足通航需要，经科学论证，允许在岛上少量建设助航设施。

本项目风电场内海缆路由布置于该岛群内，但海缆连接各风机，不在群内岛礁登陆，不使用各岛礁岸线，对岸线没有影响。海缆与岛群内重点保护的天胆礁等四个海岛较远，相距约 2km，已完全避开。海缆施工时除了有开挖引起悬沙扩散短时间小范围影响附近水质之外，不存在围填海、截断洄游通道、水下爆破施工以及其他可能影响渔业资源育幼、索饵、产卵的开发活动。

因此，本项目的实施符合《浙江省海岛保护规划（2017-2022 年）》。

表 11.2-2　浙江省海岛保护利用规划

序号	名称	编号	概况				特征	构成	类型	主导功能	保护和管理要求
58	象山道人山岛群	Ⅳ-05	区位	位于象山东部沿岸，毗邻乱礁洋海域，海岛主要沿稻蓬山岛—大捕山岛—道人山岛—下青礁周边展布。			岛群距大陆较近，海岛分布较集中，且具有一定面积，岛上植被丰富，附近海域生态环境保持较好；岛群所依托的后方陆域以发展生态旅游功能为主。	鸡娘礁、海螺礁、稻蓬山岛、鸡头礁、小稻桶礁、栏门虎小礁、长礁、红生礁、蛤蜊礁、蟹族山岛、大半边北礁、大半边东岛、大半边屿、大半边南礁、大半边南小岛、小半边礁、四角山岛、大礁门礁、鸡冠头礁、饭罩山礁、大癞头礁、小癞头礁岛、大捕山岛、大捕脚岛、大捕石岛、大捕尾屿、大凉帽屿、道人山岛、小凉帽礁、鸡冠嘴礁、猪栏夹礁、猪栏门礁、青礁夹礁、上青礁、下青礁、下青石礁、二头白小礁、二头白礁	一般保护型	在海岛景观和岸线自然属性保护基础上，适度发展生态旅游和现代农渔业，注重开发过程中海岛资源与环境保护。	实行保护优先、适度开发的总体方针。严格限制改变或影响岸线自然属性和地形地貌的开发建设活动，保护岸线的自然属性和景观。利用海岛应最大限度减少对海岛地形、岸滩、植被的破坏，注重海岛水土防治，尽可能减少对自然生态系统的干扰，严禁污染物直接排海，保护海岛及周边海域生态环境。
			行政区	宁波市象山县	海岛数量	38 个					
			基本概况	陆域总面积约 155.5 公顷，其中陆域面积最大的海岛为道人山岛，面积约 122.0 公顷。							
			利用现状	鸡娘礁和红生礁等岛上建有航标灯塔等设施。大凉帽屿、道人山岛、小凉帽礁、鸡冠嘴礁等海岛已与大陆相连。							
59	象山乱礁洋岛群	Ⅳ-06	区位	位于象山港口外东部的乱礁洋海域。			岛群离大陆较远，交通联系不便；群内海岛面积普遍较小。南部位于海洋生态红线区韭山列岛外侧重要渔业海域，保护小黄鱼、大黄鱼、鲳鱼、曼氏无针乌贼、鳓鱼等重要渔业资源。	镬灶洞礁、乱长礁、大块头礁、小野猪礁、对棋山礁、大野猪礁、大红岩礁、小红岩岛、东柴山岛、柴山礁、小柴山岛、灯笼块礁、灯笼山礁、灯笼石礁、灯笼小礁、天胆礁、和尚山礁、上四礁、下四礁	一般保护型	在海岛景观、岸线自然属性和渔业资源保护基础上，少量开展对环境影响较小的利用活动。	重点保护天胆礁、下四礁等 4 个海洋生态红线区内海岛。严格限制改变或影响岸线自然属性和地形地貌的开发建设活动，保护岸线的自然属性和景观。在不影响区域生态环境稳定性的条件下，允许开展少量对环境影响较小的利用活动。南部的天胆礁、和尚山礁、上四礁、下四礁区域禁止围填海、截断洄游通道、水下爆破施工以及其他可能影响渔业资源育幼、索饵、产卵的开发活动。为满足通航需要，经科学论证，允许在岛上少量建设助航设施。
			行政区	宁波市象山县	海岛数量	19 个					
			基本概况	陆域总面积约 12.5 公顷，其中陆域面积最大的海岛为下四礁，面积约 2.1 公顷。							
			利用现状	对棋山礁、大红岩礁、下四礁等岛上建有航标灯塔等设施。							



序号	保护等级	围填海控制
33	优化利用	限围填海
34	优化利用	限围填海
52-a	严格保护	禁围填海
53-a	严格保护	禁围填海
54	严格保护	禁围填海
55	优化利用	可围填海
56	优化利用	限围填海
57	优化利用	可围填海
58-a	限制开发	限围填海
59	优化利用	可围填海
60	优化利用	可围填海
60-a	严格保护	禁围填海
61-a	严格保护	禁围填海
88	严格保护	禁围填海
89	严格保护	禁围填海
90	限制开发	禁围填海
94	限制开发	禁围填海

图 11.2-4a 登陆点附近岸线保护与利用规划图

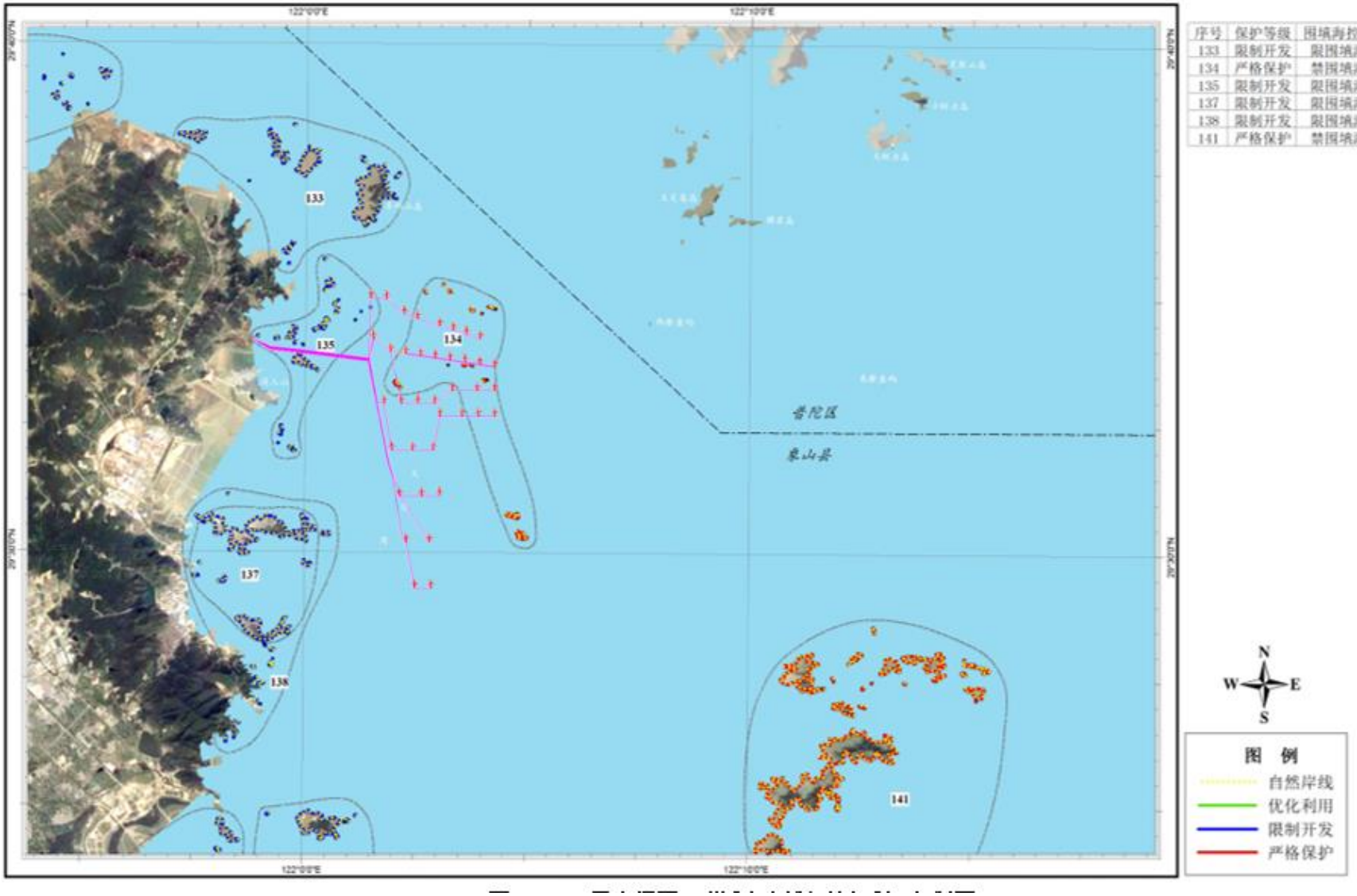


图 11.2-4b 风电场区及附近海岸线保护与利用规划图

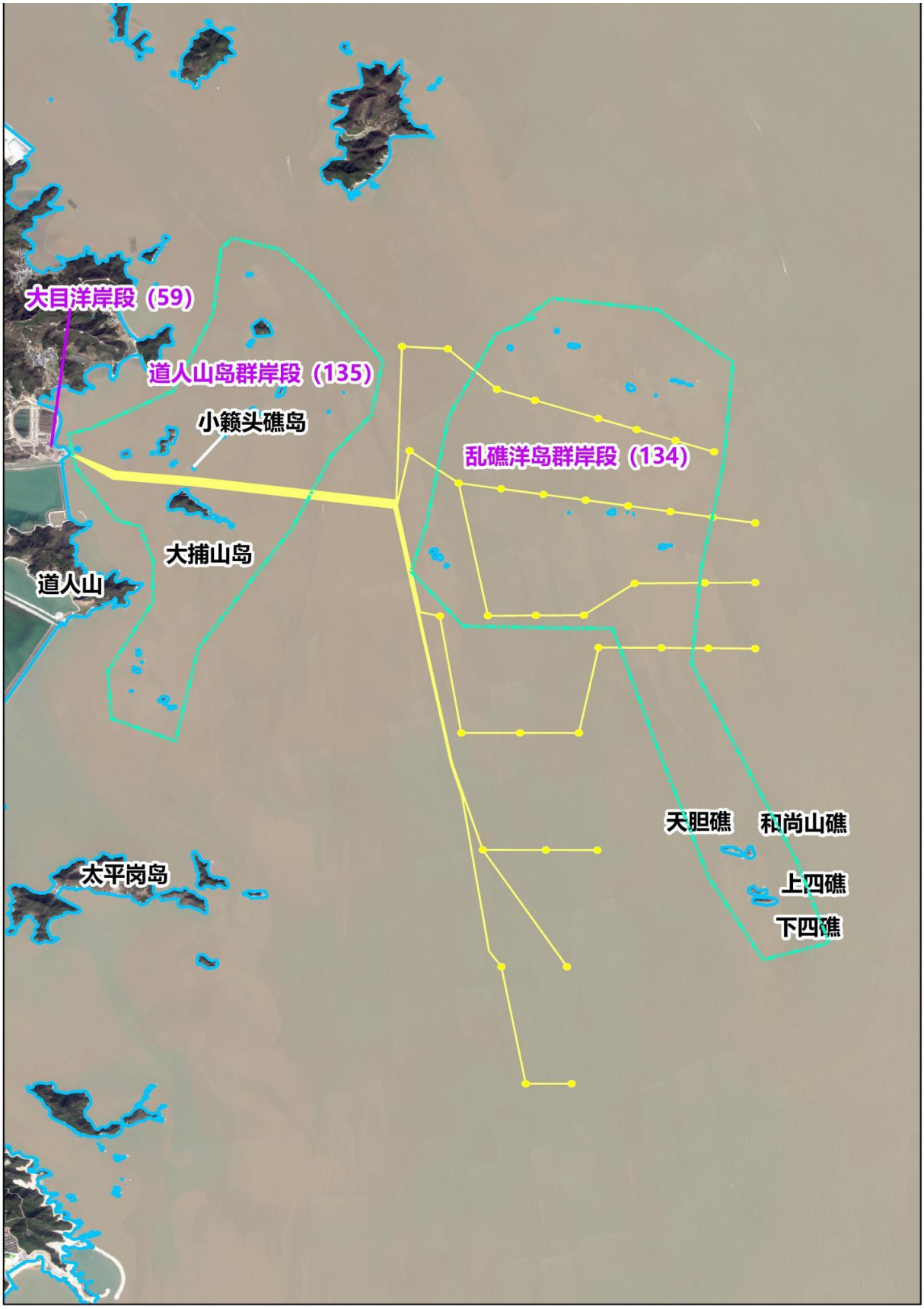


图 11.2-4c　本项目与大陆岸线、海岛岸线位置关系图



图 11.2-5 浙江省海岛保护规划（2017-2020 年）

11.2.10 浙江省海洋生态环境保护“十四五”规划

根据《浙江省海洋生态环境保护“十四五”规划》，总体目标为展望 2035 年，浙江近岸海域海洋生态环境根本好转，沿海地区绿色生产生活方式全面形成，美丽海洋建设目标基本实现。陆海一体化污染防治体系有效形成，海洋生态实现系统保护和修复，生态良好、生境完整、生物多样的健康状态基本呈现，海洋优质生态产品供给基本满足人民美好生活需要；海洋生态环境治理体系和治理能力现代化全面实现；海洋绿色低碳发展达到国内领先、国际先进水平；“水清滩净、鱼鸥翔集、人海和谐”的全域“美丽海湾”基本建成。

其中重点任务包括减排温室气体，应对适应气候变化。控制温室气体排放。减少化石能源二氧化碳排放，大力发展海上绿色能源，加快构建清洁低碳的现代能源体系。推进海洋新能源示范应用，安全高效发展沿海核电，科学布局建设海上风电，有序开展海洋潮流能并网示范工程建设，因地制宜开发沿海地热能和海岛太阳能。本项目为海上风电工程，布局不占用生态红线、自然保护区等敏感区，因此符合《浙江省海洋生态环境保护“十四五”规划》。

11.2.11 浙江省海底路由“十四五”规划

2021 年 4 月 21 日，浙江省自然资源厅发布了《浙江省海底路由“十四五”规划》（浙自然资函〔2021〕26 号），规划指出通过优化空间布局、预留发展空间、利用废弃空间、立体使用海域空间等多种用海策略，完善对海底电缆管道用海的空间管控。至 2025 年，基本建立以“点、线、面”为核心的空间分区管控体系，优化管线空间布局，重点海域管线廊道基本形成，新建管线路由更加科学合理。

建立以“点、线、面”为核心的空间分区体系，将全省海域划分为海底电缆管道建设禁止区（点）、廊道区（线）和限制区（面）三类，进行分区管控，引导约束管线路由合理布置。其中，宁波海底电缆管道主要连接舟山，共划定 5 个廊道区：“慈溪海上风电送出电缆廊道”“北仑至大榭岛管线廊道”“象山至南韭山管线廊道”“象山海上风电送出电缆廊道”“象山至北渔山管线廊道”。见图 11.2-6。

由图可见，本项目尚未划入浙江省海底路由“十四五”规划廊道区，根据规划管控要求，对于需在尚未划定廊道区的海域铺设海底电缆管道，或因各种原因限制新建管线确实无法入廊的，经科学论证，允许在限制区铺设管线，但因遵循集约节约、协调

协商、保护海洋生态环境等原则，尽可能布置在自然条件适宜、开发活动较少的海域。生态保护红线一般控制区、渔业区、港区及航道锚地等以下限制区需从严限制。

本项目不占用生态保护红线，海底电缆避开了养殖区、增殖区、滩涂养殖区和捕捞作业密集的海域，符合对渔业区的管控要求，本项目不涉及港区和大型船舶航道以及锚地，只与沿岸小型船舶习惯性航路有交越，并且交越段设计已加大埋深至 3m，并在技术条件允许的最短时间内完工，合理安排施工时间，减少对海上交通的影响。综上所述，本项目符合浙江省海底路由“十四五”规划。

11.3 建设项目的政策符合性分析

11.3.1 与《产业结构调整指导目录》的符合性分析

根据《产业结构调整指导目录(2019 年本)》，本项目为海上风电场建设，属于鼓励类项目。同时，本项目属于《市场准入负面清单》（2018 年版）许可准入类项目，并符合清单中与市场准入相关的禁止性规定，因此本项目的建设符合国家产业政策。

11.3.2 与可再生能源产业政策的符合性分析

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。

为贯彻可再生能源法，国家发改委在 2007 年印发《可再生能源中长期发展规划》中给出了提高可再生能源在能源消费结构中比重的发展目标，到 2020 年，全国风电总装机容量要达到 3000 万 kW。

《可再生能源中长期发展规划》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，必须要大力发展可再生能源，以便更好地满足经济和社会可持续发展的需要。可再生能源包括水能、生物质能、风能、太阳能、地热能和海洋能等，资源潜力大，环境污染低，可永续利用，是有利于人与自然和谐发展的重要能源。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。风力发电技术已基本成熟，经济性已接近常规能源，在今后相当长时间内将会保持较快发展。根据最新风能资源评价，全国陆地可利用风能资源3亿kW，加上近岸海域可利用风能资源，共计约10亿kW，由此可见海上风电未来发展的潜力。

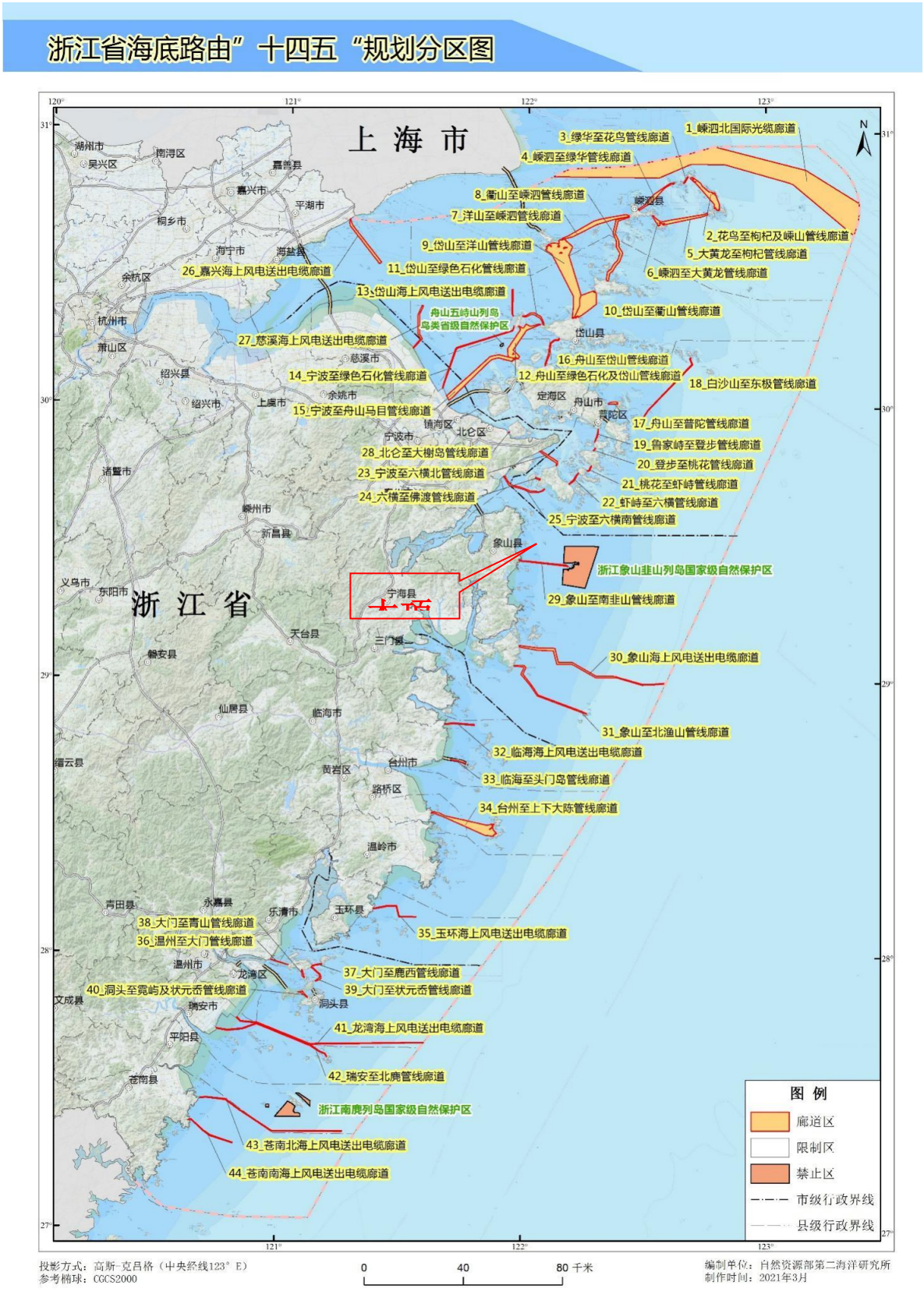


图 11.2-6　浙江省海底路由“十四五”规划图

为鼓励风电发展，国家发改委专门制定了《国家风力发电中长期发展规划》。规划还重点提出建设若干百万千瓦级大型风力发电基地，并在东南沿海近海海域建设若干个海上风电项目。根据国家最新的风电发展规划，到 2020 年底，全国风电总装机规模将达到 150GW，其中建成海上风电 30GW，在条件适合的近海海域率先建设海上风电场进行示范。

本项目为海上风电场项目，规划装机容量300MW，工程建设符合规划发展重点，对提高可再生能源在能源消费结构中比例起到积极的推动作用，符合可再生能源产业政策要求。

11.4工程选址与平面布置的合理性

11.4.1工程选址合理性分析

从社会条件、自然条件、规划条件、海洋生态、周边用海现状等分析，并且通过方案对比，推荐的场址方案总体合理，但会对海洋功能区划中的韭山列岛海洋保护区和生态红线划定方案中的韭山列岛外侧重要渔业海域产生暂时性影响，影响主要集中在施工期。对“渔业三场一通道”在施工期也造成暂时性影响，通过采取对相应的环保措施，避开产卵期等措施后，本工程选址总体可行。

本工程建设过程中，海缆沟开挖、风机基础施工产生的悬浮物以及风机基础永久用海等将不可避免地造成所在海域浮游生物、潮间带生物、底栖生物、渔业资源一定数量的损失，但其影响程度属于可接受的范围内。

根据数模预测结果，工程建设后将对所在海域流场、冲淤环境产生一定的影响。工程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；工程建成后，泥沙冲淤的影响范围主要集中在桩基附近，工程场区及附近海床冲淤强度及影响范围较小。

工程建设对区域鸟类的影响在可接受范围内；对周围海域开发利用活动影响较有限，可通过相关措施予以减缓；施工悬浮物、冲淤变化和风机噪声对评价范围内的环境敏感区不会产生明显不利的影响。

综上所述，本项目选址基本合理。

11.4.2工程平面布置的合理性分析

11.4.2.1 风电机平面布置合理性

（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充分考虑规划使用海域的水深地形条件，合理避让岛礁、暗礁等，确保施工方案可行性与安全性。

②根据场区内风资源分布特点，充分利用风电场盛行风向进行布置，合理选择风电机组间距。

③布置时既要尽量避免风电机组之间的尾流影响，又要减小风电机组之间的海缆长度，以降低配套工程投资和场内输变电损耗。

④对不同的布置方案，要按整个风电场发电量最大，兼顾各单机发电量的原则进行优化。

⑤为了便于施工、运行维护和降低工程投资，同一风电场内的同期工程，尽量选用型号与单机容量相同的风电机组。

⑥按照节约、集约用海原则，在海洋局规定的 16km^2/10 万 kW 涉海面积要求的前提下，尽量减小涉海面积。

（2）风电机组布置优化

根据以上布置原则及制约因素，在风电场范围内进行风机布置，拟定多个风电机组布置方案，方案比选以发电量、尾流影响作为主要比选因子，分析各方案变化趋势。各方案布置原则如下：

方案一：综合考虑场区形状、主要风能方向及场区内岛礁分布、基岩面高程情况，垂直于主风能方向东西平行布置，共 10 行，行间距 1074~1883m，行内间距 626~923m，风电机组间最小间距 626m（约 2. 8D）。

方案二：综合考虑场区形状、主要风能方向及场区内岛礁分布、基岩面高程情况，垂直于次主风能，沿着西北-东南方向成行布置，共 8 行，行间距 1179~1883m，行内间距 626~946m，风电机组间最小间距 564m（约 2.6D）。

方案三：综合考虑场区形状、主要风能方向及场区内岛礁分布、基岩面高程情况，垂直于次主风能，沿着西北-东南方向成行布置，共 9 行，行间距 1047~1883m，行内间距 626~923m，风电机组间最小间距 564m（约 2.6D）。

各方案布置图见图 11.4-1，各方案发电量计算成果比较见表 11.4-1。

从发电量与尾流影响来看，方案三作为推荐布置方案。

表 11.4-1 各布置方案比选表

项目	单位	方案一	方案二	方案三
年理论发电量	万 kWh	120433	120423	120439
平均尾流影响系数	%	11.68	11.53	11.51
单机最大尾流影响	%	17.03	15.17	16.22
年设计发电量	万 kWh	106366	106538	106576
综合折减系数		0.78	0.78	0.78
年上网电量	万 kWh	82966	83100	83130
等效满负荷小时数	h	2729	2734	2735
涉海面积	km^2	48.0	48.0	48.0
推荐				√

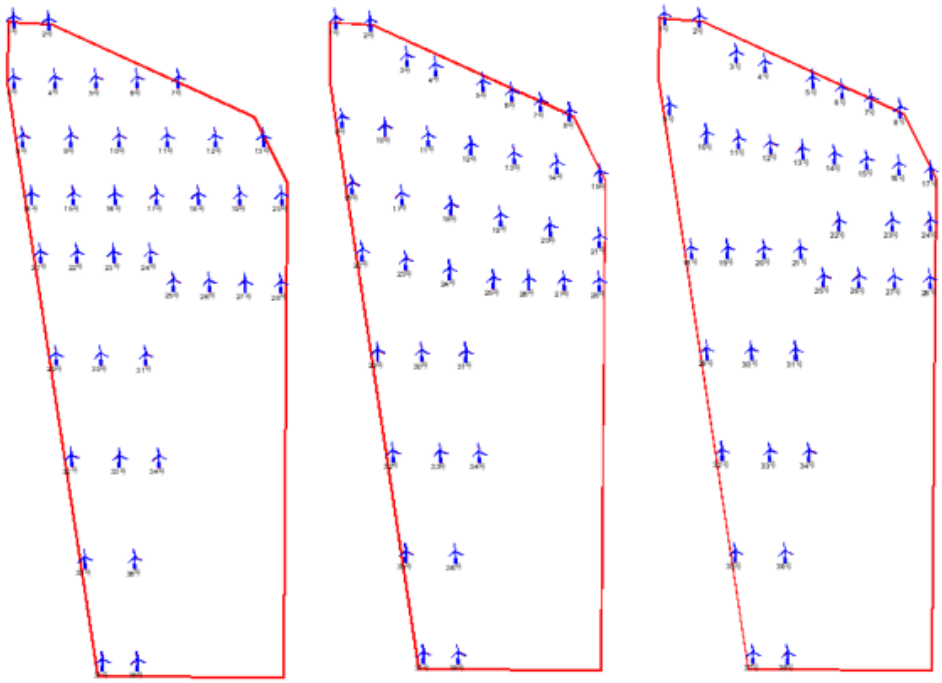


图 11.4-1 风机布置图（方案一~方案三）

11.4.2.2 66kV 电缆平面布置的合理性

根据可研报告，本工程拟安装 38 台单机容量 8.0MW 的风电机组，总装机容量 300MW，风机所发电能经塔筒内升压变升压后通过 66kV 海底电缆传送并在登陆点附近向陆侧登陆后送至陆上升压站，最终接入系统。本项目场区内电缆，在风机合理布置的基础上，进一步考虑避开岛屿、暗礁，综合考虑水文、气象、地形起伏，本项目 66kV 海缆路由总长约 71.94km。

根据风电场的位置，本项目登陆点最近的为猫头咀及道人山一带。道人山目前仍为自然岸线，从道人山（登陆点 3）登陆不利于自然岸线的保护。道人山之间的海堤内侧仍有养殖存在，且仍作为海域管理，从海堤（方案 2）上岸后，不仅没有成功登陆，也会对海堤造成破坏。猫头咀目前有小型渔业码头，方案 1 位于该码头南侧约 60m，登陆处为坍塌的护岸，在该处登陆除施工期对渔业码头进出道路造成影响外，营运期对码头无影响（方案 1）。

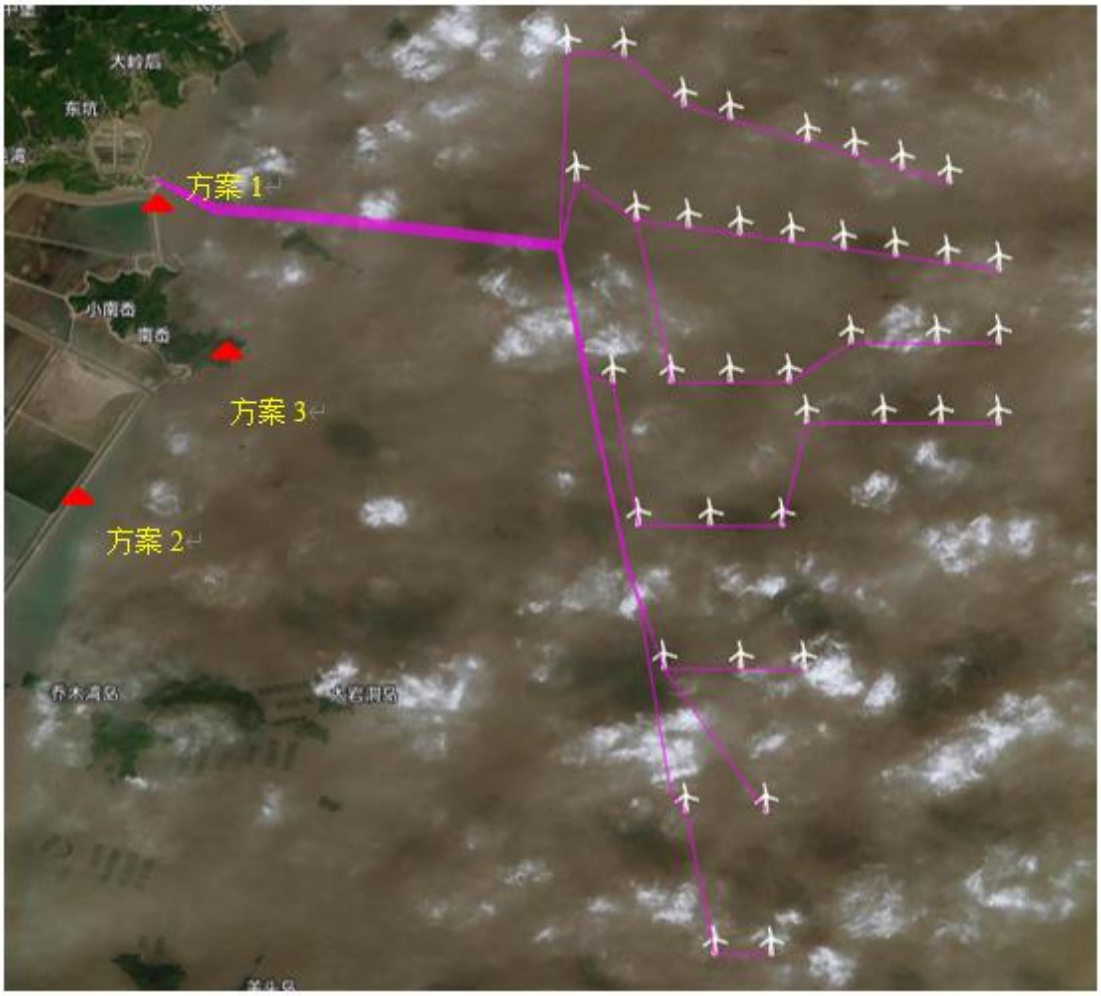


图 11.4-2　登陆点比选图

11.5环境影响可接受性分析

11.5.1污染影响可接受性

（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、机修含油废水等。

本工程施工期海上施工人员生活污水运至岸上与陆上施工人员生活污水经化粪池处理后一并清运至毛湾村农村生活污水处理设施统一处理。机修含油废水经隔油处理后清运至毛湾村农村生活污水处理设施统一处理。船舶含油废水由有资质单位接收处理。固体废物由环卫部门清运。

（2）运行期

工程基础上部钢组合结构、钢管桩在水位变动区和浪溅区采用环氧玻璃鳞片涂层进行防腐；在水下区、泥下浅表区采用环氧玻璃鳞片和电化学阴极保护方式进行联合防腐。环氧玻璃鳞片涂层是由环氧树脂、玻璃鳞片、颜料、固化剂、助剂和稀释剂等组成，具有很强的耐水性、耐盐水性、耐油性，在海水环境中基本不会物质溶出，对海水水质基本不产生影响。

海底电缆主要采用沥青及 PP 绳（聚丙烯绳），由于沥青和 PP 绳性质极为稳定，这两类物质在海水中等腐蚀环境中也基本不会有物质溶出，因此对海水水质环境也基本无影响。

运营期风机维护人员产生的少量生活污水在船舶上统一收集，运至岸上纳入陆上升压站生活污水处理系统经化粪池处理后清运至毛湾村农村生活污水处理设施统一处理。

11.5.2生态环境影响可接受性

（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与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，即使是在靠近运转风机的测点上也只有少数数值的水下噪声在特定频段（120Hz~1.5kHz）上的水下噪声高于背景噪声 10~20dB/1μPa，总体噪声谱级都在 120dB/1μPa 以下，对海洋动物影响较小。

11.5.3环境风险影响可接受性

工程施工过程中可能会发生船舶碰撞发生溢油事故，由于工程海上施工允许最大风速为六级，发生溢油事故概率较低。

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，通过采取预留冲刷深度、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通过加强管理，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。

11.6 与“三线一单”的符合性分析

根据《关于以改善环境质量为核心加强环境影响评价管理的通知》（环环评[2016]150 号），项目“三线一单”符合性分析如下：

11.6.1 与生态保护红线的符合性分析

根据 11.2.7 浙江省海洋生态红线保护规划的符合性，本项目满足生态保护红线要求。

11.7.2 与环境质量底线的符合性分析

本工程在落实环评提出的污染物防治措施后，工程建设和运行带来的海洋生物和渔业资源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，区域环境质量能维持的现状。

11.7.3 与资源利用上线的符合性分析

本项目资源利用主要为用海面积。目前，我国每 100MW 占用海域的面积为 12.6~24km^2，主要集中在 15-17.5km^2。根据国家海洋局颁布实施的《海上风电开发建设管理办法》及实施细则、《关于进一步规范海上风电用海管理的若干意见》等文件，规定“每 10 万千万装机规模 16 平方公里的海上风电场外缘边线包络面积的控制指标”。本项目装机容量为 300MW，海上风电场分布海域面积约为 33km^2，符合面积控制指标的要求，因此符合资源利用上线。

此外，工程建成后，可向当地电网提供清洁的可再生能源，优化区域的能源结构，以“节能、降耗、减污”为目标，有效地控制污染。

11.7.4 与环境准入负面清单的符合性分析

根据《浙江省海洋功能区划》(2011-2020 年)，风电场机组位于象山农渔业区（B1-4）、大目洋农渔业区（A1-2），根据第 11.1.2 节分析，本项目基本符合象山农渔业区和大目洋农渔业区的海域使用管理要求。

根据《象山县“三线一单”生态环境分区管控方案》，本工程风电场风机机组、66kV 海底电缆位于海域，涉及宁波市中部海洋重点管控单元（ZH3302002001）和宁波市近海海域海洋一般管控单元（ZH3302003001），登陆点至陆上升压站的 66kV 地下电缆位于宁波市象山县一般管控单元（ZH3302253001）。

宁波市中部海洋重点管控单元（ZH3302002001）和宁波市近海海域海洋一般管控单元（ZH3302003001）的空间布局约束要求为禁止建设不符合《浙江省沿海港口布局规划》《全国沿海港口布局规划》以及《宁波－舟山港总体规划（2014-2030 年）》的港口码头项目。污染物排放管控要求为严格控制开发强度，规范入海排污口设置，实施陆源污染物排海总量控制制度。

本项目不属于港口码头项目，不设置入海排污口，无陆源污染物排放入海，因此符合宁波市中部海洋重点管控单元（ZH3302002001）和宁波市近海海域海洋一般管控单元（ZH3302003001）的管控要求。

宁波市象山县一般管控单元（ZH3302253001）的空间布局约束为禁止新建三类工业项目，现有三类工业项目扩建、改建不得增加污染物排放总量并严格控制环境风险。禁止新建涉及一类重金属、持久性有机污染物排放的二类工业项目；禁止在工业功能区（包括小微园区、工业集聚点等）外新建其他二类工业项目，一二产业融合的加工

类项目、利用当地资源的加工项目、工程项目配套的临时性项目等确实难以集聚的二类工业项目除外；工业功能区（包括小微园区、工业集聚点等）外现有其他二类工业项目改建、扩建，不得增加控制单元污染物排放总量。

污染物排放管控要求为：加强农业面源污染治理，严格控制化肥农药施加量，合理水产养殖布局，控制水产养殖污染，逐步削减农业面源污染物排放量。

环境风险防控要求为：禁止向农用地排放重金属或者其他有毒有害物质含量超标的污水、污泥以及可能造成土壤污染的清淤底泥、尾矿、矿渣等。

资源开发效率要求为：实行水资源消耗总量和强度双控，推进农业节水，提高农业用水效率。优化能源结构，加强能源清洁利用。

本项目不属于工业项目，不涉及污染物排放总量，不涉及农业面源，不产生重金属或者其他有毒有害物质含量超标的污水、污泥以及可能造成土壤污染的清淤底泥、尾矿、矿渣等，水资源消耗仅为施工人员和维护人员生活用水，且项目本身属于清洁能源，有利于优化能源结构，因此本项目符合《象山县“三线一单”生态环境分区管控方案》的管控要求。

12 环境管理与监测计划

12.1 环境管理计划

12.1.1 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。

环境管理主要内容包括：

(1) 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和生活污水经处理后回用；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。

(2) 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。

12.1.2 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。

外部管理是指生态环境保护行政主管部门，依据国家相关法律、法规和政策，按照工程需达到的环境标准与要求，依法对各工程建设阶段进行不定期监督、检查及环

境保护竣工验收等活动。

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。

12.1.3 环境管理职责

12.1.3.1 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：

①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；

②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；

③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；

④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；

⑤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；

⑥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；

⑦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；

⑧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；

⑨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：

①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；

②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。；

③核算年度环境保护经费的使用情况；

④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，并接受蒋家沙竹根沙泥螺、文蛤国家级水产种质资源保护区管理部门全程参与工程环境管理和施工期环境监理。环境监理部的机构组织、监理内容和监理制度见“12.2 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、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。

12.1.3.2 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、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：

(1) 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；

(2) 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；

(3) 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、水产种质资源保护区管理部门、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。

12.2 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。

12.2.1 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。

12.2.2 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：

(1) 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。

(2) 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。

(3) 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。

(4) 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。

(5) 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。

(6) 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。

12.2.3 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。

12.3 环境监测计划

为了分析、验证和复核本工程对环境影响的评价结果，及时反映工程实际影响，需对进行跟踪监测，以便及时提出合理化建议和对策、措施，达到保护工程周围环境质量、生物多样性和渔业资源的目的。

环境监测应委托具备 CMA 计量认证资质的单位进行，技术要求按照有关环境监测规范的规定执行，并在施工完成后及时向海洋环境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，以备查。

12.3.1 环境监测计划一览表

据风电场环境特点及工程特征，制定环境监测计划一览表，见表 12.3-1。监测站位见表 12.3-2。

表 12.3-1 环境监测计划一览表

时段	监测内容	监测站位	监测时间、频率	监测项目

施工期	海洋生态	12 个(潮间带 2 个)	在施工高峰年的春、秋两季各测 1 次	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	12 个		鱼卵仔鱼和鱼类资源
	海水水质	12 个	施工高峰期(第 2 年)监测 1 次	悬浮物、石油类、化学需氧量、无机氮、活性磷酸盐
	施工区生产废水处理系统出水口	隔油池进出口，2 个	施工高峰期(第 2 年)监测 1 次	pH、石油类
	水下噪声	风机打桩监测断面	施工高峰期(第 2 年)监测 1 次	*Leq*
运行期	海洋生物	12 个，潮间带 2 个	验收时再监测 1 次；工程运行 3 年后在春秋两季各测 1 次	叶绿素 a、浮游植物、浮游动物、底栖生物、潮间带生物
	渔业资源	12 个		鱼卵仔鱼和鱼类资源
	生物质量	12 个		贝类、双壳类、鱼类
	海水水质	12 个	验收时监测 1 次	悬浮物、石油类、化学需氧量、无机氮、活性磷酸盐
	沉积物	6 个	验收时监测 1 次，工程运行 3 年后监测 1 次	pH、石油类
	水下噪声	距风电场边界风机 100 m(Z1)、250m(Z2)、500m(Z3)，风电场外 2km(Z4)、4km 水上水下噪声(Z5)	工程运行 1 年内监测 1 次	*Leq*
	鸟类	风电场区	施工期及运行后 5 年内，每年每季度 1 次	记录候鸟迁徙及在区内活动、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

表 12.3-2　监测站位表

站位编号	东经（E）	北纬（N）	监测调查内容
1#	122°2′53.4″	29°36′24.1″	水质、生态、渔业资源、沉积物
2#	122°6′46.4″	29°36′46.3″	水质、生态、渔业资源
3#	122°1′0.3″	29°33′2.0″	水质、生态、渔业资源、沉积物
4#	122°5′6.3″	29°33′13.1″	水质、生态、渔业资源、沉积物
5#	122°7′59.3″	29°33′31.7″	水质、生态、渔业资源
6#	122°0′56.6″	29°29′44.2″	水质、生态、渔业资源、沉积物

7#	122°5′47.0″	29°29′55.4″	水质、生态、渔业资源、沉积物
8#	122°9′33.2″	29°29′55.4″	水质、生态、渔业资源
9#	122°0′37.3″	29°36′18.2″	水质、生态、渔业资源、沉积物
10#	121°59′17.0″	29°33′46.2″	水质、生态、渔业资源
11#	122°01′36.7″	29°27′0.81″	水质、生态、渔业资源
12#	122°07′21.5″	29°26′50.9″	水质、沉积物、生态、渔业资源
T1	121°59′15.1″	29°35′38.1″	潮间带生物
T2	121°58′51.0″	29°34′11.6″	潮间带生物

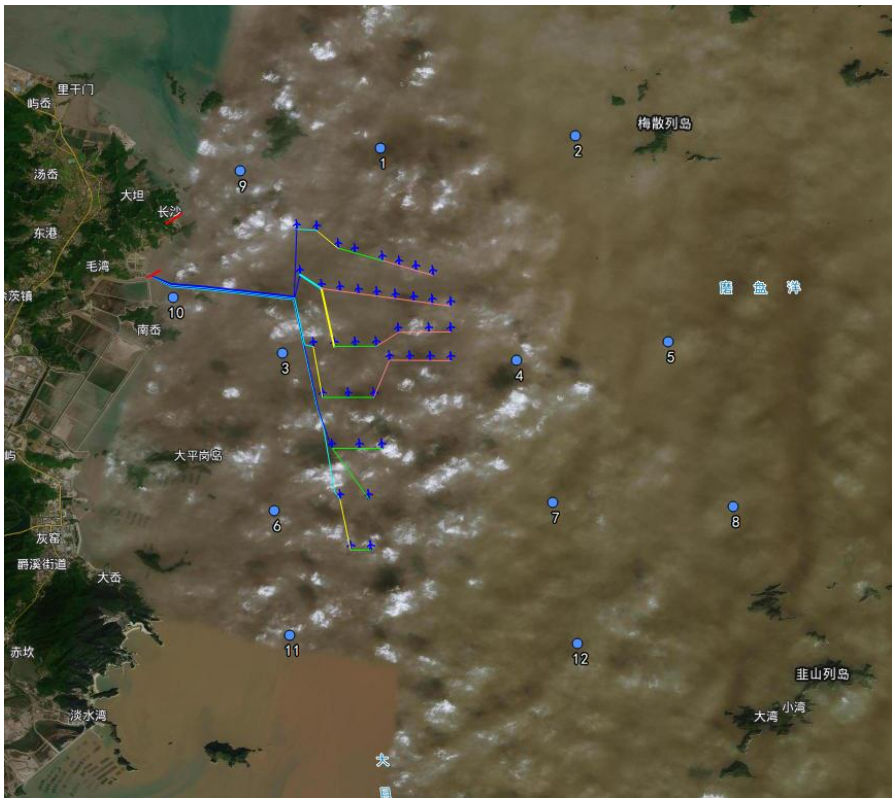


图 12.3-1　跟踪监测站位图

13 环境影响评价结论及建议

13.1 工程分析结论

13.1.1 工程概况

中广核象山涂茨海上风电场项目位于宁波市象山县东北部海域。场区南北最长约12.2km，东西最宽约 4.7km。涉海面积为 33km^2。风电场规划装机容量 300MW，拟布置38台单机容量8MW的风电机组，拟建设一座220kV陆上升压站。风电机组所发电能经66kV海缆送到陆上升压站升压至220kV后接入系统。

13.2 环境现状分析与评价结论

13.2.1 水文水动力环境

本风电场工程海区位于象山县东北部海域，涨潮流从东南方向往西北方向进入象山海域，在韭山列岛南侧分为两股，一股绕过韭山列岛西侧往北，另一股绕过韭山列岛东侧后转为西北方向，两股潮流汇合后进入牛鼻山水道，随后分为两支，一支往西进入象山港内，另一支经六横岛北侧的佛渡水道进入峙头洋。落潮流方向基本与涨潮流方向相反。工程区周边涨落潮流基本呈东南-西北走向，涨潮流往西北方向，落潮流往东南方向，运动形式以旋转流为主。

13.2.2 地形地貌与冲淤环境

中广核象山涂茨海上风电场项目位于东北部海域，属于东海水域，为滨海相沉积地貌单元，水下滩面远离岛礁区地形相对平缓，岛礁周围因岛礁影响，地形起伏较大。

13.2.3 环境质量

13.2.3.1 海洋水质

2020 年 9 月调查海域水质大面调查评价结果：在海域环境质量现状调查中，除无机氮、活性磷酸盐外，水质 pH、DO、石油类、COD、铜、锌、铅、镉、铬、汞、砷、硫化物的含量均符合第一类海水水质标准，其中，无机氮、活性磷酸盐的站位超标率均为 100.0%。

2021 年 5 月调查海域水质大面调查评价结果：在海域环境质量现状调查中，除无机氮、活性磷酸盐外，水质 pH、DO、石油类、COD、铜、锌、铅、镉、铬、汞、砷、硫化物的含量均符合第一类海水水质标准，其中，无机氮、活性磷酸盐的站位超标率分别为 95%、100%。

两次调查结果可知，工程所在海域主要受无机氮和活性磷酸盐富营养化污染为主，污染原因与入海河流污染物排放有关。

13.2.3.2 海洋沉积物

2020 年 9 月海域沉积物质量评价结果：评价海域沉积物中，除有机碳、铜外，硫化物、石油类、锌、铅、镉、汞、砷、铬的含量均符合《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）中第一类海洋沉积物质量标准，其中有机碳、铜的站位超标率均为 20%。

2021 年 5 月海域沉积物质量评价结果：海评价海域沉积物中，除铜外，有机碳、硫化物、石油类、锌、铅、镉、汞、砷、铬的含量均符合《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）中第一类海洋沉积物质量标准，其中铜的站位超标率为 10%。

13.2.3.3 海洋生物质量

2020 年 9 月，调查海域生物体种类为鱼类和甲壳类。评价海域海洋生物质量评价结果：调查海域代表性物种叫姑鱼、梅童鱼、银鲳、黄鲫、龙头鱼、日本蟳、口虾蛄、三疣梭子蟹，生物体中铜、锌、铅、镉、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“海洋生物质量评价标准”；砷、铬和石油烃的含量符合《第二次全国海洋污染基线调查报告》中的“海洋生物质量评价标准”。

2021 年 4 月，调查海域生物体种类为鱼类和甲壳类。评评价海域海洋生物质量评价结果：调查海域代表性物种光鲆、中华栉孔鰕虎鱼、细螯虾、日本蟳、口虾蛄、三疣梭子蟹中，除细螯虾中镉不符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规范》中“海洋生物质量评价标准”，超标倍数为 1.36，其他生物其他监测指标均符合相应标准要求。

13.2.3.4 海洋生态(含渔业资源)

(1) 叶绿素 a

2020 年 9 月，调查海域叶绿素 a 值在 0.185 ~1.541μg/L，平均叶绿素 a 值为 0.897μg/L。

2021 年 5 月调查海域叶绿素 a 值在 0.079 ~4.125μg/L，平均叶绿素 a 值为 1.657μg/L。

(2) 浮游植物

2020 年秋季调查海域调查期间共获有浮游植物 6 门 75 种。其中，硅藻门 54 种，占 72.0%；甲藻门 13 种，占 17.3%；绿藻门、金藻门、蓝藻门和隐藻门各 2 种，分别

占 2.7%调查期间浮游植物丰度在 420~3120ind/L，平均丰度为 1613ind/L。丰度高值区位于站位 15，低值区位站位 9。浮游植物优势种为琼氏圆筛藻 Coscinodiscus jonesianus、中肋骨条藻 keletonema costatum，其 Y 值分别为 0.68 和 0.05。浮游植物多样性指数 H' 值 0.617 ~1.235，平均值为 0.958；丰富度 d 为 0.331~0.870，平均值为 0.542；均匀度 J'为 0.384 ~0.768，平均值为 0.612；优势度为 0.286 ~0.633，平均值为 0.476。

2021 年春季调查海域调查期间共获有浮游植物 6 门 71 种。其中，硅藻门 54 种，占 76.1%；甲藻门 10 种，占 14.1%；绿藻门、金藻门和蓝藻门各 2 种，分别占 2.8%，隐藻门 1 种，占 1.4%。调查期间浮游植物丰度在 410~1840ind/L，平均丰度为 1026ind/L。丰度高值区位于站位 9，低值区位站位 13。浮游植物优势种为琼氏圆筛藻 Coscinodiscus jonesianus、骨条藻 Skeletonema sp.，其 Y 值分别为 0.47 和 0.03。浮游植物多样性指数 H' 值 0.497 ~1.814，平均值为 1.079；丰富度 d 为 0.774~1.995，平均值为 1.323；均匀度 J'为 0.256 ~0.707，平均值为 0.475；优势度为 0.190 ~0.752，平均值为 0.453。

(3) 浮游动物

2020 年秋季调查海域调查期间共采获有大型浮游动物 6 类 52 种，其中桡足类 32 种，占 61.5%；水母类 8 种，占 15.4%；浮游幼体 6 种，占 11.5%；毛颚动物 3 种，占 5.8%；樱虾类 2 种，占 3.8%；磷虾类 1 种，占 1.9%。调查期间浮游动物丰度为 24.7 ~65.5 ind/m^3，平均丰度为 46.0ind/m^3。最高丰度位于站位 7，最低丰度位于站位 15。调查期间浮游动物生物量为 63.2 ~175.1 mg/m^3，平均生物量为 111.6mg/m^3，生物量高值区分布在站位 7，低值区分布在站位 15。浮游动物优势种为双生水母 Diphyes chamissonis 和肥胖箭虫 Sagitta enflata，优势度分别为 0.72 和 0.16。调查期间浮游动物多样性指数值 H'在 0.645 ~1.265，平均值为 0.913；丰富度 d 在 0.928~1.560，平均值为 1.390；均匀度 J'在 0.387 ~0.686，平均值为 0.505，优势度值在 0.307~0.629，平均值为 0.445。。

2021 年春季调查海域调查期间共采获有大型浮游动物 6 类 50 种，其中桡足类 32 种，占 64.0%；水母类 8 种，占 16.0%；浮游幼体 5 种，占 10.0%；毛颚动物和樱虾类各 2 种，分别占 4.0%；磷虾类 1 种，占 2.0%。调查期间浮游动物丰度为 28 ~103 ind/m^3，平均丰度为 57 ind/m^3。最高丰度位于站位 13，最低丰度位于站位 12。调查期间浮游动物生物量为 45.8 ~195.3 mg/m^3，平均生物量为 117.3mg/m^3，生物量高值区分布在站位 3，低值区分布在站位 13。调查期间浮游动物多样性指数值 H'在 0.769~2.015，平

均值为 1.313；丰富度 d 在 0.863 ~2.492，平均值为 1.795；均匀度 J'在 0.395~0.840，平均值为 0.637，优势度值在 0.361~0.855，平均值为 0.613。。

(4) 底栖生物

2020 年秋季调查海域调查期间采集到大型底栖生物 4 大类 33 种，其中多毛类 13 种，占 39.4%；软体动物 10 种，占 30.3%；甲壳动物 6 种，占 18.2%；棘皮动物 4 种，占 12.1%。调查海域底栖生物丰度在 20~60ind/m^2。平均丰度为 43ind/m^2，高分布在站位 1 和 15，最低在站位 12。调查海域底栖生物生物量在 1.5~6.3g/m^2，平均底栖生物生物量为 4.1g/m^2。生物量最高分布在站位 1，最低在站位 12。调查海域底栖生物优势种为不倒翁虫 Sternaspis scutata 和异足索沙蚕 Lumbriconeris heteropoda，其 Y 值分别为 0.29 和 0.07。调查海域底栖生物多样性指数值 H'为 0.562 ~1.332，平均值为 0.940 ；丰富度 d 值为 0.256 ~0.767，平均 0.485；均匀度 J'为 0.811 ~1.000，平均值为 0.936；优势度值在 0.385 ~0.735，平均值为 0.587。

2021 年春季调查海域调查期间采集到大型底栖生物 4 大类 32 种，其中多毛类 13 种，占 40.6%；软体动物 10 种，占 31.2%；甲壳动物 6 种，占 18.8%；棘皮动物 3 种，占 9.4%。调查海域底栖生物丰度在 10~102ind/m^2。平均丰度为 47ind/m^2，高分布在站位 15，最低在站位 1。调查海域底栖生物生物量在 0.1 ~11.6 g/m^2，平均底栖生物生物量为 3.4 g/m^2。生物量最高分布在站位 13，最低在站位 1。调查海域底栖生物优势种为不倒翁虫 Sternaspis scutata 和异足索沙蚕 Lumbriconeris heteropoda，其 Y 值分别为 0.07 和 0.18。调查海域底栖生物多样性指数值 H'为 0.046 ~1.483，平均值为 0.926 ；丰富度 d 值为 0.433 ~0.875，平均 0.645；均匀度 J'为 0.067 ~0.982，平均值为 0.735；优势度值在 0.017 ~0.752，平均值为 0.544。。

(5) 潮间带生物

2020 年秋季调查 3 个潮间带，生物种类组成 4 大类 32 种，其中软体动物 11 种，占 34.3%；甲壳类 10 种，占 31.3%；大型藻类 5 种，占 15.6%；其他种类 6 种，占 18.8%。3 个断面平均栖息密度为 30 个/m^2，平均生物量为 27.0g/m^2。潮间带动物高潮带优势种为短滨螺，中潮带和低潮带优势种为疣荔枝螺齿纹蜒螺和不倒翁虫。拟建工程潮间带 3 个调查断面生物种类多样性指数 H'为 1.330 ~1.561，平均值为 1.408；丰富度 d 为 0.657 ~0.876，平均值为 0.739；均匀度 J'为 0.959 ~0.970，平均值为 0.963；优势度为 0.729 ~0.786，平均值为 0.748。。

2021 年春季调查 3 个潮间带，生物种类组成 5 大类 33 种，其中软体动物 12 种，占 36.4%；甲壳类 10 种，占 30.3%；大型藻类 5 种，占 15.2%；腔肠动物和多毛类各 3 种，分别占 9.1%。3 个断面平均栖息密度为 64 个/m^2，平均生物量为 136.6 g/m^2。潮间带动物高潮带优势种为短滨螺，中潮带和低潮带优势种为疣荔枝螺齿纹蜒螺和不倒翁虫。调查海域潮间带 3 个调查断面生物种类多样性指数 H'为 1.352 ~1.523，平均值为 1.456；丰富度 d 为 0.761 ~0.824，平均值为 0.797；均匀度 J'为 0.840 ~0.946，平均值为 0.905；优势度为 0.698 ~0.771，平均值为 0.742。

(7) 鱼卵、仔鱼

2020 年 9 月拖网采集方式进行鱼卵、仔鱼调查，此次调查中共出现种类 7 种，隶属于 3 目，5 科。其中，采集到的鱼卵 23 粒，采集到仔稚鱼 109 尾。项目工程海域鱼卵的优势种为斑鰶，仔稚鱼的优势种为日本鳀。水平拖网中鱼卵平均密度为 0.011 粒/m^3，垂直拖网中鱼卵平均密度为 0；水平拖网中仔稚鱼平均密度为 0.049 尾/m^3，垂直拖网中仔稚鱼平均密度为 0。

2021 年 4 月拖网采集方式进行鱼卵、仔鱼调查，此次调查中共出现种类 15 种，隶属于 6 目，11 科。其中，采集到鱼卵 258 粒，采集到仔稚鱼 174 尾。项目工程海域鱼卵优势种为斑鰶，仔稚鱼优势种为矛尾虾虎鱼和日本鳀。项目工程海域水平拖网中鱼卵平均密度为 0.126 粒/m^3，垂直拖网中鱼卵平均密度为 0.008 粒/m^3；水平拖网中仔稚鱼平均密度为 0.100 尾/m^3，垂直拖网中仔稚鱼平均密度为 0.004 尾/m^3。

（8）游泳动物

2020 年 9 月调查海域共鉴定游泳动物 42 种。其中，鱼类 26 种，占渔获种类总数的 61.90%，隶属于 8 目，17 科，23 属；虾类 10 种，占渔获种类总数的 23.81%，隶属于 2 目，6 科，8 属；蟹类 6 种，占渔获种类总数的 14.29%，隶属于 1 目，2 科，4 属。其中，渔获种类出现最多的站位出现在 11 号站位，为 25 种，渔获种类出现最少出现在 3 号站位，为 7 种。渔获物重量中，鱼类渔获重量 62467.2g，占总渔获量的 62.63%，虾类渔获重量 19589.7g，占总渔获量的 19.64%，蟹类渔获重量 17683.5g，占总渔获量的 17.73%；渔获物尾数中，鱼类渔获尾数 9480 尾，占总渔获尾数的 65.13%，虾类渔获尾数 4467 尾，占总渔获尾数的 30.69%，蟹类渔获尾数 609 尾，占总渔获尾数的 4.18%。调查海域渔获物重量和尾数密度均值分别为分别为 302.22kg/km^2 和 44.11×10^3ind./km^2。其中，鱼类资源重量和尾数密度均值分别为 189.28kg/km^2 和 28.72×10^3ind./km^2；虾类

资源重量和尾数密度均值分别为 59.36kg/km^2 和 13.54×10^{3}ind./km^2；蟹类资源重量和尾数密度均值分别为 53.58kg/km^2 和 1.85×10^{3}ind./km^2。

2021 年 4 月调查海域共鉴定游泳动物 43 种。其中，鱼类 24 种，占渔获种类总数的 55.81%，隶属于 8 目，15 科，22 属；虾类 12 种，占渔获种类总数的 27.91%，隶属于 2 目，8 科，9 属；蟹类 7 种，占渔获种类总数的 16.28%，隶属于 1 目，4 科，6 属。其中，渔获种类出现最多的站位出现在 15 号站位，为 24 种，渔获种类出现最少出现在 3 号和 8 号站位，均为 10 种。鱼类渔获重量占总渔获量的 33.93%，虾类渔获重量占总渔获量的 20.95%，蟹类渔获重量占总渔获量的 45.12%；渔获物尾数中，鱼类渔获尾数占总渔获尾数的 55.93%，虾类渔获尾数占总渔获尾数的 36.16%，蟹类渔获尾数占总渔获尾数的 7.91%。调查海域渔获物重量和尾数密度分别为 179.61kg/km^2 和 90.62×10^{3}ind./km^2。其中，鱼类资源重量和尾数密度均值分别为 60.95kg/km^2 和 50.68×10^{3}ind./km^2；虾类资源重量和尾数密度均值分别为 37.63kg/km^2 和 32.77×10^{3}ind./km^2；蟹类资源重量和尾数密度均值分别为 81.04kg/km^2 和 7.17×10^{3}ind./km^2。

13.3 环境影响预测分析与评价结论

13.3.1 水文动力环境

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。由于桩基的阻水作用，桩基在迎流面和背流面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。大潮期间，流速减幅大于 0.02m/s 的范围，迎水面基本为桩前 0~100m 左右，背水面范围则相对较大，但大部分出现在桩后 0~1000m 附近。涨潮时风电场的建设对韭山列岛外侧重要渔业海域的流速基本没有影响，落潮时仅在韭山列岛外侧重要渔业海域的西北侧局部区域内流速略有减小，幅度在 0.02m/s 左右，对韭山列岛海洋保护区的实验区、核心区和缓冲区没有影响。

13.3.2 地形地貌与冲淤环境

风电场建设引起工程海域的水动力条件及泥沙运动发生变化，由此造成工程海域的水下地形发生冲淤变化，主要表现为，沿涨落潮流方向的桩基周围发生淤积现象，即工程建设后大体呈现流速减小的地方发生淤积，流速增加的地方发生冲刷。总体上

看，冲淤的影响范围主要集中在桩基附近，此外，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。

由风电场四周代表点的冲淤强度来看，冲淤主要发生在涨落潮主流方向上即东南-西北向；由于工程海域较为开阔，风电场四周代表点的冲淤量最大值为 1.2m。由工程建设引起的最终冲淤来看，距风电场 2km 的海域冲淤量在 0.1m 左右，仅在桩基局部有大于 1m 的淤积，范围较小。由于 25#~28#风机距离韭山列岛外侧重要渔业海域距离较近，对该海域最西北侧约 1.5km*2.km 的区域内大概有 0.2m 以内的淤积，对韭山列岛海洋保护区的实验区、核心区和缓冲区的海床冲淤基本没有影响。

总体来说，风电场建设对海床的冲淤影响基本集中在风电场场区内，对周边海域的海床冲淤环境的影响较小。

13.3.3 海洋水质环境

由于涨、落潮流的作用，工程海域施工引起的悬浮物将伴随工程海域的潮流进行对流扩散运动，悬浮物输移方向与潮流方向基本一致。悬浮物随着涨、落潮水流发生扩散，趋势与流向大体一致。

由于工程位于开敞海域，流速较快，扩散条件较好。电缆施工期间海域内全潮悬浮泥沙浓度增量在 150mg/L 以上的包络面积约为 3.941km^2；浓度增量大于 10mg/L 的扩散范围总包络面积为 215.955 km^2。海缆铺设施工仅对东南侧的韭山列岛外侧重要渔业海域（33-Xe08）有所影响，最大影响浓度约为 50mg/L，对韭山列岛海洋保护区的实验区、核心区和缓冲区没有影响基本无影响。

13.3.4 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。

本工程运行期间，无污染物排放入海，工程运营对区域海洋沉积物环境无明显不利影响。

13.3.5 海洋生态(含渔业资源)

(1) 施工期影响

在风电场建设过程中，海缆沟开挖、风机基础施工等施工活动将不可避免地影响部分底栖生物生存，海水中的悬浮物增加时，海洋浮游植物及藻类的光合作用因此受影响，海洋动物的摄食活动也会受到影响，从而影响海洋饵料生物和经济生物的生长

繁殖。若海水中悬浮物浓度过大，海洋动物特别是贝类、仔鱼有可能因呼吸作用受阻而窒息死亡，从而造成渔业生产的损失。

由于本工程所在区域为背景浊度较高，当地生物对悬浮物的增量会有较强的适应性，加上施工是逐步进行的，随着悬浮物的沉降每天的施工影响不会累积，因此其影响程度属于能被接受的范围内。

(2) 运行期影响

本风电场工程运行期对海洋生态的影响主要是风机桩基等永久设施占地周围区的底栖生物的生境遭到永久的破坏，在该范围内的底栖生物不可恢复。由于工程永久占地占评价区总面积的比例很小，因此工程占地对该区域的海洋生态环境影响有限。

(3) 生物资源和渔业生产

风机基础施工、电缆管沟开挖等施工活动引起悬浮物扩散，造成该区域鱼卵仔鱼、底栖生物等损失，工程对永久占压和临时影响的范围分别以 20 年和 3 年计算损失，合计经济损失约 314.059 万元。海洋生态系统通过初级生产与次级生产，合成与生产人类生存必需的有机质及其产品。

(4) 鸟类影响

综上所述，本项目建设区处于东亚—澳大利西亚迁徙通道上，不是迁徙鸟类重要的栖息区域，区域鸟类群落中迁徙鸟类种类和数量主要分布在沿岸陆域以及岛屿上，项目建设区没有处在迁徙期鸟类迁徙的主要路线中间；本工程对鸟类迁徙路线存在一定的阻隔影响，对于在各岛屿之间以及岛屿与陆域之间转移的鸟类也会有一定的阻隔影响。鸟类的角度，本工程对各类群鸟类的影响较为有限，基本不会形成种群层面的影响。鸟类栖息地的角度，本工程施工过程会对区域栖息的鸟类产生一定的影响，运行期会对邻近风电场距离较近的乱礁洋岛群部分岛屿上栖息的鸟类产生一定的影响，进而影响这些岛屿作为鸟类栖息地的功能，有必要在其他岛屿或者陆域通过鸟类栖息地重建或者功能提升来弥补这些岛屿鸟类栖息地功能所受的影响。整体而言，就本海上风电场施工建设区域而言，其对鸟类的影响处在可以接受的范围内，从工程对鸟类影响的角度，在采取必要的鸟类栖息地修复补偿、预防和保护措施的基础上，本工程的实施整体上可行。

13.3.7 其它环境影响

风电场海底送出电缆施工采用直埋敷设方式，将电缆放入开挖好的电缆沟后随即

利用旁边沙土填埋，仅暂时改升压缆沟沿线地貌，并引起少量潮间带生物(贝类、蟹类等常见种类)生物量的损失，但由于施工作业面较小，电缆敷设完成后基本不会改变沿线生境。

13.4 环境风险分析与评价结论

工程主要环境风险为施工期施工船舶碰撞溢油事故、风机损坏油料泄漏等。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。

13.5 清洁生产和总量控制结论

工程风力发电机组选用比较成熟的机型，技术上成熟可靠，各项指标达到国内外先进水平。施工过程均采用少占海、污染物排放少的施工工艺，经过场区多次布置优化，避开了对敏感区的直接占用和影响。工程利用风能发电，发电过程中不消耗矿物质能源、同时不产生废水、废气、废渣，生产过程清洁。工程施工期及运行期各类污染物均收集后运至陆域处理，危险废物由有资质的单位接收处理，对海洋环境影响小。工程运行与同等发电量的火电相比，具有节约能源、降低污染物排放等明显的优点，符合清洁生产要求。

工程运行期主要污染物包括工作人员产生的生活污水、生活垃圾和风机设备维护产生的废油等，生活污水纳入毛湾村农村生活污水处理设施处理，生活垃圾委托环卫部门清运，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。

13.6 环境保护对策措施

13.6.1 施工期环境保护措施

(1) 污废水处理

海域施工期间，现场施工人员主要在各类施工船、补给船只，每天产生一定量的生活污水，船舶生活污水收集后运至港岸上与陆上施工人员生活污水经化粪池处理后一并清运至毛湾村农村生活污水处理设施处理。机修含油废水经隔油池处理后清运至毛湾村农村生活污水处理设施处理。船舶含油废水经收集后交由有资质的处理单位处理。甲板上偶尔出现的少量油(通常是润滑油)用棉纱吸净后冲洗，含油的棉纱等应收集后运回陆地。

(2) 固体废物

对于施工期产生的生活垃圾，主要在各施工船舶上，返回时纳入陆上施工区固废

处理系统统一处置。施工中禁止任意向海洋抛弃各类固体废物，同时应尽量避免各类物料散落海中。施工中产生的固体废物应由施工单位负责及时清理处置。

施工生产区施工人员生活垃圾经收集后，纳入当地生活垃圾收集系统。各施工船舶设置废料回收桶，施工结束后统一回收处理。施工单位应负责及时清理处置废弃施工建筑材料，尤其在施工结束撤离时，要做好现场的清理和废弃建筑材料的处理处置工作，施工工区地面不得遗留废弃施工建材，建筑垃圾经收集后纳入当地建筑垃圾收集系统。

(3) 海洋生态保护措施

为减轻工程建设对海洋生物，尤其是底栖生物的影响，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。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。

施工期水下打桩中应严格确立在距离桩基一定范围为鱼类受水下噪声影响的危险区域，做好施工期的海水环境跟踪监测与环境监理工作。建设单位应通过增殖放流、开展人工鱼礁建设补偿本建设项目造成的生态损失，减缓对海域的渔业资源造成的影响。

(4) 鸟类保护措施

施工单位在制定施工计划、安排进度时，海缆登陆段施工时应避开春秋季鸟类春秋季迁徙高峰期。强调合理有序施工，优化施工组织。应尽量避免在施工工区全面铺开作业，建议分区域分时段施工，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。做好施工组织和现场管理，文明施工。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。严格执行施工操作规程，严格施工管理，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。

(5) 噪声防治

施工期应对每日预计打桩数量（即最高数量）、打桩的持续时间做出预测，在时间上控制一次一桩，打桩时采用软启动方式。施工船舶应有效控制主辅机噪声。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，并与船体或地面保持良好接触，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。需加强车辆的维护和保养，保持其良好的运转，以便从根本上降低噪声源强。为降低风机噪声源强建议可以在机舱内表面贴附阻尼材料对机舱进行表面自由阻尼处理，减缓振动，降低结构辐射噪声，同时隔离机舱内部的噪声向外传播。

(6) 大气环境保护措施

加强施工船只管理，避免施工区域船舶拥堵，加剧噪声和废气等污染物产生。加强对施工机械，运输车辆的维修保养，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。施工单位应加强施工区的规划管理，建筑材料堆场等应定点定位，并采取适当的防尘措施。陆域施工场地定期洒水，防止土方表面浮尘产生，在大风日加大洒水量及洒水次数。对运输车辆行驶路面也应经常洒水和清扫，保持车辆出入的路面清洁、湿润，减少行车时产生大量扬尘。

(7) 通航安全保障措施

VTS 海事监管范围应覆盖本工程水域。鉴于水域的规划建设工程量较大，考虑到日后港口的发展造成船舶通航量的增加与本风电场的开发建设，有必要配备必要的监管设施，并加强海事监管。监管设施的配备应当结合附近水域的发展规划作出统一的规划和部署。通过发布航海通告等手段及时公布本工程所在的位置和相应的标志，提醒过往船舶、锚泊船舶注意避让本风电场。加强对附近水域渔船的宣传、教育、培训和监管。对施工船舶严格管理。施工方应将施工进展情况上报海事部门，征得海事部门对施工水域进行有效监管，以利航经该水域的船舶安全避让。如施工期间发生突发事故，立即启动和执行紧急预案外，应及时向海事主管机关报告。

13.6.2 运行期环境保护措施

(1) 海洋生态保护措施

加强管理，确保风电场正常运行；建议开展 ISO14000 的认证，以提高环境管理水平，杜绝海洋环境污染事故。设立海洋生态环境跟踪监测系统，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。建设单位应在当地渔业主管部门的指导下，制定增殖放流计划，在工程建成后立

即采取以底栖生物增殖及渔业资源生物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，关注底栖生物和潮间带生物，放流地点为工程附近水域。

(2) 鸟类保护措施

在风机上采用不同色彩搭配，如旋转时形成图案，促使鸟类产生趋避行为，降低撞击风险。在鸟类迁徙高峰时间内 24h 观测鸟类迁徙情况。提出停机预案，考虑在鸟类大量迁徙穿越风场时段停机。在大雾天气、冬春季鸟类迁徙高峰期的夜间，若有鸟类集中穿越风电场区，派专人巡视风场，遇到有撞击受伤的鸟类要及时送至鸟类救护站，由鸟类救护站人员紧急救助。开展鸟类观测。

(2) 污废水处理措施

陆域升压站内设置一座化粪池，生活污水经收集处理后清运至毛湾村污水处理设施；风机维护生活污水纳入陆域升压站生活污水处理系统处理。工程运行期，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。将废油、含油废物等一并送交由具资质单位回收处理，避免污染项目海域生态环境。

(3) 噪声防治措施

为降低机械噪声可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；为降低风机结构噪声，建议可在机舱内表面贴附阻尼材料。

(4) 固体废物处置措施

风机维护生活垃圾收集后运至岸上并委托当地环卫部门统一处置，对海洋环境无影响。对于风机变压器在突发事故或机组检修时所产生的残废油，委托由具有资质的单位进行处理统一回收处理处置。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，并应委托具有资质的单位统一回收处置、处理。

13.7 规划相符性结论

根据规划相符性分析，本工程符合浙江省海洋主体功能区划、浙江省和宁波市海洋功能区划、浙江省海洋生态红线保护规划等相关规划。

13.8 公众意见采纳情况

按照《环境影响评价公众参与办法》（生态环境部令第 4 号）、《关于强化建设项目环境影响评价事中事后监管的实施意见》（环环评〔2018〕11 号）、《环境保护公众参与办法》（环境保护部令第 35 号）、《浙江省建设项目环境保护管理办法》（2018 年修订）等要求，在环评报告书编制过程中建设单位需进行项目环评信息公开。建设单位于 2020 年 10 月 30 日进行了首次环境影响评价信息公开，公开方式为网络公开；在项目环境影响报告书征求意见稿形成后进行了征求意见稿公示，其中建设单位于 2021 年 12 月 27 日至 2022 年 1 月 10 日进行了网络公示，2021 年 12 月 28 日至 2022 年 1 月 11 日进行了报纸公示，2021 年 12 月 27 日至 2022 年 1 月 10 日进行了张贴公示。

在项目环评信息公开期间，建设单位、环评单位和环保管理部门均未收到公众对于项目及周边环境问题的反馈意见，也无公众意见处理情况。

13.9 综合评价结论

综上所述，中广核象山涂茨海上风电场项目建设符合我国可持续发展能源战略、增加电力供应并改善地区电源结构，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和渔业资源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，确保实施报告书中提出的环保措施，从环境保护角度看，工程建设是可行的。