中广核嵊泗5#、6#海上风电场工程

海洋环境影响报告书

（报批稿）

评价单位：上海勘测设计研究院有限公司

2019年11月

打印编号：1574240115000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	56qzb7
建设项目名称	中广核嵊泗5＃、6＃海上风电场工程
建设项目类别	48海洋工程
环境影响评价文件类型	报告书
一、建设单位情况	
单位名称（盖章）	中广核（嵊泗）新能源有限公司
统一社会信用代码	91330900MA28KMT018
法定代表人（签章）	喻旭明
主要负责人（签字）	冯茹鸣
直接负责的主管人员（签字）	冯茹鸣
二、编制单位情况	
单位名称（盖章）	上海勘测设计研究院有限公司
统一社会信用代码	91310109425010781E
三、编制人员情况	

1. 编制主持人

姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
郑磊夫	07353143507310258	BH013585	[redacted]

2. 主要编制人员

姓名	主要编写内容	信用编号	签字
俞士敏	审 定	BH013252	[redacted]
张蒙生	环境质量现状调查与评价、环境管理与监测计划	BH013248	[redacted]
季遥	总论、工程概况、工程分析、环境影响预测与评价、结论与建议	BH017664	[redacted]
张琴	环境事故风险评价、海洋工程的环境可行性、工程生态用海方案分析	BH011341	[redacted]

叶丽君	区域自然环境和社会环境概况、清洁生产与环境保护对策措施、环境经济损益分析	BH013251	[redacted]
郑磊夫	审 核	BH013585	[redacted]

目 录

1 概述.....1
1.1 项目背景.....1
1.2 项目概况.....1
1.3 分析判定相关情况.....2
1.4 环境影响评价工作过程.....2
1.5 关注的主要环境问题及环境影响.....3
1.6 报告书主要结论.....3
2 总则.....5
2.1 编制依据.....5
2.2 评价目的和内容.....9
2.3 评价工作等级、评价范围.....10
2.4 环境保护目标.....14
2.5 环境评价标准.....18
2.6 评价方法和时段.....23
2.7 评价工作重点.....23
2.8 评价工作程序.....24
3 工程概况.....26
3.1 工程名称、性质.....26
3.2 工程地理位置.....26
3.3 工程建设方案概述.....27
3.4 土建工程.....32
3.5 施工组织设计.....35
3.6 工程建设用海及用地.....52
3.7 总投资.....53
3.8 工程特性表.....53
4 工程分析.....56
4.1 生产工艺与产污分析.....56
4.2 工程各阶段污染物及源强分析.....57
4.3 环境影响因子识别与评价因子分析.....72
5 区域自然环境和社会环境概况.....74
5.1 区域自然环境概况.....74
5.2 社会环境概况.....85
5.3 自然资源概况.....87

5.4 海域开发利用现状.....90
6 环境现状调查与评价.....101
6.1 水文动力环境现状调查分析.....101
6.2 地形地貌与冲淤现状调查分析.....131
6.3 海洋水质、沉积物质量现状调查与评价.....136
6.4 海洋生物体质量调查与分析.....149
6.5 海域生态环境现状调查结果和评价.....151
6.6 渔业资源现状调查结果与评价.....169
6.7 鸟类现状调查与评价.....191
6.8 水下噪声现状监测与评价.....197
7 环境影响预测与评价.....201
7.1 水文动力环境影响预测与评价.....201
7.2 地形地貌与冲淤影响预测与评价.....228
7.3 海水水质环境影响预测与评价.....232
7.4 海洋沉积物环境影响预测分析.....242
7.5 海洋生态环境和渔业资源影响预测与评价.....243
7.6 对鸟类及其生境影响预测与评价.....252
7.7 电磁环境影响分析.....259
7.8 水下噪声影响预测与评价.....271
7.9 对环境敏感目标的影响预测与评价.....290
7.10 其他环境影响预测分析.....299
8 清洁生产与污染防治对策措施.....305
8.1 清洁生产分析.....305
8.2 环境保护对策措施.....307
8.3 总量控制分析.....321
9 环境事故风险评价.....322
9.1 环境风险识别.....322
9.2 溢油事故风险评价.....323
9.3 其他风险事故分析.....360
9.4 事故防范措施和应急方法与对策分析.....365
10 环境保护的技术经济合理性.....372
10.1 环保投资.....372
10.2 经济效益.....373
10.3 社会效益.....373

10.4 环境效益.....373
10.5 环境经济损益综合分析.....374
11 海洋工程环境可行性.....375
11.1 项目建设必要性.....375
11.2 项目建设政策符合性.....378
11.3 与海洋功能区划和环境保护规划相符性分析.....380
11.4 项目与相关规划相符性分析.....395
11.5 环境合理性分析.....403
12 环境管理与监测计划.....420
12.1 环境管理.....420
12.2 环境保护管理建议.....423
12.3 环境监测计划.....423
12.4 环境保护规章制度及监督实施.....427
12.5 环保验收清单.....428
13 结论和建议.....431
13.1 工程概况.....431
13.2 政策、规划的相容性分析.....431
13.3 环境现状评价结论.....432
13.4 环境影响预测与评价结论.....439
13.5 污染防治措施的有效性和可达性.....443
13.6 环境事故风险评价结论.....447
13.7 环境影响评价综合结论.....447
13.8 建议.....447

附图：

附图 1 工程地理位置图
附图 2 工程总平面布置图
附图 3 风机基础结构图
附图 4 升压站立面图
附图 5 敏感目标图
附图 6 中工程所在海域功能区划图
附图 7 工程区域水深地形图

附件：

附件 1　委托书

附件 2　中广核东海风电场工程台风灾害性论证报告专家评审意见

附件 3　中广核嵊泗 5 号、6 号海上风电场工程海底电缆预选路由协调会会议纪要

附件 4　关于嵊泗 5#、6#海上风电项目场址选址复核等事宜的函

附件 5　中广核嵊泗 5#、嵊泗 6#海上风电场工程选址方案研究报告专家审查意见

附件 6　中广核嵊泗 5#海上风电项目海域使用预审意见

附件 7　舟山市海洋与渔业局关于中广核嵊泗 6#海上风电项目用海预审意见的函

附件 8　中广核嵊泗 5#、6#海上风电场项目社会稳定风险评估报告审核意见

附件 9　省发展改革委关于同意嵊泗 5 号、6 号海上风电场项目场址调整的复函

附件 10　关于中广核嵊泗 5#、6#海上风电项目核准的批复

附件 11　中广核嵊泗 5#、6#海上风电场项目申请报告评审意见

附件 12　关于同意中广核嵊泗 5#、6#海上风电工程海缆与中国电信股份有限公司舟山分公司通信电缆交越的函

附件 13　关于中广核嵊泗 5#、6#海上风电工程海缆与天然气海底管道交越的复函

附件 14　中广核嵊泗 5#6#风场风能资源评估报告专家评审意见

附件 15　国网浙江经研院关于中广核嵊泗 5 号 6 号海上风电场工程接入系统方案的初审会议纪要

附件 16　中广核嵊泗 5#、6#海上风电工程环境影响评价鸟类专题专家咨询意见

附件 17　中广核嵊泗 5#、6#海上风电工程环境影响评价水下噪声与电磁辐射专题专家咨询意见

附件 18　关于《关于中广核嵊泗 5#、6#海上风电场工程海缆穿越东海大桥的函》的回复意见函

附件 19　中广核嵊泗 5#、6#海上风电场对 VTS 影响研究报告专家评审意见

附件 20　关于中广核嵊泗 5#6#海上风电场工程用海渔业政策处置工作的确认函

附件 21　浙江省海洋与渔业局关于中广核岱山 4#海上风电项目（一期）环境影响报告书核准意见的函

附件 22　关于中广核岱山 4#海上风电项目（一期）陆上工程项目环境影响报告表的审查批复

附件 23　中广核嵊泗 5#、6#海上风电场及海底电缆工程航道通航条件影响评价报告专家评审意见

附件 24　数模验证率定

附件 25　中广核嵊泗 5#、6#海上风电场工程环评意见及修改清单

附件 26　中广核嵊泗 5#、6#海上风电场工程环评专家复核意见及修改清单

附件 27　中广核嵊泗 5#、6#海上风电场工程环评专家复审意见及修改清单

附录：

附录 1　2018 年春季嵊泗海域水质现状调查结果

附录 2　2018 年秋季嵊泗海域水质现状调查结果

附录 3　2018 年秋季评价海域沉积物质量监测结果

附录 4　2018 年春季调查海域浮游植物种类名录

附录 5　2018 年秋季调查海域浮游植物种类名录

附录 6　2018 年春季浮游动物种名录

附录 7　2018 年秋季浮游动物种名录

附录 8　2018 年春季潮下带底栖动物种名录

附录 9　2018 年秋季潮下带底栖动物种名录

附录 10　2018 年春季潮间带底栖生物种名录

附录 11　2018 年秋季潮间带底栖动物种名录

附录 12　2018 年春季鱼卵仔稚鱼种名录

附录 13　2018 年秋季鱼卵仔稚鱼种名录

附录 14　2018 年春季游泳动物种名录

附录 15　2018 年秋季游泳动物种名录

附录 16　南汇边滩、洋山港及邻近地区鸟类组成特征（1997～2017）

附录 17　工程海域水下声环境监测结果-声压谱级(单位：dB/1μPa)

1 概述

1.1 项目背景

嵊泗县位于北纬 30°24'~31°04'、东经 121°30'~123°25'之间，舟山市北部，东部濒临东海，西部与杭州湾为邻。嵊泗列岛属亚热带海洋性季风气候，具有较好的风资源开发前景。

中广核（嵊泗）新能源有限公司（以下简称建设单位）拟投资建设中广核嵊泗 5#、6#海上风电场工程，工程位于浙江省舟山市嵊泗县海域，共安装 47 台单机容量 6.0MW 的风电机组，总装机容量 282MW。

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》等的规定，凡从事对环境有影响的建设项目都必须执行环境影响评价制度，须编制环境影响报告。受中广核（嵊泗）新能源有限公司（以下简称建设单位）委托，上海勘测设计研究院有限公司（以下简称我院）承担本工程环境影响评价工作。评价单位接受委托后，组织技术人员进行了现场踏勘，收集了工程资料和相关资料，并组织开展了工程海域自然、生态环境监测调查等工作，按照环境影响评价技术导则和有关技术规范要求，于 2019 年 9 月编制完成《中广核嵊泗 5#、6#海上风电场工程环境影响报告书》。

1.2 项目概况

（1）项目名称：中广核嵊泗 5#、6#海上风电场项目

（2）建设内容及规模：项目位于浙江省大衢洋海域东海大桥东侧，总装机容量为 282MW，拟安装单机容量为 6MW 的风机 47 台，风电场配套新建一座 220kV 海上升压变电站，风电场所发电能通过 11 回 35kV 海缆（51.63km）连接后汇集至海上升压变电站，经主变升压至 220kV 以一回 220kV 海底电缆（42.19km）登陆至已核准的中广核岱山 4#海上风电场工程海上升压站，再一并接至位于大鱼山的陆上集控中心。

（3）工程总投资：项目总投资 482696.45 万元。

1.3 分析判定相关情况

项目为海上风电场建设工程，符合《国民经济与社会发展第十三个五年规划纲要》、《战略性新兴产业发展规划》等国家产业政策。本工程本工程属于新兴能源产业中的风能产业，符合我国能源发展规划的要求。本工程本工程位于浙江省北部海域，风资源丰富，是《风电发展“十三五”规划》重点推进区域。项目用海符合《海上风电开发建设管理办法》的要求。

本工程为《浙江省海上风电场工程规划》规划的嵊泗 5#、6#风电场项目，项目建设符合《浙江省海洋主体功能区规划》规定的相关要求，本工程本工程为海洋产业及浙江省沿海产业的发展提供必要的能源供给保障，对新能源的开发及发展也有一定的促进作用。因此，项目实施与《浙江省海洋经济发展示范区规划》、《浙江省能源发展“十三五”规划》相协调。

本工程用海符合“农渔业区”及“洋山港口航运区”、“小洋山工业与城镇用海区”的相关功能区划管理要求，与《浙江省海洋功能区划（2011-2020 年）》相符，与《舟山市海洋功能区划（2013-2020 年）》、《舟山市近岸海域环境功能区划调整方案》相符。

本工程建设未占用和穿越海洋生态红线区、海洋保护区及其他海洋生态敏感区，工程建设可能对海域自然、生态环境造成一定影响，对海洋生物资源造成一定损失，但在采取生态修复补偿措施和环境保护措施后影响总体可接受。本工程不属于环境准入负面清单中的禁止、限制类项目。因此，本工程与“三线一单”的管理要求是相符的。

1.4 环境影响评价工作过程

我院于 2018 年 11 月接受委托后成立项目课题组，课题组根据相关法律法规、政策及导则要求开展环评工作，并与工程方案设计工作紧密结合，将环境保护要求充分融入到工程方案设计中，对可研报告中提出的装机容量、平面布置和施工方案等从环境合理性、可行性角度进行了分析比较，优化了工程设计。委托上海东海海洋工程勘察设计研究院于 2018 年 4 月和 9 月在工程附近海域进行了水文动力环境现状调查；委托中国水产科学研究院东海水产研究所于 2018 年 10 月开展了工程海域秋季海水水质、沉积物、生物质量、海洋生态和渔业资源监测调查工作；同时，收集了浙江省海洋水产研究所、农业部渔业环境及水产品质量监督检验测试中心（舟山）于 2018 年 4 月在工程海域开展

的春季海水水质、沉积物、生物质量、海洋生态和渔业资源监测调查成果；委托华东师范大学收集了工程周边区域历史鸟类观测资料并于 2018 年 8 月、10 月、2019 年 1 月和 4 月在南汇边滩、洋山港及邻近区域开展了鸟类观测；委托上海海洋大学于 2019 年 5 月开展工程海域的水上、水下声环境影响专题工作。

根据建设单位提供的工程技术资料，环评单位开展了项目的工程分析、环境影响预测评价、环境风险评价、环境保护措施、环境管理和监测计划等报告书专题的编制，并结合公众参与结果，于 2019 年 9 月编制完成本《中广核嵊泗 5#、6#海上风电场工程海洋环境影响报告书》（送审稿）。

1.5 关注的主要环境问题及环境影响

项目关注的主要环境问题及环境影响为施工期风机基础施工及海缆敷设产生的悬浮物对海水水质的影响、施工船舶事故溢油环境风险和运行期风机及升压站基础对周边海域水文动力、地形冲淤环境的影响，风机机组对水下、水上声环境的影响，风机运行对区域鸟类迁徙、栖息及其生境的影响；项目建设对周边环境敏感目标的影响。

1.6 报告书主要结论

中广核嵊泗 5#、6#海上风电场项目位于浙江省大衢洋海域东海大桥东侧海域，项目总用海面积为 230.4901hm^2。项目建设符合国家有关产业政策；项目海上风电机组布置区、海上升压站和大部分海底电缆位于“嵊泗农渔业区”（代码“B1-5”）内，部分 220kV 海底电缆位于“岱山农渔业区”。符合浙江省海洋功能区划的功能定位、用途管制和环境保护要求；符合浙江省海洋主体功能区规划、海上风电开发建设管理办法、浙江省海洋经济发展示范区规划、浙江省能源发展“十三五”规划、浙江省电力发展“十三五”规划、浙江省海上风电场工程规划、海岸线保护与利用管理办法等要求，与浙江省海洋生态红线划定方案相符。

项目施工悬浮泥沙入海会对周围海域造成短期不利但可逆的影响。项目建设将造成海洋底栖生物和渔业资源的损失，需采取相应的经济和生态补偿措施。项目建设将导致局部海域水文动力、泥沙冲淤一定程度的变化，项目建设存在船舶事故溢油、船舶通航安全等风险。采取生态保护措施、污染防治措施和应急对策措施后，本工程造成的海洋资源损失和环境影响在可接受范围之内。

综上所述，建设单位在严格落实本报告书提出的各项环保对策措施和生态补偿措施后，从海洋环境影响角度分析，工程建设是可行的。

2 总则

2.1 编制依据

2.1.1 法律和法规

（1）《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月实施；

（2）《中华人民共和国海洋环境保护法》，2017 年 11 月施行；

（3）《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月修正；

（4）《中华人民共和国海域使用管理法》，2002 年 1 月施行；

（5）《中华人民共和国水污染防治法》，2017 年 6 月修正；

（6）《中华人民共和国环境噪声污染防治法》，2018 年 12 月修订；

（7）《中华人民共和国大气污染防治法》，2018 年 10 月修订；

（8）《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2016 年 11 月修正；

（9）《中华人民共和国清洁生产促进法》，2012 年 2 月修正；

（10）《中华人民共和国渔业法》，2013 年 12 月修正；

（11）《中华人民共和国海上交通安全法》，2016 年 11 月修正；

（12）《中华人民共和国港口法》，2017 年 11 月修正；

（13）《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2018 年 4 月 28 日修订）；

（14）关于印发《海洋工程环境影响评价管理规定》的通知，国海规范〔2017〕7 号；

（15）《国家海洋局关于海洋工程建设项目环境影响评价报告书公众参与有关问题的通知》，国海环字[2017]4 号；

（16）《环境影响评价公众参与办法》，生态环境部令第 4 号， 2019 年 1 月 1 日施行；

（17）《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；

（18）《国家突发公共事件总体应急预案》，2006 年 1 月实施；

（19）《海岸线保护与利用管理办法》，2017 年 3 月施行；

（20）《中华人民共和国防治海洋工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》，2018 年 3 月修订；

（21）《中华人民共和国防治海岸工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》，2017 年 3 月修订；

（22）《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 8 月施行；

（23）《中华人民共和国海洋倾废管理条例》，2017 年 3 月修订；

（24）《防治船舶污染海洋环境管理条例》，2017 年 3 月修订；

（25）《中华人民共和国水上水下活动通航安全管理规定》，2019 年 5 月实施；

（26）《浙江省海洋环境保护条例》，2015 年 12 月修改；

（27）《浙江省湿地保护条例》，2012 年 12 月 1 日施行；

（28）《浙江省人民政府关于修改<浙江省建设项目环境保护管理办法>的决定》，浙江省人民政府令第 364 号；

（29）关于印发《浙江省海洋工程建设项目环境影响评价核准管理办法（试行）》的通知，浙海渔资〔2007〕38 号；

（30）《海上风电开发建设管理办法》，国能新能[2016]394 号；

（31）《风电场工程建设用地和环境保护管理暂行办法》，发改能源[2005]1511 号；

（32）《近海风电场工程规划报告编制办法（试行）》（FD005-2008）；

（33）《海底电缆管道保护规定》，2004 年 3 月施行；

（34）《铺设海底电缆管道管理规定》，1989 年 3 月施行；

（35）《铺设海底电缆管道管理规定实施办法》，1992 年 8 月施行；

（36）《国家能源局国家海洋局关于印发海上风电开发建设管理暂行办法实施细则的通知》，国能新能[2011]210 号；

（37）《国家海洋局关于进一步规范海上风电用海管理的意见》，2016 年 10 月施行；

（38）《风电场工程建设用地和环境保护管理暂行办法》，发改能源[2005]1511 号。

2.1.2 相关区划与规划

（1）《全国海洋主体功能区规划》， 2015 年 8 月 1 日实施；

（2）《浙江省海洋主体功能区规划》，2017 年 4 月实施；

（3）《浙江省海洋功能区划（2011-2020）》， 2016 年 5 月修订；

（4）《浙江省海洋生态红线划定方案》，2017 年 9 月实施；

（5）《浙江省海洋生态环境保护“十三五”规划（2016-2020）》，2016 年 9 月实施；

（6）《浙江省海岸线保护与利用规划（2016-2020 年）》，2017 年 9 月实施；

（7）《舟山市海洋功能区划（2013-2020 年）》，2017 年 6 月实施；

（8）《舟山市近岸海域环境功能区划调整方案》，2006 年 6 月实施；

（9）《岱山县海洋功能区划（2013-2020 年）》，2017 年 6 月实施；

（10）《嵊泗县海洋功能区划》（2013-2020），2017 年 6 月实施；

（11）《浙江海洋经济发展示范区规划（2011-2020 年）》（国函〔2011〕19 号）；

（12）《浙江省海洋资源保护与利用“十三五”规划》（浙发改〔2016〕503 号）；

（13）《浙江省能源发展“十三五”规划》，浙政办发〔2016〕107 号；

（14）《浙江省“十三五”节能减排综合工作方案》，2017 年 7 月；

（15）《浙江省海上风电场工程规划》（国能新能〔2016〕14 号）。

2.1.3 国际公约

（1）《国际防止废物和其它物质倾倒污染海洋的公约》，1979 年 3 月 11 日修正案生效；

（2）《经 1978 年议定书修正的 1973 年国际防止船舶污染海洋公约(MARPOL73/78)》， 2013 年 1 月修正案（附则 V）生效；

（3）《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 日签订；

（4）《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》，1988 年 9 月 1 日生效；

（5）《关于特别是作为水禽栖息地的国际重要湿地公约》，1982 年 3 月议

定书修订；

（6）《生物多样性公约》，1993 年 12 月 29 日生效；

（7）《关于国际海事组织《73/78 防污公约》，1997 年 9 月修正案（附则 V）生效。

2.1.4 技术导则及有关技术规范

（1）《建设项目环境影响评价技术导则　总纲》（HT2.1-2016）；

（2）《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T19485-2014）；

（3）《海上风电工程环境影响评价技术规范》，国家海洋局，2014；

（4）《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007）；

（5）《环境影响评价技术导则　大气环境》（HJ2.2-2018）；

（6）《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ2.3-2018）；

（7）《环境影响评价技术导则　声环境》（HJ2.4-2009）；

（8）《环境影响评价技术导则　生态影响》（HJ19-2011）；

（9）《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ/T169-2004）；

（10）《建设项目环境风险评价技术导则》，（HJ/T169-2018）；

（11）《环境影响评价技术导则　输变电工程》（HJ24-2014）；

（12）《产业结构调整指导目录（2011 年本）》（2013 年修正）；

（13）《海洋调查规范》（GB12763-2007）；

（14）《海洋监测规范》（GB17387-2007）；

（15）《近岸海域环境监测规范》（HJ442-2008）；

（16）《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》，2002 年 4 月；

（17）《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》（海洋出版社，1986.03.01）；

（18）《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）。

2.1.5 工程技术文件

（1）《中广核嵊泗 5#、6#海上风电场工程可行性研究报告》，上海勘测设计研究院有限公司，2019 年 4 月；

（2）《中广核嵊泗 5#、6#海上风电场工程海洋环境现状调查报告》，东海

水产研究所，2018 年 12 月；

（3）《中广核嵊泗 5#、6#海上风电场工程海洋渔业资源现状调查报告》，东海水产研究所，2018 年 12 月；

（4）《中广核浙江嵊泗海上风电项目海洋水文调查报告》，2018 年 11 月；

（5）《中广核嵊泗 5#、6#海上风电场工程鸟类评价专题评价报告》，华东师范大学，2019 年 7 月；

（6）《中广核嵊泗 5#、6#海上风电场工程水下噪声和电磁环境专题报告》，上海海洋大学，2019 年 7 月；

（7）《中广核嵊泗 5#海上风电场项目海域使用论证报告书》，舟山市海洋勘测设计院，2019 年 4 月；

（8）《中广核嵊泗 6#海上风电场项目海域使用论证报告书》，舟山市海洋勘测设计院，2019 年 4 月。

2.1.6 环评委托书

《关于委托开展中广核嵊泗 5#、6#海上风电场工程海洋环境影响评价的函》，2018 年 11 月。

2.2 评价目的和内容

2.2.1 评价目的

根据中广核嵊泗 5#、6#海上风电场工程设计方案，从环境保护的角度出发，根据附近海洋环境特点以及所在海域环境质量状况，对本工程的环境影响进行科学分析和预测，提出相应的环境保护对策。通过评价达到如下目的：

（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、工程范围内的环境敏感点等；

（2）通过工程分析确定施工期和运行期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问题进行科学的分析和预测；

（3）针对工程可能带来的环境问题，提出切实可行的污染防治方案和环境保护措施，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限度；

（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。

2.2.2 评价内容

根据本工程类型及其对海洋环境可能产生的影响，依据《海洋工程环境影响评价技术导则》和《海上风电工程环境影响评价技术规范》，本工程各单项环境影响评价内容包括海水水质环境、海洋沉积物环境、海洋生物生态、鸟类生态、海洋水文动力环境、海洋地形地貌与冲淤环境、声环境（水下和水上）、电磁环境和环境风险。明确接入岱山 4#海上风电场升压平台后的电缆及陆上集控中心不属于本评价内容。

2.3 评价工作等级、评价范围

2.3.1 工作等级

（1）海洋环境评价

以《海上风电工程环境影响评价技术规范》与《海洋工程环境影响评价技术导则》为评级依据，本工程总规模 282MW，35kV 海缆总长度约 51.63km，220kV 海缆总长度为 42.19km。项目用海的风电场主体工程位于《浙江省海洋功能区划（2011-2020 年》的“嵊泗农渔业区”，部分 220kv 海底电缆位于“岱山农渔业区”。本次评价将工程所在区域界定为海洋生态环境敏感区。因此，本工程水文动力环境、水质环境、沉积物环境和海洋生态评价等级为 1 级，单项海洋环境影响评价等级判据见表 2.3-1 和表 2.3-2。

表 2.3-1　　海洋水文动力、水质、沉积物和生态环境影响评价等级判据

工程类型	工程规模	工程所在海域和生态环境类型	单项海洋环境影响评价等级			
			水文动力环境	水质环境	沉积物环境	生态环境
海上风电机组工程	100MW≤装机容量＜300MW	海洋生态环境敏感区	1	1	2	1
海底电缆工程	长度≥100km		1	1	1	1
综合确定的本工程评价工作等级			1	1	1	1

（2）海洋地形地貌与冲淤

本工程申请用海总面积 230.4901hm^2，其中透水构筑物用海面积为 54.2396hm^2（包括风机基础和海上升压站基础），海底电缆管道用海

176.2505hm^2（海底电缆用海面积）。根据《海上风电工程环境影响评价技术规范》海洋地形地貌与冲淤环境影响评价等级判据，海上风电项目所有工程类型总占海面积超过 $50\times10^4m^2$ 以上的或严重改变海岸线、滩涂、海床自然性状和产生较严重冲刷、淤积的工程项目，评价等级为 1 级。

表 2.3-2　　海洋地形地貌与冲淤环境影响评价等级判据

评价等级	工程类型
1	海上风电项目所有工程类型总占海面积超过 $50\times10^4m^2$ 以上的或严重改变海岸线、滩涂、海床自然性状和产生较严重冲刷、淤积的工程项目。

（3）电磁环境

本工程海上升压平台出线采用交流输电，电压等级为 220kV，沿线均采用海底电缆，根据海上风电项目电磁环境影响评价等级判据《环境影响评价技术导则 输变电工程》（HJ24-2014），确定本工程电磁环境评价等级为三级。

表 2.3-3　　海上风电项目电磁环境影响评价等级判据

电流类型	电压等级	工程类型	条件	评价工作等级
交流电	220~330 kV	输电线路	地下电缆	三级
			边导线地面投影外两侧 15m 范围内有电磁环境敏感目标的架空线	二级
			边导线地面投影外两侧 15m 范围内无电磁环境敏感目标的架空线	三级
		升压变电站	户外式	二级
			户内式、地下式	三级

（4）环境风险

本工程主要由风电场工程及海底电缆工程等组成，项目无直接生产、加工、运输、使用或贮存有毒物质、易燃物质、爆炸性物质，本工程环境风险主要为施工期船舶溢油事故环境风险，根据生态环境部发布的《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ/T169-2018），油类物质临界量为 2500t，当油类物质最大存在总量小于临界量时，环境风险潜水势为Ⅰ，评价等级为简单分析。本工程施工期采用的最大吨位施工船舶为 10000t，根据《海上溢油风险评价与反应防备评估手册》中推荐的，非油轮船舶燃油最大携带量也可用船舶总吨推算，一般取船舶总吨的 8～12%，按 12%计算，本工程施工期最大吨位施工船舶载油量为 1200t，不超过 2500t，因此只需简单分析。

根据《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T19485-2014）2 规范性引用

文件条款，凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件，其中《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ/T169-2004）为注日期的版本，因此《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ/T169-2004）适用于《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T19485-2014）。

根据施工方案，施工船舶所用燃油为柴油，属可燃、易燃危险性物质，最大载油量小于 100t。根据《浙江省海洋功能区划（2011-2020 年）》和《浙江省海洋生态红线划定方案》，工程海域涉及“嵊泗农渔业区”、“岱山农渔业区”和“大戢洋产卵场保护区”，属环境敏感地区。根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ/T169-2004）评价工作级别判据，本工程环境风险评价等级为一级。

综上分析，从严考虑本工程环境风险评价等级为一级。

（3）其他环境

本工程位于离岸海域，海上风电场周边无声环境、空气环境敏感目标，环境影响较小，因此评价中仅大气环境、声环境评价等级按照三级进行评价。

2.3.2 评价范围

（1）海域

1）海水水质、沉积物、生态环境

根据《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内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。海洋水文动力和地形地貌与冲淤环境影响评价范围与海洋水质环境影响评价范围相同。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/T19486-2014），本工程水文动力环境评价范围为一个潮周期内水质点可能达到的最大水平距离的两倍。考虑本工程海域潮流特性，确定水文动力和地形地貌与冲淤环境影响评价范围为风电场场址及海底电缆所在向外延伸 15km 所包含的海域。

3）水下声环境影响评价范围

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

4）电磁环境

根据《海上风电工程环境影响评价技术规范》（2014 年），本工程升压变电站的电磁环境评价范围为站界外 40m，海底电缆的电磁环境评价范围为电缆管廊两侧边缘各外延 40m。

综上考虑结合各项评价因子影响范围，确定本工程海域评价范围为：由风电场向四周各延伸 15km，送出海缆向两侧各外扩 5km 范围内海域，评价范围面积约为 1000km^2。评价范围四至经纬度坐标见表 2.3-4，评价范围图见图 2.3-1。

（2）环境风险

风险评价范围确定为风机及海缆路由占用海域周围 50km 范围内海域。

表 2.3-4　　本工程海洋环境影响评价范围经纬度坐标

区域	坐标编号	经度	纬度
评价范围	1	121 °43'52.52" E	30 °51'13.88" N
	2	122 °13'54.14" E	30 °53'33.23" N
	3	122 °13'31.77" E	30 °32'30.82" N
	4	122 °5'15.78" E	30 °32'36.37" N
	5	122 °5'32.98" E	30 °17'29.31" N
	6	121 °45'15.41" E	30 °17'6.52" N

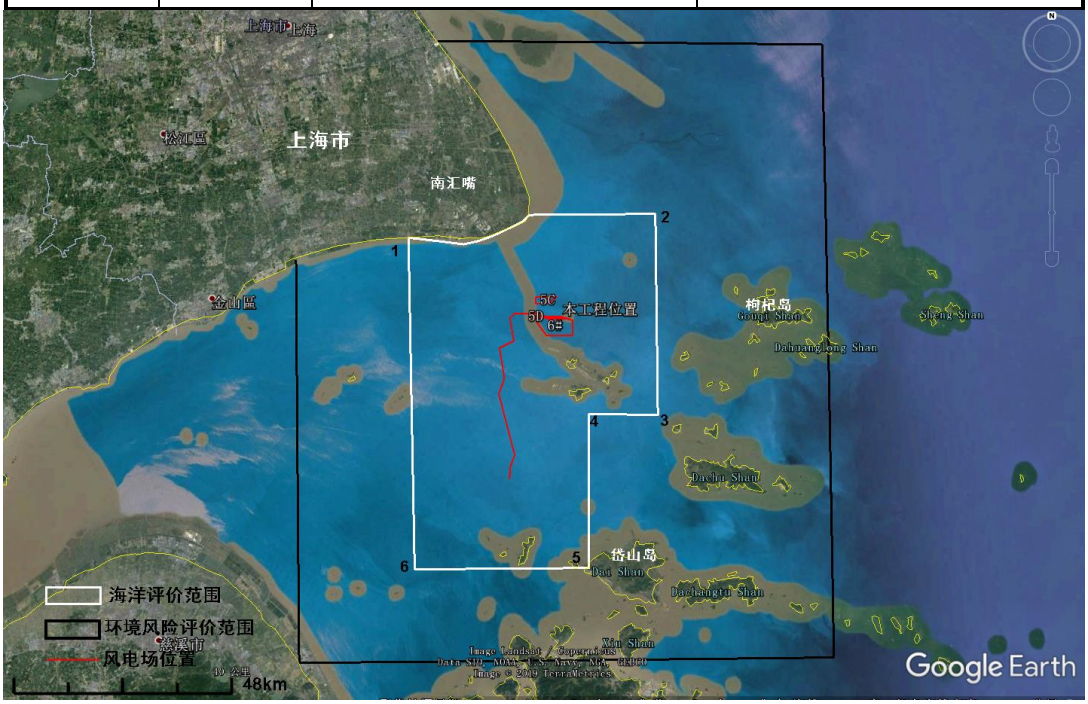


图 2.3-1　　本工程海洋环境影响评价范围图

2.4 环境保护目标

2.4.1 环境功能区保护目标

为使工程建设对工程海域及周边海域环境功能不造成明显影响，提出以下环境功能区保护目标：

（1）生态环境

工程海域海洋生态环境（包括渔业生产、渔业资源）不因本工程建设而发生恶化。

工程海域及周围鸟类种群、种类数量、迁徙条件及其栖息生境等不因本工程建设而发生明显变化。

（2）自然环境

控制工程建设对工程海域水文动力、地形冲淤环境的影响，工程海域海水水质、沉积物环境质量不因本工程建设而恶化，满足相应环境质量标准要求。

（3）海域开发利用

控制工程建设对周围海域开发活动的影响，协调本工程用海与海域开发利用规划的关系。

2.4.2 环境敏感目标

根据海洋功能区划及现场查勘，本工程评价范围内涉及的海洋环境敏感目标见表 2.4-1 及图 2.4-1。集控中心位于大堤外侧滩涂，周围无环境敏感目标。

表 2.4-1　　本工程涉及的海洋环境敏感目标

序号	类型	保护目标名称	位置关系	概况	环境敏感要素
1	农渔业区	嵊泗农渔业区	位于其中	嵊泗县近海海域（西至东经 121°30′22″，南至北纬 30°23′44″，东至东经 123°23′41″，北至北纬 30°57′16″）	海水水质、沉积物、生态环境、渔业资源、渔业生产
2		岱山农渔业区		岱山近海海域（西至东经 121°30′22″，南至北纬 30°6′58″，东至东经 123°6′11″，北至北纬 30°37′55″）	
3	港区	洋山港区	东南侧 2.5km	上海同盛投资（集团）有限公司	水文动力、地形冲淤、通航安全

序号	类型	保护目标名称	位置关系	概况	环境敏感要素
4	海底管线	中日海底通信光缆（已停用）	6#场址穿越	原上海市邮电管理局	水文动力、地形冲淤
5		嵊泗大洋山至上海芦潮港通信电缆	与 220kV 主干路由交越	中国电信舟山分公司	
6		上海南汇芦潮港至东海平湖油气田海上平台 14″海底输气管道	与 220kV 主干路由交越	上海石油天然气有限公司	
7		上海液化天然气一期工程输气管线	东侧 2450m	上海液化天然气有限责任公司	
8	航道	东海大桥主通航孔至鱼腥脑航路	5#、6#场址之间，风机与航道距离为 1000m	通航等级为 5000 吨级，双向航道，宽 300m 高 40m	水文动力、地形冲淤、通航安全
9		西航路	西侧 1.8km		
10		临港主航道、临港支航道	西侧 6.3km、南北 1km		
11		漕泾东航道	220kV 海缆主路由交越	西至东经 122 °2' 15.000"，南至北纬 30 °32' 36.000"，东至东经 122 °4' 18.000"，北至北纬 30 °33' 37.431"	
12		金山航道	220kV 海缆主路由交越		
13		锚地（洋山小型避风锚地）	南侧 5.5km	西至东经 122 °0' 45.215"，南至北纬 30 °36' 25.000"，东至东经 122 °2' 43.000"，北至北纬 30 °37' 44.928"	
14	现有海上风电	东海大桥一期海上风电场	北侧 950m		水文动力、地形冲淤
15		东海大桥二期海上风电场	西北侧 2.3km		
16	生态红线	大戢洋产卵场保护区	东北侧约 1.3km	30°43′00″-30°50′00″N；122°02′00″-122°20′00″E。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	海水水质、海洋生态、鲳鱼、大黄鱼、鳓鱼等鱼类资源
17	保护区	东海带鱼水产种质资源保护区	位于风电场东南侧，保护区实验区边界距风电场 29.3km	总面积约 225 万 hm^2，其中核心区面积约 72 万 hm^2，试验区面积约 153 万 hm^2。保护区由三个拐点(123°40′E，30°30′N；	海水水质、海洋生态、带鱼、大黄鱼、小黄鱼、鲐、

序号	类型	保护目标名称	位置关系	概况	环境敏感要素
				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。严格保护带鱼、大黄鱼、小黄鱼等多种水产资源及产卵、索饵、洄游栖息场所；保持海洋生态系统结构和功能稳定；海域水质保持现状，不因本工程建设发生恶化。	鲹、灰鲳、银鲳、鳓、蓝点马鲛等重要经济鱼类
18	张网作业区	渔业生产活动	位于其中	鳗苗作业主要分布在杭州湾北岸至嵊泗附近海域（122°20′E 以西渔区）。每年 12 月至翌年 4~5 月是鳗苗捕捞期，其中 2~4 月为旺季。	海水水质、海洋生态、鳗鱼等鱼类资源

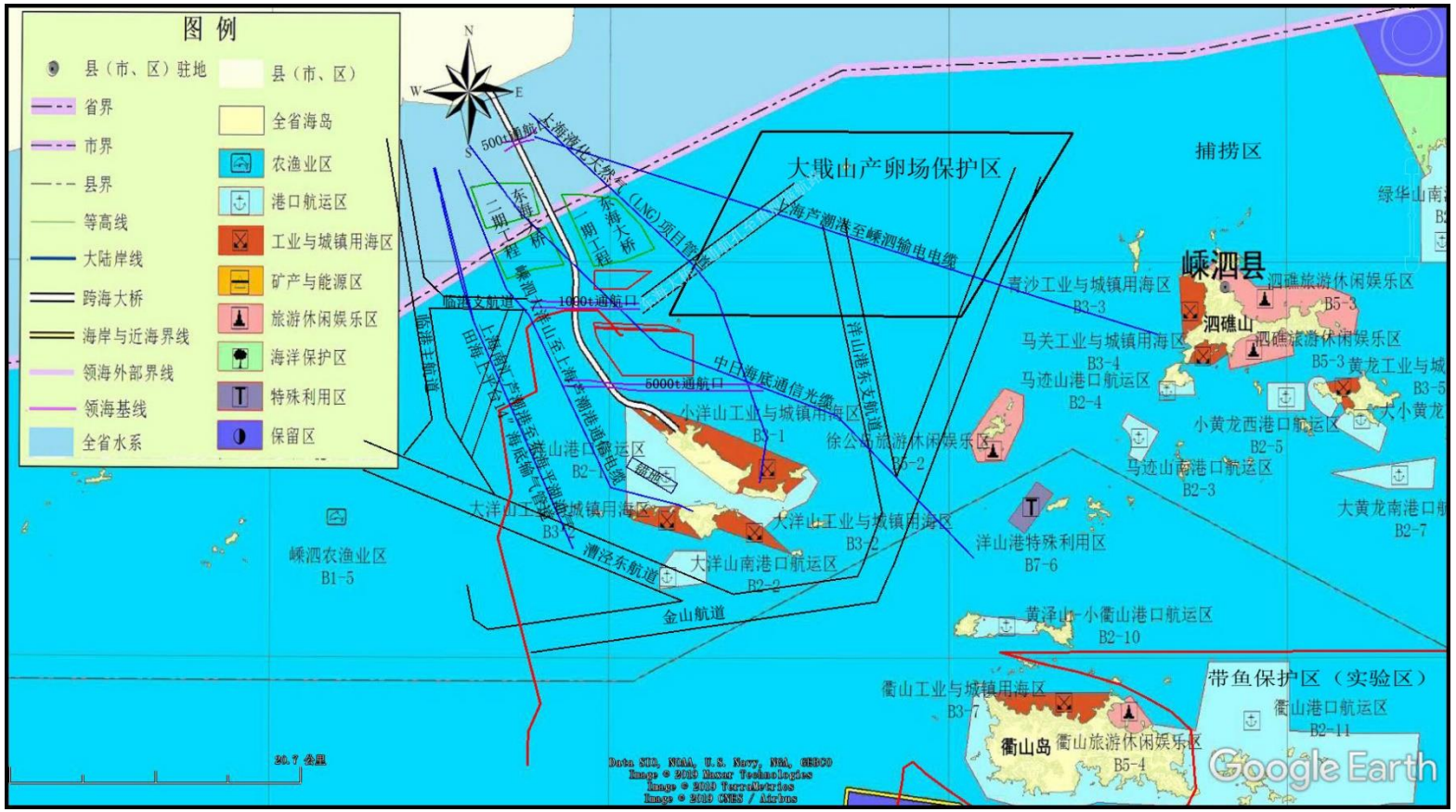


图 2.4-1　　海洋环境敏感目标分布图

2.5 环境评价标准

2.5.1 环境质量标准

（1）海洋水质

根据海洋功能区划及《舟山市近岸海域环境功能区划》，本工程主体部分位于嵊泗农渔业区，部分 220kV 海底电缆位于岱山农渔业区，以及《舟山市近岸海域环境功能区划》的舟山近岸一类区，海洋水质执行《海水水质标准》（GB3097-1997）中第一类标准，工程海域南侧临近洋山港港口航运区、小洋山工业与城镇用海区、大洋山工业与城镇用海区和以及《舟山市近岸海域环境功能区划》的洋山四类区，海水水质执行《海水水质标准》（GB3097-1997）中第四类标准，见表 2.5-1。

表 2.5-1 《海水水质标准》（GB3097-1997）

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	SS（人为增加量）≤	10		100	150
3	溶解氧>	6	5	4	3
4	化学需氧量≤(COD)	2	3	4	5
5	无机氮≤(以 N 计)	0.20	0.30	0.40	0.50
6	活性磷酸盐≤(以 P 计)	0.015	0.030		0.045
7	汞≤	0.00005	0.0002		0.0005
8	镉≤	0.001	0.005	0.010	
9	铅≤	0.001	0.005	0.010	0.050
10	铬≤	0.05	0.10	0.20	0.50
11	砷≤	0.020	0.030	0.050	
12	铜≤	0.005	0.010	0.050	
13	锌≤	0.020	0.050	0.10	0.50
14	石油类≤	0.05		0.30	0.50

（2）海洋沉积物

海洋沉积物质量执行《海洋沉积物质量》（GB18668－2002）中第一类标准，见表 2.5-2。

表 2.5-2　　《海洋沉积物质量》（GB18668－2002）

序号	项目	第一类	第二类	第三类
1	汞（$\times10^{-6}$）≤	0.20	0.50	1.00
2	铜（$\times10^{-6}$）≤	35.0	100.0	200.0
3	铅（$\times10^{-6}$）≤	60	130	250
4	镉（$\times10^{-6}$）≤	0.50	1.50	5.00
5	锌（$\times10^{-6}$）≤	150.0	350.0	600.0
6	砷（$\times10^{-6}$）≤	20.0	65.0	93.0
7	铬（$\times10^{-6}$）≤	80.0	150.0	270.0
8	有机碳（$\times10^{-2}$）≤	2.0	3.0	4.0
9	硫化物（$\times10^{-6}$）≤	300.0	500.0	600.0
10	石油类（$\times10^{-6}$）≤	500.0	1000.0	1500.0

（3）生物质量

双壳类海洋生物质量执行《海洋生物质量》第一类标准，甲壳类、鱼类海洋生物质量（除砷、铬和石油烃外）执行《全国海岸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，甲壳类、鱼类体内污染物砷、铬和石油烃执行《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中的海洋生物质量评价标准。

表 2.5-3　　海洋生物质量标准（双壳类）

工程	标准值		
	一类	二类	三类
汞（mg/kg）≤	0.05	0.10	0.30
镉（mg/kg）≤	0.2	2.0	5.0
铅（mg/kg）≤	0.1	2.0	6.0
铜（mg/kg）≤	10	25	50(牡蛎 100)
锌（mg/kg）≤	20	50	100(牡蛎 500)
铬（mg/kg）≤	0.5	2.0	6.0
砷（mg/kg）≤	1.0	5.0	8.0
石油类（mg/kg）≤	15	50	80
粪大肠菌群数(个/kg)	3000	5000	-

表 2.5-4　　鱼类、甲壳类海洋生物质量评价标准（鲜重：$\times10^{-6}$）

生物类别	总汞	Cu	Pb	Cd	Zn	As	Cr	石油烃	附注
甲壳类	0.2	100	2	2	150	8.0	1.5	20	砷、铬和石油烃执行《第二次全国海洋污染基线调查报告》中的评价标准，其余执行《全国海岸和海涂资源综合调查简明规程》中的评价标准
鱼类	0.3	20	2	0.6	40	5.0	1.5	20	

（4）环境空气

环境空气执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准，见表 2.5-5。

表 2.5-5　　环境空气质量标准单位：μg/m^3（标准状态）

序号	项目	平均时间	浓度限值	
			一级	二级
1	SO_2	年平均	20	60
		24 小时平均	50	150
		1 小时平均	150	500
2	NO_2	年平均	40	40
		24 小时平均	80	80
		1 小时平均	200	200
3	TSP	年平均	80	200
		24 小时平均	120	300
4	PM_{10}	年平均	40	70
		24 小时平均	50	150
5	$PM_{2.5}$	年平均	15	35
		24 小时平均	35	75

（5）声环境

本工程主体部分基本位于海域，声环境参照执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）1 类标准；陆上施工临时基地选择在岱山基地，依据《舟山市声环境功能区划》执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）3 类标准。

表 2.5-6　　《声环境质量标准》（GB3096-2008）单位：等效声级 Leq[dB(A)]

类别	昼间	夜间
1	55	45
2	60	50
3	65	55
4	70	55

（6）电磁环境

根据《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014），以 4kV/m 作为工频电场强度的评价标准；以 0.1mT 作为工频磁感应强度的评价标准，见表 2.5-7。

表 2.5-7　　电磁环境控制限值

种类	限值
工频电场强度	4kV/m
工频磁感应强度	0.1mT

2.5.2　污染物排放标准

（1）污废水

施工期生产废水经污水处理设施处理达到《城市污水再生利用城市杂用水水质》(GB/T 18920-2002)中相应标准后回用，具体见表 2.5-8；施工期和运行期生活污水经岱山基地污水处理设施处理达到《污水综合排放标准》(GB8978-

1996)三级标准后，排入到岱山岛污水处理厂管网，不外排，具体见表 2.5-9。

表 2.5-8　　《城市污水再生利用城市杂用水水质》(GB/T 18920-2002)

序号	项目		冲厕	道路清扫、消防	城市绿化	车辆冲洗	建筑施工
1	pH		6.0~9.0				
2	色（度）	≤	30				
3	嗅		无不快感				
4	浊度 (NTU)	≤	5	10	10	5	20
5	溶解性总固体 (mg/L)	≤	1500	1500	1000	1000	—
6	五日生化需氧量 (BOD_5) (mg/L)≤		10	15	20	10	15
7	氨氮 (mg/L)	≤	10	10	20	10	20
8	阴离子表面活性剂 (mg/L)	≤	1.0	1.0	1.0	0.5	1.0
9	铁 (mg/L)	≤	0.3	—	—	0.3	—
10	锰 (mg/L)	≤	0.1	—	—	0.1	—
11	溶解氧 (mg/L)	≥	1.0				
12	总余氯 (mg/L)		接触30min后≥1.0, 管网末端≥0.2				
13	总大肠菌群 (个/L)	≤	3				

表 2.5-9　　《污水综合排放标准》（GB8978-1996）单位：mg/L

项目	pH	SS	COD	BOD_5	石油类
三级标准	6-9	400	500	300	20

（2）船舶污废水和固体废弃物

船舶污废水和固体废弃物执行《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）和（MARPOL 73/78）》2011 年修正案，见表 2.5-10。

表 2.5-10　　船舶污染物排放要求

污水类别	水域类别	船舶类别		排放控制要求
机器处所油污水	内河	2021 年 1 月 1 日之前建造的船舶		自 2018 年 7 月 1 日起，按本标准 4.2 执行或收集并排入接收设施
		2021 年 1 月 1 日之后建造的船舶		收集并排入接收设施
	沿海	400 吨及以上船舶		自 2018 年 7 月 1 日起，按本标准 4.2 执行或收集并排入接收设施
		400 总吨以下船舶	非渔业船舶	自 2018 年 7 月 1 日起，按本标准 4.2 执行或收集并排入接收设施
			渔业船舶	（1）自 2018 年 7 月 1 日起至 2020 年 12 月 31 日止，按本标准 4.2 执行；（2）自 2021 年 1 月 1 日止，按本标准 4.2 执行或收集并排入接收设施
含货	内河	全部船舶		自 2018 年 7 月 1 日起，收集并排入接收设施

污水类别	水域类别	船舶类别	排放控制要求
油残余物的油污水	沿海	150 总吨以上船舶	自 2018 年 7 月 1 日起，收集并排入接收设施，或在船舶航行中排放，并同时满足下列条件：（1）油船距最近陆地 50 海里以上；（2）排入海中油污水含油量瞬间排放率不超过 30 升/海里
		150 总吨以下船舶	自 2018 年 7 月 1 日起，收集并排入接收设施
生活污水	生活污水处理装置出水口	BOD_5（mg/L）	25
		SS（mg/L）	35
		耐热大肠菌群数（个/L）	1000
		CODcr（mg/L）	125
		pH	6~8.5
		总氯（mg/L）	＜0.5
固体废弃物	距最近陆地 3 海里内（含）		食品废弃物应收集排入接收设施
	距最近陆地 3~12 海里		食品废弃物应粉碎或磨碎至直径不大于 25 毫米后方可排放
	距最近陆地 12 海里外		食品废弃物可以排放
	所有海域		应将塑料废弃物、废弃食用油、生活废弃物、焚烧炉灰渣、废弃渔具和电子垃圾收集并排入接收设施。对于货舱、甲板和外表面清洗水，其含有的清洁剂或添加剂不属于危害海洋环境物质的方可排放；其他操作废弃物应收集并排入接收设施。对于不同类别船舶垃圾的混合垃圾的排放控制，应同时满足所含每一类船舶垃圾的排放控制要求。

（3）噪声

施工期执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011），见表 2.5-11。运行期海上升压站参照执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）1 类标准，见表 2.5-12。

表 2.5-11　　建筑施工场界噪声限值（Leq）单位：dB（A）

噪声排放限值	昼间	70
	夜间	55

表 2.5-12　　工业企业场界噪声限值（Leq）单位：dB（A）

类别	昼间	夜间
1	55	45
3	65	55

低频噪声由于无对应的国家排放标准或行业标准，因此运行期风机低频噪声参照《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)中结构传播固定设

备室内噪声排放限值（倍频带声压级），见表 2.5-13。20~200Hz 的 A 计权声压级参照台湾《噪声管制标准》，见表 2.5-14。

表 2.5-13　　结构传播固定设备室内噪声排放限值（倍频带声压级）

功能区类别	房间类型	31.5dB		63 dB		125 dB		250 dB		500 dB	
		昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间
0	A、B 类房间	76	69	59	51	48	39	39	30	34	24
1	B 类房间	79	72	63	55	52	43	44	35	38	29
2、3、4	B 类房间	82	76	67	59	56	48	49	39	43	34

表 2.5-14　　工厂（场）噪音管制标准　单位：dB（A）

管制区	频率：20Hz 至 200Hz		
	日间	晚间	夜间
第一类	42	42	39
第二类	42	42	39
第三类	47	47	44
第四类	47	47	44

（4）电磁环境

根据《电磁环境控制限值（GB8702-2014）》，以 4kV/m 作为工频电场强度的评价标准，以 0.1mT 作为工频磁感应强度的评价标准。

2.6 评价方法和时段

2.6.1 评价方法

（1）海域水质、沉积物现状采用单因子标准指数法进行评价；

（2）海域生态现状采用多样性指数法进行评价；

（3）海域流场计算、污染物扩散采用数学模型预测法。

2.6.2 评价时段

本工程环境影响评价包括施工期、运行期 2 个时段。

对服务期满的拆除工程环境影响则在拆除施工前另行编制环境影响报告书。

2.7 评价工作重点

结合本工程特性和环境特征以及工程环境影响因子识别和筛选，确定本环

评工作重点为：

（1）工程分析：项目方案环境比选及环境合理性分析。

（2）施工期环境影响评价：风机及海底电缆施工对海域水质、沉积物、生态环境、渔业资源、鸟类生境的影响评价。

（3）运行期环境影响评价：风机运行对海域水文动力、地形冲淤、生态环境、渔业生产和鸟类生境的影响评价，风机运行水下噪声和电磁环境对鱼类的影响。

（4）环境风险评价：施工及运行期船舶碰撞溢油对海洋水质、海洋生态的风险影响评价。

（5）环保对策措施：项目风机布置及施工方案环境合理性分析及方案优化，海洋水质、沉积物、生态环境（渔业资源）保护及修复补偿措施拟定。

2.8 评价工作程序

本工程环境影响评价工作程序见图 2.8-1。

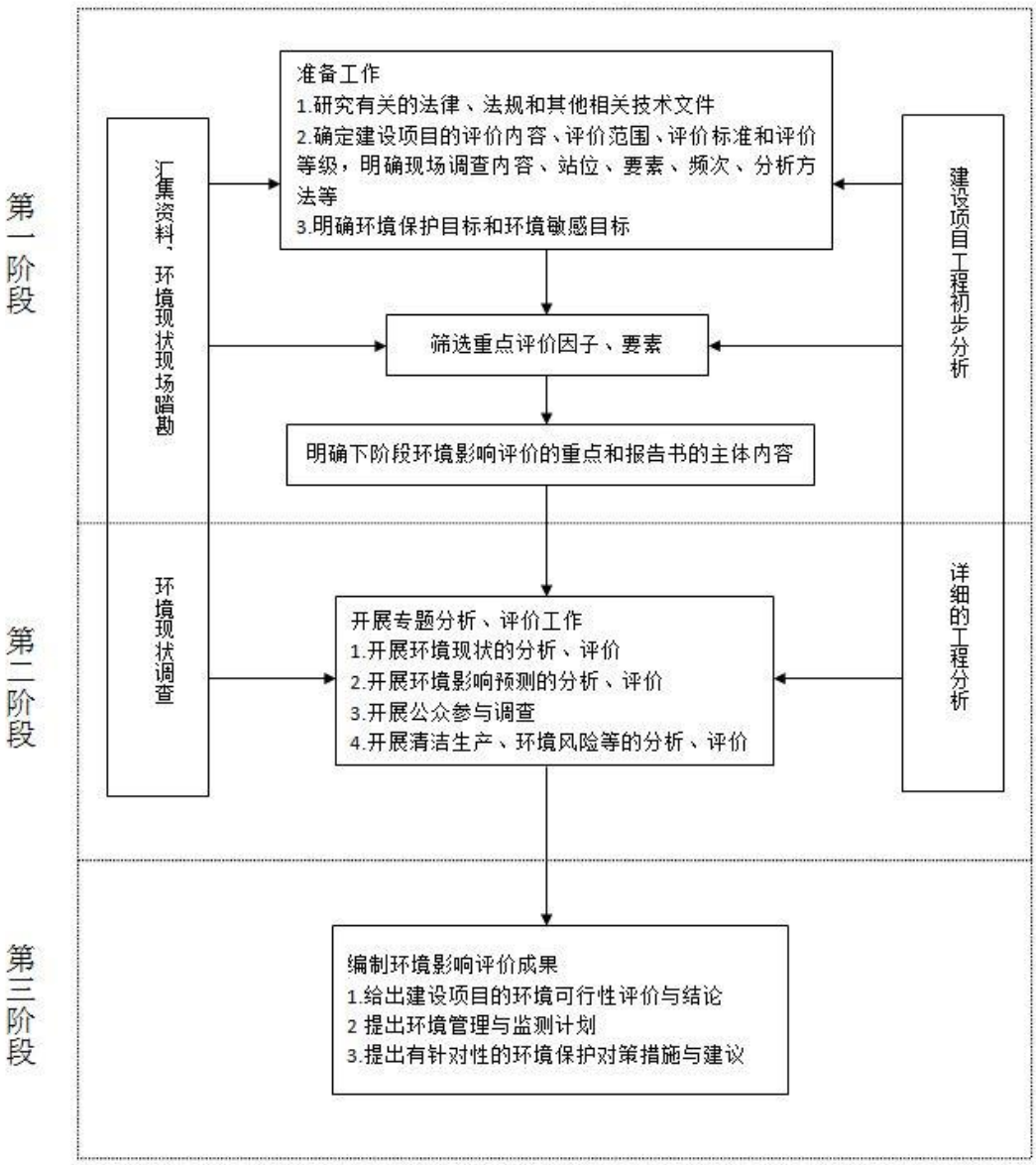


图 2.8-1　　本工程环境影响评价工作程序框图

3 工程概况

3.1 工程名称、性质

（1）工程名称：中广核嵊泗 5#、6#海上风电场

（2）工程性质：新建

（3）建设单位：中广核（嵊泗）新能源有限公司

（4）建设内容及规模：项目位于浙江省大衢洋海域东海大桥东侧，总装机容量为 282MW，拟安装单机容量为 6MW 的风机 47 台，风电场配套新建一座 220kV 海上升压变电站，风电场所发电能通过 11 回 35kV 海缆（51.63km）连接后汇集至海上升压变电站，经主变升压至 220kV 以一回 220kV 海底电缆（42.19km）登陆至已核准的中广核岱山 4#海上风电场工程海上升压站，再一并接至位于大鱼山的陆上集控中心。

（5）依托工程：本次评价工作范围仅包括本工程海上风机机组、220kV 海上升压站、35kV 场内集电线路和 220kV 海上升压站至中广核岱山 4#海上风电场工程海上升压站之间的 220kV 电缆。中广核岱山 4#海上风电场工程海上升压站送出至大鱼山陆上集控中心段电缆、登陆后陆上工程均依托中广核岱山 4#海上风电项目（一期）工程，不在本评价范围内。该中广核岱山 4#海上风电项目（一期）工程环境影响报告书及及陆上工程环境影响报告表已取得批复意见，分别见附件 21 和附近 22。陆上集控中心场内布置 GIS 楼、SVG 楼、消防泵房及水池、辅助楼和事故油池等附属建（构）筑物，预计在 2019 年年底建成。

3.2 工程地理位置

中广核嵊泗 5#、6#海上风电场项目位于浙江省大衢洋海域东海大桥东侧，东海大桥 2 号通航孔航道两侧。本工程地理位置图见图 3.2-1 和图 3.2-2。



图 3.2-1　　工程地理位置示意图

3.3 工程建设方案概述

3.3.1 总平面布置

本工程分两块区域，分别为5#场址和6#场址。风电场总装机容量为282MW，共布置 47 台单机容量为 6MW 的风机。5#场址分为 5C 和 5D 两个场区，5C 场区布置 11 台风机，风电机组行间距约 750m，行内间距约 1060m；5D 场区布置 11 台风机，风电机组行间距约 850m，行内间距约 1000m。6#场址内布置 25 台风机，风机间距行间距约 950，行内间距约 1050。工程总平面布置及风电场布置图见图 3.3-1、图 3.3-2 和附图 2。

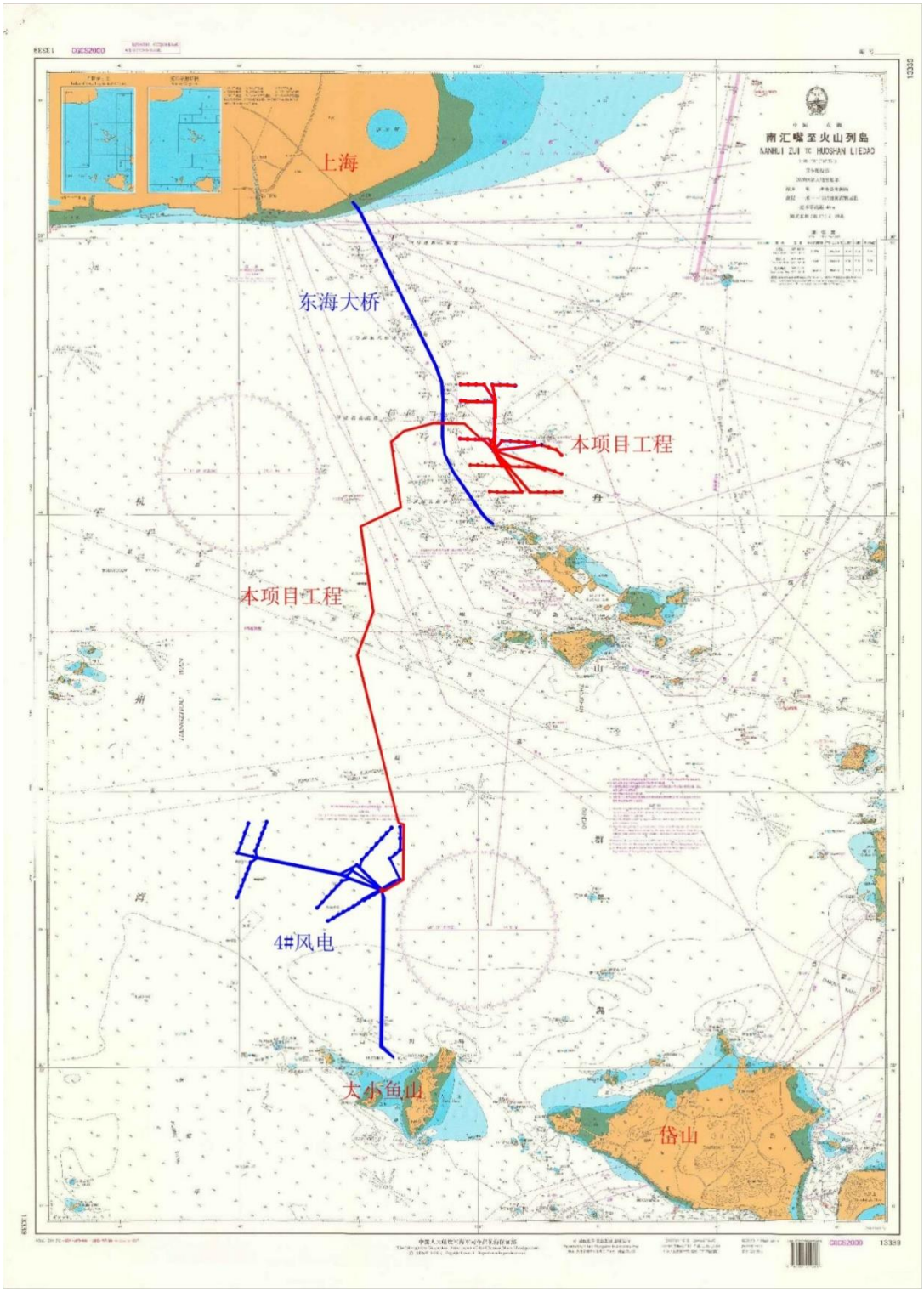


图 3.3-1　　总平面布置示意图

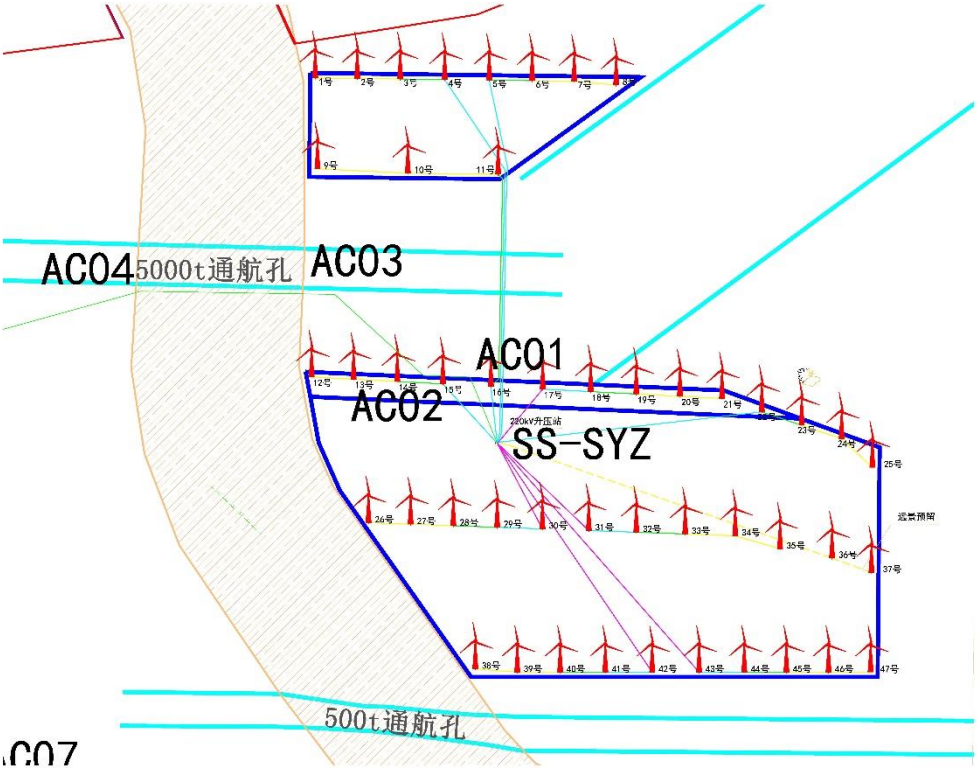


图 3.3-2　　风机布置图

风电场场内配套建设1座220kV海上升压变电站，海上升压站按2×150MW容量设计。根据本风场风机布置情况结合工程地质及水深条件，海上升压站设置在 6#风电场区，初步位置定在 16#和 29#风机中间区域。

本工程场内集电线路电压等级采用 35kV，风机采用一机一变的方式升压至 35kV。根据风电场场内风机布置，47 台风机共分为 11 组，每组 2~5 台风机，场内集电线路每回输送容量最大为 30MW，接入海上升压变电站。考虑到工程电力送出和工程造价的经济性，本工程电力升压后经过一回三芯 220kV 海缆线路接入位于岱山县大鱼山岛北侧已核准的中广核岱山 4#海上风电场工程海上升压站，与岱山 4#风电场共用 220kV 海缆线路送出并接至位于大鱼山的陆上集控中心。风机总布置图见 3.3-1，场址及海缆路由拐点经纬度坐标见表 3.3-2。由于中广核岱山 4#海上风电场工程海上升压站位于岱山农渔业区内，因此本工程 220kV 电缆南段约 5.4km 位于岱山农渔业区。

表 3.3-1　　风电场场址拐点经纬度坐标

风电场区	控制点	纬度	经度	面积（km^2）
5#C 区	C1	30 °04048.850343 度	121850343 度坐标 s 2 见表	4.1
	C2	30 °04048.353489 度	122353489 度坐标 s 2 见表	
	C3	30 °0407.2163039	122163039 度坐标 s 2 见表	
	C4	30 °0407.4942779	121942779 度坐标 s 2 见表	
5#D 区	D1	30°42′49.847083″	121′49.847083″2 见表	1.6
	D2	30 °02043.898354	1228983547083″2 见表	
	D3	30 °02032.947664	1229476647083″2 见	
	D4	30 °02040.402274	1214022747083″2 见	
6#区	E1	30 °02037.131524	1211315247083″2 见	19.3
	E2	30 °02029.306454	1223064547083″2 见	
	E3	30°02021.747506″	122747506″083″2 见表	
	E4	30 °00050.308286	122308286″083″2 见表	
	E5	30°00048.911855″	122911855″083″2 见表	
	E6	30 °0202.7461485	121461485″083″2 见表	
	E7	30°02021.606142″	121606142″083″2 见表	

3.3.2　风电机组选型及发电量

（1）风电机组选型

本工程通过比选最终推荐 5#选择单机容量为 6MW 的 WTG-4 机型、6#选择单机容量为 6MW 的 WTG-5 机型。

（2）风电场发电量

本风电场理论年发电量为 129291.9 万 kWh，平均单机理论年发电量为 2750.9 万 kWh，平均尾流损失为 10.77%，最大尾流损失为 13.40%。风电场实际年上网电量为 86758.4 万 kWh，平均单机年发电量为 1845.9 万 kWh，风电场年等效负荷小时数为 3077h，容量系数为 0.351。

3.3.3　电气

3.3.3.1　电气一次

（1）接入电力系统方式

风电场配套新建一座 220kV 海上升压变电站，风电场所发电能通过 11 回 35kV 海缆（51.63km）连接后汇集至海上升压变电站 35kV 母线，经主变升压至 220kV 以一回 HYJQF41-127/220-3×1000mm^2 海底电缆（42.19km）登陆至已核准的中广核岱山 4#海上风电场工程海上升压站，再一并接至位于大鱼山的

陆上集控中心。

（2）电气主接线

a. 风电场集电线路

本工程场内集电线路电压等级采用 35kV，风机采用一机一变的方式升压至 35kV。根据风电场场内风机布置，47 台风机共分为 11 组，每组 2~5 台风机，场内集电线路每回输送容量最大为 30MW，接入海上升压变电站。

由于风电场位于海上，集电线路电缆全部采用 35kV 海缆，型式为铜导体 3 芯交联聚乙烯绝缘分相铅护套粗钢丝铠装光纤复合海底电缆。

b. 220kV 海上升压站电气主接线

220kV 海上升压变电站规划安装 2 台容量均为 150MVA 的 220kV 双绕组变压器，主变低压 35kV 侧为单母线分段接线，共设置 2 段母线，规划安装 35kV C-GIS 开关柜 18 台；主变高压侧为单母线接线，采用 220kVSF6 气体绝缘金属封闭式组合电器（GIS）。主变压器 220kV 中性点为有效接地系统。

站用电系统设置两段独立的 400V 母线，每段母线分别从两台站用变压器各引接一回 400V 电源，两回电源通过双电源自动切换装置进行自动切换。

另设 1 台柴油发电机组作为应急备用电源，柴油发电机作为应急备用电源出 2 回 400V 出线，分别接入 400V 站用电系统和应急电源系统。

（3）220kV 海上升压变电站电气设备布置

海上升压平台分为底层甲板平台、下层甲板平台、上层甲板平台、顶层甲板平台，海上升压变电站为全钢结构，除主变散热器外，其余设备均室内或柜体内布置。海上升压变电站平台底层为事故油罐室，一层布置有 220kV 主变压器室、220kV GIS 室、高压电抗器室、35kV 配电装置室、柴油发电机房、水泵房、站用配电屏室、应急配电屏室、蓄电池室、备品备件间；二层为主变室、GIS 室和高压电抗器室上空，布置有继保控制室、通风机房、应急生活间。接地变/接地电阻成套装置、站用变装置布置于 35kV 配电装置室；220kV 主变下设主变油坑，主变高压侧采用电缆出线与 220kV GIS 连接，低压侧采用电缆出线与 35kV 充气开关柜连接；主变与平台其它建筑物之间设置防火防暴墙。所有的控制保护屏柜、通信设备屏等均组屏放置于继保控制室，直流配电屏布置在二次电源设备室，蓄电池放置于蓄电池室。

3.3.3.2 电气二次

本工程监控系统设备配置和功能要求按照陆上“无人值班（少人值守）”和海上“无人值守”的运行管理方式设计，风电场的机电设备分风电机组监控系统和 220kV 升压站监控系统两个局域网进行监控。

3.4 土建工程

3.4.1 工程规模、等别与标准

本工程等别为 I 等，工程规模为大（1）型，机组塔架地基基础设计级别为 1 级，风机基础结构安全等级为一级，其潮水设计标准为重现期 50 年。海上升压站建筑物级别取与风机基础相同为一级，结构安全等级为一级，潮水设计标准按取 100 年一遇。

建筑物地震设防烈度按基本烈度取为 7 度。风电场风机基础结构的抗震设防类别为丙类。

3.4.2 风电机组基础设计

从基础结构特点、适用自然条件、结构受力情况、防撞能力、基础顶部变位情况、海上施工技术与经验以及经济性方面进行比较，选择高桩砼承台方案作为推荐方案，其防撞性最好，且经济性占优。

推荐的高桩砼承台基础方案：本方案采用 8 根 D2000mm（壁厚 25~30mm）的钢管桩作为基桩，钢管桩桩端打到⑦2-2 层，桩尖高程约-81m，桩长约 87m。8 根基桩在承台底面沿半径 R=5.5m 的圆周均匀布置，斜度为 5:1。混凝土承台直径 15m，厚度 5.8m，其中上部 5.0m 承台主体采用 C45 高性能海工混凝土，下部 0.8m 厚封底混凝土采用 C30 混凝土。承台顶高程为 6.0m。直径 6.0m 的风机塔筒过渡段钢管位于承台中心，底端埋进入承台混凝土中，以保证与承台的连接，另外为保证上部风机荷载能直接有效传递给钢管桩，在风机塔筒过渡段和桩基础之间设钢连接件连接。塔筒过渡段顶端设操作平台面并通过法兰与风机塔架连接，塔筒过渡段顶高程为 11.00m。

本方案风机基础三维模型示意图见图 3.4-1，基础结构图见附图 3。

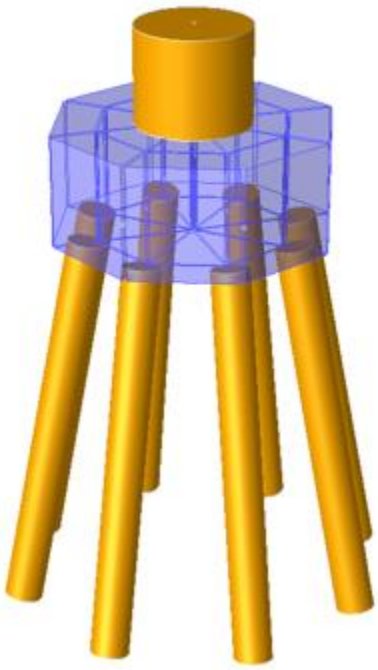


图 3.4-1　　高桩砼低承台三维模型图

3.4.3　海上升压站设计

海上升压站布置在 16#和 29#风机之间的海域。海上升压站共由 3 部分组成：桩基础、导管架和上部平台，上部平台结构采用框架-支撑体系，下部结构采用导管架嵌套桩基础结构，4 根导管架竖杆间采用横撑-斜撑相互连接组成的空间桁架体系以加强导管架的侧向刚度。其中导管架和上部平台（包括设备、舾装等）分别在陆上整体制作完成后运输至施工场地进行安装。

钢结构平台主要由下部导管架和上部四层框架组成，钢结构重约 2195 吨（不包括电气设备和舾装等重量），设备重约 835 吨，舾装重约 320 吨（不含舱壁），上部钢结构平台吊装时所有钢结构、电气设备和舾装总重约 3350 吨。底层甲板梁顶高程为 13.00m。底层外部轮廓约为 27.5m×29.0m，底层甲板顶标高为 13.00m 层高为 6.0m，本层层底标高为 1985 国家基准高程系统，底层主要布置有事故油罐及备料间。一层外部轮廓尺寸分别为 43.1m×37.4m，层高为 5.0m，一层甲板顶标高为 19.00m。本工程一层主要布置柴油发电机及储油罐、主变（含散热器）、35KV 开关柜、接地变、GIS、细水喷雾泵房、高压电抗器室、蓄电池及站用配电屏等。

下部海上升压基础采用导管架-钢管桩结构，导管架与钢管桩通过焊接与灌浆可靠连接。由 4 根直径 2.50m 倾斜（斜率为 1:10）钢套管用横撑和斜撑（D1321mm 钢管）连成桁架式结构，在工厂预制好以后整体吊装到施工位置；基础为 4 根直径 2.30m 钢管桩，桩底高程约为-80.00m，桩尖进入⑦2-2 层粉细砂层中。现场钢管桩安装完毕后与主套管间的环形空间内采用灌浆密实，每个桩腿套管外侧设置有灌浆管。另外为满足节点冲剪需要，焊接节点处可局部加厚。

海上升压站结构立面图见附图 4。

3.4.4 防冲刷设计

对于高桩混凝土承台风机基础，由于风机基础建成后，在桩基础周围会形成圆形的冲刷区域，在设计中对于风机基础中的钢管桩采取在计算中预留冲刷裕量的方法以保证设计安全。

3.4.5 防腐蚀设计

3.4.5.1 风机基础防腐蚀设计

根据风机基础构件所处的不同腐蚀分区，分别采取相应的防腐蚀措施：

高桩混凝土承台全部位于浪溅区，混凝土承台采用强度等级 C45 的高性能海工混凝土，并在混凝土承台外表面采用硅烷浸渍防腐蚀。

钢结构防腐蚀设计，在大气区采用高腐蚀年限的防腐蚀涂层方案，涂层系统采用钢结构表面 600μm 厚环氧重防腐蚀涂层和 60μm 厚的丙烯酸聚氨酯面漆，面漆颜色：安全黄 RAL；浇筑在混凝土内部的过渡段及连接件采用 20μm 厚无机硅酸锌车间底漆；在浪溅区及水位变动区采用钢结构表面 800μm 厚环氧重防腐蚀涂层和结构预留腐蚀裕量的措施，水下区采用钢结构表面 800μm 厚环氧重防腐蚀涂层和牺牲阳极的阴极保护的联合措施，泥下区采用牺牲阳极的阴极保护的措施防腐蚀。每根桩布置 310kg 高效铝合金阳极块 5 块，每个风机基础布置 40 块。

3.4.5.2 海上升压站防腐蚀设计

大气区外露钢结构表面：富锌底漆 80μm+环氧重防腐涂料 400μm+聚氨酯面漆 60μm；大气区室内部分：富锌底漆 80μm+环氧重防腐涂料 200μm；浪溅

区、水位变动区钢结构外表面：环氧玻璃鳞片漆 1000μm+聚氨酯面漆 60um；水下区钢结构外表面：环氧玻璃鳞片漆 800μm，以及牺牲阳极块联合防腐。

钢管桩内壁在-20m 高程以上部分：环氧封闭漆 50μm+环氧重防腐涂料 400μm；导管架封闭部分内壁：环氧封闭漆 50μm+环氧重防腐涂料 200μm；导管架、钢管桩与灌浆料的接触面：无机硅酸锌车间底漆 20μm。

海上升压平台结构采用防腐涂层，在浪溅区同时采用 3mm 的腐蚀裕量。海上升压平台导管架及钢管桩牺牲阳极防腐所需 A21I-1 高效铝合金阳极 30t。

3.4.6 防撞及靠泊设计

全部风机采用高桩混凝土承台方案并降低承台底高程以整体抵抗船舶撞击力。承台底高程为 1.0m（封底混凝土底高程 0.2m）以确保风电场外围 500t 船舶在任何水位时可以撞击在混凝土承台上。同时在设计低潮位时，考虑到运行维护服务船舶的干舷高度比较小，为防止服务船在设计低水位时钻入基础承台底下撞击钢桩，在承台外围下部设多列悬挂的竖向防撞型钢，防撞型钢底部高程为-2.00m，服务船舶其满载干舷高度最小（按 DWT=200T 考虑）约为 0.60m，在设计低水位时撞击点高程为-1.16m，撞击点为防撞型钢底端。

3.5 施工组织设计

3.5.1 施工条件

3.5.1.1 自然条件

热带气旋是夏、秋季影响风电场海域最严重的灾害性天气。根据工程区及周边区域历年气象统计资料，本风场施工受海上风、浪、潮、雾等的影响较大，结合附近风电场工程实际施工经验，本风电场区域海上桩基施工时间年有效工作天数暂按 174 天计，风机安装年有效工作天数暂按 150 天计。

3.5.1.2 船舶避风条件

施工现场面临开阔海域，常年受季风、台风影响，对船舶施工安全构成较大的威胁。施工中必须慎重考虑船舶安全作业条件，做好防风、防浪预防措施，当预报 8 级大风时，施工船舶选择现场抛锚避风，当预报 9 级以上大风时，船舶必须拖航至临近固定锚地避风。大型施工船舶避风锚地选择在横沙锚地，小

型船舶避风锚地选择秀山岛东西锚地和大鱼山西南锚地等。

3.5.1.3 对外交通运输条件

中广核浙江嵊泗海上风电场工程项目场区位于东海大桥 5000t 通航孔附近，东海大桥起于上海南汇芦潮港，北与沪芦高速公路相连，南跨杭州湾北部海域，直达浙江嵊泗小洋山岛，全长有 32.5km，是对外交通重要枢纽。

本工程所属海域为洋山港区域，水域开阔、临近洋山港航道、临港支航道、金山航道及漕泾东航道等，大型施工船舶水上航行能够顺利到达风电场施工区域；对外海陆空交通方便，工程周边现有港口码头包括：芦潮港、大小洋山港、长江口横沙基地码头、振华港机长兴岛基地、上海电气临港新城码头、舟山海洋工程综合基地（以下简称岱山基地）、三航镇海基地码头等。

工程所处地可采取水陆联运的方式将材料、构件设备等直接运输到施工基地及施工现场。

3.5.1.4 材料供应条件

钢材、油料：钢材在长江口沿岸的江苏省、上海市，以及工程所在的浙江省具有较大规模的钢厂，宝钢、杭钢等大型企业均有条件供给本工程使用，工程所需的大量优质钢材可直接从周边地区采购。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+水运方式运输至本工程施工现场。

砂石骨料及混凝土：本工程中海上风机基础存在混凝土工程。海上风机基础混凝土用量较大，考虑采用大型混凝土搅拌船。砂、石料、水泥、粉煤灰、外加剂等可从周边市场上采购，来源比较丰富。

3.5.1.5 施工机械设备来源

本工程施工机械设备主要为海洋工程施工类船只。工程所在区域位于上海浦东新城海域与宁波洋山港之间，毗邻众多大型港口码头工程。宁波-舟山港为世界知名的深水大港，港口设有大型起吊设备，宁波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，这些企业普遍具有大型的工程用船，可通过租借或者合作共建的方式进行本工程的施工。

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，可供本工程

施工的船机设备来源较广。

3.5.1.6 施工水电供应条件

依托岱山基地作为陆上施工基地，该基地有良好的供水、供电系统，能够满足本工程生产生活用电、用水的需求。海上施工现场通过施工船舶自带的发电设备供电，以及配备的发电船辅助供电；海上生活及施工用水采用运水船，运输至施工现场。

本工程施工人员交通换乘码头可根据需要考虑布设在芦潮港和洋山港，便于施工作业人员上下以及小型施工设备的运输。为便于现场管理，可在现场设大型多功能施工驳船，供施工人员临时生活、办公并可作为材料堆场，现场指挥中心。

3.5.2 临时施工场地布置

工程临时施工场地总平面布置按功能要求，划分为 4 个区域：a. 海上施工作业区；b. 风机机组陆上拼装作业区，即岱山拼装基地；c.钢结构加工区；d. 施工船舶保障区，即横沙锚地等避风锚地。

3.5.2.1 海上施工作业区

海上施工作业区，包括风机基础施工区、风机安装施工区等，由于本工程远离陆地，为方便现场的管理，施工期间在基础施工或风机机组安装位置临近海域现场布置指挥船驳，作为海上施工指挥中心，设有办公室、临时宿舍、食堂等设施，可作为海上现场指挥中心，兼着作业人员临时生活、维修和急用的小型机具存放等功能。

3.5.2.2 风机机组陆上拼装作业区（岱山基地）

经过风电场周边港口码头等调查分析，选择现有岱山基地作为本风电场的拼装基地。岱山基地各项配套设施齐全，水上交通便利，距离本海上风电场工程场区约 75km。基地内主要有储存风机部件、基地内场风机散件组装、风机塔筒及组装件在码头前沿专用运输驳上组装三个部分。

岱山拼装基地分陆域场地、运输通道及码头三部分，共有 2 条风机拼装流水线。陆域场地主要包括设备工装堆放场地，机舱、塔筒堆放区，叶片、轮毂

堆放及叶轮拼装区，以及施工管理人员生活、办公区，料库，机务车间等；码头作为风机部件卸船、风机拼装以及风机整机出运作业区；引桥贯通内场与码头，方便风机部件进场及相关拼装组件出运。组装区通过引桥与出运区相连，重件可通过引桥上移动小车进货与出运，出运区包括 500t 固定式全回转起重机基础，以及其他设施等。

岱山基地占用面积 42000m^2，施工基地生产生活区占地面积见表 3.5-1。岱山基地位置和平面布置见图 3.5-1。

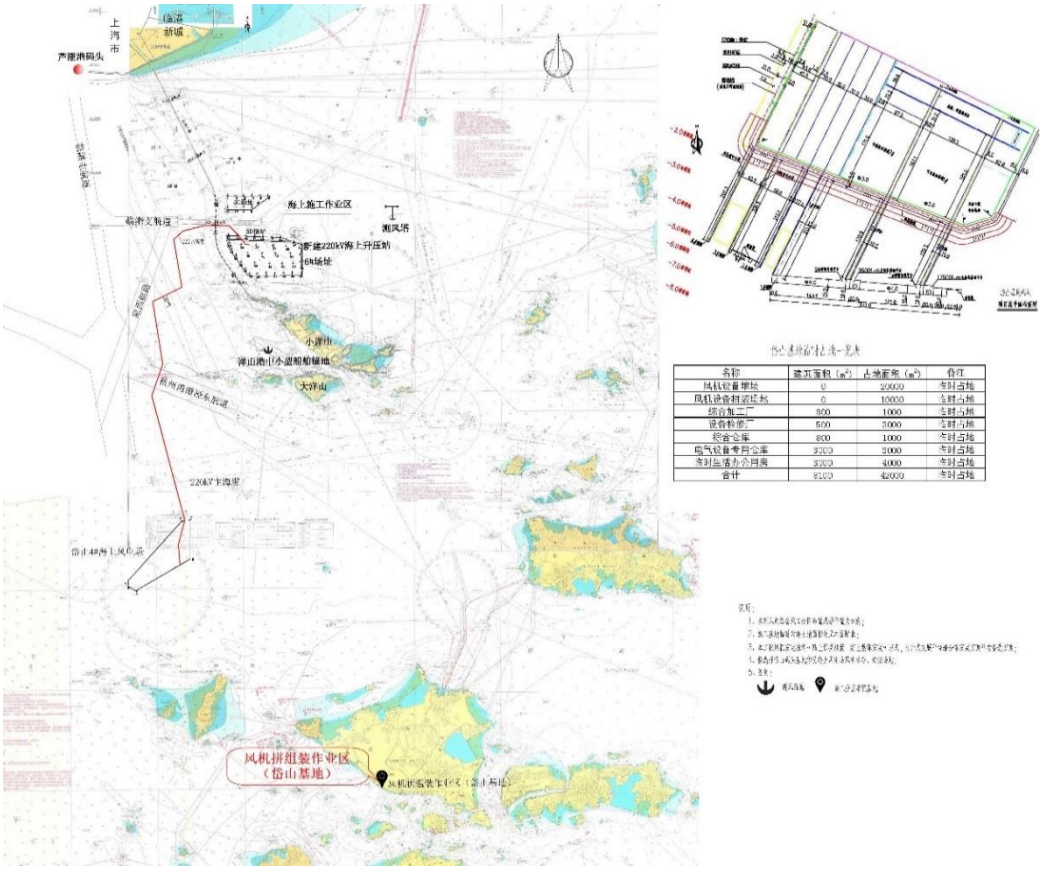


图 3.5-1　　岱山基地位置和平面布置图

表 3.5-1　　岱山基地占地表

序号	名称	建筑面积（m^2）	占地面积（m^2）	备注
1	风机设备堆场	0	20000	
2	风机设备拼装场地	0	10000	
3	综合加工厂	800	1000	
4	设备检修厂	500	3000	
3	综合仓库	800	1000	
3	电气设备专用仓库	3000	3000	
4	临时生活办公用房	3000	4000	
5	合计	8100	42000	

3.5.2.3 钢结构加工区

基础钢管桩加工选择浙江宁波沿海大型钢管桩专业制桩厂，具有完善钢管桩制作能力和出运条件。钢管桩整桩制作完成并完成防腐后，采用大型桩驳运输到现场。

海上升压站钢结构加工选择上海、江苏沿岸大型钢结构加工企业进行，采用大型运输驳船分别将舾装后的上部组件和基础导管架、基础钢管桩运输至现场。

3.5.2.4 避风锚地

施工现场面临开阔海域，常年受季风、台风影响，对船舶施工安全构成较大的威胁。施工中必须慎重考虑船舶安全作业条件，做好防风、防浪预防措施，当预报 8 级大风时，施工船舶选择现场抛锚避风，当预报 9 级以上大风时，船舶必须拖航至临近固定锚地避风。本阶段考虑大型施工船舶避风锚地选择在横沙锚地，小型船舶避风选择秀山岛东西锚地和大鱼山西南锚地。

工程区域附近避风锚地情况如表 3.5-2 所示。

表 3.5-2　　场区附近锚地调查表

锚地名称	主要用途	面积	水深	容量		底质
		（km^2）	（m）	等级（万吨）	船数（艘）	
大鱼山西南锚地	避风、侯潮	10.5	11~21	5	22	泥
五虎礁锚地	联检	7.18	10~15	2	25	泥
秀山岛西锚地	待泊、避风	3.32	6~15	5		泥
秀山岛东锚地	待泊、避风	26.5	7~16	5		泥
长途山南锚地	待泊	13.9	14~22	10	28	泥
长途山北锚地	待泊、避风	8.5	14`20	10	26	泥
衢山南锚地	待泊、避风	19.6	15~22	10	27	泥
横沙锚地西区	供大型船舶候潮、待泊、联检、避风	2.0				泥
横沙锚地东区	供大型船舶候潮、待泊、联检、避风	4.0				泥

3.5.3 风机基础施工

3.5.3.1 施工工艺流程

本工程风机基础类型均为高桩承台基础，单个基础设 8 根钢管桩。钢管桩

直径 2.0m，桩长约 87m，桩壁厚 25~30mm。本工程拟采用的高桩低承台基础方案中钢管桩沉桩在水下进行，承台基础施工采用钢套箱作为混凝土的模板。

风机基础主要施工步骤为：水上打钢管桩→吊装钢套箱→钢套箱底板封孔→浇筑封底混凝土→过渡段塔筒安装→承台混凝土施工→混凝土养护、拆除钢套箱。

3.5.3.2 钢管桩施工

（1）钢管桩制作与场内外运输

本工程风机基础类型均为高桩承台基础，单个基础设 8 根钢管桩。根据对钢管桩运输要素的分析，管桩运输长度是船只选型的控制要素，按照管桩长度 86m 的运输要求，本阶段配套选择可利用甲板形体长度 90m，型宽 25m，满载吃水 3m 以内的多功能运输驳船，按照普通运输驳船的方形系数 0.7 考虑，其载重量约 4725t，选择 5000t 级及以上甲板运输驳船。钢管桩制作不属于本工程的评价范围。

（2）钢管桩沉桩施工

钢管桩沉桩施工采用常规海上打桩方法，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。钢管桩单根桩重约 120.03t，打桩船应选择单钩起重能力不小于 150t 的专业打桩船，根据调查，现阶段，市场上单钩起重能力在 150t 以上的专业打桩船包括“雄程 1 号”、“雄程 2 号”、“中铁建 1 号”等，船舶数量基本满足工程施工要求。配合 1 台 600kJ 以上液压锤进行沉桩（800kJ 以上液压锤备用）。

沉桩工艺流程见图 3.5-2 所示。

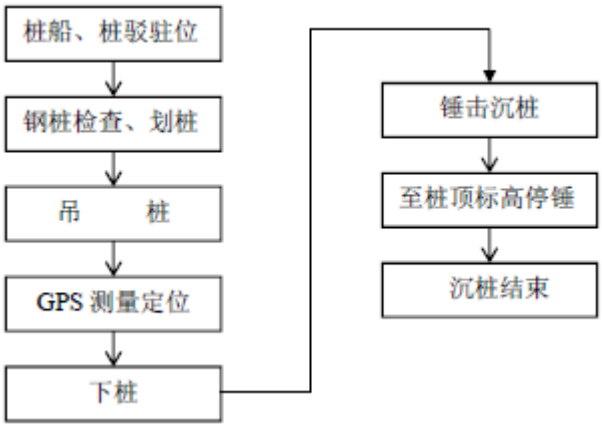


图 3.5-2　　钢管桩沉桩施工流程图

3.5.3.3　钢套箱吊装

（1）钢套箱制作与场内外运输

钢套箱高 6.6m，内直径 15m。钢套箱结构由侧壁、钢底板和桁架梁三个部分组成。钢套箱重约 160t，在陆上拼装成整体后用大型吊机整体吊装安放在运输船只上运至墩位，并用 350t 以上起重船整体安装至墩位。

（2）钢套箱安装

①桩顶处理

沉桩完成后，在桩顶标高以下 0.5m～1.2m 范围内采用定型钢架夹设桩基牵固围囹，割除桩顶至设计标高，以利于钢套箱的安装就位。

②钢套箱安装就位

钢套箱采用整体吊装，起重船低潮位进点，套箱高潮位安装就位，并及时完成连接加固工作，与钢管桩形成整体刚性连接。吊装钢套箱时承台钢套箱采用四点吊。起重船进位前，先在承台另一侧进位一艘多功能驳，船上配备发电机及配合安装所用的机具、材料等；起重船吊运钢套箱至现场，在高平潮进位、抛锚；然后起吊套箱徐徐转向至承台桩位上方，调整安装方位，定位后位下放钢套箱。钢套箱安装完毕，立即对钢套箱进行临时加固处理。

3.5.3.4　桩芯混凝土浇筑施工

桩芯钢筋笼在基地钢筋加工区加工成型，由运输船运至施工现场，由多功能驳上的吊机配合提升架进行安放、接长，所有钢筋笼安放好后浇注桩芯混凝土。

由于采用斜桩，为了达到桩内下导管浇注混凝土的目的，导管上设置导向装置。

桩芯混凝土的浇注方法为：桩芯内下放导管，导管口下放至约-25m 标高，混凝土由水上搅拌船供应至漏斗内，而后随着混凝土浇注高度的上升同步上提导管，导管分节拆卸，浇注过程不断地上下拔动导管，并必须始终保证导管口埋入混凝土至少 1m 以上，以使混凝土浇注密实。桩芯顶部 2m 高度混凝土采用振动棒振捣密实。

3.5.3.5 过渡段塔筒安装

（1）水上安装施工

船舶在平潮前约 2h 进点就位准备安装。



图 3.5-3　　过渡段塔筒安装施工流程图

3.5.3.6 混凝土承台施工

本工程承台为 C45 高性能海工混凝土。钢筋由 2000t 级及以上工作驳运到现场，在多功能辅助船上轧制和弯筋，直接由辅助船上小型吊机吊装钢筋入模，绑扎后进行混凝土浇筑。通过船用混凝土输送布料机泵送混凝土入模。由于承台底部在多年平均低潮位和多年平均高潮位之间，安装封孔板和浇筑封底混凝土需要乘潮施工，在封底混凝土达到强度后可以全天候施工。

表 3.5-3　　高桩承台基础主要施工船机配置表

序号	船机设备名称	单位	型号规格	数量	用途
1	打桩船	艘	单钩起重能力 150t 以上，配 600kJ 以上液压锤	1	沉桩、安装底座连接件
2	起重船	艘	350t 以上	1	安装钢套箱
3	自航运输驳船	艘	5000t 级及以上	2	钢管桩运输、钢套箱运输
4	自航多功能驳船	艘	2000t 级及以上	2	配合钢筋安装和配合安装钢套箱
5	混凝土拌和船	艘	100m3/h 以上	2	混凝土浇筑
6	拖轮	艘	4000HP 以上	1	拖运打桩船
7	抛锚艇	艘		2	打桩船、起重船抛锚
8	交通艇	艘		2	接送施工人员

3.5.4　风机机组安装

根据本工程所在区域的地质条件，考虑到本工程周边各种已有资源的综合利用，本工程风电机组安装推荐采用整体安装方案。施工工艺总流程见图 3.5-4 所示。

（1）风机机组基地组装

风机机组岱山基地整体拼装采用场地内两台 350t 以上履带吊及 80t 以上履带吊将机舱、轮毂和发电机拼装成组合体，与叶片一起通过移动台车运输至码头前沿。

通过轨道移动台车将塔筒运输至码头前沿后，再利用码头固定式起重机，在 7000t 及以上运输驳上由下到上的顺序逐件完成下塔筒、中段塔筒、平衡梁及上塔筒的安装工作。运输驳上完成塔筒的安装后，将机舱和轮毂的组合体与和 3 片叶片用 500t 以上固定式起重机依次吊装至运输驳的上塔筒。

塔筒及机舱在拼装前应做好内部所有附件的安装，风机吊装体系也应按序在运输驳上安装（包括上部吊装、平衡梁及索具系统等）。

（2）风机机组海上整体运输

风机在运输驳上组拼完成并在“井”字架上固定后，即可用拖轮直接拖至现场整机安装，由 2-3 艘拖轮沿指定的航线将运输驳拖航至本风电场安装现场。

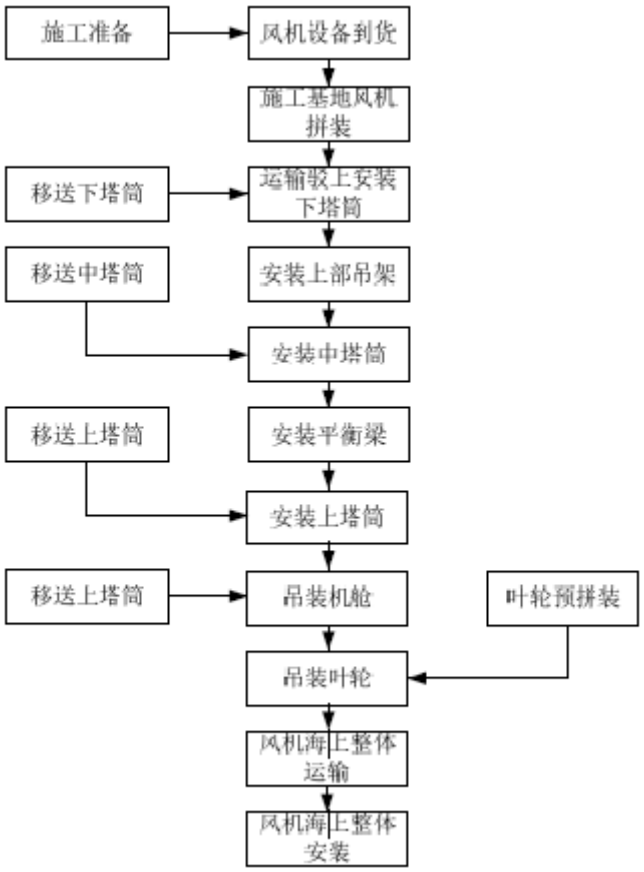


图 3.5-4　　风机机组安装工艺总流程图

（3）风机机组海上整体安装

采用 2000t 级及以上等级大型浮式起重船进行整体安装，即在风机安装前，指将机舱、发电机、轮毂、叶片（3 片）、塔筒等主要部件，按照先后顺序组合成除塔筒基础环以外的风机组合体。

风机设备安装施工主要船机设备见表 3.5-4。

表 3.5-4　　海上整体安装主要施工设备配置表

序号	船机设备名称	单位	型号规格	数量	用途
1	大型起重船	艘	2000t 级及以上	1	风机整体吊装起重船
2	多功能甲板自航驳	艘	2000t 以上	1	吊装体系运输
3	拖轮	艘	6000HP 以上	1	大型起重船拖航
4	拖轮	艘	2000HP 以上	1	小型起重船拖航
5	拖轮	艘	2000HP 以上	2	运输驳拖带
6	风机整体运输驳	艘	7000t 级以上	2	风机整体运输
7	多功能驳	艘		2	辅助安装及现场临设
8	起重船	艘	350t 以上	1	叶轮安装

序号	船机设备名称	单位	型号规格	数量	用途
9	交通艇	艘		3	人员交通
10	抛锚艇	艘		2	船舶抛锚
11	柴油发电机	台	250kw 以上	2	风机拼装应急电源
12	柔性定位系统	套		2	风机安装定位
13	固定吊	台	500t 以上	1	拼装基地安装，陆用
14	履带吊	台	350t 以上	1	拼装基地安装，陆用
15	履带吊	台	80t 以上	3	拼装基地安装，陆用
16	履带吊	台	150t 以上	1	拼装基地塔筒辅助安装，陆用
17	汽车吊	台	50t 以上	1	拼装基地辅助安装，陆用

3.5.5 海上升压站施工

本工程新建 220kV 海上升压站基础型式为导管架结合桩基的结构，主体钢管桩，为 4 根斜桩，单桩长 92m，桩径 2.3m，重量为 238t；基础导管架总重量为 802t。

海上升压站上部结构采用钢结构平台，钢平台运输尺寸 43.1×37.4×21.5m（长×宽×高），舾装后上部组件总重量约 3466t（含主要电气设备）。

本工程海上升压平台导管架基础需安放在海底，为保证基础施工的可行性，根据基础的型式，采用先安放导管架后施打钢管桩方案。

安放导管架后施打钢管桩方案流程如下：

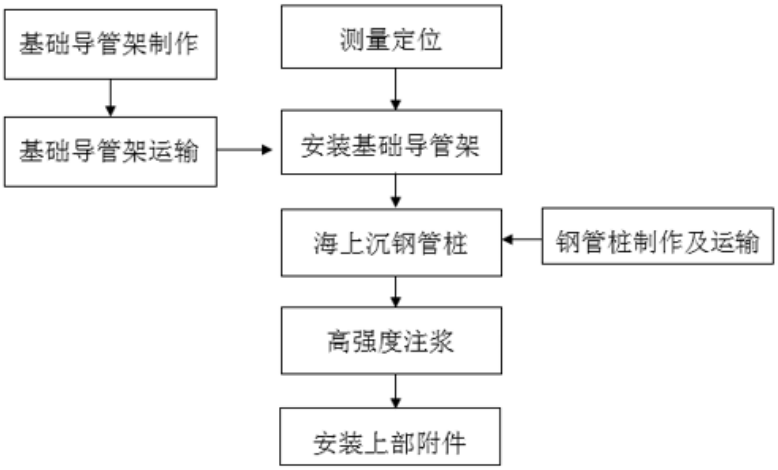


图 3.5-5　　220kV 海上升压平台基础施工流程图

3.5.5.1 基础导管架制作、运输和沉桩施工

（1）海上升压站基础导管架运输沉放

本工程海上升压平台基础导管架重约 802t，在钢结构厂家加工后，由码头

起重机或 1500t 以上级起重船起吊导管架到 2000t 以上级驳船上（也可根据码头条件，采用滑移装船方式），导管架运输至现场后，由 1500t 级及以上级起重船起吊导管架安放在海上升压站站址海床。

（2）海上升压站基础钢管桩施工

基础采用四根直径 2.3m 钢管桩，桩长 92m，倾斜 10：1，单根桩重 238t，采用起重船吊打，配合 1 台 600kJ 以上液压锤进行沉桩（800kJ 以上液压锤备用）。

（3）环形空间灌浆施工

本工程导管架主导管与钢管桩连接灌浆施工采用水泥浆。灌浆用水采用淡水（一般为饮用自来水），出海前将饮用自来水存储在灌浆施工用船的水舱内备用。

导管架调平完成后，套筒与钢管桩间的环形空间内通过高强灌浆材料连接，压力灌浆工艺采用工作船上的灌浆泵进行施工。

3.5.5.2 上部组件吊装

导管架、钢管桩施工完成后进行上部钢结构平台的安装工作。考虑将上部钢结构平台采用陆上总装的方式，各层结构分层制作拼装，并在相应层面进行电气设备安装，最终形成上部组块采用 10000t 级及以上等级驳船整体出运。

运输至现场后停泊在起重船的一侧，由起重船起吊至导管架上进行安装作业。

表 3.5-5　　海上升压平台主要施工船机配置表

序号	船机设备名称	单位	型号规格	数量	用途
1	起重船	艘	起重能力大于 1500t	1	导管架基础施工，配 600kJ 液压锤，800kJ 液压锤备用。
2	起重船	艘	起重能力大于 4500t	1	上部组件安装
3	自航驳船	艘	2000t 级及以上	1	钢管桩及导管架运输、环形空间灌浆
4	大型自航运输驳	艘	10000t 级及以上	1	上部组块运输
5	拖轮	艘	2000HP 以上	2	起重船拖运
6	抛锚艇	艘		2	起重船抛锚
7	交通艇	艘		2	接送施工人员

3.5.6 海缆敷设施工

电缆铺设分两部分，一部分为 35kV 海底电缆，另一部分为 220kV 海缆敷设。220kV 海底海缆总长度约 42.19km，35kV 海缆总长度约 51.63km。风电机组所发电力通过 35kV 海缆输送至 220kV 海上升压站升压至 220kV 后，由 220kV 海底电缆传输位于中广核岱山 4#海上风电场的 220kV 海上升压站。根据锚重与投入淤泥层深度的关系，海缆敷设一般埋深选择为 2.5~3.0m 之间。铺缆正常施工海况条件为六级以下风力，施工船受横流小于 2.5 节。

根据海缆敷设区域海洋环境的不同，可将海缆敷设区分为以下 4 个主要区域进行：

（1）各风机之间、各回路终端风机至 220kV 海上升压站之间所经过的近海深水区域；

（2）长距离 220kV 海缆分段敷设施工方案；

（3）海缆穿越航道处；

（4）海缆与现有海底管道交越处；

以下将对不同区域内的电缆敷设施工分别进行描述。

1）近海深水区域海底电缆敷设

考虑采用专业海底电缆敷设船配备牵引式高压射水埋设机进行敷埋施工，施工船依靠水力埋设机的开沟犁挖沟后敷设，铺缆船铺缆时，开沟犁和高压水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，根据电缆直径选择犁的大小，开沟犁宽 20～50cm。电缆敷设时采用 GPS 定位系统进行定位，牵引钢缆的敷设精度控制在拟定路由±5m 范围内。

2）220kV 长距离海缆敷设方案

本工程拟敷设的 220kV 海底电缆单米重量 129~135kg/m，重约 5654t~5917t。根据现有厂家海缆生产能力，一次性生产单根海缆最大长度约 22km，本工程单根海缆长度 42.19km，需在厂家利用 1~2 个软接头进行海缆连接加工后再出厂，海缆敷设选择 1 艘载缆量大于 6000t 以上敷缆船。具体敷设方式同近海深水区域海底电缆敷设。

3）海缆穿越航道处施工方案

海缆沿航道布置及穿越航道处，海缆埋深不小于 3.0m。海缆埋设完成后，

海缆需进行保护。本阶段考虑采用上覆水泥压块的方式，宽度为沿海缆两侧各2m。本工程采用的水泥压块由陆上预制完成，运输至现场指定位置后，起重船利用吊架直接吊放安装（图 3.5-6）。根据海缆路由布置图，需在临港航道、漕泾航道和东海大桥主通航孔三处进行水泥压块保护，需进行水泥压块保护的海缆长度总计 6.899km，水泥压块宽度为 4m，水泥压块厚 300mm，共计需水泥压块 27597m^2。



图 3.5-6　　水泥压块吊装施工图

4）海缆穿油气管道保护方案

本工程 220kV 主海缆与已敷设油气管道交越一次，根据调查，该油气管道埋深约 1.5m。根据现行行业标准《海底管道系统》(SY/T—10037)，“交越的两管线必须是分离的，且要永久保持不少于 0.3m 的垂直距离。因此在交越点位置原有油气管道和新敷 220kV 海缆之间预先铺设钢板，对原有管道进行覆盖保护。海缆穿球墨铸铁保护管后置于预铺钢板上。海缆敷设后，上覆水泥压块进行保护。”

电缆敷设施工船机配置见表 3.5-6。

表 3.5-6　　海缆施工主要船机配置表

序号	船机设备名称	单位	型号规格	数量	用途
1	1 号铺缆船	艘	6000t 以上载缆量	1	主海缆敷设
2	2 号铺缆船	艘	2000t 以上载缆量	1	主海缆登陆段敷设
3	3 号铺缆船	艘		1	35kV 海缆敷设
4	抛锚艇	艘		4	施工船抛锚
5	小型支腿平台船	艘		1	海缆硬接头加工
6	拖轮	艘	2000HP 以上	4	拖运施工船
7	卷扬机	台		4	电缆牵引
8	交通艇	艘		2	接送施工人员

3.5.7　主要工程量

表 3.5-7　　高桩砼承台基础方案主要工程量

序号	项	工程量名称	单位	工程量	台数	总工程量
1	承台	C45 高性能海工混凝土（承台直径 15.0m，厚度 5m）	m^3	903	47	42441
		C35 封底混凝土（承台直径 15.0m，厚度 0.8m）	m^3	148.44	47	6976.68
		混凝土表面预埋件钢材(Q355C 为主)	t	12.08	47	567.53
		钢筋（HRB400)	t	126.17	47	5930.13
		承台表面过渡段外侧止水及弹性垫层等	项	1	47	47
		砼承台表面集排水	套	1	47	47
2	过渡段塔筒	过渡段塔筒(φ6m，δ＝7.5cm，L=10.0m，Q355D)	t	130.82	47	6148.49
		法兰(Q355E)	t	8.4	47	394.8
3	钢管桩段	钢管桩段 1(φ2.0m，δ＝3.0cm，L=40m，每台 8 根，Q355C)	t	489.72	47	23016.75
		钢管桩段 2(φ2.0m，δ＝2.5cm，L=47m，每台 8 根，Q355C)	t	480.73	47	22594.31
		C35 微膨胀填芯混凝土（φ2.0m，L=26m，每台 8 根）	m^3	686.12	47	32247.83
4	靠泊设施及栏杆	橡胶护舷(DGH300，L=3.0m）	套	38	47	1786
		侧面、顶面系船柱（Q355C）	t	2.1	47	98.7
		靠船及防撞钢材（Q355C）	t	63	47	2961
		爬梯及混凝土承台栏杆 316L 不锈钢	t	3.15	47	148.05
5	连接件	连接件 Q355D 钢板	t	63	47	2961
		支撑柱、调整座等 Q235B 钢材	t	2.63	47	123.38
6	过渡段内部	过渡段内设备平台、爬梯、等钢材（Q235C）	t	10.5	47	493.5
7	操作平台及附件（Q355C）		t	57.8	47	2716.6

序号	项	工程量名称	单位	工程量	台数	总工程量
8	J 型管	海缆 J 型管（φ325*14，Q355C)	t	7.89	47	370.92
		J 管喇叭口（氯丁橡胶）	t	0.05	47	2.49
		J 管固定支架钢材（Q235B）	t	2.31	47	108.57
		固定钢管桩 Q355C（D300mm，δ＝12mm，长 17m）	t	3.47	47	162.86
9	防腐	混凝土表面硅烷浸渍（按喷涂两遍计算）	m^2	1078.20	47	50675.17
		浪溅区钢结构表面 800μm 环氧玻璃鳞片漆+80μm 丙烯酸聚氨酯面漆	m^2	1032.96	47	48548.93
		水下区钢结构表面 600μm 环氧玻璃鳞片漆	m^2	1255.69	47	59017.38
		大气区钢结构富锌底漆 75μm+400μm 环氧玻璃鳞片漆 +100μm 氟碳面漆	m^2	1319.79	47	62029.94
		高效铝合金阳极（A21I-1 型，310kg/块，每个基础 40 块）	t	13.64	47	641.08

表 3.5-8　　海上升压站工程量

序号	项目	规格、材质	单位	工程量
1	**上部组块**			
1.1	柱（主体结构，含吊机柱）	DH36	t	175
1.2	柱（关键节点，含吊机柱）	DH36-Z35	t	200
1.3	斜撑（上部组块主体结构）	DH36	t	165
1.4	梁（上部组块主体结构）	DH36、Q355C	t	650
1.5	上部组块节点	DH36-Z35	t	240
1.6	上部组块铺板(含加劲板）	Q235B	t	430
1.7	上部组块舱壁结构	Q235B	t	335
1.8	楼梯、栏杆	Q235B	t	50
1.9	上部组块吊耳	DH36-Z35	t	40
1.10	上部组块底部插尖	DH36-Z35	t	90
1.11	事故油罐	Q355C	t	20
2	**下部结构**			
2.1	导管架	DH36	t	394
2.2	局部节点加强部位	DH36-Z35	t	396
2.3	吊耳	DH36-Z35	t	12
3	**钢管桩**			
3.1	主桩体(φ2.3m，δ1＝3.2~5.0cm，共4根,每根长92m，Q355C)		t	946
3.2	吊耳		t	6
4	**附属件**			
4.1	灌浆连接等	Q355C	t	10
4.2	下部组块靠船支撑	DH36	t	150
4.3	靠船护舷	DGH-A300，	套	64

序号	项目	规格、材质	单位	工程量
		L=3m		
4.4	下部结构爬梯	Q355C	t	30
4.5	下部结构栏杆	315L	t	10
4.6	牺牲阳极	高效铝合金阳极（A21I-1型）	t	36
4.7	阳极安装件	DH36	t	9
4.8	J型管及固定设施	Q355C	t	100
4.9	防沉板	Q355C	t	80
4.10	套管内细部构造	Q355C	t	10
4.11	封堵设施		套	4
4.12	灌浆材料	水泥基高强灌浆材料	m^3	120
4.13	玻璃钢格栅		m^2	200
4.14	海洋观测平台		套	1
4.15	气象设备		套	1
4.16	爬梯限位器		套	4
4.17	吊机（6.5t*25m）		台	1

3.5.8 施工总进度

根据风机基础及风机安装施工程序，选用先进的施工设备和工艺，力求加快建设速度；根据风机基础及风机安装的施工特点，合理安排基础与风机安装的施工程序，使基础、风机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，提高经济效益。

第 1 年第 1 月，施工准备期；开工后 3 个月完成主要施工准备：包括测量控制 GPS 基站建设完成，陆上首件施工所需船舶、设备调迁进点，项目部组建完成人员到位，开工报告等前期相关手续完成。

第 1 年第 2 月初，开始钢管桩，塔筒过渡段，钢套箱等钢结构制作；

第 1 年第 3 月初，风机基础全面施工，施工顺序为钢管桩沉桩--钢套箱安装--封底混凝土浇筑--桩芯混凝土浇筑--过渡段塔筒安装--承台混凝土浇筑--附属设施安装等；至第 2 年第 10 月底，全部承台混凝土浇筑完成，至第 2 年第 7 月底，附属设施安装完毕。

第 1 年第 1 月初开始海上升压站电气设备采购，第 1 年第 3 月至第 1 年第 9 月底，完成海上升压站上部组件舾装，第 1 年第 10 月初吊装后海上升压站调试，至第 1 年第 11 月底，海上升压站具备运行条件。

第 1 年第 8 月，首批风机机组开始运输到施工基地，第 1 年第 9 月进行首

批机组陆上预组装，第 1 年第 10 月进行首批机组整体安装及调试，第 1 年第 12 月底首批机组并网发电；第 2 年第 9 月底，全部机组安装完成。

第 1 年第 6 月至第 1 年第 10 月底进行 220kV 海底电缆敷设，第 1 年第 9 月开始首批 35kV 海缆敷设，至第 2 年第 10 月底完成全部 35kV 海底电缆敷设；

第 2 年第 12 月底全部机组调试完毕并网发电，工程竣工。

本工程第 1 年第 1 月初开工，第 1 年第 3 月初开始风机主体工程施工，第 1 年第 12 月底首批风机发电，第 2 年第 12 月底风场可全部完工并网发电。

3.6 工程建设用海及用地

3.6.1 工程用海

（1）永久用海

①风机基础建设用海征用

风机基础所占用的海域属于电力工业用海范畴，同时本阶段风机基础的设计形式属于透水建筑物，按照《海籍调查规范》的要求，风机基础使用海域以基础外边缘的界线外扩 50m 为准，本阶段风机混凝土承台基础在泥面处桩基外边缘平均直径为 19m，整体外扩 50m 后直径为 119m，经计算单台风机基础海域使用面积为 1.1122hm^2，全部 47 台风机基础使用海域为 52.2734hm^2。

②220kV 海上升压站海域征用

220kV 海上升压站采用透水基础，征海方式以升压站上部平台水平最大投影外边缘外扩 50m 为界。海上升压站用海面积为 1.9662hm^2。

③35kV、220kV 海缆海域征用

35kV、220kV 海缆海域所占用的海域属于海底工程用海范畴，按照《海籍调查规范》中“以电缆管道外缘线向两侧外扩 10m 距离为界”的规定征收。现阶段 35kV 海缆总长度为 51.63km，占用海域面积约 92.1419hm^2（已扣除与风机基础和海上升压站重叠部分）。

④220kV 海缆海域征用

220kV 海缆海域所占用的海域属于海底工程用海范畴，按照《海籍调查规范》中“以电缆管道外缘线向两侧外扩 10m 距离为界”的规定征收。现阶段

220kV 海缆总长度为 42.19km，占用海域面积约 84.828hm^2（已扣除与风机基础和海上升压站重叠部分）。

工程用海面积见表 3.6-1。

表 3.6-1　　工程用海面积

序号	一、永久征海	单位	面积
1	高桩承台基础（含外围 50m）	hm^2	52.2734
2	35kV 海缆范围（场内）	hm^2	92.1419
3	海上升压站（含外围 50m）	hm^2	1.9662
4	220kV 海缆范围	hm^2	84.1086
5	小计	hm^2	230.4901

3.6.2　工程用地

本工程风机设备堆场、组装场、电缆及工器具专用仓库、电气设备专用仓库等临时占地面积根据工程规模、单机容量、装机台数及风机设备参数等进行拟定。临时占地详见表 3.6-2，施工基地平面布置见附图 2。

表 3.6-2　　工程施工临时占地面积

用地类别	单位	占地面积
陆上施工基地（岱山基地）	m^2	42000

3.7　总投资

本工程总投资 482696.45 万元。

3.8　工程特性表

项目工程特性表见表 3.8-1。

表 3.8-1　　工程特性表

名称		单位（或型号）	数量	备注
	多年平均气温	℃	16.1	
	历史最高气温	℃	36.4	
	历史最低气温	℃	-5.7	
	年平均风速	m/s	8.11	110m
	空气密度	kg/m^3	1.184	
	风功率密度	W/m^2	522.6	110m
	盛行风向		NE	
	50 年一遇最大风速	m/s	48.8	110m
	平均海平面高程	m	0.32	1985 年国家

名称				单位（或型号）	数量	备注
	水深范围			m	10~15	平均海平面
	设计高潮位			m	2.42	
	设计低潮位			m	-1.75	
	极端高潮位			m	3.69	
	极端低潮位			m	-2.66	
主要设备	风电场主要机电设备	风电机组	代表机型		WTG-4	
			台数	台	47	
			额定功率	kW	6000	
			叶片数	片	3	
			风轮直径	m	172	
			切入风速	m/s	3.5	
			额定风速	m/s	12.5	
			切出风速	m/s	25	
			安全风速	m/s	70	
			轮毂高度	m	110	
	升压变电所	主变压器	型号	SZ11-150000/220		
			台数	台	2	
			容量	kVA	150000	
			额定电压	kV	220	
		出线回路数及电压等级	出线回路数	回	1	
			电压等级	kV	220	
土建	风电机组基础		台数	个	47	
			型式	高桩承台		
			地基特性	软土地基		
名称				单位（或型号）	数量	备注
施工	工程数量	钢管桩		t	46245.32	
		其他钢构件		t	21546.85	
		混凝土		m^3	81662.5	
		测风塔		座	1	
		220kV 海缆		km	42.19	
		35kV 海缆		km	51.63	
		施工期限	总工期	月	24	
			首批发电工期	月	12	
概算指	静态投资（编制年）			万元	475896.91	
	工程动态投资（不包含送出工程）			万元	493750.03	贷款额度 70%

名称		单位（或型号）	数量	备注
标	单位千瓦静态投资	元/kW	16875.78	
	单位千瓦动态投资	元/kW	17508.87	
经济指标	装机容量	MW	282	
	年上网电量	万 kWh	86758.4	
	年等效满负荷小时数	h	3077	
	平均上网电价（含增值税）	元/kWh	0.85	

4 工程分析

4.1 生产工艺与产污分析

4.1.1 施工期

4.1.1.1 风机机组施工工序与产污分析

本工程风机基础采用 8 桩高桩砼承台方案。风机机组施工工序和产污环节见图 4.1-1。

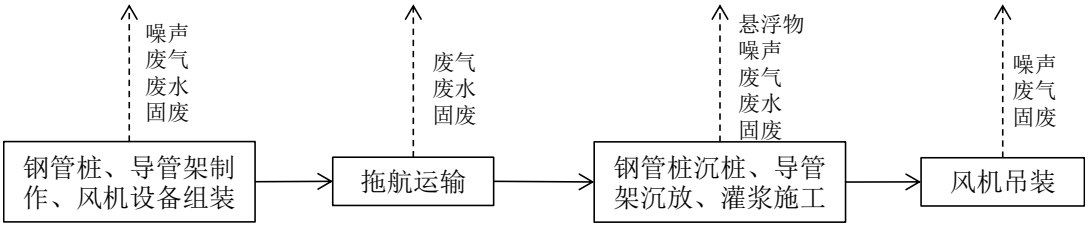


图 4.1-1 风机基础施工主要工序及产污环节

4.1.1.2 电缆施工工序与产污分析

海缆施工工序和产污环节见图 4.1-2。

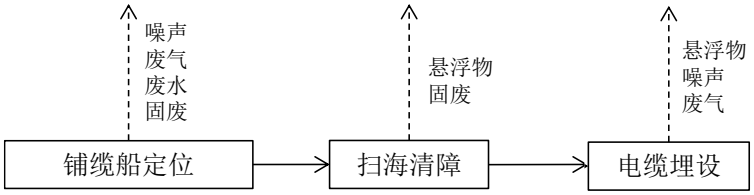


图 4.1-2 海缆主要施工工序及产污环节

4.1.1.3 海上升压站施工工序与产污分析

海上升压站施工工序和产污环节见图 4.1-3。

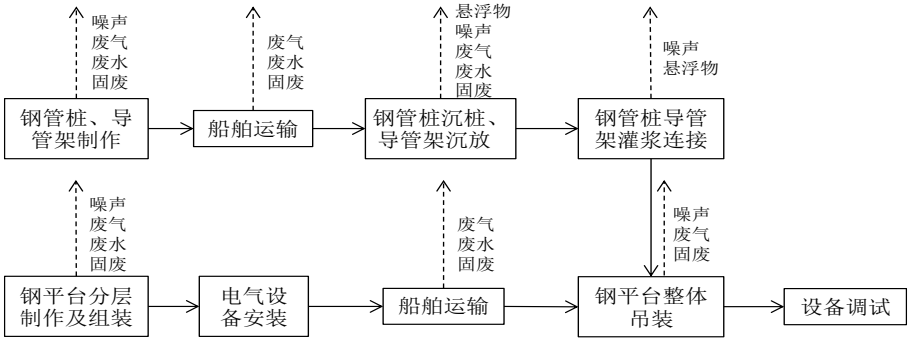


图 4.1-3 海上升压站主要施工工序及产污环节

4.1.2 运行期

风电场主要运行工序及产污环节见图 4.1-4。

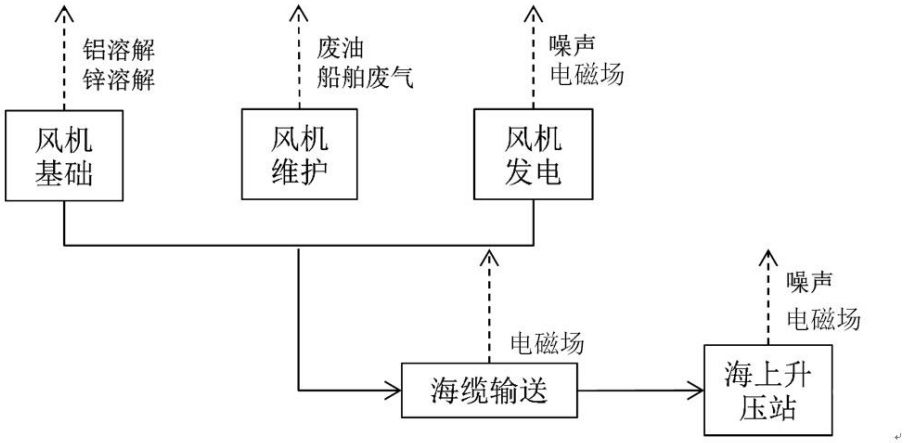


图 4.1-4 风电场主要运行工序及产污环节

4.2 工程各阶段污染物及源强分析

4.2.1 施工期

根据本工程特点，施工期污染源主要包括：海域施工产生的悬浮泥沙、施工船舶的含油污水、生活污水等，陆域施工产生的生活污水、施工废水，生活垃圾和建筑垃圾以及施工噪声等。

4.2.1.1 对海域水质影响

（1）打桩作业

本工程风机基础采用高桩混凝土承台型式，每台风机基础采用 8 根 D2000mm（壁厚 25~30mm）的钢管桩作为基桩，桩长约 87m。海上升压站基础钢管桩施工基础采用四根直径 2.3m 钢管桩，单桩长 92m。沉桩施工时振动导致海底泥沙悬浮引起水体浑浊，污染局部海水水质，影响局部沉积物环境。根据有关桥梁桩基施工时实测资料，在钢管柱施打会引起周围约 100m 半径范围内悬浮泥沙增加（>10mg/L）。

工程钢管桩打入时产生的悬浮物泥沙量采取如下公式进行计算：

$M=\pi\times(0.25\times D^2-(0.5\times D-d)^2)\times h\times\rho\times n$

其中，M：桩基施工时产生的泥沙量；

D：钢管桩直径，根据施工方案本工程风机钢管桩直径为 2m，升压站钢管桩

直径为 2.3m；

d：钢管桩厚度，根据施工方案取最大厚度为 0.03m；

h：风机桩基深度取平均值约为 87m，升压站深度取 92m；

ρ：覆盖层泥沙干容重，按照公式$\gamma_d = 1750 D_{50}^{0.183}$计算，$D_{50}$为泥沙中值粒径，根据《中广核浙江嵊泗海上风电项目海洋水文调查报告》（上海东海海洋工程勘察设计研究院，2018 年 11 月），工程附近海域底质表层以细颗粒沉积物为主，底质表层沉积物均为粘土质粉砂类型，工程海域底质中值粒径 φ 值平均为 6.55，即 0.011mm，计算得到泥沙干容重为 767kg/m^3；

n：泄漏量，根据类似风电场工程经验，按照垢工量的 5%估算。

根据施工设计和施工进度安排，每个桩打桩施工时间约半天，按每天工作 8 小时计。根据上述计算公式，每个风机打桩施工产生的悬浮物源强为 0.17kg/s，计算过程如下：4×3.14×（0.25×2^2-（0.5×2-0.03）^{2}）×87×767×5%/4/3600=0.17kg/s；升压站打桩施工产生的悬浮物源强为 0.21kg/s，计算过程如下：4×3.14×（0.25×2.3^2-（0.5×2.3-0.03）^{2}）×92×767×5%/4/3600=0.21kg/s。

（2）电缆铺设

海底输电电缆敷设时，开沟犁开槽会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。同时，在海缆敷设前，会将旧有废弃缆线、插网、渔网等小型障碍物进行扫海清除，一般仅在泥面上层操作，扫海引起的海底扰动较小，远小于 “埋设犁”敷设产生的扰动，因此，扫海产生的悬浮物与“埋设犁”敷设过程一并考虑。

电缆敷设悬沙源强计算方法：

$Q=L\times H\times W\times \gamma_s \times P$

Q（kg/s）为海底悬浮泥沙强度，L 为开挖进度，γ_s为泥沙干容重，H 为开挖深度，W 为开挖横截面宽度，P 为悬浮泥沙所占挖沙量比例。其中悬浮泥沙所占挖沙量比例 P 一般是结合同类工程经验或现场监测数据进行推算，我国学者徐明德研究认为疏浚物产生的悬浮泥沙发生量约为抓泥量的 1%～5%；范志杰得出单船抛泥源强为抛泥量的 5%~10%，管道敷设中悬浮泥沙占所挖泥沙量的比例一般取 10%~30%。根据同类项目类比，本工程起沙率取保守值 20%。

本工程海底电缆通过“埋设犁”敷设在泥面下 2.5~3m 深处，海缆沟槽底宽约

0.3m，顶宽约 0.5m，正常铺设速度控制在 2m/min，按最不利条件考虑，单条海底电缆铺设正常施工土方量为 2.4m³/min 计；单条电缆施工的悬浮物源强以施工土方量的 20％计，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《中广核浙江嵊泗海上风电项目海洋水文调查报告》（上海东海海洋工程勘察设计研究院，2018 年 11 月），本工程海缆敷设所在海域表层沉积物粒径相差不大（φ 值在 5.82～7.38 之间），因此海缆施工沿线表层沉积物粒径取均值 0.011mm，计算得到泥沙干容重为 767kg/m^3。由此计算得电缆施工的悬浮物源强均为 767×2.4×20％/60=6.1kg/s。

海缆沿航道布置及穿越航道处需进行水泥压块保护，需进行水泥压块的海缆长度总计 6.899km，需水泥压块 27597m^2，水泥压块厚 300mm，所需石块量为 8278.8m^3。抛石施工作业时产生的悬浮泥沙产生量可按下式计算：

$$Q = E \times c \times \alpha \times \rho$$

式中：Q——抛石作业悬浮泥沙产生生量，kg/h；

E——抛石作业效率，m^3/h；

c——石料中泥土含量，%（体积）；

α——泥土进入海水后悬浮泥沙产生系数，以 10%计；

ρ——石料中泥土干密度，取 1450kg/m^3。

根据工程可行性研究报告，本工程抛石总量为 8278.8m^3，预计 8h 可完成抛石施工，石料中泥土含量取 10%，则根据上式计算结果可知，抛石施工时，悬浮泥沙源强约为：Q=8278.8/8×1450×10%×10%/3600=4.17kg/s。

由于抛石施工悬浮物源强小于海缆敷设悬浮物源强，因此海缆敷设悬浮物扩散范围能包住抛石施工的悬浮物扩散范围，因此悬浮物施工源强取 6.1 kg/s。

（3）钢管桩、导管架灌浆连接

本工程升压站导管架主导管与钢管桩连接灌浆施工采用高强水泥基灌浆料。灌浆用水采用淡水（一般为饮用自来水），出海前将饮用自来水存储在灌浆施工用船的水舱内备用。

导管架调平完成后，套筒与钢管桩间的环形空间内通过高强灌浆材料连接，压力灌浆工艺采用工作船上的灌浆泵进行施工。所灌注水泥砂浆可能发生泄漏、溢出，进而可能对桩基附近水质和沉积物环境造成污染。

（4）生活污水

根据工程施工组织计划，本工程高峰时段月投入劳动力 350 人，平均时段月投入劳动力 280 人，按高峰期人员 350 人计，其中海上平均施工人数 175 人，陆上施工 175 人。海上施工人员生活用水量取 50L/人 d，陆上施工人员生活用水量取 150L/人 d，废水产生量按用水量的 80%计，施工期海上生活污水产生量为 7.0m^3/d，陆上生活污水产生量为 21.0m^3/d。施工期海上船舶生活污水收集后与陆上施工人员生活污水一起经岱山基地污水处理设施处理达到《污水综合排放标准》(GB8978-1996)三级标准后，排入到大鱼山岛污水处理厂管网，不外排。生活污水主要污染物浓度及排放量见表 4.2-1。

表 4.2-1　　生活污水主要污染物浓度及排放量

污染物名称	SS	COD_{cr}	BOD_5	氨氮	动植物油
排放浓度（mg/L）	150	300	150	25	30
海上排放量（kg/d）	1.05	2.1	1.05	0.175	0.21
陆上排放量（kg/d）	3.15	6.3	3.15	0.525	0.63
总排放量（kg/d）	4.2	8.4	4.2	0.7	0.84

（5）施工机械油污水

①船舶含油废水

风电场海上施工需动用较大量的海上施工船舶进行作业，工程施工期主要为海上作业，各施工阶段施工船舶平均约 14 艘，高峰约 24 艘，主要为打桩船、起重船、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《港口工程环境保护设计规范》（JTS149-1-2007）船舶舱底油污水水量表，计算船舶油污水产生量见表 4.2-2，船舶油污水的含油浓度为 2000mg/L~3000mg/L 不等，根据施工组织设计，施工期船舶含油污水产生量平均 9.18t/d，高峰约 19.62t/d。施工期船舶含油污水收集后交由有资质单位接收处理。

表 4.2-2　　船舶油污水产生量

船舶吨级（t）	船舶数量（艘）		舱底油污水产生量（t/d 艘）	油污水产生总量（t/d）	
	平均	高峰			
500	10	15	0.14	1.4	2.1
500~1000	0	0	0.14~0.27	0	0
1000~3000	2	4	0.27~0.81	1.62	3.24
3000~7000	1	3	0.81~1.96	1.96	5.88
7000~15000	1	2	1.96~4.20	4.2	8.4
15000~25000	0	0	4.20~7.00	1.4	2.1
合计				9.18	19.62

注：舱底油污水量按上限取值。

②机修含油废水

工程机械设备大修主要委托当地相关修配企业承担，生产区均布置机械保养场主要承担保养维护工作。含油废水生产量约 0.1m^3/d，高峰废水量约 0.15m^3/d。污染物石油类含量约 2000mg/L，需收集后交由有资质单位处理。

（6）施工生产废水

海上承台混凝土浇筑采用 2 艘大型混凝土搅拌船，混凝土搅拌船冲洗按 2 次/d，冲洗量按 5m^3/次计，废水量为 20m^3/d，pH 值约在 11 左右，悬浮物浓度约为 5000mg/L。

陆上施工生产废水主要为陆上施工机械、车辆冲洗以及机械修配厂施工机械、车辆维修产生的含泥沙废水，废水排放量为 2m^3/d，废水 pH 值约在 11 左右，悬浮物浓度约为 5000mg/L。

海上生产废水统一收集后运回陆上与陆上施工生产废水一并经污水处理设施处理后回用。

4.2.1.2 海洋生态和渔业资源影响

本工程施工期对生态环境和渔业资源的影响主要体现在海底电缆埋设过程中海水悬浮物浓度升高导致海洋初级生产力下降、渔业资源损失以及电缆埋设过程对潮下带生物生境的破坏。

（1）潮下带临时压占

本工程施工不占用潮间带，风机基础及海底电缆敷设施工会对作业范围内的底栖生境造成直接破坏，进而引起底栖生物损失。

风机和升压站桩基基础打桩过程中会产生振动影响，施工期风机打桩造成桩基周边一定范围内（约在 1 倍于桩基半经的区域）底栖生物的直接死亡。本工程采用 8 根 D2000mm 的钢管桩作为基桩，则本工程单台风机基础施工临时压占面积约为 3.14×（2^2-1^2）×8=75.36m^2，升压站基础施工临时压占面积约为 3.14×（2.3^2-1.15^2）×4=49.83m^2，则本工程 47 台风机和 1 座海上升压站底栖生境破坏面积为 3591.75m^2。

本工程风机与海上升压平台之间采用 35kV 海底电缆，总长 51.63km，220kV 海底海缆总长度约 42.19km，均全部位于潮下带区域。潮下带电缆埋设采用牵引式高压射水埋设机进行敷埋施工，开沟宽度为 20～50cm，考虑到挖沟犁在作业

过程中会扰动底泥造成泥沙悬浮，悬浮泥沙在重力作用下回落覆盖原有潮下带底栖生物生境，因此工程施工将 3m 作为开沟作业对潮下带区域的影响宽度，则电缆沟槽占用面积为（51.63+42.19）×1000×3=281460m^2。电缆穿越航道段需采用水泥压块保护，水泥压块面积为 27597m^2。

本工程造成的底栖生境破坏面积汇总见表 4.2-3，施工期在该范围内的底栖生物将受到损害。

表 4.2-3　　工程施工底栖生境影响范围

项目	底栖生境破坏面积（m^2）
风机、升压站基础临时压占	3591.75
海缆敷设破坏	281460
水泥压块	27597
合计	312648.75

（2）悬浮物扩散影响

海缆施工前扫海清障及埋设施工会使海底泥沙再悬浮，造成海缆路由沿线较大范围海域的含沙量暂时上升，进而降低海洋中浮游植物生产力，对海洋生态系统带来影响；同时悬浮泥沙的扩散影响会对鱼卵、仔稚鱼的生境产生影响，进而对鱼卵仔鱼资源量造成影响。

钢管柱打桩产生悬浮泥沙对海洋生物将产生一定的影响，根据分析，在钢管柱施打会引起周围 100m 半径范围内悬浮泥沙增加（>10mg/L），则单台风机悬浮泥沙扩散影响范围约为 3.14hm^2，47 台风机和 1 台海上升压站将造成累计约 3.14hm^2×48=150.72hm^2 的悬浮扩散影响。

（3）海域临时占用影响

施工期间，为保证施工作业及渔业生产船舶的安全将禁止渔船进入施工海域捕捞生产，由此导致作业渔场范围减少，同时受施工扰动影响，施工附近海域渔获率将有所降低，从而影响工程及周围海域捕捞产量。

（4）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产生的噪声、灯光等可能对施工区域及周边的鸟类的栖息、觅食产生一定影响，造成该区域的鸟类在种类、数量及群落结构上发生一定变化。但上述影响时段较短，为短时可逆影响。

4.2.1.3 声环境影响

工程施工期将对海上和陆域声环境产生影响。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。陆上噪声主要来源于岱山基地施工运输车辆以及加工修配。

（1）海上施工噪声源强

①施工机械

施工现场的各类机械设备包括装载机、挖掘机、打桩机，还有电缆埋设噪声等，这类机械工程噪声是主要的海上施工噪声源。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。

根据国外工程经验，小型桩施打时 1km 处实测水下声压 135~145 dB re1μPa，折算源强值为 190~200dB re1μPa-m，大型桩施打时噪声源强可达 225~236 dB re1μPa-m。本工程属于大型桩，噪声源强取最大为 236 dBre1μPa-m。

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。

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。大部分噪声分布在 10Hz 至 5kHz 频率范围内，螺旋桨空化噪声的频率范围较广，从 50 Hz 开始扩展至 100 kHz。本工程所用船舶以平均航速 10 海里估算，运输路线为码头至风电场工程区（以中心点计）之间，污染源方式为移动点源，采用上式进行估算，其源强情况见表 4.2-4。

表 4.2-4　　船舶运输噪声排放情况

污染源	产生量	污染物	水下排放量	排放方式
起重船 1500t 级	1艘	*SL*	160dB	移动点源
起重船 2000t 级	1艘	*SL*	162dB	移动点源
自航运输驳船 5000t 级	2艘	*SL*	167dB	移动点源
自航多功能驳船 2000t 级	6艘	*SL*	162 dB	移动点源
风机整体运输驳 7000t 级	2艘	*SL*	170dB	移动点源
风机整体运输驳 10000t 级	1艘	*SL*	172dB	移动点源
海缆敷设船 10000t 级	1艘	*SL*	172dB	移动点源
海缆敷设船 6000t 级	1艘	*SL*	168dB	移动点源

（2）陆上施工噪声源强

陆上噪声主要来源于施工材料的运输，少量的加工修配工作等。由于生活物资、建筑材料及其它施工物资数量较少。类比其他工程，施工运输车辆噪声值一般在 70～90dB(10m 处)。

4.2.1.4　环境空气影响

本工程施工期大气污染源主要为施工基地及施工区各类施工船舶、车辆、机械设备及施工供电柴油发电机等，各类机械设备均以柴油或汽油为燃料。施工机械和车辆运行会产生一定量废气，主要污染物质包括 NOx、CO、SO_2 等。

此外在海域施工区，施工船舶和机械在运行中也会排放一定量的废气，影响海上大气环境质量。

4.2.1.5　固体废弃物影响

工程施工期间固废主要为施工人员生活垃圾和建筑垃圾。

按每人每天产生量为 1.0kg 计，本工程高峰时段月投入劳动力 350 人，平均时段月投入劳动力 280 人，按高峰期人员 350 人计，其中海上平均施工人数 175 人，陆上施工 175 人。则海上人员生活垃圾产生量为 175kg/d，陆域施工生活垃圾产生量为 175kg/d，共 350kg/d。海上生活垃圾由施工船舶收集后运至陆域，与陆域生活垃圾一并纳入当地垃圾处理系统处理。钢材、木料废弃边角料以及废包装材料等施工固体废物中扣除可回收利用部分后，实际产生量很少。

4.2.1.6　对通航环境的影响

本工程位于东海大桥附近，场址区附近航道、通航孔较多，且 220kV 电缆与若干航道发生交越。在施工期间及营运维护期间存在一定的相互干扰，施工船只

的涌入增大了工程海域的船舶流量，存在一定的安全隐患。

同时本工程的建设所产生的电磁环境对该水域的通航环境也有一定的干扰影响。

4.2.1.7 环境风险

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)。本风电场施工期采用的最大吨位施工船舶为10000t 级的大型自航运输驳，经向相关船舶企业了解，10000t 级运输驳油舱载油量在 200t 左右，考虑到燃油经济性，在河口和近岸海域作业时，船舶载油量在油舱容积的 50%左右，即 100t 左右。因此考虑最大风险事故源强泄漏量为 100t。

4.2.1.8 施工期污染物汇总

施工期污染物排放量汇总见表 4.2-5。

表 4.2-5　施工期主要污染物排放“三本账”

种类	污染源	污染物	源强	排放量	削减量	排放方式
悬浮泥沙	电缆铺设	SS	6.1kg/s	6.1kg/s	0	随潮流扩散
	打桩作业	SS	最大 0.21kg/s	0.21kg/s	0	
污水	船舶生活污水	COD、BOD_5、SS、氨氮、动植物油等	$7m^3/d$	0	$7m^3/d$	收集后经岱山基地污水处理设施处理达标后，排入大鱼山岛污水处理厂管网。
	船舶含油污水	油类	9.18t/d	0	9.18t/d	船舶自备含油污水收集处理装置，收集后交由有资质单位接收处理
	海上生产废水	SS	20 m^3/d	0	20 m^3/d	沉淀处理后回用
	陆域生活污水	COD、BOD_5、SS、氨氮、动植物油等	21 m^3/d	0	21 m^3/d	经岱山基地污水处理设施处理达标后，排入大鱼山岛污水处理厂管网
	陆上生产废水	SS	$2m^3/d$	0	$2m^3/d$	施工生产废水经沉淀处理后回用
固体废弃物	船舶	生活垃圾	175kg/d	0	175kg/d	设有垃圾粉碎与贮存装置，定期交接收船后统一处理
	陆域	生活垃圾	175kg/d	0	175kg/d	收集后集中存放，由环卫部门清运处理
施工噪声	施工机械和船舶	水上噪声	最大 172dB(A)	最大 172dB(A)	0	-
		水下噪声	236dBre1μPa-m	236dBre 1μPa-m	0	-
施工废气	船舶	SO_2、NOx、CO	/	/	/	/
环境事故风险溢油	施工船舶	石油类	100t/次	/	/	

4.2.2　运行期

4.2.2.1　对海域水文动力影响

本工程建成后，风机墩柱在一定程度上改变局部海底地形，因此可能对工程

海域附近潮流场尤其是风机墩柱周围的流场产生一定影响，表现为海域局部流速、流向及潮位的变化。

4.2.2.2 对区域海域地形地貌与冲淤影响

本风电场在区域海域内呈斑点状分布。由于底流在钢管桩周围产生涡流，将海底泥沙搅动悬浮带走，因此将在一定程度上改变局部海床自然性状，使该区域的冲淤情况发生一定改变。

4.2.2.3 废水排放影响

运行期废水排放包括运行期新增工作人员的生活污水和设备检修产生的含油污水。

（1）生活污水

工作人员共计 40 人，生活用水量按 150L/（人 d）计，排放系数取 80%，则每日污水排放量为 4.8m^3/d，年污水排放量为 1752m^3/a，主要污染物浓度为：COD300mg/L，SS150mg/L，NH_3-N25mg/L。生活污水经岱山基地污水处理设施处理达标后，排入岱山污水处理厂管网，不外排。

（2）含油废水

风电机组等设备每年检修一次，需定期更换润滑油机油等，部分油类属WHC1级，预计含油废水量约为2m^3/a。主要污染物浓度约为：COD200mg/L，SS300mg/L，石油类100mg/L，经统一收集后运至陆上交由相关单位外运处置。

4.2.2.4 海洋生态影响

本工程为离岸式海上风电场，运行期对海洋生态和渔业资源的影响主要体现在以下三方面：

（1）风机基础、海上升压平台压占影响

运行期对生态环境的影响主要表现为风机、海上升压平台基础对底栖生境的永久占用。根据可研报告，本工程47台风机桩基础采用8桩高桩混凝土承台型式，钢管桩直径2.0m，则单台风机永久占用底栖生境面积为3.14×1^2×8=25.12m^2，47台风机占用底栖生境面积25.12×47=1180.64m^2。海上升压平台桩基础为4根直径为2.3m的钢管桩，永久占用面积为4×3.14×1.15^2=16.61m^2；则风机基础和海上升压平台基础共计占用底栖生境面积为1197.25m^2。

（2）水下噪声及电磁环境影响

运行期风电场对海洋生态及渔业资源的影响还可能来自风机运转产生的水下噪声和海上升压站、水下输电线路产生的电磁环境。水下声环境敏感目标主要为水中的鱼类和海洋哺乳动物。风机运行水下噪声可能干扰鱼类及海洋哺乳动物捕食、躲避掠食动物或躲开障碍物，进而影响其生存。此外水下输电线路产生的电磁环境也可能对海洋生物生存产生一定潜在影响。

（3）对渔业生产的影响

风电场建成运行后，为保护海底电缆和风机的安全运行，该海域禁止底拖网、抛锚，同时由于风机桩的分隔造成渔业捕捞和养殖面积缩小，在一定程度上降低了渔业捕捞量和养殖产量，从而引起经济收入下降，对渔民的生活产生一定影响。同时，由于风机桩的存在，特别是在迷雾天气，渔船与风机桩相撞的概率大大增加，对渔船和风机都存在一定的安全隐患。

（4）对鸟类的影响

本工程建成后，风机运行噪声（包括低频噪声）可能对鸟类栖息、觅食造成干扰，同时风机叶片的光反射也可能对鸟类视觉造成影响，造成鸟类迷途甚至改变鸟类的迁徙方向。

此外本工程虽位于鸟类迁飞集中区域之外，但不排除鸟类迁徙过境时与风机叶片碰撞的可能，进而可能造成鸟类资源的损失。

4.2.2.5 对声环境的影响

运行期噪声主要为风机运转噪声和 220kV 变电站主变噪声。

（1）风机噪声

根据浙江省环境监测中心等单位近年来对国内浙江、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实测结果，综合国内外风机厂家资料和国内实测推算数据，本工程风力发电机组噪声应在 105~110dB 之间。

（2）升压站噪声

升压站的工频电磁噪声主要来自室内的主变压器，电抗器和屋外配电装置等电器设备所产生的电磁设备噪声。220kV 主变压器采用低损耗变压器，变电所的噪声以中低频为主，正常情况下，主变压器噪声值为 70dB，当断路器在动作时，瞬时噪声值最高可达 100dB，但除设备调试安装时有数次动作发生，正常运行时

一般极少发生；电抗器声级值一般为 65dB。

4.2.2.6 固体废物

（1）生产固废

运行期风机、海上升压站、换流站日常维护产生少量废旧蓄电池、废油、含油锯末或棉纱等。产生的危废均由具备资质的专业处置单位运至岸上处理。变电设备运行产生的废旧蓄电池由生产厂商负责回收。

（2）生活垃圾

运行期固体废物主要为集控中心内新增工作人员 40 人产生的生活垃圾，按 1.0kg/人 d 计，则日产生活垃圾 40kg/d，年产生活垃圾 14.6t/a。

4.2.2.7 牺牲阳极锌释放

本项目风机基础采用钢结构，用牺牲阳极的保护装置，工程运行期牺牲阳极对海水水质环境影响主要来自桩基础牺牲阳极中金属锌的溶出。参照《港工设施牺牲阳极保护设计和安装》（GJB156A-2008），本工程所采用的牺牲阳极规格为 Al-Zn-In-Mg-Ti 合金牺牲阳极(A21I-1)，牺牲阳极中金属锌含量为5.5%。

表 4.2-6　　牺牲阳极化学成分

化学元素	Zn	In	Mg	Ti	杂质最大含量			Al
					Si	Fe	Cu	余量
含量(%)	4.0~7.0	0.02~0.05	0.5~1.50	0.01~0.08	0.10	0.15	0.01	

表 4.2-7　　牺牲阳极电化学性能

性能 / 种类	开路电位 -V(SCE)	工作电位 -V(SCE)	实际电容量 A h/kg	电流效率%	消耗率 kg/A.a	溶解状况
高效铝合金阳极	1.10-1.18	1.05-1.12	≥2600	≥90	≤3.37	腐蚀产物容易脱落，表面溶解均匀

本工程单台风机所需牺牲阳极块数量为40块，单块重量约为310kg，总重量为12400kg。则整个风电场牺牲阳极中金属锌重量为32054kg（310×40×47×5.5%）。牺牲阳极按28年寿命计算，单台风机基础每年牺牲阳极年锌释放量约为24.36kg，本工程风机牺牲阳极每年的锌释放量约为1144.8kg（锌释放量约3.14kg/d）。

4.2.2.8 牺牲阳极铝释放

参考《铝-锌-铟系合金牺牲阳极》(GB4948-2002)及本工程防腐设计内容，阳极牺牲材料中铝含量为93%。由此计算，本工程风机单台风机每年释放铝约

411.9kg。在同等材料损耗率条件下，铝的释放量明显高于锌的释放量。参考《模拟海水中铝阳极的腐蚀及缓蚀行为研究》（郑利民，哈尔滨工业大学，2009.6）。Cl-与羟基或水分子在氧化膜表面形成竞争吸附，而羟基或水分子的吸附将导致铝表面的钝化。未被氧化膜覆盖的铝表面在含有 Cl-的溶液中开始溶解，在溶解过程中产生 $Al(OH)_2Cl$ 和 $Al(OH)Cl_2$ 两种化合物。最终与氢氧根离子形成 $Al(OH)_3$ 沉淀或生成的 $Al(OH)^{4-}$ 由于扩散作用进入溶液。

与锌不同，铝不是重金属元素，在《海水水质指标》（GB 3097-1997）中无铝这一指标，可知其对海洋水水质的影响远小于金属锌。基于此，国内外对于阳极牺牲的水质影响研究工作均针对金属锌，未有关于铝排放入海造成水质影响的相关研究和铝在海水及沉积物中的转换率等研究。

4.2.2.9 电磁环境

本工程采用海上升压平台型式，新建220kV海上升压站一座，选用2台150MVA的主变压器。由于升压站电气设备均布置在室内，经过建筑物的屏蔽，电气设备室外地面工频场强值基本与周围环境本底值接近，且升压站位于海上，故升压站对电磁环境无明显影响。

本风电场海底电缆埋设于滩涂泥面以下2.5~3m处，电缆采用铜导体3芯交联聚乙烯绝缘分相铅护套粗钢丝铠装光纤复合海底电缆，有良好的屏蔽效果，对电缆沿线电磁环境影响范围一般在1m以内。在与地面保持一定高度情况下电磁环境影响很小。

4.2.2.10 对景观的影响

从景观要素中的自然度、鲜明度和协调性来看，风电场以广阔的海洋为背景，高耸矗立的风机具有较强的鲜明度和可识别性，结合区域开发定位，具有休闲旅游功能区域附近规划风电场建设可能对区域景观有美化作用。但对于以自然地形、天然植被为景观特色的区域，风电场建设会对其视觉景观造成一定干扰。本工程风机位于东海大桥两侧，与东海大桥一期海上风电场工程和东海大桥二期海上风电场工程遥相呼应，成为东海大桥一处靓丽的风景。

4.2.2.11 对通航环境的影响

在风电场设计过程中，风机的布置避开了洋山港主航道、漕泾东航道、洋山

港东支航道以及东海大桥主通航孔，从源头上减轻了对通航环境的影响。但不排除有零星作业船只进入风电场，对于无意进入风电场海域的船舶，尤其是在恶劣气象条件下存在一定船舶与风机撞击的风险，可能造成船舶和风机设备受损。

因此，本工程建设、运行期，应在本工程水域设置安全警戒区。另外施工时运输船舶会与渔船交叉会遇，需谨慎驾驶。

4.2.2.12 运行期污染物排放量

运行期污染物排放量见表4.2-8。

表 4.2-8　　运行期主要污染物排放量

种类	污染源	污染物	源强	排放量	削减量	排放方式
废水	生活污水	COD、SS、氨氮等	1752m^3/a	0	1752m^3/a	经岱山基地污水处理设施处理达标后，排入大鱼山岛污水处理厂管网
	含油污水	油类	2m^3/a	0	2m^3/a	交有资质的单位进行处置
固体废物	生活垃圾		14.6t/a	0	14.6t/a	收集后由环卫部门清运处理
	生产固废	废旧蓄电池、废油、含油锯末或棉纱等	少量	0	少量	定点集中收集后由专业处置单位处理
噪声	风机运转	噪声	105-110dB(A)	-	-	-
	主变		70dB(A)	-	-	-
电磁场	升压站主变	电磁场	-	-	-	经过建筑物的屏蔽，对电磁环境无明显影响
	海缆					对电缆沿线电磁环境影响范围一般在1m 以内
沉积物、水质	牺牲阳极	锌	1144.8kg/a	1144.8kg/a	0	-
环境事故风险溢油	风机齿轮箱润滑油	石油类	1.39m^3/台	0	-	环境风险事故溢油防范措施
	升压站主变	石油类	60t			
	柴油机	石油类	5t			

4.3 环境影响因子识别与评价因子分析

根据以上分析，项目施工期和运行期环境影响因素及影响因子列表4.3-1和表4.3-2。

表 4.3-1　　施工期环境影响评价因子一览表

环境要素		影响原因	影响性质	影响范围	评价因子	评价程度
自然生态环境	海洋水质	施工悬浮物、施工污废水等排放影响工程海域环境	可逆，较小	风机及海底电缆沿线周边海域、升压站	悬浮物、COD、石油类	-3
	沉积物环境	施工污水排放及废弃物丢弃	可逆，较小		废弃物及其他、大肠菌群、病原体和石油类	-2
	海洋生态	悬浮物浓度增加，破坏浮游动植物、及底栖生物生境	部分不可逆，较大		浮游植物、浮游动物、底栖生物、渔业资源	-3
	陆生植被	工程施工可能对陆域植被产生一些影响	部分不可逆，较小	集控中心及海缆登陆段沿线	植被面积、生物量、生物多样性	-1
	鸟类	施工活动干扰鸟类栖息地、及其觅食活动	较小	施工区及邻近鸟类栖息地	鸟类数量、多样性	-1
	海洋水质、海洋生态	施工船舶碰撞溢油风险	中等	风电场附近海域	油类	-3
	空气环境	施工机械和施工车辆排放的尾气等	可逆，较小	陆上、海上工程施工区域	TSP、PM_{10}、NO_2、CO、SO_2	-1
	声环境	施工机械和运输车辆运行时将产生噪声	可逆，较小		Leq（A）	-1
社会环境	航运	海上施工影响航运交通	可逆，较小	海上施工海域及设备运输航线	通行船只数量，航行安全	-1
	渔业生产	渔业资源受施工影响损失、渔业生产面积减小	部分不可逆，较大	风机及海底电缆沿线周边海域、升压站	渔业生产面积、捕捞生产	-2
	环境卫生	施工人员生活垃圾	可逆，较小	陆上、海上工程施工区域	-	-1
	人群健康	施工人员进驻	可逆，较小		-	-1

注：＋有利影响；－不利影响；/无影响；

1：表示环境要素所受影响程度为较小或轻微，进行简要影响分析；

2：表示环境要素所受综合影响程度为中等，进行影响预测与评价；

3：环境要素所受影响程度为较大或较为敏感，进行重点预测与评价。

表 4.3-2　运行期环境影响评价因子一览表

环境要素		影响原因	影响性质	影响范围	评价因子	评价程度
自然生态环境	海洋水文动力	对区域海洋水文动力环境造成一定影响	不可逆，较小	升压站、风机附近海域	潮汐、潮流	-3
	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情况	不可逆，较小	升压站、风机附近海域	冲淤深度	-2
	海洋生态	风机桩基压占底栖生物生境	部分不可逆，较小	升压站、风机桩基周围	底栖生物量	-1
	鸟类	风机运转对鸟类产生一定影响	中等	鸟类迁徙路线	鸟类数量、多样性	-2
	声环境	风机运转产生噪声	较小	升压站和风机区域	Leq（A）	-1
	电磁环境	海缆输电及电气设备运行将产生电磁环境	较小	升压站及输电线路沿线	电、磁场强度	-1
	沉积物环境	牺牲阳极锌合金溶解	不可逆、较小	升压站、风机桩基周围海域	锌、铝	-1
社会环境	社会经济	促进地区社会经济发展	较小	东台市	可持续能源利用	+1
	航运	风电场对航运交通影响	较小	风电场及海缆附近	通航安全	-1
	渔业生产	风电场影响渔业捕捞	中等	风电场征用海域	渔业生产面积、捕捞生产	-3
	环境卫生	管理人员生活垃圾和生活污水	较小	集控中心	-	-1

注：＋有利影响；－不利影响；/无影响；

1：表示环境要素所受影响程度为较小或轻微，进行简要影响分析；

2：表示环境要素所受综合影响程度为中等，进行影响预测与评价；

3：环境要素所受影响程度为较大或较为敏感，进行重点预测与评价。

5 区域自然环境和社会环境概况

5.1 区域自然环境概况

5.1.1 气候气象

5.1.1.1 区域统计资料

嵊泗县又称嵊泗列岛，位于杭州湾以东、长江口东南，是浙江省最东部、舟山群岛最北部的一个海岛县。嵊泗县位于北纬 30°24'～31°04'、东经 121°30'～123°25'之间。嵊泗县属亚热带海洋性季风气候，冬无严寒，夏无酷暑，素有“海上仙山”之称，是旅游、观光、度假、休闲、海钓、尝购海鲜和海上运动的理想场所。常年平均气温为 16.1℃，年均降水量 1092.1 毫米，降水期较集中于春、夏，日照充足，年均日照达 2118.2 小时，年无霜期在 300 天以上，7 至 9 月有台风。

根据嵊泗气象站多年长期观测资料统计，多年平均气温为 16.1℃，极端最高气温为 36.4℃。极端最低气温为-5.7℃；多年平均大气压为 1009.2hPa；多年平均相对湿度为 79%；多年平均降水量 1092.1mm，多年平均蒸发量为 1327.2mm；多年平均风速为 6.7m/s，多年最大风速为 44.7m/s；多年平均雷暴日数为 19.9 天，多年平均大雾日数为 53.2 天。嵊泗气象站多年气象要素统计表 5.1-1。

表 5.1-1　　嵊泗气象站多年气象要素统计表

项目		单位	指标	发生时间
气温	多年平均	℃	16.1	
	多年极端最高气温	℃	36.4	1998 年 8 月 15 日
	多年极端最低气温	℃	-5.7	1991 年 12 月 28 日
气压	多年平均大气压	hPa	1009.2	
湿度	年平均相对湿度	%	79	
	极端最小相对湿度	%	13	1997 年 5 月 17 日
水气压	多年平均水汽压	hPa	16.5	
降蒸量	多年平均降雨量	mm	1092.1	
	多年平均蒸发量	mm	1327.2	
风速 风向	多年平均风速	m/s	6.7	1971~2007 年
	多年主导风向		NNW	
	最大风速	m/s	44.7	1986 年 8 月 27 日
	相应风向		NNE	
特殊天气	年平均雷暴日数	d	19.9	
	最多雷暴日数	d	32	
	年平均大雾日数	d	53.2	
	最多大雾日数	d	73	

5.1.1.2 区域风况分析

嵊泗气象站风速年际变化直方图见图 5.1-1，嵊泗气象站风速年内变化直方图见图 5.1-2，嵊泗气象站多年风向玫瑰图见图 5.1-3。

从嵊泗气象站历年风速变化看，1988～2017 年近 30 年年平均风速为 6.50m/s。年平均风速最大的 1990 年为 6.93m/s，年平均风速最小的 2015 年为 5.82m/s。嵊泗气象站大风月出现在冬季，小风月出现在夏季。

根据嵊泗气象站风向统计，本地主导风向为 NNW、S、N，相应频率为 12%、11%、10%。

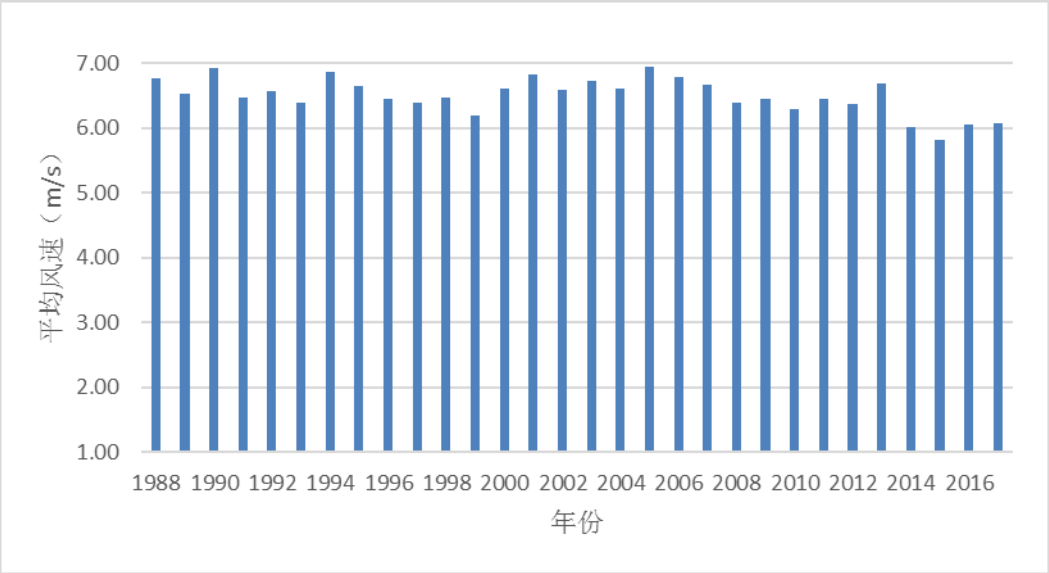


图 5.1-1　　嵊泗气象站多年年平均风速年际变化直方图

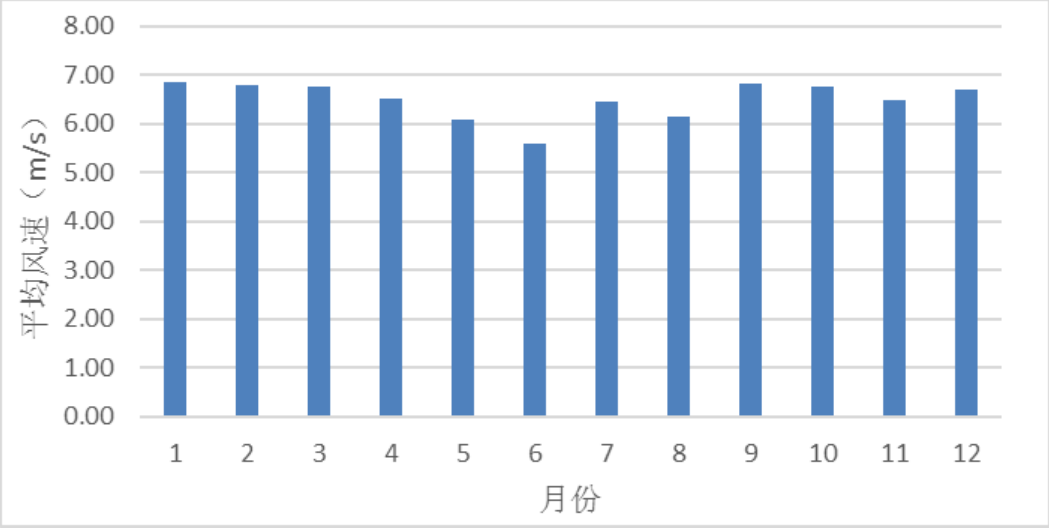


图 5.1-2　　嵊泗气象站多年风速月变化直方图

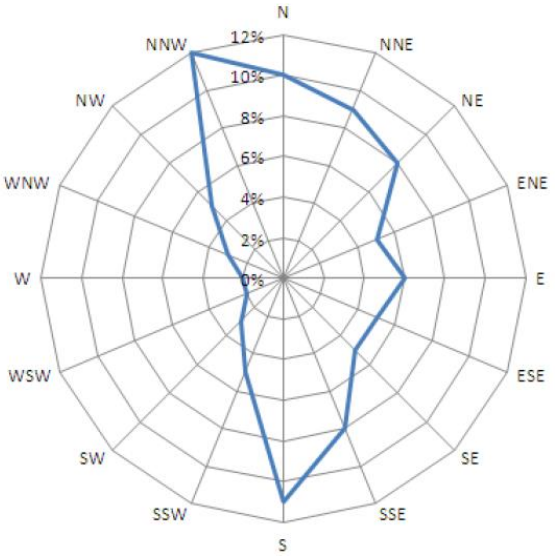


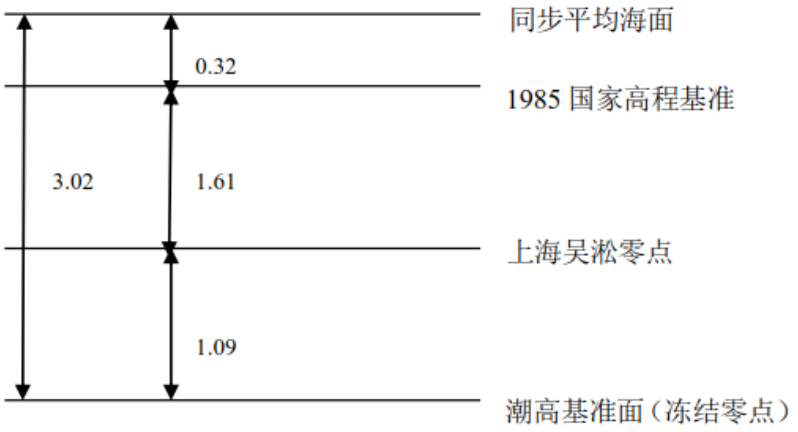
图 5.1-3　　嵊泗气象站多年风向玫瑰图

5.1.2　海洋水文特征

5.1.2.1　潮汐

（1）基面高程关系

依据临近风场测站 T1 站（位于 6#场址场区东侧约 2km）2010 年 3 月至 2011 年 2 月一年潮位数据和大戢山海洋站（位于场区东北大戢山海域，距离场区约 15km）2010 年 3 月至 2011 年 2 月一年以及 1978 年~2007 年共 30 年的潮位数据。推算工程海域基面关系，基面关系见图 5.1-4 和图 5.1-5。



（单位：m）

图 5.1-4　　风电场验潮基准面高程关系

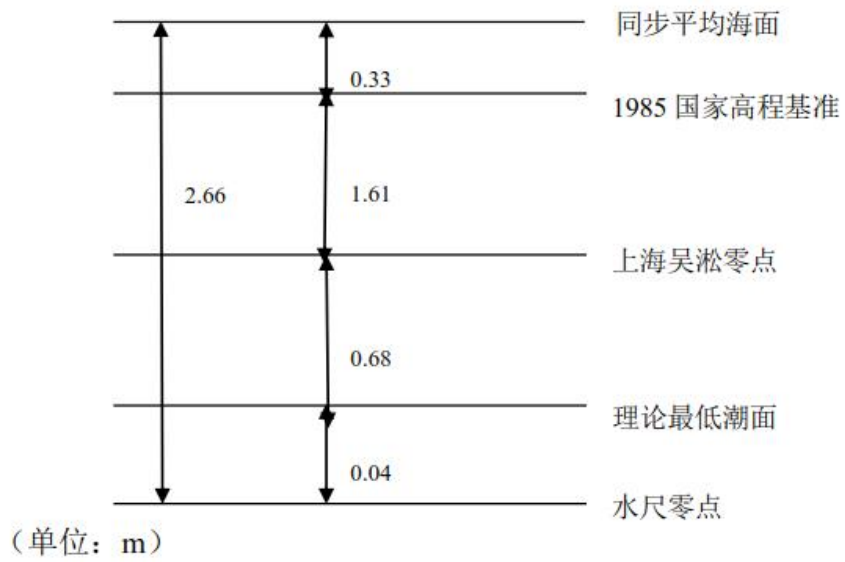


图 5.1-5　　大戢山验潮基准高程关系

（2）潮汐类型

根据 T1 潮位站实测潮位资料计算分析，潮汐形态数（$F=(H_{k1}+H_{O1})/H_{M2}$）为 0.35，工程海区潮汐类型为正规半日潮，H_{M4}/H_{M2} 为 0.04，浅水分潮影响显著。

（3）潮位特征值

观测期间年最高潮位 2.97m，发生于 2010 年 8 月 10 日 23 时 55 分，年最低潮位-2.27m，发生于 2010 年 3 月 19 日 19 时 25 分。年最大潮差 4.74m，年平均潮差 2.88m，各月平均潮差在 2.78~2.97m。年平均海平面 0.32m。落潮历时长于涨潮历时，平均涨潮历时 5 小时 53 分，平均落潮历时 6 小时 32 分，平均历时差 39 分（表 5.1-2）。

表 5.1-2　　潮位特征值（国家 1985 高程）

内容	T1 潮位站
统计时间	2010.03-2011.02
最高潮位	2.97
最低潮位	-2.27
平均高潮位	1.72
平均低潮位	-2.06
平均潮差	2.88
最大潮差	4.74
平均海平面	0.32
平均涨潮历时	5h53min
平均落潮历时	6h32min

5.1.2.2 波浪

波浪站 T1 位置紧邻潮位站，根据波浪站 2010 年 3 月~2011 年 2 月实测波浪资料进行统计分析。

（1）波高

风电场观测期间 H1/10 波高的年平均为 0.6m，各月平均波高在 0.4～1.0m，其中 10 月、1 月的平均波高最大，分别为 1.0m、0.9m，5～8 月和 11 月的平均波高最小在 0.4m～0.5m。

风电场观测期年最大波高 4.0m，出现在 10 月 26 日 23 时，各月最大波高在 1.3m～4.0m，5 月～8 月的最大波高最小在 1.3m～1.8m。

表 5.1-3　　各月平均、最大波高　　单位：m

月	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	年
平均	0.8	0.6	0.5	0.4	0.4	0.5	0.8	1.0	0.4	0.7	0.9	0.6	0.6
最大	2.7	2.4	1.8	1.7	1.8	1.3	2.8	4.0	2.4	3.5	2.8	2.3	4.0

（2）周期

风电场年平均周期的平均为 3.0s，各月在 2.6～3.9s，5～9 月盛行偏南风，周期略小，10 月～翌年 3 月盛行偏北风，周期略大。年平均周期的最大为 5.4s，出现在冷空气大风过程。

风电场平均周期以 2.1s～3.5s 为主，年频率达 76.5%，3.6s～5.0s 的年频率为 20.9%，而≥5.1s 和≤2.0s 的年频率分别为 0.3%和 3.1%。

（3）波向

观测期间风电场年常浪向为 NNE～SE 六个方向，各向的年频率在 10.1%～12.5%（图 5.1-6）。强浪向为 NNE、NE 向（表 5.1-4）。

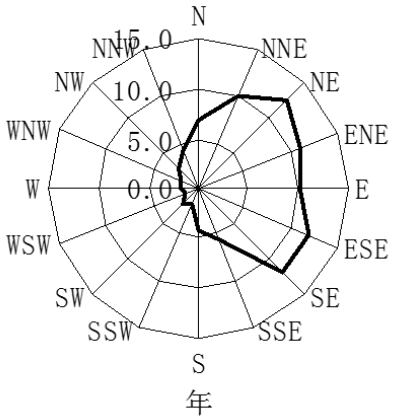


图 5.1-6　　W1 波浪站波浪玫瑰图

表 5.1-4　　各向最大波高　　单位：m

浪向	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE
风电场	2.9	4.0	3.5	3.1	2.8	1.7	1.8	1.6
浪向	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
风电场	1.5	1.2	1.0	2.2	1.3	2.4	2.9	3.0

（4）波高与周期联合分布

波高与周期的联合分布(表 5.1-5)表明，出现较大的波高，周期也相对较大，反之波高较小，周期也相对较小。一般而言，H1/10＜1.0m，$\bar{T}$在［2.1，2.5］、［2.6，3.0］、［3.1，3.5］三个分布域内出现最多；H1/10 在 1.0～2.0m，$\bar{T}$在［3.1，3.5］、［3.6，4.0］二个分布域内出现最多；H1/10＞2.0m，$\bar{T}$集中出现在［3.6，4.0］、［4.1，4.5］、［4.6，5.0］的三个分布域内。

表 5.1-5　　波高、周期的联合分布

∑	90	647	864	747	392	128	41	9	2918
≥2.6					2		3		5
2.1-2.5					5	9	2		16
1.6-2.0			2	16	54	20	5	1	98
1.3-1.5	1	1	10	51	52	10	3	1	129
1.0-1.2		10	56	126	61	11	5	1	270
0.8-0.9		52	128	105	39	19	4		347
0.6-0.7	8	153	218	108	39	13	5	1	545
0.4-0.5	38	224	237	178	63	9	7	1	757
≤0.3	43	207	213	163	77	37	7	4	751
H1/10(m)$\bar{T}$(s)	≤2.0	2.1-2.5	2.6-3.0	3.1-3.5	3.6-4.0	4.1-4.5	4.6-5.0	≥5.1	∑

5.1.2.3　海流

（1）海流类型

根据测验结果，各层次 $F=(W_{K1}+W_{O1})/W_{M2}$ 均小于 0.5，海域属于正规半日潮海区，$G=(W_{M4}+W_{MS4})/W_{M2}$，在 0.10~0.17，浅水分潮流较明显。

（2）平均流速

平均流速的垂向分布为表层最大，随深度增加而减小。大潮期间垂向平均涨潮流速 0.9~1.23m/，落潮流速为 0.97~1.28m/s，落潮流速大于涨潮流速（表 5.1-6）。

表 5.1-6　　大潮涨、落潮平均流速流向　　单位：V=cm/s,D=°

测站 \ 层次		表层		0.6H		底层		垂线	
		V	D	V	D	V	D	V	D
HJ3	涨潮	120	296	86	288	68	287	90	290
	落潮	144	100	127	112	86	113	128	109
HJ4	涨潮	97	308	91	302	67	302	90	304
	落潮	130	96	115	95	79	96	112	95
HJ5	涨潮	98	297	88	291	57	290	93	292
	落潮	135	104	101	103	63	102	97	104
C3（春季）	涨潮	79	284	90	280	73	280	88	280
	落潮	91	113	95	108	74	107	94	108
C3（秋季）	涨潮	139	281	120	279	92	277	123	279
	落潮	122	103	107	102	79	102	107	103

（3）最大流速

工程海域流速强劲，涨潮表层最大流速 2.09m/s，垂线最大流速 1.78 m/s；落潮表层最大流速 2.42 m/s，垂线最大流速 2.13m/s（表 5.1-7）。落潮流速大于涨潮。最大流速的流向涨潮总体为西偏北，落潮为东偏南。

表 5.1-7　　实测最大流速流向　　单位：V=cm/s,D=°

测站 \ 层次		表层		0.6H		底层		垂线	
		V	D	V	D	V	D	V	D
HJ3	涨潮	206	291	161	288	131	283	167	288
	落潮	242	108	214	108	167	119	213	106
HJ4	涨潮	188	308	184	305	134	303	178	306
	落潮	198	92	194	92	121	91	185	91
HJ5	涨潮	209	293	160	288	112	289	168	289
	落潮	213	108	159	105	108	115	170	107
C3（春季）	涨潮	114	294	123	282	101	280	124	284
	落潮	135	119	142	108	112	105	139	108
C3（秋季）	涨潮	197	282	158	278	158	278	158	278
	落潮	210	101	198	96	198	96	198	96

5.1.3　地形地貌

风电场址主要位于东海大桥东、西两侧、洋山港东支航道以西、5000T 主通航孔南北两侧的海域，嵊泗测风塔位于该场址附近。根据海底地形图，海底地形总体上较平缓，海底滩面高程-11.04m~-13.12m，但在小戢山附近，由于水流条件改变，局部冲刷形成陡坎。工程区水深随潮汐变化，勘察期间水深一般 10m~15m。工程区属三角洲前缘地貌类型。

5.1.4　泥沙

工程海域悬沙含沙量随年内季节变化和潮汐变化而相应变化，冬季含沙量普

遍大于夏季含沙量；大、中、小潮比较，大潮含沙量最高，中潮含沙量较小，小潮含沙量则明显为低。大潮垂线平均含沙量为 1.2kg/m^3 左右，悬沙级配比较均匀，平均粒径基本上为 0.008mm 左右，为粉沙质粘土。泥沙底质为比较均匀的粉沙质淤泥，平均粒径为 0.010～0.015mm。

5.1.5 水温与盐度

工程场区历史上没有海冰出现。工程海域多年表层平均水温为 18.2℃，一年中 8 月水温最高，达 28.0℃，1 月水温最低。3~7 月为升温期，9~翌年 1 月为降温期，升温期表层平均水温与气温较为一致，降温期表层平均水温高于平均气温，反映了海水的热潜效能。多年各月平均盐度在 17.57~23.67，盐度季节性变化十分明显，主要受长江径流控制。洪季由于冲淡水影响，盐度较小，极端最低盐度为 6.6（2005 年 9 月），枯季盐度较大，极端最高盐度达 30.46（2005 年 2 月）。

5.1.6 海床演变和冲淤

根据《中广核嵊泗 5#海上风电场项目海域使用论证报告书》，项目所在海域近 30 年来水深变化： 1986~2002 年，冲刷区分布在西马鞍-虎啸蛇潮流冲刷槽及大鱼山北部海域等，其中西马鞍-虎啸蛇潮流冲刷槽内冲淤幅度较大，年冲刷强度为 0.7m/年。其他海域呈弱淤积态势（图 5.1-7）。

2002~2013 年，冲刷范围较 1986~2002 年略有增大，主要包括本工程风电场区、西马鞍-虎啸蛇潮流冲刷槽、虎啸蛇岛东南海域和大鱼山北部海域等（图 5.1-8）。

相比 1986~2002 年，西马鞍-虎啸蛇潮流冲刷槽在 2002~2013 年冲刷强度大大降低，年冲刷幅度为 0.4m/年。其他海域冲淤基本平衡。

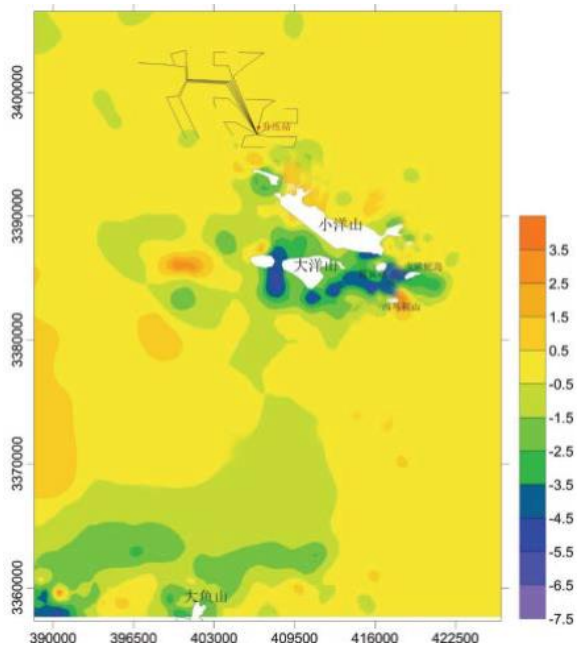


图 5.1-7　　海域海床冲淤变化图（1986-2002）

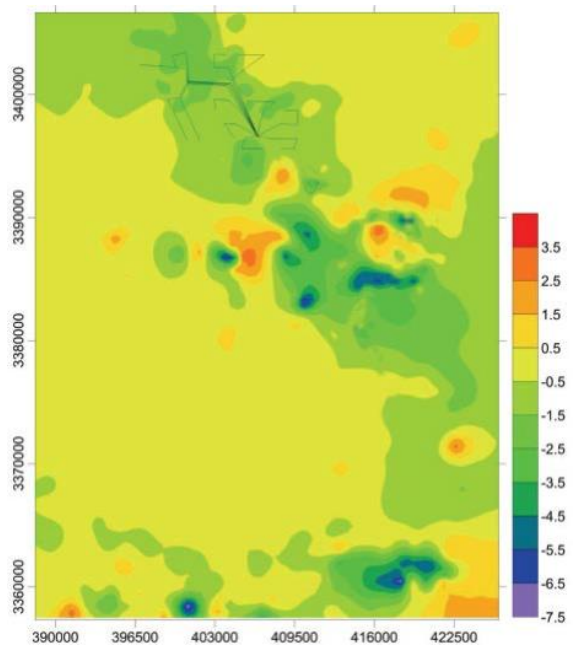


图 5.1-8　　海域海床冲淤变化图（2002-2013）

5.1.7　工程地质及评价

本报告收集了场址区域工程地质资料以及邻近东海风电一期、二期的地质资料。本工程勘探点平面位置图见图 5.1-9。工程地质剖面图见图 5.1-10。

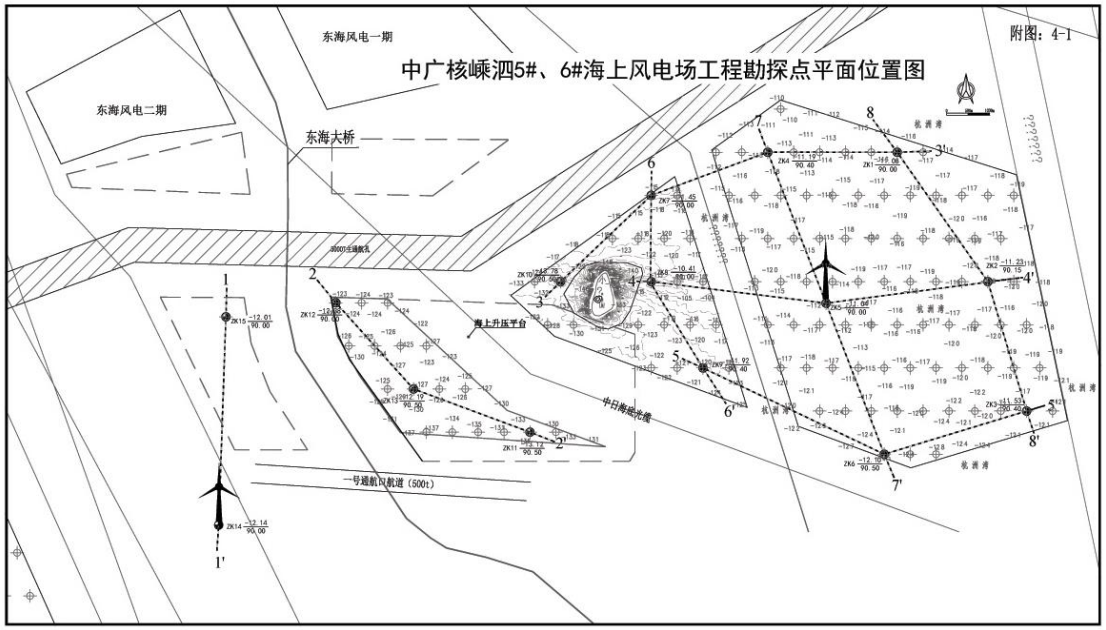


图 5.1-9　　钻孔平面位置图

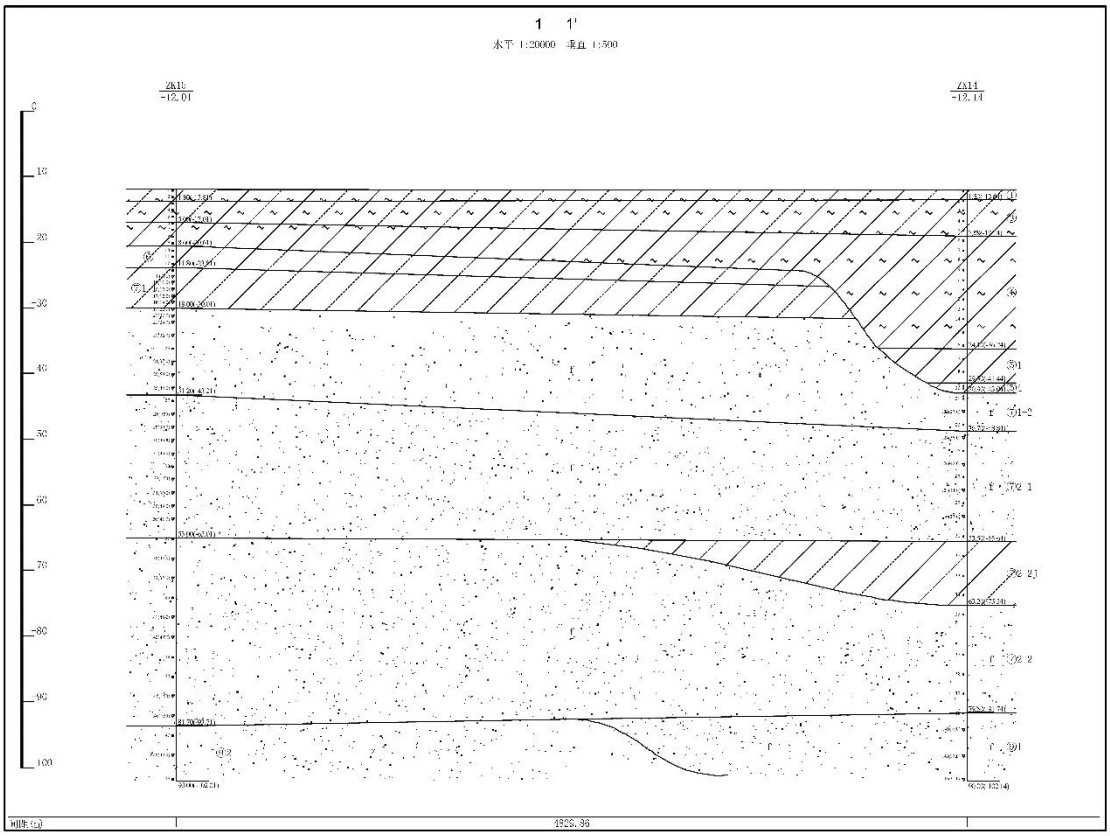


图 5.1-10　　工程地质剖面图

地质勘探主要结论如下：

（1）工程区未发现深大断裂和活动性断裂通过，本区属于构造稳定区。风电场场址滩面总体较为平缓，小戢山附近虽有陡坎但未布置风机，场地稳定性较

好，适宜于本工程建设。

（2）本建筑场地属 IV 类，场区地震动峰值加速度值为 0.10g（g 为重力加速度），抗震设防烈度为 7 度，所属设计地震分组为第一组。初步判定本场地不存在地基土地震液化问题。

（3）本场地海水、地下水及地基土对混凝土结构有微腐蚀性，对钢筋混凝土中钢筋在长期浸水条件下有弱腐蚀性、在干湿交替条件下有强腐蚀性，对钢结构具有中等腐蚀性。本工程设计时应根据工程耐久性要求采取相应的防腐蚀措施。

（4）根据风机及海上升压站上部结构特点、场地地质条件和水上施工条件，本工程风机及海上升压站基础建议采用⑦2-2 层粉细砂作为本工程风机的桩基持力层，可以选用的桩型为钢管桩和钻孔灌注桩，建议采用钢管桩。

（5）采用钢管桩时，桩身一般需穿过一定厚度的中密~密实砂层，沉桩存在很大的阻力。若采用钻孔灌注桩应采取有效措施控制沉渣厚度，保证成桩质量，建议采取后压浆技术。建议进行试沉（成）桩以获取相应的沉（成）桩参数。单桩承载力宜通过单桩静载试验确定。

（6）本工程风力发电机组为动力设备，设计应进行动力分析计算，并采取工程措施避免风机－基础发生系统共振。

（7）拟建场地浅表层为新近沉积的粉砂、淤泥及淤泥质粘性土，抗冲刷能力差，设计应考虑各拟建物建成后海床冲刷对桩基础稳定的影响，如加强桩基础防护或对桩长设计留有余地。

（8）工程区航道附近的拟建物设计时应考虑过往船只对拟建物的撞击，采取必要的防撞措施。

（9）本次勘察未发现水下沉船、铁锚等类似障碍物，但为保证施工安全，建议进行浅表层水下障碍物的扫海勘查，以保证桩基施工或施工船座底安全。

（10）下阶段勘察时应针对每台风机及海上升压站进行勘探，查明各台风机的地基土分布特征和桩基地质条件，对于古河道范围内的风机，宜增加勘探点数量。

5.1.8 区域地质构造与地震

本区在大地构造上属华夏准地台新华夏褶皱带，为丽水—宁波隆起中的新昌—定海—花鸟断隆的东北边缘向北延伸入海部分，基底为前古生代变质岩系、燕

山早期花岗岩和上侏罗系陆相火山岩。第四纪以来，本区构造活动以差异升降运动为主，沉积了巨厚的第四系松散堆积物。

根据《中国地震动参数区划图》（GB18306-2015），参照邻近陆域Ⅱ类场地条件下 50 年超越概率 10%的地震动峰值加速度为 0.10g，对应地震基本烈度为Ⅶ度。

5.1.9 风暴潮

依据洋山深水港 1997 年 8 月~2002 年 12 月逐时实测潮位，分析风电场海域的风暴潮增、减水基本特征。1998 年~2002 年共发生≥30cm 的增水过程 86 场，年均 17.2 场，≥30cm 的减水过程 45 场，年均 9 场。共发生≥50cm 的增水过程 17 场，年均 3.4 场，≥50cm 的减水过程仅 2 场，年均不足 0.5 场。最大过程增水峰值 113cm，最大过程减水峰值 64cm，均发生在台风过程。

采用耿贝尔（Gumbel）Ⅰ型极值分布律计算各重现期增水值，见表 5.1-8，可见 50 年一遇增水值为 1.69m。

表 5.1-8　　现期风暴潮增水值

重现期（年）	100	50	25	10	5	2
ΔH（cm）	185	169	153	133	114	88

5.2 社会环境概况

5.2.1 社会经济概况

（1）舟山市社会经济概况

舟山市下辖 2 区 2 县，分别为定海区、普陀区、岱山县、嵊泗县。其位于浙江省东北部，杭州湾外缘的东海洋面上，钱塘江、甬江的入海交汇处。舟山背靠上海、杭州、宁波等大中城市群和长江三角洲等辽阔腹地，面向太平洋，具有较强的地缘优势，距我国南北沿海航线与长江水道交汇枢纽，是长江流域和长江三角洲对外开放的海上门户和通道。

2017 年，舟山市地区生产总值（GDP）1219 亿元，按可比价格计算，比上年增长 8.8%。其中，第一产业增加值 143 亿元，第二产业增加值 444 亿元，第三产业增加值 632 亿元，分别增长 5.1%、9.7%和 8.7%。第一产业增加值占地区生产总值的比重为 11.7%，第二产业增加值比重为 36.5%，第三产业增加值比重为 51.8%。按常住人口计算，人均地区生产总值 104811 元，增长 8.0%。全年财

政总收入 187.2 亿元，比上年增长 8.0%；财政一般公共预算收入 125.8 亿元。

（2）嵊泗县社会经济概况

嵊泗县位于杭州湾以东，长江口东南，即北纬 30°24′～31°04′、东经 121°30′～123°25′之间，是浙江省最东部、舟山群岛最北部的海岛县，由 404 个大小岛屿组成，其中有人居住的岛屿 16 个。陆域面积 86 平方公里，海域面积 8738 平方公里，是一个典型的海洋大县，陆域小县。全县辖 3 镇 4 乡，2017 年末户籍人口 76246 人。

2017 年全县实现地区生产总值 107.78 亿元，按可比价计算，比上年增长 8.5%。其中，第一产业增加值 31.08 亿元，第二产业增加值 15.91 亿元，第三产业增加值 60.79 亿元，分别比上年增长 5.9%、8.2%和 9.7%。三次产业结构为 28.8:14.8:56.4。

5.2.2 渔业生产概况

根据《2018 年嵊泗县国民经济和社会发展统计公报》，2018 年水产品总产量 37.92 万吨，比上年下降 0.1%。其中，海洋捕捞产量 21.87 万吨，下降 5.4%。分品种看，鱼类产量 18.09 万吨，下降 4.8%；虾类产量 1.57 万吨，下降 7.0%；蟹类产量 1.47 万吨，下降 8.0%；头足类产量 0.50 万吨，下降 7.1%。减船转产稳妥推进，截至 2018 年底，已拆解渔船 83 艘，累计压减功率 15879 千瓦，完成五年（2016-2020）任务的 73.3%。

2018 年末全县拥有养殖专业合作社 27 家，深水网箱养殖企业 5 家。全年海水养殖总面积 2.27 万亩，其中贻贝养殖面积 2.23 万亩；实现养殖产量 16.05 万吨，增长 8.2%，其中贻贝产量 15.97 万吨，增长 8.0%。海洋资源养护修复有序进行。全年累计投入资金 450 万元，顺利投放黑鲷、真鲷、大黄鱼等 9 个增殖放流品种，放流尾数共计 5.5 亿尾（粒、只）；投入资金 3250 万元，投放人工鱼礁 4.875 万空方，基本完成马鞍列岛国家级海洋牧场示范区项目并及时开展项目建设效果评估，有效改善了保护区内渔业资源和生物多样性。

2018 年末拥有各种机动渔船 2239 艘，比上年减少 30 艘。其中，捕捞渔船 1254 艘，减少 105 艘；养殖渔船 797 艘，增加 79 艘。渔船总吨位 12.98 万吨，增长 2.2%，总功率 20.17 万千瓦，增长 2.6%。

（1）渔业生产人员

根据 2016-2018 年渔业经济统计资料，工程所在舟山市海域附近的海洋渔业

生产人员统计如表 5.2-1 所示。从表中可看出，舟山海洋渔业户数和人口数量在稳定的同时稍有增长。

表 5.2-1　　2016-2018 年舟山市海洋渔业生产人员

年份	海洋渔业户数(户）	传统渔民人口(人）	海洋渔业从业人员（人）	海洋捕捞专业劳动力（人）	养殖专业劳动力（人）
2016	70748	122196	100825	47048	3305
2017	69667	116532	100680	46705	3860
2018	70779	120641	106148	48590	3831

注：养殖专业劳动力包含了淡水养殖劳动力

（2）海洋捕捞渔船

表 5.2-2　　2016-2018 年舟山市海洋捕捞渔船

年份	数量（艘）	总吨位（T)	千瓦
2016	5425	690403	973392.2
2017	5010	561476	804303.6
2018	4814	611512	810761.9

（3）海洋捕捞产量

表 5.2-3　　2016-2018 年舟山市分品种海洋捕捞产量，吨

年份	海洋捕捞	海水养殖	水产苗种
2016 年	844885	188502	2744
2017 年	837030	162508	3165
2018 年	908840	129031	2773

（4）海水养殖

表 5.2-4　　2016-2018 年舟山市海水养殖，吨

年份	海水养殖分水域	1、海上养殖	2、滩涂养殖	3、其它
2016	151780	108244	9568	33968
2017	242276	157611	8980	75685
2018	262788.2	169896	8108	84784.2

（5）海洋渔业产值

表 5.2-5　　2016-2018 年舟山市海洋渔业产值，万元

年份	海洋捕捞	海水养殖	水产苗种
2016 年	844885	188502	2744
2017 年	837030	162508	3165
2018 年	908840	129031	2773

5.3 自然资源概况

项目及毗邻海域海洋资源丰富，主要有港口资源、航道锚地资源、海洋旅游资源、海洋渔业资源、海洋能源资源等。

5.3.1 港口资源

本工程所在的宁波-舟山港区域是国家重点建设的大陆沿海四大国际深水中转港之一。根据《宁波-舟山港总体规划（2014-2030 年）》，宁波-舟山港将在原有港区划分基础上，适当调整、拓展，总体上呈“一港、四核、十九区”的空间格局。本工程附近的港口主要有岱山港区、洋山港区。

岱山港区：岱山港区划分为长涂、鱼山、仇家门、浪激嘴及岱山北 5 个作业区。论证范围内的作业区有：鱼山作业区和岱山北作业区。鱼山作业区包含大、小鱼山岛，规划为液体散货码头区。通过滩涂围填，作业区可形成陆域面积 3120 万 m^2，岛屿东部可预留建设液体散货泊位的空间。岱山北作业区位于岱山岛西北侧，通过近岸滩涂围填可形成陆域 3000 万 m^2，规划为港口及临港工业用地。

洋山港区：洋山港区包括小洋山作业区、沈家湾作业区、大洋山作业区。论证范围内的作业区为大洋山作业区。大洋山作业区包括大山塘、大小贴饼岛、大洋山、筲箕岛、虎啸蛇岛等岛屿，初步功能定位为集装箱运输、港口物流及临港工业配套服务。远期结合发展需要，预留至上海和舟山的对外通道。

5.3.2 航道资源

洋山港区进港航道：是第五代、第六代集装箱船进出港通道。该航道导助航设施完善，远洋集装箱船由国际习惯航线经浪岗山列岛南侧沿黄泽洋水道进入洋山深水港区，适合 15 万吨级船舶通行，全长约 104km。进港航道人工航槽段为单向航道，航道设计有效宽度 300m，挖槽长度约 10.3km，单航道设标长度为 11.5km，航道设计通航水深 15.5m，航道设计疏浚深度 16.0m；其余航段为自然水深双向航道，航道设计有效宽度 550m，自然水深均大于 16m。

金山航道：是进出金山化工码头和嘉兴港区主要航道，航道全程长约 80 海里，宽度 2km，航道水深均在 7m 以上。洋山港区进港航道与金山航道交汇处是船流密度相对较大的水域。

漕泾东航道：是进出上海化学工业区码头区主要航道。航道全程长约 35.5 海里，宽度 1 海里，航道水深均在 7m 以上。金山航道与漕泾东航道在漕泾灯船处汇合。

内航路：内航路自长江口南支灯船经过东海大桥主通航孔至鱼腥脑灯塔方位 096°距离 4.6 海里处，或从长江口船舶定线制 C4 通航分道口经金山航路至鱼腥

脑灯塔方位 096°距离 4.6 海里处，经金塘水道或西侯门、螺头水道、双屿门、牛鼻山水道往南，是中小型船舶常用航路。

浙江沿海西航路推荐航路：西航路推荐航路自长江口经过东海大桥主通航孔或西马鞍山岛东方，鱼腥脑岛西方，驶往金塘水道或西堠门、螺头水道、虾峙门，通常为 5000 吨级及以下船舶前往或过境浙江沿海诸港的常用航路。其航法为：船舶沿长江口南行，在大戢山东方 6.7 海里处，转航向为 201°航行，至西马鞍山岛灯桩 291°、距离 2.4 海里处，转航向 262°，航行约 11.3 海里，至唐脑山灯塔南方约 4.3 海里处，转航向 223°，航行约 14 海里，至鱼腥脑岛灯塔方位 096°、距离 4 海里处，航路可分成 3 条：一条驶往七里锚地，另一条驶往金塘水道方向，还有一条驶往西堠门，是中小型船舶南下北上的常用习惯航路。

浙江沿海西航路习惯航路：浙江沿海西航路习惯航路通常为 5000 吨级及以下船舶前往或过境浙江沿海诸港的常用习惯航路。该航路内船舶主要沿浙江沿海西航路推荐航路航行至西马鞍山岛灯桩 291°、距离 2.4 海里处，转航向 240°，航行至鱼腥脑岛灯塔方位 096°、距离 4 海里处。此后，该习惯航路分成前往七里锚地、金塘水道、西堠门三个方向的航路。

舟山至长江航路：本工程西侧有经东海大桥进出长江的船舶航路，船舶尺度通常为 50~60m 的小型船舶，船舶流量较大。每天长江来船经过工程水域西侧的船舶数量约 100 艘次，船舶尺度大多为为 50~60m 的小型船舶。

舟山至小洋山客运航线：本工程东侧为舟山本岛至衢山岛、小洋山等客运航线的主要通道，本工程所在海域现有客运航线主要有三江码头-双合-小洋山（一天 2 班）、高亭-小洋山（一天 2 班）、普陀山-小洋山（一天 1 班）、三江码头-嵊泗（一天 2 班）等。通航客船主要有高速客船和客滚船两类，高速客船一般吨位在 200 吨以内，载客量不超过 300 人，客滚船最大靠泊等级为 300 吨。

5.3.3 锚地资源

项目周边锚地资源主要有洋山小型避风锚地、大洋山南 1#锚地、大洋山南 2#锚地。XB10 洋山小型避风锚地：位于小洋山岛与大山塘岛之间海域，锚地水深 10～12m，锚泊面积约 3.95km^2，适合 1～2 万吨级船舶避风使用。XB11 大洋山南 1#锚地：位于大洋山岛南侧海域，水深 13～20m，锚地面积 6.3km^2，锚地主要功能为 10 万吨级以下船舶待泊及避风使用。GB9 大洋山南 2#锚地：为规划

锚地，位于大山塘岛南侧海域，水深 16m，锚地面积 1.2km^2，锚地主要功能为 2 万吨级船舶待泊、避风及候潮使用。

5.4 海域开发利用现状

论证范围内主要有港口、航道、锚地、海底管线、跨海桥梁和围垦区等开发项目，具体详见表 5.4-1 以及项目周边开发利用现状图。

表 5.4-1　　开发利用现状一览表

序号	用海项目	位置	与本项目用海方位/距离
1	东海风电一期	东海大桥东侧	北侧 950m
2	东海风电二期	东海大桥西侧	北侧 1800m
3	东海大桥	上海到小洋山之间	交越
4	中日海底通信光缆（已废止）	上海至日本	交越
5	嵊泗大洋山至上海芦潮港通信电缆	大洋山至芦潮港	西南侧 780m
6	上海南汇芦潮港至东海平湖油气田海上平台 14’海底输气管道	芦潮港至东海平湖油田平台	西南侧 4500m
7	上海液化天然气 LNG 管道	上海至小洋山	西北侧 2450m
8	上海芦潮港至嵊泗输电电缆	芦潮港至嵊泗	西北侧 6300m
9	东海大桥主通航孔至鱼腥脑航路	小洋山与上海之间海域	交越
10	漕泾东航道	上海至舟山	西南侧 10000m
11	洋山中转西航线	小洋山岛西侧海域	南侧 4000m
12	洋山港东支航道	大洋山岛西侧海域	东侧 12500m
13	东海大桥西锚地	东海大桥西侧	西侧 5000m
14	洋山小型避风锚地	小洋山西侧	南侧 6500m
15	嵊泗 6#风电场	东海大桥东侧	南侧相连
16	上海国际航运中心洋山深水港区工程	小洋山岛	东南侧 5000m

5.4.1 港区

上海国际航运中心洋山深水港区是项目所在海域最重要的海洋开发活动。洋山深水港区 2002 年 6 月正式开工建设，遵循“封堵汊道、归顺水流、减少淤积、安全靠泊”的指导全靠泊”的指导原则，科学确立了港口总体布置方案，先后封堵了北港区的大乌龟岛—颗珠山汊道、小洋山岛—镬盖堂岛汊道、镬盖堂岛—小岩礁岛汊道，形成了 8 平方公里陆域面积。2005 年 12 月建成投产一期工程 5 个集装箱泊位，2006 年 12 月建成投产二期工程 4 个集装箱泊位，2007 年 12 月建成投产三期一阶段 4 个集装箱泊位，2008 年 12 月建成投产三期二阶段 3 个集装箱泊位。期二阶段 3 个集装箱泊位。



图 5.4-1　　洋山港区

5.4.2　航道

拟建地附近航道工程主要为东海大桥通航孔航道，共 4 条通航孔航道，自南向北依次为：1 号通航孔航道（副通航孔，500 吨载重吨及以下）：设 2 个单向航行通航孔，单孔宽 56m，高 17.5m。航道中心线为东端点（30°40′24″N，122°00′46″E）和西端点（30°40′32″N，121°58′55″E）的连线，长度 2.96km。2 号通航孔航道（主通航孔，5000 载重吨及以下）：单孔双向航道，宽 300m，高 40m。航道中心线为东端点（30°43′26″N，122°01′05″E）和西端点（30°43′31″N，121°55′40″E）的连线，长度 8.64km。3 号通航孔航道（副通航孔，1000 载重吨及以下）：设 2 个单向航行通航孔，单孔宽 100m，高 25m。航道中心线为东端点（30°47′05″N，121°58′04″E）和西端点（30°46′29″N，121°56′41″E）的连线，长度 2.47km。4 号通航孔航道（副通航孔，500 载重吨及以下）：设 2 个单向航行通航孔，单孔宽 56m，高 17.5m。航道中心线为东端点（30°49′50″N，121°56′27″E）和西端点（30°49′25″N，121°55′00″E）的连线，长度 2.43km。



图 5.4-2　　500 吨级通航孔



图 5.4-3　　5000 吨级通航孔

5.4.3　渔业活动

项目拟建地渔业活动主要有鳗苗捕捞等。鳗苗捕捞作业方式有两种：（1）潮间带区为檐张网；（2）7m~8m 水深处为定置张网，定置张网打桩质材分竹质和

铁质两种，竹桩入土深度为 1.5m~3m，铁质入土深度为 2m~2.5m。

鳗苗作业主要分布在杭州湾北岸至嵊泗附近海域（122°20′E 以西渔区）。每年 12 月至翌年 4~5 月是鳗苗捕捞期，其中 2~4 月为旺季。据现场勘查，目前项目拟建区仅有零星张网捕捞，但根据周边渔民走访，拟建区在每年农历 12 月后有大面积鳗苗捕捞活动，对项目施工有一定影响。

5.4.4 跨海桥梁

东海大桥起始于上海市浦东新区（原南汇区）芦潮港，北与沪芦高速公路相连，南跨杭州湾北部海域，直达浙江嵊泗县小洋山岛。工程于 2002 年 06 月 26 日正式开工建设，于 2005 年 05 月 25 日实现结构贯通。大桥宽 31.5m，分上、下行双幅桥面，双向 6 车道，设计时速每小时 80 公里。大桥全线按高速公路标准设计，设计基准期为 100 年。大桥的最大主航通孔，离海面净高达 40m，可满足万吨级货轮的通航要求。



图 5.4-4　　现场踏勘零星张网区



图 5.4-5　　东海大桥

5.4.5　海上风电场

（1）东海大桥海上风电场一期工程

分布于东海大桥东侧，工程海底电缆系统由 4 条主干路由和 7 条分支路由构成，属上海东海风力发电有限公司。东海大桥海上风电项目一期工程风电场位于上海市东海大桥东侧 1~4km、南汇岸线以南 8~13km 的上海市海域，共装有 34 台 3MW 风力发电机，于 2010 年 6 月并网发电，是我国第一个大型海上风电项目。

（2）东海大桥海上风电项目二期工程

东海大桥海上风电项目二期工程位于上海市东海大桥西侧，距东海大桥 1~5km 场址范围内，场址距南汇咀岸线 6.6~11.4km，共安装 28 台海上风电机组，其中 26 台单机容量为 3.6MW 的风机。

东海大桥海上风电项目二期工程海底电缆系统由 4 条主干路由和 7 条分支路由构成，属上海东海风力发电有限公司。采用 35kV 结构为铜导体 3 芯交联聚乙烯绝缘分相铅护套粗钢丝铠装海底光电复合电缆，海底电缆总长度 67.2km，电缆埋深选择为 2.0~2.5m 之间，穿越通航孔处的电缆埋深适当加大。2015 年上半年并网发电。



图 5.4-6　　东海大桥海上风电工程

（3）中广核岱山 4#海上风电项目（一期）

中广核岱山 4#海上风电项目（一期）工程位于舟山市大鱼山岛北侧海域，风电场分为东区与西区，场区总面积约 19km^2。

工程总装机容量 216MW，拟安装 54 台单机容量为 4MW 的风力发电机组。风电场内风机通过 35kV 集电线路接至 220kV 海上升压站，海上升压站以 2 根 220kV 海底电缆和 1 根独立海光缆向南延伸至舟山绿色石化基地围填海工程北防波堤登陆点登陆后接入到位于大鱼山岛中部的陆上集控站，然后接入 220kV 鱼山变。风电场场区集电线路采用 35kV 海底电缆，共设置 8 回集电线路。各联合单元由 1 回 35kV 集电线路接至 220kV 海上升压站的 35kV 配电装置。风电场目前正在建设，西区基础已完成，即将开始东区的基础施工。

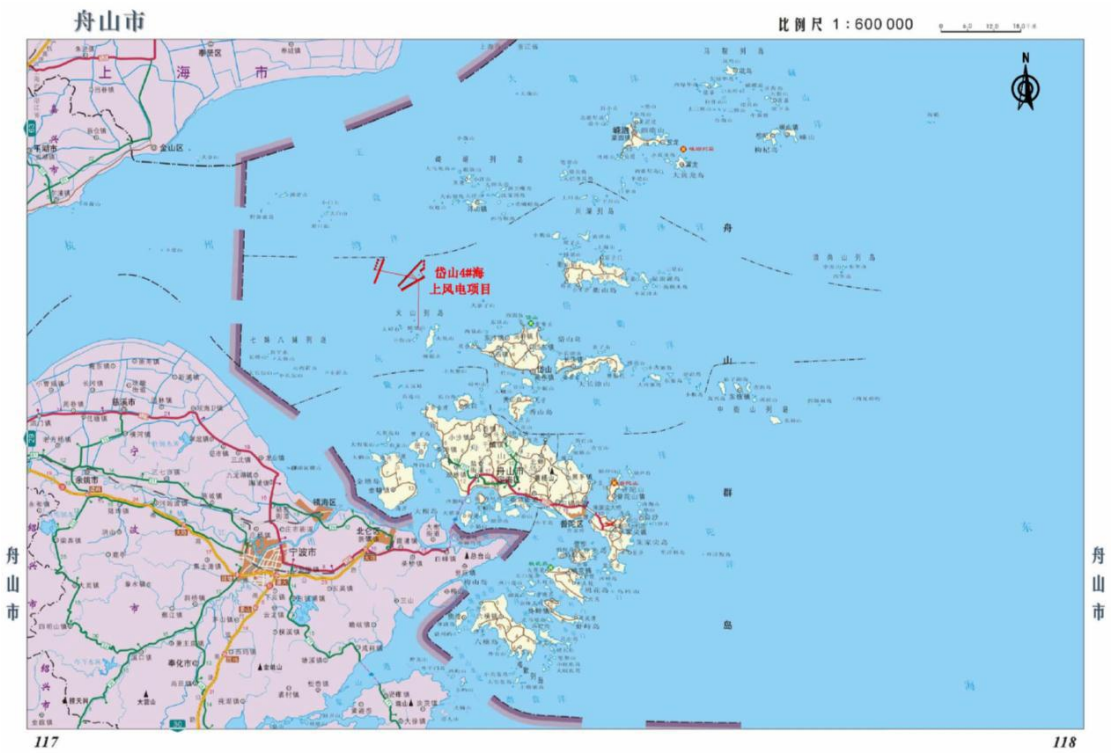


图 5.4-7　　中广核岱山 4#海上风电项目（一期）地理位置图

5.4.6　围填海工程

项目周边围填海工程主要以小洋山岛为主，小洋山北侧综合开发规划区位于小洋山岛、大指头岛、沈家湾岛和薄刀嘴岛之间海域。规划空间结构为“两轴，三点，三区”。两轴：区域中部东海大道发展轴；区域北侧滨海旅游景观轴。三点：三座天然山体形成天然景观中心，由西至东为小洋山岛、大指头岛和薄刀嘴岛。三区：本区域由这三座天然山体自西向东自然分隔为三个功能片区：港口现代物流加工区、港口工业、LNG 资源综合利用及公共设施区、港口现代辅助服务区三大功能片区。先期实施一期工程。规划一期围海区域西侧与小洋山东侧相连，南面接东海大道，东侧经沈家湾岛走向东北，最后与薄刀嘴岛相连，小洋山北侧综合开发规划区位于小洋山岛、大指头岛、沈家湾岛和薄刀嘴岛之间海域，先期实施一期工程。规划一期围海区域西侧与小洋山东侧相连，南面接东海大道，东侧经沈家湾岛走向东北，最后与薄刀嘴岛相连，总用海面积为 814hm^2。二期区域建设用海南面与一期规划相连，东侧与薄刀嘴岛相接，由东、西两个片区组成。东片区工程为嵊泗县小洋山北侧薄刀嘴西区围填海工程，西片区工程为小洋山围垦二期工程。规划填海面积约 538.7505hm^2。二期区域填海成陆后，与一期项目共同开发上海国际航运中心洋山深水港区综合物流服务功能的物流园区。

5.4.7 海底电缆管道

项目周边区域海底电缆管道主要有：上海芦潮港至嵊泗输电电缆（35KV）、东海平湖油田海底管道、嵊泗大洋山至上海芦潮港通信电缆、中日海底光缆系统（CJ－FOSC）（已废止）、上海液化天然气一期工程输气管线项目。

（1）上海芦潮港至嵊泗输电电缆（35KV）

上海芦潮港至嵊泗输电电缆（35KV）于 2001 年 7 月敷设，总长度 60km，所有者为舟山电力公司，[redacted]30°51[redacted]7.5N[redacted] 21°50[redacted]27.9E；泗礁登陆[redacted]30°42[redacted]1.0N[redacted]122°25[redacted]25E[redacted]已确权，国海证 083300283 号。

（2）东海平湖油田海底管道

东海平湖油气田位于上海东南方的 29°05′00″N，124°55′00″E 处，包括从平湖油气田海上平台至上海南汇芦潮港的 14 " 输气管道和输送至岱山的 10 " 输油管道。两条管道平行，间距约 10m[redacted]NW-SE[redacted]

（3）嵊泗大洋山至上海芦潮港通信电缆

大洋山至上海芦潮港通信电缆是一条联接上海和大洋山的通信电缆，于 1982 年 10 月建成投用，属于中国电信股份有限公司舟山分公司。该电缆起点位于嵊泗县大洋山圣姑[redacted]0°35′35″N，122°04′04″E[redacted]点位于上海南汇芦潮港：30°52′38″N，121°51′10″E[redacted]39.2km[redacted]

（4）中日海底光缆系统（CJ－FOSC）（已废止）

中日海底光缆系统是一条联接海外的大容量通信线路，于 1993 年 12 月建成投用，属于中国电信集团公司。该光缆西起上海南汇，东至日本宫崎，总长度 1265km，中国侧全程长 700km。

（5）上海液化天然气一期工程输气管线项目

上海 LNG 项目主要由 LNG 码头、LNG 接收站和海底输气管道三部分工程组成。LNG 码头位于上海洋山深水港区中西门堂岛的南侧，LNG 接收站位于中西门堂岛，LNG 海底输气管道计划为 600 万吨 LNG/年规模设计的 36”海底管道。从西门堂岛北侧入海，至南汇咀东海大桥东侧约 670m 处登陆。该输气管道于 2008 年 9 月铺设，属于上海液化天然气有限责任公司，长度约 36km。



图 5.4-8　　小洋山岛陆域开发图



图 5.4-9　　项目周边海域开发利用图

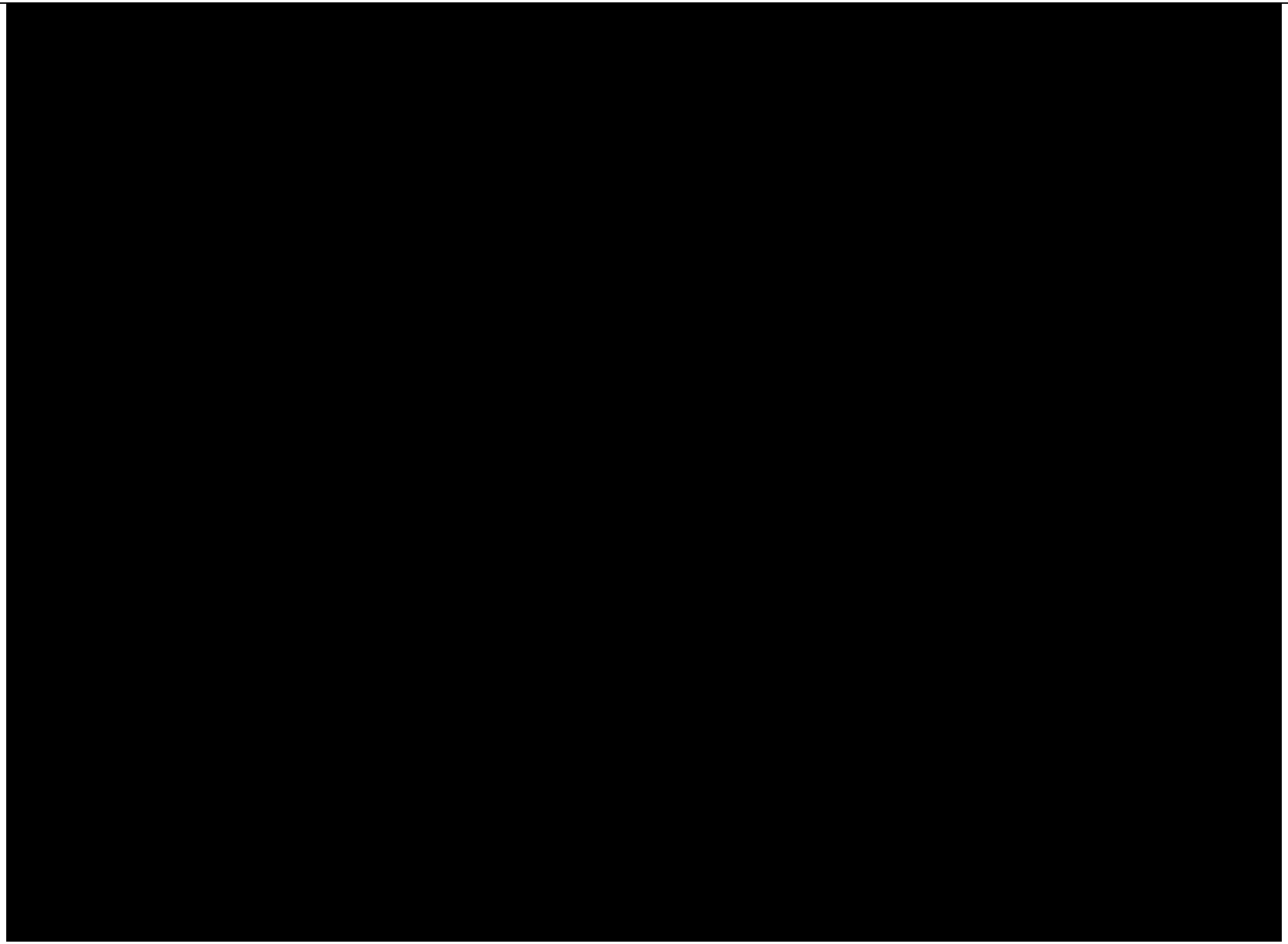


图 5.4-10　　项目周边海底电缆图

6 环境现状调查与评价

6.1 水文动力环境现状调查分析

为深入分析本工程海域潮汐、潮流、波浪、泥沙等各要素的时空分布特征和泥沙运动规律，上海东海海洋工程勘察设计研究院分别于2018年4月、9月在工程附近海域进行的春、秋两级季海洋水文泥沙测验，并编制《中广核浙江嵊泗海上风电项目海洋水文调查报告》。

6.1.1 水文测验内容

两季调查共布设6个水文泥沙调查站位（C1站～C6站），C2位于长江口外海域，C1、C3、C4位于杭州湾北岸海域，C5、C6位于洋山港东南部海域。同时收集芦潮港和小衢山2个海洋站同步潮位数据，站位布设及各站调查项目见表6.1-1、图6.1-1，调查项目分别为：潮位、潮流（流速、流向）、含沙量、悬沙粒度、底质粒度、水温、盐度、风速风向、海况。

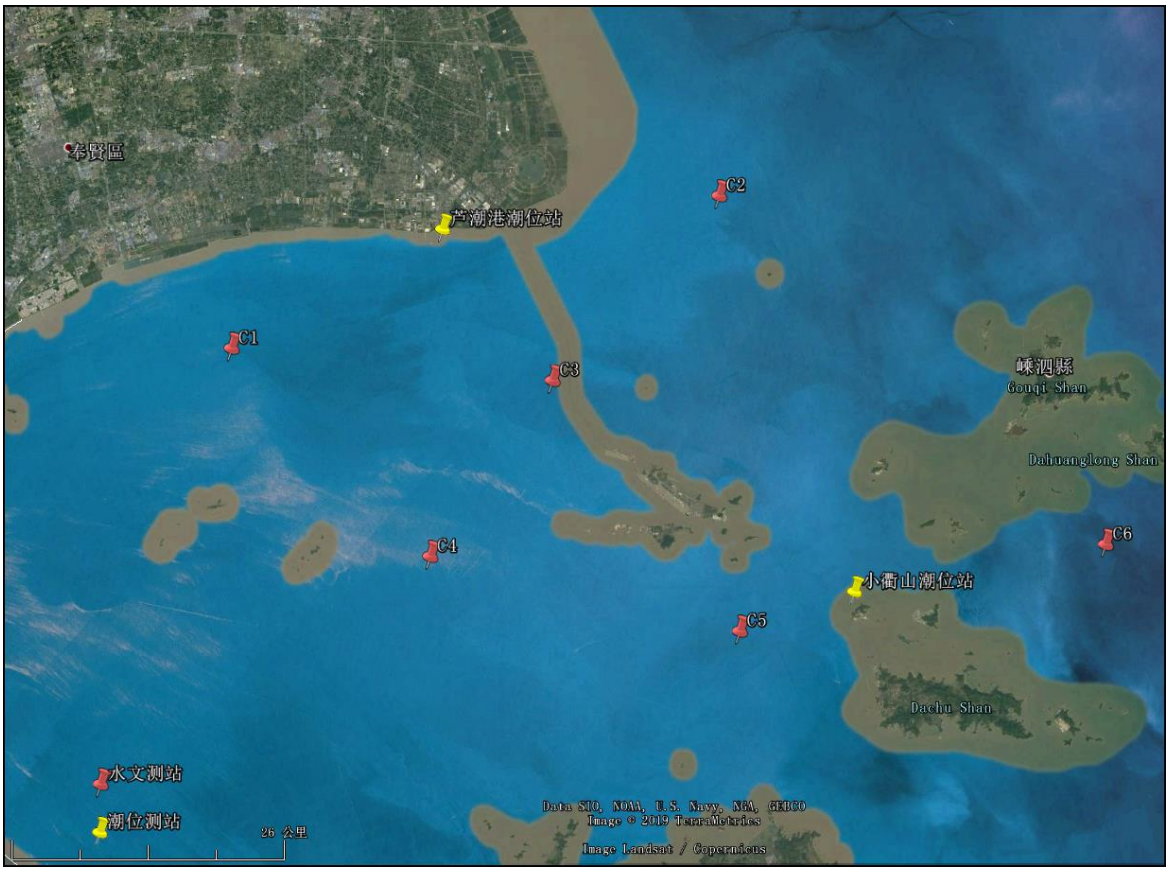


图 6.1-1 水文测量站位图

表 6.1-1　水文泥沙站位及调查项目表

站号	经度（E）	纬度（N）	流速流向	水温	盐度	悬沙粒度	含沙量	底质粒度	气象	潮位	海图水深（m）
C1	121°38.068'	30°44.143'	√			√	√	√			10
C2	122°07.174'	30°51.980'	√			√	√	√			11
C3	121°57.230'	30°42.521'	√			√	√	√			11
C4	121°49.958'	30°33.504'	√	√	√	√	√	√	√		10
C5	122°08.380'	30°29.687'	√			√	√	√			11
C6	122°30.185'	30°34.076'	√			√	√	√			25
芦潮港	121°50.926'	30°51.292'								√	
小衢山	122°15.200'	30°31.700'								√	

6.1.2　测验期间风、海况概况

（1）风况

本次水文泥沙测验在 C4 站进行风测量，两小时观测一次，根据测量结果可知（表 6.1-2）：春季水文泥沙测验期间 C4 站大潮平均风速为 4.0 m/s，风向 133°；最大风速达 7.2m/s，风向 115°。秋季 C4 站大潮平均风速为 6.0 m/s，风向 82°；最大风速达 9.2m/s，风向 96°。春、秋两季测验期间，大潮平均风速均大于小潮。

表 6.1-2　实测风速风向记录情况

[redacted]

（2）海况

本次水文泥沙测验在 C4 测站进行海况观测，两小时一次（海况观测只在白天进行），根据测量结果可知：春季水文泥沙测验期间 C4 站大潮为 2 至 3 级，小潮开始海况达 3 至 4 级，小潮最后四个小时海况逐渐变为 2 至 3 级。秋季水文泥沙测验期间 C4 站大潮海况为 2 至 3 级，小潮均为 2 级。

6.1.3　潮汐

6.1.3.1　潮汐类型和基准面关系

采用王骥、方国洪的分潮模式，对春、秋两季收集的芦潮港、小衢山海洋站为期

一个月的潮位资料进行调和分析，各潮位站分布见图 6.1-1。潮汐类型通常以主要振幅$(H_{O1}+H_{K1})/H_{M2}$的比值判据，计算结果见列表 6.1-3。

春、秋两季各站$(H_{O1}+H_{K1})/H_{M2}$值均小于 0.5，可见工程附近海域为正规半日潮海域。芦潮港浅水影响系数 H_{M4}/H_{M2} 大于 0.04，浅水分潮较明显；小衢山浅水影响系数小于 0.04，可不考虑浅水分潮影响。总体来看，芦潮港正规半日浅海潮，小衢山海域浅水分潮影响较小，为正规半日潮。

表 6.1-3　潮汐性质判据

[redacted]

依据技术要求，计算芦潮港和小衢山潮站观测期间同步月平均海平面，确定其 1985 国家高程基准关系。

春季芦潮港验潮站同步平均海面在 1985 国家高程基准上 30cm，小衢山验潮站同步平均海平面在 1985 国家高程基准上 31cm，根据两个验潮站一个月的潮位观测资料绘制的基面关系如图 6.1-2 所示。

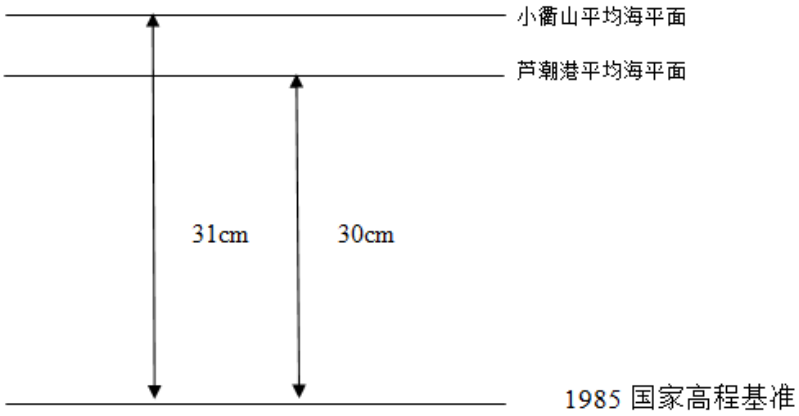


图 6.1-2　验潮站潮位与高程基准关系（春季）

秋季芦潮港验潮站同步平均海面在 1985 国家高程基准上 63cm，小衢山验潮站同步平均海平面在 1985 国家高程基准上 65cm，根据两个验潮站一个月的潮位观测资料绘制的基面关系如图 6.1-3 所示。

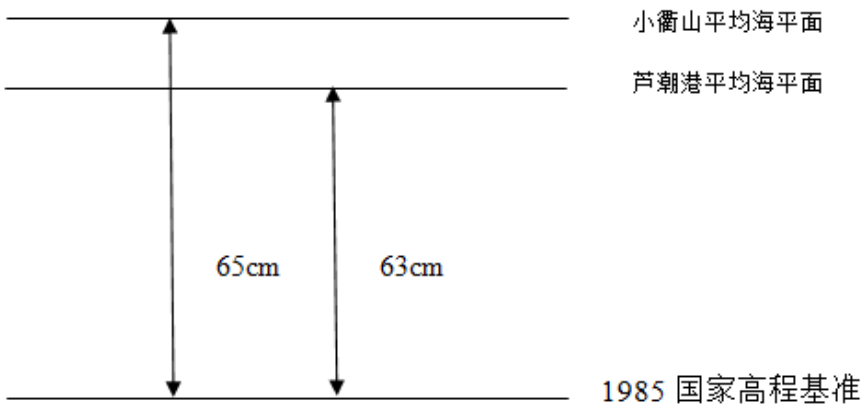


图 6.1-3　验潮站潮位与高程基准关系（秋季）

6.1.3.2　潮汐的基本特征

6.1.3.3　潮位

潮差大小是潮汐强弱的重要标志。春季芦潮港站最大潮差为 483cm，最小潮差为 142cm，平均潮差为 358cm；小衢山站最大潮差为 399cm，最小潮差为 73cm，平均潮差为 268cm。秋季芦潮港站最大潮差为 524cm，最小潮差为 138cm，平均潮差为 371cm；小衢山站最大潮差为 418cm，最小潮差为 66cm，平均潮差为 266cm。各站平均高潮位和月最高高潮位均表现相似的特征（表 6.1-4）。潮差的大小反映了潮动力的强弱，并且与流速的大小有密切的关系。

表 6.1-4　各站潮差特征值(2018 年 4 月)　　单位：cm

[redacted]

注：1985 国家高程基准。

6.1.3.4　涨、落潮历时

涨、落潮历时是反映地形、径流对潮波的作用影响，工程附近海域普遍落潮历时长于涨潮历时，春季芦潮港海洋站涨落潮历时差约 54 分钟，小衢山涨落潮历时差较小，约 14 分钟；秋季芦潮港海洋站涨落潮历时差为 46 分钟，小衢山涨落潮历时差约为 14 分钟（表 6.1-5）。

表 6.1-5　平均涨、落潮历时

[redacted]

6.1.3.5　潮位与潮流的位相关系

东海前进潮波进入舟山群岛及其毗邻的东海西北部海域后，由于岛屿众多，地形岸线复杂，潮波在传播过程中发生变形，逐渐过渡呈驻潮波性质。从本次大潮实测潮位与潮流的同步过程曲线（图 6.1-4~6.1-7）在工程附近海域，转流时间发生在高潮位与低潮位附近，涨落急发生在中潮附近，具有较明显驻波性质。

（1）春季

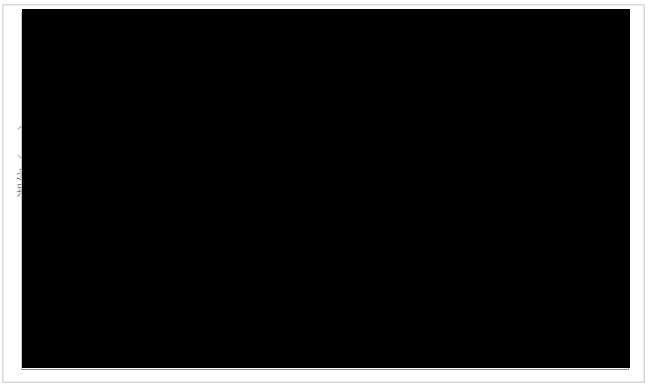


图 6.1-4　芦潮港潮位与 C1～C4 站流速同步过程曲线图（大潮垂线）



图 6.1-5　小衢山潮位与 C5～C6 站流速同步过程曲线图（大潮垂线）

（2）秋季



图 6.1-6　芦潮港潮位与 C1～C4 站流速同步过程曲线图（大潮垂线）



图 6.1-7　小衢山潮位与 C5～C6 站流速同步过程曲线图（大潮垂线）

6.1.4　潮流

6.1.4.1　潮流性质

（1）春季

1)　潮流性质系数 F：

F=（W_{O1}+W_{K1}）/W_{M2}。6 个测站各层次 F 值均小于 0.5（表 6.1-6），表明工程附近海域的潮流性质总体为正规半日潮流的性质。

2)　潮流性质系数 G：

G=（W_{M4}+W_{MS4}）/W_{M2}，除 C3 站个别层次外，其余各站 G 值均大于 0.04（表 6.1-6），这说明本海域浅水分潮流较显著，具体表现为涨、落潮流不对称和涨、落潮流历时不等。

综合 F、G 值两个特征指标，工程附近海域的潮流主要为正规半日潮流，浅水分潮流较显著。

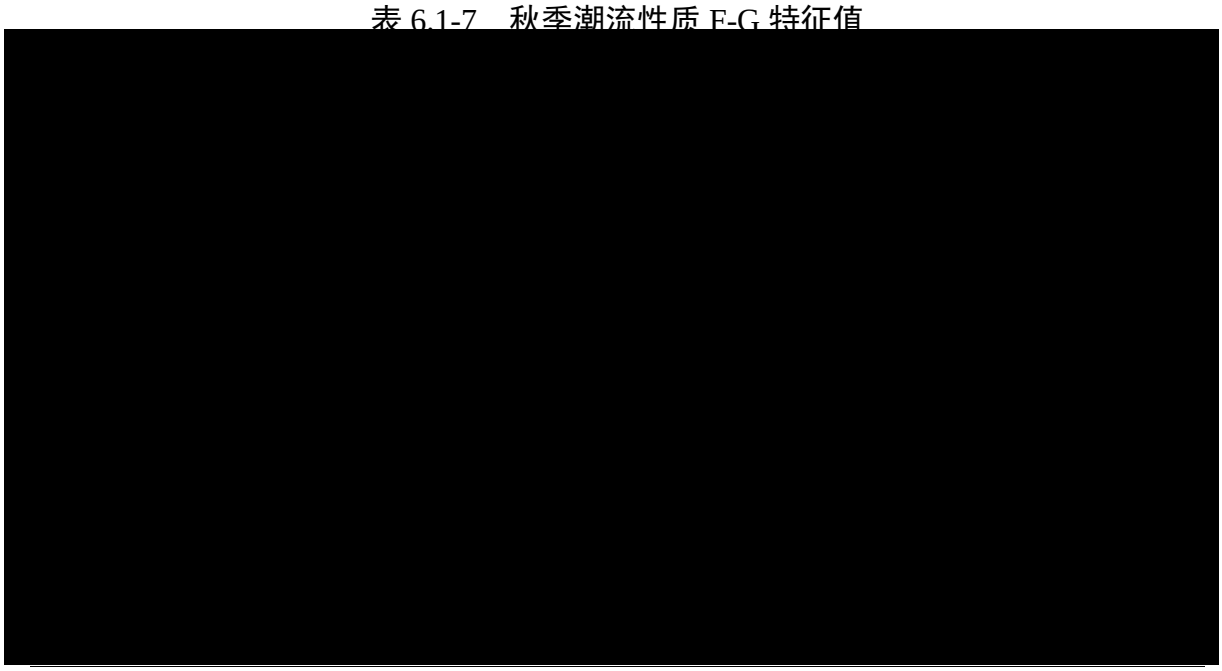
表 6.1-6　春季潮流性质 F-G 特征值



（2）秋季

秋季 6 个测站各层次 F 值均小于 0.5（表 6.1-7），表明工程附近海域的潮流性质总体为正规半日潮流的性质。

表 6.1-7　秋季潮流性质 F-G 特征值



2)　潮流性质系数 G：

秋季 C1 和 C3 站各水层 G 值均小于 0.1，C2、C4 和 C5 则上层 G 值小于 0.1，中下层则稍大于 0.1，而距离杭州湾更远的其余各站 G 值都明显大于 0.1，这说明杭州湾海域受浅水分潮流影响较小，而舟山群岛东、北部海域则浅水分潮流较显著。具体表现为涨、落潮流不对称和涨、落潮流历时不等。

综合 F、G 值两个特征指标，工程附近海域的潮流主要为正规半日潮流，浅水分潮流较显著。

6.1.4.2 潮流运动形式

工程附近海域的潮流以半日潮流为主，故以 M_2 分潮流椭圆率 K 值来判别潮流的运动形式。0≤|K|＜1，|K|值越大潮流的旋转形态越强，反之往复流性质越显著。

表 6.1-8 春季 M 分潮流椭圆率 K 值

[redacted]

表 6.1-9 秋季 M2 分潮流椭圆率 K 值

[redacted]

测流水域的潮流受岸线的约束。春季 C2 站中上层 K 值绝对值大于 0.25，呈较强旋转流特征；其余测站各层 K 值绝对值均小于 0.25，基本为往复流。秋季 C1、C3、C4、C5 站各层 K 值绝对值较小，均在 0.1 附近，呈明显往复流特性；C2、C6 站 K 值绝对值为 0.25 左右，表现出一定的旋转流特征。由于测区的地形较复杂，受岸线和岛屿影响较大，有些站位的上层与中层、底层 K 值正负不同，这种上、下层潮流不同的旋转方向增加了水体的紊动混合。

因此工程附近海域总体为往复流，部分长江口及外海站位受地形影响表现出旋转流特征。

6.1.4.3 实测流场特征

1、测验区潮流运动

（1）春季

将实测海流资料整理并绘制各站大、小潮垂线流矢图（图 6.1-8、6.1-9），以描述水文测验区潮流运动情况。

6 个流速流向测站中，除 C2 站受单侧地形的影响，潮流呈现出较强的旋转性外，其余各站基本表现为往复流。

各站位中，C1 站地处杭州湾北部，受岸线地形约束，潮波变为东西向。C1 站与 C5 站分别由于杭州湾的地形挤压和衢山岛在落潮方向的阻挡作用，涨潮流轴与落潮流轴不在同一直线上，两轴约有 15～30°的明显偏角。C3、C4、C5、C6 四个站距离岛礁岸线较远，潮流符合大尺度潮波走向，呈 WNW-ESE 向。

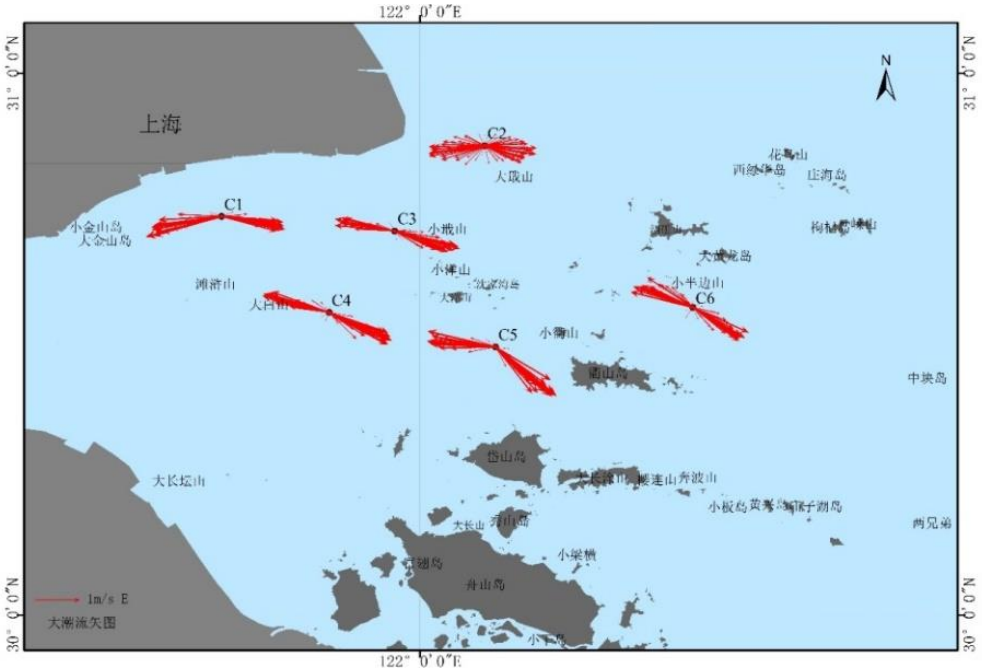


图 6.1-8　大潮垂线流矢图

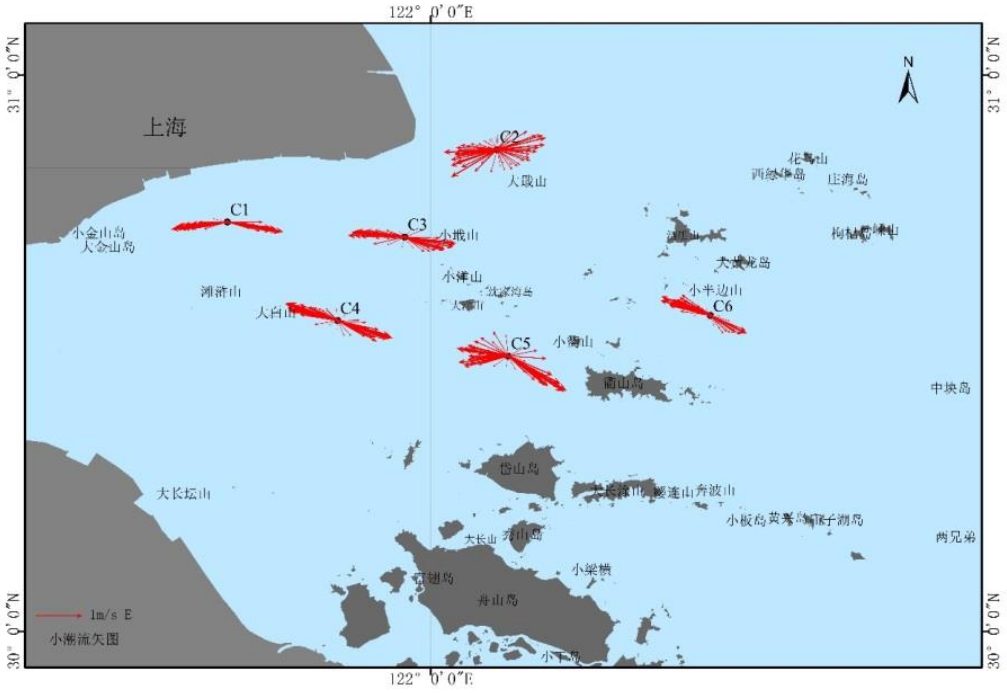


图 6.1-9　小潮垂线流矢图

（2）秋季

将实测海流资料整理并绘制各站大、小潮垂线流矢图（图 6.1-10、6.1-11），以描述水文测验区潮流运动情况。

6 个流速流向测站中，除 C2 站受单侧地形的影响，潮流呈现出较强的旋转性外，其余各站基本表现为往复流。

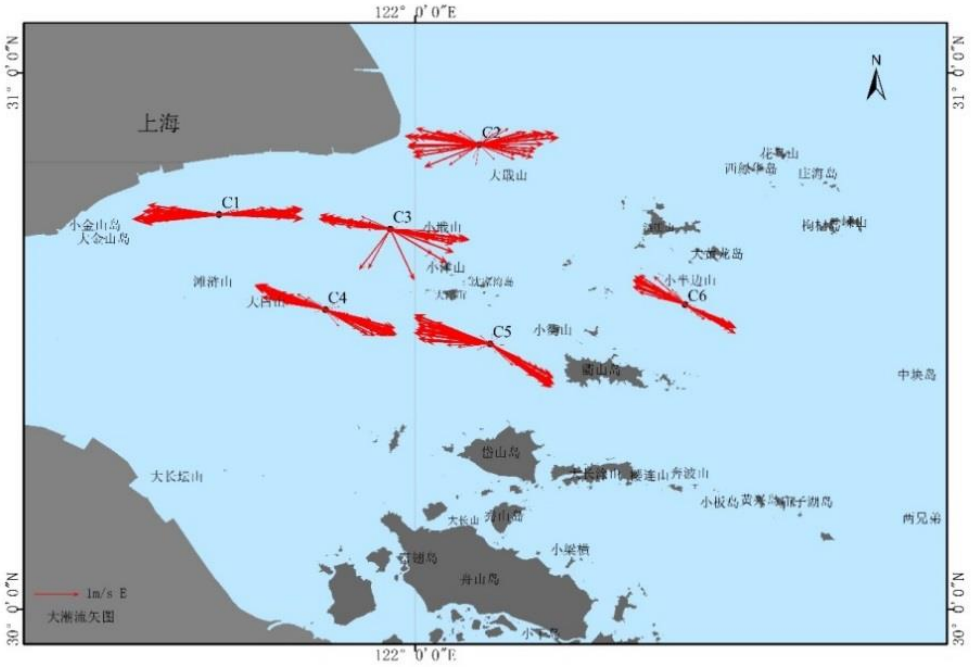


图 6.1-10　大潮垂线流矢图

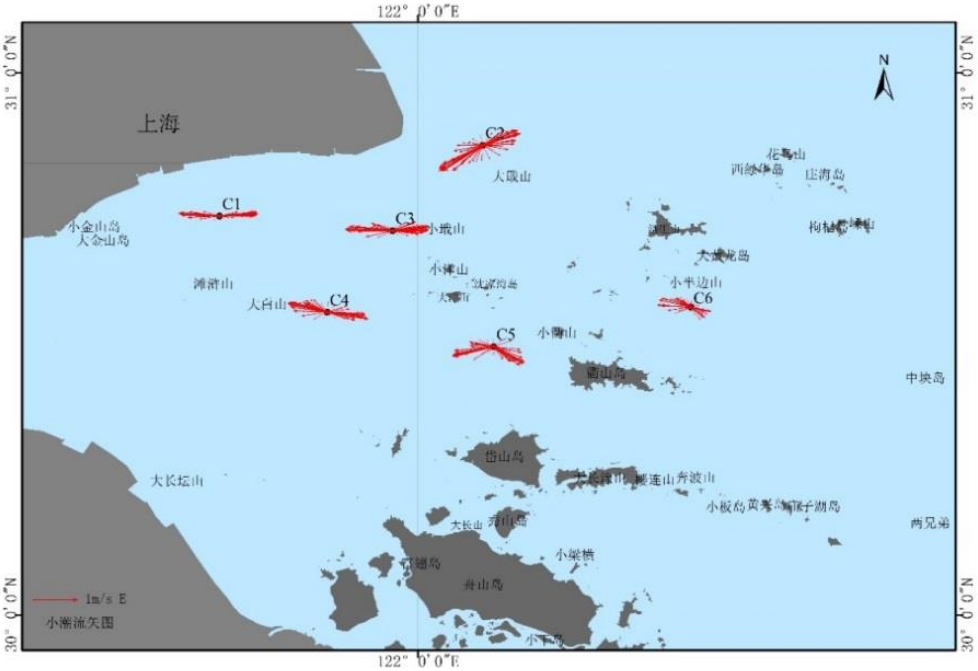


图 6.1-11　小潮垂线流矢图

各站位中，C1 站地处杭州湾北部，受岸线地形约束，潮波变为东西向。C5 站由衢山岛在落潮方向的阻挡作用，涨潮流轴与落潮流轴不在同一直线上，两轴约有 30°的明显偏角。C3、C4、C5、C6 四个站距离岛礁岸线较远，潮流符合大尺度潮波走向，呈 WNW-ESE 向。

2、实测最大流速流向

（1）春季

实测最大流速流向是依据观测资料报表，对大、小潮各层次及垂线的涨、落潮最大流速流向进行统计，结果列表 6.1-10、表 6.1-11。

1）实测涨落潮最大流速

工程附近海域大潮流速最大出现在 C5 站，涨、落潮测点最大流速分别为 186cm/s、202cm/s，涨、落潮垂线最大流速分别为 152cm/s、169cm/s。

实测最大流速的垂向分布总体有较好的规律，体现为表层最大，底层最小，随深度增加而流速减小，测点最大流速大多发生在上层，部分出现在中层。

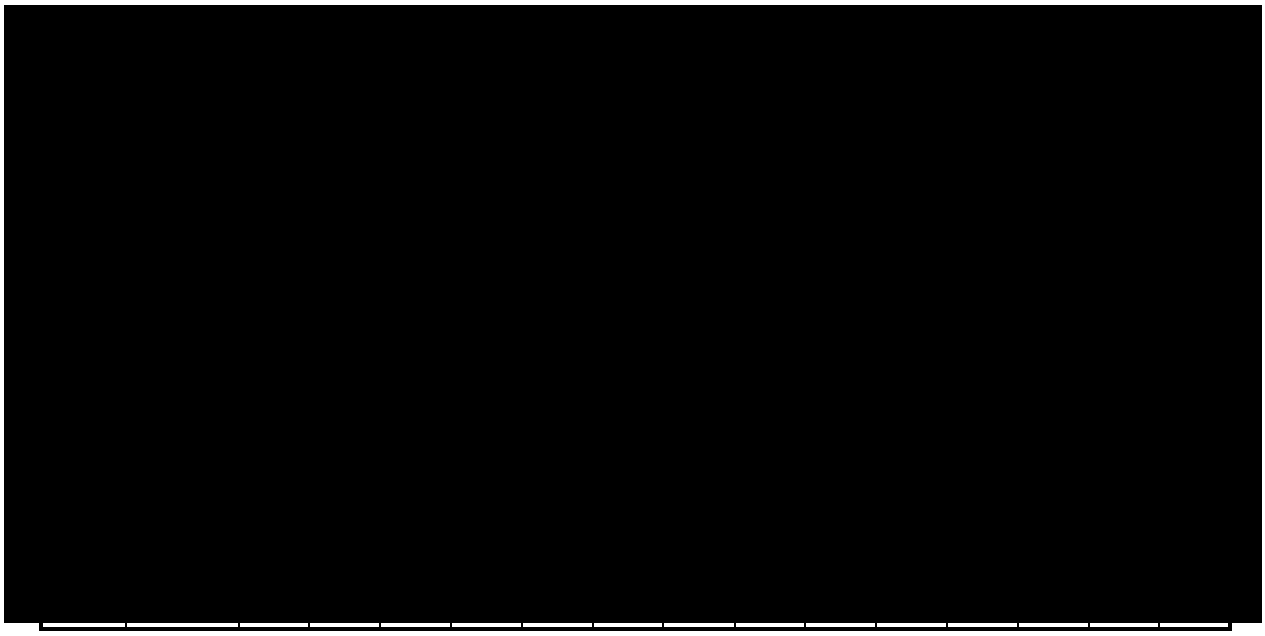
2）实测涨落潮最大流速的流向

除 C2 站位，C1～C6 站位于衢山附近海域，涨潮垂线强流向在 261°～291°之间，落潮垂线强流向在 95°～129°之间，涨、落潮强流向基本在潮流椭圆的同一轴线上。

表 6.1-10　实测涨落潮最大流速流向 (大潮)　　单位：（V=cm/s、D=°）

[redacted]

表 6.1-11　实测涨落潮最大流速流向 (小潮)　　单位：（V=cm/s、D=°）



（2）秋季

实测最大流速流向是依据观测资料报表，对大、小潮各层次及垂线的涨、落潮最大流速流向进行统计，结果列表 6.1-12、表 6.1-13。

表 6.1-12　实测涨落潮最大流速流向 (大潮)　　单位：（V=cm/s、D=°）



表 6.1-13　实测涨落潮最大流速流向 (小潮)　　单位：（V=cm/s、D=°）



1）实测涨落潮最大流速

工程附近海域大潮流速最大出现测区最西侧的 C1 站，涨、落潮测点最大流速分别为 232cm/s、210cm/s，涨、落潮垂线最大流速分别为 197cm/s、192cm/s。

实测最大流速的垂向分布总体有较好的规律，体现为表层最大，底层最小，随深度增加而流速减小，测点最大流速均发生在上两层。

2）实测涨落潮最大流速的流向

除 C2 站外，C1～C6 站位于衢山附近海域，涨潮垂线强流向在 258°～299°之间，落潮垂线强流向在 83°～122°之间，涨、落潮强流向基本在潮流椭圆的同一轴线上。

3、涨落潮平均流速流向

（1）春季

全潮涨、落潮平均流速流向是一个全潮内各时次实测涨、落潮流速流向的矢量平均，列表 6.1-14、6.1-15。

大潮涨潮垂线平均流速最大为 C1 站，流速流向分别为 114cm/s 和 260°；落潮垂线平均流速最大为 C4 和 C5 站，均为 103cm/s，流向分别为 116°和 130°。大潮涨潮垂线平均流速最小为 C2 站，为 72cm/s，流向为 268°；落潮垂线平均流速最小为 C2 站，流速为 74cm/s，流向为 99°。

小潮时，涨潮垂线平均流速最大为 C5 站，流速流向分别为 74 cm/s 和 263°；落潮垂线平均流速最大为 C4、C5 站，流速分别为 77cm/s、78cm/s，流向分别为 110°、120°。涨潮垂线平均流速最小为 C6 站，为 62cm/s，流向为 293°；落潮垂线平均流速最小为 C6 站，流速为 49cm/s，流向为 121°。

工程附近海域的平均流向与强流向相差不大，对比垂线平均流向与大潮垂线强

流向看，除小潮时 C2 站涨潮两者相差 18°，落潮相差 17°外，两者一般小于 10°。

表 6.1-14　实测涨落潮平均流速流向 (大潮)　　单位：（V=cm/s、D=°）

[redacted]

表 6.1-15　实测涨落潮平均流速流向 (小潮)　　单位：（V=cm/s、D=°）

[redacted]

（2）秋季

全潮涨、落潮平均流速流向是一个全潮内各时次实测涨、落潮流速流向的矢量平均。大潮涨潮垂线平均流速最大为 C1 站，流速流向分别为 139 cm/s，269°；落潮垂线平均流速最大为 C5，流向流速分别为 116cm/s，87°。大潮涨潮与落潮的垂线平均流速最小均为 C6 站，分别为涨潮：87cm/s，297°；落潮：73cm/s，117°。

表 6.1-16　实测涨落潮平均流速流向 (大潮)　　单位：（V=cm/s、D=°）



表 6.1-17　实测涨落潮平均流速流向 (小潮)　　单位：（V=cm/s、D=°）



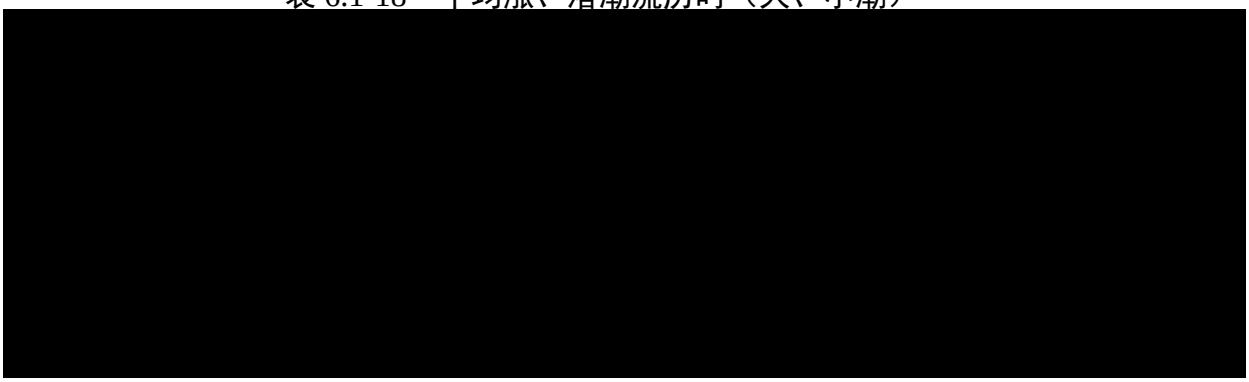
小潮时，涨、落潮垂线平均流速最大均为 C2 站，涨潮流速流向为 59cm/s，241°，落潮流速流向为 63cm/s，72°。涨、落潮垂线平均流速最小为 C6 站，涨潮流速流向为 38cm/s，286°；落潮流速流向为 25cm/s，107°。工程附近海域的平均流向与强流向相差不大，对比垂线平均流向与大潮垂线强流向看，两者一般小于 10°。

4、涨落潮流历时

（1）春季

测验水域平均涨、落潮流历时分布不同，涨、落潮历时无规律，有的测站涨潮流历时长，有的则相反详见表 6.1-18。

表 6.1-18　平均涨、落潮流历时（大、小潮）



（2）秋季

测验水域平均涨、落潮流历时分布不同，涨、落潮历时无规律，有的测站涨潮流历时长，有的则相反详见表 6.1-19。

表　　平均涨、落潮流历时（大、小潮）



6.1.4.4　余流

余流一般指实测海流扣除周期性潮流后的剩余部分，其形成原因主要为风、径流、海水密度及海面坡度等，此外潮汐的非线性现象也可产生余流，由于当前的测流为周日观测，余流中还含有天文潮流。余流是定向运动，它指示着水沙运移的方向。

（1）春季

经实测资料分离计算，工程附近海域在春季水文气象条件下的大、小潮分层余流列表 6.1-20、表 6.1-21 和图 6.1-12、图 6.1-13。测验水域余流不大，但各站余流量值差异较大，平面分布无明显规律，测点最大余流发生在 C5 站，小潮表层为 31cm/s、垂线为 29cm/s。余流的垂向分布基本为表层大，底层小。余流的量值在潮次上变化不是很明显，大、小潮余流值较接近。由于工程附近海域岛屿众多，汊道纵横，加之杭州湾和长江径流的效应，余流的方向各异，在各潮次上也不同，甚至个别站垂线上方向差异也较大，但余流的方向总体趋势为 SE 向。

表 6.1-20　春季大潮余流　单位：（V=cm/s、D=°）

[redacted]

表　　春季小潮余流　单位：（　　、　　）

[redacted]

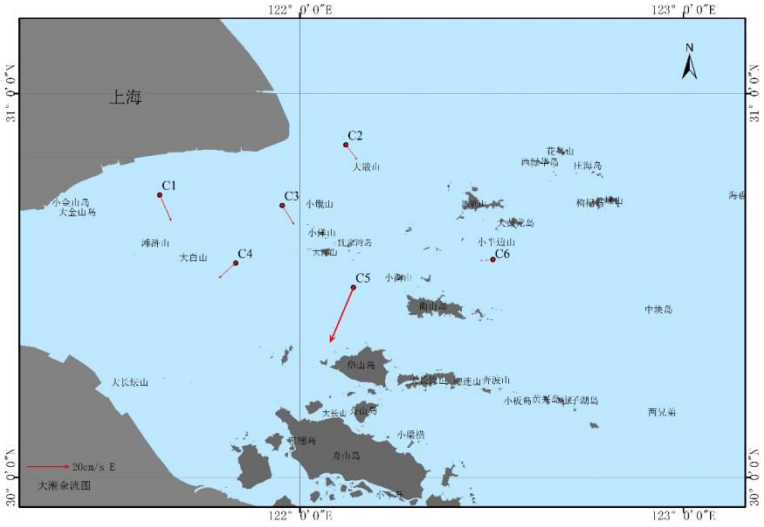


图 6.1-12　春季大潮余流图

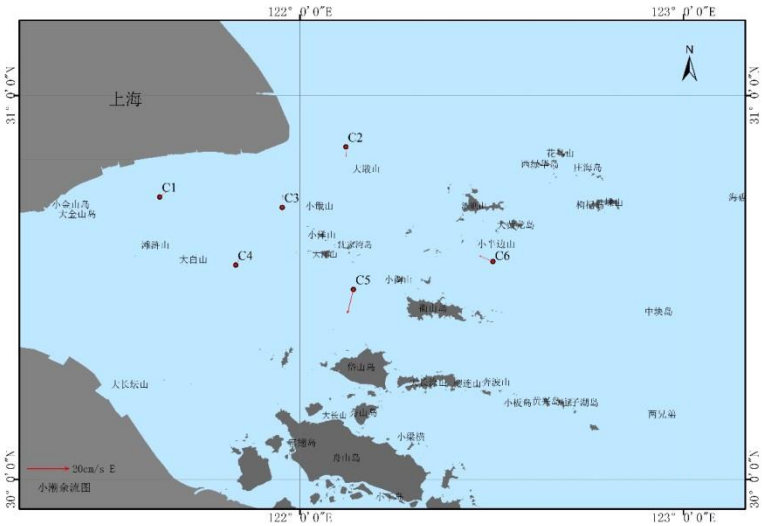


图 6.1-13　春季小潮余流图

（2）秋季

经实测资料分离计算，工程附近海域在秋季水文气象条件下的大、小潮分层余流列表 6.1-22、表 6.1-23 和图 6.1-14、图 6.1-15。

测验水域余流不大，但各站余流量值差异较大，平面分布无明显规律，测点最大余流发生在 C5 站，大潮 0.2H 层为 24cm/s、垂线为 20cm/s。余流的垂向分布基本为表层大，底层小。余流的量值在潮次上变化不是很明显，大、小潮余流值较接近。由于工程附近海域岛屿众多，汊道纵横，加之杭州湾和长江径流的效应，余流的方向各异，在各潮次上也不同，甚至个别站垂线上方向差异也较大，但余流的方向总体趋势为 SE 向。

表 6.1-22　秋季大潮余流　单位：（V=cm/s、D=°）

[redacted]

表 6.1-23　秋季小潮余流　单位：（V=cm/s、D=°）

[redacted]

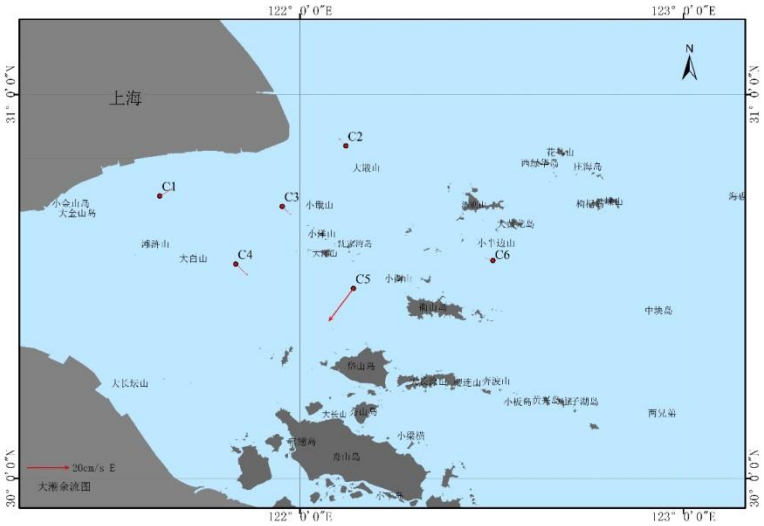


图 6.1-14　秋季大潮余流图

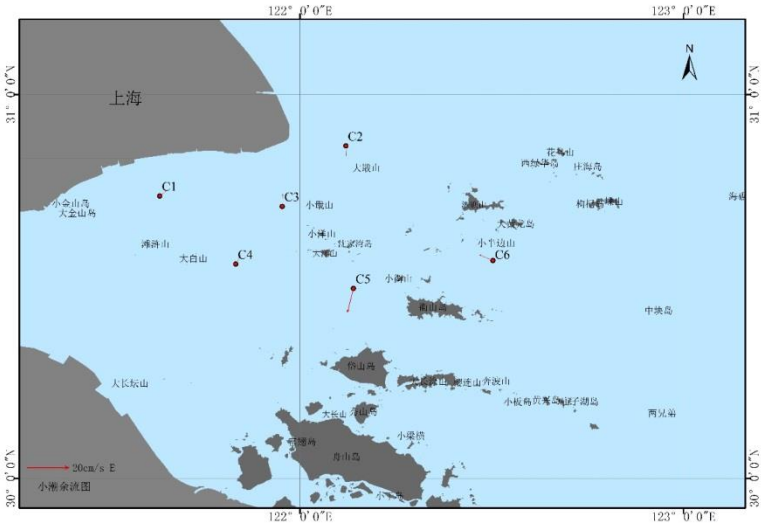


图 6.1-15　秋季小潮余流图

6.1.4.5 最大可能海流

按《港口与航道水文规范》，最大可能海流为最大可能潮流和余流的矢量和，其中最大可能潮流又为六个主要分潮流椭圆长轴的组合。

（1）春季

表 6.1-24 为春季可能最大潮流迭加余流项的计算结果，总的来说最大可能海流在表层较大，随水深增加而递减。

表 6.1-24 春季大潮最大可能海流 单位：（V=cm/s、D=°）

[redacted]

1）6 个定点站之中，C5 站 0.2H 层的可能最大海流流速最大，为 236cm/s，C2 站底层最小为 99cm/s。整个大潮期间最大可能最大海流在 C5 站 0.2H 层，流速为 236cm/s，再随着水深的加大，可能最大海流流速不断的减小。

2）由于工程附近海域岛屿众多，除 C2 站外，各站受地形影响，最大可能海流相对较大，垂线平均最大可能流速均大于 180m/s，与实测海流情况一致。

（2）秋季

表 6.1-25 为秋可能最大潮流迭加余流项的计算结果，总的来说最大可能海流在表层较大，随水深增加而递减。

表 6.1-25 春季大潮最大可能海流 单位：（V=cm/s、D=°）

[redacted]

1）6 个定点站之中，C2 站表层的可能最大海流流速最大，为 279cm/s，C6 站底层可能最大海流流速最小，为 117cm/s。整个大潮期间最大可能最大海流在 C2 站表层，流速为 279cm/s，再随着水深的加大，可能最大海流流速不断的减小。

2）由于工程附近海域岛屿众多，C1、C3、C5、C6 站受地形影响，最大可能海流相对较大，垂线平均最大可能流速均大于 225m/s，其余几个测站最大可能流速相对较小，与实测海流情况一致。

6.1.5 泥沙

6.1.5.1 含沙量的时空分布

1、含沙量的平面分布

（1）春季

含沙量的平面分布总体大、小潮均为西侧高、东侧低，位于杭州湾内的 C1、C3、C4、C5 站较大，而靠近外海的 C6 站含沙量相对较小（见图 6.1-16、图 6.1-17）。含沙量最大值出现在位于 C4 站，大、小潮垂线平均为 1.471kg/m^3，其中 C4 站大潮垂线最大，为 1.942 kg/m^3。含沙量最小值出现在位于测区东部的 C6 站，大、小潮垂线平均为 0.097 kg/m^3，其中 C6 站小潮垂线最小，为 0.053 kg/m^3（表 6.1-26）。

表 6.1-26　垂线平均含沙量　单位：kg/m^3

[redacted]

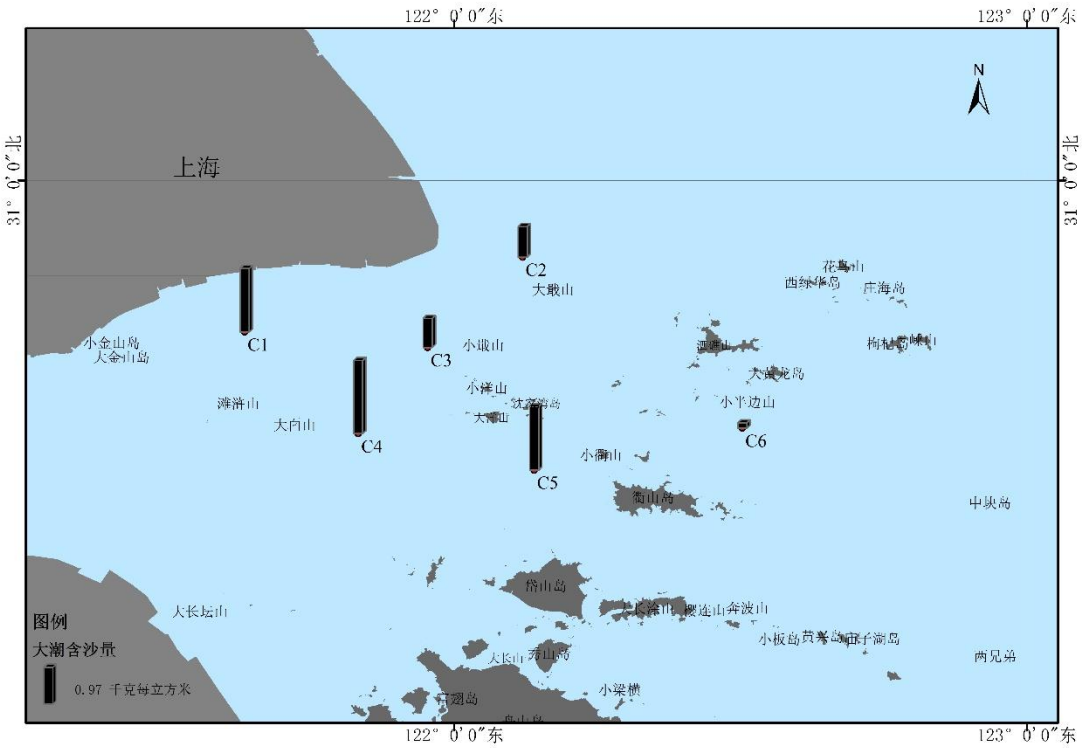


图 6.1-16　大潮平均含沙量平面分布图

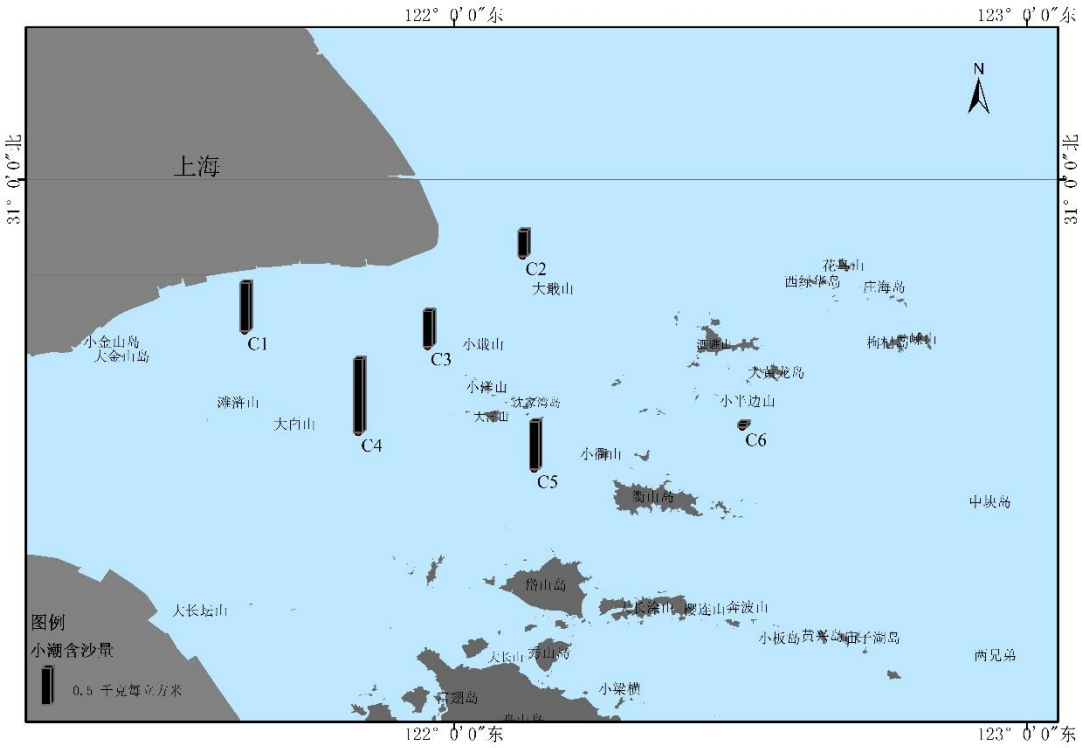


图 6.1-17　小潮平均含沙量平面分布图

（2）秋季

含沙量的平面分布总体大、小潮均为西侧高、东侧低，位于杭州湾内的 C1、C4、C5 站较高，其余各站含沙量相对较小（见图 6.1-18、图 6.1-19）。含沙量最大值出现在位于 C4 站，大、小潮垂线平均为 1.070kg/m^3，其中 C4 站大潮垂线最大，为 1.919 kg/m^3。含沙量最小值出现在位于测区东部的 C6 站，大、小潮垂线平均为 0.105kg/m^3，其中 C6 站小潮垂线最小，为 0.047 kg/m^3（表 6.1-27）。

表 6.1-27　垂线平均含沙量　单位：kg/m^3



图 6.1-18　大潮平均含沙量平面分布图

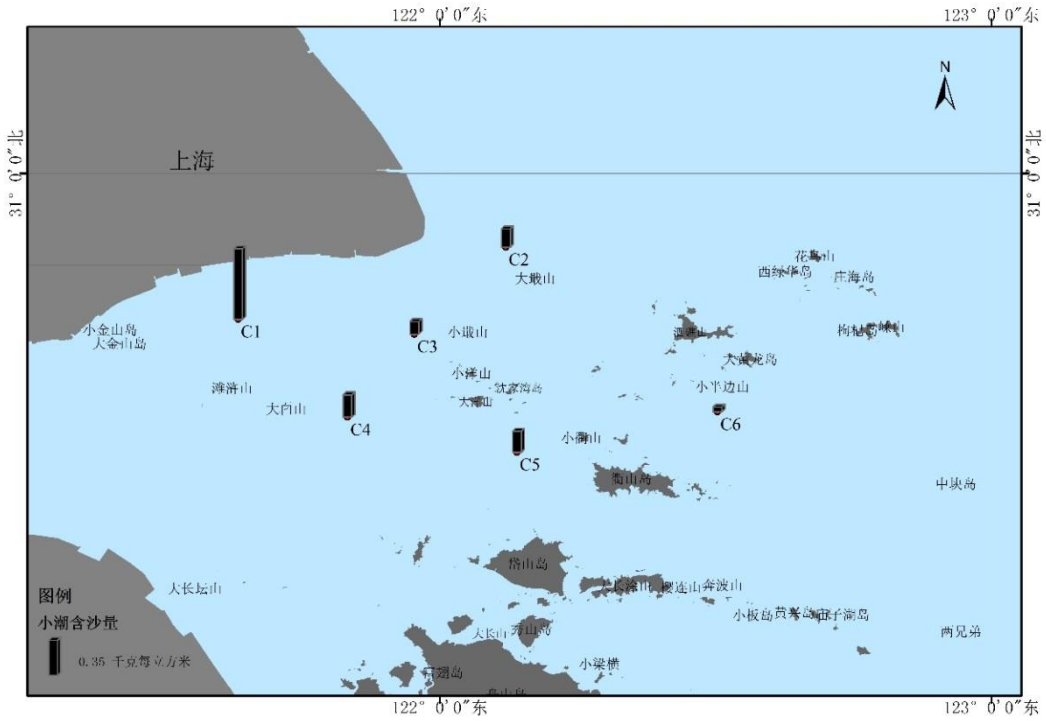


图 6.1-19　小潮平均含沙量平面分布图

2、含沙量的垂向分布

（1）春季

含沙量的垂向分布具有表层低、底层高的显著特点（表 6.1-28、图 6.1-20、图 6.1-21），C1～C6 站含沙量均为底层＞0.6H 层＞表层。



图 6.1-20　大潮表层、0.6H、底层平均含沙量



图 6.1-21　小潮潮表层、0.6H、底层平均含沙量

表 6.1-28　平均含沙量　　单位：kg/m^3



2

含沙量的垂向分布具有表层低、底层高的显著特点（表 6.1-29、图 6.1-22、图 6.1-23），C1～C6 站含沙量均为底层＞0.6H 层＞表层。



图 6.1-22　大潮表层、0.6H、底层平均含沙量



图 6.1-23　小潮潮表层、0.6H、底层平均含沙量

3

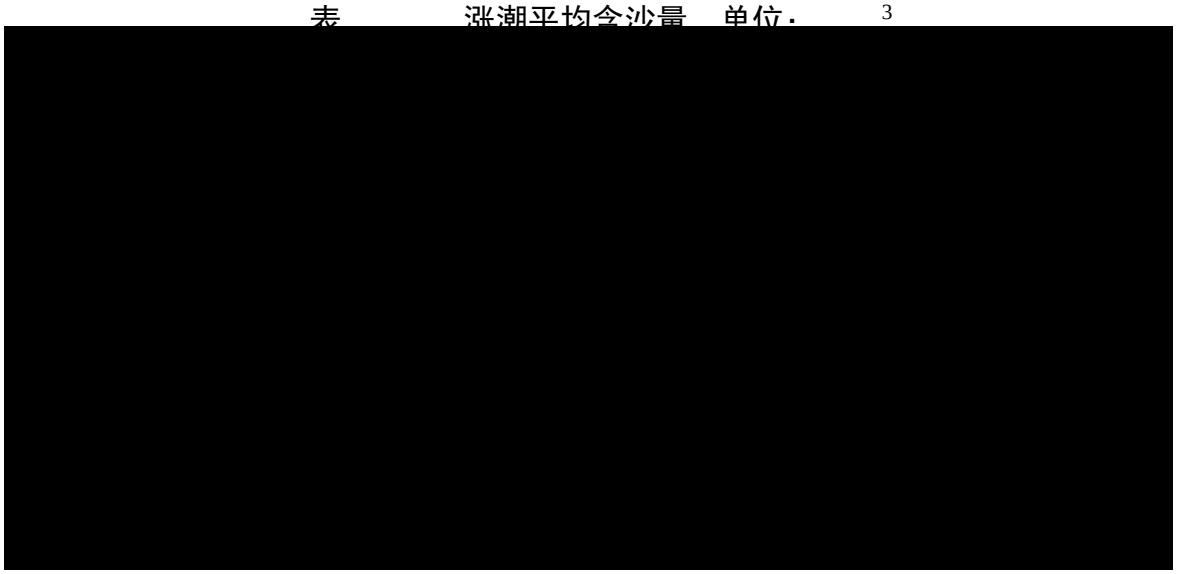


3、含沙量的时间分布

（1）春季

涨、落潮平均含沙量变化较小，从表 6.1-30、表 6.1-31 各站的平均含沙量比较，　其中 C3 站小潮、C6 站大潮与 C5 站涨潮平均含沙量略大于落潮外，其余各站各潮次落潮平均含沙量略高于涨潮。

表　　涨潮平均含沙量　单位：　3



3



含沙量在潮次间的变化表现为，各站大潮表层、0.6H 层、底层含沙量均大于小潮。

（2）秋季

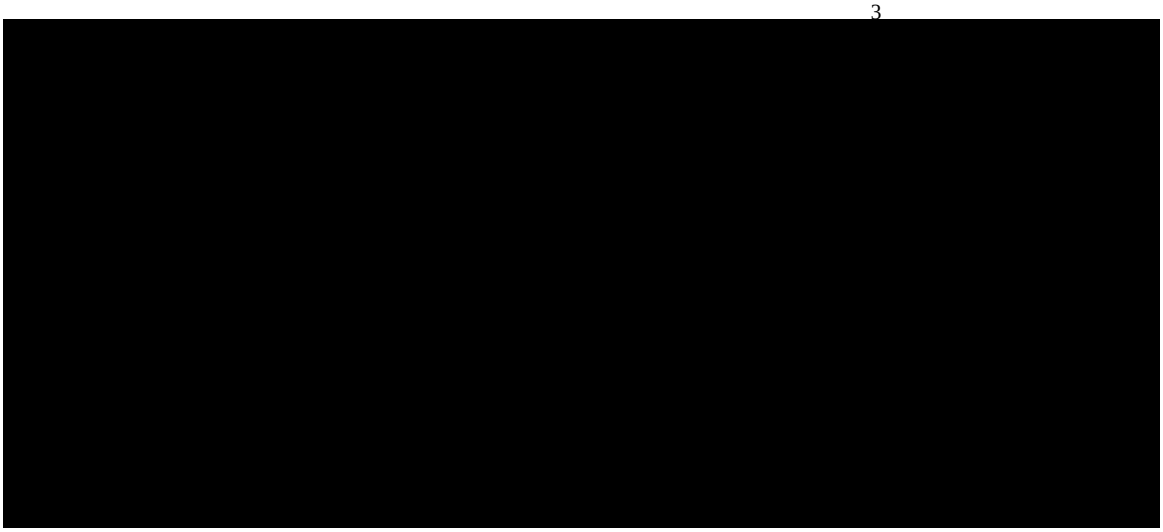
涨、落潮平均含沙量变化较小，从表 6.1-32、表 6.1-33 各站的平均含沙量比较，各站各潮次涨、落潮平均含沙量相差不大，无明显规律，有的测站涨潮平均含沙量略大，有的则略小。

含沙量在潮次间的变化表现为，各站大潮表层、0.6H 层、底层含沙量均大于小潮。

3



3



6.1.5.2 悬沙粒径

（1）春季

悬沙粒径在平面上的分布变化不大，工程附近海域悬沙的中值粒径 D_{50}（表 6.1-34）的平均 φ 值在 6.58～7.17 之间，最大值出现在 C4 小潮时，中值粒径 D_{50}φ 值为 7.27，最小值出现在 C6 站小潮时，中值粒径 D_{50}φ 值为 6.06；悬沙的平均粒径 D_{MZ}（表 6.1-35）的平均 φ 值在 6.62～7.27 之间，最大值出现在 C4 站小潮时，平均粒径 D_{MZ} 的 φ 值为 7.4，C6 站小潮时平均粒径 D_{MZ} 的 φ 值最小，为 6.11。

悬沙的平均粒径 D_{MZ} 在潮次间有较好的变化规律：除 C6 站外其他各站大潮悬沙平均粒径 φ 值均小于小潮，整体表现为大潮悬沙的平均粒径最粗，小潮最细。

表 6.1-34 悬沙中值粒径（D50）φ 值平均、最大特征值



注：$\varphi=-\log_2 d$

表 6.1-35　悬沙平均粒径（Dmz）φ 值平均、最大特征值



φ=-log$_2$d

（2）秋季

悬沙粒径在平面上的分布变化不大，工程附近海域悬沙的中值粒径 D_{50}（表 6.1-36）的平均 φ 值在 6.57～7.37 之间，最大值出现在 C5 小潮时，中值粒径 D_{50}φ 值为 7.49，最小值出现在 C2 站小潮时，中值粒径 D_{50}φ 值为 5.95；悬沙的平均粒径 D_{MZ}（表 6.1-37）的平均 φ 值在 6.60～7.50 之间，最大值出现在 C5 站小潮时，平均粒径 D_{MZ} 的 φ 值为 7.61，C2 站小潮时平均粒径 D_{MZ} 的 φ 值最小，为 6.13。

悬沙的平均粒径 D_{MZ} 在潮次间的变化规律：C1、C5 站为大潮悬沙平均粒径 φ 值均小于小潮，即大潮悬沙的平均粒径较小潮更粗；其余 4 个站的大潮悬沙平均粒径 φ 值则大于小潮，表现为大潮悬沙的平均粒径较小潮更细。

表 6.1-36　悬沙中值粒径（D50）φ 值平均、最大特征值



注：φ=-log$_2$d

表 6.1-37　悬沙平均粒径（Dmz）φ 值平均、最大特征值



2

6.1.5.3　底质

（1）春季

工程附近海域底质表层以细颗粒沉积物为主（表 6.1-38），粉砂占 61.16%～72.60％，粘土占 20.64%～36.83%，砂占比小于 10%。按《海洋调查规范》划分，底质表层沉积物均为粘土质粉砂类型。进一步分析沉积物的粒径状况，从表 6.1-39 可以看出：C1～C6 站中值粒径 φ 值在 5.82～7.38 之间。

表 6.1-38　底质类型及其组成（%）



表 6.1-39　底质中值粒经（D50）φ 值



2

工程附近海域底质表层以细颗粒沉积物为主（表 6.1-40），粉砂占 62.84%～87.95％，粘土占 10.42%～27.00%，砂占比小于 10%。按《海洋调查规范》划分，底质表层沉积物为粉砂及粘土质粉砂类型。进一步分析沉积物的粒径状况，从表 6.1-41 可以看出：C1～C6 站中值粒径 φ 值在 5.95～6.59 之间。

表 6.1-40　底质类型及其组成（%）

[redacted]

6.2 地形地貌与冲淤现状调查分析

东海大桥沿线海或位于杭州湾湾口北部，北邻长江口南槽水道，南连崎岖列岛海域，东接嵊泗与大衢山间的开阔海域，水域处在湾口、河口和群岛之间，水流和泥沙条件复杂。近年来长江来沙的剧减影响着本海域水沙条件的变化及海床地形的冲淤演变。进入本世纪以来，许多大型工程相继建设，本海域已成为高强度开发地区，工程改变了边界条件，海域水沙条件也发生相应的变化，进而引起海床地形冲淤变化。本节地形地貌与冲淤调查分析引用陈金汝等于 2016 年对东海大桥工程地质稳定性研究。

6.2.1 调查站位

根据近年来大通站的历史资料，及最新的水沙数据情况，选 4 个代表性年份进行东海大桥工程地质的研究，利用多波束扫描技术，扫测东海大桥及其邻近海域的水下地形变化，在 GIS 技术的支持下，绘制出 1997~2007 年、2007~2009 年、2009~2011 年三个年份阶段的东海大桥周边海域地形冲淤变化。

由上图对比分析，可知：

①1997~2007 年的冲淤速率显示为沿东海大桥工程轴线为中心，侵蚀速率为 -0.1~-0.2m/a，向轴线两侧减少的均匀侵蚀，南汇南滩小部分及南汇东滩的部分区域显示小幅度的淤积，淤积速率约为 0.1m/a，东海大桥海域总体呈现均匀侵蚀状态。

②2007~2009 年的冲淤速率显示为东海大桥及邻近海域的大面积侵蚀状态，侵蚀速率加快，而南汇南滩沿线及向南汇东滩延伸的沿线区域，出现急速淤积态

势，淤积速率 0.5~1m/a，甚至 1~2m/a 的淤积，但淤积的区域并不大，整体仍呈现出面状侵蚀状态。

③2009~2011 年的冲淤速率，出现了整体格局的变化，以东海大桥工程轴线为延伸中心，出现了 NW-SE 向的马鞍形的侵蚀-淤积态势，大桥中段中心处于侵蚀-淤积的平衡点位置，达到冲淤平衡，在大桥轴线的南、北段的中部各出现一个大速率侵蚀中心，由中心向外圈，侵蚀速率逐渐减小，而淤积速率逐渐增加，至大桥轴线的南、北两端，出现新的冲淤平衡点。东海大桥及邻近海域，轴线平行分布方向上，呈现侵蚀-淤积间隔分布的特点，长江口与杭州湾交汇出现侵蚀中心，以东海大桥的桥体轴线为对称线的杭州湾北部海域的西部，也对应的存在一个侵蚀中心，且侵蚀速率相较 2009 年前的整体侵蚀速率略微下降；东海大桥轴线垂直方向上，北部的淤积速率整体高于南部，南部的侵蚀-淤积状况相对稳定。从 2009~2011 年南汇南滩沿线，呈现出年均-0.2~-0.5m/a 的侵蚀，向海方向呈 0.2~0.5m/a 的淤积速率，大桥整体由侵蚀逐渐向淤积方向发展。

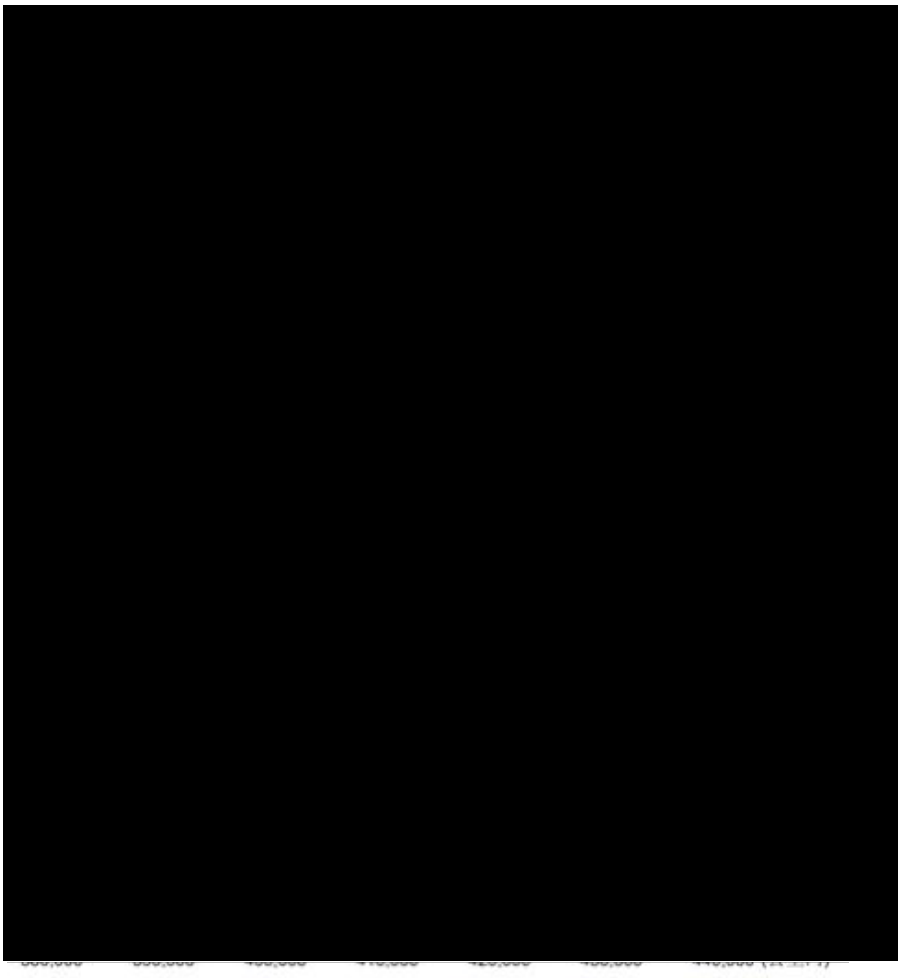


图 6.2-1　　1997-2007、2007-2009、2009-2011 年东海大桥周边海域地形图

6.2.2 东海大桥桥墩承台冲淤特征

东海大桥的轴线水域位于杭州湾的北部海域，自然条件受杭州湾的强潮和长江口的泥沙运动的联合牵制，海床的演变非常复杂。大桥的水下构筑物与水流、波浪和泥沙的相互作用，轴线水域的冲刷和桥墩的冲刷非常明显。由多波束扫测桥墩承台的数据生成的，桥墩承台的冲刷坑的年均冲刷深度对比图（图 6.2-2）及桥墩冲刷坑的 3D 图（图 6.2-3、图 6.2-4）可知：

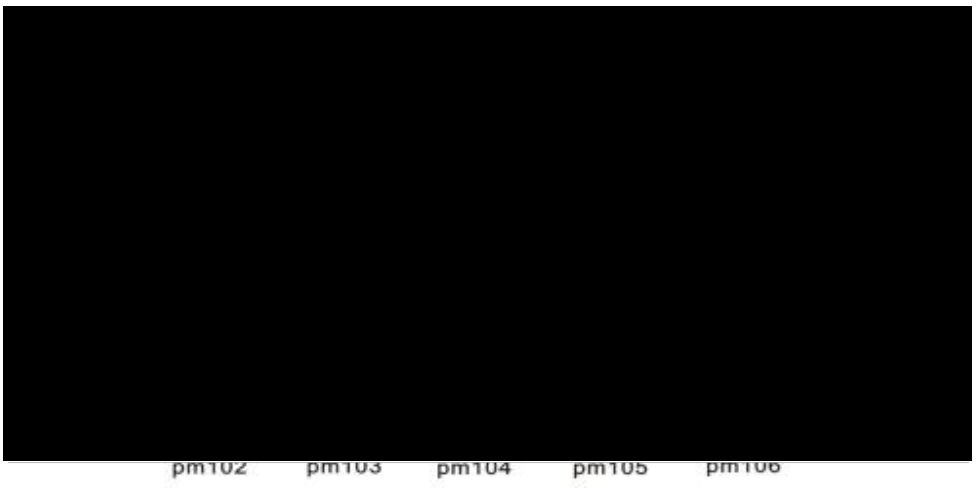


图 6.2-2　　2002 年和 2008~2009 年东海大桥桥墩 PM102~106 冲刷坑的年均冲刷深度对比图

①水流作用是影响桥墩的冲刷坑的大小、方向的主要因素。从断面图上，可以分析得出大桥轴线上下游的方向上，冲刷坑的长度约 50~70m，桥墩两侧的冲刷坑宽度约 20~50m。且冲刷坑的冲刷深度的差异并不大，冲刷坑深度介于 2~4m 之间，大多数 3m 左右。桥墩承台冲刷坑的冲刷深度会是有限的，并不会无限增大。

②在排除自然冲刷深度的条件下，按照 200m 外的自然水深比较而言，以 PM102~106 一段桥墩的年际冲刷的深度为例，2002~2008 年期间的桥墩年平均冲刷速率为 0.39m/a，而 2008~2009 年桥墩的年平均冲刷速率为 0.74m/a。虽然无法获取 2002~2005 年东海大桥建成前同样位置的冲刷深度，但是 2002~2008 年的冲刷深度平均值也能看出东海大桥建成前，该段桥墩所在的海床冲刷程度没有 2008~2009 年期间海床的冲刷程度大。

③桥墩的承台与簇桩的结构和大小，也影响了桥墩的冲刷作用。例如主通航孔 M335、PM336（图 6.2-5），其冲刷坑的最大冲刷深度存在于桥墩外侧 20~50m

的位置，因为其两侧是大型的矩形的承台，不同于小型桥墩的圆形承台；主通航孔的桥墩处也因弱淤积而水深浅，与普通桥墩的处的冲刷特征存在明显不同。



图 6.2-3　　东海大桥海上段北部桥墩 PM102-106 冲刷坑 3D 图



图 6.2-4　　东海大桥海上段南部桥墩 PM373-377 冲刷坑 3D 图

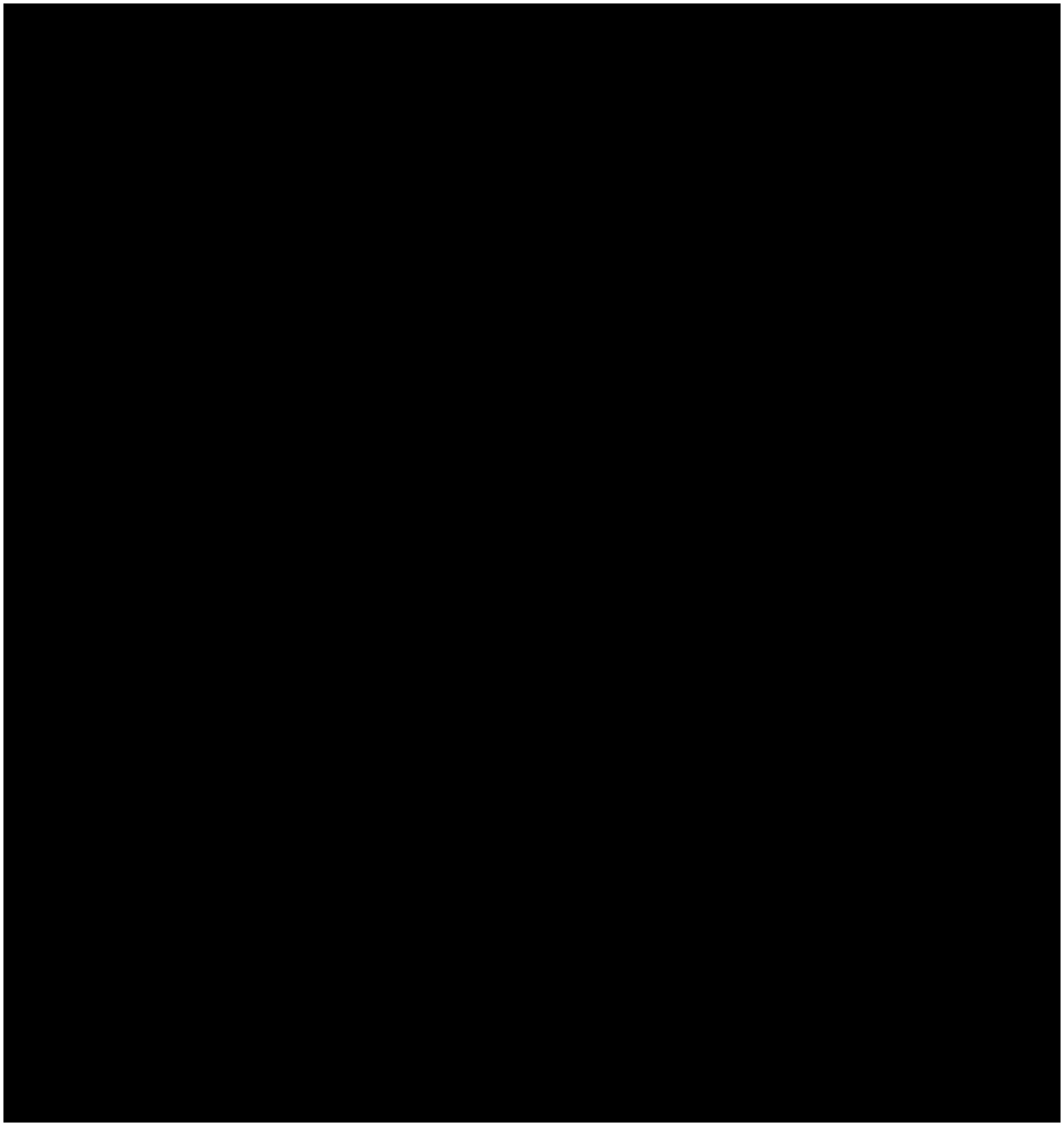


图 6.2-5　　东海大桥非主通航孔桥墩 PM95，PM102~106，PM373~377 及主通航孔桥墩 PM335，PM336 位置图

根据多波束的扫测地形和单波束的测深资料，对比分析 2002 年与 2008~2009 年的数字图像特征可知，东海大桥的轴线水域，除芦潮港桥墩 PM95 以南，即南汇东滩的南缘处呈现淤积特征外，东海大桥周边海域的海床普遍处于整体冲刷的态势。

2008~2009 年，大桥轴线方向上，桥墩的冲刷坑长度约 50~70m，桥墩为中心的两侧冲刷的宽度约 20~50m，海床冲淤的主要原因，是自然流水的冲刷，

加之水下桥墩的构筑物自身对水流泥沙运动的作用而影响。普通桥墩冲刷坑的冲刷深度之间的差异并不大，冲刷坑深度介于 2~4m 之间，大多数 3m 左右。

东海大桥桥墩的冲淤状况与东海大桥周边海域的冲淤状况有相对应的关系，在 1997~2007 年到 2007~2009 年，东海大桥周边海域的冲淤速率变化趋势，与桥墩承台在 2002~2008 年到 2008~2009 年受冲刷速率的变化趋势，都是显著增加的。

6.3 海洋水质、沉积物质量现状调查与评价

6.3.1 调查站位

为了解工程区域及附近海域海水水质、沉积物及海洋生态现状，本评价委托中国水产科学研究院东海水产研究于2018年10月在本工程海域开展了秋季环境现状调查，共布设海水水质站位28个，沉积物站位14个，海洋生态站17个，渔业资源站17个，并在集控中心所在大鱼山岛东侧设置3条潮间带生物调查断面，具体位置见表6.3-1和图6.3-1。并收集了浙江省海洋水产研究所、农业部渔业环境及水产品质量监督检验测试中心（舟山）于2018年4月20日与4月23日在工程附近海域开展的春季调查资料，春季调查共布设20个水质大面调查站位，10个沉积物质量大面调查站位，13个海洋生态（12个含生物质量）大面调查站位和3条潮间带断面，具体位置见表6.3-2和图6.3-2。

表 6.3-1　2018 年 10 月海洋环境现状调查站位表

站号	经度	纬度	项目
1	121°45′30.36″	30°47′43.20″	水质、沉积物、海洋生态、生物质量、渔业资源
2	122°08′00.60″	30°52′42.00″	水质、沉积物、海洋生态、生物质量、渔业资源
3	121°48′54.54″	30°43′15.24″	水质
4	121°59′35.58″	30°44′05.46″	水质、海洋生态、生物质量、渔业资源
5	122°00′42.00″	30°44′30.06″	水质、沉积物、海洋生态、生物质量、渔业资源
6	122°02′10.80″	30°44′36.00″	水质、沉积物、海洋生态、生物质量、渔业资源
7	122°11′00.00″	30°47′06.00″	水质
8	121°49′05.88″	30°39′55.74″	水质
9	122°01′34.86″	30°42′39.84″	水质、沉积物、海洋生态、生物质量、渔业资源
10	122°02′16.20″	30°42′27.00″	水质、海洋生态、生物质量、渔业资源
11	122°03′36.12″	30°42′02.16″	水质、沉积物、海洋生态、生物质量、渔业资源
12	122°13′12.60″	30°42′48.00″	水质
13	121°51′49.02″	30°34′40.68″	水质、沉积物、海洋生态、生物质量、渔业资源
14	122°00′31.50″	30°40′27.00″	水质、沉积物、海洋生态、生物质量、渔业资源
15	122°01′50.40″	30°40′31.62″	水质、沉积物、海洋生态、生物质量、渔业资源
16	122°04′02.76″	30°40′19.98″	水质、沉积物、海洋生态、生物质量、渔业资源
17	122°06′11.88″	30°38′47.22″	水质
18	122°08′19.08″	30°37′52.68″	水质、沉积物、海洋生态、生物质量、渔业资源
19	122°14′06.60″	30°38′34.20″	水质、沉积物、海洋生态、生物质量、渔业资源

站号	经度	纬度	项目
20	122°10′11.28″	30°35′48.36″	水质
21	122°02′31.80″	30°32′05.04″	水质
22	122°10′06.72″	30°31′54.24″	水质、沉积物、海洋生态、生物质量、渔业资源
23	121°57′45.90″	30°30′05.46″	水质
24	122°03′28.80″	30°29′31.68″	水质
25	121°54′49.20″	30°27′42.30″	水质
26	121°59′21.60″	30°26′15.42″	水质、沉积物、海洋生态、生物质量、渔业资源
27	121°54′27.60″	30°20′28.02″	水质、沉积物、海洋生态、生物质量、渔业资源
28	121°58′55.55″	30°20′52.63″	水质
29	121°58′58.12"	30°20′22.29"	潮间带生物
30	121°58′32.26"	30°19′28.20"	潮间带生物
31	121°57′52.12"	30°18′9.43"	潮间带生物

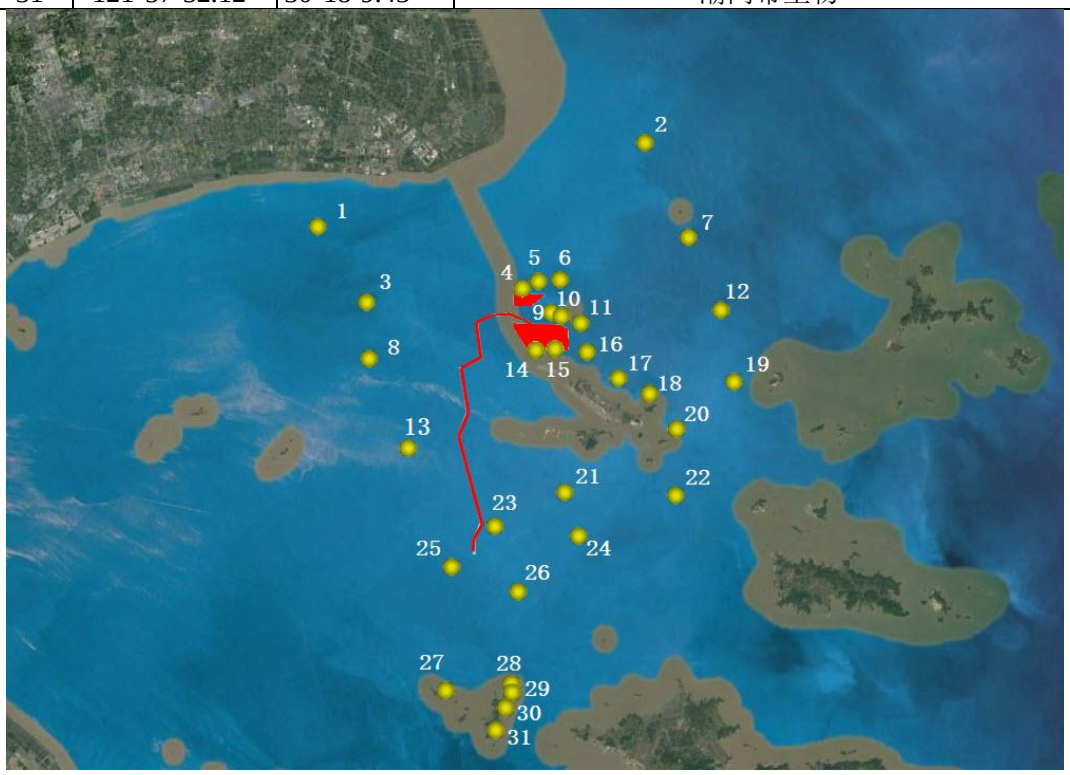


图 6.3-1　2018 年 10 月海洋环境现状调查站位图

表 6.3-2　　2018 年 4 月海洋环境现状调查站位表

站号	经度（E）	纬度（N）	项目
YS01	121°44'36.7"E	30°45'5.22"N	水质
YS02	121°42'59.8"E	30°39'18"N	水质、生态、沉积物、渔业资源、生物质量
YS03	121°41'20.8"E	30°33'29"N	水质、生态、沉积物、渔业资源、生物质量
YS04	121°39'19.4"E	30°26'59.8"N	水质
YS05	121°37'14.4"E	30°19'37.9"N	水质、生态、沉积物、渔业资源、生物质量
YS06	121°52'18.8"E	30°43'33"N	水质
YS07	121°50'50"E	30°37'46.5"N	水质、生态、渔业资源、生物质量
YS08	121°49'7.12"E	30°31'38.8"N	水质、生态、沉积物、渔业资源、生物质量
YS09	121°47'24.2"E	30°25'13.1"N	水质、生态、渔业资源、生物质量
YS10	121°45'23.4"E	30°17'52.3"N	水质
YS11	122°1'49.5"E	30°41'44.4"N	水质、生态、沉积物、渔业资源、生物质量
YS12	122°0'16"E	30°35'49.5"N	水质、生态、沉积物、渔业资源、生物质量

YS13	121°58'32.2"E	30°30'16.3"N	水质、生态、沉积物、渔业资源、生物质量
YS14	121°55'59.6"E	30°21'38.1"N	水质、生态、沉积物、渔业资源、生物质量
YS15	121°54'16.8"E	30°16'11.6"N	水质
YS16	122°10'8.8"E	30°39'50.21"N	水质、生态、渔业资源
YS17	122°9'7.79"E	30°34'19.2"N	水质、生态、沉积物、渔业资源、生物质量
YS18	122°7'18.1"E	30°28'49"N	水质
YS19	122°5'20.6"E	30°21'49.3"N	水质
YS20	122°2'53.2"E	30°14'48.2"N	水质、生态、沉积物、渔业资源、生物质量
T1	121°38'30.9"E	30°36'44.4"N	潮间带
T2	121°59'26"E	30°20'11.3"N	潮间带
T3	122°3'47"E	30°19'33.6"N	潮间带

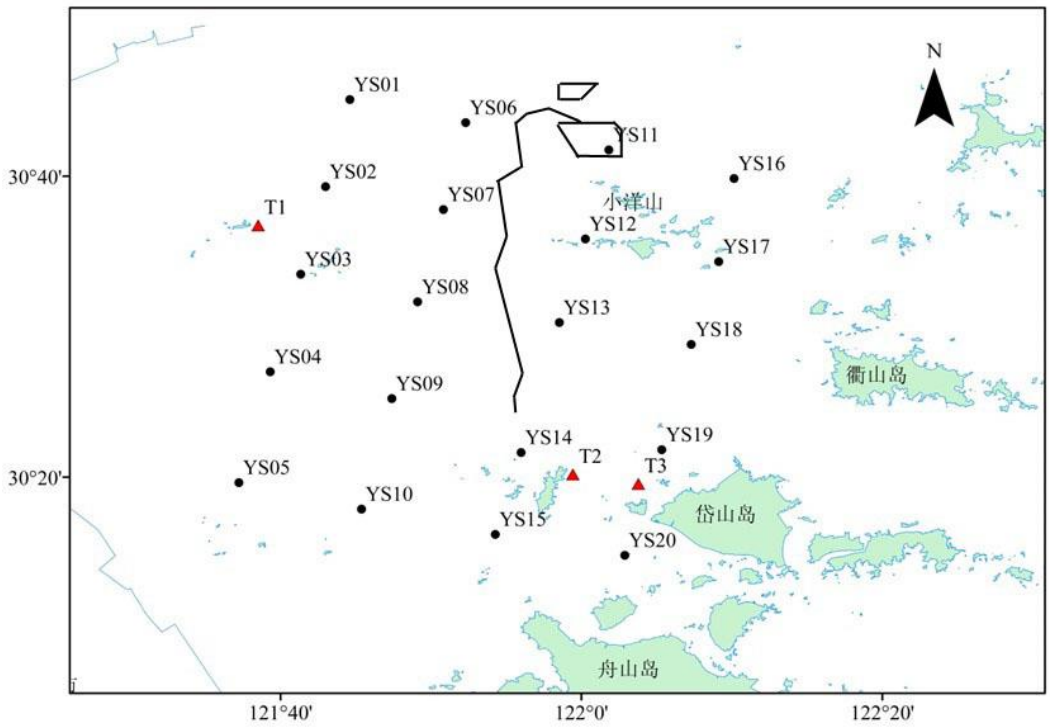


图 6.3-2　　2018 年 4 月海洋环境现状调查站位图

6.3.2　调查分析和评价方法

6.3.2.1　海域水质、沉积物、生物体质量各调查项目的分析方法

水质、沉积物、生物质量各调查项目的测定均依据《海洋调查规范》(GB/T 12763-2007)、《海洋监测规范》(GB 17378-2007)、《近岸海域环境监测规范》(HJ 442-2008)等标准规范进行，详见表6.3-3、表6.3-4、表6.3-5。

表 6.3-3　　海水水质监测项目及分析方法

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	0.005 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

表 6.3-4　　沉积物调查项目及分析方法

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

表 6.3-5　　生物质量调查项目及分析方法

项目名称	分析方法	检出限	方法标准
Hg	冷原子吸收光度法	0.002 mg/kg	GB 17378.6-2007
石油烃	荧光分光光度法	0.2 mg/kg	GB 17378.6-2007
Cu	电感耦合等离子体质谱法（ICP-MS）	0.05 mg/kg	GB 5009.268-2016
Pb		0.02 mg/kg	
Zn		0.5mg/kg	
Cd		0.002 mg/kg	
Cr		0.05mg/kg	
As		0.02 mg/kg	

6.3.2.2 海域水质、沉积物、生物体质量各调查项目的评价方法

采用环境质量单因子评价标准指数法进行海域水质的现状评价，如果评价因子的标准指数值＞1，则表明该因子超过了相应的水质评价标准，已经不能满足相应功能区的使用要求。反之，则表明该因子能符合功能区的使用要求。

单项水质评价因子i在第j取样点的标准指数：

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

式中： $C_{i,j}$－水质评价因子i在第j取样点的实测浓度值，mg/L；

C_{si} － 水质评价因子i的评价标准，mg/L。

DO的标准指数为：

$$S_{DO.j}=\left|DO_f-DO_j\right|/\left(DO_f-DO_s\right)$$ 当 $DO_j \geq DO_s$ 时；

$$S_{DO.j}=10-9DO_j/DO_s$$ 当 $DO_j < DO_s$ 时；

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

式中：$S_{DO.j}$：饱和溶解氧在第 j 取样点的标准指数；

DO_f：饱和溶解氧浓度，mg/L；

DO_j：j 取样点水样溶解氧的实测浓度值，mg/L；

DOs：溶解氧的评价标准，mg/L；

T：水温，℃。

pH的标准指数为：

$$S_{pHj}=\left|pH_j-pH_1\right|/pH_2$$

$$pH_1=(pH_{su}+pH_{sd})/2$$

$$pH_2=(pH_{su}-pH_{sd})/2$$

式中：SpH_j：pH在第j取样点的标准指数；

pH_j：j 取样点水样 pH 实测值；

pH_{sd}：评价标准规定的下限值；

pH_{su}：评价标准规定的上限值。

对沉积物和生物体质量的评价也采用单因子标准指数法进行，具体评价方法与水质现状评价相同。

6.3.3 海域水质现状调查结果和评价

6.3.3.1 海域水质现状调查结果

2018年4月调查海域水质调查结果见附录1。

2018年10调查海域水质调查结果见附录2。

6.3.3.2 海域水质现状调查评价

（1）春季评价结果

2018年4月调查海域水质大面调查评价结果具体见附录1。由表可以看出：在海域环境质量现状调查中，除COD、无机氮、活性磷酸盐和汞外，其它监测项目的含量均符合《海水水质标准》(GB3097-1997)中第一类海水水质标准。其中COD、无机氮、活性磷酸盐、汞的站位超标率分别为6%、100%、29%和71%。调查海域水质综合评价结果显示无机氮含量超标，其原因是该海域受长江输入性污染影响，其次是该海域水体扩散条件较差，是该海域水质超标的自然原因。

从空间分布来看，COD低值区主要分布在场址西北侧，高值区分布在场址东北侧，无明显空间变化规律；无机氮高值区主要分布在场址位置，低值区分布在场址周边，呈现出中间高、四周低的空间变化规律；活性磷酸盐无明显空间变化规律。

（2）秋季评价结果

2018年10月调查海域水质大面调查评价结果具体见附录2。

水深：测值在9.0~19.0 m之间，平均为11.7m。

●透明度：测值在5~60cm之间。

●水色：观测值在18~21号之间。

●水温：测值在20.3~24.6℃之间，平均为22.6℃。

●盐度：测值在9.3~22.4之间，平均为14.4。

●pH值：测值在8.00~8.26之间，平均为8.15。均符合第一类海水水质标准。

●溶解氧：测值在6.60~8.90mg/L之间，平均含量为7.96 mg/L 。均符合第一类海水水质标准。

●COD：测值在0.18~4.72 mg/L之间，平均含量为2.01 mg/L 。5#站、6#站、7#站、21#站、22#站、26#站、27#站和28#站符合第一类海水水质标准。

●无机氮：测值在0.435~0.913mg/L之间，平均含量为0.677mg/L。10#站和21#

站符合第四类海水水质标准，其余均各站劣于第四类海水水质标准。无机氮劣于第四类海水水质标准。

●活性磷酸盐:，平均含量为0.022mg/L。2#站、4#站、5#站、8#站、17#站、18#站、19#站、20#站和24#站符合第一类海水水质标准。

●硫化物：测值在ND~7.3 μg/L之间，平均含量为3.8μg/L。均符合第一类海水水质标准。

●铜：测值在0.34~4.93 μg/L之间，平均含量为1.97μg/L。均符合第一类海水水质标准。

●锌：测值在1.90~19.72μg/L之间，平均含量为11.6μg/L。均符合第一类海水水质标准。

●铅：测值在0.13~1.94μg/L之间，平均含量为0.66μg/L。1#站、5#站、6#站、10#站和12#站符合第二类海水水质标准，其它均符合第一类水质标准。

●镉：测值在0.002~0.343μg/L之间，平均含量为0.120μg/L。均符合第一类海水水质标准。

●总铬：测值在0.12~0.99μg/L之间，平均含量为0.47μg/L。均符合第一类海水水质标准。

●汞：测值在0.013~0.046μg/L之间，平均含量为0.027μg/L。均符合第一类海水水质标准。

●砷：测值在0.21~1.60μg/L之间，平均含量为0.67μg/L。均符合第一类海水水质标准。

●悬浮物：测值在45.0~1303.2mg/L之间，平均含量为468.5mg/L。

●石油类：测值在0.002~0.025mg/L之间，平均含量为0.007mg/L。均符合第一类海水水质标准。

评价结果显示，秋季（2018年10月）监测水域水体中pH、溶解氧、硫化物、铜、锌、镉、总铬、汞、砷、石油类含量均符合第一类海水水质标准。

铅1#站、5#站、6#站、10#站和12#站符合第二类海水水质标准，其它均符合第一类水质标准。化学需氧量5#站、6#站、7#站、21#站、22#站、26#站、27#站和28#站符合第一类海水水质标准。无机氮和活性磷酸盐含量均劣于第四类标准。

各监测结果超标情况如下：监测水域水体中pH、溶解氧、硫化物、铜、锌、镉、总铬、汞、砷、石油类含量无超标；铅含量超第一类海水水质标准11.4%；

化学需氧量含量超第一类海水水质标准45.4%，；无机氮含量超第一类为100.0%；活性磷酸盐含量超第一类海水水质标准63.6%。导致调查海域无机氮含量等监测指标超标的原因主要是该海域受长江输入性污染影响，无机氮、活性磷酸盐等含量相对较高，其次是该海域水体扩散条件较差，是该海域水质超标的自然原因。

从主要超标监测因子空间分布来看，调查海域无机氮整体含量对对较高，空间分布较均匀；活性磷酸盐高值区主要分布在调查海域西北侧，呈现出西北高、东南低的分布规律。

从水质季节分布规律来看，调查海域春季水质调查超标项目为COD、无机氮、活性磷酸盐、汞，秋季水质调查超标项目为铅、化学需氧量、无机氮、活性磷酸盐。其中，无机氮、活性磷酸盐均为调查海域水质现状超标主要项目，秋季水体无机氮含量呈现下降趋势，调查海域春秋两季水体活性磷酸盐含量无明显变化。

表 6.3-6　　2018 年 4 月崾泗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	锌	铜	铅	镉	砷	汞	铬
YS01	表	0.63	0.26	0.29	4.79	2.33	0.15	-	0.20	0.43	0.12	0.11	0.58	0.02
YS02	表	0.83	0.30	0.59	4.61	1.67	0.10	-	0.26	-	0.12	0.08	0.42	0.01
YS03	表	0.91	0.27	0.27	4.89	1.80	0.14	0.28	0.17	0.16	0.12	0.10	0.22	0.03
YS04	表	0.91	0.26	0.25	5.19	2.80	0.07	0.28	0.22	0.09	0.14	0.10	1.00	0.02
YS05	表	0.49	0.24	-	3.85	1.67	0.03	-	0.28	0.72	0.10	0.24	0.62	0.03
	底	0.46	0.25	-	3.73	2.67	/	-	0.24	0.64	0.07	0.12	0.07	0.03
YS06	表	0.66	0.38	0.08	16.89	0.53	0.38	0.49	0.28	0.27	0.12	0.10	1.24	0.03
	底	0.60	0.29	0.76	13.19	-	/	0.65	0.38	0.07	0.11	0.10	2.00	0.02
YS07	表	0.69	0.27	0.66	9.60	0.33	0.15	1.00	0.22	0.25	0.10	0.09	1.82	0.02
	底	0.63	0.18	1.98	5.25	0.53	/	0.31	0.46	0.18	0.10	0.12	1.48	0.02
YS08	表	0.77	0.24	0.46	3.72	0.80	0.16	-	0.32	0.15	0.10	0.12	0.68	0.02
	底	0.74	0.25	0.80	3.19	0.93	/	-	0.36	0.09	0.10	0.12	0.86	0.02
YS09	表	0.86	0.25	0.38	2.56	1.07	0.24	0.45	0.36	0.26	0.10	0.12	1.64	0.02
	底	0.80	0.08	0.38	2.92	1.27	/	-	0.88	0.20	0.10	0.11	1.68	0.02
YS10	表	0.71	0.26	0.42	2.17	0.60	0.06	-	0.24	-	0.06	0.12	3.60	0.02
	底	0.69	0.40	0.54	2.11	0.67	/	-	0.42	0.09	0.06	0.13	1.30	0.03
YS11	表	0.66	0.24	0.22	3.31	-	0.11	-	0.38	0.28	0.09	0.10	3.60	0.02
	底	0.43	0.25	0.46	41.86	-	/	1.85	0.40	0.17	0.10	0.12	1.14	0.02
YS12	表	0.97	0.49	0.34	3.38	0.67	0.07	0.26	0.36	0.13	0.10	0.14	1.10	0.02
	底	0.80	0.16	0.76	2.75	-	/	0.50	0.60	0.07	0.10	0.13	4.00	0.02
YS13	表	0.69	0.23	0.42	3.62	0.33	0.07	0.95	0.50	0.19	0.10	0.11	4.80	0.03
	底	0.49	0.26	0.82	3.34	1.13	/	-	0.34	0.25	0.10	0.10	1.34	0.03
YS14	表	0.57	0.08	0.48	2.95	0.60	0.12	-	0.56	0.12	0.10	0.13	2.00	0.02
	底	0.40	0.10	0.46	2.50	1.47	/	0.70	0.32	-	0.10	0.12	0.26	0.02
YS15	表	0.57	0.06	0.54	2.24	-	0.28	-	0.36	0.28	0.06	0.10	1.60	0.02
	底	0.46	0.19	0.54	2.01	0.33	/	0.29	0.17	0.22	0.08	0.11	2.20	0.02

站位	层次	pH	DO	COD	无机氮	活性磷酸盐	石油类	锌	铜	铅	镉	砷	汞	铬
YS16	表	0.86	0.17	0.42	3.56	-	0.22	0.49	0.34	0.18	0.10	0.12	2.20	0.02
	底	0.80	0.10	0.34	3.05	-	/	0.65	0.32	-	0.09	0.11	2.20	0.04
YS17	表	0.83	0.16	0.62	2.71	-	0.18	0.39	0.40	0.34	0.08	0.10	2.80	0.02
	底	0.86	0.04	1.36	2.53	-	/	0.39	0.38	0.27	0.11	0.12	0.90	0.02
YS18	表	0.71	0.13	0.40	2.30	-	0.08	0.60	0.26	0.08	0.10	0.12	1.32	0.02
	底	0.77	0.30	0.30	1.71	-	/	0.42	0.84	0.17	0.11	0.12	1.62	0.02
YS19	表	0.89	0.16	0.46	2.15	-	0.13	-	0.34	0.27	0.11	0.09	0.60	0.02
	底	0.83	0.02	0.42	2.13	0.47	/	0.44	0.24	0.20	0.09	0.12	1.60	0.02
YS20	表	0.57	0.23	0.54	2.69	0.73	0.20	0.29	0.32	-	0.10	0.12	2.20	0.02

注：“/”表示未采样；“-”表示未检出。

表 6.3-7　　2018 年 10 月评价海域海水水质评价指数统计表

站位	层次	pH	DO	COD	DIN	PO_4^{3-}-P	石油类	硫化物	铜	锌	铅	镉	总铬	汞	砷
1	表	0.17	0.09	2.36	4.36	4.98	0.46	0.14	0.53	0.68	1.94	0.06	0.02	0.28	0.02
2	表	0.06	0.09	0.23	3.59	0.63	0.51	0.16	0.35	0.99	0.91	0.15	0.01	0.27	0.02
3	表	0.09	0.12	2.06	2.79	1.44	0.29	0.14	0.07	0.17	0.62	0.08	0.01	0.37	0.02
4	表	0.17	0.75	1.51	4.16	0.82	0.12	0.25	0.10	0.17	0.49	0.00	0.01	0.35	0.01
4	底	0.29	0.42	0.60	2.17	0.94	-	0.12	0.31	0.59	0.33	0.13	0.01	0.32	0.01
5	表	0.31	0.14	0.99	4.19	0.94	0.28	0.16	0.14	0.37	1.07	0.05	0.00	0.30	0.03
6	表	0.20	0.11	0.63	3.50	3.59	0.19	0.18	0.46	0.32	1.30	0.21	0.00	0.41	0.04
7	表	0.26	0.15	0.18	3.76	1.77	0.14	0.14	0.36	0.38	0.45	0.04	0.01	0.43	0.04
7	底	0.14	0.25	0.69	3.47	2.14	-	0.21	0.18	0.33	0.52	0.31	0.00	0.45	0.03
8	表	0.00	0.26	1.85	3.66	0.77	0.16	0.21	0.61	0.98	0.74	0.10	0.01	0.36	0.03
9	表	0.09	0.04	1.27	4.15	1.63	0.09	0.18	0.12	0.79	0.47	0.09	0.02	0.39	0.03
10	表	0.09	0.14	1.80	2.41	1.33	0.12	0.18	0.33	0.86	1.05	0.07	0.01	0.30	0.02
11	表	0.03	0.27	2.28	2.88	1.75	0.14	0.20	0.51	0.58	0.56	0.10	0.00	0.25	0.02
11	底	0.11	0.12	0.21	3.18	5.01	-	0.12	0.68	0.09	0.76	0.07	0.00	0.46	0.06
12	表	0.31	0.31	0.99	3.58	1.75	0.19	0.14	0.84	0.78	0.79	0.27	0.01	0.66	0.04
12	底	0.03	0.27	1.04	4.57	1.08	-	0.16	0.20	0.13	1.09	0.16	0.02	0.72	0.05
13	表	0.23	0.18	0.96	3.22	1.21	0.12	0.14	0.17	0.93	0.13	0.19	0.01	0.74	0.04
13	底	0.09	0.13	2.00	4.37	1.80	-	0.27	0.53	0.94	0.35	0.23	0.01	0.83	0.05
14	表	0.09	0.32	1.11	2.94	1.61	0.12	0.12	0.48	0.32	0.72	0.09	0.01	0.81	0.05
14	底	0.11	0.20	1.49	2.79	1.47	-	0.14	0.25	0.20	0.28	0.03	0.01	0.85	0.05
15	表	0.11	0.48	0.65	2.66	0.49	0.06	0.16	0.72	0.86	0.89	0.02	0.00	0.91	0.05
15	底	0.26	0.57	1.97	3.41	1.02	-	0.10	0.27	0.49	0.99	0.13	0.02	0.92	0.05
16	表	0.26	0.61	1.96	2.71	1.05	0.11	/	0.29	0.98	0.24	0.09	0.02	0.86	0.06
17	表	0.09	0.44	1.55	3.92	0.80	0.06	0.10	0.29	0.76	0.86	0.07	0.00	0.86	0.05
18	表	0.09	0.42	1.70	2.76	0.46	0.05	0.31	0.56	0.60	0.22	0.08	0.01	0.88	0.05

站位	层次	pH	DO	COD	DIN	PO_4^{3-}-P	石油类	硫化物	铜	锌	铅	镉	总铬	汞	砷
18	底	0.26	0.64	0.49	2.69	0.71	-	0.14	0.99	0.67	0.76	0.00	0.01	0.84	0.05
19	表	0.43	0.30	1.01	3.11	0.46	0.03	0.20	0.36	0.97	0.79	0.34	0.00	0.88	0.05
19	底	0.14	0.17	0.73	3.08	0.77	-	0.18	0.51	0.70	0.81	0.12	0.00	0.82	0.08
20	表	0.06	0.56	1.05	2.35	0.94	0.04	0.12	0.26	0.82	0.93	0.00	0.01	0.73	0.04
21	表	0.00	0.34	0.42	2.66	1.16	0.06	0.36	0.43	0.75	0.83	0.06	0.01	0.69	0.04
21	底	0.31	0.31	0.78	3.08	1.91	-	0.21	0.23	0.54	0.85	0.15	0.00	0.71	0.04
22	表	0.14	0.38	0.49	2.71	1.13	0.05	0.12	0.18	0.85	0.20	0.08	0.01	0.67	0.03
22	底	0.11	0.36	0.54	4.19	0.71	-	0.16	0.87	0.76	0.34	0.00	0.02	0.39	0.01
23	表	0.00	0.20	0.14	2.90	1.30	0.04	0.25	0.56	0.67	0.68	0.13	0.01	0.38	0.02
23	底	0.03	0.18	1.66	4.12	0.52	-	0.33	0.86	0.55	0.55	0.05	0.01	0.42	0.03
24	表	0.03	0.38	0.81	3.01	0.49	0.17	0.34	0.38	0.25	0.48	0.21	0.01	0.41	0.02
24	底	0.00	0.37	1.14	2.92	0.32	-	0.18	0.24	0.22	0.53	0.04	0.02	0.38	0.01
25	表	0.06	0.18	0.48	3.57	1.24	0.09	0.20	0.38	0.53	0.19	0.31	0.01	0.33	0.02
25	底	0.06	0.01	1.04	4.03	1.69	-	0.14	0.42	0.17	0.60	0.10	0.02	0.26	0.02
26	表	0.17	0.08	0.09	3.91	1.38	0.20	0.25	0.10	0.78	0.18	0.09	0.02	0.43	0.01
27	表	0.14	0.02	0.25	3.20	2.95	0.09	0.31	0.37	0.75	0.38	0.07	0.01	0.34	0.02
27	底	0.14	0.07	0.48	4.56	2.39	-	0.29	0.39	0.52	0.49	0.10	0.01	0.26	0.02
28	表	0.11	0.25	0.33	4.02	1.66	0.09	0.20	0.24	0.53	0.97	0.07	0.01	0.51	0.02
28	底	0.20	0.20	0.28	3.60	1.66	-	0.23	0.27	0.30	0.81	0.27	0.01	0.41	0.02

注：“-”表示未监测该指标，“/”表示不予计算。

6.3.4 海域沉积物质量现状调查结果和评价

6.3.4.1 海域沉积物质量现状调查结果

2018年10月调查海域沉积物质量大面调查结果见附表3。调查结果如下：

●含水率：测值在24.094%～51.71%之间，平均为34.06%。

●铜：测值在13.54×10^{-6}～37.54×10^{-6}之间，平均含量为24.01×10^{-6}。19#站超一类沉积物质量标准。

●锌：测值在44.39×10^{-6}～124.01×10^{-6}之间，平均含量为79.15×10^{-6}。

●铅：测值在22.31×10^{-6}～48.91×10^{-6}之间，平均含量为35.59×10^{-6}。

●镉：测值在0.074×10^{-6}～0.200×10^{-6}之间，平均含量为0.138×10^{-6}。

●铬：测值在40.58×10^{-6}～79.04×10^{-6}之间，平均含量为61.99×10^{-6}。

●汞：测值在0.030×10^{-6}～0.043×10^{-6}之间。平均含量为0.034×10^{-6}。

●砷：测值在4.51×10^{-6}～9.47×10^{-6}之间，平均含量为7.24×10^{-6}。

●石油类：测值在1.31×10^{-6}～35.40×10^{-6}之间，平均含量为9.64×10^{-6}。

●硫化物：测值在ND～74.12×10^{-6}之间，平均含量为11.37×10^{-6}。

●有机碳：测值在0.16×10^{-2}～1.10×10^{-2}之间，平均含量为0.52×10^{-2}。

6.3.4.2 海域沉积物质量现状调查评价

2018 年 10 月海域沉积物质量各评价因子的标准指数值见表 6.3-8，由表可知，沉积物中锌、铅、镉、铬、汞、砷、石油类、硫化物和有机碳含量均符合一类海洋沉积物质量标准，铜含量符合二类海洋沉积物质量标准，含水率、pH 和氧化还原点位没有相关标准，不做评价。

表 6.3-8　　2018 年 10 月评价海域沉积物质量评价系数（一类）

站位	Cu	Zn	Pb	Cd	Cr	Hg	As	石油类	硫化物	有机碳
1	0.66	0.49	0.66	0.24	0.67	0.19	0.43	0.00	0.05	0.55
2	0.70	0.53	0.62	0.27	0.77	0.18	0.40	0.02	0.00	0.32
5	0.45	0.37	0.54	0.20	0.62	0.15	0.35	0.00	0.25	0.18
6	0.91	0.82	0.67	0.40	0.91	0.20	0.47	0.01	0.00	0.17
9	0.72	0.56	0.63	0.28	0.86	0.16	0.37	0.07	0.00	0.28
11	0.74	0.57	0.64	0.28	0.83	0.19	0.39	0.03	0.17	0.19
13	0.39	0.30	0.37	0.15	0.51	0.16	0.24	0.00	0.00	0.21
14	0.68	0.45	0.65	0.38	0.71	0.17	0.43	0.02	0.05	0.39
15	0.88	0.67	0.62	0.32	0.94	0.15	0.34	0.03	0.00	0.16
18	0.82	0.62	0.82	0.29	0.98	0.16	0.33	0.02	0.00	0.32
19	1.07	0.83	0.70	0.38	0.99	0.22	0.46	0.03	0.00	0.24
22	0.42	0.37	0.38	0.18	0.60	0.15	0.23	0.01	0.00	0.34
26	0.65	0.45	0.53	0.27	0.74	0.16	0.29	0.00	0.01	0.23
27	0.52	0.37	0.47	0.21	0.72	0.17	0.34	0.00	0.00	0.08

6.4 海洋生物体质量调查与分析

6.4.1 生物体质量监测结果

2018 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凤鲚、龙头鱼、安氏白虾、细螯虾、葛氏长臂虾、日本鼓虾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 6.4-1。

表 6.4-1　　2018 年 4 月嵊泗附近海域的生物质量现状调查结果



6.4.2 生物体质量结果评价

2018 年 4 月，调查海域生物体种类为鱼类和甲壳类，各生物质量评价标准指数值见表 6.4-2。结果表明，调查海域代表性物种凤鲚、龙头鱼、安氏白虾、细螯虾、葛氏长臂虾、日本鼓虾中铜、铅、锌、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”；除砷、石油烃外，铬的含量符合《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”，其中砷、石油烃的站位超标率分别为 25%、8%。

表 6.4-2　　2018 年 4 月嵊泗附近海域海洋生物质量评价标准指数值

站位	种名	生物类别	铜	锌	铅	镉	铬	汞	砷	石油烃
YS03	凤鲚	鱼类	0.02	0.22	-	0.03	-	0.07	1.42	0.45
YS05	龙头鱼	鱼类	0.04	0.08	-	0.05	-	0.03	0.96	0.85
YS14	龙头鱼	鱼类	0.01	0.08	-	0.06	0.07	0.12	1.18	0.60
YS17	龙头鱼	鱼类	0.01	0.05	-	0.03	-	0.04	1.24	0.42
YS02	安氏白虾	甲壳类	0.04	0.05	0.07	0.15	0.05	0.05	0.60	1.05
YS07	细螯虾	甲壳类	0.11	0.09	0.06	1.00	0.22	0.19	0.52	0.70
YS08	细螯虾	甲壳类	0.07	0.06	0.06	0.39	0.19	0.13	0.68	0.70
YS09	细螯虾	甲壳类	0.09	0.07	0.05	0.95	0.19	0.13	0.60	0.70
YS11	细螯虾	甲壳类	0.09	0.07	0.04	0.90	0.12	0.14	0.48	0.80
YS12	葛氏长臂虾	甲壳类	0.08	0.06	-	0.06	-	0.12	0.65	1.00
YS13	日本鼓虾	甲壳类	0.19	0.06	0.13	0.02	0.31	0.32	0.57	0.65
YS20	安氏白虾	甲壳类	0.07	0.05	0.08	0.17	0.04	0.17	0.50	1.00

注：“-”表示未检出。

6.5 海域生态环境现状调查结果和评价

6.5.1 调查分析和评价方法

6.5.1.1 海域生态环境各调查项目的分析方法

1、叶绿素

测定叶绿素 *a* 时，使用 2.5 L 有机玻璃采水器采集表、底层水样。样品测定采用分光光度法，计算详细步骤和计算方法参考 GB 17378.7-2007。

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

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

其中，Chl*a* 为叶绿素 *a* 浓度，μg/L；v 为样品提取液体积，mL；V 为

海水样品实际用量，L；L 为测定池光程，cm；E_{750}、E_{664}、E_{647}、E_{630} 分别为 750nm，664nm，647nm，630 nm 波长处的吸光值。

2、浮游植物的调查方法

浮游植物用装有流量计的浅水 III 型浮游生物网（网口内径 37cm，网长 140cm，网衣孔径 0.077mm）从底层至表层垂直拖网，装入 500mL 的塑料瓶中。样品用 5%中性甲醛固定；样品用 Motic 显微镜观察、鉴定和计数。

3、浮游动物的调查方法

浮游动物样品用装流量计的浅水 I 型浮游生物网（网口内径 50cm，网长 145cm，网衣孔径 0.505mm）从底层至表层垂直拖网采集，装入容积为 600mL 的塑料瓶中，在现场用 5%的福尔马林固定。在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），然后在显微镜和体视镜下对样品进行鉴定和计数。

4、底栖生物的调查方法

用采泥器（0.1m^2）进行采集，每站采集 4 次，取 4 次平均值为该站的生物量和栖息密度。底栖生物样品在现场用 5%的福尔马林固定后，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、潮间带生物的调查方法

在各潮间带断面的每一断面按高、中、低 3 个潮区分别设 4 个定量取样点，每一取样点随机取样面积为 0.0625m^2，深度为 30cm，以孔径 1mm^2 的筛子筛出其中生物，并在各取样点周围采集定性标本，并记录底质情况。样品用 5%福尔马林溶液固定保存后带回实验室称重、分析和鉴定，软体动物样品带壳称重，并换算成单位面积的生物量(g/m^2)和栖息密度(ind./m^2)。

6.5.1.2 海域生态环境各调查项目的评价方法

1、生物生态优势种优势度（Y）及计算

优势种的概念有两个方面，即一方面占有广泛的生态环境，可以利用较高的资源，有着广泛的适应性，在空间分布上表现为空间出现频率（f_i）较高，另一方面，表现为个体数量（n_i）庞大，丰度 n_i/N 较高。设：

f_i——第 i 个种在各样方中的出现频率；

n_i——群落中第 i 个物种在空间中的丰度；

N——群落中所有物种的总丰度；

综合优势种概念的两个方面，得出优势种优势度（Y）的计算公式:

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

本报告以各类生物的优势度$Y\geq0.02$ 时为优势种。

2、各生态学参数分别依如下公式计算：

多样性指数 H' 采用 Shannon-Weiner 公式：

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

丰富度指数 d 采用 Margalef 公式：

$$d=\frac{S-1}{\log_2 N}$$

均匀度 J 采用 Pielou 公式：

$$J=\frac{H'}{\log_2 S}$$

单纯度 D_2 采用 McNaughton 公式：

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

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

6.5.2 叶绿素a和初级生产力调查结果

（1）春季

2018 年 4 月，调查海域叶绿素 a 值在 0.125~1.963μg/L，平均叶绿素 a 值为 1.159μg/L。调查期间初级生产力在 1.950~78.520mgC/m d，平均初级生产力值为 37.632mgC/m d。调查结果详见表 6.5-1。

表 6.5-1　　2018 年 4 月调查期间调查海域叶绿素 a 和初级生产力现状调查结果

站位	叶绿素 a (μg/L)	初级生产力（mgC/m d）
YS02	0.125	3.125
YS03	1.375	34.375
YS05	1.564	62.560
YS07	1.237	49.480
YS08	0.078	1.950
YS09	1.556	62.240
YS11	0.956	47.800
YS12	1.022	51.100
YS13	1.205	48.200
YS14	1.963	78.520
YS16	1.228	15.344
YS17	1.413	17.663
YS20	1.349	16.856
最小值	0.125	1.950
最大值	1.963	78.520
平均值	1.159	37.632

（2）秋季

2018 年 10 月叶绿素 a 监测结果列于表 6.5-2。2018 年 10 月监测海域海区叶绿素 a 含量变动范围在 0.47~1.83 mg/m^3，总平均为 1.20 mg/m^3。其中表层的分布范围为 0.47~1.77 mg/m^3，平均为 1.20 mg/m^3；底层的分布范围为 0.82~1.83 mg/m^3，平均为 1.20 mg/m^3。表层叶绿素 a 值最高值出现在 12 号站，为 1.77 mg/m^3，最低值出现在 11 号站，均为 0.47 mg/m^3；底层叶绿素 a 值最高值出现在 19 号站，为 1.83 mg/m^3，最低值出现在 21 号站，均为 0.82 mg/m^3。

表 6.5-2　　2018 年 10 月调查期间调查海域叶绿素 a 监测结果





注：“-”表示水深<10m，未采样

6.5.3 浮游植物现状调查结果和评价

6.5.3.1 浮游植物种类组成

（1）春季

2018 年 4 月调查期间调查海域共获有浮游植物 2 门 40 种。其中，硅藻门 38 种，占 95.0%；甲藻门 2 种，占 5.0%。

（2）秋季

2018 年 10 月网采样品共鉴定浮游植物 4 门 21 属 41 种。其中硅藻 16 属 31 种，占 75.61%；甲藻 3 属 6 种，占 14.63%；蓝藻 1 属 2 种，占 4.88%；绿藻 1 属 2 种，占 4.88%。

2018 年 10 月水采样品共鉴定浮游植物 3 门 13 属 23 种。其中硅藻 9 属 19 种，占 82.60%；甲藻 2 属 2 种，占 8.70%；蓝藻 2 属 2 种，占 807.%（表 6.5-3）。

表 6.5-3　　2018 年 10 月调查期间调查海域浮游植物种类组成



6.5.3.2　浮游植物细胞丰度分布

（1）春季

2018 年 4 月调查期间调查海域浮游植物丰度在 140~710ind/dm^3，平均丰度为 291ind/dm^3。丰度高值区位站位 YS05，低值区位站位 YS09、YS14。

（2）秋季

2018 年 10 月网采浮游植物细胞丰度均值为 1.29×10^6 ind./m^3（0.07×10^6 ind./m^3-2.74×10^6 ind./m^3），最高值出现在 15$^{\#}$站，最小值出现在 26$^{\#}$站。硅藻占主要优势，细胞平均丰度为 1292.27×10^3 ind./m^3，占总丰度的 99.86%，中肋骨条藻是构成细胞丰度的主要种，占总丰度的 80.69%。甲藻、蓝藻和绿藻细胞平均丰度均较低，不高于 0.82×10^3 ind./m^3（表 6.5-3）。

2018 年 10 月水采浮游植物细胞丰度均值为 8.74×10^3 cells/L（0.30×10^3 cells/L-127.10×10^3 cells/L），最高值出现在 1$^{\#}$站，最小值出现在 26$^{\#}$站。硅藻占主要优势，细胞平均丰度为 8.68×10^3 cells/L，占总丰度的 99.26%，中肋骨条藻是构成细胞丰度的主要种，占总丰度的 95.65%。甲藻和蓝藻细胞平均丰度均较低，不高于 0.05×10^3 cells/L（表 6.5-4）。

表 6.5-4　　2018 年 10 月调查期间调查海域各类群浮游植物丰度特征
（网采：×10^3 ind./m^3，水采：×10^3 cells/L）

类群	丰度	丰度（%）	丰度	丰度（%）
硅藻	1292.27	99.86	8.68	99.26
甲藻	0.78	0.06	0.01	0.14
蓝藻	0.22	0.02	0.05	0.60
绿藻	0.82	0.06	0	0
合计	1294.09	-	8.74	-

6.5.3.3 浮游植物优势种类组成

（1）春季

浮游植物优势种为中肋骨条藻 *keletonema costatum* 和琼氏圆筛藻 *Coscinodiscus jonesianu*，优势度分别为 0.48 和 0.16（表 6.5-5）。

表 6.5-5 工程海域浮游植物优势种

时间	优势种	Y
2018 年 4 月	中肋骨条藻 *keletonema costatum*	0.48
	琼氏圆筛藻 *Coscinodiscus jonesianus*	0.16

（2）秋季

2018 年 10 月网采样品共有优势种 3 种，分别为中肋骨条藻、琼氏圆筛藻和中心圆筛藻。中肋骨条藻优势度最高，优势度为 0.81，占总丰度的 80.69%，琼氏圆筛藻次之，优势度为 0.09，占总丰度的 9.40%，中心圆筛藻第三，优势度为 0.04，占总丰度的 4.30%。

2018 年 10 月水采样品仅有优势种 1 种，为中肋骨条藻，其优势度为 0.90，细胞丰度为 8.36×10^3 cells/L，占总丰度的 95.65%（表 6.5-6）。

表 6.5-6 网采浮游植物优势种优势度和丰度（$\times10^3$ cells/L）

种名		网采			水采		
		Y	丰度	丰度（%）	*Y*	丰度	丰度（%）
中肋骨条藻	*Skeletonema costatum*	0.81	1.04	80.69	0.90	8.36	95.65
琼氏圆筛藻	*Coscinodiscus jonesianus*	0.09	0.12	9.40	-	-	-
中心圆筛藻	*Coscinodiscus centralis*	0.04	0.05	4.30	-	-	-

6.5.3.4 浮游植物现状评价结果

（1）春季

浮游植物多样性指数 *H′* 值为 0.925~2.068，平均值为 1.442；丰富度 *d* 为 0.338~1.906，平均值为 1.081；均匀度 *J′*为 0.510~0.954，平均值为 0.776；单纯度 *C* 为 0.447~0.840，平均值为 0.676。

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* 和单纯度 *C* 详见表 6.5-7。

表 6.5-7　　工程海域浮游植物现状调查与评价结果表



（2）秋季

2018 年 10 月网采浮游植物单纯度指数（*C*）均值为 0.57（0.26-0.88）；多样性指数（*H'*）均值为 1.34（0.45-2.30），均匀度指数（*J'*）均值为 0.37（0.13-0.65），丰富度指数（*d*）均值为 0.64（0.42-1.04），浮游植物群落多样性及丰富度一般。

2018 年 10 月水采浮游植物单纯度指数（*C*）均值为 0.58（0.31-0.98）；多样性指数（*H'*）均值为 1.18（0.09-1.81），均匀度指数（*J'*）均值为 0.57（0.03-0.91），丰富度指数（*d*）均值为 0.17（0.09-0.25），浮游植物群落多样性及丰富度一般（表 6.5-8）。

表 6.5-8　　浮游植物物种多样性指数值

站位	网采				水采			
	C	***H'***	***J'***	***d***	***C***	***H'***	***J'***	***d***
1	0.29	2.15	0.65	0.45	0.98	0.09	0.03	0.19
2	0.36	2.08	0.58	0.65	0.49	1.38	0.69	0.15
4	0.88	0.45	0.13	0.53	0.76	0.69	0.43	0.09
5	0.47	1.47	0.42	0.57	0.74	0.79	0.39	0.14
6	0.33	1.97	0.59	0.51	0.59	1.15	0.58	0.15
9	0.75	0.91	0.22	0.77	0.58	1.25	0.48	0.24

站位	网采				水采			
	C	***H'***	***J'***	***d***	***C***	***H'***	***J'***	***d***
10	0.77	0.83	0.21	0.68	0.42	1.51	0.75	0.15
11	0.75	0.86	0.22	0.66	0.71	0.95	0.37	0.24
13	0.84	0.58	0.17	0.42	0.68	1.04	0.40	0.23
14	0.87	0.52	0.14	0.61	0.65	1.11	0.48	0.20
15	0.64	1.19	0.28	0.89	0.67	1.01	0.43	0.19
16	0.54	1.58	0.35	1.04	0.36	1.69	0.84	0.16
18	0.26	2.30	0.60	0.74	0.31	1.81	0.91	0.16
19	0.58	1.30	0.35	0.58	0.41	1.76	0.68	0.25
22	0.38	1.73	0.44	0.79	0.43	1.38	0.87	0.11
26	0.34	1.81	0.57	0.49	0.50	1.25	0.79	0.11
27	0.68	1.01	0.29	0.49	0.54	1.28	0.64	0.15
均值	0.57	1.34	0.37	0.64	0.58	1.18	0.57	0.17
幅度	0.26-0.88	0.45-2.30	0.13-0.65	0.42-1.04	0.31-0.98	0.09-1.81	0.03-0.91	0.09-0.25

6.5.4 浮游动物现状调查结果和评价

6.5.4.1 浮游动物种类组成

（1）春季

2018 年 4 月调查期间调查海域共采获有大型浮游动种 9 类 24 种，其中，桡足类 11 种，占 45.8%；水母类 3 种，12.5%；浮游幼体 4 种，占 16.7%；毛颚动物、磷虾类、枝角类、甲壳类、介形类和樱虾类各 1 种，分别占 4.2%（表 6.5-10）。

（2）秋季

2018 年 10 月共鉴定浮游动物 7 门 38 属 48 种（不包括浮游动物幼体），分为 15 大类（6.5-9），其中桡足类和水螅水母类优势明显，依次为 20 种和 5 种，依次占总种数的 41.67%和 10.42%，依次占总丰度的 70.04%和 4.74%。其次为毛颚类 4 种和端足类 3 种，分别占总种数的 8.33%和 6.25%，分别占总丰度 5.57%和 0.04%。栉水母类、十足类、涟虫类、翼足类和被囊类各 2 种，各占总种数的 4.17%。另外管水母类、端足类、磷虾类、糠虾类、介形类和多毛类各 1 种，各占总种数的 2.08%。

表 6.5-9　　浮游动物种类组成及其百分比



6.5.4.2　浮游动物丰度分布

（1）春季

2018 年 4 月调查期间浮游动物丰度为 6~135ind/m^3，平均丰度为 42ind/m^3。最高丰度位于站位 YS12，最低丰度位于站位 YS20。

（2）秋季

2018 年 10 月调查浮游动物平均丰度为 219.10ind./m^3，变动幅度为 26.36~1339.50ind./m^3，各站位丰度的分布与生物量分布总体一致，但最高和最低丰度与生物量站位并不同，10 号站位最高，为 1339.50ind./m^3，27 号站为最低，为 26.36ind./m^3。

6.5.4.3　浮游动物生物量分布

（1）春季

2018 年 4 月调查期间浮游动物生物量为 12.7~278.1mg/m^3，平均生物量为 85.3mg/m^3，生物量高值区分布在站位 YS12，低值区分布在站位 YS20。

（2）秋季

2018 年 10 月调查浮游动物总生物量均值为 441.24 mg/m^3，幅度 5.00~1322.22 mg/m^3。2 号总生物量最高，为 1322.22mg/m^3，19 号站位总生物量最低，为 5.00 mg/m^3。

6.5.4.4 浮游动物优势种

（1）春季

2018 年 4 月浮游动物优势种为百陶箭虫（*Sagitta bedoti*）和中华哲水蚤（*Calanus sinicus*），优势度分别为 0.07 和 0.31。（表 6.5-10）

表 6.5-10　　拟建工程附近海域浮游动物优势种

时间	优势种	Y
2018 年 4 月	百陶箭虫 *Sagitta bedoti*	0.07
	中华哲水蚤 *Calanus sinicus*	0.31

（2）秋季

2018 年 10 月调查出现优势种 8 种，分别为指突水母、球型侧腕水母、针刺拟哲水蚤、背针胸刺水蚤、火腿许水蚤、中华假磷虾、长额刺糠虾、百陶箭虫，其中针刺拟哲水蚤的优势度最高，为 0.40，平均丰度为 100.29 ind./m^3(表 6.5-11)，长额刺糠虾优势度为 0.06，平均丰度为 16.51 ind./m^3，背针胸刺水蚤优势度为 0.05，平均丰度为 12.80 ind./m^3，指突水母优势度为 0.04，平均丰度为 9.79 ind./m^3，球型侧腕水母、中华假磷虾和火腿许水蚤优势度均为 0.03，百陶箭虫优势度为 0.02。

表 6.5-11　　浮游动物优势种优势度及其平均丰度(ind/m^3)

种类	优势度	出现率	平均丰度 ind./m^3	占总丰度%
指突水母	0.04	94.12%	9.79	4.32
球型侧腕水母	0.03	94.12%	5.75	2.54
针刺拟哲水蚤	0.40	88.24%	100.29	44.26
背针胸刺水蚤	0.05	82.35%	12.80	5.65
火腿许水蚤	0.03	41.18%	13.20	5.83
中华假磷虾	0.03	94.12%	5.93	2.62
长额刺糠虾	0.06	82.35%	16.51	7.28
百陶箭虫	0.02	88.24%	5.80	2.56

6.5.4.5 浮游动物现状评价结果

（1）春季

2018 年 4 月调查期间浮游动物多样性指数值 *H'*在 0.732~2.291，平均值为 1.313；丰富度 *d* 在 0.947~2.495，均匀度为 1.654；均匀度 *J'*在 0.455~0.955，平均值为 0.718，单纯度值 0.397~0.908，平均值为 0.642。

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'*和单纯度 *C*，详见表 6.5-12。

表 6.5-12　　拟建工程附近海域浮游动物现状调查与评价结果



（2）秋季

2018 年 10 月多样度指数(*H*′)均值为 2.10，变化范围在 0.74~3.12 之间；丰富度指数(*d*)平均值为 1.81，变化范围在 0.90~4.25 之间；均匀性指数(*J*′)平均值为 0.56，变化范围在 0.25~0.75 之间；单纯度指数(*C*)平均值为 0.38，变化范围在 0.18~0.81 之间。

综合以上几项生态指标，2018 年 10 月调查水域根据《近岸海域环境监测技术规范》（HJ442-2008）中生物多样性指数评价指标，表明调查海域浮游动物物种丰富度较高，个体分布比较均匀，其生境等级总体处于“一般”的水平。

表 6.5-13　　浮游动物生物多样性指数

生态指标	变化范围	平均值
多样度 *H'*	0.74~3.12	2.10
丰富度 d	0.90~4.25	1.81
均匀度 *J'*	0.25~0.75	0.56
单纯度 c	0.18~0.81	0.38

6.5.5　底栖生物现状调查结果和评价

6.5.5.1　底栖生物种类组成

（1）春季

2018 年 4 月调查海域调查期间采集到大型底栖生物 3 大类 9 种，其中，多毛类 4 种，占 44.4%；软体动物 3 种，占 33.3%；甲壳类 2 种，占 22.2%。

（2）秋季

2018 年 10 月共鉴定底栖生物 6 门 7 种，其中甲壳动物 2 种，占总种类数的 28.57%；软体动物、环节动物、棘皮动物、螠虫动物和纽形动物各 1 种，各占 14.29%（表 6.5-14）。

表 6.5-14　　大型底栖生物种类组成

[redacted]

6.5.5.2　生物量分布

（1）春季

2018 年 4 月调查海域底栖生物生物量在 0.9~8.2g/m^2，平均底栖生物生物量为 3.4g/m^2。生物量最高分布在站位 YS08，最低在站位 YS16。拟建工程附近海域底栖生物丰度在 20～70ind/m^2。平均丰度为 40ind/m^2，最高分布在 YS13，最低在站位 YS09。

（2）秋季

2018 年 10 月底栖生物总栖息密度和总生物量均值分别为 11.76 ind./m^2（0.00 ind./m^2-110.00 ind./m^2）和 2.19 g/m^2（0.00 g/m^2-24.69 g/m^2）。其中，蠕虫动物栖息密度和生物量均最高，分别为 7.06 ind./m^2 和 1.46 g/m^2，分别占总栖息密度和总生物量均值的 60.00%和 66.43%；栖息密度和生物量各站位分布不均匀，最高栖息密度和最高生物量均出现在 6#，分别为 110.00ind./m^2 和 24.69g/m^2（表 6.5-15）。

表 6.5-15　　底栖生物栖息密度和生物量组成

[redacted]

注：“0.00”表示数值小于 0.01

6.5.5.3 优势种

（1）春季

2018 年 4 月调查海域底栖生物优势种为异足索沙蚕 *Lumbriconeris heteropoda* 和小头虫 *Capitella capitate*，优势度为 0.28 和 0.05。

（2）秋季

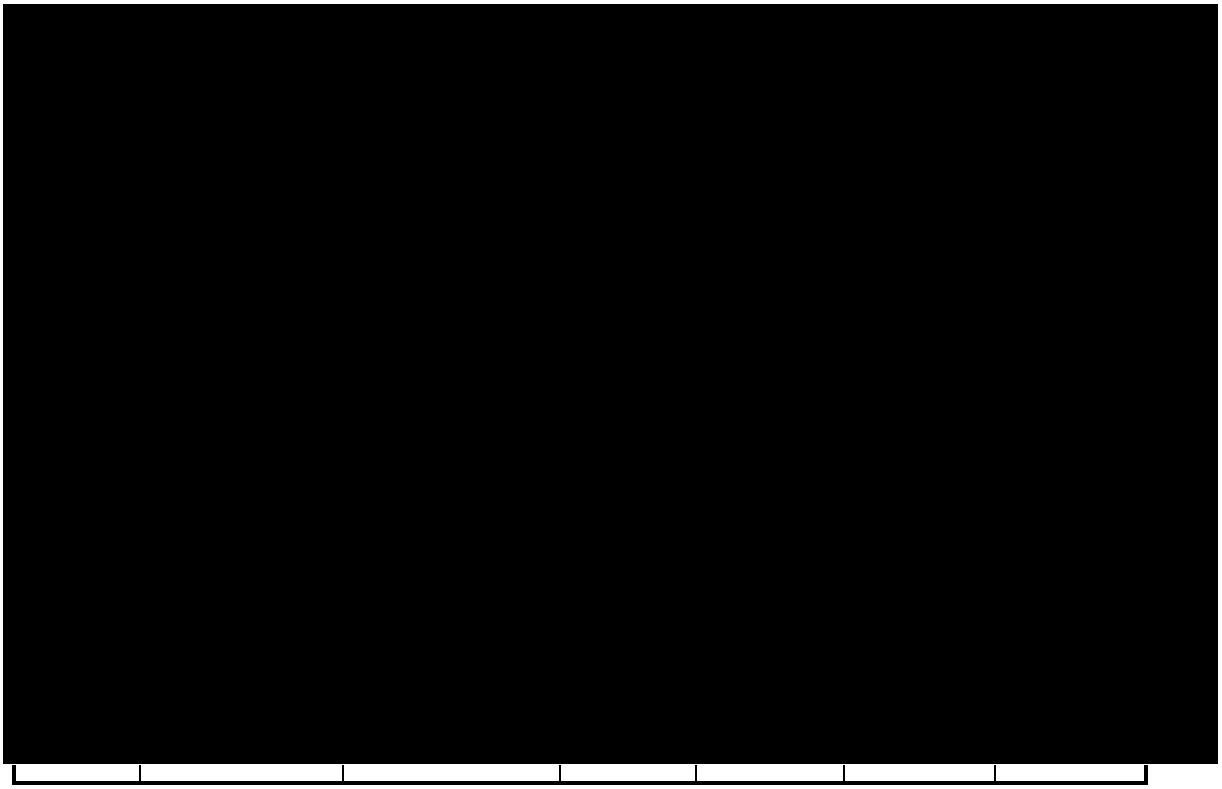
2018 年 10 月底栖生物优势种为蠕虫动物一种，优势度为 0.11，出现频率为 17.65%，其栖息密度均值为 7.06 ind./m^2，占总栖息密度均值的 60.00%。

6.5.5.4 底栖生物现状评价结果

（1）春季

2018 年 4 月调查海域底栖生物多样性指数值 *H'*为 0.000~1.099，平均值为 0.668；丰富度 *d* 值为 0.000~0.588，平均值 0.328；均匀度 *J'*为 0.000~1.000，平均值为 0.785；单纯度 *C* 值在 0.000~0.690，平均值为 0.444（表 6.5-16）。

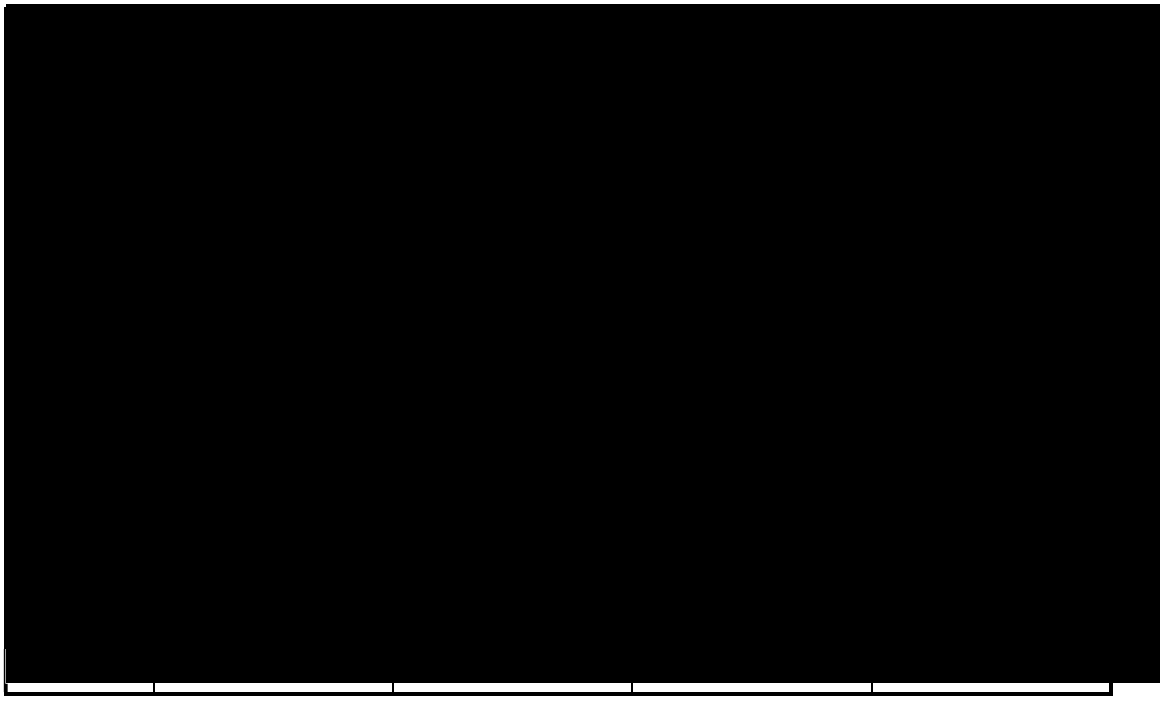
表 6.5-16　　工程海域底栖生物现状调查与评价结果表



（2）秋季

2018 年 10 月底泥采集样品大型底栖生物多样性指数（H'）均值为 0.11（0.00-1.50）、单纯度指数（C）均值为 0.37（0.00-1.00）、均匀度指数（J'）均值为 0.08（0.00-0.95）、丰富度指数（d）均值为 0.03（0.00-0.38）（表 6.5-20）。

表 6.5-17　　大型底栖生物多样性指数值





6.5.6 潮间带生物现状调查结果和评价

6.5.6.1 潮间带生物种类组成

（1）春季

2018 年 4 月调查设 3 个潮间带，断面 T1、T2 和 T3，均为泥相。

共采集到潮间带生物 2 大类 11 种，其中，软体动物 9 种，占 81.8%；甲壳动物 2 种，18.2%。

（2）秋季

2018 年 10 月潮间带采集样品共鉴定大型底栖生物 2 门 14 种，包括软体动物 11 种和甲壳动物 3 种，分别占总种类数的 78.57%和 21.43%。（表 6.5-18）。

表 6.5-18　　潮间带大型底栖生物种类组成（2018.10）



6.5.6.2 数量组成与分布

（1）春季

2018年4月调查中，T1断面平均栖息密度为64个/m^2，平均生物量为26.0g/m^2。T2 断面平均栖息密度为 43 个/m^2，平均生物量为 41.5g/m^2。T3 断面的平均栖息密度为 21 个/m^2，平均生物量为 36.3g/m^2。3 个断面平均栖息密度为 43 个/m^2，平均生物量为 36.4g/m^2。

潮间带生物各类别种数、生物量和栖息密度详见表 6.5-19。

表 6.5-19　　拟建工程附近海域断面各类别种数和密度及生物量分布



（2）秋季

2018 年 10 月总栖息密度和总生物量均值分别为 319.92 ind./m^2（155.56 ind./m^2-455.56 ind./m^2）和 345.05 g/m^2（26.37 g/m^2-1061.59 g/m^2）。其中，栖息密度和生物量均以软体动物占优势，分别为 295.97ind./m^2 和 186.95 g/m^2，分别占总栖息密度和总生物量均值的 92.51%和 54.18%，主要由短滨螺、齿纹蜒螺和渔舟蜒螺构成。最高栖息密度和最高生物量分别出现在断面 A 的高潮区和断面 C 的低潮区，分别为 455.56 ind./m^2 和 1061.59g/m^2（表 6.5-20 和表 6.5-21）。

表 6.5-20　　潮间带大型底栖生物栖息密度（ind./m^2）及百分比组成



[redacted]

表 6.5-21　　潮间带底栖生物生物量（g/m^2)及百分比组成

[redacted]

6.5.6.3　潮间带生物主要种类

（1）春季

2018 年 4 月调查期间潮间带动物，优势种为疣荔枝螺和单齿螺。

（2）秋季

2018 年 10 月潮间带大型底栖生物优势种为齿纹蜒螺、短滨螺、疣荔枝螺和渔舟蜒螺，其中短滨螺优势度较明显（0.23），出现频率为 66.67%，其平均栖息密度为 111.69 ind./m^2，占总栖息密度均值的 34.91%（表 6.5-22）。

表 6.5-22　　潮间带底栖生物优势种生态特征

[redacted]

6.5.6.4 生物多样性

（1）春季

2018 年 4 月 3 个调查断面生物种类多样性指数 H'为 1.273~1.390，平均值为 1.328；丰富度 d 为 0.604~0.739，平均值为 0.654；均匀度 J'为 0.864~0.953，平均值为 0.912；单纯度 C 为 0.696~0.724，平均值为 0.713（表 6.5-23）。

表 6.5-23　　拟建工程附近海域潮间带生物现状调查与评价结果表

[redacted]

（2）秋季

2018 年 10 月潮间带采集样品大型底栖生物多样性指数（$H^{\prime}$）均值为 1.78（0.40-2.76）、单纯度指数（C）均值为 0.40（0.16-0.85）、均匀度指数（$J^{\prime}$）均值为 0.73（0.40-0.92）、丰富度指数（d）均值为 0.54（0.12-0.90）（表 6.5-24）。

表 6.5-24　　潮间带底栖生物多样性指数值

[redacted]

6.6 渔业资源现状调查结果与评价

6.6.1 调查内容

渔业资源现状调查内容主要包括：（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。春季调查站位见表 6.3-1 和图 6.3-1，秋季调查站位见表 6.3-2 和图 6.3-2。

6.6.2 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，5.0m×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）。依据调查海域物种分布和经济种类情况，本次调查海域渔获物主要分为鱼类和甲壳动物类 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。由于口足类中仅出现口虾蛄 1 种，故在统计过程中将口虾蛄并入虾类进行统计。

6.6.3 渔业资源数据处理及分析方法

Pinkas 物种优势度指数(*IRI*)的计算式为：

$IRI = (W_i + P_i)\ F$

式中，W_i 为某种渔获物的重量占总渔获重量的百分数(%)，P_i 为某种渔获物的尾数占总渔获尾数的百分数(%)，F 为某种渔获物在各航次拖网总次数中出现的频率，即出现次数与总站位之百分比(%)。

Margalef 丰富度指数(*D*)、Shannon-Wiener 多样性指数(*H'*)与 Pielou 均匀度指数(*J'*)的计算式分别为：

$D = (S-1)/\ln N$

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

$J' = H'/\ln S$

式中，S 为种类数，N 为总尾数，P_i 为第 i 种占总尾数的比例。

渔业资源密度采用扫海面积法进行估算，具体公式如下：

$d_i=Y_i/(1-E)S_i$

$S_i=1.852 \cdot L \cdot V \cdot T_i/1000$

式中：Y_i 为调查船在 i 渔区的渔获量（kg）；S_i 为调查船在 i 渔区的扫海面积（km^2）；E 为渔业生物的逃逸率（本报告取 0.5）；V 为网具拖曳的平均拖速（kn）（本报告网具拖曳平均拖速为 3kn）；T_i 为拖网时间（本次调查均标准化 1h）；L 为调查船拖曳时拖网扫海通道的宽度（本次调查所用网具的扫海宽度 5.0m）。

鱼卵、仔鱼调查定量采用浅水Ⅰ型浮游动物网，由底至表进行垂直拖网，定性采用大型浮游动物网，水平拖网 10min，所获样品经福尔马林固定，带回实验室，进行种类鉴定，以 ind./m^3 为单位进行计数、统计和分析。

6.6.4 鱼卵、仔鱼调查结果

6.6.4.1 种类组成及优势种

（1）春季

2018 年 4 月水平拖网和垂直拖网两种采集方式共采集仔稚鱼 243 尾，共 8 种；鱼卵 22 粒，共 2 种，鱼卵仔稚鱼隶属 6 目 8 科（表 6.6-1）。其中水平拖网仔稚鱼 221 尾（6 种），鱼卵 16 粒（2 种）；垂直拖网共采集仔稚鱼 22 尾（5 种），鱼卵 6 粒（1 种）。

项目工程海域春季鱼卵的主要优势种为舌鳎科，仔稚鱼的主要优势种为矛尾虾虎鱼和鳀。

表 6.6-1　　2018 年 4 月调查海域鱼卵仔鱼种类组成

种类名称	鱼卵	仔鱼
鲈形目 Cluperformes		
鳀科 Engraulidae		
鳀 *Engraulisjaponicus*		√
鲻形目 Mugiliformes		
鲻科 Mugilidae		
鲮 *Liza haematocheila*	√	√
鲈形目 Perciformes		
石首鱼科 Sciaenidae		√
鲳科 Serranidae		
中国花鲈 *Lateolabrax japonicus*		√
虾虎鱼科 Gobiidae		
六丝矛尾虾虎鱼 *Chaeturichthys hexanema*		√
矛尾虾虎鱼 *Parachaeturichthys polynema*		√
鲉形目 Scorpaeniformes		
鲬科 Platycephalidae		
鲬 *Cociella crocodilus*		√
鲀形目 Tetraodontiformes		
鲀科 Tetraodontidae		
暗纹东方鲀 *Takifugu obscurus*		√
鲽形目　Pleuronectiformes		
舌鳎科　Cynoglossidae	√	

（2）秋季

2018 年 10 月调查中，定性和定量样品共出现 3 种鱼卵和 5 种仔稚鱼。从定

量样品的组成上来看，龙头鱼的数量占了丰度的绝大多数（表 6.6-2）。

表 6.6-2　　2018 年 10 月调查海域定量样品鱼卵、仔稚鱼丰度组成

[redacted]				

6.6.4.2　数量分布

（1）春季

2018 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进行采集鱼卵仔鱼。各个站位密度分布如表 6.6-3。其中，水平拖网中鱼卵平均密度为 0.069 个/m^3，仔稚鱼平均密度为 0.828 尾/m^3；垂直拖网中中鱼卵平均密度为 0.015 个/m^3，仔稚鱼平均密度为 0.234 尾/m^3。

表 6.6-3　　2018 年 4 月调查海域鱼卵仔鱼数量密度分布

[redacted]				

（2）秋季

2018 年 10 月调查所获样品，鱼卵和仔稚鱼出现频率不高，但具有较高的密度。鱼卵的密度均值为 2.97ind./m^3(0-42.42ind./m^3)，仔稚鱼的密度均值为 0.74ind./m^3(0-6.49ind./m^3)。

6.6.5　游泳动物调查结果

6.6.5.1　渔获物种类组成

（1）春季

2018 年 4 月调查海域共鉴定游泳动物 35 种（见附录）。其中，鱼类 18 种，占渔获种类总数的 51.43%，隶属于 7 目，11 科，15 属；虾类 9 种，占渔获种类总数的 25.71%，隶属于 2 目，6 科，7 属；蟹类 8 种，占渔获种类总数的 22.86%，隶属于 4 科，7 属（表 6.6-4）。种类出现最多的站位出现在 YS02、YS07 以及 YS13 号站位，均为 20 种，最小值出现在 YS11 号站位，为 7 种。

表 6.6-4　　2018 年 4 月份（春季）调查渔获物种类组成及百分比

合计	35	100

（2）秋季

2018 年 10 月共记录 53 种游泳动物（隶属于 11 目 17 科），其中头足类 2 种，虾类（含虾蛄）14 种，蟹类 8 种，鱼类 29 种。

6.6.5.2 渔获物（重量、尾数）分类群组成

（1）春季

2018 年 4 月（春季）渔获物重量中，鱼类渔获重量占总渔获量的比例最高，为 43.22%，其次为蟹类，占总渔获重量的 33.19%，虾类所占比例最低，为 23.60%；渔获物尾数中，虾类渔获尾数占总渔获尾数的比例最高，为 65.63%，其次为鱼类，占 29.85%，蟹类所占比例最低，仅占 4.51%。（表 6.6-5）

表 6.6-5　　2018 年 4 月调查海域渔获物（重量、尾数）分类群百分比组成

（2）秋季

2018 年 10 月调查期间游泳动物小时渔获尾数平均值为 1835 尾/h。其中虾类最高，为 1308 尾/h，其他类别尾数最低，为 5 尾/h。小时渔获重量平均值为 8.6kg/4h，其中鱼类最高，为 5.85kg/h；其次为蟹类，为 1.67kg/h；其他类最低，为 0.03kg/h（表 6.6-6）。

表 6.6-6　　2018 年 10 月游泳动物分类别小时渔获尾数和渔获重量

[redacted]

小时渔获尾数空间分布差异较大，最大值出现在 5 号站，达 5682 尾/h；最小值出现在 18 号站位，仅为 176 尾/h（图 6.6-1）。



图 6.6-1　2018 年 10 月游泳动物小时渔获尾数分布

各类别小时渔获尾数空间分布差异也较大，其中鱼类最大值出现在 10 号站（1290 尾/h），最小值出现在 18 号站（42 尾/h）；蟹类最大值出现在 14 号站（208 尾/小时），最小值出现在 18 号站（18 尾/h）；虾类最大值出现在 5 号站（5066 尾/h），最小值出现在 18 号站（116 尾/h）；其余头足类出现在 2 号站（86 尾/h）和 16 号站（2 尾/h）。

小时渔获重量空间分布差异明显，最小值出现在 27 号站（1.44kg/h），而高值站位分布较散，其中最大值出现在 2 号站（17.96kg/h）（图 6.6-2）。



图 6.6-2　游泳动物小时渔获重量分布

各类别小时渔获重量空间分布差异也较大，其中鱼类最大值出现在 2 号站（12.67kg/h），最小值出现 27 号站（0.81kg/h）；蟹类最大值出现在 16 号站（4.60kg/h），最小值出现在 27 号站（0.48kg/h）；虾类最大值出现在 5 号站（3.11kg/h），最小值出现在 27 号站（0.15kg/h）；其他出现在 2 号站（0.54 kg/h）和 16 号站（0.01kg/h）。

6.6.5.3　资源密度（重量、尾数）

（1）春季

2018 年 4 月调查海域渔获物重量和尾数密度均值如表 6.6-8 所示，分别为 170.51kg/km^2（93.48~371.80kg/km^2）和 70.72×10^{3}ind./km^2（18.51×10^3~205.06×10^3 ind./km^2）。其中，鱼类资源重量和尾数密度均值分别为 73.69kg/km^2（15.81~217.11kg/km^2）和 21.11×10^{3}ind./km^2（1.71×10^3~92.15×10^{3}ind./km^2）；虾类资源重量和尾数密度均值分别为 40.24kg/km^2（10.91~112.22kg/km^2）和 46.41×10^{3}ind./km^2（9.90×10^3~169.91×10^{3}ind./km^2）；蟹类资源重量和尾数密度均值分别为 56.58kg/km^2（16.16~124.89kg/km^2）和 3.19×10^{3}ind./km^2（1.08×10^3~13.86×10^{3}ind./km^2）。

2018 年 4 月调查海域渔获物中三疣梭子蟹对总重量密度贡献最大，安氏白虾对总尾数资源密度贡献最大；鱼类中凤鲚对总重量密度贡献最大，六丝矛尾虾虎鱼对总尾数密度贡献最大；虾类中安氏白虾对尾数密度贡献和重量密度贡献均最大；蟹类中三疣梭子蟹对尾数密度贡献和重量密度贡献均最大。

表 6.6-7　　2018 年 4 月调查海域渔业资源（重量、尾数）平均密度（重量（kg/km^2）、尾数（10^3ind./km^2）



（2）秋季

调查期间，游泳动物平均尾数密度为 68.39×10^3 尾/km^2，其中虾类最高，为 47.79×10^3 尾/km^2，其次为鱼类，尾数密度为 16.79×10^3 尾/km^2，接着为蟹（3.61×10^3 尾/km^2），最小为其他类别，仅为 0.20×10^3 尾/km^2（图 6.6-3）。

表 6.6-8　　2018 年 10 月游泳动物分类别资源密度





图 6.6-3　　2018 年 10 月游泳动物尾数密度分布



图 6.6-4　　2018 年 10 月游泳动物重量密度分布

6.6.5.4 渔获物资源密度（重量、尾数）平面分布

2018 年 4 月调查水域渔业资源重量密度最大值出现在 YS16 号站位，为 371.80kg/km^2，最小值出现在 YS08 号站位，为 93.48kg/km^2；调查水域渔业资源尾数密度最大值出现在 YS13 号站位，为 205.06×10^{3}ind./km^2，最小值出现在 YS05 号站位，为 18.51×10^{3}ind./km^2。（表 6.6-10）由此可见：渔业资源资源密度（重量、尾数）的高值区主要分布在调查海域东南部。

表 6.6-9　　2018 年 4 月调查海域各拖网站位渔业资源密度（重量、尾数）



6.6.5.5 渔获物优势种组成

（1）春季

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：鱼类优势种为凤鲚和栉孔虾虎鱼 2 种;虾类优势种为安氏白虾、脊尾白虾、日本鼓虾、和巨指长臂虾 4 种；蟹类优势种为三疣梭子蟹和狭颚绒螯蟹 2 种。（表 6.6-10）

表 6.6-10　　2018 年 4 月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）



（2）秋季

按照 10 月 *IRI* 指数计算结果 *IRI* 居前 5 位的优势种分别为安氏白虾、棘头梅童鱼\龙头鱼、三疣梭子蟹和凤鲚（表 6.6-11）。

表 6.6-11　　2018 年 10 月游泳动物优势种资源密度及 IRI



6.6.5.6　渔获物体重、体长和幼体比例

（1）春季

2018 年 4 月份调查海域鱼类、虾类和蟹类平均幼体比例分别为 68.43%、70.55%和 42.50%（表 6.6-12）。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 6.6-13。

表 6.6-12　　2018 年 4 月份（春季）分类群平均体重、体长和幼体比例



表 6.6-13　　2018 年 4 月份（春季）不同种类体长、体重和幼体比例





（2）秋季

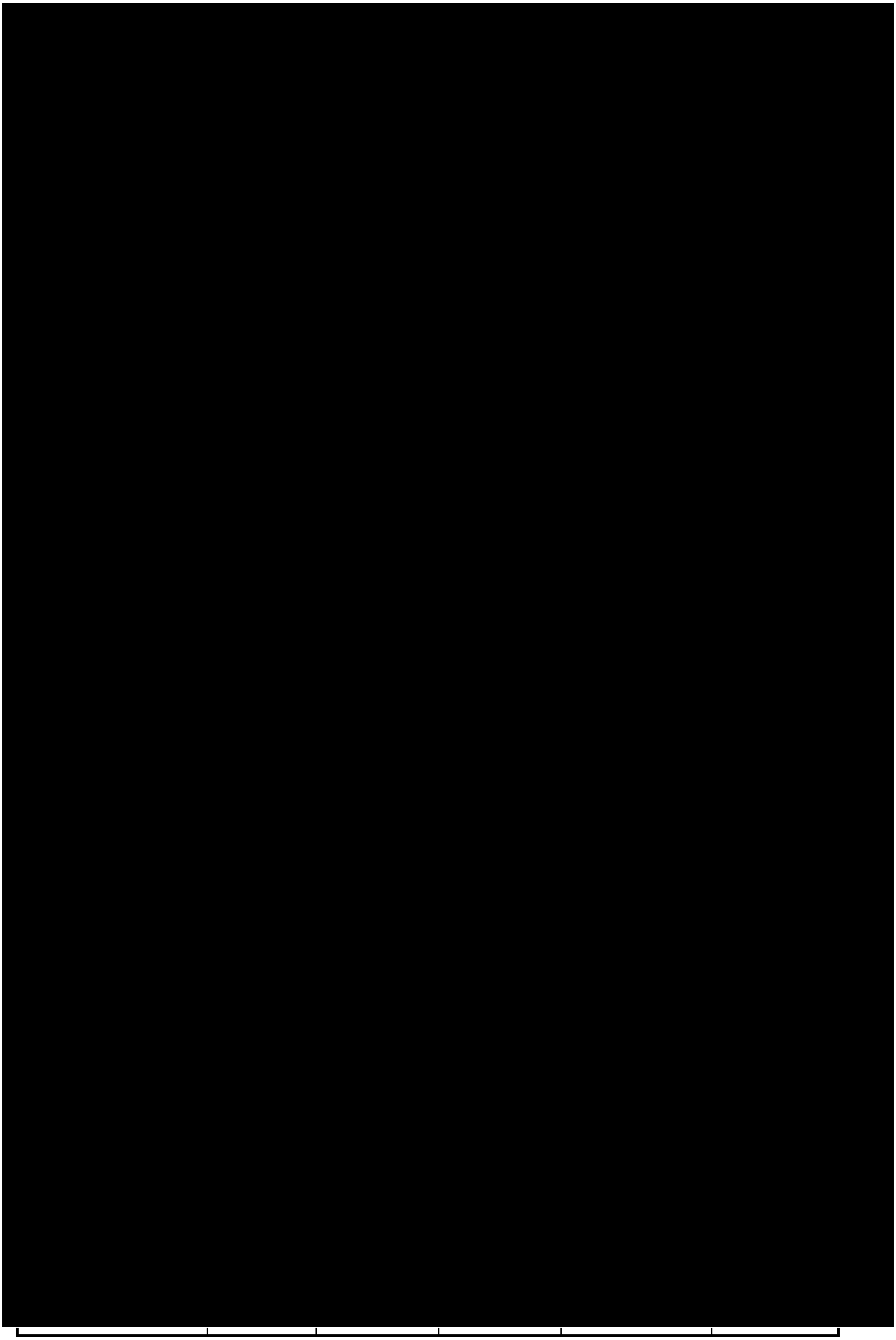
2018 年 10 月调查期间游泳动物各种类生物学参数、幼体比例和千克重尾数等参数见表 6.6-14 和 6.6-15。

表 6.6-14　　游泳动物分类别平均体长、平均体重及幼体比例



表 6.6-15　　游泳动物分种类平均体长、平均体重及幼体比例







6.6.5.7 渔获物物种多样性

（1）春季

2018 年 4 月份（春季）渔获物重量密度丰富度指数（*d*）平均值为 1.91（0.80～2.78），重量多样性指数（*H'*）均值为 1.83（1.28～2.20），重量均匀度指数（*J'*）均值为 0.69（0.56～0.82）；渔获物尾数密度丰富度指数（*d*）平均值为 2.22（1.08～3.24），尾数多样性指数（*H'*）均值为 1.64（0.82～2.18），尾数均匀度指数（*J'*）均值为 0.62（0.34～0.83）。（表 6.6-16）

根据以上 3 种物种多样性指数大小，调查海域春季渔获物种多样性水平处于中等偏低水平。

表 6.6-16　　2018 年 4 月份（春季）调查海域游泳动物物种多样性指数



（2）秋季

基于尾数密度计算的丰富度 Margalef 指数（*d*）平均值为 4.27，其中最高值出现在 2 号站（8.21），最小值出现在 5 号站位（1.73）；均匀度 Pielou 指数（*J'*）平均值为 0.54，最大值出现在 2 号站（0.84），最小值出现在 19 号站位（0.19）；香浓-韦弗多样性指数（*H'*）平均值为 2.20，最大值出现在 2 号站（4.04），最小值出现在 19 号站（0.76）。按照 *H'*值得分布可知，调查海域物种种类较丰富，个体分布均匀。

基于生物量计算的丰富度 Margalef 指数（*d*）平均值为 2.76，其中最高值出现在 2 号站（4.13），最小值出现在 5 号站（1.59）；均匀度 Pielou 指数（*J'*）平均值为 0.68，最大值出现在 15 号站（0.81），最小值出现在 9 号站（0.51）；香浓-韦弗多样性指数（*H'*）平均值为 2.74，最大值出现在 2 号站（3.85），最小值出现在 9 号站（2.04）（表 6.6-17）。按照 *H'*值的计算可知，调查海域物种种类较丰富，个体分布均匀。

表 6.6-17　　游泳动物多样性参数

[redacted]

6.6.6　主要经济鱼类的洄游和“三场一通道”

6.6.6.1　主要经济渔业生态类型

栖息生活于本水域的鱼类按其洄游类型区分，主要有近海种类和沿岸河口种类

等。

近海鱼类：分布范围广，种类多，经济价值高。本水域的近海鱼类资源主要指由近海进入本水域产卵的一批产卵群体，产卵后群体的主群离开本水域，其幼体留在本水域作小范围的索饵洄游。传统的经济鱼类主要有小黄鱼、带鱼、白姑鱼、日本鳀鱼等。

沿岸河口鱼类：分布于河口及浅海，主要属小型鱼类，是沿岸渔民海洋捕捞的主要作业对象。常见的种类有龙头鱼、凤鲚、刀鲚、梅童鱼、黄鲫、鰕虎鱼类等。大多具有生命周期短，渔汛期长，资源有一定数量的特点，但易受栖息环境影响，有一定经济价值。

6.6.6.2 主要鱼种的产卵场、产卵期及索饵场

带鱼：重要传统经济鱼类，幼体 5-6 月在岛屿附近海域出现，有时密度较高，8-9 月陆续离开，近岸海区是带鱼幼鱼的索饵场。附近海域的张网在夏季开始有捕获，有时渔获物中幼带鱼的比例还比较高。带鱼洄游路线见图 6.6-5。

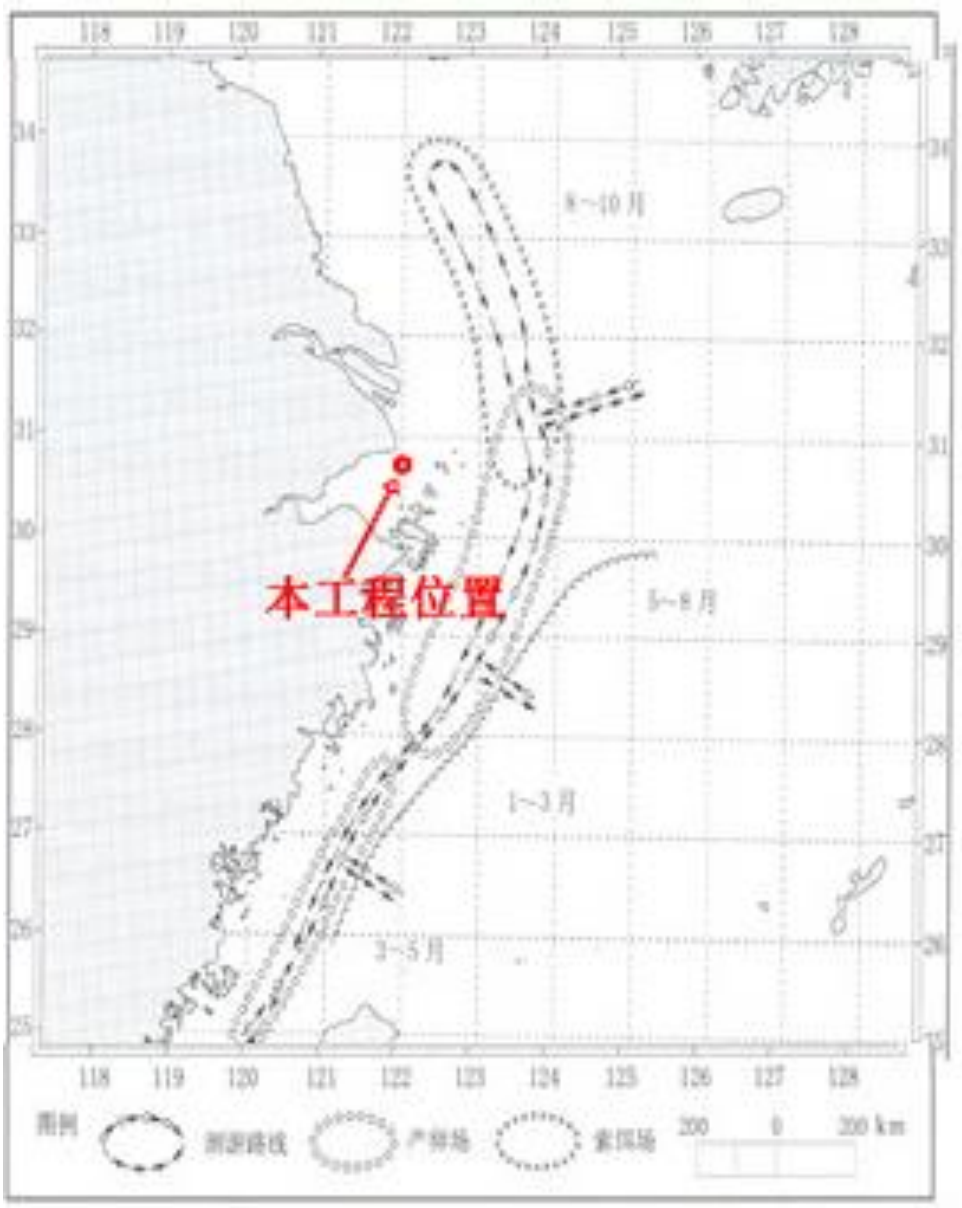


图 6.6-5　　带鱼洄游路线图

大黄鱼，平时栖息较深海区，4-6 月向近海洄游产卵，产卵后分散在沿岸索饵，以鱼虾等为食。秋冬季又向深海区迁移。鳔能发声，渔民常借此估测鱼群的大小。分布于南海、东海和黄海南部。大黄鱼种群及洄游分布见图 6.6-6。

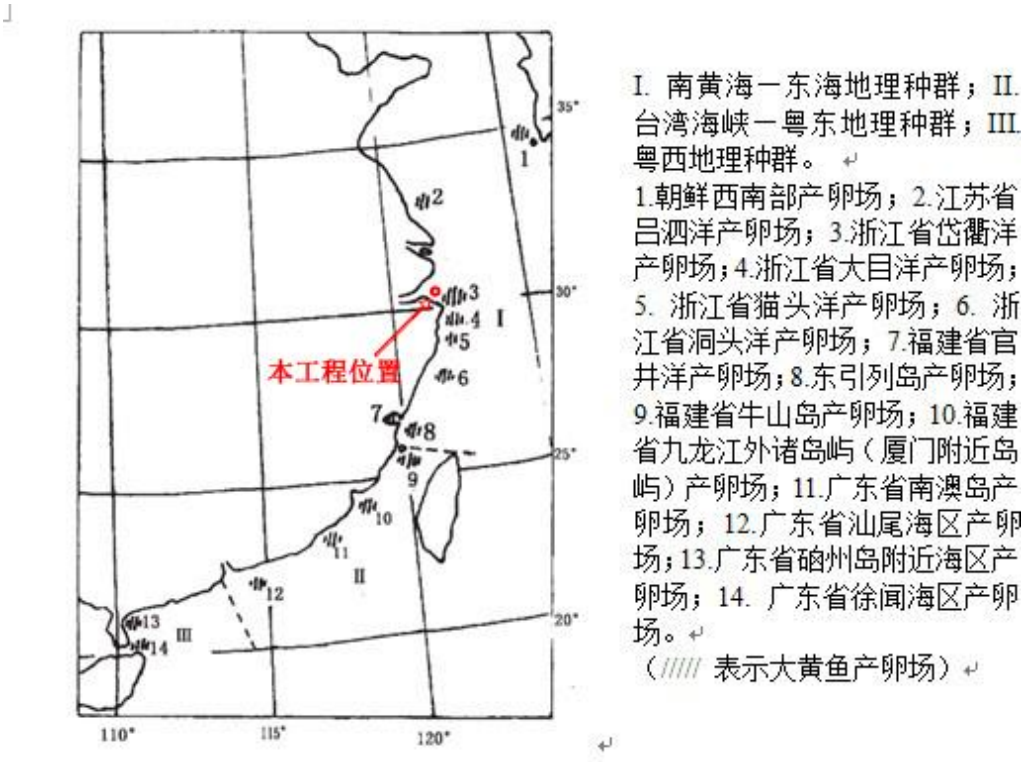


图 6.6-6　　大黄鱼地理种群及其产卵场分布（张其永等，2011）

依据徐兆礼等对小黄鱼的产卵场，索饵场和洄游通道的研究，3 月东海外海越冬的小黄鱼首先经由 32 ℃00 ℕ，123 ℃30 ′～124 ℃30 ℈ 的水域进入舟山渔场。在舟山渔场。与南部近海越冬后北上的产卵群体汇合，部分在长江口和舟山渔场产卵，部分在 4 月继续北上进入吕四渔场。

小黄鱼吕泗渔场产卵场位置大约在从启东嘴到北纬 34 ℃线以南的苏北浅滩上，这里特有潮沟系统所带来流速较高的潮流刺激引起小黄鱼产生产卵行为。4 月和 5 月是产卵盛期。6 月产卵后的幼鱼在外侧索饵，7 月和 8 月随着个体长大，索饵鱼群向禁渔线外侧洄游，逐渐远离规划海域（图 6.6-7）。

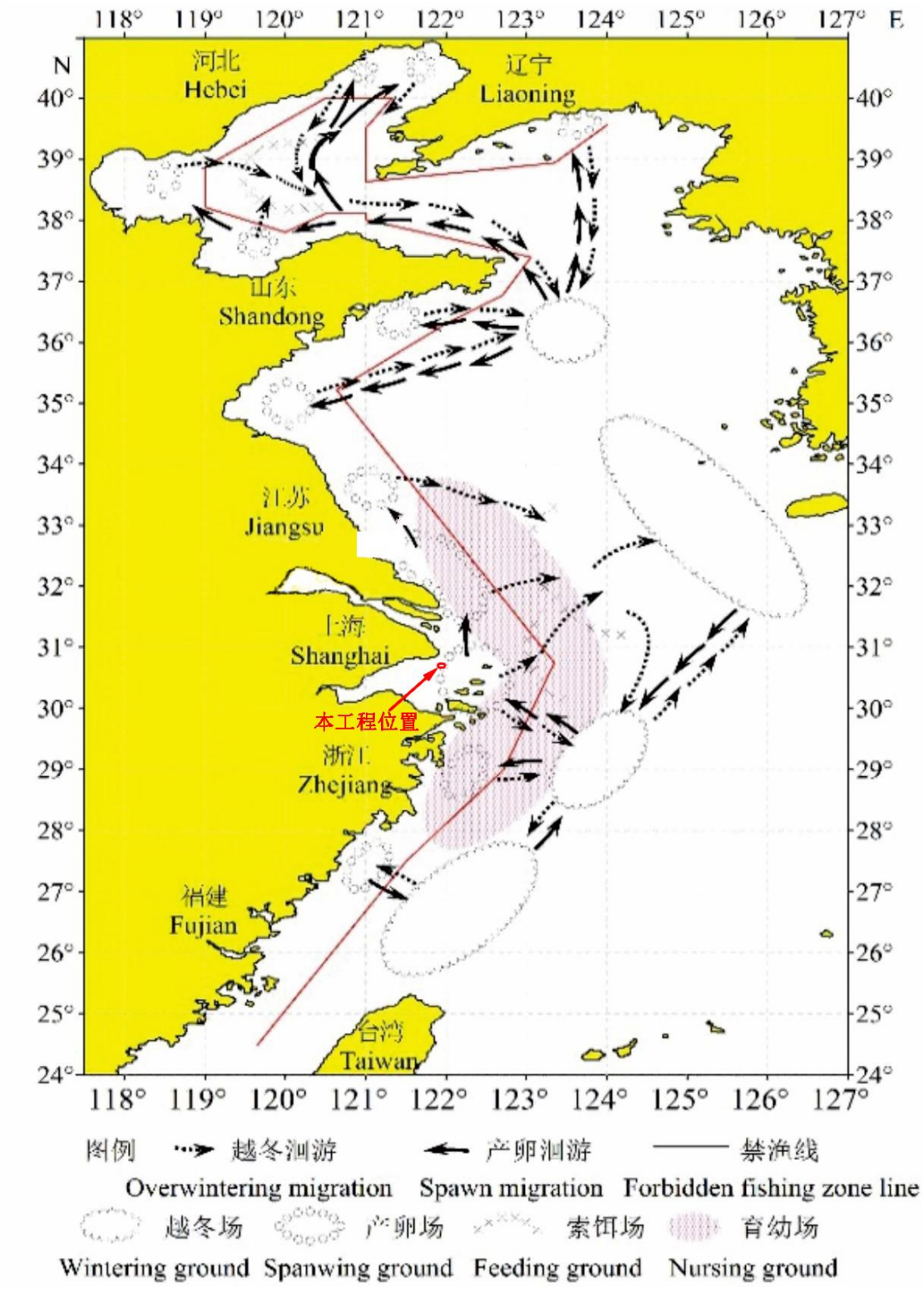


图 6.6-7　　本工程与小黄鱼“三场一通道”位置关系图

银鲳东海种群每年低温期过后，水温回升之际，各越冬场的鱼群按各自的洄游路线向近海做产卵洄游。济州岛邻近水域的越冬鱼群，从 4 月份开始游向大沙渔场，其中有的继续北上，游向渤海和黄海北部诸产卵场；有的向西北移动，5 月中旬前

后，主群分批进入海州湾南部近岸产卵，其中少数折向西南进入吕泗渔场北部海区产卵。东海北部外海的越冬群体，一般自 4 月开始，随暖势力的增强向西-西北方向移动；4 月上中旬，舟山渔产和长江口渔场的鱼群明显增多，此后鱼群迅速向近岸靠拢进入江苏近岸产卵。温台外海的越冬鱼群，洄游于浙闽近海的诸产卵场产卵，其产卵洄游的北界一般不超过长江口。

银鲳的索饵鱼群比较分散，深水区和潜水区均有分布，其中以水深 40 m 以内的沿岸流较强区为主要索饵场。7～11 月为主要索饵期，随水温下降，逐渐向越冬场洄游。

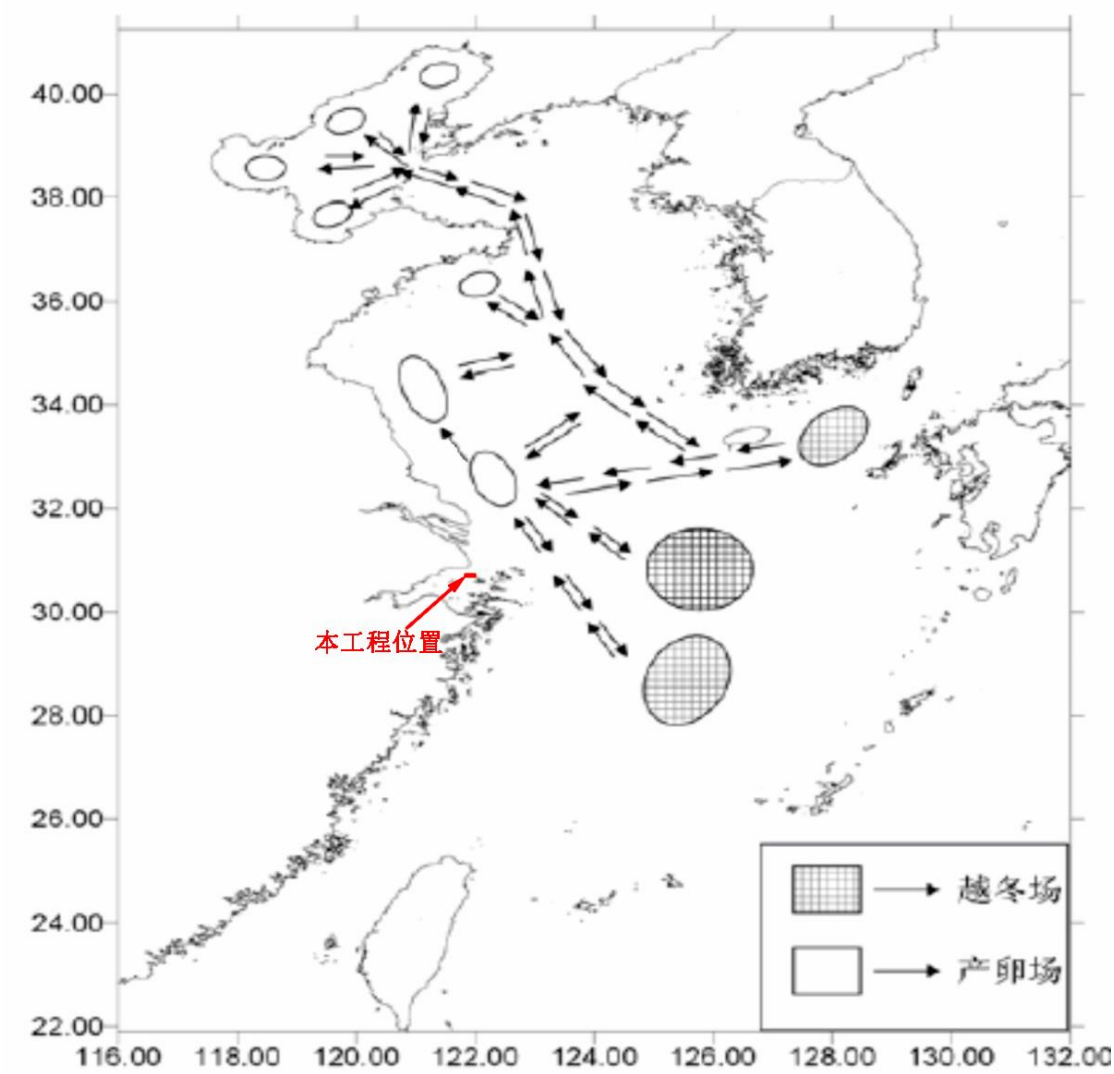


图 6.6-8　　本工程与银鲳“三场一通道”位置关系图

龙头鱼：通常栖息在近底层，温盐适应范围广。初春开始由外侧移向近岸，5~6 月在东部出现，高密度分布区依次由东向西移动，并逐步分散到近岸浅滩与河口附近进行生殖，7~9 月幼鱼广泛分布，数量逐增，10 月以后鱼群分散并逐步向外侧海

区移动。本海域各月中均有捕获。

棘头梅童鱼：近海底栖性小型鱼类，肉质鲜美。5 月开始产卵，6 月为生殖旺季。附近海域 6 月出现幼鱼，7 月数量增加，9 月向外移动，所以夏季成为张网的兼捕对象。

日本鳀鱼：洄游性小型鱼类，冬季在本区出现，春季成为优势种，夏季陆续外游。冬、春季捕获的鳀鱼，个体极小，晒干后俗称海蜒，是著名的海鲜，营养丰富。夏季捕获的个体已经长大，由于营养丰富，夏季气温高，捕获后容易腐烂，俗称离水烂、烂船钉。

凤鲚：每年春夏溯河到咸淡水中产卵，以后返回海中。主要产卵期为 5~7 月，至 8 月底 9 月初还有少量凤鲚产卵。附近海域 4~5 月出现成鱼，7~8 月出现当年孵化的幼鱼。

刀鲚：为过河性多年生鱼类，平时生活在近海，2 月中旬 3 月初亲鱼由海入江。属分批产卵鱼类，产卵期为 4~10 月，产卵后鱼群及其仔、幼鱼自 5 月后陆续返回河口浅海肥育，附近海域一般在冬、夏秋季出现刀鲚。

日本鳗鲡幼鱼(鳗苗)：本海域条帚门水道是鳗苗的洄游通道，幼鱼(鳗苗)经柳叶鳗阶段变态为线鳗。一般 1~4 月，外海的鳗苗经过本海域，鳗苗在汛期内以起汛潮至大汛潮几天的涨潮时为最集中，成为鳗苗张网的捕获对象。

黄鲫：小型近海经济鱼类，为本海区的常见种，春、夏、秋季，都有出现，主要为张网所捕获，以幼鱼为多，秋后陆续外移，冬天在近海越冬。

鳙鱼：生活在近岸浅海，成鱼和幼鱼都在河口浅海索饵、育肥。冬季游向近海深水区。鳙鱼产卵期在 4~7 月，盛期 5 月，孵化的幼鱼逐渐外游。

中国毛虾：近海浮游性小型经济虾类，本海区的优势种，几乎一年四季均有捕获。制成的干虾俗称虾皮，产品有生虾皮和熟虾皮。产卵期 5~9 月，盛期 6~8 月。

细螯虾：近海浮游性小型经济虾类，本海区的常见种，几乎一年四季均有捕获，常与中国毛虾混栖在一起，制成虾皮。

葛氏长臂虾：近海常见经济虾类，产卵期长，从 3 月延续到 9 月，高峰期 4~5 月，产卵场主要分布在长江口海区及浙江北部岛屿附近。本海区长年均有出现，是常见种。

口虾姑：重要的近海经济甲壳种类。一般春季在沿岸岛屿附近海域繁殖，5~6

月幼体在本海区大量出现，夏季以后幼体逐渐外移，冬天在近海越冬。春夏季张网捕获杀伤的幼体数量很多。

脊尾白虾：生活在河口浅海半咸水区，经济价值较大，繁殖季节 6~7 月。本海域调查渔获物中均有出现，是张网的兼捕对象。

中华管鞭虾：俗称大脚黄蜂，为近海中型经济虾类，几乎全年在本海区都有出现。夏季幼虾在本海区索饵、生长，是张网的兼捕品种，秋天逐渐向外移动、越冬。

三疣梭子蟹：东海区重要的经济蟹类。生活在水深 10~50 米浅海泥沙质海底，分布较广。交配期 7~11 月，繁殖期 4~7 月，浙江北部岛屿附近是其主要繁殖地。幼蟹在本海区出现时间一般为夏季，成为张网、蟹笼等其他渔具的捕捞对象，9 月后向外移动。

6.6.6.3 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于 2008 年由农业部批准设立，它位于东海中北部近海的中间海域，由三个拐点(30°30′N、123°40′E，29°00′N、123°05′E，28°30′N、122°40′E)连线以西至沿岸 10 米等深线的海域，总面积为 22500km^2。分核心区和实验区两部分，核心区是由六个拐点连线围成的区域，拐点坐标分别为(30°30′N、123°10′E，29°00′N、122°35′E，28°30′N、122°10′E，28°30′N、122°30′E，29°00′N 、122°55′E，30°30′N 、123°30′E)，面积为 7200 km^2；核心区的保护期为每年 4 月 16 日至 7 月 1 日，在此期间禁止所有捕捞作业生产。实验区范围为保护区内除核心区外的其他水域，面积为 15300 km^2。

主要保护对象有带鱼、大黄鱼、小黄鱼、鲐、鲹、灰鲳、银鲳、鳓、蓝点马鲛等重要经济鱼类。以及中华鲟等珍稀濒危保护动物及其自然栖息环境。



图 6.6-9　　东海带鱼国家级水产种质资源保护区以及实验区范围示意图

6.7 鸟类现状调查与评价

鸟类现状调查与评价内容引自华东师范大学编制的《洋山海上风电场工程鸟类影响评价》专题报告。

6.7.1 调查内容及方法

（1）资料收集

收集了南汇边滩、洋山港及邻近区域的鸟类观测资料，观测点位见图 6.7-1。同时收集了国内外风调查鸟类研究的相关研究资料。

（2）补充调查

2018 年 8 月、10 月、2019 年 1 月、4 月对南汇东滩、洋山港、工程区及邻近区域进行了补充调查。鸟类调查参照“国际鸟类保护协会（IBPA）”推荐的鸟类调查标准技术（Bird Census Techniques，RSPB，1992）和《生物多样性观测技术导则 鸟类》（HJ 710.4-2014），采用定点观测与路线调查相结合的方法进行。每条观测路线长度约为 2km。现场记录鸟类的种类、数量及生境情况。以记录的最大一次鸟类数

量，作为该次调查对应鸟种的数量。主要鸟类观测路线控制点如图 6.7-1 所示。

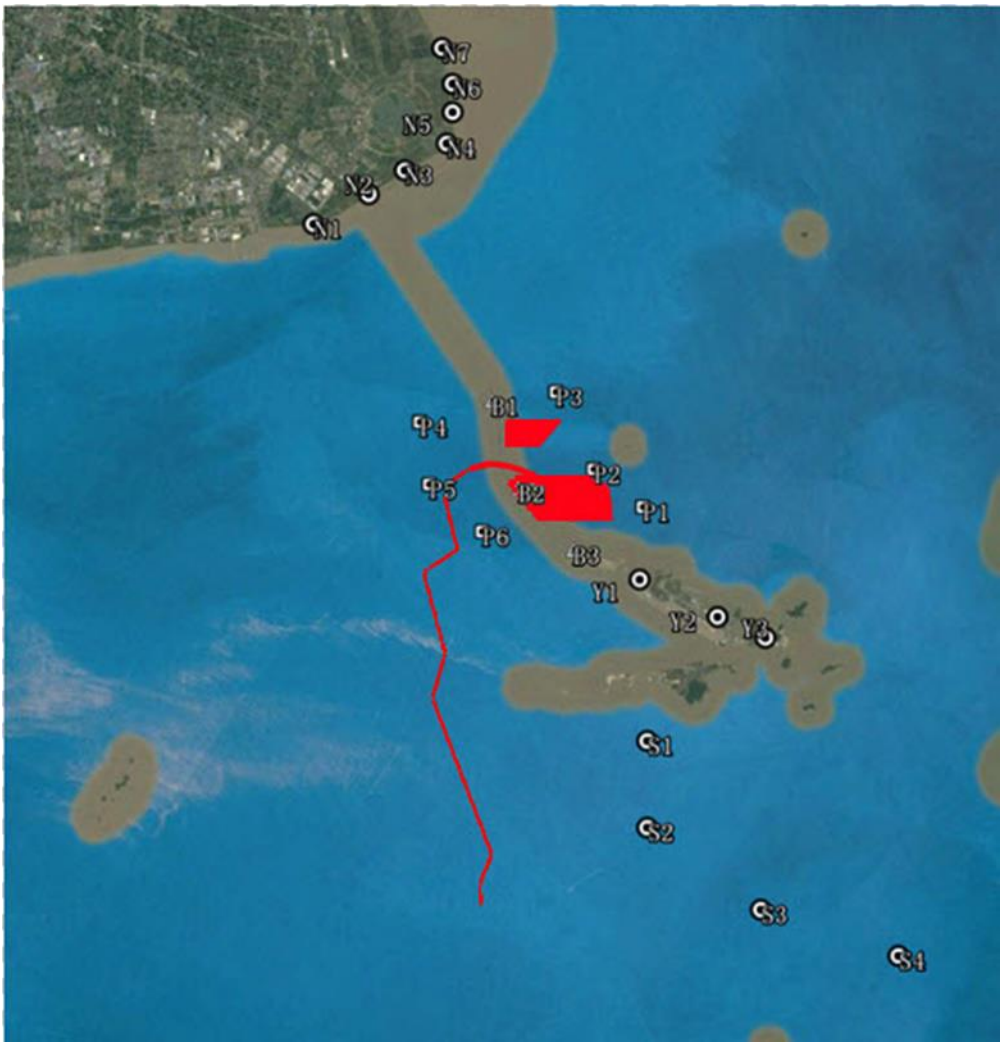


图 6.7-1　　鸟类观测控制点示意图

其中 N1~N7 为南汇东滩路上观测控制点；Y1~Y3 为洋山港陆上观测控制点；B1~B3 为东海大桥桥上观测控制点。这三处区域观测主要借助车辆，按固定样线观测。P1~P6 为工程区观测控制点，租用当地渔船进行辅助观测。S1~S4 为洋山港至岱山观测控制点，主要借助洋山港 2 号码头至岱山的轮渡，进行海上鸟类观测。

6.7.2　工程区及周边地区鸟类现状

（1）近 20 多年来（1997-2017）鸟类组成特征

根据收集到的资料，区域鸟类群落组成特征如附录 16 所示。南汇边滩、洋山港及邻近区域近 20 多年来（1997-2017）有记录的鸟类有 13 目 171 种。其中以雀形目种类最为丰富，约占鸟类种数的 32%，其次为鸻形目鸟类，占鸟类种数的 27%，如图 6.7-2 所示。从数量对比分析来看，鸻形目鸟类明显占优势，如附录 16 所示。

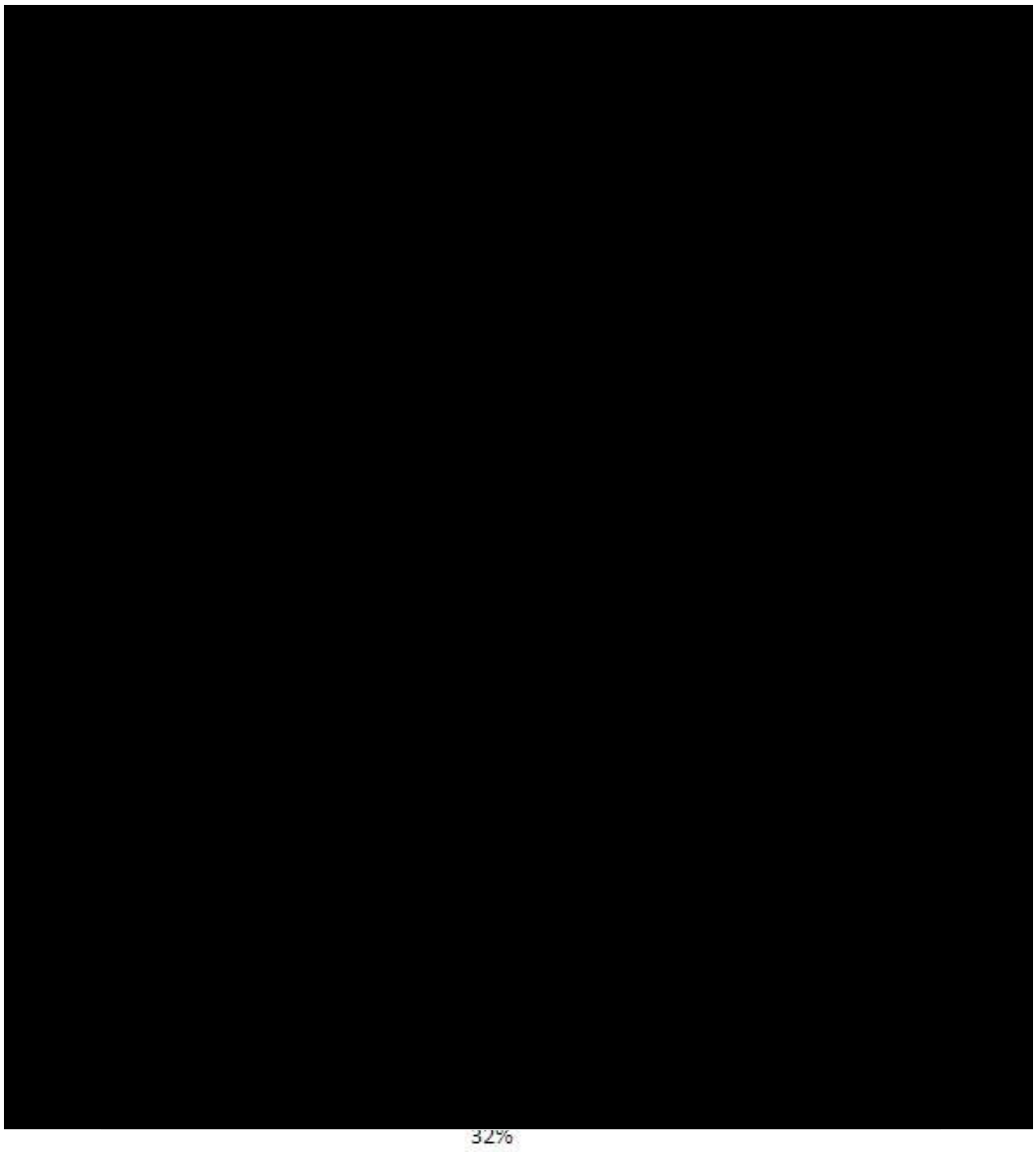


图 6.7-3　　区域鸟类群落组成的居留型特征

从鸟类种类组成的居留型特征来看，主要以迁徙过境的旅鸟为主，为 60 种，约占总种数的 35%，其次为冬候鸟 54 种，约占总数的 32%，留鸟和夏候鸟分别为 32 和 23 种，分别占总种数的 19%和 13%，如图 6.7-3 所示；另外记录有迷鸟 2 种。相应鸟类数量也以春秋季迁徙期和冬季居多，如附录 16 所示。春秋季迁徙期以鸻形目鸟类为主，主要优势种如环颈鸻（*Charadrius alexandrinus*）、红腹滨鹬（*Calidris canutus*）、红颈滨鹬（*Calidris ruficollis*）等。冬季鸟类以雁形目和鸥形目鸟类为主。主要优势种如针尾鸭（*Anas acuta*）、绿翅鸭（*Anas crecca*）、绿头鸭（*Anas platyrhynchos*）、海鸥(*Larus canus*)、灰背鸥（*Larus schistisagus*）、银鸥（*Larus argentatus*）。

在区域记录的 171 种鸟类中，列入《国家重点保护野生动物名录》的有 16 种，

保护级别均为Ⅱ级，主要以猛禽和鹳形目鸟类为主；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》(简称《中日候鸟保护协定》)的有 102 种，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》（简称《中澳候鸟保护协定》）的有 46 种，主要以鸻形目、雁形目和鸥形目鸟类为主，包括部分雀形目鸟类，如附录 16 所示。

（2）补充调查资料

根据补充调查资料，夏季（2018 年 8 月）、秋季（2018 年 10 月）、冬季（2019 年 1 月）和春季（2019 年 4 月）南汇边滩、洋山港和工程区及邻近区域鸟类组成情况如表 6.7-1 所示。其中夏季 23 种，秋季 15 种，冬季 16 种，春季 17 种；夏季主要优势种为鹭类、鸻鹬类；秋季主要优势种为鸻鹬类；冬季主要优势种为雁鸭类和鹭类；春季数量相对较少，主要以鸻鹬类和雀形目鸟类为主。南汇边滩记录的鸟类种类、数量远高于洋山港，而工程区海域只是偶尔记录亦个别种类，如 8 月记录海鸥、家燕各 1 只，而 10 月只记录海鸥 1 只，1 月份记录到海鸥 2 只，4 月份只记录到白鹭 1 只。

表　　南汇边滩、洋山港及工程区（海域）鸟类组成（　　）





6.8 水下噪声现状监测与评价

本工程水下噪声现状资料引自上海海洋大学编制的《中广核嵊泗 5#、6#海上风电场工程海洋环境影响评价水下噪声与电磁辐射专题报告》（2019 年 5 月）。

6.8.1 海域声环境现状监测点位及监测设备

（1）监测点位

根据风电场形状和地形条件，共设置 6 个环境噪声监测点位（包括 6 个水上监测点和 6 个水下监测点），水上噪声和水下噪声监测点位相同。具体监测位置坐标见表 6.8-1 和图 6.8-1。

表 6.8-1　　测试点位置坐标

序号	就位点		测试点	
	经度 E	纬度 N	经度 E	纬度 N
C3	122°00'59.7"	30°44'13.0"	122°00'56.9"	30°44'13.3"
C4	121°59'13.3"	30°44'12.5"	121°59'13.6"	30°44'10.9"
E1	121°59'16.7"	30°42'6.20"	121°59'6.22"	30°42'6.29"
E2	122°03'12.2"	30°42'48.9"	122°03'10.4"	30°42'47.6"
E4	122°03'53.2"	30°40'8.40"	122°03'16.4"	30°40'8.13"
E5	122°00'41.1"	30°40'8.19"	122°00'49.2"	30°40'8.19"



图6.8-1　　风电场调查区域

（2）测试环境条件

测量用船为苏大渔养 08098 号船，测试时停止船上一切机械设备，禁止一切与测量无关的操作工作，测量采用蓄电池供电，测试区域天气晴，水深 7.0m~9.4m，海况 2~4 级，流速 2.0kn~3.1kn，风速 0.8~1.2m/s，测试仪器及设备见表 6.8-2，各点测试情况见表 6.8-3。

表 6.8-2　测试仪器及设备

序号	名　　称	型 号	机 号	检定有效期
1	水听器	8104	3166836	2019-09-28
2	水听器	8104	3166837	2019-09-28
3	水听器	8104	3166838	2019-09-28
4	电荷放大器	2692	3007146	2020-01-08
5	数据采集仪	BK3660D	100372	2019-05-30
6	声级计	B&K2250	3007987	2019-07-19

表 6.8-3　测试海区环境条件

序号	测点	即时风速（m/s）	平均风速（m/s）	风向	流速(kn)	海况（级）	波高（m）	天气	水深(m)
1	C3	0.9	1.0	西南	3.0	2	0.5	晴	7.5
2	C4	1.0	1.0	西南	3.1	4	0.6	晴	7.0
3	E1	0.9	1.0	西南	3.0	3	0.6	晴	7.0
4	E2	0.9	1.0	西南	2.0	2	0.5	晴	7.5
5	E4	1.2	2.0	西南	2.0	2	0.5	晴	9.4
6	E5	0.8	1.0	西南	2.5	2	0.5	晴	9.4

6.8.2　水上声环境现状

（1）监测内容

水上声环境监测内容包括：

①等效连续 A 声级 L_{eq}；

②累计百分声级：L_{10}、L_{50}、L_{90}。

共监测 6 个点，每个监测点连续监测时间为 10min 以上。

（2）监测结果

工程海域海上空气噪声监测测试见表 6.8-4 及图 6.8-4，海面上环境噪声等效连续 A 声级主要分布在 48.26dB~57.87dB 之间，最大等效连续声级约为 57.87dB。

表 6.8-4　　工程海域水上声环境监测结果（A 计权）



图 6.8-2　　不同测点水上环境噪声比较

6.8.3　水下声环境现状

（1）监测内容

监测内容为频带声压级、声压谱级以及各测点的峰值声压级。

本工程共调查 6 个站点。根据各测点具体的海域深度，每个站点在不同水层深度进行测量，每点测量记录时间均为 2min 以上。

（2）监测结果

测试海域海洋环境噪声总声级在 99.3dB~134.9dB（20Hz~20kHz）之间，最大谱级在 73.3dB~131.5dB 之间，峰值声压在 135.5dB~158.7dB 之间。

测试海域海洋环境背景噪声级随着频率的增高而下降，在频率 20Hz~20kHz 范围内噪声谱级总声级变化范围在 35.6dB 以下，峰值声压变化在 23.2dB 以下。100Hz 声压谱级在 64.7dB 105.0dB 之间，变化范围为 40.3dB，500Hz 声压谱级在 53.4dB~91.9dB 之间，变化范围为 38.5dB，1kHz 声压谱级在 51.3dB~78.9dB 之间，变化范围为 27.6dB，2kHz 声压谱级在 51.0dB~64.6dB 之间，变化范围为 13.6dB，5kHz 声压谱级在

53.0dB~65.8dB 之间，变化范围为 12.8dB。

表 6.8-5　　工程海域水下噪声峰值声压



7 环境影响预测与评价

7.1 水文动力环境影响预测与评价

本工程风电场水深在 10~15m 之间（平均海平面），可运用二维水动力模型预测风电场工程对附近海域水文动力环境的影响。二维水动力模型采用 MIKE21 模型系统，MIKE21 系统是目前国际上功能最齐全、应用范围最广的水环境模拟软件之一，主要用于模拟海洋、河口、湖泊、河流、水库等水体的水流、水质、富营养化预测、水生生态、泥沙输运等问题。MIKE21 完全按照软件系统工程的思想设计的，由波浪模型、水动力模型、对流扩散模型、常规水质模型和富营养化模型等组成，可模拟各种水文、气象条件下水体的流场分布，流速大小和方向，污染物迁移转化规律和水生生态演变规律等。

MIKE21 模型采用有限体积法求解控制方程，计算网格为任意三角形单元，能够有效准确地模拟岸线和建筑物的外形轮廓。而且，根据研究需要，可对计算网格进行任意地加密，以便能够在大范围模型中实现局部精细模拟，从而得到合理的数值模拟结果。

7.1.1 数学模型

7.1.1.1 基本方程

考虑 Bousinesque 近似和浅水假定，以及风应力的影响，则垂向积分的二维水动力学方程组为：

连续方程：

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = S$$

动量方程：

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{p^2}{h}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{pq}{h}\right) + gh\frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{gp\sqrt{p^2+q^2}}{C^2h^2}$$
$$-\frac{1}{\rho_w}\left[\frac{\partial}{\partial x}(h\tau_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y}(h\tau_{xy})\right] - \Omega q - fVV_x + \frac{h}{\rho_w}\frac{\partial}{\partial x}(p_a) = 0$$

$$\frac{\partial q}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{q^2}{h}\right)+\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{pq}{h}\right)+gh\frac{\partial \zeta}{\partial y}+\frac{gq\sqrt{p^2+q^2}}{C^2h^2}$$
$$-\frac{1}{\rho_w}\left[\frac{\partial}{\partial y}(h\tau_{yy})+\frac{\partial}{\partial x}(h\tau_{xy})\right]+\Omega p-fVV_y+\frac{h}{\rho_w}\frac{\partial}{\partial y}(p_a)=0$$

式中：h 为水深(m)；ζ 为水位(m)；p、q 分别为 x、y 向的单宽流量（$m^3/s/m$）；$C=H^{1/6}/n$ 为谢才系数，其中 n 为曼宁系数；f 为风阻力系数；V、V_x、V_y 分别为风速及其在 x、y 方向上的分量(m/s)；Ω 为 Coriolis 参数；p_a 为大气压（$Kg/m/s^2$）；ρ_w 为水的密度（kg/m^3）；τ_{xx}、τ_{xy}、τ_{yy} 为剪切应力分量。采用 ADI 格式对上述方程进行求解。

7.1.1.2 计算范围及网格设置

考虑到项目所在海域受岛屿、浅海地形等的影响，因此，需要采用模型嵌套的方式来模拟该海域的潮流场，采用大、小二层计算域嵌套，大模型为小模型提供水动力边界条件。大模型计算范围为长江口、杭州湾大范围海域，西起长江口徐六泾，北至江苏吕四，南至浙江石浦，东至 123°54′，整个计算范围东西长约 350km，南北长约 310km。为较好地拟合长江口、杭州湾复杂多变的岸线形态和众多岛屿形状，采用无结构三角形网格对计算范围进行网格剖分，并且由外海向工程海域网格逐渐加密。其中，外海网格尺寸约 5km，长江口近岸海域最小网格尺寸 200m，杭州湾近岸海域网格尺寸约 1km。整个大模型网格节点数为 46232，单元数为 89564。大模型范围图见图 7.1-1。

小模型为风电场工程区附近海域，东西长约 138km，南北长约 80km。为满足工程计算的精度，采用网格局部加密的方法，从外海至工程区域网格尺寸逐渐减小，其中外海网格尺度为 1km，近岸网格尺寸为 500m。由于本工程北侧为已建东海大桥一期、东海大桥二期海上风电工程，且工程位于东海大桥东侧，为了更好的模拟风机基础周围的潮流流态，以阻水作用基本相当为原则，将东海大桥二期、一期风电场址区糙率加大一倍，并根据东海大桥桥跨和桥墩的布置形式，将东海大桥桥墩概化为 21 个 35m×35m 的不透水单元，根据本工程风机基础型式（8 根 D2000mm 的钢管桩作为基桩），将本工程风机基础概化成 5m×5m 的矩形不透水单元，风机基础往外网格尺寸逐渐变为 20~40m 左右，共 82264 个单元，41303 个节点。网格图见图 7.1-2 和图 7.1-3。

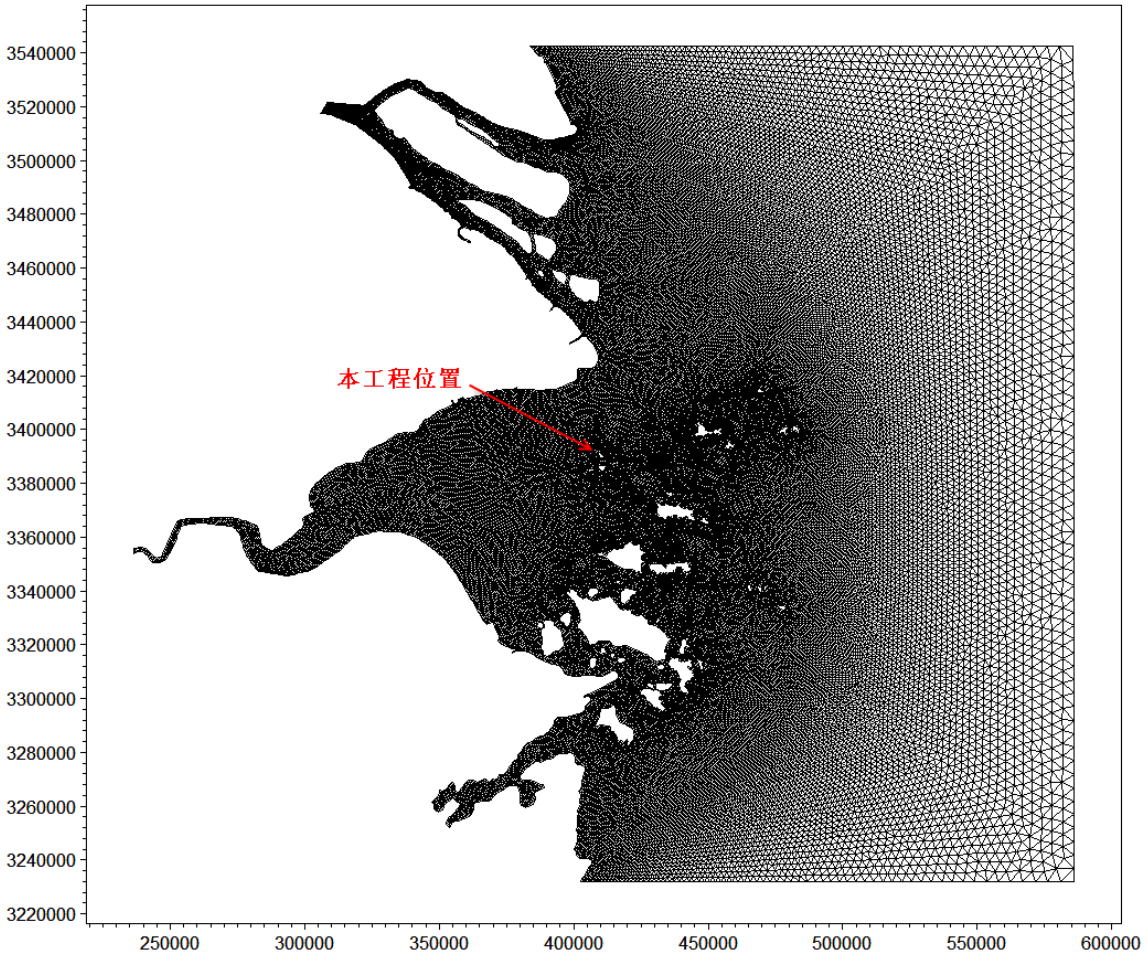


图 7.1-1　　长江口杭州湾大范围模型网格图

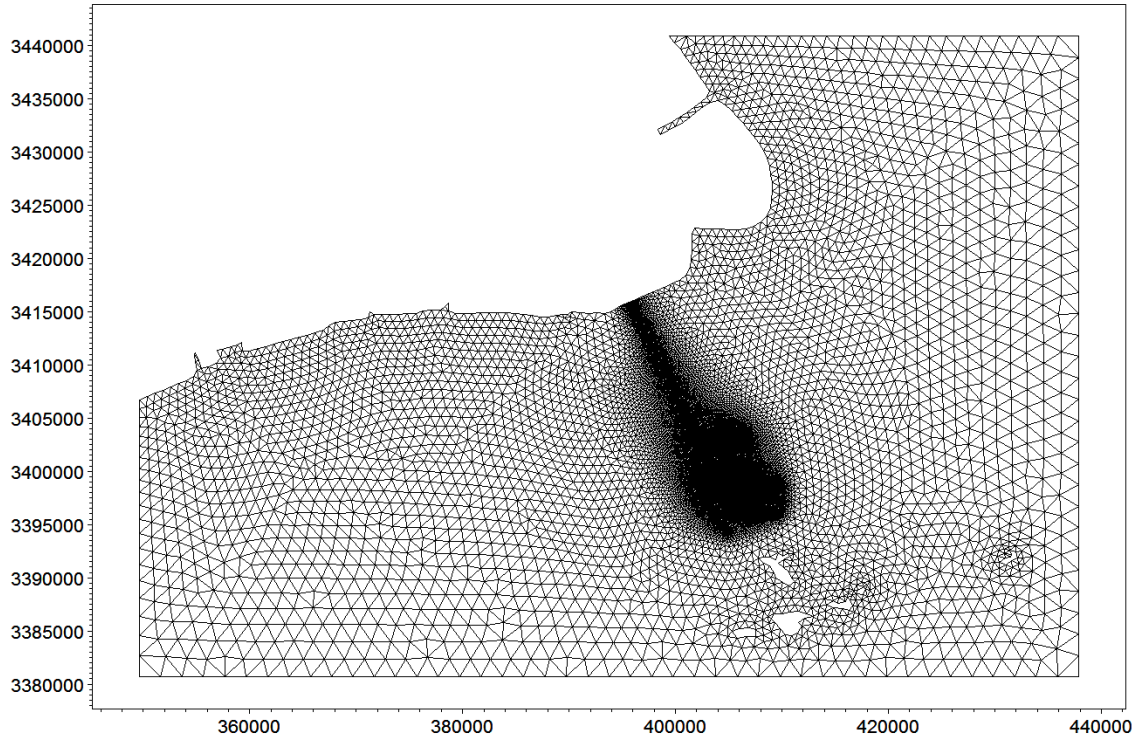


图 7.1-2　　风电场工程区附近小模型网格图

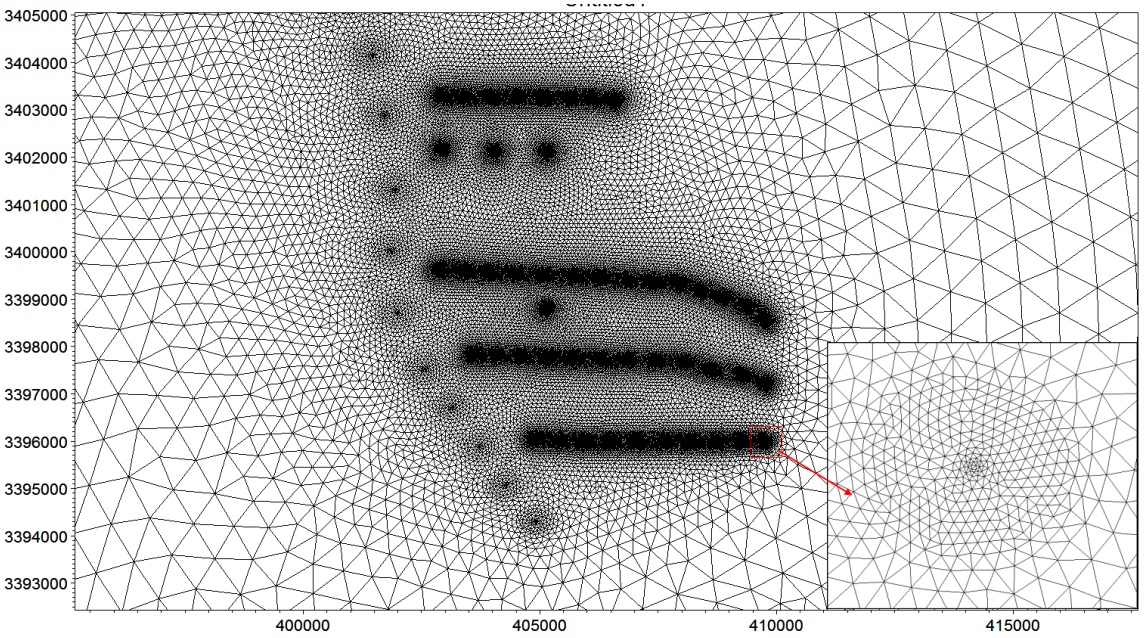


图 7.1-3　　风电场工程区附近小模型局部网格图

7.1.1.3　地形处理

进行数学模型计算时，依据海军航海保证部出版的相关海图和其它相关水下量测地形确定水深，并将水深统一换算至当地平均海平面基面。其中外海采用 2005 年吕四港-花鸟山 1：250000 海图和资料，长江口北支采用 2013 年 1:60000 海图资料，吴淞口至新开港、长江口北港南港水道、北、南槽水道采用 2017 年 1:60000 海图资料，长江口南部、工程所在大范围海域采用 2017 年 1:130000 海图资料，漕泾化工区码头附近岸采用 2012 年 1:30000 海图资料，采用三角插值的方法将高程散点插值到各网格节点。模型地形及工程区域附近地形图见图 7.1-4 和图 7.1-5。

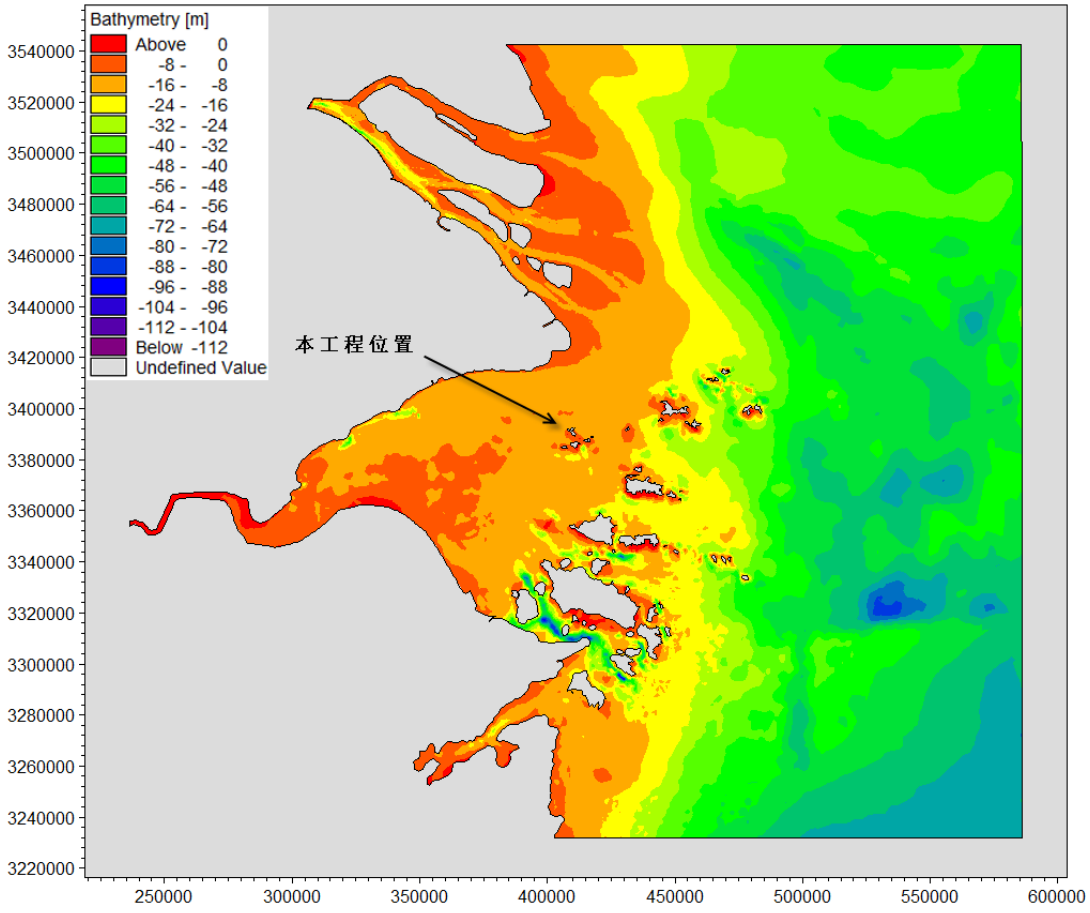


图 7.1-4　　模型地形图

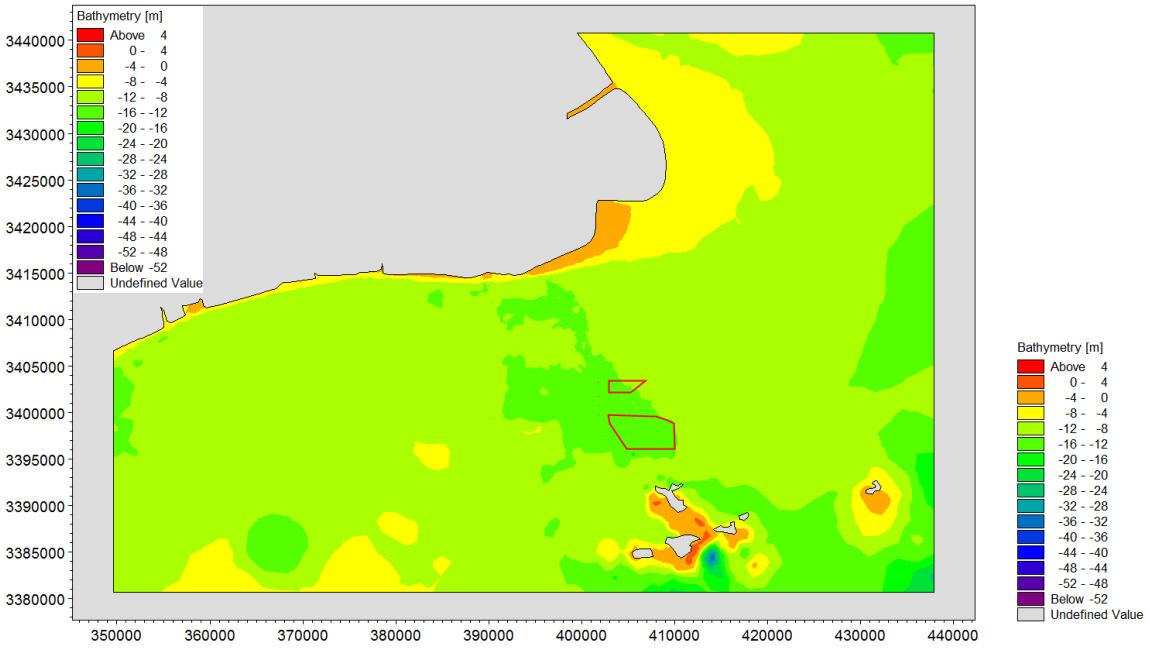


图 7.1-5　　风电场工程区附近地形图

7.1.1.4 定解条件

（1）初始条件：采用静流条件起算。

（2）边界条件：大模型共设 3 个外海潮位开边界，1 个流量开边界。流量开边界为长江口徐六泾边界，给定多年平均径流量；模型北、东、南 3 个开边界采用全球潮汐模型计算提供的潮位边界。小模型共设 3 个潮位开边界，由大模型计算结果提供。

模型风场采用定常风计算，根据模型计算时段，采用历年 10m 高度平均风速 5.1m/s，相应风向为 SE。

7.1.1.5 参数取值

（1）糙率

计算海域的糙率是个综合影响因素，是数值计算中十分重要的参数，与水深、床面形态、植被条件等因素有关，经调试，根据各海域的不同特点，糙率 n 取值为 0.009～0.02。

（2）涡粘系数

涡粘系数采用 smagorinsky 公式。

$$E_s = C_s^2 l^2 \left[\left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 \right]$$

式中：u, v 分别为 x, y 方向的流速分量(m/s)；l 为网格间距；C_s 为 Smagorinsky 常数，计算时通过输入 C_s 的值来计算涡粘系数，C_s 可以取 0.25 到 1.0 之间的数，本报告取软件默认参数为 0.28。

（3）模型计算时间步长

模型采用的时间步长为变时间步长，Δt 在 0.01s~30s 之间。

7.1.2 数学模型率定验证

为使建立的潮流模型能较好的模拟预测风电场工程区的潮流场，需对模型进行参数率定和验证。采用 2018 年 4 月和 9 月在风电场周边海域开展的 6 个站点的大、小潮潮流实测数据和芦潮港、小衢山潮位站的同期潮位资料对模型进行率定和验证，实测站位详见图 7.1-6，潮位和流速、流向率定验证结果见附件 21。率定和验证结果表明：长江口和杭州湾大范围内的潮位站的计算潮位和实测值基本吻合，潮流点

的计算流速、流向和实测值也吻合较好，相位差基本控制在 0.5h 以内，流速值的相对误差大部分在 20%以内，个别站点计算流速与实测流速的误差稍大（可能由于地形资料和边界条件的偏差引起），所建立的长江口、杭州湾大范围海域潮流数学模型合理可信，基本反映了长江口、杭州湾海域整体的潮流运动规律，可用来模拟研究工程实施造成的水动力变化情况。总体上说，模型模拟结果基本反映了的工程周边海域的潮流流态及潮汐特征，可用于工程水文动力影响的预测。

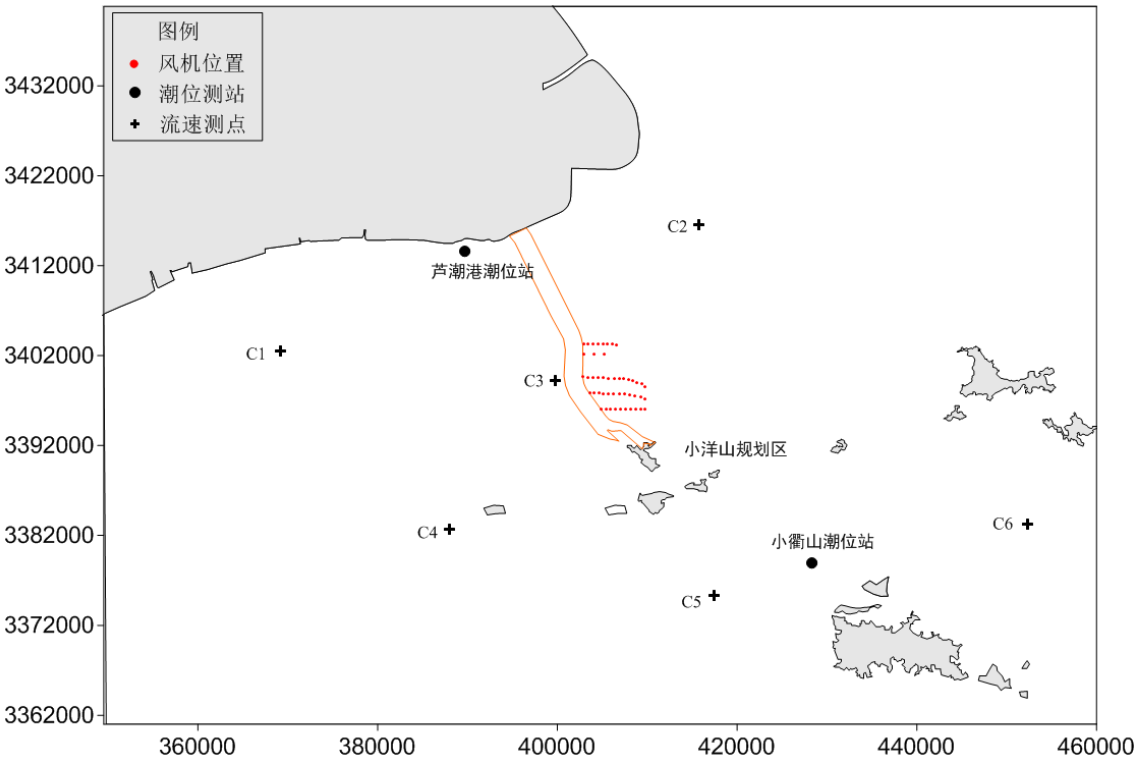


图 7.1-6　　验证站位图

7.1.3　现状潮流场分析

计算了工程前大潮潮流场，长江口杭州湾大范围工程前大、小潮涨落急流场图见图 7.1-7~7.1-8，工程前小模型大潮涨、落急流场图见图 7.1-9 和图 7.1-10，工程附近海域大潮涨、落急流场图见图 7.1-11 和图 7.1-12。

从大模型涨落急流场图可以看出，涨潮时，潮波从太平洋琉球群岛分两支进入东中国海，一支沿西北偏西方向进入浙江沿海，另一支则由西北经东海，继而进入黄海。来自东海的涨潮流流向近海时，受水下地形的影响，潮波发生变形，到达南汇浅滩后又受陆域边界的影响，产生南、北两支分流，北支涨潮流进入长江口，南支涨潮流则进入杭州湾；进入杭州湾北岸（芦潮港至金汇港一线）的涨潮流主流向

为西向，其中贴岸部分涨潮流受岸线约束，逐渐从西向西南方向运动。落潮时，杭州湾北岸（芦潮港至金汇港一线）落潮流基本上与涨潮流相反，在湾内主流向为东向，沿岸落潮流基本上与岸线平行，出杭州湾口后，其北翼的落潮流与长江口南岸的落潮流在南汇东滩汇合，向东南方向的外海流去。南汇浅滩是长江口与杭州湾涨潮流的分流咀和落潮流的汇流区。杭州湾海域潮流受局部岛屿影响很大，流向基本上受岸线控制，又具有独自特定的变化。由图可以看出，海域大范围流态与以往的研究成果一致，即模拟的流场基本能够正确反映实际的流场特征。

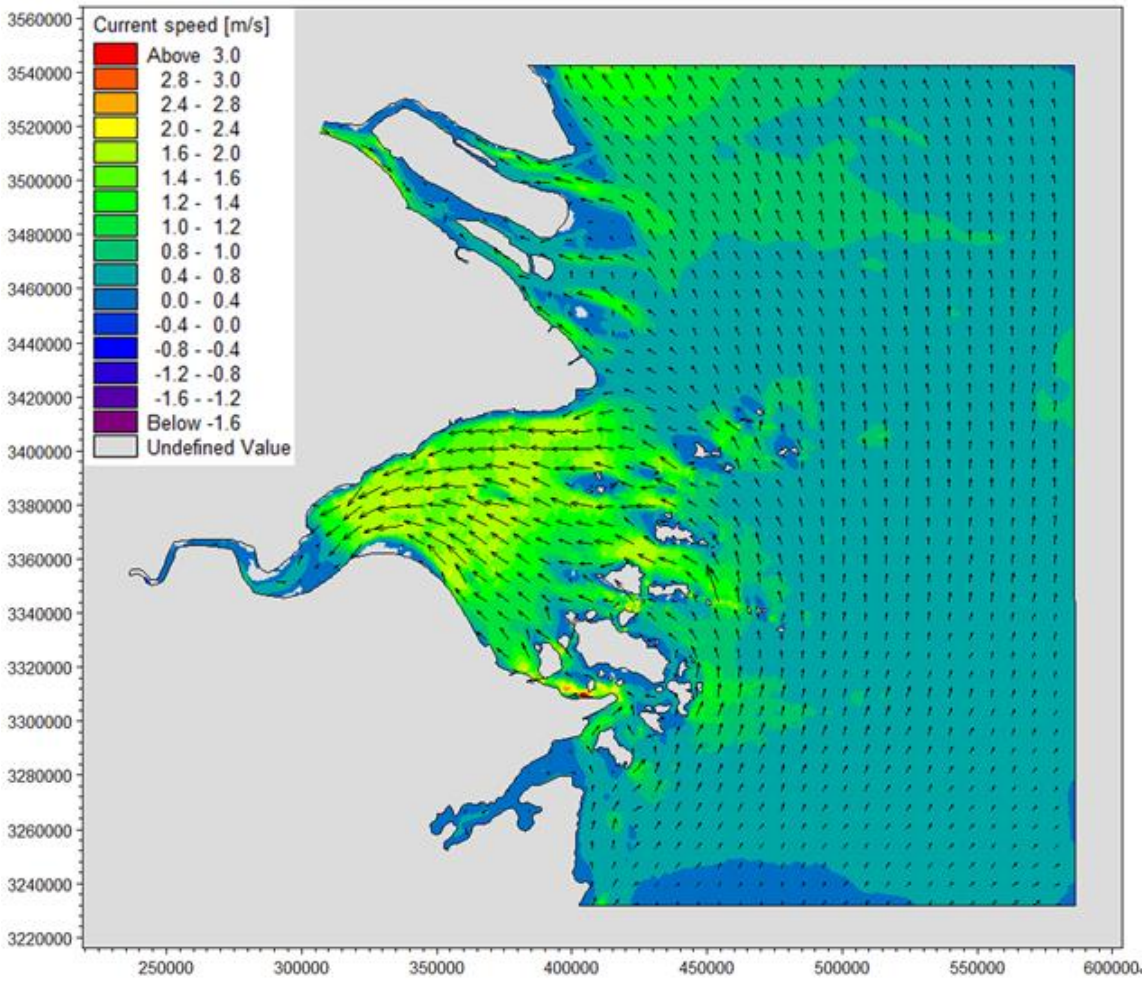


图 7.1-7　大模型大潮涨急流场图

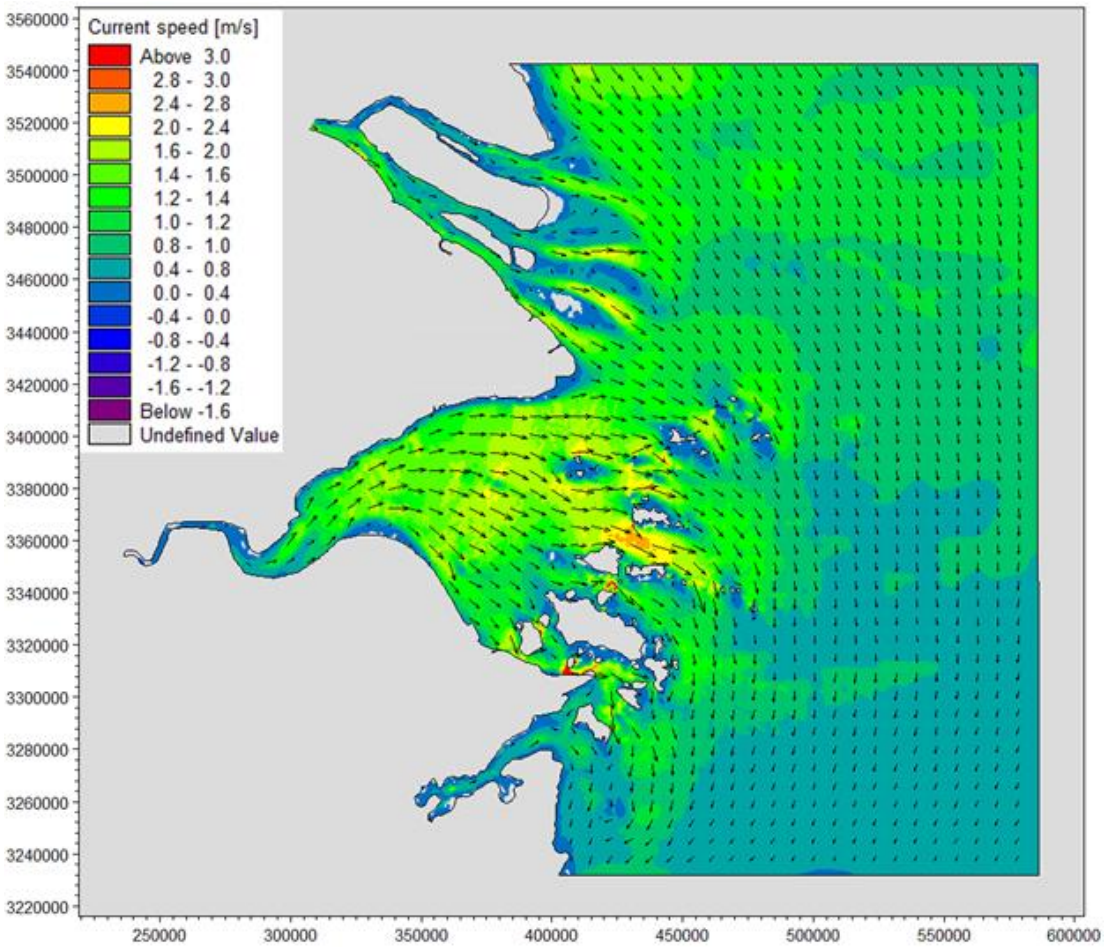


图 7.1-8　　大模型大潮落急流场图

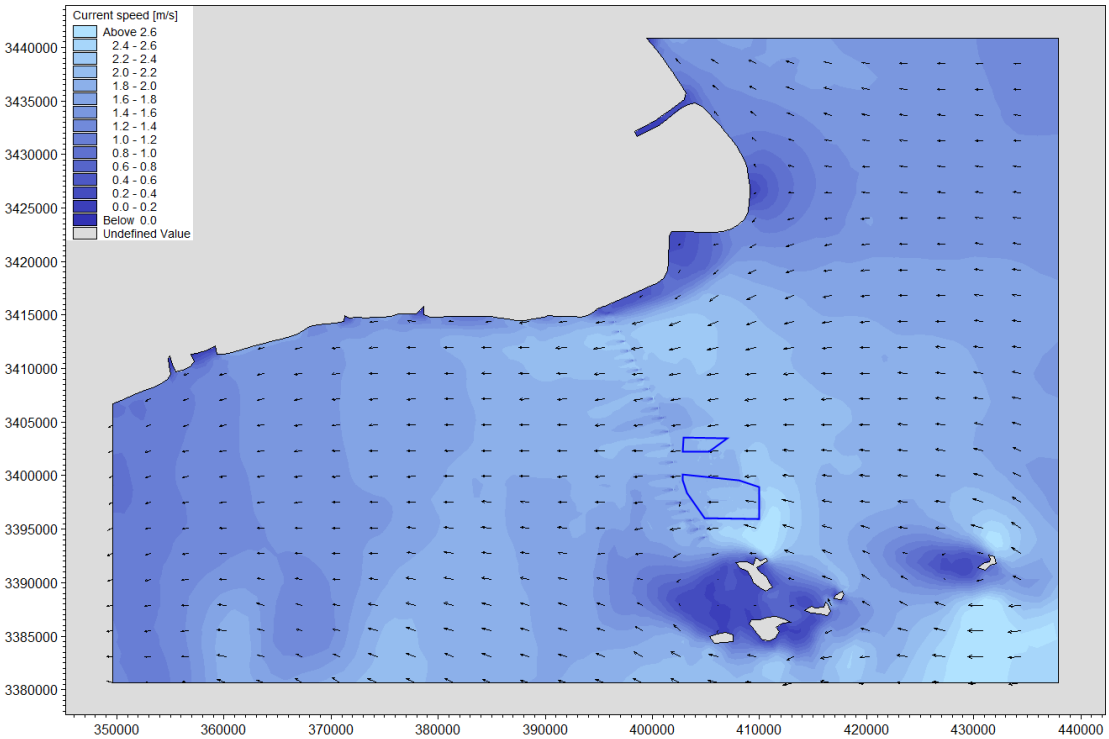


图 7.1-9　　工程前大范围大潮涨急流场图

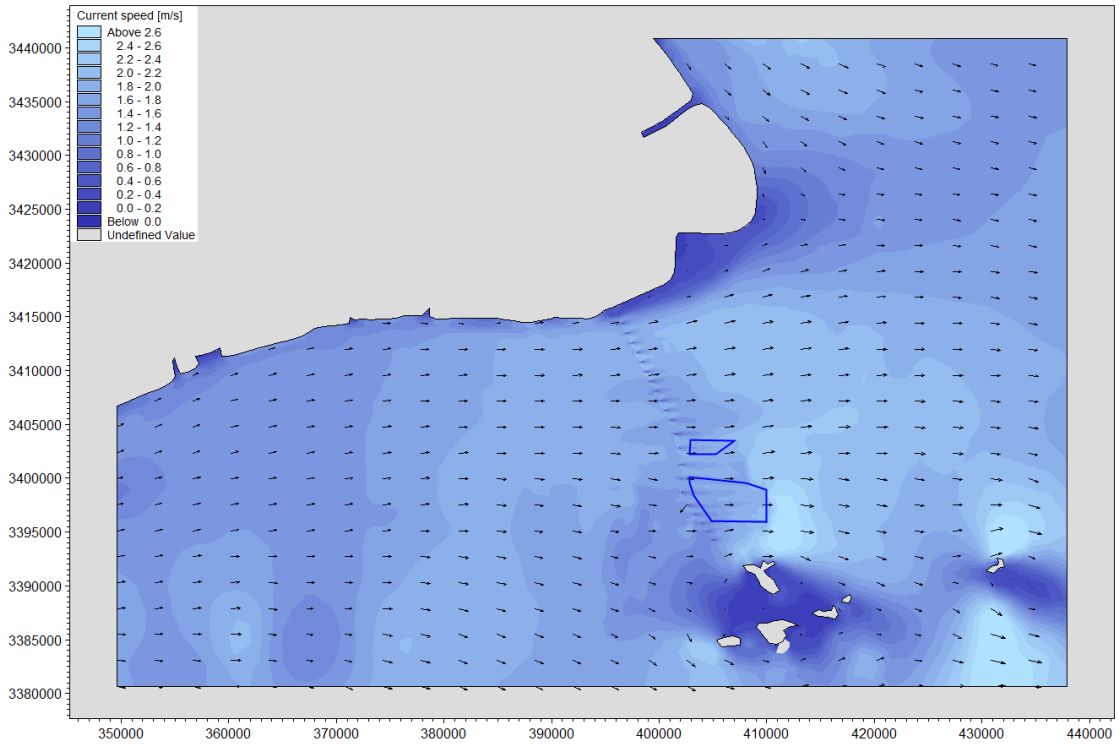
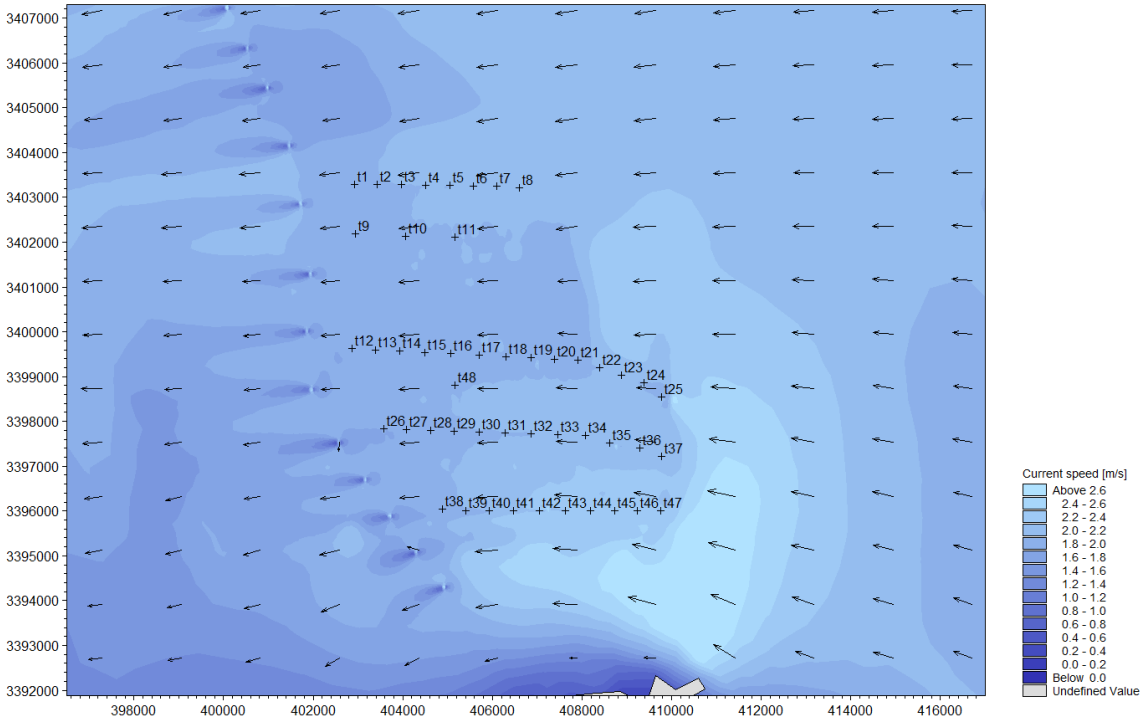
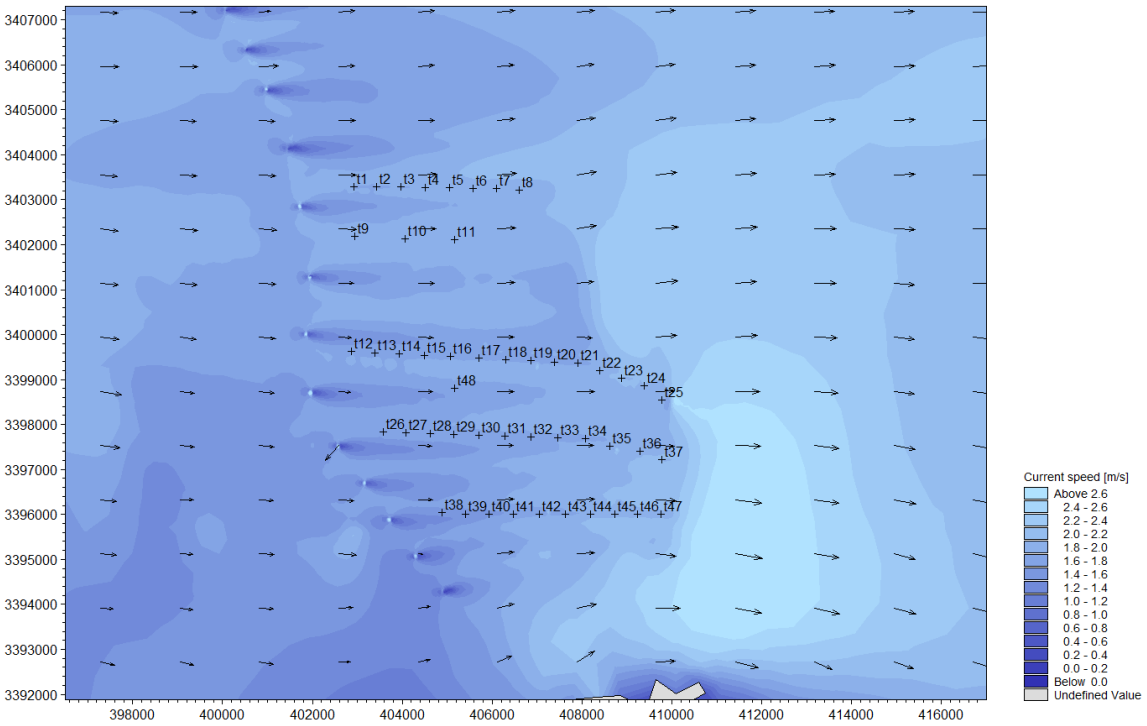


图 7.1-10　　工程前大范围大潮落急流场图



注：t1-t47 号风机为本工程风机，t48 为本工程海上升压站

图 7.1-11　　工程附近海域大潮涨急流场图（工程前）



注：t1-t47 号风机为本工程风机，t48 为本工程海上升压站

图 7.1-12　　工程附近海域大潮落急流场图（工程前）

由上述图件可以看出：风电场工程位于杭州湾北岸的嵊泗海域，风机布置于小洋山岛西北侧，临港以南，从小模型涨落急流场图（图 7.1-9~7.1-10）可以看出，工程附近海域潮流运动表现为明显的往复流特征。受杭州湾北部岸线的控制，工程海域前沿附近海域基本表现为贴岸流，沿西南和东北方向往复流动。

涨潮时，来自东海的涨潮流到达南汇浅滩后受陆域边界的影响，产生南、北两支分流，北支涨潮流进入长江口，南支涨潮流则进入杭州湾；进入杭州湾北岸（芦潮港至金汇港一线）的涨潮流主流向为西-西南向；落潮时，海水基本沿涨潮路线原路返回，工程区域落潮流向为东南-东向。涨潮平均流向基本在 205°～220°之间，落潮平均流向基本在 120°～160°之间。工程海域潮流流速总体不大，涨潮平均流速在 1~1.5m/s 左右，落潮平均流速在 0.9～1.3m/s 左右。

7.1.4　工程后潮流场分析

将本工程风机基础网格水深加高成陆地处理，计算了工程后同时段大潮工况潮流场，并绘出了工程后大范围大潮涨、落急流场图，见图 7.1-13 和图 7.1-14，工程后工程附近海域大潮涨、落急流场图，见图 7.1-15 和图 7.1-16，风机基础局部放大涨落急流场图见图 7.1-17 和图 7.1-18。

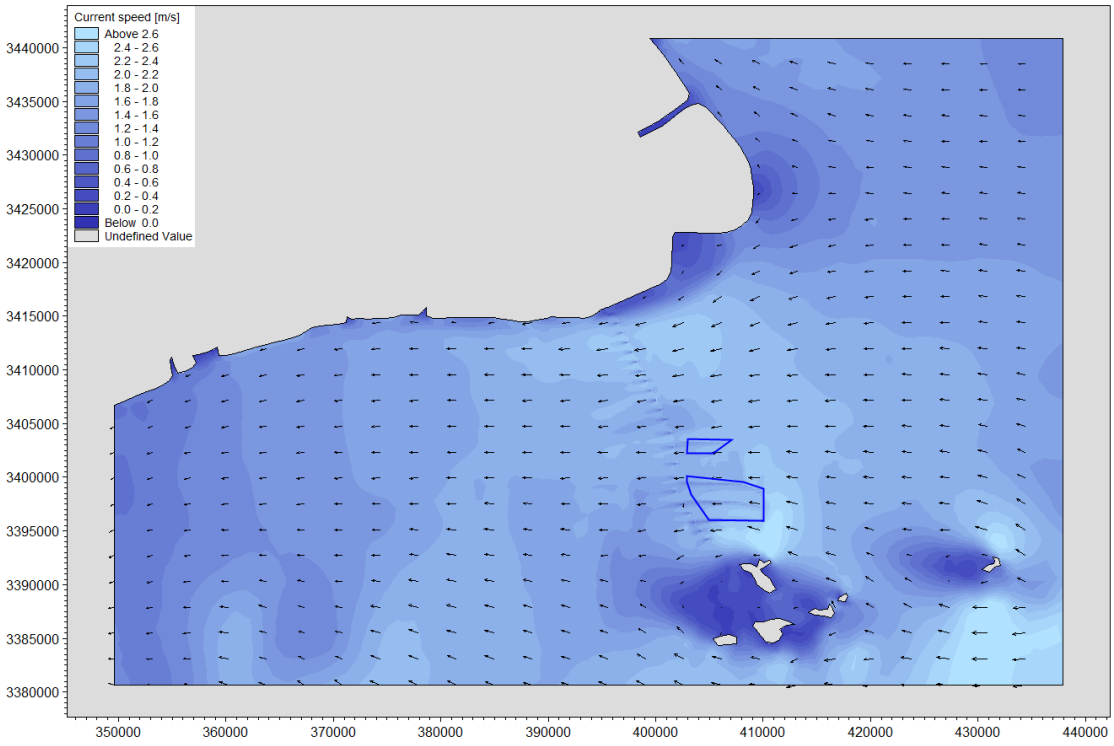


图 7.1-13　　工程后大范围涨急流场图

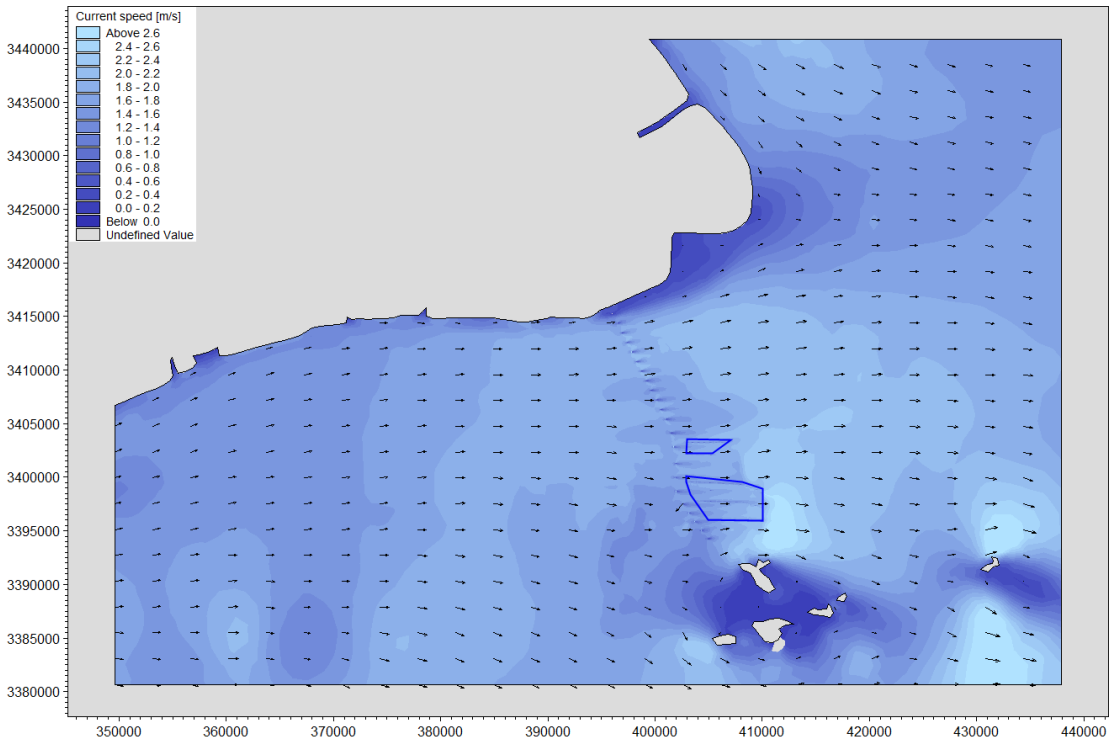
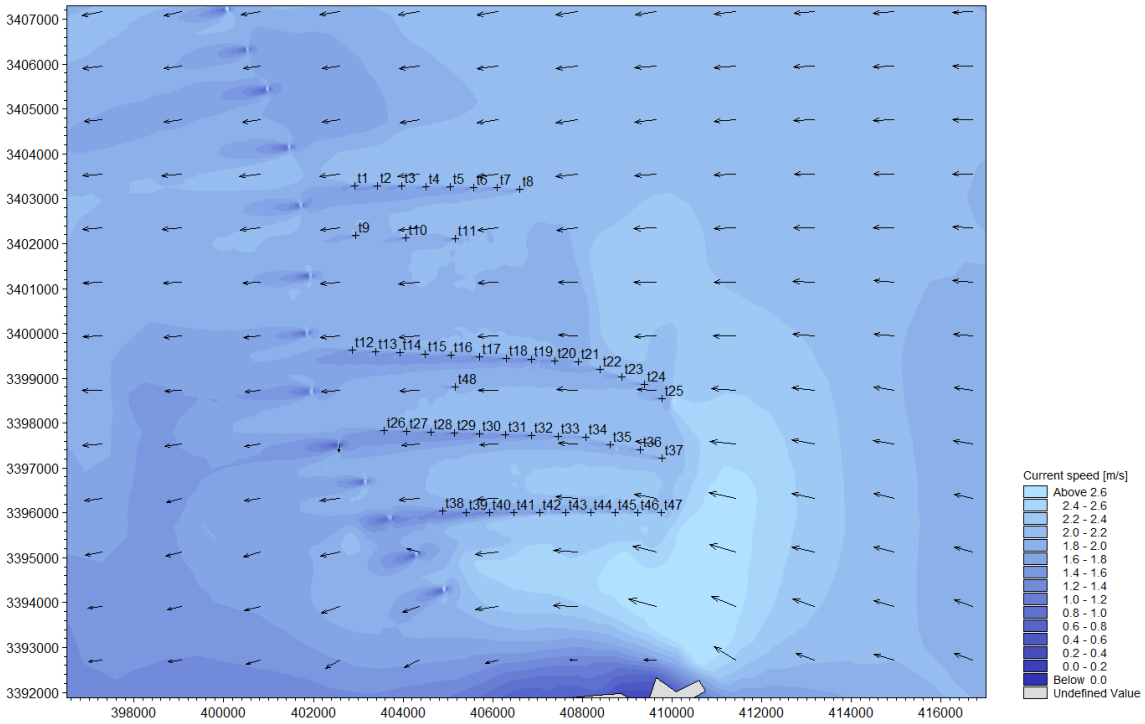
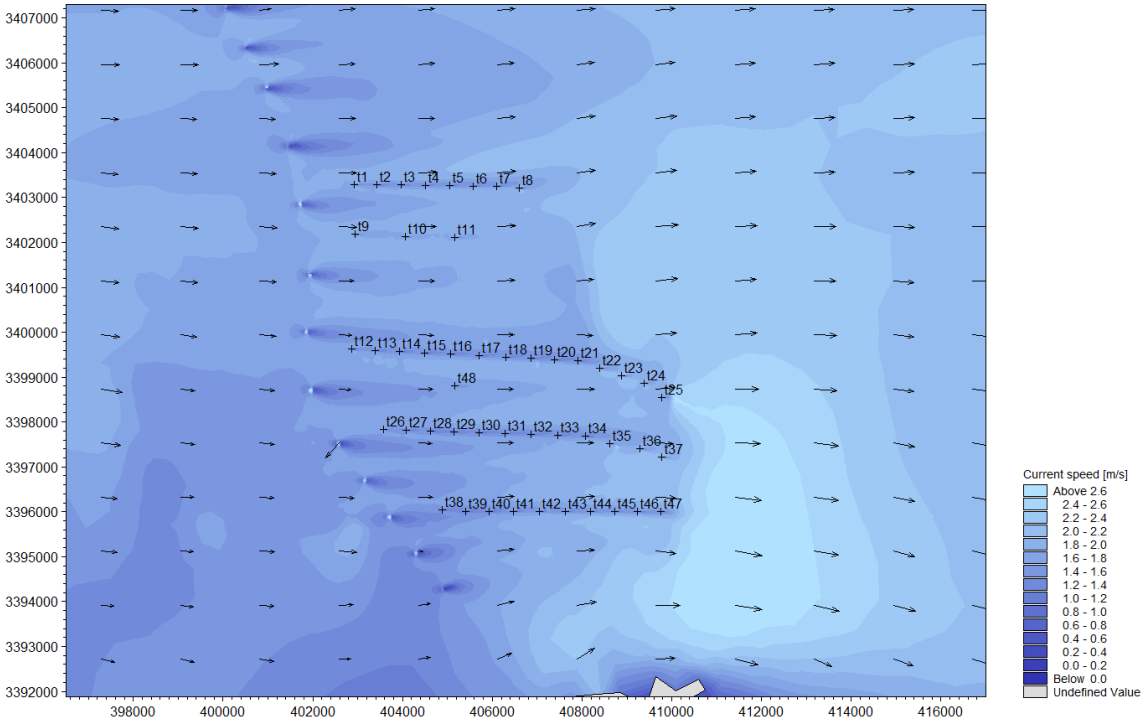


图 7.1-14　　工程后大范围落急流场图



注：t1-t47 号风机为本工程风机，t48 为本工程海上升压站

图 7.1-15　　工程附近海域涨急流场图（工程后）



注：t1-t47 号风机为本工程风机，t48 为本工程海上升压站

图 7.1-16　　工程附近海域落急流场图（工程后）

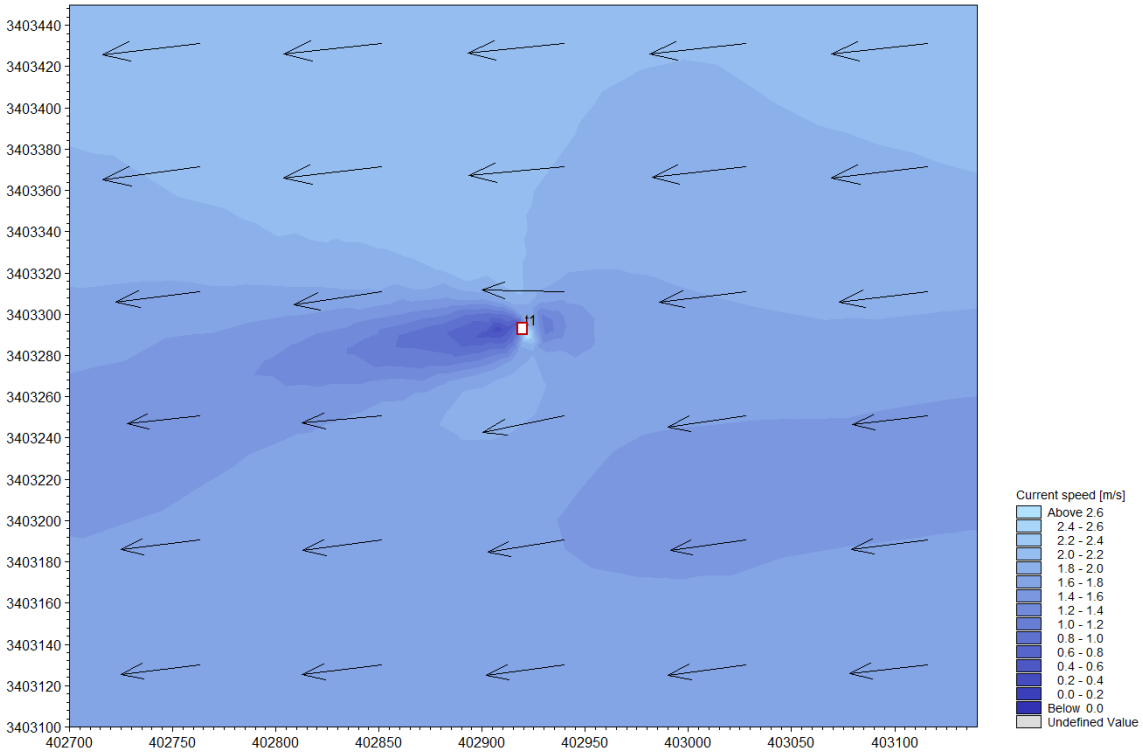


图 7.1-17　　风机附近海域涨急流场图（工程后）

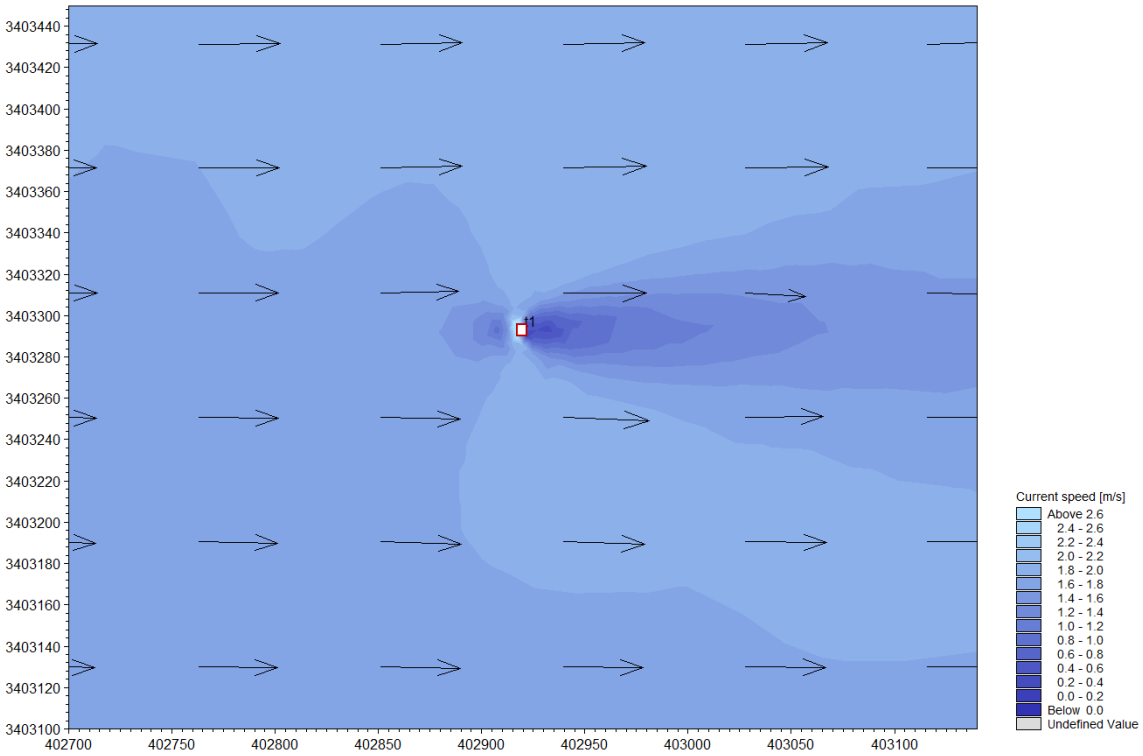


图 7.1-18　　风机附近海域落急流场图（工程后）

与工程前大范围涨、落急流场图对比可以看出，风电场建设对工程海域大范围的流态基本没有影响。从工程前后工程附近小范围涨、落急流场图和涨落潮平均流

场图可以看出，工程实施对潮流动力影响主要集中在风电场风机基础附近。从风机基础局部涨落急流场放大图可以看出（图 7.1-17 和图 7.1-18），涨落急方向上风机基础对流场有阻碍作用，使得流场绕过基础转向两侧运动。

7.1.5 工程建设对潮流动力的影响

7.1.5.1 对海域潮流动力的影响

工程建设后，由于桩基的存在，会导致局部流态的改变，即受桩基阻水绕流作用的影响，在风电场工程建设后，桩基周围的流速会发生一定的变化。

根据数模计算结果，提取工程场区及附近工程建设前后大潮期间涨急与落急流速及全潮平均流速，并用工程后涨、落急流速、全潮平均流速减去工程前涨、落急流速、全潮平均流速，得到工程建设前后工程场区及附近涨落急流速及全潮流速变化图，分别见图 7.1-19~图 7.1-21。由图可见，由于桩基的阻水作用，桩基来流方向上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，而垂直于涨落急方向（风机基础两侧）流速有所增大，风电场场区内流速以减小为主，场址南北侧流速以增大为主。最大涨落急流速变化幅度达 0.3m/s，涨落急流速增幅平均约 0.03m/s，减幅平均约 0.10m/s，全潮平均流速增幅平均约 0.02m/s，减幅平均约 0.08m/s。

由图 7.1-19~图 7.1-20 可见，大潮流速减幅大于 0.1m/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 0~500m 附近。工程后流速增幅大于 0.1m/s 的范围与流速减小范围相比较小，主要集中在桩基根部两侧，流速增幅大于 0.01m/s 的范围主要集中风电场北部场区北侧、南北侧场区之间海域和风电场南部场区南侧，基本为场区南北侧 0~5km 范围内。

由图 7.1-21 可见，全潮平均流速减幅大于 0.1m/s 的范围，大部分出现在桩前后 0~500m 左右，迎水面及背水面基本呈对称分布，工程后流速增幅大于 0.1m/s 的范围与流速减小范围相比较小，主要集中在桩基根部两侧，流速增幅大于 0.01m/s 的范围主要集中风电场北部场区北侧 0~1km 范围、南北部场区之间海域、风电场南部场区南侧 0~3km 范围。

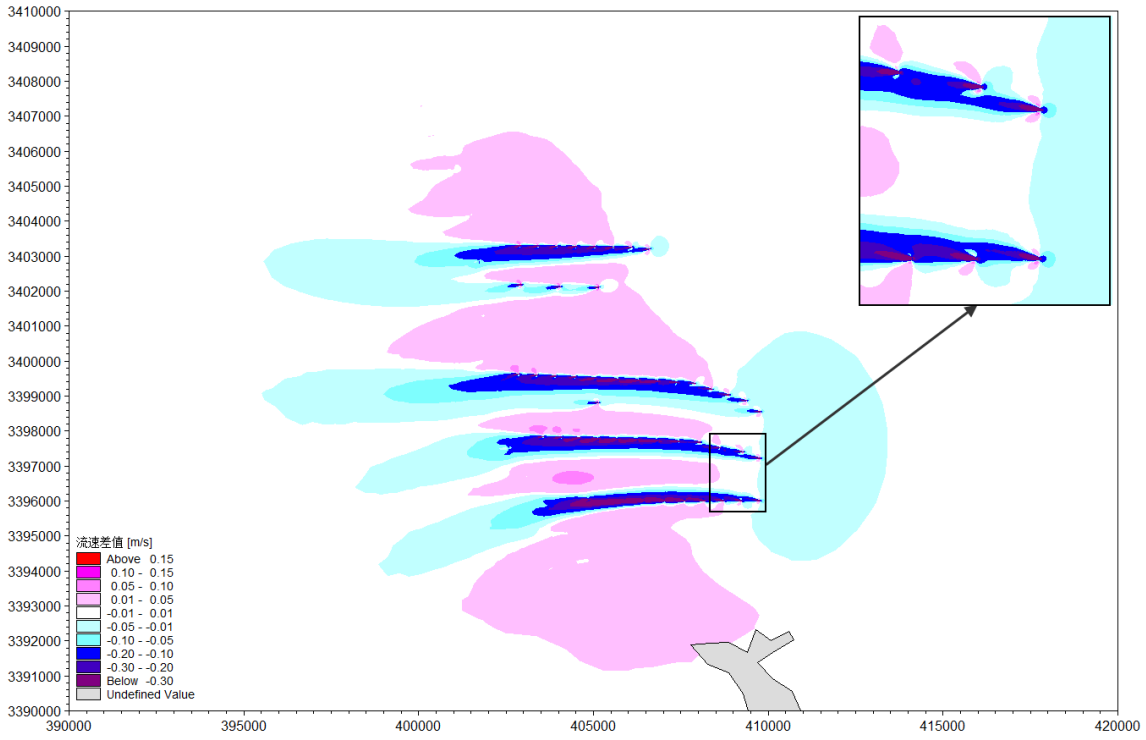


图 7.1-19　　风电场建成前后工程海域大潮涨急流速变化图

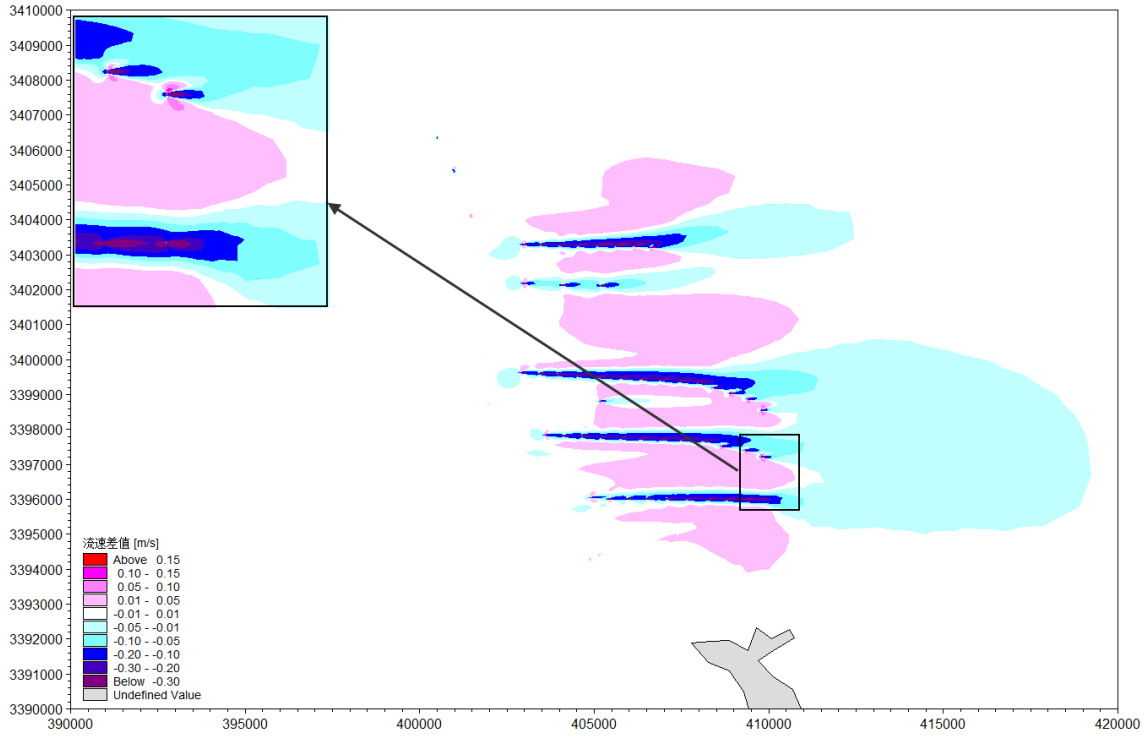


图 7.1-20　　风电场建成前后工程海域大潮落急流速变化图

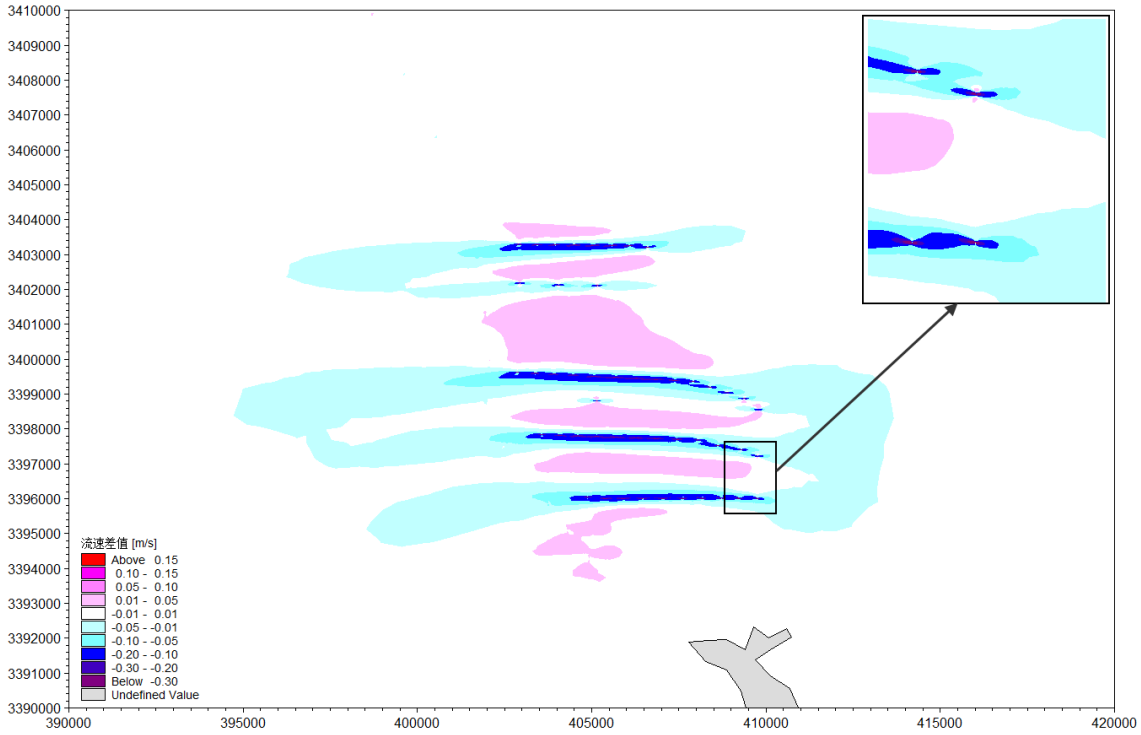


图 7.1-21　　风电场建成前后工程海域大潮全潮平均流速变化图

为分析风电场工程前后对附近海域潮流场的影响，在风电场内选取 1 个典型风机，在每个风机周围（涨落急方向和垂直涨落急方向）设置 4 个特征点，另覆盖场区外沿、场区内共选取 35 个特征点，共 39 个点，点位及编号见图 7.1-22；在风电场周边海域选取周围布置 9 个特征点，见图 7.1-23，以分析工程前后的潮位和流速变化情况。

表 7.1-1~表 7.1-4 比较了各典型代表点工程前后的大潮涨落急流速的变化，其中，流速变率被定义为：

$$变率=\frac{(工程后流速-工程前流速)}{工程前流速}\times 100\%$$

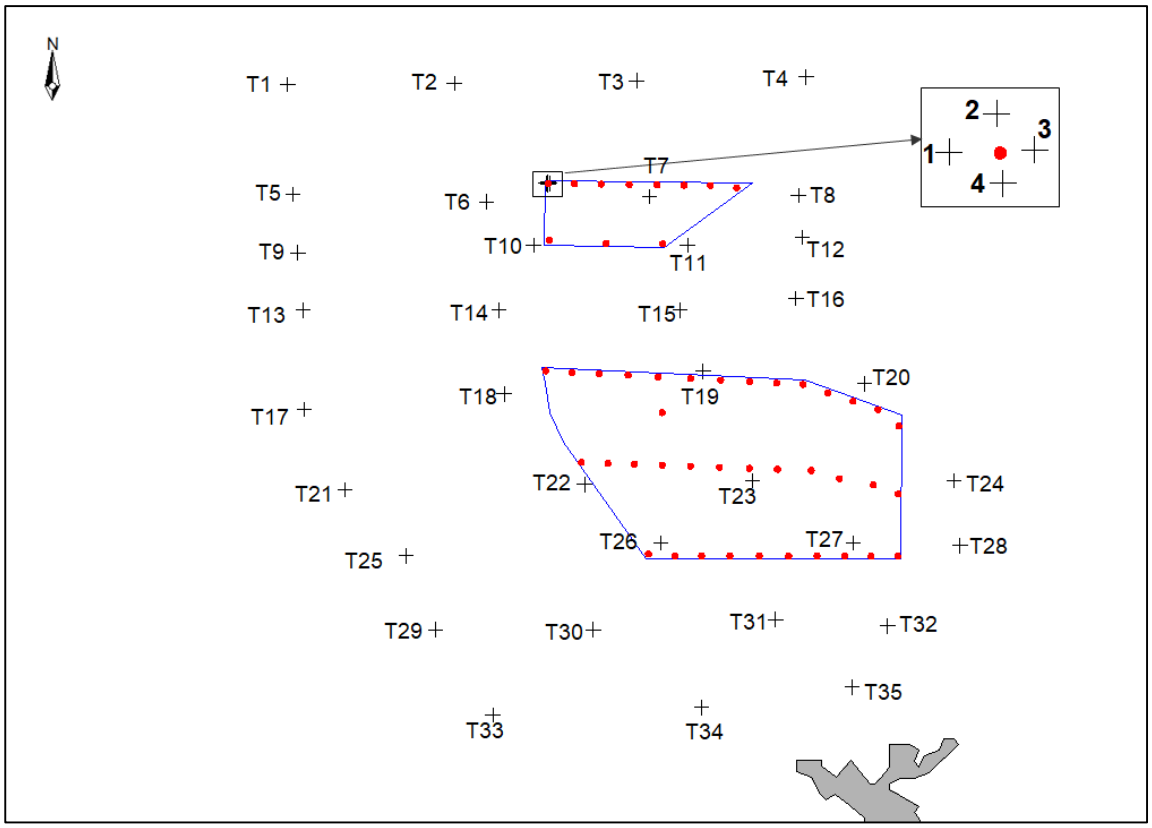


图 7.1-22　　工程前后工程附近潮流流速比较分析点

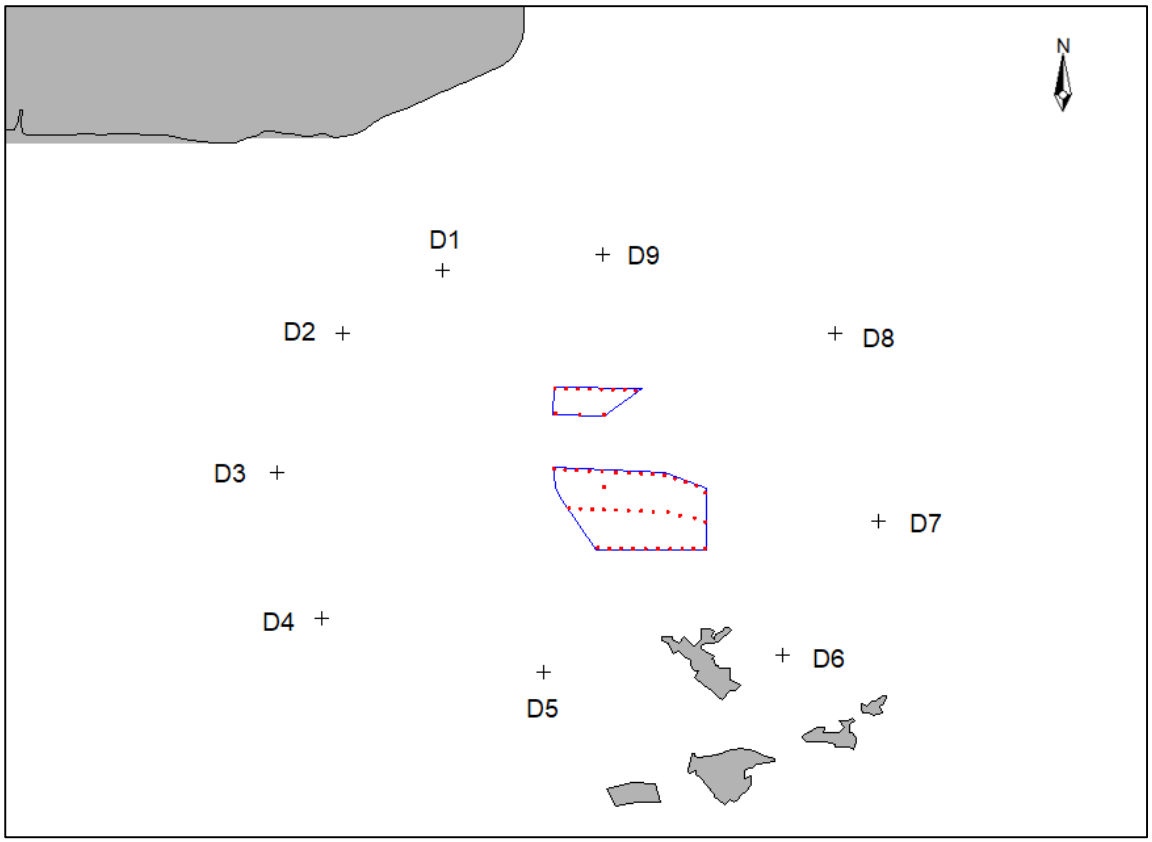


图 7.1-23　　工程前后大范围海域潮流流速比较分析点

表 7.1-1　　工程前后大范围海域大潮涨急流速变化

点位	现状		工程后		流速差值(m/s)	流速变率（%）	流向差值（°）
	大小(m/s)	角度（°）	大小(m/s)	角度（°）			
D1	2.015	261.0	2.019	260.8	0.004	0.2%	-0.1
D2	1.975	266.4	1.973	266.3	-0.002	-0.1%	-0.1
D3	1.776	268.0	1.772	268.0	-0.004	-0.2%	0.0
D4	1.786	274.8	1.784	275.0	-0.002	-0.1%	0.1
D5	0.825	230.6	0.825	231.0	0.000	0.0%	0.4
D6	1.286	289.6	1.282	289.5	-0.004	-0.3%	-0.1
D7	1.979	279.5	1.973	279.5	-0.006	-0.3%	0.0
D8	2.058	268.4	2.054	268.5	-0.004	-0.2%	0.1
D9	2.186	258.8	2.191	258.9	0.005	0.2%	0.1

表 7.1-2　　工程前后大范围海域大潮落急流速变化

点位	现状		工程后		流速差值(m/s)	流速变率（%）	流向差值（°）
	大小(m/s)	角度（°）	大小(m/s)	角度（°）			
D1	1.694	87.3	1.692	87.2	-0.002	-0.1%	-0.1
D2	1.812	91.6	1.810	91.6	-0.002	-0.1%	0.0
D3	1.789	93.5	1.788	93.6	-0.001	-0.1%	0.0
D4	1.749	103.0	1.748	103.1	-0.001	-0.1%	0.1
D5	1.074	102.8	1.073	103.1	-0.001	-0.1%	0.3
D6	0.822	124.4	0.820	124.3	-0.002	-0.3%	0.0
D7	2.183	102.0	2.166	102.0	-0.017	-0.8%	0.0
D8	2.230	87.8	2.228	88.0	-0.002	-0.1%	0.2
D9	2.035	82.4	2.040	82.3	0.005	0.2%	-0.1

表 7.1-3　　工程前后工程区附近海域大潮涨急流速变化

位置		现状		工程后		流速差值(m/s)	流速变率（%）	流向差值（°）
		大小(m/s)	角度（°）	大小(m/s)	角度（°）			
1 号风机基础	1	1.865	262.6	1.094	258.2	-0.771	-41.4%	-4.3
	2	2.005	262.9	2.030	270.3	0.026	1.3%	7.4
	3	1.848	262.9	1.531	262.0	-0.318	-17.2%	-0.9
	4	2.052	262.2	1.999	253.2	-0.054	-2.6%	-9.0
北部场区北侧	t1	1.803	263.9	1.807	263.5	0.005	0.3%	-0.4
	t2	1.703	258.2	1.718	258.0	0.014	0.8%	-0.2
	t3	1.905	260.7	1.918	261.1	0.013	0.7%	0.4
	t4	2.134	261.7	2.132	262.1	-0.001	-0.1%	0.3
北部场区内	t5	2.016	265.1	1.989	264.6	-0.027	-1.4%	-0.5
	t6	2.388	270.1	2.191	269.9	-0.197	-8.2%	-0.2
	t7	2.033	262.8	1.875	262.6	-0.158	-7.8%	-0.2

位置		现状		工程后		流速差值(m/s)	流速变率（%）	流向差值（°）
		大小(m/s)	角度（°）	大小(m/s)	角度（°）			
	t8	2.088	262.2	2.083	262.5	-0.006	-0.3%	0.3
	t9	1.974	266.1	1.954	265.9	-0.021	-1.0%	-0.2
	t10	1.895	264.2	1.823	264.4	-0.073	-3.8%	0.3
	t11	1.995	264.4	2.007	264.2	0.012	0.6%	-0.2
	t12	2.036	261.8	2.034	262.1	-0.001	-0.1%	0.3
南北部场区之间	t13	1.815	266.5	1.815	266.4	0.000	0.0%	-0.2
	t14	1.891	263.4	1.935	263.2	0.043	2.3%	-0.2
	t15	1.963	265.9	1.992	266.0	0.029	1.5%	0.1
	t16	1.852	267.2	1.858	267.8	0.007	0.4%	0.6
南部场区内	t17	1.536	268.1	1.504	268.3	-0.033	-2.1%	0.1
	t18	1.814	266.8	1.677	266.8	-0.137	-7.6%	0.0
	t19	1.990	267.5	2.008	267.7	0.018	0.9%	0.2
	t20	2.198	271.3	2.185	272.2	-0.013	-0.6%	0.9
	t21	1.543	259.7	1.535	259.9	-0.008	-0.5%	0.2
	t22	1.829	266.1	1.733	266.0	-0.096	-5.2%	-0.1
	t23	2.066	269.9	1.949	269.6	-0.117	-5.7%	-0.3
	t24	2.482	276.1	2.458	276.1	-0.025	-1.0%	0.0
	t25	1.640	257.2	1.641	257.8	0.001	0.1%	0.6
	t26	1.978	265.1	1.952	265.0	-0.027	-1.4%	0.0
	t27	2.216	277.2	2.164	277.0	-0.053	-2.4%	-0.1
	t28	2.714	282.3	2.688	282.1	-0.026	-1.0%	-0.2
	t29	1.736	252.4	1.700	253.3	-0.036	-2.1%	1.0
	t30	1.782	251.5	1.825	252.4	0.043	2.4%	0.9
	t31	2.525	270.4	2.543	269.9	0.018	0.7%	-0.5
	t32	2.604	283.2	2.596	282.6	-0.008	-0.3%	-0.6
南部场区南侧	t33	1.495	246.4	1.508	247.1	0.013	0.9%	0.7
	t34	1.556	252.7	1.588	252.8	0.032	2.1%	0.2
	t35	2.252	275.9	2.267	275.5	0.015	0.6%	-0.4

表 7.1-4　　工程前后工程区附近海域大潮落急流速变化

位置		现状		工程后		流速差值(m/s)	流速变率（%）	流向差值（°）
		大小(m/s)	角度（°）	大小(m/s)	角度（°）			
1 号风机基础	1	1.764	89.2	1.612	87.8	-0.153	-8.6%	-1.5
	2	1.886	88.5	1.912	81.1	0.026	1.4%	-7.4
	3	1.703	90.0	0.857	98.2	-0.845	-49.6%	8.3
	4	1.899	89.7	1.967	95.7	0.069	3.6%	6.0
	t1	1.881	91.0	1.878	90.9	-0.003	-0.2%	-0.1
	t2	1.968	93.8	1.965	93.6	-0.004	-0.2%	-0.2

位置		现状		工程后		流速差值(m/s)	流速变率（%）	流向差值（°）
		大小(m/s)	角度（°）	大小(m/s)	角度（°）			
北部场区北侧	t3	1.689	86.0	1.699	85.7	0.010	0.6%	-0.3
	t4	1.889	81.7	1.903	81.8	0.014	0.7%	0.0
北部场区内	t5	1.841	94.9	1.837	94.9	-0.003	-0.2%	0.0
	t6	2.137	79.1	2.130	79.1	-0.007	-0.3%	0.0
	t7	1.867	87.3	1.878	87.3	0.011	0.6%	0.0
	t8	2.056	80.4	2.054	80.1	-0.003	-0.1%	-0.3
	t9	1.840	95.8	1.837	95.7	-0.003	-0.2%	0.0
	t10	1.880	91.1	1.865	91.2	-0.016	-0.8%	0.1
	t11	1.921	86.7	1.798	85.9	-0.123	-6.4%	-0.8
	t12	2.020	79.0	2.004	78.7	-0.016	-0.8%	-0.3
南北部场区之间	t13	1.770	97.4	1.767	97.4	-0.004	-0.2%	0.0
	t14	1.737	93.9	1.731	93.8	-0.007	-0.4%	-0.1
	t15	1.869	88.6	1.892	88.4	0.024	1.3%	-0.2
	t16	1.729	85.5	1.756	85.3	0.027	1.5%	-0.2
南部场区内	t17	1.537	101.1	1.534	101.2	-0.003	-0.2%	0.0
	t18	1.715	92.2	1.705	92.2	-0.010	-0.6%	0.0
	t19	1.778	89.2	1.615	89.3	-0.163	-9.2%	0.0
	t20	2.074	88.1	1.922	88.0	-0.153	-7.4%	0.0
	t21	1.419	96.6	1.417	96.7	-0.002	-0.2%	0.1
	t22	1.343	91.3	1.332	91.9	-0.012	-0.9%	0.6
	t23	1.732	88.7	1.760	88.9	0.027	1.6%	0.2
	t24	2.505	90.1	2.432	90.1	-0.072	-2.9%	0.0
	t25	1.551	93.3	1.547	93.5	-0.004	-0.3%	0.1
	t26	1.657	87.3	1.666	87.4	0.009	0.5%	0.0
	t27	1.985	90.5	1.962	90.5	-0.023	-1.2%	0.0
	t28	2.714	97.1	2.713	97.2	-0.001	0.0%	0.1
	t29	1.507	93.0	1.504	93.2	-0.003	-0.2%	0.2
	t30	1.301	87.2	1.300	87.6	-0.002	-0.1%	0.4
	t31	1.920	79.9	1.931	80.3	0.011	0.6%	0.4
	t32	2.359	92.7	2.376	92.6	0.017	0.7%	0.0
南部场区南侧	t33	1.339	94.6	1.338	94.9	-0.001	-0.1%	0.3
	t34	1.581	68.5	1.581	68.8	0.000	0.0%	0.3
	t35	2.264	83.6	2.274	83.6	0.010	0.4%	0.0

由以上图表分析可知：

由表可知，风电场周边大范围海域所选取的特征点处大潮涨急流速变幅最大约 0.006m/s，大潮落急流速变幅最大约 0.017m/s；风电场附近海域所选取的特征点处大潮涨急流速变幅最大约 0.771m/s，大潮落急流速变幅最大约 0.845m/s。

分析表中数据可知，风电场建设对海域的潮流影响主要集中在工程区附近，离风电场工程区越远，潮流影响越小。工程区内位于涨落急流向方向（东西方向）的点流速减小，垂直于涨落急流向方向（南北方向）的点流速增大。风电场内流速变率较大点为位于邻近风机桩基础的点，涨急时，代表风机背水面流速变率可达-41.4%，迎水面流速变率可达-17.2%，垂直于涨落急方向的特征点处流速变率在-2.6%~1.3%之间；落急时，代表风机背水面流速变率可达-49.6%，迎水面流速变率可达-8.6%，垂直于涨落急方向的特征点处流速变率在 1.4%~3.6%之间。

风电场北部场区北侧受东海大桥桥墩及东海大桥海上风电阻流叠加影响，流速增大，特征点处涨落急流速变率最大约 0.8%；场区内流速基本表现为减小，特征点处流速变率最大约为-9.2%；南、北部场址之间流速总体上增大，特征点处流速变率最大约 2.3%；场区南部流速以增大为主，特征点处涨落急流速变率最大约 2.1%。

工程区内流向变化较大点为 1 号风机基础附近，特征点处最大变化幅度为 9.0°。

总体上，风电场工程的建设对风电场周边海域潮流特性影响甚小，周边海域流速变幅基本在 1%以内，流向变化不超过 1°；工程前后风电场内部的流速有所变化，并以流速减小为主。

7.1.5.2 对海域潮汐特征的影响

工程前后各测点潮位变化见表 7.1-5。

表 7.1-5 工程前后工程区附近海域大潮高、低潮位比较

点号	高潮位（m）			低潮位(m)			潮差(m)		
	现状	工程后	差值	现状	工程后	差值	现状	工程后	差值
t1	2.436	2.434	-0.002	-2.362	-2.361	-0.002	4.798	4.795	-0.003
t2	2.469	2.467	-0.002	-2.371	-2.369	-0.002	4.840	4.836	-0.004
t3	2.467	2.466	-0.001	-2.349	-2.348	-0.001	4.816	4.814	-0.002
t4	2.467	2.468	0.001	-2.314	-2.313	0.001	4.781	4.781	0.000
t5	2.406	2.404	-0.002	-2.353	-2.351	-0.002	4.758	4.755	-0.003
t6	2.364	2.371	0.006	-2.354	-2.351	0.006	4.718	4.722	0.004
t7	2.427	2.427	-0.001	-2.322	-2.321	-0.001	4.749	4.747	-0.002
t8	2.426	2.428	0.002	-2.286	-2.287	0.002	4.712	4.714	0.002
t9	2.392	2.390	-0.002	-2.346	-2.344	-0.002	4.738	4.734	-0.003
t10	2.418	2.414	-0.005	-2.322	-2.319	-0.005	4.741	4.733	-0.008
t11	2.413	2.414	0.001	-2.300	-2.301	0.001	4.714	4.714	0.001

点号	高潮位（m）			低潮位(m)			潮差(m)		
	现状	工程后	差值	现状	工程后	差值	现状	工程后	差值
t12	2.415	2.417	0.002	-2.270	-2.270	0.002	4.685	4.686	0.002
t13	2.378	2.377	-0.002	-2.335	-2.333	-0.002	4.713	4.710	-0.003
t14	2.393	2.389	-0.003	-2.306	-2.304	-0.003	4.699	4.693	-0.005
t15	2.390	2.389	-0.001	-2.286	-2.285	-0.001	4.676	4.674	-0.002
t16	2.408	2.409	0.001	-2.243	-2.242	0.001	4.651	4.652	0.001
t17	2.360	2.357	-0.003	-2.325	-2.323	-0.003	4.685	4.680	-0.005
t18	2.363	2.359	-0.003	-2.291	-2.289	-0.003	4.654	4.649	-0.006
t19	2.370	2.368	-0.001	-2.261	-2.261	-0.001	4.631	4.629	-0.002
t20	2.354	2.358	0.003	-2.219	-2.219	0.003	4.573	4.577	0.004
t21	2.338	2.336	-0.002	-2.293	-2.291	-0.002	4.631	4.628	-0.003
t22	2.329	2.327	-0.002	-2.266	-2.265	-0.002	4.596	4.592	-0.004
t23	2.324	2.325	0.002	-2.222	-2.222	0.002	4.545	4.548	0.002
t24	2.301	2.306	0.005	-2.174	-2.175	0.005	4.475	4.481	0.006
t25	2.298	2.298	0.000	-2.287	-2.285	0.000	4.584	4.583	-0.001
t26	2.298	2.299	0.000	-2.235	-2.234	0.000	4.533	4.533	-0.001
t27	2.302	2.306	0.004	-2.170	-2.172	0.004	4.472	4.478	0.005
t28	2.272	2.277	0.005	-2.163	-2.162	0.005	4.435	4.440	0.004
t29	2.265	2.267	0.002	-2.279	-2.278	0.002	4.544	4.545	0.001
t30	2.262	2.267	0.005	-2.231	-2.230	0.005	4.493	4.497	0.003
t31	2.240	2.244	0.004	-2.191	-2.191	0.004	4.430	4.434	0.004
t32	2.248	2.253	0.004	-2.147	-2.148	0.004	4.395	4.400	0.005
t33	2.238	2.240	0.003	-2.264	-2.263	0.003	4.502	4.504	0.002
t34	2.200	2.203	0.003	-2.203	-2.203	0.003	4.403	4.406	0.002
t35	2.205	2.208	0.003	-2.152	-2.152	0.003	4.357	4.360	0.003
D1	2.500	2.499	-0.001	-2.394	-2.392	-0.001	4.894	4.892	-0.003
D2	2.423	2.422	-0.001	-2.373	-2.371	-0.001	4.796	4.794	-0.002
D3	2.297	2.297	0.000	-2.327	-2.326	0.000	4.624	4.623	-0.002
D4	2.249	2.249	0.000	-2.337	-2.336	0.000	4.586	4.585	-0.002
D5	2.220	2.221	0.001	-2.252	-2.251	0.001	4.472	4.472	0.001
D6	2.268	2.270	0.002	-2.017	-2.018	0.002	4.286	4.288	0.002
D7	2.353	2.354	0.001	-1.935	-1.935	0.001	4.288	4.290	0.001
D8	2.459	2.460	0.001	-2.077	-2.076	0.001	4.536	4.536	0.000
D9	2.539	2.539	0.000	-2.375	-2.374	0.000	4.914	4.913	-0.001

由上表可以看出：风电场工程实施后，工程区周边海域高低潮位变化幅度不超过 2mm，潮差不超过 3mm，风电场工程的建设对周围海域的潮位（潮汐）影响很小；风电场附近小范围海域高低潮位变化幅度不超过 6mm，潮差变幅不超过 8mm，风电场工程的建设对风电场附近海域的潮位（潮汐）影响较小。

7.1.5.3 工程建设对海域周边敏感目标的影响

由 7.1.5.2 节分析可以得出，风电场工程建设对大范围海域的潮流影响很小，本节主要分析工程建设对风电场周边分布的敏感目标水文动力情况的影响，工程海域周边的敏感目标有航道、锚地、海底管线以及港口航运区等，具体分布见图 7.1-24 和 7.1-25。同时本节分别选取最靠近本工程区域的已建风机及东海大桥桥墩作为代表点，分析本工程对已建成东海大桥海上风电场及东海大桥桥墩的影响。根据模型计算，工程前后敏感目标区大潮涨落急流速变化情况见表 7.1-6 和表 7.1-7。

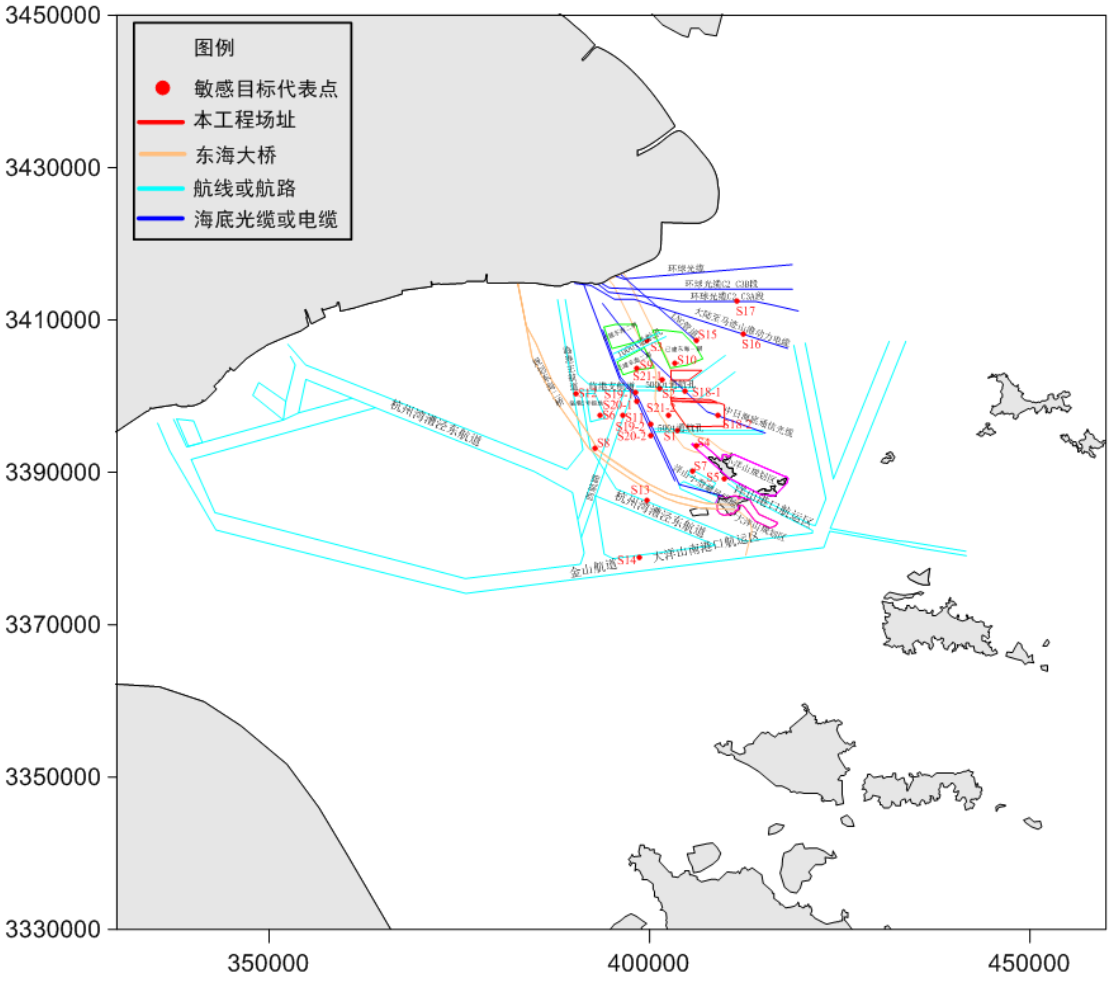


图 7.1-24　　敏感目标计算典型点位置

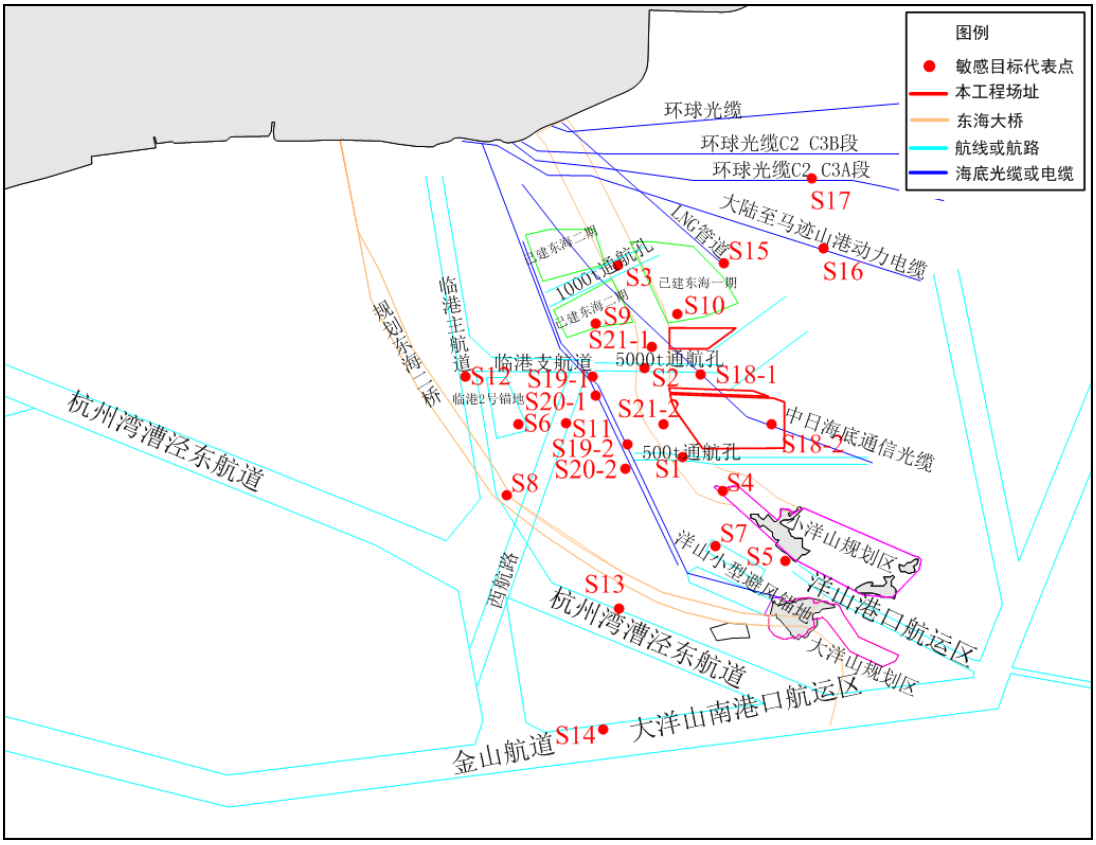


图 7.1-25　　敏感目标计算典型点位置局部放大图

模型计算结果显示：工程对靠近工程区域的已建成风机附近流速略有影响，其中已建东海二期风电最大流速减小幅度为 0.016m/s，流速变率为 0.8%；已建东海一期风电最大流速增幅为 0.032m/s，流速变率为 1.6%，流向最大变幅为 0.6°，主要影响最靠近本工程的一行风机基础，但流速影响有限，对距离本工程较远的风机水动力条件变基本没有影响。

涨急时，工程对最靠近工程区域的东海大桥桥墩影响稍大，其中位于风电场场区西侧的桥墩流速减小，位于风电场南北侧及风电场两场区之间的桥墩附近六度增大，涨急时最大流速增幅为 0.045m/s，最大流速减小幅度为-0.190m/s，流速变率分别为 2.4%和-10.0%；落急时工程对东海大桥桥墩影响较小，流速变率不超过 0.5%。

工程将造成场址南侧的 500t 通航孔、南侧和北侧场址之间的 5000t 通航孔流速增大，500t 通航孔的涨落急最大流速变幅分别为 0.048m/s 和 0.004m/s，流速变率分别为 2.5%和 0.2%，流向影响不大，最大变幅约 0.6°，5000t 通航孔的涨落急最大流速变幅分别为 0.042m/s 和 0.010m/s，流速变率分别为 2.2%和 0.6%，

流向略受影响，最大变幅约 0.2°。工程虽造成通航孔流速增大，但流速增大有利于增加航道深度，对通航影响有利。

工程附近存在较多海底通信光缆及输气管线，中日海底通信光缆场址内段附近海域流速减小幅度最大达 0.083m/s，流速变率达 4.4%，北段最大流速变率约 2.1%；风电场西侧上海南汇芦潮港至东海平湖油气田海上平台 14″海底输气管道和嵊泗大洋山至上海芦潮港通信电缆略受影响，流速呈现减小，流速变率最大约 1.7%。

另外工程南侧洋山小型避风锚地、小洋山规划区流速略有增大，流速变率不超过 3.7%，其余敏感目标代表点最大涨落急流速变率也都基本不超过 1%。

总体上看，工程实施对附近东海大桥桥墩、通航孔及中日海底通信光缆影响稍大，在施工期及运行期应加强观测。

表 7.1-6　　工程前后敏感目标区域大潮涨急流速变化

序号	敏感目标	工程前		工程后				
		大小 (m/s)	角度（°）	大小 (m/s)	角度（°）	流速变化	流速变率	流向差值（°）
S1	500t 通航孔	1.945	260.7	1.993	260.8	0.048	2.5%	0.1
S2	5000t 通航孔	1.884	265.9	1.926	265.8	0.042	2.2%	-0.1
S3	1000t 通航孔	1.688	258.6	1.694	258.4	0.006	0.4%	-0.2
S4	小洋山规划区	2.039	257.2	2.074	257.3	0.035	1.7%	0.1
S5	洋山港口航运区	0.449	262.3	0.452	262.2	0.003	0.8%	-0.1
S6	临港 2 号锚地	1.802	269.4	1.798	269.5	-0.004	-0.2%	0.1
S7	锚地（洋山小型避风锚地）	0.116	258.1	0.120	259.0	0.004	3.7%	1.0
S8	规划东海二桥	1.776	272.8	1.772	272.9	-0.003	-0.2%	0.2
S9	已建东海二期风电	2.026	264.8	2.010	264.2	-0.016	-0.8%	-0.5
S10	已建东海一期风电	1.991	262.5	2.023	262.6	0.032	1.6%	0.1
S11	原西航路	1.890	265.6	1.881	266.0	-0.008	-0.4%	0.4
S12	临港主航道	1.867	267.3	1.863	267.3	-0.004	-0.2%	0.0
S13	杭州湾漕泾东航道	1.446	304.6	1.451	304.8	0.005	0.3%	0.2
S14	金山航道	2.118	293.3	2.122	293.4	0.003	0.2%	0.2
S15	LNG 管道	2.111	261.1	2.115	261.4	0.004	0.2%	0.3
S16	大陆至马迹山港动力电缆	2.082	262.1	2.081	262.3	-0.002	-0.1%	0.1
S17	环球光缆	2.061	272.3	1.939	272.2	-0.123	-6.0%	0.0
S18-1	中日海底通信光缆	2.072	271.5	2.093	272.0	0.021	1.0%	0.5
S18-2		1.928	266.3	1.969	266.4	0.040	2.1%	0.1

S19-1	上海南汇芦潮港至东海平湖油气田海上平台 14″海底输气管道	1.931	266.0	1.924	266.0	-0.007	-0.4%	-0.1
S19-2		1.603	260.5	1.575	260.8	-0.027	-1.7%	0.3
S20-1	嵊泗大洋山至上海芦潮港通信电缆	1.661	260.6	1.670	260.8	0.008	0.5%	0.2
S20-2		1.978	265.9	1.970	265.9	-0.007	-0.4%	-0.1
S21-1	东海大桥	1.905	271.1	1.715	269.9	-0.190	-10.0%	-1.1
S21-2		1.893	261.3	1.938	261.1	0.045	2.4%	-0.2

表 7.1-7　　工程前后敏感目标区域大潮落急流速变化

序号	敏感目标	工程前		工程后				
		大小 (m/s)	角度（°）	大小 (m/s)	角度（°）	流速变化	流速变率	流向差值（°）
S1	500t 通航孔	1.631	83.6	1.627	84.2	-0.004	-0.2%	0.6
S2	5000t 通航孔	1.832	90.9	1.842	90.7	0.010	0.6%	-0.2
S3	1000t 通航孔	1.753	88.1	1.752	88.0	-0.001	-0.1%	-0.1
S4	小洋山规划区	1.659	78.5	1.660	78.9	0.001	0.1%	0.4
S5	洋山港口航运区	0.054	93.7	0.055	93.1	0.000	0.7%	-0.6
S6	临港 2 号锚地	1.836	100.9	1.835	101.0	-0.001	-0.1%	0.1
S7	锚地（洋山小型避风锚地）	0.664	62.4	0.661	62.9	-0.004	-0.6%	0.5
S8	规划东海二桥	1.743	102.0	1.742	102.1	-0.001	-0.1%	0.1
S9	已建东海二期风电	1.778	94.1	1.774	94.1	-0.004	-0.2%	-0.1
S10	已建东海一期风电	1.765	88.7	1.778	88.1	0.013	0.74%	-0.6
S11	原西航路	1.956	99.0	1.954	99.1	-0.002	-0.1%	0.1
S12	临港主航道	1.861	93.1	1.859	93.1	-0.001	-0.1%	0.0
S13	杭州湾漕泾东航道	1.440	126.1	1.442	126.3	0.001	0.1%	0.2
S14	金山航道	1.841	115.3	1.843	115.5	0.002	0.1%	0.2
S15	LNG 管道	1.862	83.7	1.871	83.6	0.009	0.5%	-0.1
S16	大陆至马迹山港动力电缆	2.123	84.5	2.128	84.5	0.005	0.3%	0.1
S17	环球光缆	1.806	89.4	1.726	89.0	-0.079	-4.4%	-0.4
S18-1	中日海底通信光缆	1.867	89.4	1.784	89.3	-0.083	-4.4%	-0.1
S18-2		1.877	89.9	1.890	89.6	0.013	0.7%	-0.2
S19-1	上海南汇芦潮港至东海平湖油气田海上平台 14″海底输气管道	1.875	96.0	1.872	96.0	-0.003	-0.2%	0.0
S19-2		1.516	94.8	1.513	94.9	-0.003	-0.2%	0.1
S20-1	嵊泗大洋山至上海芦潮港通信电缆	1.518	95.8	1.515	95.9	-0.003	-0.2%	0.1
S20-2		1.904	95.3	1.901	95.3	-0.003	-0.2%	0.0
S21-1	东海大桥	1.838	86.3	1.829	86.4	-0.009	-0.5%	0.1
S21-2		1.889	93.7	1.883	93.6	-0.006	-0.3%	-0.1

7.2 地形地貌与冲淤影响预测与评价

7.2.1 工程海域的冲淤变化影响分析

从潮流模型计算结果分析可知，本工程实施对流态的影响主要在工程风电场桩基内部区域以及风电场前沿的海域，而对离工程区较远的海域流态影响较小。因此，可初步分析认为工程区附近水域有一定的冲淤变化，距工程区较远处冲淤影响则较小。为进一步确定本工程对周围海域冲淤变化的影响，采用近岸海域海洋工程已有广泛应用的半经验半理论的回淤强度公式进行冲淤估算。

7.2.1.1 冲淤计算公式

根据《中广核浙江嵊泗海上风电项目海洋水文调查报告》（上海东海海洋工程勘察设计研究院，2018 年 11 月），工程海域悬沙平均中值粒径约为 0.0085mm，根据曹祖德结合泥沙分类标准给出的建议：将泥沙中值粒径在 0.031～0.125mm 的海岸定义为粉沙质海岸，D_{50}<0.031mm 的海岸为淤泥质海岸，D_{50}>0.125mm 的海岸为砂质海岸，本工程海域属于淤泥质，因此本评价采用曹祖德等人研究的淤泥质海岸淤积计算模式进行冲淤估算。该模式利用二维潮流数值计算模型得到工程前后流场分布变化，再应用淤泥质海岸淤积预报模型公式，计算得到各计算区域的淤积强度，曾在上海国际航运中心洋山港区等多处工程应用，效果较好。模型公式如下：

$$P=\frac{\alpha\omega St}{\gamma_c}\left(1-\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2\left(\frac{H_1}{H_2}\right)\right) \qquad (1)$$

式中，ω 为泥沙沉速，α 为沉降几率，取 0.67；S 为水体平均含沙量（kg/m^3）；t 为淤积历时（s）；γ_c 为泥沙干容重；V_1、V_2 分别为工程实施前后计算流速（m/s）。H_1、H_2 分别为工程实施前后水深（m）。

经推导，可得 $P=0.5\left[\left(H_1+\beta t\right)-\sqrt{\left(H_1-\beta t\right)^2+4\beta t H_1 K}\right]$

式中，$\beta=\frac{\alpha\omega S}{\gamma_c}$，$K=\frac{V_2}{V_1}$

在没有完整的现场资料情况下，淤泥质海岸海域的年平均含沙量场 S 可选择《海港水文规范》推荐的刘家驹挟沙力公式计算：

$$S = 0.0273\rho_s V^2 / (gh) \qquad (2)$$

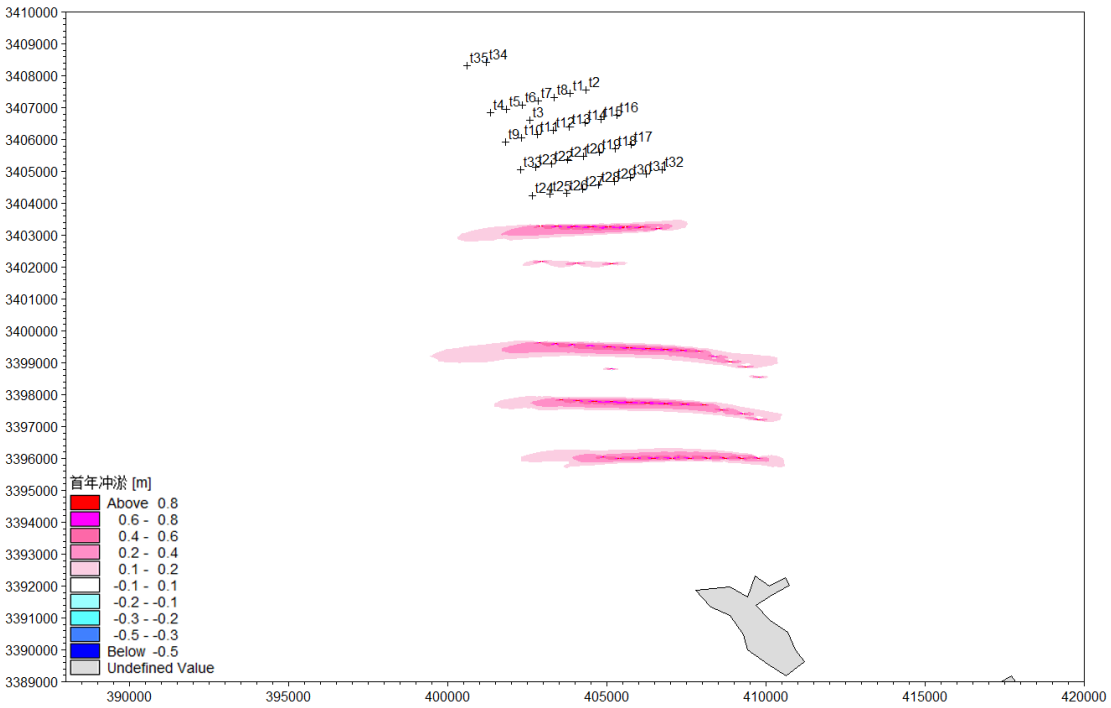
根据文献（刘家驹，淤泥质、粉沙质及沙质海岸航道回淤统一计算方法，2012年），对于粒径小于 0.03mm 的淤泥质泥沙在海水条件下均以絮凝沉速 0.0004~0.0005m/s 沉降，而对于粒径大于 0.03mm 的粉砂质或砂质泥沙，沉速则需用其单颗粒泥沙沉速。因此，ω 采用 0.0004m/s。

泥沙干容重按照公式 $\gamma_c = 1750 D_{50}^{0.183}$ 计算，D_{50} 为泥沙中值粒径，工程海域悬沙平均中值粒径约为 0.0085mm，计算得到泥沙干容重为 731kg/m^3。

采用 7.1 节水动力模型计算出的工程前后潮平均流速的变化对淤积进行估算。潮平均流速的计算采用算术平均法，即分别对大潮时段内的涨潮过程流速和落潮过程流速进行算术平均，得出涨潮平均流速和落潮平均流速，再取平均值得出潮平均流速。忽略工程前后含沙量的变化。

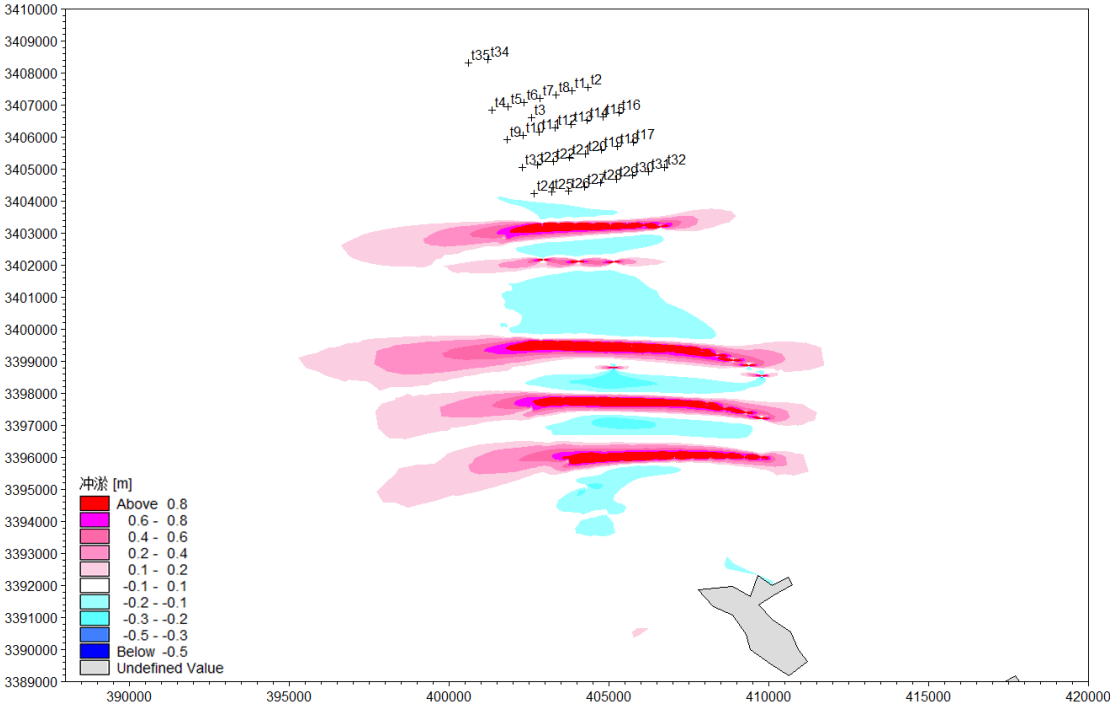
7.2.1.2 计算结果

根据 7.2.1.1 小节冲淤计算模式，采用全潮平均流速的变化对工程实施后的冲淤变化进行估算。计算得出风电场区域达到冲淤平衡的工程区附近海域海床年冲淤和平衡冲淤变化平面分布情况，分别见图 7.2-1 和 7.2-2。



注：+为淤积、-为冲刷；t1~t35 为东海大桥一期海上风电风机

图 7.2-1　　工程区附近海床年冲淤变化平面分布图



注：+为淤积、-为冲刷；t1~t35 为东海大桥一期海上风电风机

图 7.2-2　　工程区附近海床平衡冲淤变化平面分布图

由图 7.2-1 和图 7.2-2 可见，工程实施后风机前后（涨、落急潮流方向）为主要的淤积区域，风机两侧（垂直于涨、落急潮流方向）为主要的冲刷区域，风电场区域以淤积为主，同时风电场北部场区北侧、南北部场区之间海域、风电场南部场区南侧发生冲刷。最大淤积幅度为 0.6m/a，最大冲刷幅度为-0.4m/a，平均淤积幅度约 0.2m/a，平均冲刷幅度约为-0.02m/a。风电场西侧 4km、东侧 1.5km、南北侧 200m 范围以外年冲淤幅度在 0.1m 以下。

根据上述计算模式和第一年冲淤变化情况结果，可计算出往后逐年的冲淤变化情况。随着冲淤过程的深入和地形向适应工程实施后动力环境方向的调整，其冲淤强度将逐年较小。冲淤平衡后，最大平衡淤积幅度在 0.8m 左右，发生在风机基础背水面（涨落急方向），平均淤积幅度 0.6m；最大平衡冲刷幅度在-0.6m 左右，发生在风机基础两侧（垂直于涨落急方向），平均冲刷幅度 0.1m。风电场西侧 8km、东侧 3km、南北侧 2km 范围以外平衡冲淤幅度在 0.1m 以下。

由于本工程冲淤变化采用半经验半理论公式进行计算，一些参数的选取采用经验值，因此工程引起的冲淤变化计算值存在一定的误差，在后续施工期及运行期当加强对工程周边海域及敏感目标的冲淤监测，以真实反映工程引起的冲淤变化。

7.2.2 冲淤变化对敏感目标的影响

由 7.1.5.2 节分析可以得出，风电场工程建设对大范围海域的潮流影响很小，本节主要分析工程建设对风电场周边分布的敏感目标冲淤情况的影响，工程海域周边的敏感目标有航道、锚地、海底管线以及港口航运区等，具体分布见图 7.1-24 和 7.1-25。同时本节分别选取最靠近本工程区域的已建风机及东海大桥桥墩作为代表点，分析本工程对已建成东海大桥海上风电场及东海大桥桥墩的影响。根据计算，工程前后各敏感目标区域年冲淤及平衡冲淤情况见表 7.2-1。

由表可知，工程对靠近工程区域的东海大桥一期海上风电风机基础影响相对较小，最大平衡冲刷厚度约 0.06m，主要影响东海大桥一期海上风电西南侧约 10 台风机（以平衡冲刷厚度大于 0.05m 计）；工程对其余风机冲淤影响很小。

工程对最靠近工程区域的东海大桥桥墩影响稍大，工程将引起场址西侧流速减小，发生淤积，两场址之间段流速增大，发生冲刷，最大平衡淤积量为 0.77m；最大冲刷量为 0.11m。

工程将造成场址南侧的 500t 通航孔及南侧和北侧场址之间的 5000t 通航孔发生冲刷，最大冲刷深度约 0.15m。工程虽造成通航孔冲刷，但冲刷有利于增加航道深度，对通航影响有利。

工程附近存在较多海底通信光缆及输气管线，中日海底通信光缆场址内段附近海域发生淤积，最大淤积厚度可达 0.99m，但淤积对光缆保护有利，光缆场址内外北段略有冲刷，最大平衡冲刷深度约 0.13m；风电场西侧上海南汇芦潮港至东海平湖油气田海上平台 14″海底输气管道和嵊泗大洋山至上海芦潮港通信电缆略有淤积，最大淤积厚度在 0.15m 左右。

另外工程南侧洋山小型避风锚地略有淤积，淤积厚度约为 0.11，其余敏感目标代表点最大涨落急流速变率也都基本不超过 0.1m。

总体上看，工程实施对附近东海大桥桥墩、通航孔及中日海底通信光缆影响稍大，在施工期及运行期应加强冲淤观测。

表 7.2-1　　工程周边敏感点冲淤变化统计表（m, +为淤积、-为冲刷）

序号	敏感目标	年冲淤（m/a）	平衡冲淤（m）
S1	500t 通航孔	-0.02	-0.11
S2	5000t 通航孔	-0.04	-0.15
S3	1000t 通航孔	-0.01	-0.02
S4	小洋山规划区	-0.03	-0.09
S5	洋山港口航运区	<0.01	-0.01
S6	临港 2 号锚地	0.02	0.04
S7	锚地（洋山小型避风锚地）	0.01	0.11
S8	规划东海二桥	0.01	0.01
S9	已建东海二期风电	0.02	0.06
S10	已建东海一期风电	-0.02	-0.06
S11	原西航路	0.03	0.07
S12	临港主航道	0.01	0.02
S13	杭州湾漕泾东航道	-0.01	-0.02
S14	金山航道	<0.01	<0.01
S15	LNG 管道	-0.01	-0.02
S16	大陆至马迹山港动力电缆	<0.01	<0.01
S17	环球光缆	<0.01	<0.01
S18-1	中日海底通信光缆	0.25	0.99
S18-2		-0.04	-0.13
S19-1	上海南汇芦潮港至东海平湖油气田海上平台 14″海底输气管道	0.01	0.04
S19-2		0.04	0.15
S20-1	嵊泗大洋山至上海芦潮港通信电缆	0.03	0.15
S20-2		0.01	0.04
S21-1	东海大桥	0.20	0.77
S21-2		-0.03	-0.11

7.3 海水水质环境影响预测与评价

7.3.1 海缆施工悬浮物扩散影响预测与评价

海底输电电缆敷设时，开沟犁开槽会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。

本工程所在的海域水深基本在 10~15m（平均海平面）之间，不考虑风的瞬时效应时，上、下水层的流速虽有差异，但分层现象并不明显。悬浮物扬起进入受纳水体后，水体中悬浮物浓度将产生一个梯度，在风、浪及海水涡动的垂向搅拌作用下，迅速与周围水体充分掺混稀释，使垂向污染物浓度梯度迅速减小，乃至可以忽略其垂向浓度梯度的存在。因此将海水视为单一水体，在潮流计算模型

的基础上，采用沿水深平均的平面二维非恒定流和物质扩散数学模型来描述悬浮物的运动形态。

本次悬浮物扩散影响计算仍采用 MIKE21 模拟软件，与前述水文动力模型进行耦合计算，预测工程施工产生的悬浮物随流扩散对周围海域水质的影响。

7.3.1.1 基本方程

悬浮物扩散方程：

$$h\frac{\partial c}{\partial t}+u\frac{\partial c}{\partial x}+v\frac{\partial c}{\partial y}-\frac{\partial}{\partial x}D_x\frac{\partial c}{\partial x}-\frac{\partial}{\partial y}D_y\frac{\partial c}{\partial y}-\sigma+kc=0$$

其中：

x、y — 空间水平坐标轴；

u、v — x、y 轴向流速；

t — 时间变量；

h — 水深；

Dx、Dy — 沿 x、y 轴向的涡动分散系数；

c — 沿水深平均的人为升高物质浓度；

σ — 污染源强度；

$k=\alpha\omega$，α — 沉降系数，ω — 为沉速。

7.3.1.2 浓度场定解条件

（1）边界条件

数学模型通常使用开边界（水边）和闭边界（岸边）两种边界条件。对于开边界，流入计算域时：

$$h\left(\frac{\partial c}{\partial t}+u\frac{\partial c}{\partial x}+v\frac{\partial c}{\partial y}\right)=0$$

考虑到模型的范围足够大，取流入计算域的浓度值为零。

（2）初始条件

$$C(x,y,0)=C_0$$

式中 C_0 为计算初始时刻水域中各点的浓度值，计算中取为零。

7.3.1.3 计算参数

（1）糙率

同水动力模型预测中糙率取值。

（2）模型计算时间步长

模型采用的时间步长Δt＝30s。

（3）涡动分散系数

沿水流方向 D_x 和垂直水流方向 D_y 的水流涡动分散系数分别采用以下公式拟定：

$$D_x = 5.93\sqrt{g}|u|h/c \quad , \quad D_y = 5.93\sqrt{g}|v|h/c$$

（4）泥沙沉降速度

海缆施工引起的悬浮泥沙来自表层沉积物，因此泥沙沉降速度根据表层沉积物粒径计算得到。根据《中广核浙江嵊泗海上风电项目海洋水文调查报告》（上海东海海洋工程勘察设计研究院，2018 年 11 月），工程附近海域底质表层以细颗粒沉积物为主，底质表层沉积物均为粘土质粉砂类型，工程海域底质中值粒径 φ 值平均为 6.55，即 0.011mm。根据文献（刘家驹，淤泥质、粉沙质及沙质海岸航道回淤统一计算方法，2012 年），对于粒径小于 0.03mm 的淤泥质泥沙在海水条件下均以絮凝沉速 0.0004~0.0005m/s 沉降，而对于粒径大于 0.03mm 的粉砂质或砂质泥沙，沉速则需用其单颗粒泥沙沉速。因此，ω 采用 0.0004m/s。

（5）泥沙沉降机率

泥沙沉降机率 α 取值根据潮汐水流中的悬沙运动及冲淤计算（窦国仁, 1963）文献中推荐公式：

$$\alpha = 0.5 + \Phi\left(\frac{\omega}{\sigma}\right)$$

其中函数 $\Phi\left(\frac{\omega}{\sigma}\right)$ 根据机率积分，可查表得到；ω 为泥沙沉速，σ 为脉动流速均方根，$\sigma = 1.25\frac{u\sqrt{g}}{C}$，$C$ 为谢才系数，g 为重力加速度，u 为断面平均流速。

本工程风电场场区谢才系数 C 约为 85，风电场场区断面平均流速取 1.2m/s，计算得到近岸和离岸沉降几率相差不大，取值 0.57。

7.3.1.4 施工方式及源强

根据工程分析，本工程风机打桩施工产生的悬浮物源强约 0.21kg/s，海底电缆施工的悬浮物源强为 6.1kg/s，由于打桩作业的悬浮物源强远小于海缆施工作业产生的悬浮物源强，且打桩作业时间较短，根据类似工程，打桩引起周围海域悬浮物浓度增加(>10mg/L)范围一般半径在 100m 内，风机桩基和升压站桩基施工悬浮物影响范围据此给出，因此不作预测。

考虑到风电场电缆的布设和施工方式造成的悬泥特点，以及当地水动力条件，在海缆路由沿线选取若干典型排放点进行悬浮物扩散计算，典型排放点包括了海缆路由的转折点，并根据海缆长短适当加密排放点数量，悬浮物排放点位置示意图见图 7.3-1。

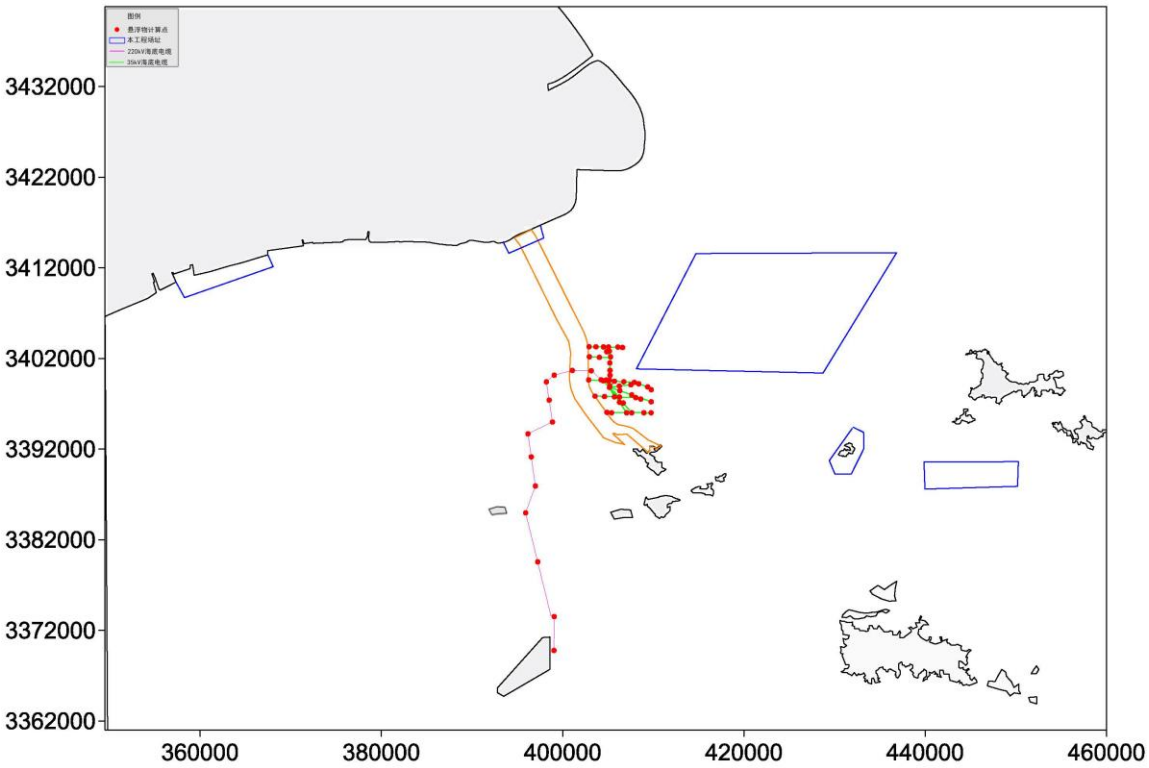


图 7.3-1　　施工期海缆路由悬浮物扩散排放源示意图

7.3.1.5 预测结果与分析

选择完整的自然半月潮（包含一个大潮、中潮和小潮）进行施工期悬浮物扩散计算，整个半月潮内悬浮物扩散最大影响范围及面积包络线见图 7.3-2 和图 7.3-3。

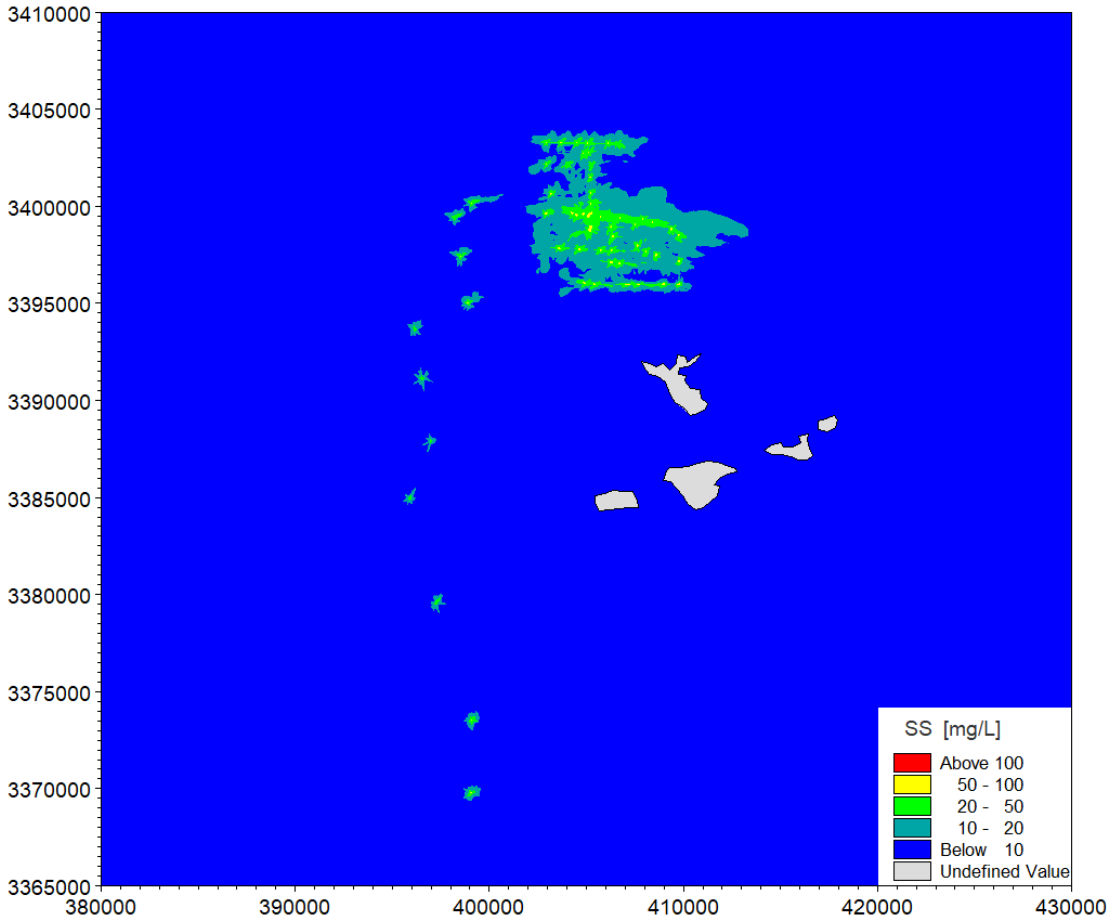


图 7.3-2　　电缆沟施工期各典型点悬浮物扩散最大影响范围

图 7.3-3 给出了悬浮物增量值影响总面积包络范围，表 7.3-1 给出了施工期悬浮物增量值最大可能影响总面积。本次计算分别统计了 10~20mg/L、20~50mg/L、50~100mg/L、>100mg/L 等浓度增量范围的包络面积。

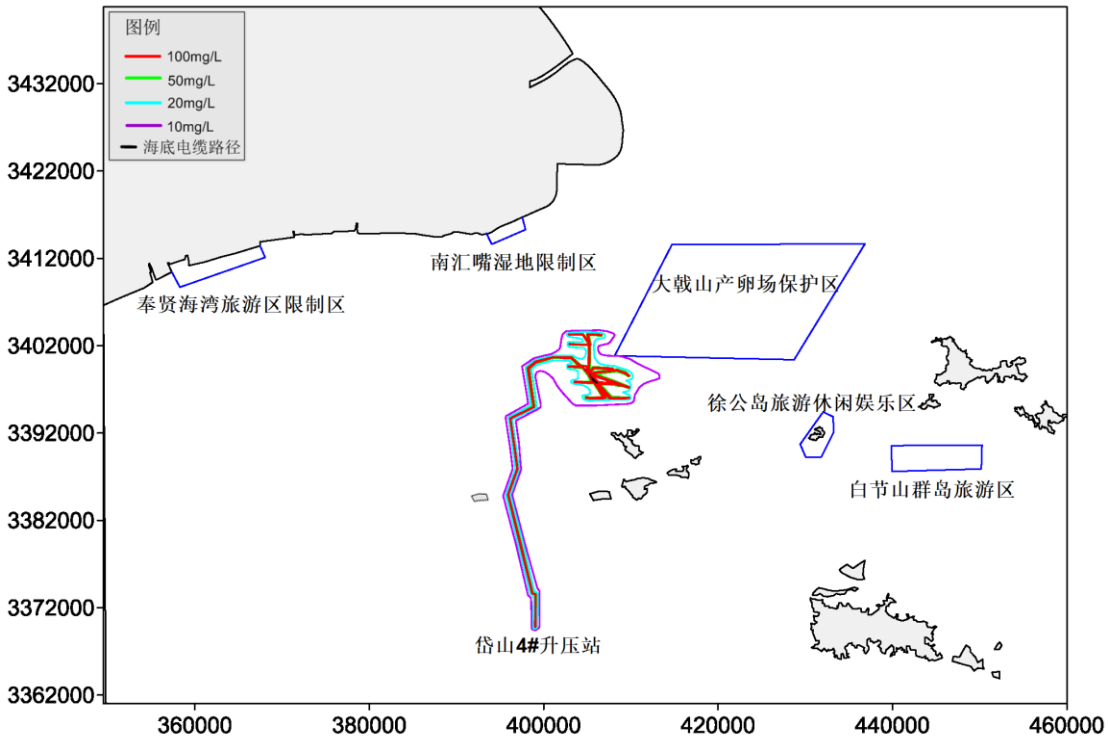


图 7.3-3　半月潮内电缆沟施工悬浮物扩散最大影响包络范围

表 7.3-1　施工期悬浮物增量值最大可能影响总面积（km^2）

悬浮物增量值	100mg/L	50mg/L	20mg/L	10mg/L
影响总面积	7.81	17.88	51.43	109.02

从以上图表中可以看出：

（1）施工点周围悬浮泥沙在逐渐沉降的过程中颗粒逐级细化，细颗粒泥沙可随海流输移至更远的海域。人为增加悬浮物高浓度面积较小，而低浓度区的面积相对较大。

（2）电缆沟槽施工期悬浮物增量值大于 100mg/L 的最大可能影响面积为 7.81km^2；大于 50mg/L 的最大可能影响面积为 17.88 km^2；大 20mg/L 的最大可能影响面积为 51.43 km^2；大 10mg/L 的最大可能影响面积为 109.02km^2。

根据电缆的施工方式，采用典型排放点的概化计算模式，得到的悬浮物扩散范围是保守的，偏于安全。本次悬浮物扩散的影响范围以最不利情况，即 47 台风机海缆施工影响的最大范围考虑。

此外，施工引起的悬浮物扩散主要限于施工时。在距离悬浮物扩散源强 10m 处取 1 个点，输出这个点的悬浮物增量过程线，如图 7.3-4 所示，图中第 26 小时停止施工，可以看到，施工结束后悬浮物扩散增量在 1 小时内迅速减小至 10mg/L

以下。因此，施工引起的悬浮物扩散主要限于施工时，施工结束后数小时内（与源强、施工结束的时刻有关），人为增加的悬浮物浓度迅速衰减至 10mg/L 以下。

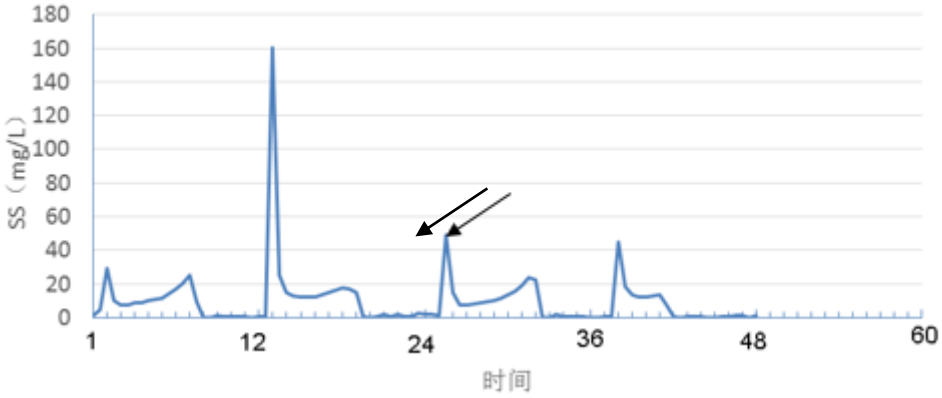


图 7.3-4　　悬浮物扩散增量过程线

7.3.1.6　悬浮泥沙扩散对海域敏感目标影响

工程海域周边的敏感目标有保护区、旅游娱乐区等环境敏感目标对海洋水质较为敏感，根据模型计算，工程海缆施工期间在敏感目标区产生的最大悬浮物浓度增量见表 7.3-2。

表 7.3-2　　海缆施工在敏感目标处的最大悬浮物增量（单位：mg/L）

序号	敏感目标	最大悬浮物增量
1	大戢洋产卵场保护区	10.08
2	徐公岛旅游休闲娱乐区	1.2
3	白节山群岛旅游区	0.02
4	南汇嘴湿地限制区	<0.001
5	奉贤海湾旅游区限制区	<0.001

从表 7.3-2 统计结果可见，工程施工对海域周围距离较近的敏感目标存在一定影响，其中对大戢山产卵场保护区，海底电缆埋设施工会造成其水质变劣，人为悬浮浓度增量达 10.08mg/L，可能对其水质造成短期不利影响，但影响范围极小；此外受施工影响，工程东侧的徐公岛旅游休闲娱乐区和白节山群岛旅游区会出现较低浓度的悬浮扩散场，可能对其海水水质、渔业资源及景观造成不利影响，但是影响均不超过 10mg/L。虽然工程海缆施工期间对工程附近敏感目标海水水质产生了不利影响，但对其造成的悬浮物影响是暂时的，随着海缆施工的结束，悬浮物浓度会在数小时内（和海流流速、泥沙沉降特性等有关）迅速衰减背景浓度值，在施工结束后不会影响保护区、养殖区和红线区的功能。

7.3.2 桩基础施工水质影响分析

机基础沉桩产生悬浮泥沙对海洋生物将产生一定的影响，根据分析，在沉柱施打会引起周围 100m 半径范围内悬浮泥沙增加（>10mg/L），则单台风机悬浮泥沙扩散影响范围约为 3.14 万 m^3，47 台风机加海上升压站将造成累计约 1.5072km^2 的悬浮扩散影响。根据类似工程经验，风机打造产生的悬浮物浓度较低，且范围集中在风机基础 100m 半径范围内，该范围已在海缆施工悬浮扩散范围内。

本工程海上升压站桩基础施工时钢管桩和导管架需灌浆连接，灌浆作业利用采用高强水泥基灌浆料。为保证浇筑质量，钢套箱为半封闭结构，一般情况下不会发生泄漏。但由于钢套箱需反复利用，可能发生因结构安装造成钢套箱的局部破损从而发生泄漏的情况。

导管架调平完成后，套筒与钢管桩间的环形空间内通过高强灌浆材料连接，压力灌浆工艺采用工作船上的灌浆泵进行施工。所灌注水泥砂浆可能发生泄漏、溢出，进而可能对桩基附近水质和沉积物环境造成污染。

本工程灌注的水泥砂浆，主要由胶凝材料（水泥）、拌和水和细骨料（细砂石）组成。水泥砂浆泄漏入海后与经海水稀释扩散会逐渐水化形成凝胶体，并不断把周围散粒的或块状的材料胶结成一个整体最终由原先的液态或半固定状态硬化为砼。一般水泥吸水饱和 45 min 后水泥浆逐渐失去塑性，出现凝结现象，而凝结后的砼颗粒较大，且水泥浆密度较高一般在 1800~2000kg/m^3，因此在发生水泥砂浆泄漏的情况下，砂浆及其固化形成的砼会快速沉入海底，其对海洋水质的影响将集中在泄漏口位置，而其对海洋水质的污染则主要表现为局部水体透明度下降，悬浮物浓度升高，但随着砂浆硬化沉降，对水质的影响会迅速减小。砂浆沉入海底后可能进一步与沉积物扩展凝结形成高强度的砼，由于水泥砂浆中不含重金属、营养盐等物质，因此砂浆沉降也不会对沉积物环境造成不利影响。因此只要在发现砂浆泄漏后及时停止灌注，并对泄漏处进行有效封堵，水泥浆泄漏对海水水质和沉积物环境较小。

7.3.3 污废水影响分析

7.3.3.1 施工期污废水影响分析

本工程海上施工期间生活污水产生量约为 7m^3/d，陆域施工期生活污水产生量为 21m^3/d，施工期海上船舶生活污水收集后与陆上施工人员依生活污水一起

经岱山基地污水处理设施处理达标准后，排入到大鱼山岛污水处理厂管网，不外排。海上生产废水（主要为施工机械冲洗废水）产生量约为 20m³/d，海上生产废水统一收集后运回陆上与陆上施工生产废水一并经污水处理设施处理后回用，避免直接排海，不会对海洋环境造成影响。

本工程施工船舶含油污水的产生总量约为 9.18t/d，施工期船舶含油污水收集后交由有资质单位接收处理。根据 2007 年 5 月 1 日实施的交通部《沿海海域船舶排污设备铅封管理规定》，禁止向沿海海域排放油类污染物，船舶所产生的油类污染物须定期排放至岸上或水上移动接收设施。除机舱通岸接头管系外，船舶油污水系统的排放阀以及能够替代该系统工作的其它系统与油污水管路直接相连的阀门应予以铅封，以保证船舶污水不排放入海。本工程施工船舶在执行上述铅封规定，船舶含油污水定期排至岸上交由有资质单位处理后，船舶含油污水不会对工程海域造成影响。

7.3.3.2 运行期污废水影响分析

（1）生产废水

海上升压站正常运行时不产生生产废水，当主变压器发生突发事故或机组检修时，可能会有少量的漏油和油污水，主要污染物为石油类。预计含油废水量约为 2m^3/a。油污水经事故油管排至事故油池，经统一收集后送交有资质单位进行处置，不会污染环境。

（2）生活污水

运行期日常工作人员为 40 人，生活污水日均排放量约 4.8m³/d，主要为粪便污水和少量洗涤废水，主要污染因子为 COD 和 SS 等。运行期工作人员生活污水经岱山基地污水处理设施处理达标后，排入大鱼山岛污水处理厂管网。

7.3.4 风机基础防腐材料对水质环境影响分析

（1）牺牲阳极锌释放对海水水质影响

牺牲阳极附着在钢管桩上，均暴露在水中，根据王恕昌等的研究成果，海水中的无机锌 Zn^{2+}、$Zn(OH)^{+}$及 $Zn(CO_3)$的形式存在，近岸及河口区含量相对较高。其存在形式有颗粒态、不稳定态、弱结合态和结合态。较大的颗粒态锌会较快沉降下来。由于锌的形态转化、与沉积物、生物的交换较为复杂，目前尚缺乏系统的研究。根据工程设计，每台风机基础每年释放的锌约 24.36kg，释放的

锌按 87%进入海水中随潮流扩散，则释放速度约合 0.67mg/s，则其扩散至不同距离时每年增加的锌浓度见表 7.10-3。

表 7.3-3　　单台风机阳极保护块不同距离时海水锌浓度每年增量

距离（m）	浓度增量（μg/L）
10	17.64
20	8.28
50	3.11
100	2.07
200	1.04

由表 7.10-3 可见，在最不利工况条件下，单台风机牺牲阳极释放的锌浓度增量 10m 处为 0.0176mg/L，叠加海水锌浓度背景值 0.0116mg/L（2018 年 10 月工程区域现状监测平均值），单台风机基础周边 10m 处的锌浓度为 0.0292mg/L，满足二类海水水质标准要求。在风电场实际运行中，牺牲阳极释放的锌将随海水输移扩散，不会在风电场区持续叠加，因此不会对区域海水水质造成显著影响。

（2）牺牲阳极铝释放对海水水质影响

参考《铝-锌-铟系合金牺牲阳极》（GB4948-2002）及本工程防腐设计内容，本工程阳极牺牲材料中铝含量为 93%，锌含量为 5.5%，本工程单台风机所需牺牲阳极块数量为 40 块，单块重量约为 310kg，总重量为 12400kg，由此计算，本工程风机单台风机每年释放铝约 411.9kg。

在同等材料损耗率条件下，铝的释放量明显高于锌的释放量。参考《模拟海水中铝阳极的腐蚀及缓蚀行为研究》（郑利民，哈尔滨工业大学，2009.6）。Cl^-与羟基或水分子在氧化膜表面形成竞争吸附，而羟基或水分子的吸附将导致铝表面的钝化。未被氧化膜覆盖的铝表面在含有 Cl^-的溶液中开始溶解，在溶解过程中产生 $Al(OH)_2Cl$ 和 $Al(OH)Cl_2$ 两种化合物。最终与氢氧根离子形成 $Al(OH)_3$ 沉淀或生成的 $Al(OH)^{4-}$由于扩散作用进入溶液。

与锌不同，铝不是重金属元素，在《海水水质指标》（GB3097-1997）中并没有铝这一指标，可知其对海洋水水质的影响远小于金属锌。基于此，国内外对于阳极牺牲的水质影响研究工作均针对金属锌，并未查阅到关于铝排放入海造成水质影响的相关研究内容。也未发现铝在海水及沉积物中的转换率研究内容。

本次评价考虑理想状态下所有阳极损失的铝全部以 $Al(OH)^{4-}$形式进入海水溶液的状态估算其最大影响。

类比锌计算结果，扩散条件情况下，单台风机牺牲阳极释放的锌浓度增量10m 处为 0.185μg/L。由于《海水水质指标》（GB3097-1997）中并没有铝这一指标，也没有对应的标准监测方法。参考《分子荧光光度法测定海水中痕量铝》海水中铝含量在几 μg/L 的范围。本工程造成的铝的增量明显低于背景值含量。风电场实际运行中，牺牲阳极释放的铝将随海水输移扩散，不会在风电场区持续叠加，因此不会对区域海水水质造成显著影响。

（3）风机基础钢管表面防腐层对水质影响

风机基础钢管表面采用防腐涂层，如氯化橡胶、聚氨酯、环氧沥青、环氧树脂漆等，或者用树脂与玻璃丝布交替涂刷、缠绕在钢结构表面、或采用聚乙烯材料包覆在钢结构表面亦可达到防腐的目的。上述材料具有附着力强、表面硬度高、耐磨性好、耐海水、耐化学腐蚀、耐干湿交替、耐阴极剥离等特点，对氧气、水、二氧化碳、水蒸气、各种离子，有极低的渗透率，属于无溶剂环保型涂料，无挥发性有机物，对海水水质影响较小。

7.4 海洋沉积物环境影响预测分析

7.4.1 施工期对沉积物环境的影响

施工期由于施工船舶在工程海域集结和在滩涂区设置施工场地，施工活动将产生生产废水、生活污水和垃圾等， 其中生产废水统一收集后经污水处理设施处理后回用，生活污水经岱山基地污水处理设施处理达到《污水综合排放标准》(GB8978-1996)三级标准后，排入到大鱼山岛污水处理厂管网，不外排，生活垃圾收集后一并纳入当地垃圾处理系统处理，不会对海洋沉积物造成影响。

7.4.2 运行期对沉积物环境的影响

（1）牺牲阳极锌释放对沉积物环境的影响

本工程运行期，仅少量风机基础牺牲阳极保护装置中重金属（主要是锌和铝）释放到海水中，无其他污染物排放入海。风机基础钢构架的牺牲阳极采用应用较为广泛的铝-锌-铟系合金。根据 4.2.2.7 节估算，本工程单台风机基础每年牺牲阳极年锌释放量约为 24.36kg，其中约有 13%以颗粒态锌进入沉积物，即单台风机每年可能进入沉积物的锌约 3.2kg。保守考虑进入沉积物的锌仅在风机桩基周围 20m 范围、表层 1m 内全部沉积，此范围内沉积物中年锌增量约为 3.32×10^{-6}，以

28 年计，累积增量为 93×10^{-6}，叠加工程海域沉积物中锌含量平均本底值 79.15×10^{-6}，则沉积物中锌含量为 172.15×10^{-6}。锌是海水中所含的常见物质之一，在工程实际运行中，牺牲阳极的锌释放到海水中后易随海水扩散进入大范围的循环，沉积的锌在化学、生物作用下也不易形成稳定型态而在 28 年内持续累积，风机基础周围沉积物中锌含量较低。因此，风机基础牺牲阳极锌释放对工程海域沉积物环境不会有明显不利影响。

（2）牺牲阳极铝释放对沉积物环境的影响

根据 4.2.2.8 节估算，本工程单台风机基础每年牺牲阳极年铝释放量约为 411.9kg，其中约有 13%以颗粒态铝进入沉积物，即单台风机每年可能进入沉积物的铝约 53.5kg。保守考虑进入沉积物的铝仅在风机桩基周围 20m 范围、表层 1m 内全部沉积，此范围内沉积物中年铝增量约为 5.6×10^{-5}，以 28 年计，累积增量为 1.57×10^{-3}。由于《海洋沉积物质量》（GB18668－2002）中并没有铝这一指标，也没有对应的标准监测方法，根据《美国 EPA 通用土壤筛选值》铝在居住类土壤中的筛选值为 7.7×10^{-2}，工程造成的累计增量远小于该值。铝是海水中所含的常见物质之一，在工程实际运行中，牺牲阳极的铝释放到海水中后易随海水扩散进入大范围的循环，沉积的铝在化学、生物作用下也不易形成稳定型态而在 28 年内持续累积，因此，风机基础牺牲阳极铝释放对工程海域沉积物环境不会有明显不利影响。

7.5 海洋生态环境和渔业资源影响预测与评价

7.5.1 施工期对海洋生态和渔业生产的影响预测分析

7.5.1.1 对海洋生态的影响

（1）对浮游生物的影响

工程施工对浮游生物的影响主要反映在施工悬浮泥沙入海导致海水的混浊度增大，透明度下降，不利于浮游植物的光合作用，降低单位水体内浮游植物的细胞丰度，进而对浮游动物的生长起到抑制作用。

一般而言，当悬浮物浓度增加量在 10mg/L 以下时，水体中的浮游植物不会受到明显影响，当悬浮物的浓度增加量在 10~50mg/L 时，浮游植物将会受到轻微的影响，而当悬浮物浓度增加量达 50mg/L 以上时，浮游植物会受到较大的影响，特别是施工中心区域，悬浮物含量较高，海水透光性差，浮游植物生长将受

显著抑制。

徐兆礼等对悬沙影响浮游植物的问题进行了多项研究，其中长江口悬沙牟氏角毛藻生长影响的动态试验和静态试验研究结果表明：牟氏角毛藻的生长速度随悬沙浓度增大而逐渐减少，悬沙对浮游植物的影响非常显著，而且悬沙一旦产生，即便是浓度不大，也影响水体的透明度，从而影响浮游植物的光合作用，对浮游植物生长起到抑制作用。徐兆礼等人的研究结果还表明：悬沙对浮游植物的影响有两个方面，一是悬沙影响水体的透明度，从而影响浮游植物的光合作用，对浮游植物生长起到抑制作用；二是底泥中存在的污染物，这些污染物从底泥中析出，造成水体二次污染，进而对浮游植物生长产生影响。根据徐兆礼开展的实验研究，长江口疏浚弃土悬沙对微绿球藻和牟氏角毛藻的生长有一定的抑制作用，试验结果表明，当水体中含沙量持续 96h 达到 3g/L 时，藻类生长速率降低 20%~30%。但当作业停止，悬沙迅速沉淀，水体变清，藻类生长可恢复正常。

同样，施工作业对浮游动物最主要影响是水体中增加的悬浮物，水体的浑浊度增大。悬浮物对浮游动物的影响与悬浮物的粒径、浓度等有关。具体影响反应在浮游动物的生长率、存活率、摄食率、丰度、生产量及群落结构等方面。浮游动物受影响程度和范围与浮游植物相似。

李纯厚等所做的悬浮物毒性试验表明，悬浮相对浮游甲壳类的致毒效应明显。22.0~24.0℃试验水温时，悬浮相对卤虫无节幼体和浮游桡足类的急性毒性试验结果分别为：96hLC50 为 71.6mg/L(卤虫无节幼体)，48hLC50 为 61.3mg/L(浮游桡足类)。

王金秋等研究表明，培养液中加入 7~9mg/mL 的弃土悬沙，褶皱臂尾轮虫种群的存活率呈显著和极显著差异，即高浓度的悬沙，可降低该轮虫的存活率，从而导致其种群增长率显著和极显著地降低，说明该浓度弃土悬沙是该轮虫的敏感浓度阈值，低于这一浓度则对该轮虫无显著影响。

施工过程引起的入海悬浮泥沙是暂时和有限的。随着工程施工结束，泥沙通过沉降作用，水质将逐渐恢复，浮游生物会逐渐恢复正常。有关资料表明，浮游生物群落的重新建立需要几天到几周时间。由于本工程风机桩基施工和海缆铺设选择小潮期实施，控制悬浮泥沙入海后扩散范围，施工产生的悬浮泥沙对浮游生物不会产生长期不利影响。

（2）对底栖生物的影响

本工程施工期对底栖生物的影响主要表现为施工期对潮下带生物生境的临时压占。

本工程 35kV 海底电缆总长 51.63km，220kV 海底电缆位于潮下带的长度为 42.19km，上述电缆采用射水式挖沟犁施工，电缆沟底宽度 0.5m，考虑到挖沟犁在作业过程中会扰动底泥造成泥沙悬浮，悬浮的泥沙在重力作用下回落覆盖原有潮下带底栖生物生境，对于部分活动能力较弱的底栖生物可能造成损害。因此报告将 3m 作为开沟作业对潮下带底栖生物的影响宽度，则海底电缆沟槽占用潮下带底栖生物生境面积为（51.63+42.19）×1000×3=281460m^2。本工程 47 台风机和 1 座海上升压站临时压占面积为 3591.75m^2。此外海缆穿越航道处需采用水泥压块进行固定，水泥压块面积合计 27597m^2。

根据底栖生物现状调查资料，采用2018年4月（春季）和2018年10月（秋季）底栖生物生物量最大值3.4g/m^2计算（2018年4月平均底栖生物生物量为3.4g/m^2，2018年10月平均底栖生物生物量为2.19g/m^2）。上述影响中施工期临时占压影响年限低于3年的按3年补偿，每吨生物经济价值按1万元考虑，则本工程建设造成底栖生物经济损失3.18万元。具体影响面积、生物量损失及经济损失见表7.5-1。

表 7.5-1　　底栖生物的影响损失

影响性质	项目名称	潮下带影响面积(m^2)	底栖生物生物量(g/m^2)	直接损失量(t)	经济损失(万元)	影响年限	累计经济损失(万元)
临时压占	海缆开挖	281460	3.4	281460×3.4/1000000=0.96	0.96	3	2.88
	水泥压块	27597		27597×3.4/1000000=0.08	0.09		0.27
	桩基基础施工	3591.75		3591.75×3.4/1000000=0.03	0.01		0.03
总计							3.18

7.5.1.2 对渔业资源的影响

（1）施工悬浮物对渔业资源的直接影响

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。

悬浮颗粒还会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，大量悬浮物会造成水体严重缺氧而导致生物死亡。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 8g/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会产生一定程度的影响，试验结果三组数据表明最大死亡率为 60~70%，最小为 5~10%，平均为 30%。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。

泥沙入海引起海水中悬浮物增加，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

①施工悬浮物影响面积

施工悬浮泥沙主要产生在海底电缆铺设工序。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，若悬浮物浓度增量大于 10mg/L，可能对鱼类生长造成影响。根据数模计算结果，施工引起的悬浮泥沙扩散浓度为 10~50mg/L、50~100mg/L、>100mg/L 的叠加包络线面积分别为 91.14km^2、10.07km^2、7.81km^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。

②生物损失率取值

依据《建设项目对海洋生物资源影响评估技术规程》（SC/T9110-2007），鱼卵生长到商品鱼苗按 1%成活率计，仔稚鱼生长到商品鱼苗按 5%成活率计。

③生物密度取值

根据2018年4月和2018年10月渔业资源调查的鱼卵仔鱼调查结果，鱼卵密度平均值为1.49ind./m^2，仔鱼密度平均值为0.48尾/m^2，调查海域平均水深7.0m，鱼卵资源密度为10.43ind./m^2，仔鱼资源密度为3.36尾/m^2，海域鱼、虾、蟹类平均幼体尾数密度为13.6×10^3ind./km^2；30.6×10^3ind./km^2和2.0×10^3ind./km^2（注：幼体数=总体数×幼体比），本评价渔业资源损失估算以上述数据为计算依据。

④经济损失估算

依据《建设项目对海洋生物资源影响评估技术规程》（SC/T9110-2007），施工期经济损失按 3 年计算。根据舟山水产城水产批发价格平均价，扣除捕捞生产成本后，鱼苗单价以 0.5 元/尾，鱼虾蟹单价以 5000 元/t 为计算依据。经计算，本工程施工期渔业资源直接经济损失总计约为 659.78 万元，具体见表 7.5-3。

（3）小结

综上所述，本工程施工期共造成海洋生物资源经济损失 662.96 万元，见表 7.5-2。

表 7.5-2　　本工程造成海洋生物资源经济损失汇总表

项目	悬浮物扩散影响	潮下带临时压占	合计
经济损失(万元）	659.78	3.18	662.96

表 7.5-3　工程施工悬浮物扩散对渔业资源损失估算

	渔业资源	资源密度	损失率	损失量(尾)	折成鱼苗存活率	折算成鱼苗和重量损失(尾)	商品规格重量	单价	经济损失
悬浮物扩散浓度为10~50mg/L	鱼卵	10.43 粒/m^2	10%	95059020	1%	47.53		0.5 元/尾	47.32
	仔鱼	3.36 尾/m^2	10%	30623040	5%	76.56		0.5 元/尾	76.22
	幼鱼（尾数）	13.6(10^3ind./km^2)	1%	12395.04	50%	0.31	100	5000 元/t	0.62
	幼蟹（尾数）	2.0(10^3ind./km^2)		1822.8	50%	0.05	100	5000 元/t	0.09
	幼虾（尾数）	30.6(10^3ind./km^2)		27706.56	50%	0.05	7	5000 元/t	0.10
	总计								124.49
悬浮物扩散浓度为50~100mg/L	鱼卵	10.43 粒/m^2	30%	31509030	1%	15.75		0.5 元/尾	19.29
	仔鱼	3.36 尾/m^2	30%	10150560	5%	25.38		0.5 元/尾	31.07
	幼鱼（尾数）	13.6(10^3ind./km^2)	10%	13695.2	50%	0.34	100	5000 元/t	0.84
	幼蟹（尾数）	2.0(10^3ind./km^2)		2014	50%	0.05	100	5000 元/t	0.12
	幼虾（尾数）	30.6(10^3ind./km^2)		30612.8	50%	0.05	7	5000 元/t	0.13
	总计								41.58
悬浮物扩散浓度》100mg/L	鱼卵	10.43 粒/m^2	50%	40729150	1%	20.36		0.5 元/尾	22.22
	仔鱼	3.36 尾/m^2	50%	13120800	5%	32.80		0.5 元/尾	35.78
	幼鱼（尾数）	13.6(10^3ind./km^2)	20%	21243.2	50%	0.53	100	5000 元/t	1.16
	幼蟹（尾数）	2.0(10^3ind./km^2)		3124	50%	0.08	100	5000 元/t	0.17
	幼虾（尾数）	30.6(10^3ind./km^2)		47797.2	50%	0.08	7	5000 元/t	0.18
	总计								53.86
3 年合计									659.78

7.5.1.3 对渔业生产的影响

由于工程整体位于嵊泗农渔业区，本工程施工会直接占用部分渔业水域，减少渔业生产作业范围减少，同时施工扰动等的影响，施工区域的渔业生产会受到影响。

根据国家海洋局发布的《海底电缆管道保护管理规定》（2004 年），沿海宽阔海域为海底电缆管道两侧各 500m 为海底电缆管道保护区的范围，海港区内为海底电缆管道两侧各 50m，禁止在海底电缆管道保护区内从事挖砂、钻探、打桩、抛锚、拖锚、底拖捕捞、张网、养殖或者其它可能破坏海底电缆管道安全的海上作业。

本工程风机间距最小为 600m，作业渔船可能与风电场桩基发生碰撞事故，也可能发生抛锚或打桩等作业损坏海底电缆等事故。从安全角度考虑，不建议在此范围内进行捕捞和养殖工作。根据现场调查，由于工程海域在不同季节存在张网捕捞作业，本工程建设对渔业生产的影响主要体现在因海底电缆保护而导致渔业生产作业范围减少，从而导致捕捞产量下降。建议工程开工前，建设单位应与地方渔业行政主管部门进行充分的协商沟通，对受影响的渔业生产从业者进行合理必要的补偿，以减轻项目实施对渔业生产的影响。目前建设单位已经与嵊泗县人民政府就渔业生产补偿达成一致，对工程区域内的固定张网、拖网、渔船和流网网具进行清理并进行补偿，确保对受影响渔民的生产生活进行相应的补偿并维护社会稳定，协议见附件 20。

7.5.2 运行期对海洋生态和渔业生产的影响预测分析

7.5.2.1 对海洋生态环境的影响分析

（1）对底栖生物的影响

根据前述水文动力和泥沙冲淤影响评价结论，工程建成后除风机墩柱周围局部区域外，工程附近海域的水文动力和泥沙冲淤环境基本不会改变，且工程建成运行后基本不会影响工程海域水质和沉积物环境，工程建成后工程海域潮下带生境条件较工程前无明显变化，因此工程所在潮下带生物类型、数量、组成等均不会发生明显变化。工程运行期对海洋生态环境影响影响主要为风机基础对潮下带底栖生物生境的长期占用。根据工程分析 4.2.2.4 节，本工程 47 台风机和海上升

压平台桩基础及桩周围护占用的潮下带面积为 1197.25m^2。风电场造成的潮下带底栖生物直接损失量为 0.0041t（1197.25×3.4/1000000）。

上述影响为运行期长期占用，影响年限按20年补偿，每吨生物经济价值按1万元考虑，则本工程运行期造成底栖生物经济损失0.1万元。

（2）小结

本工程施工期和运行期造成海洋生物资源经济损失共计663.06万元。

表 7.5-4　　本工程造成海洋生物资源经济损失汇总表

损失项目	悬浮物扩散影响	潮下带临时占用	潮下带永久占用	合计
价值(万元）	659.78	3.18	0.1	663.06

7.5.2.2　对渔业生产的影响分析

根据国家海洋局发布的《海底电缆管道保护管理规定》（2004 年），沿海宽阔海域为海底电缆管道两侧各 500m 为海底电缆管道保护区的范围，海底电缆管道保护区内禁止从事挖砂、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。

本工程风电机组布置排内间距 1000m，作业渔船可能与风电场桩基发生碰撞事故，也可能发生抛锚或打桩等作业损坏海底电缆等事故。从安全角度考虑，禁止在此范围内进行捕捞和养殖工作。

由于工程海域范围不涉及养殖户，本工程建设对渔业生产的影响主要体现在因海底电缆保护而导致渔业生产作业范围减少，从而导致捕捞产量下降。因海底电缆保护而受到影响的捕捞区面积（包含风机保护范围）约 3870 公顷，项目建设对渔业生产将产生一定影响。据调查，本工程海缆保护区范围（包含风机保护范围）内渔船作业方式基本以定置张网为主，偶有流动拖网，捕捞品种主要为海蜇和鳗苗，捕捞品种与作业范围随季节性差异较大，本工程涉及的主要乡镇为洋山镇，目前，业主单位正在与当地政府和海洋管理部门协商、核实本工程海缆保护区范围（包含风机保护范围）内作业渔船具体数量，并进一步落实相关补偿事宜。

7.5.3　对海洋生态系统服务功能的影响评价

本工程建设对海洋生态和渔业的影响最终体现在生态系统服务功能上。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。工程建设所在海域的生态系统服务功能可划分为物种栖息地、污染净化等方面的主导功能。

（1）物种栖息地

工程建设所在海域是多种水生动物栖息、繁殖场所，也邻近候鸟的迁徙区。风电场工程建设施工期会对该栖息地的水生动物栖息、繁殖产生较大的干扰，主要对幼体造成一定程度的伤害，造成成体回避，但在运行期基本不受影响。且本工程占用滩涂的区域仅限于集控中心，面积较小，虽造成鸟类栖息地面积减少，但影响不大，且本工程主体工程全部位于海上，西北距上海约 15km，基本避开了候鸟迁徙通道，对鸟类的迁徙影响较小。

（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、还原和生化等综合降解能力。在工程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。在工程运行期，工程不明显改变海域的潮流场特征，同时也不增加海域污染物负荷，因此不会对海域污染物净化功能造成明显影响。

7.5.4 海洋生态和渔业资源影响小结

本工程施工期造成底栖生物损失 1.06t，按照 3 年补偿，每吨补偿金额 10000 元计算，补偿金额为 3.18 万元；施工期悬浮物影响造成渔业资源损失补偿金额为 662.96 万元。

运行期风机基础和海上升压站基础压占对底栖生物直接损失量为 0.0041t，按照 20 年补偿，每吨补偿金额 10000 元计算，本工程运行期对海洋生物资源补偿金额为 0.1 万元。

综上所述，本工程施工期、运行期对海洋生态和渔业资源补偿金额共计 663.06 万元。

7.6 对鸟类及其生境影响预测与评价

评价选择区域鸟类组成中优势种种类、对人为干扰较敏感的种类及受保护的鸟类为主要评估对象。施工期与运行期由于影响作用途径不同，主要生态影响及其强度也有一定的差异。

7.6.1 施工期对鸟类的影响评价分析

7.6.1.1 施工对鸟类栖息和觅食的影响分析

根据 2018 年 8 月、10 月、2019 年 1 月、4 月对南汇东滩、洋山港、工程区及邻近区域鸟类组成和分布情况调查，南汇边滩记录的鸟类种类、数量远高于洋山港，大小洋山岛鸟类数量相对较少，而工程区海域只是偶尔记录亦个别种类，如 8 月记录海鸥、家燕各 1 只，而 10 月只记录海鸥 1 只，1 月份记录到海鸥 2 只，4 月份只记录到白鹭 1 只。

本工程施工作业区主要在海上，风机位置距上海约 15km，距离岱山县约 42km，距离五峙山鸟类保护区和火山列岛群岛的距离也均在 30km 以上，施工期间风电场区域的施工不会影响附近滩涂湿地和内陆水域鸟类的栖息和觅食；陆上岱山施工基地主要用于设备堆放、拼装、施工人员生活办公等，该基地已经建成，不新增用地，不会造成对鸟类栖息地和生境的占用；风机设备运输会对码头附近的鸟类栖息和觅食造成一定的影响，但岱山基地和大小洋山岛均没有大群鸟类集群第，只有零星的鸻鹬类和鹭类，在注意保护施工基地附近鸟类的前提下，对鸟类影响很小；风电场区域的打桩施工产生的噪音等，对该区域鸟类会产生驱赶作用；海底电缆敷设会破坏项目区的底栖生物和鱼类的生境，使项目区的底栖生物和鱼类种类和生物量减少，进而影响觅食。

综上所示，施工期主要对风电场周边海域鸥类的觅食产生影响，但由于施工作业属于短期行为，施工结束后，底栖生物和鱼类可在一定时间内得以恢复，同时施工影响范围仅限于风机周边，施工活动对水域的扰动影响有限，同时风机所处位置不是鸥类的主要觅食地，因此项目建设对鸥类的影响较小。

7.6.1.2 施工对鸟类繁殖的影响分析

周边鸟类繁殖的区域主要在五峙山鸟类保护区和火山列岛群岛，主要是一些夏候鸟和留鸟。本工程施工距离距离鸟类繁殖地遥远，最近的火山列岛群岛距离风电场超过 30km，不会占用这些鸟类的繁殖地，对鸟类繁殖基本不会产生影响。

7.6.1.3 施工对鸟类迁徙的影响分析

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 7.6-1 所示。鸥类的飞行高度在 20m 以下，中小型鸻鹬类和部分

雀形目鸟类飞行高度与风机叶轮的波及高度有所重叠，其他大型鸟类的飞行高度均在 300m 以上。

而在天气恶劣或遇上异常天气条件，许多鸟类会在迁徙过程中寻找适宜栖息地作中途停歇。风电场建设邻近区域，特别是已经圈围但尚未开发的滩涂区域，可以为此提供便利。

鸟类在迁徙的中途停歇地，其栖息地和觅食地通常在不同的区域，由于觅食的需要，通常会在觅食地和栖息地之间往返迁飞。这种迁飞由于飞行距离一般较短，其飞行高度通常要低于直接的长距离迁飞的高度。

风机基础施工、升压站、电缆施工期间，由于均为近海面作业，施工设备的高度一般在 20m 以下。在安装过程中，根据风机的轮毂高度和叶片半径，总高度不超过 200m，而鸟类迁徙的高度一般在 300m 左右，小型鸟类不超过 300m，大型鸟类均超过 300m。可见，鸟类迁徙飞行高度远在风机高度之上。对于短距离迁徙飞行的鸟类，虽然它们的飞行高度会低于风机高度，但由于风机比较大，且发生一定的噪音，因此在风机安装阶段，不管在白天或黑夜，鸟类飞行接近风机 200 或 100m 就会发现它的存在，并且提前改变飞行路径，回避风机。只有在云雾或强劲的逆风等不利天气下，以及夜晚受灯光吸引，个别鸟类会飞至工程风机区域。

一般来说，施工期间对鸟类的迁飞的影响较小，只会局部改变迁飞鸟类的飞行高度和路径，而不会阻碍其正常迁飞或导致鸟类的大量死亡。

表 7.6-1　　主要迁徙鸟类飞行高度一览表

考察物	高度（m）
小型鸻鹬类/鸥类	50-250
中型鸻鹬类	100-300
大型鸻鹬类	150-400
鸥类	3-20
鹭类	150-600
鹳类	350-750
鹤类	300-700
鸭类	150-500
雁类（包括天鹅）	350-12000

7.6.2　运行期对鸟类的影响评价分析

工程运行影响主要集中在海域风机运行对鸟类的作用。根据鸟类栖停迁飞特

征的不同，其影响作用也有一定差异，主要分为以下两种情况，一是对邻近区域栖息、觅食鸟类的影响，二是对迁徙过境鸟类的影响。

（1）风机对邻近区域栖息、觅食鸟类的影响

风机对邻近区域栖息、觅食鸟类的可能影响主要包括两个方面。一方面是风机运行，包括叶片运动、噪音等对鸟类的干扰影响；另一方面是风机与鸟类可能发生碰撞。

根据已有研究，风机运行对鸟类的干扰影响范围一般是 800m（繁殖鸟是 300m）（Percival，2003），而本工程建设区距离邻近陆域岸线超过 30km，同时在风电场区域出现的鸟类数量非常少，因此风机运行的直接干扰影响较小。

根据相关研究及鸟类学特性，在风机邻近区域栖息、觅食的鸟类，其活动时间基本都在白天。而一般鸟类都具有良好的视力，它们很容易发现并躲避障碍物，在天气晴好的情况下，即使在鸟类数量非常多的海岸带区域，鸟类与风机撞击的机率基本为零（Crockford，1992；Winkelman，1985）。本工程建设区邻近区域停栖的鸟类，大部分其觅食地和栖息地基本都在大陆岸线邻近区域，包括堤外光滩区域和堤内的鱼塘、水洼等，其向东迁飞穿越风电场的可能性较小。2012-2013 年对东海大桥海上风电场区域鸟类连续观测结果也证明这一点（东海大桥海上风电场距大陆岸线约 8km）。而从盐城保护区丹顶鹤、黑嘴鸥等重要保护鸟类的分布情况来看，主要集中在核心区，距离风电场超过 90km，其在北部区域出现的频度较小。因此，从目前情况来看，本工程风电场运行对邻近区域栖息、觅食的鸟类影响相对较小。但是将来，如果区域进行滩涂圈围，大陆岸线向东推移，风电场与邻近鸟类栖息地的距离会缩短，其对鸟类的影响可能会增强。

（2）风机与直接迁徙过境鸟类的影响

由于候鸟迁徙基本沿大陆海岸线进行，本工程海上风电场距离岸线超过 30km。根据目前的情况看，迁徙期候鸟基本不会穿越该风电场而造成鸟机相撞的风险。在东海大桥海上风电场（距离岸线 8km）连续视频监测，也未记录到有鸟类在迁徙期穿越风场，在一定程度上也支持这一结论。

但是，将来随着区域大陆岸线向东推移，风电场距离候鸟迁徙的中心线路的距离会缩短，风电场对候鸟迁徙路线的阻断影响会增加。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）。但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）。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（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）。特别是在离岸区域建设风电场，它的撞击概率就更小。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）。

2012 年 12 月-2013 年 6 月，2013 年 9 月至 2014 年 4 月，在东海大桥一期风电场建设区，利用风机安装的监控系统，开展了风电场鸟类的视频监测。在主要观测时段，基本没有记录到鸟类在风电场区域活动的情况。这与风电场距离南汇东滩陆域岸线较远（约为 8km）有关。相对而言本工程海上风电场距离岸线更远，在区域中活动的鸟类数量会更少。

2014 年 3 月下旬在鸟类迁徙期对龙源海上风电场鸟类进行了观测调研，结果如表 7.6-2 所示。调查期间共记录鸟类 47 种，其中国家重点保护鸟类有 3 种，分别为黑脸琵鹭、红隼和鸳鸯。在这三种保护鸟类中，除了鸳鸯外，其余 2 种都只在风电场区域有记录。观测期区域鸟类主要优势种为鸻鹬类的黑腹滨鹬、环颈鸻和灰斑鸻。观测期风电场区域记录鸟类种类最多为 31 种；其次为南部对照区，记录有 29 种；北部对照区记录鸟类物种数最少，只有 22 种。从记录的鸟类数量来看，风电场区域记录到鸟类 5320 羽，与南部对照区（5411 羽）基本持平，但明显高于北部对照区（1855 羽）。从定点观测情况来看，鸟类在海上风电场区域的活动主要分为迁飞、觅食和停栖三种类型。定点观测时，观测记录数量最多的为大杓鹬和黑嘴鸥。其中，大杓鹬记录有 839 只次，黑嘴鸥记录有 534 只次。观测期间，大杓鹬和黑嘴鸥在风电场区域的行为特征如图 7.6-1 和图 7.6-2 所示。由此可见，海上风电场建设区域，仍然是大杓鹬、黑嘴鸥等鸟类适宜的觅食、栖息场所。

从鸟类在风电场区域迁飞的特点来看，基本上所有的鸟类，在风电场区域的迁飞活动，都集中在风机之间 800~1000m 的空档内，基本不会穿越风机叶轮扫过的区域。相当一部分鸟类，特别是鸻鹬类，在风电场内迁飞时往往降低高度、

贴近水面（滩面），从而大大降低了鸟类与风机撞击的风险。观测期内未记录到任何的鸟击症候。由此可见，在保证一定的风机布设间距、建设高度的情况下，鸟类与风机的相撞概率非常低，风机对鸟类的影响也相对较小。

[redacted]7.6[redacted] [redacted]2014[redacted]

[redacted]	[redacted]	[redacted]			[redacted]
		[redacted]	[redacted]	[redacted]	
[redacted] [redacted]鹈鹕	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	
[redacted] [redacted]鹈鹕	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	
[redacted] [redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	
[redacted] [redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	
[redacted] [redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	
[redacted] [redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]
[redacted] [redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	
[redacted] [redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	
[redacted] [redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	
[redacted] [redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	
[redacted] [redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	
[redacted] [redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	
[redacted] [redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	
[redacted] [redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	
[redacted] [redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	
[redacted] [redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	
[redacted] [redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	
[redacted] [redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	
[redacted] [redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	
[redacted] [redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	
[redacted] [redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	
[redacted] [redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	
[redacted] [redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	
[redacted] [redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	
[redacted] [redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	
[redacted] [redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]
[redacted] [redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	
[redacted] [redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	
[redacted] [redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	
[redacted] [redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	
[redacted] [redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]		
[redacted] [redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]		
[redacted] [redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	
[redacted] [redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	

—|“*|” 10|; |“*” 10 10|; |“*”100 |1000|; |“* ”|II |FD NR SR



7.6 大杓鹬在海上风电场区域的行为特征



图 7.6-2 黑嘴鸥在海上风电场区域的行为特征

从鸟类飞行高度与风机相关参数的比较来看，如表 7.6-1 所示，本工程风机

叶片高度范围与中小型鸻鹬类、鸥类以及部分雀形目鸟类有一定的重叠。当大陆岸线与风电场距离缩短、鸟类穿越风电场的可能性增加时，鸟类与风电场撞击的概率也会增加。在未来邻近陆域工程建设，特别是滩涂匡围工程建设时，需要考虑与风电场对鸟类的叠加影响。

从小洋山区域鸟类分布特征来看，其种类、数量均明显低于邻近的南汇边滩区域，而且小洋山距离南汇边滩较远（>30km），调查期间未发现有鸟类往返迁飞南汇边滩和小洋山区域，风电场建设基本不会造成小洋山与陆域鸟类迁飞的阻断影响；由于工程区离小洋山鸟类栖息区域（靠近小洋山中部）尚有一定距离，工程施工期和运行期基本不会对小洋山区域鸟类产生负面影响。而从工程建设区距离南汇边滩的距离来看（距离接近 30km），其对邻近陆域鸟类的影响也相对较小。

7.6.3 邻近风电场建设的累积影响

根据 2012 年 12 月-2013 年 6 月，2013 年 9 月至 2014 年 4 月，在东海大桥一期风电场建设区，利用风机安装的监控系统，开展了风电场鸟类的视频监测。在主要观测时段，基本没有记录到鸟类在风电场区域活动的情况。从风电场建设区域来看，主要是因为风电场建设区域距离南汇边滩陆域岸线较远（约为 8km），风电场对鸟类影响，包括迁徙路线的阻断影响相对较小。

但是随着陆域圈围，陆域岸线向东推进，岸线距离风电场建设区域的距离逐渐缩小，而邻近风电场的建设加大了风电场的规模同时也缩短了距离岸线的距离，包括东海大桥二期、临港风电一期和二期风电场等。其对鸟类的阻断、干扰影响将逐渐增强。虽然本项目工程建设区目前距离岸线较远，但是随着邻近风电场的建设、岸线向东推进，其对鸟类的累积影响将逐步增强，需要加强跟踪观测。

7.7 电磁环境影响分析

本海上风电场电磁环境来源主要有两部分：1 座海上 220kV 升压站、风电场内的 35kV 和风电场外 220kV 的海底电缆。目前，对陆地架空高压传输线电磁环境影响的研究已经比较成熟（C. R. Paul,1994; J. B. Faria, 2006），而针对海底电缆电磁环境的研究仍比较少。海底电缆的传输方式(交流、直流)、电缆材料、电力传输特性和海水电导率等因素，都将对海底电缆的电磁环境有一定影响。

7.7.1.1 220kV 海缆电磁环境类比影响分析

目前陆上埋地电缆运用较多，陆上电缆电磁场传播介质为空气，海底电缆电磁场传播介质为海水，但海底电缆与陆上电缆均埋设于地下，土壤和海底沉积物对电磁场均有一定的屏蔽作用，因此类比陆上电缆线路有较好的可比性。

工程送电线路均采用海底电缆形式进行电力输送，由于电缆线经过电缆外层遮蔽后产生的工频电磁场强度水平较小，通过类比监测已运行的广东 110kV 双回旗光、旗长电缆和 220kV 双回中宝电缆线路和 220kV 双回景芳电缆线路进行分析，220kV 双回中宝电缆线路工频电磁场监测结果见表 7.7-1，变化趋势图见图 7.7-1。

表 7.7-1　　220kV 双回中宝电缆线路工频电磁场监测结果一览表



图 7.7-1　　220kV 双回中宝电缆工频电磁场变化趋势图（离地 1.5m）

从上表中可以看出，220kV 双回中宝电缆输电线路正常运行的情况下，监测断面各点工频电场强度在 1.66～2.03V/m 之间，由于受屏蔽影响，接近背景值，

最大值出现在中心线外 20m 处，远小于 4kV/m 的限值要求；工频磁感应强度在 63.08～14785.18nT 之间，最大值出现在中心线外 0m 处为 14.8μT。

从上图中可以看出，监测断面各点工频电场强度由于受屏蔽影响，基本相同，接近背景值；工频磁感应强度总体呈现衰减趋势，即随着与线路中心线距离的增加，强度均逐渐趋小。

220kV 电线空间磁感应强度的预测计算。由于海水和空气介质的非磁属性，同时也考虑了电磁波在海水中传播的能量衰减速率较空气环境中更大，磁场强度在相同距离上空气中还会略大些的基本思路，预测 220kV 海底电缆所产生的磁场强度。根据公式可以进行预测计算 220kV 导线上方 A 点处的磁场强度：

$$H = \frac{I}{2\pi\sqrt{h^2 + L^2}}$$

式中：I---导线 i 中的电流值；

h---计算 A 点距导线的垂直高度；

L---计算 A 点距导线的水平距离。

将磁场强度转换为磁感应强度，转换公式如下：

$B=\mu_0 H$

B：磁感应强度

H：磁场强度

μ_0：真空中相对磁导率（$\mu_0=4\pi\times10^{-7}$H/m）。图 7.7-2 给出 220kV 电缆磁感应强度的总体分布情况。

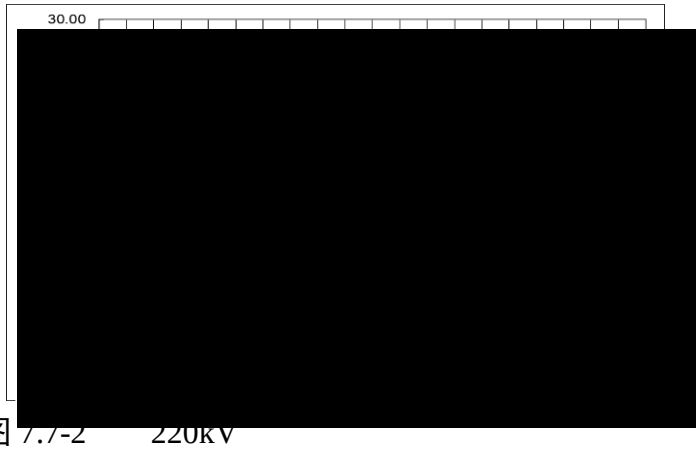


图 7.7-2　　220kV

由图 7.7-2 和可见，在电缆线中心距离上的磁感应强度为 22μT，综合量最大值出现在距电缆中心线投影 5m 处，其值为 24.91μT，之后随与此点距离的增加，

其值逐步降低。

由于海水的流动或海洋生物经过海缆时，会在海缆周围形成感应电流，这种感应电流会被一些古老的电感受鱼类感知，比如中华鲟。根据模拟结果，海缆埋于海底 2m 时，产生的感应电场强度为 80 μV/m。

表 7.7-2　海底电缆辐射的感应电场强度

Distance (m) Above Seabed	Field Strength (V/m)		
	Horizontal Distance (m) from Cable		
	0	4	10
0	1.94E-04	3.15E-05	7.85E-05
5	1.75E-05	1.62E-05	1.39E-05
10	8.80E-06	8.52E-06	7.13E-06

上海海洋大学在实验室以西伯利亚鲟为实验动物研究了鲟鱼的电感受阈值，研究对象为10-15cm。电生理的结果表明，西伯利亚鲟的电感受阈值是20μV/cm，即 2000μV/m。该值大于 220KV 海缆在 2m 深处产生的感应电流（80 μV/m），行为研究表明，幼鲟对电场的避让阈值为 457μV/cm，随着鲟鱼个体的增长，避让阈值降低为 30μV/cm，这跟电感受敏感度随着个体生长增加而提高有关。即个体越大的鲟鱼电感受敏感度越小。

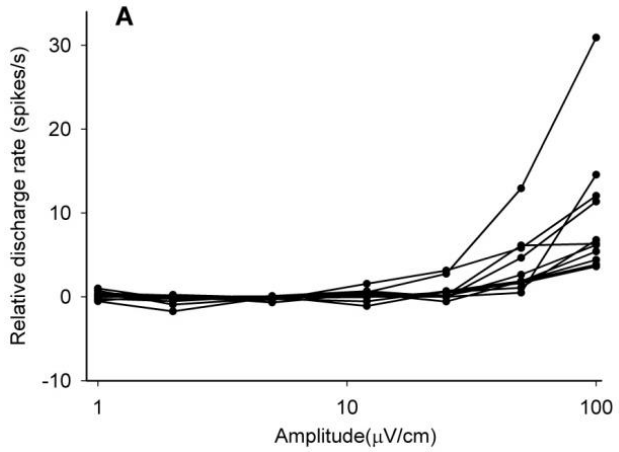


图 7.7-3　　西伯利亚鲟的电感受阈值

但中华鲟是洄游性鱼类，中华鲟属溯河产卵洄游性鱼类，每年 10-11 月，它们到长江上游繁殖。随后，10-15cm 的幼苗顺江而下，到长江口稍作停留，然后在大海中发育生长及性成熟。因此，如果以西伯利亚鲟的电感受阈值进行类比分析，10-15cm 的幼中华鲟的电感受阈值为 2000μV/m，对海缆在 2m 深处产生的感应电流（80 μV/m）反应不敏感。但性成熟的中华鲟的电感受的敏感性有一定

程度的提高，但不同体长的鲟鱼的电感受阈值变化尚无研究报道，尤其性成熟的中华鲟的电感受更无报导。

到目前为止，英国利物浦大学对于风力发电机电缆产生的磁场进行了最精确的分析。对一个各芯电流强度为 350A、置于三层媒介中的三芯电缆进行了测定，调查由于改变护铠和护板传导性而产生的磁场减弱效应，研究发现掩埋电缆能最高效地减小磁场峰值。对于埋设于浅水区的海底电缆，电磁波在海水中的传播的能量衰减速率较空气环境中更大。电磁波在海水中传播时激起的传导电流，致使电磁波的能量急剧衰减，频率愈高，衰减愈快。电磁波的振幅衰减为原来的 1/e 时的传播距离，称为穿透深度 D。根据电磁学麦克斯韦方程组，兆赫级以上的电磁波在海水中的穿透深度 D 小于 25cm，因此海水对交流海底电缆产生的 0.5MHz 磁场的屏蔽作用较空气中更强，浅水区下电缆输电释放的磁场能量会迅速衰减。

英国利物浦大学通过工业标准模拟了在 132kV 电缆工作在最大负载和掩埋在海底下 1m 的海底电缆电磁感应强度（EMF）。计算出交流磁场为 1.6uT(在海床面上)，iE 电场为 91uv/m（CMACS, 2003），他们认为通过 8m 深的海水后其幅度将衰减 10 倍（比空气中衰减快得多）。

表 7.7-3 为美国（Tricas. T.C. ;Gill, A.B., 2011）所列的 138kV 交流电在不同距离上的交流磁场平均值，图 7.7-4 为示意图。

表 7.7-3　在海床交界处交流磁场平均值（假设电缆埋深 1m，电压 138kV）

垂直距离(m)	磁场强度（μT），水平距离（离开电缆）(m)		
	0 m	4 m	10m
0	7.85	1.47	0.22
5	0.35	0.29	0.14
10	0.13	0.12	0.08

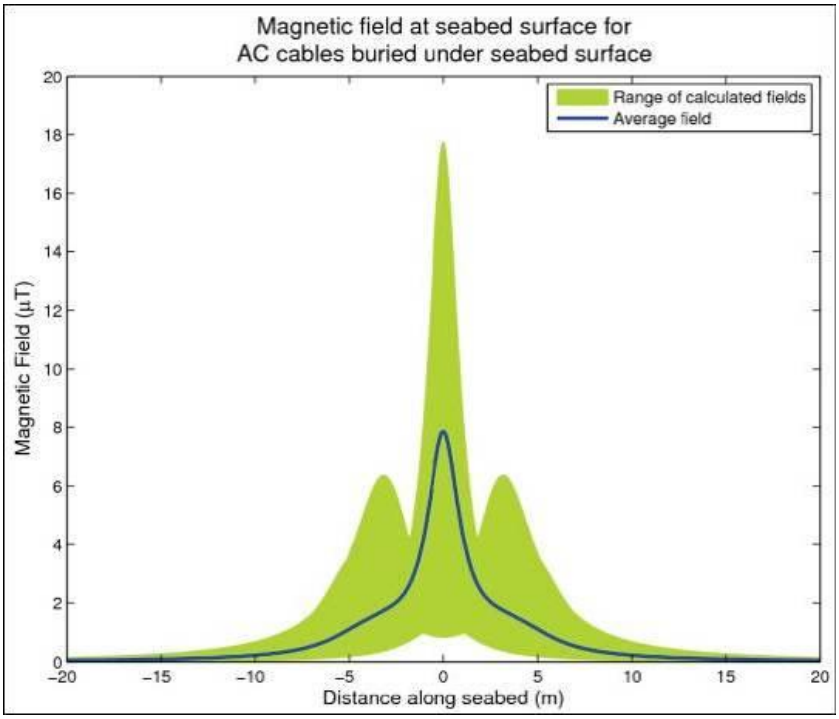


图 7.7-4　为 138 kV 电压在海床面处的交流磁场及平均值（蓝线）

表 7.7-4 表示分开布放的单芯电缆（产生更强的电磁场）与单芯三角法和三芯电缆在不同距离上的磁场强度（Centre for Marine and Coastal Studies Ltd, 2012）。

表 7.7-4　单芯电缆与单芯三角法和三芯电缆在不同距离上的磁场强度

[redacted]

由上述分析可知，在电缆电压为 220kV 时，三芯电缆所产生的电磁感应强度在海床面上很小，小于 10μT，单芯分开铺设的电缆在 275kV 时，所产生的电磁感应强度将明显增大，但一般不超过 5 倍。本工程采用的单回三芯 220kV 海缆，根据表 7.7-4，三芯电缆所产生的电磁感应强度在海床面上很小，小于 10μT。

7.7.1.2　35kV 海缆电磁环境影响分析

对于 35kV 风电场场内海底电缆，由图本工程风机机群分布可知，最密集的布放方式为 5 根 35kV 海底电缆并行排列，所获得的叠加效应最明显。选择 5 根

平行排列的海底电缆进行分析。采用 Ansoft Maxwell 2D 软件的交流传导场进行求解。

图 7.7-5 和图 7.7-6 分别为 35kV 海底电缆在不同相位下的电场强度。由图可知，电场严格限制在每个核内部，这是由于假设理想条件下的电缆金属护套完全接地。仿真结果与理论分析相吻合。

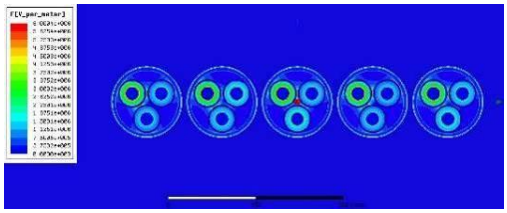


图 7.7-5　　相位为 0 °的电场强度 E（不同颜色表示的范围为 0 到 10^6 V/m）

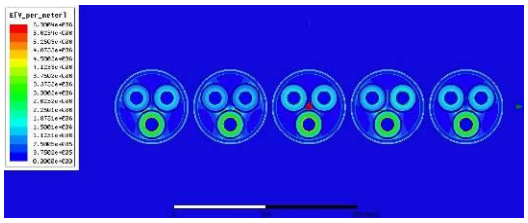


图 7.7-6　　相位为 120 °的电场强度 E（不同颜色表示的范围为 0 到 10^6 V/m）

由麦克斯韦方程组可知，变化的电场将产生磁场，并且通过交流电存在于每一相导线，这些时变的磁场使得周围媒质感应出电场，并且导体中存在涡流，下面采用涡流场求解器仿真磁场强度和磁感应强度。

图 7.7-7、图 7.7-8 分别给出了不同相位下 5 根电缆并行排列时的磁场强度和磁感应强度。由图可见，并行排列的 5 根电缆磁感应强度的叠加效应将使衰落呈椭圆分布，但总体强度随着距离的增加而减少，而且衰减越来越严重，在离电缆中心点 1m 外的区域中磁感应强度已经降到 10^{-6}T 以下。

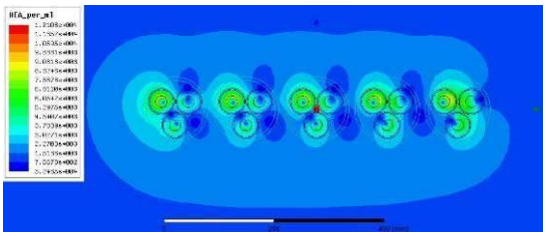


图 7.7-7　　海底电缆相位为 0 °的磁场强度 H

（不同颜色表示的范围为 10^{-4} 到 10^4 A/m）

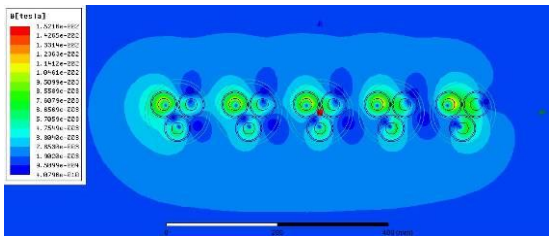


图 7.7-8　　海底电缆相位为 0 °的磁感应强度(B 场)

（不同颜色表示的范围为 10^{-10} 到 10^{-2}T）

结果显示，风机基群所产生的电磁环境影响效应不明显。在假设的理想条件即电缆金属护套完全接地情况下，电场将严格限制在每个核内部。对于 35kV 的集群海底电缆，由于磁场在海域介质中的衰减特性，在离机群中心距离 1m 外，磁感应强度已降在 10^{-6}T 以下；对于 220kV 海底电缆产生的电磁感应强度在海床面上很小，小于 10μT。

7.7.1.3　海上 220kV 升压站电磁环境影响分析

海上升压站运行后，电磁环境影响类比分析采用相似的 220kV 菊城变电站的电磁环境监测进行类比分析。表 7.7-5 为变电站可比性分析表。

表 7.7-5　变电站可比性分析

变电站		220kV 菊城变电站（类比变点站）	本工程海上升压站
电压等级		220kV	220kV
主变压器	容量	本期 2×240MVA 终期 3×240MVA	2×150MVA
	形式	三相有载调压变压器	三相有载调压变压器
电气布置形式	220kV 电气布置	户内 GIS 布置	户内 GIS 布置
站区地形		东、南侧为池塘；西、北侧为农田，地形开阔	海上

变电站产生的电磁场大小与电压等级、设备性能、平面布置、地形条件等均密切相关。本工程 220kV 升压站平面布置见图 7.7-9，220kV 菊城变电站平面布置见图 7.7-10。由图 7.7-9 和图 7.7-10 以及表 7.7-5 可见，菊城变电站主变容量、总平面布置、地形等方面均与本工程海上升压站较为相似。根据变电站工频电场强度产生的原理，其强度仅与电压等级有关，主变容量对工频电场强度基本无影响；工频磁感应强度与主变容量有关，其强度与主变电流大小成正比，可通过外推法进行类比预测。因此，可选用 220kV 菊城变电站作为类比对象。



图 7.7-9　　220kV 海上升压站平面布置图



图 7.7-10　　220kV 菊城变电站平面布置及监测点位图

监测点布放在 220kV 菊城变电站四周厂界，以及在靠近最高电压等级配电装置一侧垂直与围墙外 5m 10m 15m 20m ….,依次测至 60m 处止。工频电磁场监测布点见图 7.7-9。

表 7.7-6　菊城变工频电磁场监测结果一览表



220kV 菊城变工频电磁场类比监测结果见表 7.7-6。类比监测结果表明：菊城变电站四周厂界的工频电场强度在 9.36V/m～460.28V/m 之间，其中南侧围墙外 5m 处（220kV 配电装置区侧）电场强度值最高，达到 460.28V/m；磁感应强度在 31.35nT～361.5nT 之间，均低于导则推荐的居民区评价标准（工频电场强度≤4kV/m，工频磁感应强度≤0.1mT）。由于受 220kV 出线影响，菊城变围墙工频电场强度随着距离的增加呈先减少后增大再减少的趋势，工频磁感应强度随着围墙距离的增加总体呈衰减趋势。

影响预测分析：根据类比分析，菊城变的站外电场强度最大值 460.28V/m。比《电磁环境控制限制》(GB8702-2014)中标准（4KV/m）的要求小接近一个数量级；菊城变围墙外的磁感应强度最大为 361.5nT，220kV 海上升压站最大磁感应强度将远小于《电磁环境控制限制》(GB8702-2014)中评价标准(0.1mT)要求。本工程 220kV 海上升压站主变容量同为 2×150MVA 小于菊城变现有规模（2×240MVA），所产生的电场强度及工频磁感应强度要小于菊城变电站，因此，

可以预测，220kV 海上升压站的最大电场强度及最大磁感应强度均能满足《电磁环境控制限制》(GB8702-2014)中 4kV/m 和 0.1mT 的限值要求。

7.7.2 电磁环境对海洋生物的影响

海上风电场电磁感应来源主要有：岸边变电站、海上升压站、海底 35kV、220kV 海底电缆。目前，对陆地架空高压传输线电磁感应影响的研究已经比较成熟，而针对海底电缆电磁感应的研究仍比较少。传输方式(交流、直流)、电缆材料、电力传输特性和海水电导率等因素，都对海底电缆的电磁感应有一定影响。海上风电场可通过高压交流或直流传输方案连接到陆上电网，具体取决于风电场的等级和与离岸距离。

行为学研究显示鱼类是能够接收磁场强度的。很多鱼类如鲈鱼（Perca fluviatilis）、白斑狗鱼（Esox lucius）等都趋于选择镶有磁铁的长网袋。洄游鱼类可能会利用磁场进行空间定位。Walker(1984)发现，黄鳍金枪鱼（T. alacares）能够在两个磁场间进行辨识。由于鳗鲡是需要洄游至远方产卵的，因此在进行鱼类行为与磁力学的研究中对其予以特别的关注。在 Nishi, Kawamura 等（2004）对鳗鲡洄游线性的研究中发现，洄游数千千米进行产卵的日本鳗鲡（Anguilla japonica）对 12.663μT 的磁场变化会产生反应。但 McCleave，Rommel，Catchart 等(1971,1973)在对美洲鳗鲡进行的磁场变化条件测试时所得出的结果却不很明确，Karlsson, Tesch,Wendt 等（1985,1992）在对欧洲鳗鲡（A. Anguilla）进行的实验展示了其对磁场的敏感性。鱼类的生理方面也将与磁场有关。例如，溪红点鲑（Salvelinus fontinalis）的暴露磁场中时，其鱼体内激素水平发生了改变（Lerchl et al, 1998）；另一项研究显示，磁场暴露能够缓鲑鱼（Salmo trutta）和虹鳟（O. mykiss）的胚胎发育，并能改变虹鳟晶胚以及梭鱼（Esox lucius）和鲤(Cyprinius carpio)等的循环运动(Formicki, 1998)。研究也表明当欧洲鲇鱼（Silurus glanis）暴露于一个磁场强度持续为 0.4~0.6T 的磁场中时，其生物量下降，死亡率升高，但与之相反的是，幼体鲽鱼（Plathichthys flesus）在受到强度为 3.7mT 的静电磁场影响几个星期时并未受到影响（Bochert, et al.,2004）。Westerberg(1994)等研究了近岸风力发电场电磁感应对欧洲鳗鲡洄游行为的影响，但在距离风电场 500m

处，它们的洄游模式并没有发生任何改变。在 Westerberg 的一项未发表的研究中，对 60 尾正在洄游的银鳗进行超声波标记，并将之放流于奥兰岛和瑞典大陆之间的 132kV 交流电缆(AC)的北部。其洄游速度通过系泊监测接收浮筒在 4 个断面每 4km 的间隔进行检测。电缆从间隔中间横穿。通过校正水流引起的水平对流，可以发现鳗鱼的游速在有电缆的间隔中明显降低。虽然能够证实磁场对洄游具有影响，但这种影响是很小的，从这些间隔通过引起了平均约 30min 的延迟，根据调查结论，电缆不会影响其周围鱼类的洄游路线、总体分布和洄游形式。

为了进一步分析海上风电场电磁环境对海洋生物的影响，尤其是感应电流对鱼类行为的影响，上海海洋大学鱼类行为实验室开展了人工模拟电场环境对鱼类行为影响的研究。实验结果如下：

（1）人工模拟电场对电感受鱼类（鲟鱼）影响的实验

1）西伯利亚鲟的电感受阈值为 20-100 μV/cm，即 2000-10000 μV/m。潮汐时，水流切割地球磁力线可产生 8-25 μV/cm 的电信号，鲟鱼在洄游中，如果受到的大于该值的干扰信号，则很可能影响其洄游行为。

2）幼鲟 2 月龄组的平均避让距离为 3.1m，平均避让阈值为 457.5μV/m，3 月龄组的平均避让距离为 10.8μV/m，平均避让阈值为 29.5μV/m，随着鲟鱼的个体发育，其电感受器数量增加，其对外界弱电场的反应灵敏度也增加。

虽然渔业资源调查并没有发现中华鲟，但中华鲟是该海域可能出现的重要电感受鱼类，也是我国重要的长江保护鱼类。中华鲟在海中生长发育，达到性成熟后由海进入长江进行生殖，性成熟期的电感受器数量达最大，此时的电感受敏感性也最强，有文献认为中华鲟是通过地磁感应电场进行洄游行为。如果海上风电场位置刚好处于其洄游线路上，那么较强的电磁感应电场可能影响其行为模式。根据实验预测其电感受阈值应当不高于 2000μV/m。而预测的海底电缆的感应电场最大值为 80μV/m，远小于预测的中华鲟的 2000μV/m。因此，如果海底电缆在深埋海床下 2m 时，不会海域内的电感受鱼类行为产生明显影响。

（2）人工模拟电场对小黄鱼（非电感受鱼类）影响的实验

1）电磁环境对非电感受鱼类产卵场和幼鱼的安全距离分析

基于本实验黄姑鱼的实验，弱电场信号对非电感受鱼类的影响非常小，甚至没有影响。因此，基于本实验的结果，本工程的水下电磁环境对非电感受鱼类不存在影响，但运行期风电场通常存在数十年，对于这种长期的慢性影响，仍需开展对应的实验研究。

2）电磁环境对电感受鱼类产卵场和幼鱼的安全距离分析

本工程的实验室实验采用的电感受鱼类为西伯利亚鲟鱼幼体，体长约为 20cm 左右，其电感受阈值为 20 μV/cm，即 2000μV/m，远大于预测的海底电缆的感应电场最大值为 80μV/m。因此认为，正常情况下的海底电缆产生的电磁环境对鲟鱼的影响较小，但需要进行长期监测，也确定一定的埋深。

由于鲟鱼在生长发育过程中，电感受器数量达最大，此时的电感受敏感性也最强。但是，性成熟的鲟鱼通常由海水进入淡水进行生殖，比如中华鲟。但目前并没有关于成熟期中华鲟的电感受阈值研究结果。但如果海上风电场位置刚好处于其洄游线路上，那么较强的电磁感应电场可能影响其行为模式。

7.8 水下噪声影响预测与评价

海上风电场在施工期及运行期所产生的水下噪声对工程海域海洋生物特别是鱼类将带来一定的影响，施工期的主要噪声为机械噪声、船舶噪声、水下打桩所产生的水下冲击波噪声等；运行期主要为风机运转产生的水下噪声对鱼类的影响。

7.8.1 施工期水下噪声对海洋生物的影响

（1）本工程打桩噪声源强预测

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。

Nedwell 曾提出一个计算打桩噪声峰值声压的经验公式为 SPL=24.3D+149，其中 D 为基桩的直径。本工程风机采用了八桩承台，单桩桩基直径为 2m，属于小型桩，可根据 Nedwell 的经验公式 SPL=24.3D+149 进行预测。因此，预测其打桩噪声主要信号频率低于 1000Hz，以 200-500Hz 为主，在 1m 处的最高声压级

为 198dB。

（2）打桩噪声对哺乳动物的影响分析及安全距离

水下打桩噪声会对不同距离处的海洋哺乳动物造成不同程度的影响，在打桩点近距离处，会造成海洋哺乳动物的听觉损伤(TTS 或 PTS)，甚至因内脏器官破损直接死亡。在打桩点远距离处，会造成海洋哺乳动物行为的变化，包括它们的听觉行为、社交行为、繁殖行为等。目前研究认为，水下打桩噪声会掩蔽海洋哺乳动物声学信号，进而影响它们觅食、躲避天敌、繁殖等，甚至造成其永久性听觉损失(PTS)。

国外关于海上风电场水下打桩噪声对海洋哺乳动物影响的研究，还体现于水下打桩噪声对海洋哺乳动物数量的影响，海洋哺乳动物数量的变化与否能够反映其对水下打桩噪声躲避与否，数量变化的比重可以反映其对水下打桩噪声反应的强弱。Tougarrd 等曾在 1999-2005 年期间对工程海域的海豹数量进行了统计分析，结果表明，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没有见到斑海豹；风电场在运行期则没有对斑海豹产生影响。

虽然打桩噪声的频率一般不在海洋哺乳动物的听觉范围内，但打桩噪声的声压级较强，依然可能对海洋哺乳动物造成影响。

表 7.8-1　为哺乳动物 TTS 和 PTS 的噪声阈值（美国 2018 年人为噪声对海洋哺乳动物影响导则（NOAA，2018，Version 2））

Hearing Group	*a*	*b*	f_1 (kHz)	f_2 (kHz)	*C* (dB)	*K* (dB)	Weighted TTS onset threshold* (SEL_{cum})
Low-frequency (LF) cetaceans	1.0	2	0.2	19	0.13	179	179 dB
Mid-frequency (MF) cetaceans	1.6	2	8.8	110	1.20	177	178 dB
High-frequency (HF) cetaceans	1.8	2	12	140	1.36	152	153 dB
Phocid pinnipeds (PW) (underwater)	1.0	2	1.9	30	0.75	180	181 dB
Otariid pinnipeds (OW) (underwater)	2.0	2	0.94	25	0.64	198	199 dB

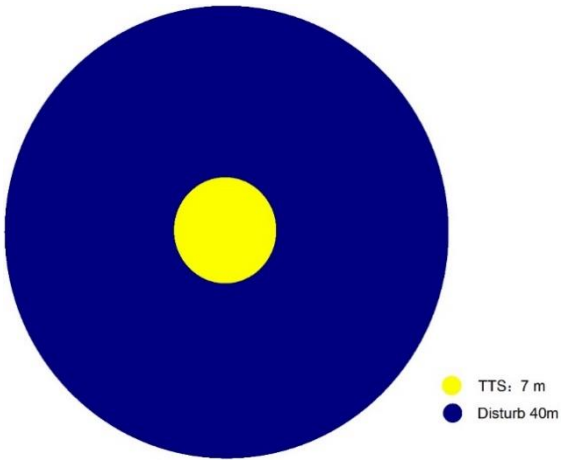


图 7.8-1　打桩噪声对哺乳动物的影响距离图

表 7.8-1 为哺乳动物 TTS 的噪声阈值，本工程海域可能出现在的哺乳动物为江豚（渔业资源调查没有发现），因此采用低频鲸豚类的保护阈值为 179dB 进行打桩噪声影响评估。本工程打桩噪声预测为 200dB，基于 25log(R)的衰减模型，可算出对应的影响距离是 7m。而根据 NOAA 导则，对海洋哺乳动物造成行为干扰的阈值是 160dB，对应的影响距离是 40m，造成永久性伤害的 PTS 为 219dB，而本次施工预测噪声最高为 200dB，不会对其造成 PTS 伤害。工程海域桩基的施工为一次一个桩，不考虑几根桩同时施打的重叠影响)。因此，施工中应确立在距离桩基至少 40m 范围内为警告区域。

（3）打桩噪声对鱼类的影响分析及安全距离

相比哺乳动物和鸟类，海上风电场噪声对鱼类影响的研究相对较少。目前这方面的研究数据也较少而且存在很多争议。鱼类的听觉系统与哺乳动物存在差异，因而评价海上风电场噪声对鱼类的影响有重要的意义。另外，因为不同鱼类的听觉系统差异和声音刺激的物理特性差异，不同条件下的基础研究也可能产生一定程度的差异。鱼类的听觉能力是评价风电场噪声影响的重要基础和前提，但由于鱼类的听觉结构存在许多差异，因而鱼的听觉能力也各不相同。一般来说，鱼类能听到的声音频率介于 30-1000Hz。因此，对于多数鱼类而言，是可以听到 1000Hz 下的打桩噪声。

一些研究也表明，有的鱼类可以听到低于 20Hz 的次声和高于 20KHz 的超声。人为活动产生的噪声，包括船运、气枪、打桩和风电场运行期噪声的主要能量在 1000Hz 以下，与大多数鱼类的听觉范围重叠。因此，评价风电场噪声对鱼类影响的前提是确定目标鱼种的听觉特性。

鱼类感觉声音信号的主要器官是内耳。在受到声场刺激时，耳石则产生与感觉上皮不同相位和幅值的相对运动，因而造成毛细胞的弯曲运动（shearing movement）。鱼类暴露于强噪声环境中，可以导致其内耳感觉毛细胞的调亡，从而引起听觉受损。研究表明，在 180dB re1μPa 的低频噪声（20-100Hz 的空气枪），导致金鱼的内耳毛细胞调亡。打桩噪声对鱼类听觉的影响包括暂时性听觉阈值偏移（TTS）和永久性听觉阈值偏移（PTS）。

需要指出的是，幼鱼和鱼卵由于受自身发育的限制，其游动非常缓慢，鱼卵也可能是固定的，因此在噪声环境中，幼鱼和鱼卵遭到噪声影响则会更严重。目前仅有很少的资料提及噪声对正在孵化的鱼卵或鱼幼体的影响。研究发现当红鲈鲡鱼暴露在比背景噪声高出 15dB 的宽频噪声(100-1000Hz)中时，鱼卵和胚胎的死亡率增加，但是已经孵化的幼鱼暴露在相同的噪声中则没有受到影响。

基于以上分析，噪声对鱼类影响的可按以下四个区域进行评价：

听觉区域：又称感知区域，该区域定义为鱼类能听到背景噪声以上噪声的区域。该区域的距离可以根据目标鱼种的听觉能力、背景噪声和声音衰减模型进行计算。

反应区域：该区域定义为鱼类对噪声的产生行为变化，包括正面反应（如趋声）或负面反应（如逃避或惊鄂反应）的区域。由于鱼类行为的复杂性，通过游泳行为观察则可能导致错误的评估，因而一般选择生理反应作为评价依据。

遮蔽区域：该区域定义为噪声完全影响或降低了鱼类对其它相关生物声音的感知。一般指噪声声压级超出目标鱼种感兴趣的某一特定频率声音（如同类发声）的声压级。

伤害区域：该区域定义为噪声对鱼类造成身体的伤害的区域，包括听觉能力暂时或永久损伤，或其它伤害（如内脏出血，鱼鳔破裂等）的区域。

致死区域：该区域定义为噪声对鱼类造成死亡的区域，一般在离声源较近，噪声声压级较高的情况下。

1）黄姑鱼的发声和听觉阈值的实验研究

根据上海海洋大学 2019 年 4 月对黄姑鱼的发声听觉阈值进行的实验室研究，黄姑鱼的发声采用手轻按黄姑鱼腹部刺激其发声肌的方式采集其惊扰发声，声音信号由水听器记录，并保存进行 1/3 倍频程分析，其发声的主要频率为 631Hz，

其声压级为 79dB（图 7.8-2）。但这种发声是人为被动刺激鱼类发出，可能并不用于其行为相关的声讯交流。

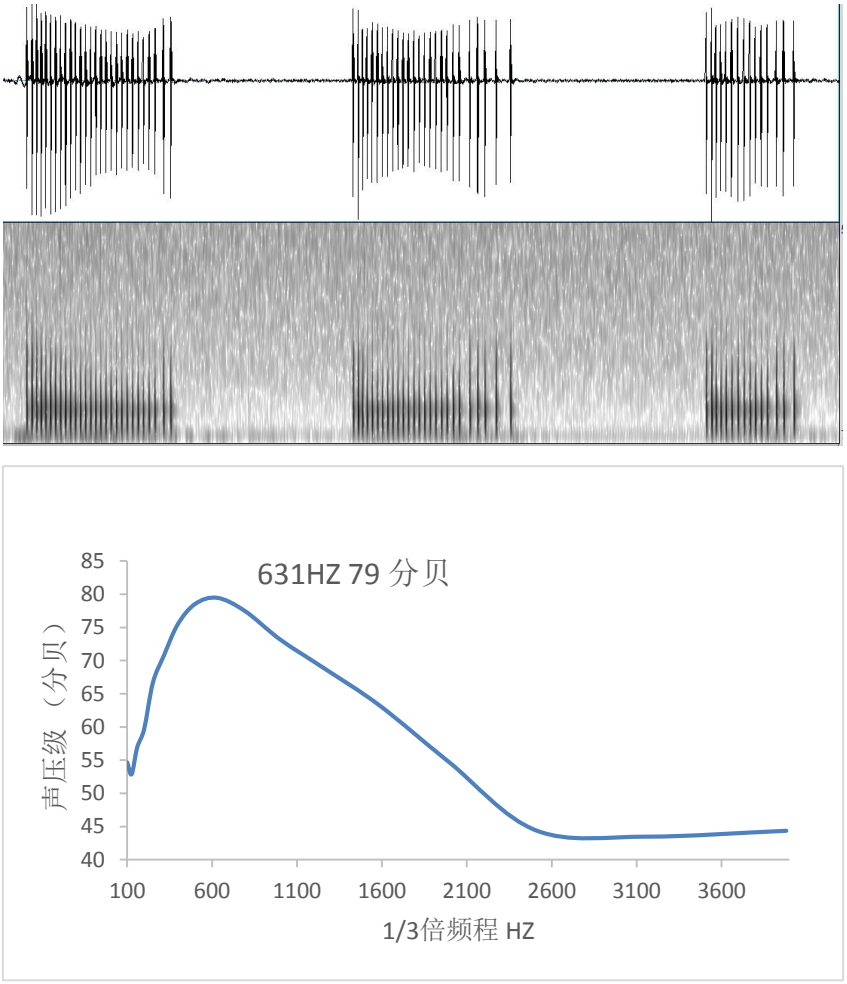


图 7.8-2　　黄姑鱼的发声谱

黄姑鱼的听觉阈值采用微创的脑干诱发电位法（AEP）进行确定。如图 7.8-3 为黄姑鱼在 500Hz 的 AEP 波形，其特征为一系列三至五个负向峰叠加在一个缓慢的正向偏转的负向峰上的波形。随着刺激强度的递减，其 ABR 幅值也慢慢降低，直至较低的声音强度不能引起其听觉脑干诱发电位，实验共设置了 200 Hz、500 Hz、1000 Hz、2000 Hz 四个频率，分别按 5dB 梯度衰减。图 7.8-4 为黄姑鱼在单频音刺激下的听觉阈值曲线，由图可知，黄姑鱼的听觉最敏感频率为 200-500Hz 左右，其平均听觉阈值为 95dB。500Hz 以上的听觉阈值达 110-120dB。

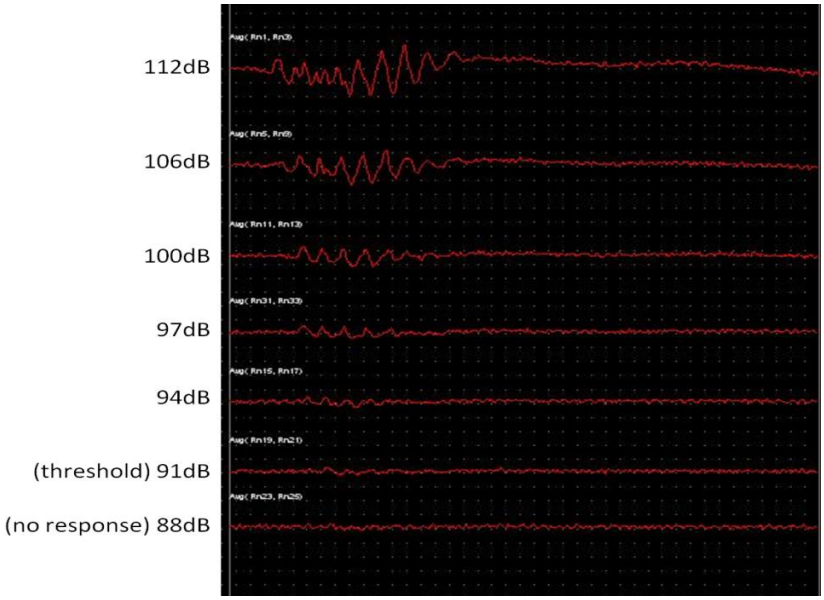


图 7.8-3　500Hz 刺激下黄姑鱼的 AEP 波形

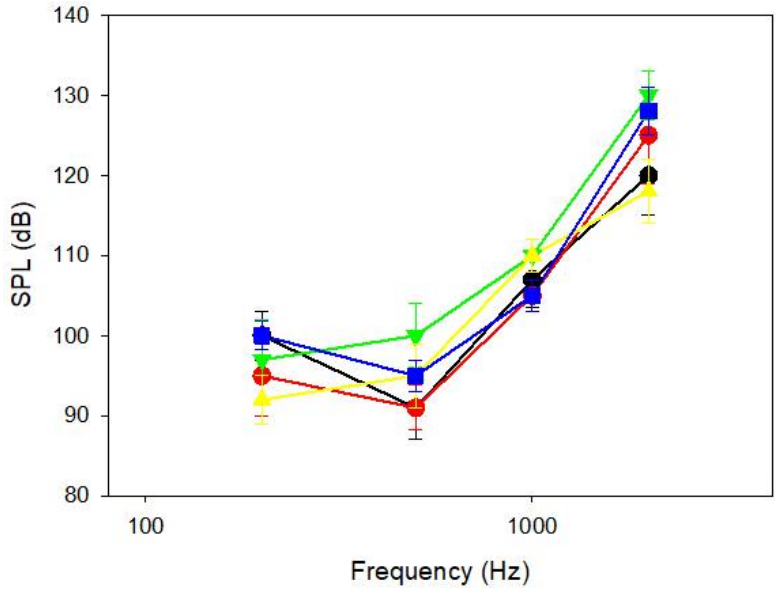


图 7.8-4　　黄姑鱼的听觉阈值曲线

对黄姑鱼进行 100-200dB 的 200Hz 的单频音暴露实验。结果发现声压级在 150dB 前，实验鱼没有明显的行为变化，但到 160dB 时，实验鱼开始有跳出水面的行为。黄姑鱼在噪声达到 200dB 的短暂暴露下，实验鱼的惊鄂反应更加明显，对暴露后的实验鱼进听觉阈值实验，发现其听觉阈值增加近 20dB。噪声暴露后的几天内暂养水槽开始有死鱼出现。

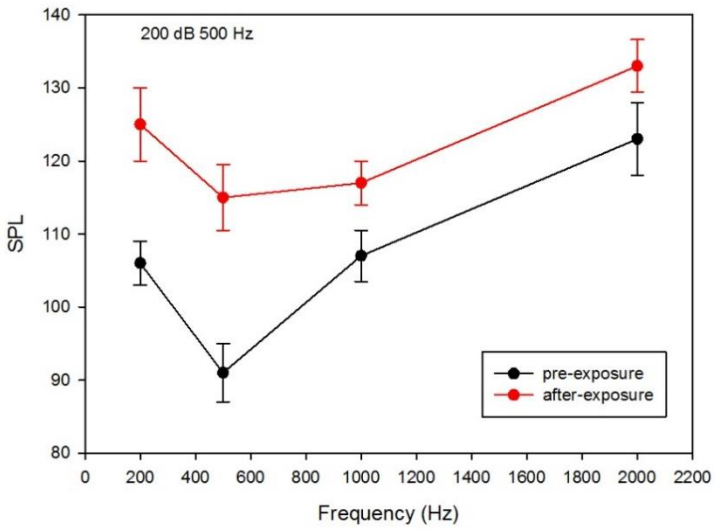


图 7.8-5　　声暴露对黄姑鱼听觉阈值的影响

2）大、小黄鱼的发声谱级

刘贞文等（2010）曾对大黄鱼的发声进行过研究，结果表明，在大黄鱼在自由状态下，其发声最高声压谱级（656Hz）为 148 dB。但小黄鱼发声数据尚未见报道，因此，认为水下噪声超过 148dB 则可能对大黄鱼的声讯交流造成遮避。

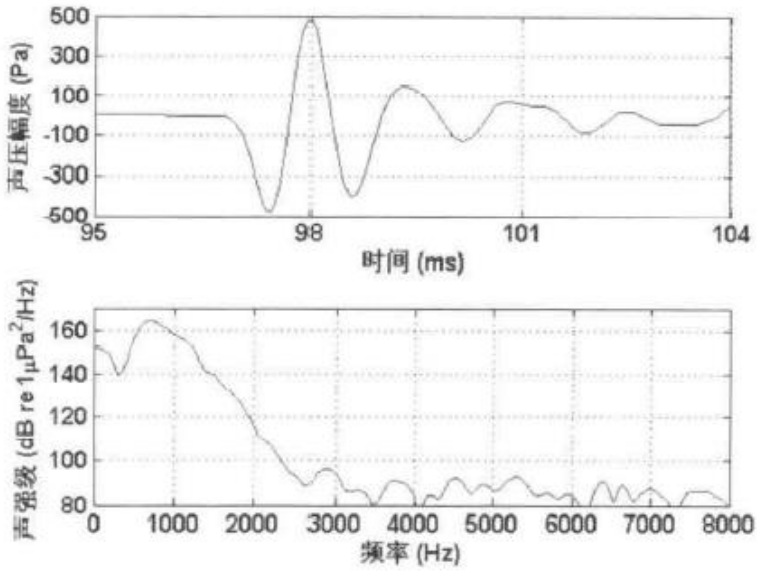


图 7.8-6　　大黄鱼的发声谱级

3）打桩噪声对主要石首鱼类的影响

基于黄姑鱼的听觉阈值研究，打桩噪声可被黄姑鱼感知，其听觉阈值为 95dB，但海洋的水下背影低频噪声峰值实测可达 120dB（小于 100Hz），但由于打桩噪声的频率主要为 200-500Hz。因此，采用打桩噪声衰减至 95dB 水平时的距离可作为鱼类的感知安全距离。本工程打桩噪声预测为 200dB，基于 25log(R)的衰减

模型，鱼类感知的安全距离为 15 公里，基于梅童鱼和大黄鱼的发声的文献资料（发声声谱级为 100dB 和 148dB），而引起鱼类声讯交流遮避的距离为 10 公里和 120m。引起黄姑鱼逃避反应的声压级为 160dB，对应的距离 40m，可视为引起对石首鱼类的躲壁距离，对黄姑鱼造成伤害的声压级为 200 dB，对应的距离为 1m。综上所述，应当在离桩基 10 公里的范围内注意石首鱼类的分布。

图 7.8-7 为打桩噪声对鱼类影响距离示意图。需要指出的是，上述数据是基于实验室有限空间的数据，在实际施工时水下噪声对鱼类的影响主要表现为鱼类暂时性的远离施工区域，在打桩作业中采取软启动的方式，使强度缓慢增强的方式，能驱使附近鱼类离开施工水域，以减少大范围的鱼类伤害。

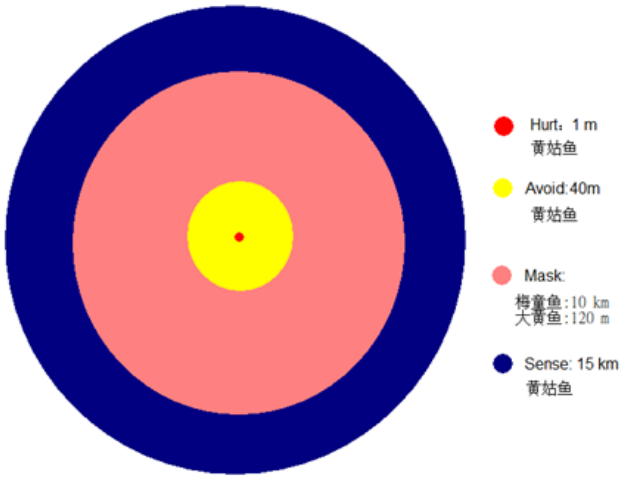


图 7.8-7　　为打桩噪声对鱼类影响距离示意图

4）打桩噪声对甲壳类的影响及安全距离

工程海域的甲壳类优势种为长臂虾，其 300Hz 的听觉阈值为 108dB，基于对打桩噪声 200dB 的预测，长臂虾可感知的打桩噪声的距离是 4.7km。在美国对虾的研究表明，202dB 最高声压级可以引起对虾的摄食量大幅度增加，表明其出现了不同水平的脑水平的伤害。目前，对甲壳纲动物的噪声暴露的研究相对较少，但噪声对甲壳纲动物的影响有明显的种间差异性。150dB 的白噪声不仅没有引起小龙虾的逃避反应和死亡率，还可以减少小龙虾的个体间的攻击行为，从而减少个体的伤残率。另一方面，150dB 的噪声提高了石龙虾的觅食时间和被捕捉的概率。表明，150dB 已经影响到虾类的行为生理模式。因此，签于研究数据较少，这里将 200dB 视为造成长臂虾伤害的阈值，150dB 为引起其行为混乱的阈值，108dB 为感受阈值，对应的距离分别为 1m，100m，4.7km（图 7.8-8）。

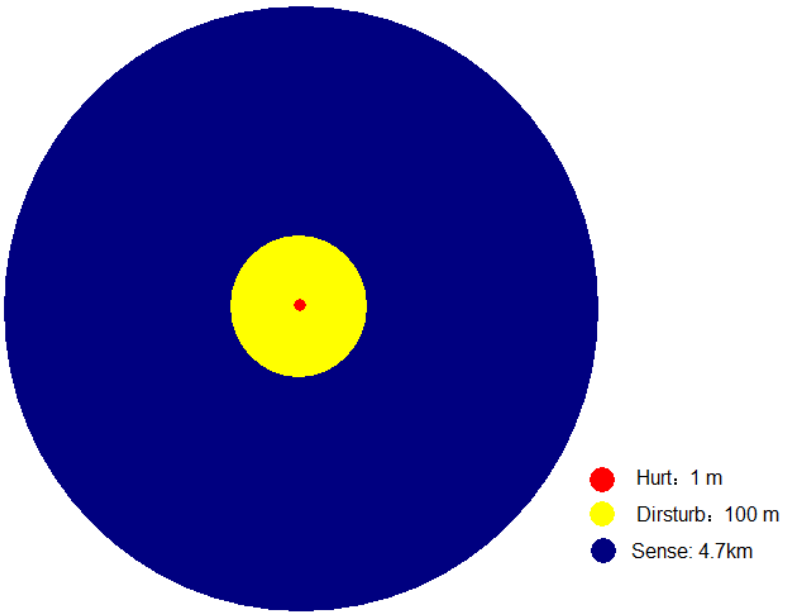


图 7.8-8　　为打桩噪声对甲壳类影响距离示意图

基于黄姑鱼的听觉阈值研究，打桩噪声可被黄姑幼鱼感知，预测其听觉阈值为 115dB，因此，打桩噪声衰减至其听觉水平时的距离可作为鱼类的安全距离。本工程打桩噪声预测为 200dB，基于 25log(R)的衰减模型，幼鱼的感知安全距离为 2500m。但对打桩噪声对幼鱼的行为反应必需考虑。根据大黄鱼的噪声暴露研究，声强达到 140dB 时，引起小黄鱼的跳跃行为，达 150dB 时则有翻肚或死亡。对应的安全距离为 100m。综上所述，应当在离桩基 2.5km 的范围内注意石首鱼幼鱼的分布，而 100m 的打桩噪声可能引起幼鱼的惊鄂反应或致死反应，应当特别进行驱赶，因此，需要设置 100m 的打桩警戒线。

鱼类在生殖季节由于性激素的调控，其听觉敏感性会相应的提高，以适应生殖声讯交流的敏感度。有研究表明，发声鱼类的听觉敏感性在生殖季节提高 10dB 以上（图 7.8-9）。因此，基于本实验的研究，预测生殖季节的黄姑鱼的听觉阈值可降至 85dB，如果在海况较好的情况下，打桩噪声被生殖期黄姑鱼感知的距离约为 39km。因此，需要特别注意，施工高峰期应尽量避开石首鱼的生殖季节，尤其在 5~7 月份。

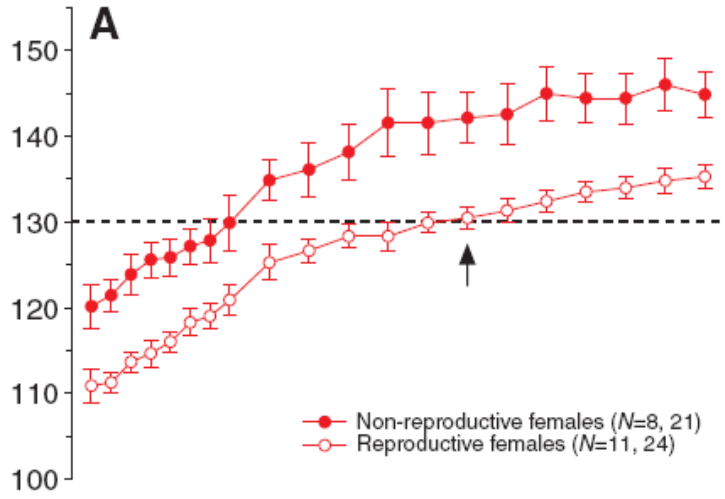


图 7.8-9　季节发声鱼类的听觉阈值变化（toadfish）

7.8.2　运行期水下噪声对海洋生物的影响

7.8.2.1　国外运行期风机水下噪声研究资料

目前海上风力发电开发主要集中在欧洲，丹麦、瑞典、荷兰、英国是最早进行海上风电开发的国家，海上风力发电研究始于上世纪 80 年代，对海上风电场所引起的水下噪声研究也进行了较早、较多的研究。Westerburg 在 1999 年首次对风电机（220KW）运行期间水下噪声进行了测定，测量结果表明在远离风机 100m 处主要频率为 8Hz、16Hz。后续风电机功率逐步增大至 2MW，其噪声频率基本都在 600Hz 以下，主要频率在 100~200Hz 之间。风速稳定时，噪声频率较稳定，且集中在一个较短的频带内。风速改变及有狂风刮来时，在一个频率区间内噪声频率出现明显的波动。Andersson 在距离风电机（2.3 MW）1m 处进行了噪声测定，噪声主要频率为 24Hz、130Hz，声压级分别为 126dB、142dB。

不同文献中对于风电场声源级的测量存在非常大的差异，这可能是由于记录条件、风机基础的形状和大小、风机寿命及设计样式的不同导致的，但主要集中在 120～150dB。并且不同文献中噪声记录点与风机的距离都是不同的，这就给数据的比较增加了难度，因为声音的传输损耗与距离直接相关。风电场中风电机的数量也会影响在不同距离所接受到的声压级，风电场中所有风电机所产生的噪声的声压级要比单个风电机的高出 7dB。

关于风电场运行期间噪音测量的报告数量非常有限。但根据现有的数据可以知道风电机噪音具有能级水平低和低频的特点。并且随着风速提高，风电机噪音

的声压级会随之提高。

Tougarrd 在 2009 年对丹麦海上 2MW 风电机在运行期的水下噪声进行了测量，并将风电机关闭的水下噪声作为背景噪声进行比较研究，结果表明，2MW 风电机在运行期产生的水下噪声主要为中心频率为 125Hz 的频带噪声。

图 7.8-10 的风电场于 2005 年建成，机组容量为 90MW，风机台数为 30 台，水深较浅（5m），风机类型 3MW，单桩。测量时从离 A3 风机处漂流向外，最近距离 105m，最远 2km。从噪声声压谱级可见在 10-300Hz 有些明显的线谱信号，300Hz 至 10kHz 有宽带噪声，但强度基本上已与背景噪声相当。

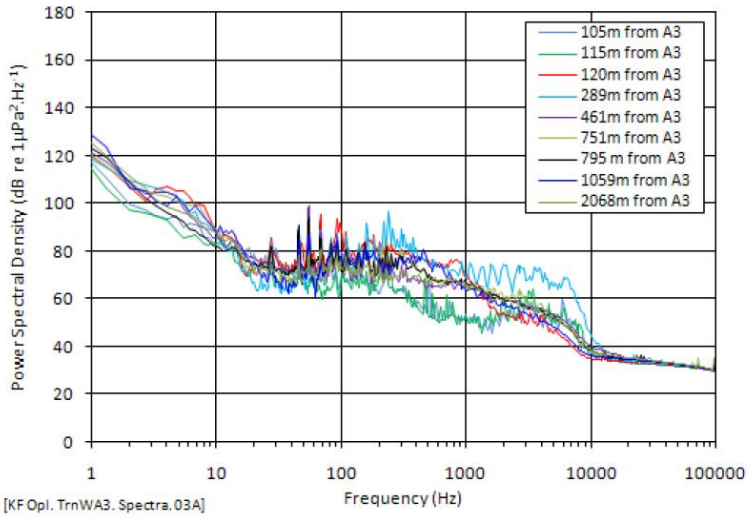


图 7.8-10　3MW 风电机水下噪音的频谱级

Nedwell 等在 2003 年总结了约 500 次单独测量的浅水风电场运行期水下噪声，在频率 10Hz-120kHz 上 North Hoyle 的水下噪声平 95 均值约为 116 dB re 1uPa，变化范围为 90-158dB；而对于 Scroby Sands 所测结果是水下噪声平均值为 120dB，变化范围为 100-135dB。这结果与两个项目在建设前期所测量的海洋背景噪声级相符。同时还注意到，即使是十分靠近一个正在运行的风机，其噪声也没有比背景噪声高出 20dB。总之，虽然测试结果反映出风机营运中在水下产生了些噪声，但是测试结果中风机噪声的特征并不明显，也没有对较远处的背景噪声产生影响。频谱分析结果未显示有机械或电机式的噪声特征成分存在。

7.8.2.2　上海东海大桥风电场水下噪声实测

引用上海海洋大学监测的上海东海大桥风电场水下噪声资料。上海东海大桥海上风电场位于东海芦潮港海域，为我国海上风电场建设的示范项目。风电场距

离海岸线 10 公里，海域水深 8-10m，平均风速 8.4m/s。风电场机组主要分布于东海大桥东侧 1000 米以外，由 34 台华锐风电 SL3000 型 3 MW 风电机组成风电场阵列；在东海大桥西侧 1000 米外还设有 1 台华锐风电 SL5000 型 5 MW 独立风电机和 1 台上海电气 W3600 型 3.6 MW 独立的大容量风电机。

在平潮期间，以远离风电场的水平方向上设置了 15 m，100 m，200 m，300 m，2000 m 五个水平距离梯度，3 m，5 m，10 m 三个垂直距离梯度进行定点式测量单个风电机产生的水下噪声。

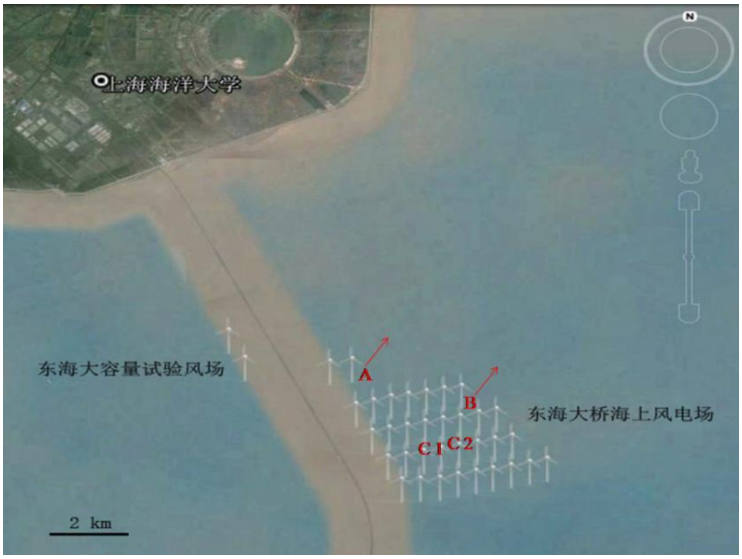


图 7.8-11　东海大桥风电场调查区域

图 7.8-12 为海况条件较好时（风速 1.5 m/s）监测到的距离 3 MW 风电机（B）在 10m 水深，15m 远处产生的水下噪声的 1/3 倍频程声压，其主要频率以低频为主，介于 20-200 Hz，其中出现主要三个中心频率为 25 Hz (带宽：22.4-28.2 Hz)、63 Hz (带宽：56.2-70.8 Hz)、125 Hz (带宽：112-141 Hz)，其平均峰值声压值分别为 76 dB、78 dB、81 dB。然而，在海域背景噪声的监测中也发现海洋中也主要存在 20 Hz 和 60 Hz 左右的流水和海浪噪声。又重新监测了同一台风电机的水下噪声情况，以确定风电机产生的噪声的主要频率。



图 7.8-12　风电机产生的水下噪声 1/3 倍频程声压

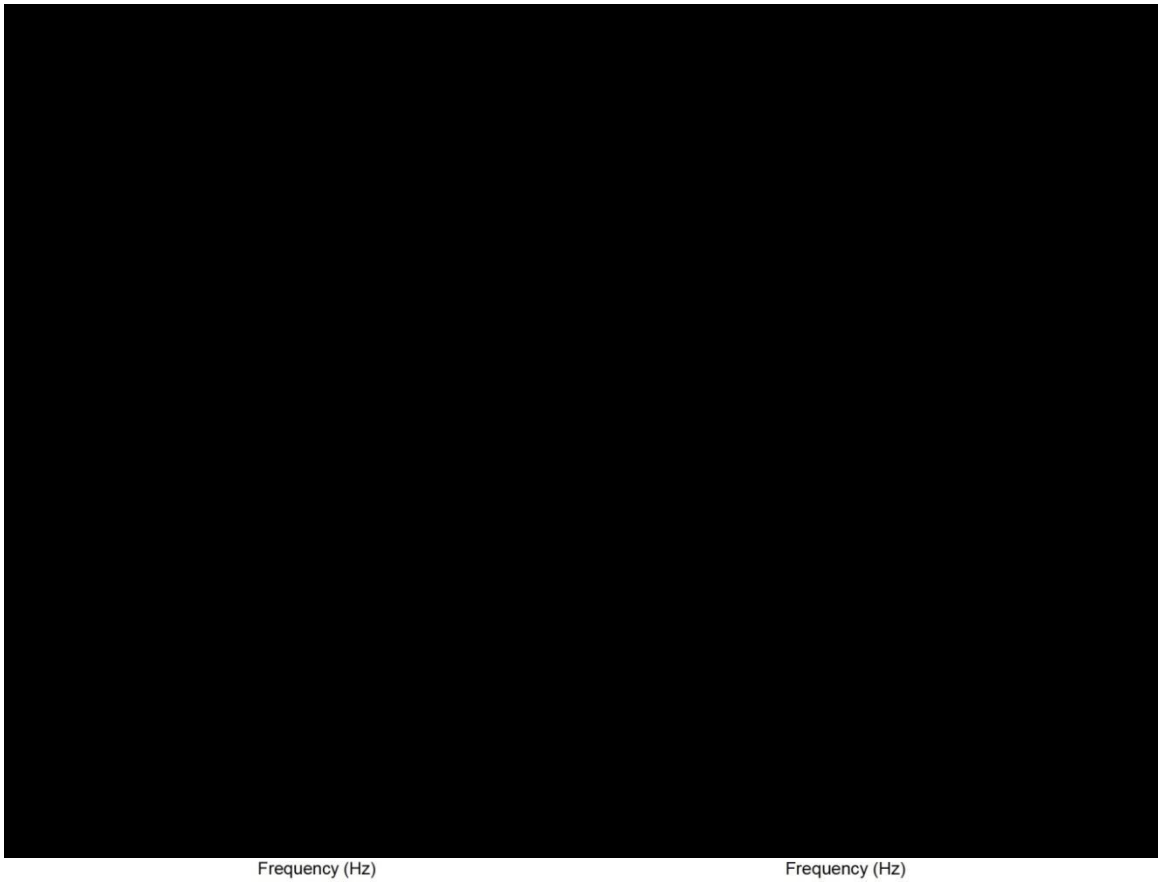


图 7.8-13　风电机（3MW）不同距离处的 1/3 倍频程声压级

（注：由于测量时间差异造成海况差异，200 m 处的噪声压级较高）

图7.8-13结果表明，在距离风电机不同距离处的水下噪声信号在25-200 Hz的频带内声压级较高，接近100 dB。同时也可以发现其1/3倍频程声压值随着水

深增而增加，即10 m深处的低频声压明显高于3 m和5 m水深的值。然而，在离风电机2000m处的测量结果显现了与之相反的趋势，即10m水深处的低频带声压低于3m和5m的值。在距离风电机2000m的水下噪声基本可以近似为背景噪声。在有风的情况下，表层水的运动要明显强于底层水，因而在接近表层的噪声中含有更多水流和海浪成分的噪声。由于风电机产生的噪声主要通过水下基桩部分和海床向水体中传播，因而深水处有更多的风电机噪声。尽管风电机产生的低频信号与海洋背景噪声的低频带宽有重叠，但在接近风电机处，却表现了与背景噪声在垂直方向的声压值差异。所以，东海大桥风电场水下噪声中应当主要存在25 Hz、63Hz、125 Hz三种频率。

但图7.8-13中也发现在存在幅度较小的200Hz、315Hz的信号，而且在100m处的信号在3m深处的高频声（250-1250 Hz）压级明显升高，这可能是由于远方船舶产生的干扰信号。因此，这也可以证明，上海东海大桥海上风电场水下噪声的频率主要为200Hz以下的低频信号，而300Hz以上的信号（中心频率315 Hz，800Hz）为船只干扰信号。

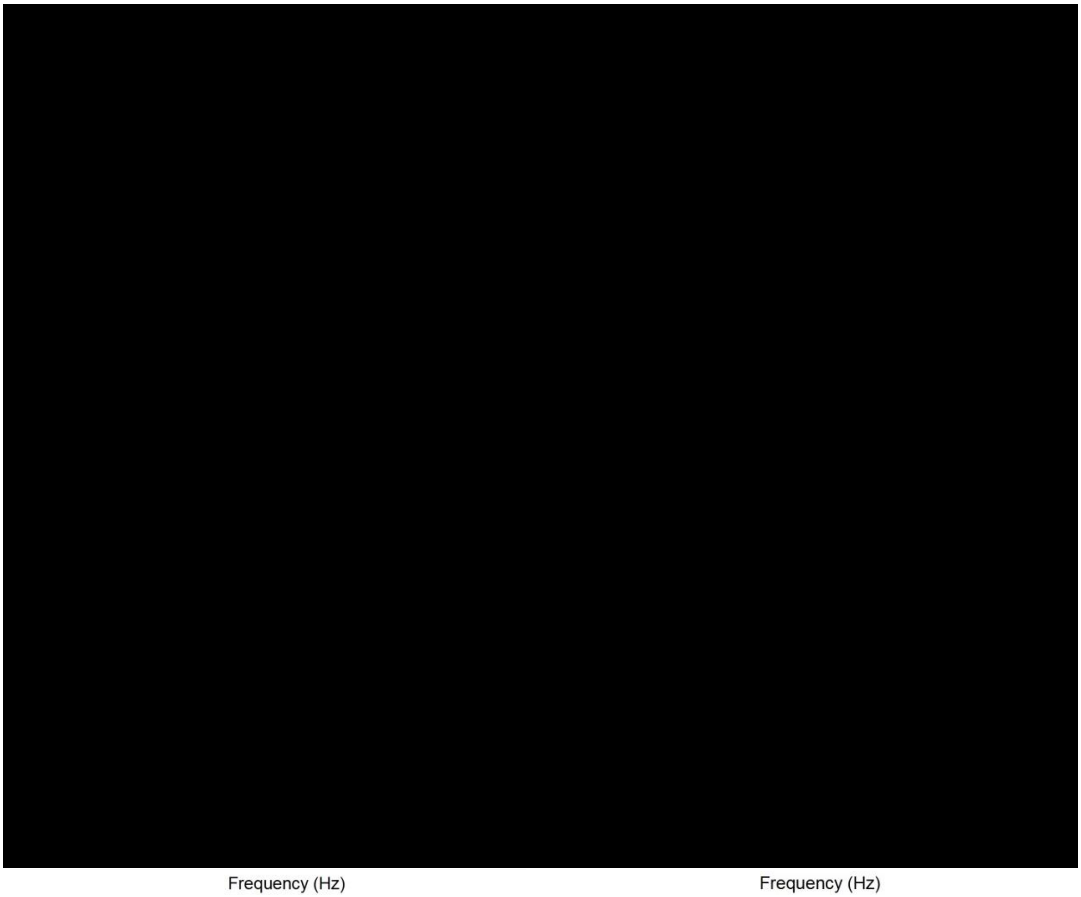


图 7.8-15　风电场阵列内部 C1、 C2 两处的水下噪声的 1/3 倍频程值

图7.8-15是风电场阵列内部C1、C2两处的水下噪声的（风速3 m/s）1/3倍频程。其中C1的主要频率峰除了63 Hz (70±5.8 dB)和125 Hz (79±4.6 dB)外，还存的50 Hz (68±4.6 dB)、100Hz（73±5 dB）、160 Hz (85±5dB)、200 Hz (93±5.7 dB)、250 Hz (99±7 dB)的频率峰。C2在小于100 Hz低频段具有较高的声压值，并随着频率升高而降低，在125 Hz (82±0.6 dB)和200 Hz (78±3.2 dB)存在二个频率峰。同独立风电机的监测结果类似，尽管并没有出现明显的25 Hz和63 Hz的频率峰，风电场内部水下噪声中存在大量小于100Hz低频信号，同时也存在较明显的100Hz和125 Hz频率峰。然而，与独立风电机不同的是，风电场内的水下噪声中存在其它的频率峰。其中50 Hz的信号可能来源于电源设备产生的噪声，因为Wahlberg等(2005) 和Thomsen等（2006）也曾报导海上风电场运行期噪声中存在的50Hz的噪声可能源于记录系统的内源干扰或风电场内电源的影响。在风电场内，由于风电机间隔相对较近（1000m），水下噪声在传播过程中受彼此相邻的基桩的反射等影响，使风电场内的水下噪声信号的频率发生变化。

风电机产生的水下噪声在水平距离的衰减采用走船式的方法进行记录，走船的距离控制在500 m左右以减少不同海况造成的测量差异（图7.8-16）。由图13可以看出，在距离15 m处，B 风机（3 MW）的噪声主要频率峰为63 Hz和125 Hz，其SPL分别为86 dB和78 dB，但A风电机噪声的主要频率峰则主要为40-50Hz (SPL=79 dB)和80-100Hz (SPL=85 dB)，这可能受到50 Hz工频干扰的影响，影响了63 Hz和125 Hz频率的幅度。随着远离风电机，其SPL明显下降，A风电机的水下噪声在300m处的下降幅度已达20 dB，450 m略有上升，基本也与300m处接近，表明，在300m处风电机的噪声可能已经接近背景噪声。

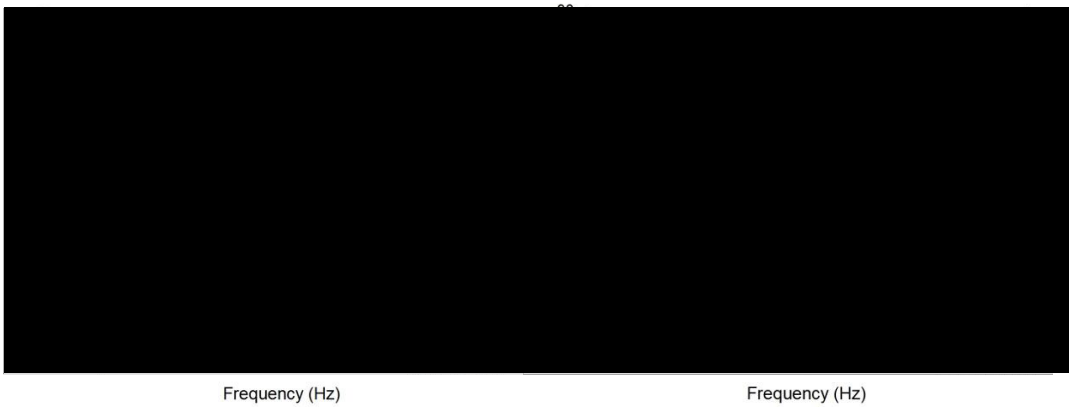


图 7.8-16　风电机噪声不同距离的测量

7.8.2.3 本工程运行期水下噪声对海洋生物的影响分析

风机运行中向水下辐射噪声的主要途径是风机运行的噪声源从空气中直接通过海面折射到水下、通过风机塔架传导到水中、从风机塔架到海底再辐射到水中三条声传播路径组成。

（1）低频噪声对海洋渔业资源的影响分析

海洋低频噪声对海洋鱼类的影响程度取决于噪声强度和不同鱼类的听觉特性。

在无限制的情况下，打桩噪声产生的高强度噪声对附近鱼类有明显的趋赶作用，不同鱼类或其它海洋游泳动物均会有一定程度的逃避行为。当打桩结束后，鱼类往往会重返原生活水域。但是由于海底施工的作用，底栖环境或水文水质环境会发生变化，可能会影响鱼类短距离的生活水域偏离。

1）根据 2018 年春季渔业资源调查（图 6.3-2），其中 YS11 的重量密度多样性和尾度密度多样性在所调查的 13 个位点中均是最低的。而该位点是靠近东海大桥和已有的风电场区域的调查点，这一方面可能由于东海大桥的建设改变了海底的水文和底质 造成渔业资源多性性降低，另一方面，可能由于东海大桥交通噪声（交通噪声从桥面通过桥墩传至水中）和风电场噪声降低了渔业资源的多样性。

2）根据2018年秋季渔业资源调查（图7.8-17），其中位点4、5、6距离已建东海大桥风电场区域较近。

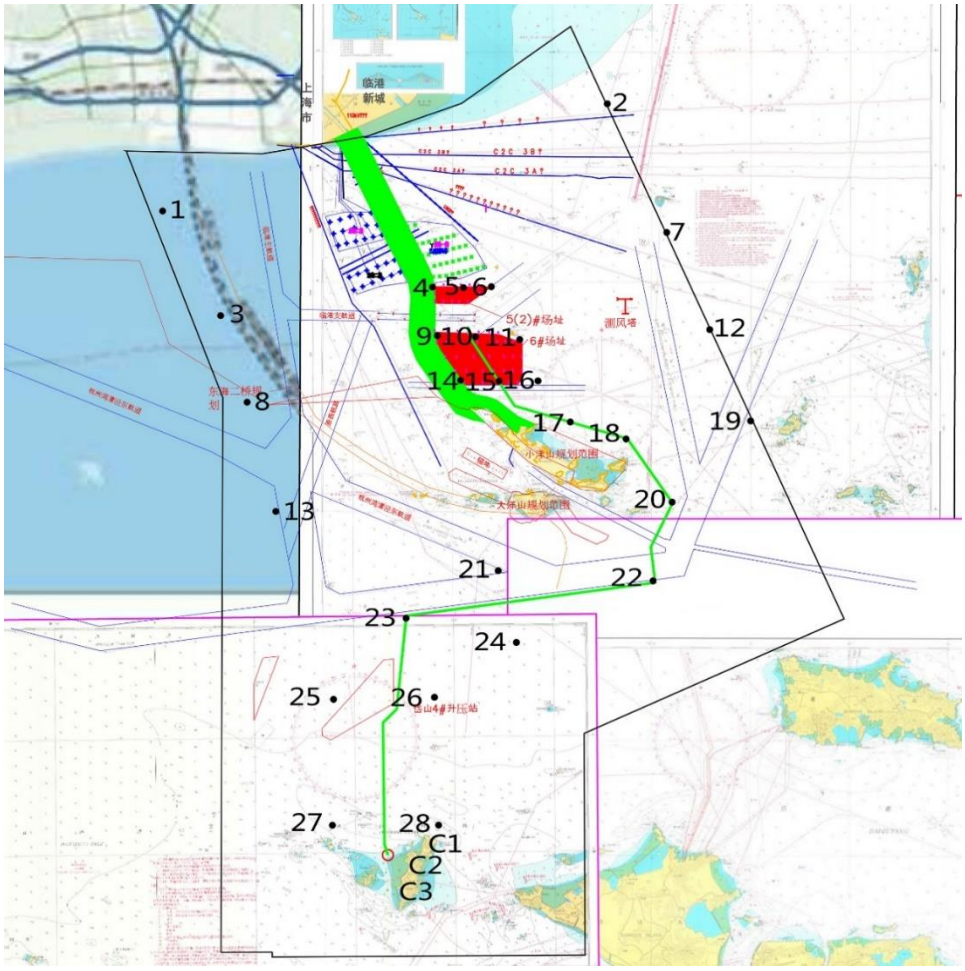


图7.8-17　2018年2018年秋季渔业资源调查站位图

由图6.6-1和图6.6-3可知，4、5、6位点的单位时间和单位面积尾数均处于较高值，但是在多样性分析上，丰富度Margalef指数（d）平均值为4.27，其中最高值出现在2号站（8.21），最小值出现在5号站位（1.73）；基于生物量计算的丰富度Margalef指数（d）平均值为2.76，其中最高值出现在2号站（4.13），最小值出现在5号站（1.59）；表明尽管渔业资源的总量没有变化，但渔业资源的多样性降低。结果进一步表明，低频噪声对渔业资源的多样性有较大的负面影响，尤其可能对一些对低频噪声敏感的鱼类。

尽管由于缺乏目前风电场内和风电场外渔业资源的实际对比数据，但低频噪声对渔业资源多样性的影响仍不容忽略。

（2）运行期海域哺乳动物的安全距离

基于国外的研究资料和上海东海大桥、福建平海湾一期海上风电项目实测数据：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。同时该结果与参照类比的英国4个海上风电场的水下噪声实测分析结论相近。因此，认为运营营期风电场水下噪声对哺乳动物不会造成影响。

（3）运行期海域鱼类的安全距离

基于国外的研究资料和上海东海大桥实测数据，风电场运行期的水下噪声主要为低频信号（100-200 Hz），其声谱级预测为100dB。黄姑鱼的听觉阈值为95dB，根据25log(r)的衰减模型，其感知距离为1.5m。梅童鱼的发声声压级为100dB左右，与运行期的风电场噪声水平相当，但由于鱼类发声频率与运行期风电场噪声频率存在很大差异，如果鱼类对同等强度的声音信号有较强的辨识能力，那么运行期的风电场噪声对其声讯交流影响不大，但仍需进一步的研究证实。

然而，需要指出的是，风电场的水下信号中存在大量的低频振动信号，而鱼类可以利用侧线感觉器官来感知振动信号，因此，风电场的低频振动信号对鱼类的长期影响还有待研究。

（4）运行期海域对产卵场和仔鱼的安全距离

1）主要产卵场位置

工程涉及的产卵场有大戢洋产卵场保护区，位于工程东侧1.3km处，保护对象为鲳鱼、大黄鱼、鳓鱼等鱼类资源。本风电场施工期的打桩噪声可被其感知，并与其生殖发声的频率具有重叠，因此对生殖期的亲体、鱼卵及仔鱼的影响需要关注。

2）鱼类的听觉发育可塑性和安全距离

鱼类的听觉是基于毛细胞发育的感觉系统，随着鱼类的发育，其毛细胞数量增加，其听觉敏感性也增强。因此，一般来说鱼类幼年期的听觉较成年期不敏感，如图7.8-18，为鲶鱼不同发育阶段的听觉阈值。由图可知，体长20-30mm（XXS组）的鱼的听觉阈值比体长110-160mm（XL）组的听觉阈值高25dB。本实验采用

的黄姑鱼为10cm左右，接近成年个体的大小。由于实验时间和经费限制，不同发育阶段的黄姑鱼的听觉没有进行实验。本实验中采用的黄姑鱼的听觉最敏感频率为200-500Hz左右，其平均听觉阈值为95dB。但根据已有的实验，可预测黄姑鱼幼体的听觉阈值高20dB以上，约为115dB。

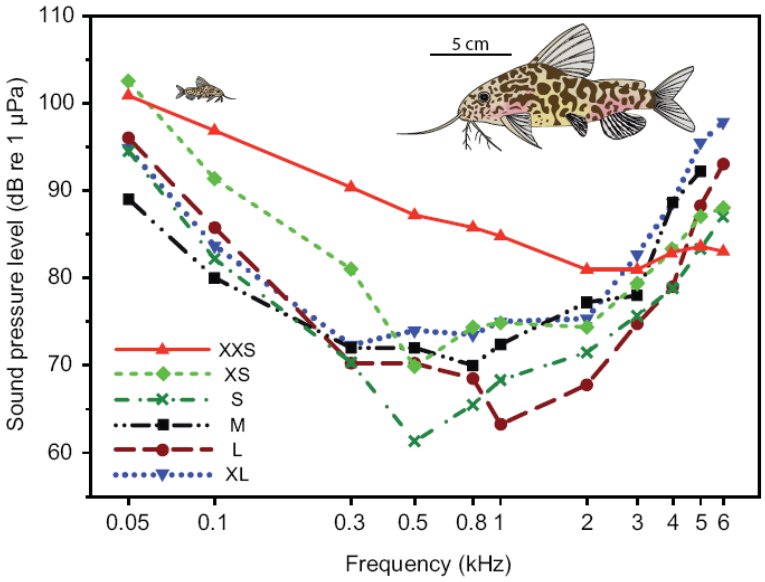


图 7.8-18　不同体长鱼类的听觉阈值，体长范围 20mm-160mm

基于国外的研究资料和上海东海大桥实测数据，风电场运行期的水下噪声主要为低频信号（100-200 Hz），其声谱级预测为100dB。黄姑鱼的听觉阈值为115dB，推测石首鱼幼鱼可能听不到运行期的风电机噪声，因此认为运营营期风电场水下噪声对鱼类不会造成影响。然而，这方面的数据仍需要进一步进行不同发育阶段鱼类的实验室实验为支撑。

鱼类在生殖季节由于性激素的调控，其听觉敏感性会相应的提高，以适应生殖声讯交流的敏感度。有研究表明，发声鱼类的听觉敏感性在生殖季节提高10dB以上。因此，基于本实验的研究以及文献资料的类比，生殖季节的黄姑鱼的听觉阈值可降至85dB，因此，在生殖季节，运行期的风电机噪声可被感知的距离为3.9m。因此，风电场场内的风电机在运行期可能对进行生殖声讯交流的石首鱼类存在干扰。

（5）运行期海域甲壳类的安全距离

工程海域的甲壳类优势种为长臂虾，其100Hz的听觉阈值为105dB，基于对运营噪声风电场的噪声100dB的预测，长臂虾对其感知的能力较弱。因此，运

行期噪声对长臂虾的影响可忽略。但运行期风电场具有较高水平的低频信号，对于以感受振动信号为主的甲壳类的影响不能被忽略，仍需要进一步的研究数据来支撑。

7.9 对环境敏感目标的影响预测与评价

7.9.1 对农渔业区的影响分析

本工程海上风电机组布置区、海上升压站和大部分海底电缆位于“嵊泗农渔业区”内，部分 220kv 海底电缆位于“岱山农渔业区”。

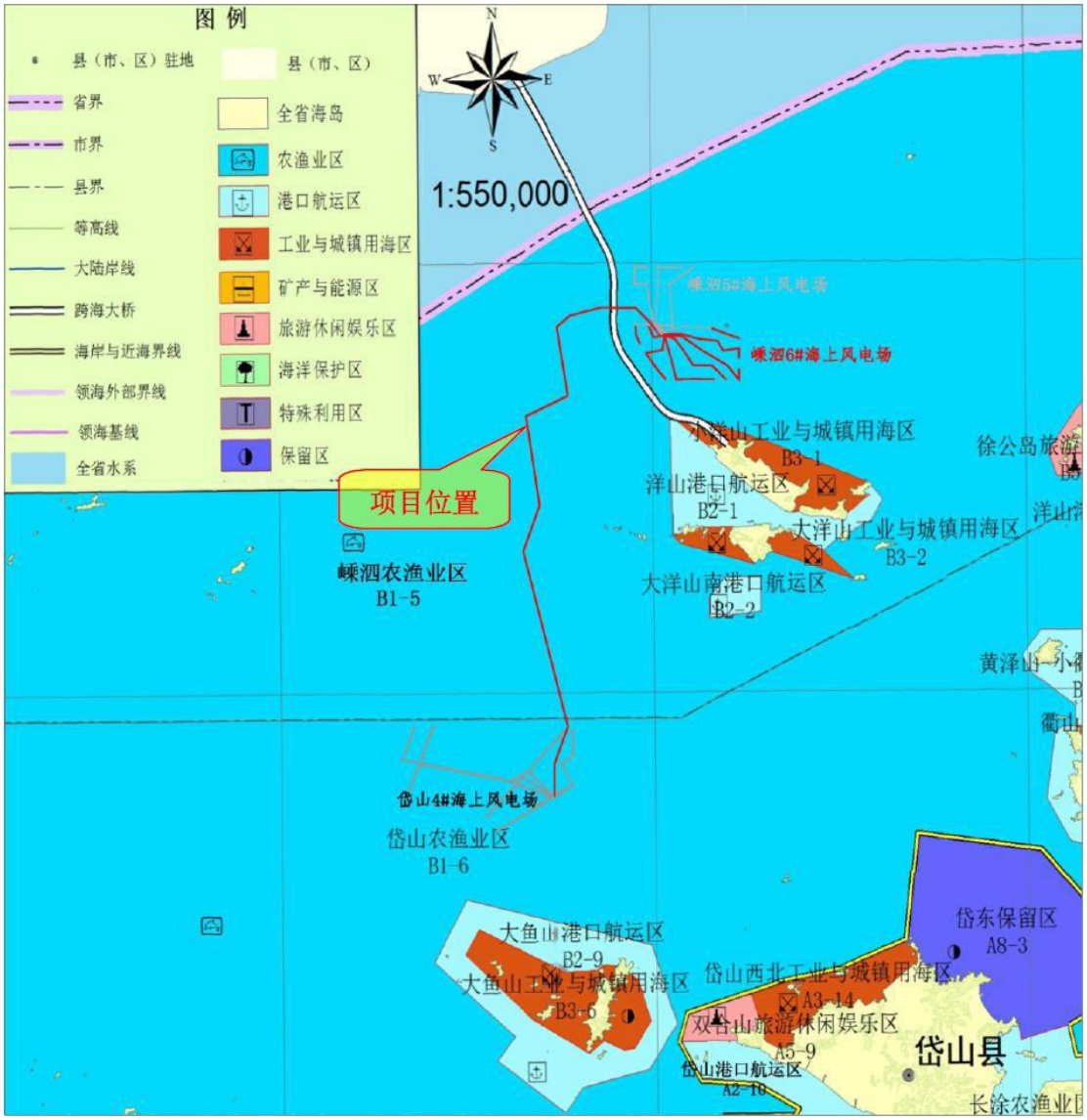


图 7.9-1　　工程与农渔业区位置关系图

根据《浙江省海洋功能区划（2011-2020 年）》，嵊泗农渔业区海域使用管理要求为：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，

兼容交通运输用海和旅游娱乐用海；2、除渔业基础设施外，禁止改变海域自然属性。嵊泗农渔业区海洋环境保护要求为：1、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；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。

岱山农渔业区海域使用管理要求为：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，兼容交通运输用海和旅游娱乐用海；2、除渔业基础设施外，禁止改变海域自然属性。岱山农渔业区海洋环境保护要求为：1、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；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。

（1）施工期的影响

本工程主体部分和海底输电电缆路由位于嵊泗农渔业区。工程施工期间，施工过程中工程所在海域受打桩、挖缆作业扰动，悬浮物含量增加，水体透光率下降，海洋生物呼吸、生存受到影响，海洋生物资源尤其是渔业资源数量下降。另外，根据数模预测，施工期间风电场所在海域的悬沙含量较高，施工结束后，悬沙逐渐沉降下来，一定程度上可能改变海域的底栖环境，从而影响底栖生物的生存和生长，但由于海洋生物对环境的适应性，这种影响可逐渐得到恢复。

本工程风电场完全位于嵊泗农渔业区内，海上施工期间，为保证施工安全将禁止渔船进入施工海域进行生产，由此导致作业渔场范围减少，此外受施工的扰动影响，周围海域渔业生产的渔获率可能有所降低，从而造成施工期该海域渔业生产的捕捞产量下降。本工程建成后，且从安全角度考虑，风机所在海域及四周 50m 安全距离内渔船不能进入捕捞作业，渔业生产作业范围减少，从而影响渔业生产。

《海底电缆管道保护规定》第七条规定：海底电缆管道保护区海湾等狭窄海域为海底电缆管道两侧各 100m；第八条规定：禁止在海底电缆管道保护区内从事挖砂、钻探、打桩、抛锚、拖锚、底拖捕捞、张网、养殖或者其它可能破坏海

底电缆管道安全的海上作业。本工程 35kV 及 220kV 海底电缆的保护区范围均为电缆两侧 100m，风电场建设将造成电缆保护范围内捕捞生产全部终止。

（2）运行期的影响

风机运营产生的噪声经水-气界面进入水体后，能量损耗较大，且海水中悬浮物对噪声有一定的吸收作用，噪声进入水体后不会对周边声环境造成显著影响，不会引起桩基周围的水生生物，加之噪声对鱼类具有驱赶效应，因此，水下噪声对鱼类机体、种群数量等影响有限。经类比分析，风机和海底电缆产生的电磁场、无线电干扰等均小于相关标准要求，海水对磁场有很强的衰减作用，不会对鱼类产生明显不利影响。

7.9.2 对东海大桥的影响分析

本工程布置考虑风机与航道预留一定安全距离，与 5000 吨通航孔预留 1000m 安全距离，与 500 吨通航孔预留 500m 安全距离，场内集电线路及 220kV 主海缆从 5000 吨通航孔两侧的非通航孔穿越，海缆之间预留至少 30 米的保护距离。

根据 7.1.5.1 节和 7.2.1.2 节分析可知，本工程实施将对东海大桥产生一定的冲淤影响。具体表现为工程对 5C 场址北侧、5C 和 5D 场址之间、6 号场址南侧通航孔产生一定的冲刷，最大平衡冲刷幅度为 0.15m，而对于东海大桥桥墩，本工程将引起场址西侧桥墩附近海域部分流速减小，发生淤积，部分流速增大，发生冲刷，最大淤积幅度在 0.03m/a 左右，最大冲刷幅度在 0.2 m/a 左右，平衡淤积幅度约 0.77m，平衡冲刷幅度约 0.11m。海缆路由穿越跨海大桥非通航孔，海底电缆的实施将对东海大桥非通航孔产生一定的施工影响。本工程在选址过程中已征询上海（城投）集团有限公司东海大桥管理处意见，场址距离东海大桥 1km 以上，满足上海（城投）集团有限公司东海大桥管理处要求。

7.9.3 对洋山港口航运区的影响分析

本工程南侧约 2.5km 为“洋山港口航运区”。

根据《浙江省海洋功能区划（2011-2020 年）》，该海洋功能区的管理要求为：“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、城镇建设用海和旅游娱乐用海，未开发前可兼容渔业用海；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，加强港区环境动态监测。”

本工程实施对港口的影响主要考虑工程建设和运行期间施工船舶来往及水动力条件变化对港口航运区的影响。在施工期间应注意施工船舶来往对航道的影响；运行期应布设相关标记设施，降低通过此航运区的船舶误闯入风场区的风险。航运区距离风场区较远，依据水动力及泥沙冲淤影响预测，洋山港口航运区每年的冲淤变化量<0.01m/a，因此本工程建设不改变港口航运区的冲淤环境，不影响港口航运区的基本功能。

7.9.4 对航道的影响分析

本工程附近的航道主要有西航路、临港主航道、临港支航道、漕泾东航道、金山航道等。海上风电场和海底电缆的建设过程中，将会有较多的施工船舶参与，工程海域的船舶流量会有所增加，特别是海底电缆建设期间，将会有工程船舶穿越航道，对航道上其他过往船只的正常通行产生一定影响。此外，本工程部分海缆路由与漕泾东航道和金山航道交越，海缆施工船进行敷设时对其通航环境也有一定干扰，但由于铺设速度较快（1m/min），因此影响较小。本工程施工过程产生的 10mg/L 悬浮泥沙扩散范围和程度有限，不至于影响周边航道的水深条件。

运行期间，本工程风电场区避开了洋山港主航道、漕泾东航道、洋山港东支航道以及东海大桥主通航孔，从源头上减轻了对通航环境的影响。但不排除有零星作业船只进入风电场，对于无意进入风电场海域的船舶，尤其是在恶劣气象条件下，过往船舶（包括作业渔船）可能误入风电场区，存在船舶与风机撞击的一定风险，造成船舶和风机设备受损。

东海大桥附近水域共划定 4 条通航孔航道，其中与本工程最近的为东海大桥主通航孔至鱼腥脑航路，也是东海大桥 2 号通航孔航道，是东海大桥主通航孔，最高通航等级为 5000 吨级船舶。该航道为单孔双向航道，宽 300m，高 40m。航道中心线为东端点（30°43′26″N，122°01′05″E）和西端点（30°43′31″N，121°55′40″E）的连线，长度 8.64km。

本工程风机布置于航道南北两侧，风机与航道最近距离约 1133m，所有风机均布置于航道安全保护范围之外，故风机不会影响航道通航安全。项目海底电缆支线路由 1/2/3 与航道交越，交越处水深 12.1~13.2m，海缆交越后基本不会改变

水深条件，故不会对通航造成影响，但海缆铺设施工会对通航造成一定影响，将暂停航道通航。

依据水动力和冲淤环境计算结果，工程建设前后，对场区附近航道的流场影响较小，冲淤平衡后，主要表现为冲刷影响，其中 2 号主通航孔航道附近冲刷幅度约 0.15m，1 号副通航孔航道最高通航等级为 500 吨级船舶，将冲刷约 0.11m，3 号副通航孔最高通航等级为 1000 吨级船舶，将冲刷 0.02m。

根据《中广核嵊泗 5#、6#海上风电场及海底电缆工程航道通航条件影响评价报告》专家评审意见（附件 23），本工程主路由与洋山中转西航路、漕泾东航道、西航路（推荐）交越段埋设深度取自然泥面下不小于 3.0m，支路由与东海大桥 2 号主通航孔航道交越段埋设深度取自然泥面下不小于 4.0m，埋设宽度不小于航道的两倍宽度。对航道的通航环境及通航条件基本不会造成影响。

由此可见，工程建设后基本不会影响周边航道的正常使用。

7.9.5 对锚地的影响分析

本工程风电场区附近的锚地主要有洋山小型避风锚地等。风电场距离洋山小型避风锚地约为 5.5km，从距离上看，具有足够的安全距离。因此，拟建风电场与附近锚地是相适应的。

依据水动力和冲淤环境计算结果，工程建设前后，对场区附近锚地的流场影响较小，洋山小型避风锚地每年的冲淤变化量<0.01m/a。由此可见，工程建设后对周边水动力和泥沙冲淤的影响比较有限，不影响周边锚地的正常使用。

7.9.6 对海底管线的影响分析

工程附近存在较多海底通信光缆及输气管线主要有：上海芦潮港至嵊泗输电电缆（35KV）、东海平湖油田海底管道、嵊泗大洋山至上海芦潮港通信电缆、中日海底光缆系统（CJ－FOSC）（已废止）、上海液化天然气一期工程输气管线项目。与本工程发生交越的为中日海底光缆系统（CJ－FOSC）（已废止）。

中日海底光缆系统是一条联接海外的大容量通信线路，于 1993 年 12 月建成投用，属于中国电信集团公司。该光缆西起上海南汇，东至日本宫崎，总长度 1265km，中国侧全程长 700km。该光缆有 7560 话路，通信系统规格为 SL-560 系统，光缆规格 SAM，外径为 3.1~5.15cm。铺设方式：中国侧为全程埋设，埋深

150cm。根据国家海洋局国海管字[2007]145 号文《关于同意中日海底光缆（中国段）废弃的批复》，中日海缆以原地废弃方式自 2006 年 3 月 31 日起废弃，并终止服务，自废弃之日起收回海域使用权。该光缆穿越本工程风机场址区，悬沙扩散对于管线基本无影响，项目建设会造成海缆局部淤积和冲刷，局部淤积对海缆保护是有利的，局部冲刷对海缆保护是不利的，但中日海底光缆系统已废弃，故局部冲刷对海缆影响较小。本工程施工以及后期检测与维修施工期间，施工船舶的抛锚可能对该电缆造成一定影响，但因其已废弃，影响甚微。

上海液化天然气一期工程输气管线项目主要由 LNG 码头、LNG 接收站和海底输气管道三部分工程组成。LNG 码头位于上海洋山深水港区中西门堂岛的南侧，LNG 接收站位于中西门堂岛，LNG 海底输气管道计划为 600 万吨 LNG/年规模设计的 36”海底管道。从西门堂岛北侧入海，至南汇咀东海大桥东侧约 670m 处登陆。该输气管道于 2008 年 9 月铺设，属于上海液化天然气有限责任公司，长度约 36km，该油气管道埋深约 1.5m。根据报告书 7.1.5.3 节数模计算结果分析，本工程建设对 LNG 管道大潮涨急流速变率为 0.2%，大潮落急流速变率为 0.5%，可能会导致 LNG 管道局部出现冲刷，但年冲刷量为 0.01m，冲淤平衡最大冲刷量为 0.02m，可见本工程建设对上海液化天然气一期工程输气管线项目影响有限。

此外本工程 220kV 送出电缆与上海南汇芦潮港至东海平湖油气田海上平台 14″海底输气管道交越，根据现行行业标准《海底管道系统》(SY/T—10037)，“交越的两管线必须是分离的，且要永久保持不少于 0.3m 的垂直距离。

根据《关于中广核嵊泗 5#、6#海上风电场工程海缆与天然气海底管道交越的复函》（沪油气[2019]第 022 号）（附件 13），上海石油天然气有限公司表示大力支持并配合本工程建设，原则同意本工程海缆敷设路由跨越该公司海底输气管道。

为隔离原有管道及新敷 220kV 海缆，避免运行时产生相互影响，需要对海缆穿越油气管道部分采取防护措施。海缆穿越油气管道保护方案如下：

（1）在施工前，要对交越海底管线进行实际位置测量，获得海底管线的精确坐标，同时获得管线的埋设深度与走向，为海底电缆安全交越提供可靠的依据。

（2）海缆铺设后存在下沉因素，海缆与管道交越最小垂直间隔不小于 0.5 米，

加上本次工程铺设海缆直径较大（270mm），且为交流电缆，对海管影响较大，为确保管道安全，应根据相关标准和规范，制定切实可行的交越方案，并在施工设计中考虑有针对性的专项保护措施。

（3）鉴于前期风电项目对管道空间状态的改变有持续性较大影响，请做好该工程对海床及天然气管道空间状态和安全状态的影响评估，并将书面报告提交我司。

（4）交越设计和施工时，不允许破坏管道两侧 500 米范围内的原始海床，为便于双方后续的维护修理工作，需采取垂直交越。

（5）为保障气管与海缆的安全，在海缆铺设前，双方业主应正式以协议的形式确定彼此的责任和义务。

（6）提交施工设计方案，并在方案中明确跨越气管的具体施工组织设计，包括但不限于跨越的技术、施工工艺、施工工期、施工质量控制、安全控制措施及应急措施等。此方案须通过相关专家评审，经我司书面确认后方可施工。

（7）提供详细工程资料，包括勘察情况、前期准备、海缆技术数据、工程进度安排等，并保持密切联系，以促进工程顺利进行。

（8）施工前 20 天通报我司，以便在海缆铺设时，我司派人到施工现场进行协助、配合。

经上述保护措施后可确保交越点处油气管道安全。

7.9.7 对大戢洋产卵场保护区的影响分析

大戢洋产卵场保护区位于风电场东北侧约 1.3km，主要保护对象为：鲳鱼、大黄鱼、鳓鱼等鱼类资源；管控措施：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》。

本工程风电场项目建设对保护区的主要影响发生在落潮期海底电缆施工，海底电缆埋设施工产生的悬浮物会在海流的作用下向东北方向扩散至保护区西南角，导致保护区西南角悬浮物浓度增加。此外溢油风险状态下油膜会漂移至保护区内。根据数值模拟预测结果，风电施工将会短期内造成保护区西南角约 0.00046km^2 的范围内悬浮浓度增量达 10.08mg/L。

根据 6.3.3.2 节现状调查结果，2018 年 10 月调查海域悬浮物本底平均值为

468.5 mg/L，可见杭州湾海水悬浮物本底值较高，本工程施工期悬浮物最大增量仅占本底值的 2.12%，可见施工悬浮物增量对大戢洋产卵场保护区内海水水质的影响程度和范围很微弱，且根据类似工程实测结果，施工结束后 1h 后，海水中悬浮物含量即可在重力作用下逐渐恢复至本底值水平，因此本工程海底电缆埋设悬浮物对海水水质的影响时间也是较短的。

由此可见，本工程施工期悬浮物对大戢洋产卵场保护区水质的影响时段较短，悬浮物增量占水体悬浮物本底值的比例很低，影响面积很小，因此本评价认为工程施工对大戢洋产卵场保护区内海水水质和保护区保护的各种鱼类资源的影响程度很小，对海域渔业资源育幼、索饵、产卵影响较小。

7.9.8 对东海带鱼国家级水产种质资源保护区的影响分析

东海带鱼国家级水产种质资源保护区总面积约 225 万公顷，其中核心区面积约 72 万公顷，实验区面积约 153 公顷。

保护区位于东海中北部近海的禁渔区线两侧海域，水深 10~80m，地理坐标北纬 28 理坐标北纬中北部近海的，东经 121 坐标北纬中北部近海的禁渔。即 C（301 坐标北纬，123 坐标北纬中）、F（293 坐标北纬，123 坐标北纬中）和 J（283 坐标北纬，122 坐标北纬中）三点连线以西至 10 米等深线所围成的水域。

其中，核心区范围为 A（30，核心区范，123 核心区范围）、D（293 核心区范，122 核心区范围）、H（282 核心区范，122 核心区范围）、I（282 核心区范围，122 核心区范围）、E（292 核心区范，122 核心区范围）和 B（302 核心区范，123 核心区范围）六点连线范围内的水域，面积约约 0.72 万平方公里。实验区范围为保护区内除核心区外的其他水域。主要保护对象有带鱼、大黄鱼、小黄鱼、鲐、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、鳀、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、鹰抓虾、中华管鞭虾、凹管鞭虾、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头足类。

根据数模计算结果，本工程悬浮物增量＞10mg/L 的影响范围距离东海带鱼国家级水产种质资源保护区 25km，因此本工程施工期悬浮物对东海带鱼国家级

水产种质资源保护区水质和保护对象没有不利影响。

7.9.9 对鱼类重要栖息地及洄游和“三场一通道”的影响分析

本工程水域位于小黄鱼、黄姑鱼产卵场西侧，东部距离大黄鱼产卵场边缘约10km，距离带鱼东海索饵场约 95km、距离带鱼东海产卵场北部约 115km、距长江口外银鲳产卵场约 160km、距三疣梭子蟹产卵场约 90km。本海域是鳗苗洄游经过的水域，是鮸鱼、棘头梅童鱼的主要产卵场、索饵场和洄游通道。

工程建设对产卵场、索饵场和洄游通道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、索饵场和洄游通道的影响是有限的，主要是打桩和电缆铺设产生的增量悬沙，风机打桩形成的噪声。但这类噪声对每个具体位置而言，时间很短，由于产卵场和洄游通道的功能具有季节性特征，每年 5~7 月是主要季节。只要工程中作业顺序安排合理，电缆铺设、风机和升压站打桩施工高峰期尽可能避开渔业敏感季节，施工对产卵场和洄游通道的影响程度可以得到减缓和消除。

杭州湾外侧海域是小黄鱼、黄姑鱼、海鳗、鮸鱼、棘头梅童鱼的产卵场、洄游通道和重要的栖息地，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，本工程 47 台风机，共实际占用海域面积 52.2734hm^2，海上升压站用海面积为 1.9662hm^2，占用面积较小。另一方面，工程运行期水下噪声影响远小于各类船舶及机械施工产生的影响，因此不会对工程海域水下声环境产生明显影响。根据本项目噪声专题报告，工程运行期风电场噪声对渔业资源的影响也是可以接受的。风电场建成运行后，为保护海底电缆和风机的安全运行，该海域禁止底拖网、抛锚，形成实质上的禁捕区，又发挥一定的人工鱼礁功能，一定程度上有利于鱼类的繁殖和生长，有利于保护幼鱼幼虾，有利于保护产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道。

总体上，工程施工期对鱼类产卵场、索饵场和洄游通道会有一定的负面影响，但属于短期、可逆影响，且影响程度在可以接受范围，可通过进一步优化施工作业季节，避开鱼类产卵、繁殖和洄游等敏感时段，进一步降低施工期对渔业资源的影响。风机桩基产生的局部涡流和人工鱼礁效应，一定程度上有利于鱼类的聚集，对渔业资源的保护可能产生正面效应。

7.10 其他环境影响预测分析

7.10.1 声环境影响分析

7.10.1.1 施工期

在施工过程中，由于各种施工机械设备的运转，不可避免地将产生噪声污染。根据本工程施工机械设备的声源特征和周围声学环境特点，视施工机械设备声源为点声源，声场为半自由声场。根据《环境影响评价技术导则声环境》（HJ2.4-2009）推荐的点声源衰减模式，估算距声源不同距离处的噪声值，计算模式如下：

$$L_2 = L_1 - 20\lg(\frac{r_2}{r_1})$$

式中：r_1、r_2：距声源的距离（m）；

L_1、L_2：距离处的声强级，dB（A）。

本工程陆上施工活动主要包括风机拼装、材料设备堆存和机械保养等，施工噪声主要为运输车辆的车辆噪声；海上施工噪声主要来源于风机桩基施打及各类施工机械噪声。根据类似工程，按点声源衰减公式预测各主要施工机械的噪声值及影响距离，预测结果见表 7.10-1。

表 7.10-1　　施工噪声影响距离预测结果　单位：dB(A)

施工机械设备	距声源不同距离（m）处的噪声值									
	10	30	50	100	150	200	250	300	350	400
柴油打桩锤	90	80.5	76.0	70.0	66.5	64.0	62.0	60.5	59.1	58.0
液压振动锤	85	75.5	71.0	65.0	61.5	59.0	57.0	55.5	54.1	53.0
液压反铲挖机	80	70.5	66.0	60.0	56.5	54.0	52.0	50.5	49.1	48.0
履带吊	75	65.5	61.0	55.0	51.5	49.0	47.0	45.5	44.1	43.0
拖轮	80	70.5	66.0	60.0	56.5	54.0	52.0	50.5	49.1	48.0
交通艇、抛锚艇	75	65.5	61.0	55.0	51.5	49.0	47.0	45.5	44.1	43.0
载重汽车	80	70.5	66.0	60.0	56.5	54.0	52.0	50.5	49.1	48.0
混凝土泵	68	58.5	54.0	48.0	44.5	42.0	40.0	38.5	37.1	36.0

由表可见，昼间距离施工机械设备 100m 外的环境噪声才能满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）要求；夜间距离施工机械设备 250m 外，环境噪声才能符合排放标准要求。本工程除集控中心外全部位于海上，周边无声环境敏感目标分布，故本工程施工对周边声环境影响不大。

7.10.1.2 运行期

本工程运行期声环境影响主要来自风机和 220kV 升压站主变。

（1）风电场水上噪声

风机运行过程中产生的噪声主要由机械结构噪声和空气动力噪声组成，其中空气动力噪声由叶片快速转动形成气流湍流产生，叶片转速越高产生的空气动力噪声越大，是风机主要环境噪声，见图 7.10-1。

本工程采用的风机工作风速在 3~25m/s，额定风速为 10.7m，当风速达到或超过额定风速时，风机噪声源强（主要为空气动力噪声）也达到最大。当环境风速进一步升高时风机噪声不会进一步增大，而周围自然风和树木等发出的背景噪声会进一步提高，因此风电机组在额定转速条件下的噪声影响最为明显。本风电场风电机组轮毂距离地面约 110m，机组运行时轮毂处噪声功率级约为 110dB(A)。

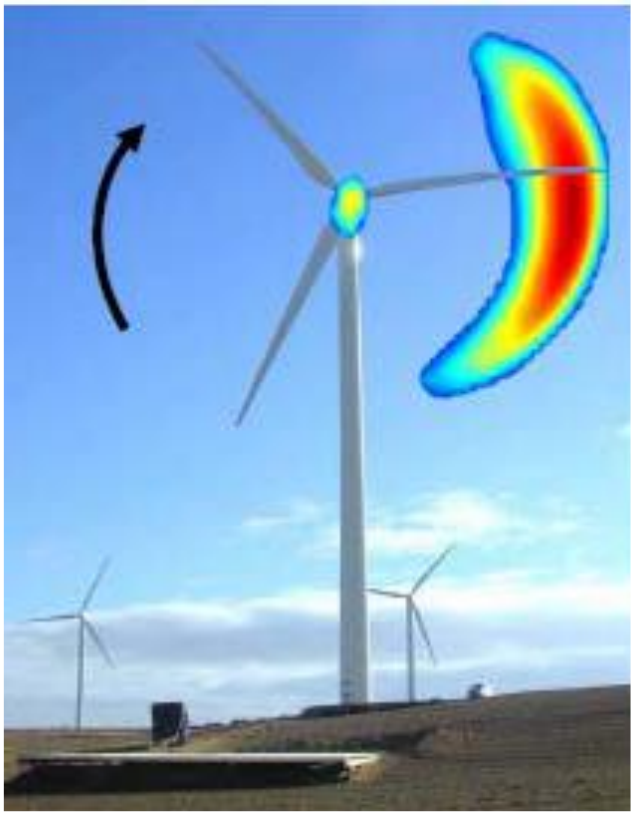


图 7.10-1　　风机噪声源强分布

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，风机组噪声影响预测见表 7.10-2。

表 7.10-2　　风机组噪声影响预测表　单位：dB(A)/20μP

与轮毂直线距离（m）	100	150	200	300	400	500	600	700	800	900
与桩基水平距离(m)	46	102	167	279	385	488	590	691	792	893
风机噪声	67	63	61	57	55	53	51	50	49	48

由计算结果可知，在距离风机轮毂 100m 处（距桩基水平距离 46m），风机运行噪声影响为 67dB（A）；而随距离衰减至 300m 处（距桩基水平距离 279m）

时，噪声影响为 57dB（A）；当衰减至 500m（距桩基水平距离 488m）处时，噪声影响为 53dB（A），可满足声环境质量 1 类标准要求；而当衰减至 900m 处时，噪声影响仅 48dB（A）。

噪声影响等声级图见图 7.10-2。图中 7.10-2 为整体风机噪声（空气）影响预测等级图。

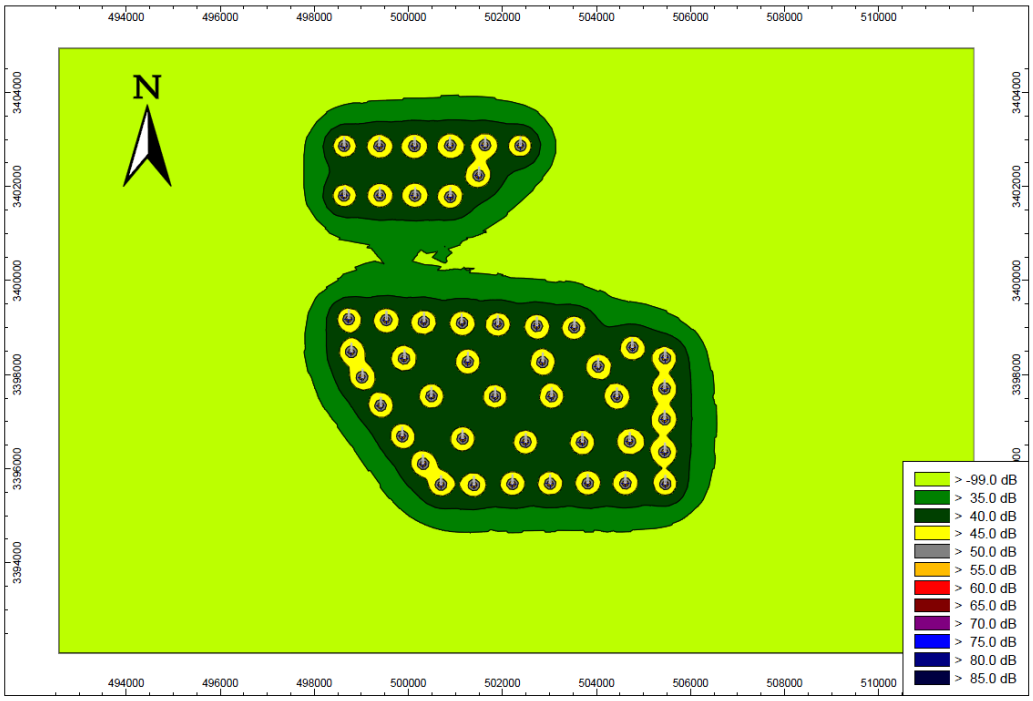


图 7.10-2　　整体风机噪声影响预测等级图

综上，运行期风电场白天距离轮毂 500m（与风机水平距离 488m）外噪声小于 55dB（A），能满足 1 类功能区标准要求，建议以风电场外围风机轮毂为起点，水平距离 488m 为噪声防护距离，该防护距离范围内不宜建设声环境敏感建筑。

（2）升压站

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，升压站场界噪声影响预测见表 7.10-3。

表 7.10-3　　220kV 升压站场界噪声影响预测表　单位：dB(A)/20μP

场界	东侧场界	南侧场界	西侧场界	北侧场界
海平面噪声（dB(A)）	42.5	42.5	42.8	40.9

由计算结果可知，在升压站东侧场界的海平面噪声为 42.5dB（A），南侧场界为 42.5 dB（A），西侧场界为 42.8 dB（A），北侧场界为 40.9 dB（A），满足声环境质量 1 类标准要求。

升压站噪声影响预测等声级图见图 7.10-3。

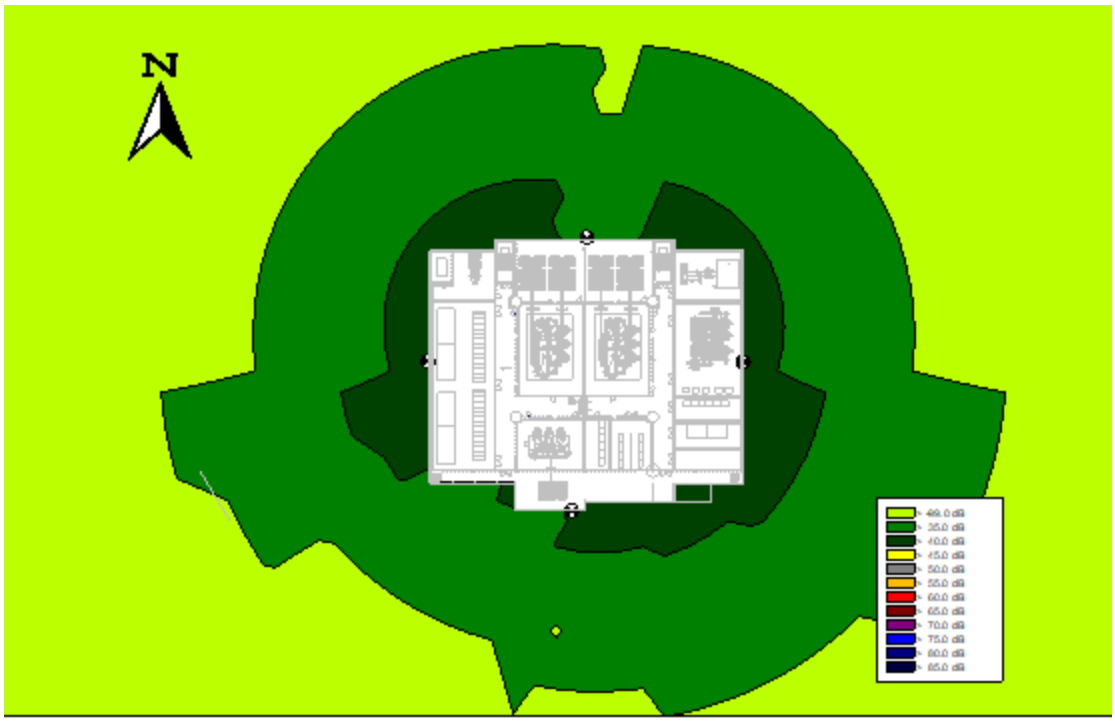


图 7.10-3　　220kV 升压站噪声影响预测等级图

7.10.2 环境空气影响分析

（1）施工期

施工中由于土建材堆放和施工车辆的行驶，在作业面及其附近区域将产生粉尘和二次扬尘，造成局部区域的空气污染。施工粉尘和扬尘总量不大，工程区域周围无居民区、学校等环境敏感目标，且施工区域的地形条件有利于粉尘和扬尘的扩散，故不会对周围空气环境产生明显影响。

（2）运行期

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。

7.10.3 牺牲阳极对海洋水质影响评价

牺牲阳极附着在钢管桩上，均暴露在水中，根据王恕昌等的研究成果，海水中的无机锌 Zn^{2+}、$Zn(OH)^{+}$及 $Zn(CO_3)$的形式存在，近岸及河口区含量相对较高。其存在形式有颗粒态、不稳定态、弱结合态和结合态。较大的颗粒态锌会较快沉降下来。由于锌的形态转化、与沉积物、生物的交换较为复杂，目前尚缺乏系统的研究。根据工程设计，每台风机基础每年释放的锌约 24.36kg，释放的锌按 87%进入海水中随潮流扩散，则释放速度约合 0.67mg/s，则其扩散至不同距离时每年增加的锌浓度见表 7.10-3。

表 7.10-4　　单台风机阳极保护块不同距离时海水锌浓度每年增量

距离（m）	浓度增量（μg/L）
10	17.64
20	8.28
50	3.11
100	2.07
200	1.04

由表 7.10-3 可见，在最不利工况条件下，单台风机牺牲阳极释放的锌浓度增量 10m 处为 0.0176mg/L，叠加海水锌浓度背景值 0.0116mg/L（2018 年 10 月工程区域现状监测平均值），单台风机基础周边 10m 处的锌浓度为 0.0292mg/L，满足二类海水水质标准要求。在风电场实际运行中，牺牲阳极释放的锌将随海水输移扩散，不会在风电场区持续叠加，因此不会对区域海水水质造成显著影响。

7.10.4 设备腐蚀对海洋环境影响分析

本工程风机塔筒、机舱、叶片等设备均考虑防腐设计。对导管架结构的防腐设计，在大气区采用防腐涂层方案，浪溅区采用预留腐蚀裕量和防腐涂层的措施；对其它钢结构，只考虑防腐涂层保护。

根据《海港工程钢结构防腐蚀技术规范》(JTS 153-3-2007)，防腐涂层设计使用年限 25 年，钢管桩设计年限 25 年。由于本风电场风机基础的钢管桩内腐蚀按水下区腐蚀考虑。导管架结构泥面以上部分按浪溅区考虑腐蚀裕量，取 25 年腐蚀裕量为 10mm。在采取上述阳极保护与涂层联合保护措施后，全浸区防腐年限可达 25 年以上。国外海上石油平台、海上风机等海上构筑物采取类似防腐设计措施已取得良好的防腐效果。

此外对各种设备及其支撑构件、水管、气管、油管采取除锈、涂漆、镀锌、

喷塑等表面防腐蚀处理工艺，工艺符合国家现行有关标准的规定。采取上述措施后，可确保风机受海洋腐蚀影响不大。上述防腐措施对海洋环境的影响主要为牺牲阳极、富锌底漆等材料中锌元素的溶出对海水水质和沉积物的影响，根据报告7.9.3 节分析，本工程设备腐蚀对海洋环境的影响较小。

7.10.5 固体废弃物影响分析

7.10.5.1 施工期

施工期主要固体废弃物为施工弃土、弃渣以及施工人员生活垃圾以及管桩施工产生的淤泥等。

施工高峰期施工人员的生活垃圾产生量为 350kg/d，经集中收集定期外运后不会对施工区环境卫生产生影响。电缆沟开挖产生的土方在电缆埋设后马上回填，无弃方产生。因此在落实施工期管理措施后施工阶段固体废弃物施工期固体废弃物不会对环境造成不利影响。

由于本工程所倾倒淤泥均来自工程海域底泥，根据工程设计文件，钢管桩施工产生的淤泥吸出后将储存于驳船上，统一运回陆地处理，不在海区进行排放。

7.10.5.2 运行期

此外，升压站运行期需配备一定数量的蓄电池，在电池寿命期满后，对于更换下来的电池，委托具有相应资质的单位统一回收处置、处理，不外排，不会造成环境污染。

8 清洁生产与污染防治对策措施

8.1 清洁生产分析

8.1.1 设备先进性分析

本工程选择单机容量为 6MW 机组为主选机型，转轮直径 172m，轮毂高度约 110m（含基础段高度）。

本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。

另外，考虑到风电场场地条件和施工工艺，以及国家要求所选风电机组国产化率必须大于 70%的要求，6MW 的 WTG-4 和 WTG-5 机型技术上比较成熟，在国内风电机市场所占份额较大，对嵊泗海上风电场比较合适。

8.1.2 施工工艺环境先进性分析

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。本工程所用钢管桩均选择在岱山基地内制作完成，完成后采用海运方式运送至沉桩机位，使用打桩船进行施打沉桩。风机选择在岱山基地进行整体拼装，风机在运输驳上组拼完成并在“井”字架上固定后，用拖轮直接拖至现场整机安装，安装采用 2000t 级及以上等级大型浮式起重船进行。

本工程海上升压站钢结构加工选择在江苏、上海钢结构加工基地，然后使用 5000t 级及以上等级自航甲板驳运输至安装现场进行沉桩和吊装作业。

由于钢管桩、风机和海上升压站钢结构部件均在陆上海工基地和相应的厂家制作，不仅可有效减小工程区域的施工作业区的用海面积，还可利用相应基地内成熟的各种配套设施，加快工作进度的同时减小了对工程区域的生态环境、海水水质及海洋生态环境的影响，同时与清洁生产的要求相符合。

风机打桩时，选择使用液压打桩锤，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。海缆铺设采用铺缆船进行施工，一边开沟一边铺缆，铺缆船铺缆时，开

沟犁和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，所需施工作业面积和悬浮泥沙产生量均较小，因此对生态环境、海水水质及海洋生态环境影响较小。由此可见，工程施工工艺和机械均属于国内先进水平。

因此，本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

本工程生活污水经岱山基地污水处理设施处理达标后，排入大鱼山岛污水处理厂管网，不外排；通过选用低噪声设备，加强设备的维护和保养，保持机械润滑等措施保证场界周边噪声不超标；生活垃圾由环卫部门统一收集处理，对环境无污染影响。

8.1.5 节能减排贡献

（1）节能增电效益

本工程建设 47 台单机容量为 6MW 的 WTG-4 和 WTG-5 风电机组，总装机规模为 282MW，年平均上网电量 86758.4 万 kWh，工程建设投运后每年可为国家节约标准煤约 26.81 万吨（火电煤耗按 309g/kWh 计），起到了节煤增电的良好经济效益。

（2）减排效益

与相同发电量的火力发电厂相比，火电煤耗按 309g/kWh 计，可相应地减少燃煤所产生的二氧化硫(SO_2) 225.57t/a，二氧化碳(CO_2)73.22 万 t/a，氮氧化合物(NOx) 216.90 t/a，烟尘 52.06t/a，此外还可节约用水 5.21 万 t/a，减少相应的水力排灰废水和温排水等对水环境的污染。由此可见，风电场有明显的环境效益。

开发风能资源，发展风力发电，不但可以节约宝贵的一次能源，还具有较好的环境效益，是实现能源、经济、社会可持续发展的重要途径，因此本工程符合清洁生产要求。

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 海上施工的清洁生产

（1）海上污水处理与防治措施

a、对于本工程所采用的各类施工船舶，在水上作业时应遵照《沿海海域船舶排污设备铅封管理规定》以及交通部发布的《中华人民共和国船舶及其有关作业活动污染海洋环境防治管理规定》中对海上施工船舶的要求管理，即限制船舶油类污染物排放专项铅封行动要求，禁止直接向海域水体排放机舱所处的舱底含油污水、丢弃生活垃圾。

b、严格执行国家《船舶水污染物排放控制标准》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。本工程船只无压舱水排放，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；本工程船舶含油废水由南通亿洋船务工程有限公司接收处置。

c、海域施工期间，各类供给船、铺缆船和起重作业船等施工船舶上作业人员产生的生活污水约 7m^3/d，经收集后统一运至陆上施工基地和陆上施工生活污水一并处理，经岱山基地污水处理设施处理达标后，排入大鱼山岛污水处理厂管网。

d、甲板上偶尔出现的少量油（通常是润滑油）应用锯末或棉纱吸净后冲洗，含油的棉纱等应收集后运回陆地。注意施工船舶等的清洁，及时维护和修理施工机械，施工机械若产生机油滴漏，应及时采取措施，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，并向洋山港海事局及舟山海事局报告。

e、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。

f、本工程的基础施工时钢管桩和导管架需灌浆连接，灌浆作业利用钢套箱进行水泥砂浆浇注作业。为保证浇筑质量，钢套箱为半封闭结构，一般情况下不会发生水泥砂浆泄漏。通过导管架和管桩的直径准确计算灌浆的方量，另外，派潜水员到水下观察灌浆情况，一旦灌到对应位置和方量时，及时通知岸上人员停

止继续灌浆，避免灌浆溢出污染海水。

（2）海上固体废物污染防治措施

a、对于施工期产生的生活垃圾和施工固废，应用专用容器收集运至陆上统一处置。

b、对于海缆施工前扫海清障打捞产生的固体废弃物，应在施工船舶上设置专门的收集装置，打捞出海后统一收集并运回陆上统一处理，禁止在海上随意弃置从而造成海洋环境的二次污染。

c、风机塔基与塔架焊接过程产生的废弃焊头和拆卸下来的废弃材料设备包装物不可直接丢弃，应在每个焊接作业点配备收集铁桶，废弃焊头直接放入容器中。在每个施工现场设置废料回收桶，施工结束后统一回收运输至陆上统一处置。

d、由于本工程所倾倒淤泥均来自工程海域底泥，根据工程设计文件，钢管桩施工产生的淤泥吸出后将储存于驳船上，统一运回陆地处理，不在海区进行排放。

（3）海上施工生态保护措施

a、为减轻工程施工建设对海域底栖生物的影响，建议：

①优化施工方案，加强科学管理，在保证施工质量的前提下尽可能缩短水下作业时间、开挖量，缩短水下作业时间，避免施工悬浮物剧烈扩散对海洋环境的影响，施工高峰期尽量避开主要经济鱼类产卵季节。

②严格限制工程施工区域在其用海范围内，划定施工作业海域范围，禁止非施工船舶驶入，避免任意扩大施工范围，以减小施工作业对底栖生物的影响范围。

③当电缆铺设完成后，应尽快及时填埋，加快生态修复。

b、为减轻工程施工建设对渔业资源和渔业生产的影响，建议：

①对施工海域设置明显警示标志，告知施工周期，明示禁止进行捕捞活动的范围、时间。

②5~7 月是工程所在海域鱼类产卵高峰期，从减缓对渔业资源的影响出发，电缆敷设等施工高峰期应尽可能避开海洋主要经济鱼类产卵高峰期。

③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。

④施工期对施工海域的渔业捕捞造成影响。因此建议建设单位与当地渔业主

管部门协商，落实对渔民的补偿。

c、为减轻工程施工建设对鸟类的影响，建议：

①合理安排实施施工计划，陆上施工尽量避开春秋季鸟类迁徙、集群的高峰期。特别是在 3~5 月、9~11 月，应避免过强的人类活动，包括工程施工造成的机械、噪音等方面的干扰影响。

②要严格禁止在区域活动人员，包括施工人员诱杀、捕杀在区域停栖的鸟类。要有工程施工负责人负责监督、管理。

③合理选择陆域工程建设位置，减少多鸟类栖息地的侵占。陆工程建设用地，包括临时用地，应该尽量选择对鸟类栖息适宜性较差的区域，如完全的裸地、杂草分布区域等。

④在工程施工过程种，风机及施工机械基本依靠船舶运输。船舶通行过程中或者突发状况下，有可能存在溢油风险。当溢油发生时，对于受溢油污染影响的鸟类要及时进行救助，包括对鸟类身体沾染的油污进行清洗、适当的喂食、羽毛烘干等。

d、水下噪声对海洋动物影响减缓措施

①施工中的水下打桩将对周围海域的海洋生物、特别是石首鱼科的行为活动将带来一定影响。鉴于施工期的打桩噪声具有强度高、时间相对短的特点，海上施工期应对每日预计打桩数量(即最高数量)、打桩的持续时间做出预测，在时间上控制一次一桩。

②施工期水下打桩中应严格确立在距离桩基一定范围为哺乳动物和石首鱼科受水下噪声影响的危险区域，基于上述的分析在本项目中哺乳动物对于打桩所对应的安全距离为 40m，石首鱼科对于打桩所对应的安全距离为 10km。在该范围内若出现相应哺乳动物或石首鱼科鱼群活动，应停止打桩施工，待其离开保护范围后再进行打桩。

③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。

④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。

⑤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。

（4）通航安全保护措施

①本工程施工期间应设置相应的警示标志，防止其他船舶误闯。建设单位应向海事主管机关申请划定禁航区，禁止附近船舶航行于本工程海域。同时，相关部门应及时发布航行通（警）告，驾引人员应重新认识航路，航行于工程附近船舶应加强瞭望，谨慎驾驶，密切注意船舶动态，并与其保持一定的安全距离。施工船舶要正确显示号灯号型，加强与周围船舶的联系与沟通，避免周围船舶靠近施工区域。

②在电缆铺设的过程中，由于电缆距离较长，应设置施工警戒区，警戒区范围建议为海底电缆两侧各 300m 以内水域，防止周围船舶误闯施工区域。

③考虑到渔船的随意性，应加大宣传、教育。在附近渔港码头及渔船上设置醒目的宣传牌、标语牌等，提示渔民在海域风电场的建设，应禁止在风电场海域捕鱼，使得本地和过往船只的人员引起重视；在当地的媒体上，定期宣传和公告；定期到当地政府、渔政水产等部门进行沟通，取得这些部分的支持和配合。同时，在工程区外围设置施工警戒区；限制渔船进入风电场区内，避免渔船撞击工程设施，进入场区的渔船不得在风电场区及施工船所经航路上设置渔网、渔具等。尤其在能见度不良天气下，重点关注渔船动向，以防事故发生。

④建设单位应设置相应助航警戒标志（航标灯、AIS 应答器及高空警示灯），形成通航警戒区，以提醒过往船舶，具体的灯标配布方案，应提前报航标管理部门审定，经批准后方能实施。工程运行期间，风电场桩基及承台部位应设置防撞设施如橡胶护舷等，防止因为意外碰撞对风电场及船舶造成损害。

8.2.1.2 陆上施工清洁生产

（1）废气、扬尘控制措施

为减少施工期对环境空气的影响，应采取以下措施，以符合《中华人民共和国大气污染防治法》的有关规定。

a、在施工工区周围设立简易隔离围屏，将施工工区与外环境隔离。

b、施工单位应加强施工区的规划管理，建筑材料（主要是黄沙、石子）的堆场应定点定位，并采取适当的防尘措施。

c、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。

d、加强施工管理，合理安排施工车辆行驶路线，应尽量避开居民集中区。加强运输管理，坚持文明装卸。运输车辆卸完货后应清洗车厢，工作车辆及运输车辆在离开施工区时冲洗轮胎，检查装车质量。

e、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。

f、加强对施工人员的环保教育，提高全体施工人员的环保意识，坚持文明施工、科学施工，减少施工期的大气污染。

g、粉尘、扬尘、燃油产生的污染物对人体健康有害，对受影响的施工人员应做好劳动保护，如佩戴防尘口罩、面罩。

（2）声环境保护措施

a、合理安排施工计划，除混凝土连续浇注、抢修外，严格禁止在夜间进行产生噪声污染的建筑施工作业。

b、禁止不符合国家噪声排放标准的机械设备和运输车辆进入工区。

c、避免在同一地点安排大量动力机械设备，以避免局部声级过高。

d、加强施工设备的维护保养，发生故障应及时维修，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。

e、应合理安排施工车辆进出场地的行驶线路和时间，加强管理，禁止鸣号、注意限速行驶，文明驾驶以减小地区交通噪声。

f、加强对施工人员的个人防护，对高噪声设备附近工作的施工人员，可采取配备、使用耳塞、耳机、防声头盔等防噪用具。

（3）固废影响防治措施

a、在滩涂区域施工时，应禁止任意向海洋中抛弃各类固体废弃物，同时应尽量避免各类固体废弃物散落进入海中。

b、对施工场所的固体废弃物，由施工单位负责及时清理处置，尤其在施工结束撤离时，必须做好现场的清理和固体废弃物的处理处置工作，不得在地面遗留固体废弃物。施工污废水处理系统产生的污泥也应及时外运处理。

c、对能利用的施工废弃材料由施工单位负责及时清理处置。施工废水处理系统产生的污泥也应及时外运处理。

d、加强施工工区生活垃圾的管理，分片、分类设置垃圾箱，避免生活垃圾混入施工弃土（渣），并定期予以清运，以防生活垃圾经雨水冲刷后，随地表径流带入附近河道。

e、各施工单位加强对临时居住人员的教育和管理，不随地大小便，不随手乱扔垃圾，保证粪便和生活垃圾能集中处置。

（4）水环境保护设计

a、陆上施工生产废水处理

本工程陆上施工基地选择在岱山基地，为减少对水环境的污染影响，结合施工场地布置，分别设置一个污废水收集和处理系统，处理达到《城市污水再生利用城市杂用水水质》后回用于场地洒水降尘等。

① 处理工艺

根据本工程各施工区施工废水特点，各施工区废水处理均可采用具有基础投资少，运行成本低的常规混凝沉降处理；对于含油生产废水，应先经隔油池处理，再与经预沉淀的含泥沙生产废水一并进行混凝沉淀处理。沉淀池产生的污泥定期清理外运。施工废水处理工艺流程见图 8.2-1。

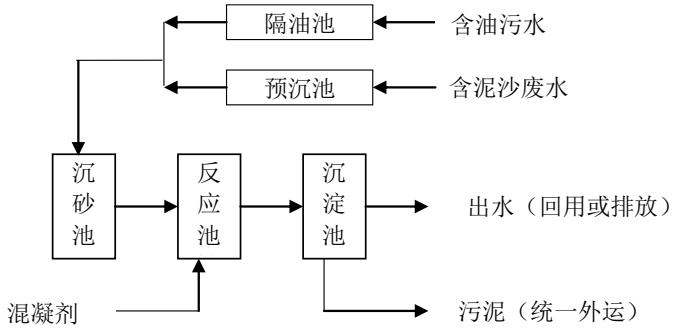


图 8.2-1　　施工废水处理流程图

②回用措施

除了在工程施工期间对施工废水进行必要的处理外，还应采取施工废水经处理后就近进行重复利用，可用于道路冲洗、出入工区的车辆轮胎冲洗等。

b、生活污水处理

海上施工基地施工人员产生的生活污水经收集后与陆上施工人员施工期产生的生活污水一并经岱山基地污水处理设施处理达标后，排入大鱼山岛污水处理

厂管网。

c、管理措施

为进一步减免施工期间对周围水环境的影响，采取以下管理措施：施工泥浆废水通过现有设施处理后达标排放；工区内的清洗水、雨水等也应纳入现有设施，统一处理后排放。注意施工场地的清洁，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。为防止工区临时堆放的散料被雨水冲刷造成流失，散料堆场四周可用砖块砌出高 50cm 的挡墙。加强对施工现场的监督和管理，禁止未经处理的施工生产废水和施工人员生活污水直接排入附近水体。提高工作人员的操作水平，控制风机基础处理和电缆铺设施工过程中产生的 SS 产生量。

8.2.2 运行期环境保护对策措施

本工程为风力发电项目，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源，具有清洁生产特征。针对本工程运行期间可能对渔业生产、鸟类、声环境和电磁环境可能产生的影响，提出以下减缓和修复措施。

8.2.2.1 海洋生态影响减缓和修复措施

（1）增殖放流

国内外长期从事渔业资源研究的专家研究证实，在渔业资源衰退或受损的情况下，除了降低捕捞强度和减少海洋环境污染及生境破坏之外，从根本上恢复渔业资源、改良资源结构、增加渔业生产，进行渔业资源的人工增殖放流是重要、快捷的有效措施。通过增殖放流，可以迅速弥补本工程施工和营运等因素对海洋渔业资源造成的损失。

为减少项目建设对渔业资源的综合影响，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，在工程建成后采取以底栖和潮下带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，如凤鲚、栉孔虾虎鱼、棘头梅童鱼\龙头鱼、安氏白虾、脊尾白虾、日本鼓虾、巨指长臂虾、三疣梭子蟹以及狭颚绒螯蟹等。确保增殖放流的资金不少于本工程造成的生物资源损失金额。

（2）加强渔业资源和生态保护宣传

在进行海洋生物增殖放流和人工鱼礁建设时，举行仪式，以保护海域生态环境为主题，一方面加强社会环境保护教育，另一方面树立项目建设单位的环保形象。

（3）加强渔业资源和生态监测

在施工期间和运行期间，应根据实际情况安排开展项目邻近海域渔业资源和生态环境监测工作，评估工程在施工期和运行期周围海域渔业资源和生态环境的变动情况，评估生态补偿措施的实施效果，为更好地恢复和保护海域渔业资源和生态环境提供科学依据。

8.2.2.2 鸟类影响对策措施

（1）采用在风机上适当的位置安设闪烁灯光、以及采用不同色彩搭配，如旋转时形成鹰眼图案，或将叶片部分涂成红色，促使鸟类产生趋避行为，降低撞击风险。

（2）采用生态工程措施，在工程完成以后，对临时占地进行有效的恢复和生态建设。

（3）加强区域鸟类及其栖息地的观测，合理调整运行及防范措施。观测周期包括施工期以及建成以后的运行期。观测范围包括工程区周边以及邻近的保护区域。运行期要求至少观测 2 年以上，以确定其对鸟类及其栖息地的影响。

（4）根据鸟类及其栖息地观测结果，开展鸟类及其栖息地的保育工作以及鸟与风机碰撞的防范工作。

8.2.2.3 风机减震降噪措施

风机噪声主要包括机械和结构噪声、空气动力噪声以及通风设备噪声。

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

风电机组的主要部件安装于机舱内部，这些部件产生的振动直接传递给机舱，引起机舱振动并辐射产生噪声。为降低风机噪声源强建议可以在机舱内表面贴附阻尼材料对机舱进行表面自由阻尼处理，衰减振动，降低结构辐射噪声，同时隔

离机舱内部的噪声向外传播。

8.2.2.4 环境空气保护措施

（1）加强电气设备及线路维修、维护，降低备用柴油发电机运行次数，减少燃油废气排放量；柴油发电机需选用轻质柴油作燃料以降低大气污染物排放浓度。

（2）备用柴油发电机燃油废气需经发电机配套的水喷淋净化处理器处理后达到《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）二级标准后达标排放。

8.2.2.5 升压站环保措施

（1）电磁环境防护措施

为尽量减小升压变电站地磁场对环境的影响，提出以下防护措施：

a、选用带有金属罩壳的电气设备，对裸露电气设备采取设置安全遮拦或金属栅网等屏蔽措施。

b、主变设备、主变压器外壳以及主变室内墙体敷设的铝合金吸音板采取良好的接地措施。

c、对变电站设备的金属附件，如吊夹、保护环、保护角、垫片和接头等要合理设计外形和尺寸，避免出现高电位梯度点。

d、在安装高压设备时，应减少设备及其连接电路相互间接触不良而产生的火花放电；对电力线路的绝缘子和金属，要求绝缘子表面保持清洁和不积污，金属间保持良好的连接，防止和避免间隙性放电。

e、主变压器室应采用钢筋混凝土框架结构，钢筋应良好独立接地，并保证电器设备房间的墙壁厚度，以达到利用建筑物墙体对电磁场屏蔽的效果。

（2）声环境保护措施

变电站的工频电磁噪声主要来自室内的主变电器，建议主变压器与底座之间衬隔振垫，室内墙体敷设外壳为铝合金的吸音板，并将铝合金接地。主变电器的散热器设置在主变电室上方，采用自然通风方式进行冷，不设风扇。主变压器主体室内的设备调试结束后，将预留门洞进行封堵，留下通风百叶窗做降噪处理。

（3）事故油污水处置措施

升压站正常工况下，变压器无漏油及油污水产生，仅当变压器检修或发生事故时产生少量的油污水，主要污染物为石油类。针对变压器可能因事故或检修发

生的油污排放，工程上已考虑设置事故油池，统一收集后送交危废处置专业公司进行处置，不会对周围环境造成油污染。

升压站单台变压器油重约 50t，事故油池容积约 90m^3。事故油污水可 1 年左右清运一次。事故油污水交由有资质的单位定期接收处置。

（4）固体废弃物

升压站运行期需配备一定数量的蓄电池，在电池寿命期满后，对于更换下来的电池，委托具有相应资质的单位统一回收处置、处理，不外排，不会造成环境污染。

以上变压器油及含油废水和报废的蓄电池应按危险废物处置，实行危险废物转移联单制度，并由具备危险废物处置资质的单位处置（见附件）。具体危险废物转移联单制度要求如下：

①危险废物产生单位每转移一车、船（次）同类危险废物，应当填写一份联单。每车、船（次）有多类危险废物的，应当按每一类危险废物填写一份联单。

②危险废物产生单位应当如实填写联单中产生单位栏目，并加盖公章，经交付危险废物运输单位核实验收签字后，将联单第一联副联自留存档，将联单第二联交移出地环境保护行政主管部门，联单第一联正联及其余各联交付运输单位随危险废物转移运行。

③危险废物运输单位应当如实填写联单的运输单位栏目，按照国家有关危险物品运输的规定，将危险废物安全运抵联单载明的接受地点，并将联单第一联、第二联副联、第三联、第四联、第五联随转移的危险废物交付危险废物接受单位。

④危险废物接受单位应当按照联单填写的内容对危险废物核实验收，如实填写联单中接受单位栏目并加盖公章。

⑤接受单位应当将联单第一联、第二联副联自接受危险废物之日起十日内交付产生单位，联单第一联由产生单位自留存档，联单第二联副联由产生单位在二日内报送移出地环境保护行政主管部门；接受单位将联单第三联交付运输单位存档；将联单第四联自留存档；将联单第五联自接受危险废物之日起二日内报送接受地环境保护行政主管部门。

⑥危险废物接受单位验收发现危险废物的名称、数量、特性、形态、包装方式与联单填写内容不符的，应当及时向接受地环境保护行政主管部门报告，并通

知产生单位。

⑦联单保存期限为五年；贮存危险废物的，其联单保存期限与危险废物贮存期限相同。

8.2.2.6 对通航环境影响的减缓措施

（1）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。

（2）风电场风机机柱上应涂有醒目的警示色，夜间需采用灯光照射的办法；或在最外排的风机连线外布置一排黄色航行警示标，以警示航行船只进行有效避让。

（3）安装海上风机监视系统，随时掌握风电场设施水域周围的船舶航行动态。并配备有效的通讯设备，与海事主管部门联系保持畅通，以在发生突发性事件时能及时获得海事部门的应急援助。

8.2.2.7 对输电电缆的保护措施

（1）为保护风电场的输电电缆，海底路由区两侧应加强宣传和管理，应严禁各类船舶抛锚、底拖网等作业活动。

（2）在海底电缆铺设线路两侧设立明显标识，加强对渔民的管理，避免渔业捕捞对电缆产生危害。

（3）在电缆登陆点和沿线设立电缆保护区，保护范围内设立明显的警告设施，避免各种人为活动影响电缆的正常运行。

8.2.2.8 陆域环境保护措施

（1）污水及生活垃圾的处置措施

风电场新增日常工作人员定员为 40 人，生活用水量为 4.8m³/d，生活污水经岱山基地污水处理设施处理达标后，排入大鱼山岛污水处理厂管网。

运行期工作人员日产生活垃圾量约 40kg/d，生活垃圾分类收集后，由当地环卫部门集中清运处置。

变电站管理区内分类设置垃圾箱，做到及时收集、清运，保持管理区环境清洁、卫生。

8.2.3 水生生物恢复与补偿措施

目前世界各国对海岸带采取了多种保护措施，早在 1972 年 10 月 27 日，美国颁布了《海岸带管理法》（CZMA），随之韩国、日本、新加坡、英国等国也先后制定了海岸带管理法律、法规。同时为了减少资源破坏和避免生态进一步恶化，利用人口措施对已受到破坏和退化的海岸带进行生态恢复，由于人类对海岸带生态系统复杂性认识的局限性，目前对海岸带生态恢复和补偿措施的研究，还主要集中在单个的生态因子上，对河口、海岸带生态系统的综合系统的恢复技术仍处在探索研究阶段。

我国是世界上河口、海岸带生态系统退化最严重国家之一，也是较早开始海岸带保护的国家之一。在 20 世纪 50 年代和 20 代纪 90 年代共开展了 3 次大规模海岸带、滩涂和海岛资源综合调查，为随后海岸带保护和修复工作奠定了基础。20 世纪 90 年代末在南海、东海、黄海、渤海等海域实施了伏季休渔制度。虽然我国在海岸带保护工作方面取得了巨大进步，但在海岸带生态修复技术研究和应用方面工作很少，还基本处于起步阶段。

目前国内对于海岸带开发，采取的生态恢复及补偿措施主要有：①海洋生物人工放流增殖技术；②人工鱼礁技术；③海岸带湿地的生物恢复技术。

为了缓解和减轻工程对所在海域生态环境和水生生物的不利影响，建议采取人工放流当地生物物种的生态恢复和补偿措施。从已有的渔业资源的人工增殖放流的成功经验来看，在本工程附近海域有选择地实施人工增殖的生态恢复措施在技术上还是资金投入上均是可行的。具体人工放流种类以当地海域常见的经济贝类、鱼、虾类为主。

具体放流数量、时间、地点及放流品种等应按照浙江省、舟山市海洋渔业主管部门的增殖放流计划并结合本工程的建设实际情况，与当地海洋渔业主管部门协商予以确定。确保增殖放流经费不小于本工程造成的渔业资源损失量。增殖放流以后应进行增殖放流效果跟踪调查，提出放流效果的调查分析报告。

表 8.2-1　　环境保护对策措施一览表

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	生产废水处理	生产废水处理设施	设置隔油池，预沉池各一座，加药及混凝沉淀设备 1 套	处理达到《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T 18920-2002）标准后回用	施工基地，进场时同步设置	施工单位建设、施工单位使用和管理
	施工人员生活污水处理	生活污水收集处理装置	依托现有污水处理设施处置	纳管，不向环境排放	施工基地，进场时同步设置	
	升压站油污水	油污水收集桶	设置 0.1m³收集桶 1 个，集中收集统一外运	外运处置	基地内	建设单位使用和管理，可委托专业单位
	运行期工作人员生活污水	依托现有污水处理设施处置	依托现有污水处理设施处置	纳管，不向环境排放	施工基地，进场时同步设置	
固体废弃物处置	生活垃圾处置	垃圾桶	根据需要在集控中心和施工基地设置生活垃圾筒	统一收集后委托环卫部门清运处理	集控中心和陆上施工基地，与其建设同步	施工、建设单位建设、使用和管理
	风机维护垃圾	垃圾桶	风机维护废弃物垃圾箱 1 个	外送具有相应资质的单位进行处置	-	建设单位建设、使用和管理
大气污染物处置	燃油废气处理装置	柴油发电机尾气水喷淋处置	烟气处理装置、1 套	尾气处理达到《大气污染物综合排放标准》（GB16297-2012）二级标准	升压站柴油备用发电机出口，与升压站建设同步	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	-	按照相关主管部门的要求，按时完成增殖放流的品种、数量	风电场影响海域，施工完成后的 2 年内完成	建设单位落实，可委托专业单位
	海洋哺乳动物保护	桩基础 1km 安全范围驱赶	-	确认施工保护范围有无海洋哺乳动物活动	风电场桩基础施工期间	建设单位、施工单位
		桩基础施工软启动	-	降低桩基础施工突发水下噪声强度		建设单位、施工单位
		基础施工气泡帷幕保护	1 组	降低桩基础水下噪声强度		建设单位、施工单位

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
	鸟类及其生境	叶片涂装采用非反光材料	风机叶片	采用非反光材料，降低叶片反射率，减少对鸟类视线影响	风电场风机，风机组装时	建设单位、风机生产厂商
海底线缆保护	海底线缆保护措施	施工期设置昼夜醒目标志	按照施工作业区需要设置	预防海底线缆突发事故	位于海底线缆区域的施工区	建设单位落实
	本工程海缆保护	加大航道港区海域海缆埋深	加大海缆埋深	防止船舶锚泊威胁海底电缆安全	路由穿越航运区段	建设单位、施工单位

8.3 总量控制分析

本工程运行期主要污染物包括升压站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。主要污染物产生量见表 8.3-1。

表 8.3-1　　运行期污染物汇总

编号	运行期污染物	排放量	污染物排放量			排放去向
1	运行期工作人员生活污水	4.8m^3/d	COD_{Cr} BOD_5 SS 氨氮 动植物油	300 mg/L 150 mg/L 150 mg/L 25 mg/L 30 mg/L	0.53t/a 0.26t/a 0.26t/a 0.044t/a 0.053t/a	经岱山基地污水处理设施处理达标后，排入大鱼山岛污水处理厂管网
2	运行期工作人员生活垃圾	5kg/d				统一收集，委托环卫部门清运
3	升压站废蓄电池	少量				由厂家回收处置
4	升压站检修废油	2m^3/a				收集后统一委托有资质单位处置
5	风机维护废油					

由上表可见，工程运行期产生的污染物主要为设备检修产生的废蓄电池、废油，但产生量较小，统一收集并委托有资质单位处置。

9 环境事故风险评价

9.1 环境风险识别

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包括：

1、溢油风险

考虑到本工程施工过程需要大量施工船舶参与施工，施工水域附近有多条航道，交通密度较大，施工工期长，施工船舶与航道交越最近靠近航道处船舶碰撞事故概率较高，碰撞可能导致发生溢油事故，对场区施工和周围生态环境造成影响；

运行期存在风电场来往渔船，检修作业船与风机碰撞溢油风险、风机桩基失稳内部油料泄漏事故风险；

同时还存在工程运行期机组检修、海上升压站检修油类的跑、冒、漏、滴等事故。

2、项目用海通航环境风险

除上述航道外，本工程区域尚可能存在渔船及其他中小型船舶等在航道以外航行，路线随意性较大，本工程通航环境中潜在的通航风险因子主要包括：

（1）自然条件、恶劣气象海况对施工船舶安全作业的影响；

（2）施工期间对附近水域船舶通航的影响；

（3）施工期间对附近水域渔业船舶的捕捞作业的影响；

（4）施工船舶可能对海洋环境造成的污染；

（5）海底电缆敷设对水产养殖区的影响；

（6）海底电缆被锚泊船损坏的风险；

（7）风电场的营运对通信导航设备的影响等。

3、其他环境风险

工程受潮汐和风浪影响较大，如遇特大风暴潮、雷击等灾害，会对工程的运行带来严重损害。此外，风机基础冲刷、海底电缆损坏、风机基础腐蚀风险、风电运行风险、火灾风险、通航安全等环境风险事故也有一定的发生概率。

9.2 溢油事故风险评价

9.2.1 溢油事故风险识别

9.2.1.1 风险因子识别

施工期风机打桩和电场区 35kV 缆敷设时，场区施工船舶较多，施工船舶之间及施工船舶与渔船可能发生碰撞溢油事故，溢油将对场区施工和周围生态环境造成影响。

工程运行期，主要溢油风险为电场附近来往船舶、检修作业与机碰撞事故，以及风机失稳造成油品泄漏事。运行期对相关设备进维护时需用到一定数量、不同种类的润滑油。在维护过程中应防止跑冒漏滴，废油应储存在专设的废油箱中。含连通软管和其他含油废物（揩布、废滤网）应统一存放在维修船上妥善保管。维护结束后，将废油、含油废物等一并送交有资质的单位处理。

（1）风机或升压站损坏、倒塌溢油风险事故

风机荷载计算时不仅考虑了导致风力发电机组最不利工况的风轮启动位置（风轮启动位置的间距应不超过 30°），且考虑了极端暴风的初期电网失效，无独立电网系统来保证控制系统至少运行 7 天和偏航系统工作 6 小时(假设偏航角误差为正负 180°)。海上风机及支撑结构设计时，考虑 50 年一遇最大风速情况下，风机发生上述故障无法偏航，叶片正面迎风情况下风机极端荷载，并将其与 50 年一遇极端高潮位下累计频率 H1%波浪联合作用，以确保风机、基础结构安全可靠。

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。

工程单台风机内部设置 35kV 干式变压器，位于塔架中，不含油品；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 1.39m^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。

工程海上升压站主要带油设备有主变和柴油机，单台主变本体油量约 50t，

共 2 台变压器；柴油机一台，其日用油量约为 6000L，约 5t；由于设备均布置在房间内，发生灾害时不会产生影响，即使在灾害严重时，升压站倾倒也几乎不可能发生全部泄漏的情况；按照设计 60%的泄漏量考虑，假设发生灾害事故时，海上升压站 2 台主变 60%的油全部泄漏，油量按 50t×2×60%计，共 60t。

（2）施工平台作业污染事故泄漏的环境风险

本工程施工主要项目有风机基础施工、风机机组安装、35kV 场内海缆敷设、220kV 送出海缆敷设、大型钢结构制作等。

本工程钢管桩、导管架加工选择浙江宁波沿海大型钢管桩专业制桩厂，风电机组陆上仓储及预拼装基地设置在岱山基地，钢管桩整桩制作完成并完成防腐后，采用大型桩驳运输到现场后采用整体安装方案，具体施工流程见 3.5 节，海上升压站施工主要包括陆上上部组块钢结构加工、整体运输、基础施工、海上升压站安装等。

因此，本工程施工期主要涉及基础打桩及整体吊装，存在的施工平台作业泄漏风险主要是施工时风机倒塌或升压平台倾倒产生的泄漏事故。风机倒塌产生的泄漏事故分析见 9.3.2 节。

9.2.1.2 危险性识别

（1）燃料油性质

燃料油是由烃类组成的一种复杂液态混合物，同时还含有少量的氧、氮、硫等其他化合物。

主要特征如下：

①易燃性：大多数产品闪点低，且闪点与燃点相接近。

②易爆性：石油化工产品，特别是轻质石油产品，需点燃的温度和能量较低，在一定的混合气体爆炸浓度范围内，很容易发生爆炸。

③易积聚静电荷：石油化工产品电导率一般都较低，即电阻率较高，为静电非导体，很容易积聚电荷，而且不易消散。

④易蒸发、易扩散、易流消性：主要成分烃类分子很容易蒸发、扩散；油气易沿地面流散，液体易沿地面或水面流消。

⑤易沸溢性：重质或含有水分的石油产品着火燃烧时，可能发生沸腾突溢，向容器外溅。

⑥易受热膨胀性：石油产品受热后，温度升高体积膨胀，易造成容器和管件损坏；温度降低，体积收缩，容器内出现负压，会引起容器变形损坏。

⑦毒性：石油及其产品的毒性是溶解芳烃的函数。燃料油中的 C10～C17 芳烃比原油高很多，所以燃料油的毒性比原油大。

（2）溢油在水体中的变化过程

油料溢入水体后，由于受到各种环境参数（如温度、盐度、光照、风、波浪、悬浮物、地理位置和油本身化学组成）的影响，会发生复杂的物理、化学和生物变化过程，如扩散、漂移、蒸发、分散、乳化、光化学氧化分解、沉积以及生物降解等。

①溢油扩散

油的扩散是在重力、粘度和表面张力联合作用下产生水平扩散。最初是重力起主要作用；当油膜厚度大大减少后，表面张力作用将超过重力作用，成为导致溢油扩散的主要因素；当溢油扩散在水面上形成薄膜后，近一步的扩散主要是靠海面的紊流作用。

②溢油漂移

由风和水流引起的油膜运动称为漂移。水流可以通过数学模型进行模拟，溢油现场风的数据难以随时获得，会给数值模拟带来一定困难。

③溢油蒸发

溢油中易挥发组分的蒸发能够导致溢油特性的变化。蒸发后留在水面上的油的密度和粘度都会增大。蒸发使水面溢油量的减少，还影响扩散和乳化作用。影响蒸发的因素主要有：油的组分、油膜厚度、环境温度、风速及海况等。

④溢油溶解

溶解是石油中的低分子烃向水体中分散的一个自然混合过程。溶解速率取决于油分子构成、扩散程度、水温、紊流以及分散程度。重燃料油的溶解能力较差。

⑤溢油乳化

许多油类易于吸收水而形成油包水乳化液，体积会增加 3—4 倍。这种乳状液通常很粘，不容易消散。油的乳化程度依赖于沥青质的含量，沥青质含量大于 0.5％崩油，易形成稳定的乳状液；沥青质含量小于此值的油易于分散。油的乳化液在海洋环境中很难自然消失，如任其漂流，碰到固体物质或海滩就会粘附在上

面，对环境的污染很难消除。

⑥溢油的生物降解

生物降解是海洋环境中的油得以净化的最根本途径。影响生物降解的因素主要有温度、含氧量及营养物质氮和磷的含量。生物降解速率相对较低，对于短期内消除水面溢油来说并不能起到大的作用，但对于被污染的海洋环境而言，即使需要几个月甚至几年能使其得以恢复，也是非常有意义的。

⑦氧化作用

石油的烃分子与氧作用不是分解为可溶性物质就是结合为持久性焦油。但是油的氧化速率相对较慢，特别是高粘度、厚层油或油包水乳化液的氧化很慢，相对于其它各种变化过程，油的氧化量是微不足道的。

⑧沉积

溢油在水体中经过蒸发、乳化等变化，其密度增加，在微咸水或淡水中下沉。浅水区和江河口处经常夹杂着大量的悬浮颗粒，会促使溢油沉降。

9.2.1.3 事故调查与分析

（1）事故等级划分

按照《防治船舶污染海洋环境管理条例》相关分级标准及《舟山市船舶污染事故应急预案》，将船舶污染事故等级分为四级，分别为特别重大船舶污染事故（Ⅰ级）、重大船舶污染事故（Ⅱ级）、较大船舶污染事故（III 级）和一般船舶污染事故（Ⅳ级）。溢油风险事故等级见表 9.2-1。

表 9.2-1　　溢油风险事故等级

事故风险等级	特别重大	重大	较大	一般
事故性质	溢油量>1000t，或造成的直接经济损失超过 2 亿元，或对环境或社会造成特别重大影响	溢油量在 500～1000t 之间，或造成的直接经济损失 1~2 亿元，或对环境或社会造成重大影响	溢油量在 100～500t 之间，或造成的直接经济损失不足 5000 万元~1 亿元，或对环境或社会造成较大影响	溢油量<100t，或造成的直接经济损失不足 5000 万元，或对环境或社会造成一般影响

（2）我国溢油事故统计

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9.2-2。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 9.2-2　　我国 1990 年～2010 年船舶、码头溢泊事故分档统计表

	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9.2-1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50t 以上船舶溢油事故发生的主要原因。

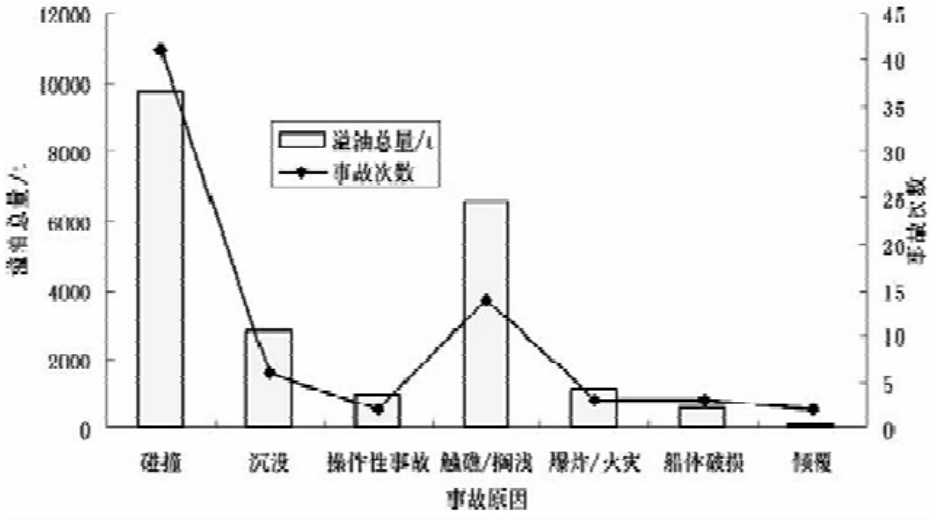


图 9.2-1　　我国船舶溢油事故原因分析

（3）舟山市溢油事故统计

根据舟山海事局统计资料，2006 年~2012 年舟山港域船舶进出港总艘次为5097680，年平均船舶进出港艘次为 728169，具体见图 9.2-2。根据舟山指挥中心统计数据，2006 年~2012 年，舟山港域共发生船舶交通事故数为 291 起；舟山港域共发生船舶污染事故 21 起，其中，06 年 5 起，07 年 9 起，08 年 4 起，09 年 3 起，10 年、11 年、12 年没有发生污染事故。

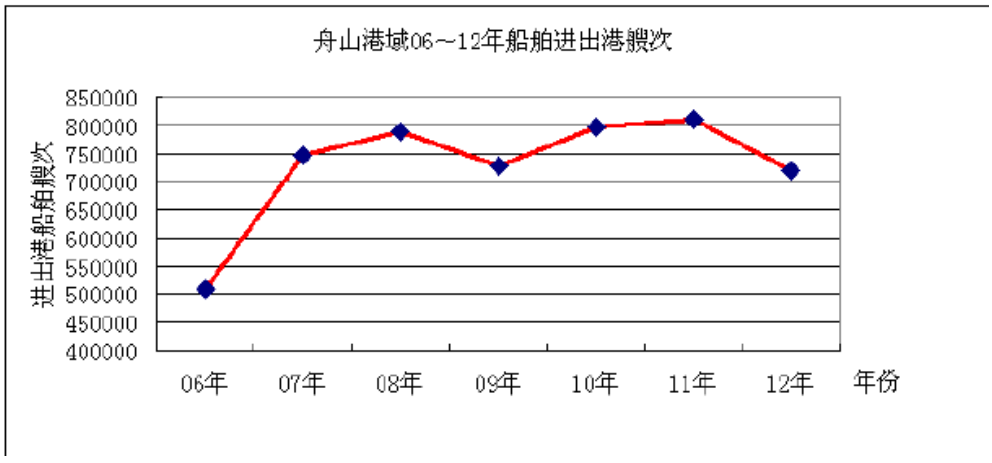


图 9.2-2　　舟山港域 2006 年～2012 年船舶进出港艘次

由于小概率事件服从离散二项概率分布。则码头进出 n 艘次船舶发生 k 次事故，则事故风险概率为 $p \leq 4.99\times10^{-5}$，即舟山港域单艘次船舶进出发生事故的基础概率为 4.99×10^{-5}（置信度为 95%）。

9.2.1.4 最大可信事故

最大可信事故指在所有预测的概率不为 0 的事故中，对环境（或健康）危害最严重的重大事故。本工程最主要的环境风险类型主要包括：海上船舶与施工船舶或者风机碰撞引起的燃料油或货油泄露。

本风电场施工期采用的最大吨位施工船舶为 10000t 级的大型自航运输驳，经向相关船舶企业了解，10000t 级运输驳油舱载油量在 200t 左右，考虑到燃油经济性，在河口和近岸海域作业时，船舶载油量在油舱容积的 50%左右，即 100t 左右。因此考虑最大风险事故源强泄漏量为 100t，保守考虑，溢油量按照油舱完全泄漏 100t 计算。

由于工程周边通航船舶均为大型船只，按固定航线行驶，周边通航船舶与风机碰撞概率较低，因此本环评溢油源强考虑最大可信事故为施工期施工船舶与航道船舶相撞导致油舱破损而发生溢油事故。采用施工期施工船舶碰撞发生燃料油舱泄露造成的最大漏油量 100t。溢油点分别选择在东海大桥通航孔与本工程 35kV 海缆交越处海域和 220kV 海缆与杭州湾漕泾东航道交越处，同时考虑到本工程距离大戢洋产卵场保护区较近（最近距离约 1.3km），发生溢油时对该保护区影响较大，另选取本工程最靠近大戢洋产卵场保护区的施工作业点作为该敏感目标的最不利工况计算点，详见图 9.2-3。

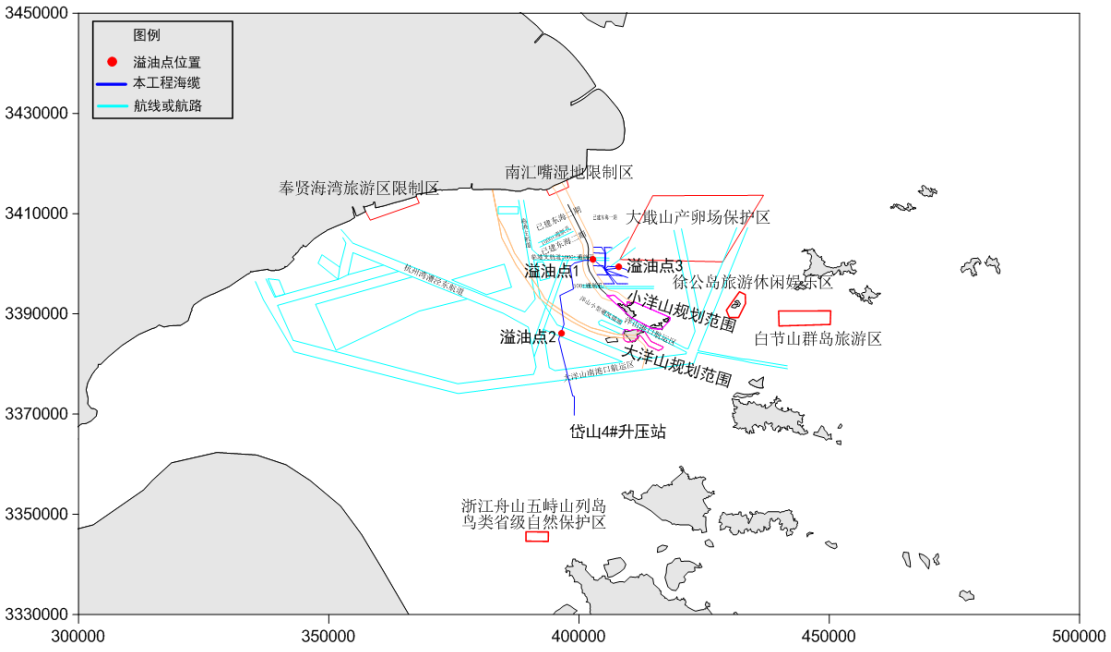


图 9.2-3　　计算溢油点位置示意图

9.2.2 溢油事故影响预测

9.2.2.1 溢油事故模型建立

海上溢油的扩散行为受气象条件和潮流特征等环节条件以及溢油本身化学性质的影响，会经理拓展、漂移及风化等复杂过程。溢油刚发生时，油膜主要在海中进行扩展过程，持续时间较短，随后在海中进行漂移和风化过程，持续时间较长。目前对溢油数值模拟研究的方法基本有两种，一种是基于对流扩散方程，将油膜视作一般污染物；另一种是 “油粒子”模型，采用拉格朗日随机走动发和粒子云团来描述溢油过程。“油粒子”模型将油膜分散成大量油粒子，油膜视为这些“油粒子”组成的粒子云团，该方法可以较好地反应海上溢油在各种环境因素影响下的行为情况，目前在溢油研究中被广泛使用。

本次计算采用丹麦水利研究所 DHI 开发的 MIKE21/3 OS 模块进行溢油的数值模拟，其基本原理是基于拉格朗日体系，模拟溢油在海水中的扩展、漂移、风化等过程，并且能全面反应油膜的漂移轨迹、扫海面积以及溢油物理化学属性的改变情况，是国际上应用较广的溢油预测模型模拟系统之一。

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℃)和重质部分(分子量大于 160g/mol，沸点 300℃ 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，过程示意图见图 9.2-4。

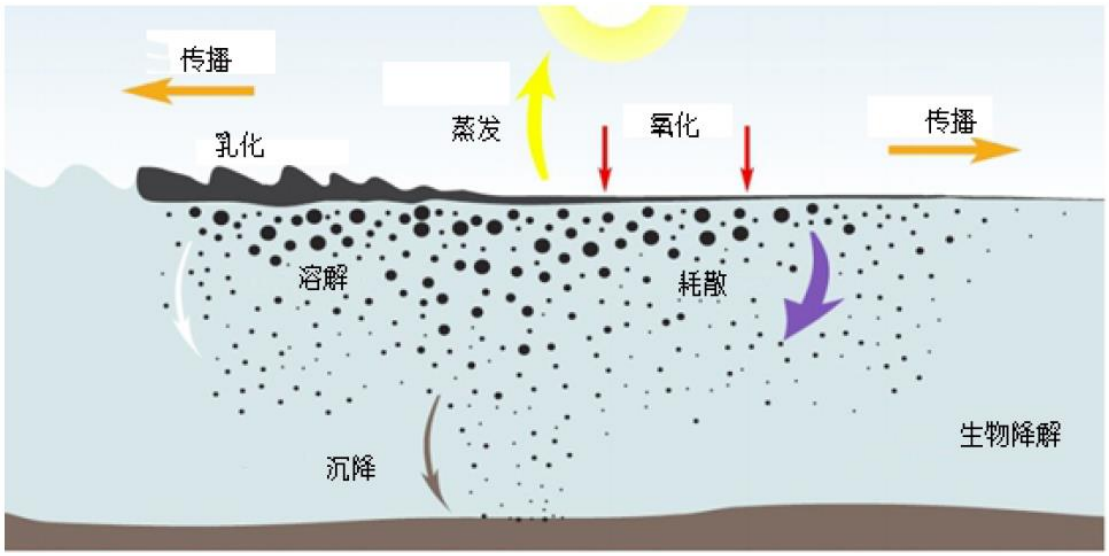


图 9.2-4 溢油风化过程示意图

（1）扩展过程

溢油的扩展过程主要受重力、粘力和表面张力的影响。模型采用的是修正的 Fay 重力-粘性力公式计算油膜的扩展过程：

$$\frac{d\mathrm{A}_0}{dt}=K_\alpha \mathrm{A}_0^{1/3}\left(\frac{V_0}{\mathrm{A}_0}\right)^{4/3}$$

$$V_0=R_0^{\ 2}\pi h_0$$

式中，A_0 为油膜扩展面积，V_0 为溢油体积，K_α 为系数，h_0 为油膜初始厚度，取 10cm，t 为时间。

（2）漂移过程

“油粒子”模型将漂移过程分为对流和紊动扩散两个主要过程，在每个计算步长内，油粒子的变化都是这两个过程综合作用下的结果。

1、对流过程

油粒子在潮流和风力的作用下产生对流位移，可以表示为：

$$\mathrm{U}_P=\mathrm{U}_S+C_W\cdot\mathrm{U}_W\cdot\sin\left(\theta-\pi+\theta_W\right) \quad (1)$$

$$V_P=V_S+C_W\cdot\mathrm{U}_W\cdot\cos\left(\theta-\pi+\theta_W\right) \quad (2)$$

式中，U_P、V_P 分别为油粒子在 x、y 方向的对流移动分速度；U_S、V_S 分别是表面流速在 x、y 方向的分速度；U_W 为海面上 10m 处的风速；θ 为风向角；C_W 为风漂移系数，一般取值为 0.03~0.04 之间，本模型取值为 0.03；θ_W 为风偏

转角，可表示为：

$$\theta_W = \beta \exp\left(\frac{\alpha |U_W|^3}{g\gamma_w}\right)$$

其中，α=-0.3×10^{-8}；β=28.38′；g 为重力加速度；γ_w为运动粘度。本模型取模型默认值，θ_W=28°。

2、紊流扩散过程

每个油粒子的空间是由水流的随机脉动所导致的，对于二维的情况，可以将随机走动的距离形式表示为：

$$\Delta S_\alpha = R \cdot \sqrt{6 D_\alpha \cdot \Delta t}$$

其中ΔS_α为在α方向上的一个时间步长内可能扩散走动的距离，D_α为α方向上的扩散系数，R为-1 到 1 的随机数。

（3）溢油风化过程

溢油的风化包括蒸发、乳化以及溶解等过程。其过程十分复杂，与溢油自身属性、温度、风、阳光等许多因素有关。

1、蒸发过程

油类蒸发指液态的石油烃变成气态造成油膜与空气间进行物质交换的过程，油类的蒸发受油品本身及环境因素影响，油品本身性质决定着油类在水中的蒸发率，油膜厚度、风场及温度、水温、风速计太阳辐射等因素也影响着油类的蒸发。油膜蒸发是风化过程的主要部分，大多数原油的蒸发量可达 40%，蒸发数量一般占总溢油量的 20%~40%。蒸发率由下式表达：

$$N_i^e = K_{ei} \cdot P_i \cdot \frac{M_i}{\rho_i} / (RT) \qquad (3)$$

式中：N_i^e为蒸发率，P为蒸汽压，i为不同的油组分，R为气体常数，K_{ei}为物质传输系数，M为分子量，T为温度，ρ为油组分密度，K_{ei}由下式估算：

$$K_{ei} = K \cdot A_0^{0.045} \cdot Sc_i^{-2/3} \cdot U_W^{0.78}$$

其中，K为蒸发系数，Sc为蒸汽 Schmidts 数，模型取 2.7。

2、乳化过程

乳化是油与水经过扰动作用后混合在一起，油膜被打碎成油滴不断向水体运

动，同时卷吸海水形成黑褐色的乳化物。这种乳化物可以长期漂浮于海上，体积、粘度和比重都比原来大得多，这是由于其吸收了大量海水的原因。溢油的乳化会极大影响到扩撒、蒸发等其它过程，严重地妨碍了溢油的清理工作。溢油的乳化受油膜厚度、水流紊动作用以及环境条件等的影响。

油膜的乳化包括形成水包油型及油包水型两个物化过程。在溢油发生最初的时刻，扩散是最主要的运动方式，由于其是一种物理过程，油膜在自身伸展压缩运动及水流和风浪的扰动下破碎，将油膜分散成各种粒径的油滴，油滴进入水中，形成水包油型乳化。从油膜中扩散到水中的油量损失可由下式计算：

a. 形成水包油乳化物的过程

溢油在海上的扩散过程中，水流的紊动作用将油膜打碎成油滴，油滴分散到水体后进而形成了水包油的乳化物。这些乳化物表面化学性质稳定，可以防止油滴返回油膜。在静风条件下油膜的伸展压缩运动是主要的分散作用力，而在大风的情况下波浪破碎是主要因素。溢油的损失量计算为：

$$D = D_a + D_b$$

$$D_a = \frac{0.11\left(1+U_W\right)^2}{3600}$$

$$D_b = \frac{1}{1+50\mu_0 h_s \gamma}$$

式中，D_a为油类进入到水中的分量，D_b为进入水体后没有返回的分量，μ_0为油的粘度，γ为油和水的表面张力。

油粒子返回油膜速率为：

$$\frac{dV_0}{dt} = D_a\left(1-D_b\right)$$

b. 形成油包水乳化物的过程

当水进入油类中，形成油包水型乳化，会增加油类的含水率。油类含水率变化由下式得出：

$$\frac{dY_W}{dt} = R_a - R_b$$

$$R_a = K_a\left(Y_W{}^{\max} - Y_W\right)\frac{\left(1+U_W\right)}{\mu_0}$$

$$R_b = K_b Y_W \frac{1}{A_s \cdot \mu_0 \cdot W_a}$$

其中，R_a、R_b分别为水的吸收速率和释放速率，A_s为溢油的沥青含量，W_a为溢油的石蜡含量，Y_W为乳化物含水率，$Y_W^{\max}$为最大含水率，K_a、K_b分别为吸收系数和释放系数。$Y_W^{\max}$取值为 0.75。

3、溶解

溢油有微弱的溶于水的特性，主要是低碳的轻油组分溶解于水。在整个溢油扩散的过程中其溶解量通常不会超过溢油总量的 1%，可以忽略不计。但考虑到溶解于水中的溢油具有一定的毒性，溢油扩散数值模拟中需要进行溶解量的计算。

溶解率可表示为：

$$\frac{dV_{di}}{dt} = K_{di} \cdot X_i \cdot C_i^s A_0 \frac{M_i}{\rho_i}$$

$$K_{di} = 2.36 \cdot 10^{-6} e_i$$

$$e_i = \begin{cases} 1.4 & \text{烷烃} \\ 2.2 & \text{芳香烃} \end{cases}$$

其中，V_{di}为溢油溶解量，K_{di}为溶解传质系数，X_i为摩尔分数，C_i^s为溶解度，M为摩尔质量。

（4）溢油物理化学性质的变化

进入水体的溢油的物理化学性质会随着乳化和蒸发等过程的进行而不断地发生变化。在“油粒子”模型中，溢油的浓度和厚度都以粒子的体积以及网格面积表示。本模型考虑了溢油的密度、粘度和热容量的变化。

具体参数设置见表 9.2-3。

表 9.2-3　　溢油模型参数设置表

参数名称	取值	说明
溢油类型	柴油	
源强	100t	
轻组分油密度	755kg/m^3	
重组分油密度	940kg/m^3	
水的运动粘性系数	1.14e-006m^2/s	
20℃下油的动力粘度	1.4cP	
风漂移系数 C_W	0.035	对流过程
风偏向角 θ_W	28°	对流过程
乳化率	2.1e-006 s/m^2	乳化过程

参数名称	取值		说明
油的乳化物最大含水率 Y_W^{max}	0.75		乳化过程
吸收系数 K_a	5e-007		乳化过程
释出系数 K_b	1.2e-005		乳化过程
传质系数 K_{di}	2.36e-006		溶解过程
蒸发系数 K	0.06		蒸发过程
蒸汽 Schmidts 数 S_c	2.7		蒸发过程
油品组分	轻组分油（重量低于 160 克/摩尔，沸点远低于 300 摄氏度）	83%	
	重组分油（重量超过 160 g / mol，沸点高于 300℃）	40%	
	油中的蜡质（保守）	8%	
	油中沥青质含量（保守）	2%	

9.2.2.2 溢油源强及位置

由于溢油时间、地点、数量等众多不确定的随机因素，因此计算不可能将所有情况一一描述清楚。本工程 35kV 海缆紧邻东海大桥 5000t 通航孔，220kV 海缆与杭州湾漕泾东航道交越，该通航孔及杭州湾漕泾东航道有大型船只往来通航，考虑到施工期风电场周边海域施工船泊进出频繁，因此在临港支航道海域和杭州湾漕泾东航道附近发生船舶碰撞事故的概率较大，在海缆施工作业区与通航孔邻近处、220kV 海缆与杭州湾漕泾东航道交越处各设置一个溢油点，同时考虑到本工程距离大戢洋产卵场保护区较近（最近距离约 1.3km），发生溢油时对该保护区影响较大，另选取本工程最靠近大戢洋产卵场保护区的施工作业点作为该敏感目标的最不利工况计算点，详见图 9.2-3，溢油源强根据最大可信事故分析结果取为 100t。

9.2.2.3 溢油计算工况

（1）流场参数

考虑到大潮期间潮流流速较大，油膜在大潮期扩散范围最大，因此在流场验证良好的基础上，在 2018 年 1 月实测潮型中选择大潮期的水动力场作为计算流场。

（2）气象参数

根据工程海域气象资料选取了全年盛行风以及对敏感目标影响较大的风向，考虑到风电场海域西北向为南汇嘴湿地限制区，西北偏西向有奉贤海湾旅游区限制区，东北侧有大戢洋产卵场保护区，风电场东侧及东南侧有徐公岛旅游休闲娱

乐区和白节山群岛旅游区，风电场北侧偏西有浙江舟山五峙山列岛鸟类省级自然保护区，这些敏感目标的海洋生态环境均特别敏感，因此不利风向选择为对其最不利的风向和最不利风速。

（3）溢油源强

由于溢油时间、地点、数量等众多不确定的随机因素，因此计算不可能将所有情况一一描述清楚。考虑到施工期风电场周边海域施工船泊进出频繁，且本工程 35kV 海缆穿越东海大桥 5000t 通航孔，220kV 海缆与杭州湾漕泾东航道交越，在施工船泊作业区与航道的交汇海域可能发生船舶碰撞事故的概率最大，因此在海缆施工作业区与通航孔交越处、220kV 海缆与杭州湾漕泾东航道交越处各设置一个溢油点，详见图 9.2-3。溢油源强根据最大可信事故分析结果取为 100t。

（4）计算工况

溢油形式主要分为瞬时和连续溢油，一般而言，溢油量的 10%为瞬时溢油，90%为连续溢油。结合本工程实际情况，预测以燃料油作为油品的主要代表，考虑连续 1h 溢油的情况，以大潮作为主要的潮流形式。溢油发生时刻分涨憩和落憩两种时刻。

溢油计算条件组合见表 9.2-4。

表 9.2-4　　溢油计算条件组合

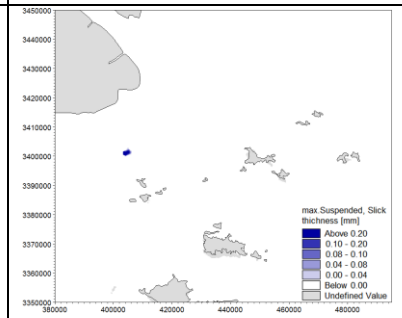
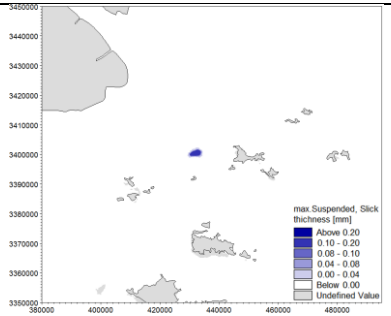
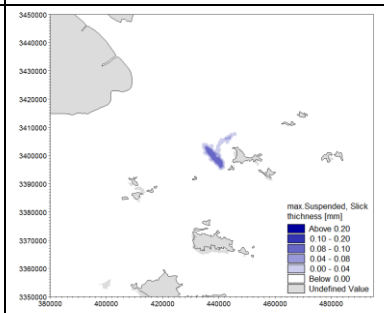
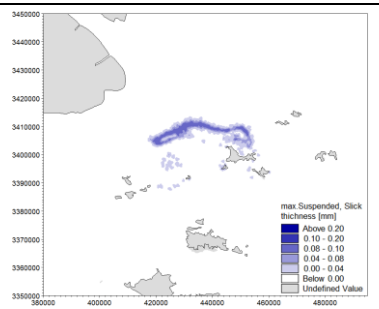
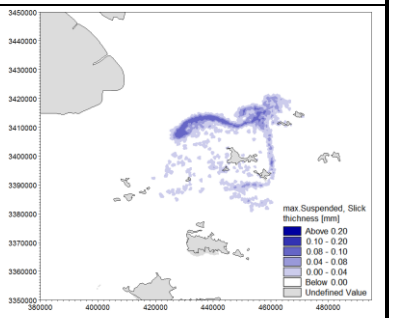
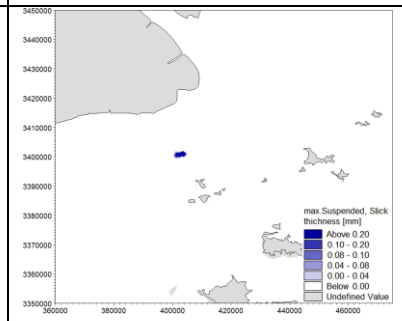
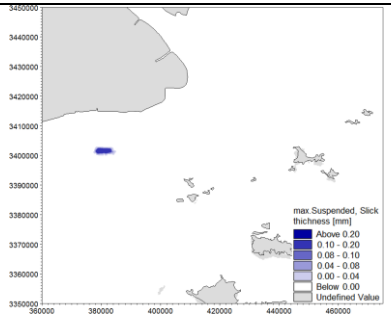
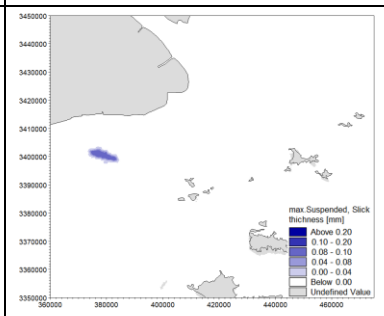
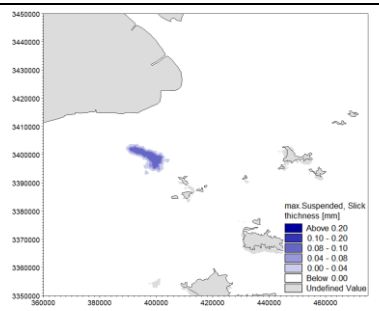
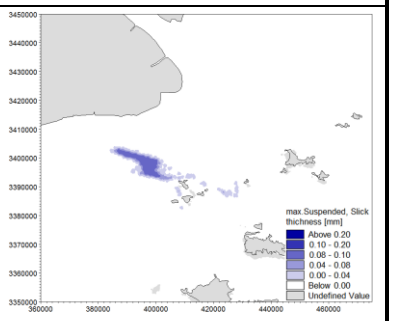
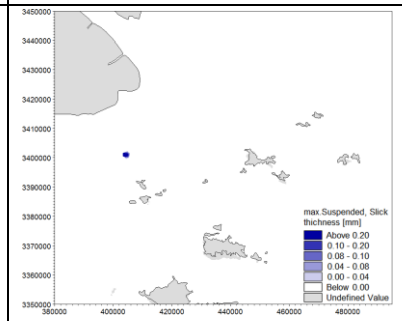
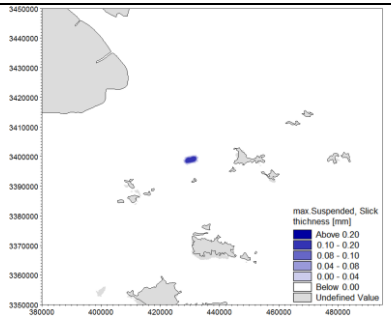
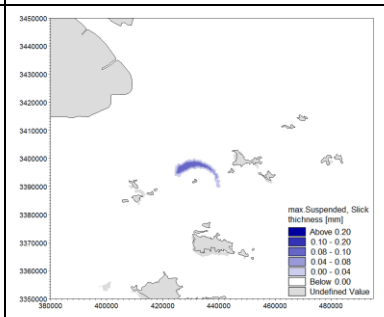
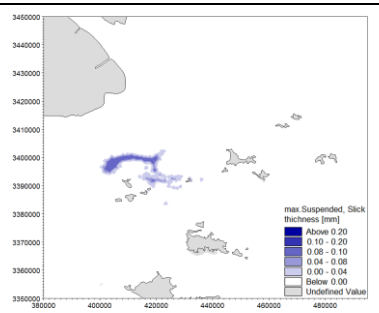
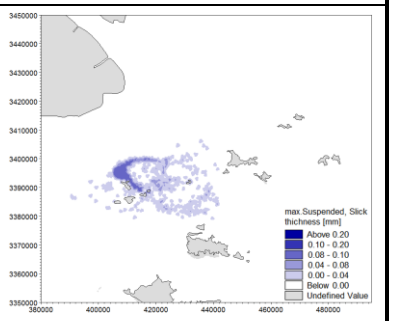
工况	风向，风速	溢油位置	溢油发生时刻	备注
工况 1	S，6m/s	溢油点 1	涨憩	常规工况
工况 2			落憩	
工况 3	N，6m/s	溢油点 1	涨憩	常规工况
工况 4			落憩	
工况 5	S，6m/s	溢油点 2	涨憩	常规工况
工况 6			落憩	
工况 7	N，6m/s	溢油点 2	涨憩	常规工况
工况 8			落憩	
工况 9	SE，13.8m/s	溢油点 1	落憩	针对南汇嘴湿地限制区的不利工况
工况 10	SSE，13.8m/s	溢油点 1	落憩	针对奉贤海湾旅游区限制区的不利工况
工况 11	NW，13.8m/s	溢油点 3	涨憩	针对大戢洋产卵场保护区的不利工况
工况 12	NW，13.8m/s	溢油点 1	涨憩	针对徐公岛旅游休闲娱乐区、白节山群岛旅游区的不利工况
工况 13	N，13.8m/s	溢油点 2	涨憩	针对浙江舟山五峙山列岛鸟类省级自然保护区的不利工况

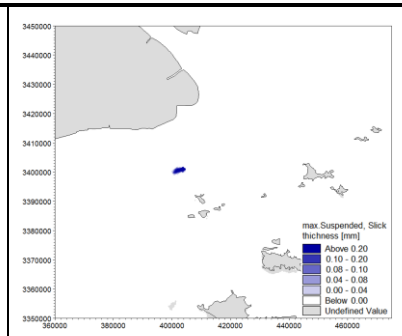
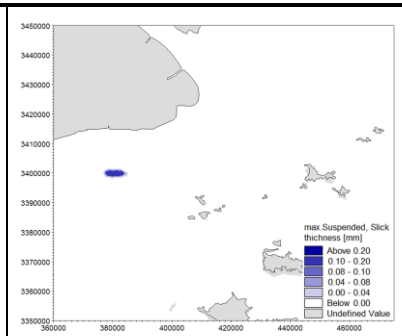
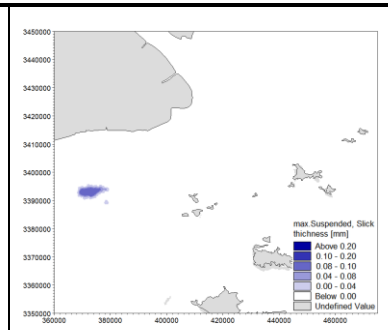
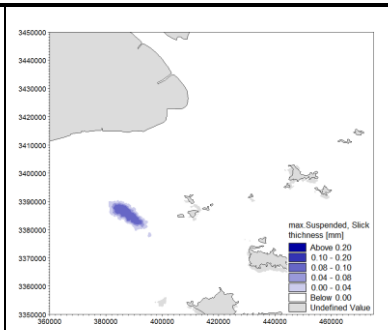
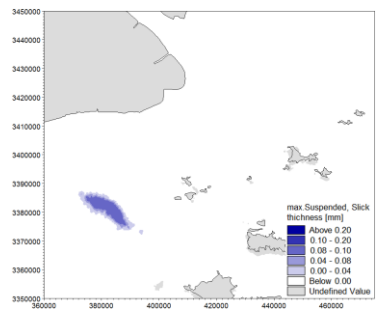
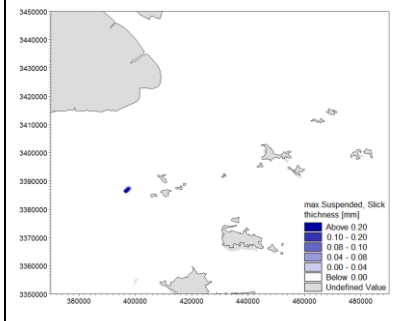
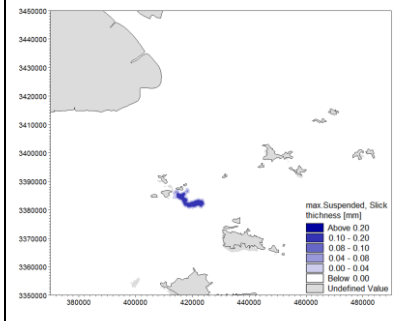
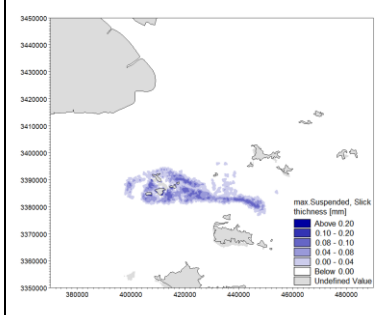
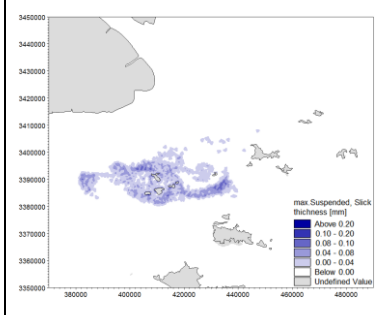
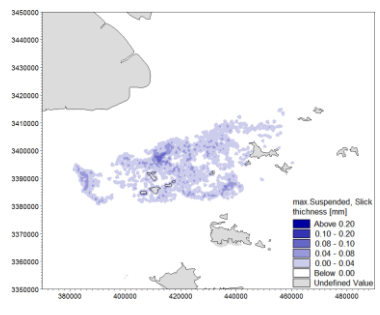
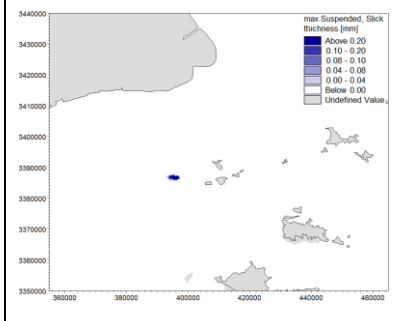
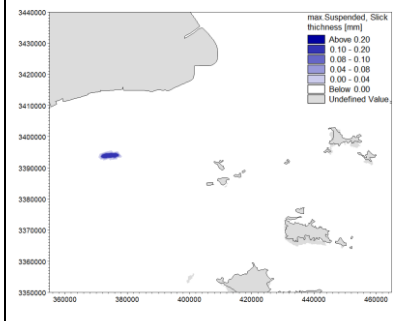
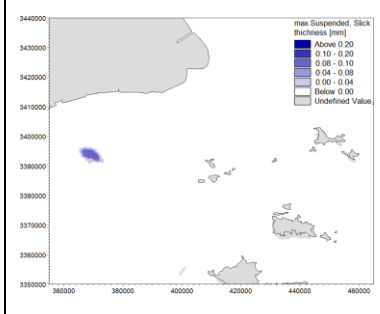
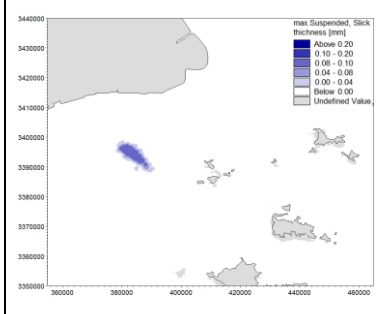
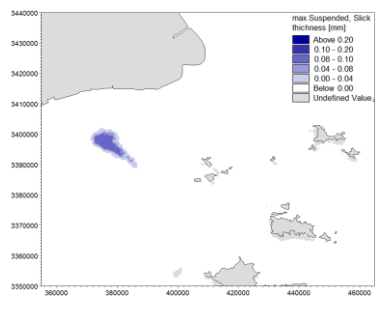
9.2.2.4 溢油计算结果

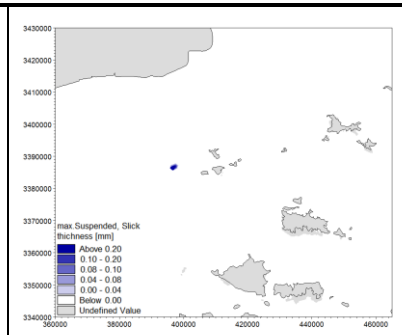
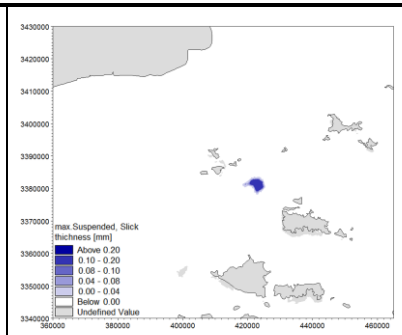
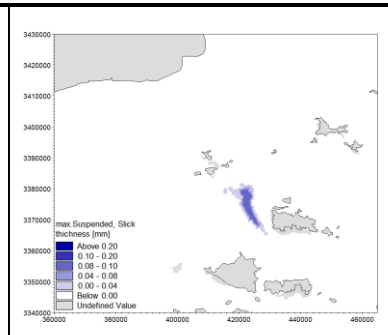
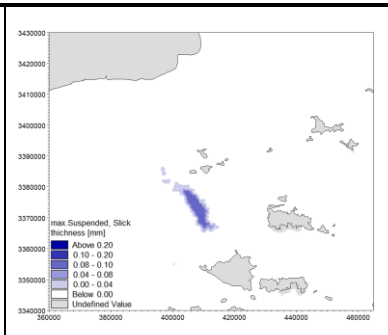
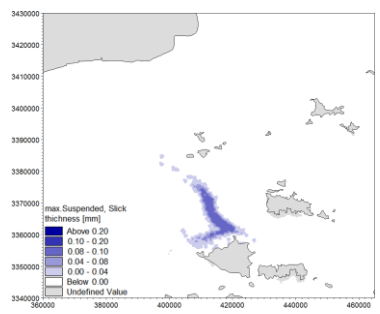
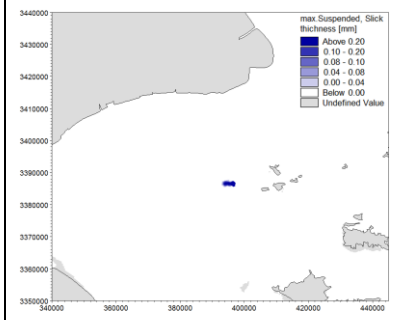
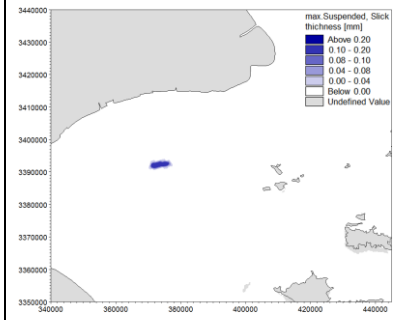
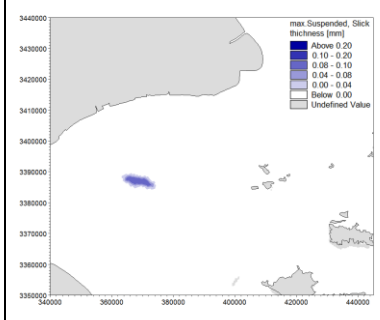
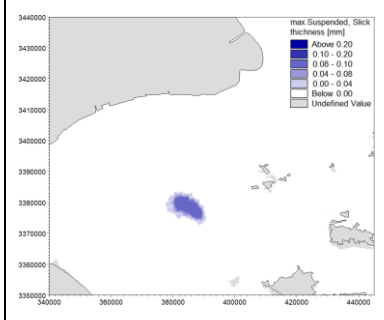
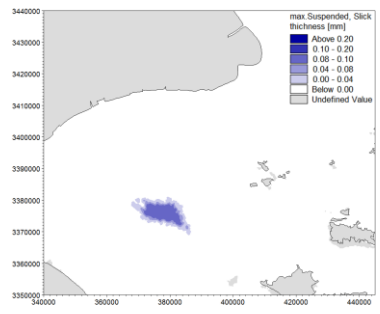
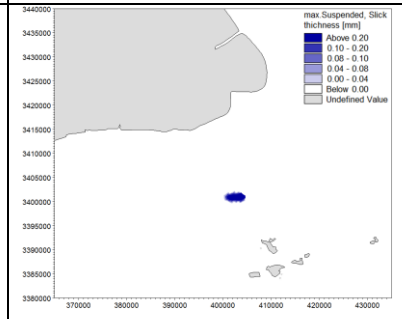
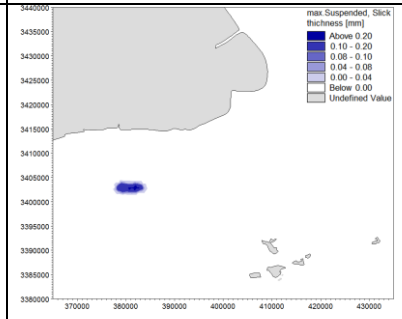
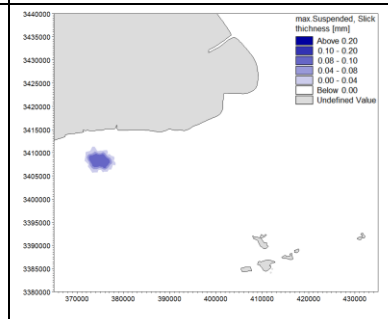
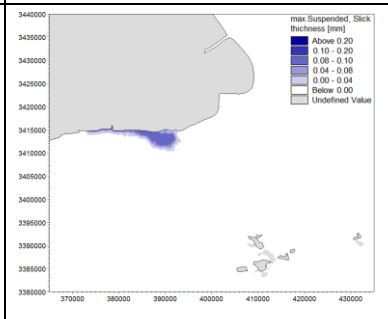
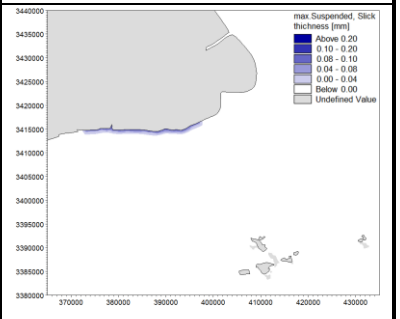
根据各种工况计算的结果，表 9.2-5 给出了各种工况下溢油发生后 72h 油膜总扫海面积，图 9.2-5 给出了各工况下典型时刻油膜扫海范围，图 9.2-6 给出了各工况下油膜及油粒子 72h 的运动轨迹图。

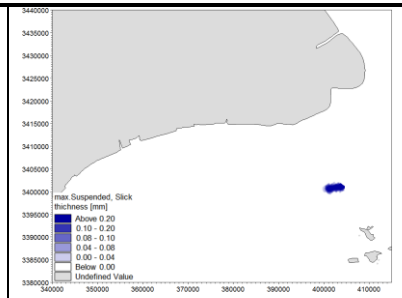
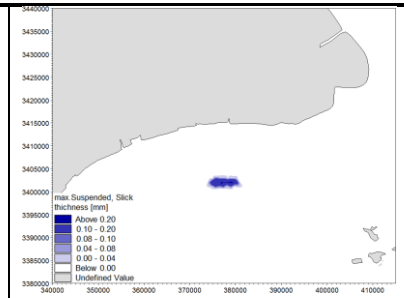
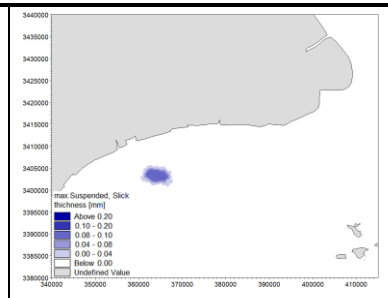
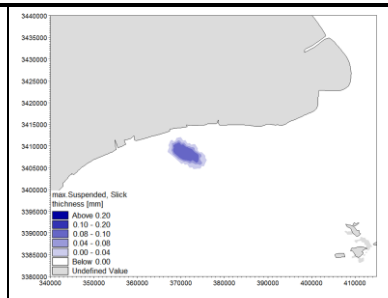
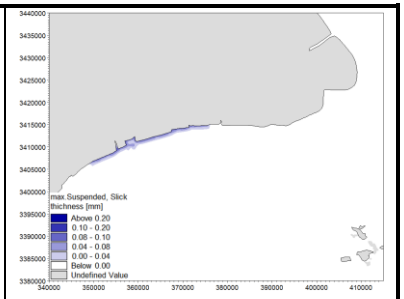
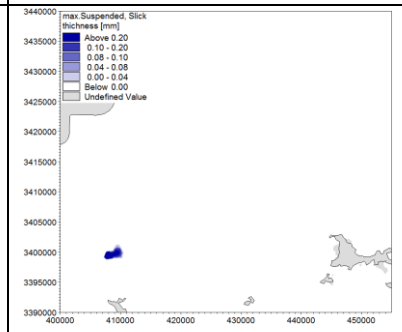
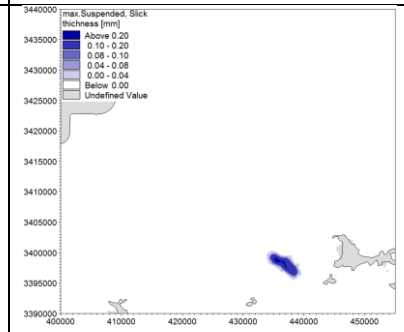
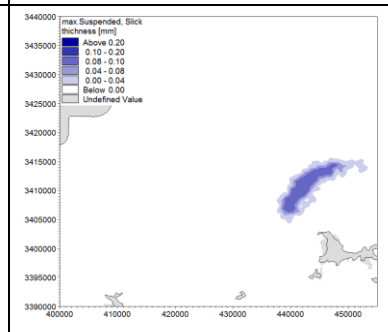
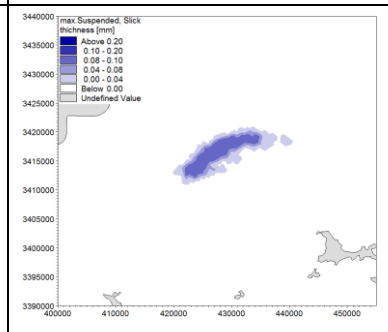
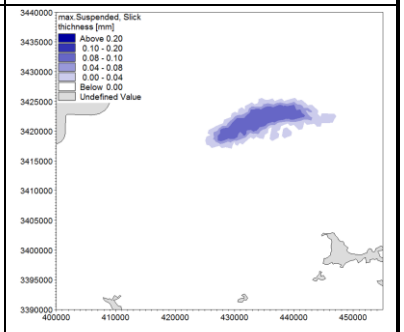
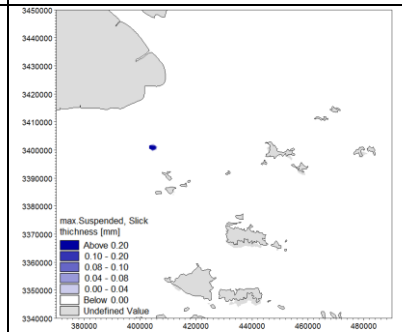
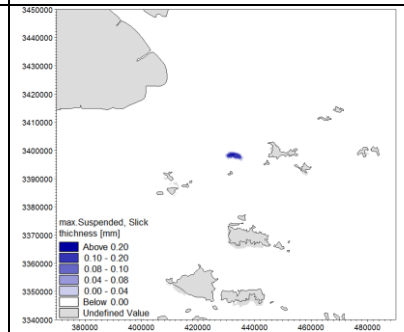
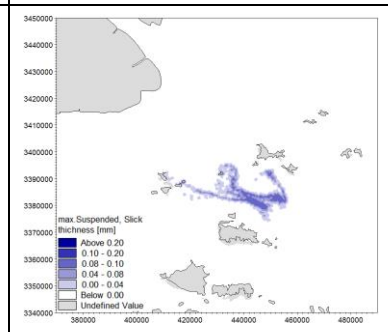
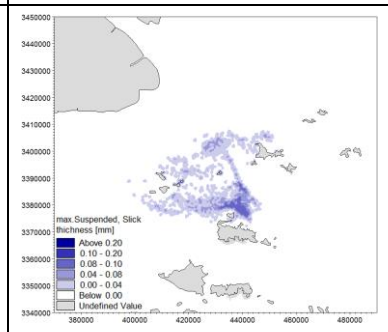
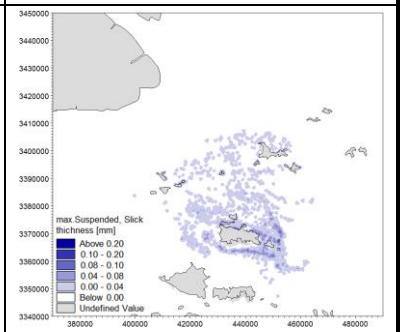
表 9.2-5　　油膜 72h 扫海面积　　单位：km^2

工况	72h 扫海面积
工况 1	1869.57
工况 2	499.96
工况 3	1166.65
工况 4	880.17
工况 5	2121.2
工况 6	481.9
工况 7	919.7
工况 8	721.4
工况 9	498.88
工况 10	517.37
工况 11	972.113
工况 12	2811.73
工况 13	1349.1

	2h	8h	32h	48h	72h
方案一					
方案二					
方案三					

方案四	 max.Suspended, Slick thickness [mm] Above 0.20 0.10 - 0.20 0.08 - 0.10 0.04 - 0.08 0.00 - 0.04 Below 0.00 Undefined Value	 max.Suspended, Slick thickness [mm] Above 0.20 0.10 - 0.20 0.08 - 0.10 0.04 - 0.08 0.00 - 0.04 Below 0.00 Undefined Value	 max.Suspended, Slick thickness [mm] Above 0.20 0.10 - 0.20 0.08 - 0.10 0.04 - 0.08 0.00 - 0.04 Below 0.00 Undefined Value	 max.Suspended, Slick thickness [mm] Above 0.20 0.10 - 0.20 0.08 - 0.10 0.04 - 0.08 0.00 - 0.04 Below 0.00 Undefined Value	 max.Suspended, Slick thickness [mm] Above 0.20 0.10 - 0.20 0.08 - 0.10 0.04 - 0.08 0.00 - 0.04 Below 0.00 Undefined Value
方案五	 max.Suspended, Slick thickness [mm] Above 0.20 0.10 - 0.20 0.08 - 0.10 0.04 - 0.08 0.00 - 0.04 Below 0.00 Undefined Value	 max.Suspended, Slick thickness [mm] Above 0.20 0.10 - 0.20 0.08 - 0.10 0.04 - 0.08 0.00 - 0.04 Below 0.00 Undefined Value	 max.Suspended, Slick thickness [mm] Above 0.20 0.10 - 0.20 0.08 - 0.10 0.04 - 0.08 0.00 - 0.04 Below 0.00 Undefined Value	 max.Suspended, Slick thickness [mm] Above 0.20 0.10 - 0.20 0.08 - 0.10 0.04 - 0.08 0.00 - 0.04 Below 0.00 Undefined Value	 max.Suspended, Slick thickness [mm] Above 0.20 0.10 - 0.20 0.08 - 0.10 0.04 - 0.08 0.00 - 0.04 Below 0.00 Undefined Value
方案六	 max.Suspended, Slick thickness [mm] Above 0.20 0.10 - 0.20 0.08 - 0.10 0.04 - 0.08 0.00 - 0.04 Below 0.00 Undefined Value	 max.Suspended, Slick thickness [mm] Above 0.20 0.10 - 0.20 0.08 - 0.10 0.04 - 0.08 0.00 - 0.04 Below 0.00 Undefined Value	 max.Suspended, Slick thickness [mm] Above 0.20 0.10 - 0.20 0.08 - 0.10 0.04 - 0.08 0.00 - 0.04 Below 0.00 Undefined Value	 max.Suspended, Slick thickness [mm] Above 0.20 0.10 - 0.20 0.08 - 0.10 0.04 - 0.08 0.00 - 0.04 Below 0.00 Undefined Value	 max.Suspended, Slick thickness [mm] Above 0.20 0.10 - 0.20 0.08 - 0.10 0.04 - 0.08 0.00 - 0.04 Below 0.00 Undefined Value

方案七	 max.Suspended, Slick thichness [mm] Above 0.20 0.10 - 0.20 0.08 - 0.10 0.04 - 0.08 0.00 - 0.04 Below 0.00 Undefined Value	 max.Suspended, Slick thichness [mm] Above 0.20 0.10 - 0.20 0.08 - 0.10 0.04 - 0.08 0.00 - 0.04 Below 0.00 Undefined Value	 max.Suspended, Slick thichness [mm] Above 0.20 0.10 - 0.20 0.08 - 0.10 0.04 - 0.08 0.00 - 0.04 Below 0.00 Undefined Value	 max.Suspended, Slick thichness [mm] Above 0.20 0.10 - 0.20 0.08 - 0.10 0.04 - 0.08 0.00 - 0.04 Below 0.00 Undefined Value	 max.Suspended, Slick thichness [mm] Above 0.20 0.10 - 0.20 0.08 - 0.10 0.04 - 0.08 0.00 - 0.04 Below 0.00 Undefined Value
方案八	 max.Suspended, Slick thichness [mm] Above 0.20 0.10 - 0.20 0.08 - 0.10 0.04 - 0.08 0.00 - 0.04 Below 0.00 Undefined Value	 max.Suspended, Slick thichness [mm] Above 0.20 0.10 - 0.20 0.08 - 0.10 0.04 - 0.08 0.00 - 0.04 Below 0.00 Undefined Value	 max.Suspended, Slick thichness [mm] Above 0.20 0.10 - 0.20 0.08 - 0.10 0.04 - 0.08 0.00 - 0.04 Below 0.00 Undefined Value	 max.Suspended, Slick thichness [mm] Above 0.20 0.10 - 0.20 0.08 - 0.10 0.04 - 0.08 0.00 - 0.04 Below 0.00 Undefined Value	 max.Suspended, Slick thichness [mm] Above 0.20 0.10 - 0.20 0.08 - 0.10 0.04 - 0.08 0.00 - 0.04 Below 0.00 Undefined Value
方案九	 max.Suspended, Slick thichness [mm] Above 0.20 0.10 - 0.20 0.08 - 0.10 0.04 - 0.08 0.00 - 0.04 Below 0.00 Undefined Value	 max.Suspended, Slick thichness [mm] Above 0.20 0.10 - 0.20 0.08 - 0.10 0.04 - 0.08 0.00 - 0.04 Below 0.00 Undefined Value	 max.Suspended, Slick thichness [mm] Above 0.20 0.10 - 0.20 0.08 - 0.10 0.04 - 0.08 0.00 - 0.04 Below 0.00 Undefined Value	 max.Suspended, Slick thichness [mm] Above 0.20 0.10 - 0.20 0.08 - 0.10 0.04 - 0.08 0.00 - 0.04 Below 0.00 Undefined Value	 max.Suspended, Slick thichness [mm] Above 0.20 0.10 - 0.20 0.08 - 0.10 0.04 - 0.08 0.00 - 0.04 Below 0.00 Undefined Value

方案十					
方案十一					
方案十二					

方案十三

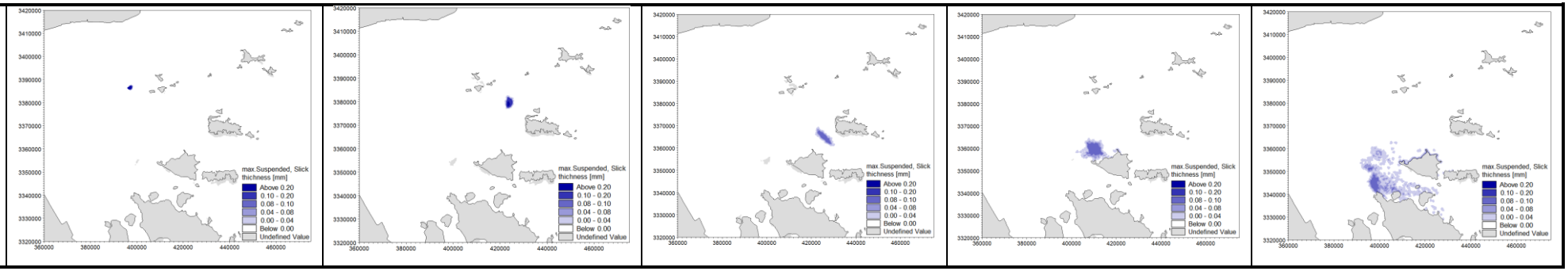
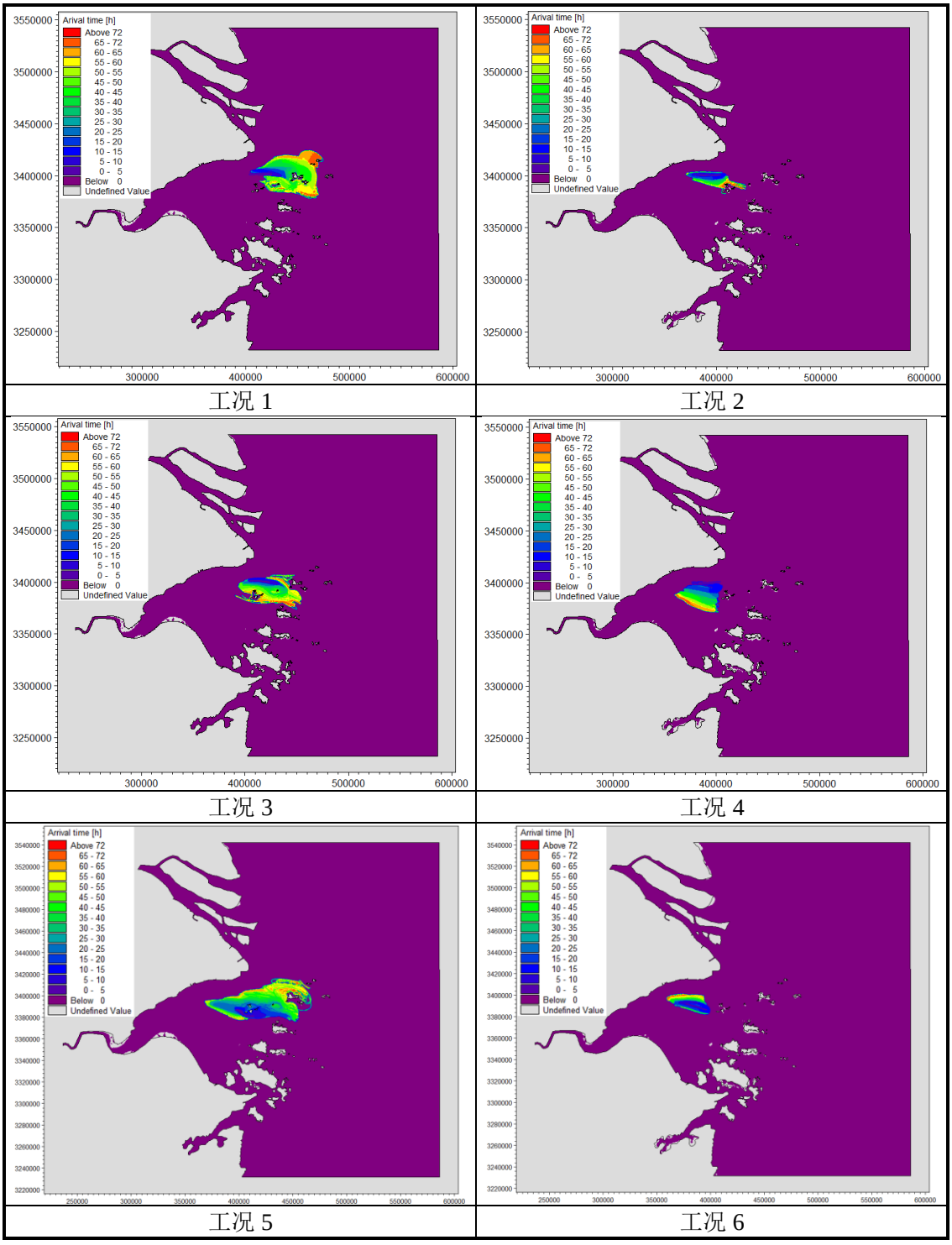
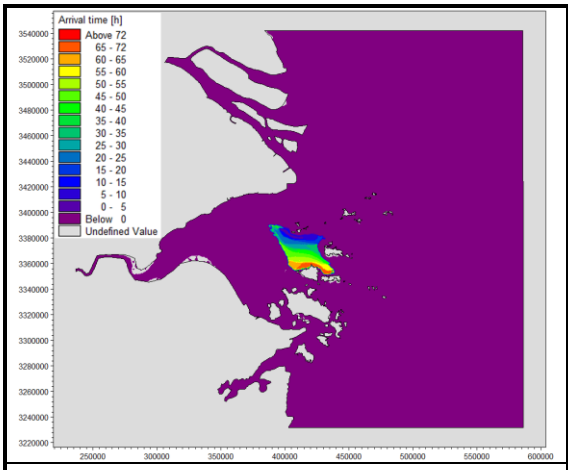
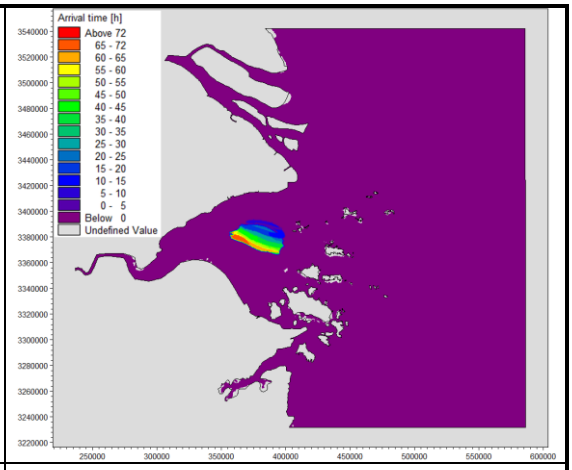


图 9.2-5　　各种工况下典型时刻油膜瞬时运动分布图

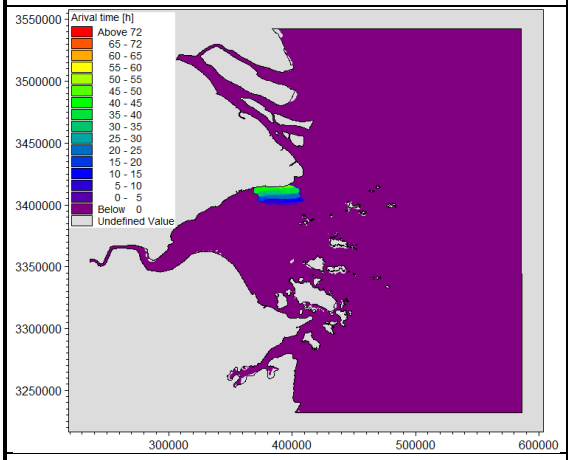

Arival time [h]
Above 72
65 - 72
60 - 65
55 - 60
50 - 55
45 - 50
40 - 45
35 - 40
30 - 35
25 - 30
20 - 25
15 - 20
10 - 15
5 - 10
0 - 5
Below 0
Undefined Value
工况 1
工况 2
工况 3
工况 4
工况 5
工况 6



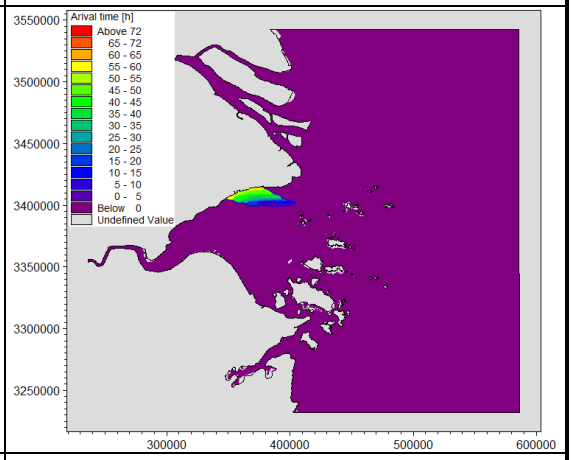
工况 7



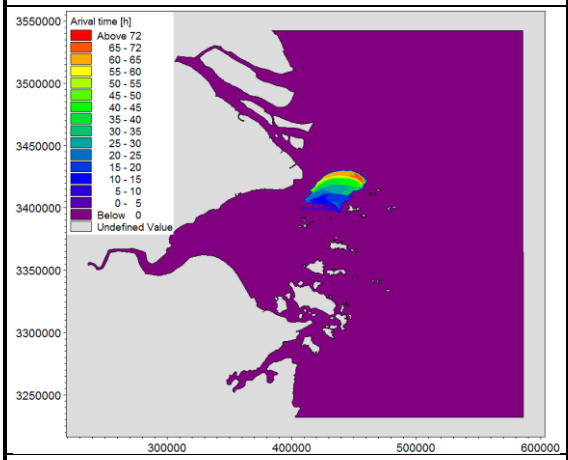
工况 8



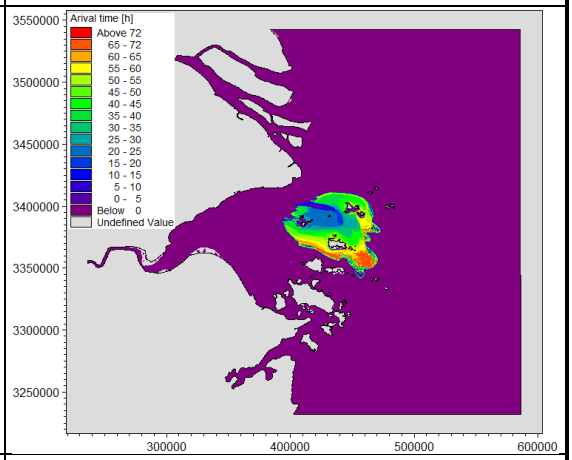
工况 9



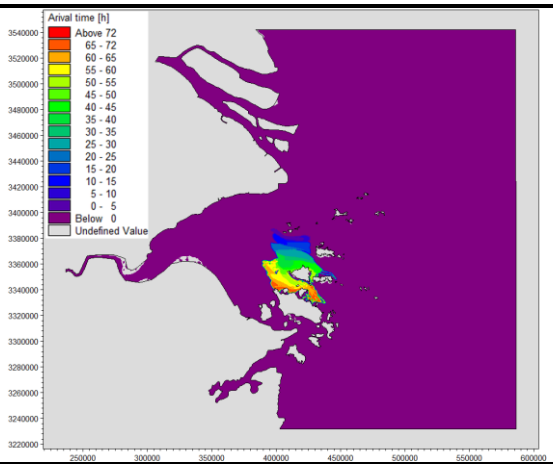
工况 10



工况 11



工况 12



工况 13

图 9.2-6　　各工况条件下 72h 油膜运动轨迹图

（1）溢油计算结果及影响分析

从各工况油膜运动轨迹图可以看出，不同风向对油膜运动轨迹和扩散面积影响十分明显。

常规工况条件下，风速相对较小。溢油点1发生溢油后，在常风向南风（工况1、2）作用下，油膜受潮流动力呈往复状作东西向运动，同时受南风的影响略向北偏移，其中工况2在涨潮流条件下，主要向杭州湾内漂移，工况1在落潮流条件下，主要向外海漂移；在常风向北风（工况3、4）作用下，油膜受潮流动力呈往复状作东西向运动，同时受北风的影响略向南偏移，其中工况4在涨潮流条件下，主要向杭州湾内漂移，工况3在落潮流条件下，主要向外海漂移。溢油点2发生溢油后，各工况下油膜运动轨迹与溢油点1发生溢油后相似。

不利工况条件下，风速较大，达到13.8m/s。其中在东南风13.8m/s（工况9）的作用下，油膜受张落潮流作用作东西向往复偏移，同时受东南风影响向西北方向运动，到达临港海域被岸滩吸附。在东南偏东13.8m/s（工况10）的作用下，油膜受张落潮流作用作东西向往复偏移，同时受风影响向西北偏西方向运动，后到达金山海域被岸滩吸附。在西风13.8m/s（工况11）的作用下，溢油发生后，油膜先随落潮流向东漂移，后受风和潮流的共同作用向东北做螺旋状运动。在西北风13.8m/s（工况12）的作用下，油膜迅速向东南方向运动，由于外海扩散条件较好，岛屿较多，油膜较为分散。在北风13.8m/s（工况13）的作用下，油膜迅速向南漂移，由于南部岛屿较多，扩散条件较差，油膜较为分散，扩散面积不大。

（2）溢油对各敏感区影响分析

本工程海域周边的敏感目标有南汇嘴湿地限制区、奉贤海湾旅游区限制区、大戢洋产卵场保护区、徐公岛旅游休闲娱乐区等敏感目标，一旦发生溢油事故将会对这些区域发生不利影响，通过分析溢油各种工况下的计算结果，给出了溢油发生后油膜到达敏感地区的时间，具体见表 9.2-6。

表 9.2-6　　溢油对敏感目标的影响

	工况 1	工况 2	工况 3	工况 4	工况 5	工况 6	工况 7	工况 8	工况 9	工况 10	工况 11	工况 12	工况 13
南汇嘴湿地限制区	/	/	/	/	/	/	/	/	40h	/	/	/	/
奉贤海湾旅游区限制区	/	/	/	/	/	/	/	/	/	44h	/	/	/
大戢洋产卵场保护区	2.5h	12h	2.5h	/	38h	/	/	/	13h	/	2h	2.5h	/
徐公岛旅游休闲娱乐区	24h	/	34h	/	16h	/	/	/	/	/	21.5h	18.5h	/
白节山群岛旅游区	45h	/	32h	/	29h	/	/	/	/	/	18.5h	21h	/
浙江舟山五峙山列岛鸟类省级自然保护区	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	60h
岛屿自然岸线或近岸滩涂	37h	69h	34h	/	8h	/	67h	/	41h	54h	/	22h	43h

由上述图表可以看出：在不利风况及潮型条件下，溢油事故发生后，油膜到达南汇嘴湿地限制区的最短时间约 40h，到达奉贤海湾旅游区限制区的最短时间约为 44h，到达大戢洋产卵场保护区时间较短，到达徐公岛旅游休闲娱乐区的时间约为 18.5h，到达白节山群岛旅游区的时间约为 21h。另外常规工况下 2.5h 油膜可到达大戢洋产卵场保护区，8h 油膜可到达附近岛屿岸线，约 24h 到达徐公岛旅游休闲娱乐区，约 32h 到达徐公岛旅游休闲娱乐区，到达舟山五峙山列岛鸟类省级自然保护区的最短时间约 60h。风电场评价范围内敏感目标较多，施工期间在工程海域发生溢油事故后，油膜在较短的时间内可到达周边敏感目标，溢油事故的应急处置工作难度较大。因此，应严格加强施工期施工船舶的安全管理，杜绝事故的发生。同时要加强突发事故的风险防范和应急处置能力建设，一旦发生溢油事故，应尽快采取阻拦措施，并组织人员进行油品的回收工作，尽量减小污染。

9.2.3 溢油事故对海洋生态和渔业影响分析

船舶溢油事故发生后，将对海洋生物和渔业资源造成很大影响。

（1）对浮游生物的影响

溢油事件发生后，油膜会破坏浮游植物细胞，损坏叶绿素及干扰气体交换，从而妨碍他们的光合作用。破坏程度取决于油类物质的类型，浓度及浮游植物的种类。根据国内外毒性实验结果，作为鱼、虾类饵料基础的浮游植物，对各种油类的耐受能力都很低。海洋浮游植物石油急性中毒致死浓度为 0.1～10mg/L，一般为 1mg/L。对于更敏感的种类，油浓度低于 0.1mg/L 时，也会妨碍细胞的分裂和生长的速率。

（2）对浮游动物的影响

浮游动物石油急性中毒致死浓度范围一般为 0.1~15mg/L，*Mironov* 等曾将黑海某些挠足类、和技角类暴露于 0.1ppm 的石油海水中，当天浮游动物全部死亡。当石油含量降至 0.05ppm，小型拟哲水蚤 *Paracalanus sp.*的半致死时间为 4 天，而胸刺镖蚤 *CentroPages*、鸟缘尖头蚤和长腹剑水蚤 *Oithona* 的半致死天数依次为 3 天、2 天和 1 天。另外，*Mironov* 对不同浓度对桡足类幼体的影响实验表明，永久性（终生性）浮游动物幼体的敏感性大于阶段性（临时性）的底栖生物幼体，而它们各自的幼体的敏感性又大于成体。

（3）对底栖生物的影响

底栖生物随种类的不同而产生对石油浓度适应的差异，多数底栖生物石油急性中毒致死浓度范围在 2.0～15mg/L，其幼体的致死浓度范围更小些。软体动物双壳类能吸收水中含量很低的石油，如：0.01ppm 的石油则可能使牡蛎呈明显的油味，严重的油味可持续达半年之久。受石油污染的牡蛎会引起因纤毛鳃上皮细胞麻痹而破坏其摄食机制并进而死亡。象海胆、寄居蟹、海盘车等底栖生物的耐油污性很差，即使海水中石油含量只有 0.01ppm，也可使其死亡。而千分之一浓度的乳化油即可使海胆在 1 小时内死亡。某些底栖甲壳类动物幼体（无节幼虫）当海水中石油浓度在 0.1～0.01ppm 时，对藤壶幼体和蟹幼体有明显的毒效。据吴彰宽报导，胜利原油对对虾 *Penaeus orientalis* 各发育阶段影响的最低浓度分别是受精卵 56mg/L，无节幼体 3.2mg/L、蚤状幼体 0.1mg/L，糠虾幼体 1.8mg/L，仔虾 5.6mg/L，其中蚤状幼体为最敏感的阶段。胜利原油对对虾的幼体的 96h-LC50 为 11.1mg/L。

（4）石油污染对鱼类的影响

国内外许多的研究均表明高浓度的石油会使鱼卵、仔幼鱼短时间内中毒死亡，低浓度的长期亚急性毒性可干扰鱼类摄食和繁殖，具毒性随石油组分的不同而有差异。根据东海水产研究所近年来对几种不同油类对鲻鱼仔鱼 *Mugilcaphalus* 的毒性试验结果表明，阿拉伯也门麦端波原油、镇海炼油厂的混合废油、胜利原油和东海平湖原油对鲻鱼的 96h—LC50 值分别为 15.8mg/L，1.64mg/L、6.5mg/L 和 2．88mg/L。陈民山等报导，胜利原油对真鲷仔鱼 Pagrassonius major 和牙鲆仔鱼 *Paralichthy olovaceus* 的 96h—LC50 值分别为 1.0mg/L 和 1.6mg/L。20 号燃料油对黑鲷 *Spares macrocephaius* 的 96h-LC50 值为 2.34mg/L，而对黑鲷的 20 天生长试验结果，其最低影响浓度（LOEC）和无影响浓度分别为 0.096mg/L 和 0.032mg/L。

（5）石油对水产动、植物的油臭影响

海洋中一旦发生油污染，扩散的油分子会迅速随风及水的流动而扩散，水产动、植物一旦与其接触，即会在短时间内发生油臭，从而影响食用价值。以 20 号燃料油为例，当油浓度为 0.004mg/L 时，5 天就能对对虾产生油味，14 天和 21 天分别使文蛤和葛氏长臂虾产生异味。

（6）对鸟类的影响

对于鸟类，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，它们将极易受到伤害，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，鸟类以这些被污染的生物为食，也会在体内进行富集。根据溢油风险预测，风电场发生溢油后，在 S 风条件下油膜最快 8h 能到达洋山镇沿岸，在 N 风条件下油膜最快 43h 能到达岱山沿岸，在 SE 风条件下油膜最快 41h 能到达南汇边滩附近，一旦发生上述溢油事故，溢油应急处置船应在 8h 以内能到达岛屿沿岸。

综上所述，溢油事故一旦发生将对海洋生态系统造成极大的影响。回顾溢油事故实际案例，1999 年珠江口水域发生的“3.24 特大溢油事故”，事故溢油量超过 500t，事故发生当年事故海域的海洋生态系统变化显著，直到事故第二年生态系统才开始逐步恢复，次年的鱼类资源和捕捞量损失约 40%，此后的 3、4 年渔业资源和捕捞量仍明显劣于事故前，直到事故后事故后 7 年渔业资源方恢复到原有水平。可见溢油事故对海洋生态系统、渔业资源的影响是显著的、长期的。

9.2.4 溢油事故的防范与应急措施

9.2.4.1 防范措施

（1）施工期溢油事故防范措施

综上所述，本工程施工具有一定的通航环境风险，从而存在一定油料泄漏的风险，为保证工程施工安全，防止油污事故发生，施工单位必须有水上施工经验，施工过程中需科学合理安排施工工序，周密考虑工程施工期间的安全措施，应主要包括：

1）工程施工期间需制订切实有效的安全管理措施和一旦发生空发性事故的应急预案。

2）要加强对施工作业船舶的安全管理。参加施工作业的船舶必须经过相关的安全检查，有关人员必须经过水上作业的相关安全培训和教育，并认真落实施工作业的安全措施和发生突发情况的应急措施。

3）要加强工程施工期间施工区附近水域的通航环境的安全管理。需根据工程施工方案，分析工程施工对船舶通航环境的影响，提出加强施工期间水上通航秩序安全管理的对策和措施，确保工程施工和船舶通航的安全。

4）施工作业开工前按规定向海事局有关部门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，施工作业期间施工船舶必须按照交通部信号管理规定显示信号。

5)施工船进行打桩作业时，应于明易显见处，显示港口规定信号（白天显示旗号、夜间显示灯号）。

6）施工作业期间作业船舶应配置有效的通讯工具，指派专人守听，密切注视周围船舶动态。

7）施工作业船应派专人值班了望，当发现来船动向不明或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)为避免工程施工船所抛所开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。但灯光不能外射，以免影响过往船舶驾驶人员的正常了望。

9）灾害性天气下暂停施工，进行工程安全观测，如果发生险情应及时上报有关部门。

10）施工作业附近，应安排一艘拖轮停泊待命，以便随时出动进行应急抢救等救助工作。

11）由于工程施工时所占用的可通航水域面积很大，因此在施工作业期产，施工建设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。严禁施工作业单位擅自扩大施工作业安全区，严禁无关船舶进入施工作业水域，并提前、定时发布航行公告。

12）为确保海上风电场工程顺利进行和航经附近水域船舶的通航安全，施工建设单位应拟定施工期间水上交通安全维护方案，通过印制、发放宣传资料和利用报刊、广播、电视等媒体开展广泛的宣传教育，使有关航运单位、航行船舶及从事捕捞作业的渔民，都了解工程内容、施工范围和工期等，取得社会各方面的理解、支持和配合。

13）认真落实施工船舶防污染措施，做好船舶垃圾、残油、含油污水等污染特、废弃物的接收和处置工作。施工船舶一旦发生污染水域事故，应尽力采取控制和消除污染的措施，同时向海事主管机关报告，接受调查处理。

14）设立对溢油事故的监测、防止扩散、回收和处置的设备和措施。典型的包括：泄露报警装置、防止扩散的围油栅、撇油器、收油船、吸油泵、吸油剂、活塞膜化学剂和油聚集剂等。

（2）运行期溢油事故防范措施

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。

1）海上风机应涂有醒目的警示色、夜间需采用灯光照射的办法。在风电场场界连线外侧考虑设置一排黄色间距 1.0n mile 的航行警示标，以警示船舶有效避让。

2）应设立专门机构负责警戒，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还是、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进行吸附回收。

5）考虑本工程与东海大桥海上风电场的位置关系，为利于通航安全，建议：

a. 建设单位需保持与东海大桥海上风电场运营单位的沟通联系，处理好本工程风电场与东海大桥海上风电场之间通航问题。

b. 风电场建成后，及时发布航海警（通）告，使船舶能及时在海图上标出其位置，以便在设计计划航线时，适当修正航线，保持计划航线与风电场的距离大于 1 海里。

9.2.4.2 应急措施

根据《洋山深水港市级基层应急管理单元突发事件应急预案（总案）（2016 版）》（适用于洋山单元内发生的各类突发事件应对工作，洋山单元范围为小洋山岛域港区和东海大桥以及与之相连的水域），编制本工程溢油事故应急预案如下。

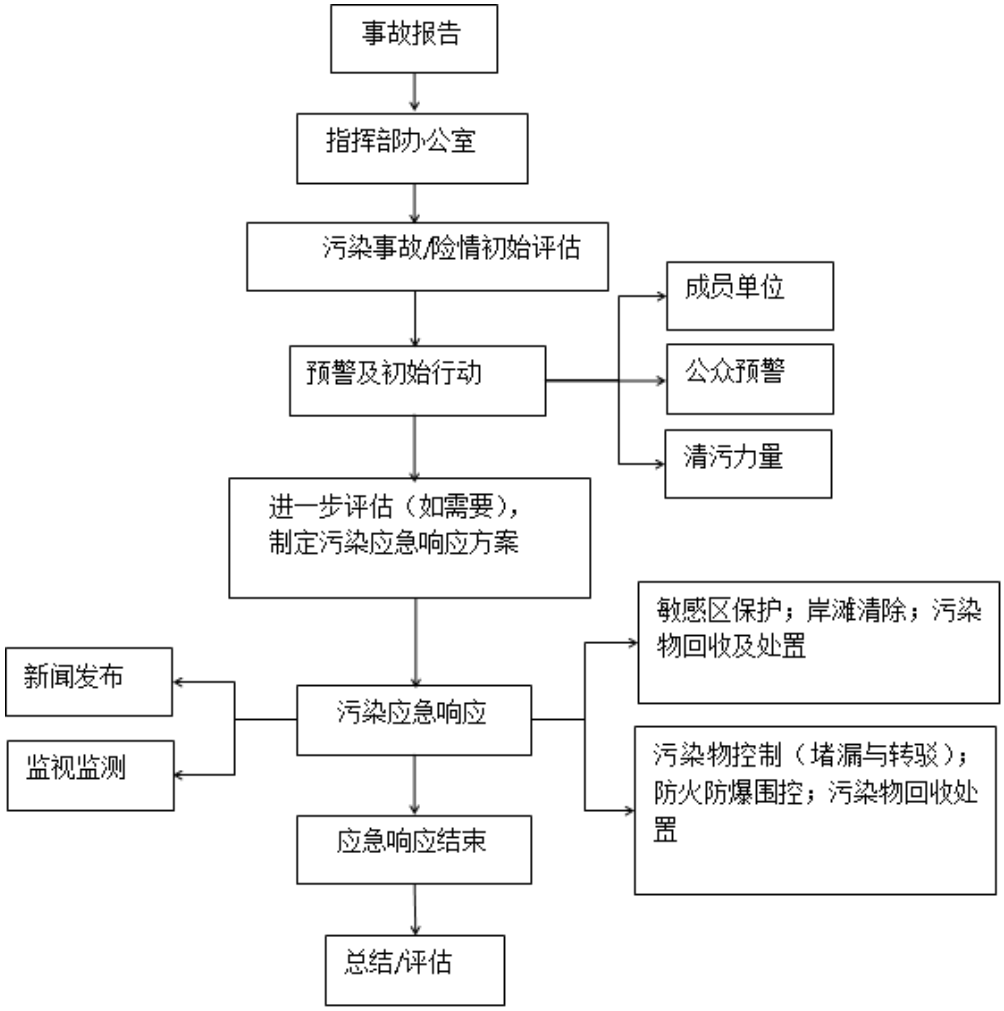


图 9.2-7　　风险事故应急反应程序

（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、海上风机等油品泄漏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

现场应急领导机构由建设单位分管环保的领导、环境保护管理办公室负责人、承包商单位分管环保的领导组成。应急领导机构负责船舶污染应急防备和应急清除工作的组织和指挥。

2）应急指挥部

项目公司成立船舶污染预防及事故应急指挥部（以下简称应急指挥部），负责船舶污染应急防备和应急清除工作的组织和指挥，负责船舶污染应急防备和应急清除工

作的组织和指挥，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。

应急指挥部下设运行监督办公室，负责风电场日常运行安全监管及船舶污染事故上报、应急反应、支持保障和善后处理等工作。运行监督办公室设在项目公司中控室，应急指挥部应服从洋山应急联动指挥中心和洋山应急委。

应急指挥部和运行监督办公室由建设单位负责组建，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。日常办公机构设 1~2 名职员，运行监督办公室 2~4 名职员组成。主要职责包括：

①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。

②运行监督办公室：运行监督办公室职责包括风电场安全运行监视，监视风电场风机运行情况及周围海域来往船舶航行情况；发现或接报船舶污染事故后，及时向应急指挥中心报告。

③应急指挥中心：应急指挥中心职责包括风电场应急预案的修订、审核、发布、演练和总结；在应急处置过程中，根据事故响应等级，负责向相关部门报告，配合上级部门应急工作及事故调查处理工作。结合风电场所在海域特点，同洋山应急联动指挥中心、洋山港海事局、社会支持保障力量联合建立具有快速反应能力的船舶污染事故救援队伍，形成船舶污染事故应急救援的保障。

3）现场指挥部

现场指挥部， 由应急派到溢油事故的临时机构现场指挥部，在应急指挥机构的统一领导下，负责船舶污染事故现场应急组织、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，并组织应急开展污染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。

（3）预警和报告

1）信息收集与预警

运行监督办公室应通过监视系统及时收集掌握在风电场海域发生的船舶污染事故信息，发现或接报污染事故后立即向应急指挥中心报告，通知应急指挥部的成员到达事故现场。总指挥到达事故现场后，立即成立现场指挥部，总指挥根据现场情况预测可能造成的后果和污染危害程度、紧急程度、发展事态，判断环境污染事件危险性，将预警信息向洋山应急委和洋山应急联动指挥中心逐级上报。

预警信息包括突发事故的类别、起始时间、可能影响范围、警示事项、应采取的措施和发布机关。预警信息的发布、调整和接触可通过广播、电视、报刊、通信、信息网络、警报器、宣传车或组织人员逐户通知等方式进行，对老幼病残孕等特殊人群以及学校等特殊场所和警报盲区应当采取有针对性的公告方式。

特别重大或者重大突发事故发生后，要立即报告，通报有关地区和部门，应急处置过程中，要及时续报有关情况。

2）上报程序

运行监督办公室在中控室监视发现污染事故发生后应立即向应急指挥部报告，由应急指挥部向洋山应急委和洋山应急联动指挥中心报告，最多不超过 5min。报告内容应包括：发现污染事故的时间、地点，船名，污染物品名，污染范围，当时海况等。同时应急指挥部通知项目周边的企业单位进行应急准备，调配其应急设施。

指挥部办公室在接收到船舶污染事故信息后，召集专家分析、评估，发出预警信息，启动应急预案。

（4）应急响应及行动

1）响应等级

参考《洋山深水港市级基层应急管理单元突发事件应急预案（总案）（2016 版）》，根据船舶污染事故分级，分别启动相应的Ⅰ级、Ⅱ级、Ⅲ级、Ⅳ级应急响应行动。

表 9.2-7　事故及响应等级划分

事故（响应）等级	划分依据
一般等级（IV 级响应）	突发事件性质一般、规模较小，且影响范围只涉及单元内个别单位并能自主实施应急处置的。
较大等级（III 级响应）	突发事件性质较为严重、规模较大，且影响范围涉及单元内两个及两个以上单位，需要洋山应急联动指挥中心协调单元内相关单位共同应对处置的。
重大等级（II 级响应）	突发事件性质严重、规模大，且影响范围波及单元全域，需要洋山应急委指挥相关单位集中全单元资源和力量共同应对处置的，或需要市应急联动中心、市交通委指挥中心调集相关资源和力量实施处置的。
特大等级（I 级响应）	突发事件性质特别严重、规模很大，且影响范围涉及单元外围地区，或超出单元应急处置能力，必须集中全市应急资源和力量实施处置的。

2）应急响应启动

当本工程突发事件发生时，建设单位要立即组织力量开展有效的即时处置，消除或控制事态发展。按照突发事件响应等级，启动响应程序，并采取相应的响应措施。

当发生一般（Ⅳ级）船舶污染事故时，建设单位应迅速实施应急处置，动用本工程预案溢油应急反应队伍和设备，控制溢油源，围控和清除海面溢油；组织所有应急力量按照应急救援预案迅速开展救援抢险工作，包括对海洋生物、鸟类和周边人员的救助工作。必要时报洋山应急联动指挥中心及其他相关部门派出应急救援力量或专家实施增援。

当发生较大（Ⅲ级）船舶污染事故时，建设单位应迅速开展即时和先期处置。洋山应急联动指挥中心接报后，按照联动协同要求，协调洋山应急委相关成员单位组织所有应急力量按照应急救援预案迅速开展救援抢险工作，包括对海洋生物、鸟类和周边人员的救助工作。必要时，由洋山应急委统一指挥应对处置工作。

当发生重大（Ⅱ级）船舶污染事故时，建设单位及洋山应急联动指挥中心要组织所有应急力量按照应急救援预案迅速开展救援抢险工作，包括对海洋生物、鸟类和周边人员的救助工作，并将洋山应急委转为洋山单元应急处置指挥部，集中调度单元内资源和力量开展统一处置。处置过程中，可请求市应急联动中心、市交通委指挥中心调集市级相关应急资源和力量，参与应急处置及救援。必要时，成立市应急处置指挥部，统一指挥应对处置工作。

当发生特大（Ⅰ级）船舶污染事故时，建设单位应立即由洋山应急委实施应急响应措施，开展先期处置。迅速成立市应急处置指挥部，统一组织开展对海洋生物、鸟类和周边人员的救助工作。

溢油一旦发生，应立即采取以下措施减少鸟类的损失：

①对重要的鸟类取食、栖息和繁殖区布设围油栏加以保护，使这些地区免受污染；

②用噪声发生器驱赶正在溢油海域上空或附近的鸟类；

③及时对已遭受溢油污染的鸟类进行收集、救护。

（5）应急保障

根据《洋山深水港市级基层应急管理单元突发事件应急预案（总案）（2016 版）》，建设单位需提供应急保障如下：

1）通讯联络方式

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。

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他相关部门、上级部门，报送方式可采用电话、传真、直接派人、书面文件等。

2）队伍保障

一方面建设单位应急队伍由工程全体工作人员组成，一旦发生溢油事故，建设单位应急指挥部可根据情况的需要，动员、调配储备的人力资源投入行动；另一方面建设单位需组建单元应急救援队，培训一定数量的溢油污染处置人员。

3）装备保障

按照国家法律法规要求，港口、码头和装卸站及相关企业需根据其涉及的污染物种类、数量以及污染风险配备相应的清污应急设备，因此，建设单位需储备必要的应急物资，如泄露报警装置、防止扩散的围油栏、收油机、吸油材料、溢油分散剂等应急设施和器材，具体见表 9.2-8。

4）技术保障

当发生大型船舶溢油污染事故时，建设单位需立刻组织专家成立应急专家咨询组，为污染应急提供技术、法律、保险等多方面的技术保障。

5）资金保障

建设单位应将应急资金纳入公司财政预算，合理承担应急保障资金和海上船舶污染应急演练费用。

表 9.2-8　　本工程需配备的溢油应急器材

设备名称		数量
泄露报警装置	套	1
围油栏	应急型（m）	1200
收油机	总能力（m^3/h）	15
油拖网	数量（套）	1
吸油材料	数量（t）	2.4
溢油分散剂	浓缩型，数量（t）	1.8
溢油分散剂喷洒装置	数量（套）	1
储油罐	有效容积（m^3）	15
围油栏布放艇	艘	1（租用）

（6）应急监测、救援及控制措施

环境监测组负责人带领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。

（7）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；事件所造成危害被彻底消除，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；采取了防护措施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。

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。做好事故调查处理。

（8）应急演练

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。

同时，建设单位应配合参加洋山应急办负责牵头组织的洋山单元综合演练和专项演练。

（9）区域风险应急现状及建设规划

①区域风险应急现状

宁波-舟山海域现有溢油应急设备主要来自三部分，其中一部分来自宁波-舟山港自身的溢油应急设备。一部分为海事局采购设备，还有一部分为社会力量，即码头、清污公司等单位拥有的设备。

②建设规划

根据《舟山市防治溢油污染海洋环境应急能力建设规划》，到 2020 年，舟山市基本建成覆盖全面、设施先进、协调有序、反应快捷、运转高效的溢油应急体系。溢油应急预案体系进一步健全和完善，应急机制更加高效合理，应急信息系统、应急设备设施得以重点推进和加强，应急人员队伍的数量、素质得以大幅提高，防范和处置溢油的能力显著增强，形成“三大基地”（外钓岛、朱家尖、岱山）的应急能力建设大格局，基本满足舟山港域溢油的需求，力争将我市建设成为全国溢油应急防治服务示范区。

《规划》以提升重特大溢油应急处置能力为核心，具体提出了预案体系、体制机制、信息系统、设备设施、队伍体系五方面建设内容，以提升应急准备、应急组织、快速反应、应急处置和应急保障五方面的能力。《规划》计划分“十二五”和“十三五”两期建设，基本涵盖了今后十年舟山市溢油应急能力建设的主要内容。计划到 2020 年，应急能力完全覆盖舟山管辖所有港域，北部港域应急能力明显加强；气象条件允许下，舟山管辖港域发生溢油事故，应急力量在 4 小时内到达现场；规划建设的一次溢油控制清除能力达到 3000 吨。

现岱山和朱家尖基地已经初具规模，且量大基地距离工程区较近，朱家尖基地距离约 1h 航程，岱山基地约 2h 航程，同时沈家门港内共有油污水回收船 63 搜，分属于普陀 7 家从事港内油污水作业的公司，均可以有效支援工程区的溢油应急处理。

另一方面，根据《洋山深水港市级基层应急管理单元突发事件应急预案（总案）（2016 版）》，洋山应急委各成员单位储备有应急资源和设施设备，由洋山应急联动指挥中心统一调配使用。必要时，必要时可请求洋山应急委协调或通过市政府相关部门征用相关单位的应急物资。

9.3 其他风险事故分析

9.3.1 自然灾害风险分析

工程建成后，所在海域将竖立起 47 台 6MW 风机，场区形状呈不规则四边形。本工程拟采用风机的轮毂高度 110m，风机风轮直径 172m。在开阔无遮拦的海面上，当遇到暴雨雷电、台风、海雾等恶劣气候条件时，风机可能遭受雷击和台风摧毁的危险。

9.3.1.1 雷击风险

空中的尘埃、冰晶等物质在大气运动中剧烈摩擦生电以及云块切割磁力线，在云层上下层分别形成了带正负电荷的带电中心，运动过程中当异性带电中心之间的空气被其强大的电场击穿时，就形成放电。对风电场运营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。

9.3.1.2 台风和风暴潮风险

根据浙江省多年实测资料统计分析，台风期间天文潮高潮位时的增水在 1.5~2.4m 之间。根据 1950~2009 年间影响浙江省的有实况潮位资料记录的 270 次台风风暴潮过程，对浙江省沿海乍浦、澉浦、定海、海门、健跳、温州、瑞安、鳌江共 8 个水文站和镇海、坎门 2 个海洋站风暴潮过程最高潮位和最大增水数据进行统计分析。结果发现，定海、瑞安站达到各警戒级别的总比例最高（超过 30 %），其次为鳌江、海门、坎门、 温州站（超过 20 %），这些站点在台风暴潮过程中比较容易出现超当地警戒

潮位的高潮位。镇海站达到橙色警戒级别比例最大，说明工程海域受风暴潮灾害影响频率较高。

台风对风电场的可能造成的损害包括：

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

（2）台风带来的狂风暴雨对输电线路的破坏。

（3）台风破坏测风装置，使风力发电机组不能正确偏航避风，设备不能降低受风面积，超过设计载荷极限，使设备遭到破坏。

（4）台风施加在设备上的静力效应和动力效应共同作用下不断施加疲劳载荷，最后达到或者超过叶片和塔架的设计载荷极限，导致引起部件机械磨损，缩短风力发电机组的寿命，严重的使叶片损坏及塔架倾覆。

（5）受长期泥沙冲刷的影响，在风电场海底电缆和海床之间有形成淘空的可能。考虑工程海域可能遭受风暴潮、热带气旋的影响，风暴潮带、热带气旋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，严重时甚至可能冲垮基础，威胁基础稳定和海缆安全。

9.3.1.3 海雾风险

海雾作为影响船舶航行的不安全因素，给海上航行安全带来的最大影响是能见度下降，造成船舶了望、陆标定位困难等，从而易发施工船舶碰撞、航行船舶雾航撞击风机等海上交通事故。雾天发生的海上交通事故以碰撞为最多，并且大多数是人为因素造成或与人为因素有关，主要表现为：

（1）不遵守避碰规则，无视安全航行规章；

（2）风险意识不强，存在盲目、粗心、逞能等不良心里状态，使船舶陷于困境；

（3）应变能力差，缺乏应急措施预案，关键时刻慌乱、操纵失误；

（4）对周围环境估计不足或思想麻痹而失去应有的戒备，造成避让行动迟缓或疏漏；

（5）技术素质低、经验不足，导致判断能力差和操船能力差；

（6）维护保养不善，船舶的动力装置、通导设备、电力系统等出现故障，使得驾驶人员对船舶操纵失去控制，或航线、船位的准确度和可靠性受到影响，以及船岸、船船间的通信中断。因此，为确保雾航安全、避免发生事故，全体船员要严格遵守规

章，加强维护保养，增强风险意识，克服不良心理；驾驶人员尤其要加强学习，积累经验，不断提高航海技术、操作能力和应变能力。

9.3.2 风机倒塌与损坏风险分析

（1）风机基础缺陷

单个风机的位置的地质情况存在差别，有的甚至可能和岩土勘察报告的结论相去甚远，若未对单个风机选址进行详勘，未针对选址点采取有针对性的措施，可能造成风机基础腐蚀、塌陷，风机倾覆等事故。

（2）风机塔架缺陷

风力发电机组选型未按照风场发电机组最大风速及湍强等选型，塔架地基基础地质勘测不清楚，塔架的荷载条件设计不合理，塔架制造和装配存在材料和质量缺陷，均可能导致风机塔架坍塌事故。

（3）外力影响

受船舶撞击或者强台风袭击导致风机倒塌。由于风机倒塌引起的海上升压站、风机机舱、风机塔筒落入海中，本身形成障碍物，将对船舶通航产生障碍。其本身电机机械表面带有的少量润滑油落入海中对海水水质造成影响。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，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，因此风机塔架倾覆的概率较小，风机倾覆再导致溢油事故的概率更小。

（4）复杂地质条件引发事故后果分析

本海域地质条件相对复杂，使得地质勘探存在一定的不确定性，这对以后的施工可能产生一定的影响。若对地质持力层深度的错误勘测可能会使风机基础埋设深度不够，导致风机塔架的稳定性不满足要求，由此而产生的风机倒塌会对海洋环境产生一定的不利影响。

风机荷载计算时考虑的荷载主要包括结构自重（考虑浮力）、风机荷载、波浪力、水流力、风荷载、船舶作用力、地震力等。海上风机及支撑结构设计时，极限状态考虑施工工况、正常发电运行工况、极端风况工况、地震工况、船舶撞击工况等荷载组合工况。荷载组合中考虑可能出现的最不利水位和波浪、水流的最不利作用方向，以确保风机、基础结构安全可靠。

9.3.3 海底电缆及风机基础泥沙冲刷淘空风险分析

受长期泥沙冲刷的影响，风电场海底线缆和海床之间有形成淘空的可能。项目运行期需结合项目海域冲淤预测分析，避免电缆及基础发生泥沙掏空。因此，在潮流和波浪的作用下，风机基础附近存在局部冲刷的可能，而风机海缆如埋设在局部冲刷坑范围内则可能出现海缆出露。

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。

9.3.4 海上升压站的防潮、防火、防爆和防漏油风险分析

本风电场位于海上，风电机组和升压变电站场技术均不是很成熟，需要不断积累经验。但采用的生产工艺、设备操作和维护均较为成熟，自动化程度高，大都是远距离控制，且生产过程中基本不会产生易燃、易爆、有毒、有害物质。设计中采用了科学的全面的安全措施，如：继电保护与自动化集中控制系统、自动报警防火系统、计算机监控系统等安全自动系统的设计、施工与管理，为风电场安全运行打下了良好的基础。因此，总体来看，设备和人身安全方面存在的危险与有害因素较为简单和轻微，正常情况下安全性高。

本工程生产过程中，电气伤害事故、火灾爆炸事故的危险等级较高，尤其对于海上升压站的狭小空间，一旦发生火灾、爆炸事故，或因潮湿腐蚀引起电气事故，将造成风电机组供电故障，甚至对升压站内的运维工作人员产生重大威胁，是该风电场工程的主要劳动安全问题。本风电场应制定针对突发重大事故的预警机制、紧急处理措施与应急行动方案。对可能出现的重大事故，如火灾等典型事故做出相应的应急预案，以提高对突发重大事故的处理能力。

9.3.5 集电线路短路风险

当集电线路发生短路故障以后，其主要特征是短路点将流过强大的短路电流。这一短路电流将比系统的正常工作电流大许多倍，乃至几十倍，短路电流的危害主要有：

（1）对人身的伤害。当电气设备发生接地或线路一相落地时，故障电流就会从接地点向四周扩散，形成电压梯度。离接地点越近，电位越高，电位梯度越高。若人处在故障电流区域，不同身体之间会形成电压差，对人体造成伤害。

（2）短路电流热效应危害。短路电流往往会有电弧产生，它不仅能烧坏故障元件本身，也可能烧坏周围设备和伤害周围人员。巨大的短路电流通过导体时，一方面会使导体大量发热，造成导体过热甚至熔化，以及绝缘损坏。

（3）短路电流的电动力效应危害。巨大的短路电流将在电气设备中产生很大的电动力，可引起电气设备的机械变形、扭曲、甚至严重损坏。

（4）短路电流的磁效应危害。当系统发生不对称短路时，不对称短路电流产生不平衡的交变磁场，对送电线路周围的通讯线路可能产生干扰破坏。

（5）短路电流产生电压将影响其它设备正常工作。很大的电流通过线路时，在线路上产生很大的电压降，影响用电设备的正常工作。

9.3.6 电气设备风险分析

风力发电机组：风机故障、风机叶片损坏、风机火灾、齿轮箱损坏、偏航机构损坏、风机飞车、液压系统缺陷等。风机维护、维修时产生的润滑油的跑冒滴漏落入海中对海水水质造成影响。

海缆如果布线不合理，机械强度不够，埋深不够，施工质量差，海缆敷设线路未设置标志，未向海洋管理部门申报，有可能造成海缆损坏。

9.3.7 升压站变压器油泄漏风险分析

本工程升压站扩建运行后，需对升压站内变压器及相关配套设施进行管理维护，需用到一定数量的变压器油。变压器运行及检修维护时，可能会导致变压器油泄漏、渗漏以及跑冒滴漏等。

变压器油是天然石油中经过蒸馏、精炼而获得的一种矿物油，是石油中的润滑油馏份经酸碱精制处理得到纯净稳定、粘度小、绝缘性好、冷却性好的液体天然碳氢化合物的混合物。俗称方棚油，浅黄色透明液体，相对密度 0.895。凝固点<-45℃，比热容约为 0.5（卡/克*度）主要由三种烃类组成，主要成分为环烷烃（约占 80%），其它的为芳香烃和烷烃。变压器油的泄漏会导致海水水质、沉积物和海洋生态环境受到污染，处理不当甚至可能发生火灾等事故。

由于海上升压站主变与采油机房溢油将进入事故油罐中，因此海上升压站溢油事故发生概率较小。此外海上升压站倒塌也可能导致溢油事故，但海上升压站倒塌事故概率较小，因此升压站溢油事故概率很小。

9.4 事故防范措施和应急方法与对策分析

9.4.1 自然灾害风险防范措施

9.4.1.1 防雷措施

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、球形雷工程对风机、升压站均提出可行的防雷措施。

（1）风机防雷措施

①直击雷保护

风力发电机组本身已有完善的直击雷保护，风力发电机机壳、塔架及基础应可靠地连接并与接地网相连。户外箱式变压器布置在户外，其高度较低，已在风力发电机保护范围之内，其外壳为钢板且与接地网相连，故不另装设直击雷保护装置。

②接地装置

保护接地、工作接地、过电压保护接地使用同一个接地网。接地装置的接地电阻满足规程规范的要求，并将接触电势、跨步电势和转移电势均限制在安全值以内。可充分利用风电场中的风力发电机和户外箱式变压器的基础作为自然接地体，再敷设必要的人工接地网，以满足接地电阻值的要求。

（2）升压站防雷措施

①升压站为全户内型，为使升压站建筑在受到直击雷和感应雷的雷击时能有可靠的保护，在升压站的非导电体的屋顶上装设了避雷带作为防雷保护，并且避雷带设有数个独立接地点。考虑侵入雷电波对站内配电装置的影响，在 220kV 进出线侧及 35kV 每段母线均加装了避雷器作为配电装置的保护。

②当地污秽等级为 III 级，户外设备爬电比距为≥3.1cm/kV。

③户内设备爬电比距：瓷绝缘≥1.8cm/kV；有机绝缘≥2.0cm/kV。

④升压站的接地网采用水平接地体为主的复合接地网型式，接地网的接地电阻满足规程规范的要求；由于升压站位于海沙区域内，应考虑接地网对沿海盐雾的耐腐蚀能力，故本站接电网的户外接地部分采用铜质接地材料。

⑤为保证人身安全，升压站内所有配电装置及电气设备，配电屏等的金属外壳，底座及电缆支架，型钢构架，金属构架的金属部分均按规程规定接地。通过采取上述防雷击措施，对风电场进行合理布置，风机及电气接线和升压设备能有效抵御雷击造

成的损害。

9.4.1.2 台风和风暴潮防范措施

一、防范措施

为减少台风给风电场带来的损失，根据台风的破坏机理本报告提出下列防范措施：

（1）装置性能可靠的测风仪器，建议使用受风面积小、不易受破坏且能精确测量风速、风向的红外超声波感应仪，避免因测风仪器损坏使风力发电机组不能正确偏航避风。

（2）推荐使用强度高、质量轻的碳纤维增强型塑料作为风机叶片的填充材料以提高风机叶片的强韧性，从而提高风机设计荷载。

（3）加强风机运行的强度监测，优化运行。在叶片上设置具有检测作用的光导纤维，实时了解叶片的载荷、温度、被伤害和疲劳程度，根据实际情况，及时维修并对其优化合理使用。

（4）为避免海缆掏空风险，在施工过程中应避免在电缆和海床之间形成空间，以防止海区内较为强劲的潮流和风量作用造成局部冲刷现象。对于基础局部冲刷的保护则应在基础承载设计中预留必要的冲刷余量，并在运行期必要时采取基础抛石回填等措施。

（5）根据海底电缆保护规定要求禁止在海缆保护区范围内进行挖掘、采砂等作用。项目建成运行后应开展定期的巡查观测潮滩冲刷变化情况，在风暴潮等恶劣气象条件过后加以必要的检查，如发生局部冲刷及时进行回填保护。

二、施工期应急预案

为确保工程和施工安全，降低灾害损失，特制定本应急预案，

（1）台风和风暴潮安全防护体系：

1）成立应急抢险防护领导小组，组长：建设单位相关负责人；成员：各施工队负责人。

2）主要职责：领导小组负责预案的检查、指导及协调工作和预案的现场落实工作。

（2）具体措施

1）建立对施工区域范围内的观测点，由专人负责。每个施工场地由施工场地领队负责该项工作，随时掌握天气及潮水变化情况并进行统计记录。现场与施工总部保持联络，及时了解相关动态，遇紧急情况时，在接到通知后两小时内，迅速组织现场施

工船舶、队伍撤离。

2）强化对进入该区域施工的施工队及负责人的安全防护意识的培训教育工作，做到平日施工有序，临风暴潮时服从命令，听从指挥，平稳撤离。

3）分工明确，责任到人。

①各施工队伍，各施工队伍各工段、各班组、各工种都要形成人员预案网络，都要有专人负责，在接到撤离通知后整个网络要上下左右形成协调联动，做到撤离时不漏一人。

②材料、设备有专人管理，责任落实到具体管理人员。每个设备、材料管理人员都要有应急管理措施。对管理的材料、设备必须心中有数，对哪些材料需进行风雨加固、哪些设备不能进屋、不能开走，需重点设防加固，都必须了如指掌，以便应急处理。

③物资准备必须充足：准备足够的木桩、钢管、雨帐篷以便在人员撤离时对水泥堆放点、设备集聚地进行加固、掩盖，以便确保材料、设备不受损失。

④确保通讯畅通：为预防手机受水侵后的不良作用，应配备足额的对讲机，以保证突发风暴潮时的通讯联络。

⑤建立特殊联系信号：在夜间突发风暴潮时，建立防水照明联络信号系统，以方便自家本身及与外界的救生联络。

⑥以人为本，确保人身安全。备有足够的、完好的救生衣、救生圈。以在特殊的、来不及逃生的情况下使用。

（3）以防风暴潮预案指导平时工作

1）施工人员驻地选址时要选择在地势较高、背风暴潮面建设。要特别注意修建房舍的加固措施。

2）主要材料如水泥等，应放在高地上，且应高出高地地面 30cm，并平时就要做好防雨。

3）大型主要设备要注意加固、防雨。在风暴潮袭来时带不走和不能进屋的设备特别加固好。

4）道路要通畅：对预防风暴潮撤离的路线要特别明显，主要指挥者要牢记清楚，在撤离干道上绝不准乱堆乱放材料、设备、以免影响顺利撤离，对撤离的道路必须严加巡查，随时保持道路畅通。

（4）风暴潮后的处理

1）风暴潮造成的损失由领导小组及时专人赴现场落实。

2）风暴潮过后现场领导小组要及时组织施工人员返回工地并及恢复施工。

三、运行期应急预案

本工程设计已考虑水位、波浪、地质等自然环境条件，工程设计严格执行各项规范，因此只要严格按照设计方案施工，本工程运行期应能满足抵御风暴潮安全的需要。

结合本工程实际情况，运行期风暴潮的防范应以预防为主。为切实做好运行期防台风和风暴潮工作，确保在台风和风暴潮来临及其它紧急情况下能采取及时有效的措施，最大限度地减少海上突发性事件所造成的人员财产损失，特制定本应急预案。

（1）成立安全生产检查小组，按照“安全第一，预防为主”的方针，在预防上多下功夫，要利用会议、广播、电视、标语、培训等多种形式，广泛开展防台风和风暴潮等安全知识的宣传教育活动。

（2）各部门要按照“谁主管，谁负责”的原则，把责任措施落到实处。发生重大事故和险情，主要领导必须亲临现场指挥，组织协调抢险救助工作。要坚决克服麻痹松懈思想，杜绝不负责任现象。

（3）风暴潮来临前，安全生产检查小组领导应组织有关部门对防风暴潮和抢险救助工作情况进行督查。重点抓好以下方面的工作：①风电机组基础的加固和维修；②成立应急抢险救助队伍，备足工具和抢险物料，做好战前训练。

（4）当台风和风暴潮形成并可能对当地产生较大影响时，各部门的防风暴潮工作应立即进入戒备状态，主要领导要迅速进入防风暴潮工作岗位，相关设备必须处在备战状态。要严格 24 小时值班制度和大风天气领导带班制度，认真收听天气预报，掌握台风变化动态，及时传递风情信息，确保通讯联络畅通。

（5）风暴潮来临，各部门要加强值班，及时汇报有关情况，不得出现断岗和脱岗现象。重点部位要重点巡视，发现问题要立即上报。

（6）风暴潮过后，应立即组织力量修复设施和设备，及时恢复生产。同时，立即组织有关人员进行事故调查和善后处理工作，并尽快将损失情况和事故调查处理情况及时上报。

9.4.1.3 能见度低雾航防范措施

（1）船舶在雾天施工前应严格执行安全管理体系文件中的相关规定，完成各项准

备工作；船长应督促驾驶员对各种航行仪器、雾号和航行灯进行检查，以确保施工中正常使用，督促有关人员检查排水和水密设备，使之处于良好状态。

（2）当视线恶劣、渔船密集、避让困难、航道复杂及船长对航行安全无把握时，为确保船舶雾航安全，在条件许可的情况下，船长有权择地锚泊或滞航，切勿盲目航行。

（3）能见度小于 5 海里时，即认为能见度不良，应处于雾航的戒备状态，做好一切雾航准备工作，开启雷达并调整到最佳状态，注意守听 VHF 和加强了望等。

（4）当航经近岸、船舶密集、水道狭窄、风电场区周边等复杂水域遇雾时，应视情在驾驶台或船首增加瞭望人员，船首瞭望人员应及时将所发现或听到的情况及疑点报告驾驶台。

（5）充分利用 AIS、雷达、VHF 等助航仪器，获取他船的信息跟踪其动态，视情发布本船雾航警报，以提醒过往船舶注意。对碍航船应及早协调避让，避免造成行动上的误会。

（6）对于海上固定的渔区在设计航线时就应考虑远离，沿岸航行应注意到渔网渔船随时出现的可能性，谨慎驾驶提前警惕防止事故发生。

9.4.2 风机倒塌和损坏风险防范

（1）应急措施

1）风电场设置有完整的现场监控系统，一旦发生倒塌事故可通过现场监控系统进行及时预警；

2）风电场运行维护期制定了严格的运行维护措施，一般在风暴潮、地震等自然灾害发生后，风电场运行维护人员将及时进入现场，并配合专业检测人员检查风机及基础结构损伤情况；

3）如果发生风机倒塌事故，将及时上报海事局，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打捞，转运至陆上处理，现场视损伤情况确定是否进行重建工作。

4）如果发生少量风机机组润滑油落入海中，立即上报海事局，调配港口的溢油处置设备对落入海洋的油污进行处理。

（2）应急预案

为使本工程发生风机损坏事故能快速做出反应，最大限度地减少风机损坏对风机发电和安全的影响，建设单位应建立应付突发性事故的抢险指挥系统，组织制定风险

应急预案，并定期进行演习。

1）应急指挥组织

结合本工程特点，项目运行管理机构可联合安全、电网部门组成风险应急指挥部。指挥部对各部门和人员的职责有明确分工，具体到职责、分工、协作关系，做到人人心中有数。经过应急事故处置培训的人员要轮流值班，并建立严格交接班制度。

2）信息收集和报告

根据对风机的日常运行与维护状况，一旦发现风机损坏或可能引起风机损坏情况，应及时向风险应急指挥部报告。

3）应急响应和行动

发现风机损坏情况，应根据损坏程度和是否引起安全事故，采取相应措施，包括停止风机运行、对风机塔架进行维护等。

4）应急培训和演习

对项目管理人员进行应急响应培训，同时对项目周边人员进行应急响应知识的宣传。进行演练准备、组织和训练，一旦遇到突发风险事故，可迅速展开应急抢险，及时控制事态发展和蔓延，降低风险损失。

9.4.3 海底电缆及风机基础泥沙冲刷淘空风险分析及应对措施

为避免海缆掏空风险，在施工过程中应避免在电缆和海床之间形成空间，以防止海区内较为强劲的潮流和风量作用造成局部冲刷现象。对于基础局部冲刷的保护则应在基础承载设计中预留必要的冲刷余量，并在运行期必要时采取基础抛石回填等措施。

为进一步避免海底线缆损坏影响项目运行稳定，应遵守《中华人民共和国海上交通安全法》和《中华人民共和国水上水下活动通航安全管理规定》的有关规定，敷设海底电缆施工作业，在适当的位置设立昼夜醒目的标志，并保证其完好、有效。在适当的区域如电缆登陆处、过航道段两侧预留一定长度电缆作为冗余，以备电缆发生损坏能及时牵拉使用。电缆敷设完毕后，向主管机关报送管线路由等相关资料，并申请发布航行通(警)告。根据海底电缆保护规定要求禁止在海缆保护区范围内进行挖掘、采砂等作用。项目建成运行后应开展定期的巡查观测潮滩冲刷变化情况，在风暴潮等恶劣气象条件过后加以必要的检查，如发生局部冲刷及时进行回填保护。

9.4.4 集电线路短路防范措施

风力发电机组配置过载、短路、缺相、过压、失压、三相不平衡及振动超限保护等保护，保护装置由风力发电机厂家配置并成套供货。机组升压变保护配置速断保护、过电流保护、过负荷信号和温度保护等，采用微机型自供电保护装置。

针对短路故障，本工程采用接地变压器经小电阻接地方式，同时集电线路设置微机继电保护装置，单相接地时短路电流较小，且继电保护装置能快速切除故障回路，对环境影响较小。

9.4.5 电气设备应急对策措施

应加强风电场值班、运行等相关人员的安全教育，各种操作需按照规章执行。风机维修时产生的润滑油的跑冒滴漏应及时采用棉纱吸净，并对废油和废弃物进行妥善收集和保管，避免因人为因素引起海洋环境污染。

海缆敷设线路未设置标志，并向海洋管理部门申报，有可能造成海缆损坏。若工程海域有其他海洋工程建设，应与其他建设单位协调做好海底电缆的保护工作。根据海底电缆保护规定要求禁止在海缆保护区范围内进行挖掘、采砂等作用。

9.4.6 升压站变压器泄漏应急对策措施

为避免变压器油泄漏对环境产生影响，要求做到以下防护措施：变压器检修及处理渗漏时，应选择耐高温、耐油性能良好的密封件；选择质量高的蝶阀；对于变压器因铸造留下来的气孔、砂眼，焊缝、焊点出现的虚焊、脱焊、裂纹者，可用电焊进行堵漏；规范密封件更换工艺；提高安装工艺水平，杜绝因安装方法不当造成的渗漏。此外，针对可能泄漏的变压器油，本工程设置了事故油池，事故油池容积为 90m^3，可满足变压器油发生泄漏时的临时贮存要求。

建设单位需严格落实上述各项环节风险防范措施。

10 环境保护的技术经济合理性

10.1 环保投资

本工程环保投资总额为 2180 万元，环保投资约占总投资的 0.45%。

表 10.1-1　　环保投资总表

序号	项目	费用（万元）	备注
一	**环境保护措施**	**745**	
1	渔业生产补偿	/	暂不列，待与有关部门协商确定
2	海洋资源修复	663	暂列
3	鸟类栖息地修复	40	
4	风机叶片警示色	/	已计入设备投资
二	**环境监测措施**	**548**	
1	施工期	248	
（1）	施工期噪声监测费	20	
（2）	施工期卫生防疫监测费	8	
（3）	生态渔业环境监测	90	
（4）	海洋水质环境监测	100	
（5）	鸟情及其栖息地观测研究	30	
2	运行期	300	
（1）	鸟情及其栖息地观测研究	75	
（2）	冲淤观测费	25	
（3）	水下噪声监测	10	
（4）	渔业资源观测调查	90	
（5）	海洋水质、沉积物、生态环境监测	100	
三	**环境保护设备**	**100**	
1	溢油风险防范和设施设备	100	
四	**环境保护临时措施**	**56**	
1	施工生产、生活污水收集和处理	20	
2	空气影响减免措施	10	
3	噪声影响减免措施	10	
4	固体废弃物处理	4	
5	其他临时工程	12	
五	**独立费用**	**498**	
1	工程环境管理费	60	
2	工程环境监理费	60	
3	科研勘察设计咨询费	78	
4	环境影响评价、监测及相关费用	300	含环境现状监测调查费
六	**基本预备费**	**233**	
合计		**2180**	

10.2 经济效益

本工程动态总投资为 493750.03 万元，单位千瓦动态投资为 16579.27 元。风电场实际年上网电量为86758.4万kWh，平均单机年发电量为1845.9万kWh，风电场年等效负荷小时数为 3077h，按资本金财务内部测算本工程平均含税上网电价约为 0.85 元/kWh，项目资本金净利润率（ROE）为 15.30%，资本金财务内部收益率为 14.60%，资本金财务净现值为 99722.46 万元。

可见，本工程各项指标均能满足规范要求，国民经济评价指标可行。

10.3 社会效益

本工程为可再生能源的风力发电项目，工程运行过程中，不耗费能源资源，符合中国可持续发展和节能减排的要求，同时，该项目每年可提供 86758.4 万 kWh 的上网电量，有利于国民经济发展。

本工程总投资较大，工程建成后，可为地方带来较大的税收，有利于当地经济发展。本工程建设期为 24 个月，建设过程中的土建材料在当地采购，有利于当地劳动力市场和建材市场的繁荣，有利于社会进步和增加就业机会。

10.4 环境效益

（1）节能增电效益

本工程总装机规模为 282MW，年平均上网电量 86758.4 万 kWh，燃煤电厂如若取供电标准煤耗 308g/kWh。按此标准计算，工程建设投运后每年可为国家节约标准煤约 26.72 万吨，起到了节煤增电的良好经济效益。

（2）减排效益

与相同发电量的火力发电厂相比，按清洁生产指标计算，SO_2 排放量按 0.26g/kWh 计，NOx 排放量按 0.25g/kWh 计，烟尘排放量按 0.06 g/kWh 计。则本风电工程可相应地减少的污染物排放量：$SO_2$173.52 t/a，NO_X 164.84t/a，烟尘 34.70t/a。风电场的建设替代了燃煤电厂的建设，将大大减少对周围环境的污染，还可节约不可再生的化石能源、减少污染及保护生态环境的作用。

对于减排上述污染物所带来的经济价值，本评价按照上述污染物排污费用折算。《排污费征收使用管理条例》由第 369 号国务院令发布，按照条例规定，向大气排放污染物的，需按照排放污染物的种类、数量缴纳排污费。排污费根

据排放污染物当量计算，每一大气污染物当量征收标准为 0.6 元。排放污染物当量计算公式如下：

$$污染物的污染当量数=\frac{该污染物的排放量（千克）}{该污染物的污染当量值（千克）}$$

依据《排污费征收标准及计算方法》，烟尘污染当量值为 2.18kg，SO_2 的污染当量值为 0.95kg，NOx 的污染当量值为 0.95kg。则污染物减排效益为 29.38 万元。

10.5 环境经济损益综合分析

综上所述，本工程具有明显的环境效益，体现在减少污染物和温室气体排放量，节约能源消耗等，同时可促进风力发电这一清洁能源在我国的发展，具有一定社会效益。本工程在建设和运行过程中会造成渔业资源和鸟类栖息地等方面的环境损失，但可通过采取一定措施予以补偿。

11 海洋工程环境可行性

11.1 项目建设必要性

11.1.1 是国家能源政策与规划的需要

开发新能源是我国能源发展战略的重要组成部分，我国政府对此十分重视，提出“因地制宜地开发和推广太阳能、风能、潮汐能等新能源”，强调“可再生能源是超水平能源结构的基础”，“把开发可再生能源放到国家能源发展战略的优先地位”。为实现国家经济社会发展战略目标，加快能源结构调整，国家相继出台了《可再生能源法》、《国家能源发展“十三五”规划》、《可再生能源发展“十三五”规划》指导可再生能源的发展。

截至 2018 年底，我国风电累计装机容量达到 2.1 亿 kW。2018 年，中国海上风电发展提速，新增装机 436 台，新增装机容量达到 165.5 万千瓦，同比增长 42.7%；累计装机达到 444.5 万千瓦。根据国家《风电发展“十三五”规划》，到 2020 年底，风电累计并网装机容量确保达到 2.1 亿 kW 以上；风电年发电量确保达到 4200 亿 kWh，约占全国总发电量的 6%。其中，海上风电并网装机容量达到 500 万 kW 以上，为实现 2020 年非化石能源比重达到 15%的目标提供重要支撑。

随着陆上风电发展步伐的逐步放缓和海上风电技术的日益成熟，海上风电必将成为带动风电行业发展的一个新增长点。因此，本风电场的建设是十分必要的。

11.1.2 响应清洁能源示范省的要求

2014年，浙江省提出在全国范围内率先创建清洁能源示范省的发展思路。创建国家清洁能源示范省是浙江省落实国家“节约、清洁、安全”能源战略，大力推进能源生产革命、能源消费革命、能源技术革命和能源体制革命，全方位加强能源国际合作的具体体现；同时也是浙江省积极发展非化石能源，促进化石能源高效清洁利用的重要举措。

根据《浙江省创建国家清洁能源示范省实施方案》的目标定位，通过创建清洁能源示范省，实现浙江能源发展“一实现、三加快、四提高”，其中一个的要求就是加快发展可再生能源,有序发展近海风力发电,积极稳妥推进已规划布

局海上风电场。预计“十三五”末清洁能源、可再生能源比重将达44.4%。本工程的建设符合浙江省积极发展可再生能源的要求，是落实浙江省创建国家清洁能源示范省的重要举措。

11.1.3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。

随着经济的发展和人们生活水平的不断提高，浙江省能源对外依存度将不断增加。一方面，资源条件直接影响到浙江省经济和社会的可持续发展；另一方面，燃煤电厂产生的环境问题使浙江省社会经济发展承受着巨大的环境压力。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。

11.1.4对产业和地区经济的促进作用

根据《舟山市国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》，“十三五”期间，舟山市将积极推进海上风能、太阳能、潮流能等新能源耦合开发与应用，发展新能源装备制造及配套产业，建设风电、潮流能等新能源装备研发和制造基地。推动煤炭等化石能源清洁高效利用，大力提升新能源、可再生能源在能源消耗结构上的比重。加强智能电网建设，发展分布式能源，推行节能低碳电力调度海上风电产业是新能源产业发展的重要领域，海上风电装备制造又是主要发展方向，积极开发海上风能资源，是推进浙江省风电产业发展的重要支撑，加大建设海上风电场的力度和步伐，有效带动风力发电设备制造、海上工程施工、设计咨询、运行维护管理等相关产业的发展。

海上风电的发展尤其给国内风机技术发展带来新的机遇，目前国内海上风电机组已有3MW、3.6MW、4MW、5MW、5.5MW、6MW、6.7MW等单机容量，

并正在研究更大容量的海上风电机组。通过本工程海上风电工程的设计安装、调试检测及并网试运行，对海上风电系列关键应用技术集成研究及示范起到重要作用，可以让风电制造商在实际工程中累计经验、验证产品质量，在竞争激烈的风机制造业中提早布局从而提高综合竞争力；研究提出超大型海上风机整体吊装方案，研制配套运输及吊装特种装备。总之，通过本工程的建设，对推进海上风电机组设备制造和施工安装技术、配套产业发展具有重要的示范意义。

11.1.5探索积累适合本海域的海上风电建设技术

海上风力发电机组基础结构具有重心高、承受的水平荷载和倾覆弯矩较大的特点，是造成海上风电成本较高的主要因素之一。合理选择基础结构型式对结构安全、施工难易程度及工程造价具有重要影响。

本风电场所在海域水下地形总体平缓，局部起伏较大，但水深较深，离岸较远，有效窗口期时间短，气象和海况条件复杂，给风电场规划、风机基础的设计和施工带来很大的不利，对风电场方案提出了极大的挑战。拟建场地浅布土层抗冲刷能力差，风机建成后，将改变原有海洋环境的水流条件，在波浪、潮流等海洋动力作用下，风机桩基础周围将形成局部冲刷现象，海床冲刷对风机基础稳定有一定的影响；复杂的海流对施工影响很大；大风天气尤其是台风期间不利于施工推进，风机施工窗口期短，所以施工中必须慎重考虑船舶安全作业条件，做好防风、防浪预防措施，在保证施工安全的前提下、在紧凑有限的施工天数内，对施工方案和施工进度提出了重大挑战。

11.1.6本工程具备较好的开发优势

利用可再生能源—海上风能进行发电，既没有燃料的消耗，又没有废水、废气和废渣的排放，是应对气候变化挑战、减缓温室气体排放增长趋势的一大途径，在促进当地经济发展的同时，不会破坏原有的生态环境和人居环境，是解决能源紧缺最佳电源选择。本工程占用土地很少，建成后，海上高耸的风电机组迎风旋转，形成一道亮丽风景线，促进旅游事业的发展。

本工程具有的优势如下：

（a）根据推算，风电场110m高度风速为8.11m/s左右，平均风功率密度为522.6W/m^2，风功率密度等级为4级，风能资源具有较好的开发价值。

（b）本工程依托大电网，项目本身规模相对较小，不会对电网稳定产生影

响，但可配合大网，补充电网末端的电力供应，满足当地较分散负荷的用电需求。

（c）风电场工程建设周期短，投入发电运行快，可及早发挥效益。

（d）本工程位于国家发展改革委批准的国内第一个海上风电场示范项目——东海大桥海上风电场一期及二期工程附近，通过借鉴其建设经验，依托浙江省发达的制造、技术、人力资源优势，将促进浙江省风力发电设备制造技术的发展，加快海上风机设备本地化和产业化进程；同时将促进国内海上风电场建设的进程。

本工程总投资较大，工程建成后，可为地方带来较大的税收，有利于当地经济发展。建设过程中的土建材料在当地采购，有利于当地劳动力市场和建材市场的繁荣，有利于社会进步和增加就业机会。

综上所述，本海上风电场的建设符合我国21世纪可持续发展能源战略规划，是浙江省能源消耗的有益补充，同时，本地区具有开发风力发电有利条件和资源优势，且社会效益、环保效益显著，积极开发建设本海上风电场是十分必要的。

11.2 项目建设政策符合性

11.2.1 与可再生能源产业政策的符合性

开发新能源是我国能源发展战略的重要组成部分，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。

为实现国家经济社会发展战略目标，加快能源结构调整，国家相继出台了《可再生能源法》、《国家能源发展“十三五”规划》、《可再生能源发展“十三五”规划》、《可再生能源中长期发展规划》（2007-2020 年）指导可再生能源的发展。

《可再生能源中长期发展规划》（2007-2020 年）中指出随着传统石油等能源的不可逆转的减少，在新世纪里要想获得发展先机，壮大经济实力，必须壮大经济实力，必须要大力发展可再生能源，以便更好地满足经济和社会持续发的需要。可再生能源包括水能、生物质、风能、太阳能、地热能和海洋能等。从目前可再生能源的资源状况和技术发展水平看，今后发展较快的可再生能源

除水能外，主要是生物质能、风能和太阳能。

《国家能源发展“十三五”规划》的总体思路为优化能源布局，面对能源赋存条件的限制，“十三五”规划的能源生产布局依旧是“五基两带”，即东北、山西、鄂尔多斯、西南、新疆 5 大能源基地，核电及海上 2 个能源开发带。在风电规划方面，“十三五”风电工作重点为“稳中求进”，装机目标不低于“十二五”时期年度市场增量，消纳能力充足的地区建设规模上不封顶；推动技术进步，促使风电成本下降；在行政管理领域进一步简化风电项目的市场准入等。

本工程位于浙江省北部海域，风资源丰富，本工程总装机容量为 282MW，属于新兴能源产业中的风能产业；工程建设可在一定程度上提高浙江省可再生能源结构比重，推动海上风电的技术进步，对可再生能源中长期发展规划及能源发展“十三五”规划中相关规划目标的实现均具有积极的推动作用。因此项目实施符合我国能源发展规划的要求。

11.2.2与《风电发展“十三五”规划》的相符性分析

《风电发展“十三五”规划》中指出为实现 2020 年和 2030 年非化石能源占一次能源消费比重 15%和 20%的目标，促进能源转型，我国必须加快推动风电等可再生能源产业发展。其中建设布局第四条指出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。

本工程位于浙江省北部海域，风资源丰富，是《风电发展“十三五”规划》重点推进区域，项目的建设充分利用此处的海上风能，加快推动风电发展，与《风电发展“十三五”规划》中加快推动风电等可再生能源产业发展相协调。

11.2.3与全国海洋经济发展“十三五”规划相符性分析

为贯彻落实海洋强国战略、促进海洋经济发展，根据《国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》，2017 年 5 月 4 日，国家发展改革委、国家海洋局会同有关方面编制了《全国海洋经济发展“十三五”规划》。

该规划指出因地制宜、合理布局海上风电产业，鼓励在深远海建设离岸式海上风电场，调整风电并网政策，健全海上风电产业技术标准体系和用海标准。本工程海上风电场场址风资源条件较好，本工程开发容量为 400MW，水深在 10m~15m 之间，西北距上海约 15km，符合《全国海洋经济发展“十三五”规划》

提出的因地制宜发展海上风电，在深远海建设离岸式海上风电场。

11.2.4与海上风电管理法规的的相符性分析

根据国家海洋局发布国海规范[2016]6 号文，其中提到：“海上风电项目用海必须符合海洋主体功能区规划和海洋功能区划，优先选择在海洋功能区划中已明确兼容风电的功能区布置，一般不得占用港口航运区、海洋保护区或保留区等功能区；海洋功能区划中没有明确兼容风电功能的，应当严格科学论证与海洋功能区划的符合性，不得损害所在功能区的基本功能，避免对国防安全和海上交通安全等产生影响。鼓励海上风电深水远岸布局，在当前和未来开发强度低的海域选址建设，原则上应在离岸距离不少于 10km、滩涂宽度超过 10km 时海域水深不得少于 10m 的海域布局。在各种海洋自然保护区、海洋特别保护区、自然历史遗迹保护区、重要渔业水域、河口、海湾、滨海湿地、鸟类迁徙通道、栖息地等重要、敏感和脆弱生态区域，以及划定的生态红线区内不得规划布局海上风电场。”

本工程建设符合全国海洋主体功能区规划和浙江省海洋功能区划，工程风电场属于浙江省海洋功能区划中的农渔业区。风电场西北距上海约 15km，风电场区水深为 10m~15m。工程避开了大戢洋产卵场保护区，未占用海洋自然保护区、海洋特别保护区等生态敏感区和生态红线区，风电场址总面积 230.4901hm^2，满足“单个海上风电场外缘边线包络海域面积原则上每 10 万千瓦控制在 16 平方公里左右”。因此，工程建设与国海规范[2016]6 号文要求是相符合的。

11.3 与海洋功能区划和环境保护规划相符性分析

11.3.1与全国海洋功能区划相符性分析

根据《全国海洋功能区划》（2011 年~2020 年），将我国管辖海域划分了八类海洋功能区，并提出了各类功能区管理要求。同时，将我国管辖海域划分为 5 大海区和 29 个重点海域。

本工程位于浙江省杭州湾海域，属于规划中的“东海海域”中“长江三角洲及舟山群岛海域”，包括长江口、杭州湾和舟山群岛毗邻海域，主要功能为港口航运、渔业、海洋保护和旅游休闲娱乐。杭州湾、宁波-舟山海域重点发展港口

航运业、临港工业、海洋旅游和海洋渔业，支持浙江舟山群岛新区建设没推进海岛开发开放，加强油气等矿产资源的勘探、开采。《区划》也指出“遵循深水远岸布局原则，科学论证与规划海上风电，促进海上风电与其他产业协调发展”。

本工程位于杭州湾，项目建设内容为风电场和海底光缆，属于利用清洁能源发电，风场位置距离岸边较远，海域开阔，项目建设产生的污染物主要是施工期间产生的悬浮物，会对施工区水域水质产生一定的影响，但是产生的悬浮物为海域本底内容物，在施工结束后水质会很快恢复原有水平，而且项目与周边保护区和港口区距离较远，故不会对海域的渔业和海洋生态保护产生明显的影响，项目用海符合《全国海洋功能区划》（2011-2020）。

11.3.2 与浙江省海洋功能区划相符性

根据《浙江省海洋功能区划（2011-2020 年）》（2016 年 5 月修订），项目海上风电机组布置区、海上升压站和大部分海底电缆位于“嵊泗农渔业区”（代码“B1-5”）内，部分 220kv 海底电缆位于“岱山农渔业区”（代码“B1-6”）。

根据《浙江省海洋功能区划（2011-2020 年）》，项目所在海域及周边海域海洋功能区海域使用管理要求和海洋环境保护要求参见表 11.3-1，项目附近主要功能区与本工程的位置关系见表 11.3-2 和图 11.3-1。

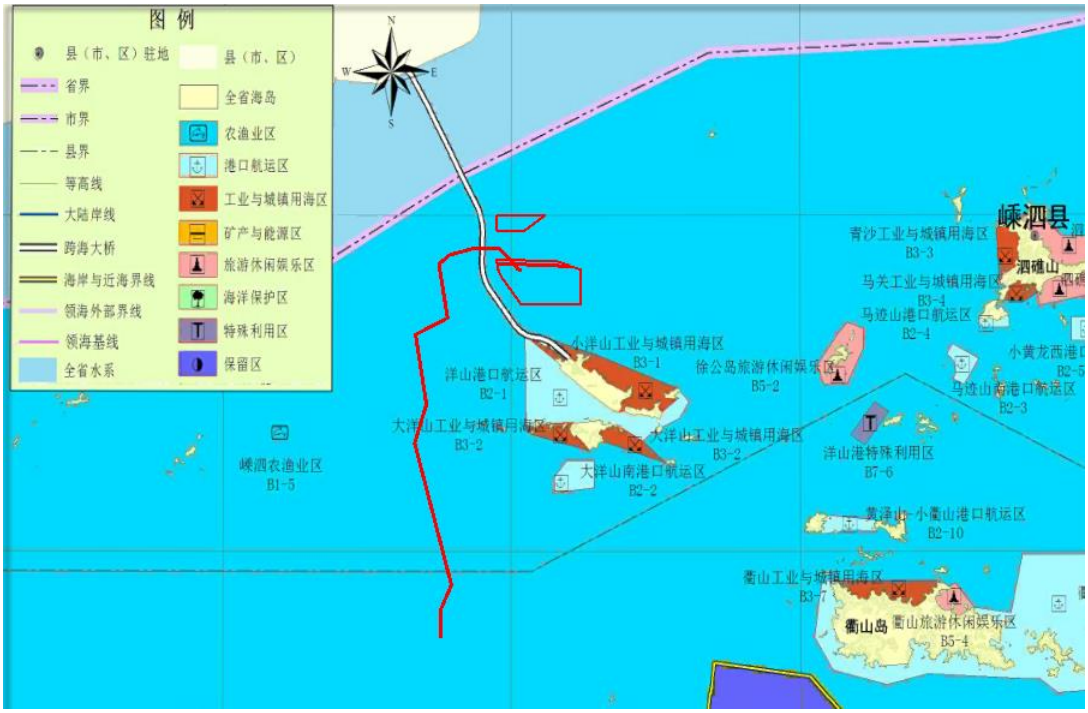


图 11.3-1 项目及附近海域功能区（《浙江省海洋功能区划（2011-2020 年）》）

表 11.3-1 项目附近主要功能区与项目的位置关系（《浙江省海洋功能区划（2011-2020 年）》）

代码	名称	与项目位置关系
B1-5	嵊泗农渔业区	项目所在功能区
B1-6	岱山农渔业区	项目所在功能区
B3-1	小洋山工业与城镇用海区	风电场区南侧约 3km
B2-1	洋山港口航运区	风电场区南侧约 3km
B3-2	大洋山工业与城镇用海区	风电场区南侧约 10km
B2-2	大洋山南港口航运区	风电场区南侧约 13km
B2-9	大鱼山港口航运区	主干路由南侧约 8km
B3-6	大鱼山工业与城镇用海区	主干路由南侧约 10km

表 11.3-2　项目所在海域及周边海域海洋功能区《浙江省海洋功能区划（2011-2020 年）》

代码	功能区名称	地区	地理范围	功能区类型	面积（hm^2）	岸线长度（km）	海域使用管理	海洋环境保护
B1-5	嵊泗农渔业区	嵊泗县	嵊泗县近海海域（西至东经121°30′22″,南至北纬 30°23′44″,东至东经123°23′41″,北至北纬 30°57′16″）	农渔业区	568723	140	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，兼容交通运输用海和旅游娱乐用海； 2、除渔业基础设施外，禁止改变海域自然属性。	1、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； 2、不应造成外来物种侵害，防止养殖自身污染和水体富营化，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。
B1-6	岱山农渔业区	岱山县	岱山近海海域（西至东经121°30′22″,南至北纬 30°6′58″,东至东经123°6′11″, 北至北纬 30°37′55″）	农渔业区	364501	70	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，兼容交通运输用海和旅游娱乐用海； 2、除渔业基础设施外，禁止改变海域自然属性。	1、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； 2、不应造成外来物种侵害，防止养殖自身污染和水体富营化，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。

代码	功能区名称	地区	地理范围	功能区类型	面积（hm^2）	岸线长度（km）	海域使用管理	海洋环境保护
B3-1	小洋山工业与城镇用海区	嵊泗县	小洋山岛北侧（西至东经122°0′43″, 南至北纬 30°36′12″, 东至东经122°8′39″, 北至北纬 30°39′39″）	工业与城镇用海区	1848	33	1、重点保障工业、城镇、港口用海，在未开发前可兼容渔业用海； 2、允许改变海域自然属性； 3、优化围填海平面布局，鼓励增加人工岸线曲折度和长度，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，提高防洪功能； 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、严格保护杭州湾湾口水域生态系统，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。
B2-2	大洋山南港口航运区	嵊泗县	大洋山南侧海域（西至东经122°2′15″, 南至北纬 30°32′36″, 东至东经122°4′18″, 北至北纬 30°34′3″）	港口航运区	693	0	1、重点保障锚地； 2、禁止改变海域自然属性。	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，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。

代码	功能区名称	地区	地理范围	功能区类型	面积（hm^2）	岸线长度（km）	海域使用管理	海洋环境保护
B3-2	大洋山工业与城镇用海区	嵊泗县	大洋山附近围垦区域（西至东经122°0′48″, 南至北纬30°33′56″, 东至东经122°8′3″,北至北纬30°35′46″）	工业与城镇用海区	1023	14	1、重点保障工业、城镇、港口用海，在未开发前可兼容渔业用海； 2、允许改变海域自然属性； 3、优化围填海平面布局，鼓励增加人工岸线曲折度和长度，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，提高防洪功能； 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、严格保护杭州湾湾口水域生态系统，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。
B2-1	洋山港口航运区	嵊泗县	小洋山南侧与大洋山岛北侧之间海域（西至东经122°0′43″, 南至北纬30°34′56″, 东至东经122°9′13″, 北至北纬30°39′39″）	港口航运区	3574	23	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、城镇建设用海和旅游娱乐用海，未开发前可兼容渔业用海； 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，加强港区环境动态监测。	1、严格保护杭州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； 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。

代码	功能区名称	地区	地理范围	功能区类型	面积（hm^2）	岸线长度（km）	海域使用管理	海洋环境保护
B2-9	大鱼山港口航运区	岱山县	大鱼山周边海域（西至东经121°51′05″,南至北纬 30°15′21″,东至东经122°00′47″,北至北纬 30°22′47″）	港口航运区	7839	7	1、重点保障港口、航道和锚地用海，在不影响港口航运基本功能前提下，兼容工业用海； 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，加强港区环境动态监测。	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，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。
B3-6	大鱼山工业与城镇用海区	岱山县	大鱼山、小鱼山周边海域（西至东经 121°52′20″,南至北纬 30°17′23″,东至东经 121°59′46″,北至北纬 30°21′45″）	工业与城镇用海区	3943	40	1、重点保障舟山绿色石化基地建设用海，兼容港口用海； 2、允许改变海域自然属性； 3、优化围填海平面布局，增加人工岸线曲折度和长度，将海洋环境及岸线整治、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，提高防洪功能； 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、严格控制海域开发活动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，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。

（1）与嵊泗农渔业区和岱山农渔业区的符合性分析

①与海域使用管理要求的符合性分析

根据《浙江省海洋功能区划（2011-2020 年）》，嵊泗农渔业区和岱山农渔业区海域使用管理要求均为：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，兼容交通运输用海和旅游娱乐用海；2、除渔业基础设施外，禁止改变海域自然属性。

《浙江省海洋功能区划（2011~2020 年）》第四章海洋功能分区及管理要求，第二十六条矿产与能源区中对海上风电的规定为：不对海上风电场划定专门的海洋基本功能区，在基本不损害海洋基本功能的前提下，通过科学论证，选择合适海域进行海上风电场建设。

本工程用海类型为电力工业用海，风机基础、海上升压站用海方式为均透水构筑物用海，海缆敷设利用所在海域的海床部分，因此，本工程用海不会改变海洋的自然属性，均不改变海域的自然属性。符合岱山农渔业区和嵊泗农渔业区的“禁止改变海域自然属性”的用海方式管制要求。

②与海洋环境保护要求的符合性分析

嵊泗农渔业区和岱山农渔业区海洋环境保护要求均为：1、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；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。

项目的实施对农渔业区海洋生物尤其是渔业资源将产生一定的影响。一方面，风机基础占用一定面积海域，风机所在海域底栖生物受到破坏，失去生存环境；另一方面，施工期间悬浮泥沙扩散引起的水质下降、打桩振动波、噪声等干扰因素都将影响工程所在及附近海域海洋生物的生存和生长，从而减少生物资源存量，附近水域捕捞渔获量随之降低。施工完成后，悬浮物、振动波的影响结束，海洋生态系统对外界干扰进行自我调节，风机所在以外海域的生物资源可得到一定的恢复，形成新的生态平衡。

根据第 7.3 节影响分析可知，风电场施工期风机、海上升压站桩基作业和电缆铺设在短期内将引起局部悬浮物浓度增加，影响局部海水水质，但本工程

海底电缆铺设施工时间较短，海底电缆施工期间引起的悬浮物局部扩散等的影响是暂时的，施工结束后，悬浮物可在较短时间内沉降，水质环境将逐步恢复，且海底海缆占用的海域面积较小，悬浮泥沙影响的范围仅在海底电缆周边局部海域；海缆将占用海床，其拖缆、挖泥作业会破坏沉积物环境，造成底栖生物死亡；海缆敷设也将导致功能区内的悬浮物含量增加，短期内水质较为浑浊，水体透明度下降，影响动植物的生存和生长；但施工期的影响是暂时的，随着施工的结束，功能区的水质、生态环境将逐渐恢复到原有水平。不会对功能区海洋环境保护要求中“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”造成影响。

在施工期，工程对鱼、虾、蟹等水产资源产卵场、索饵场和洄游通道的影响是有限的，主要是打桩和电缆铺设产生的增量悬沙，风机打桩形成的噪声。但这类噪声的产生是对每个具体位置而言，时间很短，由于产卵场和洄游通道的功能具有季节性特征，每年 5~7 月是主要季节。因此，建议业主单位合理安排作业时段，电缆铺设、风机和升压站打桩施工高峰期尽可能避开渔业敏感季节，减少施工过程中对产卵场和洄游通道的影响。此外本工程位于海上，与岛礁距离较远，风机基础及海底电缆路由走向均选择平坦海床，非岩礁性鱼类生境，不会对大黄鱼、石斑鱼、鲷科类等岩礁性鱼类产生不利影响。

风电场建成后，工程区所在及附近海域水动力条件发生变化。泥沙淤积达到平衡之后，除风机桩基根部以及迎流面、背流面 100m 范围之内的淤积幅度较大之外，其他区域的冲淤幅度基本不超过±1.0m，而且普遍介于-0.7~0.8m 之间，风电场的建设造成所在海域泥沙运动发生一定变化，但泥沙的淤积范围主要集中在风机桩基周围及场区附近，总体而言淤积幅度较小，且是个较缓慢的变化过程，底栖生物对海域泥沙冲淤变化有一定的适应性。

海上风机产生的噪声和电磁场可能对海洋生物产生一定的影响，依据类比分析，项目附近噪声、电磁场等远低于评价标准，但目前其影响尚未明确。Vella 等[6-1]基于无脊椎动物对噪声反应的十分有限的数据，认为噪声的影响很小，除非特别靠近分贝极大的噪声源。

另外，Reubens J.T.等于 2009 年 1 月至 2011 年 12 月对比利时部分北海中的风机基础、遇难船和沙质海底的鳕鱼和大头鱼的数量进行监测，结果显示，

沙质海底中的鱼群数量最少，风机基础处数量最多，鱼群明显地聚集在风机基础附近，且数量随季节改变，在捕食期间即夏、秋两季最为密集。Tara Hooper 等收集丹麦 Horns Rev 风电场风机基础及冲刷保护区内黄道蟹（*Cancer Pagurus*）连续三年春、秋的监测数据，数据显示，黄道蟹在风电场内的密度很高，有个风机甚至每平方米约有 1900 个幼蟹，高密度的黄道蟹也表明风机基础及其冲刷保护区可以提供适宜的生境，对蟹的数量也有正面的影响，各种不同年龄的黄道蟹表明风机基础可以作为繁殖区域，同时也表明噪声和电磁场并不足以阻止幼蟹的生存和发展或是驱赶成年蟹。综上文献表明，无论是近岸还是近海风电场，风机基础和冲刷保护区均有一定的人工鱼礁效应。风机基础作为硬基质引入砂质底质的海域，为贝类、蟹类或鱼类提供繁殖、摄食、生长、栖息、抵御天敌的场所，经过充分的时间，这些生物群落与海上风力发电场将形成类似于天然的硬底质生物群落。当然，人工鱼礁效应也因风机所在海域的温度、盐度、水文和底质条件的不同而不同。

本工程施工或者运行期间，将严格控制施工污染和废水排放问题，严格落实环境保护要求，施工结束后海域水质得到恢复，可达到环境保护要求。项目施工过程对海洋生物的影响较大，建议建设单位施工期间尽量避开鱼类产卵期、繁殖期、洄游期，并在施工完成后在本海域实行增殖放流，弥补项目建设减少的渔业资源数量，将项目建设对生物资源的影响降至最低。工程建设不会引入外来物种，无养殖废水，不会造成水体富营养化，可保持海洋生态系统结构和功能的稳定。

综上所述，项目的实施对周边渔业资源将产生一定的影响，但随着施工作业的完成，附近海域的生物资源可得到一定的恢复，形成新的生态平衡；风电场建设造成的泥沙淤积范围主要集中在风机桩基周围及场区附近，总体而言淤积幅度较小；海上风机产生的噪声和电磁场影响尚未明确；另外，风电场建成后由于风机基础的人工鱼礁效应，风电场建设对渔业资源的涵养和保护存在有利的一面。可以认为，本项目建设符合嵊泗农渔业区的海洋环境保护要求。

综上分析可见，本工程海上风电场建设与嵊泗农渔业区和岱山农渔业区的海洋功能区划相符，同时符合《浙江省海洋功能区划（2011~2020 年）》矿产与能源区中对海上风电的规定。

（2）与其他海洋功能区要求的符合性分析

与本工程距离较近的其他海洋功能区有洋山港口航运区和小洋山工业与城镇用海区。根据 7.1 和 7.2 节水动力、冲淤影响分析，本工程建设对将对洋山港口航运区和小洋山工业与城镇用海区产生冲淤影响。洋山港口航运区位于本工程风电场区南侧约 3km，本工程建设引起洋山港口航运区内冲淤幅度不超过 1cm；小洋山工业与城镇用海区位于本工程风电场区东南侧约 3km，本工程建设将引起小洋山工业与城镇用海区发生冲刷，最大冲刷幅度约 10cm，但冲刷有利于港口建设，因此不会影响其基本功能。由此可见，项目建设对洋山港口航运区和小洋山工业与城镇用海区冲淤环境影响较小，基本不影响港口航运区的基本功能。

其余海洋功能区如大鱼山港口航运区、大洋山工业与城镇用海区均距离本工程较远，在 8km 以上，工程对其基本没有影响。

综上分析，本工程用海符合“农渔业区”及“洋山港口航运区”、“小洋山工业与城镇用海区”的相关功能区划要求，因此，本工程建设与《浙江省海洋功能区划（2011-2020 年）》相符。

11.3.3与《舟山市近岸海域环境功能区划调整方案》的相符性分析

根据《舟山市近岸海域环境功能区划调整方案》，风电场处于舟山近岸一类区(ZSA01 Ⅰ)，水质保护目标为一类，主要使用功能为海洋渔业。工程与近岸海域环境功能区划位置关系如图 11.3-2 所示。

风电场施工期风机、海上升压站桩基作业和电缆铺设在短期内将引起局部悬浮物浓度增加，影响局部海水水质，但本工程海底电缆铺设施工时间较短，海底电缆施工期间引起的悬浮物局部扩散等的影响是暂时的，施工结束后，悬浮物可在较短时间内沉降，水质环境将逐步恢复，且海底海缆占用的海域面积较小，悬浮泥沙影响的范围仅在海底电缆周边局部海域；海缆将占用海床，其拖缆、挖泥作业会破坏沉积物环境，造成底栖生物死亡；海缆敷设也将导致功能区内的悬浮物含量增加，短期内水质较为浑浊，水体透明度下降，影响动植物的生存和生长;但施工期的影响是暂时的,随着施工的结束,功能区的水质、生态环境将逐渐恢复到原有水平。本工程建设除施工期外基本不产生并排放污废水，运行期不会对水质、沉积物产生影响。悬浮物属于海区本底水质沉积物

内含物，不会对功能区的沉积物和生物质量产生扰动影响。

综上，本工程除施工阶段产生短时悬浮物影响水质，可能对渔业资源产生短暂影响外，运行期不向海洋排放污染物，不会对渔业资源产生不利影响。风机基础还存在集鱼效应，可增加风电场区域内的鱼类种类和数量。此外风电场的存在将降低场内海域的渔业捕捞作业强度，对局部海域渔业资源的恢复起到积极作用。因此，本工程建设不会对舟山近岸一类区海洋渔业施工功能产生不利影响，与《舟山市近岸海域环境功能区划调整方案》是相符合。

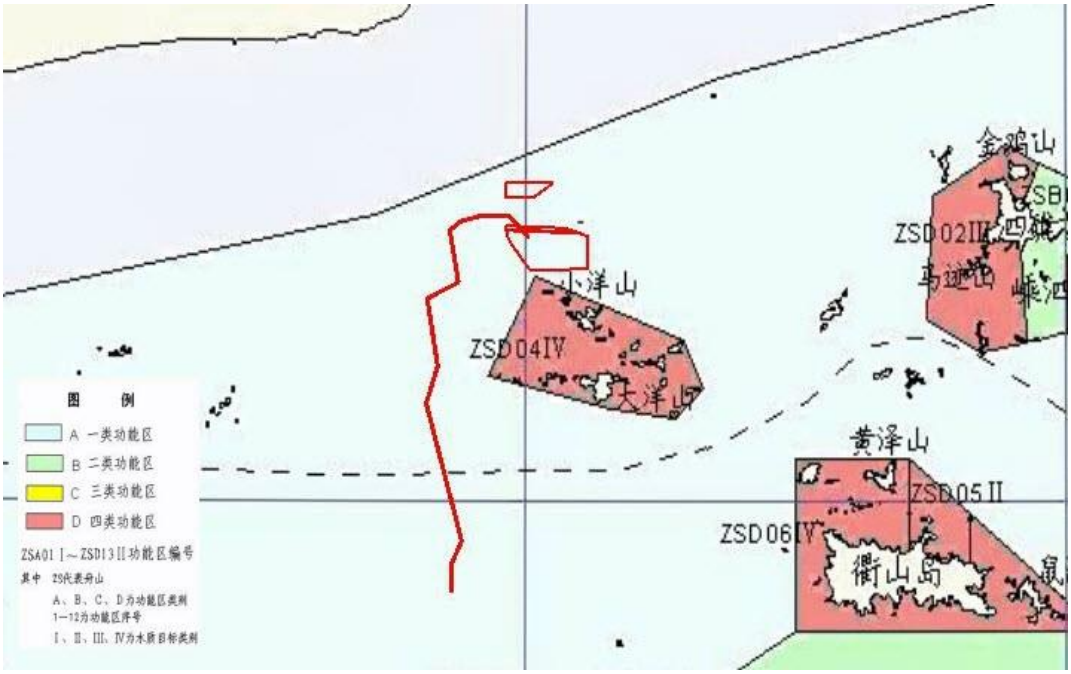


图 11.3-2　本工程与《舟山市近岸海域环境功能区划调整方案》位置关系示意图

11.3.4与《浙江省海洋生态红线划定方案》相符性

根据《浙江省海洋生态红线划定方案》（2017），项目位于杭州湾东海大桥东侧海域，本工程未穿越或位于生态红线区，周边的生态红线区有 3 个，均为限制类红线区，分别为大戢洋产卵场保护区、徐公岛重要滨海旅游区区、白节山群岛旅游区；本工程 35k 海底电缆连接风机和海上升压站，220kv 海底电缆接入已核准的岱山 4#海上风电场，建设不占用岸线。项目建设未涉及海岸、海岛自然岸线保有岸线，见图 11.3-3、图 11.3-4 及表 11.3-3。

与项目最近的生态红线区为大戢洋产卵场保护区（面积 276.00 平方公里），距离为 1.3km，其他生态红线区与项目的最近距离都在 20km 以上。

大戢洋产卵场保护区主要保护对象为：鲳鱼、大黄鱼、鳓鱼等鱼类资源；管控措施：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》。

本工程风电场项目建设对保护区的主要影响体现在如果海底电缆施工期发生在落潮期，海底电缆埋设施工产生的悬浮物会在海流的作用下向东北方向扩散至保护区西南角，导致保护区西南角悬浮物浓度增加。此外溢油风险状态下油膜会漂移至保护区内。根据数值模拟预测结果，风电施工将会短期内造成保护区西南角约 0.00046km^2 的范围内悬浮浓度增量达 10.08mg/L。

根据 6.3.3.2 节现状调查结果，2018 年 10 月调查海域悬浮物本底平均值为 468.5 mg/L，可见杭州湾海水悬浮物本底值较高，本工程施工期悬浮物最大增量仅占本底值的 2.12%，可见施工悬浮物增量对大戢洋产卵场保护区内海水水质的影响程度和范围是极微的。且根据类似工程实测结果，施工结束后 1h 后，海水中悬浮物含量即可在重力作用下逐渐恢复至本底值水平，因此本工程海底电缆埋设悬浮物对海水水质的影响时间也是较短的。

由此可见，本工程施工期悬浮物对大戢洋产卵场保护区水质的影响时段较短，悬浮物增量占水体悬浮物本底值的比例极低，影响面积很小，因此本评价认为工程施工对大戢洋产卵场保护区内海水水质和保护区保护的各种鱼类资源的影响程度很小。对海域渔业资源育幼、索饵、产卵影响较小。

根据 9.2.2 溢油数模分析可知，在不利风（西风、西北风、北风）条件下溢油 2 小时左右油粒子到达保护区东侧，鉴于海上溢油事故的随机性，一旦发生溢油事故业主单位需尽快启动相应应急预案进行处理，及时阻止油膜扩散，最大限度减轻油膜对保护区的影响。

本工程为风力发电工程，为清洁能源利用，项目建设不涉及填海，施工及运行期间的生活船舶油污均收集上岸处理，不会向海洋排放有害物质，项目施工和运营不会对其周边生态控制区产生影响。项目施工期间会造成海域一定量的悬浮物增量，这种悬浮物来自海域本底沉积物，根据数模结果，工程施工造成戢洋产卵场保护区最大悬浮物增量约 10.08mg/L，可能对其水质造成短期不利影响，但影响范围仅为 0.00046 km^2，面积极小，而且产生的悬浮物增量在施

工结束后很快就会沉积，对海域渔业资源育幼、索饵、产卵影响较小。

综上所述，本工程建设未占用和穿越海洋生态红线区、海洋保护区及其他海洋生态敏感区，在合理管理施工作业，制定相关应急预案后可减少或消除对海洋生态红线区、海洋保护区及其他海洋生态敏感区的影响。

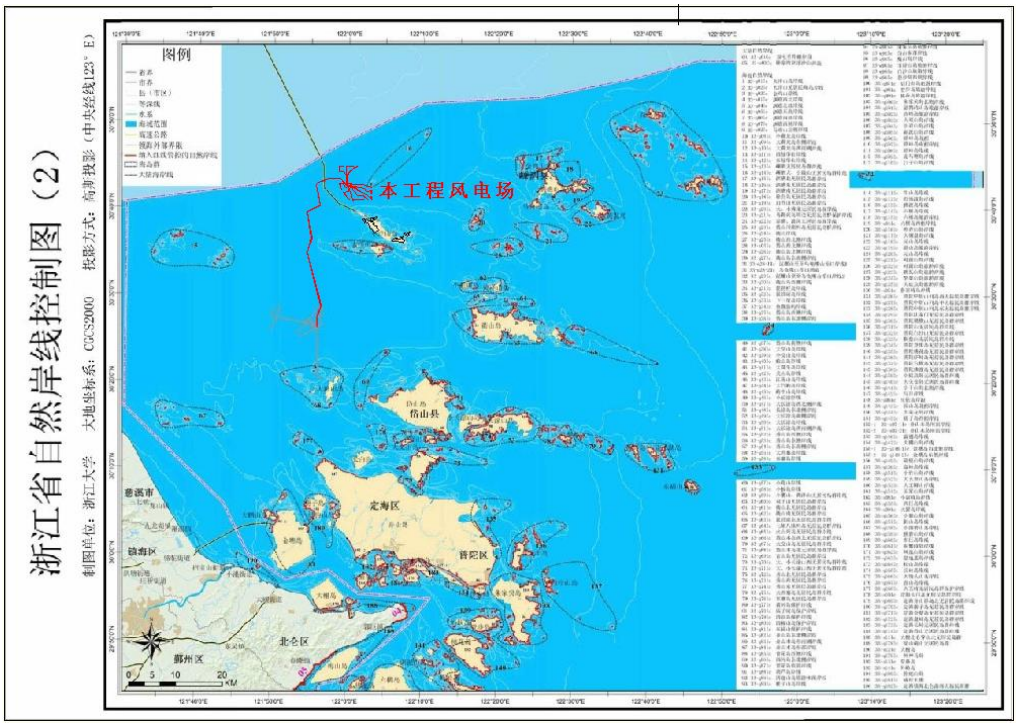


图 11.3-3　　本工程与浙江省自然岸线控制图位置关系

表 11.3-3　　项目周边海洋生态红线区及相对位置关系

序号	生态红线区	类型	与本工程最近距离、相对位置
1	大戢洋产卵场保护区	重要渔业海域	风电场东北侧约 1.3km
2	徐公岛重要滨海旅游区	重要滨海旅游区	主电缆登陆段东南侧约 20.6km
3	白节山群岛旅游区	重要滨海旅游区	主电缆东南侧约 30.8km

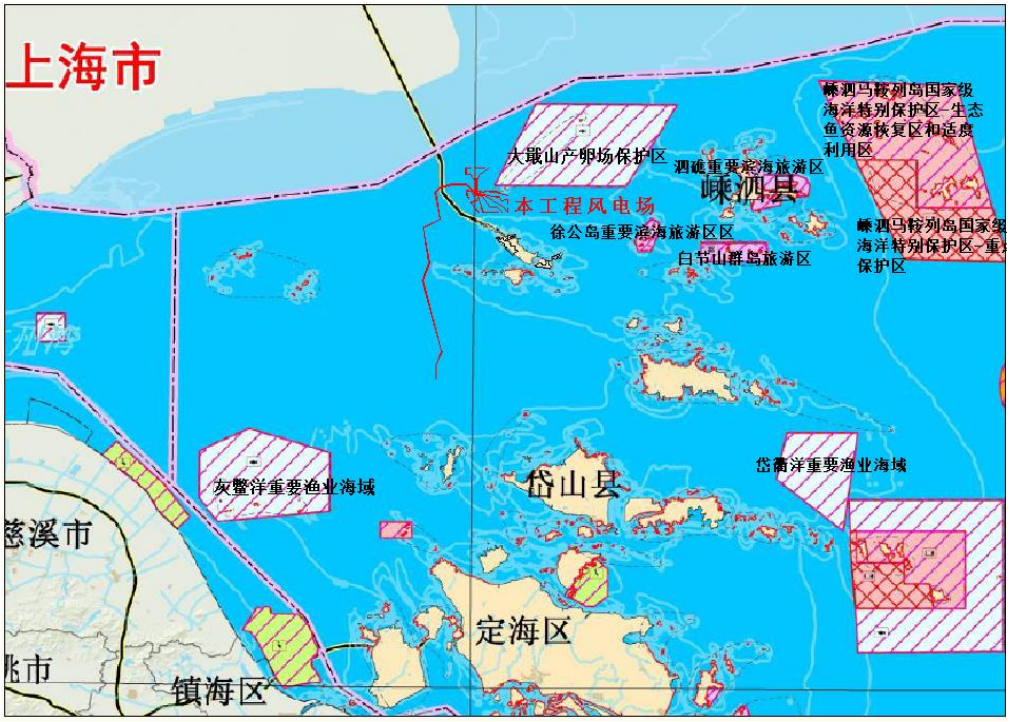


图 11.3-4　　项目所在海域及周边生态红线区分布示意图

11.3.5与《浙江省海岸线保护与利用规划（2016-2020年）》相符性

浙江省海洋与渔业局在 2017 年 9 月 15 日公布了《浙江省海岸线保护与利用规划（2016-2020 年）》，该规划是实施《浙江省海洋功能区划（2011-2020 年）》（2016 年 5 月修订）的重要抓手，也是海岸线保护与利用的约束性规划，对于推进海岸线分类管理、优化海岸线保护与利用空间布局，提升海岸线景观生态功能，构建科学合理的自然岸线格局具有重要意义。规划在管控体系中分为严格保护、限制开发和优化利用三个级别。

根据《浙江省海岸线保护与利用规划（2016-2020 年）》，本工程 220kv 海底电缆接入岱山 4#海上风电场，本工程建设不占用岸线。因此，本工程建设符合《浙江省海岸线保护与利用规划（2016-2020 年）》。

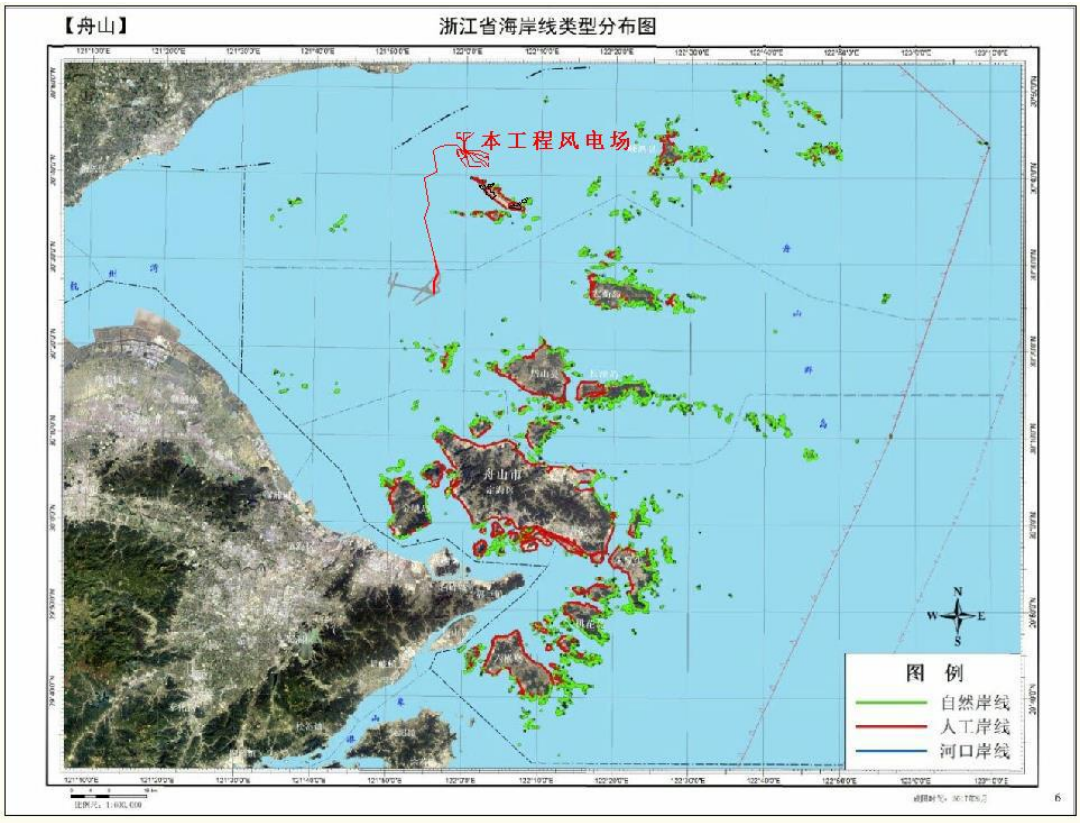


图 11.3-5　本工程与浙江省海岸线保护与利用规划岸线类型图位置关系

11.4 项目与相关规划相符性分析

11.4.1 与全国海洋主体功能区规划符合性

《全国海洋主体功能区规划》中提到“海洋工程和资源开发区，是指国家批准建设的跨海桥梁、海底隧道等重大基础设施以及海洋能源、矿产资源勘探开发利用所需海域。海洋工程建设和资源勘探开发应认真做好海域使用论证和环境影响评价，减少对周围海域生态系统的影响，避免发生重大环境污染事件。支持海洋可再生能源开发与建设，因地制宜科学开发海上风能。”

《规划》中还提及“海域政策。根据海洋主体功能区功能定位，完善海域管理政策措施。严格落实海洋功能区划，加强围填海总量控制和计划管理。加强用海项目环境影响评价制度、海域使用论证制度和海域有偿使用制度实施情况监督。制定用海工程和围填海建设标准，明确海拔高度、污染排放、防灾减灾等要求，对用海项目建设实行全过程监管。科学划定海水增养殖区域，控制近海养殖密度。严格控制河口行洪区、重点增养殖区域建设用海。沿海地区或海岛大规模风能建设要充分考虑对相关海域影响。”

本工程是《规划》中所支持的海上风电项目，属于海洋能开发利用项目，通过严格论证，认真考虑风电项目对相关海域的影响因素，逐一探讨，论证结果为本工程可行。所以本工程符合《全国海洋主体功能区规划》。由此可见，本工程的建设符合国家产业政策的要求。

11.4.2与《浙江省海洋主体功能区规划》的相符性分析

为明晰海洋功能区定位，助力海洋资源的可持续开发利用，加快海洋生态文明建设，浙江省组织编制实施《浙江省海洋主体功能区规划》（浙政函[2017]38号）。

根据浙江全省海域资源环境承载能力等综合评价和全省海域在全国主体功能区规划中的定位，海洋主体功能区划分为优化开发区域、限制开发区域、禁止开发区域三类，不划定重点开发区域。本工程海上风电机组布置区、海上升压站和大部分海底电缆位于《浙江省海洋主体功能区规划》中属于限制开发区域中的海洋渔业保障区，本部分 220kv 海底电缆位于《浙江省海洋主体功能区规划》中的优化开发区域，见图 11.4-1。

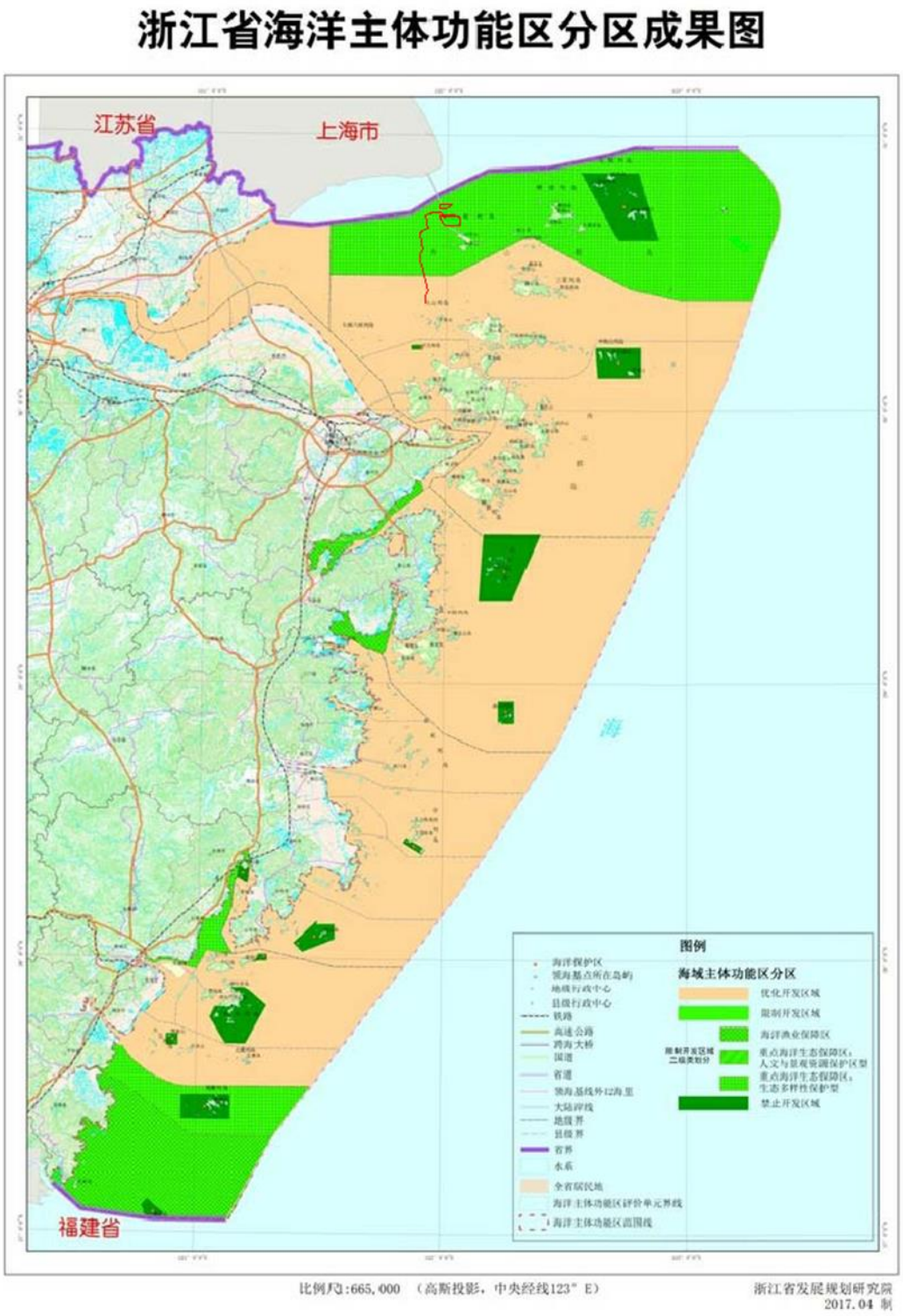


图 11.4-1　　浙江省海洋主体功能区分区成果图

限制开发区域的发展方向与开发原则是：优化近岸海域涉海产业空间布局，严格控制开发强度。鼓励发展休闲渔业、水产品精深加工业、冷链物流，推动渔民转产转业、渔业转型升级；加强海岛资源的保护与合理利用，推进重点开

发的海岛集约高效生态化开发，其余海岛注重生态环境保护，并实行分类开发，按照资源禀赋开发旅游岛、渔业岛、能源岛等；保障海洋生态安全，限制海洋空间开发中大规模破坏生态环境的工业开发，保持并提高海洋生态产品供给能力，实现人与海洋和谐发展。

优化开发区域的发展方向与开发原则是：优化近岸海域空间布局，合理调整海域开发规模和时序，控制开发强度。积极提高产业准入门槛，大力发展海洋高技术产业、临港先进制造业和海洋新兴产业，积极发展现代海洋服务业，推动海洋产业结构向高端、高效、高附加值转变；推进海洋经济绿色发展，积极开发利用海洋可再生能源；加强海岛资源的保护与合理利用，实行分类开发，按照资源禀赋开发旅游岛、渔业岛、能源岛等。

本工程海上风电场建设合理利用了小洋山岛北侧丰富的海洋风能资源，且不占用海岛空间；项目布置于东海大桥东侧，与东海大桥一期海上风电场紧邻，集约高效的开发了海洋风资源；风机桩基建设和海缆铺设对周边生态环境影响较小，满足“限制海洋空间开发中大规模破坏生态环境的工业开发”的开发原则。本工程为海洋可再生能源，对推进海洋经济绿色发展具有积极的意义，满足优化开发区域中“推进海洋经济绿色发展，积极开发利用海洋可再生能源”的要求。

综上所述，本工程建设符合《浙江省海洋主体功能区规划》规定的相关要求。

11.4.3与《浙江省海洋经济发展示范区规划》相符性分析

为提高海洋开发和控制水平，增强区域辐射带动能力，促进长江三角洲地区产业结构优化和发展方式转变，为全国海洋经济科学发展提供示范，国家发展与改革委员会特制定了《浙江海洋经济发展示范区规划》。规划提出“一心两翼三大都市圈九大产业”的发展布局，并在打造现代海洋产业体系中提到积极开发海岛和近海风能、潮汐能、潮流能、生物质能等新能源，鼓励海洋新能源开发试验项目落户，打造重要的海洋能研究与开发基地。增强能源供给保障，适时启动建设舟山、象山、台州、温州等百万千瓦级海上风电基地。

项目利用舟山北部海域风能资源，建设总装机容量为 282MW 的海上风电场，为海洋产业及浙江省沿海产业的发展提供必要的能源供给保障，对新能源的开发及发展也有一定的促进作用。因此，项目实施与本规划相协调。

11.4.4与《浙江省建设国家清洁能源示范省行动计划（2018－2020年）》的符合性分析

浙江省人民政府办公厅制定并印发了《浙江省建设国家清洁能源示范省行动计划（2018－2020 年）》，计划指出，到 2020 年，基本建成国家清洁能源示范省，能源清洁化水平基本达到国际先进水平，实现“双控三升三降”目标，即能源消费总量和能源消费强度得到有效控制，清洁能源消费占能源消费总量比重、电力消费占终端能源消费比重、城乡居民天然气覆盖率显著上升，煤炭消费总量、碳排放强度、主要污染物排放水平明显下降。

计划要求持续推进能源生产革命，大力发展可再生能源。继续实施百万家庭屋顶光伏工程，建成舟山普陀 6 号等海上风电示范项目，推进岱山 4 号、象山等海上风电项目建设。加强海洋能研究开发，推动生物质能利用。到 2020 年，全省非水可再生能源电力装机占比达到 14%左右，非水可再生能源电力消费量占比达到 5%左右，省内规划的光伏、风电等新能源全额消纳。

国家能源局向浙江省、四川省、西藏自治区、甘肃省、宁夏自治区、青海省发展改革委（能源局），水电水利规划设计总院，发布《关于建立清洁能源示范省（区）监测评价体系（试行）的通知》。通知提出，为促进全国清洁能源示范省（区）持续健康发展，加强清洁能源示范省（区）建设及运行情况的事中事后监管，总结各地成功经验和工作方法，国家能源局决定建立清洁能源示范省（区）建设运行情况监测评价体系。

本工程为海上风能（属可再生能源）开发项目，项目建设符合国家和浙江省海上风电政策法规，工程建成后建设单位将严格按照环评报告提出的跟踪监测计划开展海洋环境监测调查，可纳入清洁能源区运行情况监测评价体系。因此本工程的建设是必要的，可行的。

11.4.5与《浙江省能源发展“十三五”规划》的符合性分析

《浙江省能源发展“十三五”规划》（浙政办发〔2016〕107 号）是指导我省“十三五”时期能源发展的指导性文件。该规划在构建现代能源供应体系中指出：提高风电项目开发质量，积极发展海上风电，推动建成一批示范性海上风电项目，加快实施已纳入全国海上风电开发方案的项目，到 2020 年，风电规模争取达到 300 万千瓦以上。“十三五”时期重点建设舟山普陀 6 号二区，嘉兴 1 号、

2 号，象山 1 号，玉环 1 号，岱山 2 号、4 号等海上风电项目；开展 200 万千瓦预备项目前期工作。另外，规划还指出：依托核电、大型清洁煤电、大功率风电等重大工程和项目，提升核心技术的自主创新能力；积极推进低风速风电、大容量海上风电、潮汐发电、潮流能和波浪能发电、生物基醇燃料等能源研发技术的试验、示范和推广应用；依托风电产业基础和海上风电工程建设，提升大功率风机整机制造能力。

本工程对构建浙江省现代能源供应体系具有积极的推动作用，本工程采用最新的 6MW 风电机组，对于提升大功率风机整机制造能力、提升核心技术的自主创新能力具有重要意义，另外，本工程属于“十三五”时期海上风电类建设项目，项目建设是响应《浙江省能源发展“十三五”规划》的具体举措。综上所述，本工程建设符合《浙江省能源发展“十三五”规划》。

11.4.6与《浙江省电力发展“十三五”规划》相符性

《浙江省电力发展“十三五”规划》于 2016 年 8 月 19 日由省发改委和省能源局联合印发，批准文号为：浙发改规划[2016]535 号。《浙江省电力发展“十三五”规划》是指导我省“十三五”时期电力发展的重要依据，规划在浙江省“十三五”电力重大项目表中列入了本工程风电场。因此，本工程建设完全符合《浙江省电力发展“十三五”规划》。

11.4.7与《浙江省海上风电场工程规划》相符性

《浙江省海上风电场工程规划》于 2016 年 1 月 15 日获得国家能源局批复，批准文号为国能新能[2016]14 号。《浙江省海上风电工程规划》是浙江省海上风电开发的指导性文件。根据规划，浙江省共规划海上风电场面积 1673km^2，规划装机容量为 647 万 kW。根据各海上风电场分布特点，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；规划发展目标为：至 2020 年，全省总装机容量 624 万 kW，其中陆上风电 32 万 kW，海上风电 302 万 kW；至 2025 年，全省风电装机容量 95 万 kW，其中陆上风电 420 万 kW，海上风电 545 万 kW；至 2030 年，全省风电总装机容量 1117 万，其中陆上风电 470 万 kW，海上风电 647 万 kW（其中大衢洋海域 377 万千瓦、舟山东部海域 25 万千瓦、宁波象山海域 40 万千瓦、台州海域 100 万千瓦、温州海域 105 万千瓦）。

浙江省近年来风电事业发展势头良好，高度重视包括风电、太阳能在内的可再生能源发展，出台了一系列加强可再生能源发展的政策措施，主要包括《浙江省可再生能源开发利用促进条例》和《浙江省可再生能源发展专项资金管理暂行办法》等，在政策和资金等方面给予可再生能源支持。

本工程选址位于浙江省舟山市大衢洋海域，周边规划的海上风电场有嵊泗 5#，嵊泗 2#，嵊泗 3#、岱山 1#、岱山 2#、岱山 4#等海上风电场。本工程为嵊泗 5#、6#风电场项目，规划容量 282MW。根据国家海洋局针对海上风电场面积管控要求对场址和容量进行了优化，与风电场工程规划是相符的。因此，本工程建设符合《浙江省海上风电场工程规划》。

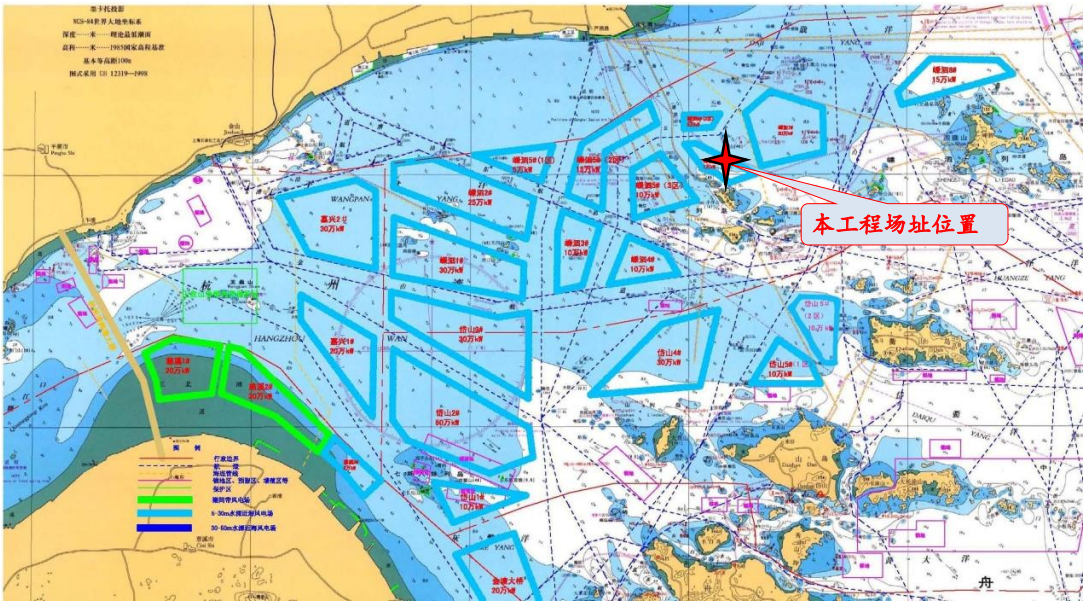


图 11.4-2　　杭州湾风电场规划图

11.4.8 与“三线一单”的符合性分析

本工程风电场不穿越或占用海洋生态红线保护区，220kv 海底电缆接入已核准的岱山 4#海上风电场，建设不占用岸线区。海缆施工期间会产生悬浮物影响，但悬浮物的扩散影响范围有限且影响是临时的，随着施工结束而消失。因此，本工程实施符合《浙江省海洋生态红线划定方案》的管控措施要求。工程建设与生态保护红线的生态空间管控要求是相符的。

本工程属清洁能源项目，工程建成投运后无大气污染物排放，生活污水经岱山基地污水处理设施处理达到《污水综合排放标准》(GB8978-1996)三级标准后，排入到大鱼山岛污水处理厂管网，不外排，固体废弃物集中收集外运处置，

不外排，风机、海上升压站检修和事故产生的废弃油污染物收集后统一交由有资质单位接收处置，不会对大气、水和土壤环境造成影响。本工程运行期不会造成海水水质及海洋沉积物造成显著影响。因此，本工程建设与不突破环境质量底线的管控要求是相符的。

本工程为海上风电开发项目，属于可再生能源利用。工程的规模开发可高效利用风能资源，实现对煤炭等化石能源的减量替代，有效减缓了传统火电对环境的影响。工程在开工建设过程中的施工基地均利用现有基地，不占用土地资源。工程在建设过程中会对鱼类、贝类等海洋生物资源造成一定的资源损失，在落实相应的渔业资源修复补偿和增殖放流等生态保护措施后，影响程度可接受。因此，本工程建设与不突破资源利用上线的管控要求是相符的。

本工程为海上风电场，属于《产业结构调整指导目录（2013 年修正）》中的鼓励类的新能源项目。工程选址与生态保护红线不冲突，其建设能在一定程度上改善浙江省和舟山市的能源结构。工程建设可能对海域自然、生态环境造成一定影响，对海洋生物资源造成一定损失，但在采取生态修复补偿措施和环境保护措施后影响总体可接受。因此，本工程不属于环境准入负面清单中的禁止、限制类项目。

综合上述分析，本工程与“三线一单”的管理要求是相符的。

表11.4-1　项目“三线一单”符合性分析情况表

内容	符合性分析
生态保护红线	本工程符合《浙江省海洋生态红线划定方案》的相关要求。
资源利用上线	工程在建设过程中会对鱼类、贝类等海洋生物资源造成一定的资源损失，在落实相应的渔业资源修复补偿和增殖放流等生态保护措施后，影响程度可接受。因此，本工程建设与不突破资源利用上线的管控要求是相符的。
环境质量底线	本工程属清洁能源项目，工程建成投运后无大气污染物排放，生活污水和固体废弃物不外排；风机、海上升压站检修和事故产生的废弃油污染物收集后统一交由有资质单位接收处置，不会对大气、水和土壤环境造成影响。本工程运行期不会造成海水水质及海洋沉积物造成显著影响。因此，本工程建设与不突破环境质量底线的管控要求是相符的。
负面清单	本工程不属于环境准入负面清单中的禁止、限制类项目。

11.5 环境合理性分析

11.5.1 工程选址和布置的合理性

11.5.1.1 工程选址环境合理性

本风电场工程选址为《浙江省海上风电场工程规划》中规划的嵊泗 5#、6#海上风电场，符合海上风电场工程规划中的选址要求。同时，本工程选址是在《浙江省海上风电场工程规划》成果基础上的进一步细化。该场址在上层规划中已充分考虑了项目建设对港口航运、渔业生产、国防军事及生态环境等的影响，在规划中得到了地方海洋、海事、农业等部门的认可。同时本工程选址避开了自然保护区等资源环境敏感海域。此外，根据《风电场场址选择技术规定》，海上风电场在场址选择中应满足以下条件：

（1）优先考虑风能资源丰富区和较丰富区场址资源；

（2）规划场址具备规模开发的场地条件；

（3）兼顾岸线和海域利用、城市建设规划和生态保护要求；

（4）不影响航道的正常运行；

（5）海上风电场宜选择在近海海域，水域条件为水深约 5m～15m。

1）工程海域风能资源

风电场 110m、100m、90m、80m、70m、50m 和 20m 高度年平均风速分别为 8.11m/s、8.03m/s、7.90m/s、7.89m/s、7.77m/s、7.45m/s 和 6.78m/s，对应的年平均风功率密度分别为 522.6W/m^2、507.8W/m^2、483.5W/m^2、482.7W/m^2、460.3W/m^2、411.4W/m^2 和 317.1W/m^2。风功率密度等级为 4 级。应用于并网风力发电好，说明位于风电场场址区风能资源较为丰富，具有经济可开发价值。

2）工程海域地形及地质条件

拟建风电场址主要位于东海大桥东、西两侧、洋山港东支航道以西、5000T 主 通航孔南北两侧的海域，嵊泗测风塔位于该场址附近。根据海底地形图，海底地形总体上较平缓，海底滩面高程-11.04m~-13.12m。工程区水深随潮汐变化，水深一般 10m~15m。工程区未发现深大断裂和活动性断裂通过，本区属于构造稳 定区。风电场场址滩面总体较为平缓，小戢山屿附近虽有陡坎但未布置风机，场 地稳定性较好，适宜于本工程建设。

本建筑场地属 IV 类，场区地震动峰值加速度值为 0.10g (g 为重力加速度），

抗震设防烈度为 7 度，所属设计地震分组为第一组。初步判定本场地不存在地基土地震液化问题。

因此，项目地质条件适宜。

3）工程建设产生的环境影响

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、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，风电场工程建设后，对所在海域潮流动力环境的影响有限，主要集中在场区内风机桩基附近水域，且距离风电场越远，造成的影响越不明显。总体而言，风电场建设不会改变邻近海域的控制性动力因素，项目建设所引起的潮汐、潮流变化对区域水文动力环境的影响很小。舟山各岛的海岸基本属于稳定型和侵蚀型海岸，大多数岛屿的迎风面由于受外海较强风浪和潮流的作用，岸线曲折，岬湾相间，而其它部位由于水流的作用，泥沙不易落淤，基本上是稳定的。另外，依据数模预测结果，风电场工程建设引起工程附近水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，泥沙回淤的影响范围主要集中在工程场区附近。工程实施后风机前后（涨、落急潮流方向）为主要的淤积区域，风机两侧（垂直于涨、落急潮流方向）为主要的冲刷区域，风电场区域以淤积为主，同时风电场区域两侧发生冲刷条。工程建设对所在海域的水文动力环境、冲淤环境影响不大；从局部冲刷看，风机基础造成的冲刷影响较大，工程建设完成后需同时加强对风机基础冲刷保护的监测工作，若发生基础冲刷程度超过预期的情况应及时采取措施进行进行防冲刷保护处理。

此外，本风电场距离大陆岸线较远，风电场区不是鸟类的主要分布区，本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；工程对大戢洋产卵场保护区、鱼类重要栖息地及三场和洄游通道影响不显著，在落实相应保护措施后，对环境敏感区的影响在可接受范围内。

4）与周边海域开发利用协调性

工程建设后对东海大桥桥墩、洋山港区、海底管道、航道、锚地和渔民渔

业捕捞产生一定影响。建设单位应与地方渔业行政主管部门进行充分的协商沟通，对受影响的渔业生产从业者进行合理必要的补偿。工程施工期间应加强管理以减缓工程建设对洋山港区和东海大桥的影响。在对各海洋开发活动采取相应减缓、补偿等措施后，工程建设与周边海域开发利用总体上是协调的。

综合上述分析，本工程的施工和运营对于周边的开发活动有一定影响，但是在采取相关技术措施、管理措施和补偿措施后，风电场对周边用海活动的影响是可控且有限的。因此，项目用海选址与周边其他用海活动是相适应的。

5）与海上风电管理法规符合性分析

《海上风电开发建设管理办法》中指出“海上风电规划应当与可再生能源发展规划相一致、海洋主体功能区规划、海洋功能区划、海岛保护规划、海洋经济发展规划相协调”，“海上风电场原则上应在离岸距离不少于 10km、滩涂宽度超过 10km 时海域水深不得少于 10m 的海域布局。”对于《海上风电开发建设管理办法》中的“海上风电场原则上应在离岸距离不少于 10km 的海域布局”的理解中，离岸距离未明确说明是距离大陆海岸还是距离海岛海岸，经过仔细研读《海上风电开发建设管理办法》以及结合已建设的江苏（国电龙源江苏如东海上（潮间带）试验风场、华能江苏如东近海风电项目）、广东（珠海桂山海上风电项目）、浙江（东海大桥海上风电场一期、二期工程、舟山普陀 6# 海上风电场 2 区工程）、福建（莆田平海湾海上风电场一期、二期项目）等各地的风电项目，可知，离岸距离与滩涂宽度所对应，指的均是距离大陆海岸的距离，因此，本报告在论证与《海上风电开发建设管理办法》符合性时，离岸距离采用距离大陆海岸的距离。本项目风电场边界距离大陆海岸上海市最近约 15km，不在自然保护区等敏感海域内，且工程海域滩涂宽度未超过 10km，综上所述，工程风电场建设与海上风电开发建设管理办法相符。

《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)中指出风电场选址“原则上应在离岸距离不少于 10 公里、滩涂宽度超过 10 公里时海域水深不得少于 10 米的海域布局。在各种海洋自然保护区、海洋特别保护区、自然历史遗迹保护区、重要渔业水域、河口、海湾、滨海湿地、鸟类迁徙通道、栖息地等重要、敏感和脆弱生态区域，以及划定的生态红线区内不得规划布局海上风电场。”本工程选址不涉及海洋保护区，本项目风

电场区东北侧约 1km 为大戢洋产卵场保护区，项目建设对保护区的主要影响体现在施工期悬沙扩散会导致保护区西南角悬浮物浓度增加，根据数值模拟预测结果，风电施工将会短期内造成保护区西南角约 0.00046km^2 的范围内悬浮浓度增量达 10.08mg/L。据报告前文分析工程建设对鱼类产卵场会有一定的负面影响，但属于可以接受范围。风机桩基产生的局部涡流和人工鱼礁效应，一定程度上有利于鱼类的聚集，对渔业资源的保护可能产生正面效应。风电场址总面积 27.3km^2，满足“单个海上风电场外缘边线包络海域面积原则上每 10 万千瓦控制在 16 平方公里左右”。因此，工程风电场建设与《国家海洋局关于进一步规范海上风电用海管理的意见》中相关要求相符。

综上所述，本项目建设与相关海上风电管理法规相符。

11.5.1.2 机组选型环境合理性

根据工程可行性研究报告，按照国家海洋局海域综合管理司《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），严格控制用海面积，坚持集约节约用海的要求，现阶段，比较成熟的海上风机机型有金风 3.0MW、华锐 3.0MW、上海电气 3.6MW、上海电气 4.0MW、西门子 4.0MW、远景 4.xMW、湘电 5.0MW、东汽 5.0MW、明阳 5.5MW、上海电气 6.0MW、金风 6.xMW 等，本着集约用海，充分利用风能资源，确定参与本工程风机选型单机容量方案比选的机型包括单机容量 4MW 及以上的风电机组进行方案比选。本阶段对风电机组从工程用海面积、运行经验和施工条件等多方面进行的机型比选，最终 5#选择单机容量为 6MW 的 WTG-4 机型、6#选择单机容量为 6MW 的 WTG-5 机型进行设计。各机型技术经济性比较见表 11.5-1。

表 11.5-1　风电场各单机容量方案比选结果统计表

项目	单位	WTG-1	WTG-2	WTG-3	WTG-4	WTG-5	WTG-6	WTG-7	WTG-8	WTG-1+WTG-4
台数	台	71	56	54	47	47	44	44	40	27+29
容量	MW	284	280	281	282	282	284	284	280	282
理论发电量	万 kWh	135922.9	120298.2	128305.3	129291.9	128434.5	130449.6	126459.4	126890.6	131466.9
理论利用小时	h	4786	4296	4569	4585	4554	4597	4456	4532	4662
尾流影响率	%	14.06	11.93	10.95	10.77	11.09	10.54	11.29	11.35	12.54
扣除尾流影响后年发电量	万 kWh	116812.1	105946.6	114255.9	115370.2	114191.1	116700.2	112182.1	112488.5	114981.0
其他折减率	%	75.2	75.2	75.2	75.2	75.2	75.2	75.2	75.2	75.2
年上网电量	万 kWh	87843	79672	85920	86756	85872	87759	84361	84591	86466
年上网电量折合满负荷利用小时	h	3093	2845	3060	3077	3045	3092	2973	3021	3066
容量系数	/	0.353	0.325	0.349	0.351	0.348	0.353	0.339	0.345	0.350
机组单价	元/kW	5800	6500	7000	7000	8000	6400	6700	6200	/
机组价格	万元	164720	182000	196560	197400	225600	181632	190146	173600	184440
塔筒价格	万元	25644	22770	22770	23761	23850	27396	27396	24358	24573
施工辅助工程	万元	65.1	65.1	65.1	65.1	65.1	65.1	65.1	65.1	65.1
设备及安装工程	万元	129167	124416	120490	113989	114027	111701	111732	108865	121874
建筑工程	万元	144500	119698	115278	107836	115385	129698	102444	93817	125337
其他费用	万元	27808	27931	27982	27658	27660	27748	27668	27823	27717
基本预备费	万元	5903	5723	5798	5649	6079	5739	5513	5142	5808
合计	万元	497807	482603	488943	476358	512666	483979	464965	433670	489814
LCOE	/	0.6443	0.6887	0.6470	0.6243	0.6788	0.6270	0.6267	0.5829	0.6743
排序	/	6	9	7	2	8	4	3	1	5

11.5.1.3 风机基础结构合理性

本工程分两块区域，分别为 5 场址和 6 场址。风电场总装机容量为 282MW，共布置 47 台单机容量为 6MW 的风机。

11.5.1.4 风机平面布置合理性

风电机组布置遵循以下原则：

（1）首先应充分考虑风电场所在海域周边限制条件，如：港口、航道、养殖区、生态保护区、鸟类栖息地及迁徙路线、海底光缆、油气管道等，在规划允许的范围内布置风电机组；

（2）根据场址区风资源分布特点，充分利用风电场盛行风向进行布置，合理选择风力发电机组间距，尽量减少风力发电机组间尾流影响；

（3）海上风电场布置时，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）统筹考虑风电场区布置与海域的集约、节约利用，在控制尾流影响与减少海缆保护区面积上达到较好的平衡；

（6）风机布置应考虑水深条件对施工的影响，确保每台机位施工无制约因素；

（7）每台机位无地质制约因素，避开持力层埋深太深或缺失的位置。

本场区主要有如下限制因素：

（1）航道：工程涉及的航道包括北侧的临港支航道及东海大桥 5000 吨和 500 吨通航孔，布置考虑风机与航道预留一定的安全距离；

（2）东海大桥：根据海事局、东海大桥等相关部门意见，风机布置避开东海大桥两侧约 1km 的保护范围，同时要考虑东海二桥和舟沪大通道的建设用海需求，留足安全距离。

（3）海缆穿桥：本工程 220kV 主海缆从 5000 吨通航孔两侧的非通航孔穿越，海缆之间预留至少 30 米的保护距离；

（4）军事影响区：场址区东侧为军事影响区，即经度 122º3′30″以东不布置风机；

（5）海岛：场址区东侧为小戢山屿，本次布置考虑风机与海岛预留一定的安全距离；

（6）其他限制因素包括海底电缆、油气管道及锚地等需同时考虑在内。

风电场周边规划和限制性因素图见图 11.5-1。

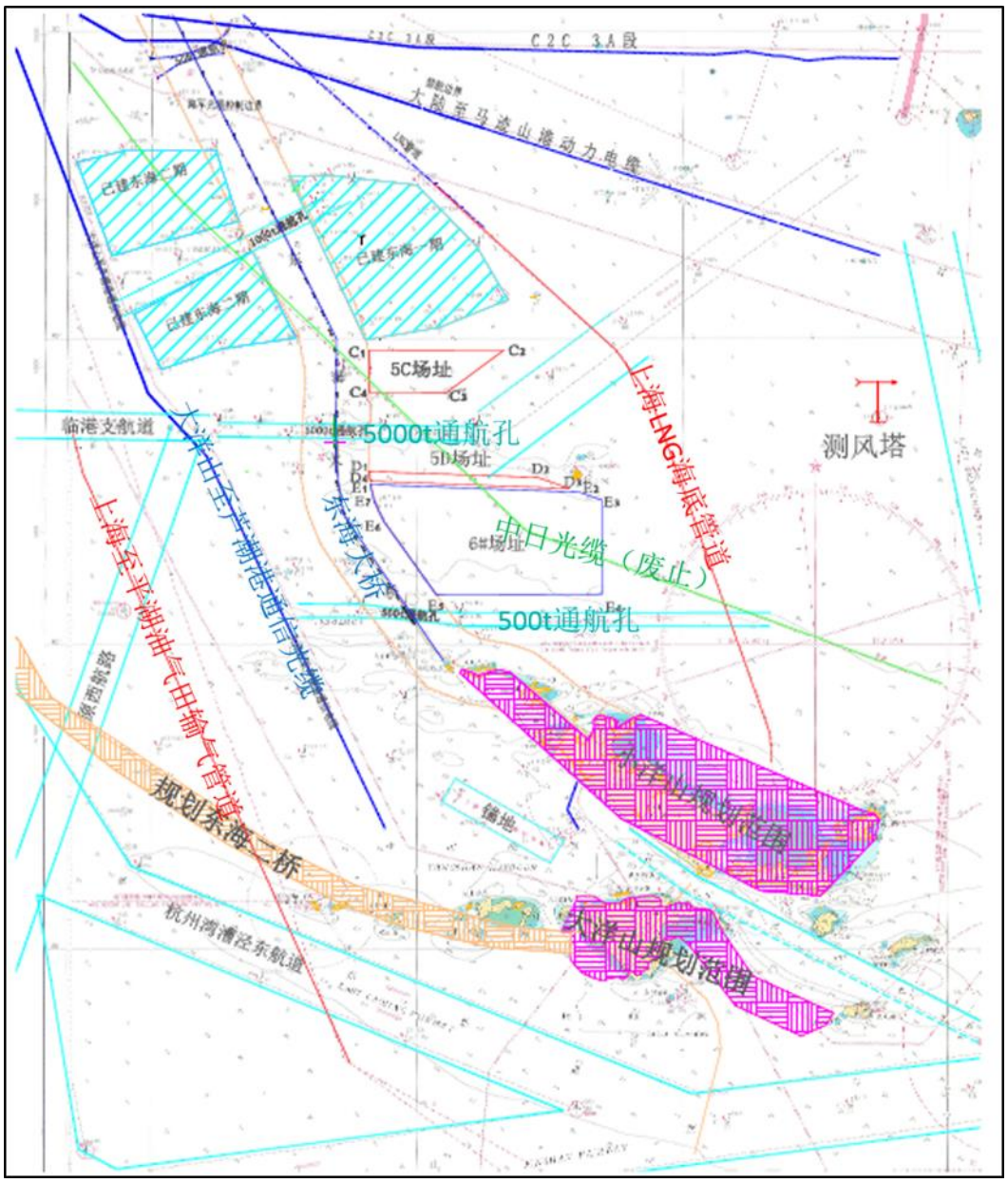


图 11.5-1　　风电场周边规划和限制性因素示意图

本工程风力发电机组布置方案主要按照当地主风向的方向排布（主风向为 NE 和 NNE），并充分考虑场址走向。为充分利用场址面积，场址最终推荐 5C 场区布置 11 台风机，风电机组行间距约 750m，行内间距约 1060m；5D 场区布置 11 台风机，风电机组行间距约 850m，行内间距约 1000m。、6#场址内布置 25 台风机，风机间距为 950*1050。初拟风电场风机布置各方案见图 11.5-2~图 11.5-4。

各方案计算结果统计见表 11.5-2。

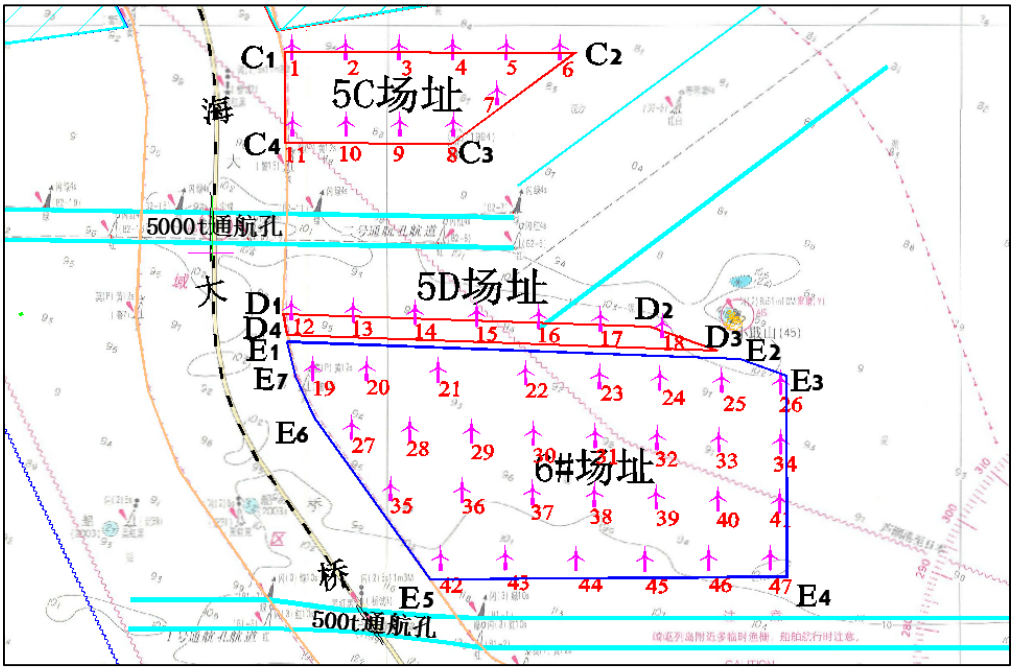


图 11.5-2　　6MW 风机布置图（方案一）

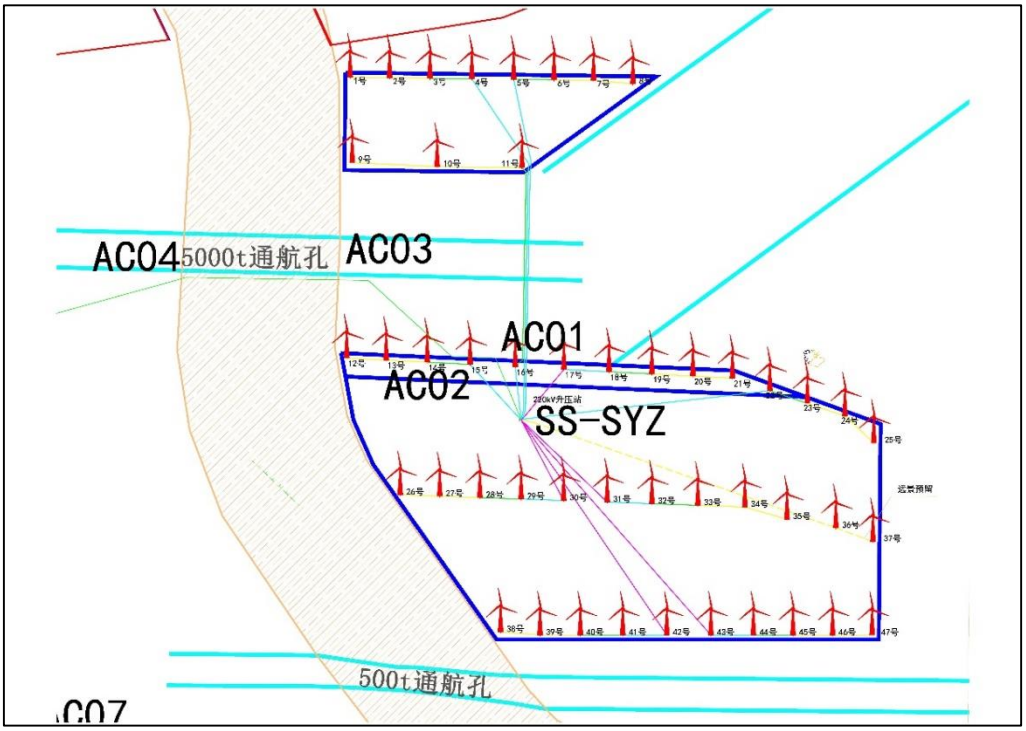


图 11.5-3　　6MW 风机布置图（方案二）

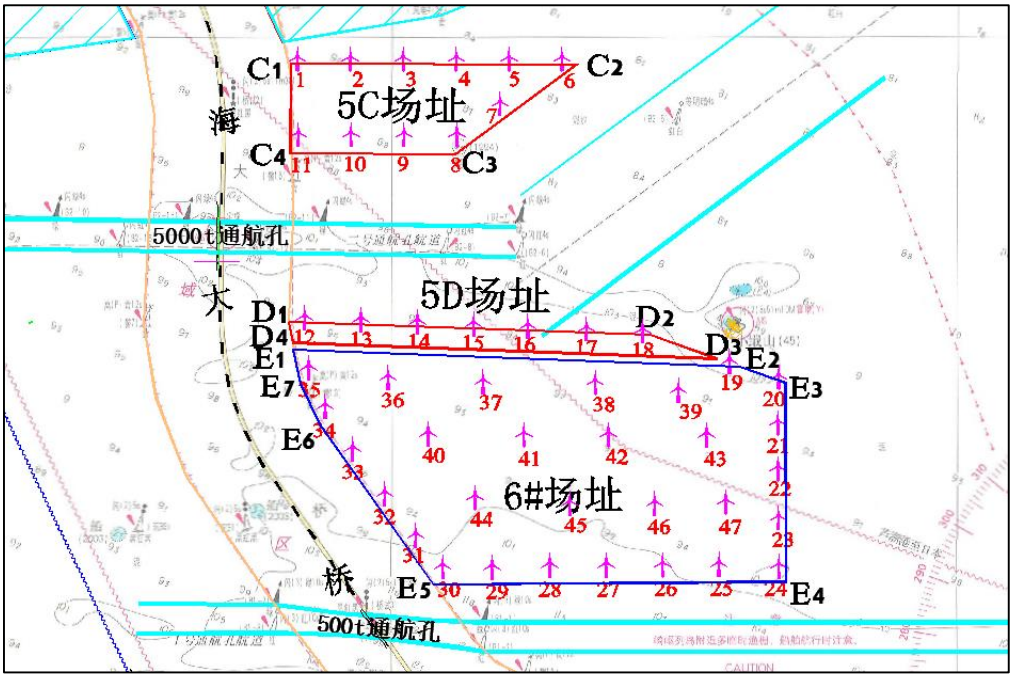


图 11.5-4　　6MW 风机布置图（方案三）

表 11.5-2　　海上风电机组布置、发电量及尾流影响方案比较表

机型 6MW	风机间距 （m）		理论年 发电量	考虑尾流影响后 发电量	等效利用 小时数	尾流影 响率
	5#场址	6#场址	（万 kWh）	（万 kWh）	（h）	（%）
方案一	1000*1000	1300*850	137977.0	126875.8	2960	8.17
方案二	1000*1000	950*1050	138219.7	127098.9	2966	8.06
方案三	1000*1000	700*1500	137846.5	126755.7	2958	8.25

从上表中可见，方案二（950m～1050m）的风机连线所组成的区域面积最小，尾流影响也最小，理论年发电量和考虑尾流影响后的发电量均最大，明显优于其它方案。因此，本风电场海上风力发电机组布置方案推荐方案二 950m～1050m 布置方案。

11.5.1.5 海缆路由布置合理性

根据中广核崾泗 5#、6#海上风电场风机布置情况，及场内升压变电站选址的不同，综合考虑崾泗 5#、6#海上风电场 35kV 集电线路、220kV 送出线路等各种因素初步选定了四个方案进行比较。方案对比见表 11.5-3 和图 11.5-5。5#、6#风电场区内海底电缆路由采用分散的 11 回 35kV 海缆，输送 50 个风机产生的电

能到达本工程 220kV 海上升压站，由于 4 个方案风机间路由及各联合单元至海上升压站间路由是一致的，因此，仅对海上升压站至登陆段间 220kV 主干路由条件作对比评价，以提出推荐路由。

方案一：路由自海上升压站向东南向延伸 13.8km 后向东绕过薄刀嘴和虎啸蛇岛，转向向西与岱山施家岙-薄刀嘴岛多端柔性直流海缆并行并相距 100m，与岱山至大洋山通信光缆交越后，转向东南穿越金山航道，与之相距 5km 后折向西南至中广核岱山 4#海上风电场海上升压站，海缆长度约 56.0km。

方案二：路由自海上升压站向东南向延伸 16.0km 至薄刀嘴东湾，在薄刀嘴泗礁第二回 35kV 海缆路由登陆点北侧登陆，并于薄刀嘴至大洋山第一回 35kV 海缆登陆点南侧下海，与方案一同路径至中广核岱山 4#海上风电场海上升压站，海缆长度约 56.8km。

方案三：路由从海上升压站向东南向延伸 7.6km 后向东绕过小洋山石龙山北麓后，至石龙山东侧海堤登陆，电缆路由穿越小洋山港区（陆域）至薄刀嘴东侧山岙，与方案二同路径至中广核岱山 4#海上风电场海上升压站，海缆长度约 48.3km。

方案四：路由从海上升压站向西北向延伸 3.7km 后向西，与嵊泗 5#风电场的 2 条分支路由（分支路由 5 和 6）一并穿越东海大桥主航道南侧非通航孔，与大洋山至芦潮港通信电缆交越后折向南约 4.5km，向西垂直交越东海平湖油田海底管道后，再向南穿越漕泾东航道和金山航道，至中广核岱山 4#海上风电场海上升压站，海缆长度约 42.19km。

预选主路由整体条件评价对比：相比方案二/三，方案一和方案四无需登陆节约成本，减少协调；相比方案一/二/三，方案四避开了冲刷槽影响；相比方案一/二/三，方案四对小洋山北侧港区规划影响最小；相比案一/二/三，方案四海底电缆（管道）交越较少；其它的海洋开发活动条件大致相同，因此，方案四优于方案一/二/三。

综上，预选路由方案四最优。

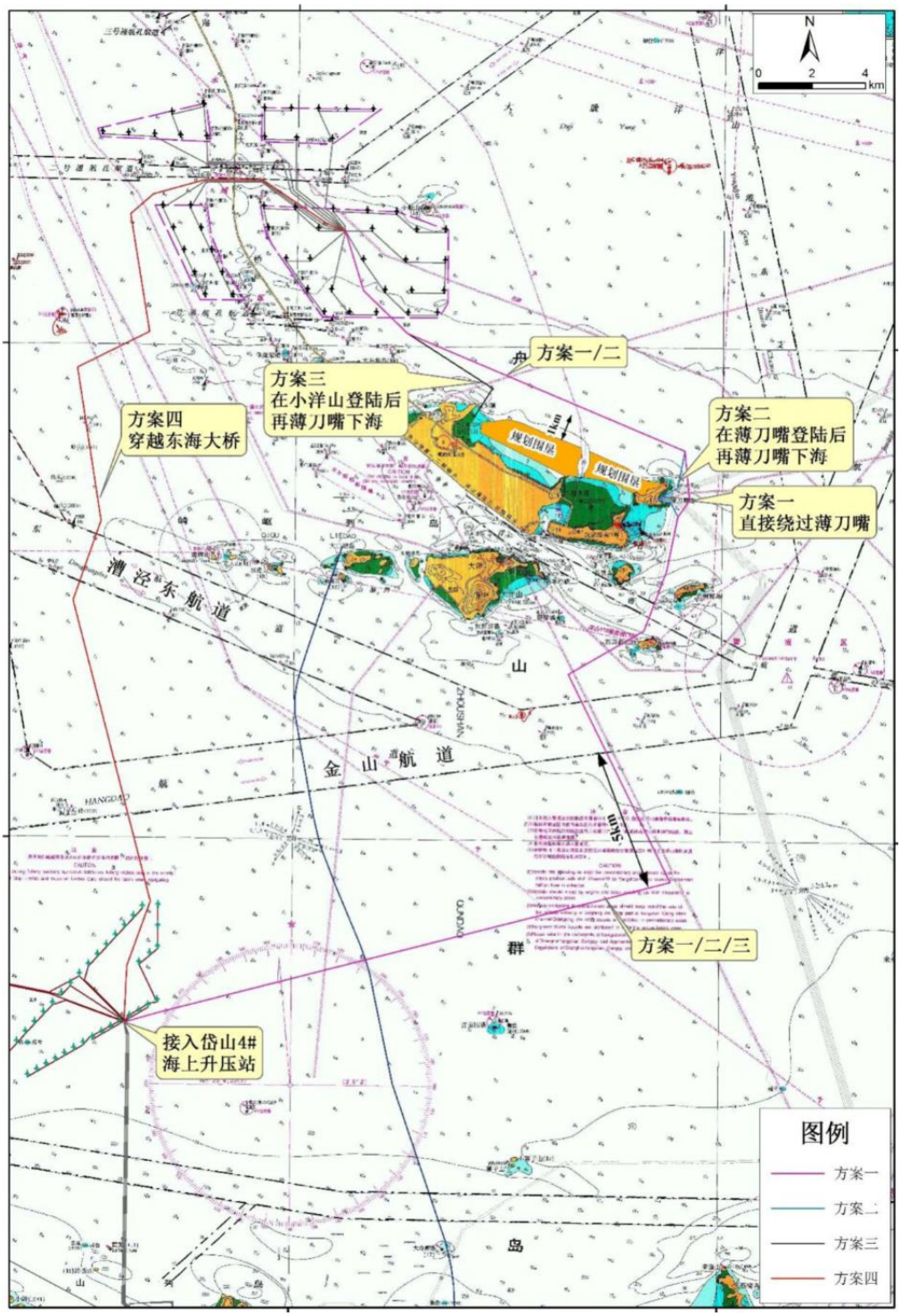


图 11.5-5　　主干海缆路由方案

表 11.5-3　预选路由海缆路由条件综合比较

比较因素		方案一	方案二	方案三	方案四	路由比较
海缆长度		53.8km	54.6km	46.2km	42.19km	方案四优
登陆点环境		无	包括薄刀嘴 1#和 2#登陆点。登陆条件良好	包括小洋山登陆点和薄刀嘴 2#登陆点，登陆条件良好	无	方案一/四较优
工程地质条件	地形地貌	地形总体平坦，穿越了西马鞍-虎啸蛇潮流冲刷槽	地形总体平坦，穿越了薄刀嘴东北冲刷槽东端、西马鞍-虎啸蛇潮流冲刷槽	地形总体平坦，穿越了钻头嘴冲刷梢、西马鞍-虎啸蛇潮流冲刷槽	地形平坦	方案四较优
	底质	淤泥质粉质粘土				相同
水文气象条件		5-6 月份是一年中最适宜的施工季节，其次为 4 月和 7～8 月（避开台风）				相同
海底腐蚀环境		路由海域主要为弱还原环境区，不存在特别腐蚀环境区				相同
海洋开发活动	海洋功能区划	穿越崾泗农渔业区、洋山港口航运区、大洋山工业与城镇用海区、岱山农渔业区等	穿越崾涧农渔业区、洋山港口航运区、大洋山工业与城镇用海区、岱山农渔业区等	穿越崾泗农渔业区、小洋山工业与城镇用海区、洋山港口航运区、大洋山工业与城镇用海区、岱山农渔业区等	穿越崾泗农渔业区、岱山农渔业区等	基本相同
	航道	与洋山进港航道、金山航道交越			与漕泾东航道、佘山航道交越	基本相同
	港区	在规划的防浪堤北侧 300m 平行布设，穿越北港区东侧航道	在规划的防浪堤北侧 300m 平行布设，穿越北港区东侧航道	在港区北侧登陆，陆上电缆将占用上海国际航运中心洋山深水港区陆域，且方案三将两次斜穿北港区西侧航道，协调较困难	与小洋山港区距离较远	方案四较优

	锚地	距离大洋山南 1#锚地最近约 900m			距离锚地较远	方案四较优
	海底管线	交越海缆数量 15 条	交越海缆数量 6 条	交越海缆数量 6 条	交越海缆数量 2 条	方案四较优
	海上风电场	与东海大桥海上风电场一期和二期工程的最近距离约 1km，主路由将接入岱山 4#海上风电场工程海上升压站。				相同
综合比较结果		（1）方案四无需登陆节约成木，减少协调； （2）方案四避开了冲刷槽影响； （3）方案四避开对小洋山北侧港区规划影响； （4）方案四海底电缆（管道）交越最少。				

11.5.1.6 平面布置合理性分析

综合上述分析可知，本工程采用单机容量为 6.0MW 的风电机组，规划总装机容量 282MW，场址面积为 27.3km^2 满足国家海洋局海域综合管理司《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）中：严格控制用海面积，坚持集约节约用海，单个海上风电场外缘边线包络海域面积原则上每 10 万千瓦控制在 16 平方公里左右的管理要求。

本风电场场区海底地形变化较平缓，无冲沟、冲坑存在，场区内不涉及环境保护区和敏感军事设施，场址内无航道、海底管线（中日海底通信光缆已废弃）经过，拟建场址满足《海上风电开发建设管理办法实施细则》中的有关要求。另外，本工程海上风机布置考虑风机与北侧的临港支航道及东海大桥 5000 吨和 500 吨通航孔预留一定的安全距离；并避开东海大桥约 1km 的保护范围，220kV 主海缆与嵊泗 5#风电场 35kV 海缆之间预留 50 米的保护距离；与东侧的小戢山屿预留一定的安全距离。可见，本工程海上风电场平面布置经过多次比选优化，已避开周边限制因素，并预留安全距离，其布置较为合理。

本工程在布置风电机组时，充分考虑风电机组之间相互的尾流影响，把尾流影响控制在合理范围内，同时尽量缩短风电机组之间的海缆长度，减少海缆保护区面积和渔业捕捞面积。本工程所选择的风电机组布置方案风机连线所组成的区域面积最小，尾流影响也最小，理论年发电量和考虑尾流影响后的发电量均最大，明显优于其它方案。因此，本风电场海上风力发电机组布置合理。

本工程选择了 4 个方案的海底电缆（主干路由）预选路由进行对比评价，推荐路由（方案四）无需登陆，节约登陆成本，减少利益相关协调；另外避开了冲刷槽影响，对小洋山北侧港区规划的影响也最小；海底电缆（管道）交越较少，对周边海洋开发活动影响最小。因此，本风电场海底电缆平面布置是合理的。

综上所述，本工程平面布置是合理的。

11.5.1.7 施工方案环境合理性分析

本工程风机基础类型均为高桩承台基础，单个基础设 8 根钢管桩，采用整根长管桩的沉桩施工方式，不需修筑临时施工围堰，对海水水质、海洋生态环境和渔业资源的影响较小。本工程海底电缆的平面布置采用并行埋设方式，可大大减少海缆施工临时占海面积，尽可能的减缓了施工悬浮泥沙影响范围和海缆铺设对

底栖生物等的破坏范围和程度。

根据海缆敷设区域海洋环境的不同，可将海缆敷设区分为以下两个主要区域进行：

（1）近海深水区域海底电缆敷设

初步考虑采用专业海底电缆敷设船配备牵引式高压射水埋设机进行敷埋施工，施工船依靠水力埋设机的开沟犁挖沟后敷设，铺缆船铺缆时，开沟犁和高压水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，根据电缆直径选择犁的大小，开沟犁宽 20~50cm。电缆敷设时采用 GPS 定位系统进行定位，牵引钢缆的敷设精度控制在拟定路由±5m 范围内。

（2）220kV 长距离海缆敷设方案

本工程单根海缆长度 42.19km，需在厂家利用 1~2 个软接头进行海缆连接加工后再出厂，海缆敷设选择 1 艘载缆量大于 6000t 以上敷缆船。具体敷设方式同近海深水区域海底电缆敷设。

（3）海缆穿越航道处施工方案

海缆沿航道布置及穿越航道处，海缆埋深不小于 3.0m。海缆埋设完成后，海缆需进行保护。本阶段考虑采用上覆水泥压块的方式，宽度为沿海缆两侧各 2m。水泥压块由陆上预制完成，运输至现场定位后起重船直接吊放安装。根据海缆路由布置图，需进行水泥压块保护的海缆长度总计 6.899km，需水泥压块 27597m^2，水泥压块厚 300mm。

（4）海缆穿油气管道保护方案

本工程 220kV 主海缆与已敷设油气管道交越一次，根据调查，该油气管道埋深约 1.5m。根据现行行业标准《海底管道系统》(SY/T—10037)，“交越的两管线必须是分离的，且要永久保持不少于 0.3m 的垂直距离。因此可以在交越点位置原有油气管道和新敷 220kV 海缆之间，铺设预制混凝土垫块或预先铺设钢板，对原有管道进行覆盖保护。海缆穿球墨铸铁保护管后置于预制混凝土垫块或预铺钢板上。海缆敷设后，上覆水泥压块进行保护。”

通过优化施工时间，尽量避开鸟类大规模迁徙期、春末夏初鱼虾类等渔业资源集中繁殖的产卵、索饵期以及种质资源保护期，可最大限度减小工程施工对生态环境的干扰。

综上所述，从减少占地规模、减少对生态环境的影响、减缓对自然保护区的

影响等方面评价，本工程施工布置总体较为合理。

11.5.2 环境影响可接受性分析

11.5.2.1 污染影响可接受性分析

（1）施工期

施工期水环境影响主要来源于施工人员生活污水、船舶含油废水、生活垃圾等。

施工期海上船舶生活污水收集后与陆上施工人员依生活污水一起经岱山基地污水处理设施处理达标后，排入到大鱼山岛污水处理厂管网，不外排，不会对海洋环境造成影响。船舶含油废水收集后交由有资质单位接收处理，固体废弃物由环卫部门清运。

（2）运行期

海上升压站正常运行时不产生生产废水，仅当变压器检修或发生事故时产生少量的油污水，主要污染物为石油类。针对变压器可能因事故或检修发生的油污排放，工程上已考虑设置事故油池，统一收集后送交危废处置专业公司进行处置，不会对环境产生不利影响。本工程实施后对流场的影响有限，影响主要集中在桩机附近水域，距离工程场区较远的地方，几乎不受影响。工程场区及附近海床将产生一定的冲淤变化，但冲淤强度不明显。

11.5.2.2 生态环境影响可接受性分析

（1）施工期

工程风机桩基和升压站桩基沉桩施工，以及海缆铺设，都将扰动水体引起悬浮物增加，对周边海洋生态环境造成一定影响。当海水中的悬浮物增加时，海水透明度相应降低，海洋浮游植物及藻类的光合作用因此受影响，初级生产力下降，影响正常食物链的传递，导致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。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的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的影响，目前的研

究总体结果表明概率较低，不会对鸟类的总类和数量造成明显影响。海上风电场在运行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，已和海洋背景噪声相当，对海洋动物影响较小。

11.5.2.3 环境风险影响可接受性分析

工程施工过程中可能发生船舶碰撞发生溢油事故，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。同时建设单位在编制防治船舶溢油污染海洋环境的应急预案的情况下，一旦发生溢油事故能及时响应并处置，环境风险可控。

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，通过采取铺设软体排、加深电缆埋设深度等措施将环境影响风险减少到最小。

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。

12 环境管理与监测计划

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》和《企业法》的精神，企、事业单位在生产和经营中防止污染、保护生态环境应是其重要的职责之一。环境管理是控制污染、保护环境的重要措施，应根据《建设项目环境保护管理条例》等法规的要求，确定环保管理机构，制定环境保护管理计划。环境管理的基本任务是：控制污染物的排放量，以及避免排出的污染物对环境质量的损害。根据本工程的特点，提出相关的环境监理计划与建议，建设单位及施工单位应高度重视环境保护工作，应成立专门机构进行环境保护管理工作。

根据有关法规并结合本工程建设特点制定相应的环境监测计划，确定环境监测工作的组织、监测职责范围等，其中环境监测计划中应包括污染物排放监测和环境质量监测等内容。

12.1 环境管理

12.1.1 施工单位环境管理机构设置

建设施工单位应设立内部环境保护管理机构，主要由施工单位主要负责人及专业技术人员组成，专人负责环境保护工作，实行定岗定员，岗位责任制，负责各个施工工序的环境管理工作，保证施工期环保设施的正常进行，各项环境保护措施的落实。

施工单位的管理内容主要为：

①负责制定、监督、落实有关环境保护管理规章制度，负责实施环境保护控制措施、管理污染治理设施，并进行详细的记录，以备检查。

②及时向环境保护主管机构或向单位负责人汇报与本工程施工有关的污染因素、存在问题、采取的污染控制对策、实施情况等，提出改进建议。

③按本报告提出的各项环境保护措施，编制详细施工期环境保护措施落实计划，明确各施工工序的施工场地位置、环境影响、环境保护措施、落实责任机构（人）等，并将该环境计划以书面形式发放给相关人员，以便于各项措施的有效落实。

12.1.2 建设单位环境管理机构

为了有效保护项目拟建址所在区域环境质量，切实保证本报告提出各项施工期环境保护措施的落实，除了施工单位应设置环境保护管理机构外，针对本工程的建设施工，项目建设单位还应成立专门小组，负责监督施工单位对各项环境保护措施的落实情况，并在选择施工单位前，将主要环境保护措施列入招标文件中，将各施工单位落实主要环境保护措施的能力作为项目施工单位中标考虑因素，将需落实的环保护措施列入与施工中标单位签署的合同中，聘请有资质的施工监理机构对施工单位环境保护措施落实情况进行跟踪监理，并且配合环境保护主管部门对项目施工实施监督、管理和指导。

加强建设项目的环境管理，根据本报告提出的污染防治措施和对策，制定出切实可行的环境污染防治办法和措施。

项目建设单位环保管理机构的职责如下：

①宣传并执行国家有关环保法规、条例、标准，并监督有关部门执行；

②负责本工程施工期与运行期的环境保护管理工作。负责监督各项环保措施的落实与执行情况；

③在施工地点，应由工程环境监理人员在施工现场跟踪监控管理，监察环保设施设置与实施情况；

④工程环境监理纳入工程监理，接受环保主管部门的指导和监督，以便更好地履行职责；

⑤按环保部门地规定和要求填报各种环境管理报表；

⑥配合环保部门进行环保设施竣工验收；

⑦协调、处理因本工程的建设和营运所产生的环境问题而引起的各种投诉，并达成相应的谅解措施；

⑧环境监测工作及监测计划的实施，应由建设单位的环保机构完成，在不具备条件的情况下亦可委托有资质的环境监测站协助进行。

12.1.3 环境监理的主要工作内容

（1）施工前期环境监理

1）污染防治方案的审核

环境监理根据具体项目的工艺设计，审核施工工艺中的“三废”排放环节，排

放的主要污染物及设计中采用的治理技术是否先进，治理措施是否可行。污染物的最终处置方法和去向，应在工程前期按有关文件规定和处理要求，做好计划，审核整个工艺是否具有清洁生产的特点，并提出合理建议。

2）审核施工承包合同中的环境保护专项条款

施工期承包单位必须遵循的环境保护有关要求应以专项条款的方式在施工承包合同中体现，并在施工过程中据此加强监督管理、检查、监测、减少施工期对环境的污染影响，同时应对施工单位的文明施工素质及施工环境管理水平进行审核。

（2）施工期环境监理

1）水污染源的监理

环境监理工程师应重点是对水环境质量进行监理。对生产和生活污水的来源、排放量、水质指标，处理设施的建设过程和处理效果等进行监理，检查和监测是否达到批准的排放标准。监督检查施工现场道路是否畅通，排水系统是否处于良好的使用状态，施工现场是否积水。对水上施工进行监理，对施工人员生活污水的收集与排放、生产废水和悬浮泥沙排放处理情况进行监测结果评定，如超标，环境监理工程师要及时通知承包方，采取必要的措施，保证上述污水的排放不对受纳水体的水质造成污染。

2）固体废物的监理

监督检查建筑工地建筑垃圾和生活垃圾是否按规定进行妥善处理处置。固体废物处理包括生产和生活垃圾和生产废渣的处理要保证工程所在现场清洁整齐的要求。

3）其它方面

施工期间对施工人员做好环境保护方面的培训工作，培养大家爱护环境、防止污染的意识，参与调查处理施工期的环境污染事故和环境污染纠纷。

（3）施工后期环境监理

监督管理环境恢复监测和环境恢复计划的落实情况及环保处理设施运行情况。检查生态恢复和污染防治措施的落实情况。参与环境工程验收活动，协助建设单位组织人员的环境保护培训，负责工程环境监理工作计划和总结。

12.2 环境保护管理建议

针对本工程的建设和投入营运，提出如下环境保护管理要求和建议：

（1）所有与本工程直接相关的污染防治设施的建设必须与项目主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。

（2）项目竣工投入试运营后，应按照有关要求申请进行建设项目环保竣工验收。

（3）建议本工程在落实各项环境保护设施时，采用环保主管部门认证合格单位的污染治理技术或设施。

（4）工程施工应实行环境监理制度，监理工程师必须接受必要的环境知识、工程监理知识的培训，按照保证工程质量和环保要求对项目进行全面质量监理。

（5）项目生产期结束后，做好项目拆除施工的环境保护工作，对拆除造成的环境影响进行必要的修复措施，确保风机拆除不会对海域利用造成影响

12.3 环境监测计划

环境监测可委托有相应资质的环境监测部门实施，技术要求按照有关环境监测规范的规定执行，以保障监测数据的可靠性。监测单位应提交有效的计量认证监测成果。

12.3.1 海水水质、沉积物环境监测

为了解工程施工期桩基施工及电缆沟开挖悬浮物对海洋水质、沉积物环境的影响程度和范围，评价施工期海洋水质、沉积物是否满足标准要求，为施工期环境管理提供依据，对工程海域海水水质、沉积物进行跟踪监测。

12.3.1.1 范围及站位布设

海水水质环境监测范围及站位布设按本报告海水水质现状调查范围及站位确定，共设水质站位 10 个，具体见图 12.3-1，对应现状 4、5、7、9、11、14、16，新增布设 B1、B2 和 B3，沉积物站位 6 个，对应现状 5、7、9，新增布设 B1、B2 和 B3。

12.3.1.2 监测内容

水质：pH、悬浮物、油类、化学需氧量、溶解氧、锌、无机氮、活性磷酸盐。

沉积物：pH、铜、镉、铬、锌、油类、硫化物。

12.3.1.3 监测频率和时间

施工期水环境监测进行 8 次，与渔业生态监测同步进行，分别在施工期开始后的两年内的春季和秋季实施以及在风电场运行开始后的两年内的春、秋季实施。

12.3.2 水生生物、渔业环境监测

为了解和掌握本工程海域生态、渔业资源的现状，分析、验证和复核本报告对海域生态、渔业资源影响的评价结果，及时反映工程对周围海域生态、渔业资源状况的影响，预测可能的不良趋势，及时提出合理的整改建议和对策措施，最终达到保护工程及周围海域生物多样性和渔业资源的目的，对工程海域自然、生态环境进行跟踪监测。

12.3.2.1 范围及站位布设

水生生物、渔业资源监测范围及站点布设参照环评海洋生态及渔业资源现状监测，设水生生物站和渔业资源站位 10 个，具体见图 12.3-1，对应现状 4、5、7、9、11、14、16，新增布设 B1、B2 和 B3。

12.3.2.2 监测内容

（1）水生生物

叶绿素 a、浮游植物、浮游动物、底栖生物定量调查和（阿氏拖网）定性调查、生物定量调查和（大面调查）定性调查。

（2）渔业资源

鱼卵、仔鱼种类组成、数量分布；渔获物种类组成；优势种分布；渔获量分布和相对资源密度。

12.3.2.3 监测频率和时间

施工期水生生物、渔业跟踪监测进行 8 次，分别在施工期开始后的两年内的春季和秋季实施以及在风电场运行开始后的两年内的春、秋季实施。与海洋水质监测同步进行。

12.3.3 鸟情及其栖息地观测

在施工期（施工开始后的 2 年内）和运行初期（工程建成后 5 年内），开展

鸟情及其栖息地、鸟类与风机发生撞击情况的观测及研究。

12.3.3.1 观测内容

（1）鸟类群落特征

包括工程海域及邻近区域鸟类的种类组成、数量、分布以及迁徙、迁飞特征、穿越风电场、与风机发生撞击的情况等。

（2）栖息地生境特征

包括植被、饵料动物的种类、数量以及分布、变化情况；滩涂淤涨变化情况；鸟类适宜生境的变化情况等。

12.3.3.2 观测方法与频率

鸟类调查可采用路线调查和定点观测相结合的方法进行观测。植被和饵料生物调查，主要采用样方法结合随机采样方法进行。滩涂淤涨变化情况可采用定标志杆与遥感分析相结合的方法进行。

调查监测频次根据季节划分，主要在鸟类数量较集中的春秋季迁徙期进行调查监测。

12.3.4 噪声监测

为具体了解本工程风机水下噪声影响，在海上风电场施工期和运行期开展水下噪声监测。

（1）布点

在距离风电场单个风机约 100m 处监测水下噪声。此外在距离风场外部界线 3-4km 处进行水下背景噪声和风电噪声的综合测量。

（2）监测项目

噪声频带有效声压级（dB re 1 μPa）；噪声声压谱（密度）级；分析水下噪声时-频特性；同时测量风机营运在空气中的噪声。

（3）监测频率和时间

低、中和额定风速输出时。桩基基础施工期监测打桩水下噪声，风电场运营后监测风机水下噪声，并进行水下噪声对生态影响跟踪评价。

12.3.5 水文监测

为了解和掌握工程建设对局部流场的影响，和风机墩柱局部冲刷情况，并保

证风机运行安全，同时为检验本次评价预测的准确程度，要求在工程投运后 5 年内对风电场海域潮流场状、冲淤状况进行调查监测，监测内容包括：

（1）风机墩柱局部冲刷监测：

工程运行后 5 年内对风机墩柱局部冲刷情况进行调查，调查包括冲刷深度、冲刷坑直径和冲刷坑形状等参数。在以上调查研究结果的基础上，若有必要，应对风机墩柱局部冲刷进行加测。在风暴潮等恶劣气象条件过后对风机墩柱局部冲刷情况进行必要的加测。

（2）航道及风机周边水深监测

工程运行后 5 年内对风电场临近的航道、锚地及风机周边 500m 范围内水深进行监测调查。在以上监测调查结果的基础上，若有必要，应对航道水深进行加测。在风暴潮等恶劣气象条件过后进行必要的加测。

（3）水文动力监测

监测位置：选择风场区、风场区周边海域三处位置。

监测时间及频次：可根据需要 2 年监测 1 次。

监测项目：流速、流向、悬浮泥沙及沉积物等。

运行期的环境监测项目由本工程的业主委托当地有资质的环境监测单位开展，如有可能应与当地环境监测部门的年度监测相结合，以充分利用现有资源并便于整个地区的环境质量变化情况相对照，监测单位应提交有效的计量检测认证的成果。

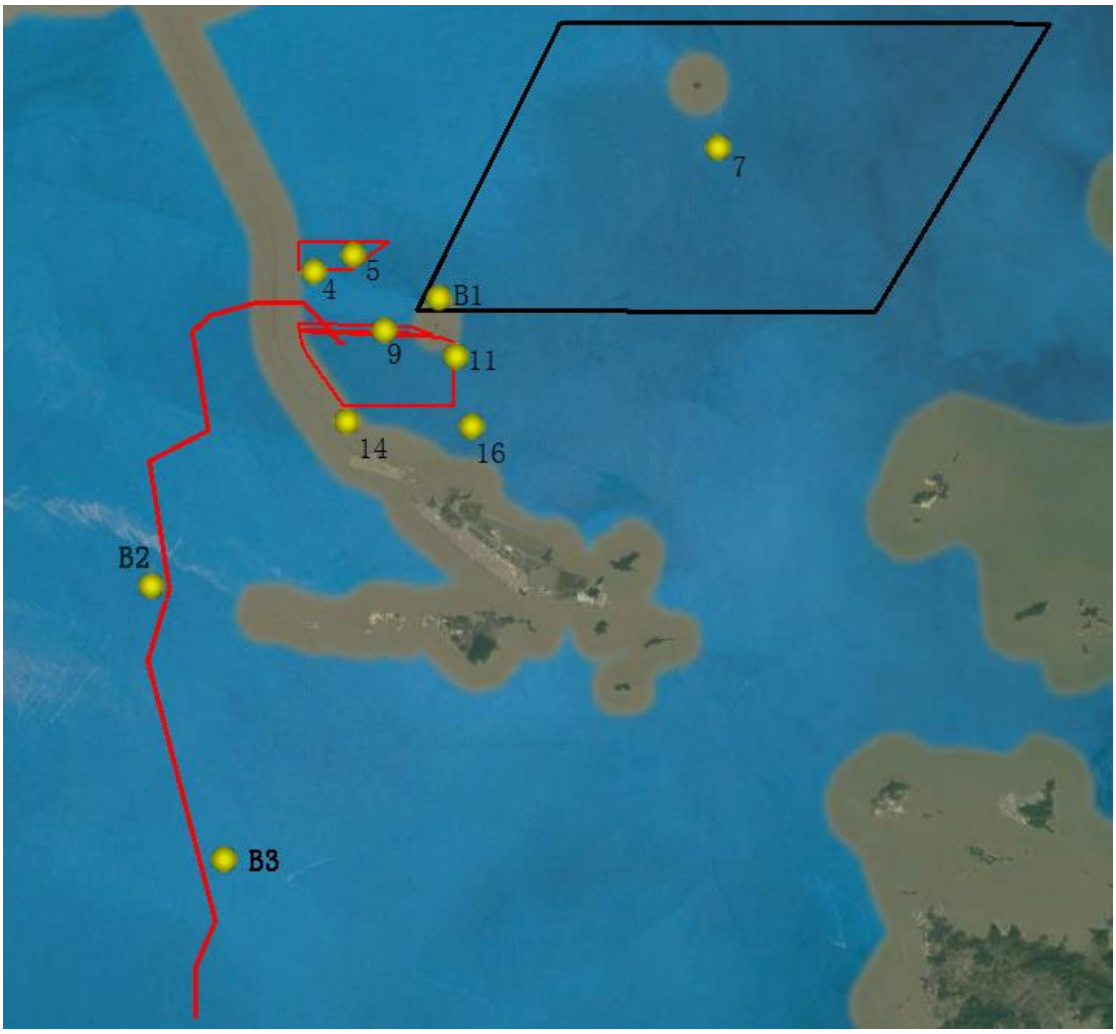


图 12.3-1　监测点位图

12.4 环境保护规章制度及监督实施

12.4.1 施工期主要规章制度

环保设备订货验收及环保设施施工和竣工验收办法；施工现场环境保护管理办法。

12.4.2 运行期主要规章制度

风电场的环境保护管理办法；

污水处理设施的操作规程；

固体废物收集处置规定；

道路洒水和清扫作业规定。

12.4.3 环境保护设施的实施和监督

本工程施工期和运行期环境保护管理和防治污染设施由中广核（嵊泗）新能源有限公司环保部门负责实施，政府监督部门为浙江省生态环境厅有关部门。

12.5 环保验收清单

根据本工程建设与运行的环境影响及污染物排放特征，该风电场项目竣工后，环保验收的主要内容列于表 12.5-1，供环保部门竣工验收时参考。

表 12.5-1　“三同时”环保竣工验收清单

项目内容	环保验收内容	管理要求	说明
风电场	1.海洋水质	船舶含油污水经收集后交由有资质的单位处理，生活污水收集后经岱山基地污水处理设施处理达标后，排入到大鱼山岛污水处理厂管网，不外排；生产废水经污水处理设施处理后回用	禁止直接外排
	2.海洋生态保护	落实本报告中的各项海洋生态环境保护措施；落实海洋生态及渔业生产补偿	
	3.鸟类及其生境修复	落实本报告中的各项鸟类影响对策措施；	
	4.风电场降噪情况	采用先进发电机组，机舱内表面贴附阻尼材料	《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）1 类标准
	5.通航安全措施的实施情况	做好与相关业主的协调工作，保证船舶航行和风机的安全运行；	
	6.海缆穿油气管道保护	对海缆穿越油气管道部分采取防护措施	
升压站	1.电磁防护	选用带有金属罩壳的电气设备：各电压等级的配电装置GIS 设备采用封闭式母线，对裸露电气设备采取设置安全遮拦或金属栅网等屏蔽措施	《电磁环境控制限值（GB8702-2014）》中的相关限值要求
	2.声环境保护	选用低噪声变压器，噪声小于70dB；主变压器与底座之间衬隔振垫	《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）1 类标准
	3.污水处理	生活污水收集后经岱山基地污水处理设施处理达标后，排入到大鱼山岛污水处理厂管网，不外排	参照执行《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB18920-2002)
风险事故预防	1.应急预案	1、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。 2、施工单位应制定船舶事故溢油风险应急预案，加强对船舶溢油及其他风险事故的防范，施工单位运输风机部件时应尽量避开周边航道通航高峰期，避免碍航现象和船舶碰撞事故发生。 3、海上升压平台是否设置事故油池，容积是否满足主变冷却油最大体积并留有安全余量。	

		4、是否配备与工程规模相符的溢油应急设备（吸油泵、吸油剂、活塞膜化学剂等）	
	2.事故处理	有利于环境污染的恢复，将环境影响降低到最小	
环境管理	1.项目环境管理情况	1、符合国家和行业有关规定；专职人员对风电场环境保护工作统一管理。 2、实施施工期环境监测计划。 3、施工期设置醒目标志。	
	2.环境监测计划执行情况	1、建设单位与施工单位是否设置环境管理职能机构，并配备有专职人员；是否落实施工环境监理要求； 2、建设单位与施工环境监理单位签订的相关合同文件；施工期环境监理的相关记录文件等； 3、建设单位是否开展施工期、运行期环境监测（海洋生态、渔业环境、海水水质监测、鸟情观测、冲淤观测、水下噪声监测）。	

13 结论和建议

13.1 工程概况

本工程规划总装机容量为 282MW，拟安装单机容量为 6MW 的风机 47 台，风电场配套新建一座 220kV 海上升压变电站。风电场所发电能通过 11 回 35kV 海缆连接后汇集至海上升压变电站，升压至 220kV 后通过 1 回 220kV 海缆连接至已核准的中广核岱山 4#海上风电场工程海上升压站，再一并接至位于大鱼山的陆上集控中心。

本工程 220kV 海底海缆总长度约 42.19km，35kV 海缆总长度约 51.63km。风机基础采用高桩砼承台基础方案，采用 8 根 D2000mm（壁厚 25~30mm）的钢管桩作为基桩；海上升压站采用导管架-钢管桩结构，由 4 根直径 2.50m 倾斜（斜率为 1:10）钢套管用横撑和斜撑（D1321mm 钢管）连成桁架式结构。

13.2 政策、规划的相容性分析

13.2.1 与海洋环境功能区划及其它规划的相容性

（1）符合海洋功能区划

根据《浙江省海洋功能区划（2011-2020）》，本工程位于浙江省大衢洋海域嵊泗农渔业区（B1-5），部分 220kv 海底电缆位于 5 岱山农渔业区（B1-6），符合功能区划相关管理要求，本工程用海符合《浙江省海洋功能区划（2011-2020）》。

（2）符合其他相关规划

本工程符合《浙江省海洋经济发展示范区规划》、《浙江省能源发展“十三五”规划》、《浙江省电力发展“十三五”规划》、《浙江省海上风电场工程规划》、《浙江省海岸线保护与利用规划（2016-2020年）》、《浙江省海洋生态红线划定方案》、《宁波-舟山港总体规划》等相关规划。

13.2.2 清洁生产原则的符合性

开发风能资源，发展风力发电，不但可以节约宝贵的一次能源，还能具有较好的环境效益，是实现能源、经济、社会可持续发展的重要途径。结合现阶段国内风电市场现状、技术水平和机组成熟性，本工程选择较为先进的单机容量为

6MW 的 WTG4 型风电机组。风力发电生产过程清洁，污染物排放控制水平较高。因此本工程符合清洁生产要求。

13.3 环境现状评价结论

13.3.1 水文水动力环境

（1）潮汐

工程附近海域的潮汐为正规半日潮类型，普遍落潮流历时长于涨潮流历时，春季芦潮港海洋站涨落潮历时差约50分钟，小衢山涨落潮流历时差较小，约14分钟。本次水文泥沙测验期，各站秋季月平均潮差略大于春季月平均潮差。

（2）潮流

工程附近海域的潮流主要为正规半日潮流，浅水分潮流较显著。除C2站位受地形影响表现出旋转流特征，工程附近海域总体表现为往复流。

春季工程附近海域大潮流速最大出现在C5站，涨、落潮测点最大流速分别为186cm/s、202cm/s，涨、落潮垂线最大流速分别为152cm/s、169cm/s。秋季工程附近海域大潮流速最大出现测区最西侧的C1站，涨、落潮测点最大流速分别为232cm/s、210cm/s，涨、落潮垂线最大流速分别为197cm/s、192cm/s。

实测最大流速的垂向分布为表层最大，底层最小，随深度增加而流速减小，测点最大流速大多发生在上层，部分出现在中层。

（3）泥沙

含沙量的平面分布总体为西侧高、东侧低。春季C4站大潮垂线最大，为1.942 kg/m^3；C6站小潮垂线最小，为0.053 kg/m^3。秋季C4站大潮垂线最大，为1.919 kg/m^3；C6站小潮垂线最小，为0.047 kg/m^3。

含沙量的垂向分布具有表层低、底层高的显著特点，各站含沙量均为底层＞0.6H层＞表层。

含沙量在潮次间的变化表现为，各站大潮表层、0.6H层、底层含沙量均大于小潮。

悬沙粒径在平面上的分布变化不大，平均粒径DMZ在潮次间有较好的变化规律：整体表现为大潮悬沙的平均粒径最粗，小潮最细。

工程附近海域底质表层以细颗粒沉积物为主，春季粉砂占61.16%～72.60％，

粘土占20.64%～36.83%，砂占比小于10%，底质表层沉积物均为粘土质粉砂类型；秋季粉砂占62.84%～87.95 %，粘土占10.42%～27.00%，砂占比小于10%，底质表层沉积物为粉砂、粘土质粉砂类型。

13.3.2 地形地貌与冲淤环境

风电场址主要位于东海大桥东、西两侧、洋山港东支航道以西、5000T主通航孔南北两侧的海域，嵊泗测风塔位于该场址附近。根据海底地形图，海底地形总体上较平缓，海底滩面高程-11.04m～-13.12m，但在小戢山附近，由于水流条件改变，局部冲刷形成陡坎。工程区水深随潮汐变化，勘察期间水深一般10m~15m。工程区属三角洲前缘地貌类型。

13.3.3 环境质量

13.3.3.1 海洋水质

2018年4月调查海域水质评价结果表明：除COD、无机氮、活性磷酸盐和汞外，其它监测项目的含量均符合《海水水质标准》(GB3097-1997)中第1类海水水质标准。其中COD、无机氮、活性磷酸盐、汞的站位超标率分别为5%、100%、15%和5%。调查海域水质综合评价结果显示无机氮含量超标是影响海水水质的主要因素。

2018年10月跟踪监测期间，pH、溶解氧、硫化物、铜、锌、镉、总铬、汞、砷、石油类含量均符合第一类海水水质标准，铅含量符合第二类海水水质标准，化学需氧量含量符合第四类海水水质标准。无机氮和活性磷酸盐含量均劣于第四类海水水质标准。监测水域水体中pH、溶解氧、硫化物、铜、锌、镉、总铬、汞、砷、石油类含量无超标；铅含量超第一类海水水质标准11.4%；化学需氧量含量超第一类海水水质标准45.4%，超第二类海水水质标准27.3%，超第三类海水水质标准9.1%；无机氮含量超第一类、第二类、第三海水水质标准均为100.0%，超第四类海水水质标准93.2%；活性磷酸盐含量超第一类海水水质标准63.6%，超（第三类）海水水质标准13.6%，超第四类海水水质标准6.8%。

13.3.3.2 沉积物质量

2018 年 4 月海域沉积物质量评价结果表明：评价海域沉积物中，除铬外，石

油类、有机碳、硫化物、铜、锌、铅、镉、汞、砷的含量均符合《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）中第一类海洋沉积物质量标准。其中铬的站位超标率为 20%。

2018 年 10 月各站位底质均属于粘土质粉砂。沉积物中锌、铅、镉、铬、汞、砷、石油类、硫化物和有机碳含量均符合第一类海洋沉积物质量标准，铜含量符合二类海洋沉积物质量标准，含水率、pH 和氧化还原点位没有相关标准，不做评价。

13.3.3.3 海域生态环境质量

（1）叶绿素 a 和初级生产力

2018 年 4 月，调查海域叶绿素 a 值在 0.125~1.963μg/L，平均叶绿素 a 值为 1.159μg/L。调查期间初级生产力在 1.950~78.520mgC/m•d，平均初级生产力值为 37.632mgC/m•d。

叶绿素 a 含量均值为 1.20 mg/m^3（0.47 mg/m^3-1.83 mg/m^3）。表层叶绿素 a 值最高值出现在 12 号站，为 1.77 mg/m^3，最低值出现在 11 号站，均为 0.47 mg/m^3；底层叶绿素 a 值最高值出现在 19 号站，为 1.83 mg/m^3，最低值出现在 21 号站，均为 0.82 mg/m^3。

（2）浮游植物

2018年4月调查期间调查海域共获有浮游植物2门40种。其中，硅藻门38种，占 95.0%；甲藻门2种，占5.0%。调查期间浮游植物丰度在140~710ind/dm^3，平均丰度为291ind/dm^3。丰度高值区位站位YS05，低值区位站位YS09、YS14。浮游植物优势种为中肋骨条藻*keletonema costatum* 和琼氏圆筛藻*Coscinodiscus jonesianu*，优势度分别为0.48和0.16。浮游植物多样性指数*H'* 值为0.925~2.068，平均值为1.442；丰富度*d*为0.338~1.906，平均值为1.081；均匀度*J'*为0.510~0.954，平均值为0.776；单纯度*C*为0.447~0.840，平均值为0.676。

2018 年 10 月调查期间网采样品共鉴定浮游植物 4 门 21 属 41 种，游植物细胞丰度均值为 1.29×106 ind./m^3（0.07×106 ind./m^3-2.74×106 ind./m^3），共有优势种 3 种，分别为中肋骨条藻、琼氏圆筛藻和中心圆筛藻，多样性指数（*H'*）均值为 1.34，浮游植物群落多样性一般。

水采样品共鉴定浮游植物3门13属23种，浮游植物细胞丰度均值为8.74×10^3

cells/L（0.30×10^3 cells/L-127.10×10^3 cells/L），仅有中肋骨条藻1种优势种，多样性指数（*H'*）均值为1.18，浮游植物群落多样性一般。。

（3）浮游动物

2018 年 4 月调查期间调查海域共采获有大型浮游动种 9 类 24 种，其中，桡足类 11 种，占 45.8%；水母类 3 种，12.5%；浮游幼体 4 种，占 16.7%；毛颚动物、磷虾类、枝角类、甲壳类、介形类和樱虾类各 1 种，分别占 4.2%。调查期间浮游动物丰度为 6~135ind/m^3，平均丰度为 42ind/m^3。最高丰度位于站位 YS12，最低丰度位于站位 YS20。调查期间浮游动物生物量为 12.7~278.1mg/m^3，平均生物量为 85.3mg/m^3，生物量高值区分布在站位 YS12，低值区分布在站位 YS20。浮游动物优势种为百陶箭虫 *Sagitta bedoti* 和中华哲水蚤 *Calanus sinicus*，优势度分别为 0.07 和 0.31。

2018 年 10 月调查期间调查海域网采样品共鉴定浮游动物 7 门 38 属 48 种（不包括浮游动物幼体），浮游动物总生物量均值为 441.24 mg/m^3，幅度 5.00~1322.22 mg/m^3。浮游动物平均丰度为 219.10 ind./m^3，变动幅度为 26.36~1339.50 ind./m^3，各站位丰度的分布与生物量分布总体一致，但最高和最低丰度与生物量站位并不同。优势种 8 种，分别为指突水母、球型侧腕水母、针刺拟哲水蚤、背针胸刺水蚤、火腿许水蚤、中华假磷虾、长额刺糠虾、百陶箭虫，优势种 3 种，分别为中肋骨条藻、琼氏圆筛藻和中心圆筛藻，多样度指数(*H′*)均值为 2.10，浮游动物物种丰富度较高，个体分布比较均匀，其生境等级总体处于“一般”的水平。

（4）底栖生物

2018 年 4 月调查期间调查海域采集到大型底栖生物 3 大类 9 种，其中，多毛类 4 种，占 44.4%；软体动物 3 种，占 33.3%；甲壳类 2 种，占 22.2%。拟建工程附近海域底栖生物丰度在 20～70ind/m^2。平均丰度为 40ind/m^2，最高分布在 YS13，最低在站位 YS09。拟建工程附近海域底栖生物生物量在 0.9~8.2g/m^2，平均底栖生物生物量为 3.4g/m^2。生物量最高分布在站位 YS08，最低在站位 YS16。拟建工程附近海域底栖生物优势种为异足索沙蚕 *Lumbriconeris heteropoda* 和小头虫 *Capitella capitate*，优势度为 0.28 和 0.05。拟建工程附近海域底栖生物多样

性指数值 *H'*为 0.000~1.099，平均值为 0.668；丰富度 *d* 值为 0.000~0.588，平均值 0.328；均匀度 *J'*为 0.000~1.000，平均值为 0.785；单纯度 *C* 值在 0.000~0.690，平均值为 0.444。

2018 年 10 月调查期间调查海域采集样品共鉴定大型底栖生物 6 门 7 种；总栖息密度和总生物量均值分别为 11.76 ind./m^2 和 2.19 g/m^2；优势种为蜾虫动物门一种；生物多样性指数（*H*＇）均值为 0.11。

（4）潮间带生物

2018 年 4 月调查 3 个潮间带，断面 T1、T2 和 T3，均为泥相。共采集到潮间带生物 2 大类 11 种，其中软体动物 9 种，占 81.8%；甲壳动物 2 种，18.2%。调查期间潮间带动物，优势种为疣荔枝螺和单齿螺。T1 断面平均栖息密度为 64 个/m^2，平均生物量为 26.0g/m^2。T2 断面平均栖息密度为 43 个/m^2，平均生物量为 41.5g/m^2。T3 断面的平均栖息密度为 21 个/m^2，平均生物量为 36.3g/m^2。3 个断面平均栖息密度为 43 个/m^2，平均生物量为 36.4g/m^2。拟建工程潮间带 3 个调查断面生物种类多样性指数 H'为 1.273~1.390，平均值为 1.328；丰富度 d 为 0.604~0.739，平均值为 0.654；均匀度 J'为 0.864~0.953，平均值为 0.912；单纯度 C 为 0.696~0.724，平均值为 0.713。

2018 年 10 月调查潮间带采集样品共鉴定大型底栖生物 2 门 14 种；总栖息密度和总生物量均值分别为 319.92 ind./m^2 和 345.05 g/m^2。潮间带大型底栖生物优势种为齿纹蜒螺、短滨螺、疣荔枝螺和渔舟蜒螺，生物多样性指数（*H*＇）均值为 1.78。。

13.3.3.4 海洋生物质量

2018 年 4 月调查海域生物体种类为鱼类和甲壳类，生物质量评价结果表明，调查海域代表性物种凤鲚、龙头鱼、安氏白虾、细螯虾、葛氏长臂虾、日本鼓虾中铜、铅、锌、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”；除砷、石油烃外，铬的含量符合《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”，其中砷、石油烃的站位超标率分别为 25%、8%。

13.3.4 海洋渔业资源

13.3.4.1 鱼卵、仔鱼

（1）春季

2018 年 4 月水平拖网和垂直拖网两种采集方式共采集仔稚鱼 243 尾，共 8 种；鱼卵 22 粒，共 2 种，鱼卵仔稚鱼隶属 6 目 8 科。其中水平拖网仔稚鱼 221 尾（6 种），鱼卵 16 粒（2 种）；垂直拖网共采集仔稚鱼 22 尾（5 种），鱼卵 6 粒（1 种）。调查水平拖网中鱼卵平均密度为 0.069 个/m^3，仔稚鱼平均密度为 0.828 尾/m^3；垂直拖网中中鱼卵平均密度为 0.015 个/m^3，仔稚鱼平均密度为 0.234 尾/m^3。

项目工程海域春季鱼卵的主要优势种为舌鳎科，仔稚鱼的主要优势种为矛尾虾虎鱼和鳀。

（2）秋季

2018 年 10 月调查中，定性和定量样品共出现 3 种鱼卵和 5 种仔稚鱼。从定量样品的组成上来看，龙头鱼的数量占了丰度的绝大多数。其中，鱼卵和仔稚鱼出现频率不高，但具有较高的密度。鱼卵的密度均值为 2.97ind./m^3(0-42.42ind./m^3)，仔稚鱼的密度均值为 0.74ind./m^3(0-6.49ind./m^3)。

13.3.4.2 游泳动物

（1）春季

2018 年 4 月调查海域共鉴定游泳动物 35 种（见附表）。其中，鱼类 18 种，占渔获种类总数的 51.43%，隶属于 7 目，11 科，15 属；虾类 9 种，占渔获种类总数的 25.71%，隶属于 2 目，6 科，7 属；蟹类 8 种，占渔获种类总数的 22.86%，隶属于 4 科，7 属。

2018 年 4 月（春季）渔获物重量中，鱼类渔获重量占总渔获量的比例最高，为 43.22%，其次为蟹类，占总渔获重量的 33.19%，虾类所占比例最低，为 23.60%；渔获物尾数中，虾类渔获尾数占总渔获尾数的比例最高，为 65.63%，其次为鱼类，占 29.85%，蟹类所占比例最低，仅占 4.51%。

2018 年 4 月调查海域渔获物重量和尾数密度均值分别为 170.51kg/km^2（93.48～371.80kg/km^2）和 70.72×10^3ind./km^2（18.51×10^3～205.06×10^3ind./km^2）。

其中，鱼类资源重量和尾数密度均值分别为 73.69kg/km^2（15.81～217.11kg/km^2）和 21.11×10^{3}ind./km^2（1.71×10^3～92.15×10^{3}ind./km^2）；虾类资源重量和尾数密度均值分别为 40.24kg/km^2（10.91～112.22kg/km^2）和 46.41×10^{3}ind./km^2（9.90×10^3～169.91×10^{3}ind./km^2）；蟹类资源重量和尾数密度均值分别为 56.58kg/km^2（16.16～124.89kg/km^2）和 3.19×10^{3}ind./km^2（1.08×10^3～13.86×10^{3}ind./km^2）。鱼类优势种为凤鲚和栉孔虾虎鱼 2 种；虾类优势种为安氏白虾、脊尾白虾、日本鼓虾、和巨指长臂虾 4 种；蟹类优势种为三疣梭子蟹和狭颚绒螯蟹 2 种。

（2）秋季

2018 年 10 月共记录 53 种游泳动物；游泳动物小时渔获尾数平均值为 1835 尾/小时，小时渔获重量平均值为 8.64kg/小时；游泳动物平均尾数密度为 68.39×10^3 尾/km^2，重量密度为 337.32kg/km^2；*IRI* 居前 5 位的优势种分别为安氏白虾、棘头梅童鱼、龙头鱼、三疣梭子蟹和凤鲚；基于尾数密度计算的丰富度 Margalef 指数（*d*）平均值为 4.27，均匀度 Pielou 指数（*J'*）平均值为 0.54，香浓-韦弗多样性指数（*H'*）平均值为 2.20。按照 *H'*值得分布可知，调查海域物种种类较丰富，个体分布均匀。基于生物量计算的丰富度 Margalef 指数（*d*）平均值为 2.76，均匀度 Pielou 指数（*J'*）平均值为 0.68，香浓-韦弗多样性指数（*H'*）平均值为 2.74。按照 *H'*值的计算可知，调查海域物种种类较丰富，个体分布均匀。

13.3.5 鸟类

南汇边滩、洋山港及邻近区域近 20 多年来有记录的鸟类有 13 目 171 种。其中以雀形目种类最为丰富，约占鸟类种数的 32%，其次为鸻形目鸟类，占鸟类种数的 27%。从数量对比分析来看，鸻形目鸟类明显占优势。本工程对南汇边滩、洋山港和工程区及邻近区域夏季（2018 年 8 月）、秋季（2018 年 10 月）、冬季（2019 年 1 月）和春季（2019 年 4 月）鸟类组成进行了研究，其中夏季 23 种，秋季 15 种，冬季 16 种，春季 17 种；夏季主要优势种为鹭类、鸻鹬类；秋季主要优势种为鸻鹬类；冬季主要优势种为雁鸭类和鹭类；春季数量相对较少，主要以鸻鹬类和雀形目鸟类为主。南汇边滩记录的鸟类种类、数量远高于洋山港，而工程区海域只是偶尔记录亦个别种类，如 8 月记录海鸥、家燕各 1 只，而 10 月只记录海鸥 1 只，1 月份记录到海鸥 2 只，4 月份只记录到白鹭 1 只。

13.4 环境影响预测与评价结论

13.4.1 对水文动力和地形冲淤的影响

从风电工程潮流数值模拟结果看出，由于桩基的阻水作用，桩基来流方向上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，而垂直于涨落急方向（风机基础两侧）流速有所增大，风电场场区内流速以减小为主，场址南北侧流速以增大为主。最大涨落急流速变化幅度达 0.3m/s，涨落急流速增幅平均约 0.03m/s，减幅平均约 0.10m/s，全潮平均流速增幅平均约 0.02m/s，减幅平均约 0.08m/s。大潮流速减幅大于 0.1m/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 0~500m 附近。工程后流速增幅大于 0.1m/s 的范围与流速减小范围相比较小，主要集中在桩基根部两侧，流速增幅大于 0.01m/s 的范围主要集中风电场北部场区北侧、南北侧场区之间海域和风电场南部场区南侧，基本为场区南北侧 0~5km 范围内。

工程实施后风机前后（涨、落急潮流方向）为主要的淤积区域，风机两侧（垂直于涨、落急潮流方向）为主要的冲刷区域，风电场区域以淤积为主，同时风电场北部场区北侧、南北部场区之间海域、风电场南部场区南侧发生冲刷。最大淤积幅度为 0.6m/a，最大冲刷幅度为-0.4m/a，平均淤积幅度约 0.2m/a，平均冲刷幅度约为-0.02m/a。风电场西侧 4km、东侧 1.5km、南北侧 200m 范围以外年冲淤幅度在 0.1m 以下。冲淤平衡后，最大平衡淤积幅度在 0.8m 左右，发生在风机基础背水面（涨落急方向），平均淤积幅度 0.6m；最大平衡冲刷幅度在-0.6m 左右，发生在风机基础两侧（垂直于涨落急方向），平均冲刷幅度 0.1m。风电场西侧 8km、东侧 3km、南北侧 2km 范围以外平衡冲淤幅度在 0.1m 以下。

13.4.2 海洋水质环境影响分析

施工期水环境影响主要来自工程风机桩基础施工、海底电缆沟槽开挖时产生的悬浮物、施工期的污废水（主要包括船舶油污水以及施工人员生活污水）等。海底电缆沟槽开挖时产生的悬浮物源强为 6.1kg/s。

电缆沟槽施工期悬浮物增量值大于 100mg/L 的最大可能影响面积为 7.81km²；大于 50mg/L 的最大可能影响面积为 17.88 km²；大 20mg/L 的最大可能

影响面积为 51.43 km²；大 10mg/L 的最大可能影响面积为 109.02km²。

由于施工污废水量较小且较为分散，带来的影响是局部的、短期的和可逆的，影响较小，一旦施工结束，影响即可消除。

13.4.3 对沉积物环境的影响

（1）施工期

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

（2）运行期

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。

13.4.4 对海洋生态和渔业资源的影响

13.4.4.1 施工期

（1）对浮游生物的影响

桩基施工和电缆沟开挖会引起海底泥沙再悬浮，海底泥沙中有害物质也会再溶出，从而可能对周围水域的浮游生物产生不利影响。

（2）对潮下带底栖生物的影响

桩基施工、电缆沟开挖、水泥压块会改变施工区附近底栖生物的生境。施工造成潮下带底栖生物损失量为 1.06t，相应经济价值为 3.18 万元。

（3）对渔业资源的影响

高浓度悬浮物水域中的海洋生物的仔幼体可能造成的伤害。本工程施工悬浮物浓度增量大于 10mg/L 的最大包络线面积为 109.02km^2。

依据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》，仔鱼折成鱼苗按 5%成活率计，从幼体长成鱼虾蟹的成熟的个体均按 50%成活率计；幼体损失均按商品

鱼苗价格计算，经济损失按 3 年计算，则本工程施工期悬浮物扩散对渔业资源直接经济损失总计为 662.96 万元。

（5）对渔业生产的影响

由于工程整体位于嵊泗农渔业区，本工程施工会直接占用部分渔业水域，减少渔业生产作业范围减少，同时施工扰动等的影响，施工区域的渔业生产会受到影响。

工程开工前，建设单位应与地方渔业行政主管部门进行充分的协商沟通，对受影响的渔业生产从业者进行合理必要的补偿，以减轻项目实施对渔业生产的影响。

13.4.4.2 运行期

（1）对海洋生态的影响

运行期，本工程风机基础及防冲刷沙被会永久压占部分潮下带底栖生境，本工程 47 台风机和海上升压平台桩基础及桩周围护占用的潮下带面积为 1197.25m^2。在风机和升压站桩基础占海部分范围内的原有泥质型的底栖生物类群不可恢复，项目占用年限 20 年以上的，按不低于 20 年补偿，计算永久占用海域造成经济损失为 0.1 万元。

（2）对渔业生产影响

在风电场运行期时段，这一海域渔业捕捞将受到负面影响，难以进行大规模捕捞作业。风电场运行期的人工鱼礁效应对渔业资源的保护是有利的。

13.4.4.3 对鱼类重要栖息地及三场和洄游通道的影响

本工程水域位于小黄鱼、黄姑鱼产卵场内西部，且本海域是鳗苗洄游经过的水域，是鮸鱼、棘头梅童鱼的主要产卵场、索饵场和洄游通道。

工程建设对产卵场、索饵场和洄游通道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。

产卵场和洄游通道的功能作用有季节性特征，每年 5~7 月是主要季节。只要工程中作业顺序安排合理，电缆铺设、风机和升压站打桩施工高峰期尽可能避开渔业敏感季节，施工对产卵场和洄游通道的影响程度可以得到减缓和消除。

13.4.5 对鸟类的影响分析

区域鸟类种类、数量自陆向海明显下降。本工程由于海上风电场距离大陆岸线较远（30km），风电场建设区域记录的鸟类种类、数量较少，主要为鸥类；工程对区域鸟类及其栖息地的影响相对较小。

（1）施工期

由于施工活动的滋扰会对工程邻近区域栖息和觅食的鸟类产生一定的影响，使区域中分布的鸟类数量减少、多样性降低。施工期临时用地也会侵占陆域鸟类栖息地；施工过程中产生的噪声、灯光、车辆尾气和扬尘等可能会对区域中栖息的鸟类以及植被等产生影响。但是这种影响是短期的，可逆的，当工程建设完成后，其影响基本可以消除。可采取有效措施，使工程的负面影响降到最低；同时，对侵占或受损的栖息地，可以通过相应的措施进行补偿和修复。但总体而言，区域陆域生境对鸟类的适宜性较低，区域分布的鸟类数量相对较少，工程建设对鸟类的影响也相对小。

（2）运行期

由于目前风电场建设区域距离大陆岸线较远，运行期风电场对区域栖息、觅食以及迁徙过境的鸟类的影响都相对较小。但是，随着岸线向海推进，会缩短风机与岸线的距离，使的风机对鸟类的作用风险加大。需要加强鸟类监测，并根据监测结果采取有效的对策措施

13.4.6 其他环境影响分析

运行期风电场白天距离轮毂 500m（与风机水平距离 488m）外噪声小于 55dB（A），能满足 1 类功能区标准要求，建议以风电场外围风机轮毂为起点，水平距离 488m 为噪声防护距离，该防护距离范围内不宜建设声环境敏感建筑。同时由于本工程风电场区离岸约 10km，周围无声环境敏感目标分布，因此，风机噪声对周围环境影响不大。

升压站的噪声主要来自室内的主变压器，电抗器和屋外配电装置等电器设备所产生的电磁设备噪声。由于本工程升压站位于海上，周围无居民居住点等声环境敏感目标，因此升压站运行不会对周边声环境产生实质性不利影响。

本工程海底电缆均为金属铠装屏蔽电缆，电缆外层的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。但是电缆芯线中的电流所产生的磁场却不能为其外层金属屏蔽层有效地屏蔽。类比附近其他滩涂潮间带风电场，电缆在滩涂处可能造成的磁感应强度最大约为 1μT。不会对路由海域电磁场环境造成明显不利影响。

运行期风电场维护人员将产生少量的生活污水，经岱山基地污水处理设施处理达到《污水综合排放标准》(GB8978-1996)三级标准后，排入到岱山污水处理厂管网。配套变电站内设置了事故油池，一旦变压器发生事故时，将变压器油排入事故油池，经油水分离装置处理后，变压器油全部回收，不外排，不会污染外界环境。工程运行期生活垃圾量较少，纳入当地垃圾收集系统一收集并处理，对周围环境无污染影响。

13.5 污染防治措施的有效性和可达性

对施工和运营过程加强了污染控制和采取了有效的治理措施：

（1）合理安排施工进度，注意保护环境敏感目标，尽量避开春末夏初鱼虾类等渔业资源集中繁殖的产卵、索饵期以及种质资源保护期。

（2）优化施工方案，尽量选择低潮位露滩时段干地施工，严格控制施工设备及人员作业范围，强化施工渣土管理，控制基坑排水，电缆沟槽开挖产生的沙土应在电缆入沟槽后及时回填夯实。

（3）选择符合环保要求的施工船只，并加强对船舶排污的管理，确保施工期船舶含油污水收集后交由有资质单位接收处理，施工期海上船舶生活污水收集后经岱山基地污水处理设施处理达标后，排入到大鱼山岛污水处理厂管网，不外排，海上生活垃圾由施工船舶收集后运至陆域，与陆域生活垃圾一并纳入当地垃圾处理系统处理。同时将本工程施工船舶污染物排放纳入当地海事局船舶监督管理系统。陆域施工生产废水经污水处理设施处理后回用，陆域施工生活污水经岱山基地污水处理设施处理达标后，排入到岱山污水处理厂管网，不外排。生活垃圾定点堆放、定期清运。

（4）风机在布置时，应根据噪声衰减曲线优化风机位置，以最大限度的减小风机噪声的影响范围。220kV 升压站应尽量选用低噪声变压器，保证主变噪声小于 70dB，并尽可能将主变布置在所区中央以确保厂界噪声达标。

（5）风机的叶片应当用橙红与白色相间的警示色，风电附近的送出输电架空线路的护套应涂上鸟类飞行中较易分辨的橘黄色，减少鸟类碰撞风机叶片和架空电线的机会。

（6）为了缓解和减轻工程对所在海域生态环境和水生生物的不利影响，建议采取人工放流当地生物物种的生态恢复和补偿措施。具体人工放流种类以当地海域常见的经济贝类、鱼、虾类为主。

（7）在施工点附近设置监测点，监测施工悬浮泥沙的影响范围和程度；运行期定期进行海洋水文动力、地形地貌与冲淤环境、海洋生态和渔业资源的动态跟踪监测。

（8）环境保护对策措施一览表

本工程环境保护对策措施见表 13.5-1，环境保护管理措施见表 13.5-2。

表 13.5-1　　环境保护对策措施一览表

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	生产废水处理	生产废水处理设施	设置隔油池，预沉池各一座，加药及混凝沉淀设备 1 套	处理达到《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T 18920- 2002）标准后回用	施工基地，进场时同步设置	施工单位建设、施工单位使用和管理
	施工人员生活污水处理	生活污水收集处理装置	依托现有污水处理设施处置	纳管，不向环境排放	施工基地，进场时同步设置	
	升压站油污水	油污水收集桶	设置 0.1m³收集桶 1 个，集中收集统一外运	外运处置	基地内	建设单位使用和管理，可委托专业单位
	运行期工作人员生活污水	依托现有污水处理设施处置	依托现有污水处理设施处置	纳管，不向环境排放	施工基地，进场时同步设置	
固体废弃物处置	生活垃圾处置	垃圾桶	根据需要在集控中心和施工基地设置生活垃圾筒	统一收集后委托环卫部门清运处理	集控中心和陆上施工基地，与其建设同步	施工、建设单位建设、使用和管理
	风机维护垃圾	垃圾桶	风机维护废弃物垃圾箱 1 个	外送具有相应资质的单位进行处置	-	建设单位建设、使用和管理
大气污染物处置	燃油废气处理装置	柴油发电机尾气水喷淋处置	烟气处理装置、1 套	尾气处理达到《大气污染物综合排放标准》（GB16297-2012）二级标准	升压站柴油备用发电机出口，与升压站建设同步	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	-	按照相关主管部门的要求，按时完成增殖放流的品种、数量	风电场影响海域，施工完成后的 2 年内完成	建设单位落实，可委托专业单位
	海洋哺乳动物保护	桩基础 1km 安全范围驱赶	-	确认施工保护范围有无海洋哺乳动物活动	风电场桩基础施工期间	建设单位、施工单位
		桩基础施工软启动	-	降低桩基础施工突发水下噪声强度		建设单位、施工单位
		基础施工气泡帷幕保护	1 组	降低桩基础水下噪声强度		建设单位、施工单位
	鸟类及其生境	叶片涂装采用	风机叶片	采用非反光材料，降低叶片反	风电场风机，风机组装时	建设单位、风机生产厂商

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
		非反光材料		射率，减少对鸟类视线影响		
海底线缆保护	海底线缆保护措施	施工期设置昼夜醒目标志	按照施工作业区需要设置	预防海底线缆突发事故	位于海底线缆区域的施工区	建设单位落实
	本工程海缆保护	加大航道港区海域海缆埋深	加大海缆埋深	防止船舶锚泊威胁海底电缆安全	路由穿越航运区段	建设单位、施工单位

表 13.5-2　　环境保护管理对策措施一览表

环境要素	施工活动或环境影响因子	环境保护管理对策措施
海洋水质	施工临时场地	注意施工场地的清洁，及时维护和修理施工机械，避免机油的跑冒滴漏； 为防止工区临时堆放的散料被雨水冲刷造成水土流失，应对施工场地四周进行防护； 加强对施工人员的教育，贯彻文明施工的原则，严格按施工操作规范执行，避免和减少污染事故发生。
海洋生态	渔业资源	应选择海况良好的低潮位露滩干地进行风机基础和电缆铺设施工，减少施工引起的悬浮物扩散范围； 合理安排施工作业时间，尽量避让鱼类产卵高峰期施工；设置施工标志告知明确禁止进行养殖活动；对受影响的渔民进行补偿； 开展生态环境及渔业资源跟踪监测、开展增殖放流。
	鸟类及其生境	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； 在鸟类迁徙的高峰期以电缆回路为单元进行分区，避免施工区域多点零散施工，以减少对鸟类栖息、觅食等的影响； 合理安排施工作业时间，尽量避免鸟类迁徙的高峰期施工； 风机页面涂色，增加鸟类对风电机的可见度；进行当地土著的物种的恢复；开展鸟类跟踪监测。
固体废物	施工固废	强化施工渣土管理，做到风机基础和电缆开挖及时回填夯实，防止沙土随潮流入海； 风机吊装固废及时收集回收；施工场地设置垃圾收集装置。
声环境	施工噪声	禁止使用不符合国家噪声排放标准的施工机械设备；选择低噪声设备、加强设备维护。
	变压器噪声	选择低噪声设备、加强设备维护；主变压器建筑设计上从空间布局考虑降噪、主变压器室内、风机机舱内使用降噪材料。
空气环境	施工机械废气	禁止不符合国家废气排放标准的机械和车辆进入工区；加强对施工机械，运输车辆维修保养。
	施工扬尘	加强施工洒水、保持施工场地整洁，控制施工扬尘；加强对施工人员的环保教育，坚持文明施工、减少施工期的空气污染。
通航环境	船舶通行	强对施工作业安全管理，施工设备需进行安全检测，操作人员需进过安全培训，落实施工安全措施和应急措施； 施工船舶在水域内定点作业，保证不发生船舶污染物污染水域的事故； 施工单位应拟定施工期间水上交通安全维护方案，并告知周边相关设计海上通航单位和个人。

通过分析，上述污染防治措施切实可行且可达到环境保护要求。

13.6 环境事故风险评价结论

本工程环境事故风险主要有雷击、台风等自然海洋灾害风险、水道摆动和风机基础冲刷风险、海底电缆损坏、风机基础腐蚀和风机运行风险以及火灾等风险。针对可能发生的环境事故，本报告提出了相应的事故防范措施，采取上述措施后，上述环境事故的发生概率可明显降低，事故发生对环境的影响可明显减小。

13.7 环境影响评价综合结论

综上所述，中广核嵊泗 5#、6#海上风电场工程符合国家产业政策和相关能源发展战略，满足海域海洋功能区划及相关规划要求，工程社会、经济效益明显。工程施工期和运行期的主要环境影响包括潮下带生境的破坏，对鸟类迁飞及其生境的干扰等的影响，可通过实施污染防治、生态修复、经济补偿等措施予以缓解。在全面落实本报告提出各项环保对策措施的前提下，工程建设从环境保护角度出发是可行的。

13.8 建议

（1）本工程为离岸式海上风电场工程，为验证和复核本报告对海洋环境的影响预测评价结果，及时反映工程建设对海洋环境的实际影响，应在工程施工期和运行期按照国家海洋局《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》等相关规定，对工程海域海洋环境进行的跟踪监测调查与评估。

（2）实施工程用海动态监测管理。在本工程建设过程中及工程建成后加强对该区域环境的动态监测和跟踪管理，因累积效应对环境和生态产生明显不良影响的，应尽快查清原因，采取改进措施。

（3）本工程部分区域与部分航道距离较近，风电场桩基有受到失控船舶及渔船碰撞的可能。风电场应按要求设置符合水域特点的航标外，还应采取确实可行的措施配合有关部门加强对渔船和小型船舶的安全教育和管理，保证工程水域的通航安全。